



从校园到职场  
CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

# 变压器应用与维修

## ——专业技能入门与精通

### 第2版

贾淑兰 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

从校园到职场

# 变压器应用与维修 ——专业技能入门与精通

## 第2版

贾淑兰 主编



机械工业出版社

变压器是供电系统中的重要设备,其性能好坏关系到电力系统的正常运行。

本书内容深入广泛,通俗易懂,实用性强,包括变压器的基本知识,电力变压器、小型和特种变压器、变压器的修理和试验等。

本书可以作为刚毕业的电气工程及其自动化专业的大学生的自学教材,也可作为工科院校、职业院校、电气工程及其自动化专业的实践教育教材,并可供相关专业工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

变压器应用与维修:专业技能入门与精通/贾淑兰主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2012.1

(从校园到职场)

ISBN 978-7-111-36790-1

I. ①变… II. ①贾… III. ①变压器-应用②变压器-维修 IV. ①TM4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第259172号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:牛新国 责任校对:潘蕊

封面设计:路恩中 责任印制:杨曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012年2月第2版第1次印刷

184mm×260mm·14印张·343千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36790-1

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649 封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

## 第2版前言

本书第1版出版后，受到广大读者的欢迎，在此表示衷心的感谢。

为了进一步提高本书的质量，使读者更为满意，所以再作修订。具体修订内容如下：

1. 第一章第四节三相变压器的联结组中，补充了国家标准对联结组的规定图例。

2. 第二章电力变压器的第一节油浸式电力变压器的有载分接开关中，增加了有载自动调压控制系统的内容。

3. 第二章电力变压器第一节中的油浸式电力变压器的技术数据，增加了技术要求的内容，这样章节层次的划分上也更为合理。

4. 第三章小型和特种变压器的互感器的技术数据中也增加了互感器的技术要求的内容。

5. 第四章变压器的修理和试验的第三节变压器的试验中，增加了如下内容：

(1) 短路阻抗和负载损耗测量；

(2) 空载电流谐波和零序阻抗的测量；

(3) 有载分接开关试验；

(4) 暂态负载下的温升试验；

(5) 负载损耗的温度校正；

(6) 稳态温升试验截尾；

(7) 电源切断后绕组电阻测量程序；

(8) 电源切断瞬间时绕组温度的外推法；

(9) 电力变压器绝缘试验（雷电冲击试验、在波尾截断的雷电冲击试验、操作冲击试验）；

(10) 互感器的试验项目。

6. 对全书错漏之处进行修改，标准化、规范化。

希望再版以后，能受到广大读者的欢迎。

由于作者水平有限，时间急促，错漏之处在所难免，欢迎广大读者和专业同仁批评指正。

编 者

2011年8月1日于北京

# 第1版前言

变压器种类很多，用途广泛。电力变压器是输变电和供电系统中的重要设备，关系到电力系统的正常运行；随着电子技术的发展，电子变压器得到广泛的应用，虽然基本工作原理和电力变压器大体上类同，但由于它的使用场所不同，在结构、材料、性能等诸多方面，有其特殊性。

本书内容深入广泛、通俗易懂、实用性强，希望成为广大的电气技术工人和缺乏实践经验的电气工程技术人员的良好良师益友。

本书共分四章。第一章变压器的基本知识，力求将变压器的基本理论问题，作一通俗的介绍；第二章电力变压器，主要介绍油浸式和干式两类变压器，特别是对干式电力变压器作了详细介绍，干式电力变压器在各行业中得到越来越广泛的采用，编写中参考了有关标准和干式电力变压器的技术条件，以及多种干式电力变压器的产品样本；第三章小型和特种变压器，介绍了很实用的小型变压器的计算方法，并将电子变压器列为一节，作了适当的介绍，主要参考了王全保主编的《新编电子变压器手册》一书，该书主要是针对电子变压器的设计人员和制造人员而编写的，我们编写时摘入少量内容，主要是针对使用人员而编写的；第四章变压器的修理和试验，主要针对电力变压器的故障分析，内容实用，适用于变压器运行和维护人员阅读，许多内容特别适用于缺乏实践经验的电气工程技术人员，能帮助他们做到理论和实践相结合，提高分析和处理实际问题的能力。

本书由贾淑兰任主编，张燕杰、余友山、王福忠任副主编，参加编写的有芮静康、陈晓峰、杨晓玲、耿立、王海星、杨海柱、邹尔宁、杨静等。

对本书的错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年10月23日于北京

# 目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 变压器的基本知识       | 1  |
| 第一节 变压器的型号、系列和分类   | 1  |
| 一、变压器的分类           | 1  |
| (一) 电力变压器的分类       | 1  |
| (二) 特种变压器的分类       | 2  |
| 二、变压器的型号和额定数据      | 2  |
| (一) 型号             | 2  |
| (二) 变压器的额定数据       | 3  |
| 第二节 变压器的基本结构       | 4  |
| 一、铁心               | 5  |
| 二、绕组               | 7  |
| 三、油箱及冷却装置          | 7  |
| (一) 油箱             | 7  |
| (二) 冷却装置           | 7  |
| 四、检查和保护装置          | 8  |
| (一) 温度计            | 8  |
| (二) 储油柜及油位计        | 8  |
| (三) 气体继电器          | 9  |
| (四) 安全气道           | 9  |
| 第三节 变压器的基本工作原理     | 10 |
| 一、变压器的工作原理         | 10 |
| (一) 变压器的空载运行       | 10 |
| (二) 变压器的负载运行       | 12 |
| 二、变压器的运行特性         | 13 |
| (一) 变压器带负载时二次电压的变化 | 13 |
| (二) 变压器的调压         | 14 |
| (三) 变压器的损耗和效率      | 15 |
| 第四节 三相变压器的联结组      | 16 |
| 一、三相变压器的磁路系统       | 16 |
| 二、三相变压器绕组的联结法和联结组  | 16 |
| (一) 三相绕组的联结法       | 17 |
| (二) 三相变压器的联结组      | 18 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| (三) 国家标准关于联结组的规定图例 .....   | 20 |
| 第五节 特种变压器的特点 .....         | 23 |
| 一、自耦变压器的特点 .....           | 23 |
| 二、调压变压器的特点 .....           | 25 |
| 三、电流互感器和电压互感器的特点 .....     | 26 |
| (一) 电流互感器的特点 .....         | 26 |
| (二) 电压互感器的特点 .....         | 27 |
| 四、电焊变压器的特点 .....           | 27 |
| 五、变流变压器的特点 .....           | 27 |
| 六、电磁式稳压器的特点 .....          | 28 |
| 第二章 电力变压器 .....            | 29 |
| 第一节 油浸式电力变压器 .....         | 29 |
| 一、变压器绕组 .....              | 29 |
| (一) 变压器绕组的种类、特点和适用范围 ..... | 29 |
| (二) 圆筒式线圈 .....            | 31 |
| (三) 连续式线圈 .....            | 35 |
| (四) 纠结式线圈 .....            | 36 |
| (五) 螺旋式线圈 .....            | 38 |
| 二、变压器的绝缘 .....             | 40 |
| (一) 变压器绝缘的作用和种类 .....      | 40 |
| (二) 器身绝缘 .....             | 41 |
| (三) 引线绝缘 .....             | 42 |
| 三、分接开关 .....               | 43 |
| (一) 无励磁分接开关 .....          | 43 |
| (二) 有载分接开关 .....           | 44 |
| 四、其他装置 .....               | 47 |
| (一) 油箱和储油柜 .....           | 47 |
| (二) 附件 .....               | 48 |
| 五、油浸式电力变压器的技术数据 .....      | 48 |
| (一) 技术要求 .....             | 48 |
| (二) 技术数据 .....             | 49 |
| 六、油浸式电力变压器的运行 .....        | 59 |
| (一) 油浸式电力变压器的使用条件 .....    | 59 |
| (二) 变压器的并联运行 .....         | 61 |
| 第二节 干式电力变压器 .....          | 62 |
| 一、概述 .....                 | 62 |
| (一) 干式电力变压器的发展 .....       | 62 |
| (二) 和油浸式电力变压器的比较 .....     | 62 |
| (三) 干式电力变压器的主要类别 .....     | 62 |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 二、SC、SC1 系列、SC (B) 10 系列干式电力变压器 .....  | 64         |
| (一) SC、SC1 系列干式电力变压器 .....             | 64         |
| (二) SC (B) 10 系列干式电力变压器 .....          | 70         |
| 三、干式电力变压器的选用 .....                     | 78         |
| (一) 适用场所 .....                         | 78         |
| (二) 基本要求 .....                         | 79         |
| (三) 容量的选择 .....                        | 80         |
| (四) 调压、温控和风机装置 .....                   | 80         |
| 四、干式电力变压器的设备检验及安装验收 .....              | 81         |
| (一) 设备检验 .....                         | 81         |
| (二) 干式变压器的安装 .....                     | 82         |
| (三) 干式变压器的验收及试运行 .....                 | 82         |
| 五、干式电力变压器的运行及维护 .....                  | 84         |
| (一) 运行的基本条件 .....                      | 84         |
| (二) 干式电力变压器的维护 .....                   | 86         |
| (三) 干式电力变压器的不正常运行和处理 .....             | 90         |
| (四) 干式电力变压器的预防性试验 .....                | 91         |
| <b>第三章 小型和特种变压器</b> .....              | <b>93</b>  |
| <b>第一节 小型变压器</b> .....                 | <b>93</b>  |
| 一、小型变压器的计算 .....                       | 93         |
| (一) 小型单相变压器的计算 .....                   | 93         |
| (二) 小型三相变压器的计算 .....                   | 95         |
| 二、小型控制变压器 .....                        | 97         |
| (一) BK、BKC 系列控制变压器的技术数据 (见表 3-1) ..... | 97         |
| (二) BK、BK1、BKC 系列单相控制变压器的技术数据 .....    | 97         |
| 三、变流变压器 .....                          | 109        |
| (一) 变流变压器的用途和分类 .....                  | 109        |
| (二) 变流变压器的型号含义 .....                   | 109        |
| (三) 常用变流变压器的技术数据 .....                 | 109        |
| <b>第二节 电子变压器</b> .....                 | <b>111</b> |
| 一、电子变压器的特点 .....                       | 111        |
| (一) 性能方面 .....                         | 112        |
| (二) 参数方面 .....                         | 112        |
| (三) 屏蔽 .....                           | 112        |
| 二、电子变压器的分类 .....                       | 112        |
| (一) 按工作频率分类 .....                      | 112        |
| (二) 按用途分类 .....                        | 112        |
| (三) 按铁心结构分类 .....                      | 113        |
| (四) 按相数分类 .....                        | 113        |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| (五) 按防潮方式分类 .....       | 113 |
| (六) 其他分类 .....          | 114 |
| 三、电源变压器 .....           | 114 |
| (一) 电源变压器的特点 .....      | 114 |
| (二) 电源变压器的主要技术参数 .....  | 114 |
| 四、环形变压器 .....           | 117 |
| (一) 环形变压器的优点及应用 .....   | 117 |
| (二) 环形铁心 .....          | 118 |
| (三) 环形变压器的绕组 .....      | 120 |
| 五、音频变压器 .....           | 121 |
| (一) 音频变压器的种类和特点 .....   | 121 |
| (二) 各种音频变压器的作用 .....    | 121 |
| (三) 线间变压器 .....         | 122 |
| 六、脉冲变压器 .....           | 124 |
| (一) 脉冲变压器的用途 .....      | 124 |
| (二) 脉冲变压器的参数 .....      | 124 |
| (三) 脉冲变压器铁心材料的要求 .....  | 125 |
| (四) 减小分布电容的方法 .....     | 125 |
| (五) 小功率脉冲变压器的计算特点 ..... | 126 |
| 第三节 特种变压器 .....         | 126 |
| 一、自耦变压器 .....           | 126 |
| (一) 基本方程式 .....         | 126 |
| (二) 自耦变压器运行 .....       | 128 |
| (三) 技术数据 .....          | 128 |
| 二、感应调压器 .....           | 129 |
| (一) 结构特点 .....          | 129 |
| (二) 三相感应调压器的工作原理 .....  | 129 |
| (三) 运行与维护 .....         | 129 |
| 三、电焊变压器 .....           | 130 |
| (一) 分体式电焊变压器 .....      | 130 |
| (二) 同体式电焊变压器 .....      | 131 |
| (三) 动铁心式电焊变压器 .....     | 131 |
| (四) 动圈式电焊变压器 .....      | 132 |
| (五) 抽头式电焊变压器 .....      | 132 |
| (六) 接触焊变压器 .....        | 133 |
| (七) ZXG 系列直流电焊机 .....   | 134 |
| (八) 技术数据 .....          | 135 |
| 四、互感器 .....             | 141 |
| (一) 电流互感器 .....         | 141 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| (二) 电压互感器 .....                      | 143        |
| (三) 互感器使用注意事项 .....                  | 144        |
| (四) 互感器的运行检查 .....                   | 144        |
| (五) 互感器的技术数据 .....                   | 145        |
| <b>第四章 变压器的修理和试验</b> .....           | <b>156</b> |
| <b>第一节 变压器的修理</b> .....              | <b>156</b> |
| 一、运行中变压器的故障诊断 .....                  | 156        |
| (一) 变压器运行前应做的检查 .....                | 156        |
| (二) 变压器运行中应进行的测试 .....               | 156        |
| (三) 运行中变压器的具体故障与诊断 .....             | 156        |
| 二、绕组的绝缘故障及修理 .....                   | 163        |
| (一) 故障现象及原因 .....                    | 163        |
| (二) 主绝缘击穿 .....                      | 163        |
| (三) 线圈匝间或层间短路 .....                  | 164        |
| (四) 断线故障 .....                       | 164        |
| (五) 绕组相间短路 .....                     | 164        |
| (六) 变压器吊心检查的程序 .....                 | 165        |
| (七) 变压器干燥方法 .....                    | 166        |
| (八) 匝间冲击耐电压试验 .....                  | 166        |
| (九) 绕组与绝缘的修理 .....                   | 167        |
| 三、变压器铁心的故障及修理 .....                  | 173        |
| (一) 变压器安装前进行铁心检查时应遵守的条件 .....        | 173        |
| (二) 变压器安装前铁心可以不检查的条件 .....           | 173        |
| (三) 变压器铁心检查前的准备工作 .....              | 174        |
| (四) 变压器铁心检查的主要技术措施 .....             | 174        |
| (五) 变压器铁心故障现象及原因 .....               | 174        |
| (六) 变压器铁心的修理 .....                   | 176        |
| 四、变压器分接开关和气体继电器的故障及修理 .....          | 176        |
| (一) 分接开关的维护和要求 .....                 | 176        |
| (二) 分接开关的故障及修理 .....                 | 177        |
| (三) 气体继电器的检修 .....                   | 180        |
| 五、变压器油箱及其他部件的故障与修理 .....             | 181        |
| (一) 变压器油及油箱的故障与处理 .....              | 181        |
| (二) 变压器套管及引线的故障与处理 .....             | 186        |
| 六、变压器的大修理 .....                      | 187        |
| (一) 变压器大修的工作项目 .....                 | 187        |
| (二) 大修前应做的准备工作 .....                 | 188        |
| <b>第二节 交流弧焊机、互感器、电抗器的故障及修理</b> ..... | <b>188</b> |
| 一、交流弧焊机的常见故障及修理 .....                | 188        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| (一) 交流弧焊机的常见故障 .....      | 188 |
| (二) 交流弧焊机的修理 .....        | 189 |
| 二、互感器的故障诊断与修理 .....       | 190 |
| (一) 电压互感器的故障诊断与排除方法 ..... | 190 |
| (二) 电流互感器的故障诊断与排除方法 ..... | 192 |
| 三、电抗器的故障诊断及修理 .....       | 193 |
| (一) 电抗器运行中的问题 .....       | 193 |
| (二) 电抗器的常见故障与排除方法 .....   | 193 |
| 第三节 变压器的试验 .....          | 195 |
| 一、外观检查 .....              | 195 |
| 二、电气性能试验 .....            | 195 |
| (一) 绝缘特性测量 .....          | 195 |
| (二) 电压比测量 .....           | 199 |
| (三) 变压器联结组标号测定 .....      | 200 |
| (四) 绕组直流电阻的测定 .....       | 200 |
| (五) 空载电流和空载损耗测量 .....     | 201 |
| (六) 短路阻抗和负载损耗测量 .....     | 201 |
| (七) 温升试验 .....            | 202 |
| (八) 短路阻抗和负载损耗测量 .....     | 203 |
| (九) 空载电流谐波和零序阻抗的测量 .....  | 203 |
| (十) 有载分接开关试验 .....        | 204 |
| 三、温升试验的相关技术 .....         | 204 |
| (一) 暂态负载下的温升试验 .....      | 204 |
| (二) 负载损耗的温度校正 .....       | 205 |
| (三) 稳态温升试验截尾 .....        | 206 |
| (四) 电源切断后绕组电阻测量程序 .....   | 206 |
| (五) 电源切断瞬间绕组温度的外推法 .....  | 206 |
| 四、电力变压器绝缘试验的补充规定 .....    | 207 |
| (一) 雷电冲击试验 .....          | 207 |
| (二) 在波尾截断的雷电冲击试验 .....    | 209 |
| (三) 操作冲击试验 .....          | 209 |
| 五、互感器的试验项目 .....          | 210 |
| (一) 电压互感器 .....           | 210 |
| (二) 电流互感器 .....           | 211 |
| 参考文献 .....                | 212 |

# 第一章 变压器的基本知识

## 第一节 变压器的型号、系列和分类

变压器是一种静止的电气设备，利用电磁感应的原理，将某一数值的交流电压变换为频率相同的另一种或两种以上不同的交流电压。它是由绕在一个铁心上的两个或更多的绕组组成的，绕组之间通过随时间交变的磁通相互联系着。

### 一、变压器的分类

变压器的种类很多，一般分为电力变压器和特种变压器两大类。在电力系统中，变压器是一个重要的设备。它对电能的经济传输、灵活分配和安全使用具有重要的意义。此外，变压器在电能的测试、控制和特殊用电设备上也应用很广。

#### （一）电力变压器的分类

##### 1. 按变压器的用途分类

- （1）升压变压器，用来得到高于电源电压等级的变压器；
- （2）降压变压器，用来得到低于电源电压等级的变压器；
- （3）配电变压器；
- （4）联络变压器，连接几个不同电压等级的电力系统，根据电力潮流的变化，每侧都可以作为一次侧或二次侧使用；
- （5）厂用变压器，供发电厂本身用电的变压器。

##### 2. 按变压器的绕组分类

- （1）双绕组变压器，每相有两个绕组，分别叫做一次绕组和二次绕组。一次绕组是施加电源电压的绕组，二次绕组是连接负载的绕组；
- （2）三绕组变压器，从一种电压变换为另外两种电压的变压器，每相有三个绕组，一个为一次绕组，另两个为二次绕组；
- （3）多绕组变压器；
- （4）自耦变压器，把一次绕组和二次绕组合并成一个绕组的变压器。

如果按相数来分有：

- （1）单相变压器；
- （2）三相变压器；
- （3）多相变压器。

##### 3. 按变压器冷却条件分类

- (1) 油浸式自冷变压器；
- (2) 油浸式风冷变压器；
- (3) 油浸式水冷变压器；
- (4) 干式空气自冷变压器；
- (5) 干式浇注绝缘变压器；
- (6) 强迫油循环风冷变压器；
- (7) 强迫油循环水冷变压器。

#### 4. 按绕组使用的金属材料分类

- (1) 铜线变压器；
- (2) 铝线变压器。

#### 5. 按调压方式分类

电力系统的电压随运行方式及负载大小而有所变化。为了维持供电电压基本恒定，需要调压。常用的调压方法是在高压绕组抽若干个分接头，切换分接头便可进行调压。连接和切换分接头的装置叫分接开关（也称调压开关）。

- (1) 无励磁调压变压器，在切换分接开关之前，必须将变压器停电；
- (2) 有载调压变压器，可在不停电的情况下切换分接开关。

#### (二) 特种变压器的分类

特种变压器是根据冶金、矿山、化工、交通等部门的具体要求设计制造的专用变压器。大致有以下几种：

- (1) 变流变压器，用于把交流电能转换为直流电能的场合；
- (2) 电炉变压器，用于把电能转换为热能的场合；
- (3) 供高压试验用的试验变压器；
- (4) 供矿井下配电用的矿用变压器；
- (5) 供船舶上用的船用变压器；
- (6) 中频变压器，供 1000 ~ 8000Hz 交流系统用；
- (7) 供大电流试验用的大电流变压器。

除以上所述的各种变压器以外，电压互感器、电流互感器、调压器和电抗器等产品，因其基本原理和结构与变压器有相似之处，故统称为变压器类产品。

## 二、变压器的型号和额定数据

根据国家标准的规定，电力变压器的铭牌上应标明以下内容。

### (一) 型号

变压器的型号表示变压器的结构特点、额定容量（kVA）和高压侧电压等级。它由表 1-1 所列的代表符号组成基本代号，其后以短划线隔开，短划线后有两组数字，以斜线分隔，斜线前面一组表示额定容量，后面一组表示高压侧电压等级。

例 1：SL-1000/10 SL 为该变压器的基本型号，表示是一台三相自冷矿物油浸双绕组铝线变压器。其中 1000 表示额定容量为 1000kVA；10 表示高压侧额定电压为 10kV。

例 2：SFPL-63000/110 SFPL 表示是一台三相油浸、强迫油循环、风冷、双绕组铝线变压器，额定容量为 63000kVA，高压侧额定电压为 110kV。

## (二) 变压器的额定数据

变压器的额定数据主要有：

1. 额定容量 ( $S_N$ )

额定容量是指变压器的视在功率，单位为 VA 或 kVA。对于双绕组电力变压器，一次绕组和二次绕组的额定容量设计得相同。变压器按容量分成小、中、大及特大型变压器。容量为 630kVA 以下的为小型变压器；800 ~ 6300kVA 的为中型变压器；8000 ~ 63000kVA 的为大型变压器；90000kVA 以上的为特大型变压器。

2. 额定一次及二次电压 ( $U_{1N}/U_{2N}$ )

$U_{1N}$ 是指电源加到一次绕组上的额定电压， $U_{2N}$ 是一次绕组加上额定电压后，二次绕组开路即空载运行时二次绕组的端电压，单位为 V 或 kV。对于三相变压器，额定电压指线电压值。

3. 额定一次及二次电流 ( $I_{1N}/I_{2N}$ )

根据额定容量和额定电压计算出的电流值，单位为 A。对三相变压器，额定电流指线电流的值。

$$\text{对单相变压器} \quad I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}}; I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}}$$

$$\text{对三相变压器} \quad I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}}; I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}}$$

4. 额定频率 ( $f_N$ )

单位为赫兹 (Hz)，我国规定标准工业频率为 50Hz。

表 1-1 电力变压器产品型号字母排列顺序及含义

| 序号 | 分 类     | 含 义                      | 代表的字母       | 序号 | 分 类       | 含 义                    | 代表的字母             |
|----|---------|--------------------------|-------------|----|-----------|------------------------|-------------------|
| 1  | 绕组耦合方式  | 独立<br>自“耦”               | —<br>O      | 7  | 调压方式      | 无励磁调压<br>有“载”调压        | —<br>Z            |
| 2  | 相数      | “单”相<br>“三”相             | D<br>S      | 8  | 线圈导线材质    | 铜<br>铜“箔”<br>铝<br>铝“箔” | —<br>B<br>L<br>LB |
| 3  | 绕组外绝缘介质 | 变压器油<br>空气(“干”式)<br>“气”体 | —<br>G<br>Q | 9  | 铁心材质      | 电工钢片<br>非晶“合”金         | —<br>H            |
|    |         | “成”形固体                   | C           | 10 | 特殊用途或特殊结构 | “密”封式                  | M                 |
|    |         | 浇注式                      | CR          |    |           | “串”联用                  | C                 |
| 4  | 冷却装置种类  | 包“绕”式                    | R           |    |           | “起”动用                  | Q                 |
|    |         | 难“燃”液体                   | R           |    |           | 防雷“保”护用                | B                 |
| 5  | 油循环方式   | 自然循环<br>强“迫”油循环          | —<br>P      |    |           | “调”容用                  | T                 |
| 6  | 绕组数     | 双绕组<br>“三”绕组<br>双“分”裂绕组  | —<br>S<br>F |    |           | 高阻“抗”                  | K                 |
|    |         |                          |             |    |           | 地面站“牵”“引”用             | QY                |
|    |         |                          |             |    |           | 低“噪”声用                 | Z                 |
|    |         |                          |             |    |           | 电“缆”引出                 | L                 |
|    |         |                          |             |    |           | “隔”离用                  | G                 |
|    |         |                          |             |    |           | 电“容”“补”偿用              | RB                |
|    |         |                          |             |    |           | “油”田动力照明用              | Y                 |
|    |         |                          |             |    |           | “厂”“用”变压器              | CY                |
|    |         |                          |             |    |           | 全“绝”缘                  | J                 |
|    |         |                          |             |    |           | 同步电机“励”“磁”用            | LC                |

注：1. 线圈以铝为主时表示“铝”以铜为主时表示“铜”。

2. 如果调压绕组或调压段为铜时，其他为铝线时，以铝为主表示“铝”。

除了上述额定数据外,变压器的铭牌上还标有相数、效率、温升、短路阻抗(百分数)、使用条件、冷却方式、接线图及联结组标号、总重量、变压器油重量及器身重量。电力变压器的容量等级和电压等级,在国家标准中都做了规定。

## 第二节 变压器的基本结构

变压器的电磁感应部分包括电路和磁路两部分。这两部分是互相环绕的,电流环绕着磁通,磁通又环绕着电流。参与电磁感应的主磁通既交链着一次绕组,也交链着二次绕组。如果二次侧电压高于一次电压时就是升压变压器,反之就是降压变压器。电压高的绕组叫高压绕组,电压低的绕组叫低压绕组。图 1-1 是一台单相双绕组变压器的示意图,它是由两个绕组套在同一铁心上构成的。

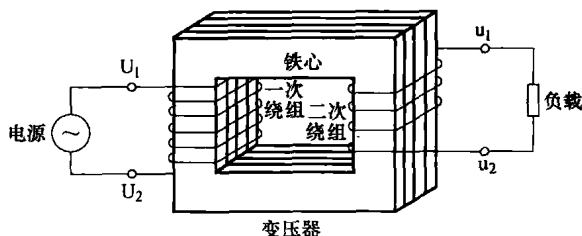


图 1-1 单相双绕组变压器示意图

由于变压器的形式、容量、电压和绕组数不同,它们的外形和附件也不完全一样,但其主要部件大体上是相似的。使用最广泛的是电力变压器,而在电力变压器中,应用最多的是容量在 100 ~ 7500kVA 之间、电压在 0.4 ~ 35kV 之间的中等容量的三相油浸式电力变压器。这类油浸式电力变压器,一般由器身、油箱、冷却装置、保护装置和出线等部件组成。器身是变压器的最主要部分,由铁心、绕组、引线及分接开关等部件组成,放在灌满变压器油的油箱内。图 1-2 是一台中等容量的三相油浸式电力变压器的外形结构图。

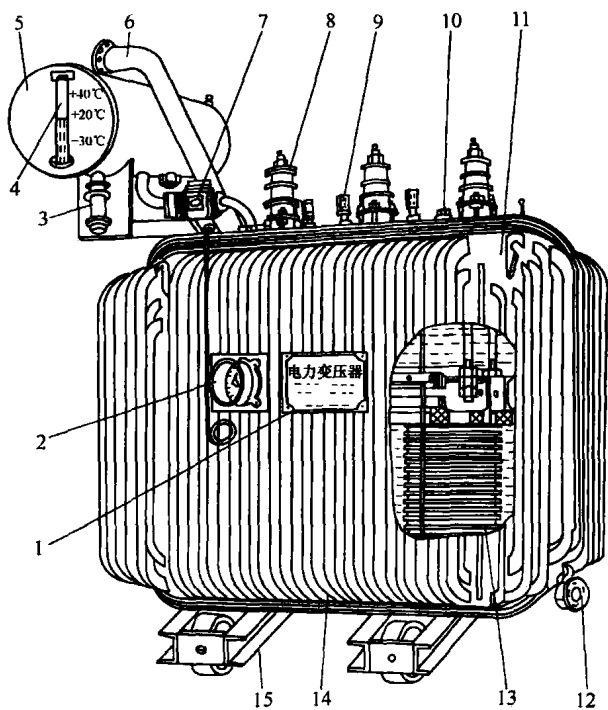


图 1-2 三相油浸式电力变压器的外形结构图

油浸式电力变压器的结构可分为:

(1) 器身——包括铁心、绕组、绝缘结构、引线和分接开关等;

(2) 油箱——包括油箱本体(箱盖、箱壁和箱底)和一些附件(放油阀门、小车、接地螺栓、铭牌等);

(3) 保护装置——包括储油柜、油位计、安全气道、吸湿器、测温元件和气体继电器等;

(4) 冷却装置——包括散热器等;

- 1—铭牌 2—信号式温度计 3—吸湿器 4—油位计  
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 15—小车

(5) 出线装置——包括高压套管、低压套管等。

## 一、铁心

铁心既是变压器用作导磁的磁路，又是器身的机械骨架。铁心由铁心柱、铁轭和夹紧装置组成，铁心柱上套有绕组，铁轭将铁心柱连接起来，使之形成闭合磁路。根据铁心的结构，变压器可分为心式和壳式两大类，其示意图见图 1-3。

图 1-4 是心式变压器的铁心和绕组示意图，绕组套在铁心柱上。图 1-4a 是单相心式变压器；图 1-4b 是三相心式变压器。每一铁心柱上的绕组构成一相。心式变压器结构简单，绕组的装配、绝缘都比较容易。图 1-5 是壳式变压器的铁心和绕组示意图。它是具有分支的磁路，围绕在绕组的两边，好像是绕组的外壳。因此它的机械强度高，但制造复杂，用料多。国产电力变压器几乎都采用心式铁心结构，而只在一些特种变压器（例如电炉变压器、小型变压器）中才采用壳式铁心结构。

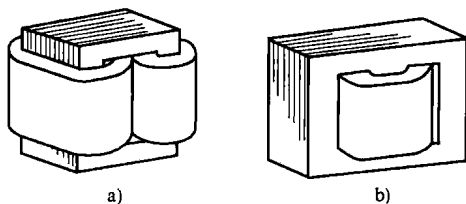


图 1-3 单相心式与壳式变压器示意图

a) 单相心式变压器 b) 单相壳式变压器

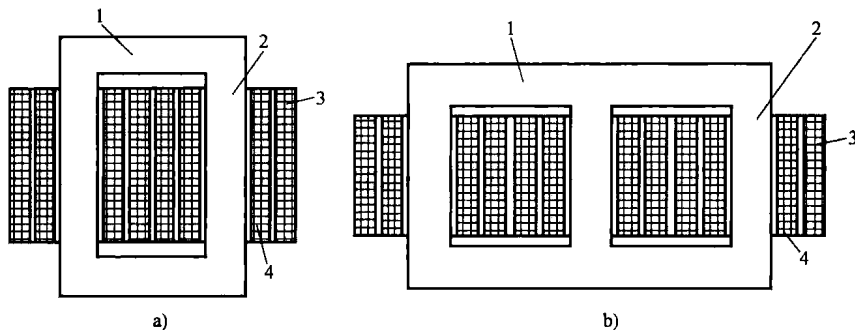


图 1-4 心式变压器的铁心和绕组

a) 单相心式变压器 b) 三相心式变压器

1—铁轭 2—铁心柱 3—高压绕组 4—低压绕组

为了减少铁心中的磁滞和涡流损耗，变压器铁心用 0.35 ~ 0.5mm 厚的热轧硅钢片叠成。叠装之前，还要在硅钢片上涂上绝缘漆。铁心的装配方法一般采用交错式装配，它是把剪成一定尺寸的硅钢片交错叠装而成。相邻层的接缝要错开，见图 1-6，这样可以减少变压器的励磁电流。为了减少装配工时，通常用 2 或 3 张硅钢片作为一层。这种叠法的优点是接缝处气隙小，夹紧结构简单，缺点是装配工艺较为复杂。

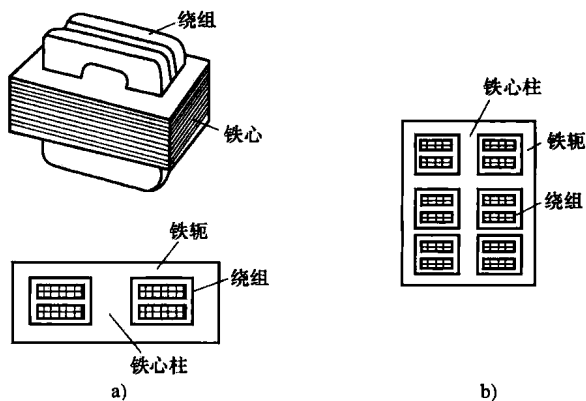


图 1-5 壳式变压器的铁心和绕组

a) 单相壳式变压器 b) 三相壳式变压器



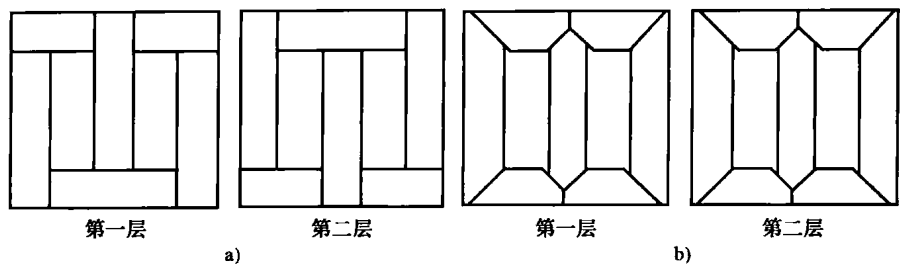


图 1-6 三相铁心的叠装次序  
a) 直角接缝 b) 45°斜接缝

铁心柱的截面，在小型变压器中常采用方形的，见图 1-7a；在大中型变压器中，为了充分利用绕组内圆的空间，铁心柱的截面做成阶梯形的，见图 1-7b。阶梯的级数愈多，截面愈接近于圆形，空间利用情况就愈好，但制造工艺愈复杂。在实际生产中，铁心柱的级数随变压器容量的增加而增多。当铁心柱直径为 380mm 及以上时，为了改善铁心的冷却条件，还要在铁心中间开设油道，以利于散热。

除了上述的叠片方式外，目前我国还生产渐开线形铁心。这种结构的铁心是把一定尺寸的硅钢片卷成渐开线形状，然后叠成圆柱形构成铁心柱，再用宽度等于轭高的带钢卷成三角形状，作为铁轭，见图 1-8。把三个铁心柱对称地放在铁轭上，用穿心螺栓紧固，就得到对称的三相磁路系统。这种结构的优点是能采用机械化、自动化的方法进行弯板和卷带，叠装也方便，从而提高劳动生产率。另外，由于铁轭截面积减小了，是铁心柱截面积的 1/3，既节约了材料，又缩小了体积。缺点是励磁电流和噪声较大。它可用于成批生产的中小型变压器中。

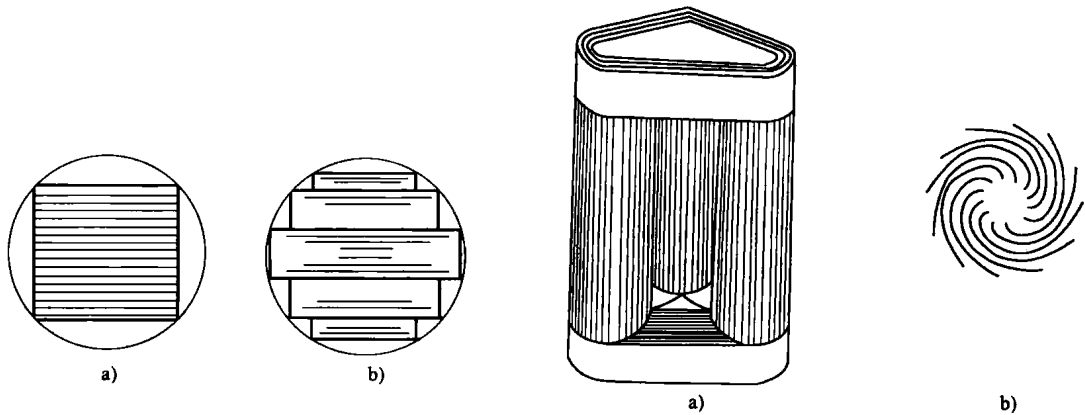


图 1-7 铁心柱截面的形状  
a) 方形 b) 阶梯形

图 1-8 渐开线形铁心柱  
a) 铁心 b) 渐开线

为了防止变压器在运行时，因静电感应铁心及其他金属构件上产生感应电压，造成对地放电，铁心及除穿心螺杆外的其他金属构件都要可靠接地。但是铁心上只允许有一点接地，如果有两点及以上接地点，则接地点之间可能形成闭合回路，产生环流而造成局部过热