

Discussion on the Hoisting Scheme of Fan Blades

Chuanxi Pan

China Datang Group Technology and Engineering Co., Ltd., Beijing, 100097, China

Abstract

This paper mainly introduces the common blade hoisting scheme of wind turbine, introduces the implementation process of single fan blade hoisting through practical cases, and analyzes the advantages and disadvantages of the two schemes.

Keywords

blade; hoisting; implementation; discuss

风机叶片吊装方案探讨

潘传西

中国大唐集团科技工程有限公司, 中国·北京 100097

摘要

论文主要介绍了风力发电机常见的叶片吊装方案, 并通过实际案例介绍了风机叶片单片吊装实施过程, 并分析了两种方案的优势和不足。

关键词

叶片; 吊装; 实施; 探讨

1 引言

在目前风力发电机叶片吊装中, 传统吊装方案为叶片与轮毂在地面组合后整体吊装; 因受制于场地、叶轮直径和重量不断加大等因素, 目前叶片单片吊装也成为常见方案, 即: 轮毂先安装至机舱上, 叶片单片吊装, 在高空中完成与轮毂对接。论文主要通过具体案例简要分析两种方案的优势和不足, 以便在后续风机叶片吊装中更好的选择^[1]。

2 方案简介

2.1 传统方案

叶片与轮毂在地面组合后吊装。

场地准备: 吊装平台 40m×50m; 机具准备: 主吊 1 台、辅助吊车 1 台。

具体工作流程如下。

2.1.1 叶轮的地面组装

①首先用三根吊带分别穿入轮毂安装浆叶的两个相邻孔, 然后将每根吊带的两头分别挂到起重机的吊钩上。用吊板吊轮毂。

②缓慢起吊轮毂, 将其平稳的安装 在风轮地面安装支架或水平枕木上(轮毂放置位置要求保证有足够的空间拼装浆叶)。

③用两根宽扁吊带在浆叶重心两侧放置, 起吊浆叶并翻身至正确方向, 用两根吊带和一个葫芦在重心处重新对浆叶吊装, 用卡板保护浆叶刀口边, 保证在葫芦一侧, 能够调整浆叶角度。

④将三片浆叶按规定的角度安装在轮毂的三个法兰上, 用相应涂有二硫化钼的螺栓将轮毂与浆叶固定。并将螺栓按一定的秩序拧紧至要求的力矩。

在浆叶与轮毂的拼装过程中, 在距浆叶根部约浆叶长度的 2/3 附近处需用若干垫木垫木支撑浆叶, 以防叶轮在拼接过程中因重心偏移而倾覆和浆叶过度的变形。

2.1.2 叶轮的吊装

①先用 2 根宽扁平吊带分别围绕在叶轮两浆叶的根部 1m 位置且对称(吊带与叶轮接触处包塑料布), 并挂在主吊机的吊钩上。

②用相应的叶轮辅助吊带与未装吊带一侧的浆叶的适当位置联接。将叶轮辅助吊绳挂到辅助起重的吊钩上。

③作业人员将叶轮与主轴拼接所需的拼接螺栓及工具等预先放至机舱内, 由工作人员在机舱上作叶轮与主轴的拼接工作, 并由一人负责对讲机指挥吊装。将 150m 的拉绳

【作者简介】潘传西(1982-), 男, 中国河南商丘人, 本科, 工程师, 从事电力工程起重吊装研究。

绕过浆叶根部防止浆叶空中晃动，并使拉绳松开系点后能自如地从销轴处退出。

④主吊起重机和辅助起重机同步缓慢起吊，使吊带和辅助吊带处于受力状态，而叶轮与安装支架尚未离地。

⑤作业人员迅速拆下叶轮与安装支架的联接螺栓，将叶轮与安装支架分离散。将叶轮和主轴结合面清理并涂上MOS2。

⑥两台吊机由统一的指挥员指挥，同步起升。将叶轮提升到辅助吊的浆叶离开地面（此过程中辅助吊起所吊浆叶避免接触地面）。此时主吊车和辅助吊车停止起升，然后辅助吊机的吊钩缓缓下降，使副吊脱钩同时拴上仰角风绳。叶轮由原来的水平位置逐渐变成垂直位置。

⑦主吊机继续缓缓起升，将叶轮提升到适合的高度，由站在机舱内的施工人员用引导棒调整叶轮与主轴端面法兰孔的相对位置（通过两侧风绳及仰角风绳帮助调整），确认相对位置正确无误后，工作人员迅速在对接法兰位置上半圆装上相应直径的螺栓。

⑧装入螺栓并用电动扳手紧固之后，吊车脱钩，由工作人员拆下系缚在叶轮的吊带和拉绳。

⑨缓慢转动齿轮箱高速制动盘，将其余螺栓全部装上，并用扳手将螺栓拧紧至要求的力矩。

⑩将叶轮用锁紧装置锁死。

优势：第一，地面组装，减少高空作业量，降低了安全作业风险；第二，叶片与轮毂组装，减少了主吊工作量；第三，地面组装，便于施工。

不足：第一，组装场地要求面积大，吊装平台要求高，尤其对于山地风电受限较多；第二，需要多台吊车配合，施工成本较高；第三，组装完成后，因叶轮组装后迎风面增大，吊装时风力要求高，安全临界风速为8m/s^[2]。

2.2 叶片单片吊装方案

工作流程：以维斯塔斯 V110-2200 风机机型为例，简要介绍风机叶片单片吊装流程：风机主要参数如表 1 所示：轮毂中心高度为 95m，四节塔筒。

表 1 风机主要参数

名称	尺寸	重量	备注
塔筒	第一段	L=14.8m	42.5t
	第二段	L=24.36m	47.0t
	第三段	L=26.8m	37.5t
	第四段	L=27.0m	29.0t
机舱		67.0t	
轮毂		19.5t	轮毂中心高度 95m
叶片	L=54m	8.0t	单片吊装

场地准备：吊装平台 35m×30m；机具准备：三一重工

SCC1020 汽车吊一台、辅助吊车 50t 汽车吊 1 台；具体工作流程如下：

①叶片卸车：叶片到场，检查外观无问题后，采用两台汽车吊抬吊进行卸车。

②叶片清理：清洁螺套，首先卸下塑料盖帽（螺纹保护套），清除螺套上的胶水和灰尘，并用钢丝刷清洁螺套，使用角磨机打磨叶片根部法兰表面，并将叶片表面清洗干净。检查 TC（翼尖弦）标记，用记号笔把 TC 标记两侧的螺套做好标记，作为安装叶片时对齐标记。

③插入柱头螺栓，将柱头螺栓带短螺纹的一端拧入螺套，确柱头螺栓长度裸露在外的长度符合相关要求，并使用专用润滑脂润滑柱头螺栓螺纹。

④安装叶片颈环：按照说明书组装叶片颈环，安装完成后需要用密封胶密封全部接缝，使表面平整清洁。

⑤叶片翻转，采用两台汽车吊辅助进行叶片翻转，翻转完成后，拆除固定支架。

⑥准备机舱和轮毂：在机舱内安装偏航控制装置，使机舱和轮毂偏航至正确位置（导流罩指向吊机），机舱处于接收叶片的正确方向；锁定偏航系统；安装用于叶片安装的液压变桨泵，将液压变桨泵连接至将要安装叶片的变桨块上；开启电源，操作泵站，保证轮毂能够顺利变桨。

⑦安装专用吊具。

在厂家技术人员指导下，按照 T 型吊具的使用方法将叶片悬挂在吊具下方，并布置好溜绳。

⑧叶片吊装：指挥人员指挥吊车将叶片缓慢起吊，地面人员拖住溜绳控制叶片方向，确保叶片不因风力而发生偏移，待叶片提升至与轮毂水平时，吊车停止起钩，高空指挥人员通过对讲机指挥吊车缓慢动作，慢慢靠近轮毂，待距离足够近时，使用绝缘棒对叶片进行静电放电。

⑨叶片空中对接，导入轮毂，在将叶片引导至叶片轴承上时，确保将两个带有标记的柱头螺栓引导至位于叶片轴承上 TC 标记每一侧的正确螺栓孔内。

⑩安装叶片垫圈与螺母，使用电动扳手按照要求拧紧螺母。

⑪移除 T 型吊具，安装人员佩戴好安全用具后在机舱顶部指挥吊车卸载，并解除挂在叶片根部吊带的一端，指挥人员指挥吊车转杆和起落钩，地面人员配合控制溜绳，慢慢将 T 型吊具转出叶尖。

⑫将剩余螺栓紧固到位。

⑬通过盘车转动轮毂到下一个叶片，为了减小盘车装置的应力，务必逆时针转动第一个安装的叶片，直至到下一个叶片轴承处在水平位置，锁紧叶轮，准备下一片叶片吊装。

优点：第一，组装场地小，少占地，少挖山、少砍树，

节约征地成本,较叶轮组装可减少40%的吊装平台面积;第二,单片叶片重量轻,可使用吨位更小的吊车,单台主吊即可完成叶片吊装,无须配合吊车,节约吊装成本。施工过程中赶上风力较大的春季,为加快吊装进程,现场增加一台600t汽车吊用于叶片吊装工作,在后期叶片更换维修过程中,也使用过一台350t汽车吊用于叶片更换;第三,单片叶片迎风面小,吊装过程安全性可控,吊装时受风力影响相对较小,安全临界风速可达15m/s大,大幅延长了叶片吊装作业的窗口期;第四,增加吊车选用灵活性,减少主吊在场时间,优化了吊车使用成本,降低了安装费用。

缺点:第一,叶片与轮毂在高空对接,不易受控,存在一定高空坠落的安全风险;第二,轮毂和叶片吊装作业由一钩增加到四钩,增加了吊车工作量;第三,需要特殊的专

用吊装工具。

3 结语

综上所述,两种叶片吊装方案均具有显著的优势和不足,在单位成本发电量最高导向原则下,风机单机功率增大和单位千瓦扫风面积增大是风机未来发展趋势,由此带来的风轮直径越来越大、轮毂中心高度越来越高,受起吊高度、起吊重量、施工场地、起吊窗口及安全性等条件的限制,单片叶片吊装相对于传统叶轮整体吊装方式更具优势^[3]。

参考文献

- [1] 维斯塔斯2.2MW风机安装手册[Z].
- [2] 杨文渊.起重吊装常用数据手册[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] GB/T 37898—2019 风力发电机组吊装安全技术规程[S].