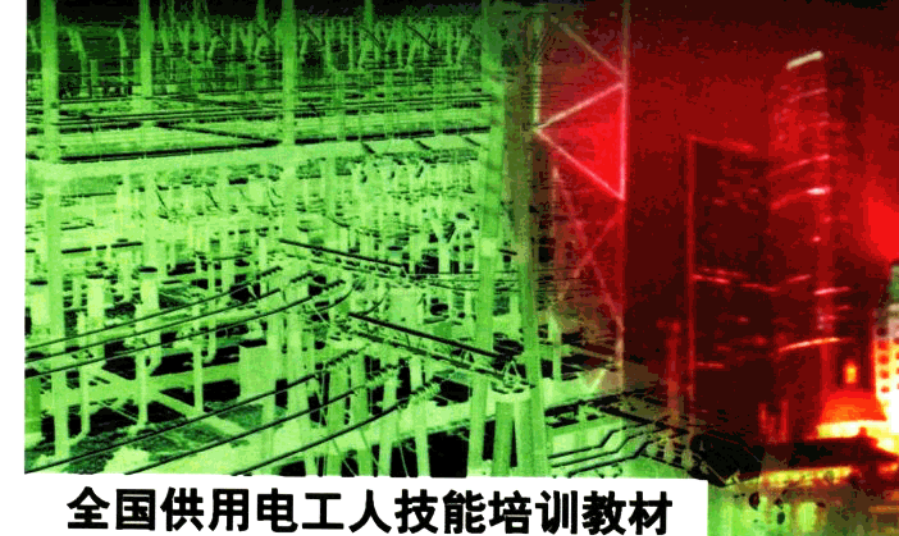




全国供用电工人技能培训教材

变压器检修

中国电力企业家协会供电分会 编

初级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培训教材

变压器检修

初级工

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,可提供与变压器检修有关的基础知识及必备的实际技能。全书共9章,主要内容包括变压器原理,变压器的一般性检修,变压器铁心的检修,变压器绕组的检修,变压器组部件的检修,检修用辅助设备与质量管理,互感器、电抗器和消弧线圈。

本书可作为变压器检修初级工的培训教材,也可供有关工程技术人员和大、中专师生参考。

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
N. TM407

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第17679号

变压器检修(初级工)

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>)

冶林印刷厂印刷 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 9.75印张 213千字

印数6011—9010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 蒋貽吉 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
委员	韩英男			
	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	陈祥斌	胡维保	吕忠福
作	人	员	朱 品	谢 红	胡莉莉

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用工人的需要,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 and 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，编写了变压器检修有针对性有系统的教材，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

1998. 10

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 变压器工作原理 1

第一节 基本工作原理 1

第二节 变压器的参数及绕组的接法 13

复习题 30

第二章 变压器的一般性检修 33

第一节 变压器检修的目的、周期及检修项目 ... 33

第二节 试验项目和标准 36

第三节 变压器的干燥 40

第四节 变压器的漏油处理 47

复习题 50

第三章 变压器铁心的检修 52

第一节 变压器铁心的结构 52

第二节 变压器铁心的技术要求 81

第三节 铁心常见故障缺陷及检修方法 99

复习题 102

第四章 变压器绕组的检修 104

第一节 变压器绕组的结构 104

第二节 绕组的技术要求 133

复习题 139

第五章 变压器绝缘和引线的检修	141
第一节 变压器绝缘和引线的结构	141
第二节 引线的技术要求	165
复习题	191
第六章 变压器无励磁分接开关的	
检修	193
第一节 无励磁分接开关的类型和结构	193
第二节 无励磁分接开关的技术要求	205
第三节 无励磁分接开关的检修	208
复习题	210
第七章 变压器组部件的检修	212
第一节 变压器一般性检修的拆装	212
第二节 主要组部件的一般结构	219
复习题	235
第八章 检修用辅助设备及质量管理	237
复习题	249
第九章 互感器、电抗器和消弧线圈	251
第一节 互感器的作用	251
第二节 电压互感器	252
第三节 电流互感器	259
第四节 互感器的小修	279
第五节 电抗器	281
第六节 消弧线圈	289
复习题	294
参考文献	297

第一章 变压器工作原理

第一节 基本工作原理

一、变压器的用途及分类

(一) 变压器的用途

我们知道,现代化的工业企业广泛地采用电力作为能源,而发电厂发出的电能往往需经远距离传输才能到达用电地区。在传输的功率恒定时,传输电压越高,则所需电流越小。因为电压降正比于电流,线损正比于电流的平方,所以用较高的输电电压可以获得较低的线路压降和线路损耗。要制造电压很高的发电机,目前技术上还很困难,所以要用专门的设备将发电机端的电压升高以后再输送出去,这种专门的设备就是变压器。图 1-1 为电力变压器外形。

另一方面,在受电端又必须用降压变压器将高电压降低到配电系统的电压,故要经过一系列配电变压器将电压降低到合适的数值以供使用。

由上可知,变压器是一种用来改变电压和电流的电器设备。在电力系统中,变压器的地位是十分重要的,不仅所需数量多,而且要求性能好,运行安全可靠。

变压器除了应用在电力系统中,还应用在需要特种电源的工矿企业中。例如:冶炼用的电炉变压器,电解或化工用的整流变压器,焊接用的电焊变压器,试验用的试验变压器,交通用的牵引变压器以及补偿用的电抗器,保护用的消弧线

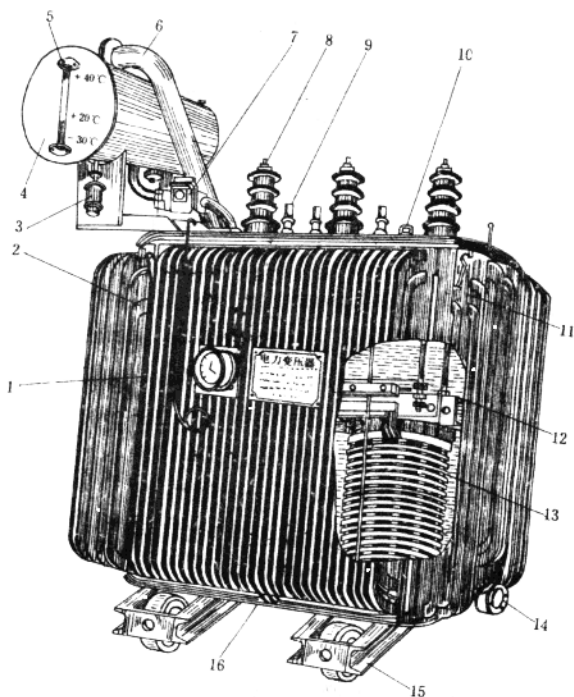


图 1-1 变压器外形图

- 1—信号温度计；2—铭牌；3—吸湿器；4—储油柜；5—油表；
 6—安全气道；7—气体继电器；8—高压套管；9—低压套管；
 10—分接开关；11—油箱；12—铁心；13—线圈及绝缘；
 14—放油阀门；15—小车；16—接地螺栓

圈，测量用的互感器等。

(二) 变压器的分类

(1) 按用途分类，有电力变压器、电炉变压器、整流变压器、工频试验变压器、调压器、矿用变压器、冲击变压器、

电抗器及互感器等。

(2) 按结构型式分类, 有单相变压器、三相变压器及多相变压器。

(3) 按冷却介质分类, 有干式变压器、油浸变压器及充气变压器等。

(4) 按冷却方式分类, 有自然冷式、风冷式、水冷式、强迫油循环水(风)冷式及水内冷式等。

(5) 按线圈数量分类, 有自耦变压器、双绕组变压器及三绕组变压器等。

(6) 按导电材质分类, 有铜线变压器、铝线变压器及铜半铝变压器等。

(7) 按调压方式分类, 有无励磁调压变压器、有载调压变压器。

(8) 按中性点绝缘水平分类, 有全绝缘变压器、半绝缘(分级绝缘)变压器。

(9) 按铁心型式分类, 有心式变压器、壳式变压器及辐射式变压器等。

二、变压器的工作原理

(一) 电磁基本定律

1. 电磁感应定律

线圈中的感应电动势与切割线圈的磁力线与时间的变化率成正比。感应电动势的大小可用下式计算

$$e = - N(d\Phi/dt) \quad (1-1)$$

式中 e ——感应电动势, V;

N ——线圈匝数;

$d\Phi$ ——线圈中磁通的变化, Wb;

dt ——磁力线变化所需的时间, s。