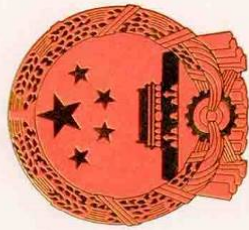


山湾子乡红葫芦村分布式  
光伏电站建设项目  
技术方案

**Advisdo** 德信东源智能科技(北京)有限公司

**2022 年 09 月**



# 工程资质证书

证书编号: A211029248  
有效期: 至2022年05月15日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企业名称: 德信东源智能科技有限公司(北京)有限公司  
经济性质: 有限责任公司(自然人投资或控股)  
资质等级: 电力行业(变电工程、风力发电、送电工程、新能源发电)专业乙级。  
\*\*\*\*\*

发证机关:  
北京市规划和自然资源委员会  
2021年06月17日  
No.AZ 0185317

## 北京市规划和自然资源委员会转发住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质统一延续有关事项的通知

日期: 2021-12-28 09:27

来源: 北京市规划和自然资源委员会

字号: 大 中 小



各相关单位:

按照住房和城乡建设部办公厅《关于建设工程企业资质统一延续有关事项的通知》(以下简称《通知》)的有关要求,结合我市资质管理工作,现将资质延续和图章管理等有关事项通知如下:

一、我委核发的工程勘察、工程设计企业的乙级资质证书的有效期在2021年12月31日至2022年12月30日期间届满的,有效期统一延期至2022年12月31日。上述资质有效期将在全国建筑市场监管公共服务平台自动延期,我委将不再核发新的资质证书。

二、我市已取得勘察文件专用章和图纸报审专用章(有效期至2021年12月31日)的工程勘察、工程设计企业,且现有技术人员满足资质标准要求的,可直接申请换发有效期至2022年3月31日的图章。

三、我委将加强动态监管,对因人员变更等不符合资质标准的企业将依法责令限期整改。

北京市规划和自然资源委员会

2021年12月28日

目 录

1 综合说明..... 1

1.1 概述.....1

1.2 太阳能资源.....5

1.3 工程地质.....5

1.4 总体方案设计与发电量预测.....6

1.5 电气设计.....6

1.6 土建设计.....9

1.7 消防设计.....10

1.8 施工组织设计.....10

1.9 工程管理设计.....10

1.10 环境保护与水土保持.....10

1.11 劳动安全与工业卫生.....11

1.12 节能分析.....11

1.13 工程投资估算.....12

2 太阳能资源..... 13

2.1 区域太阳能资源分析.....13

2.2 项目所在地气象条件.....15

2.3 项目所在地太阳能资源分析.....18

2.4 太阳能资源评价结论.....22

3 工程地质..... 23

4 光伏系统总体方案设计及发电量计算..... 24

4.1 光伏组件选型.....24

4.2 逆变器选型.....29

4.3 光伏发电单元设计.....35

4.4 发电单元接线方案以及电缆敷设方案设计.....37

4.5 光伏发电工程年上网电量计算.....38

5 电气设计..... 42

5.1 设计依据.....42

5.2 电气主接线设计方案.....42

5.3 厂房车间屋顶区域并网点说明.....42

5.4 主要电气设备选择.....44

5.5 电气设备的布置及电缆敷设.....44

5.6 过电压保护防雷及接地.....45

5.7 光伏发电监控部分.....46

5.8 系统通信.....47

6 土建设计..... 48

6.1 概述.....48

6.2 设计依据.....48

6.3 场址自然条件和主要数据.....48

6.4 电站总平面布置及土建设计.....49

7 消防设计..... 56

7.1 工程概况和设计依据及原则.....56

7.2 消防总体设计方案.....56

**8 施工组织设计..... 58**

8.1 施工条件.....58

8.2 施工综合进度及保障措施.....58

8.3 施工总平面布置.....66

8.4 施工方案及特殊施工措施.....68

8.5 施工进度表 .....69

**9 工程管理设计..... 71**

9.1 管理模式 .....71

9.2 管理机构 .....71

9.3 电站运行管理、维护、回收及拆除.....71

**10 环境保护与水土保持设计..... 74**

10.1 环境影响分析 .....74

10.2 环境影响结论及建议 .....75

10.3 水土保持.....75

**11 劳动安全与工业卫生..... 79**

11.1 设计总则 .....79

11.2 工程劳动安全与工业卫生危害因素分析.....81

11.3 劳动安全与工业卫生对策措施.....83

11.4 安全与工业卫生机构设置、人员配备及管理制度.....87

11.5 事故应急救援预案.....89

11.6 预期效果评价 .....90

**12 节能降耗分析..... 91**

12.1 节能规范.....91

12.2 节能措施和效果.....91

12.3 结论及建议.....92

**13 工程设计概算..... 93**

13.1 编制原则及依据.....93

13.2 工程设计估算 .....95

**14 结论及建议..... 102**

14.1 结论.....102

14.2 建议.....102

# 第一章 综合说明

## 1 综合说明

### 1.1 概述

#### 1.1.1 项目名称

山湾子乡红葫芦村分布式光伏电站建设项目。

#### 1.1.2 建设规模

山湾子乡红葫芦村分布式光伏电站建设项目站址位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县，拟利用山湾子乡红葫芦村闲置荒地建设光伏电站。项目规划建设光伏电站容量 149.6kWp，发电模式为“全额上网”。项目设计为 5 个 380V 并网点，接至厂区变压器低压侧。

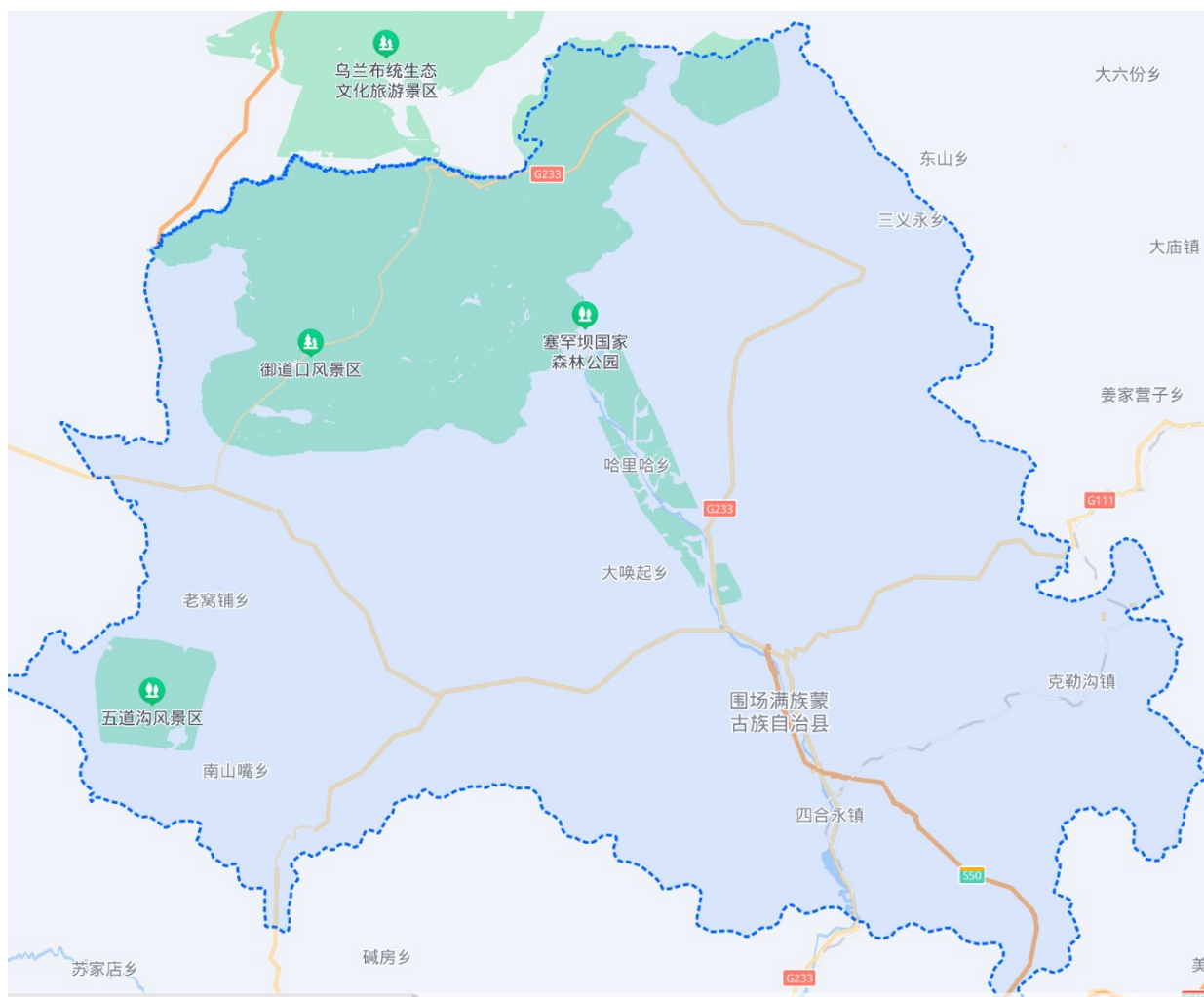
#### 1.1.3 地理位置

本项目位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县，厂区周围道路四通八达，对外交通便利。拟建场址坐标为北纬  $42^{\circ} 25' 57.77''$ ，东经  $117^{\circ} 44' 24.95''$ 。

图 1.1 项目场址地理位置图







#### 1.1.4 报告编制原则和依据

本报告的编制依据：水电水利规划总院编制的《光伏发电工程可行性研究报告编制办法（试行）》、《太阳能资源评估方法》、发改价格[2013]1638 号文《国家发展改革委关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》、及其它有关光伏电站建设的国家标准、规范和政策文件。

本报告依据的主要规程、规范为：（各专业相关规程、规范详见各章节）

- 1) 《光伏发电工程可行性研究报告编制办法（试行）》（NB/T32043-2018）；
- 2) 《光伏电站接入电力系统技术规定》（GB/Z19964-2012）；
- 3) 《光伏电站设计规范》（GB 50797-2012）；
- 4) 《光伏电站接入电网技术规定》（Q/GDW617-2015）；
- 5) 《光伏电站接入电网检测规程》（GB/T31365-2015）；
- 6) 《光伏系统并网技术要求》（GB/T 19939-2005）；

- 7)《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526-2019);
- 8)《光伏发电工程施工组织设计规范》(GB/T 50795-2012);
- 9)《光伏电站施工规范》(GB 50794-2012)。

### 1.1.5 项目建设的必要性

#### 1) 建设背景

党的十九大以来,习近平新时代中国特色社会主义思想将 构建市场导向的绿色技术创新体系,壮大清洁能源产业 纳入了加快生态文明体制改革、建设美丽中国的重要篇章,为加快推动新能源产业发展、培育经济社会发展新动能指明了方向,新能源与可再生能源将成为能源增量的主要力量。习近平主席提出“四个革命、一个合作”能源安全新战略,为新时代中国能源发展指明了方向,开辟了中国特色能源发展新道路,我国能源进入高质量发展新阶段。习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布,中国将提高国家自主贡献力度,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。“十四五”期间,我国将加快推进能源结构绿色低碳转型,加快构建清洁低碳、安全高效现代能源体系,助力实现“碳达峰”和“碳中和”宏伟目标,集中式、分布式并举大规模发展新能源成为推进能源转型、实现碳中和目标的必然途径。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出:构建现代能源体系推进能源革命,建设清洁低碳、安全高效的能源体系,提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源,坚持集中式和分布式并举,大力提升风电、光伏发电规模,加快发展东中部分布式能源,有序发展海上风电,加快西南水电基地建设,安全稳妥推动沿海核电建设,建设一批多能互补的清洁能源基地。

2020 年 12 月 12 日,习近平主席在气候雄心峰会上发表题为《继往开来,开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话。讲话中进一步宣布:到 2030 年,中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上,非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右,森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米,风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。

2020 年 12 月 21 日,国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书,其中提到:建设多元清洁的能源供应体系,优先发展非化石能源,大力推进低碳能源替代高碳能源、可再生能源替代化石能源。推动太阳能多元化利用。全面协调推进风电开发。完善能源调峰体系,推动储能与新能源发电、电力系统协调优化运行,开展



电化学储能等调峰试点。开展能源重大领域协同科技创新，部署开展可再生能源与氢能技术等方面研究。

随着“碳达峰”和“碳中和”目标的提出，光伏行业迎来了新的发展机遇与挑战。不论从近期和远期看，光伏发电可以作为常规能源的补充，从环境保护及能源战略上都具有重大的意义。

## 2) 建设意义

河北省具有丰富的太阳能资源。为落实国家“双碳”政策，以充分利用河北省丰富的光资源，加快推动新能源发电产业循环发展，提升河北省光伏发电项目的建设，落实国家绿色低碳发展要求。

有效利用建筑闲置荒地，产生经济效益，即可作为企业节能减排指标，体现企业的社会责任感，从而产生良好的社会形象；又可直接使用光伏所发电量，从而节约电费，得到实实在在的经济优惠。有利用推动当地电网的电源结构优化，将传统的市电、备用电源供电的方式转化为市电、备用电源与光伏电源相结合的新型供电结构。提供用电的多样性。

分布式光伏电站的建设有助于帮助当地居民增加绿色收益，有效帮助乡村振兴建设。

## 3) 符合可再生能源发展规划和能源产业发展方向

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国之一，也是少数几个以煤炭为主要能源的国家之一，在能源生产和消费中，煤炭约占商品能源消费构成的 75%，已成为我国大气污染的主要来源。因此，大力开发太阳能、风能、生物质能、地热能 and 海洋能等新能源和可再生能源利用技术将成为减少环境污染的重要措施之一。

近几年，国际光伏发电迅猛发展，光伏发电已由补充能源向替代能源过渡，并在向并网发电的方向发展，我国也出台了一系列鼓励和支持太阳能光伏发电产业发展的政策措施。并且，光伏发电是目前技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的可再生能源发电方式之一。

本太阳能并网光伏电站选址以河北省承德市市境内，从资源量以及太阳能产品的发展趋势来看，在本地区开发光伏发电项目，有利于增加可再生能源的比例，优化系统电源结构，且没有任何污染，减轻环保压力。

## 4) 地区国民经济可持续发展的需要

河北省是我国的电力大省，必须着力调整能源结构，利用其太阳能资源等可再生

能源的优势，大力发展可再生能源，以提升河北省在全国的能源地位和结构，实现地区电力可持续发展。开展太阳能光伏发电是一种有益的尝试和探索。电站在可持续开发当地丰富的太阳能资源后，电力可以支援当地工农业生产需求和电网的电力外送。工程建设可节约能源、推动地区的经济建设，有着非常重要的意义。

## 1.2 太阳能资源

河北省具有丰富的太阳能资源，太阳能资源理论总储量 2.886GWh/年，在全国列第 9 位。河北省年太阳总辐射处于 1450~1700kWh/m<sup>2</sup>，大部分为 B 类区（很丰富区），以张家口、承德地区最为丰富。河北省地处东经 113°27′—119°50′、北纬 36°03′—42°40′ 之间，南北最大长度约 700km，东西最大宽度约 660km，境内有沿海、平原、丘陵、山地等多种地形，使之太阳辐射的差异较大，年太阳总辐射量分布呈现西北多东南少的趋势，其中，低值出现在秦皇岛、乐亭、黄骅等沿海地区以及冀中的衡水、邢台部分地区，在 1450kWh/m<sup>2</sup> 以下，高值出现在张家口西北部张北、尚义地区，在 1700kWh/m<sup>2</sup> 以上。

项目厂址及其周边没有太阳辐射的长期观测站，本项目暂利用专业气象软件 Meteonorm 查取当地辐射数据。根据查取专业软件，项目场址处年总辐射量为 1641.8kWh/m<sup>2</sup>，根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）中太阳能资源丰富程度的分级评估方法，该区域的太阳能资源丰富程度属于 B 类区，即“资源很丰富”（1400~1750 kWh /m<sup>2</sup>·a），能保证项目有较高的发电量，有较好的开发前景。

## 1.3 工程地质

（1）拟建建筑场地较稳定，未发现活动断裂，可作为光伏发电基地。

（2）光伏支架采用可采用灌注桩基础，可采用碎石土作为桩端持力层。

（3）开挖基础及边坡时，应合理利用地形，从上到下依次开挖，保护边坡的平衡、稳定，分散处理弃土；若在坡顶或坡腰大量弃土时，应进行稳定性验算，基础开挖后应做好排水和堆坡脚、坡面的保护工作，以防冲蚀和风化剥蚀。开挖时允许坡度值可按 1: 0.75 考虑。建议对边坡进行防护处理并编制水土保持方案。

（4）场地局部地段存在不良地质作用，主要为人工堆填处可能发生泥石流。建议对场地进行地质灾害评价和治理。

在沟谷处设置防山洪和排山洪措施，防排设施应按频率为 2%的山洪设计；站区边界外应设置防山洪流入的设施。

（5）拟建场地抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g（第三组）。

不考虑地基土液化影响。

(6) 最大勘探深度 10m 范围内未见地下水，可不考虑地下水的腐蚀性。

(7) 根据场地附近环境，场地周围未发现污染型企业存在，并根据当地工程经验，土对建筑材料的腐蚀性可按微腐蚀考虑。

(8) 因光伏项目对环境和水土流失有一定的影响，建议开工前进行环境影响评价并编制水土保持方案。

(9) 场地标准冻结深度 1.60m。

#### 1.4 总体方案设计与发电量预测

本项目为地面分布式光伏发电项目，项目站址位红葫芦村各村民小组村。利用红葫芦村各村民小组村头闲置荒地建设分布式光伏电站，总安装容量为 149.6kWp。并网方式为“全额上网”的 380V 低压并网接入方式。

本项目全部选用 550Wp 单晶硅光伏组件，共计 272 块，根据光伏利用场地及钢结构凉棚屋面情况，闲置荒地位置采用采用固定式光伏阵列运行方式，单个阵列上布置 2\*9 块组件。光伏组件采用倾角 38°、方位角 0°（正南向）的固定安装方式。

光伏组件采用 18 块串接构成 1 路光伏组串，每台 100kW 组串逆变器最大接入 12 路光伏组串， 每台 60kW 组串逆变器最大接入 6 路光伏组串，每台 30kW 组串逆变器最大接入 3 路光伏组串。

根据总装机容量、倾斜面辐照量、系统效率以及光伏组件标称效率衰减等，计算出光伏电站 25 年年均发电量为 24.39 万千瓦时，年均利用小时 1630.67h，25 年总发电量约为 609.87 万千瓦时。

#### 1.5 电气设计

##### 1.5.1 电气主接线

本项目为地面区域，光伏组件总安装容量为 149.6kWp，拟采用 380V 低压接入并网方案，光伏单元拟分为 5 个并网点，接入厂区临近光伏单元的变压器低压母线侧。具体接入点及接入方案根据审定的接入系统方案及批复为准。

为了有利于本项目的顺利进行，需尽快取得项目于备案和电网接入批复：

**获得县、区发改委项目备案**

| 资 料 名 称               | 备 注                                 |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 分布式电源项目申请表<br>或项目申请报告 | 包含项目实施地点、投资资金来源、收益情况简单说明、业主情况等。     |
| 企业投资项目备案表             | 公司资料、企业法人营业执照等。                     |
| 固定资产投资项目<br>节能登记表     |                                     |
| 项目投资资料                | 屋顶（建筑物）产权证明、业主授权材料（例如屋顶租赁合同）、售电协议等。 |
| 屋顶（建筑物）材料             | 屋顶平面图、屋顶安全承载能力证明材料（由有资质的设计单位出具）等。   |
| 由电网公司出具的项目接入电网意见函     | 部分地区已取消。                            |



获得县、区**电网公司接入批复**

| 资 料 名 称                   | 备 注                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| 分布式电源项目申请表                | 包含项目实施地点、投资资金来源、收益情况简单说明、业主情况等。            |
| 企业资料                      | 经办人身份证及复印件、法人委托书原件、企业法人营业执照等。              |
| 发电项目前期资料                  | 房产证或土地证、屋顶租赁协议、售电协议、屋顶抗压及屋顶面积可行性证明、资金证明等。  |
| 发改委备案批复文件                 |                                            |
| 用户电网相关资料及系统接入报告           |                                            |
| 供电局受理并网申请                 | 免费制定接入方案，出具接网意见函。                          |
| 主要电气设备一览表及主要设备技术参数和型式认证报告 | 包括：光伏组件、逆变器、变压器等设备（并网设备选型应符合国家安全、节能、环保要求）。 |

注：各地区政策不同，略有差异。

1.5.2 电气二次

光伏电站控制方式按照无人值守的要求进行设计，光伏电站电气设备的控制、测量和信号符合现行行业标准 DL/T5136 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》。

本项目考虑仅设置一套云监控系统。在并网配电室设置通讯设备。通过 RS485 接口采集逆变器、电度表、环境检测仪的信息后，将监控信息通过无线网络实时传输至远程云监控平台，供运行人员监视整个厂区光伏系统的工作状态。云平台采用智能运维，数据可使用手机 APP 无线访问。

1.5.3 通讯设计

依据国家电网办〔2013〕1781 号《国家电网公司关于印发分布式电源并网相关意见和规范》及《国家电网公司关于印发分布式电源接入系统典型设计的通知》（国家电网发展〔2013〕625 号），380V 接入用户侧的分布式光伏发电项目，仅需上传发电量信息，厂区每个并网点配置 1 套电能采集终端，采集并网电度表的数据，通过无线 GPRS 传输至供电公司用电信息采集系统。此设备一般由当地电力公司提供和安装。

1.6 土建设计

本项目为分布式光伏电站，利用红葫芦村各村民小组村头闲置荒地建设光伏电站，项目规划建设光伏电站容量 149.6kWp，组件布置情况见下表。

| 安装位置 | 位置   | 组件数量 | 组件规格 | 安装容量  |
|------|------|------|------|-------|
|      |      | 块    | Wp   | kWp   |
| 红葫芦村 | 闲置荒地 | 154  | 550  | 84.7  |
|      | 闲置荒地 | 46   | 550  | 25.3  |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  |
| 合计   |      | 272  | 550  | 149.6 |

闲置荒地光伏支架为镀锌钢结构。支架基础为钢筋混凝土灌注桩。

本项目所用红葫芦村用地均为闲置荒地。不占用耕地、林地。现场勘察照片如下：





### 1.7 消防设计

本项目贯彻“预防为主、防消结合”的消防工作方针，加强火灾监测报警的基础上，对重要设备采用相应的消防措施，做到防患于未然。本工程消防总体设计采用综合消防技术措施，从防火、监测、报警、控制、灭火、逃生等各方面入手，力争减少火灾发生的可能性，一旦发生也能在短时间内予以扑灭，使损失减少到最低，同时确保火灾时人员的安全疏散；根据生产重要性和火灾危险性程度配置消防设施和器材，本项目按规范配置了手提式干粉（磷酸铵盐）灭火器；建筑结构材料、装饰材料等均须满足防火要求。

### 1.8 施工组织设计

施工用电、用水直接由原厂区接引，施工所需碎石、砂、水泥等建筑材料，可在厂区周边购进，汽车运输运至施工现场。光伏组件、逆变器等设备体积小、重量轻，汽车运输即可满足要求。施工人员尽量使用当地劳力，以节约施工生活占地面积；光伏阵列施工、安装所需材料尽量放置于所规划的光伏发电分系统范围内，以节省设备、材料堆放场占地；可在园区内空地设置小面积的材料堆放场、钢结构及木材加工场、施工办公区。

### 1.9 工程管理设计

根据生产和经营需要，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。

光伏电站建设期结束后，由专业公司运营管理。运营公司做好电站运行和日常维护及定期维护工作，电站的大修、电池板的清洗、电池组件钢支架油漆的维修养护、卫生保洁等工作均采用外委方式进行，以减少管理成本，提高经济效益。

### 1.10 环境保护与水土保持

太阳能光伏发电是可再生能源，其生产过程主要是利用太阳能电池组件将太阳能转变为电能的过程，不排放任何有害气体。

工程在施工中由于土石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。可采用洒水等措施，尽量降低空气中颗粒物的浓度。

光伏电站厂址远离村庄，不存在电站施工噪声及设备运行噪声对附近居民生活的干扰。

太阳能光伏发电具有较高的自动化运行水平，电站运行和管理人员产生少量的生

生活污水经处理后用做场区的绿化用水，对水环境不会产生不利影响。

根据本项目新增水土流失的特点，水土流失防治措施主要采用工程措施、植物措施、临时措施、管理措施相结合的综合防治措施。

本工程建成后对地方经济发展将起到积极作用，既可以提供新的电源，又不增加环境压力，具有明显的社会效益和环境效益。

### 1.11 劳动安全与工业卫生

劳动安全及工业卫生设计遵循国家已经颁布的政策，贯彻落实“安全第一，预防为主”的方针，参照《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》（DL5061—1996）的要求，在设计中结合工程实际，采用先进的技术措施和可靠的防范手段，确保工程投产后符合劳动安全及工业卫生的要求，保障劳动者在生产过程中的安全与健康。设计着重反映工程投产后，职工及劳动者的人身安全与卫生方面紧密相关的内容，分析生产过程中的危害因素，提出防范措施和对策。

劳动安全设计包括防火防爆；防电气伤害；防机械伤害、防坠落伤害、防洪、防淹等内容。

工业卫生设计包括防噪声及防振动；采光与照明；防尘、防污、防腐蚀、防毒；防电磁辐射等内容。

安全卫生管理包括安全卫生机构设置及人员配备，事故应急救援预案等，在采取了安全防范措施及对生产运行人员的安全教育和培训后，对光伏电站的安全运行提供了良好的生产条件，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。

### 1.12 节能分析

本工程采用绿色能源-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，本工程节能指标满足国家有关规定的要求。

光伏电站建成后，每年可为电网平均提供 31.83 万 kWh，与相同发电量的火电相比，相当于每年可节约标煤 97.65t，相应每年可减少多种大气污染物的排放，其中减少二氧化硫（SO<sub>2</sub>）排放量约 0.063t，氮氧化物（NO<sub>x</sub>）排放量约 0.0594t，二氧化碳（CO<sub>2</sub>）约 264.88t，减少了有害物质排放量，减轻环境污染，同时不需要消耗水资源，

也没有污水排放。光伏电站是将太阳能转化成电能的过程，在整个工艺流程中，不产生大气、液体、固体废弃物等方面的污染物，也不会产生大的噪声污染。从节约煤炭资源和环境保护角度来分析，本电场的建设具有较为明显的经济效益、社会效益及环境效益。

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。

### 1.13 工程投资估算

工程设计概算参照《光伏发电工程可行性研究报告编制办法（试行）》（GD003-2011）、《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T32027-2016）、《光伏发电工程概算定额》（NB/T32035-2016），结合国家、部门及地区现行的有关规定、定额、费率标准进行编制。

关于发布《关于建筑业营业税改征增值税后光伏发电工程计价依据调整实施意见》的通知（可再生定额[2016]61号文）。

可再生定额[2019]14号《关于调整水电工程、风电场工程及光伏发电工程计价依据中建筑安装工程增值税税率及相关系数的通知》。

本概算材料价格按工程所在地近期材料价格进行编制。

资金来源：政府财政资金。

山湾子乡红葫芦村分布式光伏电站建设项目：

工程静态投资：85万元，单位投资：5697元/kW；

## 第二章 太阳能资源

### 2 太阳能资源

#### 2.1 区域太阳能资源分析

##### 2.1.1 我国太阳能资源的地理分布

评价某一地区太阳能资源丰富程度,最重要的气象资料是太阳辐射数据和日照小时数。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526-2019),以太阳能年总辐射量为指标,对太阳能的丰富程度划分为4个等级,如表2.1所示。

表 2.1-1 太阳能资源丰富程度等级

| 等级名称 | 分级阈值 (MJ/m <sup>2</sup> ) | 分级阈值 (kWh/m <sup>2</sup> ) | 等级符号 |
|------|---------------------------|----------------------------|------|
| 最丰富  | $GHR \geq 6300$           | $GHR \geq 1750$            | A    |
| 很丰富  | $5040 \leq GHR < 6300$    | $1400 \leq GHR < 1750$     | B    |
| 丰富   | $3780 \leq GHR < 5040$    | $1050 \leq GHR < 1400$     | C    |
| 一般   | $GHR < 3780$              | $GHR < 1050$               | D    |

我国是太阳能资源相当丰富的国家,年总辐射量在 860~2080kWh/m<sup>2</sup> 之间,年直接辐射量在 230~1500kWh/m<sup>2</sup> 之间,年平均直射比在 0.24~0.73 之间,年日照时数在 870~3570h 之间。我国的年总辐射量、年总直接辐射量、直射比年平均值和年总日照时数的空间分布情况如图 2.1 所示。

从图中可以看出:

新疆东南边缘、西藏大部、青海中西部、甘肃河西走廊西部、内蒙古阿拉善高原及其以西地区构成了太阳能资源“最丰富带”,其中西藏南部和青海格尔木地区是两个高值中心;新疆大部分地区、西藏东部、云南大部、青海东部、四川盆地以西、甘肃中东部、宁夏全部、陕西北部、山西北部、河北西北部、内蒙古中东部至锡林浩特和赤峰一带,是我国太阳能资源“很丰富带”;中东部和东北的大部分地区都属于太阳能资源的“丰富带”;只有以四川盆地为中心,四川省东部、重庆全部、贵州大部、湖南西部等地区属于太阳能资源的“一般带”。

年总直接辐射量的空间分布特征与总辐射比较一致,在青藏高原以南以及内蒙古东部的部分地区,直射比甚至达到 0.7 以上。

年总日照时数的空间分布与年总辐射量基本一致,“最丰富带”的年日照时数在 3000h 左右,“很丰富带”的年日照时数在 2400~3000h 之间,“较丰富带”的年日照时数在 1200~2400h 左右,“一般带”的年日照时数在 1200h 以下。

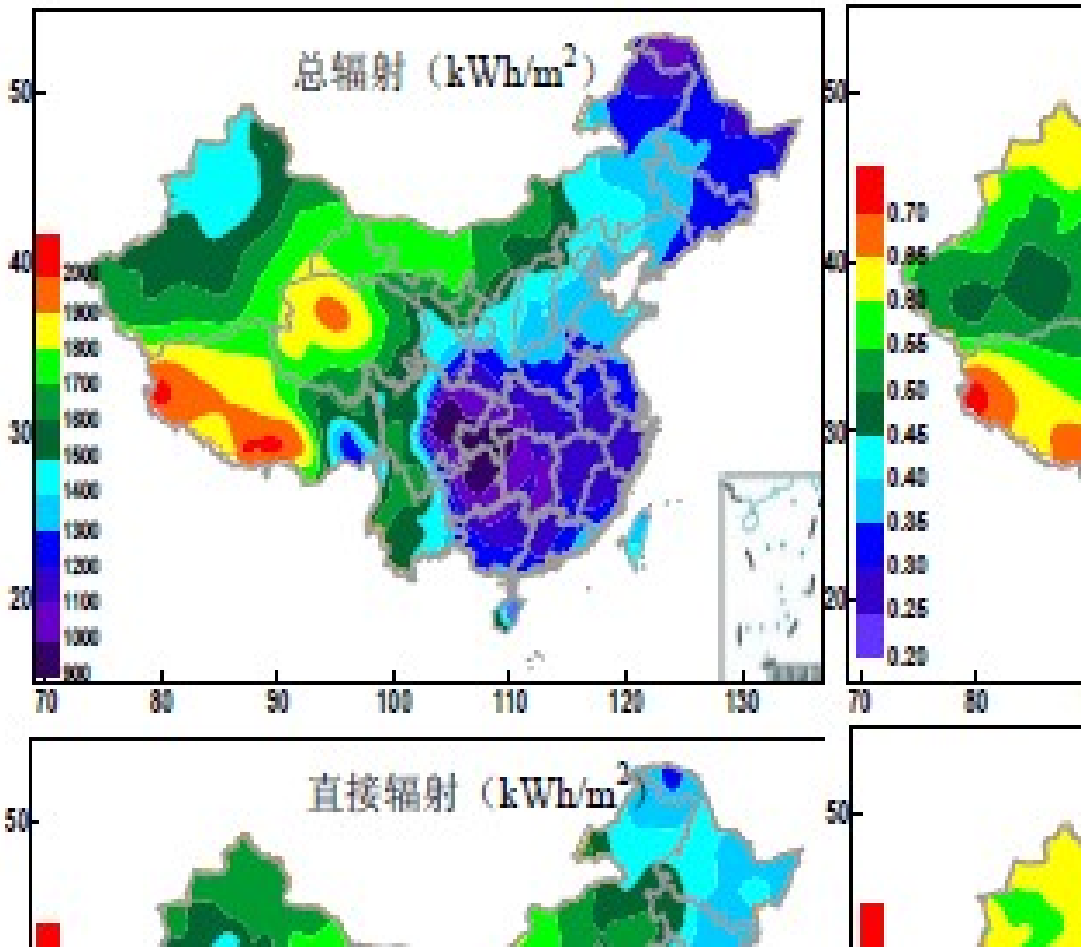


图 2.1-1 全国年平均太阳辐射、日照时数空间分布图

2.1.2 河北省太阳能资源的地理分布

河北省地处我国的中东部地区，与其他省份相比，其太阳辐射年总量比内蒙古、新疆、青海、西藏等省少  $800 \text{ MJ/m}^2$  左右，和辽宁、吉林、山东、山西等省份相近。从河北省太阳总辐射的空间分布图上可以看出(图 2.2)，河北省年太阳总辐射量为  $4828 \sim 5891 \text{ MJ/m}^2$ ，大部分地区太阳能资源属于Ⅲ类，即“很丰富带”，太阳能资源开发利用潜力巨大。

从空间总体分布趋势上看：北部年值高于南部，中部东西横向由边缘趋于中间时呈递减特性。除省内中南部和东部部分地区年太阳总辐射小于  $5200 \text{ MJ/m}^2$  外，其他地区均在  $5200 \text{ MJ/m}^2$  以上，其中，冀西北及冀北高原为  $5600 \sim 5891 \text{ MJ/m}^2$ ，属全省总辐射最多地区，其中康保年总量达  $5891 \text{ MJ/m}^2$ ，为全省最多；长城以南大部地区年太阳总辐射一般在  $5000 \sim 5400 \text{ MJ/m}^2$ ，个别地区低于  $5000 \text{ MJ/m}^2$ ，尤其容城、永清一带不足  $4900 \text{ MJ/m}^2$ ，为全省最低值区。河北省各地的太阳直接辐射量为  $2299 \sim 3274 \text{ MJ/m}^2$ ，分布趋势与总辐射分布趋势基本一致。

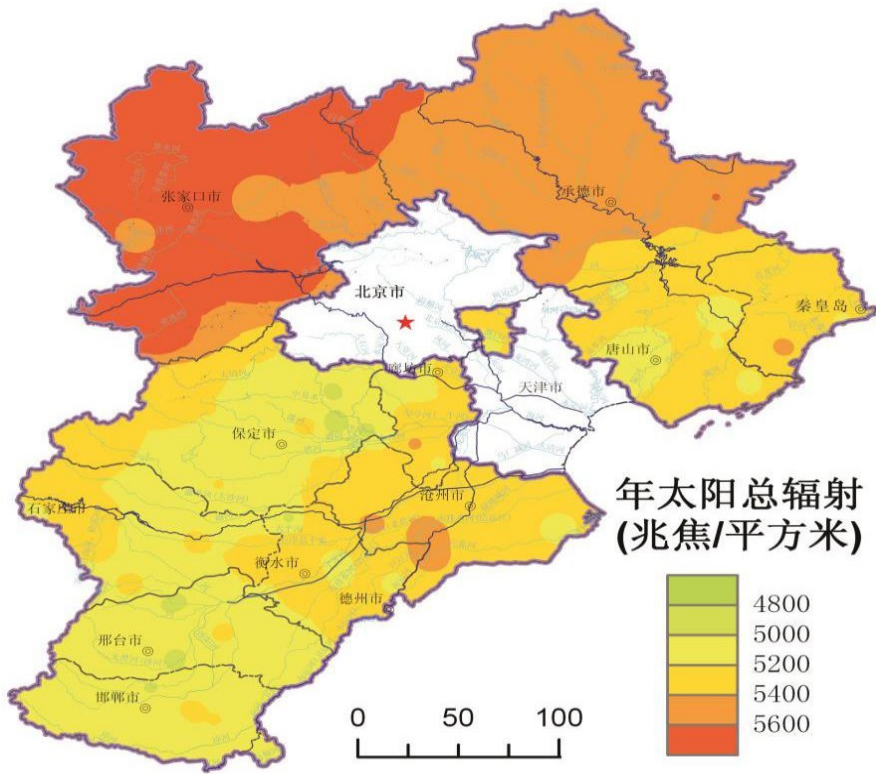


图 2.1-2 河北省年平均太阳总辐射空间分布图

2.2 项目所在地气象条件

2.2.1 地理条件

本项目为分布式光伏发电项目，项目站址位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县，厂区周围道路四通八达，对外交通便利。拟建场址坐标为北纬 42° 25′ 57.77″，东经 117° 44′ 24.95″。

2.2.2 气象条件

围场属北（寒）温带—中温带、半湿润—半干旱、大陆性季风型、高原—山地气候。冬长夏短；夏半年，受副热带暖高压影响，盛行偏南风，天气温暖多雨，无明显盛暑季节；冬半年受西伯利亚冷高压控制，盛行偏北风，气候寒冷干燥。春秋两季则是这两种气团的转换季节，风向多变，天气复杂，气温变化剧烈，春季气温回暖快天气干燥少雨，而秋季则气温迅速变凉，气候凉爽宜人。且坝上、坝下不同区域气候条件很不一致，小气候差异很大。基本气象要素统计见下表。

表 2.2-1 承德常规气象资料统计表

| 项目     | 单位 | 数值   |
|--------|----|------|
| 多年平均气温 | ℃  | 3.3  |
| 极端最高气温 | ℃  | 39.4 |



|           |     |       |
|-----------|-----|-------|
| 极端最低气温    | °C  | -42.9 |
| 多年平均降水量   | mm  | 479   |
| 多年平均蒸发量   | mm  | 1491  |
| 多年平均风速    | m/s | 2.9   |
| 最大风速      | m/s | 28    |
| 主导风向      | -   | SSE   |
| 多年最大雷暴日数  | day | 42    |
| 多年最大冰雹日数  | day | 4     |
| 多年最大沙尘暴日数 | day | 5     |
| 大雾日数      | day | 36    |
| 最大冻土深度    | cm  | 103   |
| 最大积雪深度    | cm  | 35    |
| 年平均相对湿度   | %   | 65    |

### 2.2.3 特殊气候影响

围场满族蒙古族自治县的主要气候灾害，包括高温、低温冻害、大风、雨雪、雷暴以及沙尘和雾霾等。

#### 1、温度影响分析

该地区多年平均气温为 3.3°C，一年中 7 月份最热，曾出现过的极端最高气温达 39.4°C；1 月最冷，曾出现过的极端最低气温有 -42.9°C。本项目主要在光伏组件串并联方案、电气设备选择以及系统效率折减等方面考虑温度对整个光伏电站的影响。

1) 在进行光伏组件串并联方案设计时，要考虑在极端温度下，组件串联后的最大开路电压不能超过组件的最大系统电压，不能超过逆变器的最大允许电压；工作电压要在逆变器工作电压的跟踪范围之内。

2) 光伏组件的设计温度一般为 25°C，温度过高会造成组件输出功率降低，本项目选用多晶硅光伏组件，其峰值功率的温度系数为 -0.42%/°C，在计算光伏电站的发电量时，要考虑由温度带来的折减。

#### 2、大风影响分析

该地区多年平均风速 2.9m/s，最大风速为 28m/s，年主导风向为南偏东南。风有助于增加光伏组件的强制对流散热，降低组件板面的工件温度，从而在一定程度上提高发电量。同时，风载荷也是光伏支架及基础的主要载荷，因此该地区风速会对光伏电站运行有一定影响，本项目中光伏支架及基础的设计会采取一定的抗风措施，以保证在极大风速下不发生破坏。

#### 3、雨、雪天气影响分析

该地区年均降雨量为 479mm，降水季节分布不均，多集中在夏季，6-9 四个月降水量一般可达全年总降水量的 70-80%。多年平均降雪日数为 5.0 天，最大积雪深度为 35cm。

降雨对电池组件的发电效率影响不大，对电池组件发电效率造成影响的主要是降雪。在降雪天气时应及时清扫电池板，同时组件支架设计根据《建筑结构荷载规范》考虑雪荷载的影响。

#### 4、沙尘、雾霾天气影响分析

沙尘天气分为扬沙、浮尘、沙尘暴三类。

在大风季节里，极易出现沙尘天气。沙尘天气对大气影响较大，空气中粉尘量剧增，大气透明度大幅度降低，大气中的尘埃和粉尘大大阻挡和减弱了太阳直射。在系统设计中应采取有效的防风沙措施和方便可行的日常清洗方法。

沙尘、雾霾天气对光伏电站运行的影响主要是降低空气通透度、降低光伏组件表面接受的太阳辐射量。

雾霾，雾和霾的统称。雾和霾的区别十分大。霾的意思是灰霾（烟霞）空气中的灰尘、硫酸、硝酸等非水成物组成的气溶胶系统造成视觉障碍的叫霾。当水汽凝结加剧、空气湿度增大时，霾就会转化为雾。霾与雾的区别在于发生霾时相对湿度不大，而雾中的相对湿度是饱和的(如有大量凝结核存在时，相对湿度不一定达到 100%就可能出现饱和)。

雾是悬浮在近地层大气中的大量微细乳白色水滴或冰晶的可见集合体，雾的等级是根据能见度来划分的。按照《雾的预报等级》（GB/T 27964-2011）中关于雾的分级标准，当能见度小于 1000 米但大于等于 500 米时称为大雾。大雾天气主要出现在秋、冬季（10 月～次年 2 月），其中 11、12 月出现次数最多。

细颗粒物又称细粒、细颗粒、PM2.5。细颗粒物指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 2.5 微米的颗粒物。它能较长时间悬浮于空气中，其在空气中含量浓度越高，就代表空气污染越严重。虽然 PM2.5 只是地球大气成分中含量很少的组分，但它对空气质量和能见度等有重要的影响，进而影响光伏电站的系统效率。

沙尘天气、雾霾天气后应及时清理光伏组件，计算整个光伏电站的系统效率时应考虑到大雾天气、沙尘天气对系统效率的折减。

#### 5、雷暴影响分析

该地区多年平均雷暴日数为 42 天，雷暴日数较多，雷暴主要出现在 6～8 月，占

全年雷暴总日数的 70.2%。

本项目将选择具有严格的抗冰雹、抗霜冻产品，满足光伏组件、汇流箱室外安装的使用要求；在光伏阵列支架的设计时，做相应的防雷保护装置设计，以保证光伏组件安全。

总之，本项目将通过设备选型和相关设计技术的优化，将气象因素对光伏电站的负面影响降低到最低程度。

2.3 项目所在地太阳能资源分析

2.3.1 辐射数据来源

在光伏电站设计中，一般在未收集到气象站辐射数据时，或者气象站离项目站址的距离较远，都会借助公共气象数据库（包括卫星观测数据）或商业气象（辐射）软件包进行对比分析，本文主要借助该数据进行项目场址光资源分析。

本次暂未收集到气象站的太阳辐射资料，项目场址区内未设立太阳能观测系统，现使用 Meteonorm 专业软件对场址区太阳能辐射进行模拟。

Meteonorm 数据分析

Meteonorm 是一款瑞士公司为太阳能行业制作的辐射数据库，数据源采用气象站数据，在缺少气象站的地区则采用数学模型进行插值计算。并且可以生成逐时辐射数据。由于其覆盖地域广、分辨率高、兼容性好、数据准确性较为可靠，Meteonorm 在世界范围内得到广泛的应用。本软件数据涵盖了约 8325 个气象站的气象实测数据，包括总辐射量、直接辐射量、温度、降水量、湿度、风速等。

对于没有辐射数据的地点，本软件可以利用项目站址处周边一个或多个具有辐射数据的气象站，采取 1992 年国际能源署公布谢氏权值插值公式进行推算，谢氏权值插值公式能够根据参考气象站的辐照数据推算代表气象站的辐照数据，（还可推算出代表气象站的温度、降水量等其他气象参数），并对推算出的数据根据纬度和地形条件进行修正。

由 Meteonorm8.0 获得的承德太阳能辐射水平情况如下表所示。

表 2.3-1 承德太阳辐射量（Meteonorm8.0 数据）单位：kWh/m²

| 月份     | 一月    | 二月    | 三月     | 四月     | 五月     | 六月     | 七月     | 八月     | 九月     | 十月     | 十一月   | 十二月   | 年总量     |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 月水平辐照量 | 78.80 | 96.10 | 143.60 | 180.70 | 195.50 | 182.10 | 188.20 | 157.70 | 148.30 | 121.10 | 83.50 | 66.20 | 1641.80 |

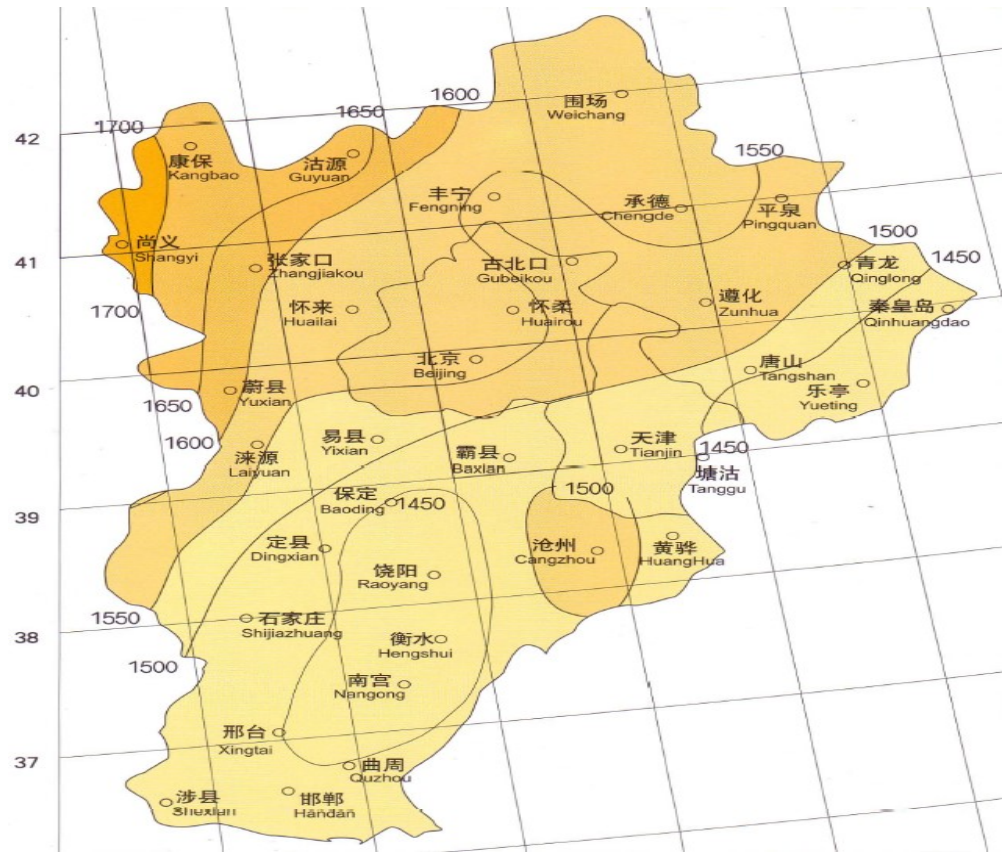


图 2.3-2 河北省太阳能分布图（kWh/m²）

根据《中国分省太阳能资源图集》中河北省太阳能分布图得知，项目场址的辐射量大致在 1550-1600kwh /m² 左右，这与 Meteonorm 辐射数据较为接近。因此，本项目现阶段辐射数据采用 Meteonorm 软件气象数据。

2.3.2 项目地区光资源评估

本项目选用Meteonorm数据库辐射数据进行分析，其相关数据如下图表所示。

表2.3-5 本项目Meteonorm数据辐照单位：kWh/m²

| 月份     | 一月    | 二月    | 三月     | 四月     | 五月     | 六月     | 七月     | 八月     | 九月     | 十月     | 十一月   | 十二月   | 年总量     |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 月水平辐照量 | 78.80 | 96.10 | 143.60 | 180.70 | 195.50 | 182.10 | 188.20 | 157.70 | 148.30 | 121.10 | 83.50 | 66.20 | 1641.80 |
| 月散射辐照量 | 15.30 | 21.80 | 45.40  | 58.00  | 74.50  | 83.40  | 83.10  | 74.50  | 47.50  | 28.60  | 18.30 | 16.80 | 567.20  |
| 月直接辐射量 | 63.50 | 74.30 | 98.20  | 122.70 | 121.00 | 98.70  | 105.10 | 83.20  | 100.80 | 92.50  | 65.20 | 49.40 | 1074.60 |
| 直射比    | 0.81  | 0.77  | 0.68   | 0.68   | 0.62   | 0.54   | 0.56   | 0.53   | 0.68   | 0.76   | 0.78  | 0.75  | 0.68    |

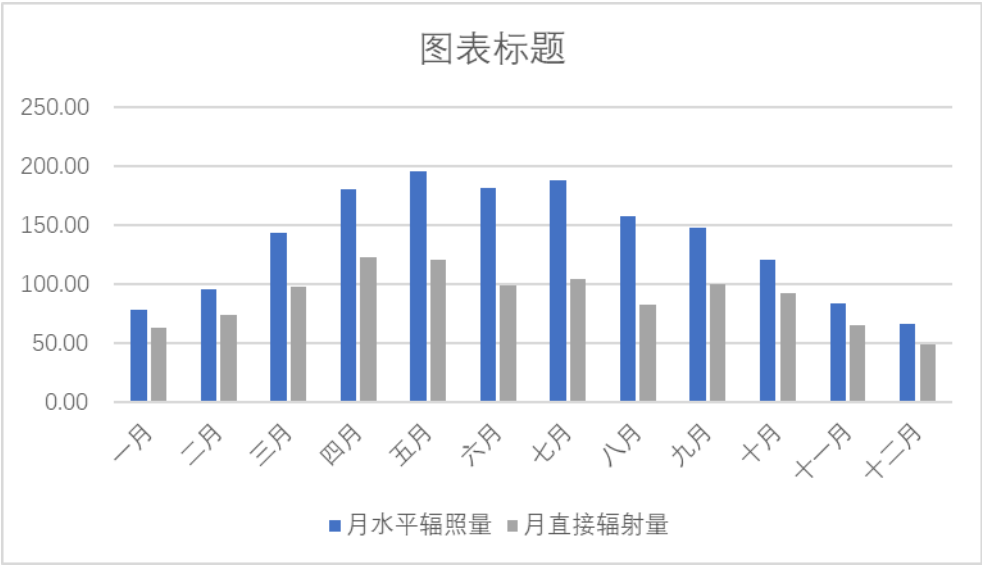


图2.3-3 逐月太阳辐照量变化：kWh/m²

根据统计结果显示，项目场址全年总辐照量1641.8kWh/m²，从年内变化量来看，有单峰趋势，以夏季最大，冬季最小，总辐照量比较大的月份分布在4~7月，其中5月最大，为195.5kWh/m²；总辐照量比较小的月份分布在11、12、1月，其中12月份最小，为66.2kWh/m²。

1) 年水平面总辐照量级丰富等级评估

由统计数据可知，本项目场址年平均辐射量为1641.8kWh/m²，根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）规范的划分标准属于B级资源“很丰富”地区，较适合光伏电站的建设。

表2.3-6 年水平面总辐射照量（GHR）等级

| 等级名称 | 分级阈值（MJ/m²）   | 分级阈值（kWh/m²）  | 等级符号 |
|------|---------------|---------------|------|
| 最丰富  | GHR≥6300      | GHR≥1750      | A    |
| 很丰富  | 5040≤GHR<6300 | 1400≤GHR<1750 | B    |
| 丰富   | 3780≤GHR<5040 | 1050≤GHR<1400 | C    |
| 一般   | GHR<3780      | GHR<1050      | D    |

2) 太阳能资源时间变化特征及稳定度等级评估

根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）规范，太阳能稳定度划分为4个等级，如下表所示。

表2.3-7 太阳能资源稳定度（RW）等级划分

| 等级名称 | 分级阈值    | 等级符号 |
|------|---------|------|
| 很稳定  | RW≥0.47 | A    |

|     |                       |   |
|-----|-----------------------|---|
| 稳定  | $0.36 \leq RW < 0.47$ | B |
| 一般  | $0.28 \leq RW < 0.36$ | C |
| 欠稳定 | $RW < 0.28$           | D |

代表年水平面日均辐照量变化，如图2.3-4所示。

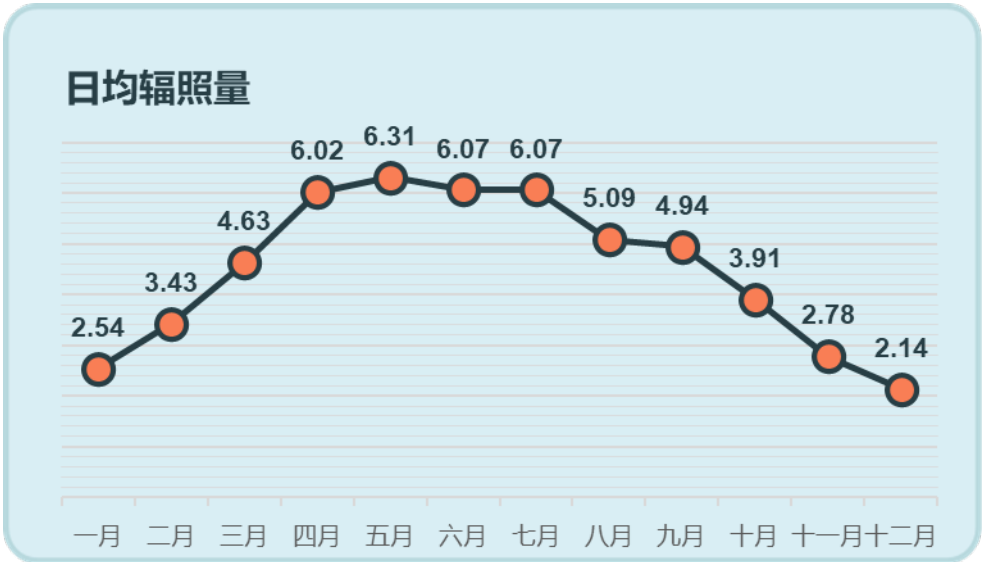


图2.3-4 代表年水平面日均辐照量变化示意图

通过上述分析得到，本项目太阳能资源稳定度 $2.14/6.32=0.34$ 。项目所在地的太阳能资源属于C类“一般”。

3) 太阳能资源直射比等级评估

根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）规范，太阳能资源直射比划分为4个等级，如下表所示。

表2.3-8 太阳能资源稳定度（DHRR）等级划分

| 等级名称 | 分级阈值                   | 等级符号 | 等级说明   |
|------|------------------------|------|--------|
| 很稳定  | $DHRR \geq 0.6$        | A    | 直接辐射主导 |
| 稳定   | $0.5 \leq DHRR < 0.6$  | B    | 直接辐射较多 |
| 一般   | $0.35 \leq DHRR < 0.5$ | C    | 散射辐射较多 |
| 欠稳定  | $DHRR < 0.35$          | D    | 散射辐射主导 |

由表2.3-5可知各月份直射比变化，如图2.3-5所示。



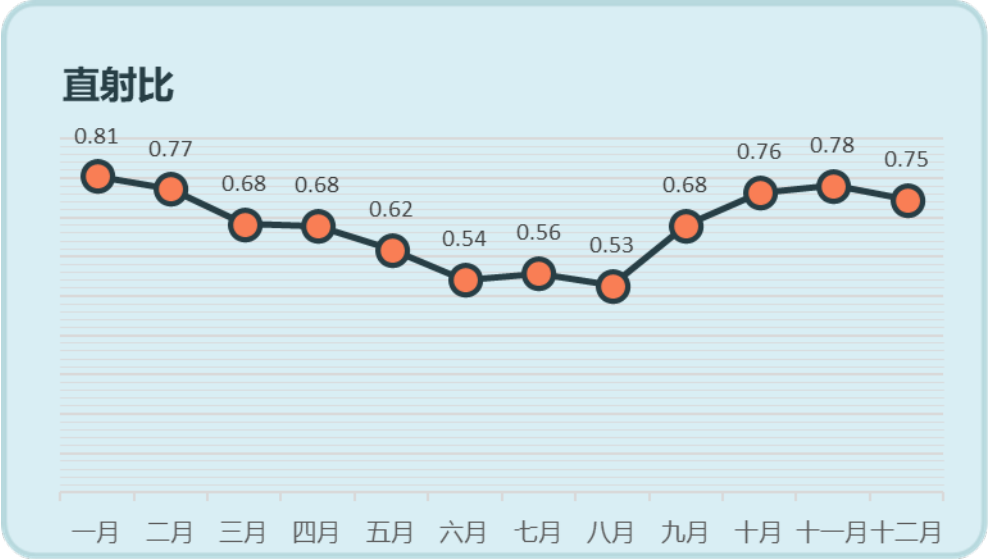


图2.3-5 代表年各月份直射比变化示意图

本项目位置太阳能资源直射比年平均值为0.68，故本项目代表年太阳能资源直射比等级属于A类“很稳定”， 散射辐射较多。

2.4 太阳能资源评价结论

综上所述，根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）规范，本项目所在地区年水平面总辐射量为1641.8kWh/m<sup>2</sup>，属于B类“很丰富”区；本项目代表年太阳能稳定度为0.34，太阳能资源时间变化特征及稳定度等级评估属于C类“一般”；本项目位置太阳能资源直射比年平均值为0.68，太阳能资源直射比等级属于A类“很稳定”。

因此，从太阳能资源的角度，本项目具备一定的开发潜力的。

## 第三章 工程地质

### 3 工程地质

(1) 拟建建筑场地较稳定，未发现活动断裂，可作为光伏发电基地。

(2) 光伏支架采用可采用灌注桩基础，可采用碎石土作为桩端持力层。

(3) 开挖基础及边坡时，应合理利用地形，从上到下依次开挖，保护边坡的平衡、稳定，分散处理弃土；若在坡顶或坡腰大量弃土时，应进行稳定性验算，基础开挖后应做好排水和堆坡脚、坡面的保护工作，以防冲蚀和风化剥蚀。开挖时允许坡度值可按 1: 0.75 考虑。建议对边坡进行防护处理并编制水土保持方案。

(4) 场地局部地段存在不良地质作用，主要为人工堆填处可能发生泥石流。建议对场地进行地质灾害评价和治理。

在沟谷处设置防山洪和排山洪措施，防排设施应按频率为 2% 的山洪设计；站区边界外应设置防山洪流入的设施。

(5) 拟建场地抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g (第三组)。不考虑地基土液化影响。

(6) 最大勘探深度 10m 范围内未见地下水，可不考虑地下水的腐蚀性。

(7) 根据场地附近环境，场地周围未发现污染型企业存在，并根据当地工程经验，土对建筑材料的腐蚀性可按微腐蚀考虑。

(8) 因光伏项目对环境和水土流失有一定的影响，建议开工前进行环境影响评价并编制水土保持方案。

(9) 场地标准冻结深度 1.60m。

## 第四章 光伏系统总体方案设计及发电量计算

### 4 光伏系统总体方案设计及发电量计算

#### 4.1 光伏组件选型

##### 4.1.1 光伏组件的类型

太阳能光伏电池从其选用的材料可分为两类：体材料、薄膜材料。体材料电池具有代表性的有：硅电池（包括单晶硅Mono-si、多晶硅Multi-si、带状硅Ribbon/Sheet-Si）、化合物电池（砷化镓）；薄膜电池具有代表性的有：硅基薄膜电池（非晶硅电池、微晶硅电池）、铜铟硒电池CIS、碲化镉电池CdTe、染料敏化电池等。

##### （1）晶体硅光伏电池

自从太阳能电池诞生以来，晶体硅作为基本的电池材料一直保持着统治地位。但是晶体硅太阳能电池的成本较高，通过提高电池的转化效率和降低硅材料的生产成本，进一步推动了晶体硅太阳能电池在光伏技术中的领先地位。

单晶硅电池是最早出现、工艺最成熟的太阳能光伏电池，也是光伏组件大规模生产中效率最高的。2019年大规模生产的单晶硅电池平均转换效率可达到22.3%，单晶硅片平均厚度在180 $\mu\text{m}$ 。由于受硅单晶棒形状的限制，单晶硅电池须做成圆形，对光伏组件布置也有一定影响。

多晶硅太阳能电池的生产工艺与单晶硅基本相同，使用了多晶硅铸锭工艺取代单晶硅棒生长工艺，成本低廉。2019年大规模生产的多晶硅电池平均转换效率可达到19.3%，多晶硅片厚度在180~185 $\mu\text{m}$ ，略低于单晶硅电池的水平。和单晶硅电池相比，多晶硅电池虽然效率有所降低，但是节约能源，节省硅原料，达到工艺成本和效率的平衡。



图 4.1-1 单晶硅太阳能电池



图 4.1-2 多晶硅太阳能电池

#### （2）非晶硅电池和薄膜光伏电池

非晶硅电池是在不同衬底上附着非晶态硅晶粒制成的，工艺简单，硅原料消耗少，衬底廉价，并且可以方便的制成薄膜，具有弱光性好，受高温影响小的特性，但非晶硅光伏组件转化效率低于晶体硅太阳能。非晶硅薄膜太阳电池是在廉价的玻璃、不锈钢或塑料衬底上附上非常薄的感光材料制成，比用料较多的晶体硅技术造价更低，其价格优势可抵消低效率的问题。目前已商业化的薄膜光伏电池材料还有：铜铟硒（CIS、CIGS）、碲化镉（CdTe），它们的厚度只有几微米。



图 4.1-3 非晶硅电池太阳能电池

#### 4.1.2 单晶硅组件与多晶硅组件的市场情况

2020年，全国硅片产量约为161.3GW,同比增长19.7%。晶硅电池片方面，2020年，全国电池片产量约为134.8GW,同比增长22.2%。其中，排名前五企业产量占国内电池片总产量的53.2%,前4家企业产量超过10GW。组件方面，2020年，全国组件产量达到124.6GW，同比增长26.4%，以晶硅组件为主。

2020年，规模化生产的P型单晶电池均采用PERC技术，平均转换效率达到22.8%，先进企业转换效率达到23%；采用PERC技术的黑硅多晶电池片转换效率达到20.8%。常规黑硅多晶电池效率提升动力不强，2020年转换效率约19.4%。

2020年，单晶硅片（P型+N型）市场占比约90.2%，其中P型单晶硅片市场占比由2019年的60%增长到86.9%,N型单晶硅片约3.3%。随着下游对单晶产品的需求增大，

单晶硅片市场占比也将进一步增大，且N型单晶硅片占比将持续提升。多晶硅片的市场份额由2019年的32.5%下降至2020年的9.3%，未来呈下降趋势，但仍会在细分市场保持一定需求量。

### 4.1.3 光伏组件的比选

#### 4.1.3.1 单晶硅组件

目前光伏电站主要采用晶硅光伏组件。

单晶切片条件相对宽松，在同等切割条件下，表面线痕等缺陷低于多晶，且碎片率更低、可稳定应用金刚线切割工艺，显著降低切片成本并提高电池转换效率，多晶硅晶体结构缺陷导致较高的破片率切割工艺改进难度大，成本几乎没有下降空间，单晶电池在实验室和量产效率上都遥遥领先于多晶电池，单晶硅片实验室效率可达到25%（P型PERC），PERC多晶硅片为21.25%。

单晶材料完美晶格结构，晶体有序排列；良好机械性能，最大弯曲位移比多晶硅片高50%，抗破坏性能更强；单晶系统经历30年以上稳定运行考验。

单晶组件主要优势如下：

##### （1）工作温度低

单晶转换效率高于多晶，将更多光能转换为电能，多晶将更多光能转换成热能；单多晶组件温度差：冬季3-5℃，夏季8-12℃；因为光伏组件具有负的功率温度系数，因此同样的环境温度条件下，单晶能有更好的功率输出。

##### （2）光谱响应好

单晶光谱响应范围比多晶高5.68%-7.68%，弱光响应好，量子效率高于多晶；上午系统启动时间比多晶早15-30分钟，下午系统停止时间比多晶晚15-30分钟。

##### （3）线损少

同样安装容量下，单晶组件的占地面积、支架及基础、电缆等工程量都比多晶组件少，而电缆数量的减少还可减少传输损耗，提高光伏电站发电量。

由前述可知，单晶硅太阳电池比多晶硅太阳电池具有更高的转换效率，PERC电池是当前产能最大的电池，将成为市场占比最大的电池种类。而PERC技术在提升组件的系统效率上，在单晶硅应用上更具有优势，相比之下，单晶硅组件更占优势。2020年，单晶硅片市场占比约90.2%，随着下游对单晶产品的需求增大，单晶硅片市场占比也将进一步增大，多晶硅片的市场份额未来呈下降趋势。从光伏组件转换效率、市场供应稳定等方面考虑，本项目采用单晶硅光伏组件。

### 4.1.3.2 半片组件

高效组件技术中，半片技术表现亮眼，半片组件是使用激光切割法沿着垂直于电池主栅线的方向将标准规格的正方形电池片切成尺寸相同的两个半片电池片，这样可以把通过主栅线的电流降低到整片的一半，当两个半片电池串联以后，正负回路的电阻不变，这样损耗就降低为原来的 1/4，从而降低了组件的功率损失，提高了封装效率和填充因子，半片技术使组件在成本不变的情况下，功率增加 5-10W，以近两年市场发展分析，半片电池组件的市场份额将逐步上升至 2025 年的 30%。

与传统组件相比，半片组件的优势主要体现在以下两个方面。

#### （1）降低发热，减少温度损失

由于减少了内部电流和内损耗，组件及接线盒的工作温度下降，在组件户外工作状态下，半片组件自身温度比常规整片组件温度低 1.6℃左右。

#### （2）减少遮挡损失

半片组件凭借其特殊的并、串结构，可以使组件在纵向排布提高支架与土地利用的同时减少阴影遮挡造成的发电量损失。

### 4.1.3.3 PERC 电池组件

目前 PERC 组件生产线改造成本低，只需常规的电池产品增加两道工序。PERC 电池可以达到 20.5%，少数可以做到 21%，未来 PERC 工艺最高可使得单晶电池提高 5% 的功率，使得多晶电池提高 2.5% 的功率。PERC 单晶电池与传统单晶电池的量子效率比较，在高辐照度条件下相对效率相差不大；在低辐照度条件下，PERC 单晶组件弱光响应优于常规单晶组件；PERC 单晶和常规单晶光谱范围更广，从而具有更好的弱光发电能力，这一优势在阴雨天更为突出；在相同辐照条件下，每千瓦单晶系统的年总发电量高于多晶系统约 3% 左右。PERC 技术领先性主要体现在以下几个方面：

1、PERC 电池使用  $\text{AlOx}$  作为背面钝化层，在  $\text{Al}_2\text{O}_3$  中，一般会有很多负的固定电荷，其负电荷可以有效地吸引 P 型中的空穴（多子），使 P 型层处于累积状态，有效的减少背表面的电子浓度，增加电子到达正表面的几率，增强电池钝化效应，从而有效提升电池效率。

2、PERC 电池背面  $\text{AlOx}$  和  $\text{SiNx}$  的反射器件会带来较好的长波响应，因而 PERC 电池也天生具有更好的发电性能及低辐照度性能，这一优势在阴雨天更为突出。

3、PERC 电池的长波效应优势保证了 PERC 组件更好发电能力量子效率体现了电池将光转换为电的能力，量子效率越高，电池效率越高；量子效率对比结果显示单

晶电池无论是在短波还是近红外波段，量子效率都明显高于多晶。对于 PERC 来讲，单晶是更好的选择，PERC 技术可以大幅提高单晶光伏组件的发电效率，而且就在现有单晶组件生产线上改造成本低。所以越来越多的 PERC 生产线选择采用单晶路线。

综合考虑财务效益、屋顶面积、实际应用经验以及产品供应情况的因素，本项目选择半片 72 版型的 550Wp 单晶光伏组件，组件的基本参数见下表：

表 4.1-1 550Wp 单晶硅光伏组件技术参数

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| 最大输出功率 Pmax (w)   | 550          |
| 开路电压 Voc (V)      | 49.9         |
| 短路电流 Isc (A)      | 14.00        |
| 工作电压 Vmppt (V)    | 41.96        |
| 工作电流 Imppt (A)    | 13.11        |
| 组件转换效率 (%)        | 21.30        |
| 峰值功率温度系数 (%/°C)   | -0.35        |
| 开路电压温度系数 (%/°C)   | -0.275       |
| 短路电流温度系数 (%/°C)   | 0.045        |
| 输出功率公差 (%)        | -0~+5        |
| 运行温度 (°C)         | -40~+85      |
| 最大系统电压 (V)        | 1500         |
| 外形尺寸 (长×宽×高) (mm) | 2278×1134×35 |
| 重量 (kg)           | 28.6         |

组件特性曲线见图 4.1-4，光伏组件结构图见图 4.1-5。

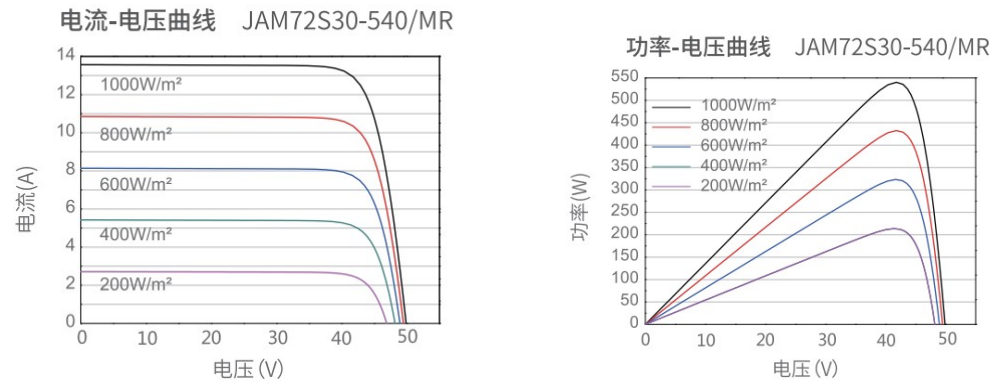


图 4.1-4 光伏组件的特性曲线图



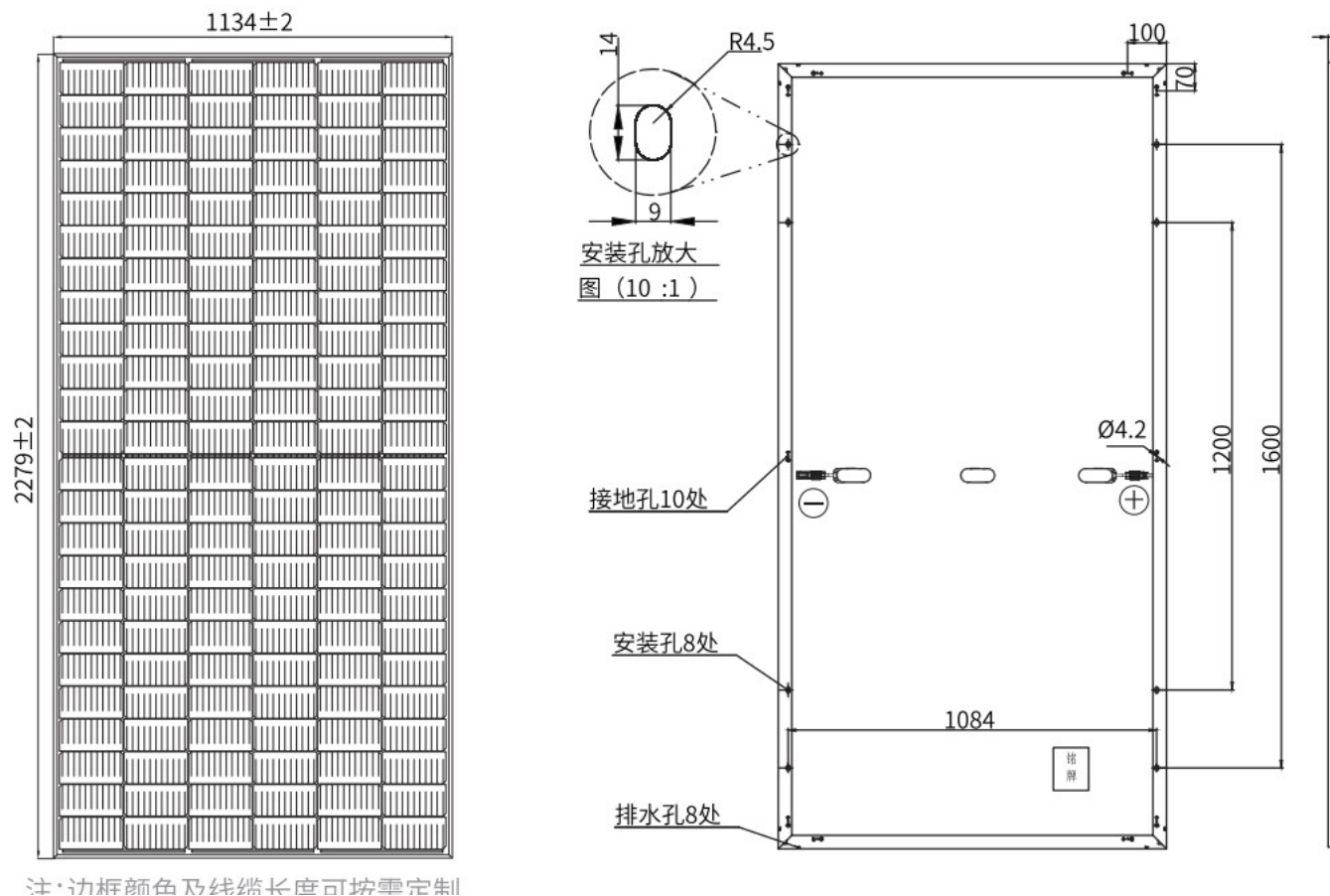


图 4.1-5 光伏组件结构图

## 4.2 逆变器选型

### 4.2.1 逆变器分类

逆变器的分类方法很多，按容量大小可分成集中型逆变器、组串式逆变器和集散式逆变器。

#### 1) 集中型逆变器

集中逆变技术是若干个并行的光伏组串被连到同一台集中逆变器的直流输入端，一般功率大的使用三相的 IGBT 功率模块，功率较小的使用场效应晶体管，同时使用 DSP 转换控制器来改善所产出电能的质量，使它非常接近于正弦波电流，一般用于大型光伏电站(>10kW)的系统中。最大特点是系统的功率高，成本低，但由于不同光伏组串的输出电压、电流往往不完全匹配(特别是光伏组串因多云、树荫、污渍等原因被部分遮挡时)，采用集中逆变的方式会导致逆变过程的效率降低和电户能的下降。同时整个光伏系统的发电可靠性受某一光伏单元组工作状态不良的影响。最新的研究方向是运用空间矢量的调制控制以及开发新的逆变器的拓扑连接，以获

得部分负载情况下的高效率。

## 2) 组串式逆变器

组串逆变器是基于模块化概念基础上的,每个光伏组串(1-5kW)通过一个逆变器,在直流端具有最大功率峰值跟踪,在交流端并联并网,已成为现在国际市场上最流行的逆变器。在光伏电站中使用组串逆变器,优点是不受组串间模块差异和遮影的影响,同时减少了光伏组件最佳工作点与逆变器不匹配的情况,从而增加了发电量。技术上的这些优势不仅降低了系统成本,也增加了系统的可靠性。同时,在组串间引入“主-从”的概念,使得系统在单串电能不能使单个逆变器工作的情况下,将几组光伏组串联系在一起,让其中一个或几个工作,从而产出更多的电能。

从技术角度,对于相同容量的光伏电站:采用集中型逆变器时 MPPT 较少,MPPT 集中监测,精确度较低;若采用组串式逆变器时,针对不同的安装方式或每一排的阵列的 MPPT 精确监测,组串间影响小,整体发电效率高。

## 3) 集散式逆变器

集散式逆变器系统方案优势:是融合集中式逆变器与组串式逆变器各自优点推出的一种方案,集中逆变、分散式跟踪;在传统的光伏汇流箱内部增加 DC/DC 升压变换硬件单元和 MPPT 控制软件单元,实现每 2~4 串 PV 组件对应 1 路 MPPT 的分散跟踪功能,降低了组件参数不一致、局部阴影、仰角差异等导致的效率损失;将直流电压提升至 700~800V 左右,降低直流电缆传输线损;逆变器的交流输出电压升高到 520V,减小交流线缆传输损耗和逆变器的自身发热损耗;逆变器最大效率达到 > 99%,中国效率 > 98 %。当前集散式逆变器市场应用处于起步阶段,前景较为广阔。

### 4.2.2 选型依据

作为光伏发电系统中将直流电转换为交流电的关键设备之一,其选型对于发电系统的转换效率和可靠性具有重要作用。结合国家电网公司《光伏电站接入电网技术规范》Q/GDW617-2011的及其它相关规范的要求,在本工程中逆变器的选型主要考虑以下技术指标:

#### (1) 转换效率高

逆变器转换效率越高,则光伏发电系统的转换效率越高,系统总发电量损失越小,系统经济性也越高。因此在单台额定容量相同时,应选择效率高的逆变器。本工程要求大容量逆变器在额定负载时效率不低于95%,在逆变器额定负载10%的情况下,也要保证90%(大功率逆变器)以上的转换效率。逆变器转换效率包括最大效率和欧洲

效率，欧洲效率是对不同功率点效率的加权，这一效率更能反映逆变器的综合效率特性。而光伏发电系统的输出功率是随日照强度不断变化的，因此选型过程中应选择欧洲效率高的逆变器。

### （2）直流输入电压范围宽

太阳电池组件的端电压随日照强度和环境温度变化，逆变器的直流输入电压范围宽，可以将日出前和日落后太阳辐照度较小的时间段的发电量加以利用，从而延长发电时间，增加发电量。如在落日余晖下，辐照度小电池组件温度较高时电池组件工作电压较低，如果直流输入电压范围下限低，便可以增加这段时间的发电量。

### （3）最大功率点跟踪

太阳电池组件的输出功率随时变化，因此逆变器的输入终端电阻应能自适应于光伏发电系统的实际运行特性，随时准确跟踪最大功率点，保证光伏发电系统的高效运行。

### （4）输出电流谐波含量低，功率因数高

光伏电站接入电网后，并网点的谐波电压及总谐波电流分量应满足GB/T 14549-1993 《电能质量公用电网谐波》的规定，光伏电站谐波主要来源是逆变器，因此逆变器必须采取滤波措施使输出电流能满足并网要求。要求谐波含量低于3%，逆变器功率因数接近于1。

### （5）具有低电压耐受能力

国家电网公司《光伏电站接入电网技术规定》Q/GDW617-2011中要求大型和中型光伏电站应具备一定的耐受电压异常的能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的损失。这就要求所选并网逆变器具有低电压耐受能力，具体要求如下：

- a) 光伏电站必须具有在并网点电压跌至20%额定电压时能够维持并网运行1s；
- b) 光伏电站并网点电压在发生跌落后3s内能够恢复到额定电压的90%时，光伏电站必须保持并网运行；
- c) 光伏电站并网点电压不低于额定电压的90%时，光伏电站必须不间断并网运行。

### （6）系统频率异常响应

国家电网公司《光伏电站接入电网技术规定》Q/GDW617-2011中要求大型和中型光伏电站应具备一定的耐受系统频率异常的能力，逆变器频率异常时的响应特性至少能保证光伏电站表4.2-1所示电网频率偏离下运行。

表4.2-1 大型和中型光伏电站在电网频率异常时的运行时间要求

| 频率范围          | 运行要求                                                                                            |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 低于 48Hz       | 视电网要求而定                                                                                         |
| 48Hz~49.5Hz   | 每次低于 49.5Hz 时要求至少能运行 10 分钟                                                                      |
| 49.5Hz~50.2Hz | 连续运行                                                                                            |
| 50.2Hz~50.5Hz | 每次频率高于 50.2Hz 时，光伏电站应具备能够连续 2 分钟的能力，同时具备 0.2 秒内停止向电网线路送电的能力，实际运行时间由电网调度机构决定；此时不允许处于停运状态的光伏电站并网。 |
| 高于 50.5Hz     | 在 0.2 秒内停止向电网线路送电，且不允许处于停运状态的光伏电站并网。                                                            |

（7）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、瞬时过载能力，如在一定程度过电压情况下，光伏发电系统应正常运行；过负荷情况下，逆变器需自动向光伏电池特性曲线中的开路电压方向调整运行点，限定输入功率在给定范围内；故障情况下，逆变器必须自动从主网解列。

系统发生扰动后，在电网电压和频率恢复正常范围之前逆变器不允许并网，且在系统电压频率恢复正常后，逆变器需要经过一个可调的延时时间后才能重新并网。

（8）具有保护功能

根据电网对光伏电站运行方式的要求，逆变器应具有交流过压、欠压保护，超频、欠频保护，防孤岛保护，短路保护，交流及直流的过流保护，过载保护，反极性保护，高温保护等保护功能。

（9）监控和数据采集

逆变器应有多种通讯接口进行数据采集并发送到主控室，其控制器还应有模拟输入端口与外部传感器相连，测量日照和温度等数据，便于整个电站数据处理分析。

4.2.3 逆变器型号的选择

目前，应用于并网光伏电站的逆变器按照容量大小可分为 36kW~225kW 的组串型逆变器；500kW、633kW、1250kW、3125kW 集中型逆变器。通常单机容量大的逆变器单位成本低，但理论上同光伏阵列中所用逆变器 MPPT 数量越多，追踪精度越高，系统效率也越高，因此逆变器选型是一个综合效益最大化的选择，不能取决于逆变器的某一项技术参数。

（2）安全可靠对比

目前集中式逆变器普遍采用金属膜电容,而组串式逆变器一般采用电解电容或电解电容与膜电容混用方式。膜电容较电解电容使用寿命更长。

同等规模电站,组串式逆变器元器件用量为集中式的 12.5 倍。从统计学角度看,组串式逆变器的失效率为集中式逆变器的 12.5 倍。另外由于集中式逆变器与组串式逆变器散热方式不同,集中式逆变器依靠风机强制风冷(风机需定期维护),而组串式逆变器依靠自然散热,因此当环境温度相同时,组串式逆变器内部器件工作温度比集中式逆变器高 10℃左右。

(3) 电网友好性对比

组串逆变器由于并联数量多,其大面积组网对于电网来讲,低电压穿越同步性、及时性问题和并联谐振问题隐患要大于集中式方案。

组串式逆变器采用交流侧直流并联方式。由于多逆变器并网系统间的各种相互关联耦合构成了一个复杂的高阶电网络,因此,可能引起并网系统的谐振。特别随着新能源发电穿透率的增加,并网公共连接点阻抗的变化会使电压对功率波动敏感。同时电网电压谐波放大问题进一步增加了引发系统全局谐振发生的可能性。

集中型逆变器主要采用变压器隔离进行解耦,逆变器相互之间基本无影响,从而避免逆变器之间产生谐振。

根据国内外目前并网实际案例看,一般 20MW 以下项目,由于并网数量一定,可以根据项目现场并网点容量适当考虑组串逆变器,在 20MW 以上项目,集中式逆变器是主流解决方案。

(4) PID 抑制及恢复性对比

由于组件的 PID 现象,据多个电站的数据分析,电站因 PID 原因造成发电量损失达 30%。PID 的源头在于组件,除组件质量控制之外还需要从逆变器侧增加反 PID 功能,系统做到“双重保险”。

某光伏电站现场经过 10 个月有无 PID 功能的对比,表明:有 PID 功能逆变器可有效抑制组件的 PID;无 PID 功能发电量降低 10%以上。

(5) 综合比较

综合上述比较,集中式、集散式三种逆变器优缺点比较如下:

表 4.2-2 三种逆变器方案优缺点对比

| 项目 | 集中式方案           | 组串式方案           | 集散式方案      |
|----|-----------------|-----------------|------------|
| 主  | a. 逆变器数量少,便于管理; | a. MPPT 数量最多,减少 | a. 逆变器数量少。 |

|                  |                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 要<br>优<br>点      | b. 逆变器元器件数量少，可靠性高；<br>c. 谐波含量少，直流分量少电能质量高；<br>d. 逆变器集成度高，功率密度大，成本低；<br>e. 逆变器各种保护功能齐全，电站安全性高；<br>f. 有功功率因素调节功能和低电压穿越功能，电网调节性好。<br>g.工程实际经验多，初始成本低。   | 光伏电池组件最佳工作点与逆变器不匹配情况，发电效率高；<br>b. MPPT 电压范围宽，组件配置更为灵活。在阴雨天，雾气多的部区，发电时间长；<br>c.体积小、重量轻，搬运和安装都非常方便；<br>d.自耗电低、故障影响小、更换维护方便。 | b. 逆变器元器件数量少，可靠性高；<br>c. 谐波含量少，直流分量少电能质量高；<br>d. 逆变器 MPPT 数量较多；<br>e. 直流侧电压高，减少电缆损耗；<br>f. 组串级之路电子开关，对应组串高精度电流检测；<br>g. 三级主动式断路保护措施； |
| 主<br>要<br>缺<br>点 | a. 组件配置不灵活；<br>b. 逆变器安装需要专用的机房和设备；<br>c. 逆变器自身耗电以及机房通风散热耗电较高；<br>d. MPPT 不能监控到每一路组件的运行情况，在阵列布置不一时影响系统的发电量；<br>e. 集中式并网逆变系统中无冗余能力，如有发生故障停机，整个系统将停止发电。 | a.电子元器件较多，系统监控难度较大；<br>b. 不带隔离变压器设计，电气安全性稍差；<br>c. 多个逆变器并联时，会产生一定的谐波；<br>d.设备初始投资稍高，整体造价基本持平。                             | a.直流侧电压高，安全性、稳定性需要实际工程检验；<br>b. 升压汇流箱存在大量熔丝，boost 升压产生更大热量；<br>c. 自耗电高；<br>d. 工程经验少；<br>f.设备初始投资介于集中和组串之间。                           |

依照本项目的逆变器选型依据和最终的对比分析，集中式、集散式和组串式逆变器都能满足电网接入的指标要求，在可靠性方面，三种逆变器均能满足并网要求；但是项目为分布式电站，逆变器的选择需要配合屋面的容量、屋顶坡度两个因素。因此，本项目建议采用组串式逆变器。根据本项目所选的组件型号、并网电压等级以及组串逆变器的主流产品，推荐优先采用30kW、60kW、100kW组串逆变器。

表4.2-3 组串逆变器主要技术参数表

| 逆变器型号          | 30kW       | 60kW       | 100kW      |
|----------------|------------|------------|------------|
| 输入（直流）         |            |            |            |
| 最大输入电压         | 1100V      | 1100V      | 1100V      |
| MPPT 电压范围      | 200V~1000V | 200V~1000V | 200V~1000V |
| 最大输入路数         | 6          | 12         | 20         |
| MPPT 数量        | 2          | 4          | 4          |
| 每路 MPPT 最大输入电流 | 40A        | 45A        | 65A        |
| 输出（交流）         |            |            |            |
| 额定输出功率         | 30000W     | 60000W     | 100000W    |
| 最大有功功率         | 33000W     | 66000W     | 110000W    |
| 最大视在功率         | 33000W     | 66000W     | 110000W    |

|                  |                      |                      |                      |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 最大输出电流           | 47.6A                | 95.3A                | 158.8A               |
| 额定电网电压           | 3 / N / PE, 230/400V | 3 / N / PE, 230/400V | 3 / N / PE, 230/400V |
| 输出电压频率           | 50Hz                 | 50Hz                 | 50Hz                 |
| 最大总谐波失真          | <3%                  | <3%                  | <3%                  |
| 功率因数             | 0.8 超前... 0.8 滞后     | 0.8 超前... 0.8 滞后     | 0.8 超前... 0.8 滞后     |
| 效率               |                      |                      |                      |
| 最大效率             | 99.00%               | 98.85%               | 99.00%               |
| 中国效率             | 98.30%               | 98.51%               | 98.52%               |
| 保护               |                      |                      |                      |
| 输入直流开关           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 防孤岛保护            | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 输出过流保护           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 输入反接保护           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 组串故障检测           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 直流浪涌保护           | Type II              | Type II              | Type II              |
| 交流浪涌保护           | Type II              | Type II              | Type II              |
| 绝缘阻抗检测           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 残余电流监测           | 支持                   | 支持                   | 支持                   |
| 常规参数             |                      |                      |                      |
| 尺寸 (WxHxD)<br>mm | 380x450x247mm        | 705x650x285mm        | 800x680x330mm        |
| 重量               | 35kg                 | 75kg                 | 89kg                 |
| 工作温度范围           | (-)40~+60°C          | (-)40~+60°C          | (-)40~+60°C          |
| 冷却方式             | 智能风冷                 | 智能风冷                 | 智能风冷                 |
| 最高工作海拔           | 4000m                | 4000m                | 4000m                |
| 相对湿度             | 0~100%               | 0~100%               | 0~100%               |
| 防护等级             | IP65/IP66            | IP65/IP66            | IP65/IP66            |
| 拓扑               | 无变压器                 | 无变压器                 | 无变压器                 |
| 显示与通信            |                      |                      |                      |
| 显示               | LED, 蓝牙+APP          | LED, 蓝牙+APP          | LED, 蓝牙+APP          |
| RS485/4G         | 支持                   | 支持                   | 支持                   |

### 4.3 光伏发电单元设计

#### 4.3.1 设计原则

在光伏发电单元设计时，应遵循以下原则：

(1) 光伏组件串联形成的组串，其工作电压及开路电压的变化范围必须在并网逆变器正常工作的允许输入电压范围之内。



(2) 冬至日真太阳时上午 9:00 到下午 15:00 时光伏阵列不被遮挡。

(3) 光伏阵列的布置时须合理利用现场屋面形式，便于运营期生产管理及维护，便于电气接线，合理选择电缆敷设路径，尽量减少各部分电缆长度差，降低电能损耗。

(4) 应根据工程所在地的气候条件，合理选择太阳电池组件的串联数量，达到最大限度获取发电量的目的。

#### 4.3.2 光伏组件串并联计算

光伏组件串并联数量需要与并网逆变器相匹配，匹配计算取值和公式如下：

(1) 电池组件计算参数

冬季电池组件工作温度，按当地环境最低温度考虑极端情况；

夏季电池组件工作温度，按当地环境最高温度，并附加组件自身发热，考虑极端情况，取 70℃。

(2) 电池组件串并联组合计算

计算公式：

$$\textcircled{1} \quad N \leq \frac{V_{dc\max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{V_{mppt\min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{mppt\max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]}$$

式中：N——光伏组件串联数（N 取整）；

$K_v$ ——光伏组件的开路电压温度系数；

$K'_v$ ——光伏组件的工作电压温度系数；

t——光伏组件工作条件下的极限低温（℃）；

t'——光伏组件工作条件下的极限高温（℃）；

$V_{dc\max}$ ——逆变器允许最大直流输入电压（V）；

$V_{mppt\max}$ ——逆变器 MPPT 电压最大值（V）；

$V_{mppt\min}$ ——逆变器 MPPT 电压最小值（V）；

$V_{oc}$ ——电池组件开路电压（V）；

$V_{pm}$ ——电池组件工作电压（V）。

本项目选用的组串式逆变器的直流侧输入电压范围为 200~1000V，逆变器允许最大直流输入电压  $V_{dc\max}$  为 1100V。550Wp 光伏组件的 MPPT 电压为 41.96V，开路电压为 49.9V，开路电压温度系数均为-0.275%/℃。

当光伏组件串联数为 18、环境温度为-26℃时，550Wp 组件组成的光伏组串工作电压为 755.28V，光伏组串开路电压为 898.2V，满足逆变器的直流侧输入电压范围（MPPT）和最大输入电压范围的要求。

18 块 550Wp 组件串联后容量为： $550\text{Wp}\times 18=9.9\text{kW}$ 。

每台 100kW 组串逆变器最大接入 12 路光伏组串，接入容量为 118.8Kw，每台 60kW 组串逆变器最大接入 6 路光伏组串，接入容量为 59.4Kw,每台 30kW 组串逆变器最大接入 3 路光伏组串，接入容量为 29.7Kw。

4.3.3 光伏阵列组件布置方式以及组串逆变器配置

本项目为分布式光伏电站，方阵布置安装方式要充分考虑发电量、屋面结构型式、闲置荒地地形、可利用面积及电站建设后的整体美观性。

本项目为分布式光伏电站，利用红葫芦村各村民小组村头闲置荒地建设光伏电站，项目规划建设光伏电站容量 149.6kWp，组件布置容量及逆变器配置见下表。

表 4.3-1 组件布置容量及逆变器配置

| 安装位置 | 位置   | 组件数量 | 组件规格 | 安装容量  | 逆变器配置 |      |       |
|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|
|      |      | 块    | Wp   | kWp   | 30kW  | 60kW | 100kW |
| 红葫芦村 | 闲置荒地 | 154  | 550  | 84.7  | 1     | 1    |       |
|      | 闲置荒地 | 46   | 550  | 25.3  | 1     |      |       |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  | 1     |      |       |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  | 1     |      |       |
| 合计   |      | 272  | 550  | 149.6 | 4     | 1    |       |

4.3.4 阵列间距计算

对于地面光伏，组件采用38度倾角安装，阵列间的间距满足通行、检修等需要即可。

项目所在冬至日遮挡系数为南北方向3.49、东西方向3.07，排布时，要合理避让屋面的女儿墙、气楼等凸起物。

4.4 发电单元接线方案以及电缆敷设方案设计

每 18 块光伏组件串联构成 1 路组串，原则上，不同坡面的组串不能接入同一路 MPPT。

组串至组串逆变器的直流电缆在组件下方敷设，在组件以外处采用穿管敷设，在电缆比较集中的地方采用沿电缆桥架敷设的方式。选择路径和组串逆变器位置时须尽

量减少不同回路的长度差，保证每个支路的直流电压基本相等，以减少输入逆变器的直流线路间相互干扰。

交流部分电缆敷设方式详见电气专业部分内容。

4.5 光伏发电工程年上网电量计算

4.5.1 发电量计算原则

并网光伏发电系统的发电量计算与当地的太阳辐射量、电池组件的总功率、系统的总效率等因素有关。首先根据太阳辐射量、环境温度以及项目所在地经纬度，利用设计软件计算倾斜面上的辐射量，并得出阵列安装的最佳倾角，再根据电池组件总功率、输出衰减、系统总效率等求出电站的年发电量及各月发电量。

4.5.2 倾斜面光伏阵列表面的太阳辐射量

对于以某一倾角固定式安装的光伏阵列，所接受的太阳辐射能与倾斜的角度有关，须将水平面太阳辐射量换算成倾斜面的辐射量，才能进行光伏电站发电量的计算。

采用Klien S A， Theilacker J C的国际通用计算倾斜面上月平均太阳辐射值方法为：

$$\overline{H}_T = \overline{R} \times \overline{H}$$

其中：

- $\overline{H}_T$ —倾斜面上的太阳总辐射值
- $\overline{R}$  —倾斜面上月平均太阳辐射值与水平面上月平均太阳辐射值之比
- $\overline{H}$  — 水平面上的太阳总辐射值

应用上述公式进行计算，涉及到方位角、高度角、日出日落时角等参数，计算过程复杂，可利用光伏发电专业软件PVsyst计算出各个带方位角的东南西南北四个方向的倾斜面辐射量。其计算结果见表4.5-1。

表4.5-1 各倾斜面的太阳辐射量（kWh/m<sup>2</sup>）

| 倾角  | 地面部分（38° 倾角） |
|-----|--------------|
| 月份  | 方位角 0°       |
| 1 月 | 170.4        |
| 2 月 | 167.3        |
| 3 月 | 198.7        |
| 4 月 | 205.4        |
| 5 月 | 193.1        |
| 6 月 | 168.4        |

|         |        |
|---------|--------|
| 7 月     | 178.1  |
| 8 月     | 164.9  |
| 9 月     | 188.2  |
| 10 月    | 192.4  |
| 11 月    | 166.9  |
| 12 月    | 148.6  |
| 全年      | 2142.4 |
| 容量（kWp） | 149.6  |

4.5.3 并网光伏系统的效率分析

光伏发电系统效率包括：阴影遮挡损失、污秽损失、组串失配损失、温度效应折减、交、直流线路损耗及其他设备老化损耗、逆变器效率、维修期检修发电损耗等。

表4.5-2 光伏系统的各项效率取值分析

| 损耗类型     | 损耗系数   | 可利用率   |
|----------|--------|--------|
| 阴影遮挡损失   | 0.30%  | 99.70% |
| 相对透射率损失  | 0.60%  | 99.40% |
| 污秽损失     | 4.00%  | 96.00% |
| 组件弱光损失   | 0.50%  | 99.50% |
| 组件温度损失   | 4.50%  | 95.50% |
| 组件不匹配损失  | 1.10%  | 98.90% |
| 逆变器转换效率  | 1.60%  | 98.40% |
| 直流线路损耗   | 1.00%  | 99.00% |
| 交流线路损耗   | 1.80%  | 98.20% |
| 系统不可利用损失 | 1.00%  | 99.00% |
| 合计       | 84.67% |        |

4.5.4 上网发电量计算

1) 发电量计算公式

根据太阳辐照量、装机容量、系统总效率等数据，可预测本光伏电站的发电量。

光伏电站发电量计算公式：

$$L=W\times t\times \eta$$

式中：

L——光伏并网电站年发电量；（单位： kWh）

W——光伏并网电站装机容量；

t——年峰值日照小时数；

η——光伏系统总效率；

2) 首年发电量

本工程设计安装容量为 149.6kW<sub>p</sub>，利用公式计算，首年发电量为 26.16 万千瓦时。

3) 年际衰减率

本工程中选择电池板的参数，首年衰减2.0%，以后每年约0.55%，运营10年后产品输出功率保证在93.05%以上，25年后输出功率保证在84.80%以上。考虑到电池板运行中的实际情况，针对不同的年份，衰减系数应当有所差别，具体取值见表4.5-3。

表4.5-3 单晶硅电池板各年衰减系数取值

|      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年份   | 第1年    | 第2年    | 第3年    | 第4年    | 第5年    | 第6年    | 第7年    | 第8年    | 第9年    |
| 衰减系数 | 98.00% | 97.45% | 96.90% | 96.35% | 95.80% | 95.25% | 94.70% | 94.15% | 93.60% |
| 年份   | 第10年   | 第11年   | 第12年   | 第13年   | 第14年   | 第15年   | 第16年   | 第17年   | 第18年   |
| 衰减系数 | 93.05% | 92.50% | 91.95% | 91.40% | 90.85% | 90.30% | 89.75% | 89.20% | 88.65% |
| 年份   | 第19年   | 第20年   | 第21年   | 第22年   | 第23年   | 第24年   | 第25年   |        | 平均     |
| 衰减系数 | 88.10% | 87.55% | 87.00% | 86.45% | 85.90% | 85.35% | 84.80% |        | 91.40% |

4) 25 年的年均发电量

考虑组件衰减后，可计算光伏电站在 25 年内的逐年发电量和 25 年的总发电量，如下表。

表4.5-4 光伏电站25年上网发电量预测

| 年份     | 发电量(万 kWh) | 年份     | 发电量(万 kWh) |
|--------|------------|--------|------------|
| 第 01 年 | 26.16      | 第 14 年 | 24.25      |
| 第 02 年 | 26.01      | 第 15 年 | 24.10      |
| 第 03 年 | 25.86      | 第 16 年 | 23.96      |
| 第 04 年 | 25.72      | 第 17 年 | 23.81      |
| 第 05 年 | 25.57      | 第 18 年 | 23.66      |
| 第 06 年 | 25.42      | 第 19 年 | 23.51      |
| 第 07 年 | 25.28      | 第 20 年 | 23.37      |
| 第 08 年 | 25.13      | 第 21 年 | 23.22      |
| 第 09 年 | 24.98      | 第 22 年 | 23.07      |
| 第 10 年 | 24.83      | 第 23 年 | 22.93      |
| 第 11 年 | 24.69      | 第 24 年 | 22.78      |
| 第 12 年 | 24.54      | 第 25 年 | 22.63      |
| 第 13 年 | 24.39      | 总发电量   | 609.87     |

根据总装机容量、倾斜面辐照量、系统效率以及光伏组件标称效率衰减等，计算出光伏电站 25 年年均发电量为 24.39 万千瓦时，年均利用小时 1630.67h，25 年总发电量约为 609.87 万千瓦时。

## 第五章 电气设计

### 5 电气设计

#### 5.1 设计依据

《低压配电设计规范》GB50054-2011

《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010

《智能建筑设计标准》GB/T50314-2015

《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T50062-2008

《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2020

《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2018

《交流电气装置的接地设计规范》GB/T50065-2011

《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T50064-2014

《电测量及电能计量装置设计技术规程》DL/T 5137-2001

《电力系统调度自动化设计技术规程》DL 5003-2017

《低压开关设备和控制设备》GB/T 14048

《电力工程直流系统设计技术规程》DL/T 5044-2014

《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016

《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015

《光伏电站设计规范》GB 50797-2012

#### 5.2 电气主接线设计方案

本项目拟利用山湾子乡红葫芦村闲置荒地建设光伏电站，光伏组件总安装容量为149.6kWp，拟采用380V低压接入并网方案，光伏单元拟分为5个并网点，接入厂区临近光伏单元的低压配电室变压器低压母线侧。本工程拟采用“全额上网”的0.38kV并网接入方式。

#### 5.3 厂房车间屋顶区域并网点说明

##### 1、接入1#100KVA变压器（1#并网点）



拟采用的接入方案及电气主接线如下：

1) 1#100KVA 变压器 3#并网点容量为 59.95kW，光伏单元拟配置 1 台 60kW 组串式逆变器逆变为 380V 交流电，以 380V 电压等级接入变压器低压侧母线，采用 YJV22 电缆连接。

**2、接入 2#100KVA 变压器（2#并网点）**

拟采用的接入方案及电气主接线如下：

1) 2#100KVA 变压器 4#并网点容量为 24.75kW，光伏单元拟配置 1 台 30kW 组串式逆变器逆变为 380V 交流电，以 380V 电压等级接入变压器低压侧母线，采用 YJV22 电缆连接。

**3、接入 3#100KVA 变压器（3#并网点）**

拟采用的接入方案及电气主接线如下：

1) 3#100KVA 变压器 5#并网点容量为 25.3kW，光伏单元拟配置 1 台 30kW 组串式逆变器逆变为 380V 交流电，以 380V 电压等级接入变压器低压侧母线，采用 YJV22 电缆连接。

**4、接入 4#100KVA 变压器（4#并网点）**

拟采用的接入方案及电气主接线如下：

1) 4#100KVA 变压器 6#并网点容量为 19.8kW，光伏单元拟配置 1 台 30kW 组串式逆变器逆变为 380V 交流电，以 380V 电压等级接入变压器低压侧母线，采用 YJV22 电缆连接。

**5、接入 5#100KVA 变压器（5#并网点）**

拟采用的接入方案及电气主接线如下：

1) 5#100KVA 变压器 7#并网点容量为 19.8kW，光伏单元拟配置 1 台 30kW 组串式逆变器逆变为 380V 交流电，以 380V 电压等级接入变压器低压侧母线，采用 YJV22 电缆连接。

| 序号 | 车间名称 | 变压器容量 (kVA) | 并网点 | 并网点容量 (kW) | 变压器占比 |
|----|------|-------------|-----|------------|-------|
|----|------|-------------|-----|------------|-------|

|   |        |       |       |       |        |
|---|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 1#闲置荒地 | 2#100 | 3#并网点 | 59.95 | 59.95% |
| 2 | 2#闲置荒地 | 3#100 | 4#并网点 | 24.75 | 24.75% |
| 3 | 3#闲置荒地 | 4#100 | 5#并网点 | 25.3  | 25.3%  |
| 4 | 4#闲置荒地 | 5#100 | 6#并网点 | 19.8  | 19.8%  |
| 5 | 5#闲置荒地 | 6#100 | 7#并网点 | 19.8  | 19.8%  |

#### 5.4 主要电气设备选择

##### （一）低压并网柜

本工程低压并网柜的基本型式选用固定式开关柜。并网柜设备短路电流暂按 50kA 考虑，最终根据接入批复进行调整。

本工程共低压并网柜 5 台，开关柜进线断路器及出线主断路器参数详见电气主接线图纸。

开关柜进出线方式为下进下出。

##### （二）光伏发电监控部分

本工程不设独立综合自动化监控系统，由业主方的远程数据监控中心平台对各发电单元进行监视。

本工程在每个并网柜处配置一台光伏数据采集器，具备无线传输功能。

厂区逆变器通过 485 通信电缆将逆变器信息传至光伏数据采集器，通过 4G 专网传输至业主远程数据监控中心云平台，云平台采用智能运维，数据可使用手机 APP 无线访问。。

#### 5.5 电气设备的布置及电缆敷设

1) 组串式逆变器布置于闲置荒地地面合理位置，采用槽钢支架支撑(具体以现场施工为准)。逆变器出线电缆采用直埋敷设至并网柜处，出地面时穿镀锌钢管，过路时穿管敷设。直流光伏 4 平方线缆穿 PE 管+桥架敷设的方式至逆变器。施工时可根据实际情况进行适当改造。

2) 光伏电站并网电气设备包括：通讯装置及低压并网柜拟布置于临近并网点处，室内/室外布置。

##### 4) 并网点位置及连接方式

由并网柜引出的交流电缆采用电缆直埋或电缆沟等敷设方式至原有变压器低压

母排，连接方式为母线改造或打孔可靠连接。施工时可在配电室内根据实际情况进行适当改造。

### 5) 无功补偿

光伏发电系统的无功功率和电压调节能力应满足相关标准的要求，选择合理的无功补偿措施。

光伏发电系统无功补偿容量的计算，应充分考虑逆变器功率因数、汇集线路和送出线路的无功损失等因素。

光伏电站配置的无功补偿装置类型、容量及安装位置应结合光伏发电系统实际接入情况确定，必要时安装动态无功补偿装置。

由于本工程各并网点并网容量较小，且本工程采用的组串式逆变器均具有无功实时调节功能，故本期建设的光伏电站均不单独配置无功补偿装置。最终方案以电网部门审核意见为准。

### 6) 电缆的选择

电缆选择与敷设符合现行国家标准 GB50217《电力工程电缆设计规范》，电缆选用 C 类阻燃电缆，光伏厂区所有电力电缆采用铝合金电缆（长距离电缆采用铜芯），并网柜出线采用铜芯电缆接至并网点原有低压柜母排。

厂区内电缆敷设尽可能利用已有埋管、电缆沟或桥架，无法利用时，新建电缆沟、桥架或直埋。动力电缆和控制电缆分开排列；保持规范要求距离。1.穿管敷设时:动力线和控制线不可穿在同一管内。2.(电缆)直埋敷设时:动力线和控制线间距:10KV 及以下，平行，不小于 0.1M，交叉，不小于 0.5M，10KV 及以上，平行，不小于 0.25M，交叉，不小于 0.5M。3.桥架上敷设:动力线和控制线之间采用隔板分开。

## 5.6 过电压保护防雷及接地

避雷、防雷装置按照《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 有关要求设计，接地装置按照《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB50169-2016 有关要求设计。

### 1) 过电压保护

逆变器内部直流侧及交流侧均具有防浪涌保护装置；交流配电柜内设置有防浪涌

保护装置。

## 2) 雷击保护

光伏组件利用组件边框作为防直击雷的接闪器，组件之间采用 4mm<sup>2</sup> 专用接地软线进行连接，末端与接地扁钢进行连接；方阵金属结构件、基础整体连通，利用镀锌扁钢与建筑原有避雷带可靠连接导通；光伏系统逆变器具有防雷保护装置。

## 3) 接地

光伏发电系统的接地采用镀锌扁钢接地系统，在合适位置设置集中接地极。采用 -25x4 的热镀锌扁钢将光伏组件的支架可靠连接并与接地系统可靠连接。为保证人身安全，所有电气设备外壳均与接地装置可靠连接。

本工程未提供地勘报告，接地装置的接地电阻值要求不大于 4Ω，当电阻值较大时，可采用降阻剂或增加接地极方式降低电阻。接地网采用人工接地网的方式。人工接地网采用 Φ12 热镀锌圆钢或 50\*5 热镀锌扁钢作为水平接地干线，垂直接地极 L50x50x5 热镀锌角钢，接地装置的长度宜为 2.5m，其间距以及人工水平接地装置的间距均宜为 5m，并与水平敷设的接地干线可靠连接，受地方限制时可适当减小。本项目尚未做地勘报告，暂按照 0.1mm/年腐蚀率考虑，Φ12 热镀锌圆钢或 50\*5 热镀锌扁钢是满足要求的，待地勘报告出具后，确定接地导体截面及型号。

## 5.7 光伏发电监控部分

光伏电站控制方式按照无人值守的要求进行设计，光伏电站电气设备的控制、测量和信号符合现行行业标准 DL/T5136《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》。

本项目考虑仅设置一套云监控系统。在并网柜附近配置 1 台光伏电站通讯箱（内含数据采集装置和无线通信设备），通过 RS485 接口采集逆变器、电度表的信息后，将监控信息通过无线网络实时传输至远程云监控平台，供运行人员监视整个厂区光伏系统的工作状态。云平台采用智能运维，数据可使用手机 APP 无线访问。

本项目设置 1 套配置环境监测仪用来监测现场的环境情况，装置由风速传感器、风向传感器、日照辐射表、测温探头、控制盒及支架组成，可测量环境温度、风速、风向和辐射强度等参量，通过 RS485 通讯接口接至就近光伏电站通讯箱内的数据采集器并上传远程云监控平台，实时记录环境数据。

监控系统见附图。

## 5.8 系统通信

依据国家电网办〔2013〕1781号《国家电网公司关于印发分布式电源并网相关意见和规范》及《国家电网公司关于印发分布式电源接入系统典型设计的通知》（国家电网发展〔2013〕625号），380V接入用户侧的分布式光伏发电项目，仅需上传发电量信息，厂区每个并网点配置1套电能量采集终端，采集并网电度表的数据，通过无线GPRS传输至供电公司用电信息采集系统。此设备一般由当地电力公司提供和安装。

第六章 土建设计

6 土建设计

6.1 概述

本项目为分布式光伏电站，利用红葫芦村各村民小组村头闲置荒地建设光伏电站，项目规划建设光伏电站容量 149.6kWp，组件布置情况见下表。

| 安装位置 | 位置   | 组件数量 | 组件规格 | 安装容量  |
|------|------|------|------|-------|
|      |      | 块    | Wp   | kWp   |
| 红葫芦村 | 闲置荒地 | 154  | 550  | 84.7  |
|      | 闲置荒地 | 46   | 550  | 25.3  |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  |
|      | 闲置荒地 | 36   | 550  | 19.8  |
| 合计   |      | 272  | 550  | 149.6 |

闲置荒地光伏支架为镀锌钢结构。支架基础为钢筋混凝土灌注桩。

6.2 设计依据

- 《建筑抗震设计规范》（GB50011—2010（2016 版））
- 《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）
- 《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB50068-2018）
- 《工程结构可靠性设计统一标准》（GB50153-2008）
- 《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB50144-2019）
- 《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）
- 《既有建筑地基基础加固技术规范》（JGJ123-2012）
- 《建筑结构检测技术标准》（GB/T50344-2019）
- 《危险房屋鉴定标准》（JGJ 125-2016）
- 《钢结构加固技术规范》（CECS 77-1996）

6.3 场址自然条件和主要数据

6.3.1 场址自然条件

围场属北（寒）温带—中温带、半湿润—半干旱、大陆性季风型、高原—山地气候。冬长夏短；夏半年，受副热带暖高压影响，盛行偏南风，天气温暖多雨，无明显盛暑季节；冬半年受西伯利亚冷高压控制，盛行偏北风，气候寒冷干燥。春秋两季则是这两种气团的转换季节，风向多变，天气复杂，气温变化剧烈，春季气温回暖快天气干燥少雨，而秋季则气温迅速变凉，气候凉爽宜人。且坝上、坝下不同区域气候条

件很不一致，小气候差异很大。

### 6.3.2 设计主要数据

- 1)基本风压：0.45kPa 基本雪压：0.35kPa。
- 2) 根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)，拟建场地抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度为 0.05g，设计地震分组第一组。
- 3)建筑场地类别：II 类。
- 4)场地土的标准冻结深度为：1.6m。
- 5)建筑结构的安全等级：二级。
- 6)结构重要性系数：1.0。

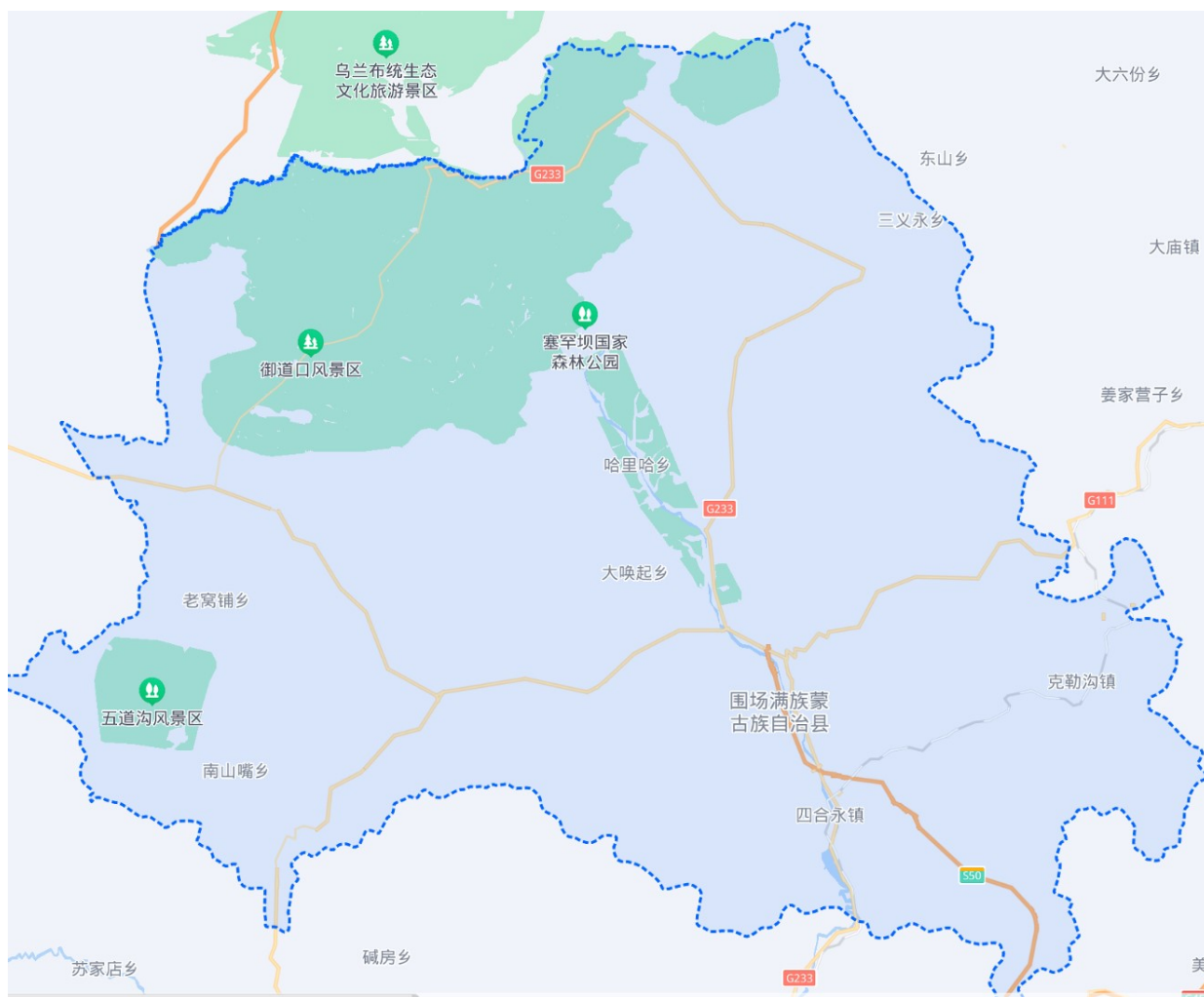
### 6.4 电站总平面布置及土建设计

#### 6.4.1 电站地理位置

本项目位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县，厂区周围道路四通八达，对外交通便利。拟建场址坐标为北纬  $42^{\circ} 25' 57.77''$ ，东经  $117^{\circ} 44' 24.95''$ 。

图 1.1 项目场址地理位置图





### 1) 道路

本工程所需的设备、部件等体积小，重量轻，汽车运输即可满足要求。

另外，总厂内建有较为便利的道路系统，可供本工程充分利用进行安装、检修和消防等。

2) 冲洗水源：本工程太阳能电池组件采用人工冲洗，冲洗水源就近引自各厂区的给水管道。

3) 场地排水：光伏阵列所在的厂区均能满足排水要求，无积水内涝的问题。

## 6.4.2 建筑设计

本项目为分布式光伏电站，布置在闲置荒地。

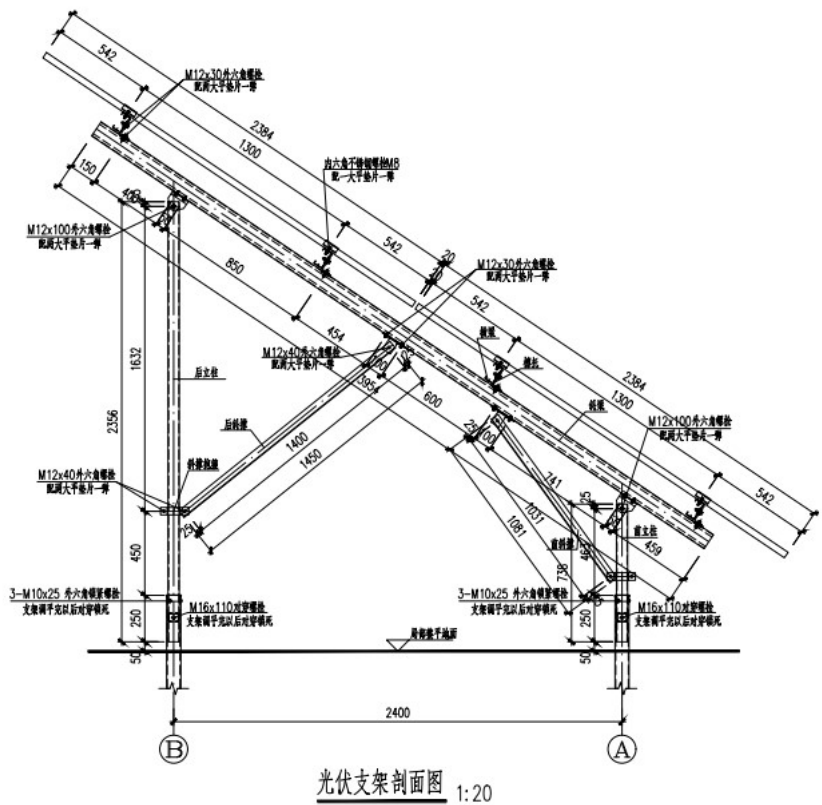
闲置荒地光伏组件采用竖排板布置方式，本工程阵列布置 18 块光伏组件，分上下两行布置，每行 9 块组件，组件倾斜角均为 $\pm 38^\circ$ 。

支架形式采用双立柱，结合光伏组件排列方式布置，采用纵向横梁，横向支架方



案。支架结构体系采用架空方案。光伏支架纵向横梁采用镀锌矩形钢管，横梁采用薄壁型钢，横梁与组件连接采用螺栓孔连接。

在横向支架上按照光伏组件的安装宽度布置横梁，用于直接承受光伏组件的重量。横梁固定于支架斜梁上，组件每条长边上有两个点与横梁连接，一块光伏组件共有四个点与横梁固定。光伏组件与横梁的连接采用不锈钢螺栓连接，双面加垫圈/垫板。为了保证光伏支架的耐久性，支架均采用镀锌型钢。



6.4.3 结构设计

(1) 支架设计方法

本工程设计采用概率极限状态设计法,根据《工程结构通用规范》GB55001-2021、《光伏发电站设计规范》GB50797-2012、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012、《光伏支架结构设计规程》NB/T 10115-2018 的规定设计计算。

对于一般结构地震荷载与风荷载不进行组合，由于电池组件自重很小，支架设计时风荷载起控制所用，因此最不利载荷组合中不考虑地震荷载。

荷载组合考虑下列组合：

自重荷载+正向风荷载+雪荷载

自重载荷+逆向风载荷+雪载荷

自重载荷+雪载荷

各种载荷的分项系数如下：

a) 承载力计算时：

在设计中采用的分项系数取值如下：

永久载荷分项系数  $r_G$  为： 1.3（对结构不利时）    1.0（对结构有利时）

风载荷分项系数  $r_w$  为：    1.5

雪载荷分项系数  $r_s$  为：    1.5

组合系数根据《光伏发电设计规范》表 6.8.7-1 和《光伏支架结构设计规程》4.3 节取值：

表 8.2-1 无地震作用组合荷载组合值系数

| 荷载组合          | $\Psi_w$ | $\Psi_s$ | $\Psi_t$ |
|---------------|----------|----------|----------|
| 永久荷载、风荷载和温度荷载 | 1.0      | —        | 0.6      |
| 永久荷载、雪荷载和温度荷载 | —        | 1.0      | 0.6      |
| 永久荷载、温度荷载和风荷载 | 0.6      | —        | 1.0      |
| 永久荷载、温度荷载和雪荷载 | —        | 0.6      | 1.0      |
| 永久荷载、风荷载和雪荷载  | 1.0      | 0.7      | —        |
| 永久荷载、雪荷载和风荷载  | 0.6      | 1.0      | —        |

b) 位移计算时：

永久载荷分项系数  $\gamma_G$  为：    1.0

风载荷分项系数  $\gamma_w$  为：    1.0

雪载荷分项系数  $\gamma_s$  为：    1.0

在各种荷载组合下，支架应满足规范对强度、刚度、稳定等各项指标要求。设计时采用 25 年重现期风压、雪压为设计依据，确保支架系统安全、稳定。

在各种荷载组合下，支架基础应满足规范对强度、刚度、稳定等各项指标要求。设计时采用 50 年重现期风压、雪压为设计依据，确保上部支架系统安全、稳定。

（2）光伏电站需根据平面布置进行定位、放线、校直、校平，依次安装完成。施工不应在雨雪及大风天进行。钢筋混凝土构件均采用 C30 混凝土、HPB300、HRB400 级钢筋浇筑。钢梁、支架、螺栓等钢构件均采用 Q235B 级。因钢构件长期处于室外

环境中，钢构件采用热镀锌方式进行防腐处理。工程实施时，避免破坏原有屋面防水层，若不慎破坏或现有屋面防水已经起鼓部位，必须及时修复。

### （3）支架设计要求

光伏组件支架的选择应合理选用材料、结构方案和构造措施，保证结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，满足抗震、抗风和防腐蚀等要求。综合考虑光伏组件的受力特点及施工、运行维护、业主要求等因素，支架采用镀锌钢支架。钢结构支架直接承担太阳能组件的自重、风荷载、雪荷载、温度荷载、地震力等荷载，并将以上荷载传至支架基础。工程光伏支架设计使用年限为 25 年，在各种荷载组合下，支架应满足规范对强度，刚度，稳定等各项指标要求。设计时采用 25 年一遇 10 分钟平均最大风速作为设计依据，确保支架系统安全、稳定。支架基础应满足规范对抗拔、抗倾覆和抗滑移等各项指标要求。设计时采用 50 年重现期风压、雪压为设计依据，确保整体安全、稳定。采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。

设计主要控制参数：

受压构件容许长细比  $\leq 180$

受拉构件容许长细比  $\leq 350$

柱顶位移比  $\leq h/60$

梁、檩条的挠度  $\leq L/250$

通过计算支架、导轨、檩条的强度、稳定性均满足规范要求，无超限。

### （4）支架防腐措施

支架结构防腐应根据材质满足国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476、《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018、《铝合金建筑型材》GB/T5237 和现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251 等相关规定要求。钢结构焊接处宜补刷镀锌修补涂料，厚度不小于 80  $\mu\text{m}$ ，涂刷前需清除焊渣、毛刺、油污等。

支架的防腐应符合下列要求：

A. 支架在构造上应便于检查和清刷。

B. 钢支架防腐宜采用热镀锌，镀锌层的平均厚度不应小于 65  $\mu\text{m}$ ；

C. 当铝合金材料与除不锈钢以外的其他金属材料或与酸、碱性的非金属材料接触、紧固时，宜采取隔离措施。

D.铝合金构件应进行表面防腐处理，可采用阳极氧化处理措施，阳极氧化膜的最小厚度应符合下表的规定。

表 8.2-2 氧化膜的最小厚度

| 腐蚀等级 | 最小平均膜厚（ $\mu\text{m}$ ） | 最小局部膜厚（ $\mu\text{m}$ ） |
|------|-------------------------|-------------------------|
| 弱腐蚀  | 15                      | 12                      |
| 中等腐蚀 | 20                      | 16                      |
| 强腐蚀  | 25                      | 20                      |

(5) 光伏支架基础

光伏支架常用的基础形式主要有以下几种

光伏支架基础方案比选表

| 分项<br>基础形式    | 优点                                                                | 缺点                                                     | 环境保护                    |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|
| 预应力高强混凝土管桩基础  | 预应力高强混凝土管桩可在预制厂批量生产，成桩质量容易控制，没有土方开挖、回填，并且可以根据地面高低调整桩顶标高。          | 管桩的施工质量较难控制，硬土地基不易打入，需预钻孔处理，造成施工工艺反复繁琐。                | 较少破坏原始地貌，有利于环境保护。       |
| 独立基础或条形配重基础(推 | 常规做法，结构形式简单，施工工艺常规。                                               | 基础要开挖和回填，需要对现浇混凝土支模养护，用水量很大，施工周期长，施工人员多。               | 开挖对原有水土保持及环境有影响。        |
| 钻孔灌注桩基础       | 该方案采用机械成孔设备，施工速度较快，没有土方开挖及回填，在大多数土层中应用广泛，工程造价低，工期短。               | 钻孔的垂直度及长度较难控制质量。在砂土地基容易出现塌孔，岩石及卵石地基不易成孔，地面以上承台需要支模及养护。 | 较少破坏水土及原始地貌，有利于环境保护。    |
| 钢螺旋桩基础        | 工期快，施工方便，不需要水电，施工人员少。适用于大多数的地基情况。不需要场平，没有开挖回填。同时减少了因此带来的运输成本和物流成本 | 钢螺旋造价高，且难以钻进风化岩层，防腐层易破坏，需根据场区地勘进行确认。                   | 基本不破坏绿色植被及原始地貌，有利于环境保护。 |

光伏组件最低点距离地面高度不小于 0.5m。通过比选本工程光伏支架桩基础建议采用钢筋混凝土灌注桩，该桩型在山地条件下较为适宜。桩基直径为 150mm，桩

基入土深度为 2.0m，露出地面高度约为 0.3m。为便于支架调节，桩内预埋钢管。

#### b) 支架基础设计

光伏组件支架基础上作用的荷载主要是风荷载所引起的支架对基础的作用力，因此基础设计时用保证在风荷载作用下基础的稳定，由 25 年一遇基本风压确定，基础有可能出现拔起、断裂等破坏现象，基础设计应能保证在此作用力下不出现破坏以及影响使用的大变形。

基础稳定验算包含承载力抗拔、抗剪验算，荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合作为基础设计依据，其主要控制参数为：抗剪/剪力 $\geq 1.2$ ，抗拔力/上拔力 $\geq 1.3$ ，抗倾覆/倾覆 $\geq 1.6$ 。

#### c) 连接

支架杆件间的连接可采用焊接或螺栓连接。螺栓连接对结构变形有较强的适应能力，用钢量小且制作较为方便，施工安装速度快、便捷；焊接连接施工安装速度较慢，焊机进场需要较长距离施工供电，而且现场施焊受天气影响较大，焊缝质量不易控制，所以本工程采用螺栓连接。

## 第七章 消防设计

### 7 消防设计

#### 7.1 工程概况和设计依据及原则

设计中执行的主要的消防设计规范、规程（采用现行最新版）有：

- （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）《建筑内部装修设计防火规范》（GB50222）
- （5）《建筑给水排水设计规范》（GB50015）
- （6）《室外给水设计规范》（GB50013）
- （7）《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116）
- （8）《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019）
- （9）《电力设备典型消防规程》（DL5027）
- （10）《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229）
- （11）《电力工程电缆设计规范》（GB50217）
- （12）《民用建筑电线电缆防火设计规程》（DGJ08）
- （13）《建筑物防雷设计规范》（GB50057）
- （14）《工业与民用电力装置的接地设计规范》（GBJ65）
- （15）《交流电气装置的接地》（DL/T621）

#### 7.2 消防总体设计方案

本工程消防总体设计采用综合消防技术措施，从防火、监测、报警、控制、灭火、排烟、逃生等各方面入手，力争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。

##### 7.2.1 水消防

由于本项目为屋面光伏发电项目，本项目无新建建筑物，10KV 开关站以及箱变，所以，本期工程不单独设置水消防系统。

##### 7.2.2 消防电气

低压配电柜、电缆及其它电气设备的消防设置按《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB50229-2006、《电力设备典型消防规程》DL5027-93、《电力工程电缆设计规

范》GB50217-94 进行设计。

重要回路电缆选用耐火电缆。在电缆设施设计中考虑防火设施，电缆敷设完成后对空洞进行封堵，加装防火墙、防火隔板。光伏组件的接线盒和出线电缆及插接头均采用防火材料。

### 7.2.3 通风空调系统的消防设计

10KV 配电室为箱式结构，箱体设计时已充分考虑，火灾时，风机停止运行。

### 7.2.4 消防工程主要设备

根据《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140-2005)及《电力设备典型消防工程》的有关规定，在电气房间内配置手提式干粉灭火器及防毒面具。

### 7.2.5 建筑消防

建筑物结构耐火等级满足规程要求。

建筑装修时采用难燃材料。

### 7.2.6 施工消防

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。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。

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。

## 第八章 施工组织设计

### 8 施工组织设计

#### 8.1 施工条件

##### 8.1.1 场址概况和对外交通运输

项目位于河北省承德市围场满族蒙古族自治县。

本项目的设备以及施工条件运输可以通过附近的高速公路、国道进行运输。

##### 8.1.2 施工特点及场地条件

- 1) 施工场地比较集中。
- 2) 施工场地位于厂房屋面，安装高度较高，施工时需注意设备及人员安全。
- 3) 施工场地地形平坦，视野开阔，施工便利。
- 4) 电站占地面积较大，施工工期紧，宜于多人分场地同时安装、施工。

#### 8.2 施工综合进度及保障措施

##### 8.2.1 工程进度里程碑

| 序号 | 项目名称   | 计划完成时间 |
|----|--------|--------|
| 1  | 施工图设计  | XXXXX  |
| 2  | 施工开始   | XXXXX  |
| 3  | 安装完成   | XXXXX  |
| 4  | 系统调试   | XXXXX  |
| 5  | 验收和试运行 | XXXXXX |

##### 8.2.2 综合劳动力和主要工种劳动力安排计划

| 序号 | 工 种     | 用工人数 | 备注 |
|----|---------|------|----|
| 1  | 支架安装工   | 20   |    |
| 2  | 组件安装工   | 20   |    |
| 3  | 电气设备安装工 | 10   |    |
| 4  | 电工      | 10   |    |
| 5  | 搬运工     | 20   |    |
| 6  | 清洁工     | 20   |    |



## 8.2.3 主要机具进场计划

主要机具计划表

| 序号 | 名称       | 型号             | 数量    |
|----|----------|----------------|-------|
| 一  | 机械设备     |                |       |
| 1  | 吊车(包括吊具) | 25t            | 2 台   |
| 2  | 叉车       | 2t             | 2 台   |
| 3  | 手电钻      |                | 4 把   |
| 4  | 角磨机      |                | 4 把   |
| 5  | 临时配电箱    |                | 6 个   |
| 6  | 施工临时电缆   |                | 1000m |
| 二  | 工具       |                |       |
| 1  | 电子经纬仪    | J <sub>2</sub> | 1 台   |
| 2  | 水准仪      | DS3            | 1 台   |
| 3  | 老虎钳      | 300mm          | 10 把  |
| 4  | 尖嘴钳      | 300mm          | 10 把  |
| 5  | 斜嘴钳      | 300mm          | 10 把  |
| 6  | 专用压线钳    |                | 10 把  |
| 7  | 专用抽线钳    |                | 10 把  |
| 8  | 小压线钳     |                | 5 把   |
| 9  | 壁纸刀      | 和刀片            | 15 把  |
| 10 | 热缩管      | 多种             | 300 米 |
| 11 | 十字螺丝刀    | 3*75, 3*100    | 5 把   |
| 11 | 一字螺丝刀    | 3*75, 3*100    | 10 把  |
| 12 | 烙铁       | 40W, 100W      | 10 把  |
| 13 | 记号笔      | 红, 黑           | 40 支  |
| 14 | 万用表      | FLUKE          | 4 块   |
| 15 | 摇表       |                | 1 台   |
| 16 | 电流表      |                | 1 台   |
| 17 | 接地电阻测试仪  |                | 1 台   |
| 18 | 绝缘摇表     |                | 1 块   |
| 19 | 液压钳      |                | 2 把   |
| 20 | 撬棍       |                | 4 把   |
| 21 | 冲击电钻     | 带钻头            | 1 把   |

|    |      |           |      |
|----|------|-----------|------|
| 22 | 套筒工具 | 96PC 组合工具 | 96 件 |
| 23 | 六角扳手 |           | 10 套 |
| 24 | 丝锥板牙 |           | 12 套 |

#### 8.2.4 工程进度计划的实施和控制

工期控制是项目管理的四大要素之一，是对业主方承诺的重要内容，也是降低工程成本、提高经济效益、创业绩、树形象的重要手段。为保证工程优质高效完工，在进度控制上我们将充分体现“目标的明确性，策划的科学性，计划的严肃性，控制的严密性”，需建立完整的工期进度控制体系，落实各层次进度控制人员的具体任务和工作责任，采取必要的行政措施保证其实现。

进度工程师每周采集工程进度数据，并分析偏差，给出分析报告，重点分析关键路径和次关键路径的偏差状态，必要时随时跟踪报告项目进度状态。进度工程师每逢 5 的倍数日（包括 5 日）编制发布、进度跟踪报告。

项目经理负责控制进度变更，并将其纳入到整体变更控制。负责及时发布经批准后的进度基准。相关变更的评审、记录应予以保持。

施工经理负责执行现场施工的进度协调调度，包括检查作业计划执行中的问题，找出原因，并采取措施给予解决；督促供货单位按进度要求供应资源；控制施工现场临时设施的合理分配、使用；按计划进行作业条件的前期准备；传达决策人员的决策意图；发布调度令等。要求调度工作做的及时、灵活、准确、果断。

由于项目工期紧，设备材料采购需求计划需结合工序安排制定。

要求供应商设备材料发货时，除随设备材料装箱正常提供图纸外，同时另外发送 1 套设备材料的图纸给现场项目管理部，以供及时核对，减少工期延误的风险。

##### 8.2.4.1 施工准备计划

##### 8.2.4.1.1 施工技术准备

1) 作好施工现场勘查工作。

##### (1) 气象调查

掌握气象资料，以便综合组织全过程的均衡施工，制定雨季、大风天气、雨雪天气的施工措施。掌握电站位置地形，确定更合理的施工方案。

##### (2) 各种物质资源和技术条件的调查

由于施工所需物质资源品种多，数量大，故应对各种物质资源的生产和供应情况、价格、品种等进行详细调查，以便及早进行供需联系，落实供需要求；

## 2) 做好施工图纸审核工作

施工图纸是施工的主要依据,图纸完成后我们将立即组织图纸自审工作,形成文字记录,协助相关单位组织图纸会审。由技术部门协助项目组有关人员认真学习图纸,并进行自审、会审工作,以便正确无误地施工。

通过熟悉图纸内容,了解设计要求施工达到的技术标准,明确工艺流程。

图纸自审工作由项目部组织各专业的施工技术人员自对本专业的有关图纸进行审查,掌握了解图纸中的细节。

图纸会审工作由项目部组织设计院、监理及业主代表,由各专业设计人员进行交底,讲解设计意图及施工质量标准,通过交流和沟通让施工人员准确掌握设计图纸中的细节。

## 3) 做好施工技术交底工作

依据施工图纸,对各分部分项工程、工种、工序的施工方案(作业设计)交底;本工程应注意的安全、文明施工和周围的环境情况。通过三级技术交底(技术负责人—专业施工员—施工班组长),最后落实到操作工人,重点强调对作业班组人员的交底。

### 8.2.4.1.2 物资条件准备

#### 1) 物资材料的准备、施工机械准备

根据施工组织设计中的施工进度计划和施工预算中的工料分析,编制工程所需的材料用量计划,作好备料、供料工作和确定仓库、堆场面积及组织运输的依据。

根据材料需用量计划,做好材料的申请、送检、订货和采购工作,使计划得到落实。

#### 2) 组织材料按计划进场,并作好保管工作准备

根据施工组织设计中确定的施工方法、施工机具、设备的要求和数量以及施工进度表的安排,编制施工机具设备需用量计划,组织施工机具设备需用量计划的落实,确保按期进场。

#### 3) 光伏发电系统设备、构配件的加工订货准备

根据光伏发电系统设备施工进度计划及施工图纸和预算所提供的各种构配件数量,做好加工图的工作,并编制相应的需用量计划。组织构配件按计划进场,按施工平面布置图作好存放和保管工作。

### 8.2.4.1.3 施工力量的准备

根据确定的现场管理机构建立项目施工管理层,选择高素质的施工作业队伍配合本公司人员进行该项目的实施。

根据该工程的特点和施工进度计划的要求，确定各施工阶段的劳动力需用量计划。对工人进行必要的技术、安全、思想和法制教育，教育工人树立“质量第一，安全第一”的正确思想；遵守有关施工和安全的法规；遵守地方治安法规。

做好生活后勤保障工作：在大批施工人员进场前，必须做好后勤工作的安排，为工人的衣、食、住、行、医等应予全面考虑，应认真落实，确保安装人员的身体健康。

#### **8.2.4.1.4作业条件准备**

按审批的施工进度计划按时移交施工安装工作面。检查移交工作面的前道工序的质量。在前道工序的质量合格后才能进行下道工序的施工。

向施工班组进行质量、技术和安全交底，使班组明确有关任务的质量、技术、安全、进度等要求。

做好工作面准备：检查运输是否畅通，操作场所是否清理干净等。

对材料、构配件的质量、规格、数量等进行清查，并有相当一部分运到指定的作业地点

#### **8.2.4.1.5现场准备**

##### **1) 施工临时设施**

按施工平面布置图的要求和施工人员数量，搭建施工生产和生活临时设施。

##### **2) 组织机械设备进场**

根据施工机具的需用量计划，按施工平面布置图的要求，组织施工机械设备进场，机械设备进场后按规定地点和方式布置，并进行相应的保养和试运转等工作。

##### **3) 组织材料和设备的进场**

根据材料、设备的需用量计划组织其进场，按规定地点和方式存放或堆放，并做好组织和保护措施。

#### **8.2.4.2 设计进度保证措施**

(1) 高水平的项目设计团队，项目总设计师，各专业设计负责人在保证设计质量的同时，确保业主要求的项目设计工期。

(2) 丰富的工程设计经验，规范的管理制度先进的绘图手段是工程设计工期保证的基本要素。我公司广泛应用 CAD 计算机绘图，建立了计算机网络系统。各专业均使用了大量的专业基础图库及计算机辅助设计软件，广泛应用于工程设计中，大幅提高工作效率，为确保设计工期提供了坚强的后盾。

(3) 提供图纸日期的要求，制定各个设计专业的进度计划，编制项目网络进度图。

(4) 项目对各专业设计的进度安排,由项目负责人监控相关专业设计组严格执行,并按时互相提供经审核后的有关资料。负责人定期为设计进度监控,分析产生偏差的原因,提出进度修订计划,使进度始终在计划的控制之内。

(5) 向业主和有关方面汇报项目进展情况,以便业主了解情况,并提出意见。

#### 8.2.5 设备进度保证措施

(1) 选择技术实力雄厚的制造厂家

组织有关技术人员到制造厂家实地考察;了解制造厂家以前的产品质量情况和生产能力,收集制造厂家的相关质量认证资料,组织有关技术人员对制造厂家产品的质量和供货期评估,选有技术实力和按期供货实力的生产单位。

(2) 与制造厂家签订产品质量责任书和供货期奖惩合同

与制造厂家签订产品质量责任书和和供货期奖惩,明确双方的责任。确保产品质量保证和按期供货。

(3) 对制造过程的质量和进度实行全程监控

派驻专业工程师到制造厂家,对制造过程的每个环节进行全程质量和生产进度监控。从原配件的采购到半成品到成品,层层严格检查、检验,确保每一工序都符合质量标准并按期供货。

(4) 产品出厂前严格的质量检验

派驻质量检验师到制造厂家,监控产品出厂前质量检验情况,并由我公司组织对产品抽查检验,抽查率不少于产品总量的 20%。抽查合格才准许运至施工现场。防止因产品不合格退场,影响施工工期。

#### 8.2.6 施工进度保证措施

为了保证工程在计划工期内完成,需要在施工组织与技术管理、材料、设备上采取相应的措施,才能确保施工进度的实现。

(1) 工期安排的指导思想

发挥公司多年从事光伏行业具有丰富管理经验的的优势,着眼于本工程施工程序的特殊性,科学、合理地缩短关键工序的施工周期;组织好立体交叉作业,充分利用有效工作时间和工作面顺利实现工期目标。

(2) 做好开工前的准备工作

做好开工前现场临时设施、劳动力、施工设备及机具、材料设备进场等方面的准备工作。

### （3）组织措施

选派强有力的项目班子，确保计划的严肃性，做到指令畅通、令行禁止。建立生产例会制度，每星期召开 1 次工程例会，围绕工程的施工进度、工程质量、生产安全等内容检查计划执行情况。遇重大工序调整，召开紧急会议，讨论研究进度计划变更，统一思想 and 对策。实行合理的工期目标奖罚制度，做好施工配合及前期施工准备工作，拟定施工准备计划，专人逐项落实，确保后勤保障有力。

### （4）技术措施

采用长计划与短计划相结合的多级计划进行施工进度计划的控制与管理，并对实施动态管理，通过施工节点控制目标的实现来保证各控制点工期目标的实现，从而进一步通过各控制点工期目标的实现来确保总工期控制进度计划的实现。

采用成熟的新技术，向科学技术要速度、要质量，通过新技术的推广应用来缩短各关键工序的施工周期，从而缩短工程的施工工期，（采用经纬仪和水平仪放线，提高测量精度和效率等）。根据各工序必不可少的施工周期，科学合理地组织施工，形成各分部分项工程在时间、空间上的充分利用与紧凑搭接，缩短施工周期。做好冬雨季施工方案及各项准备工作，保证连续施工。

## 8.2.7 人力资源投入措施

合理而科学的劳动力组织，是保证本工程顺利进行的重要因素之一。我公司在光伏发电有多年施工经历，有很多经常合作劳务队劳务资源丰富。我们将通过再次地考察选择有同类工程施工经验的专业施工队伍组成工程劳务队，并分级签订劳务合同。根据工程实际进度、及时调配劳动力。进场前进行入场安全知识教育，认真组织技术交底，施工人员按时入场后迅速进入工作状态。充分发挥我公司多年积累了丰富经验的优势及科学管理方式，合理安排施工，根据施工进度计划，及时投入专业工人。劳动力投入计划。

### （1）总进度计划控制

在总进度计划控制下，施工过程中坚持逐周、逐月编制出具体工程部位施工计划和工作安排。如果发现未能按节点工期完成计划，要及时检查，分析原因，迅速采取补救措施和调整计划。

### （2）定期召开协调会

施工过程中的协调工作,量大面广，包括生产计划协调、材料协调、劳动力协调、机具设备协调、作业面之间的协调、专业之间的协调、以及与外部的协调等等,做好协调工作才能保证进度。定期召开每周一次由工程施工总负责人主持，各专业工程施工负

责人参加的工程施工协调会，听取关于工程施工进度问题的汇报，协调工程施工内部矛盾，并提出明确的计划调整方案。每天下午下班前召开半小时的工程例会(或称碰头会)，解决当天施工过程中存在的问题，协调好下一步工作。对工期有重大影响的工序实行重奖重罚，把进度严格控制在许可范围内。

#### 8.2.8 雨季施工措施

规划整个施工现场排水，保证场内交通道路的完好，专人负责排水沟道的通畅，保证雨后能及时排除场内积水。准备好防雨具。大雨过后要对各种用电设备进行检查，无误后方可投入使用。构件堆放场地要高于自然地面不少于 10cm，以免积水。着重做好现场排水、材料仓库要防漏、防水淹。现场中、小型机械设备必须按规定加防雨罩或搭设防雨棚，配电箱防雨漏电接地保护装置应灵敏有效，每周检查一次线路绝缘情况。与气象部门取得联系，在暴雨或大雨来临前及时通知我项目部，做好防雨的准备。下雨、雪天使用电动工具和电焊必须采取可靠且有效地防触电措施，使用合格的绝缘手套、绝缘鞋。下雨天气停止安装室外电气设备。

#### 8.2.9 调试进度保证措施

##### (1)调试单位选择

选择具有当地电力部门认可的有调试资质，并能保证足够人力配置的调试单位进行本工程设备的调试。合理安排各项施工进度，同一调试项目的工程

##### (2)合同保证措施

根据工程进度计划与调试单位签订调试进度责任书，制定严谨、合理、实效的工程进度保证措施，合理组织施工，提高工程施工效率，保证在合同工期内完成所有工程。

##### (3)合理安排各项施工进度

合理安排各项施工进度，同一调试项目的工程施工进度安排有一定的间距，使调试工作比较均衡开展。

##### (4)工艺安排合理紧凑

认真合理的组织施工,安排好每个工艺、每个专业工种的平行流水和立体交叉作业。各分部项之间、作业班组之间要统筹兼顾,均衡施工,按照施工组织设计的要求,在各工种、各工序的投入时要严格控制,紧紧围绕主要的工期控制线安排施工。做好各工种之间的配合，防止窝工浪费，保证调试的进度。

### 8.3 施工总平面布置

#### 8.3.1 施工总布置

##### （一）布置依据

- 1) 根据项目总平面布置图；
- 2) 《火力发电工程施工组织设计导则》；
- 3) 本期工程的建设规模、建设内容和建设工期要求；
- 4) 完成本工程建设任务所采用的主要施工方案；本公司现有机械设备情况。
- 5) 本工程施工综合进度计划；
- 6) 本工程招标文件规定的施工用地区域。

##### （二）布置原则

1) 总平面布置做到分区明确，规划合理，避免和减少各单位、各工序之间的相互干扰。

2) 施工场地临建设施布置应当紧凑，符合工艺流程、方便施工及生活，并做到便于管理、文明整齐。充分考虑各阶段的施工过程，做到前后照应，左右兼顾，以达到合理利用用地、节约用地的目的。

3) 机械装备及力能供应应充分考虑其负荷能力，合理确定其服务范围，做到既满足施工生产需要，又不产生力能及机械浪费。

4) 施工场地应优先利用永久性道路，或者先建永久性道路路基，作为施工道使用，在工程竣工前在铺路面；同时修筑必要的施工临时道路。运输道路沿生产性和生活性施工设施布置，使其畅通无阻。

##### （三）交通运输组织

本工程所使用的材料和设备从运输进行现场临时设施的堆场或仓库集中存放，大件的设备可直接存放于安装位置周边。

##### （四）施工总平面管理

根据施工平面总平面设计及各分阶段布置，以充分保障阶段性施工重点，保证进度计划的顺利实施为目的，在工程实施前，制定详细的大型机具使用，进退场计划，主材及周转材料的堆放、运输计划，以及各工种施工队伍进退场调整计划。同时，制定以上计划的具体实施方案，严格依照执行标准、奖罚条例，实施施工平面的科学、文明管理。



施工总平面管理的关键是科学的规划周密详细的具体计划，在工程进度计划的基础上形成主材、机械、劳动力的进退场，垂直运输、以确保工程进度，充分、均衡的利用平面为目标，制定出符合实际情况的平面管理实施计划。

#### 1) 平面管理计划的实施

根据工程进度计划的实施调整情况，分阶段发布平面管理实施计划。现场安装部负责组织阶段性的和不定期的检查监督，确保平面管理计划的实施。

施工阶段重点保证项目：场区内外环卫；安全用电；场内道路有序安排使用；排水系统通畅。

料具置场点有序的调整、管理；材料，机械进退场，使用的科学调度；施工作业面工人区域化管理。

#### 2) 平面管理办法

合理布局整个施工现场是做好文明施工的前提和关键，严格管理是搞好文明施工的保证，在总平面管理中，必须达到如下要求：

- 1) 施工平面管理由现场安装负责人总负责，由各专业工长、材料管理员、机械管理员、后勤人员组织实施，按平面分片包干管理措施进行管理。
- 2) 施工现场要加强场容管理，做到整齐、干净、节约、安全，力求均衡生产。
- 3) 施工现场切实做到工完场清，施工垃圾要集中堆放，及时清运，以保持场容的整洁。
- 4) 材料堆放场地：

施工及周转材料按施工进度计划分批进场，并依据材料性能分类堆放，标识清楚。做到分规格码放整齐，稳固，做到一头齐、一条线；

施工现场材料保管，将依据材料的性质采取必要的防雨、防潮、防晒、防火、防爆、防损坏等措施；

贵重物品及时入库，专库专管，加设明显标志，并建立严格的领退料手续；

材料堆放场地设置得力的消防措施，消防设施齐全有效，所有施工人员均会正确使用消防器材；

施工现场临时存放的施工材料，须经有关部门批准，材料码放整齐，不得妨碍交通和影响场容。

### 8.3.2 主要设备安装

本项目逆变器、箱变等主要设备通过汽车运抵既定位置，主要采用叉车、汽车吊等机械将设备安装就位。

8.4 施工方案及特殊施工措施

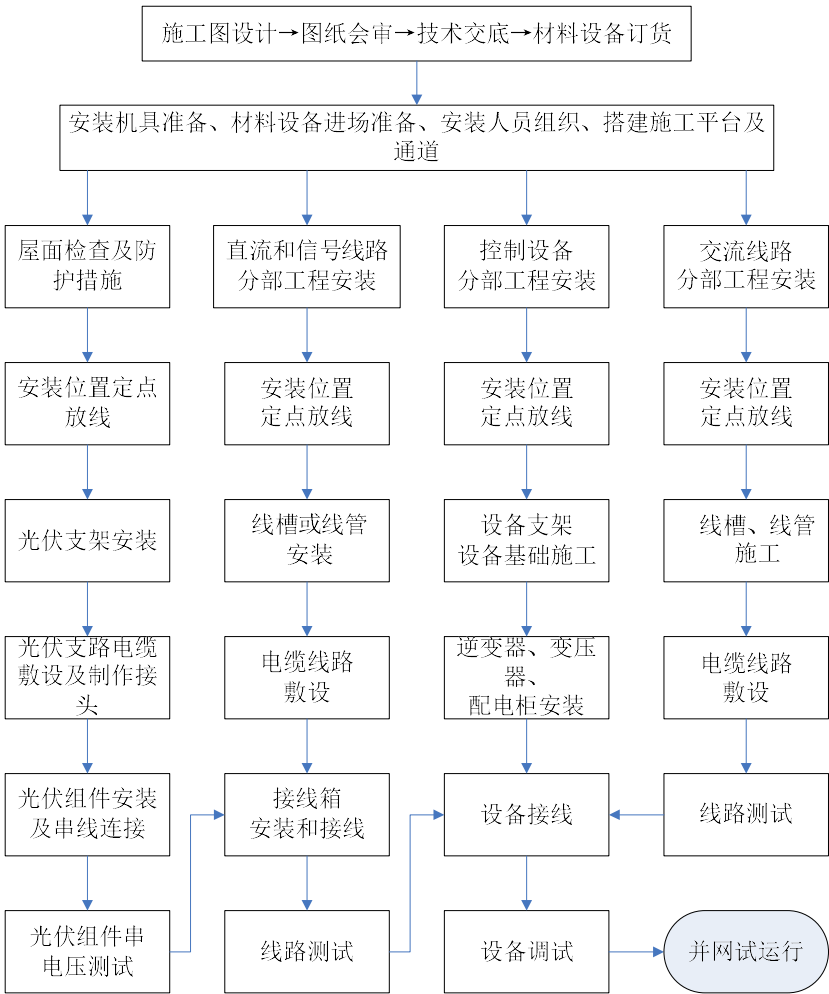
8.4.1 施工原则性方案

根据本工程实际情况及特点，有针对性的组建项目班子，并且人选一旦经过确认，全班人选将处于启动状态，提前做好开工前的准备工作，以无条件满足本工程需要为前提。

明确每个项目管理人员的责、权、利，使全体管理人员有条不紊、积极地开展工 作，提高项目经理部的工作效率，有效地促进管理整体实力的强化，使项目经理部管理体系有更充沛的精力分析运筹可能出现的各种复杂局面，决策有的放矢，成竹在胸，不打无把握之仗。

用管理制度来指导、督促、规范每个管理人员的工作质量、效率，做到项目管理“有章可循，执法必严、违章必纠”，形成军令如山，赏罚分明的先进管理模式。

8.4.2 施工工艺流程



8.4.3 支架基础施工和安装

1)基础开挖前，按照图纸设计要求进行测量、放线，准确定位后进行建筑基础土石

建筑、设备基础土方开挖选用反铲挖掘机，辅以人工修整基坑。当挖至距设计底标高以上 0.3 米处，用人工清槽，避免扰动原状土。如遇石方用人工以风钻钻孔爆破，人工及机械出渣。成形后须验槽，基础持力层是否符合设计要求。根据情况进行加强处理。验槽合格后，方可进行下一道工序的施工。预留回填土堆放在施工场地处，多余弃土用于修筑检修道路及施工场地和填土。基坑根据土质考虑放坡，并确定是否需要边坡处理，基坑底边要留足排水槽。

2)建筑、设备基坑清槽、绑筋、支模及预埋地脚螺栓模板及螺栓，须经监理验收合格后，进行基础混凝土浇注。在施工场地集中设置的临时混凝土搅拌站，进行混凝土搅拌。混凝土浇灌用混凝土泵车，插入式混凝土振捣棒振捣（配一台平板振捣器用于基础上平面振捣）。每个基础的混凝土浇注采用连续施工，一次完成，确保整体质量。

3)基础混凝土浇注完成，进行覆盖和运水车洒水养护，三天后可以拆模及回填。待混凝土达到设计强度后才允许设备吊装。

4)用推土机分层覆盖灰土砂石料，并碾压密实。若填土潮湿需晾晒或回填级配砂石料。

**8.4.4 支架和组件安装**

由于光伏组件及其支架重量较轻，高度较低，故安装简单，无需大、中型吊装机械。安装太阳光伏组件时，应轻拿轻放，防止硬物刮伤和撞击表面玻璃。组件在支架上的安装位置应符合施工设计规定。组件安装时，应有厂家专业人员进行指导。吊装安全措施：

- 1) 吊装施工时间要尽量安排在风速不大的季节进行。
- 2) 有大雾，能见度低于 100m 时不得进行吊装。
- 3) 施工人员必须严格遵守电力工程施工安全规程要求。

**8.5 施工进度表**

施工周期初步确定 90 天内。

表 8.2 施工进度表

| 施工内容   | 施工进度        |             |             |             |             |             |             |        |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
|        | 第 10 天      | 第 20 天      | 第 30 天      | 第 40 天      | 第 60 天      | 第 70 天      | 第 80 天      | 第 90 天 |
| 施工准备   | <div></div> |             |             |             |             |             |             |        |
| 制作配重块  | <div></div> | <div></div> |             |             |             |             |             |        |
| 光伏支架安装 |             | <div></div> | <div></div> | <div></div> | <div></div> |             |             |        |
| 光伏组件安装 |             |             | <div></div> | <div></div> | <div></div> |             |             |        |
| 设备基础施工 | <div></div> | <div></div> | <div></div> | <div></div> |             |             |             |        |
| 设备安装   |             |             | <div></div> | <div></div> | <div></div> | <div></div> | <div></div> |        |

|      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 电缆敷设 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 调试   |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 第九章 工程管理设计

### 9 工程管理设计

#### 9.1 管理模式

为了充分利用人才和管理资源，实现工程建设管理的专业化、标准化、规范化和现代化，提高本项目总体经营管理水平和经济效益，本项目建设管理由建设方对工程实施全面管理，电站运行采用无人（少人）值守的方式。

#### 9.2 管理机构

##### 9.2.1 工程建设管理机构

本光伏电站设计采用无人值守的设计理念，减少运维人员的费用支出。

建设期间，根据项目目标，以及针对项目的管理内容和管理深度，光伏电站工程将成立项目公司。项目公司的主要权限及职责为：

负责向政府及有关部门的请示汇报，取得项目建设批准文件；

负责协调项目建设安全、质量、进度、造价控制工作；

负责合同的签订和履行；

负责协调、组织项目招标、合同谈判、签约工作；

负责项目建设资金的筹措，并按工程建设合同向合同方及时拨付工程款；

负责生产准备工作；

负责组织光伏电站投产后工程的竣工决算、竣工验收和项目后评价。

负责项目投产后的运营、还贷和拆除工作。

#### 9.3 电站运行管理、维护、回收及拆除

##### 9.3.1 运行维护管理设计

项目建成后“由专业运营公司运营管理”参考以下运营管理方案执行。

（1）建立健全运行规程、安全工作规程、消防规程、工作票制度、操作票制度、交接班制度、巡回检查制度、操作监护制度、设备缺陷管理制度等，严格遵守调度纪律，服从电网的统一调度，依据《并网调度协议》组织生产。

（2）运行当值值长是生产运行的直接领导者，也是生产指挥决策的执行人，接受电网调度的业务领导和技术指导。应及时全面地掌握设备运行情况和系统运行信息，组织协调光伏电站安全、稳定、经济地运行。

(3) 建立健全文明值班责任制和管理考核制度，做到分工明确、责任到人、考核严明。值班期内生产人员应举止文明、遵章守纪、坚守岗位，不做与值班无关的事情。各类标志齐全、规范，各种值班记录、报表整齐、规范。

(4) 严格执行交接班制度。交接班人员要根据各自的职责，做好交接班准备。交接班前后三十分钟内原则上不安排大项目的操作，特别是电气操作。如遇正在进行重大操作或发生事故，不进行交接班，由当班者负责处理。接班者未按时接班时，交班者应坚守岗位，并向上一级领导汇报，待接班者接班后方可离开。

(5) 加强运行监视以优化运行方式。现场备有运行记录以记录每小时发出的实际功率、所有设备的运行状态、计划停机、强迫停机、部分降低出力和运行期间发生的所有事故和异常。

(6) 保证光伏发电设备在允许范围内运行，若出现异常，值长应及时向调度部门汇报并申请改变运行方式。运行人员在遇到设备异常时，应按现场有关规程、规定及时、果断处理，处理后马上向相关领导及部门进行汇报。根据设备运行状况、运行方式、天气变化和将要进行的操作，有针对性地做好事故预想，特别是进行重大操作、试验时，要做好风险预测、防范措施和应急预案。

(7) 建立健全设备缺陷管理系统，及时发现设备缺陷，填写设备缺陷通知单，通知检修人员，跟踪缺陷处理过程，认真对维修后的设备进行验收，实现设备缺陷的闭环管理。

(8) 建立并实施经济运行指标的管理与考核制度，进行运行分析并形成报告，找出值得推广的“良好实践”和“有待改进的地方”，提出改进意见。按规定将各项指标进行统计上报，并保证准确性、及时性和完整性。

### 9.3.2 电站检修管理设计

(1) 坚持“质量第一”的思想，切实贯彻“应修必修，修必修好”的原则，使设备处于良好的工作状态。

(2) 认真分析设备状况，科学制定维护检修计划，不得随意更改或取消，不得无故延期或漏检，切实做到按时实施。如遇特殊情况需变更计划，应提前报请上级主管部门批准。

(3) 对于主要设备的大、小修，输变电设备及影响供电能力的附属设备的计划检修，应根据电网的出力平衡和光伏电站太阳能资源特征提出建议，该建议应递交地区电力调度通讯中心并经电力调度通讯中心同意后纳入计划停运。

(4)年度维护检修计划每年编制一次，主要内容包括单位工程名称、检修主要项目、特殊维护项目和列入计划的原因、主要技术措施、检修进度计划、工时和费用等。

(5)应提前做好特殊材料、大宗材料、加工周期长的备品配件的订货以及内外生产、技术合作等准备工作，年度维护检修计划中特殊维护检修项目所需的大宗材料、特殊材料、机电产品和备品备件，由使用部门编制计划，材料部门组织供应。

(6)在编制下一年度检修计划的同时，宜编制三年滚动规划。为保证检修任务的顺利完成，三年滚动规划中提出的特殊维护项目经批准并确定技术方案后，应及早联系备品备件和特殊材料的订货以及内外技术合作攻关等工作。

(7)建立和健全设备检修的费用管理制度。

(8)严格执行各项技术监督制度。

(9)严格执行分级验收制度，加强质量监督管理。检修人员应熟悉系统和设备的构造、性能；熟悉设备的装配工艺、工序和质量标准；熟悉安全施工规程。每次维护检修后应做好维护检修记录，并存档，设备检修技术记录，试验报告，技术系统变更等技术文件，作为技术档案保存在项目公司和技术管理部门。对维护检修中发现的设备缺陷，故障隐患应详细记录并上报有关部门。

考虑到光伏电站大修所要求的技术及装配较高，且光伏电站按无人值守少人值班的原则配置人员，因此，光伏电站的大修应委托专业部门及人员进行，由此产生的费用计入光伏电站运行成本。

### 9.3.3 电池板清洗方案

电池组件维护采用日常巡检、定期维护、经常除尘。每个月清洗一次，遇到恶劣天气，及时清洗。春、夏、秋三个季节采用先除尘再用水洗，冬季采用人工擦洗，并安排在上午，以保证每次清洗完成后组件表面干燥，防止结冰。

### 9.3.4 拆除、清理方案

电站运行期(25年)满后，电池组件由厂家负责回收及再利用。组件支架等钢材由物质再生公司回收。所有的建（构）物及其基础由拆迁公司拆除、清理。电站的地面由电站运营商负责恢复地面植被。

## 第十章 环境保护和水土保持

### 10 环境保护与水土保持设计

#### 10.1 环境影响分析

##### 1) 对大气环境的影响

光伏发电主要是通过“光生伏打效应”将太阳能转换为电能，属于清洁能源发电，项目运行期不产生任何废气。

##### 2) 对水环境的影响

光伏发电在电能产生过程中不需要水资源，只是为了提高发电效率，定期对光伏组件的浮土进行水冲洗，冲洗水最终通过屋顶的排水沟排至厂区雨水管网，这部分水除悬浮物较高外，没有增加其它污染物，不会对水环境造成影响。

##### 3) 噪声影响

光伏发电本身没有机械传动机构或运动部件，没有机械噪声产生，仅有少量电磁噪声，本项目逆变器、交流汇流箱安装于厂房屋面，配电柜安装于原厂房配电室，对外环境无噪声影响。

##### 4) 固体废物影响

运行期固体废弃物主要为废旧太阳能电池板。由于电池组件外壳是铝合金，电池片为纯硅材料制成，废弃的电池组件不属于危险废物，可以由组件厂家统一回收利用，不会造成固体废弃物影响。

##### 5) 电磁辐射影响

光伏电站运行时会产生一定能量的电磁辐射，但本项目电压等级低，其强度较低，不会对周围环境及人群产生危害。

##### 6) 生态环境影响

本项目为在建筑物屋顶建设光伏电站，无新增占地，建设过程中不存在地表开挖和植被破坏，对生态环境亦无影响。

##### 7) 电站对自然景观的影响分析

电站建成后可以构成一个非常美观、独特的人文景观，这种景观具有群体性、可观



赏性，可以起到以点带面、示范推广的作用，屋顶光伏电站将是该地区一个很好的高科技环保主题景观，将有助于促进当地高科技、环保产业的发展，具有明显的社会效益和经济效益。

### 3) 光污染及防治措施

光伏电池组件内的晶硅板片表面涂覆有一层防反射涂层，同时封装玻璃表面已经过特殊处理，因此太阳能电池组件对阳光的反射以散射为主。其总反射率小于 10%，要远低于玻璃幕墙，放射角度指向天空，故不会产生光污染。

## 10.2 环境影响结论及建议

综上所述，本项目是清洁能源的开发利用项目，符合我国能源产业政策、当地总体规划 and 环境保护要求，具有明显的经济效益、社会效益和环境效益，是一项有利的基础建设工程。

## 10.3 水土保持

### 10.3.1 水土保持总体目标

本项目不属于国家级和省级水土流失防治区。项目的建设过程将会扰动地表，堆置大量弃土弃渣，破坏原地貌，毁坏地面植被和水土保持设施，加剧水土流失的发生和发展。本期工程的水土保持设计主要以国家和地方颁布的水土保持及相关法律法规为基础，以相关的行业规范和技术资料为依据，本着“预防为主，因地制宜，生态优先，综合防治，加强管理，注重效益”的水土保持方针，科学布设水土保持措施体系，从而有效控制项目建设过程中产生的水土流失，保护和改善项目区生态环境，达到生态环境建设和项目开发建设双赢的目标。

### 10.3.2 设计依据

法律、法规

- 1) 《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月 1 日起施行)；
- 2) 《中华人民共和国防洪法》(1998 年 1 月 1 日起施行)；
- 3) 《电力设施保护条例》及《电力设施保护条例实施细则》(1998 年 1 月 7 日起实施)；
- 4) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》(1993 年 8 月 1 日起实施)；
- 5) 《河北省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》(1993 年 2 月 27 日起实施)。

国家规范及技术标准

- 1)《国务院关于加强水土保持工作的通知》(国发[1993]5号);
- 2)《关于划分国家级水土流失重点防治区的公告》(中华人民共和国水利部令 2006 第 2 号);
- 3)《开发建设项目水土保持设施验收管理办法》(2002 年 10 月 14 日起实施);
- 4)《光伏发电工程可行性研究报告编制办法(试行)》(GD003-2011);
- 5)《开发建设项目水土保持技术规范》(GB50433-2008);
- 6)《河北省人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》(1999 年 6 月 7 日起实施);
- 7)《开发建设项目水土流失防治标准》(GB50434-2008);
- 8)《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)。

### 10.3.3 水土保持防治目标及标准

本期工程为建设类项目,项目区位置不属于国家级和省级水土流失防治区。根据《开发建设项目水土流失防治标准》(GB50434-2008)的规定,本期工程水土保持防治标准执行建设类项目水土流失防治标准中的三级标准。

本期工程水土保持措施实施后,扰动土地整治率大于 90%,水土流失总治理度大于 80%,土壤流失控制比大于 0.4,拦渣率大于 90%,林草植被恢复率大于 90%,林草覆盖率大于 15%。

### 10.3.4 水土流失预测及防治措施

#### 1) 水土流失预测

本期工程的水土流失产生时段主要集中在施工期,水土流失产生区域为光伏场区、升压站区、施工生产生活区和场外道路区。这些区域在建设过程中由于扰动原地貌、破坏土壤结构、土石方临时堆积、破坏地表植被等情况的发生,可能造成水土流失,破坏周边生态环境,引发一系列的环境问题。因此,应当通过相应的水土保持措施及时恢复项目区内被破坏的水保设施,有效控制因工程建设而新增的水土流失量。

经过对本项目建设内容、施工工序、生产工艺等技术资料的分析,本项目新增水土流失的特点主要有:施工期得生产活动主要集中在光伏电场区域,新增侵蚀活跃,施工结束后,侵蚀活动随之减弱,呈现先强后弱的特点;太阳能光伏电场占地面积比较大,土壤侵蚀影响区域较广;施工扰动形成的加速侵蚀,建设期临时堆土的堆积物侵蚀,是工程建设过程中产生水土流失的主要形式。

#### 2) 水土流失防治措施

结合工程实际和项目区水土流失现状，因地制宜、因害设防、总体设计、全面布局、科学配置。本期工程在施工过程中必须严格落实相关的水土保持措施，最大程度减少项目区内水土流失的发生。

### （1）工程措施

本期工程的水土保持工程措施主要有：光伏场区内对工程扰动地表区域进行表土剥离保护，施工完毕后将剥离的表层土返还；对光伏方阵基座扰动地表区域，施工完毕后进行土地整治，返还表土；场区内基础开挖及场地平整等土石方开挖工程应尽量做到挖方、填方基本平衡；将开挖土石就近作为场地平整土石或将弃土、石、渣运往灰场堆存，不得在场区内或其它地点随意堆放；施工生产生活区等临时用地，在施工结束后应清除废弃物，平整土地，降低水蚀的影响，保护生态环境，避免因工程建设造成大量水土流失；场外道路在施工时最大限度利用挖方路段的弃土，尽量做到挖、填方的平衡，减少土、石方的外运量，同时在道路两侧修建排水沟，防止道路排水引发新的水土流失。

### （2）水土流失防治植物措施

根据工程自身特点和所处地区气候特点，结合项目施工工艺选择适合生长的具有防治水土流失作用的农业物种，以乡土物种为主，适当引进适宜本地区生长的优良作物；在发挥设施农业功能的前提下，尽可能结合生产做到美观、防污染，并取得一定的经济效益。

植物措施布设的主要原则有：保持植物措施与原地貌景观相协调；临时占地区域应根据原地貌的植被类型进行乔、灌、草的恢复植被；光伏场区的每列光伏板之间适当种植具有固土作用的农作物，以充分利用光热资源和水资源；水土保持树种选择以乡土树种为主，除考虑其综合防护作用外，还应符合防尘降噪、美观大方和经济适用的要求。

### （3）临时措施

根据不同水土流失防治区的特点和水土流失状况，确定各区的临时措施配置。按照项目建设的水土流失防治分区，结合项目的特点提出该工程水土保持临时防治措施详细如下：

根据本期工程土建施工的特点，主要建(构)筑物的基础开挖和表土剥离时，有一定的临时挖方不能及时回填，为了减少土石方的重复搬运，在各施工区域应设置临时堆土场。在汛期或大风季节，预先采取密目网对临时堆土进行苫盖，避免造成土方的大量流失；在临时堆土场四周设排水沟，将水排入周围临时沉砂池；针对临时堆土场采用临时围挡措施，避免产生水土流失；施工期间配洒水车，在易产生扬尘的场地和道路洒水降

尘；对于场外道路应加强施工期间的管理措施，路基施工要做到随挖随填随夯实，不留松土面；大量的土石方作业，尽量避免在雨季施工，做好地表排水系统，防止水土流失。

### 10.3.5 水土保持投资

水土保持专项投资概算是工程总概算的组成部分，水土保持投资的费用构成包括工程措施费、植物措施费、临时措施费、独立费用、预备费用等。相关费用按照水土保持方案的相关规定计列，本期工程的水土保持投资暂按 5 万计列。

本期工程水土保持方案报告书应作为水保投资的最终依据，鉴于目前阶段本期工程水保方案报告书编制尚未正式完成，水土保持投资概算以水土保持方案报告书及其批复文件为最终依据。

### 10.3.6 小结与建议

#### 1) 小结

本期工程水土保持设计对产生水土流失的区域采取了工程措施、植物措施和临时措施相结合的水土流失综合治理措施，按照本设计的目标和要求，各项措施实施后，因工程建设产生的水土流失将得到科学有效地控制。

#### 2) 建议

建议建设单位尽快协助相关资质单位完成本期工程的水土保持方案编制工作；建设单位施工过程中要严格按照水土保持方案报告书及其批复的要求，采取相应的防治措施。

## 第十一章 劳动安全与工业卫生

### 11 劳动安全与工业卫生

#### 11.1 设计总则

##### 11.1.1 设计目的、基本原则

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针，做到电站投产后符合劳动安全与工业卫生的要求，保障劳动者在劳动过程中的安全与健康，为建设项目的设计、施工、监理、运行提供科学依据，推动工程项目本质安全程度的提高，根据国家有关设计标准、规程规范进行本项目劳动安全工业与卫生专项设计。

光伏发电项目劳动安全工业与卫生专项设计，必须遵循国家的有关方针、政策，并结合工程的具体情况，积极采用先进的技术措施和设施，做到安全可靠、经济合理，设施符合国家规定的标准，为业主的工程招标管理、工程竣工验收和并网光伏电站的安全运行管理提供参数依据，确保施工人员生命与财产的安全。

##### 11.1.2 设计范围和主要内容

劳动安全与工业卫生设计范围是对主要构筑物、生产设备及其光伏作业岗位和场所的劳动安全及工业卫生进行分析评价，主要包括光伏阵列、逆变器室、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。

##### 11.1.3 主要依据文件

###### 11.1.3.1 国家有关主要法律、法规、条例

- (1) 《中华人民共和国劳动法》（1994）中华人民共和国主席令第 28 号；
- (2) 《中华人民共和国安全生产法》（2002）中华人民共和国主席令第 70 号；
- (3) 《中华人民共和国消防法》（1998）中华人民共和国主席令第 4 号；
- (4) 《中华人民共和国职业病防治法》（2001）中华人民共和国主席令第 60 号；
- (5) 《中华人民共和国电力法》（1995）中华人民共和国主席令第 60 号；
- (6) 《建设工程安全生产管理条例》（2003）中华人民共和国主席令第 393 号；
- (7) 《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》（1996 年 10 月）原劳动部第 3

号令。

### 11.1.3.2 设计采用的主要技术规范、规程和标准

- (1) GB18218—2009 《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/T8196-2003 《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 《安全标志及其使用导则》;
- (9) 关于“电力系统继电保护及重大事故的二十项重要要求”继电保护实施细则的通知（国电调 2002-138 号）;
- (10) 关于“防止电力生产重大事故的二十五项重点要求”继电保护实施细则的通知（国电调 2002-138 号）;
- (11) GBZ1-2010 《工业企业设计卫生标准》;
- (12) GBZ2-2007 《工业场所有害因素职业接触限值》;
- (13) GBJ87-1985 《工业企业噪声控制设计规范》;
- (14) GBJ122—1988 《工业企业噪声测量规范》;
- (15) LD80—1995 《噪声作业分级》;
- (16) GB/T3805—2008 《特低电压（ELV）限值》;
- (17) GB/T50033-2001 《建筑采光设计标准》;
- (18) DL/T5056—2007 《变电所总布置设计技术规程》;
- (19) DL/T620-1997 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》;
- (20) DL/T621-1997 《交流电气装置的接地》;
- (21) DL/T5352-2006 《高压配电装置设计技术规程》;
- (22) DL/T5222-2005 《导体和电器选择设计技术规定》;
- (23) GB50058-1992 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》;
- (24) GB4387-2008 《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》;
- (25) GB50046—2008 《工业建筑防腐蚀设计规范》;

- (26) GB/T14285—2006 《继电保护和安全自动装置技术规程》
- (27) GB50060—2008 《3～110kV 高压配电装置设计规范》
- (28) GB50052-2009 《供配电系统设计规范》；
- (29) GB50217—2007 《电力工程电缆设计规范》
- (30) GB50260—1996 《电力设施抗震设计规范》；
- (31) GB50057—2010 《建筑物防雷设计规范》；
- (32) GB50016—2006 《建筑设计防火规范》
- (33) GB6566—2010 《建筑材料放射性核素限量》
- (34) GB50140-2005 《建筑灭火器配置设计规范》
- (35) GB50116—1998 《火灾自动报警系统设计规范》
- (36) GB50034-2004 《建筑照明设计标准》；
- (37) GB50011—2010 《建筑抗震设计规范》；
- (38) GB50015—2003 《建筑给水排水设计规范》（2009 年版）；
- (39) GB50019-2003 《采暖通风与空气调节设计规范》；
- (40) GB10436—1989 《作业场所微波辐射卫生标准》；
- (41) GB23821-2009 《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》；
- (42) GB12265.3-1997 《机械安全 避免人体各部位挤压的最小间距》；

以上规范与标准如有最新版，均以最新版为准。

## 11.2 工程劳动安全与工业卫生危害因素分析

### 11.2.1 工程施工期危害安全与卫生的主要因素分析

#### (1) 高处坠落

本工程为屋顶电站项目，施工过程中，能导致人员伤残、死亡。

#### (2) 坍塌

本工程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，能导致设备或材料损坏，人员伤残、死亡。

#### (3) 物体打击和挤压伤害

本工程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，能导致人员伤残、死亡。

#### (4) 机械伤害

本工程施工中使用的机械设备多，存在机械伤害因素，能导致人员伤残、死亡。

#### （5）触电伤害

本工程施工中使用的用电设备多，存在触电伤害因素，能导致人员伤残、死亡。

#### （6）交通事故

本工程施工中运输车辆多，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，能导致设备损坏或人员伤残、死亡。

#### （7）传染性疾病

本工程施工过程中，施工人员数量较多，且集体生活、集体用餐，存在发生传染性疾病的隐患。

### 11.2.2 工程运行期危害安全与卫生的主要因素分析

#### （1）光伏阵列

光伏阵列支撑着光伏光伏组件，组件串联后正常工作电压一般在 1500V 左右，如人员不慎触碰到绝缘不良的导线、电缆等部位，存在触电伤害的危险。

#### （2）变压器、变电站配电设备触电伤害、火灾及爆炸伤害

本工程布置的电气设备的带电部位均存在触电伤害的危险，也存在火灾及爆炸的危险，能导致人员窒息、烧伤、死亡。

#### （3）电气设备及电缆火灾及中毒伤害

本工程布置有若干电气设备，还有一些充油设备，易于着火。特别是布置有大量的电力电缆及控制电缆、光缆等，而且连接到工程各个部位，电缆易燃，着火后产生大量有害烟气，能导致设备损坏或人员窒息、烧伤、死亡。

#### （4）风机等设备的噪声污染

本工程逆变器室及单层综合楼布置有一些通风机，这些设备的低频噪声会引起运行人员的听力伤害，严重时甚至导致耳聋等职业病。

#### （5）大风

光伏电站建设在泾阳地区，全年平均风速相对较低，偶尔发生强度较大的局部大风，由于大风引起的扬尘或沙尘暴可能引起发电量下降，对电站运行不利。

#### （6）雷击

光伏阵列布置位置地势较高，且占地面积较大，遇雷暴发生时，存在雷击危险因素，能导致设备损坏，引起运行事故或人员伤残、死亡。



### 11.3 劳动安全与工业卫生对策措施

#### 11.3.1 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》(国务院 393 号令，2004 年 2 月 1 日施行)，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。

#### 11.3.2 运行期劳动安全与工业卫生对策措施

##### 11.3.2.1 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，设计具体内容详见第 7 章“消防设计”。

###### (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  $30\Omega$ 。

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。

### 11.3.2.2 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) 屋外开敞式电气设备，在周围设置高度不低于 1.5m 的围栏。

(5) 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。

(6) 用于接零保护的零线上，不装设熔断器和断路器。

(7) 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。

(8) 供检修用携带式作业灯，符合《特低电压（ELV）限值》的有关规定。

(9) 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。

(10) 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。

(11) 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；

③所以围栏的门均应装锁，并有安全标志。

### 11.3.2.3 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》、（GB5083-1999）、《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》（GB 23821-2009）、《机械安全 避免人体各部位挤压的最小间距》（GB 12265.3-1997）《机械设备防护罩安全要求》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, 以及扶手, 中间设置休息平台, 均采取防滑措施。

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

#### 11.3.2.4 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单层综合楼的中控室内, 其噪声均要求根据《工业企业噪声控制设计规范》规定, 结合本电场的特点, 限制在 60~70dB。

(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室内并采取吸声、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) 选用噪声的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, 或采以相应的防护措施, 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) 为运动人员配备临时隔声的防护用具。

#### 11.3.2.5 防电磁辐射

在接触微波(频率为 300Hz~300GBz 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《作业场所微波辐射卫生标准》的规定, 选用满足防护微波辐射要求的产品。

#### 11.3.2.6 防大风、防沙尘暴、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、超强大风荷载和沙尘暴、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冻土问题。

(3) 大风、沙尘暴、雪灾天气结束后, 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暴的要求。

(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) 做好大风、沙尘暴、雪灾等的事故应急预案。

#### 11.3.2.7 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《安全标志及其使用导则》(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 11.1。

表 11.1 安全色和安全标志设置的场所及类型

| 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     |
| 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.集水井、吊物孔周围的防护栏杆    | 当心坠落     |
|      |     | 4.超过 2.0m 的钢直梯上端    |          |
|      |     | 5.机修间、修配厂车间入口处      | 当心机械伤人   |
|      |     | 6.超过 55°            | 当心滑跌     |
|      |     | 7.主要交通道口            | 当心车辆     |
| 提示标志 | 绿色  | 1.消防设施              | 消火栓      |
|      |     |                     | 灭口器      |
|      |     |                     | 消防水带     |
|      |     | 2.安全疏散通道            | 安全通道、太平门 |

#### 11.4 安全与工业卫生机构设置、人员配备及管理制度

为贯彻“安全第一、预防为主”的方针，加强工程安全与工业卫生设施和技术措施的实施，以保护劳动者在劳动过程中的安全与健康，保障财产不受损失。就必须建立、健全安全生产责任制度；健全安全技术操作规程和安全规章制度；健全特种作业人员持证上岗和建档制度；完善安全生产条件，确保安全生产。实行全员，全方位，全过程的管理；根据法律法规制定相关职业安全卫生制度。制度的主要内容包括：目标、责任、承诺、奖惩规定、监督考核、总结等内容。

##### 11.4.1 安全卫生机构设置、人员配备及管理制度

安全卫生管理机构必须和整个电站生产管理组织机构及人员配备统一考虑。工程投产后，设置安全卫生管理机构及安全卫生监测站，负责劳动安全与工业卫生方面的宣传教育和管理工作，保障电站顺利运行，达到安全生产的目的。从“安全生产、安全第一”的角度出发，管理和监测机构负责整个电站的消防、劳动安全卫生检查、日常的检测、劳动安全及职业卫生教育等。

光伏电站运行人员在开始工作前，需进行必要的安全教育和培训，并经考试合格后方能进入生产现场工作，同时按国家标准为生产运行人员配备相应的劳动保护用品，以便生产运行人员有一个良好的身体条件，为电站的安全运行创造一个较好的软件基础，减少和预防由于生产运行人员的失误而导致生产事故。

建立巡回检查制度、工作监护制度、维护检修制度，对生产设备的相关仪器、仪表和器材进行安全的日常维护。安全卫生管理机构根据工程特点配置监测仪器设备和必要的安全宣传设备

#### 11.4.2 安全生产监督制度

工程投产后，设置安全卫生管理机构及安全卫生监测站，并制定有效的安全生产监督制度，以保证电站顺利运行，达到安全生产的目的。

#### 11.4.3 消防、防止电气误操作、防高空作业坠落的管理制度

(1) 消防管理制度主要包括：

- a) 设备防火安全规定；
- b) 防火检查制度；
- c) 材料仓库防火安全制度；

(2) 防电气误操作管理制度主要包括：

- a) 落实责任制，明确防误工作负责人，形成防误工作网络；
- b) 贯彻执行“五防措施”；
- c) 熟练掌握相关设备的现场布置、系统联系、结构原理、性能作用、操作程序。
- d) 建立防误工作的激励约束机制；
- e) 严格执行《电业安全工作规程》入《电力事故调查规程》入《运行规程》和运行部的各种规章制度等。

(3) 防高空作业坠落管理制度主要包括：

- a) 对实行高空作业的人员采取安全保护措施；
- b) 对实行高空作业人员进行安全教育，提高人员的安全意识和自我保护意识等。

#### 11.4.4 工业卫生与劳动保护管理规定

各级行政正职是本单位（部门）的安全第一责任人，对安全生产负全面的领导责任。各级行政副职是自己分管工作范围内的安全第一责任人，对分管范围内的安全工作负有领导责任。各类人员必须认真落实规定中各自的安全职责，认真贯彻落实执行国家有关安全生产的方针、政策、法律及法规，并对所属部门人员履行安全职责的情况进行检查、考核。严禁违章指挥，违章作业，违反现场劳动纪律现象的发生。

坚持“管生产必须管安全”的原则，做到计划、布置、检查、总结、考核生产工作和安全工作同步进行，落实好有关职业安全卫生制度的执行。

#### 11.4.5 事故调查处理与事故统计制度

事故调查处理与事故统计制度按照国家电力监管委员会颁布的《电力生产事故调查暂行规定》（自 2005 年 3 月 1 日起施行）进行编制。

#### 11.5 事故应急救援预案

根据《安全生产许可证条例》（中华人民共和国国务院令第 397 号）第六条规定，企业要取得安全生产许可证，应具具备的安全生产条件之一就是：有生产安全事故应急救援预案、应急救援组织（或者应急救援人员）、配备必要的应急救援器材、设备。对光伏电站的突发事件应有一个系统的应急救援预案。应急救援预案须在光伏电站投产前经有关部门的审批。

制定事故应急救援预案的目的主要有两个方面：（1）采取预防措施使事故控制在局部，消防蔓延条件，防止突发性重大或连锁事故发生；（2）能在事故发生后迅速有效的控制和处理事故，尽力减轻事故对人、财产和环境造成的影响。

##### 11.5.1 事故应急预案的制定原则、基本主要内容

光伏电站安全是“人—机—环境”系统相互协调、保持最佳“秩序”的一种状态。事故应急救援预案应当由事故的预防和事故发生后损失的控制两个方面构成，其原则是“以防为主，防救结合”。

在编写预案时，应分类、分级制定预案内容，上一级预案的编制应以下一级预案为基础。其基本要求是：具体描述可能的意外事故和紧急情况及其后果；确定应急期间负责人及所有人员在应急期间的职责；确定应急期间起特殊作用的人员（如消防员、急救人员）的职责、权限和义务；规定疏散程序；明确危险源的识别及其处置的应急措施；建立与外部应急机构的联系（消防部门、医院等）；定期与安全生产监督管理部门、公安部门、保险机构及相领生产经营单位的交流；做好重要记录和设备（如装置布置图、危险物质数据、联络电话号码等）的保护。

应急预案是针对可能发生的重大事故所需的应急准备和应急行动而制定的指导性文件，其核心内容应包括：对紧急情况或事故灾害及其后果的预测、辨识。评价；应急各方的职责分配；应急救援行动的指挥与协调；应急救援中可用的人员、设备、设施、物资、经费保障和其他资源，包括社会 and 外部援助资源等；在紧急情况或事故灾害发生时保护生命、财产和环境安全的措施；现场恢复。其他，如应急培训和演练规定，法律法规要求，预案的管理等。

预案应对光伏电站在运行过程中出现的突发事件有一个较全面的处理手段，在事故

发生的第一时间及时做出反应，采取措施防止事故的进一步扩大并及时向有关领导汇报，在事故未查明之前，当班运行人员应保护事故现场和防止损坏设备，特殊情况例外（如抢救人员生命）等。

### 11.5.2 应急预案编制程序

- （1）成立应急预案编制工作组。
- （2）资料收集。
- （3）危险源与风险分析。
- （4）应急能力评估。
- （5）应急预案编制。
- （6）应急预案评审与发布。

### 11.5.3 本工程应编制的主要事故应急救援预案

根据光伏电站生产特点、危险因素情况，分析该工程可能发生重特大事故类型、事故发生过程、破坏范围及事故后果，确定需要编制应急救援预案的类型。

建议本工程对以下重特大事故编制应急救援预案：

火灾、触电事故预案，恶劣天气事故预案，电气误操作事故预案，电池组件损坏事故预案，继电保护事故预案，变压器损坏和互感器爆炸事故预案，开关设备事故预案，接地同事故预案等事故预案。

施工期基坑开挖、施工区内运输、施工及检修期大件吊装、高空作业、交叉作业等危险点的安全生产事故应急救援预案。

## 11.6 预期效果评价

工程设计对电站存在的火灾、爆炸、电气伤害、机械伤害、高空坠落伤害、物体打击伤害以及其它设备损坏事故等提出了防范措施。只要在工程设计、制造、运行、维护各个环节严格遵守国家相关法律、法规、技术标准的有关规定，工程建设中认真落实各项安全对策措施、职业危害防范措施，同时严格监理、施工、安装活动，并在设备运行、维护和维修全过程中认真落实《电业安全工作规程》、《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》等规程、规范的有关规定，则可为作业人员提供较为安全的作业环境，可使生产过程中的各种危险、有害因素控制在可接受的范围内。

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



## 第十二章 节能降耗

### 12 节能降耗分析

#### 12.1 节能规范

《中华人民共和国节约能源法》（2008 年 4 月 1 日起施行）

《中华人民共和国可再生能源法》（2006 年 1 月 1 日起施行）

《民用建筑节能条例》（国务院第 530 号令）

《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）

《建筑照明设计标准》（GB50034-2004）

《工业企业采光设计标准》（GB 50033-2001）

《企业能源计量器具配备和管理导则》（GB/T17167-1997）

《电力装置的电测量仪表装置设计规范》（GBJ63-1990）

国家其它有关节能政策及标准。

#### 12.2 节能措施和效果

节约能源是我国的一项基本国策。使有限的能源生产出更多的产品，无疑是企业降低成本、提高经济效益的可靠手段，是设计工作的重要内容。

##### 12.2.1 建筑节能设计

本项目利用已建厂房屋顶布置光伏组件，设备基础在建筑材料选择、建筑结构设计时充分考虑节能要求。

同时，本项目所发电量全部在建筑物内全额上网，可大大节约建筑耗能量，即是一项发电工程，又是一项建筑节能工程。

##### 12.2.2 设备节能设计

###### 1) 主要设备选型

本项目主要设备包括光伏组件和逆变器等，通过对多种型式电池组件、逆变器进行性能价格比较，本阶段初步选定 550Wp 单晶硅光伏组件、30kW/60kW/100kW 的组串逆变器进行设计。

本阶段选定的光伏组件和逆变器均为同行业中技术成熟、节能效果明显的先进产品。

###### 2) 降低线路损耗

本项目在屋顶的光伏方阵尽量集中布置，采用交流汇流方案，经过逆变器汇总后再接至交流配电屏，该方案可大大节省电缆用量及线路损耗，降低工程造价。

3) 电站内电气设备选用低功耗元件；

4) 定期对光伏组件的沙尘进行清洗，提高电站的发电效率。

### 12.2.3 节能降耗效果

光伏电站建成后，每年可为电网平均提供 31.83 万 kWh，与相同发电量的火电相比，相当于每年可节约标煤 97.65t，相应每年可减少多种大气污染物的排放，其中减少二氧化硫（SO<sub>2</sub>）排放量约 0.063t，氮氧化物（NO<sub>x</sub>）排放量约 0.0594t，二氧化碳（CO<sub>2</sub>）约 264.88t，减少了有害物质排放量，减轻环境污染，同时不需要消耗水资源，也没有污水排放。光伏电站是将太阳能转化成电能的过程，在整个工艺流程中，不产生大气、液体、固体废弃物等方面的污染物，也不会产生大的噪声污染。从节约煤炭资源和环境保护角度来分析，本电场的建设具有较为明显的经济效益、社会效益及环境效益。

### 12.3 结论及建议

本工程采用绿色能源—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。本工程各项设计指针达到国内先进水平，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，本工程节能指针满足国家有关规定的要求。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

## 第十三章 工程设计概算

### 13 工程设计概算

#### 13.1 编制原则及依据

##### 13.1.1 工程概况

工程计划施工工期为 3 个月。

资金来源：政府财政资金。

山湾子乡红葫芦村分布式光伏电站建设项目：

工程静态投资： 85 万元， 单位投资： 5697 元/kW；

##### 13.1.2 编制原则及依据

1) 依据国家、行业现行的有关文件规定、费用定额、费率标准等进行编制。

《光伏发电工程可行性研究报告编制规程》(NB/T32043-2018)。

主要材料价格依据河北省承德市 2021 年二季度市场价格编制。

2) 定额、费用标准及有关文件、规定：

①定额：国家能源局发布的《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)；

②费用标准：根据《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》进行编制；

③可再生定额 [2019] 14 号《关于调整水电工程、风电场工程及光伏发电工程计价依据中建筑安装工程增值税税率及相关系数的通知》；

国家能源局发布的《光伏发电工程勘察设计费计算标准》(NB/T32030-2016)；

财政部国家发改委财综 [2008] 78 号文“关于公布取消和停止征收 100 项行政事业性收费项目的通知”；

④其他参考：当地相关政策、文件规定；

⑤工程量：本工程现阶段各专业提供的设计提资单及工程量清单、说明书及设备材料清册；

环境保护、水土保持以及劳动安全及卫生工程部分投资，本阶段暂估列，待业主提供环保局等相关部门文件后进行相应调整；

⑥基本预备费费率：1%。

### 13.1.3 基础价格

#### 13.1.3.1 人工预算单价及主要材料预算价格

a) 人工预算单价按照《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》(NB/T32027-2016)的规定计算的规定计算；

b) 主要材料预算价格依据河北省承德市 2021 年二季度市场价格水平确定，并计入材料运杂费及采购保管费等。

表 13.1 人工预算单价及主要材料预算价格表

| 名 称       | 单 位               | 预算价格  |
|-----------|-------------------|-------|
| 高级熟练工     | 元/工时              | 10.26 |
| 熟练工       | 元/工时              | 7.61  |
| 半熟练工      | 元/工时              | 5.95  |
| 普工        | 元/工时              | 4.90  |
| 普通水泥 42.5 | 元/t               | 580   |
| 钢筋（综合）    | 元/t               | 4100  |
| 中粗砂       | 元/m <sup>3</sup>  | 110   |
| 石子        | 元/ m <sup>3</sup> | 105   |

#### 13.1.3.2 主要机电设备价格

主要设备价格按业主提供价格计列，其他设备价格参考近期其他类似工程同类设备价格计列。

光伏 550 组件：2.0 元/ Wp（到场价。）

### 13.1.4 费率标准

#### 13.1.4.1 工程取费标准

工程取费标准见下表：

表 13.2 工程取费标准表

| 编号 | 项 目 名 称 | 计 算 基 础 | 费用标准  |        |
|----|---------|---------|-------|--------|
|    |         |         | 安装工程  | 建筑工程   |
| 一  | 直接费     |         |       |        |
| 1  | 直接工程费   |         |       |        |
| 2  | 措施费     | 人工+机械   | 12.68 | 17.94  |
| 二  | 间接费     |         |       |        |
|    | 土方工程    | 人工+机械   |       | 23.86% |

| 编号 | 项 目 名 称 | 计 算 基 础      | 费用标准    |        |
|----|---------|--------------|---------|--------|
|    |         |              | 安装工程    | 建筑工程   |
|    | 石方工程    | 人工+机械        |         | 27.76% |
|    | 混凝土工程   | 人工+机械        |         | 62.76% |
|    | 钢筋工程    | 人工+机械        |         | 54.16% |
|    | 基础处理工程  | 人工+机械        |         | 46.99% |
|    | 砌体砌筑工程  | 人工+机械        |         | 50.9%  |
|    | 机电设备安装  | 人工费          | 139.78% |        |
| 三  | 利润      | 人工+机械+措施+间接费 | 7%      |        |
| 四  | 税金      | 一+二+三        | 9%      |        |

### 13.1.4.2 其他费用

#### (1) 建设用地费

根据工程实际情况，本项目不考虑屋顶租用费用。

(2) 其他费用按照《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》(NB/T32027-2016)进行计列。

#### (3) 勘察设计费

勘察设计费参照国家能源局发布的《光伏发电工程勘察设计费计算标准》(NB/T32030-2016)。

### 13.1.5 基本预备费

基本预备费=一至四部分投资合计×1.00%。

## 13.2 工程设计估算

山湾子乡红葫芦村分布式光伏电站建设项目：

## 01 工程总概算表

| 编号 | 项目名称           | 设备购置费<br>(万元) | 建安工程费<br>(万元) | 其它费用<br>(万元) | 合计<br>(万元) | 占投资额<br>(%) |
|----|----------------|---------------|---------------|--------------|------------|-------------|
| 一  | 设备及安装工程        | 50            | 23            |              | 73         | 85.39       |
| 1  | 发电设备及安装工程      | 41            | 13            |              | 54         | 63.36       |
| 2  | 升压站变配电设备及安装工程  | 3             | 7             |              | 10         | 11.62       |
| 3  | 控制保护设备及安装工程    | 3             | 1             |              | 4          | 4.28        |
| 4  | 其他设备及安装工程      | 4             | 1             |              | 5          | 6.12        |
| 二  | 建筑工程           |               | 8             |              | 8          | 9.12        |
| 1  | 发电场工程          |               | 7             |              | 7          | 8.42        |
| 2  | 房屋建筑工程         |               |               |              |            |             |
| 3  | 其他建筑工程         |               | 1             |              | 1          | 0.70        |
| 三  | 其他费用           |               |               | 4            | 4          | 4.50        |
| 1  | 项目建设管理费        |               |               | 2            | 2          | 2.67        |
| 2  | 生产准备费          |               |               | 0            | 0          | 0.26        |
| 3  | 勘察设计费          |               |               | 1            | 1          | 1.56        |
|    | 一至三部分合计        | 50            | 30            | 4            | 84         | 99.01       |
| 四  | 基本预备费（1%）      |               |               | 1            | 1          | 0.99        |
| 五  | 价差预备费          |               |               |              |            |             |
|    | 工程建设静态投资       | 50            | 30            | 5            | 85         |             |
| 六  | 建设期利息          |               |               |              |            |             |
| 七  | 工程动态投资         | 50            | 30            | 5            | 85         | 100.00      |
|    |                |               |               |              |            |             |
|    | 单位千瓦静态投资（元/kW） |               |               |              | 5697       |             |
|    | 单位千瓦动态投资（元/kW） |               |               |              | 5697       |             |
|    |                |               |               |              |            |             |

02 设备及安装工程概算表

| 序号  | 名称及规格                           | 单位 | 数量     | 单价（元） |          |          | 合价（万元） |      |       |
|-----|---------------------------------|----|--------|-------|----------|----------|--------|------|-------|
|     |                                 |    |        | 设备购置费 | 安装费      | 装置性材料    | 设备购置费  | 安装费  | 装置性材料 |
| 1   | 发电设备及安装工程                       |    |        |       |          |          | 40.88  | 4.92 | 8.20  |
| 1.1 | 光伏发电设备及安装                       |    |        |       |          |          | 35.87  | 1.89 |       |
|     | 光伏组件 550Wp 单晶硅                  | Wp | 149600 | 2.00  | 0.07     |          | 29.92  | 1.05 |       |
|     | 地面支架                            | t  | 7.00   | 8500  | 1200.00  |          | 5.95   | 0.84 |       |
|     | 小 计                             |    |        |       |          |          | 35.87  | 1.89 |       |
| 1.2 | 汇流及变配电设备及安装                     |    |        |       |          |          | 5.01   | 0.49 |       |
|     | 逆变器支架 镀锌钢                       | t  | 0.60   | 8500  | 1200.00  |          | 0.51   | 0.07 |       |
|     | 组串逆变器 30kW                      | 台  | 4      | 7500  | 840.00   |          | 3.00   | 0.34 |       |
|     | 组串逆变器 60kW                      | 台  | 1      | 15000 | 840.00   |          | 1.50   | 0.08 |       |
|     | 小 计                             |    |        |       |          |          | 5.01   | 0.49 |       |
| 1.3 | 集电线路                            |    |        |       |          |          |        | 1.54 | 8.11  |
|     | 直流电缆 光伏阵列 PV1 F-1x4mm2          | km | 1.35   |       | 1962.70  | 3950     |        | 0.26 | 0.53  |
|     | 交流电缆 ZRC-YJV22-1kV-3*50+1*25    | km | 0.13   |       | 9280.00  | 128950   |        | 0.12 | 1.68  |
|     | 交流电缆 ZRC-YJLHV22-1kV-3*70+1*35  | km | 0.15   |       | 9280.00  | 29790    |        | 0.14 | 0.45  |
|     | 交流电缆 ZRC-YJLHV22-1kV-3x185+1x95 | km | 0.15   |       | 13320.00 | 76780    |        | 0.20 | 1.15  |
|     | 交流电缆 ZRC-YJV22-1kV-3*240+1*120  | km | 0.05   |       | 13320.00 | 639300   |        | 0.07 | 3.20  |
|     | 逆变器通讯电缆 ZRC-DJYP2VP2-22-1x2x1.0 | km | 0.25   |       | 4900.00  | 4500     |        | 0.12 | 0.11  |
|     | 电缆保护管 φ25 PE 管                  | km | 0.13   |       | 15335.00 | 11300    |        | 0.20 | 0.15  |
|     | 电缆保护管钢 φ50                      | km | 0.01   |       | 15157.80 | 32819    |        | 0.02 | 0.03  |
|     | 电缆保护管钢 φ100                     | km | 0.02   |       | 30609.80 | 74750    |        | 0.06 | 0.15  |
|     | 电缆桥架                            | t  | 0.37   |       | 7685.00  | 8500.00  |        | 0.28 | 0.31  |
|     | 电缆支架                            | t  | 0.12   |       | 2200.00  | 22000.00 |        | 0.03 | 0.26  |
|     | 电缆防火堵料                          | t  | 0.12   |       | 3100.00  | 7000.00  |        | 0.04 | 0.08  |
|     | 小 计                             |    |        |       |          |          |        | 1.54 | 8.11  |

|     |                                           |   |     |      |         |         |      |      |      |
|-----|-------------------------------------------|---|-----|------|---------|---------|------|------|------|
| 1.4 | 接地                                        |   |     |      |         |         |      |      | 0.10 |
|     | 装置性材料:                                    |   |     |      |         |         |      |      |      |
|     | 接地热镀锌扁钢 -25X4                             | m | 130 |      |         | 5.10    |      |      | 0.07 |
|     | 接地热镀锌扁钢 -50X5                             | m | 23  |      |         | 12.76   |      |      | 0.03 |
|     | 接地用镀锌钢管 DN50<br>L=2.5 米                   | 根 | 12  |      |         | 5808.20 |      |      |      |
|     | 接地铜导线 4mm 铜导线(配<br>套提供不锈钢螺栓、螺母、<br>垫片)    | m | 92  |      |         | 3.36    |      |      |      |
|     | 接地铜导线 16mm 铜导线                            | m | 8   |      |         | 12.38   |      |      |      |
|     | 小 计                                       |   |     |      |         |         |      |      | 0.10 |
| 1.5 | 分系统调试                                     |   |     |      |         |         |      | 1.00 |      |
|     | 发电子方阵系统调试                                 | 项 | 5   |      | 2000.00 |         |      | 1.00 |      |
| 2   | 2 升压站变配电设备及安装工程                           |   |     |      |         |         | 2.50 | 7.40 |      |
| 2.1 | 2.1 配电装置设备及安装                             |   |     |      |         |         | 2.50 | 2.40 |      |
|     | 并网开关柜                                     | 台 | 5   | 5000 | 800.00  |         | 2.50 | 0.40 |      |
|     | 多功能电能表                                    | 台 | 5   |      | 2000.00 |         |      | 1.00 |      |
|     | 低压 380V 开关柜 并网点改<br>造 新增母线连接铜排及<br>电缆连接孔位 | 处 | 5   |      | 1000.00 |         |      | 0.50 |      |
|     | 计量表改造 厂区原计量表<br>调整,更改为双向计量表等              | 处 | 5   |      | 1000.00 |         |      | 0.50 |      |
|     | 小 计                                       |   |     |      |         |         | 2.50 | 2.40 |      |
| 2.2 | 2.2 分系统调试                                 |   |     |      |         |         |      | 4.50 |      |
|     | 配电装置系统调试                                  | 项 | 5   |      | 9000.00 |         |      | 4.50 |      |
|     | 小 计                                       |   |     |      |         |         |      | 4.50 |      |
| 2.3 | 2.3 整套系统启动调试                              |   |     |      |         |         |      | 0.50 |      |
|     | 整套系统启动调试                                  | 项 | 1   |      | 5000.00 |         |      | 0.50 |      |
|     | 小 计                                       |   |     |      |         |         |      | 0.50 |      |
| 3   | 3 控制保护设备及安装工程                             |   |     |      |         |         | 2.50 | 1.15 |      |
| 3.1 | 3.1 监控(监测)系统设备及安<br>装                     |   |     |      |         |         |      |      |      |
|     | 电能质量监测系统                                  |   |     |      |         |         |      |      |      |
|     | 电能量采集装置 安装于低<br>压并网柜(一般由电力公司<br>提供)       | 台 | 5   |      |         |         |      |      |      |
| 3.2 | 3.2 保护设备及安装                               |   |     |      |         |         | 1.50 | 0.75 |      |
|     | 保护及故障信息管理子站                               |   |     |      |         |         |      |      |      |



|     |                             |   |    |      |         |  |      |      |  |
|-----|-----------------------------|---|----|------|---------|--|------|------|--|
|     | 防孤岛装置                       | 台 | 5  | 3000 | 1500.00 |  | 1.50 | 0.75 |  |
|     | 小 计                         |   |    |      |         |  | 1.50 | 0.75 |  |
| 3.3 | 调度自动化设备及电量计量系统设备及安装         |   |    |      |         |  | 1.00 | 0.40 |  |
|     | 电度表 0.2S 安装于低压并网柜 0.2S 级电能表 | 台 | 5  |      |         |  |      |      |  |
|     | 通讯箱（含数据采集器及无线传输终端）          | 台 | 5  | 2000 | 800.00  |  | 1.00 | 0.40 |  |
|     | 小 计                         |   |    |      |         |  | 1.00 | 0.40 |  |
| 4   | 其他设备及安装工程                   |   |    |      |         |  | 4.22 | 1.00 |  |
| 4.1 | 消防系统设备及安装                   |   |    |      |         |  |      |      |  |
|     | 手提式干粉灭火器（带箱）MF/ABC4 型       | 具 | 20 | 230  |         |  | 0.46 |      |  |
|     | 手提式干粉灭火器（带箱）4kg，2 只装        | 套 | 10 | 460  |         |  | 0.46 |      |  |
| 4.2 | 劳动安全与工业卫生设备安装工程             | 项 | 1  | 8000 |         |  | 0.80 |      |  |
| 4.4 | 送出                          | 处 | 5  | 5000 |         |  | 2.50 |      |  |
| 4.5 | 组件清洗                        | 项 | 1  |      | 10000   |  |      | 1.00 |  |
|     | 小 计                         |   |    |      |         |  | 4.22 | 1.00 |  |

## 建筑工程概算表

| 序号  | 工程或费用名称         | 单位             | 数量     | 单价（元）    | 合价（万元） |
|-----|-----------------|----------------|--------|----------|--------|
| 二   | 光伏发电设备建筑        |                |        |          | 7.78   |
| 1   | 发电场工程           |                |        |          | 7.18   |
| 1.2 | 设备基础工程          |                |        |          | 3.26   |
|     | 钻孔灌注桩成孔         | m              | 277.00 | 50.00    | 1.39   |
|     | 桩体混凝土           | m <sup>3</sup> | 9.00   | 714.00   | 0.64   |
|     | 桩体钢筋            | t              | 1.20   | 7665.64  | 0.92   |
|     | 基础预埋钢管          | t              | 1.40   | 10050.00 | 1.41   |
|     | 混凝土基础 C25 细石混凝土 | m <sup>3</sup> | 13.00  | 714.94   | 0.93   |
| 1.3 | 集电线路工程          |                |        |          | 3.69   |
|     | 直埋电缆沟挖土方        | m <sup>3</sup> | 889.00 | 6.75     | 0.60   |
|     | 直埋电缆沟回填         | m <sup>3</sup> | 842.31 | 14.94    | 1.26   |
|     | 直埋电缆沟铺砂盖砖       | m              | 438.46 | 41.80    | 1.83   |
| 1.4 | 围栏工程            |                |        |          | 0.23   |
|     | 围栏 Q235 钢       | m              | 30.00  | 76.50    | 0.23   |
| 3   | 其他建筑工程          |                |        |          | 0.60   |
| 3.1 | 供水工程            |                |        |          | 0.20   |
|     | 供水设施            | 项              | 1.00   | 2000.00  | 0.20   |
| 3.2 | 供电工程            |                |        |          | 0.20   |
|     | 供电设施            | 项              | 1.00   | 2000.00  | 0.20   |
| 3.3 | 劳动安全及工业卫生工程     | 项              | 1.00   | 2000.00  | 0.20   |

## 其他费用概算表

| 编号  | 工程或费用名称   | 单位 | 数量 | 费率(%)或单价(元) | 合价(万元) |
|-----|-----------|----|----|-------------|--------|
| 三   | 其他费用      |    |    |             | 3.83   |
| 1   | 项目建设管理费   |    |    |             | 2.28   |
| 1.3 | 工程建设监理费   | %  | 81 | 0.78        | 0.63   |
| 1.4 | 项目咨询服务费   | %  | 81 | 0.58        | 0.47   |
| 1.5 | 项目技术经济评审费 | %  | 81 | 0.47        | 0.38   |
| 1.8 | 项目验收费     | %  | 81 | 0.58        | 0.47   |
| 1.9 | 工程保险费     | %  | 81 | 0.42        | 0.34   |
| 2   | 生产准备费     |    |    |             | 0.23   |
|     | 生产准备费     | %  | 50 | 0.45        | 0.23   |
| 3   | 勘察设计费     |    |    |             | 1.33   |
| 3.1 | 勘察设计费     |    |    |             | 1.33   |
|     | 勘察费       | %  |    |             | 0.38   |
|     | 设计费       | %  |    |             | 0.95   |

## 第十四章结论和建议

### 14 结论及建议

#### 14.1 结论

1) 河北省具有丰富的太阳能资源，太阳能资源理论总储量 2.886GWh/年，在全国列第 9 位。由统计数据可知，本项目场址年平均辐射量为 1641.8kWh/m<sup>2</sup>，根据《太阳能资源评估方法》（GB/T 37526-2019）规范的划分标准属于 B 级资源“很丰富”地区，较适合光伏电站的建设。

2) 光伏发电是国家鼓励的可再生能源的利用项目，既没有燃料消耗，又没有“三废”的排放，因此本光伏电站的建设具有良好的环境效益和社会效益。

本项目为山地光伏电站，既充分利用该地区清洁、丰富的太阳能资源，又可促进当地的植被恢复，改善生态环境，提高居民生活水平，项目建设具有良好的经济效益、社会效益和环境效益。

#### 14.2 建议

1) 实施本项目的关键在于各项扶持政策的落实。

2) 建议建设单位尽快取得本项目前期各支持性文件，确保项目顺利核准建设投产。