



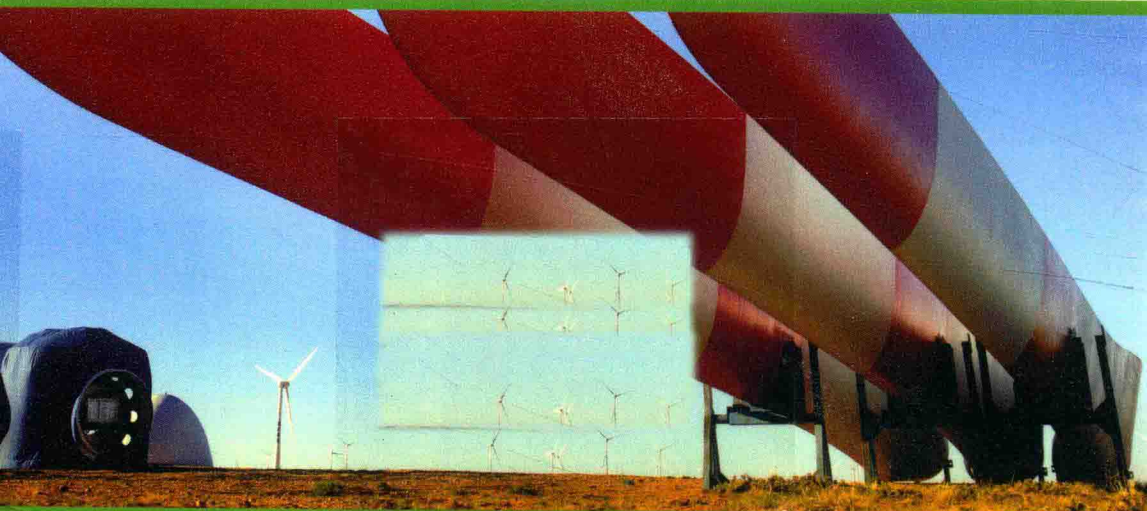
风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组 机械装调工

FENGLI FADIAN JIZU JIXIE ZHUANGTIAOGONG

高 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——高级

《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: 高级/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 978-7-5130-3906-2

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 271334 号

内容提要

本书在介绍风力发电机组整体结构的基础上, 系统的阐述了风力发电机组的制造理论以及装配技术。制造理论主要包括风力发电机组的机械传动系统, 液压与润滑系统等内容。装配技术主要包括材料, 制造工艺, 装配工艺等内容。

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——高级

FENGLI FADIAN JIZU JIXIE ZHUANGTIAOGONG——GAOJI

《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: 185 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: 11.5

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

ISBN 978-7-5130-3906-2

出版版权专有 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 潘振云 王 旭 乔 鑫

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——高级》系本套教材中的一本。第一章、第五章和第六章由乔鑫负责编写；第二章和第三章由潘振云负责编写；第四章由王旭负责编写。

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 轮毂、变桨控制系统装配与调整	1
第一节 轮毂、变桨系统装配	1
一、顺桨接近撞块和变桨限位撞块的工作原理	1
二、顺桨接近撞块和变桨限位撞块的安装	1
三、极限工作位置撞块和限位开关的工作原理	9
四、极限工作位置撞块和限位开关的安装	11
第二节 变桨系统调整	12
一、变桨系统工作原理	12
二、变桨系统调节工况	12
三、变桨系统分类	12
四、变桨驱动结构	13
五、变桨系统安装、调试工艺	13
第二章 传动链的装配与调整	30
第一节 传动链概述	30
一、常用传动链的种类	30
二、机械装配基础知识	35
第二节 装配主轴总成和齿轮箱	47
一、主轴轴承	47
二、装配主轴总成	48

三、主轴总成与齿轮箱的组对	53
第三节 安装齿轮箱冷却与润滑系统	57
一、安装润滑系统	57
二、齿轮箱润滑油的冷却与加热	60
三、齿轮箱的监控系统	62
第三章 联轴器、制动器、液压站的安装和调整	65
第一节 联轴器的安装和调整	65
一、刚性联轴器	66
二、挠性联轴器	67
三、安装联轴器总成	72
第二节 制动器的安装和调整	81
一、制动系统的概述	81
二、风力发电机组的制动形式	82
三、制动器的概述	83
四、安装高速制动器	86
五、安装偏航制动器	88
第三节 风力发电机电液系统	90
一、定桨距风力发电机组的液压系统	90
二、变桨距风力发电机组的液压系统	92
三、液压系统的技术要求	96
四、安装液压系统	99
第四章 发电机系统的安装与调整	102
第一节 双馈异步发电机的装配	103
一、双馈异步发电机的概述	103
二、双馈异步发电机的装配	105
三、双馈异步发电机的对中调整	110

四、双馈异步发电机的拆卸和保养	115
第二节 永磁直驱同步发电机的装配	123
一、永磁同步风力发电机	123
三、主轴系的装配	127
四、发电机的装配	129
第五章 齿轮箱的安装与调整	138
第一节 齿轮箱的安装	138
一、齿轮箱介绍	138
二、齿轮箱弹性支撑介绍	138
三、齿轮箱弹性支撑分类	139
第二节 齿轮箱的调整	143
一、齿轮箱轴与叶轮轴介绍	143
二、齿轮箱的结构	145
三、齿轮箱与叶轮轴的装配	149
第六章 偏航系统的安装与调整	160
第一节 偏航系统的安装	160
一、偏航系统解缆和纽缆保护介绍	160
二、偏航系统传感器介绍	161
三、偏航系统传感器安装	162
四、偏航系统齿圈表面磨损的原因及其检测方法	163
五、偏航系统噪声产生的原因及其故障排除方法	164
六、偏航限位开关的常见故障及其排除方法	164
七、偏航制动装置和阻尼器工作介绍	165
八、偏航系统的维护	166
九、偏航系统故障检查	168
参考文献	169

第一章 轮毂、变桨控制系统装配与调整

学习目的：

1. 掌握撞块和限位开关的作用及安装方法。
2. 掌握变桨系统的工作原理。
3. 了解变桨系统的安装要求。

第一节 轮毂、变桨系统装配

一、顺桨接近撞块和变桨限位撞块的工作原理

1. 顺桨接近撞块的工作原理

当叶片变桨趋于顺桨位置时，顺桨接近撞块就会运行到顺桨接近开关的上方。接近开关接收信号后会传递给变桨系统，提示叶片已经处于顺桨位置。

2. 变桨限位撞块及缓冲配套装置的工作原理

当叶片变桨趋于最大角度的时候，变桨限位撞块会运行到缓冲配套装置上起到变桨缓冲作用，以保护变桨系统，保证系统正常运行。

二、顺桨接近撞块和变桨限位撞块的安装

一种顺桨接近撞块和变桨限位撞块的安装示意图，见图 1-1。

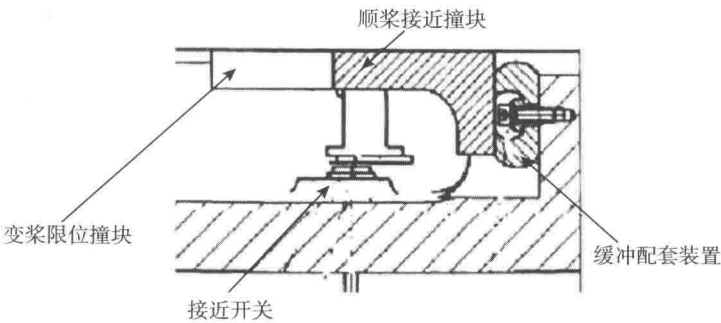


图 1-1 一种顺桨接近撞块和变桨限位撞块的安装示意图

1. 顺桨接近撞块的安装

顺桨接近撞块安装在变桨限位撞块上，与顺桨接近开关配合使用。顺桨接近撞块示意图见图 1-2，安装实物图见图 1-4。

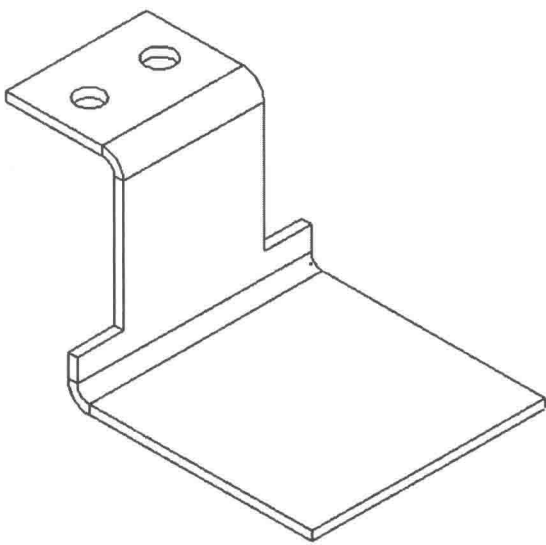


图 1-2 一种顺桨接近撞块的外形图

2. 变桨限位撞块的安装

变桨限位撞块安装在变桨轴承内圈的内侧，与缓冲配套装置配合使用。变桨限位撞块示意图见图 1-3。图中位置 1 为变桨限位撞块与变桨轴承连接时定位导向螺钉孔；位置 2 为顺桨接近撞块安装螺栓孔，与变桨限位撞块连接；位置 3 为

顺桨接近撞块安装螺栓孔，与变桨限位撞块连接。变桨限位撞块安装实物见图1-4。

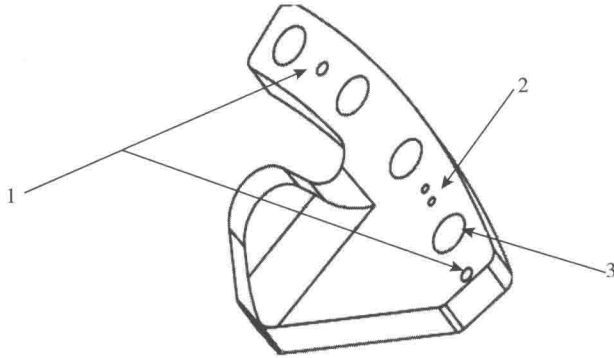


图 1-3 一种变桨限位撞块的外形图

- 1- 桨限位撞块与变桨轴承连接时定位导向螺钉孔；2- 顺桨接近撞块安装螺栓孔；
3- 顺桨接近撞块安装螺栓孔

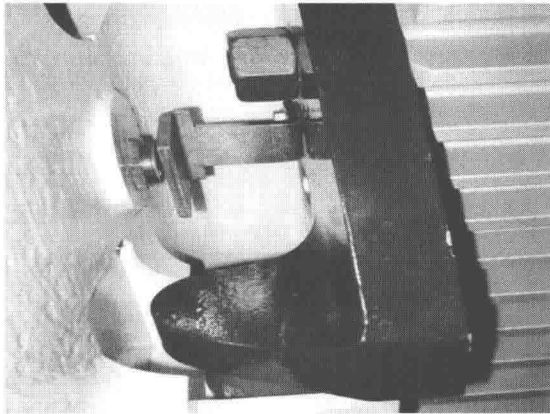


图 1-4 一种顺桨接近撞块和变桨限位撞块的安装图

3. 变桨缓冲配套装置安装

变桨缓冲配套装置一般选用聚氨酯材料加工而成。安装时使用紧固件将变桨缓冲配套装置固定到轮毂的指定位置。紧固件安装时，需按照设计要求涂抹润滑剂或者螺纹锁固胶，且力矩值需达到设计要求且紧固件要做防松防腐处理。变桨缓冲配套装置安装图和工作状态图，见图 1-5 和图 1-6。



图 1-5 一种变桨缓冲装置的安装图

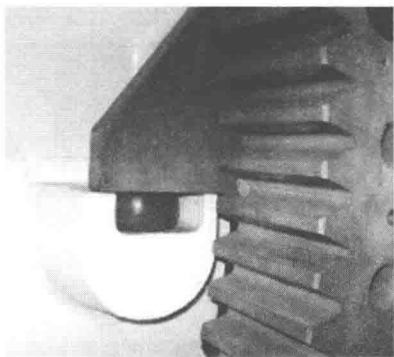


图 1-6 一种变桨缓冲装置的工作状态图

4. 顺桨接近开关介绍

(1) 顺桨接近开关概述

接近开关是一种无须与运动部件直接进行机械接触而可以操作的位置开关，见图 1-7。当物体到达开关的感应面时，不需要机械接触及施加任何压力即可使开关动作，从而驱动直流电器或给计算机（plc）装置提供控制指令。接近开关具有传感性能，且具有动作可靠、性能稳定、频率响应快、应用寿命长、抗干扰能力强，以及防水、防震、耐腐蚀等特点。

接近开关又称无触点接近开关，是理想的电子开关传感器。当金属检测体接近开关的感应区域时，开关就能无接触、无压力、无火花并迅速地发出电气指令，准确地反映出运动机构的位置和行程。即使用于一般的行程控制，其定位精度、操作频率、使用寿命、安装调整的方便性和对恶劣环境的适用能力，也是一般机械式行程开关所不能相比的。它广泛地应用于机床、冶金、化工、轻纺和印刷等行业。在自动控制系统中，它可用作限位、计数、定位控制和自动保护元件等。

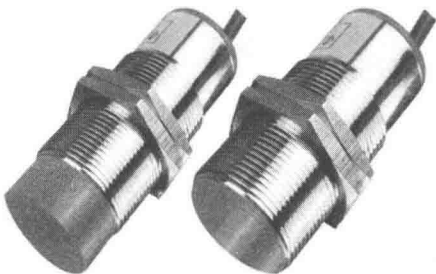


图 1-7 一种接近开关

(2) 接近开关分类和工作原理

① 涡流式接近开关

这种开关也叫电感式接近开关,是一种属于有开关量输出的位置传感器,它由 LC 高频振荡器、信号触发器和开关放大器组成。振荡电路的线圈产生高频交流磁场,该磁场经由传感器的感应面释放出来。当有金属物体接近这个能产生电磁场的振荡感应头时,就会使该金属物体内部产生涡流。这个涡流反作用于接近开关,会使接近开关振荡能力衰减,内部电路的参数发生变化。当信号触发器探测到这一衰减现象时,便会把它转换成开关电信号。由此即可识别出有无金属物体接近开关,进而控制开关的通或断。这种接近开关所能检测的物体必须是金属物体。

涡流式接近开关抗干扰性好,开关频率高。它应用在各种机械设备上,用作位置检测、技术等信号拾取。

② 电容式接近开关

电容式接近开关亦属于一种具有开关量输出的位置传感器。它的测量头通常是构成电容器的一个极板,而另一个极板是物体本身。当物体移向接近开关时,物体和接近开关的介电常数 ϵ 发生变化。同时,等效电容也跟着变化,从而使和测量头相连的电路状态也随之发生变化,由此来控制开关的接通和关断。这种接近开关的被检测物体,并不限于金属导体,也可以是绝缘的液体或粉状物体。在检测较低介电常数 ϵ 的物体时,可以顺时针调节多圈电位器(位于开关后部)来增加感应灵敏度。一般调节电位器使电容式的接近开关在 $0.7 \sim 0.8 S_n$ (S_n 为电容式接近开关的标准检测距离)的位置动作。

③ 霍尔式接近开关

当一块通有电流的金属或半导体薄片垂直地放在磁场中时,薄片的两端就会产生电位差,这种现象就称为霍尔效应。两端具有的电位差值称为霍尔电势 U ,其表达式为: $U = K \cdot I \cdot B / d$

其中, K 为霍尔系数, I 为薄片通过的电流, B 为外加磁场(洛伦兹力 $Lorentz$) 的磁感应强度, d 是薄片的厚度。由此可见,霍尔效应的灵敏度高低与外加磁场的磁感应强度成正比。霍尔接近开关就属于这种有源磁/电转换器件,它是在霍尔效应原理的基础上,利用先进的集成封装和组装工艺制作而成。它可

以方便地把磁输入信号转换成实际应用中的电信号，同时又符合工业场合实际应用易操作和可靠性的要求。

霍尔接近开关的输入端是以磁感应强度 B 来表征的，当 B 值达到一定的程度时，开关内部的触发器翻转，霍尔接近开关的输出电平状态也随之翻转。输出端一般采用晶体管输出，和电感式接近开关类似的有：NPN、PNP、常开型、常闭型、锁存型（双极性）、双信号输出几种类型。

霍尔接近开关是磁性接近开关中的一种，具有无触电、低功耗、长使用寿命、响应频率高等特点。其内部采用环氧树脂封灌制作成一体化结构，所以能在各类恶劣环境下稳定地工作。它可应用于接近开关、压力开关、里程表等，它是一种新型的电器配件。霍尔式开关比电感式开关响应频率高，它用磁钢触发；电感式开关用导磁金属触发。霍尔式开关感应距离除了与传感器本身性能有关外，还与所选磁钢磁场强度有关。

④磁性接近开关

磁性接近开关能以细小的开关体积达到最大的检测距离。它能检测磁性物体（一般为永久磁铁），然后产生触发开关信号输出。由于磁场能通过很多非磁性物体，所以此触发过程并不一定需要把目标物体直接靠近磁性接近开关的感应面，而是通过磁性导体（如铁）把磁场传送至远距离。例如，信号能够通过高温的地方传送到磁性接近开关而产生触发动作信号。

磁性接近开关的工作原理与电感式接近开关类似，其内部包含一个 LC 振荡器、一个信号触发器和一个开关放大器。此外，还有一个非晶体化的、高穿透率的磁性软玻璃金属铁芯，该铁芯造成涡流损耗使振荡电路产生衰减。如果把它放置在一个磁场范围内（例如，永久磁铁附近），此时正在影响振荡电路衰减的涡流损耗就会减少，振荡电路将不再衰减。因此，磁性接近开关的消耗功率由于永久磁铁的接近而增加，信号触发器被启动产生输出信号。

磁性接近开关有广泛的应用。例如，可以通过塑胶容器或导管来对物体进行检测，高温环境的物体检测，物料的分辨系统。

磁性接近开关具有如下特点：

优点

- 可以整体安装在金属中。