



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 电机与拖动基础

供用电技术专业

主编 刘景峰



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

TM3  
322



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 电机与拖动基础

供用电技术专业

主    编    刘景峰  
责任主审  孙保民  
审    稿  杨学勤  王左国



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是根据中等职业技术学校供用电技术专业《电机与拖动基础》教学大纲编写的。

全书分为变压器、异步电机、同步电机、直流电机四个部分,共13个单元。主要内容有变压器和交、直流电机的基本结构、工作原理、运行分析及运行特性,交、直流电动机的电力拖动及使用。为了便于教学使用,在本书各单元前面提出了教学要求,单元后附有小结和习题,各模块后还附有阶段测验题。

本书是中等职业技术学校供用电技术专业的教材,也可作为工业企业自动化专业的教材,还可供电气类专业技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动基础/刘景峰主编.-北京:中国电力出版社,2001

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5083-0771-2

I.电... II.刘... III.①电机...专业学校-教材②  
电力传动-专业学校-教材 IV.TM3

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第068252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>)

北京丰源印刷厂印刷

\*

2002年1月第一版 2004年1月北京第四次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 14印张 312千字

印数10001—14000册 定价16.80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)

# 电力中等职业教育国家规划教材

## 编 委 会

主 任 张成杰

副主任 杨昌元 宗 健 朱良镭

秘书长 尚锦山 马家斌

委 员 丁 雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林 东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

# 中等职业教育国家规划教材

## 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成[2001]1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

# 前 言

《电机与拖动基础》是供用电技术专业的一门主干课程，是根据中等职业技术学校供用电技术专业《电机与拖动基础》教学大纲编写的。

全书分为变压器、异步电机、同步电机、直流电机四个部分，共 13 个单元。主要内容有变压器和交、直流电机的基本结构、工作原理、运行分析及运行特性，交、直流电动机的电力拖动及使用。为了便于教学使用，在本书各单元前面提出了教学要求，单元后附有小结习题，各模块后还附有阶段测验题。

本书由保定电力学校刘景峰高级讲师主编。书中异步电机部分由四川电力职业技术学院肖兰高级讲师编写，第九单元和直流电机部分由上海火力发电专业职业技能鉴定站顾义其高级讲师编写，其余部分均由刘景峰编写。本书由武汉电力学校魏涤非高级讲师主审。

由于水平有限，编写时间仓促，书中的缺点和不足在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2001 年 8 月

# 目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明  
前言

|          |   |
|----------|---|
| 绪论 ..... | 1 |
|----------|---|

## 模块一 变 压 器 部 分

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 第一单元 变压器的工作原理和基本结构 ..... | 3 |
|--------------------------|---|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 课题一 变压器的基本工作原理 ..... | 3  |
| 课题二 变压器的分类 .....     | 4  |
| 课题三 变压器的基本结构 .....   | 5  |
| 课题四 变压器的铭牌 .....     | 10 |
| 小 结 .....            | 11 |
| 习 题 .....            | 11 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第二单元 单相变压器的运行分析 ..... | 13 |
|-----------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 课题一 单相变压器的空载运行 ..... | 13 |
| 课题二 单相变压器的负载运行 ..... | 19 |
| 课题三 变压器参数的测定 .....   | 24 |
| 课题四 变压器的运行特性 .....   | 30 |
| 小 结 .....            | 32 |
| 习 题 .....            | 33 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第三单元 三相变压器及其并联运行 ..... | 35 |
|------------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 课题一 三相变压器的磁路系统 .....           | 35 |
| 课题二 三相变压器的连接组别 .....           | 36 |
| 课题三 三相变压器的并联运行 .....           | 41 |
| 课题四 三相变压器的使用、维护及常见故障处理方法 ..... | 45 |
| 小 结 .....                      | 48 |
| 习 题 .....                      | 49 |

|                  |    |
|------------------|----|
| 第四单元 其他变压器 ..... | 50 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 课题一 三绕组变压器 ..... | 50 |
|------------------|----|

|       |             |    |
|-------|-------------|----|
| 课题二   | 自耦变压器 ..... | 53 |
| 课题三   | 电压互感器 ..... | 55 |
| 课题四   | 电流互感器 ..... | 57 |
| 课题五   | 电焊变压器 ..... | 60 |
| 小 结   | .....       | 62 |
| 习 题   | .....       | 62 |
| 阶段测验题 | .....       | 63 |

## 模块二 异步电动机部分

|      |                       |    |
|------|-----------------------|----|
| 第五单元 | 异步电动机的基本结构和工作原理 ..... | 66 |
|------|-----------------------|----|

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 课题一 | 异步电动机的分类 .....   | 66 |
| 课题二 | 异步电动机的基本结构 ..... | 66 |
| 课题三 | 三相交流绕组 .....     | 69 |
| 课题四 | 三相旋转磁势 .....     | 74 |
| 课题五 | 异步电动机的工作原理 ..... | 77 |
| 课题六 | 异步电动机的铭牌 .....   | 79 |
| 小 结 | .....            | 82 |
| 习 题 | .....            | 83 |

|      |                  |    |
|------|------------------|----|
| 第六单元 | 异步电动机的运行分析 ..... | 85 |
|------|------------------|----|

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 课题一 | 异步电动机的空载运行 ..... | 85 |
| 课题二 | 异步电动机的负载运行 ..... | 88 |
| 课题三 | 异步电动机的电磁转矩 ..... | 91 |
| 课题四 | 异步电动机的机械特性 ..... | 94 |
| 课题五 | 异步电动机的工作特性 ..... | 96 |
| 小 结 | .....            | 98 |
| 习 题 | .....            | 99 |

|      |                  |     |
|------|------------------|-----|
| 第七单元 | 异步电动机的电力拖动 ..... | 101 |
|------|------------------|-----|

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 课题一 | 异步电动机的起动概述 .....           | 101 |
| 课题二 | 鼠笼式异步电动机的起动 .....          | 102 |
| 课题三 | 绕线式异步电动机的起动 .....          | 108 |
| 课题四 | 深槽式和双鼠笼式异步电动机 .....        | 110 |
| 课题五 | 异步电动机的调速 .....             | 112 |
| 课题六 | 异步电动机的反转与制动 .....          | 119 |
| 课题七 | 异步电动机的使用、维护及常见故障处理方法 ..... | 123 |
| 小 结 | .....                      | 128 |
| 习 题 | .....                      | 129 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第八单元 单相异步电动机</b> .....   | 131 |
| 课题一 单相异步电动机的基本结构和工作原理 ..... | 131 |
| 课题二 单相异步电动机的起动、反转及调速 .....  | 133 |
| 课题三 单相异步电动机的常见故障处理方法 .....  | 137 |
| 小 结 .....                   | 138 |
| 习 题 .....                   | 139 |
| 阶段测验题 .....                 | 140 |

### 模块三 同步电机部分

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第九单元 同步发电机</b> ..... | 142 |
| 课题一 同步电机的分类及应用 .....    | 142 |
| 课题二 同步发电机的基本结构 .....    | 143 |
| 课题三 同步发电机的工作原理 .....    | 146 |
| 课题四 同步发电机的励磁方式 .....    | 147 |
| 课题五 同步发电机的并列运行 .....    | 148 |
| 小 结 .....               | 153 |
| 习 题 .....               | 153 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第十单元 同步电动机</b> .....      | 155 |
| 课题一 同步电动机的工作原理 .....         | 155 |
| 课题二 同步电动机的起动和制动 .....        | 158 |
| 课题三 同步电动机的使用、维护及常见故障处理 ..... | 160 |
| 小 结 .....                    | 162 |
| 习 题 .....                    | 163 |
| 阶段测验题 .....                  | 163 |

### 模块四 直流电机部分

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第十一单元 直流电机的工作原理和基本结构</b> ..... | 166 |
| 课题一 直流电机的工作原理 .....               | 166 |
| 课题二 直流电机的基本结构 .....               | 168 |
| 课题三 直流电枢绕组 .....                  | 171 |
| 课题四 直流电机的励磁方式 .....               | 176 |
| 课题五 直流电机的铭牌 .....                 | 177 |
| 小 结 .....                         | 178 |
| 习 题 .....                         | 179 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| <b>第十二单元 直流电动机的运行分析 .....</b>     | <b>180</b> |
| 课题一 直流电机的电枢电动势 .....              | 180        |
| 课题二 直流电机的电磁转矩 .....               | 181        |
| 课题三 直流电机的电枢反应 .....               | 183        |
| 课题四 直流电机的换向 .....                 | 186        |
| 课题五 直流电动机的基本方程式 .....             | 188        |
| 课题六 直流电动机的机械特性 .....              | 190        |
| 小 结 .....                         | 193        |
| 习 题 .....                         | 194        |
| <br><b>第十三单元 直流电动机的电力拖动 .....</b> | <b>195</b> |
| 课题一 直流电动机的起动 .....                | 195        |
| 课题二 直流电动机的调速 .....                | 198        |
| 课题三 直流电动机反转和制动 .....              | 201        |
| 课题四 直流电动机的使用、维护及常见故障的处理方法 .....   | 206        |
| 小 结 .....                         | 210        |
| 习 题 .....                         | 211        |
| 阶段测验题 .....                       | 212        |
| 参考文献 .....                        | 214        |

# 绪 论

## 一、电机与电力拖动在国民经济中的地位和作用

《电机与拖动基础》课程包括电机原理和电力拖动基础两部分内容。

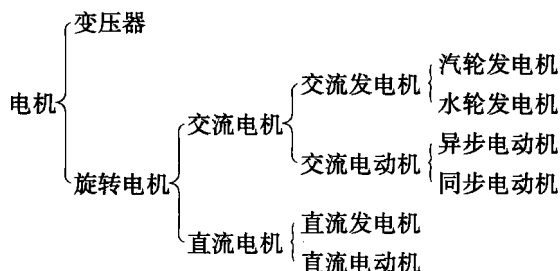
电能是现代最主要的能源。电机是实现电能生产、传输、分配和使用的主要电气设备。电机包括发电机、电动机和变压器三部分。发电机的作用是把机械能转换成电能；电动机的作用是把电能转换为机械能，拖动各种生产机械运转，实现生产过程的机械化、自动化；变压器的作用是升高电压或降低电压，升高电压是为了减小输电线路的电能损耗，实现大容量、远距离、经济地输电，降低电压是为了安全用电。

在现代工、农业生产和交通运输中，为了实现各种生产工艺过程，需要使用各种各样的生产机械。拖动生产机械运转的方法有三种，即气动、液压拖动和电力拖动。由于电力拖动控制简单、调节性能良好、损耗小、经济、能实现远距离控制和自动调节，因此在大多数生产机械中获得广泛应用。所谓电力拖动就是用电动机拖动各种生产机械运转，以实现工农业生产过程的机械化和自动化，从而提高产品质量，改善工人劳动条件，提高生产效率和经济效益。

综上所述，电机与电力拖动在我国四化建设中起着十分重要的作用，与国民经济及科学技术的发展有着密切的联系。

## 二、电机的分类

电机的分类方法很多，可归纳如下



## 三、电机的发展概况

解放前，我国电机制造业非常落后，生产的发电机单机容量在 200kW 以下，电动机容量不超过 132 kW，变压器容量不超过 2000 kVA。

解放后，我国电机制造业迅速发展。1955 年制成 10000 kW 水轮发电机，1956 年制成 12000 kW 汽轮发电机，1960 年制成 72500 kW 水轮发电机和 50000 kW 氢冷、100000 kW 氢内冷汽轮发电机，1969 年制成 125000 kW 双水内冷水轮发电机，1972 年制成 300000 kW 双水内冷汽轮发电机和水轮发电机，还制成了电压为 330 kV、容量为 360000 kVA 的变压器。目前已能制造 320000 kW 水轮发电机、600000 kW 汽轮发电机和

电压等级为 500 kV、容量为 550000 kVA 的变压器。各种电机都有系列产品，并大量采用新材料、新工艺、新技术，电机制造工业正向着高电压、大容量的方向发展。

#### 四、本课程的特点

电机与拖动基础既是一门理论性很强的技术基础课，又具有专业课的性质。与电机联系最密切的理论基础课是数学和电工基础。研究电机问题时，经常用到的基本定律有：法拉第电磁感应定律、安培全电流定律、毕—萨电磁力定律、基尔霍夫定律、能量守恒定律等。

电机与拖动基础课要讨论的问题，既有单相的又有三相的，既有电的又有磁的，既有时间的又有空间的，既有正弦的又有非正弦的，既有对称的又有不对称的，既有饱和的又有不饱和的，既有静止的又有旋转的等等。因而在分析电机问题时，往往采用由简到繁，由特殊到一般的分析方法。为了突出主要矛盾也经常采用忽略次要因素，作某些假定的处理方法，使思路更加清晰，物理概念更加明确。

#### 五、学习本课程的方法

##### 1. 要理论联系实际

在学习电机结构及基本原理的过程中，应十分重视到生产厂实习和做电机试验，加强对电机的感性认识，并用课堂上学到的理论分析解决实际中遇到的问题。

##### 2. 要善于抓主要矛盾，使问题简化

在讨论电机某一问题时，有时应先忽略次要因素，抓住主要矛盾，运用电磁理论加以分析，从中得出虽是近似但能反映客观规律的结论，使问题的分析简化。

##### 3. 要掌握重点内容

尽管电机种类很多，它们的结构差别很大，运行中的问题也多种多样，但各类电机的基本电磁规律是相似的。因此，要牢固掌握各类电机的基本结构、基本原理、基本电磁规律以及各物理量之间的相互关系。

##### 4. 要注意培养综合分析问题的能力

学习本课程时，要善于对各类电机的结构、原理、性能进行比较，辨别异同，进行综合分析，以加深理解，帮助记忆。

# 模块一 变压器部分

变压器是根据电磁感应原理,把一种电压等级的交流电能变换为同频率的另一种电压等级交流电能的静止电气设备。变压器在电力系统中起着传输、分配电能的重要作用。当远距离传输大功率电能时,可以用变压器升高电压,减小电流,以降低输电线路损耗,节省输电线材;在用户处,还可以用变压器降低电压等级以满足配电和安全用电的需要。由于电能从发电厂到用户的传输和分配,需经多次变换电压,因此,电力系统中变压器设备总容量大约为发电设备总容量的6~8倍。此外,变压器还广泛应用于电气测量、自动控制、金属冶炼、焊接及其他方面。

下面以双绕组电力变压器为重点,主要讲授变压器的基本结构、工作原理和运行性能,对几种特殊用途的变压器,只作简单介绍。

## 第一单元

### 变压器的工作原理和基本结构

#### 教学要求

掌握变压器的基本工作原理和主要部件的结构及其作用,了解变压器的种类和用途及新型变压器的结构特点,理解变压器铭牌数据的含义。

#### 课题一 变压器的基本工作原理

##### 一、变压器的原理结构

变压器主要由铁芯和套装在铁芯上的绕组组成,图1-1为一台单相双绕组变压器的原理结构示意图。其中,接到交流电源的绕组称为一次绕组(又称为原边),与负载相接的绕组称为二次绕组(又称为副边)。

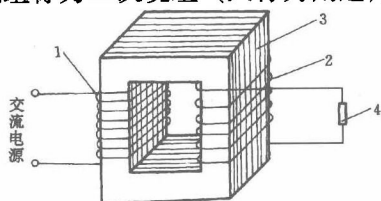


图 1-1 变压器的原理结构示意图  
1——次绕组;2——二次绕组;3——铁芯;4——负载

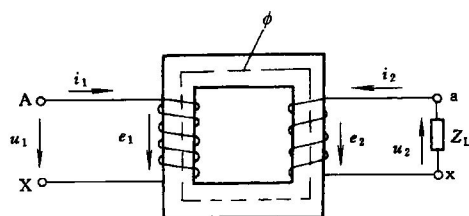


图 1-2 变压器的原理电路图

## 二、变压器的变压原理

如果将变压器的一次绕组接于电压为  $u_1$  的交流电源，二次绕组两端便输出交流电压  $u_2$ 。那么变压器是如何变压的？下面我们借助图 1-2 所示的变压器原理电路图进行分析。一次绕组外加交流电压  $u_1$ ，产生交流电流  $i_1$ ，变压器的一次磁势  $i_1 N_1$  在铁芯中建立交变磁通  $\phi$ ，其频率与电源电压频率相同。铁芯中的交变磁通同时交链一次、二次绕组，根据电磁感应定律，一次、二次绕组中分别产生感应电动势

$$e_1 = - N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (1-1)$$

$$e_2 = - N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (1-2)$$

式中  $\frac{d\phi}{dt}$ ——铁芯中磁通变化率；

$N_1$ ——一次绕组匝数；

$N_2$ ——二次绕组匝数。

由电磁感应定律可知，磁通  $\phi$  在一次、二次绕组每一匝中的感应电动势是相等的，即一次、二次的感应电动势与其绕组的匝数成正比。通常，变压器的  $N_1 \neq N_2$ ，故  $e_1 \neq e_2$ 。以后将证明， $u_1 \approx e_1$ ， $u_2 \approx e_2$ 。因此，只要改变一次、二次绕组的匝数比，就可达到改变输出电压的目的。若  $N_1 > N_2$ ，则为降压变压器，若  $N_1 < N_2$ ，则为升压变压器。

如果变压器二次绕组两端接上负载，则在电动势  $e_2$  的作用下，二次绕组中将通过电流  $i_2$ ，并向负载供电，实现了电能的传递。

变压器在传递电能的过程中，一次、二次的电功率基本相等。当一次、二次电压不等时，两侧电流势必不等，高压侧的电流小，低压侧的电流大，故变压器在变换电压的同时，也改变了电流。

## 课题二 变 压 器 的 分 类

为了适应不同的使用目的和工作条件，变压器有许多种类。通常根据变压器的用途、绕组数目、相数、调压方式、冷却方式等进行分类。

### 1. 按用途分类

按变压器用途不同，可分为电力变压器、仪用变压器、试验用变压器及特殊用途变压器（例如电炉变压器、电焊变压器、整流变压器等）。

### 2. 按绕组数目分类

根据变压器绕组数目不同，可分为单绕组（自耦）变压器、双绕组变压器、三绕组变压器和多绕组变压器。

### 3. 按相数分类

按电源相数不同，变压器可分为单相变压器、三相变压器和多相（例如整流用六相）变压器。

#### 4. 按调压方式分类

按变压器的调压方式不同，分为无励磁调压和有载调压两种。

#### 5. 按冷却方式分类

根据变压器的冷却介质不同，分为干式变压器、油浸式变压器（又可分为油浸自冷、油浸风冷、油浸水冷、强迫油循环冷却、强迫油循环导向冷却）和充气式冷却变压器。

### 课题三 变压器的基本结构

变压器的种类不同，其结构也有较大差别。但是，变压器的主要结构是基本相同的，一般包括铁芯、绕组和附件。铁芯和绕组是变压器实现电能传递的主体，称为器身。为了保证变压器安全、可靠的运行，变压器还配置油箱、分接开关、绝缘套管、冷却装置、安全保护装置、检测装置等附件。下面仅以图 1-3 所示的油浸式电力变压器为例简单介绍主要结构部件。

#### 一、铁芯

##### 1. 铁芯的作用

铁芯是变压器的磁路部分，为耦合一次、二次绕组的磁通提供导磁性能好、磁阻小的闭合路径。铁芯还是器身的骨架，用来支撑和固定绕组。

##### 2. 铁芯的材料

为了提高磁路的导磁性能、减小交变磁通在铁芯中产生的磁滞损耗和涡流损耗，变压器的铁芯通常采用  $0.23 \sim 0.35\text{mm}$  厚，表面涂有绝缘漆的硅钢片叠成。硅钢片分冷轧和热轧两种，冷轧硅钢片又分为有取向和无取向两类。变压器铁芯一般采用有取向的冷轧硅钢片，这种硅钢片沿轧碾方向有较高的导磁性能和较小的损耗。

##### 3. 铁芯的结构型式

变压器的铁芯是框形闭合结构，主要由铁芯柱、铁轭和夹紧装置等组成。图 1-4 所示为三相三柱式变压器的铁芯结构。其中套装绕组的部分称为铁芯柱，不套装绕组只起闭合磁路作用的部分称为铁轭。

叠片式铁芯的结构型式分为心式和壳式两种。心式铁芯结构的变压器（简称心式变压

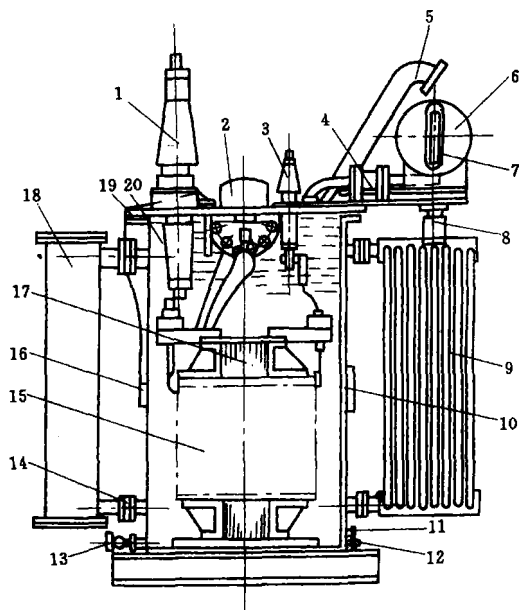


图 1-3 油浸式电力变压器结构示意图

1—高压套管；2—分接开关；3—低压套管；4—气体继电器；  
5—安全气道；6—储油柜；7—油位计；8—吸湿器；9—散热器；  
10—铭牌；11—接地螺栓；12—油样活门；13—放油阀门；14—活门；15—绕组；16—信号温度计；17—铁芯；18—  
净油器；19—油箱；20—变压器油

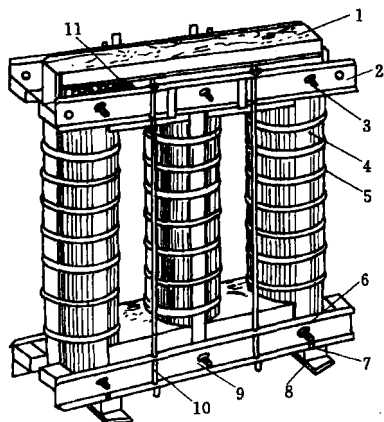


图 1-4 三相三柱式变压器的铁芯结构  
1—上铁轭；2—上夹件及其绝缘；3—夹紧螺杆及绝缘管；4—铁芯柱；5—玻璃绑扎带；6—下夹件及其绝缘；7—木垫块；8—垫脚及其绝缘；9—下铁轭；10—拉紧螺杆；11—接地片

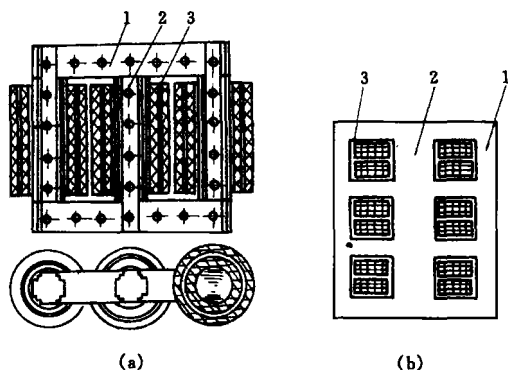


图 1-5 心式和壳式铁芯结构示意图  
(a) 三相心式铁芯；(b) 三相壳式铁芯  
1—铁轭；2—铁芯柱；3—绕组

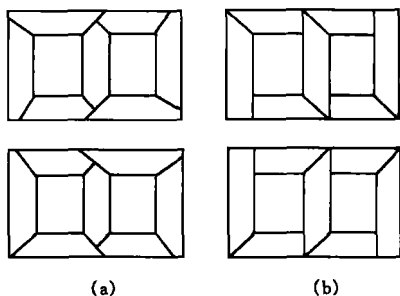


图 1-6 三相铁芯叠片叠积图  
(a) 斜接缝；(b) 半直半斜接缝

器)，其铁芯被绕组包围着，如图 1-5 (a) 所示。心式变压器结构简单，绕组的装配和绝缘也比较容易，国产电力变压器的铁芯主要采用心式结构。壳式铁芯结构的变压器（简称壳式变压器），它的特点是铁芯不仅包围着绕组的顶端，而且包围着绕组的侧面。壳式变压器的机械强度好，但制造复杂、铁芯材料消耗较多，只在一些特殊变压器中采用，其结构示意图如图 1-5 (b) 所示。

铁芯叠片的叠装采用交错式，使相邻两层叠片的接缝相互错开，以减小接缝间隙，降低磁阻和励磁电流。由于冷轧硅钢片顺着碾轧方向的导磁性能最好，为了减小转角处的附加损耗，通常采用  $45^\circ$  斜接缝或半直半斜接缝，如图 1-6 所示。

铁芯柱的截面形状如图 1-7 所示。从结构上看，铁芯柱的截面形状应与绕组的形状相适应。小型变压器的绕组为矩形，铁芯柱截面也为矩形，如图 1-7 (a) 所示。大中型变

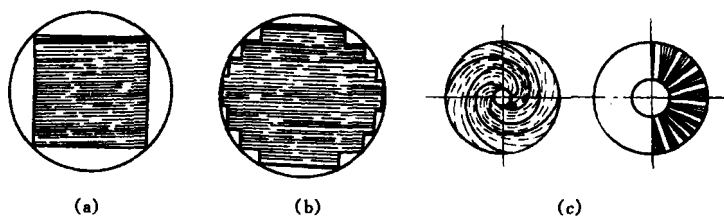


图 1-7 铁芯柱的截面形状  
(a) 矩形截面；(b) 多级梯形截面；(c) 圆形截面

压器的绕组为圆筒形，铁芯柱截面应近于圆形，一般做成多级梯形，级数越多，截面越接近圆形，如图 1-7 (b) 所示。随着铁芯制造技术的不断提高，为了充分利用绕组内圆的空间，近年来出现了渐开线形铁芯和卷铁芯，其铁芯柱截面可做成圆形，如图 1-7 (c) 所示。

铁轭的截面有矩形、T 形、多级圆形等几种，如图 1-8 所示。

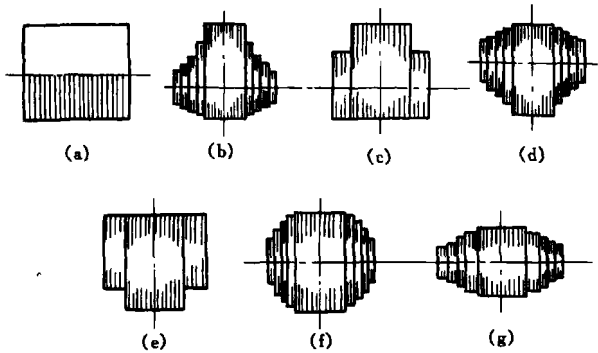


图 1-8 铁轭的截面形状

(a) 矩形截面; (b) 倒多级 T 形截面; (c) 倒 T 形截面; (d) 正多级 T 形截面; (e) 正 T 形截面; (f) 多级圆形截面; (g) 多级椭圆形截面

## 二、绕组

### 1. 绕组的作用

绕组是变压器的电路部分，通过电磁感应实现交流电能的传递。

### 2. 绕组的材料

变压器的绕组一般用绝缘铜线或绝缘铝线绕制而成。小容量配电变压器的绕组常采用漆包铜线，大中型变压器的绕组多采用纸包或纱包铜线。

### 3. 绕组的结构型式

按高、低压绕组在铁芯柱上放置方式的不同，绕组可分为同心式和交叠式两种。

同心式绕组的排列方式如图 1-9 (a) 所示，其高、低压绕组同心地套在铁芯柱上。为了便于绝缘，通常把低压绕组装在里面，高压绕组装在外面，中间用绝缘纸筒隔开。交叠式绕组的排列方式如图 1-9 (b) 所示，其一次、二次绕组均分成若干线饼，沿着铁芯柱高度方向交替排列，这种绕组主要用于电炉变压器。由于同心式绕组结构简单、制造方便，国产电力变压器均采用此种绕组。

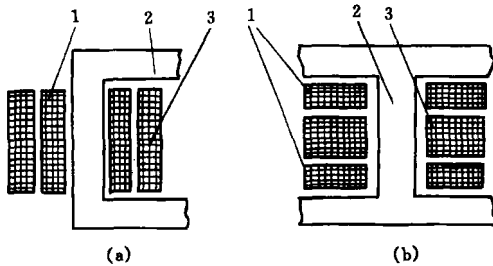


图 1-9 绕组的排列

(a) 同心式; (b) 交叠式

1—低压绕组; 2—铁芯; 3—高压绕组

根据绕组绕制方法的不同，同心式绕组又分为圆筒式、连续式、螺旋式和纠结式等几种型式，如图 1-10 所示。

圆筒式绕组是最简单的一种型式，以它作为低压绕组时，因电流较大，通常用单根或多根扁导线绕制成双层圆筒式；作高压绕组时，因电流较小，匝数较多，则用圆导线绕成多层圆筒式。连续式绕组的特点是把绕组分成若干线饼，沿铁芯高度分布，线饼之间没有焊接头，而是“连续”绕制。螺旋式绕组通常用多根扁导线并联绕制，沿着径向排列，一匝接着一匝，整个绕组象螺旋一样。纠结式绕组的线匝不是依次排列，而是前后交叉纠结，目的是增加线饼之间的等效电容，以改善冲击电压作用时绕组上的电压分布，防止绝缘击穿。

### 4. 绕组的绝缘