

检索号：

# 什邡市宏达 110 千伏输变电新建工程

## 可行性研究报告 (送审版)

设计单位：四川贝力夫电力工程设计咨询有限公司

工程设计证书号：A251013206 乙级

日期：二〇二五年十月 成都



# 工程设计资质证书

**企业名称：**四川贝力夫电力工程设计咨询有限公司  
**详细地址：**成都市青羊区光华北三路98号15幢1单元11层1104号  
**统一社会信用代码（或营业执照注册号）：**915100005632823558 **经济性质：**有限责任公司  
**证书编号：**A251013206 **有效期：**至2030年01月24日  
**法定代表人：**何平  
**资质类别及等级：**  
电力行业（变电工程、送电工程）专业乙级\*\*\*\*\*



发证机关：

四川省住房和城乡建设厅  
2025年1月24日

中华人民共和国  
咨询工程师（投资）登记证书

姓名：杨泽继

性别：男

身份证号：510124198605020817

证书编号：咨登2720240942578

专业一：电力（含火电、水电、核电、新能源）

专业二：

执业单位：四川贝力夫电力工程设计咨询有限公司

有效期至：2027年09月19日



本证书是咨询工程师（投资）的执业证明。  
扫描左下方二维码可进行验证和查询。



登记机构（章）：



批准日期：2024年09月19日

**批准：**

**审核：**

**校核：**

**编写：**

# 目录

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>1 工程概述</b> .....      | <b>9</b>  |
| 1.1 主要编制依据 .....         | 9         |
| 1.2 工程建设规模和设计范围 .....    | 10        |
| <b>2 自然及社会经济概况</b> ..... | <b>15</b> |
| 2.1 德阳市什邡市自然概况 .....     | 15        |
| 2.2 德阳市什邡市社会经济概况 .....   | 16        |
| 2.3 德阳市什邡市发展规划 .....     | 17        |
| <b>3 电力系统一次</b> .....    | <b>18</b> |
| 3.1 什邡电网电力系统概况 .....     | 18        |
| 3.2 宏达片区电力系统概述 .....     | 19        |
| 3.3 接入系统方案 .....         | 20        |
| 3.4 出线规模 .....           | 24        |
| 3.5 工程建设必要性 .....        | 24        |
| 3.6 工程建设可行性 .....        | 25        |
| 3.7 电气计算 .....           | 26        |
| 3.8 输电线路导线截面的选择 .....    | 27        |
| 3.9 主变压器容量的选择 .....      | 28        |
| 3.10 系统对有关电气参数的要求 .....  | 28        |
| 3.11 无功补偿及调相调压计算 .....   | 29        |
| 3.12 电气主接线 .....         | 31        |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 3.13 电力系统一次部分结论及建议 ..... | 31        |
| 3.14 电缆选择 .....          | 32        |
| <b>4 电力系统二次 .....</b>    | <b>37</b> |
| 4.1 系统继电保护及安全自动装置 .....  | 37        |
| 4.2 系统调度自动化 .....        | 39        |
| 4.3 电能计量装置及电能量远方终端 ..... | 43        |
| 4.4 安全稳定控制装置 .....       | 44        |
| 4.5 数据通信网络接入设备 .....     | 45        |
| 4.6 二次系统安全防护 .....       | 46        |
| 4.7 一次设备检测系统构成 .....     | 46        |
| 4.8 电力系统二次结论与建议 .....    | 48        |
| <b>5 系统通信 .....</b>      | <b>48</b> |
| 5.1 通信现状及存在的问题 .....     | 48        |
| 5.2 调度关系 .....           | 48        |
| 5.3 通道要求 .....           | 49        |
| 5.4 光缆芯数 .....           | 49        |
| 5.5 通道组织 .....           | 49        |
| 5.6 光纤通信 .....           | 50        |
| 5.7 对外通信 .....           | 51        |
| 5.8 通信电源 .....           | 51        |
| 5.9 光缆线路部分 .....         | 51        |
| <b>6 站址选择 .....</b>      | <b>53</b> |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 6.1 基本规定 .....                    | 53         |
| 6.2 站址区域概况 .....                  | 54         |
| 6.3 站址的拆迁赔偿情况 .....               | 56         |
| 6.4 出线条件 .....                    | 57         |
| 6.5 站址水文气象条件 .....                | 57         |
| 6.6 站址工程地质 .....                  | 59         |
| 6.7 土石方情况 .....                   | 61         |
| 6.8 进站道路和交通运输 .....               | 61         |
| 6.9 施工电源 .....                    | 61         |
| 6.10 站址环境 .....                   | 61         |
| 6.11 施工条件 .....                   | 62         |
| <b>7 宏达 110KV 变电站新建工程设想 .....</b> | <b>62</b>  |
| 7.1 电气一次部分 .....                  | 62         |
| 7.2 电气二次 .....                    | 73         |
| 7.3 土建部分 .....                    | 84         |
| 7.4 主变压器运输参数 .....                | 102        |
| 7.5 主变运输路线 .....                  | 103        |
| 7.6 空路障情况 .....                   | 103        |
| 7.7 大件设备运输所需主要机具及技术参数 .....       | 103        |
| <b>8 对侧间隔扩建部分 .....</b>           | <b>103</b> |
| 8.1 对侧现状 .....                    | 103        |
| 8.2 电气一次部分 .....                  | 104        |
| 8.3 电气二次及通信设备部分 .....             | 104        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 8.4 土建部分 .....              | 105        |
| <b>9 对侧间隔改造施工停电方案 .....</b> | <b>105</b> |
| 9.1 工程概况 .....              | 105        |
| 9.2 运行方式及停电范围分析 .....       | 106        |
| 9.3 施工方案概述 .....            | 106        |
| 9.4 停电计划及操作步骤 .....         | 107        |
| 9.5 危险点分析及安全措施 .....        | 109        |
| 9.6 组织措施 .....              | 110        |
| 9.7 应急预案 .....              | 110        |
| <b>10 送电线路工程设想 .....</b>    | <b>110</b> |
| 10.1 线路两端进出线情况 .....        | 110        |
| 10.2 线路路径 .....             | 111        |
| 10.3 机电部分 .....             | 117        |
| 10.4 杆塔规划 .....             | 132        |
| 10.5 杆塔结构 .....             | 132        |
| 10.6 基础规划 .....             | 134        |
| 10.7 三跨设计 .....             | 139        |
| 10.8 通信保护 .....             | 141        |
| 10.9 其他设施 .....             | 142        |
| 10.10 机电部分 .....            | 148        |
| 10.11 杆塔规划 .....            | 163        |
| 10.12 杆塔结构 .....            | 163        |
| 10.13 基础规划 .....            | 165        |

|           |                        |            |
|-----------|------------------------|------------|
| 10.14     | 三跨设计 .....             | 170        |
| 10.15     | 通信保护 .....             | 172        |
| 10.16     | 其他设施 .....             | 173        |
| <b>11</b> | <b>环境保护 .....</b>      | <b>173</b> |
| 11.1      | 工程环境影响分析 .....         | 173        |
| 11.2      | 环境保护工程设想 .....         | 173        |
| <b>12</b> | <b>水土保持 .....</b>      | <b>174</b> |
| 12.1      | 保护自然地形、地貌 .....        | 174        |
| 12.2      | 基坑开挖 .....             | 174        |
| 12.3      | 岩土表面保护 .....           | 174        |
| 12.4      | 弃土堆放 .....             | 174        |
| 12.5      | 边坡保护 .....             | 175        |
| 12.6      | 塔基排水 .....             | 175        |
| 12.7      | 农田复耕和植被恢复 .....        | 175        |
| <b>13</b> | <b>节能措施分析 .....</b>    | <b>175</b> |
| <b>14</b> | <b>抵御自然灾害评估 .....</b>  | <b>177</b> |
| 14.1      | 变电站抗灾措施 .....          | 177        |
| 14.2      | 线路抗灾措施 .....           | 177        |
| <b>15</b> | <b>劳动安全与劳动防护 .....</b> | <b>177</b> |
| <b>16</b> | <b>社会维稳 .....</b>      | <b>180</b> |

|           |                          |            |
|-----------|--------------------------|------------|
| 16.1      | 社会影响效果分析 .....           | 180        |
| 16.2      | 社会稳定风险及对策分析 .....        | 181        |
| 16.3      | 评估过程 .....               | 181        |
| 16.4      | 可能存在的风险及其评价 .....        | 181        |
| 16.5      | 社会稳定风险防范措施 .....         | 187        |
| <b>17</b> | <b>投资估算 .....</b>        | <b>190</b> |
| 17.1      | 编制原则及依据 .....            | 190        |
| 17.2      | 工程总投资 .....              | 190        |
| 17.3      | 投资水平分析 .....             | 191        |
| <b>18</b> | <b>投资收益测算 .....</b>      | <b>192</b> |
| 18.1      | 项目工程投资与减少电费支出分析 .....    | 192        |
| 18.2      | 运维成本分析 .....             | 198        |
| 18.3      | 投资成本分析 .....             | 199        |
| 18.4      | 资金来源 .....               | 199        |
| 18.5      | 投资回收期与长期减少电费支出评估 .....   | 199        |
| 18.6      | 测算内部收益率（IRR） .....       | 201        |
| <b>19</b> | <b>建设风险评估和应对措施 .....</b> | <b>204</b> |
| 19.1      | 项目决策与前期核准阶段 .....        | 204        |
| 19.2      | 设计与采购阶段 .....            | 205        |
| 19.3      | 施工建设阶段 .....             | 206        |
| 19.4      | 调试与投产阶段 .....            | 207        |
| 19.5      | 风险应对措施 .....             | 207        |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 19.6 核心要点总结 .....      | 209        |
| <b>20 项目招标投标 .....</b> | <b>209</b> |
| <b>21 结论 .....</b>     | <b>209</b> |
| 21.1 项目实施前后效果分析 .....  | 209        |
| 21.2 总结 .....          | 210        |
| 21.3 工程计划进度表 .....     | 210        |
| <b>22 附图 .....</b>     | <b>212</b> |
| <b>23 附件 .....</b>     | <b>212</b> |

# 1 工程概述

## 1.1 主要编制依据

- (1) 《输变电工程可行性研究内容深度规定》（DL/T 5448-2012）。
- (2) 宏达股份有限公司的委托书。
- (3) 现场收资及勘测资料。
- (4) 本工程设计执行国家及行业的相关设计规程规范（技术标准），主要设计技术标准如下：

《35-110kV 变电站设计规范》 GB50059-2011；  
《3-110kV 高压配电装置设计规范》 GB50060-2008；  
《变电工程总布置设计规程》 DL/T5056-2024；  
《供配电系统设计规范》 GB50052-2009；  
《绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则》 GB311.1-2012；  
《三相交流系统短路电流计算 第 1 部分：电流计算》 GB/T 15544.1-2023；  
《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》 GB50062-2008；  
《火力发电厂与变电站设计防火标准》 GB50229-2019；  
《电力工程电缆设计标准》 GB50217-2018；  
《交流无间隙金属氧化物避雷器》 GB/T 11032-2020；  
《并联电容器装置设计规范》 GB50227-2017；  
《电力设施抗震设计规范》 GB50260-2013；  
《导体和电器选择设计规程》 DL/T 5222-2021；  
《电测量及电能计量装置设计技术规程》 DL/T 5137-2001；  
《电力系统设计技术规程》 DL/T 5429-2009；  
《电力系统无功补偿技术导则》 Q/GDW 10212-2019

## 1.2 工程建设规模和设计范围

### 1.2.1 工程简介

本工程为四川宏达股份有色分公司供电升级项目，现有有色分公司供配电设施普遍建于 20 年前，电压等级低、设备老旧、损耗大，电缆全部在地下用电缆沟敷设，年久失修，存在雨水泄漏风险，急需升级改造。根据四川宏达股份有色分公司产线升级发展规划，升级改造后，将形成年产电解锌 10 万吨/年、锌合金 10 万吨/年、氧化锌和脱氟氯化锌 4 万吨/年、硫酸 20 万吨/年的生产能力，按以上产能测算，用电有功负荷将达 56000kW，装机容量 80000kVA，每年用电量约 4.2 亿千瓦时。有色分公司目前供电由什邡莹华供电有限公司 110kV 民主变电站 10kV 的 8 个回路及 35kV 工农兵变电站供给，不能满足产能升级后的供电需要。

根据以上情况，现有供配电设施已不能满足供电需要，急需对内部供配电设施进行升级改造，并新建一座 110kV 变电站，满足厂区负荷需求同时提高宏达股份有色分公司的用电安全等级，保证生产正常，有必要开展宏达 110kV 输变电新建工程。

受业主委托，我司组织了相关专业人员，对什邡市宏达 110 千伏输变电新建工程开展勘测设计咨询工作，对本工程的外部条件、站址方案、线路出线路径等进行了现场踏勘和收资，经过系统论证编制出了本可研报告。

### 1.2.2 工程建设规模

#### 一、宏达 110kV 变电站部分

主变压器：本期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ ，远期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ 。

110kV 出线：本期 1 回，远期 1 回；

35kV 出线：本期 6 回，远期 6 回；

10kV 出线：本期 10 回，远期 12 回；

动态无功补偿容量：本期  $2 \times \pm 8.00\text{Mvar}$ （带滤波功能），远期  $2 \times \pm$

8. 00Mvar（带滤波功能）。

## 二、线路部分

线路从云西 220kV 变电站 110kV 云民二线 186#间隔起，至拟建宏达 110kV 变电站 110kV 进出线构架止。架空线路长 5.9km，电缆路径长 0.55km，路径曲折系数 1.2，导线采用 JL/G1A-240/30 型钢芯铝绞线；电缆选用：YJLW03-110/1×400mm<sup>2</sup> 型铜芯交联聚乙烯绝缘皱纹铝套聚乙烯外护套纵向阻水电力电缆；全线架设双地线，2 根均采用 OPGW-48B1-90 型光纤复合架空地线。

## 三、系统通信部分

沿新建线路同步架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆，OPGW 光缆长度约 2\*5.9km，非金属光缆长约 2\*0.55km；变电站进站光缆采用普通非金属光缆，长约 2\*0.2km。

本期在对侧间隔 220 站新增 1 套 2.5Gbit/s 平台的地网设备。

### 1.2.3 设计范围

#### （1）变电站部分

自 110kV 进线构架起，至 10kV 出线开关柜下桩头止，变电站围墙以内的电气、全站监控及继电保护、土建、照明、防雷接地、通信、调度、生产及生活用水、采暖通风、道路（含进站公路）等全部设施的设计。

#### （2）线路部分

线路从云西 220kV 变电站 110kV 云民二线 186#间隔起，至拟建宏达 110kV 变电站 110kV 进出线构架止的 110 千伏线路本体设计；对线路影响范围内的电信线路和无线电台（站）的干扰与危险影响的保护设计。

#### （3）系统通信工程

起于对侧 110kV 出线终端塔，止于宏达 110kV 变电站二次设备室配线架止的光纤线路工程的本体设计，与通信线路相关的站端通信设备设计。

#### （4）技经部分

编制以上工程投资估算及财务评价。

### 1.2.4 设计内容

包含区域电网调查、负荷分析、项目建设的必要性、接入系统、站址方案、线路路径方案、变电工程方案、线路工程方案、投资估算等。

### 1.2.5 设计水平年

设计基准年为 2025 年，计划投产年为 2026 年，设计水平年为 2030 年，远景年为 2035 年。

### 1.2.6 工程投资

表 1.2-1 推荐方案工程投资汇总表

单位:万元

| 序号 | 项目名称                | 本体投资        |             |             |             | 其他费用        | 预备费       | 静态投资        | 单位投资          |
|----|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|
|    |                     | 建筑工程费       | 设备购置费       | 安装工程费       | 合计          |             |           |             |               |
| 1  | 什邡市宏达 110 千伏变电站新建工程 | 1028        | 2939        | 700         | 4667        | 681         | 53        | 5401        | 675.13 元 /kVA |
| 2  | 对侧间隔扩建              | 24          | 97          | 54          | 175         | 14          | 2         | 191         |               |
| 3  | 云西~宏达 110kV 线路      | 254         | 110         | 1013        | 1377        | 437         | 18        | 1832        | 284.03 万元 /km |
|    | <b>合计</b>           | <b>1306</b> | <b>3146</b> | <b>1767</b> | <b>6219</b> | <b>1132</b> | <b>73</b> | <b>7424</b> |               |

### 1.2.7 变电工程主要技术指标

表 1.2-2 推荐方案主要技术指标表

| 序号 | 项目                | 技术方案和经济指标                                      |
|----|-------------------|--|
| 1  | 主变压器规模, 远期/本期, 型式 | 远期: 2×40MVA<br>本期: 2×40MVA<br>三相三绕组有载调压风冷铜芯变压器 |
| 2  | (高)电压出线规模, 远期/本期  | 远期: 1 回, 本期: 1 回。                              |
| 3  | (中)电压出线规模, 远期/本期  | 远期: 6 回, 本期: 6 回。                              |
| 4  | (低)电压出线规模, 远期/本期  | 远期: 12 回, 本期: 10 回。                            |
| 5  | 动态无功补偿规模, 远期/本期   | 远期 2×±8.00Mvar                                 |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    |   | 本期 2×±8.00Mvar                            |
| 6  | 站用电源, 远期/本期                             | 站用变容量为: 远期: 2×200kVA, 本期: 2×200kVA。       |
| 7  | (高)电压电气主接线, 远期/本期                       | 远期: 单母线分段接线, 本期: 单母线分段接线。                 |
| 8  | (中)电压电气主接线, 远期/本期                       | 远期: 单母线分段接线, 本期: 单母线分段接线。                 |
| 9  | (低)电压电气主接线, 远期/本期                       | 远期: 单母线分段接线, 本期: 单母线分段接线。                 |
| 10 | (高)配电装置型式, 断路器型式、数量                     | 户外 GIS 布置, 110kV 出线 1 回, 主变进线 2 回, PT2 回。 |
| 11 | (中)配电装置型式, 断路器型式、数量                     | 户内移开式金属铠装开关柜单列布置, 14 面。                   |
| 12 | (低)配电装置型式, 断路器型式、数量                     | 户内移开式金属铠装开关柜单列布置, 18 面。                   |
| 13 | 地区污秽等级/设备选择的污秽等级                        | d 级污秽区, 设备外绝缘按 e 级设防, 外绝缘爬电比距≥31mm/kV     |
| 14 | 运行管理模式                                  | 无人值班, 有人值守                                |
| 15 | 智能变电站(是/否)                              | 否   |
| 16 | 变电站系统通信方式、本期建设规模                        | 光纤  |
| 17 | 10kV及以上电力电缆(km)                         | 0.56                                      |
| 18 | 控制电缆/(km)                               | 24.2                                      |
| 19 | 多模光缆(km)                                | 1   |
| 20 | 接地材料/长度(km)                             | 4.1                                       |
| 21 | 变电站总用地面积(hm <sup>2</sup> )              | 8.604 亩                                   |
| 22 | 围墙内占地面积(hm <sup>2</sup> )               | 6.333 亩                                   |
| 23 | 进站道路长度新建(m)                             | 87  |
| 24 | 土石比挖方/填方(m <sup>3</sup> )               | 3/3367                                    |
| 25 | 弃土工程量/取土工程量(m <sup>3</sup> )            | 0/1088.5                                  |
| 26 | 挡土墙(m <sup>3</sup> )护坡(m <sup>2</sup> ) | 0/29                                      |
| 27 | 站内道路面积(m <sup>3</sup> )                 | 480                                       |
| 28 | 电缆沟长度(m)                                | 355                                       |
| 29 | 水源方案                                    | 引接厂区给水                                    |
| 30 | 站外排水管线长度(m)                             | 500                                       |
| 31 | 总建筑面积(m <sup>3</sup> )                  | 582.7                                     |
| 32 | 主控通信楼建筑层数/面积(m <sup>2</sup> )           | 一层框架结构/434.7                              |
| 33 | 构架结构型式及工程量(t)                           | 钢结构(31.6T)                                |
| 34 | 地震动峰值加速度                                | 0.05g                                     |
| 35 | 地基处理方案和费用                               | C20 混凝土 800 m <sup>3</sup> 、134.931 万元    |
| 36 | 动态投资(万元)(不含线路工程)                        | 5401 万元                                   |
| 37 | 静态投资(万元)(不含线路工程)                        | 5401 万元                                   |
| 38 | 建筑工程费用(万元)(不含线路工程)                      | 1028 万元                                   |
| 39 | 设备购置费用(万元)(不含线路工程)                      | 2939 万元                                   |
| 40 | 安装工程费用(万元)(不含线路工程)                      | 700 万元                                    |
| 41 | 其他费用(万元)(不含线路工程)                        | 734 万元                                    |

## 1.2.8 线路工程主要技术指标

表 1.2-3 方案一(推荐第一方案)主要技术指标表

|           |  |         |                       |
|-----------|--|---------|-----------------------|
| 线路名称      | 云西 220kV 变电站至宏达 110kV 变电站输电线路新建工程  |         |                       |
| 起点        | 云西 220kV 变电站   |         |                       |
| 迄点        | 宏达 110kV 变电站   |         |                       |
| 线路长度      | 架空 5.9km+电缆 0.55km   | 曲折系数    | 1.2                   |
| 杆塔总数      | 25 基   | 平均档距    | 256m                  |
| 杆塔分类:     | 直线塔 6 基, 转角及终端塔 19 基   |         |                       |
| 转角次数      | 15 次   | 平均耐张段长度 | 393m                  |
| 导线        | JL/G1A-240/30  | 最大使用张力  | 20076N                |
| 地线        | OPGW-48B1-90   | 最大使用张力  | 30000N                |
| 电缆        | YJLW03-110/1×400mm <sup>2</sup>  |         |                       |
| 防振措施      | 导线采用 FRYJ-3/5 型预非对称型音叉式防振锤, 地线采用 FRYJ-2/G 型预非对称型音叉式防振锤, OPGW 地线防振由光缆厂家配置 |         |                       |
| 主要气象条件    | 最大设计风速 25m/s; 最大覆冰厚度 5mm   |         |                       |
| 污秽等级      | d 级  | 绝缘子型号   | U70BP/146-1、U70CN/200 |
| 地震烈度      | VII 级  | 年平均雷电日  | 34 天                  |
| 防雷        | 全线架设双地线  | 接地      | 逐基逐腿水平放射式接地           |
| 绝缘子设计安全系数 | 最大使用荷载工况 2.7; 断线工况 1.8; 断联工况 1.5;  |         |                       |
| 沿线地形      | 平地 90%, 丘陵 10%   |         |                       |
| 沿线地质      | 普土 30%, 松砂石 20%, 岩石 50%  |         |                       |
| 基础形式      | 掏挖基础   |         |                       |
| 汽车运距      | 10km   | 人力运距    | 0.3km                 |
| 海拔高程      | 550~590  |         |                       |
| 安装工程费     | 1013   |         |                       |
| 其他费用      | 455  |         |                       |
| 静态投资      | 1832   |         |                       |

表 1.2-3 方案二（推荐第一方案）主要技术指标表

|      |                                   |      |      |
|------|-----------------------------------|------|------|
| 线路名称 | 云西 220kV 变电站至宏达 110kV 变电站输电线路新建工程 |      |      |
| 起点   | 云西 220kV 变电站                      |      |      |
| 迄点   | 宏达 110kV 变电站                      |      |      |
| 线路长度 | 7.6km+电缆 0.5km                    | 曲折系数 | 1.49 |
| 杆塔总数 | 32 基                              | 平均档距 | 253m |

|           |  |         |                       |
|-----------|--|---------|-----------------------|
| 杆塔分类:     | 直线塔 12 基, 转角及终端塔 20 基  |         |                       |
| 转角次数      | 16 次   | 平均耐张段长度 | 475m                  |
| 导线        | JL/G1A-240/30  | 最大使用张力  | 20076N                |
| 地线        | OPGW-48B1-90   | 最大使用张力  | 30000N                |
| 电缆        | YJLW03-110/1×400mm <sup>2</sup>  |         |                       |
| 防振措施      | 导线采用 FRYJ-3/5 型预非对称型音叉式防振锤, 地线采用 FRYJ-2/G 型预非对称型音叉式防振锤, OPGW 地线防振由光缆厂家配置 |         |                       |
| 主要气象条件    | 最大设计风速 25m/s; 最大覆冰厚度 5mm   |         |                       |
| 污秽等级      | d 级  | 绝缘子型号   | U70BP/146-1、U70CN/200 |
| 地震烈度      | VI 级   | 年平均雷电日  | 34 天                  |
| 防雷        | 全线架设双地线  | 接地      | 逐基逐腿水平放射式接地           |
| 绝缘子设计安全系数 | 最大使用荷载工况 2.7; 断线工况 1.8; 断联工况 1.5;  |         |                       |
| 沿线地形      | 平地 90%, 丘陵 10%   |         |                       |
| 沿线地质      | 普土 30%, 松砂石 20%, 岩石 50%  |         |                       |
| 基础形式      | 掏挖基础   |         |                       |
| 汽车运距      | 10km   | 人力运距    | 0.3km                 |
| 海拔高程      | 550~590  |         |                       |
| 安装工程费     |  |         |                       |
| 其他费用      |  |         |                       |
| 静态投资      |  |         |                       |

## 2 自然及社会经济概况

### 2.1 德阳市什邡市自然概况

什邡市位于四川腹心地带成都平原, 南距成都市 50 余公里, 幅员 864 平方公里, 辖 2 个街道办事处, 14 个镇, 人口约 43 万。什邡是四川省历史文化名城。曾因大禹的足迹而享有“禹迹仙乡”之美誉, 秦代著名水利学家李冰曾在此治水并仙逝于此。什邡还是佛教南禅八祖马道一的故里, 汉代名将雍齿的受封之地, 故什邡城又名雍城。什邡的自然景观主要有盖华山、青牛沱等景区。

全市辖 2 个街道、8 个镇: 方亭街道、雍城街道、洛水镇、禾丰镇、马

祖镇、马井镇、蓥华镇、湔氐镇、南泉镇、师古镇，市政府驻方亭街道。什邡市，位于四川腹心地带成都平原，南距成都市 50 余公里，幅员 864 平方公里。境域跨东西宽 9.5-22 公里，南北长 69 公里，属于亚热带湿润气候区。什邡的山区属龙门山脉九顶山系，呈东北--西南走向。龙门山经轿壁山入什邡境内，海拔全在 4000 米以上，山行至南天门与彭州北部山区交界，一分支出脊折向东南经 4500 多米的长年峰再往东至亮卡，南折即蓥华山。蓥华山西北全是崇山峻岭，属高山草甸区，东南重峦叠嶂，蜿蜒没入平坝。

什邡市矿产资源、水能资源丰富，境内矿产资源主要有天然气，煤，磷矿，石灰矿，白云矿等矿。全市拥有水资源总量为 23.94 亿米<sup>3</sup>/年，地表水资源丰富。多年平均自产地表水量 7.5 亿米<sup>3</sup>/年，湔江过境水量 7.48 亿米<sup>3</sup>/年，全市地表水资源总时为 21.20 亿米<sup>3</sup>/年。地下水资源较为丰富，但分布不均。天然资源为 45265.66 万米<sup>3</sup>/年，开采资源为 27444.56 万米<sup>3</sup>/年，平原区储存资源为 42489.24 万米<sup>3</sup>/年，石亭江、鸭子河、小石河等傍河地段开采激发补给量为 6098.27 万米<sup>3</sup>/年。

## 2.2 德阳市什邡市社会经济概况

什邡地处成都平原西北部，位于成都正北上风上水 40 公里的地方，1995 年 10 月撤县设市(省辖县级市，由德阳市代管)，幅员面积 821 平方公里，辖 8 个镇、2 个街道、1 个经开区，截止 2023 年底总人口 41.4 万，是唯一一个“中国雪茄之乡”、第一个“中国矿泉水之乡”和“中国书法之乡”，县域经济综合实力稳居四川省前列，被评为四川全省县域经济发展进步县，位列中国西部百强县第 40 位，全国营商环境百强县第 42 位，全国投资潜力百强县第 60 位。2023 年，全市实现地区生产总值 470.9 亿元、增长 8.1%，规模以上工业增加值增长 10.3%，服务业增加值增长 9.0%，农业增加值增长 4.5%，全社会固定资产投资增长 7.2%，社会消费品零售总额增长 10.2%，一般公共预算收入同口径增长 9.2%，预计城乡居民人均可支配收入分别增长 4.9%、7.4%。什邡经济增速位居德阳第一，县域经济排名上升至全省重点开发区（县）第

2 位，再次获评全省县域经济发展先进县。

根据(四川省)德阳市第七次全国人口普查公报显示什邡市常住人口为 406775 人，男性人口占比 50.01%，女性人口占比 49.99%，年龄结构中 0-14 岁占比 11.15%，15-59 岁占比 61.63%，60 岁以上占比 27.22%，65 岁以上占比 21.54%。

## 2.3 德阳市什邡市发展规划

“十四五”时期，什邡市工业发展专项规划的总体思路是根据工业发展现状、参考四川什邡经济开发区和京一什产业园产业发展的相关规划，深入结合全市《工业产业倍增计划》，持续优化调整工业产业结构，加快培育和发展以航空航天、轨道交通为代表的高端装备制造业、战略性新兴产业，通过重点龙头、产业集群培育和引领，全力促进我市工业产品快速转变竞争方式，实现低碳环保与资源节约并行的发展模式，大幅提升传统工业的经济效益和社会效益。重点打造烟草产业“一城两基地”和发展以通用航空、轨道交通为代表的高端装备制造业，培育壮大新的工业经济增长支撑极。

紧紧围绕什邡工业产业结构调整 and 升级发展的指导思想，依托什邡经济开发区的总体定位，立足高端产业培育发展，以打造生态环保和效益型产业为核心，全面融入成德同城经济发展圈，壮大什邡工业经济总量。以什邡经开机构升格为契机，以烟草产业“一城两基地”、通航产业园和轨道交通产业建设为载体，着力引进以新能源、新材料、信息技术和节能环保产业为代表的战略性新兴产业。加强与京沪浙广等国内外经济发达地区交流，夯实产业项目转移承接基础。大力推进生态系统构建、空间布局优化和园区形态提升，高起点、高标准规划和建设 900 亿元工业园区，将什邡经济开发区打造成为空间布局合理、产业特色突出、生态环境优美的经济发展首选区。

通过工业主导产业集中规划入户园区发展，实现空间节约发展和优化资源供给集中的有效利用；坚持招大引强，实现产业高端发展；坚持绿色环保综合规划并行，实现环保效益型和可持续发展；坚持对外开放合作，实现资

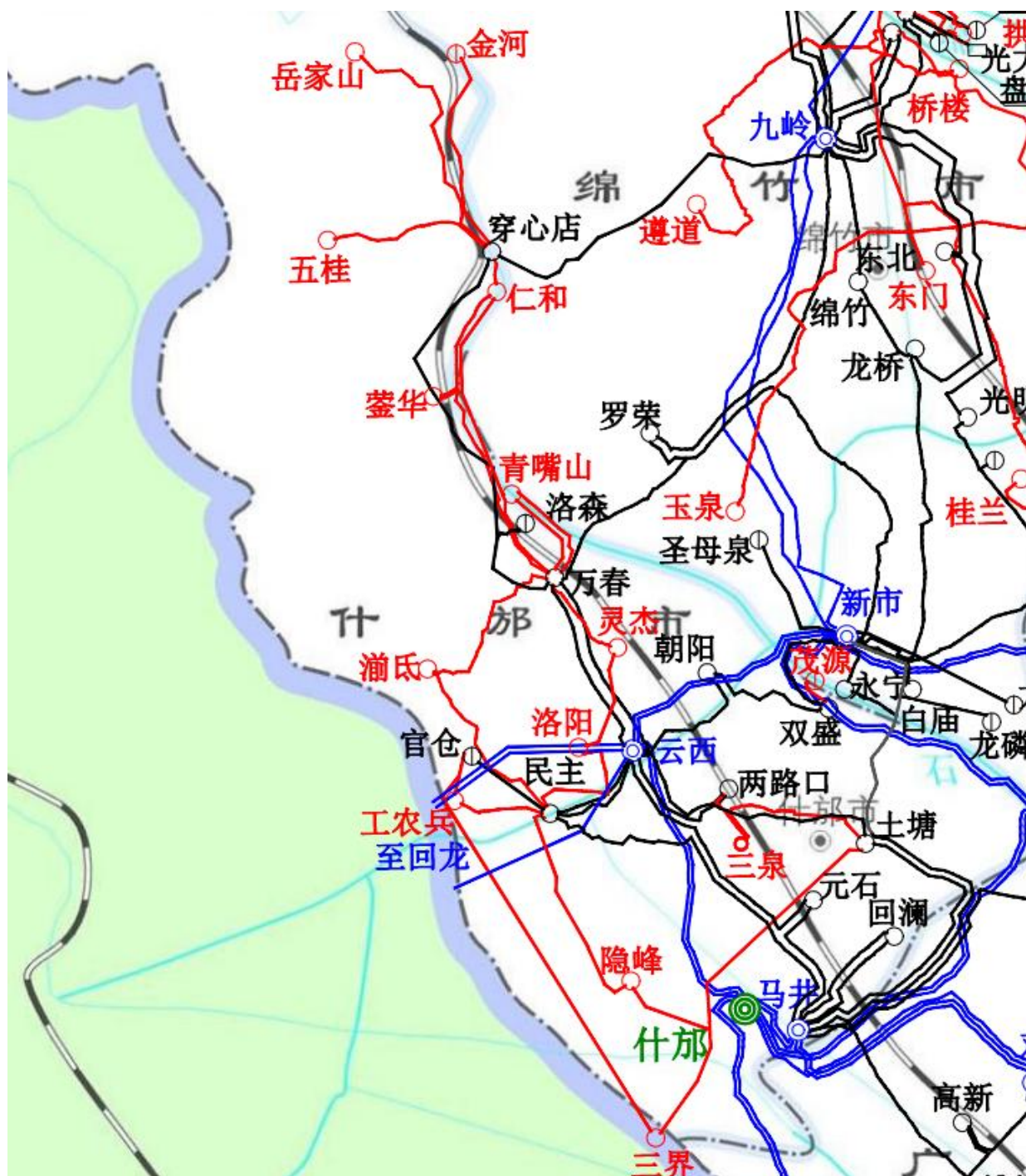
源优势互补与配套协作；坚持以点带面、全面辐射，实现全市区域工业经济同步发展。

在现有工业产业基础上，突出烟草食品产业发展优势，创造性培育通航产业和轨道交通产业，升级改造绿色建材和精细化工产业，努力构建新时期全市工业产业的战略新框架。主导产业，是本市工业发展新时期经济发展的重要支柱。烟草产业、食品饮料和高端装备制造业在本市未来的工业发展中占有不可替代的重要地位。培育产业，是本市未来新时期中需要加快培育和发展的重点产业，主要包括节能环保、新能源、新材料、信息技术等战略性新兴产业。工业信息化和服务产业是改善工业产业发展环境、深入推进两化融合建设的重要保障。新时期，大力发展和培育服务大工业诸如运输、生活、维修、物流等类型的工业服务业，既是工业快速发展的需要，也是为工业发展培育新的经济增长点。

### **3 电力系统一次**

#### **3.1 什邡电网电力系统概况**

什邡市境内电网拥有 500 千伏公用变电站 1 座；有 220 千伏公用变电站 2 座；有 110kV 公用变电站 8 座，共有 35 千伏公用变电站 13 座。



### 3.2 宏达片区电力系统概述

#### 3.2.1 宏达片区供电现状及负荷现状

根据规划，拟建宏达 110kV 变电站供电片区主要包括宏达股份有色分公司厂区，目前该片区由什邡葑华供电有限公司 110kV 民主变电站 10kV 的 8 个回路及 35kV 工农兵变电站供电，电压等级低，有 9 条 10kV 线路支撑约 40000kW 负荷运行。



### 3.3.2 周边电网概况

宏达股份有限公司有色分公司片区位于什邡市西北部，周边 110kV 及以上变电站主要有民主 110kV 变电站、云西 220kV 变电站、马井 220kV 变电站。

民主 110kV 变电站，位于师古镇师古小学附近，目前 110kV 已出线四回，变电站内无预留 110kV 出线间隔位置，需站外征地扩建间隔，但是站外均为基本农田，因此此方案无法实施，不具备接入条件。

云西 220kV 变电站，位于师古镇红豆村，目前 110kV 已出线 8 回，站内已无多余间隔，通过与电力公司沟通了解云民二线将改接入新建洛水 220 站，现有的云民二线间隔将空出来，因此具备接入条件。

马井 220kV 变电站，位于马井镇，目前 110kV 已出线 8 回，具备接入条件。

从宏达片区所处的地理位置，周边可以接入的 110kV 电压等级以上的变电站有云西站和马井站。

### 3.3.3 本期接入系统方案

根据宏达站的地理位置、周边电网现状和接入点可实施性，本次工程提出 2 个接入系统方案：

方案一：宏达 110kV 变电站通过单回接入云西 220kV 变电站新建 110kV 线路约 6.45 公里，导线选用 JL/G1A-240。



方案二：宏达 110kV 变电站通过单回接入马井 220kV 变电站新建 110kV 线路约 16 公里，导线选用 JL/G1A-240。



### 接入方案对比表

| 方案项目       | 方案一   | 方案二   | 比较结果                  |
|------------|---|---|-----------------------|
| 供电能力及供电可靠性 | 通过单回 110kV 线路接入云西 220kV 变电站可有效提高宏达有色分公司的供电能力和供电可靠性。   | 通过单回 110kV 线路接入马井 220kV 变电站可有效提高宏达有色分公司的供电能力和供电可靠性。   | 均能有效提高宏达有色分公司供电能力和可靠性 |
| 实施可行性      | 云西站为 220kV 变电站，已出 8 回 110kV 出线，现有云民二线间隔将改接入新建洛水 220kV 变电站，云民二线间隔将空余出来，满足接入条件  | 马井站为 220kV 变电站，已出 8 回 110kV 出线，需扩建 1 个间隔接入  | 方案一优                  |
| 线路通道       | 从云西 220kV 变电站出线后向西南走线，经麻柳坪后高跨川西旅游环线至红豆村十一组后，向西南转弯至黄家碾，在师古村三组集中居民点西侧下穿 110kV 云民二线（本次线路升高），继续向西南走线至师古村六组集中居民点，在福寿桥西侧、人民渠北侧电缆终端下线，电缆下穿 110kV 云民二线（混凝土杆架设），绕开厂区后平行人民渠北侧走线，跨洛小路共和段后下穿马民线继续向西走线，在清泉村二十二组居民点东侧、人民渠北侧跨人民渠至人民渠南侧，向西转弯至雨林森建材公司后向西南转弯，与 10kV 马宏线平行进本期拟建宏达 110kV 变电站。线路路径长约 5.9km，曲折系数：1.2。 | 从马井 220kV 变电站出线后向西北走线，经兰家院子、李家院子后到达黄田坝向西转弯，然后经罗家院子到达邓家院子后继续向西北走线，跨越旌彭路后向西转弯，跨张家大桥后向北转弯至张家巷，跨成绵复线后到达乌木泉，向西转弯至洪家巷后向北转弯，跨越通南中心西街后到达周家院子，跨河后向西转弯后到达潘家巷，向西南转弯后到达宏达 110kV 变电站。线路路径长约 16km，曲折系数：1.2。 | 均有通道，方案一线路最短，实施难度更小   |
| 工程造价       | 1832 万元   | 3982 万元   | 方案一造价 < 方案二           |

通过两个方案的技术经济比较：拟建站距云西站约为 6.5 公里，距马井站约 16 公里，在经济性上接入云西站优于接入马井站。故本次推荐供电能力

及供电可靠性更高、投资较省的方案一作为拟建 110kV 变电站接入系统方案，即：拟建 110kV 变电站通过 1 回 110 千伏线路接入云西 220kV 变电站接入系统。

同时根据国网四川省电力公司德阳市菱华供电分公司高压供电方案答复单：新建宏达 110kV 变电站通过单回接入云西 220kV 变电站云民二线 186#间隔。

### 3.4 出线规模

#### (1) 110kV 出线规模

宏达 110kV 变电站属终端站，110kV 出线本期 1 回，终期 1 回。

#### (2) 35kV 出线规模

宏达站 35kV 主要为宏达有色分公司厂区供电，本期及终期均为 6 回。

#### (3) 10kV 出线规模

宏达站 10kV 主要为宏达有色分公司厂区供电，本期 10kV 出线 10 回，终期 12 回。

#### (4) 结论

变电站采用 110/35/10kV 三级电压。

110kV 终期出线 1 回，本期 1 回。

35kV 终期出线 6 回，本期 6 回。

10kV 终期出线 12 回，本期 10 回。

### 3.5 工程建设必要性

#### (1) 满足宏达有色分公司电力负荷发展需求

现有有色分公司供配电设施普遍建于 20 年前，电压等级低、设备老旧、损耗大，电缆全部在地下用电缆沟敷设，年久失修，存在雨水泄漏风险，急需升级改造。根据四川宏达股份有色分公司产线升级发展规划，升级改造后，将形成年产电解锌 10 万吨/年、锌合金 10 万吨/年、氧化锌和脱氟氯化锌

4 万吨/年、硫酸 20 万吨/年的生产能力，按以上产能测算，用电有功负荷将达 56000kW，装机容量 80000kVA，每年用电量约 4.2 亿千瓦时。不能满足产能升级后的供电需要。急需在区域内新增变电容量，满足宏达有色分公司电力负荷发展需求。

### (2) 提高宏达有色分公司的供电可靠性，提升供电质量

有色分公司目前供电由什邡莹华供电有限公司 110kV 民主变电站 10kV 的 8 个回路及 35kV 工农兵变电站 10kV 工疏路供给。宏达 110kV 变电站建成后不仅能满足负荷增长的需求，还可以消除电网安全隐患，提高片区供电可靠性和供电质量。

### (3) 降低电费支出

目前有色分公司供电电压等级为 10kV，根据最新的四川电网输配电价表，10kV 电压等级两部制输配电价为 0.139 元/千瓦时，110kV 电压等级两部制输配电价为 0.0669 元/千瓦时，两者价差达 0.0721 元/千瓦时。按年产 6 万吨锌锭，最大年用电量 2.52 亿千瓦时计算（电压等级升级到 110kV），则每年减少电费支出 1,816.92 万元/年；同时现 10kV 是按容量电价为 22 元/千伏安·月，升级为 110kV 供电后则按需量电价 27 元/千瓦·月，经计算产量 6 万吨锌锭时，一年将节约电费支出 315.49 万元（18.1.2.2 节计算过程）。减少线损约 1.5%（根据电力公司线损费较低值），年减少线损电费约 226.800 万元/年。三项合计减少电费支出 2359.21 万元。

综上所述，新建什邡市宏达 110 千伏输变电工程不仅满足宏达有色分公司电力负荷发展需求，还能提高有色分公司供电可靠性，提升供电质量，同时节约生产成本，因此本期工程建设十分必要。

## 3.6 工程建设可行性

(1) 本输变电工程已纳入宏达股份公司计划。

(2) 变电站站址靠近负荷中心，进、出线方便，交通运输方便，利于施

工，满足主变等大件运输的要求，站址位置符合什邡市政府规划。

(3) 变电站站址不属于基本农田，满足建站要求,属于政府规划范围。

(4) 输电线路已避让生态红线，路径走向安全可靠，经济合理，线路路径不影响政府规划。

### 3.7 电气计算

#### 3.7.1 短路电流计算

根据规划资料，2025 年系统归算至宏达 110kV 变电站 110kV 母线三相短路阻抗标么值为 0.0695，按终期 2 台主变计算宏达变电站短路电流。短路电流计算结果如下表：

| 短路计算点              | 电压    | 三相短路等值电抗 | 三相短路容量  | 三相短路电流有效值 | 三相短路电流冲击值 |
|--------------------|-------|----------|---------|-----------|-----------|
| 名称                 | kV    | 标么值      | MVA     | kA        | kA        |
| 宏达 110kV 母线        | 115.5 | 0.0695   | 1439.33 | 7.195     | 18.347    |
| 宏达 35kV 母线<br>(分列) | 36.75 | 0.3323   | 300.94  | 4.728     | 12.056    |
| 宏达 10kV 母线<br>(分列) | 10.5  | 0.6760   | 147.94  | 8.134     | 20.742    |

通过短路电流计算结果可以看出，宏达站各侧母线的短路电流均不大。为了给设备的选择留有一定的裕度，变电站 110kV 电压的交流设备的短路水平按 40kA, 35kV 电压的交流设备的短路水平按 31.5kA, 10kV 电压的交流设备的短路水平按 31.5kA 考虑。

#### 3.7.2 单相接地电容电流的计算

##### 3.7.2.1 35kV 侧单相接地电容电流的计算

变电站 35 千伏终期出线 6 回，均为电缆出线。根据统计，按每回 0.6km 计算，35 千伏电缆线路总长度共计 3.6km。

根据经验公式，计算电缆线路电容电流：

$$I_c = 0.1 \times U_P \times L \approx 0.1 \times 35 \times 3.6 = 12.6A。$$

考虑变电所增加电容电流为 13%，故  $I=1.13 \times 12.6 \approx 14.24\text{A}$

根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》规定，3—66 千伏系统的单相接地故障电容电流超过 10A 时，应采用消弧线圈接地方式，因此本期工程需在主变 35 千伏侧中性点加装消弧线圈。

根据经验公式，计算 35 千伏消弧线圈容量为： $Q=K \times I_c \times U_P=1.35 \times 14.24 \times 35 / \sqrt{3}=388.48\text{kVA}$ 。

根据计算结果，结合通用设备目录，变电站设置 35kV 消弧线圈容量选择为 1100kVA。

### 3.7.2.2 10kV 侧单相接地电容电流的计算

变电站终期 10kV 出线 12 回，均为电缆出线，平均分配在两段母线上，每段母线 6 回，线路中电缆按每回 0.7km 考虑。

根据经验公式，计算单段母线 10kV 出线电缆线路电容电流：

$$I_{c1}=I_{c2}=0.1 \times U_P \times L \approx 0.1 \times 10 \times (6 \times 0.7) = 4.2\text{A}。$$

考虑变电所增加电容电流为 16%，故  $I=1.16 \times (4.2)=4.872\text{A}$

根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》规定，3—66kV 系统的单相接地故障电容电流超过 10A 时，应采取补偿电容电流的措施。

由于 10kV I 段母线和 II 段母线电容电流均小于 10A，因此本期工程 10kV 侧无需配置消弧线圈。

## 3.8 输电线路导线截面的选择

我国目前 110kV 输电网络线路导线截面主要有 JL/G1A-185、JL/G1A-240 和 JL/G1A-300 型，各导线参数如下：

1) JL/G1A-185 钢芯铝绞线，其载流量为 510A，在功率因数取 0.95 的情况下，其输送容量为：

$$P = \sqrt{3} U I \cos \Phi = \sqrt{3} \times 110 \times 510 \times 0.95 / 1000 = 92.3\text{MVA}$$

环境温度为 40℃ 时，导线最高温度 80℃ 时，修正系数 0.81，则极限输

送容量为  $92.3 \times 0.81 = 74.77\text{MVA}$ 。

2) JL/G1A-240 钢芯铝绞线，其载流量为 610A，在功率因数取 0.95 的情况下，其输送容量为：

$$P = \sqrt{3}UI\cos\Phi = \sqrt{3} \times 110 \times 610 \times 0.95 / 1000 = 110.4\text{MVA}$$

环境温度为 40℃ 时，导线最高温度 80℃ 时，修正系数 0.81，则极限输送容量为  $110.4 \times 0.81 = 89.42\text{MVA}$ 。

3) JL/G1A-300 钢芯铝绞线，其载流量为 700A，在功率因数取 0.95 的情况下，其输送容量为：

$$P = \sqrt{3}UI\cos\Phi = \sqrt{3} \times 110 \times 700 \times 0.95 / 1000 = 126.6958\text{MVA}$$

环境温度为 40℃ 时，导线最高温度 80℃ 时，修正系数 0.81，则极限输送容量为  $126.6958 \times 0.81 = 102.62\text{MVA}$ 。

根据网架结构分析，近期宏达接入系统后，为满足远期适应性，本期工程线路选用  $240\text{mm}^2$  截面导线。

### 3.9 主变压器容量的选择

主变容量的合理选择是电网安全、可靠、经济运行的重要环节之一。合理选择主变的容量和台数，可在满足负荷发展的同时，减少投资、无功损耗和电网损耗。

根据四川宏达股份有色分公司产线升级发展规划，升级改造后用电有功负荷将达 56000kW。因此，根据我国变压器生产序列，建议单台主变按 40MVA 考虑，本期工程建设 2 台 40MVA 主变压器。

本次主变参数选择为  $110 \pm 8 \times 1.25\% / 38.5 \pm 2 \times 2.5\% / 10.5$ 。

### 3.10 系统对有关电气参数的要求

#### 3.10.1 主变参数

主变容量：本期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ ，远期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ 。

主变型式：三相三绕组有载调压变压器。

主变型号：SSZ20-40000/110

接线组别：YN, yn0, d11

主变抽头：110±8×1.25%/38.5±2×2.5%/10.5kV

阻抗电压：Ud1-2%=10.5；Ud1-3%=17.5；Ud2-3%=6.5

接地方式：110kV 中性点采用直接接地（经主变中性点成套装置接地）方式。

### 3.10.2 短路水平

根据短路电流计算结果推荐宏达 110kV 变电站 110kV 母线短路电流水平取 40kA。35kV、10kV 母线短路水平取 31.5kA。

### 3.11 无功补偿及调相调压计算

#### 3.11.1 无功补偿

根据《电力系统电压和无功电力技术导则》等相关规定及标准，变电站无功补偿设备配置的基本原则是：小负荷时平衡 110kV 系统提供的充电功率、大负荷时平衡主变损耗，并向 35kV 系统提供适量无功功率。

同时根据宏达有色分公司提供的资料，主要负荷为 4 台 35kV 整流变，单台最大负荷为 9MW，另外厂区其余最大负荷为 9MW，则最大负荷为 45MW；35kV 整流变补偿前功率因数按 0.92 考虑。

依据 Q/GDW 10212-2019《电力系统无功补偿技术导则》，变电站容性无功补偿容量应按照主变压器实际参数，结合线路和负荷侧预测无功缺额计算确定，因此根据公式： $Q = ((I_o\% + U_d\% \times r^2) / 100) \times S_N + d$

其中  $r$  - 变压器运行最大电流与变压器额定电流之比。

$$r = (45000 \div 1.732 \div 110) \div (80000 \div 1.732 \div 110)$$

$$r = 236.196 \div 419.903$$

$$r \approx 0.56$$

$d$  – 对于 35kV ~ 110kV 电压等级变电站， $d$  为适当兼顾的负荷侧无功补偿预测，M var。

$$d = r \times S_N \times \cos \varphi_1 \times |tg(\arccos(\cos \varphi_1)) - tg(\arccos(\cos \varphi_2))|$$

$$d = 0.56 \times 80 \times 0.92 \times |tg(\arccos(0.92)) - tg(\arccos(0.95))|$$

$$d = 41.216 \times |tg(0.4027) - tg(0.3176)|$$

$$d = 41.216 \times |0.426 - 0.329|$$

$$d = 41.216 \times 0.097$$

$$d \approx 3.998$$

根据 GB/T 6451-2015 《油浸式电力变压器技术参数和要求》查得 110kV 40000kVA 三相三绕组有载调压电力变压器空载电流为 0.58。而  $U_d\%$  对于三绕组变压器取短路电压百分值的最大者。则

$$Q = ((0.58 + 17.5 \times 0.56^2) / 100) \times 80 + 3.998$$

$$Q = ((6.068) / 100) \times 80 + 3.998$$

$$Q = (0.06068) \times 80 + 3.998$$

$$Q = 4.8544 + 3.998$$

$$Q = 8.85 \text{Mvar}$$

根据以上计算，本期无功补偿容量为 8.85Mvar，结合电力系统无功导则 35~110kV 变电站容性无功容量按 15%~30% 配置，考虑到动态无功补偿装置的运行灵活性、维护便利性及设备互换性要求和整流装置谐波的滤波容量冗余，确定本期 35kV 动态无功补偿容量为  $2 \times \pm 8 \text{Mvar}$ （带滤波功能），即：  
35kV 动态无功补偿容量：本期为  $2 \times \pm 8 \text{Mvar}$ （带滤波功能），远期为  $2 \times \pm 8 \text{Mvar}$ （带滤波功能）。

### 3.11.2 调相调压及抽头选择

由调相调压计算结果可知，在各种典型运行方式下，110kV 母线额定电压为 110kV 时，调节主变抽头至 13 档，高负荷下宏达变电压可补偿至 116.21kV，低负荷下不补偿，宏达变电压为 115.1kV，均在规程规定范围内。因此建议主变高压侧额定电压选为 110kV。

35kV 母线电压变动范围当主变中压侧抽头额定电压为 38.5kV 时，调节中压侧抽头至-1 档，中压侧电压波动范围为 36.9~37.1kV，电压合格，故建议主变中压侧抽头额定电压选 38.5kV。

10kV 母线电压变动范围当主变低压侧抽头额定电压为 10.5kV 时为 10.34~10.53kV，电压合格，故建议主变低压侧抽头额定电压选 10.5kV。因此，建议主变抽头额定电压选为 110kV、38.5kV、10.5kV。

### 3.12 电气主接线

根据《35~110kV 变电所设计规范》，110kV 出线回路在 3~4 回时，宜采用单母线分段接线。宏达 110kV 变电站 110kV 出线远期 1 回，结合业主需求推荐该站 110kV 主接线本期和远期均采用单母线分段接线。

宏达 110kV 变电站远期 35kV 出线 6 回，本期出线 6 回，变电站本期和终期为 2 台主变压器，中压侧应分列运行，故推荐远期采用单母线分段接线，本期建成单母线分段接线。

宏达 110kV 变电站远期 10kV 出线 12 回，本期出线 10 回，变电站本期和终期均为 2 台主变压器，低压侧应分列运行，故推荐本期和远期均采用单母线分段接线。

### 3.13 电力系统一次部分结论及建议

什邡市宏达 110 千伏输变电新建工程的建设对宏达有色分公司优化供电网网架结构，提高供电质量，满足负荷发展需要是十分必要的，也是可行的。

建议尽快建成投运什邡市宏达 110 千伏输变电新建工程，建设规模如下：

### 3.13.1 变电工程

新建宏达 110kV 变电站 1 座，本期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ ，远期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ 。110kV 出线：远期 1 回，单母线分段接线，本期 1 回，单母线分段接线；35kV 出线：远期 6 回，单母线分段接线，本期 6 回，单母线分段接线；10kV 出线：远期 12 回，单母线分段接线，本期 10 回，单母线分段接线；动态电容无功补偿；远期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$ （带滤波功能），本期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$ （带滤波功能）。

### 3.13.2 线路工程

从云西 220kV 变电站 110kV 进出线构架起，至拟建宏达 110kV 变电站 110kV 进出线构架（1Y 间隔）止。架空线路长 5.9km，电缆路径长 0.55km，路径曲折系数 1.2。

导线采用 JL/G1A-240/30 型钢芯铝绞线；全线架设双地线，采用 OPGW-48B1-90 型光纤复合架空地线。

## 3.14 电缆选择

### 3.14.1 运行环境

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| 海拔高度        | <1000m                             |
| 最大风速        | 25m/s                              |
| 平均相对湿度（25℃） | 日相对湿度平均值不大于 72%<br>月相对湿度平均值不大于 63% |
| 环境温度        | -10℃~+40℃                          |
| 最大日温差       | 15℃                                |
| 覆冰厚度        | 5mm                                |
| 污秽等级        | d 级                                |
| 地下水位        | 不考虑                                |

冻结深度

0 m

### 3.14.2 电缆运行条件

|             |          |
|-------------|----------|
| 系统额定电压      | 110kV    |
| 系统最高线电压     | 126kV    |
| 最高相电压       | 64kV     |
| 系统电网频率      | 50HZ     |
| 系统中性点直接接地方式 | 不接地      |
| 金属护套短路电流    | 48.9kA   |
| 最大短路电流持续时间  | 3 S      |
| 最高气温        | 40℃      |
| 土壤最热月平均温度   | 30℃      |
| 土壤热阻系数      | 1.6℃·m/W |
| 设计寿命        | 30 年     |

按照 GB 50217-2018《电力工程电缆设计标准》，电缆在隧道、电缆沟、排管中敷设，计算电缆持续载流量时按最热月的日最高气温平均值取值；直埋敷设时按埋深处的最热月平均地温取值。

什邡市地区电缆沟敷设最热月的日最高气温平均值为 30℃，直埋敷设按地下 0.8m 处最热月平均地温为 26℃。

电缆在环境温度下载流量的校正系数 K 可按下式计算：

$$K = \sqrt{\frac{\theta_m - \theta_2}{\theta_m - \theta_1}}$$

式中： $\theta_m$ ——电缆导体最高工作温度（℃）；

$\theta_1$ ——对应于额定载流量的基准环境温度（℃）；

$\theta_2$ ——实际环境温度（℃）。

### 3.14.3 电缆选型及基本结构

#### 3.14.3.1 电缆额定电压、雷电冲击耐受电压水平

1、系统中性点非直接接地；

- 2、额定电压 $U_0/U$ : 64/110kV;
- 3、最高运行电压  $U_m$ : 126kV;
- 4、雷电冲击耐受电压  $U_{p1}$ : 500kV。

### 3.14.3.2 电缆导体材质

按照设计规范要求及本地区 110 千伏电缆设计及运行经验，本工程电缆均采用铜芯导体，采用圆形紧压结构。

### 3.14.3.3 电缆芯数

本工程电缆采用单芯铜芯交联聚乙烯绝缘皱纹铝护套聚乙烯外护套纵向阻水电力电缆，其结构示意图如下：

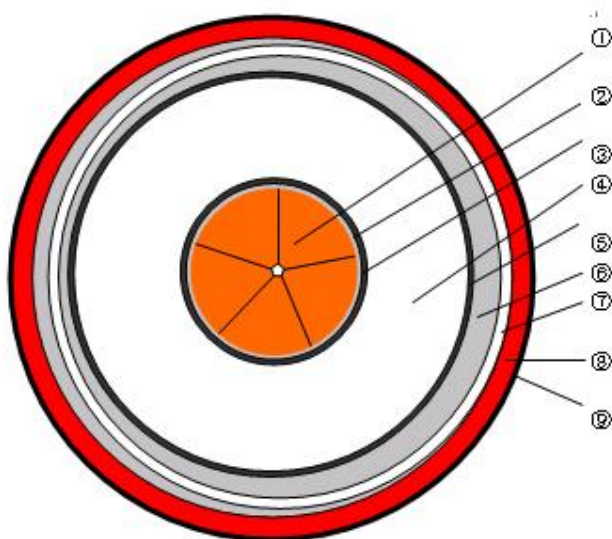


表 4-1 YJLW03 1×400mm<sup>2</sup>

64/110kV 结构参数表

| 序号     | 电缆结构   | mm   |
|--------|--------|------|
| 1      | 导体直径   | 20.6 |
| 2      | 内屏蔽层厚度 | 1.2  |
| 3      | 绝缘厚度   | 18.5 |
| 4      | 外屏蔽层厚度 | 1.0  |
| 5      | 阻水层厚度  | 2.0  |
| 6      | 铝护套厚度  | 2.0  |
| 7      | 外护套厚度  | 4.0  |
| 电缆近似外径 |        | 90.5 |

### 3.14.3.4 电缆外护套

电缆外护层材料主要有聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）两种。PVC 外护层的主要优点是其在燃烧时分解的氯有助于阻燃，较适合于明敷于隧道中；PE 外护层的电气性能、防水性能均优于 PVC，但不具阻燃性能，适合于直埋或穿管敷设，故建议选用聚乙烯（PE）外护套。

电缆外护套表面应有均匀牢固的导电层（如石墨或半导体）做外电极，供外护套耐压试验用。因涂覆的石墨层容易脱落，设计建议导电层制作采用与外护套同时挤出的方式，以彻底解决外电极脱落问题，给施工、运行带来方便。

### 3.14.3.4 电缆截面选择原则

1、导体最高允许温度按下表选择。

| 绝缘类型  | 最高允许温度（℃） |      |
|-------|-----------|------|
|       | 持续工作      | 短路暂态 |
| 交联聚乙烯 | 90        | 250  |

2、电缆导体最小截面的选择，应同时满足规划载流量和通过系统最大短路电流时热稳定的要求。

3、连接回路在最大工作电流作用下的电压降，不得超过该回路允许值。

4、电缆导体截面的选择应结合敷设环境来考虑，110 千伏常用电缆可根据制造厂提供的载流量，结合考虑不同环境温度、不同管材热阻系数、不同土壤热阻系数及多根电缆并行敷设时等各种载流量校正系数来综合计算。

5、多根电缆并联时，各电缆宜等长，并采用相同材质、相同截面的导体。

6、考虑远期负荷的增长；

### 3.14.3.5 电缆截面及型号选择

1、缆芯材质及允许载流量

电缆导体有铜和铝两种，为降低线路电阻损耗，一般均选用铜做电缆导

体，本工程电缆选用铜导体，其性能应符合 GB 3953-2009《电工圆铜线》的规定。

参照有关电缆生产厂家的资料，下表列出 110 千伏线路常用截面铜芯交联聚乙烯绝缘皱纹铝包聚氯乙烯护套电力电缆在各种敷设方式下的允许持续载流量。

| 项目型号               |    | YJLW03<br>110/1X300 | YJLW03<br>110/1X400 | YJLW03<br>110/1X500 |
|--------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|
| 导体直径 (mm)          |    | 20.5                | 23.5                | 26.5                |
| 电缆外径 (mm)          |    | 83.2                | 84.2                | 86.7                |
| 电缆重量               | Cu | 8835                | 9643.9              | 10841.7             |
|                    | Al | 8320.7              | 9123.1              | 10306.8             |
| 20℃ 直流 导体电阻 (Ω/km) |    | 0.1                 | 0.0788              | 0.0605              |
| 载流量 (A)            |    | 529                 | 618                 | 747                 |
| 电容 (μ.F/km)        |    | 0.130               | 0.147               | 0.160               |
| 短路电流 (kA/s)        |    | 42.9                | 57.2                | 71.5                |

1) 土壤阻流系数  $1.0^{\circ} C \cdot m/v$ ；土壤温度  $25^{\circ} C$ 。

2) 空气中环境温度  $40^{\circ} C$ 。

## 2、载流量校正

宏达主变容量近期为  $2 \times 40MVA$ ，终期容量为  $2 \times 40MVA$ ，功率因数按照 0.9 考虑，线路的额定电流计算公式如下：

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_e \cos\Phi}$$

其中：P——送电容量 (kW)；

$U_e$ ——线路额定电压 (kV)

经计算得线路额定电流为  $I=467A$ 。

根据热稳定型校验，土壤温度为  $15^{\circ}C$  时，载流量修正系数为 1.07，计算电流为 500A；空气温度为  $15^{\circ}C$  时，载流量修正系数为 1.22，计算电流为 570A。

选用 YJLW03-110/1 $\times$ 400mm<sup>2</sup> 型电缆就能满足供电需求。

YJLW03-110/1×400mm<sup>2</sup> 耐短路能力为：57.2kA、1s，短路热容量为 3.27×10<sup>9</sup>A<sup>2</sup>s。云西 220kV 变电站 110kV 侧三相最大短路电流根据收资极大方式下为 10.385kA，最大持续时间 2S。短路热容量（ $I^2T$ ）为 0.217×10<sup>9</sup>A<sup>2</sup>s，选用 YJLW03-110/1×400mm<sup>2</sup> 型电缆就能满足供电需求。

由上述知：电缆截面 400mm<sup>2</sup> 的持续载流量满足要求。

## 4 电力系统二次

### 4.1 系统继电保护及安全自动装置

#### 4.1.1 现状和存在问题

##### （1）云西 220kV 变电站

云西站是四川省国家电网公司变电站，变电站采用微机保护，设综合自动化系统，采用南瑞继保公司设备。本期相关 110kV 出线采用光纤差动保护装置。

##### （2）宏达 110kV 变电站

宏达变电站为本期新建变电站。

#### 4.1.2 系统继电保护配置方案

##### 1) 110kV 线路保护

宏达 110kV 变电站通过云西 220 千伏变电站 110kV 出线间隔接入系统。

##### （1）宏达～云西单回 110kV 线路。

本期 110kV 线路采用一套光纤电流差动保护装置，以电流差动和零序电流差动作为主保护，以三段相间距离保护、接地距离保护、四段零序方向电流保护等作为后备保护，配置三相一次重合闸（重合闸可实现三重、禁止和停用方式）、三相操作箱等二次装置，并且配置同期功能。

新上 1 套 110kV 线路保护装置、1 套线路测控装置，置于宏达 110kV 变

电站二次设备室，新上光差保护装置应与云西站光差保护装置兼容。

#### 2) 母线保护及断路器失灵

宏达 110kV 变电站：本期 110kV 主接线为单母线分段接线，1 回出线、2 台主变，需配置母线差动保护。

#### 3) 故障录波

宏达 110kV 变电站配置 1 套故障录波装置，支持 DL/T 860 标准，点对点录入 110kV 线路、主变压器高中低压侧的电流、电压及重要开关量信息，至少可录入 6 路直流电流、4 路直流、交流电压 36 路，64 路电流量，128 路开关量。

故障录波装置组 1 面屏，置于宏达 110kV 变电站二次设备室。

故障录波屏录波数据上传至综合自动化系统及调度系统。

### 4.1.3 保护及故障信息管理系统子站

本工程设独立的保护及故障信息管理系统子站 1 套。

### 4.1.4 对通信通道的技术要求

110kV 线路采用光纤电流差动保护，线路保护通道使用直接光纤芯方式（每套线路保护主用 2 芯、备用 2 芯）。

保护通道单向传输时延要求小于 12ms，通道带宽不小于 2048kbit/s。

### 4.1.5 对相关专业的技术要求

#### (1) 110kV 电流互感器配置要求

110kV 线路 CT 应至少配置 5 组，用于计量、测量、线路保护、母差保护、故障录波，精度为 0.2S/0.5/5P/5P/5P。

主变 110kV 侧 CT 应至少配置 4 组，用于计量、测量、差动保护、后备保护（故障录波），精度为 0.2S/0.5/5P/5P。

#### (2) 35kV 电流互感器配置要求

35kV 线路 CT 应至少配置 3 组，用于计量、测量、过流保护、精度为 0.2S/0.5/10P。

主变 35kV 侧 CT 应至少配置 4 组，用于计量、测量、后备保护、差动保护，精度为 0.2S/0.5/5P/5P。

### (3) 110kV/35kV 母线电压互感器配置要求

110kV/35kV/10kV 母线 PT 应至少配置 3 组（带剩余绕组），其中二组采用星形接法，用于计量和测量（保护），一组采用开口三角接法，用于保护，精度为 0.2/0.5/3P。

## 4.2 系统调度自动化

电网调度自动化是按调度管理范围，收集运行工况和信息、运行安全监视控制变电站功率。调度自动化由信息收集、信息传输、信息管理、显示打印、自动控制各个环节联合组成。

本次工程自动化信息内容按照《DL/T5003 电力系统调度自动化设计技术规程》和《DL/T5002 地区电网调度自动化设计技术规程》的要求确定。

### 4.2.1 调度组织关系

新建宏达 110kV 变电站，接受德阳地调及地调备调调度。

### 4.2.2 站内远动组织

#### (1) 远动化范围

本期新建一次系统的相关二次信息应将远动信息向德阳地调及备调调度自动化主站系统组织。至德阳地调及备调站端远动功能由 1 套调度数据网设备远传，远动信息内容根据现行部颁《电力系统调度自动化设计技术规程》、《地区电网调度自动化设计技术规程》以及国网电力公司调度的要求确定。

本期宏达变电站远动信息送往德阳地调及备调，需配置 2 套调度数据网络柜。

根据调度管理需要，宏达 110kV 变电站应向调度自动化主站系统组织的远动信息内容范围应包括如下：

1) 遥测：

- 主变压器有功功率、无功功率、有功电度、无功电度。
- 110kV 线路有功功率、无功功率、有功电度、无功电度。
- 35kV 线路有功功率、无功功率、有功电度、无功电度。
- 10kV 线路有功功率、无功功率、有功电度、无功电度。
- 10kV 电容器无功功率、无功电度。

2) 遥信：

- 变电站事故总信号。
- 全站所有断路器位置信号。
- 全站所有反映运行方式的隔离开关位置信号。
- 主变压器分接头位置信号。
- 保护动作信号。
- 重合闸动作信号

3) 遥控：

- 全站所有断路器。

4) 遥调：

主变压器分接头。

5) 遥视

- 整个变电站场地

(2) 远动实现方式

国家电网德阳地调设调度自动化系统主站，信息经宏达站调度数据网上传至德阳地调及备调。德阳地调设调度自动化系统主站，信息经本期配置的

两套调度数据网设备上传数据。

### (3) 信息传输网络

宏达变电站远动信息向德阳地调的传输主要采用电力调度数据网络方式，常规远动专用通道传输方式作为备用。

宏达变电站的信息共分为 2 区，每个区传输的内容如下：

a. 通过 I 区数据通信网关机传输的内容包括：

电网实时运行的量测值和状态信息；

保护动作及告警信息；

设备运行状态的告警信息；

调度操作控制命令；

保护定值单；

检修票；

操作票。

b. 通过 II 区数据通信网关机传输的内容包括：

告警简报、故障分析报告；

故障录波数据；

状态监测数据；

辅助应用数据；

模型和图形文件；

日志和历史记录：SOE 事件、故障分析报告、告警简报等历史记录和全站的操作记录。

继电保护信息传输的内容包括：保护启动、动作及告警信号；保护定值、定值区和装置参数；保护压板、软压板和控制字；装置自检和告警信息；录波文件列表和录波文件；保护故障报告（包括录波文件名称、访问路径、时

间信息、故障类型、故障线路、测距结果、故障前后的电流、电压最大值和最小值、开关变位等信息）、远方操作命令（包括定值修改、定值区切换、软压板投退、装置复归）。

I 区数据通信网关机的信息传输应遵循 DL/T634. 5104;

II 区数据通信网关机的信息传输遵循 DL/T634. 5104;

#### (4) 远动系统主要功能及技术要求

##### 1) 远动系统主要功能

为确保调度自动化系统的功能实现，宏达 110kV 变电站远动系统应具备如下功能：

- 具有数据采集、转换、处理和传输遥测量、遥信量的功能；
- 具有接收、返送校核和执行遥控命令的功能；
- 具有接收和执行遥调命令的功能；
- 具有遥测越限传送、遥信变位传送和全数据传输功能；
- 具有事件顺序记录功能；
- 具有 CRT 显示等人机接口功能；
- 具有故障自诊断、自恢复功能
- 具有常规远动规约通信处理功能；
- 具有计算机网络应用层协议通信处理功能；
- 具有通道监视和主备通道自动切换功能。

##### 2) 主要技术要求

- 系统年可用率：≥9999%
- 远动系统 MTBF：≥25000h
- 遥信正确率：≥99.99%
- 遥控正确率：100%

- ▶ 遥调正确率： $\geq 9999\%$
- ▶ 遥测传送时间： $\leq 4s$
- ▶ 遥信变化传送时间： $\leq 3s$
- ▶ 遥控命令传送时间： $\leq 4s$
- ▶ 遥调命令传送时间： $\leq 4s$
- ▶ 事件顺序记录分辨率： $\leq 2ms$
- ▶ A/D 转换误差： $\leq 0.2\%$
- ▶ 遥测精度：0.2 级
- ▶ 遥测综合误差： $\leq \pm 10\%$ （额定值）
- ▶ 越死区传送整定最小值： $\geq 0.25\%$ （额定值）

### 4.2.3 调度端接口

为宏达 110kV 变电站接入德阳地调及地调备调考虑一定的接口费用。

## 4.3 电能计量装置及电能量远方终端

### 4.3.1 现状及存在问题

#### （1）德阳地调现状

德阳地调现设电能量计量系统，需在变电站侧配置相应的电能量计量接口。

#### （2）宏达 110kV 变电站新增设备

宏达 110kV 变电站新增电能量采集装置一套，新上电量信息传送至综合自动化系统内，上传至省电力公司用电信息采集主站系统。

### 4.3.2 电能计量装置及电能量远方终端配置

本工程宏达 110kV 变电站设考核计量点及关口计量点。

110kV 线路设贸易结算关口计量点，设国产多功能电能表，三相四线，0.2S /1.0 级，双表配置，在云西站设置考核点，待云西站电流互感器改造

完成再将云西站侧设置为贸易结算关口计量点，本站设置为考核点。

主变高中低压侧为考核计量点，设国产多功能电能表，0.5S/2.0 级，其中主变高压侧三相四线制，主变中低压侧三相三线制。

35kV 线路、10kV 线路、站用变、35kV 动态无功补偿为考核计量点，各设国产多功能电能表，动态无功补偿为三相四线制，其余为三相三线制，均为 0.5S /2.0 级。

110kV 线路及主变高中低压侧为集中组屏安装，其余为分散安装。

站用变低压侧电能表选用有功 0.5s、无功 2.0，接线方式采用三相四线制，安装在交流屏上。

在宏达 110kV 变电站配置 1 套电能量采集装置，采集全站电量，信息接入四川省电力公司用电信息采集主站系统；装置由站内 UPS 提供装置电源。

本站电能量信息传输至什邡市调电量计费系统及德阳地调营销系统。电能采集装置同时支持网络传输方式和专线拨号方式。当采用专线/拨号方式来传输时，其应用层通信协议采用 DL/T719-2000(IEC60870-5-102)传送至电量计费系统。当采用电力调度数据网络传输电能量信息时，变电站的电能量数据接入该变电站的电力调度数据网络接入设备，就近接入电力调度数据网，以 DL/T719-2000(IEC60870-5-102)协议向电量计费系统传输电能量信息，电能量数据通道的传输于 2Mbps。

新上电能表均接入电能量采集装置。

| 变电站       | 110kV 出线<br>间隔 |   | 35kV 出线<br>间隔 |   | 10kV 出线<br>间隔 |    | 主变   |   | 无功补偿 |   | 站变   |   | 合计 |
|-----------|----------------|---|---------------|---|---------------|----|------|---|------|---|------|---|----|
|           | 0.2S           | 2 | 0.5S          | 6 | 0.5S          | 10 | 0.5S | 6 | 0.5S | 2 | 0.5S | 2 |    |
| 宏达变<br>电站 | 0.2S           | 2 | 0.5S          | 6 | 0.5S          | 10 | 0.5S | 6 | 0.5S | 2 | 0.5S | 2 | 28 |

#### 4.4 安全稳定控制装置

(1) 宏达站有载调压和无功投切由变电站自动化系统和调度/集控主站

系统共同实现集成应用，不设置独立的控制装置。

(2)宏达站配置专门的低频低压减载装置，为整个网络提供供电可靠性。

(3)本站小电流接地选线功能由脉冲选线装置实现，装置实时监测系统各段母线零序电压和各路出线零序电流。脉冲选线装置与低频低压减载装置组屏，当系统发生接地故障时，选出发生接地故障的线路并跳开断路器。

该装置至少可以接入两个电压等级，每个电压等级两段母线，至少有 24 个出线，至少有两个以太网口。

#### 4.5 数据通信网络接入设备

宏达站考虑接入国网德阳地调数据通信网。国网公司数据网建设包括调度数据网和综合数据网。

电力调度数据网络是电网调度生产专用网络，是为电力调度生产服务的重要基础网络之一，电力调度数据网络的建设应满足电力调度生产各种业务的需要。调度数据网是承载属于生产控制大区调度业务的专用网络。调度数据网在专用通道上使用独立的网络设备组网，在物理层面上实现与电力企业其它数据网及外部公共信息网的安全隔离。调度数据网划分为逻辑隔离的实时子网和非实时子网，分别连接控制区和非控制区。

国网公司调度数据网按分层设计，由核心层、骨干层和接入层构成，根据德阳地调调度数据网络的规划，宏达 110kV 变电站配置 2 套接入型调度数据网，含 2 台独立的路由接入设备，接入调度网节点，包括接入路由器 2 台、二层交换机 4 台、纵向加密认证装置 4 台、通信光纤及光纤附件等，安装在调度数据网络屏。

国网公司综合数据网主要承载数据业务、话音业务、视频及多媒体业务。110kV 变电站配置 1 套综合数据网，含 1 台独立的接入型路由接入设备，接入接入网节点，包括千兆三层路由器 1 台、三层交换机 1 台、通信光纤及光纤附件等，安装在综合数据网柜。

## 4.6 二次系统安全防护

按照《电力监控系统安全防护规定》(国家发展和改革委员会第 14 号令)要求,电力二次系统安全防护工作应当坚持安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证的原则,保障电力监控系统和电力调度数据网络的安全。

因此,本期工程应当在宏达变电站内设置经过国家指定部门检测认证的二次系统安全防护设备 2 套,含 4 台纵向加密认证装置及 2 台防火墙。以确保电力调度数据网的安全运行。

宏达变电站二次系统安全防护设备配置原则如下:

(1) I 区的计算机监控系统与 II 区的设备通过非网络方式的 485 串口进行单向通信,无需装设二次系统安全防护设备。

(2) I 区的计算机监控系统与 II 区的设备通过网络方式进行通信,需装设防火墙。

(3) I 区的远动信息通过调度数据网 I 区交换机接入路由器时,需要配置纵向加密认证装置。

(4) II 区的设备通过调度数据网 II 区交换机接入路由器时,需要配置纵向加密认证装置。

本站二次系统安防配置百兆纵向加密装置 4 台与调度数据网设备联合组柜,布置在二次设备室。

## 4.7 一次设备检测系统构成

在 110kV 变电站的二次系统设计中,一次设备监测系统作为保障电网安全稳定运行的重要部分,承担着实时评估一次设备健康状态、提前预警潜在故障风险的关键任务。以下将从系统构成的硬件与软件层面,以及系统所具备的核心功能方面展开论述。

### 一、一次设备监测系统构成

## （一）硬件构成

### 传感器层

#### 变压器监测传感器：

油色谱传感器：针对变压器油，通过气相色谱分析技术，能精准检测油中溶解气体的成分及含量。这些气体的变化可反映变压器内部是否存在过热、放电等故障隐患。

绕组温度传感器：通常采用光纤传感器或热电偶，直接安装在变压器绕组上，实时测量绕组温度。

局部放电传感器：可选用超高频传感器或超声传感器。

#### 断路器监测传感器

行程传感器：用于测量断路器触头的行程和速度。通过分析触头运动特性，可判断断路器分合闸是否正常。

分合闸线圈电流传感器：监测分合闸线圈在动作过程中的电流变化。

SF6 气体密度与微水含量传感器：对于采用 SF6 气体绝缘的断路器，这两种传感器至关重要。SF6 气体密度传感器监测气体密度，确保气体压力在正常范围内，维持良好的绝缘性能；微水含量传感器检测气体中的水分含量，水分超标会降低 SF6 气体的绝缘强度，增加设备故障风险。

#### GIS 设备监测传感器：

局部放电传感器：GIS 设备内部空间紧凑，一旦发生局部放电，可能迅速发展为严重故障。

SF6 气体泄漏传感器：GIS 设备全封闭运行，若发生 SF6 气体泄漏，不仅会影响设备绝缘性能，还可能对环境和人员安全造成危害。气体泄漏传感器通过检测周围环境中 SF6 气体浓度，及时发现泄漏点并发出报警信号。

### 采集装置层

数据采集单元(DAU):负责收集各类传感器传来的模拟信号或数字信号,并进行初步处理。智能终端可对数据进行打包、加密处理,提高数据传输的安全性和可靠性。

### 通信网络层

现场总线:在变电站内部,现场总线用于连接传感器、采集装置与监控主机。现场总线通信距离适中,布线相对简单,能满足变电站内设备间近距离通信需求。

## 4.8 电力系统二次结论与建议

本工程二次部分建成后,使该地区供电得到较为可靠的保证。

# 5 系统通信

## 5.1 通信现状及存在的问题

### 1、光缆现状

目前什邡市电力调度通信主要采用了以光纤通信为主,市话通信为辅的通信方式组织全县电力通信网络。

市内所有变电站的通信均需接入德阳地调,本期新建宏达 110kV 站需考虑接入德阳地调。

### 2、传输网设备情况

宏达站本期仅新增本站通信设备就能接入通信主干网。

## 5.2 调度关系

根据什邡市实际情况,宏达变电站由德阳地调进行调度。根据国家有关技术规程及相关规定,宏达变电站应组织到德阳地调的直通通道,其传输的主要信息有:

- 生产调度信息;
- 生产管理和生产经营信息;

- 调度自动化信息；
- 继电保护信息；
- 安全稳定控制系统信息；
- 图文信息（包括可视会议电话和工业电视）；
- 其它信息（如传真、通信系统监测等）。

### 5.3 通道要求

#### 1. 继电保护传输通道

本次110kV线路保护带光差功能，需把光纤接进宏达变电站。

#### 2. 调度及计量传输通道

至调度的调度电话及调度自动化信息传输通道提供至德阳地调调度自动化主用及备用通道各 1 个。

提供至德阳地调电能量计量计费通道各 1 个，采用音频和网络双方式。

### 5.4 光缆芯数

本期为云西～宏达接进宏达站，光纤通信通道使用如下：

| 项目 |       | 主通道  | 备用通道 | 备注 |
|----|-------|------|------|----|
| 通信 | 宏达～云西 | 2 芯  | 2 芯  |    |
|    | 继电保护  | 2 芯  | 2 芯  |    |
|    | 备用    | 40 芯 |      |    |
|    | 合计    | 48 芯 |      |    |

综上所述，本期采用 48 芯的光缆满足要求。

### 5.5 通道组织

本期宏达至德阳地调通道组织分别为：110kV 宏达站—220kV 云西站—德阳地调及地调备调。

本期宏达站经云西站将数据传输至德阳地调，电路传输容量采用 622Mbit / s，光设备采用 2.5Gbit / s 平台。

## 5.6 光纤通信

### 1. 光纤线路方案

沿云西 110kV 出线门杆附近接至宏达 110kV 变电站 110 千伏线路同步架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆长约 5.9km，宏达变电站进站光缆采用普通非金属光缆，长约 1km。

### 2. 站端设备配置

根据什邡市电网系统通信规划，在宏达 110kV 变电站配置 1 套 2.5G bit/s 平台的光设备，至德阳地调均采用该套设备。根据德阳电网系统通信建设规模，本工程设计宏达站采用 622Mbit/s (2.5G bit/s 平台) 的光通信系统，并配置 622Mbit/s 的光接口板。具体配置为：

#### 1) 宏达 110kV 变电站

本站配置 1 套 SDH 光端机 (2.5G bit/s 平台)，3 块 STM-4 型的双光口光接口板 (云西站 2 块，备用 1 块)，1 套 IAD 设备，1 套综合配线架 (ODF96/DDF50/VDF50)。

光设备组屏共计 1 面，综合配线组屏 1 面，通信传输设备、配线设备均安装在二次设备室内，设备安装、布线、维护管理等都比较方便、节省，并应考虑以后增加屏位数量的需要。还应配置空调设备，满足设备运行时对环境温度的要求。通信设备统一安装在二次设备室应做防静电处理，沿墙敷设环形地网，至少有两点与主接地网连通。二次设备室内金属门窗及所有金属器件均应接地。设备可采用综合接地，接地电阻小于  $1\Omega$ 。通信设备的防雷和过电压能力应满足《电力系统通信站防雷运行管理规程》的要求。

#### 2) 云西变电站

云西已配置 1 套 2.5G 平台的光设备，原光纤线路经光口板接入，本期新增 2 块 622Mbit/s 光接口板。

在地调对应宏达 110kV 变电站增加相应业务板件及软件修改，在通信完善

工程中已考虑足够的业务板件。

## 5.7 对外通信

本站新增市话及调度电话各1部，由业主或施工单位申请，施工时可作施工通信电话，运行后作为调度电话和行政电话互为备用。

## 5.8 通信电源

### 1) 宏达 110kV 变电站

本工程不考虑在宏达配置单独通信专用电源系统，配置 2 套一体化通信电源模块，已由一体化电源厂家配置。组成直流-48V 供电系统，为光纤通信设备提供不间断供电电源。通信电源的输入来自所用 380V/220V 两段母线，并能自动切换互为备用。

### 2) 地调

利用现有的通信电源。

## 5.9 光缆线路部分

### 5.9.1 设计依据

- (1) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）；
- (2) 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T620-1997
- (3) 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011；
- (4) 《电力系统同步数字系列(SDH)光缆通信工程设计技术规定》(DL/T 5404-2007)；
- (5) 《电力系统光纤通信运行管理规程》DL/T 547-2020。

### 5.9.2 线路路径概况

根据系统通信要求，本工程沿新建线路同步架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆，OPGW 光缆长度约 5.9 公里，非金属光缆长约 0.55km，变电站进站光缆采用普通非金属光缆，长约 0.2km。

### 5.9.3 光缆及良导体地线架设方案及选型

#### 5.9.3.1 光缆选型

ADSS 只能作为通信光纤用，一般架设在下导线下面，在选择杆塔时，为满足对地安全距离的要求，一般都需要增加杆塔的高度。由于其机械强度较小，大档距线路中不适宜使用。

OPGW 可以兼做通信光纤和避雷线用，一般架设在导线上，在选择杆塔时，不需要增加杆塔高度。由于其机械强度较大，大档距线路中可以使用。

本工程线路为 110kV 线路，根据规范规定并结合具体情况，设计推荐采用 OPGW 光纤复合架空地线兼具通信及防雷功能。

根据规范进行导地线配合计算，设计推荐采用 OPGW-48B1-90 型光纤复合架空地线。

#### 5.9.3.2 光缆架设方案

本次工程随新建线路同步架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆，OPGW 光缆长度约 5.9km，非金属光缆 0.55km，变电站进站光缆采用普通非金属光缆，长约 0.2km。

#### 5.9.3.3 光缆两端连接点情况

本工程光缆线路：

起于云西站 110kV 出线门杆附近接点，沿新建线路架设 OPGW 至宏达 110kV 变电站构架的接续盒，采用普通非金属阻燃光缆（GYFTZY 型）引下至宏达变电站站内通信设备配线架。

### 5.9.4 光缆线路气象条件

由于光缆线路随新建 110kV 线路架设，故光缆线路气象条件与线路气象条件相同。

光缆线路设计气象组合条件：

| 气象条件 | 气温(°C) | 风速(m/s) | 冰厚(mm) |
|------|--------|---------|--------|
| 最高气温 | 40     | 0       | 0      |

| 气象条件    | 气温(°C)     | 风速(m/s) | 冰厚(mm) |
|---------|------------|---------|--------|
| 最低气温    | -5         | 0       | 0      |
| 年平均气温   | 15         | 0       | 0      |
| 风速      | 10         | 25      | 0      |
| 设计覆冰    | -5         | 10      | 10     |
| 操作过电压   | 15         | 15      | 0      |
| 大气过电压   | 15         | 10      | 0      |
| 安装情况    | 0          | 10      | 0      |
| 覆冰比重    | 0.9 克/立方厘米 |         |        |
| 年平均雷电日数 | 40         |         |        |

注：1、风压系数 1/16；地线支架强度校核时较导线增加 5mm 覆冰进行校核。

## 6 站址选择

### 6.1 基本规定

#### 6.1.1 站址选择的原则

变电站站址的选择应根据电力系统的网络结构，负荷分布，城建规划，土地征用，出线走廊，交通运输，水文地质，环境影响，地震烈度，百年一遇洪水位等因素综合考虑。通过综合技术经济比较和经济效益分析，选择最佳方案。具体说来，就是要：

- 1) 符合电网规划的布点要求，尽量靠近负荷中心，尽量降低线路建设投资和运行费用。
- 2) 符合当地的城乡建设规划。
- 3) 节约用地，尽量利用荒地、劣地，不占或少占耕地。尽量减少拆迁、障碍物清理工作。
- 4) 充分考虑进出线条件，留出线路走廊，避免或减少线路的相互交叉跨越。
- 5) 站址交通运输应方便，减少进所道路长度，避免建造桥梁等设施。
- 6) 具有适宜的地质条件，注意防、排洪问题。

7) 地形条件好, 减少工程土石方量。

8) 注意与周围环境及邻近设施的相互影响和协调, 尽量避开大气严重污秽地区。

9) 有可靠的生产和生活用水水源。

### 6.1.2 工程站址选择过程概述

站址位于四川省德阳市什邡市境内, 拟选站址区域土地属于工业用地, 站址选择符合政府规划。

2024 年 8 月, 由四川宏达股份有限公司、四川贝力夫电力工程设计咨询有限公司共同参与选站踏勘工作, 本站站址唯一。位于四川省德阳市什邡市境内, 距什邡市人民政府驻地导航距离约 15km。

### 6.1.3 站址方案确定

结合本工程实际情况, 按照电气推荐方案的布置计算得出以下数据:

初步考虑变电站围墙内占地约  $0.4222\text{hm}^2$ , 合 6.333 亩, 同时考虑站址四周挡墙、进站道路及排水设施, 共征地  $0.5736\text{hm}^2$ , 合 8.604 亩。

根据电力系统规划设计的网络结构、负荷分布、城乡规划、征地拆迁的要求, 并考虑节约用地、出线方便、交通运输方便、五十年一遇洪水位、抗震烈度等因素选择站址。

## 6.2 站址区域概况

拟选站址位置位于德阳什邡市境内, 紧邻已建厂区, 场地整体地形平坦, 整体地势起伏不大, 场地地貌单元属鸭子河 I 级阶地, 地面标高为 525.40m~526.78m 之间, 相对高差在 1.38m 左右。场地现状属性为闲置的建设用地, 内部长满杂草, 局部有临建设施。

### 6.2.1 站址地理位置

拟建什邡市宏达 110kV 输变电新建工程位于德阳市什邡市境内, 距什邡

市人民政府驻地导航距离约 15km, 可连通省道、乡道, 交通网络较发达, 交通条件较好。

站址地理具体位置如图所示:



图 6.2-1 变电站站址区位位置示意图

## 6.2.2 站址地质状况描述

工区出露地层为中生界白垩系上统灌口组 ( $K_2g$ ) 地层。第四系松散地层分布于河流侵蚀洼地及两岸, 其成因有: 冲洪积层、人工堆积层等, 物质组成为粘土、粉土、砂壤土、砂卵砾石及砂夹砂卵砾石等。现由老至新分述如下:

(1) 第四系全新统人工积堆积层 ( $Q_4^{ml}$ ): 杂色、松散、稍湿, 由粉质黏土、卵砾石土、建筑垃圾及植物根系等组成。该层零星分布于台地, 层厚 0.50~2.10m。

(2) 第四系全新统冲洪积层 ( $Q_4^{al+pl}$ )

该层具二元结构, 上部为粉土层: 褐灰色, 湿, 无光泽, 局部含卵砾石, 该层在场地内分布较普遍, 层厚 0.50~3.10m; 下部砂卵砾石层: 褐黄色、褐灰色, 卵砾石成分主要为花岗岩、石英岩、闪长岩, 次园状为主, 卵石以弱~微风化为主, 厚 15m~20m。

### (3) 白垩系上统灌口组 (K<sub>2</sub>g)

砖红~紫红色粉砂质泥岩夹泥质粉砂岩、砂岩。粉砂质泥岩局部含方解石晶洞。中、下部含团块状、脉状硬石膏。地表均被覆盖。厚度大于 500m。

## 6.2.3 站址土地使用状况

场地现状属性为闲置的建设用地，内部长满杂草，局部有临建设施。

## 6.2.4 交通情况

站址距现状水泥路约 78m，进站道路需新建引接至现状路。

## 6.2.5 城乡规划关系及周边公共设施

政府已将拟选站址区域规划为电力建设用地，区域内无其它规划建设，该区域目前与规划无冲突。

## 6.2.6 矿产资源

根据相关资料，本工程拟选站址附近无重要矿产分布，根据调查，场地附近无采矿等活动存在，因此，拟选站址适宜建站。

## 6.2.7 历史文物

拟选站址根据现场踏勘和了解，附近均无重要文物古迹分布，因此，拟选站址适宜建站。

## 6.2.8 邻近设施

站址区域有临建设施。

## 6.3 站址的拆迁赔偿情况

站址区域内需要改迁 10kV 线路 300m，场地现为荒地。

根据现场了解及调查，目前拟选站址区域内有临建、坟墓等构筑物，暂考虑拆除临建，坟墓无需搬迁。工程建设时可能会有部分季节性农作物及植被的赔偿。

## 6.4 出线条件

110kV 为架空出线，出线方向为东北方向，出线方向地势开阔，10kV、35kV 为电缆出线，出线方向地势较平缓、开阔，走廊通畅。

## 6.5 站址水文气象条件

### 6.5.1 水文地质条件

区内水系发育，近项目区主要天然河流有鸭子河，人工灌排渠道有人民渠渠系。

#### 1、鸭子河

鸭子河为湔江主要支流，其发源于彭州丹景山镇，沿西南-东北向流经葛仙山镇、红岩镇，于什邡市师古镇入境，流向转至西北-东南，经师古镇、南泉镇，于马井镇汇入湔江干流。鸭子河地理位置介于东经  $104^{\circ} 01' \sim 104^{\circ} 07'$  与北纬  $30^{\circ} 3' \sim 31^{\circ} 10'$  之间。

鸭子河在什邡市界内起点位于师古镇九里埂村，坐标  $E104^{\circ} 0' 46.99''$ ； $N31^{\circ} 8' 54.05''$ ；止点位于马井镇菠萝村，坐标： $E104^{\circ} 7' 16.05''$ ； $N31^{\circ} 3' 46.96''$ 。鸭子河在什邡市境内长 16.48km，主要流经师古镇、南泉镇、马井镇 3 个乡镇，流域面积  $132.4\text{km}^2$ ，平均流量  $0.69\text{m}^3/\text{s}$ 。该河流距离拟建变电站站址最近距离约 2.3km。

#### 2、人民渠渠系

人民渠均为都江堰配套渠系，人民渠干渠流量(慈母山进口)设计流量  $90\text{m}^3/\text{s}$ ，校核流量  $95\text{m}^3/\text{s}$ ，人民渠干渠什邡站管辖长度 17.771km，设计灌面 213894 亩，设计洪水标准 50 年一遇。人民渠干渠位于拟建变电站西北方向，直线距离约 710m。人民渠十五支渠位于拟建变电站东侧，直线距离约 150m。

### 6.5.2 气象资料

项目区具有四季分明气候温和、降水充沛的气候特点。项目区内无实测

气象站点，根据邻近的德阳气象站资料统计，直管区年平均气温 16.9℃，年最高温度一般介于 36.4℃，极端最高气温 38.9℃，出现在每年六月至八月，年最低温度一般介于-4.6℃，出现在一月下旬。域内年平均降水量 798.1mm，降水量最多年达 1500mm，最少年仅 630mm。春季降水占年总降水量的 15%~17%，夏季降水较集中，占年总降水量的 60%。年内月降水量最少时段出现在每年的十二月，平均仅为 0.1mm，冬干明显。域内年平均相对湿度 80%，多年平均相对湿度最高达 82%。平原、丘陵盛行偏北风，年平均风速 1.6m/s。

德阳市气象站主要气象特征值见下表 2.2-1。

表 2-1 气候特征组合表

| 项目           | 参数    |
|--------------|-------|
| 平均气温 (°C)    | 16.9  |
| 极端最高气温 (°C)  | 38.9  |
| 极端最低气温 (°C)  | -4.6  |
| 平均相对湿度 (%)   | 82    |
| 年平均降雨量 (mm)  | 798.1 |
| 多年平均风速 (m/s) | 1.6   |
| 多年最大风速 (m/s) | 13    |
| 平均雷暴日 (天)    | 30.3  |

### 6.5.3 防洪涝及排水情况

防洪：距离拟建变电站最近的水系为站址东侧的人民渠十五支渠，直线距离约 150m，渠道目前正常运行，其主要作用为灌溉、排洪，渠道渠身现状为混凝土结构，结构基本完好。经现场勘测，拟建变电站场地高程与渠道渠顶高程，高差不大，拟建变电站场地地形平坦，连续大暴雨工况下，场地有一定的防洪方面危险，建议设计进行考虑并增加相应的防洪措施。

防涝：站址覆盖层主要为粉质土夹少量碎石、角砾，透水性较差。场地较平坦，与四周高差不大，在暴雨工况下，可能会产生积水等现象，建议设计考虑相应的截、排水措施，保证变电站安全运行。

#### 6.5.4 给排水情况

拟建什邡市宏达 110kV 变电站，站址紧邻业主已建设运行的工厂，该工厂配建有完善的自来水管网系统，水量充沛，施工用水可接入使用，供水条件较方便。

### 6.6 站址工程地质

#### 6.6.1 场地地震效应

场地附近无大型现代活动断裂存在，据《建筑抗震设计规范》（GB50011—2010）附录 A 中我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组，将拟建站区划归为：抗震设防烈度的为 7 度，设计地震分组为第二组，设计基本地震加速度值为 0.15g。

本次勘测为可行性勘察，准确场地土类别待以后勘察阶段解决，场地土类别暂定为 II 类。

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2016）表 4.1.1 中的有关规定，结合勘察场地的地质条件，初步判定，拟选站址属可进行建设的一般场地。本次现场踏勘和调查初步查明，不存在影响场地稳定性的滑坡、崩塌、泥石流、采空区等其它不良地质作用。由上可知，破坏性地震发生的可能性小，拟选站址适宜建站。

#### 6.6.2 地形、地貌、岩性

站址位于四川省德阳什邡市境内，紧邻已建厂区，场地整体地形平坦，整体地势起伏不大，场地地貌单元属鸭子河 I 级阶地，地面标高为 525.40m~526.78m 之间，相对高差在 1.38m 左右。场地现状属性为闲置的建设用地，

内部长满杂草，局部有临建设施。

具体站址详见图所示。



图 6.6-1 变电站拟选站址地貌图

### 6.6.3 不良地质现象

拟建场地较平坦开阔，区内不存在崩塌、滑坡、泥石流等不良物理地质现象，场地内未发现沟浜、墓穴、防空洞等，场地稳定性好，适宜建设 110kV 变电站。

### 6.6.4 建议地基处理方案及工程量预估

站址区域场地设计标高与现状地形有一定的坡度，考虑到周边沟渠积水对变电站造成影响，场地设计均为填方，需购土。建筑物及构、支架部分基础采用独立基础，局部超深处采用毛石混凝土换填，C20 毛石混凝土量约为  $200 \text{ m}^3$ 。

## 6.7 土石方情况

### 6.7.1 挖填方量

拟选站址结合引接道路标高及变电站场平标高，站区场地平整及道路土方工程量挖方约为 2170m<sup>3</sup>、填方约为 3367 m<sup>3</sup>。站址总的购土量约为 1088.5m<sup>3</sup>。

### 6.7.2 护坡挡墙工程量

场地设计标高与现有自然地形有一定的高差，站区为填方区，进站道路大部分为填方区，因此护坡挡墙量相对较大，护坡量预估 29 m<sup>2</sup>。

## 6.8 进站道路和交通运输

### 6.8.1 进站道路引接方案

站址距现状水泥路约 87m，进站道路需新建引接至现状路。

### 6.8.2 大件运输条件

本期 110kV 主变压器运输总重约为 60t（总重量约 70t），主变运输外形尺寸为 5.5m×1.9m×3.4m（长×宽×高）。

本工程主变压器拟采用铁路与公路的运输方式，根据设备制造厂家所在地确定采取具体运输方式。可以采取高速公路（德都高速、成万高速等）运输，或以成都、德阳火车站为终点，再通过公路运输至变电站。沿途道路的扩宽及协调处理等费用均包含在大件运输费用内。

## 6.9 施工电源

根据现场踏勘收资，站址附近有 10kV 线路通过，可以由此线路引接施工电源，现结合收资情况暂时考虑引接长度约 0.5km。

## 6.10 站址环境

### 6.10.1 自然环境

拟选站址区域属什邡市范围，周围无大型工矿企业和污染源，环境质量

较好。根据《国网四川电力污区分布图 2020 年版》和《四川电力系统污区分布图实施细则》的相关要求，本变电站所处区域污秽等级为 d 级，变电站提高一级，按 e 级设计。根据站址区域内污秽等级，合理选择电气设备，满足设计要求，拟选站址适宜建站。

### 6.10.2 通信干扰

拟选站址附近目前无影响变电站运行的通讯设施，亦无受其影响的通讯设施。因此，拟选站址适宜建站。

### 6.11 施工条件

拟选站址场地空旷，通过站外临时租地，合理地安排施工顺序，可作为生活临时设施、材料加工、设备堆放等施工用地。总的来说施工场地条件良好，因此，拟选站址适宜建站。

## 7 宏达 110kV 变电站新建工程设想

### 7.1 电气一次部分

#### 7.1.1 工程建设规模

主变压器：本期  $2 \times 40\text{MVA}$ ，远期  $2 \times 40\text{MVA}$ ；

110kV 出线：本期 1 回，远期 1 回；

35kV 出线：本期 6 回，远期 6 回；

10kV 出线：本期 10 回，远期 12 回；

动态无功补偿容量：本期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$ （带滤波功能），远期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$ （带滤波功能）。

#### 7.1.2 电气主接线

根据系统对电气主接线的要求和工程的具体情况，结合典型设计，满足可靠性、灵活性和经济性三项基本要求。

根据系统论证，110kV 终期出线 1 回，35kV 终期出线 6 回，10kV 终期出

线 12 回。

参考《电力工程电气设计手册电气一次部分》和本工程推荐的接入系统方案，本次选择接线型式为：

110kV 接线终期采用单母线分段接线；本期采用单母线分段接线。

35kV 接线终期采用单母线分段接线；本期采用单母线分段接线。

10kV 接线终期采用单母线分段接线；本期采用单母线分段接线。

详见 D01-01 电气主接线图。

### 7.1.3 电气总平面布置方案

综合变电站推荐站址的地形、地貌、引站道路及主要配电装置出线方向等因素，同时参照通用设计进行布置，布置方案如下：

110kV 户外 GIS 布置，35kV、10kV 采用开关柜户内布置

本方案参照《国家电网公司输变电工程通用设计 35~110kV 智能变电站模块化建设施工图设计（2016 年版）》A1-2 方案。变电站总平面为一长 65m、宽 66.8m 的矩形。110kV 配电装置采用户外 GIS 布置，位于站址东北侧，朝东北侧架空出线。35kV 配电装置和 10kV 配电装置安装于 10kV 综合配电室内，形成一幢单层联合建筑，与主控室一起布置在站区西南侧。35kV 配电装置采用户内开关柜单列布置，10kV 配电装置户内开关柜单列布置，35kV 与 10kV 采用铜母排架空进线，电缆出线。变压器布置在 110kV 配电装置区与 35kV 和 10kV 综合配电室之间。变电站动态无功补偿装置布置于站区东南侧，10kV 站用变布置在站区西南侧。进站公路由南侧公路引接，站内设有 4m 宽的主运输道路呈“d”字型，进站大门共 2 扇，分别位于站区西北侧和西南侧。便于设备运输、吊装、检修及运行巡视。

电气总平面详见 D01-02 图。

总平面各部分间的安全距离及防火距离分别满足《35~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011），《35kV~220kV 无人值班变电站设计规程》（DL/T 5103-2012），《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008），《高

压配电装置设计规范》（DL/T 5352-2018）等的要求。

### 7.1.4 主要电气设备选择

根据系统论述及短路电流计算结果，本工程 110kV 电压的交流设备的短路水平按 40kA，35kV 电压的交流设备的短路水平按 31.5kA，10kV 电压的交流设备的短路水平按 31.5kA。变电站海拔高度约 525m，电气设备的抗震烈度为 VI 度，地震动峰值加速度 0.05g；该站址属 d 级污秽区，污秽等级按照 e 级污秽选择，屋外电气设备绝缘泄漏比距按大于或等于 3.1cm/kV 选择。本工程主要设备选择如下：

#### （1）主变压器

主变压器选用 110kV 低损耗三相三绕组有载调压自冷油浸式铜芯变压器，型号为：SSZ20-40000/110, 40000kVA，容量比为 100/100/50；电压比：110±8×1.25%/38.5±2×2.5%/10.5kV；阻抗比：Ud1-2%=10.5, Ud1-3%=17.5, Ud2-3%=6.5；接线组别：YN, yn0, d11。

#### （2）110kV 户外 GIS 设备

110kV 配电装置选用 GIS(SF6)设备：ZF□-126(L)/2000A，额定电流 2000，额定开断电流 40kA，动稳定电流 100kA。

#### ① 出线间隔 1 个：

断路器(弹簧操作机构):2000A 40kA/4s 100kA；

电流互感器保护级、计量、测量级变比：400-600-800/5A；

电压互感器（A 相），带手动隔离断口：110/√3/0.1/√3/0.1kV；

快速接地开关(电动弹簧机构)：40kA/4s 100kA；

隔离开关(电动操作机构并可手动)：2000A 40kA/4s 100kA；

接地开关:2000A 40kA/4s 100kA；

空气套管:2000A 40kA/4s 100kA；

带电显示器（三相）：126kV；

汇控柜。

② 主变进线间隔 2 个：

断路器(弹簧操作机构) :2000A 40kA/4s 100kA；

电流互感器保护级、计量、测量级变比：400-600-800/5A；

检修用接地开关(电动操作机构并可手动)：40kA/4s 100kA；

隔离开关(电动操作机构并可手动) :2000A 40kA/4s 100kA；

接地开关:2000A 40kA/4s 100kA；

空气套管:2000A 40kA/4s 100kA；

避雷器：Y10W-108/281；

带电显示器（三相）：126kV；

汇控柜。

③ 母线电压互感器间隔 2 个：

快速接地开关(电动弹簧机构)：40kA/4s 100kA；

隔离开关(电动操作机构并可手动)：2000A 40kA/4s 100kA；

接地开关：2000A 40kA/4s 100kA；

电磁式电压互感器：110/  $\sqrt{3}$ /0.1/  $\sqrt{3}$ /0.1/  $\sqrt{3}$ /0.1/  $\sqrt{3}$ /0.1kV  
0.2/0.5/0.5（3P）/3P；

避雷器：Y10W-108/281；

带电显示器（三相）：126kV；

汇控柜。

④ 分段间隔

隔离开关：（电动操作机构并可手动）：2000A 40kA/4s 100kA；

接地开关：:2000A 40kA/4s 100kA；

电流互感器保护级、测量级变比：400-600-800/5A；

断路器(弹簧操作机构) :2000A 40kA/4s 100kA；

隔离开关：（电动操作机构并可手动）：2000A 40kA/4s 100kA；

接地开关：:2000A 40kA/4s 100kA；

汇控柜。

### (3) 35kV 配电装置

35kV 配电装置选用 KYN 型手车柜，主要配置如下：

35kV 出线柜 6 面：配真空断路器：40.5kV/1250, 31.5kA；电流互感器：LZZBJ9-35 2×300/5A 准确级：0.2S/0.5/5P30；接地开关：JN22-40.5；避雷器：HY5WZ-51/134；零序电流互感器：LXK-160；线路电压互感器：JDZ-35-35/0.1；熔断器：XRNP-40.5/0.5A；带电显示器。

35kV SVG 出线柜 2 面：配真空断路器：40.5kV/1250A, 31.5kA；氧化锌避雷器 HY5WR-17/45；电流互感器：LZZBJ9-12 2×300/5A，准确级：5P30/0.5/0.2S；零序电流互感器：LXK-Φ160；带电显示器。

35kV 主变进线柜 2 面：配真空断路器：40.5kV/2500, 31.5kA；电流互感器：LZZBJ9-35 1000/5A 准确级：0.2S/0.5/5P30/5P30；避雷器：HY5WZ-51/134；带电显示器。

35kV PT 柜 2 面：配电压互感器：JDZXF9-35 35/√3/0.1/√3/0.1/√3/0.1/3kV 准确级：0.2/0.5/3P；熔断器：XRNP-40.5/0.5A；消谐器：LXQ-35；避雷器：HY5WZ-51/134；带电显示器。

35kV 分段断路器柜 1 面：配真空断路器：40.5kV/2500, 31.5kA；电流互感器：LZZBJ9-35 1000/5A，准确级：0.5/5P30/5P30；带电显示器。

35kV 分段隔离柜 1 面：隔离手车：40.5kV/2500, 31.5kA；带电显示器。

### (4) 10kV 电气设备

10kV 配电装置选用 KYN 型手车柜，主要配置如下：

10kV 主变进线柜 2 面：配真空断路器：12kV/2500A, 31.5kA；氧化锌避雷器 HY5WZ-17/45；电流互感器：LZZBJ9-12 2000/5A，准确级：0.2S/0.5/5P30/5P30；带电显示器。

10kV 出线柜 10 面：配真空断路器：12kV/1250A, 31.5kA；氧化锌避雷器 HY5WZ-17/45；电流互感器：LZZBJ9-12 2×400/5A，准确级：

5P30/0.5/0.2S；接地开关：JN15-12；零序电流互感器：LXK- $\phi$ 160；带电显示器。

10kV 站用变出线柜 2 面：配真空断路器：12kV/1250A，31.5kA；氧化锌避雷器 HY5WR-17/45；电流互感器：LZZBJ9-12 2 $\times$ 200/5A，准确级：5P30/0.5/0.2S；零序电流互感器：LXK- $\phi$ 160；带电显示器。

10kV PT 柜 2 面：配电压互感器：JDZX9-12 10/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/3kV，准确级：0.2/0.5/3P；熔断器 XRNP-12/0.5A；消谐器：LXQ-10；氧化锌避雷器 HY5WZ-17/45；带电显示器。

10kV 分段断路器柜 1 面：配真空断路器：12kV/2500A，31.5kA；电流互感器：LZZBJ9-10 2000/5A，准确级：5P30/5P30/0.5；带电显示器。

10kV 分段隔离柜 1 面：隔离手车：12kV/2500，31.5kA；带电显示器

#### (5) 动态无功补偿装置

电容器：选用 $\pm 8$ Mvar 集装箱式动态无功补偿 2 套（带滤波功能），户外布置。

#### (6) 10kV 站用变

10kV 站用变采用户外油浸式变压器。其主要设备参数如下：  
S20-200/10.5, 10.5 $\pm$ 2 $\times$ 2.5%/0.4kV, D, yn11, Ud%=4。

#### (7) 导体的选择

表 7.1-2 各级电压导体计算选择结果表

| 电压<br>(kV) | 回路名称 | 回路工作<br>电流 (A) | 选用导体                             |            | 导体截面选择的控制条件  |
|------------|------|----------------|----------------------------------|------------|--------------|
|            |      |                | 型号                               | 载流量<br>(A) |              |
| 110        | 母线   | 419.9          | GIS 封闭母线                         | 2000       | 由载流量控制       |
|            | 主变压器 | 209.95         | LGJ-300                          | 596        | 由经济电流密度控制    |
| 35         | 母线   | 659.85         | TMY-125 $\times$ 10              | 2653       | 由载流量控制       |
|            | 主变压器 | 659.85         | TMY-125 $\times$ 10              | 2653       | 由经济电流密度控制    |
|            | SVG  | 131.97         | ZC-YJV22-26/35-3 $\times$ 185    | 438        | 由载流量控制，热稳定校验 |
| 10         | 母线   | 1154.73        | 2 $\times$ (TMY-125 $\times$ 10) | 3816       | 由载流量控制       |

|             |         |                       |      |              |
|-------------|---------|-----------------------|------|--------------|
| 主变压器        | 1154.73 | 2×(TMY-125×10)        | 3816 | 由载流量控制       |
| 接地变/<br>站用变 | 11.55   | ZC-YJV22-8.7/15-3×120 | 338  | 由载流量控制，热稳定校验 |

以上导体经过短路热稳定校验均能满足要求。

### 7.1.5 绝缘配合及过电压保护

电气设备的绝缘配合参照 GB/T 50064-2014 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》确定的原则进行。

#### (1) 避雷器配置

本工程在各电压等级母线上、进出线侧分别装设了 1 组氧化锌避雷器，防止雷电波的感应电压在高压或低压开路时，危及高压、中压或低压绕组绝缘，并防止操作过电压对电气设备的危害；同时分别在电容器组上也装设了 1 组氧化锌避雷器，防止电容器操作过电压。

#### (2) 110kV 电气设备绝缘配合

110kV 氧化锌避雷器按主要技术参数见下表：

表 7.1-3 110kV 氧化锌避雷器选择表

| 参数 | 系统标称电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器额定电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器持续运行电<br>压 (kV, 有效值) | 雷电冲击 10kA 残<br>压 (kV, 有效值) | 陡波冲击 10kA 残<br>压 (kV, 有效值) |
|----|---------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 数值 | 110                 | 102                  | 79.6                    | 266                        | 297                        |

110kV 电气设备及主变中性点的绝缘水平按国家标准选取。有关取值见下表：

表 7.1-4 110kV 电气设备绝缘水平参数

| 设备名称            | 设备耐受电压值         |     |     |                        |     |
|-----------------|-----------------|-----|-----|------------------------|-----|
|                 | 雷电冲击耐压 (kV, 峰值) |     |     | 1min 工频耐压<br>(kV, 有效值) |     |
|                 | 全波              |     | 截波  |                        |     |
|                 | 内绝缘             | 外绝缘 |     | 内绝缘                    | 外绝缘 |
| 主变中性点 (110kV 侧) | 325             | 325 |     | 140                    | 140 |
| 主变压器 110kV 侧    | 480             | 550 | 530 | 230                    | 230 |
| 其他设备            | 550             | 550 |     | 230                    | 230 |

#### (3) 35kV 电气设备绝缘配合

35kV 氧化锌避雷器按主要技术参数见下表：

表 7.1-5 35kV 氧化锌避雷器选择表

| 参数 | 系统标称电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器额定电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器持续运行电<br>压 (kV, 有效值) | 雷电冲击 5kA 残<br>压 (kV, 有效值) | 陡波冲击 5kA 残<br>压 (kV, 有效值) |
|----|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 数值 | 35                  | 51                   | 40.8                    | 134                       | 154                       |

35kV 电气设备及主变中性点的绝缘水平按国家标准选取。有关取值见下表：

表 7.1-6 35kV 电气设备绝缘水平参数

| 设备名称           | 设备耐受电压值         |     |     |                        |     |
|----------------|-----------------|-----|-----|------------------------|-----|
|                | 雷电冲击耐压 (kV, 峰值) |     |     | 1min 工频耐压<br>(kV, 有效值) |     |
|                | 全波              |     | 截波  |                        |     |
|                | 内绝缘             | 外绝缘 |     | 内绝缘                    | 外绝缘 |
| 主变中性点 (35kV 侧) | 200             | 200 |     | 85                     | 85  |
| 主变压器 35kV 侧    | 200             | 200 | 220 | 85                     | 85  |
| 隔离开关断口         |                 | 215 |     |                        | 118 |
| 其他设备           | 185             | 185 |     | 95                     | 95  |

(4) 10kV 电气设备绝缘配合

10kV 氧化锌避雷器按主要技术参数见下表：

表 7.1-7 10kV 氧化锌避雷器选择表

| 参数 | 系统标称电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器额定电压<br>(kV, 有效值) | 避雷器持续运行电<br>压 (kV, 有效值) | 雷电冲击 5kA 残<br>压 (kV, 有效值) | 陡波冲击 5kA 残<br>压 (kV, 有效值) |
|----|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 数值 | 10                  | 17                   | 13.6                    | 45                        | 51.8                      |

10kV 电气设备的绝缘水平按 GB311.1-2012《绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则》的规定选取。有关取值见下表：

表 7.1-8 10kV 电气设备绝缘水平参数

| 设备名称        | 设备耐受电压值         |     |    |                        |     |
|-------------|-----------------|-----|----|------------------------|-----|
|             | 雷电冲击耐压 (kV, 峰值) |     |    | 1min 工频耐压<br>(kV, 有效值) |     |
|             | 全波              |     | 截波 |                        |     |
|             | 内绝缘             | 外绝缘 |    | 内绝缘                    | 外绝缘 |
| 主变压器 10kV 侧 | 75              | 125 | 85 | 35                     | 35  |
| 断路器断口       | 75              | 75  |    | 42                     | 42  |
| 隔离开关断口      |                 | 85  |    |                        | 49  |
| 其他设备        | 75              |     |    | 42                     | 42  |

(5) 电气设备外绝缘的爬电比距

按四川省电力公司 2020 年出的《国网四川电力污区分布图》的划分，该站址属 d 级污秽区。根据相关要求，站址位于 d 级及以下污区的设备外绝缘和绝缘子串片数均提高一级配置，故本站户外设备外绝缘水平按照 e 级污区

配置，统一爬电比距取 54mm/kV(以系统最高运行电压为基准)。对于中性点不接地和经消弧线圈接地系统的电力设备，其外绝缘水平一般可按提高一级电压等级选取，因此户内 35kV 及 10kV 设备统一爬电比距取 54mm/kV。

按此要求选择设备，折算成外绝缘有效爬电距离：110kV 户外设备不小于  $126/\sqrt{3}kV \times 54mm/kV=3928mm$ ；35kV 设备不小于  $40.5/\sqrt{3}kV \times 54mm/kV=1263mm$ ；10kV 设备不小于  $12/\sqrt{3}kV \times 54mm/kV=374mm$ 。

(6) 绝缘子串的形式和片数

按此要求选择绝缘子串片数，单片绝缘子泄漏距离为 450mm，选择计算如下：

110kV 绝缘子串片数： $3928/450=9$  片，考虑绝缘子老化，每串绝缘子应预留零值绝缘子，污秽地区悬垂零值绝缘子片数同耐张绝缘子一致，取为 2 片，因此，110kV 绝缘子片数选取 11 片。

### 7.1.6 站用电及照明

(1) 站用电

表 7.1-9 站用电负荷统计表

| 序号   | 名称               | 单位容量 (kW) | 台数 |    | 容量  |     |
|--|------------------|-----------|----|----|-----|-----|
|  |                  |           | 安装 | 运行 | 安装  | 运行  |
| 一. 动力  |                  |           |    |    |     |     |
| 1  | 逆变器电源            | 8         | 1  | 1  | 5   | 8   |
| 2  | 充电电源             | 15        |    |    | 15  | 15  |
| 3  | 保护、自动、五防、遥视、事故照明 | 8         |    |    | 8   | 8   |
| 4  | 通信               | 1.2       | 1  | 1  | 1.2 | 1.2 |
| 5  | 辅助房间空调           |           |    |    | 10  | 10  |
| 6  | 35kV、10kV 配电室风机  | 0.25      | 8  | 8  | 2   | 2   |
| 7  | 110kV 断路器机构      | 0.5       | 7  | 7  | 3.5 | 3.5 |
| 8  | 35kV 断路器机构       | 0.3       | 9  | 9  | 2.7 | 2.7 |
| 9  | 10kV 断路器机构       | 0.3       | 25 | 25 | 7.5 | 7.5 |
| 10   | 消防栓主泵            | 50        | 2  | 1  | 100 | 50  |
| 11   | 消防栓稳压泵           | 7.5       | 2  | 1  | 15  | 7.5 |
| 按最终运行规模统计 (取同时系数为 0.85) $\Sigma P_1=115.4 \times 0.85=98.09kW$ |                  |           |    |    |     |     |
| 二. 加热防潮  |                  |           |    |    |     |     |
|  | 110kV 汇控柜加热及照明   | 0.5       | 9  | 9  | 4.5 | 4.5 |
| 1  | 35kV 配电装置加热防潮    | 0.2       | 6  | 6  | 1.2 | 1.2 |
| 2  | 10kV 配电装置加热防潮    | 0.2       | 19 | 19 | 3.8 | 3.8 |

|                                      |                  |  |  |  |    |    |
|--------------------------------------|------------------|--|--|--|----|----|
| 2                                    | 其他二次端子箱加热（主变、检修） |  |  |  | 3  | 3  |
| 按最终运行规模统计 $\Sigma P_2=10.5\text{kW}$ |                  |  |  |  |    |    |
| 三. 照明                                |                  |  |  |  |    |    |
| 1                                    | 配电综合楼照明          |  |  |  | 20 | 20 |
| 2                                    | 屋外照明             |  |  |  | 8  | 8  |
| 按最终运行规模统计 $\Sigma P_3=28\text{kW}$   |                  |  |  |  |    |    |

根据站用负荷统计表，全站站用负荷为 $98.09+10.5+28=136.59\text{kVA}$ 。站用变用量选择根据《220~1000kV变电站站用电设计技术规程》，本变电站应考虑建设两台站用变压器，每台变压器按全站计算负荷选择，考虑一定裕度和70%~80%的负载率，同时综合变电站电容电流计算，变电站终期设计在10kV I、II段母线分别安装1台站用变，用作站用电源，站用变型号选为：S20-200/10.5， $10.5\pm 2\times 2.5\%/0.4\text{kV}$ ；实现站用电源一用一备，正常情况下使用10kV I段母线站用变，在该站用变故障或检修时切换至10kV II段母线站用变，以保证供电可靠性。

### (2) 照明、动力

本站设有正常照明和事故照明系统。事故照明系统正常时由380V/220V交流电源供电，当交流电源消失时，事故照明系统自动切换为直流电源供电。

在配电室及辅助房间均采用LED灯照明；在户外设置投光灯，供站区照明。在配电室和二次设备是均设置事故照明和应急照明。

在配电室、二次设备室及辅助房间均配电箱供照明、插座、风机及空调用。

在配电室内、二次设备室及室外主变区域均设有检修配电箱，供检修用。

## 7.1.7 防雷接地

### (1) 电压保护措施

本工程在各电压等级母线上、进出线侧分别装设了1组氧化锌避雷器，防止雷电波和操作过电压对电气设备的危害；同时分别在各组电容器组上也装设了1组氧化锌避雷器，防止电容器操作过电压。

### (2) 变电站防直击雷保护方式

为防直击雷，站内设置了 3 根高度为 25 米独立避雷针，设置 1 根高度为 25 米的构架避雷针，作为全站防直击雷保护。站内所有户外设备均在保护范围内。

### (3) 接地

为保护站内设备及人身安全，综合考虑变电站站接地网的使用年限、地网材料、接地电阻、地质情况、湿度温度等自然因素的影响，变电站内敷设以水平接地体为主，辅以垂直接地极的人工接地网，水平接地带用 60mm×8mm 热镀锌扁钢，垂直接地极采用 63×63×6 镀锌角钢，长度为 L=2500mm，主接地网外缘闭合。

根据地勘资料，本站电阻率平均值约  $600 \Omega \cdot m$ ，经计算，考虑接入的 110kV 架空地线的散流作用，变电站接地电阻为  $5.25 \Omega > 0.5967 \Omega$ ，不满足要求，需采取延伸和加密接地网或采用离子接地极等方式降低接地电阻。独立避雷针设独立的接地装置，接地电阻不大于  $10 \Omega$ 。

本变电站场地采用铺设碎石，在进站区大门的出入口设帽檐式均压带。

本站二次系统接地按有关技术规程的要求设计，在主控室设置独立的二次等电位接地网，并沿二次电缆沟敷设至 35kV/10kV 配电室、户外配电装置的就地端子箱等处，敷设导体截面为  $120mm^2$ ，等电位接地网与主接地网在主控室一点可靠连接。

本变电站电缆沟设计宽度为  $1200 \times 1200mm$ 、 $800 \times 800mm$ 。电缆敷设时在进入配电装置室的电缆沟入口处以及电缆沟相关位置设置防火墙，防火墙两侧的电在 2 米范围内刷了防火涂料；电缆敷设所留下的孔洞均用防火堵料严密封堵。

## 7.2 电气二次

### 7.2.1 变电站自动化系统

#### 7.2.1.1 管理模式

本站综合自动化系统按无人值班站设计，具备远方控制功能。

微机监控包括三级控制，第一级为就地控制，由变电站间隔级控制层完成；第二级为站控层控制，由站内二次设备室操作员工作站完成；第三级为远方控制，由德阳地调及地调备调调度。

监控系统采用分层、分布、开放式网络结构，主要由站控层设备、间隔层设备和网络设备等构成。站级层设备按无人值班站最终规模配置，间隔层设备按本期规模配置。

站内监控系统应实现实时数据采集与处理、安全监视与控制、屏幕显示与操作、运行记录、制表打印以及画面拷贝、变电站就地与远方的操作控制等功能，与微机保护装置接口，监控系统具备防误操作闭锁功能、电压无功综合控制功能、操作票专家系统功能，实现全站的综合自动化，并由监控系统完成远动功能。时间同步时钟装置完成对监控系统设备的对时。

#### 7.2.1.2 监测、监控范围

##### (1) 微机监控系统功能

##### 1) 数据采集

实时采集间隔层单元的常规电气量、非电气量（包括模拟量、开关量、脉冲量和微机保护数据）。

##### 2) 模拟量主要包括：

- 主变的电流、有功、无功功率。
- 各级母线电压。
- 线路电流、有功、无功功率。

- 直流母线电压、充电电流。
  - 所用变低压侧电流及低压侧电压。
  - 电容器组的电流、无功功率。
  - 主变油温。
  - 系统频率。
- 3) 开关量主要采集：
- 断路器位置。
  - 断路器就地/远方转换开关位置。
  - 断路器机构异常信号。
  - 控制回路断线信号。
  - 直流系统异常信号。
  - 主变本体设备异常信号。
  - 逆变电源系统异常信号。
  - 事故总信号。
  - 主变压器分接头位置。
- 4) 电能信号采集：
- 主变压器：高/低压侧有、无功电能。
  - 线路：有、无功电能。
  - 所用变：低压侧有功电能。
  - 电容器组：无功电能。
- 5) 微机保护数据：
- 保护动作信号。
  - 重合闸动作信号。
  - 事件顺序记录。

- 保护装置工作状态。
- 保护定值的传输和修改。

## (2) 数据处理

系统采集到模拟量、开关量、脉冲量后，根据各量的特点分别采用不同的原理进行数据处理。

- 1) 模拟量的描述电力系统的实时量化值，各线路及主变的有功、无功、电流、电压、主变温度和系统频率，同时为这些量设定定值，以确定各值所处的正常状态（正常、越限、人工数据、坏数据）。
- 2) 电网运行状态，监视设备状态变化并迅速报警。
- 3) 为电网的电能管理提供基础，并能实现分时计度。
- 4) 功能：为保证紧急情况下变电站的可靠性，要求既能远方控制操作，又能当地手动控制。
- 5) 控制输出采用继电器输出，控制对象包括：
  - 断路器。
  - 变压器分接头调节。
  - 电容器组自动投切。
- 6) 数据库管理。
- 7) 人机接口。
- 8) 信息和报警。
- 9) 北斗对时系统。
- 10) 智能设备接口（如保护、直流系统、微机五防、火灾探测报警系统等）。
- 11) 设置电能计量通讯接口。
- 12) 系统自诊断与自恢复：微机监控系统应能在线诊断系统全部软件和硬件的运行情况，当发行异常及故障能及时显示和打印报警信息。

13)PT 并列。

### 7.2.1.3 配置方案

宏达 110kV 变电站全站网络采用高速单以太网组成，通信规约采用 DL/T860 标准，全站设备统一建模。为了保证网络的实时性、安全性，站控层网络采用 100M 及以上以太网构建。

#### (1)系统构成

常规变电站采用开放式分层分布式网络结构，逻辑上由站控层、间隔层以及网络设备构成。

站控层包含自动化系统、站域控制、通信系统、对时系统等子系统，实现面向全站或一个以上一次设备的测量和控制的功能，完成数据采集和监视控制（SCADA）、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。间隔层设备一般指继电保护装置、测控装置等二次设备，实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能，即与各种远方输入/输出、控制器通信。

宏达变电站站控层设备按变电站远景规模配置，间隔层设备按工程实际规模配置。

#### (2)网络结构

监控系统网络结构采用间隔层设备直接上站控层网络，测控装置直接与站控层通讯的结构。在站控层网络失效的情况下，间隔层应能独立完成就地数据采集控制层的监测和断路器控制功能。

站控层网络负责站控层各个工作站之间和来自间隔层的全部数据的传输和各种访问请求。硬件设备、数据链路用以太网构成，网络传送协议采用 TCP/IP 网络协议，网络传输速率 $\geq 100\text{Mbit/s}$ ，站控层网络按单网配置，网络配置规模满足工程远期要求。

间隔层设备通过交换机与站控层以太网连接，其网络协议应成熟可靠，

符合网络标准。测控（测控保护）单元通过交换机连接在站级以太网上，不具备以太网口的保护和智能设备通过公用接口装置连接在站级以太网上。

### (3)系统配置

#### 1)站控层设备:

宏达站共配置 2 台主机兼操作员工作站兼五防工作站，1 台综合应用服务器，1 台 I 区数据通信网关机（兼图形网关机）、1 台 I 区站控层中心交换机、1 台 II 区站控层中心交换机、1 台 II 区数据通信网关机(兼图形网关机)。

站控层设备布置于二次设备室内。

#### 2)间隔层设备:

包括测控（测控保护）单元、与站控层网络的接口以及和继电保护通信接口装置等。

本站测控和保护全部采用微机测控保护装置，主变、110kV 线路采用保护、测控独立装置，集中组屏安装于二次设备室，站用变、线路及电容器单套配置，采用保护测控一体化装置，就地安装于各开关柜。

本期配置 35kV 线路、无功补偿、分段保护测控一体化装置 9 套，10kV 线路、分段保护测控一体化装置 11 套，10kV 站用变保护测控一体化装置 2 套，均安装于开关柜。

主变高中低压侧各配置 1 套测控装置。本期配置主变测控柜 2 面，各含测控装置 3 套。

全站配置 1 面公用测控屏，含公用测控装置 2 套，含站用变电流、电压测量功能。

110kV 母线 PT 配置母线测控装置 2 套，安装在公用测控屏。

10kV、35kV 母线 PT 各配置母线测控装置 1 套，均安装于开关柜。

35kV 及 10kV 间隔层各配置交换机 2 台，分别布置开关柜内。

## 7.2.2 元件保护

主变保护（2套）组屏2面，安装于二次设备室内。配置：采用近后备保护方式，主保护装设瓦斯保护（本体和有载开关）、纵联差动保护、非电量保护、高温保护、中性点零序保护、间隙保护。后备保护分高后备、中后备、低后备保护。后备保护分别装设复合电压启动的过流保护、过负荷保护、定时限过电流保护，并配置一次设备状态检测系统。

35kV 线路保护测控装置 6 套，分散安装。保护配置：二段式电流保护；零序电流保护；过负荷保护；小电流选线；三相一次重合闸，带同期功能。

35kV/10kV 分段保护测控装置各 1 套，分散安装。保护配置：二段式电流保护；零序电流保护；过负荷保护；备自投。

10kV 线路保护测控装置 10 套，分散安装。保护配置：二段式电流保护；零序电流保护；过负荷保护；小电流选线；三相一次重合闸，带同期功能。

10kV 站用变保护测控装置 2 套，分散安装。保护配置：二段式电流保护；零序电流保护；过负荷保护；小电流选线；过电压保护，低电压保护；漏电保护。

35kV 动态无功补偿保护测控装置 2 套，分散安装。配置：电流速断保护、定时限过电流保护、不平衡电压保护、过电压保护、欠电压保护。

## 7.2.3 一体化电源系统

1、站用交流电源系统：采用单母线接线，交流电压采用380/220V，站用交流电源系统进线分别接至站内1台10kV站变低压侧和一回接另一台10kV站用变低压侧。正常运行时，保证仅有1回电源接入站用交流电源系统，两回进线之间相互闭锁，不允许并列运行。

### 2、站内直流系统

变电站操作直流系统采用220V，直流系统采用单母线分段接线。变电站

采用2套高频开关充电装置，充电模块按N+1冗余配置，其额定电流为 $5 \times 20A$ ，直流系统屏布置于主控制室。

采用直流系统屏一级供电方式，主控制室的测控、保护、故障录波、自动装置等设备采用辐射式供电方式，配电装置直流合闸网络、35/10kV开关柜顶直流网络采用环网供电方式。

站用直流负荷均按2h事故放电时间考虑，变电站装设1组400Ah阀控式密封铅酸蓄电池，2V/104只，蓄电池布置在蓄电池室。

### 3、交流不停电电源系统（UPS）

本站配置一套交流不停电电源系统，冗余配置，容量为 $2 \times 5kVA$ 。为变电站内计算机监控系统、保护装置及通信设备、电能计费系统、火灾监视系统（显示器和通讯设备）等重要二次设备提供不停电电源。交流不停电电源系统不配单独的蓄电池，直流电源由站内220V直流系统取两路电源提供，经两台5kVA逆变器逆变后输出AC220V电源，两台逆变器采用并列带一段母线方式。馈线采用辐射状供电方式。

### 4、通信电源系统

通信电源采用2套独立的DC/DC转换装置，共组一面柜，通信负荷3kW，DC/DC转换装置输入电压为DC220V，输出标称电压为-48V。通信电源共组一面柜，布置在中控室内。

## 7.2.4 全站时钟同步系统

本站配1套双时钟源同步系统，支持双北斗系统统单向标准授时信号，时钟同步精度和守时精度满足站内所有设备的对时精度要求。

时钟可输出PTP、NTP网络口、IRIG-B时码等，同时支持多种方式进行广域组网，可以以调度端的原子钟作为时钟源。

变电站配置公用的时间同步系统，采用全站网络化对时，根据设备时间

同步精度的不同设计时间同步方案。站控层采用 SNTP 网络对时、间隔层采用 B 码对时。

### 7.2.5 微机五防

本期微机五防系统集成在后台监控系统中。由该系统实现对全站的断路器、隔离开关、接地刀闸的防误闭锁操作。

断路器可分别在中央控制层、间隔层进行操作，并保证在同一时间内只允许一种控制方式有效。每种操作方式有完善的五防闭锁。

### 7.2.6 二次设备的接地、防雷、抗干扰

根据反措要求对本站二次系统采取防雷及接地措施，并对进入二次设备室的交、直流电压以及通信线路等设置二次系统过电压保护装置。

防雷及接地措施：

1) 设置监控保护专用铜接地网，所有监控保护接地均与该铜网相连，该铜网再与开关站主接地网可靠相连。

2) 电缆沟内上部设置接地线，接地线与主接地网多点连接。

3) 保护屏采用专用的接地小铜排直接连通，屏内各保护装置的接地点接至专用铜排，专用铜排与主接地网牢固连接。接地小铜排截面应不小于  $100\text{mm}^2$ ，同一室内所有小铜排应连通。

4) 所有 CT（除差动保护外）二次回路中性点均在就地一点接地。

5) 所有 PT 二次回路零相在控制室内一点接地。

6) 屏柜柜体等设备的金属壳体应可靠接地。

(2) 二次控制电缆及抗干扰措施

本站保护均为微机保护，为了提高设备的抗干扰能力，采取以下抗干扰措施：

1) 选用铜芯聚氯乙烯铜皮屏蔽控制电缆，屏蔽电缆屏蔽层应两端接地。

- 2) 不同电压等级的回路，不合用同一根电缆。
- 3) 交、直流电源的回路，不合用同一根电缆。
- 4) 设备自身应满足抗电磁干扰及静电影响的要求。
- 5) 调试过程中，尽可能提高设备的抗电磁干扰能力。

## 7.2.7 智能辅助系统

本次配置 1 套智能辅助控制系统，实现图像监控、火灾报警、消防、照明、采暖通风、环境监测等系统的智能联动控制，简化系统配置。主要考虑对全站主要电气设备、关键设备安装地点以及周围环境进行全天候的状态监视，以满足电力系统安全生产所需的监视设备关键部位的要求，同时，该平台可满足变电站安全警卫的要求。

智能辅助控制系统包括智能辅助系统平台、图像监视及安全警卫设备、火灾自动报警设备、环境监控设备等。智能辅助系统平台宜采用 DL/T860 标准通信，实时接收站端视频、环境数据、安全警卫、人员出入、火灾报警等各终端装置上传的信息，分类存储各类信息并进行分析、判断，实现辅助系统管理和监视控制功能。图像监视设备宜与安全警卫、火灾报警、消防、环境监测等相关设备实现联动控制；采暖通风设备宜根据环境监测数据自动启停；智能辅助控制系统宜实现变电站内照明灯光的远程开启及关闭，并与图像监控设备实现联动操作；空调、给排水、风机、变电站大门等具有远程遥控功能，并可通过智能辅助控制系统实现联动控制；

与其它系统接口要求：与变电站自动化系统接口；预留与远方主站端系统的通信接口；与其它系统的通信应严格按照《电力二次系统安全防护总体方案》的要求，通过 MPLS-VPN 实现网络和业务以及不同安全分区的隔离，确保系统功能安全。

### 1、视频系统

在宏达 110kV 变电站设置一套视频安防系统，并加以电子围栏系统联合监控，功能主要实现变电站围墙周边、重要设备场地环境、重要通道入口的安全防范功能，配置方案如下：

1) 采用第三代数字视频监控技术构建系统，核心设备视频服务器将数字图像压缩编码、矩阵切换、画面分割、数字录像、报警信息采集等多种功能集成于一台设备，简化了系统硬件配置。数字图像压缩编码采用嵌入式处理器和嵌入式操作系统技术保证了图像处理的速度和稳定可靠。

2) 变电站围墙四周设置电子围栏。

3) 在二次设备室内配置一台当地监控主机，运行视频安防功能应用软件实现视频监视、摄像机控制、安防布防设置、报警、录像回放、系统维护等应用功能，当地监控主机通过 1 台以太网交换机与视频服务器连接。

4) 视频服务器、报警控制器、以太网交换机、摄像机等组屏 1 面安装在二次设备室。

5) 系统外部电源输入由站用电提供一回 220 伏、容量 1.5kVA 交流电源供给。

6) 系统主要技术性能指标：

图像编码：MPEG4 或 H264；

图像质量：1920×1080 分辨率；

图像控制或切换响应时间：≤0.8 秒；

图像由前端发送至后台显示时延：≤0.5 秒；

数字录像存储：每路摄像机 72 小时；

系统平均无故障工作时间 MTBF：≥ 20000 小时；

CPU 负荷率：平均<30% 。

## 2、火灾报警系统

本变电站配火灾报警系统 1 套，配置智能型火灾自动报警装置 1 套，报

警主机组屏安装在智能辅助控制系统屏。在二次设备室、35kV 及 10kV 配电装置室等重点区设火灾报警探头。

火灾自动报警系统应取得当地消防部门认证，与站控层通信，实现对采暖、通风系统的闭锁，以及图像监视及安全警卫系统（视频监控系统）的联动。

### 3、动力环境监测系统

本变电站配动力环境监测系统 1 套，配置环境监控主机 1 台，对室内外环境、电缆沟及开关柜内部温度、湿度的实时采集，并且实现自动的温、湿度调节。温度传感器、湿度传感器、等根据环境测点的实际需求配置，配置环境监控主机布置于二次设备室视频监控及安防屏，传感器安装于设备现场。

环境监控主机能够控制变电站前端开关量设备，如灯光、风机、门禁等，可以手动或系统联动实现设备启、停；能够控制空调等智能设备，实现智能设备的全面调节，且能够手动调节，也可以实现与环境监测系统的联动。能够采集电缆沟内水浸探测器发出的报警信号，根据预置联动预案启动抽水泵排水，同时把现场积水情况及时上传主站，并在调度中心自动调出报警图像窗口，联动现场报警区域图像。

### 4、联动控制

1) 通过和其他辅助子系统的通信，实现用户自定义的设备联动，包括消防、环境监测、报警等相关设备联动。

2) 在夜间或照明不良情况下，需要启动摄像头摄像时，联动辅助灯光、开启照明灯。

3) 发生火灾时，联动报警设备所在区域的摄像机跟踪拍摄火灾情况、自动解锁房间门禁、自动切断风机电源、空调电源。

4) 发生非法入侵时，联动报警设备所在区域的摄像机。

5) 发生水浸时，自动启动相应的水泵排水。

6) 通过对室内环境温度、湿度的实时采集, 自动启动或关闭通风系统。

## 7.2.8 二次设备组柜及布置

本次工程保护测控屏采用集中+分散布置方式, 主变和 110kV 线路的保护、测控装置组屏后布置于本期新建的二次设备室内。35kV 线路、10kV 线路等保护测控装置均分散安装于各开关柜。

后台系统和微机五防系统均组屏安装在二次设备室内, 显示器安装在操作台上。

视频监控、安防等智能辅助控制系统一套, 主机组屏一面安装在二次设备室内。

光设备组屏光设备屏、综合配线屏三面, 安装于二次设备室内, 不另设通信室。

一体化电源设备组柜置于本期新建的二次设备室, 其中站用电系统组柜 2 面, 直流柜组柜 1 面, 直流馈电柜组柜 2 面, 直流蓄电池安装于蓄电池室, DC/DC 通信电源柜组柜 1 面, 事故照明电源柜 1 面, UPS 电源柜 1 面, 共 8 面, 安装于二次设备室内。

## 7.3 土建部分

### 7.3.1 站址总布置与交通运输

#### 7.3.1.1 站区总体规划

##### (1) 概述

根据建地区域规划, 以及电气工艺流程, 并结合站址地形、地貌, 道路引接等因素, 因地制宜、远近结合, 总平面以布置紧凑、清晰, 节约土地为原则; 竖向设计方面, 结合地形地貌, 站区防洪设计要求, 站区场地设计坡向采取与站址自然地形坡向一致的原则。

进站道路与乡镇公路相接, 新建道路长约 87m, 道路宽度为 4.0m。进站道路采用公路型沥青混凝土路面, 进站公路坡度约为 0.51%。

站区供水方式，采用引接宏达有色分公司给水，给水管采用直径  $\phi$  50PE 管。

站区排水方式，采用地埋式与明沟式排水相结合，站区围墙外采用明沟式排水，围墙内采用地埋式管道排水。站址排水汇集点位于站址西侧。

本工程根据建地区域规划及业主要求，需要单独征地，土建基础一次性建成。

## (2) 站址总体规划的特点

该站址布置为偏西北向，站址标高在 50 年一遇高水位之上，站址不受山洪威胁。站址地下水位较深，对站址无影响。变电站 110kV 由东北方向架空进线。站内新建一栋综合配电装置室位于站区中部，户外 110kV GIS 基础位于站区东北侧，主变基础位于中间，35kV 消弧线圈基础位于主变旁，10kV 站用变基础位于站区西侧，35kV 动态无功补偿装置基础位于站区南侧，门卫室、资料室、休息室、工器具室、厨房及卫生间位于东南侧，进站大门共 2 扇，分别位于站区西北侧和西南侧，便于设备运输。

站址占地面积为 0.5736 公顷，合 8.604 亩；其中站址围墙内占地面积 0.4222 公顷，合 6.333 亩，所区围墙外用地面积 0.0543 公顷，合 0.815 亩。道路用地面积 0.0971 公顷，合 1.457 亩。

## (3) 地形图所采用的坐标、高程系统及站址经纬度

站区地形图所采用大地 2000 直角坐标系，高程为 1985 年国家高程基准，站址经纬度为：北纬  $31^{\circ} 08' 18.7714''$ 、东经  $104^{\circ} 03' 07.9950''$ 。

### 7.3.1.2 站区总平面布置

#### (1) 概述

变电站总平面主要依据规划控制用地范围、城市规划要求、变电站规模、电气设备选型、变电站进出线方向和电气专业提供的电气总平面布置要求及有关土建设计规程，规范进行总体布置，在保证使用功能前提下，贯彻适用，安全，经济等方针，并适当考虑美观等因素。

## (2) 总平面设计

本方案采用户外 GIS 布置方式，GIS 场地基础位于站区东北侧，主变基础位于站址中间，10kV、35kV、主控室为户内布置位于站区中部，35kV 消弧线圈基础位于主变旁，10kV 站用变基础位于站区西侧，35kV 动态无功补偿装置基础位于站区南侧，门卫室、资料室、休息室、工器具室、厨房及卫生间位于东南侧，进站大门共 2 扇，分别位于站区西北侧和西南侧。

进站道路与乡镇公路相接，新建道路长约 87m，道路宽度为 4.0m。

进站道路及站内道路均采用公路型沥青混凝土道路，宽 4.0 米，进站道路转弯半径 12.0 米，站内主道路转弯半径 9.0 米，辅助道路转弯半径 3.0 米，满足运输及消防车通行要求。

## (3) 远近期结合的意图、一次征地的考虑

本站土建按终期一次性用地，分期建设考虑。

## (4) 生产建筑与周边的关系

综合配电装置室布置于场区的中部，配电综合室内设 10kV 配电装置、二次设备室、蓄电池室，附属房间布置于场区的东南侧，附属房间内设休息室、资料室、工器具室、值班室、厨房及卫生间，化粪池位于附属房间北侧。

(5) 各级配电装置布置方位由于线路走向，110kV 由北方向架空进出线结构明显，功能清晰。

## (6) 变电站的入口处理、进站道路的引接方向

本站不设站前区，只在大门入口右侧处设标识牌。道路的引接由变电站南大门处与乡村公路相接，新建道路 87 米。

## (7) 附属建筑物、大门及围墙、供排水等建构物

消防小室为砖混结构，布置在主变场地北侧；进站大门为电动推拉门，通过门扇下设置的行走轮，在轨道上行走。门扇暂时按 5.2m 宽门洞设计，高度为 2.1m，门扇宽高可根据具体工程进行调整；站区围墙采用 2.5m 高的砖砌围墙，变电站大门处根据国家电网公司制定《输变电工程标准工艺》要求设

标识牌；围墙、标识牌、建筑物主色调与标准工艺要求保持一致。

化粪池均采用地埋式，化粪池为砖砌结构布置于综合配电装置室东侧。

站内的空余场采用铺碎石处理，碎石厚 120mm，下设 100 厚 C20 混凝土硬化。

#### (8) 防火间距和消防通道

本工程的防火、防爆设计，以预防为主，防消结合，在总平面布置设计时，各建(构)筑物除满足工艺要求外，其耐火等级及火灾危险性按《建筑防火设计规范》(GB50016-2015)、《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB50229-2019)及《变电站总平面布置设计技术规程》(DL/T5056)的规定进行设计。

站内主干道宽 4.0m，转弯半径 9m，满足消防通道要求。

#### (9) 站区总平面布置采用的节约集约用地措施

本工程在满足建设规模的要求下，选用国家电网设计模版中的紧凑型布置方案，以减少用地面积要求。

### 7.3.1.3 竖向布置

#### (1) 竖向设计的依据

站址地形起伏较小，自然地形标高在 525.40m~526.78m 之间，相对高差在 1.38m 左右。设计原则：①充分结合站址场地自然地形、地貌，站址场地设计地面排水坡向与场地自然地形倾斜同向，这样既可以减少场地土石方挖填工程量及挡土墙工程量，又有利于站区内场地地表雨水的顺利排放；②根据本地区最高洪水位，确保站址标高不低于洪水位标高；③根据站址设计标高，及排水位置点标高，确保站址标高不低于排水位置点标高；④根据进站道路引接规划道路标高；等以上原则，确定站区场地设计标高为 526.100~526.132m。

#### (2) 竖向布置形式

为便于运行管理，根据场地平均设计高程，对站区考虑采用单坡式布置。

由东向西排坡，坡度为 0.5%。根据站区场地标高及场平坡度，站区综合配电装置室标高为 526.565m，主变基础场地标高为 526.120m。

### (3) 场地平整情况

根据站区场地标高及场平坡度，计算场地平整的工程量为：挖方为 2170m<sup>3</sup>（含场基础、进站道路及护坡土方量），填方为 3367 m<sup>3</sup>；站址弃土量为 0 m<sup>3</sup> 站址购土量为 1088.5m<sup>3</sup>（运距考虑 10km）。

### (4) 站区的边坡设计方案和工程量

站区填方区设置护坡，站区护坡量约 29m<sup>2</sup>。进站道路采用护坡+排水沟处理，护坡采用浆砌片石形式。

### (5) 场地地表水的排放方式

场地地表水主要采用有组织散排与自然散排相结合，排至集水井或站外排水沟，经由雨水管道接入站外公路排水沟。

### (6) 地基处理

本站场地为填方区，最大填土深度约 1.862m 米，对于基础超深 2.0~3.0 米的建筑物采用 C20 毛石混凝土换填处理。

## 7.3.1.4 管沟布置

### (1) 管沟选型、截面尺寸及地下管线的布置方案

管、沟布置考虑从整体出发，按最终规模统筹规划，且满足以下要求：管、沟之间及其与建、构筑物之间在平面与竖向上相互协调，近远结合，合理布置；工艺合理，便于检修和施工；管、沟发生故障时，不对建、构筑物基础造成损害；污水不污染饮用水或进入其它沟道内；沟道具有排水措施；管、沟沿道路，建、构筑物平行布置，路径短捷、适当集中、间距合理、减少交叉，交叉时尽可能垂直交叉。

### (2) 特殊地质条件管沟的布置措施

拟建站址部分为填方区，填土需经处理后方可进行管沟的敷设。

### 7.3.1.5 道路及场地处理

(1) 站外道路的路径规划、引接、坡度及道路技术等级标准

进站道路从站址南侧引接县道。道路等级四级。

进站道路采用公路型沥青砼路面，宽 4.0m，转弯半径为 12.0m，新建进站道路长度约为 87m，路面设计坡度约 0.51%。

(2) 站内道路的布置原则

站内道路的设置以方便电气设备的运输、满足检修、生产运行和消防的需要为原则，主道路宽设为 4.0m。

道路形式：公路型道路；路面：沥青混凝土；转弯半径：9m。站内道路需增加标识、标线。

(3) 站区场地及屋外配电装置场地的处理

屋外配电装置场地站区空白区域采用铺碎石处理，碎石厚 120mm，下设 100 厚 C20 混凝土硬化。

### 7.3.1.6 征地拆迁及设施移改的内容

变电站站址征地业主正在办理相关手续。

### 7.3.1.7 主要技术经济指标如下：

站址主要技术指标

| 序号  | 名称             | 单位              | 指标     | 备注         |
|-----|----------------|-----------------|--------|------------|
| 1   | 总征地面积          | hm <sup>2</sup> | 0.5736 | 合 8.604 亩  |
| (1) | 站区围墙内占地面积      | hm <sup>2</sup> | 0.4222 | 合 6.333 亩  |
| (2) | 所区围墙外用地面积      | hm <sup>2</sup> | 0.0543 | 合 0.815 亩  |
| (3) | 站外道路占地面积       | hm <sup>2</sup> | 0.0971 | 合 1.457 亩  |
| 2   | 总建筑面积          | m <sup>2</sup>  | 582.7  |            |
| 3   | 站内道路面积         | m <sup>2</sup>  | 480    |            |
| 4   | 屋外配电装置处理面积     | m <sup>2</sup>  | 600    | 铺设 120 厚碎石 |
| 5   | 站内电缆沟长度        | m               | 620    |            |
| 6   | 站址土石方（挖方）      | m <sup>3</sup>  | 2170   |            |
|     | 站址土石方（填方）      | m <sup>3</sup>  | 3367   |            |
| (1) | 站区场平土石方（挖方）    | m <sup>3</sup>  | 1266   |            |
|     | 站区场平土石方（填方）    | m <sup>3</sup>  | 2017   |            |
| (2) | 进站道路土石方（挖方）    | m <sup>3</sup>  | 4      |            |
|     | 进站道路土石方（填方）    | m <sup>3</sup>  | 15     |            |
| (3) | 建（构）筑物基槽余土（挖方） | m <sup>3</sup>  | 900    |            |

| 序号  | 名称             | 单位             | 指标                        | 备注                   |
|-----|----------------|----------------|---------------------------|----------------------|
|     | 建（构）筑物基槽余土（填方） | m <sup>3</sup> | 0                         |                      |
| (3) | 外弃土工程量         | m <sup>3</sup> | 0                         |                      |
| (4) | 外购土或取土工程量      | m <sup>3</sup> | 1088.5                    |                      |
| 7   | 站区挡土墙          | m <sup>3</sup> | 0                         |                      |
| 8   | 护坡面积           | m <sup>2</sup> | 29                        |                      |
| 9   | 站外新建道路长度       | m              | 87                        | 路面宽 4.0m, 两侧路肩各 0.5m |
| 10  | 站区围墙长度         | m              | 263.6                     | 2.50m 高, 240mm 厚     |
| 11  | 站外排水沟          | m              | 300                       | 断面 500x500           |
| 12  | 地基处理           | m <sup>2</sup> | 500                       | C20 毛石混凝土            |
| 13  | 拆迁情况           | 项              | 改迁 10kV 线路 900m, 建构筑物拆迁赔偿 |                      |

## 7.3.2 建筑

### 7.3.2.1 全站建筑物一览表

本站按有人值班设计，建筑根据生产、运行及检修等的需要设计为一栋综合值班室。建筑方案主要指标表如下：

| 序号 | 建筑名称    | 层数 | 建筑面积 (m <sup>2</sup> ) | 总高 (m) | 结构形式 |
|----|---------|----|------------------------|--------|------|
| 1  | 综合配电装置室 | 1  | 434.7                  | 5.7    | 框架   |
| 2  | 辅助用房    | 1  | 76                     | 3.0    | 砖混   |
| 3  | 消防水泵房   | 1  | 43.2                   | 10.2   | 框架   |
| 4  | 消防水池    | 1  | 57.6                   | 4      | 箱型   |
| 5  | 消防小室    | 1  | 11.52                  | 2.18   | 砖混   |

### 7.3.2.2 建筑装修

本次站内新建两栋主要建筑：配电综合房及辅助用房。配电综合房包含：10千伏/35千伏配电室、二次设备室、蓄电池室，建筑面积为434.7平方米。辅助用房包括：门卫室、厨房、卫生间、安全工具间、资料室、休息室，建筑面积为76平方米。次要建筑：消防泵房建筑面积为43.2平方米。消防水池建筑面积为57.6平方米。

消防小室包含消防小室及沙池，建筑面积为11.52平方米。

1) 综合配电装置室：

综合配电装置室宽 11.5 米,长 37.8 米,建筑面积为 434.7 平方米。

外墙面:采用灰白相间墙砖。

内墙面:采用混合砂浆抹面挂腻子打磨后刷白色乳胶漆两遍。

楼地面:控制室采用防静电活动地板;配电装置室地面采用自流平地面。

墙裙、踢脚线:采用釉面砖踢脚线。

顶棚:控制室为塑料条形扣板吊顶;其余为混合砂浆抹面挂腻子打磨后,刷白色乳胶漆两遍。

屋面防水和隔热:采用刚性和SBS改性沥青双层防水,珍珠岩保温层。

门窗:根据生产及消防要求门采用防火门,窗采用塑钢窗,玻璃为双层中空玻璃。铝合金防雨百叶窗。

## 2) 辅助用房:

综合配电装置室宽 4 米,长 19 米,建筑面积为 76 平方米。

外墙面:采用灰白相间墙砖。

内墙面:采用混合砂浆抹面挂腻子打磨后刷白色乳胶漆两遍。

楼地面:厨卫间、卫生间为防滑地砖。其他房间为浅驼色玻化地砖地面。

墙裙、踢脚线:卫生间为条形釉面砖墙裙,其余房间均采用釉面砖踢脚线。

顶棚:厨卫间为铝扣板吊顶;其余为混合砂浆抹面挂腻子打磨后,刷白色乳胶漆两遍。

屋面防水和隔热:采用刚性和SBS改性沥青双层防水,珍珠岩保温层。

门窗:资料室及工具间采用防盗门,厕所采用钢板门,窗均采用断桥铝合金窗,带钢丝网。

## 2) 水泵房、消防水池:

水泵房宽 7.2 米,长 6.0 米,建筑面积为 43.2 平方米。

消防水池宽 7.2 米,长 8.0 米,建筑面积为 57.6 平方米。

外墙面：采用灰白相间墙砖。

内墙面：防水砂浆内墙（消防水池）、涂料内墙（消防水泵房及水箱间），其余采用混合砂浆抹面挂腻子打磨后刷白色乳胶漆两遍。

楼地面：防水混凝土地面、细石混凝土楼面（水箱间）。

踢脚：水泵房为水泥砂浆踢脚。其余房间均采用釉面砖踢脚线。

顶棚：涂料顶棚（消防水泵房）；防水砂浆顶棚（消防水池）。

屋面防水和隔热：采用刚性和SBS改性沥青双层防水，珍珠岩保温层。

门窗：根据生产及消防要求门采用防火门，窗采用塑钢窗，玻璃为双层中空玻璃。铝合金防雨百叶窗。

### 7.3.2.3 主要建筑材料

混凝土强度等级和钢材品种、规格

- a) 混凝土垫层：C20；防水砼垫层：C20；
- b) 素混凝土：C20、C25；
- c) 毛石混凝土：C20，毛石掺量不大于 25%；
- d) 现浇钢筋混凝土：C25、C30；
- e) 预制钢筋混凝土：C30、C40；
- f) 钢筋：HPB300 级，HRB335 级，HRB400 级。焊条：E43；
- g) 钢材：Q235B（3 号钢）。

### 7.3.2.4 各种建筑装饰材料、保温隔热材料、砌体材料等

a) 砌体结构：砌块：MU7.5，MU10；砂浆：M7.5，M10；非承重墙及承重墙均采用混凝土砌块或其他当地易采购材料，局部采用加气混凝土砌块。

b) 砖：MU10 级机制砖。

c) 加气混凝土砌块：MU5.0。

d) 砂浆：M7.5，M10 混合砂浆（±0.00 以下采用水泥砂浆）。

e) 水泥：42.5 一般用普通硅酸盐水泥。

### 7.3.3 结构

#### 7.3.3.1 设计依据

根据区域地质图资料和地面调查、追索揭示，拟建变电站场地位于德阳什邡市境内，紧邻已建厂区，场地整体地形平坦，整体地势起伏不大，场地地貌单元属鸭子河 I 级阶地，地面标高为 525.40m~526.78m 之间，相对高差在 1.38m 左右。

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010（2016 版）），该场区建筑抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，设计地震分组为第二组。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），按 4.1.4 条规定和最不利组合计算确定场地覆盖层厚度：场地大部区域填方区域，建筑设计属可进行建设的一般场地，特征周期为 0.45S。根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2019），本站重要性等级为二级，场地等级为三级，地基等级为三级，岩土工程勘察等级划分为乙级。抗震构造措施需提高一级，按 8 度（0.20g）要求设计。

#### 7.3.3.2 采用的设计荷载

基本雪压：0.1kN/m<sup>2</sup>；不上人屋面：0.5kN/m<sup>2</sup>。

地面粗糙度类别：B 类

基础风压：0.3kN/m<sup>2</sup>

#### 7.3.3.3 生产建筑物结构

a) 建筑物的结构设计安全等级、设计使用年限、抗震设防类别及抗震设防烈度。

结构安全等级为二级；设计使用年限为 50 年；框架抗震等级为三级；抗震设防烈度：7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，设计地震分组为第二组。抗震构造措施需提高一级，按 8 度（0.20g）要求设计。

b) 上部结构选型

综合配电装置室结构采用现浇钢筋混凝土框架结构。

水泵房结构采用现浇钢筋混凝土框架结构。

#### c) 地基基础的设计

本工程主要建、构筑物基础持力层主要为砂卵石，均具良好力学性能，是良好的天然地基。基础形式可采用柱基、条基等扩展式基础型式。场平后部分建构筑物位于填方区，会出现基础超深，对超深较少的拟采用 C20 毛石混凝土换填处理。

配电综合楼、35kV 配电装置室采用单层框架结构，基础采用柱下独立基础，抗震等级三级；现浇钢筋混凝土楼(屋)面梁板；结构设计同时参照国家电力公司电力建设工程质量监督总所印发的《电力建筑房屋工程质量通病防治工作规定》执行。

构、支架基础为现浇钢筋混凝土基础，构、支架柱与基础采用螺栓连接。其他设备基础采用现浇素砼基础或钢筋混凝土基础。

消防小室采用单层砖混结构，墙下条形基础。事故油池、污水处理装置、消防水池等均采用现浇钢筋混凝土结构。

### 7.3.3.4 户外其他构筑物

户外主要构筑物为主变基础、GIS 基础及其它箱体基础，具体如下：

#### a) 主变基础

主变基础采用钢筋混凝土大板基础。以砂卵石为基础持力层，超深部分采用 C20 素砼换填。

#### b) 户外 GIS 基础

GIS 基础采用板式，基础以砂卵石为持力层，超深部分采用 C20 毛石砼换填。

#### c) SVG 基础、消弧线圈箱体基础

SVG 基础、消弧线圈箱体基础为局部半地下室，结构采用砖混结构。墙体采用 MU10 免烧砖，M7.5 水泥上将砌筑，墙厚 370mm，底板采用 100mm 厚

C20 素混凝土底板，外墙面高出地面部分，采用外墙面砖贴面。基础以砂卵石为持力层，超深部分采用 C20 毛石砼换填。

d) 避雷针及基础

避雷针采用钢管避雷针，25m 高，基础采用 C30 钢筋混凝土独立基础，尺寸 3.0m\*3.0m，埋深 2.8m。避雷针构件之间及避雷针与基础之间均采用法兰连接。

e) 事故油池

采用钢筋混凝土结构，有效容积 21m<sup>3</sup>。

f) 电缆沟

场地电缆沟盖板高出地面 0.10m，沟底坡度不小于 0.5%。电缆沟一般采用砖砌，采用 MU10 机制砖，M7.5 水泥上将砌筑，沟壁厚 240mm，底板采用 C20 素混凝土底板，填方区底板采用 C25 钢筋混凝土底板；过道路段采用钢筋混凝土现浇电缆沟。

深度大于 1 米的电缆沟，采用混凝土侧壁，内外抹防水砂浆。

电缆沟盖板均为成品复合沟盖板。

### 7.3.4 水工部分

#### 7.3.4.1 站区供、排水条件

##### (1) 水源

站址处于位于四川省什邡市，变电站生活用水拟采用引接宏达有色分公司给水，引接点距离本站约 400 米，站外给水管采用直径 DN100mm 钢管。

##### (2) 站址区域现有排水条件

本站址四周有完善的市政设施，站区本期排水拟采用排水沟及埋管方式，排至站址西侧道路排水沟。

#### 7.3.4.2 给水系统

##### (1) 用水量

变电站设生活、站前区绿化用水及变电站生活用水量详下表。

生活用水量表

| 序号 | 项目       | 用水量标准       | 时变化系数 | 日平均用水量 m <sup>3</sup> /d | 最大小时用水量 m <sup>3</sup> /h | 备注 |
|----|----------|-------------|-------|--------------------------|---------------------------|----|
| 1  | 值守人员生活用水 | 35L/人.班     | 2.5   | 0.07                     |                           |    |
| 2  | 值守人员淋浴用水 | 60L/人.班     | 1     | 0.12                     |                           |    |
| 3  | 未预见用水    | 按总用水量的 25%计 |       | 0.05                     |                           |    |
| 4  | 合计       |             |       | 0.24                     | 0.24                      |    |

## (2) 消防用水量:

综合配电装置室火灾危险性为丁类，设计耐火等级为二级，综合配电装置室体积小于 3000 m<sup>3</sup>，根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229-2019 规范 11.5.1 条，要求变电站需设置室外消防给水。

## (3) 给水系统

### 1、站外补给水系统:

站区给水采用引接宏达有色分公司给水，站内设置消防水池。

### 2、站内给水系统:

站内生活给水主要为变电站生活用水。站内给水管道采用 PPR 管，埋地敷设，埋深 1.0m。

## 7.3.4.3 排水系统

### (1) 站区排水系统

变电站站区排水包括生活污水、含油废水及地面雨水。根据本工程站区地形、竖向布置，变电站排水采用生活污水、生产废水与雨水分流的排水系统，排至站外雨、污水管网。

#### 1、生活污水排放

由于变电站为无人值班有人值守变电站，生活污水量很小，因此本变电站生活污水统一放置化粪池内，由运行单位定期清掏处理。或采用污水处理器处理后排入雨水管网，雨污汇总后，排至站外西侧道路排水沟。

## 2、生产废水排放

变电站的生产废水主要是变压器及其它带油设备漏油可能产生的油污水，变电站内设有事故油池，主变压器及站用变压器事故时，其绝缘油经事故排油管排入事故油池，事故油池具有油水分离功能，含油废水经油水分离后出水排入站区雨水管网。事故排油管道采用焊接钢管。

## 3、场地排水

变电站内场地雨水采用有组织排水，采用地面自然散流与道路设置雨水口相结合的排水方式，根据变电站竖向布置，场地以 0.5% 坡度从站区东侧坡向西侧，场地排水自然散流进入道路设置的雨水口；屋面雨水经雨落管集中就近排入附近的雨水口或检查井排入站区排水系统；电缆沟积水就近排入附近的雨水口或检查井，然后排入站区排水系统。场地雨水一部分自然渗透，一部分通过路旁雨水口汇入站区雨水管网，电缆沟积水通过排水管道就近排入站区雨水管网。最终统一排至站外西侧道路排水沟。

### (2) 变电站防洪、防涝

变电站所处位置不受洪水影响。

站区围墙四周设 500\*500 (mm) 排水沟，阻断站区周围地表水及雨水的流入。

## 7.3.5 采暖通风与空气调节

### (1) 室外气象参数

暖通气象参数详见水文气象资料。

### (2) 室内设计参数

由于本工程处于非集中采暖区，故本工程应不考虑集中采暖设计。

### (3) 设计依据

#### (1) 室外气象参数

暖通气象参数详见水文气象资料。

## (2) 室内设计参数

由于本工程处于非集中采暖区，故本工程应不考虑集中采暖设计。

## (3) 设计依据

《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019-2015

《35kV~110kV 变电站设计规范》GB50059-2011

《火力发电厂与变电所设计防火标准》GB50229-2019

## (4) 空调

根据相关规范及工艺要求，二次设备室内有发热量较大的电气设备，电气设备较高且基本布满整个房间。要在夏季最热月高温高湿的环境下达到工作环境的要求，避免事故，必须有良好的空气调节气流组织及温湿度监控调节。通风方式均采用自然进风，自然排风。

35kV 及 10kV 配电装置室内设有换气次数不少于 10 次/时的 ST50 系列轴流风机机械通风装置，通风方式均采用自然进风，机械排风的方式，其既作为事故排风用，也兼做平时的通风换气。

二次设备室内设置大 3P 柜式分体空调 2 台。

35kV 及 10kV 配电装置室设置 5P 柜式分体空调 3 台。

保安室、休息室设置 1.5P 挂壁式分体空调各 1 台。

蓄电池室配置 2P 挂壁式分体防爆空调 1 台。蓄电池室配置防爆风机 1 台。

35kV、10kV 配电装置室设置换气次数不小于 10 次/时的事故排风。事故排风机可兼通风机用，屋顶风机 4 台。

为保证配电装置室设备不受影响，配电装置室同时配备设备除湿机 4 台。

上述设备安装均应满足相应规程、规范的要求。

## (5) 采暖系统

由于本工程处于非采暖区，不考虑采暖设计。

## 7.3.6 消防部分

### 7.3.6.1 概述

#### (1) 执行标准

- a) 《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 版）
- b) 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005
- c) 《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229-2019
- d) 《电力设备典型消防规程》DL5027—2015
- e) 《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116-2013）

#### (2) 消防设计范围及界限

本工程消防设计包括下列内容：

- a) 总平面布置及建（构）筑物防火；
- b) 移动式灭火器配置；
- c) 火灾探测报警控制系统；
- d) 消防供电及电气设备消防措施；
- e) 通（排）风防火排烟；

#### (3) 消防设计原则

a) 本工程消防设计仅考虑站区内发生的各类火灾的防止和扑灭，立足于自救。

b) 本工程消防设计根据“预防为主，防消结合”的方针，按照有关规程、规范及规定的要求进行站区消防设计，采取相应的防火措施，设置必要的灭火系统。各专业根据工艺流程特点，在设备与器材的选择及布置上充分考虑预防措施。在建筑物的防火间距及建筑结构设计上采取有效措施，防止火灾的发生与蔓延。

c) 站区内建筑物火灾危险类别为丁类，最低耐火等级为二级，最大建筑物综合配电装置室建筑体积小于 3000 m<sup>3</sup>，站区需设置消防室外给水。

### 7.3.6.2 消防措施

#### (1) 总平面布置及建（构）筑物防火

##### 1) 站区总平面布置

各建（构）筑物之间的距离按照相关规程、规范防火间距要求进行布置。

变电站内主要道路为环形道路，主车行道宽 4.0m，满足消防车抵达任一着火建筑物的通道要求，确保火灾时消防车辆迅速抵达

##### 2) 变电站各建（构）筑物的火灾危险性分类和耐火等级

根据各建（构）筑物及各生产运行工段的火灾性质、特点和危险性进行分类，并确定各建（构）筑物的设计耐火等级、防火构造。全站建筑物火灾危险性分类、设计耐火等级见表。

建（构）筑物火灾危险性类别、设计耐火等级一览表

| 建筑物名称   | 火灾危险性类别 | 设计耐火等级 |
|---------|---------|--------|
| 综合配电装置室 | 丁       | 二级     |
| 消防泵房    | 戊       | 二级     |

##### 3) 建（构）筑物安全间距的确定原则

建（构）筑物间距，除了人员经常集中的建筑物要求有日照的间距外，主要是防火间距或工艺要求。本工程建（6 构）筑物的最小间距按《35~110kV 变电所设计技术规程》的规定进行设计。

##### 4) 安全通道和安全出入口

本工程各建筑物按照有关规程规定和消防疏散的要求，均设置有安全通道和安全出入口。

##### 5) 建筑物室内防火措施

为了保证变电站各建筑物室内的防火安全，本工程各建筑物室内装修采用防火材料进行装修，并按有关规定在建筑物室内设置移动式灭火器。

##### 2) 移动式灭火器配置

根据电气设备和建筑物的防火要求，按照《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140-2005），在全站范围内设置 ABC 磷酸铵盐干粉灭火器。主变压器

设消防砂池及消防小室 1 座。消防砂池内装 2m<sup>3</sup> 砂，主变压器设置推车式磷酸氨盐干粉灭火器 4 具，消防小室除设置干粉灭火器外，还设置装满细沙的消防铅桶、消防铲、消防斧等。

在全站范围内设置手提式干粉灭火器 28 具(5kg)、手提式干粉灭火器 6 具(4kg)。

### 7.3.6.3 建筑消防

站内体积最大一幢建筑物为综合配电装置室，建筑体积 2216.97m<sup>3</sup>，建筑体积小于 3000m<sup>3</sup>，火灾危险性为丁类，设计耐火等级为二级，按照《建筑设计防火规范》（GB50016—2019）第 11.5.1 条之规定，本工程应该设置消防给水系统。

#### (1) 室内外消防用水量与水压

室外消防用水：

a，按照《建筑设计防火规范（2018 版）》（GB50016—2014）第 11.5.3 条之规定，丁、戊类厂房室外消火栓用量为 15L/s，本工程新建综合配电室、综合工具楼都应进行室外消火栓消防保护。

b，按照《建筑设计防火规范（2018 版）》（GB50016—2014）第 11.5.6 条之规定：“变电站户外 配电装置区域（采用水喷雾的油浸式变压器、油浸电抗器消火栓除外）可不设消火栓”。

室外消火栓系统消防用水量：15L/s。

室外消火栓灭火历时按 2.0h 设计， $V_w=Q_w \cdot t_y=15 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2.0=105$  立方，故 本次设计消防最大一次用水量为 108 立方米。

本站根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）按照建筑物体积、火灾危险性确定室、内外消防用水量及最大消防用水量，具体参数见下表。

| 建筑物名称 | 建筑物体积 | 火灾危险性 | 室外消火栓 | 室内消火栓 | 火灾延续时 | 消防水池 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|

|       |                           | 级别 | 用水量 | 用水量 | 间 | 有效容积 |
|-------|---------------------------|----|-----|-----|---|------|
| 综合配电室 | $V \leq 3000 \text{ m}^3$ | 丁类 | 15  | /   | 2 | 108  |

## (2) 消防水源

宏达厂区内自来水管网或深水井水压不能满足消防用水所需，需先将自来水或井水送至消防水池，水池出水经消防给水机组升压后，供室外消防供水用。消防水源利用本工程消防水池及消防泵房。消防水池的有效容积为  $108\text{m}^3$ 。

## (3) 消防给水管网

消防给水管道在站区形成环状管网，环管管径为 DN100，保证可以从不同方向向主要建（构）筑物供水。管网上设置 SS100/65 型室外地上式消火栓，消火栓间距不大于 120m。

在室外消防给水管网上设置有隔断阀门，使每段内的消火栓不超过 5 个，阀门操作杆上有明显的阀位在全开或全关的指示标记，正常情况下 阀位在全开状态。

### 7.3.7 主变压器消防

主变压器单台容量为 40MVA，根据国标 GB 50229-2019《火力发电厂与变电所设计防火标准》及 DL5027-2015《电力设备典型消防规程》的规定，主变压器采用化学灭火器消防，拟定配置 50kg 手推车式磷酸铵盐干粉灭火器 4 台，消防铲 10 把，消防桶 10 个，放于产品消防器材放置柜内。

## 7.4 主变压器运输参数

主变采用三相三线圈有载调压铜芯自冷电力变压器，型号为 SFSZ20-40000/110，运输重量约为 60 吨（充油运输），运输尺寸约为  $5.5\text{m} \times 1.9\text{m} \times 3.4\text{m}$ （长×宽×高）。

主变运输车辆采用载重大于 100 吨的大型平板车，运输速度小于 30km/h。运输道路的坡度不大于 8%，转弯半径不小于 9 米，净空不小于 6 米。

主变装卸采用大型吊车吊装或用滚木推入、推出。

## 7.5 主变运输路线

本工程主变压器拟采用铁路与公路的运输方式，根据设备生产厂家所在地确定采取具体运输方式。可以采取高速公路（德都高速、成万高速等）运输，或以成都、德阳火车站为终点，再通过公路运输至变电站。沿途道路的扩宽及协调处理等费用均包含在大件运输费用内。

## 7.6 空路障情况

(1) 路障：全程无固定路障。

(2) 空障：分为硬空障和软性空障。

全程无硬性空障。软性空障较多，分别为跨路高压电线、光纤电缆及用户电线，大多数通行高度小于 5m，不满足主变运输通行高度的采用临时顶升或通行前升高。

## 7.7 大件设备运输所需主要机具及技术参数

大件设备公路运输超限运输的主要机具包括：主牵引车、附牵引车（以实际需要确定）、挂车、油料供应车、后勤服务车和无线电通讯设备、验电及防电击器具等。目前国内可承运本工程大件设备的车辆和运输公司较多，完全满足运输要求，具体承载车辆和牵引车组可根据所运输设备的重量、尺寸、沿线道路状况灵活选择。运输车辆技术参数见下表：

表 8.4-1 公路运输车辆主要技术参数表

| 车辆种类           | 载重(t) | 纵列、轴线数     | 车组尺寸<br>(长×宽×高) | 备注     |
|----------------|-------|------------|-----------------|--------|
| COMETTO 平板     | 480   | 2 纵列 16 轴线 | 24160×3000×5280 | 用于主变运输 |
| 尼古拉平板          | 540   | 2 纵列 18 轴线 | 28800×3630×5180 | 用于主变运输 |
| COMETTO (鹅颈牵引) | 180   | 2 纵列 6 轴线  | 9060×3000×5350  | 用于主变运输 |

## 8 对侧间隔扩建部分

### 8.1 对侧现状

云西 220kV 变电站为已有变电站，与本项目直线距离约 5.2km，现有主变容量 2×150MVA，2024 年最大负荷 244.09MW，最大负载率为 81.36%。

云西站 110kV 为双母线接线采用户外 AIS 设备，终期出线 8 回，已出线 8 回，分别为 110kV 云万一线、云万二线、云朝线、云两线、云土线、云元线、云民一线、云民二线，暂无间隔接入。

根据电网“十四五”规划项目，德阳洛水 220kV 变电站 110kV 配套工程，云民二线将改接入新建的洛水 220kV 变电站，原云民二线 186 间隔将转为备用，可作为本次项目接入点。项目目前处于可研阶段，预计投运时间为 2027 年。

## 8.2 电气一次部分

宏达 110kV 变电站通过 1 回 110kV 线路接入云西 220kV 站。

扩建相应主要一次设备如下：

断路器：LW36-126 2000A 40kA 1 台

双接地隔离开关：GW4-126DW/2000A-40kA, 户外三相, 主刀 CJ11, 地刀 CS17 1 组

单接地隔离开关：GW4-126W/2000A-40kA, 户外三相, 主刀 CJ11, 地刀 CS17 1 组

不接地隔离开关：GW4-126W/2000A-40kA, 户外三相, 主刀 CJ11, 地刀 CS17 1 组

电流互感器：LB6-110W3 2×600/5 0.2S/0.5/10P30/10P30/10P30 3 台

电容式电压互感器：TYD-110-0.01H 110/0.1kV 0.5/3P 1 台

避雷器：Y10W-102/266 带监测功能的双指针放电计数器 3 只

## 8.3 电气二次及通信设备部分

宏达 110kV 变电站通过云西 220kV 站一回 110kV 出线接入系统。

(1) 云西站现状

本期为扩建云西站预留的 110kV 出线间隔，为新建间隔，配置一套和宏达站 110kV 出线相同的光纤差动保护装置及测控装置，并且要和云西站监控系统兼容。

## (2) 结论

本期工程宏达至云西 110kV 线路保护按照光纤差动保护配置。需将宏达站新增的 1 套 110kV 线路保护装置与对侧新增的 110kV 线路光纤差动保护装置相配套。在云西站新增 2 块 622Mbit/s 光接口板。

## 8.4 土建部分

本次工程在原站内预留间隔扩建，场地满足本期改造需求，无需另外征地。

本次新增 110kV 出线间隔位于站区北侧预留区域，部分构架及基础已建成。本次只需增加间隔出线内所需相应支架及设备基础。主要包含：真空断路器基础一组，电流互感器及基础三组，隔离开关支架及基础二组，氧化锌避雷器支架及基础一组，线路 PT 支架及基础一组、110kV 出线构架及基础一组。

本次扩建项目中基础挖方量为 30m<sup>3</sup>，填方 15m<sup>3</sup>。运距考虑 5km。

## 9 对侧间隔改造施工停电方案

### 9.1 工程概况

1. **项目名称：**云西 220kV 变电站 110kV 侧 186#线路（或母联/分段/旁路/主变等）间隔设备改造工程。
2. **施工内容：**更换 110kV 186#间隔的隔离开关、电流互感器、断路器、导线及架构等（根据实际工作内容填写）。
3. **设备现状：**110kV 配电装置为户外 AIS（常规敞开式）布置，双母线接线。

4. **施工目标：**安全、高效、按期完成指定间隔设备改造，确保设备投运后安全稳定运行。

## 9.2 运行方式及停电范围分析

1. **当前运行方式：**110kV 双母线正常运行，即 I 母、II 母通过母联断路器连接，负荷平均分配在两段母线上。待改造的 186#间隔当前运行于 110kV I 母（或 II 母，根据实际情况指定）。
2. **停电范围：**
  - **核心停电设备：**110kV 186#间隔所有设备（线路侧隔离开关、母线侧隔离开关、断路器、电流互感器、引线等）。
  - **受影响设备：**施工期间，该间隔所对应的 110kV 出线线路需停电。

## 9.3 施工方案概述

本工程采用“**整间隔停电，整体改造**”的方案。

1. **第一步（停电过渡）：**将待改造间隔负荷转移或停电。通过倒母线操作，将连接在待改造间隔所在母线上的其他重要负荷转移至另一段母线。最后将待改造间隔停电、隔离，并做好安全措施。
2. **第二步（旧设备拆除）：**在确认间隔无电并布置好安全措施后，拆除旧隔离开关、断路器、CT 等设备。
3. **第三步（新设备安装）：**安装新隔离开关、断路器、CT 等设备，并进行调试。
4. **第四步（送电恢复）：**设备试验合格后，拆除安全措施，按照调度指令将新设备投入运行，恢复原方式。

## 9.4 停电计划及操作步骤

### （一） 停电前准备工作

1. **施工准备：**新设备运抵现场并验收；施工机械、工器具准备齐全；工作票办理完成。
2. **方式安排：**根据调度指令，在停电前完成负荷转移操作（如需要）。
3. **安全交底：**向全体施工人员进行技术、安全交底，明确危险点及预控措施。

### （二） 主要停电操作步骤（需根据调度指令执行）

#### 第一天：停电、安措布置、旧设备拆除

1. **申请停电：**向调度申请 110kV 186#间隔由运行转为检修状态。
  - 合上 110kV 母联断路器，确认双母线并列运行。
  - 将该间隔所在母线上的其他运行间隔倒至另一段母线运行。
  - 拉开母联断路器及两侧隔离开关，使待改造间隔所在母线为空母线状态。
1. **间隔停电操作：**
  - 拉开 186#间隔断路器。
  - 拉开 186#间隔线路侧隔离开关。
  - 拉开 186#间隔 I 母（或 II 母）母线侧隔离开关。
1. **布置安全措施：**

- 在 186#间隔断路器两侧、线路侧、母线侧隔离开关的断路器侧、线路侧等可能来电的各侧验明无电后挂设接地线。
- 悬挂“在此工作！”、“止步，高压危险！”等标示牌。
- 用专用围栏封闭施工区域，设置唯一出入口。

### **第二至二十天（预估施工天数）：设备改造施工**

1. **旧设备拆除**：使用吊车等工具，按顺序拆除旧隔离开关、断路器、CT、引线及架构。
2. **新基础处理**（如需要）：制作新设备基础。
3. **新设备安装**：吊装、就位、调整新隔离开关、断路器、CT 等设备。
4. **设备连接**：安装新导线、引线，恢复电气连接。
5. **设备调试**：进行断路器、隔离开关的分合闸试验，机械特性测试，回路电阻测试等。

### **最后一天：安措拆除、送电投运**

1. **竣工验收**：施工结束后，清理现场，由运维人员进行竣工验收，核对设备状态。
2. **拆除安全措施**：确认所有人员已撤离，无遗留物后，申请拆除所有自行布置的安全措施（接地线、标示牌等）。
3. **申请送电**：向调度申请 110kV 186#间隔由检修转为运行状态。
4. **送电操作**（根据调度指令）：
  - 合上 186#间隔 I 母（或 II 母）母线侧隔离开关。
  - 合上 186#间隔线路侧隔离开关。
  - 合上 186#间隔断路器。

1. **方式恢复：** 根据需要，恢复 110kV 系统原正常运行方式。

## 9.5 危险点分析及安全措施

### 1. 触电危险：

- **预控措施：** 严格验电，在可能来电的所有方向挂设接地线；工作区域设置封闭围栏；设专人监护；严禁超越围栏工作。

### 1. 高处坠落：

- **预控措施：** 高空作业必须系好安全带；脚手架、爬梯等必须验收合格后方可使用。

### 1. 吊装伤害：

- **预控措施：** 吊车作业必须有专人指挥，吊臂及重物下方严禁站人；吊车支撑腿必须稳固。

### 1. 误操作、误入带电间隔：

- **预控措施：** 严格执行操作票、工作票制度；核对设备双重名称；在相邻带电间隔设置红布幔等物理隔离。

### 1. 感应电伤害：

- **预控措施：** 在平行、邻近的带电线路下方工作，应加装个人保安接地线。

## 9.6 组织措施

### 1. 组织机构：

- 现场总指挥：负责总体协调。
- 工作负责人：负责施工现场全面工作，办理工作票，落实安全措施。
- 技术负责人：解决施工中的技术问题。
- 安全监督员：专职监督现场安全措施执行情况。
- 吊装指挥：负责吊装作业专项指挥。

1. 通信保障：确保现场指挥、操作人员、调度之间通信畅通（使用对讲机）。

## 9.7 应急预案

1. 人身触电：立即切断电源，对伤员进行心肺复苏，并紧急送医。
2. 吊装事故：停止所有作业，抢救伤员，保护现场。
3. 天气突变：遇有雷雨、大风等恶劣天气，立即停止高空作业，人员撤离至安全地带。
4. 工期延误：提前准备夜间照明设备，在确保安全的前提下申请加班。

## 10 送电线路工程设想

### 10.1 线路两端进出线情况

#### (1) 已建 110kV 变电站进线方案

从云西 220kV 变电站 110kV 云民二线 186#间隔架空出线。

#### (2) 拟建宏达 110kV 变电站 110kV 出线情况

线路敷设至宏达 110kV 变电站终端杆后，经电缆进入宏达 110kV 变电站。

## 10.2 线路路径

### 10.2.1 路径方案拟定原则

1. 根据电力系统规划要求，综合考虑线路长度、地形地貌、地质、水文气象、冰区、交通、林木、矿产、障碍设施、交叉跨越、施工、运行及地方政府意见等因素，进行多方案比较，使路径走向安全可靠，经济合理；

线路两端变电站进出线要考虑线路走廊统一规划；

转角尽量少，尽量避免出现大转角和较困难的交叉跨越；

尽可能避让通信线、无线电设施以及电台；

避开军事设施、场、镇、成片房屋及城镇规划区、大型工矿企业及重要通信设施，减少线路工程建设对地方经济发展的影响；

尽量避让已有的各种矿产采空区、开采区、及规划开采区及险恶地形、不良地质地段，尽量避让林木密集覆盖区；

尽可能靠近现有国道、省道、县道及乡村公路，改善线路交通条件；

充分考虑地形、地貌、避免大档距、大高差、相邻档距相差悬殊及水网、不良地质段；

减少交叉跨越已建送电线路，特别是高电压等级的送电线路，以降低施工过程中的停电损失，提高运行的安全可靠；

充分利用已建拟改线路走廊，同时充分考虑与已建送电线路的安全距离；

综合协调本线路与沿线已建、在建、拟建送电线路、公路、铁路及其它设施间的矛盾；

充分征求地方政府及有关部门对路径方案的意见和建议。

### 10.2.2 线路路径方案

方案一（推荐方案）：从云西 220kV 变电站出线后向西南走线，经麻柳坪后高跨川西旅游环线至红豆村十一组后，向西南转弯至黄家碾，在师古村

三组集中居民点西侧下穿 110kV 云民二线（本次线路升高），继续向西南走线至师古村六组集中居民点，在福寿桥西侧、人民渠北侧电缆终端下线，电缆下穿 110kV 云民二线（混凝土杆架设），绕开厂区后平行人民渠北侧走线，跨洛小路共和段后下穿马民线继续向西走线，在清泉村二十二组居民点东侧、人民渠北侧跨人民渠至人民渠南侧，向西转弯至雨林森建材公司后向西南转弯，与 10kV 马宏线平行进本期拟建宏达 110kV 变电站。线路路径长约 5.9km，曲折系数：1.2。

方案二(比较方案)：从云西 220kV 变电站出线后向南走线，在红豆村九组居民点东侧、人民渠北侧向西转弯至师古村九组集中居民点，跨向西南走线并跨越人民渠到达苏家巷，在东风村向西转弯至王家碾后向南转弯至南阳村十七组第一居民点，经谭家粉房后高跨洛小路后向西北转弯至人民渠南侧，沿人民渠南侧走线至雨林森建材公司后向西南转弯，与 10kV 马宏线平行进本期拟建宏达 110kV 变电站。线路路径长约 7.6km，曲折系数：1.49。

详见《线路路径方案图》

### 10.2.3 沿线自然条件

#### (1) 地形地貌

线路路径地段主要为平地地貌，无滑坡、泥石流等不良地质现象，边坡稳定性较好。

从整条线路区域情况来看，地形为：90%平地，丘陵 10%。

#### (2) 区域地质构造及地震烈度

根据《四川省区域地质志》，什邡市地势由北偏西向南偏东逐渐倾斜，山、丘、坝分别占总面积的 54.90%、0.85%、44.25%。市内山区、丘陵、平原兼而有之。山区约占全市总面积 60%；耕地约占总面积 30%。自朱家桥起，沿前山向西南至湔底乡西丘陵边沿，再往东南延伸，则是什邡平原，海拔全

在 700 米以下，总面积约 365 平方千米，系古湖沉积和石亭江冲积形成。丘陵则界于山区和平原之间，为湔氐镇虎头乡至师古镇慈母山一带的九里埂区域，面积约为 10 平方千米。什邡处于龙门山地槽边缘拗陷带中南段之什邡——绵竹复式褶皱带，由于远古地壳的强烈运动，给什邡留下了如二迭系石灰岩山体从数十千米以外漂来的飞来峰和深逾千米的大峡谷等地质奇观；铸成了高峻山岳和奇特的地形地貌的巧合，形成奇特壮美的天象景观，古地质作用造化了雄奇的险峰，峰林、断崖、峡谷及冰川遗貌。

地质划分：普土 20%，松砂石 60%，流砂 20%。（注：此处把岩石的强风化层归为松砂石）。

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）及《建筑抗震设计规范（2016 年版）》（GB 50011-2010），线路区域的地震动反应谱特征周期为 0.45s。设计基本地震加速度值为 0.15g，抗震设防烈度 7 度，设计地震分组第二组。

### （3）地层岩性

该线路位于平地、丘陵地区，所以其土层基本分布规律为自山顶至山凹处土层依次变厚。上层一般有厚为 0.5~0.8m 的耕植土，其下为岩石层；岩石类型主要为粉砂质泥岩，少量粉~细砂岩。

耕植土：棕褐色，成分主要为粉土和粘性土，见少量植物根茎，见少量铁锰质结核及砂岩颗粒。

粉质粘土：棕褐色，软塑，韧性中等，干强度中等，无摇晃反应，切面较光华，遇水软化，主要分布于山凹处。偶见铁锰质结核。

粉砂质泥岩：棕褐色，以粘土矿物为主，含少量石英、长石。粉砂含量较重，泥质结构，层状构造，节理裂隙较发育。分布连续稳定，其物理力学性能好，是良好的天然地基基础持力层。钻探范围内粉砂质泥岩分强风化和

中风化两个亚层。

a) 强风化粉砂质泥岩：棕色，岩芯呈碎块状，手捏即碎。分布连续，层厚约 2.0m。RQD<50。

b) 中风化粉砂质泥岩：棕色，岩芯呈短柱状或长柱状。本次勘察未揭穿。50<RQD<70。

粉砂岩：棕褐色，成分以石英为主，次为长石，少量岩屑，次棱角状，分选好，厚层状构造，岩体稳定。

a) 强风化粉砂岩：棕褐色，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状，手捏即碎。该层内夹有薄层、短柱状的中等风化砂岩。分布连续，层厚 0.50~2.10m。RQD<50。

b) 强风化粉砂岩：棕褐色，钙质胶结，层状构造，节理裂隙不发育，岩芯呈短柱状或长柱状。未揭穿。RQD≈60。

细砂岩：棕褐~灰白色，主要为岩屑砂岩，偶见石英砂岩。成分主要以石英为主，次为长石及岩屑，次棱角状，分选中等。厚层~巨厚层状构造。岩体不稳定，裂缝极多。

a) 强风化中砂岩：灰白色，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状，手捏即碎。该层内夹有薄层、短柱状的中等风化砂岩。分布连续，层厚 0.50~2.10m。RQD<50。

b) 中风化中砂岩：灰白色，钙质胶结，层状构造，节理裂隙不发育，岩芯呈短柱状或长柱状。未揭穿。RQD≈60。

#### (5) 不良地质现象

据踏勘及收资调查，线路路径区域无大规模的活动构造通过，沿线无大规模滑坡、泥石流等不良地质现象，局部地段小型崩塌、滑坡，施设塔位选址时注意避让。

#### (6) 矿区及重要设施分布

根据收资、调查访问及现场踏勘，线路已避开矿产分布区、开采区及采空区；无地震观测台站、导航台、炸药库、文物等重要设施分布；无自然保护区和特有动、植物保护区，可进行工程建设。

#### (7) 工程地质条件评价

线路路径区域内未见明显的断裂构造，沿线无大型滑坡、泥石流等不良地质现象。

根据岩性可大致将沿线岩土体分为三大类：松散岩、软质岩、较软岩：

松散岩组包括第四系冲积层的粉质粘土、砾石、碎石。粉质粘土一般厚度在 2~5m，黄、红色，稍湿，硬塑~可塑状，承载力和抗变形指标均较低，不宜作为杆塔基础持力层；砾石、碎石厚 1~10m，上部呈松散~稍密状，承载力和抗变形指标均稍低，不宜作为杆塔基础持力层；下部呈中密~密实状，具有较好的承载和抗变形能力，可作为杆塔基础持力层。

软质岩由承载和抗变形指标稍高的中~强风化暗红色泥岩、砾砂岩组成，清除表层较破碎的岩体后，杆塔基础可直接布置在基岩上。

较软岩由承载和抗变形指标较高的中~强风化石红色长石石英砂岩组成，清除表层较破碎的岩体后，杆塔基础可直接布置在基岩上。

### 10.2.4 沿线重要设施

据现场勘察以及相关部门证明，线路影响范围内无其它炸药库、油库、鞭炮厂等易燃、易爆设施，线路通道已避让沿途矿区范围。

### 10.2.5 交通条件

沿线可利用的乡村公路。全线平均汽车运距 10.0km，平均人力运距 0.3km。

### 10.2.6 交叉跨越情况

沿线房屋较多且散乱，选线时已经尽量避开房屋，以下是推荐方案的主

要交叉跨越情况：

云西 220kV 至宏达 110kV 线路交叉跨越：

| 序号 | 被跨越物              | 跨越次数  | 备注         |
|----|-------------------|-------|------------|
| 1  | 人民渠               | 1     | 重要河流       |
| 2  | 110kV 线路          | 1     | 下穿         |
| 3  | 10kV 配电线          | 8     |            |
| 4  | 重要公路              | 2     | 川西旅游环线、洛小路 |
| 5  | 380V 动力线、220V 照明线 | 12    |            |
| 6  | 通信线、视频线           | 22    |            |
| 7  | 乡村公路、机耕道、场内公路等    | 12    |            |
| 8  | 经济林木              | 500 棵 |            |

线路穿越 110kV 线路，经现场查勘，原线路被穿越档内导、地线均无接头，绝缘子串为双联或多联，本线路杆塔未立于原线路下方，满足规程、规范和反事故措施的要求。

### 10.2.7 树木砍伐

本工程沿线部分塔位及部分区域线路通道涉及树木砍伐，全线砍伐量详见交叉跨越表。

### 10.2.8 “三跨”耐张段交叉跨越及其保护

根据国家电网设备输电【2019】22 号文《架空输电线路“三跨”隐患治理工作方案》的要求，本工程跨越在建成宜高速公路时，采取如下防护措施：

- 1、采用“耐-耐”的独立耐张段型式。
- 2、耐张绝缘子采用双联双挂点设计，耐张串联接金具提高一个强度等级且加装安全备份线夹。
- 3、“三跨”区段采用预绞丝防振锤。
- 4、跨越段采用视频监控装置。

根据国家电网有限公司《十八项电网重大反事故措施》（2018 年修订版）：

- 1、本工程线路与高速公路交叉角不小于  $45^{\circ}$ ，本工程为最小为  $70^{\circ}$ 。
- 2、“三跨”应尽量避免出线大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2:1。
- 3、“三跨”线路跨越点宜避开 2 级级 3 级舞动区，无法避开时以舞动区域分布图为依据，结合附近舞动发展情况，宜适当提高防舞设防水平。
- 4、“三跨”杆塔结构重要性系数不低于 1.1，杆塔除防盗措施外，还采用全塔防松措施；当跨越重要输电通道时，跨越线路设计标准不低于被跨越线路。
- 5、“三跨”地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。
- 6、“三跨”耐张段内导地线不应有接头。

## 10.3 机电部分

### 10.3.1 执行标准

- 《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）
- 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（GB/T50064-2014）
- 《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T50065-2011）
- 《电力金具通用技术条件》（GB2314-2008）
- 《电力设施保护条例》（国务院令第 239 号）2011 年第二次修订
- 《国网四川电力污区分布图》（2020 年版）
- 《电力工程气象勘测技术规程》（DL/T 5158-2021）
- 《电力工程水文技术规程》（DL/T5084-2021）

### 10.3.2 主要设计气象、水文条件

#### 10.3.2.1 气象条件

什邡市属于亚热带湿润气候区。特点为夏雨冬阴，云雾多，日照少，年

温差不太大的暖温环境。由于纬度条件和海洋季风的影响，年平均气温在十三至十七摄氏度之间。平坝区为盆西气候带类型，其北部受山地亚热带常绿森林气候的影响，东西南三面与邻县大气互为回流。气候温和，雨量充沛，日照偏少，四季分明。春季气温回暖早，但亦常有冷空气入侵，夏无酷暑，雨量集中；秋季降温快，绵雨多，日照少，冬无严寒，雨雪较少，常有冬干春旱现象。山区属温湿森林气候带类型，既是“华西雨屏”的前沿地带，又受温湿林区小气候循环影响，表现为雨水多，湿度大。冬季长，有一百四十天温度在十摄氏度以下。夏季短，温度在二十二度以上者仅有十天左右。云雾时存，暴雨集中，坡陡山洪急，霜短降雪多。

根据在什邡市气象站所收集资料，参考附近已有线路的设计气象条件及全国典型气象区的划分，结合线路路径、高程及地形、地势进行综合分析，确定本工程气象值采用如下设计数据：

| 项目        | 数值 |
|-----------|----|
| 最高气温（℃）   | 40 |
| 最低气温（℃）   | -5 |
| 年平均气温（℃）  | 15 |
| 年平均雷电日（天） | 34 |

### 10.3.2.2 最大设计风速

沿线县志风灾记载均较少，根据沿线现场调查和风灾破坏程度定性分析，区域最大风力等级在 8~9 级左右，相当风速 17.2~24.4m/s，大风多发生在每年 1~6 月份，在山口、峡谷等微地形突出地段，风速增长快，会形成较大破坏力。

根据已建成输电线路运行状况，设计风速 25m/s，投运以来无风灾事故。本工程设计风速为设计风速 25m/s，本工程主要参照周边已建成线路走势，再通过海拔修正计算而得。

由于本工程线路较短，跨度小，而线路走线海拔较高，再加上珙县不属

于四川大风区，经以上综合考虑，并结合附近区域线路设计资料及现场调查，确定本线路 30 年一遇 10 米高 10 分钟平均最大风速采用 25m/s。

### 10.3.2.3 设计覆冰取值

什邡市属于亚热带湿润气候区。特点为夏雨冬阴，云雾多，日照少，年温差不太大的暖温环境。由于纬度条件和海洋季风的影响，年平均气温在十三至十七摄氏度之间。平坝区为盆西气候带类型，其北部受山地亚热带常绿森林气候的影响，东西南三面与邻县大气互为回流。气候温和，雨量充沛，日照偏少，四季分明。春季气温回暖早，但亦常有冷空气入侵，夏无酷暑，雨量集中；秋季降温快，绵雨多，日照少，冬无严寒，雨雪较少，常有冬干春旱现象。山区属温湿森林气候带类型，既是“华西雨屏”的前沿地带，又受温湿林区小气候循环影响，表现为雨水多，湿度大。冬季长，有一百四十天温度在十摄氏度以下。夏季短，温度在二十二度以上者仅有十天左右。云雾时存，暴雨集中，坡陡山洪急，霜短降雪多。

为确保设计数据可靠，本工程覆冰厚度取值主要依据以下两方面：

1、沿线电力系统相关单位气象资料的收集，主要收资单位有：什邡市电力公司、水利局、气象局、电信局及有关设计院等，并对沿线公路维护道班及居民进行了广泛的实地调查。经调查判断沿线覆冰类型有雨淞、雾淞、霜等。通过对线路通道附近区域线路树木覆冰调查获知，每年冬季，沿线树木上极少有覆冰现象发生（海拔在 700m 以上冬季易覆冰），沿线覆冰期风速受微地形影响突出地带与一般地形处的覆冰差异不大。

#### 2、区域内已建线路设计资料

宏达股份附近已建成及什邡市周边线路，投运多年以来无冰灾事故，对本工程有重要参考意义。

根据以上覆冰分析，确定本工程设计覆冰厚度为 5mm。

### 10.3.2.4 设计气象条件

根据所收集资料及分析，结合已建线路的设计气象条件及运行经验，确定本工程使用如下气象条件组合：

| 气象条件    | 气温(°C)     | 风速(m/s) | 冰厚(mm) |
|---------|------------|---------|--------|
| 最高气温    | 40         | 0       | 0      |
| 最低气温    | -5         | 0       | 0      |
| 年平均气温   | 15         | 0       | 0      |
| 最大风速    | 10         | 25      | 0      |
| 设计覆冰    | -5         | 10      | 10     |
| 操作过电压   | 15         | 15      | 0      |
| 大气过电压   | 15         | 10      | 0      |
| 安装情况    | 0          | 10      | 0      |
| 覆冰比重    | 0.9 克/立方厘米 |         |        |
| 年平均雷电日数 | 34         |         |        |

注：1、风压系数 1 / 16；地线较导线增加 5mm 覆冰校核地线支架机械强度。

### 10.3.3 导线和地线

#### 10.3.3.1 导线选型原则

为保证本工程导线选择的先进性及经济、合理性，导线选择遵照 2018 年 5 月 1 日颁布的 GB/T 1179-2017《圆线同心绞架空导线》。

#### 10.3.3.2 导、地线机械强度

根据设计规范规定，导、地线(含 OPGW)弧垂最低点设计安全系数不应小于 2.5，在悬挂点的设计安全系数不应小于 2.25，地线安全系数大于导线安全系数；导、地线在稀有风速或稀有覆冰气象条件时，弧垂最低点最大张力不应超过其拉断力的 70%，悬挂点最大张力不应超过其拉断力的 77%。

在高压输电线路中，导线在工程投资中所占的比例较大，因而合理地选择导线型号对降低工程投资及安全运行意义重大。

#### 10.3.3.3 导线型号选择

根据系统论证，110 千伏线路采用 JL/G1A-240 型钢芯铝绞线。结合本工

程海拔、冰区划分、大气腐蚀、电晕、无线电干扰、可听噪音、档距等因素。本工程导线选择 JL/G1A-240/30 型钢芯铝绞线，其机械、电气特性见下表：

| 导线型号     |      |       | JL/G1A-240/30     | JL/G1A-240/55         |                       |
|----------|------|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| 结构       | 铝单线  | 股数/直径 | 根/mm              | 24/3.6                | 30/3.2                |
|          | 镀锌钢线 | 股数/直径 | 根/mm              | 7/2.4                 | 7/3.2                 |
| 计算截面     |      | 铝     | mm <sup>2</sup>   | 244                   | 298                   |
|          |      | 钢     | mm <sup>2</sup>   | 31.7                  | 56.3                  |
|          |      | 合计    | mm <sup>2</sup>   | 276                   | 298                   |
| 计算外径     |      |       | mm                | 21.6                  | 22.4                  |
| 单位长度质量   |      |       | kg/km             | 921.5                 | 1106.6                |
| 额定抗拉强度   |      |       | N                 | 75190                 | 101700                |
| 20℃时直流电阻 |      |       | Ω/km              | 0.1181                | 0.1198                |
| 弹性模量     |      |       | N/mm <sup>2</sup> | 63000                 | 65000                 |
| 线膨胀系数    |      |       | 1/℃               | 18.9×10 <sup>-6</sup> | 18.5×10 <sup>-6</sup> |

#### 10.3.3.4 电晕特性

高压输电线路的导线表面电场强度较大，特别是在高海拔地区因空气密度小，导线在较低的电场强度下周围空气即开始游离而产生电晕放电，因此电晕问题比较突出。

电晕所消耗能量为送电线路电能损失的一部分，且电晕对无线电和利用导线的载波通信信号有干扰影响，在线路附近产生电晕可听噪音，产生电化学腐蚀等，严重情况下还可能出现电晕舞动。电晕效应不仅影响建成线路的运行经济指标，还可能危及线路的正常运行。

按现行设计思路，导线的最小直径取决于以下两个条件：

- a. 导线表面电场强度E不宜大于全面电晕电场强度E0的80%~85%；
- b. 年平均电晕损失不宜大于线路电阻有功的20%。

通过计算，导线JL/G1A-240/30满足电晕要求。

#### 10.3.3.5 地线型号选择

按照《110 千伏~750 千伏架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）

规程的规定，本工程全线架设地线。

根据系统通信设计，为满足通信、调度、保护的要求，新建线路需同步架设 2 根 48 芯的 OPGW 光缆复合架空地线用作系统通信，并兼做地线用。

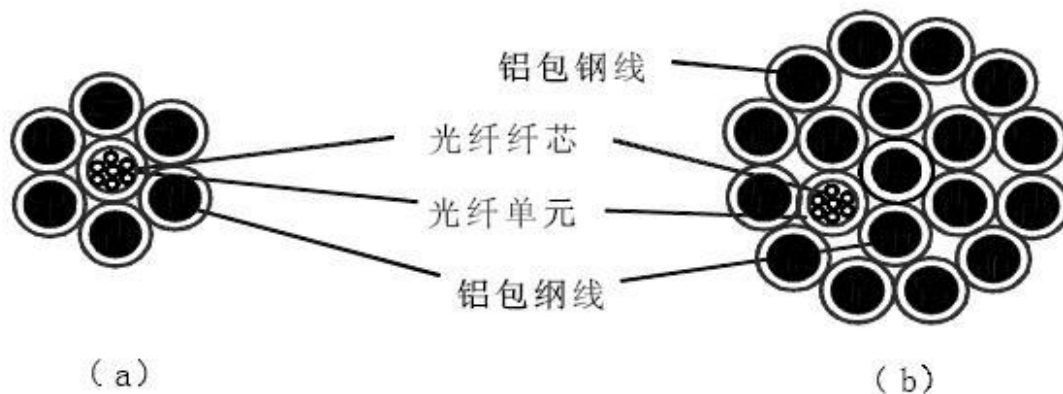
### 10.3.3.5.1 OPGW 选型

#### 10.3.3.5.1.1 OPGW 选型原则

根据系统通信要求，需随本工程线路架设一根 OPGW 复合光缆用于系统通信。

OPGW 应具备架空地线和光纤通信两个功能，其设计应在满足送电线路相关设计规程对一般地线的机械、电气性能要求外，还应满足系统通信要求和系统短路电流的要求。

OPGW 结构形式主要为中心束管式和层绞式两种，其结构见下：



OPGW 结构型式图

其中图 (a) 为中心束管式，图 (b) 为层绞式。中心束管式具有直径小，结构简单，但短路容量较小，因无中心加强芯，结构稳定性及抗侧压能力较差，适用于丘陵、平原等地形条件较好，且短路容量要求不高的场合。层绞式因有中心加强芯，结构稳定，抗侧压能力强，因截面一般较大可大大提高其短路容量，故适用范围较广，其直径一般较大。

本工程 OPGW 光缆线路大部分处于山地，有较大档距、高差出现，运行条件差，故设计推荐结构稳定、抗侧压能力强以及短路容量较高的全铝包钢层绞式结构 OPGW。

本工程处于多雷区，OPGW 外层单丝直径应大于 3.0mm，以保证耐雷电流水平。

#### 10.3.3.5.1.2 短路电流取值

根据 GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》，OPGW 必须有足够的载流容量，即当线路上任一点发生接地短路故障时，流过 OPGW 的最大短路电流必须小于其允许短路电流，OPGW 方可视作满足热稳定的要求。

#### 10.3.3.5.1.3 OPGW 短路电流容量要求

电力线路发生接地短路时，通过 OPGW 的地线返回电流将使其发热，如 OPGW 的温升超过允许值，则可能损坏光纤或增大光纤传输衰耗。一般地，OPGW 选型均为按照生产厂家提供的允许短路容量 ( $kA^2 \cdot t$ ) 来校验热稳定。

( $kA^2 \cdot t$ ) 意为线路发生短路故障时，通过 OPGW 的最大短路电流平方与短路等效时间的乘积。

#### 10.3.3.5.1.4 短路等效时间的确定

参照“电力系统光纤通信工程设计技术规定”规定，OPGW 热稳定校验用短路电流等效时间应计及自动重合闸动作的整个主保护动作时间，即：（继电保护动作时间 + 开关动作时间 + 短路电流非周期分量时间） $\times 2$ 。

本工程 OPGW 校验用短路等效时间取 0.5s。

#### 10.3.3.5.1.5 地线与 OPGW 短路容量

选择直径、截面尽可能小的地线，可明显降低杆塔地线支架荷载，但其热容量也相对较小。

根据设计对 OPGW 的强度要求及短路容量限制，结合地线选型原则，初步选择型号为 OPGW-48B1-90 复合地线。

OPGW 光缆及分流地线允许短路电流如下（短路电流等效时间 0.5s）

| 地线型号         | 短路电流热容量 (kA <sup>2</sup> ·s) | 允许短路电流 (kA) | 冰区 (mm) |
|--------------|------------------------------|-------------|---------|
| OPGW-48B1-90 | 40                           | 12.65kA     | 5       |

#### 10.3.3.5.1.6 短路电流分配计算

在线路出现短路时，地线返回总电流在 OPGW 及分流地线的分布，取决于 OPGW 和分流地线的电气参数。即短路电流在两根地线间的分配与地线各自的自阻抗及互阻抗有关。

本工程 2 根地线为 OPGW，为保证 OPGW 的安全运行，OPGW 要有足够的耐受短路电流的能力。

OPGW 与分流地线的阻抗如下表：

| 地线型号         | OPGW-48B1-90  |
|--------------|---------------|
| 地线参数         |               |
| 地线自阻抗 (Ω/km) | 1.016+j0.8194 |

#### 10.3.3.5.1.7 OPGW 技术参数

由于各厂家 OPGW 结构及参数有一定差异，结合本工程的使用条件及近期其他类似工程的 OPGW 招标结果，确定选用的 OPGW-48B1-90 参数如下表：

| 项目                       |        | 单位                    | 保证值              |
|--------------------------|--------|-----------------------|------------------|
| 光纤                       | 类型     | --                    | G. 652           |
|                          | 数量     | 芯                     | 48B1             |
| 截面积                      | 承载截面积: | mm <sup>2</sup>       | 90               |
|                          | AS 面积  | mm <sup>2</sup>       | 90               |
|                          | AA 面积  | mm <sup>2</sup>       | 0.0              |
|                          | 总截面积:  | mm <sup>2</sup>       | 86.36            |
| 外层绞向                     |        | --                    | 右向               |
| 外径                       |        | mm                    | 12.5             |
| 单位重量                     |        | kg/km                 | 485              |
| 额定拉断力 (RTS)              |        | kN                    | 105              |
| 20℃ 直流电阻                 |        | Ω/km                  | 1.016            |
| 短路电流容量 (40℃~200℃, 0.25s) |        | kA <sup>2</sup> ·s    | 40               |
| 短路电流                     |        | KA                    | 12.65            |
| 拉力重量比                    |        | km                    | 19               |
| 弹性模量                     |        | kN/mm <sup>2</sup>    | 163.2            |
| 线膨胀系数                    |        | 1×10 <sup>-6</sup> /℃ | 12.6             |
| 最大允许工作张力 (MAT)           |        | kN                    | 30               |
| 年平均运行张力 (EDS)            |        | kN                    | 18.75            |
| 允许最小弯曲半径                 |        | mm                    | 施工:250<br>运行:188 |
| 储运温度                     |        | ℃                     | -40~+70          |
| 最大交货盘长                   |        | m                     | 6000             |

此表中 OPGW 光缆参数仅供参考，最终结构和物理参数，待订货确定。

### 10.3.3.6 导、地线设计张力及保护

#### 1. 导、地线设计张力

按《110~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010) 规定，结合沿线地形情况，以及导、地线的配合情况，确定本工程导、地线设计安全系数及使用条件如下：

| 电线型号          | 安全系数 | 最大使用张力(N) | 年平均运行张力(N) |
|---------------|------|-----------|------------|
| JL/G1A-240/30 | 2.5  | 20076     | 18798      |
| OPGW-48B1-90  | 3.5  | 30000     | 18750      |

### 导、地线防振

危害电线正常运行的振动方式主要为微风振动及舞动。

高压输电线路广泛采用的防振措施为使用防振锤、阻尼线和预绞丝护线条防振。防振锤因单位重量较大对低频率振动有较大的阻尼作用，为架空线路的主要防振措施，但其单位荷重一般远大于电线，在电线大幅度跳跃或舞动时由于较大的惯性容易对其本身及电线造成损伤；阻尼线可利用其材料自阻尼性能消耗振动能量，故对抑制高频率振动效果较好；预绞丝护线条能增强导线的刚度，减小线夹出口导线的弯曲应力。

本工程导、地线年平均运行张力较大（均为计算拉断力的 25%），依据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规范第 5.0.13 条规定，结合本工程实际情况及其他设计院的设计经验，同时结合“两型三新”，设计推荐导地线采用节能型防振锤作为防振措施，对于重要交叉跨越的直线塔采用防振锤与预绞丝护线条联合进行保护，OPGW 光缆采用配套专用防震金具防震。

## 10.3.4 绝缘配合

### 10.3.4.1 污秽等级的确定

本工程所经地区为什邡市，日照较长，气候温和，雨量充沛，但降雨主要集中在夏、秋季。冬季降雨很少，但空气潮湿多雾，每次雾持续时间长且含水量较大，有发生污闪的气候条件。线路沿线海拔为 550~590m，主要的污染源为公路扬尘及较大区域内厂矿废气、粉尘。

线路路径所经地段属什邡市境内，人口众多，经济发展以农业为主，另有少部分工矿企业，其污染源主要为公路扬尘、汽车尾气、农业生产和居民

生活产生及少部分工矿企业产生的废气。

根据四川省电力公司 2020 年出版的《国网四川省电力污区分布图》，确定线路所经地段空气污秽等级为 d，并考虑以后工矿业发展的因素，本工程全线按 III 级进行绝缘配置设计。

#### 10.3.4.2 绝缘子型式和片数选择

##### 1. 绝缘子材质的选择

目前，常用的绝缘子按材质区分有瓷、玻璃和合成材料三类。

瓷质绝缘子具有很长时间的生产和运行经验，运行情况良好，但出现问题，运行单位不容易发现，需做零值检查，运行维护不便。

玻璃绝缘子具有零值自爆，减少维护检测工作量，抗污能力强，耐污闪电压高，机电性能稳定等优点。运行单位容易发现和更换，可避免断串掉导线的危险，提高了运行安全，而且本身材质均匀，表面光滑，不易积污，因而近年发展较快，使用较多。

合成绝缘子具有强度高、重量轻、耐污性能好、不易损坏、安装简便、运行维护工作量少等优点，但耐雷水平相对较差，寿命一般约为 20 年，运行中有断串发生，耐张串一般不推荐使用。

本工程线路位于山地及高山大岭，为便于运行维护，经综合比较，本工程推荐选用玻璃绝缘子（进出线构架侧采用瓷质）。

##### 2. 绝缘子型式的选择

根据导线荷载计算情况，导线耐张采用 70kN 级绝缘子，耐张塔跳线串及悬垂串采用 70kN 级绝缘子，单联成串（大档距、大高差、重要交叉跨越段悬垂双联成串），主要尺寸及特性如下表：

| 绝缘子型号             | 主要尺寸 |      |      |      | 机电特性    |        |          | 额定机械破坏负荷 | 重量  |
|-------------------|------|------|------|------|---------|--------|----------|----------|-----|
|                   | 高度   | 盘径   | 爬距   | 连接标记 | 工频湿耐受电压 | 工频击穿电压 | 雷电冲击耐受电压 |          |     |
|                   | (mm) | (mm) | (mm) |      | (千伏)    | (千伏)   | (千伏)     |          |     |
| U70BP/146D<br>瓷质  | 146  | 280  | 450  | 16R  | 42      | 110    | 120      | 70       | 5.8 |
| U70BP/146-1<br>玻璃 | 146  | 280  | 450  | 16   | 50      | 130    | 125      | 70       | 5.8 |

两端进出线档地线耐张串采用 70 kN 级带放电间隙的无裙瓷质绝缘子，单联成串，主要尺寸及特性如下表：

| 绝缘子型号     | 主要尺寸 |      |      | 机电特性   |               |                 | 机械破坏负荷 | 重量  |
|-----------|------|------|------|--------|---------------|-----------------|--------|-----|
|           | 高度   | 盘径   | 爬距   | 工频击穿电压 | 20mm 间隙工频放电电压 | 耐电弧能力           |        |     |
|           | (mm) | (mm) | (mm) | (千伏)   | (千伏)          |                 |        |     |
| U70CN/200 | 210  | 200  | 220  | 130    | 8~30          | 10kA, 0.2s, 2 次 | 70     | 4.5 |

### 3. 绝缘子片数选择

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）的 7.0.2 规定，在海拔 1000m 以下地区，操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的绝缘子最少片数，应符合表 7.0.2 的规定，在海拔 1000m 以下地区，110kV 悬垂绝缘子串最少绝缘子片数为 7 片。

本工程线路所经崎带海拔高程 550~590m，按照规程规定，经计算，本工程悬垂串采用 8 片绝缘子，耐张串增加 1 片为 9 片，按额定电压计算，8 片绝缘子串的最大泄漏比距为 3.27cm/kV，9 片绝缘子串的最大泄漏比距为 3.68cm/kV，均满足 III 级污区爬电比距要求的 30mm/kV（按相电压计算）。

#### 10.3.4.3 空气间隙值

本工程线路所经地段海拔高程均在 550~590m，不需要增加空气间隙。根

据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）的要求，经计算，本工程所取空气间隙值如下表：

| 工况      | 雷电过电压 | 操作电压 | 工频电压 |
|---------|-------|------|------|
| 空气间隙(m) | 1.0   | 0.75 | 0.25 |

注：带电作业还应考虑人体活动范围 0.5m。

### 10.3.5 防雷保护与接地

#### 1. 防雷保护

本线路年平均雷电日为 34 天，属多雷区，根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，110kV 输电线路宜沿全线架设地线。

本工程所选用的杆塔，地线对边导线的保护角同塔双回不大于  $10^\circ$ 、单回不大于  $15^\circ$ ，杆塔的两根地线之间距离不超过地线与导线垂直距离的 5 倍；在气温  $15^\circ\text{C}$ ，无风无冰的条件下，档距中央导线与地线的间距  $S \geq 0.012L + 1\text{m}$  的，满足规范的要求。

#### 2. 接地

本工程线路路径地段主要为平地、丘陵地貌，坡度较缓，无滑坡、泥石流等不良地质现象，边坡稳定性较好。但由于沿线出露的岩石大多为泥、砂岩，且主要以泥质岩为主，属软质岩。全线杆塔逐基接地，接地装置按土壤电阻率分别采用环形和环形加风车式放射形浅埋水平布置接地方式与干他基础自然接地相结合的方式，接地体采用  $\Phi 10$  圆钢，引下线采用  $\Phi 12$  圆钢，引下线与铁塔采用  $-35 \times 5 \times 130$  扁钢用双颗螺栓进行连接，接地引下线逐腿引下。各种土壤电阻下所要求的接地电阻满足规范规定，对于土壤电阻率小于  $500 \Omega \cdot \text{m}$  情况，接地电阻值不大于  $15 \Omega$ 。对于部分风化岩石地带接地电阻可以限制在  $30 \Omega$  以下，根据实际土壤电阻率情况部分采用接地模块或杆塔专用接地装置，保证电气连接可靠，考虑到对耕地的影响，尽量避免使用降阻剂。

有地线架空送电线路杆塔的工频接地电阻

|                            |            |         |          |           |         |
|----------------------------|------------|---------|----------|-----------|---------|
| 土壤电阻率 ( $\Omega \cdot m$ ) | $\leq 100$ | 100~500 | 500~1000 | 1000~2000 | 2000 以上 |
| 工频接地电阻 ( $\Omega$ )        | 10         | 15      | 20       | 25        | 30      |

注：如土壤电阻率超过  $2000 \Omega \cdot m$ ，接地电阻很难降低到  $30 \Omega$  时，可采用 6~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体或连续伸长接地体，其接地电阻可不受限制。变电站两端进出线 2km 内杆塔接地电阻不得大于  $10 \Omega$ 。

### 10.3.6 绝缘子串及金具

#### 1、绝缘子串型式

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，设计实际安全系数为：运行情况  $\geq 2.5$ ，断线、断联情况  $\geq 1.5$ 。

根据本工程地形情况、选用杆塔型式以及荷载情况，选用如下型式的绝缘子金具串：

| 序号 | 金具绝缘子串型式                    | 用途      | 单位 |
|----|-----------------------------|---------|----|
| 1  | 1DX11 单导线 70kN 单联单挂点悬垂串     | 直线杆塔    | 串  |
| 2  | 1DX13 单导线 120kN 双联单挂点双线夹悬垂串 | 直线杆塔    | 串  |
| 3  | 1DNT02 小孤立档用单导线单联耐张绝缘子串     | 耐张杆塔    | 串  |
| 4  | 1DNT03 单导线双联单挂点耐张绝缘子串       | 耐张杆塔    | 串  |
| 5  | 1TX01 单导线 70kN 单联直跳跳线串      | 耐张杆塔跳线  | 串  |
| 6  | 1TX03 单导线 70kN 单联绕跳跳线串      | 耐张杆塔绕跳线 | 串  |
| 7  | 1BX11 地线单联悬垂金具串             | 地线悬垂串   | 串  |
| 8  | 1BN09 70kN 地线单联耐张金具串        | 地线耐张串   | 串  |
| 9  | 1BN14 门型构架 70kN 地线绝缘子单联耐张串  | 门架地线耐张串 | 串  |
| 10 | 1DNT02 小孤立档用单导线单联耐张绝缘子串     | 耐张杆塔    | 串  |

#### 1、金具

金具在工程中所占投资比例很小，但其对线路的安全运行却起着不可忽视的重要作用，本工程主要采用[85]国标 2001 年 6 月第三版定型电力金具。

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，设计实际安全系数为：运行情况  $\geq 2.5$ ，断线、断联情况  $\geq 1.5$ ，本工程选用的金具均满足规程的规定。

导线耐张线夹、导地线接续均采用液压型。

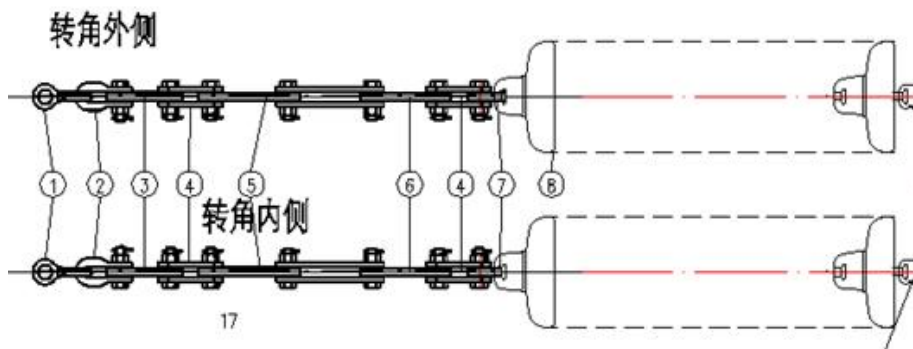
本线路所采选用的悬垂线夹、耐张线夹、接续金具及防振锤的规格型号详见下表

主要金具规格型号表

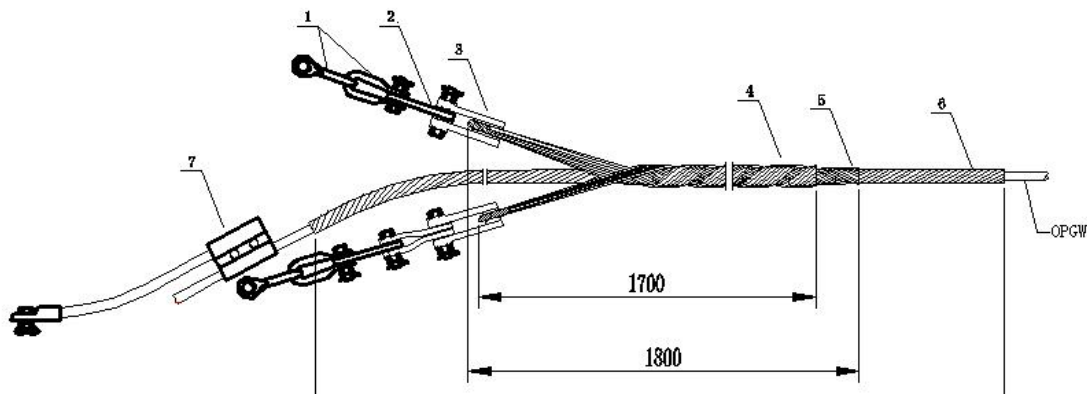
| 金具名称 | 悬垂线夹      | 跳线线夹    | 耐张线夹        | 接续金具        | 防振锤      |
|------|-----------|---------|-------------|-------------|----------|
| 导线   | XG-6034   | XT-4028 | NY-300/40   | NY-300/40   | FRYJ-3/5 |
| 地线   | XGZ-4014M | 无       | NY-100BG-20 | JY-100BG-20 | FRYJ-2/G |

### 10.3.7 “三跨”区段金具使用情况

本工程钻越±800kV 线路 1 次，导线、地线金具串均采用双挂点，导线附加安全备份线夹和附引流线，光缆附加安全备份线夹。



三跨导线耐张串挂点及安全备份线夹设计示意图



三跨 OPGW 光缆耐张串挂点及安全备份线夹设计示意图

### 10.3.8 导线换位及换相

本工程线路路径总长约 6.45km。按设计规程要求，导线不需要换位。线

路相序可在两端双回终端塔处调整，具体相序待下一设计阶段确定。

## 10.4 杆塔规划

### 10.4.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010

### 10.4.2 杆塔规划

本工程路径所经区域，海拔高程在 550~590m，相对高差为：0~100m。对于单回输电线路而言，国内外广泛使用的自立型直线铁塔有“Ⅰ”型绝缘子串直线塔和“V”型绝缘子串直线塔两种，“V”型绝缘子串直线塔，起到了减小走廊宽度的作用，有效解决因村庄密集区走廊狭窄使线路难于穿越的难题，但绝缘子串数量较“Ⅰ”型增加。本工程规划所用的铁塔为国网典 1A3、2A2 系列，单回路铁塔采用全方面高低腿设计；双回路铁塔采用全方面高低腿设计，转角塔度数按 0°~20°、20°~40°、40°~60°、60°~90° 分级，铁塔与基础连接采用螺栓连接。

自立式铁塔均为角钢铁塔，螺栓连接。各型铁塔的外形尺寸及材料耗量电气计算

#### 1. 塔头电气距离

本工程所选用的杆塔，经对其工频电压、操作过电压、雷电过电压各种工况进行电气间隙圆校核，其空气间隙均满足规范要求。

#### 2. 线间距离

本工程各种档距情况，选用的对应塔型，经验算线间距离满足要求。

## 10.5 杆塔结构

### 10.5.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）

《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》（DL/T5154-2012）

《架空输电线路基础设计规程》（DL/T5219-2023）

《电力设施抗震设计规范》（GB50260-2013）

### 10.5.2 杆塔的荷载取值

根据《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010 规定，10mm 及以下冰区导、地线断线张力（或分裂导线纵向不平衡张力）的取值应符合下表规定的导、地线最大使用张力的百分数，垂直荷载取 100%设计覆冰荷载。

10mm 及以下冰区导、地线断线张力（或分裂导线纵向不平衡张力）（%）

| 地形 | 地线  | 悬垂塔导线 |       |         | 耐张塔导线 |          |
|----|-----|-------|-------|---------|-------|----------|
|    |     | 单导线   | 双分裂导线 | 双分裂以上导线 | 单导线   | 双分裂及以上导线 |
| 平丘 | 100 | 50    | 25    | 20      | 100   | 70       |
| 山地 | 100 | 50    | 30    | 25      | 100   | 70       |

### 10.5.3 杆塔荷载组合

按规范规定，选用的各类杆塔应按安装情况下的荷载，并按 5m/s 风速、无冰、相应气温的气象条件下的下列荷载组合进行杆塔结构校核：

#### 1. 直线塔安装荷载

安装（含检修情况）导、地线的荷载：取 2.0 倍导、地线、绝缘子、金具的重量和安装工人及工具的附加荷载，并乘以 1.1 的动力系数，附加荷重导线取 1.5 kN，地线取 1.0 kN。

锚线对地夹角不大于 20°，锚线相张力考虑动力系数 1.1。

#### 2. 转角塔安装荷载

按锚线塔、紧线塔或二者兼之，同时计入临时拉线的作用。临时拉线平衡导、地线纵向线条力 30%，临时拉线对地夹角不大于 45°。紧线牵引绳对地夹角不大于 20°，其方向与导地线方向一致。

#### 3. 附加荷载

附加荷载导线取 2.0 kN，地线取 1.5 kN。

#### 10.5.4 杆塔结构计算

铁塔内力计算程序采用北京道享兴业科技发展有限公司编写的《自立式铁塔多塔高、多腿满应力分析软件(2.0)版》。

本工程选用的铁塔按以上荷载组合进行校核均满足规范要求。

#### 10.5.5 杆塔材料

铁塔用钢材一般为 Q235、Q345 钢，其质量标准应分别符合《碳素结构钢》(GB700)、《低合金结构钢》(GB1591)、《钢结构设计规范》(GBJ17)的要求。

连接螺栓采用 4.8 级、6.8 级普通粗制螺栓，其质量标准应符合《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》(GB3098.1)和《紧固件机械性能螺母》(GB3098.2)的要求。

所有铁塔构件、螺栓(含防盗螺栓)均热浸镀锌防腐。

#### 10.5.6 杆塔防盗

根据国网公司反事故措施规定，铁塔基础立柱顶面起 8m 范围内的自立式铁塔螺栓采用防盗螺栓，且带双帽，安装后露扣长度须满足规程要求，其防盗帽应具有自锁性能。若防盗螺栓用作铁塔紧固件者，其有关指标必须满足国家紧固件标准；其它铁塔单螺帽螺栓均采用螺栓防松措施。

#### 10.5.7 登塔设施

所有铁塔自塔腿基础顶面以上 1500mm 左右始，至塔顶以下 500 mm 处止，自下而上，每隔 400~450 mm 设一脚钉，便于维护人员登塔检修，并依据国网要求设置防坠落装置。

### 10.6 基础规划

#### 10.6.1 执行标准

《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)。

《混凝土结构设计规范》（GB50010—2010）

《架空输电线路基础设计规程》（DL/T5219-2023）

《电力设施抗震设计规范》（GB 50260—2013）。

### 10.6.2 工程特点和水文、地质情况

什邡市主要河流有“一江四河”（石亭江、鸭子河、小石河、马牧河、斑鸠河）纵横全境。石亭江在市境内有 87 千米，高景关以上称洛水，以下称石亭江，长 29.5 千米。河的源头为九顶山东侧的二道金河（洛水）和头道金河（章水），江水流至金堂赵镇入沱江，再由泸州汇入长江。鸭子河在市境内 23.5 千米，源于什邡、彭州交界山区。从彭州流入什邡再至广汉。小石河、马牧河、斑鸠河都在市境内汇入鸭子河。什邡的渠系为人工渠，现有大寨渠、红岩渠、人民渠均为都江堰配套渠系。什邡市的湖泊均为人工湖，现有的人工湖主要有白虎头水库（100 余亩）、公募冶水库（33 亩），扩建或拟建的湖泊有洛水的李冰湖及八角的青龙湖、银杏湖，隐峰的洞仙湖等。岩石一般较完整，松散堆积层状态也较好，地基土条件较好

地质划分：普土 20%，松砂石 60%，流砂 20%

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）及《建筑抗震设计规范（2016 年版）》（GB 50011-2010），线路区域的地震动反应谱特征周期为 0.45s。设计基本地震加速度值为 0.15g，抗震设防烈度 7 度，设计地震分组第二组。

### 10.6.3 基础选型

基础工程是输电线路工程体系的重要组成部分，它的造价、工期和劳动消耗量在整个线路工程中占很大比重。因此，针对不同的基础负荷、地质及地形条件，因地制宜、经济合理地选择基础型式，不仅可降低工程成本，而且可确保线路的安全运行，同时可最大限度的保护好自然环境，以实现安全、环保、经济、合理的目的，有效降低工程造价。

要实现上述目的，基础设计需要从以下方面综合考虑：

- ①塔位的地形、地貌及植被覆盖情况
- ②塔位的地质情况以及地下水位情况
- ③塔型及外负荷大小
- ④塔位周边的设施情况
- ⑤塔位的运输情况
- ⑥材料的采集情况（如砂、石、水等）
- ⑦施工的难易程度及安全性
- ⑧铁塔与基础的连接方式

不同的基础型式具有不同的特点，承载能力、材料耗量、土石方量以及对环境的影响等各不相同；对输电线路而言，各个塔位的微地形相当复杂，这需要设计根据塔位不同的地质、地形及周边环境来选择适宜的基础型式，充分利用每个基础的优点，达到安全、经济、环保的目的。

根据本工程的杆塔型式、工程地质情况，以及地下水对混凝土微腐蚀性等因素，拟采用现浇钢筋混凝土板式直柱基础、掏挖基础、人工挖孔桩基础，这些基础是国内 110 千伏送电线路工程普遍采用的基础型式。

#### 1、掏挖基础

该基础型式土石方量最小，对地形和植被的破坏也最小，能充分利用原状土的特性，提高基础抗拔承载力，减小基础的侧向变形；同时浇制混凝土时不需要支模，可缩短施工周期，降低施工费用。在山区使用掏挖基础，可

大大减少对环境的破坏，结合铁塔长短腿的使用，基本能实现基面零开方，再加上基坑土方量少，施工时对弃土的处理难度大大降低。

## 2、板式立柱基础

板式立柱基础，地基应力分布较均匀，受力合理，技术经济指标较好。

为减少基础开挖量，降低环境影响，凡能开挖成型的情况下，尽可能采用“坑壁成型”方式进行开挖；同时结合高低柱基础，可大大降低施工对环境的影响。

本工程在地形地质不适宜掏挖且具备大开挖条件的塔基及浅丘地形相对平缓，在平地及塔位坡度在  $10^\circ$  以内的塔位可适当少量采用板式立柱基础，能有效的提高经济效益。

## 3、人工挖孔桩基础

山区塔位地形复杂、场地狭窄、高差较大，当基础外露较高。基础外负荷较大时，推荐采用该基础型式，对负荷较大的耐张塔根据地形地质情况可采用双桩承台人工挖孔桩。该基础施工开挖量较少，施工对环境的破坏小，能有效保护塔基周围的自然地貌，并有效解决在高陡边坡立塔的难题。

相对于掏挖基础而言，人工挖孔桩属弹性长桩，埋入土中长度相对较长，计算其上拔、下压承载力时，考虑了土与基础间的侧阻力。在水平力作用下，人工挖孔桩基础充分考虑了地基系数的影响，同时也考虑了深基础与地基的嵌固状态。在基础作用力较大的情况下，掏挖基础需设计更大的直径和扩底宽度才能满足下压稳定要求。而挖孔桩基础埋深相对较大，计算理论中充分考虑了基础与地基土的侧阻力，相对掏挖基础来说，其下压稳定容易满足要求。本工程多位于山地丘陵，塔基高差大，考虑到掏挖基础可设计较大基础露头，更能适应通过基础露头大小适应塔基地形高低变化，故本工程以扩头的掏挖基础为主推基础。

上述基础具有一定的设计、施工和运行经验，在以往的线路工程中普遍使用过，这些基础型式能满足本工程的要求。

#### 10.6.4 结构计算

根据《自立式铁塔多塔高、多腿满应力分析软件(2.0)版》计算得出的每基塔基础作用力，按照最不利情况下的上拔下压荷载，选择杆塔基础。

经计算，选用的杆塔基础满足规范要求。

#### 10.6.5 基础材料

1. 基础用钢材一般为 I 级钢筋和 II 级钢筋，其质量标准应分别符合《碳素结构钢》（GB/T700-2006）、《低合金高强度结构钢》（GB/T1591-2018）的要求。

基础用混凝土其质量标准应符合《混凝土结构设计标准（2024 年版）》（GB50010-2010）的要求。采用强度等级如下：

基础保护帽：C20 级。

基础垫层： C20 级。

现浇基础：C25 级。

#### 10.6.6 其它

根据《电力设施抗震设计规范》，对于 VI 度区域基础设计不考虑地震作用。

直线塔基础立柱一般露出地面：旱地 0.2~1.0m。转角塔基础立柱一般露出地面：0.2~1.0m。并采用高低腿与高低基础配合以减少降基面的土石方开挖，保护边坡稳定，本工程全线降方 50 m<sup>3</sup>。

边坡稳定或基础上拔稳定需要保坎时，采用重力式浆砌块石保坎，浆砌片石堡坎，本工程全线堡坎 0m<sup>3</sup>。

#### 10.6.7 铁塔与基础连接方式

铁塔与基础的连接采用底脚螺栓方式连接。

## 10.7 三跨设计

### 10.7.1 “三跨”相关规范及技术文件

- (1) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）；
- (2) 《国家电网公司十八项电网重大反事故措施（2018 年修订版）》（国家电网设备[2018]979 号）；
- (3) 《国网设备部关于印发架空输电线路“三跨”隐患治理工作方案的通知》设备输电〔2019〕22 号。

### 10.7.2 “三跨”执行原则

- (1) 在路径选择时开展多方案比选，尽量减少“三跨”数量。
- (2) “三跨”段应采用独立耐张段，新建线路与“三跨”障碍物交叉角一般不应小于 45°。
- (3) 路径不宜连续跨越且不宜在一档中跨越 3 条及以上线路。
- (4) 跨越重要输电通道时不宜在杆塔顶部跨越；如路径受限必须跨越杆塔顶部时，需减小跨越档档距，并适当加大跨越净空裕度。
- (5) “三跨”段应尽量避免出现大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2: 1。
- (6) “三跨”交叉档距大于 200m 时，导线弧垂应按照导线允许温度进行计算（一般取+80℃）；
- (7) “三跨”线路的导线、地线应选择技术成熟、运行经验丰富的产品，应不采用 ADSS 光缆；地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。
- (8) “三跨”线路跨越档内导线不允许有接头。
- (9) “三跨”段导线悬垂串绝缘子串应采用双挂点，地线悬垂串应采用独立双挂点。

(10) “三跨”杆塔结构重要性系数应不低于 1.1；导线验算覆冰厚度应比同区域常规线路增加 10mm，地线验算覆冰厚度增加 15mm；

(11) 线路与高速公路交叉角一般不应小于 45°；

(12) 跨越档安装视频在线监测装置。

### 10.7.3 本工程“三跨”情况

本工程钻越 220kV 线路 1 次，线路交叉跨越处按 10mm 冰区设计，导线 JL/G1A-240/30 钢芯铝绞线，地线采用 2 根 OPGW-48B1-90 复合架空地线，两端跨越塔均为转角塔，采用“耐-耐”跨越方式。

跨越档导线耐张串采用双联结构，单联强度满足正常运行状态下受力要求，地线耐张串连接金具提高一个强度设计。

具体执行情况如下表：

| 序号 | 三跨要求条款及内容   | 本工程实施情况                    | 校核结果   |
|----|---|----------------------------|--------|
| 1  | 6.8.1.1 线路路径选择时，宜减少“三跨”数量，且不宜连续跨越；跨越重要输电通道时，不宜在一档中跨越 3 条及以上输电线路，且不宜在杆塔顶部跨越。 | 每处仅钻越一次，无其他跨越对象            | 符合三跨要求 |
| 2  | 6.8.1.2 “三跨”线路与高速公路交叉角一般不应小于 45°  | 无此项                        | 符合三跨要求 |
| 3  | 6.8.1.3 “三跨”应尽量避免出现大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2: 1。                           | 钻越档距为 140m，小号侧 56m，大号侧 84m | 符合三跨要求 |
| 4  | 6.8.1.4 “三跨”线路跨越点宜避开 2 级及 3 级舞动区，无法避开时以舞动区域分布图为依据，结合附近舞动发展情况，宜适当提高防舞设防水平。   | 本工程为 0 级级舞动区               | 符合三跨要求 |
| 5  | 6.8.1.5 “三跨”应采用独立耐张段跨越，杆塔结构重要性系数应不低于 1.1，杆塔除防盗措施外，还应采用全塔防松措施；               | 结构重要系数为 1.1，全塔防松           | 符合三跨要求 |
| 6  | 6.8.1.6 “三跨”线路跨越点宜避开重冰区。对 15mm 及以上冰区的特高压“三跨”和 5mm 及以上冰区的其他电压等级“三跨”，导线       | 本工程为 5mm 冰区，导线已按增加冰厚进行验算   | 符合三跨要求 |

| 序号 | 三跨要求条款及内容  | 本工程实施情况                     | 校核结果   |
|----|--|-----------------------------|--------|
|    | 最大设计验算覆冰厚度应比同区域常规线路增加 10mm，地线设计验算覆冰厚度增加 15mm；对历史上曾出现过超设计覆冰的地区，还应按稀有覆冰条件进行验算。   |                             |        |
| 7  | 6.8.1.8 500kV 及以下“三跨”线路的悬垂绝缘子串应采用独立双串设计，对于山区高差大、连续上下山的线路可采用单挂点双联，耐张绝缘子应采用双联及以上结构形式，单联强度应满足正常运行状态下受力要求。“三跨”地线悬垂应采用独立双串设计，耐张串连接金具应提高一个强度等级 | 本工程采用孤立档跨越，耐张串按双联设计         | 符合三跨要求 |
| 8  | 6.8.1.9 “三跨”区段宜选用预绞式防振锤。   | 本工程采用预绞式防振锤                 | 符合三跨要求 |
| 9  | 6.8.1.10 跨越高铁时应安装分布式故障诊断装置和视频监控装置；跨越高速公路和重要输电通道时应安装图像或视频监控装置。  | 本工程安装 2 套图像监控装置             | 符合三跨要求 |
| 10 | 6.8.1.11 “三跨”地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。  | 本工程跨越 220kV 线路档的两根地线均为 OPGW | 符合三跨要求 |
| 11 | 6.8.1.12 对特高压线路“三跨”，跨越档内导地线不应有接头；对其他电压等级“三跨”，耐张段内导地线不应有接头。   | 本工程档内导地线均不允许接头              | 符合三跨要求 |

## 10.8 通信保护

### 10.8.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010

《交流架空输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》  
DL/T21703-2023

### 10.8.2 影响及防护措施

本线路在路径选择时已避让了重要的光纤通信线路及设施，交叉跨越距离和交叉角度满足规程要求；

线路沿线通信线路均为光纤线路，本工程选择的路径走向不对其不产生

影响。

## 10.9 其他设施

### 10.9.1 运行维护用通信设备

根据线路长度，列运行维护用通信设备手持式对讲机 2 对，设备费用列入本工程估算。对讲机型号不限制，运行单位可根据实际情况进行购置。

### 10.9.2 安全警示牌

根据电力系统有关规定，本工程计列安全警示牌 25 块。

### 10.9.3 色标

本工程双回终塔需刷色标。

2. 根据电力系统规划要求，综合考虑线路长度、地形地貌、地质、水文气象、冰区、交通、林木、矿产、障碍设施、交叉跨越、施工、运行及地方政府意见等因素，进行多方案比较，使路径走向安全可靠，经济合理；

线路两端变电站进出线要考虑线路走廊统一规划；

转角尽量少，尽量避免出现大转角和较困难的交叉跨越；

尽可能避让通信线、无线电设施以及电台；

避开军事设施、场、镇、成片房屋及城镇规划区、大型工矿企业及重要通信设施，减少线路工程建设对地方经济发展的影响；

尽量避让已有的各种矿产采空区、开采区、及规划开采区及险恶地形、不良地质地段，尽量避让林木密集覆盖区；

尽可能靠近现有国道、省道、县道及乡村公路，改善线路交通条件；

充分考虑地形、地貌、避免大档距、大高差、相邻档距相差悬殊及水网、不良地质段；

减少交叉跨越已建送电线路，特别是高电压等级的送电线路，以降低施工过程中的停电损失，提高运行的安全可靠；

充分利用已建拟改线路走廊，同时充分考虑与已建送电线路的安全距离；综合协调本线路与沿线已建、在建、拟建送电线路、公路、铁路及其它设施间的矛盾；

充分征求地方政府及有关部门对路径方案的意见和建议。

#### 10.9.4 线路路径方案

方案一（推荐方案）：从云西 220kV 变电站出线后向西南走线，经麻柳坪后高跨川西旅游环线至红豆村十一组后，向西南转弯至黄家碾，在师古村三组集中居民点西侧下穿 110kV 云民二线（本次线路升高），继续向西南走线至师古村六组集中居民点，在福寿桥西侧、人民渠北侧电缆终端下线，电缆下穿 110kV 云民二线（混凝土杆架设），绕开厂区后平行人民渠北侧走线，跨洛小路共和段后下穿马民线继续向西走线，在清泉村二十二组居民点东侧、人民渠北侧跨人民渠至人民渠南侧，向西转弯至雨林森建材公司后向西南转弯，与 10kV 马宏线平行进本期拟建宏达 110kV 变电站。线路路径长约 5.9km，曲折系数：1.2。

方案二（比较方案）：从云西 220kV 变电站出线后向南走线，在红豆村九组居民点东侧、人民渠北侧向西转弯至师古村九组集中居民点，跨向西南走线并跨越人民渠到达苏家巷，在东风村向西转弯至王家碾后向南转弯至南阳村十七组第一居民点，经谭家粉房后高跨洛小路后向西北转弯至人民渠南侧，沿人民渠南侧走线至雨林森建材公司后向西南转弯，与 10kV 马宏线平行进本期拟建宏达 110kV 变电站。线路路径长约 7.6km，曲折系数：1.49。

详见《线路路径方案图》

#### 10.9.5 沿线自然条件

##### （1）地形地貌

线路路径地段主要为平地地貌，无滑坡、泥石流等不良地质现象，边坡

稳定性较好。

从整条线路区域情况来看，地形为：90%平地，丘陵 10%。

### (2) 区域地质构造及地震烈度

根据《四川省区域地质志》，什邡市地势由北偏西向南偏东逐渐倾斜，山、丘、坝分别占总面积的 54.90%、0.85%、44.25%。市内山区、丘陵、平原兼而有之。山区约占全市总面积 60%；耕地约占总面积 30%。自朱家桥起，沿前山向西南至湔底乡西丘陵边沿，再往东南延伸，则是什邡平原，海拔全在 700 米以下，总面积约 365 平方千米，系古湖沉积和石亭江冲积形成。丘陵则界于山区和平原之间，为湔氏镇虎头乡至师古镇慈母山一带的九里埂区域，面积约为 10 平方千米。什邡处于龙门山地槽边缘拗陷带中南段之什邡——绵竹复式褶皱带，由于远古地壳的强烈运动，给什邡留下了如二迭系石灰岩山体从数十千米以外漂来的飞来峰和深逾千米的大峡谷等地质奇观；铸成了高峻山岳和奇特的地形地貌的巧合，形成奇特壮美的天象景观，古地质作用造化了雄奇的险峰，峰林、断崖、峡谷及冰川遗貌。

地质划分：普土 20%，松砂石 60%，流砂 20%。（注：此处把岩石的强风化层归为松砂石）。

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）及《建筑抗震设计规范（2016 年版）》（GB 50011-2010），线路区域的地震动反应谱特征周期为 0.45s。设计基本地震加速度值为 0.15g，抗震设防烈度 7 度，设计地震分组第二组。

### (3) 地层岩性

该线路位于平地、丘陵地区，所以其土层基本分布规律为自山顶至山凹处土层依次变厚。上层一般有厚为 0.5~0.8m 的耕植土，其下为岩石层；岩石类型主要为粉砂质泥岩，少量粉~细砂岩。

耕植土：棕褐色，成分主要为粉土和粘性土，见少量植物根茎，见少量铁锰质结核及砂岩颗粒。

粉质粘土：棕褐色，软塑，韧性中等，干强度中等，无摇震反应，切面较光华，遇水软化，主要分布于山凹处。偶见铁锰质结核。

粉砂质泥岩：棕褐色，以粘土矿物为主，含少量石英、长石。粉砂含量较重，泥质结构，层状构造，节理裂隙较发育。分布连续稳定，其物理力学性能好，是良好的天然地基基础持力层。钻探范围内粉砂质泥岩分强风化和中风化两个亚层。

a) 强风化粉砂质泥岩：棕色，岩芯呈碎块状，手捏即碎。分布连续，层厚约 2.0m。RQD<50。

b) 中风化粉砂质泥岩：棕色，岩芯呈短柱状或长柱状。本次勘察未揭穿。50<RQD<70。

粉砂岩：棕褐色，成分以石英为主，次为长石，少量岩屑，次棱角状，分选好，厚层状构造，岩体稳定。

a) 强风化粉砂岩：棕褐色，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状，手捏即碎。该层内夹有薄层、短柱状的中等风化砂岩。分布连续，层厚 0.50~2.10m。RQD<50。

b) 强风化粉砂岩：棕褐色，钙质胶结，层状构造，节理裂隙不发育，岩芯呈短柱状或长柱状。未揭穿。RQD≈60。

细砂岩：棕褐~灰白色，主要为岩屑砂岩，偶见石英砂岩。成分主要以石英为主，次为长石及岩屑，次棱角状，分选中等。厚层~巨厚层状构造。岩体不稳定，裂缝极多。

a) 强风化中砂岩：灰白色，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状，手捏即碎。该层内夹有薄层、短柱状的中等风化砂岩。分布连续，层厚 0.50~2.10m。

RQD<50。

b) 中风化中砂岩：灰白色，钙质胶结，层状构造，节理裂隙不发育，岩芯呈短柱状或长柱状。未揭穿。RQD≈60。

#### (5) 不良地质现象

据踏勘及收资调查，线路路径区域无大规模的活动构造通过，沿线无大规模滑坡、泥石流等不良地质现象，局部地段小型崩塌、滑坡，施设塔位选址时注意避让。

#### (6) 矿区及重要设施分布

根据收资、调查访问及现场踏勘，线路已避开矿产分布区、开采区及采空区；无地震观测台站、导航台、炸药库、文物等重要设施分布；无自然保护区和特有动、植物保护区，可进行工程建设。

#### (7) 工程地质条件评价

线路路径区域内未见明显的断裂构造，沿线无大型滑坡、泥石流等不良地质现象。

根据岩性可大致将沿线岩土体分为三大类：松散岩、软质岩、较软岩：

松散岩组包括第四系冲积层的粉质粘土、砾石、碎石。粉质粘土一般厚度在 2~5m，黄、红色，稍湿，硬塑~可塑状，承载力和抗变形指标均较低，不宜作为杆塔基础持力层；砾石、碎石厚 1~10m，上部呈松散~稍密状，承载力和抗变形指标均稍低，不宜作为杆塔基础持力层；下部呈中密~密实状，具有较好的承载和抗变形能力，可作为杆塔基础持力层。

软质岩由承载和抗变形指标稍高的中~强风化暗红色泥岩、砾砂岩组成，清除表层较破碎的岩体后，杆塔基础可直接布置在基岩上。

较软岩由承载和抗变形指标较高的中~强风化砖红色长石石英砂岩组成，清除表层较破碎的岩体后，杆塔基础可直接布置在基岩上。

### 10.9.6 沿线重要设施

据现场勘察以及相关部门证明，线路影响范围内无其它炸药库、油库、鞭炮厂等易燃、易爆设施，线路通道已避让沿途矿区范围。

### 10.9.7 交通条件

沿线可利用的乡村公路。全线平均汽车运距 10.0km，平均人力运距 0.3km。

### 10.9.8 交叉跨越情况

沿线房屋较多且散乱，选线时已经尽量避开房屋，以下是推荐方案的主要交叉跨越情况：

云西 220kV 至宏达 110kV 线路交叉跨越：

| 序号 | 被跨越物              | 跨越次数  | 备注         |
|----|-------------------|-------|------------|
| 1  | 人民渠               | 1     | 重要河流       |
| 2  | 110kV 线路          | 1     | 下穿         |
| 3  | 10kV 配电线          | 8     |            |
| 4  | 重要公路              | 2     | 川西旅游环线、洛小路 |
| 5  | 380V 动力线、220V 照明线 | 12    |            |
| 6  | 通信线、视频线           | 22    |            |
| 7  | 乡村公路、机耕道、场内公路等    | 12    |            |
| 8  | 经济林木              | 500 棵 |            |

线路穿越 110kV 线路，经现场查勘，原线路被穿越档内导、地线均无接头，绝缘子串为双联或多联，本线路杆塔未立于原线路下方，满足规程、规范和反事故措施的要求。

### 10.9.9 树木砍伐

本工程沿线部分塔位及部分区域线路通道涉及树木砍伐，全线砍伐量详见交叉跨越表。

### 10.9.10 “三跨”耐张段交叉跨越及其保护

根据国家电网设备输电【2019】22 号文《架空输电线路“三跨”隐患治

理工作方案》的要求，本工程跨越在建成宜高速公路时，采取如下防护措施：

1、采用“耐-耐”的独立耐张段型式。

2、耐张绝缘子采用双联双挂点设计，耐张串联接金具提高一个强度等级且加装安全备份线夹。

3、“三跨”区段采用预绞丝防振锤。

4、跨越段采用视频监控装置。

根据国家电网有限公司《十八项电网重大反事故措施》（2018 年修订版）：

1、本工程线路与高速公路交叉角不小于  $45^\circ$ ，本工程为最小为  $70^\circ$ 。

2、“三跨”应尽量避免出线大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2:1。

3、“三跨”线路跨越点宜避开 2 级级 3 级舞动区，无法避开时以舞动区域分布图为依据，结合附近舞动发展情况，宜适当提高防舞设防水平。

4、“三跨”杆塔结构重要性系数不低于 1.1，杆塔除防盗措施外，还采用全塔防松措施；当跨越重要输电通道时，跨越线路设计标准不低于被跨越线路。

5、“三跨”地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。

6、“三跨”耐张段内导地线不应有接头。

## 10.10 机电部分

### 10.10.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）

《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（GB/T50064-2014）

《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T50065-2011）

《电力金具通用技术条件》（GB/T 2314-2008）

《电力设施保护条例》（国务院令 239 号）2011 年第二次修订

《国网四川电力污区分布图》（2020 年版）

《电力工程气象勘测技术规程》（DL/T 5158-2021）

《电力工程水文技术规程》（DL/T 5084-2021）

## 10.10.2 主要设计气象、水文条件

### 10.10.2.1 气象条件

什邡市属于亚热带湿润气候区。特点为夏雨冬阴，云雾多，日照少，年温差不太大的暖温环境。由于纬度条件和海洋季风的影响，年平均气温在十三至十七摄氏度之间。平坝区为盆西气候带类型，其北部受山地亚热带常绿森林气候的影响，东西南三面与邻县大气互为回流。气候温和，雨量充沛，日照偏少，四季分明。春季气温回暖早，但亦常有冷空气入侵，夏无酷暑，雨量集中；秋季降温快，绵雨多，日照少，冬无严寒，雨雪较少，常有冬干春旱现象。山区属温湿森林气候带类型，既是“华西雨屏”的前沿地带，又受温湿林区小气候循环影响，表现为雨水多，湿度大。冬季长，有一百四十天温度在十摄氏度以下。夏季短，温度在二十二度以上者仅有十天左右。云雾时存，暴雨集中，坡陡山洪急，霜短降雪多。

根据在什邡市气象站所收集资料，参考附近已有线路的设计气象条件及全国典型气象区的划分，结合线路路径、高程及地形、地势进行综合分析，确定本工程气象值采用如下设计数据：

| 项目        | 数值 |
|-----------|----|
| 最高气温（℃）   | 40 |
| 最低气温（℃）   | -5 |
| 年平均气温（℃）  | 15 |
| 年平均雷电日（天） | 34 |

### 10.10.2.2 最大设计风速

沿线县志风灾记载均较少，根据沿线现场调查和风灾破坏程度定性分析，

区域最大风力等级在 8~9 级左右，相当风速 17.2~24.4m/s，大风多发生在每年 1~6 月份，在山口、峡谷等微地形突出地段，风速增长快，会形成较大破坏力。

根据已建成输电线路运行状况，设计风速 25m/s，投运以来无风灾事故。本工程设计风速为设计风速 25m/s，本工程主要参照周边已建成线路走势，再通过海拔修正计算而得。

由于本工程线路较短，跨度小，而线路走线海拔较高，再加上珙县不属于四川大风区，经以上综合考虑，并结合附近区域线路设计资料及现场调查，确定本线路 30 年一遇 10 米高 10 分钟平均最大风速采用 25m/s。

### 10.10.2.3 设计覆冰取值

什邡市属于亚热带湿润气候区。特点为夏雨冬阴，云雾多，日照少，年温差不太大的暖温环境。由于纬度条件和海洋季风的影响，年平均气温在十三至十七摄氏度之间。平坝区为盆西气候带类型，其北部受山地亚热带常绿森林气候的影响，东西南三面与邻县大气互为回流。气候温和，雨量充沛，日照偏少，四季分明。春季气温回暖早，但亦常有冷空气入侵，夏无酷暑，雨量集中；秋季降温快，绵雨多，日照少，冬无严寒，雨雪较少，常有冬干春旱现象。山区属温湿森林气候带类型，既是“华西雨屏”的前沿地带，又受温湿林区小气候循环影响，表现为雨水多，湿度大。冬季长，有一百四十天温度在十摄氏度以下。夏季短，温度在二十二度以上者仅有十天左右。云雾时存，暴雨集中，坡陡山洪急，霜短降雪多。

为确保设计数据可靠，本工程覆冰厚度取值主要依据以下两方面：

1、沿线电力系统相关单位气象资料的收集，主要收资单位有：县电力公司、县水利局、县气象局、县电信局及有关设计院等，并对沿线公路维护道班及居民进行了广泛的实地调查。经调查判断沿线覆冰类型有雨淞、雾淞、霜等。通过对线路通道附近区域线路树木覆冰调查获知，每年冬季，沿线树

木上极少有覆冰现象发生（海拔在 700m 以上冬季易覆冰），沿线覆冰期风速受微地形影响突出地带与一般地形处的覆冰差异不大。

## 2、区域内已建线路设计资料

宏达股份附近已建成及什邡市周边线路，投运多年以来无冰灾事故，对本工程有重要参考意义。

根据以上覆冰分析，确定本工程设计覆冰厚度为 5mm。

### 10.10.2.4 设计气象条件

根据所收集资料及分析，结合已建线路的设计气象条件及运行经验，确定本工程使用如下气象条件组合：

| 气象条件    | 气温(°C)     | 风速(m/s) | 冰厚(mm) |
|---------|------------|---------|--------|
| 最高气温    | 40         | 0       | 0      |
| 最低气温    | -5         | 0       | 0      |
| 年平均气温   | 15         | 0       | 0      |
| 最大风速    | 10         | 25      | 0      |
| 设计覆冰    | -5         | 10      | 10     |
| 操作过电压   | 15         | 15      | 0      |
| 大气过电压   | 15         | 10      | 0      |
| 安装情况    | 0          | 10      | 0      |
| 覆冰比重    | 0.9 克/立方厘米 |         |        |
| 年平均雷电日数 | 34         |         |        |

注：1、风压系数 1 / 16；地线较导线增加 5mm 覆冰校核地线支架机械强度。

## 10.10.3 导线和地线

### 10.10.3.1 导线选型原则

为保证本工程导线选择的先进性及经济、合理性，导线选择遵照 2018 年 5 月 1 日颁布的 GB/T 1179-2017《圆线同心绞架空导线》。

### 10.10.3.2 导、地线机械强度

根据设计规范规定，导、地线(含 OPGW)弧垂最低点设计安全系数不应小于 2.5，在悬挂点的设计安全系数不应小于 2.25，地线安全系数大于导线安

全系数；导、地线在稀有风速或稀有覆冰气象条件时，弧垂最低点最大张力不应超过其拉断力的 70%，悬挂点最大张力不应超过其拉断力的 77%。

在高压输电线路中，导线在工程投资中所占的比例较大，因而合理地选择导线型号对降低工程投资及安全运行意义重大。

### 10.10.3.3 导线型号选择

根据系统论证，110 千伏线路采用 JL/G1A-240 型钢芯铝绞线。结合本工程海拔、冰区划分、大气腐蚀、电晕、无线电干扰、可听噪音、档距等因素。本工程导线选择 JL/G1A-240/30 型钢芯铝绞线，其机械、电气特性见下表：

| 导线型号     |      |       |                   | JL/G1A-240/30         | JL/G1A-240/55         |
|----------|------|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| 结构       | 铝单线  | 股数/直径 | 根/mm              | 24/3.6                | 30/3.2                |
|          | 镀锌钢线 | 股数/直径 | 根/mm              | 7/2.4                 | 7/3.2                 |
| 计算截面     |      | 铝     | mm <sup>2</sup>   | 244                   | 298                   |
|          |      | 钢     | mm <sup>2</sup>   | 31.7                  | 56.3                  |
|          |      | 合计    | mm <sup>2</sup>   | 276                   | 298                   |
| 计算外径     |      |       | mm                | 21.6                  | 22.4                  |
| 单位长度质量   |      |       | kg/km             | 921.5                 | 1106.6                |
| 额定抗拉强度   |      |       | N                 | 75190                 | 101700                |
| 20℃时直流电阻 |      |       | Ω/km              | 0.1181                | 0.1198                |
| 弹性模量     |      |       | N/mm <sup>2</sup> | 63000                 | 65000                 |
| 线膨胀系数    |      |       | 1/℃               | 18.9×10 <sup>-6</sup> | 18.5×10 <sup>-6</sup> |

### 10.10.3.4 电晕特性

高压输电线路的导线表面电场强度较大，特别是在高海拔地区因空气密度小，导线在较低的电场强度下周围空气即开始游离而产生电晕放电，因此电晕问题比较突出。

电晕所消耗能量为送电线路电能损失的一部分，且电晕对无线电和利用导线的载波通信信号有干扰影响，在线路附近产生电晕可听噪音，产生电化学腐蚀等，严重情况下还可能出现电晕舞动。电晕效应不仅影响建成线路的运行经济指标，还可能危及线路的正常运行。

按现行设计思路，导线的最小直径取决于以下两个条件：

- a. 导线表面电场强度E不宜大于全面电晕电场强度E0的80%~85%；
- b. 年平均电晕损失不宜大于线路电阻有功的20%。

通过计算，导线JL/G1A-240/30满足电晕要求。

### 10.10.3.5 地线型号选择

按照《110 千伏~750 千伏架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规程的规定，本工程全线架设地线。

根据系统通信设计，为满足通信、调度、保护的要求，新建线路需同步架设 2 根 48 芯的 OPGW 光缆复合架空地线用作系统通信，并兼做地线用。

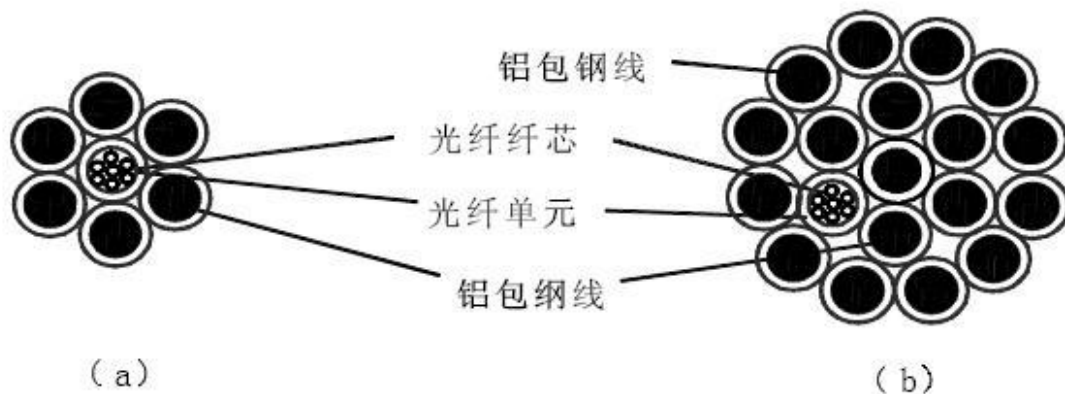
#### 10.10.3.5.1 OPGW 选型

##### 10.10.3.5.1.1 OPGW 选型原则

根据系统通信要求，需随本工程线路架设一根 OPGW 复合光缆用于系统通信。

OPGW 应具备架空地线和光纤通信两个功能，其设计应在满足送电线路相关设计规程对一般地线的机械、电气性能要求外，还应满足系统通信要求和系统短路电流的要求。

OPGW 结构形式主要为中心束管式和层绞式两种，其结构见下：



## OPGW 结构型式图

其中图 (a) 为中心束管式, 图 (b) 为层绞式。中心束管式具有直径小, 结构简单, 但短路容量较小, 因无中心加强芯, 结构稳定性及抗侧压能力较差, 适用于丘陵、平原等地形条件较好, 且短路容量要求不高的场合。层绞式因有中心加强芯, 结构稳定, 抗侧压能力强, 因截面一般较大可大大提高其短路容量, 故适用范围较广, 其直径一般较大。

本工程 OPGW 光缆线路大部分处于山地, 有较大档距、高差出现, 运行条件差, 故设计推荐结构稳定、抗侧压能力强以及短路容量较高的全铝包钢层绞式结构 OPGW。

本工程处于多雷区, OPGW 外层单丝直径应大于 3.0mm, 以保证耐雷电流水平。

### 10.10.3.5.1.2 短路电流取值

根据 GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》, OPGW 必须有足够的载流容量, 即当线路上任一点发生接地短路故障时, 流过 OPGW 的最大短路电流必须小于其允许短路电流, OPGW 方可视作满足热稳定的要求。

### 10.10.3.5.1.3 OPGW 短路电流容量要求

电力线路发生接地短路时, 通过 OPGW 的地线返回电流将使其发热, 如 OPGW 的温升超过允许值, 则可能损坏光纤或增大光纤传输衰耗。一般地, OPGW 选型均为按照生产厂家提供的允许短路容量 ( $kA^2 \cdot t$ ) 来校验热稳定。

( $kA^2 \cdot t$ ) 意为线路发生短路故障时, 通过 OPGW 的最大短路电流平方与短路等效时间的乘积。

### 10.10.3.5.1.4 短路等效时间的确定

参照“电力系统光纤通信工程设计技术规定”规定, OPGW 热稳定校验用

短路电流等效时间应计及自动重合闸动作的整个主保护动作时间，即：（继电保护动作时间 + 开关动作时间 + 短路电流非周期分量时间）×2。

本工程 OPGW 校验用短路等效时间取 0.5s。

### 10.10.3.5.1.5 地线与 OPGW 短路容量

选择直径、截面尽可能小的地线，可明显降低杆塔地线支架荷载，但其热容量也相对较小。

根据设计对 OPGW 的强度要求及短路容量限制，结合地线选型原则，初步选择型号为 OPGW-48B1-90 复合地线。

OPGW 光缆及分流地线允许短路电流如下（短路电流等效时间 0.5s）

| 地线型号         | 短路电流热容量 (kA <sup>2</sup> ·s) | 允许短路电流 (kA) | 冰区 (mm) |
|--------------|------------------------------|-------------|---------|
| OPGW-48B1-90 | 40                           | 12.65kA     | 5       |

### 10.10.3.5.1.6 短路电流分配计算

在线路出现短路时，地线返回总电流在 OPGW 及分流地线的分布，取决于 OPGW 和分流地线的电气参数。即短路电流在两根地线间的分配与地线各自的自阻抗及互阻抗有关。

本工程 2 根地线为 OPGW，为保证 OPGW 的安全运行，OPGW 要有足够的耐受短路电流的能力。

OPGW 与分流地线的阻抗如下表：

| 地线型号         | OPGW-48B1-90  |
|--------------|---------------|
| 地线参数         |               |
| 地线自阻抗 (Ω/km) | 1.016+j0.8194 |

### 10.10.3.5.1.7 OPGW 技术参数

由于各厂家 OPGW 结构及参数有一定差异，结合本工程的使用条件及近期其他类似工程的 OPGW 招标结果，确定选用的 OPGW-48B1-90 参数如下表：

| 项目                       |        | 单位                    | 保证值              |
|--------------------------|--------|-----------------------|------------------|
| 光纤                       | 类型     | --                    | G. 652           |
|                          | 数量     | 芯                     | 48B1             |
| 截面积                      | 承载截面积: | mm <sup>2</sup>       | 90               |
|                          | AS 面积  | mm <sup>2</sup>       | 90               |
|                          | AA 面积  | mm <sup>2</sup>       | 0.0              |
|                          | 总截面积:  | mm <sup>2</sup>       | 86.36            |
| 外层绞向                     |        | --                    | 右向               |
| 外径                       |        | mm                    | 12.5             |
| 单位重量                     |        | kg/km                 | 485              |
| 额定拉断力 (RTS)              |        | kN                    | 105              |
| 20℃ 直流电阻                 |        | Ω/km                  | 1.016            |
| 短路电流容量 (40℃~200℃, 0.25s) |        | kA <sup>2</sup> ·s    | 40               |
| 短路电流                     |        | KA                    | 12.65            |
| 拉力重量比                    |        | km                    | 19               |
| 弹性模量                     |        | kN/mm <sup>2</sup>    | 163.2            |
| 线膨胀系数                    |        | 1×10 <sup>-6</sup> /℃ | 12.6             |
| 最大允许工作张力 (MAT)           |        | kN                    | 30               |
| 年平均运行张力 (EDS)            |        | kN                    | 18.75            |
| 允许最小弯曲半径                 |        | mm                    | 施工:250<br>运行:188 |
| 储运温度                     |        | ℃                     | -40~+70          |
| 最大交货盘长                   |        | m                     | 6000             |

此表中 OPGW 光缆参数仅供参考，最终结构和物理参数，待订货确定。

### 10.10.3.6 导、地线设计张力及保护

#### 3. 导、地线设计张力

按《110~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010) 规定，结合沿线地形情况，以及导、地线的配合情况，确定本工程导、地线设计安全系数及使用条件如下：

| 电线型号          | 安全系数 | 最大使用张力(N) | 年平均运行张力(N) |
|---------------|------|-----------|------------|
| JL/G1A-240/30 | 2.5  | 20076     | 18798      |
| OPGW-48B1-90  | 3.5  | 30000     | 18750      |

### 导、地线防振

危害电线正常运行的振动方式主要为微风振动及舞动。

高压输电线路广泛采用的防振措施为使用防振锤、阻尼线和预绞丝护线条防振。防振锤因单位重量较大对低频率振动有较大的阻尼作用，为架空线路的主要防振措施，但其单位荷重一般远大于电线，在电线大幅度跳跃或舞动时由于较大的惯性容易对其本身及电线造成损伤；阻尼线可利用其材料自阻尼性能消耗振动能量，故对抑制高频率振动效果较好；预绞丝护线条能增强导线的刚度，减小线夹出口导线的弯曲应力。

本工程导、地线年平均运行张力较大（均为计算拉断力的 25%），依据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规范第 5.0.13 条规定，结合本工程实际情况及其他设计院的设计经验，同时结合“两型三新”，设计推荐导地线采用节能型防振锤作为防振措施，对于重要交叉跨越的直线塔采用防振锤与预绞丝护线条联合进行保护，OPGW 光缆采用配套专用防震金具防震。

## 10.10.4 绝缘配合

### 10.10.4.1 污秽等级的确定

本工程所经地区为什邡市，日照较长，气候温和，雨量充沛，但降雨主要集中在夏、秋季。冬季降雨很少，但空气潮湿多雾，每次雾持续时间长且含水量较大，有发生污闪的气候条件。线路沿线海拔为 550~590m，主要的污染源为公路扬尘及较大区域内厂矿废气、粉尘。

线路路径所经地段属什邡市境内，人口众多，经济发展以农业为主，另有少部分工矿企业，其污染源主要为公路扬尘、汽车尾气、农业生产和居民

生活产生及少部分工矿企业产生的废气。

根据四川省电力公司 2020 年出版的《国网四川电力污区分布图》，确定线路所经地段空气污秽等级为 d，并考虑以后工矿业发展的因素，本工程全线按 III 级进行绝缘配置设计。

#### 10.10.4.2 绝缘子型式和片数选择

##### 4. 绝缘子材质的选择

目前，常用的绝缘子按材质区分有瓷、玻璃和合成材料三类。

瓷质绝缘子具有很长时间的生产和运行经验，运行情况良好，但出现问题，运行单位不容易发现，需做零值检查，运行维护不便。

玻璃绝缘子具有零值自爆，减少维护检测工作量，抗污能力强，耐污闪电压高，机电性能稳定等优点。运行单位容易发现和更换，可避免断串掉导线的危险，提高了运行安全，而且本身材质均匀，表面光滑，不易积污，因而近年发展较快，使用较多。

合成绝缘子具有强度高、重量轻、耐污性能好、不易损坏、安装简便、运行维护工作量少等优点，但耐雷水平相对较差，寿命一般约为 20 年，运行中有断串发生，耐张串一般不推荐使用。

本工程线路位于山地及高山大岭，为便于运行维护，经综合比较，本工程推荐选用玻璃绝缘子（进出线构架侧采用瓷质）。

##### 5. 绝缘子型式的选择

根据导线荷载计算情况，导线耐张采用 70kN 级绝缘子，耐张塔跳线串及悬垂串采用 70kN 级绝缘子，单联成串（大档距、大高差、重要交叉跨越段悬垂双联成串），主要尺寸及特性如下表：

| 绝缘子型号             | 主要尺寸 |      |      |      | 机电特性    |        |          | 额定机械破坏负荷 | 重量  |
|-------------------|------|------|------|------|---------|--------|----------|----------|-----|
|                   | 高度   | 盘径   | 爬距   | 连接标记 | 工频湿耐受电压 | 工频击穿电压 | 雷电冲击耐受电压 |          |     |
|                   | (mm) | (mm) | (mm) |      | (千伏)    | (千伏)   | (千伏)     |          |     |
| U70BP/146D<br>瓷质  | 146  | 280  | 450  | 16R  | 42      | 110    | 120      | 70       | 5.8 |
| U70BP/146-1<br>玻璃 | 146  | 280  | 450  | 16   | 50      | 130    | 125      | 70       | 5.8 |

两端进出线档地线耐张串采用 70 kN 级带放电间隙的无裙瓷质绝缘子，单联成串，主要尺寸及特性如下表：

| 绝缘子型号     | 主要尺寸 |      |      | 机电特性   |               |                 | 机械破坏负荷 | 重量  |
|-----------|------|------|------|--------|---------------|-----------------|--------|-----|
|           | 高度   | 盘径   | 爬距   | 工频击穿电压 | 20mm 间隙工频放电电压 | 耐电弧能力           |        |     |
|           | (mm) | (mm) | (mm) | (千伏)   | (千伏)          |                 |        |     |
| U70CN/200 | 210  | 200  | 220  | 130    | 8~30          | 10kA, 0.2s, 2 次 | 70     | 4.5 |

### 6. 绝缘子片数选择

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）的 7.0.2 规定，在海拔 1000m 以下地区，操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的绝缘子最少片数，应符合表 7.0.2 的规定，在海拔 1000m 以下地区，110kV 悬垂绝缘子串最少绝缘子片数为 7 片。

本工程线路所经崎带海拔高程 550~590m，按照规程规定，经计算，本工程悬垂串采用 8 片绝缘子，耐张串增加 1 片为 9 片，按额定电压计算，8 片绝缘子串的最大泄漏比距为 3.27cm/kV，9 片绝缘子串的最大泄漏比距为 3.68cm/kV，均满足 III 级污区爬电比距要求的 30mm/kV（按相电压计算）。

#### 10.10.4.3 空气间隙值

本工程线路所经地段海拔高程均在 550~590m，不需要增加空气间隙。根

据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）的要求，经计算，本工程所取空气间隙值如下表：

| 工况      | 雷电过电压 | 操作电压 | 工频电压 |
|---------|-------|------|------|
| 空气间隙(m) | 1.0   | 0.75 | 0.25 |

注：带电作业还应考虑人体活动范围 0.5m。

## 10.10.5 防雷保护与接地

### 7. 防雷保护

本线路年平均雷电日为 34 天，属多雷区，根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，110kV 输电线路宜沿全线架设地线。

本工程所选用的杆塔，地线对边导线的保护角同塔双回不大于  $10^\circ$ 、单回不大于  $15^\circ$ ，杆塔的两根地线之间距离不超过地线与导线垂直距离的 5 倍；在气温  $15^\circ\text{C}$ ，无风无冰的条件下，档距中央导线与地线的间距  $S \geq 0.012L + 1\text{m}$  的，满足规范的要求。

### 8. 接地

本工程线路路径地段主要为平地、丘陵地貌，坡度较缓，无滑坡、泥石流等不良地质现象，边坡稳定性较好。但由于沿线出露的岩石大多为泥、砂岩，且主要以泥质岩为主，属软质岩。全线杆塔逐基接地，接地装置按土壤电阻率分别采用环形和环形加风车式放射形浅埋水平布置接地方式与干他基础自然接地相结合的方式，接地体采用  $\Phi 10$  圆钢，引下线采用  $\Phi 12$  圆钢，引下线与铁塔采用  $-35 \times 5 \times 130$  扁钢用双颗螺栓进行连接，接地引下线逐腿引下。各种土壤电阻下所要求的接地电阻满足规范规定，对于土壤电阻率小于  $500 \Omega \cdot \text{m}$  情况，接地电阻值不大于  $15 \Omega$ 。对于部分风化岩石地带接地电阻可以限制在  $30 \Omega$  以下，根据实际土壤电阻率情况部分采用接地模块或杆塔专用接地装置，保证电气连接可靠，考虑到对耕地的影响，尽量避免使用降阻剂。

有地线架空送电线路杆塔的工频接地电阻

|                            |            |         |          |           |         |
|----------------------------|------------|---------|----------|-----------|---------|
| 土壤电阻率 ( $\Omega \cdot m$ ) | $\leq 100$ | 100~500 | 500~1000 | 1000~2000 | 2000 以上 |
| 工频接地电阻 ( $\Omega$ )        | 10         | 15      | 20       | 25        | 30      |

注：如土壤电阻率超过  $2000 \Omega \cdot m$ ，接地电阻很难降低到  $30 \Omega$  时，可采用 6~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体或连续伸长接地体，其接地电阻可不受限制。变电站两端进出线 2km 内杆塔接地电阻不得大于  $10 \Omega$ 。

### 10.10.6 绝缘子串及金具

#### 1、绝缘子串型式

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，设计实际安全系数为：运行情况  $\geq 2.5$ ，断线、断联情况  $\geq 1.5$ 。

根据本工程地形情况、选用杆塔型式以及荷载情况，选用如下型式的绝缘子金具串：

| 序号 | 金具绝缘子串型式                    | 用途      | 单位 |
|----|-----------------------------|---------|----|
| 1  | 1DX11 单导线 70kN 单联单挂点悬垂串     | 直线杆塔    | 串  |
| 2  | 1DX13 单导线 120kN 双联单挂点双线夹悬垂串 | 直线杆塔    | 串  |
| 3  | 1DNT02 小孤立档用单导线单联耐张绝缘子串     | 耐张杆塔    | 串  |
| 4  | 1DNT03 单导线双联单挂点耐张绝缘子串       | 耐张杆塔    | 串  |
| 5  | 1TX01 单导线 70kN 单联直跳跳线串      | 耐张杆塔跳线  | 串  |
| 6  | 1TX03 单导线 70kN 单联绕跳跳线串      | 耐张杆塔绕跳线 | 串  |
| 7  | 1BX11 地线单联悬垂金具串             | 地线悬垂串   | 串  |
| 8  | 1BN09 70kN 地线单联耐张金具串        | 地线耐张串   | 串  |
| 9  | 1BN14 门型构架 70kN 地线绝缘子单联耐张串  | 门架地线耐张串 | 串  |
| 10 | 1DNT02 小孤立档用单导线单联耐张绝缘子串     | 耐张杆塔    | 串  |

#### 2、金具

金具在工程中所占投资比例很小，但其对线路的安全运行却起着不可忽视的重要作用，本工程主要采用[85]国标 2001 年 6 月第三版定型电力金具。

根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）规定，设计实际安全系数为：运行情况  $\geq 2.5$ ，断线、断联情况  $\geq 1.5$ ，本工程选用的金具均满足规程的规定。

导线耐张线夹、导地线接续均采用液压型。

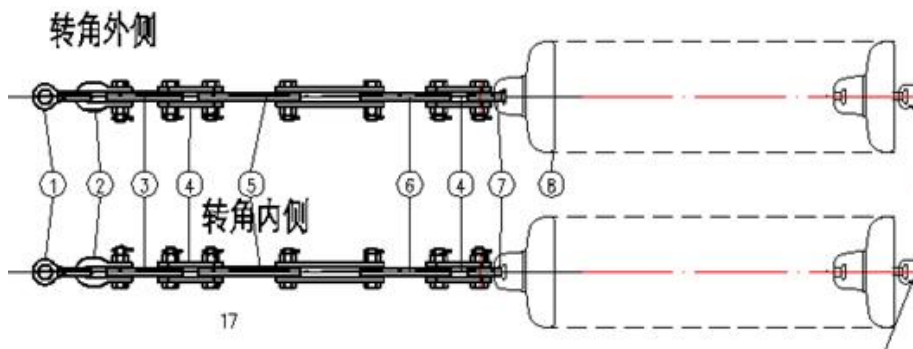
本线路所采选用的悬垂线夹、耐张线夹、接续金具及防振锤的规格型号详见下表

主要金具规格型号表

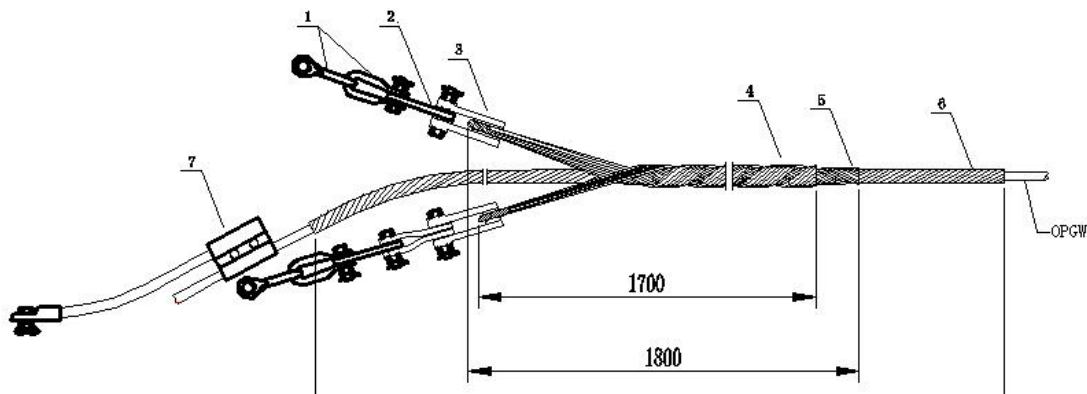
| 金具名称 | 悬垂线夹      | 跳线线夹    | 耐张线夹        | 接续金具        | 防振锤      |
|------|-----------|---------|-------------|-------------|----------|
| 导线   | XG-6034   | XT-4028 | NY-300/40   | NY-300/40   | FRYJ-3/5 |
| 地线   | XGZ-4014M | 无       | NY-100BG-20 | JY-100BG-20 | FRYJ-2/G |

### 10.10.7 “三跨”区段金具使用情况

本工程钻越±800kV 线路 1 次，导线、地线金具串均采用双挂点，导线附加安全备份线夹和附引流线，光缆附加安全备份线夹。



三跨导线耐张串挂点及安全备份线夹设计示意图



三跨 OPGW 光缆耐张串挂点及安全备份线夹设计示意图

### 10.10.8 导线换位及换相

本工程线路路径总长约 6.45km。按设计规程要求，导线不需要换位。线

路相序可在两端双回终端塔处调整，具体相序待下一设计阶段确定。

## 10.11 杆塔规划

### 10.11.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010

### 10.11.2 杆塔规划

本工程路径所经区域，海拔高程在 550~590m，相对高差为：0~100m。对于单回输电线路而言，国内外广泛使用的自立型直线铁塔有“Ⅰ”型绝缘子串直线塔和“V”型绝缘子串直线塔两种，“V”型绝缘子串直线塔，起到了减小走廊宽度的作用，有效解决因村庄密集区走廊狭窄使线路难于穿越的难题，但绝缘子串数量较“Ⅰ”型增加。本工程规划所用的铁塔为国网典 1A3、2A2 系列，单回路铁塔采用全方面高低腿设计；双回路铁塔采用全方面高低腿设计，转角塔度数按 0°~20°、20°~40°、40°~60°、60°~90° 分级，铁塔与基础连接采用螺栓连接。

自立式铁塔均为角钢铁塔，螺栓连接。各型铁塔的外形尺寸及材料耗量电气计算

#### 9. 塔头电气距离

本工程所选用的杆塔，经对其工频电压、操作过电压、雷电过电压各种工况进行电气间隙圆校核，其空气间隙均满足规范要求。

#### 10. 线间距离

本工程各种档距情况，选用的对应塔型，经验算线间距离满足要求。

## 10.12 杆塔结构

### 10.12.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）

《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》（DL/T5154-2012）

《架空送电线路基础设计规程》（DL/T5219-2023）

《电力设施抗震设计规范》（GB50260-2013）

### 10.12.2 杆塔的荷载取值

根据《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010 规定，10mm 及以下冰区导、地线断线张力（或分裂导线纵向不平衡张力）的取值应符合下表规定的导、地线最大使用张力的百分数，垂直荷载取 100%设计覆冰荷载。

10mm 及以下冰区导、地线断线张力（或分裂导线纵向不平衡张力）（%）

| 地形 | 地线  | 悬垂塔导线 |       |         | 耐张塔导线 |          |
|----|-----|-------|-------|---------|-------|----------|
|    |     | 单导线   | 双分裂导线 | 双分裂以上导线 | 单导线   | 双分裂及以上导线 |
| 平丘 | 100 | 50    | 25    | 20      | 100   | 70       |
| 山地 | 100 | 50    | 30    | 25      | 100   | 70       |

### 10.12.3 杆塔荷载组合

按规范规定，选用的各类杆塔应按安装情况下的荷载，并按 5m/s 风速、无冰、相应气温的气象条件下的下列荷载组合进行杆塔结构校核：

#### 11. 直线塔安装荷载

安装（含检修情况）导、地线的荷载：取 2.0 倍导、地线、绝缘子、金具的重量和安装工人及工具的附加荷载，并乘以 1.1 的动力系数，附加荷重导线取 1.5 kN，地线取 1.0 kN。

锚线对地夹角不大于 20°，锚线相张力考虑动力系数 1.1。

#### 12. 转角塔安装荷载

按锚线塔、紧线塔或二者兼之，同时计入临时拉线的作用。临时拉线平衡导、地线纵向线条力 30%，临时拉线对地夹角不大于 45°。紧线牵引绳对地夹角不大于 20°，其方向与导地线方向一致。

#### 13. 附加荷载

附加荷载导线取 2.0 kN，地线取 1.5 kN。

## 10.12.4 杆塔结构计算

铁塔内力计算程序采用北京道享兴业科技发展有限公司编写的《自立式铁塔多塔高、多腿满应力分析软件(2.0)版》。

本工程选用的铁塔按以上荷载组合进行校核均满足规范要求。

## 10.12.5 杆塔材料

铁塔用钢材一般为 Q235、Q345 钢，其质量标准应分别符合《碳素结构钢》(GB700)、《低合金结构钢》(GB1591)、《钢结构设计规范》(GBJ17)的要求。

连接螺栓采用 4.8 级、6.8 级普通粗制螺栓，其质量标准应符合《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》(GB3098.1)和《紧固件机械性能螺母》(GB3098.2)的要求。

所有铁塔构件、螺栓(含防盗螺栓)均热浸镀锌防腐。

## 10.12.6 杆塔防盗

根据国网公司反事故措施规定，铁塔基础立柱顶面起 8m 范围内的自立式铁塔螺栓采用防盗螺栓，且带双帽，安装后露扣长度须满足规程要求，其防盗帽应具有自锁性能。若防盗螺栓用作铁塔紧固件者，其有关指标必须满足国家紧固件标准；其它铁塔单螺帽螺栓均采用螺栓防松措施。

## 10.12.7 登塔设施

所有铁塔自塔腿基础顶面以上 1500mm 左右始，至塔顶以下 500 mm 处止，自下而上，每隔 400~450 mm 设一脚钉，便于维护人员登塔检修，并依据国网要求设置防坠落装置。

## 10.13 基础规划

### 10.13.1 执行标准

《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)

《混凝土结构设计标准（2024 年版）》（GB/T 50010—2010）

《架空送电线路基础设计技术规程》（DL/T 5219-2023）

《电力设施抗震设计规范》（GB 50260—2013）。

### 10.13.2 工程特点和人文、地质情况

什邡市主要河流有“一江四河”（石亭江、鸭子河、小石河、马牧河、斑鸠河）纵横全境。石亭江在市境内有 87 千米，高景关以上称洛水，以下称石亭江，长 29.5 千米。河的源头为九顶山东侧的二道金河（洛水）和头道金河（章水），江水流至金堂赵镇入沱江，再由泸州汇入长江。鸭子河在市境内 23.5 千米，源于什邡、彭州交界山区。从彭州流入什邡再至广汉。小石河、马牧河、斑鸠河都在市境内汇入鸭子河。什邡的渠系为人工渠，现有大寨渠、红岩渠、人民渠均为都江堰配套渠系。什邡市的湖泊均为人工湖，现有的人工湖主要有白虎头水库（100 余亩）、公募冶水库（33 亩），扩建或拟建的湖泊有洛水的李冰湖及八角的青龙湖、银杏湖，隐峰的洞仙湖等。岩石一般较完整，松散堆积层状态也较好，地基土条件较好

地质划分：普土 20%，松砂石 60%，流砂 20%

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）及《建筑抗震设计规范（2016 年版）》（GB 50011-2010），线路区域的地震动反应谱特征周期为 0.45s。设计基本地震加速度值为 0.15g，抗震设防烈度 7 度，设计地震分组第二组。

### 10.13.3 基础选型

基础工程是输电线路工程体系的重要组成部分，它的造价、工期和劳动消耗量在整个线路工程中占很大比重。因此，针对不同的基础负荷、地质及地形条件，因地制宜、经济合理地选择基础型式，不仅可降低工程成本，而且可确保线路的安全运行，同时可最大限度的保护好自然环境，以实现安全、环保、经济、合理的目的，有效降低工程造价。

要实现上述目的，基础设计需要从以下方面综合考虑：

- ①塔位的地形、地貌及植被覆盖情况
- ②塔位的地质情况以及地下水位情况
- ③塔型及外负荷大小
- ④塔位周边的设施情况
- ⑤塔位的运输情况
- ⑥材料的采集情况（如砂、石、水等）
- ⑦施工的难易程度及安全性
- ⑧铁塔与基础的连接方式

不同的基础型式具有不同的特点，承载能力、材料耗量、土石方量以及对环境的影响等各不相同；对输电线路而言，各个塔位的微地形相当复杂，这需要设计根据塔位不同的地质、地形及周边环境来选择适宜的基础型式，充分利用每个基础的优点，达到安全、经济、环保的目的。

根据本工程的杆塔型式、工程地质情况，以及地下水对混凝土微腐蚀性等因素，拟采用现浇钢筋混凝土板式直柱基础、掏挖基础、人工挖孔桩基础，这些基础是国内 110 千伏送电线路工程普遍采用的基础型式。

#### 1、掏挖基础

该基础型式土石方量最小，对地形和植被的破坏也最小，能充分利用原状土的特性，提高基础抗拔承载力，减小基础的侧向变形；同时浇制混凝土时不需要支模，可缩短施工周期，降低施工费用。在山区使用掏挖基础，可

大大减少对环境的破坏，结合铁塔长短腿的使用，基本能实现基面零开方，再加上基坑土方量少，施工时对弃土的处理难度大大降低。

## 2、板式立柱基础

板式立柱基础，地基应力分布较均匀，受力合理，技术经济指标较好。

为减少基础开挖量，降低环境影响，凡能开挖成型的情况下，尽可能采用“坑壁成型”方式进行开挖；同时结合高低柱基础，可大大降低施工对环境的影响。

本工程在地形地质不适宜掏挖且具备大开挖条件的塔基及浅丘地形相对平缓，在平地及塔位坡度在  $10^\circ$  以内的塔位可适当少量采用板式立柱基础，能有效的提高经济效益。

## 3、人工挖孔桩基础

山区塔位地形复杂、场地狭窄、高差较大，当基础外露较高。基础外负荷较大时，推荐采用该基础型式，对负荷较大的耐张塔根据地形地质情况可采用双桩承台人工挖孔桩。该基础施工开挖量较少，施工对环境的破坏小，能有效保护塔基周围的自然地貌，并有效解决在高陡边坡立塔的难题。

相对于掏挖基础而言，人工挖孔桩属弹性长桩，埋入土中长度相对较长，计算其上拔、下压承载力时，考虑了土与基础间的侧阻力。在水平力作用下，人工挖孔桩基础充分考虑了地基系数的影响，同时也考虑了深基础与地基的嵌固状态。在基础作用力较大的情况下，掏挖基础需设计更大的直径和扩底宽度才能满足下压稳定要求。而挖孔桩基础埋深相对较大，计算理论中充分考虑了基础与地基土的侧阻力，相对掏挖基础来说，其下压稳定容易满足要求。本工程多位于山地丘陵，塔基高差大，考虑到掏挖基础可设计较大基础露头，更能适应通过基础露头大小适应塔基地形高低变化，故本工程以扩头的掏挖基础为主推基础。

上述基础具有一定的设计、施工和运行经验，在以往的线路工程中普遍使用过，这些基础型式能满足本工程的要求。

#### 10.13.4 结构计算

根据《自立式铁塔多塔高、多腿满应力分析软件(2.0)版》计算得出的每基塔基础作用力，按照最不利情况下的上拔下压荷载，选择杆塔基础。

经计算，选用的杆塔基础满足规范要求。

#### 10.13.5 基础材料

14. 基础用钢材一般为 I 级钢筋和 II 级钢筋，其质量标准应分别符合《碳素结构钢》(GB/T 700-2006)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591-2018)的要求。

基础用混凝土其质量标准应符合《混凝土结构设计标准(2024年版)》(GB/T 50010-2010)的要求。采用强度等级如下：

基础保护帽：C20 级。

基础垫层：C20 级。

现浇基础：C25 级。

#### 10.13.6 其它

根据《电力设施抗震设计规范》，对于 VI 度区域基础设计不考虑地震作用。

直线塔基础立柱一般露出地面：旱地 0.2~1.0m。转角塔基础立柱一般露出地面：0.2~1.0m。并采用高低腿与高低基础配合以减少降基面的土石方开挖，保护边坡稳定，本工程全线降方 50 m<sup>3</sup>。

边坡稳定或基础上拔稳定需要保坎时，采用重力式浆砌块石保坎，浆砌片石堡坎，本工程全线堡坎 0m<sup>3</sup>。

#### 10.13.7 铁塔与基础连接方式

铁塔与基础的连接采用底脚螺栓方式连接。

## 10.14 三跨设计

### 10.14.1 “三跨”相关规范及技术文件

- (1) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）；
- (2) 《国家电网公司十八项电网重大反事故措施（2018 年修订版）》（国家电网设备[2018]979 号）；
- (3) 《国网设备部关于印发架空输电线路“三跨”隐患治理工作方案的通知》设备输电〔2019〕22 号。

### 10.14.2 “三跨”执行原则

- (1) 在路径选择时开展多方案比选，尽量减少“三跨”数量。
- (2) “三跨”段应采用独立耐张段，新建线路与“三跨”障碍物交叉角一般不应小于 45°。
- (3) 路径不宜连续跨越且不宜在一档中跨越 3 条及以上线路。
- (4) 跨越重要输电通道时不宜在杆塔顶部跨越；如路径受限必须跨越杆塔顶部时，需减小跨越档档距，并适当加大跨越净空裕度。
- (5) “三跨”段应尽量避免出现大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2: 1。
- (6) “三跨”交叉档距大于 200m 时，导线弧垂应按照导线允许温度进行计算（一般取+80℃）；
- (7) “三跨”线路的导线、地线应选择技术成熟、运行经验丰富的产品，应不采用 ADSS 光缆；地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。
- (8) “三跨”线路跨越档内导线不允许有接头。
- (9) “三跨”段导线悬垂串绝缘子串应采用双挂点，地线悬垂串应采用独立双挂点。

(10) “三跨”杆塔结构重要性系数应不低于 1.1；导线验算覆冰厚度应比同区域常规线路增加 10mm，地线验算覆冰厚度增加 15mm；

(11) 线路与高速公路交叉角一般不应小于 45°；

(12) 跨越档安装视频在线监测装置。

### 10.14.3 本工程“三跨”情况

本工程钻越 220kV 线路 1 次，线路交叉跨越处按 10mm 冰区设计，导线 JL/G1A-240/30 钢芯铝绞线，地线采用 2 根 OPGW-48B1-90 复合架空地线，两端跨越塔均为转角塔，采用“耐-耐”跨越方式。

跨越档导线耐张串采用双联结构，单联强度满足正常运行状态下受力要求，地线耐张串连接金具提高一个强度设计。

具体执行情况如下表：

| 序号 | 三跨要求条款及内容   | 本工程实施情况                    | 校核结果   |
|----|---|----------------------------|--------|
| 1  | 6.8.1.1 线路路径选择时，宜减少“三跨”数量，且不宜连续跨越；跨越重要输电通道时，不宜在一档中跨越 3 条及以上输电线路，且不宜在杆塔顶部跨越。 | 每处仅钻越一次，无其他跨越对象            | 符合三跨要求 |
| 2  | 6.8.1.2 “三跨”线路与高速公路交叉角一般不应小于 45°  | 无此项                        | 符合三跨要求 |
| 3  | 6.8.1.3 “三跨”应尽量避免出现大档距和大高差的情况，跨越塔两侧档距之比不宜超过 2: 1。                           | 钻越档距为 140m，小号侧 56m，大号侧 84m | 符合三跨要求 |
| 4  | 6.8.1.4 “三跨”线路跨越点宜避开 2 级及 3 级舞动区，无法避开时以舞动区域分布图为依据，结合附近舞动发展情况，宜适当提高防舞设防水平。   | 本工程为 0 级级舞动区               | 符合三跨要求 |
| 5  | 6.8.1.5 “三跨”应采用独立耐张段跨越，杆塔结构重要性系数应不低于 1.1，杆塔除防盗措施外，还应采用全塔防松措施；               | 结构重要系数为 1.1，全塔防松           | 符合三跨要求 |
| 6  | 6.8.1.6 “三跨”线路跨越点宜避开重冰区。对 15mm 及以上冰区的特高压“三跨”和 5mm 及以上冰区的其他电压等级“三跨”，导线       | 本工程为 5mm 冰区，导线已按增加冰厚进行验算   | 符合三跨要求 |

| 序号 | 三跨要求条款及内容  | 本工程实施情况                     | 校核结果   |
|----|--|-----------------------------|--------|
|    | 最大设计验算覆冰厚度应比同区域常规线路增加 10mm，地线设计验算覆冰厚度增加 15mm；对历史上曾出现过超设计覆冰的地区，还应按稀有覆冰条件进行验算。   |                             |        |
| 7  | 6.8.1.8 500kV 及以下“三跨”线路的悬垂绝缘子串应采用独立双串设计，对于山区高差大、连续上下山的线路可采用单挂点双联，耐张绝缘子应采用双联及以上结构形式，单联强度应满足正常运行状态下受力要求。“三跨”地线悬垂应采用独立双串设计，耐张串连接金具应提高一个强度等级 | 本工程采用孤立档跨越，耐张串按双联设计         | 符合三跨要求 |
| 8  | 6.8.1.9 “三跨”区段宜选用预绞式防振锤。   | 本工程采用预绞式防振锤                 | 符合三跨要求 |
| 9  | 6.8.1.10 跨越高铁时应安装分布式故障诊断装置和视频监控装置；跨越高速公路和重要输电通道时应安装图像或视频监控装置。  | 本工程安装 2 套图像监控装置             | 符合三跨要求 |
| 10 | 6.8.1.11 “三跨”地线宜采用铝包钢绞线，光缆宜选用全铝包钢结构的 OPGW 光缆。  | 本工程跨越 220kV 线路档的两根地线均为 OPGW | 符合三跨要求 |
| 11 | 6.8.1.12 对特高压线路“三跨”，跨越档内导地线不应有接头；对其他电压等级“三跨”，耐张段内导地线不应有接头。   | 本工程档内导地线均不允许接头              | 符合三跨要求 |

## 10.15 通信保护

### 10.15.1 执行标准

《110kV~750 kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010

《交流架空输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程

》DL/T 21703-2023

### 10.15.2 影响及防护措施

本线路在路径选择时已避让了重要的光纤通信线路及设施，交叉跨越距离和交叉角度满足规程要求；

线路沿线通信线路均为光纤线路，本工程选择的路径走向不对其不产生

影响。

## 10.16 其他设施

### 10.16.1 运行维护用通信设备

根据线路长度，列运行维护用通信设备手持式对讲机 2 对，设备费用列入本工程估算。对讲机型号不限制，运行单位可根据实际情况进行购置。

### 10.16.2 安全警示牌

根据电力系统有关规定，本工程计列安全警示牌 25 块。

### 10.16.3 色标

本工程双回终塔需刷色标。

## 11 环境保护

### 11.1 工程环境影响分析

#### (1) 水环境影响分析

本线路经过地带为平地 and 丘陵，对水环境没有影响。

#### (2) 噪声影响分析

本工程选择低噪音设备。线路在山间走线，线路电压等级低，不会造成噪声污染。

#### (3) 电磁辐射影响分析

本线路为 110kV 线路，且在山间走线，不会造成电磁辐射污染。

#### (4) 施工中环境影响分析

按设计规范规定，线路沿线两旁和下面的树木必须与线路保持一定的安全距离，砍伐线路安全通道对环境会造成一定的影响。

### 11.2 环境保护工程设想

(1) 改变传统的施工组织设计，在保证施工工期前提下，尽量将放紧线时间安排在农作物收获之后进行，减少对农作物损伤，并采用张力放线，减

少施工通道树木砍伐。

(2) 在施工过程中占用的场地，施工完毕后即可进行农田复耕。在林区及地表以草和灌木为主的地区，在施工完毕后应尽可能进行恢复地表植被，并播撒草籽。为保护塔基场地的原始地貌及植被，对施工创面的斜坡和弃土地带，撒种草籽。

(3) 线路部分设计采用三角形、垂直排列的铁塔，减小运行通道宽度，从而减少树木的砍伐。

(5) 为保护有限的森林资源，以免大量砍伐树木破坏生态平衡，本工程路径选择时已对林木尽量避让，在线路通过树木密集地带时，为不砍或少砍林木，线路适当加高了铁塔，采用跨越的方式。

## 12 水土保持

### 12.1 保护自然地形、地貌

设计时充分考虑塔位的微地形地貌，用铁塔的长短腿及高低基础配合来调整塔脚与地形的高差，减少基面开方量，保护边坡稳定性。施工完毕后，作好自然地形、植被的恢复工作。

### 12.2 基坑开挖

凡能开挖成形的基坑，均采用以“坑壁”代替基础底模板方式开挖，尽可能减少开挖量。对位于陡峭山岩，地质条件差的塔位，不允许爆破施工，需采用人工开挖。

### 12.3 岩土表面保护

对于强风化、岩层裸露、表层破碎，易受雨水冲刷流推的塔位，根据塔位情况在清除表层破碎岩屑后，用M7.5砂浆抹面防护。保护范围为塔位表面破坏面积。

### 12.4 弃土堆放

坡度较陡的塔位，严禁将降基面及基坑开挖的弃土就地置于塔位下坡方

向，应将弃土外运到远离塔基、不易流失之处分散堆放，以防止弃土滑坡破坏塔位下坡方向自然地貌，危及塔基安全。

## 12.5 边坡保护

(1) 对部分塔位开挖后出现易风化、剥落、掉块的上边坡均采用浆砌块石护坡，对下边坡浆砌块石保坎，不准采用“干砌保坎、护坡”。

(2) 对较好的岩石边坡，则按有关规定和现场地质情况作放坡处理。

(3) 对位于下边坡的塔腿如需采取浆砌块石保坎的，一般用毛石混凝土回填基坑方法代替。基坑开挖时采用以“坑壁”代替基础底模板方式。

(4) 对位于陡坡地形、非居民区的塔位，接地沟开挖可不形成封闭环形，以避免沿垂直方向开挖接地沟从而形成冲沟危及塔位边坡的安全。

## 12.6 塔基排水

位于斜坡需开挖小平台的塔位，塔基表面应做成平整的斜面，以利于自然排水；对可能出现汇水面、积水面的塔位要求其上方修浆砌块石排水沟，并接入自然排水系统。

## 12.7 农田复耕和植被恢复

在施工过程中占用的场地，施工完毕后即可进行农田复耕。在林区及地表以草和灌木为主的地区，在施工完毕后应尽可能进行恢复地表植被，并播撒草籽。为保护塔基场地的原始地貌及植被，对施工创面的斜坡和弃土地带，撒种草籽。

## 13 节能措施分析

### (1) 选择节能照明灯具

采用绿色照明技术，在工艺生产建构物内全面选择高效率照明灯具和长寿命光源；在辅助建筑物内采用节能 LED 灯等。户外配电装置区域照明采用投光灯与路灯相结合措施，路灯和投光灯分别控制，夜间除巡视及检修期间外均不打开投光灯，可以有效节省电源。

主要建筑朝向较好，所有房间尽量考虑自然采光，节约能源；

在满足工艺要求的情况下，建筑体型系数小；

(2) 建筑物墙体材料选用的保温性能较好；

(3) 建筑物屋面采用卷材柔性防水和一层刚性防水，共两道防水层，防水层中包含保温层；

(4) 建筑物所有建筑窗采用优质喷塑铝合金窗，中空玻璃；检修工具间窗加金属防盗栏；

(5) 按经济电流密度选择导线截面节约能损。

导线是架空输电线路的主要元件之一，在线路工程中占有很大比重。

导线截面选择过大，增加有色金属消耗量和建设的投资。导线截面选择过小，会增加电压损失、降低电压水平和增加电能损耗，使电能传输质量和运行经济性变差。提高功率因数可减少有功损失和无功损失，提高电压水平。

本工程导线截面和结构的选择除满足系统传输容量的要求外，还要考虑对机械密度的要求和校验导的电晕特性。

(6) 导线材质的选择的节能效果

本工程线路导线采用高导电率钢芯铝绞线，降低了线损。同铝包钢绞线和铝合金绞线相比，钢芯铝绞线铝线导电率高，可以达到同等截面铜导线的 61%~63%，线损小，能源利用率高。全铝合金导线导电率仅能达到同等截面铜导线的 58%~60%，虽然机械性能方面优越，但其线损较大，是同截面钢芯铝绞线的 1.18 倍，而且配套金具研制费用高，因此，本工程采用钢芯铝绞线导线。

(7) 采用节能金具降低损耗

本工程导线采用节能金具，防震锤采用了节能型的防震锤。为减小涡流损耗，本工程导线线夹采用液压型。

## 14 抵御自然灾害评估

### 14.1 变电站抗灾措施

(1) 变电站选择站址已避开滑坡等不良地质地带，站址标高高于 50 年一遇洪水位。

(2) 本站址地震烈度 7 度，设计基本地震加速度值为 0.15g，建筑结构设计严格按国家相关抗震规范进行设计，电气设备均按不低于 VI 度抗震烈度设防要求选择，满足相关规范要求。

### 14.2 线路抗灾措施

(1) 在路径选择时，本线路已远离地震频发地段及滑坡地段，全线海拔高程均在 50 年一遇洪水位之上。

(2) 线路基础设计已充分考虑地震作用的影响，以保证电力设施的安全，做到“小震不坏，中震可修，大震不倒”的准则。

(3) 对地质较好的地段采用大开挖基础，可改善上拔稳定性。

## 15 劳动安全与劳动防护

(1) 各建（构）筑物的火灾危害性及最低耐火等级按照《建筑设计防火规范》GB50016-2014 及《220~750kV 变电站设计技术规程》等规范的规定，本期所有建（构）筑物的耐火等级按其在生产过程中的火灾危险性进行设计。

(2) 建（构）筑物间距，除了人员经常集中的建筑物要求有日照的间距外，主要是防火间距或工艺要求。本工程建（构）筑物的最小间距按《变电站建筑设计技术规程》的规定进行设计。

(3) 本工程各建筑物按照有关规程规定和消防疏散的要求，均设置有安全通道和安全出入口。并设有明显的标志指示牌。

(4) 对电气设备部分与各种物体的距离，严格执行规程规范确保设备和人身安全。

(5) 主变压器设有事故油坑，一旦发生故障，变压器油通畅排入地下事

故油池，防止火灾扩大。

(6) 预制舱的门均向外开。

(7) 站内建构筑物布置, 应满足防火间距离并与道路相邻, 在变电所内设置化学灭火装置, 变压器附近设沙箱。

(8) 在电缆沟进配电室内处进行封堵。

(9) 排水沟应定期投放人畜无害的杀虫剂, 杀灭蚊虫。

(10) 生活用水应定期或不定期经常检验, 确保用水卫生。

(11) 变电站 110kV 采用户外 SF<sub>6</sub> 气体绝缘 GIS 设备。GIS 设备采用 SF<sub>6</sub> 气体作为灭弧及绝缘介质, 设备应采用气密式结构, 设备应为全密封、全绝缘结构; 母线、开关及带电部件完全封闭在壳体中, 以防止气体泄漏。

(12) 为确保运行、维护、检修人员的人身安全, 在投产后将按《电业安全工作规程》制定一整套运行、检修规程。严格执行“两票工作制, 即工作票, 操作票合格率达到 100%”, 实践证明严格执行两票工作制度基本上杜绝了电气设备操作过程中的安全事故。

(13) 夏季对巡检工人供给饮料和补充营养, 膳食总容量应较高, 补充维生素和钙等。

(14) 冬季对巡检工人供给保温服、防护面罩、手套等个人防护用品。

(15) 禁止身上带有金属移植件, 心脏起搏器等辅助装置的人员进行带电作业。

(16) 工作人员防护材料个人穿金属丝制屏蔽服(例如穿防辐射肚兜, 防辐射, 围裙防辐射吊背心, 防辐射 T 恤等), 应给工作人员作定期身体检查。

(17) 野外工作以天然采光为主, 检修及事故处理时使用投光等设备, 工作人员配备应急电源得灯具。

(18) 劳动安全及工业卫生机构与设施

在线路运行组织中有人负责和监督劳动安全与工业卫生工作。

## 1、职业培训和防护用品

线路管理人员和操作人员，必须经培训考核合格后才能上岗。

对全体员工进行经常性的安全教育，提高员工的安全意识和安全基本知识，包括能正确符合国家标准和执行标准的各种安全和卫生器材。要求作人员掌握触电救护知识，掌握人工心肺复苏发的操作要领，以备应急之用。

工人当进入工频电厂强度超过最高容许量的工作地点时，作业人员应穿戴屏蔽服。

检修作业由于其工作的特殊性，需长时间滞留在作业现场，易受到各种职业危害因素的影响，应为维修作业人员提供相应的个人防护用品。

## 2、劳动安全及工业卫生制度建立

企业法定代表人必须经过安全、消防教育，并取得资质证书。安全管理人员也必须参加安全干部培训，取得安全干部资质证书。对新职工、变换工种职工必须进行三级安全教育方能上岗，对特种作业人员加强管理，持证上岗。对特种作业人员加强管理，应按照国家有关规定专门安全作业培训，取得特种作业资质证书，做到持证上岗。

建立健全安全生产管理机构，落实人员，制定、完善安全生产责任制，以适应新的生产规模的需要。制定各岗位的安全职责，各工种安全操作规程，各设备的使用、保管、维护、检修、更新制度，制定安全检查、安全奖惩、安全教育培训、事故统计分析报告、危险区域和活动电的审批、危险危害因素检测报警制度。定期、不定期地开展危害辨识、危害评价、控制策划活动，当情况发生变化时，及时修正和完善。危害辨识、危害评价时应横向到边、纵向到底，不留死角，应空间上覆盖，时间上覆盖，人员覆盖；实行危险的全过程动态控制。

配备专职或者兼职的职业卫生专业人员，负责单位的职业病防治工作，制定职业病防治计划和实施方案，建立、健全职业卫生管理制度和操作规程，并参与各项方案、制度的具体实施。

选择具有职业性健康检查资质的医院，以及根据接触的有害因素特性，选择相应的检查指标，对操作人员进行上岗前、在岗期间以及离岗时的职业健康检查工作，避免患有职业禁忌证的工人接触相应有害因素。为劳动者建立职业健康监护档案，并按照规定期限妥善保存。

加强防护设备和个人防护用品的维护保养工作，定期检查防护用品性能，确保其始终处于适用状态。

建立、健全职业病危害事故应急救援预案。

对有关各工种制定相应的技术安全岗位操作法，除正常的生产外，还应包括在异常情况下的各项应急措施，并定期教育培训和进行预案演练。

制定事故应急预案，事故应急预案应包括：具体描述可能的意外事故和紧急情况及其后果；确定应急期间负责人及所有人员在应急期间的职责；确定应急期间起特殊作用人员（如消防员、急救人员、毒物泄漏处置人员）的职责、权限和义务；疏散程序；建立与外部应急机构的联系；定期与安全生产监督管理部门、公安部门、保险机构及相邻企业的交流。

## 16 社会维稳

### 16.1 社会影响效果分析

本输变电新建工程作为宏达有色分公司改造升级的一部分，将对社会产生积极的影响：

(1) 本项目建成后可满足宏达有色分公司负荷增长需求，促进公司健康发展。

(2) 本工程建成后将实现 110kV 电压等级直供，提高了供电可靠性，减少高额电费支出。

(3) 本项目的建设符合国家总体规划。

综上所述，建设本输变电新建工程具有十分积极的社会影响。

## 16.2 社会稳定风险及对策分析

本项目全面开展了社会稳定评价工作。社会稳定评价工作坚持“以人为本”的原则，达到项目与所在地区利益协调，减少矛盾，防止不利社会影响，促进社会稳定。通过项目可研阶段的现场工作、公众参与调查及资料收集，按照项目与社会环境之间的关系和预期影响程度，对项目可能产生的主要社会因素进行了识别，对项目与社会环境的适应程度进行了论证，提出从营造良好的社会环境条件的角度，提升项目实施效果及实现项目预期目标的合理建议。

## 16.3 评估过程

受业主委托，我司组成了什邡市宏达 110 千伏输变电新建工程小组，确定各专业有关人员的分工协作，并派出设总、系统、电气、土建、线路、测量等专业人员于 2024 年 8 月在什邡市进行走访调查，协调当地村委会相关部门召开听证会，给当地村民介绍本工程的相关概况，强调项目建设意义和征地政策，强调本项目在实现公共利益的同时，充分考虑了被征地村民的利益，把村民的短期需要和长远利益结合起来综合考虑，并将严格依照当地人民政府关于征地补偿标准等有关规定拟定征地补偿方案，力求补偿方案的合理。

给当地村民介绍，在占地过程中，积极制定征地工作方案，深入村镇一级政府部门，积极与被征地群众联系沟通，向村社解答各项征地问题，切实了解现场被征地农民及当地居民所关心的问题，逐一落实反馈。

经过相关走访宣传，召开听证会等措施，当地村民对本建设项目有了初步的了解，了解本项目建设的必要性与自己用电息息相关，并得到了广大群众的认可，为工程建设提供的必要的保障。

## 16.4 可能存在的风险及其评价

### 16.4.1 社会稳定风险内涵

社会稳定风险，广义上是指一种导致社会冲突，危及社会稳定和社会秩

序的可能性，是一类基础性、深层次、结构性的潜在危害因素，对社会的安全运行和健康发展会构成严重的威胁。一旦这种可能性变成现实性，社会风险就会转变成公共危机。广义的社会风险是一个抽象的概念，它涵盖了生态环境领域、政治领域、经济领域、社会领域和文化领域的各种风险因素。在狭义上，社会风险是指由于所得分配不均、发生天灾、政府施政对抗、结社群斗、失业人口增加造成社会不安、宗教纠纷、社会各阶级对立、社会发生内争等社会因素引起的风险，仅指社会领域的风险。

#### 16.4.2 项目社会稳定风险内容及其评价

在项目建设过程中，社会稳定风险衍生于相关利益群体对征地拆迁项目的抗拒，这种抗拒有多种表现形式，如上访、留置原地拒绝拆迁、暴力对抗甚至群体示威等。通过本输变电新建工程项目所涉及的影响社会稳定的风险进行调查，本项目建设可能会引发 3 类不利于社会稳定的风险：第 1 类风险，项目合法性、合理性遭质疑的风险；第 2 类风险，项目可能造成环境破坏的风险；第 3 类风险，群众对征地及生活环境变化有争议的风险。

为便于评价表述准确，本报告把风险发生可能性的大小划分成 3 个等级，可能性由小至大依次表述为：低、中和高，并根据专家经验以及对征地拆迁相关利益群体的民意调研结果，界定各类风险发生可能性的大小。

根据征地拆迁项目实施过程中易发生的社会风险的经验判断，并结合类似输变电工程项目建设的具体情形，可能会诱发的异议、损失或不适等诸多社会风险及其评价主要如下：

##### 1. 项目合法性、合理性遭质疑的风险

(1) 风险内容：该项目的决策是否与现行政策、法律、法规相抵触，是否有充分的政策、法律依据；该项目是否坚持严格的审查审批和报批程序；是否经过严谨科学的可行性研究论证，是否充分考虑到时间、空间、人力、物力、财力等制约因素；建设方案是否具体、详实，配套措施是否完善。

(2) 风险评价：低风险

本项目经过充分可行性论证，将严格按照土地管理法律法规和《国务院关于深化改革严格土地管理的决定》（国发[2004]28号）、国土资源部《建设项目用地预审管理办法》（国土资源部第27号令）、《关于完善农用地转用和土地征收审查报批工作的意见》（国土资发[2004]237号）等有关规定办理用地报批手续，程序合法，手续齐全。征地程序正在按照土地管理法等有关法律，依法进行之中。本项目合法，手续完备，程序完备。

因此，本项目合法性、合理性遭质疑的风险低。

## 2. 项目可能造成环境破坏的风险

(1) 风险内容：输变电项目生产过程是变电站从电力系统受电，经变压器改变电压等级后将电能通过输电线路输送给用户，自身是个非常清洁的生产场所，不会对环境产生污染。输变电项目运行期主要污染因子为工频电场、工频磁场、生活污水、设备噪声，另有生态和景观等方面的影响；施工期间水土流失、施工噪声、施工扬尘及生活污水等。

(2) 风险评价：低风险

1) 变电站拟采取的主要污染防治措施

a. 施工期

(i) 扬尘防治

施工单位应经常清洗运输车辆、道路洒水以减少扬尘对环境空气的影响。对干燥的作业面适当喷水，使作业面保持一定的湿度，减少扬尘。

(ii) 废污水防治

合理施工组织，先行修筑生活污水处理设施，对施工生活污水进行处理，避免污染环境。将物料、车辆清洗废水、建筑结构养护废水集中，经过格栅、沉砂处理后回用。

(iii) 噪声防治

使用低噪声的施工方法、工艺和设备，将噪声影响减到最低限度。依法限制夜间施工。本工程变电站高噪声施工安排在白天进行，如因工艺特殊情

况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，取得县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，并公告附近居民，同时在夜间施工时禁止使用产生较大噪声的机械设备如推土机、挖土机等，禁止夜间打桩作业。

#### b. 运行期

##### (i) 电磁污染防治措施

为限制电晕产生无线电干扰，施工时提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕；

对站内配电装置进行合理布局，避免电气设备上方露出软导线；增加导线对地高度，减小导线相间距离；对电场强度大于 10kV/m 的设备、产生大功率电磁振荡的设备设置必要的屏蔽装置等。

##### (ii) 噪声防治措施

对站内主要噪声源提出噪声水平限值，使其符合国家规定的噪声标准；优化总平面布置，充分利用站内建构筑物的挡声作用，使噪声源尽量远离围墙；划定站外噪声影响控制区，为避免变电站噪声对周边居民产生影响，本工程变电站外将划定一定范围的噪声影响控制区，区内不再新建医院、学校、居民住宅等设施。

##### (iii) 水污染防治措施

生活污水由设置在站内的一体化地埋式污水处理装置处理达标后用于站区绿化。

#### 2) 输电线路拟采取的主要污染防治措施

##### (i) 路径选择

在输电线路路径选择阶段充分听取沿线政府、规划、城建、国土、环保、林业、水利、广电、电信、文化旅游、气象、航道管理、军队、地方无线电管理等相关单位的意见，优化路径，减少工程建设对环境的影响。

根据本工程环评要求，线路路径应避开沿线自然保护区、风景名胜区、

饮用水源保护区等生态敏感区域的核心景区及一级保护区，经过非核心景区的或二级保护区，取得相关主管部门的同意文件。

路径选择还应尽量避开沿线居民集中区，减少拆迁民宅的数量；尽量避开林木密集覆盖区、果园、经济作物，减少林木砍伐，保护生态环境；避开军事设施、城镇规划、大型工矿企业及重要通信设施，减少线路工程建设对地方经济发展的影响；尽量远离机场、火车站、码头等设施，满足机场净空要求并按要求在线路上设立航空障碍标志。

输电线路在跨越河流时，尽量不在水中建塔，尽量避免对航运和河道泄洪能力产生影响，并按相应的最高通航水位及最大空载船舶高度设计考虑足够的安全净空，以利航运安全。

#### (ii) 电磁污染防治措施

合理选择导线，经过居民集中区适当抬高架线高度减小电磁环境影响。

居民密集区，应采取避让措施。

线路与公路、通讯线、电力线交叉跨越时，严格按照有关规范要求留有足够净空距离；对沿线邻近的通信设施采取相应的工程防护措施。

#### (iii) 噪声防治措施

在满足工程对导线机械物理特性要求的前提下，尽量选择低噪声水平的导线、子导线分裂间距、绝缘子串组装型式等。

#### (iv) 生态保护措施

在林区采用高跨方式通过，减少林木砍伐；严禁随意倾倒、丢弃开挖出的弃土弃渣，应搬运至指定场所堆存；塔位有坡度时应修筑护坡、排水沟等；施工结束应及时恢复植被，避免水土流失。挂线时用张力机和牵引机紧、放线，以减少树木的砍伐和植被的破坏，对于必须砍伐的树木，施工单位应办理相应行政审批手续，缴纳相应的植被恢复费。

通过以上防治措施，本项目造成生态环境破坏风险低。

### 3. 群众对征地及生活环境变化有争议的风险

(1) 风险内容：由于征地涉及群众的切身利益，加上群众对征地的政策缺乏理解，因此在征地问题上群众往往会与政府站在对立面，以各种形式抵制征地。征地项目中群众最敏感、最担忧的问题是失去土地。农地是当地居民的主要生产资料，失去农地对当地居民的日常生活和农业生产都会产生严重的影响。有研究资料表明：对于从事农业生产的家庭来说，失去土地所产生的后果通常比失去房屋要严重的多。另外，保留下来的农地可能也会受到项目的各种影响而质量下降。因此，当征地会导致当地群众土地面积减少并危及生存时，群众可能会对征地项目产生强烈的排斥和抵触情绪，这种负面情绪一经积累有可能演变为激烈的抵制行动，从而影响社会稳定。此外，项目建设将在一定程度上影响当地居民的生存现状，从而造成居民内心的不安与担忧。

#### (2) 风险评价：低风险

本项目输电线路属分散点式间隔占地，拆迁对象主要为线路沿线零散住户，不存在大面积集中拆迁。

本项目在实现公共利益的同时，充分考虑了被征地村民的利益，把村民的短期需要和长远利益结合起来综合考虑。为了弥补村民的失地损失，本项目将严格依照《中华人民共和国土地管理法》第四十七条、国土资源部《关于引发〈关于完善征地补偿安置制度的指导意见〉的通知》（国土资发[2004]238号），相关省（市）人民政府关于征地补偿标准等有关规定拟定征地补偿方案，力求补偿方案的合理性得到群众认可。

在占地和拆迁过程中，积极制定征地工作方案，要求一线动迁工作人员高度负责，深入村镇一级政府部门，积极与被征地群众联系沟通，向村社解答各项征地问题，切实了解现场被征地农民及当地居民所关心的问题，逐一落实反馈，广泛宣传项目建设意义和征地政策；同时对关系到群众切身利益的补偿数据，一丝不苟，反复核对，积极帮助村民解决力所能及的补偿问题，争取为该项目征地积累经验，打下较好的群众基础。

在项目施工过程中，施工单位将严格按照文明施工的要求进行，减少扰民。施工过程中所产生的垃圾、废水、扬尘等有可能污染周围环境的，不随意倾倒、排放；施工现场车辆进出场时，避开路段繁忙时段，不要造成施工现场周围交通不畅或发生事故等。

根据环评结果，本工程运行期工频电磁场、无线电干扰、噪声影响达标，不产生废水影响，生态影响可控。线路噪声达到声环境功能区要求。

因此，本项目建设引起群众对征地及生活环境变化有争议的风险低。

### 16.4.3 项目社会稳定风险的综合评价

通过本输变电新建工程项目建设过程中可能发生的社会稳定风险进行调查，对项目合法性、合理性遭质疑的风险、项目可能造成环境破坏的风险、群众对征地和生活环境变化有争议的风险等可能存在的三类风险分别进行了识别。与评价从上述评价可知，本项目建设可能引发的不利于社会稳定的各类风险的可能性均低。

综合评价的结论为，本输变电新建工程为社会稳定低风险项目。

## 16.5 社会稳定风险防范措施

### 16.5.1 已经和正在采取的风险防范措施

本项目在站址及路径选择中进行了优化，完全量避开了自然保护区、风景名胜區、饮用水水源保护区等生态敏感区域，尽量远离了城镇规划区及居民集中区。建设单位将委托开展环境影响评价工作，并已完成环境现状监测及公众调查工作。工程设计已按照环评要求采取了严格的污染防治措施，满足国家环保标准要求。

#### (1) 注重对农民切身利益的保护

严格按照四川省人民政府关于征地补偿的要求制定补偿安置方案，为了确保项目的顺利进行，在具体操作的时候，本着有利于保护农民切身利益的角度，制定标准时，取高舍低。

## (2) 减少施工期间的扰民

严格要求和监督施工单位文明施工，减少扰民，采取下列措施：施工过程中所产生的垃圾、废水、扬尘等有可能污染周围环境的，应采取相应措施及时处理，不可随意倾倒、排放；施工现场车辆进出场时，要避开路段繁忙时段，不要造成施工现场周围交通不畅或发生事故等。

## (3) 保障项目全过程治安安全

采取以预防为主的治安防范措施。一是确保补偿款到位后进场施工，首先保证村集体和村民的切身利益。二是公安部门在项目全过程加强综合治理工作，保持征地涉及区域日常治安环境的良好。三是密切关注极少数村民可能的因对补偿不满意引发的上访、闹访、煽动群众、示威等动向，第一时间采取宣传、解释、化解等措施，将问题消除在萌芽状态。

## 16.5.2 风险防范和化解措施

本输变电新建工程发生不利于社会稳定的风险低，下一步将采取多方面的措施，防范项目进展中可能出现的风险发生。

### (1) 继续加强环保和征地政策的宣传，营造良好的社会舆论氛围

要通过电视、广播、报纸等多种新闻媒体，宣传本输变电新建工程项目工频电磁场对公众影响都在可控范围内，符合国家标准。

1998 年，国际非电离辐射防护委员会 (ICNIRP) 发布《限制时变电场、磁场和电磁场暴露的导则 (300GHz 以下)》的导则，公众居住环境允许暴露限值工频电场限值 5 千伏/米；工频磁场强度限值 100 微特。受控环境允许暴露限值工频电场限值 10 千伏/米；工频磁场强度限值 500 微特。

2006 年，世界卫生组织 (WHO) 正式发表了具有总结性的官方文件《制订以健康为基础的 EMF 标准的框架》(Framework for developing health-based EMF standards)，推荐所有成员国对电磁场限值采纳国际标准 (ICNIRP 暴露导则与限值)。此限值对保护公众健康留有足够的安全裕度，已被包括欧美发达国家在内的许多国家所采用。

根据世界卫生组织（WHO）“国际电磁场计划”的权威评估结论：对于公众通常遇到的极低频电场水平，不存在实际健康问题；显著超过 100 微特斯拉的磁场对人体的健康是存在危害的，但是符合标准限值（100 微特斯拉以下）是安全的。因此，居民关于极低频电磁场可能存在长期影响、累积效应等担忧是没有必要的。

我国《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）：以 4 千伏/米作为居民区工频电场强度评价标准，工频磁感应强度以 100 微特为评价标准。与国际上的相关标准相比，我国的标准更加严格，可以减轻公众对电磁环境干扰的担心，大大增强说服力。

要通过多种新闻媒体，本工程项目对拉动地方经济发展等诸多能给农民带来长期福利改善、收入增加这些正面的影响。尽管短期内农民会有少量的利益损失或者转型期的生活不便，甚至带来感情的痛苦、焦虑等，权衡利弊，项目建设有利于当地经济社会发展。

### (2) 创新思路，以人为本，讲求科学的征地方法

在征地过程中要不断创新工作思路，讲求科学有效的征地方法，尤其应用已被实践证明效果显著的征地工作方法，充分尊重被征地人员的相关权益。在土地征收过程中，还要按规定做好公开、公示工作，保证被征地对象的知情权。

### (3) 制定相关应急处置预案

建设方成立应急处置机构，制定相应的应急处置预案，一旦出现公众群体性事件，及时响应，配合政府相关部门进行妥善处理，提出处理意见，防止事件扩大，并对公众做好项目宣传解释工作，消除公众疑虑，及时化解矛盾。

## 17 投资估算

### 17.1 编制原则及依据

- 1、工程量：工程量根据技术设计确定的工程规模、方案和建设标准。
- 2、费用构成及计算标准按 2018 年版《电网工程建设预算编制与计算规定》执行。
- 3、定额执行《电力建设工程概算定额》（2018 版）第一册 建筑工程、第三册电气设备安装工程，《电力建设工程预算定额》(2018 年版) 第四册 调试工程。
- 4、装置性材料价格按照《电力建设工程装置性材料预算价格》（2018 年版）。地材价格按德阳什邡市 2025 年 6 月信息价计列，不足部分参照德阳市其他地方计列。
- 5、设备价格参照国网信息价 2025 年第二期、国网四川省电力公司电网工程补充信息价（2025），不足部分参照近期类似工程招标价或市场询价；
- 6、勘察设计费按【工程勘察设计收费标准】2002 版计列；
- 7、人、材、机调差执行电力定额【2025】1 号文。

### 17.2 工程总投资

工程投资汇总表

单位：万元

| 序号 | 项目名称                | 本体投资  |       |       |      | 其他费用 | 预备费 | 静态投资 | 单位投资          |
|----|---------------------|-------|-------|-------|------|------|-----|------|---------------|
|    |                     | 建筑工程费 | 设备购置费 | 安装工程费 | 合计   |      |     |      |               |
| 1  | 什邡市宏达 110 千伏变电站新建工程 | 1028  | 2939  | 700   | 4667 | 681  | 53  | 5401 | 675.13 元 /kVA |
| 2  | 对侧间隔扩建              | 24    | 97    | 54    | 175  | 14   | 2   | 191  |               |
| 3  | 云西~宏达               | 254   | 110   | 1013  | 1377 | 437  | 18  | 1832 | 284.03 万元     |

|          |      |      |      |      |      |    |      |  |     |
|----------|------|------|------|------|------|----|------|--|-----|
| 110kV 线路 |      |      |      |      |      |    |      |  | /km |
| 合计       | 1306 | 3146 | 1767 | 6219 | 1132 | 73 | 7424 |  |     |

### 17.3 投资水平分析

本工程为用户工程,参照国网通用设计按用户需求做出相应的方案调整。故标准造价中无对应方案投资。本工程变电站新建工程投资 5401 万元,线路投资 1832 万元。线路投资约 284.03 万元/km (其中架空线路单位投资 234.92 万元/km)。变电站新建工程及架空线路单位投资均超过往期常规水平,通过与往期工程比较,主要原因如下:

#### 一、110kV 变电站:

1、对比方案中主变采用 50MVA 三相双绕组,本次工程主变采用 40MVA 三相三绕组是为了满足生产工艺要求,整流变采用的是 35kV 电压等级,导致设备价增加,从而投资增加;

2、对比方案中无中压出线,因为电锌生产采用了 35kV 整流变,因此本工程需要有 6 回中压出线,从而投资增加;

3、工程本体费增加导致其他费用中以本体费为计算基数的费用(项目建 设管理费、生产准备费等)增加,导致投资增加;

4、因为供电部门硬性要求必须要实现自动的动态补偿,所以无功补偿采用了 SVG 动态补偿,较标往期工程中框架式无功补偿装设备价格增加,导致投资大幅增加约 200 万元。

5、建设场地征用及补偿费中,征地面积以及补偿单价按业主要求计列,建设场地征用费较常规计列方式增加约 156 万元;

6、场地内 10kV 线路迁改、临建拆除暂估总价约 28 万,导致投资增加。

7、由于近期铜价格大幅上涨,报告修编当日铜单价超 9.2 万元/吨,设备信息价不足以满足采购需要,故将相关设备单价调增,投资增加。

## 二、110kV 架空线路

本工程单位投资为 234.92 万元/km，高于较往期工程投资，原因如下：

- 1、工程耐张比为 76%，铁塔、基础指标增加，导致投资增加；
- 2、本工程有 4 基铁塔采用钢管杆，导致造价增加；
- 3、由于用户工程施工时停电困难，增加保电措施（替代电缆）费约 150 万元，导致投资增加；
- 4、本工程存在 35kV 电力线路迁改 500m、110kV 电力线路迁改 500m，估列费用 200 万元，投资增加；
- 5、设计指标高且涉及林木砍伐补偿，场地征用及清理费高，约 14 万元 /km 导致投资增加。

## 18 投资收益测算

### 18.1 项目工程投资与减少电费支出分析

#### 18.1.1 项目背景与建设必要性

宏达有色分公司作为重要的工业生产基地，其现有的 10kV 供电系统已无法满足企业日益增长的用电需求和高质量发展的要求。这种不匹配不仅体现在供电能力的瓶颈上，更直接反映在高昂的用电成本上，严重侵蚀了企业的利润空间，制约了其市场竞争力。

基于四川电网最新的输配电价政策，不同电压等级间的电价差极为显著。为从根本上解决供电瓶颈、提升用电安全可靠性和实现显著的降本增效，对内部供配电设施进行升级改造，新建一座 110kV 变电站，已成为一项紧迫且必要的战略性投资。在详细分析该 110kV 输变电工程建成后，相较于现有 10kV 供电模式将减少巨大的电费支出。

#### 18.1.2 电价政策分析与降费空间

本项目减少电费支出主要来源于三个方面：一是因享受更低的电压等级

输配电价而产生的直接电费减少；二是需量电价价差产生的电费减少；三是因线损降低而带来的额外电费减少。

### 18.1.2.1 输配电价差产生的直接电费减少

(1) 根据《四川电网输配电价表》（川发改价格〔2023〕233号），工商业用电（两部制）的输配电价存在巨大的电压等级差，电量单价：

1) 10kV 电压等级：电度电价为 0.1390 元/千瓦时

2) 110kV 电压等级：电度电价为 0.0669 元/千瓦时

3) 单位电量价差： $0.1390 - 0.0669 = 0.0721$  元/千瓦时

4) 根据业主提供资料，锌片单耗统一按 4200 度每吨计算

该价差是本次升级改造最核心的经济驱动力。

①当年产锌锭 6 万吨时，则年用电量预计为  $60000 \times 4200 = 2.52$  亿千瓦时，据此计算，仅因电价差每年可减少的电费为：年节约电费（价差）= 年用电量  $\times$  单位价差 =  $252,000,000 \text{ kWh} \times 0.0721 \text{ 元/kWh} = 18,169,200$  元/年，即，约 1,816.92 万元/年；

②当年产锌锭 6.5 万吨时，则年用电量预计为  $65000 \times 4200 = 2.73$  亿千瓦时，据此计算，仅因电价差每年可减少的电费为：年节约电费（价差）= 年用电量  $\times$  单位价差 =  $273,000,000 \text{ kWh} \times 0.0721 \text{ 元/kWh} = 19,683,300$  元/年，即，约 1,968.33 万元/年；

③当年产锌锭 7 万吨时，则年用电量预计为  $70000 \times 4200 = 2.94$  亿千瓦时，据此计算，仅因电价差每年可减少的电费为：年节约电费（价差）= 年用电量  $\times$  单位价差 =  $294,000,000 \text{ kWh} \times 0.0721 \text{ 元/kWh} = 21,197,400$  元/年，即，约 2,119.74 万元/年；

④当年产锌锭 7.5 万吨时，则年用电量预计为  $75000 \times 4200 = 3.15$  亿千瓦时，据此计算，仅因电价差每年可减少的电费为：年节约电费（价差）= 年用电量  $\times$  单位价差 =  $315,000,000 \text{ kWh} \times 0.0721 \text{ 元/kWh} = 22,711,500$  元

/年，即，约 2,271.15 万元/年。

### 18.1.2.2 110kV 需量电价和 10kV 容量电价差的直接电费减少

#### 1、计算条件

同时根据《四川电网输配电价表》（川发改价格〔2023〕233 号），110kV 需量电价为 27 元/千瓦·月；10kV 容量电价为 22 元/千伏安·月。现宏达有色分公司为 10kV 供电是按容量电价缴费，当升级为 110kV 供电后将采用需量电价缴费。现在宏达有色分公司 10kV 合同容量为 51000kW，则

- (1) 110kV 需量电价：27 元/千瓦·月；
- (2) 10kV 容量电价：22 元/千伏安·月；
- (3) 年生产天数 330 天，每天 24 小时；
- (4) 功率因素 0.95；
- (5) 锌锭单耗：4200 kWh/吨；
- (6) 产量与用电量关系：6 万吨——2.52 亿千瓦时、6.5 万吨——2.73 亿千瓦时、7 万吨——2.94 亿千瓦时、7.5 万吨——3.15 亿千瓦时；
- (7) 现年产 6 万吨锌锭合同容量：51000kVA。

#### 2、容量计算

- (1) 计算 6 万吨时的负载率

6 万吨时：

平均有功功率  $P_{avg}=252,000,000/(24\times 330)\approx 31818.18\text{kW}$

平均视在功率  $S_{avg}=31818.18/0.95\approx 33492.82\text{kVA}$

合同容量  $S_{合同}=51000\text{kVA}$

负载率(按视在功率)= $S_{avg}/S_{合同}=33492.82/51000\approx 0.6567$ ，约 65.7%。

- (3) 推算 6.5 万吨、7 万吨、7.5 万吨时的合同容量

按负载率保持相同 65.7%考虑，则  $S_{合同}=S_{avg}/0.657$

1)6.5 万吨：

$$P_{avg}=273,000,000/7920\approx 34469.7\text{kW}$$

$$S_{avg}=34469.7/0.95\approx 36283.89\text{kVA}$$

$$S_{\text{合同}}=36283.89/0.6567\approx 55251.85\text{kVA}$$

容量取整则为 56000kVA。

2) 7 万吨:

$$P_{avg}=294,000,000/7920\approx 37121.21\text{kW}$$

$$S_{avg}=37121.21/0.95\approx 39074.96\text{kVA}$$

$$S_{\text{合同}}=39074.96/0.6567\approx 59502\text{kVA}$$

容量取整则为 60000kVA。

3) 7.5 万吨:

$$P_{avg}=315,000,000/7920\approx 39772.73\text{kW}$$

$$S_{avg}=39772.73/0.95\approx 41866.03\text{kVA}$$

$$S_{\text{合同}}=41866.03/0.6567\approx 63752.14\text{kVA}$$

容量取整则为 64000kVA。

### 3、基本电费计算

1) 10kV 容量电费

公式: 年费= $S_{\text{合同}}\times 22\times 12=S_{\text{合同}}\times 264$  元

6 万吨:  $51000\times 264=13,464,000$  元

6.5 万吨:  $56000\times 264=14,784,000$  元

7 万吨:  $60000\times 264=15,840,000$  元

7.5 万吨:  $64000\times 264=16,896,000$  元

2) 110kV 基本电费

需量电价: 27 元/kW. 月

按最大需量  $P_{max}=P_{avg}$  (负荷率 100%简化), 则

年费= $P_{avg} \times 27 \times 12 = P_{avg} \times 324$  元

6 万吨： $31818.18 \times 324 \approx 10,309,091$  元

6.5 万吨： $34469.7 \times 324 \approx 11,168,183$  元

7 万吨： $37121.21 \times 324 \approx 12,027,272$  元

7.5 万吨： $39772.73 \times 324 \approx 12,886,365$  元

### 3) 基本电费减少

节约电费=10kV 容量电费-110kV 需量电费

6 万吨： $13,464,000 - 10,309,091 = 3,154,909$  元

6.5 万吨： $14,784,000 - 11,168,183 = 3,615,817$  元

7 万吨： $15,840,000 - 12,027,272 = 3,812,728$  元

7.5 万吨： $16,896,000 - 12,886,365 = 4,009,635$  元

则从 10kV 供电升级为 110kV 供电后，每年减少基本电费为：

年产 6 万吨锌锭：减少 315.49 万元

年产 6.5 万吨锌锭：减少 361.58 万元

年产 7 万吨锌锭：减少 381.27 万元

年产 7.5 万吨锌锭：减少 400.96 万元

## 18.1.2.3 降低线损产生的额外电费减少

电压等级的提升不仅关乎电价，也直接关系到输电效率。将供电电压从 10kV 升至 110kV，可以大幅降低输电过程中的线路损耗，此举可“减少线损 1.5%（根据电力公司线损费较低值）”。这部分被节约下来的电量同样意味着电费支出的减少，这部分电量的价值，需以到户电价计算（即购电价格+电价均价+政府性基金及附加等）。同时根据业主提供资料有色分公司电价均价为 0.6 元/kWh，作为基础进行估算，其电费支出减少已然非常可观。

(1)如年产 6 万吨锌锭,年减少线损电量 = 年用电量  $\times$  线损降低率 =  $252,000,000 \text{ kWh} \times 1.5\% = 3,780,000 \text{ kWh}$ ; 年减少电费(降损) = 减少线

损电量  $\times$  电价均价 =  $3,780,000\text{kWh} \times 0.6 \text{ 元/kWh} = 2,268,000 \text{ 元/年}$ ，则降低损耗减少电费支出为 226.800 万元/年。

(2) 如年产 6.5 万吨锌锭，年减少线损电量 = 年用电量  $\times$  线损降低率 =  $273,000,000 \text{ kWh} \times 1.5\% = 4,095,000 \text{ kWh}$ ；年减少电费（降损） = 减少线损电量  $\times$  电价均价 =  $4,095,000 \text{ kWh} \times 0.6 \text{ 元/kWh} = 2,457,000 \text{ 元/年}$ ，则降低损耗减少电费支出为 245.700 万元/年。

(3) 如年产 7 万吨锌锭，年减少线损电量 = 年用电量  $\times$  线损降低率 =  $294,000,000 \text{ kWh} \times 1.5\% = 4,410,000 \text{ kWh}$ ；年减少电费（降损） = 减少线损电量  $\times$  电价均价 =  $4,410,000 \text{ kWh} \times 0.6 \text{ 元/kWh} = 2,646,000 \text{ 元/年}$ ，则降低损耗减少电费支出为 264.600 万元/年。

(4) 如年产 7.5 万吨锌锭，年减少线损电量 = 年用电量  $\times$  线损降低率 =  $315,000,000 \text{ kWh} \times 1.5\% = 4,725,000 \text{ kWh}$ ；年减少电费（降损） = 减少线损电量  $\times$  电价均价 =  $4,725,000\text{kWh} \times 0.6 \text{ 元/kWh} = 2,835,000 \text{ 元/年}$ ，则降低损耗减少电费支出为 283.500 万元/年。

#### 18.1.2.4 年度总电费支出减少

综合上述三项，本项目实施后，如年产 6 万吨锌锭，每年可为宏达有色分公司带来的总电费支出减少为：年度总减少 = 价差减少 + 需量电费减少 + 降损减少 =  $1,816.92 \text{ 万元} + 315.49 \text{ 万元} + 226.800 \text{ 万元} = 2359.21 \text{ 万元/年}$ 。

如年产 6.5 万吨锌锭，每年可为宏达有色分公司带来的总电费支出减少为：年度总减少 = 价差减少 + 需量电费减少 + 降损减少 =  $1,968.33 \text{ 万元} + 361.58 \text{ 万元} + 245.700 \text{ 万元} = 2575.61 \text{ 万元/年}$ 。

如年产 7 万吨锌锭，每年可为宏达有色分公司带来的总电费支出减少为：年度总减少 = 价差减少 + 需量电费减少 + 降损减少 =  $2,119.74 \text{ 万元} + 381.27 \text{ 万元} + 264.600 \text{ 万元} = 2765.61 \text{ 万元/年}$ 。

如年产 7.5 万吨锌锭，每年可为宏达有色分公司带来的总电费支出减少

为：年度总减少 = 价差减少 + 需量电费减少 + 降损减少 = 2,271.15 万元 + 400.96 万元 + 283.500 万元 = 2955.61 万元/年。

## 18.2 运维成本分析

参考电力行业常见运维成本，年均运维成本约占其初始投资的 1.5%~2.5%。

(1) 变电站部分：运维成本占比相对较高，通常在 1.8%~2.8% 之间。因为变电站内设备数量多、技术相对复杂，需要进行的定期预防性试验、保护校验、设备检修等工作量较大。一个 110kV 变电站一般按 4 名运维人员计，综合考虑薪资水平。

(2) 输电线路部分：运维成本占比相对较低，通常在 1.0%~1.8% 之间。线路运维主要以巡检、清障、杆塔维护为主，成本相对固定。

(3) 运维费用的固定成本(占比约 45%)

①人工成本（运维人员工资）：一个 110kV 变电站通常需要配置 3~5 名运维人员（站长、值班员等），包括他们的工资、奖金、社保、公积金等全部人力开支。这是每年都必须发生的固定支出。

②管理费分摊：变电站所属区域公司的管理、后勤支持等费用的分摊。

(4) 运维费用的可变成本（占比约 55%）

①日常维护与材料费：设备保养所需的耗材、工具、安全工器具等。

②预防性试验和检修费：按规程定期对变压器、开关、保护装置等进行试验和检修的费用。

③备品备件费：储备一些常用备件，用于故障处理。

④线路巡检维护费：车辆使用费、通道清障费等。

将以上合并考虑后，整体比例落在 1.5%~2.5 这个区间比较合理。针对设备质量良好、运行环境常规、运维模式标准的情况下，前期新投运设备故

障率低，前期运维成本较低，随着设备老化，运维成本会逐渐上升。综合按照中间值 2% 考虑，其内涵包含人员工资、日常维护、试验检修等所有常规开销。因此新建宏达 110kV 输变电工程的年均整体运维费用： $\text{初始总投资} \times 2\% = 7424 \text{ 万元} \times 2\% = 148.48 \text{ 万元}$ 。

### 18.3 投资成本分析

实现上述巨大电费支出减少的初始投资如下：

- (1) 110kV 变电站估算投资：5401 万元
- (2) 对侧间隔扩建估算投资：191 万元
- (3) 110kV 输电线路估算投资：1832 万元
- (4) 工程合计总估算投资：7424 万元

### 18.4 资金来源

根据业主确定项目资金来源为拟向股份公司申请内部借贷 7424 万元，内部借款按年利率 3% 计息。

则借款年利息为  $7424 \text{ 万元} \times 3\% = 222.72 \text{ 万元}$ 。

### 18.5 投资回收期与长期减少电费支出评估

#### 1. 静态投资回收期分析

静态投资回收期是指不考虑资金时间价值的情况下，收回全部初始投资所需的时间。 $\text{静态投资回收期} = \text{总投资} / \text{年新增净收益} (\text{总电费支出减少}) - \text{年均运维成本} - \text{年利息}$ 。

则：

年产 6 万吨锌锭的静态投资回收期 =  $7424 \text{ 万元} / (2359.21 \text{ 万元} - 148.48 \text{ 万元} - 222.72 \text{ 万元}) / \text{年} = 7424 \text{ 万元} / 1988.01 \text{ 万元/年} \approx 3.7 \text{ 年}$ 。

年产 6.5 万吨锌锭的静态投资回收期 =  $7424 \text{ 万元} / (2575.61 \text{ 万元} - 148.48 \text{ 万元} - 222.72 \text{ 万元}) / \text{年} = 7424 \text{ 万元} / 2204.41 \text{ 万元/年} \approx 3.4 \text{ 年}$ 。

年产 7 万吨锌锭的静态投资回收期=7424 万元/（2765.61 万元-148.48 万元-222.72 万元）/年=7424 万元/2394.41 万元/年 $\approx$ 3.1 年；

年产 7.5 万吨锌锭的静态投资回收期=7424 万元/（2955.61 万元-148.48 万元-222.72 万元）/年=7424 万元/2584.41 万元/年 $\approx$ 2.9 年；

计算结果表明，该项目的静态投资回收期在年产 6.5 万到 7.5 万吨锌锭时均为三年左右；如按生产 6 万吨锌锭则需 3.7 年。这意味着，工程投运后，短则三年左右，长到三年多即可通过节省的电费完全收回超过 7424 万元的初始投资。在投资领域，这是一个回报周期极短、效益极其显著的项目。

## 2. 长期经济效益展望

在两到三年回收投资之后，该 110kV 变电站将在其漫长的生命周期（通常超过 20 年）内，持续不断地为公司创造每年少则近 1800 万元（按 2025 年 6 万吨锌锭产量）的纯经济效益。这将极大增强宏达有色分公司的成本竞争优势和盈利能力，为企业的可持续发展提供强劲动力。

## 3. 其他非量化效益

除了直接的经济效益，本项目还带来诸多难以用金钱衡量的战略效益：

（1）供电可靠性大幅提升：110kV 系统结构更完善，供电能力和稳定性远优于 10kV 系统，能有效避免因供电不足或中断造成的生产停滞损失。

（2）用电安全等级提高：更高电压等级的变电站通常配备更先进、可靠的保护和控制设备，极大提升了整个有色分公司的用电安全水平。

（3）满足未来增长需求：新建的 110kV 变电站为宏达有色分公司未来的产能扩张、技术升级提供了充足的电力容量保障，消除了发展的后顾之忧。

## 18.6 测算内部收益率（IRR）

### 18.6.1 内部收益率计算条件

按宏达有色分公司 2025 年年产 6 万吨锌锭，在新建 110kV 输变电项目投产后，年总减少电费支出 1988.01 万元（年节约电费扣除运维费用和借款利息后）。

内部收益率（IRR）是项目净现值（NPV）为零的折现率。项目初始投资 I=7424 万元，年现金流入 C=1988.01 万元。NPV 公式为：

$$NPV = -I + C \times \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} = 0$$

其中 n 为使用年限，r 为 IRR。则：

$$C \times \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} = I$$

即：

$$\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} = \frac{I}{C} = \frac{7424}{1988.01} \approx 3.734388$$

需要求解 r 使得年金现值因子 PVIFA ( , n) :  $\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} = 3.734388$ 。

### 18.6.2 按使用年限 5 年计算内部收益率

当新建变电站使用年限按 5 年考虑时，则 n=5：

求解 PVIFA (r, 5) =3.734388

1、试算 r=0.1 时

$$PVIFA(0.1,5) = \frac{1-(1.1)^{-5}}{0.1}$$

计算  $(1.1)^{-5} \approx 0.620921$ ，所以：

$$PVIFA(0.1,5) = \frac{1-0.620921}{0.1} \approx \frac{0.379079}{0.1} \approx 3.79079$$

3.79079 > 3.734388，说明 r 偏小。

3、试算  $r=0.11$  时

$$PVIFA(0.11,5) = \frac{1-(1.11)^{-5}}{0.11}$$

计算  $(1.11)^{-5} \approx 0.593451$ ，所以：

$$PVIFA(0.11,5) = \frac{1-0.593451}{0.11} \approx \frac{0.406549}{0.11} \approx 3.6959$$

$3.6959 < 3.734388$ ，说明  $r$  在  $0.1$  和  $0.11$  之间。

4、插值计算

在  $r=0.1$  时， $PVIFA=3.79079$

在  $r=0.11$  时， $PVIFA=3.6959$

$$\text{变化比例: } \frac{3.79079-3.734388}{3.79079-3.6959} = \frac{0.056402}{0.09489} \approx 0.594394$$

$$r \approx 0.1 + (0.11-0.1) \times 0.594394 = 0.10594394$$

因此内部收益率  $IRR \approx 10.6\%$ 。

### 18.6.3 按使用年限 10 年计算内部收益率

当新建变电站使用年限按 10 年考虑时，则  $n=10$ ：

求解  $PVIFA(r, 10) = 3.734388$

1、试算  $r=0.23$  时

$$PVIFA(0.23,10) = \frac{1-(1.23)^{-10}}{0.23}$$

计算  $(1.23)^{-10} \approx 0.126167$ ，所以：

$$PVIFA(0.23,10) = \frac{1-0.126167}{0.23} \approx \frac{0.873833}{0.23} \approx 3.799274$$

$3.799274 > 3.734388$ ，说明  $r$  偏小。

5、试算  $r=0.24$  时

$$PVIFA(0.24,10) = \frac{1-(1.24)^{-10}}{0.24}$$

计算  $(1.24)^{-10} \approx 0.116354$ ，所以：

$$PVIFA(0.24,10) = \frac{1-0.116354}{0.24} \approx \frac{0.883646}{0.24} \approx 3.681858$$

3.681858 < 3.734388, 说明 r 在 0.23 和 0.24 之间。

#### 6、插值计算

在 r=0.23 时, PVIFA=3.799274

在 r=0.24 时, PVIFA=3.681858

$$\text{变化比例: } \frac{3.799274-3.734388}{3.799274-3.681858} = \frac{0.064886}{0.117416} \approx 0.552616$$

$$r \approx 0.23 + (0.24-0.23) \times 0.552616 = 0.23552616$$

因此内部收益率 IRR ≈ 23.6%。

### 18.6.4 按使用年限 20 年计算内部收益率

当新建变电站使用年限按 20 年考虑时, 则 n=20:

求解 PVIFA(r, 20) = 3.734388

#### 1、试算 r=0.26

$$PVIFA(0.26,20) = \frac{1-(1.26)^{-20}}{0.26}$$

计算 (1.26)<sup>-20</sup> ≈ 0.009831, 所以:

$$PVIFA(0.26,20) = \frac{1-0.009831}{0.26} \approx \frac{0.990169}{0.26} \approx 3.808342$$

3.808342 > 3.734388, 说明 r 偏小。

#### 2、试算 r=0.27

$$PVIFA(0.27,20) = \frac{1-(1.27)^{-20}}{0.27}$$

计算 (1.27)<sup>-20</sup> ≈ 0.008393, 所以:

$$PVIFA(0.27,20) = \frac{1-0.008393}{0.27} \approx \frac{0.991607}{0.27} \approx 3.672619$$

3.672619 < 3.734388, 说明 r 在 0.26 和 0.27 之间。

#### 7、插值计算:

在  $r=0.26$  时,  $PVIFA=3.808342$

在  $r=0.27$  时,  $PVIFA=3.672619$

变化比例:  $\frac{3.808342-3.734388}{3.808342-3.672619} = \frac{0.073954}{0.135723} \approx 0.544889$

$r \approx 0.26 + (0.27 - 0.26) \times 0.544889 = 0.26544889$

因此内部收益率  $IRR \approx 26.5\%$ 。

综上, 宏达 110kV 输变电新建工程的内部收益率 (IRR) 为:

使用年限 5 年时: 内部收益率 (IRR) = 10.6%

使用年限 10 年时: 内部收益率 (IRR) = 23.6%

使用年限 20 年时: 内部收益率 (IRR) = 26.5%

### 18.6.5 内部收益率计算的结论和建议

结合以上计算, 新建宏达 110kV 输变电项目的内部收益率 (IRR) 指标非常优秀, 按 5 年使用年限测算时内部收益率达到 10% 以上, 按 10 年和 20 年使用年限测算, 则达到了 23% 以上的极高水平。这表明该项目在经济上是高度可行的, 盈利能力极强, 抗风险能力突出, 是一个值得投资的优质项目。

## 19 建设风险评估和应对措施

风险可以按照项目阶段和风险类型两个维度进行划分。这里我们以项目阶段为主线, 识别各阶段的主要风险。

### 19.1 项目决策与前期核准阶段

此阶段风险主要关乎项目能否合法启动。

#### 1. 站址及路径选择风险:

风险描述: 选点不合理, 如地质条件恶劣 (滑坡、软土层、溶洞)、占用基本农田、生态红线、距离居民区过近、线路跨越重要设施 (铁路、高速公路、油气管线) 难度大、成本高。

后果：导致项目可研批复困难、后期设计变更巨大、投资失控、甚至站址路径被迫调整，前期工作全部作废。

### **2.项目核准风险：**

风险描述：支持性文件获取困难。包括用地预审与选址意见书、社会稳定风险评估（维稳）、环境影响评价（环评）、水土保持方案（水保）等批文。

后果：项目无法取得核准文件，工程无法合法开工建设。

### **3.社会稳定风险（维稳风险）：**

风险描述：项目周边居民对电磁辐射、噪音、景观影响的担忧，以及对拆迁、青苗补偿标准的不满，可能引发群体性事件。

后果：项目被叫停或无限期推迟，造成巨大经济损失和负面社会影响。

## **19.2 设计与采购阶段**

此阶段的风险将直接决定后续施工的可行性与成本。

### **1.设计调整与设备风险：**

风险描述：在设计过程及审查过程中的调整会影响后续的工期。

后果：导致施工阶段大量变更，引发返工、停工、工期延误和费用索赔。

### **2.设备采购风险：**

风险描述：

1) 质量风险： 供应商以次充好，设备质量不达标。

2) 交付风险： 供应商产能不足或供应链中断，导致主要设备（如主变压器、GIS 组合电器）延迟交付。

3) 技术风险： 设备选型失误，与系统不匹配或技术落后。

后果：影响工程整体质量和进度，主设备延迟是制约工期的决定性因素。

## 19.3 施工建设阶段

这是风险最集中、最直接的阶段。

### 1.安全风险（重中之重）：

风险描述：

- 1) 触电： 临近带电体作业、误登带电杆塔、感应电伤害。
- 2) 高处坠落： 铁塔组立、架构安装、高处作业平台不规范。
- 3) 坍塌： 基坑开挖支护不到位、脚手架搭设不规范、塔吊倾覆。
- 4) 起重伤害： 主变等大件设备吊装作业失误。
- 5) 物体打击： 高空坠物、工器具掉落。

后果： 造成人员伤亡、设备损坏，是项目管理不可逾越的红线。

### 2.质量风险：

风险描述： 施工工艺不合格，如混凝土强度不够、电缆头制作工艺不良、接地电阻不达标、密封防水处理不到位等。

后果： 投运后隐患巨大，可能导致运行故障（如局部放电、短路），甚至引发重大电网事故。

### 3.工期风险：

风险描述：

1) 外部因素： 恶劣天气（暴雨、严寒、大风）、政策调整（如重大活动期间停工令）、民事协调受阻（村民阻工）。

2) 内部因素： 施工组织不力、资源投入不足、各专业工序衔接不畅。

后果： 项目不能按期投运，影响电网供电可靠性，可能产生合同违约罚款。

### 4.投资（成本）风险：

风险描述： 设计变更、物价上涨、民事赔偿费用超预期、工程签证管理

混乱、安全事故处理等导致成本增加。

后果：项目决算超概算，投资效益下降。

#### **5.环境与文明施工风险：**

风险描述：施工造成扬尘、噪音、水土流失、植被破坏等，违反环保法规，引发居民投诉和环保处罚。

后果：被责令停工整改，罚款，损害企业形象。

### **19.4 调试与投产阶段**

#### **1.调试风险：**

风险描述：调试方案不完善、操作失误、保护定值错误，可能导致设备冲击受损或越级跳闸，影响电网安全。

后果：设备损坏，投产失败，甚至引发电网波动。

#### **2.移交生产风险：**

风险描述：工程资料不齐全、不准确，设备台账不完整，给后续运行维护带来困难。

后果：运行单位拒收，影响工程结算和转资。

### **19.5 风险应对措施**

针对上述风险，应采取“预防为主、防控结合”的综合应对策略。

#### **19.5.1 组织与管理措施**

1.建立风险管理体系：成立风险管理小组，明确各方职责，建立风险识别、评估、应对、监控的动态管理流程。

2.选择优秀参建单位：通过严格招标，选择口碑好、经验丰富、资质过硬的设计、施工、监理单位和设备供应商。

3.强化合同管理：在合同中明确风险分担原则，如物价波动调价条款、业主方提供条件的责任、承包方的安全质量终身责任等。

### 19.5.2 技术措施

1.深化前期工作：采用无人机航拍、地质详勘、多方案技术经济比选等方式，优化站址路径，确保方案科学合理。

2.应用先进技术：采用 BIM（建筑信息模型）技术进行三维设计，提前发现管线碰撞等问题；应用智慧工地系统（如视频监控、塔吊监测、人员实名制）提升现场管控能力。

3.严格技术方案审查：对施工组织设计、重大技术方案（如深基坑、高支模、大件运输吊装）进行专家评审，确保安全可行。

### 19.5.3 具体阶段应对措施

| 风险类别   | 具体应对措施   |
|--------|--|
| 前期核准风险 | <p><b>主动沟通：</b> 提前与规划、自然资源、环保、林业等主管部门沟通，了解政策要求。</p> <p><b>专业报告：</b> 委托权威机构编制高水平的环评、水保、维稳报告。</p> <p><b>公众参与：</b> 早期开展科普宣传、民意调查，消除公众疑虑，合理补偿。</p>   |
| 安全风险   | <p><b>体系建设：</b> 建立全覆盖的安全责任制和应急预案，并定期演练。</p> <p><b>过程管控：</b> 严格执行“作业票”制度，强化现场安全交底和旁站监理。</p> <p><b>技术保障：</b> 对高风险作业（如临近带电作业、深基坑、组塔放线）进行专项论证和现场监护。</p> <p><b>教育培训：</b> 实行全员安全教育，特种作业人员持证上岗。</p> |
| 质量风险   | <p><b>标准先行：</b> 明确施工工艺标准和“标准工艺”应用要求。</p> <p><b>严格检验：</b> 执行设备进场验收、工序交接检查、隐蔽工程验收制度。</p> <p><b>旁站监理：</b> 对关键工序（如混凝土浇筑、电缆头制作、接地网敷设）实行全过程监理。</p> <p><b>第三方检测：</b> 引入第三方进行材料、实体质量检测。</p>          |
| 工期风险   | <p><b>精细计划：</b> 编制科学的二级网络计划，动态跟踪，及时纠偏。</p> <p><b>关键路径管理：</b> 重点保障主设备供应、民事协调等关键路径工作。</p> <p><b>民事协调：</b> 成立专门的民事协调小组，与地方政府联动，依法合规处理青赔问题。</p> <p><b>预案准备：</b> 制定雨季、冬季施工方案，减少天气影响。</p>          |
| 投资风险   | <p><b>限额设计：</b> 严格控制初步设计概算。</p> <p><b>变更管理：</b> 建立严格的工程设计变更和现场签证审批流程。</p> <p><b>过程结算：</b> 加强中间计量和支付审核，避免超付。</p>  |

## 19.6 核心要点总结

**源头控制是关键：** 前期工作做得越扎实，后期风险越小。特别是站址路径选择和核准文件获取。

**安全是永恒的主题：** 必须将安全管理放在首位，投入足够资源，杜绝侥幸心理。

**沟通协调是润滑剂：** 与政府、社区、参建各方的有效沟通，是化解外部风险和内部矛盾的重要手段。

**动态管理是保障：** 风险管理不是一次性的工作，应贯穿项目始终，定期回顾、更新风险清单和应对策略。

通过以上系统性的风险评估和有针对性的应对措施，可以最大限度地降低 110kV 输变电新建工程项目的各类风险，确保工程顺利建成投产，发挥应有的经济社会效益。

## 20 项目招标投标

本工程招标方式为公开招标，按照《招标投标法》、《四川省国家投资工程建设项目招标投标条例》等规定和本工程批复文件相关内容进行招标投标活动。

## 21 结论

### 21.1 项目实施前后效果分析

本工程的建设符合宏达股份有色分公司规划要求，满足宏达股份有色分公司负荷快速增长的需要，设备均选择国产一线品牌，提升宏达股份有色分公司的供电可靠性。

## 21.2 总结

(1) 110kV 变电站工程建设规模为:

主变压器: 本期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ , 远期主变容量  $2 \times 40\text{MVA}$ ;

110kV 出线: 本期 1 回, 远期 1 回;

35kV 出线: 本期 6 回, 远期 6 回;

10kV 出线: 本期 10 回, 远期 12 回;

动态无功补偿容量: 本期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$  (带滤波功能), 远期  $2 \times \pm 8\text{Mvar}$  (带滤波功能)。

(2) 线路工程建设规模为:

线路从云西 220kV 变电站 110kV 云民二线 186# 间隔起, 至拟建宏达 110kV 变电站 110kV 进出线构架止。架空线路长 5.9km, 电缆路径长 0.55km, 路径曲折系数 1.2, 导线采用 JL/G1A-240/30 型钢芯铝绞线; 全线架设双地线, 2 根均采用 OPGW-48B1-90 型光纤复合架空地线。

(3) 系统通信部分规模:

沿新建线路同步架设 2 根 48 芯 OPGW 光缆, OPGW 光缆长度约  $2 \times 5.9\text{km}$ , 非金属光缆长约  $2 \times 0.55\text{km}$ ; 变电站进站光缆采用普通非金属光缆, 长约  $2 \times 0.2\text{km}$ 。

本期在对侧间隔 110 站新增 1 套 2.5Gbit/s 平台的地网设备。

## 21.3 工程计划进度表

根据本工程各阶段工程情况, 拟定如下工程进度计划表:

| 阶段        | 序号 | 工作内容                              | 工期(天) | 紧前任务 | 责任单位        | 备注/交付成果  | 预估费用(万元) |
|-----------|----|-----------------------------------|-------|------|-------------|----------|----------|
| 一、决策与核准阶段 | 1  | 项目立项、可研报告编制与评审                    | 60    | -    | 建设单位/设计院    | 取得可研评审意见 | 约 50-100 |
|           | 2  | 取得项目核准支持性文件(用地预审、规划选址、社稳评估、节能评估等) | 90    | 1    | 建设单位/相关政府部门 | 取得所有必要批文 |          |

|                   |    |                    |    |         |                    |             |             |
|-------------------|----|--------------------|----|---------|--------------------|-------------|-------------|
|                   | 3  | 项目核准申报与批复          | 30 | 2       | 发改委/能源局            | 取得核准批复      |             |
| <b>二、初步设计阶段</b>   | 4  | 初步设计及概算编制          | 35 | 3       | 设计院                | 完成初设图纸和概算书  | 约 200-300   |
|                   | 5  | 初步设计评审与批复          | 15 | 4       | 电力公司/建设单位          | 取得初设评审意见及批复 |             |
|                   | 6  | 设备技术规范书编制          | 15 | 5       | 设计院                |             |             |
| <b>三、采购招标阶段</b>   | 7  | 主设备（主变、GIS 等）招标采购  | 45 | 6       | 建设单位               | 主设备定标       | 约 3500-4500 |
|                   | 8  | 技术协议签订及厂家图纸确认      | 20 | 7       | 建设单位/设计院           |             |             |
|                   | 9  | 施工、监理招标采购          | 30 | 5       | 建设单位               | 确定施工、监理单位   |             |
| <b>四、施工图与建设准备</b> | 10 | 详细施工图设计            | 60 | 7、8     | 设计院                | 全部施工图纸交付    | 约 300-800   |
|                   | 11 | 施工图会审              | 10 | 9、10    | 建设单位、设计院、监理单位、施工单位 |             |             |
|                   | 12 | 办理建设工程规划许可证        | 20 | 3、11    | 建设单位               | 取得施工许可      |             |
|                   | 13 | 办理土地使用权证（如需新征用地）   | 60 | 3       | 建设单位               | 取得土地证       |             |
|                   | 14 | “四通一平”及临时设施建设      | 30 | 9、11    | 施工单位               | 场地平整、临建完成   |             |
| <b>五、土建施工阶段</b>   | 15 | 基础开挖与处理            | 45 | 14      | 施工单位               | 地基验槽        | 约 1000-1300 |
|                   | 16 | 主体结构施工（基础、架结构、建筑物） | 90 | 15      | 施工单位               | 结构封顶        |             |
|                   | 17 | 建筑装饰与装修            | 45 | 16      | 施工单位               | 土建交付安装      |             |
| <b>六、电气安装阶段</b>   | 18 | 主变压器系统安装           | 20 | 8、11、17 | 施工单位               | 主变就位、附件安装   | 约 600-800   |

|                       |    |                           |    |                 |               |                |           |
|-----------------------|----|---------------------------|----|-----------------|---------------|----------------|-----------|
|                       | 19 | GIS/配电装置安装                | 30 | 8、11、17         | 施工单位          | 母线对接、<br>充气    |           |
|                       | 20 | 二次设备屏柜安装及接<br>线           | 40 | 8、11、17         | 施工单位          | 保护、测控<br>屏安装完毕 |           |
|                       | 21 | 电缆敷设与接线                   | 50 | 19、20           | 施工单位          | 全站电缆敷<br>设完成   |           |
| <b>七、调试与<br/>验收阶段</b> | 22 | 分系统调试(一次设备试<br>验、二次通流加压等) | 30 | 18、19、<br>20、21 | 施工单位/调<br>试单位 | 调试报告           | 约 500-700 |
|                       | 23 | 保护、通讯、远动系统对<br>点与联调       | 25 | 22              | 地调/施工单<br>位   | 与省调、地<br>调联调完成 |           |
|                       | 24 | 全场竣工验收及消缺                 | 15 | 22、23           | 建设单位/监<br>理   | 竣工验收完<br>成     |           |
| <b>八、系统接<br/>入与送电</b> | 25 | 启动方案编制与审批                 | 15 | 24              | 地调/建设单<br>位   | 取得调度批<br>复     | 约 100-200 |
|                       | 26 | 启动送电操作                    | 5  | 25              | 地调/运行单<br>位   | 投运送电           |           |

## 22 附图

详见图册。

## 23 附件