

超高海拔地区风机组件运输安全浅谈

赵铁山 杨 浩

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 四川成都 611130

遂宁川能水务有限公司 四川遂宁 629000

摘要: 本文结合西藏措美风电场风机组件运输管理过程,分析了风机组件运输过程中的主要风险点,探讨了如何开展风机组件运输安全管理工作。我国很多风场建立在山区或沿海地带,进场道路蜿蜒曲折,且风机叶片均较长,若按传统的运输方式运输叶片将难以通过且不能保证运输的安全性。提出了新型叶片运输方案,通过叶片方位角调整机构可改变叶片的方位角,在运输过程中躲避周围山体、丛林等障碍物,提高了运输的通过性;提出了采用激光测距系统对运输路线进行前期道路勘查,实际运输时采用超声波系统避障报警,提高了运输的安全性;通过试验,验证了运输方案的可行性。

关键词: 超高海拔; 风机组件; 运输安全

1. 引言

随着国家能源战略的调整,风力发电作为干净清洁能源之一,是能源战略调整的重点,目前已逐渐推广到了西藏等高海拔地区。西藏地区地广人稀,风力强劲,实施风力发电,既不干扰民生,还能提升当地经济,造福当地。但是对于高原地区来说,交通条件薄弱,路况复杂,而风力发电设备均属于超长超重件,且组件无论是运输价格还是组件本身价格,都属于高价设备,损伤修复或更换组件都需要付出较高的经济投入,在采用车辆运输风机组件时,应确保运输安全,确保保证工期,控制成本。

2. 工程概况

措美风电场位于西藏山南地区,风电场海拔约5100米,安装高度为世界上在建风电场海拔高度之最,目前,国内外均无在此海拔高度建设风电场的经验,下面以措美风电场为例,阐述如何保证超高海拔地区分风机组件运输安全。

3. 风机组件运输安全保证措施

3.1 风机组件运输线路改造及新建工程相关方工作界面划分

根据合同惯例,风机组件运输道路改造及新建工程涉及的相关方及界面划分见表1。

作者简介:

赵铁山:(1986—),男,四川省南充市阆中市人,工程师,从事工程项目管理工作。

杨浩:(1986—),男,河南信阳人,工程师、国家注册安全工程师,从事工程项目安全与环保管理工作。

表1 风机组件运输线路改造及新建工程相关方工作界面划分表

相关方	工作界面	工作要求
业主公司	按照运输合同要求,承运合同范围内大件设备至指定地点。主机设备一般均由业主招标采购。	场内外道路改扩建、新建总协调
总承包单位	按照道路改扩建或新建合同条款,修建满足合同要求道路,以满足风机组件运输安全通行条件	牵头组织协调各相关方,开展运输道路改扩建、新建施工、验收,并组织风机组件运输试运行工作。
风机设备供应商	委托风机组件运输单位实施场外道路改扩建、新建及组织、协调大件设备运输事宜等合同范围内工作	按照设备合同范围,道路改扩建总价包干,满足大件安全运输条件
场内道路施工方	按照道路改扩建或新建合同条款,修建满足合同要求道路,以满足风机组件运输通行条件	按照道路设计图纸及规范进行道路施工改扩建、新建
场外道路施工方(由风机厂家直接委托实施)	根据风机设备供应商和其签订的分包合同要求	按照分包合同,完成道路改扩建、新建,满足风机组件运输条件
注:在实际中分界点以合同约定的界面为准。		

3.2 风机组件运输线路改造及新建工程工作内容

根据表1,场外道路改扩建或新建工作内容含在风

力发电机组设备合同条款中（主机设备供应商再分包风机组件运输施工队伍进行道路改扩建、新建）；场内道路改扩建或新建工作内容作为风机基础土建施工阶段的前置条件，场内道路改扩建或新建工作内容包含在风机基础建安合同条款中，由总承包单位或总承包单位组织专业承包单位施工，并保证道路施工进度、质量、安全可控，且满足风机组件运输条件。

工作内容总体概括如下：风机组件运输道路分为场外道路和场内道路两类，分界点以合同约定的工作界面为准，谁修建、谁维保，谁使用，谁维护。

3.3 风机组件运输线路踏勘

运输线路踏勘是运输方案的设计的基础，是对可行线路方案进行“实地”运输的演习，在运输前必须进行运输线路的踏勘。由于风机组件不同，应根据组件的轮廓形状、体积、大小、重量对线路进行分析，基本方案和步骤如下：

1.明确踏勘重点，如桥梁、隧道、转弯半径、道路宽度、道路限高、道路空障、道路会车点等，初步制定多条线路方案。

2.检验装卸的机械设备和计算及估算车辆的通过性。

3.在堆场至风机机位之间，还应考虑以下问题：

(1)临时堆场至机位之间的运输线路标准；

(2)堆场与机位之间的原有道路是否满足要求，是否需要清障或者采取绕行措施。

(3)堆场与机位之间的临时道路修筑是否满足要求；

(4)运输时需要考虑的天气因素、适合运输时间段，在适宜时间段应能保证完成运输；如不能保证适宜时间段组件完成运输，还应采取其他措施等。

3.4 运输方案设计

在踏勘的基础上，进行运输方案设计，安全可靠是运输方案设计的首要原则，应对吊装就位、装载加固、路途运输、卸车摆放等进行分析和科学计算，确保方案科学，能精准指导操作。其次还应在保障安全可靠的前提下，对运输方案进行优化，采用最适合的设备和车辆，选择最经济的路线，降低运输费用，控制运输成本。第三，运输方案还应责任到人，明确各个环节的操作、监督工作标准和要求，实施双重把关，确保运输安全。

根据踏勘提出的可供评估的运输线路，按照上述两条原则对运输的安全和可靠行进行综合评估，通过专题会评审确定最终方案。

3.5 运输道路的改扩建及新建

运输道路的改扩建及新建是运输安全的重要保障，根据设计方案，应共同推进运输道路的改扩建及新建，

主要工作如下：

1.成立风机组件运输线路改扩建及新建工作推进小组：业主方、总承包方、道路承建方、道路使用和维护方均纳入工作推进小组，并达成推进小组工作机制共识。

2.定期或者不定期召开工作推进会，通过会议方式确定解决方案。

3.道路施工过程中，应严格按照方案组织施工，道路应经工作推进小组联合验收后方可通过，验收方式宜采用空车试运行的方式进行，并风机组件运输尺寸，进行模拟试运行。空车试运行能够极大程度发现道路改扩建是否满足风机组件运输。

4.高原风电场一般属于山地风电场，改扩建道路弯道多，既有道路宽度有限，为了保障风机组件运输期间，风机组件运输上下行车辆及地方车辆的通畅，须根据道路情况设置各类型会车点，并进行标识，便于风机组件运输期间进行道路交通管制。

3.6 风机组件运输安全风险分析

风机组件运输安全风险分析见表2。

表2 设备运输安全风险分析表

序号	主要事故风险因素	原因分析
1	车辆倾翻	风机叶片及塔筒等设备转场运输作业中，临时道路未达到设计标准一般是此类风险产生的直接原因。 路基承载力不足，路肩首先塌陷，如重载、超宽车辆行驶中遇遇路基塌陷，驾驶员极难驾驭，一般会造成车辆倾翻。
2	运输车辆失稳	对于超长、超重件（如叶片）运输方案的选择错误一般是此类风险产生的直接原因。以叶片运输为例，受地理条件限制，临建道路坡度超出设计要求的情况时有发生，由于叶片长度一般在60m以上，在经过临建道路（泥结石路面）下坡路段时，如采用前扬举运输方案，叶片摆幅较大，车辆重心会发生前移，容易造成前轮下陷，后轮悬空，致使后轮刹车无法有效工作，会导致刹车失控。
3	车辆擦刮	未对超长件运输进行超前管理是产生此风险的主要原因。 以叶片运输为例，由于叶片较长，叶片转运时，需要的转弯半径较大，如道路两侧的房建、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，可能造成刮擦，造成叶片损害。另外，叶片尾部悬空高度一般达到50m，在通过横跨道路的高压线时也会因为安全距离不足发生高压击穿或触电事故

3.7 风机组件运输的安全控制

1. 运输前应监测天气情况, 确保在适合的天气状况下运输。

2. 运输过程中, 运输车需保持匀速行驶, 以保证运行平稳。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、弯道路段, 应及时指挥停车, 根据方案调整车载设备的高度和方向, 保证安全通过; 运输车后应安排警戒车, 负责警戒和遥控扬举; 需要着重指出的是, 大型设备运输受限最多的是净高要求, 可以尝试的方法有: a) 在净高受限的地方, 是否适合采取设备滚拖的方法。b) 设备在设计与制造过程中, 是否具备进一步压缩尺寸的可行性。如塔筒、主变、风机机舱等设备的一些附属配件是否可以在工地组装。c) 能否对运输车辆进行适当改造, 以降低设备的运行高度。d) 设计临时公路运输鞍座, 降低设备的运行高度等。

3. 运输过程中应安排安全人员旁站监督, 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。

4 结束语

超大型风机叶片有超长、超重、柔性和易损等特点, 尤其是其超高超宽的根部给叶片的公路运输带来了巨大的困难。针对上述运输特点和要求, 着重分析前牵引车与叶片连接装置, 提出风机叶片举升液压缸与蓄能器、节流阀组成的新型运输的方案, 对超大型风机叶片公路运输振动控制进行研究。

参考文献:

[1]张根生, 田丰新, 严海霞. 3570m 高海拔环境下大型风机吊装技术的应用[J]. 城市建设(下旬), 2011: 289.

[2]郭迎福, 刘亦, 刘厚才, 许华, 唐伟. 风机叶片山地运输车辆转弯半径与道路占用分析[J]. 公路与汽运. 2019(04).

[3]赵明安, 李占龙. 大型风力机叶片技术现状及发展趋势的研究[J]. 现代物业(上旬刊). 2011(10).

[4]周卉, 邓院昌, 苏锦东. 风机设备运输综述及案例分析[J]. 电气制造. 2010(05).