

图号

SC110-D202508-100

# 陕西锌业有限公司扩容工程 110kV 线路工 程

初步设计阶段

## 说明书

商洛创元电力设计有限责任公司

陕西省住建厅 A261008121 号

二〇二五年八月商洛



# 目录

1 概述 .....	- 3 -
1.1 工程概况.....	- 3 -
1.2 设计依据 .....	- 3 -
1.3 设计范围.....	- 3 -
1.4 通用设计应用.....	- 4 -
1.5 “两型三新”的应用.....	- 4 -
2. 电力系统 .....	- 5 -
2.1 电网概况.....	- 5 -
2.2 项目概况.....	- 6 -
2.3 工程建设必要性.....	- 7 -
2.4 工程建设规模.....	- 7 -
3 线路路径.....	- 7 -
3.1 走径方案.....	- 7 -
4 架空线路部分.....	- 10 -
4.1 沿线地形、地质.....	- 10 -
4.2 不良地质作用与特殊性岩土.....	- 11 -
4.3 地质情况结论与建议.....	- 11 -
4.4 沿线水文情况.....	- 11 -
4.5 地下水、土壤蚀性评价.....	- 12 -
4.6 沿线矿藏采空区及不良地质情况.....	- 12 -
4.7 交通情况.....	- 12 -
4.8 输电线路通道设计.....	- 12 -
4.9 机电部分.....	- 13 -

## 1 概述

### 1.1 工程概况

陕西锌业有限公司站址位于陕西省商洛市商州区沙河子镇沙河子村境内,海拔 680-750 米,距离商州市区约 10.5 公里处,依据系统接入设计陕西锌业有限公司 110kV 站至张村变 110KV 单回线路。本工程新建单回线路长度 5.86km,其中架空线路 5.6 公里,电缆线路 0.26 公里。新建铁塔 28 基,线路曲折系数 1.51。

### 1.2 设计依据

- (1)《陕西锌业有限公司增容工程接入系统设计》文件。
- (2)国家电网有限公司输变电工程标准工艺(架空线路分册)2022 版
- (3)国家电网有限公司输变电工程标准工艺(电缆工程分册)2022 版
- (4)遵循的主要设计规范、规程、规定等:

《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)

《架空输电线路电气设计规程》(DL/T 5582-2020)

《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018)

《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规定》(GB/T 50064-2014)

《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB 50169-2016)

《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》(DL/T 5486-2020)

《架空送电线路基础设计技术规定》(DL/T 5219-2014)

《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》

- (5)本工程设计委托书

### 1.3 设计范围

- (1)陕西锌业有限公司 110kV 站至张村变 110KV 单回线路,单回送电线路 5.86km(其中架空线路 5.6km,电缆线路 0.26km)的本体设计。
- (2)现有同塔双回张冶线路改建为一回运行设计。
- (3)陕西锌业有限公司 110kV 进线测控保护系统校核和设计及相关一次、二次设备设施校核。

(4)线路走廊清理设计。

(5)编制工程概算书。

#### 1.4 通用设计应用

本工程铁塔设计采用国家电网公司 110kV 通用设计 S110-FC22D 模块，金具设计采用 110kV 金具模块。

表 4 通用设计应用情况一览表

工程概况	电压等级	110kV		
	架设及传输方式（回路数）	1		
	线路长度（km）	5.6		
	导线型号	2×JL3/G1A-300/40		
	气象条件（基本风速/覆冰）	27/10		
	地形条件	山地 100%	高山 0%	峻岭 0%
	杆塔总数（基）	28		
杆塔设计	通用设计模块编号		S110-FC22D	
	塔型模块应用数量		28	
	自行编制塔型模块应用数	0		
	其他（以大代小等情况）	0		
金具设计	通用设计模块编号	110kV 通用设计模块		
	金具模块应用数量	12		
	其他（垂直防风偏跳线金具）	0		
注：表中模块编号应对照国家电网公司《输电线路通用设计数据库》进行选取。				

#### 1.5 “两型三新”的应用

在本工程设计中，我公司已大力推广“两型三新”线路设计，加大工程典型设计、典型造价的推广与应用，加强设计过程的管理，提高设计水平；运用新技术、新材料、新工艺，合理降低了工程造价，为工程建设及以后电网安全可靠运行奠定了坚实基础。

##### 1.5.1 GPS 卫星定位系统在勘测设计中的成功应用

我公司在勘测设计过程中利用最新引进的三维输电线路设计系统，进行三维实景选线，获取桩位坐标，再输入 RTK 实时动态测量设备，对桩位放样并获取断面数据，对优化线路走径，减少转角塔数量起到至关重要的作用；全线路测量塔

基断面，并与道亨基础软件接口，绘制出塔基断面图，准确统计工程量，从源头上控制工程造价。

### 1.5.2 掏挖基础与全方位高低柱基础的配合应用

近年来，陕南地区正积极实行退耕还林政策，水土流失问题得到各级政府的重视并逐步得以改善。我公司在电力线路设计中，高度重视环境保护。本线路设计根据塔位自然地形与地质结构特点，因地制宜采用全方位高低柱基础、掏挖式基础，减少基面开挖、基坑开挖方量。基础施工结束采取植草护坡措施，有效防止水土流失，保持山川的秀美。

### 1.5.3 基础软件的应用

采用道亨平断面系统，设计人员能够更好的优化铁塔选型和基础配置，使工程设计达到最优。

## 2. 电力系统

### 2.1 电网概况

#### 2.1 商洛电网概况

商洛电网供电面积 1.93 万平方公里，承担商洛市所辖一区六县及西康、西南两条电气化铁路和周边河南淅川、西峡、湖北郧县三县部分区域的供电任务。目前，商洛电网有一座主力电厂商洛火电厂装机  $2 \times 660$  兆瓦，以 330 千伏张村变、鹿城变、柞水变、鹤城变为电源中心向周围的四个供电区供电，各片供电区电网之间开以及与西安、安康、渭南、淅川、西峡、陨县周边电网之间联络但开环运行，互为备用。

依据本工程接入系统设计，本工程属张村变供电区。

张村变供电区以 330 千伏张村变（ $3 \times 240$  兆伏安）为电源，主供洛南、丹凤、和商州东部用电，以选矿、冶炼、建材、西南铁路牵引、市民生活用电负荷为主，正常方式下带 11 座 110 千伏公网变电站（北郊变 I 母、荆河变、城区变 I 母、东郊变 I 母、丹凤变、月日变、蔡川变、四皓变、丰陵变、黄龙变、灵口变）、3 座牵引变（砚川牵、商州牵、丹凤牵）和 3 座用户变（冶炼厂变、比亚迪变、尧柏变）。

截止 2024 年底，接入商洛电网 110kV 及以下配电网的各类电站共计 264 座，机组 280 台/组，总装机容量 1021.6461 兆瓦。其中：水电站 14 座，机组 29 台/组，装机容量 93.49MW；接入 10kV 及以上电压等级的光伏

电站 245 座，机组 245 台/组，装机容量 891.6561MW；火电站（垃圾发电）1 座，机组 1 台/组，装机容量 25MW；余热、燃气、沼气等发电站 4 座，机组 5 台/组，装机容量 11.5MW。

2024 年底，商洛电网 35kV 及以上电压等级变电站共计 130 座，主变 229 台，容量 6468.6MVA。其中 330kV 变电站 4 座，主变 9 台，容量 1980MVA；110kV 变电站 48 座，主变 93 台，容量 3581MVA；35kV 变电站 78 座，主变 127 台，容量 907.6MVA。公司所属 35kV 电压及以上等级变电站共计 92 座，主变 169 台，总容量 4904.25MVA；其中 330kV 变电站 4 座，主变 9 台，容量 1980MVA；110kV 变电站 35 座，主变 65 台，容量 2279.5MVA；35kV 变电站 53 座，主变 95 台，容量 644.75MVA。大用户 35kV 及以上电压等级变电站共计 38 座，主变 60 台，总容量 1564.35MVA；其中 110kV 变电站 13 座，主变 28 台，容量 1301.5MVA；35kV 变电站 25 座，主变 32 台，容量 262.85MVA。

2024 年底，商洛电网 35kV 及以上电压等级输电线路 241 条，总长度 3947.212 千米。其中，330kV 输电线路 15 条，维护长度 773.618 千米；110kV 输电线路 105 条，长度 1742.87 千米；35kV 输电线路 121 条，长度 1430.724 千米。公司所属 35kV 及以上电压等级输电线路 192 条，总长度 3535.403 千米。其中，330kV 输电线路 15 条，维护长度 773.618 千米，110kV 输电线路 88 条，长度 1582.946 千米；35kV 输电线路 89 条，长度 1178.839 千米。大用户 35kV 及以上电压等级输电线路 49 条，总长度 411.809 千米。其中，110kV 输电线路 17 条，长度 159.924 千米；35kV 输电线路 32 条，长度 251.885 千米。

2024 年社会用电量持续增加，受极端天气等因素影响，电网度夏及度冬负荷屡创商洛电网新高，最大负荷在 1 月 24 日达到 110.14 万千瓦，较去年最大负荷基本持平，单日供电量于也突破了 2000 万千瓦时，均刷新了历史纪录。全年共完成供电量 58.63 亿千瓦时，比去年同比增长 2.14%。

## 2.2 项目概况

陕西锌业有限公司站址位于陕西省商洛市商州区沙河子镇沙河子村境内，海拔 680-750 米，距离商州市区约 10.5 公里处，依据系统接入设计陕西锌业有限公司 110kV 站至张村变 110KV 单回线路。

## 2.3 工程建设必要性

陕西锌业有限公司计划对锌基合金生产线及配套技术进行升级改造,将产能提升至 30 万吨/年,最大用电负荷将增加至 20 万千瓦,现有的 2 回 110 千伏线路无法满足供电要求。同时现有的 2 回 110 千伏线路为同塔双回建设,已被国家能源局列为商洛电网二级电网风险,并被国家电网有限公司列为重大安全隐患。

基于以上考虑,我公司计划新建 1 回 110 千伏线路,满足我公司的用电需求,同时消除现有同塔双回 110 千伏线路存在的全停电网风险。

综上,本项目的建设是必要的。

## 2.4 工程建设规模

陕西锌业有限公司 110kV 站至张村变 110KV 单回线路,单回送电线路 5.86km(其中架空线路 5.6km,电缆线路 0.26km)。

## 3 线路路径

### 3.1 走径方案

#### 3.1.1 路径选择原则

高压送电线路路径直接关系到工程的投资,合理的选择线路路径对送电线路工程显得尤为重要。本工程新选线路走径由荆河 110kV 变至陕投光伏 110kV 升压站。

送电线路路径方案的选择存在着很多特殊因素,线路沿途规划区、开发区、村庄、军事设施、文物保护区、微波站、林业、矿产的避让问题,河流的跨越都直接影响线路的走径。本工程重点遵循以下几个原则进行选线:

- 1) 尽可能减少路径长度并靠近现有公路,方便施工、运行和维护;
- 2) 避开军事设施、集中林区、自然生态环境保护区、文物保护区、炸药库,以减少工程对环境和沿线重要设施的影响;
- 3) 尽量避开和缩短重冰区区段线路长度,提高线路可靠性,降低建设投资;
- 4) 充分考虑沿线地质、水文条件、交通情况及地形对线路可靠性及经济性的影响,避开不良地质带;
- 5) 尽量避免与同等电压等级线路的交叉。

#### 3.1.2 路径方案优化

我们通过 1/5 万地形图及奥维卫星图片,利用三维输电线路设计系统进行可视化选线,对线路路径方案进行了优化,在踏勘过程中,对线路沿线走廊拥挤地

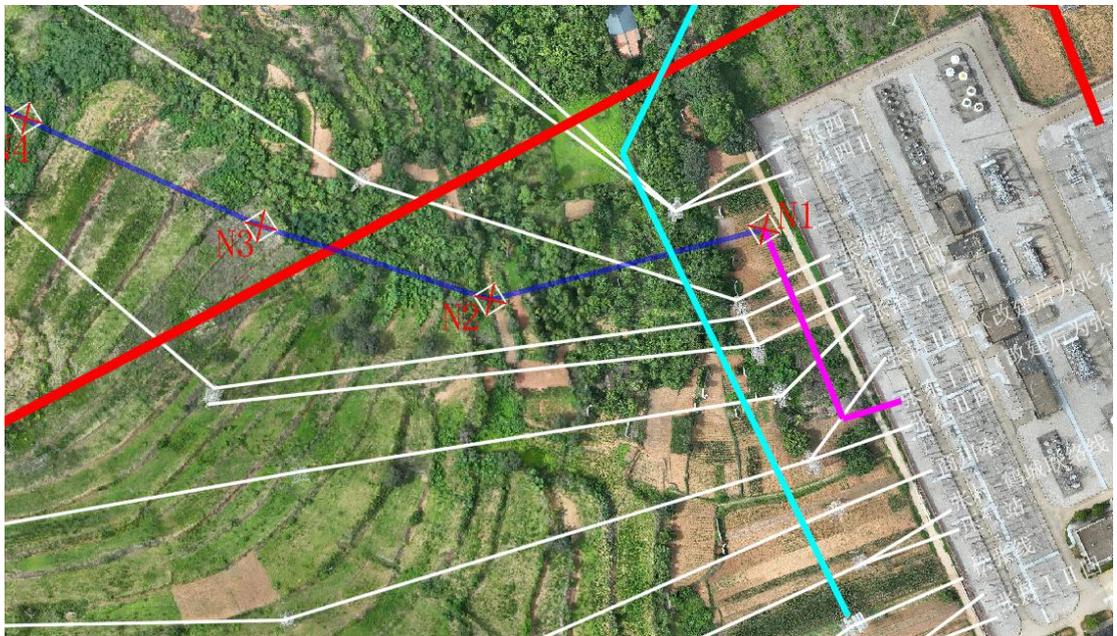
段、污秽区、房屋、林区、交通现状、重要交叉跨越点、地质条件、水文气象条件等进行了详细的调查，获取工程设计相关资料，在路径方案选择时做到“线位结合”，在征求运行单位意见的基础上，并综合考虑线路走向、交通、气象、地形、地质等因素，对每个有可能成立的方案进行了优化和比较，根据交通情况，本工程在路径选择时有二个方案，具体论述如下：

### 3.1.3 路径方案论证

#### (1) 方案 1（推介方案）

线路自张 330kV 张村变 110kV 原张东 I 间隔电缆出线至 1#电缆终端塔，向西钻越张荆线，后架空向西北架空走线，线路在原沿张冶 I II、回张东 I II 回、靠顺线路大号侧右侧架设，经过杨咀头、柴湾村东北侧、穿过岭子、水渠子村北侧、商州区思源实验学校外北侧、至塬头子后电缆钻越张东 I II 回后左转后到冶锌厂止，然后电缆排管后进入原冶锌厂电缆沟敷设至张冶 II 线出线 GIS 间隔。建成后改造原张冶 I II 回两端终端塔到门架，及更换冶锌厂门架至张冶 I GIS 电缆。

本方案新建架空线路 5.6 公里，电缆线路 0.26 公里，采用单回路建设。

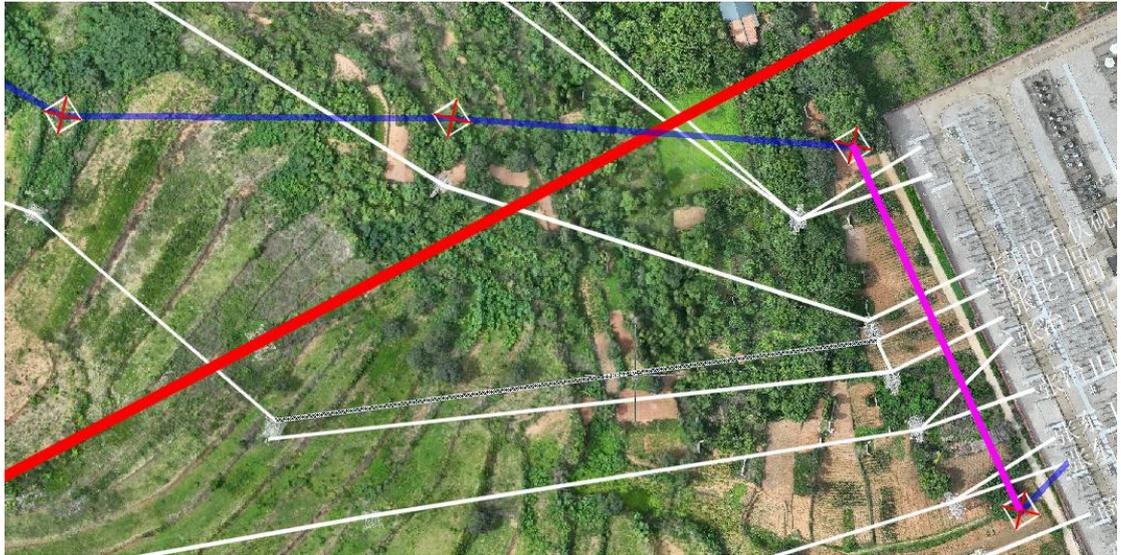


#### (2) 方案 2

线路自张 330kV 张村变 110kV 9#间隔架空出线至 1#电缆终端塔，沿站外硬化路边直埋至张四 I II 回西北偏西侧架空钻越张四 I II 回，后钻越硯川牵引变线路架空向西走线，线路在原沿张冶 I II、回张东 I II 回、靠顺线路大号侧右侧

架设，经过杨咀头、柴湾村东北侧、穿过岭子、水渠子村北侧、商州区思源实验学校外北侧、至塬头子后只埋电缆钻越张东 I II 回后左转后到冶锌厂止，然后电缆直埋后进入原冶锌厂电缆沟敷设至张冶 II GIS。建成后改造原张冶 I II 回两端终端塔到门架，及更换冶锌厂门架至张冶 I GIS 电缆。

本方案新建架空线路 5.7 公里，电缆线路 0.35 公里，采用单回路建设。



### (3) 方案比较

从供电可靠性上来看：两个方案的供电可靠性都高；

从规划适应性和网架结构上来看：方案一出 110 千伏线路接入 110 千伏冶锌厂变，可行性较高，适应性强，路径稍短；方案二出 110 千伏线路接入 110 千伏冶锌厂变，虽然网架结构清晰但规划适应性一般，钻越线路较多。

从经济投资和施工难度来看：方案二比方案一多投资，施工难度大。

综上，本次推荐方案一。

由以上比较可以看出，方案 1 线路路径较短，沿途交跨较少，施工及运行维护方便。从线路走廊、地形地貌、地方规划、施工、运行维护等条件最优，**本工程推荐方案 1。**

#### 3.1.4 推荐路径方案描述

线路自张 330kV 张村变 110kV 原张东 I 间隔电缆出线至 1# 电缆终端塔，向西钻越张荆线，后架空向西北架空走线，线路在原沿张冶 I II、回张东 I II 回、靠顺线路大号侧右侧架设，经过杨咀头、柴湾村东北侧、穿过岭子、水渠子村北

侧、商州区思源实验学校外北侧、至塬头子后电缆钻越张东 I II 回后左转后到冶锌厂止, 然后电缆排管后进入原冶锌厂电缆沟敷设至张冶 II 线出线 GIS 间隔。建成后改造原张冶 I II 回两端终端塔到门架, 及更换冶锌厂门架至张冶 I GIS 电缆。

本方案新建架空线路 5.6 公里, 电缆线路 0.26 公里, 采用单回路建设。

本方案新建单回线路长度 5.86km, 途径商州区沙河子镇。

## 4 架空线路部分

### 4.1 沿线地形、地质

①**地形**: 本期工程位于秦岭南麓、洛洪地方公路两侧山坡, 山势起伏较大, 拟建塔位荆河变终端 JD1 位于低山缓坡地带以外, 其它所有拟建塔位均位于低中山区山梁顶部或较宽缓的斜坡地带。低中山区高程在 850~1000m 之间, 沟谷切深小于 200m, 山势较低, 斜坡在  $27^{\circ}$  ~  $61^{\circ}$  之间, 基岩大多被坡残积土覆盖, 人口分布不均, 植被覆盖率 20~60%, 相对公路高差 150~150m, 沿线植被良好, 乔灌木混杂, 以乔木为主, 树种以松树、栗树、核桃树为主, 树高约 8 米~15 米, 部分路径地段超高杨树生长高度 25 米左右, 需砍伐通道。

**本线路海拔高度在 850~1000m, 全线一般山地占 100%。**

②**地质**: 依据本次现场钻探成果, 并结合已有地质资料, 勘探深度内沿线地层主要为第四系粉质粘土、残坡积碎石土、古近系砂砾岩以及陶湾组 (Pt1t) 黑云母石英片岩组成, 由地表向下可分为 4 层, 各层的特征, 按自上而下的顺序, 分别描述如下:

①-1 粉质粘土 (Q4d1): 褐黄色, 稍湿, 可塑, 土质不均匀, 见云母、零星蜗牛壳, 局部夹杂碎石土。该层厚为 6.90~8.10m, 该地层仅在钻孔 1、2 中揭露。

①-2 层碎石土 (Q4d1): 黄褐色, 中密, 稍湿, 磨圆度较差, 分选性不好, 碎石含量约为 40%~60%, 成分以砂砾岩为主, 粒径小于 10mm 含量约为 5~10%, 10~30mm 含量为 25%, 粒径 30~50mm 含量约为商洛保安~商县改接入荆河变 110kV 线路工程勘察报告 15%~25%, 粒径 50mm 以上的含量约为 10%, 粉质粘土充填。该地层仅在钻孔 1、2 中揭露, 根据钻探信息, 钻孔 1 处该地层在勘探范

围内未能揭穿；钻孔 2 处该地层厚度为 1.20m。

②残积土 (Q4e1+d1)：黄褐色，结构松散，局部表层约 20cm 耕土，以全风化岩石碎屑为主，混含粘土颗粒及植物根系，坡地部位粘土含量大。该层厚为 0.50~3.30m。

③层砂砾岩 (E)：褐红色，泥砂质胶结，岩芯呈碎块及短柱状，局部风化为碎石土，强风化，勘探范围内未揭穿。

④-1 黑云母石英片岩 (Pt1t)：红褐、灰褐色，鳞片粒状变晶结构，片状构造片理发育明显，岩芯呈短柱状，用镐难挖，锤击声脆，强风化。该层厚为 2.00~2.60m。

④-2 黑云母石英片岩 (Pt1t)：灰褐、灰黑色，鳞片粒状变晶结构，片状构造，片理发育明显，中风化，岩芯呈柱状，用镐难挖，锤击声脆，岩石片理较明显，勘探范围内未揭穿。

**全线地质划分：松砂石 45%、岩石 55%。**

#### 4.2 不良地质作用与特殊性岩土

根据商洛市 2021 年地质灾害隐患点监控报告，线路途径未发现滑坡、泥石流、崩塌、塌陷等地质灾害现象，对坡势较陡的杆塔位上下边坡采取围护措施，并修筑排水沟。

#### 4.3 地质情况结论与建议

沿线地质情况为残坡积土、粉质粘土、灰岩、板岩等组成，均可作为杆塔的天然地基，线路直线塔采用原状土掏挖基础，耐张塔采用直柱板式基础。

#### 4.4 沿线水文情况

根据勘察结果，沿线地下水类型主要为孔隙潜水、基岩裂隙水及上层滞水。

孔隙潜水主要分布在山间河谷阶地段，主要接收大气降水、山谷溪流补给，侧向径流和人工开采是主要排泄方式。沿线河谷阶地段地下水位埋深约 3~8m。

基岩裂隙水在线路沿线主要分布于低中山地貌单元段。基岩裂隙水储存于岩体裂隙之间，主要接受大气降水补给，侧向径流是地下水的主要排泄方式，基岩裂隙水在线路沿线无稳定水位。

上层滞水主要赋存于松散覆盖层中，接收大气降水补给，蒸发是其主要的排泄方式，上层滞水埋藏深度和水量受大气降水和季节影响很大，降水量少时上层滞水水位下降或干枯。

在中低山地段，地下水埋藏较深，一般大于10m，可不考虑地下水对基础的影响；河川地段，地下水埋深一般在3~15m，年变幅按2m考虑，高水位杆塔施工时应考虑基坑支护、降水等措施。

根据本次勘探及调绘结果，勘察期间所有钻孔均未见地下水，根据区域地质资料，场地地下水水位年变幅1.5-2.0m，属孔隙潜水。地下水埋深较深，施工时可不考虑其影响。

线路沿线荆河变终端塔地下水位较浅，不宜采用掏挖基础，采用直柱板式基础。

#### 4.5 地下水、土壤蚀性评价

线路沿线分布的孔隙潜水及上层滞水对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性，可不考虑基岩裂隙水对基础的影响；地基土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性。

#### 4.6 沿线矿藏采空区及不良地质情况

根据工程调查，沿线无矿藏采空区。根据商洛市2021年地质灾害隐患，监控报告，线路途径未发现滑坡、泥石流、崩塌、塌陷等地质灾害现象，对坡势较陡的杆塔位边坡采取围护措施，并修筑排水沟。

#### 4.7 交通情况

本线路全线沿洛洪地方Ⅱ级公路及通村公路两侧山坡走线，距公路500~1000米，汽车、小运较为方便，须绕行，运距较远；人力运输不便。

#### 4.8 输电线路通道设计

##### 4.8.1 总体原则

(1) 走廊清理主要坚持“资源节约，环境友好”的原则，并充分调研及听取相关部门的意见建议。

(2) 本工程线路走线途径村庄范围，所以线路对沿线成片房屋完全避让，对个别零星房屋，建议采取高跨措施。

(3) 沿线部分地段跨越树木，对于沿线零星高大树木采用砍伐措施，对于集中林区的高大树木，采用高塔跨越的措施；对于低矮经济林及绿化树采用跨越措施。

(4) 本工程沿线与部分电力线及通信线交叉，因沿线交叉的电力线路均为35kV

以下电压等级线路，通信线路架设高度也较低，所以本次设计对交叉电力线路及通信线路均为跨越，跨越距离均按相关规范执行。本工程未有拆除及迁移电力线路及通信线路。

(5) 本工程线路沿线及线下再无其他影响线路安全运行的相关设施，走廊清理难度较低。

#### 4.8.2 导线对地和交叉跨越距离

根据《架空输电线路电气设计规范》（DL/T5582-2020），导线在最大弧垂情况下对地面最小垂直距离见下表：

线路经过地区	居民区	非居民区	交通困难地区	建筑物 (非易燃物顶)	树木(考虑自然生长高)	经济作物
最小垂直距离(米)	7.0	6.0	5.0	5.0	4.0	3.5

导线在最大弧垂情况下，与各种设施交叉跨越时最小垂直距离及档距内接头要求见下表：

设施名称	电气化铁路		公路	弱电线路	电力线路	河流
最小垂直距离(米)	至轨顶	至承力索和接触线	至路面	至被跨物	至被跨物	至百年一遇洪水水位水面
	11.5	3.0	7.0	3.0	3.0	6.0
导线或地线在跨越档内接头	不得接头			不限制	110kV 电力线不得接头	不得接头

#### 4.8.3 建筑物拆迁原则

(1) 无风时导线垂直至房屋的距离应不小于5.0m，即距导线5.0m以内的所有房屋拆迁；

(2) 距边导线2.0m以外的房屋，在无风时保证对地面或楼面净空距离不小于5.0m；最大风偏时保证净空距离4.0m，否则均拆迁。

(3) 炸药库不满足《民用爆破器材工程设计安全规范》（GB 50089-2007）距离相关规定的需要搬迁；

(4) 采石场对输电线路水平距离不满足300米的需要搬迁。

### 4.9 机电部分

#### 4.9.1 气象条件

(1) 概述

①本线路沿线经过商洛市商州区。

商州市位于我国中纬度偏南地带，北部边缘有秦岭天然屏障，寒潮不易侵入，向东南开口的手掌状的山川地形，有利于东南暖湿气流入侵，因而造成该区温度较高，雨水较多，属暖温带气候。一年四季分明，冬春干旱，夏秋多雨，冬季较寒冷，夏季较炎热。降水主要集中在夏季，且分布不均匀，川道少于山区，高山多于浅山。

线路沿线基本气象要素特征值统计表

项 目	单 位	商 州
气象站海拔高度	m	742.2
累年平均气温	℃	12.8
累年极端最高气温	℃	39.8
累年极端最低气温	℃	-14.8
累年平均最高气温	℃	18.7
累年平均最低气温	℃	8.5
累年自记最大风速	M/s	19.8
主导风向		ESE
累年平均降水	mm	715.0
累年一日最大降水	mm	94.4
累年平均/最多雷暴日数	D/y	52/32
累年平均风速	M/s	2.4
累年最大冻土深度	cm	18
累年最大积雪深度	cm	23

#### 4.9.2 设计最大风速及导线覆冰厚度的确定

##### 4.9.2.1 设计最大风速的确定

根据商洛气象站多年实测风速资料，计算得商洛气象站 10m 高 30 年一遇最大风速 23.5m/s。

通过在各供电局、电力局的搜资调查，搜集、整理了沿线高压线路的设计、运行资料，作为本工程参考。见下表：

沿线已有线路的设计风速

电压等级 (kV)	线路名称	设计风速 (m/s)	投运时间
110	商保线	27	2010

110	保西线	27	2010
1100	±1100KV 吉泉线	27	2021
330	330KV 咸鹤线	27	2016

根据商洛供电局运行记录记载，上述线路在运行过程中未因大风引发事故，证明设计比较合理。

综上所述，根据沿线气象站的计算成果、线路所经地区的大风调查和沿线已建输电线路的设计风速及运行资料，结合沿线地形地貌情况，并参考《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)，建议本工程的全线风速均按 27m/s 考虑。

### ③ 设计最大覆冰的确定

沿线附近高压线路的设计、运行资料，作为本工程参考。见下表：

沿线已有线路的设计覆冰情况

电压等级 (kV)	线路名称	设计覆冰 (0.9g/cm <sup>3</sup> ) (mm)	投运时间
110	商保线	10	2010
110	保西线	10	2010
1100	±1100KV 吉泉	10	2021
330	330KV 咸鹤线	10	2016

根据以上分析情况以及沿线的地形地貌，结合对沿线的微地形微气候分析，本工程的覆冰厚度确定为：10mm。

### (2) 本工程采用气象条件

综合以上气象分析资料及结论，本工程气象条件采用西北III级气象区，设计最大风速为 27m/s，覆冰厚度为 10mm。气象条件组合见下表：

项目	气象区	
	气象区	10mm 冰区
大 气 温 度 (°C)	最高气温	40
	最低气温	-30
	年平均气温	15
	复 冰	-5
	安 装	-15
	内过电压	15
	外过电压	15
	最大风速	-5
	最高气温	0
	最低气温	0

	年平均气温	0
	覆 冰	10
	安 装	10
	内过电压	15
	外过电压	10
	基本风速	27
覆 冰	冰厚(mm)	10
	比 重	0.9
(年平均/最大)雷暴日数(天)		40/52

#### 4.9.3 导线、避雷线的选择及防震

##### 4.9.3.1 导线截面选择

导线截面的选择，既要满足系统输送容量的要求，同时考虑电晕损失、无线电干扰、场强等电气性能，同时满足工程对导线机械特性的要求。

按陕西锌业有限公司 110kV 最大用电负荷 200MW 规模导计算线截面：

##### 1、按导线发热条件选择导线截面：

最大输送电流： $I=P/\sqrt{3}U=1005.1A$

工作温度 70℃，环境温度 40℃ 情况下：300mm<sup>2</sup> 截面导线输送容量 540A，采用双分裂导线满足要求。

##### 2、按经济电流密度选择导线截面 ( $j_m=1.73$ )：

$S=I_{max}/j_m=378mm^2$

300mm<sup>2</sup> 双分裂截面导线满足要求。

##### 3、按允许电压损耗选择导线截面

计算公式： $\Delta U=\frac{PR+QX}{Ue}$

2×300 截面导线电压降 1.8%。

2×300mm<sup>2</sup> 截面导线线路电压降能满足要求。

结论：根据计算线路导线截面选用 2×300mm<sup>2</sup>，满足系统输送要求。

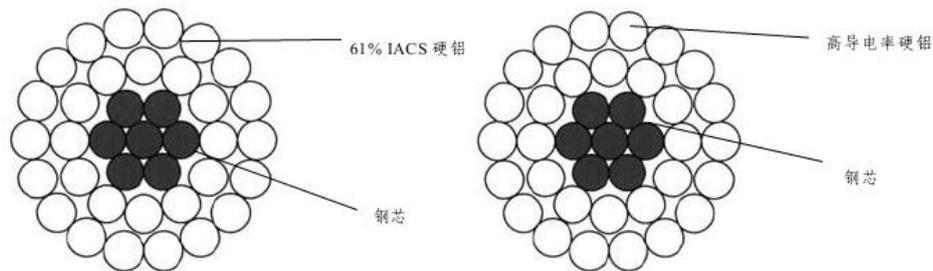
根据前述计算，本工程导线选用 2×300mm<sup>2</sup> 截面导线满足功率输送要求，国标《圆线同心绞架空导线》(GB/T 1179-2017) 标准中，JL/G1A-300 钢芯铝绞线按铝钢比不同有六型式，其中 JL/G1A-300/15 和 JL/G1A-300/20、JL/G1A-300/25、钢芯截面太小，本线路存在重要交跨，难以满足重要交跨要求；而 JL/G1A-300/50 和 JL/G1A-300/70 两种导线抗拉强度大，重量大，适用在重冰

区、大跨越等，本线路使用不经济，所以不予考虑。结合实际情况，本工程选用 40mm<sup>2</sup> 截面钢芯导线。

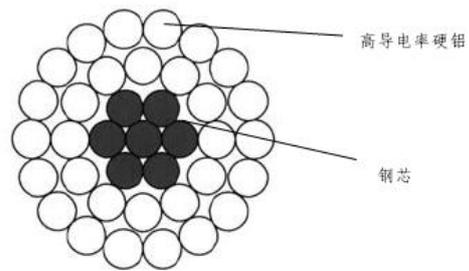
#### 4.9.3.2 导线选型

国网公司在推进电网发展方式转变的进程中，提倡建设“两型三新”输电线路，积极应用新技术、新工艺、新材料。目前，我国的输电线路建设应用最广泛的是圆线同心绞钢芯铝绞线。而节能类导线与普通钢芯铝绞线相比，在总截面相等的应用条件下，可以通过减小导线直流电阻，提高导线的导电能力，减少输电损耗，从而节能。

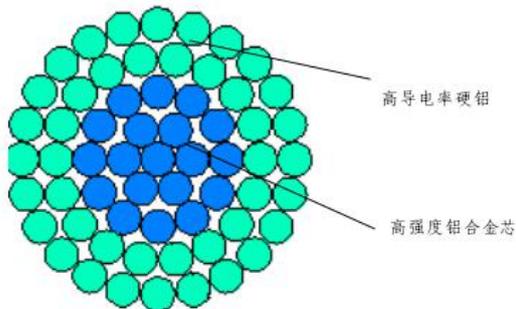
节能型导线主要包括：钢芯高导电率硬铝绞线、铝合金芯铝绞线、中强度全铝合金绞线。相对于常用的钢芯铝绞线导线而言，钢芯高导电率硬铝绞线采用高导电率硬铝，使导线直流电阻降低；铝合金芯铝绞线采用铝合金芯替代基本无导电能力的钢芯，使导线直流电阻值降低并避免了交流输电时钢芯材料产生的磁滞、涡流损耗；中强度全铝合金绞线整体采用铝合金，增大了导线的导电截面，使导线直流电阻降低，也避免了磁滞和涡流损耗，三种类型导线都可以达到降低损耗、节能的目的。节能型线可用于各电压等级的常规新建输电线路，且具有良好的全寿命周期经济性。



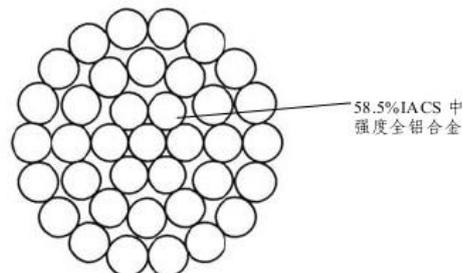
(a) 普通钢芯铝绞线



(b) 钢芯高导电率硬铝绞线



(c) 铝合金芯高导电率铝绞线



(d) 中强度铝合金绞线

高导电率硬铝导线、铝合金芯铝绞线、中强度铝合金导线等三种节能型导线是对钢芯铝绞线的优化和改进，就机电性能而言，轻、中冰区普通钢芯铝绞线适用的线路工程，对于三种节能型导线都能够适用。输送容量大、利用小时数高的线路，采用节能导线优势更为明显。节能导线适用条件如下：

1. 线路有较高的防腐要求，对导线价格比较敏感，交流输送功率大、利用小时数高时，建议优先选用铝合金芯铝绞线，充分利用其防腐性能好、价格低、电阻低的优势；

2. 线路防腐和防振要求高，运行条件较差，大高差大档距较多路径顺直，耐张塔比例低、交跨物少时，建议优先选用中强度全铝合金绞线，充分利用其防腐防振性能和弧垂特性好的优势；

3. 无其它特殊技术要求，希望直接应用通用设计杆塔和金具，提高设计施工效率，避免验算和修改时，建议优先采用钢芯高导电率硬铝绞线。

**4.9.3.2.1** 综上赘述，工程推荐采用钢芯高导电率硬铝绞线。

**4.9.3.2.2** 配套金具要求：

1、三种节能导线的悬垂、跳线以及档内金具与常规导线无区别，可根据截面直接对应采用定型金具。由于内部结构的差异，铝合金芯铝绞线及中强度全铝合金绞线的液压耐张线夹和接续管等承力金具结构与常规导线不同，金具已有产品通过鉴定和应用，目前一般由导线厂家随导线配套提供，价格高于普通金具。

2、钢芯高导电率铝绞线液压耐张线夹及接续配套金具与常规导线基本相同，无需特殊定制，节能导线在施工放线过程中与常规导线并无区别。

**4.9.3.2.3** 初伸长的处理

常规钢芯铝绞线初伸长的处理一般采用降温法，根据不同的铝钢比选取降温度数，计算安装张力和架线曲线。钢芯高导电率硬铝绞线的设计降温取值与常规导线相同。铝合金芯铝绞线和中强度全铝合金绞线的降温度数在规范中未给出，应根据导线试验得出的蠕变曲线确定降温度数。一般按照平均运行张力条件下持续 10 年的蠕变量确定降温度数。

**4.9.3.2.4** 与通用设计的匹配

铝合金芯铝绞线以及中强度全铝合金绞线水平荷载与普通钢芯铝绞线相当，垂直荷载约低 8%，钢芯高导电率硬铝绞线水平和垂直荷载与钢芯铝绞线相当。铝合金芯铝绞线以及中强度全铝合金绞线风偏角略大，需注意验算塔头间隙。中

强度全铝合金绞线最大使用张力较 JL3/G1A-300/40 高 6%，对杆塔的影响不容忽视；铝合金芯铝绞线由于受线膨胀系数和高降温度数的影响，安装和低温的单侧张力值和张力差会较常规导线超出。由此可见，中强度全铝合金绞线和铝合金芯铝绞线的张力可能超过通用杆塔条件，设计时应应对杆塔进行验算，或者适当牺牲弧垂特性，放松张力使用。使用时需根据实际使用条件开列电气外荷载、计算摇摆角绘制间隙圆图，并与通用设计的荷载及塔头进行对比。以便在放松导线张力、控制摇摆角系数与验算加强杆塔之间做出合理的选择。

钢芯高导电率硬铝绞线水平和垂直荷载与钢芯铝绞线相当，可以直接使用通用设计杆塔、金具。

#### 4.9.3.2.5 导线的经济性比较

各种导线的主要技术参数见下表：

导线型号		2×JL/G1A -300/40 (钢芯 铝绞线)	2×JL3/G1A -300/40 (高导 电率钢芯铝绞 线)	2×JL/LHA2 -165/175 (铝合 金芯铝绞线)	2×JLHA3 -340 (中强 度铝合金 绞线)
根×直 径(mm)	钢(铝包钢、铝合金)	7×2.66	7×2.66	19×23.9	
	铝(铝合金)	24×3.99	24×3.99	18×3.42	37×3.42
截面积 (mm <sup>2</sup> )	钢(铝包钢、铝合金)/铝 (铝合金)	300.09/38.9	300.09/38.9	174.54/165.35	339.9
	总截面	338.99	338.99	339.9	339.9
铝钢截面比		13	13		
直径(mm)		23.94	23.9	23.9	23.9
单位质量(kg/km)		1132.0	1131.0	937.8	936.4
计算拉断力(N)		87600	92360	75370	81570
20℃直流电阻(Ω/km)		0.09614	0.0931	0.0907	0.0885
交流电阻(Ω/km) (20℃环境温度)		0.1015	0.0965	0.09543	0.09327
导电率		60%	62.5% (还有 61.5%、62%、 63%)	63%	58.5%

注：上表中铝合金芯铝绞线和中强度铝合金绞线未考虑交流磁滞损耗。

经计算：四种导线的允许载流量和极限传输功率差距甚微；电能损失包括交流电阻损耗和电晕损耗，电晕损耗占电能总损耗的比例很小，当传输功率 200MW 时约占交流电阻损耗的 3%；当线路输送功率不同时，中强度铝合金绞线的交流

电阻损耗比铝合金芯铝绞线平均小 2.37%，比钢芯高导电率铝绞线平均小 7.85%，比钢芯铝绞线平均小 10.58%。

新型节能导线 JL3/G1A-300/40 将普通钢芯铝绞线的导电率由 61%IACS 提升到 62.5%IACS，本工程线路全长 10.2 千米，输送容量 200 兆瓦，普通钢芯铝绞线 LGJ-300/40 交流电阻  $0.1015 \Omega/\text{km}$ ，钢芯高导电率铝绞线 JL3/G1A-300/40 交流电阻  $0.0965 \Omega/\text{km}$ ，导线排列按 ZM3 计算，几何均距 6.89 米，电抗为  $0.429 \Omega/\text{km}$ 。普通钢芯铝绞线 LGJ-300/40 交流阻抗  $0.4408 \Omega/\text{km}$ ，钢芯高导电率铝绞线 JL3/G1A-300/40 交流阻抗  $0.4397 \Omega/\text{km}$ 。

若按新型节能导线替代普通导线计算，传输容量 200MW 时，功率因素 0.95，电流为 1102A，交流损耗为 1335KWh/km，全线路约为 13625KWh。如果一年的输送小时数为 1200 小时，全线每年可节电 1635 万千瓦时，电价按当地实际上网电价 0.35 元/度计，每年节能 572 万元，按设计年限 25 年计算，可节省费用 14306 万元。

从节能、配套金具及与通用设计匹配等因素考虑，本工程导线推荐采用钢芯高导电率铝绞线。

**结论：本工程导线选用 JL3/G1A-300/40 钢芯高导电率铝绞线。**

#### 4.9.3.3 地线选型

架空地线是高压送电线路最基本的防雷措施之一。根据系统通信要求，本工程一根为普通地线，另一根为 OPGW 复合光纤地线。OPGW 除发挥地线防雷的功效外，另一重要功能是由于通信，光纤通信有着信息量大、抗干扰能力强等优点。

根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》中规定，导线采用 JL3/G1A-300/40 时，与镀锌钢绞线配合的地线最小标称截面为  $80\text{mm}^2$ 。

##### 1 地线及 OPGW 的选择原则

1) 按线路设计技术规范、规程规定、地形情况，年均雷电日及以往的运行经验来选择地线截面；

2) 根据防雷要求，在  $+15^\circ\text{C}$ 、无风、无冰条件下，导线与地线在档距中央应保持不小于  $0.012L+1\text{m}$  间距。

3) 根据线路所经地区对通讯线的干扰和危险影响的大小来选择是否用良导体地线；

4) 根据规程要求，地线的安全系数不应小于 2.5，且宜大于导线的设计安

全系数。平均运行应力不得超过破坏应力的 25%。同时保持在各种工况下在档距中央地线的弧垂小于导线弧垂。

5) 满足热稳定的要求：输电线路发生单相接地故障时，地线上会通过很大的短路电流，切除故障时间相对较长，将使地线产生急剧的温升。地线过热会危及线路运行安全，而 OPGW 过热会损坏光纤，造成系统通信的中断。因此，在地线和 OPGW 的合理配置以及 OPGW 的选型中，在满足光通信的前提下，除满足力学特性外，最重要的是对地线和 OPGW 进行热稳定计算，即要根据系统切除故障的时间和短路电流的大小来计算因短路电流而引起的温升，以保证允许温升的最大值大于实际温升。

## 2 地线型号选择

### 1) 地线材料选择

作为高压送电线路的地线，可以从钢绞线、铝包钢绞线、钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线中选择。本工程沿线腐蚀不严重，没有必要选择铝包钢绞线和钢芯铝合金绞线，因此，全线推荐镀锌钢绞线。

### 2) 地线型号的选择

根据上述原则，考虑到本工程的具体情况，两根地线，一根按 OPGW、一根按普通地线设计，避雷线热稳定计算：线路输送容量按照 200MW 考虑。

计算公式：
$$S \geq \frac{\sqrt{Q_d}}{C} \quad Q = I^2 \cdot t$$

其中：I 短路电流的周期分量起始有效值（3043A）

t 短路电流持续时间（3s）

C-热稳定系数，铜 171，钢 60，铝和铝锰合金 87。

$$S \geq 88 \text{mm}^2$$

考虑两根避雷线分流，避雷线最小截面不小于 50mm<sup>2</sup>。

经核算耐雷性能、导线配合、热稳定、荷载条件，结合设计规范，本线路地线一根采用 1×19-11.4-1270 镀锌钢绞线，地线物理机械特性见下表：

地线名称	GJ-80
地线型号	1×19-11.5-1270
总截面 (mm <sup>2</sup> )	78.94
股数×直径 (mm)	19×2.3

绞线外径 (mm)	11.4
计算重量 (kg/km)	63.04
设计拉断力 (kN)	100.82
弹性模量 ( $N/m^2$ ) $\times 10^3$	181.42
膨胀系数 ( $1/^\circ C$ ) $\times 10^{-6}$	11.5
平均运行应力百分数	25%

### 3) OPGW 的选择

根据系统通信要求，本工程另一根地线采用 48 芯 OPGW(光纤复合地线)。架空地线是高压送电线路最基本的防雷措施，而目前在国内外电力系统广泛采用的光纤复合地线(OPGW)是在地线的金属结构中增加光纤等非金属材料。OPGW 除继续发挥地线防雷的功效外，另一重要功能是用于通信、保护。光纤通信有着信息量大、抗干扰能力强等优点。

OPGW 的选择除了需满足一般地线的机械、电气性能要求外，还需满足以下要求：1、满足系统通讯要求；2、满足系统短路电流要求；

### 3 导地线的物理参数

本工程 OPGW 采用全线逐基接地的方式，有关 OPGW 的金具、防振等由 OPGW 中标单位设计提供。

本工程导线采用  $2 \times JL3/G1A-300/40$  型钢芯铝绞线。地线一根采用 OPGW-48 芯复合光缆，另一根采用 GJ-80 镀锌钢绞线。导、地线规格及物理机械特性见下表：

导地线型号	根数/直径		计算截面 ( $mm^2$ )			外径 (mm)	拉断力 (N)	计算重量 (kg/km)	安全系数
	铝(光纤)	钢	铝	钢	综合				
JL3/G1A-300/40	24/3.99	7/2.66	300.09	38.9	338.99	23.94	92220	1133	2.5
OPGW-13-90-2	48 芯	6/3.8			92.7	13.2	59900	457	
GJ-80		19/2.3	1270		78.94	11.5	100250	628.4	4.0

### 4 地线及 OPGW 的热稳定计算

#### (1) 系统短路电流

本工程短路电流计算水平年为 2030 年。按 2030 年系统阻抗，本线路各短路点的短路电流见下表：

短路点	荆河变母线	升压站母线	张村变母线
-----	-------	-------	-------

三相短路电流 (kA)	4.95	3.302	2.34
单相短路电流 (kA)	4.68	3.105	2.30

线路故障切除时间为 0.25S。

## (2) 热稳定计算

根据系统及 OPGW 生产厂家提供的资料, OPGW 的温度不能超过 200℃, 而普通地线验算热稳定时, 按规程规定, 允许温度可取为: 钢芯铝绞线、钢芯铝合金绞线+200℃; 钢芯铝包钢绞线、铝包钢绞线+300℃; 镀锌钢绞线+400℃。按 2020 年系统阻抗计算的线路短路电流, 并通过热稳定计算得出: 本工程采用 GJ-80 镀锌钢绞线同 OPGW 光缆配合满足热稳定要求。

### 4.9.3.4 导线、避雷线的防振措施及防舞

按设计技术《规程》规定, 本工程导线、镀锌钢绞线、OPGW 光缆均采用防滑性能好的预绞式防震锤防震, JL3/G1A-300/40 导线采用 FRYJ-3/5 防震锤, GJ-80 地线采用 FRYJ-2/G 防震锤, 架空光缆防震见通讯设计。

商洛市商州区主导风向为东北风, 本工程线路路径大部分与主导风向夹角小于 45 度。根据线路附近运行线路的运行情况, 近 10 年无导线舞动现象发生, 线路经过地段划分为 0 级舞动区, 无需设防。