

机械工人职业技能培训教材

 高级

维修电工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

机械工人职业技能培训教材

高级维修电工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

机械工业出版社

本书是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——维修电工》编写的职业技能培训教材,适用高级维修电工。

全书共九章。内容包括变压器、实用电子技术、电机与拖动、自动控制、较复杂的电气设备故障分析及排除、可编程序控制器的原理及应用等。

教材中坚持按岗位需要培训的原则,内容严格限定在《规范》范围内,在基本保证知识连贯性的基础上,着眼于技能操作,力求浓缩精炼,突出针对性、典型性、实用性。

图书在版编目(CIP)数据

高级维修电工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编. —北京:机械工业出版社, 1999.8

机械工人职业技能培训教材

ISBN 7-111-07306-1

I. 高… II. 机… III. 电工-维修-技术培训-教材
IV. TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第45028号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:边萌 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚
封面设计:姚毅 责任印制:何全君
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002年1月第1版第4次印刷
开本850mm×1168mm¹/₃₂·12.125印张·1插页·318千字
14 001—19 000册
定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与题库

编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委	于新民	田力飞	田永康	关连英
员	刘亚琴	孙旭	李明全	李玲
	李超群	吴志清	张岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	杨筠怀			
参编	庄晓峰	冯苏	毛洪泉	
	许博成	马志坚	等	
本书主审	范镇			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备

和成龙配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994 年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》，共 87 种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括 18 个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 变压器	1
第一节 变压器的结构及制造	1
第二节 变压器的大修工艺和调试步骤	8
第三节 变压器重绕或改绕工艺计算	14
复习思考题	17
第二章 实用电子技术	18
第一节 晶闸管的简易测试	18
第二节 晶闸管斩波器的原理、应用实例与故障排除	19
第三节 晶闸管逆变器原理、应用实例与故障排除	41
第四节 电子线路抗干扰的基本知识	72
复习思考题	82
第三章 电机及拖动	83
第一节 交流电动机	83
第二节 直流电动机	96
第三节 特种电机	114
第四节 电动机的调速特点及适用性	139
第五节 电机转子平衡试验及校平衡	147
第六节 大、中型电机的安装与调整	152
第七节 电机的大修工艺步骤及定额	158
复习思考题	161
第四章 自动控制	164
第一节 自动控制原理的基本概念	164
第二节 交磁电机扩大机—直流电动机调速系统	172
第三节 位置移动数字显示系统	181
第四节 数控设备	198
复习思考题	214

第五章 机械设备电气系统故障的分析及排除	216
第一节 B2012A 型龙门刨床	216
第二节 电弧炉	248
复习思考题	275
第六章 可编程序控制器的原理及应用	276
第一节 概述	276
第二节 可编程序控制器的基本原理	278
第三节 小型可编程序控制器介绍	280
第四节 可编程序控制器的逻辑指令及编程器应用	284
第五节 可编程序控制器的应用	299
第六节 改造继电器控制系统实例	306
第七节 可编程序控制器的维护和故障诊断	313
复习思考题	319
第七章 电子仪器的使用技能	320
第一节 示波器	320
第二节 晶体管特性图示仪	326
第三节 电子仪器的选择及使用注意事项	333
复习思考题	335
第八章 生产管理及机械基础知识	336
第一节 提高劳动生产率的知识	336
第二节 机械基础知识	342
复习思考题	361
第九章 车间电气设备检修工艺的编制及设计控制线路时的 注意事项	363
第一节 车间电气设备的检修工艺及机床电器大修工艺的编制	363
第二节 设计控制线路时的注意事项	374
复习思考题	376

第一章 变 压 器

培训要求 能了解变压器结构及制造知识，大修和调试步骤，变压器重绕或改绕的工艺计算。

第一节 变压器的结构及制造

一、铁心的结构和制造工艺

1. 铁心的结构 铁心是磁通的通道，它给磁通提供低磁阻的回路。为了减少铁心的能量损耗，铁心是用 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ 厚的硅钢片冲剪成几种不同的尺寸，并在其两面涂以绝缘漆后，按一定规则叠装而成。

铁心既是变压器的磁路，也是器身的骨架。它由铁心柱、铁轭和夹紧装置组成。套装绕组的部分叫铁心柱。连接铁心柱形成闭合磁路的部分叫铁轭。夹紧装置用穿心螺杆把铁心柱和铁轭紧固成坚实的整体，以支持和卡紧绕组，固定引线和分接开关。

变压器有心式和壳式两类。绕组包着铁心的变压器叫心式变压器。铁心包着绕组的变压器叫壳式变压器。壳式变压器多用于小型变压器，如收录机的电源变压器及小型控制变压器等。电力变压器大多采用三相心式结构。图 1-1 表示三相绕组在三相变压器铁心上的安放情况。

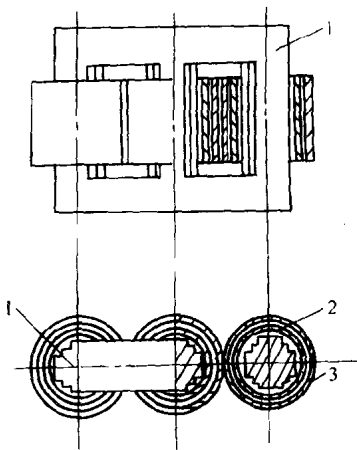


图 1-1 三相心式变压器结构示意图

1—铁心 2—低压绕组 3—高压绕组

为了防止变压器运行时因静电感应，在铁心及其他金属构件上产生电动势，造成对地放电，除夹紧装置外，铁心和其他金属构件要可靠地接地。但是铁心上只允许有一点接地。如果有两个及两个以上的接地点，则接地点之间可能形成闭合回路，产生环流，造成局部过热事故。

2. 铁心的制造工艺 铁心的制造过程主要有硅钢片裁剪、冲孔、去毛刺、退火、涂漆、叠装、修整及铁心性能试验等工序。变压器空载损耗中附加损耗的大小很大程度上决定于铁心制造的工艺水平。

(1) 剪裁及冲孔 叠片的长和宽由铁心的尺寸来决定。应考虑两片和三片一叠和接缝的交错，选择最少的叠片规格，并尽可能使片间接缝紧密。对采用磁性能没有方向性的普通热轧硅钢片的叠片，一般都裁成矩形；对采用导磁性能有方向性差异的冷轧硅钢片的叠片，为了减少由于磁通方向和硅钢片轧制方向不一致造成的影响，采用带斜接缝的叠片，其斜接角为 45° 。三相变压器铁心叠片图如图 1-2 所示。

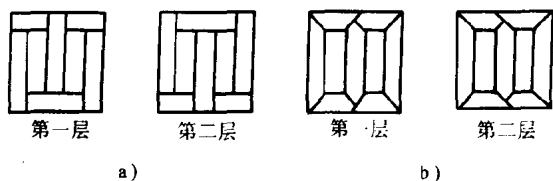


图 1-2 三相变压器铁心叠片图

a) 直角接缝 b) 斜角接缝

为了充分利用硅钢片材料，可采取以下措施：

- 1) 大小变压器混合套裁。
- 2) 充分利用原材料的正公差尺寸。
- 3) 灵活改变铁心的接缝位置。

为保证铁心导磁性能，下料时应注意使铁心磁通方向沿着硅钢片的轧制方向，先将整张材料按叠片的长度剪切，使毛料的宽

度等于叠片的长度，再剪切叠片的宽度，如果下料时已将长度裁准，按片宽剪切后，就完成了叠片的裁剪工作，剪切时要注意使切口和长边垂直。

中小型电力变压器的铁心叠片多数是只有一个穿心螺杆孔在叠片的一端的矩形片。冲孔时是用纵向和横向两个挡板来确定孔的位置。根据经验，孔中心纵横两个方向的公差约为 $0.5\sim 0.7\text{mm}$ 。

(2) 叠片的涂漆 为了降低铁心中的涡流损耗，叠片间要互相绝缘，在生产中多采用在叠片两面涂绝缘漆的办法，作为硅钢片的片间绝缘。这种漆的主要成分为干性植物油、松脂酸盐。其主要特点为涂膜厚度均匀、坚硬、耐油，在高温下能很快干燥。对于 5000kVA 以下的变压器，两面涂膜的总厚度为 $0.01\sim 0.15\text{mm}$ ，并要求涂膜均匀。

(3) 铁心叠装 铁心是由不同尺寸的叠片交错叠装而成，交错叠装具有磁力线分布均匀，铁心的机械强度高，可简化压紧装置等优点。由于电力变压器铁心柱部分的直径及高度均较大，铁心柱的叠片上必须冲孔，用穿心螺杆夹紧，但螺杆与叠片之间必须绝缘。

1000kVA 以下变压器铁心的叠装是在普通装配平台上进行的，装配平台的平面必须平整。

为了保证叠片质量及提高工作效率，可采用定位棒，以圆孔定位。定位棒的直径比孔径小 $1\sim 2\text{mm}$ ，而比绝缘管的直径大 $1\sim 2\text{mm}$ 。

每叠完一级（即图 1-1 中的铁心宽度不等的台阶），要进行一次校正，测量每一级的厚度。宽度较小的级，其厚度采用负公差；而宽度较大的级，则采用正公差，这样可以保证在总厚度不变的情况下，铁心的截面积有正公差。

每级铁心除了控制厚度外，还要认真检查铁心的各个对角线是否相等。

铁心全部叠完，并检查校正后，在上侧安放夹件及绝缘垫

块，用双头螺杆及螺母把铁轭夹紧，拉出定位棒，用带有绝缘管的螺杆把铁心夹紧，夹紧的工序必须由中部向两边进行，最后将装配完毕的铁心竖起来。

变压器铁心及其金属固定装置均需接地，由于叠片间的电阻不大，只要一点接地即可认为整个铁心接地。接地片多采用镀锡铜片制作。使铜片一端夹入铁心叠片间，另一端用螺母拧紧在钢夹件上，而钢夹件借螺杆与接地油箱接通。

二、绕组的结构和制造工艺

1. 绕组的结构 电力变压器绕组有同心式和交叠式两种，由绝缘铜导线绕制而成。同心式绕组是将一、二次绕组套在同一铁心柱上，为了便于绝缘，一般将低压绕组放在里面。同心式绕组结构简单，是最常用的一种形式。交叠式绕组的高、低压绕组是互相交错放置的。为了便于绝缘，靠近上下铁轭的两端一般都放置低压绕组。这种绕组漏抗小，机械强度高。但高、低压绕组之间的绝缘比较复杂。一般用于低电压、大电流的变压器上，如电炉变压器、电焊变压器等。

同心式变压器低压绕组有单层、双层和多层三种。双层绕组的层间留有垂直的油道，层间油道是在绕制时放置绝缘垫条而构成的。当导线截面积超过 50mm^2 时，采用多根并绕。

导线逐匝绕制，形状像一只弹簧，为了垫平绕组线圈端部线匝的螺旋形端面，将绝缘筒制成端圈，如图 1-3 所示。

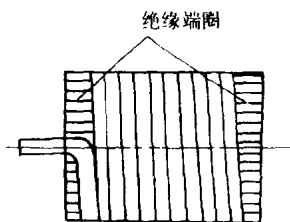


图 1-3 绝缘端圈

对于高压绕组，因匝数较多、导线截面较细，可用单根导线绕制多层圆筒式绕组。多层圆筒式绕组一般都是绕在绝缘筒上，为了改善绕组的散热条件，用垂直油道将绕组分成内外两部分，这样可以充分与油接触，使整个绕组冷却。

为了调压，常常在高压绕组上抽若干分接头。多层圆筒式绕

组的分接头大多安排在外两层。分接头用抽头打圈的方法引出，不必剪断导线，如图 1-5b 所示。分接头从绕组上端引出，并压在外面一层绕组下面。

2. 绕组的绕制工艺 绕组的绕制是在专用绕线机上进行的。根据绕线工艺的特点，对绕线机的要求是起动平稳，以保证逐渐地拉紧导线和等速地绕制；具有可靠的不倒转的制动装置，以防绕好的部分因倒转而松开；要有足够的功率和调速范围。

(1) 用扁线绕制的低压圆筒式绕组 这种绕组一般绕在粘合的纸筒上。起绕前，先将导线的端头按规定的长度和绕向弯成直角。如果是用多根导线，在弯角处的导线之间垫以电缆纸或绝缘胶布，再用斜纹布带包扎绕组始端。绕组的出线头放在绕线模端板槽中，如图 1-4 所示。用斜纹布带绑扎在线匝上，然后开始绕第一线匝。绕线机主轴的转速控制在 $18 \sim 36 \text{ r/min}$ 范围内，并严格控制导线的张力。在绕制过程中，用斜纹布带交错地夹在导线上下以便压紧线匝。轴向线匝间要紧密，可用木楔打紧。当绕到第一层的最后一匝时，划出由第一层过渡到第二层的位置线，并在此放置端圈，端圈的绑扎如图 1-4 所示。然后放置电缆纸作为

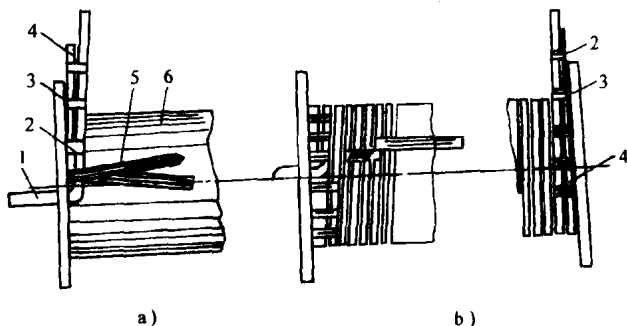


图 1-4 用扁导线绕制的圆筒式线圈

a) 第一匝的排列 b) 跨到第二层前最后一匝的排列

1—出头 2—绑带 3—端部挡板

4—端圈 5—扎紧套圈 6—绕线模

层间绝缘，再绕下层线。当绕到距线圈终点 4~5 匝时，放置 3~4 处斜纹布带套圈，以便扎住这一层线的最后几匝。

绕完线圈的全部线匝后，标记出终端接线头的长度和弯形位置，并将导线剪断，弯出 90° 的接线头，包扎绝缘，然后紧固在绝缘端圈的开口中。

完成以上工作后，在终端出头处或沿线圈全长叠绕折边的电缆纸或斜纹布带，从绕线模上取下线圈；在线圈的四周取四处，沿轴向用斜纹布带扎紧，进行匝数检查，然后送去干燥浸漆。

(2) 用圆导线绕制多层圆筒式高压线圈 这种线圈的匝数较多，导线较细，因此绕制时绕线机转速可高些，一般为 100~160r/min。首先弯头，包扎出线头绝缘，然后把出线头固定在绕线模上。绕制时，线匝要压住电缆纸，并靠近端部绝缘。以后的线匝要逐匝靠紧，使绕组的边匝压紧纸带，具有可靠的端部绝缘。

到第一层最后几匝时，靠近挡板放置另一端的绝缘，再在第一层升到第二层的过渡处用电缆纸加包绝缘。

为了形成轴向油道，沿圆周均匀放置木撑条或绝缘纸板条。为了保持绕组的圆筒形状，除了永久性撑条以外，在永久性撑条之间放置工艺撑条。撑条用斜纹布带绑住。接着安放端部绝缘，绕下一层线匝，经过一段后，拆下绑扎撑条的斜纹布带，继续绕制。

线圈的调压分接头用打圈的方式引出，不必将导线剪断，如图 1-5b 所示。分接头用直纹布带绑扎，并在外面再套上绝缘套管，在分接头下面垫上纸槽，再把它放到绕线模端板的槽口中。对导线截面较大的分接头，采用导线截面相同的铜带，把铜带焊在绕组的导线上，用漆布包扎分接头处，并在其两侧垫上绝缘。绕完的线圈用直纹布带或电缆纸绑扎，最后送去干燥、浸漆。

三、装配工艺

1. 器身绝缘装配

1) 卷制绝缘筒时必须层层收紧。内线圈出头加包绝缘时，

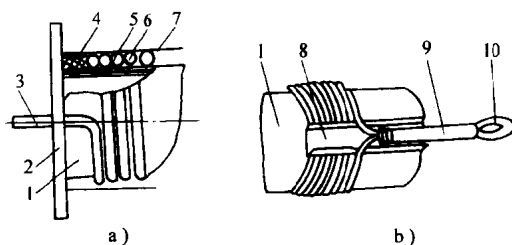


图 1-5 用圆导线绕制的多层圆筒式线圈

a) 端部支撑绝缘的固定 b) 多接头打圈及其绝缘

1—绕线模 2—挡板 3—出头 4—端部绝缘 5—电缆纸

6—线匝 7—层间绝缘 8—绝缘纸槽 9—绝缘套管 10—分接头

应注意绝缘的搭接长度至少为绝缘包后的 10 倍，线圈出头绝缘包后大于 3mm 时，搭接部分应先削成锥形。绝缘包扎必须紧密，以免搭接部分松脱。

2) 线圈套装时，要确保与铁心柱同心，线圈的轴向要可靠地压紧，并防止线圈绝缘在运行时收缩而产生振动变形。

3) 上铁轭插片的第一级是插片的基准，必须保证平直无弯曲。

2. 总装配

1) 总装配的各个过程都要十分注意清洁。

2) 器身真空处理后必须整理和压紧，以确保内外绕组的均匀受力，紧固件要拧紧，绝缘距离要复查。

3) 带有分接开关的器身总装时，需要检查引线位置和引线绝缘距离，必须使其符合规定要求。所有紧固件都要拧紧。操作机构与开关的连接要注意和标定位置相符。变换分接时，应确保开关本体与操动机构先后动作步骤、顺序正确。

4) 高压套管的接线头和引线电缆，必须焊接牢固，搪锡无缩孔。电缆长度必须合适，使其能够按要求进入均压球，以免引起局部放电。对于低电压大电流套管，应使接线片和导电杆接触良好。

第二节 变压器的大修工艺和调试步骤

一、变压器器身的检修及测试

1. 变压器器身检修前的准备工作

1) 清理现场, 拆除妨碍施工的母线及某些架构, 装设安全围栏, 备齐消防与急救、防雨、防风砂器材, 装设电源及照明设施。

2) 运输及安装工具的准备。大致内容应包括: 起重搬运设备; 油处理及排油清油设备; 密封试验及抽真空设备; 钳工工具及焊接设备及工具; 电修专用工具; 绝缘材料; 密封材料; 漆类及化工材料; 各种预制的零配件; 各种消防、防雨及劳动保护用品, 常用的测试仪器及量具等。

3) 检修前测一次直流电阻、介质损耗、绝缘电阻及做一次油样试验。

4) 排油, 必要时滤油或准备好合格油。

5) 拆除保护、测量、信号等二次回路的连线和接地线。

6) 拆除及检修清扫冷却装置, 如风扇电动机、散热器、强油循环装置及其管路等。

7) 拆除及检修清扫储油柜、吸湿器、净油器、安全气道、气体继电器、温度计、碟阀等; 并对气体继电器进行试验。

8) 拆除及检修套管、分接开关操动机构。并对套管进行试验(指 110kV 以上的套管)。

9) 确认器身检修的条件具备时, 即可开始拆除油箱的箱沿螺钉。检查并证实油箱与器身完全脱离后方可吊出器身或吊起上节油箱, 进行器身检修。

10) 如果上述各项中所列某些变压器组件必须进行较长时间的检修时, 应在器身检修前的若干天事先拆下检修。如果已确定器身需要干燥时, 则可推迟在器身干燥的同时进行。

2. 器身检修项目

1) 作铁心外观检查。检查有无放电及烧伤痕迹, 接地状况

如何。

2) 绕组外观及绝缘状况, 压紧程度, 有无变形, 撑条、垫块、油道是否正常。绕组绝缘老化等级评定分为四级。

第一级: 弹性良好, 色泽新鲜。

第二级: 绝缘稍硬, 色泽较暗, 手按不裂, 尚可使用。

第三级: 绝缘发脆, 一按即裂, 不能使用。

第四级: 绝缘炭化发脆, 一按即裂, 不能使用。

3) 进行引线检查。绝缘外观有无断裂, 焊接头是否牢固, 绝缘距离、木支架及其固定状况是否合适。

4) 分接开关的绝缘外观及固定状况是否良好, 转动分合是否灵活, 触头、触柱表面粗糙度及弹簧弹性是否合适。检查完毕后应将分接开关旋至额定分接位置。

5) 检查及紧固全部螺钉、销钉和紧固件。

6) 对器身各部位进行清扫及用油冲洗。

3. 器身测试 配合器身检修进行电气测试。应在器身温度于 10°C 以上时进行测试, 项目如下:

1) 铁轭螺杆对铁心的绝缘电阻, 用 2500V 兆欧表测试不低于 $10\text{M}\Omega$ 。

2) 打开铁心接地片或接地套管引线, 用 2500V 兆欧表测试铁心对夹件、铁心对油箱、压板对夹件的绝缘电阻, 均不得低于 $10\text{M}\Omega$ 。

3) 上述各项试毕后, 恢复各接地片, 再测试一次连通情况。

4) 用 2500V 兆欧表测试绕组之间及对地的绝缘电阻和吸收比。

5) 必要时测试绕组的介质损耗角正切和泄漏电流。

6) 必要时测试分接开关各分接头的直流电阻。

4. 测绘记录 没有图样或图样不全时, 应利用器身检修的机会对器身各部作一简略测绘, 为以后的检修和制作配件创造条件。测绘项目如下:

1) 110kV 以上套管的名牌、编号、轮廓长度、法兰及螺孔