

大型硝盐连续生产工艺研究
三元相图测定绘制工作技术要求

KJSC-08-2024-REQ-001

招标版	C1	2025.7.21			王庆	
说明	版次	日期	设计	校核	审核	审定
设计单位	 中海油石化工程有限公司			设计阶段	科研	

目 录

1 目的	2
2 工作内容	3
3 技术要求	3
3.1 执行的标准、规范	3
3.2 软件要求	3
3.3 技术要求	3
3.4 其他	4
4 成果	4

1 目的

近年来，随着新兴太阳能产业的迅速崛起，熔盐级硝盐（硝酸钠、硝酸钾、亚硝酸钠）在太阳能蓄热发电中用作蓄热介质，用量呈逐年上升趋势。2022 年现有国内规划/在建配套光热储能的“光伏+光热”项目带来的熔盐需求增量在 116 万吨左右，其中硝酸钠 69 万吨，硝酸钾 50 万吨。目前全国共有十几家两钠生产企业，2022 年全国两钠总产量 120 万吨左右，单厂最大规模是海油石化工程 2022 年设计投产的山东海化华龙新材料 20 万吨/年硝盐装置。

自上世纪八九十年代采用硝酸尾气法生产硝盐，到目前氨氧化法生产硝盐，技术升级实现跨越式发展，单套产能由 4 万吨跃升至 20 万吨，且一改往日间歇法生产为连续化生产，能耗比传统工艺极大降低。

现有工艺流程如下：散装纯碱经刮板从纯碱厂纯碱皮带刮到碱仓，或外购散碱暂存于碱仓，经卸料埋刮板将纯碱输送至溶碱槽内，配制新鲜碱液经泵送往碱吸收工段与来自氨氧化工段的氧化氮气体在 1#~5#碱塔内发生吸收反应。碱吸收后得到的中和液经蒸发、结晶、离心、烘干后得到亚硝产品，亚硝母液与硝酸反应经转化后得到转化液，转化液经蒸发、结晶、离心、烘干后得到硝酸钠产品。

现有工艺存在的核心问题是市售纯碱原料含有氯化钠杂质，原料中所含氯化钠最终进入硝酸钠母液系统，造成硝酸钠产品中氯化钠累积，杂质含量高，质量无法满足熔盐级用户的要求。如何解决氯化钠的排出系统、生产高价值熔盐级硝酸钠产品是摆在各个企业面前的普遍困难。

水盐体系相图主要应用包括：（1）溶解度研究：可以直观的显示不同温度和浓度下溶解度的变化规律；（2）结晶过程控制：可以分析水盐体系中的结晶行为，并确定结晶温度和浓度范围。通过控制温度和浓度，可以实现溶液中盐类的结晶过程，制备纯度较高的产品；（3）蒸发结晶工艺优化：可以确定盐类溶液的饱和度条件和晶体生长的温度范围，优化结晶工艺条件，提高产品质量；（4）盐类分类与提纯：通过调整温度和浓度，可选择性的溶解或结晶某种盐类，实现分离和纯化；（5）结晶动力学研究：相图可以提供结晶过程的动力学信息，如结晶速率、晶体生长形态等。

为开展大型直接法硝盐生产工艺，研究两钠蒸发结晶工艺，研究高温

蒸发结晶除氯技术，解决硝酸钠产品中的氯化钠含量高的难题，产品质量期望达到熔盐级硝酸钠产品要求，在自有专有技术基础上形成更为完备的技术成果。

2 工作内容

相图是用来反应水盐体系平衡规律的几何图形，比表格法、解析法更集中更形象，分析和处理水盐体系更全面。盐类溶解度受温度影响，同时不同盐类又相互影响。

目前掌握的《氮肥工艺设计手册 硝酸 硝酸铵》、《硝酸工学》、《水盐体系相图及应用》以及科技文献中，硝酸钠-氯化钠-水的三元相图信息缺失，核心数据掌握在青岛康景辉环保公司、中蓝长化工程科技有限公司等专利设备或专业设计院手中，即使在项目中有技术合作，核心数据也难以得到分享。

硝酸钠-氯化钠-水的三元相图测定和绘制技术服务主要工作内容包括：材料准备（化学试剂）、实验仪器准备、相图绘制软件准备、三元组分溶解度测量、相图测绘、相图预测、报告资料整理、成果提交等。通过实验数据回归和软件模拟，完成氯化钠、硝酸钠的溶解度曲线和 Na^+/Cl^- 、 $\text{NO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ 三元水盐体系相图，为工业装置高温除盐工艺或高盐废水中的杂盐分质结晶提供理论数据支撑。

3 技术要求

3.1 执行的标准、规范

参考执行《水盐体系相图及应用》。

3.2 软件要求

FactSage 软件。

3.3 技术要求

- a) 完成硝酸钠-氯化钠-水的三元水盐体系相图。
- b) 按构成体系的各盐的分子式书写相图。
- c) 图面百分比按照相图的常规要求，图形匀称实用，线条粗细、虚实分明。
- d) 相图字母标识要清晰、规范、有规律。

e) 实验药品至少要采用工业级化学试剂。

f) 温度点要求：25℃、50℃、75℃、100℃、125℃；或 25~125℃间设置 3~5 个更利于相图研究的温度点。100℃以内采用实验数据，100℃及以上采用软件模拟数据。

3.4 其他

(1) 投标人应是大学或科研机构，具有一定的实验能力，拥有实验室、相关的实验团队、相关的软件、一定的实验器材、拥有类似课题的业绩；

(2) 实验药品、实验器材均由投标人提供；

(3) 某企业生产数据供参考：生产原料纯碱中 NaCL 含量 0.3-0.4g/l；硝酸钠母液中 NaCL 含量~100g/l；母液固含量~25%；现场操作温度~130℃。

(4) 工期要求：合同签订后 65 个自然日内完成初稿，90 个自然日内完成所有工作，并提交正式文件。

4 成果

技术报告，盖章版 2 份、电子版 1 份。

报告内容包括但不限于：技术原理、技术说明、实验药品铭牌照片、实验过程原始记录及现场照片、采用软件情况、人、材、料投入情况、结果偏差说明、最终结论等。