



风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组 维修保养工

FENGLI FADIAN JIZU WEIXIU BAOYANGGONG

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

风力发电机组维修保养工——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

风力发电机组维修保养工：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，2016.11
风力发电职业技能鉴定教材
ISBN 978-7-5130-4532-2

I . ①风… II . ①风… III . ①风力发电机—发电机组—维修—职业技能—鉴定—教材
IV . ① TM315

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 251069 号

内容提要

本书在介绍风力发电机组机械和电气原理的基础上，系统地阐述了风力发电机组的维修和保养技术。机械系统包括轮毂系统、叶片系统、机舱系统；电气系统包括变流系统、变桨系统、主控系统和安全保护系统。

本书的特点是遵循国际和国家标准，结合相关风机制造商、风电现场的经验，采用现代技术和方法，坚持理论和实际相结合，体现风力发电机组维修和保养的系统性和完整性。

本书可作为风力发电机组维修保养工培训教材使用，也可提供相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：刘译文

风力发电职业技能鉴定教材

风力发电机组维修保养工——高级

FENGLI FADIAN JIZU WEIXIU BAOYANGGONG——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：北京市海淀区西外太平庄 55 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：2016 年 11 月第 1 版

字 数：300 千字

ISBN 978-7-5130-4532-2

网 址：<http://www.ipph.cn>

<http://www.laichushu.com>

邮 编：100081

责编邮箱：yuxiaofei@cnipr.com

发行传真：010-82000893/83003279

经 销：各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张：18

印 次：2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价：48.00 元

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 肖明明 程 伟

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、职业培训等方面的工作。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写工作。

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写工作,并依据标准,组织了本

套教材的编写。

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的编写工作。

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!

《风力发电机组维修保养工——高级》系本套教材之一。第一章、第二章、第三章由程伟编写,第四章至第九章由肖明明编写。

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 轮毂保养维修	1
第一节 维护保养卡的编制	1
一、轮毂维护保养记录卡的编制	2
二、轮毂维护保养记录卡的修订	3
第二节 轮毂故障的排除	12
一、变桨小齿轮与变桨轴承内齿圈啮合间隙的调整方法	12
二、减速箱小齿轮、变桨轴承内齿表面点蚀、塑性变形和腐蚀等缺陷的处理方法	13
三、变桨轴承密封条类型及更换方法	14
四、变桨传动链的检查方法	17
五、变桨控柜	23
第二章 叶片保养维修	35
第一节 叶片内部件的检查及调整	35
一、叶片零位的检查方法	35
二、叶片接闪器	36
第二节 叶片缺陷的排除	39
一、叶片螺栓的更换方法	39
二、叶片异常噪音的产生及判断方法	42

第三章 机舱保养维修	46
第一节 机舱关键部件调整和更换	47
一、根据废油脂分析报告判断主轴轴承磨损情况	47
二、润滑油更换标准	48
三、齿轮箱内部零件检查	51
四、检验联轴器对中度的变化,调整齿轮箱和发电机的安装位置	52
五、弹性联轴器整个膜片组的更换(见图 3-8)	55
六、液压缸密封圈的更换	57
七、机舱内提升机故障	59
八、发电机碳刷磨损情况	59
九、偏航电机、减速器及制动器的更换	60
十、联轴器检查及更换	67
十一、偏航电机电磁刹车的调整	72
第二节 机舱故障分析与处理	73
一、减速箱小齿轮、偏航轴承齿轮齿面点锈蚀、擦伤、压痕和剥落等问题的修复	73
二、偏航系统压力不稳,管路泄露的问题	74
三、偏航制动器制动力矩减小的问题	76
四、偏航减速箱电动机轴承过热、振动及噪声等问题	77
五、发电机异响	78
第四章 图纸和电路分析	80
第一节 熟悉图纸	80
一、机组控制系统工作原理	80
二、常用元器件工作原理及常见故障类型	87
第二节 电路故障分析	101
一、线路元件的损坏	101
二、查找电气设备故障的方法	106

三、万用表、钳形电流表、电能质量分析仪的使用方法	108
第五章 变流器保养维修	120
第一节 变流器系统检查	120
一、变流系统的工作原理	120
二、变流器参数（以金风 2500kW 风机为例）	130
三、变流系统测试（以 2.5 Goldwind 变流为例）	130
四、变流器调试软件下载（以金风 2500kW 风机为例）	138
第二节 变流系统维修	170
一、变流器监视软件使用手册（以 2.5 Goldwind 为例）	170
二、变流器故障手册（以金风 2.5MW 变流器为例）	174
第六章 变桨系统保养维修	175
第一节 控制部件功能检测	175
一、变桨系统原理（金风 2.5 MW 机组 Vensys 变桨控制系统）	175
二、国产 Vensys 变桨控制系统的主要元件及工作原理	178
三、变桨系统内各电气元器件的工作状态及故障时对变桨系统的影响	192
四、分析判断变桨系统故障，并初步分析损坏原因	194
第二节 安全部件参数设定	204
一、变桨程序下载及变桨系统参数（以 2500 kW/Switch 变流 /Vensys 变桨 / Goaland 水冷为例）	204
二、叶片角度相关故障处理方法	216
三、机组防雷系统的工作原理及故障处理	223
第七章 滑环保养维修	234
第一节 滑环的保养	234
一、滑环断电	234
二、滑环打开步骤	234

三、检查滑环是否满足维护条件	236
四、滑环清理润滑	237
五、维护后检查	238
第二节 滑环零部件修复及更换方法	239
一、电刷的更换	239
二、电刷板的更换	239
三、发电机滑环及碳刷的维护及更换	239
第八章 偏航系统保养维修	246
第一节 偏航系统控制回路检查	246
一、偏航系统控制原理	246
二、分析偏航系统中的故障	248
第二节 偏航系统参数设置	248
一、凸轮计数器调节 (2.5 Switch)	248
二、偏航电机检查方法	250
第九章 控制与安全系统保养维修	251
第一节 控制系统保养维修	251
一、断路器等电器辅助触点通断是否可靠	251
二、用欧姆表测量绝缘电阻	252
三、电控柜内的电器仪表故障的维修方法	255
第二节 安全系统保养维修	258
一、超速模块参数设定方法	258
二、确认和修改人机界面参数	259
三、风机安全链系统工作原理	274
四、整机安全链系统故障排查处理	274

第一章 轮毂保养维修

学习目的：

1. 能够编制并修订轮毂维护保养记录卡。
2. 了解风机运行时风轮内部异常噪音的来源。
3. 掌握变桨小齿轮与变桨轴承内齿圈啮合间隙的调整方法。
4. 掌握减速箱小齿轮、变桨轴承内齿表面点蚀、塑性变形和腐蚀等缺陷的处理方法。
5. 熟悉变桨轴承密封条类型并掌握其更换方法。
6. 掌握变桨传动链的检查方法。
7. 熟悉变桨控制柜并掌握变桨电机、变桨减速器的更换方法。
8. 掌握变桨电机电磁刹车的调整方法。

第一节 维护保养卡的编制

风力机维护的好坏直接影响发电量的多少和经济效益的高低。风力机本身性能的好坏，也要通过维护检修来保持。及时而有效的维护工作可以帮助发现故障隐患，减少故障的发生，提高风机效率。对风电场设备在运行中发生的情况进行详细的统计分析，是风电场管理的一项重要内容。通过对运行数据进行统计分析，可对运行维护工作进行考核量化。

一、轮毂维护保养记录卡的编制

设备维护是针对经常性或定期实施的重要设备零部件更换或修理项目而制定的作业标准。

（一）设备维护作业标准的编制内容

通过规定作业名称、作业方法、作业顺序、技术要点、作业环境危险源辨识、安全措施、使用工器具，并用图表辅助表示，以确保检修项目在质量、安全无事故的前提下按进度完成。

（二）编制设备维护作业标准的目的

编辑设备维护作业标准是规范维护管理、提高维护作业质量精度、缩短维护作业时间、防止维护作业事故的有效作业指导文件。

掌握维护项目应投入人力、实施时间、实施方法、实施步骤，掌握维护项目关键步骤的技术要点，有效地掌控维护项目的施工节点，既要有重点、又不要遗漏施工步骤，以提高维护质量。

（三）编制设备维护作业标准的依据

根据国家和行业规范、维护技术标准、点检标准、给油脂标准等标准对维护的要求，以及公司在安全、环境、消防保卫和危险源控制上的特殊要求，依据现场实施经验，确保设备在实际应用中的有效性和可操作性。应根据现场测定和历次维护实绩以及制造厂方提供的技术数据，来编制设备维护作业标准。

（四）编制设备维护作业标准的基本要求

- （1）语言精练、严谨、通俗、易懂，术语规范。
- （2）编制要合理、可行、紧凑、标准。

（五）维护内容

- （1）按大修、中修、小修分别规定维护规程和安全技术要求。

(2) 维护前的准备。一般按技术准备、物资准备两方面,分别规定准备的项目、内容、程序和方法等。

(3) 维护的内容与方法。根据设备拆、装程序和方法,按照各设备的维护规程进行大修、中修和小修。

(4) 维护与常见故障处理。规定维护方法、周期和常见故障的排除内容,旨在体现预防为主,加强设备维护。规定设备维护整体及主要零部件的维护方式和要求,明确设备常见故障及其排除方法。

(六) 轮毂维护使用的记录卡实例

轮毂维护使用的记录卡实例,见表 1-1。

二、轮毂维护保养记录卡的修订

风电机组维护人员应该做到根据风机运行数据的统计分析,有针对性地对机组的维护保养计划、维护保养要求和维护保养内容进行修订。本节介绍了某直驱机组轮毂的维护保养的修订内容。

(一) 维护计划

维护计划是指执行维护清单中列出的维护工作时间表。维护计划列出了风力发电机从开始运行后 20 年的维护工作,维护计划表见表 1-2。维护时间(年)是从首次运行后开始,确定维护时间表。

维护工作分为 4 个级别:维护 A、维护 B、维护 C 和维护 X。维护 A 为首次运行后 1~3 个月维护。维护 A 是一项单次维护工作,在风力发电机的维护计划中只执行一次,重新紧固所有的螺栓。维护 A 执行的时间误差是 ± 1 个月。维护 B 为半年维护。维护 B 执行的时间误差是 ± 1 个月。维护 C 为一年维护,按照力矩表要求的数量紧固螺栓并作标记,以便下次检查时不会重复。如果发现松动的螺栓,则紧固该项所有的螺栓并作记录。维护 C 执行的时间误差是 ± 1 个月。维护 X 为扩展维护。其中,X1 表示每隔 3 年进行维护的项目;X2 表示每隔 5 年进行维护的项目。

表 1-1 轮毂维护记录卡

序号	检查项目	检查标准	维护措施	维护周期	备注	结果	签名
1	轮毂声响	是否有异物不断跌落 的声响	如存在异物，须清理出来，并检查异物从何处而来。 如果是螺栓松动造成，须检查所有这种螺栓是否 松动，并全部涂 loctite243 胶拧紧。如果螺栓断裂， 应通知相应风电企业。	每次日常 维护	—		
2	叶片内异物	叶片内是否有异物不 断跌落的声响	将有异响的叶片转至斜向上位置，锁紧叶轮。如存 在异物，打开叶片内接口板，进入叶片内检查异物 来自何处。如有异物，重点检查以下几点。 (1) 叶片内部的避雷线断裂，请按《吊装手册》重 新接线压线固定； (2) 避雷计数卡脱落，请更换新的避雷计数卡； (3) 配重钢珠脱落，请速通知叶片厂家装上； (4) 叶片内的树脂脱落，请清理出来	每次日常 维护	—		
3	油管固定架	检查油管固定是否松 脱和破损	安装前，先清理轮毂表面油污。用砂纸打磨轮毂表 面和油管固定架（使用不带粘胶的那种）表面。涂 胶后等待 4 小时，等完全固化后再固定油管	1 年	每 10 台准备 50 油管固 定架，1 瓶 Bison Poly MAX 粘接胶，10 张粒度 400#~800 # 之间的砂纸		
4	电缆	检查电缆和线管是否 松脱和破损	如有电缆和线管松脱，重新用绑扎带扎紧并检查电 缆是否露出金属裸线。重点检查电缆与固定部分接 触处。若已露出金属裸线，则须更换		每 10 台配 3 种 4 mm、 6 mm、8 mm 宽绑扎带 各 100 根		
5	油管	油脂是否从破裂处露 出	若破损，则须更换	3 年	每 10 台配相应型号油管 各 10 m		
6	橡胶缓冲器	橡胶缓冲器是否破裂	若破裂，则须更换。螺栓松动，再次紧固螺栓	1 年	每 10 台配缓冲器 10 个		

表 1-1 (续表 1)

序号	检查项目	检查标准	维护措施	维护周期	备注	结果	签名
7	避雷装置	检查滑刷与弧形接触板是否接触良好； 检查外侧绝缘衬套和内侧绝缘衬套是否出现裂纹； 检查紧固弧形接触板铆钉是否出现松动； 检查绝缘安装板是否变形过大	如出现接触间隙，立即调整滑刷使其与弧形接触板良好接触； 如出现能导致绝缘衬套脱落的裂纹，须更换； 若有松动，应换铆钉再次紧固； 如果滑刷局部无法和弧形接触板良好接触，看能否想办法修复；如不能修复，则需更换	3 个月	—		
8	限位开关	检查限位开关线路是否断裂、有无信号反馈、触头旋转部分是否卡死	若有上述现象，请更换限位开关	1 年	每 10 台配缓冲器 5 个限位开关		
9	变桨齿轮箱	大小齿轮间隙值 0.2~0.5 mm	重新调整或更换调整时，可将驱动绕驱动安装支座转动几个螺孔，向叶片看，逆时针间隙增大，顺时针间隙减小，保证啮合间隙为 0.2~0.5 mm	3 年			
		齿面是否有非正常磨损	通知齿轮箱厂家处理	1 年			
		用螺丝刀一端紧贴齿轮箱，一端听音，声音平稳无冲击	通知齿轮箱厂家处理	1 年			
		3 年更换一次齿轮油	3 年更换一次齿轮油	3 年			
		全齿面是否有润滑油脂	检查润滑系统管路或接线是否正确	6 个月			