

档号：

中山市古镇镇公有物业屋面分布式光伏项目

可行性研究报告

设计编号：

建设单位：中山市

设计单位：广东省电信规划设计院有限公司



广东省电信规划设计院有限公司

Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications Co., Ltd.

2024年10月

保管期限：

中山市古镇镇公有物业屋面分布式光伏项目

可行性研究报告

企业负责人：陈晓民

企业技术负责人：曾沂粲

设计(总)负责人：黄赐悠、许国亮

审核人：

单项设计负责人：江 华

设计人：

估算审核人：

估算编制人：江 华

12:26 2

SCJDGL 仅供广东省电信规划设计院有限公司投标使用 2024-09-30 10:12:26 江华下载

编号: S0112023000448
统一社会信用代码
91440000190337244A

营业执照

名称: 广东省电信规划设计院有限公司
类型: 有限责任公司(法人独资)
法定代表人: 陈晓民
经营范围: 专业技术服务业(具体经营项目请登录国家企业信用信息公示系统查询,网址: http://www.gsxt.gov.cn/。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。)

注册资本: 伍亿贰仟捌佰万叁仟陆佰柒拾贰元肆角肆分(人民币)
成立日期: 1992年04月13日
住所: 广州市天河区中山大道华景路1号11-19层

登记机关: 广州市市场监督管理局
2023年04月11日

扫描二维码登录“国家企业信用信息公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息。

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

国家市场监督管理总局监制

15:02 2

仅供广东省电信规划设计院有限公司投标使用 2024-10-16 16:25:42 江华下载

工程咨询单位甲级资信证书

单位名称: 广东省电信规划设计院有限公司
住所: 广州市天河区中山大道华景路1号11-19层
统一社会信用代码: 91440000190337244A
法定代表人: 陈晓民
技术负责人: 曾沂棠
资信等级: 甲级
资信类别: 专业资信
业务: 电子、信息工程(含通信、广电、信息化), 建筑
证书编号: 甲232024011001
有效期: 2024年07月01日至2027年06月30日

发证单位: 中国工程咨询协会

证书查询

目 录

| | |
|--------------------------|-----------|
| 1. 项目概述 | 8 |
| 1.1. 项目名称..... | 8 |
| 1.2. 项目建设单位..... | 8 |
| 1.3. 项目背景..... | 8 |
| 1.4. 项目建设必要性..... | 9 |
| 1.4.1. 降低能源成本..... | 9 |
| 1.4.2. 促进绿色发展..... | 9 |
| 1.4.3. 提高能源安全性..... | 9 |
| 1.4.4. 充分利用公有物业资源..... | 9 |
| 1.4.5. 推动产业升级，带动就业..... | 10 |
| 1.5. 可行性分析..... | 10 |
| 1.5.1. 符合国家政策引导..... | 10 |
| 1.5.2. 国内光伏发展现状..... | 10 |
| 1.5.3. 广东省现状..... | 12 |
| 1.5.4. 中山市能源结构..... | 13 |
| 1.6. 太阳能资源..... | 15 |
| 1.6.1. 技术可行性分析..... | 17 |
| 1.6.2. 经济可行性分析..... | 17 |
| 1.7. 建设目标..... | 17 |
| 1.8. 项目建设内容和规模..... | 18 |
| 1.9. 项目总投资及资金来源..... | 18 |
| 1.10. 财务评价..... | 18 |
| 1.11. 结论与建议..... | 20 |
| 2. 现状及需求分析 | 22 |
| 2.1. 项目现状..... | 22 |
| 3. 系统总体方案设计 | 22 |
| 3.1. 分布式光伏发电系统..... | 22 |
| 3.2. 光伏组件选型..... | 23 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 3.3. 逆变器的选择 | 25 |
| 3.3.1. 逆变器作用及原理 | 25 |
| 3.3.2. 逆变器的技术指标 | 25 |
| 3.3.3. 逆变器分类 | 26 |
| 3.3.4. 逆变器方案 | 26 |
| 3.4. 光伏组件阵列设计 | 30 |
| 3.4.1. 光伏阵列及倾角设计 | 30 |
| 3.4.2. 光伏组件的串并联计算 | 32 |
| 3.5. 组件清洗方案 | 33 |
| 3.6. 消纳分析 | 33 |
| 3.7. 发电量估算 | 37 |
| 3.7.1. 综合效率系数计算 | 37 |
| 3.7.2. 发电量估算 | 38 |
| 4. 电气系统方案 | 39 |
| 4.1. 设计依据 | 39 |
| 4.2. 接入系统方式 | 40 |
| 4.3. 电缆的选择 | 41 |
| 4.4. 过电压保护及防雷接地 | 42 |
| 4.5. 系统的安全可靠评估 | 43 |
| 4.5.1. 对电网电压影响 | 43 |
| 4.5.2. 对电网频率的影响 | 43 |
| 4.5.3. 对电网谐波的影响 | 43 |
| 4.5.4. 功率的影响 | 43 |
| 5. 土建工程 | 44 |
| 5.1. 设计依据 | 44 |
| 5.2. 光伏阵列设计 | 45 |
| 5.2.1. 结构设计 | 45 |
| 5.2.2. 光伏阵列基础设计 | 45 |
| 5.3. 逆变器的安装设计 | 46 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 5.4. 主要建筑材料 | 47 |
| 6. 工程消防设计 | 48 |
| 6.1. 概述 | 48 |
| 6.1.1. 设计依据 | 48 |
| 6.1.2. 设计原则 | 48 |
| 6.2. 工程消防设计 | 48 |
| 6.2.1. 建筑物火灾危害性分类和耐火等级 | 48 |
| 6.2.2. 主要场所及主要机电设备消防设计 | 49 |
| 6.2.3. 安全疏散通道和消防通道 | 49 |
| 6.2.4. 消防给水设计 | 49 |
| 6.2.5. 消防电气 | 49 |
| 6.2.6. 消防监控系统 | 49 |
| 6.2.7. 建筑消防设计 | 49 |
| 6.3. 施工消防 | 50 |
| 6.3.1. 施工现场消防总体原则 | 50 |
| 6.3.2. 消防器材配置要求 | 50 |
| 7. 施工组织设计 | 51 |
| 7.1. 施工条件 | 51 |
| 7.2. 施工总布置 | 51 |
| 7.2.1. 施工总布置规划原则 | 51 |
| 7.2.2. 施工用电 | 52 |
| 7.2.3. 施工水源 | 53 |
| 7.2.4. 施工通信 | 53 |
| 7.2.5. 工厂占地 | 53 |
| 7.2.6. 场地平整 | 54 |
| 7.3. 工程施工 | 54 |
| 7.3.1. 施工前的准备 | 54 |
| 7.3.2. 土建工程总体施工方案 | 54 |
| 7.3.3. 太阳能光伏支架安装 | 54 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 7.3.4. 太阳能光伏组件安装 | 55 |
| 7.3.5. 汇流箱安装 | 57 |
| 7.3.6. 逆变器安装 | 57 |
| 7.3.7. 电缆敷设 | 58 |
| 7.3.8. 电气管线工程 | 60 |
| 7.3.9. 防雷接地装置安装 | 60 |
| 7.4. 特殊气象条件下的施工措施 | 61 |
| 7.4.1. 高温季节施工措施 | 61 |
| 7.4.2. 雨季施工措施 | 61 |
| 7.4.3. 冬季施工措施 | 62 |
| 7.4.4. 主要施工机械 | 63 |
| 7.5. 施工总进度 | 64 |
| 7.5.1. 施工总进度目标 | 64 |
| 7.5.2. 施工总进度设计原则 | 64 |
| 8.9、工程管理设计 | 66 |
| 8.1.9.1 项目管理机构组成 | 66 |
| 8.2.9.2 项目管理人员及机构职责 | 66 |
| 8.3. 光伏电站运行和维护 | 69 |
| 9. 节能减排 | 70 |
| 9.1. 施工期能耗种类分析 | 70 |
| 9.2. 项目节能措施 | 70 |
| 9.2.1. 减少集电线路损耗 | 71 |
| 9.2.2. 照明节能设计 | 71 |
| 9.2.3. 逆变器的节能设计 | 71 |
| 9.3. 节能减排 | 71 |
| 9.4. 结论 | 72 |
| 10. 环境保护和水土保持设计 | 74 |
| 10.1. 环境保护 | 74 |
| 10.1.1. 主要设计依据 | 74 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 10.1.2. 工程施工期对环境的影响及防治 | 74 |
| 10.1.3. 噪声影响及防治 | 74 |
| 10.1.4. 扬尘、废气 | 74 |
| 10.1.5. 运输车辆对交通干线附近居民的影响 | 75 |
| 10.1.6. 污染物排放 | 75 |
| 10.1.7. 运行期的环境影响 | 75 |
| 10.1.8. 噪声影响 | 75 |
| 10.1.9. 废水影响 | 75 |
| 10.1.10. 电磁场影响 | 76 |
| 10.1.11. 雷击 | 76 |
| 10.1.12. 污染物排放总量分析 | 76 |
| 10.1.13. 光污染及防治措施 | 76 |
| 10.2. 水土保持 | 76 |
| 10.2.1. 设计依据 | 76 |
| 10.2.2. 设计任务及总体目标 | 76 |
| 10.2.3. 工程建设造成水土流失影响分析 | 77 |
| 10.2.4. 建议 | 77 |
| 11. 劳动安全与工业卫生 | 78 |
| 11.1. 总则 | 78 |
| 11.1.1. 设计范围和主要内容 | 78 |
| 11.1.2. 主要依据文件 | 78 |
| 11.2. 劳动安全与工业卫生对策措施 | 79 |
| 11.2.1. 施工期劳动安全与工业卫生对策措施 | 79 |
| 11.2.2. 运行期劳动安全与工业卫生对策措施 | 80 |
| 11.3. 预期效果评价 | 85 |
| 11.3.1. 劳动安全主要危害因素防护措施的预期效果评价 | 85 |
| 11.3.2. 工业卫生主要有害因素防护措施的预期效果评价 | 85 |
| 11.4. 主要结论和建议 | 85 |
| 12. 投资估算及财务评价 | 86 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 12.1. 投资估算 | 86 |
| 12.1.1. 投资估算范围 | 86 |
| 12.1.2. 项目投资测算表 | 86 |
| 12.1.3. 投资拉动 | 87 |
| 12.1.4. 就业带动 | 87 |
| 12.2. 财务评价 | 87 |
| 12.2.1. 项目概况 | 87 |
| 12.2.2. 资金来源与融资方案 | 87 |
| 12.2.3. 总成本费用 | 88 |
| 12.2.4. 清偿能力分析 | 89 |
| 12.2.5. 盈利能力分析 | 90 |
| 12.2.6. 敏感性分析 | 90 |
| 12.2.7. 财务可持续性分析 | 90 |
| 12.2.8. 财务评价结论 | 90 |
| 13. 项目风险分析 | 92 |
| 13.1. 风险评估内容 | 92 |
| 13.2. 风险的表现形式及影响 | 92 |
| 13.3. 风险内容及其评价 | 93 |
| 13.4. 风险防范措施 | 94 |
| 14. 结论及建议 | 96 |
| 14.1. 建设必要性 | 96 |
| 14.2. 规划符合性 | 96 |
| 14.3. 建设条件 | 96 |
| 14.4. 项目经济性 | 96 |
| 14.5. 存在问题及建议 | 96 |
| 15. 项目效益分析 | 98 |
| 15.1. 市场分析 | 98 |
| 15.2. 经济效益分析 | 98 |
| 15.3. 社会效益分析 | 99 |

15.4. 存在问题及建议 99

1.项目概述

1.1. 项目名称

中山市古镇镇公有物业屋面分布式光伏项目可行性研究报告

1.2. 项目建设单位

项目建设单位：中山市灯都智慧城市运营服务有限公司

中山市灯都智慧城市运营服务有限公司为事业单位中山市古镇镇公有资产事务中心控股子公司。主要经营范围包括一般项目：停车场服务；充电桩销售；机动车充电销售；充电控制设备租赁；集中式快速充电站；电动汽车充电基础设施运营；智能输配电及控制设备销售；输配电及控制设备制造；新能源汽车换电设施销售；物业管理；非居住房地产租赁；人力资源服务（不含职业中介活动、劳务派遣服务）；信息咨询服务（不含许可类信息咨询服务）；以自有资金从事投资活动；信息系统集成服务；办公服务；专业设计服务；数字文化创意内容应用服务；计算机软硬件及辅助设备批发；计算机软硬件及辅助设备零售；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；工业自动控制系统装置销售；信息安全设备销售；物联网技术服务；网络设备销售；电池销售；软件销售；人工智能行业应用系统集成服务；云计算设备销售；软件外包服务；地理遥感信息服务；工业互联网数据服务；计算机系统服务；网络技术服务；互联网安全服务；安全系统监控服务；智能家庭消费设备销售；智能家庭消费设备制造；计算机及办公设备维修；业务培训（不含教育培训、职业技能培训等需取得许可的培训）；安防设备销售；办公设备销售。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）许可项目：建设工程施工。

1.3. 项目背景

古镇镇公有物业屋面分布式光伏项目的实施，紧密契合国家和省市级的多项政策。中国政府近年来在多个层面大力推动新能源的发展，特别是光伏发电作为清洁能源的典型代表，已成为国家“十四五”期间能源结构转型的重要抓手。《中华人民共和国可再生能源法》明确提出要加大对分布式光伏发电的支持力度，推动分布式发电并网。这类政策为包括古镇镇在内的各地政府提供了明确的方向，并给予项目开发诸多的优惠政策，包括补贴、税收优惠以及并网电价的保护等。

中山市也顺应这一趋势，发布了多项相关政策文件，其中《中山市分布式光伏发

电项目建设管理暂行办法》明确了分布式光伏项目建设的准则，特别是在公有物业屋顶资源的利用上，提出要因地制宜，高效利用现有建筑设施。这一文件对古镇镇的分布式光伏项目提供了法律依据，也为项目的实施奠定了制度基础。地方政府也通过引导性政策，鼓励企业和社会资本参与到项目中，积极推动能源结构的转型升级。

分布式光伏项目相较于传统集中式发电站有其独特优势。古镇镇作为中山市乃至珠三角地区知名的灯饰制造重镇，拥有大面积的工业厂房和商业建筑屋顶，这为屋面光伏项目提供了天然的优势。分布式光伏通过在建筑屋顶直接铺设光伏面板，将太阳能转化为电能，可用于自发自用或余电上网，具备较强的灵活性。

1.4. 项目建设必要性

1.4.1. 降低能源成本

分布式光伏发电可以有效减少古镇镇企业对传统电力的依赖，降低其用电成本。利用公有物业的屋顶建设光伏系统，不仅能够实现自发自用，节省企业用电开支，还能通过余电上网的形式增加收益。对于长期用电量大的灯饰企业来说，光伏发电将显著降低运营成本，提高经济效益。

1.4.2. 促进绿色发展

助力“双碳”目标：作为中国的灯饰产业重镇，古镇镇需要通过能源结构优化来实现绿色低碳发展。分布式光伏发电项目能够减少传统化石能源的使用，降低碳排放，符合国家提出的“双碳”目标要求。同时，光伏能源的应用将助力古镇镇企业实现绿色生产，提升企业环保形象，增强市场竞争力。

1.4.3. 提高能源安全性

缓解供电压力古镇镇的用电高峰期经常面临电力供应紧张的情况，影响企业的正常生产。通过发展分布式光伏发电项目，企业能够在高峰时期利用光伏电力，缓解电网供电压力，提高能源的安全性和可靠性，减少因停电导致的经济损失。

1.4.4. 充分利用公有物业资源

古镇镇内公有物业的屋顶资源丰富，利用这些闲置资源建设光伏发电项目不仅可以提高资源的利用效率，还能为公共设施提供清洁能源。通过合理规划屋顶光伏项目，古镇镇可以实现能源的自给自足，并为其他地区的新能源发展提供示范效应。

1.4.5. 推动产业升级，带动就业

光伏发电项目的建设和运维将带动相关技术和服务产业的发展，推动古镇镇的产业结构升级。此外，光伏项目建设涉及设备安装、维护和技术支持等方面的工作，将为当地创造新的就业机会，促进经济增长。

1.5. 可行性分析

本项目符合国家政策引导，建设基础条件具备、技术先进、设备选型合理，经济和技术可行。

1.5.1. 符合国家政策引导

1、党的十九大报告提出推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，为我国能源发展改革指明了方向。

2、习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话指出：中国将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。

3、国家发展改革委、住房城乡建设部《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》的通知。提出推动建筑用能低碳转型。各地区要结合实际统筹规划可再生能源建筑应用，确定工作推进时间表、路线图、施工图。制定完善建筑光伏一体化建设相关标准和图集，试点推动工业厂房、公共建筑、居住建筑等新建建筑光伏一体化建设。加强既有建筑加装光伏系统管理。

4、《广东省人民政府办公厅关于印发广东省推进分布式光伏高质量发展行动方案的通知》提出：推进公共机构、公共设施等宜装尽装。

可见，国家大力推进能源低碳化、清洁化进程。

1.5.2. 国内光伏发展现状

随着国内市场的快速发展，光伏企业纷纷加快了项目开发建设的速度，光伏市场快速增长。在国家及各地区的政策驱动下，太阳能光伏发电在我国呈现爆发式增长，据国家能源局统计数据显示：2024 年 1-8 月，太阳能发电装机容量约 7.5 亿千瓦，

同比增长 48.8%。

国家能源局
National Energy Administration

请输入关键字

首页 信息公开 领导活动 新闻中心 能源要闻 在线办事

您当前位置: 首页 > 正文

国家能源局发布2024年1-8月份全国电力工业统计数据

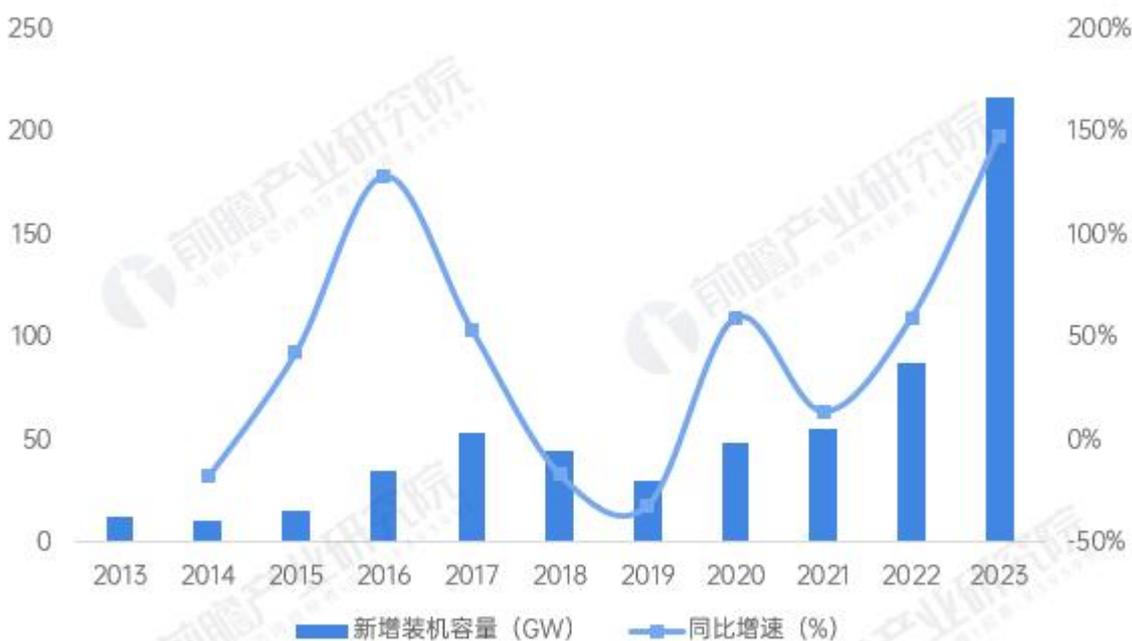
发布时间: 2024-09-23 来源: 国家能源局 大 中 小

9月23日, 国家能源局发布1-8月份全国电力工业统计数据。

截至8月底, 全国累计发电装机容量约31.3亿千瓦, 同比增长14.0%。其中, 太阳能发电装机容量约7.5亿千瓦, 同比增长48.8%; 风电装机容量约4.7亿千瓦, 同比增长19.9%。

1-8月份, 全国发电设备累计平均利用2328小时, 比上年同期减少103小时。1-8月份, 全国主要发电企业电源工程完成投资4976亿元, 同比增长5.1%。电网工程完成投资3330亿元, 同比增长23.1%。

图表9: 2013-2023年中国光伏发电新增装机容量变化情况(单位: GW, %)



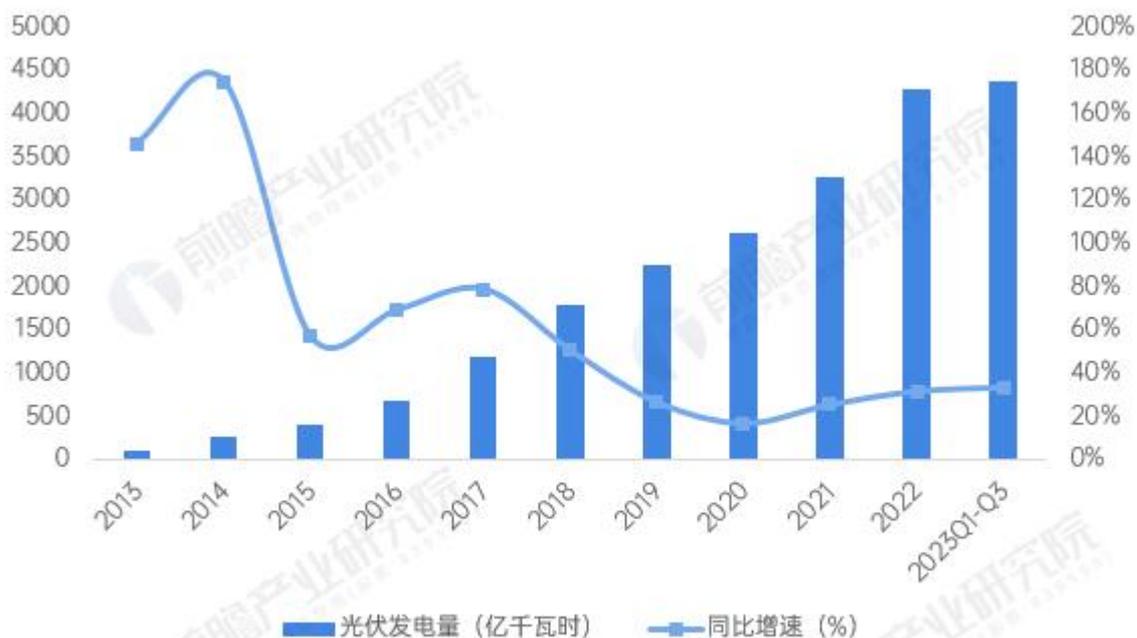
资料来源: 国家能源局 前瞻产业研究院

@前瞻经济学人APP

2013-2023 全国光伏新装机情况

据国家能源局统计数据显示, 2013 年以来, 我国光伏发电量逐年增长。2022 年我国风电、光伏发电量突破 1 万亿千瓦时, 达到 1.19 万亿千瓦时, 其中光伏发电量约为 4276 亿千瓦时, 同比增长 31%。2023 年前三季度, 全国光伏发电量 4369 亿千瓦时, 同比增长 33%。

图表12：2013-2023年中国光伏发电量变化情况(单位：亿千瓦时，%)



资料来源：国家能源局 前瞻产业研究院

@前瞻经济学人APP

2013-2023 全国光伏发电量情况

1.5.3. 广东省现状

广东省一次能源资源匮乏，煤炭、石油主要依靠省外调入或进口解决。广东省能源局提供的资料显示，广东省太阳能资源较为丰富，年辐照时数 1745.8 小时左右，年辐射总量 4200-5800MJ/m²，相当于一年辐射在省内土地的能力达 300 亿吨标煤左右。

2019 年，光伏平价上网，领跑者基地，分布式光伏发电户用光伏等，将会成为市场关注的热点。可再生能源配额制，分布式光伏发电市场化交易，分步式光伏发电项目管理等政策，也很快就要出台实施。近日，国家积极推进风电光伏发电无补贴平价上网有关工作，平价上网是一个大趋势，未来就是由市场去配置资源，总靠补贴是没有生命力的，未来需要依靠技术创新，降低成本，加强管理，有序竞争，使光伏走向健康有序的发展道路。广东是改革开放的前沿阵地，是市场化程度最高政府服务最好的省份，可再生能源的消纳全额上网在全国也做得很好。2019 年 1 月 12 日，广东省人民政府发布《广东省打赢蓝天保卫战实施方案（2018—2020 年）》的通知，《方案》指出，有序发展水电，安全高效发展核电，优化风能、太阳能开布局，因地制

宜发展生物质能、地热能等。2020年，风电、核电、光伏发电装机容量分别达到650万千瓦、1600万千瓦、500万千瓦。

1.5.4. 中山市能源结构

中山地区位于广东省中南部，珠江三角洲中部偏南的西江、北江下游出海处，全境位于北纬22° 11' 至22° 47'，东经113° 09' 至113° 46' 之间。地形多样，包括滩涂、平原、台地、低山、丘陵等，海拔高度为-0.5至200米。根据中山气象站1955—2018年统计数据进行分析。

2024年10月18日 星期五 甲辰(龙)年 九月十六 09:33:34 特别说明: 本网站预报预警信息由中山气象局发布

中山气象 首页 天气预警 天气监测 陆地预报 海洋预报 台风路径 科普影视 政务公开 关于我们

历史资料 > 统计项目

表2-2-14 统计项目

| | |
|-----------------------|--------------------|
| 年平均雨量 (mm) | 1927.9 |
| 最大月雨量 (mm) | 931.4 |
| 1955-2018年影响中山的热带气旋 | 2.8个 |
| 1955-2018年严重影响中山的热带气旋 | 1.25个 |
| 影响中山最早的热带气旋 | 2008年4月0802号强热带风暴 |
| 影响中山最晚的热带气旋 | 1974年12月7427号台风 |
| 年平均气温 (°C) | 23 |
| 年平均日照时数 (小时) | 1755.4 |
| 年平均雨日 (天) | 142.2 |
| 年最高气温 (°C) | 39.1 |
| 年最低气温 (°C) | -1.3 (1955年1月) |
| 24小时最大雨量 (日雨量mm) | 325.8 (2003年9月15日) |
| 1小时最大雨强 (mm) | 94.1 (2016年6月28日) |
| 3小时最大雨强 (mm) | 178.4 (1981年) |

表2-2-15 统计项目

| 年月份统计 | 平均雨量 | 最高气温 | 最低气温 | 平均气温 | 最大降雨量 |
|-------|--------|-------------------|--------------|------|----------------|
| 1月 | 45.3 | 29.1 (1998年) | -1.3 (1955年) | 14.6 | 397.3 (2016年) |
| 2月 | 45.9 | 29.4 (2001年) | 0.5 (1957年) | 16.2 | 348.5 (1985年) |
| 3月 | 76.3 | 31.6 (2000年) | 3.4 (1986年) | 19 | 326.8 (1983年) |
| 4月 | 167.6 | 33.7 (2002、2003年) | 8.9 (1969年) | 23.1 | 535.1 (2000年) |
| 5月 | 266.3 | 37.2 (2015年) | 15.1 (1981年) | 26.4 | 622.8 (1972年) |
| 6月 | 358.6 | 37.4 (2004年) | 18.4 (1992年) | 28.3 | 931.4 (2008年) |
| 7月 | 264.4 | 39.1 (2005年) | 21.4 (1985年) | 29 | 898.6 (1981年) |
| 8月 | 310.8 | 38.0 (2017年) | 21.5 (1984年) | 28.7 | 680.5 (2016年) |
| 9月 | 236.9 | 36.3 (2017年) | 16.9 (1966年) | 27.7 | 571.5 (2002年) |
| 10月 | 72.9 | 35.5 (2005年) | 8.8 (1978年) | 25 | 455.9 (1974年) |
| 11月 | 45.5 | 32.8 (2003年) | 4.4 (1956年) | 20.9 | 394.4 (1993年) |
| 12月 | 37.4 | 30.9 (2002年) | 1.5 (1975年) | 16.3 | 150.8 (1971年) |
| 全年 | 1927.9 | 39.1 (2005年) | -1.3 (1955年) | 23 | 2888.2 (2016年) |

1.5.4.1 近30年日照时数分析：

1.5.4.1.1 年均日照时数变化

经统计，近30年中山地区年均日照时数约为1755.4h，日照百分率约为39.63%；近10年年均日照时数约为1852.3h日照百分率为41.80%，近10年的年均日照时数比近30年的年均日照时数是明显增加的。由图1也可以看出，年均日照时数呈现显著上升趋势，其气候倾向率为91h/10a，表示日照时数每10年上升91h，对中山地区太阳能资源开发利用是有利的。年均日照时数中最大值出现在是2011年为2034.2h；最小值出现在1994年为1448.2h。有效发电时长约为日照时长76%，为1334h。

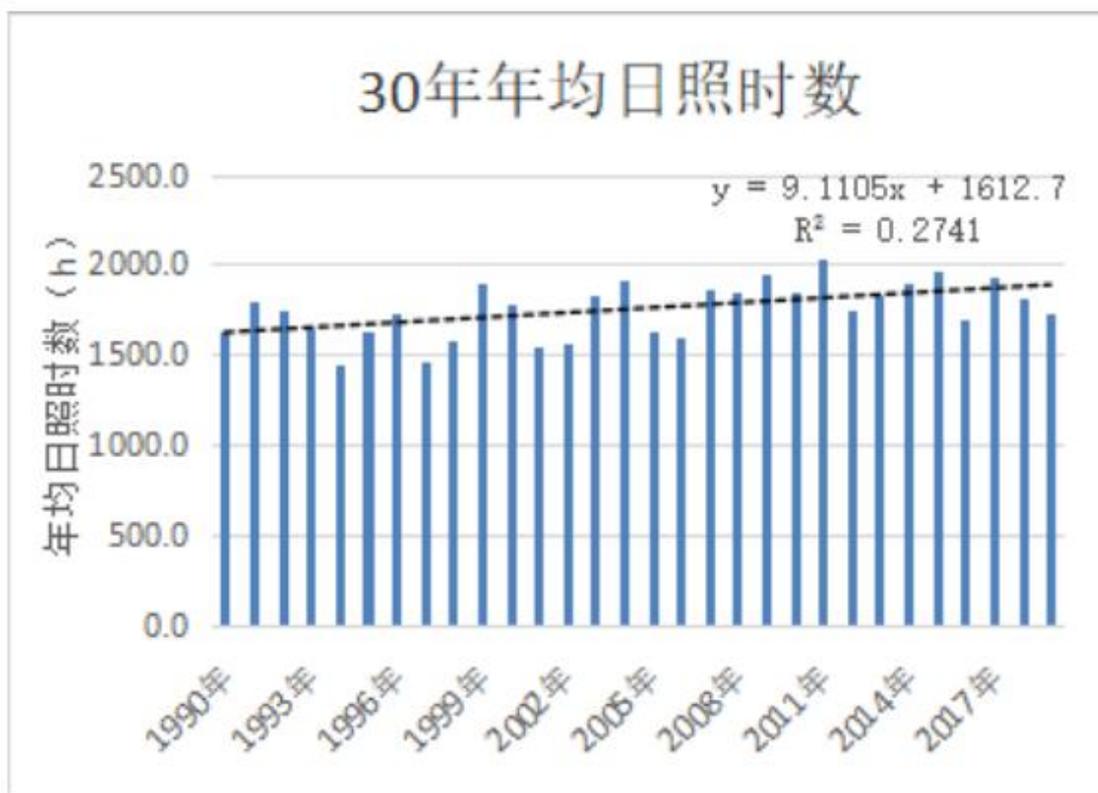


图1 30年年均日照时数

1.5.4.1.2 月均日照时数变化

从图 2 可见，中山地区年内各月均日照时数变化较大。大致呈现双峰型[5]，两个峰值出现在 7 月份和 10 月份。两个谷值出现在 3 月份和 9 月份。7 月份的日照时数最长达 215.6h，其次是 8 月份达 191.3h；3 月份的日照时数最短只有 76.6h，其次是 2 月份为 86.2h，日照时数最长月份与最短月份相差达 139.0h。按照气象季节划分，中山地区夏季（6 至 8 月份）和秋季（9 至 11 月份）的月均日照时数较为平稳，均稳定在 150h 以上，其次是冬季（12 至翌年 2 月份）也有 115.2h，春季（3 至 5 月份）只有 106.4h。

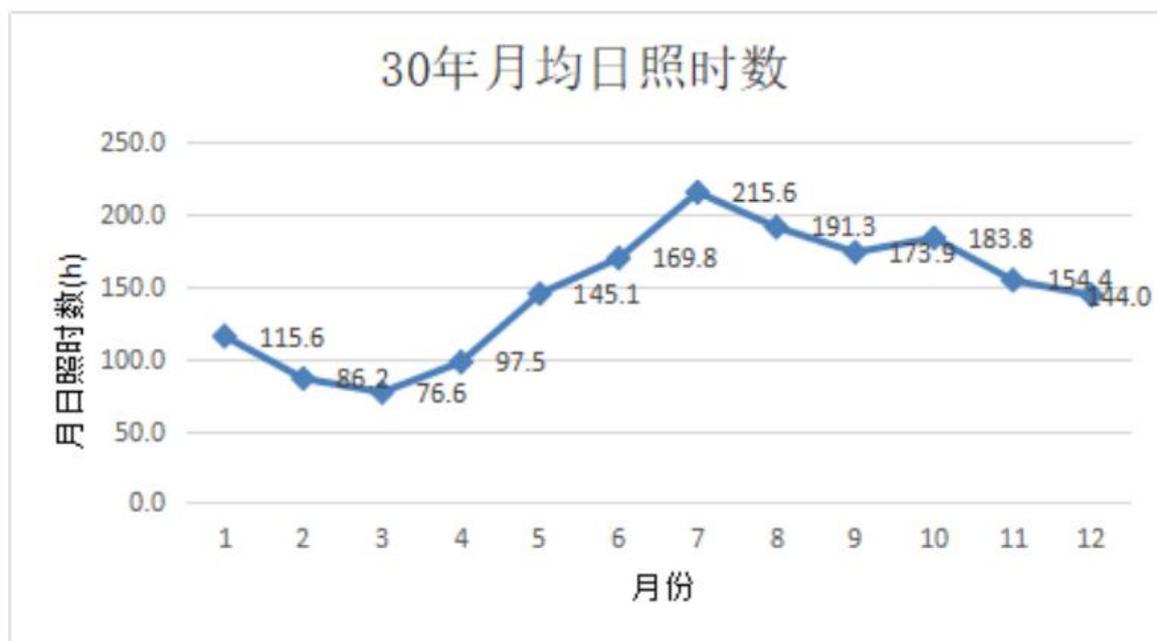


图2 30年月均日照时数

中山日照充足，太阳能资源丰富，交通方便，具有利用光伏发电、实施光伏发电工程的有利条件，适合光伏电站建设。

1.6. 太阳能资源

根据中山气象站数据 2011—2019 年中山地区太阳总辐射的资料，近 9 年的年均太阳总辐射，为 4678.58MJ/m²。从图 3 可见，中山地区多年月均太阳总辐射的呈单峰型[6-7]，与 30 年月均日照时数变化趋势类似，其中 7 月份最高达 586.14MJ/m²，8 月份次之达 503.49MJ/m²，这是由于 7 月份和 8 月份中山地区处在副热带高压稳定地控制下，太阳总辐射达到全年最高；2 月份最低为 261.42MJ/m²，3 月份次之为 274.72MJ/m²，这是由于 2 月份和 3 月份中山地区仍处于北方南下的冷空气和海面北上的暖湿气流频繁交汇之中，低温阴雨天气较多，导致日照少和太阳总辐射少。从图 3 还可以看出，5 至 10 月份中山地区的太阳总辐射均在 420MJ/m² 以上，表明中山地区 5 至 10 月份太阳能资源丰富，对太阳能资源开发利用是有利的。



图3 多年月均太阳总辐射

太阳能资源丰富程度评估

太阳能资源丰富程度评估用年太阳总辐射(MJ/m²/a)衡量太阳能资源丰富程度，用 TI 表示。资源丰富程度可分为四个等级(见表 1)。从多年太阳总辐射资料统计来看，中山地区太阳总辐射年均值为 4678.58MJ/m²，属于资源丰富地区。

表 1 太阳能资源丰富程度表

| 年太阳总辐射 | 丰富程度 |
|-----------------------|-------|
| $TI \geq 6300$ | 资源最丰富 |
| $5040 \leq TI < 6300$ | 资源很丰富 |
| $3780 \leq TI < 5040$ | 资源丰富 |
| $TI < 3780$ | 资源一般 |

太阳能资源稳定程度评估

用各月日照时数得比值来衡量太阳能资源稳定程度，用 K 值表示。稳定程度等级见表 2，从多年中山地区各月日照时数大于 6h 天数的统计资料来看，中山地区多年月均日照时数大于 6h 的天数为 158.2d，占比为 43.3%；其中 7 月份最多，达到 20.5d；3 月份最少，仅 5.2d；两者差值达到 15.3d。多年月均日照时数大于 6h 天数的最大

值与最小值比值 K 值为 3.9，根据表 2 的稳定程度等级分类，中山地区属于资源较稳定地区。

表 2 太阳能资源稳定程度表

| 稳定程度 K 值 | 稳定程度 |
|----------|-------|
| <2 | 资源稳定 |
| 2~4 | 资源较稳定 |
| > 4 | 资源一般 |

1.6.1. 技术可行性分析

古镇镇光伏项目的落地也推动了地方相关产业的集聚效应。古镇镇作为中国灯饰之都，本身就具备较强的电力设备需求，而光伏发电项目的发展则带动了上下游产业链的发展，包括光伏组件的制造、逆变器的生产、安装服务等。在古镇镇，诸如中宝新能源项目等已经开始在镇内实施大规模的新能源建设，预计年产值可达 10 亿元，带动地方经济的进一步发展。

1.6.2. 经济可行性分析

分布式光伏项目具备双重收益模式：一是通过自发电满足企业自身用电需求，降低电费开支；二是将多余电量通过国家电网卖给电力公司，实现电量的外部销售。这样，项目不仅能帮助物业所有者节约电费，还可以产生额外收入。这种收入模式相对稳定，而且受政策扶持力度较大，预计能长期维持较高的收益率。

1.7. 建设目标

中山市古镇镇作为中国灯饰产业的重要基地，面临能源需求高、传统能源供给结构单一的挑战。为实现可持续发展和绿色转型，中山市古镇镇公有物业屋面分布式光伏发电项目的建设具有重要意义。本项目通过在古镇镇公有物业的屋顶安装分布式光伏系统，旨在解决当前能源供需矛盾、优化能源结构，推动当地经济绿色发展。

本项目的首要目标是通过大规模利用屋面资源，增加清洁能源在古镇镇整体能源结构中的占比。依托古镇镇公有物业的广阔屋面面积，项目规划安装分布式光伏发电系统，实现自发自用、余电上网。通过这一模式，预计项目建成后将实现每年数百万千瓦时的光伏发电量，逐步减少对传统化石能源的依赖，有效降低全镇的碳排放水平，为古镇镇的能源结构转型做出积极贡献。

该项目建成后，光伏发电将成为古镇镇日常电力供应的重要组成部分，助力镇内企业向低碳生产转型，推进绿色发展。通过优化能源结构，古镇镇将逐步减少煤炭、天然气等化石能源的使用，降低全镇空气污染和温室气体排放的总量。降低古镇镇企业的用电成本，增强企业的竞争力。灯饰产业作为当地的支柱产业，企业用电需求巨大，电费支出占据了运营成本中的较大比例。通过建设屋面光伏发电系统，企业可以自发自用光伏电力，从而减少对传统电网的依赖，降低用电成本。

1.8. 项目建设内容和规模

本期光伏发电工程建设后，通过开发政府机构、医院、学校等单位屋顶的太阳能资源，不仅可以为业主的白天用电负荷紧张的情况舒缓压力，还可以降低业主用电成本，具有一定的经济和社会意义。

本期计划装机容量为12.77MW，选择安装640Wp单晶硅光伏组件，推荐采用分块发电、集中并网方案，各光伏组件子方阵经电缆接入逆变器直流侧，然后经光伏并网逆变器逆变后，再汇流经电缆引至升压变压器升压至0.4kV并网。

本项目建设工期：12个月。

1.9. 项目总投资及资金来源

本工程投资估算依据国家、有关部门现行的有关文件、定额、费率标准等进行编制，材料、设备等价格主要参考同类型工程招投标价格计算。

根据工程投资估算，场地租金4000万，建设投资为4691.24万元，工程建其它费562.95万元，建设期利息139.85万元，总投资为9394.04万元，资金来源为银行贷款。

1.10. 财务评价

财务评价主要依据国家计委颁发的《建设项目经济评价方法与参数》第三版（国家发改委和建设部联合颁发2006年版）。

本工程计划建设期12个月，资金来源银行贷款。

本项目按中山市电价0.453元/kWh，结合用户上报年度用电情况及当地供电局提供数据，加权平均算出用户综合平均电价0.667元/kWh，由此计算项目的财务经济指标。其中项目投资财务内部收益率（税后）为8.21%，项目投资回收期（税后）9.67

年，项目投资财务累计净现值（税后）为5059.15万元，因此财务评价可行。

财务指标汇总表

| 序号 | 项目 | 单位 | 数值 | 备注 |
|------|--------------------|------------------|-----------|---|
| 一 | 项目收入评估 | | | |
| 1.1 | 行政事业单位及镇属企业建筑屋顶面积 | m ² | 77295.27 | |
| 1.2 | 预估实际可安装光伏板建设建筑屋顶面积 | m ² | 60050.00 | 按照调研面积评估 |
| 1.3 | 光伏板尺寸 | m ² | 2.70 | 长度为 2384mm, 宽度为 1134mm, 厚度为 30mm |
| 1.4 | 单块光伏面板发电量 | w | 640.00 | 500-700W 区间, 取值 640w |
| 1.5 | 每平方米光伏板发电量 | w/m ² | 236.73 | |
| 1.6 | 平均日照小时数 | 小时/天 | 3.65 | 气象局资料: 中山 1755.4 小时/年, 有效发电时长 1334 小时/年 |
| 1.7 | 预估项目装机容量 | MW | 14.216 | |
| 1.11 | 年度发电量预估 | MW/年 | 14947.49 | |
| 1.12 | 年度收入 | 万元/年 | 1001.48 | 参照南方电网电费价格 0.67 元/度 |
| 1.13 | 20 年期项目收入评估 | 万元 | 20,029.63 | 预估建设期为 12 个月, 实际收益期为 20 年 |
| 二 | 项目投入成本 | | | |
| 2.1 | 20 年政府物业天面租赁 | 万元 | 4,000.00 | 折算为 2.5134 元/月/m ² |

| | | | | |
|-----|-------------|-----|-----------|--------------------------|
| | 费用 | | | |
| 2.2 | 光伏设备建设费用 | 万元 | 4,691.24 | 按照装机容量：3.3元/瓦评估建设费用 |
| 2.3 | 工程建其它费 | 万元 | 562.95 | 预备费、设计监理及其它费等共12%预留 |
| 2.4 | 建设投资 | 万元 | 9,254.19 | |
| 2.5 | 建设期利息费用 | 万元 | 139.85 | 年利率3%评估（半年计息） |
| 2.6 | 工程造价 | 万元 | 9,394.04 | |
| 2.7 | 运营期20年利息费用 | 万元 | 7,572.64 | 按照2.1-2.4合计，按照年化利率3%评估 |
| 2.8 | 运营费用（巡检、维修） | 万元 | 600.00 | 投入3人，人均10万元/年； |
| 2.9 | 20年后资金成本价值 | 万元 | 17,566.69 | 按照2.1-2.5合计 |
| 三 | 资金回报分析 | | | |
| 3.1 | 静态投资回收期 | 年 | 9.67 | 不考虑资金时间价值 |
| 3.2 | 动态投资回收期 | 年 | 11.58 | 考虑资金时间价值 |
| 3.3 | 总投资收益率 | 百分比 | 26.22% | 按照(收入价值-一次性投入资金)/一次性投入资金 |
| 3.4 | 账务内部收益率 | 百分比 | 8.21% | |

由上表可知，在项目建成后，有较好的社会与区域经济效益，建设该项目是必要的。

1.11.结论与建议

本项目所在地交通条件和接入系统条件较好，地理位置较优越。本项目的可行性研究表明，本工程在技术上是可行，经济上合理。建议投资方加快项目开发进程，推动本项目早日竣工发电，以利于项目尽早发挥其社会与经济效益。

1、建议在本项目可行性研究工作完成后，应尽快准备申请立项核准的工作，同时积极开展施工前的准备工作，争取工程能早日开工建设。

2、建议应尽快开展接入系统报告的编制工作并尽快取得电力部门关于接入系统报告的批复意见。

2.现状及需求分析

2.1. 项目现状

中山市古镇镇是中国著名的灯饰产业基地，拥有大量的生产企业和商户，能源需求较大。特别是在灯饰生产过程中，耗电量居高不下，目前古镇镇的能源供应主要依赖传统的化石能源，如煤炭和天然气发电。化石能源的使用不仅带来了空气污染、温室气体排放等环境问题，同时也受到电价波动和电力供应紧张的影响。随着国家“双碳”战略（碳达峰、碳中和目标）的提出，古镇镇的企业面临着能源结构转型和绿色生产的需求，但现有的能源供给方式已难以满足低碳发展的要求。镇内大多数建筑物的屋顶未得到充分利用，特别是公有物业的屋面面积较大，这为分布式光伏发电项目的实施提供了良好的条件。尽管古镇镇有部分企业尝试使用新能源，如部分工厂已安装光伏发电系统，但整体光伏发电的比例依然较低，尚未形成规模化的分布式光伏电站网络，限制了光伏能源在当地能源结构中的占比提升。此外，电网接入和配套设施也尚未完全成熟，影响了光伏发电项目的推广和普及。

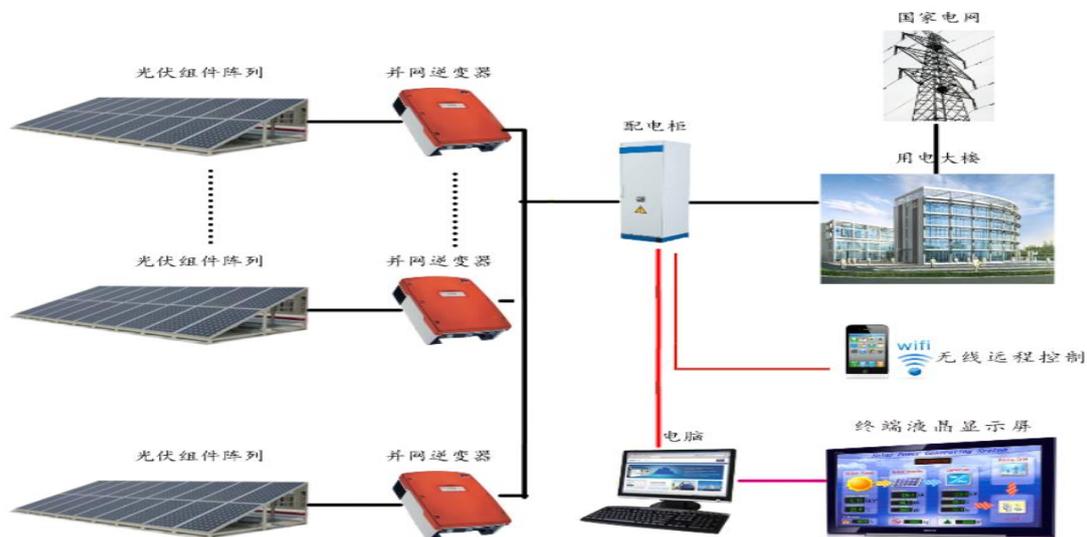
3.系统总体方案设计

3.1. 分布式光伏发电系统

分布式光伏发电系统是指在用户所在场地附近建设，运行方式以用户侧自发自用为主、多余电量上网、且在配电系统平衡调节为特征的光伏发电设施。

光伏分布式并网发电系统主要由光伏电池方阵、汇流箱、交直流配电柜、并网逆变器、线缆、支架、电站监控装置等组成（如下图所示）白天，在光照条件下，太阳能电池组产生一定的电动势，通过组件的串联形成太阳能电池方阵，使得方阵达到系统输入电压的要求。通过输入光伏并网逆变器然后在经过并网逆变器将直流电转换为交流电，再经由升压变压器后并入电网再有电力系统统一调度输给终端用户使用。

分布式光伏并网发电便与实现综合监控，能够很好满足电力系统整体调度管理的要求，是大规模利用太阳能的主要方式。本光伏系统还具有限荷保护和防雷装置，以



保护系统设备的过负载运行及免遭雷击，维护系统设备的安全使用。

分布式光伏并网系统原理图

3.2. 光伏组件选型

目前市场上常用的光伏组件有单晶组件和多晶组件，单晶组件相对多晶组件具备以下优势：

1、晶转换效率高，在同样的面积上单晶容量比多晶安装高16.36%，更适合分布式电站应用；

2、单晶硅片比多晶硅片有更高的机械强度，更低的碎片率；

3、长期可靠性方面，单晶硅电站比多晶硅的衰减少3%左右；

4、20年的生命周期内，相同容量的单晶硅电站的实际发电量比多晶硅电站的发电量多约6%。

5、质保起始日起的第一年内衰减在2.5%以内，功率保证期内的第2年至第20年间每年衰减在0.6%以内，在20年功率保证期内最后一年功率能达到83.1%。

综合考虑组件价格、效率、技术成熟性、市场占有率、以及BOS成本，结合本项目场地面积有限，为保障项目建设规模，本项目拟选择静态投资最低、发电量最高的580Wp单晶硅半片高效组件。

本工程拟选用单晶硅高效半片组件，型号为580Wp，各项性能指标如下：

| 编号 | 项目名称 | 数据 |
|-----|------------------------|--------------|
| 1 | 太阳能电池种类 | 单晶硅组件 |
| 2 | 太阳能电池组件型号 | \ |
| 3 | 组件标准峰值参数 | \ |
| 3.1 | 标准功率 (W _p) | 640 |
| 3.2 | 最佳工作电压 (V) | 41.31 |
| 3.3 | 最佳工作电流 (A) | 12.83 |
| 3.4 | 短路电流 (A) | 13.72 |
| 3.5 | 开路电压 (V) | 49.9 |
| 4 | 组件效率 | 20.5% |
| 5 | 峰值功率温度系数 (%/°C) | -0.35 |
| 6 | 开路电压温度系数 (%/°C) | -0.275 |
| 7 | 短路电流温度系数 (%/°C) | 0.045 |
| 8 | 10年功率衰减 | <10% |
| 9 | 50年功率衰减 | <20% |
| 10 | 尺寸 (mm) | 2278×1134×35 |
| 11 | 重量 (kg) | 28.1 |

3.3. 逆变器的选择

3.3.1. 逆变器作用及原理

太阳能电池的输出为直流电能，需转换为交流电能后才能对交流负载供电。

光伏并网系统主要由太阳能电池方阵和并网逆变器以及升压系统组成。并网逆变器的基本功能，是把来自太阳能电池方阵的直流电转换成交流电，并把电力输送给与交流系统连接的负载设备，同时把剩余的电力送入电网中。还具有最大限度地发挥太阳能电池方阵性能的功能和异常时或故障时的保护功能。合理的逆变器配置方案和合理的电气一次主接线对于提高太阳能光伏系统发电效率，减少运行损耗，降低光伏并网电站运营费用以及缩短电站建设周期和经济成本的回收期具有重要的意义。

3.3.2. 逆变器的技术指标

对于逆变器的选型，应注意以下几个方面的指标比较：

1、可靠性和可恢复性：逆变器应具有一定的抗干扰能力、环境适应能力、顺势过载能力及各种保护功能，如：故障情况下，逆变器必须自动从主网解列。

2、逆变器输出效率：大功率逆变器在满载时，效率必须在90%或95%以上。中小功率的逆变器在满载时，效率必须在85%或90%以上。在50W/m²的日照强度下，即可向电网供电，即使在逆变器额定功率10%的情况下，也要保证90%（大功率逆变器）以上的转换效率。

3、逆变器输出波形：为使光伏阵列所产生的直流电源逆变后向公共电网并网供电，就必须对逆变器的输出电压波形、幅值及相位等于公共电网一致，实现无扰动平滑电网供电。输出电流波形良好，波形畸变以及频率波动低于阈值。

4、逆变器输入直流电压的范围：要求直流输入电压有较宽的适应范围，

由于太阳能光伏电池的端电压随负载和日照强度的变化范围比较大。就要求逆变器在较大的直流输入电压范围内正常工作，并保证交流输出电压稳定。

逆变器主要技术指标还有：额定容量；输出功率因数；额定输入电压、电流；电压调整率；负载调整率；谐波因数；总谐波畸变率；畸变因数；峰值子数等。

逆变器满足光伏电站接入电网技术规定中关于电网对低电压穿越的要求，并取得低电压穿越的实验报告。

3.3.3. 逆变器分类

目前世界上最主流的并网光伏逆变技术均以DSP作为处理器，采用IGBT桥式逆变电路，利用PWM(脉宽调制)技术实现“直流—交流”的逆变功能。

1、按功率分类

并网逆变器可分为小型、中型、大型逆变器三种。小型逆变器一为10kW以下，中型逆变器为：10kW~100kW；大型逆变器为：100kW及以上。

2、按是否带隔离变压器分类

按逆变器是否带隔离变压器，分为有隔离型和无隔离型。与同容量的带隔离变压器的逆变器相比，无变压器的逆变器具有体积小、重量轻的优点，其缺点表现在直流输入和交流输出之间无“电气隔离”，太阳能电池方阵的短路故障等可能会对电网造成不利影响，此外，注入电网的直流电流略大。

3、按输出相数分类

按并网逆变器的额定输出功率、输入光伏支路数量、输出为三相或单相，无蓄电池的并网光伏发电系统的逆变方案可分为集中型逆变方案和支路型逆变方案两种。

3.3.4. 逆变器方案

1、集中型逆变方案

集中型逆变方案是指并网光伏发电系统通过集中型并网逆变器(Central Inverter)将太阳能电池方阵输出的直流电能转换为与低压电网在电压上同频、同相、幅值相同，且三相平衡的三相交流电能。

集中型逆变器的单机容量一般由10千瓦至几百千瓦不等。在采用集中型逆变方案的并网光伏发电系统中，首先由多块太阳能电池串联组成太阳能电池支路来增加系统直流电压，提高逆变效率；多路太阳能电池支路在集中型光伏接线箱中经熔断器后并联成一路直流输出；多台集中型光伏接线箱的直流输出汇集到集中型逆变器的直流输入端，再经IGBT三相桥式逆变电路转换为三相交流电能。

集中型逆变器具有功率大、体积大、重量重、发热量大、IP防护等级不高的特点，一般设计成标准电气柜体或箱体，室内安装。

集中式逆变器一般用于大型厂房，地面电站等大型发电系统中，系统总功率大，一般是兆瓦级以上。

主要优势有：

- (1) 逆变器数量少，便于管理；
- (2) 逆变器元器件数量少，可靠性高；
- (3) 谐波含量少，直流分量少电能质量高
- (4) 逆变器集成度高，功率密度大，成本低；
- (5) 逆变器各种保护功能齐全，电站安全性高；
- (6) 有功功率因素调节功能和低电压穿越功能，电网调节性好。

主要缺点有：

- (1) 直流汇流箱故障率较高；
- (2) 集中式逆变器MPPT电压范围窄，一般为450-850V；
- (3) 集中式并网逆变系统中，组件方阵经过两次汇流到达逆变器，逆变器最大功率跟踪功能（MPPT）不能监控到每一路组件的运行情况，因此不可能使每一路组件都处于最佳工作点。

2、组串式逆变方案

组串式逆变方案是指并网光伏发电系统通过组串式并网逆变器(String Inverter)将太阳能电池方阵输出的直流电能转换为与低压电网在电压上同频、同相、幅值相同的交流电能。

组串式逆变器的单机容量一般由几百瓦至十千瓦不等。

在采用组串式逆变方案的并网光伏发电系统中，首先由多块太阳能电池串联组成太阳能电池支路；几条太阳能电池支路(通常为2~10条)在组串式光伏接线箱中经断路器后送入组串式逆变器的直流输入侧，再经IGBT单相桥式逆变电路转换为单相交流电能；将组成并网光伏发电系统的多台组串式逆变器按输出功率情况，组成基本平衡的三相交流，并入低压电网。组串式逆变器具有功率小、体积小、重量轻的特点，按安装条件的不同可分为IP防护等级高、室外安装，或IP等级较低、室内安装两种类型。

组串式逆变器适用于中小型屋顶光伏发电系统，小型地面电站。

主要优势有：

(1) 组串式逆变器采用模块化设计，每个光伏串对应一个逆变器，直流端具有最大功率跟踪功能，交流端并联并网，其优点是不受组串间模块差异，和阴影遮挡的影响，同时减少光伏电池组件最佳工作点与逆变器不匹配的情况，最大程度增加了发电量；

(2) 组串式逆变器MPPT电压范围宽，一般为250-1000V，组件配置更为灵活；

主要缺点有：

(1) 电子元器件较多，功率器件和信号电路在同一块板上，可靠性稍差

(2) 不带隔离变压器设计，电气安全性稍差，直流分量较大，对电网影响大；

(3) 逆变器数量多，总故障率会升高，系统监控难度大；

(4) 单台逆变器可以实现零电压穿越功能，但多机并联时，零电压穿越功能、无功调节、有功调节等功能实现较难。

3、集散式逆变方案

集散式逆变方案：分散MPPT寻优，集中并网发电形式，通过前置多个MPPT控制优化器，实现多路MPPT寻优功能，汇流后采用集中式逆变器逆变的光伏发电解决方案。集散式逆变方案结合了组串式逆变方案分散MPPT寻优以及集中式逆变方案

集中逆变的优点，但同样也保留了所有集装箱逆变器和直流汇流箱存在的问题，同时使系统更复杂，引入更多的新问题：

(1) 汇流箱大量使用熔丝，安全可靠较差，同时需要后期大量的维护；

(2) 直流汇流箱增加MPPT功能后，大量使用分立的功率器件，可靠性无保障，故障率高；

(3) 直流升压汇流后直流故障发生概率更高；

(4) 直流保护采用（继电器串联熔丝）+IGBT开关，当继电器或者IGBT出现故障，电路将被烧掉，存在严重的安全隐患；

(5) 集散式逆变方案有可能无法通过电网公司的并网现场测试：分离式的两级功率变换，前级与后级距离较远；前后级没有快速可靠的通信和控制，使其很难通过零电压穿越、高电压穿越。

(6) 能量的控制通过分离的两段实现，前后级之间无快速控制，有功降额实施困难。

4、逆变方案的选择

本项目在屋面布置光伏组件，考虑电池组件的组串数量和逆变器配套特性，最大限度降低电能量损失，本项目逆变器选择组串式。

结合本工程光伏电池组件的布置情况及电气参数，本项目拟选择额定输出功率为100kW的组串式逆变器。

本项目备选组串式逆变器，其基本参数如下表所示。

| 参数类型 | 逆变器 |
|--------------------|-------------------------|
| 额定输出功率 (kW) | 100 |
| 最大输入电压 (V) | 1100 |
| 每路 MPPT 最大输入电流 (A) | 32 |
| MPPT 电压范围 (V) | 550-850 |
| MPPT 数量 | 10 |
| 输入线路 | 20 |
| 额定交流电压 (V) | 400 |
| 最大输出电流 (A) | 158.8 |
| 频率 (Hz) | 45~55 |
| 功率因数 | >0.99 (0.8 超前...0.8 滞后) |
| 总谐波失真 | <3% |
| 最大效率 (%) | 98.7 |

| | |
|----------|------|
| 中国效率 (%) | 98.4 |
|----------|------|

3.4. 光伏组件阵列设计

3.4.1. 光伏阵列及倾角设计

固定式安装的最佳倾角选择取决于诸多因素，如：地理位置、全年太阳辐射分布、直接辐射与散射辐射比例、负载供电要求和特定的场地条件等。光伏组件方阵的安装倾角对光伏发电系统的效率影响较大，对于固定式电池列阵最佳倾角即光伏发电系统全年发电量最大时的倾角。

采用固定式光伏阵列，因单晶硅电池板在不同角度倾斜面上太阳能辐射变化不大，故对倾角度无限制，组件依附在支架平铺。



彩钢瓦屋顶安装固定方案



停车棚安装固定方案



混凝土屋顶安装固定方案



居民屋顶安装固定方案

3.4.2. 光伏组件的串并联计算

光伏组件串联的数量由逆变器的最高输入电压和最低工作电压、以及光伏组件允许的最大系统电压所确定。光伏组件组串的并联数量由逆变器的额定容量确定。

光伏组件串联数量计算如公式4.4.1所示，对应参数详见本工程所选580Wp组件和110kW组串式逆变器规格参数表。计算公式：

$$\text{INT} (V_{\text{dcmin}}/V_{\text{mp}}) \leq N \leq \text{INT} (V_{\text{dcmax}}/V_{\text{oc}}) \dots\dots\dots (4.4.1)$$

式中：V_{dcmax}——逆变器输入直流侧最大电压；

V_{dcmin}——逆变器输入直流侧最小电压；

V_{oc}——光伏组件开路电压；

V_{mp}——光伏组件最佳工作电压；

N——光伏组件串联数。

经计算得：串联光伏组件数量N为：13.5≤N≤17.2，根据场址区的气候环境结合光伏组件温度修正参数以及逆变器最佳输入电压等，经修正计算后光伏组件的串联数为17（块）。

光伏方阵电气连接主要是系统直流侧的电气连接，具体的电气连接为，通过组件自带的导线或者外部延长线，将每个支架的17块组件串联在一起，形成1个组件串，

组件串所发电能通过光伏专用电缆送入逆变器，若干逆变器出线电缆经交流汇流箱送至变压器低压侧。

3.5. 组件清洗方案

光伏组件很容易积尘，影响发电效率。必须对光伏组件进行清洗，保证光伏组件的发电效率。光伏阵列的光伏组件表面的清洗可分为定期清洗和不定期清洗。

定期清洗一般每个月进行一次，制定清洗路线。清洗时间安排在日出前或日落后。

不定期清洗分为恶劣气候后的清洗和季节性清洗。

恶劣气候分为大风、沙尘的清洗。每次大风或沙尘天气后应及时清洗。雨后应及时巡查，对落在光伏组件上的泥点应予以清洗。

季节性清洗主要指春秋位于候鸟迁徙线路下的发电区域，对候鸟粪便的清洗。在此季节应每天巡视，发现光伏组件被污染的应及时清洗。

日常维护主要是每日巡视检查光伏组件的清洁程度。不符合要求的应及时清洗，确保光伏组件的清洁。

为保证电池发电效率，每年定期对组件进行清洗，考虑到主要是灰尘，清洗介质采用清水清洗。本工程拟在屋面设置光伏组件清洁供水系统。

3.6. 消纳分析

通过前期对中山市政府物业调研及各单位统计上报2023年年用电量；消纳比例=自用电量/总发电量=1.69，根据本期拟建光伏发电量情况综合分析，考虑发电和用电曲线的波动等因素，本项目按72.78%的消纳比例测算经济分析。

表 4.6-1 中山市政府物业光伏项目数据统计情况表

| 序号 | 所在建筑 | 使用单位 | 办公建筑 面积（平 方米） | 可安装光伏 面积（平方 米） | 可发电量 | 加权后电量 | 用电量(KWh) | 加权平均用 电量（KWh） | 消纳比 |
|----|------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------|-----------|------------|------------------|------|
| 1 | 古镇医院宿舍楼（原国贸宿舍楼） | 对外出租 | 900.00 | 800.00 | 256590.08 | 3418.35 | 0.00 | | 0.00 |
| 2 | 中山市古镇镇东兴东路3号1幢 | 古镇公安分局 | 1600.00 | 1200.00 | 384885.12 | 7691.29 | 1728073.25 | 56951.98 | 4.49 |
| 3 | 古镇镇和兴路8号古镇派出所办公楼 | 古镇派出所 | 495.00 | 300.00 | 96221.28 | 480.71 | 357822.63 | 2441.86 | 3.72 |
| 4 | 古镇镇同兴南路七坊花木基地燃气公司 -办公楼 | 古镇燃气有限公司 | 743.60 | 400.00 | 128295.04 | 854.59 | 124593.13 | 296.06 | 0.97 |
| 5 | 古镇镇同兴南路七坊花木基地燃气公司 -瓶库、变配电房及辅助用房 | 古镇燃气有限公司 | 327.85 | 300.00 | 96221.28 | 480.71 | 0.00 | | 0.00 |
| 6 | 中山市古镇镇东兴东路1号 | 古镇镇人民政府 | 2000.00 | 1500.00 | 481106.41 | 12017.65 | 1801557.13 | 61898.57 | 3.74 |
| 7 | 中山市古镇镇古镇体育馆 | 对外出租 | 3000.00 | 2000.00 | 641475.21 | 21364.70 | 631085.19 | 7595.57 | 0.98 |
| 8 | 中山市古镇镇中兴大道 | 新古镇人民医院 | 11200.00 | 5000.00 | 1603688.02 | 133529.39 | 0.00 | | 0.00 |
| 9 | 广东省中山市岐江公路古镇路段 | 中山市公安局古镇分局 交通警察大队 | 1440.00 | 500.00 | 160368.80 | 1335.29 | 475956.21 | 4320.35 | 2.97 |
| 10 | 中山市古镇镇古一中心大道1号古一小 学教学楼 | 古一小 | 1031.49 | 900.00 | 288663.84 | 4326.35 | 0.00 | | 0.00 |

| | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------|--------------|---------|---------|-----------|----------|------------|-----------|-------|
| 11 | 中山市古镇镇古一中心大道1号古一小学宿舍楼 | 古一小学 | 419.08 | 300.00 | 96221.28 | 480.71 | 0.00 | | 0.00 |
| 12 | 中山市古镇镇古一中心大道1号古一小学体育管 | 古一小学 | 1730.41 | 1200.00 | 384885.12 | 7691.29 | 0.00 | | 0.00 |
| 13 | 中山市古镇镇古一中心大道1号古一小学综艺楼 | 古一小学 | 334.21 | 200.00 | 64147.52 | 213.65 | 0.00 | | 0.00 |
| 14 | 中山市古镇镇永昌东一街1号 | 古二小学 | 1445.55 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 149599.52 | 426.82 | 0.47 |
| 15 | 古镇镇古三村北苑路1号教学楼 | 古三小学 | 1329.70 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 121641.85 | 282.20 | 0.38 |
| 16 | 中山市古镇镇昆山大道50号图书馆楼 | 海洲第一小学 | 825.83 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 0.00 | | 0.00 |
| 17 | 中山市古镇镇昆山大道50号新教学楼 | 海洲第一小学 | 943.10 | 800.00 | 256590.08 | 3418.35 | 0.00 | | 0.00 |
| 18 | 中山市古镇镇海洲胜利二路47号海洲第二小学教学综合楼（旧楼） | 中山市古镇镇海洲第二小学 | 1409.60 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 0.00 | | 0.00 |
| 19 | 中山市古镇镇海洲胜利二路47号海洲第二小学教学综合楼（新楼） | 中山市古镇镇海洲第二小学 | 754.52 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 0.00 | | 0.00 |
| 20 | 中山市古镇镇曹一小学 | 中山市古镇镇曹一小学 | 1200.00 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 3442470.63 | 226008.64 | 10.73 |
| 21 | 中山市古镇镇曹一小学体育馆 | 中山市古镇镇曹一小学 | 1887.00 | 1500.00 | 481106.41 | 12017.65 | 0.00 | | 0.00 |
| 22 | 中山市古镇镇曹二文化路13号功能楼 | 中山市古镇镇曹二小学 | 740.85 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 100449.67 | 192.43 | 0.52 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------------------------|------------|----------|----------|-------------|------------|-------------|------------|-------|
| 23 | 中山市古镇镇曹二文化路 13 号教学楼 | 中山市古镇镇曹二小学 | 1594.28 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 0.00 | | 0.00 |
| 24 | 中山市古镇镇镇南小学教学楼 5 幢 4 楼 | 中山市古镇镇镇南小学 | 1756.00 | 1500.00 | 481106.41 | 12017.65 | 222191.90 | 941.54 | 0.46 |
| 25 | 中山市古镇镇镇南小学教学楼二幢 4 楼 | 中山市古镇镇镇南小学 | 778.00 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 0.00 | | 0.00 |
| 26 | 中山市古镇镇镇南小学教学楼三幢 4 楼 | 中山市古镇镇镇南小学 | 778.00 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 0.00 | | 0.00 |
| 27 | 中山市古镇镇镇南小学教学楼四幢 4 楼 | 中山市古镇镇镇南小学 | 778.00 | 600.00 | 192442.56 | 1922.82 | 0.00 | | 0.00 |
| 28 | 中山市古镇镇镇南小学教学楼一幢 4 楼 | 中山市古镇镇镇南小学 | 690.00 | 550.00 | 176405.68 | 1615.71 | 0.00 | | 0.00 |
| 29 | 古镇镇古四校园路 28 号教学楼(古镇初中) | 古镇初级中学 | 4995.00 | 3800.00 | 1218802.90 | 77126.58 | 16947642.81 | 5477761.89 | 13.91 |
| 30 | 古镇镇古四校园路 28 号体育馆(古镇初中) | 古镇初级中学 | 1224.00 | 1000.00 | 320737.60 | 5341.18 | 0.00 | | 0.00 |
| 31 | 中山市古镇镇曹一西安上街 14 巷 36 号教学楼 | 中山市曹步初级中学 | 3083.20 | 2200.00 | 705622.73 | 25851.29 | 156881.10 | 469.38 | 0.22 |
| 32 | 中山市海洲初级中学教学楼和实验楼 | 中山市海洲初级中学 | 1861.00 | 1500.00 | 481106.41 | 12017.65 | 283085.73 | 1528.34 | 0.59 |
| 33 | 会展中心 | 古镇会展中心 | 24000.00 | 24000.00 | 7697702.50 | 3076517.23 | 989628.36 | 18677.93 | 0.13 |
| 合计 | | | 77295.27 | 60050.00 | 19260293.12 | 3458050.77 | 52434297.52 | 5859793.56 | 1.69 |

3.7. 发电量估算

根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012），光伏电站上网电量 E_p 计算如下：

$$E_p = H_A \times \frac{P_{AZ}}{E_s} \times K$$

式中： H_A ——为水平面太阳能总辐照量($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)；

E_p ——为上网发电量($\text{kW}\cdot\text{h}$)；

E_s ——标准光照条件下的辐照度(常数= $1\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)；

PAZ ——组件安装容量(kWp)；

K ——为综合效率系数。

3.7.1. 综合效率系数计算

影响发电量的关键因素是系统效率，系统效率主要考虑的因素有：灰尘、雨水遮挡引起的效率降低、温度引起的效率降低、组件串联不匹配产生的效率降低、逆变器的功率损耗、直流交流部分线缆功率损耗、变压器功率损耗、跟踪系统的精度等等。

1) 灰尘、雨水遮挡及天气引起的效率降低

项目当地处在多水地区，灰尘较少，降水较多，同时考虑有管理人员可经常性人工清理方阵组件的情况下，采用数值：97%

2) 温度引起的效率降低

光伏组件会因温度变化而输出电压降低、电流增大，组件实际效率降低，发电量减少，因此，温度引起的效率降低是必须要考虑的一个重要因素，考虑本系统在设计时已考虑温度变化引起的电压变化，并根据该变化选择组件串联数，保证了组件能在绝大部分时间内工作在最大跟踪功率点范围内，考虑0.31%/K的MPP功率变化、考虑各月辐照量计算加权平均值，可以计算得到加权平均值为98%。

3) 组件串联不匹配产生的效率降低

组件串联因为电流不一致产生的效率降低，选择该效率为98%。

4) 直流部分线缆功率损耗

根据项目的直流部分的线缆连接，计算得直流部分的线缆损耗3%，选择该效率为97%。

5) 逆变器的功率损耗

本项目采用高效并网逆变器，功率损耗可取1.5%，选择该效率为98.5%。

6) 交流线缆的功率损耗

根据项目的交流部分的线缆连接，计算得交流部分的线缆损耗效率2%，选择该效率为98%。

7) 变压器功率损耗

使用高效率的变压器，变压器效率为98%。

8) 天气、气候因素及烟雾对系统效率的影响

近年来因环境污染导致气候、气象极不稳定，雾霾、烟雾对系统效率影响较为严重，降低系统效率，选择该效率为98%。

9) 总体系统效率

测算系统各项效率：组件灰尘损失、组件温度效率损失、组件不匹配损失、线路压降损失、逆变器效率、升压变压器效率、交流线路损失等，考虑气候变化等不可遇见自然现象，系统综合效率取：

$$\eta = 97\% \times 97\% \times 98\% \times 97\% \times 97\% \times 98.5\% \times 98\% \times 98\% \approx 82\%$$

因此，光伏电站整体效率为82%。

3.7.2. 发电量估算

根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）第 6.4.3 条规定，本项目光伏组件拟采用 17° 固定倾角布置，综合效率系数 K 是考虑了各种因素影响后的修正系数，经分析本项目可取 82%。按目前单晶组件的衰减率：首年衰减≤2%，逐年线性衰减≤0.4%，衰减最低至 90%。据此，本项目光伏电站 20 年逐年上网电量，详见下表：

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|------|----|-----|---|-----------|
| 装机容量 | 12748.1 | 组件斜 | 1334 | 首年 | 82% | 理 | 17006001. |
|------|---------|-----|------|----|-----|---|-----------|

| 年份 | 组件衰减 | 理论发电量 | 实际发电量估算 |
|--------|--------|-------------|--------------|
| 第 1 年 | 98.00% | 17006001.21 | 13944920.99 |
| 第 2 年 | 97.60% | 16936588.96 | 13888002.95 |
| 第 3 年 | 97.20% | 16867176.71 | 13831084.90 |
| 第 4 年 | 96.80% | 16797764.46 | 13774166.86 |
| 第 5 年 | 96.40% | 16728352.21 | 13717248.81 |
| 第 6 年 | 96.00% | 16658939.96 | 13660330.77 |
| 第 7 年 | 95.60% | 16589527.71 | 13603412.72 |
| 第 8 年 | 95.20% | 16520115.46 | 13546494.68 |
| 第 9 年 | 94.80% | 16450703.21 | 13489576.63 |
| 第 10 年 | 94.40% | 16381290.96 | 13432658.59 |
| 第 11 年 | 94.00% | 16311878.71 | 13375740.54 |
| 第 12 年 | 93.60% | 16242466.46 | 13318822.50 |
| 第 13 年 | 93.20% | 16173054.21 | 13261904.45 |
| 第 14 年 | 92.80% | 16103641.96 | 13204986.41 |
| 第 15 年 | 92.40% | 16034229.71 | 13148068.36 |
| 第 16 年 | 92.00% | 15964817.46 | 13091150.32 |
| 第 17 年 | 91.60% | 15895405.21 | 13034232.27 |
| 第 18 年 | 91.20% | 15825992.96 | 12977314.23 |
| 第 19 年 | 90.80% | 15756580.71 | 12920396.18 |
| 第 20 年 | 90.40% | 15687168.46 | 12863478.14 |
| | | 20 年平均发电 | 13404199.56 |
| | | 20 年总发电量 | 268083991.28 |

4. 电气系统方案

4.1. 设计依据

- (1) 《光伏电站接入电力系统技术规定》GB/T19964-2012；
- (2) 《光伏电站无功补偿技术规范》GB/T29321-2012；
- (3) 《光伏发电系统接入配电网技术规定》GB/T29319-2012；

- (4) 《光伏发电系统接入配电网设计技术规范》GB/T50865-2013;
- (5) 《光伏电站设计规范》GB/T50797-2012;
- (6) 《光伏系统并网技术要求》GBT 19939-2005
- (7) 《光伏电站接入电力系统设计规范》GB/T50866-2013;
- (8) 《电能质量-供电电压偏差》GB/T12325-2008;
- (9) 《电能质量-电压波动和闪变》GB/T12326-2008;
- (10) 《电能质量-三相电压不平衡》GB/T15543-2008;
- (11) 《电能质量-监测设备通用要求》GB/T19862-2005;
- (12) 《电能质量-公用电网谐波》GB/T14549-1993;
- (13) 《电能质量-公用电网间谐波》GB/T24337-2009;
- (14) 《电力工程电缆设计规范》（GB50217-2007）
- (15) 《电力系统技术导则》SD131-1984;
- (16) 《电力系统设计技术规程》DL/T5429-2009;
- (17) 《分布式电源接入配电网技术规定》NB/T32015-2013;
- (18) 《南方电网分布式光伏发电系统接入电网技术规范》Q/CSG1211001-2014;
- (19) 《南方电网10kV及以下中业扩受电工程技术导则（2018版）》
- (20) 《南方电网10kV及以下中业扩受电工程典型设计图集（2018版）》
- (21) 《南方电网公司分布式光伏发电服务指南（2018版）》；
- (22) 《广东电网公司新建电厂并网管理办法》2010;

注：以上法规规范均为现行最新版本。

4.2. 接入系统方式

| 总容量范围（kW） | 并网电压等级（kV） |
|-----------|------------|
| 小于 500(含) | 0.38、0.22 |

| | |
|----------------|---------|
| 500 至 6000 (含) | 0.38、10 |
| 6000 以上 | 10 |

根据《XX供电局分布式光伏发电系统接入电网技术指引（2017年修编）》，接入电网电压应根据接入电网的要求和光伏发电系统安装总容量，经技术经济比较后确定，一般情况下可参考以下要求：

1、电气主接线

光伏电站内每17电池板串为一组，每组输出电压为838.1V，逆变器至电池板及电池板间采用1x4mm² 光伏专用直流电缆；逆变器室布置在屋面合理位置。

由于本工程采用逆变器功率因数为0.95，系统仅变压器产生无功功率，可以不考虑变压器对电网功率因数的影响，本系统不考虑无功补偿。

最终接入系统方案以具备资质的电力设计院出具的电力系统接入报告及当地供电部门的批复意见为准。

4.3. 电缆的选择

1、光伏发电系统电缆的选择主要考虑如下因素：

电缆的绝缘性能；

电缆的耐热阻燃性能；

电缆的防潮防光性能；

电缆的敷设方式；

电缆的大小规格。

本工程光伏发电系统电缆选择：电压降不超过2%；方阵内部和方阵与方阵之间的电缆额定电流不小于计算电流的1.56倍。箱变至逆变器之间的电缆额定电流不小于计算电流的1.25倍，另外电缆应满足动、热稳定要求。

2、电力系统电缆的选择

电力系统电缆应满足动、热稳定及短路容量要求。

在电缆沟内每间距100m处设防火墙(或阻火段)，对架空桥架采取设阻火段和防火

隔板措施。对墙等处的电缆孔洞采用电缆防火堵料封堵，并采取防止火焰窜燃的措施。

4.4. 过电压保护及防雷接地

1、电压保护

防雷系统采用网带防雷方式。接闪带采用 $50 \times 5\text{mm}^2$ 热镀锌扁钢，并应在整个屋面组成不大于 $24\text{m} \times 16\text{m}$ 或 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 的网格。对于光伏电池阵列，将所有的电池支架都连为一体。并在电池支架基础处，每组固定支架两侧通过一根 $50 \times 5\text{mm}^2$ 热镀锌扁钢与相邻支架相连，保证光伏支架至少有两点引出与接地网可靠连接，地网与屋顶原有避雷带可靠连接。热镀锌扁钢与光伏支架的连接采用焊接，扁钢与扁钢的连接采用焊接。

本项目光伏电池组件防直击雷采用将光伏电池组件边框与支架可靠等电位连接，然后与接地网可靠连接；为增加雷电流散流效果，将单个子系统所有光伏电池组件支架可靠连接，连接成 $24\text{m} \times 16\text{m}$ 或 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 防雷网格，并连接到建筑自身的接地引下线上，组成联合接地。

逆变器的直击雷保护：逆变器布置在屋面两侧支架上，与屋面防雷带有效连接在一块，并设不少于两个有效连接点。建筑屋顶设避雷带，可对逆变器形成良好的直击雷保护网。

2、接地

本工程利用建筑原有的接地系统。根据《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)规定，对所有要求接地或接零的设备均应可靠地接地或接零。所有电气设备外壳、开关装置和开关柜接地母线、架构、电缆支架和其它可能事故带电的金属物都应可靠接地。本系统中，支架、太阳能板边框以及连接件均是金属制品，每个子方阵自然形成等电位体，所有子方阵之间都要进行等电位连接并通过引下线与接地网就近可靠连接，接地体之间的焊接点应进行防腐处理。

电站的保护接地、工作接地采用一个总的接地装置。根据《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)要求，高、低压配电装置共用接地系统，接地电阻要求不应大于 4Ω 。

本电站拟将光伏电站所有支架连接成电气整体，支架之间采用截面 $50 \times 5\text{mm}^2$ 热镀锌扁钢连接，光伏组件支架均可靠连接到建筑主防雷接地网。

本项目整个防雷接地系统施工完成后，请第三方检测机构对防雷接地系统进行专业检测，确保整个防雷接地系统的电阻符合国家规范要求。

4.5. 系统的安全可靠评估

为了确保系统可靠发电，其安全可靠评估可从电能质量、电网稳定性、孤岛效应保护等几个方面进行综合评估：

4.5.1. 对电网电压影响

电网电压的影响从两方面考虑首先是太阳能发电站并网后对电网的冲击和电压波动，对于日出日落的自然并网、脱网情况，一般出现在早晨并网，傍晚脱网，由于此时太阳能发电器实际上输出功率已经很小，因此对电网没有冲击；当发电设备需要人工调度停机或者紧急停机时，其逆变器的功率变化率将严格满足Q/GDW 11147—2013《分布式电源接入配电网设计规范》的相关要求，因此对电网电压的影响将保证在规范范围内。其次是并网发电设备自身对电网的适应性，并网逆变器通过升压变压器10KV并网，输出电压偏差小于额定电压的 $\pm 7\%$ 。

4.5.2. 对电网频率的影响

电网的额定频率为50HZ，由于并网逆变器内部装了同步锁相电路，因此逆变器时刻与电网同步运行，同时为能够适应在分布发电站或微型电网应用的要求。实际的逆变器频率可自动适用至47HZ-51.5HZ。

4.5.3. 对电网谐波的影响

逆变器在运行时不应造成电网电压波过渡的畸形和注入电网过度的谐波电流，并且逆变器满负载（线性负载）运行时，其电流总谐波畸变率限值为3%。

4.5.4. 功率的影响

并网逆变器为能够最大限度的利用，其并网功率因数可达到0.95以上，符合国家标准。

5. 土建工程

5.1. 设计依据

- (1) 《民用建筑设计统一标准》GB50352-2019;
- (2) 《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015;
- (3) 《建筑设计防火规范》GB50016-2014;
- (4) 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB50229-2006;
- (5) 《35~110kV变电站设计规范》GB50059-2011;
- (6) 《3~110kV高压配电装置设计规程》GB50060-2008;
- (7) 《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T5457-2012;
- (8) 《建筑结构荷载规范》GB50009-2012;
- (9) 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB50046-2018;
- (10) 《光伏发电站设计规范》GB50797-2012;
- (11) 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018-2002;
- (12) 《光伏发电工程地质勘察规范》(NB/T10100-2018);
- (13) 《太阳能发电站支架基础技术规范》(GB51101-2016);
- (14) 《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011);
- (15) 广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ15-31-2016);
- (16) 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版);
- (17) 《钢结构设计标准》(GB50017-2017);
- (18) 《钢结构工程施工质量验收标准》(GB50205-2020);
- (19) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)。
- (20) 中华人民共和国住房和城乡建设部《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》(2020年版)。

(21) 业主提供的资料;

以上未列规范按国家现行的其它有关法令、法规、政策及有关设计规程、规范、规定等。以上规范均按现行版本执行。

5.2. 光伏阵列设计

5.2.1. 结构设计

场区光伏支架主要可分为2种形式，分别为混凝土屋面配重块光伏支架形式与钢结构屋面夹具光伏支架形式。

屋面配重块形式光伏支架设计时，主要考虑屋面光伏支架的抗台风能力，当地50年一遇基本风压为 0.75kN/m^2 ，风荷载较大，配重块重量需满足当地风荷载要求。屋面光伏支架与对应配重块采用地脚螺栓连接。钢结构屋面夹具光伏支架设计时，采用



夹具将支架檩条与彩钢板固定。

光伏阵列整体安装示意图

5.2.2. 光伏阵列基础设计

光伏支架基础形式较多，常见的有现浇钢筋混凝土灌注桩基础、现浇钢筋混凝土独立基础、条形基础、螺旋钢管桩基础、钢管桩基础等。下面分别对比不同形式基础

的优缺点：

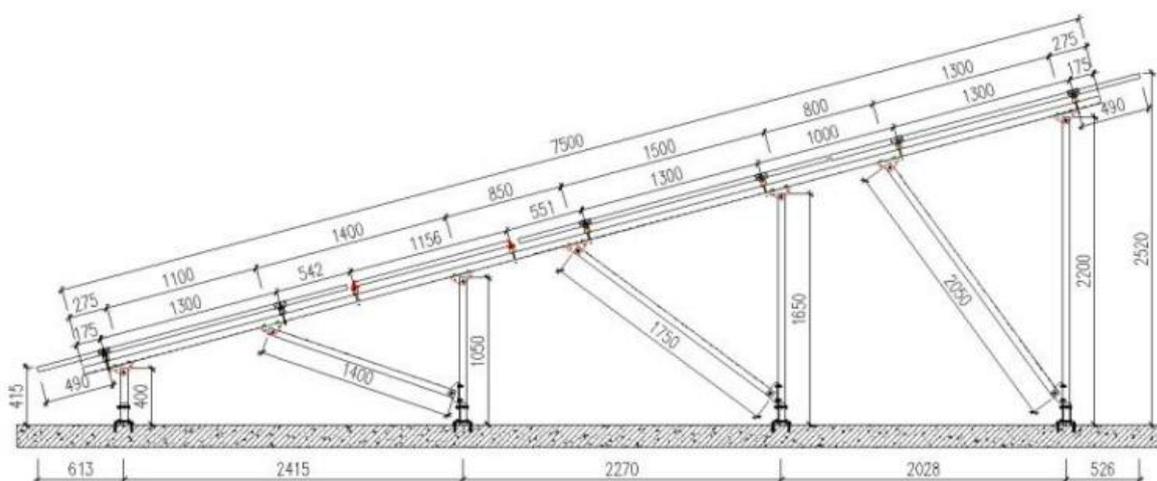
钻孔灌注桩基础：成孔较为方便，可以根据地形调整基础顶面标高，顶标高易控制，混凝土钢筋用量小，开挖量小，施工快，对原有植被破坏小。但存在混凝土现场成孔、浇筑，适用于一般填土、粘性土、粉土、砂土等。

钢螺旋基础：成孔方便，可以根据地形调整顶面标高，不受地下水影响，在冬季气候条件下照常施工，施工快，标高调整灵活，对自然环境破坏很小，不存在填挖方工程，对原有植被破坏小，不需要场平。适用于沙漠、草原、滩涂、戈壁、冻土等。但用钢材较大，且不适用于强腐蚀性地基及岩石、砂砾石基础。

独立基础：抗水荷载能力最强，抗洪抗风。所需钢筋混凝土量最大，人工多，土方开挖及回填量大，施工周期长，对环境破坏力大。光伏项目中已很少使用。

钢筋混凝土条形基础：此类基础形式多应用于地基承载力较差，适用于场地较为平坦，地下水位较低地区，对不均匀沉降要求较高的平单轴跟踪光伏支架中。

综合本工程的屋面情况和支架计算结果，初拟工程支架基础形式为现浇钢筋混凝土灌注桩基础。钻孔灌注桩基础：前后柱采用同样的形式，为直径 $\Phi 0.30\text{m}$ 的钢筋混凝土钻孔灌注桩，桩长约 2.6m ，桩体出露地面约 0.6m ，伸入地面以下 2.0m 。



支架安装示意图

5.3. 逆变器的安装设计

逆变器主要安装在屋面上或墙壁上，通过角钢支架固定。角钢支架采用螺栓固定在屋面上或墙壁上。

逆变器通过汽车运抵施工场地旁边，采用吊车将逆变器卸车，再采用液压升降小车推至安装位置进行就位，逆变器采用螺栓固定在支架上。

5.4. 主要建筑材料

本工程所需的主要建筑材料有：

(1) 钢材：Q235B，Q345B；

(2) 焊条：E43xx、E55xx；

(3) 螺栓：普通螺栓、摩擦型高强螺栓（8.8级、10.9级）；

(4) 钢筋：HPB300：I级钢筋,强度设计值 $f_y=270\text{N/mm}^2$ ；HRB400：III级钢筋,强度设计值 $f_y=360\text{N/mm}^2$ ；

(5) 混凝土：预制混凝土构件选用 C25~C35，现浇混凝土结构选用 C25~C35，素混凝土及垫层为 C15。

(6) 铝合金导轨：6063-T5。

本工程所需建筑材料可在于XX市及附近地区采购，施工营地、部分设备、材料亦可根据需要堆放于厂区内指定位置。由于前期不确定因素，暂按以往项目经验选用建筑材料，后期根据实际需要再做调整，材料的选用、检验必须满足国家标准和有关规范。

6.工程消防设计

6.1. 概述

6.1.1. 设计依据

- (1) 《中华人民共和国消防法》
- (2) 《建筑设计防火规范》GB50016
- (3) 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140
- (4) 《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB50229

注：以上法规规范均为现行最新版本。

6.1.2. 设计原则

贯彻“预防为主、防消结合”的消防工作方针，做到防患于未“燃”。严格按照规程规范的要求设计，采取“一防、二断、三灭、四排”的综合消防技术措施。工程消防设计与总平面布置统筹考虑，保证消防车道、防火间距、安全出口等各项消防要求。

本工程消防总体设计采用综合消防技术措施，根据消防系统的功能要求，从防火、灭火、排烟、救生等方面作完善的设计，力争做到防患于未“燃”，减少火灾发生的可能，一旦发生也能在短时间内予以扑灭，使火灾损失减少到最低程度。同时确保火灾时人员的安全疏散。

6.2. 工程消防设计

本期工程主要为光伏组件阵列、逆变器等户外设备的消防。

通过对外交通公路，消防车可到达场区。场区内建筑物及构筑物前均设有道路，用于设备安装及检修并兼做消防通道，消防通道宽度不小于5m，而且场区内形成环形通道，道路上空无障碍物，满足规范要求。

6.2.1. 建筑物火灾危害性分类和耐火等级

本工程建筑物火灾危险性分类及耐火等级严格按GB50229-2019《火力发电厂与变电站设计防火标准》和GB50016-2014《建筑设计防火规范》(2018年版)执行。

6.2.2. 主要场所及主要机电设备消防设计

升压变电站消防设施由下列部分构成：灭火器的配置、火灾报警。电缆防火：电缆选用C级阻燃交联聚乙烯电缆，最小截面应满足负荷电流和短路热稳定满足要求，对主要的电缆通道采取防火阻燃措施。在各建筑物通向外部的电缆沟道出口处做防火封堵。所有电气设备均为无油设备，开关采用真空开关，均不具有可燃性，所以从设备本身来讲，大大降低了火灾发生的可能性。

6.2.3. 安全疏散通道和消防通道

疏散通道：升压变电站对外设有设备安装及人员安全出口，完全可满足疏散通道的要求。消防车道：在厂区的工程设计中已规划设计消防通道，故本期工程不考虑消防通道的设计。

6.2.4. 消防给水设计

光伏电站组件布置区的光伏板及支架均不属易烧材料，升压变电站电气设备均为不易燃烧材料，且不宜采用水灭火，宜配备移动式灭火器，消防水量主要是满足集控室中生活办公场所的消防用水，消防水系统在原厂区的工程设计时已经考虑，本项目不再设计。

6.2.5. 消防电气

本工程利用原有的消防电气系统，故消防供电本工程设计中不需要考虑。本工程利用原有的建筑物疏散通道及相应的火灾应急照明，其主要通道及出口处设疏散及安全出口指示标志及照明。

6.2.6. 消防监控系统

火灾检测及报警系统，根据《火力发电厂与变电所设计防火规范》BG50229-2019及《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-2013的有关规定，本工程将沿用原有场区内的火灾自动报警控制系统，不再加设另外的自动报警系统。

6.2.7. 建筑消防设计

本期工程升压变电站内消防采用移动式灭火器，灭火器配置按GB50140-2010《建筑灭火器配置设计规范》的有关规定设计。户外配置推车式ABC干粉灭火器，用于光伏区的灭火；在配电室设置事故照明，在人员出入口等处设置应急疏散标志灯。

6.3. 施工消防

6.3.1. 施工现场消防总体原则

建筑工程开工前编制施工组织设计、施工现场消防安全措施及消防设施平面图。

施工现场必须配备消防器材，做到布局、选型合理。动火区落实防火、灭火措施，设置灭火器材和消防器具；现场作业人员严禁抽烟，需焊割和明火作业，应事先消除周围可燃物或采取防范措施，撤离易燃易爆物品。

施工现场设置明显的防火宣传标志。组织施工现场的义务消防队员，定期组织教育培训及演练。

6.3.2. 灭火器材配置要求

在每个施工期变压器附近各配置手提式磷酸铵盐干粉灭火器2具，推车式磷酸铵盐干粉灭火器1辆以及砂箱2个。

临建区域内，每100m² 配备2只10L灭火器。大型临时设施总面积超过1200m²，备有专供消防用的太平桶、蓄水桶(池)、黄砂箱等设施。临时油漆房和木、机具间等每25m²配置一只种类合适的灭火器，危险品仓库应配备足够数量、种类合适的灭火器。

要害部位应配备不少于4具灭火器材，要有明显的防火标志，并经常检查、维护、保养，保证灭火器材灵敏有效。

7. 施工组织设计

7.1. 施工条件

项目位于中山市古镇镇，交通运输便捷，能满足光伏电站的对外交通运输要求。本项目以屋面光伏为主，在屋面空闲位置敷设光伏组件，场地条件良好，各场区内均有内部大院或停车场可根据需要在场区内与业主协商一处空地临时堆放施工用材料。

7.2. 施工总布置

7.2.1. 施工总布置规划原则

本工程计划光伏装机容量11.57MW。

根据太阳能光伏电站建设投资大、工期紧、高空作业多、建设地点集中及质量要求高等诸多特点，遵循施工工艺要求和施工规范，保证合理工期，采用优选法及运筹学，施工总布置需按以下基本原则进行：

1、路通、电通、水通为先

需新建一条从光伏电站到外面的通道，以便运输生产建设所需设备。施工生产用水采用自来水或周围水塘等水域。

2、以点带面，由近及远的原则

以场区及某一区域一定数量的太阳能电池板的安装为试点，通过经验的总结和积累，逐步从该区域向两侧或一侧延伸施工，以更高的效率加快基础工程施工和设备的安装。

3、质量第一，安全至上的原则

太阳能光伏电站电池板、支架安装工程量较多，虽安装高度较低，但考虑安装质量要求高，会给安全施工带来一定的难度。为此，在全部工程实施的始终，都要贯彻执行质量第一、安全至上的原则。

4、节能环保、创新增效的原则

太阳能光伏电站的建设本身就是节约一次能源、保护环境和充分利用可再生资源——太阳能的一项社会实践，但是，在建设中对于具体的工程项目的实施，仍然要遵循充分节约能源、切实保护环境的原则。在整个电站建成运营后，更能显示出开发

新能源，对人类所创造出的经济效益、社会效益和绿色环保效益。

5、高效快速、易于拆除的原则

太阳能光伏电站的全部建（构）筑物，除地下基础工程采用钢筋混凝土外，地面上安装所用的承重支撑体系及维护结构尽量设计成易于加工、易于拆装的标准化构件，不仅能达到快速施工、节约能源的目的外，而且易于拆除、易于清理。

根据光伏电站的总体布局，场内道路应紧靠光伏电池组件旁边通过，以满足设备一次运输到位、支架及光伏电池组件安装需要。电站内运输按指定线路将大件设备逆变器等均按指定地点一次到位，尽量减少二次转运。

7.2.2. 施工用电

1、本项目就近从场区配电网0.4kV侧取电，每个施工点安装一台动力控制箱，通过动力控制箱、照明箱和施工电缆送到施工现场的用电设备上，控制箱内设计费电电表。

2、现场施工用电设施要求：现场提供380V电源，场内用电线路的设计、安装、运行和维护按有关规程和规定进行，要加强施工用电的安全管理工作，从配电装置引出的低压回路，以敷设电缆为主，在施工区域的合理部位布下级配电设施，室外布置的配电设备要有防雨设施，确保施工用电安全。

现场配电盘、箱应形式统一，颜色一致，并有明显的警示标志和定期检验合格标识，接地系统应符合标准。做好现场施工电源冬、雨季巡检工作，消除用电隐患。用电单位要采取措施节约用电。

3、经初步测算，每个施工点的最高用电负荷不超过50kW。

根据光伏电站建设投资大、施工作业面广、安装质量要求高等诸多特点，遵循施工工艺要求和施工规范，保证合理工期，施工总布置需按以下基本原则进行：

（1）路通为先，电缆跟进的原则：首先施工光伏电站通向外界的主干路，然后按工程分期分段的次序，修建太阳电池方阵之间的支路。在修路的同时，埋设10kV集电线路，在路面的内侧地下埋设好信号控制电缆，以便在施工时加以利用。

（2）分区划片，合理交叉的原则：由于光伏电站规模较大，为了达到太阳电池能分期分批投入运营，将整个光伏电站进行分区划片，合理安排先后的施工期限和顺

序，在每个施工分区划片中，工程项目需分清轻重缓急。为此，需要合理安排分部分项工程及工序交叉作业。

(3) 以点带面，由近及远的原则：以场区内一定区域为光伏电站项目的工程，以一定数量的第一批太阳能电池方阵的安装为试点，通过经验的总结和积累，逐步从中心区域向两侧或一侧延伸施工，以更高的效率加快基础工程施工和太阳能电池方阵的安装，在此之前要相应完成部分或全部的二次设备室控制设备的安装和输电外电网的连接，以保障第一批太阳能电池方阵尽快投入运营发电。

(4) 安全第一、质量至上的原则：太阳能电池方阵的安装工程量大，安装质量要求高，为此，在工程实施中，应贯彻执行安全第一、质量至上的原则。

(5) 环保、创新增效的原则：光伏电站的建设本身就是节约一次能源、保护环境和充分利用可再生资源—光能的一项社会实践。但是，在光伏电站的建设中，对于具体的工程项目的实施，仍然要遵循充分节约能源、切实保护环境的原则。在整个光伏电站建成运营后，更能充分显示出开发新能源，对人类所创造出的经济效益、社会效益和绿色环保效益。

(6) 高效快速、易于拆除的原则：光伏电站的建(构)筑物，地下基础采用钢筋混凝土结构，地面以上的承重支撑体系及围护结构尽量设计成易于加工、易于拆装的标准化构件，除能达到快速施工、节约能源的目的外，还能达到易于拆除、易于清理的目的。

7.2.3. 施工水源

本工程施工现场生产、生活、消防用水施工生产用水采用自来水。本工程高峰期施工用水量为 $15\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程施工及生活用水拟采用场区内用水源，取水方便。

7.2.4. 施工通信

本工程施工现场的对外通信，可以采用无线电对讲机的通信方式。

7.2.5. 工厂占地

永久性占地包括光伏组件占地、电缆埋设路径占地；临时性用地包括施工中临时堆放建筑材料占地、施工人员临时居住占地、设备临时储存所占地和其它施工中所需临时用地。

临时施工用地由场区业主提供。

7.2.6. 场地平整

本工程的场地平整主要包括施工道路及场区太阳能支架所占地面的场地平整。

7.3. 工程施工

7.3.1. 施工前的准备

根据物资清单以及施工过程中要用到的工具、部件编制《施工所需物料明细表》、《施工所需工具清单》、《安全措施保护工具清单》等，制定《现场施工手册》指导施工。根据物料明细表进行物料准备，外协购件应考虑供货周期等，提前准备申购、联系厂家，以免耽误工期。

7.3.2. 土建工程总体施工方案

1、土建施工本着先地下、后地上的顺序，依次施工配电装置楼基础、电池组件基础、逆变器室基础以及±0.00m以下设施。

2、接地网、地下管道与相应的地下工程设施同步施工，电缆管预埋与基础施工应紧密配合，防止遗漏。

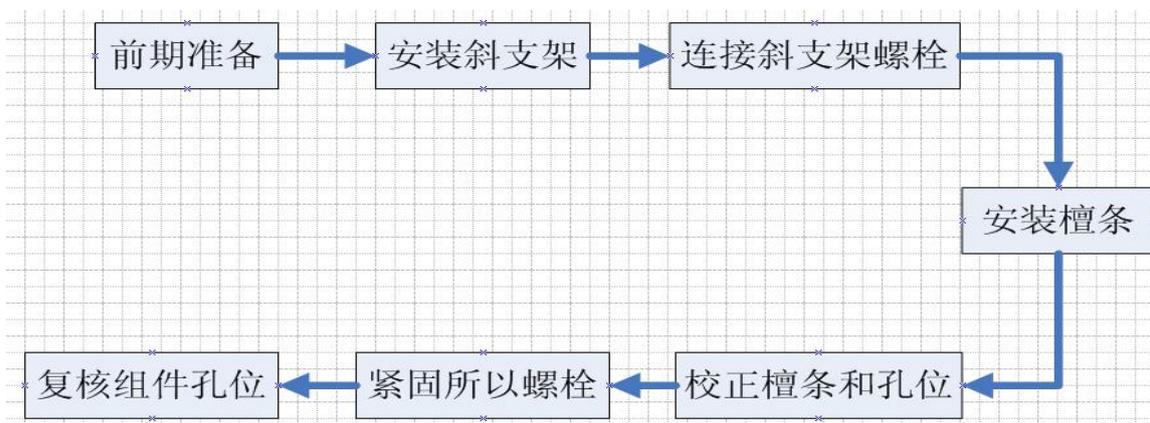
3、基础施工完后即回填，原则上要求起重设备行走的部位先回填。起重机械行走时要采取切实可行的措施保护其下部的设备基础及预埋件。

7.3.3. 太阳能光伏支架安装

1、施工准备：进场道路通畅，安装支架运至相应的阵列基础位置，太阳能光伏组件运至相应的基础位置。

2、阵列支架安装：支架分为基础底梁、立柱、加强支撑、斜立柱。支架按照安装图纸要求，采用镀锌螺栓连接。安装完成整体调整支架水平后紧固螺栓。

3、太阳能电池组件安装：细心打开组件包装，禁止单片组件叠摞，轻拿轻放防止表面划伤，用螺栓紧固至支架上后调整水平，拧紧螺栓，工艺流程图如下：



支架安装应认真核对图纸与现场实况无误后，严格按照施工图纸进行。

太阳能支架的安装工序：

- (1) 安装太阳能支架龙骨安装；
- (2) 安装太阳能支架支撑安装；
- (3) 安装太阳能支架相关配件；
- (4) 整体调整,做到横平竖直、间隔均匀、整体美观；
- (5) 将所有不锈钢螺栓组紧固。

7.3.4. 太阳能光伏组件安装

安装光伏组件前，应根据组件参数对每个光伏组件进行检查测试，其参数值应符合产品出厂指标。一般测试项目有：开路电路、短路电流等。应挑选工作参数接近的组件在同一子方阵内，应挑选额定工作电流相等或相接近的组件进行串连。安装光伏组件时，应轻拿轻放，防止硬物刮伤和撞击表面玻璃。组件在基架上的安装位置及接线盒排列方式应符合施工设计规定。组件固定面与基架表面不吻合时，应用铁垫片垫平后方可紧固连接螺丝，严禁用紧拧连接螺丝的方式使其吻合，固定螺栓应加防松垫片并拧紧。光伏组件电缆连接按设计的串连方式连接光伏组件电缆，插接要紧固，引出线应预留一定的余量。组件到达现场后，应妥善保管，且应对其进行仔细检查，看其是否有损伤。必须在每个太阳电池方阵阵列支架安装结束后，才能在支架上组合安装太阳电池组件，以防止太阳电池组件受损。

光伏组件的安装工序：

- (1) 安装太阳能电池组件；
- (2) 安装太阳能组件之间的固定件；
- (3) 整体调整,做到横平竖直、间隔均匀、整体美观；
- (4) 将所有螺栓组紧固。

根据施工图纸,集合施工现场,确定安装顺序,太阳能电池组件属于贵重物品,要求安装时轻取轻放,放置一块固定一块,防止组件被摔坏。安装时严格控制好组件与组件的空隙,做到横平竖直。太阳电池组件的接插头是否接触可靠,接线盒、接插头须进行防水处理。检测太阳电池组件阵列的空载电压是否正常。

1、组件安装的一般要求

- (1) 在任何可能的情况下,应该利用预先在边框上打好的孔安装；
- (2) 最安全的安装是使用组件上靠内侧的四个对称安装孔位安装；
- (3) 如果当地的最大风力可能超过四个安装孔所能够承受的力量,应该在安装结构中同时使用外侧的四个安装孔位；
- (4) 不要在阴雨天气里安装,潮湿将导致绝缘保护失效,发生安全事故；
- (5) 在搬运组件时,不要抓住接线盒来举起组件；不要站在组件上；不要扔或让东西落在组件上；
- (6) 为防止组件玻璃的破碎,不要把重物放在组件表面或背面；
- (7) 不要把组件重重地放在任何平面上,不要放在不平的平面上；
- (8) 不适当的搬运和放置,可能导致组件玻璃的破碎和丧失电性能,组件失去使用的价值。

2、组件的电气连接

在机械安装和电气安装时用不透明材料将组件表面整个覆盖；保护电线,免遭伤害；接地安装必须遵守当地的标准和规则。

3、接地安装

接地电缆应该良好地连接到组件框架；如果支撑框架是金属制作的,支撑框架的

表面应该是电镀保护的，具有良好的导电性能。接地电缆也应该良好地连接到金属材料的支撑框架上；在组件框架的中部有一对预先打好的孔，这两个孔是专门用于安装接地电缆的。每一个组件都应该连接接地电缆。

7.3.5. 汇流箱安装

汇线箱安装在方阵附近，防护等级一般为IP65，连接箱主要有接线端子、防雷模块、直流断路器等组成。在支架边制作混凝土基础，角钢伸出基础，汇流箱固定在角钢上，汇线箱通过M4螺丝将接线箱与支架固定。管线进出汇线箱是应固定牢靠，应有入盒锁扣紧固，做好密封严实，宜采用下进下出线方式。

组件阵列(DC)的连接：

- (1) 检查光电阵列的极性，光电组件最大串联电压是否满足设计要求。
- (2) 测量每组光电池的各级与接地的电压值(DC)，根据安全说明。
- (3) 如果测量的电压是恒定的，并且基本等于光电组的开路电压，那么这说明有一个错误，电压的定量值基本可以发现接地错误的大概位置。
- (4) 对每一组光电阵列，重复第2步和第3步。
- (5) 连接没有问题的光电组到逆变器。并确认连接到正确的接线端子和极性。

7.3.6. 逆变器安装

配电装置基础安装根据施工图的要求，先用合格的材料及定出基础的实际位置，同时对土建的预埋件进行清理，测量埋件的标高，以标高最高的一块埋件作标准，计算出槽钢与埋件之间垫铁的厚度，随后将垫铁及槽钢安放到位置上去，校正标高及水平尺寸，用电焊将压脚槽钢、垫铁、及埋件焊接牢固并与接地网接通，提前通知监理方验收。低压盘、柜的基础型钢安装后，其顶部要高出抹平地面10mm。电气盘、柜就位及安装按事先确定的顺序领运至逆变室附近，由液压小车或滚筒滚动到位。将单个配电柜校正、固定，柜间的固定采用螺栓、柜底脚固定采用电焊焊接，固定完毕验收合格。为了不损坏室内地坪，应在拖动或滚动路线上铺一层橡皮，再适当铺层板。配电柜的安装须严格按制造厂及规范的要求，其垂直度和水平度符合规范要求，并做好自检记录。安装就位后定期测量记录绝缘情况并采取针对性的措施。检查及调整检查盘、柜内断路器的密封情况、分合闸性能、操动机构弹簧储能性能，并按断路器使用

说明书要求进行调整。盘、柜及其内部设备与各构件间连接须牢固。成套柜的机械闭锁、电气闭锁可靠、准确；动、静触头的中心线保持一致，触头接触紧密；二次回路辅助开关的切换接点动作准确、可靠。机械或电气连锁装置动作正确可靠，断路器分闸后，隔离触头才能分开；二次回路连接插件接触良好。

7.3.7. 电缆敷设

1、电缆设施的要求

电缆敷设区域内的桥架必须在电缆敷设前完工。每次电缆敷设前，要对本次电缆敷设区域内的电缆设施再次检查，仔细清理桥架内的遗留物，将各种施工废弃物及时清理干净，以确保电缆敷设后电缆外表的清洁，保护管、套管穿好牵引铅丝或钢丝。电缆层内如照明度不足，需将设足够的安全照明。

2、施工准备措施

施工前将需敷设的电缆盘集中堆放在各自的电缆盘支架上。搬运电缆时，要防止电缆松散及受伤，电缆盘应按电缆盘上箭头所指方向滚动。施工前认真核对电缆盖上的规格、型号、电压等级与需敷设电缆进行对照，敷设的电缆型号、规格必须符合设计要求。敷设前对整盘电缆进行绝缘测试，检查电缆绝缘是否合格。1KV以下的动力电缆用1000V兆欧表，控制电缆用500V兆欧表，6KV以上电缆用5000V兆欧表，并做好原始记录。准备好需敷设电缆的临时标签牌。在敷设前定出电缆敷设总负责人，来指挥整个电缆敷设工作。电缆敷设总负责人要明确各施工人员的具体任务及职责。技术人员及时将各系统各区域的电缆清册汇总到总负责人手中，进行统筹安排，并根据敷设计划，制定出统一的劳动力使用计划及电缆的使用计划。所有电缆敷设过程中所用到的工、器具在敷设前检修完毕，并准备到位。

3、电缆敷设实施方案

本标段电缆敷设采用的方式有人力敷设法和机械敷设法。

(1) 对于小截面的电缆采用人力敷设法，在一些敷设条件不好的地方，如转弯半径较小处，可装平铁滑轮、转角滑轮和钢管等辅助装置，以确保电缆按规范要求敷设。

(2) 对于大截面的电缆采用机械敷设法。根据以往的施工经验，用电缆输送机

敷设电缆，不但节约了大量的时间，而且可提高劳动生产率，以确保施工进度地准时实现。机械敷设电缆，还能确保电缆的完好，并降低工程造价。动力电缆、控制电缆严格按施工图纸要求分层敷设。电缆盘处必须设专人负责，根据拟定的电缆敷设清册及顺序架设电缆盘，电缆必须从电缆盘的上方引出，施放时电缆盘的转动速度应和电缆的牵引速度相匹配。在每次电缆敷设时，由总负责人指定电缆敷设指挥者，所有敷设人员应听从指挥者的统一发令。指挥者在敷设过程中，应对敷设路径进行巡视，并随时通过对讲机与电缆敷设终点设备负责人联系，以使掌握电缆敷设到位情况。每根电缆敷设完毕后要及时进行整理，并将附在电缆外皮上的泥土及脏物擦干净。电缆敷设一次到位，即每根电缆敷设完毕后，及时将电缆穿入盘、箱内，以防电缆遭受不必要的损伤。电缆敷设在易积粉尘或易燃的地方时，采用封闭电缆槽或穿电缆保护管。电缆的弯曲半径不小于其外径的10倍，电缆保护管的弯曲半径须满足上述要求。在电缆两端应挂有标明编号并可长期识别的标志牌。电缆敷设完毕，电缆两端应及时加以封闭。严禁敷设有明显机械损伤的电缆。电缆敷设时，要防止电缆之间及电缆与其它硬质物体之间的磨擦。

4、电缆接线

制作电力电缆终端头，从剥切电缆开始应连续操作直至完成，缩短绝缘暴露时间，剥切电缆时不应损伤线芯和保留绝缘层，电力电缆终端头处的金属护层接地须良好。引入盘、柜的电缆排列整齐，标志清晰，避免交叉，并固定牢固，不得使所接的端子排受到机械应力。控制电缆接线，每个盘柜宜由同一人作业，以防止差错。布置同一型号电缆应采用同变度，保持间距一致、平整美观。电缆芯线确保无伤痕。单股线芯弯圈接线时，其弯曲方向要与螺栓紧固方向一致；多股软线芯要压接接线鼻子后，再与端子连接。导线与端子或绕线柱接触须良好，每个接线端子的每侧接线为一根，不得超过2根，导线在端子的连接处留有适当余量。备用芯的留用长度为盘内最高点。控制电缆线芯的端头要有明显的不易脱落、褪色的回路编号标志。控制电缆接线正确，本工程控制电缆一次接线正确率要求达到99%以上。电缆、导线确保无中接头。延起到至关重要的作用，因此必须按照设计与规范要求，毫无遗漏地、高质量地完成电缆防火封堵施工。防火封堵材料必须经过技术或产品鉴定，并经监理同意。由于防火封堵施工专业性较强，所以在本标段施工中，我方将指派专业的、技术熟练的作业人员进行电缆防火封堵施工。

7.3.8. 电气管线工程

管线施工前，应具备相关的完备的图纸：接线图、安装图、系统图以及其他必要的文件。并将施工的材料实体和合格证送交甲方审核，审核通过后，方可使用该类材料进行施工。电气线管安装和导线的敷设应按设计图纸及规范要求进行：管口应无毛刺和尖锐菱角；当明装塑料管的长度超过30米时，应加装伸缩节；电缆管室外敷设深度不应小于0.7米，人行道下不应小于0.5米。金属电线管不宜直接对焊，宜采用导管焊接方式，连接时应两管口对准、连接牢固，密封良好；套接的短套管或带螺纹的管接头长度，不应小于电缆管外径的2.2倍。采用金属软管及合金接头作电缆保护连接管时，两端应固定牢固，密封良好；金属管路较多或有弯时，弯曲半径应大于6倍管直径，且宜适当加装接线盒，两具接线盒之间的距离应符合规范要求。管内或线槽穿线应在建筑抹灰及地面工程结束后进行。在穿线前管内或线槽内的积水及杂物清除干净。

系统、不同电压等级、不同电流类别的线路不应穿在同一管或线槽内；导线在管内或线槽内不应有接头和扭结，导线的连接应在线盒内。在割开导线绝缘层进行连接时；不应损伤线芯；导线的接头应在接线盒内连接；不同材质的导线不准直接连接；分支线接头处，干线不应受到来至支线的横向拉力。导线在箱，盒内的连接宜采用压接法，可使用接线端子及铜（铝）套管，线夹等连接，铜芯导线也可采用缠绕后搪锡的方法连接。导线与电气器具端子间的连接，截面 2.5mm^2 及以下可直接连接，但多股铜芯导线的线芯应先拧紧搪锡后再连接。使用压接法连接导线时，接线端子铜套管压模的规格应与线芯截面相符合。导线要严格按照规范的规定做颜色标记，各相线的颜色一定要统一：A/R相-红色，B/Y相-黄色，C/G相-绿色，零线-黑色或其他颜色，地线(PE线) —“黄、绿”双色。其余导线应该根据不同用途采用其他颜色区分，整个系统中相同用途的导线颜色应一致。盒（箱）设置正确，固定可靠，管子进入盒（箱）处顺直，用铜梳固定的管口，线路进入电气设备和器具的管口位置正确。在盒（箱）内的导线长度有适当的余量（ $15\sim 30\text{mm}$ ）；导线连接牢固，包扎严密，绝缘良好，不伤线芯；盒（箱）内清洁无杂物，导线整齐，护线套、标志齐全，不脱落。线管敷设前应清洁线管，完工后验收前应再清洁线管。

7.3.9. 防雷接地装置安装

1、接地系统的安装

接地体，埋设接地线必须采用镀锌件或者铜件，采用50mm角钢或则直径50壁厚3.5mm镀锌钢管。接地体埋设深度不应小于0.6米，接地体距建筑物不应小于1.5米，接地体（线）的连接宜采用焊接，扁钢的搭接焊长度应为扁钢宽度的两倍（至少三边焊接），圆钢的搭接焊长度应为圆钢直径的6倍，圆钢与扁钢搭接时，搭接焊长度为圆钢直径的6倍，扁钢与管钢或角铁焊接时，为了连接可靠，除应接触部位两侧进行焊接外，并应焊以钢带弯成弧形（或直角形卡子），或由钢带本身直接焊成弧形（或直角形）与管钢（或角钢）焊接，焊接处应进行防腐处理。明敷的接地线表面应涂黑漆；如因建筑设计需求，需涂其他颜色，应在连接处及分支处涂以各宽为15mm的两条黑带，间距为150mm。为了减少相临接地体的屏蔽作用，垂直接地体的间距不宜小于其长度的2倍，通常不宜小于5m，不得在地下使用裸导体作为接地体或接地线，敷设外接地体的回填土内不应含有石块、建造材料或垃圾等。接地电阻的测试是指对地电阻和接地线电阻的总和，低压电力网中，电力装置的接地电阻不宜超过4欧。

2、接地系统的检验

接地系统的检验，最后用接地摇表摇测接地体电阻阻值应不大于 $4\ \Omega$ （接地电阻应在回填两天后，且不得在雨天后进行测量）。

7.4. 特殊气象条件下的施工措施

7.4.1. 高温季节施工措施

1、在高温季节，砼浇筑温度不得高于 28°C 。合理地分层分块，采用薄层浇筑，并尽量利用低温时段或夜间浇筑。

2、尽量选用低水化热水泥，优化砼配合比，掺优质复合外加剂、粉煤灰等，降低单位体积砼中的水泥用量，并掺加适量的膨胀剂。

7.4.2. 雨季施工措施

现场总平面布置，应考虑生产、生活临建设施、施工现场、基础等排水措施；做好道路维护，保证运输通畅；

加强施工物资的储存和保管，准备足够量的防雨材料，满足施工物资的防雨要求和雨天施工的防雨要求，防止物品淋雨浸水变质；

雨季施工时，应随时调整施工配合比，并避开雨天，在浇筑中遇到下雨应设挡雨

棚后覆盖塑料薄膜以防雨水冲刷，雨较大时应停止施工并合理预留施工缝；

雨季施工砌体室，砂浆的稠度应适当减小，每天砌筑高度不宜超过1.2m，收工时覆盖砌体上表面，若雨水较大时则停止施工；

脚手架等要安装避雷装置，接地电阻不大于 10Ω ，雨过后要复工先检查现

堆放水泥的仓库四周应用防水砂浆抹面，地面铺一层油毡，并将水泥用架板支垫，屋面保温材料不得露天放置，进场堆放应有防水措施，保温层不得雨天施工；

将强降雨期质量安全意识教育，制定有效的值班制度，责任落实到人。

7.4.3. 冬季施工措施

连续5天平均气温稳定在 5°C 以下，或日最低气温低于 0°C ，即进入冬季施工，拟采取冬季施工措施：

钢筋负温下闪光对焊宜采用：预热-闪光焊工艺，焊接参数宜采用弱参数，保证一定长度的见红区，减小温度梯度和延缓冷却速度，焊接时应严防地热、烧伤、咬口和裂纹等缺陷。焊接时注意：焊接前必须清除焊接部位及电极、钢筋接触不稳的铁锈、污物，端部若有弯曲应予以切断或校正；焊接在室外时应搭设棚子，焊接后接头严禁接触冰雪、冷水，应用干砂使其缓慢冷却。

砼工程进入冬季施工后，砼要按新配合比例添加防冻剂，另外根据现场实际情况对原材料加热，一般为对水加热，采用一次投料次序，水温不超过 80°C ，适当延长搅拌时间，避免水泥与水直接接触，混凝土从搅拌站集中搅拌、运输至入模需要一定时间，为减少混凝土在浇筑及运输过程中的热量损失，应尽量缩短混凝土的运输时间及空气中停放时间，保证砼的入模温度不低于 10°C 。浇筑后立即进行覆盖，先盖一层塑料布，再盖两层草袋。

砌体工程中的砂浆宜用普通硅酸盐水泥拌制，石灰膏等掺和料应有防冻措施，如遇冻，必须融化后方可使用。砂中不得含有大于10mm的冻块。砖应清除冻霜，冬季不浇水，应适当增大砂浆的稠度。砌砖一般采用掺盐砂浆，砌体加筋按有关规定应进行防腐处理。

钢结构工程的冬季施工：除编制施工组织设计外，还应对取得合格焊接资格的焊工进行负温下焊接工艺的培训，经考试合格后，方可参加负温下钢结构的施工。在负

温下焊接时，针对不同的结构，焊接用的焊条、焊缝在满足设计强度的前提下，普通结构应选用屈服强度较低、冲击韧性较好的低氢型焊条，重要结构可采用高韧性超低氢焊条。

钢结构的安装:编制安装工艺流程图，构件运输时要清除运输车箱上的冰、雪，注意防滑垫稳；构件外观应检查与矫正，负温下安装使用的机具及设备使用前应进行调试，必要时需低温下试运转，发现问题应及时修整。负温下安装用的吊环必须用韧性好的钢材制作，防止低温脆断。

7.4.4. 主要施工机械

根据光伏电站施工集中的特点，本工程施工期6个月，施工采用集中与分散相结合的原则。主要施工机械见表：

表 8.4-1 主要施工机械表

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 单位 | 数量 | 备注 |
|----|-------|----------|----|----|----|
| 1 | 吊车 | 12t | 辆 | 1 | |
| 2 | 交流电焊机 | BX1-500A | 台 | 3 | |
| 3 | 调直机 | 4T | 台 | 2 | |
| 4 | 空气压缩机 | V-6/7 | 台 | 1 | |
| 5 | 打夯机 | Hw60 | 台 | 1 | |
| 6 | 台式电锯 | MJT500 | 台 | 2 | |
| 7 | 砂浆搅拌机 | JZC500 | 台 | 1 | |
| 8 | 电焊机 | BXI-300A | 台 | 3 | |
| 9 | 钢筋拉直机 | JJM-3 | 台 | 1 | |
| 10 | 钢筋切断机 | GQ-40 | 台 | 2 | |

| | | | | | |
|----|-------|---------|---|---|--|
| 11 | 钢筋弯曲机 | GJB7-40 | 台 | 2 | |
| 12 | 手电钻 | FDV16T | 台 | 4 | |
| 13 | 电锤 | TE-15 | 台 | 4 | |

以上施工机械暂按以往项目经验配备，具体施工设备配置可按项目实际施工需要动态调整配置。

7.5. 施工总进度

7.5.1. 施工总进度目标

根据目前的设计、施工的经验及水平、主要设备订货情况，道路、集控站与光伏阵列基础先期开工，要求施工机械的工作能同时满足要求。本工程计划建设期12个月。工期总目标是：光伏电站全部设备安装调试完成，全部光伏阵列并网发电。

7.5.2. 施工总进度设计原则

依据光伏电站建设特点对光伏电站主要工程的施工进度作原则性的安排，为编制工程施工组织设计提供指导方向。

1、坚持以人为本的原则

在工程前期准备阶段，进行施工生活设施、办公场所及生产设施建设，为工程建设人员提供较好的办公及生活条件，使工程建设人员全身心地投入到工程建设之中，同时可以提高工作效率降低管理费用。

2、电池阵列支架基础工程先期开工建设

由于本期工程建设期6个月，为尽早产生经济效益，根据电池组件分批到货、电站土建开工至全部设备安装调试完时间短的特点，配套工程应有合理的顺序并优先考虑施工，以便每一部分电池组件安装完后既可调试，保证工程的连续性。因此应先行生产楼和光伏阵列基础施工。

3、其他工程项目的施工

在保证上述两项的前提下，仓库、临时辅助建筑、混凝土基础等其他工程项目的

施工应根据本项目建设期限的要求，抓住控制性关键项目，合理周密安排。

下列为控制性关键项目：

- (1) 相关报告编写及批复。
- (2) 设计与设备合同、施工合同签订，施工准备。
- (3) 设备制造与运输。
- (4) 土建施工
- (5) 设备安装、调试、运行。

以上五项要合理安排，保证总进度按期完成，具体安排详见施工进度计划表，施工时间为相对时间。

由于本工程主要利用地面布置太阳能光伏组件，建筑主体工程量较小，施工周期相对短。整个工程周期为 12 个月。

表 8.5-1 施工综合控制进度表

| 序号 | 施工项目 | 天数 | 建设周期 12 个月 | | | | | | | | | |
|----|-----------------|-----|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | |
| 1 | 一、施工准备 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1.1 施工临时辅助建筑 | 40 | ■ | | | | | | | | | |
| 3 | 1.2 施工混凝土基础供应准备 | 40 | | ■ | | | | | | | | |
| 4 | 二、施工期 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2.1 安装光伏支架 | 120 | | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 6 | 2.2 铺设光伏板 | 80 | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 7 | 2.3 逆变器施工 | 40 | | | | ■ | ■ | | | | | |
| 8 | 2.4 光伏阵列电缆敷设 | 100 | | | | | ■ | ■ | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|----|--|--|--|--|--|---|---|---|---|
| 9 | 2.5 汇流箱及计量箱基础施工 | 24 | | | | | | ■ | | | |
| 10 | 2.6 汇流箱及电缆安装 | 24 | | | | | | | ■ | | |
| 11 | 2.7 计量箱及电缆安装 | 24 | | | | | | | | ■ | |
| 12 | 2.8 光伏电站验收及试运行 | 24 | | | | | | | | | ■ |

8.9、工程管理设计

8.1.9.1 项目管理机构组成

组织机构设置的目的是为了产生组织功能，实现工程项目管理的总目标。组织机构设置应遵循“因目标设事，因事设机构定编制，按编制设岗位定人员”原则。

为了确保本项目的顺利实施，成立由具有丰富工程设计、实施经验及工程项目管理经验的精干人员组成的项目经理部，全面负责工程项目的的设计施工管理和协调工作。

8.2.9.2 项目管理人员及机构职责

项目经理：

(1) 在公司的领导下，参与项目管理组织机构的构成并按公司要求选拔、配备人员，制定规章制度，领导项目部开展工作；

(2) 主持编制项目管理方案，组织实施项目的目标与方针，及时、适当地做出项目管理决策，其主要内容包括人事任免决策、重大技术方案决策、财务工作决策、资源调配决策、工期进度决策及变更决策等；

(3) 批准重大施工方案与管理方案，并监督协调其实施行为；

(4) 协调好各方面的关系，参加各类协调会议，预见问题，处理矛盾，组织好项目生产调度会、项目经济活动分析会；

(5) 领导控制施工阶段工程造价和工程进度款的支付情况，确保工程投资控制目标的实现；

(6) 与业主、监理保持经常接触，解决随时出现的各种问题，替业主、监理排忧解难，确保业主利益；

(7) 按照签定的工程承包合同，严格履行全部合同条款；

(8) 全面负责整个项目的日常事务。

执行经理

(1) 协调各专业之间的进度矛盾及现场作业面冲突，使现场施工合理有序地进行；

(2) 及时协调与总包之间的关系，参加业主、总包组织召开的协调会议，组织召开项目本身各类协调会议。直接领导承包范围自行施工的各项工工作；

(3) 审核各专业制定的施工进度计划，保证各分项工程施工进度计划能满足总体施工进度计划，并与其它单位工程和分项工程的施工进度计划相协调，确保工程按合同工期要求顺利完工；

(4) 参与施工方案的编制；

(5) 直接领导质量安全部的各项工作，对本项目的质量和现场的安全施工负责，负责现场的文明施工及安全交底；

(6) 主持项目质量管理保证体系的建立，并进行质量职能分配，对质量目标进行分解，落实质量责任制；

(7) 负责项目的安全生产活动，建立项目安全管理组织体系，确保实现安全文明施工管理和服务目标；

(8) 执行项目经理下达的各项关于服务和安全文明施工的指令；

(9) 根据合同要求和工程需用计划制定采购计划，保证工程设备、材料的及时供应；

(10) 领导采购及进场设备、材料的报审工作，领导材料采购仓储的日常工作，确保项目物资按期进场；

(11) 合理调配机械设备的使用，保证工程的均衡持续施工；

(12) 经项目经理授权，负责项目部的其他工作，协助项目经理做好整个项目的日常事务。

技术负责人

(1) 负责项目部的深化设计和技术工作，进行图纸深化，绘制施工图，并指导施

工；

- (2) 负责施工图及施工配合图的送审及图纸深化的进度控制；
- (3) 负责对专业技术人员进行深化设计图纸的交底；
- (4) 制定各专业的施工方案与作业指导书，并协调各专业之间的技术问题；
- (5) 督促各专业严格执行各项已经过项目经理批准的各项质量计划和单项施工方案；

案；

(6) 与设计、监理保持经常沟通，保证设计、监理的要求与指令在施工中贯彻实施；

(7) 对本项目的关键技术难题进行科技攻关，进行新工艺、新技术的研究，确保本项目顺利进行；

(8) 组织有关人员材料、设备的供货质量进行监督、验收，对不合格的材料、设备经评审后作退货或封存处理

(9) 及时组织技术人员解决工程施工中出现的技术问题；

(10) 负责项目设计变更、材料代用等技术文件的处理工作。

质检员

(1) 负责专业检查，随时掌握各分部分项工程的质量情况；

(2) 负责工程分部分项工程质量情况的评定，定期向上级部门上报质量情况；

(3) 对不合格品及时上报，监督专业制订纠正措施；

(4) 负责成品保护方案、措施的制定；

(5) 对项目的质量安全进行日常检查，消除隐患。

安全员

(1) 负责项目安全方案的制定和落实；

(2) 负责对进场人员的安全教育及对作业人员的安全技术交底；

(3) 负责项目特殊工种作业人员的证件管理。

8.3. 光伏电站运行和维护

根据生产和经营需要，结合现代化光伏电站运行特点，遵循精干、统一、高效的原则，对运营机构的设置实施企业管理。结合新建电站工程具体情况，本光伏电站按少人值守、定期维护电站的原则进行设计。

建设期结束后成立光伏电站运营人员。运营人员做好电站运行和日常维护及定期维护工作，大修采用外委方式进行，以减少管理成本，提高经济效益。

9. 节能减排

9.1. 施工期能耗种类分析

工程建设所消耗的能源主要为电能等。根据施工组织设计，工程施工期所需主要能源物资有：钢材、油料、生活物资等。

本工程主体工程施工主要以电耗设备和油耗设备为主，其中，光伏基础施工与光伏设备安装等为主要的油耗设备。

本工程主要施工项目：光伏支架施工、光伏组件安装等。

施工期间的主要能耗为起重设备、运输设备、打桩设备、焊机等施工设备及施工照明等的消耗。主要集中在光伏组件等作业区。在分析和统计施工生产过程中设备能耗总量和能源利用效率指标时，根据相关定额为计算基础，结合各单项工程的施工方法、机械设备配套产品选型以及施工总布置情况计算确定。

本工程编制施工总进度采用国内平均先进指标，工程以机械化作业为主，均采用常规的、技术成熟、效率可靠的施工机械。

本工程施工方法在施工机械设备选型和配套设计时，根据各单项工程的施工方案、施工强度和施工难度，工程区地形和地质条件，以及设备本身能耗、维修和运行等因素，择优选用能耗低、生产效率高、排放污染物少的机械设备。

主体工程施工主要能耗有：

(1) 起重运输机械耗能：主要有起重机、简单吊机等起重设备，主要耗能为燃油及电能；

(2) 混凝土类工程设备能耗：主要有混凝土搅拌车、混凝土泵车等，主要能耗为油耗。

9.2. 项目节能措施

我国是个能源消费大国，能源相对短缺，但由于能源使用效率低，产业结构不合理、能源浪费等问题，能源供需矛盾突出。随着我国社会经济的发展，作为二次能源的电能供需矛盾日益突出，严重地制约着国民经济的发展。太阳能是一种清洁

的可再生能源，开发利用太阳能资源既节约了日益匮乏的矿物资源，又是对传统的利用矿物能源发电的补充。因此，开发建设光伏电站本身就是一种节能举措。在光伏电站的设计、建造和运营过程中要高度重视节能工作。具体措施如下：

9.2.1. 减少集电线路损耗

线路电阻在通过电流不变时，线路长度越长则电阻值越大。光伏电站由于光伏组件布置相对分散，串接各就地升压变及汇流站的线路较长，其造成电能损耗是相当可观的，所以减少线路能耗是场内集电线路等设计中十分重要的。在具体设计工作中，线路上电流一般是不变的，那么要减少线损，只能尽量减少线路电阻。而线路的电阻 $R=P L/S$ ，即与导线电阻率 ρ 、导线长度 L 成正比，与导线截面 S 成反比。所以，要减少电阻值应从以下几个方面考虑：

- (1) 尽量选用电阻率 ρ 较小的导线，如铜芯导线较佳，铝线次之。
- (2) 尽可能减少导线长度，在设计中线路应尽量走直线少走弯路。
- (3) 增大导线截面积，对于较长的线路，在满足载流量，热稳定，保护配合及电压降要求的前提下，在选定线截面时加大一级线截面，以节约能耗。

9.2.2. 照明节能设计

照明设计要充分利用自然光，优先采用节能型灯具，在满足照度及视觉要求的条件下，合理选择和布置灯具。选择发光强度高的最新型的荧光灯等，可节约照明用电10%左右。

9.2.3. 逆变器的节能设计

选择综合效率高的逆变器设备。

9.3. 节能减排

太阳能的开发利用可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护生态环境。本项目采用屋顶分布式电站投产后，预计年均节能减排数据如下表：

| |
|-----------------|
| <h2>环境效益计算</h2> |
|-----------------|

| | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|--------------|---------|---------|
| 年均发电量（度） | 13404199.56 | | | | | |
| 减少标准煤（吨） | 减少 CO2 排放量（吨） | 减少 SO2 排放量（吨） | 减少 NOx 排放量（吨） | 纯净水 H2O (m3) | 植树造林（亩） | 植树造林（棵） |
| 4753.30 | 14902.64 | 448.42 | 224.21 | 59789.95 | 24.38 | 331.17 |
| <p>备注：1. 黄色部分为需填部分，绿色部分为自动生成部分。</p> <p>2. 每节约 1 度（千瓦时）电，就相应节约了 0.318 千克标准煤，同时减少污染排放 0.272 千克碳粉尘、0.997 千克二氧化碳（CO₂）、0.03 千克二氧化硫（SO₂）、0.015 千克氮氧化物（NO_x）、1 亩树林 1 天可吸收二氧化碳 67 公斤，一颗树一年可以吸收 1800kg 二氧化碳</p> | | | | | | |

注：上述数据是采用的平均值，供参考。

本项目采用绿色能源-太阳能，并在设计中采用先进可行的节电、节水及节约原材料的措施，能源和资源利用合理，设计中严格贯彻节能、环保的指导思想，在技术方案、设备和材料选择、建筑结构等方面，充分考虑了节能的要求。通过贯彻落实各项节能措施，本项目节能指标满足国家有关规定的要求。

本项目的实施可以为新能源的推广起到积极的示范作用。可见光伏电站建设对于当地的环境保护、减少大气污染具有积极的作用，并有明显的节能、环境和社会效益。可达到充分利用可再生能源、节约不可再生化石资源的目的，将大大减少对环境的污染，同时还可节约大量淡水资源，对改善大气环境有积极的作用。

本工程将是一个环保、低耗能、节约型的太阳能光伏发电项目。

9.4. 结论

光伏电站的建设还可带动第三产业发展，促进当地经济建设。因此，本光伏电站的建设不仅有较好的经济效益，而且具有明显的社会效益及环境效益。

本项目采用绿色能源-太阳能，并在设计中采用先进可行的节电、节水及节约原材料的措施，能源和资源利用合理，设计中严格贯彻了节能、环保的指导思想，在

技术方案、设备和材料选择、建筑结构等方面，充分考虑了节能的要求，减少了线路投资，节约了土地资源。本项目各项设计指标达到国内先进水平，为光伏电站长期经济高效运行奠定了基础，符合国家的产业政策，符合可持续发展战略，节能、节水、环保。

太阳能是一种清洁的可再生能源，太阳能光伏发电不会产生大气、水污染问题和废渣堆放问题。通过贯彻落实各项节能措施，本项目节能指标满足国家有关规定的要求。

10. 环境保护和水土保持设计

10.1. 环境保护

10.1.1. 主要设计依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订)；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2003-09-01)；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017年修订)；
- (4) 《中华人民共和国野生动物保护法》2018年修订；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》2018年修订；
- (6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》2018年修改；
- (7) 《中华人民共和国传染病防治法》2013年修正。
- (8) 《建设项目环境保护管理条例》2017年修改

注：以上法规规范均为现行最新版本。

10.1.2. 工程施工期对环境的影响及防治

本工程对环境的影响包括施工期和运行期两方面，主要还是施工期对周围的环境影响较大，但施工期的环境影响将随着工程的结束而消失。

10.1.3. 噪声影响及防治

本工程施工内容主要包括光伏支架安装、光伏设备运输和安装等，施工期噪声主要为施工机械设备所产生的施工噪声及物料运输产生的交通噪声，如混凝土搅拌车等。根据其它工程对作业场所噪声源强的监测资料，小型混凝土搅拌车的作业噪声一般为91-102dB(A)。根据几何发散衰减的基本公式计算出施工噪声为距声源250m处噪声即降到55dB(A)以下，本工程施工大部分安排在白天，在施工工艺选择时，将施工噪音控制在标准范围内；同时施工过程中严格遵守作业时间，故施工噪声对周围环境不会造成扰民影响。

10.1.4. 扬尘、废气

在施工中由于土方的开挖和施工车辆的行驶，可能在作业面及其附近区域产生粉

尘和二次扬尘，造成局部区域的空气污染。因此，在施工过程中需保持场地清洁并采取经常洒水等措施，可减轻工程施工对周围环境的影响。施工结束影响即消失。

10.1.5. 运输车辆对交通干线附近居民的影响

光伏发电工程运输量不大，因此运输车辆对交通干线附近居民的影响较小。

10.1.6. 污染物排放

施工期的污染物排放主要包括废水和固体废弃物。

工程施工废污水主要来自于土建工程施工、材料和设备的清洗，以及雨水径流。施工废污水的主要成分是含泥沙废水，可在现场开挖简易池，收集泥浆水进行沉淀处理，处理后尾水全部回用于施工场地冲洗、工区洒水或施工机械冲洗等。

施工区的生活污水收集后经化粪池沉淀后，定期清掏，对环境的影响极小。

施工期的固体废物主要有建筑垃圾及生活垃圾，要求及时清运并处置，避免刮风使固体废弃物飞扬，污染附近环境。

10.1.7. 运行期的环境影响

光伏发电是利用自然太阳能转变为电能，在生产过程中不消耗矿物燃料，不产生大气污染物，因此运行期间对环境无影响。由于变压器内部装有冷却油，有可能产生油渍渗漏（几率很小），可在变压器漏油隐患部位进行特殊处理或保护，建立变压器巡查制度，通过采取一定的措施和管理方案后，可将环境影响降低至最小。

10.1.8. 噪声影响

光伏发电运行过程中产生噪声的声源只有变压器，本工程变压器容量小、电压低，运行中产生的噪音较小（小于65dB（A））；同时变压器布置在室内，电站厂界噪声将远低于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3类标准。

10.1.9. 废水影响

本工程建成后基本无生产废水。由于光伏发电具有较高的自动化运行水平，仅需少量人员值班，生活污水量极少，生活污水经沉淀处理达到当地污水处理厂的接管标准后，排入当地的污水管网，对环境基本无影响。

10.1.10. 电磁场影响

光伏电站升压站变压器容量小，电压较低，因此可认为无电磁场不利影响。

10.1.11. 雷击

本工程光伏发电系统拥有较完善的接地系统，可避免雷击对设备、人身造成影响。同时为避免雷雨季节造成人身伤害事故，光伏电站建成后将安设警示牌。

根据相应设计规程的要求，全站主要电气设备均采取相应的接地方式，以满足防雷保护的要求。

10.1.12. 污染物排放总量分析

本工程无废气、废水排放，少量的生活污水经化粪池处理后排入工业区污水管网，经污水处理厂进一步处理后排放。生活垃圾由环卫部门统一处理。因此本项目无需申请污染物排放总量指标。

10.1.13. 光污染及防治措施

光伏组件内单晶硅片表面涂覆一层防反射涂层，同时封装玻璃表面已经过特殊处理，因此光伏组件对阳光的反射以散射为主。其镜面反射性要远低于玻璃幕墙，故不会产生光污染。

10.2.水土保持

10.2.1. 设计依据

- (1) 《中华人民共和国水土保持法》；
- (2) 《中华人民共和国可再生能源法》；
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》。

10.2.2. 设计任务及总体目标

经过对本工程的水土保持设计，分析本工程水土流失现状及成因，并预测工程建设可能造成水土流失，提出有效措施使不利影响因素减至最低程度，使场址区水土在本工程建设与运行期内都得到很好的保护。

10.2.3. 工程建设造成水土流失影响分析

本工程在厂房上建设光伏组件，基本不存在水土流失问题。

10.2.4. 建议

1、做好施工期的环境管理工作，做到文明施工，避免施工期扬尘、噪声对周围环境产生污染，施工结束后施工场地应尽量恢复原貌。

2、加强对设备的维护，确保其正常运转，避免设备带病运行产生高噪声对环境造成影响。

3、优化施工道路设计，合理安排施工工序，减轻对场地原始地貌的破坏。

11. 劳动安全与工业卫生

11.1. 总则

11.1.1. 设计范围和主要内容

本工程劳动安全与工业卫生设计范围是对生产设备及其光伏作业岗位和场所的劳动安全与工业卫生进行分析评价，主要包括光伏阵列及逆变器安装、运行等。

电站劳动安全与工业卫生设计的重点：分析评价电站运行过程中可能出现的劳动安全与工业卫生等方面的主要危险有害因素；从设计、运行、管理的角度提出相应的消除或减免措施；提出劳动安全与工业卫生建议。对施工过程中的主要危险有害因素只作一般性分析，不作具体评价说明。

11.1.2. 主要依据文件

一、国家有关主要法律、法规、条例

- (1) 《中华人民共和国劳动法》；
- (2) 《中华人民共和国安全生产法》；
- (3) 《中华人民共和国消防法》；
- (4) 《中华人民共和国职业病防治法》；
- (5) 《中华人民共和国电力法》；
- (6) 《建设工程安全生产管理条例》；
- (7) 《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》

二、设计采用的主要技术规范、规程和标准

- (1) GB18218—2018《危险化学品重大危险源辨识》；
- (2) GB12158-2006《防止静电事故通用导则》；
- (3) GB/T8196-2018《机械安全防护装置固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》；
- (4) GB/T12801-2008《生产过程安全卫生要求总则》；
- (5) GB5083-1999《生产设备安全卫生设计总则》；

- (6) GB7231-2003 《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》；
- (7) GB2893-2008 《安全色》；
- (8) GB2894-2008 《安全标志及使用导则》；
- (9) GBZ1-2010 《工业企业设计卫生标准》；
- (10) GBZ2-2019 《工业场所所有害因素职业接触限值》；
- (11) GB/T25295-2010 《电气设备安全设计导则》；
- (12) GB/T 50064-2014 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》；
- (13) GB/T50087-2013 《工业企业噪声控制设计规范》；
- (15) LD80-1995 《噪声作业分级》；
- (16) GB/T 50065-2011 《交流电气装置的接地设计规范》；
- (17) GB/T3805-2008 《特低电压（ELV）限值》；
- (18) DL/T5352-2018 《高压配电装置设计技术规程》；
- (19) DL/T5222-2005 《导体和电器选择设计技术规定》；
- (20) GB50046-2008 《工业建筑防腐蚀设计规范》；
- (21) GB4387-2008 《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》；
- (22) GB50052-2009 《供配电系统设计规范》；
- (23) GB50217-2018 《电力工程电缆设计规范》；
- (24) GB50260-2016 《电力设施抗震设计规范》；
- (25) GB50057-2010 《建筑防雷设计规范》；
- (26) GB50011-2010（2016年版）《建筑抗震设计规范》；

以上规范与标准如有最新版，均以最新版为准。

11.2.劳动安全与工业卫生对策措施

11.2.1. 施工期劳动安全与工业卫生对策措施

- 1、在工程施工期间，建设单位必须遵守“生产经管单位新建、改建、扩建工程

项目的安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用”三同时的安全规定。

2、建设单位应认真学习，严格贯彻执行《建设工程安全生产管理条例》，并对设计单位、施工单位、监理单位加强安全生产管理，按相关资质、条件和程度进行审查，明确安全生产责任，制定相应的施工安全管理方案，责成施工单位制定应急预案。

3、加强施工监理，施工过程应严格按照相关规程、规范要求执行。

4、加强施工单位资质管理。

5、加强施工组织设计编制与审查管理，试运阶段的安全管理。

6、加强施工营地生活设施建设，完善施工卫生建制，保障施工人员的安全与健康。

11.2.2. 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完全满足现行有关防火设计规范的要求，设计具体内容详见本报告第8章“工程消防设计”。

(2) 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 30Ω 。

场外独立设置的易燃、易爆材料仓库，在直击雷保护范围内，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) 配电装置的电气安全净距应符合《3~110kV高压配电装置设计规范》及其它相关规范的有关规定。当裸导体至地面的电气安全净距不满足规定时，设防护等级不低于IP2X的防护网。

(4) 高压开关柜具有“五防”功能：

- ①防带负荷分、合隔离开关；
- ②防误分、合断路器；
- ③防带电挂地线、合接地开关；
- ④防带地线合隔离开关和断路器；
- ⑤防误入带电间隔。

(5) 所用干式变压器与配电柜布置在同一房间，该变压器设不低于IP2X的防护外罩。

(6) 屋外开敞式电气设备，在周围设置高度不低于1.5m的围栏。

(7) 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。

(8) 用于接零保护的零线上，不装设熔断器和断路器。

(9) 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。

(10) 供检修用携带式作业灯，符合《特低电压（ELV）限值》的有关规定。

(11) 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。

(12) 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。

(13) 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所以围栏的门均应装锁，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安全卫生有关标准的要求，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》、《机械安全避免人体各部位挤压的最小间距》、《机械安全防护装置固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》、《防护屏安全要求》等有关标准的规定。

(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) 本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“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》（GBJ87-2013）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工程措施，如水泵等布置在单独的房间内并采取吸声、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) 为运行人员配备临时隔声的防护用具。

5、采光与照明

本光伏电站的主要工作场所的照明，充分利用天然采光，当天然采光不足时，辅以人工照明。根据相关照明设计规范的规定，选择合适的灯具，合理布置灯源，各场所的照度满足《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）的要求。

重要工作场所设有事故照明。在生产楼建筑内主要疏散通道及安全出口处均设有火灾事故照明与疏散标志。

6、防尘、防污染、防腐蚀、防毒

(1) 配电室室内地面采用坚硬的、不起尘埃的材料，清扫时采用吸尘装置。

(2) 本光伏电站机械通风系统的进风口位置，设置在室外空气比较洁净的地方，并设在排风口的上风侧。

(3) 本光伏电站生活污水，根据《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）的有关规定，经必要的处理合格后，才可清掏外运。

(4) 设备支撑构件、水管和风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。电缆桥架采用热镀锌处理。

(5) 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。

7、防电磁辐射

在接触微波（频率为300MHz~300GHz的电磁波）辐射的工作场所，对作业人员的辐射防护要求要满足规定，选用满足防护微波辐射要求的产品。

8、防风、防震

(1) 在选择太阳光伏组件、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、超强大风荷载等气象灾害状态下的工作情况。

(2) 在光伏组件支架设计时充分考虑风荷载，在设备基础设计施工时考虑地震作用。

(3) 大风天气结束后，尽快组织清理太阳光伏组件表面灰尘等。

(4) 做好大风、地震等的事故应急预案。

9、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《安全色》和《安全标志及使用导则》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 12.2.1。

| 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 |
| 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 65K 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.维修间、备件库入口处 | 当心机械伤人 |
| | | 5.超过 55° 的钢斜梯 | 当心滑跌 |
| | | 6.主要交通道口 | 当心车辆 |
| 提示标志 | 绿色 | 1.消防设施 | 消防栓 |
| | | | 灭火器 |
| | | | 消防水带 |
| | | 2.安全疏散通道 | 安全通道、太平门 |

11.3.预期效果评价

11.3.1. 劳动安全主要危害因素防护措施的预期效果评价

在采取了安全防范措施及对生产运行人员进行安全教育和培训后，对光伏电站的安全运行提供了一个良好的生产条件，有助于减少生产人员错误操作而导致安全事故以及由于运行人员处理事故不及时而导致设备损坏和事故的进一步扩大，降低了经济损失，保障了生产的安全运行。

11.3.2. 工业卫生主要有害因素防护措施的预期效果评价

由于光伏电站的特殊性，对生产人员进行必要的防护措施，有利于生产人员的身体健康，降低了生产运行中由于没有防护措施和设备而导致生产运行人员和巡视人员受伤的几率，减少了安全事故隐患，低了经济损失，保障了生产的安全运行和人员的人身安全。

11.4.主要结论和建议

由于光伏电站在我国还处在一个发展阶段，缺乏成熟的建设及运行经验，对相关的安全防护措施还需要进一步全面深入研究，因此对生产运行当中所面临的安全和卫生问题的研究还存在一定的不足，从而或多或少的产生事故隐患和发生生产事故，所以我们需借鉴国外的先进管理模式，结合我国自身发展特点，逐步增强当前光伏电站安全生产和运行的防范工作。

建议本电站建设全过程建立职业安全健康管理体系(OSHMS), 以利于促进企业长效安全生产，创造最佳经济效益。

12. 投资估算及财务评价

12.1. 投资估算

12.1.1. 投资估算范围

本报告投资估算范围为本项目从筹建至达到生产能力时所需的全部建设投资，其投资估算范围为：

(1) 项目设备基础的建筑工程费用；

(2) 设备购置及安装工程费用；

(3) 建设及试运行过程中发生的建设单位管理费、监理费、勘察设计费以及生产职工培训费等。

12.1.2. 项目投资测算表

| | | | |
|-----|---------------|----|-----------|
| 二 | 项目投入成本 | | |
| 2.1 | 20年政府物业天面租赁费用 | 万元 | 4,000.00 |
| 2.2 | 光伏设备建设费用 | 万元 | 4,691.24 |
| 2.3 | 工程建其它费 | 万元 | 562.95 |
| 2.4 | 建设投资 | 万元 | 9,254.19 |
| 2.5 | 建设期利息费用 | 万元 | 139.85 |
| 2.6 | 工程造价 | 万元 | 9,394.04 |
| 2.7 | 运营期20年利息费用 | 万元 | 7,572.64 |
| 2.8 | 运营费用（巡检、维修） | 万元 | 600.00 |
| 2.9 | 20年后资金成本价值 | 万元 | 17,566.69 |

人民币单位：万元

本项目预计装机容量为14.22MW，20年租金费用4000万元，光伏建设费用4691.24万元，工程建设其它费562.95万元，建设期利息139.85万元，总投资为

9394.04万元。

12.1.3. 投资拉动

工程建设内容包括：光伏支架的架设；光伏组件铺设；逆变器安装；直流电缆布线；交流电缆布线；防雷地网等。项目年发电量约为14947.49万千瓦时，预计年产值1001.48万元。本项目的开发、建设施工等项目将同等条件下优先采用当地资源，尤其是政府合作平台。

工程建设期为12个月，资金来源：银行贷款。

12.1.4. 就业带动

本项目将带动当地就业约50人。极大促进当地产业技能的升级。

该项目建成后的增值税、附加税、所得税等税收收入详见营业收入及税金表。

该工程有较好的社会与区域经济效益，建设该项目是必要的，也是可行的。

12.2. 财务评价

12.2.1. 项目概况

本项目总装机容量为14.22MW，总投资为9394.04万元。根据施工进度安排，项目建设工期为12个月。本项目财务评价计算期为20年。按照国家现行财税制度、现行价格、国家能源制度[2021]30号文、《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）和《光伏发电工程可行性研究报告编制规程》（NB/T32043-2018）等对本项目进行财务效益分析，考察项目的清偿能力、生存能力及盈利能力等财务状况，以判断其在财务上的可行性。

12.2.2. 资金来源与融资方案

1、固定资产投资

根据工程投资估算，工程固定资产投资为5394.19万元。

2、建设期利息

建设期借款按复利计算利息，当年的利息按投产容量进行分割，一部分计入固定资产，另一部分则计入发电成本。经计算，本项目计入固定资产的建设期利息为139.85万元。

3、建设资金来源

工程建设资金来源为银行贷款。银行贷款偿还期为20年，宽限期为1年，宽限期后每年按贷款等额还本利息照付，年贷款利率为3%。

12.2.3. 总成本费用

本项目发电总成本费用包括折旧费、修理费、工资及福利费、保险费、材料费、摊销费、利息支出和其他费用等。

1、折旧费

项目折旧年限取20年，残值率取3%。

折旧费=固定资产价值×综合折旧率

固定资产价值=建设投资+建设期利息-无形资产价值-其他资产价值

-可抵扣税金

2、修理费

修理费采用分段取费计算，第1年取0元/kW，第2~6年取13.9元/kW，第7~11年取15.26元/kW，第12~20年取42.15元/kW。

3、职工工资、福利费及其他

本光伏电站定员为3人，人均年工资按10万元计，职工福利费及其他按工资总额的60%计。

4、保险费

保险费是指项目运行期的固定资产保险。保险费取固定资产原值的0.1%。

5、材料费和其他费用

材料费取4元/kW；其他费用取10元/kW；租地费（屋顶租金）4000万由建设前期一次性支付，计入总投资，构成其他资产费用。

6、摊销费

摊销费包括无形资产和其他待摊销费用的摊销，本项目将租地费（屋顶租金）4000万形成其他资产计算摊销费，摊销年限取20年。

7、利息支出

利息支出为固定资产和流动资金等在运行期应从成本中支付的借款利息，固定资产投资借款利息依各年还贷情况而不同。

经营成本指除折旧费、摊销费及利息支出等以外的费用。

本项目总成本计算详见总成本费用估算表。

12.2.4. 清偿能力分析

1、用于还贷的资金

本光伏电站的还贷资金主要包括未分配利润、折旧费。未分配利润和折旧费全部用于还贷。

（1）用于还贷的未分配利润

本光伏电站税后利润为利润总额弥补以前年度亏损并扣除所得税后的余额，当项目出现亏损时可用下一年度的税前利润弥补，5年内不足弥补的，用税后利润弥补。税后利润扣除盈余公积金和应付利润后为未分配利润，可全部用于还贷。在项目建设投资借款偿还过程中，首先利用折旧偿还贷款，不足部分利用未分配利润偿还。

（2）用于还贷的折旧费

本次折旧还贷比例取100%。

2、借款还本付息计划

借款还本付息采用等额还本利息照付的方式。项目的借款还本付息计划见借款还本付息计划表，结果表明，贷款偿还期间，利息备付率平均值为15.47，偿债备付率平均值为2.16，说明该项目偿债能力较强。

3、资产负债分析

详见资产负债表。结果表明：项目负债率最高达100%，随着机组投产发电，资产负债率逐渐下降，还清固定资产投资借款本息后，资产负债率趋于0。

12.2.5. 盈利能力分析

本项目按上网电价0.453元/kWh，自用综合电价0.667元/kWh进行财务评价得出：静态投资回收期为9.45年，总投资收益率为32.95%，项目资本金净利润率为15.37%。项目资本金财务内部收益率8.495%，因此，该项目财务评价可行。

详见项目投资现金流量表和项目资本金现金流量表。

12.2.6. 敏感性分析

项目财务评价敏感性分析，考虑固定资产投资、产量、电价等不确定因素单独变化时，对投资回收期、项目投资财务内部收益率和资本金财务内部收益率等财务指标的影响。敏感性分析结果见敏感性分析表。

12.2.7. 财务可持续性分析

本工程自开工建设后的第2年机组全部投入运行。考查财务计划现金流量表中各活动现金流量可知，本项目每年的盈余资金均大于0，说明本项目具有足够的净现金流量维持正常运行。

12.2.8. 财务评价结论

光伏电站14.22MW项目建设工期为12个月，本项目按上网电价0.453元/kWh进行财务评价得出：项目投资财务内部收益率为8.21%（税后，下同），投资回收期为10.16年，总投资收益率为26.22%，因此，该项目财务评价可行。

敏感性分析表明：固定资产投资增加、有效电量减少的不利情况对本项目财

务收益率影响较大，因此，在项目实施过程中应切实注意严格控制工程造价，优化发电组件选型和布置。在固定资产投资增加、有效电量减少等不确定因素变化时，本工程财务内部收益率均高于基准收益率，因此，本工程财务抗风险能力较强。

13. 项目风险分析

13.1. 风险评估内容

风险评估的内容主要包括项目论证、征地拆迁、项目施工等可能出现的影响社会稳定的突出问题和应对措施及项目的运营风险。

(1) 本项目不涉及土地征收，故不存在因征地引发的影响社会稳定问题。

(2) 项目其他涉及业主利益可能引发的影响社会稳定突出问题。

13.2. 风险的表现形式及影响

本项目社会稳定风险的形式包括社会治安、涉众经济案件、群众信访、安全生产施工等形式，全面落实维护社会稳定工作的各项措施，深入开展社会不稳定因素排查化解，着力夯实维稳基础，妥善处置各类突发群体性敏感性事件，有力维护社会稳定。

一般情况下，社会稳定问题产生之初，其表现多是书信、电子邮件、传真、电话、走访等形式中的一种或几种方式，数量零星，也比较缓和。但随着事态发展，也有可能朝着反腐上方、超级信访、集体上访、进京上访等严重恶性社会稳定问题的发展，特殊情况下甚至发展为非法集会游行示威、蓄意破坏、群体性罢工、械斗、暴乱等群体性事件。

正常情况下，社会稳定问题的出现的症结是发起者为了维护合法利益，表达诉求的一种方式之一，本身不会对社会造成不良的影响。但如果演变成恶性的整体性事件，其对社会稳定的影响将是无法估量的。对工程项目建设来讲可能会分散建设精力、增加投入、延迟工期、工程停工、甚至造成破坏；对社会来讲可能会打乱居民正常生活、妨碍社会正常运转、扰乱社会治安、毁坏公司财产、影响社会稳定等。

13.3.风险内容及其评价

在本项目建设过程中，社会稳定风险衍生于相关利益群体对工程实施的抗拒，这种抗拒有多种表现形式。根据对项目实施过程中易发生的社会风险的经验判断，并结合本项目实施的具体情形，本项目可能会诱发的异议、损失或不适等诸多社会风险主要如下：

(1) 风险内容：本项目的决策是否与现行政策、法律、法规相抵触，是否有充分的政策、法律依据；项目是否坚持严格的审查审批和报批程序。

风险分析：本项目是光伏电站工程，是绿色可再生能源。国家颁布的《可再生能源法》明确指出了国家支持太阳能的发展，大规模发展太阳能是我国能源可持续发展的重要方面。

项目不属于国家发改委《产业结构调整指导目录(2011年本)》中的淘汰类或限制类项目，符合国家产业政策。

风险评价：项目合法性风险属低风险

(2) 拆迁及征地补偿风险：本项目利用既有建筑物屋面进行建设，不存在此风险。

(3) 项目合理性受质疑的风险

风险内容：项目所在地属建筑用地，仅在既有建筑物屋顶进行光伏建设，故项目的合理性无受质疑的风险。

风险评价：项目合理性风险属低风险

(4) 施工期和运行期对当地环境影响是否风险可控

风险内容：施工期和运行期对当地环境影响

1. 施工期对当地环境影响有一定影响。

本项目施工期的环境影响主要为安装场地、施工临时工程(临时营地、堆料场等)等施工活动产生的不利影响：在施工过程中产生的“三废”排放对环境造

成的影响，这种影响是短暂的，待施工结束后将随之消失。

施工过程中，因各种施工机械设备的运转和各类车辆的运行，不可避免将产生噪声污染。施工中使用推土机、挖掘机、轮式装卸车、混凝土搅拌机、混凝土翻斗车、电焊机、起重机等都是噪声的产生源。根据国内同类工程的施工机械噪声水平类比调查，主要施工机械噪声水平在 10m 处约在 75~90dB(A)之间。由于

本项目施工期较短，且处于大面积灰场中，周围基本无居民，因此影响十分有限。

施工期污水根据产生途径及污染物性质可分为混凝土系统拌和废水及施工生活污水 2 大类，根据其组成分别进行处理。为防止混凝土搅拌对大气和水环境带来污染，可以采用外购商品混凝土的方法来避免；施工场地设化粪池，少量生活污水直接排放化粪池内，经处理过后的生活污水用于植物浇灌。施工废水和生活废水均不直接对外排放。

本项目无工程弃土，开挖的土方全部用于回填。施工中有开挖土方的临时堆放，历时较短，尽量采用集中堆放，堆放后的场地及时进行平整。生活垃圾拟委托环卫部门及时清运，统一处置建筑垃圾收集后外运统一处理，对当地环境没有影响。

2. 运营期对当地环境影响很小

本工程，平时无运行管理人员，对地表水环境影响极小。

本项目运营期产生的垃圾统一由地方环卫部门外运至指定地点统一处理。电站内设备均选用低噪声设备，并采取隔噪措施，噪声均小于 70dB(A)。

风险评价：施工期和运行期对当地环境影响很小，完全可控，属低风险。

13.4.风险防范措施

本项目虽然存在很小的影响社会稳定的风险因素，但仍要重视工程实施过程中可能出现的意外情况而引发一般性群体性事件，需采取可靠防控措施，并随时戒备和监控项目进展中可能出现的风险发生，主要措施如下：

1、加强政策的宣传，营造良好的社会舆论氛围

通过电视、广播、报纸等多种新闻媒体，宣传本项目能拉动地方经济发展、增加农民就业和致富机会、集体经济和物业经营将有较快增长等诸多能给农民带来长期福利改善、收入增加，当地居民将会是最大受益者的理念。

2、创新思路，以人为本，促进项目和谐推进

在项目实施过程中特别是在征地过程中要不断创新工作思路，讲求科学有效的方法，尤其要千方百计应用那些已被实践证明效果十分显著的征地工作方法。

在土地征收过程中，要按规定做好公开、公示工作，保证被征地对象的知情权。

3、加强风险预警，做好现场维稳工作

建立风险预警制度，对项目实施过程中发生的不稳定因素进行每日排查。加强征地现场的治安保障，突发事件一旦发生或是出现发生的苗头后，各方力量和人员都能立即投入到位，各司其职，有条不紊开展工作，把不稳定因素的影响控制在最小范围内。

综上所述，本项目对社会稳定风险影响为较低风险，项目建设是合适的。

14. 结论及建议

14.1. 建设必要性

太阳能是一种可再生的清洁能源，利用太阳能发电既可以补充省网电力，又具有良好的社会效益和显著的环境效益，是国家大力提倡发展的可再生能源发电形式之一，凡有条件的地方可积极发展光伏发电，并予优先上网。

14.2. 规划符合性

本工程建设符合国家产业政策，建设规模11.775MW。本工程建设与XX市总体规划与土地利用总体等相应规划不冲突，项目选址可行。

14.3. 建设条件

项目所处中山市，太阳能资源属于丰富地区，具有一定的光伏电站开发价值。具有利用光伏发电、实施光伏发电工程的有利条件。

14.4. 项目经济性

工程总投资为9394.04万元，建设期利息139.85万元，100%为银行贷款。执行含税上网电价0.453元/kWh，用户自用电价0.667元/kWh。作为可再生能源发电项目，各项财务指标满足要求，具备盈利能力和偿债能力，项目经济上是可行的。

本可行性研究报告在遵循各项规程规范基础上，经过计算和论证，对本项目的技术和经济方案做了详细的设计；同时从环境保护、劳动安全、职业卫生、风险等各方面进行了论述和分析。

本工程技术方案总体可行。

14.5. 存在问题及建议

太阳能资源评估存在一定的不确定性，建议项目开发单位取得相关的测光数据，下一阶段将根据新获得的实测数据修正太阳能资源评估成果，以帮助提高太阳能资源评估的准确性。

本项目可行性研究报告被批复后，应抓紧进行项目后期建设及规划设计工作，以先进的理念，搞好项目投资、技术开发、设备采购等事宜。准备好充足的资金加快项目进

度，以时间争效益，尽快组织实施。项目运营过程中，要努力开拓市场，增加销量，及时掌握原料及产品市场价格波动情况，加强管理，提高效益。

15. 项目效益分析

15.1. 市场分析

国内市场的需求规模极大，2017 年度，我国光伏新增并网装机量达到 53GW，同比增长超过 50%，累计并网装机量高达 131GW，位居全球首位。2018 年我国光伏发电新增装机超过 43GW，同比下降 18%，累计装机超过 170GW。在新增装机中，集中式光伏电站约 23GW，同比下降 31%；分布式光伏约 20GW，同比小幅增长 5%。虽然 2018 年光伏新政出台短期内会造成国内新增光伏装机量下降，但是随着光伏发电行业已经迈入了平价上网时代，未来国内光伏行业仍具有巨大的发展空间，预计 2019 年中国光伏新增并网装机量达到 43GW，累计装机量达到 216GW。

集中式光伏电站占比逐年下降，而分布式光伏电站的比例在逐年上升，而据国家能源局文件标明，分布式光伏发电系统为未来光伏发电的主要应用方向，新的分布式光伏政策将能够大部分消除光伏电站投资者的担心和疑虑。由此可见在政府的大力推动下，未来的几年分布式光伏电站的国内市场的需求规模将快速增长、发展前景看好。

本项目开发的是建设分布式光伏发电平台，并针对分布式光伏系统，探索适应的技术方案和商业模式，定制适合当地项目的运维方式，并进一步推广应用。专门针对分布式光伏电站的在农村的应用与推广而开展，随着国内分布式光伏电站行业的迅速发展，农村分布式光伏电站科普、运维方案、监控系统平台建设业务也将得到快速的发展，成为行业发展的重要组成部分，发展前景看好！

分布式光伏电站的应用在我国还处于起步阶段，本项目开发的主要研究内容正是针对分布式光伏电站的在农村的推广应用技术，这方面的经验总结和技术研究几乎还处于空白状态，本项目的研究工作是在项目早起介入，如果抓住时机，将在后续的发展中占据先机，占领较大市场份额，成为行业的领军企业。

15.2. 经济效益分析

工程总投资为9394.04万元，为银行贷款。执行含税上网电价0.453元/kWh，用户自用电价0.667元/kWh。作为可再生能源发电项目，各项财务指标满足要求，具备盈利能力和偿债能力，项目经济上是可行的。

本可行性研究报告在遵循各项规程规范基础上，经过计算和论证，对本项目的技术

和经济方案做了详细的设计；同时从环境保护、劳动安全、职业卫生、风险等各方面进行了论述和分析。

本工程技术方案总体可行。

15.3.社会效益分析

光伏发电是公认的清洁能源，本项目可以减少大量的温室效应性气体 CO₂、大气污染气体 SO₂、N_xO_y 等的排放。此外还可节约用水，减少废水对水环境的污染。由此可见，光伏发电系统有明显的环境效益。

本项目的节能减排效益

| 类别 时间 | 发电量 (万千瓦时) | 减少标准煤 (吨) | 减少 CO ₂ 排放量 (吨) | 减少 SO ₂ 排放量 (吨) | 减少 NO _x 排放量(吨) |
|----------|---------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 20 年合计 | 1494.75 | 4753.30 | 14902.64 | 448.42 | 224.21 |
| 平均每年 | 74.74 | 237.67 | 745.13 | 22.42 | 11.21 |

15.4.存在问题及建议

太阳能资源评估存在一定的不确定性，建议项目开发单位取得相关的测光数据，下一阶段将根据新获得的实测数据修正太阳能资源评估成果，以帮助提高太阳能资源评估的准确性。

本项目可行性研究报告被批复后，应抓紧进行项目后期建设及规划设计工作，以先进的理念，搞好项目投资、技术开发、设备采购等事宜。准备好充足的资金加快项目进度，以时间争效益，尽快组织实施。项目运营过程中，要努力开拓市场，增加销量，及时掌握原料及产品市场价格波动情况，加强管理，提高效益。