

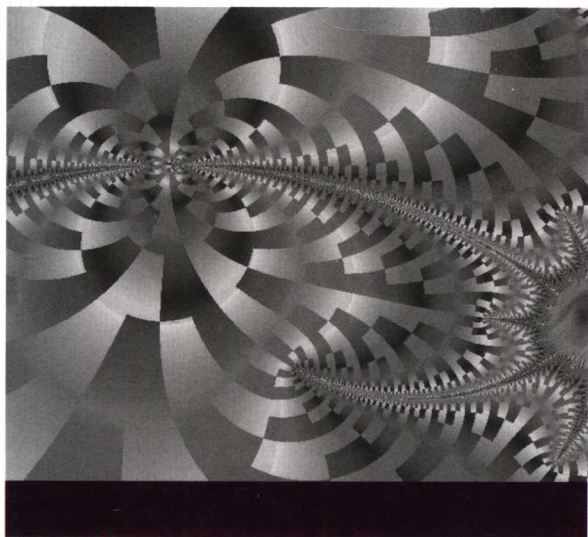
职业技能鉴定培训读本

中级工

变压器、互感器装配工

江苏大学工业中心 组织编写

王尽余 潘妙琼 王 湧 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（中级工）

变压器、互感器装配工

江苏大学工业中心 组织编写
王尽余 潘妙琼 王 湧 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

本书是《职业技能鉴定培训读本(中级工)》的一个分册,是根据中华人民共和国劳动和社会保障部于2004年6月颁发的《变压器、互感器装配工国家职业标准》限定的范围,依据其职业定义,使用装配工设备,进行变压器、互感器器身套装,引线装配、总装配和使用处理设备对变压器进行处理(包括对变压器器身进行干燥处理和对变压器油进行净化处理),以及对变压器、互感器半成品和成品进行修理人员,针对中级工的知识要求和专业技能要求而编写的。

本书将理论与实践技能融为一体,突出了考核、鉴定的针对性和实用性,符合变压器、互感器装配工从业人员上岗培训、鉴定和就业工作的需要,也可供职业学校、技工学校师生和技术人员学习参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

变压器、互感器装配工/王尽余,潘妙琼,王湧编著.
北京:化学工业出版社,2006.5
(职业技能鉴定培训读本.中级工)
ISBN 7-5025-8710-1

I. 变… II. ①王…②潘…③王… III. ①变压器-
装配-职业技能鉴定-教材②互感器-装配-职业技能鉴定-
教材 IV. TM4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第051816号

职业技能鉴定培训读本(中级工)

变压器、互感器装配工

江苏大学工业中心 组织编写

王尽余 潘妙琼 王湧 编著

责任编辑:李玉晖

文字编辑:宋 薇

责任校对:郑 捷

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 253 千字

2006年7月第1版 2006年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8710-1

定 价:18.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《职业技能鉴定培训读本（中级工）》编委会

编委会主任：李金伴

编委会副主任：戈晓岚 王维新

编委会委员：卢章平 陆一心 李金伴 王特典

阳名沅 戈晓岚 王维新

序

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实践经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家确定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业等级标准相适应，实行学历证书、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，江苏大学（原机械部所属江苏理工大学）工业中心受化学工业出版社的委托，根据2000年3月2日国家劳动

和社会保障部部长令（第6号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了职业技能鉴定培训读本（中级工），包括《机械制图》、《机械制造基础》、《金属材料与热处理》、《车工》、《铸造工》、《电工》、《钣焊复合工》、《金属切削工》、《热处理工》、《刨插工》、《钳工》、《模具工》、《锻造工》、《镗工》、《铣工》、《磨工》、《冷作钣金工》、《组合机床操作工》、《加工中心操作工》、《电气设备安装工》、《高低压电器装配工》、《电机装配工》、《变电设备安装工》、《仪表维修工》、《电子仪器仪表装配工》、《起重工》、《电机检修工》、《变压器、互感器装配工》、《变配电室值班电工》等29种，以满足培训市场的需要。

本套丛书由江苏大学工业中心戈晓岚、李金伴和陆一心等教授担任主编，组织有高级职称且业务水平较高，机械制造工程培训经验丰富，了解机械行业情况，熟悉工程培训规律的教师、实验室主任、工厂高级技术人员等参加编写。

本套丛书是针对中级技术工人和操作工编写的，在内容上注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要，对基本理论部分以必须和够用为原则，注重能力培养，并从当前机械行业技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂，体现面向生产实际，突出职业性的精神。在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书将教材内容和学习指导有机融合，每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题。同时注意与初级、高级技工要求之间的合理衔接，便于在职技术工人学习。书中基本术语、材料牌号、设备型号等采用了新标准。

本套丛书既可作为中级工的培训教材，也可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的实习教学参考书。

本套丛书在编写过程中，得到江苏大学工业中心和老科技协会的支持、指导和帮助，在此一并表示感谢。

丛书主编

2006年6月

前 言

随着我国经济建设高速发展，对电源需求日益增加，变压器、互感器是电力供电系统的关键设备。用装配工装设备进行变压器、互感器的器身套装、引线装配和总装配；使用处理设备对变压器进行处理；以及对变压器、互感器半成品和成品进行修理的人员，除了应具有丰富的实践经验，还应了解变压器、互感器理论基础和装配工的基础工艺知识以及有关的机械、电工、材料等方面的一般常识。这样才能满足目前科技突飞猛进、知识不断更新的现状。为此，本书以国家职业标准和变压器、互感器装配工的基本要求为依据，以现阶段本职业的水平和对从业人员的要求编写而成。本书可作为变压器、互感器装配工（中级工）的培训教材，也可作为技工学校、职业学校参考书用。

参加本书编审人员如下：第一章至第三章、第十章由王尽余编写；第六章至第九章由潘妙琼编写；第四章、第五章由王湧编写，本书由江苏大学李金伴教授、陆一心教授主审。

本书整个编写过程得到钟梅老师的支持与参与，使本书臻于完善，在此深表谢意。

由于作者水平有限难免有不当之处，敬请读者批评指正。

作 者

2006 年 3 月



录

第一章 变压器装配工基础	1
第一节 变压器基本工作原理	1
一、变压器的基本工作原理	1
二、变压器的工作类别	4
三、变压器的运行性能	6
第二节 变压器分类、结构、性能参数	9
一、变压器的分类	9
二、变压器的结构	11
三、变压器的常用术语	23
四、变压器制造工艺类型划分	26
五、简要工艺流程	27
六、变压器装配后检查	27
七、变压器吊心检查	29
八、电力变压器常见故障及消除方法	32
第三节 变压器计算公式及绕组的连接与组别	36
一、变压器的基本计算公式	36
二、变压器绕组的连接组别	38
第四节 变压器示例	42
一、油浸电力变压器	42
二、干式变压器	50
三、10kV SQ 级系列 (SF ₆) 气体绝缘变压器	50
四、YD 系列试验变压器	52
五、5kV · A 以下变压器	53
第二章 电流互感器装配工基础	56
第一节 电流互感器的工作原理和用途	56
一、电流互感器的工作原理	56

二、电流互感器的用途	57
第二节 电流互感器的电气性能	58
一、电流互感器的稳定性	58
二、电流互感器的10%倍数	58
三、电流互感器的准确级	59
四、电流互感器的误差	60
五、电流互感器的额定容量	61
六、电流互感器的使用	62
七、电流互感器的运行	63
第三节 电流互感器的结构、分类和型号	63
一、电流互感器结构的一般要求	63
二、电流互感器绝缘材料的特点	64
三、电流互感器的分类	65
四、电流互感器的构成	66
五、电流互感器的结构	67
六、电流互感器应用的特点	70
七、电流互感器的型号	71
八、电流互感器产品列举	71
第三章 电压互感器基础	82
第一节 电压互感器的工作原理和用途	82
一、电压互感器的工作原理	82
二、电压互感器的用途	83
第二节 电压互感器的电气性能	84
一、电压互感器的额定容量	84
二、电压互感器的误差	85
三、电压互感器的运行	86
第三节 电压互感器的分类、型号和结构	86
一、电压互感器的分类	86
二、电压互感器的型号	86
三、电压互感器的构成	87
四、电压互感器的结构	87
五、电压互感器示例	89
第四章 绝缘件的应用	97

第一节 绝缘材料概述	97
第二节 绝缘纸及其成型绝缘件	98
第三节 塑料、薄膜、粘带及复合制品	101
第四节 纤维制品	107
第五节 瓷套	113
第六节 橡胶	116
第五章 变压器油的使用	117
第一节 变压器油	117
一、变压器油的功能	117
二、变压器油的主要物理性能	118
第二节 变压器油使用	120
第六章 机械基础及电工基础	124
第一节 机械制图和公差配合	124
一、机械制图标准	124
二、识读变压器装配图	130
三、零件图和装配图的作用和关系	131
四、装配图的基本内容	132
五、零件图的基本内容	132
六、公差配合	133
第二节 电工测量	137
一、电气测量原理	137
二、电流、电压测量	138
三、电阻、电容、频率测量	140
四、绝缘电阻测量	142
五、电能、功率测量	143
六、仪表准确度等级	145
七、常用电测量指示仪表测量单位的符号	145
第三节 常用金属材料、电工材料	145
一、导电材料	145
二、磁性材料	148
第四节 润滑材料	158
一、润滑油	158
二、润滑脂	165

三、固体润滑剂	170
第七章 常用刀具、量具、夹具、模具	172
第一节 刀具和模具	172
一、刀具基本知识	172
二、相关工种一般工艺知识	175
第二节 夹具	181
一、夹具的构造	181
二、组合夹件的构造	183
三、夹具的调整	184
四、夹具的使用及维护保养	185
第三节 量具	186
一、尺	186
二、卡钳	186
三、游标卡尺	187
四、千分尺	189
第四节 测量仪表	190
一、兆欧表	190
二、一般常用仪表	198
三、热电偶的特性和种类	200
第八章 机械加工基础	203
第一节 机械传动	203
一、摩擦轮传动	203
二、齿轮传动	207
三、带传动	209
四、有关摩擦、润滑、滚动和滑动的基础知识	210
第二节 装配钳工基础	212
一、设备修理	212
二、钳工基础	214
第九章 变压器、互感器装配工艺	219
第一节 工艺准备	219
一、引线装置	219
二、变压器油箱	222
三、变压器绕组	226

四、铁芯	234
第二节 工艺制作	243
一、器身干燥	243
二、压力滤油机的使用	244
三、互感器渗漏油处理	248
四、有载开关	249
五、变压器的完好标准	254
六、互感器的完好标准	254
第十章 变压器、互感器装配工知识问答	255
第一节 变压器的一般原理	255
第二节 变压器的结构	258
第三节 变压器的制造工艺	265
第四节 变压器测试	273
第五节 变压器油	276
第六节 互感器	282
第七节 其他	286
参考文献	291

第一章 变压器装配工基础

第一节 变压器基本工作原理

一、变压器的基本工作原理

最简单的变压器是由一个闭合的铁芯和绕在铁芯上的两个匝数不等的绕组组成的，其符号及结构见图 1-1。

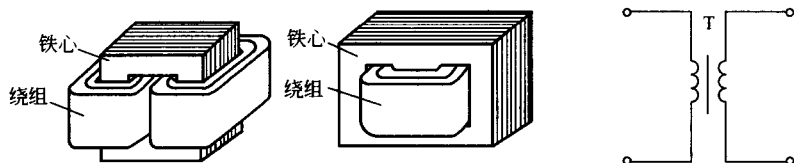


图 1-1 变压器结构及符号

变压器是根据电磁感应原理制造的。一个绕组接电源，称原绕组 N_1 （又称一次绕组或初级绕组）；另一个绕组接负载，称副绕组 N_2 （又称二次绕组或次级绕组）。当一次侧绕组接通电源时，所加的交流电压 U_1 ，在一次绕组中产生一个交流电流，这个电流产生交变磁通，在铁芯中构成磁路，同时穿过变压器的一次、二次侧绕组。当电压 U_1 不变时，铁芯中的磁通也维持不变，这个磁通称主磁通 Φ （又称工作磁通）。

当变压器二次侧开路而一次侧加以额定频率、额定电压 U_{1N} 时，变压器空载运行原理如图 1-2 所示。一次侧流入的空载电流 I_0 即励磁电流，由于变压器铁芯的导磁性很好，所以 I_0 很小，约为

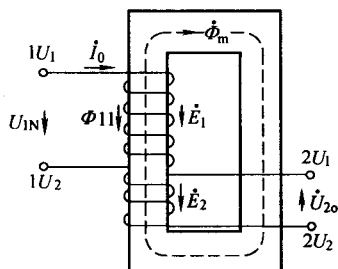


图 1-2 变压器空载运行原理

一次绕组额定电流的 $2\% \sim 8\%$ 。在 I_0 的作用下，在铁芯中产生交变主磁通 Φ ，由于原、副绕组在同一个铁芯上，所以铁芯中的主磁通同时穿过原副绕组，在原绕组中产生自感电动势 E_1 ，在副绕组中产生互感电动势 E_2 。按照电磁感应的基本定律，这一电动势的

大小与磁通所连的绕组匝数以及磁通最大值 Φ_m 成正比。

如果忽略变压器内部压降，即 $U_1 \approx E_1$ ， $U_2 \approx E_2$ ，可以近似写为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &\approx E_1 = 4.44 f N_1 \Phi_m (\text{V}) \\ U_2 &\approx E_2 = 4.44 f N_2 \Phi_m (\text{V}) \\ \frac{U_1}{U_2} &= \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 k ——变压器的变比。

变压器的变比是指在变压器空载时，一次绕组电压 U_1 与二次电压 U_2 之比，也就是一次绕组与二次绕组之比。式 (1-1) 表明变压器原、副绕组的电压比近似等于原、副绕组的匝数比。只要改变原、副绕组的匝数就可以达到改变电压的目的。当 $N_2 > N_1$ 时， $U_2 > U_1$ 即为升压变压器，反之， $N_2 < N_1$ 时， $U_2 < U_1$ 即为降压变压器。

变压器的副边接上负载，如图 1-3 所示。在二次绕组 U_2 的作用下，通过负载的电流 I_2 是变压器的负载电流。 I_2 的大小取决于负载阻抗 Z_2 。变压器有了负载电流 I_2 ，就要使铁芯中的磁通发生变化。而 $I_2 N_2$ 为二次绕组的磁动势，这个磁动势对铁芯中的磁通起抵消作用，减小主磁通 Φ ，使 E_1 也相应减小，这样电源电压 U_1 与感应电动势 E_1 不相等，有了差值，在这个差值 $(U_1 - E_1)$ 的作用下，原绕组中的电流加大。这时 I_1 包含两部分，一部分是励磁电

在电力系统中，电能主要是由发电厂的交流发电机产生的。把交流电的功率从发电厂输送到用户的地方，通常要用很长的输电线路。在输送功率 P ，功率因数 $\cos\phi$ 为定值的情况下，电压 U 越高，线路中的电流 I 越小，输电线的截面可取得越小，就能够节约大量的导电材料。反之，电能有可能大部分消耗在输电线上。为了减少输电线路能量的损失，提高输电效率，往往在输电前，利用变压器把电压升高到所需要的数值。在用电方面，各类用电器所需的电压不同，在供电之前，也要利用变压器把电源的高电压换成负载所需的低电压。

二、变压器的工作类别

1. 变换交流电压

当接上交流电压后，在一次、二次绕组中通有交变的磁通，若漏磁通忽略不计，可认为一次、二次绕组的交变磁通相同，两个绕组每匝产生的感应电动势相等。设一次绕组的匝数为 N_1 ，二次绕组的匝数为 N_2 ，穿过它们的磁通是 Φ ，则一次、二次绕组线圈中产生的感应电动势分别是

$$E_1 = N_1 \Delta\Phi / \Delta t; \quad E_2 = N_2 \Delta\Phi / \Delta t$$

即
$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2 \quad (1-4)$$

在一次绕组中，感应电动势 E_1 起着阻碍电流变化的作用，与加在一次绕组两端的电压 U_1 的作用相反。由于绕组的电阻很小，可忽略不计，即 $U_1 \approx E_1$ 。二次绕组相当于一个电源。感应电动势 E_2 相当于电源的电动势。由于绕组的电阻很小，就相当于一个无内阻的电源，因而二次绕组两端的电压 U_2 等于感应电动势 E_2 ，即 $U_2 = E_2$ 。

故

$$U_1 / U_2 = N_1 / N_2 = K \quad (1-5)$$

式中 K ——变压器的变压比。

可见，变压器一次电压 U_1 与二次电压之比等于这两个线圈的

匝数比。当 $N_1 > N_2$ ，即 $K > 1$ 时，这种变压器称为降压变压器。当 $N_1 < N_2$ ，即 $K < 1$ 时，变压器使电压升高，这种变压器称之为升压变压器。

2. 变换交流电流

在不考虑变压器损耗的情况下，变压器输出的功率和它从电网所获取的功率相等，即 $P_1 = P_2$ 。根据交流电功率公式 $P = UI \cos \phi$ ，得 $U_1 I_1 \cos \phi_1 = U_2 I_2 \cos \phi_2$ 。其中 $\cos \phi_1$ 是一次绕组电路的功率因数， $\cos \phi_2$ 是二次绕组电路的功率因数， ϕ_1 和 ϕ_2 通常相差很小，则

$$I_1 U_1 \approx I_2 U_2$$

即
$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1 = 1 / K \quad (1-6)$$

可见，变压器工作时，一次、二次绕组的电流与线圈的匝数成反比。变压器电压高的一侧通过的电流小，可用较细的导线绕制；电压低的一侧通过的电流大，应用较粗的导线绕制。

3. 变换交流阻抗

无论是收音机还是其他电子装置，总希望负载获得最大功率，而负载获得最大功率的条件是负载阻抗等于信号源的内阻，此时称为阻抗匹配。利用变压器来进行阻抗匹配使负载得到最大功率。

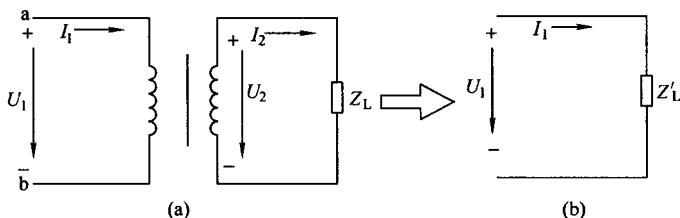


图 1-4 理想变压器的阻抗变换

图 1-4 理想变压器的阻抗变换，忽略其内阻阻抗，当二次侧绕组接入负载阻抗为 $|Z_L|$ 时，即 $|Z_L| = U_2 / I_2$ ，但从一次侧绕组接入的阻抗是

$$|Z'_L| = U_1 / I_1 = K U_2 K / I_2 = K^2 |Z_L| \quad (1-7)$$