

能源部电力机械局

电站配套设备产品手册

9

电器 电瓷

水利电力出版社

能源部电力机械局

电站配套设备产品手册



电器 电瓷

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本手册为《电站配套设备产品手册》第九册,编入了变压器、消弧线圈、电抗器、电容式电压互感器、高压电压互感器、高压电流互感器、35kV多油断路器、高压隔离开关、变压器调压开关、漏电保护器、高压熔断器、高压开关柜、低压配电屏、电能计量柜、静电电容器柜、离相封闭母线、净油机、高压线路绝缘子、高压电站绝缘子、高压电器瓷套及其他类瓷绝缘子等内容。概括地介绍了这些产品的适用范围、型号含义、工作原理、结构特点、主要技术数据、生产厂家及供货情况等。本手册可供从事电力工程设计、电力生产施工、物资管理等工作的有关人员参考,还可供有关院校师生和产品设计院(所)、生产厂家的工程技术人员参考。

电站配套设备产品手册

第九册

电器 电瓷

能源部电力机械局

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 26.5印张 605千字

1993年6月第一版 1993年6月北京第一次印刷

印数 0001—4570 册

ISBN 7-120-01819-1/TM·482

定价 19.00 元

前 言

随着电力生产建设的发展，特别是大电厂、大机组对发电、供电配套设备和专用施工机械要求的提高，部党组对电力修造企业提出了四项任务：保设备，搞好备品配件生产和发电设备的检修；加快电力建设，发展水电、火电、输变电专用施工机械；提高电站装备水平，生产安全、可靠、节能、高效的电站配套设备；积极开展机电产品出口。多年来，电力修造企业在工作中认真贯彻部党组的要求，发挥了身在电力系统中，熟悉生产，能与设计、安装、运行密切配合的优势，在确保生产维修的前提下，先后开发研制了一批发电、供电配套设备和专用施工机械，并使之广泛应用于电力系统和其它行业。到1989年底，已有36种产品被评为“国优”，128种产品被评为“部优”，部分产品替代了进口产品，1989年产品出口创汇1300多万美元。

为满足设计部门、基建单位和各级管理机构在工作和工程中的需要，我们本着“力求实用”的指导思想组织编写了这套以发电、供电配套设备及大型专用施工机械为主要内容的产品手册。

全套手册共分十一册：

- 第一册 煤场设备、输煤设备；
- 第二册 制粉和燃烧设备、除尘和除灰设备；
- 第三册 清污和清洗设备、水处理设备、制氢装置、换热设备；
- 第四册 泵组、风机、消音器、隔音室；
- 第五册 汽机旁路装置、阀门、管道附件、电缆桥架；
- 第六册 电站主设备继电保护装置；
- 第七册 输电线路继电保护装置；
- 第八册 发电厂和变电站自动化设备及仪器仪表；
- 第九册 电器、电瓷；
- 第十册 载波通信系统设备；
- 第十一册 起重和运输设备。

这套产品手册由生产厂供稿，我局组织编写。在编写过程中，许多单位给予了大力支持，许多同志提出了宝贵意见，在此一并致谢。我们热切希望这套手册能给广大使用者以方便。由于编写时间偏紧和调查了解不够，可能有的产品被遗漏或内容出现讹误，恳请广大读者指正。

能源部电力机械局

1990年11月

编写说明

本册为《电站配套设备产品手册》第九册,介绍了电器和电瓷产品,包括变压器、消弧线圈、串联电抗器、电容式电压互感器、高压电压互感器、高压电流互感器、35kV多油断路器、高压隔离开关、变压器分接开关、漏电保护器、高压熔断器、高压开关柜、低压配电屏、电能计量柜、静电电容器柜、离相封闭母线、净油机、高压线路绝缘子、高压电站绝缘子、高压电器瓷套及其他类绝缘子。

本册由王慕道(山东电力设备厂)编撰统稿,主要由广州电力设备厂冯定一、四川内江变压器厂康忠璞、兰州电器厂程树楷、湖南电力电瓷电器厂刘光斗、湖北省岳口电力设备厂陶茂柏等同志协助提供资料。消弧线圈及串联电抗器部分承蒙北京电力设备厂邓升渠同志审阅。编撰过程中还得到能源部电力机械局王作宾、董益成二位同志的关心和帮助,在此一并致谢。

编者在所提供的资料的基础上,进行了系统整理、加工和编写工作,对其中的文字、图形、表格等作了一些增删,对技术参数中的物理量单位也按国家法定计量单位作了订正和换算。限于编者经验和水平,书中定有讹误和不当之处,恳请读者匡正。

编 者

1992年5月

目 录

前 言

编写说明

第一部分 变压器	1
一、220kV 级电力变压器	1
二、63~110kV 级电力变压器	35
三、H 型低损耗110kV 级电力变压器	71
四、35kV 级电力变压器	80
五、10kV 级电力变压器	117
六、电炉变压器	137
七、接地变压器	142
第二部分 电器	144
八、消弧线圈	144
九、电抗器	153
十、电容式电压互感器	156
十一、高压电压互感器	160
十二、高压电流互感器	168
十三、35kV 级多油断路器	179
十四、隔离开关	185
十五、变压器分接开关	189
十六、漏电保护器	204
十七、高压熔断器	207
十八、高压开关柜	212
十九、低压配电屏	303
二十、电能计量柜	355
二十一、静电电容器柜	362
二十二、离相封闭母线	369
二十三、真空净油机	372
第三部分 电瓷	374
二十四、棒形悬式合成绝缘子	374
二十五、高压线路盘形悬式绝缘子	377
二十六、高压线路针式瓷绝缘子	380
二十七、高压线路蝶式绝缘子	382
二十八、架空电力线路用拉紧绝缘子	384
二十九、电站用高压支柱绝缘子	386
三十、高压穿墙套管	393

三十一、35 kV 及以下变压器瓷套.....	397
三十二、互感器瓷套.....	402
三十三、断路器瓷套.....	405
三十四、避雷器瓷套.....	408
三十五、耦合电容器瓷套.....	410
三十六、户外鼎足式电缆头瓷套.....	411
三十七、其他类瓷绝缘子.....	413
第四部分 生产厂通讯录	417

一、220kV级电力变压器

1. 用途

[illegible]

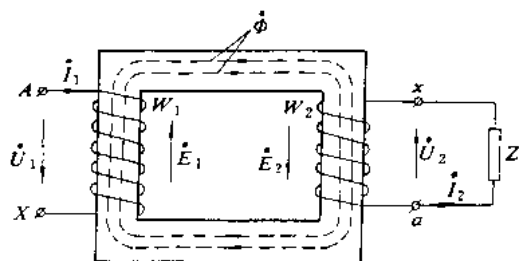


图 1-1 变压器工作原理图

3. 工作原理

变压器的基本原理是电磁感应原理，现以单相双绕组（或三相中一相）变压器为例说明其工作原理（如图1-1所示）。

当匝数为 W_1 的一次绕组 AX 接到频率为 f 和电压为 $\dot{U}_1$ 的正弦交流电源，二次侧开路，则一次绕组中流过励磁电流 $\dot{I}_1$ ，铁芯中产生主磁通 $\dot{\Phi}$ （最大值 $\dot{\Phi}_m$ ）及经铁芯外回路的漏磁通 $\dot{\Phi}_s$ 。

主磁通在一、二次绕组中分别感应出电动势 $\dot{E}_1$ 、 $\dot{E}_2$ ，匝数为 W_2 的二次绕组 ax 端就有电压 $\dot{U}_2$ 。如果忽略励磁磁动势，绕组的电阻 r_1 、 r_2 及漏磁通产生的电抗 x_1 、 x_2 不计，在这种理想状态下，根据电磁感应定律和电动势平衡原理可得

$$\begin{cases} U_1 = E_1 = 4.44 f W_1 \Phi_m \\ U_2 = E_2 = 4.44 f W_2 \Phi_m \end{cases}$$

则

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = k$$

由上式可看出，由于变压器一、二次绕组匝数的不同，可起到改变电压的作用。

当二次绕组接上负载，流过电流 I_2 时，由于忽略了励磁磁动势，而二次磁动势 $F_2 (I_2 \times W_2)$ 必然抵消一次磁动势 $F_1 (I_1 \times W_1)$ 。为了保持平衡，二次电流越大，一次电流也越大，其磁动势平衡关系为

$$I_1 W_1 = I_2 W_2$$

得电流变换关系为

$$I_1 / I_2 = W_2 / W_1 = 1 / K$$

从上式可看出，变压器的电流变换关系与电压变换关系正好相反，即电压比扩大 K 倍，电流比就缩小 K 倍，因而变压器传输电能的容量关系为：一次输入容量 S_1 等于二次输出容量 S_2 （略有损失），即

$$S_1 = U_1 I_1 = K U_2 \times \frac{1}{K} I_2 = U_2 I_2 = S_2$$

综上所述，变压器是一种可改变电压、电流，可传输电能的静止电器。

4. 结构简介

220kV级电力变压器是由铁芯、绕组、器身绝缘、引线、散热装置及组部件（储油柜、安全气道或压力释放阀、气体继电器、无励磁调压开关或有载调压开关、放油阀、油样阀、测温装置、套管、净油器、吸湿器、小车等）组成。油箱中注有变压器油作为绝缘和散热用。

（1）铁芯

变压器铁芯是由铁芯柱及上下铁轭组成，铁芯柱截面是外接圆内阶梯形，铁轭截而是随铁芯直径大小而不同。铁芯是由优质冷轧晶粒取向的硅钢片叠积而成，叠片之中设有供散热用的油道。铁芯柱用无纬环氧玻璃粘带绑扎，铁轭通过穿心螺杆用夹件夹紧。铁

芯的四角冲有矩形槽，内装方铁与夹件相连，供拉紧夹件、吊起器身和承受线圈短路机械应力用。上夹件焊有吊环，供吊运变压器器身用。强油导向的变压器，下夹件装有导油管，使冷却器打入油箱的油大部分导入绕组。

所有“7”或“8”型产品铁芯均为 45° 全斜接缝无孔结构，芯柱用无纬环氧玻璃粘带绑扎，上下铁轭通过装在夹件上的拉带夹紧。上下夹件利用铁芯两侧的低磁钢拉板牢固地连接在一起，构成钢性较强的框架式铁芯结构。

（2）绕组

变压器绕组均采用纸包扁铜线连续绕制而成饼式线圈。电压为110kV级及以上绕组采用纠结绕法或插入电容连续式绕法，有效地改善了冲击电压分布。电压为35kV级及以下绕组按其电流大小，采用连续式或螺旋式绕法。

高中压绕组根据调压方式、调压范围，级电压抽有分接头与无励磁调压开关或有载调压开关相连，实现分接调压。

绕组是靠其上部的压板并借助上夹件的压钉压紧，使其成为紧固的整体。

（3）绝缘

为降低局部放电量，变压器的铁芯柱外均设有地屏，地屏与绕组间用绝缘纸板制成的软纸筒与油隙撑条隔开，其空隙供铁芯、绕组散热与绝缘之用。

高、中、低压绕组之间采用纸筒和油隙绝缘，纸筒间、纸筒与绕组间均留有油隙，构成油隙-纸筒-油隙的结构。绕组的端部是靠纸筒的延伸和角环遮盖，以保证其端部的绝缘强度。

绕组与铁轭间的绝缘是由铁轭垫块与铁轭绝缘组成。因铁轭外形为阶梯状，所以首先用垫块将铁轭垫平，再垫铁轭绝缘。铁轭垫块与铁轭绝缘均用铆有层压垫块的纸板圈制成，并挖有圆孔与导油管相连，使大部分变压器油进入绕组，以达到绕组绝缘与散热的目的。

外层高压绕组由绝缘纸板制成的围屏包裹，外用绝缘纸板制成的拉带固定。围屏可起到相间绝缘与使流入绕组的变压器油由绕组上部流出的导向作用。

（4）引线

引线是由铜电缆、铜杆、铜管、铜排制成。引线绝缘厚度根据引线与相邻导体间的试验电压、距离及电极形状而定，一般选用皱纹纸包扎，或用绝缘纸板隔开。

为了改善引线表面电场强度分布，引线焊接部位在修平、整圆后，包扎金属泊尽量使其呈光滑圆柱面式圆弧面，而后再包扎绝缘纸。

为保证引线的相对位置不变，引线均用强度较高的硬质木夹件固定。

（5）油箱

油箱是用钢板焊接而成，为检修方便，油箱均采用钟罩式。钟罩式油箱分上、下节油箱两部分，上、下节油箱的连接处在变压器下部靠近箱底部，器身用定位螺钉固定在下节油箱上，吊拌均焊在下节油箱上，上节油箱的吊拌只做吊起上节油箱用，切不可吊总重。为防止漏磁引起油箱发热，油箱顶部大电流瓷套出线法兰用反磁不锈钢制成，或在普通钢法兰上开槽，槽口镶焊反磁不锈钢板，用以隔磁并防止发热。整个油箱用型钢加强，使之

有较高的机械强度，能承受正压98kPa，真空度133kPa。

（6）储油柜

储油柜是一种油保护装置，可缩小变压器油与空气的接触面，以减轻变压器油受潮和氧化的程度。储油柜的容积约为变压器总油量容积的10%左右，以保证变压器油因温度变化而引起热胀冷缩时起到调节作用。

220kV级电力变压器均采用胶囊或隔膜式密封储油柜。

胶囊式储油柜内装橡胶胶囊，见图1-2，胶囊内部经吸湿器与大气相通，胶囊因受大气压力在柜内紧贴油面。储油柜下部装一小油枕，内装小油压袋，油压袋和与大气相通的油位计相连，油压袋中的油仅供油位计指示用。当变压器油箱中的油膨胀时，储油柜中油面上升，压迫胶囊向外排气，小油压袋受压，油位计油面上升。当储油柜中油面下降回流到油箱中时，储油柜内呈负压状态，胶囊便自行充气平衡内外压力，小油压袋受压减少，油位计油面降低。

胶囊式储油柜使用时，应严格按说明书规定执行。

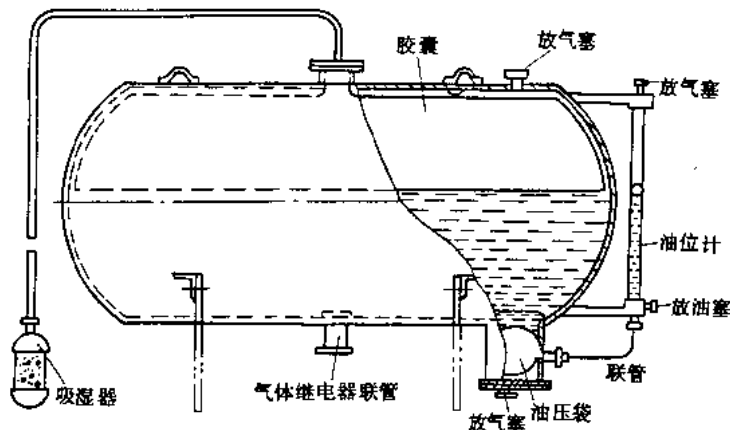


图 1-2 胶囊式储油柜结构图

隔膜式密封储油柜结构见图1-3。隔膜是用半圆筒式的橡胶隔膜制成，其周边压装在上下柜沿之间，内侧紧贴在油面上，外侧经吸湿器与大气相通。集聚在隔膜外的凝露水，可通过放水阀放出。柜内油面通过铁磁式油位计来指示。储油柜下部有集气盒，变压器运行时，变压器油体积发生变化必经集气盒进入或排出，而伴随油流中的气体被聚集在集气盒中，不能进入储油柜，从而避免出现假油位。集气盒中的集气情况可通过观察窗看到，集气可通过排气管的阀门排出。隔膜式储油柜使用时，也应严格按说明书规定执行。

（7）压力释放装置

变压器的安全气道是一个长钢筒，上端装有一定厚度的玻璃或酚醛纸板，当变压器内部发生故障，油箱内压力达到50kPa时，油流和气体将冲破玻璃或酚醛纸板向外喷出，以避免发生油箱爆炸事故。安全气道下端箱顶内有一挡气圈，可避免箱顶内表面移动的气体进入安全气道而不通过气体继电器。

目前大型变压器已普遍使用压力释放阀来代替安全气道，其作用是一样的。压力释放

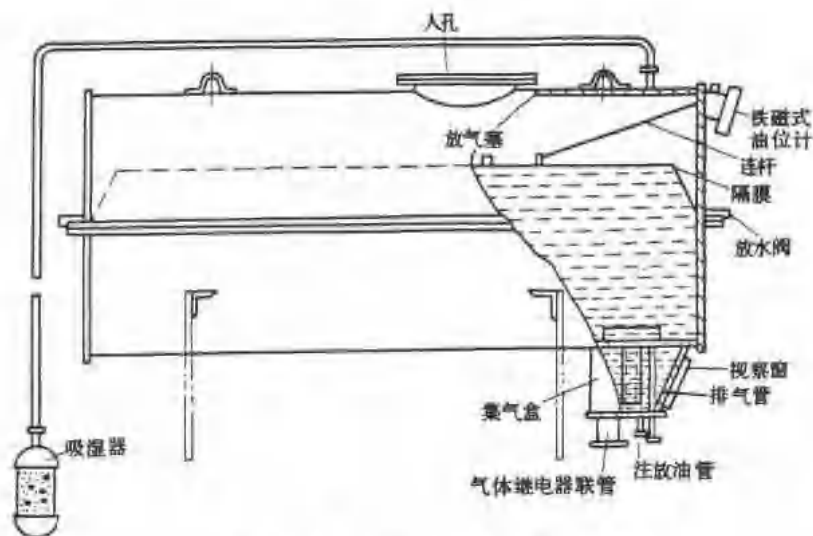


图 1-3 隔膜式密封储油柜结构图

阀直接安装在油箱箱顶，由于阀体高度小，所以不影响套管的对地距离。另外压力释放阀能在压力为 $53.9 \pm 4.9 \text{ kPa}$ 时开启，开启的同时可通过微动开关发出信号，在压力为 29.4 kPa 时自动闭合，闭合后还可继续使用。压力释放阀开启时间不大于 2 ms ，为保证阀内承受的静油压力小于阀的开关压力，储油柜最高油面至压力释放阀的顶部距离不宜太大，一般要小于 2 m 。压力释放阀结构如图1-4所示。安装使用压力释放阀时应参看说明书。

(8) 气体继电器

气体继电器是安装在变压器的油箱与储油柜的连管之间。气体继电器是当变压器内部发生故障时，在内部故障气体或油流的作用下动作，接通信号或跳闸回路，使变压器从电网切除或发出报警信号，从而起到保护变压器的作用。

目前采用的挡板式磁力接点气体继电器的结构如图1-5所示。当气体达到一定容积后，开口

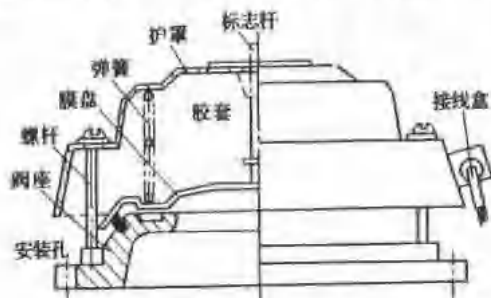


图 1-4 压力释放阀结构

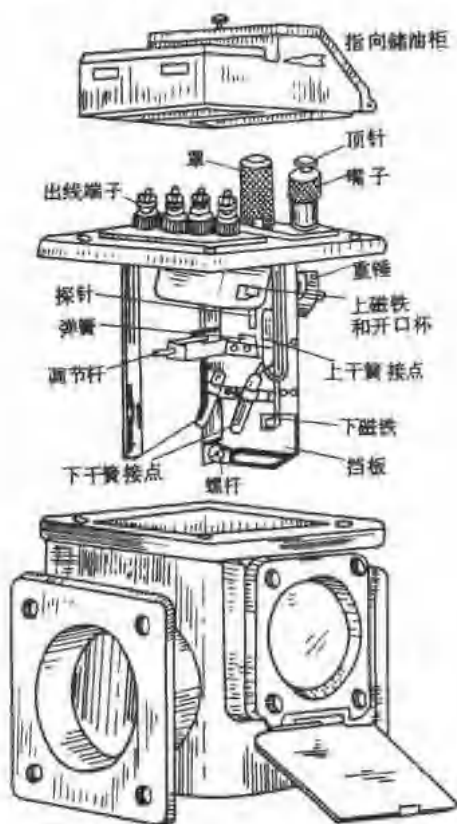


图 1-5 挡板式气体继电器

杯下沉，上磁铁使上干簧接点闭合，接通发出报警信号，其动作容积的调节范围为 $200 \sim 400\text{cm}^3$ 。当变压器发生严重故障时，在油流冲动挡板后，下磁铁使下干簧接点闭合，接通跳闸回路，将变压器电源切断使故障不再扩大，其动作流速调节范围为 $0.35 \sim 12\text{m/s}$ 。

(9) 分接开关及操作机构

无励磁调压分接开关是在变压器与网络断开的情况下，用以变换一次侧或二次侧分接头，改变其绕组的有效匝数以实现分级调压的装置。220kV级无励磁调压变压器均选用单相中部调压无励磁分接开关。该开关分为竖条形（DWJ型）和楔形（DWP型）两种，它是由手动操作机构、操作杆与开关本体组成，操作机构固定在箱顶，开关本体固定在变压器器身的木件上，在变压器安装时，用操作杆通过销钉将二者连接起来。

有载调压分接开关是在变压器带负载或有励磁情况下，用以变换一次侧分接头，改变其绕组的有效匝数以实现分级调压的装置。有载调压开关由切换开关、选择开关及操作机构组成。为避免开关中变压器油与油箱中变压器油相混，有载调压开关有单独的油室、油枕，并附设有注油、放油管路。有载调压开关在变换分接头过程中采用过渡电路，以限制其过渡时的循环电流，目前大都采用电阻式过渡电路，所以又称电阻式有载调压开关。

电阻式有载调压开关分为复合型与组合型两种。复合型的开关本体、切换开关和选择开关合并为一体，称切选开关，即选择开关兼有切换触头。组合型开关的切换开关与选择开关是分开的。操作机构可电动也可手动。操作时应严格按开关使用说明书进行。

(10) 强油循环风冷却器

强油循环风冷却的变压器均装有风冷却器，见图1-6，装用冷却器的数量是按变压器总损耗选择的。

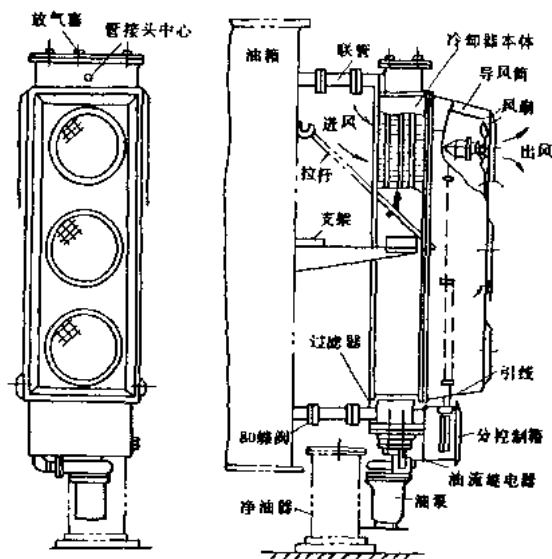


图 1-6 强油循环风冷却器外形图

风冷却器是用潜油泵强迫油循环使油与冷却介质空气进行热交换的冷却器，它由冷却器本体、潜油泵、风扇电动机、导风筒、流速继电器、冷却器支架（或拉杆）、联管、活

门及塞子、分控箱等组成。

风冷却器本体为一组带有螺旋肋片的金属管，两端各有一个集油室，金属管的端部焊在集油室的多孔板上。由于冷却器是多回路的，在集油室内焊有隔板，用以形成多回路的油循环路径。潜油泵装在本体的下方，导风筒在本体的外侧，风扇电动机装在风筒内，流速继电器装在潜油泵出油端的联管上，如果油的流速低于规定速度，流速继电器可自动发出报警信号。每台变压器有一个总控制箱，每组冷却器装一个分控制箱，可以控制油泵和风扇的自动投入或切除。

(11) 强油循环水冷却器

强油循环水冷却的变压器上均装有YS型水冷却器，见图1-7，装用水冷却器的数量是按变压器的总损耗选择的。

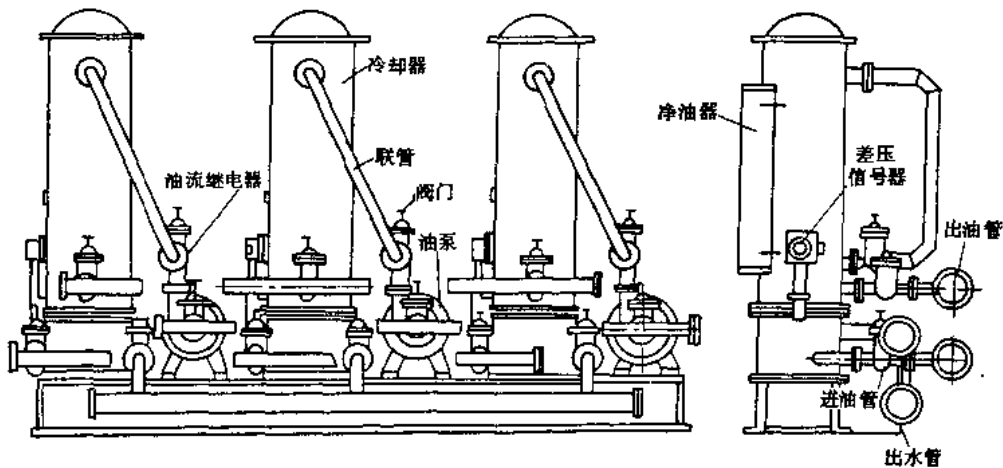


图 1-7 强油循环水冷却器组外形图

强油循环水冷却器是用潜油泵强迫油循环使油与冷却介质水进行热交换的冷却器，它是由水冷却器本体、潜油泵、净油器、压差继电器、流速继电器、电动阀门、普通阀门、压力计、温度计等组成。每台变压器的冷却系统均有一总控制箱。

水冷却器本体是由一个油室和两个水室构成。油室为一圆钢筒，两端为多孔端板，两端板间装有冷却铜管，管内通水。管外空间沿高度方向有数块横隔板，形成曲折通道，热油流由进油口流入油室，在冷却铜管外自上向下流流，且被横隔板阻隔从而呈“S”形流动。下水室内设一隔板，水流由下水室进水口流入，沿多管区上升到上水室，再从少管区向下流入下水室，经出水口流出，呈“U”形流动。因此，形成油水热量交换的冷却系统，从而使变压器油充分冷却。

压差继电器是水冷却器的重保护装置，其高压端接在油出口处，低压端接在冷却水进口处，为防止水管损伤时水渗入到油回路中，油压必须大于水压58.8kPa，否则发出报警信号。为加大冷却器的油水压差，潜油泵装在冷却器的入口侧，每台水冷却器入水口还装有电动阀门，可对冷却水停供进行遥控。为防止变压器油老化，冷却器本体油室的侧壁上

还附有净油器。

(12) 阀门

变压器的油箱下部装有放油阀与油样阀，散热器与油箱间、储油柜与油箱间装有蝶阀，供装配与拆卸时用。

(13) 套管

变压器套管是将变压器内部的高、低压引线引到油箱外部的出线装置，作引线对地绝缘并固定引线用。

110kV级及以上的套管常选用油纸电容式套管，它是由上、下瓷套、电容芯子、储油柜、安装法兰与均压球组成。上、下瓷套为外绝缘，内绝缘电容芯子是用电缆纸和铝箔在导管上加压力交替卷制而成。套管中的油与油箱的油不通，套管头部装有储油柜，中部有安装法兰，尾部有均压球均匀电场强度。套管整体用头部的强力弹簧通过导管并借助底座串压而成。

电容芯子最里屏为零屏，与导管相连成同电位，最外屏为地屏，经接地小套管与安装法兰一起接地呈零电位，此接地只有在测量套管介质损耗率时才可断开。

套管头部储油柜有抽真空与注油用的塞子，中部安装法兰有油样塞，尾部有放油塞，可调整套管中的油量。

(14) 吸湿器

吸湿器与储油柜配合使用，是储油柜呼吸过程中的一个过滤器。吸湿器下端空气进口处设有油封装置，在容器内装有干燥的硅胶或活性氧化铝，用以除去吸入空气中的尘埃和水份。

(15) 小车

变压器一般不供给小车，但在箱底都焊有能装置小车的支架，如需要小车可在订货时提出。小车是供变压器安装和检修时低速拖动变压器用的。

(二) 订货须知

订货时必须注明下列各项：

- (1) 产品名称；
 - (2) 产品型号；
 - (3) 额定容量 (kVA)；
 - (4) 高压额定电压 (kV)，调压级数及分接电压百分数；
 - (5) 中压额定电压 (kV)，调压级数及分接电压百分数；
 - (6) 低压额定电压 (kV)；
 - (7) 阻抗电压百分数 (%)；
 - (8) 连接组标号；
 - (9) 特殊要求 (如冷却水温度、海拔高度、相数、频率、有载调压开关绝缘水平、是否带小车等)；
 - (10) 注意以上数据应尽量符合本手册及国家标准《电力变压器》的规定。
- (三) 主要技术参数、外形尺寸及生产厂家 (图1-8~图1-33，表1-1~表1-26)

1. SFP3-360000/220

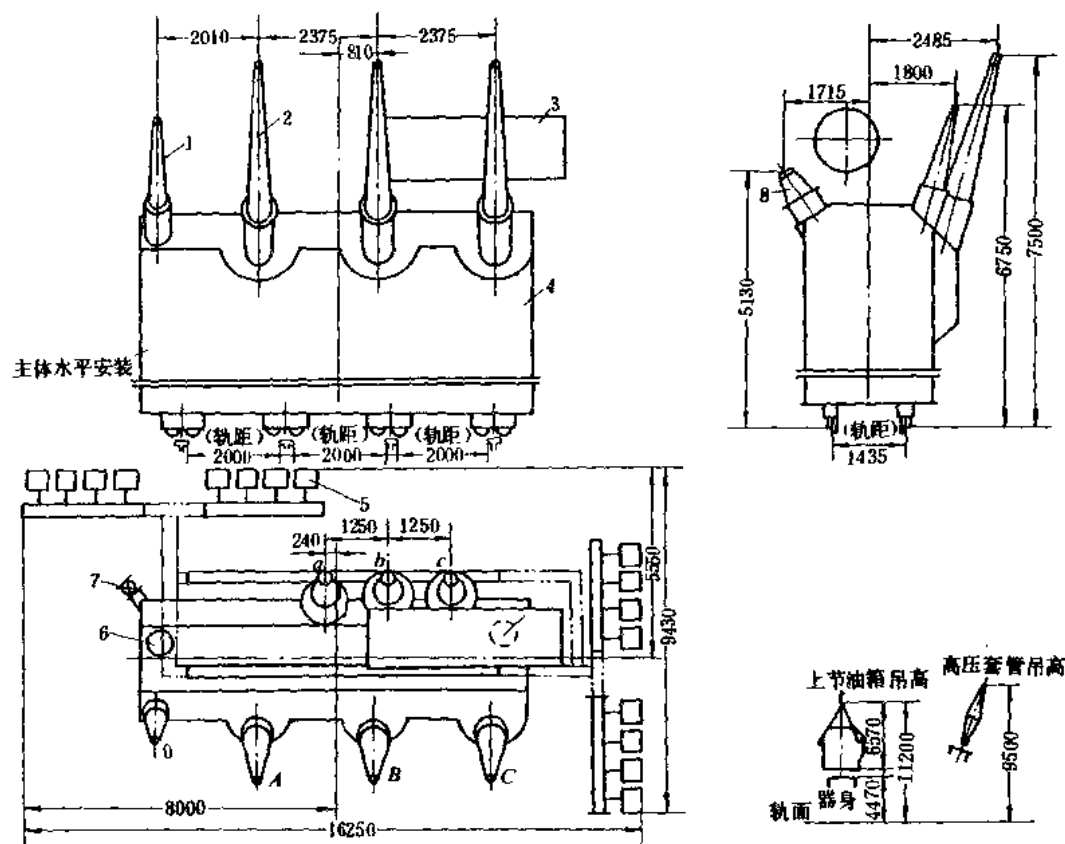


图 1-8 SFP3-360000/220

1—高压中性点套管；2—高压套管；3—储油柜；4—变压器本体；
5—冷却器；6—压力释放阀；7—放油阀；8—低压套管

型号：SFP3-360000/220

容量：360000kVA

电压：242±2×2.5%/18kV

冷却方式：ODAF

连接组标号：YN，d11

油重：51.5t

上节油箱重：17.3t

充氮运输重：195t

总重：261t

表 1-1

SFP 3-360000/220的技术参数

空 载 电 流 (%)	空 载 损 耗 (kW)	负 载 损 耗 (kW)	阻 抗 电 压 (%)
0.33	199	1079	14.4

生产厂：山东电力设备厂

2.SFP4-260000/220

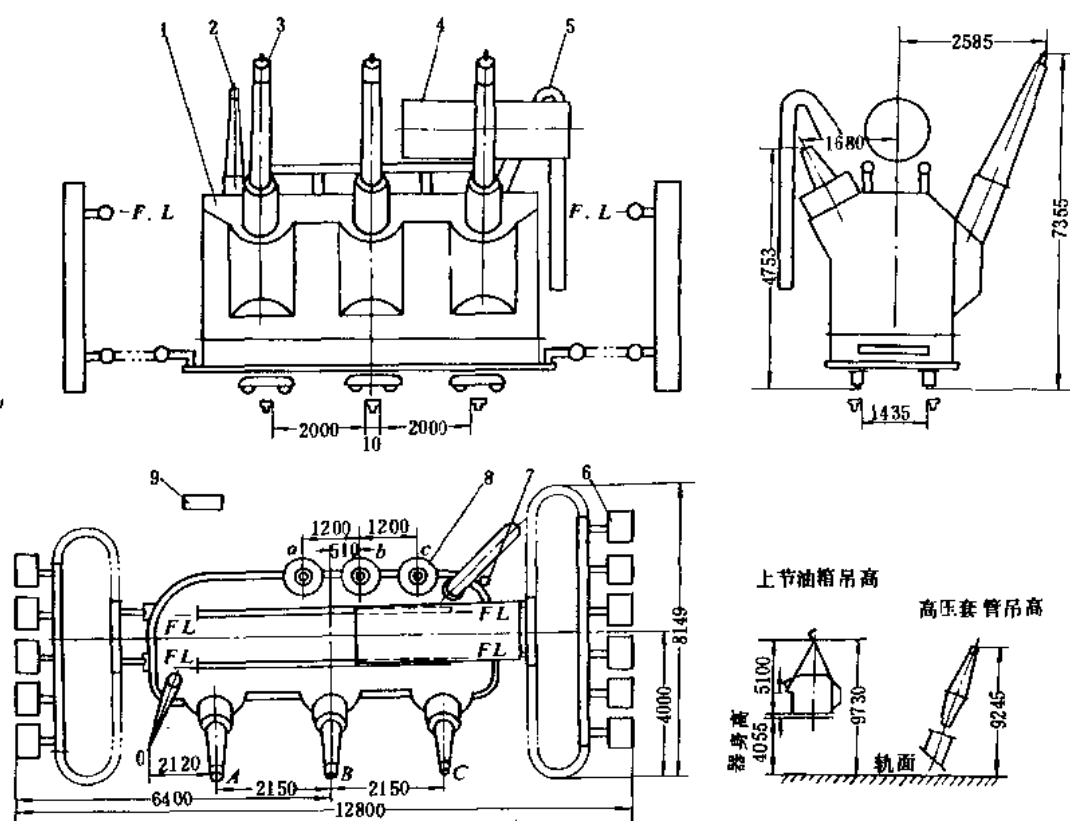


图 1-9 SFP4-260000/220

1—变压器本体；2—高压中性点套管；3—高压套管；4—储油柜；5—安全气道
(或压力释放阀)；6—风冷却器；7—放油阀；8—低压套管；9—主控制箱

型号：SFP4-260000/220

容量：260000kVA

油 重：39.5t

电压：220±2×2.5%/15.75kV

上节油箱重：14.5t

冷却方式：ODAF

充氮运输重：179t

连接组标号：YN，d11

总 重：242t

表 1-2

SFP4-260000/220的技术参数

空 载 电 流 (%)	空 载 损 耗 (kW)	负 载 损 耗 (kW)	阻 抗 电 压 (%)
1.0	216	706	12~14

生产厂：朝阳电力设备厂