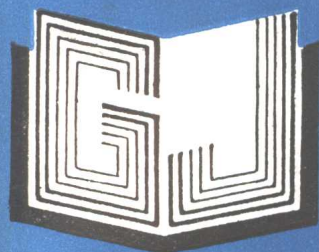


988738



高等学校教材

专科适用

电器电机检修实习

沈阳电力高等专科学校 王世昌 编

507
46



高等学校教材

电器 电机检修实习

沈阳电力高等专科学校 王世昌 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书比较详尽地介绍了配电变压器、中小型三相异步电动机、隔离开关、高压断路器、汽轮发电机、大型异步电动机和大型变压器的检修技术,同时具体地阐明了低压线路配线、照明装置和常用低压电器的安装以及二次线配线工艺。书中比较注重所述各项技术的实际应用。

本书既可以作为电力高等专科学校电力各专业的电气检修实习教材,也可用做普通高等工程专科学校电工实习的参考教材,此外书中有些内容对于现场的电气检修人员有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电器 电机检修实习/王世昌编. -北京:中国电力出版社, 1996

高等学校教材·专科适用

ISBN 7-80125-126-1

I. 电… II. 王… III. ①电器-检修-实习-高等学校-教材②电机-检修-实习-高等学校-教材 N. ①TM507②TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 02387 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码100044)

北京通县滨河印刷厂

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1996年12月第一版 1996年12月北京第一次印刷

787×1092毫米 16开本 17.5印张 394千字

印数 0001—3560册 定价 14.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书是根据 1993 年原能源部教材编审出版计划的要求，按照 1993 年 7 月电力部高等专科学校发电教学研究会在广州所通过的编写大纲进行编写的，作为电力高等专科学校电力各专业的电气检修实习教材。

本书内容包括配电变压器、中小型三相异步电动机、高压开关电器、汽轮发电机、大型异步电动机和大型变压器等的检修，以及低压线路配线、照明装置与低压电器安装和二次线配线工艺等。实习教材具有实践性强的特点。本着实用的原则，书中在叙述典型电气设备的检修程序和一些通用原则的同时，着重介绍其检修工艺。对于在检修过程中的检测项目、修理方法和调整技术，力求做到详细具体和通俗易懂。很多内容可以通过学生的实际操作来完成；有些内容学生可以自己阅读；还有一些章节是作为一般常识供学生课外参考的。

本书由南京电力高等专科学校牛维扬同志审阅了书稿，并提出了许多宝贵的意见和建议，编者据此作了比较大的修改和补充，在此致以衷心的感谢。

限于编者水平，书中的错误和不妥之处难免，敬请读者批评指正。

编 者

1995 年 9 月

6A003/03

目 录

前言

第一章 配电变压器的检修	1
第一节 配电变压器的结构	1
第二节 配电变压器常见的故障、原因和处理方法	5
第三节 配电变压器的不吊芯检修	7
第四节 配电变压器的吊芯检修	9
第五节 变压器油的过滤	18
第六节 配电变压器的干燥	20
第七节 配电变压器大修后的试验和测量	22
思考题	23
第二章 中小型三相异步电动机的结构及检修	24
第一节 中小型三相异步电动机的结构	24
第二节 三相异步电动机常见的故障、原因和解决方法	31
第三节 中小型三相异步电动机的拆卸和组装	33
第四节 中小型三相异步电动机的检修	37
第五节 异步电动机的浸漆与烘干	58
第六节 异步电动机检修后的测试	61
思考题	62
第三章 低压配线基础与工艺	63
第一节 电工常用工具和仪表	63
第二节 常用电工材料	72
第三节 导线的连接	81
第四节 室内配线	87
第五节 电气照明装置的安装与检修	99
思考题	123
第四章 隔离开关的基本结构及检修	124
第一节 隔离开关的基本结构	124
第二节 隔离开关的检修	125
思考题	127
第五章 高压断路器的检修	128
第一节 断路器检修的一般问题	128
第二节 SN10-10 型少油断路器的检修	130
第三节 SN4-20G 型少油断路器的检修	134

第四节	户外高压断路器的检修	137
第五节	操作机构的检修	145
第六节	断路器的测试	157
思考题		159
第六章	常用低压电器和二次配线工艺	160
第一节	常用低压电器及其安装	160
第二节	几种常用的控制线路	170
第三节	配电盘的安装	174
第四节	二次线安装接线图	179
第五节	二次配线工艺	186
第六节	二次回路的检查和通电试验、试操作	190
第七节	二次线的检修和检修后的试验	196
思考题		197
第七章	汽轮发电机的检修	199
第一节	汽轮发电机的结构	199
第二节	汽轮发电机常见的故障、原因和处理方法	205
第三节	汽轮发电机的拆卸和组装	207
第四节	空冷发电机的检修	210
第五节	氢冷和水冷发电机的检修	220
第六节	发电机励磁系统的检修	224
思考题		226
第八章	大型异步电动机的结构及检修	227
第一节	大型异步电动机的基本系列和结构的特点	227
第二节	大型异步电动机的拆卸和组装	228
第三节	大型异步电动机的检修	231
思考题		242
第九章	大型变压器的现场检修	243
第一节	大型变压器的结构	243
第二节	大型变压器的现场检修方法	247
第三节	变压器油的过滤	258
第四节	大型变压器的干燥	261
思考题		266
附录 I	漆包圆线规格	267
附录 II	绝缘导线长期连续负荷允许载流量	270
主要参考文献		272

第一章 配电变压器的检修

第一节 配电变压器的结构

变压器是一种改变交流电压和电流的静止电气设备。它被广泛地应用于电力系统和社会的各个部门，其中尤以配电变压器使用的数量最多。配电变压器的作用是把 10kV (或 6kV) 的电压降低为 220V 及 380V，以适应一般用电设备和城乡家庭用电的需要。

了解配电变压器的具体结构，是学习它的检修工艺的基础。因此，在讨论配电变压器的检修之前，本节先对其结构作一介绍。

一、总体结构概况

配电变压器一般是油浸式的。图 1-1 就是一台容量为 1000kVA、高压侧额定电压为 10kV 的油浸式配电变压器。为了看清楚器身在油箱内的放置情况，图中将油箱作了局部剖视。变压器油能起绝缘和带走器身热量的作用。变压器绕组的出线分别由高、低压套管引导。油箱的外壁均匀地分布着许多散热管，可以增加散热面积。另外，在油箱上还设置了几种保护装置，即油枕、安全气道、除湿器和瓦斯继电器等。

根据上面所述，我们可以把油浸式配电变压器的结构组成概况，作一个简明扼要的归纳，表示如下：

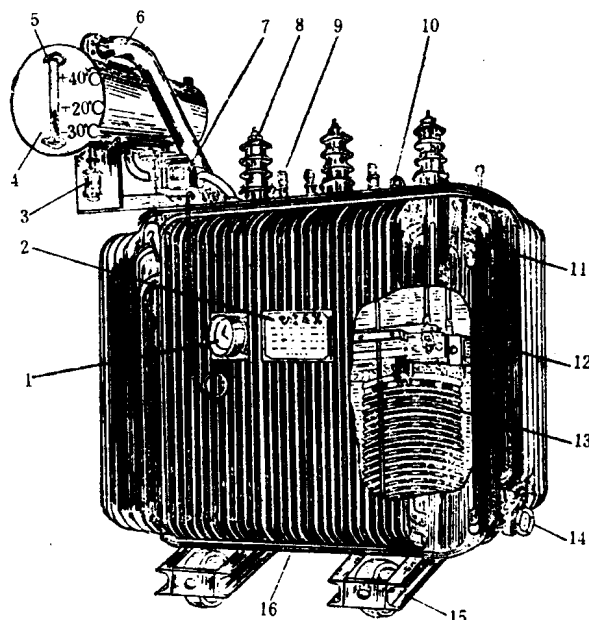
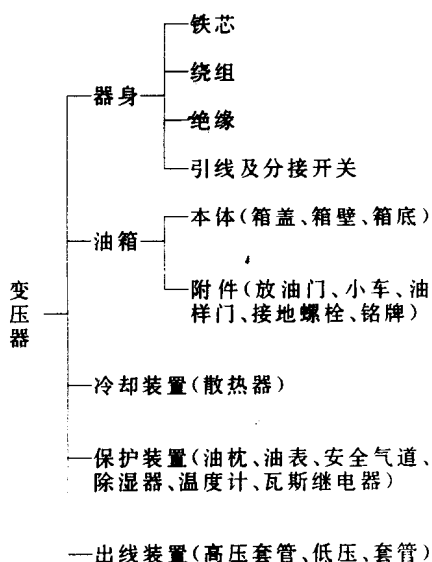


图 1-1 油浸式配电变压器

1—温度计；2—铭牌；3—除湿器；4—油枕；5—油表；
6—安全气道；7—瓦斯继电器；8—高压套管；9—低压
套管；10—分接开关；11—油箱；12—铁芯；13—绕组
及绝缘；14—放油阀门；15—小车；16—引线

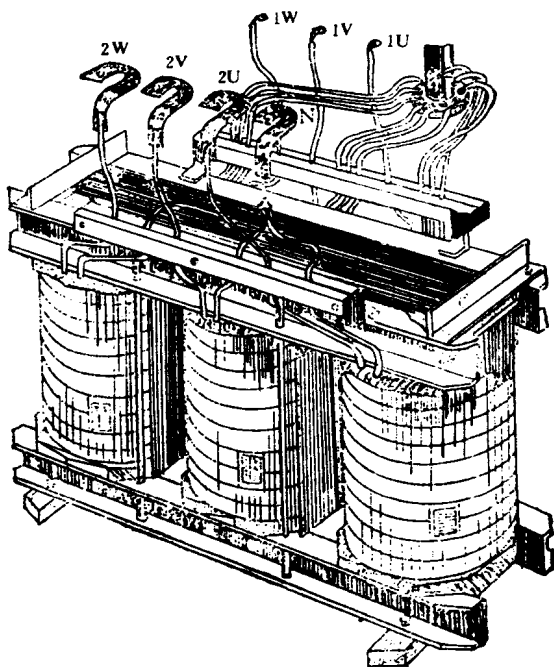


图 1-2 配电变压器器身

套在铁芯上，高压绕组同心地套在低压绕组的外面。配电变压器的绕组都采用圆筒式缠绕方法，圆筒式绕组的结构形式如图 1-4 所示。它的绕线方法是把一根或几根并联的导线在绝缘纸筒上沿铁芯柱高度的方向依次连续绕制而成。一般低压绕组用扁铜线绕成单层或双层〔图 1-4 (a)〕，高压绕组用圆铜导线绕成多层〔图 1-4 (b)〕。绕制时，在绕组的某些层之间

二、器身

图 1-2 是油浸式配电变压器的器身装配好以后的外观情况。器身主要由铁芯和绕组两大部分组成。在铁芯和绕组之间、高压绕组和低压绕组之间以及绕组中的各匝导线之间均有相应的绝缘层。图中 1U、1V、1W 为高压侧引出线，2U、2V、2W 为低压侧引出线。另外，在高压侧设置有调节电压的分接开关。

配电变压器的铁芯通常采用三相三柱式结构，如图 1-3 所示。铁芯的芯柱和铁轭均用厚度为 0.35~0.5mm 的硅钢片叠成；叠好后的芯柱用绝缘带绑扎；铁轭由上、下夹件夹紧，上、下夹件之间用螺杆紧固。铁芯叠片通过接地片与夹件连接实现接地。

配电变压器的绕组广泛使用同心式结构。这种结构形式的特点是低压绕组套在铁芯上，高压绕组同心地套在低压绕组的外面。配电变压器的绕组都采用圆筒式缠绕方法，圆筒式绕组的结构形式如图 1-4 所示。它的绕线方法是把一根或几根并联的导线在绝缘纸筒上沿铁芯柱高度的方向依次连续绕制而成。一般低压绕组用扁铜线绕成单层或双层〔图 1-4 (a)〕，高压绕组用圆铜导线绕成多层〔图 1-4 (b)〕。绕制时，在绕组的某些层之间用绝缘撑条垫入，以构成油道；低压绕组与铁芯之间、高压绕组与低压绕组之间也有相应

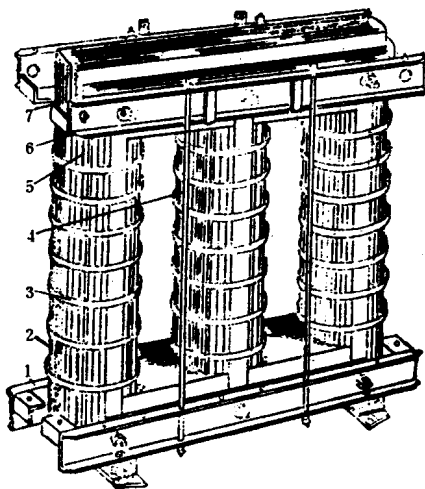


图 1-3 三相三柱式铁芯

1—下夹件；2—叠片铁芯；3—心柱绑扎；4—拉
螺杆；5—夹紧螺杆；6—上夹件；7—接地片

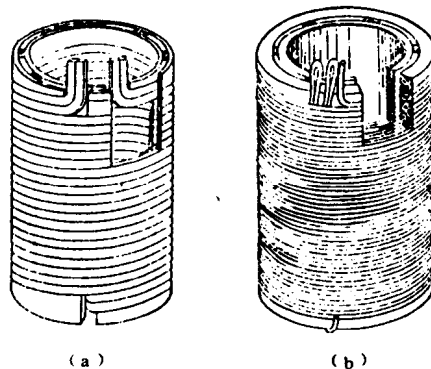


图 1-4 圆筒式绕组

(a) 扁线绕的双层筒式；
(b) 圆线绕的多层筒式

的油道。

高、低压绕组在绕制完毕以后，按要求套在各相铁芯柱上，就构成了配电变压器的器身。器身装配的工艺过程为：

- (1) 拆除上夹件；
- (2) 逐片拆除上铁轭；
- (3) 在各相铁芯柱上，按照低压在内、高压在外顺序，依次同心地套入低、高压绕组；
- (4) 逐片嵌回上铁轭的硅钢片；
- (5) 用上夹件把上铁轭夹紧。

三、油箱

油箱是一个用钢板制作的容器。它的作用是容纳变压器油，使器身浸泡在油中，以满足其绝缘和散热的要求。配电变压器普遍采用箱式油箱，其箱壁和箱底焊接为一体，器身由螺杆吊在箱盖上。检修时，在拧开箱盖螺栓后，可以把箱盖连同器身一起吊出。装配时，箱盖和箱壁之间有耐油胶垫，用箱盖螺栓上紧，以防止变压器油泄漏。

四、出线装置

高压和低压套管构成了变压器的出线装置，它们担负着出线的绝缘和支承作用。

低压套管通常采用图 1-5 的结构形式。这种套管称为复合瓷绝缘式套管。它是由安装在油箱盖上面的上瓷套管 6 和安装在油箱盖下面的下瓷套管 9 两部分组成。二者中间夹着油箱盖钢板。导电杆 10 为一螺杆，它既导电又通过螺母把上、下两个瓷套管夹紧。纸垫圈 8 和 11 起缓冲作用，可以避免压紧时损坏瓷套管。瓷套管的接线形式，因导通的电流大小不同而有所差异。图 1-5 (a) 中，套管的上部采用杆式接线，下部用一片软铜皮连接，这适

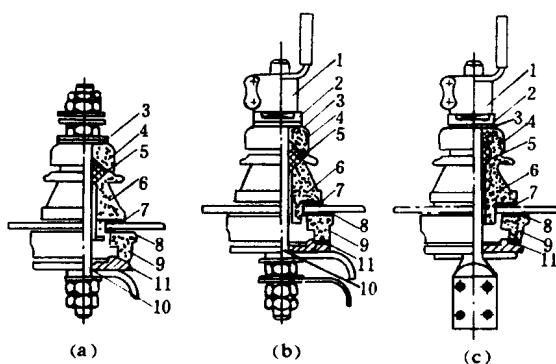


图 1-5 复合瓷绝缘套管

(a) $\leq 600\text{A}$; (b) $800 \sim 1200\text{A}$; (c) $2000 \sim 3000\text{A}$

- 1—接线头；2—圆螺母；3—衬垫；
4—瓷盖；5—密封环；6—上瓷套；
7—密封垫圈；8—纸垫圈；9—下瓷套；10—导电杆；11—纸垫圈

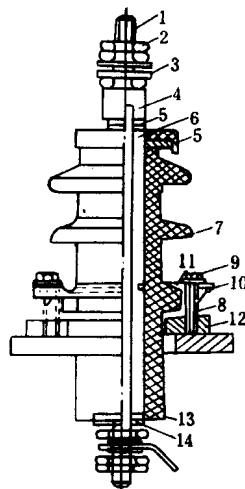


图 1-6 单体绝缘瓷套管

- 1—导电杆；2—螺母；3—垫圈；4—铜套；5—衬垫；6—瓷盖；7—瓷伞；8—螺杆；9—螺母；10—夹持法兰；11—压钉；12—钢板；13—绝缘垫圈；14—铜垫圈

用于工作电流 $\leq 600\text{A}$ 时；图 1-5 (b) 中，套管的上部为板式接线，下部用两片软铜皮，此种适用于电流为 $800\sim 1200\text{A}$ 的场合；图 1-5 (c) 中，上、下部均采用板式接线，适用于电流为 $2000\sim 3000\text{A}$ 的情况。

高压套管一般采用图 1-6 的结构。这种套管与上述低压套管不同，它只由一个瓷套构成，通常称为单体绝缘瓷套管。套管中部制有台阶，以便能通过夹持法兰和压钉把它压紧，并固定在箱盖上。瓷套与箱盖压接处设有密封胶垫，以防变压器油泄漏。导电杆贯穿瓷套管的上、下，其上、下部的接线方式是采用杆式或是板式，由工作电流的大小来决定。在电流较大时，套管内应充满变压器油，以增加散热和提高绝缘能力。

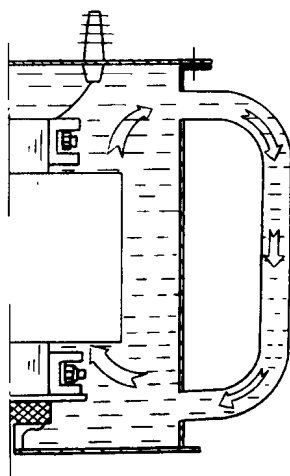


图 1-7 变压器油自然
循环途径

五、附属装置

(一) 冷却装置

配电变压器以散热管为冷却装置，即在油箱壁上焊有许多油管。这些油管一方面增大了变压器油与周围空气的散热面积，另一方面为变压器油提供了循环路径，可以把器身产生的热量，通过变压器油的自然循环而散发出去。

由图 1-7 可见，器身发热使油变热而比重减小，热油上升进入散热管，与空气进行热交换；油流经散热管后，温度下降而比重增加，它沿散热管下降，重新进入油箱，再次去冷却器身。以上循环过程是靠变压器油受热后比重的变化而自然完成的，故这种冷却方式叫自然油循环冷却。

为了增加散热面积，现在配电变压器的散热管大多采用扁钢管。

(二) 保护装置

保护装置有油枕、安全气道、除湿器和瓦斯继电器等。它们在油箱上的设置情况见图 1-1。

油枕在箱盖上方，由管道与油箱连通。有了油枕，变压器油面可以高于箱盖和套管，使变压器引线和套管内出线都浸在油中，增加了绝缘强度。同时，油枕也给变压器油的热胀冷缩提供了一个膨胀室。

除湿器又叫呼吸器。它内部装有用氯化钴浸渍过的硅胶。硅胶的吸湿能力很强，在变压器油胀、缩时，油枕上部空间的空气通过除湿器与大气交换，硅胶就会吸收掉这些空气中的水分。

瓦斯继电器装在油枕与油箱间的管道中。当变压器油箱内产生电弧、局部高热等内部故障时，会出现大量气体，造成变压器油气流通过瓦斯继电器，使它动作，而作用于发出警告信号或作用于断路器跳闸，起到保护变压器的作用。

安全气道的下部与油箱连通，上部与油枕膨胀室连通。安全气道顶部用 $2\sim 3\text{mm}$ 厚的玻璃密封，形成防爆膜。

另外，油枕侧面有油面计，箱盖上有温度计。

第二节 配电变压器常见的故障、原因和处理方法

配电变压器的故障，可分为绕组故障、铁芯故障及套管、分接开关等部分的故障。其中，变压器绕组的故障最多，占变压器故障的 60%~70%，其次是铁芯故障，约占 15%，其余部分的故障发生较少。下表 1-1 列出了配电变压器常见的故障、现象、原因及判断处理方法。

表 1-1 配电变压器常见故障

故障部位	故障种类	故障现象	故障可能原因	判断及处理
绕组	匝间短路	1. 变压器异常发热 2. 油温过高 3. 电源侧电流增大 4. 三相直流电阻不同，差值小 5. 瓦斯继电器动作 6. 油发出特殊的“丝丝”声	1. 水浸入绕组 2. 绕制时导线和焊接处毛刺使匝间绝缘破坏 3. 变压器运行年久，造成绝缘老化 4. 油道内掉入杂物	在绕组上加 10%~20% 的电压，绕组上冒烟处即为匝间短路点。一般需重绕绕组
	层间短路	现象同匝间短路，但更严重，三相间的直流电阻的差值较明显	与匝间短路原因 3、4 相同	可以通过直流电阻测量来判断层间短路所在相，需重绕绕组
	对地短路 (绕组对油箱、夹件间击穿)和相间短路	1. 高压熔丝熔断 2. 防爆膜片破裂、喷油 3. 瓦斯继电器动作 4. 无防爆管和瓦斯继电器的小型变压器油箱变形破坏	1. 主绝缘老化或有破损 2. 绝缘油受潮严重 3. 漏油使油面严重下降，使引线露出油面而击穿 4. 其它短路使绕组变形而对地短路 5. 绕组内有杂物落入 6. 由大气过电压或操作过电压引起 7. 引线随导电杆转动造成接地	故障现象十分明显，后果严重，应立即停电重绕绕组
	线圈断线	1. 断线处有电弧使变压器内有放电声 2. 断线的相没有电流	1. 导线焊接不良 2. 匝间、层间、相间短路造成断线 3. 雷击造成断线 4. 搬运时强烈振动或安装套管时使引线扭曲而断	吊芯处理，若因短路造成，应重绕绕组，若引线断路则重新接成
铁芯	铁芯片间绝缘损坏	1. 空载损耗大 2. 油温高 3. 油色变深 4. 吊芯检查可见漆膜脱落，部分硅钢片裸露、变脆、起泡并因绝缘碳化而变为黑色	1. 受剧烈振动，片间发生位移、摩擦引起 2. 片间绝缘老化或有局部损坏	吊芯检查 恢复绝缘，用绝缘漆涂硅钢片两侧，漆膜干后厚 0.01~0.015mm

续表

故障部位	故障种类	故障现象	故障可能原因	判断及处理
铁芯	铁芯片间局部熔毁	1. 高压熔丝熔断 2. 油色变黑并有特殊气味, 温度升高 3. 吊芯可看到硅钢片的热点, 绝缘损坏变热	1. 夹紧铁芯的穿芯螺杆与铁芯间绝缘老化, 使螺杆与芯片短路, 发热引起局部熔毁 2. 铁芯两点接地, 造成发热点	吊芯后消除熔接点, 恢复穿芯螺杆绝缘及消除多余接地点
	硅钢片有不正常响声	有各种不同于正常“嗡嗡”声的异常响声	1. 铁芯叠片错误(如缺片) 2. 硅钢片在接缝处两边弯曲 3. 硅钢片厚度不均匀 4. 油道或夹件下有没固定好的硅钢片 5. 铁芯中叠有弯曲的硅钢片 6. 铁芯片间有杂物 7. 铁芯紧固件松动	夹紧夹件或重新叠片, 消除发声的原因
套管	对地击穿	高压熔丝熔断	1. 套管有裂纹或有碰伤 2. 套管表面污秽严重 3. 变压器油面下降过多	及时发现裂纹等隐患 消除污秽; 故障后更换套管
	套管间放电	高压熔丝熔断	1. 套管间有杂物 2. 套管间有小动物	更换套管
分接开关	触头表面熔化与灼伤	1. 油温增高 2. 高压熔丝熔断 3. 触头表面产生放电声	1. 开关装配不当, 致使接触不良 2. 弹簧压力不够	定期(每年一、二次)在停电后将分接开关转动几周, 使其接触良好
	相间触头放电或各分接头放电	1. 高压熔丝熔断 2. 油枕盖冒烟 3. 变压器油发出“咕嘟”声	1. 过电压引起 2. 变压器油内有水 3. 螺丝松动, 触头接触不良, 产生爬电烧伤绝缘	
变压器油	油质变坏	变压器油色变暗	1. 变压器故障引起放电造成油分解 2. 变压器油长期受热氧化严重, 油质恶化	定期检查、试验, 决定进行过滤或换油

第三节 配电变压器的不吊芯检修

配电变压器的不吊芯检修又称为小修。

一、配电变压器的小修周期

小修周期是根据配电变压器的重要程度、运行环境、运行条件等因素来决定的。一般规定额定电压 $\leq 10\text{kV}$ 的变压器，通常每年小修一次；对于运行在配电线路上的 10kV 配电变压器，可每两年小修一次；运行于恶劣环境中（严重污染、腐蚀、高原、高寒和高温）的变压器，可在上述的基础上适当缩短小修周期。

二、小修的项目及操作要求

（一）检查接头状况是否良好

检查引出线接头的紧固螺栓是否松动，若有接触不良或接点腐蚀，则应修理或更换。同时，还应检查套管的导电杆螺丝有无松动及过热。

（二）套管的清扫及检查

清扫高低压套管的积污，检查有无裂纹、破损和放电痕迹。检查后针对故障及时处理。

（三）检查变压器是否漏油

清扫油箱和散热管，检查箱体的结合处、油箱和散热管的焊接处及其它部位，有无漏油和锈蚀。若焊缝渗油，应进行补焊或用胶粘剂补漏。若是密封垫渗漏，可能的原因有：

- （1）密封垫圈老化或损坏；
- （2）密封圈不正，压力不均匀或压力不够；
- （3）密封填料处理不好，发生硬化或断裂。

检查后，针对具体情况进行处理。老化、硬化、断裂的密封垫和填料应更换；在装配时，要使螺丝均匀地压紧，垫圈要放正。油箱和散热管的锈蚀处，应除锈涂漆。

（四）检查安全气道

检查防爆膜是否完好，还应检查其密封性能的好坏。

（五）查看瓦斯继电器是否正常

检查瓦斯继电器是否漏油；阀门开闭是否灵活；动作是否正确可靠；控制电缆及继电器接线的绝缘电阻是否良好。

（六）油枕的检查

检查油枕上油面计指示的油位是否正常，若变压器缺油应及时补充。同时，及时清除油枕内的油泥和水份。

（七）除湿器的检查及处理

除湿器内的硅胶应每年更换一次；若未到一年硅胶就已吸潮失效（变红），应取出烘干。硅胶重新装入除湿器前，用筛子把粒径小于 $3\sim 5\text{cm}$ 的颗粒除去，以防它们落入变压器油中，引起不良后果。

(八) 接地线的检查

检查变压器接地线是否完整良好，有无腐蚀现象，接地是否可靠。

(九) 高低压熔断器的检查

检查与变压器配用的保险及开关触点的接触情况、机构动作情况是否良好。采用跌落式保险保护的变压器，应检查熔丝是否完整，是否适当。

(十) 测量变压器的绝缘电阻

用兆欧表（摇表）测定绕组的绝缘电阻。测量时，以额定转速 120r/min 均匀摇动兆欧表 1min 读取仪表所示值 R_{60} ，并记录当时变压器温度。

把 R_{60} 与厂家提供的初试值进行比较，以判断是否合格。测得的 R_{60} 值换算到相同温度时，不应低于初试值的 50%。

若所测变压器已无法查到绝缘电阻的初试值，则可以表 1-2 中所列的数值为参考，测得的 R_{60} 应大于表 1-2 内所列各值。

表 1-2 配电变压器绝缘电阻容许值（额定电压 < 10kV）

阻值(MΩ) \ 温度(℃)	10	20	30	40	50	60	70	80
项 目								
一次对二次及地	450	300	200	130	90	60	40	25
二次对地	40	20	10	5	3	2	1	1

为判断变压器绝缘是否受潮，常测量其吸收比 R_{60}/R_{15} 。 R_{60}/R_{15} 是指兆欧表在额定转速下摇动 60s 时的指示值 R_{60} 与摇动 15s 时的指示值 R_{15} 之比。在绝对干燥时，吸收比值为 1.3 ~ 2.0；绝对潮湿时吸收比值为 1.0。运行和大修时的吸收比标准，不作强制性规定。若变压器的吸收比低于 1.3，则表明变压器的绝缘已有不同程度的受潮。应当对变压器进行干燥处理。

用兆欧表测量绝缘电阻时应注意以下事项：

(1) 按测量对象选用摇表的额定电压。绕组额定电压 < 1000V 的，选用 1000V 的摇表。
(2) 测量的环境条件。最好选择气温在 5℃ 以上，相对湿度在 70% 以下的天气进行，并尽量保持历次测量的环境条件一致。

(3) 注意正确使用摇表。把摇表摆平，不能摇晃，以免影响读数。测量前，将两测试棒开路，在额定转速下，指针应指向“∞”，否则，应对仪表进行调校后再测。

(4) 测量中注意正确接线。测量变压器绕组绝缘电阻时，应把绕组各引出线拆开，非被试绕组接地。摇表的“线路”接线柱（“L”端钮）与被试绕组出线相连接；摇表的“接地”接线柱（“E”端钮）与接地的金属构件（箱体）相连接。在天气潮湿或被测变压器绕组绝缘表面因受腐蚀、污染而不洁净时，为减少表面泄漏电流，可用摇表的保护线（“G”端钮），以使结果更准确。

在实际测量中，需要把变压器在不同温度下测得的绝缘电阻值换算到 40℃ 来进行比较，换算公式为：

$$R_{40} = KR_{\theta}$$

式中 R_{40} ——40℃下的绝缘电阻值 (Ω)；

R_{θ} ——被测物体温度为 θ ℃时的绝缘电阻值 (Ω)；

K ——换算系数，对应不同的温度 θ ， K 值也不同，可查表 1-3。

表 1-3 不同温度的绝缘电阻向 40℃ 换算的 K 值

温度 (℃)	K	温度 (℃)	K	温度 (℃)	K	温度 (℃)	K
1	0.206	21	0.464	41	1.041	61	2.350
2	0.214	22	0.484	42	1.085	62	2.440
3	0.223	23	0.502	43	1.130	63	2.545
4	0.232	24	0.523	44	1.176	64	2.640
5	0.241	25	0.545	45	1.225	65	2.765
6	0.251	26	0.567	46	1.258	66	2.870
7	0.262	27	0.590	47	1.330	67	3.000
8	0.272	28	0.615	48	1.380	68	3.120
9	0.284	29	0.642	49	1.440	69	3.250
10	0.296	30	0.667	50	1.500	70	3.380
11	0.308	31	0.695	51	1.560	71	3.520
12	0.321	32	0.725	52	1.625	72	3.670
13	0.333	33	0.752	53	1.695	73	3.820
14	0.348	34	0.795	54	1.765	74	3.990
15	0.362	35	0.817	55	1.835	75	4.150
16	0.379	36	0.850	56	1.915	76	4.300
17	0.393	37	0.885	57	1.992	77	4.480
18	0.410	38	0.922	58	2.070	78	4.670
19	0.426	39	0.960	59	2.160	79	4.860
20	0.445	40	1.000	60	2.250	80	5.060

第四节 配电变压器的吊芯检修

配电变压器的吊芯检修工作量大、工期长、作业项目多，故称为大修。配电变压器的大修可分为正常的定期大修和因故障而进行的大修。对前者按规定期限进行；对后者；需在大修前详细检查变压器的故障状况。

一、配电变压器的大修周期和大修前检查

(一) 配电变压器的大修周期

10kV 及以下的变压器，如果不经常过负荷，每 10 年左右大修一次；新安装的电力变压器，除在运输和保管过程中可以保证不会受到损坏者外，均应进行吊芯检查，再安装投运。但容量在 630kVA 及以下，运输过程中无不正常现象的变压器可不吊芯检查，直接投

运。

(二) 故障变压器大修前检查

对故障变压器，大修前应进行详细的检查和必要的电气试验，确定其故障的部位和原因，再进行针对性的检修，可达到事半功倍的效果。

应当进行的检查和试验项目有：

(1) 查看变压器的运行记录。搜集变压器已暴露出并由运行人员记录在案的缺陷，并到现场变压器上一一校对，制定针对性的检修措施。

(2) 检查瓦斯继电器的动作情况。若瓦斯继电器动作过，则说明由于严重的内部故障已产生了大量气体。应迅速鉴别气体的颜色、气味和可燃性，并据此判断故障类型和原因：不易燃的黄色气体是木材受热分解产生；可燃、有强烈臭味的淡灰色气体是纸和纸板产生；灰色或黑色易燃气体是变压器油分解产生。

(3) 检查变压器外观，对各部件故障状况进行记录。对油枕、安全气道、油箱、高低压套管、上层油温、引线接头状况进行检查记录。发现上述部件故障，以便大修中进行处理。

(4) 测定绕组绝缘电阻，判断是否有短路和接地。用兆欧表测定绕组绝缘电阻，若测得绝缘电阻很小，或接近于零，说明存在接地或短路故障；若测得值不为零，但小于规定值，则可能是绝缘受潮，需进行烘干处理。

(5) 交流耐压试验。有的变压器绝缘击穿后，由于变压器油流入击穿点而使绝缘暂时恢复。这时用摇表就不能判断出故障，需由交流耐压试验来进一步判定。配电变压器的交流耐压试验是绕组同套管一起进行的。外加电压为表 1-4 中数值，持续约 1min，变压器不应击穿。

表 1-4 配电变压器交流耐压试验标准 (kV)

试验条件	额 定 电 压						
	<0.5	3	6	10	15	20	25
出厂时	5	18	25	35	45	55	85
交接和大修时	2	15	21	30	38	47	72

当变压器出厂试验电压与上表所列数值不符时，交接及大修的试验电压取实际出厂电压的 85%。对出厂试验电压不明的非标准变压器，耐压试验标准不得低于表 1-5 所列数值。

表 1-5 配电变压器交流耐压试验电压标准下限值 (kV)

绕组额定电压	<0.5	3	6	10	15	20	35
试验电压	2	13	19	26	34	41	64

(6) 测量各绕组直流电阻，判定是否有层间、匝间短路，或分接开关、引线断线。由

于绕组直流电阻值较小，直流电阻测量一般用双臂电桥进行。如果三相直流电阻之间的差值大于一相电阻值的 $\pm 5\%$ ，或电阻值与上次测得的数值相差 $2\% \sim 3\%$ 时，可判定该相绕组有故障。

(7) 测定变压器变压比，判定变压器的匝间短路。测定时，用较低的电压加在各绕组高压侧，测量一、二次电压并计算变比。存在匝间短路的那一相，变比值会发生异常。如果试验时箱盖已吊开，器身仍浸在油中，还可以看到短路点由于电流产生高热引起变压器油分解而冒出的气泡，从而可以判明故障相。

(8) 测定变压器的三相空载电流。在变压器一次侧加额定电压，二次侧开路时测量它的空载电流，可判断出绕组和铁芯是否有故障。测得的空载电流与上次试验的数值比较，不应偏大。在测得的三相空载电流之间进行比较，应基本平衡，否则存在故障。

(9) 变压器油的试验。取油样，进行简化试验，确定变压器油是否合格，是否需要进行处理。

二、大修项目

配电变压器无论是定期大修或是确定为内部故障后的大修，一般都需要进行以下工作：

- (1) 吊芯及吊芯后对器身外部的检查；
- (2) 绕组的检修；
- (3) 铁芯的检修；
- (4) 其它部件，包括套管、油箱、散热管、油枕、安全气道、除湿器、分接开关等的检修；
- (5) 滤油或换油；
- (6) 箱体内部的清理和涂漆；
- (7) 装配；
- (8) 试验。

三、配电变压器的吊芯和吊芯后的检查

由于变压器油和绕组对污秽、潮湿很敏感，易于受到损害，不宜长时间与空气接触。故吊芯是变压器检修中技术性较强的一项工作。

(一) 吊芯的注意事项

(1) 注意吊芯时的天气条件。吊芯应在相对湿度不大于 75% 的良好天气下进行，不要在雨雾天或湿度大的天气下吊芯。在江边和湖滨地区日出前湿度大，应在日出后开始放油、吊芯。

(2) 注意吊芯场所的清洁。吊芯的工作场所应无灰烟、尘土、水汽。最好在专用的检修场所进行。

(3) 必要时提高铁芯温度以免受潮。如果任务紧迫，必须在相对湿度大于 75% 的天气起吊，则应使变压器铁芯温度（按变压器上层油温计）比大气温度高出 10C 以上，或使室温高出大气温度 10C ，且铁芯温度不低于室温时吊芯。

(4) 器身暴露在空气中时间的规定。吊芯过程中应监视空气的相对湿度，控制器身暴露在空气中的时间，应不超过以下的规定：