

D I A N L I B I A N Y A Q I S H O U C E

《变压器手册》编委会 编



# 电力变压器手册



辽宁科学技术出版社

L I A O N I N G K E X U E J I S H U C H U B A N S H E

# 电力变压器手册

《变压器手册》编写组 编

辽宁科学技术出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

电力变压器手册/《电力变压器手册》编写组编.-沈阳:  
辽宁科学技术出版社, 1990.5 (1996重印)

ISBN 7-5381-0815-7

I.电… II.电… III.电力变压器-技术手册 IV.TM41  
-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第25443号

---

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市和平区北一马路108号)

辽宁省新华书店发行 建平县印刷总厂印刷

---

开本:787×1092 1/16 印张:34<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数:792,000 插页:4

1990年5月第1版

1998年5月第3次印刷

---

责任编辑: 枫 岚

责任校对: 东 戈 王春茹

封面设计: 庆 芳

①

---

印数: 12,935—15,934

ISBN 7-5381-0815-7/TM·45 定价: 45.00元

## 内 容 提 要

本手册包含了目前6~110kV（部分220kV）油浸式电力变压器各个组成部分，及其各种组件（分接开关、套管、冷却装置等）的技术数据、结构型式、具体尺寸、检修工艺、安装方式、使用情况和材料性能等，是一本完整的变压器产品综合性手册。它覆盖面广，图表详尽，数据确切，技术先进，凡电力变压器的有关资料，均荟萃于本手册之中，可以随手查到需要的内容，非常实用。

本手册是从事变压器维护和检修的工程技术人员、工人不可缺少的工具，是制造单位各类人员的得力助手，也是变压器相关单位人员和大中专院校师生的良师益友。

## 前 言

《电力变压器手册》是一本综合性的产品手册，是发电厂、变电站、农电站以至于工厂变电所从事变压器维护和检修的工作人员不可缺少的工具；是变压器制造厂的管理、设计和工艺人员的得力助手；是变压器相关单位工作人员的良好益友；也是大中专院校学生课程设计的指南。本手册有以下几个特点：

内容广泛、充实。手册包括：6~110kV乃至220kV各系列油浸式电力变压器的技术数据；变压器本体各部件（铁心、线圈、绝缘、引线等）的具体结构、尺寸和装配方式；变压器各组件（分接开关、套管、散热器、冷却器、气体继电器、风扇和油泵等）的型式、组成和使用条件；变压器装配、安装、维护的操作程序和具体措施；变压器的导磁材料、导电材料、绝缘纸、绝缘油漆以及结构钢材和其他辅助材料的牌号、规格和性能。凡力所能及的资料，均采集无遗，荟萃于本手册之中。

取材先进、新颖。本手册是在变压器发展较为完善时编写的，也就是在变压器所用材料性能暂时稳定，电磁场计算日臻完善，结构基本定型，各种辅助装置相继得到改善的情况下编写的。因此，所依照的标准是最新的标准，给出的结构是先进的型式，列出的数值是成熟的数据，介绍的工艺措施是改进后的方法。如产品为低损耗系列，性能则按1986年的国标。即使是国外资料也是最新的，如列举的电工钢片的牌号和数据，对日本是1986年的，对苏联是1983年的。但是，考虑到许多运行中的变压器还是老产品，所以也介绍了老产品的特点。

篇幅紧凑、查找方便。为适应读者既可节省查找时间，又能提高查找兴趣、增进工作效率的需要，本手册是按照由内部结构到外部结构、由主机到辅机的程序编写的，故条理清晰、层次分明；从实用的角度出发，数据主要以图表的形式表示，且图中有表、表中有图，结构与数据同时出现，故内容

醒目而查找便利，提高了内容的实用性和可读性。与此同时，简明地阐述了产品结构的机理，数据取值的原由，以增加查找的兴趣感和踏实感，使读者既能知其然又知其所以然。如绝缘尺寸的确定、铁心直径的计算、线圈结构的设计等均涉及原理性方面的内容。

由于时间的迫促，编写人员工作的繁忙，难免有所疏漏，只好待将来给以修补，望读者即时给予指正。

虽然如此，由于本手册覆盖面广，而内容详尽，所以仍不失为迄今为止国内最全面的变压器方面的书籍，与国外同类型手册相比亦不逊色，有些章节尚鲜为人知，且图例是典型的，数据为代表性的，有闻一知二的效用。

本手册由韩忠民主编，执笔者：韩忠民（第一～三章）、高占邦（第四、七章）、吉锋（第五章）、杨伯俊（第六、八章）、季树青（第九章）、白岳山（第十章）、刘文君（附录），闻炳贤和徐同林对手册控制部分作了补充。

本手册由朱英浩审定，郑时伊校对。赵育文、刘军和苗艳伟参加了编辑整理工作。

王丁元（宁波变压器厂）、张柱庆（沈阳市第三变压器厂）、李德福（长春市第二电机厂）、沈如江（宁波江东电子电器厂）以及杜永年、黄子林等对本手册给与了支持，在此致以谢意。

《变压器》杂志编辑部

1989年5月

## 目 录

<b>第一章 技术数据和要求</b> ····· 1	<b>2. 铁心的截面和心柱直径</b> ····· 34
1. 原理与分类····· 1	(1) 铁心的截面····· 34
2. 技术数据····· 3	(2) 多级圆形截面的尺寸和叠片系数····· 35
(1) 相数和额定频率····· 3	(3) 铁心的直径····· 39
(2) 额定电压、额定电压组合和额定电压比····· 4	<b>3. 铁心的磁通分布和磁通密度</b> ····· 41
(3) 额定容量····· 5	<b>4. 铁心的叠积形式和叠积图</b> ····· 43
(4) 额定电流····· 7	(1) 铁心的叠积形式····· 43
(5) 绕组联结组标号····· 8	(2) 常用的铁心叠积图····· 45
(6) 分接范围(调压范围)····· 12	<b>5. 铁心的重量和空载性能</b> ····· 48
(7) 空载电流、空载损耗和空载合闸电流····· 13	(1) 铁心的重量····· 48
(8) 阻抗电压和负载损耗····· 14	(2) 空载性能····· 50
(9) 效率和电压调整率····· 15	<b>6. 变压器用电工钢片</b> ····· 51
(10) 温升和冷却方式····· 16	<b>7. 铁心的夹紧装置</b> ····· 53
(11) 绝缘水平····· 18	(1) 无孔绑扎、拉螺杆的夹紧结构····· 55
(12) 短路电流····· 20	(2) 无孔绑扎、拉板的夹紧结构····· 60
(13) 重量和尺寸····· 22	(3) 有孔铁轭螺杆、旁螺杆(或方铁)的夹紧结构····· 62
(14) 性能数据的允许偏差····· 22	<b>8. 铁心的绝缘和接地</b> ····· 66
3. 标准和产品的技术数据····· 24	(1) 铁心的绝缘····· 66
(1) 油浸式电力变压器标准的沿革····· 24	(2) 铁心的接地····· 67
(2) 变压器系列产品的变更····· 24	<b>9. 铁心的制造和检修</b> ····· 68
4. 技术要求····· 25	(1) 铁心片的剪切····· 69
(1) 油箱技术的要求····· 25	(2) 铁心片的涂漆····· 70
(2) 套管和储油柜位置的要求····· 26	(3) 铁心的叠装····· 71
(3) 保护装置的要求····· 28	(4) 铁心的检测····· 72
(4) 冷却装置等控制的要求····· 28	<b>第三章 绝缘数据与确定</b> ····· 76
(5) 起吊、安装、运输和储存的要求····· 30	
(6) 套管型电流互感器的要求····· 30	
<b>第二章 铁心结构与叠装</b> ····· 33	
1. 铁心的作用和型式····· 33	

1. 变压器绝缘的分类和承受的电压	76	(3) 低压圆筒式线圈施工图	123
2. 变压器试验电压的确定	78	(4) 低压圆筒式线圈的绕制	123
(1) 雷电冲击试验电压的确定	78	5. 高压圆筒式线圈	125
(2) 1分钟工频试验电压的确定	80	(1) 高压圆筒式线圈的结构特点	125
(3) 中性点试验电压的确定	82	(2) 高压圆筒式线圈施工图	126
(4) 局部放电试验电压的规定	83	(3) 高压圆筒式线圈的绕制	127
3. 线圈各点电压和各点间梯度(电压分布)	83	6. 饼式线圈结构的一般规定	128
(1) 工频试验电压下的电压和梯度	84	(1) 纵绝缘尺寸的规定	128
(2) 冲击试验电压下的电压和梯度	84	(2) 线圈结构的一般原则	131
4. 线圈内部保护和冲击特性	92	(3) 外线圈的一些规定	132
(1) 线圈的内部保护	92	(4) 内(中)线圈的一些规定(不包括螺旋式)	133
(2) 线圈的冲击特性	95	(5) 螺旋式线圈的一般规定	133
5. 变压器绝缘的电气强度	97	7. 连续式线圈	134
(1) 纯油间隙绝缘的电气强度	98	(1) 连续式线圈的结构特点	134
(2) 全固体绝缘和油-固体复合绝缘的电气强度	101	(2) 连续式线圈并联导线的换位	134
(3) 线圈间主绝缘的电气强度	103	(3) 连续式线圈施工图	136
(4) 端部绝缘的电气强度	104	(4) 连续式线圈的绕制	137
(5) 线圈纵绝缘的电气强度	108	8. 纠结式线圈	141
(6) 外部空气绝缘的电气强度	111	(1) 纠结式线圈的结构特点	141
第四章 线圈型式与绕制	113	(2) 纠结式线圈并联导线的换位	142
1. 变压器线圈结构的特点	113	(3) 纠结式线圈施工图	144
(1) 线圈的匝数	113	(4) 纠结式线圈的绕制	146
(2) 导线和电流密度	113	9. 内屏蔽式线圈	149
(3) 线圈的绕向和连接	114	(1) 内屏蔽式线圈的结构特点	149
(4) 并联导线的换位	116	(2) 内屏蔽式线圈的绕制特点	150
(5) 线圈的冷却油道	116	10. 螺旋式线圈	150
(6) 线圈的型式	116	(1) 螺旋式线圈的结构特点	150
2. 线圈绕制的工艺装备	118	(2) 螺旋式线圈并联导线的换位	150
3. 圆筒式线圈结构的一般规定	120	(3) 螺旋式线圈施工图	155
4. 低压圆筒式线圈	122	(4) 螺旋式线圈的绕制	158
(1) 低压圆筒式线圈的结构特点	122	11. 静电环的结构和制造	160
(2) 低压圆筒式线圈并联导线的换位	122	12. 线圈的修整和压紧	161
		(1) 机械力和压紧力	161
		(2) 保证线圈绝缘尺寸的方法	163
		(3) 线圈的修整和压紧过程	164
		(4) 线圈的浸漆和烘干	165



(5) 线圈的质量要求·····	165	3. 内部线圈引出线的引出·····	305
<b>第五章 分接开关及其使用</b> ·····	168	(1) 内部线圈端部引出线·····	305
1. 无励磁分接开关·····	168	(2) 内部中压线圈分接引出线·····	305
(1) 无励磁分接开关的性能和 数据·····	168	4. 器身绝缘的结构·····	306
(2) 三相中性点调压无励磁 分接开关·····	171	(1) 高压为40kV级及以下的器 身绝缘·····	306
(3) 三相中部调压无励磁分 接开关·····	174	(2) 高压为63kV级的器身绝缘·····	306
(4) 单相中部调压无励磁分 接开关·····	175	(3) 高压为110kV级的器身绝缘·····	308
2. 有载分接开关·····	179	(4) 高压为110kV级有载调压 的器身绝缘·····	310
(1) 有载分接开关的工作原理·····	179	(5) 高压为220kV级的器身绝缘·····	311
(2) 调压电路·····	181	5. 器身绝缘的装配·····	312
(3) 过渡电路·····	184	(1) 装配前的准备·····	313
(4) 选择电路·····	190	(2) 小型变压器的绝缘装配·····	313
(5) 有载分接开关的绝缘·····	196	(3) 大型变压器的绝缘装配·····	314
(6) 选择开关·····	201	(4) 器身绝缘装配的工具·····	316
(7) 有载分接开关·····	206	6. 变压器绝缘件的制造·····	318
(8) 电动机构·····	212	(1) 绝缘件制造的特点·····	318
(9) 有载调压控制器(调节器)·····	224	(2) 线圈垫块、撑条和其他粘 合件的制造·····	319
(10) 有载分接开关的并联·····	238	(3) 酚醛纸筒(硬纸筒)的制造·····	320
(11) 有载分接开关的安装·····	240	(4) 软角环的制造·····	320
3. MR公司的有载分接开关·····	247	<b>第七章 引线绝缘与装配</b> ·····	322
(1) V型选择开关·····	249	1. 引线的型式·····	322
(2) M型有载分接开关·····	264	2. 引线截面的选择·····	323
(3) T型有载分接开关·····	280	(1) 按电场强度和机械强度选取 (圆引线)·····	323
(4) 电动机构和其他附属装置·····	290	(2) 按短路温升和长期负载温 升选取(裸引线)·····	323
<b>第六章 器身绝缘与装配</b> ·····	296	(3) 按长期负载温升纸包引线的 选取·····	325
1. 器身绝缘件的作用·····	296	(4) 套管和分接开关引线的选取·····	329
(1) 铁轭垫块和铁轭绝缘·····	296	3. 引线的绝缘距离·····	331
(2) 铁轭隔板和相间隔板·····	296	(1) 引线间和引线到其他部分的 绝缘距离·····	332
(3) 正角环和反角环·····	300	(2) 套管下端到其他部分的绝缘 距离·····	335
(4) 纸筒和围屏·····	301	(3) 分接开关到其他部分的绝缘 距离·····	339
2. 线圈和器身绝缘的紧固·····	301		
(1) 辐向紧固·····	302		
(2) 轴向紧固·····	302		
(3) 紧固件·····	303		

(4) 线圈和器身到油箱的距离.....	342	(8) 温度计的安装.....	388
4. 引线的排列.....	344	(9) 电流互感器升高座的安装.....	390
(1) 高电压引线的排列.....	344	4. 箱壁和箱底组件的安装.....	390
(2) 低电压大电流引线的排列.....	344	(1) 冷却装置的安装.....	390
(3) 引线的机械力.....	345	(2) 净油器的安装.....	393
5. 引线的紧固与夹持.....	346	(3) 蝶阀的安装.....	394
(1) 引线夹持和引线夹尺寸.....	347	(4) 油样活门和塞子的安装.....	395
(2) 木支架、木件和分接开关的 紧固.....	348	(5) 闸阀的安装.....	395
6. 引线的连接与包扎.....	351	5. 变压器的总装配.....	395
(1) 引线的连接.....	351	(1) 器身下箱前的要求.....	397
(2) 引线的包扎和弯曲.....	354	(2) 器身的下箱.....	398
7. 引线的布置与结构.....	355	(3) 钟罩式油箱组件的装配.....	398
(1) 35kV 级及以下变压器的 引线.....	355	<b>第九章 套管和冷却装置</b> .....	403
(2) 110kV 级及以上变压器的 引线.....	360	1. 套管.....	403
8. 器身的引线装配.....	364	(1) 40kV 级及以下导杆式套管.....	404
(1) 装配前的准备.....	364	(2) 40kV 级及以下穿缆式套管.....	409
(2) 纸包圆引线的装配.....	364	(3) 40kV 级及以下电容式套管.....	413
(3) 纸包扁引线的装配.....	366	(4) 63kV 级及以上油纸电容 式套管.....	414
(4) 铜(铝)排引线的装配.....	366	(5) 油纸电容式套管装配与维修.....	416
<b>第八章 油箱、附属装置与装配</b> .....	367	2. 冷却装置.....	422
1. 变压器的外部结构.....	367	(1) 片式散热器.....	422
2. 油箱的结构.....	371	(2) 扁管散热器.....	427
(1) 桶式油箱.....	372	(3) 强油风冷却器.....	429
(2) 钟罩式油箱.....	373	(4) 强油水冷却器.....	441
(3) 油箱用吊拌.....	375	<b>第十章 运输、保管、安装与         运行</b> .....	445
(4) 套管安装垫板.....	377	1. 包装与运输.....	445
3. 箱盖和拱顶上组件的 安装.....	378	(1) 包装.....	445
(1) 套管的安装.....	378	(2) 铁路运输.....	446
(2) 分接开关的安装.....	378	(3) 公路运输.....	450
(3) 储油柜的安装.....	380	(4) 水路运输.....	450
(4) 油位计的安装.....	384	(5) 卸车.....	451
(5) 吸湿器的安装.....	385	2. 验收与保管.....	452
(6) 压力释放阀的安装.....	387	(1) 验收检查.....	452
(7) 气体继电器的安装.....	387	(2) 储存保管.....	453
		3. 现场安装.....	454

(1) 安装前的准备·····	455	数据 (1982年)·····	492
(2) 油的处理·····	458	附表1—13 S7—10kV 及以下系列低损 耗电力变压器的主要技术数据·····	497
(3) 变压器就位·····	461	附表1—14 SJL1—60kV 系列电力变 压器的主要技术数据 (1968年)·····	498
(4) 器身检查·····	461	附表1—15 SF(P)7—110kV系列低损 耗双绕组电力变压器的主要技术 数据·····	502
4. 注油与干燥·····	464	<b>附录二</b> ·····	506
(1) 变压器注油·····	464	附表2—1 变压器铁心截面和各级尺寸 (SL7、S7系列)·····	506
(2) 注油后的工作·····	465	附表2—2 国外一些国家冷轧电工钢片 电磁性能概况·····	507
(3) 绝缘干燥·····	465	附表2—3 日本冷轧取向电工钢带新、 旧型号及其主要技术数据·····	508
5. 交接验收与试运行·····	469	附表2—4 苏联冷轧取向电工钢带的 主要技术数据·····	508
(1) 交接验收·····	469	附表2—5 苏联组“0”冷轧取向电工 钢带(片)标准值·····	509
(2) 交接试验·····	470	附表2—6 电工钢片电磁性能数据 总表·····	509
(3) 试运行·····	471	<b>附录三</b> ·····	511
<b>附录一</b> ·····	474	附表3—1 变压器主要绝缘材料的规格 和物理性能·····	511
附表1—1 6、10kV50Hz三相双绕组 油浸式电力变压器标准技术数据·····	474	附表3—2 IEC—296 阻化绝缘油 标准·····	514
附表1—2 35kV50Hz 三相双绕组油浸 式电力变压器标准技术数据·····	475	附表3—3 美国丹尼森 (Dennison) 公司微皱纹纸·····	514
附表1—3 63kV50Hz 三相双绕组油浸 式电力变压器标准技术数据·····	476	附表3—4 英国惠特利 (Whitely) 公司象牌绝缘纸和绝缘纸板·····	515
附表1—4 110kV50Hz 三相双绕组油 浸式电力变压器标准技术数据·····	476	附表3—5 瑞士魏德曼 (Weidman) 公司绝缘纸板·····	515
附表1—5 110kV50Hz 三相三绕组油 浸式电力变压器标准技术数据·····	477	附表3—6 日本 Aroma 公司全聚芳酰 胺改良 A型纸板·····	516
附表1—6 220kV50Hz 三相双绕组油 浸式电力变压器标准技术数据·····	478	附表3—7 美国杜邦 (Du Pont) 公司 型 H级诺密克 (Nomex) 纸和纸板·····	516
附表1—7 220kV50Hz 三相三绕组油 浸式电力变压器标准技术数据·····	478	<b>附录四</b> ·····	517
附表1—8 220kV50Hz 三相自耦油浸 式电力变压器标准技术数据·····	479	附表4—1 纸包圆铜线 Z型、圆铝线 ZL 型 (JB662—75) 电磁线标准直径和 截面·····	517
附表1—9 SJL—35kV 及以下统一设 计系列电力变压器的主要技术数据 (1964年)·····	480		
附表1—10 SJL1—35kV 及以下统一 设计系列电力变压器的主要技术数据 (1967年)·····	482		
附表1—11 S9—10kV 及以下统一设 计系列低损耗电力变压器的主要技术 数据 (1985年)·····	489		
附表1—12 SL7—35kV及以下统一设 计系列低损耗电力变压器的主要技术			

附表4—2 高强度缩醛QQ—2型漆包圆铜线 (GB6109.3—85)规格和性能…… 517

附表4—3 纸包扁铜线 ZB 型、纸包扁铝线 ZLB 型 (JB662—75) 电磁线标称尺寸和截面 (油浸式变压器、互感器线圈用) …… 518

附表4—4 缩醛漆包扁铜线 QQB 型、扁铝线 QQLB 型 (JB2078—77) 标称尺寸和截面 …… 520

附表4—5 双玻璃丝包圆铜线 SBEC 型、圆铝线 SBELC 型 (GB1342—77) 标称尺寸和截面 …… 522

附表4—6 单丝 (包油性) 漆包圆铜线 SQ 型 (JB661—75) 标称直径 …… 522

附表4—7 双玻璃丝包扁铜线 SBECB 型、扁铝线 SBELCB 型和双玻璃丝包聚酯漆包扁铜线 QZSBECB 型、扁铝线 QZSBELCB 型 (GB1342—77) 标称尺寸和截面 …… 523

附表4—8 变压器中常用的屏蔽材料… 524

附表4—9 变压器绝缘常用浸渍漆、涂漆和粘合剂的性能 …… 524

**附录五** …… 526

附表5—1 变压器类产品引线用铜、铝圆线规格和性能 …… 526

附表5—2 变压器大电流引线用母线规格和性能 …… 527

附表5—3 变压器引线用电缆 (QJ/SB 32·19,17—87)、铜软绞线 TJR—1 和镀锡铜软绞线 TJRX—1 (JB2573—79) …… 528

附表5—4 变压器引线用铜棒 T2、T3 型 (GB4423—84) …… 528

附表5—5 变压器引线等用铝及铝合金挤压棒材 (GB3191—82) …… 529

附表5—6 变压器产品辅助用电线、电缆的规格 …… 529

附表5—7 变压器类产品其他导电有色金属材料 …… 530

**附录六** …… 532

附表6—1 变压器类产品结构件常用钢材 …… 532

附表6—2 变压器类产品金属件常用涂漆 …… 536

附表6—3 1—J8 橡胶料的物理和化学性能 (BZ032) …… 537

# 第一章 技术数据和要求

## 1. 原理与分类

变压器是一种通过改变电压而传输交流电能的静止感应电器。它有一个共用的铁心和与其交链的几个绕组，且它们之间的空间位置不变。当某一个绕组从电源接受交流电能时，通过电感生磁、磁感生电的电磁感应原理改变电压（电流），在其余绕组上以同一频率、不同电压输输出交流电能。因此，变压器的主要结构就是铁心和绕组\*。

铁心和绕组组装了绝缘和引线之后组成变压器的器身。器身一般装在油箱或外壳之

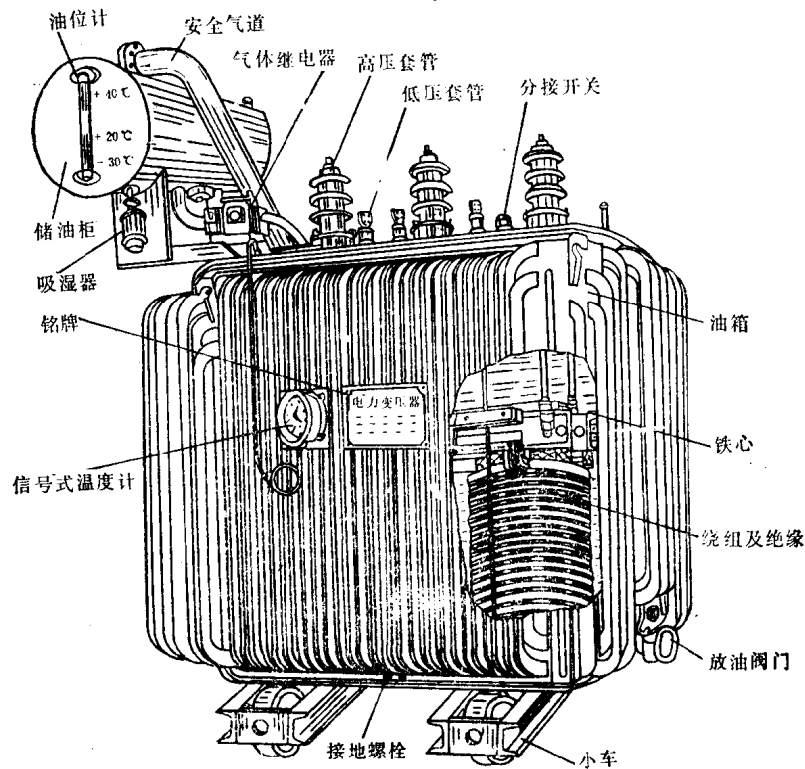


图1-1 中小型油浸式电力变压器

\* 按照国标GB1094.1~5-85《电力变压器》，绕组是“构成变压器规定电压之一所需的电路”，对于单相变压器绕组是线匝组合的电路，对于三相变压器绕组则指相线圈组合的电路。因此，绕组是指电路而言的，线圈是指结构而言的，本手册也以此加以区别。但是，通俗说来，绕组就是线圈。

中，再配置调压、冷却、保护、测温 and 出线等装置，就成为变压器的结构整体。图 1—1 是中小型油浸式电力变压器的典型结构。

变压器分为电力变压器和特种变压器。电力变压器又分为油浸式和干式两种。目前，油浸式变压器用作升压变压器、降压变压器、联络变压器和配电变压器，干式变压器只在部分配电变压器中采用。本手册只介绍油浸式电力变压器。

电力变压器可以按绕组耦合方式、相数、冷却方式、绕组数、绕组导线材质和调压方式分类。如表 1—1 所示，如称为单相变压器、双绕组变压器等。但是，这样的分类包含不了变压器的全部特征，所以在变压器型号中往往要把所有的特征均表达出来，并标记以额定容量和高压绕组额定电压等级。图 1—2 是电力变压器产品型号的表示方法。

例如：  
OSFPSZ—250000/220 表示自耦三相强迫油循环风冷三绕组铜线有载调压，额定容量 250000kVA，高压绕组额定电压 220kV 级电力变压器。

表 1—1 电力变压器的分类及其代表符号

分 类	类 别	代表符号
绕组耦合方式	自 耦	O
相 数	单 相 三 相	D S
冷却方式	油浸自冷 干式空气自冷 干式浇注绝缘 油浸风冷 油浸水冷 强迫油循环风冷 强迫油循环水冷	— (或 J) G C F S FP SP
绕组数	双绕组 三绕组	— S
绕组导线材质	铜 铝	— L
调压方式	无励磁调压 有载调压	— Z

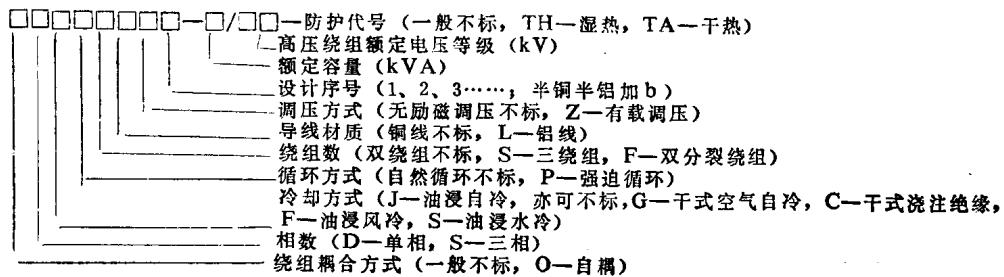


图 1—2 电力变压器产品型号的表示方法

## 2. 技术数据

描述变压器整个性能的是其技术数据。它们是变压器生产和使用、询价和订货时的主要依据。

变压器的技术数据一般都标在铭牌上(图1—3)。按照国家标准,铭牌上除标出

表1—2 电力变压器铭牌所标出的项目

	标 注 项 目	附 加 说 明
所有情况下	相数(单相、三相) 额定容量(kVA或MVA) 额定频率(Hz) 各绕组额定电压(V或kV) 各绕组额定电流(A) 联结组标号,绕组联结示意图 额定电流下的阻抗电压 冷却方式 使用条件 总重量(kg或t) 绝缘油重量(kg或t)	多绕组变压器应给出每个绕组的额定容量 三绕组自耦变压器应注出公共线圈中长期允许电流 6300kVA以下的变压器可不画联结示意图 实测值。如果需要应给出参考容量,多绕组变压器应表示出相当于100%额定容量时的阻抗电压 有几种冷却方式时,还应以额定容量百分数表示出相应的冷却容量; 强迫油循环变压器还应注出满载下停油泵和风扇电动机的允许工作时限 户内、户外使用,超过或低于1000m海拔等
某些情况下	绝缘的温度等级 温升 联结图 绝缘水平 运输重(kg或t) 器身吊重、上节油箱重(kg或t) 绝缘液体名称 有关分接的详细说明 空载电流 空载损耗和负载损耗(W或kW) 套管电流互感器的技术数据	油浸式变压器A级绝缘可不注出 当温升不是标准规定值时 当联结组标号不能说明内部连接的全部情况时 额定电压在3kV及以上的绕组和分接绝缘绕组的中性端 8000kVA及以上的变压器 器身吊重在变压器总重超过5t时标注,上节油箱重在钟罩式油箱时标出 在非矿物油时 8000kVA及以上的变压器标出带有分接绕组的示意图,每一绕组的分接电压、分接电流和分接容量,极限分接和主分接的短路阻抗值,以及超过分接电压105%时的运行能力等 实测值。8000kVA或63kV级及以上变压器 实测值。8000kVA或63kV级及以上变压器。多绕组变压器的负载损耗应表示各对绕组工作状态的损耗值 亦可采用单独的标志

变压器名称、型号、产品代号、标准代号、制造厂名(包括国名)、出厂序号、制造年月等以外,还需标出变压器技术数据,如表1—2所示。变压器的技术数据内容如下\*。

### (1) 相数和额定频率

变压器分单相和三相两种。一般均制成三相变压器以直接满足输配电的要求,小型变压器有制成单相的,特大型变压器做成单相后组成三相变压器组,以满足运输的要求。

变压器额定频率是所设计的运行频率,我国为50Hz。频率对变压器数据的影响如表1—3所示。

\* 主要按国标GB1094.1—5—85《电力变压器》,GB6451.1—5—86《三相油浸式电力变压器技术参数和要求》以及GB311.1—6—83《高压输变电设备的绝缘配合 高电压试验技术》。

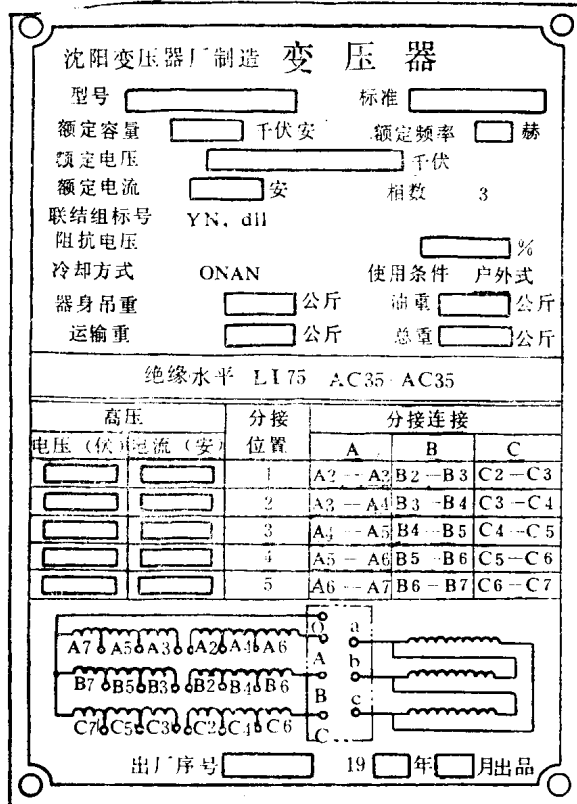


图 1—3 变压器的铭牌示意图

## (2) 额定电压、额定电压组合和额定电压比

a. 额定电压 变压器的一个作用就是改变电压,因此额定电压是重要数据之一。变压器的额定电压应与所连接的输变电线路电压相符合,我国输变电线路电压等级 (kV) 为

0.38、3、6、10、15 (20)、35、63、110、220、330、500

输变电线路电压等级就是线路终端的电压值,因此连接线路终端变压器一侧的额定电压与上列数值相同。线路始端 (电源端) 电压考虑了线路的压降将比等级电压为高。35kV 以下电压等级的始端电压比电压等级要高 5%, 而 35kV 及以上的要高 10%, 因此变压器的额定电压也相应提高。线路始端电压值 (kV) 为

0.4、3.15、6.3、10.5、15.75、38.5、69、121、242、363、550

由此可知, 高压额定电压等于线路始端电压的变压器为升压变压器, 等于线路终端电压 (电压等级) 的变压器为降压变压器。

变压器产品系列是以高压的电压等级而分的, 现在电力变压器的系列分为 10kV 及以下系列、35kV 系列、63kV 系列、110kV 系列和 220kV 系列等。

额定电压是指线电压, 且均以有效值表示。但是, 组成三相组的单相变压器, 如绕



表1—3 电源频率  $f$  与变压器性能数据的关系 (电源电压不变)

性能数据	与电源频率 $f$ 的关系	频率由50Hz变为60Hz
空载电流 无功分量 ( $I_{0r}$ )	$I_{0r} \propto f B_c^2$ ( $B_c$ 磁通密度) 而 $B_c = \frac{e_t \times 10^4}{4.44 A_c} \frac{1}{f} = \frac{k_1}{f}$ 所以 $I_{0r} \propto f B_c^2 = k_1^2 / f$	与频率成反比, 空载电流主要是无功分量, 故空载电流降低到 $50/60 = 0.834$ 倍
空载损耗 ( $P_0$ )	$P_0 = k_{0p} f^{1.3} B_c^2$ 而 $B_c = k_2 / f$ 所以 $P_0 = k_0 f_p^{1.3} (k_2 / f)^2 \propto f^{-0.7}$	与频率 $-0.7$ 次方成正比, 空载损耗降低到 $(60/50)^{-0.7} = 0.88$ 倍
电抗值 ( $X$ )	$X \propto f$ (由其计算公式得)	与频率成正比, 电抗值增加到 $60/50 = 1.2$ 倍
负载损耗 ( $P_f$ )	负载损耗中占70%的电阻损耗与频率无关, 而占30%的涡流和杂散损耗与频率 $f^2$ 成正比	负载损耗增加到1.12倍, 即 $P_{f60} = 70\% P_f + (60/50)^2 \times 30\% P_f$ $= 112\% P_f$
温升和 输出容量	空载损耗随频率增加而降低, 负载损耗则增加, 负载损耗大, 所以总损耗也增加	总损耗增加, 温升增加, 输出容量降低

组为星形联结, 则绕组的额定电压以线电压为分子,  $\sqrt{3}$  为分母表示, 如  $380/\sqrt{3}$  V。

变压器应在105%的额定电压下输出额定电流, 因为5%过电压下的较高空载损耗而引起的温升稍许增长可略去不计。对于特殊的使用情况(如变压器的有功功率可以在任何方向流通), 用户可在不超过110%的额定电压下运行。因此变压器铁心的磁通密度选取值要偏低, 以防止过励磁。当电流为额定电流的  $k$  ( $0 \leq k \leq 1$ ) 倍时, 一般应按下式对电压加以限制:

$$U(\%) = 110 - 5k^2$$

b. 额定电压组合 变压器的额定电压就是各绕组的额定电压, 是指施加的或空载时产生的电压。空载时, 某一绕组施加额定电压, 则变压器其它绕组都同时产生额定电压。绕组之间额定电压组合是有规定的, 参见表1—9。

c. 额定电压比 额定电压比是指高压绕组与低压或中压绕组的额定电压之比, 所以额定电压比  $K \geq 1$ 。

### (3) 额定容量

变压器的主要作用是传输电能, 因此额定容量是它的主要数据。它是表观容量的惯用值, 表征传输电能的大小。

变压器额定容量与绕组额定容量有所区别: 双绕组变压器的额定容量即为绕组的额定容量; 多绕组变压器应对每个绕组的额定容量加以规定, 其额定容量为最大的绕组额定容量; 当变压器容量由冷却方式而变更时, 则额定容量是指最大的容量。

我国现在变压器的额定容量等级是按 $\sqrt{10}$ 倍数增加的R10优先数系, 只有30kVA和63000kVA以上的容量等级与优先数系有所不同。具体的容量等级如表1—4所示。

1967年以前变压器的额定容量等级是按 $\sqrt[3]{10}$ 倍数增加的R8容量系列。具体容量等