



风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组 机械装调工

FENGLI FADIAN JIZU JIXIE ZHUANGTIAOGONG

中 级

《风力发电职业技能鉴定教材》编写委员会◎组织编写



知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组机械装调工——中级

《风力发电职业技能鉴定教材》编写委员会 组织编写



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

风力发电机组机械装调工: 中级/风力发电职业技能鉴定教材编写委员会组织编写.
—北京: 知识产权出版社, 2015. 12
风力发电职业技能鉴定教材
ISBN 978-7-5130-3905-5

I. ①风… II. ①风… III. ①风力发电机—发电机组—装配 (机械)—职业技能—鉴定—教材 ②风力发电机—发电机组—调试方法—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TM315

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 271333 号

内容提要

本书主要介绍风力发电机组的机舱、叶轮和发电机主要零部件的装配过程。机舱部分主要介绍: 偏航系统, 传动链、齿轮箱、联轴器和机舱罩等零部件的结构、功能和装配过程。叶轮部分主要介绍了变桨驱动和变桨驱动编码器的分类和特性, 以及变桨系统的润滑系统和变桨零部件的装配过程。发电机部分主要介绍双馈, 以及永磁直驱发电机的结构、装配过程。

本书的特点是遵循国际和国家标准, 结合相关风机制造商的生产经验, 采用现代技术和方法, 坚持理论与工程实际相结合, 体现风力发电机组制造和装配的系统性和完整性, 突出了典型机型的重点结构。

本书可作为风力发电机组机械装调工培训教材使用, 也可供有关科研和工程技术人员参考。

策划编辑: 刘晓庆

责任编辑: 刘晓庆 于晓菲

责任出版: 孙婷婷

风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组机械装调工——中级

FENGLI FADIAN JIZU JIXIE ZHUANGTIAOGONG ZHONGJI

《风力发电职业技能鉴定教材》编写委员会 组织编写

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

电 话: 010-82004826

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

责编电话: 010-82000860 转 8363

发行电话: 010-82000860 转 8101/8029

印 刷: 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

字 数: 200 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>

<http://www.laichushu.com>

邮 编: 100088

责编邮箱: yuxiaofei@cnipr.com

发行传真: 010-82000893/82003279

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 12.5

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

ISBN 978-7-5130-3905-5

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

《风力发电职业技能鉴定教材》编写委员会

委员会名单

主 任 武 钢

副主任 郭振岩 方晓燕 李 飞 卢琛钰

委 员 郭丽平 果 岩 庄建新 宁巧珍 王 瑞

潘振云 王 旭 乔 鑫 李永生 于晓飞

王大伟 孙 伟 程 伟 范瑞建 肖明明

本书编写委员 乔 鑫 潘振云 王 旭

序 言

近年来，我国风力发电产业发展迅速。自 2010 年年底至今，风力发电总装机容量连续 5 年位居世界第一，风力发电机组关键技术日趋成熟，风力发电整机制造企业已基本掌握兆瓦级风力发电机组关键技术，形成了覆盖风力发电场勘测、设计、施工、安装、运行、维护、管理，以及风力发电机组研发、制造等方面的全产业链条。目前，风力发电机组研发专业人员、高级管理人员、制造专业人员和高级技工等人才储备不足，尚未能满足我国风力发电产业发展的需求。

对此，中国电器工业协会委托下属风力发电电器设备分会开展了技术创新、质量提升、标准研究、职业培训等方面工作。其中，对于风力发电机组制造工专业人员的培养和鉴定方面，开展了如下工作：

2012 年 8 月起，中国电器工业协会风力发电电器设备分会组织开展风力发电机组制造工领域职业标准、考评大纲、试题库和培训教材等方面的编制工作。

2012 年年底，中国电器工业协会风力发电电器设备分会组织风力发电行业相关专家，研究并提出了“风力发电机组电气装调工”“风力发电机组机械装调工”“风力发电机组维修保养工”“风力发电机组叶片成型工”共四个风力发电机组制造工职业工种需求，并将其纳入《中华人民共和国职业分类大典（2015 版）》。

2014 年 12 月初，由中国电器工业协会风力发电电器设备分会与金风大学联合承办了“机械行业职业技能鉴定风力发电北京点”，双

方联合牵头开展了风力发电机组制造工相关国家职业技能标准的编制工作，并依据标准，组织了本套教材的编制。

希望本教材的出版，能够帮助风力发电制造企业、大专院校等，在培养风力发电机组制造工方面，提供一定的帮助和指导。

中国电器工业协会

前 言

为促进风力发电行业职业技能鉴定点的规范化运作，推动风力发电行业职业培训与职业技能鉴定工作的有效开展，大力培养更多的专业风力发电人才，中国电器工业协会风力发电电器设备分会与金风大学在合作筹建风力发电行业职业技能鉴定点的基础上，共同组织完成了风力发电机组维修保养工、风力发电机组电器装调工和风力发电机组机械装调工，三个工种不同级别的风力发电行业职业技能鉴定系列培训教材。

本套教材是以“以职业活动为导向，以职业技能为核心”为指导思想，突出职业培训特色，以鉴定人员能够“易懂、易学、易用”为基本原则，力求通俗易懂、理论联系实际，体现了实用性和可操作性。在结构上，教材针对风力发电行业三个特有职业领域，分为初级、中级和高级三个级别，按照模块化的方式进行编写。《风力发电机组维修保养工》涵盖风力发电机组维修保养中各种维修工具的辨识、使用方法、风机零部件结构、运行原理、故障检查，故障维修，以及安全事项等内容。《风力发电机组电气装调工》涵盖风力发电机电器装配工具辨识、工具使用方法、偏航变桨系统装配、冷却控制系统装配，以及装配注意事项和安全等内容。《风力发电机组机械装调工》涵盖风力发电机组各机械结构部件的辨识与装配，如机舱、轮毂、变桨系统、传动链、联轴器、制动器、液压站、齿轮箱等部件。每本教材的编写涵盖了风力发电行业相关职业标准的基本要求，各职业技能部分的章

对应该职业标准中的“职业功能”，节对应标准中的“工作内容”，节中阐述的内容对应标准中的“技能要求”和“相关知识”。本套教材既注重理论又充分联系实际，应用了大量真实的操作图片及操作流程案例，方便读者直观学习，快速辨识各个部件，掌握风机相关工种的操作流程及操作方法，解决实际工作中的问题。本套教材可作为风力发电行业相关从业人员参加等级培训、职业技能鉴定使用，也可作为有关技术人员自学的参考用书。

本套教材的编写得到了风力发电行业骨干企业金风科技的大力支持。金风科技内部各相关岗位技术专家承担了整体教材的编写工作，金风科技相关技术专家对全书进行了审阅。中国电器协会风力发电电器设备分会的专家对全书组织了集中审稿，并提供了大量的帮助，知识产权出版社策划编辑对书籍编写、组稿给予了极大的支持。借此一隅，向所有为本书的编写、审核、编辑、出版提供帮助与支持的工作人员表示感谢！

本书《风力发电机组机械装调工——中级》系本套教材中的一本。第一章和第五章由王旭负责编写；第二章、第六章和第七章由乔鑫负责编写；第三章、第四章和第八章由潘振云负责编写。

由于时间仓促，编写过程中难免有疏漏和不足之处，欢迎广大读者和专家提出宝贵意见和建议。

《风力发电职业技能鉴定教材》编写委员会

目 录

第一章 机舱的装配	1
第一节 机舱底座的安装	1
一、底座的生产工艺	1
二、装配机舱底座	11
第二节 机舱罩的装配方法	14
一、玻璃钢机舱罩的生产工艺	14
二、机舱罩的检查与验收	16
三、机舱罩胶衣的修复	17
四、机舱罩的装配	18
五、机舱罩的调整	20
第二章 轮毂、变桨控制系统的装配与调整	22
第一节 变桨驱动、编码器的分类与特性	22
一、变桨驱动的分类与特性	22
二、编码器的分类与特性	23
三、变桨驱动编码器的安装与检查	25
第二节 轮毂、变桨系统装配	26
一、变桨系统装配	26
二、装配变桨润滑系统	28
第三节 变桨系统调整	29

第三章 传动链的装配与调整	36
第一节 传动链的概述	36
一、传动链的布置方式	36
二、常用量具的使用方法	41
三、风力发电重点部件的润滑要求	58
第二节 装配主轴总成和齿轮箱	60
一、主轴与齿轮箱的组对	61
第三节 传动链的附件	67
一、安装低速轴护罩	67
二、安装温度传感器 PT100	68
三、安装空气过滤器	71
四、安装雷电防护装置	75
五、安装液位传感	83
第四章 联轴器、制动器、液压站的安装和调整	87
第一节 联轴器的安装和调整	87
一、刚性联轴器	88
二、挠性联轴器	89
三、安装联轴器总成	95
第二节 制动器的安装和调整	102
一、制动系统的简介	102
二、风力发电机组的制动形式	104
三、制动器介绍	104
四、安装高速制动器	107
五、安装偏航制动器	108
第三节 安装液压站	110
一、液压站的概述	110

二、安装液压站	113
第五章 发电机系统安装与调整	115
第一节 双馈异步发电机的装配	116
一、双馈异步发电机的概述	116
二、双馈异步发电机的装配	118
三、双馈异步发电机的调整（对中）	121
第二节 永磁直驱同步发电机的装配	133
一、永磁同步风力发电机	133
二、转子的装配工艺	135
三、主轴系的装配	140
四、发电机的装配	148
第六章 齿轮箱的安装与调整	156
第一节 齿轮箱安装	156
一、齿轮箱的种类和工作原理	156
第二节 齿轮箱的调整	159
一、齿轮箱安装调整	159
第七章 偏航系统的安装与调整	164
第一节 偏航系统的安装	164
一、齿轮检测知识	164
二、偏航减速器安装要求	165
三、偏航轴承安装要求	166
四、涂色法的相关知识	169
第二节 偏航系统调整	170
一、偏航系统润滑油渗漏的原因及排除方法	170
二、偏航制动器安装间隙要求	170

第八章 加热、冷却系统的安装和检查 172

第一节 双馈机组的加热冷却系统的安装和检查 172

 一、双馈风力发电机组的加热冷却润滑工作原理 174

 二、安装齿轮油散热器 177

 三、安装润滑油泵 178

 四、安装齿轮箱润滑油管和加润滑油 180

第二节 直驱风力发电机组的冷却系统 181

 一、冷却系统结构 181

 二、冷却系统的工作原理 183

参考文献 185

第一章 机舱的装配

学习目的：

1. 掌握装配机舱底座的调整方法。
2. 掌握装配机舱罩的调整方法。
3. 掌握胶衣修复的方法。

机舱主要由底座、机舱罩等部件组成。机舱底座上布置有叶轮系统、轴承座、齿轮箱、发电机、偏航驱动、液压系统、润滑系统、机舱罩等部件，机舱罩后部的上方安装测风系统，机舱壁上有通风装置、逃生装置、照明装置、小型起重设备（提升机装置）等，底部与塔架相连。

第一节 机舱底座的安装

机舱底座起着定位和承载的作用，机组载荷都通过机舱底座传递给塔架。机舱底座具有较高的强度和刚度，还具有良好的减震特性。

为了高效准确地将叶轮系统、轴承座、齿轮箱、发电机、偏航驱动、液压系统、润滑系统、机舱罩等部件装配至底座上，首先需要了解一下机舱底座的生产工艺。

一、底座的生产工艺

（一）底座的材料

一个大型风力发电机的底座重量在 20 t 左右，它所需要支撑的重量在 100 t

左右。为满足对底盘的强度和刚度要求，底盘一般采用铸造或焊接成型，见图1-1。

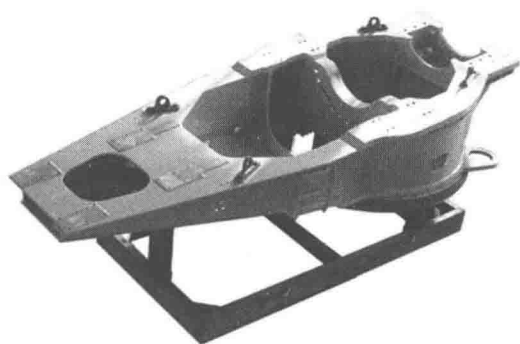


图 1-1 一种异步机组的机舱底座

使用齿轮箱的异步机组底座因纵向尺寸较长，一般采用焊接结构，或前部铸造后部焊接的混合结构。直驱同步机组的底座尺寸和重量相对小一些，一般都采用铸造成型，见图 1-2。

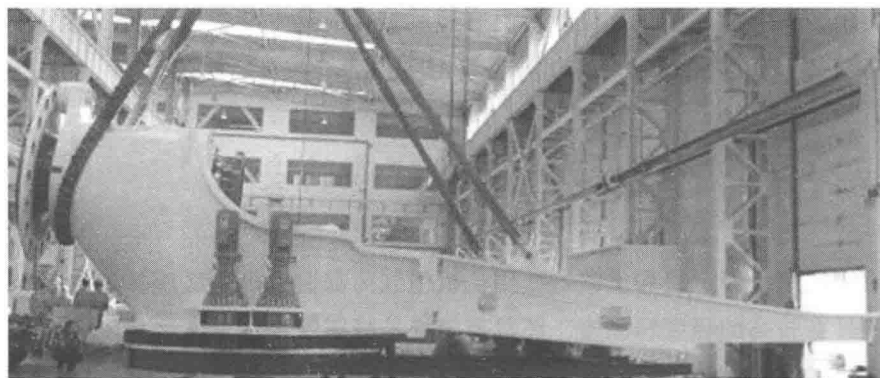


图 1-2 一种齿轮箱型“半直驱”机组的机舱底座

（二）底座的机械加工

（1）不管是铸造底座还是焊接底座，有几个与整机装配有关的关键部位必须进行机械加工，以保证其位置精度及平面贴合。由于底板的尺寸太大，在通用设备上很难加工，一般都采用专用制造的专用设备进行加工。

(2) 首先要加工偏航轴承的安装面, 这个平面是整个底座的加工基准平面。加工后的安装面既消除了焊接变形, 同时又保证了偏航轴承安装时的贴合要求。水平轴风力发电机的主轴支座安装平面、齿轮箱安装平面和发电机安装平面都与偏航轴承安装平面平行, 加工时只要满足这一要求就可以了。

(3) 仰头主轴风力发电机的主轴支座安装平面、齿轮箱安装平面和发电机安装平面都与偏航轴承安装平面有 5° 或 6° 的夹角, 它保证了这几个安装平面与偏航轴承安装平面夹角的一致性及在一个平面内。这是对仰头主轴风力发电机的主轴支座安装平面、齿轮箱安装平面和发电机安装平面加工的基本要求, 加工时应保证各安装面的平整度, 以满足安装时的贴合要求。

(三) 底座的检查与验收

1. 对钢结构的检查要求

(1) 目视检测、外观检验及断口宏观检验时, 使用放大镜的放大倍数应以 5 倍为限。焊件与母材之间在 25 mm 范围内, 应无污渍、油迹、焊皮、焊迹和其他影响检测的杂质。底座的各个非装配表面和检修孔不得有毛刺、飞边和尖锐的棱角, 以免对人造成伤害。

(2) 对钢结构焊缝应进行无损检测, 无损检测的操作人员应具有相应的资格证书。对底座钢结构焊缝等级要求及采用何种无损检测方法, 应按设计施工图样上的要求执行, 并对所有焊缝进行 100% 的外观测试。施工图样上没有注明时, 无损检测方法的选择按应以下要求执行。

①对接焊缝, 钢板厚度小于 8 mm 时, 采用射线探伤, 执行《金属熔化焊焊接接头射线照像》GB/T 3323。

②对接焊缝, 钢板厚度大于 8 mm 时, 采用射线探伤或渗透检测。

③T 型对接焊缝, 应采用渗透检测, 执行《焊缝渗透检测》JB/T 6062 标准。

④角焊缝, 应采用磁粉探伤, 执行《焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级》JB/T 6061 标准。

⑤超声波探伤, 执行《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T 11345 标准。

2. 对装配表面的检测

(1) 偏航轴承安装表面及圆孔表面、偏航驱动电动机减速器安装表面、偏航制动器安装表面、水平主轴支座安装表面、水平安装齿轮箱或浮动安装齿轮箱托架安装表面、发电机安装表面的相互平行度及各平面的平直度、表面粗糙度和各平面上孔的螺孔的相互位置精度，均应符合图样的要求。

(2) 仰头主轴支架安装面、仰头齿轮箱安装面或齿轮箱托架安装面和仰头发电机安装面与水平面（即领航轴承安装面）间的夹角必须一致且在同一平面上，且应符合图样要求。

(3) 液压系统、润滑系统、冷却系统、控制系统和机舱等的安装孔或安装螺纹孔的位置精度应符合图样要求，保证装配不存在困难。

3. 评定零件的质量因素

这些因素是多方面的，不仅尺寸影响零件的质量，零件的几何形状和结构的位置也大大影响质量。下面了解一下形状和位置公差《产品几何技术规范》GB/T 1182。

(1) 形状和位置公差的基本概念。

图 1-3a 所示为一理想形状的销轴，而加工后的实际形状则是轴线变弯了，如图 1-3b，因而产生了直线度误差。

又如，图 1-4a 所示为一要求严格的四棱柱，加工后的实际位置却是上表面倾斜了，如图 1-4b，因而产生了平行度误差。

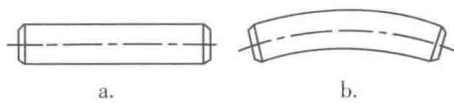


图 1-3 形状误差

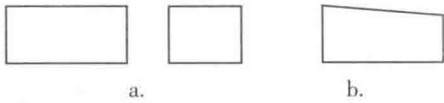


图 1-4 位置误差

如果零件存在严重的形状和位置误差，将造成装配困难，影响机器的质量。因此，对于精度要求较高的零件，除给出尺寸公差外，还应根据设计要求，合理地确定出形状和位置误差的最大允许值，如图 1-5b 中的 $\phi 0.08$ （即销轴轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.08$ 的圆柱面内，如图 1-5a 所示）、图 1-6b 中的 0.1（即上表面必须位于距离为公差值 0.1 且平行于基准表面 A 的两平行平面之间，

见图 1-6a)。

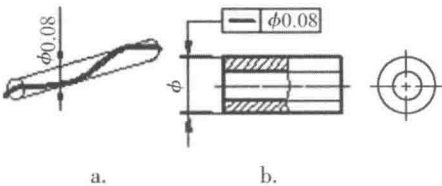


图 1-5 直线度公差

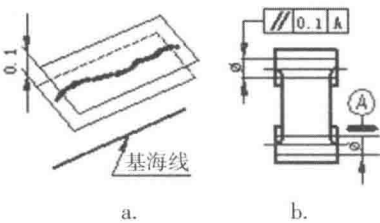


图 1-6 平行度公差

(2) 形状公差和位置公差的有关术语。

- ①要素——指组成零件的点、线、面。
- ②形状公差——指实际要素的形状所允许的变动量。
- ③位置公差——允许的变动量，它包括定向公差、定位公差和跳动公差。
- ④被测要素——给出了形状或（和）位置公差的要素。
- ⑤基准要素——用来确定理想被测要素方向或（和）位置的要素。

(3) 形位公差的项目、符号及公差带。

①形状公差。形位公差的分类、项目资料和符号，见表 1-1。

表 1-1 形位公差的分类、项目资料和符号

分类	项 目	特征符号		有或无基准要求
形状公差	形状	直线度	—	无
		平面度	▭	无
		圆度	○	无
		圆柱度	⊘	无