



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

初 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——初级

《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: 初级/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 978-7-5130-3904-8

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 271332 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装配的基础知识。主要包括: 机械装配的基础知识、识读机械零件图装配图, 以及装配工艺规程等技术文件、风力发电机组机舱的装配、轮毂变桨控制系统的装配与调整、传动链的装配与调整、联轴器制动器液压站的安装与调整、发电机系统的安装与调整、齿轮箱的安装与调整、偏航系统的安装与调整、加热冷却系统的安装与检查等知识。本书内容涉列双馈和直驱风力发电机组, 文字通俗易懂, 图文并茂, 方便实用。

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——初级

FENGLI FADIAN JIZU JIXIE ZHUANGTIAOGONG——CHUJI

《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×1000mm 1/16

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

字 数: 195 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: 12.75

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

ISBN 978-7-5130-3904-8

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 王 旭 乔 鑫 潘振云

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！

《风力发电机组机械装调工——初级》系本套教材中的一本。第一章、第二章和第六章由王旭负责编写；第三章、第七章和第八章由乔鑫负责编写；第四章、第五章和第九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 装配准备	1
第一节 装配的基础知识	1
一、装配的概念	1
二、装配操作	2
三、装配工作组织形式	2
四、装配时必须考虑的因素	5
五、装配的一般原则	5
六、装配的工艺过程	6
七、组装	7
第二节 图纸、文件的准备	13
一、识读零件图	14
二、识读装配图	15
三、识读装配工艺规程等技术文件	19
第三节 零部件、工器具的准备	23
一、零部件的准备	23
二、工器具及生产辅料的准备	25
第二章 机舱的装配	43
第一节 机舱平台的装配	44
一、安装机舱平台前的准备工作	44

二、机舱平台的装配方法	51
第二节 机舱罩的装配	54
一、安装机舱罩前准备	56
二、机舱罩的装配方法	56
三、安装附件	57
四、试装机舱底机件	57
第三章 轮毂、变桨控制系统装配与调整	59
第一节 变桨控制系统介绍	59
一、变桨控制系统介绍	59
二、轮毂、变桨控制系统装配准备	62
第二节 轮毂、变桨系统装配准备	70
一、识别变桨轴承软带位置、止口方向	70
二、0 刻度线的识划方法	71
三、装配变桨轴承	73
四、装配变桨润滑系统	74
第三节 轮毂、变桨系统的装配	78
一、安装变桨驱动装置	78
二、安装变桨驱动柜系统	83
第四章 传动链的装配与调整	85
第一节 传动链的概述	85
一、装配的基本规定	85
二、操作轴承加热设备	87
三、传动链的概述	89
第二节 装配主轴总成	94
一、装配的基本要求	94
二、主轴总成的装配过程	95

第三节 装配主轴总成和齿轮箱	102
一、清洗齿轮箱	102
二、安装齿轮箱弹性支撑轴和弹性衬套	104
三、安装高速刹车盘	106
四、主轴与齿轮箱的组对	107
第四节 传动链的调整	115
第五章 联轴器、制动器、液压站的安装和调整	117
第一节 联轴器和制动器的安装和调整	117
一、膜片联轴器	117
二、安装发电机轴套法兰和联轴器总成	118
三、安装高速制动器	120
四、安装偏航制动器	121
第二节 液压系统的安装和调整	122
一、液压系统的概述	122
二、安装液压站	124
三、安装偏航液压油管	125
四、安装高速制动器的液压站油管和旋转接头	126
第六章 发电机系统安装与调整	129
第一节 双馈异步发电机的装配	130
一、双馈异步发电机的安装	132
二、双馈异步发电机的调整	134
第二节 永磁直驱同步发电机的装配	138
一、转子的装配	140
二、轴系的装配	145
三、发电机的装配	154

第七章 齿轮箱的安装与调整	159
第一节 齿轮箱的安装	159
第二节 齿轮箱的调整	161
一、齿轮箱安装调整	161
二、齿轮箱基本检查	164
第八章 偏航系统安装与调整	165
第一节 偏航系统安装与调整	165
第二节 偏航润滑系统的安装	172
第三节 测风系统的安装	175
第九章 加热、冷却系统的安装和检查	179
第一节 双馈机组的加热、冷却系统的安装和检查	179
一、双馈风力发电机组的加热、冷却润滑工作原理	180
二、安装齿轮油散热器	184
三、安装润滑油泵	185
四、安装齿轮箱润滑油管和加润滑油	186
第二节 直驱风力发电机组的冷却系统	188
一、冷却系统结构	188
二、冷却系统的工作原理	190
参考文献	192

第一章 装配准备



学习目的：

1. 了解装配的概念、组织形式、一般原则和装配的工艺过程。
2. 能够识读装配图样、工艺规程等技术文件。
3. 根据定型机组准备装配所需的零部件和工量具。

第一节 装配的基础知识

一、装配的概念

1. 装配

风力发电机组和任何其他机器一样，都是由若干零件和部件总成组成的。将众多零件和部件总成按照产品设计的技术要求、标准，依据一定的顺序和相互关联关系，结合成一台风力发电机组的工艺过程称为装配。

2. 部件装配

把零件装配成部件的过程称为部件装配。风力发电机组的任意部件总成，如定子总成、轴系总成、齿轮箱、制动器等，都是由许多零件和小部件组成的，把由齿轮、轴、轴承、箱体等零件装配成齿轮箱，或把定子、定子主轴、轴承、转动轴、转子、端盖等（机座、端盖、转子、定子等）装配成发电机的这类装配过程称为部件装配。风力发电机组的齿轮箱、发电机（双馈异步电机）、定子总成（永磁直驱）、偏航减速器、偏航电机、制动器、液压站、润滑站等部件一般

采用由专业生产厂商装配生产、主机厂以外购件的方式订货采购。

3. 总装配

把零件和部件装配成最终产品的过程称为总装配。对于风力发电机组，把机舱总成、叶轮总成、发电机总成、叶片、塔架等部件总成和零件按一定的技术要求、工艺顺序组合成一台完整的风力发电机组的工艺过程称为风力发电机组总装配。这个过程是风力发电机组主机厂最主要的生产过程。实际上，由于风力发电机组结构的特殊性，主机厂的风力发电机组总装配不可能将尺寸巨大的叶片和塔架等在生产车间全部装配在一起，而必须在风力发电机现场才完成最终装配，这是不同于一般机电产品（如机床、汽车等）的特点。

二、装配操作

装配是由大量成功的操作来完成的。这些操作又可以分为主要操作和次要操作。主要操作可以直接产生产品的附加值，而除主要操作以外的其他操作则属于次要操作，它们对于产品的装配也是不可缺少的。主要操作和次要操作的区别在于装配中的目的和作用不同。

主要操作包括安装、连接、调整、检验和测试等。

次要操作包括储藏、运输、清洗、包装等。

三、装配工作组织形式

装配组织的形式随着生产类型和产品复杂程序的不同而不同，可分为以下四类。

1. 单件生产的装配

单个地制造不同结构的产品，并很少重复，甚至完全不重复，这种生产方式称为单件生产。单件生产的产品数量很少，一般只有几台甚至一两台，装配对象多固定在一个位置，由一个工人或一组工人，从开始到结束完成全部的装配工作。这种方法生产率低，装配周期长，工艺设备利用率低，占地面积大，要求装配工人的技术素质高。

2. 大量生产的装配

产品制造数量很庞大，生产规模很大，每个工作地点经常重复地完成某一工序，并具有严格的节奏，这种生产方式称为大量生产。在大量生产中，把产品装配过程划分为部件、组件装配，使某一工序只由一个或一组工人来完成。同时，只有当从事装配工作的全体工人，都按顺序完成了所担负的装配工序以后，才能装配出产品。工作对象（部件或组件）在装配过程中，有顺序地由一个或一组工人转移给另一个或一组工人。这种转移可以是装配对象的移动，也可以是工人移动。通常把这种装配组织形式叫做流水装配法。为保证流水线上装配工作的连续性，在装配线所有工位上，完成某一工序的时间都应相等或互成倍数。在大量生产（流水线生产）中，由于广泛采用互换性原则，并使装配工作工序化，因此装配质量好、效率高、生产周期短、占用生产面积小，是一种先进的装配组织形式。

3. 成批生产的装配

在一定的时期内，成批地制造相同的产品，这种生产方式称为成批生产。在成批生产时，装配工作通常分为部件装配和总装配。每个部件由一个或一组工人来完成，然后进行总装配。产品产量介于上述两者之间，可采用类似大量生产的生产组织形式进行流水生产。由于风机部件尺寸大、重量重，不易采用在输送带上移动式的装配方法，但可采用在固定地点进行装配，称为固定式装配。生产定型风力发电机组时较多采用此装配形式。

目前，按照工件的年产量划分生产类型，尚无十分严格的标准，在划分时可参考表1-1 和表 1-2 。

表 1-1 生产类型划分参考表

生产类型		零件的年产量/件		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		<5	<10	<100
成批生产	小批	5~100	10~200	100~500
	中批	100~300	200~500	500~5000
	大批	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

表 1-2 各种生产类型特征的简介

特征	生产类型		
	单件生产	成批生产	大量生产
产品数量	产品或工件的数量少，品种多，生产不一定重复	产品或工件的数量中等，品种不多，周期地成批生产	产品或工件的数量多，品种单一，长期连续生产固定产品
设备加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
所用设备	通用的（万能的）	通用的和部分专用的	广泛使用高效率专用设备
工艺装备	很少用	一般使用	广泛使用高效率专用设备
工具与量具	一般工具、通用量具	专用工具与量具	高效率专用工具与量具
零件互换性	很少用完全互换，用钳工试配	普遍应用完全互换，有时有些试配	完全互换
设备布局	按设备类型及尺寸布置成机群式	基本上按工件制造流程布置	调整工作要求技术熟练，操作工技术要求不高
对工人技术要求	需要技术熟练工人	需要一定技术熟练程度工人	调整工作要求技术熟练，操作工技术要求不高
工艺规程	简单	比较详细	详细编写

由表 1-1 和表 1-2 可见，在不同的生产类型情况下的加工方案，包括所使用的设备、工夹量具、原材料等各方面都有很大的不同。当产品固定、产量很大时，应该采用各种高生产率的专用设备和夹具，能提高劳动生产率，也能降低成本。但在产量较小时，若用专用设备，则由于调整设备的时间长，设备利用率低，平均的单件折旧费用高，成本反而增加，所以一般常用通用设备。由此说明，生产类型的不同对工件的工艺过程及设备的选用有很大影响。

4. 现场装配

现场装配共有两种。第一种为在现场进行部分制造、调整和装配。这里，有些零部件是现成的，而有些零部件则需要在现场根据具体的现场尺寸要求进行制造，然后才可以进行现场装配。第二种为与其他现场设备有直接关系的零部件必须在工作现场进行装配。

四、装配时必须考虑的因素

将风力发电机组零部件按设计要求进行装配时，必须考虑以下一些因素，以保证制定合理的装配工艺。

(1) 尺寸。零部件有大件与小件之分，小件在装配时可以很方便地予以安装，而大件在装配时则需要使用专用的起吊设备。

(2) 运动。在安装中，会遇到以下两种情况：一是所有零件或几乎所有零件都是静止的；二是有不少零件是运动的。

(3) 精度。有的安装需要高精度，而有些安装则对精度的要求不是很严格。

(4) 可操作性。有些零部件需要安装在很难装配的地方，而有的零部件则很容易安装。

(5) 零部件的数量。有些产品是由几个零件组成的，有些产品则是由大量的零件组成的。

五、装配的一般原则

为提高装配质量，必须注意以下几个方面。

(1) 仔细阅读装配图和装配说明书，并明确其装配技术要求。

(2) 熟悉各零部件在产品中的功能。

(3) 如果没有装配说明书，则在装配前应当考虑好装配的顺序。

(4) 装配的零部件和装配工具都必须在装配前进行认真的清洁。

(5) 必须采取适当的措施，防止脏物或异物进入正在装配的产品内。

(6) 装配时，必须使用符合要求的紧固件进行紧固。

(7) 拧紧螺栓、螺钉等紧固件时，必须根据产品装配要求使用合适的装配工具。

(8) 如果零部件需要安装在规定的位置上，那就必须在零件上做记号。且安装时，还必须根据标记进行装配。

(9) 在装配过程中，应当及时进行检查或测量。其内容包括位置是否正确、间隙是否符合规格中的要求、同轴度是否符合设计要求、尺寸是否符合设计要