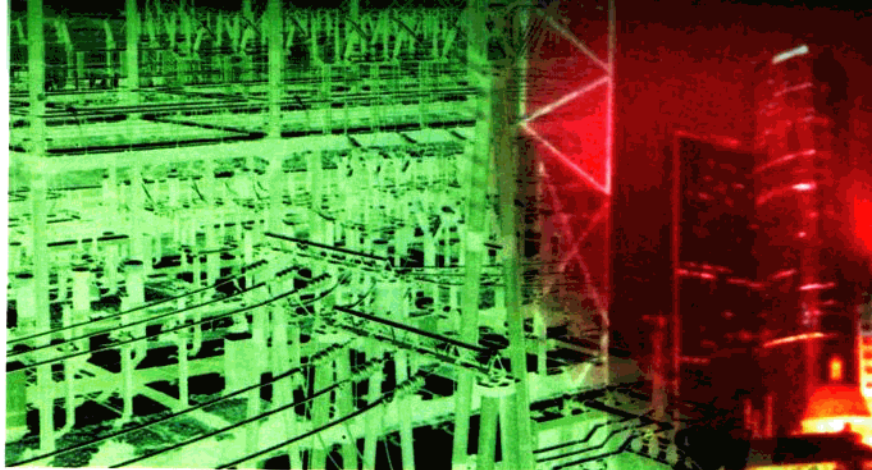




全国供用电工人技能培训教材

变压器检修

中国电力企业家协会供电分会 编

高级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培

变压器检修

高级工

主编：龙惊生

主审：万 达

参编：唐 群 刘富元

郭宏山 孟昭平

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《全国供用电工人技能培训教材·变压器检修》之一，提供了与变压器检修高级工相关的基础知识及必须掌握的实际技能。主要内容包括变压器的检修，变压器绕组的检修，变压器绝缘和引线的检修，变压器有载分接开关的检修，绝缘油、互感器的检修，变压器的干燥，变压器的管理等，共8章。每章后均附有复习题。

本书可作为变压器检修高级工的岗位培训和技能考核教材，也可作为有关工程技术人员和大、中专院校参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

变压器检修/中国电力企业家协会供电分会编. -北京:
中国电力出版社, 1999

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-766-9

I. 变… II. 中… III. 变压器-检修-技术培训-教材 IV
. TM407

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第17679号

变压器检修(高级工)

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>)

北京梨园彩印厂印刷 各地新华书店经售

*

1999年6月第一版 2001年9月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 10.75印张 236千字

印数 7011—10011册 全三册 定价 54.00元(本册 16.00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)

审 定 委 员 会

主 任 王宏超

副主任 李宝祺 王文喜 郝邦振 刘治国

张一士 丁 雁

成 员 线路组：刘天明 成仲良 杨书全 许精潜

变电组：何雨宸 王典伟 万 达 沈镜明

调度组：冯新发 张 庆 朱佩萍 葛剑飞

用电组：刘云龙 蒋贻吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

关于《全国供用电工人 技能培训教材》的审定意见

经中电联核准，由中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心共同组成的审定委员会于1998年9月下旬，对中国电力企业家协会供电分会组织编写的《全国供用电工人技能培训教材》进行了审定。其审定意见如下。

第一、本技能培训教材的指导思想正确、编写依据充实。这套教材以提高供用电工人职业技能为重点，以加强职业知识培训为指导思想，以原电力工业部、原劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·供用电部分》和原电力工业部颁布的运行、检修、安全规程、四项监督、五项制度为依据，在大纲的拟定、内容取舍和深度控制等方面，均符合中电联教培部《关于电力生产人员职业资格培训教材编审工作原则的意见》的原则和规定。

第二、编写形式符合工人技能培训特点。这套教材的结构设置借鉴了国际上电力行业编辑职业技能培训教材的先进做法，其结构框架、内容描述等，均力求与国际同行业惯例接轨。即以职业技能为中心，以岗位设篇，知识以够用为度，并将必备的知识融入技能描述之中。每一工种教材又分为初、中、高三个分册，内容上依次递进，互不重复或不简单重复，更适合工人技能培训之用。

第三、本教材的先进性、实用性结合得当。这套教材注重实用性和先进性的有机结合，在编写过程中，编者做了大量的调研工作，认真了解供用电工人的实际需求和整体素质状况，使编写内容符合供电企业培训、考核、技能鉴定的需要，有较强的实用性。同时，注重吸收电力生产的新工艺、新方法、新技术，使教材内容具有先进性，符合电力工业科技发展方向。书中的名词术语、计量单位等，均符合国家标准和行业标准，能适应电力工业培养跨世纪劳动者的要求。

第四、编写、出版阵容较强。这套教材是由中国电力企业家协会供电分会与中国电力出版社共同推出的。通过联手合作方式，使本套教材既具有显著的供电行业的特色，又具有较强的权威性。本套教材主要是为供电企业工人职业技能培训服务，而中国电力企业家协会供电分会的成员遍布全国，作者既具有深厚的理论基础，又直接从事生产实际工作，较好地体现出实践经验的总结和概括。中国电力出版社是中宣部和新闻出版署在全国首批认定的 15 家优秀出版单位之一，是我国唯一专门为电力行业服务的大型专业出版社，其出书质量是一流的。因此，供电企业与出版社两者的合作可谓珠联璧和，是值得提倡的。这套丛书的成功面世也为今后电力图书的出版提供了一个可借鉴的模式。

综上所述，我们认为：本套教材在编写结构、体例格式、内容描述的先进性、实用性方面适当；在字数控制、知识的渐进性和启发性，以及复习题的安排方面较好；语言文字的运用得当，所述内容基本正确，同时还具有图文并茂，通俗易懂，循序渐进的特点。因此，它不仅适用于培训、考核技术工人的需要，而且对现场的工程技术人员，也有参考价值。

建议可将这套丛书作为全国供用电工人的技能培训教材。

中 国 电 力 企 业 家 协 会
中 电 联 教 培 部
电力行业职业技能鉴定指导中心

一九九八年九月二十八日

教材编辑委员会

名誉主编	陆廷昌	张绍贤	刘 宏	王宏超
主 编	赵双驹			
常务副主编	钱家越	陆孟君	张克让	
副 主 编	宗 健	朱良镭	丁德政	周英树
	韩英男			
委 员	张一士	赵双驹	周永兴	李承的
	吴周春	刘美观	郭志贵	杨新培
	张昌润	钱家越	陆孟君	徐 健
	韩英男	周英树	陈祥斌	王春波
	孙少平	骆应龙	史传卿	朱德林
	白巨耀	蔡百川	李祥宪	严尔衡
	赵广祥	杨光慈	何童芳	杨 忠
	张文奎	郭宏山	钱忠伟	顾志鹏
	周道和	刘绍钧	姜殿强	朱永芹
	王之珮	万善良	刘云龙	何宗义
	赵彩明	何雨宸	阙炳良	

教材编辑办公室

主	任	陆孟君 (兼)			
副	主	任	丁德政	任军良	张 涛
工	作	人	员	陈祥斌	胡维保
				吕忠福	胡莉莉
				朱 品	谢 红

前 言

为贯彻党的“十五大”精神，落实“科教兴国”战略，全国提高劳动者素质，中国电力企业家协会供电分会组织编写了《全国供用电工人技能培训教材》。本教材以电力工业发展的客观规律为依据，是服务于电力生产现代化，培养供电生产应用型人才的一部工种齐全配套、覆盖面广、实用性强、编写水平较高的系列通用技能培训教材。在中国电力企协、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心的重视和关心下，由中国电力企业家协会供电分会精心组织全国 49 个单位 146 名工程技术人员、专家和教授参加了编撰工作，并在中国电力出版社对编撰原则、框架结构、体例格式全过程的培训下，调查研究供电工人的技能需求和整体素质现状，撰写技能培训大纲，自 1995 年 11 月至 1998 年 4 月底，经历两年半时间，完成了书稿的写作、修改及初审工作。

这套丛书是遵照“电力工人技术等级标准”关于知识和技能的要求，结合供电生产发展情况进行编写的，全书分线路、变电、用电、调度通信四门专业，27 个工种，每个工种又分为初级、中级、高级工三个分册，共计 77 分册，1000 余万字。本教材以“做什么，怎样做，在什么条件下做，达到什么标准”为中心内容，详实得当，图文并茂，文字简练，由浅入深，便于对知识和操作工艺的掌握，收到以“知”为“做”服务的效果。这套教材的编写还力求把概念、原理、公式与技能有机地结合起来，避免重理论、轻技能的弊端。

本教材坚持先进性和实用性结合，突出技能，符合电力

工业科技发展方向，体现电力生产的新技术、新方法、新工艺，并力求向模块式教材靠拢，以适应技能考核鉴定和培养跨世纪供电工人的需要，以电力生产目前实行的两个技术措施计划、三种规程、四项监督、五项制度的具体要求为依托，使教材达到规程、规范、制度的规定，能充分体现出电力生产工艺特性。

按供电工人培训目标要求，结合技能培训特点，以“干什么”、“学什么”、“考核什么”为原则，每章后均附有选择、是非、计算、画图、问答等复习思考题，便于巩固所学的理论知识和操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材，为达到结构设置合理化，重在提高技能应用水平，避免基础理论知识的重复，凡属已出版的公用基础理论教材的内容，如职业道德、电力生产知识、绘图、电工、电子、热工、水工、机械、力学、钳工、计算机等基础理论均未重复编入本教材。

这套丛书业经中国电力企协、中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心组织专家审定，并建议作为全国供电工人技能培训教材。在编写过程中，得到很多单位的领导、专家和教育培训工作者的大力支持与热心帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者经验所限，在编写中难免有疏漏之处，诚恳地希望广大读者和教育培训部门的专家、教师提出修改意见，并在教学实践中进行调整和补充，使其更加完善，为提高供用电工人的素质和技能发挥积极作用。

《全国供用电工人技能培训教材》编辑委员会

一九九八年九月

编 者 的 话

变压器专业在电力系统中是一项重要的专业，也是电力系统运行中的一个关键设备，随着电力负荷的大幅度增加，电力网的扩大，变压器数量大大增加，电压等级逐步升高，因此对变压器运行稳定性要求越来越高，对变压器检修质量要求也越来越严。为了提高变压器检修工人的理论水平和实际技能，特编写了有针对性有系统的变压器检修教材，所有的变压器检修工作人员都必须有深入的了解。

本教材分成初、中、高三个等级，是依据《电力工人技术等级标准》，根据变压器结构的复杂程度、电压等级的高低，变压器检修等级的需要而编制的。为便于培训与考核，各章之后均附有复习题。

关于电工原理、应用钳工基础、电力生产知识、电力安全知识等内容，可参考全国电力工人公用类培训教材。

本书由龙惊生主编，唐群、刘富元、郭宏山、孟昭平参编，全书由万达主审。

由于时间仓促，作者水平有限，书中错误和不当之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1999 年 3 月

目 录

关于《全国供用电工人技能培训教材》的审定意见

前言

编者的话

第一章 变压器的检修 1

第一节 大型变压器的解体大修 1

第二节 故障的检测方法 5

第三节 变压器的故障和反事故措施 26

复习题 50

第二章 变压器绕组的检修 53

第一节 绕组的结构 53

第二节 绕组的技术要求 61

第三节 绕组的计算程序 75

复习题 106

第三章 变压器绝缘和引线的检修 109

第一节 绝缘和引线的结构 109

第二节 绝缘和引线的技术要求 124

复习题 145

第四章 变压器有载分接开关的检修 148

第一节 有载分接开关的检修项目和质量
标准 148

第二节 有载分接开关的常见故障和处理
方法 190

复习题	194
第五章 绝缘油	197
第一节 绝缘油的特性	197
第二节 油性能劣化的原因	206
第三节 防止劣化的对策和处理方法	209
复习题	220
第六章 互感器的检修	223
第一节 大修周期和项目	223
第二节 大修前的准备工作	225
第三节 检修工艺	226
第四节 油浸式互感器用金属膨胀器	241
第五节 SF ₆ 气体绝缘互感器	269
第六节 互感器的试验	274
第七节 互感器、电抗器、消弧线圈的 事故处理	283
复习题	291
第七章 变压器的干燥	294
第一节 变压器干燥的原理与目的	294
第二节 常用的干燥方法	296
第三节 气相干燥	301
第四节 不干燥检修法	305
复习题	312
第八章 变压器的管理	314
第一节 确定故障检修方案	314
第二节 试验和判断方法	321
复习题	328
参考文献	330

第一章 变压器的检修

第一节 大型变压器的解体大修

一、解体检修

解体检修步骤为：

(1) 办理工作票，停电并拆除变压器的外部电气连接引线和二次接线，进行检修前的检查和试验。应注意拆卸的顺序，首先拆小型仪表和套管，然后拆大型组件。组装时顺序相反。

部分排油后，拆卸套管、升高座、储油柜、冷却器、气体继电器、净油器、压力释放阀（或安全气道）、联管、温度计等附属装置，并分别进行校验和检修，在储油柜放油时应检查油位计指示是否正确。

套管应垂直放置在套管架上，油位计、温度计等易损部件拆下后应妥善保管，防止损坏和受潮；电容式套管应垂直放置，做好均压球位置的记号。

冷却器、压力释放阀（或安全气道）和气体继电器应进行校验。净油器及储油柜等部件拆下后，用合格绝缘油清洗，应用盖板密封，对带有电流互感器的升高座应注入合格的变压器油（或采取其他防潮密封措施）。

(2) 排出全部油并进行处理。打开有载调压的手孔，手动操作，检查选择开关，初步检查后，拆除有载开关的水平轴和拆除无励磁分接开关操作杆；各类有载分接开关的拆卸

方法参见 DL/T574《有载分接开关运行维修导则》。

拆卸无励磁分接开关操作杆时，应记录分接开关的位置，并作好标记；拆卸有载分接开关时，分接头应置于中间位置（或按制造厂的规定执行）。

（3）吊罩及内部检查和修理。卸下切换开关，检查切换开关和选择开关，在触头间隙测量过渡电阻值，检查器身状况，检查绕组绝缘与引线，检查铁心，并测试绝缘。根据需要解围屏检查（怀疑有放电情况也可解围屏），并进行各部件的紧固，包括铁心压紧螺栓等。更换密封胶垫，检修全部阀门，清洗、检修铁心、绕组及油箱。其他修理项目按需要确定。

（4）零件的处理。拆卸下的螺栓等零件应清洗干净分类妥善保管，如有损坏应检修或更换。

二、组装

（1）安装钟罩。安装回钟罩（或上节油箱）紧固螺栓后，安装切换开关，安装旁通管、油箱抽真空，备用绝缘油进行油试验、真空注油。

（2）安装主变压器附件。安装冷却器、油泵、净油器、储油柜时，拆除旁通管适量排油后再进行安装，此后依次安装升高座、套管、气体继电器、压力释放阀、励磁分接开关、储油柜（并加油）、励磁分接开关吸湿器，并接上低压侧内接线。

（3）组装后的检查。检查冷却器、净油器和气体继电器阀门，按照规定进行开启或关闭试验。进行第二次注油时，对套管升高座、上部管道孔盖、冷却器和净油器等上部的放气孔应进行多次排气，直至排尽为止，并重新密封好擦净油迹。补油应采用满油排气，从储油柜下部补油至规定的油位

线；最后安装本体吸湿器，组装后的变压器各零件应完整无损。

(4) 大修后的试验。大修后的试验包括整体密封试验、大修后油化验、大修后主变压器电气常规试验，必要时进行特殊项目试验。

(5) 接线。接线包括接一、二次线，装水银温度计，信号温度计，电阻温度计，油泵风扇，并进行试运行。

(6) 继电保护试验。该试验是指对主变压器的继电保护整组试验。

(7) 喷漆。

(8) 认真总结报告，并做好现场记录工作。

三、主变压器大修总结报告（实例）

_____变电所_____号主变压器
制造厂_____型式_____容量_____ kV · A
电压比_____。

（一）停用日数

计划：_____年_____月_____日到_____年
_____月_____日共_____天。

实际：_____年_____月_____日到_____年
_____月_____日共_____天。

（二）人工

计划：_____工时，实际（概数）：_____工时。

（三）费用

计划：_____元，实际（概数）：_____元。

（四）运行参数

由上次大修到此次大修运行小时数_____，备用小时