

# 山地集中式光伏 EPC 建设策略探讨

黄锡斌

(华电浙江龙游热电有限公司, 浙江 衢州 324400)

**摘要:**为解决山地集中式光伏项目 EPC 建设存在的施工难度大、山区地形复杂以及组件排布、支架基础施工不便等一系列问题,首先对 EPC 光伏电站项目做出分析。在此基础上,重点研究山区集中式光伏 EPC 建设要点与策略,进而加强对施工质量与成本的控制,以期为相关人员提供参考。

**关键词:**新能源;集中式;山地光伏项目;EPC 建设

中图分类号:TM615

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)16-0061-03

## 0 引言

为加强对可再生能源的开发与利用,国家对于光伏发电项目的建设极为重视,同时也提高了节能减排效果,项目建设主要采用的是 EPC 总承包建设模式。就山地集中式光伏项目而言,EPC 建设过程中应当加强对山区具体环境的分析,重点做好设计、采购以及后续的施工、管理等主要工作,不断提高施工质量与安全性。应注意人工开挖整平过程中产生新的边坡,防止人工边坡开挖诱发局部的坍塌,应在坡角设置浆砌块石挡墙护坡。

## 1 EPC 光伏电站工程项目

对于 EPC 光伏电站工程来说,主要指设计、采购以及施工采用总承包管理模式。通过 EPC 管理模式的应用,业主与承包商在签订合同期间,合同内容需要包括设计、采购以及施工等方面的众多内容。总承包商将总价合同作为重要依据,以此开展相关电力项目的建设。项目实施期间,总承包商需要对各类成本问题、安全问题和质量问题加强控制。此外,采用 EPC 管理模式对于光伏电站项目的建设有着极为重要的作用。一方面,随着节能环保理念的不断深化,光伏电站项目建设受到了广泛的关注,并且对促进我国绿色能源产业的发展有着重要意义。通过把太阳能转换成电能,再利用电网进行传送,可以有效防止能源枯竭等问题的发生<sup>[1]</sup>。另一方面,太阳能是典型的环保能源,有着可再生的特点。太阳能资源地域分布为北多南少,以丽温丘陵地区最为显著,中东部变化较小;同纬度地区相比,平原或者沿海多,山区丘陵少。其季节分布为夏季最多,冬末春初最少。在进行光伏电站的建设工作期间,要做好区域的选择,并加强对太阳能芯片数据追踪技术的应用,不断降低系统的运行成本,提高发电效率。

## 2 强化山地集中式光伏 EPC 建设要点与对策研究

### 2.1 加强采购管理

#### 2.1.1 优化施工招标条件

结合以往的工程建设经验可知,当地的施工单位在人员、设备、材料等各类资源的调配方面有着明显的优势。但是,由于当地项目较多,因而施工期间易受到其他项目的限制,经常出现人员、设备临时借调等问题,进而对施工进度与质量造成不利影响。为了提高工程的管控效果,在开展招标工作期间,应当对各个施工阶段的投入情况进行细化,尤其要控制好施工人员的数量<sup>[2]</sup>。对于施工员、安全员等重要岗位,投标方应当提供相应的名单。对于山地光伏项目而言,有着自身的特殊性,且光伏项目大多布置在多个山头,施工区域相对分散。因此,可以根据不同的施工区域,进行相关施工标段的设置。

#### 2.1.2 加强设备采购管理

在开展设备招标文件的编制工作前,应当对涉网设备指定厂家或者是名单情况进行了解,该项工作对光伏电站建设工作有着重要的影响,并且关系到并网投运的效果。因此,应当对其进行认真核实<sup>[3]</sup>。除此之外,还应把相关要求明确写入设备的招标文件中。另外,应当对市场上供货量较小的各类设备、材料进行调查,如铝芯电缆等材料,并针对具体的调查情况做好安排,以免影响到光伏项目的施工进度。需要注意的是,由于受到山区地形条件的影响,许多大件设备在运输期间需要进行二次倒运,总包方应当在招标前,积极邀请具有施工经验的运输人员进行实地勘察,进一步明确二次倒运环节的费用与工作量,同时还要将其写入招标文件中。

### 2.2 注重关键参数的选择

#### 2.2.1 优化站区设备布置

首先,要明确逆变器在光伏矩阵中的具体位置,同时还要确定好箱变在整个光伏布置区域的具体位置,

进而对电缆的截面、长度等参数做出优化。通过合理的布置与设计,能够有效减少电缆购置成本与敷设成本。一般来说,在进行光伏支架的安装时,逆变器和组串间主要通过直流电缆进行连接,区内箱变集电线路主要使用的是串接的方式,线路的长度主要受到集电线路首台箱变位置的影响,而对于其他的箱变位置,对线路长度不会产生影响。其次,应当对各类电缆的截面情况、造价情况与长度情况做出对比,逆变器应当靠近箱变顶角位置进行布置,箱变应当布置在道路的两侧,同时应当布置在光伏子阵的中心区域。如此一来,便能有效减少电缆损耗。另外,在乡道的两侧位置,应当合理布设升压站/开关站。施工期间,如果需要进行山体开挖,应当合理选择站址标高,进而有效控制开挖量。同时,在确保设备吊装工作有序进行的基础上,可以适当抬高站址,这一过程中需要对施工难度与施工进度进行对比,尽可能减少开挖量。

### 2.2.2 最佳容配比的选择

一方面,考虑到光伏组件在寿命周期内功率呈现出逐年衰减的趋势,同时光伏发电系统的组件、逆变器等设备存在着损耗的问题。因此,逆变器输出功率很难达到组件安装容量值,使得逆变器以及相关的升压并网设备容量无法充分利用。鉴于此,具体设计期间,应当对超配要求做出全面的考虑,通过采取针对性措施不断提升工程的经济性。另一方面,因为山地光伏项目

在地形方面有着一定的特殊性、复杂性,组件可以根据山地的具体走势进行合理的排布。具体设计期间,应当加强对 3D 仿真软件与技术的应用,通过开展模拟仿真工作,对组件的排布情况进行优化<sup>9</sup>。除此之外,通过对排布结果的计算与对比,不仅可以得到不同容配比的发电量,同时还能获取年利用小时数,这对于最佳容配比的选择有着重要意义,并且可以提高收益,这一情况应当引起设计人员的重视。

### 2.2.3 逆变器选型

(1) 根据国内外常用并网逆变器型号,采用 100kW、175kW、196kW 及以上 3 种逆变器做方案比较。比较结果如表 1 所示。

表 1 逆变器方案比较

对比项	单台容量	台数	经济性	技术性	适用性
方案一	100kW	32	一般	可靠性高	国内运用广
方案二	175kW	20	适中	可靠性高	国内运用最广
方案三	196kW 及以上	14	优异	可靠性高	国内运用最广

综上所述,经与国内主流厂家沟通,196kW 及以上逆变器可靠性最高,单台故障影响发电量少,运用最广,技术最成熟,供货周期最短。所以推荐采用方案三。

(2) 组串式、集中式与分散式逆变器比较。综合考虑各方面因素,现对集中式逆变器、组串式逆变器、集散式逆变器从技术方案、方案合理性、建设成本等角度进行对比。3 种逆变器从技术角度对比如表 2 所示。

表 2 技术方案对比

对比项	系统设备	系统效率	系统可靠性	组件遮挡影响
集中式方案	组件+直流汇流箱+直流配电柜+逆变器+集装箱基础+箱变,系统设计相对复杂	系统效率较低,主要原因: 1.每个方阵 MPPT 数量最少,组件失配损失较大 2.自耗电大 3.逆变器转化效率 98.3% 4.设备发生故障,影响发电量大	集中式技术成熟度高,系统运行稳定,使用元器件较少,稳定性好,便于维护	由于不同光伏组串的输出电压、电流往往不完全匹配(特别是组件因多云、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性能的下降低
组串式方案	组件+组串逆变器+交流汇流箱+箱变,系统设计简单	系统效率高,主要原因: 1.每个方阵 MPPT 数量最多,组件失配损失小 2.自耗电小 3.逆变器转化效率 98.49% 4.设备发生故障,影响发电量少	组串式技术成熟度高,已经有大规模的应用;元器件较多,集成在一起,稳定性稍差;逆变器数量多,不便于维护检修	组串式逆变器主要优点是不受组串间光伏电池组件性能差异和局部遮影的影响,可以处理不同朝向和不同型号的光伏组件,也可以避免部分光伏组件上有阴影时造成巨大的电量损失,提高了发电系统的整体效率
集散式方案	组件+带 MPPT 直流汇流箱+直流配电柜+逆变器及基础+箱变,系统设计相对复杂	系统效率较高,主要原因: 1.每个方阵 MPPT 数量居中,组件失配损失较小 2.自耗电大 3.逆变器转化效率 98.4% 4.设备故障影响发电量大	集散式产品成熟度低于前 2 种,无大规模商业化应用,使用熔断、风扇等易损件,需要定期维护易损件。防护等级较低	—

从上表可以看出,组串式逆变器,系统效率较高,组件遮挡影响较小,但价格较高,综合比较,虽然组串式逆变器价格高,但相对发电量更高,更加适合应用。因此本工程选用 196kW 组串式逆变器。

## 2.3 重点加强施工关键环节的控制

### 2.3.1 光伏组件支架基础施工

(1) 具体施工期间应当对山地光伏电站的实际情

况做出全面的分析。考虑到混凝土独立基础施工难度大、造价高,并且难以调平。螺旋桩基础对于现场的地质条件有着较高的要求,同时施工难度较大,因而上述基础形式不适合在山地区域使用。施工过程中,应当结合项目的具体状况,可以使用微孔灌注桩的基础形式。

(2) 由于山区地形变化大,所使用的桩基应当结合现场的地质情况选择合理的桩型,直径可以选择

300mm。对于中风化凝灰岩地区，埋深可以控制在1m以上。如果桩基的埋深不到1m，需要根据地下部分的情况，将桩基深入中风化基岩内部1m左右。

(3) 桩基应当采用“随坡就势”的布置原则。需要注意的是，地面控制标高线的角度不能超过10°。具体施工期间，还要考虑到风压系数对桩基的影响，并从造价、安全性等诸多方面，加强对基础施工环节的管控。

### 2.3.2 土建工程

生产区包括电池组件阵列、升压变单元、检修通道等，工程由11个3.125MW子系统，12个2.5MW子系统组成。

电池组件支架采用固定式钢结构支架，支架结构结合电池板大小，按照2排14列布置设计，支架角度为24°，考虑到项目建成后要发展农业，初步拟定组件下沿离地2m。根据现场地质条件，推荐2层全风化凝灰岩做为基础持力层，从经济性和适用性角度考虑，推荐灌注桩基础，支架基础采用直径200mm双排灌注桩，根据地质资料初步估算基础埋深约1.5m，根据地质参数初步估算灌注桩抗拔承载力和竖向承载力均满足要求。主立柱初步拟定采用钢管，主、次梁采用冷弯薄壁型钢结构，斜支撑选用角钢或冷弯薄壁型钢结构，所有光伏组件支架钢结构构件均采用热镀锌防腐，所有钢构支架尽量采用螺栓连接，减少现场焊接，便于现场安装。升压变设备单元采用梁板结构，基础采用独立基础。

管理区主要的建(构)筑物为主变压器基础工程、35kV及站用电预制舱、110kV升压站配电设备构筑物、二次预制舱、无功补偿、储能电池基础、PCS基础等。光伏电站管理区的围墙采砖柱+混凝土连续梁，砖柱高度2.1m(不包含基础)、混凝土连续梁200×1500，围墙高度为2.3m。

管理区内各预装式设备基础采用钢筋混凝土筏板基础，基础埋深1.7m，基础顶部高出场地平均地面暂定为0.4m。

### 2.3.3 施工成本与安全管理

相比于普通电站项目而言，山地光伏电站在施工成本方面较大，采用EPC建设模式，应加强对施工成本的管控<sup>[4]</sup>。施工过程中，总承包商应当结合项目情况，设立监理部门，并且在企业的内部应当专门制定相关的管理制度，重点加强对各类账单的复审，确认无误之后，才能进行签字。总承包商还应当对施工期间的投资情况进行全面的跟踪，对于偏差的部分应当进行详细的研究和分析，找出偏差问题的原因，并通过针对性措施予以解决，进而加强对施工成本的控制。为加强对山地光伏电站的施工安全管理，施工过程中应合理设置

安全防护设施，并严格按照规范要求，为每一位施工人员配备合格的安全防护用品。除此之外，还要专门委派相关的安全员，做好施工期间的安全管理等工作。施工单位要定期做好安全教育，不断增强施工人员的安全意识，避免各类安全事故的发生。通过做好安全管理工作，可以最大限度确保工程如期完工，并有效提升工程施工质量。

### 2.3.4 山区大型设备的运输与吊装

施工期间，会用到箱变、预制舱以及箱式SVG设备等，这些设备的尺寸较大，使得运输、吊装环节的难度增加。此外，由于乡道的宽度在4-6m，一些区域的乡道宽度更小。因此，当设备运输至山区前的一周时间内，应当安排专人进行现场踏勘、核实等工作。此外，应当结合实际情况，确定倒运车辆的规格，并预先做好专项运输方案。对于大型设备的吊装工作，首先应当选用合理吨位的吊车，并合理设置吊装的顺序。除此之外，因为重量大的设备对于吊装环节的半径、起吊高度有着一定的影响<sup>[5]</sup>。因此，在进行设备的布置工作时，应当将上述设备合理布置在靠近中间的位置。

### 2.3.5 光伏组件到场复检

一方面，应当做好外包装、资料检查，并对组件的功率衰减等参数做好检查。另一方面，一般在晚上进行检查工作，重点检查组件是否存在线状隐裂、碎片等问题。

## 3 结语

光伏项目建设能发挥节能及环保作用，符合地方电力发展的方针，对地方经济发展和环境保护的贡献巨大。在开展山地光伏项目EPC建设工作时，应加强对山区地形状况的分析，重点做好组件排布、支架基础施工等。同时，还应加强施工期间的安全、质量、进度管理，积极做好大型设备的运输、吊装。

### 参考文献

- [1] 亢超. EPC光伏电站工程建设过程的项目管理探讨[J]. 科技创业, 2015(17): 68-69.
- [2] 张涛. 试论光伏电站的工程建设项目管理策略应用[J]. 建筑知识, 2016(5): 110-112.
- [3] 马传帅. 山地集中式光伏电站防火经验教训探析[J]. 新能源, 2020(7): 119-121.
- [4] 夏云. 浅析EPC总承包模式下项目成本控制[J]. 价值工程, 2015(3): 81-82.
- [5] 高成. 分布式光伏发电项目建设中的安全管理研究[J]. 自动化应用, 2017(1): 1-2.

作者简介: 黄锡斌(1977—), 男, 汉族, 浙江衢州人, 本科, 工程师, 主要从事光伏项目管理工作。