

超高海拔地区风力发电机吊装作业工期探讨

赵铁山¹ 杨浩²

1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 四川成都 611130

2. 遂宁川能水务有限公司 四川遂宁 629000

摘要: 本文结合超高海拔地区风机吊装安全技术要求、吊装环境要求,分析了风机吊装作业面临的主要风险点,论证了超高海拔地区风电场吊装作业的适宜时间。

关键词: 超高海拔; 风机吊装; 风险分析; 作业时间探讨

Abstract: This paper analyzes the main risk points of wind turbine hoisting operations in combination with the safety technical requirements for wind turbine hoisting in ultra-high altitude areas and hoisting environment requirements, and demonstrates the appropriate time for wind farm hoisting operations in ultra-high altitude areas.

Keywords: ultra-high altitude; hoisting of wind turbines; risk analysis; discussion on operating time

1 吊装作业环境分析

1.1 气候环境

通过对措美风电场场址内2455#测风塔提供的2018年至2020年间的风速(10米高度、80米高度)、气温记录数据进行的整理统计。根据历史测风资料统计分析,2018年~2020年每年10月至次年4月的月平均风速分别为9.6m/s、12.0m/s、11.8m/s、11.5m/s、11.5m、9.6m/s、相应数据如表1-1所示:

表1-1 风速关键指标统计情况表

项目	2018年10月~ 2019年4月	2019年10月~ 2020年4月
满足吊装窗口期的小时数占比	29.20%	31.10%
风速>12m/s小时数占比	45.80%	47.10%
风速>18m/s小时数占比	16%	18.80%

(1) 风速数据特征

对2018年10月至2019年4月80米高度的风速进行统计,满足吊装窗口期(上午7:00-中午13:00之间)的天数共计:大约有45.5天,占比约21.6%,小时数占白天可供作业时间总小时数的29.2%;对2019年10月至

作者简介: 赵铁山,出生日期:1986.02.26,性别:男,籍贯:中国四川,工作单位:中电建成都院新能源工程分公司,职务:项目执行经理,职称:工程师,学历:专科,研究方向:新能源建设;

杨浩,出生年月:1986-11-20,性别:男,民族:汉,籍贯:河南省信阳市,工作单位:遂宁川能水务有限公司,职务:安全环保部部长,职称:工程师,学历:本科,研究方向:安全环保管理。

2020年4月80米高度的风速进行统计,满足吊装窗口期(上午7:00-中午13:00之间)的天数共计:大约有10天,占比约16.7%,小时数占白天可供作业时间总小时数的21.1%。即通过以下数据分析可知,在吊装周期内,不考虑下雪等其它因素影响的情况下即最乐观的情况下,可吊装的概率约30%左右。

(2) 气温数据

在每年的10月至次年4月份间,部分天气过程温度满足吊装要求,温度数据见表1-2。

表1-2 温度关键指标统计情况表(单位:℃)

日期	时段	单日最低气温	单日最高气温	上午7:时	白天(7时
				至12时	至19时
				平均气温	平均气温)
2018~ 2019	10月	-4.4	1.5	-2.0	-1.2
	11月	-6.2	2.1	-4.2	-1.5
	12月	-14.5	-8.8	-12.5	-11.4
	1月	-16.1	-11.0	-14.8	-13.5
	2月	-20.2	-10.7	-18.4	-14.9
	3月	-11.5	-3.8	-8.8	-7.0
	4月	-7.0	1.2	-4.4	-2.4
2019~ 2020	10月	-12.0	-0.3	-10.1	-5.7
	11月	-13.6	-8.2	-11.8	-10.3
	12月	-14.3	-11.1	-13.8	-13.0
	1月	-16.6	-11.0	-15.2	-13.4
	2月	-17.5	-14.3	-16.4	-15.8
	3月	-18.7	-5.9	-16.0	-11.6
	4月	-11.3	-3.3	-7.5	-6.5

从表1-2气温数据分析可知,吊装窗口期(上午7:00-中午12:00之间),平均气温为-10.4℃;即使风速

允许,在如此寒冷的天气条件下,也很难实现安全吊装。

1.2 含氧量

风电场所处海拔高度无可产生氧气的植被,5000米海拔大气压相当于海平面气压的55%,环境含氧量相应的比内陆地区降低45%或以上,人员呼吸困难。

1.3 每年10月至次年4月吊装环节面临的主要风险点

(一) 低温低氧环境的风险

吊装作业温度标准要求:作业环境温度应大于或等于-10℃。

(1) 人员风险

统计期间平均温度-10.4℃,空气含氧量约是平原地区的55%,作业人员如从内地低海拔地区入藏,能否适应低氧环境暂且不论,作业人员在极低的温度及含氧量下作业,除施工效率会大幅下降外,冻伤风险,高原反应的风险较大。根据已进藏人员情况来看:普遍会出现较为严重的高原反应,如送医不及时,将严重危及作业人员生命安全。

(2) 设备启动困难或效率大大降低

①经与多个吊装设备厂家进行技术沟通,目前吊装设备设计使用海拔环境条件一般在2000m左右,也未有针对5000m超高海拔设计使用条件的专用吊装设备,设备大多存在严重降效问题。

②由于气温极低,吊装设备在低温条件下难以启动,需要在温度回升后才能启动作业。而风机吊装可利用的时段很短,易导致部分吊装黄金空窗口期利用不上。

(二) 地面组装叶轮及螺栓张拉因风速加大不能及时吊装的风险

根据吊装工艺流程,地面组装叶轮及螺栓张拉耗时约22h,叶轮在地面组装周期较长。同时根据历史气象资料分析,连续1天以上出现安全风速的概率小,不可避免将在组装过程中及完成组装后遇到大风的情况,可能使叶轮在地面发生与吊装设备或塔筒的碰撞、叶轮倾覆。

(三) 上层塔筒吊装后因风速加大不能及时覆盖机舱的风险

根据吊装工艺流程,第三段及以上塔筒需要与机舱同天吊装完成,工艺连续作业时间要求8~15h。根据历史测风资料,在每年10月至次年4月风速、温度满足吊装要求而又能稳定在8~15h的几率小,在吊装过程中可能出现吊装完成第三至五段塔筒后,无法完成机舱吊装的风险。在此种情况下,塔筒易出现涡流共振,塔筒在大风中晃动,可能对下部基础造成破坏。

(四) 螺栓张拉不及时风险

由于机舱、发电机、叶轮之间的连接螺栓都需要人工张拉。在每次吊装完上述部件后均需要进行至少一次

人工张拉后主吊才能脱钩。每天上午吊装窗口期约在4个小时左右,而以上部件按西南地区四川、云南超高海拔风电场施工经验,从准备起吊到张拉约在3.5~4小时左右,考虑到西藏降效因素(参考土建人工降效系数30%以上),吊装时间延长(约33%),吊装窗口期不够的问题突出。在单次起吊后,从历年风速资料统计可看出,遇到超过10m/s以上的风速机率较大,人员无法继续张拉,被迫撤离,造成风机安全隐患,同时延缓吊装进度,也对张拉人员撤离带来安全隐患。

2 吊装作业时间分析

2.1 吊装作业风速标准要求

(1) 两抬吊作业时,吊装期间的风速应控制在五级风力(<8.0m/s)以内;

(2) 叶片和风机吊装作业时,吊装期间的风速应控制在五级风力(<8.0m/s)以内;

(3) 机舱、塔筒、发电机吊装作业时,吊装期间的风速应控制在不大于五级风力(<10.7m/s);

(4) 五级以上大风(>10.7m/s)停止所有吊装作业;

(5) 风速大于12m/s时,禁止在叶轮上作业;

(6) 风速大于18m/s时,禁止在机舱内工作;

2.2 吊装风速环境分析

2.2.1 每年5~9月平均风速分析

根据措美风电场场址内2455号测风塔80m高度风资源评估成果,风电场多年平均风速9.39m/s,其中10月~3年为大风季节,4月~5月为平风季节,7月~9月为小风季节。风电场多年5月~9月平均风速分布情况见表2-1。

表2-1 2455号测风塔多年5~9月平均风速分布情况表
(单位: m/s)

5月	6月	7月	8月	9月
8.75	7.76	6.97	5.6	6.24

2.2.2 5~9月逐小时风速分析

根据风电场场址内2455号测风塔80m高度风资源评估成果,2455号测风塔80m高度5~9月最大、最小风速及出现时间统计表见表2-2,由表可以看出,各月风速最小时段一般出现在早上7点~10点期间,风速最大时段一般出现在18h~21h期间。

表2-2 2455号测风塔80m高度各月最大、最小风速及出现时间统计表

项目	5月	6月	7月	8月	9月
小时最小平均风速	6	4.9	5	3.1	3.8
出现时间	9h	8h	7h	8h	10h
小时最大平均风速	11.9	12	10	7.8	9.2
出现时间	20h	20h	18h	18h	20h

2.2.3 5~9月满足吊装风速的天数分析

对2455#测风塔2018年、2019年、2020年间,5月份至9月份的风速(80米高度)数据进行整理,分析5~9月份每天的日出日落时间、每月风速小于8m/s能够

开展吊装作业的天数及每日时长、每月风速小于10.7m/s能够开展吊装作业的天数及每日时长(注:可开展吊装作业天数按吊装连续时段不低于4小时考虑),结果如下:

表2-3 全年满足吊装要求的天数统计(风速<10.7m/s)

满足吊装要求 天数 年份	5月			6月			7月			8月			9月		
	满足吊装要求的天数	总观测天数	满足吊装要求天数占比												
2018年	/	/	/	/	/	/	27	27	100%	27	30	90%	18	18	100%
2019年	13	31	100%	29	31	94%	27	27	100%	29	31	94%	28	28	100%
2020年	9	16	79%	27	29	83%	27	30	90%	29	31	94%	31	31	100%

从表2-3可以看出,各年5~9月满足吊装要求的天数均在80%以上。

2.3 吊装气温环境分析

对2018年~2020年间,5月份至9月份工作时段气温进行分析,总结其工作时段(8~20时)气温特点,可以看出,每年10月~次年3月工作时段气温在0℃至-15℃之间,个别天数达到-20℃,不利于吊装作业;4月份温度逐步回升,5月、6月、7月、8月、9月、10月全天气温基本在0℃至12℃之间,是超高海拔风电场最适宜吊装的季节。

2.4 全年适宜吊装的时段分析结论

从全年风速变化上来看,超高海拔地区风电场满足吊装风速的天数(按小于10.7m/s统计)占各月总天数的比重,5月~9月基本在80%以上,且白天可作业时段长、风速较低。

从全年温度变化上来看,每年10月~次年3月吊装时段平均气温较低,不利于吊装作业。4月份温度已经恢复到-10℃以上,5月份基本恢复到接近0℃,此时已经具备较好的气温条件,6月~9月期间,气温适宜,最适合吊装。

从全年数据来看,超高海拔风电场每年的5月~9月,满足安全吊装的天数、工作日的工作时长均能较大概率满足吊装条件,期间适宜风电场机组吊装,尤其是7月、8月、9月三个时段风速情况最为理想。

3 结论和建议

(1) 超高海拔风电场在每年的10月~次年5月的气候、风速环境下进行吊装时,大风(标准值以上)天气

多,气温(标准值以下)普遍偏低,空气含氧量低,吊装设备、风机设备损坏、人身伤亡事故风险较高,工效也大大降低,吊装的窗口期基本无法满足风机设备吊装工艺时间的要求。

(2) 为保证安全,超高海拔风电场吊装时段原则上应安排在5月~9月期间,此时风速及气温满足吊装的技术条件,尤其是7月、8月、9月三个时段风速情况最为理想。

(3) 建议超高海拔地区尤其是藏区风电应合理安排工程进度,最好在6月底前完成风机基础及相关准备工作,并于7月份开始风电机组吊装,这样既利于安全也能提升吊装效率,一举多得。

参考文献:

- [1] 桑孝雨, 陈学仑. 山地风机风轮吊装安全风险点及管控对策[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, (13): 1661. DOI: 10.12253/j.issn.2096-3661.2020.13.3568.
- [2] 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. DOI: 10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2014.03.022.
- [3] 唐兴江, 靳刚, 韩瑞, 等. 高海拔、高降水量山区风电场施工难点及对策研究[C]. // 中国水利学会%中国水力发电工程学会%水利水电钻探信息网. 第十六届全国水利水电钻探暨岩土工程施工学术交流会议论文集. 2015: 271-275.
- [4] 张金月, 金世森, 邓智勇. 云南石洞山风电场风机机组吊装施工[J]. 四川水力发电, 2015, (2): 35-38.
- [5] 黄露剑, 代兆惠. 高原风电工程特点与风机吊装影响因素简述[J]. 智能城市, 2018, 4(9): 151-152.