

山地河谷风电项目机组设备运输与吊装 安全风险控制探讨

杨先刚

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川成都 610072)

摘要:四川境内具有丰富的风能资源,尤其是在山地、河谷地区风能资源最为丰富。随着国家产能结构的调整,近年来,四川风电产业发展也进入快速发展阶段,风电项目在四川西部、南部山地、河谷地区陆续开工建设。在山地、河谷地区风电项目建设过程中,风电设备的运输与吊装作业虽然一直作为重大风险进行管控,但事故仍然经常发生。如在川西山地某风电EPC总承包项目施工中,就发生了运输车辆侧翻损坏风机叶片、高压输电线路击穿断电等几起运输事故,虽未造成人员伤亡,但给项目成本与工期均带来了不利影响,事故原因主要在于项目对设备运输与吊装过程的安全风险缺乏严格控制。以川西某河谷风电场为例,详细阐述了风电项目设备运输与吊装过程中采用的安全风险管控方法与措施。

关键词:风电项目;设备运输;安全风险;控制

中图分类号:TK89;TK83;TV523;TV75

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)增1-0105-04

1 风电项目运输与吊装过程安全风险控制的重要性

1.1 风电项目安全风险特征

(1)地理位置偏僻,交通不便,运输环境出现事故的风险高。

虽然山地、河谷风能资源丰富,但其地理位置偏僻,机位分散,部分机位交通不便,运输作业风险高。

(2)地形复杂,施工场地狭窄,作业环境事故风险高。

山地河谷地带地形复杂,部分机位施工场地狭窄且气象多变,安装作业实施难度高。

(3)运输、吊装属于特别危险作业,作业过程事故风险高。

风机机组一般分为塔筒和风机两部分,组件主要包括塔筒节和风机(轮毂、叶片)、机舱、发电机,以川西山地某风电EPC总承包项目为例,塔筒节单体重量平均为40 t,风轮总重为67.3 t,风轮加叶片直径为120 m。参照相关法律法规、依据以上分析可知,风机机组设备的运输与吊装均属于特别危险作业,事故风险高。

1.2 运输、吊装作业安全控制对项目的影

(1)对项目成本控制的影响。

设备采购成本是风电项目成本的重要组成部分,一般而言,设备成本大约占风电项目总成本的

70%~80%,机组总装机容量越大,设备成本占比就越大。以川西某山地风电EPC总承包项目为例,共需安装80台、单机容量为2.5 MW的风机机组,项目中标价为15亿元,测算费用平均为1800万元/台,而单台2.5 MW风机机组采购费用即为1300万元,占比高达72%。如果在其运输、安装过程中发生设备组件损毁,对项目的成本控制非常不利。

笔者依据以上分析,从控制成本的角度出发,认为风电项目成本控制与风机设备的运输、吊装作业安全风险的控制息息相关。

(2)对项目进度控制的影响。

①风电项目要求的项目工期较短,一般不会超过1 a,因此,项目施工总浮动时间几乎为零。笔者仍以上述风电EPC总承包项目为例,合同工期为6个月,采取平行作业,平均每4 d完成两台机组的运输、吊装、安装,所占直线工期为5个月,如果在运输、安装过程中发生设备组件损毁,且因风机机组组件制造周期一般为7 d,从出厂到临时堆放场的运输时间需要2 d,则可能影响到的项目工期为9 d。例如上述某风电EPC总承包项目在一风机机组运输过程中,曾发生过运输车辆倾翻导致叶片某处发生轻微凹陷的事故,虽然凹陷部分微小,但为了保证风机使用寿命,设计人员要求重新制作,耽误项目工期7 d。

②风电机组对设备组件的完好性要求较高,

收稿日期:2017-04-06

设备组件即使轻微掉漆都需要及时修补;如果发生变形或损坏,一般情况下均需返厂修正或重新制作。损坏事件一旦发生,无疑会对项目工期产生影响,严重时会造成不可挽回的损失。

依据以上分析,从控制进度的角度看,风电项目进度控制与设备运输、吊装作业的安全风险控制密不可分。

(3)对项目安全绩效的影响。

另外,风机机组设备运输与吊装事故有时不但会造成设备的损坏,还有可能造成人员伤亡;事

故不但对项目的绩效产生不良影响,严重的可能会导致承建单位丧失继续进行风电建设的资格。

2 设备运输与吊装作业安全风险分析

风电机组设备运输与吊装过程风险控制对成本、进度、安全的影响均较传统的水电项目体现的更明显。因此,风电项目设备运输与安装过程安全风险的控制应是风电项目安全控制重点中的重点。

在风电项目施工中,设备运输与吊装过程安全风险分析见表 1。

表 1 设备运输与吊装作业安全风险分析表

序号	风险因素	原因分析
1	车辆倾翻	<p>(1)在山地风机设备转场运输作业中,载重车辆对临建道路的要求高。但由于地理条件限制,临建道路未达到设计标准。</p> <p>以川西某 EPC 山地风电总承包项目为例:①临时道路利用时间短、利用率低,为节约成本,一般采用临时铺填碎石的方式,部分路段经雨水浸泡导致地基承载力不足。②临时道路宽度受限,道路修建时因两侧房建、基础设施、农田等因素影响,造成部分路段宽度不足。③临时道路坡度较大,部分路段因地形限制坡度大、弯道多,坡度超过设计要求。</p> <p>(2)驾驶员操作失误。</p>
2	车辆失稳	<p>(1)运输车辆的选择不能满足风机设备特性要求。</p> <p>以川西某 EPC 山地风电总承包项目为例,2.5 MW 121 机型单个叶片重达 80 t,叶片长度为 60 m,车货总重将达到 120 t;扬举高度最高超过 50 m;车辆宽度达 5 m。如果选择一般车辆或带病车辆运输,无论是上坡或下坡路段都存在较大风险。</p> <p>(2)对于超长、超重件(如叶片)运输方案的选择错误。</p> <p>以叶片运输为例,叶片长度一般在 60 m 以上,如采用前扬举运输方案,在经过下坡路段时,车辆重心会发生前移,可能会造成前轮下陷、后轮悬空而致使后轮刹车无法有效工作,将导致刹车失控。</p> <p>(3)驾驶员操作失误。</p>
3	车辆擦刮	<p>(1)未提前清理道路两侧的障碍物。</p> <p>以叶片运输为例,叶片转运时,需要的转弯半径较大,如果道路两侧的房建、基础设施(如电线杆)、道路两旁绿化带等与叶片的安全距离不足,可能会造成擦刮而导致叶片损害。</p> <p>(2)未根据设备特征超前采取相应的措施。</p> <p>叶片扬举高度一般达到 50 m。在通过横跨道路的高压线时,如不采取相应措施,可能会因为安全距离不足发生高压击穿或触电事故。</p>
4	起重伤害	<p>(1)吊装作业时突发异常天气状况。</p> <p>山地、河谷风电项目多处于多风、大风地带,且属于小气候气象区域,天气多变。</p> <p>(2)存在导致设备重心偏移的风险因素。</p> <p>①以川西山地某 EPC 风电总承包项目为例,风机设备组件重量大,尺寸大,部分设备需抬吊,加之其形状不规则,可能发生吊物重心偏离、重心不稳而导致吊物脱落,严重者可能造成起重机倾覆。</p> <p>②吊装场地地基承载力不足。</p> <p>(3)山地风电场吊装作业场地狭窄。</p> <p>风机设备吊装通常采用 600 t 履带吊或者 1 200 t 汽车吊作为主吊设备,并配备两台 70 t 汽车吊进行辅助施工,一般需要边运输、边吊装,不同型号的吊车在同一个狭窄的工作场地内卸货、吊装,操作不慎可能会引发碰撞事故。</p> <p>(4)作业人员集中,设备事故可能引发人身伤害。</p> <p>(5)吊车驾驶员操作失误。</p>

3 设备运输与吊装作业安全风险控制

3.1 避开雨季施工

雨水是影响路基承载力与吊装作业场地地基承载力的重要危险因素,一般情况下,临时道路在雨天过后都需要及时进行碾压和修整,而川西山地雨季多雨,雨季的降雨天数约占雨季 2/3 长的

时间。在这种情况下,若要保持路基承载力满足要求是非常困难的。

另外,川西山地雨季时天气多变,雷雨天气多发,按照规范要求,雷电、大风天气时禁止野外吊装作业;而风电机组吊装作业持续时间长,遇到雷电、大风天气则需紧急停止作业。如遇突发雷暴

天气,起吊设备甚至都不能及时进行拆卸处理,而不能及时拆卸的起吊设备有遭遇雷击的风险。如进行拆卸处理,人员在雷暴天气下进行高空作业,既是规范不允许的,也存在极大地安全隐患。雷雨天气过后,又需进行地基承载力测试,甚至还需要进行地基加固处理,且地基处理与设备堆放作业相互干扰,费力费时。

山地、河谷风电场应尽量避免雨季施工,这是控制运输与吊装作业安全风险的首推规避措施。

3.2 预先组织安全交底

预先组织安全交底是减轻运输与吊装作业安全风险的重要减轻措施。

在项目开工前,对以上风险分析的内容及控制措施的交底是非常必要的。通过对管理人员(包括施工技术人员、施工管理人员和安全管理人 员)、各工种操作人员进行交底,能够让管理人员和作业人员明晰作业存在的潜在风险,了解防范措施,减少误操作。

3.3 风机设备运输作业安全风险控制措施

3.3.1 合理规划线路和运输方案是风电机组设备运输安全风险减轻的关键措施

(1)设备运输前,必须进行道路查勘,进行线路规划设计。

山地风电因其地形复杂,应根据不同机位的情况和道路两侧障碍物等勘察登记情况制订相应的运输线路规划设计。规划设计主要包括以下内容:

①进行道路查勘,对起运点至风机机位之间的地形、地貌、资质状况、地表建筑、物体等进行查勘,登记地表建筑、物体并标明位置,编制路勘报告。

②规划路线,依据查勘报告,对如何进行运输进行规划,编制设备运输专项方案。运输方案应尽量选择利用原有道路,并对原有道路两侧影响大件运输的障碍物提出处理方案。需修建临时道路时,该路线的选择应尽量避免如房建、树木、固定设施、空中输电线路等影响大件运输的障碍物。

③根据风电设备的重量、长度、高度、宽度,运输车辆尺寸和自重等,制订临建道路地基处理方案(满足承载力要求)、宽度、坡度以及弯道的转弯半径。

(2)必须按照规划路线的标准要求组织临时

道路修建,并尽量保证道路宽度、坡度满足路勘报告要求。对于山地风电项目来说,为节省成本考虑,部分路段宽度或坡度可能会达不到路勘报告所规定的标准。应采取相应的替代或加固措施,如对于较陡的路段,采用混凝土硬化措施以增加地基承载力和摩擦力;在道路宽度不足的路段,铺设钢板实施加宽。

(3)临时道路修建完成、设备运输车辆进入前,必须进行地基承载力试验,并依据路勘报告要求进行验收,如验收不合格,必须对验收不合格项进行整改,直至验收合格为止。对于上述提出的临建道路宽度或坡度由于地理条件、外部因素限制不能满足设计要求的路段,应采取相应的替代措施或加固措施,如对较陡路段采用混凝土硬化措施,以增加其地基承载力和摩擦力;在道路宽度不足路段运输时铺设钢板等。

(4)依据规划运输的风电设备组件,尤其是叶片的长度、高度要求,组织并实施道路两侧障碍物的处置措施,如发现规划与实际有出入时,应对规划进行修正,如选择其它成形成道路运输等,尽量避开建筑物、固定设施、空中输电线路等的干扰。如果障碍物无法避开也无法拆除时,应制定规避措施,如国道、省道或县道公路路段,虽然道路宽度与坡度均满足要求,但在遇到标明的障碍物时,还应有针对性地制订扬举车及拖车通过时的设备高度、转向、高度方面的要求。

3.3.2 严格方案实施是风电机组设备运输安全风险的重要减轻措施

(1)设备运输车辆必须为专用车辆,如运输叶片必须用扬举车。运输前,需对运输车辆进行安全检查,发现隐患应及时整改,整改不合格禁止运输作业。

(2)雨水天气前后,应对道路的地基承载力进行检测,待其达标后方可组织运输或对地基承载力不达标路段进行换填或铺设钢板后再组织运输。

(3)运输过程中,应安排安全人员旁站监督;运输车辆需保持匀速行驶,以保证其运行平稳。运输车前应安排开道车,负责广播和疏通前方道路,在车多人多路段,应及时指挥运输车停车避让;在弯道、道路两侧有公共设施、林木、架空输电线路等路段时,应及时指挥停车,根据运输方案规

定的操作方法,调整扬举角度、方向以控制风电机组设备的高度和方向,保证其安全通过;运输车后应安排警戒车,负责警戒并遥控扬举;开道车与警戒车及安全人员均应配备对讲机,以便沟通联络。

3.3.3 设备组件装卸的安全风险控制措施

(1)风电机组设备的吊点、重心点等相关控制点一般在设备组件上都有明晰的标注,装卸时均应按控制点捆绑吊带或钢丝绳,以免造成吊运时设备组件重心不稳而滑落。

(2)卸货时应摆放合理,尽量避免设备再次挪动。

3.4 风机设备吊装作业安全风险控制措施

3.4.1 合理规划吊装方案是风电机组设备吊装安全风险减轻的关键措施

(1)吊装前,编制作业指导书或安全专项方案并进行交底。方案中应包括吊车、吊物(设备组件)、卸货场、临时存放设备的布置方案;起吊场地地基处理措施;根据风机设备组件重量、尺寸、形状等分别制定的起吊安全措施及设备抬吊安全措施等,并必须组织专家评审并报请相关单位如监理单位审批。

(2)吊装作业方案应特别明确起吊作业负责人、安全管理人员、起吊作业申请人和签发人。

3.4.2 制定并严格实施吊装作业许可制度是风电机组设备吊装安全风险减轻的又一关键措施

(1)编制准吊申请表,表中应明确作业内容、作业时间、作业地点、作业准备工作完成情况、申请人、签发人等信息。

(2)编制安全检查表,将吊装作业应具备的安全条件编制成表,表中应明确对天气状况的检查内容,如天气、风速等;应明确周围环境的检查内容,如作业场地周围是否有高压线等影响作业安全的风险源等;应明确对高空作业人员的要求内容;以及对吊车安全附件的检查内容、对吊具完整性和防雨的检查内容等。

(3)在吊装作业开始前,起吊作业申请人填写申请表。

(4)签发人对照检查表内容逐一检查,若发现有不符合要求的地方应及时督促整改,如遇到吊物与高压线安全距离不足时,必须协调相关部门停电;禁止患有高血压、心脏病等不得从事高空

作业的人员参与作业。

(5)检查合格后方可签发准吊申请。在准吊申请签发后方可实施起吊作业;在未签发准吊申请前,严禁实施吊装作业。

(6)吊装现场实施封闭施工,无关人员禁止入内。

3.4.3 严格吊装方案实施是风电机组设备吊装安全风险的重要减轻措施

吊装过程中,应严格按照作业指导书进行吊装作业。安全管理人员配戴醒目标志负责全过程旁站监督,重点监督以下内容(包括,不限于):

(1)起吊作业各过程是否按审批的措施组织实施。

(2)作业人员是否劳保着装;是否严格遵守安全操作规程。

(3)高空作业的作业平台是否绑扎牢固,临边防护是否到位。

(4)密切关注天气状况,当风速达到安全吊装的警戒值时必须停止作业,同时做好相关设备的防护工作。

除上述预防措施外,风电机组设备运输与吊装的事故应急管理工作也是风险控制的重要环节,尤其是山地风电项目更应将应急管理工作作为项目的重点工作进行管控,应急管理的主要内容包:编制应急救援预案,组织评审和演练,储备应急物资,进行应急救援交底与培训等。笔者主要阐述的是预防控制措施,限于篇幅,对于应急管理的内容在此不在赘述。

4 结语

风电机组设备的运输与吊装是山地河谷风电项目的重点工作。笔者以川西某山地风电项目为例,从山地河谷风电项目的安全特点、运输与吊装作业安全风险分析入手,依据经验教训,探讨了山地河谷风电项目风机机组设备运输、吊装安全风险控制措施。安全工程属于系统工程,博大精深,笔者限于认知水平,文中存在不全之处,仅供参考。

作者简介:

杨先刚(1973-),男,河南信阳人,高级工程师,国家注册安全工程师,国家爆破工程师,从事工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)