



|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|---------------|----|----------|----------|--------------------|---------------|----------------|--|------|-------|--|
| 20/30客位新能源客渡船 |    | 电气送审图纸目录 |          | GAJC4039-600-001TM |               | 共 2 页<br>第 1 页 |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
|               |    |          |          |                    | 20/30客位新能源客渡船 |                | 设计阶段：送审设计  |      | 版本：R0 |  |
|               |    |          |          |                    | 电气送审图纸目录      |                | GAJC4039-600-001TM   |      |       |  |
| 标记            | 数量 | 修改单号     | 签字       | 日期                 |               |                | 标 记  | 质量kg | 比例    |  |
| 编制            | 张明 | 会 签      |          |                    |               |                | 1  |      |       |  |
| 校对            | 熊光 |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
| 标检            |    |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
| 审核            | 黄玉 |          |          |                    |               |                |  |      |       |  |
| 审定            |    | 日期       | 2025. 08 |                    |               |                |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |      |       |  |

| 20/30客位新能源客渡船 |    | 电气送审图纸目录           | GAJC4039-600-001TM | 共 2 页<br>第 2 页 |       |     |
|---------------|----|--------------------|--------------------|----------------|-------|-----|
| 类别            | 序号 | 图号                 | 图纸名称               | 页数             | 图幅    | 备 注 |
| 电<br>气        | 1  | GAJC4039-600-001TM | 电气送审图纸目录           | 2              | A4    |     |
|               | 2  | GAJC4039-601-001SM | 电气说明书              | 8              | A4    |     |
|               | 3  | GAJC4039-601-002SM | 直流综合电力系统功能说明书      | 30             | A4    |     |
|               | 4  | GAJC4039-601-003SM | 电磁兼容风险分析与设计报告      | 12             | A4    |     |
|               | 5  | GAJC4039-601-001JS | 电力负荷计算书            | 1              | A3    |     |
|               | 6  | GAJC4039-601-002JS | DC24V蓄电池容量计算书      | 3              | A4    |     |
|               | 7  | GAJC4039-601-003JS | 本质安全电路校核资料         | 5              | A4    |     |
|               | 8  | GAJC4039-601-001MX | 直流综合电力系统监测报警项目表    | 3              | A4    |     |
|               | 9  | GAJC4039-608-001MX | 电气主要设备明细表          | 7              | A4    |     |
|               | 10 | GAJC4039-610-001   | 电力设备布置图            | 5              | A4/A2 |     |
|               | 11 | GAJC4039-610-002   | 蓄电池舱布置图            | 1              | A3    |     |
|               | 12 | GAJC4039-611-001   | 电力一次系统图            | 1              | A2    |     |
|               | 13 | GAJC4039-611-002   | 综合电力系统(单线)图        | 1              | A2    |     |
|               | 14 | GAJC4039-611-003   | 直流母线柜系统图           | 6              | A4    |     |
|               | 15 | GAJC4039-611-004   | 交流配电板系统图           | 5              | A4    |     |
|               | 16 | GAJC4039-611-005   | 交流电力二次系统图          | 1              | A2    |     |
|               | 17 | GAJC4039-611-006   | DC24V充放电板系统图       | 4              | A4    |     |
|               | 18 | GAJC4039-613-001   | 能量管理系统图            | 5              | A4    |     |
|               | 19 | GAJC4039-621-001   | 电力推进控制系统图          | 1              | A3    |     |
|               | 20 | GAJC4030-625-001   | 蓄电池及BMS系统图         | 1              | A2    |     |
|               | 21 | GAJC4039-641-001   | 交流配电板单线图           | 1              | A2    |     |
|               | 22 | GAJC4039-644-001   | 直流母线柜单线图           | 1              | A2    |     |
|               | 23 | GAJC4039-644-002   | DC24V充放电板原理图       | 1              | A2    |     |
|               | 24 | GAJC4039-630-001   | 照明布置图              | 3              | A4/A2 |     |
|               | 25 | GAJC4039-631-001   | 照明系统图              | 4              | A4/A3 |     |
|               | 26 | GAJC4039-632-001   | 探照灯船名灯系统图          | 1              | A4    |     |
|               | 27 | GAJC4039-632-002   | 信号灯系统图             | 1              | A4    |     |
|               | 28 | GAJC4039-646-001   | 驾控台系统图             | 10             | A4    |     |
|               | 29 | GAJC4039-651-001   | 助航设备系统图            | 6              | A4    |     |
|               | 30 | GAJC4039-652-001   | 舵角指示电气原理图          | 1              | A3    |     |
|               | 31 | GAJC4039-662-001   | 声力电话系统图            | 3              | A4    |     |
|               | 32 | GAJC4039-665-001   | 火灾探测报警系统图          | 3              | A4    |     |
|               | 33 | GAJC4039-665-002   | 可燃气体探测报警系统图        | 3              | A4    |     |
|               | 34 | GAJC4039-665-003   | C02施放预报警系统图        | 3              | A4    |     |
|               | 35 | GAJC4039-601-001PS | 电池动力船风险评估报告        | 87             | A4    |     |
|               |    |                    |                    |                |       |     |
|               |    |                    |                    |                |       |     |
|               |    |                    |                    |                |       |     |
|               |    |                    |                    |                |       |     |

|               |  |       |  |                    |  |   |  |
|---------------|--|-------|--|--------------------|--|---|--|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 电气说明书 |  | GAJC4039-601-001SM |  | 共 8 页<br>第 1 页  |  |
|               |  |       |  |                    |  |   |  |
|               |  |       |  | 20/30客位新能源客渡船      |  | 设计阶段：送审设计   |  |
|               |  |       |  |                    |  | 版本：R0   |  |
|               |  |       |  | 电气说明书              |  | GAJC4039-601-001SM  |  |
| 标记            |  | 数量    |  |                    |  | 修改单号  |  |
| 编制            |  | 会签    |  |                    |  | 签字  |  |
| 校对            |  |       |  |                    |  | 日期  |  |
| 标检            |  |       |  |                    |  |   |  |
| 审核            |  |       |  |                    |  |   |  |
| 审定            |  | 日期    |  | 2025.08            |  | 标 记   |  |
|               |  |       |  |                    |  | 质量kg  |  |
|               |  |       |  |                    |  | 比例  |  |
|               |  |       |  |                    |  | 2   |  |
|               |  |       |  |                    |  | 共 8 页   |  |
|               |  |       |  |                    |  | 第 1 页   |  |
|               |  |       |  |                    |  |  |  |
|               |  |       |  |                    |  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司  |  |
|               |  |       |  |                    |  | Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd  |  |

一、概述

1. 本船为双机、双桨、双舵的电力轴系推进五类小型双体客渡船。适航行于 B 级航区，不夜航、不雾航。本船船长 19.1m，船舶其他信息见船体说明书。
2. 本船全速情形下续航时间可达2h；经济航速下（60%额定推进功率）续航时间约为 2.5h；中低速航行时可维持船舶安全4h。
3. 本船直流母线为独立二段（2独立直流网络），航行放电时每段推进电机37KW、电机冷却风机不大于0.55KW、日用逆变系统不大于16KW（极限冲击），即在网极限放电变流器小于等于53.55KW；系泊充时每段充电模块为40KW，即在网极限充电变流器小于等于40KW。
4. 设计依据：

（1）《内河小型船舶技术规则》2024；

（2）《内河小型船舶建造规范》2022；

（3）《纯电池动力船舶技术法规实施指南》2023；

（4）《船舶应用电池动力规范》2023及2024修改通报；

（5）《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）；

（6）《内河船舶检验规则》（2024）；
- 二、电制
- 本船采用以下几种电制：
- | 项目               | 电压              | 频率   | 相数   | 导线 |
|------------------|-----------------|------|------|----|
| 直流母排电压           | DC576V          | —    | —    | 2线 |
| 日用动力设备           | AC380V          | 50Hz | 3    | 3线 |
| 主照明              | AC220V          | 50Hz | 1    | 2线 |
| 临时应急照明、航行信号灯     | DC24V           | —    | —    | 2线 |
| 航行、无线电、船内通信、报警设备 | AC220V<br>DC24V | 50Hz | 1    | 2线 |
|                  |                 | —    | —    | 2线 |
| 自动化设备            | AC220V<br>DC24V | 50Hz | 1    | 2线 |
|                  |                 | —    | —    | 2线 |
| 生活设备(含单相空调)      | AC220V          | 50Hz | 1    | 2线 |
| 客舱空调             | AC380V/AC220V   | 50Hz | 3P+N | 4线 |
| 岸电电源             | AC380V          | 50Hz | 3    | 3线 |
- 注：动力直流系统为二线对地绝缘系统；岸电为三相三线制对地绝缘系统；交流动力及日用为三相四线中性点接地系统；应急24VDC为二线对地绝缘系统。



|   |       |                    |                |
|---|-------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船  | 电气说明书 | GAJC4039-601-001SM | 第 3 页<br>共 8 页 |
| <div>三、电源设备</div> <div>1. 动力锂电池及电池管理系统(BMS)</div> <p>在锂电池间设2组120.96kWh（576VDC 210AH）磷酸铁锂电池簇（组），两组合计电量241.92KWH。安全等级为2，电池包防护等级为 IP67；电池系统采用夜间岸电充电形式，20~80%充电时间小于3.5小时。若岸基有直流充电桩，亦可选择直流充电，充电时间视充电桩功率。</p> <p>每组动力电池设置一套电池管理系统(BMS)用于对全船动力电池单元的集中监控和管理。主要功能为信息采集、信息处理、安全保护、高压上下电管理、热管理、故障诊断及处理、外部设备交互、人机界面和远程监控、数据记录、系统维护等。BMS主控内置于接线箱，主要用于系统或单体电池的电量、电压、电流、温度的数据采集，以及故障报警定位、故障电池的电气隔离保护，同时具备数据的总线通讯接口。本船每组电池配备接线箱、簇（组）高压箱，可方便接线，检修维护以及集中管理。</p> <p>本BMS共2路控制电源：主控制电源由电池系统576VDC通过开关电源变流为24VDC供给；应急电源由DC24V充放电板提供。驾驶室电池系统远程控制板和电池舱外门口均设有紧急关断装置（紧急关断功能应由硬件电路执行），且动作时同时发出视觉和听觉信号。</p> <div>2. 岸电箱</div> <p>在本船艏部设有一台岸电箱（400VAC/125A/3P/50HZ），配一套标准岸电插头。岸电箱在停靠泊码头时接岸电可对本船动力电池组充电及部分动力、 照明、 生活设备等供电。</p> <p>岸电箱直接接至本船交流主配电板，通过岸电箱可快速连接码头岸电。岸电电缆采用1根CEFR 3*35+1*25型船用软电缆，该电缆长度根据实际需要配置。岸电和船电之间的负载转移通过断电方式进行，船电与岸电之间通过插头和插座连接，插头和插座的选型应遵循法规的岸电标准：确保不会出现不正确连接、确保不能带电插拔、确保等电位连接。</p> <p>应在船舶上对岸电箱勘划岸电标识。</p> <div>3. 逆变电源</div> <p>直流母线柜左右二段各设一套22KW逆变电源（变频器+正弦波滤波器），主要功能是将动力电池直流电逆变成400VAC三相交流电。2套逆变电源一用一备，其中一套使用中出现故障或本段电池电量过低时另一套自启动。转换或自启动入网，时间不大于10秒。逆变电源上电下电由能量管理系统（以下简称EMS）。</p> <div>4. 变压器</div> <p>本船左右舷配电间各配置1台20KVA隔离变压器（共2台），与上述逆变电源配套使用，</p> |       |                    |                |

|  |       |                    |                |
|--|-------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船   | 电气说明书 | GAJC4039-601-001SM | 第 4 页<br>共 8 页 |
| <p>2变压器属于一用一备不并联使用。变压器原边三角形(进线三相三线制)、副边星形(出线三相四线制)，典型Dyn11联结方式。</p> <p>本变压器有隔离、电制转换的功能，同时由于原边为三角形接法故还有过滤三次谐波功能。</p> <p>5. （动力电池）充电模块</p> <p>直流母线柜左右二段各设一台40KW充电模块，将交流岸电转换成直流后对动力电池充电。正常情况下，各段模块只对本段电池组充电，若另一段充电回路出现故障，可通过直流母线联络接触器对另一段进行紧急充电（紧急充电时本段电池组切除，只能对另一组电池单独充电）。充电电压最高值由EMS设定（实时电压由电池组电压决定），充电电流EMS设定。充电模块启动、停止或退出等，由EMS控制。</p> <p>6. 24VDC铅酸电池（低压应急电源）</p> <p>在顶棚甲板设蓄电池箱 1 个，内设 6-CQW-200 型蓄电池 4 块，12V、 200Ah。经串并联组成 1 组 24V/400Ah 的蓄电池组,作为航行信号灯、应急照明、船内通讯报警、航行设备等低压设备的应急电源。安装于左机舱艙部，采用固定支架上下堆放。</p> <p>7. 24VDC充电机</p> <p>在本船左舷配电间设有一台设 24V 的硅整流充电机，对24V 低压蓄电池组充电，充电均采用浮充形式。充电机电源为220VAC。</p> <p>8. 24VDC稳压电源</p> <p>本船设S-1200-24型稳压电源一台，输入：170~260VAC，内置于应急充放电板内，为应急电源负载提供DC24V电源。当有交流电源时，由稳压电源对外提供24VDC电源（仅交流失电时，铅酸电池不间断接管输出）。</p> |       |                    |                |
| <p>四、配电设备</p> <p>1. 直流母线柜</p> <p>本船右舷配电间设直流配电板一座，直流配电板由二屏组成，落地式独立框架结构。板前检修，屏前安装有扶手，配整体底座。顶部设板前照明、上前部设防滴檐。柜体表面为RAL7035静电喷塑、底座黑色磨砂静电喷塑。母线柜屏面板设电压、电流和绝缘指示，设EMS从站触摸屏。</p> <p>动力电池组通过快速熔断器、接触器、隔离开关连接到直流母排上，可以满足船舶运行的相应需求。单组蓄电池组可对单侧推进电机和全部日用负载供电。直流母排分为两断，通过隔离接触器断开，典型的分布式供电方案。</p> <p>二段直流母线及功能器件或回路独立于二屏内，每段有充电模块、逆变装置及分配电</p>   |       |                    |                |

|   |       |                    |                |
|---|-------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船  | 电气说明书 | GAJC4039-601-001SM | 第 5 页<br>共 8 页 |
| <p>断路器或熔断器或接触器，每段有独立的散热系统、EMS从站及相应的测量控制器件。</p> <p>当单侧充电回路故障（充电模块、熔断器、通信等）时，此时另外一组动力电池充满且离网后，经EMS控制使隔离接触器闭合，可对故障侧电池组紧急充电。</p> <p>2. 交流配电板</p> <p>本船右舷配电间设交流配电板一屏，落地式独立框架结构。板前检修，屏前安装有扶手，配整体底座。顶部设板前照明、上前部设防滴檐。柜体表面为RAL7035静电喷逆、底座黑色磨砂静电喷塑。为方便操作、监控，将交流配电板置于二直流母线柜间形成一个组合。</p> <p>板上设有电流表、电压表、频率表、触摸屏、负载开关等。</p> <p>(1) 具有自动卸载功能。</p> <p>(2) 重要设备由总板直接供电，其余设备由总板经分电箱供电。</p> <p>(3) 通过设置于驾控台和主甲左右舷机舱口外的舱室风机遥切按钮，在紧急情况下可以切断风机电源。</p> <p>3. 应急充放电板</p> <p>本船左舷配电间设应急充放电板一台，壁挂式箱式结构。对BMS、EMS、推进系统、应急照明、航行信号灯、通信导航设备（无线电设备）、火灾报警和CO2施放报警等供电。充放电板内置稳压电源1台（220VAC/24VDC）。充放电板有2路电源输入：铅酸电池24VDC、主配220VAC。交流电源输入正常时，由稳压电源对上述负载提供24VDC电源；当交流电源失电时，铅酸电池24VDC自动投入供电（不间断）。</p> <p>4. 分电箱</p> <p>本船左右舷配电间各设风机分电箱一台（共2台）。左舷风机分电箱对左舷电机舱风机、左舷电池舱风机、右舷CO2间风机供电，同时给右舷电池舱风机提供1路备用电源；右舷风机分电箱对右舷电机舱风机、右舷电池舱风机、配电间风机供电，同时给左舷电池舱风机提供1路备用电源。</p> <p>本船在左舷配电间设照明分电箱一台，对全船正常照明灯具进行控制（应急照明由充放电板控制）。</p> <p>220VAC助航分电箱、24VDC助航分电箱安装于驾控台内。</p> <p>5. 磁力启动器</p> <p>本船仅电池舱风机、配电间配磁力启动器，其他风机使用(尼龙)开关直接控制。风机磁力启动器为专用型，2路电源分别从2台风机分电箱引入；分手动与自动控制，自动控制时与可燃性气体、电池系统BMS、EMS联动（可燃性气体最低限时、电池舱环境温度高时、</p> |       |                    |                |

EMS有启动指令时风机自动启动），无论手动与自动均与CO2释放互锁（CO2释放时，风机不能启动或运转时自动停止）。右舷配电间风机启动箱分手动与自动控制，自动控制时与EMS联动（环境温度高时风机自动启动）。

## 6. 驾控台

本船在驾驶室设驾控台一座，其上包括以下单元：

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| a 嵌入式选通声力电话;    | b 嵌入式扩音机;       |
| c 视频监视系统;       | d 电笛控制器;        |
| e 可燃气体探测报警控制器;  | f 火灾报警控制器;      |
| g 自动识别仪及电源装置;   | h 二氧化碳预施放报警复示器; |
| i DC24V 低压分电箱;  | j AC220V 助航分电箱; |
| k 探照灯控制板;       | l 推进遥控装置;       |
| m 风机紧急切断按钮;     | n 航行灯信号灯闪光灯控制板; |
| o 电池系统显示报警单元;   | p 能量管理系统显示报警单元; |
| q 甚高频电话主机及电源装置; | r 舵机舵角显示单元;     |
| s 自动识别仪及电源装置;   | t 雨括器控制板        |

由于驾驶室空间决定了驾控台长度，当以上设备放置困难时，自动识别仪、视频监控  
系统可以考虑外置（如悬挂）。

电池舱风机的电源、运转、风压低等信号可独立在驾控台显示，亦可集成于EMS主控延伸人机界面。锂电池系统在驾控台设独立急停按钮，或集成于远程BMS控制面板。

## 五、控制系统

### 1. 能量管理系统 (EMS)


能量管理系统简称EMS，对接电池组BMS、全船重要设备，主要负责全船能量分配管理、能量变流（充电、放电、逆变）管理、预警报警保护、通讯转换、数据采集及上传。本船EMS配EMS主站（主控箱）、1#EMS从站、2#EMS从站，主站、从站设人机交互界面并延伸至驾控台。1#EMS从站设在直流母线柜1#段，2#EMS从站设在直流母线柜2#段。全船集中控制时（正常状态），由EMS主站统一控制；非正常状态时如通信异常可分别对从站进行控制。人机交互方式由触摸屏完成。

## 2. 推进控制系统

本船设2套独立的推进控制系统分别控制左右舷两条推进支路。推进控制系统具备推

|  |       |                    |                |
|--|-------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船   | 电气说明书 | GAJC4039-601-001SM | 第 7 页<br>共 8 页 |
| <p>进本地控制和遥控控制，推进控制系统具有操作地点的切换（互锁）、正车停车倒车操作、加速减速操作、紧急停车、工况指示与报警；推进遥控装置另具备联越控功能。</p>   |       |                    |                |
| <p>六、交流动力系统</p>  |       |                    |                |
| <p>本船交流动力主要为舱室风机，见配电设备分电箱和磁力启动器。</p>   |       |                    |                |
| <p>空调由主配板直接供电，空调共2台：客舱（三相四线 3P+N 380V）5匹分体式空调、驾驶室（单相220V）1.5匹分体式空调。</p>  |       |                    |                |
| <p>主配电板对风机、空调可进行遥切操作（驾控台可遥切）。EMS运算后可对非重要负载卸荷。</p>  |       |                    |                |
| <p>七、照明系统</p>  |       |                    |                |
| <p>1、探照灯、船名灯</p>   |       |                    |                |
| <p>本船不夜航、不雾航。但考虑夜间值班，驾控台上设探照灯控制板一块，分别对顶蓬甲板1盏200W白炽探照灯及两盏船名灯进行控制，电源AC220V由主板供电。</p>   |       |                    |                |
| <p>2、号灯</p>  |       |                    |                |
| <p>本船不夜航、不雾航，仅配备 1 盏白环照灯，作锚泊灯用。驾控台上使用自复位带灯按钮控制。2路电源供电：220VAC来自于交流主配电板、24VDC来自于24V应急充放电板。</p>                                       |       |                    |                |
| <p>3、舱室照明</p>  |       |                    |                |
| <p>本船照明系统分正常照明和应急照明。正常照明由主变压器经配电板向照明分电箱提供三相四线制电源，分电箱须平衡负载，向各分路提供相电压 220V电源。应急照明由DC24V 充放电板向应急照明分路供电，主电源失电后，自动向应急照明灯具供电；反之自动切除。</p> |       |                    |                |
| <p>蓄电池舱、电机舱、配电间、通道（包括出入口）、客舱照明由两个最后分路供电，以上区域的灯点交错布置。电池舱照明灯具为防爆型。</p>   |       |                    |                |
| <p>七、助航、通讯及报警设备</p>  |       |                    |                |
| <p>1、设自动识别仪一台，电源AC220V、DC24V由驾控台助航分电箱提供。</p>   |       |                    |                |
| <p>2、设甚高频无线电话一台，电源AC220V及DC24V由驾控台助航分电箱提供。</p>   |       |                    |                |
| <p>3、设声力电话一船套（驾控台嵌入式1台，其他位置为壁挂式：右舷配电间1台、左推进控制装置旁1台、右推进控制装置旁1台、舵机简操箱1台、C02间1台），电源DC24V由驾控台助航分电箱提供。</p>                              |       |                    |                |
| <p>4、设自动识别仪一台，电源AC220V、DC24V由驾控台助航分电箱提供。</p>   |       |                    |                |
| <p>5、设甚高频无线电话一台，电源AC220V及DC24V由驾控台助航分电箱提供。</p>   |       |                    |                |

|  |       |                    |                |
|--|-------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船   | 电气说明书 | GAJC4039-601-001SM | 第 8 页<br>共 8 页 |
| <div><div><div>6、设声力电话一船套（驾控台嵌入式1台，其他位置为壁挂式：右舷配电间1台、左推进控制装置旁1台、右推进控制装置旁1台、C02间1台），电源DC24V由驾控台助航分电箱提供。</div><div>7、区域性火警报警装置1套，其中电池舱感温感烟探头及按钮均为防爆型，通过隔离栅连接至报警装置，电源AC220V及DC24V由驾控台助航分电箱提供。</div><div>8、设25W广播系统一套，电源AC220V及DC24V由驾控台助航分电箱提供，其他要求见详图。</div><div>9、设可燃性气体检测报警装置一套，二电池舱探头应为防爆型；装置共2路电源：220VAC和24VDC，内部自动转换；可燃性气体与电池舱风机联动，同时电池舱安装防爆声光报警器（可与探头组合）。可燃气体浓度大于其爆炸下限（体积分数）的20% 时，应在就地、驾驶室及其他船舶经常有人值班处所发出听觉和视觉报警，同时自动启动应急排气系统。</div><div>10、本船设CO2预施放报警系统一套，布置在C02间。电源由AC220V和DC24V供电,分别来自于主配电板和应急充放电板。</div></div><div>八、其他（说明）</div><div><div>1、本船电气设备应按照相关规范持证,含工厂型式认可证书、产品型式认可证书、产品证书、工厂合格证书等。</div><div>2、本船不设厨房、厕所，除空调外无生活设备。</div><div>3、电缆及敷设</div><div><div>本船照明及动力系统电缆均采用 CJ96/SC 型，船内通信设备电缆采用 CJ86/SC 型，凡在失火状态下需使用的设备，其电缆选用耐火电缆 NC 型。</div><div>电缆敷设时应与甲板、舱壁各种管路离开足够的距离；离潮湿舱壁应至少有 20mm 的空间距离。电缆通过蓄电池舱及舱底花钢板下时，应穿管敷设；电缆穿过不同甲板敷设时，应用适当高度的金属导管或围框加以保护。 电缆经室外及露天甲板须穿管敷设，管子接头应水密；穿过甲板及水密舱壁的填料函要可靠密封，电缆金属护套应可靠接地。</div></div><div>4、接地</div><div><div>为了防止人员触电，电缆及电气设备的带电部件以外的所有可接近的金属部分均应可靠接地。一般指电气设备的金属外壳和框架，电缆的金属护套，铠装、管道。接地的方式应满足规范的要求。连续接地导体或单独接地导体与船体结构的各连接点，应位于船上易于到达之处，并应以直径不小于 4mm 的黄铜或其他耐腐蚀材料制成的螺钉紧固，该螺钉应仅作接地之用。</div></div><div>4、避雷</div><div><div>本船桅杆顶端加装钢质避雷针一根，钢质避雷针的直径应不小于 16mm，避雷针顶端的安装高度应至少高出桅杆或桅杆顶上电气设备 300mm,避雷针尖应作防腐处理。本船桅杆为金属桅杆，避雷针直接焊接在桅杆上桅杆与船体采用焊接。</div></div><div>5、本船舵机为人工舵，本船仅对舵角系统提供电源。</div></div></div> |       |                    |                |

|               |  |               |      |                    |    |  |      |
|---------------|--|---------------|------|--------------------|----|--|------|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 直流综合电力系统功能说明书 |      | GAJC4039-601-002SM |    | 共 30 页<br>第 1 页  |      |
|               |  |               |      |                    |    |  |      |
|               |  |               |      | 20/30客位新能源客渡船      |    | 设计阶段：送审设计  |      |
|               |  |               |      |                    |    | 版本：R0  |      |
|               |  |               |      |                    |    | GAJC4039-601-002SM   |      |
| 标记            |  | 数量            | 修改单号 | 签字                 | 日期 | 标 记  | 质量kg |
| 编制            |  | 钟国            | 会 签  |                    |    | 3  |      |
| 校对            |  | 熊             |      |                    |    |  |      |
| 标检            |  |               |      |                    |    |  |      |
| 审核            |  | 黄             |      |                    |    |  |      |
| 审定            |  |               | 日期   | 2025.08            |    | 共 30 页 第 1 页   |      |
|               |  |               |      | 直流综合电力系统功能说明书      |    |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |      |

## 目录

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 1   | 背景介绍.....            | 3  |
| 2   | 产品信息.....            | 3  |
| 2.1 | 系统组成.....            | 3  |
| 2.2 | 单线图.....             | 3  |
| 2.3 | 直流母线柜/交流配电板柜体布局..... | 5  |
| 2.4 | 系统技术参数.....          | 6  |
| 3   | 产品功能说明.....          | 7  |
| 3.1 | 电气保护.....            | 7  |
| 3.2 | 接地原理.....            | 8  |
| 3.3 | 预充电功能.....           | 9  |
| 3.4 | 绝缘监测.....            | 9  |
| 3.5 | 紧急停机与系统复位.....       | 9  |
| 3.6 | 风冷系统.....            | 10 |
| 3.7 | 控制和监测报警功能.....       | 10 |
| 3.8 | 其它功能.....            | 18 |
| 4   | 操作模式说明.....          | 18 |
| 4.1 | 各模式设备运行工况.....       | 18 |
| 4.2 | 休眠模式.....            | 20 |
| 4.3 | 系泊模式.....            | 20 |
| 4.4 | 航行模式.....            | 20 |
| 5   | 主要功能单元说明.....        | 21 |
| 5.1 | 直流母线柜.....           | 21 |
| 5.2 | 交流主配电板.....          | 22 |
| 5.3 | 能量管理系统（EMS）.....     | 22 |
| 5.4 | 推进控制系统.....          | 27 |
| 6   | 产品安装说明.....          | 28 |
| 6.1 | 螺栓力矩要求.....          | 28 |
| 6.2 | 全船电缆布置及规格.....       | 28 |
| 7   | 使用特别注意事项.....        | 30 |



## 1 背景介绍

本文档给出了直流综合电力系统（后述可简称DPS）的功能说明。全船由锂电池组经直流母线柜供直流电和逆变后供交流电，本文档在描述直流综合电力系统的同时结合了交流系统。

## 2 产品信息

### 2.1 系统组成

整个系统配置2组120.96KWH的锂电池组，经过分区式的直流母线系统在直流母线柜实行（左右）分段供电；各段通过外置独立推进（变频）控制装置驱动2台37kW的三相异步变频电机，为船舶航行提供动力；直流母线柜分段各提供1套22KW的（逆变）日用电源，为船舶交流日用负载提供高品质的交流电源，2套逆变装置属于一用一备，不并网运行；直流母线柜分段各配置1套40KW充电模块，靠岸系泊后，连接岸电插头后由岸电电源为电池充电。

全船重要航行设备如推进系统、强迫风冷系统由直流母线柜供电（舵机为舵机）。非重要航行设备的动力或日用电系统和设备由交流主配电板供电。不允许断电设备如EMS由直流母线柜、交流主配电板、应急电源共同供电。

DPS包括电池系统、直流母线柜、能量管理系统（EMS）、推进控制系统、交流主配电板、舵机控制系统、应急充放电板等组成。该系统完成对锂电池组的能量储放控制和状态监测、推进装置的控制和状态监测、交流动力或日用电源输出的控制及监控、舵机系统控制及状态监测。

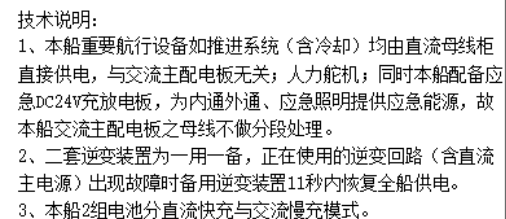
### 2.2 单线图

直流母线柜主电路采用分段直流母线方式，分左右2段，2段母线可通过联络接触器紧急相连（二分段电池进线接触器、联络接触器互锁，同时合闸数量不大于2）；交流配电板不担负重要航行设备供电，2段交流动力母排使用共母线模式。

2段交流共母线依据：《纯电池动力船舶技术法规实施指南》（2023）5.3.2.2（3）：对于为操舵装置以及推进装置/配电系统/电池系统等服务的冷却系统由直流主汇流排供电时，设备经变流器均匀地连接于至少两个独立的直流分段上，且备用装置的转换不影响船舶正常航行，交流主汇流排可以采用集中供电模式。

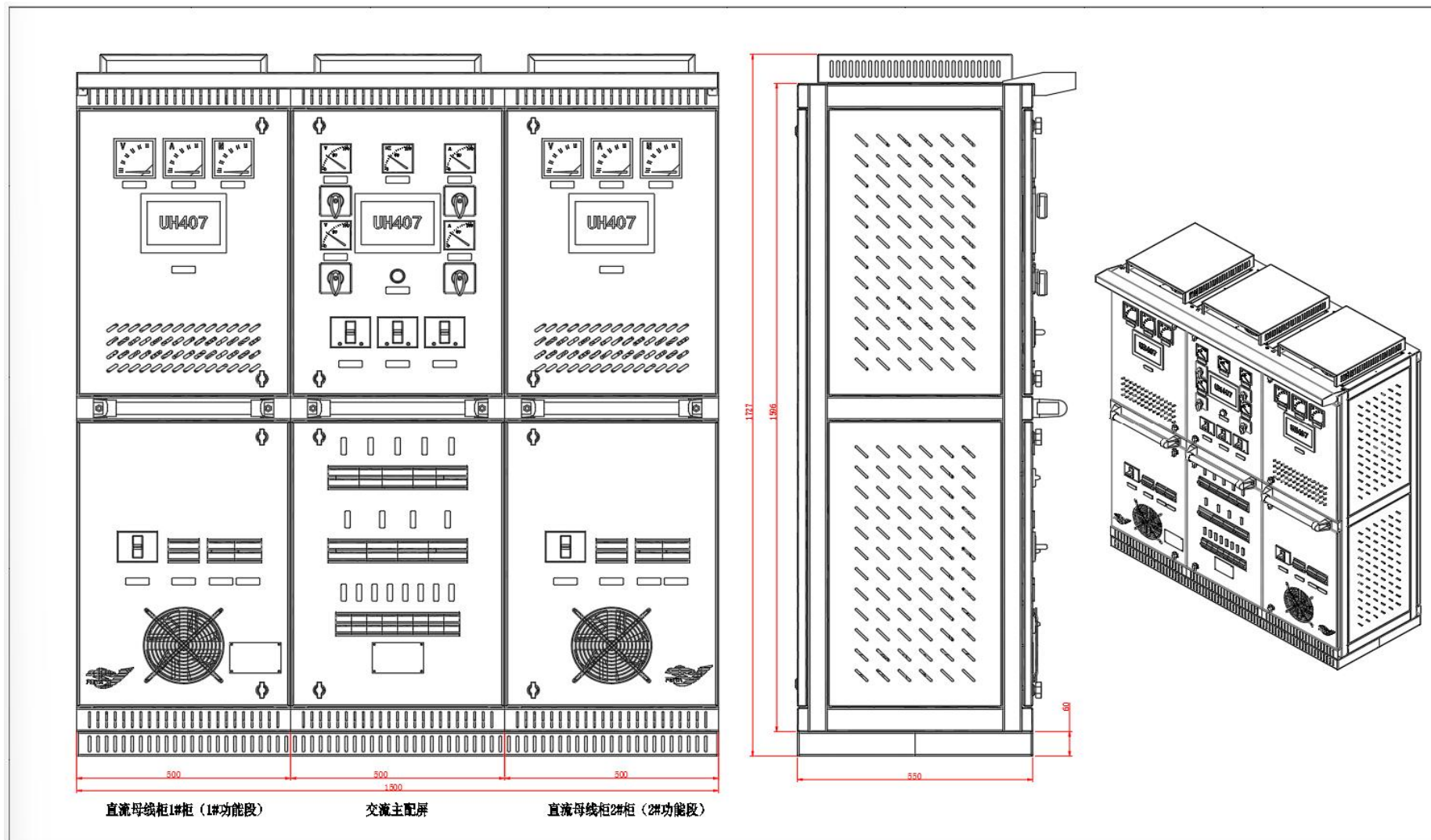
单线图如图表 1 所示。

图表 1 DPS单线图



## 2.3 直流母线柜/交流配电板柜体布局

考虑现场安装与操作监视方便，将直流母线柜与交流配电板并柜排列，从左至右依次为：直流母线柜1#柜（1#功能段）、交流主配板、直流母线柜2#柜（2#功能段）。见图表 2。



图表2 直流母线柜/交流配电板柜体布局

2.4 系统技术参数

DPS的信息及技术参数见表格1~ 6。

表格1 DPS 直流母线系统参数（段）

|          |               |
|----------|---------------|
| 直流母线额定电压 | 576VDC        |
| 直流母线电压区间 | 522VDC~630VDC |
| 额定电流     | 100A（分段）      |

表格2 DPS 直流母线变流设备（1#段）

|      |  |
|------|--|
| 岸电充电 | AC/DC充电模块<br>● 40kW 1 套：输入380VAC/50Hz/3P；输出150~1000VDC   |
| 日用逆变 | 逆变装置1 套<br>● 22kW 1 套：输入500~750VDC；输出400 (230VAC)/50HZ/3P+N  |
| 推进系统 | 变频器2套(主推进+强迫冷却) 主电机37KW<br>● 45kW 1 套：输入500~750VDC；输出0~380VAC/0~50HZ/3P<br>● 1.5kW 1 套：输入500~750VDC；输出380VAC/50HZ/3P |

表格3 DPS 直流母线变流设备（2#段）

|      |  |
|------|--|
| 岸电充电 | AC/DC充电模块<br>● 40kW 1 套：输入380VAC/50Hz/3P；输出150~1000VDC   |
| 日用逆变 | 逆变装置1 套<br>● 22kW 1 套：输入500~750VDC；输出400 (230VAC)/50HZ/3P+N  |
| 推进系统 | 变频器2套(主推进+强迫风冷) 主电机37KW<br>● 45kW 1 套：输入500~750VDC；输出0~380VAC/0~50HZ/3P<br>● 1.5kW 1 套：输入500~750VDC；输出380VAC/50HZ/3P |

表格4 DPS 交流岸电母线参数

|        |                |
|--------|----------------|
| 额定电制   | 400VAC/50HZ/3P |
| 母线额定电流 | 125A           |
| 电制     | 三相三线对地绝缘系统     |

表格5 DPS 交流动力或日用母线系统参数

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| 额定电制   | 400(230)VAC/50HZ/3P+N |
| 母线额定电流 | 32A                   |
| 电制     | 三相四线中性点接地系统           |

表格6 DPS 其他参数

|       |      |
|-------|------|
| 冷却方式  | 强迫风冷 |
| 防护等级  | IP22 |
| 工作制   | S1   |
| 机柜进出线 | 下进下出 |

3 产品功能说明

3.1 电气保护

DPS电气保护主要分设备侧保护和母线侧保护，母线侧保护又分直流母线侧保护与交流母线侧保护。按保护方式又可理解为软件（参数）保护和硬件如断路器、快速熔断器保护。

设备侧的保护主要是依靠各支路变流设备来实现。直流母线输出至推进控制装置、日用逆变装置、舵机控制系统，均须经变频器接至电机或负载；交流整流至直流母线须经充电模块。变频器和充电模块这类变流设备，可通过操作面板或通讯设置电气参数；同时每台变流器均可以通过功率模块内部传感器采集电流电压信号，信号经计算后与设置参数比较，当超过阈值则会停机处理，同时通过IO端口或通讯接口向EMS发出信号或数据。EMS收到故障或停机信号或收到数据经处理后自动切除相关回路的输入输出，并发出声光报警；当有备用装置时自动启用，如1#逆变器出现故障则自动关闭1#，并自动启动2#逆变装置，且在11S内恢复供电。相应故障信息、启停信息会由EMS系统显示并记录。设备侧变流器或EMS保护参数设定见表格7。

| 表格7 DPS 主要设备的变流器或EMS保护参数 |       |                  |               |               |               |
|--------------------------|-------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| 负荷名称                     | 额定功率  | 变流器型号            | 额定电流<br>(设定值) | 过载报警值<br>响应时间 | 瞬时停机值<br>响应时间 |
| 主推进电机                    | 37KW  | GD350-045G-4-CCS | 77A (AC)      | 80.9A/3s      | 92.4A/16ms    |
| 推进冷却系统                   | 1.5KW | GD350-1R5G-4-CCS | 2.9A (AC)     | 3.0A/3s       | 3.4A/16ms     |
| 交流充电模块                   | 40KW  | REG1K0135        | 80A (AC)      | 84A/3s        | 96A/16ms      |
| 逆变系统                     | 20KVA | GD350-022G-4-CCS | 30.4A (AC输出)  | 31.9A/3s      | 36.5A/16ms    |

母线侧保护主要依靠各支路断路器、快速熔断器实现，直流母排或交流母排的功率型输入输出均采用断路器或快速熔断器保护。正常运行时，所有回路通过公共直流母线或交流母线进行能量分配，当某一回路发生短路时，故障回路的断路器、熔断器会因为 $I^2t$ 的累积（反时限）而分闸或熔断，将其快速切除出共公母线外，非故障回路的断路器、熔断器正常，在故障回路切除后会保持正常运行。主回路和各重要支路的断路器、熔断器配有辅助触点，并将触点状态信息引至EMS，当断路器分闸或熔断器熔断后EMS会发出声光报警并切除故障回路、启用备用回路。相应状态信息、故障信息、启停信息会由EMS系统显示并记录。各支路的断路器参数见表格8，各支路熔断器参数见表格9。

表格8 DPS 支路断路器参数

| 负荷名称         | 额定电流   | 断路器型号             | 框架电流 | 整定电流 | 短路极限分断电流 |
|--------------|--------|-------------------|------|------|----------|
| 直流回路         |        |                   |      |      |          |
| 分段直流母线       | 100A   | NSX250 DC EP TMDC | 250A | 100A | 20KA     |
| 主推进装置        | 80A    | NSX100 NA DC 4P   | 100A | 100A | 20KA     |
| 交流回路         |        |                   |      |      |          |
| 岸电输入         | 125A   | NSX160N TMD 3P3D  | 160A | 125A | 50KA     |
| 充电模块输入       | 60A    | NSX100N TMD 3P3D  | 100A | 63A  | 50KA     |
| 隔离变原副边       | 30. 4A | iC65N-D32A/3P     | 63A  | 40A  | 6KA      |
| 交流支路断路器参数见图纸 |        |                   |      |      |          |

表格9 DPS 支路熔断器参数

| 负荷名称           | 额定电流   | 熔断器型号                        | 额定电流 | I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s )<br>弧前/熔断 | 短路极限分断电流 |
|----------------|--------|------------------------------|------|---|----------|
| 直流回路           |        |                              |      |   |          |
| 分段直流<br>母线     | 100A   | RS306-01-S5P-<br>160A1250V-D | 160A | 1850/15000                                    | 50KA     |
| 主推进装置          | 80A    | RS306-01-S5P-<br>125A1250V-D | 125A | 1500/11400                                    | 50KA     |
| 逆变装置           | 34. 7A | RS306-01-S5P-<br>125A1250V-D | 125A | 1500/11400                                    | 50KA     |
| AC/DC充 电<br>输出 | 75A    | RS306-01-S5P-<br>125A1250V-D | 125A | 1500/11400                                    | 50KA     |

3.2 接地原理

DPS系统在工作时需要对地泄放谐波电流，因此机柜底座需要与船体基座进行低阻抗连接，一般推荐的连接方式为周围间断式边角焊焊接，如果操作不方便时，也可以采用螺栓固定，以保证柜体与船体可靠连接。在DPS各个柜体（箱体）内设有PE强电接地排和IE弱电接地排，这两种接地排用于不同的电气接地，PE 强电接地排一般设在主电缆附近，主要用于强电接地，如变频电缆的地线芯接地、变频电缆屏蔽层铜丝编织接地等；IE弱电接地排一般设在用户接线端子排附近，主要用于信号接地，如信号电缆的泄漏线芯接地、信号线屏蔽层铜丝编织接地等。

### 3.3 预充电功能

直流母排输出至负载主要为柜内日用逆变器，柜外推进控制装置、液压舵机控制系统。三种负载的功率模块性质均为变频器，均自带上电缓冲功能：设置为变频器内部电容充电至450V后旁通电路导通，上电缓冲时间大约7s。

充电模式时，直流母线柜与电池组先接通，模块自动检测主回路系统电压，随系统电压调节充电电压，不需缓冲。

### 3.4 绝缘监测

DPS直流母排分为左右舷两段，每段直流母排上均有一台绝缘监测表，DPS正常运行时，两段母排之间的母联开关是断开的，两台绝缘表同时一台工作，负责监测整舷各段母排的绝缘电阻。紧急情况下当母联开关闭合时，两台绝缘表仅工作一台，此台绝缘表监测两段母排的绝缘电阻。因电池系统内部有实时绝缘监测系统，为避免多点同时监测，当电池接入电网时，BMS停止电池绝缘监测，由母线系统的绝缘监测系统担负检测任务。无论哪种工况，当直流母排绝缘电阻低于设定的报警值时，EMS会收到报警反馈信号，发出声光报警并记录信息。

### 3.5 紧急停机与系统复位

推进控制系统在机舱推进控制装置与驾驶室推进遥控装置上设有急停按钮，

急停按钮一组信号接往变频器输入端口，一组信号接入工控系统。紧急情况，可按急停按钮直接停止变频器，同时工控系统对系统指令复位并发出声光报警和信息记录。当急停按钮复位后，推进系统恢复至待机状态，报警解除。本船共二套独立推进系统，各组急停亦独立操作，不影响另一套装置或系统。超载、电机绕组温度过高、电机轴承温度过高、母线电压过低、通讯故障会自动停机，但除通讯故障外，其他报警停机可以通过越控方式重新启动。

EMS主控及二套从控，分别设系统紧急复位。集中控制时，当主控紧急复位，全船复位，复位后可重启；从控对分段独立控制时，当从控紧急复位，相应功能段复位，不影响另一段运行；复位后可对该功能段重启。重启是指紧急复位成功后，可重新选择工作模式启动系统。

二套电池系统在高压汇流箱、驾驶室远程面板均独自设有急停按钮，当按下急停按钮，相应电池组切除输入输出接触器，停止充电或放电，并发出声光报警。急停复位后，可选择重新启动系统。

舵机电控系统在触摸屏上设有复位功能键，当由于母线电压不正常或其他故障停机报警后，可按下复位按钮，复位后可重启。

### 3.6 风冷系统

锂电池组、推进电机、推进控制装置、直流母线柜（充电模块、日用逆变），均采用强迫风冷。其他非高发热设备或装置如EMS、低压主配等，采用自然风冷。

锂电池组BMS有电芯温度检测，当温度高于设定阈值时，启动电池包底部冷却风扇。电池包冷却风扇电源由电池通过开关电源变流后自身提供。同时BMS监测电池舱环境温度，环境温度过高时给电池舱风机启动信号。

推进控制装置主电源来自直流母线柜，一路变频变压输出给主电机，另一路定频定压（380V/50HZ/3P）输出给推进电机的冷却风机。采用联动方式，当主电机运转后冷却风机工作，当主电机停止后冷却风机停止。推进控制装置内部有一高压直流转24VDC开关电源，其自身散热风机由这路24VDC提供电源驱动3台散热风扇，模式为自然进风强制出风；变频器运转时散热风机启动，变频器停止时风机停止。

直流母线柜发热源来自于日用逆变模块、正弦波滤波器及充电模块，散热由6台大风量三相风机完成，每分段3台（1台进风2台抽风）。母线柜本体及基座设有足够流量的自然进风风道，进风风机设在下前门下部，2台抽风风机设在柜顶，此结构可以形成烟囱效应，使散热更加高效。风机电源有逆变与岸电（溯源）双电源组成，航行时逆变器工作则逆变供电，当系泊充电时由岸电供电。直流母线柜热量管理由EMS完成，每个柜内安装2只PT100，其中1只测柜内空气温度，另1只测正弦波滤波器铁芯温度，温度信号发往本段EMS从控。逆变工作时，正弦滤波器铁芯温度高于40℃时进风工作；柜内温度高于35℃时进风与1#抽风工作；柜内温度高于40℃时启动2#抽风；柜内温度高于50℃时MES发出声光报警并记录。

### 3.7 控制和监测报警功能

下述监测报警项目主要针对电池系统、推进控制系统、交直流配电系统及其他离散点。电池系统显示功能表见表格10，电池系统故障报警及处理措施表格11；推进系统监测报警项目见表格12及图表3~4；交直流配电系统及其他离散点监测报警由EMS执行，见表格13及图表5~6。



表格10 电池系统显示功能表

| 参数名称                    | 说明                             |
|-------------------------|--------------------------------|
| 总电压                     | 电池组总电压                         |
| 蓄电池单体电压                 | 单电池电压                          |
| 总电流                     | 即电池串联结构电流                      |
| 蓄电池单体温度                 | 单电池温度                          |
| 簇/组电流                   | 单电池簇/电池组电流                     |
| SOC                     | 电池荷电状态即剩余电池电量                  |
| SOH                     | 电池健康状态                         |
| SOP                     | 最大可用充放电功率                      |
| 电气绝缘电阻                  | /                              |
| 电池状态                    | 电池组的充放电状态，即电池能量流动状态            |
| 过流保护                    | /                              |
| 过充过放保护                  | /                              |
| 过高温保护（蓄电池单体温度）          | /                              |
| 过高温保护（环境温度）             | /                              |
| 蓄电池包热管理故障（如有时）          | /                              |
| 蓄电池包应急排气故障（如有时）         | /                              |
| 保护功能故障                  | /                              |
| 温度功能故障                  | /                              |
| 充电故障                    | /                              |
| 报警信息                    | 显示系统的报警信息                      |
| 均衡开启状态                  | 均衡电路开启的状态                      |
| 电池模块间的电压或SOC不平衡         | /                              |
| 电池系统因故障停止运行             | /                              |
| 电池断路器/继电器不正常动作          | /                              |
| BMS与PMS/PMS/EMS/AMS通信失败 | /                              |
| BMS电源指示及故障              | /                              |
| 绝缘总正电阻                  | 直流母线正极对地绝缘电阻                   |
| 负电阻                     | 直流母线负极对地绝缘电阻                   |
| 环境温度                    | 电池舱环境温度                        |
| 最高电池电压                  | 电池簇/系统中电压最高单体的电压值              |
| 最高电压编号                  | 电池簇/系统中电压最高单体的编号               |
| 最低电池电压                  | 电池簇/系统中电压最低单体的电压值              |
| 最低电压编号                  | 电池簇/系统中电压最低单体的编号               |
| 最大压差                    | 电池簇/系统中电压最高单体的电压值与电压最低单体的电压值的差 |
| 最高电池温度                  | 电池簇/系统中温度最高单体的温度值              |
| 最高温度编号                  | 电池簇/系统中温度最高单体的编号               |
| 最低电池温度                  | 电池簇/系统中温度最低单体的温度值              |
| 最低温度编号                  | 电池簇/系统中温度最低单体的编号               |
| 最大温差                    | 电池簇/系统中温度最高单体的温度值与温度最低单体的温度值的差 |
| 单体电压值                   | 电池簇/系统中每支单体的电压值                |
| 单体温度值                   | 电池簇/系统中每支单体的温度值                |
| 平均电压值                   | 电池簇/系统中单体的平均电压值                |
| 平均温度值                   | 电池簇/系统中单体的平均温度值                |
| 运行统计信息                  | 充放电次数、电量                       |
| 软件版本号                   | 显示当前系统运行的软件版本号                 |
| 硬件版本号                   | 显示当前系统运行的硬件版本号                 |

表格11 故障报警及处理措施

| 故障名称         | 一级故障处理措施  | 二级故障处理措施                 | 三级故障处理措施                          |
|--------------|---|--------------------------|-----------------------------------|
| 总压过压<br>(过充) | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，声光报警              | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充电正、充电负继电器（停机）   |
| 总压欠压<br>(过放) | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，声光报警              | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开放电正、放电负继电器（停机）   |
| 单体过压<br>(过充) | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，开启均衡，降充电功率，声光报警   | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充电正、充电负继电器（停机）   |
| 单体欠压<br>(过放) | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，降放电功率，声光报警        | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开放电正、放电负继电器（停机）   |
| 充电（单体）温度过高   | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警、通风/降温，降功率，声光报警    | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充电正、充电负继电器（停机）   |
| 充电（单体）温度过低   | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，降功率，声光报警          | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充电正、充电负继电器（停机）   |
| 放电（单体）温度过高   | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，通风/降温，降功率，声光报警    | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开放电正、放电负继电器（停机）   |
| 放电（单体）温度过低   | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，声光报警              | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开放电正、放电负继电器（停机）   |
| （电池）温差过大     | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，降功率，声光报警          | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充放电正、放电负继电器（停机）  |
| （电池）压差过大     | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，开启均衡，降低充放电功率，声光报警 | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充放电正、放电负继电器（停机）  |
| 放电过流         | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，降功率，声光报警          | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开放电正、放电负继电器（停机）   |
| 充电过流         | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，降充电电流，声光报警        | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充电正、充电负继电器（停机）   |
| 绝缘故障         | 屏幕显示报警，声光报警   | 屏幕显示报警，声光报警              | 屏幕显示报警，声光报警<br>断开充放电正、充放电负继电器（停机） |
| SOC过低        | 屏幕显示提示，声光报警   | 屏幕显示提示、报警、降功率，声光报警       |                                   |
| 环境温度过高       | 屏幕显示提示，声光报警   | 屏幕显示报警，降功率，声光报警          | 屏幕显示报警，降功率，声光报警                   |
| 环境温度过低       | 屏幕显示提示，声光报警   | 屏幕显示报警，降功率，声光报警          |                                   |
| 独立单体过高温      | -   | -                        | 屏幕显示报警，声光报警断开充放电正、充放电负继电器（停机）     |
| 独立环境过高温      | -   | -                        | 屏幕显示报警，声光报警断开充放电正、充放电负继电器（停机）     |
| 独立单体过压       | -   | -                        | 屏幕显示报警，声光报警断开充放电正、充放电负继电器（停机）     |
| 充电相关故障       | 屏幕显示提示，降低充电功率/结束充电流程（停止充电），声光报警                                     |                          |                                   |
| 保护功能故障       | 每次开关机对放电正、放电负、充电正、充电负继电器进行诊断，如果有粘连或不执行动作的故障，系统将显示相关信息，并停止充电或放电，声光报警 |                          |                                   |
| 热管理故障        | 报警、降功率，声光报警   |                          |                                   |
| 蓄电池包应急排气故障   | 屏幕显示报警，声光报警   |                          |                                   |
| 温度检测故障       | 屏幕显示报警，声光报警，停机  |                          |                                   |
| 电池因故障停止运行    | 屏幕显示报警，声光报警   |                          |                                   |
| 继电器不正常动作     | 屏幕显示报警，声光报警   |                          |                                   |
| 与EMS通信失败     | 屏幕显示报警，声光报警，请求降功率，停机  |                          |                                   |

表格12 推进系统监测及报警项目

| 系统   | 监测参数       | 报警 | 显示 | 自动停车 | 备注           | 其他      |
|------|------------|----|----|------|--------------|---------|
| 推进系统 | 轴承温度高      | √  |    |      | 前后轴承85℃      |         |
|      | 轴承温度过高     | √  |    | √    | 前后轴承90℃      | 可越控     |
|      | 绕组温度高      | √  |    |      | UVW三相绕组140℃  |         |
|      | 绕组温度过高     | √  |    | √    | UVW三相绕组145℃  | 可越控     |
|      | 母线电压高      | √  |    |      | 690V         |         |
|      | 母线电压低      | √  |    |      | 540V         |         |
|      | 母线电压过低     | √  |    | √    | 510V         |         |
|      | 推进过载       | √  |    |      | 150.2A（交流输出） |         |
|      | 推进超载       | √  |    | √    | 171.6A（交流输出） | 可越控     |
|      | 推进限功率使用    | √  |    |      | EMS指令        | 可越控     |
|      | 推进禁止启动     | √  |    |      | EMS指令        |         |
|      | 24VDC失电    | √  |    |      | 开关量          |         |
|      | 主电源失电      | √  |    | √    | 开关量          |         |
|      | 推进遥控通信失联   | √  |    | √    | PLC运算检测      | 推进装置处报警 |
|      | 推进装置通信失联   | √  |    |      | PLC运算检测      | 推进遥控处报警 |
|      | EMS通信失联    | √  |    |      | PLC运算检测      |         |
|      | 变频器故障      | √  |    | √    | 开关量          |         |
|      | 冷却风机故障     | √  |    |      | 开关量          |         |
|      | 机舱急停       | √  |    | √    | 开关量          |         |
|      | 遥控急停       | √  |    | √    | 开关量          |         |
|      | 紧急越控中      | √  |    |      | 开关量          |         |
|      | 整流模块温度高    | √  |    |      | 85℃          |         |
|      | 整流模块温度过高   | √  |    | √    | 95℃          |         |
|      | 逆变模块温度高    | √  |    |      | 85℃          |         |
|      | 逆变模块温度过高   | √  |    | √    | 95℃          |         |
|      | 机舱断开/机舱控制  |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 遥控断开/遥控控制  |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 24VDC掉电/上电 |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 主电源掉电/上电   |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 主推停止/主推运行  |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 冷却风机停止/运行  |    | √  |      | 开关量          |         |
|      | 进OFF/进车    |    | √  |      | 变频器数据        |         |
|      | 停OFF/停车    |    | √  |      | 变频器数据        |         |
|      | 倒00F/倒车    |    | √  |      | 变频器数据        |         |
|      | 电机同步转速     |    | √  |      | 0~1000rpm    |         |

| 系统   | 监测参数     | 报警 | 显示 | 自动停车 | 备注          | 其他 |
|------|----------|----|----|------|-------------|----|
| 推进系统 | 艏轴转速     |    | √  |      | -985~985rpm |    |
|      | 运行频率     |    | √  |      | 0~50HZ      |    |
|      | 设定频率     |    | √  |      | 0~50HZ      |    |
|      | 母线电压     |    | √  |      | 0~690V      |    |
|      | 输出电压     |    | √  |      | 0~380V      |    |
|      | 输出电流     |    | √  |      | 0~175A      |    |
|      | 输出功率     |    | √  |      | 0~100%      |    |
|      | 输出转矩     |    | √  |      | 0~100%      |    |
|      | 整流模块温度   |    | √  |      | 0~95℃       |    |
|      | 逆变模块温度   |    | √  |      | 0~95℃       |    |
|      | 主电机绕组U温度 |    | √  |      | 0~145℃      |    |
|      | 主电机绕组V温度 |    | √  |      | 0~145℃      |    |
|      | 主电机绕组W温度 |    | √  |      | 0~145℃      |    |
|      | 主电机前轴承温度 |    | √  |      | 0~90℃       |    |
|      | 主电机后轴承温度 |    | √  |      | 0~90℃       |    |

“备注”为数据时，“显示”为数据；“备注”为开关量或其他时，“显示”为状态。



图表3 推进系统监测项目



图表4 推进系统报警项目

注： 图表3与图表4为推进控制装置监测和报警界面，推进遥控装置基本相同不再呈图。

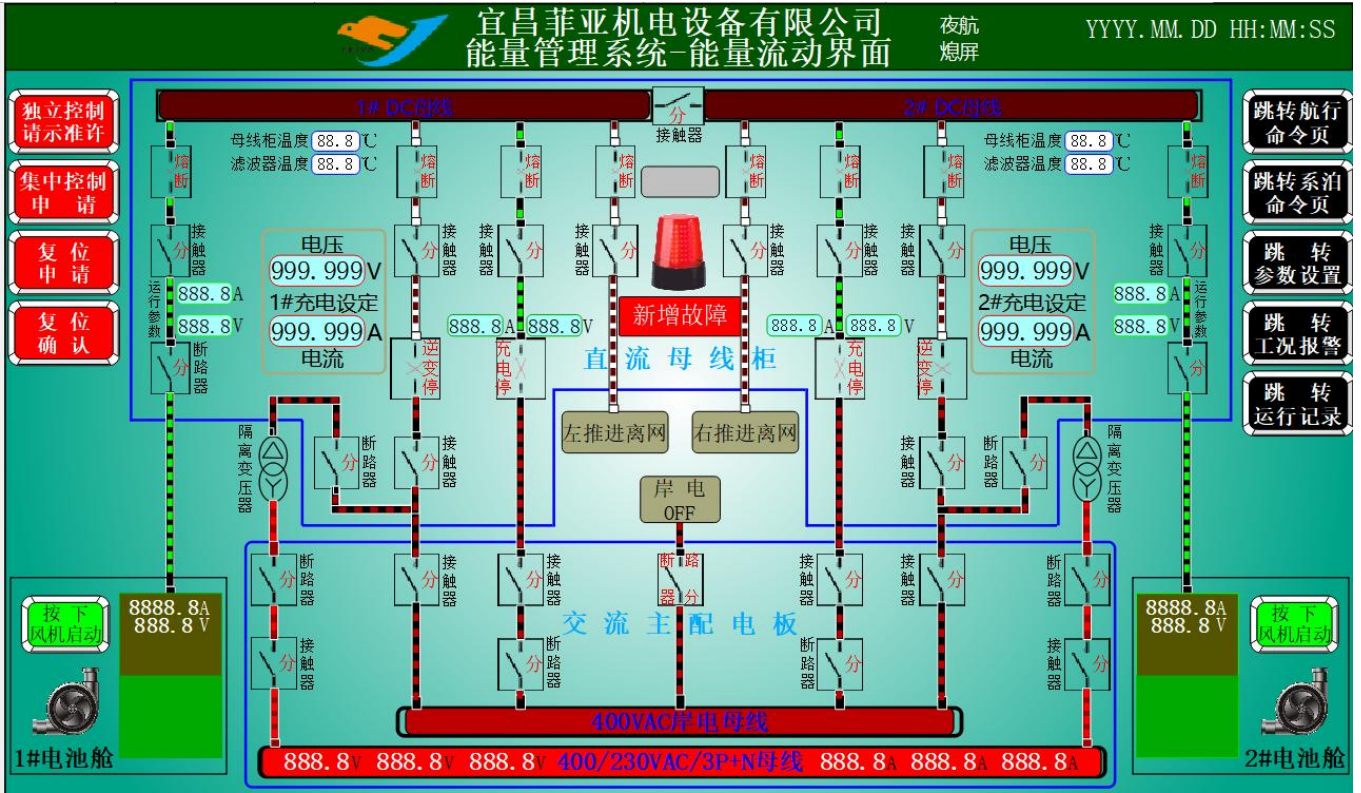
表格13 EMS监测及报警项目

| 系统  | 监测参数        | 报警 | 显示 | 自动处理 | 备注        | 其他 |
|---|-------------|----|----|------|-----------|----|
| EMS<br>电<br>源                             | 1#直流高压电源    |    | √  |      | 开关量       |    |
|   | 1# 380VAC电源 |    | √  |      | 开关量       |    |
|   | 1# 24VDC电源  |    | √  |      | 开关量       |    |
|   | 2#直流高压电源    |    | √  |      | 开关量       |    |
|   | 2# 380VAC电源 |    | √  |      | 开关量       |    |
|   | 2# 24VDC电源  |    | √  |      | 开关量       |    |
| 流<br>母<br>线<br>柜<br>1<br>号<br>功<br>能<br>段 | 直流母线主电源     | √  | √  |      | PLC运算电压范围 |    |
|   | 直流系统过载      | √  |    |      | 1.05In    |    |
|   | 直流系统限功率运行   | √  |    |      | SOC 30%   |    |
|   | 直流母线电压低     | √  | √  |      | 540V      |    |
|   | 直流母线电压过低    | √  | √  |      | 531V      |    |
|   | 直流母线电压高     | √  | √  |      | 630V      |    |
|   | 电池电量低       | √  | √  | 限功率  | ≤30%      |    |
|   | 电池电量过低      | √  | √  | 限功率  | ≤20%      |    |
|   | 电池电量超低      | √  | √  | 及卸荷  | ≤10%      |    |
|   | 电池正极绝缘低     | √  |    |      | 数据通讯      |    |
|   | 电池负极绝缘低     | √  |    |      | 数据通讯      |    |
|   | 直流母线绝缘低     | √  |    |      | 开关量       |    |
|   | 母线柜内温度高     | √  | √  | 风机启动 | 50℃       |    |

| 系统         | 监测参数      |            | 报警 | 显示 | 自动处理 | 备注        | 其他 |
|------------|-----------|------------|----|----|------|-----------|----|
| 直流母线柜1号功能段 | BMS主控通信失联 |            | √  |    |      | PLC通信检测   |    |
|            | 推进输出熔断器熔断 |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 电池进线断路器   |            | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            | 电池进线熔断器   |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 逆变直流输入熔断器 |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 逆变运行      |            |    | √  |      |           |    |
|            | 逆变故障      |            | √  |    |      |           |    |
|            | 1#隔离变     | 原边断路器断开    | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 原边岸电侧交流接触器 |    | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 原边逆变侧交流接触器 |    | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 副边断路器断开    | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 副边侧交流接触器   |    | √  |      | 开关量       |    |
|            | AC/DC充电   | 交流输入断路器断开  | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 交流输入接触器    |    | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 直流输出熔断器熔断  | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 直流输出接触器    |    | √  |      | 开关量       |    |
|            |           | 充电电压       |    | √  |      | 150~700V  |    |
|            |           | 充电电流       |    | √  |      | 0~75A     |    |
|            |           | 模块或通信故障    | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 1#电池舱风机   | 主电源失电      | √  |    |      | 开关量       |    |
|            |           | 风压低        | √  |    |      | 开关量       |    |
|            |           | 风机运行       |    | √  |      | 开关量       |    |
| 直流母线柜2号功能段 | 直流母线主电源   |            | √  | √  |      | PLC运算电压范围 |    |
|            | 直流系统过载    |            | √  |    |      | 1.05In    |    |
|            | 直流系统限功率运行 |            | √  |    |      | SOC 30%   |    |
|            | 直流母线电压低   |            | √  | √  |      | 540V      |    |
|            | 直流母线电压过低  |            | √  | √  |      | 531V      |    |
|            | 直流母线电压高   |            | √  | √  |      | 630V      |    |
|            | 电池电量低     |            | √  | √  | 限功率  | ≤30%      |    |
|            | 电池电量过低    |            | √  | √  | 限功率  | ≤20%      |    |
|            | 电池电量超低    |            | √  | √  | 及卸荷  | ≤10%      |    |
|            | 电池正极绝缘低   |            | √  |    |      | 数据通讯      |    |
|            | 电池负极绝缘低   |            | √  |    |      | 数据通讯      |    |
|            | 直流母线绝缘低   |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 母线柜内温度高   |            | √  | √  | 风机启动 | 50℃       |    |
|            | BMS主控通信失联 |            | √  |    |      | PLC通信检测   |    |
|            | 推进输出熔断器熔断 |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 电池进线断路器   |            | √  | √  |      | 开关量       |    |
|            | 电池进线熔断器   |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 逆变直流输入熔断器 |            | √  |    |      | 开关量       |    |
|            | 逆变运行      |            |    | √  |      |           |    |
|            | 逆变故障      |            | √  |    |      |           |    |



| 系统         | 监测参数       |            | 报警 | 显示 | 自动处理 | 备注       | 其他 |
|------------|------------|------------|----|----|------|----------|----|
| 直流母线柜2号功能段 | 2#隔离变      | 原边断路器断开    | √  | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 原边岸电侧交流接触器 |    | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 原边逆变侧交流接触器 |    | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 副边断路器断开    | √  | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 副边侧交流接触器   |    | √  |      | 开关量      |    |
|            | AC / DC 充电 | 交流输入断路器断开  | √  | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 交流输入接触器    |    | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 直流输出熔断器熔断  | √  | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 直流输出接触器    |    | √  |      | 开关量      |    |
|            |            | 充电电压       |    | √  |      | 150~700V |    |
|            |            | 充电电流       |    | √  |      | 0~75A    |    |
|            |            | 模块或通信故障    | √  |    |      | 开关量      |    |
|            | 2#电池舱风机    | 主电源失电      | √  |    |      | 开关量      |    |
|            |            | 风压低        | √  |    |      | 开关量      |    |
|            |            | 风机运行       |    | √  |      | 开关量      |    |



图表5 EMS监测项目

| YYYY. MM. DD HH:MM:SS |  |               |  |               |  |               |  |             |  | 宜昌菲亚机电设备有限公司  |  |               |  |               |  |             |  |               |  | 能量管理系统-工况指示报警页面 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|-------------|--|---------------|--|---------------|--|---------------|--|-------------|--|---------------|--|-----------------|--|-------------|--|--|--|--|--|--|--|
|                       |  | EMS低压<br>直流失电 |  | EMS交流<br>电源失电 |  | EMS高压<br>电源失电 |  | EMS电源       |  | EMS高压<br>电源失电 |  | EMS交流<br>电源失电 |  | EMS低压<br>直流失电 |  |             |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |  | 逆变电源<br>断 开   |  | 推进系统<br>断 开   |  | 锂电池组<br>断 开   |  | 接触器状态       |  | 锂电池组<br>断 开   |  | 推进系统<br>断 开   |  | 逆变电源<br>断 开   |  |             |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
| 隔变原边<br>岸电侧断开         |  | 隔变原边<br>逆变侧断开 |  | 隔离变<br>副边断开   |  | 充电输入<br>断 开   |  | 充电输出<br>断 开 |  | 母线联络<br>断 开   |  | 充电输出<br>断 开   |  | 充电输入<br>断 开   |  | 隔离变<br>副边断开 |  | 隔变原边<br>逆变侧断开 |  | 隔变原边<br>岸电侧断开   |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
| 返 回<br>主界面            |  | 隔变原边<br>断 开   |  | 电池进线<br>断 开   |  | 1#<br>功 能 段   |  | 岸电<br>断 开   |  | 进线<br>断 路 器   |  | 2#<br>功 能 段   |  | 断 开           |  | 电池进线<br>断 开 |  | 隔变原边<br>断 开   |  | 跳 转<br>航行命令页    |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |  | 隔变副边<br>断 开   |  | 充电输入<br>断 开   |  |               |  | 断 路 器       |  | 断 开           |  |               |  | 充电输入<br>断 开   |  | 隔变副边<br>断 开 |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
| 跳 转<br>参数设置           |  | 推进输出<br>熔 断   |  | 电池进线<br>熔 断   |  | 1#<br>功 能 段   |  | 熔 断 器       |  | 2#<br>功 能 段   |  | 熔 断           |  | 电池进线<br>熔 断   |  | 推进输出<br>熔 断 |  | 跳 转<br>系泊模式   |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |  | 逆变输出<br>熔 断   |  | 充电输出<br>熔 断   |  |               |  |             |  |               |  | 熔 断           |  | 充电输出<br>熔 断   |  | 逆变输出<br>熔 断 |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
| 跳 转<br>运行记录           |  | 充电模组<br>状 态   |  | 多功能表<br>失 联   |  | 1#<br>功 能 段   |  | 通 讯 故 障     |  | 2#<br>功 能 段   |  | 故 障           |  | 多功能表<br>故 障   |  | 充电模组<br>状 态 |  | 消 音           |  | 试 验             |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |  | 母线柜<br>失 联    |  | 电池BMS<br>失 联  |  |               |  |             |  |               |  | 失 联           |  | 电池BMS<br>失 联  |  | 母线柜<br>失 联  |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |
| 母线柜<br>温 度            |  | 高             |  | 逆变器<br>状 态    |  | 故障            |  | 直流母线<br>绝 缘 |  | 低             |  | 低             |  | 直流母线<br>绝 缘   |  | 故障          |  | 逆变器<br>状 态    |  | 高               |  | 母线柜<br>温 度  |  |  |  |  |  |  |  |
| ≤30%                  |  | 较低            |  | ≤20%          |  | 低             |  | ≤10%        |  | 低低            |  | 低低            |  | ≤10%          |  | 低           |  | ≤20%          |  | 较低              |  | ≤30%        |  |  |  |  |  |  |  |
| ≤540V                 |  | 较低            |  | ≤520V         |  | 低             |  | ≥700V       |  | 高             |  | 高             |  | ≥700V         |  | 低           |  | ≤520V         |  | 较低              |  | ≤540V       |  |  |  |  |  |  |  |
| 母线受电<br>状 态           |  | 失电            |  | 母线负荷<br>状 态   |  | 过载            |  | 限功率<br>状 态  |  | 限制            |  | 限制            |  | 限功率<br>状 态    |  | 过载          |  | 母线负荷<br>状 态   |  | 失电              |  | 母线受电<br>状 态 |  |  |  |  |  |  |  |
| 主电源<br>状 态            |  | 失电            |  | 1#风机<br>风 压   |  | 失压            |  | 2#风机<br>风 压 |  | 失压            |  | 失压            |  | 2#风机<br>风 压   |  | 失压          |  | 1#风机<br>风 压   |  | 失电              |  | 主电源<br>状 态  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |  |               |  |               |  |               |  | 多功能表        |  | 故障            |  | 交流日用母线        |  | 过载            |  | 母线负荷<br>状 态 |  |               |  |                 |  |             |  |  |  |  |  |  |  |

图表6 EMS报警项目

3.8 其它功能

EMS从控采集各自BMS信息后发送给EMS主控汇总计算全船总电量，当总电量低于30%后，发出独立声光预警；低于25%后卸去生活设备、空调等非航行设备；低于20%限制主推进功率。

电池舱风机启动箱为双电源进线，优先使用主电源，主电源失电后转为备用电源。与C02预释放互锁，即C02时电池舱风机强制停止；与电池舱环境温度联动，即电池舱环境温度过高时，风机自启动，强制舱内外空气循环；与可燃性气体装置联动，当可燃性气体浓度超标时，风机自启动，强制电池舱空气与舱外空气交换循环。设风压报警，当风机启动后若风压过低则将信号传输给EMS，并发出声光报警。除控制箱上可以手动启动外，EMS主控屏上亦可启动；若风机启动箱离电池舱门（盖）较远，则要求在电池舱门（盖）附近设置防爆按钮盒进行启停操作。

对各设备和装置内器件贴醒目标识，对重要、危险设备应做警示牌。对易损件如快速熔断器等，应配适量备件。

4 操作模式说明

4.1 各模式设备运行工况

本船EMS对全船重要设备实行监测控制，分三种模式：休眠模式、系泊模式、航行模式。休眠模式时，全船主要设备如电池停止充放电，直流母线柜、交流配电板、推进控制系统、舵机系统等停止主电源供电，进入待机状态，但EMS继续对全船保持监视控制。系泊模式指船舶靠泊后，利用岸电对全船供电、电池充电，或逆变对全船非航行设备供电；系泊模式最重要的特征是停止对推进系统供电。航行模式指船舶离港后的模式，全船由锂电池组供电(推进系统解除限制，二套逆变装置进入一用一备模式)。三大模式又分各子模式，各模式的设备运行工况，见表格14。



表格14 DPS各模式下的设备运行工况

| 模式       |          | 休眠模式      |           |                 | 系泊模式            |                 |                 |                 |           |                |                 |                 |                 |                 |                 |           |                | 航行模式     |          |          |          |          |          |          |          |          |    |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|
| 子模式      | 全船<br>休眠 | 1#段<br>休眠 | 2#段<br>休眠 | 1#段<br>岸电<br>供电 | 1#段<br>岸电<br>供电 | 1#段<br>岸电<br>供电 | 1#段<br>岸电<br>供电 | 1#段<br>岸电<br>供电 | 1#段<br>慢充 | 1#逆<br>变供<br>电 | 2#段<br>岸电<br>供电 | 2#段<br>岸电<br>供电 | 2#段<br>岸电<br>供电 | 2#段<br>岸电<br>供电 | 2#段<br>岸电<br>供电 | 2#段<br>慢充 | 2#逆<br>变供<br>电 | 双段<br>电池 | 双段<br>电池 | 1#<br>电池 | 2#<br>电池 | 双段<br>电池 | 双段<br>电池 | 双段<br>电池 | 1#<br>电池 | 2#<br>电池 |    |
|          |          |           |           |                 | +               | +               | +               | +               |           | +              | +               | +               | +               | +               | +               | +         | +              | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +  |
| 设备或系统    |          |           |           |                 | +               | +               | +               | +               |           |                | +               | +               | +               | +               | +               | +         |                | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |    |
|          |          |           |           |                 |                 |                 |                 |                 |           |                |                 |                 |                 |                 |                 |           |                |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |
| 岸电       |          | ●         | ●         | 运行              |                 |                 |                 |                 |           | 停止             | 运行              |                 |                 |                 |                 |           | 停止             | 停止       |          |          |          |          |          |          |          |          |    |
| 1#锂电池组   |          | 停止        | ●         | 停止              | 充电              | 充电              | 停止              | 停止              | 充电        | 放电             | 停止              | 充电              | 停止              | 充电              | 充电              | ●         | 停止             | 放电       |          | 停止       | 放电       |          |          |          | 停止       |          | 放电 |
| 2#锂电池组   |          | ●         | 停止        | 停止              | 充电              | 停止              | 充电              | 充电              | ●         | 停止             | 停止              | 充电              | 充电              | 停止              | 停止              | 充电        | 放电             | 放电       |          | 停止       | 放电       |          |          |          | 停止       | 放电       |    |
| 1#交流充电模块 |          | 停止        | ●         | 停止              | 运行              | 运行              | 停止              | 运行              | 运行        | 停止             | 停止              | 运行              | 停止              | 运行              | 停止              | ●         | 停止             | 停止       |          |          |          |          |          |          |          |          |    |
| 2#交流充电模块 |          | ●         | 停止        |                 | 运行              | 停止              | 运行              | 停止              | ●         | 停止             |                 | 运行              | 运行              | 停止              | 运行              | 运行        | 停止             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |
| 1#逆变     |          | 停止        | ●         | 停止              |                 |                 |                 |                 |           | 运行             | 停止              |                 |                 |                 |                 |           | 停止             | 运行       | 停止       | 运行       | 停止       |          |          | 运行       | 停止       | 停止       |    |
| 2#逆变     |          | ●         | 停止        |                 |                 |                 |                 |                 |           | 停止             |                 |                 |                 |                 |                 |           | 运行             | 停止       | 运行       | 停止       | 停止       |          |          |          |          |          |    |
| 1#隔离变压器  |          | 停止        | ●         | 运行              |                 |                 |                 |                 | ●         | 运行             | 停止              |                 |                 |                 |                 | ●         | 停止             | 运行       | 停止       | 运行       | 停止       |          |          | 运行       |          |          |    |
| 2#隔离变压器  |          | ●         | 停止        | 停止              |                 |                 |                 |                 | ●         | 停止             | 运行              |                 |                 |                 |                 | ●         | 运行             | 停止       | 运行       | 停止       | 运行       | 停止       | 运行       | 停止       |          |          |    |
| 1#推进系统   |          | 停止        | ●         | 停止              |                 |                 |                 |                 |           |                |                 |                 |                 |                 |                 |           | 运行             |          | 运行       | 停止       | 运行       | 运行       | 停止       | 运行       | 停止       |          |    |
| 2#推进系统   |          | ●         | 停止        |                 |                 |                 |                 |                 |           |                |                 |                 |                 |                 |                 |           |                |          | 停止       | 运行       |          | 停止       | 运行       | 停止       |          |          |    |
| 母线联络接触器  |          | 断开        |           |                 |                 |                 |                 | 合闸              | 断开        |                |                 |                 |                 |                 | 合闸              | 合闸        | 断开             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |    |

● 其他模式决定

4.2 休眠模式

休眠模式：全船休眠； 1#功能段休眠（2#段可独立运行）； 2#功能段休眠（1#段可独立运行）。

4.3 系泊模式

系泊模式： 1#段岸电供电，1#段岸电+全船慢充，1#段岸电+1#段慢充，1#段岸电+2#段慢充，1#段岸电+2#段紧急慢充，1#段慢充，1#段逆变供电； 2#段岸电供电，2#段岸电+全船慢充，2#段岸电+2#段慢充，2#段岸电+1#段慢充，2#段岸电+1#段紧急慢充，2#段慢充，2#段逆变供电。紧急充电指其中一功能段充电回路或装置出现故障暂时无法修复， 由另一功能段充电回路对故障段的电池充电。系泊模式见图表7。

| 宜昌菲亚机电设备有限公司<br>能量管理系统-系泊模式操作界面 |  |          |  |                  | YYYY. MM. DD HH:MM:SS |  |
|---------------------------------|--|----------|--|------------------|-----------------------|--|
| 1#段岸电供电申请                       |  | 系泊模式确认   |  | 2#段岸电供电申请        |                       |  |
| 1#段岸电供电全船慢充申请                   |  | 全船系泊休眠申请 |  | 2#段岸电供电全船慢充申请    |                       |  |
| 1#段岸电供电1#段慢充申请                  |  | 返回主界面    |  | 2#段岸电供电2#段慢充申请   |                       |  |
| 1#段岸电供电2#段慢充申请                  |  | 跳转航行命令页  |  | 2#段岸电供电1#段慢充申请   |                       |  |
| 1#段岸电供电2#段紧急慢充申请                |  | 跳转运行记录   |  | 2#段岸电供电1#段紧急慢充申请 |                       |  |
| 1#段慢充申请                         |  | 跳转参数设置   |  | 2#段慢充申请          |                       |  |
| 1#段逆变供电申请                       |  | 跳转工况报警   |  | 2#段逆变供电申请        |                       |  |

图表7 系泊模式

4.4 航行模式

航行模式分三种操作模式：手动正常航行模式，航行智能供电模式。手动模式需要人为判断设备或电池状态后做出合适的操作；智能供电模式由EMS自动根据电池信息、设备状态做出判断下发供电指令。航行模式见图表8。



图表8 航行模式

5 主要功能单元说明

5.1 直流母线柜

直流母线柜属于二段分段模式。本母线柜所有设备器件选型均按750VDC级，实际运行电压区间以锂电池充放电特性为标准，在522VDC~630VDC间。本母线柜对直流网进行监测、分配电、控制、保护，同时可以DC/AC逆变后对交流供电，也可以AC/DC转换后对电池充电。本柜所有回路分断或闭合均由EMS指令和接触器执行，断路器主要用于运行保护、检修隔离。为确保接触器使用寿命，接触器闭合操作后，功率型装置方才工作；功率型装置输出为零后，接触器方才断开操作。

二段母线除常规指针式仪表对电气参数进行监测外，另每段母线加装了一套独立的多功能表，将实时运行参数发往EMS处理。EMS及各充电和逆变模块内设电子保护：温度、电压、电流，可对异常状态快速做出响应。同时本柜对各进出线回路采用了“断路器+快熔”的物理性保护： 电池进线断路器整定电流100A、快熔160A，推进快熔125A（推进装置进线断路器整定电流125A） ，逆变快熔125A，充电快熔125A。

本柜2段母线分别设对地绝缘监测，但锂电池组连通直流母线柜时退出实时监测，系统实时绝缘值由BMS完成。

本柜左右设置2套独立逆变装置，属于1用1备模式，当正在使用的逆变回路（含逆变器故障、 电流进出的熔断器或断路器跳闸）异常后，另1套逆变装置自动投入工作且恢复供电时间不大于11秒。注： EMS通过低压主配设置了2台逆变及岸电的互锁，同时仅一路交流供电有效。

本柜每段配置2台40KW充电模块并联使用，2台模块1主1从模式自动均流均压，充电输出电压以锂电池组电压为实时标准，充电电流和最高充电电压由EMS下发。

本船主交流电源为380VAC，其峰值（正弦波峰谷绝对值）为 $380 \times \sqrt{2} = 537.32\text{V}$ ，只要直流电压不低于537.32V，经变流设备后就可以保证交流网络为380VAC（行业标准或规范允许下限偏差为-10%即342VAC，对应直流母线最低电压为484VDC）时。同时本船所有由母线柜提供电源的功率型、控制型设备均为宽电压输入型设备（定义为500~750VDC），且所有充电模块输出电压均以锂电池组网电压为准（先采样再调整输出），故本直流母线柜不使用DC/DC模块（特指电池与电网间的斩波器）。不使用斩波器有两大优点：首先是避免了急停瞬间模块外围组件LC放电产生破坏，再就是降低了不必要的电能转换损耗。

## 5.2 交流主配电板

交流主配电板简称主配，分400VAC岸电母线和400/230VAC日用母线。因重要航行设备由直流母线柜供电，不再由主配供电，故本主配交流日用母线取消分段设计。本主配所有回路分断或闭合均由EMS指令和接触器执行，断路器主要用于运行保护、检修隔离。为确保接触器使用寿命，接触器闭合操作后，功率型装置方才工作；功率型装置输出为零后，接触器方才断开操作。

岸电母线设指针式仪表，实时对电压、电流监测；日用母线设指针式仪表，实时对电压、电流、绝缘监测或计量。同时设一套独立多功能表对日用母线进行电气参数测量并通过数据通信实时传输给EMS。卸荷遥切由EMS计算后自动执行，本船对象为空调分电箱。通用风遥切通过按钮执行，主要对象是空调及风机分电箱。

系泊接岸电时，日用母线可由岸电经日用隔离变压器供电，此情形下，全船交流动力与日用设备全部由岸电供给。同时通过直流母线柜AC/DC模块为锂电池组充电。主配额定电流以岸电电流为准：125A。

航行状态下，锂电池直流电由母线柜逆变后经日用隔离变压器对日用母线供电。全船二段独立进线，相互备用。岸电、逆变间互锁，不并网使用。

## 5.3 能量管理系统（EMS）

能量管理系统简称EMS（下述EMS），对接电池组BMS、全船重要设备，主要负责全船能量分配管理、能量变流（充电、放电、逆变）管理、预警报警保护、通讯转换、数据采集及上传。本船EMS配EMS主站（主控箱）、1#EMS从站、2#EMS从站，主站、从站设人机交互界面并延伸至驾控台。1#EMS从站设在直流母线柜1#段，2#EMS从站设在直流母线柜2#段。全船集中控制时（正常状态），由EMS主站统一控制；非正常状态时可分别对从站进行独立控制，通信异常时自动转为从站独立控制。人机交互方式由触摸屏完成。

本船EMS由4路电源供电：1#锂电池组（576VDC）、2#锂电池组（576VDC）、交流岸电（400VAC）、铅酸电池（DC24V），保证了EMS不间断供电和船舶安全。

直流母线柜各类断路器、熔断器、逆变器、绝缘表自带辅助触点，充电模块带CAN通讯接口，同时各段母线设有485通讯口的多功能表，EMS可实时采集所有器件或功能单元的工况、参数。交流主配电板各输入断路器、日用输出断路器、接触器均带辅助触点，日用母线设有485通讯口的多功能表，EMS可实时采集所有器件或功能单元的工况、参数。

EMS实时主动联系BMS采集相关参数；EMS被动将电量(SOC)数据发送给推进控制系统。

EMS主要分休眠模式、系泊模式、航行模式；航行模式分手动供电模式、自动（智能）供电模式。所有模式均为一键开启或关闭。模式信息可参考“4操作模式说明”。

操作模式定义及操作说明：

5.3.1 独立控制：本船交直流共2段，变流及分配电设备相互独立。独立控制时，2功能段不再集中管理控制，由各段母线单独控制。EMS重新上电时、从站与主站通信中断时，会自动转为独立控制。原状态为集中控制时，若计划变更为独立控制，可在从站上点击“独立控制申请”（任意从站或延伸站均可点击申请），主控会显示“独立请求准许”，点击该“独立请求准许”，则从站会显示“独立控制生效”，即可对2功段进行独立控制。当独立控制时，集中控制失效，且母联接触器处于分断状态，2功能段设备或电源不能进行交叉组合使用。

5.3.2 集中控制：集中控制时，由EMS主控对全船主电源（含锂电池组、岸电）、各变流设备、分配电器件进行统一调度管理，紧急情况下对2功段电源或设备交叉组合调用（但不会对2组锂电池并联使用）。原状态为独立控制时，若计划变更为集中控制，可在主控上点击“集中控制申请”（主控延伸站点击申请有效），从控会显示“集中请求准许”，点击该“集中请求准许”，则主控会显示“集中控制生效”，即可对2功段所有主电源、变流、分配电设备进行集中控制。

5.3.3 系泊休眠：系泊休眠分“1#段系泊休眠”（从站不显示前缀“1#”）、“2#段系泊休眠”（从站不显示前缀“2#”）、“全船系泊休眠”。独立控制时，从站上点击“系泊休眠申请”，则本段所有设备将停止运行，进出接触器分断。集中控制时，在主控屏上进入“系泊命令页”点击“全船系泊休眠申请”，则全船主电源、变流、分配电设备停止运行。注：若推进设备处于进车或倒车运行状态中，相应功能段电池组、推进输出回路不会退出运行。即使操作了“休眠申请”，系统也将保持运行状态，直到推进遥控系统手柄操作至中位且推进控制装置停止运行后，相应功能段电池组、推进输出回路才会停止运行断开相应接触器。

5.3.4 段岸电供电：全船交流负载将由岸电供电，锂电池组不再通过变流设备对全船交流负载设备供电。独立控制时，从站上点击“岸电供电申请”，则本段锂电池组停止供电、逆变停止运行、全船进入岸电供电；注：当1#功能段岸电供电生效后，2#段从控将隐藏“岸电供电申请”，反之亦然。集中控制时，在主控屏上进入“系泊命令页”点击“1#段岸电供电申请”或“2#段段岸电供电申请”，则全船锂电池组停止供电、逆变停止运行、全船进入岸电供电。

5.3.5 逆变供电：全船设备将由锂电池组经逆变器供电（推进与此无关），岸电退出供电。独立控制时，从站上点击“逆变供电申请”，则本段锂电池组输出、逆变器投入，对全船交流设备供电；注：当1#功能段逆变供电生效后，2#段从控将隐藏“逆变供电申请”，反之亦然（同一时刻，只允许一段设备逆变供电）。集中控制时，在主控屏上进入“系泊命令页”点击“1#段逆变供电申请”或“2#段逆变供电申请”，则相应功能段锂电池组输出、逆变器投入，对全船交流设备供电。

5.3.6 推进系统供电：相应功能段锂电池组输出、且对本功能段推进装置供电。独立控制时，从站上点击“推进系统供电申请”，则本段锂电池组输出、对推进控制装置输出供电。集中控制时，在主控屏上进入“航行命令页”点击“1#段推进供电申请”或“2#段推进供电申请”，则相应功能段锂电池组输出、并对推进控制装置输出供电。

5.3.7 慢充&岸电：全船交流设备岸电供电，并由岸电对本功能段电池组充电。独立控制时，从站上点击“慢充&岸电申请”，则本功能段对全船设备供电、且本段充电模块对本段锂电池组按设定值充电。集中控制时，在主控屏上进入“系泊命令页”点击“1#段岸电&慢充申请”或“2#段岸电&慢充申请”，则相应功能段对全船供电且对本段锂电池组充电。

5.3.8 慢充：全船已经岸电供电后（任意功能段岸电供电），对本功能段锂电池组进行充电。独立控制时，从站上点击“慢充模式申请”，则岸电经本段充电模块对本功能段锂电池组按设定值充电。集中控制时，在主控屏上进入“系泊命令页”点击“1#段慢充申请”或“2#段慢充申请”，则相应功能段对本段锂电池组充电。

5.3.9 推进&逆变：岸电断开，本段电池组经逆变器对全船交流负载设备供电、且对本段推进装置供电。独立控制时，从站上点击“推进&逆变申请”，本段电池组经逆变器对全船交流负载设备供电、且对本段推进装置供电；注：当1#功能段推进&逆变生效后，2#段从控将隐藏“逆变供电申请”和“推进&逆变申请”，但显示“推进系统供电申请”；反之亦然（同一时刻，只允许一段设备逆变供电）。集中控制时，在主控屏上进入“航行命令页”点击“1#段推进+1#段逆变申请”或“2#段推进+1#段逆变申请”，则相应功能段锂电池组输出、并对推进控制装置输出供电；另一段视情况可选择“推进供电申请”。

上述5.3.3 ~5.3.9主要描述了独立控制时，从站操作的全部模式，并包含了集中控制的部分模式。

下述5.3.10 ~5.3.29将对EMS主控的集中控制模式做重点阐述，部分内容与上述5.3.3~5.3.9可能重复，但不冲突。

5.3.10 系泊模式：本模式适用于靠港停泊。通过EMS主控屏“跳转系泊命令页”进入“系泊模式”操作界面，点击“系泊模式确认”退出“航行模式”。确认生效后会出

现：“全船系泊休眠申请”、“1#段岸电供电申请”、“1#段岸电+全船慢充供电申请”、“1#段岸电+1#段慢充供电申请”、“1#段岸电+2#段慢充供电申请”、“1#段慢充申请”、“1#段岸电+2#段紧急慢充供电申请”、“1#段逆变供电申请”；“2#段岸电供电申请”、“2#段岸电+全船慢充供电申请”、“2#段岸电+2#段慢充供电申请”、“2#段岸电+1#段慢充供电申请”、“2#段慢充申请”、“2#段岸电+1#段紧急慢充供电申请”、“2#段逆变供电申请”。可据实际情形或需要点击其中1种或2种。当其中某条件或设备故障时，相应模式申请将被隐藏而不能被操作，只要是显示了的申请模式，均可不受限制的点击启用，系统会自动解除当下有冲突的设备或模式。

5.3.11 全船系泊休眠：除DC24V充放电板驱动的设备外，其他所有用电设备会分闸断电；锂电池组停止放电或慢充（标准快充允许）；岸电日用供电断开（不代表岸电母线下电）。全船处于静默状态，一般适用于锚定状态。

5.3.12 1#段岸电供电：本段充电、放电全部停止，岸电经1#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.13 1#段岸电+全船慢充供电：2充电模块分别对2锂电池组各自独立充电，岸电经1#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.14 1#段岸电+1#段慢充供电：1#段充电模块对1#段锂电池组充电，岸电经1#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.15 1#段岸电+2#段慢充供电：2#段充电模块对2#段锂电池组充电，岸电经1#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.16 1#段慢充：1#段充电模块对1#段电池组充电，全船交流设备不需供电或岸电经2#隔离变压器已经对全船进行岸电供电。注：当岸电没有合闸送电，此“申请”会被屏蔽。

5.3.17 1#段岸电+2#段紧急慢充供电：1#段充电模块对2#段电池组充电，岸电经1#隔离变压器对全船进行岸电供电。此时，1#段锂电池组切除、母线联络接触器闭合。

5.3.18 1#段逆变供电：岸电停止、充电停止，推进停止，由1#段逆变放电经1#隔离变压器对全船进行供电。即全船交流负载设备由1#功能段锂电池组经1#段逆变放电承担，此时岸电断开、充电停止、本段推进停止。

5.3.19 2#段岸电供电：本段充电、放电全部停止，岸电经2#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.20 2#段岸电+全船慢充供电：2充电模块分别对2锂电池组各自独立充电，岸电经2#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.21 2#段岸电+2#段慢充供电：2#段充电模块对2#段锂电池组充电，岸电经2#隔离变压器对全船进行岸电供电。

5.3.22 2#段岸电+1#段慢充供电：1#段充电模块对1#段锂电池组充电，岸电经2#隔离变压器对全船进行岸电供电。



5.3.23 2#段慢充：2#段充电模块对2#段电池组充电，全船交流设备不需供电或岸电经1#隔离变压器已经对全船进行岸电供电。注：当岸电没有合闸送电，此“申请”会被屏蔽。

5.3.24 2#段岸电+1#段紧急慢充供电：2#段充电模块对1#段电池组充电，岸电经2#隔离变压器对全船进行岸电供电。此时，2#段锂电池组切除、母线联络接触器闭合。

5.3.25 2#段逆变供电：岸电停止、充电停止，推进停止，由2#段逆变放电经2#隔离变压器对全船进行供电。即全船交流负载设备由2#功能段锂电池组经2#段逆变放电承担，此时岸电断开、充电停止、本段推进停止。

5.3.26 航行模式：本模式适用于船舶离岸状态。通过EMS主控屏“跳转航行命令页”进入“航行模式”操作界面，点击“航行模式确认”自动退出“系泊模式”。确认生效后会出现：“手动正常航行模式申请”、“航行模式智能供电申请”、“航行模式重置”，可据实际情形或需要点击其中1种。

5.3.27 手动正常航行模式：点击“手动正常航行模式申请”，生效后会出现：“1#段逆变+双推进申请”、“1#段逆变+1#段推进申请”、“1#段推进供电申请”、“1#段逆变申请”；“2#段逆变+双推进申请”、“2#段逆变+2#段推进申请”、“2#段推进供电申请”、“2#段逆变申请”。开航前查验“主界面”能量变流示意图、“工况报警”界面，根据设备和电池电量情况，手动选择合适模式用于航行供电。本模式适用于设备完好且电量足够，至少其中1个功能段是完好状态。此状态下，直流母线柜的母联接触器处于分闸状态，二功能段处于分段独立工作。

5.3.28 1#段逆变+双推进：1#段提供1#推进装置、逆变电源，2#段提供2#推进装置电源。

5.3.29 1#段逆变+1#段推进：1#段提供1#推进、逆变电源，2#段视电量或设备状态决定是否开启或关闭2#推进。

5.3.30 1#段推进供电：1#段仅提供1#推进电源，2#段视电量或设备状态决定是否启动2#推进或2#逆变。

5.3.31 1#段逆变：1#段提供逆变电源，2#段视电量或设备状态决定是否开启或关闭2#推进。

5.3.32 2#段逆变+双推进：2#段提供2#推进装置、逆变电源，1#段提供1#推进装置电源。

5.3.33 2#段逆变+2#段推进：2#段提供2#推进、逆变电源，1#段视电量或设备状态决定是否开启或关闭1#推进。

5.3.34 2#段推进供电：2#段仅提供2#推进电源，1#段视电量或设备状态决定是否启动1#推进或1#逆变。

5.3.35 2#段逆变：2#段提供逆变电源，1#段视电量或设备状态决定是否开启或关闭2#推进。



5.3.45 航行模式智能供电：点击“航行模式智能供电模式申请”，生效后全船变流设备、分配电设备会根据电池电量自动优化组合，启动相应设备或给相应设备供电。本模式实际覆盖了“手动正常航行模式”各种工况，区别是本模式为自动判定并迅速启动，而手动是人员判定后手动下发指令。注：一般情形下，厂商推荐“航行模式智能供电”。

全船有关储能、变流、分配电、推进等设备的工况、报警，通过模拟量、开关量、通信的方式上传给EMS。EMS系统经处理判断后做出回应并指示或声光报警，报警有重复消音功能。BMS报警点较多且有独立系统用于指示和报警，故电芯报警点不再在EMS系统重复。

EMS更多信息见图纸和“工况、报警、显示项目表”或“参阅三电系统简介&操作指南”以及本文档 3.8 控制和监测报警功能。

## 5.4 推进控制系统

推进控制系统（简称PCS）主要负责船舶的推进系统的控制，由机舱电力推进控制装置和控制室推进遥控装置组成。推进控制装置主要是将电能以变频变压并结合正反转的方式输出给变频电机，实现船舶正车、停车、倒车及加减速的控制。电力推进控制装置设有电机温度、艉轴速度输入口。推进遥控装置安装在驾控台，其主要用途是远程控制机舱推进机组而操纵船舶正车、停车、倒车及加减速目的。同时PCS可显示各类运行状态、运行参数，并实时保护电机。

推进控制装置柜内设有断路器、熔断器、变频器、开关电源、PLC、通讯模块、继电器、冷却风扇等保护和控制器件；柜门面板设有触摸屏、蜂鸣器、复位按钮、紧急停车按钮，以及“就地/遥控”、“正车/停车/倒车”、“加速/减速”指令转换开关。变频器故障停机，经排查故障后按“复位”按钮可重新控制设备。紧急情形需要停车时，可直接按下“紧急停车”按钮，解除紧急停车时应顺时针旋转该按钮使之弹出复位。当处于“就地”模式时可可通过“正车/停车/倒车”、“加速/减速”指令开关来控制船舶。“就地”模式仅限于调试和应急操作。触摸屏上可以显示系统运行参数如母线电压、输出电压、输出电流、运行频率、电机转速，可显示工作状态如电源、控制位置（就地/遥控）、正车（停车/倒车），可显示各报警点如动力失电、辅助电源失电、主变频器故障、过载、冷却风机故障、电机温度高等；有故障时，在触摸屏上点击“消音”则蜂鸣器静默。触摸屏界面可以据实际需要和客户诉求，灵活的临时增加参数、工况、报警显示。电力推进控制装置可通过通讯模块与EMS进行信息交互，实现重载问询启动或限功率运行；亦可将相关运行信息上传给EMS，实现平台管理；下面提及的“遥控”模式，其推进遥控装置也是由通讯模块互联、扩展延伸，通过数据交互实现远程控制。

推进遥控装置由二部分组成：显示操纵面板（IP22）、器件挂板（IP20），显示操纵面板安装于控制台内、器件挂板必须安装于台内，二者之间连接线缆及串口通讯数据线标配1.5米。显示操纵面板上有触摸屏、操纵器、电源开关、急停按钮、蜂鸣器；器件挂板上有PLC、AD模数块、基准电源块、继电器及进出线端子。当机舱推进控制装置“就地/遥控”转至“遥控”时，可在推进遥控装置上操作：将操纵器推（拉）至垂直状态即停车位，打开电源，在触摸屏上观察各类参数、工况为正常时，通过推（拉）操纵器可实现船舶控制。

操纵器前推（越过停车角度/有触感）则为正车，角度越大速度越快；操纵器至中位（垂直状态，允许前后有偏差）即停车；操纵器后拉（越过停车角度/有触感）则为倒车，角度越大速度越快。关断电源前，应先将操纵器推（拉）至垂直状态即停车位。紧急情形需要停车时，可直接按下“紧急停车”按钮，解除紧急停车时应顺时针旋转该按钮使之弹出复位。正倒车最高转速（或频率），可根据实际需要由触摸屏设定；若艏轴通过齿轮箱传动，需要急速运行时，可根据实际需要由触摸屏设定。正车/倒车大换向时间一般不低于4秒不高于10秒，可据船型之惯性在触摸屏做最终设定优化值。触摸屏的参数、工况、报警显示等功能与上述机舱推进控制装置触摸屏基本相似，但另增加了越控功能：即有虚假报警或紧急情形但又不允许保护停车时可按下“越控”保证船舶航行至安全区域进行检查。FYPPS-R2二路数据、电源路径独立，确保了船舶操纵的安全底线。

相关电气参数见 3.1 电气保护。

6 产品安装说明

三电系列箱柜产品必须垂直安装，底座焊接在金属支架的表面上，且表面必须平整，四周应留出足够的空间便于安装和维护。焊接方式为花焊接。

电机、电池按专业图纸要求布置。电机其尾部散热风扇需保证足够风道，同时应有空间拆装散热风机或编码器；电机上部应焊接永久性吊环，便于后期维护。电池包四周空间应保证规范的安全距离，还需保证散热风道，其中正面应有拆装电池包的服务空间。

6.1 螺栓力矩要求

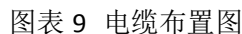
为保证以上器件连接的可靠，所有连接螺栓紧固力矩需要满足表格 15 要求。

表格 15 螺栓力矩信息

| 螺栓规格 | 紧固力矩（N*m） | 性能等级 |
|------|-----------|------|
| M6   | 6         | 8.8  |
| M8   | 25        | 8.8  |
| M10  | 50        | 8.8  |
| M12  | 80        | 8.8  |
| M16  | 200       | 8.8  |

6.2 全船电缆布置及规格

全船电缆放线应根据一次电力系统图、二次电力系统图及设备系统图。电缆布置见图表 9



## 7 使用特别注意事项

7.1 正常使用时，所有断路器处于合闸状态。断路器不参与电源、设备或负载的分合操作，分合操作由接触器完成，且为EMS统一调令。

7.2 若绝缘值低，应立即检查。

7.3 设备应定时维护，防止灰尘积累或小动物入内，造成电气间隙或绝缘降低。


7.4 断路器跳闸后应先查找原因并排除故障后重新合闸，不得盲目随意重合闸，防止事故扩大。

7.5 充电时注意单体电芯过压， 电池在后期可能SOC未达至100%时个别电芯已经过压；同时放电时尽量保证SOC不低于80%，还须注意单体电芯欠压。

7.6 本船EMS为长期通电状态。

7.7 船舶由航行状态转为系泊状态时，应操作推进系统使之为停车状态。当推进装置处于工作状态时，航行/系泊将转换失败。

7.8 推进各种自动紧急停车，须将遥控手柄归零复位。

|               |  |               |      |                    |    |  |  |
|---------------|--|---------------|------|--------------------|----|--|--|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 电磁兼容风险分析与设计报告 |      | GAJC4039-601-003SM |    | 共 12 页<br>第 1 页  |  |
|               |  |               |      |                    |    |  |  |
|               |  |               |      | 20/30客位新能源客渡船      |    | 设计阶段：送审设计  |  |
|               |  |               |      |                    |    | 版本：R0  |  |
|               |  |               |      |                    |    | GAJC4039-601-003SM   |  |
|               |  |               |      |                    |    |  |  |
| 标记            |  | 数量            | 修改单号 | 签字                 | 日期 | 电磁兼容风险分析与设计报告  |  |
| 编制            |  | 余建            | 会签   |                    |    | 标 记  |  |
| 校对            |  | 余建            |      |                    |    | 质量kg   |  |
| 标检            |  |               |      |                    |    | 比例   |  |
| 审核            |  |               |      |                    |    | 4  |  |
| 审定            |  | 黄             | 日期   | 2025.08            |    | 共 12 页   |  |
|               |  |               |      |                    |    | 第 1 页  |  |
|               |  |               |      |                    |    |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |

目 录

1 电力系统说明..... 3

    1.1 系统组成概述..... 3

    1.2 系统组成概述..... 3

2 电磁环境分析..... 3

3 主要设备（系统）电磁兼容特性..... 4

    3.1 设备分类..... 4

    3.2 设备电磁干扰特性..... 5

    3.3 设备电磁敏感度特性..... 5

    3.4 电磁兼容风险分析..... 5

4 主要电磁兼容设计措施及预期效果..... 7

    4.1 系统级电磁兼容设计措施..... 7

    4.2 设备级电磁兼容优化措施..... 8

5 系统布局、布线、滤波、接地说明框图..... 9

    5.1 系统布局..... 9

    5.2 全船通信网络（隔离/中转）..... 9

    5.3 滤波.....10

    5.4 接地.....10

    5.5 C类设备的传输信号线.....12

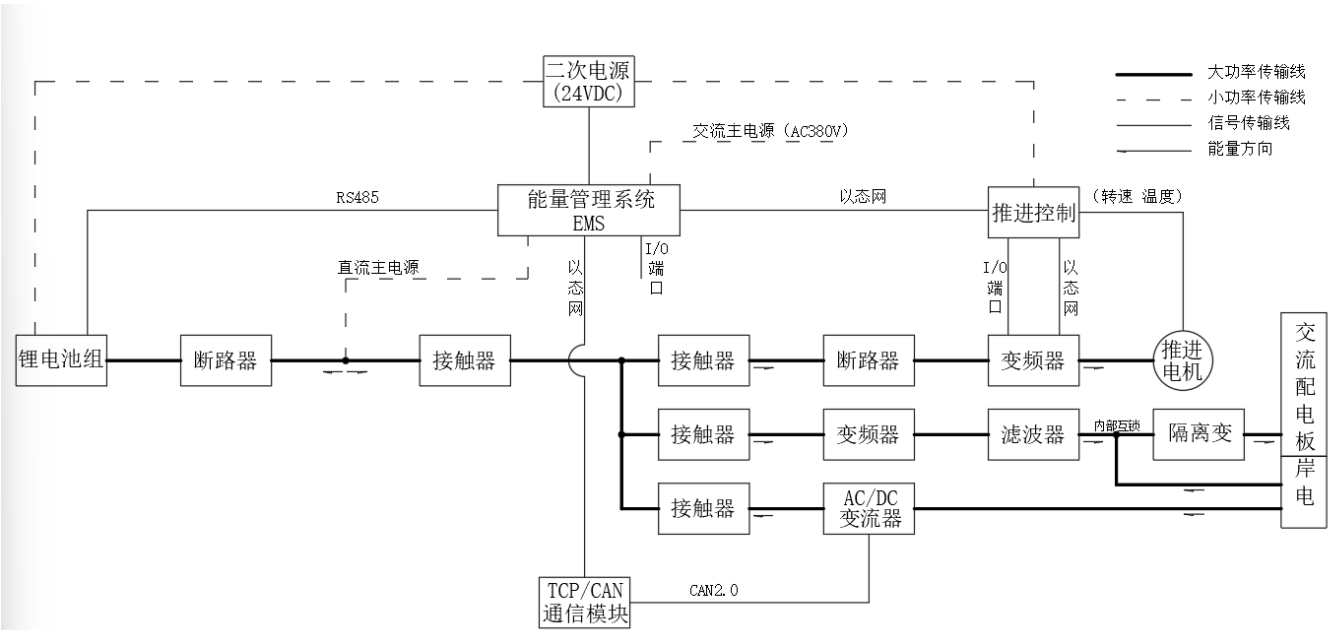
1 电力系统说明

1.1 系统组成概述

本船直流母线采用分布式供电方案，由二段独立直流母线，二母线间有联络接触器（仅用于应急充电，正常系泊时和航行状态时一直处于断开状态）。全船电池系统标称电量 241.92Wh，标称电压 576VDC，包含 2 个独立的电池组，各自连接分段直流母线。

每段母线通过推进控制系统各自驱动 37KW 主推进电机(全船共 2 套)；各段直流母线分别配置一套 22KW 逆变装置为船舶提供交流日用电源（全船 2 套，属于一用一备）；同时二段直流母线分别配置 40KW 充电装置。

1.2 系统组成框图（仅描述 1#段，2#段相同）



图表 1 直流综合电力系统组成框图

2 电磁环境分析

本船综合电力系统可以按功能分为电源装置、配电系统、推进系统、

能量管理系统。各装置和系统的安装位置及相关电磁环境分别如下：

本船综合电力系统可以按功能分为电源装置、配电系统、推进系统、能量管理系统。各装置和系统的安装位置及相关电磁环境分别如下：

电源装置：锂电池组；处于底部电池舱内，属于非主要干扰源；

配电系统：包括直流配电板及变流器（AC/DC、DC/AC）；处于主甲板（辅机舱上），主要干扰源来自变流器（AC/DC、DC/AC）；

推进系统：包括推进变频器及推进电机；推进电机处于船体艏部机舱，推进变频器处于主甲板（辅机舱上），主要干扰源来自推进变频器；

能量管理系统：包括 PLC 控制器和触摸屏上位机；位于主甲板（辅机舱上）；非主要干扰源，属于敏感设备，面临的干扰主要是强电设备对传感器的干扰。

### 3 主要设备（系统）电磁兼容特性

#### 3.1 设备分类

本系统主要设备根据干扰特性和敏感特性可以定性分类如表 3.1。

表 3.1 主要设备分类表

| 设备分类 |           | 设备      | 设备类型    | 设备代号 |
|------|-----------|---------|---------|------|
| A    | 变流器       | DC/AC   | 干扰源，非敏感 | A1   |
|      |           | AC/DC   | 干扰源，非敏感 | A2   |
| B    | 开关和控制设备   | 断路器/接触器 | 干扰源，非敏感 | B1   |
|      |           | 继电器     | 敏感      | B2   |
|      |           | 电子保护装置  | 敏感      | B3   |
| C    | 通信和信号处理设备 | 网络交换机   | 敏感      | C1   |
|      |           | 电机控制器   | 敏感      | C2   |
|      |           | 传感器     | 敏感      | C3   |
|      |           | 上位机     | 敏感      | C4   |
| D    | 储能装置      | 蓄电池     | 非敏感     | D1   |
| E    | 推进系统      | 推进变频器   | 干扰源，非敏感 | E1   |
|      |           | 推进电机    | 非敏感     | E2   |



### 3.2 设备电磁干扰特性

本综合电力系统中主要干扰源来自大功率电力电子设备的共模干扰、差模干扰及大功率断路器或接触器的瞬态干扰；大功率电力电子设备的谐波干扰频率分布从工频频段的 150Hz 延伸到 MHz 频段；幅值则从低频段的 10V 级（140dB  $\mu$ V）到高频段的 mV 级（60dB  $\mu$ V）；断路器或接触器瞬态干扰的频率分布从 100kHz 到 50MHz，幅值则约在 0.1V~5V 间波动即（100~134dB  $\mu$ V）。

### 3.3 设备电磁敏感度特性

本综合电力系统中主要敏感设备是 B 类和 C 类设备，敏感频段在 1M~30MHz，敏感阈值在 1~10V（即 120~140dB  $\mu$ V）。

### 3.4 电磁兼容风险分析

根据前面对系统各设备的干扰特性总结，可得到该综合电力系统干扰频率分布图（如图 3.4-1）、干扰幅值分布图（如图 3.4-2），这里的频率包括设备工作频率及产生的谐波频率、干扰频率等。根据设备电磁干扰特性分析结果，生成设备电磁干扰矩阵（示例如表 3.4），设备干扰矩阵表需在受扰设备和发射源之间的干扰可能性进行粗略估计。在那些不可能出现干扰的地方，在矩阵交点处标记“-”；在可能出现干扰的地方，标记“+”；对于那些执行分析计算后，若分析表明不会出现干扰，在矩阵中用“ $\oplus$ ”，若表明会出现干扰，用符号“#”。

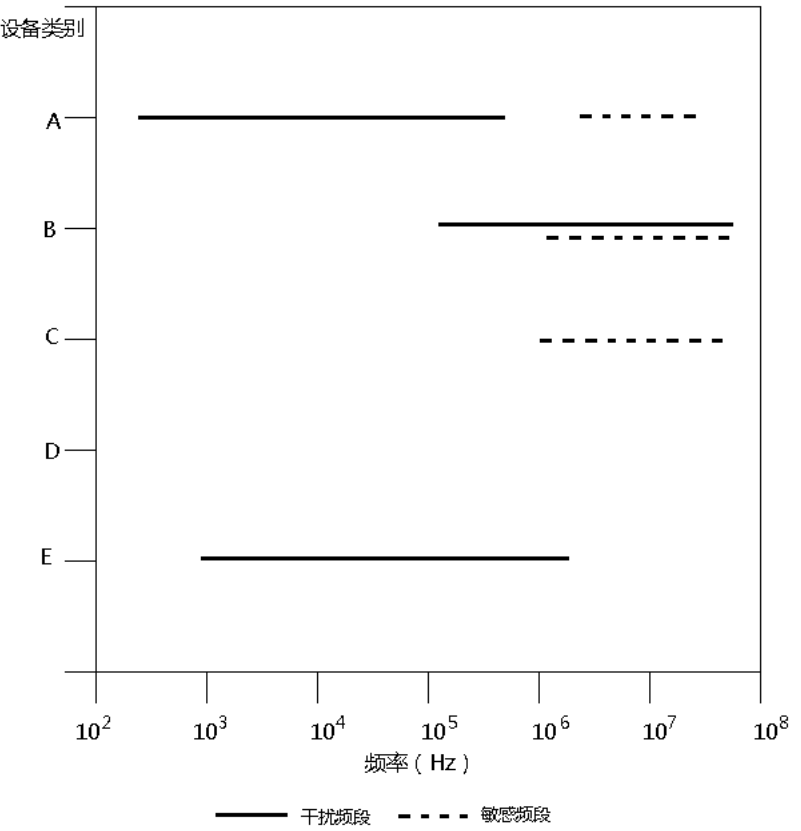


图 3.4-1 设备干扰频率分布图（实线：设备发射频率，虚线：设备敏感频率）

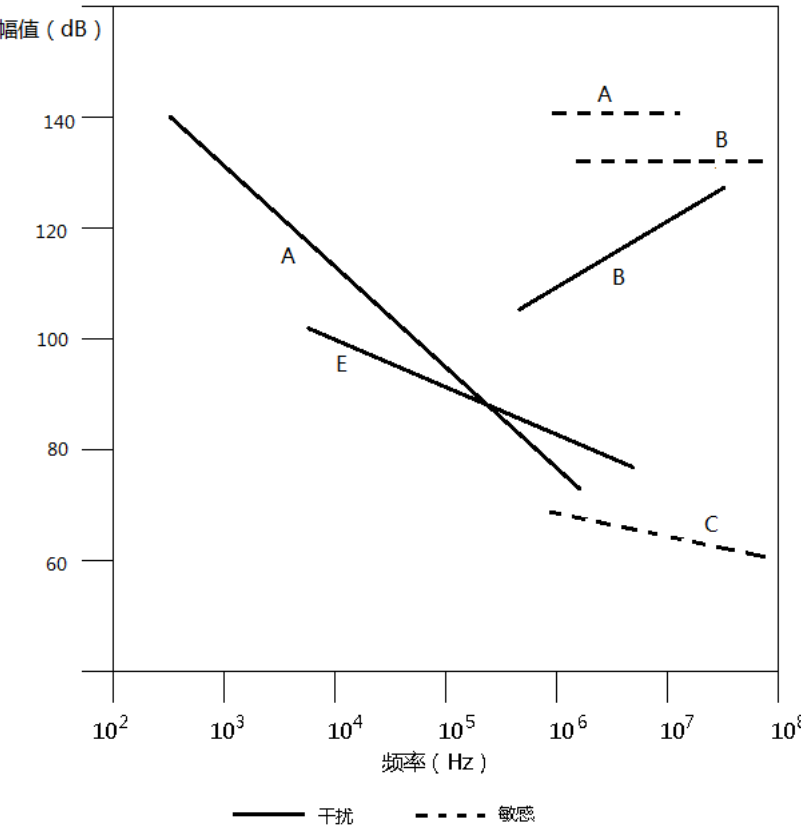


图 3.4-2 设备干扰幅值分布图（实线：设备发射幅值，虚线：设备敏感幅值）

表 3.4 设备干扰矩阵

| 敏感设备 | 干扰源 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      | A1  | A2 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | C3 | C4 | D1 | E1 | E2 |
| A1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| A2   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| B1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| B2   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | +  | -  |
| B3   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | +  | -  |
| C1   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C2   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C3   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C4   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| D1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| E1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| E2   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

4 主要电磁兼容设计措施及预期效果

4.1 系统级电磁兼容设计措施

根据表 3.1 和表 3.4，该综合电力系统中主要干扰源为 A、B、E 类设备，而敏感设备为 B、C 类设备；故在系统设计时，对强弱电设备的布局进行了分离布置，在无屏蔽情况下需确保 C 类设备及其传输信号线与 A、E 类设备的线缆距离 1m 以上,当控制电缆必须要和动力电缆相交时，确保控制电缆和动力电缆尽可能成 90° 相交敷设，来避免干扰源对敏感设备造成影响。

柜体底座与船体基座是采用周围间断式边角焊接，保证系统与船体低阻抗连接，为谐波电流的提供可靠的泄放回路。

## 4.2 设备级电磁兼容优化措施

根据表 3.4，主要可能出现电磁干扰的情形为 B1 设备对 B2、C1、C2、C3、C4 设备产生的干扰（本类干扰非持续性，仅大电流分合瞬间）；会出现干扰的情形为 E1 设备对 C1、C2、C3、C4 设备产生的干扰。优化措施如下：

A. 通过 EMS 程序优化，主回路断路器或接触器接通后再逐步加大负荷、将负荷降至接近于零后再对断路器或接触器做有效分断，使 B1 设备不产生电磁干扰。

B. 在 E1 设备至推进电机采用变频电缆，并将抗干扰屏蔽层单端有效接地；设计布置时，使 E1 设备与推进电机间距离尽量靠近，缩短输出电缆距离；变频器必须内置输入直流电抗器、设置直流母线电容，防止电磁干扰反射至直流主网。

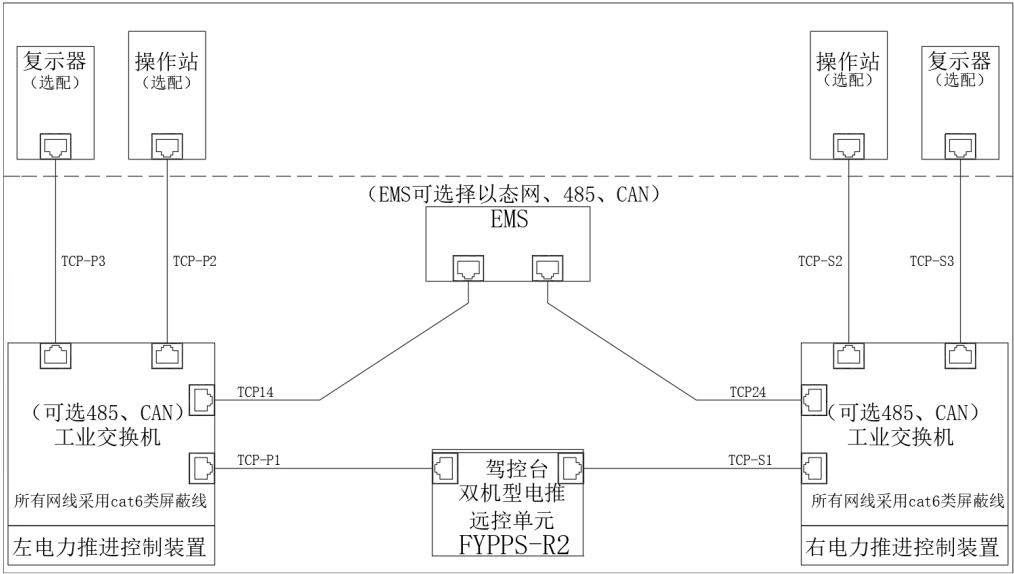
C. C 类通信和信号处理设备敏感源基本来自于电源口和通信口。对 C 类设备通信采用交换机、中继进行隔离；对于电源全部采用明纬开关电源进行独立隔离。

D. 提高通信电缆等级，如采用 CAT6A 网线、屏蔽双绞电缆加粗线径等。

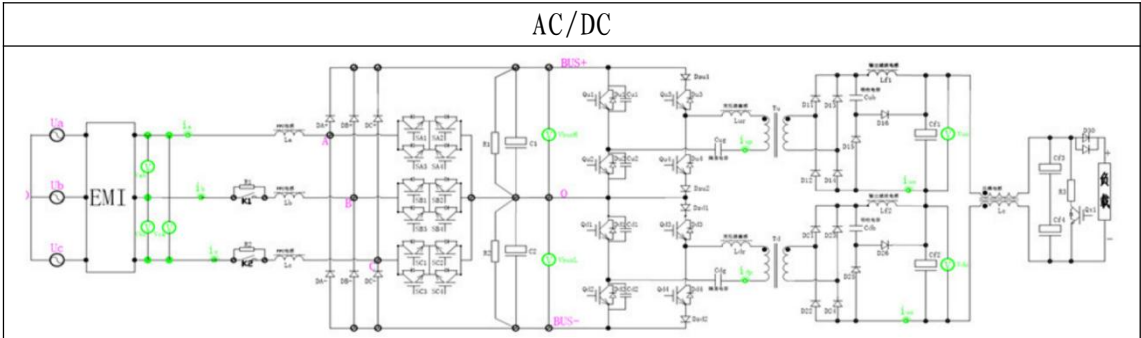
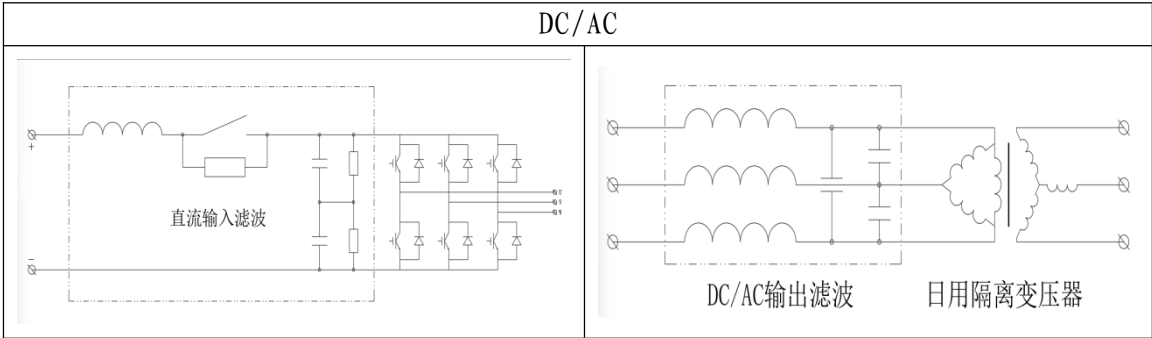
E. A 类设备不对其他类型设备不产生干扰的原因是干扰源频率段与敏感设备频率段不在一个范围。但 A 类设备实际是有电磁干扰的，现 AC/DC、DC/DC 模块采用隔离型模块，减小干扰传导。DC/AC，输出端加装正弦波滤波器，同时使用隔离变压器，且隔离变原边为三角形接法（使含量最多的三次谐波环流消耗掉）。



推进系统网络图



5.3 滤波



5.4 接地

5.4.1 保护接地 (Protective earthing)

保护接地是为防止电气装置的金属外壳、配电装置的构架等带电危及人身和设备安全而进行的接地。保护接地与其他接地分开接地，接地汇集点应使用黄色标签(⚡)。



#### 5.4.2 工作接地 (Working earthing)

本船交直流系统为对地绝缘系统，无工作接地。

#### 5.4.3 防雷接地 (Lightning protection grounding)

防雷接地是受到雷电袭击（直击、感应或线路引入）时，为防止造成损害的接地系统。针对防雷保护设备(避雷针、避雷线、避雷器等)的需要而设置的接地。对于直击雷，避雷装置(包括过电压保护接地装置在内)促使雷云正电荷和地面感应负电荷中和，以防止雷击的产生；对于静感应雷，感应产生的静电荷，其作用是迅速地把它们导入地中，以避免产生火花放电或局部发热造成易燃或易爆物品燃烧爆炸的危险。本船在桅杆顶部设避雷针，其避雷线直接与船体相连。

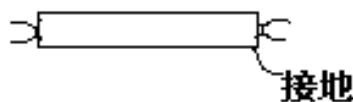
#### 5.4.4 防静电接地 (Static electricity protection ground)

静电产生主要有二种方式：当不同的物体接触时，由于物体表面载流子的浓度和逸出功的不同，载流子就从一个表面迁移到另一个表面，这时，如果一种物体的表面带正电，另一种物体带负电，就会产生静电；当设备周围环境有交变磁场时，设备与地或其他设备间会有电位差，即静电。本船静电主要是指第二类情形。因此，防静电接地是用来消除导体上的静电，分为直接接地和间接接地，直接接地是通过金属导体的接地程直接接地，间接接地是通过金属以外的导电材料或防静电材料接地。本船采用防静电接地采用直接接地方式，且机箱机柜内部使用统一防静电接地点，接地电阻一般要求不大于  $10\Omega$ 。

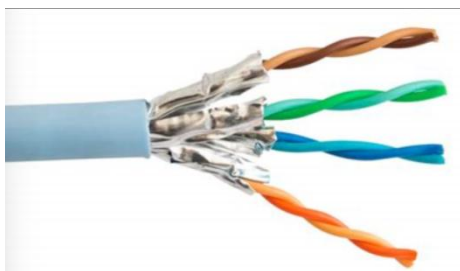
#### 5.5 C 类设备的传输信号线



(a) 双绞线 (绞数  $\geq 30$  匝/米)




(b) 双绞屏蔽线 (绞数  $\geq 30$  匝/米)



(c) CAT6A 网线 (线规为 23AWG, 4 对双绞, 绞数  $\geq 30$  匝/米)



| 广安剑辰船舶技术服务有限公司  |                        |                        |          |        |      |         | 20/30客位新能源客渡船 电力负荷计算书 |         |      |         |        | GAJC4039-601-001JS |      |         |      |         |                  |         |      | 编制<br>校对 |        | 审核               |      | 审定          |      | 日期      |                  | 2025.08      |      | 共 1 页<br>第 1 页 |        |                  |      |  |  |  |  |
|---|------------------------|------------------------|----------|--------|------|---------|-----------------------|---------|------|---------|--------|--------------------|------|---------|------|---------|------------------|---------|------|----------|--------|------------------|------|-------------|------|---------|------------------|--------------|------|----------------|--------|------------------|------|--|--|--|--|
| 序号  | 设备名称                   | 台数                     | 电动机或负载数据 |        |      |         | 所需总功率 kW              | 航 行 状 态 |      |         |        | 进 出 港 状 态          |      |         |      | 靠 泊 状 态 |                  |         |      | 消 防 状 态  |        |                  |      | 停 泊 充 电 状 态 |      |         |                  | 单组蓄电池组安全航行状态 |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
|   |                        |                        | 额定功率 kW  | 转速 rpm | 效率 % | 所需功率 kW |                       | 同时使用系数  | 负载系数 | 所需功率 kW | 负荷类别   | 同时使用系数             | 负载系数 | 所需功率 kW | 负荷类别 | 同时使用系数  | 负载系数             | 所需功率 kW | 负荷类别 | 同时使用系数   | 负载系数   | 所需功率 kW          | 负荷类别 | 同时使用系数      | 负载系数 | 所需功率 kW | 负荷类别             | 同时使用系数       | 负载系数 | 所需功率 kW        | 负荷类别   |                  |      |  |  |  |  |
| 一、动力设备（交流供电）  |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
| 1   | DC24V充电器               | 1                      | 0.5      |        |      |         | 0.50                  | 1       |      | 0.50    | III    | 1                  |      | 0.50    | III  | 1       |                  | 0.50    | III  | 1        |        | 0.50             | III  | 1           |      | 0.50    | III              | 1            |      | 0.50           | III    |                  |      |  |  |  |  |
| 2   | 稳压电源                   | 1                      | 1        |        |      |         | 1.00                  | 1       |      | 1.00    | I      | 1                  |      | 1.00    | I    | 1       |                  | 1.00    | I    | 1        |        | 1.00             | I    | 1           |      | 1.00    | I                | 1            |      | 1.00           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 二、风机空调（交流供电）  |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
| 1   | 电机舱通风机                 | 2                      | 0.25     | 2820   | 79.5 | 0.31    | 0.63                  | 1       | 0.8  | 0.50    | I      | 1                  | 0.8  | 0.50    | I    |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  | 0.5          | 0.8  | 0.25           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 2   | 配电间送风机                 | 1                      | 0.25     | 2920   | 79.5 | 0.31    | 0.31                  | 1       | 0.8  | 0.25    | I      | 1                  | 0.8  | 0.25    | I    |         |                  |         |      |          |        |                  |      | 1           | 0.8  | 0.25    | I                | 0.5          | 0.8  | 0.13           | II     |                  |      |  |  |  |  |
| 3   | 锂电池舱风机                 | 2                      | 0.25     | 2920   | 79.5 | 0.31    | 0.63                  | 1       | 0.8  | 0.50    | II     | 1                  | 0.8  | 0.50    | II   |         |                  |         |      | 1        | 0.8    | 0.50             | I    | 1           | 0.8  | 0.50    | II               | 0.5          | 0.8  | 0.25           | II     |                  |      |  |  |  |  |
| 4   | CO2间风机                 | 1                      | 0.25     | 2920   | 79.5 | 0.31    | 0.31                  | 1       | 0.8  | 0.25    | III    | 1                  | 0.8  | 0.25    | III  | 1       | 0.8              | 0.25    | III  | 1        | 0.8    | 0.25             | I    | 1           | 0.8  | 0.25    | III              | 1            | 0.8  | 0.25           | III    |                  |      |  |  |  |  |
| 5   | 客舱空调                   | 1                      | 3.9      |        | 90   | 4.33    | 4.33                  | 1       | 0.9  | 3.90    | I      | 1                  | 0.9  | 3.90    | I    |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  | 1            | 0.9  | 3.90           | III    |                  |      |  |  |  |  |
| 6   | 驾驶室空调                  | 1                      | 1.2      |        | 80   | 1.50    | 1.50                  | 1       | 0.9  | 1.35    | I      | 1                  | 0.9  | 1.35    | I    | 1       | 0.9              | 1.35    | II   |          |        |                  |      | 1           | 0.9  | 1.35    | II               | 1            | 0.9  | 1.35           | III    |                  |      |  |  |  |  |
| 三、照明设备（交流供电）  |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
| 1   | 一般照明                   | 1                      | 0.65     |        |      |         | 0.65                  | 0.5     | 1    | 0.33    | II     | 0.8                | 1    | 0.52    | II   | 0.5     | 1                | 0.33    | II   | 0.8      | 1      | 0.52             | I    | 0.3         | 1    | 0.20    | III              | 0.5          | 1    | 0.33           | II     |                  |      |  |  |  |  |
| 2   | 探照、投光灯                 | 2                      | 0.2      |        |      |         | 0.40                  | 0.6     | 1    | 0.24    | II     | 0.6                | 1    | 0.24    | II   | 0.3     | 1                | 0.12    | III  | 0.6      | 1      | 0.24             | I    | 0.3         | 1    | 0.12    | II               | 0.5          | 1    | 0.20           | II     |                  |      |  |  |  |  |
| 3   | 航行信号灯                  | 1                      | 0.09     |        |      |         | 0.09                  | 0.8     | 1    | 0.07    | I      | 0.8                | 1    | 0.07    | I    | 0.8     | 1                | 0.07    | I    | 0.8      | 1      | 0.07             | I    | 0.8         | 1    | 0.07    | I                | 0.8          | 1    | 0.07           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 四、弱电设备（交流供电）  |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
| 1   | 通讯&助航                  |                        |          |        |      |         | 1                     | 0.8     | 1    | 1.00    | I      | 0.8                | 1    | 1.00    | I    | 0.8     | 1                | 0.30    | I    | 0.8      | 1      | 1.00             | I    | 0.8         | 1    | 1.00    | I                | 0.8          | 1    | 1.00           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 日用逆变及变压器容量的确定   | 第Ⅰ类负荷总功率 kW            |                        |          |        |      |         | 8.08                  |         |      |         |        | 8.08               |      |         |      |         | 1.37             |         |      |          |        | 3.59             |      |             |      |         | 2.32             |              |      |                |        | 2.32             |      |  |  |  |  |
|   | 第Ⅱ类负荷总功率 kW            |                        |          |        |      |         | 1.07                  |         |      |         |        | 1.26               |      |         |      |         | 1.68             |         |      |          |        | 0.00             |      |             |      |         | 1.97             |              |      |                |        | 0.90             |      |  |  |  |  |
|   | 第Ⅲ类负荷总功率 kW            |                        |          |        |      |         | 0.75                  |         |      |         |        | 0.75               |      |         |      |         | 0.87             |         |      |          |        | 0.50             |      |             |      |         | 0.72             |              |      |                |        | 0.72             |      |  |  |  |  |
|   | Ⅰ类负荷考虑同时系数时总功率K=0.9 kW |                        |          |        |      |         | 7.27                  |         |      |         |        | 7.27               |      |         |      |         | 1.23             |         |      |          |        | 3.23             |      |             |      |         | 1.39             |              |      |                |        | 1.39             |      |  |  |  |  |
|   | Ⅱ类负荷考虑同时系数时总功率K=0.6 kW |                        |          |        |      |         | 0.64                  |         |      |         |        | 0.76               |      |         |      |         | 1.01             |         |      |          |        | 0.00             |      |             |      |         | 0.79             |              |      |                |        | 0.36             |      |  |  |  |  |
|   | Ⅲ类负荷考虑同时系数时总功率K=0.4 kW |                        |          |        |      |         | 0.30                  |         |      |         |        | 0.30               |      |         |      |         | 0.35             |         |      |          |        | 0.20             |      |             |      |         | 0.22             |              |      |                |        | 0.22             |      |  |  |  |  |
|   | 第ⅠⅡⅢ类负荷总功率 kW          |                        |          |        |      |         | 8.21                  |         |      |         |        | 8.33               |      |         |      |         | 2.59             |         |      |          |        | 3.43             |      |             |      |         | 2.40             |              |      |                |        | 1.97             |      |  |  |  |  |
|   | 考虑电网5%损失总功率 kW         |                        |          |        |      |         | 9.0                   |         |      |         |        | 9.0                |      |         |      |         | 3.0              |         |      |          |        | 4.0              |      |             |      |         | 3.0              |              |      |                |        | 2.0              |      |  |  |  |  |
|   | 使用逆变器台数和容量             |                        |          |        |      |         | 1 x 22 kw             |         |      |         |        | 1 x 22 kw          |      |         |      |         | 1 x 22 kw        |         |      |          |        | 1 x 22 kw        |      |             |      |         | 1 x 22 kw        |              |      |                |        | 1 x 22 kw        |      |  |  |  |  |
|   | 备用逆变器台数和容量             |                        |          |        |      |         | 1 x 22 kw             |         |      |         |        | 1 x 22 kw          |      |         |      |         | 1 x 22 kw        |         |      |          |        | 1 x 22 kw        |      |             |      |         | 1 x 22 kw        |              |      |                |        | 1 x 22 kw        |      |  |  |  |  |
|   | 逆变器负荷率 %               |                        |          |        |      |         | 40.91%                |         |      |         |        | 40.91%             |      |         |      |         | 13.64%           |         |      |          |        | 18.18%           |      |             |      |         | 13.64%           |              |      |                |        | 9.09%            |      |  |  |  |  |
|   | 使用变压器台数和容量             |                        |          |        |      |         | 1 x 20 kVA(16kw)      |         |      |         |        | 1 x 20 kVA(16kw)   |      |         |      |         | 1 x 20 kVA(16kw) |         |      |          |        | 1 x 20 kVA(16kw) |      |             |      |         | 1 x 20 kVA(16kw) |              |      |                |        | 1 x 20 kVA(16kw) |      |  |  |  |  |
|   | 备用变压器台数和容量             |                        |          |        |      |         | 1 x 20 kVA(16kw)      |         |      |         |        | 1 x 20 kVA(16kw)   |      |         |      |         | 1 x 20 kVA(16kw) |         |      |          |        | 1 x 20 kVA(16kw) |      |             |      |         | 1 x 20 kVA(16kw) |              |      |                |        | -----            |      |  |  |  |  |
| 变压器负荷率 %  |                        |                        |          |        |      | 56.25%  |                       |         |      |         | 56.25% |                    |      |         |      | 18.75%  |                  |         |      |          | 25.00% |                  |      |             |      | 18.75%  |                  |              |      |                | 12.50% |                  |      |  |  |  |  |
| 五、推进系统（直流母线供电）  |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |
| 1   | 主推进电机                  | 2                      | 37       | 735    | 93   | 39.8    | 79.6                  | 1       | 0.6  | 47.74   | I      | 1                  | 0.5  | 39.78   | I    |         |                  |         |      | 1        | 0.5    | 39.78            | I    |             |      |         |                  | 0.5          | 0.4  | 15.91          | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 2   | 推进电机风机                 | 2                      | 0.55     | 2920   | 85   | 0.65    | 1.29                  | 1       | 0.9  | 1.16    | I      | 1                  | 0.9  | 1.16    | I    |         |                  |         |      | 1        | 0.9    | 1.16             | I    |             |      |         |                  | 0.5          | 0.9  | 0.58           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 3   | 推进控制系统                 | 2                      | 0.15     | 1430   | 85   | 0.18    | 0.35                  | 1       | 0.9  | 0.32    | I      | 1                  | 0.9  | 0.32    | I    |         |                  |         |      | 1        | 0.9    | 0.32             | I    |             |      |         |                  | 0.5          | 0.9  | 0.16           | I      |                  |      |  |  |  |  |
| 由直流供电的推进系统容量确定  | 第Ⅰ类负荷总功率 kW            |                        |          |        |      |         | 49.22                 |         |      |         |        | 41.27              |      |         |      |         | 0.00             |         |      |          |        | 41.27            |      |             |      |         | 0.00             |              |      |                |        | 16.66            |      |  |  |  |  |
|   | Ⅰ类负荷考虑同时系数时总功率K=0.9 kW |                        |          |        |      |         | 44.30                 |         |      |         |        | 37.14              |      |         |      |         | 0.00             |         |      |          |        | 37.14            |      |             |      |         | 0.00             |              |      |                |        | 14.99            |      |  |  |  |  |
|   | 考虑电网5%损失总功率 kW         |                        |          |        |      |         | 47.0                  |         |      |         |        | 39.0               |      |         |      |         | 0.0              |         |      |          |        | 39.0             |      |             |      |         | 0.0              |              |      |                |        | 16.0             |      |  |  |  |  |
| 全船总功率   |                        | 全船总功率=交流供电功率+直流供电功率 kW |          |        |      |         |                       | 56.0    |      |         |        |                    | 48.0 |         |      |         |                  | 3.0     |      |          |        |                  | 43.0 |             |      |         |                  | -----        |      |                |        |                  | 18.0 |  |  |  |  |
| 1、注：<br>1）停泊时使用125A（80KW）岸电对本船停泊状态下所需用电设备供电，并对锂电池组充电；2充电模块额定功率为40KW共80KW，实际按80%设定总充电功率约64KW；充电时交流日用负荷3KW，岸电合计：64+3=67KW，小于125A标准满足要求。<br>2）本船所配蓄电池组共2组，单组容量120.96kWh，每组分别挂在直流配电板的左、右分段母排上，分布式使用，共计容量241.92kWh。<br>3）本船航行工况（经济航速）全直流推进功率和交流用电所需总负载功率为47+9=56kW；保证最低舒适的居住条件和船舶安全，返航或等待救援时单推进功率和交流用电所需总负载功率为16+2=18kW。<br>2、正常航行蓄电池容量校核计算：本船作往返或经济续航时间小于等于2.5h的客渡船舶，航行时所需蓄电池组容量为：56kW×2.5h=140(kWh)<br>蓄电池包内电芯SOC应尽量保持在20%以上，另考虑到电池的衰减寿命（按80%计），本船电池组后期可使用总量不宜超过154.83（241.92*0.8*0.8）kWh，单组电池组使用总量不宜超过77.41kWh。<br>使用经济航速航行时2.5h所需蓄电池组容量为140kWh<154.83kWh，实际使用蓄电池组容量满足要求（注：新船经济航速续航时间约3.5h）。<br>3、任意一组蓄电池组发生故障，另一组蓄电池组的容量校核计算：保证最低舒适的居住条件和船舶安全，船舶单推进按额定功率40%的返航或等待救援，此时所需功率为18kW<br>法规规定最小时间为4h,所需电量为：18(kW)*4(h)=72(kWh)<br>单组蓄电池组77.41(kWh)>最低舒适的居住条件和船舶安全4h所需电量72(kWh)，足够维持船舶返港或等待救援。<br>4、本船电池系统SOC低报警值设定为电池系统总容量的30%，即蓄电池使用在241.92kWh×70%=169.344kWh时报警。报警后剩余电量应可使船舶单组电池系统SOC大于等于20%前安全到达最近港口进行补电作业。 |                        |                        |          |        |      |         |                       |         |      |         |        |                    |      |         |      |         |                  |         |      |          |        |                  |      |             |      |         |                  |              |      |                |        |                  |      |  |  |  |  |

|               |  |               |      |                    |    |  |      |
|---------------|--|---------------|------|--------------------|----|--|------|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | DC24V蓄电池容量计算书 |      | GAJC4039-601-002JS |    | 共 3 页<br>第 1 页   |      |
|               |  |               |      |                    |    |  |      |
|               |  |               |      | 20/30客位新能源客渡船      |    | 设计阶段：送审设计  |      |
|               |  |               |      |                    |    | 版本：R0  |      |
|               |  |               |      |                    |    | GAJC4039-601-002JS   |      |
| 标记            |  | 数量            | 修改单号 | 签字                 | 日期 | 标 记  | 质量kg |
| 编制            |  | 2             | 会 签  |                    |    | 6  |      |
| 校对            |  | 1             |      |                    |    |  |      |
| 标检            |  |               |      |                    |    |  |      |
| 审核            |  |               |      |                    |    |  |      |
| 审定            |  | 黄正            | 日期   | 2025.08            |    | 共 3 页 第 1 页  |      |
|               |  |               |      | DC24V蓄电池容量计<br>算书  |    |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |      |

一、概述

根据实际需要: 本船DC24V蓄电池定义为**应急电源** (至少向应急负载同时供电1h、应急照明3h), 而非**临时应急电源**; 依据《内河小型船舶技术规则》2024、并参照《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》(2025)编写, 计算参照《内河船舶法定检验技术规则》(2019)。

二、计算

$Q = Pt / UK \text{ (Ah)}$

式中: P ----- 应急负荷功率 (W)

t ----- 应急供电时间 (h)


U ----- 工作电压 (V) ①

K ----- 蓄电池容量系数

供电负荷

| 序号  | 用电设备名称    | 消耗功率<br>P (W) | 用电时间<br>(h) | 蓄电池容量<br>系数 K | 需要容量<br>(AH) | 备注     |
|-----|-----------|---------------|-------------|---------------|--------------|--------|
| 1   | 自动识别仪     | 30            | 1           | 0.3           | 4.17         |        |
| 2   | 甚高频       | 30            | 1           | 0.3           | 4.17         |        |
| 3   | 广播扩音机     | 25            | 1           | 0.3           | 3.47         |        |
| 4   | 声力电话      | 30            | 1           | 0.3           | 4.17         |        |
| 5   | 电笛        | 120           | 1           | 0.3           | 16.67        |        |
| 6   | 火灾报警      | 20            | 1           | 0.3           | 2.78         |        |
| 7   | 可燃性气体探测   | 30            | 1           | 0.3           | 4.17         |        |
| 8   | CO2预释放报警  | 60            | 1           | 0.3           | 8.33         |        |
| 9   | 航行、信号、闪光灯 | 60            | 1           | 0.3           | 8.33         | ②      |
| 10  | 能量管理系统    | 480           | 1           | 0.3           | 66.67        | 2*240W |
| 11  | 电池管理系统    | 480           | 1           | 0.3           | 66.67        | 2*240W |
| 12  | 推进控制系统    | 120           | 1           | 0.3           | 16.67        | 2*60W  |
| 13  | 舵角        | 10            | 1           | 0.3           | 1.39         |        |
| 14  | 视频监控系统    | 120           | 1           | 0.3           | 16.67        |        |
| 15  | 应急照明      | 250           | 3           | 0.3           | 104.16       |        |
| 16  | 雨括器       | 80            | 1           | 0.3           | 11.11        |        |
| 合计: |           |               |             |               | 322.93       | ③      |

|  |               |                    |                |
|--|---------------|--------------------|----------------|
| 20/30 客位新能源客渡船   | DC24V蓄电池容量计算书 | GAJC4039-601-002JS | 第 3 页<br>共 3 页 |
| <div>①电压U=24V；</div> <div>②航行、信号、闪光灯试验状态同时开启时，含控制器总功率92W。</div> <div>③应急负载同时工作时，蓄电池组最大实际放电电流：<math>I=QK/t=(322.93-69.44)*0.3/1=76.05A</math>； 69.44为应急照明额外2h所需容量。</div> <div>三、结论</div> <div>DC24V应急蓄电池容量需要值： <math>Q=322.93(Ah)</math>。</div> <div>选用6-CQW-200型船用铅酸蓄电池4块，单电池参数：200Ah/12V；串并组成一组400Ah/24V蓄电池组，作为 DC24V 应急电源。</div> <div>DC24V应急蓄电池实际最大放电容量系数<math>K=76.05/400=0.19</math>。</div> |               |                    |                |

|               |  |            |      |                    |       |  |       |
|---------------|--|------------|------|--------------------|-------|--|-------|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 本质安全电路校核资料 |      | GAJC4039-601-003JS |       | 共 5 页<br>第 1 页   |       |
|               |  |            |      |                    |       |  |       |
|               |  |            |      | 20/30客位新能源客渡船      |       | 设计阶段：送审设计  |       |
|               |  |            |      |                    |       | 版本：R0  |       |
|               |  |            |      |                    |       | GAJC4039-601-003JS   |       |
| 标记            |  | 数量         | 修改单号 | 签字                 | 日期    | 本质安全电路校核资料   |       |
| 编制            |  | 张明         | 会签   |                    |       | 标 记  |       |
| 校对            |  | 熊          |      |                    |       | 质量kg   |       |
| 标检            |  |            |      |                    |       | 比例   |       |
| 审核            |  |            |      |                    |       | 7  |       |
| 审定            |  | 黄          | 日期   | 2025.08            | 共 5 页 |  | 第 1 页 |
|               |  |            |      |                    |       |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |

| 20/30客位新能源客渡船   | 本质安全电路校核资料 | GAJC4039-601-003JS | 第 2 页   |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
|---|------------|--------------------|---------|----------------|-----------|---------------|----|------|------|------|-------|--------|--------|---|--------|--------|--------|-------|-------|---------|---------|-----|--------|--------|--------|
|   |            |                    | 共 5 页   |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 计算规定  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 本计算书按照CCS《钢质内河船舶建造规范》（2016 ）和参考IEC60079-14标准的规定：   |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 1 本质安全电路的安装应使电容和电感（包括电缆）不超过规定值。  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 2 对于仅有一个关联设备的本质安全电路，本质安全设备每个项目最大内部电容Ci和电缆电容Cc总和不应超过关联设备标示的最大电容Co值。   |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 3 对于仅一个关联设备的本质安全电路，本质安全设备每个项目最大内部电感Li和电缆电感Lc总和不应超过关联设备标示的最大电感Lo值。  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 4 在本质安全设备内不含有影响的电感并且关联设备标示出电感/电阻比（L/R）值的情况下，如果电缆的L/R至小于或等于该值，则不必满足1.3 的要求。   |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1. 5 每个本质安全设备允许的输入电压Ui，输入电流Ii应分别大于或等于各自关联设备的Uo、Io值。电缆电感Lc总和不应超过关联设备标示的最大电感Lo值。  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 2. 计算中的船用电缆电容及电感值：  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| <table><tr><th rowspan="2">整体屏蔽电缆截面积（mm²）</th><th rowspan="2">电感（mH/km）</th><th colspan="2">电容（uf/km）</th></tr><tr><th>独立屏蔽</th><th>整体屏蔽</th></tr><tr><td>0.75</td><td>≤ 0.8</td><td>≤ 0.65</td><td>≤ 0.05</td></tr><tr><td>1</td><td>≤ 0.75</td><td>≤ 0.07</td><td>≤ 0.06</td></tr><tr><td>1.5</td><td>≤ 0.7</td><td>≤ 0.075</td><td>≤ 0.065</td></tr><tr><td>2.5</td><td>≤ 0.65</td><td>≤ 0.08</td><td>≤ 0.07</td></tr></table> |            |                    |         | 整体屏蔽电缆截面积（mm²） | 电感（mH/km） | 电容（uf/km）     |    | 独立屏蔽 | 整体屏蔽 | 0.75 | ≤ 0.8 | ≤ 0.65 | ≤ 0.05 | 1 | ≤ 0.75 | ≤ 0.07 | ≤ 0.06 | 1.5   | ≤ 0.7 | ≤ 0.075 | ≤ 0.065 | 2.5 | ≤ 0.65 | ≤ 0.08 | ≤ 0.07 |
| 整体屏蔽电缆截面积（mm²）  | 电感（mH/km）  | 电容（uf/km）          |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
|   |            | 独立屏蔽               | 整体屏蔽    |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 0.75  | ≤ 0.8      | ≤ 0.65             | ≤ 0.05  |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1   | ≤ 0.75     | ≤ 0.07             | ≤ 0.06  |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 1.5   | ≤ 0.7      | ≤ 0.075            | ≤ 0.065 |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 2.5   | ≤ 0.65     | ≤ 0.08             | ≤ 0.07  |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 3. 连接电缆存在分布电容和分布电感，使连接电缆成为储能原件，它的本安性能详见上表。  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 电缆最大允许分布电容Cc=Ck*L                      电缆最大允许分布电感Lc=Lk*L  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| （Ck： 电缆单位长度分布电容； Lk： 电缆单位长度分布电感； L： 实际配线长度）   |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| 4. 校核不等式  |            |                    |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| <table><tr><th>安全栅参数</th><th>条件</th><th>本安传感器等参数+电缆参数</th></tr><tr><td>Uo</td><td>≤</td><td>Ui</td></tr><tr><td>Io</td><td>≤</td><td>Ii</td></tr><tr><td>Po</td><td>≤</td><td>Pi</td></tr><tr><td>Co</td><td>≥</td><td>Ci+Cc</td></tr><tr><td>Lo</td><td>≥</td><td>Li+Lc</td></tr></table>  |            |                    |         | 安全栅参数          | 条件        | 本安传感器等参数+电缆参数 | Uo | ≤    | Ui   | Io   | ≤     | Ii     | Po     | ≤ | Pi     | Co     | ≥      | Ci+Cc | Lo    | ≥       | Li+Lc   |     |        |        |        |
| 安全栅参数   | 条件         | 本安传感器等参数+电缆参数      |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| Uo  | ≤          | Ui                 |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| Io  | ≤          | Ii                 |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| Po  | ≤          | Pi                 |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| Co  | ≥          | Ci+Cc              |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |
| Lo  | ≥          | Li+Lc              |         |                |           |               |    |      |      |      |       |        |        |   |        |        |        |       |       |         |         |     |        |        |        |

一. 防爆手动火灾报警按钮

|            |                  |
|------------|------------------|
| 名称         | 型号               |
| 防爆手动火灾报警按钮 | J-SAB-M-M500KEIS |
| 安全栅        | S802             |

|       |                  |      |       |       |       |       |
|-------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 安全栅参数 | 防爆等级             | Uo/V | Io/mA | Po/W  | Lo/mH | Co/uF |
|       | 【Exia Ga】<br>IIC | 26.5 | 93    | 0.617 | 4.2   | 0.09  |

|          |                 |      |       |      |       |       |
|----------|-----------------|------|-------|------|-------|-------|
| 手动火灾报警按钮 | 防爆标志            | Ui/V | Ii/mA | Pi/W | Li/mH | Ci/uF |
|          | EX ia IIC T6 Ga | 28   | 93    | 0.65 | 0     | 0     |

|      |             |    |    |        |        |
|------|-------------|----|----|--------|--------|
| 电缆   | CHJFPF86/NC | Lk | Ck | Lc/mH  | Cc/uF  |
|      |             |    |    | 0.0075 | 0.0006 |
| 长度/m | 5m          |    |    | 0.0375 | 0.003  |

计算结果

|      |    |       |     |      |
|------|----|-------|-----|------|
| Uo   | Io | Po    | Lo  | Co   |
| 26.5 | 93 | 0.617 | 4.2 | 0.09 |

|    |    |      |        |       |
|----|----|------|--------|-------|
| Ui | Ii | Pi   | Li+LC  | Ci+Cc |
| 28 | 93 | 0.65 | 0.0375 | 0.003 |

结论

|                |                |                |                      |                      |
|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| $U_o \leq U_i$ | $I_o \leq I_i$ | $P_o \leq P_i$ | $L_o \geq L_i + L_c$ | $C_o \geq C_i + C_c$ |
| 满足要求           | 满足要求           | 满足要求           | 满足要求                 | 满足要求                 |

二. 防爆感烟探测器

| 名称      | 型号             |
|---------|----------------|
| 防爆感烟探测器 | JTY-GD-2151EIS |
| 安全栅     | S802           |

|       |                  |      |       |       |       |       |
|-------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 安全栅参数 | 防爆等级             | Uo/V | Io/mA | Po/W  | Lo/mH | Co/uF |
|       | 【Exia Ga】<br>IIC | 26.5 | 93    | 0.617 | 4.2   | 0.09  |

|         |                    |      |       |       |       |       |
|---------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 防爆感烟探测器 | 防爆标志               | Ui/V | Ii/mA | Pi/W  | Li/mH | Ci/uF |
|         | EX ia IIC T6<br>Ga | 28   | 93    | 0.651 | 0     | 0.03  |

|      |              |    |    |        |        |
|------|--------------|----|----|--------|--------|
| 电缆   | CHJPPFP86/NC | Lk | Ck | Lc/mH  | Cc/uF  |
|      |              |    |    | 0.0075 | 0.0006 |
| 长度/m | 5m           |    |    | 0.0375 | 0.003  |

计算结果

|      |    |       |     |      |
|------|----|-------|-----|------|
| Uo   | Io | Po    | Lo  | Co   |
| 26.5 | 93 | 0.617 | 4.2 | 0.09 |

|    |    |       |        |       |
|----|----|-------|--------|-------|
| Ui | Ii | Pi    | Li+LC  | Ci+Cc |
| 28 | 93 | 0.651 | 0.0375 | 0.033 |

结论

|                |                |                |                      |                      |
|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| $U_o \leq U_i$ | $I_o \leq I_i$ | $P_o \leq P_i$ | $L_o \geq L_i + L_c$ | $C_o \geq C_i + C_c$ |
| 满足要求           | 满足要求           | 满足要求           | 满足要求                 | 满足要求                 |



三. 防爆感温探测器

| 名称      | 型号               |
|---------|------------------|
| 防爆感温探测器 | JTWB-BCD-5151EIS |
| 安全栅     | S802             |

|       |                  |      |       |       |       |       |
|-------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 安全栅参数 | 防爆等级             | Uo/V | Io/mA | Po/W  | Lo/mH | Co/uF |
|       | 【Exia Ga】<br>IIC | 26.5 | 93    | 0.617 | 4.2   | 0.09  |

|         |                    |      |       |       |       |       |
|---------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 防爆感烟探测器 | 防爆标志               | Ui/V | Ii/mA | Pi/W  | Li/mH | Ci/uF |
|         | EX ia IIC T6<br>Ga | 28   | 93    | 0.651 | 0     | 0     |

|      |             |    |    |        |        |
|------|-------------|----|----|--------|--------|
| 电缆   | CHJFPF86/NC | Lk | Ck | Lc/mH  | Cc/uF  |
|      |             |    |    | 0.0075 | 0.0006 |
| 长度/m | 5m          |    |    | 0.0375 | 0.003  |


计算结果

|      |    |       |     |      |
|------|----|-------|-----|------|
| Uo   | Io | Po    | Lo  | Co   |
| 26.5 | 93 | 0.617 | 4.2 | 0.09 |

|    |    |       |        |       |
|----|----|-------|--------|-------|
| Ui | Ii | Pi    | Li+LC  | Ci+Cc |
| 28 | 93 | 0.651 | 0.0375 | 0.003 |

结论

|                |                |                |                      |                      |
|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| $U_o \leq U_i$ | $I_o \leq I_i$ | $P_o \leq P_i$ | $L_o \geq L_i + L_c$ | $C_o \geq C_i + C_c$ |
| 满足要求           | 满足要求           | 满足要求           | 满足要求                 | 满足要求                 |


|               |  |                 |      |                    |    |  |      |
|---------------|--|-----------------|------|--------------------|----|--|------|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 直流综合电力系统监测报警项目表 |      | GAJC4039-601-001MX |    | 共 3 页<br>第 1 页   |      |
|               |  |                 |      |                    |    |  |      |
|               |  |                 |      | 20/30客位新能源客渡船      |    | 设计阶段：送审设计  |      |
|               |  |                 |      |                    |    | 版本：R0  |      |
|               |  |                 |      |                    |    | GAJC4039-601-001MX   |      |
| 标记            |  | 数量              | 修改单号 | 签字                 | 日期 | 标 记  | 质量kg |
| 编制            |  | 余建              | 会 签  |                    |    | 8  |      |
| 校对            |  | 余建              |      |                    |    |  |      |
| 标检            |  |                 |      |                    |    |  |      |
| 审核            |  | 黄               |      |                    |    |  |      |
| 审定            |  |                 | 日期   | 2025.08            |    | 共 3 页 第 1 页  |      |
|               |  |                 |      | 直流综合电力系统监测报警项目表    |    |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |      |

| 系统                | 监测参数        | 报警 | 显示 | 自动<br>停车 | 备注                          |
|-------------------|-------------|----|----|----------|-----------------------------|
| 推进<br>电<br>动<br>机 | 轴承温度高       | ✓  | ✓  | ✓        | 显示温度, 85℃报警, 95℃停机          |
|                   | 电压(高/低)     | ✓  | ✓  |          | 显示三相电压, 420V 报警             |
|                   | 运行频率        | ✓  | ✓  |          | 显示运行频率, 52.5HZ 报警           |
|                   | 电枢电流        | ✓  | ✓  | ✓        | 显示三相电流, 过载报警, 超载延时停机        |
|                   | 定子温度        | ✓  | ✓  | ✓        | 显示三相温度, 130℃报警, 135℃停机      |
|                   | 运行状态        |    | ✓  |          | 正车/停车/倒车 三状态指示              |
|                   | 超速          | ✓  | ✓  | ✓        | 显示转速, 额定转速 1.05 倍报警延时 5 秒停机 |
|                   | 电动机故障       | ✓  |    |          |                             |
|                   | 冷却风机故障      | ✓  |    |          |                             |
| 推进<br>变<br>频<br>器 | 母线电压        | ✓  | ✓  |          | 过高过低报警                      |
|                   | 输出电压        |    | ✓  |          | 显示三相电压                      |
|                   | 输出电流        | ✓  | ✓  | ✓        | 显示三相电流, 过载报警, 超载延时停机        |
|                   | 设定频率        |    | ✓  |          |                             |
|                   | 运行频率        |    | ✓  |          |                             |
|                   | 主电源上电指示     | ✓  | ✓  |          |                             |
|                   | 控制源上电指示     | ✓  | ✓  |          |                             |
|                   | 外部紧急切断请求    | ✓  | ✓  | ✓        |                             |
|                   | 整流模块温度高     | ✓  | ✓  | ✓        | 显示温度, 85℃报警, 95℃停机          |
|                   | 逆变模块温度高     | ✓  | ✓  | ✓        | 显示温度, 85℃报警, 95℃停机          |
| 日用<br>逆<br>变<br>器 | 直流母线电压      | ✓  | ✓  |          | 显示, 过高过低报警                  |
|                   | 输出交流电压      |    | ✓  |          |                             |
|                   | 输出交流电流      |    | ✓  |          |                             |
|                   | 输出交流频率      |    | ✓  |          |                             |
|                   | 过载          | ✓  |    |          |                             |
|                   | 配电开关断开/闭合位置 |    | ✓  |          |                             |
|                   | 正弦波滤波温度(高)  | ✓  | ✓  |          |                             |
| 直流<br>母<br>线<br>柜 | 母排电压        |    | ✓  |          | 二分段, 宽电压仅显示                 |
|                   | 分段上电        |    | ✓  |          | 二分段                         |
|                   | 母排总电流       | ✓  | ✓  |          | 二分段, 过载报警                   |
|                   | 母排绝缘电阻      | ✓  | ✓  |          | 二分段, 异常报警                   |
|                   | 推进支路电流      |    | ✓  |          | 二分段                         |
|                   | 柜内温度        | ✓  | ✓  |          | 二母线柜, 过高报警                  |
|                   | 母排母联装置      |    | ✓  |          |                             |
|                   | 熔断器、直流断路器动作 | ✓  | ✓  |          |                             |
|                   | 能量管理系统故障    | ✓  | ✓  |          | 电源 通信                       |

注: 打“✓”表明具备相应功能

| 系统                  | 监测参数         | 报警 | 显示 | 自动<br>停车 | 备注            |
|---------------------|--------------|----|----|----------|---------------|
| 交流<br>日用<br>配电<br>板 | 母线电压         | ✓  | ✓  |          | 显示三相电压        |
|                     | 母线电流         | ✓  | ✓  |          | 显示三相电流，过高自动卸载 |
|                     | 母线频率         |    | ✓  |          |               |
|                     | 岸电电压         |    | ✓  |          | 显示三相电压        |
|                     | 岸电电流         |    | ✓  |          | 显示三相电流        |
|                     | 重要回路断路器      | ✓  | ✓  |          |               |
|                     | 主回路接触器（状态）   |    | ✓  |          |               |
| 锂电<br>电池<br>组       | 系统电压（高/低）    | ✓  | ✓  | ✓        |               |
|                     | 系统电流         |    | ✓  |          |               |
|                     | 过载（大电流）      | ✓  |    |          |               |
|                     | 充放电指示        |    | ✓  |          |               |
|                     | BMS 通讯状态     | ✓  | ✓  | ✓        |               |
|                     | 外部紧急切断请求     | ✓  |    | ✓        |               |
|                     | 配电开关断开/闭合位置  |    | ✓  |          |               |
|                     | 冷却风机故障       | ✓  |    |          |               |
|                     | 电池温度(环境/电池包) | ✓  | ✓  | ✓        |               |
|                     | 绝缘电阻         | ✓  | ✓  |          |               |
|                     | 剩余电量（SOC）    | ✓  | ✓  |          |               |
|                     | 电芯电压（高/低）    | ✓  | ✓  |          |               |
|                     | 控制电源失电       | ✓  |    |          |               |

注：打“✓”表明具备相应功能

|               |  |           |      |         |                    |  |                    |     |       |      |    |
|---------------|--|-----------|------|---------|--------------------|--|--------------------|-----|-------|------|----|
| 20/30客位新能源客渡船 |  | 电气主要设备明细表 |      |         | GAJC4039-608-001MX |  | 共 7 页<br>第 1 页     |     |       |      |    |
|               |  |           |      |         |                    |  |                    |     |       |      |    |
|               |  |           |      |         | 20/30客位新能源客渡船      |  | 设计阶段：送审设计          |     | 版本：R0 |      |    |
|               |  |           |      |         | 电气主要设备明细表          |  | GAJC4039-608-001MX |     |       |      |    |
| 标记            |  | 数量        | 修改单号 | 签字      |                    |  | 日期                 | 标 记 |       | 质量kg | 比例 |
| 编制            |  | 钟国        | 会 签  |         |                    |  | 9                  |     |       |      |    |
| 校对            |  | 熊         |      |         |                    |  |                    |     |       |      |    |
| 标检            |  |           |      |         |                    |  | 共 7 页              |     | 第 1 页 |      |    |
| 审核            |  | 黄         |      |         |                    |  |                    |     |       |      |    |
| 审定            |  |           | 日期   | 2025.08 |                    |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |                    |     |       |      |    |

| 20/30 客位新能源客渡船 |              |                                 | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |         |               | 图 号                   | GAJC4039-608-001MX |       |
|----------------|--------------|---------------------------------|-------------------|---------|---------------|-----------------------|--------------------|-------|
|                |              |                                 |                   |         |               | 共 7 页                 |                    | 第 2 页 |
| 序号             | 名 称          | 型 号 及 规 格                       | 每船数量              | 生产厂或图号  | 证书要求          | 备注                    |                    |       |
| 一、直流综合动力（电力）系统 |              |                                 |                   |         |               |                       |                    |       |
| 1              | 磷酸铁锂动力电池系统   | 120.96KW(576V/210AH) 含 BMS      | 2 组               | 亿纬锂能    | 产品型式认可证书&产品证书 | 配高压箱/接线箱/线束/插座        |                    |       |
| 2              | 直流母线柜        | FYDSB-2-100                     | 1 座               | 宜昌菲亚机电  | 产品证书          | 集成充电、逆变               |                    |       |
| 3              | 交流主配电板       | FYMSB-1-125                     | 1 座               | 同上      | 产品证书          |                       |                    |       |
| 4              | 能量管理系统（EMS）  | FYEMS-2-2                       | 1 套               | 同上      | 产品证书          | 一主控二从控                |                    |       |
| 5              | 电力推进控制装置     | FYPPS-VD0370                    | 2 台               | 同上      | 产品型式认可证书&产品证书 | 集成主电机散热系统             |                    |       |
| 6              | 电力推进遥控装置     | FYPPS-R2                        | 1 台               | 同上      | 产品型式认可证书&产品证书 |                       |                    |       |
| 7              | 变频推进电机       | YZPF250M2-8 37KW 8 极 731.7r/min | 2 台               | 长航电机    | 产品型式认可证书&产品证书 | 配 5 支 PT100; 配编码器     |                    |       |
|                |              |                                 |                   |         |               |                       |                    |       |
| 二、电源设备         |              |                                 |                   |         |               |                       |                    |       |
| 1              | 低压蓄电池组       | 6-CQW-200 12V/200Ah             | 4 台               | 风帆或同等   | 产品证书          |                       |                    |       |
| 2              | 24V 充电机      | GCA-30A 220V/0-36V              | 1 台               | 武汉云鹏    | 产品证书          |                       |                    |       |
| 3              | 隔离变压器        | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 | 2 台               | 武汉智伟、云鹏 | 产品型式认可证书&合格证  |                       |                    |       |
| 4              | 岸电箱          | FYSPP-125                       | 1 台               | 宜昌菲亚机电  | 产品型式认可证书&产品证书 |                       |                    |       |
| 5              | DC24V 充放电板   | FYDCP-60-24                     | 1 台               | 同上      | 产品证书          |                       |                    |       |
| 6              | AC380V 风机分电箱 | FYDTP-A32 10A/3P×6              | 2 台               | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   |                       |                    |       |
| 7              | 电池舱风机启动器     | FYGST-D32F 整定 1.5A              | 2 台               | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   | CO2 互锁 BMS/EMS/可燃气体联动 |                    |       |
| 8              | (右舷)配电间风机启动器 | FYGST-D32 整定 1.0A               | 1 台               | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   | EMS 联动                |                    |       |
| 9              | AC220V 照明分电箱 | FYDTP-10C32 6A/2P×10            | 1 台               | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   |                       |                    |       |
|                |              |                                 |                   |         |               |                       |                    |       |
|                |              |                                 |                   |         |               |                       |                    |       |

| 20/30 客位新能源客渡船        |              |                  | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |          | 图 号         | GAJC4039-608-001MX |       |
|-----------------------|--------------|------------------|-------------------|----------|-------------|--------------------|-------|
|                       |              |                  |                   |          | 共 7 页       |                    | 第 3 页 |
| 序号                    | 名 称          | 型 号 及 规 格        | 每船数量              | 生产厂或图号   | 证书要求        | 备注                 |       |
| 三、驾驶室集中控制台（组装或成套下列产品） |              |                  | 1 座               | 宜昌菲亚机    | 工厂质量证明书或合格证 | 未注明各设备证书随系统        |       |
| 1                     | DC24V 助航分电箱  | 10 路 10A×9 DC24V | 1 套               | 驾控台配套    |             | 采用 TDM47-63/2P 微断  |       |
| 2                     | AC220V 助航分电箱 | 9 路 10A×9 AC220V | 1 套               | 驾控台配套    |             | 采用 TDM47-63/2P 微断  |       |
| 3                     | 舱室风机遥切断按钮    | 带防护护盖 红色         | 1 只               | 驾控台配套    |             |                    |       |
| 4                     | 探照灯船名灯控制板    |                  | 1 套               | 驾控台配套    |             |                    |       |
| 5                     | 全船最低电量报警灯    |                  | 1 只               | 驾控台配套    |             |                    |       |
| 6                     | 锚灯控制板        |                  | 1 套               | 驾控台配套    |             |                    |       |
| 7                     | 舵角指示         | YD-75            | 1 套               | 舵机配套     |             |                    |       |
| 8                     | 推进遥控装置       | FYPPS-R2         | 1 套               | 三电集成商配套  |             |                    |       |
| 9                     | EMS 操作站      |                  | 1 套               | 三电集成商配套  |             | 一主二从               |       |
| 10                    | BMS 操作站      |                  | 2 台               | 动力电池系统配套 |             | 二组                 |       |
| 11                    | 雨括器控制板       | SL-S             | 1 套               | 雨括器配套    |             | 见雨括器               |       |
| 12                    | 指挥型声力电话      | HSC-12Q          | 1 台               | 声力电话配套   |             |                    |       |
| 13                    | 广播主机         | HKD-5C 25W       | 1 台               | 广播系统配套   |             | 含话筒                |       |
| 14                    | 电笛控制器        | DDK-1            | 1 台               | 电笛配套     |             | 含话筒                |       |
| 15                    | 火灾报警控制器      | JBS-MB           | 1 台               | 火灾系统配套   |             |                    |       |
| 16                    | 气体报警控制器      | ZH-GAS-1FQ       | 1 台               | 可燃性气体配套  |             |                    |       |
| 17                    | CO2 预释放报警复示器 |                  | 1 台               | CO2 消防配套 |             |                    |       |
| 18                    | 船舶自动识别装置主机   | AIS-B/900        | 1 套               | AIS 配套   |             | 含电源装置              |       |
| 19                    | 甚高频          | IC-M324          | 1 套               | VHF 配套   |             | 含电源装置              |       |
| 20                    | 视频监控显示器      |                  | 1 套               | 视频安保配套   |             | 含电源装置              |       |

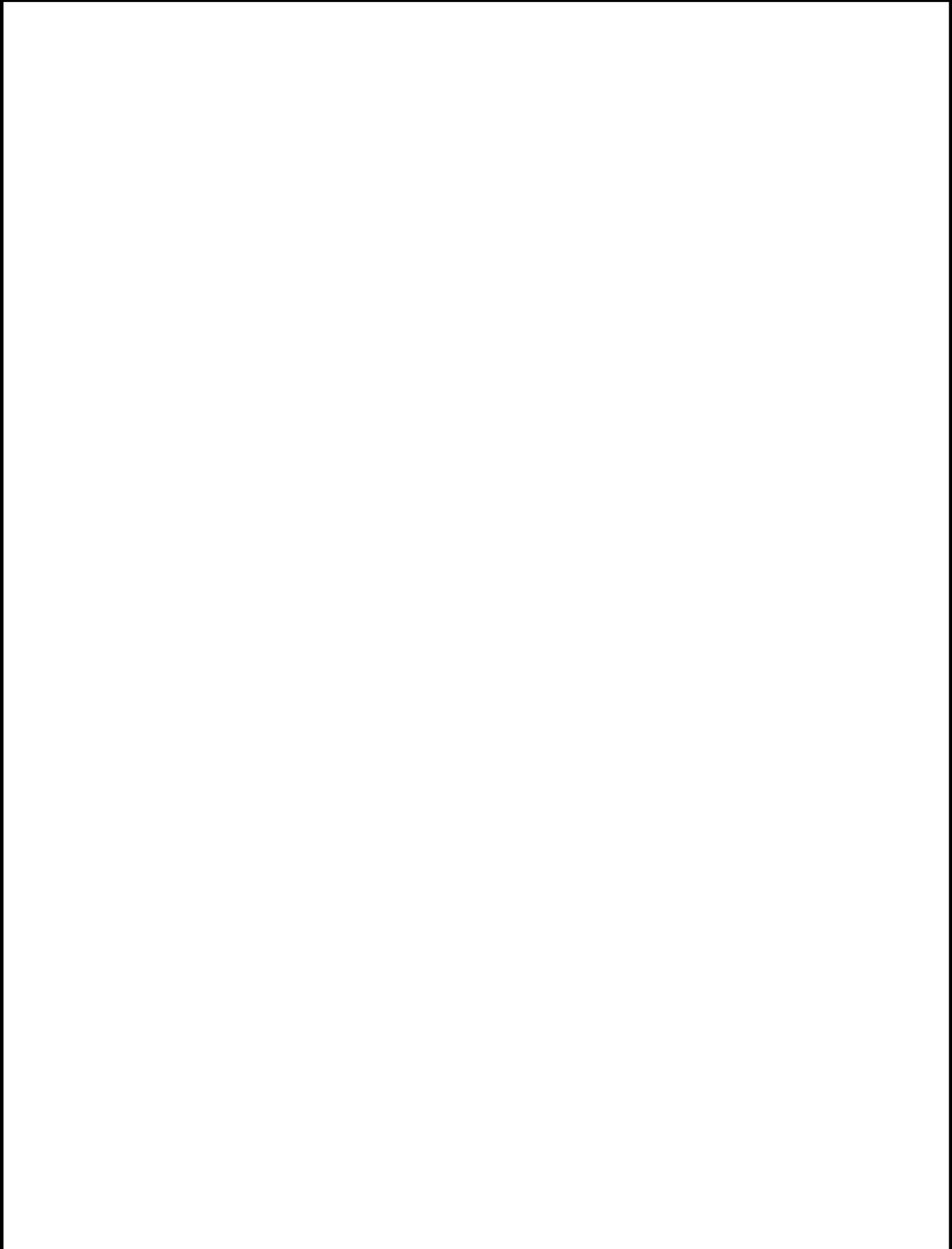
| 20/30 客位新能源客渡船 |                |                                | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |          | 图 号         | GAJC4039-608-001MX |       |
|----------------|----------------|--------------------------------|-------------------|----------|-------------|--------------------|-------|
|                |                |                                |                   |          | 共 7 页       |                    | 第 4 页 |
| 序号             | 名 称            | 型 号 及 规 格                      | 每船数量              | 生产厂或图号   | 证书要求        | 备注                 |       |
| 四、照明设备:        |                |                                |                   | 海星、亮舟、艳阳 |             |                    |       |
| 1              | 信号灯            | CXH6-21P DC24V 6W IP56         | 1 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 | 白                  |       |
| 2              | 探照灯（投光灯）       | TG9 200W AC220V                | 1 台               |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 3              | 白炽舱顶灯          | CCD1-2 220V 60W IP55           | 11 盏              |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 4              | 白炽防爆灯          | CFD4a 220V 60W Exd IIC T4 IP66 | 2 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 5              | LED 蓬顶灯(带应急灯头) | JPL12-E AC220V/12W+DC24V/3W    | 3 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 | IP44 不另设灯具         |       |
| 6              | LED 蓬顶灯        | JPL12 220V 12W IP44            | 4 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 7              | 舱室开关           | HE-2N-1 250V 10A               | 3 只               |          | 合格证书        |                    |       |
| 8              | 水密开关           | HS302-3 250V 10A IP56          | 10 只              |          | 合格证书        |                    |       |
| 9              | 舱室插座           | CZE2-2B-2N 250V 10A            | 5 只               |          | 合格证书        |                    |       |
| 10             | 低压舱顶灯          | CCD3-2 24V 25W IP56            | 7 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 11             | 低压防爆灯          | CFD4b 24V 25W Exd IIC T6 IP66  | 2 盏               |          | 型式认可证书+合格证书 |                    |       |
| 12             | 船名灯            | 内装 AC220V 24WX2 LED 灯管         | 4 盏               |          | 合格证书        |                    |       |
| 13             |                |                                |                   |          |             |                    |       |
| 五、无线电航行助航报警设备: |                |                                |                   |          |             |                    |       |
| 1              | 舵角指示器          | YD-75                          | 1 块               | 舵机配套     | 型式认可证书      |                    |       |
|                | 舵角发讯器          | RD-0183                        | 1 只               | 舵机配套     | 型式认可证书      |                    |       |
| 2              | 船舶自动识别装置主机     | AIS-B/900                      | 1 台               | 舶吉海洋科技武汉 | 船用产品证书      |                    |       |
|                | 自动识别装置电源装置     | AC220V/DC24V                   | 1 台               | 博亿特机电    |             |                    |       |
|                | 自动识别装置 VHF 天线  |                                | 1 根               | 新诺北斗航科   |             |                    |       |
|                | 自动识别装置 GPS 天线  |                                | 1 根               | 长航天一     |             |                    |       |




| 20/30 客位新能源客渡船 |            |                  | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |                     | 图 号    | GAJC4039-608-001MX |       |
|----------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|--------|--------------------|-------|
|                |            |                  |                   |                     | 共 7 页  |                    | 第 5 页 |
| 序号             | 名 称        | 型 号 及 规 格        | 每船数量              | 生产厂或图号              | 证书要求   | 备注                 |       |
| 3              | 刮水器控制箱     | SL-S DC24V       | 1 台               | 杭州华雁、嘉兴通讯、裕德龙（上海）   | 产品合格证书 |                    |       |
|                | 平移式刮水器     |                  | 1 套               |                     |        |                    |       |
| 4              | 嵌入式电笛控制板   | DDK-1 DC24V      | 1 台               | 杭州华雁、嘉兴通讯、南京泽海      | 船用产品证书 |                    |       |
|                | 电笛         | DDK IP56         | 1 台               |                     |        |                    |       |
| 5              | 甚高频无线电话    | IC-M324          | 1 台               | 舶吉海洋科技、武汉博亿特        | 船用产品证书 |                    |       |
|                | 甚高频电源装置    | AC220V/DC24V     | 1 台               |                     |        |                    |       |
|                | 甚高频收/发天线   |                  | 1 根               |                     |        |                    |       |
| 6              | 嵌入式扩音机     | HKD-25C 25W      | 1 台               | 杭州华雁、嘉兴通讯、嘉兴富城、南京泽海 | 船用产品证书 | 扩音机配套              |       |
|                | 号筒扬声器      | YHC25-1 25W IP56 | 1 台               |                     |        |                    |       |
|                | 广播接收天线     |                  | 1 根               |                     |        |                    |       |
| 7              | 嵌入式选通声力电话  | HSQ-12Q          | 1 台               | 嘉兴富城、南京泽海           | 型式认可证书 |                    |       |
|                | 挂挂式直通声力电话  | HSG-1G           | 4 台               |                     |        |                    |       |
| 8              | 嵌入式火灾报警控制器 | JBS-MB           | 1 台               | 嘉兴富城、南京泽海           | 船用产品证书 |                    |       |
|                | 防暴感烟探测器    | ZH1802Ex         | 2 只               |                     |        |                    |       |
|                | 防暴感温探测器    | ZH1805Ex         | 2 只               |                     |        |                    |       |
|                | 防爆火警按钮     | HD05Ex           | 2 只               |                     |        |                    |       |
|                | 防水火警按钮     | HD05F            | 2 只               |                     |        |                    |       |
|                | 安全栅        | S802             | 2 只               |                     |        |                    |       |
| 9              | 可燃气体探测报警主机 | ZH-GAS-1FQ       | 1 台               | 成都安可信、南京泽海          | 船用产品证书 | 内置声光报警器            |       |
|                | 防爆可燃气体探测器  | ZH-GAS-1D Ex     | 2 只               |                     |        |                    |       |
| 10             | 风压开关       |                  | 2 只台              | 市购                  | 产品合格证书 | 安装于电池舱风机出口         |       |

|  |               |                                  |                   |          |             |                    |       |
|--|---------------|----------------------------------|-------------------|----------|-------------|--------------------|-------|
| 20/30 客位新能源客渡船   |               |                                  | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |          | 图 号         | GAJC4039-608-001MX |       |
|  |               |                                  |                   |          | 共 7 页       |                    | 第 6 页 |
| 序号   | 名 称           | 型 号 及 规 格                        | 每船数量              | 生产厂或图号   | 证书要求        | 备注                 |       |
| 11   | 硬盘录像机         | 8 路 组合件 带网络传输功能                  | 1                 | 市购       | 产品合格证书      |                    |       |
|  | 视频监视显示器       | 19 英寸彩色液晶 220V                   | 1 台               |          |             |                    |       |
|  | 半球摄像机         | VDC-250F04-10C 配电源盒              | 4 只               |          |             |                    |       |
|  | 红外防水枪式摄像机     | WMS-385ZA 内置电源 IP56              | 2 只               |          |             |                    |       |
|  | 交换机           | AC220V 8 口                       | 1 台               |          |             |                    |       |
| 12   | C02 施放预报警箱    |                                  | 1 台               | 随 C02 厂家 | 船用产品证书      |                    |       |
|  | C02 报警复示板     |                                  | 1 台               |          |             |                    |       |
|  | 防爆声光报警器       | BBJ-ZR DC24V Exdb II C T6 IP65   | 4 只               |          |             |                    |       |
| 13   | 电池舱急停按钮       | DK-7                             | 2 只               | 市购       |             | 安装于电池舱门口           |       |
| 六、电缆及其它:   |               |                                  |                   |          |             |                    |       |
| 1  | 船用电缆          | 具体型号及规格详见相关系统图                   |                   | 江苏奥尼特、红旗 | 船用产品证书      | 长度以生产设计为准          |       |
| 2  | (风机启停) 船用尼龙开关 | HS201-5 380V 10A IP56            | 3 只               |          | 工厂质量证明书或合格证 |                    |       |
| 3  | 客舱空调          | 5P 三相四线制                         | 1 台               | 格力       | 工厂质量证明书或合格证 | 见轮机清单              |       |
| 4  | 驾驶室空调         | 1.5P 单相                          | 1 台               | 格力       | 工厂质量证明书或合格证 | 见轮机清单              |       |
| 5  | 避雷针           | 钢质 直径大于 16mm<br>高出桅杆顶上电气设备 300mm | 1 根               | 市购       |             |                    |       |
| <p style="text-align: center;">说 明</p> <p>1. 本设备明细表不包括随整机配套来的电气设备。</p> <p>2. 不包括电器设备安装所需的辅料, 所有灯具均需配上灯管和灯泡。</p> <p>3. 明细表中的电缆具体型号及规格详见相关系统图, 长度以生产设计为准。</p> <p>4. 本设备明细表不包含备件及附件, 各设备厂按照规范要求提供, 订货时说明。</p> |               |                                  |                   |          |             |                    |       |

|   |     |           |                   |      |        |       |                    |       |
|---|-----|-----------|-------------------|------|--------|-------|--------------------|-------|
| 20/30 客位新能源客渡船  |     |           | 电 气 主 要 设 备 明 细 表 |      |        | 图 号   | GAJC4039-608-001MX |       |
|   |     |           |                   |      |        | 共 7 页 |                    | 第 7 页 |
| 序号  | 名 称 | 型 号 及 规 格 |                   | 每船数量 | 生产厂或图号 | 证书要求  |                    | 备注    |
| 5. 本设备明细表不含无线电、通信导航设备所要求的配套电缆，见各设备单中要求，订货时注意附注说明。<br>6. 重要的电气设备及材料必须为船用产品型式认可证书、船用产品证书。<br>7. |     |           |                   |      |        |       |                    |       |



|    |     |      |  |         |    |               |  |   |     |  |  |
|----|-----|------|--|---------|----|---------------|--|---|-----|--|--|
|    |     |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计   |     | 版本:R0  |  |
|    |     |      |  |         |    | 电力设备布置图       |  | 图号<br>GAJC4039-610-001  |     |  |  |
|    |     |      |  |         |    |               |  |   |     |  |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记   | 质 量 | 比 例  |  |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |  |         |    |               |  | A4  |     | 1:1  |  |
| 校对 | 熊建  |      |  |         |    |               |  | 共 5 页   |     | 第 1 页  |  |
| 审核 | 黄庄  |      |  |         |    |               |  |   |     |  |  |
| 批准 |     | 日期   |  | 2025.08 |    |               |  |  |     | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |

| 20/30客位新能源客渡船 |  |                | 电力设备布置图 |                                 | GAJC4039-610-001 | 共 5 页    |
|---------------|--|----------------|---------|---------------------------------|------------------|----------|
|               |  |                |         |                                 |                  | 第 2 页    |
| 32            |     | 电笛             | 1       | DDK                             |                  |          |
| 31            |     | 壁挂式直通声力电话      | 5       | HSC-G                           |                  |          |
| 30            | CGS1、CGS2  | 可燃气体探测器        | 2       | ZH-GAS-1D Ex                    |                  | 带报警器     |
| 29            |  EX | 防爆声光报警器(CO2释放) | 4       | BBJ-ZR DC24V EXdIICT6 IP66      |                  |          |
| 28            | CO2  | CO2施放预报警控制箱    | 1       | CO2灭火系统配套                       |                  |          |
| 27            |  ex | 防爆火警按钮         | 2       | HD05Ex                          |                  |          |
| 26            |     | 防水火警按钮         | 2       | HD05F                           |                  |          |
| 25            |     | 防爆安全栅          | 2       | S802                            |                  |          |
| 24            |  Ex | 防爆感温探头         | 2       | ZH1805Ex                        |                  |          |
| 23            |  Ex | 防爆感烟探头         | 2       | ZH1802Ex                        |                  |          |
| 22            | LB   | AC220V照明分电箱    | 1       | FYDTP-10C32 6A/2P×10            |                  |          |
| 21            |     | 船用尼龙开关         | 3       | HS201-5 380V 10A IP56           |                  |          |
| 20            | M5   | CO2间风机         | 1       | AC380V 0.25kW                   |                  |          |
| 19            | M6   | 配电间风机          | 1       | AC380V 0.25kW                   |                  |          |
| 18            | ST6  | 右舷配电间风机启动器     | 1       | FYGST-D32 整定1.0A                |                  |          |
| 17            | M3、M4  | 左(右)电机舱风机      | 2       | AC380V 0.25kW                   |                  |          |
| 16            | M1、M2  | 1#(2#)电池舱风机    | 2       | AC380V 0.25kW 防爆                |                  |          |
| 15            | ST1、ST2  | 1#(2#)电池舱风机启动器 | 2       | FYGST-D32F 整定1.5A               |                  |          |
| 14            | 1P、2P  | AC380V风机分电箱    | 2       | FYDTP-A32 10A/3P×6              |                  |          |
| 13            | CHP  | DC24V应急充放电板    | 1       | FYDCP-60-24 内置稳压电源              |                  |          |
| 12            | SC   | 岸电箱            | 1       | FYSPP-125                       |                  |          |
| 11            | 1DT、2DT  | 日用隔离变压器        | 2       | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 |                  |          |
| 10            | CHG  | DC24V充电器       | 1       | GCA-30A 220V/0-36V              |                  |          |
| 9             | 3GB  | DC24V蓄电池组      | 4       | 6-CQW-200 12V/200Ah             |                  |          |
| 8             | 6RUD-2   | 舵角发讯器          | 1       | RD-0183                         |                  |          |
| 7             | PFM、SFM  | 主推进变频电机风机      | 2       | 380VAC/3P/50HZ 550W 2920r/min   |                  |          |
| 6             | PVM、SVM  | 变频推进电机         | 2       | YZPF250M2-8 37KW 8极 731.7r/min  |                  | 含传感器     |
| 5             | P-PPS、S-PPS  | 推进装置控制柜        | 2       | FYPPS-VD0370                    |                  |          |
| 4             | EMS  | EMS主控制箱        | 1       | FYEMS-2-2                       |                  |          |
| 3             | ACSB   | 交流主配电板         | 1       | FYMSB-1-125                     |                  | 交直流配电板并柜 |
| 2             | DCSB   | 直流母线柜          | 1       | FYDSB-2-100                     |                  |          |
| 1             | 1GB、2GB  | 磷酸铁锂电池组        | 2       | 含电池包、电池架、簇高压箱、接线箱               |                  | 内置BMS    |
| 序号            | 代 号  | 名 称            | 数量      | 型号及规格                           | 附 注              |          |

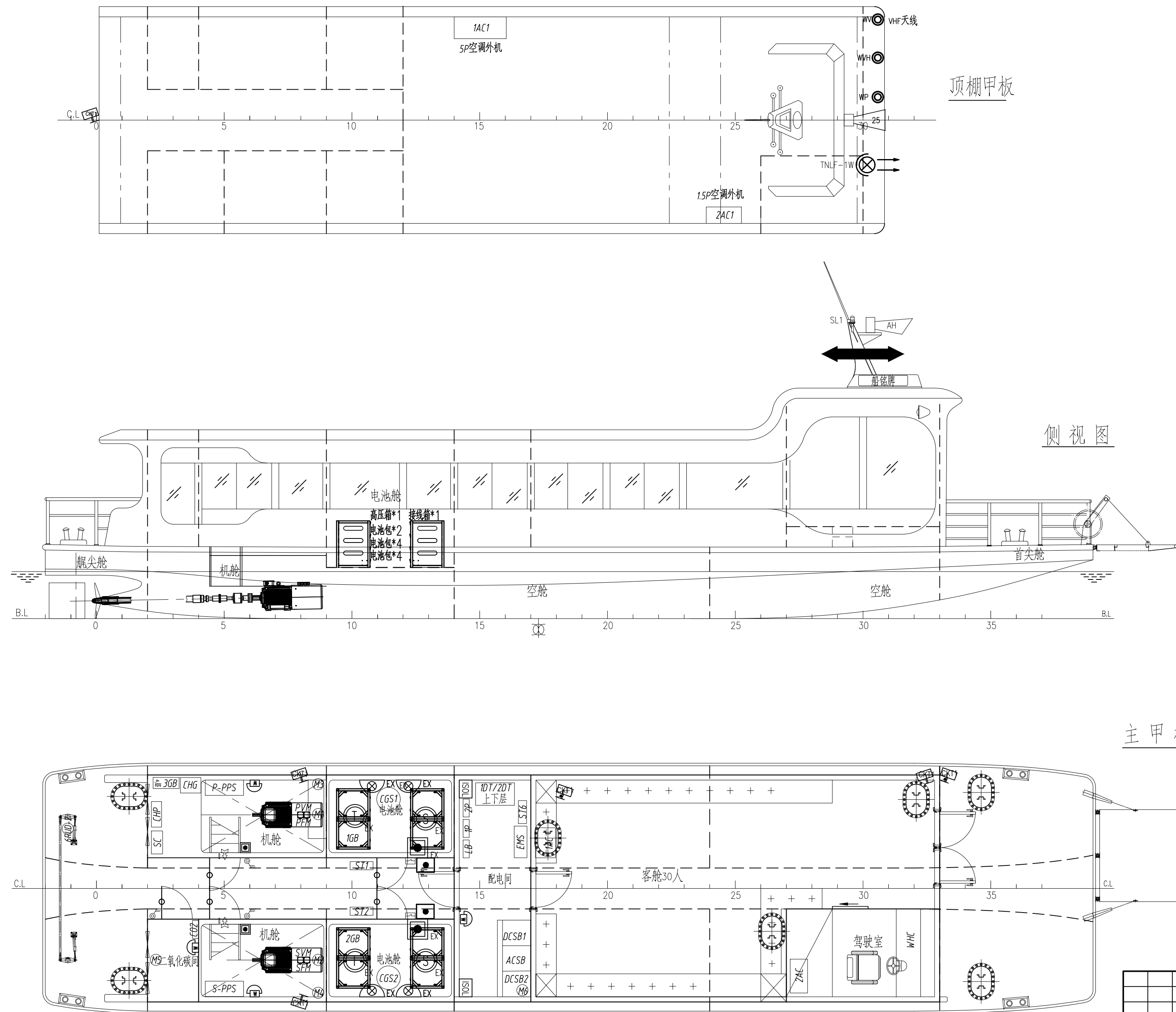
说明：1、全船照明（含应急照明、投光灯、航行信号灯）见“照明布置图”。


2、磷酸铁锂电池组包含簇高压箱、接线箱、电池包、电池支架，安装于电池舱。

3、驾控台各功能单元不参与本图布置，由驾控台厂家做产品最终布置。

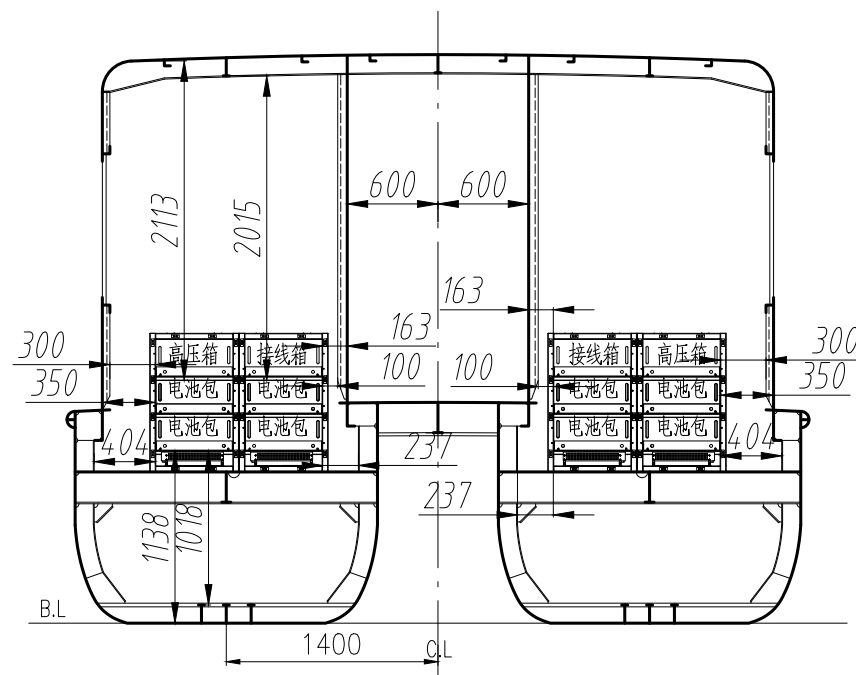
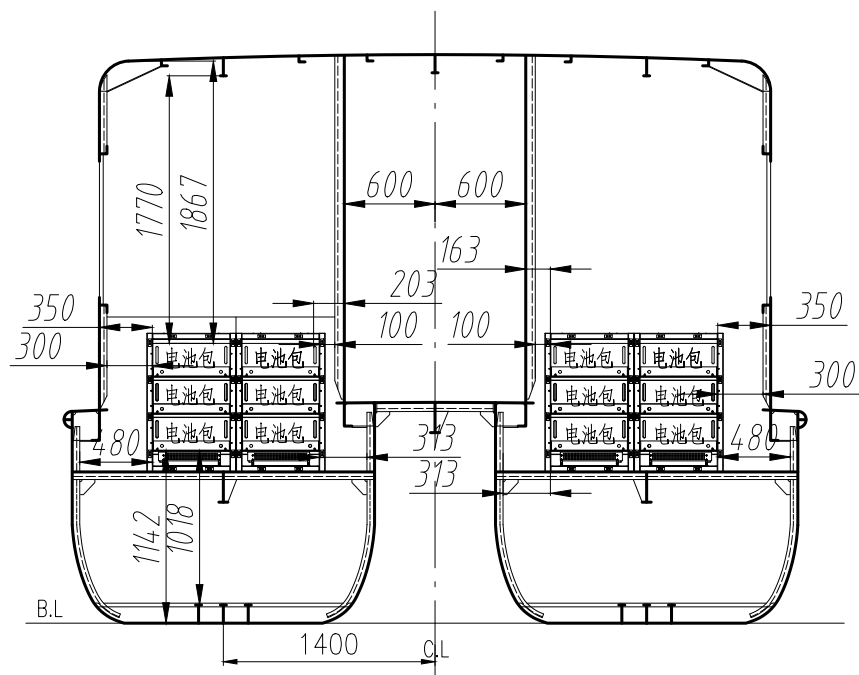
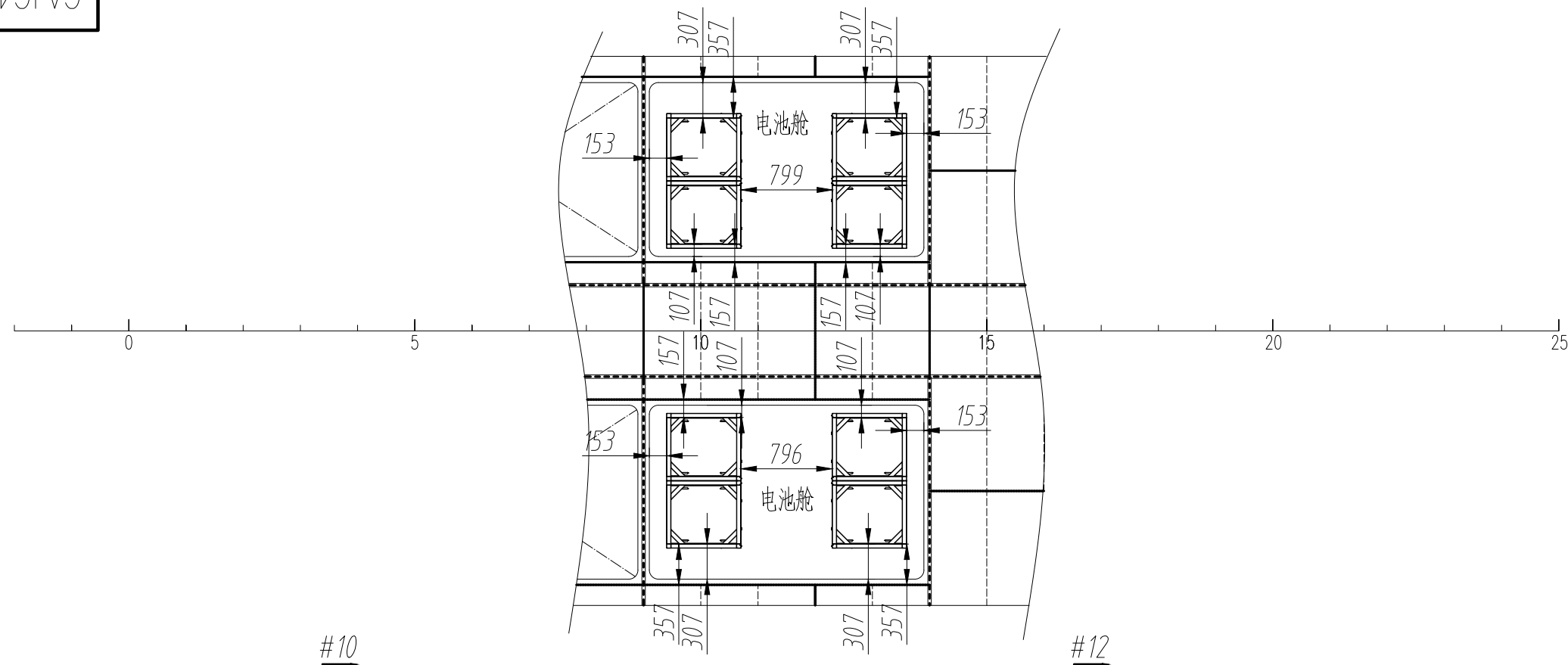
|    |   |              |    |                          |     |
|----|---|--------------|----|--------------------------|-----|
| 46 |  | （电池舱门）限位开关   | 2  | PR08-2                   | 接近型 |
| 45 |  | （电池系统）应急停止按钮 | 2  | DK07                     |     |
| 44 | WHC   | 驾控台          | 1  | FYCCC-WH                 |     |
| 43 | 2AC1  | 客舱空调外机       | 1  | KFR-35GW/(35519)FNhBd-B1 | 格力  |
| 42 | 2AC   | 客舱空调内机       | 1  | 1.5P 220VAC/1P+N/50HZ    |     |
| 41 | 1AC1  | 客舱空调外机       | 1  | RF12WPdQ/NhA-N3JY01      | 格力  |
| 40 | 1AC   | 客舱空调内机       | 1  | 5P 380VAC/3P+N/50HZ      |     |
| 39 |  | 视频摄像头        | 6  |                          |     |
| 38 | RWP1  | 雨括器          | 1  | SL-S                     |     |
| 37 | WVH   | 自动识别仪VHF天线单元 | 1  | AIS配套                    |     |
| 36 | WA  | 自动识别仪天线单元    | 1  | AIS配套                    |     |
| 35 | WV  | 甚高频天线单元      | 1  | VHF配套                    |     |
| 34 | WP  | 收音天线         | 1  | 扩音机配套                    |     |
| 33 |  | 高音喇叭         | 1  | YHC25-1 25W              |     |
| 序号 | 代 号   | 名 称          | 数量 | 型号及规格                    | 附 注 |

| 20/30客位新能源客渡船             |            |               | 电力设备布置图 |                            | GAJC4039-610-001 | 共 5 页 |
|---------------------------|------------|---------------|---------|----------------------------|------------------|-------|
|                           |            |               |         |                            |                  | 第 4 页 |
| 31                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 30                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 29                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 28                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 27                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 26                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 25                        |            |               |         |                            |                  |       |
| 24                        | TR<br>VHF  | 甚高频收发单元       | 1       | IC-M324 25W水上全频道           |                  |       |
| 23                        | PSU<br>VHF | 甚高频电源单元       | 1       | VHF配套                      |                  |       |
| 22                        | DIS<br>AIS | 自动识别仪主机       | 1       | AIS-B/900                  |                  |       |
| 21                        | PSU<br>AIS | 自动识别仪电源装置     | 1       | AIS配套                      |                  |       |
| 20                        | RWP        | 雨括器控制板        | 1       | SL-S DC24V电源               |                  |       |
| 19                        | CKT        | 视频监控主机        | 1       | 配双电源                       |                  |       |
| 18                        | SPT        | 6门声力电话汇接箱     | 1       | HSC-12Q                    |                  |       |
| 17                        | XQ         | 选通式声力电话       | 1       | HSC-12Q                    |                  |       |
| 16                        | PA         | 扩音机           | 1       | HKD-25C                    |                  |       |
| 15                        | WD         | 电笛控制器         | 1       | DDK-1                      |                  |       |
| 14                        | EFB        | (全船最低电量报警)蜂鸣器 | 1       | AD16-16M DC24V( 红色, 驾控台配套) |                  |       |
| 13                        | 2HMI2      | EMS2#从控延伸触摸屏  | 1       | UH407E                     |                  |       |
| 12                        | 1HMI2      | EMS1#从控延伸触摸屏  | 1       | UH407E                     |                  |       |
| 11                        | 0HMI2      | EMS主控延伸触摸屏    | 1       | UH410E                     |                  |       |
| 10                        | CAF        | CO2施放预报警复示器   | 1       | CO2灭火系统配套                  |                  |       |
| 9                         | CGA        | 可燃气体探测报警主机    | 1       | ZH-GAS-1FQ                 |                  |       |
| 8                         | FAP        | 火灾报警控制板       | 1       | JBS-MB                     |                  |       |
| 7                         | ANS        | 航行信号灯控制板      | 1       | DK-HX DC24V输出              |                  |       |
| 6                         | TNLF       | 投光灯船名灯风遥切控制板  | 1       | 驾控台配套：见相关系统图               |                  |       |
| 5                         | NPD        | 24V助航分电单元     | 1       | DC24V 10Ax11               |                  |       |
| 4                         | NPL        | 220V助航分电单元    | 1       | AC220V 6Ax9                |                  |       |
| 3                         | BMS-R      | 锂电池远程监控单元     | 2       | 动力电池系统配套                   |                  |       |
| 2                         | PPS-R2     | 推进遥控装置        | 1       | FYPPS-R2                   |                  |       |
| 1                         | 6RUD1      | 舵角表           | 1       | 6RUD                       |                  |       |
| 驾控台包含设备( 布置图不对包含设备进行逐一布置) |            |               |         |                            |                  |       |
| 序号                        | 代 号        | 名 称           | 数量      | 型号及规格                      | 附 注              |       |



|    |     |      |    |   |         |       |               |  |   |  |  |  |  |
|----|-----|------|----|---|---------|-------|---------------|--|---|--|--|--|--|
|    |     |      |    |   |         |       | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段-送审设计   |  | 版本R0   |  |  |
|    |     |      |    |   |         |       | 电力设备布置图       |  | 图号  |  | GAJC4039-610-001   |  |  |
|    |     |      |    |   |         | 标 记   |               |  | 质 量   |  | 比 例  |  |  |
|    |     |      |    |   |         | A2    |               |  |   |  | 1:60   |  |  |
|    |     |      |    |   |         | 共 5 页 |               |  |   |  | 第 5 页  |  |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签  | 字 | 日期      |       |               |  |   |  |  |  |  |
| 设绘 | 李坤国 |      | 会签 |   |         |       |               |  |   |  |  |  |  |
| 校对 | 熊建  |      |    |   |         |       |               |  |   |  |  |  |  |
| 审核 | 黄玉  |      |    |   |         |       |               |  |   |  |  |  |  |
| 批准 |     |      | 日期 |   | 2025.08 |       |               |  |   |  |  |  |  |
|    |     |      |    |   |         |       |               |  |  |  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'an JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |  |



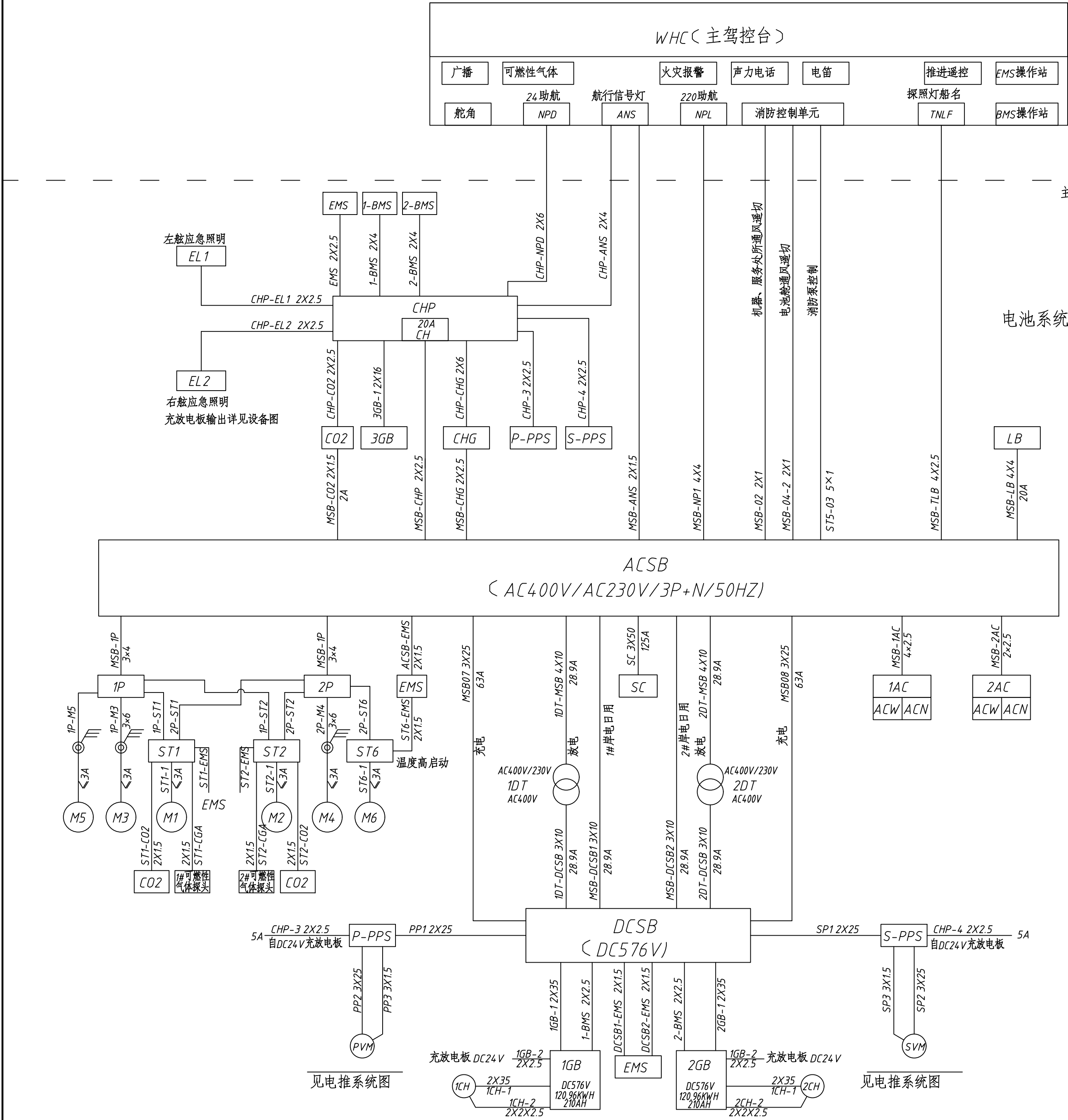


注：

- 1、电池包距外板及结构的净距离不小于300mm。
- 2、电池包距舱壁（含双体船片体内侧）和上方甲板的净距离不小于150mm，距舱壁（含双体船片体内侧）和上方甲板支撑件的净距离不小于100mm。
- 3、单电池包质量93KG（不大于130KG），符合小船要求。
- 4、单电池包尺寸：深649mm宽517mm高220mm，现正前方空间大于电池包深度，服务空间足够。
- 5、本船左右片体各一个电池舱，每个电池舱10个电池包（5列2层）、一台簇高压箱、一台接线箱。
- 6、其他设备布置见“电力设备布置图”、“照明布置图”。

本图（文件）及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可，任何人不得复制或转交第三方

|    |     |      |         |    |               |  |       |
|----|-----|------|---------|----|---------------|--|-------|
|    |     |      |         |    | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  | 版本:R0 |
|    |     |      |         |    | 蓄电池舱布置图       | 图号 GAJC4039-610-002  |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签字      | 日期 |               | 标 记  | 质 量   |
| 设绘 | 余中同 | 会签   |         |    |               | A3   | 1:50  |
| 校对 | 包建  |      |         |    |               | 共 1 页  |       |
| 审核 | 黄臣  |      |         |    |               | 第 1 页  |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |               | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'an JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |

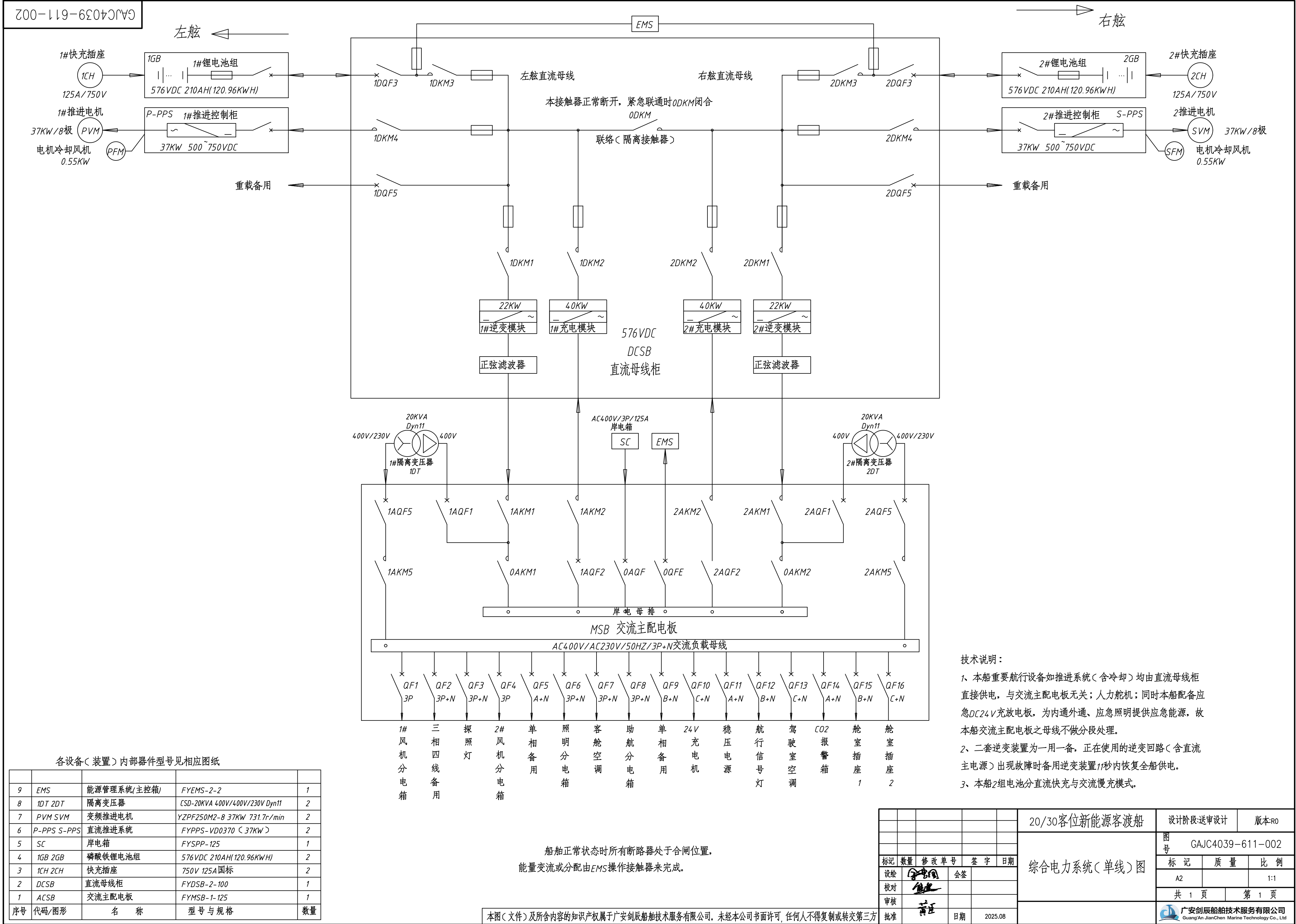


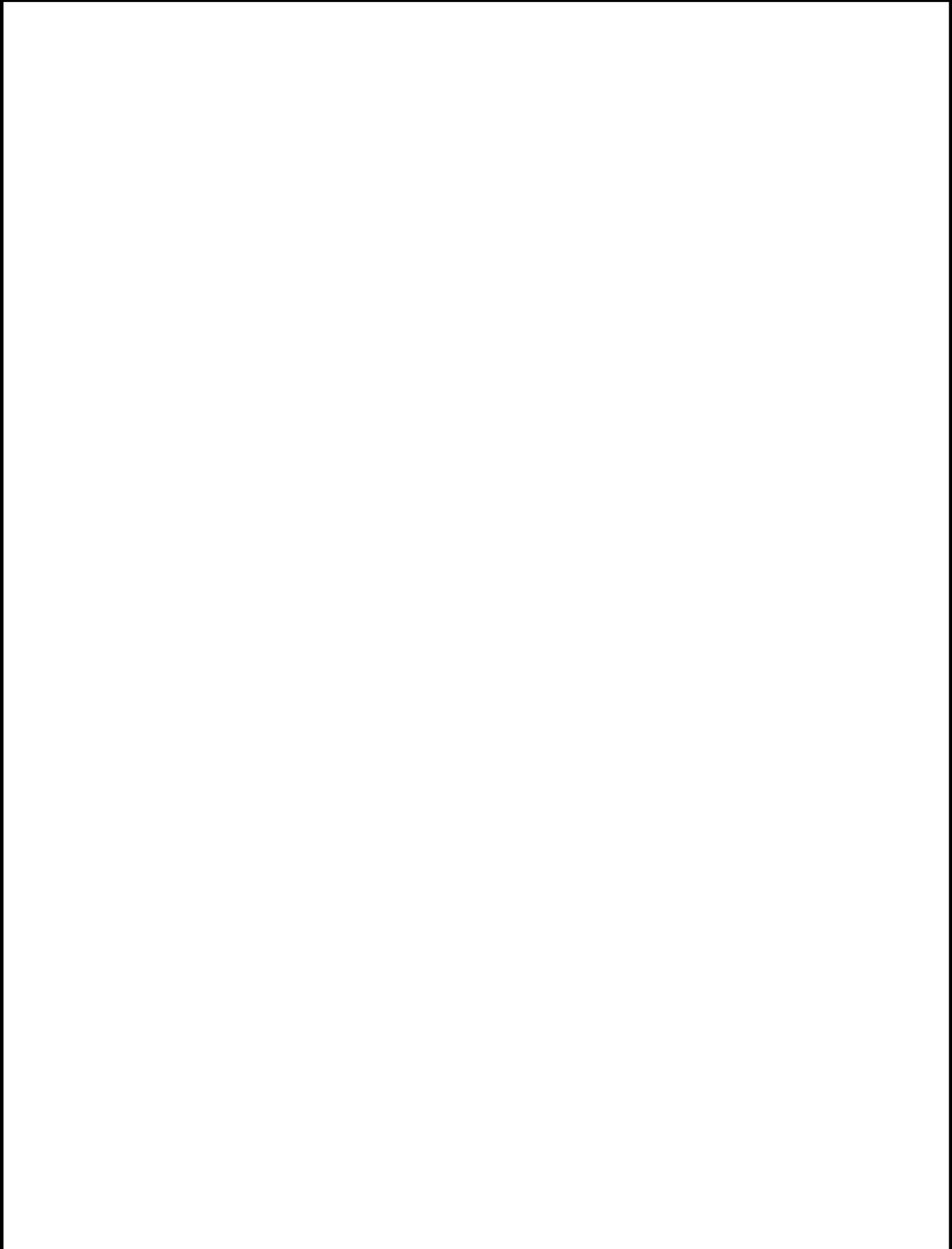
上甲板  
主甲板及机舱


电池系统、电力推进系统、能量管理系统、内通报警见设备图

|    |             |                |                                 |   |      |
|----|-------------|----------------|---------------------------------|---|------|
| 26 | WHC         | 驾控台            | FYCCC-WH                        | 1 | 三电配套 |
| 25 | 1、2-BMS     | 电池管理系统         |                                 | 2 | 电池配套 |
| 24 | EMS         | 能源管理系统         | FYEMS-2-2                       | 1 | 三电配套 |
| 23 | CHP         | 充放电板           | FYDCP-60-24                     | 1 | 三电配套 |
| 22 | CHG         | DC24V充电机       | GCA-30A 220V/0-36V              | 1 | 三电配套 |
| 21 | CH          | 开关电源（充电稳压）     | SDR-480P-24 AC(DC)220/DC24V 20A | 1 | 三电配套 |
| 20 | 3GB         | DC24V蓄电池       | 6-Q-200 12V 200AH               | 4 | 市购   |
| 19 | LB          | AC220V照明分电箱    | FYDTP-10C32 6A/2P×10            | 1 | 三电配套 |
| 18 | 1DT、2DT     | 隔离变压器          | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 | 2 | 三电配套 |
| 17 | 2AC         | （驾驶室）变频空调      | 1.5P 220V/1P+N/50HZ             | 1 | 市购   |
| 16 | 1AC         | （客舱）变频空调       | 5P 380V/3P+N/50HZ               | 1 | 市购   |
| 15 |             | 船用尼龙开关         | HS201-S 380V 10A IP56           | 3 | 市购   |
| 14 | M5          | CO2间风机         | 0.25KW                          | 1 | 轮机配套 |
| 13 | M6          | 配电间风机          | 0.25KW                          | 1 | 轮机配套 |
| 12 | ST6         | 右舷配电间风机启动器     | FYGST-D32 整定1.0A                | 1 | 三电配套 |
| 11 | M3,M4       | 左(右)电机舱风机      | 0.25KW                          | 2 | 轮机配套 |
| 10 | M1,M2       | 1#(2#)电池舱风机    | 0.25KW 防爆                       | 2 | 轮机配套 |
| 9  | ST1,ST2     | 1#(2#)电池舱风机启动器 | FYGST-D32F 整定1.0A               | 2 | 三电配套 |
| 8  | 1P、2P       | AC380V风机分电箱    | FYDTP-A32 10A/3P×6              | 2 | 三电配套 |
| 7  | PVM SVM     | 变频电机           | YZPF250M2-8 37KW 8极 731.7r/min  | 2 | 三电配套 |
| 6  | P-PPS S-PPS | 直流推进系统         | FYPPS-VD0370 <37KW>             | 2 | 三电配套 |
| 5  | SC          | 岸电箱            | FYSPP-125                       | 1 | 按图制造 |
| 4  | 1GB 2GB     | 磷酸铁锂电池组        | 576V/210AH<120.96KWH>           | 2 | 三电配套 |
| 3  | 1CH 2CH     | 快充插座           | 750V 125A 国标                    | 2 | 电池配套 |
| 2  | DCSB        | 直流母线柜          | FYDSB-2-100                     | 1 | 三电配套 |
| 1  | ACSB        | 交流主配电板         | FYMSB-1-125                     | 1 | 电池配套 |

| 序号 | 代码/图形 | 名 称 | 型 号 与 规 格     | 数 量   | 备 注              |
|----|-------|-----|---------------|---|------------------|
|    |       |     | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计   | 版本:R0            |
|    |       |     | 电力一次系统图       | 图号  | GAJC4039-611-001 |
|    |       |     |               | 标 记   | 质 量              |
|    |       |     |               | A2  | 1:1              |
|    |       |     |               | 共 1 页   | 第 1 页            |
|    |       |     |               | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang An Jian Chen Marine Technology Co., Ltd |                  |



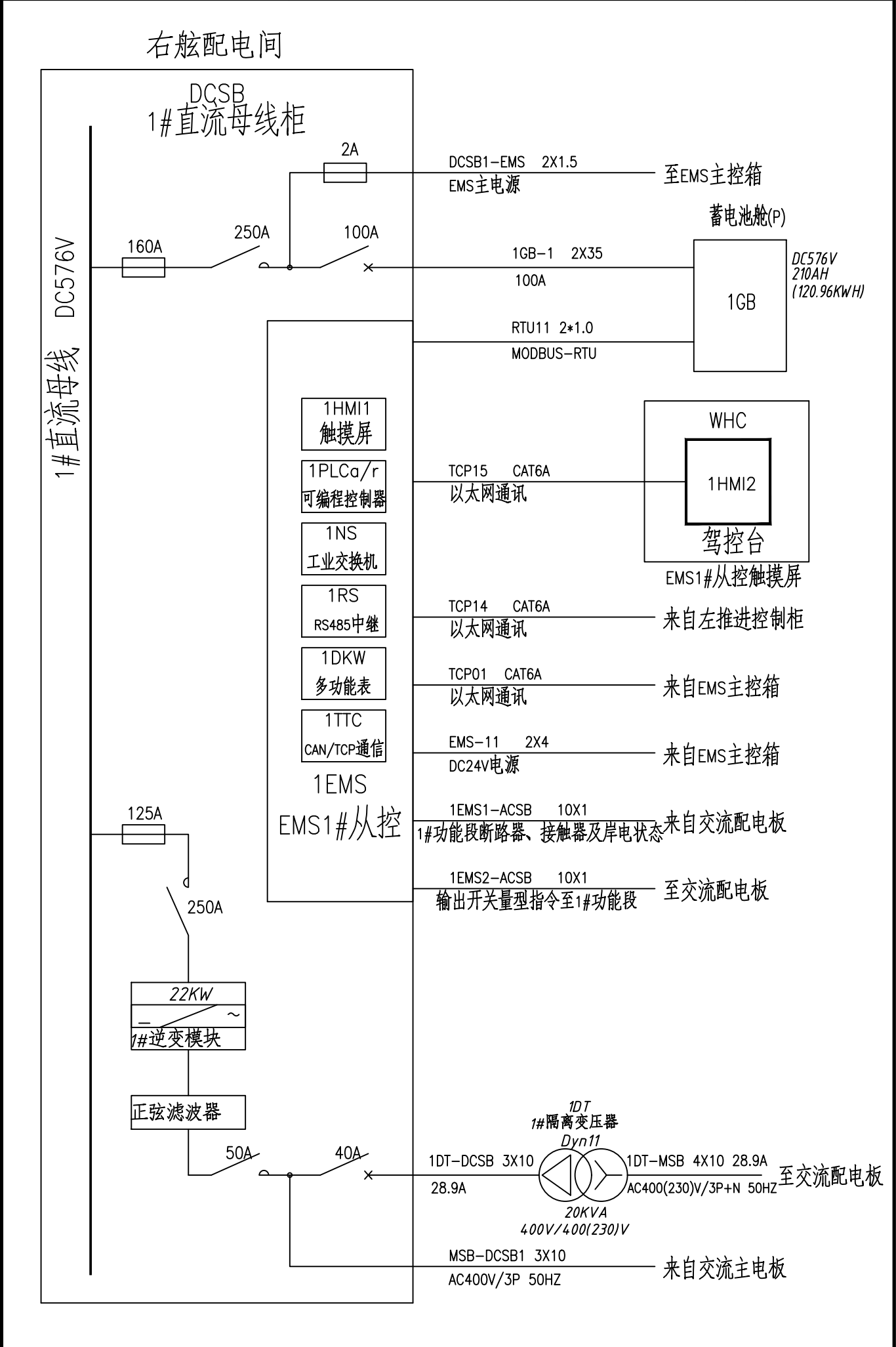


|    |     |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
|----|-----|------|--|---------|----|---------------|--|--|--|-------|--|-------|--|
|    |     |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计  |  | 版本:R0 |  |       |  |
|    |     |      |  |         |    | 直流母线柜系统图      |  | 图号<br>GAJC4039-611-003   |  |       |  |       |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记  |  | 质 量   |  | 比 例   |  |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |  |         |    |               |  | A4   |  |       |  | 1:1   |  |
| 校对 | 熊建  |      |  |         |    |               |  | 共 6 页  |  |       |  | 第 1 页 |  |
| 审核 | 黄庄  |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
| 批准 |     | 日期   |  | 2025.08 |    |               |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |       |  |       |  |

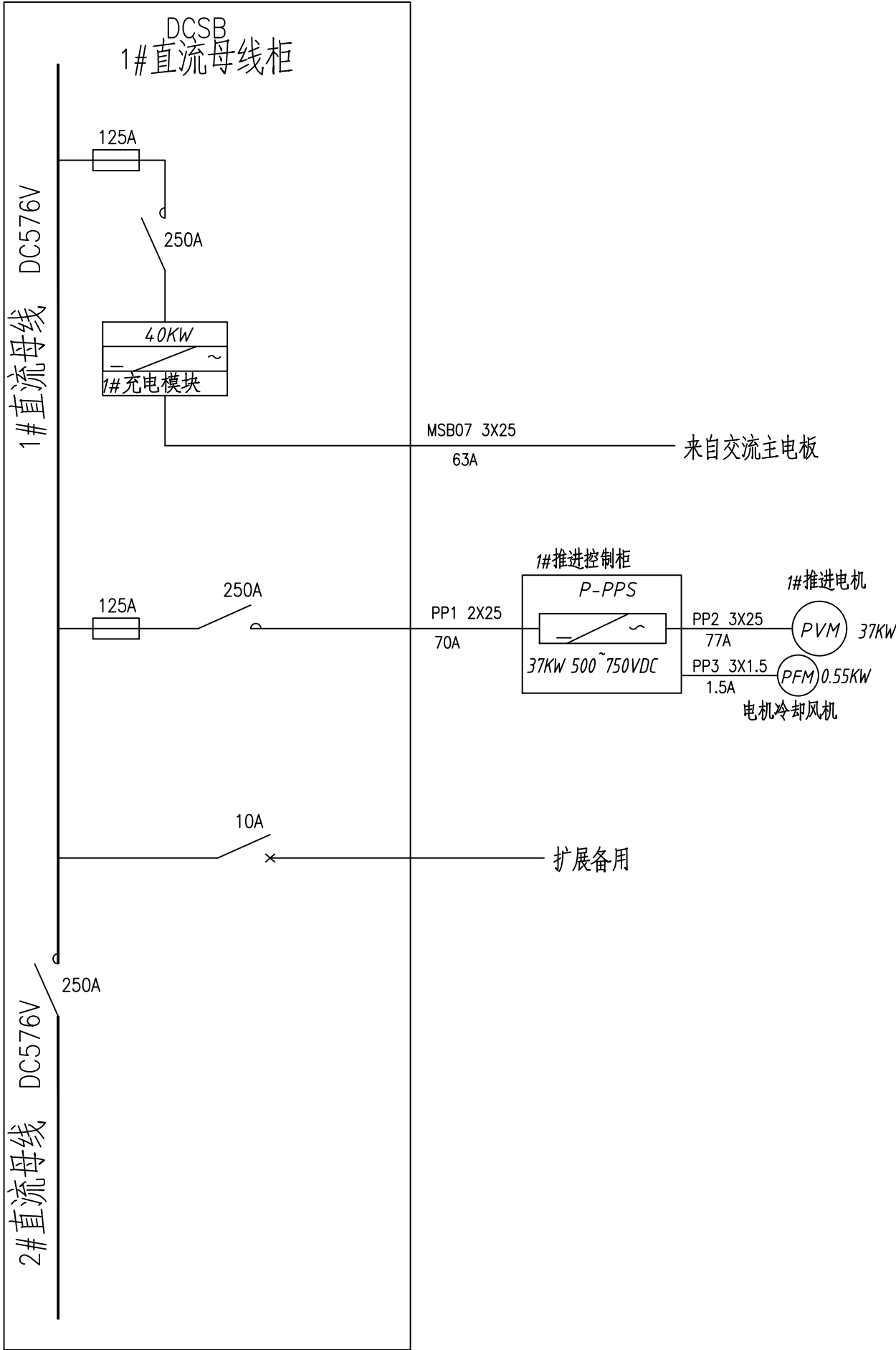
技术要点

- 1、本船右舷配电间设直流母线柜一座，由二屏组成，板前接线、检修。
- 2、直流母线柜防护等级：IP22；冷却方式：强制风冷。
- 3、直流母线柜输入、输出接线断应设有永久性标志，要求接线方便、便于检修。
- 4、测量仪表精度等级不低于1.5级，电表的表面应在相应测量设备的额定值处画出红色标记。
- 5、汇流排采用铜质、表面镀锡。
- 6、直流母线柜采用分段形式：左右二段，二段间设紧急联络接触器。正常情况下二段独立充放电，紧急充电情况下联络接触器闭合。
- 7、本船重要航行设备如推进系统（含冷却）由直流母线柜直接供电。
- 8、二套逆变装置为一用一备，正在使用的逆变回路（含直流主电源）出现故障时备用逆变装置需在45内恢复全船供电。
- 9、为防止多点同时绝缘监测，母线柜绝缘监测在锂电池接通后切断或电池系统输出时自动切断绝缘监测。
- 11、除注明外，图中电力电缆均采用CJ86/SC型电缆；控制及通讯电缆采用CHJ86/SC型。

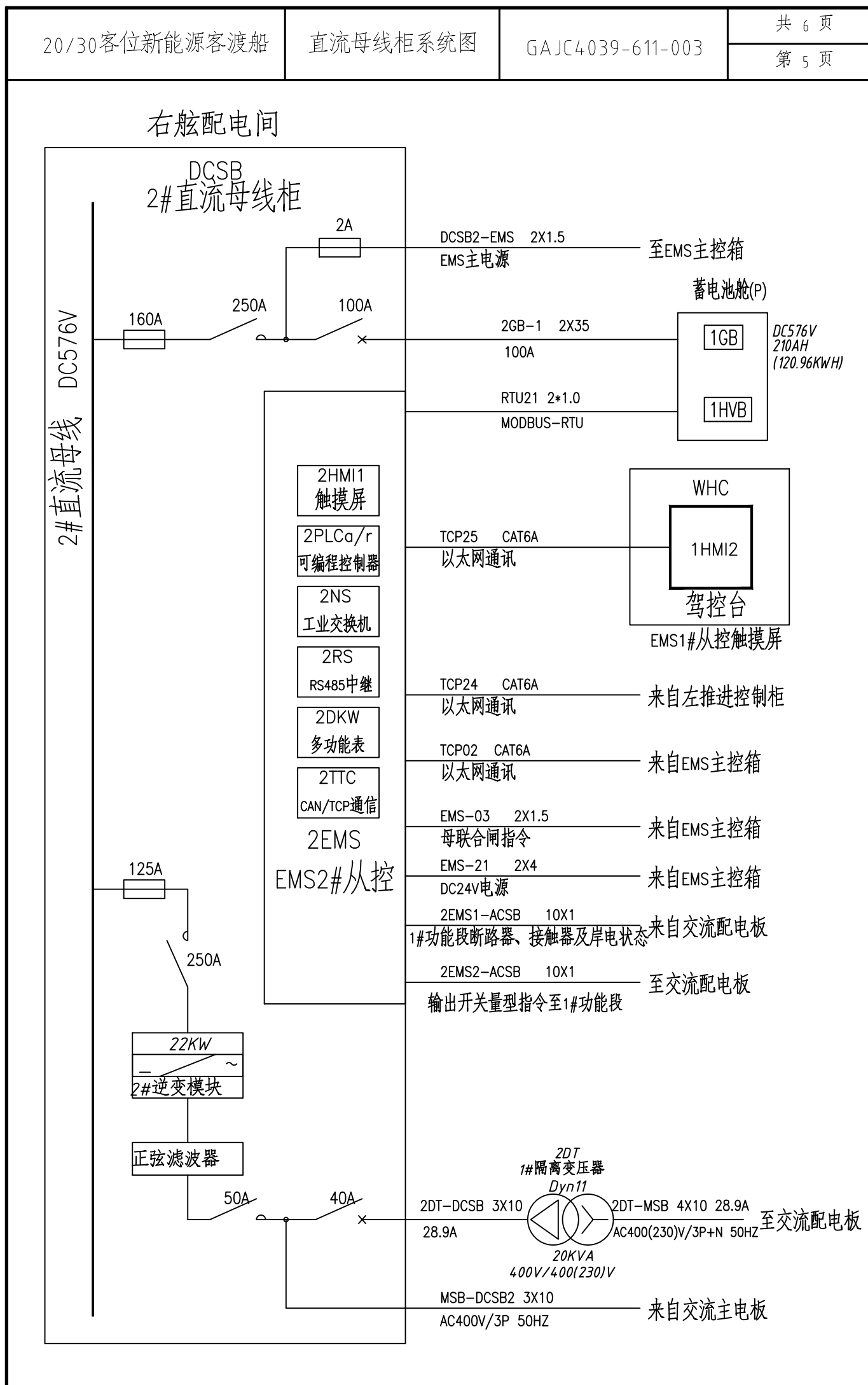
|    |             |           |    |                                 |      |
|----|-------------|-----------|----|---------------------------------|------|
|    |             |           |    |                                 |      |
|    |             |           |    |                                 |      |
| 9  | 1EMS 2EMS   | 能量管理系统从控  | 2套 | EMS配套 内置于直流母线柜                  |      |
| 8  | EMS         | 能量管理系统主控箱 | 1台 | FYEMS-2-2                       |      |
| 7  | PFM SFM     | 冷却风机      | 2台 | 变频推进电机配套 550W 380V/3P           |      |
| 6  | PVM SVM     | 变频推进电机    | 2台 | YZPF250M2-8 37KW 8极 731.7r/min  |      |
| 5  | P-PPS S-PPS | 推进控制装置    | 2台 | FYPPS-VD0370 (37KW)             |      |
| 4  | 1DT 2DT     | 隔离变压器     | 2台 | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 |      |
| 3  | WHC         | 驾控台       | 1台 | FYCCC-WH                        |      |
| 2  | 1GB 2GB     | 动力电池系统    | 2组 | DC576V 210AH (120.96KWH)        | 含BMS |
|    | DCSB        | 直流母线柜     | 1座 | FYDSB-2-100                     |      |
| 序号 | 代 号         | 名 称       | 数量 | 型号及规格                           | 附 注  |



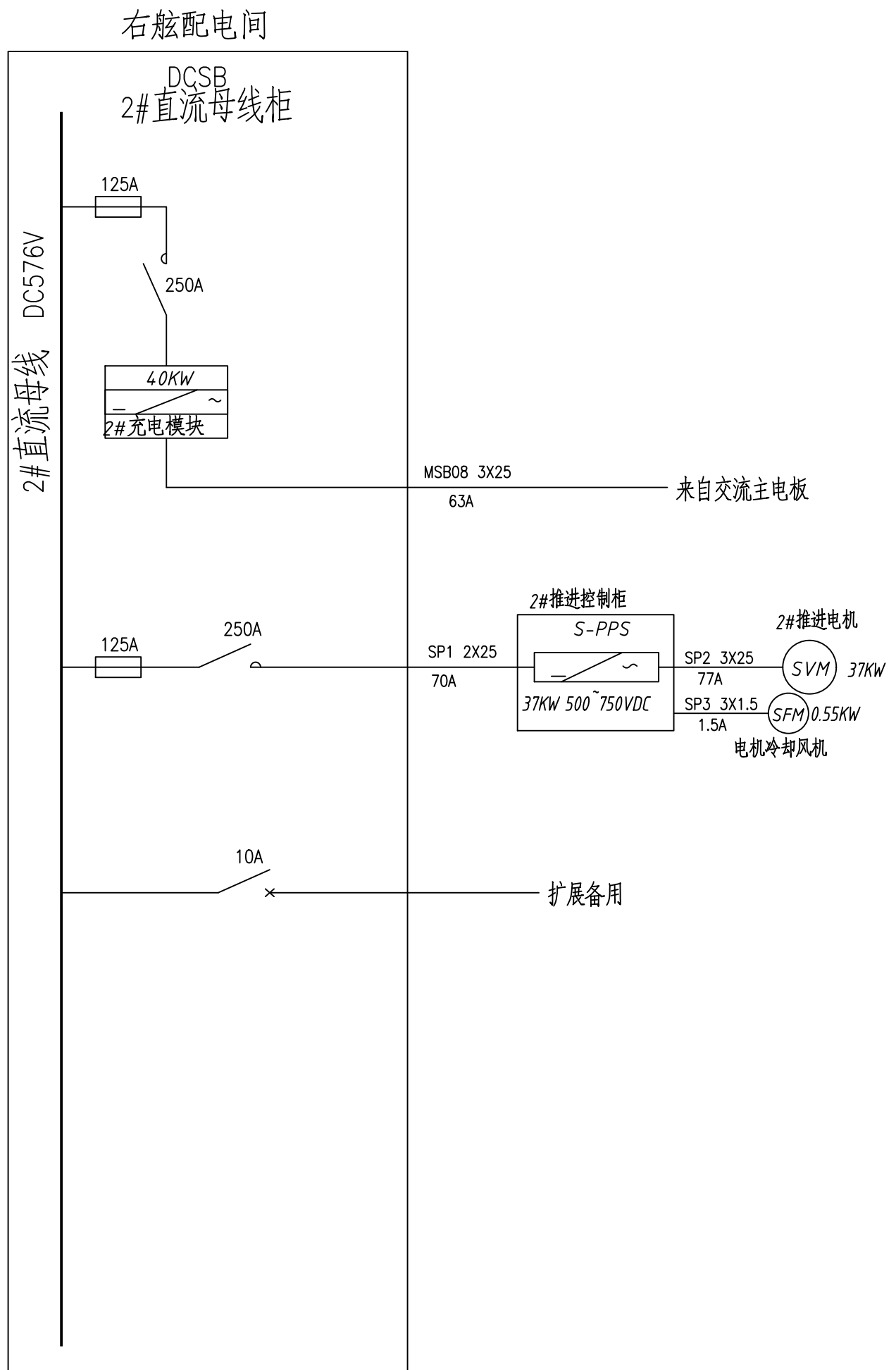
右舷配电间

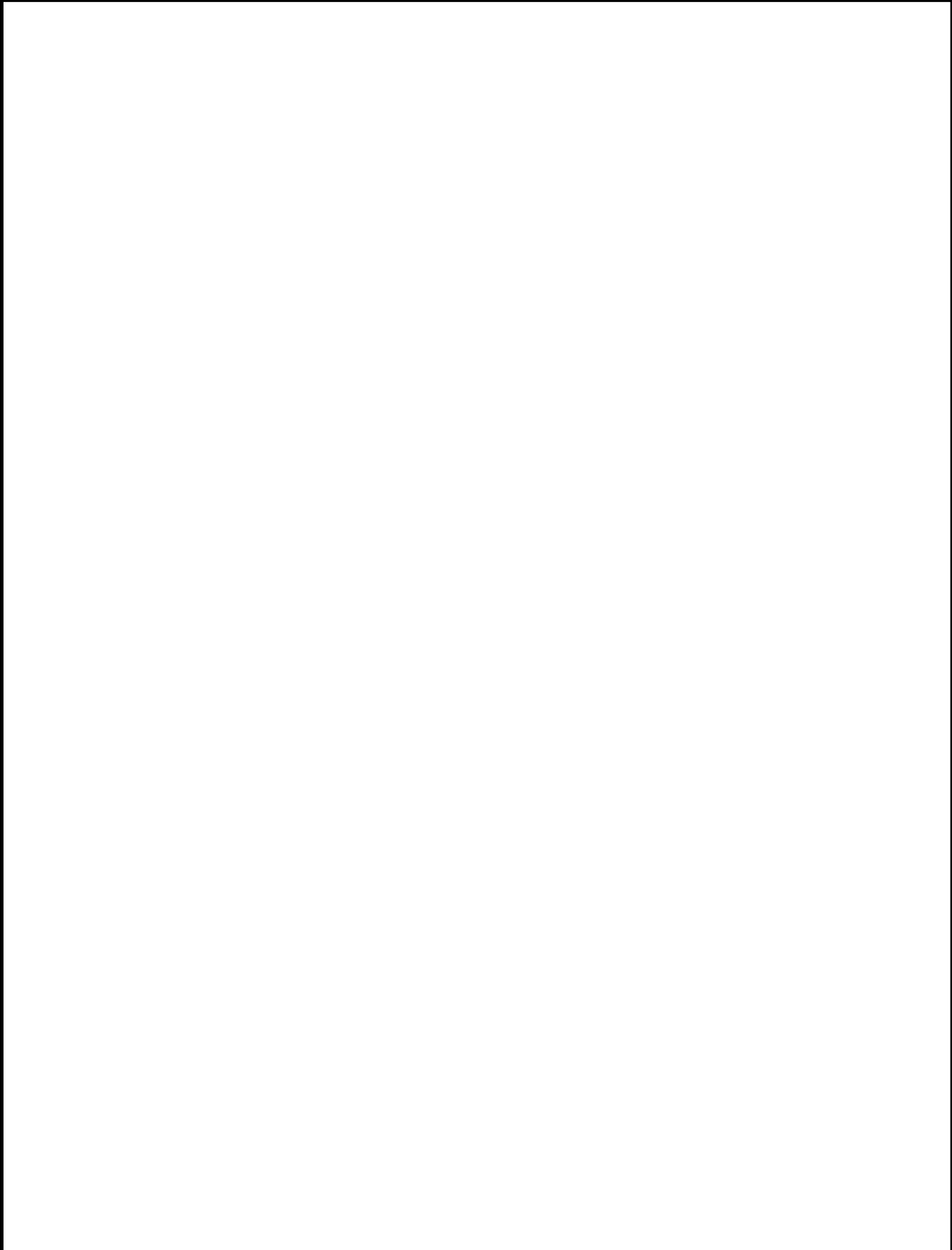











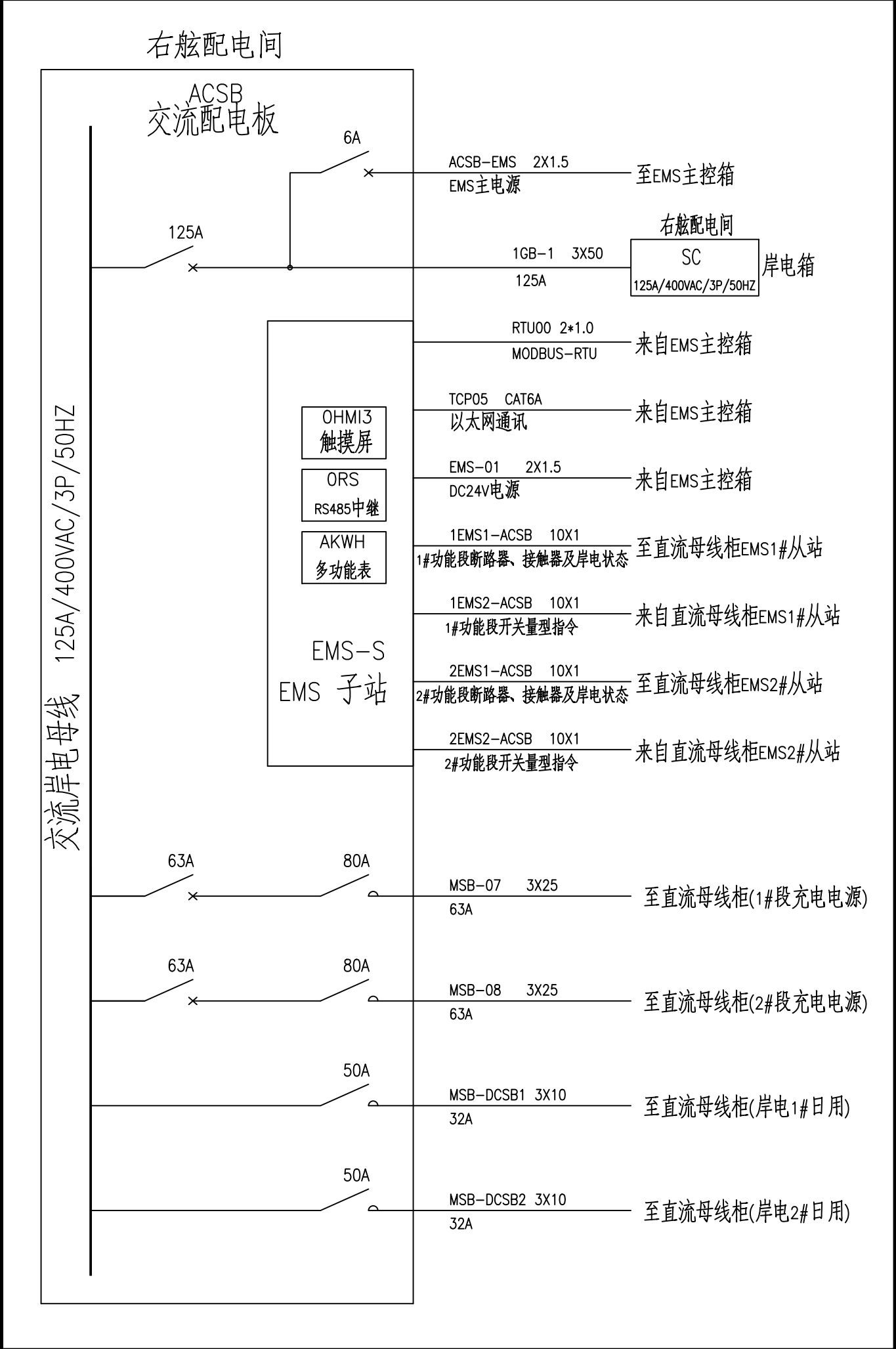


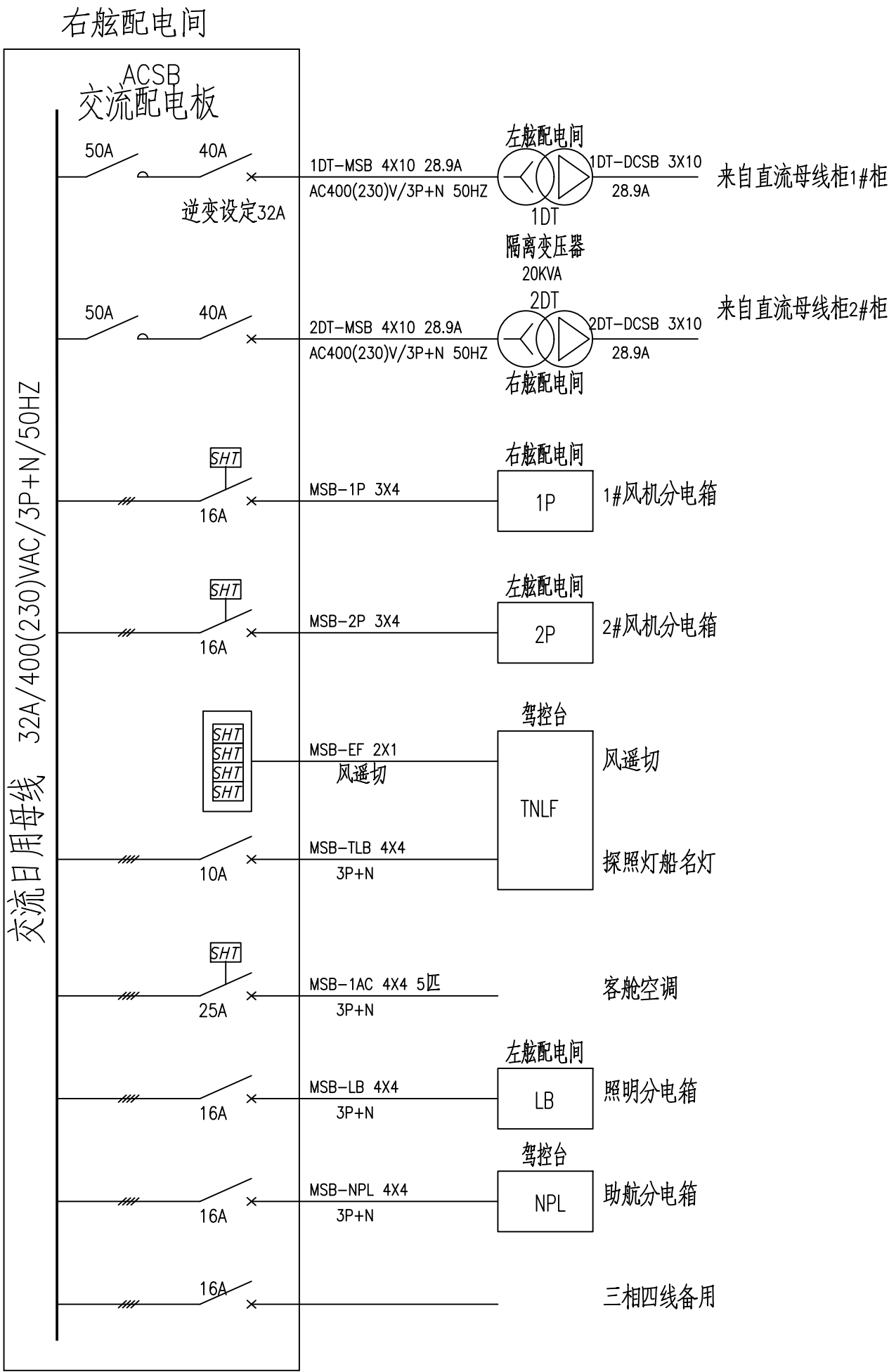
|    |     |      |  |         |    |               |  |                        |       |       |
|----|-----|------|--|---------|----|---------------|--|------------------------|-------|-------|
|    |     |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  |                        | 版本:R0 |       |
|    |     |      |  |         |    |               | 交流配电板系统图   | 图号<br>GAJC4039-611-004 |       |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记                    | 质 量   | 比 例   |
| 设绘 | 余忠国 | 会签   |  |         |    |               |  | A4                     |       | 1:1   |
| 校对 | 熊建  |      |  |         |    |               |  | 共 5 页                  |       | 第 1 页 |
| 审核 | 黄廷  |      |  |         |    |               |  |                        |       |       |
| 批准 |     | 日期   |  | 2025.08 |    |               | <div> 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br/>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd</div> |                        |       |       |

技术要点

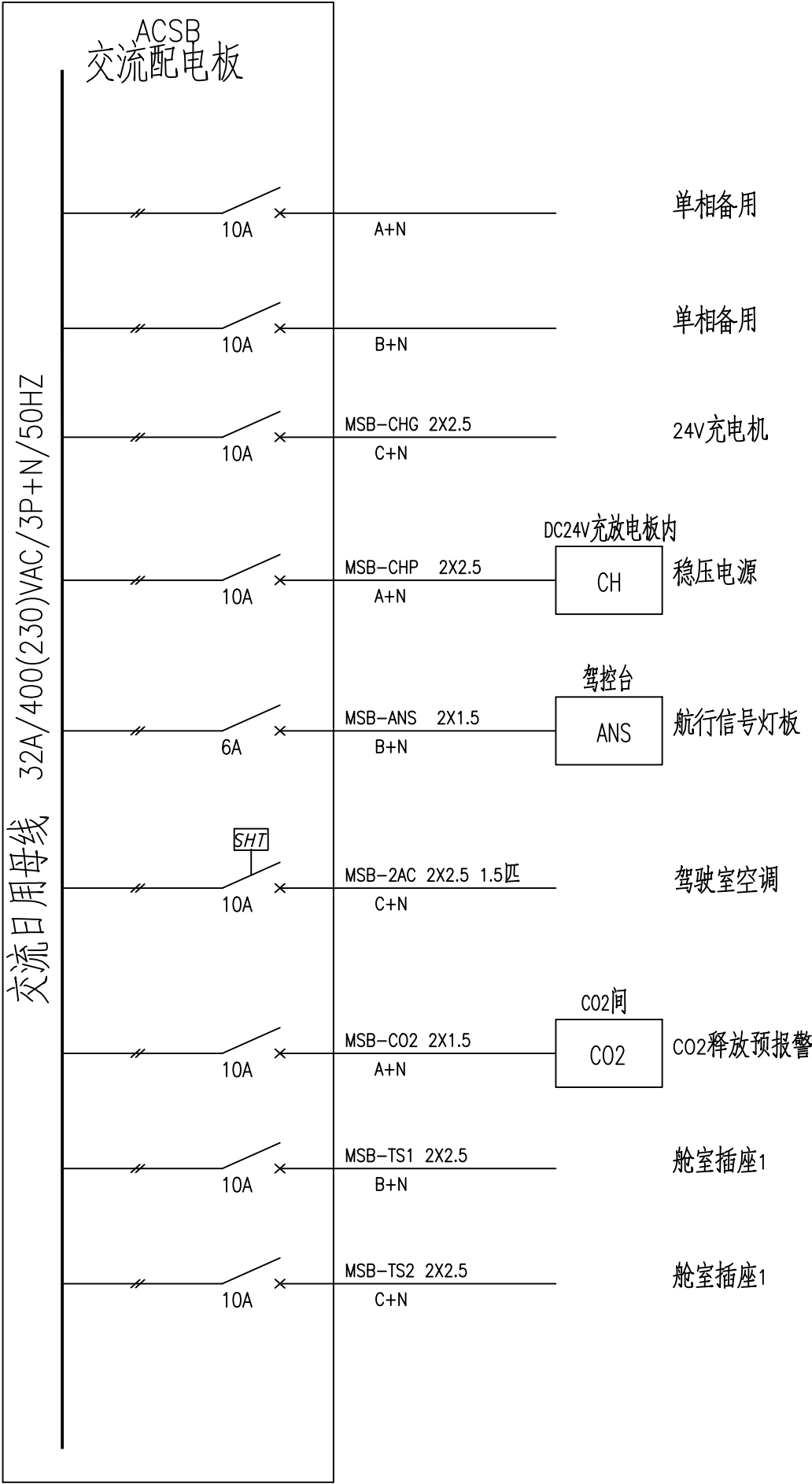
- 1、本船右舷配电间设交流配电板一座，由1屏组成（并柜于二直流屏中间），板前接线、检修。
- 2、交流配电板防护等级：IP22；冷却方式：自然风冷。
- 3、交流配电板输入、输出接线断应设有永久性标志，要求接线方便、便于检修。
- 4、测量仪表精度等级不低于1.5级，电表的表面应在相应测量设备的额定值处画出红色标记。
- 5、汇流排采用铜质、表面镀锡。
- 6、交流配电柜内分岸电母排、日用母排；岸电母排三相三线制，电制400VAC/3P/50HZ，额定电流125A，；日用母排三相四线制，电制400（230）VAC/3P+N/50HZ，额定电流32A。
- 7、本船重要航行设备如推进系统（含冷却）、液压舵机均由直流母线柜直接供电，故日用交流母线不分段，采用集中供电。
- 8、除注明外，图中电力电缆均采用CJ86/SC型电缆；控制及通讯电缆采用CHJ86/SC型。

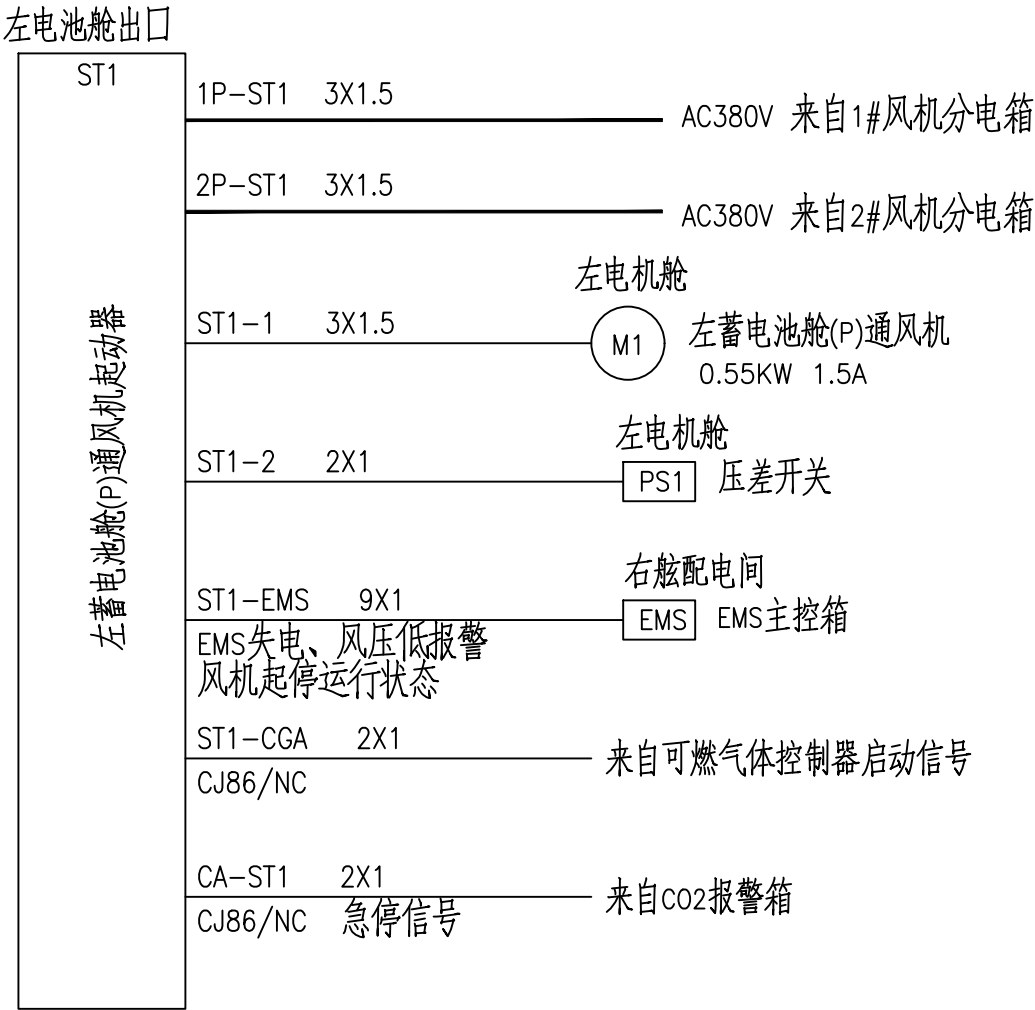
|    |         |              |    |                                 |        |
|----|---------|--------------|----|---------------------------------|--------|
| 11 | EMS-S   | 能量管理系统子站     | 1套 | EMS配套 内置于交流配电板内                 |        |
| 10 | CO2     | CO2报警箱       | 1台 |                                 | CO2配套  |
| 9  | ANS     | 航行信号灯控制单元    | 1台 |                                 | 驾控台配套  |
| 8  | CH      | 开关电源（充电稳压）   | 1台 | SDR-480P-24 AC(DC)220/DC24V 20A | 充放电板配套 |
| 7  | TNLF    | 探照灯船名灯风遥切控制板 | 1套 |                                 | 驾控台配套  |
| 6  | NPL     | 交流助航分电箱      | 1套 |                                 | 驾控台配套  |
| 5  | LB      | 照明分电箱        | 1台 | FYDTP-10C32 6A/2P×10            |        |
| 4  | 1P 2P   | 风机分电箱        | 2台 | FYDTP-A32 10A/3P×6              |        |
| 3  | 1DT 2DT | 隔离变压器        | 2台 | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 |        |
| 2  | SC      | 岸电箱          | 1台 | FYSPP-125                       |        |
|    | ACSB    | 交流配电板        | 1座 | FYMSB-1-125                     |        |
| 序号 | 代 号     | 名 称          | 数量 | 型号及规格                           | 附 注    |



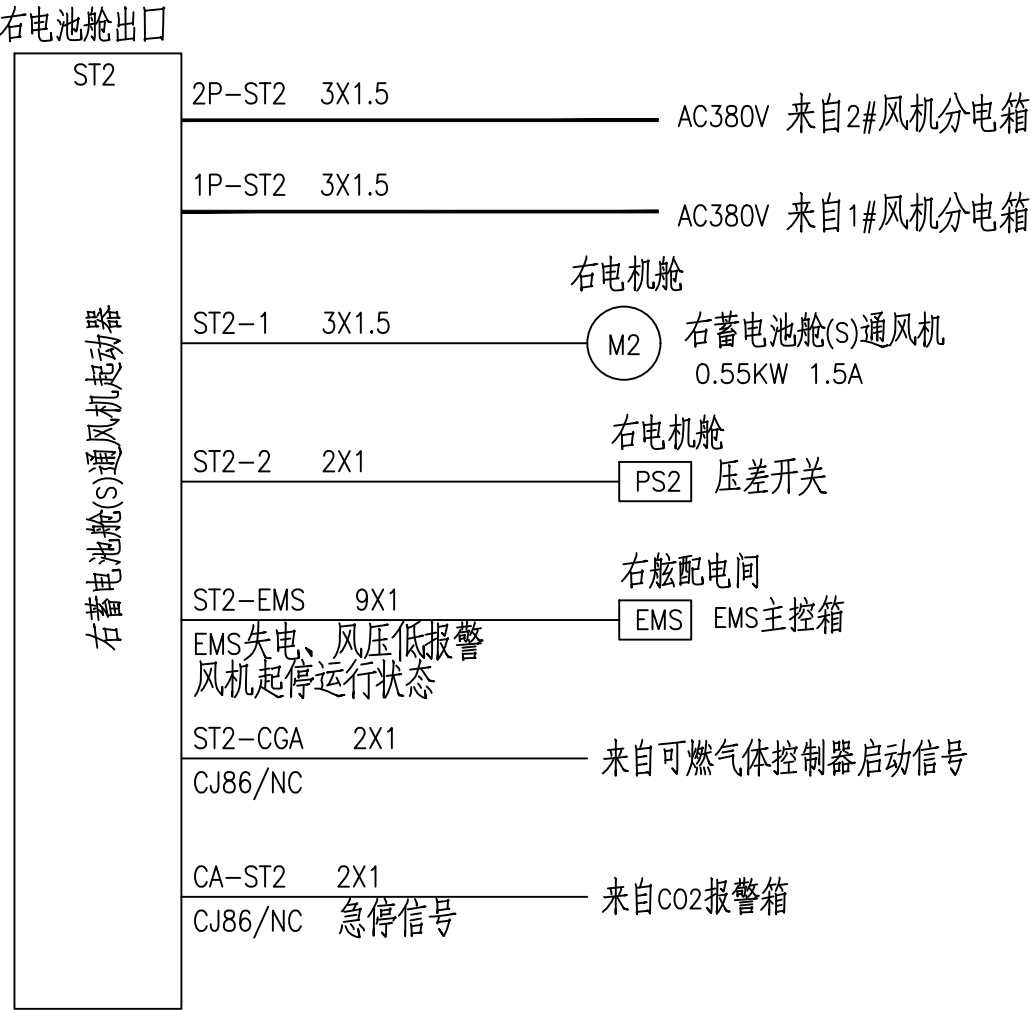


右舷配电间

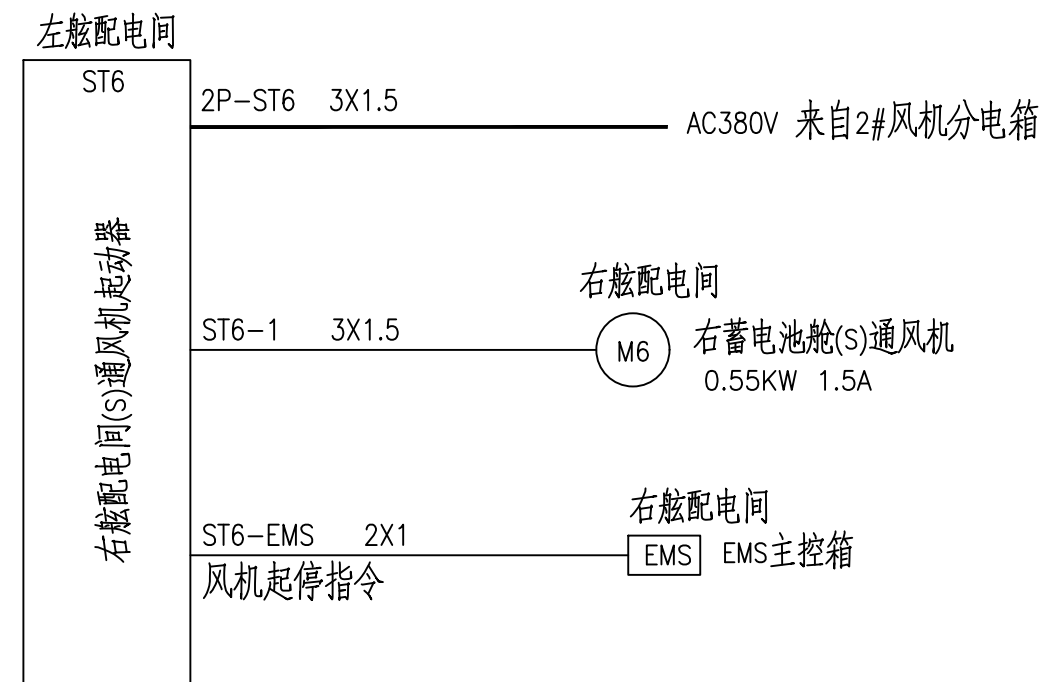




注：本箱安装于左电池舱出口，且本箱自带急停按钮，故电池舱门口不再设急停按钮



注：本箱安装于右电池舱出口，且本箱自带急停按钮，故电池舱门口不再设急停按钮



|    |         |                |                       |    |      |
|----|---------|----------------|-----------------------|----|------|
| 12 |         |                |                       |    |      |
| 10 | PS1,PS2 | 压差开关           | ExdIICT4 IP56         | 1  | 市购   |
| 9  | EMS     | 能源管理系统(主控箱)    | FYEMS-2-2             | 1  | 三电配套 |
| 8  |         | 船用尼龙开关         | HS201-5 380V 10A IP56 | 3  | 市购   |
| 7  | M5      | C02间风机         | 0.25KW                | 1  | 轮机配套 |
| 6  | M6      | 左(右)配电间风机      | 0.25KW                | 1  | 轮机配套 |
| 5  | ST6     | 配电间风机启动器       | FYGST-D32 整定1.0A      | 1  | 三电配套 |
| 4  | M3,M4   | 左(右)电机舱风机      | 0.25KW                | 1  | 轮机配套 |
| 3  | M1,M2   | 1#(2#)电池舱风机    | 0.25KW 防爆             | 2  | 轮机配套 |
| 2  | ST1,ST2 | 1#(2#)电池舱风机启动器 | FYGST-D32F 整定1.5A     | 2  | 三电配套 |
| 1  | 1P、2P   | AC380V风机分电箱    | FYDTP-A32 10A/3P×6    | 2  | 三电配套 |
| 序号 | 代码/图形   | 名 称            | 型号与规格                 | 数量 | 备 注  |

|    |    |      |         |    |  |               |           |   |       |       |       |  |
|----|----|------|---------|----|--|---------------|-----------|---|-------|-------|-------|--|
|    |    |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船 | 交流电力二次系统图 | 设计阶段:送审设计   |       | 版本:R0 |       |  |
|    |    |      |         |    |  |               |           | 图号<br>GAJC4039-611-005  |       |       |       |  |
| 标记 | 数量 | 修改单号 | 签 字     | 日期 |  |               |           |   | 标 记   | 质 量   | 比 例   |  |
| 设绘 |    | 会签   |         |    |  |               |           |   | A2    |       | 1:1   |  |
| 校对 |    |      |         |    |  |               |           |   | 共 1 页 |       | 第 1 页 |  |
| 审核 |    |      |         |    |  |               |           |   |       |       |       |  |
| 批准 |    | 日期   | 2025.08 |    |  |               |           | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>GuangAn JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |       |       |  |

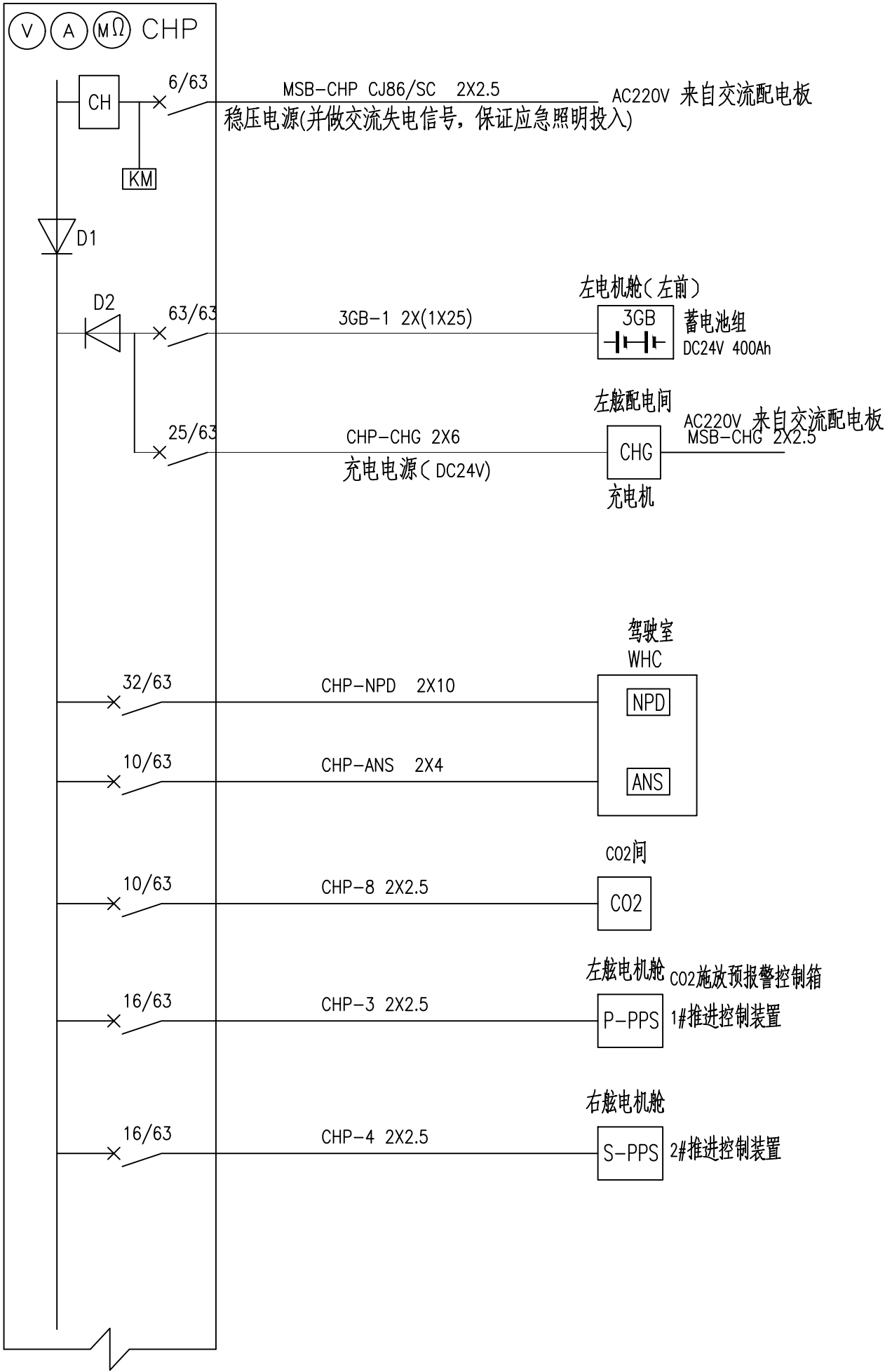


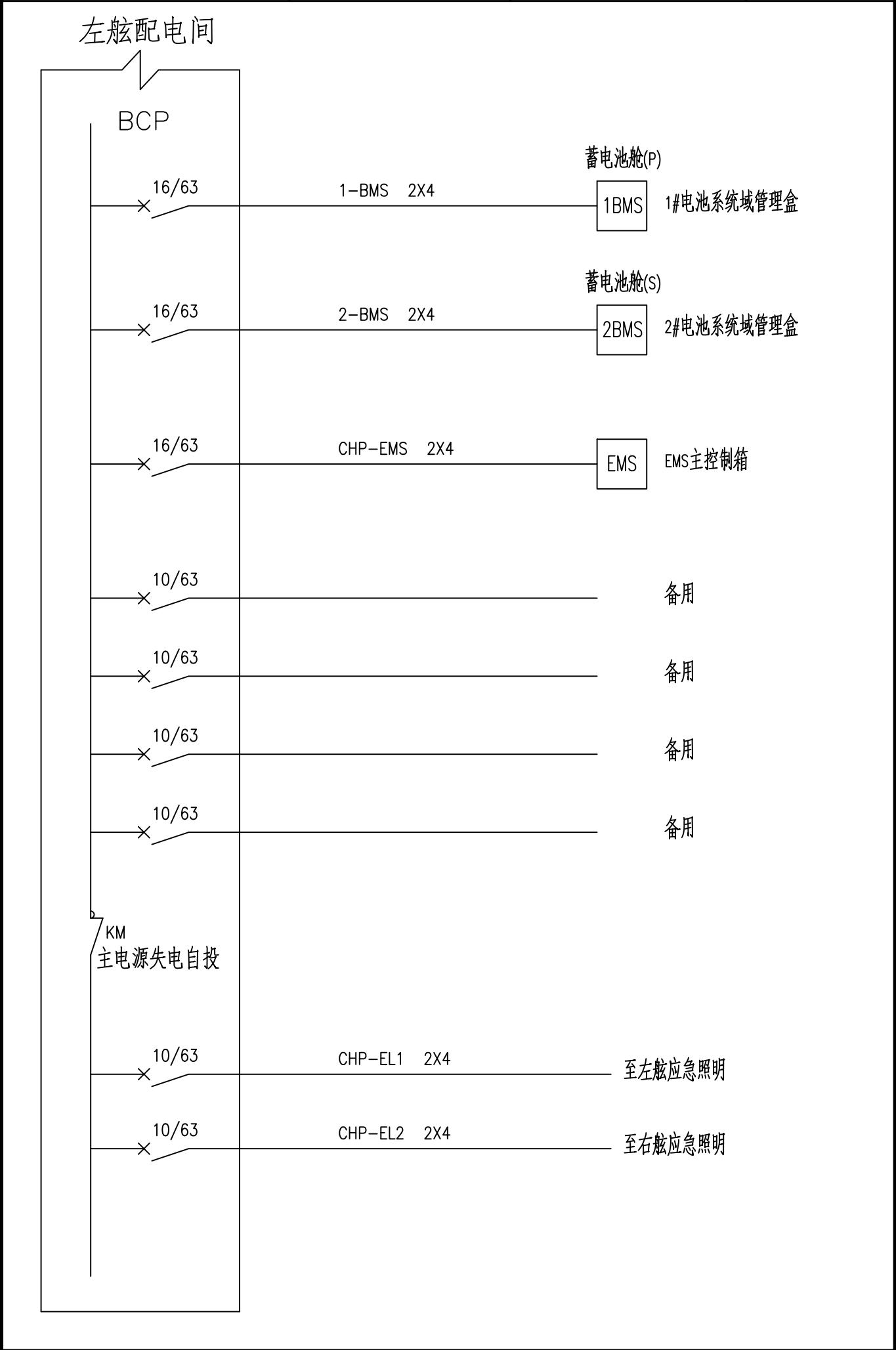


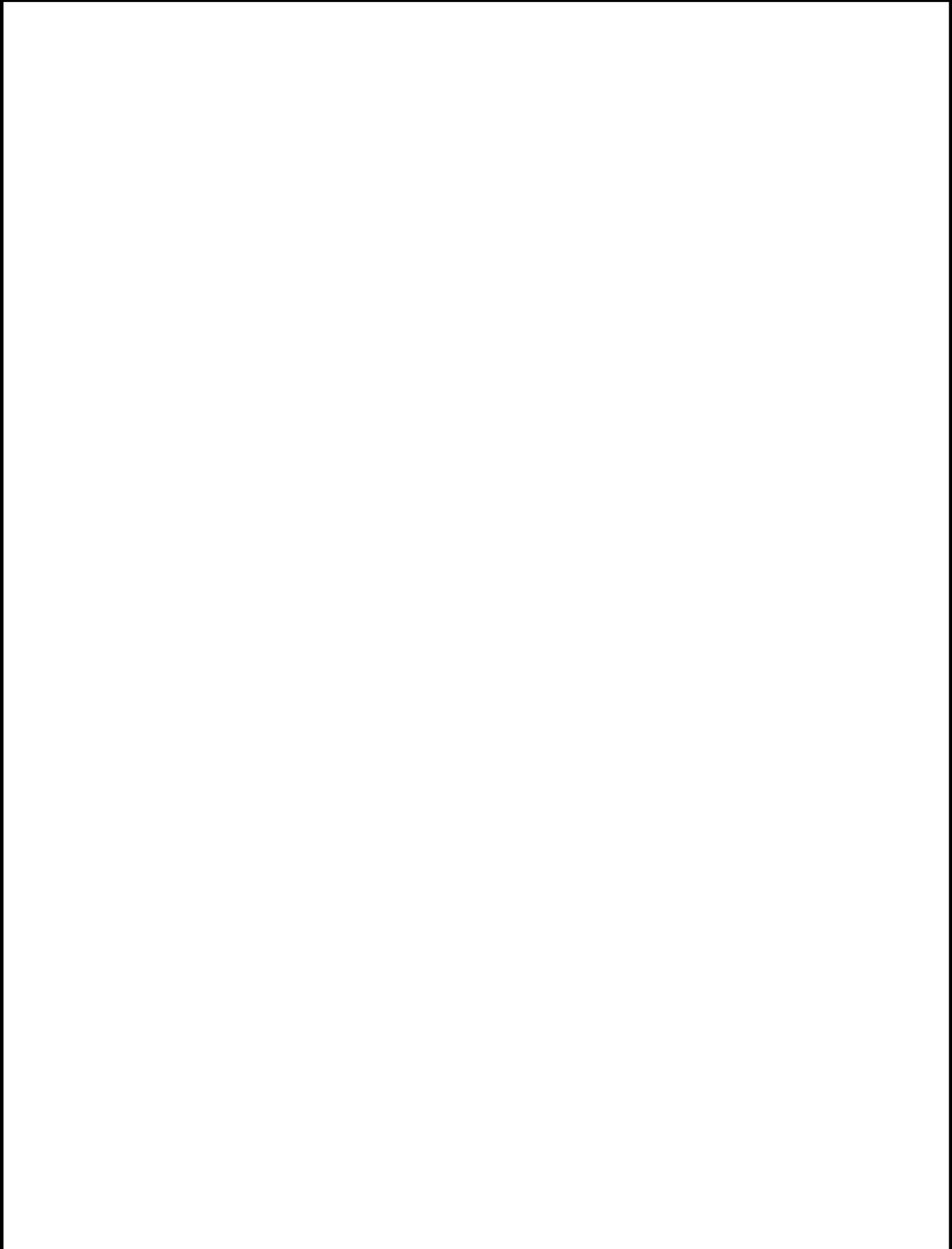
注：1、本图中所有未注明电缆的型号选用CJ86/NC型。  
2、带 “\*” 电缆为设备内接线。


|    |             |            |    |                                 |           |
|----|-------------|------------|----|---------------------------------|-----------|
| 15 | mΩ          | 绝缘表        | 2  | F72-mΩ DC24V                    |           |
| 14 | A           | 电流表        | 2  | F72-A 75A(75MV)                 |           |
| 13 | V           | 电压表        | 2  | F72-V DC50V                     |           |
| 12 | D1 D2       | 防反二极管      | 2  | MD130A1600V                     |           |
| 11 | KM          | 接触器        | 1  | LC1N25008M7N                    |           |
| 10 | EMS         | EMS主控制箱    | 1  |                                 |           |
| 9  | 1~2HVB      | 1~2#域管理盒   | 2  |                                 |           |
| 8  | P-PPS、S-PPS | 1~2#推进控制装置 | 2  |                                 |           |
| 7  | CO2         | CO2预报警控制箱  | 1  |                                 |           |
| 6  | NLP         | 航行信号灯控制箱   | 1  |                                 |           |
| 5  | NPD         | 低压分电单元     | 1  |                                 |           |
| 4  | CHG         | 充电机        | 1  | GCA-30A 220V/0-36V              |           |
| 3  | CH          | 稳压电源       | 1  | 1000W AC220/DC24                |           |
| 2  | 3GB         | 蓄电池组       | 1组 | DC24V 400AH (6-Q-200 12V 200AH) | 4只200AH并串 |
| 1  | CHP         | DC24V充放电板  | 1  |                                 |           |
| 序号 | 代 号         | 名 称        | 数量 | 型号及规格                           | 附 注       |

左舷配电间







|    |     |      |         |    |  |  |                        |       |       |
|----|-----|------|---------|----|--|--|------------------------|-------|-------|
|    |     |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船  | 设计阶段:送审设计              | 版本:R0 |       |
|    |     |      |         |    |  | 能量管理系统图  | 图号<br>GAJC4039-613-001 |       |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签 字     | 日期 |  |  | 标 记                    | 质 量   | 比 例   |
| 设绘 | 金忠国 | 会签   |         |    |  |  | A4                     |       | 1:1   |
| 校对 | 熊建  |      |         |    |  |  | 共 5 页                  |       | 第 1 页 |
| 审核 | 黄庄  |      |         |    |  |  |                        |       |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |                        |       |       |

说明：

1、本图中电力电缆型号为CJ86/SC，通信电缆的型号为CHJ86/SC，规格如图所示。

2、船舶管理系统(EMS)应具有数据远程传输功能，由EMS设备厂家负责完成。

4、能量管理系统EMS设置应满足《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》(2025)的要求。应包括但不限于以下内容：

(1)各组电池系统的充放电状态；

(2)各组电池系统的荷电状态(SOC)；

(3)各组电池系统充放电的功率；

(4)各组电池系统的总电压、总电流；

(5)蓄电池组、推进系统、日用负载电源变换器等分路断路器和汇流排母联(隔离)开关的状态；

(6)配电板汇流排电压；

(7)电池系统、配电系统和推进系统的所有故障信息；

(8)电池系统能实时提供其剩余电量尚能维持船舶航行的时间或里程；

(9)直流母线预充(如适用)

(10)电池系统的投入/断开；

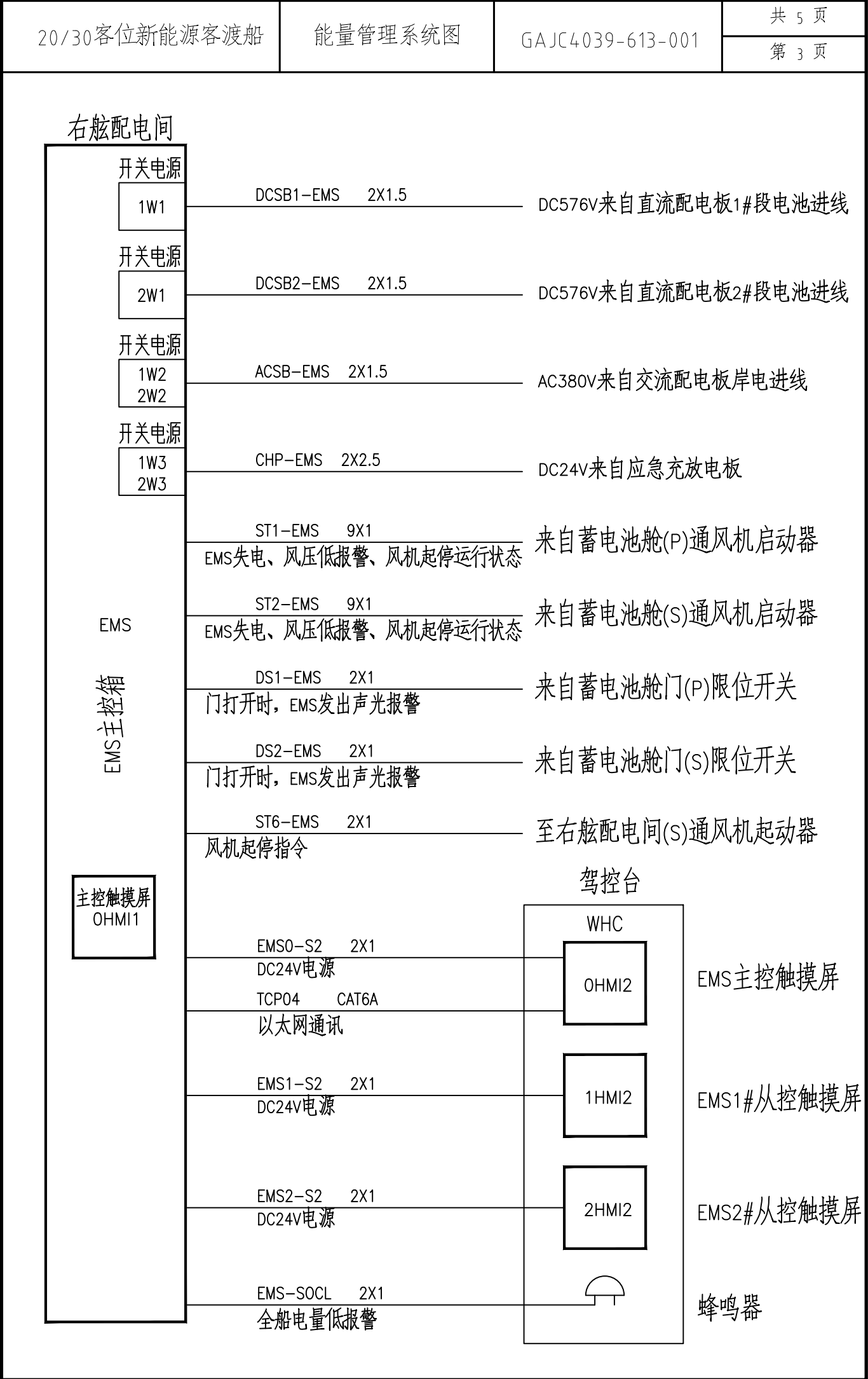
(11)电池系统的自动并网和负载分配；

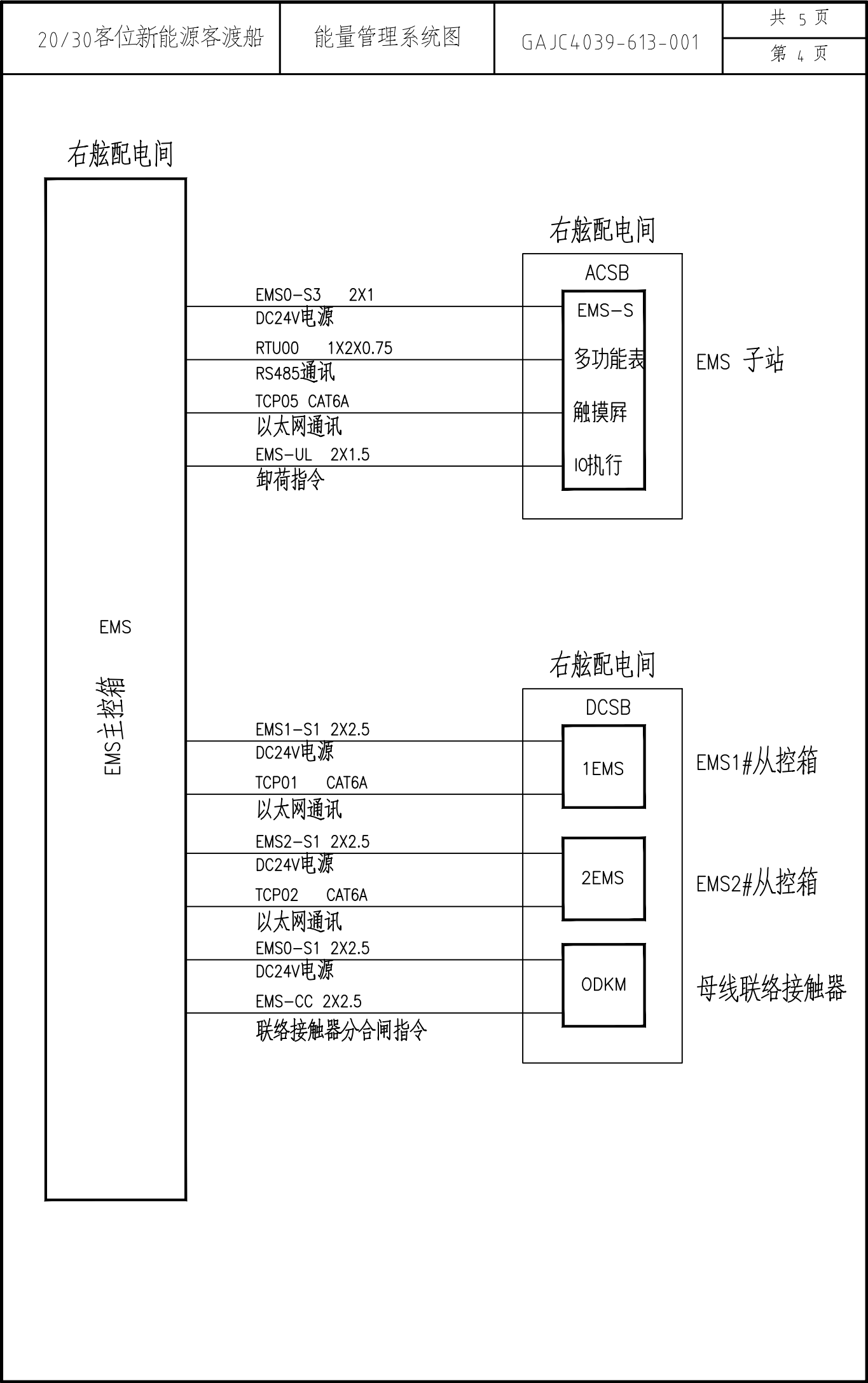
(12)自动卸载非重要负载或降低推进负载功率的措施以防止蓄电池过载；

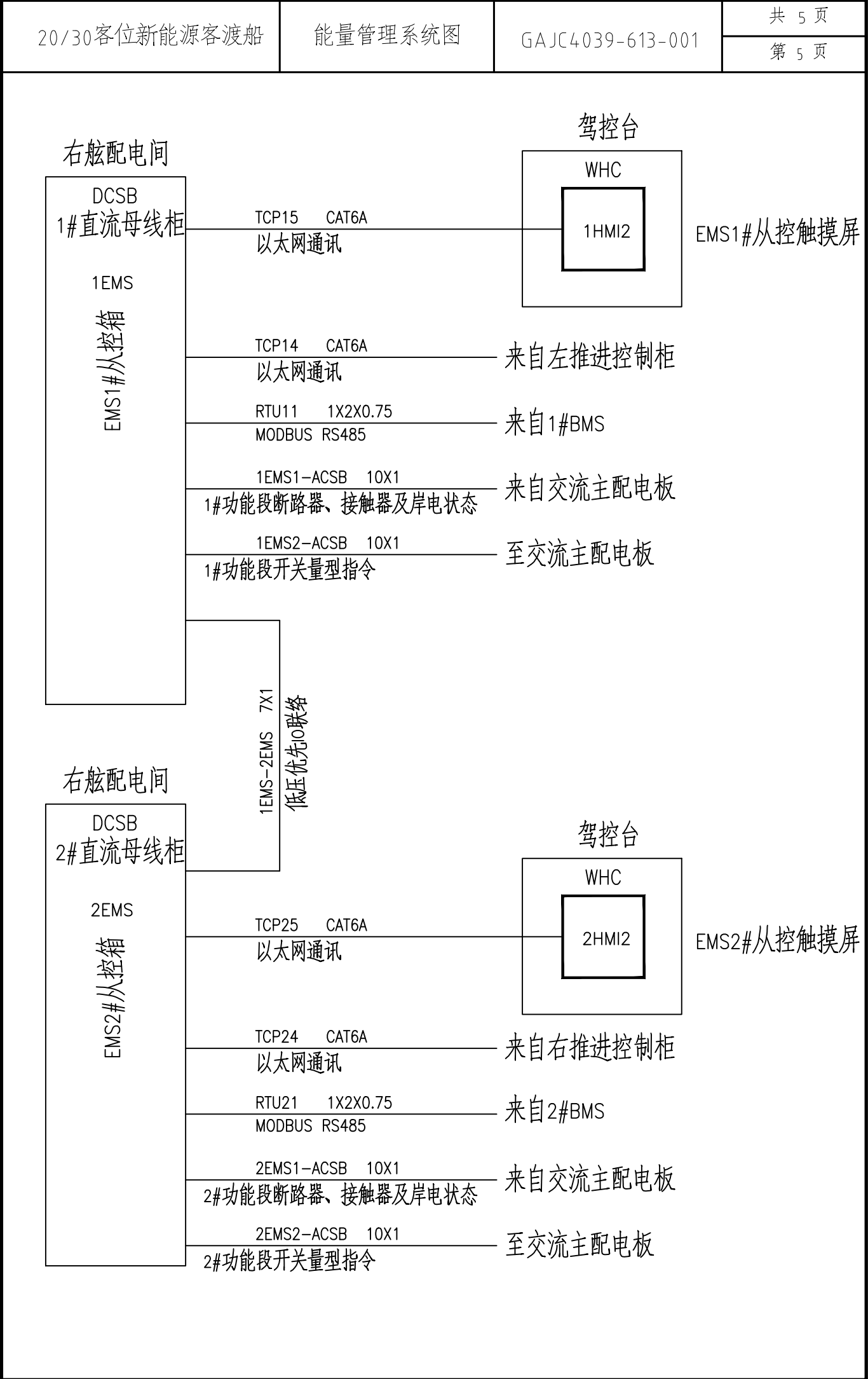
(14)电池系统、配电系统和推进系统的监测、报警和保护；

(15)与BMS进行数据传输。

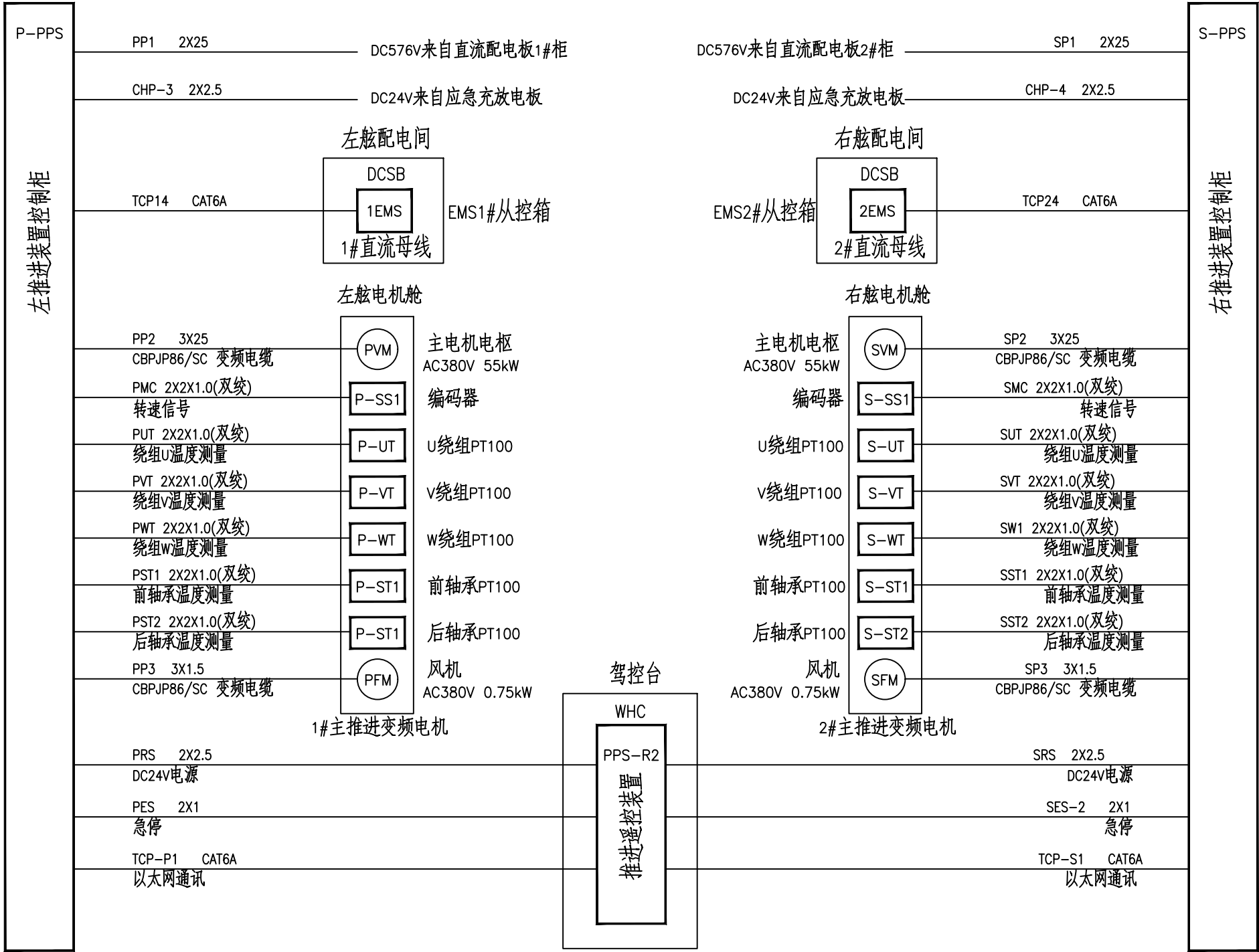
|    |           |           |    |                |     |
|----|-----------|-----------|----|----------------|-----|
| 6  |           |           |    |                |     |
| 5  | 1EMS 2EMS | 能量管理系统从控  | 2套 | EMS配套 内置于直流母线柜 |     |
| 4  | EMS       | 能量管理系统主控箱 | 1台 | FYEMS-2-2      |     |
| 3  | WHC       | 驾控台       | 1台 | FYCCC-WH       |     |
| 2  | ACSB      | 交流配电板     | 1座 | FYMSB-1-125    |     |
|    | DCSB      | 直流母线柜     | 1座 | FYDSB-2-125    |     |
| 序号 | 代 号       | 名 称       | 数量 | 型号及规格          | 附 注 |










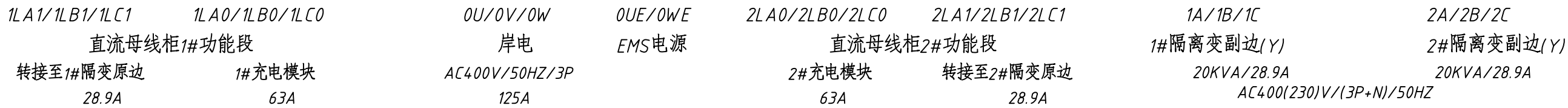
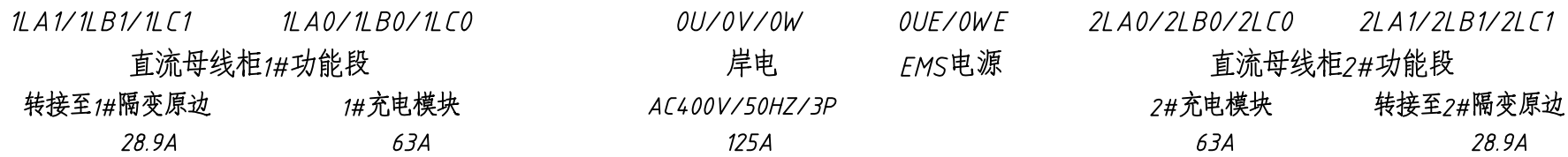
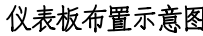


|    |             |             |                                |    |       |
|----|-------------|-------------|--------------------------------|----|-------|
| 8  | 1~2EMS      | EMS1#/2#从控箱 |                                | 2  | 三电配套  |
| 7  | PPS-R       | 推进遥控装置      | FYPPS-R2                       | 2  | 三电配套  |
| 6  | P-PPS、S-PPS | 推进装置控制柜     | FYPPS-VD0370 (37KW)            | 2  | 三电配套  |
| 5  | P(S)-SS1    | 编码器         | HT90N1024B/108.805/H-S6B2      | 2  | 主电机配套 |
| 4  | P(S)-□t□    | 温度传感器       | PT100                          | 2  | 主电机配套 |
| 3  | PFM、SFM     | 主推进变频电机风机   | 380VAC/3P/50HZ 550W 2920r/min  | 2  | 主电机配套 |
| 2  | PVM、SVM     | 主推进变频电机     | YZPF250M2-8 55KW 8极 731.7r/min | 2  | 三电配套  |
| 1  | DCSB        | 直流配电板       | FYDSB-2-100                    | 1  | 三电配套  |
| 序号 | 代 码         | 名 称         | 型 号                            | 数量 | 备 注   |

本图（文件）及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可，任何人不得复制或转交第三方。

|    |    |      |  |         |    |               |  |                     |       |     |  |
|----|----|------|--|---------|----|---------------|--|---------------------|-------|-----|--|
|    |    |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  |                     | 版本:R0 |     |  |
|    |    |      |  |         |    |               | 电力推进控制系统图  | 图号 GAJC4039-621-001 |       |     |  |
| 标记 | 数量 | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记                 | 质 量   | 比 例 |  |
| 设绘 | 李国 | 会签   |  |         |    |               |  | A3                  |       | 1:1 |  |
| 校对 | 熊  |      |  |         |    | 共 1 页         |  | 第 1 页               |       |     |  |
| 审核 | 黄  |      |  |         |    |               |  |                     |       |     |  |
| 批准 |    | 日期   |  | 2025.08 |    |               | <div> 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br/>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd</div> |                     |       |     |  |





本交流主配电板由1屏组成，落地式独立框架结构。主结构2.0mm镀锌板焊接，安装板、安装梁使用可调整式的标准件坚固。前方与左右侧方检修。屏前安装有扶手，配整体底座。顶部设板前照明、上前部设防滴檐。柜体表面为RAL 7035静电喷塑、底座黑色磨砂静电喷塑。


屏上部设岸电输入、1#充电输出、2#充电输出断路器；同时做为仪表板。有岸电电压、岸电电流监测，交流母线电压、电流、频率监测。本屏低压为三相四线制中性点接地系统，故不设交流绝缘监测。常规交流负载输出开关设置于屏下部。本地风通切按钮也设于本屏上部。动力母线安装于屏后部中下方。母线规格选择25×3镀锌铜排。

岸电输入有有序、断相、电压过低、电压过高检测功能，当电源异常时通过EMS分断岸电输入。1#逆变与2#逆变输入互锁、逆变输入与岸电日用输入互锁、逆变输入与充电输出互锁。其互锁功能由EMS完成。系泊模式时，岸电日用上电前，系统自动检测所有逆变是否分断。

各输入断路器、日用输出断路器、接触器均带辅助触点，交流母线设有485通讯口的多功能表，可实时将所有器件或功能单元的工况、参数发送至EMS主控。1#逆变输入和1#隔离变副边由EMS 1#从站控制，与直流母线柜1#功能段联动；2#逆变输入和2#隔离变副边由EMS 2#从站控制，与直流母线柜2#功能段联动。

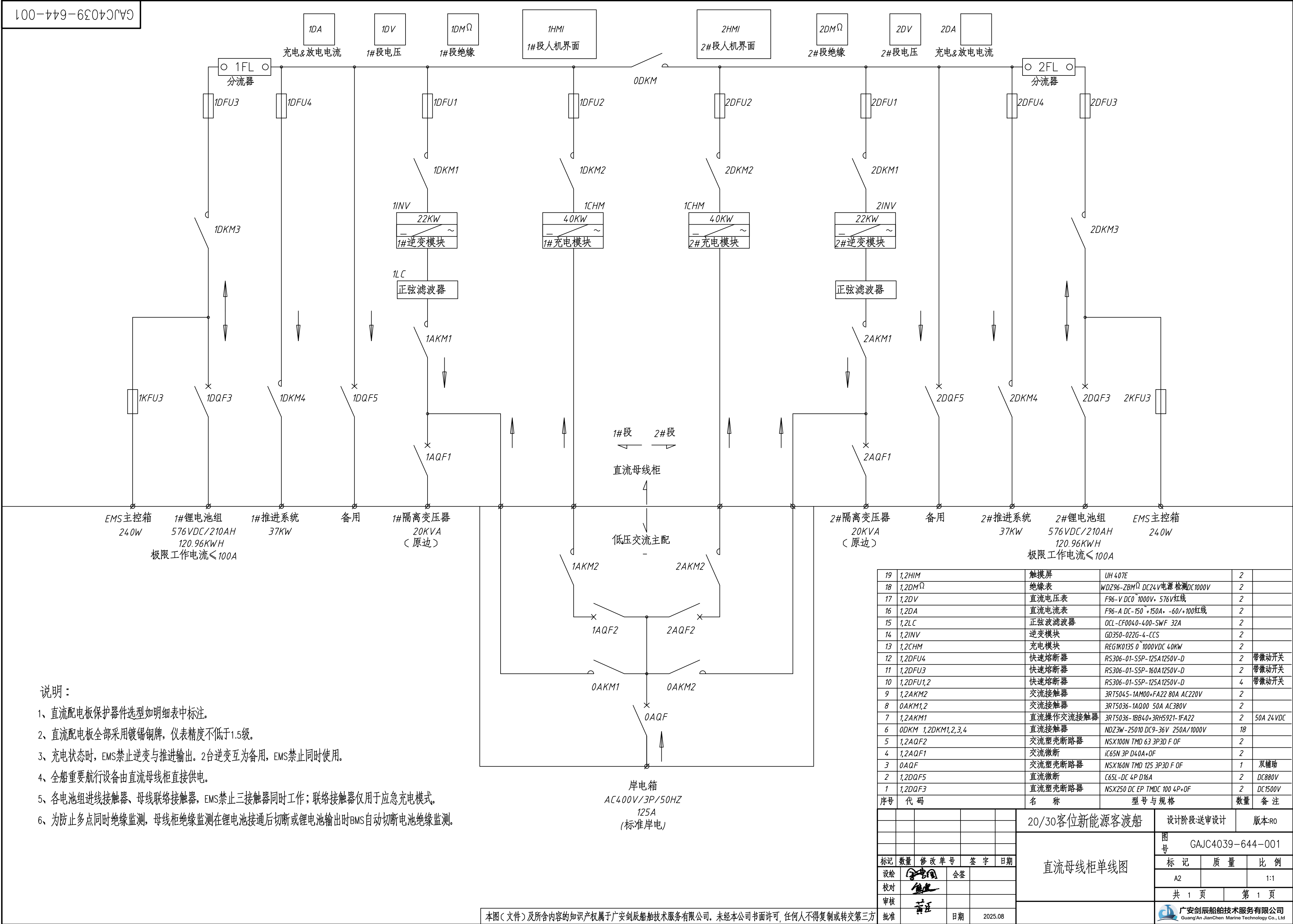
EMS主控通过以太网将低压主配相关运行参数、工作状况发送至本屏触摸屏显示。

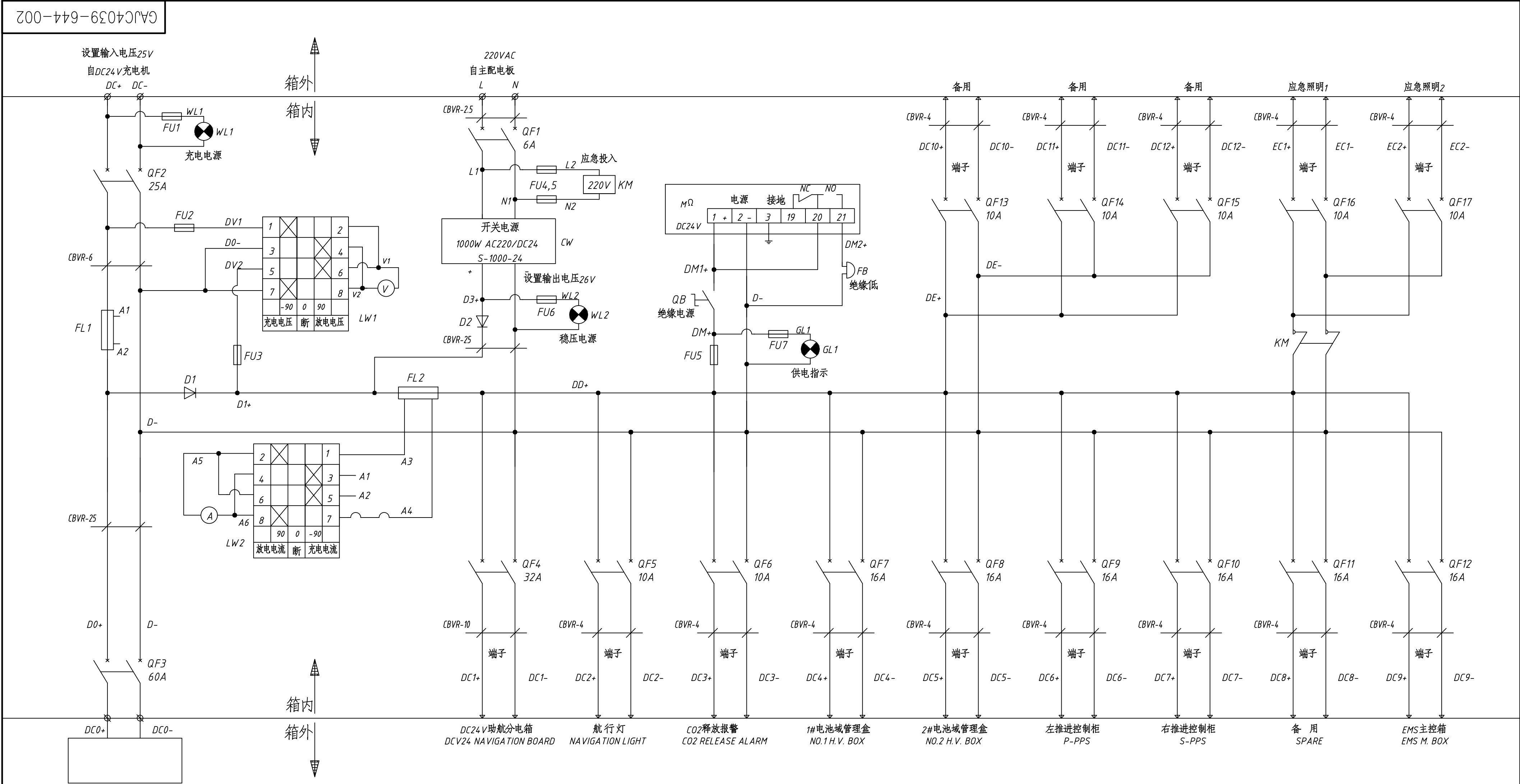
1. 额定电压：岸电 400VAC/3P/50HZ；日用 400(230)VAC/3P+N/50HZ
2. 额定电流：岸电 125A；日用 32A
3. 控制方式：EMS 集中控制
4. 以态网（TCP）、RS485（MODBUS-RTU）
5. 防护等级：IP22
6. 冷却方式：自然风冷

|          |            |               |                     |  |                  |
|----------|------------|---------------|---------------------|--|------------------|
| 29       | ORS        | 485中继         | DM-2209             | 1  | 器件在生             |
| 28       | OKA1       | 继电器           | CAD3207C            | 1  | 产图体现             |
| 27       | TKS        | 电源继电器         | XJ3-D 欠压 过压 断相 相序错误 | 1  |                  |
| 26       | 1,2DLT ALT | 板前照明/灯管       | T5 AC220V           | 3  |                  |
| 25       | AFU01 18   | 熔断器           | UK5-HESI 2A         | 18   |                  |
| 序号       | 代 码        | 名 称           | 型 号 与 规 格           | 数量   | 备 注              |
|          |            | 20/30客位新能源客渡船 |                     | 设计阶段:送审设计  | 版本:R0            |
|          |            |               |                     | 图 号  | GAJC4039-641-001 |
| 标记       | 数量         | 修改单号          | 签 字                 | 日期   |                  |
| 设绘       | 李国         | 会签            |                     |  |                  |
| 校对       | 徐          |               |                     |  |                  |
| 审核       | 黄          |               |                     |  |                  |
| 批准       |            | 日期            | 2025.08             |  |                  |
| 交流配电板单线图 |            |               |                     |  |                  |
|          |            |               |                     | 标 记  | 质 量              |
|          |            |               |                     | A2   | 1:1              |
|          |            |               |                     | 共 1 页  | 第 1 页            |
|          |            |               |                     |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'an JianChen Marine Technology Co., Ltd |                  |

本图(文件)及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可,任何人不得复制或转交第三方。



















说明:

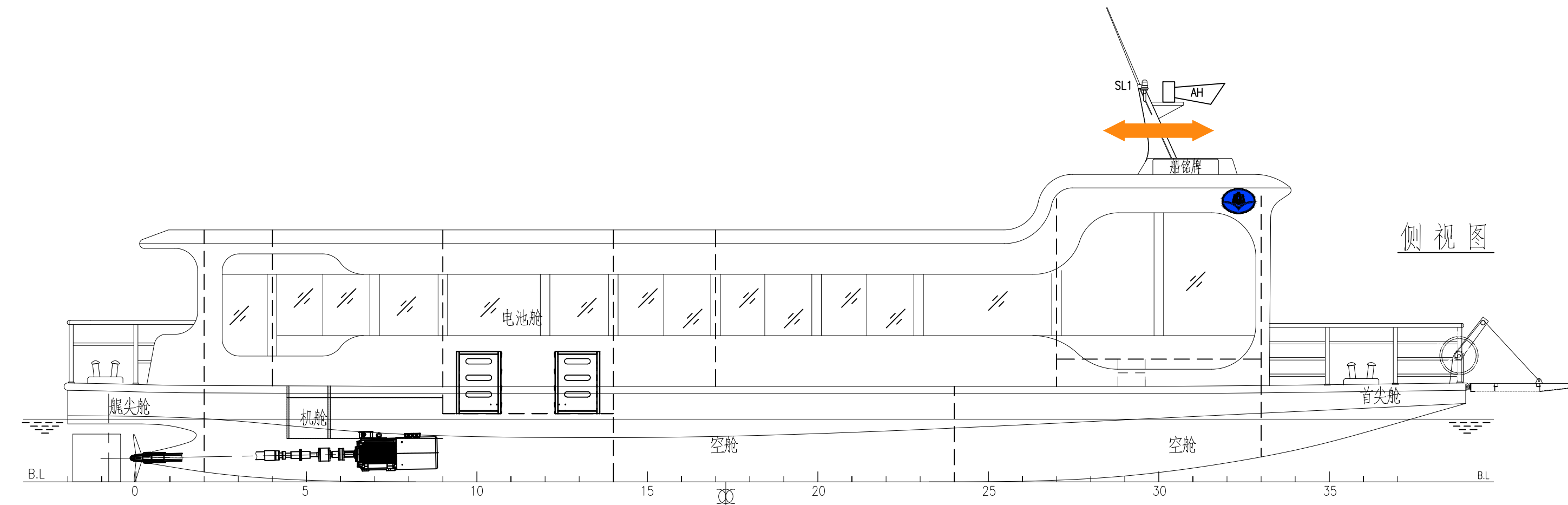
- 1、图中所用导线牌号均采用CBVR型塑料铜芯线。  
2、本板采用连续监测绝缘电阻的监测装置，并在绝缘电阻异常低时发出听觉和视觉报警信号。  
3、本装置内设一台1000W开关电源，由主配电板提供220VAC电源。该开关电源正常给上述输出供电；当交流220V断电时，铅酸电池组反转输出对上述设备供电，同时接触器工作、应急照明输出；当交流恢复供电时，铅酸电池组变为负载进行充电，开关电源工作重新对上述设备供电，接触器断开、应急照明停止输出。

|  |           |      |                      |    |      |
|--|-----------|------|----------------------|----|------|
| 13   | BCP       | 充放电板 | 按图制造                 | 1  |      |
| 12   | QB        | 旋钮   | LA39-11X/2           | 1  | 黑色   |
| 11   | WL1,2 GL1 | 信号灯  | AD16-22D/G32S AC380V | 3  | 白2绿1 |
| 10   | FB        | 蜂鸣器  | AD16-22M DC24V       | 1  |      |
| 9  | KM        | 接触器  | LC1N25008M7N         | 1  |      |
| 8  | LW1/2     | 转换开关 | LW5D-16 D0401/2      | 1  |      |
| 7  | FL1,2     | 分流器  | 75A 75MV             | 1  |      |
| 6  | A         | 电流表  | F72-A 75A(75MV)      | 1  |      |
| 5  | MΩ        | 绝缘表  | F72-MΩ DC24V         | 1  |      |
| 序号   | 代 码       | 名 称  | 型 号                  | 数量 | 备 注  |
| 本图(文件)及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可,任何人不得复制或转交第三方 |           |      |                      |    |      |

|    |        |       |                            |   |        |       |
|----|--------|-------|----------------------------|---|--------|-------|
| 4  | CW     | 开关电源  | S-1000-24 INPUT:170~260VAC | 1   |        |       |
| 3  | D1,2   | 防反二极管 | MD130A1600V                | 2   | 含散热器   |       |
| 2  | FU1~7  | 熔断器   | UK5-HESI 2A                | 7   |        |       |
| 1  | QF1~17 | 空气开关  | iC65N-C□□A/2P              | 1   | 额定电流见图 |       |
| 序号 |        | 代 码   | 名 称                        | 型 号   | 数 量    | 备 注   |
|    |        |       | 20/30客位新能源客渡船              | 设计阶段:送审设计   |        | 版本:R0 |
|    |        |       | DC24V充放电板原理图               | 图 号 GAJC4039-644-002  |        |       |
|    |        |       |                            | 标 记 质 量 比 例   |        |       |
|    |        |       |                            | A2 1:1  |        |       |
|    |        |       |                            | 共 1 页 第 1 页   |        |       |
|    |        |       |                            | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>GuangAn JianChen Marine Technology Co., Ltd |        |       |
| 标记 | 数量     | 修改单号  | 签 字                        | 日期  |        |       |
| 设绘 | 会签     | 会签    |                            |   |        |       |
| 校对 |        |       |                            |   |        |       |
| 审核 |        |       |                            |   |        |       |
| 批准 |        | 日期    | 2025.08                    |   |        |       |

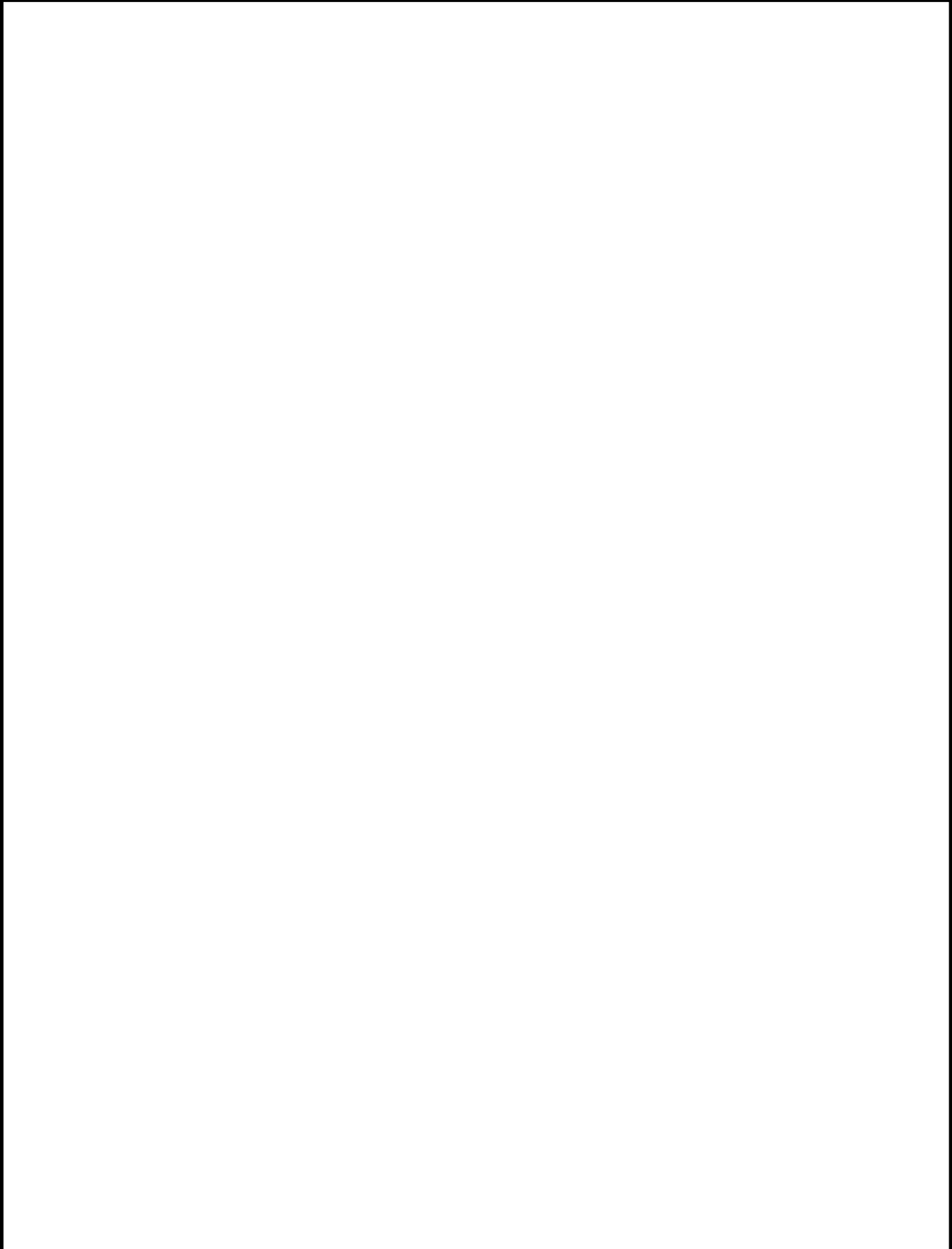



|   |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
|---|---|---------------|-------|--------------------------------|------------------|-----|-------|--|
| 20/30客位新能源客渡船   |   |               | 照明布置图 |                                | GAJC4039-630-001 |     | 共 3 页 |  |
|   |   |               |       |                                |                  |     | 第 2 页 |  |
| <div>注：1、未注明型号的电缆为CJPJ/SC型，未注明规格的为2×1mm²。<br/>2、电缆经露天甲板及室外时需穿管敷设。<br/>3、电缆穿过舱壁和不同甲板时需穿管敷设。<br/>4、本布置图包含了正常照明、应急照明、航行信号灯、投光灯</div> |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
|   |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
|   |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
|   |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 22  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 21  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 20  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 19  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 18  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 17  |   |               |       |                                |                  |     |       |  |
| 16  |  | 船名灯           | 4     | AC220V 24W LED                 | 2只1组             |     |       |  |
| 15  |  | 探照灯（投光灯）      | 1     | TG9 200W/AC220                 | 带手操机构            |     |       |  |
| 14  |  | 信号灯           | 1     | CXH6-21P DC24V 6W IP56         | 2红2白1绿           |     |       |  |
| 13  |  | 低压防爆灯         | 2     | CFD4b 24V 25W Exd IIC T6 IP66  |                  |     |       |  |
| 12  |  | 低压舱顶灯         | 7     | CCD3-2 24V 25W IP56            |                  |     |       |  |
| 11  |  | 舱室插座          | 5     | CZE2-2B-2N 250V 10A            |                  |     |       |  |
| 10  |  | 水密开关          | 10    | HS302-3 250V 10A IP56          |                  |     |       |  |
| 9   |  | 舱室开关          | 3     | HE-2N-1 250V 10A               |                  |     |       |  |
| 8   |  | LED蓬顶灯        | 4     | JPL12 220V 12W IP44            |                  |     |       |  |
| 7   |  | LED蓬顶灯(带应急灯头) | 3     | JPL12-E AC220V/12W+DC24V/3W    | IP44 不另设灯具       |     |       |  |
| 6   |  | 白炽防爆灯         | 2     | CFD4a 220V 60W Exd IIC T4 IP66 |                  |     |       |  |
| 5   |  | 白炽舱顶灯         | 11    | CCD1-2 220V 60W IP55           |                  |     |       |  |
| 4   | TNLF  | 投光灯船名灯风遥切控制板  | 1     |                                | 3相4线制            |     |       |  |
| 3   | ANS   | 航行信号灯控制板      | 1     | DK-HX（双电源自动转换）                 |                  |     |       |  |
| 2   | CHP   | DC24V充放电板     | 1     | FYDCP-60-24                    |                  |     |       |  |
| 1   | LB  | 照明分电单元        | 1     | FYDTP-10C32 6A/2P×10           | 3相4线制            |     |       |  |
| 序号  | 代号  | 名 称           | 数量    | 型号及规格                          |                  | 附 注 |       |  |












本图(文件)及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可,任何人不得复制或转交第三方。

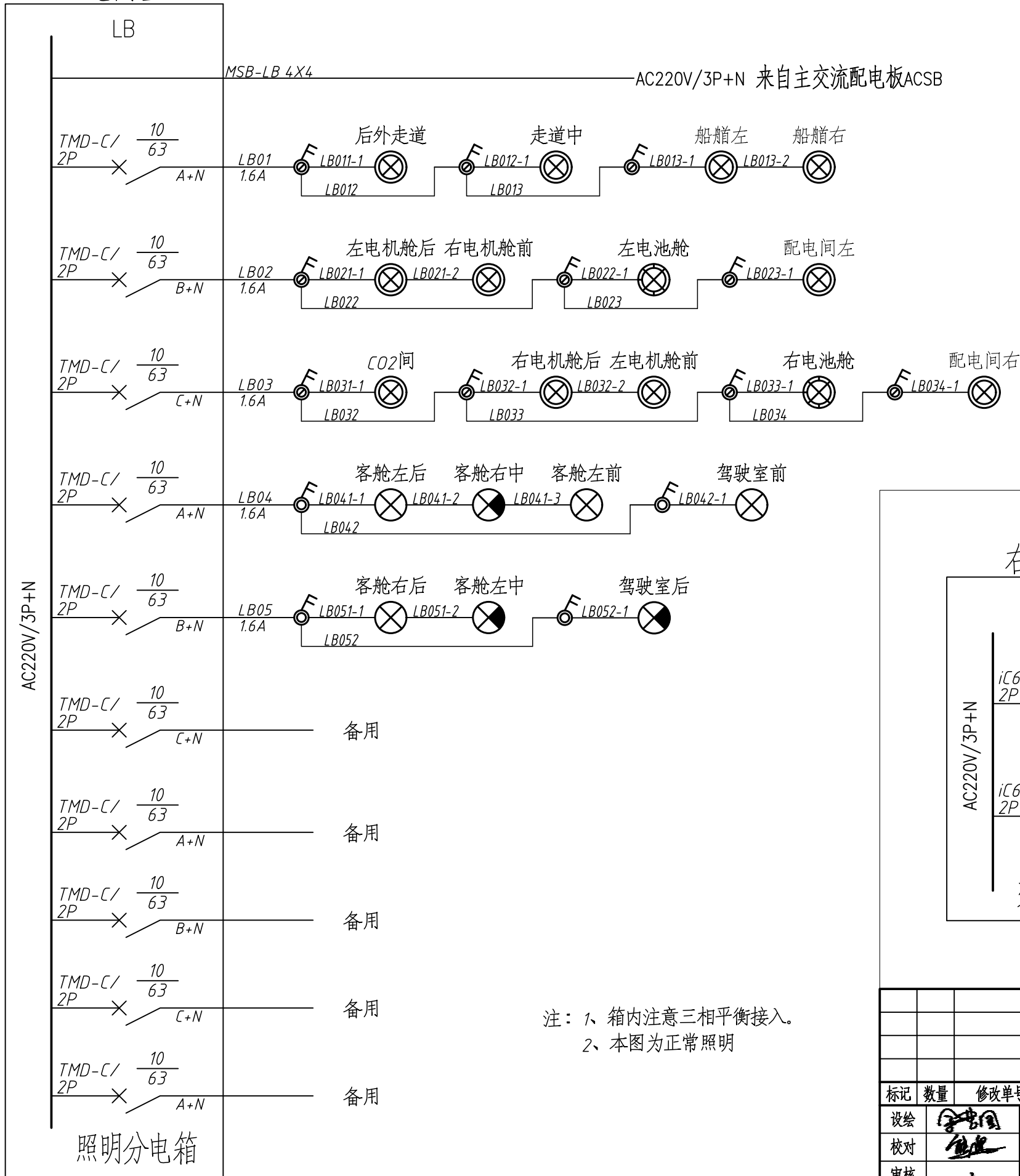




|    |     |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
|----|-----|------|--|---------|----|---------------|--|--|--|-------|--|-------|--|
|    |     |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计  |  | 版本:R0 |  |       |  |
|    |     |      |  |         |    | 照明系统图         |  | 图号<br>GAJC4039-631-001   |  |       |  |       |  |
|    |     |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记  |  | 质 量   |  | 比 例   |  |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |  |         |    |               |  | A4   |  |       |  | 1:100 |  |
| 校对 | 熊虎  |      |  |         |    |               |  | 共 4 页  |  |       |  | 第 1 页 |  |
| 审核 | 黄臣  |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
| 批准 |     | 日期   |  | 2025.08 |    |               |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |       |  |       |  |

|  |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
|--|---|---------------|-------|--------------------------------|------------------|--|------------|--|
| 20/30客位新能源客渡船  |   |               | 照明系统图 |                                | GAJC4039-631-001 |  | 共 4 页      |  |
|  |   |               |       |                                |                  |  | 第 2 页      |  |
| <div>注：1、未注明型号的电缆为CJPJ/SC型，未注明规格的为2×1mm²。</div> <div>2、电缆经露天甲板及室外时需穿管敷设。</div> <div>3、电缆穿过舱壁和不同甲板时需穿管敷设。</div> |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 25   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 24   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 23   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 22   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 21   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 20   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 19   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 18   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 17   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 16   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 15   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 14   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 13   |   |               |       |                                |                  |  |            |  |
| 12   |  | 低压防爆灯         | 2     | CFD4b 24V 25W Exd IIC T6 IP66  |                  |  |            |  |
| 11   |  | 低压舱顶灯         | 7     | CCD3-2 24V 25W IP56            |                  |  |            |  |
| 10   |  | 舱室插座          | 5     | CZE2-2B-2N 250V 10A            |                  |  |            |  |
| 9  |  | 水密开关          | 10    | HS302-3 250V 10A IP56          |                  |  |            |  |
| 8  |  | 舱室开关          | 4     | HE-2N-1 250V 10A               |                  |  |            |  |
| 7  |  | LED蓬顶灯        | 4     | JPL12 220V 12W IP44            |                  |  |            |  |
| 6  |  | LED蓬顶灯(带应急灯头) | 3     | JPL12-E AC220V/12W+DC24V/3W    |                  |  | IP44 不另设灯具 |  |
| 5  |  | 白炽防爆灯         | 2     | CFD4a 220V 60W Exd IIC T4 IP66 |                  |  |            |  |
| 4  |  | 白炽舱顶灯         | 11    | CCD1-2 220V 60W IP55           |                  |  |            |  |
| 3  | CHP   | DC24V充电电板     | 1     | FYDCP-60-24                    |                  |  |            |  |
| 2  | ACSB  | 交流配电板         | 1     | FYMSB-1-125                    |                  |  | 3相4线制      |  |
| 1  | LB  | 照明分电单元        | 1     | FYDTP-10C32 6A/2P×10           |                  |  | 3相4线制      |  |
| 序号   | 代号  | 名 称           |       | 数量                             | 型号及规格            |  | 附 注        |  |

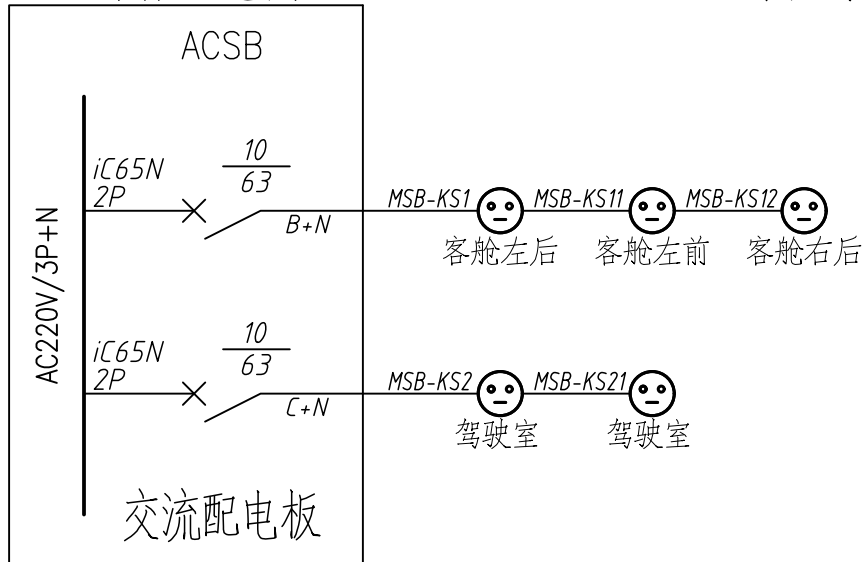
配电间左



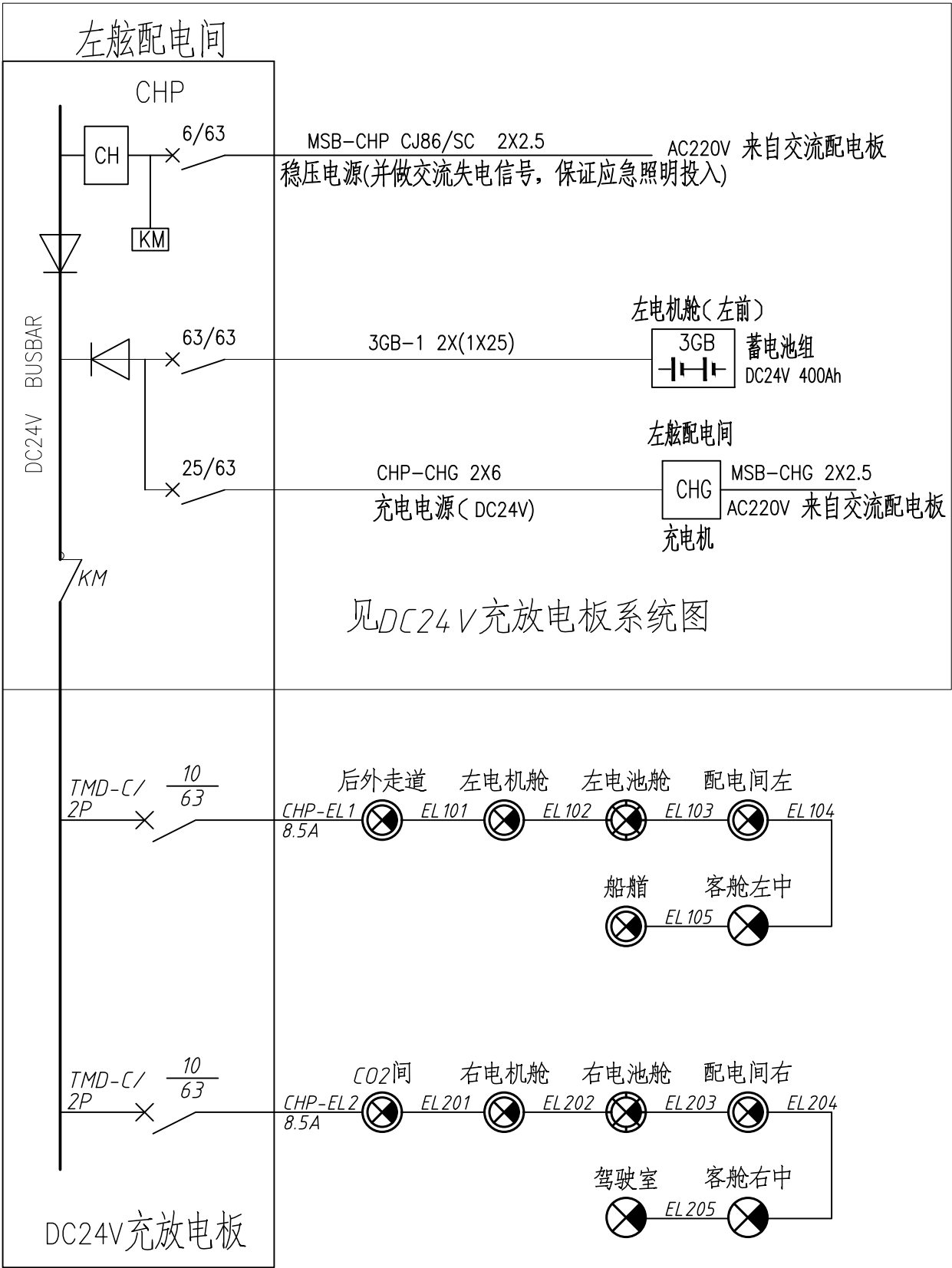
注：1、箱内注意三相平衡接入。  
2、本图为正常照明

右舷配电间

插座系统图

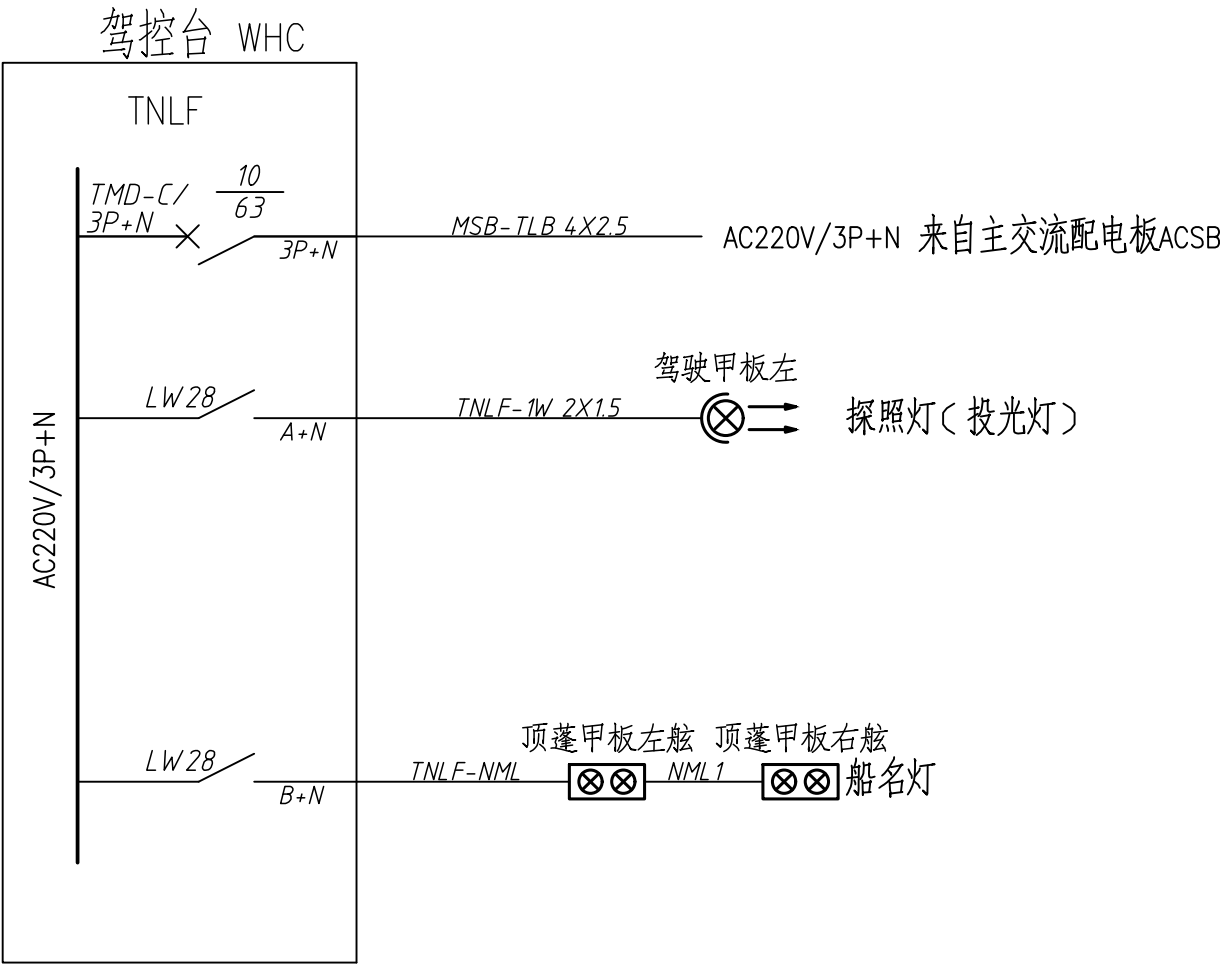


|    |    |      |         |    |  |               |  |       |
|----|----|------|---------|----|--|---------------|--|-------|
|    |    |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  | 版本:R0 |
|    |    |      |         |    |  | 照明系统图         | 图号 GAJC4039-631-001  |       |
|    |    |      |         |    |  |               | 标记   | 质量    |
|    |    |      |         |    |  |               | A3   | 1:100 |
|    |    |      |         |    |  |               | 共 4 页  |       |
|    |    |      |         |    |  |               | 第 3 页  |       |
| 标记 | 数量 | 修改单号 | 签字      | 日期 |  |               | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |
| 设绘 | 会签 |      |         |    |  |               |  |       |
| 校对 |    |      |         |    |  |               |  |       |
| 审核 |    |      |         |    |  |               |  |       |
| 批准 |    | 日期   | 2025.08 |    |  |               |  |       |




注：1、上图为应急照明

- 注：1、未注明型号的电为CJPJ/SC型，未注明规格的为2×1mm²。  
2、电缆经露天甲板及室外时需穿管敷设。  
3、电缆穿过舱壁和不同甲板时需穿管敷设。



|           |      |              |         |  |                     |
|-----------|------|--------------|---------|--|---------------------|
| 4         |      | 船名灯          | 4       | AC220V 24W LED   | 2只1组                |
| 3         |      | 探照灯(投光灯)     | 1       | TG9 200W/AC220   | 带手操机构               |
| 2         | TNLF | 投光灯船名灯风遥切控制板 | 1       |  | 3相4线制               |
| 1         | WHC  | 驾控台          | 1       | FYCCC-WH   |                     |
| 序号        | 代号   | 名称           | 数量      | 型号及规格  | 附注                  |
|           |      |              |         | 20/30客位新能源客渡船  | 设计阶段:送审设计           |
|           |      |              |         |  | 版本:R0               |
|           |      |              |         |  | 图号 GAJC4039-632-001 |
| 标记        | 数量   | 修改单号         | 签字      | 日期   | 比例                  |
| 设绘        |      | 会签           |         |  | A4                  |
| 校对        |      |              |         |  | 1:100               |
| 审核        |      |              |         |  | 共 1 页               |
| 批准        |      | 日期           | 2025.08 |  | 第 1 页               |
| 探照灯船名灯系统图 |      |              |         | 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'an JianChen Marine Technology Co., Ltd |                     |



|    |     |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
|----|-----|------|--|---------|----|---------------|--|--|--|-------|--|-------|--|
|    |     |      |  |         |    | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计  |  | 版本:R0 |  |       |  |
|    |     |      |  |         |    | 驾控台系统图        |  | 图号<br>GAJC4039-646-001   |  |       |  |       |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 |  | 签 字     | 日期 |               |  | 标 记  |  | 质 量   |  | 比 例   |  |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |  |         |    |               |  | A4   |  |       |  | 1:1   |  |
| 校对 | 熊波  |      |  |         |    |               |  | 共 10 页   |  |       |  | 第 1 页 |  |
| 审核 | 黄庄  |      |  |         |    |               |  |  |  |       |  |       |  |
| 批准 |     | 日期   |  | 2025.08 |    |               |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |  |       |  |       |  |

说明：1、本图中电力电缆型号为CJ86/SC，通信电缆的型号为CHJ86/SC，规格如图所示。

2、带 “\*” 标识电缆为台内接线，带 “\*\*” 标识电缆为机带电缆。

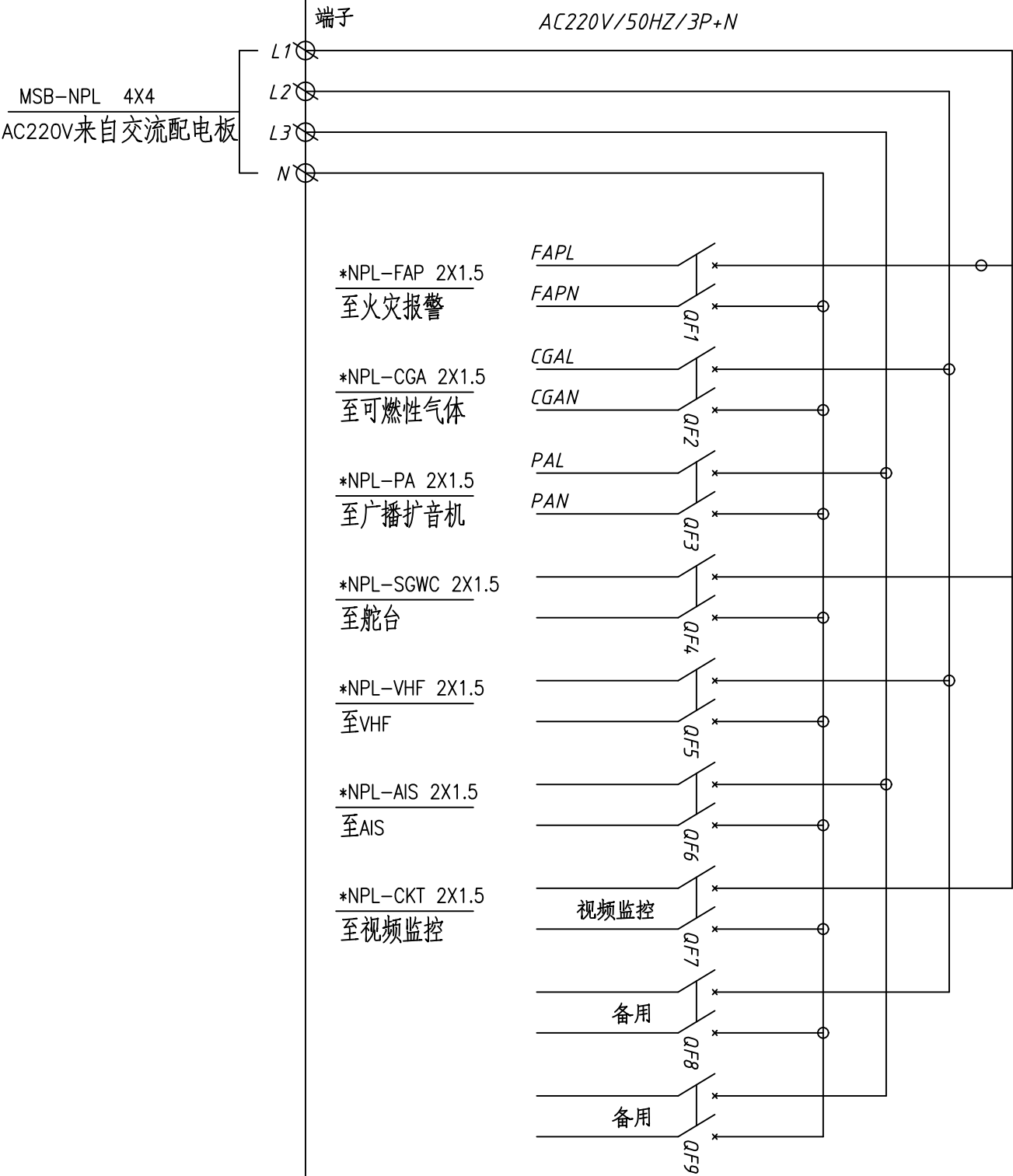
3、未包含部分查阅相关功能单元系统图。

| 25 | SGWC              | 舵角指示          | 1  | 舵机配套                 |         |
|----|-------------------|---------------|----|----------------------|---------|
| 24 | CAF               | CO2报警复示器      | 1  | CO2配套                |         |
| 23 | RWP               | 雨括器控制板        | 1  | SL-S DC24V电源         |         |
| 22 | EFB               | (全船最低电量报警)蜂鸣器 | 1  | AD16-16M DC24V( 红色 ) | 不可消音    |
| 21 | 1~2HMI2           | EMS触摸屏        | 1  | UH407E (EMS配套)       |         |
| 20 | 0HMI2             | EMS触摸屏        | 1  | UH410E (EMS配套)       |         |
| 19 | PPS-R2            | 推进遥控装置        | 1  | FYPPS-R2             |         |
| 18 | CKT1~6            | 视频监控摄像头       | 6  |                      |         |
| 17 | CKT               | 视频监控主机        | 1  | 配双电源                 |         |
| 16 | XQ                | 选通式声力电话       | 1  | HSC-12Q              |         |
| 15 | SPT               | 6门声力电话汇接箱     | 1  | 6KHx-1G              |         |
| 14 | CGA               | 可燃气体探测报警主机    | 1  | ZH-GAS-1FQ           |         |
| 13 | FAP               | 火灾报警控制板       | 1  | JBS-MB               |         |
| 12 | WD                | 电笛控制器         | 1  | DDK-1                |         |
| 11 | AH                | 电笛            | 1  | DDK                  |         |
| 10 | PA                | 扩音机           | 1  | HKD-25C              |         |
| 9  | $\frac{TR}{VHF}$  | 甚高频收发单元       | 1  | IC-M324 25W水上全频道     |         |
| 8  | $\frac{PSU}{VHF}$ | 甚高频电源单元       | 1  |                      |         |
| 7  | $\frac{DIS}{AIS}$ | 自动识别仪主机       | 1  | AIS-B/900            |         |
| 6  | $\frac{PSU}{AIS}$ | 自动识别仪电源装置     | 1  |                      |         |
| 5  | ANS               | 航行信号灯控制板      | 1  | DK-HX DC24V输出        | 含闪光单元   |
| 4  | TNLF              | 投光灯船名灯风遥切控制板  | 1  |                      |         |
| 3  | NPD               | DC24V助航分电单元   | 1  | DC24V 10A×11         | TDM47开关 |
| 2  | NPL               | 220V助航分电单元    | 1  | AC220V 6A×9          | TDM47开关 |
| 1  | WHC               | 驾驶室集中控制台      | 1  |                      |         |
| 序号 | 代 号               | 名 称           | 数量 | 型号及规格                | 附 注     |



驾控台 WHC

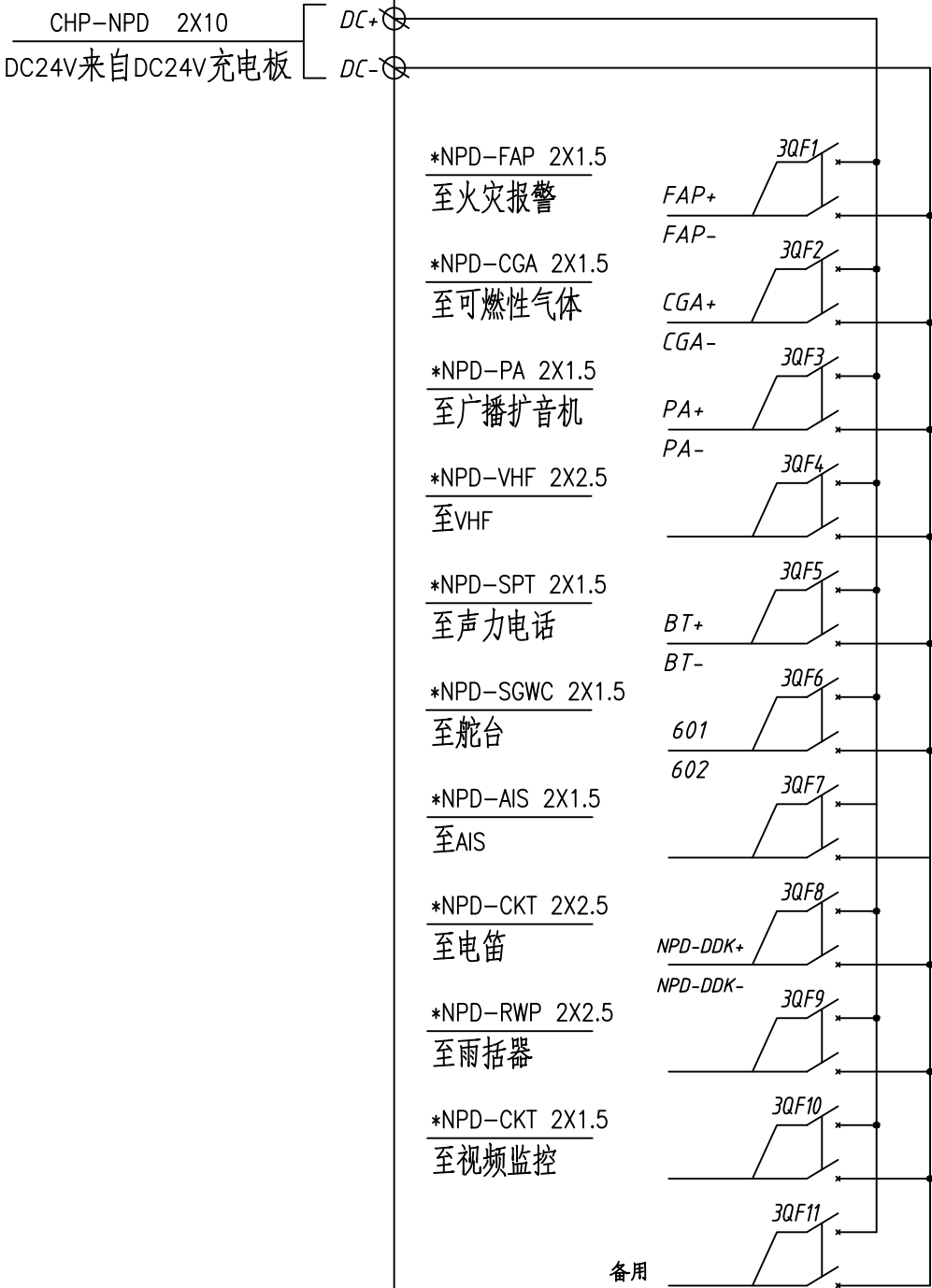
220V助航分电单元 NPL

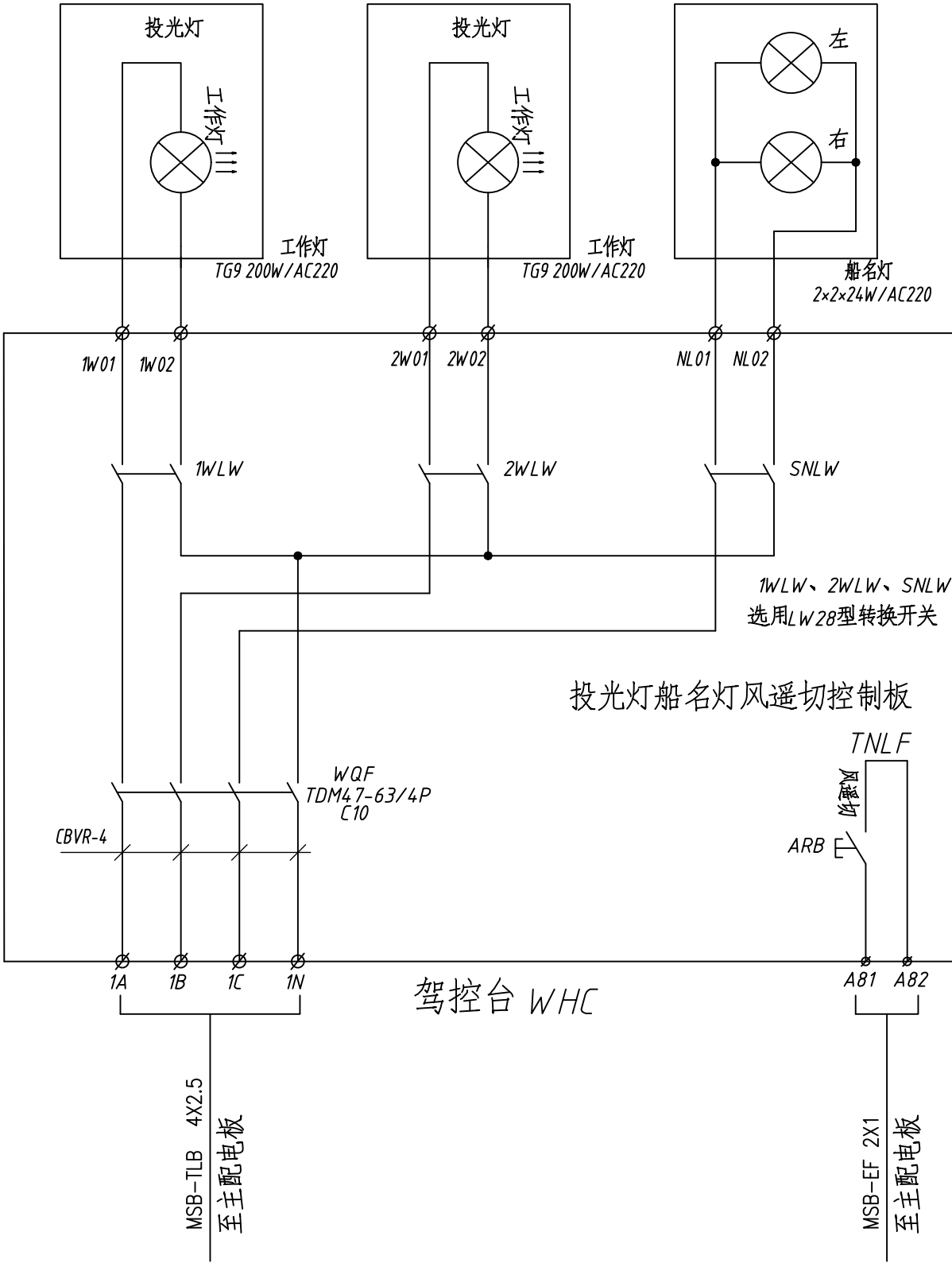


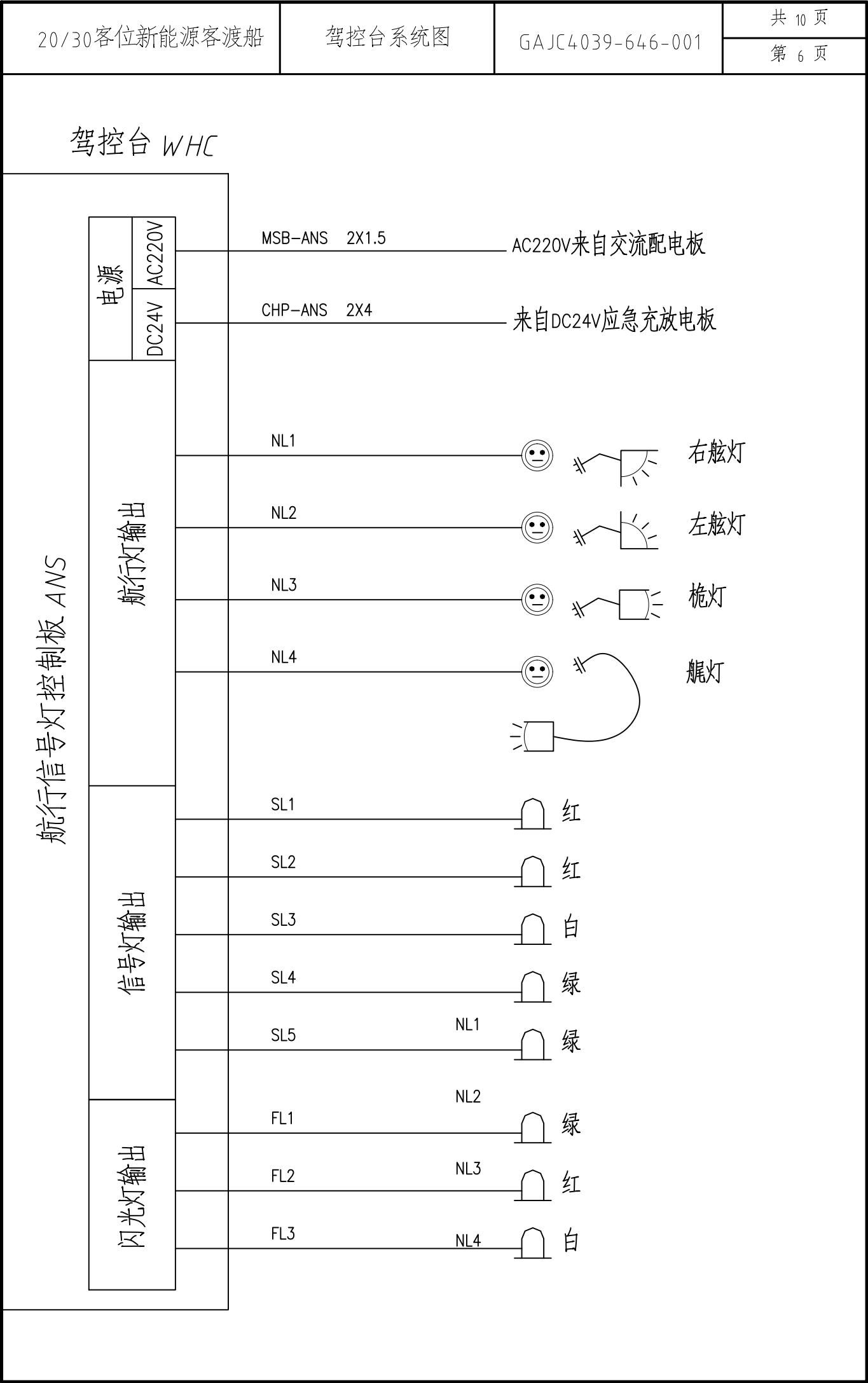
驾控台内

驾控台 WHC

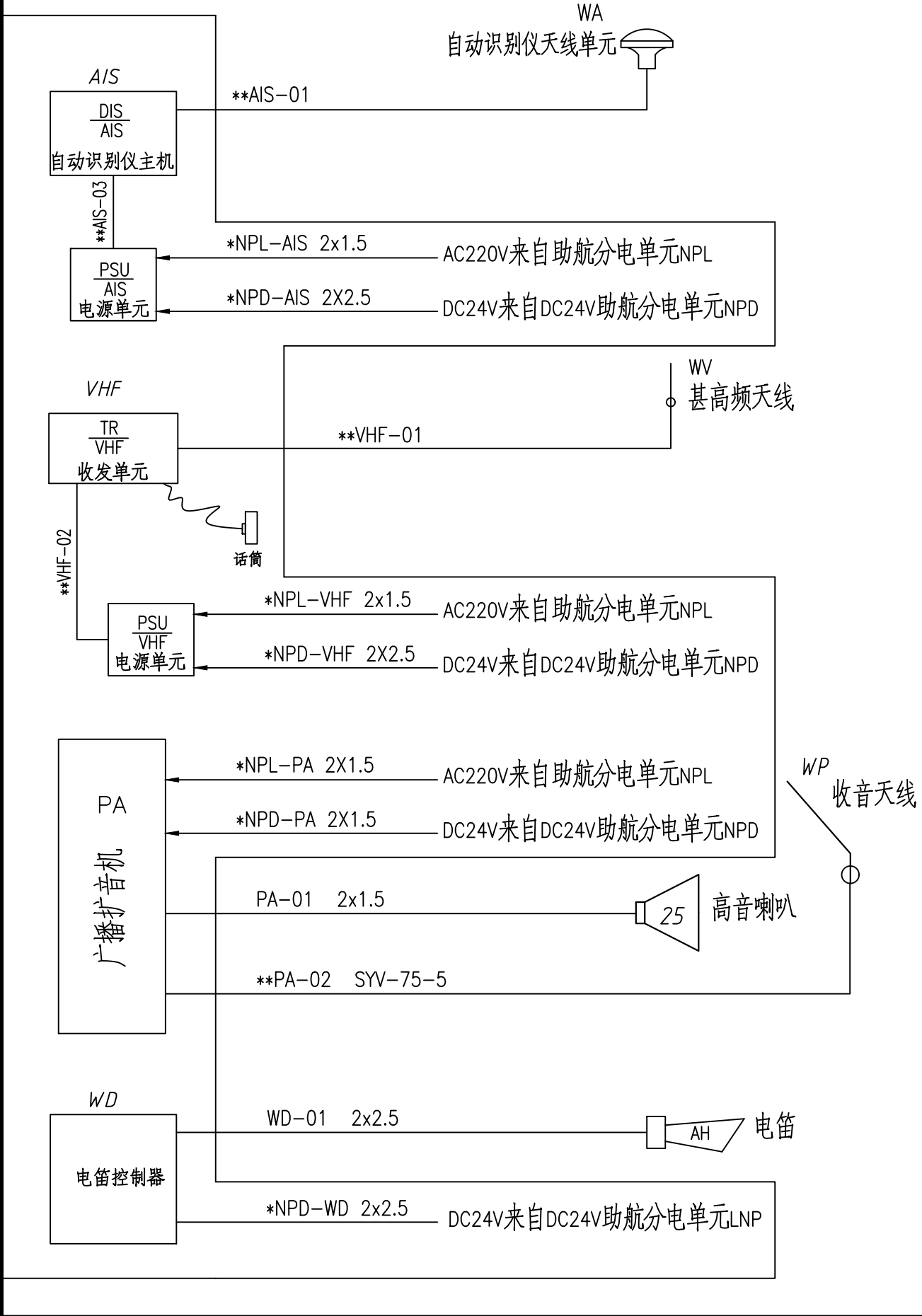
DC24V助航分电单元 NPD



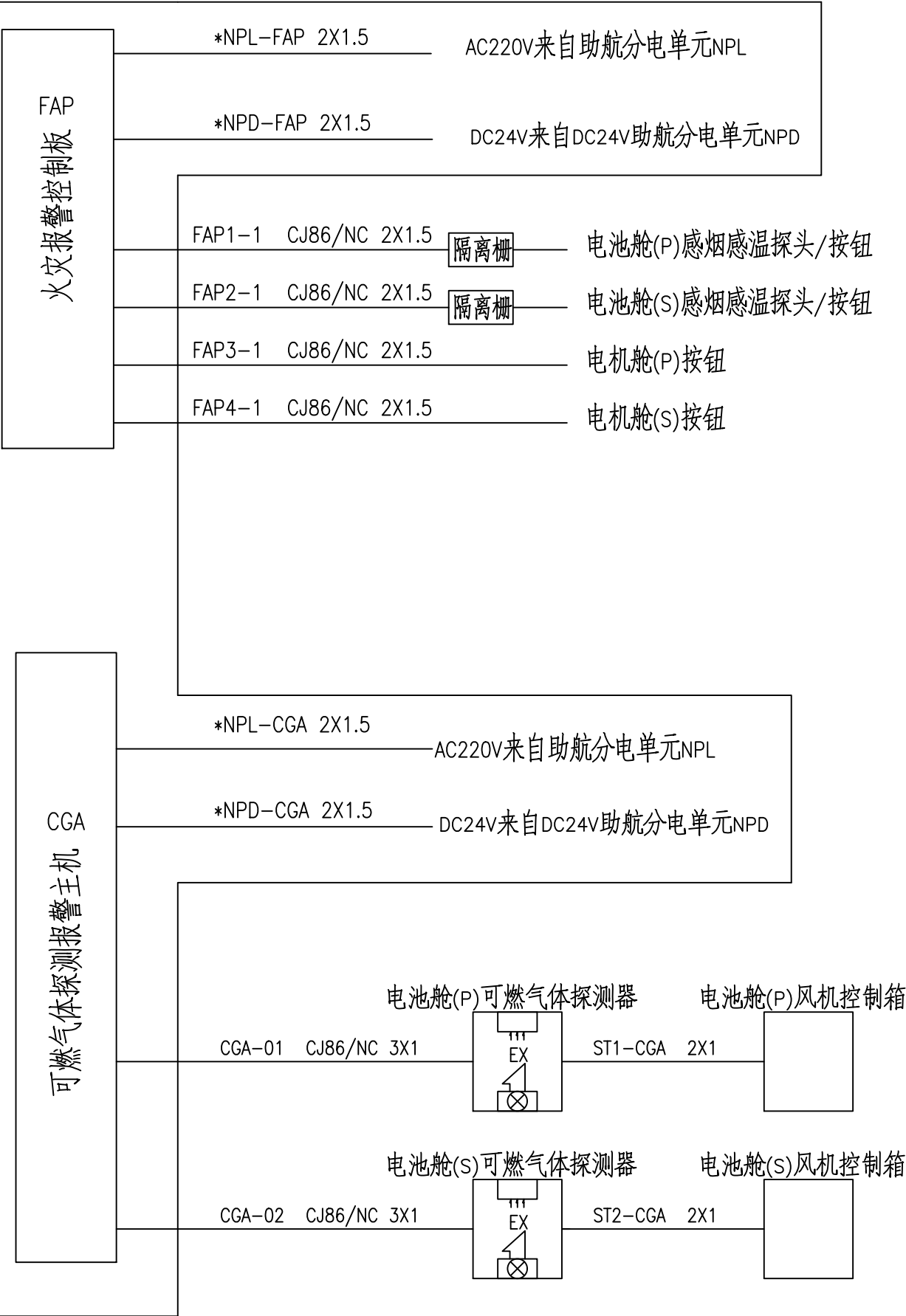


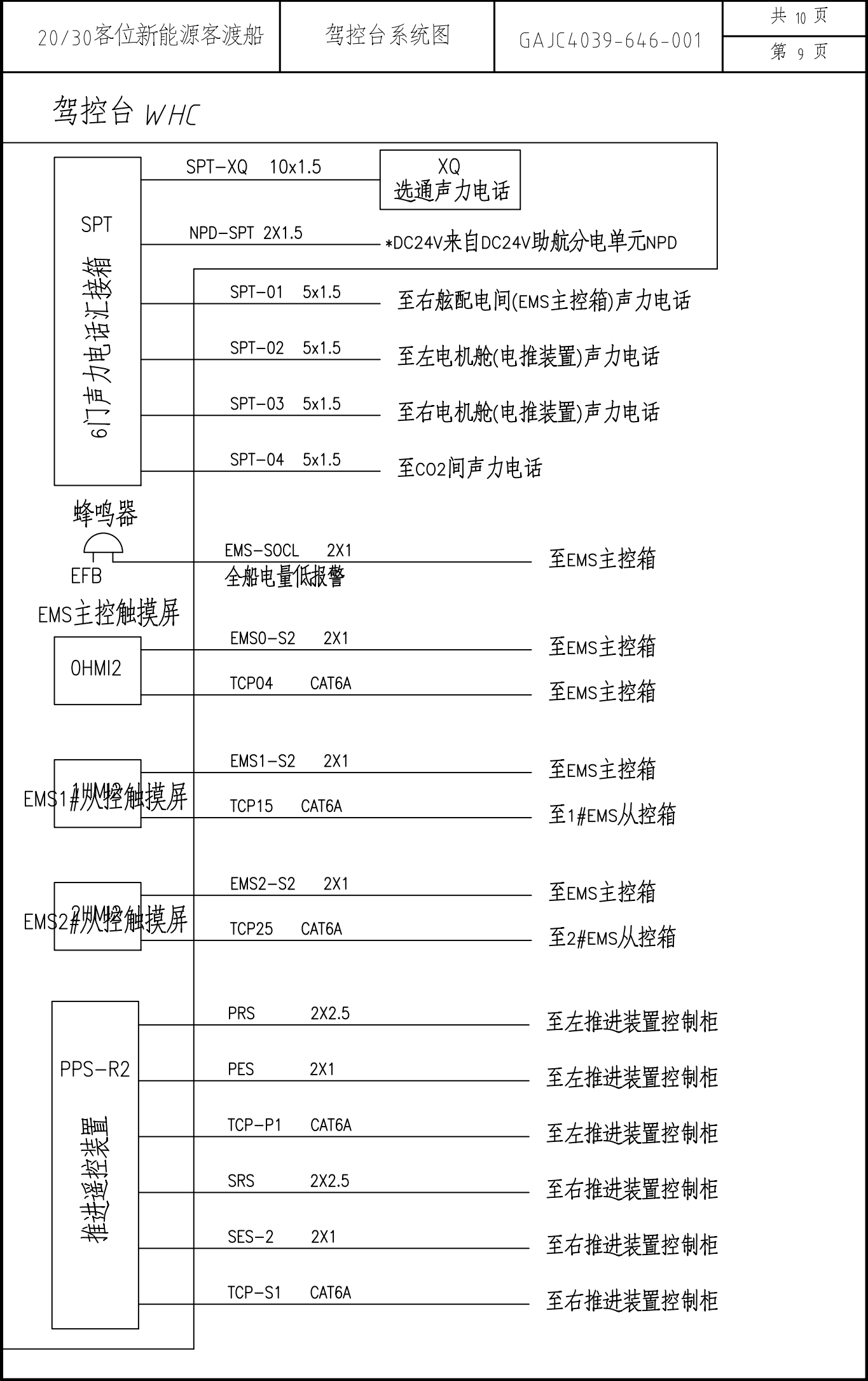


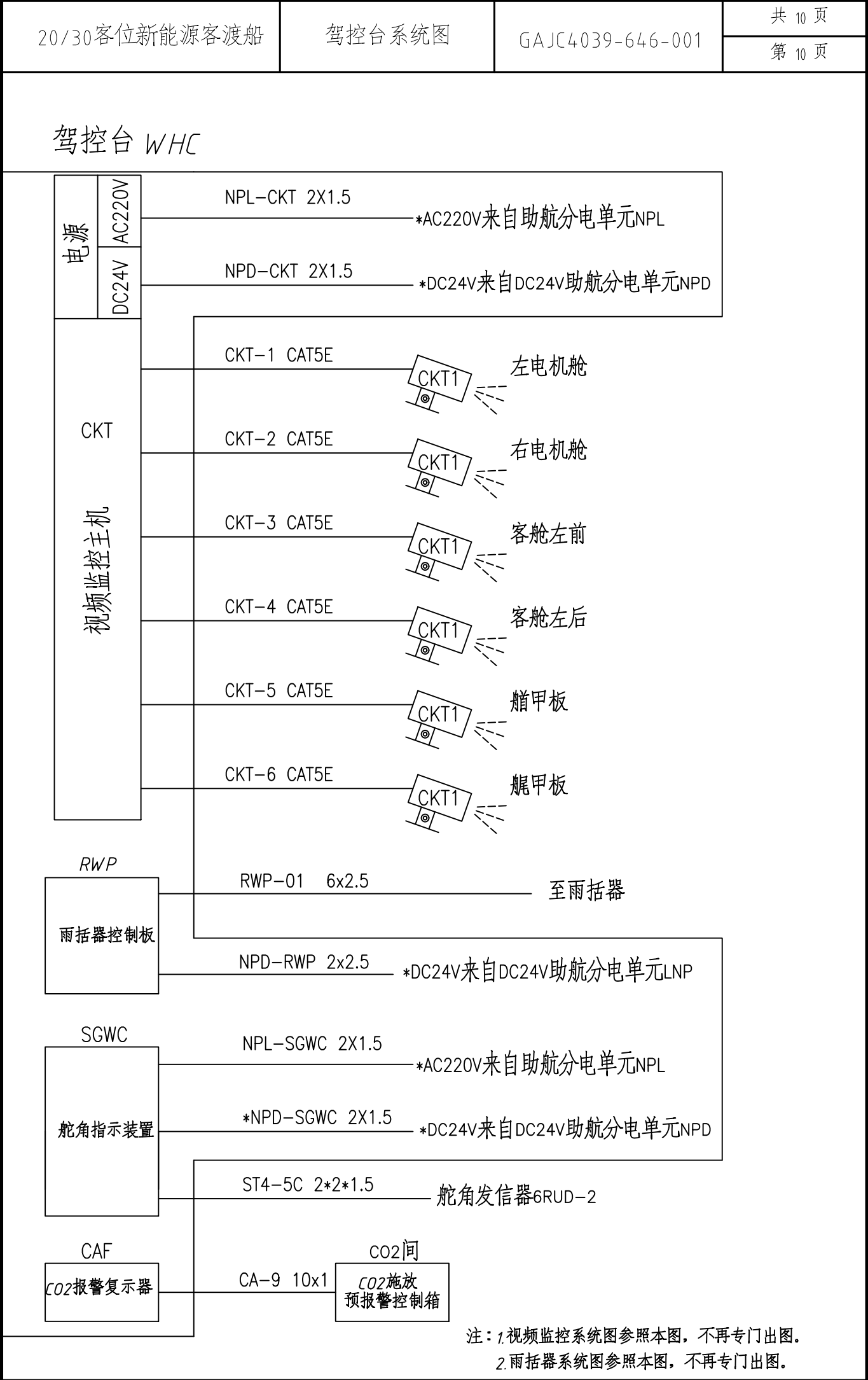
驾控台 WHC



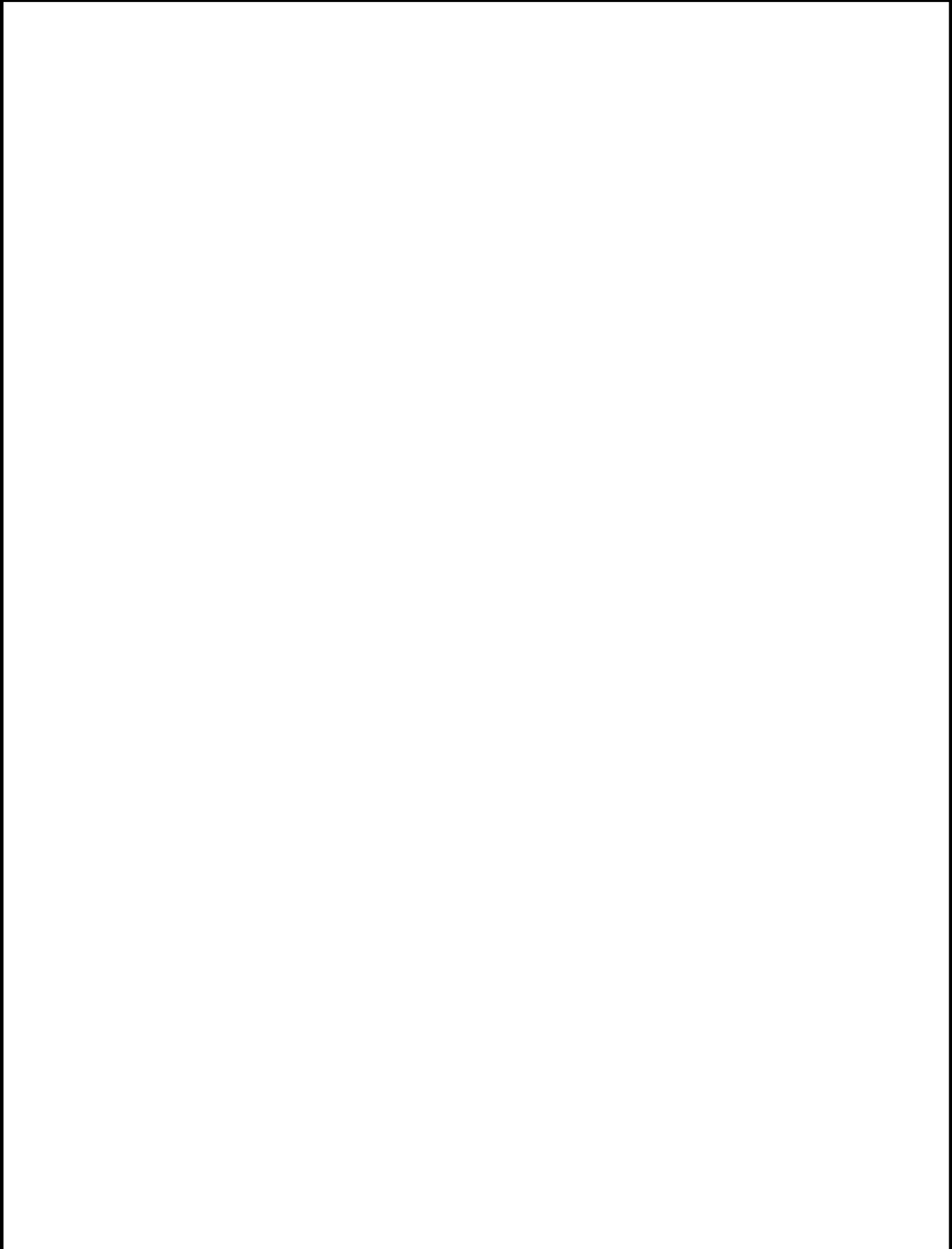
驾控台 WHC












|    |     |      |         |    |       |               |  |                        |  |       |  |  |
|----|-----|------|---------|----|-------|---------------|--|------------------------|--|-------|--|--|
|    |     |      |         |    |       | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计              |  | 版本:R0 |  |  |
|    |     |      |         |    |       | 助航设备系统图       |  | 图号<br>GAJC4039-651-001 |  |       |  |  |
|    |     |      |         |    |       |               |  |                        |  |       |  |  |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签 字     | 日期 | 标 记   |               |  | 质 量                    |  | 比 例   |  |  |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |         |    | A4    |               |  |                        |  | 1:1   |  |  |
| 校对 | 熊虎  |      |         |    | 共 6 页 |               |  | 第 1 页                  |  |       |  |  |
| 审核 | 黄庄  |      |         |    |       |               |  |                        |  |       |  |  |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |       |               | <div> 广安剑辰船舶技术服务有限公司<br/>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd</div> |                        |  |       |  |  |

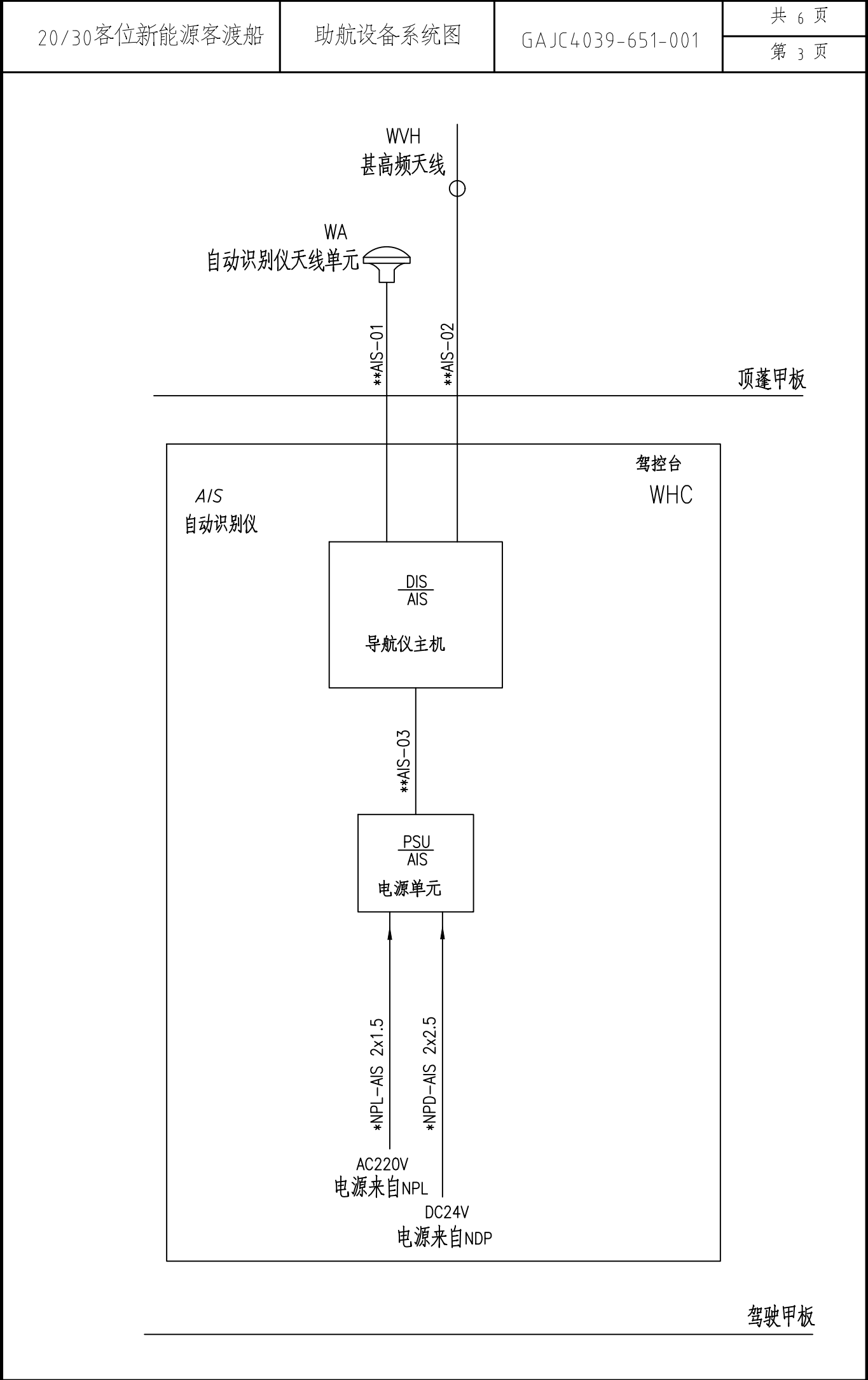
说明：1、本图中所有未注明电缆的型号选用CJ86/SC。

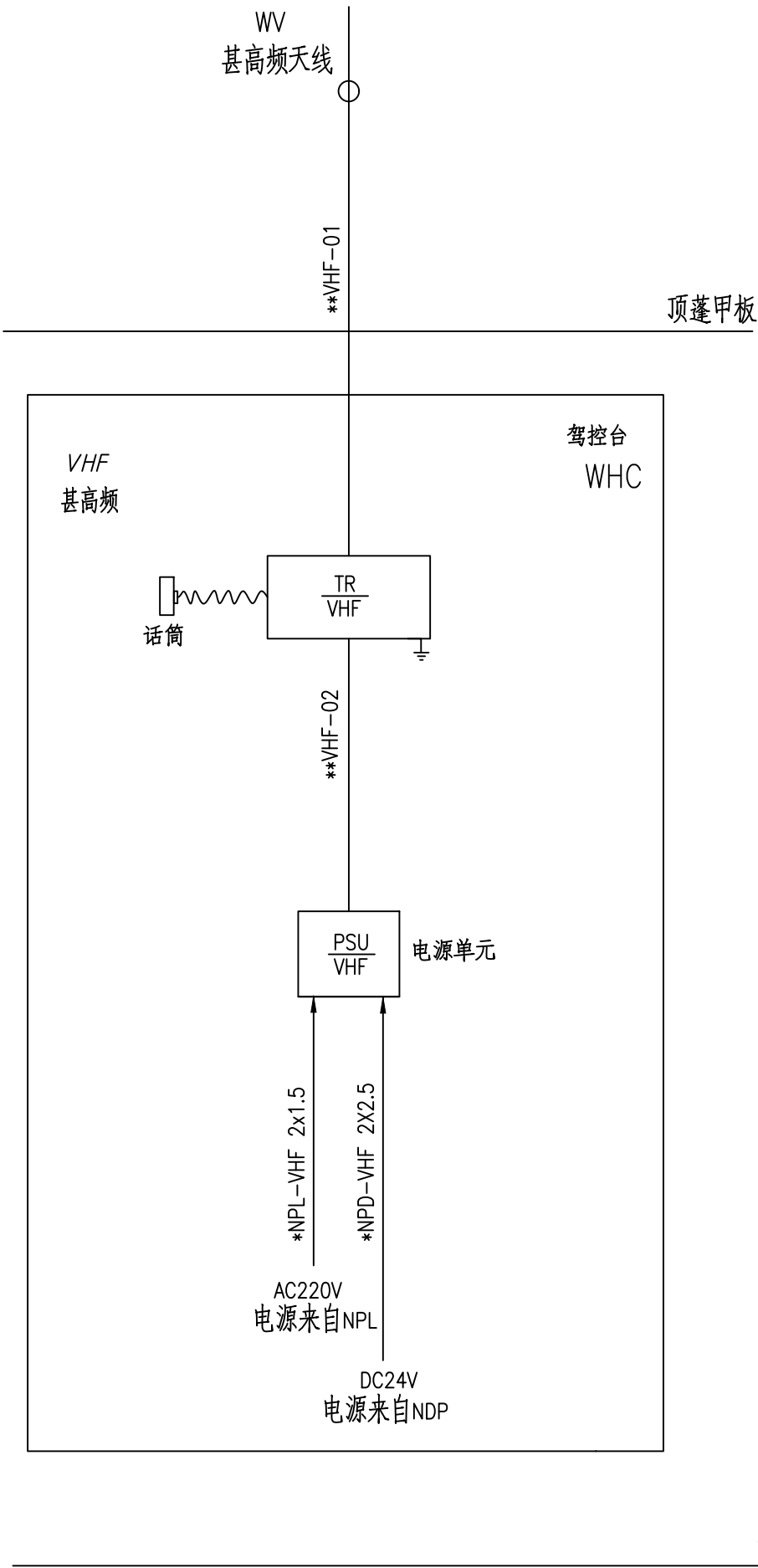
2、带 \* 电缆为设备内接线。

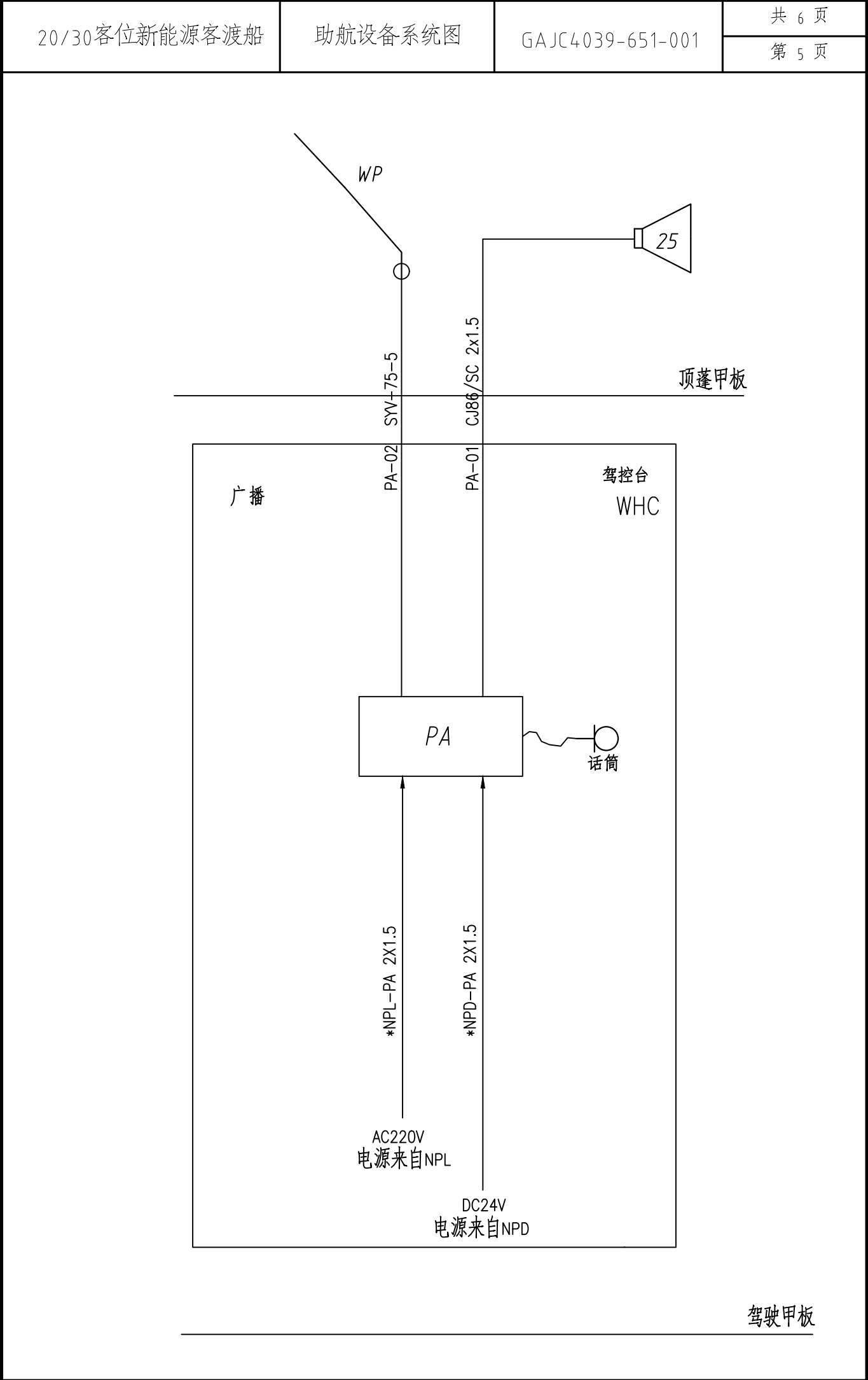
3、带 \*\* 电缆为设备机附电缆。

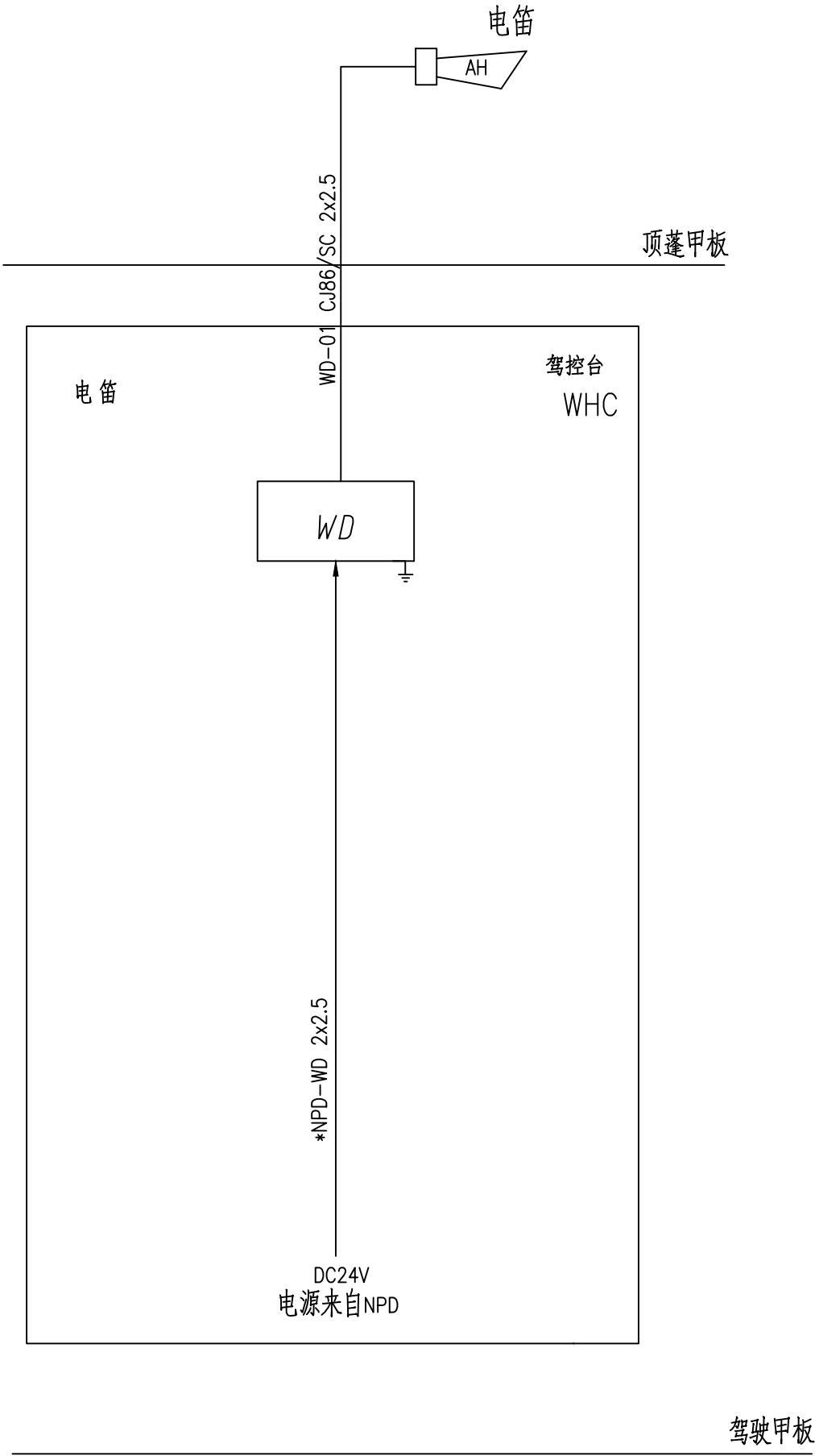
4、扩音机具有接收航行安全信息功能。

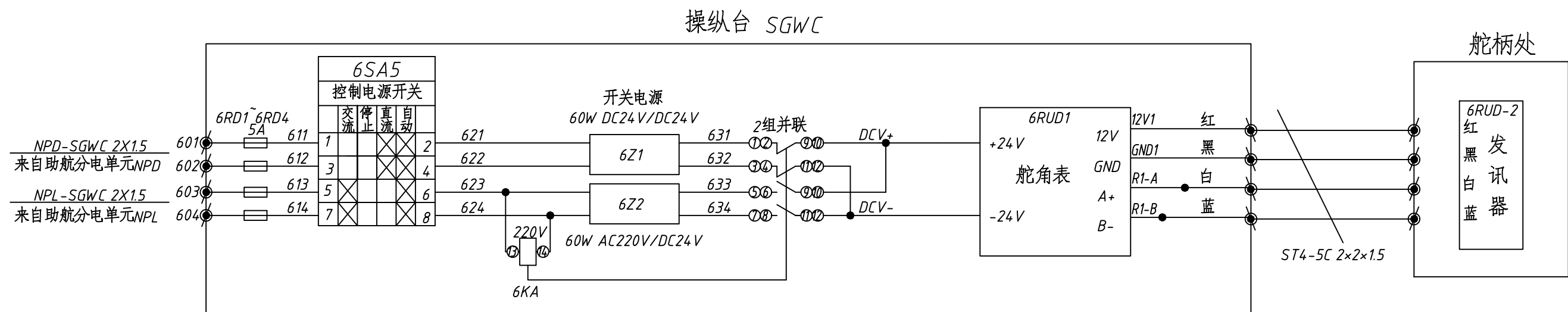
|          |   |              |    |                  |     |
|----------|---|--------------|----|------------------|-----|
|          |   |              |    |                  |     |
| 2        |  | 电笛           | 1  | DDK              |     |
| 1        | WD  | 电笛控制器        | 1  | DDK-1            |     |
| 电 笛      |   |              |    |                  |     |
| 3        | WP  | 收音天线         | 1  |                  |     |
| 2        |  | 高音喇叭         | 1  | YHC25-1 25W      |     |
| 1        | PA  | 扩音机          | 1  | HKD-25C          |     |
| 广 播      |   |              |    |                  |     |
| 3        | WV  | 甚高频天线单元      | 1  |                  |     |
| 2        | $\frac{TR}{VHF}$  | 甚高频收发单元      | 1  | IC-M324 25W水上全频道 |     |
| 1        | $\frac{PSU}{VHF}$   | 甚高频电源单元      | 1  |                  |     |
| 甚高频电话VHF |   |              |    |                  |     |
| 4        | WVH   | 自动识别仪VHF天线单元 | 1  |                  |     |
| 3        | WA  | 自动识别仪天线单元    | 1  |                  |     |
| 2        | $\frac{DIS}{AIS}$   | 自动识别仪主机      | 1  | AIS-B/900        |     |
| 1        | $\frac{PSU}{AIS}$   | 自动识别仪电源装置    | 1  |                  |     |
| 自动识别仪    |   |              |    |                  |     |
| 序号       | 代 号   | 名 称          | 数量 | 型号及规格            | 附 注 |










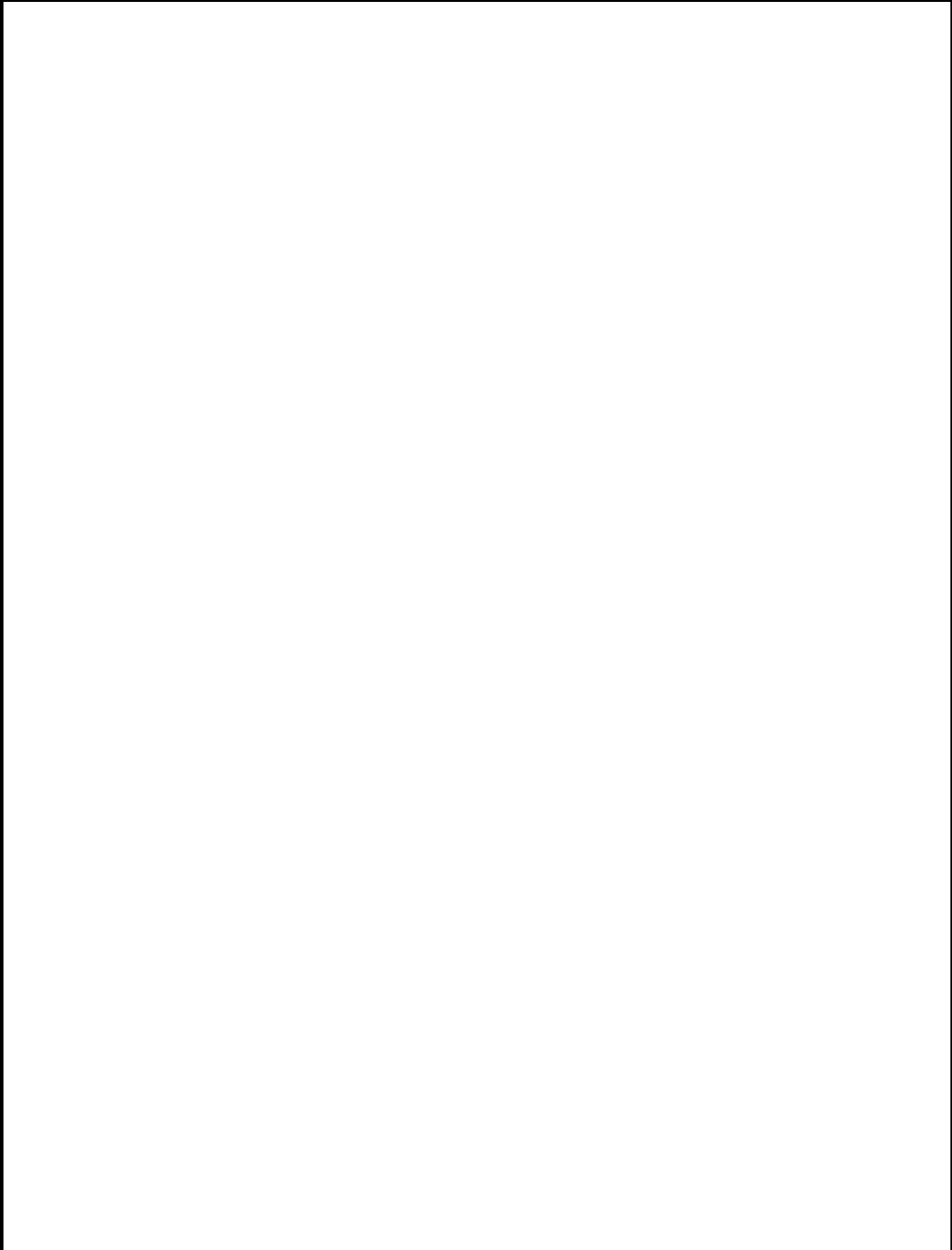



本图为舵角指示系统电源、信号、布置参考图，由舵机配套。

|    |           |       |               |    |      |
|----|-----------|-------|---------------|----|------|
| 7  | 6SA5      | 转换开关  | LW95-TC/2     | 1  | 舵机配套 |
| 6  | 6RD1~6RD4 | 熔断器   | HESI/5RD 5A   | 4  | 舵机配套 |
| 5  | 6KA       | 继电器   | CDZ9-54P DC24 | 1  | 舵机配套 |
| 4  | 6Z2       | 开关电源  | LRS-100-24    | 1  | 舵机配套 |
| 3  | 6Z1       | 开关电源  | CL-100-24-24  | 1  | 舵机配套 |
| 2  | 6RUD-2    | 舵角发信器 | RD-0183       | 1  | 舵机配套 |
| 1  | 6RUD1     | 舵角指示器 | YD-75         | 1  | 舵机配套 |
| 序号 | 代 码       | 名 称   | 型 号           | 数量 | 备 注  |

本图（文件）及所含内容的知识产权属于广安剑辰船舶技术服务有限公司。未经本公司书面许可，任何人不得复制或转交第三方。

|    |  |    |  |         |               |  |                        |  |       |       |     |  |  |
|----|--|----|--|---------|---------------|--|------------------------|--|-------|-------|-----|--|--|
|    |  |    |  |         | 20/30客位新能源客渡船 |  | 设计阶段:送审设计              |  | 版本:R0 |       |     |  |  |
|    |  |    |  |         | 舵角指示电气原理图     |  | 图号<br>GAJC4039-652-001 |  |       |       |     |  |  |
| 标记 |  | 数量 |  | 修改单号    |               |  | 签 字                    |  | 日期    |       |     |  |  |
| 设绘 |  | 会签 |  |         |               |  | 标 记                    |  | 质 量   |       | 比 例 |  |  |
| 校对 |  |    |  |         |               |  | A3                     |  |       |       | 1:1 |  |  |
| 审核 |  |    |  |         |               |  |                        | 共 1 页  |       | 第 1 页 |     |  |  |
| 批准 |  | 日期 |  | 2025.08 |               |  |                        |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'an JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |       |     |  |  |



|    |     |      |         |    |  |               |  |       |       |
|----|-----|------|---------|----|--|---------------|--|-------|-------|
|    |     |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  | 版本:R0 |       |
|    |     |      |         |    |  | 声力电话系统图       | 图号<br>GAJC4039-662-001   |       |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签 字     | 日期 |  |               | 标 记  | 质 量   | 比 例   |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |         |    |  |               | A4   |       | 1:1   |
| 校对 | 熊建  |      |         |    |  |               | 共 3 页  |       | 第 1 页 |
| 审核 | 黄廷  |      |         |    |  |               |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |  |               |  |       |       |





说明：1、本图中电缆均采用CJ86/SC型，规格如图所示。

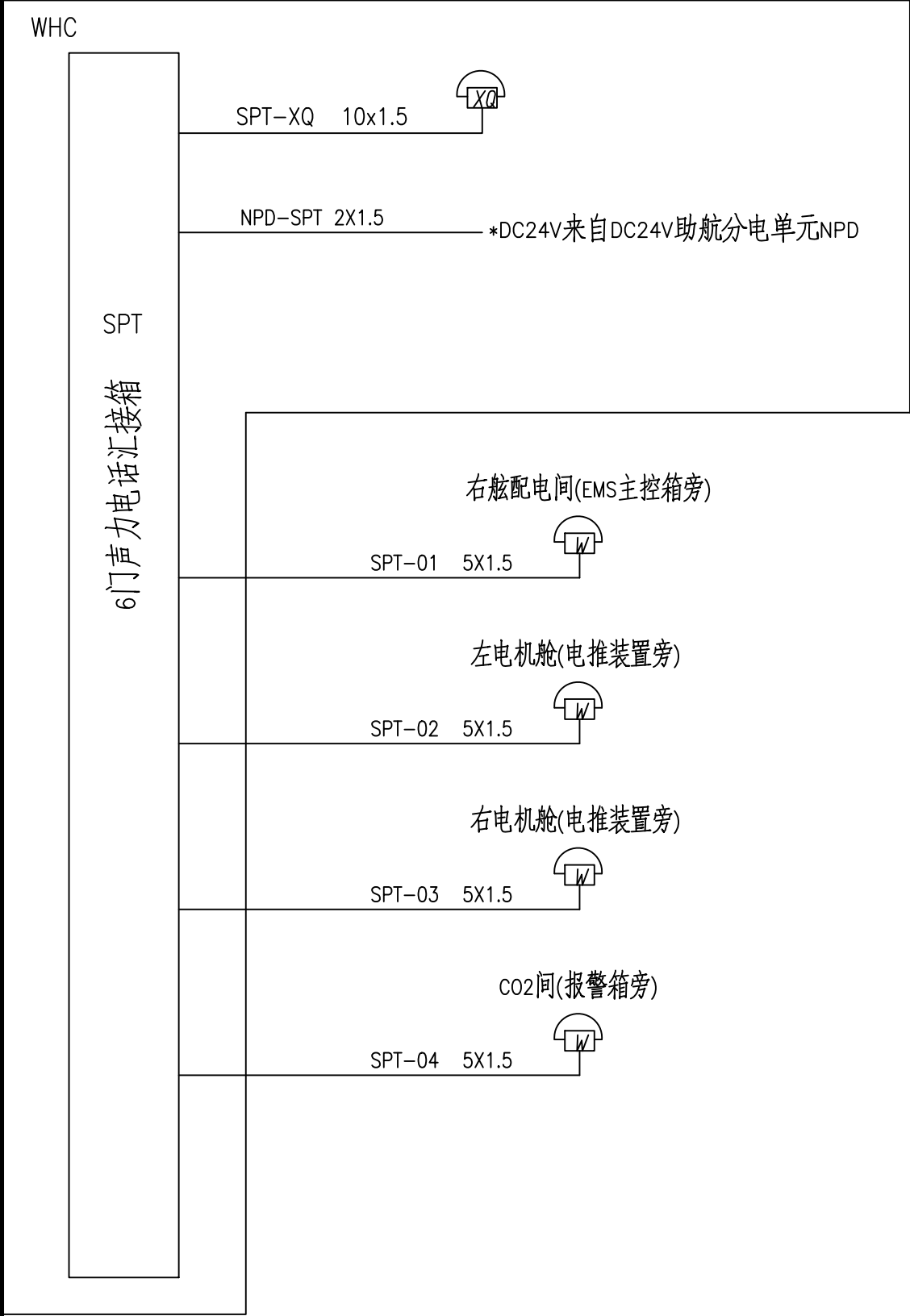
2、驾驶室的声力电话具有忙线插入通话功能。


3、带 \* 电缆为设备内接线。

4、本船为电力推进船，噪音低故机舱不考虑抗噪声型电话和闪光分铃器。

|    |   |           |    |         |     |
|----|---|-----------|----|---------|-----|
|    |   |           |    |         |     |
|    |   |           |    |         |     |
| 3  |  | 壁挂式直通声力电话 | 5  | HSC-G   |     |
| 2  |  | 嵌入式选通声力电话 | 1  | HSC-12Q |     |
| 1  | SPT   | 6门声力电话汇接箱 | 1  | 6KHX-1G |     |
| 序号 | 代 号   | 名 称       | 数量 | 型号及规格   | 附 注 |

驾控台






|    |     |      |         |    |               |  |                  |       |
|----|-----|------|---------|----|---------------|--|------------------|-------|
|    |     |      |         |    | 20/30客位新能源客渡船 | 设计阶段:送审设计  | 版本:R0            |       |
|    |     |      |         |    | 火灾探测报警系统图     | 图号   | GAJC4039-665-001 |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签字      | 日期 |               | 标 记  | 质 量              | 比 例   |
| 设绘 | 金忠国 | 会签   |         |    |               | A4   |                  | 1:1   |
| 校对 | 熊建  |      |         |    |               | 共 3 页  |                  | 第 1 页 |
| 审核 | 黄庄  |      |         |    |               |  |                  |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |               |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |                  |       |

说明：1、本图中所有未注明电缆的型号选用CJ86/NC 2X1.5。

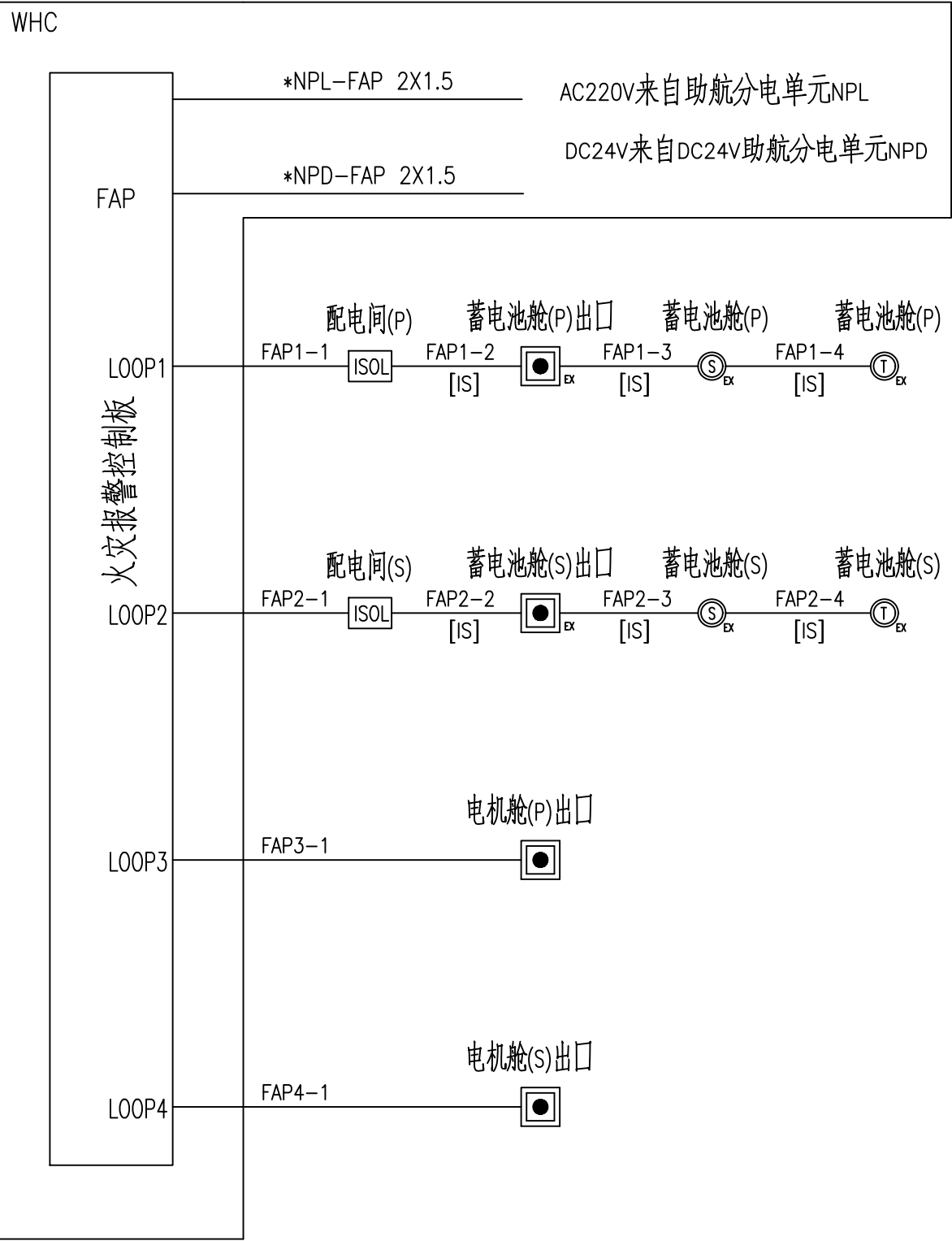
2、带 \* 电缆为设备内接线。

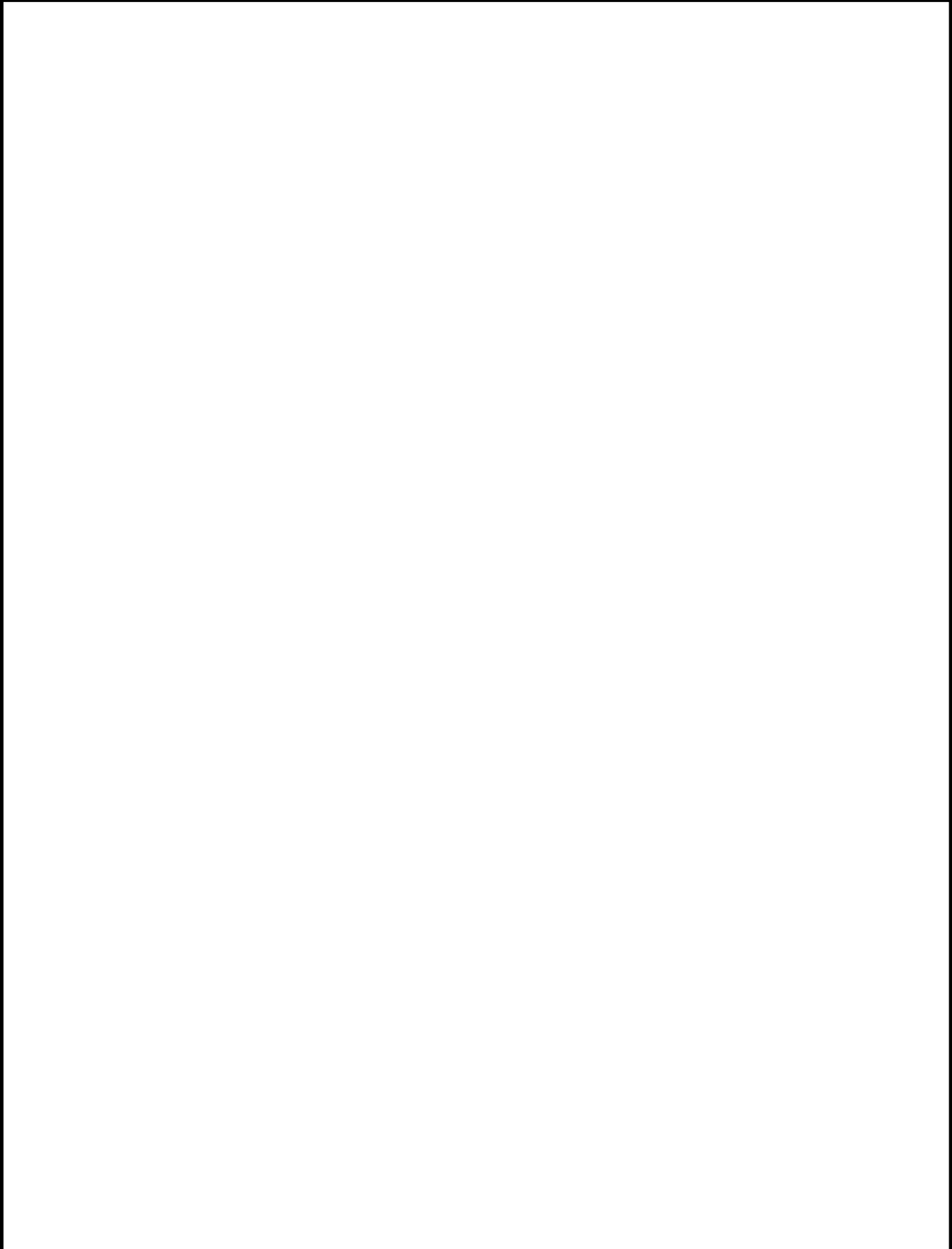
3、带 \*\* 电缆为设备机附电缆。


4、标注[IS]的电缆为本质安全回路电缆。

|    |   |         |    |          |     |
|----|---|---------|----|----------|-----|
| 6  |  | 防爆火警按钮  | 2  | HD05Ex   |     |
| 5  |  | 防水火警按钮  | 2  | HD05F    |     |
| 4  |  | 防爆安全栅   | 2  | S802     |     |
| 3  |  | 防爆感温探头  | 2  | ZH1805Ex |     |
| 2  |  | 防爆感烟探头  | 2  | ZH1802Ex |     |
| 1  | FAP   | 火灾报警控制器 | 1  | JBS-MB   |     |
| 序号 | 代 号   | 名 称     | 数量 | 型号及规格    | 附 注 |

驾控台





|    |     |      |         |    |  |  |                        |       |       |
|----|-----|------|---------|----|--|--|------------------------|-------|-------|
|    |     |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船  | 设计阶段:送审设计              | 版本:R0 |       |
|    |     |      |         |    |  | 可燃气体探测报警系统图  | 图号<br>GAJC4039-665-002 |       |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签 字     | 日期 |  |  | 标 记                    | 质 量   | 比 例   |
| 设绘 | 李忠国 | 会签   |         |    |  |  | A4                     |       | 1:1   |
| 校对 | 熊波  |      |         |    |  |  | 共 3 页                  |       | 第 1 页 |
| 审核 | 黄正  |      |         |    |  |  |                        |       |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |                        |       |       |

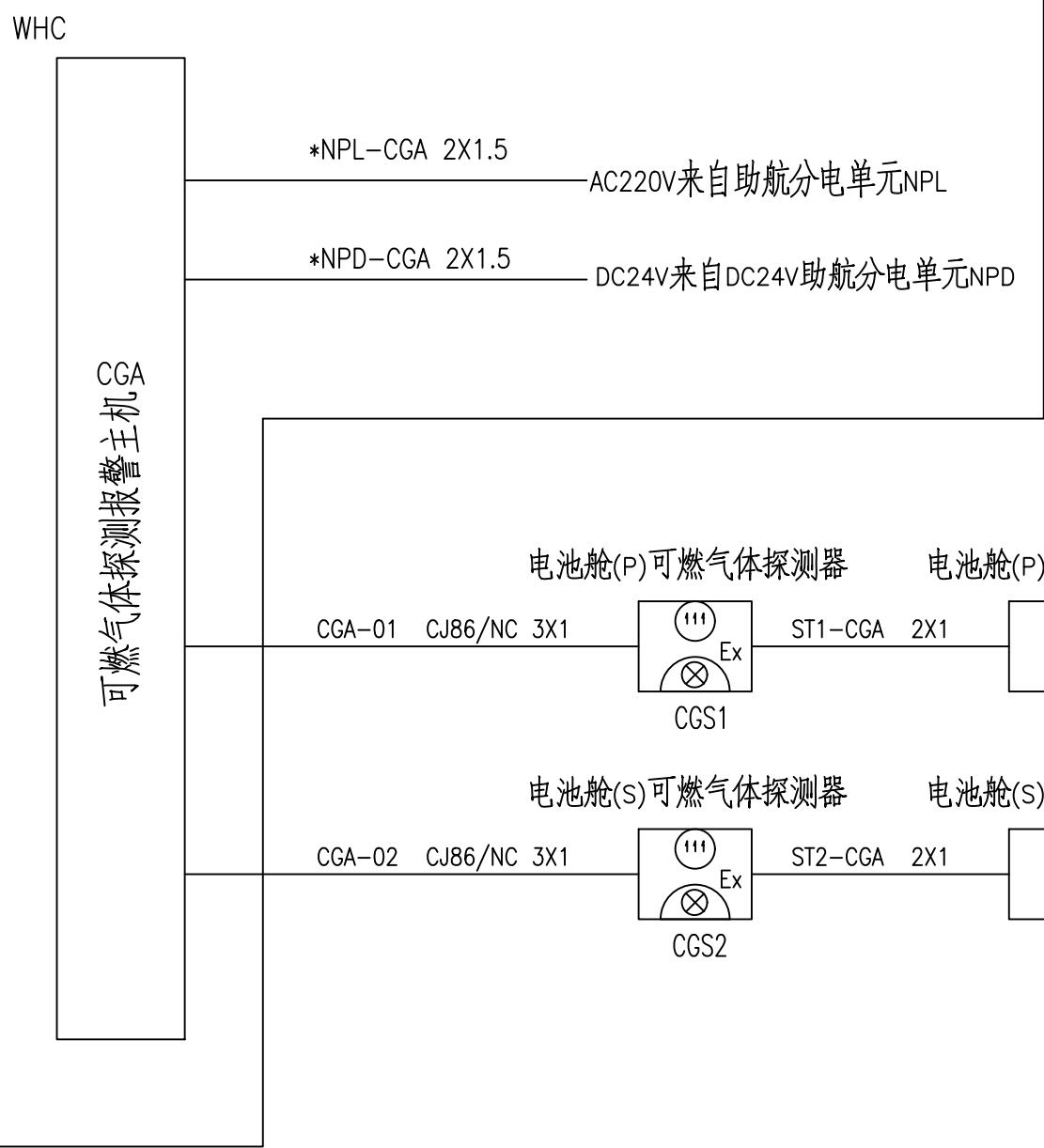
说明：1、本图中电缆均采用CJ86/NC型，规格如图所示。

2、当探测到电池舱内可燃气体浓度大于其爆炸下限（体积分数）的20%时，在驾驶室控制器上发出声光报警，同时自动启动电池舱风机。

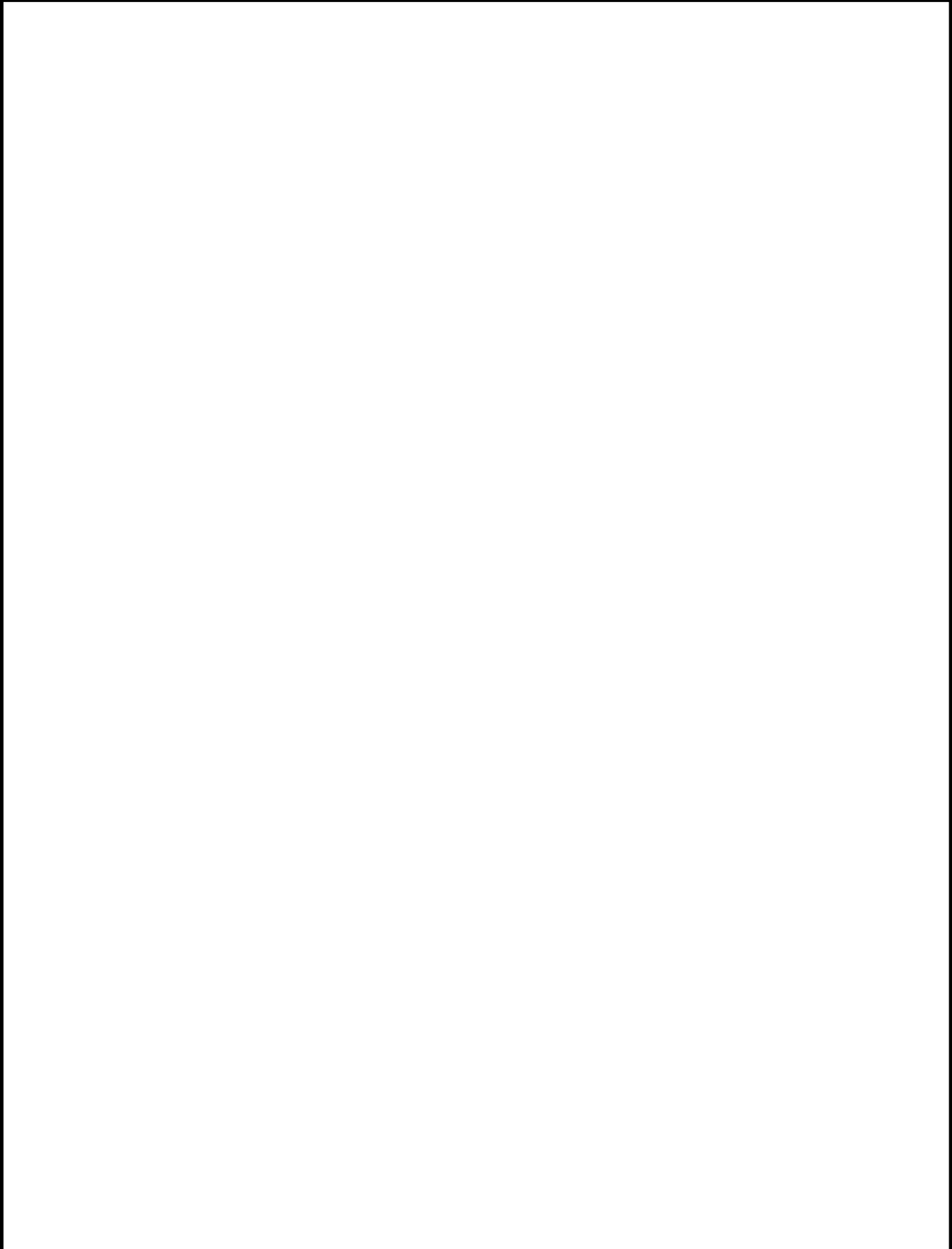
3、成套设备请按随机资料的技术要求进行安装。


|    |           |            |    |              |      |
|----|-----------|------------|----|--------------|------|
| 4  | ST1、ST2   | 电池舱风机控制箱   | 1  |              |      |
| 3  | WHC       | 驾驶室集中控制台   | 1  |              |      |
| 2  | CGS1、CGS2 | 可燃气体探测器    | 2  | ZH-GAS-1D Ex | 带报警器 |
| 1  | CGA       | 可燃气体探测报警主机 | 1  | ZH-GAS-1FQ   |      |
| 序号 | 代 号       | 名 称        | 数量 | 型号及规格        | 附 注  |

驾控台







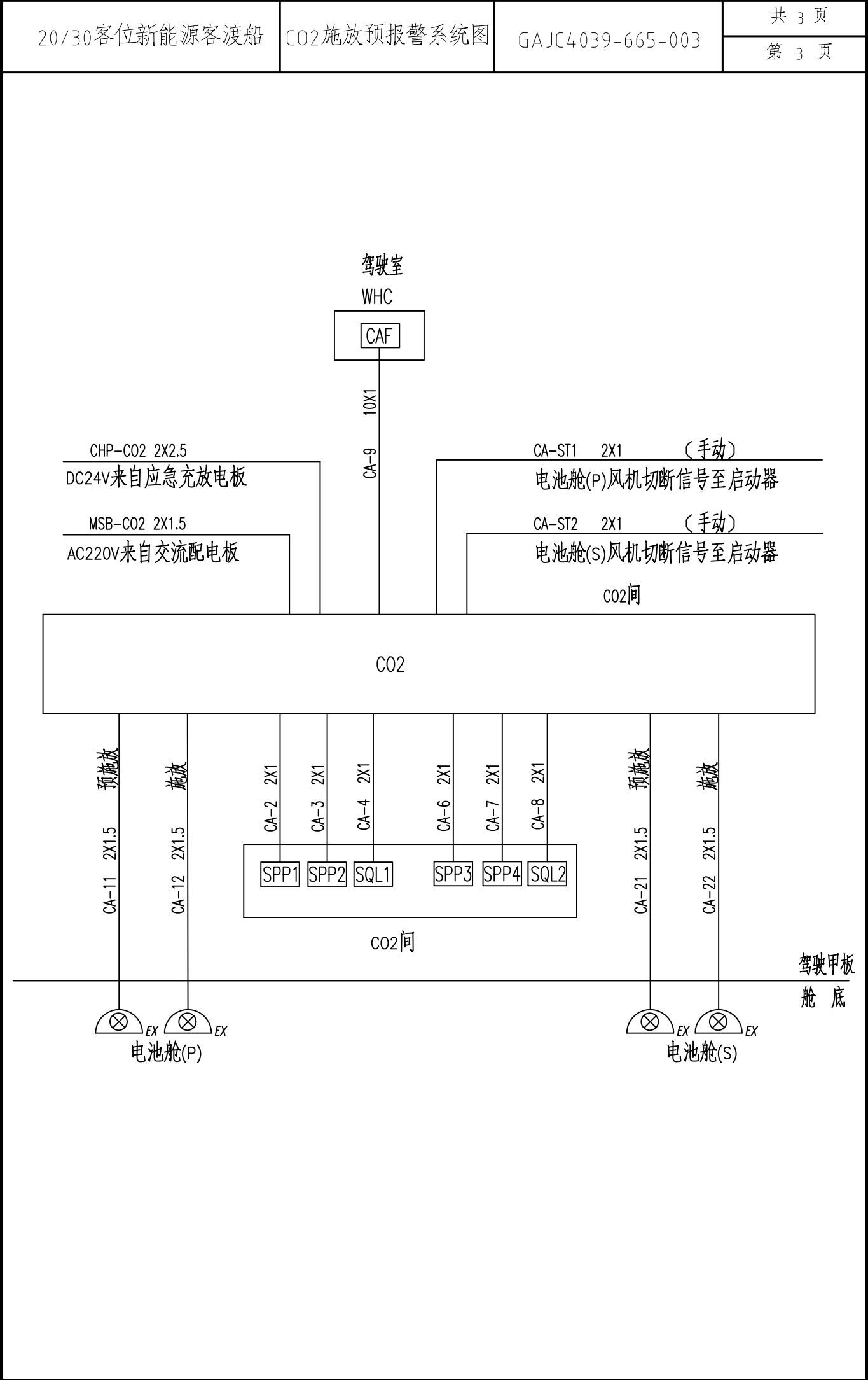
|    |     |      |         |    |  |  |                        |       |       |
|----|-----|------|---------|----|--|--|------------------------|-------|-------|
|    |     |      |         |    |  | 20/30客位新能源客渡船  | 设计阶段:送审设计              | 版本:R0 |       |
|    |     |      |         |    |  | CO2施放预报警系统图  | 图号<br>GAJC4039-665-003 |       |       |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签 字     | 日期 |  |  | 标 记                    | 质 量   | 比 例   |
| 设绘 | 余忠国 | 会签   |         |    |  |  | A4                     |       | 1:1   |
| 校对 | 熊波  |      |         |    |  |  | 共 3 页                  |       | 第 1 页 |
| 审核 | 黄庄  |      |         |    |  |  |                        |       |       |
| 批准 |     | 日期   | 2025.08 |    |  |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |                        |       |       |

说明：1、当船员得到火警报警信号后将施放站门打开，联动的行程开关（SL）动作，发出预报警信号，延时20s以上，待工作人员撤离，CO2灭火开始施放。报警信号应能在施放前和施放过程中应分别发出不同（长、短）的报警信号。CO2联动控制箱自带两个风机切断按钮，可以分别手动切断2个电池舱的风机。

2、本图中未标准电缆均采用CJ86/NC型，电缆规格如图。

3、成套设备请按随机资料的技术要求进行安装。

|    |  |             |    |                            |     |
|----|--|-------------|----|----------------------------|-----|
| 7  | WHC  | 驾驶室集中控制台    | 1  |                            |     |
| 6  | CAF  | CO2预施放报警复示器 | 1  |                            |     |
| 5  |  EX | 防爆声光报警器     | 4  | BBJ-ZR DC24V EXdIICT6 IP66 |     |
| 4  | SPP3~4   | 泄露压力开关      | 2  |                            |     |
| 3  | SPP1~2   | 施放压力开关      | 2  |                            |     |
| 2  | SQL1~2   | 施放阀限位开关     | 2  |                            |     |
| 1  | CO2  | CO2施放预报警控制箱 | 1  |                            |     |
| 序号 | 代 号  | 名 称         | 数量 | 型号及规格                      | 附 注 |




项 目：20/30客位新能源客渡船

设计单位：广安剑辰船舶技术服务有限公司

三电集成：宜昌菲亚机电设备有限公司

电池厂家：武汉亿纬储能有限公司

|    |     |      |         |    |                 |  |       |    |
|----|-----|------|---------|----|-----------------|--|-------|----|
|    |     |      |         |    | 20/30客位新能源客渡船   | 设计阶段：送审设计  | 版本：R0 |    |
|    |     |      |         |    |                 |  |       |    |
|    |     |      |         |    |                 |  |       |    |
|    |     |      |         |    |                 |  |       |    |
| 标记 | 数量  | 修改单号 | 签字      | 日期 | 电池动力船风险评估<br>报告 | GAJC4039-601-001PS   |       |    |
| 编制 | 余建同 | 会 签  |         |    |                 | 标 记  | 质量kg  | 比例 |
| 校对 | 熊建  |      |         |    |                 | 35   |       |    |
| 标检 |     |      |         |    |                 | 共 87 页   | 第 1 页 |    |
| 审核 | 黄正  |      |         |    |                 |  广安剑辰船舶技术服务有限公司<br>Guang'An JianChen Marine Technology Co., Ltd |       |    |
| 审定 |     | 日期   | 2025.08 |    |                 |  |       |    |

# 目录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1、引言 .....                      | 5  |
| 2、目标和范围 .....                   | 5  |
| 3、描述 .....                      | 6  |
| 3.1 概述 .....                    | 6  |
| 3.2 电制 .....                    | 7  |
| 3.3 动力电池系统 .....                | 8  |
| 3.4 配电系统 .....                  | 9  |
| 3.5 推进系统 .....                  | 12 |
| 3.6 其他（电池舱布置 消防 人员逃生） .....     | 13 |
| 4、方法 .....                      | 13 |
| 4.1 危险识别 .....                  | 13 |
| 4.2 危害性分析 .....                 | 13 |
| 4.3 可能性分析 .....                 | 14 |
| 4.4 风险评价 .....                  | 14 |
| 4.5 决策建议 .....                  | 14 |
| 4.6 建议的落实与确认 .....              | 14 |
| 4.7 风险评估时间安排 .....              | 14 |
| 5、团队 .....                      | 15 |
| 6、结果 .....                      | 15 |
| 6.1 风险评估原则 .....                | 17 |
| 6.2 电池系统风险评估 .....              | 17 |
| 6.3 配电系统风险评估 .....              | 26 |
| 6.4 推进系统风险评估 .....              | 31 |
| 6.5 其他（电池舱布置 消防 人员逃生）风险评估 ..... | 36 |
| 6.6 全船风险综合评估 .....              | 37 |
| FMEA 风险等级评判方法 .....             | 37 |
| FMEA 风险评估表 .....                | 39 |
| 7、分析结论 .....                    | 50 |
| 8、采取行动 .....                    | 51 |
| 附录 A 研讨会 .....                  | 56 |
| 一、风险评估团队成员名单 .....              | 56 |
| 二、风险评估团队会议签到表 .....             | 57 |
| 三、会议记录 .....                    | 58 |
| 附录 B 图纸、工艺信息和参考文献 .....         | 60 |
| 一、电气类图纸目录 .....                 | 60 |
| 二、电磁兼容风险分析与设计报告 .....           | 61 |
| 三、电气主要设备明细表 .....               | 71 |
| 四、工艺信息 .....                    | 76 |
| 五、参考文献 .....                    | 87 |

## 执行摘要

依据 MSA《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）、CCS《船舶应用电池动力规范》（2023）及 2024 修改通报要求，本报告从危险识别、危害性分析、可能性分析、风险评价、决策建议这几个方面，采用 FMEA 方法对本船进行风险评估，以证明本船的安全风险可以被接受。

本次评估由四川省航务海事管理事务中心组织召开，评估会议于 2025 年 9 月 15 日在：四川省广安市经济技术开发区深广渠江云谷（广安剑辰船舶技术服务有限公司 3 楼会议室）举行。

CCS 武汉规范研究所、四川省航务海事管理事务中心、四川省宜宾市航务事务中心、四川省乐山市港航中心、四川省广安市航务海事事务中心、广安剑辰船舶技术服务有限公司、宜昌菲亚机电设备有限公司、亿纬锂能，安排专业技术人员出席会议，CCS 武汉规范研究所黄克闪高工为本次风险评估会议专家组长。参会人员涵盖电池、结构、消防、电气、工艺和应用等领域。

本次风险评估将考虑识别船舶动力系统相关的所有潜在风险，包括船舶的电池系统、配电系统、推进系统故障所导致的风险，以及电

池舱布置、消防及人员逃生等存在的风险。

经风险评估团队的充分讨论：纯电动船舶的锂电池系统采用热失控阻断等技术；配电系统硬件采用交直流选择性保护技术，软件通过EMS实时统计、计算、调度技术；推进系统（含冷却）采用全直流供电及冗余设计等技术、舵机使用人力方式；电池舱布置、消防及人员逃生不低于规范要求设计。本船各项风险等级均在低风险区域，为可接受的风险。

## 1、引言

为消除或降低使用锂电池做为动力电源时，锂电池系统、配电系统、推进系统及相关设施设备，可能给人员、船舶和环境带来的风险，本船将基于已知的信息，对潜在的风险进行识别，并进行风险评估。

本次评估由船舶设计方广安剑辰船舶技术服务有限公司主持。邀请 CCS 武汉规范研究所、四川省航务海事管理事务中心、四川省宜宾市航务事务中心、四川省乐山市港航中心、四川省广安市航务海事事务中心 等单位派出专家；船舶设计单位广安剑辰船舶技术服务有限公司、三电集成商宜昌菲亚机电设备有限公司、锂电池供应商亿纬锂能，安排专业技术人员出席会议。评估团队涵盖电池、结构、消防、电气、工艺和应用等领域。

## 2、目标和范围

依据《船舶应用电池动力规范》（2023）及 2024 修改通报要求，《内河小型船舶技术规则》（2024），《内河小型船舶建造规范》（2022），《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025），参考《纯电池动力船舶技术法规实施指南》（2023）。本报告从危险识别、危害性分析、可能性分析、风险评价、决策建议等方面对风险进行评估，以证明本船的安全风险可以被接受。

本次风险评估是基于已知的信息，对潜在的风险进行识别，将考虑识别船舶动力系统相关的所有潜在风险，包括船舶的电池系统、配电系统、推进系统故障所导致的风险，以及电池舱布置、消防及人员逃生等存在的风险。同时，收集整理专家团队意见，优化船舶和三电



设备的设计，让船舶在未来操作使用中更安全、更简捷。

### 3、描述

#### 3.1 概述

本船为双体客船、双机、双桨、双舵的电力推进客渡船。适航行于 B 级航区，不夜航、不雾航，船艏甲板禁止载客；单程航行时间限制：不大于 0.5h。。

船舶主要参数：

|        |                |       |                 |
|--------|----------------|-------|-----------------|
| 总 长    | L oA = 20.50 m | 船 长   | L = 19.10 m     |
| 水 线 长  | L BP = 18.70 m | 型 宽   | B = 4.80 m      |
| 片 体 宽  | b = 2.00 m     | 型 深   | D = 1.40 m      |
| 设计吃水   | d = 0.92 m     | 排 水 量 | $\Delta$ = 45 t |
| 肋 距    | s = 0.50 m     | 梁 拱   | h = 0.06 m      |
| 船舶类型   | 客渡船            | 乘客定额  | 30 人            |
| 船员人数   | 2 人            | 电推装置  | 37KW×2 台        |
| 续 航 力  | 2.5h           | 航区：   | B 级航区           |
| 单程航行时间 | 不大于 0.5h       |       |                 |

本船配置 2 套独立锂电池系统且安装于独立电池舱中，作为船舶动力源提供了足够的容量和冗余，以确保其中一个电池舱及对应的一套电池系统，发生任何故障无法正常工作时，剩余电池舱及其锂电池系统能够继续为船舶安全所必须的设备供电 4h，并维持一定航速至船舶到达最近港口；配电系统中直流母线采用独立二段对应二套独立

电池系统（分布式供电）。二套独立推进系统由二段独立母线供电，且冷却系统由相应分段直流供电；舵向装置为人工舵方式。全船充电放电及交直流操作、报警显示，由 EMS 执行。电池舱设火灾报警、可燃性气体检测、CO2 等消防灭火设施设备。配置声力电话、广播等内通设备，标配电笛、甚高频、自动识别仪等助航设备。

3.2 电制

本船采用以下几种电制：

| 项目                  | 电压            | 频率   | 相数   | 导线  |
|---------------------|---------------|------|------|-----|
| 直流母排电压              | DC576V        | —    | —    | 2 线 |
| 日用动力设备              | AC380V        | 50Hz | 3    | 3 线 |
| 主照明                 | AC220V        | 50Hz | 1    | 2 线 |
| 临时应急照明、航行信号灯        | DC24V         | —    | —    | 2 线 |
| 航行、无线电<br>船内通信、报警设备 | AC220V        | 50Hz | 1    | 2 线 |
|                     | DC24V         | —    | —    | 2 线 |
| 自动化设备               | AC220V        | 50Hz | 1    | 2 线 |
|                     | DC24V         | —    | —    | 2 线 |
| 生活设备（含单相空调）         | AC220V        | 50Hz | 1    | 2 线 |
| 客舱空调                | AC380V/AC220V | 50Hz | 3P+N | 4 线 |
| 岸电电源                | AC380V        | 50Hz | 3    | 3 线 |

注：动力直流系统为二线对地绝缘系统；岸电为三相三线制对地绝缘系统；交流动力及日用为三相四线中性点接地系统；应急 24VDC 为二线对地绝缘系统。

3.3 动力电池系统

本船动力系统来源于安全等级为 2 的磷酸铁锂电池系统，供设置

2 组独立的 120.96kWh（576VDC 210AH）电池组，分别布置在两个锂电池舱，通过岸电进行充电，20~100%充电时间小于 3.5 小时。

电池系统由电池包、簇（组）高压箱、接线箱及 BMS 组成；

全船电池系统标称电量 241.92kWh，标称电压 576VDC，包含 2 个独立的电池组。

每个电池组标称电量 120.96kWh，标称电压 576VDC，仅 1 个电池簇，由 1 簇（组）高压箱管理，同时由接线箱对外进行低压通讯及显示。电池簇由 10 个蓄电池包串联而成。

采用 CCS 型式认可的蓄电池包，型号：EVE-B3-2P18S-11，蓄电池包由 3 套 2P6S 模组（其中包括 1 个正极出线模组，2 个负极出线模组），1 套电池包箱体与箱盖、BMS 等组成，电池包内单体电芯热失控不扩散。

簇管理箱由 BMS 主控模块、继电器、连接铜排、箱体、预充电阻、电流传感器、连接器、外部环境感温装置、线束等组成，对电池簇内电池进行直接控制和保护。

每个电池簇配备一个接线箱，接线箱具备为船舶提供快速、安全的标准低压接口，实现船舶高低压分离供电、数据处理、显示等功能。

### 3.4 配电系统

#### 3.4.1.直流配电板

本船机舱设直流配电板一座，直流配电板由二屏组成，落地式独立框架结构。板前检修，屏前安装有扶手，配整体底座。顶部设板前

照明、上前部设防滴檐。柜体表面为 RAL7035 静电喷逆、底座黑色磨砂静电喷塑。

动力电池组通过快速熔断器、接触器、断路器连接到直流母排上，可以满足船舶运行的相应需求。单组蓄电池组可对单侧推进电机和全部日用负载供电。其中快速熔断器按充放电设计值的 1.5 倍选型，仅用于主回路恶性短路保护；断路器按充放电设计值 1.25 倍左右进行限定，主要用于检修隔离；接触器做为 EMS 的执行硬件，对主电路进行分合控制。

直流母排分为两段，通过隔离接触器（正常使用时断开）将 2 段直流母线物理性断开。属于规范里典型的“分段之间不连接，实行分区供电”。系泊充电时，若其中 1 段的充电回路出现故障暂时不能正常工作，另 1 段充电设备可通过隔离接触器对该段电池组进行紧急充电。航行状态时，二段母线间隔离接触器处于断开状态，不采用一段电池组同时为二段推进供电。

直流配电板和推进电机的运行状态可在电机舱（配电间）和驾控台监控。推进控制柜从直流配电板取电，经逆变模块驱动 2 台 37kW 推进电机。交流动力日用电逆变装置设置两路，互为备用。

其中直流配电柜中，二段独立包含有 EMS 能量管理系统从站，见 3.4.3. 能量管理系统（说明）。用以实现对供电网络的电能变流监控、管理。EMS 系统通过控制接触器完成充电、放电动作，在充电、放电动作过程中，断路器并不动作，而是通过接触器的控制算法实现，从而实现对电能快速、精确、安全的管理。

### 3.4.2.交流配电板

本船机舱棚设交流配电板一座，由一屏组成，落地式独立框架结构。板前检修，屏前安装有扶手，配整体底座。顶部设板前照明、上前部设防滴檐。柜体表面为 RAL7035 静电喷逆、底座黑色磨砂静电喷塑。

交流动力或日用（400/230VAC/3P+N/50HZ）母线均不分段，属于集中供电。本船重要航行设备推进控制装置及附属冷却装置由独立分段直流母线直接供电，本船没有电动润滑装置，本船舵向装置为人力。交流集中供是符合《纯电池动力船舶技术法规实施指南》（2023）5.3.2.2（3）：对于为操舵装置以及推进装置/配电系统/电池系统等服务的冷却系统由直流主汇流排供电时，设备经变流器均匀地连接于至少两个独立的直流分段上，且备用装置的转换不影响船舶正常航行，交流主汇流排可以采用集中供电模式。

板上设有电流表、电压表、频率表、负载开关等。

（1）具有自动卸载功能（由 EMS 下发指令）。

（2）重要设备（不含推进及附属冷却润滑、舵向装置）由交流配电板直接供电，其余设备由交流配电板经分电箱供电。

（3）通过设置于驾控台和主甲左右舷机舱口外的舱室风机遥切按钮，在紧急情况下可以切断风机电源（含空调）。

（4）交流配电板 2 功能段由相应 EMS 从站控制。

### 3.4.3.能量管理系统

本能量管理系统简称 EMS（下述 EMS），对接电池组 BMS、全

船重要设备，主要负责全船能量分配管理、能量变流（充电、放电、逆变）管理、重要场所或装置热量管理、预警报警保护、通讯转换、数据采集及上传。本船 EMS 配 EMS 主站（主控箱）、1#EMS 从站、2#EMS 从站，主站、从站设人机交互界面并延伸至驾控台。1#EMS 从站设在直流母线柜 1#段，2#EMS 从站设在直流母线柜 2#段。全船集中控制时（正常状态），由 EMS 主站统一控制；非正常状态时如通信异常可分别对从站进行控制。人机交互方式由触摸屏完成。

本船 EMS 由 4 路电源供电：1#锂电池组（576VDC）、2#锂电池组（576VDC）、交流岸电（400VAC）、铅酸电池（DC24V），保证了 EMS 不间断供电和船舶安全。

直流母线柜各类断路器、熔断器、逆变器、绝缘表自带辅助触点，充电模块带 CAN 通讯接口，同时各段母线设有 485 通讯口的多功能表，EMS 可实时采集所有器件或功能单元的工况、参数。交流主配电板各输入断路器、日用输出断路器、接触器均带辅助触点，交流动力母线或日用母线设有 485 通讯口的多功能表，EMS 可实时采集所有器件或功能单元的工况、参数。EMS 实时主动联系 BMS，采集相关参数；EMS 被动将电量（SOC）数据发送给推进控制系统。

EMS 主要分系泊模式、航行模式。系泊模式分正常充电模式、紧急充电模式、休眠模式；航行模式分手动供电模式、自动模式。所有模式均为一键开启或关闭。

EMS 将全船重要信息收集后可自动存贮，亦可整理后可打包上传至监控平台。

### 3.5 推进系统

本船采用传统桨经过推力轴承直接推进；使用手动人力泵作为舵向装置。

推进电机为 2 台三相变频异步电机，功率 37KW，转速 0~731rpm，转矩 483N.M（最大转矩为额定 2.9 倍）。电机标配 AB 正交编码器、前后轴承及三相绕组温度传感器共 5 支 PT100、24V/60W 空间加热器。

推进控制系统与推进电机均采用强迫风冷方式，风冷电源由本柜主电源（直流）变流后供电。充放电板 DC24V 仅限用于通讯、监控、报警、电机加热。

本船推进可在驾驶室（推进遥控装置）集中操作，也可进行（推进控制装置）机旁操作。二处所均有各类状态、报警、运行参数指示，亦有急停、越控、复位操作功能。

推进控制系统与 EMS 信息交互，EMS 可禁止推进装置启动或要求推进装置限功率运行。推进控制装置实时将运行工况、参数发送至 EMS（如 EMS 收到推进控制装置的运行信号，则 EMS 不会断开相应装置的供电）。

本推进控制系统增设了转速跟踪功能，允许船舶全速前进时大换向；另增设了过载自动降速功能，可有效防止超载停机。

### 3.6 其他（电池舱布置 消防 人员逃生）

本船设置电池舱两个，左右舷对称布置主甲板以下。全船共 2 个独立电池组，共 20 个标准电池包；每个电池组：1 并 10 串，10 个标

准电池包；2 组电池分别布置在左右舷的电池舱内。电池包与外板、舱壁、上方甲板、舱壁支撑构件之距离满足《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）要求。

电池舱与机舱及其他相邻舱室的舱壁及甲板为 A60 防火分割，电池舱的门为 A0 级气密风雨密钢质防火门。电池舱内部布置有 CO2 灭火系统。二电池舱分别设置一部斜梯，直通主甲板走道。

## 4、方法

参考 CCS《船舶应用电池动力规范》2024 修改通报第 9 章、参考《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）第 9 章，本船风险安全评估包括以下步骤：

### 4.1 危险识别

危险识别的目的是发现、认可并记录风险，以确定可能对电池动力船舶产生重大影响的事件、产生的原因及产生的后果。本报告将采用故障模式和影响分析（FMEA）方法，对电池系统、配电系统、推进系统方面分析潜在故障的原因、后果及现有防护措施等，并对电池舱布置、消防、人员逃生等其他方面进行风险讨论。

### 4.2 危害性分析

危害性分析是对于每个识别出的危险，根据其产生的后果（如人员伤亡、财产损失、环境破坏），评估其严重程度危害性，并进行危



害性严重度等级划分。

### 4.3 可能性分析

可能性分析是根据已识别出的危险及引发危险发生的原因，综合评估危险发生的可能性，并进行可能性等级划分。

### 4.4 风险评价

风险分析可视为危害性分析与可能性分析的组合，用于判断风险是否已得到减轻并达到可接受的标准。本报告将危害性分析和可能性分析进行组合，形成风险矩阵，并将风险矩阵划分为：高风险区域、低风险区域、两者之间的临界区域。高风险区域被认为是不可接受的风险；低风险区域被认为是可接受的风险；临界区域需要进行风险评估以决定究竟是否应该采取措施减小风险，或是否需要预先做进一步的研究。

### 4.5 决策建议

基于对识别出的风险的评价，提出相应建议，并尽可能保证建议后的识别出的高风险按建议完善后，风险等级被降低至可接受的低风险区域。

### 4.6 建议的落实与确认

风险评估形成的建议措施应由风险评估报告送审方予以落实，并形成落实情况说明，作为风险评估报告相关内容送审。风险评估报告

中形成的建议措施落实情况应由验船师现场确认。

4.7 风险评估时间安排

在本次风险评估中，评估团队在总体设计中各个部分花费的评估时间如下表所示：

表 1 评估时间表

| 分类   | 研讨时长 | 备注             |
|------|------|----------------|
| 电池系统 | 1h   |                |
| 配电系统 | 1h   |                |
| 推进系统 | 1h   |                |
| 相关方面 | 1h   | 舱室布置、消防、散热、逃生等 |

5、团队

本次风险评估参会人员来自于 CCS 武汉规范研究所、四川省航务海事管理事务中心、四川省宜宾市航务事务中心、四川省乐山市港航中心、四川省广安市航务海事事务中心 、广安剑辰船舶技术服务有限公司、宜昌菲亚机电设备有限公司、亿纬锂能。参会人员涵盖电池、结构、消防、电气、工艺和应用等领域。黄克闪为本次风险评估会议专家组长，参会人员信息如下表所示。

表 2 风险评估参会人员

| 序号 | 姓名  | 单位             | 职务或职称 | 专业/领域    |
|----|-----|----------------|-------|----------|
| 1  | 黄克闪 | CCS 武汉规范研究所    | 高工    | 电气       |
| 2  | 周林章 | 四川省航务海事管理事务中心  | 船检副处长 | 船体       |
| 3  | 谭祖贤 | 四川省航务海事管理事务中心  | 验船师   | 船体       |
| 4  | 胡天淇 | 四川省航务海事管理事务中心  | 验船师   | 电气       |
| 5  | 刘苇含 | 四川省乐山市港航中心     | 验船师   | 轮机       |
| 6  | 袁明  | 宜宾市航务事务中心      | 船检科长  | 电气       |
| 7  | 郑振  | 四川省广安市航务海事事务中心 | 船检科长  | 船体       |
| 8  | 杨洋  | 四川省广安市航务海事事务中心 | 验船师   | 轮机       |
| 10 | 黄臣  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 总经理   | 电气       |
| 11 | 陶翼  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 总工程师  | 船体(含消防)  |
| 12 | 黄建华 | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 工程师   | 船体       |
| 13 | 廖炎  | 宜昌菲亚机电设备有限公司   | 总经理   | 应用(轮机)   |
| 14 | 向国亮 | 宜昌菲亚机电设备有限公司   | 总工程师  | 三电集成(电气) |
| 15 | 张海峰 | 武汉亿纬储能         | 工程师   | 锂电池(电气)  |
| 16 | 杜鹏程 | 武汉亿纬储能         | 工程师   | 锂电池(电气)  |

## 6、结果

### 6.1 风险评估原则

本次风险评估将考虑识别船舶动力系统相关的所有潜在风险，包括船舶的电池系统、配电系统、推进系统故障所导致的风险，以及电池舱布置、消防及人员逃生等存在的风险。对于设备级故障模式和影响分析，如变流器设备内部元器件损坏、控制板损坏等，本报告不进行详细的区别，统一认为该故障最终导致变流设备运行故障。本次风险评估将基于单一故障理念，不考虑两个故障同时发生。

### 6.2 电池系统风险评估

#### 6.2.1 电池系统概述

本项目电池系统，按照以下规范进行设计，满足船舶使用条件：

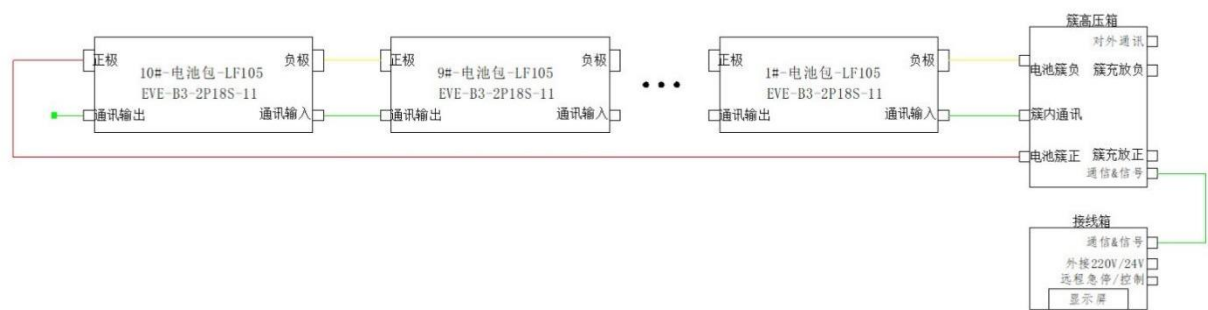
- 1) CCS《钢质内河船舶建造规范》（2016）及其修改通报 第3篇 第1、5章；
- 2) CCS GD019-2024 电气电子产品型式认可试验指南；
- 3) CCS 《船舶应用电池动力规范》2023 及 2024 修改通报；
- 4) 《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）。

全船电池系统标称电量 241.92kWh，标称电压 576VDC，包含 2 个独立的电池簇。。

每个电池簇标称电量 120.96Wh，标称电压 576VDC，由 10 个蓄电池包串联而成。

电池包由 105Ah 电芯 2 并 18 串成组。

电池系统每个电池组的单线拓扑图如下：



电池系统的单线拓扑图

电池组技术参数表

| 序号 | 项目       | 描述                                     | 备注                      |
|----|----------|--|-------------------------|
| 1  | 组合方式     | <u>LF105-2*2P180S</u>                  |                         |
| 2  | 标称电压     | <u>576V</u>                            |                         |
| 3  | 标称容量     | <u>2*210Ah</u>                         |                         |
| 4  | 电压范围     | <u>522VDC~630VDC</u>                   |                         |
| 5  | 标称能量     | <u>241.92kWh</u>                       |                         |
| 6  | 系统末期可用电量 | <u>154.8288Wh</u>                      | <u>@80%DOD , 80%SOH</u> |
| 7  | 重量       | <u>约 2.5t</u>                          |                         |
| 8  | 工作环境温度   | <u>充电：0℃~55℃</u><br><u>放电：-20℃~55℃</u> |                         |

|   |      |      |  |
|---|------|------|--|
| 9 | 冷却方式 | 强制风冷 |  |
|---|------|------|--|

(1) 电芯主要参数:

系统采用 CCS 型式认可的电芯, 型号: LF105, 参数见下表:

| 序号 | 项目         | 参数                             | 备注  |
|----|------------|--------------------------------|---|
| 1  | 电芯类型       | 方形磷酸铁锂                         |   |
| 2  | 电芯型号       | LF105                          |   |
| 3  | 标称容量       | 105Ah@ 0.5C 放电                 | 25±2℃                                     |
| 4  | 额定电压       | 3.2V                           |   |
| 5  | 交流内阻       | ≤0.37mΩ                        | 1kHz                                      |
| 6  | 单体电芯重量     | 1980±60g                       |   |
| 7  | 单体电池电压范围   | 2.5V ~ 3.65V                   | 应用本系统时:<br>放电保护电压: 2.9V ,<br>充电保护电压: 3.5V |
| 8  | 工作环境温度范围   | 充电: 0℃ ~ 55℃<br>放电: -20℃ ~ 55℃ |   |
| 9  | 最大持续充/放电倍率 | 1C/1C                          | 25±2℃, 测试环境: 具体参照<br>MAP充放电测试表            |
| 10 | 循环寿命       | ≥4000次(带夹具循环)                  | 25±2℃、0.5C充放                              |
| 11 | 尺寸         | 201mm×130.8mm×36.8<br>mm       | ±0.5mm, 含极柱高度和包膜厚度                        |

(2) 电池包主要参数:

EVE-B3-2P18S-11, 蓄电池包由 3 套 2P6S 模组 (其中包括 1 个正极出线模组, 2 个负极出线模组), 1 套电池包箱体与箱盖、BMS 等组成, 电池包内单体电芯热失控不扩散, 电池包参数如下表。

电池包技术参数表

| 序号 | 项目     | 描述                       | 备注 |
|----|--------|--------------------------|----|
| 1  | 连接方式   | 2P18S                    |    |
| 2  | 标称电压   | 57.6VDC                  |    |
| 3  | 标称容量   | 210Ah                    |    |
| 4  | 标称能量   | 12.096kWh                |    |
| 5  | 外壳材质   | 钣金                       |    |
| 6  | 安装方式   | 螺丝固定                     |    |
| 7  | 热管理方式  | 风冷散热                     |    |
| 8  | 蓄电池包尺寸 | 深 649mm 宽 517mm 高 220 mm |    |
| 9  | 防护等级   | IP67                     |    |
| 10 | 箱体重量   | 93±5kg                   |    |
| 11 | 绝缘电阻   | > 550MΩ ( 1000 VDC )     |    |

### (3) 簇（组）高压箱

簇管理箱由 BMS 主控模块、继电器、连接铜排、箱体、预充电阻、电流传感器、连接器、外部环境感温装置、线束等组成，对电池簇内电池进行直接控制和保护。

电池簇（组）技术参数表

| 序号 | 项目   | 描述            | 备注 |
|----|------|---------------|----|
| 1  | 组合方式 | LF105-2P180S  |    |
| 2  | 标称电压 | 576VDC        |    |
| 3  | 标称容量 | 210Ah         |    |
| 4  | 电压范围 | 522VDC~630VDC |    |
| 5  | 标称能量 | 120.96kWh     |    |
| 6  | 重量   | 约 1.2t        |    |
| 7  | 放置方式 | 电池架           |    |

### (4) 接线箱

接线箱具备为船舶提供快速、安全的标准低压接口，实现船舶高

低压分离供电、数据处理、显示等功能。

#### （5）电池管理系统

电池管理系统（BMS）经 CCS 型式认可，主要包含一级 BMS 从控单元、BMS 安全功能从控单元、二级电池簇管理单元，组成二级系统。二级电池簇管理单元含有完全独立的安全功能模块，可以单独构成二级管理系统保证电池系统的安全性。

一级装配在电池包内部，用于监测电芯电压和温度，BMS 安全功能从控单元用于过高温保护功能，并将电池箱内的信息通过 CAN 总线传递到二级电池簇管理单元。

二级电池簇管理单元集成在簇管理箱（簇高压箱）内部。监控电池簇内各项参数状态，执行保护和控制动作，直接控制电池簇的运行。

配置接线箱可与船上相关系统进行通信，以便整船动力系统协调管理。

#### （7）热管理系统（强制风冷）

本电池系统采用强制风冷为电池包进行散热，电池架内设有独立风扇，通过独立风道和风口为每个电池包进行散热。风扇通过 BMS 控制启停，当 BMS 采集到电芯温度过高时，自行启动风机，为电池系统进行散热；

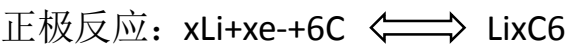
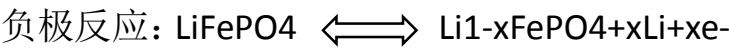
### 6.2.2 电池系统风险分析及评估

#### （1）电芯风险分析

本系统采用磷酸铁锂电芯，型号为 LF105，安全等级为 2，热失



控状态下不释放氧气，燃烧（爆炸）风险较低；正常工作状态下化学反应式为：



电芯在正常使用的情况下不会产生安全风险，当电芯未按规定要求使用时，如内部短路（外部撞击、挤压、针刺等）、外部短路、外部高温等，会造成安全风险，严重时，会以热失控的方式表现出来。

热失控状态下，单电芯释放的气体总量为 50.03L，常温燃烧下限为 6.0%，热失控电芯表面平均温度为 276.6℃，气体排放时电芯表面平均温度 216.5℃；其主要释放的气体成分及比例如下（UL9540A）；

| Vent gas components (excluding O <sub>2</sub> and N <sub>2</sub> ) |                       |
|--|-----------------------|
| Gas component  | Concentration % (v/v) |
| CO <sub>2</sub>  | 28.73                 |
| CO   | 7.59                  |
| H <sub>2</sub>   | 48.39                 |
| CH <sub>4</sub>  | 6.34                  |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>                                      | 5.04                  |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>                                      | 1.49                  |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                                      | 1.31                  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                                      | 0.41                  |
| C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>                                      | 0.52                  |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                                     | 0.17                  |
| Total  | 100                   |

热失控主要气体为 CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 和 C&H 化合物，上述气体中含有有毒可燃气体，无氧气释放。

（2）电池包风险分析

电池包型号为 EVE-B3-2P18S-11，电池包经 CCS 型式认可，采用 IP67 防护等级电池包，有效隔绝外部氧气，外壳采用钢质钣金工艺，结构强度可满足燃烧、挤压、振动等测试；电芯间配有气凝胶隔热垫，包内配有气溶胶火情防控模块，可对热失控电芯进行有效隔离和初期火情抑制，通过热失控扩散试验，单电芯热失控不蔓延，尾部设有防爆泄放阀，避免内部气体堆积爆炸风险，确保排气朝向尾部，保障过道和检修空间的安全性。

### （3）电池系统风险

全船配备 2 簇（组）独立的电池系统，1 个簇（组）高压箱和 1 个接线箱管理，由二级主控对外通讯。

簇（组）高压箱、接线箱采用钢质钣金件制作，具有较高结构强度，防护等级均满足 IP44，线束通过填料函或接插件进入箱内，可有效避免大颗粒粉尘和飞溅水进入箱内，影响正常作业；

电池系统设备均安装在钢制电池架上，结构型式经过振动和强度测试，材料能够保证高温下稳定性，满足船舶正常航行环境条件和热失控环境下安全性；

高压箱内主动力回路均设置双继电器控制，当单个继电器失效时，另一个可以进行动作脱开，同时设有熔断器避免系统超负荷运行。簇（组）高压箱设有 MSD，确保人员检修时高压下电，保障维护人员操作安全。

全船电缆选用船用阻燃电缆，内部动力线选用专用接插件，有效防止电缆损坏，线束链接错误导致的系统短路和绝缘故障，同时设有

绝缘检测，可实时对系统绝缘情况进行检测；

#### （4）电池管理系统风险

电池管理系统为二级管理系统，经 CCS 型式认可，硬件部分别安装在电池包（常温常压采集板、独立过高温采集板）、簇高压箱（二级主控）内。

电池管理系统最高支持 1500V 电压平台，硬件满足船舶可靠性测试，经过、EMC、HIL、PACK 等多维度测试，满足船舶使用工况和环境测试，少数能满足 IEC62477 标准加强绝缘产品，具有较高可靠性；

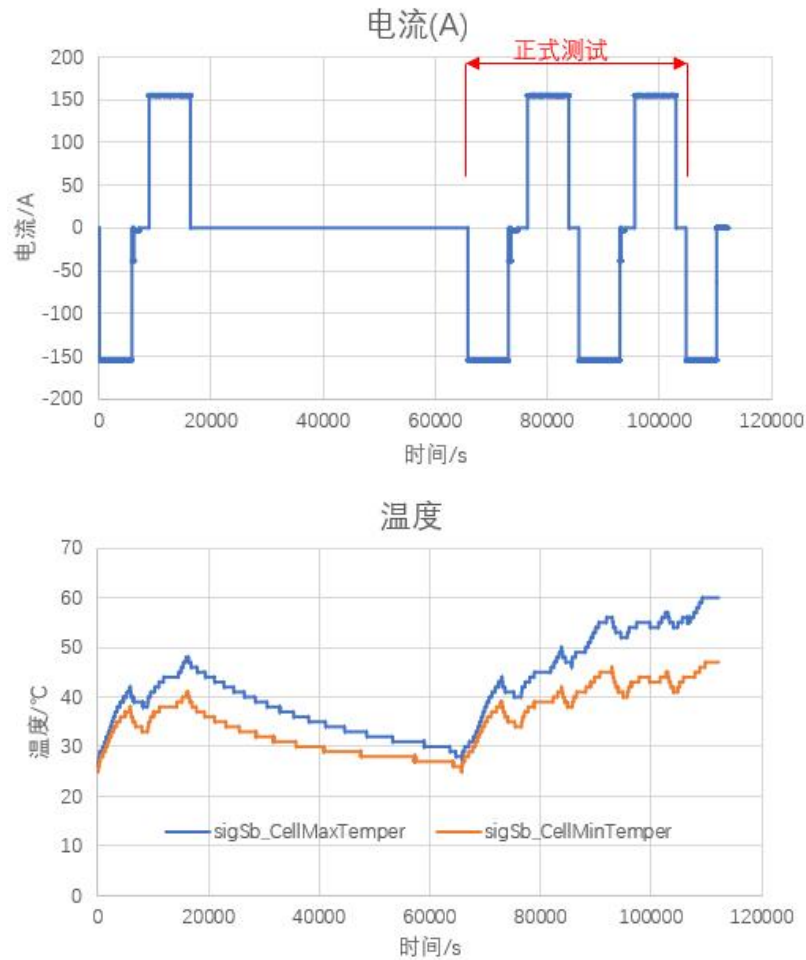
电池管理系统采用双供电，其中一路来自于电池系统自身主电源供电，在全船交直流配电板断电时，仍可保证 BMS 正常运行，另一路来自 24V 备用电源，当电池系统出现故障时，BMS 仍然可以满足短时工作要求和启动电池系统功能；

#### （5）热管理系统风险

本系统采用强制风冷热管理，通过温度实现风扇启停，每个电池包设有独立风道和风口，电池系统可满足：0℃～55℃充电及-20℃～55℃放电。

电池布置在舱室内，运行区域为长江上游或支流，舱内环境为 0 度以上，无需进行加热；

经测试，电池系统在  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，0.5C 充放电倍率下进行 1 次充放电循环。电池最高温度 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ 。当风冷失效时，仍可以满足船舶 0.5C 充放电。



测试数据

### （6）电池系统外部风险

电池系统布置、防火或火灾报警、可燃性气体检测见其他（电池舱布置 消防 人员逃生）风险评估。

电池包为 IP67 防护等级，高压箱和接线箱为 IP44 防护等级，设备线束间连接采用 IP67 接插件或填料函，可有效防止外部溅水进入电池系统设备中。

### 6.2.3 电池系统风险评估结论

通过以上的分析和论述，总结了现阶段存在的风险，进行了分析评估管理。

该电池系统在过程设计以及实际过程中已考虑电池系统从电芯到系统的：自身安全、结构安全、热管理安全、消防安全、电器安全等。

## 6.3 配电系统风险评估

### 6.3.1 配电系统概述

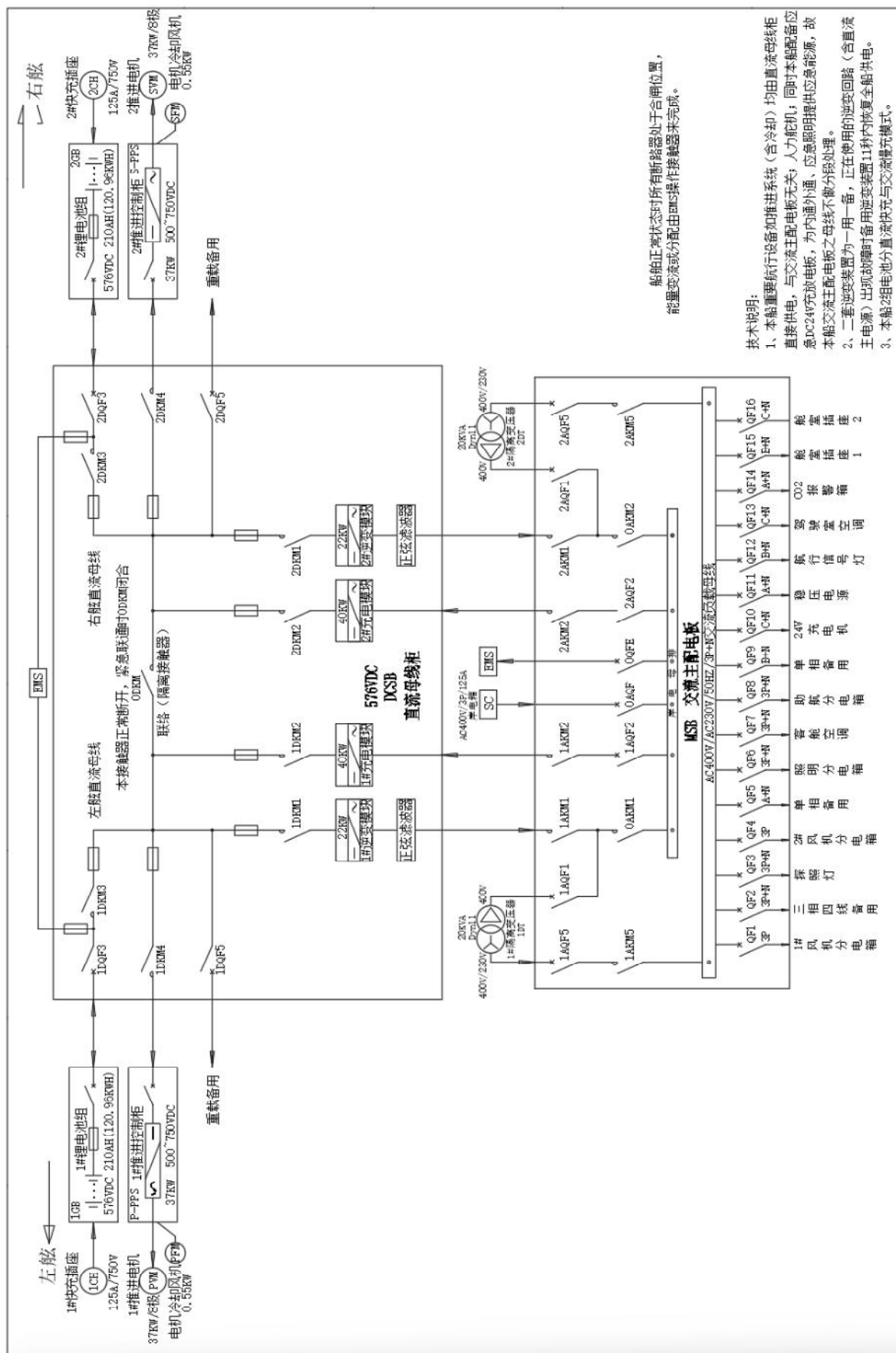
本项目配电系统，按照以下规范进行设计，满足船舶使用条件：

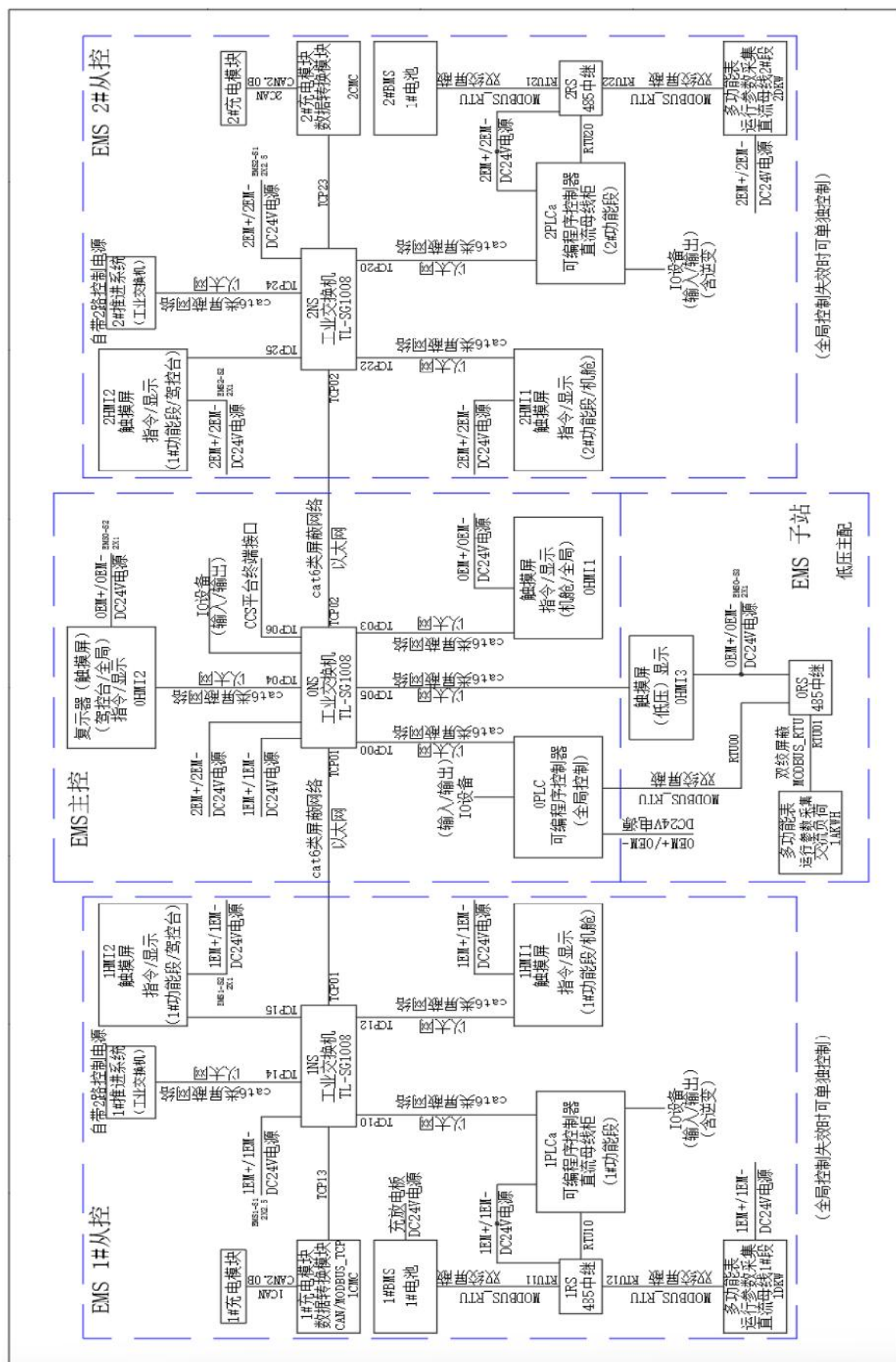
- 1) 中国船级社《钢质内河船舶建造规范》(2016)及其修改通报第3篇第2、6章
- 2) 中国船级社《船舶应用电池动力规范》(2023)及2024修改通报第4章
- 3) 中国船级社《船舶直流综合电力系统检验指南》(2023)
- 4) 《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》(2025)

全船配电系统，由直流母线柜、交流配电板、能量管理系统(EMS)、DC24V充放电板、应急电源逆变箱、岸电箱、分电箱、启动箱、充电机、隔离变压器。

本船直流母线采用分布式供电方案，交流采用集中供电。全船变流及电力分配由EMS统一管理，全船重要配电设备及舱室散热由EMS统一管理。电池舱风机除交流配电板正常供电外，其他重要航行设备（推进及冷却）由独立分段母线供电。另设备的控制电源除主电源变流供给外，DC24V应急充放电板提供应急电源。

全船电力单线图





### 6.3.2 配电系统故障和风险分析

配电系统主要风险有：直流母线绝缘低、各系统或装置通信中断、熔断器或断路器选择性保护或误动作、充电设备故障、日用逆变故障或岸电不正常、负载设备短路或过载、EMS 独立控制或集中控制失效等。

本船电池组与直流母线不设 DC/DC 模块，故配电系统不讨论 DC/DC 风险。

直流二段母线各独立配置绝缘监测装置，同时二组电池系统配置绝缘监测（考虑同段母线不能多点同时监测，当电池与母线连接后，电池绝缘监测立即退出），对直流母线实时进行绝缘监测。当绝缘值下降后可及时找原因并修复，若低于设定值（1M）时发出声光报警并由 EMS 存贮。控制策略：电池未接入直流网时，绝缘低报警则电池禁止上电；电池连接直流网并运行中，绝缘低仅报警不断电。本设计方案和控制策略最大程度预防了绝缘低故障，同时防止了偶然因素绝缘低导致失电风险。

配电系统各功能装置主要是与 EMS 主控、从控联系，通信方式主要有 CAN、TCP、RS485。各设备通信失联后会分别在 EMS 主控、从站报警并自动做预防性处理。EMS 主控或任一从控失联，控制权自动转至从控并维持原运行模式。重要操控界面（HMI）均提供双屏，保证任一通信中断或设备故障可继续控制。

快速为熔断器仅做恶性短路保护不做过载保护使用，按充放电设计值的 1.5 倍选型；电池进线断路器做为长时间超载或检修隔离使用，按充放电设计值的 1.25 倍选型。本保护值选型方案，确保了设备启



动或负荷瞬间波动引起误保护断电。实际过载保护由终端设备自行热脱扣完成或降功率保护，母线总负载通过 EMS 实施监测计算后可对生活设备自动卸荷。

充电设备故障不影响安全。EMS 设计有应急充电功能：当 1#段充电回路出现故障后，可点击“1#段应急充电”，生效后断开 2#电池组、1#电池组接通、母线联络接触器闭合、2#充电功能回路启动，对 1#电池组充电。反之亦然。

本船设置 2 套独立动力日用逆变（含隔离变），属于一用一备。日用动力逆变故障及输入输出断路器跳闸，手动状态时可启动另一套（自动关闭故障段）。当开启“智能供电模式”后，EMS 会自动断开故障回路的输入输出，备用段装置在 11 秒内完成上电至正常供电。

系泊时岸电不正常会自动断开岸电输入，不影响航行安全。可采用系泊逆变供电模式对全船提供电力支持。

本船重要航行设备为双套，并由各自独立直流母线供电，过载时会自动降功率运行，当意外短路保护后可由另一路独立支撑返港。交流设备主要是助航与生活，出现过载或短路保护后仅分路断电，风险不会扩大延伸。

全船 EMS 架构为 EMS 主控+2 从站。二段母线各配有从站，2 从站独立控制相应分段，相互不直接通信。正常情况下，主控与分站间接管需请求与允许；从站有优先权，如上电或任一从站与主控通信中断时，自动转为从站控制。所以当 EMS 主控失效后会由从站接管，且转换后自动维持原运行模式。当任一从站失效或通信中断，另一从

站会自动转为从站控制，且自动维持原运行模式，可依靠完好段从站返港。注：EMS 主控控制全船时定义为集中控制，EMS 从控对分段进行控制时定义为独立控制；无论集中控制转独立控制，或独立控制转集中控制，二段母线均维持原运行模式，转换后可变更运行模式。

## 6.4 推进系统风险评估

### 6.4.1 推进系统概述

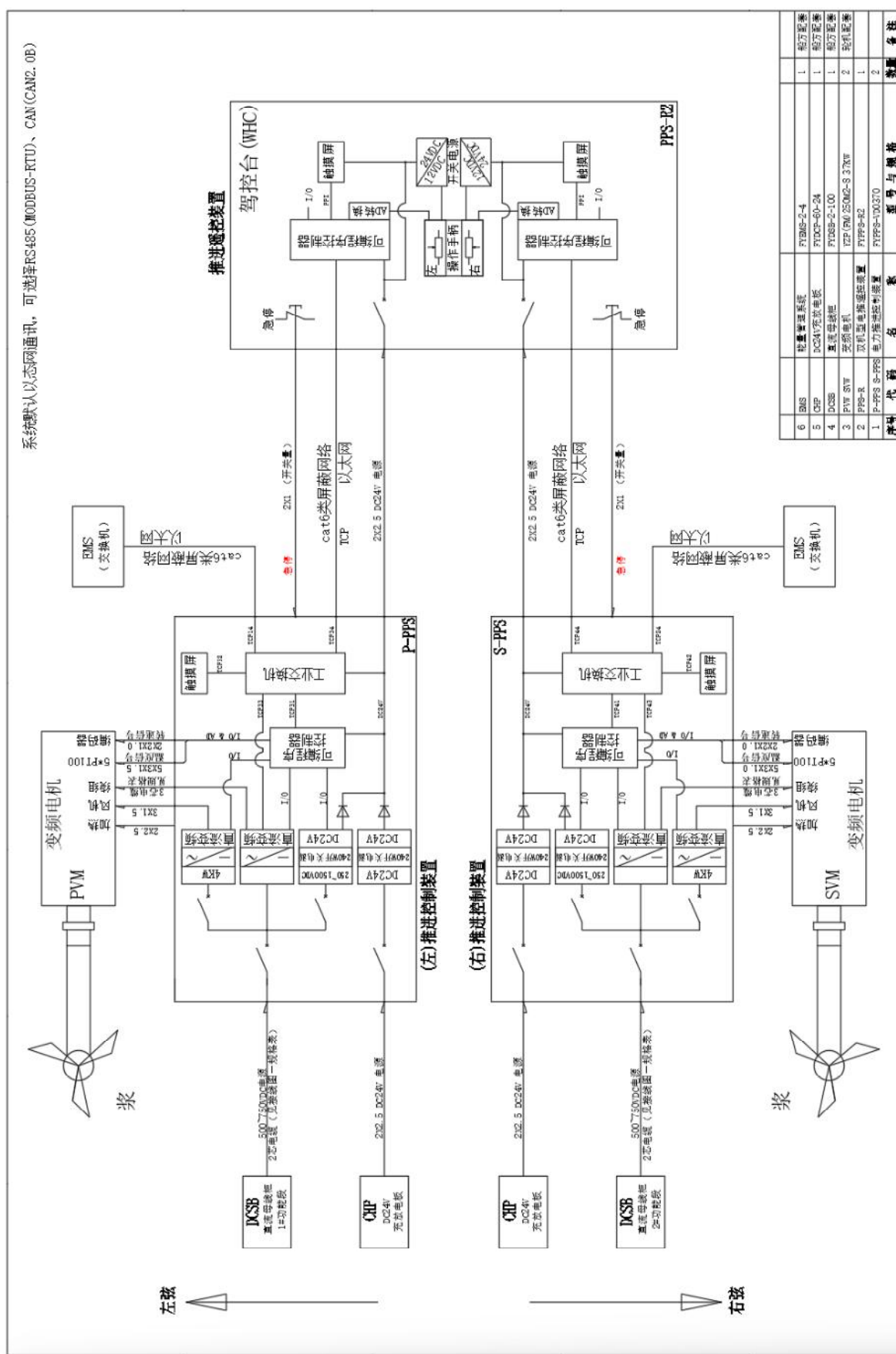
本项目推进系统，按照以下规范进行设计，满足船舶使用条件：

- 1) 《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）
- 2) 中国船级社《钢质内河船舶建造规范》（2016）及其修改通报第 4 篇第 2 章；
- 3) 中国船级社《钢质海船入级规范》（2023）及其变更通告第 3 篇第 9 章，第 7 篇第 2 章；
- 4) 中国船级社《船舶应用电池动力规范》（2023）及 2024 修改通报第 4 章

本船采用传统桨经过推力轴承直接推进；人力手动泵舵作为舵向装置（本文将不着重讨论舵机）。

推进系统电气部分详见 3.5 描述。

### 推进控制系统图



#### 6.4.2 推进系统故障和风险分析

推进系统分传动机械性故障、推进控制装置和推进遥控装置电气性故障。舵机仅液压机械故障。

推进系统机械性故障主要风险有推力轴承磨损或损伤，一般是造船安装精度或工艺缺陷造成先天隐患，或运行中缺润滑油或长期不更换润滑油导致。只要船厂安装检验负责，后期定期维护完全可以防止或延缓其使用寿命。同时当推力轴承有异响或不正常振动时，不会立即抱死或完全报废，船舶有返港时间。桨叶变形或损伤主要是碰撞引起，船员谨慎驾驶即可避免。同时，当桨叶变形或损伤后，会出现异响或航速受影响或舵效受影响，驾驶人员应能感知，且不会直接卡死，船舶有返港时间。另外，本船有 2 套独立的螺旋桨，即使任意一套出现故障不能使用，仍然可依靠另一套返港。

推进系统电气性主要风险有超载停机、冷却系统故障或超温停机、通信故障失控、大换向母线电压升高、大换向机械性损伤、变频器故障、输入输出线路故障、控制电源故障、PLC 控制模块故障等。

本控制系统程序设计过载自动降速功能，当输出电流等于过载设定值（额定电流 1.05 倍）时，系统自动减速使电流输出维持在额定值与过载值之间，当航速提升输出扭矩减小时则转速无限靠近指令值，避免了超载停机，同时保证了变频器、电机不会长时间过载运行烧毁。

本船电机与推进变频装置采用风冷方式，冷却风机电源由相应主推进直流电源提供，且随主变频器自动启动冷却风机，与交流主配电

板无关联，排除了交流系统导致隐患。

推进控制系统涉及与 EMS 通信、与推进变频器通信、控制装置与遥控装置通信。推进控制系统与 EMS 通信中断后，只要主电源上电且母线定压高于设定值，系统将不再接受 EMS “限制运行” “限功率运行” 指令，不影响其他操作或运行。与主变频器失联后，主变频器将不接受遥控装置指令，且为遥控状态时自动停机。控制装置与遥控装置失联后，控制装置将不接受遥控装置指令，且为遥控状态时自动停机。但推进系统设有机舱控制，当进入机舱控制模式，可通过主变频器端子进行正车/倒车、加速/减速操作。该设计防止了通信故障导致主推进失控，并通过主变频端子控制的方式在机舱优先操作，有效的解决本类型风险。

船舶在大换向时可能因电机主动旋转产生的反电动势使母线电压升高，导致系统过压击穿。首先，本船没有在电池组与直流母线间使用 DC/DC，能量可快速有效的被电池组直接回收。本推进系统软件层面设计了转速跟踪模式，保证大换向丝滑进行，无任何冲击，有效避免了母线电压升高和机械性损伤。

变频器故障若非炸机等硬件性损伤，可在机舱和驾驶室直接复位。炸机等硬件性损伤在产品硬件设计选型上通过后述方式避免：变频器选型大于电机功率 10~20%；散热方式或风道考虑成熟。软件层面考虑：过载降速；大换向转速跟踪；加减速时间合适。同时本船有二套独立推进系统，单机瘫痪后，可使用另一套独立系统返港。

输入输出线路风险在于电线电缆发热或绝缘老化，解决方案：电

流密度控制在  $2\sim 2.5\text{A}/\text{mm}^2$ ；线芯选择柔性多股防止电荷表面效应；主推进变频器尽可能靠近推进电机，减小输出电缆长度，防止分布电容过大与电机电感谐振形成高压。其他诸如端头，可通过制造厂或船厂的生产工艺及检验来预防。

控制电源有 2 路：主推进电源 576VDC/24VDC、充放电板备用 24VDC/24VDC。2 路均通过开关电源进行转换隔离，保证了外部电磁、谐波不向系统内传递，也保证了系统内控制电压的稳定性。正常情况下，控制电源自动使用主推进电源转换的电源；当主电源未上电，由备用电源提供系统监控电源。运行时若主电源转换回路出现故障，控制电源自动切换到备用电源。任意控制电源不能正常供电时，系统会报警，但不影响船舶航行安全。

PLC 控制模块的故障风险实际在于电源不稳定和通讯口（如 RS485 或网口）受到过压导致相关芯片损伤。所有电源经开关电源完全隔离后，可有效解决电源不稳定风险。本船涉及 RS485 时，全部使用 RS485 进行光电隔离，所有网口通过交换机进行光电隔离，可有效防止通信口意外伤害。同时 IO 输出通过继电器控制其他器件，保证 PLC 输出端口不会过压过载或短路出现故障。另外如前所述，本推进系统处于机舱控制状态时，可直接对主变频器可通过主变频器端子进行正车/倒车、加速/减速操作，防止意外状态时船舶失控。

舵机液压（机械）故障，主要体现在人力泵老化或油路渗漏，导致舵效或扭矩下降，但不至于马上无舵向。当出现效果不佳时，只要立即维护，安全可以保证。

## 6.5 其他（电池舱布置 消防 人员逃生）风险评估

### 6.5.1 其他（电池舱布置 消防 人员逃生）概述

本船设置两个电池舱，左右舷对称布置在主甲板以下，布置图见送审图。全船 2 个独立电池组，分别布置在左右舷的电池舱内。

电池舱与机舱及相邻舱室的舱壁及甲板为 A60 防火分割，电池舱的门（通道区域）为 A0 级气密风雨密钢质防火门。同时，电池舱内部布置有 CO<sub>2</sub> 灭火系统。

二电池舱与主甲板基本在一个平面，开门即为主甲板廊道。

### 6.5.2 其他（电池舱布置 消防 人员逃生）风险分析

本部分主要风险来自于船舶碰撞、电池热失控等，导致船舶火灾甚至人员无法逃生或伤亡。

电池系统布置满足规范要求，电池包离舱壁净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，距舱壁加强结构净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，距船体外板及结构水平距离 $\geq 300\text{mm}$ ，距离上方甲板的净距离 $\geq 150\text{mm}$ ，距离上方甲板加强结构净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，电池架正面预留 1.1m 以上空间。此安装间距有效降低了船舶碰撞挤压电池包的风险，也保证了电池散热空间。

同时电池舱进出风口设有可关闭装置，可以防止外部雨水和溅水进入舱室内部。

电池舱内安装有感温感烟探头、可燃性气体检测器，并将信号传递给火灾报警装置和可燃性气体检测报警装置。电池舱设有防爆风机，当可燃性气体浓度达下限时，风机自启动；当电池舱温度达至设定值

时，风机亦自启动。火灾报警检测到温度不正常或有烟雾时，装置报警，可人工启动 CO2 灭火设施，同时关闭风机。

电池舱内有 CO2 预释放、可燃性气体报警的声光报警器，可有效提醒舱内船员，紧急通过斜梯逃生至主甲板露天区域。

6.6 全船风险综合评估

参照《船舶应用电池动力规范》2024 修改通报附录 3 中的 FMEA 风险等级评定方法，本报告中危害性严重程度等级、可能性等级、风险等级划分方法如下：

FMEA 风险等级评判方法

危害性严重程度等级划分 表 1

| SI | 严重程度 | 定义   |
|----|------|--|
| 4  | 灾难   | 事故后果会导致灾难性的人员伤亡、财产损失、环境破坏，影响范围超出可控区域，后果不可接受。     |
| 3  | 严重   | 事故后果会导致严重的人员伤亡、财产损失、环境破坏，影响范围未超出可控区域，但后果不可接受。    |
| 2  | 中等   | 事故后果会导致人员受伤、一定的财产损失或环境破坏，影响范围有限，应综合考虑费效比采取相应控制措施 |
| 1  | 轻微   | 该类型后果可忽略不计                                       |

可能性等级划分 表 2

| PI | 频率      | 定义                  |
|----|---------|---------------------|
| 5  | 0.1     | 经常发生                |
| 4  | 0.01    | 有时发生-在产品周期内可能发生几次   |
| 3  | 0.001   | 偶尔发生-在产品周期的某一时间可能发生 |
| 2  | 0.0001  | 很少发生-不太可能发生但有可能性    |
| 1  | 0.00001 | 极少发生-完全不太可能发生       |



风险等级划分

表 3

|    | PI | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| SI |    | 极少 | 很少 | 偶尔 | 有时 | 经常 |
| 4  | 灾难 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 3  | 严重 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 2  | 中等 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 1  | 轻微 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |

基于 FMEA 分析方法，专家对会前形成的内容进行了讨论并确认，同时提出了“措施建议”，由会议组织方记录填写并通过专家确认。具体见下表。

FMEA 风险评估表

| 电池动力船舶 FMEA 风险评估表 |        |            |  |  |  |      |     |      |            |          |
|-------------------|--------|------------|--|--|--|------|-----|------|------------|----------|
|                   |        |            |  |  |  | 风险评级 |     |      |            | 落实情况     |
| 序号                | 故障模式层级 | 故障模式       | 原因（事故/事件）  | 后果   | 现有防护措施   | 危害性  | 可能性 | 风险程度 | 措施建议（专家意见） | 具体落实情况说明 |
| 一、电池系统            |        |            |  |  |  |      |     |      |            |          |
| 1                 | 单体电芯   | 单体电芯过压（充电） | 1. BMS 采集功能失效；<br>2. 阈值设置不合适；<br>3. 低电量时大倍率充电；<br>4. 电芯不均衡；<br>5. 单体性能不一致。 | 1. 电芯受损，寿命降低；<br>2. 总压过高，后端设备击穿；<br>3. 单电池簇断电；<br>4. 降功率运行             | 1. 电压高 3 级保护，阈值经测试试验，设置在安全范围，每级设有相应的报警提醒或动作，当触发 1 级阈值时，系统会强行断电；<br>2. 设计时考虑电池电压与后端设备电压匹配性；<br>3. BMS 严格按照厂家 MAP 发送允许最大充电电流，确保高电量充电时，电流不会过大；<br>4. BMS 功能失效后，电池组自动断电；<br>5. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。 | 3    | 1   | 4    |            |          |
|                   |        | 单体电芯欠压（放电） | 1. BMS 采集功能失效；<br>2. 阈值设置不合适；<br>3. 低电量时大倍率放电。                             | 1. 电池系统容量受影响、续航不够；<br>2. 总压下降，电压不足，后端设备无法运行；<br>3. 单电池簇断电；<br>4. 降功率运行 | 1. 电压低 3 级保护，阈值经测试试验，设置在安全范围，每级设有相应的报警提醒或动作，当触发 1 级阈值时，系统会强行断电；<br>2. 设计时考虑电池电压与后端设备电压匹配性；<br>3. BMS 严格按照厂家 MAP 发送允许最大放电电流，确保低电量放电时，电流不会过大；<br>4. BMS 功能失效后，电池组自动断电；<br>5. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，                     | 3    | 1   | 4    |            |          |

|   |     |          |                                |  |  |   |   |   |          |      |
|---|-----|----------|--------------------------------|--|--|---|---|---|----------|------|
|   |     |          |                                |  | 另一组可支持全船动力和其他设备运行。   |   |   |   |          |      |
|   |     | 电芯过温     | 大电流充放电                         | 电池高温报警，动力系统降功率运行                               | 限制充放电电流，充放电电流进行三级分级保护。当达到最严重一级时，BMS 通过断开继电器切断电池簇与系统连接；   | 1 | 1 | 2 |          |      |
|   |     |          | 环境温度过高                         |  | 电池系统可进行环境温度采集，高温时自动启动风机风扇；   | 1 | 2 | 3 |          |      |
| 2 | 电池包 | 电芯一致性差   | 1. 电芯出厂一致性差；<br>2. 使用过程环境差异过大。 | 1. 电池系统容量受限，续航不够；<br>2. 压差、温差过大，系统报警切断故障簇；     | 出厂时按照配组协议挑选电芯，采用全分容工艺，限制内阻、容量和电压差值；  | 3 | 1 | 4 |          |      |
|   |     | 应急排气故障   | 电池包防爆阀堵塞                       | 1. 热失控后气体聚集导致壳体变形，喷射压力过高<br>2. 故障簇断电、动力系统限功率运行 | 定期维护检查   | 2 | 1 | 3 | 制订维护操作手册 | 亿纬编制 |
|   |     | BMS 从控故障 | 无法采集电芯数据，误报警或保护不及时             | 1. 采集线束脱落；<br>2. 硬件损坏；<br>3. 供电故障。             | 1. 采集线束采用 CCS 组件一体化制作，避免单线束拉扯导致线束脱落；<br>2. BMS 经过船用环境振动测试，满足船舶使用工况；<br>3. 每个电池包内两套独立的报警板，一套采集电压和温度，另一套采集温度，确保任意一路损坏，电芯的温度都能被采集，保证系统安全。 | 1 | 1 | 2 |          |      |
|   |     | 结构破损     | 外部碰撞                           | 1. 电池包破损，电芯失去防护，氧气进                            | 1 电池包采用钢质钣金制作，安装在电池架上，舱内无尖锐设备及工具，具备维护及操作空间，有效  | 1 | 1 | 2 |          |      |

|   |      |           |   |  |   |   |   |   |  |  |
|---|------|-----------|---|--|---|---|---|---|--|--|
|   |      |           |   | 入包内<br>2. 电池簇断电、动力系统限功率运行                | 避免外部碰撞破损发生。   |   |   |   |  |  |
| 3 | 电池系统 | 系统绝缘故障    | 1. 线束老化或破损，线束连接错误；<br>2. BMS 和 EMS 同时开启绝缘 | 1. 系统绝缘报警，电池簇/组断电<br>2. 电池系统断电、本段动力系统失效  | 1. 电缆采用船用阻燃防火电缆，设备连接采用接插件的型式，可有效确保接插到位，线束连接由厂家现场操作指导；<br>2. BMS 及 EMS 通过通讯及上下电的流程，确保只有 1 路系统监测，当监测失效时，系统设有绝缘故障检测，绝缘过低会进行报警及断电动作；<br>3. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用 | 1 | 1 | 2 |  |  |
|   |      | 高压箱/接线箱故障 | 结构破损，导致内部损坏                               | 1. 内部设备失去保护，损坏或短路<br>2. 电池系统断电、本段动力系统失效  | 1. 高压箱采用钢质钣金制作，安装在电池架上，舱内无尖锐设备及工具，具备维护及操作空间，有效避免外部碰撞发生；<br>2. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用  | 1 | 1 | 2 |  |  |
|   |      |           | 电池系统输出过载                                  | 1. 电池系统大电流输出<br>2. 长时间过载则电池系统断电、本段动力系统失效 | 1. 现有配置满足额定运行，且可进行短时大功率输出，同时设有 3 级报警，电流过载进行保护报警和断开等动作；<br>2. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用   | 1 | 1 | 2 |  |  |
|   |      |           | 电池系统多次带载上下高压                              | 1. 继电器粘连，无法上下电<br>2. 可能本段动力系统失效          | 1. BMS 与 PMS 通讯，确保切断继电器前系统已经成功率下降，软件逻辑控制避免带载上下电；<br>2. 正负都有继电器，确保应急情况下可脱开继电器；<br>3. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，   | 1 | 1 | 2 |  |  |

|   |        |            |                            |                |  |   |   |   |  |  |
|---|--------|------------|----------------------------|----------------|--|---|---|---|--|--|
|   |        |            |                            |                | 另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。   |   |   |   |  |  |
|   |        | 压差过大       | 1 电芯一致性差<br>2. 环境温度差异大     | 系统内部环流，损坏设备    | 1. 电池系统设有实时被动均衡，调节电芯间电压，确保电压一致性；<br>2. 设有压差三级报警，达到阈值时进行报警、限功率、断电保护等动作；<br>3. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。 | 1 | 1 | 2 |  |  |
|   |        | 温差过大       |                            | 电池充放电不均匀，一致性变差 | 1. 系统设有强制风冷，确保电芯环境温度一致；<br>2. 设有温差报警，达到阈值时进行报警、启动分级、断电保护等动作；<br>3. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。           | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 4 | 电池管理系统 | 从控硬件故障     | 无法采集电芯温度和电压，系统报警断电         | 外部撞击、跌落、盐雾腐蚀   | 1. BMS 从板安装在电池包内部，避免外部碰撞导致损坏；<br>2. BMS 经耐压和环境测试，满足使用要求。   | 3 | 1 | 4 |  |  |
|   |        | 主控硬件故障     | 无法进行电池系统信息处理、控制、保护和对外通讯功能。 | 外部撞击、跌落、盐雾腐蚀。  | 1. BMS 主板安装在线箱内部，避免外部碰撞导致损坏；<br>2. BMS 经耐压和环境测试，满足使用要求。  | 3 | 1 | 4 |  |  |
|   |        | 线束破损、连接器脱落 | 通讯中断                       | 长期磨损、线束拉扯。     | 线束选用船用通讯线缆，外部包裹防磨层，线束采用连接器连接，防止脱落，线束固定在结构上，防止拉扯。   | 3 | 1 | 4 |  |  |
|   |        | BMS 软件故障   | 1. 采集精度不合要求；               | 1. 影响系统控制策略；   | 1. 传感器进行校验及参数曲线拟合，并进行不同工况下的检测；   | 2 | 1 | 3 |  |  |

|   |          |        |                          |  |  |   |   |   |  |  |
|---|----------|--------|--------------------------|--|--|---|---|---|--|--|
|   |          |        | 2. 软件设置错误，故障诊断异常。        | 2. 影响系统控制及电池系统工作。                                | 2. 参考仿真数据及经验进行设计及验证，BMS 进行软件测试。  |   |   |   |  |  |
|   |          | 供电故障   | 1. 内部供电故障<br>2. 外部供电故障   | 1. 内部供电故障时<br>应急电源负荷过大<br>2. 外部供电故障时<br>电池系统不能重启 | 1. 本船设有 2 路供电：电池组主电源取电和外部铅酸电池供电，当其中 1 路供电故障时，另一路投入工作，保障船舶航行中电池供电不中断；<br>2. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。       | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 5 | 热管理系统    | 冷却失效   | 1. 电舱室风机故障；<br>2. 池架通风故障 | 电芯温度高，系统限功率运行                                    | 1. 设计考虑电池运行环境温度和全船充放电倍率，当电池采用自然冷却时，可支持 0.5C 单次充电或放电；全船极限充放电不大于 0.2C；<br>2. 系统有环境温度监测，温度过高时，系统设有温度高报，同时自动启动电池舱风机降低环境温度。     | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 6 | 电池系统外部影响 | 机械碰撞   | 电池系统受到外部撞击               | 电池系统设备受损，严重时断电且本段动力系统失效甚至引发热失控                   | 电池系统严格按照规范要求进行布置，距离舱壁、甲板、外板有一定安全距离，且设备采用钢质电池架及钢质钣金安装，具有一定抗撞击能力；系统出现受损故障时，系统断电，另一组并入使用。                                     | 2 | 1 | 3 |  |  |
|   |          | 相邻处所火灾 | 相邻舱室起火                   | 电池系统设备受损，严重时断电且本段动力系统失效甚至引发热失控或本电池舱火灾            | 1. 电池舱室按照 A60 防火隔热分割设计；<br>2. 电池舱仅前后两个相邻舱室，前面为空舱、后面是电机舱，即相邻舱室无火灾风险。  | 3 | 1 | 4 |  |  |
|   |          | 外部进水   | 风雨和浪通过进风口进入舱内            | 电池系统设备短路，电池系统断电、本段动力系统失效或有触电风险                   | 1. 进风口设有可关闭装置，防止外部雨水进入，电池包和线束接插件防护等级为 IP67, 高压箱和接线箱防护等级为 IP44, 可避免水泼溅进入设备。<br>2. 本船设置两组独立电池系统，一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。 | 2 | 1 | 3 |  |  |

| 二、配电系统 |                |               |   |  |  |   |   |   |  |  |
|--------|----------------|---------------|---|--|--|---|---|---|--|--|
| 1      | 直流<br>配电<br>系统 | 直流母线柜绝缘低      | 1、主线路老化、损伤<br>2、设备舱室湿度高潮气大<br>3、过载短路后绝缘碳化 | 1、长期绝缘值过低<br>绝缘表会损坏<br>2、线路或器件老化加剧<br>3、触电机率加大，有火灾风险                         | 1、加强舱室通风，使其保持干净干燥<br>2、电缆端头做绝缘处理，与周边金属保持合理的电气间隙和爬电距离；检查电缆外表面及转弯半径，防止机械损坏；<br>3、定期检查、清除碳化层；<br>4、航行状态绝缘低严重时，主动让故障段休眠。 | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 2      |                | 接触器故障         | 功能单元无法正常接通或分断                             | 1. 高频次大电流操作；<br>2. 线圈操作电压不稳定；<br>3. 接触器老化。                                   | 1. 选择优质宽电压接触器；<br>2. EMS 限制操控频率，EMS 限制接触器大电流时分断、限制带载闭合（保证电流接近于零时接触器方可进行分断或闭合操作）；<br>3. 直流接触器定期更换。                    | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 3      |                | “快充”与“慢充”互锁故障 | 冲突段充电电流超过实际设定值导致系统高温（总充电电流=快充电流+慢充电流）。    | 1. BMS 程序故障导致快充与慢充回路不能互锁；<br>2. EMS 程序或通信故障导致系统无法识别电池工作状态；<br>3. 高压箱接触器老化粘连。 | 1. BMS、EMS 程序进行软件测试和联调测试；<br>2. 高压箱接触器定期更换。  | 3 | 1 | 4 |  |  |
| 4      |                | 单母线失电         | 本段推进系统、逆变系统失效。                            | 1. 电池系统故障不能供电；<br>2. 严重短路导致电池进线断路器保护跳闸或快熔熔断；<br>3. EMS 从控故障。                 | 1. 电池系统采用稳定性好的品牌；<br>2. 对母线柜、推进装置及电缆定期检查，防止恶性短路诱因产生；<br>3. 本船设置两组独立电池及母线系统，一组失电后，另一组可支持其独立的推进系统、逆变系统。                | 3 | 1 | 4 |  |  |

|   |                |              |   |                                    |  |   |   |   |  |  |
|---|----------------|--------------|---|------------------------------------|--|---|---|---|--|--|
| 5 |                | 日用逆变故障       | 1、逆变参数设置被修改<br>2、过载<br>3、本段母线电压过低<br>4、逆变本体硬件故障             | 本段逆变不能工作                           | 1、逆变参数设置加密<br>2、EMS 设计故障记录、器件工况组态。<br>3、负载分路选择性保护合理。<br>4、EMS 设置自动卸荷。<br>5、直流系统设计合理，保证最低供电电压不小于 540V             | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 6 |                | 冷却失效         | 1、环境温度高<br>2、充电或逆转过载<br>3、温度管理失效<br>4、风扇故障                  | 1、设备老化甚至损坏、绝缘受损<br>2、严重时功率型设备降功率运行 | 1、充电及逆变设备采用独立 2 组；<br>2、热量管理采用 2 级：柜内温度高于 40 度或滤波器高于 45 度启动第一组冷却风机、柜内温度高于 48 度启动第二组冷却风机、柜内温度高于 50 度报警并自动启动配电间风机。 | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 7 | 交流<br>配电<br>系统 | 隔离变压器及输入输出故障 | 1、过载<br>2、短路  | 本段交流动力停止电力供应                       | 1、EMS 设计此情况下另一备用自动合闸供电。<br>2、EMS 设计过载自动卸荷。<br>3、保证母线爬电距离、电气间隙。   | 1 | 2 | 3 |  |  |
|   |                | 交流失电         | 交流单一供电的设备失效。  | 交流母线柜内部负载母线短路。                     | 1. 重要航行设备如推进及冷却组由直流母线直接供电；<br>2. 重要控制电源由设备主电源进行交流且 24V 应急充放电板提供 1 路应急电源；<br>3. 对主配板定期检查，防止恶性短路诱因产生。              | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 8 | EMS            | 集中控制失效       | 1、网线或 RJ45 头，机械损伤或松动<br>2、PLC 或触摸屏故障<br>3、EMS 主控 24VDC 电源短路 | EMS 不能对船舶集中控制                      | 1、EMS 设计主控失效时自动自动转为分段独立控制。<br>2、选择船用 CAT6A 网线，使用金属 RJ45 头。<br>3、所有电源均采用隔离方式。<br>4、选用品牌 PLC、触摸屏。                  | 2 | 2 | 4 |  |  |



|        |        |                |   |  |   |   |   |   |  |  |
|--------|--------|----------------|---|--|---|---|---|---|--|--|
| 9      |        | 分段独立控制失效       | 1、本段网线或 RJ45 头，机械损伤或松动<br>2、本段 PLC 或触摸屏故障<br>3、本段 EMS 从控 24VDC 电源短路 | 本段不能正常使用，本段动力失效                                | 1、EMS 设计为二从控为独立模式：电源独立、通信独立。<br>2、所有电源均采用隔离方式。<br>3、所有电源均采用隔离方式。<br>4、选用品牌 PLC、触摸屏。   | 2 | 2 | 4 |  |  |
| 10     |        | 电源故障           | 1、电源失电<br>2、电源模块故障<br>3、输出短路  | 集中控制失效（分段电源的独立性、隔离性及电源多样性可确保至少一个从站不掉电），故障段动力失效 | 1、EMS 二从站的电源输入各自独立、输出独立。<br>2、每路从站电源有 576VDC 电池、400VAC 岸电、24VDC 铅酸电池供电，可确保 EMS 不掉电。<br>3、输出输入采用微断或快熔保护，确保短路不蔓延。                                 | 3 | 1 | 4 |  |  |
|        |        | BMS 与 EMS 通讯故障 | 1、线路故障<br>2、电磁干扰<br>3、程序 BUG  | 1、EMS 不能正确显示电池状态参数<br>2、本段充放电功能失效              | 1、RS485 采用双绞屏蔽线，检查线路端头、屏蔽接地等、采用 RS485 中继隔离提高抗干扰能力；<br>2、交船前用示波器观察差分信号波形<br>3、EMS 程序应保证航行状态下通讯中断时只报警不停止运行<br>4. 通过三电联调固化流程找出程序 BUG，并在出厂前对程序进行修正。 | 3 | 1 | 4 |  |  |
| 三、推进系统 |        |                |   |  |   |   |   |   |  |  |
| 1      | 推进控制系统 | 进线断路器跳闸或快熔熔断   | 1、线路短路<br>2、变频器母线短路<br>3、桨或轴机械卡死                                    | 本段报警且停机（本段推进失效）                                | 1、双推进系统完全独立模式：主电源、控制电源、工控、通信、冷却全部独立。另一组可使用独立的推进系统返港；<br>2、安装生产（含现场），保证工艺要求；<br>3、设备出厂前做过压过载测试。  | 2 | 1 | 3 |  |  |

|   |        |  |                        |   |   |   |   |  |  |
|---|--------|--|------------------------|---|---|---|---|--|--|
| 2 | 过载、超载  | 1、加速过快<br>2、桨叶或机械传动系统堵转                                  | 本段报警甚至超载<br>停机引发本段推进失效 | 1、产品确保“操纵手柄退至零位后可重新操纵”功能，同时设计“越控”功能；<br>2、 程序设计过载自动降速；<br>3、本船设置两组系统，一组系统故障后，另一组可使用独立的推进系统返港。                           | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 3 | 通信故障   | 1、本段网线或 J45 头，机械损伤或松动<br>2、本段 PLC 或交换机故障<br>3、本段变频器通信卡故障 | 本段通信报警且本段遥控失效          | 1、网线采用 CAT6，RJ45 采用金属外壳，检查线路端头、屏蔽接地等；<br>2、本情况时转换为机舱控制（机舱控制将脱离工控装置，由变频器 IO 口控）；<br>3. 本船设置两组系统，一组系统故障后，另一组可使用独立的推进系统返港。 | 2 | 2 | 4 |  |  |
| 4 | 变频器故障  | 1、超温<br>2、通讯中断<br>3、母线电压陡高<br>4、变频器硬件损伤                  | 报警并停机（本段推进失效）          | 1、全船为双桨，二套推进系统完全独立，一组系统故障后，另一组可使用独立的推进系统返港。<br>2、确保设备与舱室通风良好，避免环境高温。<br>3、尽可能减少“大换向”而引起母线过压。                            | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 5 | 控制电源故障 | 1、主电源或辅助电源失电<br>2、系统内转换回路损坏                              | 单路故障仅报警                | 1、二路电源热备份，设任意电源故障报警提醒。<br>2、开关电源按 2 倍余量选型。  | 1 | 1 | 2 |  |  |
| 6 | 冷却失效   | 1、环境温度高<br>2、过载或超载<br>3、冷却电源故障<br>4、风扇故障                 | 1. 降功率推进<br>2、超温停机     | 1、冷却电源按 2 倍余量选型。<br>2、设计过载降速<br>3、实时显示温度、温度高报警提前通知<br>4、二套推进系统完全独立，一组系统故障后，另一组可使用独立的推进系统返港。                             | 1 | 1 | 2 |  |  |

|    |      |          |  |                       |  |   |   |   |          |       |
|----|------|----------|--|-----------------------|--|---|---|---|----------|-------|
| 7  | 推进电机 | 推进电机高温超温 | 1、冷却控制系统故障<br>2、冷却风扇故障<br>3、环境温度过高                                   | 高温报警，超温停机<br>(本段推进失效) | 1、全船为双桨，二套推进系统完全独立；使用另一段返港检修。<br>2、定期检查冷却风扇电机和控制回路。<br>3、保证舱室通风设备合理。 | 2 | 1 | 3 |          |       |
| 8  |      | 绕组损坏     | 1、长时间过载运行<br>2、长期超载越控运行<br>3、电机缺相运行<br>4、转子机械损伤导致扫膛<br>5、环境湿度大导致绝缘降低 | 本段推进失效                | 1、全船为双桨，二套推进系统完全独立；使用另一段返港检修。<br>2、定期检查<br>3、舱室保持通风                  | 3 | 1 | 4 |          |       |
| 9  |      | 转子或轴承损坏  | 1、安装轴线不精准<br>2、基座强度差<br>3、润滑油脂缺失                                     | 振动过大或异响甚至本段推进失效       | 1、提高安装工艺<br>2、全船为双桨，二套推进系统完全独立；使用另一段返港检修。                            | 3 | 1 | 4 |          |       |
| 10 | 机械传动 | 推力轴承损伤   | 1、润滑油脂缺失<br>2、润滑油脂未定期更换  | 异响甚至卡死引发本段推进失效        | 1、全船为双桨，二套推进系统完全独立；使用另一段返港检修。<br>2、定期检查维护                            | 3 | 1 | 4 |          |       |
| 11 |      | 桨叶变形     | 碰撞   | 异响，推进效率降低或卡死引发本段推进失效  | 1、全船为双桨，二套推进系统完全独立；使用另一段返港检修。<br>2、制订操作手册:不允许艏部抵坡                    | 3 | 1 | 4 |          |       |
| 12 | 舵机   | 舵角指示失效   | 1、电源故障<br>2、发信号松动  | 无舵角显示                 | 1、采用 220VAC、24VDC 双路供电<br>2、发信器安装时定位精准牢固，防止松动或卡死<br>3、采用双发信器双舵表      | 2 | 1 | 3 |          |       |
| 13 |      | 舵效降低     | 手动泵老化  | 1、舵速变慢<br>2、扭矩下降      | 定期维护   | 2 | 1 | 3 | 制订维护操作手册 | 舵机厂编制 |
|    |      |          | 管路渗油   |                       |  | 2 | 1 | 3 |          |       |

| 四、其它（电池舱布置 消防 人员逃生）       |       |                                |                  |   |  |   |   |   |  |  |
|---------------------------|-------|--------------------------------|------------------|---|--|---|---|---|--|--|
| 1                         | 布置    | 电池包挤压                          | 碰撞后外板变形撞击        | 设备受损，严重时断电导致本段动力失效甚至引发热失控                       | 电池系统严格按照规范要求进行布置，距离舱壁、甲板、外板保持安全距离  | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 2                         |       | 环境温度高                          | 电池舱风机故障          | 电池组温度高，严重时限功率或断电导致本段动力失效                        | 1. 电池舱设计足够空间保证散热风道；<br>2. 定期对风机进行维护。   | 2 | 1 | 3 |  |  |
| 3                         | 消防    | 火灾蔓延                           | 隔热失效             | 1、本段电池系统关闭、动力系统失效<br>2、船舶受损<br>3、人员伤亡<br>4、环境污染 | 1、电池舱内安装感温感烟探头及火灾报警装置<br>2、电池舱内安装可燃性气体检测器并与风机联动<br>3、按规范配备 CO2 灭火系统<br>4、电池舱舱壁及甲板为 A60 防火分割，电池舱的门（通道区域）为 A0 级气密风雨密钢质防火门。 | 3 | 1 | 4 |  |  |
| 4                         | 电池舱风机 | 1. 电池系统温升增加；<br>2. 有害有毒气体浓度增加。 | 1、风机故障<br>2、电源故障 | 可燃性气体无法排出引起火灾或中毒                                | 1、风机启动箱采用双电源自动转换且设主电源失电报警；<br>2、设风机风压低报警监测风机本体；<br>3、电池舱设自然进风口；<br>4、电池舱设可燃性气体和火灾报警。                                     | 2 | 1 | 2 |  |  |
| 5                         | 人员逃生  | 1、中毒<br>2、火灾                   | 船舶管理不规范使通道不畅     | 人员伤亡  | 船方制订管理手册，不得在逃生通道堆放物质并定期检查通道的完好性。   | 3 | 1 | 4 |  |  |
| 电磁兼容风险评估见“电磁兼容风险分析与设计报告”。 |       |                                |                  |   |  |   |   |   |  |  |

注：1、风险评估会前，应由相关设计方完成表格中包括故障模式层级、故障模式、原因、后果、现有防护措施、风险评级等内容的初步填写。

2、风险评估会上，通过召开风险评估研讨会的形式，应由专家对会前形成的内容进行讨论并确认，同时提出“措施建议”，由相关方记录填写并通过专家确认。

3、风险评估会后，应由相关设计方根据“措施建议”完成“具体落实情况说明”的填写并送审，最终由现场船检确认措施落实情况。

4、如船舶设计采用其它类型的推进系统，如轮轴推直翼桨、轮缘推进器、全回转推进等，应进一步分析推进系统本身存在的风险。

**本船风险等级为 4 的风险点共 20 项、等级为 3 的 16 项、等级为 2 的 16 项。**

## 7、分析结论

通过对本项目进行系统地 FEMA 分析，各故障点及故障结果造成的故障风险均小于等于 4，属于合理可接受的风险范围，并通过相应的软硬件保护以及操作培训，能够在发生单个故障的情况下，将相关风险进行合理的限制，符合“单个故障不会导致船舶丧失足够的供电能力和推进动力”的要求，符合部海事局和船级社有关标准和规范的要求。

经风险评估团队的充分讨论：纯电动船舶的锂电池系统采用热失控阻断等技术；配电系统硬件采用交直流选择性保护技术，软件通过 EMS 实时统计、计算、调度技术；推进系统（含冷却）采用全直流供电及冗余设计等技术、舵机使用人力方式；电池舱布置、消防及人员逃生不低于规范要求设计。本船各项风险等级均在低风险区域，为可接受的风险。

说明：

根据会议现场提出的意见（含内容、格式），已经逐条修改，并将会议意见及处置汇总表发至每位评审组成员检查核实。本次送审的评估报告为修改后的报告。

## 8、采取行动

### 8.1 会议意见及处置汇总表

| 序号 | 意见                         | 提议人员       | 意见回复   | 完成单位           | 完成人        | 完成时间       |
|----|----------------------------|------------|--|----------------|------------|------------|
| 1  | 电池系统适用规范需根据实际船舶修改调整        | 袁明         | 删除“CCS《钢质海船入级规范》（2024）及其修改通报 第4篇 第1、3章”。   | 亿纬锂能           | 杜鹏程        | 2025.09.18 |
| 2  | 所有“七氟丙烷”更改为“CO2”           | 袁明         | 船舶电池舱灭火实际为七氟丙烷，其中一处笔误“七氟丙烷”修改为“CO2”。   | 菲亚机电           | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 3  | “电磁兼容风险评估”附至本风险评估报告中       | 袁明         | 送审“电磁兼容风险分析与设计报告”附至本风险评估报告附录后。   | 菲亚机电           | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 4  | 直流母线柜消弧                    | 胡天淇        | 现场解释：断路器、快速熔断器本体具有灭弧能力，且不会频繁动作，断路器仅用于检修隔离和短路保护，快熔仅用于母线或电缆严重短路保护；接触器本体具有磁吹灭弧能力，另接触器分断与闭合时刻电流接近于零，仅用于功能单元启动和分离。  | 菲亚机电           | 向国亮        | 2025.09.17 |
| 5  | DC24V 应急充放电板及应急电源说明        | 黄克闪        | 本船配 4 块 12V/200AH 铅酸电池串并得到 1 组 24VDC/200AH 应急电源，与 DC24V 应急充放电板组成应急电源系统，为全船提供 24V 电源（含应急），包含主要电力系统如：BMS 唤醒或监控、EMS 应急操控、推进系统监控报警、舵机应急指示报警；通信报警或助航设备如火灾监控、可燃性气体监控、广播、电笛、声力电话、视频监控、VHF、AIS；也包含应急照明。应急充放电板内置 1 台 1000W 开关电源，220VAC 电源正常时，全船由开关电源提供 24V 电源；当交流失电时，铅酸电池适时供电（不中断）。本应急电源系统有“UPS”功能。 | 菲亚机电           | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 6  | 补充 BMS 控制电源说明              | 黄克闪        | BMS 控制电源共 2 路：电池本系统主电源内部变流后取得 24VDC 电源，正常情况下此电源为电池系统提供控制电源，包含电池冷却风机；DC24 应急充放电板，做为应急唤醒和监控使用。   | 亿纬锂能<br>菲亚机电   | 杜鹏程<br>向国亮 | 2025.09.18 |
| 7  | 补充 EMS 控制电源说明              | 黄克闪        | EMS 控制电源共 4 路：1 路岸电 380VAC、2 路锂电 576VDC、1 路应急充放电板 24VDC。4 路电源无间隙切换，24VDC 电源仅做为其他电源失电时应急。   | 菲亚机电           | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 8  | “消防/火灾蔓延”的原因不恰当            | 周林章<br>刘苇含 | 将“报警、防火设施不当”更改为“隔热失效”。   | 四川省船检<br>乐山市船检 | 周林章<br>刘苇含 | 2025.09.17 |
| 9  | 单体电芯过压（充电）需增加原因，同时风险程度评级过低 | 黄克闪        | 增加原因：电芯不平衡；单体性能不一致。<br>将危害性调整为 3、可能性调整为 1，风险程度更改为 4。   | 武汉规范所          | 黄克闪        | 2025.09.17 |
| 10 | 单体电芯欠压（放电风险程度评级过低          | 黄克闪        | 将危害性调整为 3、可能性调整为 1，风险程度更改为 4。  | 武汉规范所          | 黄克闪        | 2025.09.17 |

|    |                              |            |   |                |            |            |
|----|------------------------------|------------|---|----------------|------------|------------|
| 11 | 电芯一致性差后果、现有防护措施描述不当且风险程度评级过低 | 黄克闪<br>刘苇含 | 1、“电池系统容量受限、续航不够”更改为“电池系统容量受影响、续航不够”。<br>2、现有防护措施仅保留“出厂时按照配组协议挑选电芯，采用全分容工艺，限制内阻、容量和电压差值”，删除原文第2条、第3条、第4条。<br>3、危害性、可能性、风险程度分别调整为3、1、4。  | 武汉规范所<br>乐山市船检 | 黄克闪<br>刘苇含 | 2025.09.17 |
| 12 | “电池包/应急排气故障”风险程度评级过低         | 黄克闪        | 将危害性调整为2、可能性调整为1，风险程度更改为3。  | 武汉规范所          | 黄克闪        | 2025.09.17 |
| 13 | 补充“电池包/BMS从控故障”风险评估          | 黄克闪        | 后果：无法采集电芯数据，误报警或保护不及时。<br>原因：采集线束脱落；硬件损坏；供电故障。<br>措施：采集线束采用CCS组件一体化制作，避免单线束拉扯导致线束脱落；BMS经过船用环境振动测试，满足船舶使用工况；每个电池包内两套独立的报警板，一套采集电压和温度，另一套采集温度，确保任意一路损坏，电芯的温度都能被采集，保证系统安全。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为1、1，风险程度级别2。  | 亿纬锂能           | 杜鹏程        | 2025.09.18 |
| 14 | “电池包/结构破损”风险程度评级过高           | 黄克闪        | 将危害性调整为1、可能性调整为1，风险程度更改为2。  | 武汉规范所          | 黄克闪        | 2025.09.17 |
| 15 | BMS硬件故障须拆分细化                 | 黄克闪        | <b>BMS硬件故障1：从板故障（击穿、损坏、老化）</b><br>后果：无法采集电芯温度和电压，系统报警断电。<br>原因：外部撞击、跌落、盐雾腐蚀。<br>措施：BMS从板安装在电池包内部，避免外部碰撞导致损坏，BMS经耐压和环境测试，满足使用要求。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为3、1，风险程度级别4。<br><b>BMS硬件故障2：主控故障（击穿、损坏、老化）</b><br>后果：无法进行电池系统信息处理、控制、保护和对外通讯功能。<br>原因：外部撞击、跌落、盐雾腐蚀。<br>措施：BMS主板安装在接线箱内部，避免外部碰撞导致损坏，BMS经耐压和环境测试，满足使用要求。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为3、1，风险程度级别4。<br><b>BMS硬件故障3：线束破损、连接器脱落。</b><br>后果：通讯中断。<br>原因：长期磨损、线束拉扯。<br>措施：线束选用船用通讯线缆，外部包裹防磨层，线束采用连接器连接，防止脱落，线束固定在结构上，防止拉扯。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为3、1，风险程度级别4。 | 亿纬锂能           | 杜鹏程        | 2025.09.18 |

|    |   |     |  |              |            |            |
|----|---|-----|--|--------------|------------|------------|
| 16 | 补充“BMS 软件故障”风险评估                                    | 黄克闪 | <p>原因：采集精度不满足要求；软件设置错误，故障诊断异常。</p> <p>后果：影响系统控制策略；影响系统控制及电池系统工作。</p> <p>措施：传感器进行校验及参数曲线拟合，并进行不同工况下的检测；参考仿真数据及经验进行设计及验证，BMS 进行软件测试。</p> <p>风险评级：危害性、可能性分别评定为 2、1，风险程度级别 3。</p>                  | 亿纬锂能         | 杜鹏程        | 2025.09.18 |
| 17 | 补充“BMS 通信故障”风险评估                                    | 黄克闪 | <p>后果：数据丢失，影响系统控制及电池系统工作。</p> <p>原因：线束破损断裂；有干扰信号。</p> <p>措施：线束全部包裹缠绕布进行防护，或者选用防护效果较强的线缆，定期检查箱外线缆外观；高低压线缆分开设计，通信线采用双绞屏蔽线来抗干扰。</p> <p>风险评级：危害性、可能性分别评定为 2、1，风险程度级别 3。</p>                        | 亿纬锂能         | 杜鹏程        | 2025.09.18 |
| 18 | 电池冷却失效增加产生原因、调整防护措施                                 | 黄克闪 | <p>1、已增加原因：舱室风机故障</p> <p>2、删除原稿防护措施第 3 条：一组系统断电后，另一组可支持其独立的推进动力和全船日用。</p>  | 武汉规范所        | 黄克闪        | 2025.09.17 |
| 19 | 相邻处所火灾的防护措施不当                                       | 袁明  | 删除原防护措施，更正为：电池舱仅前后两个相邻舱室，前面为空舱、后面是电机舱，即相邻舱室无火灾风险。  | 广安剑辰         | 陶翼         | 2025.09.17 |
| 20 | 直流母线柜绝缘低措施建议取消“制订维护操作手册”                            | 黄克闪 | 已经取消   | 菲亚机电         | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 21 | 直流配电系统“BMS 与 EMS”通信故障调整至 EMS 项目中，并对原因“程序 BUG”做出预防措施 | 袁明  | <p>1、已将“BMS 与 EMS”通信故障从直流配电系统调整至 EMS 项目中。</p> <p>2、通过三电联调固化流程找出程序 BUG，并在出厂前对程序进行修正。</p>  | 菲亚机电         | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 22 | 直流配电系统中补充“接触器故障”风险评估                                | 黄克闪 | <p>后果：功能单元无法正常接通或分断。</p> <p>原因：高频次大电流操作；线圈操作电压不稳定；接触器老化。</p> <p>措施：选择优质宽电压接触器；EMS 限制操控频率；EMS 限制接触器大电流时分断、限制带载闭合（保证电流接近于零时接触器方可进行分断或闭合操作）；直流接触器定期更换。</p> <p>风险评级：危害性、可能性分别评定为 2、1，风险程度级别 3。</p> | 菲亚机电         | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 23 | 直流配电系统中补充“快充”与“慢充”互锁或冲突的风险评估                        | 黄克闪 | <p>后果：冲突段充电电流超过实际设定值导致系统高温（总充电电流=快充电流+慢充电流）。</p> <p>原因：BMS 程序故障导致快充与慢充回路不能互锁；EMS 程序或通信故障导致系统无法识别电池工作状态；高压箱接触器老化粘连。</p>   | 菲亚机电<br>亿纬锂能 | 向国亮<br>杜鹏程 | 2025.09.18 |



|    |                        |           |   |               |           |            |
|----|------------------------|-----------|---|---------------|-----------|------------|
|    |                        |           | 措施：BMS、EMS 程序进行软件测试和联调测试；<br>接触器定期更换。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为 3、1，风险程度级别 4。  |               |           |            |
| 24 | 直流配电系统中补充“单母线失电”的风险评估  | 黄克闪       | 后果：本段推进系统、逆变系统失效。<br>原因：电池系统故障不能供电、严重短路导致电池进线断路器保护跳闸或快熔熔断、EMS 从控故障。<br>措施：电池系统采用稳定性好的品牌；对母线柜、推进装置及电缆定期检查，防止恶性短路诱因产生；本船设置两组独立电池及母线系统，一组失电后，另一组可支持其独立的推进系统、逆变系统。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为 3、1，风险程度级别 4。 | 菲亚机电          | 向国亮       | 2025.09.18 |
| 25 | 交流配电系统中补充“交流失电”的风险评估   | 黄克闪       | 后果：交流单一供电的设备失效。<br>原因：交流母线柜内部负载母线短路。<br>措施：重要航行设备如推进及冷却、舵机泵组由直流母线直接供电；重要控制电源由设备主电源进行变流且 24V 应急充电板提供 1 路应急电源；对交流配电柜定期检查，防止恶性短路诱因产生。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为 1、1，风险程度级别 2。                             | 菲亚机电          | 向国亮       | 2025.09.18 |
| 26 | EMS 控制失效增补网线损伤或松动的措施   | 刘苇含       | 选择船用 CAT6A 网线，使用金属 RJ45 头   | 菲亚机电          | 向国亮       | 2025.09.18 |
| 27 | EMS 各类故障风险程度评级过低       | 黄克闪       | 集中控制失效风险评级：危害性、可能性分别评定为 2、2，风险程度级别 4。<br>分段独立控制失效风险评级：危害性、可能性分别评定为 2、2，风险程度级别 4。<br>电源故障风险评级：危害性、可能性分别评定为 3、1，风险程度级别 4。   | 武汉规范所         | 黄克闪       | 2025.09.17 |
| 28 | 补充 EMS 与 BMS 通信故障的风险评估 | 黄克闪       | 后果：BMS 与 EMS 数据交互中断，中断功能段停止充电和放电。<br>原因：电磁干扰、线路损伤、电源故障<br>措施：进行电磁兼容分析，配 RS485 中继；使用船用双绞通信线，布线时与强电分开，端头坚固处理；所有控制电源与主电源隔离。<br>风险评级：危害性、可能性分别评定为 3、1，风险程度级别 4。                                       | 菲亚机电          | 向国亮       | 2025.09.18 |
| 29 | 舵机各类故障危害性评级过低          | 黄克闪       | 舵机各类故障危害性由 1 更改为 2  | 武汉规范所         | 黄克闪       | 2025.09.17 |
| 30 | “电池舱布置/环境温度高”的原因描述错误   | 郑振<br>黄克闪 | 更正为：电池舱风机故障   | 广安船检<br>武汉规范所 | 郑振<br>黄克闪 | 2025.09.17 |
| 31 | 电池舱风机故障的“后果”描述不妥       | 黄克闪       | 后果由电池舱换气失效更改为：电池系统温升增加；有害有毒气体浓度增加。  | 菲亚机电          | 向国亮       | 2025.09.18 |
| 32 | “人员逃生”的原因描述            | 袁明        | 原因更正为：船舶管理不规范   | 宜宾船检          | 袁明        | 2025.09.17 |

|    |                                |                   |   |               |            |            |
|----|--------------------------------|-------------------|---|---------------|------------|------------|
|    | 错误、相应措施需要调整                    | 黄克闪<br>刘苇含        | 措施：船方制订管理手册，不得在逃生通道堆放物质并定期检查通道的完好性。             | 武汉规范所<br>乐山船检 | 黄克闪<br>刘苇含 |            |
| 33 | 电磁风险评估报告应在附录体现                 | 周林章<br>袁明<br>谭祖贤  | 将送审资料“电磁兼容风险分析与设计报告”提交至本报告的附录中。                 | 菲亚机电          | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 34 | 风险评估表风险等级须汇总                   | 周林章<br>黄克闪<br>谭祖贤 | 本船风险等级为 4 的风险点共 20 项、等级为 3 的 16 项、等级为 2 的 16 项。 | 菲亚机电          | 向国亮        | 2025.09.18 |
| 35 | 主要电气设备型号、规格、参数、数量及品牌应在风险评估报告体现 | 周林章<br>谭祖贤        | 将电气主要设备明细表提交至本报告的附录中。                           | 菲亚机电          | 向国亮        | 2025.09.18 |

### 8.2 其他

电池动力船主要风险是各种原因引起的电池热失控，从而引起的短路、过载火灾、爆炸及应急处置不当等次生灾害。因此控制火灾或爆炸风险是电池动力船的风险防控的重点，避免火灾或爆炸及应急处置不当产生次生一般等级风险。

建议船舶公司可从以下几个方面加强对本船的风险防范与控制：

(1)通过磷酸铁锂动力电池性能介绍和电池动力船功能的简介，让船员了解电池动力船的基本情况和功能，能够针对其性能和特性制定有效性措施。

(2)制定各种管理制度规范管理和使用人员的行为，防止或减少风险的发生。

(3)编制相应的须知文件对部门、岸基、船员进行培训，要从人员管理上来杜绝事故的发生，减少事故发生率。

(4)保证正确的使用和操作电池动力系统设备制定各类操作规程。规范操作流程，提高管理人员操作的正确性。

附录 A 研讨会

一、风险评估团队成员名单

会议名称：20/30 客位新能源客渡船《风险评估报告》评审会

会议地点：四川省广安市广安剑辰船舶技术服务有限公司会议室

会议时间：2025 年 9 月 17 日

| 序号       | 姓名  | 单位             | 职务或职称 | 专业/领域    |
|----------|-----|----------------|-------|----------|
| 外邀专家     |     |                |       |          |
| 1        | 黄克闪 | CCS 武汉规范研究所    | 高工    | 电气       |
| 2        | 周林章 | 四川省航务海事管理事务中心  | 船检副处长 | 船体       |
| 3        | 谭祖贤 | 四川省航务海事管理事务中心  | 验船师   | 船体       |
| 4        | 胡天淇 | 四川省航务海事管理事务中心  | 验船师   | 电气       |
| 5        | 刘苇含 | 四川省乐山市港航中心     | 验船师   | 轮机       |
| 6        | 袁明  | 宜宾市航务事务中心      | 船检科长  | 电气       |
| 7        | 郑振  | 四川省广安市航务海事事务中心 | 船检科长  | 船体       |
| 设计、制造或其他 |     |                |       |          |
| 8        | 黄臣  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 总经理   | 电气       |
| 9        | 陶翼  | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 总工程师  | 船体(含消防)  |
| 10       | 黄建华 | 广安剑辰船舶技术服务有限公司 | 工程师   | 船体       |
| 11       | 廖炎  | 宜昌菲亚机电设备有限公司   | 总经理   | 应用(轮机)   |
| 12       | 向国亮 | 宜昌菲亚机电设备有限公司   | 总工程师  | 三电集成(电气) |
| 13       | 张海峰 | 武汉亿纬储能         | 工程师   | 锂电池(电气)  |
| 14       | 杜鹏程 | 武汉亿纬储能         | 工程师   | 锂电池(电气)  |

二、风险评估团队会议签到表

| 会议签到表                          |     |              |       |
|--------------------------------|-----|--------------|-------|
| 会议名称：20/30 客位新能源客渡船《风险评估报告》评审会 |     |              |       |
| 会议地点：四川省广安市广安剑辰船舶技术服务有限公司会议室   |     |              |       |
| 会议时间：2025 年 9 月 17 日           |     |              |       |
| 序号                             | 姓名  | 单位           | 职称或职务 |
| 1                              | 周林平 | 省航务海事中心船舶处   |       |
| 2                              | 胡永洪 | 省航务海事中心船舶处   |       |
| 3                              | 黄之阳 | CCO 武汉规范所    |       |
| 4                              | 谭祖兴 | 省中心船舶        |       |
| 5                              | 邓振  | 广安市航务海事事务中心  |       |
| 6                              | 杨心  | 宜宾市航务事务中心    |       |
| 7                              | 刘荣合 | 乐山市港航中心      |       |
| 9                              | 廖炎  | 宜昌菲亚机电设备有限公司 |       |
| 10                             | 杜鹏程 | 武汉经纬储能       |       |
| 11                             | 张海洋 | 武汉经纬储能       |       |
| 12                             | 李明  | 宜昌菲亚机电设备有限公司 |       |
| 13                             | 陶翠  | 广安剑辰船舶设计有限公司 |       |
| 14                             | 黄子豪 | 广安剑辰船舶设计有限公司 |       |
| 15                             | 黄臣  | 广安剑辰船舶设计有限公司 |       |
| 16                             |     |              |       |
| 17                             |     |              |       |
| 18                             |     |              |       |

### 三、会议记录

|   |                        |
|---|------------------------|
| 会议时间：2025.09.17   | 会议地点：广安剑辰船舶技术服务有限公司会议室 |
| 会议主题：20/30 客位新能源客渡船风险评估   |                        |
| 主持人：周林章（四川省航务海事管理事务中心）  |                        |
| 参会人员：黄克闪 周林章 谭祖贤 胡天淇 刘苇含 袁明 郑振 黄臣 陶翼 黄建华 张海峰 杜鹏程 廖炎 向国亮   |                        |
| 会议主要内容：<br><br>一、参会人员介绍<br><br>二、会议目的、讨论范围、适用法规指南等介绍<br><br>三、船体及船舶用途介绍<br><br>四、三电系统组成、原理、性能等介绍<br><br>五、船舶风险点讨论与评估<br><br><b>1、CCS 武汉规范研究所黄克闪提出以下意见或建议：</b><br>1.1 24VDC 应急充放电板在全套资料应统一名称，并详细说明功能、原理、用途；<br>1.2 BMS 控制电源应做补充说明；<br>1.3 EMS 控制电源应做补充说明；<br>1.4 单体电芯过压（充电）须增加“电芯不均衡”和“单体性能不一致”的原因；<br>1.5 单体电芯过压（充电）危害性应调节至 3，风险程序调节至 4；<br>1.6 单体电芯欠压（放电）危害性应调节至 3，风险程序调节至 4；<br>1.7 电芯一致性差后果、现有防护措施描述不当且风险程度评级过低；<br>1.8 “电池包/应急排气故障”风险程度评级过低；<br>1.9 补充“电池包/BMS 从控故障”风险评估；<br>1.10 “电池包/结构破损”风险程度评级过高；<br>1.11 BMS 硬件故障须拆分细化；<br>1.12 补充“BMS 软件故障”风险评估；<br>1.13 补充“BMS 通信故障”风险评估；<br>1.14 电池冷却失效增加产生原因、调整防护措施；<br>1.15 直流母线柜绝缘低措施建议取消“制订维护操作手册”；<br>1.16 直流配电系统中补充“接触器故障”风险评估；<br>1.17 直流配电系统中补充“快充”与“慢充”互锁或冲突的风险评估；<br>1.18 直流配电系统中补充“单母线失电”的风险评估；<br>1.19 交流配电系统中补充“交流失电”的风险评估；<br>1.20 EMS 各类故障风险程度评级过低；<br>1.21 补充 EMS 与 BMS 通信故障的风险评估；<br>1.22 舵机各类故障危害性评级过低；<br>1.23 “电池舱布置/环境温度高”的原因描述错误；<br>1.24 电池舱风机故障的“后果”描述不妥； |                        |

- 1.25 “人员逃生”的原因描述错误、相应措施需要调整;
- 1.26 风险评估表风险等级须汇总。

**2、四川省航务海事管理事务中心船检处周林章提出以下意见或建议:**

- 2.1 “消防/火灾蔓延”的原因不恰当;
- 2.2 电磁风险评估报告应在附录体现;
- 2.3 风险评估表风险等级须汇总;
- 2.4 主要电气设备型号、规格、参数、数量及品牌应在风险评估报告体现。

**3、四川省航务海事管理事务中心船检处谭祖贤提出以下意见或建议:**

- 3.1 电磁风险评估报告应在附录体现;
- 3.2 风险评估表风险等级须汇总;
- 3.3 主要电气设备型号、规格、参数、数量及品牌应在风险评估报告体现。

**4、四川省航务海事管理事务中心船检处胡天淇以下疑问:**

- 4.1 直流母线柜如何消弧。

**5、四川省乐山市港航中心船检科刘苇含提出以下意见或建议:**

- 5.1 “消防/火灾蔓延”的原因不恰当;
- 5.2 电芯一致性差后果、现有防护措施描述不当且风险程度评级过低;
- 5.3 EMS 控制失效增补网线损伤或松动的措施;
- 5.4 “人员逃生”的原因描述错误、相应措施需要调整。

**6、四川省宜宾市港航中心船检科袁明提出以下意见或建议:**

- 6.1 电池系统适用规范需根据实际船舶修改调整;
- 6.2 评估报告中所有“七氟丙烷”更改为“CO<sub>2</sub>”;
- 6.3 “电磁兼容风险评估”附至本风险评估报告中;
- 6.4 直流配电系统“BMS 与 EMS”通信故障调整至 EMS 项目中, 并对原因“程序 BUG”做出预防措施;
- 6.5 “人员逃生”的原因描述错误、相应措施需要调整;

**7、四川省广安市航务海事事务中心船检科郑振提出以下意见或建议:**

- 7.1 “电池舱布置/环境温度高”的原因描述错误。

**六、意见整理汇总、重述、确认**

注: 部分意见在沟通后认可原方案或风险评定, 整理时忽略。

## 附录 B 图纸、工艺信息和参考文献

### 一、电气类图纸目录（本次评估侧重于电气，仅附电气送审目录）

| 序号 | 图号                 | 图纸名称            | 页数 | 图幅    |
|----|--------------------|-----------------|----|-------|
| 1  | GAJC4039-600-001TM | 电气送审图纸及文件目录     | 2  | A4    |
| 2  | GAJC4039-601-001SM | 电气说明书           | 7  | A4    |
| 3  | GAJC4039-601-002SM | 直流综合电力系统功能说明书   | 30 | A4    |
| 4  | GAJC4039-601-003SM | 电磁兼容风险分析与设计报告   | 12 | A4    |
| 5  | GAJC4039-601-001JS | 电力负荷计算书         | 1  | A3    |
| 6  | GAJC4039-601-002JS | DC24V 蓄电池容量计算书  | 3  | A4    |
| 7  | GAJC4039-601-003JS | 本质安全电路校核资料      | 5  | A4    |
| 8  | GAJC4039-601-001MX | 直流综合电力系统监测报警项目表 | 3  | A4    |
| 9  | GAJC4039-608-001MX | 电气主要设备明细表       | 7  | A4    |
| 10 | GAJC4039-610-001   | 电力设备布置图         | 5  | A3/A4 |
| 11 | GAJC4039-610-002   | 蓄电池舱布置图         | 1  | A4    |
| 12 | GAJC4039-611-001   | 电力一次系统图         | 1  | A2    |
| 13 | GAJC4039-611-002   | 综合电力系统(单线)图     | 1  | A2    |
| 14 | GAJC4039-611-003   | 直流母线柜系统图        | 6  | A4    |
| 15 | GAJC4039-611-004   | 交流配电板系统图        | 5  | A4    |
| 16 | GAJC4039-611-005   | 交流电力二次系统图       | 1  | A2    |
| 17 | GAJC4039-611-006   | DC24V 充放电板系统图   | 4  | A4    |
| 18 | GAJC4039-613-001   | 能量管理系统图         | 5  | A4    |
| 19 | GAJC4039-621-001   | 电力推进控制系统图       | 1  | A3    |
| 20 | GAJC4039-625-001   | 蓄电池及 BMS 系统图    | 1  | A2    |
| 21 | GAJC4039-641-001   | 交流配电板单线图        | 1  | A2    |
| 22 | GAJC4039-644-001   | 直流母线柜单线图        | 1  | A2    |
| 23 | GAJC4039-644-002   | DC24V 充放电板原理图   | 1  | A2    |
| 24 | GAJC4039-630-001   | 照明布置图           | 3  | A3/A4 |
| 25 | GAJC4039-631-001   | 照明系统图           | 4  | A3/A4 |
| 26 | GAJC4039-632-001   | 探照灯船名灯系统图       | 1  | A4    |
| 27 | GAJC4039-632-002   | 航行信号灯系统图        | 3  | A4    |
| 28 | GAJC4039-646-001   | 驾控台系统图          | 10 | A4    |
| 29 | GAJC4039-651-001   | 助航设备系统图         | 6  | A4    |
| 30 | GAJC4039-652-001   | 舵角指示电气原理图       | 1  | A3    |
| 31 | GAJC4039-662-001   | 声力电话系统图         | 3  | A4    |
| 32 | GAJC4039-665-001   | 火灾探测报警系统图       | 3  | A4    |
| 33 | GAJC4039-665-002   | 可燃气体探测报警系统图     | 3  | A4    |
| 34 | GAJC4039-665-003   | CO2 施放预报警系统图    | 3  | A4    |
| 35 | GAJC4039-601-001PS | 电池动力船风险评估报告     | 87 | A4    |

二、电磁兼容风险分析与设计报告

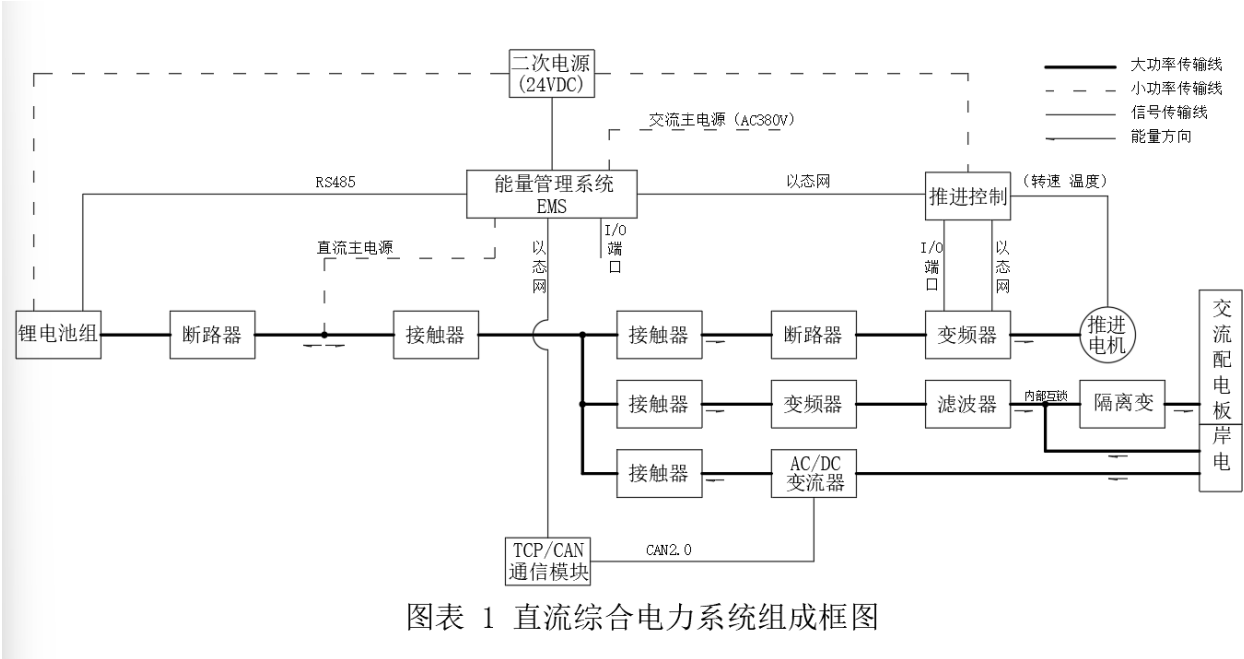
1 电力系统说明

1.1 系统组成概述

本船直流母线采用分布式供电方案，由二段独立直流母线，二母线间有联络接触器（仅用于应急充电，正常系泊时和航行状态时一直处于断开状态）。全船电池系统标称电量 241.92Wh，标称电压 576VDC，包含 2 个独立的电池组，各自连接分段直流母线。

每段母线通过推进控制系统各自驱动 37KW 主推进电机（全船共 2 套）；各段直流母线分别配置一套 22KW 逆变装置为船舶提供交流日用电源（全船 2 套，属于一用一备）；同时二段直流母线分别配置 40KW 充电装置。

1.2 系统组成框图（仅描述 1#段，2#段相同）



图表 1 直流综合电力系统组成框图



## 2 电磁环境分析

本船综合电力系统按功能分为电源装置、配电系统、推进系统、能量管理系统。各装置和系统的安装位置及相关电磁环境分别如下：

电源装置：锂电池组；处于底部电池舱内，属于非主要干扰源；

配电系统：包括直流配电板及变流器（AC/DC、DC/AC）；处于主甲板（辅机舱上），主要干扰源来自变流器（AC/DC、DC/AC）；

推进系统：包括推进变频器及推进电机；推进电机处于船体艉部机舱，推进变频器处于主甲板（辅机舱上），主要干扰源来自推进变频器；

能量管理系统：包括 PLC 控制器和触摸屏上位机；位于主甲板（辅机舱上）；非主要干扰源，属于敏感设备，面临的干扰主要是强电设备对传感器的干扰。

## 3 主要设备（系统）电磁兼容特性

### 3.1 设备分类

本系统主要设备根据干扰特性和敏感特性可以定性分类如表 3.1。

表 3.1 主要设备分类表

| 设备分类 |           | 设备      | 设备类型    | 设备代号 |
|------|-----------|---------|---------|------|
| A    | 变流器       | DC/AC   | 干扰源，非敏感 | A1   |
|      |           | AC/DC   | 干扰源，非敏感 | A2   |
| B    | 开关和控制设备   | 断路器/接触器 | 干扰源，非敏感 | B1   |
|      |           | 继电器     | 敏感      | B2   |
|      |           | 电子保护装置  | 敏感      | B3   |
| C    | 通信和信号处理设备 | 网络交换机   | 敏感      | C1   |
|      |           | 电机控制器   | 敏感      | C2   |
|      |           | 传感器     | 敏感      | C3   |
|      |           | 上位机     | 敏感      | C4   |
| D    | 储能装置      | 蓄电池     | 非敏感     | D1   |
| E    | 推进系统      | 推进变频器   | 干扰源，非敏感 | E1   |
|      |           | 推进电机    | 非敏感     | E2   |

### 3.2 设备电磁干扰特性

本综合电力系统中主要干扰源来自大功率电力电子设备的共模干扰、差模干扰及大功率断路器或接触器的瞬态干扰；大功率电力电子设备的谐波干扰频率分布从工频频段的 150Hz 延伸到 MHz 频段；幅值则从低频段的 10V 级（140dB  $\mu$ V）到高频段的 mV 级（60dB  $\mu$ V）；断路器或接触器瞬态干扰的频率分布从 100kHz 到 50MHz，幅值则约在 0.1V~5V 间波动即（100~134dB  $\mu$ V）。

### 3.3 设备电磁敏感度特性

本综合电力系统中主要敏感设备是 B 类和 C 类设备，敏感频段在 1M~30MHz，敏感阈值在 1~10V（即 120~140dB  $\mu$ V）。

### 3.4 电磁兼容风险分析

根据前面对系统各设备的干扰特性总结，可得到该综合电力系统干扰频率分布图（如图 3.4-1）、干扰幅值分布图（如图 3.4-2），这里的频率包括设备工作频率及产生的谐波频率、干扰频率等。根据设备电磁干扰特性分析结果，生成设备电磁干扰矩阵（示例如表 3.4），设备干扰矩阵表需在受扰设备和发射源之间的干扰可能性进行粗略估计。在那些不可能出现干扰的地方，在矩阵交点处标记“-”；在可能出现干扰的地方，标记“+”；对于那些执行分析计算后，若分析表明不会出现干扰，在矩阵中用“ $\oplus$ ”，若表明会出现干扰，用符号“#”。

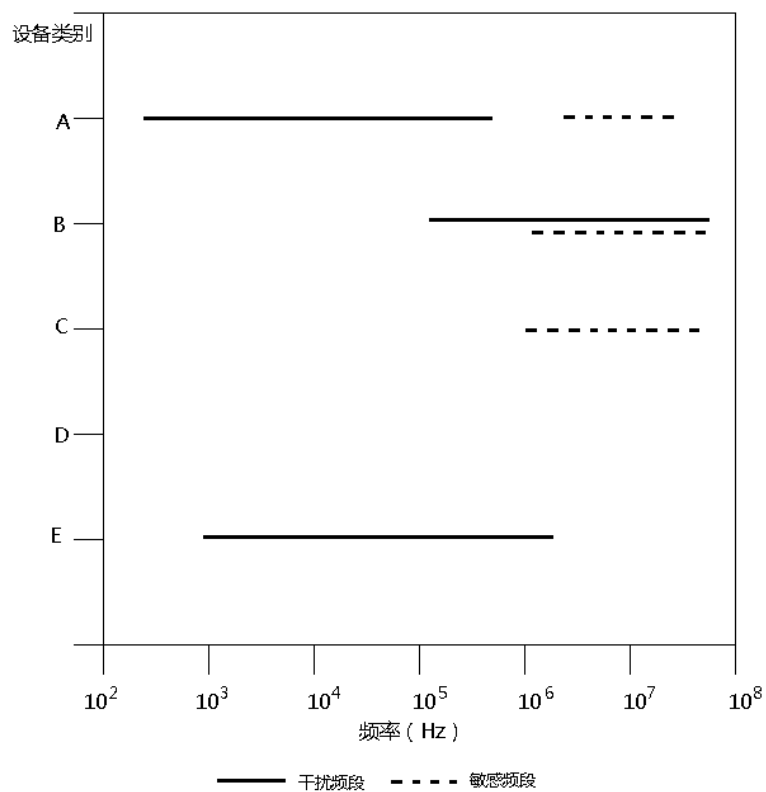


图 3.4-1 设备干扰频率分布图（实线：设备发射频率，虚线：设备敏感频率）

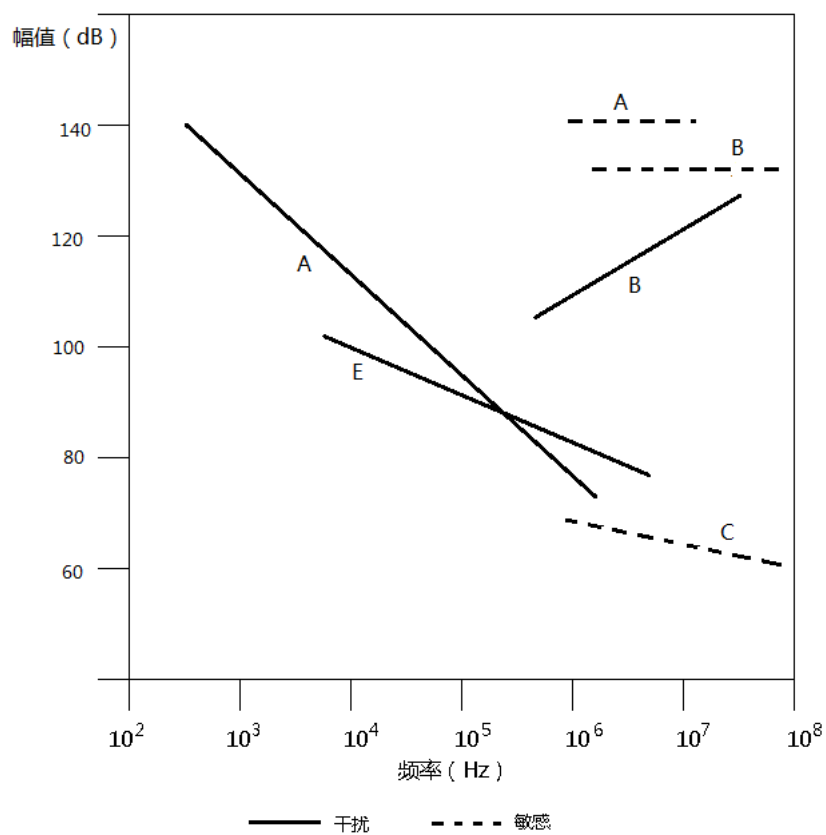


图 3.4-2 设备干扰幅值分布图（实线：设备发射幅值，虚线：设备敏感幅值）

表 3.4 设备干扰矩阵

| 敏感设备 | 干扰源 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      | A1  | A2 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | C3 | C4 | D1 | E1 | E2 |
| A1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| A2   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| B1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| B2   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | +  | -  |
| B3   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | +  | -  |
| C1   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C2   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C3   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| C4   | ⊕   | ⊕  | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | #  | -  |
| D1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| E1   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| E2   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

## 4 主要电磁兼容设计措施及预期效果

### 4.1 系统级电磁兼容设计措施

根据表 3.1 和表 3.4，该综合电力系统中主要干扰源为 A、B、E 类设备，而敏感设备为 B、C 类设备；故在系统设计时，对强弱电设备的布局进行了分离布置，在无屏蔽情况下需确保 C 类设备及其传输信号线与 A、E 类设备的线缆距离 1m 以上，当控制电缆必须要和动力电缆相交时，确保控制电缆和动力电缆尽可能成 90° 相交敷设，来避免干扰源对敏感设备造成影响。

柜体底座与船体基座是采用周围间断式边角焊接，保证系统与船体低阻抗连接，为谐波电流的提供可靠的泄放回路。

### 4.2 设备级电磁兼容优化措施

根据表 3.4，主要可能出现电磁干扰的情形为 B1 设备对 B2、C1、C2、C3、C4 设备产生的干扰（本类干扰非持续性，仅大电流分合瞬间）；会出现干扰的情形为 E1 设备对 C1、C2、C3、C4 设备产生的干扰。优化措施如下：

A. 通过 EMS 程序优化，主回路断路器或接触器接通后再逐步加大负荷、将负荷降至接近于零后再对断路器或接触器做有效分断，使 B1 设备不产生电磁干扰。

B. 在 E1 设备至推进电机采用变频电缆，并将抗干扰屏蔽层单端有效接地；设计布置时，使 E1 设备与推进电机间距离尽量靠近，缩短输出电缆距离；变频器必须内置输入直流电抗器、设置直流母线电容，防止电磁干扰反射至直流主网。

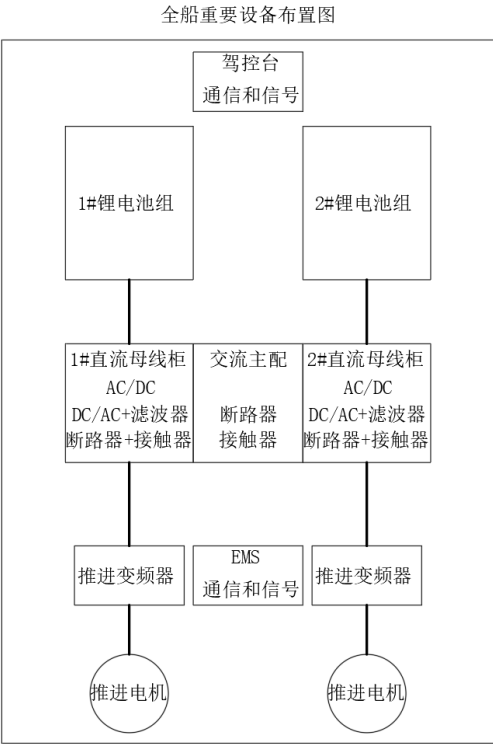
C. C 类通信和信号处理设备敏感源基本来自于电源口和通信口。对 C 类设备通信采用交换机、中继进行隔离；对于电源全部采用明纬开关电源进行独立隔离。

D. 提高通信电缆等级，如采用 CAT6A 网线、屏蔽双绞电缆加粗线径等。

E. A 类设备不对其他类型设备不产生干扰的原因是干扰源频率段与敏感设备频率段不在一个范围。但 A 类设备实际是有电磁干扰的，现 AC/DC、DC/DC 模块采用隔离型模块，减小干扰传导。DC/AC，输出端加装正弦波滤波器，同时使用隔离变压器，且隔离变原边为三角形接法（使含量最多的三次谐波环流消耗掉）。

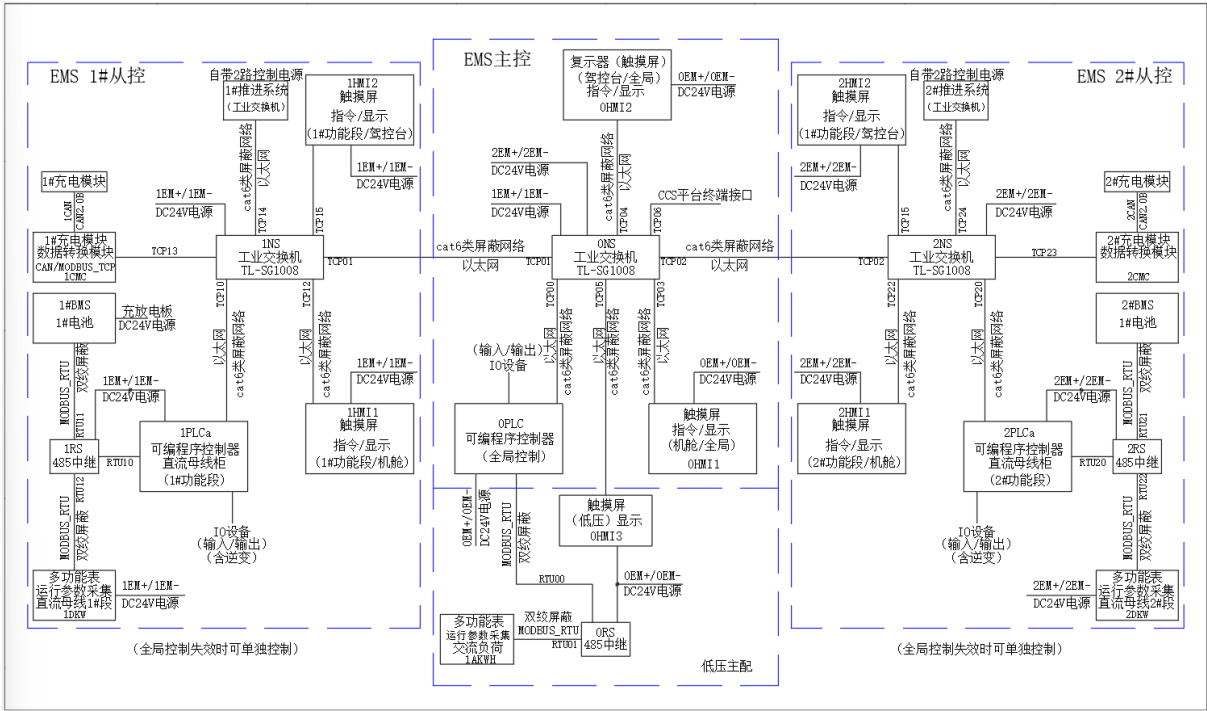
5 系统布局、布线、滤波、接地说明框图

5.1 系统布局

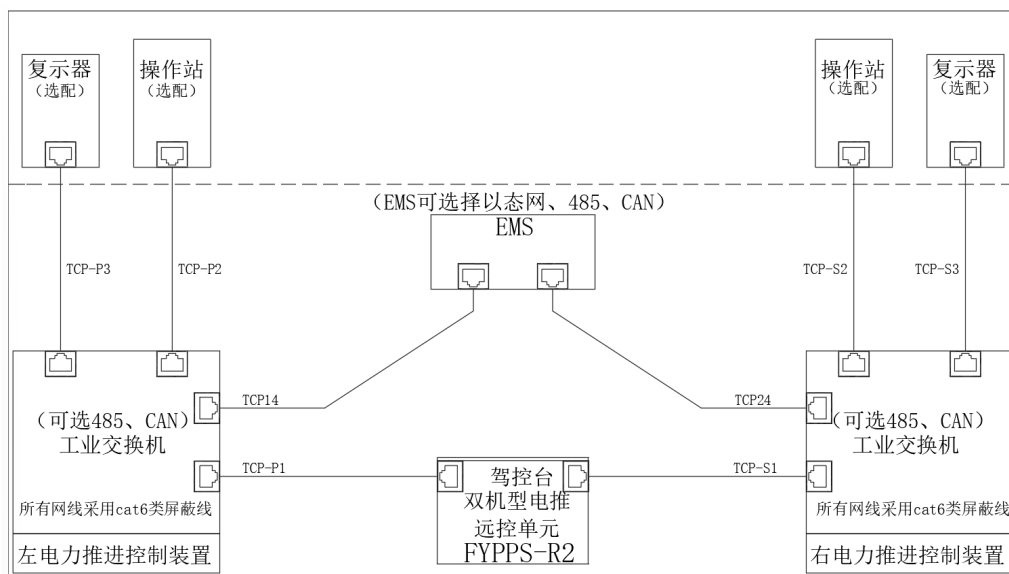


5.2 全船通信网络（隔离/中转）

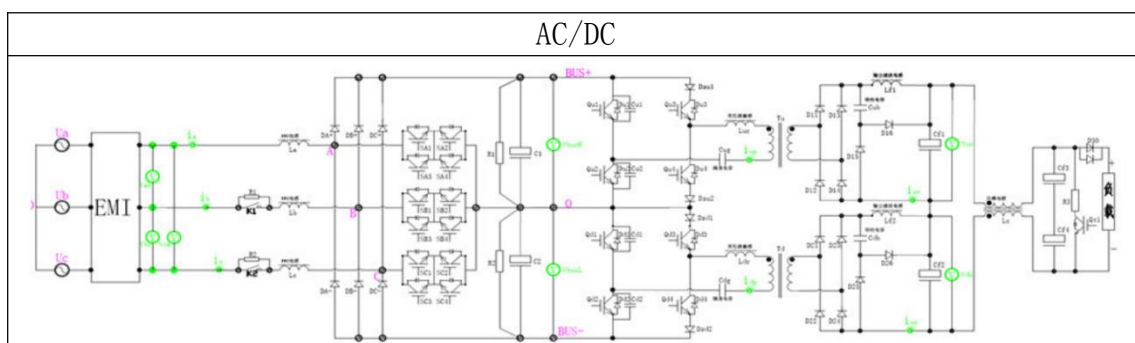
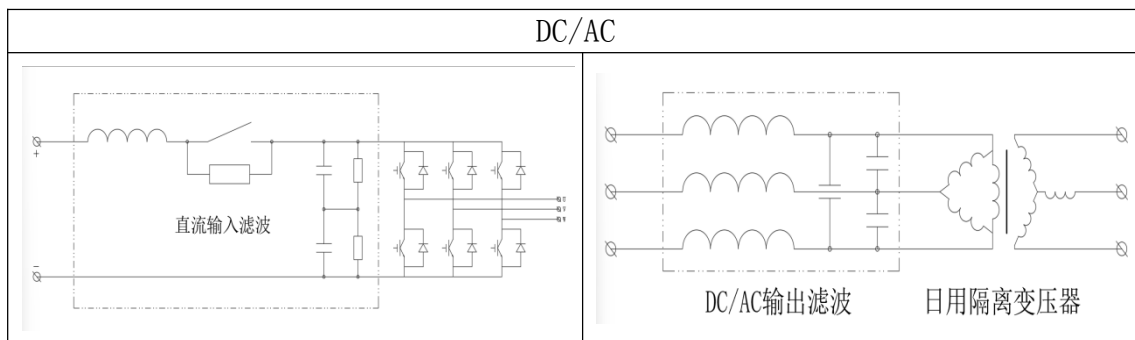
全船 EMS 网络图



推进系统网络图



## 5.3 滤波



## 5.4 接地

### 5.4.1 保护接地 (Protective earthing)

保护接地是为防止电气装置的金属外壳、配电装置的构架等带电危及人身和设备安全而进行的接地。保护接地与其他接地分开接地，接地汇集点应使用黄色标签(⚠️)。



#### 5.4.2 工作接地 (Working earthing)

本船交直流系统为对地绝缘系统，无工作接地。

#### 5.4.3 防雷接地 (Lightning protection grounding)

防雷接地是受到雷电袭击（直击、感应或线路引入）时，为防止造成损害的接地系统。针对防雷保护设备(避雷针、避雷线、避雷器等)的需要而设置的接地。对于直击雷，避雷装置(包括过电压保护接地装置在内)促使雷云正电荷和地面感应负电荷中和，以防止雷击的产生；对于静感应雷，感应产生的静电荷，其作用是迅速地把它们导入地中，以避免产生火花放电或局部发热造成易燃或易爆物品燃烧爆炸的危险。本船在桅杆顶部设避雷针，其避雷线直接与船体相连。

#### 5.4.4 防静电接地 (Static electricity protection ground)

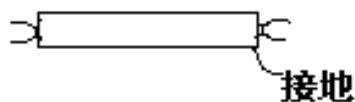


静电产生主要有二种方式：当不同的物体接触时，由于物体表面载流子的浓度和逸出功的不同，载流子就从一个表面迁移到另一个表面，这时，如果一种物体的表面带正电，另一种物体带负电，就会产生静电；当设备周围环境有交变磁场时，设备与地或其他设备间会有电位差，即静电。本船静电主要是指第二类情形。因此，防静电接地是用来消除导体上的静电，分为直接接地和间接接地，直接接地是通过金属导体的接地程直接接地，间接接地是通过金属以外的导电材料或防静电材料接地。本船采用防静电接地采用直接接地方式，且机箱机柜内部使用统一防静电接地点，接地电阻一般要求不大于  $10\ \Omega$ 。

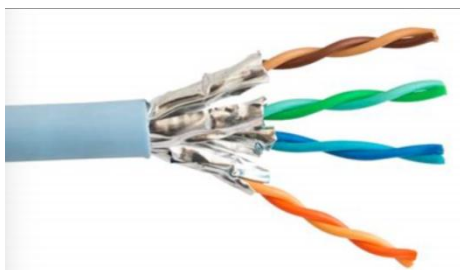
## 5.5 C 类设备的传输信号线



(a) 双绞线（绞数 $\geq 30$  匝/米）



(b) 双绞屏蔽线（绞数 $\geq 30$  匝/米）



(c) CAT6A 网线（线规为 23AWG，4 对双绞，绞数 $\geq 30$  匝/米）

### 三、电气主要设备明细表

| 序号                    | 名 称          | 型 号 及 规 格                       | 数量  | 生产厂或图号  | 证书要求          | 备注                    |
|-----------------------|--------------|---------------------------------|-----|---------|---------------|-----------------------|
| <b>一、直流综合动力（电力）系统</b> |              |                                 |     |         |               |                       |
| 1                     | 磷酸铁锂动力电池系统   | 120.96KW(576V/210AH) 含 BMS      | 2 组 | 亿纬锂能    | 产品型式认可证书&产品证书 | 配高压箱/接线箱/线束/插座        |
| 2                     | 直流母线柜        | FYDSB-2-100                     | 1 座 | 宜昌菲亚机电  | 产品证书          | 集成充电、逆变               |
| 3                     | 交流主配电板       | FYMSB-1-125                     | 1 座 | 同上      | 产品证书          |                       |
| 4                     | 能量管理系统（EMS）  | FYEMS-2-2                       | 1 套 | 同上      | 产品证书          | 一主控二从控                |
| 5                     | 电力推进控制装置     | FYPPS-VD0370                    | 2 台 | 同上      | 产品型式认可证书&产品证书 | 集成主电机散热系统             |
| 6                     | 电力推进遥控装置     | FYPPS-R2                        | 1 台 | 同上      | 产品型式认可证书&产品证书 |                       |
| 7                     | 变频推进电机       | YZPF250M2-8 37KW 8 极 731.7r/min | 2 台 | 长航电机    | 产品型式认可证书&产品证书 | 配 5 支 PT100; 配编码器     |
|                       |              |                                 |     |         |               |                       |
| <b>二、电源设备</b>         |              |                                 |     |         |               |                       |
| 1                     | 低压蓄电池组       | 6-CQW-200 12V/200Ah             | 4 台 | 风帆或同等   | 产品证书          |                       |
| 2                     | 24V 充电机      | GCA-30A 220V/0-36V              | 1 台 | 武汉云鹏    | 产品证书          |                       |
| 3                     | 隔离变压器        | CSD-20KVA 400V/400V/230/V Dyn11 | 2 台 | 武汉智伟、云鹏 | 产品型式认可证书&合格证  |                       |
| 4                     | 岸电箱          | FYSPP-125                       | 1 台 | 宜昌菲亚机电  | 产品型式认可证书&产品证书 |                       |
| 5                     | DC24V 充放电板   | FYDCP-60-24                     | 1 台 | 同上      | 产品证书          |                       |
| 6                     | AC380V 风机分电箱 | FYDTP-A32 10A/3P×6              | 2 台 | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   |                       |
| 7                     | 电池舱风机启动器     | FYGST-D32F 整定 1.5A              | 2 台 | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   | CO2 互锁 BMS/EMS/可燃气体联动 |
| 8                     | (右舷)配电间风机启动器 | FYGST-D32 整定 1.0A               | 1 台 | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   | EMS 联动                |
| 9                     | AC220V 照明分电箱 | FYDTP-10C32 6A/2P×10            | 1 台 | 同上      | 工厂质量证明书或合格证   |                       |
|                       |              |                                 |     |         |               |                       |
|                       |              |                                 |     |         |               |                       |

| 序号                    | 名 称          | 型 号 及 规 格        | 数量  | 生产厂或图号   | 证书要求        | 备注                |
|-----------------------|--------------|------------------|-----|----------|-------------|-------------------|
| 三、驾驶室集中控制台（组装或成套下列产品） |              |                  | 1 座 | 宜昌菲亚机    | 工厂质量证明书或合格证 | 未注明各设备证书随系统       |
| 1                     | DC24V 助航分电箱  | 10 路 10A×9 DC24V | 1 套 | 驾控台配套    |             | 采用 TDM47-63/2P 微断 |
| 2                     | AC220V 助航分电箱 | 9 路 10A×9 AC220V | 1 套 | 驾控台配套    |             | 采用 TDM47-63/2P 微断 |
| 3                     | 舱室风机遥切断按钮    | 带防护护盖 红色         | 1 只 | 驾控台配套    |             |                   |
| 4                     | 探照灯船名灯控制板    |                  | 1 套 | 驾控台配套    |             |                   |
| 5                     | 全船最低电量报警灯    |                  | 1 只 | 驾控台配套    |             |                   |
| 6                     | 锚灯控制板        |                  | 1 套 | 驾控台配套    |             |                   |
| 7                     | 舵角指示         | YD-75            | 1 套 | 舵机配套     |             |                   |
| 8                     | 推进遥控装置       | FYPPS-R2         | 1 套 | 三电集成商配套  |             |                   |
| 9                     | EMS 操作站      |                  | 1 套 | 三电集成商配套  |             | 一主二从              |
| 10                    | BMS 操作站      |                  | 2 台 | 动力电池系统配套 |             | 二组                |
| 11                    | 雨括器控制板       | SL-S             | 1 套 | 雨括器配套    |             | 见雨括器              |
| 12                    | 指挥型声力电话      | HSC-12Q          | 1 台 | 声力电话配套   |             |                   |
| 13                    | 广播主机         | HKD-5C 25W       | 1 台 | 广播系统配套   |             | 含话筒               |
| 14                    | 电笛控制器        | DDK-1            | 1 台 | 电笛配套     |             | 含话筒               |
| 15                    | 火灾报警控制器      | JBS-MB           | 1 台 | 火灾系统配套   |             |                   |
| 16                    | 气体报警控制器      | ZH-GAS-1FQ       | 1 台 | 可燃性气体配套  |             |                   |
| 17                    | CO2 预释放报警复示器 |                  | 1 台 | CO2 消防配套 |             |                   |
| 18                    | 船舶自动识别装置主机   | AIS-B/900        | 1 套 | AIS 配套   |             | 含电源装置             |
| 19                    | 甚高频          | IC-M324          | 1 套 | VHF 配套   |             | 含电源装置             |
| 20                    | 视频监控显示器      |                  | 1 套 | 视频安保配套   |             | 含电源装置             |
| 21                    |              |                  |     |          |             |                   |
| 22                    |              |                  |     |          |             |                   |

| 序号                    | 名 称             | 型 号 及 规 格                      | 数量   | 生产厂或图号             | 证书要求       | 备注          |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|------|--------------------|------------|-------------|
| <b>四、照明设备:</b>        |                 |                                |      | 海星、亮舟、艳阳           | 提供船检证书     |             |
| 1                     | 信号灯             | CXH6-21P DC24V 6W IP56         | 5 盏  |                    |            | 2 红、1 白、2 绿 |
| 2                     | 探照灯 (投光灯)       | TG9 200W AC220V                | 1 台  |                    |            |             |
| 3                     | 白炽舱顶灯           | CCD1-2 220V 60W IP55           | 11 盏 |                    |            |             |
| 4                     | 白炽防爆灯           | CFD4a 220V 60W Exd IIC T4 IP66 | 2 盏  |                    |            |             |
| 5                     | LED 蓬顶灯 (带应急灯头) | JPL12-E AC220V/12W+DC24V/3W    | 3 盏  |                    | IP44 不另设灯具 |             |
| 6                     | LED 蓬顶灯         | JPL12 220V 12W IP44            | 4 盏  |                    |            |             |
| 7                     | 舱室开关            | HE-2N-1 250V 10A               | 3 只  |                    |            |             |
| 8                     | 水密开关            | HS302-3 250V 10A IP56          | 10 只 |                    |            |             |
| 9                     | 舱室插座            | CZE2-2B-2N 250V 10A            | 5 只  |                    |            |             |
| 10                    | 低压舱顶灯           | CCD3-2 24V 25W IP56            | 7 盏  |                    |            |             |
| 11                    | 低压防爆灯           | CFD4b 24V 25W Exd IIC T6 IP66  | 2 盏  |                    |            |             |
| 12                    | 船名灯             | 内装 AC220V 24WX2 LED 灯管         | 4 盏  |                    |            |             |
| <b>五、无线电航行助航报警设备:</b> |                 |                                |      |                    |            |             |
| 1                     | 舵角指示器           | YD-75                          | 1 块  | 舵机配套               | 型式认可证书     |             |
|                       | 舵角发讯器           | RD-0183                        | 1 只  | 舵机配套               | 型式认可证书     |             |
| 2                     | 船舶自动识别装置主机      | AIS-B/900                      | 1 台  | 舶吉海洋科技武汉           | 船用产品证书     |             |
|                       | 自动识别装置电源装置      | AC220V/DC24V                   | 1 台  | 博亿特机电              |            |             |
|                       | 自动识别装置 VHF 天线   |                                | 1 根  | 新诺北斗航科             |            |             |
|                       | 自动识别装置 GPS 天线   |                                | 1 根  | 长航天一               |            |             |
| 3                     | 刮水器控制箱          | SL-S DC24V                     | 1 台  | 杭州华雁、嘉兴科讯、裕德龙 (上海) | 产品合格证书     |             |
|                       | 平移式刮水器          |                                | 1 套  |                    |            |             |
| 4                     | 嵌入式电笛控制板        | DDK-1 DC24V                    | 1 台  | 杭州华雁、嘉兴科           | 船用产品证书     |             |

| 序号 | 名 称        | 型 号 及 规 格           | 数量   | 生产厂或图号              | 证书要求   | 备注         |
|----|------------|---------------------|------|---------------------|--------|------------|
|    | 电 笛        | DDK IP56            | 1 台  | 讯、南京泽海              |        |            |
| 5  | 甚高频无线电话    | IC-M324             | 1 台  | 舶吉海洋科技、武汉博亿特        | 船用产品证书 |            |
|    | 甚高频电源装置    | AC220V/DC24V        | 1 台  |                     |        |            |
|    | 甚高频收/发天线   |                     | 1 根  |                     |        |            |
| 6  | 嵌入式扩音机     | HKD-25C 25W         | 1 台  | 杭州华雁、嘉兴科讯、嘉兴富城、南京泽海 | 船用产品证书 |            |
|    | 号筒扬声器      | YHC25-1 25W IP56    | 1 台  |                     |        |            |
|    | 广播接收天线     |                     | 1 根  |                     |        | 扩音机配套      |
| 7  | 嵌入式选通声力电话  | HSQ-12Q             | 1 台  | 嘉兴富城、南京泽海           | 型式认可证书 |            |
|    | 挂挂式直通声力电话  | HSG-1G              | 4 台  |                     |        |            |
| 8  | 嵌入式火灾报警控制器 | JBS-MB              | 1 台  | 嘉兴富城、南京泽海           | 船用产品证书 |            |
|    | 防暴感烟探测器    | ZH1802Ex            | 2 只  |                     |        |            |
|    | 防暴感温探测器    | ZH1805Ex            | 2 只  |                     |        |            |
|    | 防爆火警按钮     | HD05Ex              | 2 只  |                     |        |            |
|    | 防水火警按钮     | HD05F               | 2 只  |                     |        |            |
|    | 安全栅        | S802                | 2 只  |                     |        |            |
| 9  | 可燃气体探测报警主机 | ZH-GAS-1FQ          | 1 台  | 成都安可信、南京泽海          | 船用产品证书 |            |
|    | 防爆可燃气体探测器  | ZH-GAS-1D Ex        | 2 只  |                     |        | 内置声光报警器    |
| 10 | 风压开关       |                     | 2 只台 | 市购                  | 产品合格证书 | 安装于电池舱风机出口 |
| 11 | 硬盘录像机      | 8 路 组合件 带网络传输功能     | 1    | 市购                  | 产品合格证书 |            |
|    | 视频监视显示器    | 19 英寸彩色液晶 220V      | 1 台  |                     |        |            |
|    | 半球摄像机      | VDC-250F04-10C 配电源盒 | 4 只  |                     |        |            |
|    | 红外防水枪式摄像机  | WMS-385ZA 内置电源 IP56 | 2 只  |                     |        |            |
|    | 交换机        | AC220V 8 口          | 1 台  |                     |        |            |

| 序号 | 名 称        | 型 号 及 规 格                      | 数量  | 生产厂或图号  | 证书要求   | 备注 |
|----|------------|--------------------------------|-----|---------|--------|----|
| 12 | C02 施放预报警箱 |                                | 1 台 | 随七氟丙烷厂家 | 船用产品证书 |    |
|    | C02 报警复示板  |                                | 1 台 |         |        |    |
|    | 防爆声光报警器    | BBJ-ZR DC24V Exdb II C T6 IP65 | 4 只 |         |        |    |

#### 六、电缆及其它：

|   |              |                                  |     |          |             |           |
|---|--------------|----------------------------------|-----|----------|-------------|-----------|
| 1 | 船用电缆         | 具体型号及规格详见相关系统图                   |     | 江苏奥尼特、红旗 | 船用产品证书      | 长度以生产设计为准 |
| 2 | (风机启停)船用尼龙开关 | HS201-5 380V 10A IP56            | 3 只 |          | 工厂质量证明书或合格证 |           |
| 3 | 客舱空调         | 5P 三相四线制                         | 1 台 | 格力       | 工厂质量证明书或合格证 | 见轮机清单     |
| 4 | 驾驶室空调        | 1.5P 单相                          | 1 台 | 格力       | 工厂质量证明书或合格证 | 见轮机清单     |
| 5 | 避雷针          | 钢质 直径大于 12mm<br>高出桅杆顶上电气设备 300mm | 1 根 | 市购       |             |           |

#### 说 明：

1. 本设备明细表不包括随整机配套来的电气设备。
2. 不包括电器设备安装所需的辅料，所有灯具均需配上灯管和灯泡。
3. 明细表中的电缆具体型号及规格详见相关系统图，长度以生产设计为准。
4. 本设备明细表不包含备件及附件，各设备厂按照规范要求提供，订货时说明。
5. 本设备明细表不含无线电、通信导航设备所要求的配套电缆，见各设备单中要求，订货时注意附注说明。
6. 重要的电气设备及材料必须为船用产品型式认可证书、船用产品证书。

## 四、工艺信息

本工艺信息侧重于船厂电气设备安装、电缆敷设等。电机、电池、电控设备等制造商遵守各自产品行业标准、型式认可及产品检验技术要求，本节不做描述。且本节在船厂电气安装方面侧重于三电系统，其他常规如内通、外通、照明、生活等层面予以忽略。

### 1、设备上船后的保护

1.1 设备做好保护（防护）措施（防火、水、灰等）后，配套好的电气设备，应按施工区域存放，并防止碰伤和损坏。存放场所应保持清洁、干燥，并满足设备厂的保护要求。

1.2 拆包定位后，应预防装置内部插拔器件被盗，预防面板器件如仪表、触屏、信号灯、按钮等在后期施工中机械性碰伤、电氧焊灼伤、油漆污渍等。

1.3 电线电缆敷设及设备接线完毕后，不允许私自上电，应等待制造商检查核对确认后由其服务工程师上电（特指调试成功前上电）。

### 2、设备安装基本工艺要求

2.1 设备安装时应考虑安全及便于使用、维修，安装场所有足够的照明，并通风良好。

2.2 设备安装时不应破坏舱壁或甲板原有的防护性能及强度。在水密的舱壁、甲板、甲板室的露天外属壁上，不应钻孔，应以螺钉紧固电气设备。

2.3 电气设备不应直接安装在设计水线以下的船体外板上。

2.4 在易燃、易爆舱室，例如电池舱，除该处必须的防爆设备或无火

共设备外，不应安装其他电气设备。在蒸汽易于积聚的地方，除该处必须的防水设备外，不应安装其他电气设备。

2.5 电气设备的防护等级与舱室应对应，仅允许设备向上兼容（高防护等级允许向环境好的舱室兼容，可理解为高配）。

2.6 舱室的封闭板内不应安装电气设备。但线路的分支接线盒(箱)可安装在便于开启的封闭板内，并应有明显的开启标志。

2.7 安装场所若有剧烈振动，并影响设备正常、可靠工作时，设备的安装应设有减振器。

2.8 当非铝合金设备支架安装在铝质轻围壁上时，中间应用绝缘衬垫（例如橡胶布、涂有白漆的帆布等）隔开，以防直接接触，引起电解腐蚀。

2.9 设备的安装应整齐无歪斜现象，并应不影响设备原有防护及工作性能，也不应使设备箱体受力而变形。

2.10 设备的安装均应是可拆卸的，其紧固及连接应牢固，并有防止受振动而松脱的装置。

2.11 电气设备金属外壳应予以接地。

2.12 设备的安装施工，应在船体矫正结束、设备基座及隐蔽部位涂装完成后进行。

### **3、三电系统安装附加要求**

3.1 推进电机。

3.1.1 推进电机定位一般由轮机组施工，应保证电机输出轴与减速机或推力轴承中心对正；电机输出轴与其他减速传动设备应通过联轴器



连接。

3.1.2 电机安装底座强度遵循船体或轮机要求。

3.1.3 电机艙部应保留电机总长度 60%以上的服务空间，便于维修或更换散热风机或编码器。

3.1.4 电机正上方应焊接永久吊环，便于后期电机维护。

3.1.5 推进机艙应考虑自然通风或强迫通风两种措施。

## 3.2 配电系统、控制系统

3.2.1 交直流母线柜（以下简称配电板）为前维护，前维护前通道不低于 0.8 米。

3.2.2 配电板前后应铺有符合耐压等级的绝缘橡皮或防滑和耐油的绝缘地毯或经绝缘处理的木格栅。

3.2.3 配电板的后面和上方，不应装有水、油及蒸汽管，当不能避免时，则应采取有效的防护措施。油柜及其他液体容器，不应在上述区域安装。

3.2.4 本配电板的功率性和控制性电缆，下进下出。配电板应安装在甲板的底座上（或封闭板的底座上），引入或引出电缆的穿舱件应不破坏舱室防火或水密性能。

3.2.5 能量管理系统（EMS）主控箱为壁挂式，自然通风散热，电缆下进下出。前方空间，应考虑箱门能完全自由开启，两侧有空间做为自然风道，下方有空间保证电缆进出，箱子高度以触屏中心正对操作人员眼睛便于操作或观察。

3.2.6 推进控制柜为壁挂式安装，前维护，电缆下进下出，两侧上方

强迫通风散热。背部可使用标准件固定，前方应保证柜门自由打开且操作面前方不应小于 0.8 米的空间，两侧不应小于 0.2 米的散热风道。

3.2.7 驾控台配有标准底座，落地式安装，背面靠窗安装。驾控台上船后应先使用标准件按与底座连接，调平后对底座与甲板进行断续花焊固定。

3.2.8 其他如分电箱、起动箱、充放电板、内通、外通、报警等常规设备，可按普通船舶安装定位要求进行。

### 3.3 电池系统（含电池舱设备）。

3.3.1 电池舱布置应严格按批准的设计图纸进行，二套电池组设备处于各自电池舱，保证系统独立性。电池包组合排列严格按编号进行，电池包（接线箱、组/簇高压箱）与支架、支架与支架采用标准件连接固定，支架与底座可采用点焊或标准件固定。

3.3.2 本船小于 20 米，电池包离舱壁净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，距舱壁加强结构净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，距船体外板及结构水平距离 $\geq 300\text{mm}$ ，距离上方甲板的净距离 $\geq 150\text{mm}$ ，距离上方甲板加强结构净距离 $\geq 100\text{mm}$ ，电池架正面预留 1.1m 以上空间。。

3.3.3 除保持安全距离外，布置在蓄电池舱内的电池系统相关设备的布置应考虑必要的安装、调试、检修、更换等维护空间及通道。

3.3.4 除保持安全距离和维修空间外，本船蓄电池包借助蓄电池舱进行通风散热，蓄电池包与舱壁及上方甲板之间应留有足够的空间以利于蓄电池通风散热。

3.3.5 强迫通风的风口与自然通风的风口尽量以对角线形式布置，且

对角线尽量最大化；若由于其他原因无法按上述方式布置，进风口中与出风口应在所有电池包两端，保证空气强迫循环时，所有电池包都在风道内。

**3.3.6** 火警单元使用隔离栅接电池舱感温烟探头，隔离栅安装于电池舱外。电池舱内其他电气设备应为无火花型（或防爆型）。

## **4、设备的接地（避雷）**

### **4.1 一般要求。**

**4.1.1** 电气设备的保护接地及工作接地，应接到船体永久结构或与船体焊接的基座或支架上。安装在铝质轻围壁上设备的接地，应接到船体的钢质部分。接地点应不易受到机械损伤和油水浸渍，专用接地接线柱（或板）不应固定在上层连续甲板以下的船壳板上。

**4.1.2** 工作接地点位置的选择应考虑便于检修、维护。工作接地不应与保护接地共用接地导体和螺栓，且不应将设备的紧固螺栓作为工作接地螺栓。

### **4.2 一般形式。**

**4.2.1** 电气设备的保护接地，应设有专用接地导体。专用接地导体可以是电缆中的接地导体或单独固定的接地导体。如果设备直接紧固在船体金属结构或紧固在与船体有可靠电气连接的支架（或基座）上时，可利用设备的金属底脚进行接地，而不另设专用接地导体。

**4.2.2** 凡具有电源插头的设备，应采用插头的接地极进行接地。

**4.2.3** 保护及工作接地的接地接线柱螺纹的直径应不小于 6mm。专用接地接线柱或接地板的导电能力，应相当于专用接地导体的导电能力，

且有足够的机械强度。

4.3 固定安装设备保护接地专用接地导体选择。

4.3.1 导体材料应用表面镀锡的纯铜或导电良好的耐蚀金属制成。

4.3.2 专用接地导体应采用多股软线，并在两端设有接头。

4.3.3 纯铜专用接地导体的截面积应符合下表的规定。采用其他材料时，导体的电导应不小于纯铜导体的电导。

接地导体截面积的选用

| 接地导体型式   | 载流导体截面积 $S$<br>$\text{mm}^2$ | 铜接地导体的最小截面积 $Q$<br>$\text{mm}^2$ |
|----------|------------------------------|----------------------------------|
| 电缆接地导体   | $\leq 16$                    | $Q=S$ , 但不小于 1.5                 |
|          | $> 16$                       | $Q=S/2$ , 但不小于 16                |
| 单独固定接地导体 | $\leq 2.5$                   | $Q=S$ , 但不小于 1.5                 |
|          | $> 2.5 \sim 120$             | $Q=S/2$ , 但不小于 4                 |
|          | $> 120$                      | $Q=70$                           |

4.4 工作接地导体的选择。

4.4.1 利用船体作回路的工作接地导体的型号和截面积应和绝缘敷设一极(或相)的导线相同，不应使用裸线。

4.4.2 用于平时不载流的工作接地导体，截面积应为载流导体截面积的二分之一，但不应小于  $1.5 \text{ mm}^2$ ，性能应与载流导体相同，不应使用裸线。

4.5 地工艺要求

4.5.1 所有的接地接触面应刮去油漆及锈斑，露出金属光泽，并应光洁平贴，以保证有良好的接触。

4.5.2 利用底脚接触接地的设备，应在设备底脚与支架（或基座）之间垫以厚度不小于  $0.5 \text{ mm}^2$ ，大小略等于接触面的锡箔或镀锡铜片。

如果是专用接地导体利用设备底脚接触连接，则锡箔或镀锡铜片应分

别垫在专用接地导体的两侧。

4.5.3 所有接地装置的紧固应牢靠，并均应设有弹簧垫圈或锁紧螺母。

4.5.4 接地装置紧固后，应随即在接触面的四周涂以防锈漆。

4.5.5 采用设备底脚接地时，有四个或四个以上底脚的设备，应取对角两脚接地；三个或三个以下底脚的设备，则任选一脚接地。

4.5.6 工作接地导体的长度尽量短，并固定。必要时应有防止机械损伤的措施。

4.5.7 接地电阻应不大于  $0.02\ \Omega$ 。

#### 4.6 电气设备避雷

4.6.1 本船应在桅杆安装专用避雷针，且接闪器（避雷针）可靠接入接地装置。

4.6.2 避雷针应以直径不小于 12 mm 的铜杆或直径不小于 25mm 的铁杆制成，其表面应镀锡或镀锌。避雷针应至少高出桅顶或桅顶上的电气设备 300mm。接地引下线铜质不低于  $70\text{mm}^2$ ，钢制不低于  $100\text{mm}^2$ ，引下线在全长上尽可能避免直角出现，以减少雷电产生的各种应力。避雷针的类型和尺寸按 CB/T 3667.3 选用。接地装置可以是金属船体或接至水中的专用接地板。接闪器（避雷针）可直接焊接或铆接在桅杆上，若桅杆为非倒桅型式且采用该方式则可不另设接地引下线。

### 5、电缆及敷设和接线

#### 5.1 电缆选用

5.1.1 应采用符合国家船用标准或 CCS 接受标准的电缆（电线）；

5.1.2 应根据敷设处所的环境条件、敷设方式、电流定额、工作定额、

需用系数和允许电压降等因素确定电缆的型号和规格。

5.1.3 任何电缆的额定电压应不低于它所在电路的额定电压。

5.1.4 安装时发现图纸标定或实际电缆型号规格不一致、或与规范要求冲突时，应向技术部门报告并要求更换。

5.1.5 本船电缆或信号线或网线特别强调：本船导电载体材质铜质；本船交流电力系统中禁止用单芯电缆；本船所有电缆电线均为连续电缆，不允许中间做接头；电力系统选型时按连续工作制计算，电流密度按  $2.5\text{A}/\text{mm}^2$  左右选取，不得大于  $2.5\text{A}/\text{mm}^2$ ；本船最大电流为锂电池组充电，极限值为  $150\text{A}$ ，故本船禁止电缆并联；推进装置至电机（主输出）选择专用变频电缆；串行通信线选用双绞屏蔽且截面积不低于  $1.0\text{mm}^2$ ；其他信号装置如编码器等采集或输出，选用双绞屏蔽且截面积不低于  $1.0\text{mm}^2$ ；网线采用超六类船用网线（CAT6-A）。

## 5.2 电缆敷设

5.2.1 电缆的安装应尽可能平直且易于检修。

5.2.2 电缆的敷设应远离高温、油污、潮湿、易受机械损伤、有爆炸性气体和腐蚀性气体等场所。

5.2.3 具有不同护套或覆盖层的电缆，若敷设时可能损坏其他电缆的护套或覆盖层时，应尽可能分束敷设。

5.2.4 电缆一般也应不穿越水舱，如必须穿越水舱时，可用无缝钢管穿管敷设，管子通过水密舱壁时应保证舱壁的水密完整性不受损害，并应有防蚀措施。

5.2.5 暗式敷设的成束干线电缆应不直接埋在隔热材料内，应在敷设

途径上分段设置可开启的封闭板，以便检修。

5.2.6 对要求 2 路供电的电气设备的电源电缆以及组成互为备用的 2 套设备的电源电缆及控制电缆，应尽最大可能在水平及垂直方向远离敷设。

5.2.7 电力电缆与控制电缆、通信电缆、网线，应分开敷设，并保持适当距离。

5.2.8 每个本质安全电路应具有各自的专用电缆，并应与非本质安全电路的电缆分开敷设（例如：不应束聚在一起，不应放在同一罩壳或管道内，也不应用同一夹线板固定）。本质安全电路电缆的外护套应为蓝色或具有蓝色条纹标识。蓝色条纹应清晰可见。

5.2.9 容易受到机械损伤的电缆，应以金属缆槽或罩壳或钢管来保护，外护层足以承受这种可能的损坏者则可例外；易受机械损害处的电缆，即使具有铠装，仍应加以适当保护；保护电缆的金属罩壳应具有有效的防腐蚀措施；电缆通过机舱等舱室的花钢板下敷设时，应通过敷设在金属管道内等措施来防止油水浸渍和机械损伤。

5.2.10 电缆穿过水密舱壁或甲板时，应符合规范要求并采取措施确保不应影响舱壁或甲板的防护性能；电缆穿过甲板处应采用适当高度的甲板围框或导管来保护；当电缆通过非水密舱壁或结构钢时，其孔口应当用铅或其他认可的材料做成防护套以防电缆被割伤，若钢板及钢材厚度等于或大于 6mm，则允许在孔口周围加工适当的圆角以保护电缆不受割伤；用于填料函和防护套的材料不应导致产生腐蚀危险；电缆穿过防火舱壁和甲板时，应保持甲板和舱壁的防火完整性；若在

舱壁或结构钢中切割成方形孔时，则孔角应有一定的曲率半径，并采取措施以保护电缆不受割伤。

5.2.11 安装电缆的金属管子或管道应可靠接地，并在其连接处保持机械上和电气上连续性；管子和管道内壁应光滑，其端部应有防止电缆的护套或覆盖层遭受损伤的措施，管子内外表面均应有防蚀措施；管子或管道的内径和弯曲半径，应允许所容纳的电缆容易拉进和拉出；穿管系数（电缆横截面的总和与管子或管道内横截面积之比）不应大于 0.4；必要时，应设有膨胀接头，以及在最低点和最高点开有通风孔以供空气流通和避免积水。

5.2.12 在敷设电缆时，无论采用什么支撑或束缚方式，电缆弯曲最小内半径应符合下表要求。

| 电 缆 结 构        |            | 电缆总外径 $D$                             | 最小弯曲内半径      |
|----------------|------------|---------------------------------------|--------------|
| 绝 缘            | 外层覆盖       |                                       |              |
| 热塑性材料和<br>弹性材料 | 金属护套、铠装和编织 | 任意                                    | $6D$         |
|                | 其他保护层      | $\leq 25\text{mm}$<br>$> 25\text{mm}$ | $4D$<br>$6D$ |
| 矿物             | 硬金属护套      | 任意                                    | $6D$         |

5.2.13 电缆除用于可携式设备以及敷设在管子、管道、电缆槽或特别罩壳内以外，均应有效地加以支承和紧固；电缆紧固件或扎带应坚固，并应具有足够的表面积和一定的形状，使电缆能保持紧固而不损伤其护套或外护层；电缆紧固件、支承和附件均应用耐蚀材料制成，或在安装前进行适当的防蚀处理；电缆采用非金属电缆紧固件或扎带固定，且未敷设在水平电缆托架或支承件之上时，应以最大不超过 1m 的间隔附加金属电缆紧固件或扎带予以加强固定；支承件之间的距离，应



按电缆的类型和振动可能性适当地选择，距离一般应符合下表的规定。

| 电缆外径 $D$<br>(mm) | 支承间距离 (mm) |      |
|------------------|------------|------|
|                  | 非铠装电缆      | 铠装电缆 |
| $D < 8$          | 200        | 250  |
| $8 \leq D < 13$  | 250        | 300  |
| $13 \leq D < 20$ | 300        | 350  |
| $20 \leq D < 30$ | 350        | 400  |
| $D \geq 30$      | 400        | 450  |

### 5.3 电缆端头的处理及接线

5.3.1 电缆两端应做永久性标识，标识号以批准图纸或设备制造商标识为准。

5.3.2 电缆的金属护套或金属外护层应于两端作有效接地，但最后分路允许只在电源端接地。对于控制和仪表设备的电缆、通信电缆由于技术上的原因，若一端接地较为有利时，则无需两端接地。接地方式可采用用金属夹箍接地、专用接地填料函接地、用电缆紧固件接地。

5.3.3 截面积大于  $4\text{mm}^2$  的导线的两端应加设有接头，接头与芯线可采用冷压连接，但接头应为铜质且经镀锡处理。

5.3.4 端头应使用绝缘橡胶套并标记电气节点号，电缆金属护套或金属外护层终止处应使用绝缘绞布缠绕，防止护套网丝与带电体接触或尖端放电。

5.3.5 经上面流程处理后，按图纸标识进行设备连接。应保证端头坚固，但不至于使端头或端子或设备变形。

## 五、参考文献

- 1、《纯电池动力船舶技术与检验暂行规则》（2025）
- 2、《船舶应用电池动力规范》2023 及 2024 修改通报
- 3、《纯电池动力船舶技术法规实施指南》（2023）
- 4、《内河小型船舶技术规则》（2024），
- 5、《内河小型船舶建造规范》（2022），。
- 6、《船舶电气设备安装工艺》CB/T 3909—2019