

报告编号：DAKMX-AZH-2023-12-01

云南能投曲靖发电有限公司

曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目

## 安全生产条件和设施综合分析报告

编制单位：昭通市鼎安科技有限公司

资质证书编号：APJ-（云）-005

二〇二三年十二月

云南能投曲靖发电有限公司  
曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目

安全生产条件和设施综合分析报告

法定代表人：毛卫旭  
技术负责人：饶旭军  
项目负责人：向荣鼎  
报告完成日期：2023 年 12 月

## 昭通市鼎安科技有限公司

### 报告编制组人员签字表

项目名称：云南能投曲靖发电有限公司曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目安全生产条件和设施综合分析报告

| 项<br>目<br>相<br>关<br>人<br>员 | 姓名  | 专业             | 资格证书编号               | 从业<br>登记号 | 签字 |
|----------------------------|-----|----------------|----------------------|-----------|----|
| 项目负责人                      | 向荣鼎 | 化学工程           | S0110530001102010008 | 008137    |    |
| 项目组成员                      | 袁志琴 | 安全技术<br>管理     | S0110530001102030017 | 039943    |    |
|                            | 毛卫旭 | 安全工程/<br>电气自动化 | 0800000000205718     | 011101    |    |
|                            | 陆朝春 | 机械工程及<br>自动化   | S0110530001102020019 | 025641    |    |
|                            | 张红兴 | 化工设备与<br>机械    | 1200000000100196     | 008142    |    |
| 报告编制人                      | 向荣鼎 | 化学工程           | S0110530001102010008 | 008137    |    |
|                            | 袁志琴 | 安全技术<br>管理     | S0110530001102030017 | 039943    |    |
| 报告审核人                      | 毛卫旭 | 安全工程/<br>电气自动化 | 0800000000205718     | 011101    |    |
| 过程控制<br>负责人                | 李晓达 | 化学工程/<br>水利水电  | 0800000000205717     | 008139    |    |
| 技术负责人                      | 饶旭军 | 化学工程           | 1800000000100196     | 008138    |    |

评价单位地址：云南省昭通市昭阳区昭阳大道 336 号

邮政编码：657000

电话/传真：0870 3170896 15687604738

公司网址：<http://www.ztdapj.com/>





图 1、图 2 评价人员现场照片（左一：向荣鼎；右一：袁志琴）





图 3 库区总貌



图 4 东南面灰场坝基外侧坡面





图 5 西南面灰坝坡面 6MWp 分布式光伏区



图 6 厂区至灰场输送皮带





图7 升压站东面曲靖电厂进厂道路



图8 升压站北面进站道路





图9 升压站西北面进站道路



图10 升压站西面曲靖电厂一期220kV升压变及西北面网控楼

## 前 言

根据《中华人民共和国安全生产法》（主席令第 88 号）、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令第 36 号，77 号令修改）等法律法规对建设项目安全设施“三同时”的相关要求，受建设单位的委托，昭通市鼎安科技有限公司对云南能投曲靖发电有限公司曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目进行安全生产条件和设施的综合分析，并出具分析报告。

根据《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令第 36 号，77 号令修改）中关于建设项目安全条件论证报告的编制要求，本次安全生产条件和设施综合分析报告包括以下内容：

- （一）建设项目内在的危险和有害因素及对安全生产的影响；
- （二）建设项目与周边设施（单位）生产、经营活动和居民生活在安全方面的相互影响；
- （三）当地自然条件对建设项目安全生产的影响；
- （四）其它需要论证的内容。

本次安全生产条件和设施综合分析报告（以下简称“安全生产条件分析报告”）由昭通市鼎安科技有限公司编制完成。在安全条件分析过程中通过现场检查和资料收集，对收集的资料依据国家法律、法规和标准，通过类比分析、工程分析、危险有害因素分析和编制安全检查表对照标准进行检查等一系列的分析工作，遵循合法性、科学性、公正性、针对性等原则编制了本报告。

本报告的编制得到了建设单位的积极配合，在此一并表示感谢。



# 目 录

|        |                             |    |
|--------|-----------------------------|----|
| 第 1 章  | 编制说明                        | 1  |
| 1.1    | 安全生产条件和设施分析报告的目的、原则、范围及工作程序 | 1  |
| 1.1.1  | 编制目的                        | 1  |
| 1.1.2  | 编制原则                        | 1  |
| 1.1.3  | 编制范围                        | 1  |
| 1.2    | 安全生产条件分析的依据                 | 2  |
| 1.2.1  | 国家法律                        | 2  |
| 1.2.2  | 行政法规                        | 2  |
| 1.2.3  | 地方性法规及规范性文件                 | 3  |
| 1.2.4  | 部门规章及规范性文件                  | 4  |
| 1.2.5  | 国家标准                        | 5  |
| 1.2.6  | 行业技术标准                      | 7  |
| 1.2.7  | 安全生产行业技术标准                  | 8  |
| 1.2.8  | 其它资料                        | 8  |
| 第 2 章  | 建设项目概况                      | 9  |
| 2.1    | 建设单位简介                      | 9  |
| 2.2    | 可行性研究报告编制单位                 | 9  |
| 2.3    | 项目投资备案证情况                   | 9  |
| 2.4    | 项目地理位置                      | 9  |
| 2.5    | 建设规模                        | 11 |
| 2.6    | 太阳能资源                       | 11 |
| 2.7    | 气象条件                        | 12 |
| 2.8    | 工程地质                        | 13 |
| 2.8.1  | 区域地质概况                      | 13 |
| 2.8.2  | 水文地质条件                      | 15 |
| 2.8.3  | 站址基本项目地质条件                  | 15 |
| 2.8.4  | 结论与建议                       | 18 |
| 2.9    | 发电量计算                       | 20 |
| 2.10   | 总平面布置                       | 20 |
| 2.10.1 | 厂区总平面布置                     | 20 |
| 2.10.2 | 升压站的平面布置                    | 20 |
| 2.11   | 光伏发电系统                      | 21 |
| 2.11.1 | 光伏组件选型                      | 21 |
| 2.11.2 | 光伏阵列的运行方式                   | 22 |
| 2.11.3 | 逆变器选型                       | 22 |
| 2.11.4 | 箱变                          | 23 |
| 2.11.5 | 光伏方阵布置说明                    | 24 |
| 2.11.6 | 组件串并联设计                     | 24 |
| 2.11.7 | 方阵接线方案设计                    | 25 |
| 2.11.8 | 光伏场区集电线路设计                  | 26 |

|         |                            |    |
|---------|----------------------------|----|
| 2.11.9  | 光伏场区电缆敷设设计 .....           | 27 |
| 2.11.10 | 光伏场区防雷接地设计 .....           | 27 |
| 2.12    | 电气 .....                   | 28 |
| 2.12.1  | 接入电力系统方案 .....             | 28 |
| 2.12.2  | 电气一次 .....                 | 28 |
| 2.12.3  | 电气二次 .....                 | 37 |
| 2.12.4  | 元件保护 .....                 | 49 |
| 2.12.5  | 直流电源系统及交流不停电电源系统 .....     | 51 |
| 2.13    | 系统继电保护及安全自动装置 .....        | 53 |
| 2.13.1  | 系统继电保护及安全自动装置 .....        | 53 |
| 2.13.2  | 调度自动化 .....                | 56 |
| 2.13.3  | 系统通信 .....                 | 58 |
| 2.14    | 接入线路 .....                 | 62 |
| 2.15    | 土建工程 .....                 | 62 |
| 2.15.1  | 设计安全标准 .....               | 62 |
| 2.15.2  | 光伏阵列基础及箱变基础设计 .....        | 63 |
| 2.15.3  | 电缆壕沟设计 .....               | 64 |
| 2.15.4  | 场内道路设计 .....               | 64 |
| 2.15.5  | 光伏区围栏设计 .....              | 64 |
| 2.15.6  | 升压站总平面设计 .....             | 64 |
| 2.15.7  | 升压站其他设计 .....              | 67 |
| 2.16    | 消防系统 .....                 | 69 |
| 2.16.1  | 消防总体设计方案 .....             | 69 |
| 2.16.2  | 光伏场区消防 .....               | 69 |
| 2.16.3  | 升压站消防措施 .....              | 69 |
| 2.17    | 安全管理 .....                 | 72 |
| 2.17.1  | 安全管理机构 .....               | 72 |
| 2.17.2  | 事故应急救援预案 .....             | 75 |
| 2.17.3  | 安全生产专项投资概算 .....           | 75 |
| 第 3 章   | 主要危险、有害因素辨识 .....          | 77 |
| 3.1     | 主要物料特性及其危险性 .....          | 77 |
| 3.1.1   | 六氟化硫 .....                 | 77 |
| 3.1.2   | 绝缘油 .....                  | 78 |
| 3.1.3   | 乙炔 .....                   | 78 |
| 3.1.4   | 氧气 .....                   | 78 |
| 3.2     | 场址选址及总平面布置危险有害因素分析 .....   | 79 |
| 3.2.1   | 场址选址危险有害因素分析 .....         | 79 |
| 3.2.2   | 总平面布置危险、有害因素 .....         | 79 |
| 3.3     | 场址与周边环境的相互影响 .....         | 80 |
| 3.4     | 建（构）筑物危险、有害因素分析 .....      | 80 |
| 3.4.1   | 地震危险性分析 .....              | 80 |
| 3.4.2   | 光伏支架及基础危险有害因素分析 .....      | 81 |
| 3.4.3   | 升压站的建筑物危险有害因素 .....        | 82 |
| 3.4.4   | 箱式变压器、分支箱基础危险、有害因素分析 ..... | 82 |



|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 3.4.5 电缆壕沟危险、有害因素分析 .....    | 82  |
| 3.5 气象条件对本项目及主要设备的影响 .....   | 82  |
| 3.5.1 降水的影响 .....            | 82  |
| 3.5.2 冰雹影响 .....             | 83  |
| 3.5.3 风荷载影响 .....            | 83  |
| 3.5.4 雷暴影响 .....             | 83  |
| 3.5.5 凝冻影响 .....             | 83  |
| 3.5.6 气温的影响 .....            | 83  |
| 3.6 设备设施危险有害因素分析 .....       | 84  |
| 3.6.1 太阳能电池组件危险有害因素分析 .....  | 84  |
| 3.6.2 逆变器危险有害因素辨识 .....      | 87  |
| 3.6.3 电气一次系统 .....           | 90  |
| 3.6.4 电气二次系统 .....           | 99  |
| 3.7 生产过程中的主要危险有害因素辨识分析 ..... | 102 |
| 3.7.1 火灾、爆炸危险性分析 .....       | 102 |
| 3.7.2 山火危险性分析 .....          | 104 |
| 3.7.3 电伤害危险性分析 .....         | 104 |
| 3.7.4 车辆伤害风险分析 .....         | 105 |
| 3.7.5 标志缺陷危害性分析 .....        | 106 |
| 3.7.6 机械伤害危险性分析 .....        | 106 |
| 3.7.7 高处坠落危险因素分析 .....       | 106 |
| 3.7.8 有限空间作业危险性分析 .....      | 106 |
| 3.7.9 腐蚀危害因素分析 .....         | 106 |
| 3.7.10 行为性危险和有害因素 .....      | 107 |
| 3.7.11 安全监测系统失效危险性分析 .....   | 107 |
| 3.7.12 外力破坏分析 .....          | 107 |
| 3.8 生产作业环境危险、有害因素辨识 .....    | 108 |
| 3.8.1 噪声 .....               | 108 |
| 3.8.2 电磁辐射 .....             | 108 |
| 3.8.3 非电离辐射 .....            | 108 |
| 3.8.4 粉尘 .....               | 109 |
| 3.8.5 高温、低温 .....            | 109 |
| 3.9 特殊作业过程危险有害因素分析 .....     | 110 |
| 3.9.1 临时用电作业危险性分析 .....      | 110 |
| 3.9.2 吊装作业危险性分析 .....        | 110 |
| 3.9.3 动火作业危险性分析 .....        | 110 |
| 3.10 施工期危险有害因素分析 .....       | 111 |
| 3.10.1 用电作业存在的潜在危害因素 .....   | 111 |
| 3.10.2 易燃易爆物质存在的潜在危害因素 ..... | 111 |
| 3.10.3 运输作业存在的危害因素 .....     | 112 |
| 3.10.4 施工期特殊作业存在的危害因素 .....  | 112 |
| 3.10.5 机械伤害 .....            | 113 |
| 3.10.6 施工期火灾潜在危害因素 .....     | 113 |
| 3.10.7 低温对施工的影响 .....        | 114 |

|        |                                         |     |
|--------|-----------------------------------------|-----|
| 3.11   | 调试期危险有害因素分析 .....                       | 114 |
| 3.12   | 安全管理危险有害因素分析 .....                      | 114 |
| 3.13   | 主要危险、有害因素及存在的部位 .....                   | 115 |
| 3.14   | 重大危险源辨识与分析 .....                        | 115 |
| 第 4 章  | 建设项目安全生产条件分析 .....                      | 117 |
| 4.1    | 建设项目与国家当地政府产业政策与布局符合性分析 .....           | 117 |
| 4.1.1  | 符合国家能源产业发展战略 .....                      | 117 |
| 4.1.2  | 开发太阳能受到国家政策扶持和法律保障 .....                | 117 |
| 4.1.3  | 场址地区具有太阳能的资源优势 .....                    | 118 |
| 4.1.4  | 促进当地社会经济的发展 .....                       | 118 |
| 4.1.5  | 调整能源结构的需要 .....                         | 118 |
| 4.1.6  | 分析结论 .....                              | 118 |
| 4.2    | 建设项目场址选择及总平面布置合规性分析 .....               | 119 |
| 4.2.1  | 场址及总平面布置分析 .....                        | 119 |
| 4.2.2  | 检查结果 .....                              | 127 |
| 4.3    | 建设项目对法律法规予以保护区域的影响 .....                | 127 |
| 4.4    | 建设项目与周边环境的相互影响分析 .....                  | 128 |
| 4.4.1  | 建设项目对周边环境的影响 .....                      | 128 |
| 4.4.2  | 建设项目对周边居民的影响 .....                      | 129 |
| 4.4.3  | 周边环境对建设项目的影晌 .....                      | 129 |
| 4.5    | 不良地质条件对本项目及主要设备的影响 .....                | 129 |
| 4.6    | 气象条件对本项目及主要设备的影响 .....                  | 129 |
| 第 5 章  | 建设项目安全生产设施分析 .....                      | 132 |
| 5.1    | 接入系统安全性分析 .....                         | 132 |
| 5.2    | 站用电安全性分析 .....                          | 132 |
| 5.3    | 电气系统安全性分析 .....                         | 132 |
| 5.4    | 安全设施分析 .....                            | 140 |
| 5.4.1  | 防火、防爆 .....                             | 140 |
| 5.4.2  | 防雷、接地装置 .....                           | 144 |
| 5.5    | 安全管理分析 .....                            | 148 |
| 第 6 章  | 安全对策措施建议 .....                          | 150 |
| 6.1    | 对可行性研究报告补充安全对策措施 .....                  | 150 |
| 6.2    | 生产过程安全对策措施建议 .....                      | 150 |
| 6.2.1  | 项目周边环境影响的对策措施 .....                     | 150 |
| 6.2.2  | 防止火灾危害的对策措施 .....                       | 151 |
| 6.2.3  | 防地质灾害的对策措施 .....                        | 151 |
| 6.2.4  | 防雷电危害对策措施 .....                         | 152 |
| 6.2.5  | 降水危害的对策措施 .....                         | 153 |
| 6.2.6  | 35kV 配电室防中毒对策措施 .....                   | 153 |
| 6.2.7  | 防 35kV 系统可能产生的谐振过电压安全对策措施 .....         | 153 |
| 6.2.8  | 防电气伤害对策措施 .....                         | 154 |
| 6.2.9  | 防 GIS 设备 SF <sub>6</sub> 中毒安全对策措施 ..... | 155 |
| 6.2.10 | 逆变器、无功补偿装置安全防护措施 .....                  | 156 |
| 6.2.11 | 电力监控系统安全防护措施 .....                      | 157 |



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 6.2.12 系统继电保护及安全自动装置安全对策措施 ..... | 157 |
| 6.2.13 低温安全对策措施 .....            | 158 |
| 6.2.14 道路交通安全对策措施 .....          | 159 |
| 6.2.15 其他安全措施 .....              | 159 |
| 6.3 施工期安全对策措施 .....              | 160 |
| 6.3.1 施工安全基本保障措施 .....           | 160 |
| 6.3.2 施工质量控制对策措施 .....           | 161 |
| 6.3.3 防施工期电气伤害对策措施 .....         | 162 |
| 6.3.4 运输作业要求及安全技术措施 .....        | 162 |
| 6.3.5 吊装要求及安全技术措施 .....          | 163 |
| 6.3.6 机械伤害对策措施 .....             | 163 |
| 6.3.7 防坠落危害对策措施 .....            | 163 |
| 6.3.8 施工期火灾对策措施 .....            | 164 |
| 6.3.9 光伏系统安装安全对策措施 .....         | 164 |
| 6.4 调试期的对策措施 .....               | 165 |
| 6.5 检维修作业的安全措施 .....             | 165 |
| 6.6 特殊作业安全对策措施 .....             | 167 |
| 6.7 安全管理方面的对策措施 .....            | 168 |
| 第 7 章 安全生产条件和设施综合分析结论 .....      | 173 |
| 7.1 项目存在的主要危险、有害因素 .....         | 173 |
| 7.2 应重点防范的危险有害因素 .....           | 173 |
| 7.3 应重视的安全对策措施建议 .....           | 174 |
| 7.4 综合分析结论 .....                 | 174 |
| 附件 .....                         | 176 |
| 附图 .....                         | 176 |

## 第 1 章 编制说明

### 1.1 安全生产条件和设施分析报告的目的、原则、范围及工作程序

#### 1.1.1 编制目的

- 1.为贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，确保建设工程项目中的安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。
- 2.分析辨识云南能投曲靖发电有限公司曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目存在的危险、有害因素的种类、分布及危险、危害程度。
- 3.对建设项目安全生产条件和设施固有的危险，有害因素进行科学分析，分析其危险等级及可接受程度，并由此提出切实可行的、合理的安全技术、管理等方面的对策措施，为企业防范各项危险有害因素提供依据。
- 4.安全生产条件和设施综合分析采取安全措施后的系统是否能满足国家规定的安全生产要求，提高建设项目安全投资效益。
- 5.为应急管理部门对建设项目安全设施“三同时”工作实施监督管理提供依据。

#### 1.1.2 编制原则

项目安全生产条件和设施综合分析报告将按照科学性、公正性、合法性和针对性的原则，以《曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目 可行性研究报告》（以下简称《可行性研究报告》）和现场检查情况以及其它相关技术成果为基础，以国家有关安全生产的法律、法规及技术标准为依据，运用科学的论证方法和规范的论证程序，以严肃的科学态度开展该工程的安全生产条件和设施综合分析报告编制工作。

#### 1.1.3 编制范围

根据曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目的实际情况，本次安全生产条件和设施综合分析报告的编制范围为：曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目的安全生产条件（自然、地质、周边环境、平面布置等）、本项目配套新建的 220kV 升压站、设备设施符合性（光伏电站设备及系统、电气系统、安全设施、辅助设施等）、安全管理。

本项目曲靖电厂 220KV 升压站接入、职业卫生不在本次分析范围内。



## 1.2 安全生产条件分析的依据

### 1.2.1 国家法律

| 序号 | 法律名称           | 文号                                      | 实施日期       |
|----|----------------|-----------------------------------------|------------|
| 1  | 中华人民共和国安全生产法   | 中华人民共和国主席令第 88 号                        | 2021.09.01 |
| 2  | 中华人民共和国劳动法     | 中华人民共和国主席令第 24 号修改                      | 2018.12.29 |
| 3  | 中华人民共和国防洪法     | 中华人民共和国主席令第 88 号，全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议修正 | 1998.01.01 |
| 4  | 中华人民共和国可再生能源法  | 中华人民共和国主席令第 23 号修改                      | 2010.04.01 |
| 5  | 中华人民共和国消防法     | 中华人民共和国主席令第 81 号修订                      | 2021.04.29 |
| 6  | 中华人民共和国民法典     | 中华人民共和国主席令第 45 号                        | 2021.01.01 |
| 7  | 中华人民共和国电力法     | 中华人民共和国主席令第 23 号                        | 2018.12.29 |
| 8  | 中华人民共和国防震减灾法   | 中华人民共和国主席令第 7 号                         | 2009.05.01 |
| 9  | 中华人民共和国道路交通安全法 | 中华人民共和国主席令第 81 号                        | 2021.04.29 |
| 10 | 中华人民共和国职业病防治法  | 中华人民共和国主席令第 24 号修改                      | 2018.12.29 |
| 11 | 中华人民共和国环境保护法   | 中华人民共和国主席令第 9 号                         | 2015.01.01 |
| 12 | 中华人民共和国反恐怖主义法  | 中华人民共和国主席令第 36 号修改                      | 2018.04.27 |
| 13 | 中华人民共和国突发事件应对法 | 中华人民共和国主席令第 69 号                        | 2007.11.01 |
| 14 | 中华人民共和国特种设备安全法 | 中华人民共和国主席令第 4 号                         | 2014.01.01 |
| 15 | 中华人民共和国清洁生产促进法 | 中华人民共和国主席令第 54 号                        | 2012.07.01 |
| 16 | 中华人民共和国水土保持法   | 中华人民共和国主席令第 39 号                        | 2011.03.01 |
| 17 | 中华人民共和国网络安全法   | 中华人民共和国主席令第 53 号                        | 2017.06.01 |

### 1.2.2 行政法规

| 序号 | 法规名称               | 文号          | 实施日期       |
|----|--------------------|-------------|------------|
| 1  | 工伤保险条例             | 国务院令第 586 号 | 2011.01.01 |
| 2  | 中华人民共和国自然保护区条例     | 国务院令第 167 号 | 2017.10.07 |
| 3  | 中华人民共和国防汛条例        | 国务院令第 441 号 | 2005.07.15 |
| 4  | 电力设施保护条例           | 国务院令第 239 号 | 2011.01.08 |
| 5  | 使用有毒物品作业场所劳动保护条例   | 国务院令第 352 号 | 2002.05.12 |
| 6  | 建设工程安全生产管理条例       | 国务院令第 393 号 | 2004.02.01 |
| 7  | 地质灾害防治条例           | 国务院令第 394 号 | 2004.03.01 |
| 8  | 中华人民共和国道路交通安全法实施条例 | 国务院令第 687 号 | 2017.10.07 |

| 序号 | 法规名称                       | 文号             | 实施日期       |
|----|----------------------------|----------------|------------|
| 9  | 中华人民共和国道路运输条例              | 国务院令 第 764 号   | 2023.07.20 |
| 10 | 劳动保障监察条例                   | 国务院令 第 423 号   | 2004.12.01 |
| 11 | 电力监管条例                     | 国务院令 第 432 号   | 2005.05.01 |
| 12 | 生产安全事故报告和调查处理条例            | 国务院令 第 493 号   | 2007.06.01 |
| 13 | 国务院关于修改《特种设备安全监察条例》的决定     | 国务院令 第 549 号   | 2009.05.01 |
| 14 | 危险化学品安全管理条例                | 国务院令 第 645 号   | 2013.12.07 |
| 15 | 电力安全事故应急处置和调查处理条例          | 国务院令 第 599 号   | 2011.09.01 |
| 16 | 电网调度管理条例                   | 国务院令 第 588 号   | 2011.01.08 |
| 17 | 建设工程质量管理条例                 | 国务院令 第 279 号   | 2000.01.30 |
| 18 | 国务院关于特大安全事故行政责任追究的规定       | 国务院令 第 302 号   | 2001.04.21 |
| 19 | 国务院关于进一步加强安全生产工作的决定        | 国发〔2004〕2 号    | 2004.01.09 |
| 20 | 国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知      | 国发〔2010〕23 号   | 2010.07.19 |
| 21 | 国务院关于发布实施《促进产业结构调整暂行规定》的决定 | 国发【2005】第 40 号 | 2005.12.02 |
| 22 | 生产安全事故应急管理条例               | 国务院令 第 708 号   | 2019.05.01 |

### 1.2.3 地方性法规及规范性文件

| 序号 | 法规名称                                         | 文号                          | 实施日期       |
|----|----------------------------------------------|-----------------------------|------------|
| 1  | 云南省安全生产条例                                    | 省第十二届人大常委会修订                | 2018.01.01 |
| 2  | 云南省消防条例                                      | 云南省第十三届人民代表大会常务委员会第二十一次会议修正 | 2020.11.25 |
| 3  | 云南省工伤保险条例                                    | 云政发【2011】255 号              | 2011.12.31 |
| 4  | 云南省突发事件应对条例                                  | 云南省第十二届人民代表大会常务委员会第十次会议通过   | 2014.12.01 |
| 5  | 云南省人民政府关于进一步加强安全生产工作的决定                      | 云政发〔2011〕229 号              | 2011.11.14 |
| 6  | 云南省人民政府贯彻落实国务院关于进一步加强企业安全生产工作通知的实施意见         | 云政发〔2010〕157 号              | 2010.10.25 |
| 7  | 云南电力调度控制中心关于印发《云南电网并网电厂二次系统复核性试验管理办法（试行）》的通知 | 调度继电〔2013〕19 号              |            |
| 8  | 南方电网新能源场站一次调频功能技术要求                          | 南网总调[2019]25 号              |            |
| 9  | 云南电网新能源场站接入系统技术原则                            |                             |            |
| 10 | 关于转发南方电网集中式新能源场站运行数据接入调度主站技术方案的通知            | 总调自〔2021〕35 号               |            |

## 1.2.4 部门规章及规范性文件

| 序号 | 规章名称                                        | 文号                                                             | 实施日期       |
|----|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 1  | 生产经营单位安全培训规定                                | 国安监总局令第 3 号（第 80 号令修改）                                         | 2015.5.29  |
| 2  | 安全生产事故隐患排查治理暂行规定                            | 国家安全生产监督管理总局令第 16 号                                            | 2008.02.01 |
| 3  | 生产安全事故信息报告和处置办法                             | 国家安全生产监督管理总局令第 21 号                                            | 2009.07.01 |
| 4  | 特种作业人员安全技术培训考核管理规定                          | 国家安全生产监督管理总局令第 30 号                                            | 2010.07.01 |
| 5  | 建设项目安全设施“三同时”监督管理办法                         | 国家安全生产监督管理总局令第 36 号（77 号令修改）                                   | 2015.05.01 |
| 6  | 关于修改《〈生产安全事故报告和调查处理条件〉罚款处罚暂行规定》部分条款的决定      | 国家安全生产监督管理总局令第 42 号                                            | 2011.11.01 |
| 7  | 国家安监总局关于修改〈生产经营单位安全培训规定〉等 11 件规章的决定         | 国家安全生产监督管理总局令第 63 号                                            | 2013.08.19 |
| 8  | 国家安监总局关于修改〈生产安全事故报告和调查处理条例〉罚款处罚暂行规定等四部规章的决定 | 国家安全生产监督管理总局令第 77 号                                            | 2015.05.01 |
| 9  | 《国家安监总局关于废止和修改劳动防护用品和安全培训等领域十部规章的决定》        | 国家安全生产监督管理总局令第 80 号                                            | 2015.07.01 |
| 10 | 生产安全事故应急预案管理办法                              | 根据 2019 年 7 月 11 日应急管理部令第 2 号《应急管理部关于修改〈生产安全事故应急预案管理办法〉的决定》修正） | 2019.09.01 |
| 11 | 《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2011 年本）〉有关条款的决定》   | 国家发改委第 21 号令                                                   | 2013.05.01 |
| 12 | 电力监控系统安全防护规定                                | 国家发展和改革委员会令第 14 号                                              | 2014.09.01 |
| 13 | 电力安全生产监督管理办法                                | 国家发展和改革委员会令第 21 号                                              | 2015.03.01 |
| 14 | 电力建设工程施工安全监督管理办法                            | 国家发展和改革委员会令第 28 号                                              | 2015.10.01 |
| 15 | 国家能源局关于印发《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2023 版）》的通知     | 国能发安全〔2023〕22 号                                                | 2023.03.09 |
| 16 | 电力企业应急预案管理办法                                | 国能安全【2014】508 号                                                | 2014.11.27 |
| 17 | 电力企业应急预案评审与备案细则                             | 国能综安全【2014】953 号、                                              | 2014.12.3  |
| 18 | 国家能源局关于印发《电力二次系统安全管理若干规定》的通知(2022 修订)       | 国能发安全规〔2022〕92 号                                               | 2022.12.17 |
| 19 | 中央企业安全生产监督管理暂行办法                            | 国资委令第 21 号                                                     | 2008.09.01 |
| 20 | 中央企业安全生产禁令                                  | 国资委令第 24 号                                                     | 2011.01.01 |
| 21 | 企业安全生产费用提取和使用管理办法                           | 财资〔2022〕136 号                                                  | 2022.11.21 |
| 22 | 国家电力监管委员会安全生产令                              | 国家电力监管委员会令第 1 号                                                | 2004.02.18 |
| 23 | 电力安全生产监管办法                                  | 国家发展和改革委员会令 21 号                                               | 2015.03.01 |
| 24 | 电网运行规则(试行)                                  | 国家电力监管委员会令第 22 号                                               | 2007.01.01 |
| 25 | 关于深入开展电力安全生产标准化工作的指导意见                      | 电监安全【2011】21 号                                                 | 2011.08.05 |
| 26 | 关于印发〈发电企业安全生产标准化规范及达标评级标准〉的通知               | 电监安全【2011】23 号                                                 | 2011.08.31 |
| 27 | 电力设施保护条例实施细则                                | 中华人民共和国国家经济贸易委员会、中华人民共和国公安部令第 8 号                              | 1999.03.18 |



| 序号 | 规章名称                             | 文号                     | 实施日期       |
|----|----------------------------------|------------------------|------------|
| 28 | 火灾事故调查规定                         | 中华人民共和国公安部令第 108 号     | 2009.05.01 |
| 29 | 防雷装置设计审核与验收规定                    | 国家气象局令第 21 号           | 2011.09.01 |
| 30 | 中国气象局关于修改〈防雷减灾管理办法〉的决定           | 国家气象局令第 24 号           | 2013.06.01 |
| 31 | 建设工程消防设计审查验收管理暂行规定               | 中华人民共和国住房和城乡建设部令第 51 号 | 2020.06.01 |
| 32 | 关于《预防印发多雷地区变电站断路器等设备雷害事故技术措施》的通知 | 国家电网生[2009]1208 号      |            |

## 1.2.5 国家标准

| 序号 | 法规名称                            | 文号                          | 实施日期       |
|----|---------------------------------|-----------------------------|------------|
| 1  | 中国地震动参数区划图                      | GB 18306-2015               | 2015.06.01 |
| 2  | 建筑抗震设计规范                        | GB 50011-2010,<br>[2016 年版] | 2016.08.01 |
| 3  | 电力设施抗震设计规范                      | GB 50260-2013               | 2013.09.01 |
| 4  | 建筑工程抗震设防分类标准                    | GB 50223-2008               | 2008.07.30 |
| 5  | 钢结构设计标准                         | GB 50017-2017               | 2018.07.01 |
| 6  | 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求 | GB/T 8196-2018              | 2019.07.01 |
| 7  | 机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离             | GB/T 23821-2022             | 2022.11.08 |
| 8  | 安全防范工程技术标准                      | GB 50348-2018               | 2018.12.01 |
| 9  | 建筑灭火器配置设计规范                     | GB 50140-2005               | 2005.10.01 |
| 10 | 建设工程施工现场消防安全技术规范                | GB 50720-2011               | 2011.08.01 |
| 11 | 火灾自动报警系统设计规范                    | GB 50116-2013               | 2014.05.01 |
| 12 | 生产过程安全卫生要求总则                    | GB/T 12801-2008             | 2009.10.01 |
| 13 | 工业企业设计卫生标准                      | GBZ 1-2010                  | 2010.08.01 |
| 14 | 生产过程危险和有害因素分类与代码                | GB/T 13861-2022             | 2022.10.01 |
| 15 | 企业职工伤亡事故分类                      | GB/T 6441-1986              | 1987.02.01 |
| 16 | 电力工程电缆设计标准                      | GB 50217-2018               | 2018.09.01 |
| 17 | 建筑物防雷设计规范                       | GB 50057-2010               | 2011.10.01 |
| 18 | 建筑设计防火规范                        | GB 50016-2014,<br>[2018 年版] | 2015.05.01 |
| 19 | 建筑照明设计标准                        | GB 50034-2013               | 2014.06.01 |
| 20 | 建筑采光设计标准                        | GB 50033-2013               | 2013.05.01 |
| 21 | 建筑内部装修设计防火规范                    | GB 50222-2017               | 2018.04.01 |
| 22 | 爆炸危险环境电力装置设计规范                  | GB 50058-2014               | 2014.10.01 |
| 23 | 防洪标准                            | GB 50201-2014               | 2015.05.01 |
| 24 | 工业企业总平面设计规范                     | GB 50187-2012               | 2012.08.01 |
| 25 | 工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素    | GBZ 2.1-2019                | 2020.04.01 |
| 26 | 工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素      | GBZ 2.2-2007                | 2007.11.01 |
| 27 | 混凝土结构设计规范                       | GB 50010-2010               | 2011.07.01 |

| 序号 | 法规名称                                | 文号               | 实施日期       |
|----|-------------------------------------|------------------|------------|
| 28 | 危险化学品重大危险源辨识                        | GB 18218-2018    | 2019.03.01 |
| 29 | 低压配电设计规范                            | GB 50054-2011    | 2012.06.01 |
| 30 | 用电安全导则                              | GB/T 13869-2017  | 2018.07.01 |
| 31 | 固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯             | GB 4053.1-2009   | 2009.12.01 |
| 32 | 固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯             | GB 4053.2-2009   | 2009.12.01 |
| 33 | 固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台      | GB 4053.3-2009   | 2009.12.01 |
| 34 | 空调通风系统运行管理标准                        | GB 50365-2019    | 2019.12.01 |
| 35 | 继电保护和安全自动装置技术规程                     | GB/T 14285-2006  | 2006.11.01 |
| 36 | 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则                  | GB/T 8905-2012   | 2013.02.01 |
| 37 | 建筑用墙面涂料中有害物质限量                      | GB 18582-2020    | 2020.12.01 |
| 38 | 焊接与切割安全                             | GB 9448-1999     | 2000.05.01 |
| 39 | 图形符号 安全色和安全标志 第 1 部分：安全标志和安全标记的设计原则 | GB/T 2893.1-2013 | 2013.11.30 |
| 40 | 安全标志及其使用导则                          | GB 2894-2008     | 2009.10.01 |
| 41 | 道路交通标志和标线第 1 部分：总则                  | GB 5768.1-2009   | 2009.07.01 |
| 42 | 道路交通标志和标线第 2 部分：道路交通标志              | GB 5768.2-2022   | 2022.10.01 |
| 43 | 道路交通标志和标线第 3 部分：道路交通标线              | GB 5768.3-2009   | 2009.07.01 |
| 44 | 消防安全标志设置要求                          | GB 15630-1995    | 1996.02.01 |
| 45 | 消防应急照明和疏散指示系统                       | GB 17945-2010    | 2011.05.01 |
| 46 | 安全色                                 | GB 2893-2008     | 2009.10.01 |
| 47 | 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则                | GB/T 29639-2020  | 2021.04.01 |
| 48 | 头部防护 安全帽                            | GB 2811-2019     | 2020.07.01 |
| 49 | 个体防护装备配备规范 第 1 部分：总则                | GB 39800.1-2020  | 2022.01.01 |
| 50 | 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范                   | GB 50019-2015    | 2016.02.01 |
| 51 | 供配电系统设计规范                           | GB 50052-2009    | 2010.07.01 |
| 52 | 电力装置的继电保护和自动装置设计规范                  | GB/T 50062-2008  | 2009.06.01 |
| 53 | 交流电气装置的接地设计规范                       | GB/T 50065-2011  | 2012.06.01 |
| 54 | 太阳能光伏照明装置总技术规范                      | GB/T 24460-2009  | 2010.12.01 |
| 55 | 光伏电站设计规范                            | GB 50797-2012    | 2012.11.01 |
| 56 | 光伏电站施工规范                            | GB 50794-2012    | 2012.11.01 |
| 57 | 光伏发电工程施工组织设计规范                      | GB/T 50795-2012  | 2012.11.01 |
| 58 | 光伏发电工程验收规范                          | GB/T 50796-2012  | 2012.11.01 |
| 59 | 光伏系统并网技术要求                          | GB/T 19939-2005  | 2006.01.01 |
| 60 | 光伏（pv）系统电网接口特性                      | GB/T 20046-2006  | 2006.02.01 |
| 61 | 35kV~110kV 变电站设计规范                  | GB 50059-2011    | 2012.08.01 |
| 62 | 3~110kV 高压配电装置设计规范                  | GB 50060-2008    | 2009.06.01 |
| 63 | 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分                | GB 26860-2011    | 2012.06.01 |
| 64 | 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准                 | GB 50150-2016    | 2016.12.01 |
| 65 | 工作场所职业病危害警示标识                       | GBZ 158-2003     | 2003.12.01 |
| 66 | 光伏发电系统接入配电网技术规定                     | GB/T 29319-2012  | 2013.06.01 |
| 67 | 光伏电站接入电力系统技术规范                      | GB/T 50866-2013  | 2013.09.01 |
| 68 | 火力发电厂与变电站设计防火标准                     | GB 50229-2019    | 2019.08.01 |

| 序号 | 法规名称                    | 文号               | 实施日期       |
|----|-------------------------|------------------|------------|
| 69 | 电力系统安全稳定导则              | GB 38755-2019    | 2020.07.01 |
| 70 | 电网运行准则                  | GB/T 31464-2022  | 2023.07.01 |
| 71 | 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范   | GB/T 50064-2014  | 2014.12.01 |
| 72 | 工业电视系统工程设计标准            | GB/T 50115-2019  | 2019.12.01 |
| 73 | 建筑物电子信息系统防雷技术规范         | GB 50343-2012    | 2012.12.01 |
| 74 | 工作场所职业病危害作业分级 第 3 部分:高温 | GBZ/T 229.3-2010 | 2010.10.01 |
| 75 | 低温作业分级                  | GB/T 14440-1993  | 1994.01.01 |

### 1.2.6 行业技术标准

| 序号 | 法规名称                      | 文号              | 实施日期       |
|----|---------------------------|-----------------|------------|
| 1  | 电力设备典型消防规程                | DL 5027-2015    | 2015.09.01 |
| 2  | 电力设备预防性试验规程               | DL/T 596-2021   | 2021.10.26 |
| 3  | 电力工程直流电源系统设计技术规程          | DL/T5044-2014   | 2015.03.01 |
| 4  | 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合         | DL/T 620-1997   | 1997.10.01 |
| 5  | 电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程   | DL/T 724-2021   | 2021.07.01 |
| 6  | 电缆防火措施设计和施工验收标准           | DLGJ 154-2000   | 2001.01.01 |
| 7  | 变电站和换流站给水排水设计规程           | DL/T 5143-2018  | 2019.05.01 |
| 8  | 电力系统数字微波通信工程设计技术规程        | DL/T 5025-2005  | 2005.06.01 |
| 9  | 变电站总布置设计技术规程              | DL/T 5056-2007  | 2008.06.01 |
| 10 | 施工现场临时用电安全技术规范（附条文说明）     | JGJ 46-2005     | 2005.07.01 |
| 11 | 电力系统调度自动化设计规程             | DL/T 5003-2017  | 2017.12.01 |
| 12 | 变电站运行导则                   | DL/T 969-2005   | 2006.06.01 |
| 13 | 接地装置特性参数测量导则              | DL/T 475-2017   | 2017.12.01 |
| 14 | 继电保护和电网安全自动装置检验规程         | DL/T 995-2016   | 2017.05.01 |
| 15 | 高压配电装置设计规范                | DL/T 5352-2018  | 2018.07.01 |
| 16 | 电力调度自动化运行管理规程             | DL/T 516-2017   | 2017.12.01 |
| 17 | 电网运行准则                    | DL/T 1040-2007  | 2007.12.01 |
| 18 | 电力技术监督导则                  | DL/T 1051-2019  | 2019.10.01 |
| 19 | 高压电气设备绝缘技术监督规程            | DL/T 1054-2021  | 2021.10.26 |
| 20 | 继电保护和安全自动装置运行管理规程         | DL/T 587-2016   | 2017.05.01 |
| 21 | 建筑桩基技术规范                  | JGJ 94-2008     | 2008.10.01 |
| 22 | 电力行业紧急救护技术规范              | DL/T 692-2018   | 2018.07.01 |
| 23 | 电力变压器运行规程                 | DL/T 572-2021   | 2021.10.26 |
| 24 | 电力系统光纤通信运行管理规程            | DL/T 547-2020   | 2021.02.01 |
| 25 | 发电设备可靠性评价规程 第 1 部分：通则     | DL/T 793.1-2017 | 2017.12.01 |
| 26 | 发电设备可靠性评价规程 第 7 部分：光伏发电设备 | DL/T 793.7-2022 | 2022.11.13 |
| 27 | 电力通信运行管理规程                | DL/T 544-2012   | 2012.03.01 |
| 28 | 电力系统通信站过电压防护规程            | DL/T 548-2012   | 2012.03.01 |
| 29 | 光伏发电站防雷技术规程               | DL/T 1364-2014  | 2015.03.01 |
| 30 | 六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护导则  | DL/T 639-2016   | 2016.06.01 |
| 31 | 220kV~750kV 变电站设计技术规程     | DL/T 5218-2012  | 2012.12.01 |
| 32 | 35kV~220kV 无人值班变电站设计技术规程  | DL/T 5103-2012  | 2012.03.01 |



| 序号 | 法规名称                 | 文号                | 实施日期       |
|----|----------------------|-------------------|------------|
| 33 | 太阳能光伏系统防雷技术规范        | QX/T 263-2015     | 2015.05.01 |
| 34 | 电力安全工作规程 高压试验室部分     | DL/T 560-2022     | 2022.11.13 |
| 35 | 中国南方电网电力监控系统安全防护技术规范 | Q/CSG1204009-2015 | 2016.01.01 |
| 36 | 变电站建筑结构设计技术规程        | DL/T 5457-2012    | 2012.12.01 |

### 1.2.7 安全生产行业技术标准

| 序号 | 法规名称           | 文号             | 实施日期       |
|----|----------------|----------------|------------|
| 1  | 安全评价通则         | AQ 8001-2007   | 2007.04.01 |
| 2  | 安全预评价导则        | AQ 8002-2007   | 2007.04.01 |
| 3  | 生产安全事故应急演练基本规范 | AQ/T 9007-2019 | 2020.02.01 |

### 1.2.8 其它资料

- 1.投资项目备案证；
- 2.云南能投电力设计有限公司编制的《曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目 可行性研究报告》，2023 年 07 月编制；
- 3.云南能投曲靖发电有限公司委托昭通市鼎安科技有限公司进行安全生产条件分析报告的《委托书》；
- 4.云南能投曲靖发电有限公司提供相关技术资料。

## 第 2 章 建设项目概况

本章节的内容来源于云南能投电力设计有限公司 2023 年 07 月编制的《曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目 可行性研究报告》。

### 2.1 建设单位简介

本项目的申办企业为云南能投曲靖发电有限公司，营业执照基本情况如下：

名称：云南能投曲靖发电有限公司

类型：有限责任公司

法定代表人：孙见生

注册资本：壹拾亿元整

成立日期：2003 年 08 月 27 日

住所：云南省曲靖市麒麟区南宁北路 127 号

经营范围：开发、建设、经营管理以电力为产品的能源项目，开发和经营与电力生产相关的高新技术产品、环保产品、副产品和综合利用产品。

### 2.2 可行性研究报告编制单位

《可行性研究报告》编制单位为云南能投电力设计有限公司。

证书编号：A253014484，有效期至：2025 年 01 月 20 日，资质等级：电力行业（新能源发电）乙级、电力行业（变电工程）乙级。

### 2.3 项目投资备案证情况

云南能投曲靖发电有限公司的曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目（下文称“本项目”）于 2023 年 4 月 28 日取得曲靖市沾益区发展和改革局核发的《云南省固定资产投资备案证》【备案号[项目代码]：2304-530303-04-01-984213】。

### 2.4 项目地理位置

本项目场址位于云南省曲靖市沾益区云南能投曲靖发电有限公司（下称曲靖电厂）贮

灰场，位于曲靖电厂西南方约 1.2km 处，贮灰场总占地面积 1830 亩，场址中心坐标东经 104°3′，北纬 25°38′，场址利用贮灰场堆灰高程 2090m 以上区域，利用土地面积约 943.29 亩，场址区高程约 2090m~2115m 之间，灰场场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，区内主要生长着杂草，无较大的植被发育。场址西距曲靖市区约 42km，东距富源县城约 12km，距沾益区白水工业园区中心距离约 2.5km，距沾益区花山工业园区中心距离约 20km。光伏电站场址地理位置示意图详见图 2-1。



图 2-1 曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目地理位置图



图 2-2 曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目场区及升压站范围图

## 2.5 建设规模

本项目拟建设额定容量为 50MW，安装容量为 63.96768MWp。

光伏组件拟采用固定倾角方式安装，安装倾角为  $21^{\circ}$ ，朝南布置。一个组串由 28 块组件串联组成，固定支架组件采用  $2 \times 14$  竖向布置。

每个 3MW 方阵配置 240 个组串、10 台逆变器及 1 台容量为 3000kVA 双绕组箱变；2MW 方阵配置 168 个组串、7 台逆变器及 1 台容量为 2000kVA 双绕组箱变；每个组串由 28 块组件串联。

全站安装容量通过 2 回 35kV 集电线路(地埋)输送至 220kV 升压站后通过 1 回 220kV 线路（地埋）接入曲靖电厂一期 220kV 升压变 220kV 侧与火电出力一同送出。

## 2.6 太阳能资源

本项目场址年太阳总辐射为  $5506.9\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019），判定其太阳能资源属于很丰富区，等级为 B 级，其资源具备开发条件。



本项目所在区域代表年各月平均日水平面总辐照量最小值与最大值之比为 0.54, 根据《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526-2019) 可判定本项目太阳能资源稳定度等级为 A 级, 等级名称为很稳定。

本项目场址所在区域太阳能资源直射比 DHRR 为 0.493, 根据《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526—2019) 可判定本项目太阳能资源直射比等级为 C 级, 等级名称为中。

## 2.7 气象条件

沾益区气象站位于沾益区县城内, 经纬度坐标为: 东经 103.8°、北纬 25.6°, 海拔 1900m, 至今已有 30 多年实际观测资料, 但无太阳能辐射资料。

根据沾益区的地理位置和气候条件, 项目场址区存在的灾害性天气因素主要有雷暴, 凝冻, 强风等。

表 2-1 沾益区气象站近 30 年气象观测数据汇总表

| 项 目   |              | 数值     |
|-------|--------------|--------|
| 气压    | 平均气压 (hPa)   | 810    |
| 气温    | 平均气温 (°C)    | 14.4   |
|       | 极端最高气温 (°C)  | 33.2   |
|       | 极端最低气温 (°C)  | -9.2   |
| 湿度    | 平均相对湿度 (%)   | 72     |
|       | 平均水汽压 (hPa)  | 12     |
| 风速及风向 | 平均风速 (m/s)   | 2.8    |
|       | 极大风速         | 20.7   |
|       | 主导风向         | W      |
| 降水量   | 平均降水量 (mm)   | 985.9  |
|       | 最大日降水量 (mm)  | 151.2  |
| 日照    | 年平均日照时数 (h)  | 1980.3 |
|       | 年平均日照百分率 (%) | 45     |
| 天气日数  | 年平均雷暴日数 (d)  | 67     |
|       | 年平均冰雹日数 (d)  | 2.3    |
|       | 年平均雾日 (d)    | 6.5    |
|       | 年平均大风日 (d)   | 18.4   |

## 2.8 工程地质

### 2.8.1 区域地质概况

#### 2.8.1.1 区域地质概况

本项目工程区位于沾益区曲靖电厂灰土场内部地表，场址区高程约2090m~2115m之间，灰场场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，区内主要生长着杂草，无较大的植被发育。场址地形规整，地貌相对单一。

#### 2.8.1.2 区域地层岩性

根据区域地质资料，灰场光伏场址区及升压站场址区出露地层由新至老依次为：

##### 1.第四系人工堆积层（ $Q_4^{ml}$ ）：

①层素填土：主要为人工堆积的片石、块石，分布于地表。

②层粉煤灰：黑灰色、灰黑色，稍密~中密，分布于表层块石、片石之下。

##### 2.第四系坡残积层（ $Q_4^{dl+cl}$ ）：

③层粉质粘土：灰黄色残坡积粘土、砂质粘土夹碎石。厚0~5m。分布于场区大部分地区。

##### 3.二叠系：

下统茅口组（ $P_1^m$ ）：上部为灰至深灰色中至厚层状含燧石团块及白云质团块灰岩；

下部为灰至深灰色厚层状块状含白云质条带灰岩，偶含燧石团块。

下统梁山组及栖霞组（ $P_1^{l+q}$ ）：栖霞组为灰、深灰色中至厚层状灰岩、燧石团块灰岩，下部时夹泥岩或泥灰岩薄层；梁山组为灰黑色泥岩、灰质页岩及石英砂岩，中部夹灰质深灰色中厚层状灰岩，下部偶含煤线。

##### 4.石炭系：

上统马平群及中统黄龙群（ $C_{2+3}$ ）：马平群为浅灰、浅灰白厚层至块状灰岩，上部偶夹白云质灰岩；黄龙群浅灰、灰白色厚层至块状灰岩，上部局部含白云质团块，中下部夹白云质灰岩及白云岩。

下统摆佐组（ $C_1^b$ ）：浅灰、浅灰白色厚层至块状白云质灰岩、灰岩。

下统大塘组（ $C_1^d$ ）：深灰色中厚层状白云质灰岩、泥质白云岩，时含碎石团块。底部

为褐灰色粉砂岩、黑色碳质页岩及石英砂岩。

### 2.8.1.3 地质构造

本项目场址区地处大地构造单元属扬子准地台（I）之滇东台褶皱带（I<sub>3</sub>）之曲靖台褶皱（I<sub>3</sub><sup>4</sup>），该褶皱带古生代保持比较稳定的地台型沉积环境，晚二叠纪—三叠纪表现为强烈拗陷，并伴随强烈的基性火山喷发活动，是地槽的主要发育期，华力西期有较强的岩浆侵入，发生强烈的褶皱、隆起和断裂运动。距工程区距离较近的大断裂有小江断裂带，寻甸-宣威断裂，其诱发地震活动总体表现为频度高、强度大。对区域稳定性的影响较大。

与工程区距离较近的哈马寨断裂（F121）及青峰-大龙潭断裂（F123）。

哈马寨断裂（F121）：北东于白水镇一带与老母格断裂相交，向南西方向经新马厂，止于光山头南西，全长约22 km。走向20°，倾向南东，倾角60°以上。断裂南东盘发育哈马寨向斜，轴线方向与主断裂斜交，指示断裂曾有过右旋走滑运动。但后期的左旋走滑运动量更大，断裂两侧的石炭、二叠系地层的左旋错动从断裂南段到北段都有显现，错距在500 m左右，可知断裂有过强烈的水平走滑运动。该断裂为早-中更新世断裂，距离场地约1.5km。

青峰-大龙潭断裂（F123）：北于老母格东侧交于东西向光坡断裂，向南经大营盘北山、五台山、大龙潭、三宝南侧、大长坡、黑泥沟、红石岩、雨补村、永清河，止于陆良县西北的中坝以南。长约77km，走向35°左右，倾向北西，倾角80°。该断裂为早-中更新世断裂，距离场地约9km。

场地10km范围内无发震断裂通过。

### 2.8.1.4 地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅱ类场地50年超越概率10%的地震动峰值加速度为0.1g，相对应的地震基本烈度为Ⅶ度，地震动反应谱特征周期为0.45s，设计地震分组为第三组。

### 2.8.1.5 区域稳定性评价

根据收集的资料分析及勘测结果，场址区岩土工程条件较好，地基稳定，未发现崩塌、泥石流、地下洞穴、采空区及砂土液化等不良地质作用。

综合分析认为，拟建场址处于区域相对稳定区，适宜工程建设。

## 2.8.2 水文地质条件

### 1.地表水

场区地表水主要来源于大气降水，所形成的面流均通过坝基坡面顺势自然排泄，地表水系不发育。场地汇水面积不大，不受二十年一遇洪水冲刷，雨季受大气降水形成的集中降水影响，光伏板选择覆盖层作为地基持力层时，可能存在冲刷覆盖层的现象，需采取相应的防冲刷措施。

### 2.地下水

根据含水层赋存介质的性质可将工程区地下水分为第四系松散层孔隙水、下伏基岩裂隙水及岩溶水三大类。

裂隙水：基岩裂隙水赋藏于风化裂隙与构造破碎带内，补给源主要为大气降水及高处岩溶水，最终向西南侧坡面排泄。

孔隙水：主要富存于第四系松散层内，地下水类型以孔隙水为主，其补给源主要为大气降水，最终向低处沟谷及小溪排泄。

### 3.水的腐蚀性评价

根据《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009年版）附录 G之规定，该光伏电站场址环境类型为Ⅲ类。

矩阵区场地内地基土对混凝土结构具弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性，土对钢结构具微腐蚀性。升压站地内地基土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性，土对钢结构具微腐蚀性。土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB/T 50046-2018）的规定。

## 2.8.3 站址基本项目地质条件

### 2.8.3.1 地基岩土构成

地层岩性场区出露地层由新至老依次为：

#### 1.第四系人工堆积层（ $Q_4^{ml}$ ）：

①层素填土：主要为人工堆积的片石、块石，分布于地表。

②层粉煤灰：黑灰色、灰黑色，稍密～中密，分布于表层块石、片石之下，20m未揭穿。

#### 2.第四系坡残积层（ $Q_4^{dl+cl}$ ）：

③层粉质粘土：灰黄色残坡积粘土、砂质粘土夹碎石。厚0～5m。分布于场区大部分地



区。

### 3.二叠系下统梁山组及栖霞组（ $P_1^{+q}$ ）：

④1强风化灰岩：灰白色，岩芯呈碎块状，局部短柱状，细粒结构，中～厚层状构造，存在差异风化，节理裂隙发育，为较硬岩，岩体完整程度为破碎，岩体质量等级为V级；分布于灰场光伏场址区。

④2中风化灰岩：灰白色，岩芯呈柱状，局部短柱状，细粒结构，中～厚层状构造，存在差异风化，节理裂隙发育，为较硬岩，岩体完整程度为较完整，岩体质量等级为III级；分布于灰场光伏场址区。

### 4.石炭系下统大塘组（ $C_1^d$ ）：

⑤1层强风化白云岩：灰白色，岩芯呈碎块状，局部短柱状，细粒结构，中～厚层状构造，存在差异风化，节理裂隙发育，为较硬岩，岩体完整程度为破碎，岩体质量等级为V级；分布于升压站场址区。

⑤2层中风化白云岩：灰白色，岩芯呈柱状，局部短柱状，细粒结构，中～厚层状构造，存在差异风化，节理裂隙发育，为较硬岩，岩体完整程度为较完整，岩体质量等级为III级；分布于升压站场址区。

⑤3岩溶（裂隙）：为空洞，局部充填少量碎石。分布于升压站场址区。

## 2.8.3.2 场地稳定性适宜性分析评价

拟建场地范围内未发现有全新活动断裂及发震断裂通过痕迹，该拟建场地为新建项目，场地内及其附近主要不良地质作用为岩溶，在本次野外勘测过程中，灰场现状较为稳定，未发现地面沉降现象和对场地构成威胁的岩溶形态（如大型溶洞、落水洞等），根据场址区地形及已掌握的工程地质条件初步判断，场地内未发现制约光伏电站建设的重大工程地质问题，具备光伏电站的建设条件。

## 2.8.3.3 场地地震效应评价

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区II类场地50年超越概率10%的地震动峰值加速度为0.10g，相对应的地震基本烈度为Ⅶ度，地震动反应谱特征周期为0.45s，设计地震分组为第三组。

场址区无滑坡、崩塌及泥石流等不良物理地质现象，场地适宜本项目建设，按《建筑抗

震设计规范》（GB 50011-2010[2016年版]）场地属对建筑抗震一般地段。

#### 2.8.3.4 场地土类型及场地类别

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010[2016年版]），结合场地土层结构及力学性质，场地土类型为中软场地土或岩石，场地覆盖层厚度小于50m，初步判定光伏场址及升压站场址建筑场地类别为Ⅱ类。

#### 2.8.3.5 场地岩溶评价

##### 1.地表岩溶

场地下伏基岩为碳酸盐岩，勘察期间场地内基岩多被第四系地层覆盖，地表岩溶表现不突出，矩阵区及升压站未发现岩溶洼地、岩溶漏斗、落水洞等岩溶景观。根据场地周边地质调查情况，场地周边地表岩溶的表现形式主要为石芽、溶沟、溶槽。

##### 2.地下岩溶

场地地下岩溶主要表现为岩体发育溶洞（裂隙），岩面溶蚀强烈，地表岩溶表现为基岩面起伏过大，石芽、溶蚀沟槽发育。勘察期间，场地原始地貌已被破坏，原始的地貌已看不出，从钻探结果分析，场地岩溶强发育，并具有垂直发育为主的特点。根据勘察表明，场地岩溶主要表现为溶洞（裂隙）、石芽、“鹰嘴”和溶槽，基础设计时要考虑其危害性。

升压站勘察场地共完成共4个勘探孔，在1个钻孔中发现2处溶洞（裂隙），其中溶洞（裂隙）均有充填物。钻孔见洞隙率为 $1/4 \times 100\% = 25\%$ ，升压站场地溶洞（裂隙）累计进尺2.1m，升压站场地钻探总进尺为75.0m，场地线岩溶率为 $2.1/75.0 = 2.8\%$ 。据场地周边地质调查及周边工程经验，该区岩溶的发育主要以竖向溶蚀裂隙及单体溶洞为主，但也不排除岩体层面形成大的水平溶洞的可能，综上所述，按《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）第 6.6.2 条规定，结合场地区域地质资料，判定本场地岩溶发育程度为中等发育。

##### 3.岩溶处理措施

若采用浅基础，基础设计需满足《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）第6.6.5、6.6.6及6.6.9条款规定，若溶洞位于基础底面以下确实需要处理的可采用镶补、嵌塞与跨越等方法处理；若采用桩基础、建议桩端穿越洞隙进入下部稳定岩层，并满足设计及规范要求。

### 2.8.3.6 场内道路工程地质条件评价

场址区现状进场道路所通过的路基地表多为第四系粉质粘土或风化岩，物质组成上部以粘土、砂质粘土夹少量碎、块石，表层结构松散，均一性差，下伏基岩为灰岩或白云岩，未发现软弱土层及软弱下卧层，地层分布稳定，强度高，低载条件下变形小，可以满足公路路基设计要求，线路范围内未发现有滑坡及泥石流等不良地质现象。

### 2.8.3.7 主要工程地质问题

太阳能光伏阵列布置于灰场内部地表，场地整体平坦，地形起伏不大，周边自然山坡稳定条件较好，光伏电站整体建设条件较好。因场地光伏阵列整体位于人工回填的灰土上，灰土回填虽然经过一定的固结，但整体属欠固结状态，在自重压力的作用下还会继续固结沉降，光伏阵列施工时要充分考虑灰土固结沉降对光伏阵列基础的影响。光伏板施工过程中及施工完成后在场区内均匀布置沉降及变形观测点，加强场区变形及沉降监测工作。

### 2.8.3.8 地基基础形式建议

太阳能光伏阵列的基础建议采用浅基础，因表层及一定深度范围内场区均为素填土或粉煤灰，考虑基础不均匀变形问题，场址区光伏板基础形式建议采用条形基础，以①1层素填土、①2层粉煤灰作为持力层，若现场施工过程中存在异常情况不满足承载力要求建议做一定的地基处理工作，可考虑换填、强夯或注浆等方式进行处理；太阳能光伏阵列亦可采用桩基础，桩基础型式可采用钻孔灌注桩或PHC桩，以②层粉煤灰作为桩端持力层，因②层粉煤灰各段段密实度差异较大，导致地基存在不均匀性，桩基础设计需充分考虑该层的不均匀性对桩基的影响。

升压站场址区各建筑物建议采用天然地基浅基础，因下伏为碳酸岩，钻探过程中揭露溶洞，考虑岩溶对建构筑物影响，建议场地优先采用筏板基础或条形基础，以③层粉质黏土层、⑤1层强风化白云质灰岩或⑤2层中风化白云质灰岩作为基础持力层。

## 2.8.4 结论与建议

1.根据场地已掌握的工程地质条件初步判断，场地内未发现存在制约光伏电站建设的重大工程地质问题，具备建设光伏电站的场地条件。

2.拟建光伏场址建于电厂灰场内部地表，场址区高程约2090m~2115m之间，灰场场址

地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，区内主要生长着杂草，无较大的植被发育，场址地形规整，地貌相对单一。220kV升压站场址位于曲靖电厂正大门西侧，场址区高程约2035m~2040m之间，升压站场址整体平整，场地现状基本为空地，主要为苗圃大棚、管理用房及苗木等，地形条件较好。

3.场区地层岩性场区出露地层由新至老依次为第四系人工堆积层（ $Q_4^{ml}$ ）、第四系坡残积层（ $Q_4^{dl+cl}$ ）、下伏二叠系下统梁山组及栖霞组（ $P_1^{l+q}$ ）灰岩及石炭系下统大塘组（ $C_1^d$ ）白云质灰岩。

4.场地土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性，对钢结构具有微腐蚀性。

5.场地附近未发现滑坡、泥石流、崩塌等影响场地稳定的不良地质作用，场地附近不良地质作用主要为岩溶及高陡斜坡。

6.根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），场址区基本地震动峰值加速度为0.10g，相应动反应谱特征周期为0.45s，相应地震烈度Ⅶ度，地震分组属第三组，区域构造稳定性好。

7.太阳能光伏阵列的基础可采用浅基础或桩基础，若采用浅基础考虑表层及一定深度范围内均为素填土或粉煤灰，考虑基础不均匀变形问题，浅基础的基础形式建议采用条形基础，以②层粉煤灰作为持力层，若现场施工过程中存在异常情况不满足承载力要求建议做一定的地基处理工作，可考虑换填、强夯或注浆等方式进行处理；若采用桩基础，桩基础型式可采用钻孔灌注桩或PHC桩，以②层粉煤灰作为桩端持力层，因②层粉煤灰各地段密实度差异较大，导致地基存在不均匀性，桩基础设计需充分考虑该层的不均匀性对桩基的影响。

升压站场址区各建筑物建议采用天然地基浅基础，因下伏为碳酸岩，钻探过程中揭露溶洞，考虑岩溶对建构筑物影响，建议场地优先采用筏板基础或条形基础，以③层粉质粘土层、⑤1层强风化白云质灰岩或⑤2层中风化白云质灰岩作为基础持力层。

8.考虑到太阳能电站建设所需混凝土用量相对不大，单独开采、加工，使用单位成本太高，建筑材料建议就近从当地社会购买。

9.场地附近距离村子较近，基础开挖时严禁放大炮。

10.建议下阶段重点查明岩溶及岩土层具体分布特征。



## 2.9 发电量计算

本项目额定容量为 50MW，电站安装容量为 63.96768MWp，计算得出，25 年总发电量为 2106135.8MW·h，25 年年平均发电量为 84245.4MW·h，25 年年平均等效满负荷利用 8 小时数为 1317.0h，其中首年利用小时数为 1384.1h。

因此，本项目的建设不仅有较好的经济效益，而且具有明显的社会效益及环境效益。

## 2.10 总平面布置

### 2.10.1 厂区总平面布置

本项目位于曲靖电厂贮灰场，规划用地面积约 943.29 亩，共规划布置 17 方阵，其中 16 个 3.0 MW 方阵，每个方阵安装支架 240 个，1 个 2.0MW 方阵，每个方阵安装支架 168 个。共安装光伏支架 4008 个，每个光伏支架 28 块组件按照 2×14 进行排布，光伏组件安装倾角 21 度，其中位于灰场平坦区域支架正朝南布置，位于灰场坝基外侧坡面支架沿坡面成 40 度左右方位角朝向东南布置。1# 方阵位于灰场坝基外侧坡面，其余方阵位于灰场平坦区域。

场址周边多条社会道路经过，场址北侧有沪昆高速，G320 国道，道路条件较好；进场道路可利用现有运灰车辆行驶道路，道路弯道宽度和承载力，均可满足光伏电站运输车辆的运输要求。电池组件、逆变器以及其它设备可通过汽车直接运抵场址。其它建筑材料也均可用汽车直接运到工地。

厂址内部道路充分利用已有的乡村道路，部分无法到达箱逆变的区域，在太阳能电池板矩阵之间的有效间距之间新布置道路，以减少站区的用地，站区内道路自成环状。

光伏场区内新建道路为 3.5m 宽，路肩宽度为 0.50m。采用碎石路面，转弯半径 12m，满足设备及施工运输需要。

箱变布置在场内检修道路两侧，满足检修需求。整个场区新建检修道路长 2.23km，路面宽 3.5m，路基宽度 4.5m，采用石渣路面，路面厚度 20cm。

场区四周布置钢丝网围栏，高 1.8m，围栏总长度 5.727km。

### 2.10.2 升压站的平面布置

升压站位于一个较平缓的山顶斜坡上，地势较高，不受百年一遇洪水位的影响。场地周边为较高边坡，站内地形较缓，站内地形东高西低，根据 220kV 升压站建设规模和站址附近出线走廊规划，并结合站址地形条件和外部条件，将站区长轴方位沿北偏西 65° 方向布置，

最大化利用站址中间部分平缓地形。考虑站内建构筑物与站址周边边坡的避让距离布置站区围墙，利用站区外已有道路作为进站道路，进站大门沿用场地现有进站口，将围墙布置为L型。电厂内有91m道路宽度不满足大件运输的要求，需进行整修。整修后的道路满足升压站内大件运输。

本项目升压站按大的功能区分，220kV升压站内从西到东主要布置220kV配电装置区、主变及35kV配电区、SVG区。220kV配电装置区主要布置有220kV中间构架及GIS设备，主变及35kV配电区布置有2台主变和一栋35kV配电装置综合楼，SVG区域布置2根独立避雷针和2台SVG设备及其预制舱。各设备区域间均设消防道路，满足设备运输、安装、检修及运行巡视要求。

2.11 光伏发电系统

2.11.1 光伏组件选型

本项目拟选择570Wp规格单晶硅双面N型半片组件（带边框）。采用峰值功率570W单晶硅电池组件，产品主要性能参数如下。

表2-2（570Wp）单晶太阳能电池组件主要性能参数表

| 名称         | 单位  | 性能参数           |
|------------|-----|----------------|
| 最大输出功率     | Wp  | 570            |
| 开路电压（Voc）  | V   | 51.24          |
| 短路电流（Isc）  | A   | 14.37          |
| 最大功率点的工作电压 | V   | 42.88          |
| 最大功率点的工作电流 | A   | 13.62          |
| 组件转换效率     | %   | 22.45          |
| 峰值功率温度系数   | %/℃ | -0.29          |
| 开路电压温度系数   | %/℃ | -0.25          |
| 短路电流温度系数   | %/℃ | +0.045         |
| 工作温度范围     | ℃   | -40~+85        |
| 最大系统电压     | V   | 1500           |
| 组件尺寸       | mm  | 2278×1134×30mm |
| 重量         | kg  | 32             |

### 2.11.2 光伏阵列的运行方式

本项目太阳能电池方阵的运行方式拟采用固定式，即方阵支架采用固定支架，倾角采用21°倾角。

### 2.11.3 逆变器选型

本项目拟采用组串式逆变方案。选300kW的组串逆变器，以便后期增补场区用地后减少设备变动。逆变器性能规格参数见下表：

表2-3 组串式逆变器主要参数

| 项目      | 性能参数          |     |                                           |
|---------|---------------|-----|-------------------------------------------|
| 逆变器输出功率 | 逆变器输出额定功率     | kW  | 300                                       |
|         | 逆变器最大光伏输入功率   | kW  | 330                                       |
| 逆变器效率   | 最高转换效率        |     | 99.01%                                    |
|         | *欧洲效率（加权平均效率） |     | 98.52%                                    |
| 逆变器输入参数 | 输入电压范围        | V   | 1500                                      |
|         | MPPT 电压范围     | V   | 500-1500                                  |
|         | 最大直流输入电流      | A   | 14*30A                                    |
| 逆变器输出参数 | 额定输出电压        | V   | 800                                       |
|         | 输出电压范围        | V   | 800±10%                                   |
|         | 输出频率要求        | Hz  | 50±4.5Hz                                  |
|         | 功率因数          |     | >0.99                                     |
|         | 最大交流输出电流      | A   | 254                                       |
|         | 总电流波形畸变率      |     | <3%                                       |
| 电气绝缘    | 直流输入对地        |     | 2000VAC，1 分钟                              |
|         | 直流与交流之间       |     | 交流对地 2000 VAC，1 分钟<br>直流对交流的耐压通过选配隔离变压器保证 |
|         | 防护等级          |     | IP66                                      |
|         | 噪音            | dBA | <60                                       |
| 逆变器功率损耗 | 工作损耗          | W   | 1500                                      |
|         | 待机损耗/夜间功耗     | W   | <6                                        |
|         | 自动投运条件        |     | 输入直流电压范围在 200-850V 之间，                    |

| 项目     | 性能参数       |   |                                     |
|--------|------------|---|-------------------------------------|
|        |            |   | 输出电压和频率在设定范围内                       |
|        | 断电后自动重启时间  |   | 20s~5m 可设                           |
|        | 隔离变压器（有/无） |   | 可选配                                 |
| 保护功能   | 过载保护（有/无）  |   | 有                                   |
|        | 反极性保护（有/无） |   | 有                                   |
|        | 过电压保护（有/无） |   | 有                                   |
|        | 其它保护       |   | 短路、孤岛、过温、过流、直流母线过压、电网欠压、欠频、逆变器故障等保护 |
|        | 相对湿度       |   | 95%                                 |
|        | 防护类型/防护等级  |   | IP66                                |
|        | 散热方式       |   | 风冷                                  |
| 工作环境温度 |            | ℃ | -30~+60℃                            |

#### 2.11.4 箱变

本项目组串式逆变方阵拟选用16个容量为3000kVA及1个容量为2000kVA的低压侧双绕组华式箱变。

表2-4 双绕组箱变参数

| 项目         | 性能参数                      |
|------------|---------------------------|
| 型号         | S18-3000/2000             |
| 额定容量       | 3000kVA/2000kVA           |
| 额定电压       | 37±2*2.5%/0.8kV（电压与逆变器匹配） |
| 相数         | 3 相                       |
| 频率         | 50Hz                      |
| 调压方式       | 高压侧设无励磁分接开关               |
| 线圈联接组别     | D,y11                     |
| 冷却方式       | ONAN                      |
| 阻抗电压       | Ud=7/6.5%                 |
| 额定频率       | 50Hz                      |
| 变压器高压侧工频耐压 | 85kV                      |



| 项目           | 性能参数                               |
|--------------|------------------------------------|
| 变压器高压侧冲击峰值耐压 | 200kV                              |
| 变压器低压侧工频耐压   | 2.5kV                              |
| 防护等级         | 低压室 IP54 ， 高压室 IP54， 高压室门打开后 IP3X； |
| 数量           | 16/1 台                             |

### 2.11.5 光伏方阵布置说明

本项目太阳能电池组件全部采用国产单晶硅电池组件，峰值功率570W<sub>p</sub>；逆变器全部采用国产组串式逆变器，额定交流输出功率300kW。

本项目50MW光伏发电系统由16个3.0MW和1个2.0MW单晶硅光伏发电单元组成。其中，3.0MW光伏发电单元配置240个组串，每个组串由28块组件串联。每台逆变器接入24个组串、接入功率为383.04kW，单个光伏发电单元配置10台300kW逆变器，每10台300kW逆变器输出的交流电接至箱变低压侧母线，由1台3000kVA箱变将电压升至35kV；2.0MW光伏发电单元配置168个组串，每个组串由28块组件串联，每台逆变器接入24个组串、接入功率为383.04kW，单个光伏发电单元配置7台300kW逆变器，每7台300kW逆变器输出的交流电接至箱变低压侧母线，由1台2000kVA箱变将电压升至35kV。

### 2.11.6 组件串并联设计

#### 2.11.6.1 太阳能电池组件的串联并联设计

本项目拟采用570W<sub>p</sub>高效单晶硅双面半片组件和组串式逆变器，其最大直流输入电压为1500V<sub>dc</sub>，MPPT电压范围为500V~1500V，570W<sub>p</sub>单晶硅电池组件的开路电压为51.00V<sub>dc</sub>，峰值工作电压为42.7V<sub>dc</sub>，最大系统电压为1500V<sub>dc</sub>。因此本项目的系统设计电压为1500V<sub>dc</sub>。

根据气象数据，项目所在地历年最高气温(33.2℃)和最低气温(-9.2℃)。根据《光伏发电系统建模导则》GB/T 32826-2016附录A进行温度，电压修正，串联设计数量N取值为28。

#### 2.11.6.2 组件及逆变器配置比例设计

市场上逆变器均支持对直流侧功率进行一定比例超配，以提升逆变器利用效率，增加发电量。考虑工程50MW(AC)的装机容量及可利用情况，将组件与逆变器配置比例设计为1.2768。超配后本项目直流侧装机规模为63.96MW<sub>p</sub>。经过对资源数据的科学分析，提高了组件-逆变

器的配置比例，在装机容量一定的前提下，配置最合理的逆变器，提升了总系统效率降低了投资费用。

## 2.11.7 方阵接线方案设计

### 2.11.7.1 方阵直流接线方案设计

电站直流系统指太阳能电池方阵到逆变器直流侧的电气系统，包括太阳能电池组件、组件连接电缆、组串式逆变器。

本项目每个光伏组串采用28块570Wp单晶硅光伏组件串联成串。即每28块电池组件之间采用组件自带电缆串联成1个组串，每串采用2根型号为H1Z2Z2-K-1×4mm<sup>2</sup>的光伏电缆接入逆变器，因场地限制，本项目方阵布置大多为狭长布置，各组串平均电缆长度约100m，对于PV1-F-1×4电缆： $R=4.61\ \Omega/\text{km}$ ，570Wp单晶组件工作电压41.95V，28个组件为一个组串，故组串工作电压为 $41.95\times 28=1174.6\text{V}$ ，电流12.84A，按照线路平均长度100m计算电缆压降为0.97%，满足相关国标要求。根据以上计算结果，当线路长度小于100m时，满足电缆压降小于1%的要求。当电缆长度大于100m时，采用H1Z2Z2-K-1.5/1.8kV-1×6mm<sup>2</sup>电缆。

### 2.11.7.2 方阵交流接线方案设计

本项目采用单机功率为300kW的组串式逆变器，每台逆变器出线采用1根型号为ZC-YJLHV22-1.8/3kV-3×240mm<sup>2</sup>的电力电缆接入对应方阵箱变的低压侧。因部分场地限制，本项目部分方阵布置为狭长布置，按照该种布置校验电缆压降，对于ZC-YJLV22-1.8/3kV-3×240mm<sup>2</sup>电力电缆， $R=0.164\ \Omega/\text{km}$ ，最大工作电流216.6A，按照线路最大长度120m计算电缆压降为0.99%。部分逆变器出线电缆长度大于120m时，增大截面至ZC-YJLHV22-1.8/3kV-3×300mm<sup>2</sup>。

每台箱式变高压侧出线采用1根型号为ZC-YJLHV22-26/35kV的电力电缆接入集电线路，电缆根据输送容量不同采用70~300mm<sup>2</sup>变截面设计，各回路电缆最大长度均在4.5km以内，整体压降均处于1.5，满足相关国标要求。

### 2.11.7.3 方阵发电系统主要设备布置

- 1.组串式逆变器可以直接安装在光伏后排支架上，采用IP65防护等级，满足室外安装要求。
- 2.升压箱变就近采用混凝土基础安装于方阵中部区域，尽可能降低交流电缆长度，降低

损耗。

3.电缆分支箱根据箱变布置及集电线路走向，采用混凝土基础安装于场内道路附近，降低安装施工难度。

#### **2.11.7.4 方阵交流容量设计**

结合本项目地形地貌条件，单个方阵3.0MW及以上容量方案能在保证系统整体效率的同时，有效降低系统造价。结合逆变器选型情况及本项目地块分布情况，单个方阵容量根据单个地块容量不同，按照3.0MW、2.0MW设计。

### **2.11.8 光伏场区集电线路设计**

#### **2.11.8.1 集电线路电压等级**

集电线路常用 10kV 或 35kV 电压等级，本项目规划容量为 50MW，根据《光伏电站设计规范》8.2.2 章节中第 3 条之规定，本项目集电线路选用 35kV 电压。

#### **2.11.8.2 集电线路汇集方式**

本项目方阵区共设计有 17 台升压箱变，每 8~9 个方阵箱变高压侧采用首尾串接的方式并入一回集电线路（根据方阵布置情况局部采用分支箱），分支线路采用 1 个 35kV 电缆分支箱 T 接至 35kV 电缆集电线路的原则。箱变 35kV 侧设断路器用于分段和保护，单个方阵与线路的分合不影响线路上其他方阵的正常运行。每台电缆分支箱与集电线路的 T 接点设隔离开关，单个箱变的检修只需要断开电缆分支箱与集电线路的连接，从而避免整回集电线路停电，减少发电量的损失。根据以上设计原则，50MW 电能通过 2 回 35kV 电缆集电线路输送至升压站 35kV 配电装置。

#### **2.11.8.3 集电线路汇集容量**

站内 35kV 短路水平暂按 31.5kA 选择，集电线路选用铝合金电缆。综合考虑本项目集电线路方案及光伏方阵布置情况，集电线路主线电缆选型如下：

汇集容量小于等于 3 个光伏发电单元(9MW)时，电缆选用 ZC-YJLHV22-26/35-3×95mm<sup>2</sup>；汇集容量等于 4 个光伏发电单元(12MW)时，电缆选用 ZC-YJLHV22-26/35-3×120mm<sup>2</sup>；汇集容

量等于 5 个光伏发电单元（15MW）时，电缆选用 ZC-YJLHV22-26/35-3 $\times$ 185mm<sup>2</sup>；汇集容量等于 6 个光伏发电单元（18MW）时，电缆选用 ZC-YJLHV22-26/35-3 $\times$ 300mm<sup>2</sup>；汇集容量等于 7 个光伏发电单元（21MW）时，电缆选用 ZC-YJLHV22-26/35-3 $\times$ 400mm<sup>2</sup>；汇集容量等于 8/9 个光伏发电单元（24/27MW）时，电缆选用 ZC-YJV22-26/35-3 $\times$ 300mm<sup>2</sup>。

### 2.11.9 光伏场区电缆敷设设计

每 3.0MW 光伏发电系统的太阳能电池方阵，组串直流输出电缆通道东西方向沿太阳能组件的安装支架进入组串式逆变器，南北方向电缆采用沿电缆穿保护管进入纵向设置的直埋壕沟或槽盒敷设至组串式逆变器。组串式逆变器出线交流电缆沿着纵向设置的电缆壕沟或槽盒敷设至方阵对应的箱变。

箱变高压侧电缆、分接箱进出线电缆及集电线路电缆沿场内道路边布置的电缆壕沟敷设至 220kV 升压站 35kV 配电装置。

电缆过道路部分埋管敷设，埋管长度各伸出道路两侧不小于 1m。

### 2.11.10 光伏场区防雷接地设计

太阳能电池方阵接地按照（光伏发电站防雷技术要求）《GBT 32512-2016》、（光伏发电站防雷技术规程）《DLT 1364-2014》相关规范进行光伏电站的防雷接地设计。

由于太阳能电池方阵和逆变升压装置高度通常不大于 5m，以高度指标衡量，依照《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）可以不考虑直击雷防护；但是太阳能电池方阵占地面积大，电池的组件边框采用铝合金，电池板均采用角钢、槽钢等钢性物质固定，均为导电性能良好的金属材料，容易遭受直接雷击和形成感应过电压。因此，根据光伏发电项目安装所在地的年平均雷暴日数和电池板的占地面积，客观地分析光伏方阵遭受直击雷的概率，再参照《建筑物防雷设计规范》进行设计。

对太阳能电池方阵，拟设置水平接地带和垂直接地极相结合的接地网。将安全接地、工作接地统一为一个共用接地装置，接地电阻值按不大于 4 $\Omega$  考虑。沿太阳能电池方阵四周采用一 60 $\times$ 6 热镀锌扁钢设置一圈水平接地带，接地体埋设深度不小于 0.6~0.8m。太阳能电池生产厂家在太阳能电池板铝合金外框上留有利于安装接地线的螺栓孔位置，安装时用接地线将电池板铝合金外框和电池板支架可靠导通，所有支架采用等电位与水平接地带连通，并根据现场土壤情况，选择合适的位置，采用热镀锌角钢或其他导电性能良好的材料设置垂直接地极，垂直接地极埋设深度不小于 2.5m。接地装置的接地电阻、接触电压和跨步电压满足规程要求，

尽可能使电气设备所在地点附近对地电压分布均匀。

## 2.12 电气

### 2.12.1 接入电力系统方案

按照曲靖电厂新能源项目接入整体规划，在曲靖电厂厂区苗圃地新建 220kV 升压站，最终主变容量为  $2 \times 150\text{MVA}$ ，本期  $1 \times 150\text{MVA}$ ，灰场光伏及风电以 4 回 35kV 集电线路汇集至升压站 35kV 间隔，通过 1 回 220kV 线路接入至曲靖电厂 220kV 升压站间隔与火电出力一同送出，新建电缆线路长度 0.5km，导线截面选择为  $630\text{mm}^2$ 。

光伏场区全站 50MW 通过 2 回 35kV 电缆线路接入新建 220kV 升压站。2 回集电线路电缆采用  $95 \sim 120 \sim 185 \sim 300 \sim 400\text{mm}^2$  变截面电缆设计。

### 2.12.2 电气一次

#### 2.12.2.1 电气主接线

##### 1. 升压站电气主接线

主变压器容量：三相有载调压变压器，远景  $2 \times 150\text{MVA}$ ，电压等级 220/35kV；本期  $1 \times 150\text{MVA}$ ，电压等级 220/35kV。

220kV 侧：远景采用 2 个线变组接线，2 回出线。本期采用 1 个线变组接线，1 回出线（至曲靖电厂 220kV 升压站）。

35kV 侧：远景#1 主变 35kV 侧采用单母线接线，#2 主变 35kV 侧采用单母线接线；本期#1 主变 35kV 侧采用单母线接线。

无功补偿：远景  $2 \times 30\text{Mvar}$  动态无功补偿装置（SVG），分别接于 35kV I、II 段母线上。本期为  $1 \times 30\text{Mvar}$  动态无功补偿装置（SVG），接于 35kV I 段母线上。

中性点接地方式：

##### （1）220kV 中性点接地方式

220kV 为直接接地系统，主变压器 220kV 中性点按不接地设计；

采用接地开关并联氧化锌避雷器的接地方式，并设置放电间隙以保护主变高压侧中性点安全。

##### （2）35kV 中性点接地方式

35kV 侧为小电流接地系统，主变 35kV 侧中性点采用小电阻接地方式。为解决 35kV 单相



接地电容电流超过规程规定值的问题，在 35kV 母线上配置接地变及小电阻成套接地装置，即 35kV 中性点采用经小电阻接地的方式。35kV 接地变及小电阻成套装置远景共 2 台，分别接于 35kV I、II 段母线上。

本期光伏发电项目可由曲靖火电厂进行系统调节服务，不单独装设储能。

## 2. 光伏场区电气主接线

本项目 50MW 光伏发电系统由 16 个 3.0MW 和 1 个 2.0MW 单晶硅光伏发电单元组成。其中，3.0MW 光伏发电单元配置 240 个组串，每个组串由 28 块组件串联。每台逆变器接入 24 个组串、接入功率为 383.04kW，单个光伏发电单元配置 10 台 300kW 逆变器，每 10 台 300kW 逆变器输出的交流电接至箱变低压侧母线，由 1 台 3000kVA 箱变将电压至 35kV；2.0MW 光伏发电单元配置 168 个组串，每个组串由 28 块组件串联，每台逆变器接入 24 个组串、接入功率为 383.04kW，单个光伏发电单元配置 7 台 300kW 逆变器，每 7 台 300kW 逆变器输出的交流电接至箱变低压侧母线，由 1 台 2000kVA 箱变将电压至 35kV。

全站 50MW 通过 2 回 35kV 电缆线路接入新建 220kV 升压站。2 回集电线路电缆采用 95~120~185~300~400mm<sup>2</sup> 变截面电缆设计。

### 2.12.2.2 短路电流计算及主要设备选择

#### 1. 短路电流计算

由于本项目暂无接入系统方案及批复，本项目 35kV 设备及导体短路水平暂按 31.5kA 设计。最终设备短路水平以接入系统审查意见为准。

#### 2. 主要设备选择

##### (1) 并网逆变器

本项目拟采用国产 300kW 组串逆变器。逆变器的工作环境温度范围为-30~60℃，选用电池组件的工作温度范围为-40~85℃。正常情况下，太阳电池组件的实际工作温度可保持在环境温度加 30℃的水平。

##### (2) 场内升压设备的选择

本项目光伏场内升压设备采用就地升压箱变，箱变内配置高压、低压设备、自用变及节能型升压变压器。箱变进出线均采用电缆方式。其设备参数如下：

##### 1) 高压设备

高压柜开关设备采用断路器加隔离开关的组合电器，有效保护升压变压器。

断路器参数为：三相，额定电流 630A，额定电压 40.5kV，开断电流为 31.5kA。在高压

侧出口处配置带电显示器及避雷器。高压设备均安装在高压柜内。

## 2) 低压设备

低压设备包括三相断路器，额定电流 3150（2000）A，额定电压 800V；三相电流互感器，额定变比为 3150（2500）/1A，精确度为 0.5/5P30，容量为 10/15VA，另外配置浪涌吸收装置、电流表、电压表等。

## 3) 自用变压器

自用变压器，容量为 5kVA，变比为 0.8/0.38~0.22kV。供给箱变内部操作回路、逆变器室照明、通风及检修电源。白天电源取自光伏电能，夜晚或阴雨天电源取自电网倒送电。

## 4) 升压箱变

就地升压箱变拟采用华变，容量 2000/3000kVA，型号 S18-3000(2000)/35， $37 \pm 2 \times 2.5\%/0.8\text{kV}$ ，联结组别为 D, y11，阻抗电压为 7.0%。

## （3）光伏场内电缆

电池组串至组串逆变器的直流电缆选用光伏专用直流电缆，型号为 H1Z2Z2-K-1x4、1x6(DC1500V)。

逆变器至箱变的交流电缆选用电缆 ZR-YJLHV22-1.8/3kV-3x240mm<sup>2</sup>、ZR-YJLHV22-1.8/3kV-3x300mm<sup>2</sup>。

光伏电场集电线路采用电缆敷设方式，根据 35kV 电缆的运行环境和载流量的不同，集电线路拟选用电缆 ZRC-YJLHV22-26/35-3 × 95 ~ 3x400mm<sup>2</sup> 型铝合金电缆、ZR-YJV22-26/35kV-3x300mm<sup>2</sup> 铜芯电缆。本项目光伏电站容量为 50MW，以 2 回集电线路接入光伏场内新建 220kV 汇集站的 35kV 配电装置，集电线路电压降、热稳定满足 GB50217-2018《电力工程电缆设计标准》相关要求。

## （4）主变压器

主变压器拟选择三相油浸风冷铜芯双绕组有载调压电力变压器，配有载调压开关。

**表 2-5 #1 主变压器参数**

| 项目   | 参数                                      |
|------|-----------------------------------------|
| 型式   | 三相双绕组油浸有载调压电力变压器<br>SFSZ11-150000/220GY |
| 额定容量 | 150MVA                                  |
| 容量比  | 100/100                                 |
| 额定电压 | 230±8×1.25%/37kV                        |
| 阻抗电压 | U <sub>d</sub> %=17                     |

| 项目    | 参数       |                                    |
|-------|----------|------------------------------------|
| 冷却方式  | 风冷       |                                    |
| 接线组别  | YN,d11   |                                    |
| 套管 CT | 高压侧中性点套管 | 400/1A,5P30/5P30/5P30              |
|       | 高压侧套管    | 800/1A, 0.5S/5P30/5P30, 10/30/30VA |

#### (5) 220kV 配电装置

220kV 配电装置采用户外 GIS 布置。断路器操动机构为弹簧机构。

表 2-6 220kV 配电装置参数

| 序号 | 设备名称      |                        | 型式及主要参数                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-----------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 252kV GIS | 252kV 线变组              | 252kV, 3150A, 50kA/3s, 125kA                                                                                                                                                                                                      |
|    |           | 断路器                    | 252kV, 3150A, 50kA/3s, 125kA                                                                                                                                                                                                      |
|    |           | 隔离开关                   | 252kV, 3150A, 50kA/3s, 125kA                                                                                                                                                                                                      |
|    |           | 检修开关                   | 252kV, 50kA/3s, 125kA                                                                                                                                                                                                             |
|    |           | 快速接地开关                 | 252kV, 50kA/3s, 125kA                                                                                                                                                                                                             |
|    |           | 带电显示器                  | 252kV, 三相安装                                                                                                                                                                                                                       |
|    |           | 电流互感器                  | 线变组间隔（电磁式）：50kA/3s, 125kA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>5P30 600-1200/1A 30VA<br>0.5S 600-1200/1A 10VA<br>0.2S 600-1200/1A 10VA |
|    |           | 线路电压互感器（三相）            | 电磁式, 220/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1kV,<br>0.2/0.5(3P)/3P/3P 10VA/10VA/100VA/100VA                                                                                                        |
|    |           | SF6/空气套管               | 252kV, 3150A                                                                                                                                                                                                                      |
|    |           | 电缆仓                    | 252kV, 3150A                                                                                                                                                                                                                      |
|    |           | 避雷器                    | 204/532kV                                                                                                                                                                                                                         |
| 2  | 氧化锌避雷器    | Y10W-204/532GY, 附在线监测仪 |                                                                                                                                                                                                                                   |

#### (6) 35kV 配电装置

35kV 配电装置选择金属铠装移开式封闭开关柜, 35kV SVG 间隔断路器采用一体化弹簧机构 SF6 断路器, 其余间隔断路器为一体化弹簧机构真空开关, PT 柜按照要求配置消谐器。

表 2-6 35kV 配电装置参数

| 序号 | 设备名称       |                     | 型式及主要参数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 40.5kV 开关柜 | 真空断路器               | 主变进线：40.5kV，3150A，31.5kA，31.5kA/4s，80kA<br>出线、接地变：40.5kV，1250A，31.5kA，31.5kA/4s，80kA                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    |            | SF <sub>6</sub> 断路器 | SVG：40.5kV，1250A，31.5kA，31.5kA/4s，80kA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |            | 电流互感器               | 主变进线柜：干式，40.5kV<br>2000-4000/1A，31.5kA/4s，80kA<br>5P30/5P30/5P30/5P30/0.5S/0.2S<br>30/30/30/30/10/10VA；<br>出线柜：干式，35kV<br>800/1A，31.5kA/4s，80kA<br>5P30/5P30/0.5S/0.2S<br>0.5S、0.2S 级 600/1A；<br>SVG 柜：干式，35kV<br>800/1A，31.5kA/4s，80kA<br>5P30/5P30/0.5S/0.2S<br>0.5S、0.2S 级 600/1A；<br>接地变柜：干式，35kV<br>800/1A，31.5kA/4s，80kA<br>5P30/5P30/0.5S/0.2S<br>0.5S、0.2S 级 100/1A |
|    |            | 母线电压互感器             | 干式，35/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1/ $\sqrt{3}$ /0.1kV<br>0.2/0.5（3P）/3P/3P 级，<br>30/100/100/100VA                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    |            | 接地开关                | 40.5kV，31.5kA/4s，80kA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    |            | 带电显示器               | 40.5kV，三相                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    |            | 氧化锌避雷器（主变进线）        | YH5WZ-51/134GY，51kV，附在线监测仪                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## (7) 无功补偿

35kV I、II 段母线各装设动态无功补偿装置（SVG）1 套，容量为±30Mvar。

## (8) 接地变及小电阻成套装置

接地变及小电阻成套装置采用组合柜型式。35kV I 段母线中性点经小电阻接地，小电阻阻值不小于 67.4Ω，#1 接地变容量不小于 577.4kVA。综合考虑，将#1 接地变容量选择为 630kVA。#1 接地变主要设备参数如下：

中性点接地电阻：XHDR-37/300，67.4；

接地变：DKSC-630/37kVA

## (9) 中性点设备

主变 220kV 中性点设备

中性点隔离开关：GW13-126/630，630A

中性点避雷器：Y1.5W-146/320GY，166kV

#### (10) 导体

1) 母线的载流量按最大穿越功率考虑，按发热条件校验；

2) 各级电压设备引线按回路最大工作电流选择导体截面，按发热条件校验；

3) 220kV 出线为系统提供截面，220kV 母线穿越功率按 300MVA 考虑，35kV 母线穿越功率按 150MVA 考虑。

### 2.12.2.3 防雷及接地

#### 1. 光伏场区

光伏组件阵列由光伏专用直流电缆接入逆变器，逆变器内含防雷保护装置，经过多级防雷装置可有效地避免雷击导致设备的损坏，光伏场区内每排光伏支架与主接地网不少于两点接地。

逆变器安装于户外光伏支架上，每台逆变器的交流输出侧设防雷保护装置，同时箱变的高低电压侧均配置避雷器或浪涌保护器，可有效地避免雷电侵入波、操作过电压或电网浪涌导致设备的损坏。

光伏场区内形成覆盖整个场区的主接地网，主接地网外廓与光伏场区范围一致，且呈闭合环状，并由横向和纵向的水平接地体与组件支架连接形成接地网格，在接地网边缘及内部均匀敷设垂直接地体，同时尽量利用组件支架基础作为自然接地体。场区以 60×6 热镀锌扁钢为接地干线，光伏场区主接地网接地电阻应不大于 4Ω。

箱变周围需敷设一圈均压接地网，并与光伏场区主接地网不少于两点连接。箱变自带金属外壳，不少于 2 处与均压接地网可靠连接，同时箱变的外露金属件、金属爬梯等均与接地网连接。

#### 2. 升压站

站内由 2 根 30m 高构架避雷针、2 根 30m 高独立避雷针实现对全站的防直击雷保护。

在 220kV 进、出线侧及主变低压侧进线设置三相氧化锌避雷器，以防止雷电波侵入；同时在 35kV 母线上装设三相氧化锌避雷器，以防止雷电波的感应电压危及低压绕组绝缘；并在主变压器的 220kV 侧中性点装设一台氧化锌避雷器，以保护主变压器的中性点绝缘。

站内主接地网以水平接地体为主，垂直接地体为辅，边缘闭合的复合接地网。水平接地体采用-60×8 的热镀锌扁钢，垂直接地体采用∠50×50×5，L=2500mm 的热镀锌角钢。继电



保护室及通信室设有供静态保护屏接地用的专用接地铜排，该铜排与主接地网应只有一点相连。另外，进站大门等经常有人出入的地方需埋设帽檐式均压带。

全站沿二次电缆沟道敷设专用铜排，贯穿主控室、保护室至开关场地的就地端子箱、机构箱及保护用结合滤波器等处所有二次电缆沟，形成室外二次接地网。该接地网在进入室内时，通过截面不小于  $100\text{mm}^2$  的铜缆与室内二次接地网可靠连接；开关场地的端子箱内接地铜排应用截面不小于  $50\text{mm}^2$  的铜缆与室外二次接地网连接。室外二次接地网不可以首尾相连，室外二次接地网与变电站主地网连接点应距离避雷器等一次设备的泄流点  $3\sim 5\text{m}$ 。接地铜排不要求绝缘，可直接搭放在电缆沟最上层支架上。

#### 2.12.2.4 绝缘配合及过电压保护

##### 1. 220kV 电气设备的绝缘配合

220kV 避雷器选择无间隙氧化锌避雷器。

##### 2. 35kV 电气设备的绝缘配合

35kV 避雷器选择无间隙氧化锌避雷器。

##### 3. 电气设备外绝缘爬电距离

根据云南电网污区分布图，升压站处于 d 级污秽区，因此，升压站设备的污秽等级按 d 级考虑。按照国家标准规定，由于本项目是户外变电站，因此，本变电站设备爬电比距按如下要求选择在最高运行相电压下，220kV 套管类设备的外绝缘统一爬电比距  $\geq 43.3\text{mm/kV}$ ，35kV 套管类设备的外绝缘统一爬电比距  $\geq 53.7\text{mm/kV}$ 。

##### 4. 过电压保护

根据规程《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064-2014 及国家电网生[2009]1208 号文关于《预防印发多雷地区变电站断路器等设备雷害事故技术措施》的通知要求：需在主变高、低压侧和 220kV 出线侧配置三相金属氧化锌避雷器；在 220kV 及 35kV 母线设备配置三相金属氧化锌避雷器；在主变压器的 220kV 侧中性点装设一只氧化锌避雷器保护主变压器的中性点绝缘。

#### 2.12.2.5 升压站电气总平面布置及配电装置

##### 1. 总平面布置

升压站总平面为“L”形不规则布置，长 104m、长边宽 71.6m，短边宽 44m，新建 220kV

配电装置采用户外GIS布置于站区西侧，新建配电装置楼布置在站区中部位置，配电装置楼共2层，一层布置35kV配电装置室，二层布置主控室及蓄电池室，主变压器户外布置于220kV配电装置区与新建配电装置楼之间，新建SVG布置于站区东侧围墙内；进站大门位于站区北侧，与原北侧电厂进站道路相连。

## 2. 各配电装置选型及布置

### (1) 主变压器

主变压器拟采用三相双绕组油浸风冷有载调压电力变压器，两台主变“一”字型布置在220kV 配电装置与配电装置楼之间，户外布置；主变构架高 15m，宽 15 米，220kV 引线挂点相间距 4m。

主变压器 220kV 侧采用架空软导线与 220kV GIS 相连接，35kV 侧采用绝缘管母线与 35kV 开关柜相连接。

本期建设#1 主变压器。

### (2) 220kV 配电装置

220kV 配电装置采用户外 GIS 布置，布置于站区西侧，线路出线采用电缆出线，远景共 2 个电缆出线间隔；主变进线采用架空方式，共 2 个主变进线间隔，构架高 15m，宽 14m，引线挂点相间距 4m。本期新建 1 个电缆出线间隔至曲靖电厂 220kV 升压站。

### (3) 35kV 配电室

35kV 配电装置采用开关柜户内布置。35kV 配电装置室布置于配电装置楼一层，长为 31.2m，宽为 15.35m。35kV 开关柜均采用金属铠装移开式封闭开关柜，户内双列布置。

### (4) 无功补偿

35kV 动态无功补偿装置（SVG）采用户外布置，本期 1 组 SVG 布置于站区东侧。

### (5) 接地变及小电阻成套装置

接地变及小电阻成套装置采用组合柜型式，户外布置于配电装置楼北侧。

### (6) 电气设备抗震措施

1) 设备引线和设备间连线采用软导线，其长度留有余量。当采用硬母线时，设置伸缩接头过渡。

2) 电气设施牢固可靠焊接在设施预埋件上，焊接强度满足抗震要求。

## 2.12.2.6 升压站用电及照明

### 1. 电源的引接及电源接线方案

升压站用电压为 380/220V，低压接线采用 380V 三相四线制中性点直接接地系统，380V/220V 母线采用两段单母线加 ATS 接线方式，2 回站用电源分别取自曲靖电厂一期 380V 公用 01、02 段。正常运行情况下，2 回站用电源各带一段 0.4kV 母线分列运行，向站用负荷供电。当一回站用电源故障、退出或检修时通过 ATS 切换，由另一回站用电源带全部站用负荷。对于变电站重要负荷，应分别从两段母线上双回供电。

## 2. 照明

全站的照明电源由站用电 380/220V 交流三相四线制系统供电。户外照明由设在主控制室的照明配电箱集中控制，户内照明一般就地控制。

主控制室、屋内配电装置及重要生产辅助间的照明分正常和应急照明两种方式。事故照明灯正常时由交流供电，当交流电源消失时，事故照明系统经自动切换装置切换至直流供电。事故照明切换装置设于事故照明配电箱内。

屋内照明线的敷设方式采用穿管暗敷。主控制室、通信机房采用吸顶灯的照明方式。其余房间采用节能灯照明。户外照明采用草坪灯和投光灯分散照明。所有照明灯泡均采用节能型。

### 2.12.2.7 电缆敷设及防火

#### 1. 光伏场区

(1) 每个光伏发电系统的太阳能电池方阵，组串直流输出电缆通道东西方向沿太阳能组件的安装支架进入组串式逆变器，南北方向电缆采用沿电缆穿保护管进入纵向设置的直埋壕沟敷设至组串式逆变器。组串式逆变器出线交流电缆沿着纵向设置的电缆壕沟或桥架敷设至方阵对应的箱变。

(2) 箱变高压侧电缆、分接箱进出线电缆及集电线路电缆沿场内道路边布置的电缆壕沟敷设至 220kV 升压站 35kV 配电装置。

(3) 电缆过道路部分埋管敷设，埋管长度各伸出道路两侧不小于 1m。

#### 2. 升压站

(1) 本项目的电缆敷设采用以电缆沟为主，电缆埋管为辅的敷设方式。

(2) 主控综合楼设置有若干条电缆沟与通向各配电装置的电缆沟相连，各配电装置内设有电缆沟通往各主要电气设备附近。由于主控综合楼内的主控制室以及通信机房均采用防静电地板，为了防静电地板内的电缆敷设美观、整齐，电缆在防静电地板内沿电缆桥架敷设。电缆沟内采用电缆支架，电缆在电缆沟内沿支架敷设，无电缆沟的地方穿钢管暗敷。各配电

装置区域和主变场地、电容器场地地坪面以上部位采用电缆穿入槽盒内方式进行敷设。

为防止电缆着火延燃，采用阻燃电缆，同时在屋外电缆沟与屋内电缆沟的接口处设置防火墙予以封堵；在电缆进入电缆孔、开关柜、屏、盘的孔洞用耐火材料进行封堵。

### **2.12.2.8 对侧 220kV 出线间隔一次部分**

#### **1. 220kV 配电装置现状**

曲靖电厂 220kV 升压站 220kV 配电装置采用户外 AIS 软母线布置。双母线接线，现已建设出线 4 回，分别至：曲尖 I 回线、曲尖 II 回线、白珠线 1 回、曲东线 1 回，土建预留 1 回备用间隔。

根据可行性研究报告校核，建设本期 220kV 线路后，曲靖电厂 220kV 变电站现有的 220kV 配电装置参数满足本项目接入要求。

#### **2. 电缆敷设及防火**

由于 220kV 出线间隔设备及二次设备的建设，将会造成现有电缆防火设施破坏，本项目及时修补完善，满足相关规程规范要求。

#### **3. 防雷接地**

主接地网在前期工程中已建设完成，本期扩建接地部分仅涉及到新建设间隔设备的接地支线部分。若在扩建及改造过程中破坏前期已建其他主接地网，及时修复。

## **2.12.3 电气二次**

### **2.12.3.1 光伏场区保护部分**

光伏场内箱变 35kV 侧配置真空断路器作为箱变的高压侧短路保护。在箱变的低压侧设置空气断路器，带有长延时、短延时、瞬时过电流保护和接地故障保护，作用于跳闸和发信号。箱变内变压器本体配有高温报警、瓦斯保护、压力释放等非电量保护，作用于跳闸和发信号。箱变高/低压开关柜刀闸位置、保护动作、变压器非电量等信息通过单模光缆传送至升压站监控系统。

逆变器具备极性反接保护、短路保护、孤岛效应保护、过热保护、过载保护、接地保护等，装置异常时自动脱离系统。逆变器需具有低电压、高电压和零电压穿越能力，并提供测试报告。

### 2.12.3.2 光伏场区通信

逆变器采用 PLC 通信，光伏区至升压站采用光纤环网通信。光伏区每个方阵配置 1 台智能通信柜，柜内包含数据采集器、光纤交换机、终端盒及光纤跳线等辅材。箱变测控装置通过网线接至智能通信柜，在智能通信柜处组成光纤环网接入升压站内配置的箱变接口屏，完成光伏区与升压站的通信传输。由逆变器厂家配合箱变厂家确定通信协议。逆变器厂家的智能通信柜内预留场区侧纵向加密装置安装位置以及接口，箱变接口屏内由箱变厂家预留升压站侧纵向加密装置安装位置以及接口。智能通信柜户外安装于箱变外侧。

为满足光伏场内的通讯要求，在电缆敷设时同时敷设一根非金属光缆用于保证每组逆变单元之间与升压站二次室保持通讯联络，以满足通讯的要求，非金属光缆拟采用 24 芯规格建设光伏场内所有光伏方阵的通讯。

### 2.12.3.3 光伏场区视频监控系统

本项目安防监视系统采用全数字方式，监视对象主要包括户外光伏组件以及升压站的情况。安防监视系统的设计满足《工业电视系统工程设计标准》GB/T 50115-2019 的规定。

光伏区内，实现光伏电站关键部位防火、防盗的自动监视和光伏区并进行报警或联动。使工作人员及时全面地掌握现场安全状况，对可疑点作图像记录，以保障工程安全并减轻工作人员的劳动强度。为远程监控站消防提供现场火灾灾情图像信息，以便准确判断灾情，及时采取消防措施。防盗报警系统的探测器完全覆盖了厂区围墙，这些探测器与数字录像监控主机的报警控制器相连，对户外光伏组件、逆变器等设备进行实时监视，当报警控制器进行设防后，若有人闯入，探测器将报警信号传送给数字录像监控主机的报警控制器。

### 2.12.3.4 升压站综合自动化系统

升压站变电站自动化系统为无人值班、有人值守设计，采用分层分布式结构，以间隔为单位，按对象进行设计。光伏场区分别设置独立监控系统，升压站变电站自动化系统预留光伏监控系统接入接口，远动信息通过升压站监控系统远动机统一上传。升压站计算机监控系统通过光缆与电厂主厂房内机组集控楼内的电气监控系统相连，可通过在主厂房内机组集控楼进行对光伏升压站的实时监控和远方操作。

#### 1. 系统结构

计算机监控系统由站控层和间隔层组成，网络结构采用双星型冗余网络结构，站控层采

用双以太网，连接主机/操作员站、远动工作站、保信子站、五防工作站和打印机等，分别置于继电保护及通信室和集控室内。在站控层设置远动工作站，按双通道考虑，并配置调度数据网接入设备。间隔层按间隔配置，实现就地监控功能，连接各间隔单元的智能 I/O 设备等。

#### （1）站控层设备配置

站控层配置监控主机 3 台，视频及环境监控工作站、生产管理终端、调度发令终端各 1 台。其中#1、#2 监控主机为操作员工作站、维护工作站功能，#3 监控主机为五防工作站功能。#1 监控主机、#2 监控主机、#3 监控主机布置于主控台上。

#1、#2、#3 监控主机分别配置单显示器，#3 监控主机日常宜运行在五防界面；视频及环境监控工作站配置单显示器，生产管理终端、调度发令终端通过 KVM 共用视频及环境监控工作站显示器，日常宜运行在调度发令终端或生产管理终端界面。

本项目光伏 220kV 升压站计算机监控系统需要接入电厂机组集控中心，实现在机组集控室对升压站内设备进行实时监控和远方操作。在电厂机组集控室内设置 1 面网关机柜，网关机柜内配置网关设备（远动装置）、网络交换机、光电转换装置等用于光伏 220kV 升压站与电厂机组集控室内电气监控系统通过室外铠装单模光缆进行联网与通信。

#### （2）间隔层设备配置

间隔层主要设备包括各种保护装置、测控装置、故障录波器、安全自动装置、电能表等。

测控装置按间隔单套配置，配置测控、计量等功能；220kV 各出线间隔独立配置测控装置，220kV 各出线间隔按间隔单独组屏，全站公用测控、220kV 公用测控装置共同组 1 面屏，主变各侧及本体单独配置 1 台测控装置，每台主变的高压侧测控装置、低压侧测控装置及本体测控装置共同组 1 面主变测控屏；所有测控装置均组屏安置于继电保护及通信室。

### 2.控制、操作及防误闭锁

（1）监控范围：主变压器；220kV 线路；220kV 所有断路器、隔离开关及接地刀闸；35kV 补偿电容器；380V 站用（接地）变；35kV 所有断路器；380V 断路器；直流系统；交流不间断电源；视频及环境监控系统；公用设备（如火灾自动报警系统等）。

#### （2）控制方式

断路器控制分成以下四种情况：

远方(集控站/调度中心)操作、变电站计算机监控系统后台操作、继电器及通信室（测控屏）操作、就地（配电装置）操作。

电动隔离开关、主变有载调压开关控制分成以下三种情况：

远方(集控站/调度中心)操作、变电站计算机监控系统后台操作、就地（配电装置）操作。



电压-无功自动调节控制分成以下两种情况：

远方(集控站/调度中心) AVC 系统直控、站控层当地（计算机监控系统后台）VQC 控制。

### （3）操作

为使变电站计算机监控系统能安全可靠地运行，变电站计算机监控系统须具有相应的安全、保护措施。

1）设置操作权限：依据操作员权限的大小，规定操作员对系统及各种业务活动的使用范围；

2）操作的唯一性：在多种操作方式下，如确定一种操作方式，就必须闭锁其它操作方式；

3）对运行人员的任何操作，计算机都将做命令合法性检查和闭锁条件检查；

4）操作按选点、校验、执行的步骤进行。

各级控制均实现五防操作，全站变电站计算机监控系统统一考虑微机五防功能，变电站计算机监控系统和现场布线式电气闭锁共同完成变电站防误闭锁。各级控制操作遵守唯一性原则，一级操作闭锁其它级操作，各级操作切换通过软件和转换开关实现。

### （4）防误闭锁

本站五防功能按照与计算机监控系统一体化配置。变电站五防子系统应由站控层防误和间隔层防误两层构成，站控层防误包括防误闭锁软件系统、电脑钥匙及锁具，间隔层防误是由测控装置的软件逻辑闭锁来完成。

现场布线式单元电气闭锁也作为整个变电站五防的组成部分，实现本间隔内电动隔离开关（接地开关）、断路器之间的电气闭锁，以及为完成线路倒闸操作所必需的母线接地开关与线路隔离开关之间跨间隔的电气闭锁。

现场布线式单元电气闭锁与微机五防系统相互配合，共同完成刀闸闭锁，正常操作时，二者之间逻辑为“与”的关系。

高压开关柜配置完善的微机五防装置实现五防功能。

SVG 间隔网门位置与本间隔断路器以及隔离开关之间的操作闭锁回路统一使用微机五防实现闭锁功能，不设置电气闭锁回路。

## 3.同期

同期点为主变高、低压侧断路器，同期功能由变电站自动化系统各间隔的测控单元完成，站控层能对同期操作过程进行监测和控制。

不同断路器的同期指令间应相互闭锁，以满足一次只允许一个断路器同期合闸，同期功

能进行状态自检和设定，同期成功与失败均有信息输出，同期操作过程有发令、参数计算、显示及确认等交互形式。操作过程及结果予以记录。

同期还具有远方控制检无压/同期功能。

#### 4.信号系统

信号系统采用综合计算机监控系统，事故及异常时发出音响报警，同时画面闪烁，并打印存盘。系统功能如下：

（1）运行监视功能：主要包括变电站正常运行时的各种信息和事故状态下的自动报警，站内变电站计算机监控系统能对设备异常和事故进行分类，设定等级。当设备状态发生变化时推出相应画面。事故时，事故设备闪光直至运行人员确认，可方便地设置每个测点的越限值、极限值，越限时发出声光报警并推出相应画面。

（2）具有事故顺序记录和事故追忆功能：对断路器、隔离开关和继电保护动作发生次序进行排列，产生事故顺序报告。

（3）运行管理功能：可进行自诊断，在线统计和制表打印，按用户要求绘制各种图表，定时记录变电站运行的各种数据，采集电能量，按不同时段进行电能累加和统计，最后将其制表打印。记录设备的各种参数，检修维护情况，运行人员的各种操作记录，继电保护定值的管理，操作票的开列。

（4）无功/电压控制：通过控制主变压器低压侧电容器的无功补偿装置及主变分接头来控制主变压器高、低压侧的电压和无功功率。

（5）远动功能：

变电站配置远动通信装置，具备远动机功能，远动通信装置作为全站统一的出口系统，负责厂站与各级主站之间的通讯和协调，并且满足《总调自〔2021〕35号\_关于印发南方电网集中式新能源场站运行数据接入调度主站技术方案的通知》，支持 102 和 104 通道，104 通道传输实时数据，102 通道传输 E 文本文件，具备 ASDU 功能。满足直采直送要求，收集全站测控装置、保护装置等设备的数据，将信息通过双通道（专线或网络通道）上传至调度中心/集控站，并支持接入调度数据网，能将调度中心/集控站下发的遥控、遥调命令向变电站间隔层设备转发。

远动装置能根据运行需求设置为双主机或热备用工作方式。双配置的调制解调器的工作电源取自不同的直流母线段，调制解调器传送各级调度的通讯模块独立配置，且宜支持热插拔。当远动装置采集不正常时，传送调度端的信息必须保留原数据并在品质标志位打上品质标志。

远动装置须配置足够的遥信缓存区，用于缓存送调度端的遥信信息。断路器和隔离开关位置遥信信号采用设备辅助接点信号，具有单相重合闸功能的断路器还应采集三相合并信号。

(6) 具有良好的人机界面，可在线编辑各种画面和表格。

(7) 具有系统自诊断功能。

(8) 具有远方维护和远方诊断功能。

(9) 具有非全相监视功能。

(10) 数据质量辨识：能自动识别变电站一次设备网络模型与参数错误。

(11) 源端维护：支持主站和变电站之间的模型/图形转换、源端维护与数据订阅发布功能，实现主站对变电站模型、数据的灵活配置和动态管理；能建立变电站数据模型、变电站图形、主站数据模型、主站图形、远动通信协议的信息点之间的对应关系；支持模型对应关系的校验功能。

## 5. 光伏电站生产监控系统

光伏电站生产监控系统主要分为升压站监控与光伏发电场内监控两部分，光伏发电场内监控范围包括太阳能电池方阵、并网逆变器、箱变及站用电等电气系统的监控，其主要监测参数包括：逆变器进出口的电压、电流、功率、频率、逆变器机内温度、逆变器运行状态及内部参数、发电量、环境温度、风速、风向及辐射强度，35kV 箱变电流、电压、非电量及开关状态等，可同时实现对光伏区域电气系统的常规控制、保护和报警等。

并网光伏发电系统由太阳能电池阵列、并网逆变器、箱变等组成。每个光伏发电分系统配置一台数据采集处理装置。该装置获取本单元逆变器的运行参数、故障状态和发电参数以及每个直流汇流箱内各接入回路的电流量信号并进行储存，同时数据采集处理装置通过工业以太网的传输方式将数据通过光纤上传至监控后台，在集控室内通过计算机监控系统操作员站实现上述运行参数的监视、报警、历史数据储存，同时还可在大屏幕上显示。

在升压站集控室操作员站可连续记录、查看光伏发电系统运行数据和故障数据具体如下：

(1) 实时显示电站的当前发电总功率、日总发电量、累计总发电量、累计 CO<sub>2</sub> 总减排量以及每天发电功率曲线图。

(2) 可查看每台逆变器的运行参数，主要包括：

A 直流电压、B 直流电流、C 直流功率、D 交流电压、E 交流电流、F 逆变器机内温度、G 时钟、H 频率、J 当前发电功率、K 日发电量、L 累计发电量、M 累计 CO<sub>2</sub> 减排量、N 每天发电功率曲线图、

(3) 监控所有逆变器的运行状态，采用声光报警方式提示设备出现故障，可查看故障原

因及故障时间，监控的故障信息至少包括以下内容：

- A 电网电压过高；
- B 电网电压过低；
- C 电网频率过高；
- D 电网频率过低；
- E 直流电压过高；
- F 逆变器过载；
- G 逆变器过热；
- H 逆变器短路；
- I 散热器过热；
- J 逆变器孤岛；KDSP 故障；
- L 通讯失败；

本项目还设置了一套环境参数监测装置，该装置由风速传感器、风向传感器、日照辐射表、测温探头、控制盒及支架组成。可测量环境温度、风速、风向和辐射强度等参量，通过 RS485 总线传输方式将数据上传至附近的某个光伏发电分系统数据采集处理装置上，最终通过该装置将信号送至主控楼光伏监控系统。在主控楼操作员站上还可以单独对每台逆变器进行参数设置，可以根据实际的天气情况设置逆变器系统的启动和关断顺序，以使整个发电站的运行达到最优性能和最大的发电能力。

### 2.12.3.5 光功率预测系统

光伏发电受太阳辐照度、环境温度、风速等多元气象因素影响的电源，其出力具有明显的波动性和间歇性。随着越来越多的光伏发电并网运行，尤其是我国特有的大规模光伏发电集中接入的开发模式，将给电力系统的功率平衡、安全稳定与经济运行带来巨大挑战。在光伏电站配置光功率预测系统能够提高电网接纳波动性间歇式电源的能力。光伏发电功率预测系统可向电网调度机构提供光伏电站准确的超短期和短期发电功率预测曲线，不仅能够为电网的发电计划制定、调峰调频、潮流优化和安全控制等调度决策行为提供可靠依据，而且可为风、光、水、储的多能互补协调控制提供技术支撑，使电网最大限度地利用光伏发电资源。系统短期预测的时间尺度为未来 0~24 小时，时间分辨率为 15min，超短期预测时间尺度为未来 15min~4h，每 15min 滚动预测，并向电力调度机构上传功率预测结果。电力调度机构根据光伏发电功率超短期预测结果和实际运行情况对日发电调度计划曲线进行调整。

本项目设置了两套环境参数监测装置，该装置由风速传感器、风向传感器、日照辐射表、测温探头、控制盒及支架组成。可测量环境温度、风速、风向和辐射强度等参量，通过 RS485 总线传输方式将数据上传至附近的某个光伏发电分系统数据采集处理装置上，最终通过该装置将信号送至电站计算机监控系统（NCS），实时记录并显示环境数据。

### 2.12.3.6 有功功率调节、无功电压控制系统

#### 1. 有功功率调节（AGC）

本项目光伏电站 AGC 功能主要通过站内计算机监控系统和光伏监控系统协调完成。光伏电站有功功率控制系统应能够接收并自动执行调度主站下达的有功功率变化的控制指令。根据光伏电站并网技术规范，大中型光伏电站应具有有功功率调节能力，并根据电网调度部门指令控制其有功功率输出。光伏电站需安装有功功率控制系统，能够接收并自动执行电网调度部门远方发送的有功出力控制信号，根据电网频率值、电网调度部门指令等信号自动调节电站的有功功率输出，确保光伏最大输出功率及功率变化率不超过电网调度部门的给定值。

#### 2. 电压/无功调节（AVC）

配置一套光伏电压自动控制系统（AVC），通过计算机监控系统接收调度机构指令，自动调节其发出或吸收的无功功率，实现对并网点电压的控制，其调节速度和控制精度满足电网电压调节的要求。大中型并网光伏电站参与电网电压调节的方式包括调节光伏电站的无功功率、调节无功补偿设备投入量以及调整光伏电站升压变变比等。本项目参与电网无功调节的主要方式为采用 SVG 无功补偿装置和主变分接头电压调节，具体调节方式、参考电压、电压调差率等参数可由电网调度机构远程设定。

### 2.12.3.7 全站时钟同步系统

本项目设置 1 套统一的时间同步系统，同步时钟装置由标准同步时钟本体和时间同步信号扩展装置组成。标准同步时钟本体能同时接收 GPS 卫星和中国北斗卫星发送的信息，作为主时钟的时间基准，还能接收另外一台标准同步时钟发出的带有年月日时分秒全时间信息且符合 IEEE1344-1995 标准的 IRIG-B（DC）时（RS-422），作为主时钟的备用外部时间基准。

时间同步系统提供升压站内所有的监控系统站控层设备、保护装置、测控装置、故障录波装置、自动装置及站内其他智能设备等站内二次设备的对时功能。间隔层各设备与标准时钟的误差应不大于 1ms。GPS 时钟同步系统独立于监控系统组屏设计。

### 2.12.3.8 计量系统

根据电能计量满足《电力装置电测量仪表装置设计规范》GB/T 50063—2017 要求，本项目 220kV 线路侧配置关口表，采用 0.2S 级三线四线多功能电能表，双表配置，带辅助电源 AC220V/DC220V。

220kV 升压站主变压器低压侧采用 0.25 级三线四线多功能电能表，单表配置，带辅助电源 AC220V/DC220V。

220kV 升压站主变压器低压侧及 35kV 间隔开关柜部分均设置为计量考核点，采用 0.5S 级三线四线多功能电能表，单表配置，带辅助电源 AC220V/DC220V。

全站配置两套电能量采集终端单机配置。电能量采集装置应配置不少于 2 个主站通信网口，2 个 RS232/485 主站通信口，1 个电话拨号通信口。

主变电表、220kV 线路电能量采集终端集中组 2 面屏布置于继电保护室，35kV 出线柜、无功补偿柜及站用变柜的电表分别安装于相应开关柜上。

以上表计通过 485 通信口与站内电能量采集系统进行通信，实现与计量中心的电度量通信。

### 2.12.3.9 图像监视及安全警卫系统

升压站配置 1 套图像监视及公共报警系统，对光伏组件及全站主要电气设备、关键设备安装地点以及周围环境进行全天候的图像监视，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，该系统可实现升压站安全警卫的要求。

该系统由升压站图像监控系统、升压站围墙周界防盗电子围栏、光伏组件场地监控、厂区风机塔筒工业电视监控系统几部分构成；主控部分设在升压站；升压站内视频监控系统在主变、出线开关场、继电保护室、蓄电池室、仓库等部分布防的摄像机与主控采用屏蔽双绞线和电源线直连，光伏场区、风电场区监控视频信号通过场内通信光缆通道向升压站传输视频信号和摄像机控制信令。

光伏场区内，实现关键部位防火、防盗的自动监视，并和场区进行报警或联动。使工作人员及时全面地掌握现场安全状况，对可疑点作图像记录，以保障工程安全并减轻工作人员的劳动强度。为远程监控站消防提供现场火灾灾情图像信息，以便准确判断灾情，及时采取消防措施。防盗报警系统的探测器完全覆盖了厂区围墙，这些探测器与数字录像监控主机的报警控制器相连，对户外光伏组件、逆变器、风机等设备进行实时监视，当报警控制器进行



设防后，若有人闯入，探测器将报警信号传送给数字录像监控主机的报警控制器。

升压站内，重要的通道、建筑物、设备等处，设置高清摄像头，并在升压站的四周围墙上设置红外对射装置，以确保光伏电站的安全运行。通过视频监控系统，对主变、隔离开关、开关柜等操作进行远方监视，对光伏电站各预制舱及主要设备现场状况及安全进行定期巡视。该系统可对监视场景进行录像，便于事故分析。

同时设置一套环境参数监测装置，该装置由风速传感器、风向传感器、日照辐射表、测温探头、控制盒及支架组成。可测量环境温度、风速、风向和辐射强度等参量，通过 RS485 总线传输方式将数据上传至附近的某个光伏发电分系统数据采集处理装置上，最终通过该装置将信号送至电站计算机监控系统（NCS），实时记录并显示环境数据。

### 2.12.3.10 火灾报警系统

火灾自动报警系统根据《火灾自动报警系统设计规范》进行设计。本站设置一套火灾自动报警系统。火灾探测报警区域包括继电保护室、各预制舱体、蓄电池室、SVG 集装箱、水泵房、特殊品库等，根据安装部位的不同，采用不同类型的探测器。火灾报警控制器主机设在继电保护室，以便于运行人员管理。火灾报警信息可通过通讯接口传送至变电站的监控主机。

光伏电站的火灾监测对象是重要的电气设备、电缆层等场所，根据环境及不同的燃烧机理，分别选用感烟、感温探测器。探测器主要安装在箱变小间、电缆沟、桥架等场所。在各防火分区设置手动报警按钮和声光报警器。探测器或手动报警按钮动作时，火灾报警控制器发出声光报警并显示报警点地址，并按预先编制好的逻辑关系发出控制指令，启动声光报警器，也可由值班人员在火灾报警控制器上手动操作。

火灾报警动作和故障信号将接入升压站综合自动化监控系统。

火灾报警控制器自带 24V 并装有蓄电池的备用电源。正常工作交流 220V 电源由动力配电箱供给，当交流电消失时，自动切换至直流备用电源供电，保证系统正常工作。消防电缆（线）采用阻燃屏蔽控制电缆和阻燃屏蔽双色双绞电线。电缆敷设在电缆桥架上或电缆沟内，电线采用穿金属管或线槽内敷设。

变压器灭火系统可采用水喷雾系统消防方式或泡沫系统消防方式。

### 2.12.3.11 一次调频

为限制电网频率变化维持稳定的自动控制和电网动态平衡有功功率，本升压站配置一台一次调频装置。

### 2.12.3.12 主变油色谱在线监测

220kV 新建变压器安装变压器油色谱在线监测，本期#1 主变配置 1 套主变油色谱在线监测系统。

### 2.12.3.13 二次设备组柜及布置

升压站按无人值班、少人值守设计。共设一个继电保护及通信室、两个蓄电池室及一个低压配电室。

继电保护室：用于放置计算机监控系统监控主站、操作员工作站、微机五防工作站、视频及环境监控系统后台、测控、保护、故障录波、计量、直流屏、远动工作站、视频及环境监测系统、时间同步系统屏、交流不间断电源屏、二次安全防护屏、电能采集系统等二次屏柜。

蓄电池室：设置 2 个专用蓄电池室，用于放置 2 组二次蓄电池。

35kV 部分保护测控一体化装置布置在高压开关柜上，同时在 35kV 高压配电室布置 1 面 35kV 网络交换机及 GPS 对时柜、1 面 35kV 公用测控柜。

二次屏柜均采用尺寸为 2260mm(高)×800mm(宽)×600mm(深)的前后开门形式柜体，单列布置。

### 2.13.3.14 二次防雷系统

1.在升压站的 GPS 设备交全站设置一套二次防雷装置，在站用电进线、UPS 进线、直流母线、通信串口等设备处装设防雷器，二次设备防雷器的配置如下：流进线端配置交流电源防雷器，通流容量为 40~60kA；对于由直流供电的 GPS 设备，其电源端不必加装电源防雷器。

2.在升压站的 GPS 对时装置的天线引进控制室、继电器室的入口处加装信号防雷器，通流容量宜选择 10~20kA。

3.在升压站的监控系统对各级调度的通信接口两端加装信号防雷器，通流容量为 10～20kA，加装后不得对数据通信造成影响；

4.在升压站的监控系统与其他智能设备之间的串行口两端配置信号防雷器，通流容量为 10～20kA；

5.在直流系统主母线上配置直流电源防雷器，通流容量为 30kA；

6.在升压站直流系统交流电源输入端分别加装交流电源防雷器，通流容量宜选择 40～60kA。

7.在交流不停电电源 UPS 的交流输入端配置交流电源防雷器，通流容量宜选择 40～60kA。雷器，通流容量为 10～20kA；

8.在直流系统主母线上配置直流电源防雷器，通流容量为 30kA；

9.在升压站直流系统交流电源输入端分别加装交流电源防雷器，通流容量宜选择 40～60kA。

10.在交流不停电电源 UPS 的交流输入端配置交流电源防雷器，通流容量宜选择 40～60kA。

### **2.13.3.15 对侧工程二次部分**

#### **1. 线路保护**

曲靖电厂 220kV 升压站需配置 2 套 220kV 线路保护装置，每套保护以光纤分相电流差动保护，保护作为主保护，配置阶段式相间距离、接地距离及零序方向过流保护及反时限零序过流保护作为后备保护，保护还应具备过负荷、三相不一致、重合闸的功能；保护通道均采用专用光纤芯，两套保护分别采用不同厂家的产品且需同 220kV 升压站侧规格一致。

#### **2. 母线保护**

电厂网控楼内 220kV 母线保护第 I 套和第 II 套差动保护装置均采用的深圳南瑞 BP-2C 产品，装置留有备用电流回路和跳闸出口回路，可满足本项目光伏 220kV 升压站的接入需要。

#### **3. 故障录波**

电厂网控楼内 220kV 故障录波装置目前采用的是武汉中元华电 ZH-5 故障录波分析装置，该装置已无备用模拟量、开关量接入点，不能满足接入要求。

故本项目在电厂网控楼内新装设 1 面 220kV 微机型的故障录波屏，该录波装置应能接入 96 路模拟量、192 路开关量，录取 220kV 线路的电流电压量以及各保护装置的动作信号。录

波装置需具有 GPS 对时功能。可与微机监控系统等接口。故障录波装置按组一面柜的方式配置。

#### 4. 同步相量测量（PMU）系统

电厂网控楼内主控室内已设有电厂 220kV 升压站同步相量测量装置，采用的是南京南瑞继保 PCS-996 型号产品，装置留有本期接入间隔的备用电流模拟量采集回路，可满足本项目光伏 220kV 升压站的接入需要。

#### 5. 同步时钟对时系统

电厂网控楼内主控室内已设有电厂 220kV 升压站同步时钟对时装置，采用的是南京南瑞继保 PPCK97-S02 型号产品，装置留有足够的备用时钟源接口回路，可满足本项目光伏 220kV 升压站的接入需要。

#### 6. 直流系统

电厂网控楼内主控室内已设有电厂升压站直流系统，按双套直流蓄电池配置，采用的是珠海瓦特电力设备有限公司的产品，其中 220kV 网控第一组控制直流分屏和 220kV 网控第一组控制直流分屏均留有足够的备用直流回路，可满足本项目光伏 220kV 升压站的接入需要。

#### 7. 公用测控

电厂网控楼内主控室内已设有 220kV 公用测控柜，采用的是南京南瑞继保公司 PCS-9705 型号的产品，测控装置留有足够的遥信开入量回路，可满足本项目光伏 220kV 升压站的接入需要。

#### 8. 计量系统

本项目在曲靖电厂升压站 220kV 网控楼现有 220kV 电度表柜内新增 2 只有功 0.2S 级，无功 2.0 级关口表，关口表带接线盒及辅助电源。

#### 9. 监控系统

新增 1 套 220kV 线路测控装置组一面屏布置于电厂网控楼主控室内，设备厂家与站内原后台系统厂家保持一致，并进行后台系统扩容。

#### 10. 五防系统

本项目需进行五防系统扩容，增加 1 个 220kV 出线间隔锁具及相应设备，设备厂家与站内五防系统厂家保持一致。

### 2.12.4 元件保护

继电保护和安全自动装置按 GB/T 14285-2006《继电保护和安全自动装置技术规程》进

行设计。

### 1. 220kV 主变保护

双重化配置两套主、后一体的电量保护和一套本体非电量保护。

#### (1) 主保护

配置纵联差动保护，动作后跳开变压器各侧断路器。两套纵联差动具备不同的躲励磁涌流原理（主一保护采用二次谐波制动原理的比率差动保护，主二保护采用波形对称原理构成的差动保护）。

配置差电流速断保护，动作后跳开变压器各侧断路器。

每套保护的 TA 断线闭锁差动保护可经控制字选择，TA 断线不闭锁差动速断保护。

#### (2) 高压侧后备保护配置

1) 配置二段复压过流保护，复合电压元件应采集各侧电压按“或门”开放。

2) 配置一段相间和接地阻抗保护，带一时限，方向指向变压器，是否经振荡闭锁可投退，动作后跳开变压器各侧断路器。

3) 配置二段定时限零序过流保护。

4) 配置中性点间隙零序过流和零序过电压保护，动作后延时跳开变压器各侧断路器并解列中、低压侧小电线路（若有）。

5) 配置高压侧定时限过负荷保护，一时限动作于信号。

6) 配置一段过负荷启动风冷保护，一时限启动风冷及闭锁主变有载调压。

#### (3) 低压侧后备保护

1) 配置两段复合电压启动（可投退）的过电流保护，每段三个时限。

2) 配置过负荷保护，延时动作于信号。

3) 配置零序过电压保护，采用外接零序电压，延时动作于信号。

#### (4) 主变本体保护

1) 本体及有载开关重瓦斯保护：保护动作跳开变压器各侧断路器，也可以通过压板切换到只发信号。

2) 本体及有载开关轻瓦斯保护：保护动作于信号。

3) 压力释放保护：保护动作于信号。

4) 冷却器全停保护：冷却器全停，保护动作瞬时发信号，若上层油温未超过 75℃，则延时 30 分钟跳主变各侧断路器；若上层油温超过 75℃，则延时 15 分钟跳主变各侧断路器。

5) 温度保护（包括主变上层油温和绕组温度）：动作于跳主变各侧断路器，也可以通过压板切换到发信号；能够自启动、停风冷系统。

6) 油位异常（包括有载跳压开关油位和主变本体油位）：保护动作于信号。

7) 主变高压侧断路器失灵联跳出口经非电量保护装置联跳主变各侧断路器。

## 2. 35kV 线路保护

35kV 线路配置微机型线路保护、测控一体化装置，常规模拟采样。具备以下功能：三段式定时限过电流保护、三段式零序过电流保护、过负荷保护、三相一次重合闸（检无压、检同期或不检）、低周减载、小电流接地选线及对一次设备完善的测控功能。

35kV 线路保护、测控一体化装置分别安装于 35kV 出线开关柜上。

## 3. 35kV SVG 保护

无功补偿宜采用保护、测控一体化装置，常规模拟采样。保护功能要求：过电流保护、不平衡保护、过电压保护、低电压保护、闭锁 VQC 及对一次设备完善的测控功能。

35kV 无功补偿保护、测控装置安装于 35kV 无功补偿开关柜上。

## 4. 35kV 接地变保护

接地变保护配置如下：

（1）对于接地变压器引出线、套管及内部的短路故障，装设电流速断保护作为主保护。

（2）对于外部相间短路引起的接地变压器过电流装设过流保护。

（3）对高、低压侧单相接地短路分别装设了接于高、低压侧中性线零序电流互感器上的零序电流保护。

（4）接地变保护需具备联切供电电源线路的功能，装置必须具备足够的跳闸矩阵开出接点供接地变跳闸后，接地变保护联切供电变压器的同级开关（主变低压侧断路器）。

保护采用微机型产品，安装于 35kV 接地变开关柜内。

## 2.12.5 直流电源系统及交流不停电电源系统

直流电压采用 220V，直流系统的供电网络采用辐射状供电方式，对保护及控制、断路器跳合闸和事故照明等的供电，分别设置馈线。

### 2.12.5.1 直流系统

根据《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T5044-2014，采用 220V 直流电源系统，用于继电保护、计算机监控系统、事故照明等的供电，蓄电池容量的选择按全站事故放电时



间 2h 计算，选择两套单组容量为 400Ah 的阀控式密封铅酸电池，电池电压采用 2V/只，104 只，蓄电池组架安装布置在专用直流蓄电池室内，每组蓄电池需由不同厂商提供。

直流系统采用两段母线接线，控制母线和合闸母线合二为一。两段母线之间设联络开关，每段母线各带一套充电装置和一组蓄电池。充电装置采用高频开关电源，模块电流采用 20A，按 5+1 配置。直流屏采用柜式结构，含直流馈电屏 4 面和高频开关充电屏 2 面，每面直流馈电屏含 72 回馈线。直流母线采用阻燃绝缘铜母线，各馈线开关均选用小型自动空气断路器，短路跳闸发报警信号。直流馈电屏上装设微机绝缘在线监测及接地故障定位装置，自动监测各电缆直流绝缘情况，发出接地信号，指出接地电缆编号。直流系统还配有电池监测装置、系统监控单元，并能通过以太网口与站内计算机监控系统通信，达到远方监控的目的。

直流系统采用混合型供电方式：计算机监控系统站控层及网络设备采用辐射型供电方式；集中组屏的测控装置宜采用辐射供电方式；就地安装的保护测控一体化装置，宜采用环网供电方式。220kV 及主变部分保护所需直流电源采用辐射型供电，每一安装单位均直接从直流馈电屏获取电源。本站直流供电方式采用混合型，即：220kV 部分二次设备、主变二侧二次设备、安全自动装置及网络设备采用辐射状供电方式，35kV 开关柜顶采用每段母线辐射供电方式，且控制操作电源与保护电源必须分开。

直流系统成套装置高频开关电源的交流输入设 2 个回路，运行中 1 路工作 1 路备用，当工作电源故障时自动切换到备用电源。所需的交流电源，由站用电不同段母线供给，且可实现自动切换。

直流电源系统、交流不间断电源采用一体化监视，信息统一上送监控系统，通信独立配置电源系统。

#### 2.12.5.2 UPS 系统

由交流不间断电源系统供电的设备包括计算机监控系统计算机及交换机设备、远动设备、火灾报警系统主机、调度数据网交换机及二次安全防护设备、五防工作站、电能量采集终端、门禁系统等不能中断供电电源的重要生产设备。变电站视频及环境监测系统主机可接入交流不间断电源系统，视频及环境监测系统其它设备不宜接入交流不间断电源系统，负荷供电采用辐射方式。

交流不间断电源选用两套 15kVA 逆变电源，宜采用双机双母线带母联运行接线方式。整套交流不间断电源设置 2 路交流输入、2 路直流输入，交流不间断电源系统不配单独的蓄电池，直流电源采用站内的直流系统。2 路交流电源输入分别接于站用电系统不同的母线，2 路

直流输入接于直流系统不同的母线。

交流不间断电源系统组屏两面，集中布置于继电保护及通信室。

## 2.13 系统继电保护及安全自动装置

### 2.13.1 系统继电保护及安全自动装置

#### 2.13.1.1 系统继电保护配置方案

##### 1. 220kV 线路保护

升压站以一回 220kV 电缆线路接至曲靖电厂 220kV 升压站。光伏电站 220kV 送出线路按双重化配置完整的、独立的能反映各种类型故障、具备选相功能的全线速动的光纤电流差动保护，保护装置采用主、后备一体化保护装置，以光纤分相电流差动保护作为主保护，配置阶段式相间距离、接地距离及零序方向过流保护及反时限零序过流保护作为后备保护；该线路保护装置还配置综合重合闸，可实现单相重合闸、三相检同期或检无压重合闸及停用重合闸方式。针对 220kV 电缆线路，保护装置还集成过负荷保护功能，且具有断路器三相不一致保护功能。配置一套断路器辅助保护，装置需具备断路器三相不一致保护和失灵保护功能。

2 套线路保护完全独立，分别安装在 2 面线路保护屏。升压站共需配置 2 面 220kV 线路保护屏。

两套线路主保护分别采用不同厂家的产品，且需与对侧 220kV 曲靖升压站采用相同型号的线路保护装置。

主一、主二保护通道均采用专用光纤芯双通道，保护装置厂家需与对侧设备一致。

##### 2. 220kV 母线保护

升压站 220kV 侧为线路-变压器组接线，无母线，故本项目不配置 220kV 母线保护，断路器失灵电流判别功能由 220kV 线路断路器辅助保护来完成。

##### 3. 故障录波

本项目 220kV 线路-变压器组装设 1 面 220kV 微机型的故障录波屏，该录波装置能接入 96 路模拟量、192 路开关量，录取线路及主变各侧电流电压量以及各保护装置的动作信号。录波装置具有 GPS 对时功能。可与微机监控系统等接口。故障录波装置按组一面柜的方式配置。

本项目 35kV 侧光伏出线、SVG、接地变出线装设 1 面 35kV 线路故障录波屏，该录波装置

能接入 96 路模拟量、192 路开关量，录取光伏出线、SVG、接地变电流、电压量以及各保护装置的动作信号。录波装置具有 GPS 对时功能。可与微机监控系统等接口。故障录波装置按组一面柜的方式配置。

#### 4. 35kV 母线保护

220kV 升压站中 35kV 母线配置母线保护，按母线单独设置，组柜安装本项目配置 2 套 35kV 母线保护装置，该装置允许接入元件有不同的 CT 变比，出口回路可经低电压或复合电压闭锁。

#### 5. 同步相量测量

依据《光伏电站接入电力系统设计规范》6.4.6 条规定：通过 220kV 及以上电压等级接入的光伏发电站配置同步相量测量装置。本站独立配置 1 台同步相量采集装置，装置应具有时间同步、实时监测、实时通信、动态数据记录、暂态录波功能，且各功能不能相互影响和干扰；应具备和多个相关主站通信，具备一发多收的通信功能。

#### 6. 电能质量监测

升压站配置 1 套电能质量监测装置，用于升压站电压偏差、频率偏差、三相不平衡电流、负序电流、谐波、闪变、电压波动的实时监测以及其他电能质量指标的连续记录，以准确评估光伏对电网电能质量的影响，并根据实测结果确定是否需要安装滤波装置。

#### 7. 防孤岛保护

升压站配置独立的防孤岛保护，防孤岛保护应与线路保护、重合闸、低电压穿越能力相配合。本站配置防孤岛保护装置 1 套，组柜安装于继电保护室。

#### 8. 安全稳定控制

升压站按照双重化原则设置 2 套安全稳定装置，作为执行子站，并具备高周切机和高周、高压解列并网线路功能。安稳配置要求需根据云南电网公司统一制定的电网安全定策略及部署方案进行配置，本项目考虑该项费用，并列入概算。

作为 220kV 稳控执行站，需具有检测主变（线路）过电流切负荷或三跳切负荷、低周减载、低压减载等就地功能。低频低压减载装置按本站各轮切除量的要求安排出口切除可切线路的负荷。装置带有 2 个 2M 数字通信接口，分别与上级控制子站的 A、B 两套装置通信；采用复用光纤通道与上级控制子站相连。

#### 9. 继电保护及故障录波信息管理子站

本项目需配置一套继电保护及故障录波控制型管理子站。该子站收集 220kV 升压站所有继电保护设备和故障录波柜的信息，进行统一接入，集中管理；并将集中采集的数据，按运行部门的要求分别进行处理，保信子站采用嵌入式装置，双机配置。

## 10. 试验电源柜

本项目配置一面继电保护试验电源柜。

### 2.13.1.2 相关专业的技术要求

#### 1. 对通信专业的要求

220kV 线路保护均采用专用光纤芯，每套保护采用 2 对专用光纤芯，另外每回线备用 1 对光纤芯。

#### 2. 对电气专业的要求

(1) 220kV 断路器具有两组跳闸线圈，每套线路保护分别起动一组跳闸线圈，断路器两只跳闸线圈不应共用衔铁，且线圈不应叠装布置。

(2) 两套 220kV 线路保护分别使用两组独立的电流互感器二次线圈。

(3) 两套 220kV 母线保护使用两组独立的电流互感器二次线圈。

(4) 220kV 线路故障录波使用一组独立的电流互感器二次线圈。

(5) 线路保护、母线保护、故障录波用电流互感器的准确度级采用 P 级。

(6) 双重化的保护装置需接至不同段的两组直流电源，以供给双重化保护使用。

(7) 两组跳闸线圈的断路器，其每一跳闸回路应分别由专用的直流熔断器供电。

#### 3. 对监控系统的要求

监控系统能实现与各种微机线路保护及微机母线保护装置接口。监控系统提供保护设备所需的 GPS 对时信号。

### 2.13.1.3 对侧保护配置要求

曲靖电厂 220kV 升压站配置 2 套 220kV 线路保护装置，每套保护以光纤分相电流差动保护，保护作为主保护，配置阶段式相间距离、接地距离及零序方向过流保护及反时限零序过流保护作为后备保护；该线路保护装置还配置综合重合闸，可实现单相重合闸、三相检同期或检无压重合闸及停用重合闸方式。针对 220kV 电缆线路，保护装置还有集成过负荷保护功能，且具有断路器三相不一致保护功能。配置一套断路器辅助保护，装置具备断路器三相不一致保护和失灵保护功能。保护通道均采用专用光纤芯，两套保护分别采用不同厂家的产品且需同 220kV 升压站侧规格一致。

## 2.13.2 调度自动化

### 2.13.2.1 调度关系

按照电网调度关系，曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站建成后由云南省调调度，同时远动信息需传送至云南省调（新大楼）、省同城备调（拓东路）、省异地备调（曲靖）、曲靖地调及曲靖备调。

### 2.13.2.2 远动系统

#### 1.远动信息内容

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站远动信息如下：

##### （1）遥测量：

全站总有功功率、总无功功率；

全站总有功电能量；

220kV 母线电压；

220kV 母线频率；

直流配电柜输入电流；

逆变器进出口的电压、电流、功率、频率；

逆变器机内温度、逆变器运行状态及内部参数、发电量、环境温度、辐射强度；

光伏电站、风电场的公共连接点处电压，注入电力系统电流、有功功率、功率因数、频率和电量。

##### （2）遥信量：

全站事故总信号；

高压侧断路器及隔离刀闸位置信号；

影响系统安全运行的越限信号；

全站断路器的动作 SOE；

电压无功调节装置故障信息；

220kV 线路保护动作信号；

发电机、变压器内部故障综合信号；

母线保护动作信号；

主变压器保护动作信号(瓦斯、差动、复合电压电流闭锁保护动作信号);

直流系统接地信号、主浮充切换信号;

变压器油温过高、绕组温度过高总信号;

交流回路断线信号;

继电保护电源中断总信号;

变压器冷却系统故障信号;

继电保护故障总信号;

微机监控装置遥控操作电源消失信号;

微机监控装置交流电源消失总信号;

通信系统电源中断及通信设备异常总告警信号;

消防及保卫信号;

控制方式由遥控转为当地控制的信号。

### (3) 遥调信息

发电厂机组有功、无功出力调整、计划曲线。

## 2.远动系统配置

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站调度自动化专业不设置独立的远动装置,由计算机监控系统完成运动信息的采集、处理、通信等任务。实现远动信息的直采直送。

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站的计算机监控系统配置冗余的双远动工作站实现远动功能,要求每套远动通信装置的远动信息接口 $\geq 12$ 个,分别以主、备通道传输数据,主传输方式采用 1 路调度数据网+1 路 2M 专线方式,备传输方式采用点对点方式。每台远动通信装置接口需配置 12 个 RJ45 网络口,8 个 RS232 口。其功能主要用于采集曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站的各种数据及信息,并按一定的通信规约将采集的数据送往省调(新大楼)、省同城备调(拓东路)、省异地备调(曲靖)、曲靖地调及曲靖备调。

### 2.13.2.3 远动信息传输方案

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站远动信息由站内计算机监控系统采集、传送。远动信息的传送采用光纤通道。

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站远动信息通道:

至省调(新大楼): 1 路 2M 专线通道, 1 路调度数据网通道。

至省同城备调(拓东路): 1 路 2M 专线通道, 1 路调度数据网通道。

至省异地备调（曲靖）：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至曲靖地调：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至曲靖备调：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

2M 专线通道和调度数据网通道通信规约采用 DL/T634.5104-2009 规约。

为满足曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站至省调（新大楼）、省同城备调（拓东路）、省异地备调（曲靖）、曲靖地调、曲靖备调的调度自动化系统的远动 2M 专线通道，曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 2 台 2M 专线路由器（每台 4E1）、2 台纵向加密认证装置和 2 台 24 口网络交换机。

#### **2.13.2.4 电力监控系统安全防护设备**

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置相关的安全防护设备及措施如下：网络安全态势感知采集装置 2 台（安全 I 区、安全 III 区各 1 台），正向安全隔离装置 1 台，反向安全隔离装置 1 台，入侵检测系统 2 套，日志审计系统 2 套，运维堡垒机 2 套，防病毒系统 2 套，主机加固系统 2 套，专用杀毒 U 盘 2 个，专用安全 U 盘 2 个，专用杀毒电脑 2 台，专用调试电脑 2 台，密码评估 1 项。

### **2.13.3 系统通信**

220kV 最终拟设出线 2 回，本期拟建成 1 回至曲靖电厂 220kV 升压站，电缆截面选择为 630mm<sup>2</sup>；场地备用 1 回。

35kV 最终出线 18 回，本期新建出线 2 回。本期新建 2 回至贮灰场光伏电站（集电线路），电缆截面选择为 3×400mm<sup>2</sup>；每段母线下场地预留滤波装置及储能装置 2 回，场地备用 16 回。

#### **2.13.3.1 通道要求**

对电站各类信息传输通道要求如下：

1. 调度自动化对通信通道的要求：

至省调（新大楼）：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至省同城备调（拓东路）：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至省异地备调（曲靖）：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至曲靖地调：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。

至曲靖备调：1 路 2M 专线通道，1 路调度数据网通道。



## 2. 保护专业通信通道的要求

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站～曲靖电厂 220kV 升压站 1 回 220kV 线路配置 2 套光纤电流差动保护装置，每套光纤电流差动保护通道均按双通道配置，主一、主二保护通道一及主一、主二保护通道二均采用专用光纤芯传输保护信息。主一、主二保护通道一和主一、主二保护通道二采用不同光纤路由。

至省调保信主站及地调保信分站信息分别通过调度数据网通道上传。

至省调及地调故障录波信息通过调度数据网通道上传。

至省调同步相量测量信息通过调度数据网通道上传。

## 3. 电能量采集系统通道

至云南省省级计量自动化系统：采用 2 路调度数据网通道。

## 4. 管理信息通道

至曲靖地调：采用 1 路 10M/100M/1000M 网络通道。

## 5. 调度电话通道

至云南省调：2 路内部调度 IP 电话，1 路公网电话。

## 6. 其他

至云南省调功率预测信息：采用 2 路调度数据网通道。

至云南省调电能质量监测信息：采用 1 路调度数据网通道。

### 2.13.3.2 通信现状

#### 1. 光缆现状：

曲靖电厂 220kV 升压站～220kV 尖山变已建设有 1 根 24 芯 ADSS 光缆，长度约 19.9km；  
曲靖电厂 220kV 升压站～东源铝厂二期已建设有 1 根 24 芯 OPGW 光缆，长度约 8km；  
曲靖电厂 220kV 升压站～500kV 曲靖变已建设有 1 根 24 芯 OPGW 光缆，长度约 41km；  
220kV 尖山变及 500kV 曲靖变～中间站点（省略）～曲靖地调及云南省调已建设有多个方向的电力光缆连接。

#### 2. 曲靖电厂 220kV 升压站光传输设备配置情况：

曲靖电厂 220kV 升压站已配置有 2 套光传输设备：1 套为省干新 A 网光传输设备，另外 1 套为省干新 B 网光传输设备，无保底通信网及地区网光传输设备。

### 2.13.3.3 系统通信方案

曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站建成后,为了将曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站的远动信息送往云南省调(新大楼)、省同城备调(拓东路)、省异地备调(曲靖)、曲靖地调及曲靖备调,需要建设曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站至云南省调的系统通信通道。根据曲靖地区省干新 A、B 网已有光纤通信电路现状及规划建设中的保底通信网建设情况,结合曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站电力系统一次接线图,曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站接入系统通信采用光纤通信方式。

#### 1.光缆路由及敷设方式:

随新建曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站至曲靖电厂 220kV 升压站的 1 回 220kV 线路同步敷设 2 根 24 芯 OPGW 光缆,纤芯采用 G.652D,每根光缆长度约为 0.8km。

#### 2.光传输设备配置:

在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 2 套光传输设备(其中 1 套为省干新 B 网光传输设备,另外 1 套为保底通信网光传输设备)。

同时曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站的省干新 B 网光传输设备以 1 块 S4.1 光接口板接入曲靖电厂 220kV 升压站,在曲靖电厂 220kV 升压站的省干新 B 网光传输设备上新增 1 块 S4.1 光接口板,形成:曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站至省调的 622Mbit/s 光纤电路通道。

同时曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站的保底通信网光传输设备以 1 块 L64.2 光接口板接入 500kV 曲靖变(在中间站点曲靖电厂 220kV 升压站跳纤),在 500kV 曲靖变的保底通信网光传输设备上新增 1 块 L64.2 光接口板。曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站接入 500kV 曲靖变的保底通信网光传输设备,形成:曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站至省调的保底通信网 10Gbit/s 光纤电路通道。

### 2.13.3.4 站内通信方案

为满足调度电话录音需求,本项目在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站需配置 2 部 IP 电话(带录音功能,录音时间不少于 4000h,由 UPS 电源供电),接入云南语音视频专网。在云南语音视频专网投运前 IP 电话接入云南电力调度数据网作为调度电话的过渡方案。

此外,曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站与当地电信局建立通信联系,此通信线路作调度电话的备用,还可作为光伏电站与当地有关部门作后勤、行政电话使用及与重要用户联

系之用。本项目在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 1 套公网接入设备，由当地电信局敷设光缆至升压站，提供外网 Internet 接入以及外线中继，并配置 1 台市话分机，放于监控桌上。公网所有设备均由公网运营商提供。

#### **2.13.3.5 调度数据网**

在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 2 套云南省级调度数据网设备（分别为省级调度数据网 A、B 平面），每个平面的数据网设备包括：1 套接入层路由器、2 台交换机、1 台纵向加密认证装置及 1 台横向防火墙，通过 500kV 曲靖变汇聚层路由器接入云南省级调度数据网 A、B 平面。按照省调直调电厂的接入方式，本站 A、B 平面调度数据网分别采用 1×E1 方式接入云南省级调度数据网 A、B 平面。

#### **2.13.3.6 综合数据网**

为满足管理信息、图像信息等的传输需要，需在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站安全Ⅲ区配置 1 套综合数据网设备（包括 1 台路由器、1 台网络交换机及 1 台千兆防火墙）通过以太网 GE 电口接入站内光传输设备以太网口，接入曲靖地区综合数据网。此外，需在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 1 台语音视频专网交换机用于调度电话接入云南语音视频专网。

#### **2.13.3.7 高清视频会商终端**

为实现曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站构建多媒体通信终端设备，站内值班人员借助终端参与视频会议，50MW 光伏电站和曲靖电厂合用原有的 1 套云南电网高清视频会商系统终端设备（本期不新增），该设备已接入云南省调高清视频会商系统主站。

#### **2.13.3.8 通信电源**

为保证通信设备的不间断供电，在曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 2 套独立通信电源设备（需满足 61850 协议），每套独立通信电源设备包括：1 套 48V/200A 高频开关电源设备、1 组 48V/500Ah 阀控式蓄电池。通信电源具备本地及远程监控功能。

### 2.13.3.9 配线设备

为实现光缆纤芯、数字接口及话音电路的分配、接续，曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站配置 1 套 ODF 光纤配线柜（包含 144 芯 ODF 光纤配线单元），1 套综合配线柜（包含 64 系统 DDF 数字配线单元、100 回 VDF 音频配线单元、2×48 口 IDF 网络配线单元）。

在对侧曲靖电厂 220kV 升压站新增 2 套 24 芯 ODF 光纤配线单元。

### 2.13.3.10 通信设备布置

1. 曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站不设置独立通信机房，通信机房与二次设备机房一体化设计；通信蓄电池摆放在通信蓄电池室。

2. 曲靖电厂 50MW 光伏电站 220kV 升压站通信屏位不少于 20 个，屏位尺寸以：高 2260mm×宽 800mm×深 600mm 布置。通信屏位按照使用屏位和预留屏位连续一体区域进行布置，不允许分散布置通信屏位。通信屏位布置：省干新 B 网光传输设备柜 1 面、保底通信网光传输设备柜 1 面、综合数据网设备柜 1 面、调度数据网设备柜 1 面、二次安防设备柜 1 面、ODF 光纤配线柜 1 面、综合配线机柜 1 面，通信电源柜 2 面，同时预留 11 个备用屏位。

3. 通信屏柜的楼板荷载 $\geq 500\text{kg/m}^2$ ，通信蓄电池的楼板荷载 $\geq 1200\text{kg/m}^2$ 。

4. 通信屏柜、通信蓄电池的放置区域设置双独立路由的外联竖井（或管沟）连接至户外缆沟。

5. 机房内通信设备区域位置的选择，考虑维护管理方便及管线布置合理。

## 2.14 接入线路

线路起于曲靖电厂一期 220kV 升压站，迄于 220kV 曲靖电厂风光火储项目灰场升压站，采用电缆敷设，线路路径总长度约 0.5km。曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目升压站至电厂 220kV 升压站线路承担输送新能源电力(300MVA)的任务,对应计算电流为 787A,导线选用  $1\times 630\text{mm}^2$  电缆即能满足要求。

## 2.15 土建工程

### 2.15.1 设计安全标准

本光伏电站的防洪等级为 II 级，防洪标准（重现期）为不小于 50 年一遇的高水（潮）位。根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010[2015

年版]），光伏电站内建筑物、构筑物地基基础设计等级为丙级，光伏电站内建筑物、构筑物的结构安全等级均为二级，光伏组件支架的安全等级为三级。光伏组件支架的设计使用年限为 25 年，其它建、构筑物设计使用年限为 50 年。

## 2.15.2 光伏阵列基础及箱变基础设计

### 2.15.2.1 光伏支架及其基础设计方案

#### 1. 光伏支架设计

本项目拟采用 570Wp 单晶光伏组件，双面组件，固定倾角  $21^{\circ}$  安装，组件排布方式为  $2 \times 14$  双排竖放。根据布置区域不同，分别选用单立柱支架或双立柱支架。

#### 2. 光伏支架基础设计

本项目主要在灰场平坦场区用单立柱固定支架型式，采用预应力混凝土管桩基础，持力层为①2 层粉煤灰作为持力层，施工周期较短；灰场坝基外侧坡面防护为表面干砌体块石及碎石垫层，下部为防渗土工膜和碾压灰渣，桩基础会破坏防渗土工膜，该区域光伏支架基础采用混凝土条形基础。

### 2.15.2.2 箱式变压器基础

本项目共布置 35kV 箱式变压器 17 台。基础为 300mm 预应力混凝土管桩基础，埋深 4.5m，①2 层粉煤灰作为持力层；露出地面部分为钢结构，露出地面 1.5m。箱变与平台钢梁焊接，朝向箱变开门一侧浇筑悬挑式平台，四周设置围栏，保证运维人员安全，并设钢爬梯。侧壁开电缆孔。基础底板顶面设 0.5% 的排水坡度，朝向排水管方向，排水管排向现场地势较低处，排水管口包土工布，管口四周填筑级配碎石。为满足环保要求，在箱变基础靠油箱一侧设事故油池。

### 2.15.2.3 电缆分支箱基础

电缆分支箱根据箱变布置及集电线路走向，采用混凝土基础安装于场内道路附近。

### 2.15.2.4 逆变器基础

本项目采用组串式逆变器，组串式逆变器不单独做基础，逆变器托架采用连接件及抱箍

固定于光伏支架立柱上。

### 2.15.3 电缆壕沟设计

本项目集电线路电缆采用电缆壕沟沿道路并排敷设。35kV 电缆之间最小间距为 350mm，小于此间距应设置隔板，电缆与光缆之间最小间距为 500mm，不能保持此距离时应设置隔板，电缆上表面距离壕沟上表面的距离不小于 700mm。埋设在排水沟下面的施工顺序为：先挖沟，在电缆及光缆上下表面 100mm 厚度敷设软沙加以保护，然后再施工浆砌石沟体；其余直埋电缆施工顺序为先挖沟，在电缆及光缆上下表面 100mm 厚度敷设软沙加以保护，然后回填土，回填土要夯实，电缆壕沟做防水帽，高度不小于 300mm。回填土不得为带有垃圾、带有腐蚀性 & 带有尖硬物体的土壤。

### 2.15.4 场内道路设计

本项目进场道路可利用现有运灰车辆行驶道路，道路弯道宽度和承载力，均可满足光伏电站运输车辆的运输要求。电池组件、逆变器以及其它设备可通过汽车直接运抵场址。其它建筑材料也均可用汽车直接运到工地。

光伏场区内新建道路一般为 3.5m 宽，路肩宽度为 0.50m。采用碎石路面，转弯半径 12m，满足设备及施工运输需要。箱变布置在场内检修道路两侧，箱变距离方阵区最远支架不超过 280m，方阵区道路主要满足光伏组件、支架、箱变运输，以及后期运行检修要求。整个场区新建检修道路长 2.23km，路面宽 3.5m，路基宽度 4.5m，采用石渣路面，路面厚度 20cm。

本项目道路平面设计圆曲线半径不小于 9m，圆曲线最小长度 25m。小于 9m 时，需进行弯道加宽，保证运输车辆通行。

### 2.15.5 光伏区围栏设计

本项目设计围栏长度约 5.727km，围栏采用 1.8m 高钢丝网围栏，基础为钢筋混凝土独立基础，装设视频监控系统。网片为  $\Phi 2.45$  冷拉钢丝，经镀锌后浸塑均匀电焊而成。立柱基础使用 C25 素混凝土现浇施工，素土夯实度  $>0.94$ 。

### 2.15.6 升压站总平面设计

#### 2.15.6.1 站区总平面布置

站址总体地势为南高北低，根据 220kV 升压站建设规模和站址附近出线走廊规划，并结

合站址地形条件和外部条件，将站区长轴方位沿北偏西  $65^{\circ}$  方向布置，最大化利用站址中间部分平缓地形。进站大门位置同站址现有大门位置，进站道路沿用电厂内已有道路，电厂内有 91m 道路宽度不满足大件运输的要求，需进行整修。整修后的道路满足升压站内大件运输。

站区按大的功能区分，220kV 升压站内从西到东主要布置 220kV 配电装置区、主变及 35kV 配电区、SVG 区。220kV 配电装置区主要布置有 220kV 中间构架及 GIS 设备，主变及 35kV 配电区布置有 2 台主变和一栋 35kV 配电装置综合楼，SVG 区域布置 2 根独立避雷针和 2 台 SVG 设备及其预制舱。各设备区域间均设消防道路，满足设备运输、安装、检修及运行巡视要求。站区总平面布置见下图。

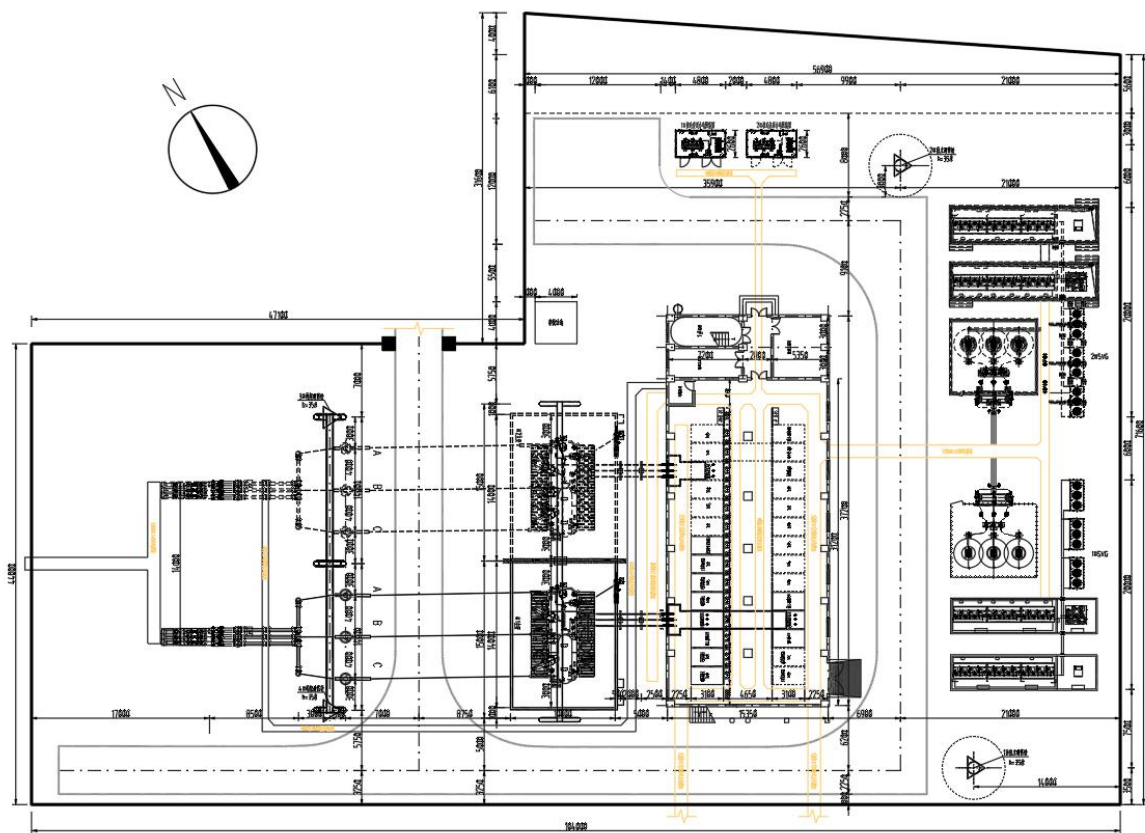


图 2-3 站区总平面布置图

2.15.6.2 竖向布置

220kV 升压站站址位于一个较平缓的山顶斜坡上，地势较高，不受百年一遇洪水位的影响。场地周边为较高边坡，站内地形较缓，站内地形东高西低，考虑站内建构筑物与站址周边边坡的避让距离布置站区围墙，利用站区外已有道路作为进站道路，进站大门沿用场地现有进站口，将围墙布置为 L 型。综合考虑站区功能区布置、自然地形高差、进站道路坡度、站区土（石）方挖填量等因素，站区竖向布置按单向平坡式布置考虑，即从东向西放坡，坡



度为 0.5%，保证减小站区支挡工程量。

由于场地自然地形和进站道路标高的限制，站区场地标高暂定为 2039.235m～2038.715m。场地基本全为挖方，挖方为 6986.803m<sup>3</sup>；填方为 9.356m<sup>3</sup>；考虑建构筑物基础、道路及地下管线、基础换填余方、外弃耕植土、植物根系、地基换填及土壤最终松散系数后，站址土方综合平衡后弃方为 12083.34m<sup>3</sup>；弃土场尚未确定，弃土运距暂按 20km 考虑。

站区最大挖方高度约 3.8m，最大回填深度约 0.3m。均采用挡土墙支挡，围墙周边设置 0.3m×0.3m 排水沟，将站外雨水排至电厂内雨水排水系统内。

### 2.15.6.3 站内外排水

站内场地根据竖向设计和现场实际情况，在道路边及场地内设置雨水口，雨水口间距采用 25～40m，沿场地道路布置地下雨水管网，通过地下管网收集地表雨水。在被电缆沟分割的场地内设置一定数量的过水沟盖板，以保证场地内排水顺畅。站内外排水均接入厂区排水系统内。

### 2.15.6.5 交通运输

220kV 升压站站址经度为 104° 4′ 12.36″，纬度为 25° 39′ 21.26″，站址位于曲靖电厂正大门西侧，站址可通过曲靖电厂内已有道路进入站区，仅需整修厂区内局部道路即可满足大件运输要求，交通条件便利。整修道路路面宽度为 4.5m，坡度不大于 10%，整修长度约 91m。

本项目运输方式为“铁路+公路”联运，即由铁路运输至沾益火车货场，然后由公路运输至站址，公路运输路径为沾麻线-G60 沪昆高速-电厂联络线-电厂内道路-站址，公路运输里程约 35km。

站内道路的设置以满足生产运行、检修、施工安装和安全消防的需要为原则。生产区设有消防环道，道路路面设计宽度均为采用 4.5m，转弯半径为 9m，道路设计荷载等级按汽—20 考虑，采用水泥混凝土路面，所有道路均按公路型道路考虑，道路高出地面 0.1m，路基采用 350mm 水泥稳定碎石层，路面为 300mm 厚混凝土面层。

屋外配电装置设备支架下的场地采用硬化处理，设置必要的巡视通道，屋外配电装置其余地面铺碎石。

#### 2.15.6.6 挡土墙及边坡

本项目全部采用重力式挡土墙支挡。

#### 2.15.6.7 站区防洪

根据《防洪标准》（GB50201-2014），本项目 220kV 升压站防洪标准按 50 年一遇考虑。

本项目升压站位于较高的山坡上，站址远高于周边河流、水库等水体，故该站址不存在五十一遇设计洪水位。

根据对升压站周边地形分析，站址南侧为坡度较缓的坡地，其余侧均高于周边地形，山地坡面汇水面积较小，在降雨时不会汇集形成较大径流；升压站场平后站区略低于周边场地，在站区围墙外设置 0.3m×0.3m 的截水沟将周边场地雨水汇集至电厂排水系统内以及时排出地表水。

### 2.15.7 升压站其他设计

#### 2.15.7.1 建筑

##### 1. 建筑物概述

站内建筑物有 35kV 配电综合楼和消防小间。

35kV 配电综合楼：两层钢筋混凝土框架结构，布置在主变配电装置场地西侧，房间内布置 35kV 配电室，主控室、蓄电池室、值班室、卫生间、绝缘工具间及备品备件间等，建筑轴线尺寸为：37.2m×15.35m×9.5m（总高）。

消防小间：单层砖混结构，建筑轴线尺寸为：2.6m×1.8m×2.3m（总高），主要布置消防工具间、灭火器间。

##### 2. 建筑防火

建筑物防火设计均严格按照《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）、《建筑设计防火规范》GB 50016-2014[2018 年版]和《建筑内部装修设计防火规范》GB50222-2017 执行。

根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019），35kV 配电综合楼与主变之间防火距离小于 10m，不满足要求，将 35kV 综合楼临主变侧的墙体设计成防火墙，墙上不开门窗洞口，以满足规范要求。

### 2.15.7.2 升压站结构方案

#### 1. 主要建筑物

站内建筑主要包含 35kV 配电综合楼和消防小间，35kV 配电综合楼为两层钢筋混凝土框架结构，消防小间为单层砖混结构，安全等级均为二级。

#### 2. 主要构筑物

站内构架采用钢管杆，构架横梁均采用主材为角钢的三角形断面热镀锌钢桁架梁，220kV 构架挂线高度为 15.0m，跨度 14m；主变构架挂线高度为 15.0m，跨度 15.0m。构架基础采用混凝土独立基础，柱与基础采用杯口连接。构架按终期规模一次建成。

水工构筑物的事故油池、污水处理装置基础均为钢筋混凝土结构。

#### 3. 钢结构构件防腐处理

本项目所有钢结构均采用热浸镀锌防腐，镀锌层厚度不小于 90  $\mu\text{m}$ 。不便镀锌的外露铁件或因现场施焊及运输等造成的镀锌层破坏处，采用喷锌或涂刷冷喷锌防腐防锈漆防腐。

#### 4. 抗震设计

站址场地地震基本烈度 7 度，地震动峰值加速度 0.10g，建筑场地类别为 II 类。抗震设计是本项目建构筑物结构设计重点。

建、构筑物结构抗震设计应严格按照《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223—2008）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010[2016 年版]）、《电力设施抗震设计规范》（GB 50260—2013）、《变电站建筑设计技术规程》（DL/T5457—2012）等的相关规定执行。

站区建构筑物抗震设防类别为丙类，即按标准设防。

### 2.15.7.3 采暖、通风机空气调节

#### 1. 采暖设计

本项目位于非采暖区，根据规程规范以及当地气候环境条件不设置采暖措施。

#### 2. 通风设计

（1）35kV 配电室等电气房间设置机械通风系统，换气次数不小于 12 次/h，采用防火风口自然进风，轴流风机机械排风的通风方式来排除室内余热余湿，通风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关，并与消防报警系统连锁。

（2）蓄电池室采用防腐防爆轴流风机机械进风，防腐防爆轴流风机机械排风，换气次数不小于 12 次/h，风机接风管到室内，设置向上的吸风口。通风设备为防爆型，电机采用直接

连接方式，风管及附件采用防腐材料制作或采取防腐措施，风机在穿越防火墙处设置防火阀，若排风温度超过 70℃ 防火阀关闭，关闭后联动关闭相应的风机。通风设备与氢气浓度检测仪连锁，通风机及电机直接连接，室内不装设开关和插座。

### 3. 空调设计

(1) 主控制室设置独立的分体柜式空调机，以维持夏季室内温度 18℃，冬季可适当提高室内温度。

(2) 值休间、办公室等房间设置分体柜式\壁挂式空调机，以维持夏季室内温度 26~28℃，冬季可适当提高室内温度。

## 2.16 消防系统

### 2.16.1 消防总体设计方案

本项目主体工程包括光伏方阵区、箱变、升压站。水泵房与原电厂水泵房共用。

### 2.16.2 光伏场区消防

光伏区的消防主要以自救为主，外援为辅的原则。每个光伏方阵均为独立的防火分区。设计安装火灾监测自动报警装置。对容易发生火灾的部位采用分隔、封堵等阻燃措施，防止火灾向邻近蔓延。箱变基础设置储油设施，满足事故状态下 100% 的排油量。

光伏区设置视频监控系统，范围涵盖全部区域，监控信号实时传输至升压站控制室，值班人员可随时查看各个方阵区域情况。在光伏方阵的每台箱变附近均设置足量的移动式灭火器。

### 2.16.3 升压站消防措施

#### 2.16.3.1 总平面布置

1. 站内各建(构)筑物之间的防火间距、耐火等级严格执行《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB50229-2019)。

2. 升压站内道路采用环形通道，运输车道与消防道路相结合，道路设计宽 4.5m，转弯半径 9m，道路横坡度 1%，荷载按汽-20 级设计，满足消防通道设置要求。

### 2.16.3.2 站区建(构)筑物

升压站内主要建筑物按规范要求设置防火分区，防火分区按照单层面积划分，每个防火分区内不少于 1~2 个疏散口。各主要建筑物均有通向外部的安全通道，综合楼、水泵房等所有房间的门宽均大于 0.9m，并向疏散方向开启，通道净宽 $\geq 1.2\text{m}$ ，各相关设计满足《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014[2018 年版]）中的有关要求。

升压站内建筑物耐火等级不低于二级，建筑构件选材一般为非燃烧材料，防火安全措施、疏散楼梯等布置均执行现行国标规范《建筑设计防火规范》；室内装修按现行国标《建筑内部装修设计防火规范》执行。

升压站生活区构筑物门窗按照常规考虑，生产区门窗根据电气布置和设备要求，重要防火分区需设置甲级防火门。

### 2.16.3.3 电气设施

#### 1. 主变压器

升压站变压器附近设置室外消火栓、移动式化学灭火器灭火及干砂辅助灭火。主变压器室外布置，变压器下设储油坑。油坑内铺设卵石层，其厚度不小于 250mm，卵石直径为 50~80mm，油坑尺寸大于主变外轮廓线 1m。主变场地设置有效容积为  $35\text{m}^3$  的总事故油池一座，能满足主变压器事故状态下 100%的排油量。

#### 2. 电缆

电缆防火的主要措施如下：

（1）电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆接头处、长度超过 100m 的电缆沟均采取阻燃或分隔措施；

（2）建构（筑）物中电缆引至电气柜、盘或控制屏、台的开孔部位，电缆贯穿隔墙、楼板的空洞采用电缆防火封堵材料进行封堵，其防火封堵组件的耐火极限不低于被贯穿物的耐火极限，且不低于 1h；

（3）电力电缆与控制电缆分层敷设，各层之间用防火隔板分隔，隔板耐火极限不低于 0.75h。

### 2.16.3.4 火灾自动报警系统

火灾自动探测报警及消防控制系统是根据《火灾自动报警系统设计规范》

（GBJ50116-2013）的要求进行设计。

升压变电站火灾自动探测报警及消防控制系统采用集中报警工作方式。在中控室设置壁挂式火灾报警控制器（联动型）1 台，主要监测设置在各火灾探测器场所的火警信号。火灾报警控制器上设有被控设备的运行状态指示和手动操作按钮。

火灾监测对象是重要的电气设备、电缆层等场所，根据环境及不同的燃烧机理，分别选用感烟、感温探测器。探测器主要安装在主控室、配电室等场所。在各防火分区设置手动报警按钮和声光报警器。探测器或手动报警按钮动作时，火灾报警控制器发出声光报警并显示报警点地址，并按预先编制好的逻辑关系发出控制指令，启动声光报警器，也可由值班人员在火灾报警控制器上手动操作。

火灾报警动作和故障信号将接入升压站综合自动化监控系统。线型感温电缆必须满足《线型感温火灾探测器》GB16280-2014 条款的要求。火灾自动报警系统的引线和连接电缆应采用耐火电缆式电线，并外加机械保护。引线和电缆必须具有足够的机械强度，其线芯最小截面不小于 1.5mm<sup>2</sup>，电缆（电线）的电压等级不低于交流 250VAC。

### 2.16.3.5 消防给水

1.升压站内同一时间内的火灾次数按一次设计，为确保站内消防供水系统的安全可靠及便于管理，保证消防水不作它用，在消防时不因其它用水及用水点泄漏而影响消防水量和水压，采用独立的临时高压消防给水系统。

2.配电装置楼室外消火栓流量 15L/s，所需扬程为 43.1m。灭火持续时间 2 小时，消防系统一次灭火最大用水量为 108m<sup>3</sup>。消防用水取自曲靖电厂消防给水管网，经可行性研究报告复核消防水池容量、消防给水管流量、水压均满足要求，本期站内不新建消防给水设施。

### 2.16.3.6 化学灭火器配置

站内各建（构）筑物按《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）及《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）规定设置足量的灭火器。

**表 2-7 建（构）筑物火灾危险类别及危险等级表**

| 配置场所        | 火灾类别         | 危险等级 |
|-------------|--------------|------|
| 配电装置楼（含主控室） | E（物体带电燃烧的火灾） | 严重   |

表 2-8 灭火器配置一览表

| 序号 | 保护对象   | 灭火器型号及规范               | 单位 | 数量 |
|----|--------|------------------------|----|----|
| 1  | 主变压器   | 推车式磷酸铵盐干粉灭火器 MFT/ABC50 | 只  | 2  |
|    |        | 手提式磷酸铵盐干粉灭火器 MF/ABC4   | 只  | 2  |
| 2  | 无功补偿装置 | 推车式磷酸铵盐干粉灭火器 MFT/ABC50 | 只  | 2  |
|    |        | 手提式磷酸铵盐干粉灭火器 MF/ABC4   | 只  | 2  |
| 3  | 配电装置楼  | 手提式磷酸铵盐干粉灭火器 MF/ABC5   | 只  | 6  |
|    |        | 手提式磷酸铵盐干粉灭火器 MF/ABC4   | 只  | 12 |

## 2.17 安全管理

### 2.17.1 安全管理机构

根据可行性研究报告，本项目工程机构设置和人员编制按如下方案实施：

#### 1. 管理关系：

由项目公司与工程公司运营管理分公司签订项目运营委托管理合同；运营公司负责成立 50MW 光伏电站运营部，委派项目经理。项目经理在运营公司授权下履行委托管理服务合同。

项目运营部代表运营公司负责光伏电站的运营和维护，保证在整个电站寿命内始终按谨慎工程和运营惯例运营光伏电站，使光伏电站处于良好的运营状态，并能够按照购售合同的规定提供全部上网电量。

#### 2. 项目公司设置：

项目公司计划设置管理人员 3 人。人员构成如下：总经理 1 人，副总经理 1 人，综合主管 1 人。

#### 3. 项目运营部的设置：

项目运营部计划 7 人。人员构成如下：项目经理 1 人，负责光伏电站的安全生产、经济运营等全面工作；生产运行部 6 人，主任由项目经理兼任，负责光伏电站的安全生产运行管理和设备维护检修工作，检修维护分机械和电气；由于光伏电站只在白天发电运行，所以只要按正常时间上班即可，夜间只安排安保人员进行定时巡查。

整个项目运营定员标准为 10 人，光伏电站的运营人员应受过相关专业的高等教育，并经过国内或国外的有关技术培训。

(1) 运行、管理人员，必须熟悉本光伏电站的工艺流程、工艺参数、设施、设备的运行



要求及有关技术指标。

(2) 运行操作人员必须熟悉掌握本岗位处理工艺要求，本岗位的职责及本岗位设施、设备的运行要求和有关的技术指标。

(3) 运行操作人员必须熟悉掌握本岗位的设备操作规程及了解相关岗位的基本操作方法。

(4) 光伏电站的操作及管理人员在厂内必须接受有关的安全教育，操作人员在工艺操作中必须执行安全操作规定。

(5) 岗位操作人员进行巡回检查时，一定按时、按点、按内容进行，并且做好必要的巡回检查记录。

(6) 各岗位操作人员应按时做好有关工艺、设备运行、运转记录，所记录数据准确无误，字迹工整。（记录表）

(7) 操作人员在巡回检查中发现工艺异常或设备故障要及时采取措施处理，并且做好记录或上报主管部门解决。

(8) 操作人员在交接班时要认真交接，严格执行交接班规定。

(9) 要保持各种机械设备清洁、完好等。

(10) 及时清理太阳能电池组件上的杂物，保持其清洁完好。

(11) 根据不同机械、电器设备要求定期检查、添加或更换润滑油、润滑脂。润滑油必须经过三级过滤。

#### 4. 奖惩制度

设立奖惩制度，除遵循“三不放过”原则外，一旦出现系统停车后，主管部门将对事故责任人进行教育与批评，并做出相应的处罚。

#### 5. 设备管理

##### (1) 设备管理要求

1) 运行责任人员和运行操作人员应熟悉设备操作规程及有关维护保养规定。

2) 设备维修必须有专人负责，维修人员应熟悉维修规定。

3) 定期检查清扫电器控制箱（柜），并且测试各种技术性能及接地情况。

4) 各种设备按设计要求或制造厂家的要求安排好大、中、小修计划，并严格执行。

5) 安全监测仪表应每年检修校验一次。

6) 在维修设备时搭接临时电源必须符合用电规定。

7) 光伏电站内设置的简易外伤急救药品，中控室专门管理。

## （2）设备运营维护

只有保证光伏电站的设备安全、正常运行，充分发挥这些设备的工作潜能，才能使整个光伏电站正常地运行起来。这是光伏电站维修保养人员的一项重要任务。

### 6. 安全环保管理

#### （1）安全操作要求

1) 各岗位操作人员全员进行技术培训和生产实践，经光伏电站组织考试合格后方可上岗。

2) 设备运行必须执行设备操作规程。

3) 操作人员在启闭电器开关时，应按操作规程进行。设备维修时，必须断电，并且在有关部位处悬挂警示标牌。

4) 雨天、雪天操作人员在巡回检查及操作时，要注意防滑并及时清扫。

5) 在进行设备清洁工作中，严禁用水冲洗电器设备及润滑部位。严禁设备运行中擦拭运转部位。

6) 严禁非岗位人员操作本岗位的设备。

7) 本光伏电站所设置的消防器材，必须使设置地点与设置图相符合，消防器材必须全员会使用，消防器材不可挪用或用或损坏，消防器材要定期检查及更换。

8) 各岗位操作人员上岗时必须佩戴齐全劳保用品。做好防范措施。

9) 对安全护栏、走廊、爬梯定期检查其牢固程度，对损坏部分要及时维护防腐处理，对被损坏的重要照明设备要及时更换。

#### （2）安全管理

1) 设备安装必须按说明书和规范安装，并考虑设备的稳定、冷却、易操作性、电气设备的用电安全等。

2) 设备使用前必须完善设备使用规程和维护保养制度，重要设备的操作人员必须经过培训并考核合格后持证上岗

3) 设备使用前，特别是新安装的和维修后的设备，必须检查设备安装情况，检查设备外观，手动测试其性能，检查设备接地等，确认无异常后方可使用。

4) 设备使用过程中必须严格执行使用维护保养制度和巡检制度，鉴于电站露天设备较多的情况，在恶劣天气更应加强设备的巡视，同时注意人身和设备安全。

5) 对影响设备安全运行的因素和隐患要积极发现，及时解决和消除，保证设备在良好工况下运转。

6) 严禁对设备野蛮操作和超负荷使用, 不得随意更改已设定并规范的运行参数和位置等。

7) 严禁设备带故障运行, 发现设备故障应及时停机处理, 防止故障扩大, 不能当时处理的按程序报修。

8) 设备应做好清理保养和防锈工作。

9) 设备的零备件和专用工具要专人妥善保管, 并定期检查和保养, 不得随意变更和处置。

10) 对应急防护设施、物品和工具要倍加爱护, 定期检查其性能, 不得随意挪用和转移。

11) 在不明情况和不确定故障原因和处理方法时, 应及时逐级上报处理, 不得盲目拆卸和试验, 以防止故障扩大和复杂化。

12) 设备维护保养物资的使用必须保质保量, 不得以次充好, 不得随意代用和转作它用。

13) 积极做好设备润滑和防腐防锈工作, 电气设备要定期检查其电气安全性能, 确保设备和人身安全。

### 2.17.2 事故应急救援预案

根据《安全生产许可证条例》(中华人民共和国国务院令第 397 号) 第六条规定, 企业要取得安全生产许可证, 应当具备的安全生产条件之一就是: 有生产安全事故应急救援预案、应急救援组织或者应急救援人员, 配备必要的应急救援器材、设备。对光伏电站的突发事件应有一个系统的应急救援预案。应急救援预案须在光伏电站投产前经有关部门的审批。预案应对光伏电站在建设过程中出现的突发事件有较全面的应急处理手段, 在事故发生的第一时间内及时做出反应, 采取措施防止事故的进一步扩大并及时向有关领导汇报, 在事故未查明之前, 当值运行人员应保护现场和防止损坏设备, 特殊情况例外(如抢救人员生命)等。

### 2.17.3 安全生产专项投资概算

可行性研究报告中设备及安装工程概算表列出部分安全设施投入, 建议设计和建设单位在下一步施工及安全设施设计专篇中, 应按照《关于印发〈企业安全生产费用提取和使用管理办法〉的通知》(财资〔2022〕136 号) 文件中的相关规定对安全设施相关费用的投入重新进行概算, 切实反映光伏电站建设、运营对安全设施的需求。

表 2-9 安全设施专项投资表

| 编号  | 名称                  | 单位/万元  |
|-----|---------------------|--------|
| 一   | 安全设备、设施             |        |
| 1   | 防火                  |        |
| 1.1 | 防火封堵                | 2.38   |
| 1.2 | 电缆防火                | 21.07  |
| 1.3 | 消防部分                | 8.65   |
| 1.4 | 火灾报警系统              | 31     |
| 2   | 防雷接地设施              |        |
| 2.1 | 220kV 氧化锌避雷器        | 5.69   |
| 2.2 | 30m 独立避雷针           | 15     |
| 2.3 | 光伏区接地               | 200.99 |
| 2.4 | 升压站接地               | 53.63  |
| 3   | 监控保护                |        |
| 3.1 | 微机综合自动化监控系统         | 124.11 |
| 3.2 | 电力监控系统安全防护设备        | 173.2  |
| 3.3 | 图像监视及防盗报警系统         | 61     |
| 3.4 | 五防系统                | 15.22  |
| 4   | 其他                  |        |
| 4.1 | 低噪声轴流风机             | 2.58   |
| 4.2 | 防爆型低噪声壁式轴流风机        | 1.26   |
| 5   | 劳动安全与工业卫生设备         | 30     |
| 二   | 建筑工程费用              |        |
| 1   | 安全标志、安全防护围栏、安全防护罩设施 |        |
| 1.1 | 变电站标识墙              | 6      |
| 1.2 | 砖砌围墙                | 8.53   |
| 1.3 | 场区钢丝网围栏             | 37.38  |
| 1.4 | 1.8m 高钢丝网围护栏        | 2.09   |
| 1.5 | 钢格栅网                | 0.77   |
| 2   | 事故油池                | 17.74  |
|     | 合计                  | 818.29 |

## 第3章 主要危险、有害因素辨识

危险因素是指能对人造成伤亡或对物造成突发性损坏的因素。有害因素是指能影响人的身体健康，导致疾病，或对人造成慢性损害的因素。

所有的危险有害因素，表现形式不同，但从本质上讲，之所以能造成有害的后果，都可归结为存在能量、有害物质；能量、有害物质失去控制，并导致能量的意外释放和有害物质泄漏、挥发的结果。因此，存在能量、有害物质和能量、有害物质失去控制，是危险因素产生的根本原因。

根据《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T 13861-2022）、《企业职工伤亡事故分类》（GB/T 6441-1986）、《职业病危害因素分类目录》（国卫疾控发〔2015〕92号）以及相关事故统计和分析，辨识与分析危险有害因素。本项目涉及到的危险、有害物质有电能、氧气、乙炔、变压器油等。该工程在生产运行过程中的主要危险因素有：

地震、边坡坍塌、滑塌、岩溶塌陷、泥石流灾害、地基沉降、滑坡、电伤害、火灾、爆炸、孤岛效应、热斑效应、物体打击、高处坠落、机械伤害、车辆伤害等。与本项目有关的有害因素主要为：噪声、电磁辐射、毒物、粉尘、高温、低温、标志缺陷、微机自动化监控系统故障及安全监测系统失效、计算机系统恶意代码等。

### 3.1 主要物料特性及其危险性

#### 3.1.1 六氟化硫

本项目 35kV 开关装置及 220kV 出线选用六氟化硫组合电器中涉及到六氟化硫。高压电器中的六氟化硫气体本身无毒、无味、不燃，并具有优良的冷却特性和良好的绝缘特性。六氟化硫的化学性质比较稳定，但在电弧作用下会发生分解，产生多种有毒、腐蚀性气体及固体分解产物，如  $\text{SF}_4$  等，在密封不严或设备大修解体时，容易被释放出来，且  $\text{SF}_4$  密度大，是空气的 5 倍，一旦泄漏易沉积不易扩散， $\text{SF}_4$  将对运行人员或检修人员健康产生危害，甚至引发窒息伤亡等事故。 $\text{SF}_4$  属于危险化学品有毒气体类别，危险货物编号为 23019。纯净的  $\text{SF}_6$  气体无色、无味、不燃，但在电弧及局部放电、高温等因素影响下， $\text{SF}_6$  气体会进行分解，分解物遇水分后变成腐蚀性电解质，尤其是某些高毒性分解物，如  $\text{SF}_4$ 、 $\text{S}_2\text{F}_2$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{SO}_2$  等，大量吸入人体会引起头晕和肺水肿，甚至昏迷及死亡。

### 3.1.2 绝缘油

变压器油属于人工合成的液体绝缘材料（合成油），多选用电气性能优良、稳定性好，特别是具有不燃性的极性液体多氯联苯（PCB），用于电容器和变压器，提高了容量和安全性，后来由于 PCB 的毒性被限制使用或禁用。目前变压器油主要有十二烷基苯（DDB，与矿物油混合）、硅油及酯类合成油。

#### 1.绝缘油含水分对变压器的危害：

（1）水分对绝缘油的危害是十分严重的，油中水分会加速油的劣化，使其电气性能恶化，降低电气强度。含水量高的油可能降低甚至丧失延缓绝缘纸受潮的功能。当油纸水分平衡紊乱时，甚至可导致绝缘击穿。此外，油中水分还会使油的局部放电起始电压降低，局部放电强度增高。

（2）绝缘油含水量对油本身的劣化也起着加速作用。而且油中水分会使油的局部放电起始电压降低，局部放电强度增加。因此，变压器维护中应尽可能降低油中水分，并加强油中含水量的监控和测量。

#### 2.绝缘油酸价增大对变压器的危害：

（1）绝缘油的酸性组成部分对金属部件有一定的腐蚀作用，在有水或氧存在及高温条件下更为显着。

（2）酸性组分对绝缘纤维起分解破坏作用，尤其有水分存在时，可以大幅度降低纤维质绝缘材料的机械强度。

（3）影响油的其它性能，如降低油的介电强度，增大粘度等。

### 3.1.3 乙炔

电站在施工及检修焊接时经常使用钢瓶装的乙炔。乙炔具有极易燃烧爆炸特性，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触会猛烈反应。与氟、氯等接触会发生剧烈的化学反应。能与铜、银、汞等的化合物生成爆炸性物质。乙炔具有弱麻醉作用，高浓度吸入可引起窒息。乙炔属于危险化学品易燃气体类别，危险货物编号为 21024。

### 3.1.4 氧气

该工程施工及检修焊接会使用钢瓶装的氧气，常压下，当空气中氧气浓度超过 40%时，人就可能发生氧气中毒，吸入氧浓度在 40%~60%时，人就会感觉胸骨不适，轻咳，呼吸困难，严重时可发生肺水肿，甚至出现呼吸窘迫综合症。吸入氧浓度达到 80%以上时，人会表

现出面部肌肉抽动、面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱、继而昏迷、呼吸衰竭，最终死亡。

## 3.2 场址选址及总平面布置危险有害因素分析

### 3.2.1 场址选址危险有害因素分析

站址若未充分考虑地震、断裂带、地形地貌及地基土等工程地质条件，可能会因塌陷、地震、泥石流等事故，造成建筑物塌陷、道路中断、架空线路铁塔坍塌、发电设备故障等事故。

场地10km范围内无发震断裂通过。场址区岩土工程条件较好，地基稳定，未发现崩塌、泥石流、地下洞穴、采空区及砂土液化等不良地质作用。拟建场址处于区域相对稳定区，适宜工程建设。

拟建光伏场址建于电厂灰场内部地表，场址区高程约 2090m~2115m 之间，灰场场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，区内主要生长着杂草，无较大的植被发育，场址地形规整，地貌相对单一。220kV 升压站场址位于曲靖电厂正大门西侧，场址区高程约 2035m~2040m 之间，升压站场址整体平整，场地现状基本为空地，主要为苗圃大棚、管理用房及苗木等，地形条件较好。场地内未发现存在制约光伏电站建设的重大工程地质问题，具备建设光伏电站的场地条件。

升压站位于曲靖电厂西面，建成后升压站周边设有挡土墙，若挡土墙设计、施工不良，或因地址原因可能造成挡土墙坍塌，影响升压站的正常运行。

因光伏阵列整体位于人工回填的灰土上，灰土回填虽然经过一定的固结，但整体属欠固结状态，在自重压力的作用下还会继续固结沉降，光伏阵列施工时若未考虑灰土固结沉降对光伏阵列基础的影响。可能导致场区地面变形，影响光伏阵列的正常运行。

### 3.2.2 总平面布置危险、有害因素

光伏电站工程总平面布置应综合考虑多方面因素，包括光能资源的评估、自然条件、社会环境、安全卫生设施、交通道路、建筑物间的防火间距、规划和环境绿化等对劳动安全和工业卫生都有直接影响的因素，应统一规划，合理安排。

根据光伏电站实际的布置来看，管理范围较大，给整个光伏电站的安全管理带来不便。如设备布置、安全距离、消防系统布局不合理，站内道路路面宽度、曲率半径以及路标指示牌布置不合理，均有可能造成火灾、触电、车辆伤害等事故的发生。

组件前后距离过大，会造成土地资源浪费，投资增加，从而直接影响本光伏电站的经济性；组件前后距离过小，会造成光伏组件出现阴影，降低发电量，甚至造成光伏组件热斑效应。由于局部阴影的存在，太阳能电池组件中某些电池单片的电流、电压发生了变化。其结果使太阳能电池组件局部电流与电压之积增大，从而在这些电池组件上产生了局部温升。太阳能电池组件中某些电池单片本身缺陷也可能使组件在工作时局部发热，这种效应能严重的破坏太阳能电池。

升压站位于曲靖电厂内部，施工期会产生噪声、粉尘。升压站与厂区之间设置有围墙，电厂人员不会进入站内。故项目与曲靖电厂的相互影响不大。

### 3.3 场址与周边环境的相互影响

拟建项目场址位于贮灰场，坡度平缓，地势开阔，周围无高大山体或建筑物遮挡，项目利用曲靖电厂贮灰场内部地表建设光伏发电项目。建设区及周围未发现有地质和文物保护遗迹，也未见有保护区的建设。

本电站为清洁能源，对周边的影响不大，主要是施工期的噪声、粉尘影响。本电站项目与周边环境的其他相互影响主要为：

- 1.光伏电站火灾导致周边环境火灾的发生。
- 2.周边环境（林地、灰坝坡面 6MWp 分布式光伏区等）火灾影响光伏电站的安全运行。
- 3.电站产生的工频电磁场影响周边环境。
- 4.电站建设、运行、管理对当地微气候和生态的影响等。
- 5.进场道路利用原有乡村便道，为一般泥结石土路，凹凸不平，存在一定的交通安全隐患。
- 6.从场区与居民点的距离看，项目在运行期对居民点影响不大。
- 7.由于灰场内仍有部分地块未完成堆灰，受大风影响光伏组件板面可能存在灰尘和浮尘污染物，导致光伏组件表面积尘，影响发电功率。

### 3.4 建（构）筑物危险、有害因素分析

#### 3.4.1 地震危险性分析

地震对电站建筑设施及设备的破坏性主要表现为：



强烈地震波可引起支架激烈晃动，从而导致光伏阵列破坏、变形、脱落等破坏。

强地震可引起支架基础沉降，支架固定螺栓脱落、断裂等破坏。

强地震可引起架空集电线路及输电线路塔架倒塌等破坏。

强地震可引起主变基础及其它电气设备基础沉降，设备连接构件断裂、脱落等破坏。

强烈地震可引起控制室等房屋的倒塌、开裂及沉降破坏。

强烈地震可引起母线、电缆、线路等带电体的短路、断路事故。

强烈地震可造成山体滑坡、坍塌等自然灾害，从而危及电站设备、设施及建筑物的安全。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅱ类场地 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.1g，相对应的地震基本烈度为Ⅶ度，地震动反应谱特征周期为 0.45s，设计地震分组为第三组。

根据资料，场地 10km 范围内无发震断裂通过。

### 3.4.2 光伏支架及基础危险有害因素分析

光伏支架存在的危险、有害因素包括：不良地质、施工安装质量、支架材料、极端大风等。

根据现场平面地质调查，光伏阵列场区地表主要为人工堆积的片石、块石。灰场坝基外侧坡面防护为表面干砌体块石及碎石垫层，下部为防渗土工膜和碾压灰渣。

根据场地各岩土层的工程地质条件，灰场平坦区域建议选取第①2 层粉煤灰作为光伏阵列支架基础的持力层，光伏阵列支架基础型式可采用预应力混凝土管桩基础。灰场坝基外侧坡面光伏支架基础采用混凝土条形基础。在基础持力层选择时，应重视不同风化地基土的不均一性可能对基础产生的不良影响，基础埋深应满足地基承载力与变形的要求。

光伏支架基础如存在不良地质且未处理或处理后不能满足设计要求，基础地基处理、混凝土不满足设计和规范要求的强度要求，可能发生基础沉降、变形；支架材料质量不合格，在遇大风、雪雨天气时损坏；支架安装质量存在缺陷，在遇极端大风天气时导致光伏组件被吹飞、支架散开等导致设备损坏。

光伏组件支架钢结构设计若未考虑恒荷载（组件重量）、风荷载、地震荷载、雪荷载、温度荷载等荷载工况，达不到承载力要求，将不能够保证设备及支架在最大风速下安全可靠不会倾覆。制造和装配材料存在质量缺陷、未对光伏方阵构架采取一定的防腐措施、基础连接螺栓强度不符合要求以及安装不规范等危险因素，可导致上部构架与基础连接不可靠、钢构架的承受载荷降低，运行期未定期巡视和维护、未按气候条件进行事故预测和对策等，在

光伏电场遭遇地震、强风天气等不良自然条件时，可能引发光伏方阵坍塌事故的发生。

### 3.4.3 升压站的建筑物危险有害因素

升压站建筑物危险主要为建筑结构危险、基础沉降危险和施工质量不合格的危险。

建筑物结构危险主要是由于设计缺陷，设计对建筑物的荷载、受力条件和运行工况考虑不周到，使其结构不能满足实际运行工况，如地震等非常工况的运行，而产生损坏危险。

基础沉降由于基础地层存在不良地质，受建筑物压力作用而产生变形沉降危险，对建筑物和设备存在损坏。

如施工质量不合格，也是造成建筑物发生危险的主要因素。

### 3.4.4 箱式变压器、分支箱基础危险、有害因素分析

本项目箱变、分支箱基础均为钢筋混凝土结构，硬塑状态黏性土和基岩都可作为箱变基础持力层。

本项目箱变、分支箱基础为钢筋混凝土箱式基础，满足安全要求。

### 3.4.5 电缆壕沟危险、有害因素分析

电缆沟回填土未填实，回填土中带有垃圾、带有腐蚀性及带有坚硬物体，可能导致电缆损伤。

电缆沟与道路距离较近，车辆从电缆沟上通过，可能压垮电缆沟壁，导致电缆损伤。

电缆壕沟未做防水帽，或电缆沟位于排水都下方时，若设计、施工不满足要求，使排水进入电缆沟，遇电缆中接头会发生放电，进一步影响周边电缆。

## 3.5 气象条件对本项目及主要设备的影响

### 3.5.1 降水的影响

暴雨常伴随强对流天气同时发生，比如冰雹、大风等强对流天气；暴雨天气不仅影响光伏电站的发电，还可能诱发山洪泥石流等地质灾害，危害光伏电站安全；其次暴雨还可能因光伏组件无效导致其损坏，从而给企业带来直接或间接经济损失。从多年气象特征参数及沾益区气候条件知，该区域近 30 年年平均降水为 985.9mm，降雨量较多，在光伏电站光伏支架的设计时，需要考虑相应的影响。要注意道路边坡开挖可能产生的滑坡和塌方等灾害。

### 3.5.2 冰雹影响

本项目区多年冰雹日数 2.3d，无冰雹大小的监测数据。一般而言，光伏组件在世界范围内均得到工程运用且光伏组件采用的钢化玻璃符合 GB 15763.2-2005《建筑用安全玻璃 第 2 部分：钢化玻璃》中的钢球试验标准，可以认为对本项目也是适用的。

### 3.5.3 风荷载影响

本项目对于风荷载的设计取值主要依据《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012），沾益区多年平均风速为 2.8m/s，极大风速为 20.7m/s，光伏电站区域海拔较县城高、地势也较县城开阔，相应的受到风的风荷载影响更大。本光伏电站存在风荷载的危害。主要表现在：突发性强风对地面建构筑物威胁较大，会造成光伏阵列倒塌、倒杆、线路断线或设备外壳带电、建筑物门窗损坏等危险事故的发生。遇强风袭击时，若未采取有效的防护措施，容易发生设备倾倒，从而伤害和碰撞现场作业人员或电力设备，酿成重大事故。

### 3.5.4 雷暴影响

沾益区城区多年平均雷暴天气约 67 天，光伏建设场址较县城海拔更高，故雷暴天数可能会超过 67 天，属于多雷区。雷电对光伏发电系统、电气设备、集电线路的侵害主要包括直接雷击、感应雷击、雷电波入侵。直击雷直接向光伏电站的电气设备或建筑物放电，过电压会使电气设备的绝缘遭到击穿破坏而造成火灾。感应雷击是在雷云临近光伏电站上空时，光伏电站建筑物和附近地面上将感应产生大量的电荷。如果建（构）筑物如生产楼、逆变器室等设施的接地装置不良或损坏，就会与大地间形成电位差，当感应雷过电压足够大时，就会引起建筑物内部、电气设备的电线、金属管道、其他设备设施放电而造成火灾。而雷击放电的高温电弧、二次放电，可直接对人体放电，雷电流产生的接触或跨步电压可直接使人触电。

### 3.5.5 凝冻影响

凝冻灾害可能使光伏电站的光伏组件表面结冰、传感器故障，从而导致光伏组件的使用寿命缩短。

### 3.5.6 气温的影响

1.该工程选用逆变器的工作温度范围为-30℃~60℃。选用电池组件的工作温度范围为-40~85℃。正常情况下，太阳能电池组件的工作温度可保持在环境温度加 30℃的水平。该区多

年平均气温 14.4℃，极端最高气温 33.2℃，极端最低气温-9.2℃。因此，按该工程场区极端气温数据校核，本项目太阳能电池组件及逆变器的工作温度可控制在允许范围内，地区气象温度条件对太阳能电池组件及逆变器的安全性没有大的影响。

### 3.6 设备设施危险有害因素分析

#### 3.6.1 太阳能电池组件危险有害因素分析

太阳能电池组件的常见故障有：外电极断路、内部断路、旁路二极管短路、旁路二极管反接、热斑效应、接线盒脱落、导线老化、导线短路、背膜开裂、EVA 与玻璃分层进水、铝边框开裂、电池玻璃破碎、电池片或电极发黄、电池栅线断裂、太阳能电池板被遮挡等。可根据具体情况检查更换或修理。

##### 3.6.1.1 自燃

事故案例 1：太阳能组件“自燃”

2012 年，位于德国慕尼黑的某光伏电站的太阳能组件发生自燃，燃烧现场惨不忍睹。据了解，起火点发生在屋顶太阳能光伏发电板的一个电控箱处，恰巧是一个防烟楼梯的正压进风口，导致室内烟气倒灌。火灾报警后未联动排烟光伏电池板，烟气弥漫，后消防车出动将火扑灭。



图 3-1 光伏屋顶的太阳能组件“自燃”



图 3-2 屋顶太阳能光伏电站“自燃”现场

光伏组件频繁“自燃”，产品质量不容忽视。光伏组件生产商应加强技术和质量方面的工作，未来如果到处都是这样的景象，不仅是赔偿的问题，中国制造的产品也可能受到抵制。事发当时幸亏有清洁工路过及时发现，否则那片工厂都将成为废墟。

太阳能光伏组件“自燃”原因：

1.粗制滥造匆忙上马，赶工期是造成问题的因素之一。

据了解，目前我国有些地区的个别电站由于一味赶工期，再加上设备验收时质量控制不严、技术把关不严，因此也有不少问题是由于设备质量造成的。虽然大多数问题集中在升压和强电部分，但不少问题都跟逆变器相关，比如输出电压等级是否符合国网要求、是否具备低电压穿越保护等。也正是因此，逆变器的质量问题比较突出。

逆变器的问题主要集中在标准、技术规范是否按照国网的要求去做，也多与相关标准缺失有关，比如逆变器电压输出幅度太宽，700V 进直流，200V 交流出，缺少相关规范和要求。

目前各逆变器厂家技术路线不同、技术标准不同，又缺乏横向技术交流，国内对于 35kV 以下的串并结构以及电气配套设备又都是非标准化的，因此出现问题。

2.系统的设计缺陷。

据不完全统计，目前我国格尔木地区光伏电站暴露出来的问题主要集中在无功补偿、光能预测以及稳控装置方面，包括主变压器不符合要求、无功补偿功率不够、无稳控装置、逆变器不具备低电压穿越功能、缺少发电预测或信号不通、绝缘不符合要求等。由于设计单位在光伏电站设计方面的经验欠缺，以及对当地特殊地质地貌环境考虑不周，将为这些光伏电站的后续运营留下许多隐患。

3.光伏组件接线盒质量问题。

目前中国组件制造商生产的组件很多都存在不少的质量问题和隐患，而其中很大一部分组件质量问题来自接线盒自身的设计和品质。作为光伏组件制造商的配套企业，接线盒制造商不仅需要对组件制造商负责，更需要对终端客户负责，特别是对使用过程中人身安全的保护。所以，优化接线盒结构设计、提高质量是所有接线盒制造企业的首要任务。

结合目前光伏组件户外使用的实际情况，接线盒常见试验项目主要有：IP65 防冲水测试、结构检查、拉扭力试验、湿漏电试验、二极管升温试验、环境试验、750℃灼热丝试验。



接线盒引线端子烧毁



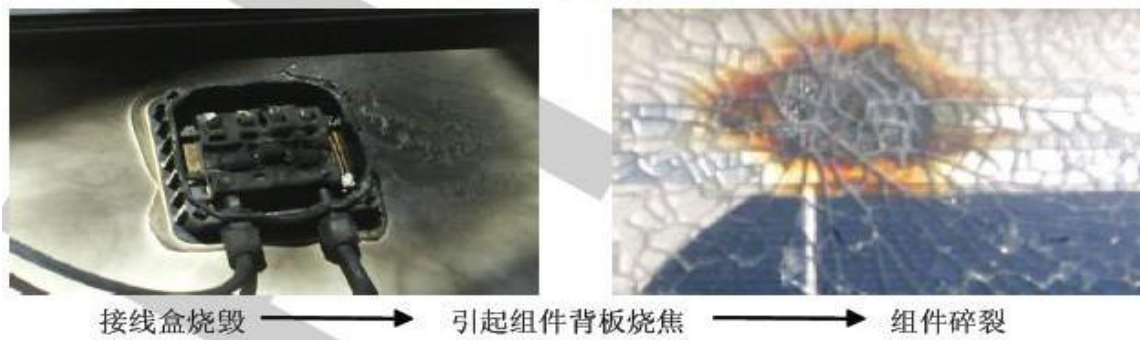


图 3-3 户外光伏组件接线盒问题引起的故障图分析

### 3.6.1.2 腐蚀

太阳电池组件的腐蚀主要产生在太阳电池组件内部接线盒导电体和铅边框的断面上。太阳电池组件的内部腐蚀主要是由助焊剂的腐蚀性和组件生产环境的洁净度决定的。有的厂家使用玻璃纤维也是导致组件内部生产腐蚀的原因之一，使用玻璃纤维虽然有利于组件内部空气的排除，避免气泡的产生，但是玻璃纤维本身就显弱碱性，吸水性很强，杂质含量很高，因此导致组件使用过程中产生发黄、变色，电性能下降现象。

### 3.6.1.3 电性能衰减或无输出

组件产生这种电性能衰减的因素有很多，如原材料自身原因、生产工艺不成熟、生产环境因素等。

1. 太阳电池片本身就存在一定的衰减。晶体硅太阳电池组件开始使用一段时间以后，在电性能方面都会出现 1%~2% 不同程度的衰减，这是由电池片本身材料特性所决定的。由于电池片中的硼、氧在光照能量下激发、反应，产生硼氧复合，形成载流子复合中心，从而导致电池片转换效率下降。

2. 焊接对电池片造成的潜在损伤导致组件电性能下降。在整个太阳电池组件封装的过程中，焊接是一道特殊工序，焊接工艺是否成熟直接影响太阳电池组件的产品质量，同时这也是整个生产过程中一个关键的生产成本控制点。焊接温度和焊接速度是该工序的两个主要控制指标，焊接温度太高或焊接时间太长碎片率就会增加，另一方面就会对电池片内部造成潜在的损伤，这种损伤是无法用肉眼观察到的，这也是导致电池片在使用过程中电性能衰减的一个重要原因之一。

3. 个别组件在使用一段时间以后，甚至出现了无输出的情况，这种情况主要是由于在制作出线或与接线盒进行连接时焊接时间太长造成的。

4. 除此之外，还有很多细节问题都会间接导致组件的电性能下降，尤其今后的电池片将会越来越薄，层压压力过大、搬运过程中造成的组件弯曲等方面都会对电池片造成潜在的细

小裂纹，这也是组件在长期使用过程中出现性能下降的原因之一。

#### 3.6.1.4 热斑效应

热斑效应在一定条件下，一串联支路中被遮蔽的太阳电池组件，将被当作负载消耗其他有光照的太阳电池组件所产生的能量。被遮蔽的太阳电池组件此时会发热，这就是热斑效应。这种效应能严重的破坏太阳电池。有光照的太阳电池所产生的部分能量，都可能被遮蔽的电池所消耗。为了防止太阳电池由于热斑效应而遭受破坏，最好在太阳电池组件的正负极间并联一个旁路二极管，以避免光照组件所产生的能量被受遮蔽的组件所消耗。

太阳电池组件通常安装在地域开阔、阳光充足的地带。在长期使用中难免落上飞鸟、尘土、落叶等遮挡物，这些遮挡物在太阳电池组件上就形成了阴影，在大型太阳电池组件方阵中行间距不适合也能互相形成阴影。由于局部阴影的存在，太阳电池组件中某些电池单片的电流、电压发生了变化。其结果使太阳电池组件局部电流与电压之积增大，从而在这些电池组件上产生了局部温升。太阳电池组件中某些电池单片本身缺陷也可能使组件在工作时局部发热，这种现象叫“热斑效应”。在实际使用太阳电池中，若热斑效应产生的温度超过了一定极限将会使电池组件上的焊点熔化并毁坏栅线，热斑可能导致整个电池组件损坏，造成损失。据国外权威统计，热斑效应使太阳电池组件的实际使用寿命至少减少 10%。

#### 3.6.1.5 其他失效现象

晶体硅太阳电池组件在使用过程中失效因素还有很多，如电池片炸裂、玻璃碎裂、汇流条发黄电池片栅线消失等。玻璃片碎裂和组件的设计有很大关系，如果在设计的过程中玻璃与边框的配合间隙不当，很容易使组件在使用过程中由于表面温度升高而出现碎裂。

### 3.6.2 逆变器危险有害因素辨识

#### 3.6.2.1 孤岛效应风险分析

孤岛效应是指在电网失电的情况下，发电设备仍作为孤立电源对负载供电这一现象。

孤岛效应对设备和人员安全存在重大隐患，主要体现在：一方面，当检修人员停止电网的供电，并对电力系统线路和设备进行检修时，如果并网太阳能发电系统仍继续供电，可造成人员伤亡事故；另一方面，当因电网故障造成停电时，若并网逆变器仍工作，一旦电网恢复供电，电网电压、并网逆变器的输出电压在相位上可能有较大差异，会在瞬间产生很大的冲击电流，从而损坏设备。

孤岛效应主要危害：

1.对电网负载或人身安全的危害，用户或线路维修人员不一定意识到自给供电系统的存

在；

- 2.没有大电网的支持，自给供电系统的供电电压和频率不稳定，容易损坏用电设备；
- 3.电网恢复时，光伏发电系统重新并网会因相位不同步引起大的电流冲击；
- 4.孤岛状态意味着脱离了电力管理部门的监控而独立运行，具有不可控性和高隐患性。

### 3.6.2.2 谐波危害

谐波使电能的生产、传输和利用的效率降低，使电气设备过热、产生振动和噪声，并使绝缘老化，使用寿命缩短，甚至发生故障或烧毁。谐波可引起电力系统局部并联谐振或串联谐振，使谐波含量放大，造成电容器等设备烧毁。谐波还会引起继电保护和自动装置误动作，使电能计量出现混乱。对于电力系统外部，谐波对通信设备和电子设备会产生严重干扰。

光伏电站逆变器使用了大量的电力电子元件，在逆变器将直流转换为交流过程中，不可避免地产生谐波，所以并网逆变器的质量与性能对并网交流电的电能质量有着至关重要的影响。

电网谐波造成电网污染，正弦电压波形畸变，使电力系统的设备出现异常和故障。谐波的危害在电力系统中是多方面的，主要有：

- 1.对供电线路的危害。在谐波的影响下，容易导致机电保护误动作，不能全面有效地起保护作用。
- 2.影响电网的质量。谐波会引起串联谐振及并联谐振，放大谐波，造成危险的过电压或过电流。
- 3.增加了输电线路的损耗，缩短了输电线寿命。谐波电流一方面在输电线路产生谐波压降，另一方面增加了输电线路上的电流有效值，从而引起附加输电损耗。
- 4.对电容器的影响。由于谐波使通过电容器的电流增加，使电容器损耗增加，从而引起电容器发热和温升，加速老化。

### 3.6.2.3 逆变器故障分析

- 1.若逆变器选购时质量不过关，运行过程中将导致逆变器损坏。
- 2.逆变器主要元件绝缘栅双极型晶体管若失效，将导致逆变器损坏，其失效原因如下：
  - (1)若器件持续短路，大电流产生的功耗将引起温升，由于芯片的热容量小，其温度迅速上升，若芯片温度超过硅本征温度，器件将失去阻断能力，栅极控制就无法保护，从而导致绝缘栅双极型晶体管失效。
  - (2)绝缘栅双极型晶体管为PNPN4层结构，因体内存在一个寄生晶闸管，当集电极电流增大到一定程度时，则能使寄生晶闸管导通，门极失去控制作用，形成自锁现象，这就是所



谓的静态擎住效应。发生擎住效应后，集电极电流增大，产生过高功耗，导致器件失效。

(3) 瞬态过电流绝缘栅双极型晶体管在运行过程中所承受的大幅值过电流除短路、直通等故障外，还有续流二极管的反向恢复电流、缓冲电容器的放电电流及噪声干扰造成的尖峰电流。若不采取措施，瞬态过电流将增加 IGBT 的负担，可能会导致绝缘栅双极型晶体管失效。

(4) 过电压造成集电极发射极击穿或造成栅极发射极击穿。

3. 逆变器由于功率较大，发热亦大。若逆变器散热设备损坏或安装不当，内部热量不能及时散出，轻则影响元器件寿命，重则有产生火灾的危险。

4. 逆变器接入的直流电压标有正负极，若光伏电池与逆变器相连输电线接错，将导致逆变器故障。

5. 逆变器外壳若未按要求接地，静电可能导致巡检和检修人员触电。

6. 逆变器淋雨或被潮湿空气长时间侵蚀，可能导致逆变器故障。

7. 逆变器因负载故障、人员误操作及外界干扰等原因而引起的供电系统过电流或短路，可能引起燃烧事故。

8. 逆变器是防止孤岛效应的重要设施，由于其可能存在质量问题、误操作等原因导致逆变器失效，发生孤岛现象。可能产生的严重后果如下：

(1) 孤岛中的电压和频率无法控制，可能会对用电设备造成损坏。

(2) 孤岛中的线路仍然带电，会对维修人员造成人身危险。

(3) 当电网恢复正常时有可能造成非同期合闸，导致线路再次跳闸，对光伏并网逆变器和其它用电设备造成损坏。

(4) 孤岛效应时，若负载容量与光伏并网器容量不匹配，会造成对逆变器的损坏。

(5) 严重时会引起火灾。

9. 逆变器是整个系统的关键部件，若在系统运行过程中，逆变器的元器件、电路等出现故障，如输入直流极性接反、交流输出短路、过热、过载等，可能引起电压不稳造成公共电网的电力污染、火灾和人身伤害等事故。

10. 逆变器的工作环境温度不宜超过 40℃，逆变器工作时间产生大量热量，如热量无法及时散热，可能影响元器件寿命，甚至可能引起火灾。

### 3.6.3 电气一次系统

#### 3.6.3.1 变压器故障分析

变压器常见的危险、有害因素主要有声音异常、温度异常、喷油爆炸、严重漏油、套管闪络、火灾等。

##### 1.异常响声

(1) 变压器铁芯的问题。

(2) 绕组有较严重的故障，使其附近的零件严重发热使油气化。分接开关的接触不良而局部点有严重过热或变压器匝间短路，都会发出这种声音。

(3) 变压器的器身绝缘有击穿现象。

(4) 变压器器身或套管发生表面局部放电。如果是套管的问题，在气候恶劣或夜间时，还可见到电晕辉光或蓝色、紫色的小火花，此时，应清理套管表面的脏污，再涂上硅油或硅脂等涂料。

(5) 变压器某些部件因铁芯振动而造成机械接触，或者是因为静电放电引起的异常响声。

##### 2.温度异常

变压器在负荷和散热条件、环境温度都不变的情况下，较原来同条件时的温度高，并有不

断升高的趋势，也是变压器温度异常升高，与超极限温度升高同样是变压器故障象征。

引起温度异常升高的原因有：

(1) 变压器匝间、层间、股间短路；

(2) 变压器铁芯局部短路；

(3) 因漏磁或涡流引起油箱、箱盖等发热；

(4) 长期过负荷运行，事故过负荷；

(5) 散热条件恶化等。

运行时发现变压器温度异常，应先查明原因后，再采取相应的措施予以排除，把温度降下来，如果是变压器内部故障引起的，应停止运行，进行检修。

##### 3.喷油爆炸

喷油爆炸的原因是变压器内部的故障短路电流和高温电弧使变压器油迅速老化，而继电保护装置又未能及时切断电源，使故障较长时间持续存在，使箱体内部压力持续增长，高压的油气从防爆管或箱体其它强度薄弱之处喷出形成事故。

(1) 绝缘损坏：匝间短路等局部过热使绝缘损坏；变压器进水使绝缘受潮损坏；雷击等过电压使绝缘损坏等导致内部短路的基本因素。

(2) 断线产生电弧：线组导线焊接不良、引线连接松动等因素在大电流冲击下可能造成断线，断点处产生高温电弧使油气化促使内部压力增高。

(3) 调压分接开关故障：配电变压器高压绕组的调压段线圈是经分接开关连接在一起的，分接开关触头串接在高压绕组回路中，和绕组一起通过负荷电流和短路电流，如分接开关动静触头发热，跳火起弧，使调压段线圈短路。

#### 4. 严重漏油

变压器运行中渗漏油现象比较普遍，油位在规定的范围内，仍可继续运行或安排计划检修。但是变压器油渗漏严重，或连续从破损处不断外溢，以致于油位计已见不到油位，此时应立即将变压器停止运行，补漏和加油。

变压器油的油面过低，使套管引线和分接开关暴露于空气中，绝缘水平将大大降低，因此易引起击穿放电。引起变压器漏油的原因有：焊缝开裂或密封件失效；运行中受到震动；外力冲撞；油箱锈蚀严重而破损等。

#### 5. 套管闪络

变压器套管积垢，在大雾或小雨时造成污闪，使变压器高压侧单相接地或相间短路。变压器套管因外力冲撞或机械应力、热应力而破损也是引起闪络的因素。变压器箱盖上落异物，如大风将树枝吹落在箱盖时引起套管放电或相间短路。

#### 6. 火灾

油浸电力变压器内部不仅充满了大量可燃的变压器油，而且还有一定数量的纸张、纸板、棉纱、棉布、塑料、木材等可燃物做绝缘衬套、垫块和支架等，这些材料遇到高温、电火花和电弧都会引起燃烧以至形成火灾和产生爆炸事故。引起变压器火灾的主要因素有：

##### (1) 铁芯局部过热

由于铁心硅钢片的绝缘层如果在生产组装时受到损伤，运行中就产生较大的涡流，有涡流的地方温度升高导致局部过热，使绝缘层受损坏的面积扩大，甚至使铁芯局部熔化，导致附近的绕组绝缘损坏。继而发生短路引起燃烧。铁心的穿心螺栓绝缘损坏也会产生很大的涡流，导致局部过热。

##### (2) 绕组短路

绕组绝缘损坏或失去绝缘，将会发生匝间短路、层间短路、相间短路和接地短路。短路电弧引燃可燃物，同时加速变压器的老化。变压器油受热分解出酸性物质反过来又腐蚀绕组

的绝缘，导致其多处短路，以致发生火灾。

### （3）套管故障

对于普遍采用的尺寸较小、油质较好而且装拆方便的全密封油浸纸电容式磁套管，如果安装时不小心，套管受机械撞击或运行中受过高温度的作用会产生裂纹。尤其当套管制造不良，内部的电容芯子空气与水分未除尽或卷得太紧导热不良，在由套管裂纹导致击穿时，往往出现爆裂状况。

### （4）分接开关故障

由于产品质量较差、分接开关接头接触不良，导致局部过热或产生电火花。分接开关附近的变压器受这种高温和电火花的作用发生劣化，绝缘性能下降，继而导致分接开关击穿引起油燃烧或分接开关箱爆裂燃烧。

### （5）接头故障

引线与套管的接头，引线与分接开关的接头等接触不良，导致接头处局部过热，或者导致间歇性火花放电，引燃附近的可燃物。

### （6）油箱故障

变压器在制造中如果油箱缝的焊接稍有疏忽，焊缝不严密、不牢固或有假焊，在运输震动中和长期运行期间油的热胀冷缩及油箱壁本身应力受温度影响而导致渗油；套管与油箱联接法兰盘不严密或像放油阀等需要拧紧螺纹的地方未拧紧，都会造成渗油；更为严重的是，当绕组或油箱同其它配件发生短路或接地故障时，产生的电弧将油箱壁烧蚀出小孔洞，导致油箱漏油。渗油和漏油都给变压器发生火灾埋下了隐患。

### （7）变压器油劣化

在变压器中起电气绝缘和循环散热双重作用的变压器油，由于过载引起的高温、铁芯过热或绕组短路电弧或其它故障导致的局部过热和电火花高温的影响，发生氧化而生成多种溶于油的酸类和氧化物，还生成多种不稳定的产物。酸类物浸在油内的绕组绝缘和裸铜条；多种氧化物中的一种为黑色淤泥样，俗称“油泥”的沉淀物积聚于绕组上、铁心的铁轭、夹件上和散热器的散热管（或冷却器的冷却管）中。油泥导热性很差，积聚的越多，绕组发热越厉害；多种不稳定物质的进一步分解，其中分解出腐蚀性很强的氧，损坏绝缘材料。总之，变压器油受热氧化的生成物严重地腐蚀绕组的绝缘，油泥聚集在散热管或冷却管中，将阻碍油的循环和影响散热效果。

### （8）保护装置失灵

尤其是气体继电器、电接点温度计、吸湿器等保护装置失灵或选配不当不起保护作用，

将会使故障扩大形成火灾。

#### （9）变压器过热

变压器的温升反常升高，使变压器油加速老化、分解、析出可燃气体。同时，由于油的受热分解产生的酸性物质腐蚀绕组的绝缘，产生的油泥阻碍绕组的散热，致使绕组的绝缘强度下降，导致绕组绝缘被击穿。油的受热膨胀和热解产生的气体导致油箱爆裂喷油燃烧。

#### （10）雷击过电压

变压器与架空线路联接的一侧，或者两侧装设的避雷设备不完善，或者避雷设备受损或年久失修，雷击过电压传入变压器。一种可能是导致变压器的套管与油箱之间发生闪络，引起油箱盖上的可燃物燃烧；另一种可能是导致油箱内的套管部分对油箱放电，引起油箱爆裂喷油燃烧；有一种可能是导致绕组的过电压击穿短路，或导致绕组对油箱的绝缘被击穿，造成油箱爆裂喷油燃烧。

### 3.6.3.2 电缆分支箱危险有害因素分析

1. 电缆分支箱是全密闭的，电缆分支箱内部无法形成流通的气流，会导致电缆分支箱内部淤积许多潮湿的空气，这些空气无法流通到外界，无法形成有效的空气对流。潮湿空气大多都存留在内部，使整个电缆分支箱内部就比较潮湿，相对的温度也会较低。与外界造成大的气温差异，很容易造成内部各种线路的腐蚀。还会导致了电缆分支箱出现损坏，一些橡胶材料就会受到侵蚀，影响设备的绝缘问题。电缆分支箱的绝缘方面就会存在缺陷，会出现大量漏电的现象，导致触电。

2. 电缆分支箱质量不过关，电缆分支箱的 T 头、肘头的位置未按照安装要求安装等可能造成火灾、触电事故。

3. 在电缆分支箱投入使用后，缺少对电缆分支箱的有效维护，可能导致设备出现故障，无法正常使用。

### 3.6.3.3 集电线路危险、有害因素分析

本项目光伏厂区至升压站集成线路采用直埋电缆进行敷设。220KV 升压站到曲靖电厂 220KV 升压站采用电缆敷设，线路路径总长度约 0.5km。

1. 光伏电站场地开阔，占地面积大，交流直流电缆、控制电缆在整个光伏电池方阵之间穿插布置，控制电缆产生的电磁感应可能对控制电缆产生一定的信号干扰，且部分电缆裸露

在户外，若没有相应的屏蔽措施，容易遭受直击雷和成为雷电感应的耦合通道。

2. 电缆的终端头和中间接头是电缆绝缘的薄弱环节。电缆因接头密封不良，进入水、潮气，均可使绝缘强度降低，导致绝缘击穿短路，产生电弧，引起电缆火灾，此类事故约占电缆事故总数的 70% 左右。

3. 电缆未设置标识，闲散人员进入或电站周边开发可能损坏电缆。在外界的施工挖掘中，由于现场疏于管理、任意挖掘，电缆受损、绝缘破坏，造成短路、弧光闪路而引燃电缆起火。

4. 检修电焊渣火花落入沟道内，易使电缆着火。电缆芯正常工作温度为  $50^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，在事故情况下，缆芯最高温度可达  $115^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。中间接头的温度更高。在这样高的温度下，绝缘材料逐渐老化，很容易发生绝缘击穿事故。接头容易氧化而引起发热，甚至闪弧引燃电缆。

5. 鼠、小动物等啮齿类动物咬坏电缆，引起电缆短路、火灾。

6. 电缆的管理、维护、检查、定期测温、定期预防性试验及消除缺陷、反事故措施、技术培训不严；对电缆未采取隔离防火、阻燃措施；检修、施工、运行未严格遵守质量标准；对易引起电缆着火的场所没有火灾自动报警装置和消防装置；现场防漏、防火、隔离、绝热措施不完善。

7. 电缆头施工工艺不良导致电缆头爆炸或电缆头接地短路。

8. 电缆的终端头和中间接头是电缆绝缘的薄弱环节。电缆因接头盒密封不良，水、湿气进入或灌注的绝缘剂不符合要求，内部留有气孔，均可使绝缘强度降低，导致穿击短路。

9. 电缆沟道进水或进入小动物，容易引起电缆绝缘能力降低和电缆短路事故。

10. 如电缆质量缺陷、运行过负荷、过热等原因使电缆老化，绝缘强度降低等原因引起电缆相间或相对地击穿短路；过电压使电缆击穿短路；安装不当、电缆敷设时曲率半径过小，致使绝缘损坏。

#### 3.6.3.4 35kV 高压配电装置危险、有害因素分析

本项目 35kV 配电装置为户内布置，采用金属铠装移开式开关柜。

1. 检修工艺不良，操作机构调整不当、部件失灵，合闸接触不良；断路器失灵，操作机构卡涩，跳（合）闸线圈烧毁等，引起拒分或误动。

2. 断路器连接部分发热、闪弧，引起弧光接地过电压，使其相间、对地短路，甚至起火。

3. 隔离开关接触部分发热，可能发生电弧，进而转变为接地短路和相间短路。

4. 操作电源故障，操作电源电压降低，熔断器熔断，辅助接点接触不良，引起断路器故

障时拒动。

5. 断路器内部绝缘强度降低引起短路事故。

6. 小动物、金属杂物跨接或单相接地，引起闪弧、过电压、相间短路，使断路器爆炸。

7. 开关柜五防功能不良、引起误操作；真空开关灭弧室真空度下降、封闭不严，切弧时爆炸。

### 3.6.3.5 220KV GIS 装置危险、有害因素分析

220kV GIS 设备的危险有害因素有：断路器遮断容量不够、SF<sub>6</sub>受潮微水超标、制造工艺不良而导致不能正常使用或发生设备故、GIS 设备爆炸、六氟化硫气体泄漏导致中毒窒息等；GIS 隔离开关可能因接触不良拉弧击穿；GIS 设备也可能本身质量问题导致设备故障。

#### 1. SF<sub>6</sub> 危险分析

##### (1) SF<sub>6</sub> 气体泄漏危险

GIS 设备的 SF<sub>6</sub> 气体泄漏中毒是 GIS 设备缺陷、故障最大的危险有害因素。本项目采用室外布置 GIS 设备，GIS 通风良好，一旦发生 SF<sub>6</sub> 气体泄漏，对进入 GIS 周边的工作人员产生极大的危险。

纯净的 SF<sub>6</sub> 气体无色、无味、不燃，但在电弧及局部放电、高温等因素影响下，SF<sub>6</sub> 气体会进行分解，分解物遇水分后变成腐蚀性电解质，尤其是某些高毒性分解物，如 SF<sub>4</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、HF、SO<sub>2</sub> 等，大量吸入人体会引起头晕和肺水肿，甚至昏迷及死亡。

##### (2) SF<sub>6</sub> 气体微水超标

SF<sub>6</sub> 气体含水量太高引起的故障易造成绝缘子或其他绝缘件闪络。微水超标的主要原因是通过透过封件渗入的水分进入 SF<sub>6</sub> 气体中。SF<sub>6</sub> 气体水分含量高是引起绝缘子或其他绝缘件闪络的主要原因。

#### 2. GIS 内部放电

由于制造工艺等原因，在 GIS 内部某些部件处于悬电位，导致电场强度局部升高，进而产生电晕放电，GIS 中金属杂质和绝缘子中气泡的存在都会导致电晕放电或局部放电的产生。

#### 3. 内部元件故障

断路器、隔离开关或接地开关等元件的气体击穿。还有动、静触头在合闸时偏移，引起接触不良。

#### 4. GIS 设备产生危险有害因素主要原因：

##### (1) 布置环境原因

GIS 布置在室外，空气流通好，但发生 SF<sub>6</sub> 气体泄漏时，GIS 周边可能导致气体聚集。  
未设置 SF<sub>6</sub> 气体泄漏报警装置，SF<sub>6</sub> 气体无色、无味不易发现。

#### （2）制造原因

制造车间清洁度差，将金属微粒、粉末和其他杂物残留在 GIS 内部，留下隐患，导致故障；

在装配过程中，使一可动元件与固定元件发生摩擦，从而产生金属粉末或残屑并遗留在零件的隐蔽地方，在出厂前没有清理干净。

在 GIS 零件装配过程中，不遵守工艺流程，存在把零件装错、漏装及装不到位；  
选用材料质量不合格。

#### （3）安装原因

安装过程中不遵守工艺规程，金属件有划痕、凸凹不平处未处理。

在安装过程中装错、漏装。

安装时没有清理完异物。

#### （4）设计原因

设计不合理或绝缘裕度较小。

#### （5）运行原因

运行中操作不当引起故障。如将接地开关合到带电相上等。

受到雷电过电压、操作过电压等作用。雷电过电压使绝缘水平较低的元件内部发生闪络或入电；隔离开关切合小电容电流引起高频暂态过电压可能导致 GIS 对地闪络。

### 3.6.3.6 无功补偿装置危险、有害因素的分析

1.如果无功补偿设备制造工艺不良、运行中受潮、漏油、发生鼓包内部短路爆炸、降压变压器运输安装中损伤、瓷瓶泄漏比距不足，在运行中可能发生故障或闪络。

2.动态无功补偿装置动作不正常引起超压、动态调节的响应时间大于 30ms，造成设备损坏。

3.无功补偿装置选择或使用不当，可能造成供电系统电压波动、谐波增大等故障，使电能质量降低，此时光伏并网还可能影响系统电压的稳定性。



### 3.6.3.7 污闪事故

大气中的各种污秽物沉降在电气设备瓷件和绝缘子的表面上，当它吸收了潮湿空气中的水分后，使绝缘强度急剧下降而发生绝缘闪络。

### 3.6.3.8 防雷击和接地网

1.该工程光伏电站的光伏组件等设备均有可能遭遇雷击过电压的危险性。由于接地装置热容量设计不能满足电网运行的要求，或接地网施工质量问题，或接地装置局部范围腐蚀严重，致使接地网稳定能力下降，造成电气设备失去接地运行，引发灾难性事故。

2.直击雷是雷雨云对大地和建筑物的放电现象。当直击雷作用在远处或防雷保护区之内的导线或金属管道上时可以通过导线和金属管道传输到电子设备和太阳电池组件上，由于它有强大的冲击电流、炽热的高温、猛烈的冲击波，强烈的电磁辐射，所以能损坏放电通道上的输电线和电子设备，造成财产损失，甚至击死击伤人畜，造成生命损失。

雷云表面分布着大量负电荷，可以通过静电感应使支架和电缆等感应出高电压。闪电电流在闪电通道周围的空间产生强大的电磁场，使周围的各类金属导体上产生感应电动势或感生电流，从而损坏设备。并且雷电感应高电压和雷电电磁脉冲的作用范围广，作用方式比较隐蔽，所以其后果往往比直击雷更严重。

如果没有采取等电位连接和各箝位措施而且避雷针引下线与导线、金属管道或电气设备的工作地线间的距离小于安全间距，雷击发生时，导线感应雷电流，或者雷击建筑物导致地电位抬高，都会使设备的电源线、信号线和接地线之间存在电位差，如果电位差超过设备的耐受能力，则该设备必然被击坏。

#### 3.太阳能光伏并网发电系统的防雷

太阳能光伏并网发电系统的基本组成为：太阳电池方阵、直流配电柜、交流配电柜和逆变器等。太阳电池方阵的支架采用金属材料并占用较大空间且一般放置在开阔地，在雷暴发生时，尤其容易受到雷击而毁坏，并且太阳电池组件和逆变器比较昂贵，为避免因雷击和浪涌而造成经济损失，有效的防雷和电涌保护是必不可少的。

### 3.6.3.9 过电压危险、有害因素分析

过电压主要危害是增大绝缘体承受的电压，击穿电缆引起短路起火，造成设备损坏。

电源和出线系统、变压器等电气设备均有可能遭遇雷击过电压的危险性。当接地装置热

容量设计不满足电网运行要求，或接地装置局部范围腐蚀严重，致使接地网热稳定力下降，也会造成电气设备非接地运行，引发灾难性事故。

过电压分以下几种：暂态过电电压、操作过电压、雷电过电压。

暂态过电压分工频过电压和谐振过电压。工频过电压一般是由线路空载、突然失去负荷和单相接地故障等引起的；谐振过电压一般是电力系统操作和故障情况下，由于系统中电感电容谐振引起的。

本电站电力系统是属于 220kV 系统，主要涉及的过电压危害有谐振过电压、雷击过电压和弧光接地过电压。

#### 1.谐振过电压

谐振过电压一般具有工频性质，持续时间长，不能用避雷器限制。具有铁芯的电感设备，因系统操作和故障引起设备上电压增高或产生励磁涌流，都会导致铁芯饱和。在谐振频率下，当感抗与容抗值相等，就会引起铁磁谐振过电压。

#### 2.雷击过电压

（1）当雷击线路塔杆或避雷线时，可能造成绝缘子串、塔头空气间隙和避雷线与导线间空气间隙闪络，形成对导线的反击产生过电压；

（2）雷直击和绕击导线产生过电压；

（3）雷直击在电气设备上产生直击雷过电压；

（4）雷击附近物体和地面，由于空气电磁场发生剧烈变化，在线路的导线上和其他金属导体上产生感应过电压；

（5）输电线路受到雷击，雷电波沿导线侵入发电厂电气设备上，产生雷电波过电压。

#### 3.弧光接地过电压

弧光接地过电压又称间隙性弧光接地过电压，当中性点非直接接地系统发生单相间隙性弧光接地故障时，由于不稳定的间歇性电弧多次不断的熄灭和重燃，在故障相和非故障相的电感电容回路上会引起高频振荡过电压，非故障相的过电压幅值一般可达 3.15~3.5 倍相电压，这种过电压是由于系统对地电容上电荷多次不断的积累和重新再分配形成的，是断续的瞬间发生的且幅值较高的过电压，对电力系统的设备危害极大。

### 3.6.3.10 站用电可靠性分析

升压站用电压为380/220V，低压接线采用380V三相四线制中性点直接接地系，380V/220V母线采用两段单母线加ATS接线方式，2回站用电源分别取自曲靖电厂一期380V公用01、02段。

正常运行情况下，2回站用电源各带一段0.4kV母线分列运行，向站用负荷供电。当一回站用电源故障、退出或检修时通过ATS切换，由另一回站用电源带全部站用负荷。对于变电站重要负荷，分别从两段母线上双回供电。

由此可知，站用电具有可靠的工作电源和备用电源，能保证电场正常运行用电。

### 3.6.4 电气二次系统

#### 3.6.4.1 电力监控系统安全防护危险性分析

黑客侵入电力二次系统是否造成破坏以及破坏的程度，因其主观动机不同而有很大的差别。第一类黑客（特别是“初级”黑客），纯粹是出于好奇心和自我表现欲而闯入电站的计算机系统，他们可能只是窥探一下电站的秘密或隐私，并不打算窃取任何程序文件或破坏系统，危害性不是很大；第二类黑客，出于某种原因进行泄愤、报复、抗议而侵入，篡改目标网页的内容，虽不对系统进行致命性的破坏，但也造成很坏的影响；第三类就是恶意的攻击、破坏，其危害性最大，所占的比例也最大，电站系统中重要的程序数据可能被篡改、毁坏，甚至全部丢失，导致电站计算机监控系统崩溃、瘫痪，后果不堪设想。

恶意代码攻击电力二次系统造成的危害也较大，其主要表现有：禁止使用电脑；格式化硬盘；下载运行木马程序；注册表的锁定；默认主页修改；篡改 IE 标题栏；篡改默认搜索引擎；IE 右键修改；篡改地址栏文字；启动时弹出对话框；IE 窗口定时弹出等。这些都将给电站的正常运行造成危害，以致发生不可预测性事故，甚至导致系统故障。

#### 3.6.4.2 继电保护装置及安全自动装置危险、有害因素的分析

继电保护装置是保证电网安全稳定运行的重要设施。

1.继电保护装置存在设计不合理、制造质量缺陷、保护定值计算不准确（电子元器件的损坏、主板等设备发生老化等）、调试不规范、重要保护未投用、维护不良和人员“三误”（误碰、误整定、误接线）等问题可能造成继电保护误动或拒动，将可能导致重大设备损坏。

2.继电保护如保护配置不合理、接线不正确、电流电压极性错误、定值计算错误、检修中误整定、保护调度配合等原因可能导致继电保护故障。一旦继电保护系统发生故障，在运行中发生误动或拒动，将可能造成相关设备严重损坏，影响系统稳定。

3.在运行中发生误动或拒动，检修中误整定、误接线将可能导致电力系统稳定破坏、造

成相关重大设备严重损坏。

4.互感器采集数据的准确与否会对继电保护装置带来影响，互感器内部接线是否正确、变比误差等因素都会对二次信号的采集带来误差，很可能造成继电保护装置的误动作。

5.继电保护装置的二次回路投入运行后随着工作时间的增加，装置的二次回路逐渐老化，往往会出现导线绝缘能力降低，螺丝松动、电气元件接触不良等情况，一旦出现因绝缘损坏而造成的短路事故，也会出现保护装置误动作的风险。

6.户外端子箱进水、受潮造成端子短路、接地故障引起继电保护故障。人员误投、误退保护压板造成误动。

#### 7.变压器的控制保护系统

控制保护系统是保证变压器安全稳定运行的重要设备，监视变压系统的工作情况，能及时发现故障切断电源，防止事故扩大。一旦继电保护系统发生故障，如在运行中发生误动或拒动，检修中误整定、误接线将可能造成相关设备严重损坏，甚至破坏系统稳定。

（1）保护系统设计缺陷，或功能不全。

（2）保护系统达不到设计值。

（3）变压器超载保护、超温保护失灵，可造成火灾事故。

（4）一次检测元部件故障（如振动、温度、转速、电流、电压等表无指示；指最大值；指最小值；示值不变化等）。

（5）控制系统的电缆较为密集，阻燃措施不完善，一旦电缆发生故障和燃烧，将会引发严重的火灾事故，使整个系统严重损坏、失控，造成损失。

（6）保护拒动或误动，直接危及设备安全运行，有造成人员伤亡或设备重大损坏的可能性。

（7）控制系统电源失电故障（如主控制系统失去工作电源或直流操作电源等）。主要是控制电源回路断线；过负荷熔断器熔断；电源回路短路电源开关跳闸。控制系统电源失电，将导致控制设备及其系统瘫痪。

（8）控制接地系统故障（如控制接地回路断线；接地电阻阻值增大；单点接地系统受损；形成多点接地等）。

#### 8.在检修过程中可能存在触电的危险。

### 3.6.4.3 综合自动化监控系统

1.微机控制发电应注意强电磁场的干扰，强电磁场的频率非常宽，强度高，往往造成误指令，甚至强电磁波会使控制继电器误动作，造成很严重的破坏事故。

2.一次检测元部件故障（如温度、电流、电压等表无指示；指最大值；指最小值；示值不变化等），导致对设备运行工况误判断、造成人为误操作，或设备保护拒动/误动，危及设备安全运行。

3.控制系统的电缆较为密集，阻燃措施不完善，一旦电缆发生故障和燃烧，将会引发严重的火灾事故，使整个系统严重损坏、失控，造成损失。

4.设备保护拒动或误动（如设备运行参数超越危险极限值，保护未动作/设备运行参数未到限制值，保护提前动作等）。主要是设备保护用一次检测元部件损坏/断线或其动作整定值漂移，导致设备保护拒动或误动。设备保护拒动，直接危及设备安全运行，有造成人员伤亡或设备重大损坏的可能性。

5.控制系统电源失电故障（如主控制系统失去工作电源或直流操作电源等）。主要是控制电源回路断线；过负荷熔断器熔断；电源回路短路电源开关跳闸。控制系统电源失电，将导致控制设备及其系统瘫痪。

6.控制接地系统故障（如控制接地回路断线；接地电阻阻值增大；单点接地系统受损；形成多点接地等）。主要是接地电极腐蚀断线；接地阻值增大，或接地线受机械外伤断线，或接地线连接螺丝松动。控制接地系统故障会导致整个控制系统参考电压忽高忽低不稳定，抗干扰能力降低，易受外界电磁干扰影响。影响控制逻辑判断运算，出现意想不到的突发动作，危及设备安全运行，有造成人员伤亡或设备重大损坏的可能性。

7.通信网络回路故障如通讯回路断线通讯中断；通讯接口故障死机等。主要是通讯回路受机械外伤断线或通讯接口组件损坏。通信网络回路故障将使控制设备及其系统瘫痪，造成设备失控，人员伤亡或设备损坏事故的可能性。

8.在检修过程中可能存在触电的危险。

### 3.6.4.4 直流系统

升压站采用 220V 直流电源系统，用于继电保护、计算机监控系统、事故照明等的供电，蓄电池容量的选择按全站事故放电时间 2h 计算，选择两套单组容量为 400Ah 的阀控式密封铅

酸电池，电池电压采用 2V/只，104 只，蓄电池组架安装布置在专用直流蓄电池室内，每组蓄电池由不同厂商提供。直流系统采用两段母线接线。

随着电池使用时间的增长必然会有个别或部分电池因内阻变大，呈现出老化现象。当电池的实际容量下降到其本身额定容量的 90%以下时，电池便进入衰退期，当电池容量下降到原来的 80%以下时，电池便进入急剧的衰退状况，衰退期很短，这时电池组已存在极大的事故隐患。对于由 104 只 2V 蓄电池组成的直流蓄电池组，当蓄电池内阻变大，许多维护人员往往会忽视。实际上蓄电池内阻变大后，性能会降低，虽然在浮充状态下电压几乎无变化，一旦直流系统失电，蓄电池作为备用供电，电压会瞬间被拉低，直接影响电池备用时间。

直流系统故障对电站运行的影响：直流系统全厂继电保护、信号、操作及断路器的分合闸电源，其可靠性非常重要，如直流系统出现故障，则继电保护不能动作，信号不能显示，断路器不能分合闸，影响电站的安全运行。

### 3.7 生产过程中的主要危险有害因素辨识分析

#### 3.7.1 火灾、爆炸危险性分析

##### 1. 变压器火灾

各种发电、变电、输电、配电、用电的电气设备，如发电机、变压器、互感器、配电装置、高压开关柜、照明装置等，如果安装不当、外部火源移近、运行中正常的闭合与分断、不正常运行的过负荷、短路、过电压、接地故障、接触不良等，均可产生电气火花、电弧或者过热，若防护不当，可能发生电气火灾；在有过载电流流过时，还可能使导线（含母线、开关）过热，金属迅速气化而引起爆炸。

变压器的结构存在火灾事故的潜在隐患，如所使用的绝缘材料和变压器油等。充油电气设备火灾的危险性更大。电气设备的充油为可燃液体，当变压器线圈发生短路故障时极易发生火灾，甚至引起爆炸。

##### 2. 电缆的火灾

电缆密布、数量很大，分布很广，而有的电缆表面绝缘材料为可燃物质，当电缆自身故障、机械损伤造成电缆短路或其他高温物体与电缆接触时，可能引起电缆着火，且电缆着火后蔓延速度很快，因而使之相连的电气仪表、控制系统、设备烧毁、酿成重大火灾，甚至造成全厂停产。

电缆火灾具有蔓延快，火势猛，抢救难（产生大量烟气、CO、CO<sub>2</sub>），损失大，抢修恢

复困难的特点。

电缆火灾事故的起因有：

(1) 外部起火引起电缆着火

如变压器油系统起火引燃电缆；变压器、互感器等充油电气设备故障喷油引燃电缆；开关及电气设备短路起火引燃电缆；施工、检修的焊渣及可燃物燃烧引燃电缆等。

(2) 电缆本身故障引燃电缆

如电缆头爆炸短路；电缆中间接头爆破；绝缘老化、强度降低、接地短路；质量不好；受腐蚀保护层破坏、绝缘降低；受潮或有气泡使绝缘层击穿短路；电缆安装时曲率半径过小，绝缘受损；小动物等对电缆危害的防范不力，引起电缆短路等。

### 3.油系统的火灾

油设备若因变压器内部故障引起电弧加温，当加热到一定温度后会引燃燃烧。

事故油池会因泄漏而使油品蒸汽与空气混合形成爆炸性混合物，遇火源或雷击等有发生火灾爆炸的可能；油品在管路中输送和在装卸过程中，会因摩擦产生静电放出火花，可引起油品的起火和爆炸。

油系统发生火灾的原因有：

(1) 未严格执行安全操作规程、事故油池、油系统的防火措施和有关明火作业制度。严格控制明火和明火作业是防火、防爆的关键。

(2) 漏油或渗油到保温不良的高温管道或热体上，油蒸汽遇明火引起火灾、爆炸。

(3) 由静电、雷电、撞击、摩擦、电气设备等产生的火花，引起系统着火爆炸。

### 4.爆炸

运行维修期间使用的油漆、汽油、柴油等，焊接用的乙炔钢瓶等，设备使用的润滑油等属于可燃物，以上物品由于管理、使用不当，造成泄露，其蒸汽和空气形成爆炸性混合物，爆炸性混合物在遇到明火、高温、高热等热源，一旦达到其最小点火能，将可能发生爆炸的危险性。

焊接用的氧气钢瓶和乙炔钢瓶应使用检验符合且在允许使用期限内的钢瓶，并且钢瓶安全附件如：安全帽、垫圈等应齐全，否则，钢瓶由于受到撞击、压力过高超过允许使用范围等发生钢瓶爆炸的危险。

另外蓄电池室采用的铅酸蓄电池，其中可能产生氢气，若存在触发条件将可能导致火灾爆炸等危险。

### 3.7.2 山火危险性分析

按照山火高发的季节、时段、天气状况进行排查。山火的发生一般来说主要集中在：

1.冬末春初植被干枯，天气转晴气温上升，且少雨干燥期间。

2.清明前后，集中祭祖扫墓期间。

3.夏秋季连续高温，晴朗干旱时段，例如 5 月-6 月上旬、7 月-8 月期间出现长时间无雨高温天气，山火发生次数明显增多。该时段因植被生长旺盛，往往容易忽视，但山火隐患仍然存在，必须警惕。

4.秋末冬初，天气干燥多风期间。

5.邻近的山地、林地发生山火的几率高。因为村镇流动人员复杂，用火随意性大，防范意识差，而农村零散户用火、烧荒疏于看管，且无人提醒都容易发生山火。

6.人为原因是最大的一个因素，在项目区游玩时玩火、烧山、抽烟、野炊活动等一切带火活动均可能引发山火。

7.电站区域内的电线因短路也可能引起火灾，雷击也可以导致火灾的发生。

因本光伏电站建于野外，周边均为林地和荒草地，山火如不能及时控制，可烧毁光伏电站建筑设备设施，还可能危及运行管理人员的人身安全。

其次，光伏电站线路短路的电气设备火灾因控制不好，也可能蔓延引起山火的发生。

### 3.7.3 电伤害危险性分析

电伤害包括雷电、静电、触电等事故。本项目电气设备很多，若光伏组件、电气线路、用电设备或手持移动式电气设备等因腐蚀，接地或接零损坏、失效，操作不当等，可导致绝缘性能降低或失效，在作业过程中都有可能引起触电伤害。这些问题主要表现为：

1.电气系统产生过电压（包括操作过电压、外部雷电过电压等）引起电力、电气设备绝缘击穿，发生短路故障，引起人员伤亡。

2.电气设备缺相运行或机械设备卡住引起电气设备过载，引起绝缘层击穿短路，造成触电事故。

3.本光伏电站的电缆数量多，串连各个太阳方阵之间。在运行中，设施挤压、人为破坏等导致电绝缘损坏，就会对在站区内活动的人员造成触电伤害。

4.人为误操作、违章操作。未按规定正确使用电工安全工器具（绝缘用具、绝缘垫、遮栏、警示牌等）；带负荷断开隔离刀闸；误操作等将会引起两相或三相弧光短路，造成设备事故和人身伤害等事故。



5.电气维修操作无监护或监护不力意外触及带电体。

6.操作人员与带电电气设备的裸露部分安全距离不足，可造成触电或短路弧光烧伤，造成人员伤亡。

7.防雷装置长时间未进行检测、检修其防雷系统失效，在雷雨季节，设备有受到雷击的危险。

8.雨季进行施工，雷雨天气检查、巡视并在输电线路下停留；不认真执行“两票三制”制度等。维修、维护未挂接地线进行作业感应电导致触电。

9.光伏组件在清理过程中使用硬质和尖锐工具或腐蚀性溶剂及碱性有机溶剂擦拭光伏组件，将清洗水喷射到组件接线盒、电缆桥架、汇流箱等设备。可能导致触电事故。

10.进行组件清洗前，未考察监控记录中是否有电量输出异常的记载，未分析是否可能因漏电引起，未检查组件的连接线和相关元件有无破损、粘连，清洗前未用试电笔对组件的铝框、支架、钢化玻璃表面进行测试，均有可能造成触电事故。

11.配电室、电子设备间、变压器、逆变器、集电线路等电气设备的场所、部位若没有按规定设置安全警示标志，或标志不清晰、不规范、标志选用不当等，均可能会引发触电事故。

12.制度不完善，管理不到位，强制检测用具(验电笔、绝缘杆、绝缘靴等)未定期进行检验或检验不合格而投入使用，对外委作业人员未进行安全培训或制定相关的安全管理制度导致事故发生。作业人员无证上岗

13.光伏组件安装过程未遮挡太阳能电池板，经太阳照射后，可能导致安装工人电伤害。

### 3.7.4 车辆伤害风险分析

车辆伤害危险指车辆在场内、场外道路上行驶中引起撞击、人员坠落、物体挤压等伤害的危险，分析如下：

1.场外交通道路弯多路窄，电站运行值班人员在轮休、换班途中存在交通事故危险。

2.场内道路多急转弯，特别是遇恶劣、极端天气时，在巡视检查、交班等过程中存在交通事故危险。

3.车况不好，刹车失灵。

4.司机素质不高，违章驾驶。

5.司机驾驶技能差。

6.酒后开车。

7.车辆超载。

- 8.车辆超速。
- 9.专职司机的安全文明驾驶教育不到位。
- 10.其它原因。

### 3.7.5 标志缺陷危害性分析

标志缺陷包含有无标志、标志不清晰、标志不规范、标志选用不当、标志位置缺陷和其他标志缺陷。

本项目若存在标志缺陷，则有可能引发人员伤亡等事故。

### 3.7.6 机械伤害危险性分析

机械伤害危险是指由于工作中的机械设备的运动部件及工件等夹击、碰撞、碾压、剪切工作人员身体引起伤害的危险，或由于照明光线暗淡，安全标志不明显，人员磕、碰处于静止状态的机械设备，引致人员身体伤害的危险。

电站涉及主辅机械及机械修理设备种类和数量不多，正常运行时，主要发电设备多为自动操作，主辅机械的转动部分都有防护罩，人员一般不会触及。

### 3.7.7 高处坠落危险因素分析

高处坠落是指在高空坠落造成人员身体伤害的危险。根据本电站各建构筑物，项目在运行过程中发生高处坠落的可能性小。

如综合楼设置直梯，直梯无防护笼或防护笼设置不规范，在检修、维护过程中存在高处坠落危险。

配电一次设备上的检维修作业如防护不当，可能发生高处坠落。

### 3.7.8 有限空间作业危险性分析

在电缆沟、井、逆变器箱内等空间内，可能积成一些树叶、植物、腐殖质等物质，因长期积成发酵等理化变化，而产生沼气（甲烷）等可燃、有害物质。进行巡检、清洗、检修作业时，如因通风不良或操作不当，会造成作业人员的窒息甚至燃烧爆炸等事故。这些空间可能构成有限空间。

### 3.7.9 腐蚀危害因素分析

腐蚀：潮湿环境中的设备支撑、紧固件、支架基础、支架及巡检梯等易锈蚀，影响设备

寿命，也会对环境造成污染危害，增加事故发生的危险。

### 3.7.10 行为性危险和有害因素

在危险因素中，人的不安全行为也是重要的一项因素，主要表现在以下几个方面：

#### 1.指挥错误

由于指挥错误或不按有关规定指挥，造成设备、人员伤害，这主要是基本功不够，心理素质差或感知迟钝、对事故无预见而造成的。

#### 2.操作错误

操作人员在操作过程中误操作、违章操作等，易发生设备损坏、人员伤害等事故。

#### 3.监护失误

操作人员在操作过程中，监护人员的监护不力，甚至判断不正确或监护失误造成事故。该工程各工序中都可能由于人的不安全行为因素而导致介质泄漏、火灾爆炸、窒息、高处坠落等事故发生。行为性危险因素若没有得到及时发现和纠正，极有可能造成范围广、性质严重的安全事故，往往伴有人员的伤亡发生，因此要特别加强员工的安全培训工作。

#### 4.其他行为性危险和有害因素。

### 3.7.11 安全监测系统失效危险性分析

本项目的安全监测设备主要为逆变器监测设备、电气监测设备、火灾报警及视频监控系统监测及环境监测装置等。这些监测主要是自动监测，自动化程度较高，所以若监控系统设计选型有误、系统合理性不够、监测仪器损坏等将造成安全监测系统失效。安全监测系统失效发生时，建设人员和电站运行管理人员不能及时了解和掌握设备的工作状态；不能掌握运行期设备的工作情况；不能了解电站变压器保护装置、配电设备、输送电线路，逆变器输入输出等监测数据，不能掌握光伏电池板运行安全状况，使得整个光伏电站的自动监测和分析预报出现很大偏差，可能会给光伏电站的正常运营带来危害。

### 3.7.12 外力破坏分析

外力破坏是指人们有意或无意造成的光伏电站设备、设施及线路部件的非正常状态，实施的损毁、破坏设备、设施行为，会造成不安全现象或故障。

光伏电站涉及面积广阔，设备、设施众多，输电线路很长，容易受外力破坏。光伏电站外力破坏主要有以下几种方式：

#### 1.以获取个人利益为目的，盗窃设备、设施及线路；

2.以破坏为目的，人为破坏设备、设施；

3.在电站范围内建筑施工等人为活动，破坏设备、设施。

外力破坏对电站的危害为设备、设施损坏造成的经济损失，因设备设施及线路被破坏或被盗造成发电系统故障，人员在实施防盗窃、防破坏过程中，可能受到电伤、坠落伤害、打伤等。

### 3.8 生产作业环境危险、有害因素辨识

本项目可能存在的主要有害因素有噪声、电磁辐射、毒物、粉尘、高低温等。

#### 3.8.1 噪声

该工程的噪声主要来源于三个方面，一是各种机械设备运转、震动、摩擦、碰撞而产生的机械动力噪声；二是电磁噪声，如电气设备因磁场交变和电晕放电所产生噪声；三是其他噪声，包括场内运输车辆、其它车辆、人群活动等引起的噪声。

#### 3.8.2 电磁辐射

该工程生产环境中存在工频电场辐射的主要为电气设备，运行过程中均会产生工频电磁辐射危害。但若将工频电场辐射强度限制到不大于 5kV/m，磁场强度限制到不大于 0.1mT，对人体是不会有影响的。

工作人员主要在中控室内值班、远程操作，对光伏组件、直流汇流箱、逆变器、箱变、分接线箱、变压器、无功补偿装置、配电室以巡检方式为主，接触工频电场的时间较短，对其身体健康影响较小。

#### 3.8.3 非电离辐射

太阳能电池板是由经处理后的单晶硅板和表面玻璃构成。太阳电池组件产品的表面设计要求最大程度地减少对太阳光的反射以利于提高其发电效率，单晶硅板的表面经过相应的处理，表面呈黑色，具有很高的太阳光谱吸收率和很低的反射率，且太阳电池方阵由许多小方块构成，凹凸不平，不是光滑的一整体，太阳电池方阵的反光性较低，基本不反射光线；而表面玻璃则为“打毛”特殊处理后的绒面玻璃，能让大部分的阳光透过，保证照射到单晶硅板上的光线强度，根据查询有关资料，太阳能光伏绒面板玻璃的厚度可在 2.8~10mm 之间，常规厚度为 3.2mm，此时的太阳光透过比 $\geq 91.6\%$ ；因此表面玻璃在强阳光下，产生的光反射将会较小。

### 3.8.4 粉尘

地块已堆灰至最终标高，并已及时覆土还耕并植草护面，基本无扬尘，但灰场内仍有部分地块未完成堆灰，受大风影响光伏组件板面可能存在灰尘和浮尘污染物，导致光伏组件表面积尘，影响发电功率。为保证发电效率，提高光电的转换效率，需定期对电池组件进行清洗。检修期间可能产生较大的扬尘，可能会对附近的区域造成一些影响。在有大量粉尘弥漫于作业场所，会造成视觉不清，影响岗位人员操作；粉尘进入人的眼内，长时间还会影响人的视力，造成眼部疾病；粉尘随着呼吸进入肺部，会导致尘肺病。在有粉尘存在的场所需要岗位人员正确佩戴防护用具或短时间内停止作业，防止粉尘危害。

### 3.8.5 高温、低温

根据《工作场所职业病危害作业分级 第3部分：高温》（GBZ/T 229.3-2010）的规定，在生产劳动过程中，其工作地点平均 WBGT 指数等于或大于 25℃的作业，即为高温作业。因此，高温危害也是本项目的主要有害因素之一。

该区多年平均气温 14.4℃，极端最高气温 33.2℃，极端最低气温-9.2℃。

作业人员存在高温的危害。作业人员在酷暑天气进行室外检修和维护作业时，则可能发生中暑事故。若员工长期在室外高温下从事作业时，会影响到劳动者的体温调节，水盐代谢及循环系统、消化系统、泌尿系统等。当热调节发生障碍时，轻者影响劳动能力，重者可引起别的病变，如中暑。水盐代谢的失衡可导致血液浓缩、尿液浓缩、尿量减少，这样就增加了心脏和肾脏的负担，严重时引起循环衰竭和热痉挛。

根据我国国家标准《低温作业分级》（GB/T14440-1993）的规定，将生产劳动过程中，工作地点平均温度等于或低于 5℃的作业称为低温作业。

低温作业对机体的影响：机体受到寒冷刺激时，可通过神经体液调节产生一系列保护性反应来维持体温的恒定，因此，人体对低温环境具有一定的适应能力，在日常生产过程中是不存在体温极端下降的情况的，除非是在冬季户外作业等较强寒冷环境中，一旦体温出现明显降低或体温过低，便会影响到机体功能。机体受冷致使中心体温下降时，可出现神经兴奋与传导能力减弱，当体温在 32.2℃-35℃范围内时，可见手脚不灵、运动失调、反应减慢及发音困难，认知功能急剧降低，甚至完全抑制，这就导致低温作业劳动者受到机械和事故伤害的可能性大大增加。

## 3.9 特殊作业过程危险有害因素分析

### 3.9.1 临时用电作业危险性分析

该企业在施工或检修过程中会涉及临时用电作业，在此过程中可能因违章操作等原因而引发触电、电气火灾等危险。其引发事故主要原因分析如下：

1. 临时用电线路未设置保护开关，或使用前未检查电气装置和保护设施的可靠性或未接地。
2. 临时用电线路经过有积水等区域时有接头，且未采取相应的保护措施。
3. 临时用电架空线设置不规范，未采用绝缘铜芯线，且未架设在专用电杆或支架上。
4. 用电结束后，未及时拆除临时用电线路。
5. 作业人员未持证上岗，违章作业等其他原因。

### 3.9.2 吊装作业危险性分析

该企业在施工或检修过程中需进行设备安装、检修等需要吊装作业时，在吊装过程中有可能发生起重伤害。其引发事故的主要原因分析如下：

1. 吊装区域内未划定警戒区域，吊装现场未设专人监护、未设置安全警示标志或设置的安全警示标识不符合相关规范要求等。
2. 吊装作业人员无证作业或未设吊运指挥人员，指挥人员站立于起吊区。
3. 进行三级以上或作业特殊情况下进行吊装作业时，未编制吊装作业方案，或编制的吊装方案未进行审批程序。
4. 使用未经检测合格或安全附件缺失的起重设备进行吊装作业以及超限起吊；在利用起重设备进行检修时，可能因起吊负荷不匹配、脱钩或钢丝绳折断、升高限位器、行程开关、刹车装置失效等。
5. 未对吊装作业场所、环境进行充分的危险因素辨识，未经过办证审批或起吊前未对起重吊装机械、吊具等进行安全确认。
6. 吊装前未进行试吊或试吊中发现问题未及时排除而继续吊装。

### 3.9.3 动火作业危险性分析

该企业在施工或检修过程中需进行设备安装、检修等过程常常需要进行电焊、气焊（割）等可能产生火焰、火花和炽热表面的动火作业。动火作业可能造成火灾、中毒、灼烫等危险。

造成事故的主要原因分析如下：

1. 动火作业未设专人监护或监护人员脱岗。
2. 动火作业区未设警戒线，未设安全警示标志，作业现场未配备相应的消防器材或配备的消防器材不满足现场应急需求。
3. 作业前未清除动火现场及周围的易燃物品、助燃物或未采取其他有效的安全防火措施。
4. 动火点周围或其下方的地面有可燃物、空洞、地沟时，未采取清除或封盖等措施。
5. 动火期间，距动火点 30m、15m 范围内分别有可燃或助燃气体、液体排放，或距动火点 10m 范围内及动火点下方有可燃溶剂清洗或喷漆等作业。
6. 使用气焊、气割动火作业时，乙炔或氧气瓶未直立放置等使用不规范。
7. 动火作业完毕后未清理现场，未确认无残留火种后离开。
8. 人员违章作业。

### **3.10 施工期危险有害因素分析**

#### **3.10.1 用电作业存在的潜在危害因素**

施工期用电作业存在触电、无漏电保护、无证操作、设备漏电、电弧光、电焊作业未戴防护用品、一闸多机、线路破损、未采取防护措施、线路绝缘破损、设备供电不符、雷雨天放电等危害因素。

施工现场各种作业的主要动力来源为电。触电事故主要是设备、机械、工具等漏电、电线老化破皮，违章使用电气用具，对在施工现场周围的外电线路不采取防护措施等造成的。工地的供电线路大多属临时线路，基本为架空或明敷设线路，建筑施工工地条件比较恶劣，例如风吹、雨淋、日晒、水溅、沙土等均是不利条件，加之工地上机动车辆的运行和机械设备的使用，极易发生对电气设备或电力线路的撞击和碾压，均易导致电气故障的发生。

在施工现场，如光伏电池板露天摆放，在白天日照的情况下，会自动发电，在输出线路端则存在电压，施工人员安全意识淡薄，无防护措施的情况下搬运、挪动时碰到线路，则会发生触电事故。

#### **3.10.2 易燃易爆物质存在的潜在危害因素**

现场施工中，存在有油漆、汽油、柴油等易燃易爆物品。焊接用的氧气钢瓶、乙炔钢瓶等，易燃易爆物品在遇到明火、静电火花、高温等点火能时有发生火灾爆炸的危险。

### 3.10.3 运输作业存在的危害因素

进场道路和场内道路属于土石路，如在雨天进行运输，因道路湿滑，运输车辆很容易造成打滑而发生事故。

另外大雾天前方道路路况不明，所以也容易引起运输事故。

另外，运输作业还存在无证操作、超载、操作失误、指挥不当等潜在危害因素。

### 3.10.4 施工期特殊作业存在的危害因素

#### 1. 吊装作业存在的危害因素

吊装作业是建设中不可缺少的一项工作，具有技术含量高、吊装结构施工复杂、施工现场复杂、施工任务特殊等特点，稍有疏忽就会导致拆装机械设备倾翻、折臂等重大施工事故发生，直接危及现场作业、道路交通及周围建筑物、人员、车辆、高压线等安全，容易产生严重的经济损失甚至导致人身伤亡事故。

无证操作、吊绳断股、起重、支腿不平衡、起吊弧度过大、交叉作业、吊钩断裂、吊钩未挂牢、操作失误、限位保护器失灵、指挥不当、大风起吊等潜在危害因素。

照明不足、暴雨、雷电等恶劣天气情况下，吊装作业容易发生高处坠落、物体打击等危害。

#### 2. 高处坠落危害

坠落事故在光伏电站施工过程中时有发生，如地基开挖，浇筑脚手架上作业时没有可靠的安全防护措施，或脚手架、操作平台搭建不牢固都有可能发生坠落伤害危险。

#### 3. 临时用电

施工过程接临时用电，未对周围环境进行可燃气体检测分析；各类移动电源及外部自备电源接入电网；动力和照明线路未分路设置；在开头上接引、拆除临时用电线路时，其上级开关未断电上锁及加挂安全警示标志；临时用电未设置保护开关，使用前未检查电气装置和保护设施的可靠性。所有的临时用电未设置接地保护；临时用电设备和线路未按供电电压等级和容量正确使用；临时用电结束后，用电单位未及时通知供电单位拆除临时用电线路。

以上原因均可能造成触电伤亡事故、电气火灾事故等。

#### 4. 动火作业

（1）在爆炸危险区动火时，未按相应管理制度办理动火票。

（2）动火作业未设置专人监火，动火作业前未清除动火现场的易燃品，未采取有效的防火措施，未配置足够的消防器材。



(3) 进行有限空间检维修作业时，未办理有限空间作业许可，未清洗、置换，未采样分析合格进行动火作业。

(4) 违反作业规程盲目动火、收工后留有火种、无现场监理人员在现场时动火。

(5) 动火作业完毕，动火人、监火人未清理现场，监火人未确认现场无残留火种后离开。

### 3.10.5 机械伤害

施工过程需要使用到很多机械，如混凝土搅拌机、起重机、切割机等机械，如违规操作或没有安全防护措施都可能造成人员伤亡事故。

### 3.10.6 施工期火灾潜在危害因素

施工单位消防安全意识淡薄，对必备的消防器材投入不足，灭火器配置数量不足、选型不当、保养不善。有的施工工地基本不配备灭火器材，同时对所雇佣临时工人消防安全知识及灭火培训不到位。

根据现场查看情况，场区内多为杂草。极易发生火灾，山火的燃烧速度快，燃烧范围广，灭火救援较困难，且电站占地面积大，则必然对光伏组件造成火灾影响和损坏，光伏组件受损的可能性大。

光伏场区外周边活动人员如恶意纵火也会造成光伏场区火灾。

临时建筑物布局与耐火等级不符合消防规范要求，以三、四级耐火等级简易结构的建筑物为主，一旦发生火灾，容易造成较严重的后果。

现场电气电路敷设不规范，私拉乱接现象严重，有裸露的线头直接插到插座上，有的甚至将铜丝、铁丝代替保险丝，长时间过负荷运行，有的将配电装置直接安装在可燃木制构件上，这些做法都极易引发火灾。

临时用气动火现象突出，用火用电管理不到位。施工人员大多在宿舍内使用液化气做饭，液化气瓶乱摆乱放。有些施工现场的木工制作间工人吸烟，随时都有发生火灾的危险。

动火作业的现场管理混乱。存在电焊、焊接人员无证上岗情况，不能按照安全规程进行焊接、切割作业。作业现场未派现场监护人、可燃物未清理或防火保护、灭火器配置等准备工作不到位，经常在没有落实防范措施的情况下就盲目作业。

建筑装修施工过程中，作业分区混乱，施工现场大量的可燃物及易燃可燃的装修材料存放不到位，有些工地竟然将明火作业区、易燃、可燃材料堆放场地以及危险物品库房相互混用，一旦发生火灾，后果不堪设想。

### 3.10.7 低温对施工的影响

1. 冬季室外空气中水分增多，容易导致系统阻抗变低。
2. 线缆和接头处出现磨损裸露，导致逆变器 PV 绝缘故障。
3. 线缆和接头处出现浸雪、磨损，容易导致逆变器泄漏电流。
4. 光伏组件的材料中，像玻璃、铝边框、电池片等无机材料，对温度的依赖性较小；组件材料中的封装材料、背板接线盒等有机材料，受温度影响较大，长期处在低温条件下，可能对部分设施造成伤害。
5. 低温条件下进行施工，可能导致人员冻伤。
6. 水泥砂浆会在负温下冻结，停止水化作用，失去结力解冻后，砂浆的强度虽仍可继续增长，但其最终强度将显著降低，若低温条件下进行施工，工程质量可能得不到保障，降低混凝土工程的使用寿命。

### 3.11 调试期危险有害因素分析

调试期间危险有害因素有：人员触电、机械伤害、高处坠落，主要原因分别如下：

1. 由于调试期间交叉作业频繁，管理和防护措施不到位；
2. 安全警示标志不完善或无标志标识；
3. 临时电源管理混乱；
4. 调试措施不完善；
5. 工序交接不清或不到位。

### 3.12 安全管理危险有害因素分析

建设单位组织机构和安全管理机构设置不合理，人员数量或素质的配备不能满足工作需要等，都可能因管理不健全而造成混乱，埋下事故隐患。

安全责任制不落实、相关管理制度不完善，会因职责不清、管理工作无章可循，造成安全管理混乱，使各项安全管理工作不能得到有效的落实，安全管理工作失控而造成事故隐患。

未编制安全操作规程或操作规程编制不完善，易因违章操作、误操作等引发事故。

未进行相应的安全教育培训，会造成员工安全知识不足、安全意识淡薄、操作技能低下等，从而引发事故的发生。

安全投入不足，可能会造成安全设施缺失或安全设施失效后不能及时得到修复、个体防护设施和装备配置不足等，从而导致事故的发生。

事故应急管理缺失，未编制事故应急预案和处置方案、未对员工进行应急知识和技能的

培训、应急救援物资配备不足等，在发生事故时不能及时有效地组织事故应急救援，而使事故扩大。

### 3.13 主要危险、有害因素及存在的部位

本项目主要危险、有害因素及分布汇总情况见表 3-1。

表 3-1 主要危险、有害因素及分布汇总表

| 检查目标      | 危险、有害因素  | 存在的部位与作业场所                        |
|-----------|----------|-----------------------------------|
| 建筑物       | 地震       | 整个项目区                             |
|           | 边坡坍塌、滑塌  | 太阳能方阵边坡、升压站边坡、场内道路边坡              |
|           | 岩溶塌陷     | 太阳能方阵基础、升压站建筑物和设备基础               |
|           | 泥石流灾害    | 光伏方阵                              |
|           | 地基沉降     | 太阳能方阵基础、升压站基础                     |
|           | 滑坡       | 光伏方阵                              |
| 生产过程、作业场所 | 电伤害      | 运行检修、变压器、厂用电及照明盘柜、接地设施等，临时用电时     |
|           | 火灾       | 太阳能电池组件、逆变器、变压器、蓄电池、配电设备、山火、检修过程中 |
|           | 爆炸       | 变压器、互感器、检修过程中的油品和气瓶               |
|           | 孤岛效应     | 太阳光伏电池组件                          |
|           | 热斑效应     | 太阳光伏电池组件                          |
|           | 物体打击     | 升压站检修作业场所、检修中高速旋转的机械等             |
|           | 高处坠落     | 升压站                               |
|           | 机械伤害     | 检修机械                              |
|           | 噪声       | 检修过程中、运行过程中的变压器、电动机等              |
|           | 电磁辐射     | 升压站、高压输电线下运行检修作业等                 |
|           | 毒物       | 蓄电池室、断路器旁                         |
|           | 粉尘       | 检修过程中                             |
|           | 高、低温     | 升压站、检修和维护作业时                      |
|           | 车辆伤害     | 场内道路、进厂道路                         |
|           | 标志缺陷     | 整个站区                              |
|           | 安全监测系统失效 | 变压器保护装置、电气监测设备，逆变器监测装置及环境监测装置等    |
|           | 恶意代码     | 电气二次计算机系统                         |

### 3.14 重大危险源辨识与分析

#### 1、方法介绍

根据国标《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）的有关规定，危险化学品指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质，对人体、环境具有危害的剧毒化学品和其它化学品。

危险化学品重大危险源指长期地或临时地生产、储存、使用或经营危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元；临界量是指对于某种或某类危险化学品构成重大危

险源所规定的最小数量，若单元中的危险化学品数量等于或超过该数量，则该单元定为重大危险源。

危险化学品重大危险源的辨识依据是危险化学品的危险特性及其数量。单元内存在危险化学品的数量等于或超过规定的临界量，即被定为重大危险源。单元内存在的危险化学品的数量根据处理危险化学品种类的多少区分为以下两种情况：

①生产单元、储存单元内存在的危险化学品为单一品种，则该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源；

②生产单元、储存单元内存在的危险化学品为多品种时，则按下式计算，若满足，则定为重大危险源。

$$S=q_1/Q_1+q_2/Q_2+\cdots+q_n/Q_n\geq 1$$

式中：

S——辨识指标；

式中： $q_1, q_2, \dots, q_n$ ——每种危险化学品实际存在量，单位为吨（t）；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ——与各危险化学品相对应的临界量，单位为吨（t）；

对照国标《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）中关于危险化学品重大危险源的辨识依据，对项目生产工艺过程中的物料及设备进行辨识：

## 2、重大危险源辨识

本项目运行或检修过程中使用的油料、乙炔等物料使用量小于规范界定的临界量，不构成现行规范界定的危险化学品重大危险源；生产运行期不存在现行规范界定的危险化学品重大危险源。

综上所述：本项目不存在重大危险源。

## 第 4 章 建设项目安全生产条件分析

### 4.1 建设项目与国家和当地政府产业政策与布局符合性分析

#### 4.1.1 符合国家能源产业发展战略

太阳能资源是清洁的可再生能源，太阳能发电是新能源领域中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。我国太阳能资源较为丰富，发展太阳能对于应对缓解能源、环境的压力，促进国民经济社会可持续发展有重要意义，也是我国作为一个负责任的发展中国家应对气候变化，实现对世界关于提高非化石能源消费比例和减少 CO<sub>2</sub> 排放量庄严承诺的有效措施。

开发新能源是我国能源发展战略的重要组成部分，国家对此十分重视，《国家计委、科技部关于进一步支持可再生资源发展有关问题的通知》（计基础[1999]44 号）、国家经贸委 1999 年 11 月 25 日发布的《关于优化电力资源配置，促进公开公平调度的若干意见》和 1998 年 1 月 1 日起施行的《中华人民共和国节约能源法》都明确鼓励新能源发电和节能项目的发展。光伏电站的建设符合我国能源发展战略，对加快云南省新能源建设具有积极重要的意义。

#### 4.1.2 开发太阳能受到国家政策扶持和法律保障

2005 年 2 月 28 日通过，2006 年 1 月 1 日起正式实施的《中华人民共和国可再生能源法》为我国太阳能今后的发展提供了法律保证。2009 年 12 月 26 日，十一届全国人大常委会第十二次会议表决通过了《中华人民共和国可再生能源法修正案》，修正案自 2010 年 4 月 1 日起施行。该法规定，“可再生能源发电项目的上网电价，由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定”，“电网企业为收购可再生能源电量而支付的合理入网费用以及其它合理的相关费用，可以计入电网企业输电成本，并从销售电价中回收”和“电网企业依照本法第十九条规定确定的上网电价收购可再生能源电量所发生的费用，高于按照常规能源发电平均上网电价计算所发生费用之间的差额，由在全国范围对销售电量征收可再生能源电价附加补偿”。国家将新能源特许权项目中的特殊之处用法律条文加以规定，将今后新能源的发展纳入法制的框架，为新能源发展提供了强有力的支持。

### 4.1.3 场址地区具有太阳能的资源优势

本项目位于云南省曲靖市沾益区境内，沾益区属于云南省太阳能资源可开发区，根据《太阳能资源等级总辐射》（GB/T31155）判定其太阳能资源属于很丰富区，等级为 B 级，其资源具备开发条件。

太阳能是最清洁、安全的可再生能源，不产生任何污染。太阳能光伏发电作为太阳能资源利用方式，其相关的技术已基本成熟。随着太阳能电池制造成本的下降，太阳能光伏发电将会得到广泛的利用，并在未来社会新能源的发展中起到重要作用。

### 4.1.4 促进当地社会经济的发展

在工程建设期间，对沾益区的建筑材料、小型机械和日常生活用品的需求将增加，同时当地的劳动力资源可得到大量利用，增加个人收入和地方政府税收，由此可以促进当地的消费水平，随着建设展开，人流、物流、资金流的进入，将拉动地方区域经济发展。光伏电站的建设对促进经济发展，改善当地居民生活水平具有积极意义。

### 4.1.5 调整能源结构的需要

能源是经济发展的物质基础，为保证国民经济的可持续发展，必须有可持续供应的能源作为支撑。我国能源结构是以煤为主，这对国家经济发展带来的能源安全和环境问题已日益突出。从能源安全、减少污染、改善生态环境和立足于本国资源等方面来考虑，我国开发利用安全、可靠的清洁能源，并提高其在能源结构中的比重，将是实现经济社会可持续发展的重要保证。

云南电网水电与光伏发电具有较好的天然互补特性，雨季水电出力大、光伏发电能力小，旱季光伏发电能力大、水电出力降低。云南电网及其电源独特的结构特征，为光伏电站并网接入创造了良好的条件。

### 4.1.6 分析结论

综上所述，本项目满足当地经济发展的需要，社会效益和环境效益显著。建设该光伏电站可以得到国家激励政策和措施的保证，对充分利用沾益区的太阳能资源，开辟新能源是十分必要的。

## 4.2 建设项目场址选择及总平面布置合规性分析

### 4.2.1 场址及总平面布置分析

依据《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）、《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）的相关内容进行检查。检查结果见表 4-1、表 4-2。

表 4-1 场址选择安全检查表

| 序号 | 检查项目和内容                                                                 | 检查依据                                  | 检查记录                                                                          | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 一  | 基本规定                                                                    |                                       |                                                                               |     |
| 1  | 厂址选择应符合国家的工业布局、总体规划及土地利用总体规划的要求。                                        | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.1 条  | 光伏电站场址在总体规划基础上选择；场址占用地为曲靖电厂贮灰场。                                               | 符合  |
| 2  | 配套和服务工业企业的居住区、交通运输、动力公用设施、废料场及环境保护工程、施工基地等用地 应与厂区用地同时选择。                | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.2 条  | 光伏电站建设了升压站、综合楼等设施，各项配套设施完善可靠。                                                 | 符合  |
| 3  | 厂址应具有满足生产、生活及发展所必需的水源和电源。水源和电源与厂址之间的管线连接应尽量短捷，且用水、用电量特别大的工业企业宜靠近水源及电源地。 | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.6 条  | 光伏电站用水取自电厂就近供水管网，升压站由曲靖电厂内供水管网供水，满足生产、生活所需要的水源。升压站用电取自曲靖电厂一期 380V 公用 01、02 段。 | 符合  |
| 4  | 厂址应具有满足建设工程需要的工程地质条件和水文地质条件。                                            | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.8 条  | 区域地质资料表明，场地内未发现存在制约光伏电站建设的重大工程地质问题，具备建设光伏电站的场地条件。                             | 符合  |
| 5  | 厂址应满足适宜的地形坡度 尽量避开自然地形复杂、自然坡度大的地段，应避免将盆地、积水洼地作为厂址。                       | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.10 条 | 光伏电站场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小。                                                   | 符合  |
| 6  | 山区建厂，当厂址位于山坡或山脚处时，应采取防止山洪、泥石流等自然灾害的危害的加固措施，应对山坡的稳定性等作出地质灾害的危险性评估报告。     | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.13 条 | 本光伏电站位于曲靖电厂的贮灰场，不受山洪、泥石流等自然灾害的影响。                                             | 符合  |
| 7  | 下列地段和地区不应选为厂址：<br>1 发震断层和抗震设防烈度为 9 度及高于 9 度的地震区；<br>2.有泥石流、滑坡、流沙、溶      | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 3.0.14 条 | 场地内光伏电池板等重要构筑物位置设在贮灰场，升压站设在曲靖电厂正大门西侧，地震烈度Ⅶ度，地震分组属第三组，区域构造稳定性好。场地内未发现存在制约      | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 检查依据                                 | 检查记录                                      | 符合性 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----|
|    | 洞等直接危害的地段；<br>3 采矿陷落错动区地表界限内；<br>4 爆破危险界限内；<br>5 坝或堤决溃后可能淹没的地区；<br>6 有严重放射性物质污染影响区；<br>7 生活居住区、文教区、水源保护区、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区和其它需要特别保护的区域；<br>8 对飞机起落、电台通讯、电视转播、雷达导航和重要的天文、气象、地震观察以及军事设施等规定有影响的范围内；<br>9 很严重的自重湿陷性黄土地段 厚度大的新近堆积黄土地段和高压缩性的饱和黄土地段等地质条件恶劣地段；<br>10 具有开采价值的矿藏区；<br>11 受海啸或潮涌危害的地区。 |                                      | 光伏电站建设的重大工程地质问题，具备建设光伏电站的场地条件。            |     |
| 8  | 大型建筑物、构筑物、重型设备和生产装置等，应布置在土质均匀、地基承载力较大的地段，对较大、较深的地下建筑物、构筑物，宜布置在地下水位较低的填方地段。                                                                                                                                                                                                                        | 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）第 5.2.1 条 | 光伏电池板、主变压器等大型建筑物和设备布置在地质条件较好部位。           | 符合  |
| 9  | 光伏发电站设计在满足安全性和可靠性的同时，应优先采用新技术、新工艺、新设备、新材料。                                                                                                                                                                                                                                                        | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 3.0.2 条   | 本项目选用的都是国家标准的设备和技术。                       | 符合  |
| 10 | 光伏发电站的系统配置应保证输出电力的电能质量符合国家现行相关标准的规定。                                                                                                                                                                                                                                                              | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 3.0.4 条   | 在电站安装了无功补偿装置来保证电能的质量。                     | 符合  |
| 11 | 接入公用电网的光伏发电站应安装经当地质量技术监督机构认可的电能计量装置，并经校验合格后投入使用。                                                                                                                                                                                                                                                  | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 3.0.5 条   | 220kV 升压站主变压器低压侧采用 0.5S 级三线四线多功能电能表，单表配置。 | 符合  |
| 12 | 光伏发电站设计时应对应站址及其周围区域的工程地质情况进行勘探和调查，查明站址                                                                                                                                                                                                                                                            | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 3.0.8 条   | 已进行了地质勘察。                                 | 符合  |



| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                | 检查依据                              | 检查记录                                                                                        | 符合性 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 的地形地貌特征、结构和主要地层的分布及物理力学性质、地下水条件等。                                                                                                                      |                                   |                                                                                             |     |
| 13 | 光伏电站中的所有设备和部件,应符合国家现行相关标准的规定,主要设备应通过国家批准的认证机构的产品认证。                                                                                                    | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 3.0.9 条 | 该电站的拟选定的合格的设备及部件。                                                                           | 符合  |
| 二  | 站址选择                                                                                                                                                   |                                   |                                                                                             |     |
| 1  | 光伏电站的站址选择应根据国家可再生能源中长期发展规划、地区自然条件、太阳能资源、交通运输、接入电网、地区经济发展规划、其他设施等因素全面考虑;在选址工作中,应从全局出发,正确处理与相邻农业、林业、牧业、渔业、工矿企业、城市规划、国防设施和人民生活等各方面的关系。                    | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.1 条 | 本项目的站址选用曲靖电厂贮灰场。光伏区周边有当地村民的林地,光伏区拟设置围栏。                                                     | 符合  |
| 2  | 光伏电站选址时,应结合电网结构、电力负荷、交通、运输、环境保护要求,出线走廊、地质、地震、地形、水文、气象、占地拆迁、施工以及周围工矿企业对电站的影响等条件,拟订初步方案,通过全面的技术经济比较和经济效益分析,提出论证和评价。当有多个候选站址时,应提出推荐站址的排序。                 | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.2 条 | 项目根据建设项目的必要性、建设任务、电力规划,交通运输和环境等方面进行了综合分析,提出了选址方案。本项目设计无候选站。                                 | 符合  |
| 3  | 光伏电站防洪设计应符合下列要求:<br>1 按不同规划容量,光伏电站的防洪等级和防洪标准应符合表 4.0.3 的规定。对于站内地面低于上述高水位的区域,应有防洪措施。防排洪措施宜在首期工程中按规划容量统一规划,分期实施。<br>2.位于海滨的光伏电站设置防洪堤(或防浪堤)时,其堤顶标高应依据本规范表 | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.3 条 | 本项目为山区光伏电站。场区位于灰场区域,排水条件较好。光伏场区及支架基础洪水设计标准重现期按 30 年一遇的标准设计,根据地形及设计原则,大多数支架基础都避开集水部位,不受洪水威胁。 | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 检查依据                              | 检查记录                                 | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----|
|    | <p>4.0.3 中防洪标准（重现期）的要求，应按照重现期为 50 年波列累计频率 1% 的浪爬高加上 0.5m 的安全超高确定。</p> <p>3.位于江、河、湖旁的光伏发电站设置防洪堤时，其堤顶标高应按本规范表 4.0.3 中防洪标准（重现期）的要求，加 0.5m 的安全超高确定；当受风、浪、潮影响较大时，尚应再加重现期为 50 年的浪爬高。</p> <p>4.在以内涝为主的地区建站并设置防洪堤时，其堤顶标高应按 50 年一遇的设计内涝水位加 0.5m 的安全超高确定；难以确定时，可采用历史最高内涝水位加 0.5m 的安全超高确定。如有排涝设施时，则应按设计内涝水位加 0.5m 的安全超高确定。</p> <p>5.对位于山区的光伏发电站，应设防山洪和排山洪的措施，防排设施应按频率为 2% 的山洪设计。</p> <p>6.当站区不设防洪堤时，站区设备基础顶标高和建筑物室外地坪标高不应低于本规范表 4.0.3 中防洪标准(重现期)或 50 年一遇最高内涝水位的要求。</p> |                                   |                                      |     |
| 4  | 地面光伏电站站址宜选择在地势平坦的地区或北高南低的坡度地区。坡屋面光伏电站的建筑主要朝向宜为南或接近南向，宜避开周边障碍物对光伏组件的遮挡。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 4.0.4 条 | 灰场场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，有利于光伏电站的建设。 | 符合  |
| 5  | 选择站址时，应避开空气经常受悬浮物严重污染的地区。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 4.0.5 条 | 现阶段附近主要为林地，周边无其他工矿企业。不属于严重污染地区。      | 符合  |
| 6  | 选择站址时，应避开危岩、泥石流、岩溶发育、滑坡的地段一和发震断裂地带等地质灾                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 4.0.6 条 | 场地 10km 范围内无发震断裂通过。                  | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                 | 检查依据                               | 检查记录                                            | 符合性 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|
|    | 害易发区。                                                                                                   |                                    |                                                 |     |
| 7  | 当站址选择在采空区及其影响范围内时,应进行地质灾害危险性评估,综合评价地质灾害危险性的程度,提出建设站址适宜性的评价意见,并应采取相应的防范措施。                               | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.7 条  | 本项目周边无采矿场,不存在采空区。                               | 符合  |
| 8  | 光伏电站宜建在地震烈度为 9 度及以下地区。在地震烈度为 9 度以上地区建站时,应进行地震安全性评价。                                                     | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.8 条  | 项目所在区的地震烈度为Ⅶ度。                                  | 符合  |
| 9  | 光伏电站站址应避让重点保护的文化遗产,不应设在有开采价值的露天矿藏或地下浅层矿区上。<br>站址地下深层压有文物、矿藏,除应取得文物、矿藏有关部门同意的文件外,还应对站址在文物和矿藏开挖后的安全性进行评估。 | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.9 条  | 本项目所在地为曲靖电厂贮灰场。                                 | 符合  |
| 10 | 光伏电站站址选择应利用非可耕地和劣地,不应破坏原有水系,做好植被保护,减少土石方开挖量,并应节约用地,减少房屋拆迁和人口迁移。                                         | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.10 条 | 场址为曲靖电厂贮灰场。                                     | 符合  |
| 11 | 光伏电站站址选择应考虑电站达到规划容量时接入电力系统的出线走廊。                                                                        | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 4.0.11 条 | 《可行性研究报告》已对接入系统做了经济技术比较确定。(最终以接入系统报告及电网公司批复为准)。 | 符合  |

表 4-2 总平面布置安全检查表

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                         | 检查依据                                 | 检查记录                                                                                 | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | 总平面布置,应在总体规划的基础上,根据工业企业的性质、规模、生产流程、交通运输、环境保护,以及防火、安全、卫生、节能、施工、检修、厂区发展等要求,结合场地自然条件,经技术经济比较后择优确定。 | 《工业企业总平面设计规范》(GB50187-2012)第 5.1.1 条 | 本项目总平面布置根据项目性质、规模、生产流程、交通运输、环境保护,以及防火、安全、卫生、节能、施工、检修、厂区发展等要求,结合场地自然条件,经技术经济比较后择优确定的。 | 符合  |
| 2  | 总平面布置应采取防止高温、有害气体、烟、雾、粉尘、强烈振动和高噪声对周围环境                                                          | 《工业企业总平面设计规范》(GB50187-2012)第         | 总平面布置对周围环境有和人身安全的危害的安全保障措施,符合现行国家有关工业企业卫生设                                           | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                   | 检查依据                                    | 检查记录                                                                                                         | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 和人身安全的危害的安全保障措施,并应符合现行国家有关工业企业卫生设计标准的规定。                                                                                                  | 5.1.7 条                                 | 计标准的规定。                                                                                                      |     |
| 3  | 变电站总平面布置应按最终规模进行规划设计,根据系统负荷发展要求,不宜堵死扩建的可能,并使站区平面布置尽量规整。                                                                                   | 《变电站总布置设计技术规程》(DL/T5056-2007) 第 5.1.1 条 | 本项目的额定容量为 50MW, 配套建设 220kV 升压站 1 座, 升压站内布置综合楼和消防小间。                                                          | 符合  |
| 4  | 光伏发电站的站区总平面应根据发电站的生产、施工和生活需要,结合站址及其附近地区的自然条件和建设规划进行布置,应对站区供排水设施、交通运输、出线走廊等进行研究,立足近期,远近结合,统筹规划。                                            | 《光伏发电站设计规范》(GB50797-2012) 第 7.1.1 条     | 本项目的站区总平面布置是按自然条件和规划进行了布置。对站区的供排水、交通运输、出线等进行了统筹规划布置。                                                         | 符合  |
| 5  | 光伏发电站的站区总平面布置应贯彻节约用地的原则,通过优化,控制全站生产用地、生活区用地和施工用地的面积;用地范围应根据建设和施工的需要按规划容量确定,宜分期、分批征用和租用。                                                   | 《光伏发电站设计规范》(GB50797-2012) 第 7.1.2 条     | 本项目用地为曲靖电厂贮灰场。                                                                                               | 符合  |
| 6  | 光伏发电站的站区总平面设计应包括下列内容:<br>1 光伏方阵。<br>2 升压站(或开关站)。<br>3 站内集电线路。<br>4 就地逆变升压站。<br>5 站内道路。<br>6 其他防护功能设施(防洪、防雷、防火)。                           | 《光伏发电站设计规范》(GB50797-2012) 第 7.1.3 条     | 根据项目布置情况,该光伏电站对光伏方阵、升压站、集电线路、箱变器基础、站内道路、防洪、防雷、防火都进行了设计。光伏阵列位于灰场平坦区域支架正朝南布置,位于灰场坝基外侧坡面支架沿坡面成 40 度左右方位角朝向东南布置。 | 符合  |
| 7  | 光伏发电站的站区总平面布置应符合下列要求:<br>1 交通运输方便。<br>2 协调好站内与站外、生产与生活、生产与施工之间的关系。<br>3 与城镇或工业区规划相协调。<br>4 方便施工,有利扩建。<br>5 合理利用地形、地质条件。<br>6 减少场地的土石方工程量。 | 《光伏发电站设计规范》(GB50797-2012) 第 7.1.4 条     | 220kV 升压站位于曲靖电厂大门西面。考虑到了交通运输,与外界的关系,合理的利用了地形和减少工程造价等条件。                                                      | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 检查依据                               | 检查记录                                                                                                                               | 符合性 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 7 降低工程造价，减少运行费用，提高经济效益。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                                                                                                                    |     |
| 8  | <p>光伏发电站的站区总平面布置还应符合下列要求：</p> <p>1 站内建筑物应结合日照方位进行布置，合理紧凑；辅助、附属建筑 and 行政管理建筑宜采用联合布置。</p> <p>2 因地制宜地进行绿化规划，利用空闲场地植树种草，绿地率应满足当地规划部门的绿化要求。</p> <p>3 升压站（或开关站）及站内建筑物的选址应根据光伏方阵的布置、接入系统的方案、地形、地质、交通、生产、生活和安全等要素确定。</p> <p>4 站内集电线路的布置应根据光伏方阵的布置、升压站（或开关站）的位置及单回集电线路的输送距离、输送容量、安全距离等确定。</p> <p>5 站内道路应能满足设备运输、安装和运行维护的要求，并保留可进行大修与吊装的作业面。</p> | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.1.5 条 | 总平面布置包括：太阳能电池方阵区域、升压站区域、连接各方阵的道路和电缆通道。                                                                                             | 符合  |
| 9  | 大、中型地面光伏电站站区可设两个出入口，其位置应使站内外联系方便。站区主要出入口处主干道行车部分的宽度宜与相衔接的进站道路一致，宜采用 6m；次干道（环形道路）宽度宜采用 4m。通向建筑物出入口处的人行引道的宽度宜与门宽相适应。                                                                                                                                                                                                                     | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.1.6 条 | 该光伏电站为大型地面光伏电站，光伏厂区与升压站分开布置光伏场区内新建检修道路为 3.5m 宽，路肩宽度为 0.50m。满足设备及施工运输需要。升压站检修道路路面设计宽度均为采用 4.5m，转弯半径为 9m，道路设计荷载等级按汽—20 考虑，采用水泥混凝土路面。 | 符合  |
| 10 | 地面光伏电站的主要进站道路应与通向城镇的现有公路连接，其连接宜短捷且方便行车，宜避免与铁路线交叉。应根据生产、生活和消防的需要，在站区内各建筑物之间设置行车道路、消防车通道和人行道。站内主要道路可采用泥结碎石路面、混凝土路面或沥                                                                                                                                                                                                                     | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.1.7 条 | 该电站的进站道路利用已有的乡村道路进出，没有与铁路线交叉的情况。                                                                                                   | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 检查依据                               | 检查记录                                                      | 符合性 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|
|    | 青路面。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                                           |     |
| 11 | <p>光伏发电站站区的竖向布置，应根据生产要求、工程地质、水文气象条件、场地标高等因素确定，并应符合下列要求：</p> <p>1、在不设大堤或围堤的站区，升压站（或开关站）区域的室外地坪设计标高应高于设计高水位 0.5m。</p> <p>2、所有建筑物、构筑物及道路等标高的确定，应满足生产使用方便。地上、地下设施中的基础、管线，管架、管沟、隧道及地下室等的标高和布置，应统一安排，合理交叉，维修、扩建便利，排水畅通。</p> <p>3、应减少工程土石方工程量，降低基础处理和场地平整费用，使填方量和挖方量接近平衡。在填、挖方量无法达到平衡时，应落实取土或弃土地点。</p> <p>4、站区场地的最小坡度及坡向以能较快排除地面水为原则，应与建筑物、道路及场地的雨水害井、雨水口的设置相适应，并按当地降雨量和场地土质条件等因素确定。</p> <p>5 地处山坡地区光伏发电站的竖向布置，应在满足工艺要求的前提下，合理利用地形，节省土石方量并确保边坡稳定。</p> | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.1.8 条 | 从光伏发电的工艺流程对场地的要求来看，本项目场地条件简单，利用现有灰场进行建设，对太阳能电池组件的布置无较大影响。 | 符合  |
| 12 | <p>站区场地排水系统应根据地形、工程地质、地下水位等因素进行设计，并应符合下列要求：</p> <p>1、场地的排水系统应按规划容量进行设计，并使每期工程排水畅通。</p> <p>2、室外沟道高于设计地坪标高时，应有过水措施，或在沟道的两侧设排水设施。</p> <p>3、对建在山区或丘陵地区的光伏发电站，在站区边界处应</p>                                                                                                                                                                                                                                                                           | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.1.9 条 | 站区场地位于灰场区域，排水条件较好。                                        | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                | 检查依据                               | 检查记录                                                                                                       | 符合性 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 有防止山洪流入站区的设施。                                                                                                                                          |                                    |                                                                                                            |     |
| 13 | 光伏方阵应根据站区地形、设备特点和施工条件等因素合理布置。大、中型地面光伏电站的光伏方阵宜采用单元模块化的布置方式。                                                                                             | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.2.1 条 | 本项目采用单元模块化布置。                                                                                              | 符合  |
| 14 | 地面光伏电站的光伏方阵布置应满足下列要求：<br>1、固定式布置的光伏方阵、光伏组件安装方位角宜采用正南方向。<br>2、光伏方阵各排、列的布置间距应保证每天 9:00-15:00（当地真太阳时）时段内前、后、左、右互不遮挡。<br>3、光伏方阵内光伏组件串的最低点距地面的距离不宜低于 300mm。 | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.2.2 条 | 本项目拟采用容量为 570Wp 的单晶硅光伏组件，采用固定倾角运行方式，光伏阵列面倾角采用 21°。光伏支架由 28 块单晶硅光伏组件按 2（行）×14（列）的布置方式组成一个支架单元，最低端离地距离 1.5m。 | 符合  |
| 15 | 光伏电站宜设置安全防护设施，该设施宜包括：入侵报警系统、视频安防系统和出入口控制系统等，并能相互联动。                                                                                                    | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 7.3.1 条 | 本项目设置了视频安防系统、火灾报警系统等安防设施。                                                                                  | 符合  |

#### 4.2.2 检查结果

本项目场址地形开阔连续，整体较为平整，场地起伏较小，区内主要生长着杂草，无较大的植被发育。场址地形规整，地貌相对单一。场地 10km 范围内无发震断裂通过。光伏场地周边设 1.8m 高钢丝网围栏与周边隔开。

工程总平面布置与周边环境、建（构）筑物等之间的安全距离符合有关规程、规范要求，相互影响较小。

综上所述，本项目场址的选择和工程总平面布置符合有关规定。

### 4.3 建设项目对法律法规予以保护区域的影响

通过对照可行性研究报告及现场实地检查，本项目与相关场所、区域的距离符合要求。具体见表 4-3。

表 4-3 项目与相关场所、区域的安全距离安全检查表

| 项目 | 建设项目与周边距离 | 符合性 |
|----|-----------|-----|
|----|-----------|-----|

| 项目                                 | 建设项目与周边距离                                                                                 | 符合性 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1、居民区、商业中心、公园等人口密集区域。              | 项目站址位于云贵高原中东部高中山地带，项目周边存在林地、灰坝坡面 6MWp 分布式光伏区等，通过安全设施的完善设计，能保证安全运行。详细情况见报告 3.3 周边环境影响分析内容。 | 符合  |
| 2、学校、医院、影剧院、体育场（馆）等公共设施。           | 无学校、医院、影剧院、体育场（馆）等公共设施，本光伏电站为清洁能源，对周边的影响不大。                                               | 符合  |
| 3、供水水源、水厂及水源保护区。                   | 本项目无生产污水排放。                                                                               | 符合  |
| 4、车站、码头、机场以及公路、铁路、水路交通干线、地铁风亭及出入口。 | 无码头、机场以及水路交通干线、地铁风亭及出入口。                                                                  | 符合  |
| 5、基本农田保护区、畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地。 | 周边不属于畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地。                                                             | 符合  |
| 6、河流、湖泊、风景名胜和自然保护区。                | 光伏电站周边不涉及自然保护区、集中式饮用水源保护区、风景名胜区等环境敏感因素。                                                   | 符合  |
| 7、军事禁地、军事管理区。                      | 周边无军事禁地、军事管理区。                                                                            | 符合  |
| 8、法律、行政法规规定予以保护的其它区域。              | 无法律、行政法规规定予以保护的其它区域。                                                                      | 符合  |

本项目与相关场所、区域的安全距离符合要求，建设项目符合现行的相关政策。

## 4.4 建设项目与周边环境的相互影响分析

### 4.4.1 建设项目对周边环境的影响

拟建项目周边无其他的工业设施，安全距离满足要求。

建设范围为曲靖电厂贮灰场，不涉及村庄、人口、房屋等。场址永久占地不涉及基本农田保护区、国家一级公益林地等敏感对象，场址内无自然保护区、风景名胜区等敏感因素分布，不良物理地质现象不发育。

拟建工程建设对当地地质环境的影响主要是改变地表形态，对地质环境的破坏和影响较小。

拟建场区远离市区。建设区及周围未发现有地质和文物保护遗迹，也未见有保护区的建设。

本次规划的场址范围不是自然保护区。

拟建光伏电站道路修建及光伏电站建设产生的粉尘、噪音等对村庄的周边环境造成的影响较小。施工期只有少量的污水、废水排放，对环境的影响很小。施工期间的固定废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾，集中收集后外运，对环境的影响很小。



该工程投产后，本身不需要消耗水资源，本项目无工业废水产生，仅有少量生活污水，经处理后用作绿化，其废水可完全实现零排放。对环境可能产生的影响因素主要有生活垃圾等，对环境基本无影响。

#### 4.4.2 建设项目对周边居民的影响

由于光伏电站的建设，对周边的村民会产生安全方面的影响，主要表现在基础开挖、设备安装时由于安全设施设置不足，安全警示标志不明显或施工人员对安全认识不足，流动的居民进入施工区或运行区而产生高处坠落、物体打击、噪声、电伤害、火灾、机械伤害等危害。相反，流动的居民会因为安全意识淡薄，在禁烟区抽烟、偷盗或恶意阻扰施工也会对工程的建设产生不良危害。

#### 4.4.3 周边环境对建设项目的影

本项目主要建筑物为升压站和太阳能电池板区域配置一套图象监视及公共报警系统，对光伏电站及升压站主要电气设备、关键设备安装地点以及周围环境进行全天候的图像监视，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，该系统可实现变电站安全警卫的要求，一旦发生火灾能马上发生报警。光伏场区周边设围栏，升压站与周边设有围墙，能够保证周边居民日常出行不会进入到场区、升压站区域，因此当地居民活动对项目运行不会造成影响。本项目位于贮灰场，周边无其它的生产企业，因此不存在周边企业对本项目的影响。

综上所述，周边环境对本项目的影响可接受。

### 4.5 不良地质条件对本项目及主要设备的影响

场地10km范围内无发震断裂通过，已满足规范要求的安全距离。场址区岩土工程条件较好，地基稳定，未发现崩塌、泥石流、地下洞穴、采空区及砂土液化等不良地质作用。总体上，场地工程地质条件较好，有布置太阳能阵列的地形、地质条件。

### 4.6 气象条件对本项目及主要设备的影响

本光伏电站拟选场址受地理位置、地形、地势等多种因素的影响，当地常出现的恶劣天气和自然灾害主要有：雷暴、极端气温、冰雹、降水、风力灾害等。

#### 一、极端气温影响

该工程选用逆变器的工作温度范围为-30℃~60℃。选用电池组件的工作温度范围为-40~85℃。正常情况下，太阳能电池组件的工作温度可保持在环境温度加 30℃的水平。该区多

年平均气温 14.4℃，极端最高气温 33.2℃，极端最低气温-9.2℃。

因此，按本项场区极端气温数据校核，本项目太阳能电池组件及逆变器的工作温度可控制在允许范围内，地区气象温度条件对太阳能电池组件及逆变器的安全性没有大的影响。

极端气温主要对运行人员构成影响，高温时可能导致中暑，低温时可能导致冻伤等危害。

## 二、降水的影响

项目所在地多年年平均降雨量 985.9mm。雨季雨量一般，且项目选址位于贮灰场。址区域内没有泥石流和塌方产生的迹象，降水对本项目光伏组件的安全性没有影响，但要注意道路边坡开挖可能产生的滑坡和塌方等灾害。

从现场勘查结果来看，本项目所处位置不属于低洼积水地带，可行性研究报告中提出设置相应的排水系统的要求，能够保证雨水顺利排出，因此降水对项目区的影响是可以接受的。

根据对已有的水文地质资料初步判断：地下水对混凝土结构及混凝土结构中钢筋具微腐蚀性，土对混凝土结构、混凝土结构中钢筋及钢结构具微腐蚀性。

## 三、冰雹影响

本项目区多年平均冰雹日数 2.3d，无冰雹大小的监测数据。一般而言，光伏组件在世界范围内均得到工程运用且光伏组件采用的钢化玻璃符合 GB 15763.2-2005《建筑用安全玻璃 第 2 部分：钢化玻璃》中的钢球试验标准，可以认为对本项目也是适用的。

## 四、风荷载影响

本项目对于风荷载的设计取值主要依据《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012），沾益区多年年平均风速为 2.8m/s，历史最大风速为 20.7m/s，并按此设计光伏电池组件的安装支架及基础等。但需注意山地风口处局部区域风速较大，对组件支架产生较大影响。主要表现在：突发性强风对地面构筑物威胁较大，会造成光伏阵列倒塌、倒杆、线路断线或设备外壳带电、建筑物门窗损坏等危险事故的发生。遇强风袭击时，若未采取有效的防护措施，容易发生设备倾倒，从而伤害和碰撞现场作业人员或电力设备，酿成重大事故。

## 五、雷暴影响

本项目所在地区多年年平均雷暴日数为 67d 以上，属于强雷区。雷电对光伏发电系统、电气设备、集电线路的侵害主要包括直接雷击、感应雷击、雷电波入侵。直击雷直接向光伏电站的电气设备或建筑物放电，过电压会使电气设备的绝缘遭到击穿破坏而造成火灾。感应雷击是在雷云临近光伏电站上空时，光伏电站建筑物和附近地面上将感应产生大量的电荷。如果建（构）筑物如综合楼、逆变器室等设施的接地装置不良或损坏，就会与大地间形成电位差，当感应雷过电压足够大时，就会引起建筑物内部、电气设备的电线、金属管道、其他

设备设施放电而造成火灾。而雷击放电的高温电弧、二次放电，可直接对人体放电，雷电流产生的接触或跨步电压可直接使人触电。

## 第 5 章 建设项目安全生产设施分析

本仙姑规划额定容量为 50MW，可行性研究报告规划 16 个容量 3MW 和 1 个容量 1MW 的组串式逆变方阵，选用峰值功率为 570W<sub>p</sub> 的单晶硅双面组件。每个 3MW 方阵配置 240 个组串、10 台逆变器及 1 台容量为 3000kVA 双绕组箱变；每个 2MW 方阵配置 168 个组串、7 台逆变器及 1 台容量为 2000kVA 双绕组箱变；每个组串由 28 块组件串联。

全站发电容量通过 2 回 35kV 集电线路(地埋)输送至 220kV 升压站后经 1 回 220kV 线路送出。

### 5.1 接入系统安全性分析

曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目规划总额定容量 50MW。结合“十四五”期间规划项目实际开展情况及运行方式，曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目本期额定容量为 50MW，拟在曲靖电厂内新建一座 220kV 升压站。需建设 1 回 220kV 送出线路。最终接入方案及接入点将在下一阶段接入系统设计中进一步论证，并服从曲靖市及沾益区新能源送出及电网整体规划。

《可行性研究报告》已对接入系统做了经济技术比较确定。从接入系统设计来看，接入系统方案便于电站的运行管理与控制，符合要求。

### 5.2 站用电安全性分析

升压站用电压为 380/220V，低压接线采用 380V 三相四线制中性点直接接地系，380V/220V 母线采用两段单母线加 ATS 接线方式，2 回站用电源分别取自曲靖电厂一期 380V 公用 01、02 段。正常运行情况下，2 回站用电源各带一段 0.4kV 母线分列运行，向站用负荷供电。当一回站用电源故障、退出或检修时通过 ATS 切换，由另一回站用电源带全部站用负荷。对于变电站重要负荷，分别从两段母线上双回供电。

由此可知，站用电具有可靠的工作电源和备用电源，能保证电场正常运行用电，能保证电场正常运行用电。

### 5.3 电气系统安全性分析

本节采用《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）、《3~110kV 高压配电装置设计规

范》（GB50060-2008）、《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218-2012）编制安全检查表对电气系统进行安全检查，检查结果见表 5-1。

表 5-1 电气设备安全检查表

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                               | 检查依据                                             | 检查记录                                             | 结果 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----|
| 一  | 站址选择和站区布置                                                                                                                             |                                                  |                                                  |    |
| 1  | 变电站的站址选择,应根据电力系统规划设计的网络结构、负荷分布、城乡规划、征地拆迁和下列条款的要求进行,通过技术经济比较和经济效益分析,选择最佳的站址方案。                                                         | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 3.0.1 条  | 站址位于曲靖电厂正大门西侧空地。                                 | 符合 |
| 2  | 站址选择时应注意变电站与邻近设施、周围环境的相互影响和协调,必要时应取得有关协议。站址距飞机场、导航台,地面卫星站、军事设施,通信设施以及易燃易爆等设施的距离应符合现行有关国家标准的规定。                                        | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 3.0.10 条 | 站址周边无飞机场、导航台,地面卫星站、军事设施,通信设施以及易燃易爆等设施。           | 符合 |
| 3  | 站址的抗震设防烈度应符合现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB18306 的规定。站址位于地震烈度区分界线附近难以正确判断时应进行烈度复核。抗震设防烈度为 9 度及以上地区不宜建设 220kV～750kV 变电站。                          | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 3.0.12 条 | 站址位于地震烈度为 7 度。                                   | 符合 |
| 二  | 变压器                                                                                                                                   |                                                  |                                                  |    |
| 1  | 光伏发电站升压站主变压器的选择应符合下列要求：<br>1、应优先选用自冷式、低损耗电力变压器。<br>2、当无励磁调压电力变压器不能满足电力系统调压要求时,应采用有载调压电力变压器。<br>3、主变压器容量可按光伏发电站的最大连续输出容量进行选取,且宜选用标准容量。 | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.1.2 条               | 本期升压站设置一台 150MVA 主变压器。                           | 符合 |
| 2  | 光伏方阵内就地升压变压器的选择应符合下列要求：<br>1、宜选用自冷式、低损耗电力变压器。<br>2、变压器容量可按光伏方阵单元模块最大输出功率选取。                                                           | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.1.3 条               | 设计最终选择了三相双绕组油浸有载调压电力变压器,型号为 SFSZ11-150000/220GY。 | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                              | 检查依据                                        | 检查记录                                                           | 结果 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|
|    | <p>3、可选用高压（低压）预装式箱式变电站或变压器、高低压电气设备等组成的装配式变电站。对于在沿海或风沙大的光伏电站，当采用户外布置时，沿海防护等级应达到 IP65，风沙大的光伏电站防护等级应达到 IP54。</p> <p>4、就地升压变压器可采用双绕组变压器或分裂变压器。</p> <p>5、就地升压变压器宜选用无励磁调压变压器。</p>                                                                                          |                                             |                                                                |    |
| 3  | <p>屋外单台电气设备的油量在 1000kg 以上时，应设置贮油或挡油设施。当设置有容纳 20%油量的贮油或挡油设施时，应设置将油排到安全处的设施，且不应引起污染危害。</p> <p>当不能满足上述要求时，应设置能容纳 100%油量的贮油或挡油设施。贮油和挡油设施应大于设备外廓每边各 1000mm，四周应调出地面 100mm。贮油设施内应铺设卵石层，卵石层厚度不应小于 250mm，卵石直径为 50~80mm。</p> <p>当设置有油水分离措施的总事故贮油池时，贮油池容量宜按最大一个油池容量的 60%确定。</p> | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008 第 5.5.3 条 | 主变设置了事故油池，排油坡度不小于 1%，事故油池容量满足最大一台主变油量 100%的容积，并在事故油池内做了油水分离措施。 | 符合 |
| 三  | 电气主接线                                                                                                                                                                                                                                                                |                                             |                                                                |    |
| 1  | <p>光伏电站发电单元接线及就地升压变压器的连接应符合下列要求：</p> <p>1、逆变器与就地升压变压器的接线方案应依据光伏电站的容量、光伏方阵的布局、光伏组件的类别和逆变器的技术参数等条件，经技术经济比较确定。</p> <p>2、一台就地升压变压器连接两台不自带隔离变压器的逆变器时，宜选用分裂变压器。</p>                                                                                                        | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.2.1 条           | 经技术经济比较确定采用组串式逆变器和双绕组箱式升压变压器。                                  | 符合 |
| 2  | 光伏电站发电母线电压应根据接入电网的要求和光伏发电                                                                                                                                                                                                                                            | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）                    | 本项目发电母线电压选用 35kV。                                              | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                    | 检查依据                               | 检查记录                                                                            | 结果 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | 站的安装容量,经技术经济比较后确定,并宜符合下列规定:<br>1、光伏电站安装总容量小于或等于 1MW <sub>p</sub> 时,宜采用 0.4kV-10kV 电压等级。<br>2、光伏电站安装总容量大于 1MW <sub>p</sub> ,且不大于 30MW <sub>p</sub> 时,宜采用 10kV-35kV 电压等级。<br>3、光伏电站安装容量大于 30MW <sub>p</sub> 时,宜采用 35kV 电压等级。 | 第 8.2.2 条                          |                                                                                 |    |
| 3  | 光伏电站发电母线的接线方式应按本期、远景规划的安装容量、安全可靠、运行灵活性和经济合理性等条件选择,并应符合下列要求:<br>1、光伏电站安装容量小于或等于 30MW 时,宜采用单母线接线。<br>2 光伏电站安装容量大于 30 MW 时,宜采用单母线或单母线分段接线。<br>3 当分段时,应采用分段断路器。                                                                | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012) 第 8.2.3 条 | 本项目 35kV 配电装置采用单母线接线形式。                                                         | 符合 |
| 4  | 光伏电站母线上的短路电流超过所选择的开断设备允许值时,可在母线分段回路中安装电抗器。母线分段电抗器的额定电流应按其中一段母线上所联接的最大容量的电流值选择。                                                                                                                                             | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012) 第 8.2.4 条 | 电站母线短路电流未超过断路器开断值,未设置电抗器。                                                       | 符合 |
| 5  | 光伏电站内各单元发电模块与光伏发电母线的连接方式,由运行可靠性、灵活性、技术经济合理性和维修方便等条件综合比较确定,可采用下列连接方式:<br>1 辐射式连接方式。<br>2“T”接式连接方式。                                                                                                                          | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012) 第 8.2.5 条 | 本项目光伏发电输出采用 16 个 3MW <sub>p</sub> 和 1 个 2MW <sub>p</sub> 电能方阵 T 接至 35kV 电缆集电线路。 | 符合 |
| 6  | 光伏电站母线上的电压互感器和避雷器应合用一组隔离开关,并组装在一个柜内。                                                                                                                                                                                       | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012) 第 8.2.6 条 | 母线互感器和避雷器合用一组隔离开关,装在一个开关柜内。                                                     | 符合 |
| 7  | 光伏电站内 10kV 或 35kV 系统中性点可采用不接地、经消弧                                                                                                                                                                                          | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)           | 本项目主变 35kV 侧中性点采用小电阻接地方式。                                                       | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                               | 检查依据                               | 检查记录                                                                                                                                         | 结果 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | 线圈接地或小电阻接地方式。经汇集形成光伏电站群的大、中型光伏电站，其站内汇集系统宜采用经消弧线圈接地或小电阻接地的方式。就地升压变压器的低压侧中性点是否接地应依据逆变器的要求确定                                                                             | 第 8.2.7 条                          |                                                                                                                                              |    |
| 8  | 光伏电站 110kV 及以上电压等级的升压站接线方式，应根据光伏电站在电力系统的地位、地区电力网接线方式的要求、负荷的重要性、出线回路数、设备特点、本期和规划容量等条件确定。                                                                               | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.2.9 条  | 本期拟规划额定容量 50MW，规划建设一座 220kV 升压站，升压站站址位于曲靖电厂大门西侧，以一回 220kV 电压等级至曲靖电厂 220kV 升压站汇入电网。                                                           | 符合 |
| 9  | 220kV 及以下电压等级的母线避雷器和电压互感器宜合用一组隔离开关，110kV-220kV 线路电压互感器与电容器、避雷器、主变压器引出线的避雷器不宜装设隔离开关；主变压器中性点避雷器不应装设隔离开关。                                                                | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.2.10 条 | 本项目主接线设计满足规范相关要求。                                                                                                                            | 符合 |
| 四  | 站用电系统                                                                                                                                                                 |                                    |                                                                                                                                              |    |
| 1  | 光伏电站站用电系统的电压宜采用 380V。                                                                                                                                                 | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.3.1 条  | 站用电系统电压为 380/220V。                                                                                                                           | 符合 |
| 2  | 380V 站用电系统，应采用动力与照明网络共用的中性点直接接地方式。                                                                                                                                    | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.3.2 条  | 站用电系统采用 380V 三相四线制中性点直接接地系统。                                                                                                                 | 符合 |
| 3  | 站用电工作电源引接方式应符合下列要求：<br>1、光伏电站有发电母线时，宜从发电母线引接供给自用负荷。<br>2、当技术经济合理时，可由外部电网引接电源供给发电站自用负荷。<br>3 当技术经济合理时，就地逆变升压室用电也可由各发电单元逆变器变流出线侧引接，但升压站（或开关站）站用电应按本条的第 1 款或第 2 款中的方式引接。 | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.3.3 条  | 2 回站用电源分别取自曲靖电厂一期 380V 公用 01、02 段。正常运行情况下，2 回站用电源各带一段 0.4kV 母线分列运行，向站用负荷供电。当一回站用电源故障、退出或检修时通过 ATS 切换，由另一回站用电源带全部站用负荷。对于变电站重要负荷，分别从两段母线上双回供电。 | 符合 |



| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                           | 检查依据                                       | 检查记录                                                                                                                                          | 结果 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4  | <p>站用电系统应设置备用电源，其引接方式宜符合下列要求：</p> <p>1、当光伏电站只有一段发电母线时，宜由外部电网引接电源。</p> <p>2、当发电母线为单母线分段接线时，可由外部电网引接电源，也可由其中的另一段母线上引接电源。</p> <p>3、各发电单元的工作电源分别由各自的就地升压变压器低压侧引接时，宜采用邻近的两发电单元互为备用的方式或由外部电网引接电源。</p> <p>4、工作电源与备用电源间宜设置备用电源自动投入装置。</p> | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.3.4 条          | 2 回站用电源分别取自曲靖电厂一期 380V 公用 01、02 段。正常运行情况下，2 回站用电源各带一段 0.4kV 母线分列运行，向站用负荷供电。当一回站用电源故障、退出或检修时通过 ATS 切换，由另一回站用电源带全部站用负荷。对于变电站重要负荷，应分别从两段母线上双回供电。 | 符合 |
| 五  | 直流系统                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                                                                                                               |    |
| 1  | 光伏电站宜设蓄电池组向继电保护、信号、自动装置等控制负荷和交流不间断电源装置、断路器合闸机构及直流事故照明等动力负荷供电，蓄电池组应以全浮充电方式运行。                                                                                                                                                      | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.4.1 条          | 采用 220V 直流电源系统，选择两套单组容量为 400Ah 的阀控式密封铅酸电池用于继电保护、计算机监控系统、事故照明等的供电。                                                                             | 符合 |
| 2  | 蓄电池组的电压可采用 220V 或 110V。                                                                                                                                                                                                           | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.4.2 条          | 蓄电池组的电压选用 220V。                                                                                                                               | 符合 |
| 六  | 配电装置                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                                                                                                               |    |
| 1  | 升压站 35kV 以上配电装置应根据地理位置选择户内或户外布置。在沿海及土石方开挖工程量大的地区宜采用户内配电装置；在内陆及荒漠不受气候条件、占用土地及施工工程量等限制时，宜采用户外配电装置。                                                                                                                                  | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.5.2 条          | 本项目 35kV 配电装置选择户内布置。                                                                                                                          | 符合 |
| 2  | 10kV-35kV 配电装置宜采用户内成套式高压开关柜配置型式，也可采用户外装配式配电装置。                                                                                                                                                                                    | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.5.3 条          | 35kV 配电装置采用户内成套高压开关柜型式。                                                                                                                       | 符合 |
| 3  | 配电装置的布置、导体、电气设备以及架构的选择，应满足在当地环境条件下正常运行、安装检修、短路和过电压时的安全要求，并应满足系统 10~15 年规                                                                                                                                                          | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 2.0.1 条 | 35kV 配电室布置满足规划容量的要求。                                                                                                                          | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                  | 检查依据                                             | 检查记录                                  | 结果 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
|    | 划容量的要求。                                                                                                  |                                                  |                                       |    |
| 4  | 屋内、屋外配电装置的隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间应装设闭锁装置。屋内配电装置设备低式布置时,还应设置防止误入带电间隔的闭锁装置。                                     | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 2.0.10 条      | 35kV 配电室断路器有五防功能。                     | 符合 |
| 5  | 导体和电器的环境相对湿度,应采用当地湿度最高月份的平均相对湿度。在湿热带地区应采用湿热带型电器产品。在亚湿热带地区可采用普通电器产品,但应根据当地运行经验采取防护措施。                     | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 3.0.3 条       | 不属于亚湿热带地区,采用普通电器产品。                   | 符合 |
| 6  | 周围环境温度低于电器、仪表和继电器的最低允许温度时,应装设有自动温控的加热装置或采取其他保温措施。<br>在积雪、覆冰严重地区,应采取防止冰雪引起事故的措施。隔离开关的破冰厚度,不应小于安装场所的最大覆冰厚度 | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 3.0.4 条       | 35kV 电气设备设施都为室内设置,环境温度满足电气仪表的使用要求。    | 符合 |
| 7  | 配电装置的抗震设计应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB50260 的有关规定。                                                             | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 3.0.6 条       | 通过资料分析,该地区的抗震按照 7 度进行设防。              | 符合 |
| 8  | 海拔超过 1000m 的地区,配电装置应选择适用于该海拔的电器和电瓷产品。其外部绝缘的冲击和工频试验电压应符合现行国家标准《高压输变电设备的绝缘配合》GB311.1 的有关规定。                | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 3.0.7 条       | 升压站的海拔为 2040m,选用的电气设备都为高原型。           | 符合 |
| 9  | 1、220kV 变电站中 35kV 及以下配电装置宜采用屋内式, 66kV 宜采用屋外敞开式中型布置。<br>2、110kV、220kV 电压等级配电装置,宜选用屋外敞开式分相中型、普通中型、半高型布置形式。 | 《220kV~750kV 变电站设计技术规程》(DL/T5218—2012) 第 5.3.4 条 | 35kV 及以下配电装置采用屋内式, 220kV 采用户外 GIS 布置。 | 符合 |
| 10 | 5、66kV-750kV 电压等级配电装置,在大气污秽严重、场地限制、高抗震设防烈度、高海拔环境条件下,经技术经济论证,可采用气体绝缘金属封闭组合电器。                             | 《220kV~750kV 变电站设计技术规程》(DL/T5218—2012) 第 5.3.4 条 | 220kV 配电采用户外 GIS 布置。                  | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                              | 检查依据                              | 检查记录                                                                                                                                    | 结果 |
|----|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 七  | 无功补偿装置                                                               |                                   |                                                                                                                                         |    |
| 1  | 光伏电站的无功补偿装置应按电力系统无功补偿就地平衡和便于调整电压的原则配置。                               | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.6.1 条 | 35kV I、II 段母线各装设动态无功补偿装置（SVG）1 套。                                                                                                       | 符合 |
| 2  | 并联电容器装置的设计应符合现行国家标准《并联电容器装置设计规范》GB50227 的规定。                         | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.6.2 条 | 设计符合相关规范的规定要求。                                                                                                                          | 符合 |
| 3  | 无功补偿装置设备的型式宜选用成套设备。                                                  | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.6.3 条 | 选用成套 SVG 设备。                                                                                                                            | 符合 |
| 4  | 无功补偿装置依据环境条件、设备技术参数及当地的运行经验，可采用户内或户外布置型式，并应考虑维护和检修方便。                | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.6.3 条 | 采用户外布置。                                                                                                                                 | 符合 |
| 八  | 电气二次                                                                 |                                   |                                                                                                                                         |    |
| 1  | 光伏电站控制方式宜按无人值班或少人值守的要求进行设计。                                          | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.7.1 条 | 该站按“无人值班、少人值守”原则设计。                                                                                                                     | 符合 |
| 2  | 电气二次设备应布置在继电器室，继电器室面积应满足设备布置和定期巡视维护的要求，并留有备用屏位。屏、柜的布置宜与配电装置间隔排列次序对应。 | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.7.3 条 | 电站电气二次设备布置在继电保护室，继电保护室内放置计算机监控系统监控主站、操作员工作站、微机五防工作站、视频及环境监控系统后台、测控、保护、故障录波、计量、直流屏、远动工作站、视频及环境监测系统、时间同步系统屏、交流不间断电源屏、二次安全防护屏、电能采集系统等二次屏柜。 | 符合 |
| 3  | 升压站内各电压等级的断路器以及隔离开关、接地开关、有载调压的主变分接头位置及站内其他重要设备的启动（停止）等元件应在控制室内监控。    | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.7.4 条 | 电站主控制室对升压站内断路器及其设备的启停进行监视控制。                                                                                                            | 符合 |
| 4  | 光伏电站内的电气元件保护应符合现行国家标准《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T14285 的规定。35kV 母线可装设母差保护。  | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.7.5 条 | 电站内继电保护和安全自动装置按 GB/T 14285-2006《继电保护和安全自动装置技术规程》进行设计。                                                                                   | 符合 |
| 5  | 光伏电站逆变器、跟踪器的控制应纳入监控系统。                                               | 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 8.7.6 条 | 在主控室可查看逆变器参数。本项目光伏组件为固定式，无跟踪装置。                                                                                                         | 符合 |
| 6  | 大、中型光伏电站应采用计算                                                        | 《光伏电站设计规                          | 电站设计的计算机监控系统能对电                                                                                                                         | 符合 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                           | 检查依据                              | 检查记录                                           | 结果 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|----|
|    | 机监控系统,主要功能应符合下列要求:<br>1、应对发电站电气设备进行安全监控。<br>2、应满足电网调度自动化要求,完成遥测、遥信、遥调、遥控等远动功能。<br>3、电气参数的实时监测,也可根据需实现其他电气设备的监控操作。 | 范》(GB50797-2012)第 8.7.7 条         | 站电气设备进行安全监控,满足电网自动化要求,可在控制室监控系统对电气设备进行操作。      |    |
| 7  | 大型光伏电站站内应配置统一的同步时钟设备,对站控层各工作站及间隔层各测控单元等有关设备的时钟进行校正,中型光伏电站可采用网络方式与电网对时。                                            | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 8.7.8 条 | 本光伏电站设置一套 GPS 对时装置。                            | 符合 |
| 8  | 光伏电站计算机监控系统的电源应安全可靠,站控层应采用交流不停电电源(UPS)系统供电。交流不停电电源系统持续供电时间不宜小于 1h。                                                | 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)第 8.7.9 条 | 电站的计算机监控系统的站控层电源采用一套不间断电源 UPS 装置,连续供电时间不小于 1h。 | 符合 |

本项目接入电力系统满足电站运行要求。

通过对本光伏电站电气系统的安全检查可知,电站电气系统接入系统可行,电气主接线型式合理,电气设备选型规范,电气一次设备的布置满足运行要求;计算机监控系统、微机自动化保护系统、安全防护设备、无功补偿装置、直流及 UPS 系统等通过具体实施后,能够满足该电站电气系统的安全运行。

## 5.4 安全设施分析

### 5.4.1 防火、防爆

安全设施包括了防火及防爆设施、防雷接地装置、安全工器具及个体防护。

电站的防火防爆设施有安全通道、安全出口、防火门、灭火器、集油坑、火灾报警系统、设备防雷接地等。

根据《中华人民共和国消防法》(中华人民共和国主席令第 81 号修订)、《220kV~750kV

变电站设计技术规程》（DL/T5218-2012）、《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）、《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014[2018 年版]）、《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）、《220kV~750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）及《电力工程电缆设计标准》（GB 50217-2018）等规范编制检查表，对电场工程防火、防爆措施进行对照检查。对电场工程防火、防爆措施进行对照检查。检查表见表 5-2。

**表 5-2 防火、防爆措施安全检查表**

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                | 检查依据                                  | 检查结果                                                                                                              | 符合性 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | 对以下系统进行消防设计：<br>1、建（构）筑物火灾危险性分类；2、变压器及其他带油电气设备；3、电缆；4、建（构）筑物的安全疏散和建筑构造；5、消防给水、灭火设施及火灾自动报警；6、消防供电及应急照明。 | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 14 条       | 可行性研究报告中对光伏电站消防相关内容进行了相应的设计。                                                                                      | 符合  |
| 2  | 消防产品必须符合国家标准；没有国家标准的，必须符合行业标准。禁止生产、销售或者使用不合格的消防产品以及国家明令淘汰的消防产品。                                        | 《中华人民共和国消防法》（中华人民共和国主席令第 81 号修订）第二十四条 | 电站配置的消防产品设计选用符合国家和行业标准。                                                                                           | 符合  |
| 3  | 光伏发电站建(构)筑物火灾危险性分类及耐火等级应符合表 14.1.1 的规定。                                                                | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 14.1.1 条   | 《可行性研究报告》要求防火间距、耐火等级严格执行《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）。                                                          | 符合  |
| 4  | 电站内的建(构)筑物及设备的防火间距不宜小于表 14.1.4 的规定。                                                                    | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 14.1.4 条   | 经对《可行性研究报告》中的总平面布置图检查，主变与综合楼防火距离不满足规范要求，设计将 35kV 配电装置综合楼临主变一侧设置成防火墙，该面墙体不开门窗，电站内的其余建(构)筑物及设备的防火间距不小于表 14.1.4 的规定。 | 符合  |
| 5  | 设置带油电气设备的建(构)筑物与贴邻或靠近该建(构)筑物的其他建(构)筑物之间必须设置防火墙。                                                        | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 14.1.6 条   | 主变和站用备用为油浸变压器，并布置于户外，35kV 配电装置综合楼临主变一侧设置成防火墙，该面墙体不开门窗。                                                            | 符合  |
| 6  | 35kV 以上屋内配电装置必须安装在有不燃烧实体墙的间隔内，不燃烧实体墙的高度严禁低于配电装置中带油设备的高度。                                               | 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）第 14.2.4 条   | 35kV 配电装置安装在室内，并设置灭火设施，本项目无室内带油电气设备布置。                                                                            | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                 | 检查依据                                             | 检查结果                                                                          | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 总油量超过 100kg 的屋内油浸变压器必须设置单独的变压器室, 并设置灭火设施。                                                                               |                                                  |                                                                               |     |
| 7  | 民用建筑、厂房、仓库、储罐（区）和堆场周围应设置室外消火栓系统。                                                                                        | 《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014[2018 年版]）第 4.5.5 条      | 升压站设置室外消火栓。                                                                   | 符合  |
| 8  | 变电站同一时间可能发生的火灾次数按一次设计, 变电站消防用水量按发生火灾时一次最大消防用水量计算。                                                                       | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 10.2.1 条 | 用水量按发生火灾时一次最大消防用水量计算。                                                         | 符合  |
| 9  | 变电站内建筑物满足耐火等级不低于二级,火灾危险性为戊类, 且体积不超过 3000m <sup>3</sup> 时, 可不设消防给水系统。                                                    | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 10.2.2 条 | 变电站内建筑物满足耐火等级不低于二级, 火灾危险性为丁类。升压站内设消防给水系统。                                     | 符合  |
| 10 | 单台油量大于 100kg 的屋内含油电气设备, 应设置贮油坑。贮油坑的容积宜按单台设备油量的 20%, 并应设置能将事故油排至安全处的设施。当不能满足上述要求时, 应设置能容纳全部油量的贮油坑。                       | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 10.2.5 条 | 本项目无室内带油电气设备布置。                                                               | 不涉及 |
| 11 | 单台油量大于 1000kg 的屋外含油电气设备, 应设贮油坑及总事故油池, 贮油坑的容积宜按油量的 20% 设计, 贮油坑的长宽尺寸宜较设备外廓尺寸每边大 1m。总事故油池应有油水分离的功能, 其容积宜按最大一台设备油量的 60% 确定。 | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 10.2.6 条 | 220kV 主变下设储油坑, 主变场地设置有效容积为 35m <sup>3</sup> 的总事故油池一座, 能满足主变压器事故状态下 100% 的排油量。 | 符合  |
| 12 | 变电站火灾探测及报警装置的设置应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的规定。                                                                  | 《220kV～750kV 变电站设计技术规程》（DL/T5218—2012）第 10.3.1 条 | 全站设置火灾自动探测报警系统。                                                               | 符合  |
| 13 | 配电装置室及电抗器室等其他电气设备间, 宜设置机械通风系统, 并宜维持夏季室内温度不高于 40℃。配电装置室应设置换气次数不小于 10 次/h 的事故排风机, 事故排风机可兼作平时通风用。通风机和降温设备应与火灾              | 《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）第 4.5.5 条      | 35kV 配电室设置机械通风系统, 换气次数不小于 12 次/h。通风机分别在室内及靠近外门的外墙上设置电气开关, 并与消防报警系统连锁。         | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                        | 检查依据                                        | 检查结果                                                                            | 符合性 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | 探测系统连锁，火灾时应切断风机电源。                                                                                                             |                                             |                                                                                 |     |
| 14 | 变电站应对主变压器等各种带油电气设备及其建筑物，配备适当数量的移动式灭火器。对主控制室等设有精密仪器、仪表设备的房间，应在房间内或附近走廊内配置灭火后不会引起污损的灭火器。                                         | 《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）第 5.0.3 条 | 主变采用了 2 只手提式磷酸铵盐干粉灭火器 MF/ABC4，2 台推车式磷酸铵盐干粉灭火器 MFT/ABC50。升压站建筑物配备手提式干粉灭火器进行消防灭火。 | 符合  |
| 15 | 屋外油浸变压器之间，当防火净距小于《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB50229 的规定值时，应设置防火隔墙，墙应高出油枕顶，墙长应大于贮油坑两侧各 1.0m。屋外油浸变压器与油量在 600kg 以上的本回路充油电气设备之间的防火净距不应小于 5m。 | 《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）第 5.0.4 条 | 升压站 35kV 配电装置综合楼临主变一侧设置成防火墙，该面墙体不开门窗。                                           | 符合  |
| 16 | 变压器室、电容器室、蓄电池室、电缆夹层、配电装置室，以及其他有充油电气设备房间的室门，应向疏散方向开启，当门外为公共走道或其他房间时，应采用乙级防火门。                                                   | 《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）第 5.0.5 条 | 蓄电池室、主控室等门都为向疏散方向开启的防火门。                                                        | 符合  |
| 17 | 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、主控制室电缆层之间，应采取防止电缆火灾蔓延的阻燃及分隔措施。                                                                         | 《35kV~110kV 变电站设计规范》GB50059-2011 第 5.0.6 条  | 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆接头处、长度超过 100m 的电缆沟均采取阻燃或分隔措施。                         | 符合  |
| 18 | 长度大于 7m 的配电装置室应有两个出口并宜布置在配电装置室的两端长度大于 6m 时宜增添一个出口当配电装置室有楼层时一个出口可设在通往屋外楼梯的平台处。                                                  | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）第 7.1.1 条 | 35kV 配电室设有 2 个安全出口。                                                             | 符合  |
| 19 | 配电装置室应设防火门并应向外开启防火门应装弹簧锁严禁用门闩。相邻配电装置室之间如有门时应能双向开启。                                                                             | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）第 7.1.4 条 | 35kV 配电室采用防火门，向外开启。                                                             | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                          | 检查依据                                        | 检查结果                             | 符合性 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|-----|
| 20 | 配电装置室可开固定窗采光，并应采取防止玻璃破碎时小动物进入的措施。                                                                                                                                                | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）第 7.1.5 条 | 可行性研究报告中未设计。                     | 不符合 |
| 21 | 配电装置室可按事故排烟要求装设事故通风装置。                                                                                                                                                           | 《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）第 7.1.8 条 | 35kV 配电室设置机械通风系统，换气次数不小于 12 次/h。 | 符合  |
| 22 | 对电缆可能着火蔓延导致严重事故的回路、易受外部影响波及火灾的电缆农牧民集场所，应设置适当的阻燃分隔，并按工程重要性、火灾几率及其特点和经济合理等因素，采取下列安全措施：<br>1、实施阻燃防护或阻止延燃；<br>2、选用具有阻燃性的电缆；<br>3、实施耐火防护或选用具有耐火性的电缆；<br>4、实施防火构造；<br>5、增设自动报警与专用消防装置。 | 《电力工程电缆设计标准》（GB 50217-2018）第 7.0.1 条        | 《可行性研究报告》要求电缆采用防火分隔和阻燃措施。        | 符合  |

升压站的防火设计等级符合相关规范要求，升压站设有安全通道、安全出口、防火门。易燃易爆场所配备灭火器、火灾报警系统、消防给水系统。35kV 配电室设通风机兼事故排风机，综上所述，光伏电站的防火基本符合规范要求。

《可行性研究报告》中存在的问题：

- 1.未对安全工器具及个体防护提出明确的配置要求；
- 2.配电装置室开固定窗采光时未设计采取防止玻璃破碎时小动物进入的措施。

#### 5.4.2 防雷、接地装置

依据《建筑物防雷设计规范》（GB500057-2010）、《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T620-1997）、《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）对本光伏电站防雷设施进行对照检查。检查表见表 5-3。



表 5-3 光伏电站防雷、接地安全检查表

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                         | 检查依据                                        | 检查结果                                                                   | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 一  | 防雷                                                                                                                                                                                                                                              |                                             |                                                                        |     |
| 1  | 遇下列情况之一时，应划为第三类防雷建筑物：<br>1) 预计雷击次数大于或等于 0.05 次/a，且小于或等于 0.25 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物或一般性工业建筑物。<br>2) 在平均雷暴日大于 15d/a 的地区，高度在 15m 及以上烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物；在平均雷暴日小于或等于 15d/a 的地区，高度在 20m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。                                                | 《建筑物防雷设计规范》GB500057-2010) ) 第 3.0.4 条       | 本光伏电站区域雷暴日数多，属强雷区。光伏电站为第三类防雷建筑物。                                       | 符合  |
| 2  | 设计和运行中应考虑直接雷击、雷电反击和感应雷电过电压对电气设备的危害。                                                                                                                                                                                                             | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 第 5.1.1 条 | 《可行性研究报告》中考虑了直击雷、感应雷危害。                                                | 符合  |
| 3  | 发电厂和变电所的雷电近电压来自雷电对配电装置的直接雷击、反击和架空进线上出现的雷电侵入波。<br>1、应采用避雷针或避雷线对高压配电装置进行直击雷保护并采取措施防止反击。<br>2、应该采取措施防止或减少发电厂和变电所近区线路的雷击闪络并在厂、所内适当配置阀式避雷器以减少雷电侵入波过电压的危害。<br>3、按本标准要求的对采用的雷电侵入波过电压保护方案校验时，校验条件为保护接线一般应该保证 2km 外线路导线上出现的雷电侵入波过电压时，不引起发电厂和变电所电气设备绝缘损坏。 | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 第 5.1.3 条 | 在 220kV 升压站内设置独立避雷针，实现对升压站配电装置的直击雷防护。在光伏方阵，将防雷接地、保护接地、工作接地统一为一个共用接地装置。 | 符合  |
| 4  | 各级电压的线路，一般采用下列保护方式：<br>1)330kV 和 500kV 线路就沿全线架设双避雷线，但少雷区除                                                                                                                                                                                       | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 第 6.1.2 条 | 在 220kV 进、出线侧及主变低压侧进线设置避雷器；在 35kV 母线上装设避雷器；在主变压器的 220kV 侧中性点装设避雷器。     | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 检查依据                                        | 检查结果                                             | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|
|    | <p>外。</p> <p>2)220kV 线路宜沿全线架设避雷线，在山区和雷电活动特殊强烈地区，宜架设双避雷线。在少雷区可不沿全线架设避雷线，但应装设自动重合闸装置。</p> <p>3)66kV 线路，负荷重要且所经地区平均年雷暴日数为 30 以上的地区，宜沿全线架设避雷线。</p> <p>4)35kV 及以下线路，一般不沿全线架设避雷线。</p> <p>5)除少雷区外，3kV~10kV 的钢筋混凝土干配电线路，宜用瓷或其他绝缘材料的横担，如果用铁横担，对供电可靠性要求高的线路宜采用高一电压等级的绝缘子，并应尽量以较短的时间切除故障，以减少雷击跳闸和断线事故。</p> |                                             |                                                  |     |
| 5  | <p>发电厂的主厂房、主控制室和配电装置室一般不装设直击雷保护装置。为保护其他设备而装设的避雷针，不宜装在独立的主控室和 35kV 及以下变电所的屋顶上。</p> <p>但采用钢结构或钢筋混凝土结构等有屏蔽作用的建筑物的车间变电所可不受此限制。雷电活动特殊强烈地区的主厂房、主控制室和配电装置室宜设直击雷保护装置。</p>                                                                                                                               | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 第 7.1.1 条 | 升压站内设 2 根 30m 高构架避雷针、2 根 30m 高独立避雷针实现对全站的防直击雷保护。 | 符合  |
| 6  | 与架空线路连接的三绕组自耦变压器、变压器（包括一台变压器与两台电机相连的三绕组变压器）的低压绕组和有开路运行的可能和发电厂双绕组变压器当发电机断开由高压侧倒送厂用电时，应在变压器低压绕组三相出线上装设阀式避雷器，以防来自高压绕组的雷电波的感应电压危及低压绕组绝缘；但如该绕组                                                                                                                                                       | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 第 7.3.8 条 | 母线装设有避雷器进行保护。                                    | 符合  |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 检查依据                                      | 检查结果                            | 符合性 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|-----|
|    | 连有 25m 及以上金属外皮电缆段，则可不装设避雷器。                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |                                 |     |
| 二  | 接地                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                           |                                 |     |
| 1  | 电力系统、装置或设备应按规定接地。接地装置应充分利用自然接地地极接地，但应校验自然接地极的热稳定性。按用途接地可分为系统接地、保护接地、雷电保护接地和防静电接地。                                                                                                                                                                                                                                       | 《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）第 3.1.1 条 | 《可行性研究报告》已对电力系统、装置或设备的接地做出要求。   | 符合  |
| 2  | 发电厂和变电站内，不同用途和不同额定电压的电气装置或设备，除另有规定外应使用一个总的接地网。接地网的接地电阻应符合其中最小值的要求。                                                                                                                                                                                                                                                      | 《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）第 3.1.2 条 | 升压站内电气设备采用同一个接地网。光伏厂区接地采用一个接地网。 | 符合  |
| 3  | 电力系统、装置或设备的下列部分应接地：<br>1)有效接地系统中部分变压器的中性点和有效接地系统中部分变压器、谐振接地、谐振低压电阻接地、低电阻接地以及高电阻接地系统的中性点所接设备的接地端子；<br>2) 高压并联电抗器中性点接地电抗器的接地端子；<br>3) 电机、变压器和高压电器等底座和外壳；<br>4) 发电机中性点柜的外壳、发电机出线柜、封闭母线的金属外壳和变压器、开关柜等的金属母线槽等；<br>5) 气体绝缘金属封闭开关设备的接地端子；<br>6) 配电、控制和保护用的屏等的金属框架；<br>7) 箱式变电站和环网柜的金属箱体等；<br>8) 发电厂、变电站电缆沟和电缆隧洞内，以及地上各种电缆金属支架； | 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T20-1997）第 3.2.1 条 | 本光伏电站的箱变、电气设备外壳等均接地。            | 符合  |

该光伏电站防雷设计符合《建筑物防雷设计规范》（GB500057-2010）、《交流电气装

置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T620-1997）、《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）。

## 5.5 安全管理分析

本节依据《安全生产法》（主席令 88 号）对《可行性研究报告》设计内容进行检查。

表 5-4 安全生产管理检查表

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                                                                                                                                         | 检查依据                | 检查记录                                                          | 符合性     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------|
| 1  | 生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度，加大对安全生产资金、物资、技术、人员的投入保障力度，改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。                                                                                                              | 《中华人民共和国安全生产法》第四条   | 《可行性研究报告》未提及安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制。 | 下一步进行落实 |
| 2  | 生产经营单位的主要负责人对本单位安全生产工作负有下列职责：<br>（一）建立健全并落实本单位全员安全生产责任制，加强安全生产标准化建设；<br>（二）组织制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程；<br>（三）组织制定并实施本单位安全生产教育和培训计划；<br>（四）保证本单位安全生产投入的有效实施；<br>（五）组织建立并落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患；<br>（六）组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案；<br>（七）及时、如实报告生产安全事故。 | 《中华人民共和国安全生产法》第二十一条 | 《可行性研究报告》未提及。                                                 | 下一步进行落实 |
| 3  | 生产经营单位的全员安全生产责任制应当明确各岗位的责任人员、责任范围和考核标准等内容。生产经营单位应当建立相应的机制，加强对全员安全生产责任制落实情况的监督考核，保证全员安全生产责任制的落实。                                                                                                                                                                                 | 《中华人民共和国安全生产法》第二十二条 | 《可行性研究报告》未提及。                                                 | 下一步进行落实 |
| 4  | 生产经营单位应当具备的安全生产条件所必需的资金投入，由生产经营单位的决策机构、主要负责人或者个人经营的投资人予以保证，并对由于安全生产所必需的资金投入不足导致的后果承担责任。                                                                                                                                                                                         | 《中华人民共和国安全生产法》第二十三条 | 《可行性研究报告》有劳动安全与卫生提取费用的设计内容，但不具体和明细。                           | 下一步进行落实 |

| 序号 | 检查项目和内容                                                                                                                                                    | 检查依据                | 检查记录                                | 符合性     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------|
| 5  | 矿山、金属冶炼、建筑施工、运输单位和危险物品的生产、经营、储存、装卸单位，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员。<br>前款规定以外的其他生产经营单位，从业人员超过一百人的，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员；从业人员在一百人以下的，应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员。 | 《中华人民共和国安全生产法》第二十四条 | 《可行性研究报告》明确设置安全生产管理机构，未明确安全管理人员的配备。 | 下一步进行落实 |
| 6  | 生产经营单位的主要负责人和安全生产管理人员必须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力。                                                                                                     | 《中华人民共和国安全生产法》第二十七条 | 《可行性研究报告》中未明确。                      | 下一步进行落实 |
| 7  | 生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业。                                                                                                           | 《中华人民共和国安全生产法》第三十条  | 《可行性研究报告》未明确。                       | 下一步进行落实 |
| 8  | 生产经营单位应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上，设置明显的安全警示标志。                                                                                                              | 《中华人民共和国安全生产法》第三十五条 | 《可行性研究报告》未明确。                       | 下一步进行落实 |
| 9  | 生产经营单位应当建立安全风险分级管控制度，按照安全风险分级采取相应的管控措施。                                                                                                                    | 《中华人民共和国安全生产法》第四十一条 | 《可行性研究报告》未明确。                       | 下一步进行落实 |
| 10 | 生产经营单位必须为从业人员提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品，并监督、教育从业人员按照使用规则佩戴、使用。                                                                                                  | 《中华人民共和国安全生产法》第四十五条 | 《可行性研究报告》要求提供劳动防护用品。                | 符合      |
| 11 | 生产经营单位必须依法参加工伤保险，为从业人员缴纳保险费。                                                                                                                               | 《中华人民共和国安全生产法》第五十一条 | 《可行性研究报告》未提及。                       | 下一步进行落实 |
| 12 | 生产经营单位应当制定本单位生产安全事故应急救援预案，与所在地县级以上人民政府组织制定的生产安全事故应急救援预案相衔接，并定期组织演练。                                                                                        | 《中华人民共和国安全生产法》第八十一条 | 《可行性研究报告》有要求编制应急预案。                 | 符合      |

《可行性研究报告》明确了成立安全管理机构，配备劳动防护用品，编制应急预案等符合《安全生产法》的规定和要求。项目建设单位和运营单位均为曲靖电厂，曲靖电厂已有完备的安全生产标准化、信息化管理平台，已构建双重预防机制。

补充对策措施：企业应在下一步的安全设施设计中对照《安全生产法》（主席令 88 号）作出规定，以之符合国家《安全生产法》（2021 修正）的要求。

## 第 6 章 安全对策措施建议

### 6.1 对可行性研究报告补充安全对策措施

1. 下步设计应对安全工器具及个体防护提出明确的配置要求。
2. 配电装置室开固定窗采光时应采取防止玻璃破碎时小动物进入的措施。
3. 企业应在下一步的安全设施设计中对照《安全生产法》(主席令 88 号)作出规定,以之符合国家《安全生产法》(2021 修正)的要求。

### 6.2 生产过程安全对策措施建议

#### 6.2.1 项目周边环境影响的对策措施

距离本项目最近的人类活动为场区周边的农耕地和林地,在种植季节人为活动强烈。由于光伏电站的建设,对附近流动的居民会产生安全方面的影响,在施工和运行期应加以防范。

1. 光伏电站建设应按照水保、环保等部门要求,尽量减少对植被破坏,减少弃渣,对临时施工破坏的植被及时恢复处理。
2. 在施工期间划定工程范围,对危险的施工区域设置安全围挡设施。
3. 在施工危险区域配置专职安全人员,加强对施工危险施工区域的安全巡视,安全人员须深入施工现场检查安全防护措施状况,及时纠正违章行为,并对不安全因素进行及时整改,对与工作无关的人员进行劝离。
4. 无关人员严禁进入施工现场,经允许进入施工现场的外来人员进入施工现场人员必须进行安全须知教育,佩戴安全帽。
5. 各参建单位须加强施工现场安全管理和安全教育工作。
6. 做好与当地群众的日常协调工作,及时向当地监管部门汇报工程进展和存在问题的工  
作。
7. 在附近村民生产活动区域,除宣传电力设施保护条例及光伏电站安全知识外,还应经常对附近村庄的村民进行安全宣传:①加强施工期和运行期的安全宣传;②施工期安全标识,特别是施工期的基坑开挖,箱变吊装、电缆敷设等的施工安装时,作业场地四周应设置警戒线及反光警示标识并配置现场安全人员,对进入作业区的人员进行管理;③运行期安全标识,特别应对箱变、电缆分支箱等带电运行的设施设置安全警示标识,埋地电缆应设置指示桩。

8.除了在施工现场进行以上的安全措施外，施工现场应建立健全的安全标志、标语和其它安全装置。安全标志的设置要求如下：

（1）现场凡禁止跨越、禁止通行、禁止烟火的场所均应设置红色禁止标志。

（2）现场凡易发生坠落、触电伤人、高温、机械伤害、超过 55° 的钢斜梯、主要交通道口等处均应设置黄色警告标志。

（3）进入高噪声区，需佩戴护耳器等个人防护用品处应设置蓝色的指令性标志。

（4）消防设施、安全疏散通道等处应悬挂绿色提示性标志。

（5）所设各类安全标志应牢固、醒目、易于识别，真正起到应有警示作用。

9.因光伏厂区位于贮灰场，灰场内仍有部分地块未完成堆灰，受大风影响光伏组件板面仍存在灰尘和浮尘污染物。为保证发电效率，提高光电的转换效率，需定期对电池组件进行清洗。

## 6.2.2 防止火灾危害的对策措施

1.光伏电站火灾和森林火灾的相互影响是普遍存在的，施工期应该严格执行用火管理和审批手续，做到人走火灭，专人专责，使吸烟及其它用火得到有效控制。

比如：设置专门的吸烟区，烟头有特定的容器收集；做饭用火派专人对火进行管理。

2.光伏电池组件周边存在茂密杂草时，应按林业部门相关要求设防火隔离带。

3.建立光伏电站建设、运营防火安全机制，做好施工、运营防火安全工作。在此基础上，制定相应的光伏电站火灾、森林火灾应急预案，并定期进行火警演练。

4.运行期光伏电站和森林火灾的防范措施仍是防消结合，以防为主。在光伏电站内及升压站周围设置完善的火灾报警和探测系统（在升压站四周安装红外对射探测器，作为周边防范报警），探测信息接到升压站控制室，并与声光报警装置联动，一旦发生火情，迅速对值班和运行人员进行预警，避免造成更大的损失。

5.发现森林火情，应及时拨打火警电话 119，并配合消防部门。

6.采集的视频图像信息保存期限不得少于九十日。

## 6.2.3 防地质灾害的对策措施

1.光伏电池组件、箱变地处人工回填的灰土上，灰土回填虽然经过一定的固结，但整体属欠固结状态，在自重压力的作用下还会继续固结沉降，光伏阵列施工时要充分考虑灰土固结沉降对光伏阵列基础的影响。光伏板施工过程中及施工完成后在场区内均匀布置沉降及变

形观测点，加强场区变形及沉降监测工作。特别是雨季加强观测，尽可能减轻地质灾害对拟建工程造成危害。

2.应严格遵循规范的规定和设计要求，精心施工，尽可能控制对地质环境的影响；应根据实际推行信息化施工，优化、调整设计，处理施工中出现的岩土工程问题，及时采取地质灾害防治措施。

3.道路工程的各个路段，以及地质灾害防治、岩土工程防治等工程，都应充分考虑防、排水措施和生物措施。

4.工程建设过程中或建成后，应及时对地质环境进行整治，加强生态治理，尽可能地创造自然环境与人类工程的完美结合，协调发展。

5.制定地震防灾加强计划和地震防灾应急计划；对员工进行培训，学习防震抗震知识；针对地震应急预案进行演练。

6.场地附近距离村子较近，基础开挖时严禁放大炮。

#### **6.2.4 防雷电危害对策措施**

##### **1.利用接地网防雷电**

利用导电截面积足够的金属导体连接为一体形成可靠的具有低电阻接地网，接地电阻越小越好。由于对地电阻小，强大的雷电流能够迅速散流到大地，使设备不受强电流、高电压冲击，对被保护设备起到很好的防护效果。

##### **2.利用避雷器防雷电**

避雷器又称电涌保护器，在电力电缆和通讯控制线线路上安装避雷器，就能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

3.为了保持防雷装置有良好的保护性能，应对其进行经常性检查和定期试验。对于避雷针、引下线和接地装置，应检查其是否完好，各部分连接、防护是否良好。对防雷接地装置和其它接地装置一样，应定期进行检查和测定其接地电阻。

防雷装置安全检测工作应由有关部门批准的检测单位每年定期进行一次。

4.为防止跨步电压，接地装置距建筑物出入口和人行道的距离不小于 3m，否则应采取其它安全措施。严禁在装有避雷针、避雷线的构筑物上架设通讯线、广播线或低压线。

5.施工单位必须按经审核批准的防雷装置施工图进行施工，在施工过程中主动接受市气象局的监督和检查。防雷装置实行竣工验收制度。建设单位应当向气象主管机构提出申请，



填写《防雷装置竣工验收申请书》，验收防雷装置。

6.为了保证电站二次系统的安全运行，应设置一套完善的二次防雷系统。

### 6.2.5 降水危害的对策措施

升压站道路边坡存在失稳、坍塌危险。主要原因是在发生暴雨后，松散的堆积体坡度大于岩体自身的稳定坡度，而产生失稳坍塌。也有可能边坡暂时处于临界状态的稳定，经雨水浸泡软化、冲刷等作用后，岩体物理性能降低而失稳坍塌。建议采用减荷、挡、锚、护、排的工程对策措施进行处理和防范。

1.减荷：在允许的条件下，尽可能进行放坡开挖，减轻边坡自身不稳定荷载，避免或减弱卸荷裂隙发育。

2.挡：在坡脚修建挡墙、抗滑桩等支挡建筑，稳固坡脚。

3.锚：对滑动的坡面进行锚固。可采用锚杆进行锚固处理。

4.护：保护坡面不受风化、雨水浸蚀和山洪冲刷破坏。对于较好的岩石边坡可采用素喷混凝土护坡；对于风化严重的岩石边坡可采用锚杆+挂网+喷混凝土护坡；对于土质边坡可采用混凝土格梁加种草护坡。

5.排：排除边坡的地下水、山洪。在坡面设排水孔排出边坡岩体内的地下水；在坡顶以上适当位置设天沟、坡间马道设排水沟排走坡面山洪，避免冲刷坡面。

对其它存在坍塌的边坡，其基本对策措施仍是以上五项，但根据边坡大于、危害程度可采取其中的一项或几项即可。

### 6.2.6 35kV 配电室防中毒对策措施

1.在 35kV 配电装置舱设置轴流风机，按每小时换气次数不小于 10 次计算。

2.配电舱的相对湿度不应大于 80%，并开启通风系统。

3.应当选择质量好的制造厂产品，并进行严格检测。

4.发生火灾时，人员应迅速撤离现场，开启所有排风设施，未配备隔离防毒面具的人员禁止入内。

### 6.2.7 防 35kV 系统可能产生的谐振过电压安全对策措施

对易引起铁磁谐振过压的 35kV 系统，其母线电压互感器应选用具有消谐功能的系列产品，并加装消谐装置。

## 6.2.8 防电气伤害对策措施

电气伤害事故是与电相关联的造成人员伤亡的事故，包括触电事故、雷击事故等。

1.高压电力线安全距离是防止运行人员在操作维护中发生触电事故，保证运行人员安全的最基本措施，应严格按规范执行。

2.出线场设备布置在有围栏的区域内，无关人员不能接触。

3.用于接零保护的零线上不得装设熔断器和断路器。

4.在站用电接线中，所有远离低压配电主盘的负荷点和配电箱，在其进线侧都应装设隔离开关或负荷开关。

5.高压开关设备（断路器、隔离开关、接地刀闸及开关柜）均应装设有双重编号（调度编号和设备、线路名称）的编号牌，且字迹清晰、颜色正确。

6.对有可能引起触电的部位，如电气设备周围设置的防护栏和防护隔板等，都应设置明显安全标志。

7.低压系统零线上均不装设熔断器，所有可能产生感应电压的电气设备外壳均接地，其感应电压不大于 50V。开关柜均具有“五防”措施，并进行定期检修。

8.所有电气设备的外壳均应有可靠接地，采取均压措施，以降低接触电势和跨步电势，保证人身和设备的安全。

9.防电气误操作建议对策措施：在光伏电站内开展全员安全技术培训，不断增强全员的安全意识，把认真执行《电力安全工作规程》、“两票三制”作为全员业务考核的重要内容之一。坚持进行反“习惯违章”活动。

10.升压站装设避雷针或架设避雷线防直击雷伤害，并确保主要电气设备在避雷装置的有效保护范围内。

11.对所有设备进行有效接地，并对接地装置进行检测实验合格后方可投入使用。

12.加强电气设备及场地管理，无关人员不得进入升压站内，进入升压站内不得携带易导电的金属物品。

13.防止电气误操作采取的技术措施

（1）为防止电气误操作，电气高压开关柜应选用带“五防”：即防误分、合断路器，防带负荷拉合隔离开关，防带电挂接地线或合接地开关，防带接地线合断路器，防误入带电间隔的设施及带闭锁装置的设备；对高压开关采取隔离保护措施，在电气设备之间或设备操动机构间加装电气和机械联锁装置。

(2) 配电间应设加锁门,同时要求运行单位能严格执行电气安全操作规程及工作票制度,防止非工作人员进入,避免误操作。

(3) 制定严格防误闭锁管理制度,运行中的防误装置不准随意退出,防误装置的停用应有申报手续,不得随意停用。

(4) 凡进行电气操作时,必须有监护人。在操作时一人唱票,一人操作,监护人不允许代替操作人操作。执行一个操作任务时,必须按操作票中所填写的操作顺序执行,严禁颠倒操作顺序执行。

(5) 所有的运行人员和检修人员应熟悉防误装置的管理办法和实施细则,新上岗的运行和检修人员应通过使用和维护防误装置的技能培训,考试合格后方准上岗操作。

(6) 电气操作必须使用操作票,不准无票操作,每一份操作票只允许填写一个操作任务。

(7) 35kV 配电装置操作票应根据 SF<sub>6</sub> 气体绝缘开关柜内的电气设备安装位置特点正确开具。

14.严格按照电气管理制度中关于防电气误操作的规定。

15.为防止 35kV 系统可能产生的谐振过电压,35kV 母线电压互感器应选用具有防谐振功能的系列产品,并加装消谐装置。

16.站内油浸变压器的布置应严格按照相关规程规范执行。

17 防触电安全对策措施:

(1) 施工及检修工程中涉及临时架空电力线路时要保证架设电路和保护配置规范,避免设备在施工、检修过程中受潮、淋雨。

(2) 施工期间临时用电作业时必须照明线路与施工线路分开,临时用电线合理放置,设置安全警示牌。

(3) 检修工具应配套使用漏电保护装置。

(4) 施工和检维修人员应具备专业的电气知识和能力,同时应有电工证,做到持证上岗,防止技术不足引起的触电。

(5) 定期检测更换老化损坏的电缆、电气设备。

## 6.2.9 防 GIS 设备 SF<sub>6</sub> 中毒安全对策措施

1.SF<sub>6</sub> 气体的安全使用与管理

(1) SF<sub>6</sub> 新气在验收过程中,应采取必要的安全防护措施。

(2) 储存 SF<sub>6</sub> 气瓶的地方应阴凉、干燥、通风良好。

(3) SF<sub>6</sub>气瓶使用时应有防晒、防潮措施,不得靠近热源和有油污的地方,不得有水分和油污粘在控制阀内。

(4) 使用过的 SF<sub>6</sub>气体钢瓶应关紧阀门,戴上瓶帽,应防止剩余气体泄漏。

(5) 气瓶的安全帽、防振圈应齐全,安全帽应旋紧。气瓶放置应可靠固定,标志应明显,搬运时应轻装轻卸,严禁滑抛或敲击碰撞。

(6) 未经检验的 SF<sub>6</sub>新气气瓶和已检验合格的气体气瓶应分开存放。

## 2.SF<sub>6</sub>气体充装时的防护

(1) SF<sub>6</sub>气体充装时应佩戴防护口罩和手套。

(2) SF<sub>6</sub>气体充装时应避免意外泄漏导致的冻伤。

(3) 户外设备充装 SF<sub>6</sub>气体时,工作人员应在上风位置操作。

## 3.设备运行中的安全防护

(1) 不应在设备防爆膜附近停留。

(2) 设备内 SF<sub>6</sub>气体应按照 GB/T8905 规定的项目和周期进行定期检测。如发现气体中毒性分解物的含量不符合要求时,应采取有效的措施,包括气体净化处理、更换吸附剂、更新 SF<sub>6</sub>气体、设备解体检修等。

(3) 处理设备气体渗漏故障时,应在通风条件下进行,工作人员应佩戴防护口罩、手套和防护眼镜,应站在上风位置。必要时佩戴防毒面具或正压式呼吸器。

(4) 当防爆膜破裂及其他原因造成大量气体泄漏时,应启动应急预案,并采取相应的紧急防护措施。

(5) 发生防爆膜破裂事故时应停电处理。

## 6.2.10 逆变器、无功补偿装置安全防护措施

1.逆变器和无功补偿装置应具备高低电压故障穿越能力,并满足频率、电压适应性相关要求。

2.SVG 动态无功补偿装置稳定运行需要有低温、干净的运行环境。

3.每两个月定期对功率单元柜进行除尘处理、提高检修维护质量。

4.定期检查各功率柜柔性插座的松紧情况,预防功率柜接触不良。

5.建议厂家定期到现场对 SVG 动态无功补偿装置进行运行质量评估,并提出有效整改的意见。

### 6.2.11 电力监控系统安全防护措施

- 1.应根据《电力监控系统安全防护规定》要求，结合光伏电站实际情况，落实“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的原则要求，保障电力监控系统的安全。
- 2.光伏电站根据业务系统或其功能模块的实时性、使用者、主要功能、设备使用场所、各业务系统之间的相互关系、调度数据网通信方式以及对电力系统的影响程度等属性，划分控制区（安全区 I）和非控制区（安全区 II）。
- 3.光伏电站各业务系统应使用独立的网络设备组网，在物理层面上实现与综合业务数据网及外部公共信息网的安全隔离。
- 4.生产控制大区与管理信息大区之间应设置电力专用横向安全隔离装置实现物理隔离。
- 5.生产控制大区与调度数据网的纵向连接处应部署电力专用纵向加密认证网关或加密认证装置。
- 6.生产控制大区和管理信息大区内部的安全区之间应采用防火墙或带有访问控制功能的网络设备实现逻辑隔离。
- 7.按照要求应配置电力监控系统网络安全态势感知装置、堡垒机、入侵检测系统、日志审计系统等网络安全设备。
- 8.主机服务器采用物理（高危）端口封堵、安全加固、网络线缆标识及最小化策略配置等措施。
- 9.按照相关要求投产前完成电力监控系统等级保护备案测评、安全防护评估以及整改等工作。
- 10.光伏电站应当建立健全电力二次系统安全管理制度和体系，落实分级负责的责任制。
- 11.光伏电站应建立健全电力二次系统安全的联合防护和应急机制，制定应急预案。
- 12.建议完善电力监控系统网络安全设备的配置情况，设计光功率预测应配置内网、外网防火墙各 1 台、反向隔离装置 1 台；调度数据网应配置纵向加密装置 4 台（A、B 平面各 1 台）、横向隔离防火墙 2 台（A、B 平面各 1 台），远动 2M 专线应配置纵向加密装置 1 台，综合数据网应配置纵向防火墙 1 台等。
- 13.为保证电站安全稳定运行和顺利投产，需投产前完成电站电力监控系统等级保护备案测评、安全防护评估以及整改等工作。

### 6.2.12 系统继电保护及安全自动装置安全对策措施

1. 110kV 及以上电压等级并网新能源场站均需配置宽频测量装置。宽频测量装置需具备

2~10 次谐波、0~100Hz 内间谐波监测功能，并接入省调主站。

2. 变压器配置零序过电流保护、差动保护、瓦斯保护、过负荷保护，采用多重保护能够有效保证继电保护可靠性处于较高的水平，降低由于继电保护装置出现故障而导致失灵的风险，提高电力系统继电设备动作的正确率。

3. 在一次系统规划建设中，应充分考虑继电保护的适应性，防止出现特殊接线方式造成继电保护配置及整定难度的增加。

5. 继电保护装置的设计、配置和选型，必须满足有关规程规定的要求，并经相关继电保护管理部门同意。保护及安全自动装置选型应采用技术成熟、性能可靠、质量优良、经有资质的专业检测机构检测合格的产品。

6. 所有差动保护（线路、母线、变压器、电抗器等）在投入运行前，除应在能够保证互感器与测量仪表精度的负荷电流条件下，测定相回路和差回路外，还必须测量各中性线的不平衡电流、电压，以保证保护装置和二次回路接线的正确性。

7. 应保证继电保护装置、安全自动装置以及故障录波器等二次设备与一次设备同期投入。

8. 稳控系统应按照“入网必检、逢修必验”原理加强稳控系统厂内测试、工程验证和现场调试，严格落实软件改动后全面测试原则。

9. 继电保护及安全自动装置应定期开展检修及出口传动检验，确保传动开关的正确性与断路器跳合闸回路的可靠性，确保功能完整可用。

10. 加强继电保护装置运行维护工作。装置检验应保质保量，严禁超期和漏项，应特别加强对基建投产设备及新安装装置一年的全面校验，提高继电保护设备健康水平。

11. 配置足够的保护备品、备件，缩短继电保护缺陷处理时间。

12. 加强继电保护试验仪器、仪表的管理工作，每 1~2 年应对微机型继电保护试验装置进行一次全面检测，防止因试验仪器、仪表存在问题而造成继电保护误整定、误试验。

13. 企业应按相关规定进行继电保护整定计算，并认真校核与电网侧保护的配合关系。

14. 严禁在保护装置电流回路中并联接入过电压保护器，防止过电压保护器不可靠动作引起差动保护误动作。

### 6.2.13 低温安全对策措施

1. 本电站设备选型时需考虑极端气候的影响。

2. 在电站运行期必须提供防寒服、帽、手套等个体防护器具，防止人员冻伤。

- 3.低温环境下，禁止工作人员长时间在外工作或停留。
- 4.低温季节，尤其在寒冷地区，施工部位不宜分散。
- 5.低温施工期间，施工单位应在施工方案中补充低温施工采取的安全措施，并严格执行。

#### 6.2.14 道路交通安全对策措施

为确保安全沿线交通工程及沿线设施按《公路交通标志和标线》、《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81-2017)有关规定严格执行，同时根据《公路工程技术标准》(JTG B01-2014)，沿线交通工程及设施应达到D级或以上等级。

1. 交通工程及沿线设施应遵循“确保安全、经济实用”的原则，根据公路的使用功能、等级、交通量，结合当地的自然条件与路基路面的具体情况进行设置，做到醒目、牢固。
2. 在高路堤、陡坡、急弯、沿河、傍山险路、悬岩凌空等危险路段，应在路侧设置限速、警示、警告标志和护柱、石砌护墩、石垛等安全设施。
3. 在视距不良的急弯路段，应根据需要设置线形诱导标志、警告、减速等标志：在平面交叉口，应设置道口标志等必需的标志牌。
4. 受限路段应在起终点处设置减速、限载、限高等警告标志。
5. 在路线经过村庄地段以及陡坡、傍山险路等地段设置显著的交通警示标志。具体设置时要结合地形及公路实际情况将标志设置在醒目、无干扰的地点。
6. 交通标志：在路线经过村庄地段以及陡坡、傍山险路等地段设置显著的交通警示标志。

#### 6.2.15 其他安全措施

1. 项目并网前，需开展电能质量评估、二次复核性试验、并网安全性评价、等级保护测评等。
  2. 项目投产后，按调度要求全容量并网6个月内完成光伏逆变器的高低电压穿越、电网适应性测试，电站电气仿真建模、有功无功控制能力、AGVC、惯量响应及一次调频、SVG并网性能测试等。
  3. 场站应具备频率调节功能，应具备一次调频功能，并网运行时一次调频功能始终投入并确保正常运行，宜具备惯量响应，频率调节能力指标由调度机构根据电网实际情况制定。
- 一次调频动态指标要求如下：
- (1) 场站一次调频启动时间不大于3s；
  - (2) 光伏电站一次调频响应时间不大于5s，调节时间不大于15s；

(3) 在频率偏离死区出力稳定后,场站响应一次调频指令的有功出力偏差应在额定出力的 $\pm 2\%$ 以内。

4. 南方电网规定电网高频扰动情况下,有功功率降至额定出力的10%时不再向下调节。低频扰动情况下,一次调频动作量达5%额定出力可不再向上调节。

## 6.3 施工期安全对策措施

光伏电站施工过程中存在着众多的不安全因素,安全事故随时随地均有可能发生,因此要求建设、监理、施工等参建单位高度重视,始终把“施工安全管理”作为一项重要任务,贯穿于整个施工过程,严格监督、督促各项施工安全措施落实到位,有效控制施工安全事故发生。

根据前面对该工程项目施工安全危险、有害因素的辨识结果,针对该工程特点、施工工艺、危险有害因素的大小等,作出以下对策措施建议。

### 6.3.1 施工安全基本保障措施

为保证施工现场安全、维护工地正常生产和生活秩序,必须强化“安全第一,预防为主,综合治理”的方针。光伏电站施工应做到下列基本保障措施:

1. 由建设单位、监理单位共同组建安全生产组织机构,其中应设专管领导、具体负责人和成员,做到责任明确,层层到位、各负其责。主要负责施工安全管理、研究、协调和处理工作。

2. 坚决杜绝“以包代管”,明确总包单位和监理单位职责。

总包单位职责:对承包工程的总工期、总体质量、总造价负责。其主要职能:统一对外、统一指挥、统一部署、统一计划、统一管理,对参与分包施工的单位实行指挥、协调、监督和服务;与此同时对承包合同工期、质量、造价实施动态控制与管理。

监理单位职责:监理单位应当按照法律法规和工程建设强制性标准实施监理,履行电力建设工程安全生产管理的监理职责。监理单位资源配置应当满足工程监理要求,依据合同约定履行电力建设工程施工安全监理职责,确保安全生产监理与工程质量控制、工期控制、投资控制的同步实施;监理单位应当建立健全安全监理工作制度,编制含有安全监理内容的监理规划和监理实施细则,明确监理人员安全职责以及相关工作安全监理措施和目标;监理单位应当组织或参加各类安全检查活动,掌握现场安全生产动态,建立安全管理台帐。在实施监理过程中,发现存在生产安全事故隐患的,应当要求施工单位及时整改;情节严重的,应



当要求施工单位暂时或部分停止施工，并及时报告建设单位。施工单位拒不整改或者不停止施工的，监理单位应当及时向国家能源局派出机构和政府有关部门报告。

3. 制定安全生产责任制和各项安全生产文明施工管理制度。

4. 加强三级安全教育，做到安全教育制度化、经常化，让全体施工人员明白安全生产教育的目的和作用。

5. 确保施工组织设计方案中安全技术措施的针对性、可行性和可操作性，严格执行工程建设工期提出要求。

6. 针对施工中可能出现的安全隐患须编制相应的事故应急预案和施工安全保障措施，并报监理单位进行审核。

7. 安全人员须深入施工现场检查安全防护措施状况，及时纠正违章行为，并对不安全因素进行及时整改。

8. 做好日常安全检查和定时开展安全生产大检查工作，组织召开安全生产总结会议，发现并及时改正存在的问题。

9. 施工现场设立健全的安全标志、标语和其他安全装置。

10. 制定施工现场危险点的操作规程。

11. 无关人员严禁进入施工现场，进入施工现场人员必须佩戴安全帽。

12. 爆破作业、起重作业等特种作业人员必须持证上岗。

13. 建设、施工、监理单位要加强对外包单位和施工现场的安全施工管理。

14. 各参建单位须加强施工现场安全管理和安全教育工作。

15. 强化安全责任，提高施工管控能力；加强外包单位施工人员培训，提高安全管理和技能；严格落实现场安全措施，防范人身伤害事故；严格安全工器具管理，确保施工作业安全。

16. 严禁违法分包、转包和挂靠资质等行为，杜绝使用无资质、假冒资质、借用资质的单位。

### 6.3.2 施工质量控制对策措施

施工质量关系到整个工程整体质量好坏和工程建成后能否安全可靠运行，施工质量控制是工程质量控制的基础和重要手段。严格做好工程施工质量控制是确保工程安全的重要任务，针对该工程规模特点，提出以下施工质量控制对策措施建议。

1. 建立健全的质量管理组织机构

由当地质量监督管理部门、建设单位、监理单位建立工程施工质量管理领导小组。设立

主管领导、主要负责人和成员三级管理体系，负责监督、管理、落实工程施工质量工作。

2. 设立工程质量控制方针、目标

工程质量控制应该做到“科学管理、精心施工、持续提高、顾客满意”的方针。

工程质量必须做到一次性符合，向优良工程目标努力，杜绝重大质量责任事故。

3. 质量管理成员必须进行日常工程质量的检查、运行和管理，质量管理组织机构须定期进行召开工程质量管理工作会议，总结工程质量控制情况，发现并改进工作中的不足；

4. 施工过程中如出现工程质量事故，须按照“三不放过”的原则进行查处。

5. 建立技术交底制度，确保各项施工方案正确实施。

6. 建立现场试验室，跟踪检验各施工部位的材料质量，并出具书面试验报告。

7. 对进场的产品和材料进行严格验证、检验和试验，确保不符合材料不得进场。

8. 严格按照规程、规范有关要求组织进行隐蔽工程验收、单元工程验收、分部工程验收、阶段验收、单位工程验收和竣工验收，确保工程质量。

### 6.3.3 防施工期电气伤害对策措施

1. 建立健全符合施工生产实际的供电、用电安装、运行、维护、检修等安全操作规程、规章制度。

2. 做好全体员工的日常用电教育和电工技术技能培训、考核、审验工作，禁止乱拉乱接电源线路和非电工从事电气作业、线路安装。

3. 用电线路架设应沿墙体悬空架设，高度不低于 2.5m，牢固绑扎在绝缘物上。

4. 用电线路应尽量使用电缆线，绝缘良好，无破损，沿边角设置，禁止乱拉乱放。

5. 开关箱(板)应设置在高度 1.5m 左右，牢固、整洁、完好、防雨、易操作，保险熔断丝与负荷相适应。

6. 照明灯具设置高度一般应高于地面 2.5m，人员易碰触的灯具，应有防护网罩。潮湿场所、金属容器类、手持照明灯具，应使用安全电压。

7. 手持电动工具应保持绝缘良好，电缆线无破损，并安装漏电保护器。

8. 电器设备外壳接地应良好可靠，裸露带电部位、接头部位应有防护装置。

9. 带电作业应有专人监护，不允许一人独立作业。

### 6.3.4 运输作业要求及安全技术措施

本项目运输条件良好，主要的运输作业危害体现在进场及场内道路运输时。

- 1.在进行运输作业前应检查驾驶人员的身体状况、车辆的性能等有无异常，无异常方可进行运输作业。
- 2.进行变压器和逆变器运输前，设备应捆绑牢固，无松动和重心不稳的情况。
- 3.车辆行驶过程中速度要均匀平稳，上下坡时应事先停车，探明路况后行驶，不得忽快忽慢或突然制动。
- 4.在进行转弯时，速度应均匀平稳，不得在突然制动或在没有停稳前做急打方向。
- 5.当遇到雷雨天气和大雾天气时，不得进行运输作业。
- 6.在运输线路较为复杂的地段，应设人现场指挥，无关人员不得进入运输道路。
- 7.运输人员不得酒后作业，不得违章作业，事先应进行安全教育。

### 6.3.5 吊装要求及安全技术措施

- 1.吊装作业应编制专项施工方案并提前报送审核。
- 2.在吊装作业前应检查机械设备的机械性能、有无异常，无异常方可进行吊装作业。
- 3.吊装作业时使吊钩与设备重心在一条铅垂线上，设备捆绑要牢固。
- 4.设备提升时速度应均匀、平稳，落下时应低速轻放。不得忽快忽慢或突然制动。
- 5.吊着设备回转时，速度应均匀平稳，不得在突然制动或在没有停稳前做反方向回转。
- 6.吊装现场要设置警戒，无关人员不得进入吊装现场。
- 7.吊装作业前要对施工人员集中进行安全教育，各工种严格按照操作规程作业，不得酒后作业，不得违章作业。
- 8.进入现场必须佩戴劳动防护用品，各岗位要分工明确，统一信号，听从指挥。不得擅自离岗，串岗。

### 6.3.6 机械伤害对策措施

- 1.制定各项机械操作规程。
- 2.机械操作人员必须持证上岗，并严格执行机械操作规程。
- 3.施工机具必须安装保险装置，在使用前进行检验合格后方可使用。
- 4.对机械设备实行例行维护保养和特殊维修制度。
- 5.机械操作人员必须使用个体防护器具。

### 6.3.7 防坠落危害对策措施

- 1.做好临边防护措施，保证登高设施完好。

2. 严禁患有不宜登高病症人员登高作业。
3. 严禁酒后登高作业，严禁高处嬉戏打闹。
4. 登高作业人员必须配备安全帽、安全带或安全溜绳等安全装备。
5. 施工弃碴不得堆放在场地边缘。

### 6.3.8 施工期火灾对策措施

1. 加强施工期防火安全管理。制定防火、消防安全管理规章制度。
2. 加强施工人员防火安全教育。
3. 施工及管理人员不得擅自将火种带入施工区内。
4. 施工区内严禁吸烟、玩火。
5. 加强施工焊接、用电等作业管理，焊接区周边易燃物质清理干净。
6. 配备灭火器等相关消防器具。

### 6.3.9 光伏系统安装安全对策措施

1. 所采用的太阳能电池组件、设备、材料应为经国家有关部门鉴定验收的符合产品，并应充分考虑其对最恶劣气候条件如冰雪、冰雹、大风等自然灾害的抵抗能力。
2. 光伏阵列安装点应根据当地的地质稳定性、地震烈度及最大风力采取适当的加固措施
3. 安装中要注意方阵的正负极两端输出，不能短路，否则可能造成人身伤害事故或引起火灾。
4. 二极管、控制器、逆变器等极性不要接反。
5. 光伏方阵造价昂贵，应采取适当的防盗措施，提高光伏发电系统的安全性。
6. 作业过程中正确佩戴安全防护用品，如绝缘手套、绝缘靴。
7. 在阳光下安装光伏组件，应使用不透光的材料遮盖太阳能电池板。
8. 按照规程进行操作，不要同时接触光伏组件的正负极。
9. 安装太阳能光伏发电系统要求专门的技能和知识，必须由专业资格的工程师来完成。
10. 安装人员在尝试安装，操作和维护的光伏组件时，请确保完全理解在此安装说明手册的资料，了解安装过程中可能会发生伤害的风险。
11. 光伏组件在光照充足或其他光源照射下时生产电力。应当操作时请采取相应的防护措施，避免人员与 30VDC 或更高电压直接接触。
12. 太阳能光伏组件能把光能转换成直流电能，电量的大小会随着光强的变化而变化。当

组件有电流或具有外部电源时，不得连接或断开组件。

13. 安装、使用组件或进行接线时，应使用不透明材料覆盖在太阳能光伏组件阵列中组件的正面，以停止发电。

14 应遵守所有地方、地区和国家的相关法规，必要时应先获得建筑许可证。

15. 太阳能光伏组件没有用户可维修的原件，不要拆解、移动或更改任何附属的部件。

16. 太阳能光伏组件安装时不要穿戴金属戒指、表带、耳环、鼻环、唇环或其它的金属配饰。

17. 在潮湿或风力较大的情况下，请不要安装或操作组件。

18. 不要使用或安装已经损坏的组件，不要人为地在组件上聚光。

19. 只有相同型号的光伏组件模块才能组合在一起。避免光伏组件的表面产生不均匀阴影。被遮阴的电池片会变热（“热斑”效应）从而导致组件永久性的损坏。

20. 当有意外情况发生时，请立即把逆变器和断路器关闭。

21. 缺陷或损坏的组件依旧可能会发出电量。如果需要搬运请采取措施遮挡，以确保组件完全遮阴。

22. 在运输和安装组件时，使儿童远离组件。

23. 光伏组件在安装前请一直保存在原包装箱内。

## 6.4 调试期的对策措施

1. 加强调试期间交叉作业管理，防止事故的发生。

2. 规范临时标志的管理。

3. 加强安全警示标志的管理，做到标志齐全、醒目不缺失。

4. 加强临时电源的管理，严禁私拉乱接。

5. 加强各工序的交接，尤其是安全措施的实施。

## 6.5 检维修作业的安全措施

1. 资质审核

外来检修施工单位应具有国家规定的相应资质，并在其等级许可范围内开展检修施工业务。在签订设备检修合同时，应同时签订安全管理协议。

2. 制定检修方案

根据设备检修项目的要求，检修施工单位应制定设备检修方案，检修方案应经设备使用单位审核。检修方案中应有安全技术措施，并明确检修项目安全负责人。检修施工单位应指定专人负责整个检修作业过程的具体安全工作。

### 3. 安全培训教育

检修前，设备使用单位应对参加检修作业的人员进行安全教育，安全教育主要包括以下内容：有关检修作业的安全规章制度；检修作业现场和检修过程中存在的危险因素和可能出现的问题及相应对策；检修作业过程中所使用的个体防护器具的使用方法及使用注意事项；相关事故案例和经验、教训。

### 4. 现场管理

检修现场应根据《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）的规定设立相应的安全标志；检修项目负责人应组织检修作业人员到现场进行检修方案交底；检修前施工单位要做到检修组织落实、检修人员落实和检修安全措施落实；当设备检修涉及高处、动火、动土、断路、吊装、抽堵盲板、有限空间等作业时，须按相关作业安全规范的规定执行；临时用电应办理用电手续，并按规定安装和架设；设备使用单位负责设备的隔绝、清洗、置换，合格后交出；检修项目负责人应与设备使用单位负责人共同检查，确认设备、工艺处理等满足检修安全要求；应对检修作业使用的脚手架、起重机械、电气焊用具、手持电动工具等各种工器具进行检查；手持式、移动式电气工器具应配有漏电保护装置。凡不符合作业安全要求的工器具不得使用；对检修设备上的电器电源，应采取可靠的断电措施，确认无电后在电源开关处设置安全警示标牌或加锁；对检修作业使用的气体防护器材、消防器材、通信设备、照明设备等应安排专人检查，并保证完好；对检修现场的梯子、栏杆、平台、算子板、盖板等进行检查，确保安全；对有腐蚀性介质的检修场所应备有人员应急用冲洗水源和相应防护用品；对检修现场存在的可能危及安全的坑、井、沟、孔洞等应采取有效防护措施，设置警告标志，夜间应设警示红灯；应将检修现场影响检修安全的物品清理干净；应检查、清理检修现场的消防通道、行车通道，保证畅通。

### 5. 检修中的安全要求

对作业人员的要求：参加检修作业的人员应按规定正确穿戴劳动保护用品；检修作业人员应遵守本工种安全技术操作规程；从事特种作业的检修人员应持有特种作业操作证。

统一指挥：多工种、多层次交叉作业时，应统一协调，采取相应的防护措施。当装置出现异常情况可能危及检修人员安全时，设备使用单位应立即通知检修人员停止作业，迅速撤离作业场所。经处理，异常情况排除且确认安全后，检修人员方可恢复作业。

设立监护人：夜间检修作业及特殊天气的检修作业，须安排专人进行安全监护。

#### 6. 检修结束后的安全要求

现场环境清理：因检修需要而拆移的盖板、算子板、扶手、栏杆、防护罩等安全设施应恢复其安全使用功能。

工器具的清理：检修所用的工器具、脚手架、临时电源、临时照明设备等应及时撤离现场。

废料的清理：检修完工后所留下的废料、杂物、垃圾、油污等应清理干净。

### 6.6 特殊作业安全对策措施

特殊作业涉及动火、进入有限空间、高处作业、吊装、临时用电、动土、断路等作业，具体要求和管控措施如下：（1）特殊作业前，作业负责人必须向安全管理机构填报特殊作业审批表；（2）如实填报审批表，作业负责人和审批人需签字；（3）对作业区域应有明确的警示标识；（4）作业监护人应坚守岗位，不得擅自离职守和做其他工作；（5）作业完成后应及时按规范标准清理作业现场，并撤除警示标识，及时向安全管理机构汇报作业完毕。

#### 1. 针对有限空间作业的安全措施

（1）作业前应对有限空间（电缆沟等）进行安全隔绝，应根据有限空间盛装（过）的物料特性，对有限空间进行清洗或置换；应保持有限空间空气流通良好，应对有限空间内的气体浓度进行严格的监测，进入有限空间作业要采取有效的防护措施；照明及用电安全要按规范进行。

（2）有限空间作业必须保证设备与生产系统可靠隔绝。

（3）作业前对进入的人员进行技术交底和安全教育，并对设备进行可靠的冲洗，确保干净，符合安全要求后方可作业。

#### 2. 针对高处作业的安全措施

（1）光伏电站高处作业应设置登高作业台，作业人员应正确佩戴符合要求的安全带，高处作业应设专人监护，作业人员不应在作业处休息，特殊天气作业时，应采取可靠的措施。作业使用的工具、材料、零售等应装入工具袋，上下时手中不应持物，不应投掷工具、材料及其他物品。因作业需要，临时拆除或变动安全防护设施时，应经作业审批人员同意，并采取相应的防护措施，作业后应立即恢复。

（2）高处作业必须熟悉现场环境和施工安全，对患有职业禁忌症和年老体弱、疲劳过度、视力不佳及酒后人员等，不准进行高处作业。

(3) 高处作业人员应按照规定穿戴劳动保护用品。

(4) 高处作业前，需检查周边的扶手是否牢固，并做好防滑措施。

### 3. 针对临时用电的安全措施

在运行的装置和具有火灾爆炸危险场所内不应接临时用电，确需时应对周围环境进行可燃气体检测分析；各类移动电源及外部自备电源，不应接入电网；动力和照明线路应分路设置；在开头上接引、拆除临时用电线路时，其上级开关应断电上锁并加挂安全警示标志；临时用电应设置保护开关，使用前应检查电气装置和保护设施的可靠性。所有的临时用电均应设置接地保护；临时用电设备和线路应按供电电压等级和容量正确使用；临时用电结束后，用电单位应及时通知供电单位拆除临时用电线路。

现场临时用电的电源箱必须安装自动空气开关、剩余电流动作保护器、接线柱或插座，专用接地铜排和端子、箱体必须可靠接地，接地、接零标识应清晰，并固定牢固。

### 4. 动火作业安全措施

(1) 在爆炸危险区动火时，应按相应管理制度办理动火票。

(2) 动火作业设置专人监火，动火作业前清除动火现场的易燃品，采取有效的防火措施，配置足够的消防器材。

(3) 严禁违反作业规程盲目动火、收工后留有火种、无现场监理人员在现场时动火。

(4) 动火作业完毕，动火人、监火人应清理现场，监火人应确认现场无残留火种后，方可离开。

(5) 动火作业现场应配备足够的灭火器材，并在作业前对灭火器进行检查，看是否能使用。

(6) 动火作业前检查是否有易燃易爆物品，若有需通知安全管理机构统一隔离。

(7) 作业人员必须持特种作业资格证，在安全管理机构进行登记。

(8) 设置警戒，严禁与作业无关人员或车辆进入作业区域。

(9) 动火作业人员在动火点的上风作业。

## 6.7 安全管理方面的对策措施

### 1. 安全管理机构设置

根据《中华人民共和国安全生产法》第二十四条的规定，从业人员超过一百人的，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员；从业人员在一百人以下的，应当配



备专职或者兼职的安全生产管理人员。

建议企业成立的安全组织机构人员担负起本职责范围内的安全生产工作。

特别注意：每个运行班组应设置兼职的班组安全员。

## 2. 安全生产定员要求

根据安全管理组织机构的设置，安全生产人员配置应根据本项目实际情况，参照类似工程进行配置，所配置人员要求专业齐全、职责分明。从安全生产角度出发，建议本项目安全生产定员满足下列要求：

公司主管安全生产副总经理 1 人、电站专（兼职）安全员 1~2 人、班组（兼职）安全员 3~4 人。

建议企业聘用注册安全工程师（电力）从事光伏电站的安全管理工作。

## 3. 安全规章制度的建立

企业必须遵守《安全生产法》和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度，加大对安全生产资金、物资、技术、人员的投入保障力度，改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。

光伏电站须制定的制度有：各级人员安全生产责任制、安全风险分级管控和隐患排查治理制度、安全生产培训教育制度、外包和承租管理制度、值班制度、交接班制度、设备巡回检查制度、设备缺陷管理制度、维护工作制度、运行分析制度、设备定期轮换制度、设备评级管理制度、消防管理制度、设备可靠性管理制度、倒闸操作制度、两票管理制度、各种标识管理制度、技术管理及培训制度、安全文明生产制度、继电保护管理制度。

必须具备的规程有：电力安全工作规程、电力生产事故调查规程、电网变电站标准、电气倒闸操作规范、设备巡视指导书、电气设备交接试验标准、电力安全工器具预防性试验规程、电力系统电压和无功电力调整标准。

## 4. 安全生产事故应急预案的要求

要求建设单位按照《电力安全事故应急处置和调查处理条例》（国务院令 599 号）、《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）的要求来编制光伏电站事故应急预案。并进行评审、备案。预案应包括施工期和运行期的生产安全方面。

## 5. 企业安全生产责任体系五落实五到位规定

（1）必须落实“党政同责”要求，董事长、党组织书记、总经理对本企业安全生产工作

共同承担领导责任。

(2) 必须落实安全生产“一岗双责”，所有领导班子成员对分管范围内安全生产工作承担相应职责。

(3) 必须落实安全生产组织领导机构，成立安全生产委员会，由董事长或总经理担任主任。

(4) 必须落实安全管理力量，依法设置安全生产管理机构，建议配齐注册安全工程师等专业安全管理人员。

(5) 必须落实安全生产报告制度，定期向董事会、业绩考核部门报告安全生产情况，并向社会公示。

(6) 必须做到安全责任到位、安全投入到位、安全培训到位、安全管理到位、应急救援到位。

## 6. 安全教育培训的要求

按照新安全生产法要求，生产经营单位为安全生产的主体责任方，对于现场的劳务派遣人员，必须纳入本单位从业人员统一管理，切实履行安全生产保障责任；持续改进安全管理，强化人员安全培训，健全安全管理规章制度，不断提高安全生产水平。

光伏电站使用被派遣劳动者的，应当将被派遣劳动者纳入本单位从业人员统一管理，对被派遣劳动者进行岗位安全操作规程和安全操作技能的教育和培训。劳务派遣单位应当对被派遣劳动者进行必要的安全生产教育和培训。

光伏电站应当对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能，了解事故应急处理措施，知悉自身在安全生产方面的权利和义务。

未经安全生产教育和培训合格的从业人员，不得上岗作业。

光伏电站接收中等职业学校、高等学校学生实习的，应当对实习学生进行相应的安全生产教育和培训，提供必要的劳动防护用品。学校应当协助生产经营单位对实习学生进行安全生产教育和培训。

光伏电站应当建立安全生产教育和培训档案，如实记录安全生产教育和培训的时间、内容、参加人员以及考核结果等情况。

## 7. 安全投入的要求

《可行性研究报告》列出部分安全设施预算，建议设计和建设单位在下一步施工及安全设施设计专篇中，应按照《关于印发〈企业安全生产费用提取和使用管理办法〉的通知》（财

资〔2022〕136 号）文件中的相关规定对安全设施相关费用的投入重新进行概算，切实反映光伏电站建设、运营对安全设施的需求。

#### 8. 生产运行人员的基本要求

根据安全生产法中关于安全教育培训的相关内容，本光伏电站的生产运行人员应具备以下的基本要求。

（1）具备必要的机械、电气、安装知识。

（2）运行人员须进行三级教育培训后方可上岗，公司主管领导和主要安全负责人、专（兼）职安全员须持有安全生产管理合格证，涉及电工、焊接、登高、起重等特种作业人员须持有相应的特种作业资格证。

（3）熟悉太阳能发电的工作原理及基本结构，掌握一般故障的产生原因及处理方法。掌握计算机监控系统的使用方法。

（4）生产人员应认真学习光伏发电技术，提高专业水平。光伏电站至少每年一次组织员工系统的专业技术培训。每年度要对员工进行专业技术考试，合格者继续上岗。

（5）新聘人员须进行三级教育后方能上岗工作。

（6）所有生产人员必须熟练掌握光伏电站应急救援方法，必须掌握消防器材使用方法。

#### 9. 运行管理方面的要求

运行安全管理是确保光伏电站设备和各建筑物的正常运行、安全生产、完成发电和调度任务所进行的管理工作。

安全操作管理。认真执行安全工作规程、运行规程和工作票、操作票、交接班制度、巡回检查制度、定期试验和轮换制度等有关规程和制度，定期进行安全检查、设备运行安全分析。

设备检修管理包括机电主设备和辅助设备的维护、监测、大小修计划的安排，施工管理及技术档案、技术资料的积累等管理工作。设备检修，是保持设备状况完好，保证安全生产必要的条件。必须坚持预防为主、安全第一、质量第一的方针，按照应修必修、修必修好的原则，有计划地进行设备检修。

岗位技术培训其目的是提高各岗位运行值班人员的技术素质，达到熟悉设备、系统及其基本原理，熟悉操作和事故处理，熟悉本岗位的规程和制度，能正确地进行操作和分析运行状况，能及时地发现故障和排除故障，能掌握一般的维护技能等“三熟三能”基本功，保证每一个值班人员都能胜任本岗位的运行操作、设备监控、巡回检查和事故处理。培训工作可分为上岗前培训和岗位技术培训。培训的方法有：组织规程和技术学习与考试；现场考问讲

解；技术问答；反事故演习；技术讲座；技术报告会；短期脱离岗位的专业培训班；仿真机培训等。

#### 10. 安全设施“三同时”的要求

设计单位应在下阶段针对安全设施“三同时”、反事故措施、安全标准化等要求，结合项目建设条件，优化、细化设计。严格执行国家对安全设施“三同时”的相关要求，依据《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（国家安监总局令第36号，77号修改）的修改规定，在建设项目可行性研究报告时，应当委托有相应资质的可行性研究报告单位对建设项目安全设施进行设计，编制安全设施设计专篇，安全设施设计专篇编制完成后，应组织审查，形成书面报告完成报备。

项目在施工阶段必须严格按照本报告和安全设施设计专篇中关于建设项目安全设施的相关要求进行施工和管理。在项目竣工投入生产或者使用前，建设单位要组织对安全设施进行竣工验收，并形成书面报告备查。安全设施竣工验收合格后，方可投入生产和使用。

#### 11. 安全标准化及安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制的要求

根据《中华人民共和国安全生产法》第四条的规定：生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度，加大对安全生产资金、物资、技术、人员的投入保障力度，改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。建议企业加强安全标准化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制。

12. 落实施工期、运行期相关作业人员应全员持证上岗的要求，防止借用、假冒他人证件，总包单位应随作业人员证书有效性审核及劳动关系审核进行审核。

13. 严把队伍和人员资质关，强化特殊用工的安全管理。

## 第 7 章 安全生产条件和设施综合分析结论

### 7.1 项目存在的主要危险、有害因素

通过对拟建项目危险、有害因素分析，本项目存在的主要危险、有害因素为：边坡坍塌、滑塌、火灾、爆炸、触电、雷击、孤岛效应、热斑效应、车辆伤害、机械伤害、物体打击等。

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）进行辨识。本项目未构成重大危险源。

表 7-1 主要危险、有害因素分布表

| 检查目标      | 危险、有害因素  | 存在的部位与作业场所                        |
|-----------|----------|-----------------------------------|
| 建筑物       | 地震       | 整个项目区                             |
|           | 边坡坍塌、滑塌  | 太阳能方阵边坡、升压站边坡、场内道路边坡              |
|           | 岩溶塌陷     | 太阳能方阵基础、升压站建筑物和设备基础               |
|           | 泥石流灾害    | 光伏方阵                              |
|           | 地基沉降     | 太阳能方阵基础、升压站基础                     |
|           | 滑坡       | 光伏方阵                              |
| 生产过程、作业场所 | 电伤害      | 运行检修、变压器、厂用电及照明盘柜、接地设施等，临时用电时     |
|           | 火灾       | 太阳能电池组件、逆变器、变压器、蓄电池、配电设备、山火、检修过程中 |
|           | 爆炸       | 变压器、互感器、检修过程中的油品和气瓶               |
|           | 孤岛效应     | 太阳光伏电池组件                          |
|           | 热斑效应     | 太阳光伏电池组件                          |
|           | 物体打击     | 升压站检修作业场所、检修中高速旋转的机械等             |
|           | 高处坠落     | 升压站                               |
|           | 机械伤害     | 检修机械                              |
|           | 噪声       | 检修过程中、运行过程中的变压器、电动机等              |
|           | 电磁辐射     | 升压站、高压输电线下运行检修作业等                 |
|           | 毒物       | 蓄电池室、断路器旁                         |
|           | 粉尘       | 检修过程中                             |
|           | 高、低温     | 升压站、检修和维护作业时                      |
|           | 车辆伤害     | 场内道路、进厂道路                         |
|           | 标志缺陷     | 整个站区                              |
|           | 安全监测系统失效 | 变压器保护装置、电气监测设备，逆变器监测装置及环境监测装置等    |
|           | 恶意代码     | 电气二次计算机系统                         |

### 7.2 应重点防范的危险有害因素

拟建项目应重点防范的危险有害因素：

- 1.触电（运行检修、变压器、厂用电及照明盘柜、接地设施、临时用电、光伏板摆放区域）；
- 2.火灾（太阳能电池组件、逆变器、变压器、蓄电池、配电设备、山火、检修过程中）；
- 3.自然灾害（光伏方阵遇强风袭击、地面塌陷、低温时人员冻伤）。

### 7.3 应重视的安全对策措施建议

- 1.项目周边环境影响的对策措施
- 2.防止火灾危害的对策措施
- 3.防地质灾害的对策措施
- 4.防雷电危害对策措施
- 5.低温危害的对策措施
- 6.防电气伤害对策措施
- 7.安全管理方面的对策措施

### 7.4 综合分析结论

依据《安全生产法》、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（原国家安全生产监督管理总局令第36号，第77号令修改）等国家法律、法规、标准、规范要求，对拟建项目《可行性研究报告》所涉及的光伏电站安全生产条件（自然、地质、周边环境、平面布置等）、设备设施符合性（光伏电站设备及系统、电气系统、安全设施、辅助设施等）、安全管理等进行了综合分析，得出以下结论：

- 1.拟建项目符合国家产业政策布局规划要求。
- 2.拟建项目选址符合当地国民经济和社会发展规划要求。
- 3.拟建项目周边无重要场所，周边安全距离符合国家有关规范、标准的规定。
- 4.拟建项目总平面布置、建（构）筑物等之间的安全距离符合有关规程、规范要求，相互影响较小。
- 5.拟建项目采用的太阳能发电技术方案为目前国内普遍采用的技术方案，并经国内相关单位实践证明其技术是成熟可靠的。
- 6.存在的主要危险、有害因素通过采取安全技术措施和管理措施后，拟建项目风险是可以控制和接受的。

综上所述：云南能投曲靖发电有限公司曲靖电厂贮灰场生态环境综合治理 50MW 光伏项目采用的光伏发电技术相对成熟，有参照并可借鉴成功的生产运行经验和管理经验。建设单位应遵循国家有关建设项目安全设施“三同时”要求，在下一阶段设计、施工、验收和运行中，按照国家和行业标准、规范进行设计、施工、验收和运行，把《可行性研究报告》和本报告提出的安全对策措施落实到位，保证安全投入，加强安全管理，增强防范意识，规范安全生产行为，拟建项目在安全防控方面是可行的，项目在建成后从安全生产角度看符合现行法律、法规、标准、规范的规定。

## 附件

附件 1 委托书

附件 2 企业营业执照

附件 3 项目投资备案证

附件 4 可行性研究报告及资质

## 附图

附图 1 光伏电站总布置图

附图 2 升压站电气主接线图

附图 3 升压站总平面布置图