

响水风电场风力发电机组机舱和转轮的装配和吊装

陈 霖

(中国水电七局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要 :风力发电机组机舱和转轮的装配和吊装一直都是风电场施工的难点和重点。结合风电场机舱和转轮的安装流程 ,具体介绍了响水风电场 FD77A 风力发电机组机舱吊装、转轮组装、转轮吊装的施工过程和注意事项。
关键词 :风力发电机组 ;机舱 ;转轮 ;吊装 ;响水风电场
中图分类号 :TK83 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)S2-0052-03

机舱和转轮的装配与吊装是风电场机电安装的重要组成部分。机舱最重 ,因而吊机受力最大 ,叶片最长且安装位置最高 ,而且受风面积最大 ,因此对风速要求严格 ,一般要求风速不大于 $8\text{ m/s}^{[1]}$ 。笔者按照风电场机舱和转轮安装的流程 ,具体介绍了响水风电场机舱吊装、转轮组装、转轮吊装的施工过程和注意事项 ,供类似风电场设备安装参考。

1 响水风电场机舱和转轮技术参数

响水风电场位于江苏省响水县东北部沿海的滩涂地区 ,共安装 134 台单机容量为 1.5 MW 的风力发电机 ,总装机容量为 201 MW。风电场所有风力发电机组均由东方电气集团东方汽轮机有限公司制造 ,机型为 FD77A^[2]。

机舱是风力发电机组的核心部件 ,主要作用是保护塔架上方的主要设备及附属部件(桨叶及尾舵或舵轮除外)免受风沙、雨雪、冰雹以及盐雾的直接侵害。机舱设计轻巧、美观并尽量为流线型 ,材料为玻璃钢 ,尺寸为 $10200\text{ mm} \times 3725\text{ mm} \times 3910\text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高) ,质量为 61 t。FD77A 机组的机舱罩具有紧凑的外部尺寸 ,外形精致。设备中的制冷和风道已经被整合在机舱内 ,尽管它们具有理想的外形尺寸。设计时充分考虑机舱内活动空间尺寸 ,可直接从机舱进入轮毂内方便地安装、调试、维护轮毂内的设备。整个机舱罩都采用隔音设计以达到吸声的目的。

叶片是风力发电机组关键零部件之一。响水风电场的叶片为常见的三叶片 ,材料为玻璃纤维增强材料 ,直径为 77 m ,扫风面积为 4657 m^2 ,转速范围为

$9.6\sim 17.3\text{ r/min}$,风轮轴倾度为 5° ,风轮锥角为 -3.5° ,风轮位置对风 ,叶片质量为 6.3 t ,尺寸为 $37500\text{ mm} \times 2360\text{ mm} \times 2620\text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。
风力机叶片都装在轮毂上 ,通过轮毂与主轴连接 ,并将叶片力传到风力机驱动的对象(发电机) 。同时轮毂也实现叶片桨距角控制。轮毂质量为 16 t ,尺寸为 $4330\text{ mm} \times 3750\text{ mm} \times 3500\text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

2 机舱吊装

2.1 吊装设备

机舱设备质量达 61 t ,为该工程中质量最大的部件。根据机舱的质量、外形尺寸、吊装高度及其结构特点 ,以及现场吊装条件和现场施工设备的起重能力 ,考虑经济且安全可行的施工方针 ,响水风电场采用 1 台 400 t 履带式起重机在主臂长 90 m、工作半径为 18 m、额定起质量为 78.5 t 时进行该机舱的现场吊装工作。

2.2 机舱吊装程序

2.2.1 吊装前的准备工作

机舱吊装前应做好以下准备工作 :①检查吊具、吊链是否完好 ,有没有印痕和裂纹 ,进行吊具试负荷 ,检查吊具各项功能是否正常。②清除低速轴对接面所有脏物以及防锈剂 ,清洗偏航轴承接触面和上部塔筒法兰接触面。③安装机舱平台上的气象架 ,安装发电机排气罩。④将所有的安装扣件放入机舱内部。⑤打开机舱罩壳前端的观察窗口 ,取下机舱罩壳前端的网状挡板。⑥将起重机夹具固定在机舱的顶部 ,将吊索固定在夹具上 ,用起重机的吊钩

钩住吊索,并在机舱上拴好溜绳。

2.2.2 吊装流程^[3]

a. 将机舱轻轻吊起,在机舱的临时底座没有离开地面时拆除连接机舱和临时底座的螺栓。为了保证机舱在吊装中保持平稳,在机舱外侧两边固定缆风绳,用于控制机舱的摇摆。

b. 沿着与起重机调臂垂直的方向吊起机舱,将其定位于距塔筒上部法兰至少 1 m 的位置,缓缓放下机舱至 2 个接触面间距为 50 cm 的位置,将螺栓旋入偏航轴承螺纹孔中,以此作为定位机舱的向导,通过吊车放下机舱,并插入塔筒上部法兰的导向螺栓。

c. 将所有螺柱插入螺孔后,手动安装所有垫圈和螺母,将机舱入口爬梯以及支架安装至机舱上,将塔筒接线从电缆盘架上拆下,并放于塔筒上部平台上。

d. 拆下电缆盘架,通过吊车运至地面,用硅胶密封机舱罩顶部的 4 个盖子。

3 转轮吊装

3.1 轮毂和叶片的组装

3.1.1 组装前的准备工作

轮毂和叶片组装前应做好以下准备工作:①组装场地内没有影响叶轮与轮毂组装的设备部件、吊装设备、大型工器具等。②机组轮毂已放置到指定位置存放。③因为叶片表面稍有损坏就可能导致严重的声学故障,故应按叶片现场检验规范检查叶片。④叶片已放置到指定位置存放,叶片安放位置距离地面至少 15 cm,在叶片端部区应采用适当的衬垫设施。⑤清理变桨轴承齿面,在变桨有效齿面涂抹润滑脂,其余齿面涂抹防锈剂。提前拆除限位开关,并妥善保管。⑥在叶根部安装防雨环,校正防雨环与导流罩。在防雨环与叶片接触区之间的位置制作标记。将防雨环安装在已标记位置。合拢防雨环并将其滑进预先标记的位置。用密封胶涂抹防雨罩和叶片之间的接触区。⑦把起吊耳与轮毂装在一起,安装在导流罩段的区域中轴承外圈道上。

3.1.2 叶轮组装

a. 用 1 台吊车钩住叶尖。在叶尖处使用扁平起重系索和玻璃纤维保护工具,在转子装配期间安装 1 条吊装带,使用外部吊车转动叶片。叶根处使用软吊索,沿叶根缠绕 2 圈,然后一端固定在吊车的硬臂上,另外一端固定在钩子上。始终用 2 台吊车提升叶片和转动叶片,采用恰当的护边物,叶尖处使用扣绳滑轮。

b. 按已确定的叶片安装角对准标记,分别将 3 只叶片与轮毂连接,将叶片轴与转子轮毂的钻孔

对正,使用叶片控制器调整叶片,以便将所有螺栓穿入轮毂。确认安装角不超过误差后,按对角法分 2 次将连接螺栓用液压力矩扳手将其紧固到规定力矩。安装角误差一般不得超过 0.5°。

c. 叶片定位块必须在柱头螺栓引导下同时安装,穿过叶片轴承孔。当叶片已经被装配到叶片轴承上时,必须将所有螺母和垫圈都装上。正确安装垫圈,使垫圈上的倒角靠着螺母。

d. 在叶片的顶部下方用道木支撑,然后拆除吊装索具。按上述方法装配其余 2 个叶片,直至组装完毕(图 1)。



图 1 组装完的轮毂和叶片

3.2 轮毂和叶片的整体吊装

3.2.1 吊装设备

根据轮毂和叶片整体组装后的质量、外形尺寸、吊装高度及其结构特点,以及现场吊装条件,结合施工单位现有的起重能力,考虑经济且安全可行的施工方针,决定采用 1 台 400 t 履带式起重机在主杆长 90 m、工作半径为 20 m、额定起质量为 72 t 时进行该轮毂和叶片整体组装后的现场吊装工作,轮毂和叶片组装后的现场吊装翻身工作采用 1 台 50 t 履带吊进行配合吊装。

3.2.2 吊装程序^[4]

a. 用主吊吊起轮毂,辅助吊车只吊在和轮毂吊耳正对的 1 个叶片上,另外 2 个叶片尖上套好保护套,并用长约 150 ~ 200 m 的吊绳拴在保护套上。控制其吊钩使朝下方的叶片的尖端离开地面大约 2 ~ 3 m(图 2(a))。

b. 叶片轻轻起吊,在叶片未离开地面前拆下轮毂底座。然后将轮毂法兰上的位于吊耳中间处的 1 个螺栓旋出 20 mm 左右,以便轮毂和机舱在高空对接。

c. 当叶轮达到竖直位置时,辅助吊车脱钩,主吊车将叶轮提升到齿轮箱法兰高度处(图 2(b))。

d. 指挥吊车将转子起升靠近齿轮箱法兰。在定位螺栓的帮助下,将螺栓穿入齿轮箱法兰孔中,将轮毂安装到位。提升过程中,叶轮由系在叶尖的吊

绳控制,防止其转动。在与齿轮箱传动轴连接时,必须使用系在第3个叶片上的吊绳,调整叶轮稍微前倾(约 4°),以便于叶轮的安装。

e. 使用轮毂中的对中螺栓配合轮毂和低速轴接触栏,手工放置所有螺柱、垫圈和螺母,用电动冲击扳手临时紧固所有螺母,松开对中螺栓,重新放回螺柱,用电动冲击扳手紧固响应的螺母到规定力矩。落下吊钩,拆除索具和绳索。打开机舱顶上的舱门,站到机舱上拆除与主吊连接的索具,转动变速箱转轴,在叶片垂直向下时拉动缆风绳,保护套和绳头就会脱落。



图2 轮毂和叶片吊装

3.3 吊装注意事项

a. 叶片的受风面积最大,为了考虑叶片吊装操作方便,机舱吊装时吊机的位置既要满足机舱的要求也要满足叶轮的吊装要求。一般要求主吊机吊臂

正对机舱的法兰(连接轮毂的法兰)。这样叶轮吊装就位较为方便,不需要移动吊机来调整位置,也不需要进行偏航来调整机舱的位置,而是可以实现吊机一次到位。

b. 叶轮吊装时,要求随时注意风速的变化。上面2个叶片溜绳按技术要求绑扎。溜绳长度和强度应足够,拴挂时要对叶片进行保护,现场每条溜绳需要5~6人,保证起吊方向,避免触及其他物体。叶轮与机舱对接时需要2~4根尺寸适当的定位销进行定位,然后再慢慢松钩对接^[5]。

c. 机组不得在大于8 m/s的风速条件下进行起吊安装。

参考文献:

[1] 谢正根. 风电设备安装技术管理综述[J]. 建设机械技术与管理, 2007(5): 33-35.
[2] 吴启仁, 邓志勇, 孙向东. 浅议响水风电场施工组织设计[J]. 水利水电技术, 2009(9): 53-56.
[3] 《风力发电工程施工与验收》编委会. 风力发电工程施工与验收[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
[4] 宫靖远. 风电场工程技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
[5] 周讯. 慈溪风电场土建与设备安装施工及其管理[J]. 四川水利, 2008(6): 54-57.

(收稿日期 2010-09-10 编辑 骆超)

(上接第51页)站到基础环上,其他施工机械也应避免与基础环相碰。每铺筑一层混凝土即检查一次基础环平整度,发现误差随时调整。

4.3 基础环止水

4.3.1 止水材料

第1道止水是指在塔筒与混凝土的接缝处,采用 Sikaflex-11FC 单组分聚氨酯密封胶,下设 $\varnothing 12$ mm 的泡沫棒。第2道止水是指上层的止水措施,采用2层复合土工膜。

4.3.2 施工要求

混凝土浇筑前,应在塔筒外周粘贴一道厚10 mm、宽大于20 mm 的橡皮条,粘贴在混凝土与塔筒的交接处并深入混凝土20 mm,待混凝土浇筑完成后,揭去该橡皮条,以形成一个10 mm $\times$ 20 mm 的预留槽。混凝土和钢表面应保持干燥,并清除油污,混凝土表面松散物应用铁刷刷除并用压缩空气吹扫干净。槽底垫 $\varnothing 12$ mm 的闭孔泡沫条。槽内填充聚氨酯密封胶,填充时注意不得夹杂气泡,填充完成后

注意养护。混凝土及钢表面清洗干净,然后按要求在接头2侧各200 mm 范围内铺设二胶二膜(复合土工膜和聚氨酯胶结剂),转角处两边各30 mm 不涂底胶。铺设完成后采用砖护面。每道止水片至少养护24 h 后才允许护砖、填土。

5 结 语

响水风电场共安装134台1.5 MW 的风机,其安装规模较大,单机机组容量较高,为国内少数大型风电场之一。风机及箱式变电站基础施工技术在水电场的安装与施工中是非常关键的技术之一,其质量的好坏决定着风机是否安全运行,是保证风机经济性运行的关键技术之一。本文介绍的风机及箱式变电站施工技术中的混凝土管桩、混凝土工程、埋管和接地网埋设和基础环安装工程的相关技术,为其他风电场的安装组建提供了参考。

(收稿日期 2010-09-10 编辑 方宇彤)