

全国电力出版指导委员会出版规划重点项目

火力发电职业技能培训教材

HUOLIFADIAN ZHIYE JINENG PEIXUN JIAOCAI

电气设备检修

《火力发电职业技能培训教材》编委会

(下册)

紧贴职业技能鉴定
体现火电技术发展
突出实际操作技能



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

全国电力出版指导委员会出版规划重点项目

火力发电职业技能培训教材

电气设备检修

(下册)

刘志青 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写的。教材突出了以实际操作技能为主线,将相关专业理论与生产实践紧密结合的特色,反映了当前我国火力发电技术发展的水平,体现了面向生产实际为企业服务的原则。

本教材基本上按《鉴定规范》中的火力发电的运行与检修专业进行分册。全套教材总共15个分册,内容包括了《鉴定规范》中相关的近40个工种的职业技能培训。针对教材中的重点和难点,还将配套出版各分册的《复习题与题解》。

本教材的作者和审稿人均均为长年工作在生产第一线的技术人员,有较好的理论基础和丰富的实践经验和培训经验。

本书为《电气设备检修(下册)》分册,包括电气设备检修工种的培训内容。主要内容有:电机检修和直流系统检修。其中,电机检修部分包括专业基础理论、发电机检修、异步电动机检修、直流电机检修;直流系统检修部分包括直流系统安全生产规定、铅酸蓄电池、碱性蓄电池、阀控密封式铅酸蓄电池、硅整流充电装置、直流系统、交流不间断电源、高频开关电源等的检修。

本教材为火力发电职业技能鉴定培训教材,火力发电现场生产技术培训教材,也可供火电类技术人员及技术学校教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备检修/《火力发电职业技能培训教材》编委会编. —北京:中国电力出版社, 2005
火力发电职业技能培训教材
ISBN 7-5083-2450-1

I. 电... II 火... III. 电气设备-检修-技术培训-教材 IV. TM64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 085982 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年1月第一版 2005年1月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 22.5印张 773千字

印数 0001—3000册 上、下册定价 74.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《火力发电职业技能培训教材》

编 委 会

主 任：周大兵 翟若愚

副主任：刘润来 宗 健 朱良镭

常 委：魏建朝 刘治国 侯志勇 郭林虎

委 员：邓金福 张 强 张爱敏 刘志勇

王国清 尹立新 白国亮 王殿武

韩爱莲 刘志清 张建华 成 刚

郑跃生 梁东原 张建平 王小平

王培利 闫刘生 刘进海 李恒煌

张国军 周茂德 郭江东 闻海鹏

赵富春 高晚霞 贾瑞平 耿宝年

谢东健 傅正祥

主 编：刘润来 郭林虎

副主编：成 刚 耿宝年

教材编辑办公室成员：刘丽平 郑艳蓉

前言

近年来,我国电力工业正向着大机组、高参数、大电网、高电压、高度自动化方向迅猛发展。随着电力工业体制改革的深化,现代火力发电厂对职工所掌握知识与能力的深度、广度要求,对运用技能的熟练程度,以及对革新的能力,掌握新技术、新设备、新工艺的能力,监督管理能力,多种岗位上工作的适应能力,协作能力,综合能力等提出了更高、更新的要求。这都急切地需要通过培训来提高职工队伍的职业技能,以适应新形势的需要。

当前,随着《中华人民共和国职业技能鉴定规范》(简称《规范》)在电力行业的正式施行,电力行业职业技能标准的水平有了明显的提高。为了满足《规范》对火力发电有关工种鉴定的要求,做好职业技能培训工作,中国国电集团公司、中国大唐集团公司与中国电力出版社共同组织编写了这套《火力发电职业技能培训教材》,并邀请一批有良好电力职业培训基础和经验丰富、并热心于职业教育培训的专家进行审稿把关。此次组织开发的新教材,汲取了以往教材建设的成功经验,认真研究和借鉴了国际劳工组织开发的 MES 技能培训模式,按照 MES 教材开发的原则和方法,按照《规范》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写。教材在设计思想上,以实际操作技能为主线,更加突出了理论和实践相结合,将相关的专业理论知识与实际操作技能有机地融为一体,形成了本套技能培训教材的新特色。

《火力发电职业技能培训教材》共 15 分册,同时配套有 15 分册的《复习题与题解》,以帮助学员巩固所学到的知识和技能。

《火力发电职业技能培训教材》主要具有以下突出特点:

(1) 教材体现了《规范》对培训的新要求,教材以培训大纲中的“职业技能模块”及生产实际的工作程序设章、节,每一个技能模块相对独立,均有非常具体的学习目标和学习内容。

(2) 对教材的体系和内容进行了必要的改革,更加科学合理。在内容编排上以实际操作技能为主线,知识为掌握技能服务,知识内容以相应的职业必须的专业知识为起点,不再重复已经掌握的理论知识,以达到再培训,再提高,满足技能的需要。

凡属已出版的《全国电力工人公用类培训教材》涉及到的内容,如识绘图、热工、机械、力学、钳工等基础理论均未重复编入本教材。

(3) 教材突出了对实际操作技能的要求,增加了现场实践性教学的内容,不再人为地划分初、中、高技术等级。不同技术等级的培训可根据大纲要求,从教材中选取相应的章节内容。每一章后,均有关于各技术等级应掌握本章节相应内容的提示。

(4) 教材更加体现了培训为企业服务的原则,面向生产,面向实际,以提高岗位技能为导向,强调了“缺什么补什么,干什么学什么”的原则,内容符合企业实际生产规程、规范的要求。

(5) 教材反映了当前新技术、新设备、新工艺、新材料以及有关生产管理、质量监督和专业技术发展动态等内容。

(6) 教材力求简明实用,内容叙述开门见山,重点突出,克服了偏深、偏难、内容繁杂等弊端,坚持少而精、学则得的原则,便于培训教学和自学。

(7) 教材不仅满足了《规范》对职业技能鉴定培训的要求,同时还融入了对分析能力、理解能力、学习方法等的培养,使学员既学会一定的理论知识和技能,又掌握学习的方法,从而提高自学本领。

(8) 教材图文并茂,便于理解,便于记忆,适应于企业培训,也可供广大工程技术人员参考,还可以用于职业技术教学。

《火力发电职业技能培训教材》的出版,是深化教材改革的成果,为创建新的培训教材体系迈进了一步,这将为推进火力发电厂的培训工作,为提高培训效果发挥积极作用。希望各单位在使用过程中对教材提出宝贵建议,以使不断改进,日臻完善。

在此谨向为编审教材做出贡献的各位专家和支持这项工作的领导们深表谢意。

《火力发电职业技能培训教材》编委会

编者的话

随着我国电力工业的不断发展,对电力生产人员的素质提出了更高的要求,特别是职业技能鉴定工作的深入开展和规范,使广大电力检修工人对自身专业技能的提高有了更深的认识。为了满足广大电力检修工人职业技能鉴定的培训要求,使检修工人有一套针对性强的职业技能鉴定培训教材,特编写了《电气设备检修》一书。

本书结合近年来火力发电企业发展的新技术,根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范(电力行业)》和《职业技能鉴定指导书》,本着理论联系实际,理论为实践服务的原则编写而成。

与以往培训教材相比,本书具有以下特点:

一、系统性强

本书对初级、中级、高级工人所应掌握的内容未做篇幅上的严格划分,每一部分内容都是由理论到实践,由浅到深逐步阐述的,理论的高度和实践的深度相对应,便于各种层次检修工人系统性的学习和提高。

二、针对性强

本书每章最后都有针对初、中、高各级工人适合阅读、学习的范围指南,总体指导思想是:初级工应掌握相关设备的基本原理、基本概念,基本的控制回路,设备的运行和维护,设备正常检修项目及标准,简单故障的处理方法;中级工应掌握相关设备的工作原理,基本运行特性及基本操作,基本参数的计算,设备的控制回路,了解相关高压试验及继电保护的基本内容,熟练掌握设备正常检修的项目及标准,常见故障的原因及处理方法;高级工应掌握设备的运行特性与运用,参数计算,相关高压试验及继电保护的内容,新技术的运用,掌握设备的故障检修及恢复性大修的方法及计算,掌握设备的运行监控、监督及预防事故发生的方法。

三、实用性强

本书全部由生产一线的专业技术人员进行编写,结合了大量的实践经验,对检修工人的实际工作能起到极大的帮助。

四、内容新颖

本书引用的技术标准,采用了最新的相关标准,编写中尽可能搜集和采用了新技术资料和具有代表性的资料,能够满足电力工业发展的要求。

本书由变电设备检修、变压器检修、电机检修、直流系统设备检修四

部分组成，适合于从事变配电检修工、变压器检修工、电机检修工、直流系统检修工共计四个工种的初、中、高级工人的培训和学习。本书全部内容共四篇。第一篇由太原第一热电厂郭希红、郭宏胜编写；第二篇由太原第一热电厂郭希红、郭宏胜编写；第三篇由太原第一热电厂王晓春、刘志青、李思国、程贵金编写；第四篇由太原第一热电厂杨永军、王强、张兵、张锦编写。全书由太原第一热电厂刘志青统稿并主编。太原第一热电厂副厂长、高级工程师赵富春对全书进行主审。

在编写过程中，由于时间仓促和编写者的水平与经历有限，书中难免有缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2004 年 7 月

目 录

前言
编者的话

上 册

第一篇 变电设备检修

第一章 高压断路器基础知识	3	关检修	246
第一节 高压断路器概述	3	第二节 GW4 型隔离开关	
第二节 高压断路器的基		结构与工作原理	252
本理论	10	第三节 GW4 型隔离开关	
第二章 高压断路器检修	27	检修	255
第一节 高压断路器的专		第四节 GW7 型隔离开关	
业知识	27	检修	275
第二节 高压断路器的检		第五章 母线电缆检修	296
修要求	64	第一节 一般母线检修	296
第三节 油断路器的检修	68	第二节 封闭母线	298
第四节 SF ₆ 断路器及 GIS 检		第三节 电缆检修	308
修与测试	113	第六章 互感器的检修	320
第五节 ZN28—10 系列真空		第一节 互感器的检修周	
断路器的检修	179	期及项目	320
第六节 高压开关柜	189	第二节 互感器的小修	323
第七节 高压熔断器	214	第三节 互感器的大修	330
第三章 低压断路器检修	219	第四节 互感器的验收和	
第一节 ME 系列断路器		电气试验	347
的检修	219	第五节 高压互感器的	
第二节 DW15 系列断路		干燥	358
器的检修	229	第六节 互感器绕组故障	
第三节 DM4 系列磁场断路		修理	365
器的检修	242	第七章 避雷器、电容器和	
第四章 隔离开关检修	246	接地装置的检修	370
第一节 概述高压隔离开		第一节 避雷器的检修	370

第二节 电力并联电容器 的检修	378	第一节 电网监控	387
第三节 接地装置	384	第二节 继电保护与自 动装置	394
第八章 电网运行技术	387		

第二篇 变压器检修

第一章 电力变压器的基本 知识	415	第二节 变压器检修前的 准备工作	440
第一节 电力变压器的基本 原理	415	第三节 变压器正常项 目检修	447
第二节 变压器的基本 构造	416	第四节 变压器故障检修 ...	523
第三节 变压器的基本 参数	434	第五节 变压器现场干燥 ...	558
第二章 电力变压器的检修 ...	437	第六节 变压器的预防 性试验	570
第一节 变压器标准项目 检修周期及内容 ...	437	第七节 有载分接开关 检修	585

下 册

第三篇 电机检修

第一章 专业基础理论	651	与作用	876
第一节 电机常用电工 材料	651	第三章 异步电动机检修	887
第二节 直流绕组	684	第一节 结构原理及 用途	887
第三节 交流绕组	701	第二节 异步电动机的 检修	930
第二章 发电机检修	715	第四章 直流电机检修	1048
第一节 同步发电机的基 本知识	715	第一节 直流电机的基 本知识	1048
第二节 发电机检修	745	第二节 直流电机的 检修	1093
第三节 大型汽轮发电机继 电保护装置的配置			

第四篇 直流系统检修

第一章 直流系统安全	第二节 运行维护	1276
生产规定	第三节 检修	1280
第一节 直流系统工作需掌握的安全措施 ..	第四节 一般故障处理 ..	1288
第二节 直流设备技术规程、规范	第五章 硅整流充电装置 ..	1291
第三节 微机在直流系统中的应用	第一节 硅整流电路基础知识	1291
第二章 铅酸蓄电池检修 ..	第二节 硅整流装置基础知识	1295
第一节 铅酸蓄电池的构造原理	第三节 硅整流装置运行、调整	1300
第二节 铅酸蓄电池的运行维护	第四节 维护检修	1302
第三节 铅酸蓄电池的检修	第六章 直流系统检修	1309
第四节 一般故障处理、故障检修	第一节 直流系统概述 ..	1309
第三章 碱性蓄电池检修 ..	第二节 直流系统运行 ..	1316
第一节 碱性蓄电池结构及工作原理	第三节 直流系统检修 ..	1321
第二节 运行维护	第四节 一般故障处理 ..	1322
第三节 碱性蓄电池的检修	第七章 交流不间断电源 ..	1324
第四节 一般故障处理 ..	第一节 结构及工作原理	1324
第五节 银锌蓄电池	第二节 运行维护	1333
第四章 阀控密封式铅酸蓄电池检修	第三节 交流不间断电源检修	1336
第一节 结构及工作原理	第八章 高频开关电源	1344
第二节 结构及工作原理	第一节 高频开关电源概述	1344
第三节 结构及工作原理	第二节 高频开关电源结构及原理	1346
第四节 结构及工作原理	第三节 高频开关电源电力维护、检修	1349
参考文献		1354

第三篇

电机检修

第一章

专业基础理论

第一节 电机常用电工材料

一、导电材料

导电材料的种类有很多,其中铜、铝最为常用。

铜的导电性能好,在常温时有足够的机械强度,具有良好的延展性,便于加工,化学性能稳定,不易氧化和腐蚀,容易焊接。这些优点使它广泛用于制造电机、变压器绕组。电机和变压器上使用的铜大部分是纯铜(俗称紫铜),含铜量为 99.5% ~ 99.95%。根据材料的软硬程度,分为硬铜和软铜两种。铜材料经过压延、拉制等工序加工后,硬度增加,故称硬铜,通常用作机械强度要求较高的导电零部件。硬铜经过退火处理后,硬度降低,即为软铜。软铜的电阻系数也比硬铜小,故宜做电机、变压器的绕组。

在产品型号中,铜线的标志是“T”。“TY”表示硬铜,“TR”表示软铜。

铝的导电率约为铜的 62%,但它的比重只有铜的 33%。铝的资源丰富,价格便宜,所以铝是铜的最好代用品。

电机和变压器上使用的铝是纯铝,含铝量为 99.5% ~ 99.7%。由于加工方法不同,也有硬铝和软铝之分。电机和变压器的绕组使用的是软铝。

在产品型号上,铝线的标志是“L”。“LY”表示硬铝,“LR”表示软铝。

1. 软接线

软接线只有导电部分,没有绝缘和保护层。凡是柔软的铜绞线和各种编织线都称为软接线。它们是由多股铜线或镀锡铜线绞合或纺织而成,其特点是柔软、耐振动、耐弯曲。常用的有 3 类 7 种,其名称、型号及主要用途见表 3-1-1。其中,TS、TSR、TRJ、TRJ-3、TRJ-4 是圆线,TRZ-1、TRZ-2 是编织线。型号中字母 S 表示电刷, J 表示绞线, Z 表示编织。

表 3-1-1

常用软接线表

名 称	型 号	主 要 用 途
裸铜电刷线 软裸铜电刷线	TS TSR	供电机、电器线路连接电刷用
裸铜软绞线	TRJ TRJ—3 TRJ—4	供移动式电器设备连接线之用,如开关等 供要求较柔软的电器设备连接线之用,如接地线、引出线等 供要求特别柔软的电器设备连接线之用,如晶闸管的引线等
软裸铜编织线	TRZ—1 TRZ—2	供移动式电器设备和小型电炉连接线用

2. 电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的导电金属线,用以绕制电工产品的线圈或电机、变压器的绕组。常用电磁线的导线线心有圆形和扁形两种,按其绝缘分为漆包线和绕包线两类。

电磁线的型号中汉语拼音代号含义见表 3-1-2。

表 3-1-2 电磁线型号中汉语拼音代号含义

绝 缘 层								导 体				派 生
绝缘漆		绝缘纤维		其他绝缘层		绝缘特征		导体材料		导体特征		
型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	
Q	油性漆	M	棉纱	V	聚氯乙烯	B	编织	L	铝线	B	扁线	薄漆层 厚漆层
QA	聚胺酯漆	SB	玻璃丝	YM	氧化膜	C	醇酸胶漆浸渍	TWC	无磁性铜	D	带(箔)	
QG	硅有机漆	SR	人造丝			E	双层			J	绞制	
QH	环氧漆	ST	天然丝			G	硅有机胶粘漆浸渍			R	柔软	
QQ	缩醛漆	Z	纸			J	加厚					
QXY	聚酰胺亚胺漆					N	自粘性					
QY	聚酰胺漆					F	耐致冷性					
QZ	聚酯漆					S	彩色					
QZY	聚酯亚胺漆											

薄漆层
厚漆层

例如, QZL—1 表示聚酯漆、铝线—薄漆层、聚酯漆包铝线; QZJBSB 表示聚酯漆、绞制、编织、玻璃丝中频绕组线。

(1) 漆包线。漆包线的绝缘层是漆膜, 在导电线心上涂覆绝缘漆后烘干而成。其特点是漆膜均匀、光滑、绝缘层较薄, 广泛用于中小型电机及微电机、干式变压器及其他电工产品。由于涂覆的绝缘品种不同, 所以漆包线有很多类别, 常用的有缩醛漆包线、聚酯漆包线、聚酯亚胺漆包线、聚酰胺酰亚胺漆包线和聚酰亚胺漆包线等 5 类。它们的品种、规格、特性及主要用途见表 3-1-3~表 3-1-5。

表 3-1-3 常用漆包线品种、特性及主要用途

类别	名 称	型号	耐热等级	优 点	局 限 性	主要用途
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ—1 QQ—2	E	1. 热冲击性优 2. 耐刮性 3. 耐水解性良	漆膜受卷绕应力容易产生裂纹(浸渍前需在 120℃ 左右加热 1h 以上, 以消除应力)	适用于普通及高速中小型电机、微电机、油浸式变压器的绕组和仪表的线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL—1 QQL—2				
	缩醛漆包扁铜线	QQB				
	缩醛漆包扁铝线	QQLB				
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ—1 QZ—2	B	1. 在干燥和潮湿条件下耐电压击穿性能优 2. 软化击穿性能优	1. 耐水解性差(用于密封电机、电器时必须注意) 2. 热冲击性能尚可	广泛应用于中、小型电机绕组、干式变压器的绕组和电器、仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZL—1 QZL—2				
	聚酯漆包扁铜线	QZB				
	聚酯漆包扁铝线	QZLB				
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY—1 QZY—2	F		在含水密封系统中易水解(用于密封的电机、电器时必须注意)	适用于高温电机、致冷设备电机、干式变压器的绕组和电器、仪表的线圈
	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYB				

续表

类别	名 称	型号	耐热等级	优 点	局 限 性	主要用途
聚酰胺酰亚胺漆包线	聚酰胺酰亚胺漆包圆铜线	QXY—1 QXY—2	H	1. 耐热性优, 热冲击性能及软化击穿性能优 2. 耐刮性优 3. 在干燥和潮湿条件下耐电压击穿性能优 4. 耐化学药品腐蚀性能优		适用于高温重负荷电机、牵引电机、致冷设备电机、密封式电机干式变压器的绕组和密封式电器、仪表的线圈
	聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线	QXYB				
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY—1 QY—2	H	1. 耐热性优 2. 热冲击性能及软化击穿性能优, 承受短期过载负荷 3. 耐低温性优 4. 耐溶剂及化学药品腐蚀性能	1. 耐刮性尚可 2. 耐碱性差 3. 在含水密封系统中容易水解 4. 漆膜受卷绕应力容易产生裂纹(浸渍前需在150℃左右加热1h以上, 以消除应力)	适用于耐高温电机、干式变压器的绕组
	聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB				

表 3-1-4 Q 型、QQ 型及 QZ 型漆包线规格

裸线直径 (mm)	漆包线最大外径 (mm)			漆包线质量 (kg/km)				
	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.05	0.065	—	—	0.018	—	—	—	—
0.06	0.075	0.09	0.09	0.026	0.028	0.028	0.01140	0.029
0.07	0.085	0.10	0.10	0.036	0.037	0.037	0.01458	0.039
0.08	0.095	0.11	0.11	0.046	0.047	0.047	0.01828	0.050
0.09	0.105	0.12	0.12	0.058	0.059	0.059	0.02241	0.063
0.10	0.102	0.13	0.13	0.072	0.074	0.074	0.02690	0.076
0.11	0.103	0.14	0.14	0.087	0.087	0.087	0.03111	0.092
0.12	0.140	0.15	0.15	0.104	0.104	0.104	0.03721	0.108
0.13	0.150	0.16	0.16	0.120	0.120	0.120	0.04302	0.126