

复杂山地大型风电工程施工关键技术

王 龙

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

DOI:10.12238/etd.v3i7.6019

【摘要】: 在“双碳”目标的推动下,我国风力发电得到了快速的发展,山区型风电场已经成为我国风力发电发展的主要方向。为了充分发挥风力资源的作用,山区风力发电设备通常都是沿高海拔的山脊进行布置,在这种交通、通讯、施工等条件比较恶劣的情况下,再加上对生态环境的高要求,使得项目的施工变得更加困难。本文正是在这样的背景下,以一个山区复杂的大型风力发电项目作为研究对象。最后,对该系统在实际应用中遇到的一些问题进行了探讨。

【关键词】: 复杂山地; 大型风电; 工程施工; 关键技术

中图分类号: TK83 文献标识码: A

Key Technologies of Complex Mountain Large Wind Power Project Construction

Long Wang

China Water and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., LTD. Henan Zhengzhou 450000

Abstract: Promoted by the dual-carbon goal, wind power generation has been the rapid development in our country, mountain wind farm has become the main direction of the development of wind power in our country. In order to give full play to the role of wind resources, wind power generation equipment in mountain areas is usually arranged along high-altitude ridges. In this case, the traffic, communication, construction and other conditions are relatively bad, coupled with high requirements for ecological environment, making the construction of projects more difficult. In this context, this paper takes a complex large-scale wind power generation project in a mountainous area as the research object. Finally, some problems encountered in the practical application of the system are discussed.

Keywords: Complex mountain; Large wind power; Engineering construction; Key technology

引言

《2030年前碳达峰行动方案》提出,到2030年,风电和太阳能装机总量将超过12亿kW,但目前风电和太阳能发电还远未达到国家可持续发展水平。由于高纬度区域人口稀疏,风力资源丰富,是风电发展的理想区域,然而由于其特殊的环境条件,如何在这样的条件下有效地进行施工,这是一个亟待解决的问题。

1 工程概况

某风电场工程位于海拔3000~4000m的高原山区,项目一共有36台风机,装机总容量约为129MW,风机轮毂中心高度90m、叶片长度72.5m。场址区域的气候属于典型的高原寒冷气候,其平均温度为6.3℃,一年中5级以上风天气有300多天,在6到11月份经常出现大雾和暴雨天气,还有大量的超长持续降雨和大风等天气。

2 需解决的关键性问题

(1) 场地地区的地势较高、交通线路较长、道路狭窄、条件较差;由于多雨天气,在工程建设过程中,公路两边的山体经常发生崩塌,造成了交通的中断和交通的不便。因此,要采取行之有效的措施,以保证公路的通畅,同时也为大型

风机和建筑物料的运送提供有力的保障^[1]。(2) 针对高海拔地区的恶劣天气,本项目拟在此基础上,采用C40抗冻融性能优异的大体积混凝土,八卦式异形基础,单基础浇筑体积374-485立方米。在混凝土浇筑时,由于道路条件较差、运输距离较长、天气条件较复杂,因此,在混凝土浇筑时,应采取适当的混凝土入仓方法,优化基础混凝土浇筑工艺,并在特殊的季节做好混凝土的养护,这些都是影响混凝土质量的重要因素。(3) 在山区环境下进行的风机安装工作,由于吊车工作状态复杂,天气状况变化频繁,经常有大风、大雨、大雾等恶劣天气,导致工作时间较短,很难控制吊装工作的安全、质量和进度;项目中的风机种类较多,在各个机位的工作情况也不尽相同,因此,在保证安装质量和安全的前提下,要对吊装工艺进行优化,从而加速吊装进度,保证投产目标的实现,这也是需要我们需要重点解决的问题^[2]。

(4) 由于该项目位于偏僻的山区,交通不便,道路上存在大量的信号盲区,且多数建设地区没有移动电话的通信信号,给生产指挥调度和对外沟通协调造成了极大的不便,极大地限制了该项目的正常进行。(5) 风电机组位于山地的森林和草场地带,是一个生态脆弱的地区,因此,做好建设过程

中的环保和安全保障工作，是保证建设进度的首要任务。

3 施工关键技术

3.1 道路保通技术

由于雨水过多，公路两边的山体经常发生崩塌，造成交通中断和运输困难，采取了“专人值班巡查，小分队突击处理，视情况分段保通”的办法，保证了公路的畅通无阻，并解决了风机零件和物资的运输难题。在陡峭的斜坡上，采取了拖拉的方法；对于泥石流路段，采取混凝土护坡、挡墙防护的办法来保证通畅；对滑坡段及时进行了清理和加固，保证了路面的畅通。在此基础上，根据现场实际情况，选取适当的临时性设施，将路面条件对工程的影响降到最低。风力发电装备的运送难度在于如何处理山区风场中的长条形叶片，而长条形是其与其他风机相比的一个重要特征。针对风力机叶片的特点，提出了一种用于风力机叶片搬运的专用车辆，并提出了一种用于风力机叶片搬运的专用车辆。叶片运输车包括：叶片安装部和支撑件；支撑件的上端与叶片运输车的叶片安装部连接。本实用新型提供的叶片运输车，由于在叶片拆下后，由支撑件对叶片安装部起到支撑作用，从而防止叶片安装部在转动的过程中对叶片运输车的倾翻危险。由此，使用者可在叶片拆下后，对叶片安装部进行转动，并可使叶片安装部360°旋转，不会导致车体倾翻危险，同时也不受路段空间限制，方便使用。这种专用车在运行过程中，能够利用液压控制提升叶片，并能够360度转动，避开运输过程中的各种限制障碍（山体边坡、树木、桥梁、架空线路、隧道等），从而能够极大地缩短叶片运输车体长度，提升曲线通过能力。

3.2 风机基础混凝土施工技术

风机的基础混凝土结构是八爪型的，它所处的位置是在高原高寒的高纬度区域，温度比较低，所以混凝土的初凝时间会比较长。在进行斜面混凝土浇筑的时候，经常会出现下面一层混凝土的成型时间过长，从而造成上面一层混凝土在振捣的时候会出现流浆而不能正常浇筑的问题。但由于风场中风机位置分布广，运输距离长，且道路恶劣，运输时间长，因此对混凝土的性能要求也高。（1）混合料的最佳配制。在此基础上，加入聚丙烯防裂纤维和减水剂，提高基层的抗裂性和抗冻性，并及时调节缓凝剂的掺量比（0.1%~0.5%），保证了输送期间的质量，缩短了初期入仓的混凝土形成的时间，提高了混凝土的入库速度。（2）构建方法。地基为八爪式异形构造，模板为固定钢板；在混凝土拌和站内，配备了两套HZS90混合器，保证了在浇注时，不会因为混合器的问题而造成浇注的中断；配有22台水泥罐车，2台后备，保证了水泥罐在运输中的运输时间和效率^[3]。为了加速风机基

础底板及核心筒的浇筑，使用2台搅拌机同时进行生产，并使用“天泵、布料机、溜槽”的结合方式入仓，这样可以有效地提升混凝土的入仓效率，从而大大地缩短了混凝土的浇筑时间，还可以防止由于白天和晚上的温差而导致的混凝土质量问题。在混凝土浇筑高度达到底板顶面高程后，使用1台搅拌机出料，并拆除溜槽和布料机，减缓混凝土入仓速率，待底板混凝土能够支撑起环梁和肋梁混凝土后，开始浇筑肋梁混凝土。风机基础按台柱（芯子）→底板→局部肋梁、局部环梁→局部台柱（芯子）→局部肋梁→局部台柱（芯子）的次序浇注。在浇注的时候，在图1中可以看到划分的图表。由于在冬天进行了一些地基的混凝土浇筑，夜间的温度比较低，因此，采用了蒸汽养护的方法，即建立一个封闭棚，并放置一个封闭棚，使封闭棚中的空气温度保持在5℃以下。在混凝土初凝后、终凝前做好二次抹面，在终凝前用塑料薄膜覆盖整个基础混凝土表面，防止水分蒸发过快，之后用保温被进行保温，养护不少于7d。

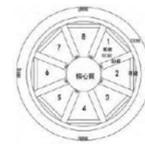


图1 风机基础分区示意

3.3 风机吊装技术

由于风机种类的不同，各机位周围的工作条件也不一样，因此，根据各机位的实际情况，对各机位的安装布局、吊装进行了详细的研究，并按照“一机一案”的原则，进行了一次又一次的安装，确保了吊装的准确性。对于一些机位达不到吊装要求的问题，可以提前规划好主吊站位、主吊组杆立杆方位，辅吊位置、塔筒及风机叶片摆放位置，采用增大平台或开挖叶片槽的方法，这样就解决了平台面积不足的问题，节约了吊装工期。按照设计要求，利用从基坑中排出的土和石料，对该工程的基坑进行了回填。为了达到吊装的要求，需要对土石方的回填情况进行检验，并且在吊装过程中，要铺设一块有一定强度的地基板，以保证在吊车吊装过程的主体的稳定性。风机吊装的整体工艺过程包括：塔架吊装、机舱吊装、发电机吊装、叶轮装配、叶轮吊装。第一、二节用260吨的汽车吊和75吨的履带吊分别吊装，第三、第四、第五节用800吨的履带吊。采用这种吊装方式，一、二节塔筒的吊装不会受到履带吊转场的影响，还可以节省出平台面积来堆放其他设备，从而缩短施工工期。在传统的一、二节塔架吊装中，首先要将一节塔架上的所有螺栓拧紧，然后再进行另一节塔架的吊装。机舱和发电机的吊装使用的是800t履带吊，它的工作条件是：96m主臂+12m副臂，主副臂夹

角10°,工作半径22m,180t吊钩(双滑轮组),进行吊装。在22米的工作半径下,它的额定负载是153吨。螺旋桨的装配与吊起,风力在8米/秒以上时,严禁吊起螺旋桨。在本项目复杂的山区环境中,一年中5级以上风天气有300多天,一年中10-12月份为强风季节,平均风速为12m/s,有效的吊装施工窗口期短,在地面组装好轮毂、叶片、后起吊叶轮的方法,其受气候和风速的影响不大,在叶轮组装完毕后,可以在短暂的“黄金吊装窗口期”内进行叶轮吊装,从而提升吊装效率。在吊装的时候,考虑到天气的复杂和风速的变化,采取了“分析同期风速数据,提前预测吊装时段,计划实施吊装工作”的方式,可以有效地缩短吊装的时间。

3.4 视讯通信技术

为了解决山区复杂环境中的通信联系问题,要构建一个基于风光互补的联合自主供电的通信系统,从而达到了施工现场的无线信号覆盖和通信联系。本项目提出一种基于“弱通信信号接收—二次放大—传递”的新型可视通信系统,可在山区风电场建设区实现视频通信信号的全覆盖,并可有效解决建设区信号盲区的视频通信难题^[4]。

3.5 环保水土保持技术

在施工区域中,道路工程区、风机工程区、升压站工程和弃渣场区是施工区域。根据高寒山区的生态环境需求,根据不同工作区的特征,综合采用“施工阶段裸土覆盖,浅表土剥离覆盖,珍稀树木就近移栽,撒播种草修复植被”的方法,注重施工过程中的环境保护。

3.5.1 道路工程区

在挖路基之前,先将占用区域的表层土层剥离,然后将占用区域的土层集中堆放,并用防水布遮盖。填方路基的坡脚处用干砌块和钢丝网格条挡墙。在完成了道路施工之后,在挖方路基边坡脚修建排水沟,在出口设沉沙池,在土质挖方边坡展开喷播植草,在道路路肩及填方边坡展开表土回覆,之后撒播种草。

3.5.2 风电机组工程区

将表层土层剥离后,集中堆放在起重现场,暂时进行遮盖。在完成工程后,对土质的挖方边坡面进行喷播种植,对填方边坡和平台面进行表面覆盖处理,然后撒播种植,对箱式变电所占据的范围进行砂砾覆盖。

3.5.3 升压站工程区

将该区域的表土剥离后,集中堆放在该升压站的占地面积上,临时的堆土层和裸露的土层表面都要用防水布遮盖;在现场安装雨水管道,在挖方边坡脚安装一条排水沟渠,在升压站出口框架所占用的地面上,使用碎石对地面进行了覆盖,在没有硬化的地面上,对地面上的地面进行表土覆盖,

在建筑周边进行了景观和植物的种植,在填方边坡上,为了避免土壤侵蚀,还需要在地面上种植一些植物。

3.5.4 弃渣场区

在施工之前,要对弃渣场区域内的珍稀树木进行就近移栽,在堆渣之前,将表土剥离出来,然后集中堆放,在临时堆土的周围,使用编织袋土坎拦挡,并在表面覆盖防尘网,在挡土坎的外侧设置临时排水沟,在出口设临时沉沙池。在边界线附近设置截流和排水沟,并在出口处设置沉砂池;在堆渣坡脚要砌筑挡渣墙和拦渣坝,在堆渣完成之后,要对扰动区域进行表土覆盖,在弃渣场的顶面和坡面上都要进行播种和种草,以降低土壤侵蚀。

4 施工效果

在风电场的施工过程中,在相同的情况下,单仓风机的基础混凝土的浇筑周期从14-15小时减少到9-10小时,大幅提升了山区风力发电的施工效率与质量;与类似的山区起重设备相比,起重设备的起重时间缩短2-3天,起重设备的起重效率提高20%。本文所举例的风电场比计划工期提前90余天完成全部基础浇筑任务;首台机组已于2021年10月31日并网发电投入运行;2021年12月20日,风场36台机组全部装机容量并网,完成年内开工、年内全容量投产目标。

5 结束语

目前,国家对新能源产业的支持力度很大,中国风能资源丰富,且风能技术日益成熟,装备费用逐渐降低,基本已经实现了“平价”,未来十年内是我国风能产业发展的“黄金时期”。山区的风能资源丰富,土地利用面积小,加上国家对新能源如风能的开发和利用,山区的风能开发具有很大的潜力。以高原寒区大型山区风力发电工程的施工关键技术为基础,成功地解决了一系列的施工问题,从而有效地实现了在复杂山区条件下,在雨季能够及时、高效地进行物资材料的运输,缩短风机的基础浇筑时间,并确保了混凝土的浇筑质量。在保证风机吊装安全的前提下,还提高了吊装效率,并且工程施工符合生态环保要求,获得了良好的工程效果,为高效地建设类似工程提供了借鉴。

参考文献:

- [1]张栋.山区风电工程特点与风机吊装技术[J].水电与新能源,2014(3):66-68.
- [2]娄近水,李太周.基于风机主机的风电吊装技术[J].华电技术,2014(12):121-123.
- [3]杜全林.风电工程吊装技术要点分析[J].山西建筑,2018(35):90-91.
- [4]谢磊,魏学升.山地风电风机设备吊装组织管理[J].中国电力企业管理,2020(18):88-89.