



全国电力职业教育规划教材  
职业教育电力技术类专业培训用书

# 变电检修

李晓南 主编



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材  
职业教育电力技术类专业培训用书

# 变电检修

主编 李晓南  
编写 李振东 门丕勋 路达友  
主审 刘治国 肖信昌 郑维国



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书分为检修技能操作、故障处理两个模块，共分为十六个单元，主要内容包括电力变压器，互感器类设备，电抗器，消弧线圈，高压断路器，110、220kV 少油及真空断路器，隔离开关，母线、电容器，负荷开关、高压熔断器、防雷及接地装置，低压电器，低压电动机，母线、电容器、避雷器，变压器类，高压断路器、隔离开关和电动机、低压断路器的故障处理。本书在内容上以模块、单元、课题的层次结构来安排，突出技能操作，通俗易懂，强调了“干什么、怎么干、为什么这么干”的原则，其内容符合电力行业相关典型检修工艺规程和企业现行生产规程。

本书既可作为电力职业技术学院电力技术专业教学用书，也可作为变电检修职业技能鉴定的培训教材，还可供专业技术人员和管理人员及大中专院校师生阅读、参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

变电检修/李晓南主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-5926-7

I. 变... II. 李... III. 变电所—检修—职业教育—教材  
IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 103916 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.75 印张 575 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前言

---

本教材以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和《国家职业标准》为依据，按照中华人民共和国劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心关于国家职业资格培训教程编写的要求进行编写。

本教材在内容上体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，紧贴该工种技能鉴定的标准、规范和指导书，突出技能操作，同时适当编写了相关的基础知识内容，并以模块、单元、课题的层次结构来安排。本教材以实际操作为主线来编写，讲解通俗易懂，强调了“干什么、怎么干、为什么这么干”的原则，其内容符合电力行业相关典型检修工艺规程和企业现行生产规程。

本教材由吉林热电厂高级工程师李晓南主编，大唐长春第二热电有限责任公司高级工程师路达友、高级工程师李振东和吉林省电力培训中心高级工程师门丕勋参与编写，由原电力行业职业技能鉴定指导中心教授级高级工程师刘治国、长春供电公司高级工程师肖信昌和吉林省电力培训中心高级工程师郑维国主审。

本书在编写过程中得到了电力行业相关领导和上述专家所在单位的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编写人员水平所限，书中不妥之处在所难免，请读者批评指正。

编者

2007年5月

# 目 录

前言

## 模块一 检修技能操作

第一单元 电力变压器	1
课题一 变压器的基本知识	1
课题二 设备使用条件及技术参数	13
课题三 检修周期及检修项目	16
课题四 检修前的准备工作	18
课题五 变压器的分解、起重搬运和组装	19
课题六 变压器的检修工艺及质量要求	21
习题	47
第二单元 互感器类设备	48
课题一 主题内容及引用标准	48
课题二 检修周期及检修项目	48
课题三 大修前的准备	49
课题四 检修工艺及质量要求	50
课题五 检修后的试验	55
课题六 小修——各部件小修	56
习题	57
第三单元 电抗器	58
课题一 电抗器的工作原理及作用	58
课题二 电抗器的技术参数	59
课题三 电抗器的检修周期及检修项目	60
课题四 电抗器的检修后验收项目	61
习题	63
第四单元 消弧线圈	64
课题一 消弧线圈的原理及作用	64
课题二 消弧线圈的常见技术参数	65
课题三 消弧线圈的检修周期及检修项目	68
课题四 油浸式消弧线圈的检修后验收项目	69

习题	70
<b>第五单元 高压断路器</b>	<b>71</b>
课题一 基本概念	71
课题二 35kV 高压油断路器的检修	75
习题	83
<b>第六单元 110、220kV 少油 SF<sub>6</sub> 断路器</b>	<b>84</b>
课题一 技术数据	84
课题二 检修周期和检修项目	86
课题三 检修前的准备	87
课题四 断路器的检修工艺及质量要求	88
课题五 CY5 型液压操动机构的检修工艺及质量要求	98
课题六 CY-A 型液压操动机构的检修工艺及质量标准	110
课题七 调整与试验	119
课题八 SF <sub>6</sub> 断路器	124
课题九 LW6-110 SF <sub>6</sub> 断路器的检修周期和项目	129
课题十 SF <sub>6</sub> 断路器小修的工序流程及工艺标准	131
课题十一 断路器本体拆卸	134
课题十二 空气压缩机及管路检修	138
习题	140
<b>第七单元 10、16kV 少油及真空断路器</b>	<b>141</b>
课题一 主题内容及引用标准	141
课题二 技术数据	141
课题三 10kV 少油断路器的检修周期及检修项目	143
课题四 准备工作	144
课题五 检修工艺及质量标准	145
课题六 电磁机构的检修	157
课题七 电气试验	161
课题八 10kV 真空断路器技术数据	162
课题九 真空断路器的检修周期及检修项目	165
课题十 真空断路器的检修工艺及质量标准	166
课题十一 真空断路器的调整与试验	173
习题	174
<b>第八单元 隔离开关（户外隔离开关检修）</b>	<b>176</b>
课题一 GW-220DW 型隔离开关的检修技术资料	176
课题二 检修周期及检修项目	177
课题三 检修工艺及质量标准	177

课题四	调整	181
课题五	接地刀闸的检修及调整	181
课题六	GW5 系列 35~110kV 隔离开关的检修	182
课题七	GW5 系列隔离开关的检修工艺及质量标准	187
习题		195
<b>第九单元</b>	<b>母线、电容器</b>	<b>196</b>
课题一	主题内容及引用标准	196
课题二	母线的检修周期及项目	196
课题三	母线的质量标准	196
课题四	QFMZ-20 型主(分支)回路封闭母线的维修	200
课题五	硬软母线的检修工艺	202
课题六	硬母线的加工与安装	203
课题七	耦合电容器的检修	210
课题八	移相电容器的检修	210
习题		216
<b>第十单元</b>	<b>负荷开关、高压熔断器、防雷及接地装置</b>	<b>217</b>
课题一	高压负荷开关概述	217
课题二	高压负荷开关的电气性能和技术要求	221
课题三	检修及质量标准	224
课题四	高压熔断器	224
课题五	高压熔断器的检修及质量标准	235
课题六	防雷及接地装置的检修周期、项目及质量标准	236
课题七	避雷器的检修	237
习题		245
<b>第十一单元</b>	<b>低压电器</b>	<b>247</b>
课题一	主题内容及引用标准	247
课题二	低压电器的检修周期及项目	247
课题三	低压母线(380V 动力屏、动力、照明等)的检修质量标准	250
课题四	交流接触器和磁力启动器的检修	251
课题五	热继电器的检修工艺	254
课题六	DZ 型自动空气开关检修的质量标准	256
课题七	DM2-2500 型灭磁开关检修的质量标准	257
课题八	调整及试验	262
课题九	电动门的检修工艺及质量标准	264
课题十	万能式空气断路器的技术参数	267
课题十一	DW914 结构简介	271



161	课题十二	DW914 脱扣器	274
161	课题十三	DW914 抽出装置	275
201	课题十四	DW914 的安装与维护使用	277
241	课题十五	DW15 型自动空气开关的检修	277
261	课题十六	配电盘及二次回路的检修	282
281	课题十七	电缆的检修	283
<b>第十二单元 低压电动机</b>			285
311	课题一	检修周期及检修项目	285
361	课题二	检修工艺及质量标准	285
401	课题三	三相交流异步电动机的检修	291
451	课题四	直流电动机的检修周期及检修项目	291
471	课题五	直流电动机的检修工艺及质量标准	292

## 模块二 故障处理

<b>第十三单元 母线、电容器、避雷器</b>			296
311	课题一	事故处理概述	296
361	课题二	母线常见故障的原因及处理方法	296
401	课题三	母线的故障与大电流连接时接触面的处理	297
451	课题四	耦合电容器常见故障的原因及处理方法	297
471	课题五	避雷器的常见故障及分析处理	298
481	习题		299
<b>第十四单元 变压器类</b>			300
311	课题一	变压器常见故障的特征、原因及处理	300
361	课题二	变压器有载分接开关的常见故障及处理	301
401	课题三	互感器的常见故障及处理方法	303
451	课题四	电抗器常见故障的原因及处理方法	306
471	课题五	消弧绕组常见故障的原因及处理方法	309
481	习题		312
<b>第十五单元 高压断路器、隔离开关</b>			313
311	课题一	SN10-10 开关的故障及处理方法	313
361	课题二	SW2-60G/63 I 型少油断路器的常见故障及处理方法	314
401	课题三	磁力启动器、接触器、电磁继电器的故障及处理	319
451	课题四	SW6-110/220 型开关(断路器)操动机构的故障及处理	324
471	课题五	SW7-110/220 型开关(断路器)操动机构的故障及处理	325
481	课题六	LW6 型开关安装及调试中的问题	327



课题七	LTB72-170D1/B 的故障与处理方法	328
课题八	液压操动机构常见故障的原因及处理方法	331
课题九	CD5-X 型电磁操动机构常见故障的原因及处理方法	332
课题十	CT8 弹簧操动机构部分常见故障的原因及处理方法	334
课题十一	SF <sub>6</sub> 全封闭组合电器 (GIS) SF <sub>6</sub> 气体处理要领	334
课题十二	SF <sub>6</sub> 全封闭组合电器及 SF <sub>6</sub> 设备年泄漏率计算及泄漏分析	339
课题十三	GW5/7 系列隔离开关的故障及处理	340
课题十四	运行常见故障及其排除	343
课题十五	几个关键零部件漏油的处理方法	345
	习题	346
<b>第十六单元</b>	<b>电动机、低压断路器的故障处理</b>	347
课题一	理想异步电动机的故障及其检查	347
课题二	直流电动机的故障及其处理方法	351
课题三	低压断路器的故障及处理	355
	习题	356
<b>附录</b>		357
附录 A	变压器的干燥方法	357
附录 B	变压器油的电气强度及油质标准	361
附录 C	气相色谱分析及故障判断	361
附录 D	变压器油的处理	362
附录 E	钢丝绳载荷重量表	365
附录 F	变压器绝缘距离表	365
<b>参考文献</b>		367

# 模块一 检修技能操作

## 第一单元 电力变压器

### 课题一 变压器的基本知识

#### 一、基本原理

变压器借助于电磁感应,在两个或更多的绕组之间变换交流电压和电流。通常变压器各绕组的电压和电流值并不相同。

假设变压器绕组的电阻和漏磁通都很小,而铁芯的磁导率很大,铁芯的损耗和激磁磁动势可以略去不计,那么变压器的基本原理可简述如下。

##### 1. 电压比

当变压器的一次侧端子上施加频率为  $f$ 、有效值为  $U_1$  的正弦交流电压,且二次侧端子开路时,铁芯中便产生主磁通  $\Phi$ 。根据电磁感应定律和电动势平衡规律,可得出

$$U_1 = E_1 = 4.44fN_1\Phi_{\max} \quad (1-1)$$

$$U_2 = E_2 = 4.44fN_2\Phi_{\max} \quad (1-2)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K_{12} \quad (1-3)$$

$K_{12}$  为变压器的电压比。从式 (1-1) ~ 式 (1-3) 可以看出,适当选择变压器一、二次侧绕组的匝数比  $\frac{N_1}{N_2}$ , 就可以将一次侧的电压  $U_1$  变换成所需要的二次侧电压  $U_2$ 。

##### 2. 电流比

若二次侧端子上接入负荷阻抗  $Z$ , 二次侧绕组内有电流  $I_2$ , 同时一次侧绕组也有电流  $I_1$  流入,以平衡二次侧绕组的磁动势,因此

$$I_1N_1 = I_2N_2 \quad (1-4)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K_{12}} \quad (1-5)$$

##### 3. 容量

变压器容量的公式为

$$S = U_1I_1 = U_2I_2 \quad (1-6)$$

当变压器一、二次侧的电压和电流为额定值时,变压器容量  $S$  为额定容量。

##### 4. 阻抗折算关系

二次侧负荷阻抗

$$Z = \frac{E_2}{I_2} \quad (1-7)$$

折算到一次侧时的负荷阻抗为

$$Z' = \frac{E_1}{I_1} = K_{12}^2 Z \quad (1-8)$$

实际上,变压器铁芯的磁导率不是无穷大,产生磁通需要激磁磁动势,即  $I_0N_1 = I_1N_1 - I_2N_2$ , 而且铁芯还要产生损耗;绕组有电阻和漏磁通。在研究分析变压器的运行特

性时应把这些因素考虑进去。

## 二、分类

电力变压器按用途可分为升压变压器、降压变压器、配电变压器、联络变压器（连接几个不同电压等级的电网用）和厂用电变压器（供发电厂自用电用）等几种。它还可以按绕组数、相数、冷却装置种类以及调压方式等分类，见表 1-1。

表 1-1 电力变压器的分类和型号代表的字母及含义

序号	分类	含义	代表的字母
1	绕组耦合方式	独立 自耦	— O
2	相数	单相 三相	D S
3	绕组外绝缘介质	变压器油 空气（干式） 气体 成形固体	— G Q C
4	冷却装置种类	自然循环冷却装置 风冷却装置 水冷却装置	— F S
5	油循环方式	自然循环 强迫油循环 强油导向	— P D
6	绕组数	双绕组 三绕组 双分裂绕组	— S F
7	调压方式	无励磁调压 有载调压	— Z
8	绕组导线材质	铜 铝	— L

电力变压器的产品型号举例如下：

(1) 三相、油浸、自冷、双绕组、无励磁调压、铜导线、1000kVA、10kV 级电力变压器的型号：S-1000/10。

(2) 三相、油浸、风冷、双绕组、无励磁调压、铝导线、20000kVA、110kV 级电力变压器的型号：SFL-20000/110。

(3) 三相、风冷、强迫油循环、三绕组、有载调压、铜导线、63000kVA、220kV 级电力变压器的型号：SFPSZ-63000/220。

(4) 三相、风冷、强迫油循环、双分裂绕组、铜导线、31500kVA、220kV 级电力变压器的型号：SFPP-31500/220。

(5) 自耦、三相、水冷、强迫油循环、三绕组、有载调压、铜导线、120000kVA、220kV 级自耦变压器的型号：OSSPSZ-120000/220。

(6) 三相、干式、风冷、双绕组、无励磁调压、铜导线、1600kVA、10kV 级干式变压器的型号：SGF-1600/10。

### 三、主要结构

#### 1. 铁芯

铁芯有芯式和壳式两种。我国变压器都采用芯式铁芯，常用的芯式铁芯如图 1-1 所示。

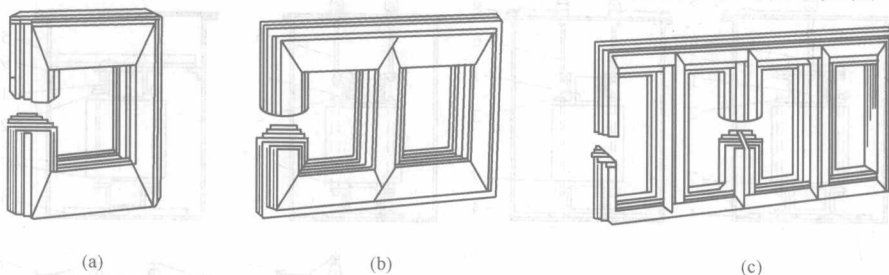


图 1-1 常用的芯式铁芯

(a) 单相双柱式；(b) 三相三柱式；(c) 三相三柱旁轭式（又称三相五柱式）

近代铁芯大多用晶粒取向冷轧硅钢片制造，铁芯叠片为 45°全斜接缝，无冲孔，在自动程序控制的纵横剪切流水线上生产，铁芯空载性能比过去有较大的改善。图 1-2 为三相三柱式铁芯的典型结构，其铁轭绑扎方法如图 1-3 所示。

对铁芯的技术要求如下。

(1) 施加在铁芯芯柱和铁轭上的压力应均匀适当。压力过大，会由于硅钢片的磁致伸缩而产生异常的噪声；压力过小，则硅钢片松

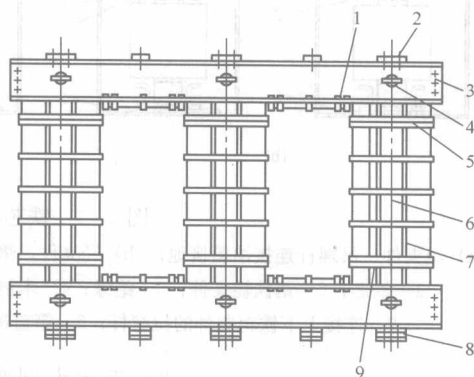


图 1-2 三相三柱式铁芯结构

1—拉带；2—横梁；3—轭端外侧夹紧件；4—固定轴；5—绑带；6—拉板；7—拉板绝缘；8—垫脚兼夹紧横梁；9—圆形木撑条

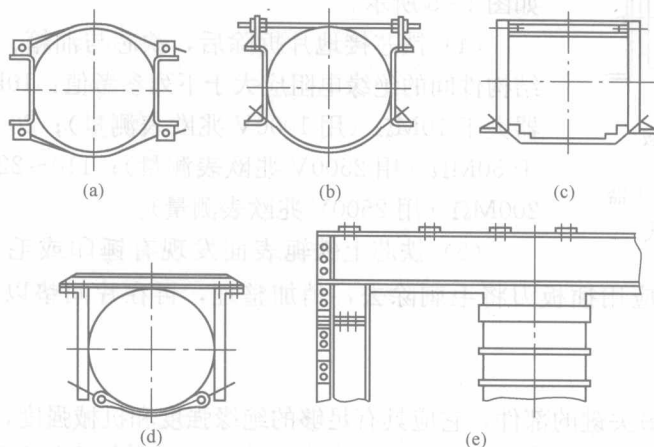


图 1-3 铁轭绑扎方法

(a) 双侧绑带；(b) 单侧绑带之一；(c) 单侧绑带之二；(d) 单侧绑带之三；(e) 旁轭的紧固

动, 会因接地不良而导致周期性的放电响声; 压力不均匀, 部分叠片未压紧, 自由端振动, 亦会引起间断性噪声。

(2) 铁芯及其金属夹紧装置都要可靠接地, 而铁芯叠片只允许有一点接地。铁芯接地片安装后, 应避免与硅钢片端面接触。铁芯接地方法如图 1-4 所示。

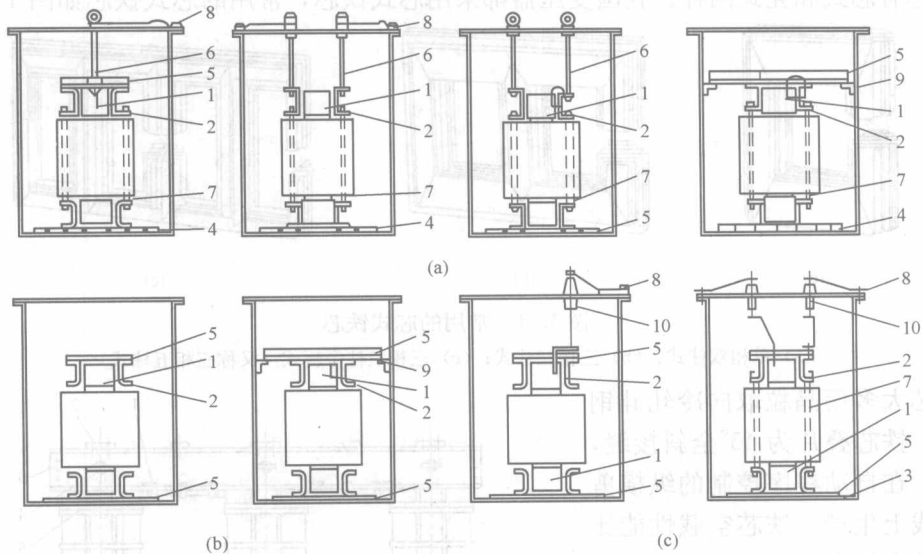


图 1-4 铁芯接地方法

(a) 经夹件、吊螺杆连接油箱接地; (b) 经夹件、垫板或垫脚连接油箱接地; (c) 经接地套管接地

1—铁芯; 2—钢铁夹件; 3—绝缘; 4—木垫脚; 5—钢横垫板(垫脚); 6—吊螺杆;

7—连接上下铁夹件的拉螺杆; 8—箱盖螺栓; 9—箱壁固定铁; 10—接地套管

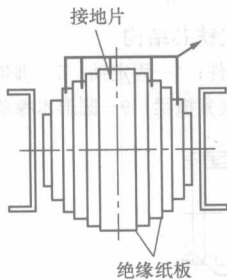


图 1-5 大型变压器  
铁芯接地方式

(3) 近代大型变压器的铁芯冷却油道由绝缘垫条或垫块构成, 有的铁芯各叠片组还用绝缘纸板分隔成几个相互绝缘的部分, 以提高铁芯的质量, 此时铁芯仍须一点接地, 其接地方式如图 1-5 所示。

(4) 铁芯接地片拆除后, 铁芯与油箱、夹件、绑带等金属结构件间的绝缘电阻应大于下列参考值: 10kV 级及以下的变压器大于  $10\text{M}\Omega$  (用 1000V 兆欧表测量); 20~35kV 级变压器大于  $50\text{M}\Omega$  (用 2500V 兆欧表测量); 110~220kV 级变压器大于  $200\text{M}\Omega$  (用 2500V 兆欧表测量)。

(5) 铁芯上铁轭表面发现有锤印或毛刺, 有可能造成严重的片间短路时, 应用插板刀将毛刺除去, 稍加整理, 再在片间垫以 0.12mm 厚的绝缘纸条。

## 2. 绕组

绕组是变压器最关键的部件, 它应具有足够的绝缘强度和机械强度, 而且还要有良好的散热条件。绕组的结构型式是根据变压器容量的大小和电压的高低来选定的。常用的绕组型式如图 1-6 所示, 其特点及适用范围见表 1-2。

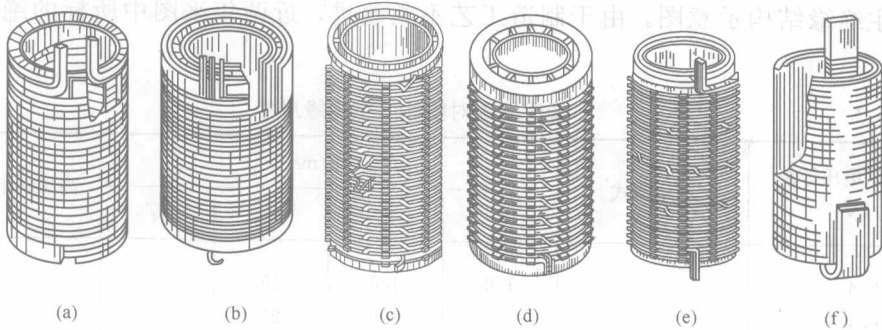


图 1-6 常用的绕组型式

(a) 双层圆筒式；(b) 多层圆筒式；(c) 连续式；  
(d) 纠结式；(e) 螺旋式；(f) 铝箔筒式

表 1-2 常用绕组的特点及适用范围

绕组型式	特点	适用范围
圆筒式 (分单层、双层、多层 3 种)	工艺简单、便于绕制，但端面的稳定性较差。扁导线一般用 1~6 根并绕，圆导线则为 1~2 根。电压为 35kV 级的多层圆筒式绕组，线端侧放置静电屏。层间绝缘为电缆纸或油道	1~4 层圆筒式绕组，一般用于 630kVA 及以下的低压绕组 多层圆筒式绕组、用于 630kVA 及以下的高压或低压绕组
连续式	机械强度高、散热性能好，但绕制技术要求高，且较费工。用 1~6 根扁导线绕成饼状线段，段间有油道或纸圈	用于 630kVA 及以上、电压为 3~110kV 的绕组
纠结式	与连续式相似，但焊头较多。线匝由一根导线组成时用两根导线并绕；由两根导线并联组成时用四根导线并绕。为了增大匝间电容，其线匝是交叉纠结相连的	用于 6300kVA 及以上、电压为 110kV 及以上的绕组
螺旋式	外形与连续式相似，其一匝线圈相当于连续式的一段（单螺旋式）、二段（双螺旋式）或四段（四螺旋式）	用于 800kVA 及以上，电压为 35kV 及以下的大电流绕组
铝箔筒式	与多层圆筒式相似，但每一层为一匝，铝箔的宽度等于绕组的高度	用于中小型变压器绕组

对绕组的技术要求如下。

(1) 绕组表面应整洁、无漆瘤、无破损，油道畅通、无悬浮的布带或纸片等杂物。

(2) 绕组油道中的撑条或垫块应上下对齐，基本上不偏斜，并要求不越出上、下铁轭绝缘的垫块。

(3) 绕组绕制紧密，轴向压紧，两端的垫块以姆指推不动为合格。

(4) 绕组应保持同心，套装时绕组与铁芯间、绕组与绕组间都不能太松，避免短路时产生位移。

(5) 绕组内部绝缘纸筒两端都应引伸一定长度，其结构如图 1-7 所示，其尺寸见表 1-3 和表 1-4。图 1-8 是 110kV 变压器主绝缘结构图，图 1-9 是 220kV 导向冷却

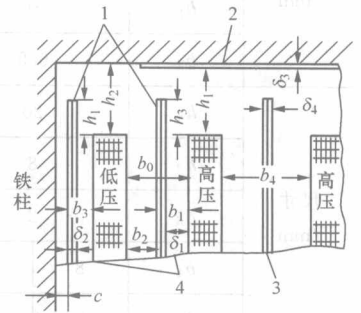


图 1-7 35kV 及以下主绝缘结构

1—绝缘筒；2—铁轭绝缘隔板；  
3—相间隔板；4—撑条  
注：c 为绝缘绑带的厚度，  
一般取 2~5mm。

变压器主绝缘结构示意图。由于制造工艺不断改进,近两年来图中标的绝缘距离略有改小。

表 1-3

低压绕组对铁芯的主绝缘尺寸

低压绕组电压等级 /kV	绕组型式	尺寸/mm				高压绕组电压等级/kV
		$b_3$	$\delta_2$	$h_2$	$h\Phi$	
0.4	圆筒式	1.0	1.0	15	—	≤10
0.4		1.0	1.0	25	—	15
0.4		1.0	1.0	55	—	35
3, 6		9	3.0	25	15	≤10
3, 6		9	3.0	30	18	15
3, 6, 10		10	3.0	55	33	35
15		14	3.0	55	33	35
0.4, 3, 6	螺旋式 连续式	9.5	3.5	35	20	≤15
0.4, 3, 6, 10		10	3.5	55	33	35
15		14	3.5	55	33	35

① 未注明的尺寸按结构要求确定。

表 1-4

高压绕组主绝缘尺寸

电压等级 /kV	≤10		15		35		≤15		35	
	绕组型式		圆筒式				连续式			
连接法	Y <sup>③</sup>	△	Y <sup>③</sup>	△	Y <sup>③</sup>	△	Y或△	Y或△	Y或△	Y或△
尺寸 /mm	$b_3$	9	13		27 <sup>①</sup>		16	27		
	$\delta_1$	2.5	3		4		3.5	4		
	$b_1$	0	0		15~13		6	15~13		
尺寸 /mm	$b_3$	6.5	10		8~10		6.5	8~10		
	$h_1$	20	30		70 (65) <sup>②</sup>		35	65		
	$h_2$	8	18		48 (43) <sup>②</sup>		20	50		
	$\delta_3$	2	2		2		0	3		
	$b_4$	8	12	12	15	20	27	17	27	
	$\delta_4$	0	2	0	2	0	3	3	3	

① 指低压绕组至高压绕组静电屏的尺寸。

②  $h_1=70$ 、 $h_2=48$ 时,高压导线为漆包线; $h_1=65$ 、 $h_2=43$ 时为纸包线。

③ 中性点在外层引出。



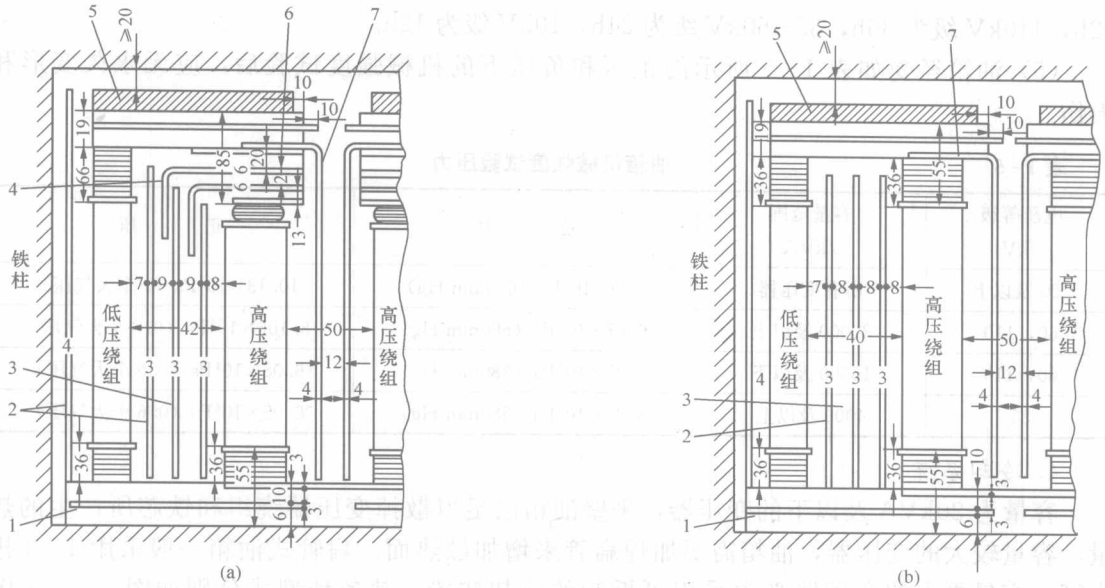


图 1-8 110kV 变压器主绝缘结构

(a) 端部出线结构；(b) 中部出线结构

1—铁轭绝缘；2—绝缘纸筒；3—油隙撑条；4—绝缘角环；5—钢压板；6—绝缘端圈；7—相间隔板  
注：图中绝缘距离按中心点绝缘水平，工频 58kV，冲击 180kV。

### 3. 油箱

油箱基本上可分为两种类型：平顶油箱和拱顶（或斜顶）油箱。前者箱沿设在顶部，箱盖是平的，常用于 6300kVA 及以下的变压器；后者箱沿设在下部，上节箱身做成钟罩形，又称钟罩式油箱，常用于 8000kVA 及以上的变压器。

对油箱的技术要求如下。

(1) 8000kVA 及以上的变压器，在油箱下部应有供千斤顶顶起变压器的装置。

(2) 油箱高度在 3m 以上时，应焊有固定梯子，梯子的位置要保证检查气体继电器时的人身安全。

(3) 油箱下部应有油样活门和足够大的事故放油阀。315kVA 及以上的变压器油箱底部应有排油装置。

(4) 油箱和储油柜承受  $5.066 \times 10^2 \text{ Pa}$  (0.5 大气压) 的密封试验后应无渗漏和变形。试验时间 220kV 级为

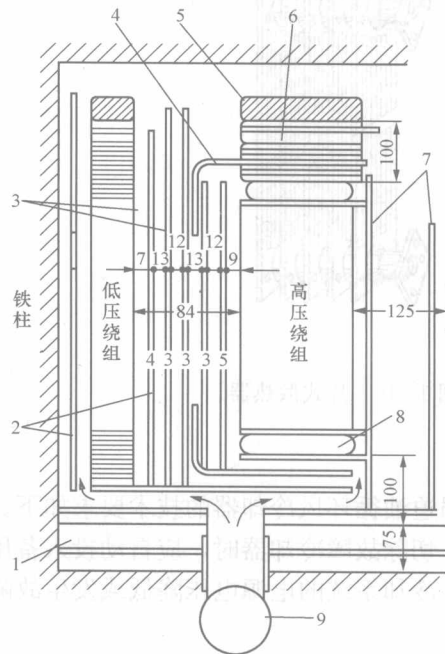


图 1-9 220kV 导向冷却变压器主绝缘结构示意图 (中部出线结构)

1—铁轭绝缘；2—绝缘筒；3—油隙撑条；4—绝缘角环；5—钢压板；6—绝缘端圈；7—相间隔板；8—静电环；9—导油管

72h, 110kV 级为 36h, 35~60kV 级为 24h, 10kV 级为 12h。

(5) 油箱经受如表 1-5 所示的正压和负压下的机械强度试验后, 应无永久变形和损伤。

表 1-5 油箱机械强度试验压力

电压等级 /kV	容量范围 /kVA	负 压	正 压
220 及以上	所有变压器	$8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ (600mm Hg)	$10.13 \times 10^4 \text{ Pa}$ (1 个大气压)
60, 110	20000 及以上	$6.67 \times 10^4 \text{ Pa}$ (500mm Hg)	$8.106 \times 10^4 \text{ Pa}$ (0.8 个大气压)
60, 110	16000 及以下	$5.07 \times 10^4 \text{ Pa}$ (380mm Hg)	$6.08 \times 10^4 \text{ Pa}$ (0.6 个大气压)
35	4000 及以上	$5.07 \times 10^4 \text{ Pa}$ (380mm Hg)	$6.08 \times 10^4 \text{ Pa}$ (0.6 个大气压)

#### 4. 冷却系统

容量为 20kVA 及以下的变压器, 平壁油箱已足以散掉变压器绕组和铁芯所产生的热量。容量较大的变压器, 油箱需要加焊扁管来增加散热面。扁管式油箱一般采用 1~3 排扁管。容量更大的变压器必须采用可拆卸的冷却装置, 其各种型式分别如图 1-10~图 1-13 所示。

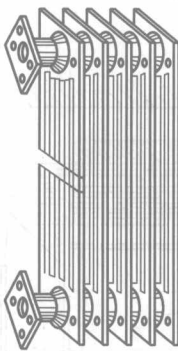


图 1-10 片式散热器

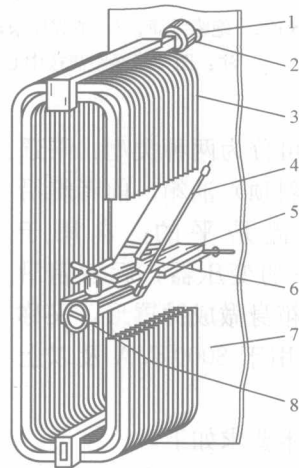


图 1-11 带风扇装置的扁管散热器

1—连管头; 2—阀门; 3—扁管散热器; 4—拉杆; 5—支座; 6—风扇电动机; 7—油箱壁; 8—进线盒

对强迫油循环风冷却器的技术要求如下。

- (1) 切除故障冷却器时, 应自动投入备用冷却器, 并发出音响及灯光信号。
- (2) 冷却系统的电源电压降低或发生故障时, 应自动投入备用电源, 并发出音响及灯光信号。
- (3) 风扇、油泵等电动机应有过负荷、短路及断相保护。
- (4) 按负荷情况, 应自动投入或切除相当数量的冷却器。
- (5) 冷却器的动力电源电压为三相交流 380V; 控制电源电压为交、直流 220V。