

盘州市双凤镇打峰岩  
10 万千瓦农业光伏电站项目  
安全预评价报告

评价机构名称：南昌安达安全技术咨询有限公司

资质证书编号：APJ-（赣）-004

法定代表人：马浩

评价负责人：李家国

评价机构联系电话：0791-88333632

（安全评价机构公章）

2024 年 4 月

# 安全评价师 职业能力水平评价证书

Safety Assessment Engineer  
Ability Level Evaluation Certificate

本证书由中国安全生产协会颁发，表明持证  
人通过本机构组织的职业能力水平评价考试，具  
备该职业相应等级的能力水平。

This is to certify that the bearer has demonstrated  
corresponding competency in this vocation for  
completion of the vocational ability assessment  
organized by China Association of Work Safety.



证书信息查询网址: <http://www.china-safety.org.cn>  
Online Certificate Inquiry



姓名: 宋荣春  
Name  
证件类型: 身份证  
ID Card Type  
证件号码: 522725198902233512  
ID Card No.  
职业名称: 安全评价师  
Occupation  
职业等级: 二级  
Skill Level  
证书编号: CAWS530000230201037  
Certificate No.

No. 00001258



# 职业技能等级证书

本证书由中国安全生产协会颁发，表明持证人通过本机构组织的职业技能等级认定，具备该职业（工种）相应技能等级水平。



证书信息查询网址：<http://www.china-safety.org.cn>  
机构信息查询网址：<http://www.china-safety.org.cn>



姓名：吕湧盛

证件类型：身份证

证件号码：520122199112034114

职业名称：安全评价师

工种名称：—

职业技能等级：三级

证书编号：S011053000110203001776

No. 000011810



# 安全评价信息查询平台

## 安全评价师信息

姓名	李家国	性别	男	
职业资格证书编号	1800000000201239			
级别	二级			
从业编号	023470			
注册性质	专职			
注册单位	南昌安达安全技术咨询有限公司			
注册期	2018-04-05 至 2024-03-11			
注册状态	正常			

主办单位：中国安全生产协会  
地址：北京市东城区青年沟路9区甲4号a102  
承办单位：中国安全生产协会安全评价工作委员会  
京ICP备10211073号-8

## 中国安全生产协会

### 证明

兹有李家国(身份证号 522101196803158016)同志提交的补办安全评价师职业资格证书申请已收到,目前已按程序正在补办。

特此证明。

中国安全生产协会安全评价工作委员会

2020年11月30日





# 职业技能等级证书

本证书由中国安全生产协会颁发，表明持证  
人通过本机构组织的职业技能等级认定，具备该  
职业（工种）相应技能等级水平。



证书信息查询网址: <http://www.china-safety.org.cn>  
机构信息查询网址: <http://www.china-safety.org.cn>



姓名: 潘承周

证件类型: 身份证

证件号码: 522634199206185516

职业名称: 安全评价师

工种名称: 一

职业技能等级: 三级

证书编号: S011053000110193002447

No. 00007024

姓名 聂润荪 性别 男  
Name Sex

出生日期 1963 年 6 月 5 日  
Birth Date Year Month Day

文化程度 大专  
Educational Level

发证日期 2011 年 12 月 14 日  
Date of Issue

证书编号 1100000000201786  
Certificate No.

身份证号 362424196306050056  
ID Card No.

职业及等级 安全评价师二级  
Occupation & Skill Level

理论知识考试成绩 73.0  
Result of Theoretical Knowledge Test

操作技能考核成绩 60.0  
Result of Operational Skill Test

综合评审成绩 60.0  
Result of Integrated Test

评定成绩 合格  
Result of Test

职业技能鉴定(指导)中心(印)  
Seal of Occupational Skill Testing Authority

2011 年 12 月 14 日  
Year Month Day  
职业技能鉴定  
专用章

依据《中华人民共和国劳动法》，按照国家职业(技能)标准，经考核鉴定合格。

特发此证。

According to the Labour Law of the People's Republic of China and the national occupational skill standards, the certificate is herewith issued after passing testing and assessment.



姓名 尧赛民 性别 男  
Name Sex

出生日期 1989 年 2 月 8 日  
Birth Date Year Month Day

文化程度 大学  
Educational Level

发证日期 2016年03月08日  
Date of Issue

证书编号 1600000000300934  
Certificate No.

身份证号 362502198902085016  
ID Card No.

职业及等级 安全评价师  
Occupation & Skill Level

理论知识考试成绩 60.0  
Result of Theoretical Knowledge Test

操作技能考核成绩 70.0  
Result of Operational Skill Test

评定成绩 合格  
Result of Test



依据《中华人民共和国劳动法》，按照国家职业(技能)标准，经考核鉴定合格。

特发此证。

According to the Labour Law of the People's Republic of China and the national occupational skill standards, the certificate is herewith issued after passing testing and assessment.



Seal of the Ministry of Human Resources and Social Security, The People's Republic of China



姓名 王多余 性别 男  
Name Sex

出生日期 1970 年 11 月 16 日  
Birth Date Year Month Day

文化程度 硕士  
Educational Level

发证日期 2012 年 07 月 13 日  
Date of Issue

证书编号 1200000000100048  
Certificate No.

身份证号 340111197011167039  
ID Card No.

职业及等级 安全评价师一级  
Occupation & Skill Level

理论知识考试成绩 67.0  
Result of Theoretical Knowledge Test

操作技能考核成绩 61.0  
Result of Operational Skill Test

综合评审成绩 61.0  
Result of Integrated Test

评定成绩 合格  
Result of Test



# 盘州市双凤镇打峰岩农业光伏电站项目

## 安全评价技术服务承诺书

一、在本项目安全评价（检测检验）活动过程中，我单位严格遵守《中华人民共和国安全生产法》及相关法律、法规和标准的要求。

二、在本项目安全评价（检测检验）活动过程中，我单位作为第三方，未受到任何组织和个人的干预和影响，依法独立开展工作，保证了技术服务活动的客观公正性。

三、我单位按照实事求是的原则，对本项目进行安全评价（检测检验），确保出具的报告均真实有效，报告所提出的措施具有针对性、有效性和可行性。

四、我单位对本项目安全评价（检测检验）报告中结论性内容承担法律责任。

南昌安达安全技术咨询有限公司（公章）

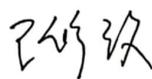
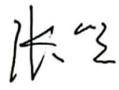
2024年04月

## 盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目

### 安全预评价报告专家意见整改情况一览表

序号	专家意见	整改情况	结论
张笠专家意见			
1	完善评价文件盖章、签字。	已完善，详见报告。	符合
2	1.1.2 评价范围：P1，明确本次评价范围，说明“220kV 铜厂沟升压站”不在本次评价范围内，只涉及“在铜厂沟一期 220kV 升压站新增 3 面集电线路开关柜，一面 SVG 开关柜，一套 SVG 成套装置”。	已修改，详见 1.1.2 章节。	符合
3	1.2 评价依据：P8 “《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）”应为《工业企业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）、“《交流无间隙金属氧化物避雷器》（GB11032-2000）”已修订为 GB/T11032-2020；P9 “《电力工程电缆设计规范》（GB50217-2018）”应为《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018），“《光伏发电系统接入配电网技术规》（GB/T29319-201）”应为《光伏发电系统接入配电网技术规定》（GB/T29319-2012）；P11，“《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T13861-2009）”已修订为 2022 年版。	已修改，详见 1.2 章节。	符合
4	2.2 工程地理位置及周边环境：P17，完善项目场址与周边环境调查说明，加强相互影响分析。	已修改，详见 2.2.2 章节及 3.7.2 章节。	符合
5	2.9.2 电池阵列的运行方式设计：P27，“该项目光伏组件采用 19° 倾角固定布置”，补充倾角可根据坡度、坡向、日照情况调整。建议考虑跟踪系统可行性比选。	已修改，详见 2.9.2 章节。	符合
6	2.10.1 电气一次：P29，补充储能装置规划说明，按要求需配置不低于光伏电站装机容量 10% 的储能设施，建议按租赁共享储能服务规划。	已修改，详见 2.10 章节。	符合
7	P31，表 2.10-1 电气一次主要设备及材料表：标明 220KV 站等原有、改建设备（P34 同），后文删除与本项目无关内容。	已修改，详见表 2.10-1 及表 2.10-2。	符合
8	2.14 工程投资：P40，补充本项目安全费用估算说明。	已修改，详见表 2.14-2。	符合
9	P57，“《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T15861-2009）”已修订为 2022 年版。	已修改，详见 3.1.2 章节。	符合
10	3.3.2 生产过程中的危险物料分析：P59，本项目应不涉及“该项目拟配置的设备中含有六氟化硫电流互感器和六氟化硫断路器……”，删除相关内容（P137 同）。	已修改，详见 3.2.2 章节及 6.2.3 章节。	符合
11	6.1.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施：P129，删除“所用干式变压器与配电柜布置在同一房间……”，因本项目不涉及。	已修改，详见 6.1.2 章节。	符合

12	加强本项目热斑、山火、洪水、凝冻等因素对项目影响风险分析。	已修改，详见 3.5 章节。	符合
幸贞雄专家意见			
1	完善安全评价人员签字、评价单位盖章。	已完善，详见报告。	符合
	“前言”中，“2024 年 3 月 14 日取得由贵州省能源局发布的文件《省能源局关于同意盘州市双凤镇打峰岩农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审（2024）90 号）”，附件提供的是《省能源局关于同意盘州市柏果镇铜厂沟三期农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审（2024）89 号）。相应内容对应修改。	已修改，详见附件 3。	
2	P2，“1.2 评价范围”，建议结合项目立项批文“黔能源审（2024）90 号”中“建设规模及内容”进行描述。	已修改，详见 1.1.2 章节。	符合
3	P3，“1.2.1 法律、法规和部门规章”中，建议增加：《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国主席令[2013]第 4 号，2014 年 1 月 1 日起施行）；《生产安全事故应急预案管理办法》（应急管理部令[2019]第 2 号）	已修改，详见 1.2.1 章节。	符合
4	P7，“1.2.2 标准、规范”，建议增加《个体防护装备配备规范第 1 部分：总则》（GB39800.1-2020），《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）。	已修改，详见 1.2.2 章节。	符合
5	P16，建议在第 2 章“建设项目概况”中，补充建设项目农光互补规划情况。	已修改，详见 2.1.1 章节。	符合
6	P66，“3.5 自然条件主要危险、有害因素分析”，建议补充该建设项目选址及周边地质灾害，强降雨造成的滑坡、泥石流，及周边山火等自然灾害风险分析。并在“5 定性、定量评价”（P89）相应补充完善。	已修改，详见 3.5 章节及 5.2.1 章节。	符合
7	P76，“5 定性、定量评价”，建议补充事故应急救援预案评价内容。	已修改，详见 5.6 章节。	符合
8	光伏发电项目在省内建成较多，建议补充建设工程项目类比分析，以提升本建设项目的安全性。	已修改，详见 5.7 章节。	符合
何志琴专家意见			
1	补充评价人员的资格证书号、从业登记；完善安全预评价报告签字、盖章。	已修改，详见报告。	符合
2	报告中多处依据的《光伏发电工程安全预评价导规程》需修改为《光伏发电工程安全预评价规程》；P20 “《电力工程电缆设计规范》（GB50217-2018）”应为《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018）；P21 “《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T13861-2009）”已修订为 2022 年版；补充《光伏发电并网逆变器技术要求》（GB/T37408-2019）、《精准扶贫光伏农业项目运营管理规范》（GB/Z38766-2020）、《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》（GB/T39750-2021）。	已修改，详见 1.2.2 章节。	符合

3	2.4 水文气象中 P29 建议补充盘州气象站相关气象参数；2.5 工程地质章节中补充场地地基岩土、场地地下水、场区构筑物基础持力层的情况分析。	已修改，详见 2.4 章节、2.5 章节。	符合
4	2.12 土建 3) 场内集电线路 P48 应考虑埋地集中线路需沿电缆路径竖立警示标桩；增加架空集电线路铁塔设计。	已修改，详见 2.12 章节。	符合
5	建议表 2.14-1 工程投资概算表 P49 添加对该项目安全费用估算。	已修改，详见表 2.14-2。	符合
6	P68 “4) 直流系统直流回路短路、两点接地，蓄电池损坏或容量降低，充电装置纹波系数” 应为充电装置纹波系数。	已修改，详见 3.4.2 章节。	符合
7	加强本项目场址周围环境相互影响分析，进一步完善地址灾害、极端气候、山火、热斑效应对项目影响分析。	已修改，详见 3.5 章节。	符合
<p>专家组意见及签字：</p> <p style="text-align: center;">    2024.3.29 </p>			

## 建设项目安全预评价报告专家组评审意见

组织评审单位	盘江新能源发电（盘州）有限公司
建设单位	盘江新能源发电（盘州）有限公司
项目名称	盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目
评价单位	南昌安达安全技术咨询有限公司
审查时间、地点	2024 年 3 月 21 日 贵阳国家大数据展示中心 519 会议室
<p>按照《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》安监总局令第 36 号（2015 年安监总局第 77 号文修订 36 号）的规定和要求，对南昌安达安全技术咨询有限公司编制的《盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目安全预评价报告》进行评审，对该报告提出以下意见和建议：</p> <p>一、该报告符合国家有关规定的要求。</p> <p>二、该项目安全设施和安全生产条件符合有关安全生产法律法规、规章和国家、行业标准、技术规范规定。</p> <p>三、建议：</p> <p>1、进一步明确本次评价范围；</p> <p>2、完善现行相关评价依据；</p> <p>3、进一步加强项目场址周边环境调查说明和影响分析；</p> <p>4、加强本项目热斑、山火、洪水、滑坡等因素对项目影响风险分析和安全措施；</p> <p>5、其它详见专家个人意见。</p> <p>四、经专家组讨论后，建议该项目按专家组意见修改完善后通过安全预评价报告。</p> <p>专家组：张笠 李臣 何玲</p> <p>2024 年 3 月 21 日</p>	

建设项目安全预评价报告评审意见表

项目名称：盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目安全预评价报告

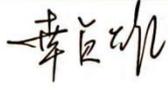
专家姓名	张笠	专业特长	电气及自动化
职 称	研究员	单 位	贵州科学院先进技术与材料研究所
评价单位	南昌安达安全技术咨询有限公司		
评审时间	2024 年 3 月 21 日	评审地点	贵阳
<p>审查意见：</p> <p>1、完善评价文件盖章、签字。</p> <p>2、1.1.2 评价范围：P1，明确本次评价范围，说明“220kV 铜厂沟升压站”不在本次评价范围内，只涉及“在铜厂沟一期 220kV 升压站新增 3 面集电线路开关柜，一面 SVG 开关柜，一套 SVG 成套装置”。</p> <p>3、1.2 评价依据：P8，“《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）”应为《工业企业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）、“《交流无间隙金属氧化物避雷器》（GB11032-2000）”已修订为 GB/T11032-2020；P9，“《电力工程电缆设计规范》（GB50217-2018）”应为《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018），“《光伏发电系统接入配电网技术规》（GB/T29319-201）”应为《光伏发电系统接入配电网技术规定》（GB/T29319-2012）；P11，“《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T13861-2009）”已修订为 2022 年版。</p> <p>4. 2.2 工程地理位置及周边环境：P17，完善项目场址与周边环境调查说明，加强相互影响分析。</p> <p>5、2.9.2 电池阵列的运行方式设计：P27，“该项目光伏组件采用 19° 倾角固定布置”，补充倾角可根据坡度、坡向、日照情况调整。建议考虑跟踪系统可行性比选。</p> <p>6、2.10.1 电气一次：P28，补充储能装置规划说明，按要求需配置不低于光伏电站装机容量 10% 的储能设施，建议按租赁共享储能服务规划。</p> <p>7、P31，表 2.10-1 电气一次主要设备及材料表：标明 220KV 站等原有、改建设备（P34 同），后文删除与本项目无关内容。</p> <p>8、2.14 工程投资：P40，补充本项目安全费用估算说明。</p> <p>9、P44，“《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T15861-2009）”已修订为 2022 年版。</p> <p>10、3.3.2 生产过程中的危险物料分析：P46，本项目应不涉及“该项目拟配置的设备中含有六氟化硫电流互感器和六氟化硫断路器……”，删除相关内容（其它同）。</p> <p>11、6.1.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施：P117，删除“所用干式变压器与配电柜布置在同一房间……”，因本项目不涉及。</p> <p>12、加强本项目热斑、山火、洪水、凝冻等因素对项目影响风险分析。</p>			
结论意见	同意通过 <input type="checkbox"/> 修改完善后通过 <input checked="" type="checkbox"/> 不同意通过 <input type="checkbox"/>		

张笠  
2024.3.21.

## 盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目

### 安全预评价报告专家审查意见

专家姓名	幸贞雄	职称	研究员
专业	安全工程	单位	贵州省应急管理科学研究院
评审时间	2024 年 3 月 21 日	评审地点	贵阳国家大数据展示中心 519 会议室
评审阶段	安全预评价	评价单位	南昌安达安全技术咨询有限公司
<p>应项目建设单位盘江新能源发电（盘州）有限公司邀请，对南昌安达安全技术咨询有限公司编制的《盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目安全预评价报告》进行审查，具体审查意见如下：</p> <p>一、该项目的安全预评价单位具备相应资质，安全预评价报告符合《光伏发电工程安全预评价规程》（NB/T 32039-2017）及国家有关安全评价规定要求。</p> <p>二、对《安全预评价报告》文件审查意见如下：</p> <p>1. 完善安全评价人员签字、评价单位盖章。</p> <p>2. “前言”中，“2024 年 3 月 14 日取得由贵州省能源局发布的文件《省能源局关于同意盘州市双凤镇打峰岩农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审（2024）90 号）”，附件提供的是《省能源局关于同意盘州市柏果镇铜厂沟三期农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审（2024）89 号）。相应内容对应修改。</p> <p>3. P2，“1.2 评价范围”，建议结合项目立项批文“黔能源审（2024）90 号”中“建设规模及内容”进行描述。</p> <p>4. P3，“1.2.1 法律、法规和部门规章”中，建议增加：《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国主席令[2013]第 4 号，2014 年 1 月 1 日起施行）；《生产安全事故应急预案管理办法》（应急管理部令[2019]第 2 号）</p> <p>5. P7，“1.2.2 标准、规范”，建议增加《个体防护装备配备规范 第 1 部分：总则》（GB 39800.1-2020），《安全标志及其使用导则》（GB 2894-2008）。</p>			

<p>6. P16, 第 2 章“建设项目概况”中, 建议在补充建设项目农光互补规划情况。</p> <p>7. P66, “3.5 自然条件主要危险、有害因素分析”, 建议补充该建设项目选址及周边地质灾害, 强降雨造成的滑坡、泥石流, 及周边山火等自然灾害风险分析。并在“5 定性、定量评价”(P76)相应补充完善。</p> <p>8. P76, “5 定性、定量评价”, 建议补充事故应急救援预案评价内容。</p> <p>9. 光伏发电项目在省内建成较多, 建议补充建设工程项目类比分析, 以提升本建设项目的安全性。</p>	
结论意见	修改完善后同意通过。
<p style="text-align: center;">  <span style="float: right;">2024 年 3 月 21 日</span> </p>	

建设项目安全预评价报告评审意见表  
 项目名称：盘州市双凤镇打峰岩  
 10万千瓦农业光伏电站项目安全预评价报告

专家姓名	何志琴	专业特长	自动化
职 称	教授	单 位	贵州大学电气工程学院
评价单位	南昌安达安全技术咨询有限公司		
评审时间	2024年3月21日	评审地点	贵阳
<p><b>审查意见：</b></p> <p>1、补充评价人员的资格证书号、从业登记号；完善安全预评价报告签字、盖章。</p> <p>2、报告中多处依据的《光伏发电工程安全预评价导规程》需修改为《光伏发电工程安全预评价规程》；P20“《电力工程电缆设计规范》(GB50217-2018)”应为《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018)；P21“《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861-2009)”已修订为2022年版；“《交流无间隙金属氧化物避雷器》(GB11032-2000)”已修订为GB/T11032-2020；补充《光伏发电并网逆变器技术要求》(GB/T 37408-2019)、《精准扶贫 光伏农业项目运营管理规范》(GB/Z 38766-2020)、《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》(GB/T 39750-2021)。</p> <p>3、2.4 水文气象中 P29 建议补充盘州气象站相关气象参数；2.5 工程地质章节中补充场地地基岩土、场地地下水、场区构筑物基础持力层的情况分析。</p> <p>4、2.12 土建 3) 场内集电线路 P48 应考虑埋地集电线路需沿电缆路径竖立警示标桩；增加架空集电线路铁塔设计。</p> <p>5、建议表 2.14-1 工程投资概算表 P49 添加对该项目安全费用估算。</p> <p>6、P66“4) 直流系统直流回路短路、两点接地，蓄电池损坏或容量降低，充电装置纹波系数”应为充电装置纹波系数。</p> <p>7、加强本项目场址周围环境相互影响分析，进一步完善地质灾害、极端气候、山火、热斑效应对项目影响分析。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>			
结论意见	同意通过 <input type="checkbox"/> 修改完善后通过 <input checked="" type="checkbox"/> 不同意通过 <input type="checkbox"/>		

## 前言

光伏发电工程为国家鼓励的新能源产业项目。国家能源局在“十二五”规划中提出：要加强清洁能源和非化石能源的发展，重点任务是采取有效措施加大节能力度，提高传统能源清洁利用水平，加大天然气等清洁能源的利用规模，加快推荐水电和核电的开发建设，积极做好风能、太阳能、生物质能等可再生能源的转化利用，大力推进能源结构优化调整，促进能源资源化优化配置。“十四五”光伏规划将继续保持较快发展，尤其是要扩大分布式规模，并重点提高转换效率、降低成本，提高全产业链竞争力。

盘江新能源发电（盘州）有限公司成立于2016年03月24日，法人代表为余建波。该项目的光伏场区通过3回35kV集电线路接入已建成的铜厂沟一期220kV升压站35kV侧，最终以220kV电压等级送出。

该项目为光伏发电工程，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第47号修改）中的“第一类鼓励类”的“五、新能源”的第1条“太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成技术开发应用、逆变控制系统开发制造”。

该项目于2024年3月7日取得由贵州电网有限责任公司新能源服务中心发布的文件《贵州电网有限责任公司新能源服务中心关于盘州市柏果镇铜厂沟三期农业光伏电站110MW工程、双凤镇打峰岩农业光伏电站100MW工程接入系统设计报告的专业评审意见》（黔电网研新能源〔2024〕21号）；于2024年3月12日取得由贵州省能源局核发的《贵州省企业投资项目备案证明》（项目编码：2403-520000-60-01-965267），项目名称为盘州市双凤镇打峰岩10万千瓦农业光伏电站项目，项目性质为新建项目，建设地点为贵州省六盘水市盘州市柏果镇，总投资36563万元，主要建设内容及规模：新建10万千瓦的光伏发电站及其配套输变电系统；于2024年3月14日取得由贵州省能源局发布的文件《省能源局关于同意盘州市双凤镇打峰岩农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审〔2024〕90号）。

根据《中华人民共和国安全生产法》（根据 2021 年 6 月 10 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国安全生产法》的决定，第三次修正，中华人民共和国主席令第 88 号）、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（2010 年 12 月 14 日原国家安全监管总局令第 36 号公布，根据 2015 年 4 月 2 日原国家安全监管总局令第 77 号修正）、《光伏发电工程安全预评价导规程》（NB/T32039-2017）等安全生产相关法律法规及规范要求，该企业应进行安全预评价。我司受盘江新能源发电（盘州）有限公司的委托，对盘江新能源发电（盘州）有限公司盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目（以下简称该项目）编制了安全预评价报告，为应急管理部门对该项目的安全监管提供依据。

本次安全预评价工作，得到了盘江新能源发电（盘州）有限公司相关人员的密切配合和有关专家的指导，在此表示衷心的感谢！

## 目录

前言	I
1 编制说明	1
1.1 评价目的、范围和工作程序	1
1.1.1 评价目的	1
1.1.2 评价范围	1
1.1.3 评价程序	2
1.2 评价依据	3
1.2.1 法律、法规和部门规章	3
1.2.2 标准、规范	8
1.2.3 其他相关文件和参考资料	13
1.3 建设单位简介	13
2 建设项目概况	16
2.1 工程概述	16
2.1.1 建设项目基本概况	16
2.1.2 建设规模及内容	17
2.2 工程地理位置及周边环境	18
2.2.1 地理位置	18
2.2.2 周边环境	18
2.3 太阳能资源	19
2.4 水文气象	20
2.5 工程地质	20
2.6 主要技术方案来源及国内外应用情况	23
2.7 工艺流程	23
2.7.1 总体工艺	23
2.7.2 自动化系统	24
2.8 站址选择及总平面布置	26
2.8.1 站址选择	26
2.8.2 总平面布置	26
2.9 光伏系统选型及布置	27
2.9.1 主要设备选型	27
2.9.2 电池阵列的运行方式设计	28
2.9.3 光伏阵列设计	29
2.9.4 逆变器布置	30
2.9.5 升压箱变布置	30
2.9.6 方阵接线方案设计	30
2.10 电气	31
2.10.1 电气一次	31
2.10.2 电气二次	35
2.11 通信	38
2.12 土建	38
2.13 消防	40
2.14 工程投资	41

2.15 工程特征表 .....	43
3 主要危险、有害因素及重大危险源辨识与分析 .....	48
3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据 .....	48
3.1.1 危险有害因素定义 .....	48
3.1.2 危险有害因素辨识依据 .....	48
3.2 常用的危险有害因素辨识方法 .....	48
3.3 建设项目主要物料危险、有害因素分析 .....	49
3.3.1 施工过程中的危险物料分析 .....	49
3.3.2 生产过程中的危险物料分析 .....	49
3.4 建设项目主要危险、有害因素分析 .....	50
3.4.1 施工过程作业过程主要危险、有害因素分析 .....	50
3.4.2 主要工艺设备及装置危险、有害因素辨识与分析 .....	53
3.4.3 生产过程主要危险、有害因素分析 .....	59
3.5 自然条件主要危险、有害因素分析 .....	68
3.6 工艺、技术和设备、设施的先进性和可靠性分析 .....	71
3.6.1 建设项目选用的工艺、技术安全性分析 .....	71
3.6.2 主要装置、设备（设施）与生产（储存）过程的匹配情况分析 ..	71
3.6.3 为生产（储存）过程配套和辅助工程满足安全生产的需要分析 ..	71
3.7 周边环境危险、有害因素辨识分析 .....	71
3.7.1 建设项目对周边环境的影响 .....	71
3.7.2 周边环境对建设项目的影晌 .....	72
3.8 重大危险源辨识 .....	72
4 评价单元划分和评价方法选择 .....	74
4.1 评价单元的划分 .....	74
4.2 评价方法简介 .....	74
4.2.1 安全检查表法（SCL） .....	74
4.2.2 预先危险性分析法（PHA） .....	75
4.2.3 故障类型与影响分析法（FMEA） .....	75
4.2.4 因果分析法 .....	76
4.3 各单元采用的评价方法 .....	76
5 定性、定量评价 .....	78
5.1 站址选择及总平面布置单元 .....	78
5.1.1 项目选址评价 .....	78
5.1.2 总平面布置 .....	79
5.1.3 法律法规符合性单元安全评价 .....	82
5.2 光伏发电设备及其系统单元 .....	84
5.2.1 光伏组件单元 .....	84
5.2.2 直流汇流箱子单元 .....	86
5.2.3 逆变器-升压变压器子单元 .....	89
5.2.4 直（交）流电缆、集电线路子单元 .....	93
5.2.5 安全监测单元 .....	95
5.2.6 电气一次设备及系统事故 .....	98
5.2.7 电气二次设备及系统事故 .....	102
5.3 建（构）筑物单元 .....	104

5.4 作业环境单元 .....	105
5.5 建设施工单元 .....	109
5.6 安全管理单元 .....	113
5.7 典型事故案例类比分析 .....	115
6 安全对策措施建议 .....	118
6.1 可研已提出的安全对策措施 .....	118
6.1.1 施工期安全对策措施 .....	118
6.1.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施 .....	119
6.2 所补充的安全对策措施 .....	127
6.2.1 场址选择、周边环境及总平面布置安全对策措施 .....	127
6.2.2 光伏系统组件安全对策措施 .....	128
6.2.3 电气系统安全对策措施 .....	129
6.2.4 建（构）筑物安全对策措施 .....	134
6.2.5 并网安全对策措施 .....	135
6.2.6 作业环境安全对策措施 .....	136
6.2.7 公用工程及辅助设施安全对策措施 .....	137
6.2.8 安全生产管理对策措施 .....	138
6.2.9 关于安全设施“三同时”工作的建议 .....	144
6.2.10 项目施工期安全对策措施 .....	144
7 安全预评价结论与建议 .....	147
7.1 评价结果综述 .....	147
7.1.1 产业政策及规划符合性、工艺设备的安全可靠性 .....	147
7.1.2 主要危险、有害因素评价结果 .....	148
7.2 评价方法结果分析汇总 .....	148
7.3 应重视的安全对策措施建议 .....	150
7.3.1 安全技术对策措施 .....	150
7.3.2 安全管理方面对策措施 .....	152
7.4 综合评价结论 .....	153
8 与建设单位交换意见的情况结果 .....	154
附件及附图: .....	155

## 1 编制说明

### 1.1 评价目的、范围和工作程序

#### 1.1.1 评价目的

- 1、通过对该项目所存在的危险性、有害性进行定性、定量分析，分析其发生危险、危害的可能性及其程度。
- 2、评价该项目已采取的安全对策措施是否满足国家法律、法规、规章和标准规定的安全生产要求。
- 3、贯彻以人为本，坚持人民至上、生命至上，把保护人民生命安全摆在首位，树牢安全发展理念，坚持安全第一、预防为主、综合治理的安全生产方针，针对该项目存在的危险、有害因素及其产生的后果，补充消除、预防和减弱事故隐患的安全对策措施，提高企业安全生产条件。
- 4、为应急管理部门对该项目的安全监管提供依据。

#### 1.1.2 评价范围

本次安全预评价对象根据该项目的《可行性研究报告》以及《安全预评价导则》、《光伏发电工程安全预评价导规程》所涉及内容进行确定。主要包括盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目（不新建升压站，在原有 220kV 铜厂沟一期升压站新增 3 面集电线路开关柜，一面 SVG 开关柜，一套 SVG 成套装置），即建设光伏发电装机 100MW 及集电线路，接入该公司的 220kV 铜厂沟升压站；拟用地面积 2305 亩，采用农光互补模式，建设农业基础设施，支架低端高度不低于 1.8 米所涉及的厂址选择及总平面布置及其配套公用工程和周边环境的安全条件。

消防、环保和职业卫生方面的要求，企业须按照国家、政府有关规定和标准执行，不在本次分析范围内。但为使有关安全方面的技术

完整、全面，在本安全预评价报告中涉及和阐述的对于消防、环保和职业卫生问题，建设单位亦应予以遵守、执行。

### 1.1.3 评价程序

该项目的安全预评价的评价程序包括：前期准备；现场调查；辨识与分析危险、有害因素及重大危险源；划分评价单元；选择评价方法；定性、定量评价；提出安全对策措施建议；做出安全预评价结论；安全与评价报告编制和评审。该项目安全预评价工作程序详见图 1.1-1。

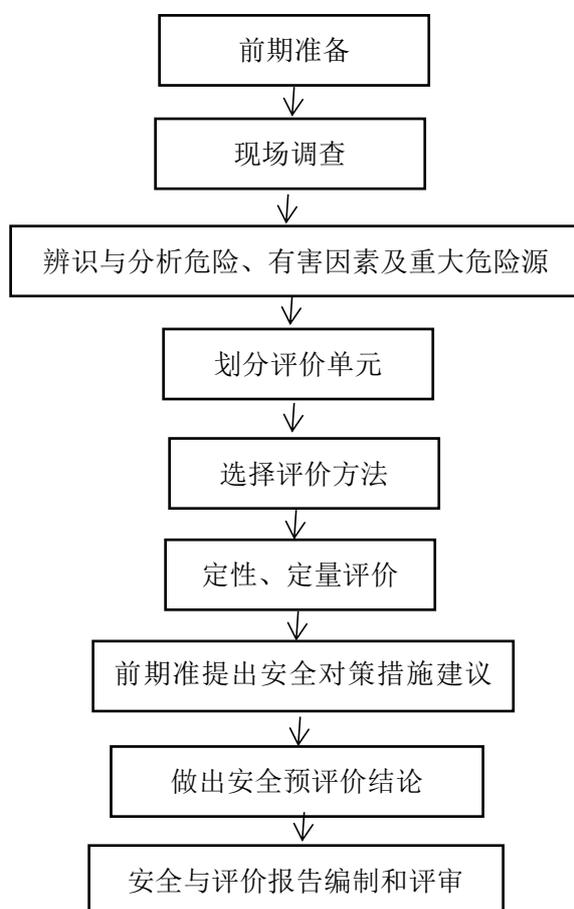


图 1.1-1 安全预评价工作程序框图

## 1.2 评价依据

### 1.2.1 法律、法规和部门规章

1、《中华人民共和国安全生产法》（2002 年 6 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过根据 2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议关于《关于修改部分法律的决定》第一次修正，根据 2014 年 8 月 31 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改〈中华人民共和国安全生产法〉的决定》第二次修正，中华人民共和国主席令第 13 号，根据 2021 年 6 月 10 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国安全生产法》的决定，第三次修正，中华人民共和国主席令第 88 号）

2、《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日中华人民共和国主席令第 22 号公布施行，2014 年 4 月 24 日中华人民共和国主席令第 9 号修订通过）

3、《中华人民共和国职业病防治法》（2001 年 10 月 27 日中华人民共和国主席令第 60 号令公布，根据 2011 年 12 月 31 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议《关于修改〈中华人民共和国职业病防治法〉的决定》第一次修正，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十二次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第二次修正根据 2017 年 11 月 4 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议《关于修改〈中华人民共和国会计法〉等十部法律的决定》第三次修正，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改等七部法律的决定》第四次修正，中华人民共和国主席令第 24 号）

4、《中华人民共和国劳动法》（1994 年 7 月 5 日中华人民共和国

国主席令第 28 号公布，2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员第十次会议通过《全国人民代表大会常务委员会关于修改部分法律的决定》，自公布之日起施行，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员第七次会议《关于修改等七部法律的决定》第四次修正，中华人民共和国主席令第 24 号）

5、《中华人民共和国消防法》（1998 年 4 月 29 日中华人民共和国主席令第 4 号公布，中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员第五次会议于 2008 年 10 月 28 日修订，中华人民共和国主席令第 6 号公布，2019 年 4 月 23 日由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员第十次会议于通过《全国人民代表大会常务委员会关于修改〈中华人民共和国建筑法〉等八部法律的决定》修改，中华人民共和国主席令第 29 号修订；2021 年 4 月 29 日由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员第二十八次会议于通过《全国人民代表大会常务委员会关于修改〈中华人民共和国道路交通安全法〉等八部法律的决定》修改，中华人民共和国主席令第 81 号修订）

6、《中华人民共和国可再生能源法》（2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员第十四次会议通过；根据 2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员第十二次会议《关于修改〈中华人民共和国可再生能源法〉的决定》修正）

7、《中华人民共和国电力法》（（1995 年 12 月 28 日第八届全国人民代表大会常务委员第十七次会议通过；根据 2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员第十次会议《关于修改部分法律的决定》第一次修正；根据 2015 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员第十四次会议《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等六部法律的决定》第二次修正；根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员第七次会议《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等四部法律的决定》第三次修正）

8、《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国【2013】第 4 号，2014 年 1 月 1 日起施行）

9、《电力建设安全生产监督管理办法》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号）

10、《工伤保险条例》（2003 年 4 月 16 日国务院第 5 次常务会议讨论通过，中华人民共和国国务院令第 375 号，2010 年 12 月 8 日《国务院关于修改〈工伤保险条例〉的决定》国务院第 136 次常务会议通过，国务院令第 586 号）

11、《生产安全事故应急条例》（2018 年 12 月 5 日国务院第 33 次常务会议通过，中华人民共和国国务院令第 708 号公布）

12、《生产安全事故报告和调查处理条例》（2007 年 3 月 28 日国务院第 172 次常务会议通过，中华人民共和国国务院令第 493 号公布）

13、《建设工程安全生产管理条例》（2003 年 11 月 12 日国务院第 28 次常务会议通过，于国务院令第 393 号公布）

14、《建设工程质量管理条例》（2000 年 1 月 30 日中华人民共和国国务院令第 279 号公布，根据 2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 687 号）第一次修订）

15、《电力设施保护条例（2011 年修正本）》（2011 年 1 月 8 日国务院令第 588 号修订）

16、《国务院关于进一步加强对企业安全生产工作的通知》（国发[2010]23 号）

17、《生产安全事故应急预案管理工作办法》（应急管理部令【2019】第 2 号）

18、《生产安全事故应急预案管理办法》（2009 年 4 月 1 日原国家安全生产监督管理总局令第 17 号公布，2016 年 4 月 15 日原国家安全生产监督管理总局第 13 次局长办公会议审议通过，于 2016 年 6 月 3 日原国家安全生产监督管理总局令第 88 号公布，2019 年 6 月 24

日，《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》经应急管理部第 20 次部务会议审议通过，于 2019 年 7 月 11 日应急管理部 2 号令公布）

19、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（2010 年 12 月 14 日原国家安全监管总局令第 36 号公布，根据 2015 年 4 月 2 日原国家安全监管总局令第 77 号修正）

20、《国家安全监管总局办公厅关于修改用人单位劳动防护用品管理规范的通知》（原安监总厅安健〔2018〕3 号）

21、《生产经营单位安全培训规定》（2006 年 1 月 17 日国家安全监管总局令第 3 号公布，根据 2013 年 8 月 29 日国家安全监管总局令第 63 号第一次修正，根据 2015 年 5 月 29 日国家安全生产监管总局令第 80 号第二次修正）

22、《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号）

23、《防雷减灾管理办法》（根据中国气象局第 24 号令《中国气象局关于修改〈防雷减灾管理办法〉的决定》修订，自 2013 年 6 月 1 日起施行）

24、《危险化学品目录》（2022 版）（应急管理部等十部门公告 2022 年第 8 号）

25、《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财资〔2022〕136 号）

26、《“十四五”可再生能源发展规划》（发改能源〔2021〕1445 号）

27、《国家能源局关于进一步加强光伏电站建设与运行管理工作的通知》（国能新能【2014】445 号）

28、《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）

29、《电力安全生产监管办法》（国家电力监管委员会令第 2 号）

- 30、《电力二次系统安全防护规定》（国家电力监管委员会令第 5 号）
- 31、《电力并网运行管理规定》（国能发监管规〔2021〕60 号）
- 32、《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161 号）
- 33、《关于促进先进光伏技术产品应用和产业升级的意见》（国能新能〔2015〕194 号）
- 34、《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》（国发〔2013〕24 号）
- 35、《关于支持贵州在新时代西部大开发上闯新路的意见》（国发〔2022〕2 号）
- 36、《贵州省安全生产条例》（2017 年 11 月 30 日贵州省第十二届人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，根据 2022 年 5 月 25 日贵州省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过的《贵州省安全生产条例修正案》修正）
- 37、《贵州省气象灾害防御条例（2018 年修正本）》（2018 年 11 月 29 日贵州省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过的《贵州省人民代表大会常务委员会关于修改〈贵州省大气污染防治条例〉等地方性法规个别条款的决定》修正）
- 38、《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录（2000 年修订）》（2000 年 7 月 27 日经国务院批准，国家计划委员会令〔第 7 号〕发布）
- 39、《关于印发贵州省冶金等工贸企业建设项目安全预评价报告编制指南的通知》（黔安监管四〔2012〕133 号）
- 40、《贵州省生产经营单位安全生产风险分级管控与隐患排查治理办法》（黔府办发〔2021〕10 号）
- 41、《省安委会办公室关于印发《贵州省安全生产风险分级管控和隐患排查治理“双控”体系建设实施指南（2018 年试行）》的通

知》（省安委会办公室，2018 年 5 月 17 日）

42、《省安委会关于认真贯彻落实国务院安委会安全生产“十五条”措施的意见》（黔安〔2022〕7 号）

43、《省安委会关于切实加强生产经营单位全员安全生产责任制工作的通知》（黔安办〔2022〕14 号）

### 1.2.2 标准、规范

- 1、《光伏发电工程安全预评价规程》（NB/T32039-2017）
- 2、《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）
- 3、《光伏电站施工规范》（GB50794-2012）
- 4、《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）
- 5、《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）
- 6、《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）
- 7、《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）
- 8、《工业企业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）
- 9、《建筑抗震设计规范（2016 年版）》（GB50011-2010）
- 10、《防洪标准》（GB50201-2014）
- 11、《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）
- 12、《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）
- 13、《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）
- 14、《构筑物抗震设计规范》（GB50191-2012）
- 15、《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）
- 16、《安全色》（GB2893-2008）
- 17、《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986）
- 18、《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）
- 19、《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）
- 20、《低压配电设计规范》（GB50054-2011）

- 21、《供配电系统设计规范》（GB50052-2013）
- 22、《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）
- 23、《35~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）
- 24、《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB50060-2008）
- 25、《66kV 及以下架空电力线路设计规范》（GB50061-2010）
- 26、《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》  
(GB50168-2006)
- 27、《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》  
(GB50169-2006)
- 28、《交流无间隙金属氧化物避雷器》（GB/T11032-2020）
- 29、《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116-2013）
- 30、《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）
- 31、《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》(GB50150-2006)
- 32、《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》  
(GB50171-2012)
- 33、《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》(GB50172-2012)
- 34、《建设工程施工现场供用电安全规范》（GB50194-2014）
- 35、《电力工程电缆设计标准》（GB50217-2018）
- 36、《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）
- 37、《个体防护装备配备规范第 1 部分：总则》(GB39800.1-2020)
- 38、《安全标志及其使用导则》（GB2894-2008）
- 39、《消防安全标志第 1 部分：标志》（GB13495.1-2015）
- 40、《消防安全标志设置要求》（GB15630-1995）
- 41、《固定式钢梯及平台安全要求第 1 部分：钢直梯》  
(GB4053.1-2009)
- 42、《固定式钢梯及平台安全要求第 2 部分：钢斜梯》  
(GB4053.2-2009)
- 43、《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》（GB4053.3-2009）

44、《消防安全标志设置要求》（GB15630-1995）

45、《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分：物理因素》  
（GBZ2.2-2007）

46、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）

47、《太阳能资源等级总辐射》（GB/T31155-2014）

48、《光伏（PV）系统电网接口特性》（GB/T20046-2006）

49、《光伏（PV）组件安全鉴定第 1 部分：结构要求》  
（GB/T20047.1-2006）

50、《光伏电站接入电力系统技术规定》（GB/T19964-2012）

51、《光伏发电系统接入配电网技术规定》（GB/T29319-2012）

52、《光伏电站无功补偿技术规范》（GB/T29321-2012）

53、《光伏电站太阳能资源实时监测技术要求》  
（GB/T30153-2013）

54、《并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法》  
（GB/T30427-2013）

55、《光伏电站接入电网检测规程》（GB/T31365-2015）

56、《光伏电站监控系统技术要求》（GB/T31366-2015）

57、《光伏发电系统接入配电网特性评价技术规范》  
（GB/T31999-2015）

58、《光伏电站防雷技术要求》（GB/T32512-2016）

59、《光伏发电系统建模导则》（GB/T32826-2016）

60、《光伏发电系统模型及参数测试规程》（GB/T32892-2016）

61、《光伏电站继电保护技术规范》（GB/T32900-2016）

62、《户用分布式光伏发电并网接口技术规范》（GB/T33342-2016）

63、《光伏电站并网运行控制规范》（GB/T33599-2017）

64、《光伏电站无功补偿装置检测技术规程》（GB/T34931-2017）

65、《分布式光伏发电系统远程监控技术规范》（GB/T34932-2017）

- 66、《光伏电站汇流箱检测技术规程》（GB/T34933-2017）
- 67、《光伏电站汇流箱技术要求》（GB/T34936-2017）
- 68、《光伏电站安全规程》（GB/T35694-2017）
- 69、《光伏发电并网逆变器技术要求》（GB/T37408-2019）
- 70、《光伏发电并网逆变器检测技术规范》（GB/T37409-2019）
- 71、《光伏电站逆变器检修维护规程》（GB/T38330-2019）
- 72、《光伏电站运行规程》（GB/T38335-2019）
- 73、《光伏发电接入配电网设计规范》（GB/T50865-2013）
- 74、《光伏电站接入电力系统设计规范》（GB/T50866-2013）
- 75、《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》（GB/T39750-2021）
- 76、《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（GB/T50064-2014）
- 77、《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T13861-2022）
- 78、《生产经营单位安全生产事故应急救援预案编制导则》（GB/T29639-2020）
- 79、《企业安全生产标准化基本规范》（GB/T33000-2016）
- 80、《精准扶贫光伏农业项目运营管理规范》（GB/Z38766-2020）
- 81、《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》（GBZ/T223-2009）
- 82、《防雷安全管理规范》（QX/T309-2017）
- 83、《防雷安全检查规程》（QX/T400-2017）
- 84、《气体绝缘金属封闭开关设备技术条件》（DL/T617-2010）
- 85、《光伏电站防雷技术规程》（DL/T1364-2014）
- 86、《电力设备预防性试验规程》（DL/T596-2021）
- 87、《电力行业紧急救护技术规范》（DL/T692-2018）
- 88、《光伏发电工程地质勘察规范》（NB/T10100-2018）
- 89、《光伏电站技术监督导则》（NB/T10113-2018）
- 90、《光伏电站绝缘技术监督规程》（NB/T10114-2018）
- 91、《光伏发电工程电气设计规范》（NB/T10128-2019）

- 92、《分布式光伏发电低压并网接口装置技术要求》  
(NB/T10204-2019)
- 93、《光伏发电工程组件及支架安装质量评定标准》  
(NB/T10320-2019)
- 94、《分布式光伏发电并网接口装置测试规程》(NB/T10323-2019)
- 95、《光伏电站高电压穿越检测技术规程》(NB/T10324-2019)
- 96、《光伏发电系统效能规范》(NB/T10394-2020)
- 97、《光伏电站支架及跟踪系统技术监督规程》  
(NB/T10634-2021)
- 98、《光伏电站光伏组件技术监督规程》(NB/T10635-2021)
- 99、《光伏电站监控及自动化技术监督规程》(NB/T10637-2021)
- 100、《光伏电站能效技术监督规程》(NB/T10638-2021)
- 101、《光伏电站支架技术要求》(NB/T10642-2021)
- 102、《光伏电站继电保护技术监督》(NB/T10899-2021)
- 103、《光伏电站电能质量技术监督》(NB/T10900-2021)
- 104、《光伏电站组件监造导则》(NB/T10930-2022)
- 105、《光伏电站逆变器防孤岛效应检测技术规程》  
(NB/T32010-2013)
- 106、《光伏电站跟踪系统及支架监造导则》(NB/T10931-2022)
- 107、《太阳能光伏发电系统与建筑一体化技术规程》  
(CECS418-2015)
- 108、《光伏发电系统用电缆第 1 部分：一般要求》  
(T/CEEIA218.1-2012)
- 109、《光伏发电系统用电缆第 2 部分：交直流传输电力电缆》  
(T/CEEIA218.2-2012)
- 110、《光伏发电系统用电缆第 4 部分：计算机及仪表电缆》  
(T/CEEIA218.4-2012)

### 1.2.3 其他相关文件和参考资料

1、2023 年 12 月由贵州万诚电力建设有限公司（设计证书号：A352003342）编制了《盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目可行性研究报告》；

2、2024 年 3 月 7 日取得由贵州电网有限责任公司新能源服务中心发布的文件《贵州电网有限责任公司新能源服务中心关于盘州市柏果镇铜厂沟三期农业光伏电站 110MW 工程、双凤镇打峰岩农业光伏电站 100MW 工程接入系统设计报告的专业评审意见》（黔电网研新能源〔2024〕21 号）；

3、2024 年 3 月 12 日取得由贵州省能源局核发的《贵州省企业投资项目备案证明》（项目编码：2403-520000-60-01-965267）；

4、2024 年 3 月 14 日取得由贵州省能源局发布的文件《省能源局关于同意盘州市双凤镇打峰岩农业光伏电站项目备案的通知》（黔能源审〔2024〕90 号）；

5、现场勘察收集的资料。

### 1.3 建设单位简介

**企业名称：**盘江新能源发电（盘州）有限公司

**企业地址：**贵州省六盘水市盘州市翰林街道翠屏居委会盘江老  
大楼 11 层

**法定代表人：**余建波

**企业性质：**有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

**注册资本：**壹亿肆仟玖佰万圆整

**成立日期：**2016 年 03 月 24 日

**统一社会信用代码：**91520222MA6DKRA301

**主要经营范围：**法律、法规、国务院决定规定禁止的不得经营；  
法律、法规、国务院决定规定应当许可（审批）的，经审批机关批准

后凭许可（审批）文件经营；法律、法规、国务院决定规定无需许可（审批）的，市场主体自主选择经营。太阳能发电技术服务；光伏发电设备租赁；风电场相关系统研发；风力发电技术服务；发电业务、输电业务、供（配）电业务；水力发电；检验检测服务（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。

盘江新能源发电（盘州）公司原名为贵州盘江电力有限公司，是贵州盘江精煤股份有限公司全资子公司。贵州盘江精煤股份有限公司（简称“盘江股份”）隶属于贵州盘江煤电集团有限责任公司，公司于 1999 年经贵州省人民政府批准设立，于 2001 年 5 月在上交所主板上市，2009 年 3 月公司完成重大资产重组，盘江集团将煤炭主业相关资产全部注入盘江股份。由贵州能源集团电力投资有限公司代管相关业务（即发电业务、输电业务及供电业务等）。

贵州能源集团是贵州省国有大一型企业，2023 年 2 月，经贵州省委、省政府批准，由原贵州盘江煤电集团有限责任公司和贵州乌江能源集团有限责任公司战略重组而成，集团坚持“集团一盘棋、上下一条心”融合发展理念，深入推进“煤电气化协调发展综合业务协同支撑”战略布局，着力打造一流现代能源集团，为贵州经济社会发展提供战略性基础性能源支撑。

近年来，公司按照“减量化-再利用-资源化”的循环经济发展理念，积极开展煤资源的综合利用及深加工转化，着力打造“煤-焦-化-电”循环经济产业基地项目，已建成 2×66 万千瓦超临界火电机组、200 万吨/年焦化厂配套 360 万吨/年选煤厂，在贵州省六盘水盘州区域形成“煤-电-焦-气-化”为主的循环经济产业链，由贵州省发改委批准建设“省级循环经济示范企业”，并成为贵州省六盘水市循环经济教育示范基地；同时全资成立一家房地产公司、一家工程公司，控股一家配售电公司，参股松河煤业和首黔公司等企业。目前，按照盘江煤电集团安排部署，代管贵州盘江新光发电有限公司、盘江（普定）发电有限公司、盘江新能源发电（盘州）有限公司。2021 年，

公司实现营业收入 112.06 亿元。至目前，资产总额 117.41 亿元。

“十四五”期间，公司将把握新发展阶段、贯彻新发展理念、融入新发展格局，按照贵州省委、省政府战略部署和盘江煤电集团“煤龙头、电骨干、新能源补充”的产业布局，聚焦主责主业，合理布局电力业务，挖掘焦化产业链价值，重点推进“三大基地”（柏果片区煤-电-焦-气-化循环经济产业基地、盘江新光煤-化-电（风光火储）循环经济型绿色高效资源综合利用项目产业基地、贵州安顺新型综合能源基地盘江多能互补一体化项目）建设，同步加快推进新能源项目开发，全力推动主业做强做优做大和高质量发展。至“十四五”末，力争控制电力装机达 600 万千瓦以上、焦化产能规模达 500 万吨/年。

## 2 建设项目概况

### 2.1 工程概述

#### 2.1.1 建设项目基本情况

**项目名称：**盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目

**建设性质：**新建

**建设单位：**盘江新能源发电（盘州）有限公司

**建设地址：**贵州省六盘水市盘州市柏果镇

**单位性质：**国有及国有国控企业

**项目总投资：**36563 万元

**建设工期：**6 个月

**建设规模及内容：**建设光伏发电装机 100MW 及集电线路，接入该公司的 220kV 铜厂沟升压站；拟用地面积 2305 亩，采用农光互补模式，建设农业基础设施，支架低端高度不低于 1.8 米。

农光互补模式主要是用于利用太阳能光伏发电无污染零排放的特点，选择种植低矮农作物或喜阴农作物，保证所种植的农作物的高度低于光伏阵列，所种植的农作物由建设单位来进行种植。

建设项目基本情况见表 2.1-1。

表 2.1-1 建设项目基本情况表

建设单位	盘江新能源发电（盘州）有限公司		
项目名称	盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目		
法人代表	余建波	联系人	温荣久
立项审批部门	贵州省能源局	批准文号	2403-520000-60-01-965267
建设性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/>		
项目建设地点	贵州省六盘水市盘州市柏果镇		
占地面积	2305 亩	建筑面积	/
总投资（万元）	36563	安全投入（万元）	/

**工程规模及内容：**新建 10 万千瓦的光伏发电站及其配套输变电系统。

## 2.1.2 建设规模及内容

该项目的直流侧装机容量为 104.72MW<sub>p</sub>，交流侧容量为 80MW，全部为单晶硅双面双玻电池组件。该项目不新建升压站，通过 3 回 35kV 集电线路接入已建成的铜厂沟一期 220kV 升压站 35kV 侧，在铜厂沟一期 220kV 升压站新增 3 面集电线路开关柜，一面 SVG 开关柜，一套 SVG 成套装置。

拟采用 680W<sub>p</sub> 规格的单晶硅双面双玻电池组件，组件数量共计 154000 块。逆变器拟选用 320kW 的组串式逆变器，共计 250 台。光伏组件采用固定式安装方式，电池方阵在布置时拟固定支架安装角度为 19°。

该项目的光伏阵列由 27 个子方阵组成，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成；每个 3.2MW 方阵由 220 块光伏组串并联而成，直流侧容量为 4.1888MW<sub>p</sub>，每个 2.5MW 方阵由 176 块光伏组串并联而成，直流侧容量为 3.35104MW<sub>p</sub>，每个 2.0MW 方阵由 132 块光伏组串并联而成，直流侧容量为 2.51328MW<sub>p</sub>；容配比为 1.309。

光伏组件经日光照射后，产生低压直流电，光伏组串并联后的直流电通过电缆接至逆变器，逆变后的三相交流电经交流电缆接至 35kV 升压变压器，升压变压器将交流电由 0.8kV 升压至 35kV。箱式变电站布置在其子方阵的检修道路旁。

该项目在建成后首年实际上网发电量为 12033.79 万 kW·h，首年利用小时数为 1149.14h。本光伏电站在运行期 25 年内的年总发电量为 286258.25 万 kW·h，25 年平均发电量为 11450.33 万 kW·h，年平均利用小时数为 1093.42 小时。

## 2.2 工程地理位置及周边环境

### 2.2.1 地理位置

该项目位于贵州省盘州市柏果镇，光伏电站场址为不规则多边形。距离省会贵阳市直线距离约 217km，距离盘州市直线距离约 34km，场地海拔高程在 1635~2056m 之间，是一个山峦重叠，丘陵起伏的高原山区，场地主要坡向为西南坡，自然坡度在  $8^{\circ}$  ~  $22^{\circ}$  左右，部分坡度为  $25^{\circ}$  ~  $31^{\circ}$ 。该项目所在区域附近有乡村道路通过，场址对外交通条件较便利。具体位置见区域位置图 2.3-1。



图 2.2-1 项目区域位置图

### 2.2.2 周边环境

该项目位于贵州省盘州市柏果镇，距离盘州市直线距离约 34km，

站址附近有乡村道路通过,周边有省道 S314 和县道 X246 经过场区附近,部分乡村道路直达场区,场址对外交通条件较便利。

该项目选址不涉及保护区边界,采空区边界。除此之外,该项目址区域不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园等生态敏感区,也不涉及饮用水源保护区。根据当地自然资源局的选址意见,该项目场址不涉及生态红线,现场踏勘也未发现珍稀濒危的野生动植物和古树名木。

## 2.3 太阳能资源

贵州省地处云贵高原东部斜坡过渡带,位于东经  $103^{\circ} 36' \sim 109^{\circ} 35'$ 、北纬  $24^{\circ} 37' \sim 29^{\circ} 13'$  之间,东西长 530 公里,南北宽 465 公里,总面积 17.6 万平方公里,占全国总面积的 1.8%。贵州位于祖国西南云贵高原东斜坡上,海拔在 1000 米以上地区占 56%,是一个山峦重叠,丘陵起伏的高原山区。地势东低西高,可概括为三个台阶两个斜坡。东部 800 米以下,中部 1100 米左右,西部 1600 米以上形成三个台阶:中部隆起为脊背,由中部向南一个斜坡和向北一个斜坡。

贵州年日照时数在 988.9-1740.7h 之间,平均为 1220h,年平均太阳总辐射在  $3600\text{MJ}/\text{m}^2 \sim 5400\text{MJ}/\text{m}^2$  之间,全省平均年总辐射为每平方米  $3615.7\text{MJ}/\text{m}^2$  (相当于约 124 千克标准煤燃烧的热量),其中省之西部和西南部最高,年平均太阳辐射每平方米  $4200\text{MJ}/\text{m}^2$  以上,北部最低,年平均太阳辐射在  $3300\text{MJ}/\text{m}^2$  以下,其它地区在  $3300\text{MJ}/\text{m}^2 \sim 4200\text{MJ}/\text{m}^2$  之间。

该项目拟建于贵州省盘州市柏果镇境内,场址为不规则多边形,场区占地约为 2305 亩。而盘州市位于贵州省西部,大部分区域年平均太阳总辐射在  $4400\text{MJ}/\text{m}^2 \sim 4800\text{MJ}/\text{m}^2$  之间,属于贵州省太阳能资源丰富区域。

根据该项目的可行性研究报告可知,该项目建设地年总辐射值为 4691.60MJ/m<sup>2</sup>。按照《太阳能资源等级总辐射》(GB/T31155-2014)中的太阳能资源丰富程度等级标准,该项目建设区域的太阳能资源属丰富等级,能达到太阳能的开发利用。

## 2.4 水文气象

盘州市属亚热带气候,属亚热带高原季风气候区,冬无严寒,夏无酷暑,立体气候明显,年均气温 15.2℃,历年极端最高气温为 31.2℃,极端最低气温为 11.2℃,最热月 7 月均温为 20.2℃,最冷月 1 月均温为 5.1℃,最热月与最冷月温差 15℃;年均无霜期 271 天,日照时数 1593 小时;年均降水量 1390 毫米,雨热基本同季。5—10 月的降雨量占年降雨量的 88%。下图为盘州市历史同期天气对比图。

	2014-11-06	2015-11-06	2016-11-06	2017-11-06	2018-11-06	2019-11-06	2020-11-06	2021-11-06
最高温度	14°	23°	25°	19°	14°	17°	11°	21°
最低温度	9°	12°	12°	5°	7°	10°	8°	11°
平均温度	11.5°	17.7°	18.3°	11.9°	10.0°	12.2°	8.9°	15.5°
降水量	8.5mm	0.0mm	11.5mm	0.0mm	0.0mm	0.0mm	0.0mm	0.0mm

图 2.4-1 盘州市历史同期天气对比图

## 2.5 工程地质

### 1、地形地貌

该项目拟选址位于盘州市柏果镇,位于贵州省西部,盘州市北部,处于云南高原向黔中山原过渡的一、二级台地斜坡地带,呈 NE 向展布,主要表现为:地形起伏大,山体较陡峻,冲沟较发育,地形中等切割。全境地势西北高,东部和南部较低,中南部隆起。北部的牛棚

梁子主峰海拔 2865m, 东北部的格所河谷海拔 735m。相对高差 2130m。由于地势的间隙抬升和南北盘江支流的切割, 形成了境内层峦叠嶂, 山高谷深的高原山地地貌。地貌具有高低起伏大, 类型复杂多样的特征, 碳酸盐岩分布广泛。岩溶发育, 形成岩溶地乳貌与常态地貌交错分布, 地貌形态千姿百态, 石芽、竖井、漏斗、洼地、谷地、盲谷、丘峰、峰林等到处可见, 溶洞、暗河、地下廊道比比皆是。是一个典型的喀斯特山区。

地貌以溶蚀-侵蚀之岩溶地貌为主, 其次为侵蚀中山地貌, 主要地貌形态有峰丛洼地、峰丛谷地、溶丘洼地和岩溶盆地、峰丛峡谷以及侵蚀中山地貌等。工程区为岩溶中山及侵蚀低中山混合地形地貌。

## 2、地层岩性

从泥盆系中统至第四系全新统都有出露, 其中以三叠系分布范围最广, 二叠系次之, 其余为零星分布。出露最老地层属寒武系下统沧浪铺组, 最新属第四系全新统。工程区出露地层为三叠系 (T) 至二叠系 (P)、第三系、及第四系地层。其中以三叠系分布最广, 岩性以碳酸盐岩为主夹碎屑岩, 山坡地表多为土层覆盖, 除在晚二叠世有峨嵋山玄武岩喷发外, 第四系以前地层均为连续沉积, 并呈整合或假整合接触。区内溶蚀较强烈, 基岩露头较好。区内沉积相以浅海相为主, 次为滨海相, 场区大部分地块第四系覆盖, 局部可见基岩出露。

## 3、地质构造

根据贵州省区域构造图及《贵州省区域地质志》, 工程区一级构造单元属扬子准地台 (Pt), 二级构造单元属黔北台隆 (I1), 三级构造单元属六盘水断陷 (I1B), 四级构造单元属普安旋扭构造变形区内 (I1B2) 相对完整的地块上。根据区域地质资料, 场区无大型断裂通过, 晚更新世以来, 工程区断裂无活动表现。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 附录 A 和《建筑抗震设计规范 (2016 版)》(GB50011-2010) 的规定, 该项目位于贵州省六盘水市盘州市柏果镇境内, 场址基本地震动峰值加速度

0.05g，相应地震烈度Ⅵ度，基本地震动反应谱特征周期 0.45s，地震分组属第三组，场区区域构造稳定性较好。

#### 4、水文地质条件

##### (1) 地表水

场地北场区东侧及南侧外围发育大营河，西侧发育拖长江，大营河自东向西于柏果镇区汇入拖长江后，由南向北最终汇入北盘江，河流接受大气降水补给，场地地表水主要来源于大气降水。场地发育少量小型冲沟及季节性小河沟，场地四周大气降水顺冲沟就近向场地低矮处汇集，并通过地表自然排水沟依地势排泄，北盘江为区内最低排泄基准面。由于场地地形较高，在丰水期场地地段不受内涝影响，建议下阶段请水文专业对场地水文条件进行准确评价，评价地表水对光伏电站建设的影响，做好丰水雨季大气降水排泄措施。

##### (2) 地下水

场址位于斜坡地带，水文地质条件相对简单，地下水类型主要为覆盖层中的孔隙水、基岩中的裂隙水及岩溶水。

覆盖层孔隙水主要赋存于第四系松散堆积物中，一般流量较小，水量有限，位置与含水层的分布有关，场地多位于山梁顶部或山梁一侧的斜坡上，孔隙水在基础开挖深度范围内很难见到，可不考虑其带来的影响，但不排除雨季时可能形成少量上层滞水，给施工带来不便。

覆盖层孔隙水渗入基岩部分成为基岩裂隙水。基岩裂隙水赋存于基岩裂隙、断层破碎带中，以潜水类型为主，由于场地相对高差较大，其埋深较深，对基础施工无较大影响。

碳酸岩类岩溶水赋存于碳酸岩类的岩溶裂隙、管道、漏斗及溶洞中，其埋深受基岩溶蚀程度及溶洞发育深度影响，受当地最低侵蚀基准面的控制，一般埋藏较深，可不考虑其对光伏区内的影响。

#### 5、场地稳定性和适宜性评价

该项目拟建场地区域构造稳定性较好，场地属建筑抗震一般地段，场地局部见覆盖层边坡垮塌及地面塌陷，但其规模较小，场地未见泥

石流、危岩体和崩塌、岩溶塌陷等不良地质作用及地质灾害分布。根据《光伏发电工程地质勘察规范》（NB/T10100-2018）附录 C，光伏电站建设场地区域地质稳定，场地稳定。。

该项目场地无大规模不良地质作用，地质灾害治理难度相对较小；该场地基本稳定；场区未见活动断层通过；地基岩土种类较多，分布不均匀；场区地表排水条件较好，地下水对光伏基础无影响，短暂性洪水对工程建设影响较小。作为光伏工程建设用地时应考虑不利因素影响，采取必要的工程处理措施。本场地区域地质稳定，虽然存在边坡及冲沟等问题，通过有效避让、处理，可作为光伏电站建设场地。综合判定场地无具颠覆性不良地质作用及工程地质问题，其稳定性和适宜性条件满足工程建设要求。

## 2.6 主要技术方案来源及国内外应用情况

该项目的主要设备有光伏组件、逆变器等。设备按照工艺性能优、耗能低、可靠性高等几个标准进行选型，技术要求均与现有成熟工艺相同，由相应资质生产厂家提供，相应资质单位安装。关键设备或参数采用安全监控和安全连锁系统。因此该建设项目采用设备可以满足安全生产的需求。

该项目根据工艺装置需要采用相应的生产设备，按照相关标准进行设计布局，且在国内其他同类项目中已得到广泛应用，其安全技术措施、安全性能成熟可靠。

## 2.7 工艺流程

### 2.7.1 总体工艺

太阳能电池组件经日光照射后，产生低压直流电，经直流发电单元（将太阳能转化成直流电能，再经逆变产生交流电），逆变器出口

交流电经 35kV 升压箱变升压至 35kV 后，以 3 回 35kV 集电线路送至铜厂沟 220kV 升压站#2 主变压器 35kV 侧。

工艺流程见图 2.7-1 所示。

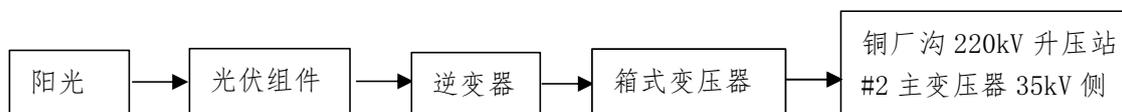


图 2.7-1 光伏发电生产工艺图

## 2.7.2 自动化系统

该项目的综合自动化系统包括系统保护和安全自动装置系统、继电保护及安全自动装置、计算机监控系统和图像监控系统等。

### 1、系统保护和安全自动装置系统

该项目的系统保护和安全自动装置系统是按照《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T14285-2006）、《光伏电站继电保护技术规范》（GB/T32900-2016）、《光伏电站接入电力系统设计规范》（GB/T50866-2013）来进行配置，具体拟配置内容如下。

#### （1）综合自动化系统

该项目沿用原铜厂沟 220kV 升压站一期的配置，按照无人值班、少人值守的方式进行设计，采用计算机监控系统为基础的集中监控方案，采用开放式分层分布系统结构。升压站具备完善的一套监控系统及电气二次，扩建部分的 3 个 35kV 间隔的保护测控可直接接入站端。

#### （2）35kV 集电线路保护

35kV 集电线路保护采用保护测控一体化装置，具有下列主要功能：三段式相间定时限过流保护、三段式零序过流保护、过负荷保护、低周减载、小电流接地选线、三相操作回路、故障录波、对一次设备的完善的测控功能。保护测控装置就地安装。

#### （3）35kVSVG 保护

35kVSVG 采用一套保护与测控一体化装置，具体保护配置：复合电压闭锁的三段式电流保护；过负荷保护；零序电流保护；过电压保护；低电压保护；本体保护。装置就地安装于开关柜内。

#### （4）计量系统

35kV 集电线路及 35kVSVG 回路各配置 1 块 0.5S 级的电子式多功能电能表；电能表具备双 RS-485 接口并具备辅助电源接入。

### 2、继电保护及安全自动装置

#### （1）35kV 箱式升压变保护测控装置

该项目拟给每台 35kV 箱式升压变配置 1 套智能监控设备，设备融合通信管理机、光环网交换机、箱变保护测控功能，安装在 35kV 箱式升压变内。该项目的箱变高压侧、低压侧为断路器，当变压器过载或相间短路时，由断路器实现开断短路电流功能。35kV 箱式升压变内置监控设备具有电气量保护（三段式过流保护、零序电流保护、过电压保护、低电压保护等）、直流量保护（4~20mA 直流越限、跳闸）和非电量保护（重瓦斯跳闸、轻瓦斯告警、超高温跳闸、高温告警、油位低告警、压力异常告警等）功能。

#### （2）逆变器保护

该项目的并网逆变器为制造厂成套供货设备，具有低电压穿越、孤岛效应保护（同时具备主动式和被动式两种）、直流过电压/过流保护、极性反接保护、短路保护、接地保护（具有故障检测功能）、交流欠压/过压保护、过载保护、过热保护、过频/欠频保护、三相不平衡保护及报警、相位保护以及对地电阻监测和报警功能。

### 3、计算机监控系统

该光伏场区相关设备均进入升压站计算机监控系统。光伏场区计算机监控系统作为子系统，对光伏场区的光伏发电设备、35kV 箱式升压变、逆变器等实现监控。光伏场区采用光纤环网的方式连接每台箱变及逆变器，将场区监控信息接入升压站监控系统。

### 4、图像监控系统

该光伏场区的图像监视纳入升压站图像监控及安全警卫系统控制中心，由升压站运行值班人员统一监控。拟配置户外一体化数字式红外高速球型彩色摄像机，以实现光伏场区主要设备的运行状态、

人员进出、周边环境的图像监视。光伏场区采用光网环方式连接各摄像机，每个光伏场区各通过 36 芯光缆（监控与视频共用光缆，阻燃防水型）与集电线路同路径敷设接入升压站图像监控及安全警卫系统。

## 2.8 站址选择及总平面布置

### 2.8.1 站址选择

该项目位于贵州省盘州市柏果镇，场址为不规则多边形。距离盘州市直线距离约 34km，站址附近有乡村道路通过，周边有省道 S314 和县道 X246 经过场区附近，部分乡村道路直达场区，场址对外交通条件较便利。

根据该项目所在区域地形条件及光伏组件布置，新建场区道路长约 4.26km，改造场区道路长约 2.64km，路基宽为 4.5m，路面宽为 3.5m，路面结构采用 15cm 泥结碎石面层，场区道路转弯半径不小于 9m，道路纵坡不大于 15%，路基碾压夯实，要求机械碾压平整密实，压实系数不小于 0.94。

生产区每个子方阵布置一台箱式变压器为满足设备运输及运行管理的需要，场内箱变及组件尽可能靠近道路布置，便于设备的运输及支架、电池组件安装。

### 2.8.2 总平面布置

该项目位于贵州省盘州市柏果镇。该项目的直流侧装机容量为 104.72MWp，交流侧装机 80MW，全部采用 680Wp（N 型）单晶硅双面组件，组件块数 154000 块，共计 5500 个光伏组串，新建 27 个子方阵，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成。

该项目不新建升压站，光伏场区通过 3 回 35kV 集电线路接入已建成的铜厂沟一期 220kV 升压站 35kV 侧。

该项目场区道路以利用现有乡村道路为主，仅新建道路至箱变，

新建道路路基宽为 4.5m，路面宽度为 3.5m，最小转弯半径 9.0m，路拱坡度 2%，新建道路总长约 4.26km，改造道路长约 2.64km，路面结构采用 15cm 泥结碎石路面。

该项目的光伏阵列区拟采用 1.8m 高过塑铁丝围栏将光伏电站防护起来，布置围栏大门，宽度 4m，每个封闭区域不得少于 2 个。

## 2.9 光伏系统选型及布置

### 2.9.1 主要设备选型

#### 1、光伏组件类型

根据该项目的《可研报告》可知，对晶体硅电池（包括单晶硅 Mono-Si、多晶硅 Multi-Si、带状硅 Ribbon/Sheet-Si）、非晶硅电池（a-Si）、薄膜电池（包括碲化镉、铜铟镓硒以及新型钙钛矿等）等各类光伏电池的性能进行了对比，该项目拟选择晶体硅太阳能电池组件。

#### 2、单晶硅太阳能电池选型

晶体硅组件的特点主要为制造技术成熟、产品性能稳定、使用寿命长、光电转化效率相对较高等，而非晶硅薄膜太阳能电池稳定性较差、光电转化效率相对较低、使用寿命相对较短，但由于其拥有良好的弱光发电能力和温度特性，在一定程度上可减少电网的波动。经过调查对比，该项目拟选用晶体硅太阳能电池组件。

由于单晶的占有量逐步增多，且转换效率高能够在电缆用量和占地面积等方面有优势，同时，单晶的价格目前和多晶非常接近，甚至低于多晶，该项目拟选用采用单晶硅 N 型光伏组件。

根据市场产能和项目的先进性要求，该项目拟采用 680Wp（N 型）单晶硅光伏组件。

#### 3、逆变器

并网逆变器是光伏发电系统中的关键设备，它将电池方阵发出的

直流电转换为易于升压后进行远距离传输的交流电，并网型逆变器还可根据并网点的电能特性调整逆变器交流输出侧的频率、电压、电流、相位、有功和无功。

根据该项目的《可研报告》及该项目场地情况可知，该项目场地为山地，采用多路 MPPT 跟踪逆变方案，减少组件因杂草植被遮挡、异物遮挡引起的串联失配而损失发电量；在早晚阴影遮挡时段，减少组件前后排遮挡、左右排角度突变引起的并联失配。因此该项目拟采用组串式逆变器。

另外，还对 225kW、300kW、320kW 组串式逆变器，搭配所选的 680Wp（N 型）单晶硅双面电池组件，分别配置了 3.2MW 的方阵进行逆变器的比选，经过必选，该项目拟选用 320kW 及以上组串式逆变器。

## 2.9.2 电池阵列的运行方式设计

根据该项目的《可研报告》可知，电池阵列的安装方式主要固定式、单轴跟踪和双轴跟踪等，经过比选，该项目拟选用固定式运行方式。

另外，《可研报告》还对不同安装角度倾斜面的太阳能辐射量进行了模拟计算，倾斜面上的太阳辐射总量由直接太阳辐射量、天空散射辐射量和地面反射辐射量三部分组成。经过计算可知，当倾角  $22^{\circ}$  时倾斜面上的辐射总量最大，但  $18^{\circ} \sim 24^{\circ}$  倾角斜面上的辐射总量相差不大，通常情况下将辐射量最大的倾角认为是最佳倾角，但经过计算发现，确定最佳倾角的模型是仅考虑单排光伏组件的方阵，未考虑多排组件布置前后排遮挡，因此通常辐射量最佳倾角并不一定是发电量最大倾角。在满足真太阳时冬至日 9:00~15:00 前后排不遮挡的间距前提下，使用软件进行建模和二次优化功能，对倾角进行优化，通过优化结果可知，当安装倾角为  $19^{\circ}$  时，光伏阵列发电量最大，从保证发电量的角度出发，该项目光伏组件采用  $19^{\circ}$  倾角固定布置。

从保证发电量的角度出发，该项目光伏组件采用  $19^{\circ}$  倾角固定

布置，方位角取  $0^{\circ}$ 。

### 2.9.3 光伏阵列设计

该项目的直流侧装机容量为 104.72MW<sub>p</sub>，交流侧装机 80MW，拟采用分块发电、集中并网方案。电池组件采用 680W<sub>p</sub>（N 型）单晶硅双面双玻电池组件，均采用倾角为  $19^{\circ}$  固定安装在支架上。太阳电池阵列共有 27 个方阵，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成，每个子方阵由若干路太阳电池组串并联而成。每个太阳电池子方阵由太阳电池组串、逆变设备及升压设备构成。

#### 1、太阳电池阵列子方阵设计

该项目拟设计 27 个单晶硅光伏发电单元系统，均采用 680W<sub>p</sub>（N 型）单晶硅双面太阳能电池组件，并全部对应配置 320kW 并网逆变器。

经初步计算，串联光伏组件数量  $14.06 \leq N \leq 29.9$  块时满足输出电压要求。因此，该项目拟选用的光伏组件串联数量为 28。

根据串联数计算，每一路 680W<sub>p</sub> 组件串联的额定功率容量对应为 19.04kW<sub>p</sub>。该项目拟采用 320kW 组串式逆变器，对于 3.2MW 的方阵容量，每个光伏子方阵应包含 10 个逆变发电单元，对于 2.5MW 的方阵容量，每个光伏子方阵应包含 8 个逆变发电单元，于 2.0MW 的方阵容量，每个光伏子方阵应包含 6 个逆变发电单元。

#### 2、光伏电站容配比

光伏组件容配比指的是光伏发电系统安装功率与逆变器额定功率之比。

结合当地辐照情况，该项目拟采用 680W<sub>p</sub> 规格的单晶硅光伏组件，320kW 组串式逆变器，逆变器输入端接 22 串光伏组串，相应的容配比约为 1.309。

#### 3、光伏组件串的排布

一个光伏组件串单元中光伏组件的排列方式有多种，为保证装机容量并降低施工难度，同时兼顾接线方式，线缆用量，在工程计算的

基础上，对光伏组件进行排列。该项目拟采用固定式支架采用 2 行 14 列竖向排布。

根据该项目的《可研报告》对光伏阵列间距计算可知，在平地上光伏组件间南北向净间距取 2.5m，东西向每列光伏组件之间留出 0.5m 的空间，既可作为纵向交通使用，又可使两个光伏组件单元相互之间不产生阴影影响。

#### **2.9.4 逆变器布置**

该项目的太阳能电池阵列共有 27 个方阵，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成。每个 3.2MW 单晶硅电池子方阵由 10 个 320kW 光伏发电单元系统构成，每个 2.5MW 单晶硅电池子方阵由 8 个 320kW 光伏发电单元系统构成，每个 2.0MW 单晶硅电池子方阵由 6 个 320kW 光伏发电单元系统构成；每台 320kW 组串式逆变器连接 22 串光伏组串。整个发电系统共使用 250 台 320kW 逆变器。

由于该项目拟选用的 320kW 组串式逆变器不需修建逆变器室。根据现场实际情况，通过螺栓将逆变器固定在光伏支架上。

#### **2.9.5 升压箱变布置**

该项目的光伏场区设置子方阵 27 个，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成，即光伏发电单元系统共使用 18 台 3200kVA 箱变、8 台 2500kVA 箱变和 1 台 2000kVA 箱变。

升压箱变拟采用混凝土基础安装于方阵中部有道理的区域。

#### **2.9.6 方阵接线方案设计**

该项目的太阳能电池阵列共有 27 个方阵，分别由 18 个 3.2MW 子方阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成。采用 680Wp 单晶硅双面双玻光伏组件，组件总数 154000 块，每 28 块光伏组件构成一个光伏组串，共 5500 个组串；每 22 串光伏组串接入 1 台 320kW 逆变器，共配置 250 台 320kW 组串式逆变器；每台 320kW 的组串式逆变器实际

接入 418.88kWp 的光伏组件，该项目系统总容配比为 1.309。每个光伏子方阵的逆变器通过交流电缆直接接入升压变压器低压进线侧，不需要额外配置交流汇流箱。

根据该项目《可研报告》对方阵接线计算可知，当直流电缆长度小于 200m 时，选用 PV1-F-1×4mm<sup>2</sup> 直流电缆，大于等于 200m 时选用 PV1-F-1×4mm<sup>2</sup> 直流电缆，能够满足压降相关要求；当交流电缆长度小于 304m 时，选用 ZR-YJLHV22-1.8/3kV-3×240mm<sup>2</sup> 交流电缆能够满足压降相关要求；当交流电缆长度大于等于 304m 时，选用 ZR-YJLHV22-1.8/3kV-3×300mm<sup>2</sup> 交流电缆。

## 2.10 电气

该项目的光伏场区通过 3 回 35kV 集电线路接入已建成的铜厂沟一期 220kV 升压站 35kV 侧。

根据电网消纳条件、电网电力平衡、现场施工用地及工程地质环境等因素，确定该项目的额定容量为 80.0MW，安装容量 104.72MWp，按相关文件要求该项目的储能装置按要求需配置 10% 储能装置，2h 充放电配置，即储能装置容量为 8MW/16MWh，储能暂按采取租赁模式预留储能相关费用。

### 2.10.1 电气一次

#### 1、电气主接线

##### (1) 升压方式拟定

结合该项目的实际情况，拟采用 35kV 电压汇流、二级升压的方案，即光伏方阵所发电量经逆变器逆变为交流电后，经箱式变电站升压至 35kV，通过 35kV 集电线路汇入铜厂沟 220kV 升压站 35kV 母线上，再通过升压站内主变压器升压至 220kV 后送出。

##### (2) 光伏发电系统电气接线方案

该项目的太阳能电池阵列共有 27 个方阵，分别由 18 个 3.2MW 子方

阵、8 个 2.5MW 子方阵和 1 个 2.0MW 子方阵组成。每个 3.2MW 子方阵标称容量 4.1888MWp，每 28 块光伏组件构成一个光伏组串，共 4180 个组串；每个 2.5MW 子方阵标称容量 3.35104MWp，每 28 块光伏组件构成一个光伏组串，共 1408 个组串；每个 2.0MW 子方阵标称容量为 2.51328MWp，每 28 块光伏组件构成一个光伏组串，共 132 个组串。

每 22 串光伏组串接入 1 台 320kW 逆变器，共配置 250 台 320kW 组串式逆变器；每个 320kW 的组串式逆变器实际接入 418.88kWp 的光伏组件。

每个光伏子方阵的逆变器通过交流电缆直接接入 3200kVA/2500kVA/2000kVA 箱变低压进线侧，不需要额外配置交流汇流箱。

场区内布置 1#~27#电池方阵，按每个单元方阵通过箱式变电站  $\pi$  接至下一箱变高压侧后，通过 3 回 35kV 集电线路接入铜厂沟 220kV 升压站内 35kV 母线。

### (3) 铜厂沟 220kV 升压站电气主接线

原铜厂沟 220kV 升压站的终期规模按 2 台主变压器规划，原铜厂沟 220kV 升压站一期工程已建设 1 台容量为 240MVA 的主变压器。根据本电站装机规模及接入系统条件，采用 3 回 35kV 集电线路接入铜厂沟 220kV 升压站 35kV 侧。

1) 电压等级：230 $\pm$ 8x1.25%/37kV

2) 主变压器：原铜厂沟 220kV 升压站终期规模按 2 台主变压器规划，原铜厂沟 220kV 升压站一期工程已建设 1 $\times$ 240MVA，即该项目不新增主变压器。

3) 220kV 侧电气接线：原铜厂沟 220kV 升压站终期为单母线接线，出线 2 回（其中 1 回至 220kV 红果变，另 1 回至盘县电厂）；原铜厂沟 220kV 升压站一期工程已建成单母线接线，出线 2 回；即该项目不新增出线。

4) 35kV 侧电气接线：原铜厂沟 220kV 升压站终期为扩大单元+

单母线单元接线，出线 18 回；原铜厂沟 220kV 升压站一期工程已建成扩大单元接线，出线 8 回；即该项目拟维持扩大单元接线不变，增加出线 3 回。

5) 35kV 无功补偿：采用 SVG 动态补偿装置，原铜厂沟 220kV 升压站一期工程已建设  $1 \times 28\text{Mvar}$ ，即该项目拟建设  $1 \times 28\text{Mvar}$ 。

## 2、短路电流计算

原铜厂沟 220kV 升压站 220kV 母线三相短路电流 30.7kA，35kV 母线三相短路电流 13.8kA，即该项目的 35kV 侧短路电流水平拟按照 31.5kA 进行选择。

## 3、过电压保护及绝缘配合

### (1) 光伏发电系统过电压保护

为防止直流线路上侵入波雷电压，该项目的电缆槽盒拟与接地网相连，光伏阵列的各逆变器内拟安装设光伏专用防雷器，在 35kV 箱式变电站高低压侧，拟安装有相应的避雷器和浪涌保护器。

### (2) 过电压保护

过电压保护主要考虑线路雷电侵入波对配电装置的影响。为防止线路雷电侵入波过电压，35kV 母线及出线拟安装氧化锌避雷器。

## 4、防雷接地

### (1) 光伏阵列防雷保护及接地

根据《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)的规定，光伏阵列主要采取光伏组件和支架与场区接地网连接进行直击雷保护，接地网与光伏电池组件基础钢筋焊接做接地体辅以垂直接地极，方阵接地体焊接成网状，相邻较近的光伏子阵接地网应与附近其他子阵连接，且连接线不少于 4 根；光伏阵列区电池组件自带金属边框，金属边框与地面金属支架相连，金属支架与热镀锌扁钢相连，热镀锌扁钢与光伏阵列区接地网相连，构成了接地、防雷体系。

该项目的每个光伏方阵拟建有一套逆变升压设备，包括组串式逆变器，35kV 箱式变压器，所有电气设备均应可靠接地，敷设以水平

接地体为主，垂直接地体为辅的人工接地网，并充分利用土建金属基础钢筋作为自然接地体，接地网外缘闭合。

## 2) 电气设备接地

布置有各级电压的电气设备，均用 50mm×5mm 的热浸锌扁钢（镀锌厚度 85μm）暗敷成闭合回路的水平接地线，各建筑物内接地网用接地线 40mm×4mm 的热浸锌扁钢（镀锌厚度 65μm）连成一体，重要电气设备的工作和保护接地干线的连接不少于两处。

表 2.10-1 电气一次主要设备及材料表

序号	设备名称	型号/规格	单位	数量	备注
升压站部分					
1	35kVSVG 柜	35kV 移开式开关柜，内含： SF6 断路器：40.5kV，1250A，31.5kA，1 台； 电流互感器：5P40/5P40/5P40/0.5S/0.2S， 400~800/1A，3 只； 氧化锌避雷器：YH5WR-51/134，3 只； 接地开关：JN15-40.5/31.5，1 组； 零序 CT-∅ 150，150/1A，5P10，1 只； 智能带电显示操控装置，1 套	台	1	
2	35kVSVG 成套装置	直挂式 SVG 成套装置，±28Mvar，水冷	套	1	
3	35kV 电力电缆	ZRC-YJV22-26/35kV-3×185	米	240	
4	35kV 电缆头	配套 ZRC-YJV22-26/35kV-3×185 电缆	套	4	
5	阻燃包	PFB-720	m <sup>3</sup>	2	
6	有机防火堵料	SFD-1	吨	1	
7	无机防火堵料	WFD-1	吨	1	
8	防火涂料	PDFT-1	吨	1	
9	耐火隔板	WFB-10	m <sup>2</sup>	20	
10	热镀锌钢管	DN100	米	20	
11	热镀锌扁钢	60x6	米	200	
光伏电场场区部分					
13	华式箱变	S18-3200/37，37±2×2.5%/0.8kV，Dy11， U <sub>k</sub> =7.0%	台	18	
14	华式箱变	S18-2500/37，37±2×2.5%/0.8kV，Dy11， U <sub>k</sub> =6.5%	台	8	
15	华式箱变	S18-2000/37，37±2×2.5%/0.8kV，Dy11， U <sub>k</sub> =6.5%	台	1	

16	热镀锌扁钢	50×5	km	52.5	
17	热镀锌扁钢	40×4	km	48.75	
18	热镀锌钢管	DN50, L=2.5m	根	750	
19	热镀锌钢管	DN80, L=6m	根	60	
20	成品软铜绞线	BVR-1×6, L=40cm, 带接线鼻子	根	1540 00	
21	成品软铜绞线	BVR-1×6, L=100cm, 带接线鼻子	根	508	
22	成品软铜绞线	BVR-1×25, L=250cm, 带接线鼻子	根	5500	
23	电缆防火堵料	/	吨	15	
24	电缆防火涂料	/	吨	2	

## 2.10.2 电气二次

该项目的直流侧装机容量为 104.72MW<sub>p</sub>，交流侧装机 80MW。通过 3 回 35kV 集电线路接入已建成的铜厂沟一期 220kV 升压站 35kV 侧，最终以 220kV 电压等级联合送出。

### 1、自动化系统

该项目的综合自动化系统包括系统保护和自动装置系统、继电保护及安全自动装置、计算机监控系统和图像监控系统等，具体详见 2.7.2 章节。

### 2、二次设备的接地、防雷、抗干扰

#### (1) 二次设备接地

- 1) 控制电缆的屏蔽层两端应可靠接地。
- 2) 所有敏感电子装置的工作接地应与安全地或保护地混接。
- 3) 在继电保护室、敷设二次电缆的沟道、就地端子箱及保护用结合滤波器等处，使用截面积不小于 100mm<sup>2</sup> 的裸铜排与升压站主接地网紧密连接的等电位接地网。

4) 在二次设备室的电缆桥架内，按屏(柜)布置的方向敷设 100mm<sup>2</sup> 的专用接地铜排(缆)，将该专用铜排(缆)首末端连接，形成二次设备室内的等电位接地网。二次设备室内的等电位接地网必须用至少 4 根以上、截面积不小于 50mm<sup>2</sup> 的铜排(缆)与升压站的主接地网可靠接地。

#### 5) 静态保护和接地装置的屏(柜)下部应设有截面积不小于

100mm<sup>2</sup>的接地铜排。屏（柜）上装置的接地端子应用截面积不小于 4mm<sup>2</sup>的多股铜线和接地铜排相连。接地铜排应用截面积不小于 50mm<sup>2</sup>的铜缆与二次设备室内的等电位接地网相连。

6) 有电联系的电压互感器的二次回路只允许有一点接地，为保证接地可靠，各电压互感器的中性线不得接有可能断开的开关或熔断器等。已在控制室一点接地的电压互感器二次绕组，宜在开关场将二次绕组中性点经放电间隙或氧化锌阀片接地，并应定期检查放电间隙或氧化锌阀片，防止造成电压二次回路多点接地的现象。

7) 独立的、与其他电压互感器和电流互感器的二次回路没有电气联系的二次回路应在开关场一点接地。

8) 微机型继电保护装置屏（柜）屏内的交流供电电压（照明、打印机和调制解调器）的中性线（零线）不应接入等电位接地网。

## （2）二次设备防雷

1) 必要时，在各种装置的交、直流电源输入处设电源防雷器。

2) 在通信信道装设通信信道防雷器。

## （3）二次设备抗干扰

1) 微机型继电保护装置所有二次回路的电缆均应使用屏蔽电缆。

2) 交流电流和交流电压回路、交流和直流回路、强电和弱电回路，以及来自开关场电压互感器二次的四根引入线和电压互感器开口三角绕组的两根引入线均应使用各自独立的电缆。

3) 升压站中母差等重要保护的启动和跳闸回路，均应使用独立的电缆。

4) 经长电缆跳闸回路，宜采取增加出口继电器动作功率等措施，防止误动。

5) 制造部分应提高微机保护抗电磁骚扰水平和防护等级，光耦开入的动作电压应控制在额定支路电源电压的 55%~70%范围以内。

6) 针对来自系统操作、故障、直流接地等异常情况，应采取有效防误动措施，防止保护装置单一元件损坏可能引起的不正确动作。

7) 所有涉及直流跳闸的重要回路应采用动作电压在额定电源电压的 55%~70%范围以内的中间继电器,并要求其动作功率不低于 5W。

8) 遵守保护装置 24V 开入电源不出保护屏(柜)的原则,以免引进干扰。

### 3、低电压穿越及防孤岛保护

#### (1) 低电压穿越

逆变器具有低电压穿越保护。对于电力系统故障期间没有脱网的光伏电站,其有功功率在故障清除后应快速回复,自故障清除时刻开始,以至少 30%额定功率/秒的功率变化率恢复至正常发电状态。

#### (2) 防孤岛保护

由于原铜厂沟 220kV 升压站已配置 1 套独立的防孤岛保护,防孤岛保护装置动作时间不大于 2s, 防孤岛保护应能与电网侧线路保护相配合。

表 2.10-2 电气二次主要设备及材料表

序号	设备名称	型号	单位	数量	备注
光伏电场场区部分					
1	计算机监控系统	升压站计算机监控系统子系统	套	1	放置于升压站
2	光伏场区通信屏	/	面	1	放置于升压站
3	光伏场区光纤配线屏	/	面	1	放置于升压站
4	视频监控系统	/	套	1	
5	箱变智能监控设备	含箱变保护测控、通信管理机、 光环网交换机(100M)功能	台	27	
6	纵向解密装置	/	套	1	
7	微型纵向加密装置	/	台	27	
8	UPS 电源	2kVA	套	27	
9	电能表	0.5S	台	27	
10	光缆终端盒	/	套	27	
11	环境监测仪	/	套	1	
12	站端各系统配合调试费	/	项	1	
13	调度端配合调试费	/	项	1	
14	35kV 集电线路保护测控 一体装置	/	套	2	装于 35kV 开 关柜
15	35kVSVG 保护测控一体 装置	/	套	1	装于 35kV 开 关柜
16	35kV 集电线路电能表	三相四线制有功 0.5S 级电能表	套	2	装于 35kV 开

					关柜
17	35kVSVG 电能表	三相四线制有功 0.5S 级电能表	套	1	装于 35kV 开关柜
18	控制电缆	ZRA-kVVP2-22-各种截面	km	0.8	
19	耐火电缆	NH-KVVP2/22-各种截面	km	0.4	
20	五防系统扩容	2 个 35kV 间隔 (含调试)	项	1	

## 2.11 通信

原铜厂沟 220kV 升压站已配置相关通信设备,即该项目在升压站的扩建不涉及升压站通信设备,只有光伏场区涉及场内通信。

场内通信包括升压站站内通信(含调度生产、生活)、对外通信和光伏场区通信。

光伏场区通信主要包括数据传输通信和场区内话音通信。数据传输通信是光伏场区升压箱变、逆变器数据采集系统、视频相关数据至升压站控制中心的数据,根据组件及箱变布置位置,按集电线路组成通信光环网,通过光缆与集电线路同路径敷设接入升压站通信接口屏;场内通信即光伏场区检修及巡视的通信方式,主要采用大功率无线对讲机进行通信,并以公网手机通信为辅。

## 2.12 土建

该项目土建工程部分主要包括:光伏组件支架及支架基础,户外升压箱变基础,场址区四周简易围栏及进出大门等相关建(构)筑物。

根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)、《建筑桩基规范》(JGJ94-2008)、《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)、《太阳能发电站支架基础设计规范》(GB51101-2016)、《光伏支架结构设计规程》(NB/T10115-2018)等规范可知,该项目的建(构)筑物地基基础设计等级为丙级。

由于该项目所在地的场址基本地震动峰值加速度 0.05g,相应地震烈度 VI 度,基本地震动反应谱特征周期 0.45s,地震分组属第三组,

场区区域构造稳定性较好，即地基基础设计等级为丙级、箱变基础设计等级为丙级。该项目属于大型光伏发电系统。

建（构）筑物设计工作年限为 50 年，光伏支架设计工作年限为 25 年，基础设计工作年限为 50 年。重现期  $R=50$  年的基本风压为  $0.35\text{kN/m}^2$ ，重现期  $R=50$  年的基本雪压为  $0.35\text{kN/m}^2$ 。

根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）规定，光伏电站场区防洪标准按 50 年一遇考虑。

## 1、光伏阵列

### （1）光伏支架基础

根据该项目的《可研报告》可知，该项目的支架基础拟采用钢筋混凝土钻孔灌注桩基础，其中混凝土条形基础拟埋深 0.3m，选用 C30 钢筋混凝土；混凝土独立基础拟基础尺寸  $0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$ ，埋深为 1m，基础选用 C30 钢筋混凝土；预制钢筋混凝土桩基础拟尺寸采用直径 300mm，C30 钢筋混凝土；螺旋钢桩基础拟选用尺寸为 1600m（长） $\times$  D76mm（桩径）、钢筋混凝土微孔灌注桩基础拟单立柱桩径 300mm，每个组串布置 5 根，初拟长度 2.3m，出露长度 0.5m，地下 1.8m；双立柱桩径 300mm，每个组串布置 10 根，初拟长度 1.75m，出露长度 0.15m，地下 1.6m。

### （2）逆变器及箱变基础

#### 1) 逆变器基础

该项目的光伏场区拟配置 250 台逆变器设备。逆变器支架采用抱箍+横梁的安装形式，将逆变器安装于光伏支架立柱上，安装完成后逆变器底端高度距地面不低于 0.8m，且高于洪水位标高，抱箍与横梁均采用热浸镀锌防腐，热浸镀锌须满足《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及实验方法》（GB/T13912-2020）的相关要求，镀锌层厚度平均不小于  $65\mu\text{m}^2$ 。防腐前需对钢结构除锈处理，除锈等级应达到 Sa2.5 的质量要求。

#### 2) 箱变基础

该项目的光伏场区拟配置 27 台箱式变压器装置。箱式变压器装置重量约 5600kg，基础外形尺寸的长宽高为 5.30m×2.80m×2.05m，基础形式为钢筋混凝土筏板基础，基础埋深 1.75m、地上高度 0.3m，且高于洪水位标高，基础顶面预埋 10#槽钢，踏步采用砖砌踏步。基础垫层混凝土强度为 C15，基础底板为 250mm 厚 C30 混凝土，基础墙体采用普通混凝土砖，水泥砂浆砌筑。

### 3) 场内集电线路

根据该项目的《可研报告》可知，该项目的箱式变压器至变电站集电线路拟采用直埋电缆的形式。直埋电缆的开挖尺寸为顶宽 1.6m，底宽 1m，深 1m；铺砂垫层后放置电缆，再铺一层细沙后覆盖水泥标砖，然后进行回填；35kV 直埋电缆沟开挖长度约 22.4km，1kV 直埋电缆沟开挖长度约 30km。在埋地集电线路需沿电缆路径竖立警示标桩。

## 2、升压站

该项目不新建升压站，将光伏场区以 3 回 35kV 集电线路接入铜厂沟一期升压站改建主变 35kV 侧。

原铜厂沟 220kV 升压站建筑物一期已经全部建成，原有宿舍楼及办公楼均满足该项目配备人员住宿及办公要求，仅在站内新增 SVG 设备基础，接地变基础及配置装置设备基础等，升压站内无新增建筑物。

## 2.13 消防

该项目不新建升压站，通过 35kV 集电线路接入铜厂沟一期 220kV 升压站低压侧，在升压站新增 3 面集电线路开关柜，一面 SVG 开关柜，一套 SVG 成套装置。铜厂沟一期在升压站东南侧设置有 360m<sup>3</sup> 消防水池及消防水泵房，故该项目无新增消防用水量，一期消防水池容量满足本期扩建要求，因此仅对光伏场区进行消防设计。

根据该项目各建筑物内布置的设备和用途，按照《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2019）、《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）的规定，可知变压器事故油池的耐火等级为一级，其余为二级，火灾危险性类别分为丙、丁、戊类。

### 1、消防监控系统

原升压站消防监控系统设有一套火灾自动报警系统，该项目的火灾自动报警系统拟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）一台，主要监测设置在各火灾探测器场所的火警信号，并可对相关部位贵州万诚电力建设有限公司 203 风机、防火风口、防火阀等实施自动联动控制。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。

火灾报警控制器自带备用电源。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，电线拟采用穿金属管或线槽内敷设。

### 2、移动式消防器材

根据防护对象的特征，该项目拟配置 54 具手提式干粉灭火器。

## 2.14 工程投资

该项目的直流侧装机容量为 104.72MW<sub>p</sub>，交流侧装机 80MW。该项目总工期为 6 个月，拟投资 365630 万元。

根据《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T32027-2016）和《光伏发电工程概算定额》（NB/T32035-2016）的规定，对该项目的工程投资概算见下表 2.14-1。

表 2.14-1 工程投资概算表

序号	工程或费用名称	设备购置 费（万元）	建安工程费 （万元）	其他费用 （万元）	合计（万 元）	占总投资比 例（%）
一	设备及安装工程	18345.22	4039.18	/	22384.41	62.33
1	发电设备及安装工程	17969.51	3831.10	/	21800.64	/
2	变电站变配电设备及安 装工程	190.34	39.53	/	229.87	/
3	控制设备及安装工程	85.34	23.55	/	108.90	/
4	其他设备及安装工程	100.00	145.00	/	245.00	/
二	建筑工程	/	3178.99	/	3178.99	8.85
1	发电场工程	/	2139.54	/	2139.54	/
2	升压变电站工程	/	10.04	/	10.04	/
3	交通工程	/	261.41	/	261.41	/
4	其他建筑工程	/	768.00	/	768.00	/
三	其他费用	/	/	5035.10	5035.10	14.02
1	项目建设用地费	/	/	3613.90	3613.90	/
2	项目建设管理费	/	/	842.67	842.67	/
3	生产准备费	/	/	78.31	78.31	/
4	勘察设计费	/	/	340.30	340.30	/
5	其他	/	/	159.93	159.93	/
四	基本预备费	/	/	611.97	611.97	1.70
	合计	18345.22	7218.17	5647.07	31210.47	86.91

表 2.14-2 安全费用估算表

序号	安全专项工程名称	投资估算（万元）	备注
1	该项目的安全“三同时”	38	
2	安全教育与培训	6	
3	安全应急预案编制修订、安全应急预案演练	6.5	
4	安全标识标牌	2	
5	消防报警系统	8.5	

6	消防器材	1.5	
7	安全检测设备及安全操作器具、安全监督管理设施及设备	3.2	
8	个人防护器材及劳动防护用品	2.8	
9	其他	91.43	
10	合计	159.93	

根据上表可知，安全专项资金投入约为 159.93 万元，占总投资的 0.44%，该费用中不含该项目的设备及安全设施和防雷系统装置费用等。

## 2.15 工程特征表

该项目工程特征表详见下表 2.15-1。

表 2.15-1 工程特征表

一、光伏发电工程站址概况				
序号	名称	单位	数量	备注
1	本期装机容量	MWp	104.72	
2	规划占地面积	亩	2305	永久占 1.458 亩
3	海拔高度	m	1635-2056	
4	经度(东经)	°	104.5522° ~104.5749°	
5	纬度(北纬)	°	25.9969° ~26.0280°	
6	工程代表年太阳总辐射量	MJ/m <sup>2</sup>	4691.6	
7	年利用小时数	h	1093.42	
8	系统综合效率	%	84.57	
二、主要气象要素				
序号	名称	单位	数量	备注
1	多年平均气温	℃	14	
2	极端最高气温	℃	35.1	
3	极端最低气温	℃	-5.9	

4	年平均风速	m/s	1.9	
5	年平均降水量	mm	1314.4	
6	年最大降水量	mm	1841.3	
三、主要设备				
序号	名称	单位	数量	备注
1、单晶硅电池组件				
1.1	最大功率 (Pmax)	Wp	680	
1.2	最佳工作电压 (Vmp)	V	39.6	
1.3	最佳工作电流 (Imp)	A	17.16	
1.4	开路电压 (Voc)	V	47.4	
1.5	短路电流 (Isc)	A	18.18	
1.6	组件效率	/	21.9	
1.7	工作温度范围	℃	-40~+85	
1.8	最大系统电压	V	DC1500	
1.9	最大额定熔丝电流	A	35	
1.10	输出功率公差	/	0~ +5	
1.11	最大功率 (Pmax) 的温度系数	/℃	-0.3	
1.12	开路电压 (Voc) 的温度系数	/℃	-0.24	
1.13	短路电流 (Isc) 的温度系数	/℃	0.04	
1.14	首年功率衰减	/	<1	
1.15	重量	kg	38.3	
1.16	光伏组件尺寸结构	mm	2384×1303×33	
1.17	数量	块	154000	
2、箱式升压变压器				
2.1	台数	台	18/8/1	
2.2	容量	kVA	3200/2500/2000	
2.3	额定电压	kV	37	
3、组串式逆变器				
3.1	最大输入电压	V	1500	

3.2	额定输入电压	A	1080	
3.3	MPPT 电压跟踪范围	A	500~1500	
3.4	每路 MPPT 最大输入电流	V	40/30A	
3.5	MPPT 路数	路	12 (可选 14/16)	
3.6	每路 MPPT 输入组串数	串	2	
3.7	额定输出功率	kW	320	
3.8	最大输出功率	kW	352	
3.9	额定电网电压	V	800V, 3W+PE	
3.10	电网电压范围	V	640V~920V	
3.11	最大输出电流	A	254A	
3.12	最大总谐波失真(额定功率)	%	<3%	
3.13	功率因数可调范围	/	0.8 超前~0.8 滞后	
3.14	隔离方式	/	无变压器	
3.15	最大效率	%	99.01%	
3.16	中国效率	%	98.52%	
3.17	额定电网频率	Hz	50	
3.18	夜间自耗电	W	<6W	
3.19	防护等级	/	IP66	
3.20	运行温度范围	℃	-30℃~+60℃	
3.21	最高运行海拔	m	5000m (4000m 以上降额使用)	
3.22	冷却方式	/	智能强制风冷	
3.23	通讯接口	/	PLC(标配)/RS485(可选)	
3.24	外形尺寸(宽/高/深)	mm	1136×870×361mm	
3.25	重量	kg	≤116kg	
3.26	数量	台	250	
4、出线回路数				
4.1	出线回路数	回	2	
4.2	电压等级	kV	220	
5、集电线路回路数				

5.1	集电线路回路数	回	3	
5.2	电压等级	kV	35	
四、土建施工				
1	光伏组件支架钢材量	t	3364.512	
2	支架基础混凝土	m <sup>3</sup>	4249	
3	支架基础钢筋	t	557.12	
4	施工总工期	月	6	
五、概算指标				
编号	名称	单位	数量	备注
1	静态投资	万元	35910.47	
2	动态投资	万元	36249.26	
3	直流侧单位千瓦静态投资	元/kWp	3429	
4	直流侧单位千瓦动态投资	元/kWp	3462	
5	交流侧单位千瓦静态投资	元/kW	4489	
6	交流侧单位千瓦动态投资	元/kW	4531	
7	设备及安装工程费	万元	22384.41	
8	建筑工程费	万元	3178.99	
9	其他费用	万元	5035.10	
10	基本预备费	万元	611.97	
11	35kV 送出线路	万元	4700	
12	建设期贷款利息	万元	338.79	
六、经济指标				
编号	名称	单位	数量	备注
1	装机容量	MWp	104.72	
2	年平均上网电量	万 kW. h	11450.33	
3	年平均等效满负荷利用小时数	h	1093.42	
4	上网电价	元/(kW. h)	0.3515	含增值税
4.1	项目投资财务内部收益率	%	6.07	税后
4.2	资本金财务内部收益率	%	12.52	

4.3	投资回收期	年	13.24	税后
5	借款偿还期	年	18	
5.1	资产负债率	%	80	最大值

## 3 主要危险、有害因素及重大危险源辨识与分析

### 3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据

#### 3.1.1 危险有害因素定义

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

所有危险、有害因素，尽管表现不同，但其造成伤害的本质，都归结为存在能量、有害物质并失去控制，导致能量的意外释放和有害物质的泄漏、挥发，产生急性或慢性伤害作用。

能量是做功的能力，一切产生、供给能量的能源和能量的载体在一定条件下，都可能是危险、有害因素，如化学能、势能、动能、声能、光能和辐射能等。能量和有害物质失控是危险、有害因素产生的条件，失控主要体现在设备故障、人为失误、管理缺陷、环境因素四个方面。

#### 3.1.2 危险有害因素辨识依据

根据《生产过程安全卫生要求总则》（GB/T12801-2008）、《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986）和《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T15861-2022）等标准，结合该项目的特点，从生产工艺、场址选址和总体布置、主要建（构）筑物及生产设备、设施；生产过程、生产作业场所、施工期等存在的危险、有害因素进行辨识和分析。

### 3.2 常用的危险有害因素辨识方法

常用的危险有害因素辨识方法有直观经验分析方法和系统安全分析方法。

## 1、直观经验分析方法

直观经验分析方法适用于可供参考先例、有以往经验可以借鉴的系统，不能应用在没有可供参考先例的新开发系统。

### （1）对照、经验法

对照、经验法是对照有关标准、法规、检查表或依靠分析人员的观察分析能力，借助于经验和判断能力对评价对象的危险、有害因素进行分析的方法。

### （2）类比方法

类比方法是利用相同或相似工程系统或作业条件的经验和劳动安全卫生的统计资料来类推、分析评价对象的危险、有害因素进行分析的方法。

## 2、系统安全分析方法

系统安全分析方法是应用系统工程评价方法中的某些方法进行危险、有害因素的辨识。系统安全分析方法常用于复杂、没有事故经验的新开发系统。常用的系统安全分析方法有事件树、事故树等。

本章主要运用对照、经验法来分析危险、有害因素。

## 3.3 建设项目主要物料危险、有害因素分析

### 3.3.1 施工过程中的危险物料分析

该项目在施工过程中接触使用原材料主要有砂石料、水泥、钢材、木材、柴油等，其中柴油为施工机械设备的燃料，在施工过程中接触使用原材料均不属于《危险化学品目录》（2022 版）、《危险货物物品名表》（GB12268-2012）中的危险化学品。

### 3.3.2 生产过程中的危险物料分析

该项目的生产工艺为太阳能电池组件经日光照射后，产生低压直流电，电池组件并联后电通过直流电缆接入 50kV 组串式逆变器直流侧，经逆变后输出 50Hz 三相交流电，经交流汇流箱接入箱式变压器

低压侧，然后再通过高压电缆接入光伏电站的 10kV 开关柜。

所以在生产过程中不存在危险物料。

### 3.4 建设项目主要危险、有害因素分析

该建设项目的危险、有害因素分为施工过程作业、生产过程，具体分析如下。

#### 3.4.1 施工过程作业过程主要危险、有害因素分析

##### 1、触电

电对人的危害非常大，电击、电灼伤等造成人员伤亡，电气火花可能会引发大火，电气对人体的主要伤害有：肌肉的强烈挛缩，伴随立即失去知觉，并引起心脏骤停以及呼吸运动的停止，灼伤，导致人体残疾。或因接地或接零损坏、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。该项目施工中使用的用电设备多，存在触电伤害因素，可能导致人员伤亡、死亡。

(1) 作业人员在设备运行过程中因安全防护装置缺陷、作业工具不良、违章作业或设备绝缘状况不好、故障、作业环境不良、维护管理不善等，均有发生触电与电气火灾的危险，严重者可造成人员伤亡。

(2) 变电站遭受雷击的来源：一是雷直击于变电站的设备上；二是架空线路的雷电感应过电压和直击雷过电压形成的雷电波沿线路侵入变电所。

(3) 室外配线（缆）、构架、电气设备等都有遭受雷击的可能。

(4) 当雷电对地放电时，在雷击点主放电过程中，雷击点附近的架空电力线路、电气设备或架空金属管道上，由于静电感应产生感应过电压，过电压幅值可达几十万伏，使电气设备的绝缘被击穿，而引起火灾或爆炸，造成设备损坏和人身伤亡。

##### 2、高处坠落

该项目施工时主要存在于在设备安装、组装或者后期维修过程，需要在高处作业，在此类作业中作业人员有发生高处坠落的危险；高处作业时操作不慎、登高作业时未系安全带、防护栏失效等会发生高处坠落事故。

### 3、物体打击

该项目的各类施工作业活动中，均存在操作人员受到坠落物的打击、运动着的重型设备的打击（如吊车、吊臂等）等危险因素，可能导致人员伤残、死亡；当高处作业场所物体存放不当，高处物体发生坠落时，其下方区域的工作人员则有遭受物体打击的危险。

### 4、机械伤害

该项目在安装后期设备运转、运行阶段，各类转动机械的外露传动部位和往复运动部位，都有可能造成机械伤害。

### 5、火灾、爆炸伤害

施工现场临时建筑采用木材、柴油等易燃物品搭设临时设施耐火等级低，容易发生火灾。

### 6、坍塌

该项目坍塌危险主要存在于施工期的基础开挖过程中，施工中若基坑支护不当，地质情况不良等可能造成基坑壁坍塌。施工材料堆放过高、管理不当也存在坍塌的危险，可能导致设备或材料损坏，人员伤残、死亡。

该项目基础工程施工包括基础土石方开挖和基础混凝土浇筑，如果施工期发生在雨季，安全防护设施投入不足，任意简化安全防护措施，不按照建筑施工安全技术标准、规范编制地基与基础、地下工程施工方案，没有制定专项安全技术措施，施工人员缺乏安全意识，均容易发生坍塌事故。

### 7、车辆伤害

该项目施工中运输中运输车辆多，可能由于施工现场内视野不良、疲劳作业、违章驾驶、车辆机械故障等因素引起的交通事故伤害危险，

可能导致设备损坏或人员伤残、死亡。

## 8、其他伤害

### (1) 噪声

在施工过程中产生的噪声有机械噪声和施工电气设备噪声等。如果选用了不符合国家噪声及振动标准限值的设备及材料,施工过程中产生的噪声会对维护、检修工作人员会造成影响。主要存在于混凝土振捣作业过程中。

### (2) 高低温作业危害因素

若该项目在夏季天气高热及冬季寒冷时期施工时,如施工人员长时间在外施工很容易对施工人员的健康受到伤害,如中暑、冻伤等。

**高温危害:** 据研究资料表明,环境温度超过 35℃时,人的反应速度、运算能力、感觉敏感性及运动协调能力只有正常情况的 70%,且容易引起中暑。定边极端最高温度为 37.7℃,可能造成高温中暑危害。

**低温危害:** 作业人员受低温影响,操作功能随温度的下降而明显降低,从而导致注意力不集中,反应时间过长,作业失误率上升等。另外,低温情况下可能导致风机叶片结冰,引起风机振动异常等,影响发电设备正常运行。定边极端最低温度为-32℃,可能造成低温危害。

### (3) 粉尘伤害

该项目在施工过程中,基础土石方开挖等进行作业时,会有粉尘产生。如果作业环境恶劣,缺乏安全防护措施,就会对作业人员造成粉尘伤害。

### (4) 紫外辐射伤害

该项目在施工过程中,焊接产生的电弧光主要包括红外线、可见光和紫外线。其中紫外线主要通过光化学作用对人体产生危害,它损伤眼睛及裸露的皮肤,引起角膜结膜炎(电光性眼炎)和皮肤胆红斑症。主要表现为患者眼痛、羞明、流泪、眼睑红肿痉挛,受紫外线照

射后皮肤可出现界限明显的水肿性红斑，严重时可出现水泡、渗出液和浮肿，并有明显的烧灼感。

### 9、人的不安全行为

该项目在施工过程中，人的不安全行为有：

(1) 作业人员没有经过专业培训，缺乏安全操作知识及经验，无证上岗，野蛮操作。疲劳作业或者带病作业，注意力不集中，导致误操作。

(2) 承包方从业人员缺乏安全知识，违章进入无关区域，故意破坏或者无意破坏。

(3) 管理人员违章指挥，违反工作票制度。

(4) 外来相关人员没有经过安全教育，无专业人员引导，私自进入危险区域，故意破坏或无意破坏。不服从专业人员指挥，乱摸乱动设备。

## 3.4.2 主要工艺设备及装置危险、有害因素辨识与分析

### 1、光伏发电系统

#### (1) 热斑效应

太阳能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，这些遮挡物在太阳能电池组件上就形成了阴影，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，这种现象叫“热斑效应”。在一定条件下一串联支路中被遮蔽的太阳能电池组件，将被当作负载消耗其他有光照的太阳能电池组件所产生的能量。被遮蔽的太阳能电池组件此时会发热，这种效应能严重的破坏太阳电池。

#### (2) 逆变器故障

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。

(3) 光伏防雷汇流箱故障

光伏防雷汇流箱接地端与防雷接地线未进行可靠连接、接地电阻

值不满足要求、光伏防雷汇流箱维护不及时、未对其工作状态定期的检查和巡视，可能会引起箱内防雷模块失效导致光伏电站雷击事故。

汇流箱输入输出线接反，设备可能无法正常工作甚至损坏其它设备；箱内熔断器由于过电流等因素熔断后，电池板处于开路状态，光伏电池电能不能输出。

在阳光下安装接线时，未遮住太阳能光伏电池板，更换熔断器熔芯、检测或维护本设备时未采取一定的防护措施可能导致光伏电池的高电压电击伤人或损坏其它设备。

## （2）集电线路

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，若没有响应的屏蔽措施，容易遭受直击雷和成为雷电感应的耦合通道。

2) 集电线路大部分为电缆沟铺设，电缆制造时若存在隐患，电缆运行中经常过负荷、过热等原因使电缆绝缘老化，绝缘过热和干枯，绝缘强度降低引起电缆相间或相对地击穿短路；过电压使电缆击穿短路起火；安装时电缆的曲率半径过小，致使绝缘损坏。由于电缆的相间距离小，主要靠绝缘材料绝缘。酸、碱、盐、水及其他腐蚀性气体或液体都可以使其绝缘强度降低，绝缘层击穿产生电弧，引起绝缘层和填料着火。

3) 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。

4) 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。

5) 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℃。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。

6) 鼠、小动物等啮齿类动物咬坏电缆，引起电缆短路、火灾。

7) 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。

8) 电缆头施工工艺不良导致电缆头爆炸或电缆头接地短路。

9) 电缆敷设工艺布置不满足冻土深度的要求。

### (3) 电气系统

#### 1) 继电保护装置

继电保护装置是保证电气设备系统安全稳定运行的重要装置，在运行中发生误动或拒动，施工检修中误整定、误接线导致电气设备系统损坏、未按时进行保护装置的定检造成相关重大设备严重损坏。

继电保护装置存在设计不合理、制造质量缺陷、定值不准确、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。

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。

#### 2) 断路器

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电气开关连接部分发热、闪弧，引起弧光接地过电压，使其相间、对地短路，甚至爆炸着火。

③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，造成断路器故障时拒动。

④电气开关内部绝缘强度降低引起短路事故，如 SF6 气体含水量超标，真空开关灭弧室真空度下降。

⑤真空开关及开关柜误操作加之五防功能不良，引起事故；开关之间灭弧室真空度下降、封闭不严，切弧时爆炸。

⑥断路器切断容量不够，维修不当，造成断路部分、合闸速度特性不符合相关技术要求，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，在故障时便不能切断电弧。

⑦断路器是利用六氟化硫气体作为绝缘和灭弧介质，若发生六氟化硫气体溢出，可能造成作业人员发生中毒和窒息事故。

### 3) 电气误操作

电力系统发生的电气误操作事故，能够造成人身伤害、设备损坏等。主要原因为：

①人员违章，不严格执行操作票制度，违章操作，是发生恶性电气误操作事故的根本原因。

②技术措施不完备，防误闭锁装置设置有疏漏、防误装置管理不到位、运行检修人员误碰误动等。

### 4) 直流系统

直流回路短路、两点接地，蓄电池损坏或容量降低，充电装置纹波系数、稳压稳流精度不符合标准要求，直流系统熔断器及直流空气开关配置不合理，熔断器质量不良等均可能导致熔断器、继电保护误动或拒动。

### 5) 防雷击和接地网

如果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。

### 6) 电缆火灾

①电缆遇外来火源或电缆短路很容易引起电缆燃烧着火。

②电缆的相间距离小，主要靠绝缘材料绝缘。由于机械损伤或水及其它原因有可使其绝缘强度降低，绝缘层击穿短路产生电弧，将绝缘层和填料燃着起火。

③产生电弧，引起电缆火灾。

④在挖掘施工中，疏于现场管理，野蛮施工等使电缆受到外界损坏，由于电缆绝缘损坏造成短路引燃电缆起火。

#### 6) 蓄电池火灾

该项目在升压站设置 1 组 220V 阀控式密封铅酸蓄电池组。

蓄电池组采用铅酸蓄电池，根据铅酸蓄电池工作原理，铅酸蓄电正极活性物质是二氧化铅，负极活性物质是海绵铅，电解液是稀硫酸溶液，当充电到 70%-80%电量时，正极开始产生氧气，当充电基本完成约 90%时，负极开始产生氢气。氢气是易燃易爆的甲类物质，在空气中的爆炸极限为 4.1%-74.1%，引燃温度在 450℃左右，因此蓄电池组放置区内氢气浓度极易达到爆炸极限，一遇火源就会生产燃爆。

#### (4) 过电压保护和接地装置

若光伏电站设备及建筑物没有可靠的避雷装置或接地不良，或接地电阻不符合要求等，容易发生雷击伤害事故。光伏电站运行期间未按规定做避雷器的试验或试验项目不全，有些缺陷未能通过试验及时发现和处理，导致发电设备雷电损坏事故；若避雷针距离道路、设备设施较近，在雷雨天气情况下，人员进入该道路等，跨步电压可能造成人员伤亡事故。

接地线设计不符合要求，如截面过小等不能满足热稳定和均压要求，容易发生电伤害；接地线连接不符合要求，采用焊接的接地线，其搭接长度不够、焊接质量低劣时，接地线电阻过大，不利于保护人身安全，易发生触电伤害；接地线材质不符合要求，机械强度不够，导致受损坏或腐蚀，起不到应有保护作用。

#### (5) 控制系统

1) 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, 使整个系统损坏、失控, 造成损失。

2) 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。

3) 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。

4) 在检修过程中可能存在触电的危险。

### 3.4.3 生产过程主要危险、有害因素分析

#### 1、触电

(1) 该项目电压高, 有光伏发电系统、逆变系统、变电升压系统等, 电气设备及系统较为复杂, 存在漏电、触电等危险性, 在电气行、操作、维护、检修过程中可能发生触电事故。

(2) 作业人员违章操作, 如不办理工作票或不执行监护制度, 不使用合格电气工具; 在带电设备附近进行作业, 不符合安全距离的规定; 检修作业过程中, 误送电、电气线路破损, 造成检修人员触电。

(3) 无关人员跨越安全围栏或超越安全警戒线等, 均可能引起触电事故。

(4) 电气设备如照明设备等造成触电。

#### 2、火灾

### (1) 电气线路火灾

该项目的变配电系统都遍布大量电气线路，该项目的输电线路、电缆桥架、控制室等场所均存在电气线路火灾危险性的环境。

1) 短路：短路时由于电阻突然减小而电流突然增大，因此线路短路时在极短的时间内会放出很大的热量。这个热量不仅能使绝缘层燃烧，而且能使金属熔化，引起邻近的易燃、可燃物质燃烧，从而造成火灾；

2) 过载（超负荷）：电气线路过载，造成电缆散热不充分，使得电缆外皮熔化，引起短路火灾事故。

3) 电气设备绝缘损坏发生短路、主绝缘击穿、变压器套管闪络、磁路、铁芯故障产生涡流、环流发热等，可能造成火灾事故。

4) 变压器绝缘油泄漏，遇点火源可能引起火灾事故。

5) 检修过程中电焊火花落入电缆沟中，可能导致电缆着火。

6) 鼠、蛇等啮齿类动物咬坏电缆，引起电缆短路、火灾。

7) 电缆未采取阻燃措施，电缆接头施工工艺不良造成短路。

8) 若局部遮挡光伏组件，会形成局部发热，产生“热斑效应”，会造成损坏光伏组件，甚至引起火灾事故。

### 3、高处坠落

该项目涉及的高处作业有：高处检维修。

例如固定梯子等场所进行高处巡视或维修作业时，由于护栏、护笼等不符合安全要求，以及防护失效；采用活动梯子或临时的登高工具等，不慎从高处坠落。

### 4、物体打击

该项目光伏组件在进行检维修时，若工作人员麻痹大意，造成工具或其他物品失落，或组件固定不牢固而导致倒落，有可能引发物体打击伤害的事故。

### 5、机械伤害

该光伏电站的设备在进行检修、维护时，会使用各种机械设备，

有发生机械伤害的可能。造成机械伤害的原因有：

- (1) 设备安装维修、维护不当，导致设备的安全性能不佳；
- (2) 设备检修期间误操作；
- (3) 工作场所环境不良；
- (4) 违反操作规程；
- (5) 设备自身存在故障；
- (6) 机械设备布置时安全距离不够。

## 6、中毒和窒息

由于该项目所使用的断路器是利用六氟化硫气体作为绝缘和灭弧介质，若发生六氟化硫气体溢出，可能造成作业人员发生中毒和窒息事故。

该项目布置大量电气设备、电缆等，当火灾事故发生时，燃烧可能产生大量有害烟气，造成人员中毒和窒息。

另外，电缆沟为有限空间，若小动物尸体腐烂产生 H<sub>2</sub>S，作业人员进入电缆沟时，容易造成中毒窒息事故。

## 7、起重伤害

该项目在检维修过程中可能涉及到起重作业，常见的伤害事故有脱钩砸人，钢丝绳断裂抽人，移动吊物撞人，钢丝绳挂人，滑车碰人以及在使用和安装过程中的脱轨事故和提升设备过卷扬事故及坠落事故，起重作业过程中还存在设备误触高压线或感应带电体触电等。

## 8、车辆伤害

该项目的内外机械设备运输采用公路运输。若设备运输车辆、巡检车辆及检修时工程车辆行驶时指挥调度不当、违章驾驶、车辆超载、车辆故障等因素均可能引发车辆伤害事故。

## 9、人的因素

### (1) 电气误操作事故

由于作业人员安全意识不强，培训不到位，违章操作，有可能发生电气的五种恶性误操作（带地线合闸、带电挂地线、带负荷拉合隔

离开关、误拉合断路器、误入带电间隔），将会导致较大人身和设备事故的发生。

## （2）电气操作错误事故

### 1) 人体与带电体直接接触触电

一般直接接触高压电气设备的触电事故并不多，这主要是由于高压电气设备大都有比较完善的防护装置，如设备的四周有遮拦和明显的警告标志，而且工作人员在高压电气设备上或其附近工作时，大都采取比较完善的安全措施，在思想上也比较重视。只有在少数围栏、标志不全的设备上工作，加上工作人员疏忽大意时，才有可能造成人身直接接触电事故。

事故统计说明，人体与带电设备直接接触的事故，大多数发生在 380V 及以下设备系统中。这一方面是由于现场工人们经常接触和使用的电气设备与电动工具大都是低电压的；另一方面有的人有时接触这类电气设备时，由于身体的外部绝缘较好没有发生触电事故，就认为低压电气设备即使碰上了也没有什么危害，从而麻痹大意，发现设备的绝缘破损也不及时修理，有时甚至用手直接触摸电气设备的方法检查设备是否带电。

### 2) 人体接近高压设备造成弧光放电

电弧放电对人体的伤害也是相当严重的。当带电设备或带电导体的电压很高时，在人体接触带电体的瞬间，将发生电弧放电。由于电弧温度甚高（可达 3000 度左右），除肢体的接近部位灼伤外，严重时还会造成大面积烧伤。一般电弧烧伤部位由于电的热效应、化学效应以及熔化和蒸发的金属微粒的侵蚀，往往损伤十分严重。

在各种触电事故中，人体接近裸露的高压带电设备造成弧光放电事故，时一种比较严重的频发的事故。在各种高压触电事故中，这种事故约占 80%左右。大多数是由于误入带电间隔，或误登带电设备造成。发电厂和变电所的开关场或配电装置室，大都采用同类型的配电装置，设备架构和基础采用定型的设计图纸，多回路的设备标志也很

类似。当一回路设备停电检修，旁侧的设备正常带电运行，若停电设备与带电设备之间没有可靠的隔离遮栏；或虽有遮栏，但附近设备的间隔门既未加锁又无明显的警告标志，工作人员不注意就可能误入邻近的带电间隙或登上邻近的带电设备，以致造成触电事故。有时带电设备虽有可靠的遮栏和警告标志，但因工作人员注意力不集中，疏忽大意，误将遮栏打开，误入发生事故。

### 3) 在停电设备上工作时突然来电

在设备停电检修时，由于没有采取完善可靠的安全措施，如未装挂临时接地线，没有悬挂必要的安全标志牌等，致使值班人员在操作其他设备送电，误将正在检修的设备送电，致使在设备上进行检修的工作人员触电。

### (3) 外来人员误入、农业作业挖断电缆等造成触电

根据电气伤害事故案例的统计分析，触电伤害事故基本上都是在检修作业时发生的。而这些检修作业又大都是登高作业，一旦发生触电或感电，必将从高处坠落，不是触电伤亡，就是摔死摔伤。所以预防触电伤害事故的发生，要全面考虑这两方面的因素，制定完善的安全措施。

## 10、物的因素

### (1) 主要设备设施危险、有害因素

#### 1) 电气一次设备及系统故障事故危险、有害因素辨识

##### ① 变压器火灾事故危险因素辨识分析

变压器是太阳能电站的主要设备之一。变压器存在火灾、爆炸的隐患。变压器爆炸着火的原因有：

a 绕组绝缘损毁产生短路（如老化、变质、绝缘强度降低、焊渣或铁磁物质进入变压器、制造不良等）引起火灾、爆炸事故。

b 变压器主绝缘击穿（如操作不当引起过电压，变压器内部发生闪络，密封不良，雨水漏入变压器，引线对油箱内距离不够等）。

c 变压器长期超负荷运行，引起线圈发热，使绝缘逐渐老化，造

成匝间短路、相间短路或对地短路；变压器铁芯叠装不良，芯片间绝缘老化，引起铁损增加，造成变压器过热。如此时保护系统失灵或整定值调整过大，就会引起变压器燃烧。

d 变压器线圈受机械损伤或受潮，引起层间、匝间或对地短路；或硅钢片之间绝缘老化，或者紧夹铁芯的螺栓套管损坏，使铁芯产生很大涡流，引起发热而温度升高，引发火灾。

e 线圈之间的连接点和引至高、低压瓷套管的接点及分接开关上各接点，如接触不良会产生局部过热，破坏线圈绝缘，发生短路或断路。接头、连接点接触不良主要是由于螺栓松动、焊接不牢、分接开关接点损坏等原因导致。

f 当变压器负载发生短路时，变压器将承受相当大的短路电流，如保护系统失灵或整定值过大，就有可能烧毁变压器，这样的事故在供电系统中并不罕见。

g 变压器的架空引接，在防雷装置失效的情况下，很易遭到雷击产生的过电压的侵袭，击穿变压器的绝缘，甚至烧毁变压器，引起火灾。

## ② 电缆火灾事故危险因素辨识分析

该项目所使用的动力电缆和控制电缆，由于电缆自身故障产生短路以及外来明火引起电缆的绝缘物和护套着火等均可能造成火灾和损失。电缆火灾具有蔓延快、火势猛、抢救难、损失大、抢修恢复困难的特点。电缆火灾事故的起因有：

a 外部起因：如起火引燃电缆；变压器、互感器开关等电气设备短路引燃电缆；施工，检修的焊渣及可燃物燃烧引燃电缆。

b 电缆本身事故引燃电缆：如电缆头爆炸短路，电缆中间头爆炸短路，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，电缆制造时安装时曲率半径过小绝缘受损，鼠害，啮齿小动物等对电缆危害防范不力引起电缆短路等。

### ③断路器缺陷事故危险因素辨识分析

断路器切断容量不够,在故障时便不能切断电弧;检修工艺不良,操作机构调整不当、部件失灵,合闸线圈烧毁等,引起拒分或误动;维修不当,造成断路器不能断开故障电流,导致断路器爆炸。

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,甚至爆炸着火;操作电源电压降低,熔断器熔断,辅助接地接触不良,断路器故障时拒动;断路器内部绝缘强度降低引起短路事故;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。

断路器是利用六氟化硫气体作为绝缘和灭弧介质,若发生六氟化硫气体溢出,可能造成作业人员发生中毒和窒息事故。

### ④过电压保护和接地装置缺陷事故危险因素辨识分析

变电站设备及太阳能的设施如未设置可靠的避雷装置,或避雷装置的接地不良,或接地电阻不符合要求等情况下,容易发生雷击伤害事故、过电压事故、集电线路过电压事故、箱式变压器及配电房过电压事故。

光伏电站运行期间未按规定做避雷器试验或试验项目不全,有些缺陷未能通过试验及时发现和处理,导致发电设备雷电损坏事故和人员伤亡事故。

接地线设计不符合要求,如截面过小等,使得既不能满足热稳定和均压要求,容易发生电伤害;接地线连接不符合要求,采用焊接的接地线,其搭接长度不够、焊接质量低劣时,接地线电阻过大,不利于保护人身安全,易发生触电伤害;接地线材质不符合要求,机械强度不够,导致受损坏和腐蚀,起不到应有的保护作用。

### ⑤电气误操作事故危险因素辨识分析

电气系统发生误操作的主要是人员因素,首先是人员不严格执行“两票三制”制度,违章操作,是发生恶性电气误操作事故的根本原因。

运行检修人员误碰误动,检修中刀闸试分合的操作缺乏规范化管理,职责不清,措施不完善,操作中未监护;电气设备未使用双重名称编号;电气设备防误闭锁装置设置有疏漏,设备“五防功能不全”。

防误装置管理不到位。防误装置的运行规程;特别是万用钥匙的管理规定不完善,在执行中不严肃认真;防误装置检修维护工作的责任制不落实,有的单位防误装置的维护主要依赖厂家,而有的厂家售后服务跟不上,检修维护不及时,造成防误装置完好率不高。

如方阵内未留检修通道,运行检修人员在检修过程中,踩在已经安装好的下层组件上,极易损坏组件。

检修人员在检修过程中,如未用遮挡物将光伏组件进行遮挡,易发生触电事故。

## 2) 电气二次设备及系统故障事故危险、有害因素辨识

### ①继电保护及直流缺陷事故危险因素辨识分析

a 继电保护装置是保证电站、电网安全稳定运行的重要设施,若继电保护装置存在设计不合理、制造质量缺陷、定值不准确、调试不规范、维护不良和人员“三误”(误碰、误整定、误接触)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、全站停电甚至电网瓦解等重大事故。

b 直流系统是十分重要的电源系统,若出现直流回路短路、蓄电池损坏或容量降低、接地问题,可能导致断路器、继电保护误动、拒动等事故。

c 在直流系统、继电保护装置上工作安全措施不落实还可能发生人身触电事故。

### ②光伏电站综合自动化系统故障事故危险因素辨识分析

a 光伏电站的综合自动化系统包括计算机监控系统、继电保护与自动装置系统以及调度自动化系统。若综合自动化系统电源发生故障,在第一电源突然停电的状态下,备用电源不能正常保证计算机及控制系统电源需要,导致所有控制失控;控制、保护和信号系统故障、维

护保养不及时等,可能造成发电设备重要部件温度、网络等进行检测判断失误,也可能造成光伏电站和电网相互影响系列事故发生。

b 若信号系统由于设计、安装、日常维修保养不善,使信号系统在故障状态下不能有效动作,则使各继电保护及自动装置的动作及装置异常信号不能有效输出或报警,导致中央控制室不能获取正确故障信号,导致操作人员对故障误判断或不能正常排除。

c 若全站失电,将导致控制设备及其系统瘫痪,造成发电系统失控,有造成人员伤亡或设备损坏事故的可能性。另计算机系统的数据库备份不到位,可发生数据丢失的事故。

### ③监控系统失效危险性分析

该项目安全监控系统主要包括逆变器监控、电气设备监控、火灾自动报警系统等。

若监控系统出现硬件失效、系统失误、管理缺陷等因素,会造成监测数据无法全部采集,相应的信息软件无法对数据进行分析或分析失准,不能及时进行报警,可能会给太阳能电站的正常运营带来电站事故。

## (2) 光伏发电对电网的影响

### 1) 谐波影响

谐波影响是光伏电站系统设计中不容忽视的因素。光伏电站系统通过光伏组件将太阳能转化为直流电能,再通过并网型逆变器将直流电转化为与电网同频率、同相位的正弦波电流,并入电网。逆变器主要元器件是晶闸管或者整流二极管等,而这些元器件具有非线性阻抗特性,在其运行过程会使原本正弦波的电压偏离,即电压正弦波畸变,即谐波。若光伏电站滤波设备选型不合理或出现故障,谐波将使电能的生产、传输和利用的效率降低,使电器设备过热、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;谐波亦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,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，对电力系统外部通信设备和电子设备产生严重干扰。

## 2) 孤岛效应

在光伏发电系统的电子电路中，孤岛效应是指电路的某个区域有电流通路而实际没有电流流过的现象。在电容器串联的电路里，只有与外电路相连接的两个极板有电流流动，其他极板的电荷总量是不变的，所以称为孤岛。孤岛是一种电气现象，它发生在一部分的电网和主电网断开，而这部分电网完全由光伏发电系统中的逆变器持续给负载供电的电气现象，即电网失压时，光伏系统仍保持对失压电网中某一部分线路继续供电的状态。由于孤岛效应不仅会损害公众和维修人员的安全及供电的质量，在自动或手动重新闭合供电开关向孤岛电网重新供电时有可能损坏设备。孤岛效应发生时，若负载容量与光伏电站并网容量不匹配，则可能造成逆变器的损坏。

## 3) 其他影响

①由于光伏发电装置的实际输出功率随光照强度的变化而变化，输出功率不稳定，并网时对系统电压有影响，造成一定的电压波动。

②光伏发电装置基本上为纯有功输出，并网时需考虑无功平衡问题。若未能通过优化配置无功补偿装置或未有效发挥逆变器无功调节能力，合理确定电站无功控制策略，将对电网产生不利影响。

③未能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，调节电站的有功功率输出，不具有限制输出功率变化率的能力，将对电网调度部位产生影响，对电网的稳定产生不利影响。

## 3.5 自然条件主要危险、有害因素分析

### 1、气象灾害

#### (1) 强风

该项目所在地风能资源丰富，突发性强风对地面建构物威胁较大，会造成光伏阵列倒塌、线路中断或设备外壳带电、建筑物门窗损

坏等危险事故的发生。

若光伏方阵风荷载设计不合理、基础施工质量达不到设计要求、各段连接螺栓松动、构架制造材料不满足要求、运行人员未按当天的天气预报做出事故预想和对策、巡回检查不及时，遇强风或超标准风速袭击时，容易发生设备倾倒、垮塌，从而伤害和碰撞现场作业人员或电力设备，酿成重大事故。

## （2）雷击

对该项目危害较为严重的是雷，雷电对光伏发电系统、集电线路、10kV 输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）筑物如生活舱、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）静电

该项目生产过程中易产生静电，静电能量不大，但其电压很高容易放电，静电可以引起电子元件误动作、干扰无线通讯、中控系统故障等，造成电气设备损坏或数据丢失等。

## （4）积雪

该项目所在地冬季寒冷，如遇大雪天气，积雪将太阳能电池板覆盖，将影响系统正常运行。如遇极端暴风雪天气，光伏阵列积雪过厚，还可能将太阳能电池支架压垮，造成设备损坏。

## （5）低温凝冻

极端凝冻天气，如设备的保温措施不完善或损坏，将会冻损供排水管路，影响消防设备的正常运行并造成财产损失。冬季室外作业应

注意保暖措施，加强供水官网等设施的保温防冻措施。

## 2、水文灾害

盘州市隶属六盘水市，属亚热带高原季风气候区，冬无严寒，夏无酷暑，年均无霜期 271 天，日照时数 1593 小时；年均降水量 1390 毫米，雨热基本同季。5—10 月的降雨量占年降雨量的 88%。

若发生强降水、暴雨、连续性降水等可能会诱发自然灾害，排水不畅处容易遭受内涝，造成停电、设备损坏等事故。若因降雨量巨大，持续时间长，岩土会充分达到饱和，容易引发大规模的滑坡、泥石流等地质灾害，可能会直接造成逆变器电气等设备被淹水导致受损或无法正常工作，甚至可能导致火灾等安全事故；甚至可能会导致光伏电站发电能力严重下降或停止。

## 3、地质灾害

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）中附录 A，我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组要求。贵州省六盘水市盘州市抗震设防烈度为六度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第三组。根据《建筑抗震设防分类标准》（GB50223—2008），该建设项目的建筑单体为标准设防类（丙类）。

正常情况下地震不会造成建构筑物坍塌等危险。若发生地震地质灾害，可能导致建（构）筑物倒塌、导致库区建构筑物基础松动，危害程度分析：易造成重大人身伤亡、建筑物坍塌、设备损坏等影响严重的事故。

另外，若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，如绝缘、泄漏比距不足，积污清扫不及时，配电装置、连接导线及箱变容易发生污闪事故。若未安装驱鸟器，导致鸟类落在绝缘子上，易造成污闪事故。

### 3.6 工艺、技术和设备、设施的先进性和可靠性分析

#### 3.6.1 建设项目选用的工艺、技术安全性分析

该项目的设备有光伏组件、箱式变、储能电池及控制设备。在设备选型过程中采用综合招标的方式进行选择，按照工艺性能优、耗能低、可靠性高等几个标准进行选型，技术要求均与现有成熟工艺相同，由相应资质生产厂家提供，相应资质单位安装。关键设备或参数采用安全监控和安全连锁系统。因此该建设项目采用设备可以满足安全生产的需求。

在生产经营过程中，只要严格按照管理制度及操作规程，定期进行维修保养，设备的安全性有保障。

#### 3.6.2 主要装置、设备（设施）与生产（储存）过程的匹配情况分析

该项目的拟采用的安全设施可靠。主要装置、设施满足工艺生产需求，安全性满足安全防护要求。

#### 3.6.3 为生产（储存）过程配套和辅助工程满足安全生产的需要分析

该项目的根据工艺装置需要采用相应的生产设备，按照相关标准进行设计布局，且在国内其他同类项目中已得到广泛应用，其安全技术措施、安全性能成熟可靠。

### 3.7 周边环境危险、有害因素辨识分析

#### 3.7.1 建设项目对周边环境的影响

根据现场调查和相关部门批复，该项目选址范围内无自然保护区、旅游区，无电台、机场及通讯设施，无军事设施和文物遗址，无具有开采价值的矿产资源。

该项目利用太阳能进行发电，没有危险有害物质的排放，同时变压器的噪声和电磁辐射的影响也仅限于配电房内，不会对周边环境造

成影响。另外，该项目的场区东附近有乡村道路通过，周边有省道 S314 和县道 X246 经过场区附近，部分乡村道路直达场区，对外交通条件较便利，能够满足消防车辆事故应急的要求。

### 3.7.2 周边环境对建设项目的影晌

该项目位于贵州省盘州市柏果镇。该项目距离盘州市直线距离约 34km，场区附近有乡村道路通过，周边有省道 S314 和县道 X246 经过场区附近，部分乡村道路直达场区，对外交通条件较便利。另外，该项目不占可利用林地、生态保护红线等敏感因素。

除此之外，该项目所在区域不涉及自然保护区、重要风景名胜军事设施、水源等环境敏感点，不涉及文物保护，不涉及居民搬迁，也无重要宗教敏感点等。

综上，周边环境对该项目投运后不会产生影晌。

### 3.8 重大危险源辨识

依据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），对该项目进行重大危险源辨识。重大危险源指：长期或临时地生产、搬运、使用或存贮危险物质、且危险物质的数量等于或超过临界量的单元。

#### 1、重大危险源计算方法

生产单元、储存单元内存在危险化学品的数量等于或超过《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）中表 1 及表 2 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时，该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的总量，若等于或超过相应临界量，则定义为重大危险源。

2) 生产单元、储存单元内存在的危险化学品为多品种时，按照下式计算，满足下式，则定义为重大危险源：

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

S: 辨识指标;

$q_1, q_2, \cdots, q_n$ : 每种危险化学品的实际存在量, 单位为吨 (t)。

$Q_1, Q_2, \cdots, Q_n$ : 与每种危险化学品相对应的临界量, 单位为吨 (t)。

3) 危险化学品储罐以及其他容器、设备或仓储区的危险化学品的实际存在量按设计最大量确定。

4) 对于危险化学品混合物, 如果混合物与其纯物质属于相同危险类别, 则视混合物为纯物质, 按混合物整体进行计算。如果混合物与其纯物质不属于相同危险类别, 则应按新危险类别考虑其临界量。

## 2、重大危险源辨识结果

该项目运行过程中不涉及重大危险源辨识物质, 即不涉及重大危险源。

## 3、重大危险源辨识结论

根据该项目的实际生产运行情况, 重大危险源辨识结果是不存在重大危险源。

## 4 评价单元划分和评价方法选择

### 4.1 评价单元的划分

根据《光伏发电工程安全预评价导规程》（NB/T32039-2017）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007）的要求，评价单元的划分应考虑安全预评价的特点。划分评价单元是为评价目标和评价方法服务的，主要便于评价工作的进行，有利于提高评价工作的准确性。评价单元一般以生产工艺、工艺装置、物料的特点和特征，有机结合危险、有害因素类别、分布进行划分，还可以按评价的需要，将一个评价单元再划分为若干子评价单元或更细致的单元。

评价单元划分应遵循的原则和方法如下：

（1）以危险、有害因素类别为主划分评价单元

1) 对工艺方案、总体布置及自然条件、社会环境对系统影响等方面的分析和评价，可将整个系统作为一个评价单元；

2) 将具有共性危险、有害因素的场所和装置划分为一个单元。

（2）将关键设备，或危险等级高且资金密度大的区域，或危险等级特别大的区域、装置，或将具有类似危险性潜能的单元合并，划分为一个评价单元。

### 4.2 评价方法简介

#### 4.2.1 安全检查表法（SCL）

安全检查表主要依据历史积累的经验、教训，通过邀请熟悉所采用的工艺过程和生产设备并具有丰富安全管理经验的人员充分分析评价对象，列出需检查的单元、部位、项目、要求等危险项目，然后依据该表所列，逐一对安全技术和管理工作进行审查，分析确定系统的状态，定性地对系统进行综合评价。安全检查表内容包括标准、规范和

规定，随时关注并采用新颁布的有关标准、规范和规定。安全检查表法是系统安全工程的一种最基础、最简便、广泛应用的系统危险性评价方法，安全检查表不仅是实施安全检查和诊断的一种工具，也是发现潜在危险因素的一种有效手段和分析事故的一种方法。

#### 4.2.2 预先危险性分析法（PHA）

应用预先危险性分析（PHA）评价方法对该项目项目在实施过程中的有关危险、有害因素失控时可能出现的危险性类别、条件及可能造成的后果作宏观的分析，确定其危险等级，并提出对应的安全对策措施。其危险等级划分如表 4.2-1 所示。

表 4.2-1 危险等级划分表

级别	危险程度	可能导致的后果
I	安全的	不会造成人员伤亡及系统损坏
II	临界的	处于事故的边缘状态，暂时还不至于造成人员伤亡、系统损坏或降低系统性能，但应予以排除或采取控制措施
III	危险的	会造成人员伤亡和系统损坏，要立即采取防范对策措施
IV	灾难性的	造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须予以果断排除并进行重点防范

#### 4.2.3 故障类型与影响分析法（FMEA）

FMEA 的目的是辨识单一设备和系统的故障模式及每种故障模式对系统或装置造成的影响。评价人员通常提出增加设备可靠性的建议，进而提出工艺安全对策。

##### （1）故障

元件、子系统、系统在运行时，达不到设计规定的要求，因而完不成规定的任务或完成的不好。

##### （2）故障类型

系统、子系统或元件发生的每一种故障的形式称为故障类型。例如：一个阀门故障可以有四种故障类型：内漏、外漏、打不开、关不严。

### (3) 故障等级

根据故障类型对系统或子系统影响的程度不同划分的等级称为故障等级。

列出设备的所有故障类型对一个系统或装置影响因素,这些故障模式对设备故障进行描述(开启、关闭、开、关、泄漏等),故障类型的影响由对设备故障有系统影响确定。FMEA 辨识可直接导致事故或对事故有重要影响的单一故障模式。在 FMEA 中不直接确定人的影响因素,但人失误误操作影响通常作为一设备故障模式表示出来。一个 FMEA 不能有效地辨识引起事故的详尽的设备故障组合。

FMEA 方法可由单个分析人员完成,但需要其它人进行审查,以保证完整性。对评价人员的要求随着评价的设备项目大小和尺度有所不同。所有的 FMEA 评价人员都应对设备功能及故障模式熟悉,并了解这些故障模式如何影响系统或装置的其它部分。

#### 4.2.4 因果分析法

事故的发生总是有原因的,从可能发生(或已经发生)的事故结果,按一定的规则依次由近及远、由大到小、由直接向间接分析寻找事故原因的方法称为因果分析法。

#### 4.3 各单元采用的评价方法

本次评价根据工程特点、生产工艺过程的危险、有害因素的性质及分部情况,划分为六大评价单元进行评价。各单元采用的评价方法见表 4.3-1。

表 4.3-1 各单元采用的评价方法

序号	单元	评价方法
一	场址选择及总平面布置单元	SCL
二	光伏发电设备及其系统单元	PHA、FMEA、典型事故案例类比分析法
1	光伏组件单元	PHA

2	直流汇流箱单元	PHA
3	逆变器-升压单元	PHA
4	电缆、集电线路单元	PHA
5	安全监测单元	PHA
6	电气一次设备单元	PHA
7	电气二次设备单元	PHA
三	建（构）筑物单元	PHA
四	作业环境单元	PHA
五	建筑施工单元	PHA
六	安全管理单元	因果分析法

## 5 定性、定量评价

### 5.1 站址选择及总平面布置单元

#### 5.1.1 项目选址评价

该项目选址评价见表 5.1-1。

表 5.1-1 项目选址安全检查表

序号	检查项目及内容	依据法规	实际情况	结论
1	厂址选择应符合国家的工业布局、城镇（乡）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) 3.0.1	位于贵州省盘州市柏果镇，项目已取得备案证明。	符合
2	光伏发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。	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 4.0.1	该项目位于贵州省盘州市柏果镇，场区附近有乡村道路通过，场址对外交通运输条件较好。	符合
3	光伏发电站选址时，应研究电网结构、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。	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 4.0.2	项目所在地交通便利、地质情况稳定，该项目不占可利用林地、生态保护红线等敏感因素。	符合
4	地面光伏发电站站址宜选择在地	《光伏发电站设	贵州省地处云贵高原	符合

序号	检查项目及内容	依据法规	实际情况	结论
	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，其主要朝向宜为南或接近南向。宜避开周边障碍物对光伏电池组件的遮挡。	《光伏并网技术规范》 (GB50797-2012) 4.0.4	东部斜坡过渡带，本光伏发电项目所在地周边无障碍物遮挡光伏电池组件。	
5	选择站址时应避开地质灾害易发区，如有危岩、泥石流、岩溶发育、滑坡的地段和发震断裂地带等。	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 4.0.6	盘州市抗震设防烈度为6度，地质条件较好。	符合
6	光伏发电站站址宜建在地震基本烈度为9度及以下地区，对于9度以上地区建站应进行地震安全性评价。	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 4.0.8	该项目拟选区域的抗震设防烈度为6度。	符合
7	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。	《工业企业平面设计规范》 (GB50187-2012) 3.0.8	该项目场地地形地貌一般，地势多较平缓，地基相对稳定，适宜该项目的建设。	符合
8	在同一工业区内布置不同卫生特征的工业企业时，宜避免不同有害因素产生交叉污染和联合作用。	《工业企业设计卫生标准》 (GBZ1-2010)	该项目不产生有害物质。	符合
9	向大气排放有害物质的工业企业应布置在当地夏季最小频率风向的被保护对象的上风侧，并应符合国家规定的卫生防护距离要求	《工业企业设计卫生标准》 (GBZ1-2010)	该项目不产生向大气排放的有害物质。	符合

### 5.1.2 总平面布置

该项目平面布置分析评价见表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 项目平面布置安全检查表

序号	检查项目及内容	依据法规	实际情况	结论
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。	《工业企业平面设计规范》 (GB50187-2012) 5.1.1	该项目位于贵州省六盘水市盘州市柏果镇的荒山区域，此区域地形地貌一般，地势多较平缓，地基相对稳定，地基相对稳定满足总体规划、生产流程等要求。	符合
2	总平面布置应节约集约用地，提高土地利用率。布置时并应符合下列要求： 1 在符合生产流程、操作要求和 使用功能的前提下，建筑物、构筑物等设施，应采用联合、集中、 多层布置； 2 应按企业规模和功能分区，合 理地确定通道宽度； 3 厂区功能分区及建筑物、构筑 物的外形宜规整； 4 功能分区内各项设施的布置， 应紧凑、合理。	《工业企业平面设计规范》 (GB50187-2012) 5.1.2	光伏方阵设施按功能分区联合布置，功能分区内各项设施的布置紧凑合理。	符合
3	总平面布置，应充分利用地形、地势、工程地质及水文地质条件，布置建筑物、构筑物和有关设施，应减少土（石）方工程量和基础工程费用。	《工业企业平面设计规范》 (GB50187-2012) 5.1.5	该项目位于贵州省盘州市柏果镇的荒山区域，此区域地形地貌一般，地势多较平缓，地基相对稳定，满足条件。	符合

序号	检查项目及内容	依据法规	实际情况	结论
4	站区光伏方阵场，集控站（综合楼）等分区合理，按功能相对集中布置。	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 4.1.4	平面布置规范合理。	符合
5	光伏发电站的站区总平面布置，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，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) 7.1.1	位于贵州省盘州市柏果镇，该项目不新建升压站，生产、生活及消防给排水沿用原铜厂沟 220kV 升压站的配置。	符合
6	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	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.1.2	该项目功能分区内各项设施的布置紧凑合理。	符合
7	光伏发电站的站区总平面布置还应满足以下要求：站内建筑物的布置应考虑日照方位，并力求合理紧凑。辅助、附属建筑和行政管理建筑宜采用联合布置。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。	《光伏发电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.1.5	该地区日照充分；道路能满足设备运输、安装和运行维护的要求。	符合
8	光伏方阵布置应根据站区地形、设备特点和施工条件等因素，合理安排。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) 7.2.1	光伏组件采用单元模块化布置。	符合

序号	检查项目及内容	依据法规	实际情况	结论
9	光伏方阵内光伏组件串的最低点距地面的距离宜不低于 0.3m。	《光伏电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.2.2	光伏板平地最低端距地面高度为 1.8m。	符合
10	大、中型地面光伏电站的逆变升压室宜结合光伏方阵单元模块化布置, 采用就地布置方式。	《光伏电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.2.4	逆变升压就地布置。	符合
11	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。	《光伏电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.3.1	该项目沿用原铜厂沟 220kV 升压站一期所配置的安防系统, 拟接入安防系统。	符合
12	安装于室外的安全防护设施应采取雷电保护、防尘、防雨、防冻等措施。	《光伏电站设计规范》 (GB50797-2012) 7.3.2	项目采取防雷电保护。	符合

### 5.1.3 法律法规符合性单元安全评价

本节根据企业提供的资料并结合国家相关的法律法规, 对该项目的符合性采用安全检查表方法进行评价, 检查情况表 5.1-3。

表 5.1-3 法律法规符合性单元安全检查表

序号	检查项目内容	检查依据	检查情况	结论
1	企业应持有《企业法人营业执照》或名称核准通知单	《中华人民共和国公司法》	有企业法人营业执照。	符合
2	建设项目应经国家有关主管部门审查批准设立	《安全预评价导则》	2024 年 3 月 12 日取得由贵州省能源局核发的《贵州省企业投资项目备案证明》(项目编码:	符合

			2403-520000-60-01-965267)。	
3	建设项目用地是否处于规划中的工业用地范围，符合当地用地、产业规划		该项目场址位于贵州省盘州市柏果镇，符合用地规划。	符合
4	该项目是否已进行可行性研究	《安全预评价导则》	2023年12月由贵州万诚电力建设有限公司编制了《盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目可行性研究报告》。	符合
5	建设项目是否符合国家产业政策	《产业结构调整指导目录（2022 版）》	属于《产业结构调整指导目录（2014 年本）》第一类“鼓励类”的第五条“新能源”第 1 项“太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成技术开发应用、逆变控制系统开发制造。	符合
6	建设项目的工艺、设备是否属于限制和淘汰类		本建设项目的工艺、设备不属于限制和淘汰类。该项目所有电气、仪表等设备及器件，均符合国家有关电气、仪表设计标准、规范的要求。	符合
7	建设项目是否符合国家产业政策	《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录（2000 年修订）》	属于“六、电力”中的“4.太阳能、地热能、海洋能、生物质能及风力发电”，是鼓励发展的产业，符合国家产业政策。	符合
8	安全设施投资应当纳入建设项目概算	《安全生产法》	安全设施投资已纳入建设项目概算。	符合

盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目选址及平面布置能够满足《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）、《工业企业平面设计规范》（GB50187-2012）等规范相关要求。

## 5.2 光伏发电设备及其系统单元

### 5.2.1 光伏组件单元

对光伏系统组件采用预先危险性分析法（PHA）进行评价，见表 5.2-1。

表 5.2-1 光伏组件单元预先危险性分析表

事故	触发条件	事故后果	危险等级	对策措施
触电	1.在阳光下安装光伏组件，同时接触组件的正负极 2.防护措施不全 3.作业人员安全意识差 4.巡检过程中误碰带电体 5.绝缘老化，设备带电 6.检修安全措施不到位，误送电造成触电	人员伤亡	II	1.在阳光下安装光伏组件，应使用不透光材料遮盖太阳能电池板，不要同时接触光伏组件的正负极 2.作业过程中正确佩戴安全防护用品，如绝缘手套、绝缘靴 3.加强安全教育和培训 4.加强设备管理，定期检查维护
坍塌	1.地基选择型式不合理 2.基础承载力不能满足要求 3.基础腐蚀 4.自然环境因素影响如：大风	设备损坏	II	1.基础型式的选择应结合工程所在地地质条件综合考虑 2.基础稳定、承载力计算应满足要求 3.基础应做好防腐，选择有资质的施工单位按设计施工
组件故障	1.因运输不当造成损坏 2.因极性反接造成损坏 3.遭受雷击损坏 4.电压不正常造成损坏	设备损坏	II	1.运输过程中应采取适当的防震措施 2.加强施工管理，避免造成极性反接的质量事故 3.采取避雷措施
火灾	1.电缆起火	设备	II	1.生产运行严禁电缆超负荷、过载

	<p>2.雷击起火</p> <p>3.人为明火</p> <p>4.蓄电池产生氢气引起火灾</p> <p>5.若局部遮挡光伏组件，会形成局部发热，产生“热斑效应”</p> <p>6.周围为荒坡，若发生山火，会造成火灾事故</p>	<p>损坏</p>	<p>2.对电缆实施防火封堵、防火隔断等防护设计，尤其在重点部位应密切关注</p> <p>3.加强电缆沟的防护措施</p> <p>4.加强管理，杜绝外来火种</p> <p>5.定期对蓄电池进行检查，保持通风</p> <p>6.定期对光伏组件进行检查，严禁组件被局部遮挡</p> <p>7.建议对该项目光伏组件外围建立围挡，避免山火进入引起光伏组件发现火灾</p>
<p>恶劣天气</p>	<p>1.光伏电池组件受强风、大雪影响</p> <p>2.强降雨造成内涝</p> <p>3.光伏组件受冰雹、雾霾、凝冻天气</p> <p>4.连续发生强降水、暴雨、连续性降水等可能引发大规模的滑坡、泥石流等地质灾害</p>	<p>光伏阵列倒塌</p>	<p>II</p> <p>1.初步设计前，应充分收集本区域气象资料，选择合理的技术参数，充分考虑风、雨、雪对光伏组件的影响</p> <p>2.场地标高应高于 30 年一遇洪水位 0.5m</p> <p>3.冰雹、雾霾、凝冻天气结束后，尽快组织清理太阳能电池组件表面灰尘、积雪覆冰等</p> <p>4.人员经常停留的室内场所或有防冻要求的设备间内设置采暖系统</p> <p>5.做好冰雹、雾霾、凝冻等的事故应急预案，暴雨冰雹时，应加强监测，防止雨水冲刷及冰雹砸落对光伏支架基础造成危害</p>
<p>雷击</p>	<p>1.无可靠防雷设施</p> <p>2.无防感应雷设施</p> <p>3.避雷装置安全性能不符合要求</p>	<p>设备损坏</p>	<p>II</p> <p>1.根据不同场合采取直击雷防护措施</p> <p>2.采取雷电感应防护</p> <p>3.采取雷电侵入波防护</p> <p>4.对避雷装置按规定进行安全性能检验</p>

				5.在控制系统设置必要的消防设施,并保证消防设施处于完好、可靠状态 6.应对控制系统制定应急救援预案
--	--	--	--	---

根据预先危险性分析,该项目光伏组件系统单元各项危险有害因素危险等级为II级,属于临界级,建设单位应严格按照标准规范进行建设,认真落实各项对策措施,控制其风险。

### 5.2.2 直流汇流箱子单元

采用预先危险性分析,对本单元中可能发生的事故进行分析评价,见表 5.2-2。

表 5.2-2 直流汇流箱子单元预先危险性分析表

潜在事故	危险、有害因素	触发事件	事故后果	危险等级	安全对策措施
触电事故	1.带电部位裸露; 2.防护装置; 3.设施缺陷; 4.违章作业	1.直流汇流箱接线点多,若接线不规范,易发生金属线裸露,电缆接头部位的绝缘处理不当,易造成导线裸露,作业人员若误触及裸露的带电部位,可能会造成触电事故。作业人员若不慎触碰裸露电缆易发生触电事故。 2.直流汇流箱的接地等检查、维护不到位,接地电阻过大或失效,可能会引发触电事故。 3.未按规程正确使用电工安全用具;验电笔、绝缘杆、绝缘靴、绝缘手套等未定期进行检验或检验不合格而投入使用;绝缘工具存放地点的湿度、温度、空气流通不符合《带电作业工具基本	人员伤亡	III	1.所有接线点或连接处,应按要求进行连接和连接质量试验。 2.对布置在室外的汇流箱进行有效防护,避免人员误触碰。 3.按《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 等标准的相关要求设置防雷接地装置,并定期进行检查、检测、维护。 4.张贴警示标识,防止农作业人员触碰直流配电箱设备。 5.按规程正确使用电工安全用具;验电笔、绝缘杆、

		<p>技术要求与设计导则》</p> <p>(GB/T18037—2000)标准要求，致使绝缘工具受潮或污染会使绝缘性能下降；带负荷（特别是感性负荷）拉开裸露的闸刀开关等不正当的使用安全用具或使用不合格的安全用具等均可能造成触电事故。</p>			<p>绝缘靴、绝缘手套定期进行检验或检验。</p> <p>6.绝缘工具存放地点的湿度、温度、空气流通应符合《带电作业工具基本技术要求与设计导则》(GB/T18037—2000)标准要求。</p>
电气火灾	<p>1.漏电；</p> <p>2.短路；</p> <p>3.接触电阻过大</p>	<p>1) 直流汇流箱内线路的某一个地方因为潮湿、高温、碰压、划破、磨擦、腐蚀等，使电线的绝缘材料的绝缘能力下降，导致电线与电线之间（通过损坏的绝缘）、导线与大地之间有一部分电流通过，造成漏电，如遇电阻较大的部位时，会产生局部高温，若汇流箱内有可燃物会灰尘，会使附近的可燃物着火，从而引起火灾。此外，在漏电点产生的漏电火花，同样也会引起火灾。</p> <p>2) 电气线路中的裸导线或绝缘导线的绝缘体破损后，火线与邻线，或火线与地线（包括接地从属于大地）在某一点碰在一起，引起电流突然大量增加造成短路。不仅能使绝缘层迅速燃烧，而且能使金属熔化，若汇流箱内未定期清理灰尘或堆有其他可</p>	人员伤亡、设备损坏	III	<p>1、避免短路发生，使绝缘层完整无损。</p> <p>2、保持绝缘水平。导线要避免过载、过电压、高温腐蚀以及被泡在水里等。</p> <p>3、在敷设导线时，应采用阻燃配管，防火电缆、防火线槽等。</p> <p>4、若已经发生短路，则应迅速切断电路，限制火势沿线路蔓延，防止线路互串。应注意在未切断电源时，不能泼水以免造成一些不应有的损失及人员伤亡等。</p> <p>5、对用电线路进行巡视，以便及时发现问题。</p> <p>6、在设计和安装电气线路时，导线和电缆的绝缘强度不应低于网络的额定电压，绝缘子也要根据电源的不同电压进行选配。</p>

		<p>燃物，会引起可燃物燃烧，造成火灾。</p> <p>3) 直流汇流箱布置在室外，容易堆积灰尘，如果接头中有杂质，连接不牢靠或其他原因使接头接触不良，造成接触部位的局部电阻过大，当电流通过接头时，就会在此处产生大量的热，形成高温，这种现象就是接触电阻过大。在有电气线路上，如果在某处出现接触电阻过大这种现象时，就会在接触电阻过大的局部范围内产生极大的热量，使金属变色甚至熔化，引起导线的绝缘层发生燃烧，并引燃附近的可燃物或导线上积落的粉尘、纤维等，从而造成火灾。</p>			<p>7、安装线路和施工过程中，要防止划伤、磨损、碰压导线绝缘，并注意导线连接接头质量及绝缘包扎质量。</p> <p>8、在特别潮湿、高温或有腐蚀性物质的场所内，严禁绝缘导线明敷，应采用套管布线，在多尘场所，线路和绝缘子要经常打扫，勿积油污。</p> <p>9、严禁乱接乱拉导线，安装线路时，要根据用电设备负荷情况合理选用相应截面的导线。并且，导线与导线之间，导线与建筑构件之间及固定导线用的绝缘子之间应符合规程要求的间距。</p> <p>10、定期检查线路熔断器，选用合适的保险丝，不得随意调粗保险丝，更不准用铝线和铜线等代替保险丝。</p> <p>11、检查线路上所有连接点是否牢固可靠，要求附近不得存放易燃可燃物品。</p>
设备损坏事故	防护不当	直流汇流箱布置室外，若防护不当，作业人员不慎触碰直流汇流箱，可能会导致直流汇流箱损坏。	设备损坏	II	安装防护设施，张贴警示标识，防止农作业人员触碰直流汇流箱设备

通过对直流汇流箱子单元预先危险性分析,该系统可能发生的事  
故为触电事故、电气火灾,其危险等级为III级,设备损坏事故,其危  
险等级为II级,应加以控制。

### 5.2.3 逆变器-升压变压器子单元

采用预先危险性分析,对本单元中可能发生的事事故进行分析评价,  
见表 5.2-3。

表 5.2-3 逆变器-升压变压器子单元

潜在 事故	危险、 有害 因素	触发事件	事故 后果	危险 等级	安全对策措施
触电 事故	1.带电 部位裸 露 2.漏电 3.防护 装置、 设施缺 陷	1.逆变器、升压变压器进、出线 接线部位易发生导体裸露。作业 人员若误触及裸露的带电部位, 可能会造成触电事故。 2.逆变器、升压变压器存在质量 缺陷,或定期检查、维护不到位, 过电压、过电流保护失效等,线 圈绝缘破损或过电压、过电流 线圈击穿,均可能造成设备外壳带 电;电缆绝缘外力损伤或过载 击穿等。若设备、设施漏电,作 业人员误触及或违章作业,均可 能造成触电事故。 3.防雷装置检查、维护不到位, 装置失效,遇有雷雨时很易遭到 雷击,可能会引发触电事故。 4.逆变器、升压变压器等所有电 气设备的接地等检查、维护不到	人员 伤亡	III	1.选用质量合格的产品; 2.对逆变器、变压器接地系 统定期检查、维护; 3.所有接线点或连接处,应 按要求进行连接和和连接 质量试验。 4.按《建筑物防雷设计规 范》GB50057-2010 等标准 的相关要求设置防雷接地 装置,并定期进行检查、 检测、维护。 5.对防雷装置进行定期检 测 6.对逆变器、升压变压器进 行定期检查、维护,按照 操作规程进行作业。 7.电气系统必须采取接地 保护、过载保护、漏电保

		<p>位，接地电阻过大或失效，可能会引发触电事故。</p> <p>5.检修升压变压器不认真执行“两票三制”制度等。维修、维护带设备可导致触电；或未挂接地线进行作业感应电导致触电。</p> <p>6.未按规程正确使用电工安全工器具（绝缘用具、遮拦、警示牌等）；带负荷拉刀闸；误操作引起短路。</p>			<p>护、电气隔离、屏护措施等。定期对用电设备保护系统进行检测，防止保护措施失效。</p> <p>8.按规程正确使用电工安全工器具（绝缘用具、遮拦、警示牌等）</p>
逆变器故障	<p>1.设备缺陷</p> <p>2.防护缺陷</p>	<p>1.逆变器内电子元件质量不良、安装缺陷，可能导致逆变器误动作从而发生故障。</p> <p>2.逆变器防雨不当，可能导致雨水进入设备，可能导致逆变器误动作从而发生故障。</p> <p>3.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。</p>	<p>人员伤亡或系统破坏</p>	II	<p>1.选用质量合格的产品；</p> <p>2.定期检查、维护逆变器等电器设备；</p> <p>3.雨季来临前对逆变器的防雨措施检查维护、保证逆变器不进水、不受潮。</p>
噪声危害	<p>电磁性噪声</p>	<p>运行维护及检修人员在进进行逆变器、变压器等大型电气设备检查、维护作业时，</p> <p>逆变器、变压器、互感器等大型电气设备，运行中会产生电磁性噪声，若设备选型不符合国家相关卫生标准要求，个体防护不当，可能会受到噪声危害。</p>	<p>人员伤亡</p>	II	<p>1.选用符合国家有关卫生标准要求的、逆变器、变压器、互感器等设备，合同中应明确噪声的性能指标。</p> <p>2.生产场所作业环境和职业卫生应定期检测，职工身体健康应定期体检。</p>
	<p>1.易燃液体</p>	<p>1.变压器绝缘油是饱和的碳氢化合物，其闪点在 140~145℃之</p>	<p>人员伤亡</p>	III	<p>1.加强对制造厂的监造，把好出厂、交接、验收质量</p>

<p>电气 火灾</p>	<p>2.防护 缺陷 3.设备、 设施缺 陷</p>	<p>间，遇高温、明火等易发生火灾。 2.变压器长期超负荷运行，引起线圈发热，使绝缘逐渐老化，造成匝间短路、相间短路或对地短路；变压器铁芯叠装不良，芯片间绝缘老化，引起铁损增加，造成变压器过热。 3.保护系统拒动、误动或误整定、误接线、误碰撞，就有可能烧毁变压器。 4.避雷装置失效，避雷器起不到保护作用，遇有雷雨时很易遭到雷电过电压的侵袭，击穿变压器的绝缘，甚至烧毁变压器，引起火灾。 5.变压器线圈受机械损伤或受潮，引起层间、匝间或对地短路；或硅钢片之间绝缘老化，或者紧夹铁芯的螺栓套管损坏，使铁芯产生很大涡流，引起发热而温度升高，引发火灾。 6.线圈内部的接头、线圈之间的连接点和引至高、低压瓷套管的接点及分接开关上各接点接触不良会产生局部过热，破坏线圈绝缘，发生短路或断路。 7.变压器油箱、套管等存在质量缺陷，渗油、漏油，形成表面污垢，遇明火会导致燃烧事故。</p>	<p>或系 统破 坏</p>	<p>关；制造厂应提供主变抗短路能力的试验报告和动、热稳定性能的计算报告。 2.升压变应进行短路阻抗试验；变压器油、电流、温升等运行参数均应符合规程要求。 3.变压器保护配置必须完善，定期校验，动作可靠，变压器油箱的重瓦斯必须投入运行。 4.认真贯彻二十五项反措及变压器反措。 5.定期进行预试及油色谱、微水分析试验、数据合格，主变油色谱至少应每季测试一次，投产初期尚应缩短试验周期。 5.加强对分接开关的检修、试验。 6.防雷设施完善，并试验合格；中性点保护除氧化锌避雷器外，尚应加装水平棒间隙保护。 7.主变中性点和外壳采用双扁钢接地。 8.严格执行部颁“变压器运行规程”。</p>
------------------	--	--	------------------------	---

					<p>9.防止套管进水受潮、试验合格，确保油位正常；套管外绝缘应满足防污闪要求。</p> <p>10.动火作业必须制定防火措施，并履行审批手续。</p>
蓄电 池爆 炸	充电电 压太 高、充 电时间 长	<p>蓄电池的充电电压太高或充电时间长，就会产生大量气泡，同时电解液温度升高，使水大量蒸发。蓄电池充电到末期，两极转化为有效物质后，如果再继续充电，就会产生大量的氢、氧气体。H<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> 以 2:1 的体积析出。当这种混合气体浓度在空气中占 4% 时，遇到明火、排气孔堵塞或气体太多，来不及逸出多或少量溢出就会发生爆炸，轻则损坏蓄电池，重则伤人、损物。</p>	人员 伤亡 或蓄 电池 损坏	III	<p>1.采用合适的蓄电池充电电压；</p> <p>2.充电时间不宜过长。</p>
污闪 事故	环境不 良	<p>大气中各种污染源排放出的污秽物沉降在电气设备瓷件和绝缘子的表面，当瓷件和绝缘子吸收了潮湿空气中的水分后，绝缘强度急剧下降，承受不住工作电压而发生绝缘闪络。</p>	设备 损坏	II	<p>1.设备选型绝缘应符合污秽等级要求；</p> <p>2.定期进行严密测试，复核污秽等级。</p>

通过对逆变器-升压变压器子单元预先危险性分析，逆变器-升压变压器子单元可能发生的事故有触电、电气火灾、蓄电池爆炸，其危险等级为III级，应加以控制；逆变器设备故障、噪声、污闪事故的危险等级为II级。

### 5.2.4 直（交）流电缆、集电线路子单元

采用预先危险性分析法进行评价,对本单元中可能发生的事故进行分析评价,见表 5.2-4。

表 5.2-4 直（交）流电缆、集电线路子单元危险性分析表

潜在事故	危险、有害因素	触发事件	事故后果	危险等级	安全对策措施
电缆短路烧毁	1.设施缺陷 2.外形缺陷 3.防护不当	1.电缆截面选择不当,实际负载超过了电缆的安全载流量,造成了电缆过载,使电缆绝缘被击穿烧毁。 2.电缆有接头压接不紧、安装工艺不规范等原因,均会导致电缆头处过热,烧毁绝缘,从而引发事故。 3.电缆敷设安装时不规范施工,容易造成绝缘机械损伤。 4.在直埋电缆时,填埋土中有尖利的杂物、建筑垃圾,或在填埋过程中用重物砸、压等违章操作,啮齿类动物咬破绝缘,均可能使电缆绝缘损伤,绝缘损伤部位容易被电流击穿,造成短路故障。 5.穿越站内道路的电缆,直埋时没有穿管保护,在以后的生产过程中,如车辆通过时,由于汽车的反复碾压,可能会造成电缆绝缘破损,从而引发短路事故。	人员伤亡或系统破坏	II	1.电缆截面应满足要求。 2.电缆接头的构造类型应满足工程所需可靠性、安装与维护简便,电缆终端、接头的布置应满足安装维修所需的间距,并应符合电缆允许弯曲半径的伸缩节配置的要求。 3.电缆直埋,回填土应采用沙土,其中禁止有棱角的杂物存在。 4.过道路的电缆应穿管保护。 5.直埋电缆深度应在冻土层以下,但若设置冻土层以上时,必须采取防冻等保护措施。 6.电缆敷设安装施工,必须由相应资质的单位完成。

触电	电缆敷设不符合要求	1.当采用电缆桥架敷设时，若桥架高度不符合要求，人员容易触碰，造成触电事故；2.若电缆桥架的伸缩缝或软连接处未采用编织铜线连接或电缆桥架未装设可靠的电气接地保护系统，也可能造成触电事故。	人员伤亡	III	电缆桥架敷设应满足《电缆线路施工及验收规范》（GB50168-2006）标准的要求。
电缆故障	1.操作错误 2.恶劣气候与环境 3.标志缺陷 4.人为破坏	1) 电缆敷设安装时不规范施工，容易造成机械损伤；在直埋电缆上搞土建施工也极易将运行中的电缆损伤等，损伤部位容易击穿形成故障，破坏严重的可能发生短路故障。 2) 冬季冻涨土易造成埋地电缆伸缩变形，损坏电缆。 3) 虫、鼠等小动物噬咬会造成埋地电缆损坏。 4) 电缆无标志、标志不清晰、标志不规范、标志选用不当、标志位置缺陷等，施工时会造成电缆破坏或损坏。 5) 站外人员进入站区内，若未进行有效监护，可能会发生故意破坏电缆设施的情况。	系统破坏	II	1.电缆施工中应加强管理； 2.监理单位应认真负责，严格把关施工质量； 3.埋地电缆深度应在冻土深度一下； 4.电缆应采取防止虫、鼠等小动物噬咬的措施； 5.电缆通道应有地面标示， 6.防止人员误挖电缆，防止车辆长期碾压电缆埋设位置； 7.对站区进行有效监护，防止站外无关人员进入站内；
设备损坏	施工不规范	动力电缆和控制电缆若没有分层敷设，动力电缆对控制信号电缆会产生干扰，影响到设备开机，严重时造成设备损坏。	系统破坏	II	动力电缆、控制电缆应分层敷设，之间的间距应满足《电缆线路施工及验收规范》（GB50168-2006）标准的要求。

火灾	未采取防火封堵	若电缆穿过墙体或楼板形成孔洞处未采取防火封堵，即未用防火封堵材料密封，如果一处电缆所在地发生火灾，则火灾会蔓延到起火源相邻区域，造成相邻区域的人身伤亡或设备烧毁事故。	人员伤亡或系统破坏	III	电缆穿过墙体或楼板形成孔洞处采取防火封堵。
----	---------	---	-----------	-----	-----------------------

通过对直（交）流电缆、集电线路子单元预先危险性分析，可能发生的事故火灾、触电，危险等级为III级；电缆短路烧毁、电缆故障，其危险等级均为II级。

### 5.2.5 安全监测单元

采用预先危险性分析法进行评价，对本单元中可能发生的事故进行分析评价，见表 5.2-5。

表 5.2-5 安全监测单元危险性分析表

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
运行控制系统死机	1.安全监控系统的电源回路失电，或其电缆及接插件故障 2.通讯电缆或通讯接口组件故障 3.通讯电缆或通讯接口过负荷 4.操作键盘（鼠标）或其电缆接插件损坏，系统不响应操作指令 5.操作应用软件出错，或系统侵入病毒，丢失信息	无法正确采集电站参数，电站停运	II	1.加强安全监控系统电源回路（电源开关、熔断器、电缆、接插件）维护管理 2.经常维护通讯电缆及其通讯接口组件，避免外力机械损伤 3.注意设备选型，合理的数据通讯总线负荷率不超过 30% 4.勤维护检查键盘（鼠标）及其电缆接插件，及时更换损坏件 5.非本机磁盘/光盘及无关的运算工作，不得在本机上进行操作，防病毒侵入 6.选用合适的软件
测量一次	1.测量一次元件电源回路失电或其导线故障，导致测量一次元件	无法正确	II	1.加强测量一次元件装置电源回路（电源开关、熔断器、电缆、接插件）维护

元件故障	<p>无输出</p> <p>2.测量一次元件及其接线回路损坏，或断线/短路，或测量一次元件指示不正确、表针不动</p> <p>3.I/O 组件输入点故障，导致示值异常</p> <p>4.接地屏蔽不良</p>	<p>采集</p> <p>电站参数，</p> <p>电站停运</p>		<p>管理</p> <p>2.经常维护检查一次元件及其接线回路，排除故障点</p> <p>3.经常检查 I/O 组件，加强维护管理</p> <p>4.使用屏蔽电缆或屏蔽补偿线，并有良好的接地</p>
自动调节失控	<p>1.自动调节系统电源回路失电或其导线故障，导致自动调节失控，或调节系统无动作</p> <p>2.调节用一次检测装置及其接线回路损坏，或断路/短路，致使调节信号异常，导致调整门突然开大或关小</p> <p>3.执行机构故障（或其拉杆/销子脱落，或拉杆刚性不够、弯曲变形，或调节机构卡涩不动）导致自动调节无动作，或调整门突然开大/关小</p> <p>4.双路冗余互为备用的通讯环路，自动切换时瞬时故障，丢失信息</p> <p>5.CPU 卡件故障，安全监控系统受外界干扰或 PID 运算出错</p> <p>6.通讯组件故障，导致不能传输信息，或调节用 I/O 组件输入/输出点及其导线回路故障</p>	<p>设备损坏</p>	II	<p>1.加强电站自动调节电源回路（电源开关、熔断器、电缆、接插件）维护管理</p> <p>2.加强电站调节用一次检测装置、执行机构、调节机构、通讯组件、I/O 组件、CPU 主机组件的维护管理</p> <p>3.机组重要调节系统的一次测点，采取三取中模拟采样方式。重要调节系统具有“当某一测点故障，自动转为一取一”的功能，并发出报警信号</p> <p>4.重要调节系统设计，应具备当调节信号偏差大时，自动调节方式转换为手动操作方式的功能</p> <p>5.重要调节系统应定期进行内外扰动作试验</p>
保护拒动、	<p>1.电站保护电源回路失电，或其导线故障</p>	<p>设备损坏</p>	II	<p>1.加强电站保护电源回路维护管理</p> <p>2.加强电站保护用一次检测装置、通讯</p>

<p>误动</p>	<p>2.电站保护用一次检测装置及其接线回路损坏或断线</p> <p>3.电站保护用的通讯组件故障，不能传输信息。或保护用 I/O 组件输入/输出点及其导线回路故障</p> <p>4.电站保护用一次检测装置及其接线回路损坏或短路</p> <p>5.基建调试不到位，逻辑设计不合理</p> <p>6.双路冗余互为备用的通讯环路自动切换时瞬时故障，丢失信息</p> <p>7.安全监控系统受外界干扰或逻辑运算出错</p>			<p>组件、I/O 组件、CPU 主机组件的维护管理。对超过有效使用期的组件要及时更换</p> <p>3.电站重要保护的一次测点采取三取二逻辑判断方式，特别重要的机组保护，应具有“当某一测点故障，自动转为二取一；又当某二点测点故障，自动转为一取一”的功能，并发出报警信号</p> <p>4.升压变压器设置高温报警和超温跳闸保护，动作后跳高低压侧开关。温控器留有通讯接口以便上传信息</p> <p>5.35kV 高压开关柜上装设测控保护装置。设过电流保护、差动保护、零序过电流保护、方向保护。测控保护装置以通讯方式将所有信息上传至综合自动化系统</p> <p>6.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</p>
<p>通信网络回路故障</p>	<p>通讯回路受机械外伤断线，或机组运行中的实际通讯量超过预定规定值，或通讯接口组件损坏</p>	<p>无法正确采集电站参数</p>	<p>II</p>	<p>1.加强各通讯环路和现场总线维护管理工作</p> <p>2.重要安全监控系统的通讯环路和现场总线必须采取互为热备用的双路配置方式</p> <p>3.必须对系统进行抗干扰测试，消除干扰源，并对一些具体情况作出规定并进行告示</p>
<p>安全监控</p>	<p>设备选型不合格，设备使用环境不良，未定期保护</p>	<p>设备故障</p>	<p>II</p>	<p>1.在设计选型阶段，主要设计所选安全监控设备性能，是否能满足主电站安全</p>

设备故障				<p>经济运行的需要</p> <p>2.在设备制造阶段，注意设备的工作性能和功能是否符合合同规定，各 CPU 的负荷分配是否均衡，系统划分配量是否负荷与电厂现场管理工作</p>
------	--	--	--	--

通过对安全监测单元预先危险性分析,可能发生的故障其危险等级均为 II 级。

### 5.2.6 电气一次设备及系统事故

电气一次设备及系统事故有：变压器火灾爆炸事故，配电设备火灾事故（包括：变电站内变、配电柜、箱、屏火灾事故，空调、照明设备火灾事故、电气开关火灾事故），电缆火灾事故，接地网事故，电气误操作事故。电气一次设备及系统预先性分析见表 5.2-6。

表 5.2-6 电气一次设备预先危险性分析表

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
变压器火灾、爆炸	<p>1.变压器长期过负荷引起绝缘老化；</p> <p>2.变压器的防爆膜、安全释压阀缺陷；</p> <p>3.套管密封不良，进水；</p> <p>4.箱式变压器接地引下线受腐蚀断裂、箱变外壳严重腐蚀、接地电阻增加；</p> <p>5.断路器遮断容量不够，在故障时不能遮断电弧；</p> <p>6.变压器制造不良，引起匝间短路</p>	设备损坏 人员伤亡	III	<p>1.选购正确的设备，新安装的变压器应严格按照有关标准、规程或厂家规定安装和验收；</p> <p>2.加强运行巡视，定期检查变压器情况；</p> <p>3.严格执行相关规程的规定；</p> <p>4.经常检查箱式变压器的接地引下线情况，防止发生变压器事故；</p> <p>5.对变电压套管要定期进行试验，防止内部受潮而损坏；</p> <p>6.变压器室防止齧齿类小动物进入；</p> <p>7.选购具防腐性特性的接地材料、</p>

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
				箱变等设备,运行期间加强定期检查和接地电阻测试; 8.选择符合使用要求的断路器
中毒和窒息	1.断路器是利用六氟化硫气体作为绝缘和灭弧介质,若发生六氟化硫气体溢出,可能造成作业人员发生中毒和窒息事故。	人员伤亡	III	1.迅速撤离泄漏污染区人员至上风处,并进行隔离,严格限制出入; 2.应急处理人员戴自给正压式呼吸器,穿一般作业工作服; 3.合理通风,加速扩散。
配电设备火灾	1.电器设备的选用、安装不当和维护不善,未及时排除事故隐患; 2.电器设备在运行中发热量较大; 3.电器设备过载,超负荷运行; 4.绝缘损坏; 5.变电站内违反规定,私拉乱接; 6.接地、接零不良; 7.接地网事故; 8.电火花(电弧)、雷击; 9.散热不良; 10.缺相运行; 11.动物啃咬引起的短路	设备损坏 人员伤亡	III	1.把好电器设备选型及安装质量关; 2.电器设备容量应符合使用要求,忌“小马拉大车”,做好变压器室、配电间的通风降温工作; 3.电器设备运行,不能超过电气设备的额定负荷; 4.选取绝缘可靠设备,正规厂家的产品 5.按照相关规范正确接线、敷设线路;凡改线或临时用线必须由电工进行安装操作; 6.正确、有效的接地,并进行接地试验; 7.接地、接零等安全装置齐全、完好; 8.电气设施应有可靠的灭弧功能;场内电力设施应有良好的防雷设施。箱变、升压变及其他电气设施

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
				<p>的接地电阻均应符合国家标准要求。</p> <p>9.变压器室、配电间应有良好的通风降温系统；做好电气设备管理，保证电气设备的清洁；</p> <p>10.电器设备和装置应定期检查和调试，发现问题及时解决；</p> <p>11.变配电室、配电间、电缆沟要采取防鼠虫、蛇等动物进入措施，窗有铁丝网，门有挡鼠板</p>
电缆火灾	<p>1.电缆超载；</p> <p>2.电缆外皮腐烂，绝缘下降、老化、造成击穿短路</p> <p>3.电缆安装不当、孔洞缺少封堵，变压器发生火灾时，火势会从电缆孔洞蔓延进去，引起电气设备燃烧；</p> <p>4.电缆中间接头制作质量不良、压接头不紧、接触电阻过大，造成电缆过热；</p> <p>5.电缆遇火源着火；</p> <p>6.电缆受腐蚀绝缘放电发热；</p> <p>7.外力破坏。</p>	设备损坏 人员伤亡	III	<p>1.电站运行严禁电缆超负荷过载，容量不足的要及时更换。</p> <p>2.电缆采用穿钢管或耐火槽盒封闭的方法予以保护；</p> <p>3.电缆采用阻燃电缆，电缆沟分叉和进出房屋处设防火墙，防火墙两侧电缆刷防火涂料，屏柜下孔洞采用防火材料封堵；</p> <p>4.电缆中间接头应符合规范要求设置；</p> <p>5.加强管理，杜绝外来火种；</p> <p>6.选取符合要求的电缆型号，并做好维护工作</p>
接地网事故	<p>1.接地电阻不合格；</p> <p>2.由于受地下水影响，使接地引下线受潮、锈蚀、而导致断裂；</p> <p>3.接地引下线热稳定不能满足要</p>	保护失灵 设备损坏	II	<p>1.做好接地装置的热稳定容量校核，正确选择接地导体的截面，完善接地网设计，认真按图纸施工，隐蔽工程应按程序验收合格；确保</p>

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
	<p>求；</p> <p>4.避雷设施不健全或设计不符合要求；</p> <p>5.电气设备发生对地短路事故；</p> <p>6.接地体腐蚀损坏，或者防雷接地电阻过大</p>			<p>接地装置质量，连接可靠，竣工验收前应测量接地引下线的导通情况，如不符合要求，应予整改；</p> <p>2.接地引下线定期检查，定期检测，如不符合要求，应予更换；</p> <p>3.重要设备及架构与主接地网应由两根不同地点接线，且接地引下线均应符合热稳定要求。连接引线应便于定期检查和测试；</p> <p>4.做好接地装置引下线的导通监测；</p> <p>5.接地网接地电阻以及独立避雷针的接地装置的接地电阻均应合格；</p> <p>6.进行接地网设计时，应认真考虑水、土对材料的影响。</p>
<p>误操作事故</p>	<p>1.设备选型和投运时防误装置不到位，不具五防功能，调试和投运后防误装置管理不到位；</p> <p>2.人员不严格执行操作票制度，违章操作；</p> <p>3.运行检修人员误碰误动；</p> <p>4.技术措施不完备，主要是防误闭锁装置设置有疏漏，设备“五防”功能不全</p>	<p>设备损坏 人员伤亡</p>	<p>III</p>	<p>1.选取具有“五防功能”的电气设备，并从严管理；</p> <p>2.在操作过程中，应严格执行《电业安全工作规程》的有关规定和“两票三制”制度；</p> <p>3.加强防误装置的管理，保证防误装置安装率、完好率、投入率100%；</p> <p>4.设计和投运时选用良好的防误装置开关；规范电气安全工器具的管理，对安全用具应根据安全用具</p>

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
				的有关规定，定期试验，合格后方可继续使用；现场设备都应按国家的安全设施规范化要求，有明显、清晰地名称、编号及色标。

经分析可知，变压器火灾爆炸事故、中毒和窒息事故、配电设备火灾事故、电缆火灾事故、电气误操作事故的危险等级为III级，要采取措施避免事故发生。

### 5.2.7 电气二次设备及系统事故

电气二次设备及系统事故包括：继电保护拒动或误动事故、直流系统事故、计算机监控系统事故等。电气二次设备及系统预先危险性分析见表 5.6-7。

表 5.6-7 电气二次设备及系统预先危险性分析

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
继电保护拒动或误动事故	1.作业人员失误造成的“误碰、误整定、误接线”，导致误动、拒动、事故扩大； 2.继电保护设备自身设计不合理、原理不成熟、设备缺陷等导致误动、拒动，事故扩大； 3.保护整定不合理，当电站设备电网出现故障时，保护装置拒动或误动，扩大了事故，将在一定程度上影响电力系统的运行稳定性 4.通信发生故障。	设备停电	II	1.应严格按照国标、反措及接入系统审查的要求，配置各种装置，并进行整组试验调试，经试验合格后方可投入运行；加强作业人员专业技能和职业素质培训，严格执行各项规章制度及反事故措施； 2.按有关规程，做好保护装置选型和保护定值的整定、配合，保护定值应定期监测，尤其是装置动作后，需重新进行整定；认真做好本期工程继电保护及安全自动装置的交接、验收工作，做到工程投产

				<p>的同时继电保护及安全自装置有与之相符合的厂家出厂资料、施工图纸、施工记录、投产调试记录及备品备件,投产三个月内应有正式的竣工图纸与投产调试报告;</p> <p>3.根据太阳能电站的特点,合理进行保护装置选型和配置,做好保护定值的计算和整定工作</p> <p>4.定期检查通信系统</p>
交、直流系统事故	<p>1.站用电设计不完善;</p> <p>2.备用电源自投失灵,直流系统故障;</p> <p>3.保护误动、拒动,蓄电池长时间放电;</p> <p>4.直流系统设计存在缺陷、安全防护不足,故障信号没有传送到机组控制室报警;</p> <p>5.人员失误,操作失误;</p> <p>6.报警信号失灵。</p>	<p>机组控制系统电源,设备损坏</p>	II	<p>1.选择具有相关资质的单位按标准规范要求合理设计站用电。</p> <p>2.加强蓄电池和直流系统的维护,直流系统熔断器的管理;要进行站用电备用电源自动投入试验。</p> <p>3.开关失灵保护整定正确,动作可靠,定期进行自投试验,严防开关误动扩大事故。</p> <p>4.设置必要的安全防护措施,定期进行自投试验,有异常及时修复。</p> <p>5.制定事故处理预案,防止人员误操作事故,并加强作业人员安全意识及知识的培训,防误操作。</p> <p>6.定期检查报警系统。</p>
计算机监控系统事故	<p>1.雷电及运行过程中产生过电压、感应雷击;</p> <p>2.电缆故障;</p> <p>3.抗干扰、自诊断、自恢复能力差;</p> <p>4.封盖不严,鼠类等小动物进入</p>	<p>监控系统瘫痪</p>	II	<p>1.安装避雷设施,防止感应雷、雷击,计算机网络接地应远离独立避雷针接地极;接地要严格按照规范要求;计算机房电缆线路采用等电位连接;</p> <p>2.在设计、施工、安装、检测(修)、</p>

	损坏电缆； 5.裕度及冗余度不够； 6.后备电源不可靠； 7.控制信号电缆质量不好； 8.无防病毒措施		维修保养过程中注重质量，应采取质量好的屏蔽电缆，对电缆孔洞进行有效封堵防火； 3.系统抗干扰能力自诊断、自恢复能力要强； 4.防止鼠类等小动物进入损坏电缆。 5.要有足够的裕度及冗余度； 6.要有可靠的后备电源； 7.选用符合使用要求的控制信号电缆； 8.要有防病毒措施；规范系统软件管理、修改、更新、升级制度
--	---	--	---

根据以上分析，继电保护拒动或误动事故、直流系统事故、计算机监控系统事故的危险等级为Ⅱ级，在相关设备的设计、施工和运行期间应加强设备选型、设备材料、设备布置，采取可靠的预防措施。

### 5.3 建（构）筑物单元

应用预先危险性分析，对本单元中可能发生的事故进行分析评价，见表 5.3-1。

表 5.3-1 建构筑单元危险性分析

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
基础塌陷、	1.对区域地震情况调查研究不足； 2.基础地质条件调查不清楚，基	设备损坏 人员	Ⅱ	1.充分调查研究区域地震和工程地质情况； 2.对各太阳能电池组件板基础地

位移	基础结构设计不合理或对不良地质条件未采取防范措施； 3.桩基基础设计、施工不合理； 承载、沉降、抗倾、抗浮及动荷载不满足要求； 4.基础施工期间基施工质量低劣； 5.超标洪水或地震影响； 6.基础周围被雨水冲蚀； 7.环境水对地基基础长期腐蚀。	伤亡		质情况进行详勘； 3.结合工程地质情况合理设计基础，以满足地基防液化、动荷载、承载、沉降、抗倾、抗浮等要求。 4.严格控制施工工艺和施工质量； 5.运行期应对各基础进行定期观测、巡视、维护； 6.采取有效的地基防腐措施；
坍塌	1.建筑物强度不够 2.设计问题； 3.施工问题； 4.地质条件差导致倒塌； 5.地震； 6.地质灾害； 7.火灾条件下倒塌	人员伤亡	III	1.建筑设计必须符合要求； 2.严格组织施工，严禁偷工减料，严格验收，确保施工质量； 3.选址必须符合要求，避开地质灾害严重地区； 4.抗震设计符合要求； 5.防止火灾的发生，消防设施按要求配备

按照预先危险性分析法，建筑物结构缺陷事故的危险等级为III级；太阳能电池组件板、逆变器室基础缺陷事故的危险等级为II级，在运行期间应加强管理，采取可靠的预防措施。

### 5.4 作业环境单元

应用预先危险性分析，对本单元中可能发生的事故进行分析评价，见表 5.4-1。

表 5.4-1 作业环境单元危险性分析

潜在事故	触发条件	事故后果	危险等级	建议措施
------	------	------	------	------

中暑、冻伤	<p>1.夏季高温、冬季低温，进行户外作业；</p> <p>2.未采取防暑降温、防寒保暖措施；</p> <p>3.户外作业时间过长。</p>	人员受伤	II	<p>1.夏季高温季节应避高温作业，尽量安排在早晚气温低时作业；</p> <p>2.夏季给职工发放防暑降温用品，安排空调休息室，户外作业一段时间后，要及时休息；</p> <p>3.冬季应采取防寒保暖措施；</p> <p>4.冬、夏季节尽量减少户外作业时间</p>
物体打击	<p>1.高处有未被固定的浮物被碰撞或风吹等坠落；</p> <p>2.工具、物体等上下抛掷；</p> <p>3.设备倒塌；</p> <p>4.未戴安全帽；</p> <p>5.在高处作业区域停留；</p> <p>6.在高处有浮物或设施不牢固将要倒塌的地方进行停留；</p> <p>7.堆垛不稳倒塌，或堆垛时发生产品倒落。</p>	人员受伤	III	<p>1 高处作业要严格遵守高处作业管理规定，不在高处作业区域、高处有浮物或设施不牢固处停留；</p> <p>2 高处物件应摆放固定好；</p> <p>3 将要倒塌的设施及时修复或拆除；</p> <p>4 作业人员要穿戴好防护用品；</p> <p>5 加强防止物体打击的检查和安全管理；</p> <p>6 加强对职工的安全教育，杜绝违章作业、违章指挥、违反劳动纪律；</p> <p>7 物体堆垛要稳。</p>
高处坠落	<p>1.高处作业场所临边无栏，不小心造成坠落；</p> <p>2.无脚手架、板，造成高处坠落；</p> <p>3.梯子无防滑、强度不够、人字梯无拉绳等造成坠落；</p> <p>4.高空人行道、护栏等锈蚀损坏，强度不够造成坠落；</p>	人员伤亡	IV	<p>1.登高作业人员必须严格执行“十不登高”；</p> <p>2.作业人员必须戴安全帽，系安全带，穿防滑鞋及紧身工作服；</p> <p>3.高处作业要事先搭设脚手架等防坠落措施；</p> <p>4.在危险的高处临时作业，要装设</p>

	<p>5.未系安全带或安全带挂结不可靠；</p> <p>6.在大风、暴雨、雷电、霜、雪、冰冻等条件下登高作业，不慎跌落；</p> <p>7.安全带、安全网使用不当、老化、损坏或不合格；</p> <p>8.违章作业；作业时嬉戏打闹等；</p> <p>9.未穿防滑鞋或防护用品穿戴不当，造成滑跌坠落；</p> <p>10.情绪大起大落，工作时精力不集中。</p>			<p>防护栏杆或安全网；</p> <p>5.对平台、栏杆、护墙以及安全带、网等要定期检查，确保完好；</p> <p>6.平地可做的作业尽量不要到高处去做，即“高处作业平地做”；</p> <p>7.加强对作业人员的登高安全教育、培训、考核，严禁违章。</p>
车辆伤害	<p>1.车速过快、能见度过低、道路宽度不够、道路坡度过大或过陡、车距不够；</p> <p>2.超载；</p> <p>3.雾天或烟尘弥漫影响能见度；</p> <p>4.冰雪或多雨季节道路湿滑；</p> <p>5.超车；</p> <p>6.急弯、陡坡、危险地段无警示牌；</p> <p>7.驾驶人员未持证上岗。</p>	人员伤亡、车辆损坏	IV	<p>1.路面宽度要足够保证会车安全；</p> <p>2.急弯、陡坡、危险地段应有警示标志；</p> <p>3.雾天或烟尘弥漫影响能见度时，应开亮车前黄灯与标志灯，并靠右侧减速行驶；</p> <p>4.冰雪或多雨季节道路较滑时，应有防滑措施并减速行驶，前后车距不得小于 40m；</p> <p>5.正常作业条件下，同类车不应超车，前后车距离应保持适当，生产干线、坡道上不应无故停车；</p> <p>6.不可采用溜车方式发动车辆，下坡行驶不应空挡滑行。在坡道上停车时，司机不应离开；应用停车制动，并采取安全措施。</p>
生产	<p>1.电洞风机由于叶轮不平衡，轴</p>	听力	II	<p>1.风机、主变压器设备在订货时严</p>

<p>性噪声</p>	<p>与轴承之间存在过大间隙，壳、罩、底脚刚性不足等产生噪声；</p> <p>2.电气设备中的变压器产生噪声；</p> <p>3.变电站的运行会产生高频噪声；</p> <p>4.缺乏设备防护设施和个体防护用品。</p>	<p>异常</p>	<p>格要求制造厂提供低噪声设备；</p> <p>2.要尽可能限制工人接触噪声时间，合理安排操作人员的劳动和休息，如优化巡检路线、在远离噪声环境的地点设置休息室，并对现场工作休息室采用隔声措施；</p> <p>3.要加强噪声接触工人的职业健康监护工作，并建立健康档案。在电站试运行及正式运行期间每年应对接触噪声的工人进行检查，发现有听力异常者应及时查找原因，尽早采取处理措施和有效防治措施；</p> <p>4.要加强对工人听力保护的教育和培训。</p>
<p>电磁辐射危害</p>	<p>1.该项目工频电磁场辐射来源未35kV 变电站的主变压器及其出线；</p> <p>2.作业人员没有配备劳动防护用品或未按照规程作业。</p>	<p>辐射</p>	<p>II</p> <p>1.对变压器周围采用固定式围栏实施区域控制，防止人员靠近以减轻工频电磁场影响，同时设置警告标志，以示危害；</p> <p>2.主变压器高低压侧均采用金属封闭母线连接进行有效的电磁屏蔽；</p> <p>3.在场地允许的情况下加大辐射源与作业点的距离，尽可能使工作人员少进入有可能受到较强工频电磁辐射场所；</p> <p>4.高压输电线路与人员较集中的办公及作业场所之间保证足够的</p>

				<p>安全距离，并尽量避开人流主通道；</p> <p>5.金属部件，尤其是活动部件进行良好接地；</p> <p>6.禁止身上带有金属移植件，心脏起搏器等辅助装置的人员进入电磁辐射区。</p>
--	--	--	--	---

根据上表的分析，该项目作业环境单元存在的主要危险性有中暑、冻伤、物体打击、高处坠落、车辆伤害、噪声、辐射。其中车辆伤害事故发生频率较高，高处坠落车辆伤害的危险性最高为IV级，物体打击事故、农业设施危害危险性为III级。

## 5.5 建设施工单元

应用预先危险性分析，对本单元中可能发生的事故进行分析评价，见表 5.5-1。

表 5.5-1 建设施工单元危险性分析

潜在事故	危险、有害因素	事故原因	事故后果	危险等级	安全对策措施
车辆伤害	1.恶劣气候与环境； 2.作业场地狭窄； 3.设备缺陷； 4 操作	1.道路交叉路口视野较小，大雾或沙尘暴天气等导致能见度降低。 2.道路狭窄、弯道过急等；安全标志设置位置不当、安全标志不醒目不规范。 3.超载运输、酒后驾车、超速行驶、操作过猛，突然起步，高速转弯；车辆运行时，将手臂、腿或头放在门架立	人员伤亡	II	1.严禁设备、设施运输车辆超载运输，要按照车辆载重量装运货物； 2.加强现场运行管理。 3.定期检查车辆的完好情况，不得带病行驶； 4.要确保其进场道路畅通，在关键位置设置安全标志，在大雾、大雨雪天气不得运输设备； 5.车辆在施工区域行驶要限速，严禁超速行驶，严禁酒后驾车和非驾

	错误	柱或车辆的其他运动部件之间,或将身体探出车体的外轮廓线等。 4.无证驾驶、技术不熟练等。 5.带病行驶,制动失灵,车灯或安全装置损坏。			驶员驾车。
触电	1.操作错误; 2.防护缺陷; 3 设备缺陷	1.施工电工、电气设备调试人员不按规定穿戴劳动防护用品; 2.配电箱等机电设备的电气开关无防雨、防潮设施;电气设备不按规定接地或接零,没有安装漏电保护装置; 3.电气设备、电气材料不符合规范要求,绝缘破损漏电;乱拉乱接临时线,或施工现场电线架设不规范、拖地等,线路与金属物接触、车压等绝缘破损漏电; 4.配电箱不装门、锁,配电箱出线混乱,用铜线做保险丝,并一闸控制多机等; 5.电气设备运行管理不当,电气安全管理制度不完善;无安全组织措施(如安全监护制度、不认真执行工作票、操作票制度等)。	人员伤害	III	1.加强劳动保护用品的使用管理和用电知识的宣传教育; 2.在潮湿的施工现场要分别使用密闭式和防爆型电气设备;电动机械设备按规定接地接零;手持电动工具应增设漏电保护装置; 3.经常开展电气安全检查工作,对电线老化或绝缘降低的机电设备进行更换和维修; 4.电箱门要装锁,保持内部线路整齐,按规定配置保险丝,严格一箱一闸一漏配置; 5.加强电气设备运行管理,完善电气安全管理制度,并制定相应的安全组织措施; 6. 必须严格电焊工资质的管理,杜绝无证施焊现象; 7. 电焊工劳保用品必须穿戴齐全;焊接作业人员应保证工作服,绝缘鞋、绝缘手套防护面罩、遮光镜片质量合格,性能达到国家标准要求。

					<p>8. 电焊机必须选用合格的产品。</p> <p>电焊机要有防止过载的热保护装置。电焊机一次线和二次线的接线柱端口都必须有良好的防护罩，防止人体意外触及带电体。如果防护罩是金属材料，必须防止防护罩和接线端口的接线柱、金属导线碰触或连接，以免防护罩带电。</p>
高处坠落	<p>1.操作错误;</p> <p>2.防护缺陷</p>	<p>1.脚手架不符合有关标准要求;</p> <p>2.未争取佩戴劳动防护用品;</p> <p>3.工作场地照明不良;</p> <p>4.违章操作和检修。</p>	人员伤亡	III	<p>1.应按照国家有关标准要求搭建脚手架;</p> <p>2.高处作业人员应按规定配齐劳动防护用品;</p> <p>3.高处平台等必须设置临边防护设施;</p> <p>4.工作场地采光、照度要符合相关规定;</p> <p>5.建立完善的安全管理制度和岗位安全操作规程，加强作业工人的安全培训。</p>
火灾	<p>1.监护失误;</p> <p>2.操作错误;</p> <p>3.防护缺陷;</p> <p>4.缺少安全标志</p>	<p>1.事故人员安全意识不强，违章进行电、气焊动火作业;</p> <p>2.施工现场临时建筑物布局不合理，没有配置消防器材;</p> <p>3.违章安装电气设备，私拉乱接线路致使电气线路发生短路、产生火花，引燃可燃物;</p>	人员伤亡财产损失	II	<p>1.制定电焊、气焊等作业安全操作规程及动火管理制度，教育职工严格执行，严禁违章动火;</p> <p>2.加强电气设备检查、维护和检修;</p> <p>3.加强施工人员安全培训和教育;</p> <p>4.施工现场灭火器、消火栓等消防设施应满足消防需求。</p> <p>5.油库周边未张贴“禁火、禁烟”的警示标示。</p>

		<p>4.未制定安全作业规程，安全管理不到位。</p> <p>5.若油库周边未张贴“禁火、禁烟”的警示标示，员工或外来人员在油库附近抽烟，随意在油库附近扔烟头，或在油库附件进行电气焊作业可能会引发油库火灾。</p>			
物体打击	防护缺陷、人员失误	<p>墙体砌筑过程中若未佩戴防护手套或人员精神状态不佳，可能会发生工具砸伤手或脚的物体打击事故。</p>	人员伤亡财产损失	II	<p>墙体砌筑作业佩戴防护手套；高处临时不适用的工具应放到地面或固定住，以免落下砸伤下方人员</p>
压力容器爆炸	<p>1.压缩气体；</p> <p>2.防护缺陷；</p> <p>3.操作错误</p>	<p>1.气瓶维护、保管不当造成事故。主要在于瓶体严重腐蚀或使用中将气瓶置于烈日下长时间的曝晒，或将气瓶靠近高温热源。</p> <p>2.乙炔瓶卧放使用时，丙酮易随乙炔气流出，可能产生回火而引发乙炔瓶爆炸事故。同时卧放时丙酮泄漏，导致乙炔压力升高爆炸。</p> <p>3.乙炔瓶卧放时，活性炭撞碎空间增大，乙炔气聚集，</p>	人员伤亡财产损失	III	<p>1.使用气瓶前，一定要进行检查，查标记、颜色、安全附件、技术资料、安全状况等。</p> <p>2.不得对气瓶瓶体进行焊接和更改气瓶的钢印或颜色标记，乙炔气瓶专瓶专用，不得擅自改装它类气体。</p> <p>3.气瓶不得靠近热源、电器设备、可燃助燃性气体的气瓶，与明火的距离不得小于 10m，严禁放置在通风不良或有放射性射线源的场所使用。</p>

	<p>并处于高压状态,有形成爆炸的危险,若由于外力作用,使乙炔瓶滚动,与其它物体撞击,形成激发能源,易损坏减压器、阻火器或拉脱胶管,造成乙炔气向外泄放,同时温度上升时气态乙炔发生聚合作用而发生爆炸,导致燃烧爆炸。</p> <p>4.压力容器安全阀失灵,或操作人员对压力表监控疏忽、压力示控装置失灵,会造成因超压而发生爆炸。</p> <p>压力容器主要承压部件出现裂纹、严重变形等情况,导致突然丧失承载能力而发生大面积破裂爆炸。</p>		<p>4.气瓶开阀时应缓慢开启不要过快,严禁敲击、碰撞和火花,防止静电,严禁在瓶体上引弧,严禁将乙炔气瓶放置在电绝缘体上使用,严禁手持点燃的焊割工具调节减压或开闭乙炔气瓶瓶阀。</p> <p>5.气瓶要按检验项目和规程进行定期技术检验,要认真填写记录,载人气瓶档案,做到一瓶一档,报废的气瓶不得与一般气瓶混放,应由检验单位进行破坏性处理,严禁使用不合格的气瓶。</p>
--	---	--	--

根据预先危险分析结果,触电、高处坠落、容器爆炸的危险等级为III级,应加以控制;火灾、车辆伤害等事故的危险有害因素的危险等级为II级,危险有害因素处于临界状态,应引起重视。

## 5.6 安全管理单元

企业负责人和从业人员安全生产意识差,缺少基本的安全生产专业知识;安全生产操作规程和安全生产责任制不健全;发生违章指挥、违章操作和误操作行为;对安全事故存在侥幸心理;不设置专职或兼职的安全生产管理人员,疏于管理。以上因素,都会使安全生产秩序混乱,导致事故的发生。

为此,针对安全管理方面存在的危险因素及可能导致的后果,采

用因果分析方法进行评价。

通过因果分析发现，制约企业安全管理方面的因素较多，其主要因素是：

1、安全投入不足是制约企业本质安全程度的重要因素，企业应在管理中还应保证安全投入并有效实施。安全生产投入的多少、安全投入的落实好坏直接关系到企业的安全生产水平，建议企业建立健全安全措施计划制度，企业在编制生产、技术、财务计划时，必须同时编制安全技术措施计划。按规定提取安全技术措施费用，安全技术措施计划应有明确的期限和负责人，确保专款专用。

2、若未设置专职或兼职的安全生产管理人员可能会导致无人管理或管理不到位，会导致企业管理生产陷入无序状态。

3、未按照《中华人民共和国安全生产法》第四十四条的规定。企业应当教育和督促从业人员严格执行本单位的安全生产规章制度和安全操作规程；并向从业人员如实告知作业场所和工作岗位存在的危险因素、防范措施以及事故应急措施。生产经营单位应当关注从业人员的身体、心理状况和行为习惯，加强对从业人员的心理疏导、精神慰藉，严格落实岗位安全生产责任，防范从业人员行为异常导致事故发生。

4、培训教育是提高员工及管理人员安全素质和安全意识的必要途径，企业在每一名员工入厂前应进行严格的三级安全教育。

5、安全检查、设备安全、职业卫生是安全生产的重要手段，只有齐抓共管才能全面实现安全生产。管生产者必须管安全，各级领导和生产管理人员必须重视安全工作，认真贯彻各级安全生产责任制，实现全面安全管理，用系统的观点，把安全作为子系统纳入企业的大系统，落实“三同时”逐步推行现代安全管理。

6、未应按规定编制事故应急救援预案，应按要求编制事故应急救援预案，配备必要应急设施及物资，组织兼职义务消防队，并定期组织消防训练、使每个职工都会使用消防器材，这对扑救初期火灾有

重要作用。

## 5.7 典型事故案例类比分析

### 【案例】

#### 1、光伏背景

光伏电站总装机容量 50MW，采用海润光伏 HR-250P-18/Bb 型和国电光伏 GDM-250PE03 型光伏组件，集中式逆变器，单机额定容量 500kW，箱式变压器为双分裂式变压器，额定容量 1000kVA，1 台双分裂箱式变压器带 2 台集中式逆变器。全站共 50 台箱式变压器，以 5 回 35kV 线路通过地埋电缆接入 110kV 光伏电站 35kV 母线，35kV 母线采用单母线接线方式。

#### 2、事故经过及设备损毁情况

2016-11-07T16:00，电站运行值班人员在主控视频监控机发现 71 区 1 号逆变器附近 1 台汇流箱冒烟，有起火迹象。现场检查发现 71 区 1 号逆变器 1 号汇流箱内部着火，起火点位于直流输出断路器上口正母线处，正母线、电源模块、数据采集模块、防雷器烧毁。汇流箱起火后内部气体积聚，汇流箱柜门被弹开，燃烧物跌落点燃地面干草，火势沿组件背板地面燃烧，向东串烧近 30m。

受弃光限电影响，事故发生时全站只有 2 台逆变器处于正常运行状态，其余逆变器由调度自动发电控制 AGC 平台统一控制，为限功率运行。71 区 1 号逆变器为限功率运行，逆变器直流侧输入断路器、交流侧并网断路器都处于闭合状态。逆变器向下连接 7 台汇流箱，汇流箱直流输出断路器开关为闭合状态，逆变器和汇流箱连接系统。将 71 区箱式变压器、1 号逆变器及所带 7 台汇流箱从系统中解列，依次对光伏组件、汇流箱、逆变器、箱式变压器进行检查，发现其余 6 台汇流箱电源模块均有不同程度损坏，主要表现为输入电容鼓包漏液、数据采集模块陶瓷气体放电管损坏。检查中还发现逆变器交流侧 V

相输出滤波电容烧毁,箱式变压器低压侧低压断路器 V 相母排连接的金属氧化物避雷器烧毁。同时发现组串进线直流熔断器及防反二极管未损坏,直流输出断路器未跳开。测量 1 号汇流箱进线组串,发现 4 条支路短路接地。现场挖开电缆沟、取出电缆,发现 4 根光伏电缆烧结在一起,其中 1 根电缆烧断。在相应进线熔断器底座处发现发热烧灼的痕迹。检查其他汇流箱光伏进线电缆,未见异常。

### 3、事故分析

#### (1) 短路点确认及短路形成原因

##### 1) 两种组串短路接地后的系统运行方式

①光伏组串进线电缆短路接地后,短路点处形成低阻抗点,其他组串的电流汇聚到短路点处,短路组串的防反二极管从正向导通状态过渡至反向饱和状态,形成箝位,短路点只承受组串自身的短路电流,由于短路电流很小,不会引起大的电弧起火,较常见的是光伏电缆发热烧结在一起。

②如果防反二极管在关断过程中承受较大的反向电压,造成防反二极管反向击穿,短路支路会形成较大的电流回路。1 台汇流箱共带 16 路光伏组串,此时短路点将承受其余 15 路光伏组串的短路电流,该电流值远大于支路熔断器的动作电流,短路支路的直流熔断器熔断解除线路接地。

根据以上 2 种短路接地运行方式,结合现场事故情况,判定汇流箱直流输出断路器正母线为短路接地故障点

#### (2) 短路形成原因

1 号汇流箱直流断路器上口正母线处发生短路后,其余 6 台汇流箱所带负荷会通过直流母排汇入短路点,形成短路回路。短路点流过电流接近 864A (6 个汇流箱瞬时输出电流之和),而汇流箱直流断路器为 GM-250P 型光伏专用断路器,额定电流  $I_n=250A$ ,瞬时动作值为  $10I_n$ ,即 2500A,因此汇流箱直流断路器未跳开。短路点母线短时间内通过的电流较大,发生直流拉弧,导致设备起火。短路汇流箱所带

16 路光伏组串同时进入短路状态，防反二极管形成箝位保护，各支路处于内部短路状态，部分支路发热严重，导致电缆烧结。

## 6 安全对策措施建议

### 6.1 可研已提出的安全对策措施

#### 6.1.1 施工期安全对策措施

1、施工单位应当在施工组织设计中编制安全技术措施和施工现场临时用电方案,同时对危险性较大的分部分项工程依法编制专项施工方案,并附具安全验算结果,经施工单位技术负责人、总监理工程师签字后实施。

2、施工单位应当严格按照施工设计和相关施工技术标准、规范施工,并对工程质量负责。

3、施工单位发现施工设计文件有错漏的,应当及时向生产经营单位、设计单位提出。生产经营单位、设计单位应当及时处理。

4、施工单位发现安全设施存在重大事故隐患时,应当立即停止施工并报告生产经营单位进行整改。整改合格后,方可恢复施工。

5、工程监理单位应当审查施工组织设计中的安全技术措施或者专项施工方案是否符合工程建设强制性标准。

6、工程监理单位在实施监理过程中,发现存在事故隐患的,应当要求施工单位整改;情况严重的,应当要求施工单位暂时停止施工,并及时报告生产经营单位。施工单位拒不整改或者不停止施工的,工程监理单位应当及时向有关主管部门报告。

7、工程监理单位、监理人员应当按照法律、法规和工程建设强制性标准实施监理,并对安全设施工程的工程质量承担监理责任。

8、建设项目建成后,生产经营单位应当进行检查,对发现的问题及时整改。

9、施工完成后,应当按照有关安全生产法律、法规、规章和国家标准、行业标准的规定,对该项目进行检验、检测,保证项目安全设施满足安全生产的要求。

10、该项目竣工投入生产前，应当组织对项目进行竣工验收，并形成书面报告备查。竣工验收合格后，方可投入生产和使用。

### 6.1.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施

#### 1、防火及防爆

##### (1) 工程防火设计

工程防火采用综合消防技术措施，消防系统从防火、监测、报警、控制、疏散、灭火、事故通风、救生等方面进行整体设计。本光伏电站建筑物防火设计满足现行有关防火设计规范的要求。

场区围栏的出入口、临近道路、农田、村庄、墓地较近的地方，设置“禁止烟火”“高压危险”等安全警示标识和安全告知牌。

光伏场区设置视频监控设备，保障视频监控设备完好、无监控盲区，并将视频巡视纳入日常工作中，在监控平台能随时查看光伏场区及周边实时情况；在防火高峰时期（如祭初、烧荒时期等）应增加视频巡视次数。

##### (2) 工程防爆安全设计

变压器等都设有泄压装置，布置上将泄压面避开运行巡视工作的部位，以防止在设备故障保护装置失灵，通过泄压装置释放内部压力时，伤害工作人员。设备的选型和采购均符合现行相关规范。

##### (3) 防静电设计

通风设备等均接地；防静电接地装置与工程中的电气接地装置共用时，其接地电阻不大于  $30\ \Omega$ 。

其建筑物或设备上严禁装设避雷针，而用独立避雷针保护。并采取防止感应雷和防静电的技术措施。

#### 2、防电气伤害

(1) 所有可能发生电气伤害的电气设备均可靠接地，工程接地网的设计满足相关规程规范的要求。

(2) 对于可能遭遇雷击的建筑物屋顶、设备等采取避雷带或避

雷针保护。

(3) 屋外开敞式电气设备, 在周围设置高度不低于 1.5m 的围栏。

(4) 在远离电源的负荷点或配电箱的进线侧, 装设隔离电器, 避免触电事故的发生。

(5) 用于接零保护的零线上, 不装设熔断器和断路器。

(6) 对于误操作可能带来人身触电或伤害事故的设备或回路, 设置电气联锁或机械联锁装置, 或采取其它防护措施。

(7) 供检修用携带式作业灯, 符合《特低电压 (ELV) 限值》(GB/T3805-2008) 的有关规定。

(8) 单芯电缆的金属护层、封闭母线外壳以及所有可能产生感应电压的电气设备外壳和构架上, 其最大感应电压不大于 50V。否则, 采取相应防护措施。

(9) 电气设备的外壳和钢构架在正常运行中的最高温升:

1) 运行人员经常触及的部位不应大于 30K;

2) 运行人员不经常触及的部位不应大于 40K;

3) 运行人员不触及的部位不应大于 65K, 并设有明显的安全标志。

(10) 电气设备的防护围栏应符合下列规定:

1) 栅状围栏的高度不应小于 1.2m, 最低栏杆离地面静距不应大于 0.2m;

2) 网状围栏的高度不应小于 1.7m, 网孔不应大于 40mm×40mm;

3) 所有围栏的门均应装锁, 并有安全标志。

### 3、防机械及防坠落伤害

(1) 采用的机械设备的布置, 设计中满足有关国家卫生标准的要求, 在设备采购中要求制造厂家提供的设备符合《生产设备安全卫生设计总则》(GB5083-1999)、《机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离》(GB23821-2009)、《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/T8196-2018)。

(2) 所有机械设备防护安全距离，机械设备防护罩和防护屏的安全要求，以及设备安全卫生要求，均符合国家有关标准的规定。

(3) 需上人巡视的屋面设置净高不小于 1.05m 的女儿墙或固定式防护栏杆。

(4) 该光伏电站设置的室外楼梯，均考虑了意外坠落的影响，设置防护栏杆与扶手，中间设置休息平台，均采取防滑措施。

#### 4、防噪声及防振动

光伏电站按远程集控“无人值班”（少人值守）方式设计，采用以计算机为基础的全厂集中监控方案，并设置图像监控系统，因而少量的值守人员的主要值守场所布置在生产楼的中控室内，其噪声均要求根据《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）规定，结合本电场的特点，限制在 60dB~70dB。

(1) 为确保各工作场所的噪声限制在规定值内，要求各种设备上的电动机、风机、水泵、变压器等主要噪声、振动源的设备设计制造厂家提供符合国家规定的噪声、振动标准的设备。中控室等主要办公场所选用室内机噪声值小于 60dB 的空调机，并采取必要的隔振、减振处理。

(2) 在噪声源较大的设备房间采取必要的措施，如水泵等布置在单独的房间并采取吸声、隔声或更为有效的消音屏蔽以及相应的隔振、减振和阻尼措施。

(3) 选用噪声和振动水平符合国家有关标准规定的设备，必要时，对设备提出允许的限制值，或采取相应的防护措施，如在建筑上采用降噪材料等。

(4) 管道设计及其支吊架合理选择，以避免或减少流体高速流动及管道振动所产生的噪声。

(5) 为运行人员配备临时隔声的防护用具。

#### 5、防尘、防污染、防腐蚀、防毒

(1) 辅助生产建筑相关部位按消防设计原则设有事故排风、排

毒措施。

(2) 设备支撑构件、水管和气管根据不同的环境采取经济合理的防腐蚀措施。除锈、涂漆、镀锌、喷塑等防腐处理工艺符合国家现行的有关标准的规定。电缆桥架采用热浸锌处理。

(3) 建筑材料的毒性、放射性均符合国家有关卫生标准规定，不得超标。

## 6、防电磁辐射

该项目布置的部分电气设备会对人体产生电磁辐射，长期处于电磁辐射环境下会导致运行管理人员身体伤害。

光伏电站运行时会产生一定能量的电磁辐射，但因其频率为 50Hz，属于长波范围，强度较低，对人体影响很小。

## 7、防大风、防凝冻、防雪灾

(1) 在选择太阳能电池组件、逆变设备、输电线路及其辅助设备时，充分考虑这些设备在低温、超强大风荷载、积雪覆冰等气象灾害状态下的工作情况。

(2) 在太阳能电池支架设计时充分考虑风荷载，在设备基础设计施工时考虑滑坡等问题。

(3) 冰雹、雾霾、凝冻天气结束后，尽快组织清理太阳能电池组件表面灰尘、积雪覆冰等。

(4) 在人员经常停留的室内场所或有防冻要求的设备间内设置采暖系统。

(5) 室外主要发电设备防护等级满足防沙尘的要求。

(6) 施工完后，尽快进行环境绿化，植树种草，防止水土流失和沙尘对作业环境的影响。

(7) 做好冰雹、雾霾、凝冻等的事故应急预案，暴雨冰雹时，应加强监测，防止雨水冲刷及冰雹砸落对光伏支架基础造成危害。

## 8、安全色和安全标志

对工作场所进行色彩调节设计，有利于增强识别意识，精力集中，

减少视力疲劳。调节人员在工作时的情绪，提高劳动积极性，达到提高劳动生产效率、降低事故发生率的目的。

根据 GB2893.1-2013《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》的规定，充分利用红（禁止、危险）、黄（警告、注意）、蓝（指令、遵守）、绿（通行、安全）四种传递安全信息的安全色，使人员能够迅速发现或分辨安全标志、及时受到提醒，以防止事故、危害的发生。

安全色和安全标志设置的场所及类型见表 6.1-1。

表 6.1-1 安全色和安全标志设置场所及类型

标志名称	安全色	设置场所	标志内容
禁止标志	红色	1.电缆密集处	禁止烟火、消火栓灭火器、消防水带
		2.消防设施	
警告标志	黄色	1.电气设备的防护围栏	当心触电
		2.温升超过 65℃的设备外壳或构架	当心高温伤人
		3.超过 2.0m 的钢直梯上端	当心坠落
		4.主要通道口	当心车辆
		5.机修车间，修配厂车间入口	当心机械伤人
		6.超过 55 度的钢斜梯	当心滑跌
		7.集水井、吊物孔周围的防护栏	当心坠落
提示标志	绿色	1.安全疏散通道	安全通道、太平门

## 9、消防设施安全措施

### （1）消防给水和灭火设施

1) 火灾报警系统及有关消防系统应由具有消防资质的设计单位设计，并由具有消防资质的施工单位施工。

2) 消防设计和消防验收应报住建部门审核和备案。

### （2）机电设备消防

电缆防火采取封、堵、隔等防火措施。具体防火措施为：

1) 盘柜：柜内不带铁盖板的开关柜及下方的楼板孔洞，用上下

两层防火隔板（上层隔板 5mm 厚，下层隔板 10mm），阻火包、有机堵料组合封堵，楼板下防火隔板用 M8 膨胀螺栓固定，上侧防火隔板安装在柜盘内；柜内带有铁盖板的开关柜及下方的楼板孔洞，用 1 层 10mm 厚的防火隔板、阻火包、有机堵料组合封堵，防火隔板用 M8 膨胀螺栓固定在楼板上。

2) 架空桥架穿墙孔处设置防火墙，防火墙采用阻火包、有机堵料和无机堵料组合封堵。

3) 架空桥架电缆引入盘柜处，在桥架电缆引出处用阻火包和有机堵料组合封堵。

4) 在架空桥架、电缆沟的交叉和分支处设立阻火段，用阻火包、有机堵料和无机堵料组合封堵。

5) 电缆沟出墙处，用阻火包、有机堵料和无机堵料组合封堵。

6) 所有电缆管两端均采用有机堵料封堵严密。

## 10、消防电气

(1) 消防灭火系统的供电电源按一级负荷供电。

(2) 火灾探测报警装置、火灾应急照明按丁二级负荷供电。

(3) 消防用电设备采用双电源或双回路供电时，在最后一级配电箱处自动切换。当火灾发生时，在变电站内的生产、生活用电被切断的情况下，仍能保证消防设备的用电。

## 11、主要危险有害物质安全对策措施

(1) 氧气、乙炔瓶搬运时要装上安全帽、防震圈，要轻装、轻卸，严禁抛扔、滚碰，运输工具应有安全标识，夏季应有遮阳设施，严禁烟火，不得与易燃、易爆物一起运输。

(2) 氧气、乙炔气瓶贮存、使用时离明火距离不得小于 10m，充满的气瓶不得在阳光下曝晒，冬季使用时如发现瓶阀冻结，严禁用明火烤，应用开水解冻；使用中直立时应防倾倒措施，严禁敲打、碰撞，瓶内气体不得用尽，必须留有 0.05MPa 的剩余压力，启闭阀门要缓慢。

(3) 氧气、乙炔气瓶使用时安全距离不得小于 5m，氧气瓶不得沾有油污。

(4) 按照国家规范做好炸药管理与放炮期间的安全管理。炸药、导爆管等爆炸物品应严格按照《民用爆炸物品安全管理条例（修改）》（国务院令 第 466 号）要求进行管理和使用。使用爆破器材，须建立严格的领取、清退制度。

(5) 电站施工应尽量采用破碎锤破碎，如确实需要爆破时，爆破施工应严格按照《爆破安全规程》（GB6722-2014）规定执行，在施工爆破作业周围 300m 区域为危险区域，对危险区域应采取有效的防护措施。爆破时必须将人员转移至爆破点 300m 外，确保人员安全。爆破危险区域边界的所有通道应设有明显的提示标志或标牌，标明规定的爆破时间和危险区域的范围。

(6) 区域内设有有效的音响和视觉警示装置，使危险区内人员都能清楚地听到和看到警示信号。加强爆破过程安全防护和监测，避免不可预见危害发生。

(7) 在爆破作业施工前，施工单位应与当地公安部门取得联系，并征求相关意见。

(8) 爆破器材、炸药雷管的运输、使用、保管应有资质的单位承担、并签订协议。

(9) 油料存放点按规定配置灭火器材。

## 12、安全管理方面的对策措施

(1) 企业必须成立安全生产管理机构，配置安全生产管理人员。

(2) 该公司主要负责人（法定代表人、公司经理和场长）和安全生产管理人员必须经过安全教育培训并经考核合格后方能任职。

(3) 电工作业、焊接作业的人员属于特种作业人员，应当接受与其所从事的特种作业相应的安全技术理论培训和实际操作培训，取得特种作业操作证。

(4) 进网作业的电工，应参加电工进网作业许可考试，考试成

绩合格后申请取得电工进网作业许可证，方可从事相应的工作。

(5) 企业必须依法参加工伤保险，为从业人员足额缴纳工伤保险。

(6) 按照安全管理要求制定事故应急救援预案，设置应急救援小组，配置应急救援必要的设施、设备。要指定专人进行应急管理，并按规定组织进行演练。

(7) 企业应当为劳动者建立职业健康监护档案，并按照规定的期限妥善保存。

(8) 加强动火、起重、有限空间作业等检修作业的安全管理。

1) 动火作业严格执行审批制度，要专人监护，落实好防火安全措施。

2) 起重作业人员作业时必须遵守有关规定、要求。起重机操作期间，运行区域内地面不允许有人员操作或通行。划定警戒线，并有专人监护。

3) 有限空间作业严格执行作业票制度。实施有限空间作业，应当严格执行“先通风、先检测、后作业”的原则，未经通风和检测，严禁作业人员进入有限空间。同时做好个人防护和监护工作。

(9) 中央企业、省属企业及其所属用人单位的职业病危害项目，向其所在地设区的市级人民政府卫生健康管理部门申报。

(10) 企业应开展安全标准化建设，建立健全安全生产标准化评定标准和考评体系，通过自我检查、自我纠正和自我完善，建立安全绩效持续改进的安全生产长效机制。

(11) 参照《企业安全生产费用提取和使用管理办法》(财企〔2022〕136号)规定，光伏电站应明确安全生产费用使用范围，制定安全生产费用提取标准，并建立安全生产费用的管理制度，保证该光伏电站安全生产投入的有效实施。

(12) 企业应与相关方签订安全生产协议，明确双方安全生产责任和义务，同时还应纳入本公司的安全管理范畴。

1) 设计资质条件：设计单位应当具备国家规定的具有相应的电力设计资质，并按照国家有关规定对项目进行设计。

2) 施工资质条件：①电力施工单位应当具备国家规定的安全生产条件，具备相应等级的资质证书并依法取得安全生产许可证，在许可的范围内从事电力建设工程施工活动；②从事爆破作业时，施工企业必须具有“爆破施工企业资质证书”，并在资质范围内作业，编制爆破作业说明书，报有关部门批准；③制造、安装、维修、拆卸电力施工起重机械、整体提升模板和大型施工脚手架等特种设施的单位，必须具有国家规定的相应资质，并按照国家有关规定进行制造、安装、验收、维修、拆卸；④在风电机运输前，应与有运输资质的运输公司签定安全协议，明确安全责任划分；⑤设备检验、检测单位，必须具有国家规定的相应资质，并按照国家有关规定对设备进行检验、检测。

3) 施工监理：电力监理单位应当编制电力建设工程项目安全监理实施细则。实施细则应当明确安全监理的方法、措施、控制要点和安全技术措施的检查方案。电力监理单位应当按照实施细则对电力施工单位、调试单位和试运行单位实施安全监理。

(13) 建设单位应遵循国家有关建设项目“三同时”要求，项目竣工后应进行安全验收才能投入生产。

## 6.2 所补充的安全对策措施

### 6.2.1 场址选择、周边环境及总平面布置安全对策措施

1、各种建构筑物的结构强度、耐火等级、抗震设防烈度、通风、采光、照明等，均应按其使用特点和地区环境符合相关标准规定，应有抗震、防水、防风、防雷等措施。

2、变压器室、配电装置室等电气设备房间的门，应朝疏散方向开启，当门外为公共走道或其他房间时，应采用乙级防火门。配电装置室中间隔墙上的门应采用不燃材料制作的双向弹簧门。

3、根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 4.0.3 和第 7.1.8 条，该项目应按防洪等级 III 级进行设防，防洪标准大于等于 50 年一遇的高水位。

## 6.2.2 光伏系统组件安全对策措施

### 1、光伏系统安装方面安全对策措施

（1）选用太阳能电池组件、设备、材料等时，应选用经国家有关部门鉴定验收的合格产品，并应充分考虑其对最恶劣气候条件如冰雪、大风等自然灾害的抵抗能力。

（2）光伏阵列安装点应当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）为了防止雷击对光伏系统的损害，建议在光伏阵列回路内安装防雷元件。

（6）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。

（7）在安装过程中保证光伏电池板上下部分通风良好。

（8）接地可靠、电阻合格，检修电源加装漏电保护装置并定期试验。

### 2、光伏系统维护方面的安全对策措施

（1）应当经常清除太阳能电池表面灰尘，以免影响发电量及设备的正常运行。

（2）遇到狂风、暴雨等异常天气时，应及时采取保护措施。

（3）定期检查所有安装部件的紧固程度，检查电极或接线是否有接触不良、支架是否锈蚀，发现缺陷及时处理。

（4）定期检测光伏电站接地电阻。

### 6.2.3 电气系统安全对策措施

#### 1、光伏箱式变电站

严格按照《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）、《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）等相关规范进行电气设备设计、布置，与周边保持足够的间距。

#### 2、逆变装置

（1）逆变器在下列环境条件下应能连续、可靠地工作：

- 1) 环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；
- 2) 空气相对湿度应小于 85%（在空气温度为  $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  时）；
- 3) 运行地点无导电、爆炸尘埃，没有腐蚀金属和破坏绝缘的气体；
- 4) 运行地点无振动和冲击。

（2）逆变器应具有输出电压自动调节功能，当输入电流电压在额定值的 85%~120% 范围变化时，其方波输出端电压变化范围应不超过额定电压值的  $\pm 10\%$ ，正弦波输出端电压变化范围应不超过额定电压值的  $\pm 5\%$ 。

（3）逆变器的输出频率变化范围应不超过规定值的  $\pm 5\%$ 。

（4）逆变器输出波形为方波时，谐波分量应小于或等于 10%；为正弦波时，谐波分量应小于或等于 5%。

（5）在额定输出状态下，其输出容量不大于 2kVA 的逆变器，效率应大于或等于 80%；大于 2kVA 的逆变器，效率应大于或等于 85%。

（6）逆变器在额定负载及正常使用条件下，其主要零部件的温升为：

1) 电力半导体功率元器件（晶闸管、整流管、场效应管等）用温度计法测量时，温升应符合有关标准规定；

2) 变压器及电抗器用电阻法测量时，E 级绝缘温升应不超过  $75^{\circ}\text{C}$ ，A 级绝缘温升应不超过  $60^{\circ}\text{C}$ ；

3) 导体器件连接的塑料绝缘导线、橡胶导线, 温升应不超过  $45^{\circ}\text{C}$ 。

(7) 逆变器应设有以下保护:

1) 输出短路保护: 其短路保护动作时间应小于或等于  $0.5\text{s}$ ;

2) 过流保护: 当工作电流超过额定值的  $150\%$  时, 逆变器应能自动保护;

3) 输入欠压保护: 当输入端电压低于额定电压的  $85\%$  时, 逆变器应有保护和显示;

4) 输入过压保护: 当输入端电压高于额定电压的  $130\%$  时, 逆变器应有保护和显示;

5) 输入反接保护: 当输入端正、负极接反时, 逆变器应有防护功能和显示;

6) 防雷保护: 逆变器应具有防雷保护。

(8) 负载等级

在额定电流下, 逆变器连续可靠工作时间应大于或等于  $8\text{h}$ ; 在  $125\%$  额定电流下, 逆变器连续可靠工作时间应大于或等于  $1\text{min}$ ; 在  $150\%$  额定电流下, 逆变器连续可靠工作时间应大于或等于  $10\text{s}$ 。

(9) 在输入电压为额定值, 负载为零时, 逆变器空载损耗应不超过额定容量的  $3\%$ 。

(10) 输入端正、负极、输出端和保护性接地端在接线处应有明显的标志。

逆变器噪声应小于或等于  $65\text{dB (A)}$ 。

逆变器的前后面板及其他外露部分应涂漆或镀层, 涂镀层应表面平整光滑、色泽一致和牢固。

逆变器首次故障前工作时间应大于或等于  $1500\text{h}$ 。

逆变器的选择应选用合格的产品, 具有合格证。每台逆变器应设有标牌, 标牌的字迹应清晰、整齐, 产品标牌应包括制造厂名、产品名称、产品型号和标记、产品主要参数、出厂日期和出厂编号等内容。

### 3、断路器

(1) 在断路器发生故障时便不能切断电弧。

(2) 定期对断路器进行检维修，若发生熔断器熔断、接触不良等情况，应立马进行整改。

#### 4、直流系统

(1) 合理配置光伏系统直流电压等级，降低线路铜损。

(2) 直流系统直流监测配电箱、直流分电屏等设备的选择应满足国家相关标准规范的要求，选用合格的产品。

#### 5、自动控制系统

为了防止继电保护事故的发生，应认真贯彻《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T14285-2006）等相关规程，使用屏蔽电缆以抗电磁干扰。

#### 6、接入系统

(1) 光伏电站并网运行时，向公共连接点注入的谐波电流注入应满足要求。

(2) 光伏电站并网运行时，向电网馈送的直流电流分量不应超过其电流额定值的 1%。

(3) 光伏电站并网时应与电网同步运行。电网额定频率为 50Hz，光伏电站并网后的频率偏差值允许 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

(4) 在正常运行情况下，光伏电站向电力系统调度部门提供的信号至少应当包括：光伏电站的公共连接点出电压、注入电力系统的电流、有功功率、功率因数、频率和电量。

#### 7、电线电缆

(1) 项目的电缆选择应符合现行国标和电力行业标准的有关规定。受外部影响着火的电缆密集场所，或可能因着火蔓延酿成严重火灾事故的电缆回路，应根据负荷重要程度和使用环境，采取防止电缆着火延燃的措施。

(2) 配电室宜使用铠装或阻燃电缆。

(3) 严格按正确的设计图册施工，做到布线整齐，各类电缆按

规定分层布置，电缆的弯曲半径应符合要求，避免任意交叉并留出足够的人行通道。

(4) 控制室、穿越楼板、墙壁、柜、盘等处的所有电缆孔洞和盘面之间的缝隙（含电缆穿墙套管与电缆之间的缝隙）必须采用合格的不燃或阻燃材料封堵。

(5) 应尽量减少电缆中间接头的数量。如需要，应按工艺要求制作安装电缆头，经质量验收合格后，再用耐火防爆盒将其封闭。

(6) 建立健全电缆维护、检查及防火、报警等多项规章制度。坚持定期巡视检查，对电缆中间接头定期测温，按规定进行预防性试验。

(7) 为防止农业作业人员随意开挖导致接地损坏，应加强进入光伏电站区域作业农业人员的培训，告知其可能引发的危险因素；加强光伏电站的巡检工作，发现违规作业，立即制止；地上设置明显标志和标识，防止农业作业人员随意开挖。

## 8、防止电气误操作

(1) 为了防止电气误操作事故的发生，应落实电业安全工作规程及其他有关规定。

(2) 严格执行操作票、工作票制度，并使两票制度标准化、管理化。

(3) 严格执行调度命令，操作时不允许改变操作顺序，当操作发生疑问时，应立即停止操作，并报告部门领导，不允许随意修改操作票，不允许解除闭锁装置。

(4) 应结合实际制定防误装置的运行规程及检修规程，加强防误闭锁装置的运行、维护管理，确保已装设的防误闭锁装置正常运行。

(5) 建立完善的万能钥匙使用和保护制度。防误闭锁装置不能随意退出运行，停用防误闭锁装置时，要经本单位总工程师批准；短时间退出防误闭锁装置时，应经值长批准。

(6) 采用计算机监控系统时，远方、就地操作均应具备电气闭

锁功能。

(7) 防止无关人员误操作，室外各种电气设备“箱”、“柜”全部上机械锁。

#### 9、防止接地网事故

(1) 应根据短路容量的变化，校核接地装置（包括设备引下线）的热稳定容量。

(2) 接地引下线经确认合格以及隐蔽工程必须经验收合格后，方可回填土，并应分别对两个最近的接地引下线之间测量回路电阻，测试结果是交接验收资料的必备内容，施工时交生产单位备存。

(3) 接地装置的焊接质量、接地试验应符合规定，各种设备主接地网的连接必须可靠，扩建接地网与原接地网间应多点连接。

(4) 接地电阻应满足规定要求，当接地电阻不能满足要求时，应有完善的均压及隔离措施，方可投入运行。

(5) 变压器中性点应有两根与主接地网不同地点连接的接地引下线，且每根接地引下线均应符合热稳定的要求，重要设备及设备构架等宜有两根与主接地网不同地点连接的接地引下线，且每根接地引下线均应符合热稳定的要求。连接引下线应便于定期进行检查测试。

(6) 接地装置引下线的导通检测工作应每年进行一次。

(7) 认真执行《电力设备预防性试验规程》（DL/T596-2005）中对接地装置的试验要求，同时还应测试各种设备与接地网连接情况，严禁设备失地运行。

#### 10、防雷

(1) 电站厂房的避雷带、配电装置的避雷器，其接闪器、引下线、接地极及接地电阻应合格，并且每年应检测一次，检测工作应由有资质的单位实施。

(2) 建筑物、构筑物的防雷装置设计安装应符合现行国标《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的有关规定。

(3) 计算机系统的接地应远离独立避雷针接地极，计算机系统

应采取防雷电感应和雷电入侵波。

(4) 针对直击雷过电压、侵入雷电波过电压和感应雷过电压，采取以下三种预防措施：

1) 建筑物采用避雷针、避雷线、避雷带和钢筋焊成网等结构，防止雷电直击建筑物。

2) 采用氧化锌或阀形避雷器有与该避雷器相配合的进线保护段等保护配合。

3) 防止感应雷过电压。为防止发电机绝缘击穿，应在发电机回路装设避雷器或电容器。

(5) 避雷器每年在雷雨季节前按《电力设备预防性试验规程》(DL/T596-2005) 进行试验。所测量的数据必须归档并与初始值或历年数据进行对比后才能作出结论。

(6) 严格按《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010) 要求设计、施工验收。

#### 11、防小动物

(1) 电气设备室的门窗、通往外室的电缆沟应封堵严密，不得有孔、缝，人员出入时应随手将门关好，并有不低于 50cm 高的挡鼠板，防治灭鼠毒饵、捕鼠器械，一旦发现小动物活动痕迹，要彻底追查，电站内不存放和乱丢食物，以免诱入小动物；

(2) 电气设备室内的排气扇、玻璃窗、百叶窗等外口处加装防护网；

(3) 巡视过程中应认真检查站内设备，发现鸟窝立即处理，防止因鸟害造成事故。

### 6.2.4 建（构）筑物安全对策措施

#### 1、太阳能电池组件支架、逆变器室基础安全对策措施

(1) 对各太阳能电池组件板基础地质情况进行详勘；

(2) 设计基础时结合工程地质情况，满足地基防液化、动荷载、

承载、沉降、抗倾、抗浮等要求。

- (3) 严格控制施工工艺和施工质量；
- (4) 运行期应对各基础进行定期观测、巡视、维护；
- (5) 采取有效的地基防腐措施。

## 2、建筑物安全对策措施

- (1) 设计必须符合要求；
- (2) 严格组织施工，严格验收，确保施工质量；
- (3) 抗震设计符合要求；
- (4) 防止火灾的发生，消防设施按要求配备。

### 6.2.5 并网安全对策措施

#### 1、调度对策措施

(1) 远动终端设备应是满足与电网调度主站接口、信息采集和传送要求的定型产品。

(2) 接入远动终端设备的信息应满足电网调度的需要，应具备完整的技术资料及远动信息参数表等。

(3) 自动化系统设备屏体应可靠接地，底部应密封；远动系统与通信设备的接口处应设置通道防雷保护装置。

(4) 计量装置配置应符合电力系统关口电能计量装置技术管理规范要求。应装设电量自动采集装置，按调度端主站设置传送数据。

#### 2、通信设备对策措施

(1) 通信系统应能满足继电保护、安全自动装置、调度自动化及调度电话等业务对电力系统通信的要求。

(2) 通信话路和远动通道等业务通道应保证畅通，调度录音系统应运行可靠。

(3) 通信设备应配置专用电源系统。高频开关电源应定期进行性能检测，通信专用蓄电池组应定期进行核对性充放电试验，并测试单只电池端电压，保证运行可靠。

(4) 所有设备均应良好接地，机房接地母线及设备接地线截面积应合格。

(5) 应执行所在电网调度机构有关通信设备维护检修管理规定，定期对通信设备进行维护和检修，检测数据应符合相关技术标准。

### 6.2.6 作业环境安全对策措施

1、在各作业场所应设置各种安全警示牌、警告牌、安全标志。

2、照明设正常和事故照明二个分开的供电网络，保证正常充足的照明；必须配置事故照明及备用的蓄电池直流电系统。

3、凡是高于地面或楼面 1.0m 以上的高架平台均配置栏杆，栏杆高度为 1.05m(高 20m 及以下的平台)和 1.20m(高 20m 以上的平台)。

4、所有的楼梯、扶梯均采用防滑条或防滑踏板。

5、在低压照明的网络中加装漏电开关，即触电保安器。

6、对控制室等的空调系统，均应采取消声措施，降低噪声。

7、电气检修作业

(1) 检修作业前，联系运行人员切断与设备连接的电源，并采取上锁措施，在开关箱上或总闸上挂上醒目的“禁止合闸，有人工作”的标志牌。

(2) 所有在带电设备上或其近旁工作的均需要办理《作业许可证》，执行相关管理程序。

(3) 作业人员应按要求穿戴劳保用品（符合“变电所工作时个人防护器材要求”），熟知工作内容，特别是运行人员签署的意见。

(4) 电气作业只能由持证合格人员完成，作业时必须 2 人以上进行，其中 1 人进行监护。

(5) 电气监护人员必须经过专业培训，取得上岗合格证，有资格切断设备的电源，并启动报警信号；作业时防止无关人员进入有危险的区域；不得进行其他的工作任务。

(6) 在维护检修和故障处理中，任何人不得擅自改变、调整保

护和自动装置的设定值。

## 8、高处检修作业

(1) 登高作业项目负责人应检查、落实高处作业用的脚手架(梯子、吊篮)、安全带、绳等用具是否安全,安排作业现场监护人;

(2) 作业人员应按要求穿戴劳保用品,熟知工作内容,特别是有关部门签署的意见;使用安全带工作时,按照《安全带使用管理规定》执行;使用梯子工作时,按照《梯子安全管理规定》执行;使用脚手架工作时,按照《脚手架使用安全管理规定》执行。

(3) 夜间进行高处作业时,应经有关部门批准,制定出安全措施,并保证充足的灯光照明。

(4) 高处作业过程中,安全监护人要经常与高处作业人员联络,不得从事其他工作,更不准擅离职守;当生产系统发生异常情况时,立即通知高处作业人员停止作业,撤离现场;当作业条件或作业环境发生重大变化时,必须重新办理《高处作业许可证》。

(5) 作业完成后,工完料净场地清,做好现场的清洁卫生工作。

## 6.2.7 公用工程及辅助设施安全对策措施

1、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应包括以下内容:电网电压过高、电网电压过低、电网频率过高、电网频率过低、直流电压过高、直流电压过低、逆变器过载、逆变器过热、逆变器短路、散热器过热、逆变器孤岛、DSP 故障、通讯失败。

2、通过设置计算机监控系统,能在线或离线自检计算机软、硬件的各种故障,并发出报警。

3、采用的是综合自动化监控系统,故所有设备的位置信号和事故、故障信号都将通过综合自动化监控系统及其操作员工作站的屏幕显示器进行监视和显示,并有智能语音报警系统进行语音提示。

4、设有火灾报警系统,其电源引自厂用配电室,同时配备 1 套

DC24V 备用电源。

5、监控室、配电室等采用自然进风，机械排风的通风方式，通风换气量按排除室内电气设备余热所需通风量选取，并应考虑每小时不小于 12 次的事故通风，事故排风机兼作夏季正常通风使用。

6、二次设备室设分体立柜式空调机调节室内温度，保证室内温度冬季约 20℃，夏季约 27℃，并设新风换气机提供新风。

7、该项目消防设施的设计、配备应满足《建筑设计防火规范(2018 版)》(GB50016-2014)、《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140-2005) 等标准、规范的要求。

8、对该项目建成后可能产生的洪涝灾害、建设单位应采取切实可行的泄洪措施，制定应急预案，准备筑物资、排水设备等。

## 6.2.8 安全生产管理对策措施

### 1、安全生产管理机构对策措施

根据《中华人民共和国安全生产法》的要求，光伏电站的上级公司应当建立、健全安全生产管理机构。应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员（建议配备注册安全工程师），或者委托具有国家规定的相关专业技术资格的工程技术人员提供安全生产管理服务，保证安全生产的责任仍由本单位负责。光伏电站应设置兼职的安全管理人员，负责光伏电站的安全管理工作。

### 2、安全管理制度对策措施

光伏电站必须遵守《中华人民共和国安全生产法》等有关法律、法规，建立、健全各项安全生产制度、安全操作规程，完善安全生产条件，确保安全生产。

建设单位应具体根据国家、地方和行业标准规范制定各种工艺操作规程和安全操作规程。安全生产规章制度主要包括以下内容：

- (1) 安全生产责任制度；
- (2) 安全生产教育和培训制度；

- (3) 安全生产检查制度；
- (4) 劳动防护用品配备和管理制度；
- (5) 安全生产奖励和惩罚制度；
- (6) 安全生产事故报告和处理制度；
- (7) 生产值班制度；
- (8) 操作票制度；
- (9) 工作许可制度；
- (10) 操作监护制度；
- (11) 工作间断、转移、终结制度；
- (12) 电力设施定期检修和维护制度；
- (13) 安全费用投入保障制度；
- (14) 消防管理制度；
- (15) 安全工具使用管理制度；
- (16) 外包服务商安全管理制度；
- (17) 其他保障安全生产的规章制度等；
- (18) 现场文明施工管理制度；
- (19) 应急救援预案管理制度；
- (20) 安全会议制度；
- (21) 隐患排查与治理制度；
- (22) 外来人员管理制度。

企业应根据实际需求建立各类安全管理台账，记录安全制度执行的情况。

### 3、安全资金投入对策措施

(1) 建设单位应当具备的安全生产条件所必需的资金投入，由建设单位的决策机构、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。安全费用按照“企业提取、政府监管、确保需要、规范使用”的原则进行财务管理。

(2) 安全投入包括完善、改造和维护安全防护设备、设施支出：生产设施的监控、监测、通风、防晒、调温、防火、灭火、防雷、防静电等设施设备；安全教育和培训支出；个人劳动安全保护用品支出；消防器材的配备和更新支出；应急设施和演练支出；安全生产检查与安全评价支出。

(3) 建立安全投入资金的管理制度、台帐和使用规定。

#### 4、人员培训与持证安全对策措施

建设单位应当对从业人员进行安全培训，包括主要负责人、安全生产管理人员、特种作业人员和其他从业人员。

(1) 单位主要负责人和安全生产管理人员应当接受经安监部门认可的培训机构组织的安全培训，经培训具备与所从事的生产经营活动相适应的安全生产知识和管理能力，并取得安全培训合格证书。

单位主要负责人和安全生产管理人员初次安全培训时间不得少于 32 学时。每年再培训时间不得少于 12 学时。

(2) 光伏电站必须对新上岗的人员进行强制性安全培训，熟悉有关安全生产规章制度和安全操作规程，具备必要的安全生产知识，掌握本岗位的安全操作技能，增强预防事故、控制职业危害和应急处理的能力，保证其具备本岗位安全操作、自救互救以及应急处置所需的知识和技能后，方能安排上岗作业。未经安全生产培训合格的从业人员，不得上岗作业。

(3) 对特种作业人员如“电工进网、电工作业、高处作业”必须持证上岗；对其他“入场人员”如“农业作业人员”等必须进行安全教育培训，经考核合格后方可进入规范现场。

(4) 有关作业人员还需取得行业规定的上岗作业资格证。电站有权接受调度命令的值班人员，应全部经过调度管理规程及有关电网安全运行的培训，经电网企业考核合格后上岗。

#### 5、安全标识设置

根据《安全色》（GB2893-2008）和《安全标志及使用导则》

(GB2894-2008) 的规定, 充分利用红 (禁止、危险)、黄 (警告、注意)、蓝 (指令、遵守)、绿 (通行、安全) 四种传递安全信息的安全色, 使人员能够迅速发现或分辨安全标志、及时受到提醒, 以防止事故、危害的发生。

安全色和安全标志设置的场所及类型见表 6.2-1。

表 6.2-1 安全色和安全标志设置的场所及类型表

标志名称	安全色	设置位置	标志内容
提示标志	绿色	安全疏散通道	安全通道、太平门
禁止标志	红色	1.电缆密集处	禁止烟火、消火栓灭火器、消防水带
		2.消防设施	
警告标志	黄色	1.电气设备的防护围栏	当心触电
		2.温升超过 65℃的设备外壳或构架	当心高温伤人
		3.超过 2.0m 的钢直梯上端	当心坠落
		4.主要交通道口	当心车辆
		5.机修车间, 修配厂车间入口	当心机械伤人
		6.超过 55 度的钢斜梯	当心滑跌
		7.集水井、吊物孔周围的防护栏	当心坠落

## 6、日常安全管理对策措施

(1) 光伏电站的安全生产管理人员应当根据本单位的生产经营特点, 根据企业的实际组织专项性或全厂性的安全检查, 对光伏电站安全生产状况进行经常性检查; 对检查中发现的安全问题, 应当立即处理; 不能立即整改的, 应当按照“五落实”的要求制定整改计划, 并及时报告本单位有关负责人。检查及处理情况应当记录在案。

(2) 对违反安全生产法律、法规、规章、标准、规程和安全生产管理制度的现象, 或者因其他因素在生产经营活动中存在可能导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为和管理上的缺陷进行整改或建立防范措施。

(3) 认真贯彻执行《防止电力生产重大事故的二十五项重点要

求》及现场运行规程和安规中的有关防火及事故处理的规定。

(4) 各岗位建立完善的安全操作规程、工艺操作规程，并严格执行，防止出现“三违”现象。

(5) 组织员工学习《电力行业紧急救护技术规范》(DL/T692-2018)，掌握基本紧急救护专业技术知识。

(6) 坚持对职工进行上岗前、在岗期间、离岗时的健康检查，建立职工健康档案。

(7) 应及时为从业人员办理工伤保险。

## 7、外来人员管理措施

(1) 建设单位可根据电站的要求，制定电力安全培训教材或安全注意事项，定期不定期的对相关人员进行培训，保障人、畜的安全。

(2) 应在地面标识出地下敷设电缆的位置，防止农民挖断电缆造成触电事故。

(3) 室外各种电气设备“箱”、“柜”全部上机械锁。

## 8、消防安全方面的对策措施

(1) 该项目的的设计应符合《建筑设计防火规范(2018版)》(GB50016-2014)等技术标准的规定。

(2) 光伏电站的配电房、电缆室(电缆垂直通道)应根据规范要求配置火灾探测器。当火灾发生初期，探测器将火灾信号送至控制室，发出声光报警信号。应采取防火墙、防火门间隔和遇火能自动封闭的电缆穿线孔等建筑措施。

(3) 在明显地点设置消防警示标志，在通道处设置应急照明灯和疏散指示标志。

(4) 消防器材的配备数量、品种应符合有关规定，并定期检查各类消费器材，确保消防器材的有效、可靠。

(5) 建设项目的的设计、施工应符合国家和部颁有关消防规定的要求，并经调试验收合格和消防管理部门验收后方可投入生产。

(6) 电缆沟的下列部位应设置防火分隔措施：

- 1) 电缆从室外进入室内的入口处;
- 2) 穿越控制室、配电装置室处;
- 3) 电缆沟道每隔 60m 处;
- 4) 电缆沟道分支引接处;
- 5) 控制室与电缆夹层之间。

#### 9、关于职业危害安全对策措施

(1) 为值班员提供含空调的越野车巡检光伏阵列，值班室内的安装空调设备，减少工人接触高温的时间。

(2) 为值班员提供含空调的越野车巡检光伏阵列，值班室内的安装空调设备，为值班员提供棉大衣，减少工人接触低温的时间。

(3) 按《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2010)划分卫生特征，按照要求配备的辅助性卫生设施设置。

(4) 按照《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)、《用人单位职业病危害告知与警示标识管理规范》要求在醒目位置设置公告栏，公布有关职业病防治的规章制度、操作规程、职业病危害事故应急救援措施和工作场所职业病危害因素检测结果。存在或者产生职业病危害的工作场所、作业岗位、设备、设施，应当按照《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)的规定，在醒目位置设置图形、警示线、警示语句等警示标识和中文警示说明。警示说明应当载明产生职业病危害的种类、后果、预防和应急处置措施等内容。

(5) 配备有效的个人防护用品。个人防护用品必须保证选型正确，维护得当。建立、健全个人防护用品的采购、验收、保管、发放、使用、更换、报废等管理制度，并建立发放台账。防尘、减振降噪、防高温等措施可参考《建筑行业职业病危害预防控制规范》(GBZ/T211-2008)。

#### 10、项目检维修期间安全对策措施

(1) 对于需要有资质进行检维修的装置、设施，应根据相关规定委托有相应资质的专业单位实施检维修工程。

(2) 建设项目建成后，建设单位应建立安全管理制度，制定应急预案。

(3) 施工场所有多个承包单位的，应当与承包方签订专门的安全生产管理协议，或者在承包合同中约定各自的安全生产管理职责；应对承包单位的安全生产工作统一协调、管理。

(4) 对于施工单位的施工人员应进行在本单位施工的安全教育，特种作业人员应具备相应的资格，危险作业应办理相关许可手续。

### 6.2.9 关于安全设施“三同时”工作的建议

1、建设项目安全设施的设计应当由有相应设计资质的设计单位进行。

2、建设单位应请有资质的单位对安全设施进行施工。建设项目安全设施竣工后，建设单位应当按照有关安全生产的法律、法规、规章和标准的规定，对建设项目安全设施进行检验、检测，保证建设项目安全设施处于正常生产状态。

3、建设单位应做好试生产条件准备，编制试生产方案并严格执行。试生产时间不低于 30 天，最长不超过 180 天，建设单位应进行安全验收评价，并向有关部门申请建设项目安全设施竣工验收。

### 6.2.10 项目施工期安全对策措施

#### 1、施工、监理单位选择

施工、监理单位应有相应的资质，施工单位的特种作业人员应取得相关部门颁发的特种作业人员操作证书，并做到持证上岗。施工前应对施工人员进行劳动安全的教育，施工人员应配备劳动防护用品。施工现场应根据需要设置警示性标牌、围栏等安全设施，施工过程中应做好施工用电的安全管理。

#### 2、建设施工前准备工作

(1) 制定电焊、气焊等作业安全操作规程及动火管理制度，教育职工严格执行，严禁违章动火；

(2) 加强电气设备检查、维护和检修规程学习；加强施工人员安全培训和教育；

(3) 施工现场灭火器、消火栓等消防设施应满足消防需求。

(4) 贮存化学危险品的仓库必须配备有专业知识的技术人员，其库房及场所应设专人管理，必须配备可靠的个人安全防护用品。

(5) 贮存化学危险品的建筑物区域内严禁吸烟和使用明火。

(6) 化学危险品贮存区域或建筑物内输配电线路、灯具、事故照明和疏散指示标志都应符合安全要求。

(7) 贮存化学危险品的建筑必须安装通风设备并注意设备的防护措施。

### 3、光伏系统安装施工应采取安全措施

(1) 光伏系统的产品和部件在存放、搬运等过程中不得碰撞受损；吊装光伏组件式，光伏组件地步应衬垫木，背面不得收到碰撞和重压。

(2) 光伏组件在安装时，表面应铺遮光板遮挡阳光，防止触电危险。

(3) 光伏组件的输出电缆不得非正常短路。

(4) 对无断弧功能的开关进行连接时，不得在有负荷或能形成低阻回路的情况下连接正负极或断开。

(5) 连接完成或部分完成的光伏系统，遇有光伏组件破裂的情况应及时采取限制接近的措施，并应由专业人员处置。

(6) 不得局部遮挡光伏组件，否则在遮荫部分，非但没有电力输出，反而要消耗电力，形成局部发热，产生“热斑效应”，严重时损坏光伏组件。

### 4、防止气瓶爆炸措施

(1) 使用乙炔气瓶、氧气瓶、压缩空气储气瓶前，一定要进行检查，查标记、颜色、安全附件、技术资料、安全状况等。

(2) 不得对气瓶瓶体、压缩空气储气罐进行焊接和更改气瓶的钢印或颜色标记，乙炔气瓶专瓶专用，不得擅自改装它类气体。

(3) 乙炔气瓶、氧气瓶不得靠近热源、电器设备、可燃助燃性气体的气瓶，与明火的距离不得小于 10m，严禁放置在通风不良或有放射性射线源的场所使用。

(4) 乙炔气瓶、氧气瓶开阀时应缓慢开启不要过快，严禁敲击、碰撞和火花，防止静电，严禁在瓶体上引弧，严禁将乙炔气瓶放置在电绝缘体上使用，严禁手持点燃的焊割工具调节减压或开闭乙炔气瓶瓶阀。

(5) 乙炔气瓶、氧气瓶、压缩空气储气罐要按检验项目和规程进行定期技术检验，要认真填写记录，载人气瓶档案，做到一瓶一档，报废的气瓶不得与一般气瓶混放，应由检验单位进行破坏性处理，严禁使用不合格的气瓶。

## 7 安全预评价结论与建议

### 7.1 评价结果综述

#### 7.1.1 产业政策及规划符合性、工艺设备的安全可靠性

##### 1、产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 47 号修改）中的“第一类鼓励类”的“五、新能源”的第 1 条“太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成技术开发应用、逆变控制系统开发制造”的项目，因此，该项目符合国家及地方的产业政策。

##### 2、产业规划符合性

国家能源局在“十二五”规划中提出：要加强清洁能源和非化石能源的发展，重点是采取有效措施加大节能力度，提高传统能源清洁利用水平，加大天然气等清洁能源的利用规模，加快推荐水电和核电的开发建设，积极做好风能、太阳能、生物质能等可再生能源的转化利用，大力推进能源结构优化调整，促进能源资源化优化配置。

盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目的建设有利于优化地区电源结构，减轻碳排放，促进当地经济发展，电站建成后电力将通过铜厂沟 220kV 升压站最终出线 2 回 220kV 线路接入六盘水电网消纳。

##### 3、主要工艺、设备的安全可靠性

该项目的工艺、设备不属于限制和淘汰类。对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 47 号修改）的要求，该项目所有电气、仪表等设备及器件，均符合国家有关电气、仪表设计标准、规范的要求。

### 7.1.2 主要危险、有害因素评价结果

本报告通过对盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目存在的危险、有害因素分析，认为该项目存在的主要危险、有害因素有：

#### 1、建设项目在施工过程中主要危险、有害因素

该建设项目存在的危险、有害因素有：触电、高处坠落、物体打击、机械伤害、火灾、爆炸、坍塌、车辆伤害、其他伤害等。

#### 2、建设项目在运行过程中主要危险、有害因素

该建设项目存在的危险、有害因素有：触电、火灾、高处坠落、物体打击、机械伤害、中毒和窒息、起重伤害、车辆伤害、其他伤害、自然灾害（包括地质灾害、气候灾害）等。

#### 3、经辨识，该建设项目无重大危险源。

4、该项目位于贵州省盘州市柏果镇。该项目距离盘州市直线距离约 34km，场区附近有乡村道路通过，周边有省道 S314 和县道 X246 经过场区附近，部分乡村道路直达场区，对外交通条件较便利。另外，该项目不占可利用林地、生态保护红线等敏感因素。

除此之外，该项目所在区域不涉及自然保护区、重要风景名胜军事设施、水源等环境敏感点，不涉及文物保护，不涉及居民搬迁，也无重要宗教敏感点等。

### 7.2 评价方法结果分析汇总

本报告通过对盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目中的危险、有害因素分析，采用了安全检查表、预先危险性分析、类比法及因果分析法等评价方法，定性与定量相结合，其分析评价结果总结如下：

（1）通过采用安全检查表对厂址、总平面布置及主要建（构）筑物单元进行评价，认为项目可研性报告对总体规划及总平面布置等

方面进行了充分考虑，相关观点均能满足规程规范要求。建议在下一步设计中充分考虑太阳能电池方阵及其设备的防风加固措施，以确保光伏电站安全运行。

(2) 通过预先危险性分析可知：光伏电场设备及其系统单元中的高处坠落危险等级为 III 级，物体打击和坍塌事故的危险等级为 II 级。建议项目建成正式投入运行后，对于危险等级为 III 级的作业，应制定相应的安全操作规程，采取切实有效的防范措施，避免事故发生或减轻其危害后果。

(3) 通过预先危险性分析可知：电气设备及其系统单元主要事故的危险等级 III 为变压器油燃烧、爆炸和变配电设备火灾及孤岛效应；II 级为漏电、电击和真空断路器过电压及电缆火灾，对于危险等级为 III 级的作业应制定有效措施，避免事故发生后以减轻其危害后果。

(4) 通过对建（构）筑物单元的评价可知：建筑物结构缺陷事故的危险等级为 III 级；太阳能电池组件板、逆变器室基础缺陷事故的危险等级为 II 级，在运行期间应加强管理，采取可靠的预防措施。

(5) 通过对作业环境单元的评价可知：在光伏发电过程中无有毒、有害物质产生，职业危害程度较轻。同时，项目的设备设施的自动化、智能化，实现电子远程自动监控，可有效减少了作业人员接触有害因素的机会，即使在室外进行巡视和检修作业过程中，只要在个体防护上采取一定的措施，将不会造成明显的职业危害。

(6) 通过对建筑施工单元的评价可知：触电、高处坠落、容器爆炸的危险等级为 III 级，应加以控制；火灾、车辆伤害等事故的危险有害因素的危险等级为 II 级，危险有害因素处于临界状态，应引起重视。

(7) 通过因果分析法对安全管理单元的评价可知，应增强企业负责人和从业人员安全生产意识，学习相关的安全生产专业知识；安全生产操作规程和安全生产责任制应建立健全；设置专职或兼职的安

全生产管理人员等，可避免事故的发生。

## 7.3 应重视的安全对策措施建议

### 7.3.1 安全技术对策措施

#### 1、光伏系统防雷和接地保护

(1) 设置光伏系统防雷措施，其防雷等级分类及防雷措施应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的相关规定执行；

(2) 光伏系统防直击雷和防雷击电脉冲的措施应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）的相关规定执行。

(3) 直流电路可以在光伏方阵输出电路的任意一点接地，接地点应尽可能置于靠近光伏组件和任何其他原件，如开关、熔断器、保护二极管之前，更好的保护系统免遭雷电引起的电压冲击。

(4) 为防止侵入雷电波对电气设备造成危害，应在 35kV 线路、升压变压器高低压侧、35kV 段母线处装设氧化锌避雷器；

(5) 所有的屏柜体、打印机等设备的金属壳体均应可靠接地。通讯电缆、控制电缆金属外皮和屏蔽层应接地。

光伏组件采用接地电缆将组件支架与厂区接地网连接。

接地装置及设备接地的设计按《交流电气装置的接地》等有关规定进行设计。光伏组件区域接地装置设计原则为以水平接地体为主，辅以垂直接地体的人工复合接地网，水平接地体采用镀锌扁钢，垂直接地体采用镀锌钢管。接地电阻以满足组件厂家要求为准。

初步设计时应应对厂址土壤电阻率进行采样检测，并进行修正后决定接地电阻值。

#### 2、重视“孤岛效应”保护

“孤岛效应”对设备和人员的安全存在重大隐患，主要体现在两方面：一方面是当检修人员停止电网的供电，并对电力线路和电力设

备进行检修时，若并网太阳能电站的逆变器仍继续供电，会造成检修人员伤亡事故；另一方面，当因电网故障造成停电时，若并网逆变器仍继续供电，一旦电网恢复供电，电网电压和并网逆变器的输出电压在相位上可能存在较大差异，会在这一瞬间产生很大的冲击电流，从而损坏设备。建议采取：

(1) 被动式防孤岛检测方法：通过检测并网变流器的输出电压、电流、频率、谐波等的变化来判断电网是否存在，一般无需增加逆变器硬件电路。常用的被动式防孤岛检测技术主要有：过/欠压和高/低频率检测法、电压谐波检测法、电压相位突变检测法。

(2) 主动式防孤岛检测方法：通过控制逆变器，使其输出电压、频率、相位或谐波产生一定的预期扰动，检测实际扰动与预期扰动的差异判断电网是否存在。

(3) 采用被动式检测方案与至少一种主动式检测方案相结合的方法：孤岛现象是分布式新能源并网时必须面对的技术难题，如何有效防止非计划性孤岛现象的产生，是分布式新能源并网逆变器或变流器的重要研究内容。不论是被动式还是主动式防孤岛检测方案，都需要对电网电参量进行全面的测量和详尽的分析，不断在实践中总结提高发电系统运行安全性。

### 3、加强电气安全距离和耐张绝缘子串片数的海拔修正

根据《高压配电装置设计规范》（DL/T5352-2018）及《导体和电器选择设计技术规范》（DL/T5222-2005）的要求，建议：

(1) 由于该项目场内原始地面高程为 1315~1420m，可根据《高压配电装置设计规范》（DL/T5352-2018）A.0.1 的要求，35kV 配电装置最小安全净距的海拔修正值为 0.42。

(2) 根据《导体和电器选择设计技术规范》（DL/T5222-2005）第 21.0.12 条可知，在海拔高度为（1000~4000）m 地区，当需要增加绝缘子数量来加强绝缘时，耐张绝缘子串的片数应按下式修正：

$$N_H = N [1 + 0.1 (H - 1)]$$

式中， $N_n$ —修正后的绝缘子片数； $N$ —海拔 1000m 及以下地区绝缘子片数； $H$ —海拔高度，km。

#### 4、加强工程建设质量管理

根据《国家能源局关于进一步加强光伏电站建设与运行管理工作的通知》（国能新能【2014】445 号）精神，为提高光伏电站的运行质量、安全和效率，应做好：

（1）光伏电站项目须采用经国家认监委批准的认证机构认证的光伏电池组件、逆变器等关键设备。

（2）项目单位进行设备采购招标时，应明确要求采用获得认证且达到国家规定指标的产品。

（3）光伏电池组件供货厂商应提供与检测认证相一致的电池片、银浆、封装材料、玻璃、背板、接线盒、连接器等关键部件和原辅材料来源、规格和等级信息。

（4）光伏电站工程设计和建设单位应严格执行国家标准（含行业标准）和工程规范，项目单位应按照有关管理规定进行工程项目竣工验收。

#### 5、重点部位安全警示标识

（1）在人员有可能接触或接近光伏系统的位置，设置防触电警示标识。

（2）电气楼应沿疏散走道和安全出口的正上方设置灯光疏散指示标志。

（3）埋地电缆布置时应考虑尽量避开车辆、人员长期通行位置，电缆通过位置应设置警示标志，防止人员随意动土导致的电缆损坏。

### 7.3.2 安全管理方面对策措施

1、按照《中华人民共和国安全生产法》的规定建立完善的生产安全监督管理体系。光伏电站的负责人及运行、维修、管理人员应当经安全生产监督管理部门及专业对口主管部门培训合格，具备与所从

事的生产经营活动相适应的安全生产知识和管理能力,取得相应的培训合格证书。

2、不断健全光伏电站各部门及人员的安全生产责任制、运行安全操作规程、检测维护和保养检修规程、事故隐患排查治理规程。保持安全投入,不断提高安全生产保障水平。

3、加强光伏电站生产安全事故应急预案培训,提高员工掌握操作岗位应急措施技能,定期组织有关人员进行应急演练,提高人员安全技能。

4、建设项目安全设施竣工或者试运行完成后,对安全设施进行验收评价,编制建设项目安全验收评价报告,及时组织安全设施竣工验收。

## 7.4 综合评价结论

本报告认为盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目的选址、总平面布置及建构筑物、生产工艺、公用工程等方面,符合国家或行业的相关法律、法规、标准、规范的要求。建设单位、设计单位、施工单位和工程监理单位在进行工程设计、施工、监理和光伏发电生产运行中采取项目可行性研究报告和预评价报告提出的对策措施的基础上,严格执行和遵守国家有关法律法规,加强工程质量监督和管理,做好建成后的工程竣工验收、安全试运行和安全设施竣工验收等环节的工作,项目建设和运行中存在危险有害因素的风险是可以接受的。

评价结论:盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目符合国家有关安全法律、法规及技术、标准的规定,其安全条件能够满足安全生产的要求。

## 8 与建设单位交换意见的情况结果

在对盘州市双凤镇打峰岩 10 万千瓦农业光伏电站项目进行安全预评价过程中，我公司与建设单位积极交换意见。

在安全预评价报告完成后，我公司将安全预评价报告的主要内容及对策措施和建议与企业沟通和协商，并达成了共识。在与企业积极交换意见，充分协商的情况下，完成了该项目的安全预评价报告。

## 附件及附图：

附件 1：委托书

附件 2：营业执照

附件 3：备案证明

附件 4：接入方案审查意见

附件 5：土地流转协议

附件 6：可研报告封面及结论

附图 1：现场勘察照片

附图 2：项目地理位置图及风玫瑰图

附图 3：220kV 升压站电气主接线图

附图 4：220kV 升压站电气总平面布置图

附图 5：光伏阵列接线示意图

附图 6：集电线路路径示意图

附图 7：计算机监控系统图