

教 育 部 规 划 教 材

中等职业学校电工专业(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

电机与变压器



全国中等职业学校电工专业教材编写组 编

王 生 主编

高等教育出版社





数据加载失败，请稍后重试！

教育部规划教材
中等职业学校电工专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

电机与变压器

全国中等职业学校电工专业教材编写组 编
王 生 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是教育部职业教育与成人教育司组织编写的中等职业学校电工专业教材,是教育部规划教材。全书在高等教育出版社1992年出版的《电机与变压器》基础上重新编写,主要内容有:变压器原理、三相变压器、特种变压器、三相异步电动机、单相异步电动机、同步电机、直流电机、特种电机等。每章后附有本章小结及习题。书后附有学生实验及新旧符号对照表。

本书与《电动机与变压器维修》配合使用可满足中等职业学校电工专业基础理论与实用技能培训的需要。

本书内容起点为初中物理,全书由浅入深,通俗易懂,特别注重理论联系实际,突出实际应用。

本书根据行业部门与劳动部门最新颁发的有关维修电工中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范,结合中等职业学校教学特点编写,可作为中等职业学校电工专业教材,也可作为行业部门技术工人岗位培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机与变压器/王生主编;全国中等职业学校电工专业教材编写组编. —北京:高等教育出版社,1999(2000重印)

ISBN 7-04-007163-0

I. 电… II. ①王… ②全… III. ①电机-专业学校-教材②变压器-专业学校-教材 IV. TM3

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第18651号

电机与变压器

全国中等职业学校电工专业教材编写组 编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街55号

邮政编码 100009

电 话 010—64054588

传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京朝阳北苑印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 1999年6月第1版

印 张 21.25

印 次 2000年5月第2次印刷

字 数 500 000

定 价 24.50元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

1989年12月,原国家教委职业技术教育司在江苏常州组织召开了有17个省市及原能源部中国电力企业联合会代表参加的中等职业学校电工专业教材会议,拟定了为编写教材用的中等职业学校电工专业教学计划,审定了该专业11门课程的教材编写提纲,并编写了专业课教材,1992年由高等教育出版社出版发行,至今已印刷10多次,受到师生好评。随着劳动部门与行业部门对本专业中级技术工人等级考核标准的颁发,以及中等职业教育发展的需要,从1997年起,原国家教委职业技术教育司对这套教材重新组织了编写,并列入中等职业学校电工专业教育部规划教材系列。

本套教材以三年制中等职业学校学生为主要读者对象,培养目标为中级技术工人。本系列教材侧重低压电器维修与安装,以部颁最新中级工人技术等级标准(原电力工业部、劳动部关于“电力工人技术等级标准”,原劳动部、机械工业部关于电工“国家职业技能鉴定规范”)为依据编排专业课与工艺实习课,坚持学以致用,注意拓宽学生的基础知识,突出职业技能训练,以适应中等职业学校的就业需要。为了适应各地区、各学校的不同要求,课程设置采用“积木式”结构,分为文化课、专业基础课和工艺实习课三个层次。本次编写的教材主要有:《电工应用识图》、《电工仪表与测量》、《电机与变压器》、《电动机与变压器维修》、《工厂电气控制设备》、《低压电气设备运行与维修》、《电力内外线施工》、《变配电设备运行与维护》(原名《工厂供电》)、《电工基本操作技能训练》。

本套教材的特点是专业课设置以专业基础课与工艺实习课为两条主线,二者相辅相成。例如:《电机与变压器》与《电动机与变压器维修》、《工厂电气控制设备》与《低压电气设备运行与维修》,既紧密配合,又有一定的系统性与独立性。这样,为突出技能训练与教学改革提供了条件。

参加本系列教材组织与审定工作的有:北京、江苏、南京、天津、河北、辽宁、沈阳、大连、西安、黑龙江、山东、江西、湖南、武汉、河南、重庆、成都等省市教育部门派出的教师、教学研究人员及专家。江苏省教育委员会对本专业教学计划的制定给予了具体帮助,在此谨向他们表示谢忱。

本系列教材亦可供行业部门岗位培训及自学人员使用。

高等教育出版社

1998年6月

前 言

本书是教育部职业教育与成人教育司组织编写的中等职业学校电工专业教材,是教育部规划教材。本书第一版自1992年出版以来,累计印数达21万余册,为我国中等职业教育的发展做出了贡献。由于原机械工业部、电力工业部与劳动部于1995年、1996年颁发了《中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)》和《中华人民共和国工人技术等级标准——电力工业供用电部分》,高等教育出版社决定修订本套教材。最新的行业标准及考核大纲为教材修订提供了依据。更新知识、完善教材使之更加适合中等职业学校使用。

本次修订具有以下四个特点:第一,更加注重了内容的实用性,例如对于自耦变压器讲述了五种接线原理与使用方法,学过之后,能够灵活应用;第二,注重了教材内容的时代性,数控机床、自动控制设备、机电一体化大面积应用,对特种电机等增加了部分内容,以满足要求;第三,注重了教材内容应用的广泛性,目前家庭生活、办公自动化等广泛使用单相电动机,且形式多种多样,为适应这一需要,单独设了一章“单相电动机”;第四,每章后均有小结,并且重新配置了大量的各种类型的习题,可满足维修电工中级技术工人等级考核需要及升学需要。

本书的编写原则是,从基本概念讲起,由浅入深,以实用为主,达到中级技术工人应具备的理论水平。

全书共分为八章,第一章至第三章讲述变压器的结构、原理,三相变压器的结构、原理,特种变压器的原理及使用;第四章讲述三相异步电动机的结构、原理、特性和控制;第五章讲述单相异步电动机的结构、原理、分类、特性和控制;第六章讲述同步电机的结构、原理、励磁和控制;第七章讲述直流电机的结构、原理、特性和控制;第八章讲述特种电机(控制电机)的种类、原理、特性、用途等。

本教材安排两个学期讲授,参考学时为144学时,建议各章学时分配如下:

章 次	学时	章 次	学时
绪论	2	第五章	12
第一章	12	第六章	18
第二章	10	第七章	22
第三章	12	第八章	20
第四章	24	学生实验	12

使用时,各地可根据实际需要调整各章中的内容。进行维修教学时应与《电动机与变压器维修》一书配合使用。

本书由沈阳市铁西区教师进修学校高级教师王生主编,沈阳市电化教育馆王洪志参编。其中第一章、第二章、第四章、第六章至第八章、学生实验由王生执笔,第三章和第五章由王洪志执笔,由王生统编全稿。

本书承沈阳工业大学张魁芳副教授主审、辽宁教育学院职教部李世维参审,他们提出了许多宝贵意见,编者谨致衷心地谢意。

本书在修订过程中,得到本校及省、市、区有关领导的大力支持,在此向他们表示感谢。此外,修订时参阅了大量资料,向各位作(编)者一并致谢。

限于编者水平及经验,书中难免出现不妥及错误,殷切希望使用本教材的教师及广大读者批评指正。

编 者

1998年9月

目 录

绪论	1
----------	---

第一章 变压器原理

第一节 变压器的结构及其分类	4
第二节 变压器的基本原理	11
第三节 变压器的外特性和电压调整率	19
第四节 变压器的空载试验和短路试验	20
第五节 变压器的损耗和效率	22
第六节 变压器的铭牌	25
本章小结	28
习题	29

第二章 三相变压器

第一节 三相变压器的磁路结构	31
第二节 变压器绕组的极性	33
第三节 三相变压器绕组的联接	36
第四节 三相变压器的联接组	38
第五节 三相变压器的并联运行	42
本章小结	46
习题	47

第三章 特种变压器

第一节 互感器	49
第二节 自耦变压器	55
*第三节 电焊变压器	60
*第四节 三绕组变压器	64
第五节 小型变压器的设计	66
本章小结	72
习题	73

第四章 三相异步电动机

第一节 三相异步电动机的结构和铭牌	75
第二节 三相异步电动机的工作原理	83
第三节 三相异步电动机的运行原理	88

第四节 三相异步电动机的运行特性	95
第五节 三相异步电动机的起动	103
第六节 三相异步电动机的调速	116
第七节 三相异步电动机的制动	122
第八节 三相异步电动机绕组概述	125
本章小结	128
习题	130

第五章 单相异步电动机

第一节 单相异步电动机的基本原理	134
第二节 单相异步电动机的起动	141
第三节 单相异步电动机的反转控制和 调速方法	148
*第四节 单相异步电动机的绕组	157
本章小结	164
习题	166

第六章 同步电机

第一节 同步电机的特点和分类	168
第二节 三相同步电机的结构和铭牌 数据	170
第三节 三相同步电机的工作原理	175
*第四节 同步电机的励磁系统	182
*第五节 同步电动机的起动方法	186
*第六节 同步发电机的并联运行	190
本章小结	193
习题	194

第七章 直流电机

第一节 直流电机的结构	197
第二节 直流电机的工作原理	203
第三节 直流电机的分类、铭牌及系列	208

第四节	直流电机的空载磁场和电枢反应	213
第五节	直流发电机及其运行特性	216
第六节	直流电动机及其机械特性	221
第七节	直流电动机的启动和反转	227
第八节	直流电动机的调速	228
第九节	直流电动机的制动	230
*第十节	直流弧焊发电机	231
本章小结		236
习题		238

第八章 特种电机

第一节	特种电机的种类、用途及发展概况	241
第二节	单相串励电动机(手电钻)	243
第三节	伺服电动机	246
第四节	测速发电机	253
*第五节	自整角机	259
*第六节	旋转变压器	265
*第七节	电磁调速异步电动机	270

*第八节	电机扩大机	273
*第九节	步进电动机	277
*第十节	微型同步电动机	284
本章小结		290
习题		291

学生实验

实验一	电机实验的基本要求和安全操作规程	295
实验二	电机实验中基本物理量的测量	297
实验三	单相变压器的空载实验和短路实验	305
实验四	变压器绕组极性的测定	309
*实验五	三相变压器联接组别的校核	312
实验六	三相异步电动机的启动	314
实验七	三相异步电动机定子绕组首尾端的测定	316
*实验八	交流伺服电动机特性的测定	319
*实验九	直流伺服电动机特性的测定	323

附录	电气用图形符号和文字符号新旧对照表(摘录)	327
参考文献		330

注 * 为选讲内容

绪 论

一、电机工业的兴起与发展

自从 19 世纪奥斯特发现电流周围存在磁场、法拉第发现电磁感应现象并创造出世界上第一台感应发电机之后,开辟了一个伟大的电力时代。

20 世纪以来,对电机内部电磁、发热等过程理论研究的深入,加上电机新原理、新材料、新工艺不断涌现,电机在性能、种类、标准化、可靠性等方面均有较大发展。电机的发展和完善,主要体现在两个方面:第一是发电机、变压器单机容量不断增大;第二是冷却技术的改进。随着中小型电动机的应用范围不断扩大及总装机容量的增大,相应的能量损耗也在增加,导致电机与变压器的冷却问题变得非常突出。目前,汽轮发电机的冷却介质已由空气冷却发展到氢气冷却,水冷却。冷却方式对氢冷、水冷电机来说,已由外冷发展到内冷。单机容量的增大与冷却技术的发展,绝缘、硅钢片、转子钢材等材料性能的提高,使电机制造业得到较快的发展。80 年代超导技术突破后,超导电机随之问世,已投入使用。磁流体技术的应用,对电机工业的发展也将起突破性作用。磁流体发电机也已投入工业使用。

二、我国电机制造工业的发展概况

我国古代,在电学和磁学方面对人类都有过贡献。但漫长的封建社会禁锢自然科学的发展,一度失去了领先地位。解放前,我国电机制造工业落后,电机工业残缺不全,以修配为主。

解放以后,我国电机制造工业得到了迅速发展。仅十年时间,就能制造出 50 000 kW 汽轮发电机,725 000 kW 水轮发电机,120 000 kVA 的变压器,2 000 kW 的异步电动机。1961 年后,J2,JO2 系列异步电动机正式投产。1982 年 Y 系列异步电动机正式定型生产。Y 系列异步电动机具有体积小、重量轻、起动转矩大、噪声和振动降低、效率高等优点。符合国际(IP44)标准。在直流电机和特种电机(控制电机)方面也有较大的发展,特别是控制电机制造工业在 60 年代前后开始起步,经历产品仿制,自行设计和研制,逐步形成了我国自己的生产体系,品种规格近千种。填补了一些空白,有些控制电机的单项性能指标已达到国际先进水平。在大型电机方面,1958 年我国研制出第一台 12 000 kW 双水内冷汽轮发电机,1964 年制成了 125 000 kW 双水内冷汽轮发电机,1972 年又制成了 300 000 kW 双水内冷水轮发电机,1986 年制成了 500 000 kW 氢冷汽轮发电机。近几年引进国外技术制造 1 300 000 kW 定子水冷、转子氢冷汽轮发电机。在变压器方面,自行设计制造了单台容量可达 550 000 kVA,工作电压可达 500 kV 的变压器。在直流电机方面,单机容量达 7 000 kW,电压在 1 000 V,接近国际水平。已能生产晶闸管整流供电的直流电动机,并能制造 10 000 kW 同步电动机和 8 000 kW 的异步电动机。在超导电机方面也发展起来了,我国于 1976 年研制成功一台 400 kW 超导同步发电机。基本形成了一套完整的现代化的电机制造工业体系。

三、电机在国民经济中的作用

电能是现代能源中应用最广的二次能源。电能的生产、输送、应用已作为现代文明社会的主要标志之一。它的产生和转换比较经济,传输和分配比较容易,使用和控制较为方便,而电能的产生、转换、传输、分配、使用和控制等,都离不开电机。因此,电机在国民经济中占有重要的地位。

在电力工业中,发电机和变压器是电站(厂)和变电所中的主要设备。如将水力、热力、风力、太阳能、潮汐能、核能转换成电能,都要使用发电机。为了经济地传输和分配电能,必须用变压器变压(升压、降压)后,再分配到各个用电单位。

在机械、采矿、冶金、化工及其它工业企业中,广泛应用电动机拖动各种生产机械。如各种机床、吊车、鼓风机、压缩机、搅拌机、纺织机等一般都用电动机拖动。

在交通运输业中,随着城乡交通运输和电气化铁路的发展,需要大量的牵引电动机。电动车是各国竞相开发的项目,而它的核心部件正是电动机。

在国防工业中,军舰、潜艇、飞机都应用着大量的发电机和电动机。

在现代化农牧渔业生产中,随着机械化的发展,在排灌、脱粒、米面加工、榨油、饲料加工、剪毛、鱼类加工等机械中也大量采用电动机拖动。

在航天技术、雷达、无线电通讯、计算机中需要大量的特种电机、作为自动控制系统的检测、放大、执行和解算元件。

在医疗、文化教育、办公自动化事业中,电机的应用也日趋普遍。如打印机、复印机、传真机、录放音机、录放像机、摄录放像机、照像机等几乎都使用各种类型的电机。

在人们的日常生活中,电机的应用涉及到生活的各个领域。如电风扇、电冰箱、洗衣机、洗碗机、空调器、保健按摩、美容以及儿童玩具等都使用各种类型的小功率电机。

电机的广泛应用,可以加速扩大生产规模,实现生产的自动化控制,提高生产效率,改善人民生活的质量。可见,在我国四个现代化建设的各个领域都离不开电机,电机在国民经济中的作用越来越大。

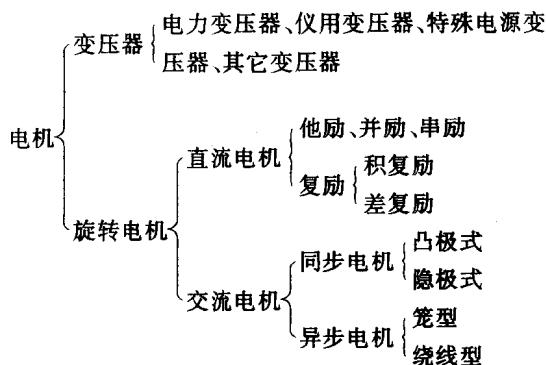
四、电机的主要类型

电机的品种繁多,其分类方法也很多。

按其功能可分为:

- (1) 发电机——把机械能转换为电能。
- (2) 电动机——把电能转换为机械能。
- (3) 变压器、变流机、变频器、移相器——分别用来改变电压、电流、频率和相位。
- (4) 特种电机——用于自动控制系统中,作为控制系统中的元件,完成相应的功能。

在电力机械系统中,根据它们的运行情况,可大致分为变压器和旋转电机两大类。旋转电机又可分为交流电机和直流电机两类,交流电机又可分为同步电机和异步电机。这种分类方法可归纳如下:



五、本课程的任务和学习方法

“电机与变压器”是一门理论性很强的技术基础课程。在本课程中将学习变压器、异步电动机、同步电机、直流电机、特种电机的结构、基本原理、基本运行理论等,通过学习,要求达到:

(1) 掌握常用变压器、三相异步电动机、单相异步电动机、直流电动机的基本结构、基本原理和基本理论(电磁关系和能量转换关系)、常用计算公式。

(2) 根据实际掌握同步发电机、同步电动机及常用的特种电机的结构特点、工作原理、运行特性和用途。

(3) 掌握交、直流电机的起动、调速、制动及反转控制的基本原理和方法。

(4) 掌握电机与变压器的基本实验方法和技能,具有选择、使用和维护电机与变压器实验相关仪器、仪表的能力。

(5) 了解电机与变压器今后发展的动向。

本课程是维修电工专业技术理论课,也是广大电机、电气爱好者和自学者向上攀登的阶梯。要学好本课程,必须以电磁感应定律为主线,深入理解和掌握电和磁的基本概念、基本理论,加强理论联系实际,增强感性认识,手脑并用,增强动手、实验能力。认真做好书后练习题,能起到巩固基本概念、理解基本原理、理论和提高运算能力的作用。培养独立工作能力,在解决实际问题中学会分析问题的方法,并加深对理论知识的理解和运用。为将来学会学习、学会创造、学会发展打好基础。

为把学生培养成为具有德、智、体全面发展的高素质技术人才,在教与学实践中,应对各种典型的电机、变压器进行操作和实验,使其理论知识和实践技能紧密结合,成为跨世纪的国家栋梁之才。

第一章 变压器原理

变压器是在电力系统和电子线路中应用广泛的电气设备。它利用电磁感应原理,将一种交变电压转变为另一种或两种以上频率相同而数值不同的交变电压。在电能的传输、分配和使用中,变压器是关键设备,具有重要意义。除电力系统外,它在通信、广播、冶金、焊接、电子实验、电气测量、自动控制等方面,均有广泛的应用。

本章主要叙述变压器的结构、分类、基本工作原理、运行特性、试验、铭牌等内容。

第一节 变压器的结构及其分类

一、变压器的结构

变压器的主要组成部分是铁心、绕组。为了改善散热条件,大、中容量的电力变压器的铁心和绕组浸入盛满变压器油的封闭油箱中,各绕组对外线路的联接由绝缘套管引出。为了使变压器安全可靠地运行,还设有储油柜、安全气道、气体继电器等附件。图 1-1 是一台三相油浸式电力变压器的外形图。

1. 铁心

(1) 铁心材料 铁心是变压器磁路的主体,铁心分为铁心柱和铁轭两部分。铁心柱上套装绕组,铁轭的作用是使磁路闭合。为了提高铁心导磁性能,减少铁心内的磁滞损耗和涡流损耗,铁心通常采用含硅量约为 5%,厚度为 0.35 mm 或 0.5 mm,两面涂绝缘漆或氧化处理的硅钢片叠装而成。其牌号一般有 D31-0.35、D42-0.35、D320-0.35 等,其中字母 D 表示电工钢;D 后面的第一位数字表示含硅量,数字越大,表示含硅量越高;第二位数字表示比损耗(即在交变磁通作用下,单位重量铁心中的损耗)的高低,数字越大,比损耗越低;第三位数字表示冷轧硅钢片(如果没有第三位数字,则是热轧硅钢片),冷轧硅钢片具有较优良的导磁性能和较低的比损耗。对有特殊要求的变压器,可以采用坡莫合金(如 JI79)铁淦氧等。

(2) 铁心结构 按照绕组套入铁心柱的形式,铁心可分为心式结构和壳式结构两种、如图 1-2 所示。

① 心式变压器 心式变压器的原、副绕组套装在铁心的两个铁心柱上,如图 1-2(a)所示。这种结构比较简单,有较多的空间装设绝缘,装配较容易,且用铁量较少,适用于容量大、电压高的变压器,一般电力变压器均采用心式结构。

② 壳式变压器 壳式变压器的铁心包围着绕组的上下和侧面,如图 1-2(b)所示。这种结构的变压器机械强度较好,铁心容易散热,但用铁量较多,制造也较为复杂,小型干式变压器多采用这种结构形式。

(3) 铁心叠片形式

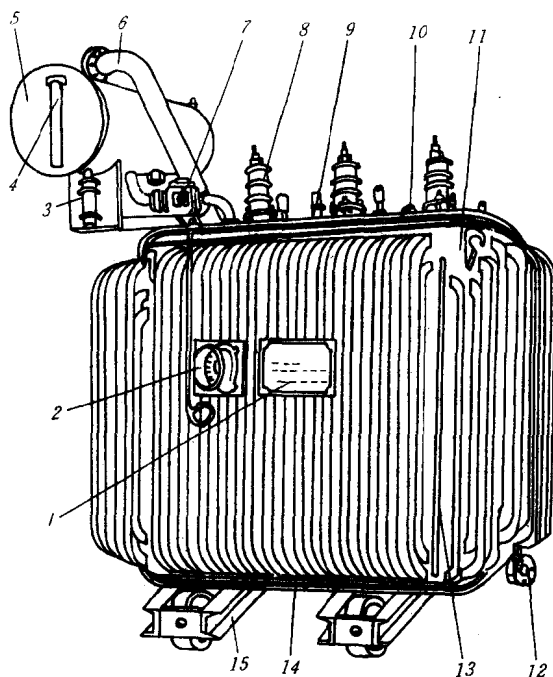
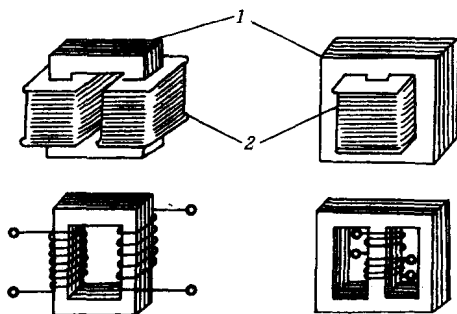


图 1-1 三相油浸式电力变压器外形图

1—铭牌;2—信号式温度计;3—吸湿器;4—油标;5—储油柜;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—放油阀门;13—器身;14—接地板;15—小车



(a) 心式

(b) 壳式

图 1-2 心式和壳式变压器

1—铁心;2—绕组

① 条状铁心叠片 大、中型变压器的铁心,一般都将硅钢片裁成条状,采用交错叠片的方式叠装而成,使各层磁路的接缝互相错开,这种方法可以减少气隙和磁阻,如图 1-3(a)、(b)所示。近年来在大型变压器中多采用高磁导率、低损耗的冷轧硅钢片,如 D330 等。由于冷轧硅钢片具有方向性,顺着辗压方向磁导率高,损耗小,因此采用斜切法下料,叠片方法如图 1-3(c)所示。

小型变压器为了简化工艺和减小气隙,常采用 E 字形、F 字形、C 字形和日字形冲片交替叠装而成。这些冲片的形状如图 1-4 所示。

② 渐开线式铁心 另外,从 60 年代开始出现一种新的铁心结构 - 渐开线式铁心。它的铁心柱用预先成型的渐开线形状的冷轧硅钢片插装压合而成。铁轭用成卷的带状冷轧硅钢片连续卷绕而成。再用长螺杆等夹紧附件把铁轭和铁心柱对接紧固,如图 1-6 所示。这种渐开线式铁心叠片,各片形状相同,很适合机械化流水线生产,而且具有体积小、用料省、重量轻和铁损耗少等优点。

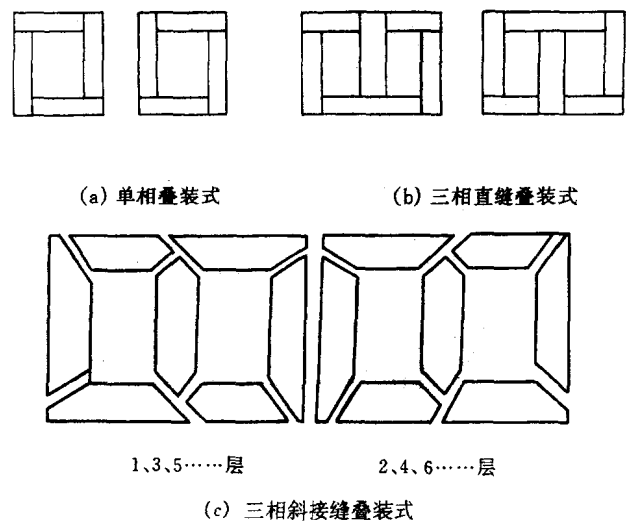


图 1-3 铁心叠片

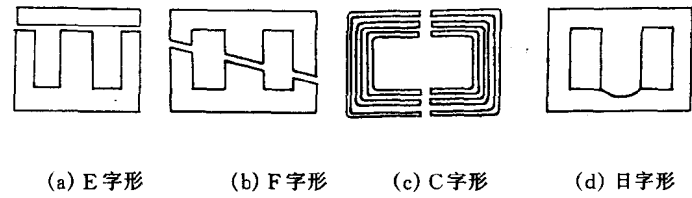


图 1-4 小型变压器的铁心冲片

(4) 铁心截面形式 小型变压器铁心柱的截面是方形或长方形的,如图 1-5(a)所示。大型变压器为了充分利用空间,铁心柱的截面通常是梯形截面,如图 1-5(b)所示。为了改善铁心内部的散热条件,当铁心柱截面较大时,中间留有油道,如图 1-5(c)所示。

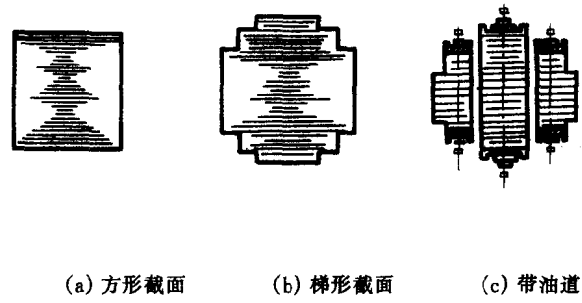


图 1-5 铁心柱截面

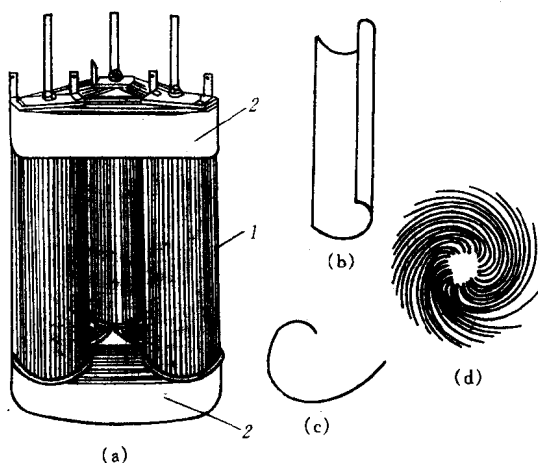


图 1-6 渐开线式铁心

1—铁心柱 2—铁轭

(a) 渐开线铁心结构; (b) 铁心叠片;
(c) 渐开线形状; (d) 铁心柱截面;

2. 绕组

绕组是变压器的电路部分,一般用绝缘扁(或圆)铜线或绝缘铝线绕制而成,近年来还有用铝箔绕制的。绕组的作用是作为电流的载体,产生磁通和感应电动势。

变压器中,接到高压电网的绕组称高压绕组,接到低压电网的绕组称低压绕组。按高、低压绕组在铁心柱上放置方式的不同,绕组有同心式和交叠式两种。

(1) 同心式绕组 同心式绕组是将高、低压绕组同心地套在铁心柱上。为了便于绕组与铁心绝缘,通常低压绕组靠近铁心,高压绕组套装在低压绕组的外面,如图 1-7 所示。也有低压、大电流绕组安放在高压绕组外面的。

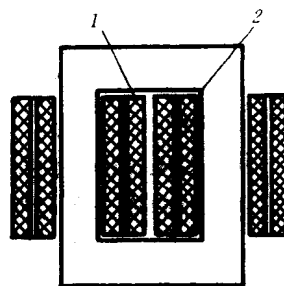


图 1-7 同心式绕组

1—高压绕组 2—低压绕组

同心式绕组具有结构简单、制造方便的特点,国产变压器多采用这种结构。它又分为圆筒式、分段式、螺旋式和连续式等几种基本形式,如图 1-8 所示。

① 圆筒式绕组 它是由一根或几根并联的绝缘导线沿铁心柱高度方向连续绕制而成,如图 1-8(a)所示。它一般用于每柱容量在 200 kVA 以及电压在 10 kV 以下变压器中。

② 分段式绕组 它是将圆筒式绕组沿轴线分成若干段,每段之间用绝缘衬垫隔开,然后在外部用联接线联接起来,如图 1-8(b)所示。它比圆筒式绕组机械强度好、散热能力强,它一般用于每柱容量为 350 kVA 及以下的高压绕组中。

③ 螺旋式绕组 它是由多根扁线沿径向并联排列,然后沿铁心柱轴向像螺纹一样,一匝跟着一匝绕制而成,这时,一个线饼就是一匝。当并联导线太多时,可把并联导线沿轴向分成两排,绕成双螺旋式线圈。为了减少导线中的附加损耗,在绕制过程中需将导线进行换位,如图 1-8(c)所示。它一般用于三相容量为 800 kVA 及以上,电压为 35 kV 及以下的大电流变压器中的

低压绕组。这种绕组导线截面积大、匝数少、绕组端部联接容易处理。

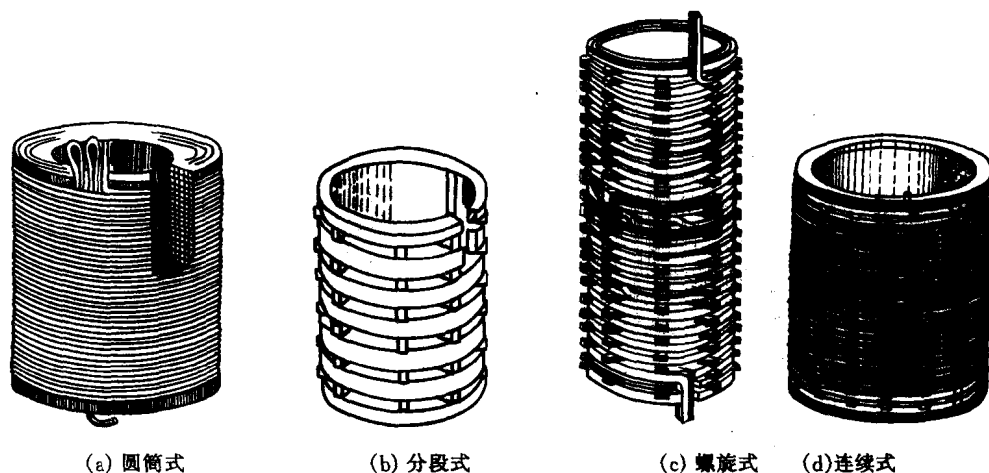


图 1-8 同心式绕组的基本形式

④ 连续式绕组 它是由单根或多根扁漆包线盘绕,沿轴线分若干段绕制成线饼。从一个线饼到另一个线饼的联接,不像分段式那样焊接,而是用特殊的“翻线法”连续绕线。线饼与线饼之间无接头,中间有油道,加强冷却作用,如图 1-8(d)所示。

(2) 交叠式绕组 交叠式绕组又称饼式绕组,它是高低压绕组分成若干线饼,沿着铁心柱的高度方向交替排列。为了便于绕线和铁心绝缘,一般最上层和最下层放置低压绕组,如图 1-9 所示。交叠式绕组的主要优点是漏抗小,机械强度好,引线方便。这种绕组仅用于壳式变压器中,如大型电炉变压器就采用这种结构。

3. 附件

电力变压器的附件有油箱、油枕、分接开关、安全气道、气体继电器、绝缘套管等。其作用是保证变压器的安全和可靠运行。

(1) 油箱 油浸式变压器的外壳就是油箱,箱中盛有用来绝缘的变压器油。油箱可保护变压器铁心和绕组不受外力作用和潮湿的侵蚀,并通过油的对流,把铁心和绕组产生的热量传递给箱壁和散热管,再把热量散发到周围的空气中去。一般来说,对 20 kVA 以下的变压器,油箱本身表面能满足散热要求,故采用平板油箱;对 30~200 kVA 变压器,采用排管式油箱;对 2.5~6.3 MVA 的变压器,所需散热面积较大,则在油箱壁上装置若干只散热器,加强冷却;容量为 8~40 MVA 的变压器在散热器上还另装风扇冷却;对 50 MVA 及以上大容量变压器,采用强迫油循环冷却方式。

(2) 油枕 油枕亦称储油柜,如图 1-10 所示。它是一个圆筒形容器,装在油箱上,用管道与油箱相连,使油刚好充满到油枕的一半。油面的升降被限制在油枕中,并且从外部的玻璃管中可以看到油面的高低。其作用是既能随时将油充满整个油箱,又能根据温度变化,适应变压器油的热胀冷缩,还能使变压器油与空气接触面减少,防止潮气侵入。

(3) 安全气道 安全气道亦称防爆管,装在油箱顶盖上,如图 1-10 所示。它是一种保护设备,由一根长钢筒构成,其上端管口装有一定厚度的玻璃板或酚醛纸板(防爆膜)。当变压器发生