

● 专用于国家职业技能鉴定



国家职业资格培训教程

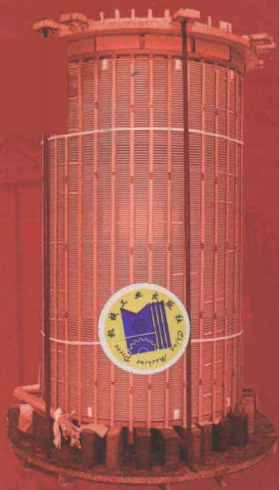
绕组制造工

(技师技能 高级技师技能)

● 机械工业职业技能鉴定指导中心组织编写

● 依据劳动和社会保障部颁布的《国家职业标准》要求编写

- 技师技能
- 高级技师技能



本书是依据《国家职业标准》对绕组制造工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书共分为技师技能和高级技师技能两部分,两部分内容均包括工艺准备、绕组的加工制造及处理、质量控制、培训指导,其中高级技师技能部分还介绍了生产管理及设备工艺检查。

本书主要作为企业培训部门、职业技能鉴定机构的教材,也可作为技工学校、技师学院、高等职业院校相关专业的教学用书,还可作为绕组制造工短训班的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

绕组制造工:技师技能 高级技师技能/机械工业职业技能鉴定指导中心组织编写. —北京:机械工业出版社,2011.3

国家职业资格培训教程
ISBN 978 - 7 - 111 - 33887 - 1

I. ①绕… II. ①机… III. ①绕组—技术培训—教材 IV. ①TM55

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第050948号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:荆宏智 王晓洁 责任编辑:王华庆 版式设计:霍永明
责任校对:闫玥红 封面设计:陈沛 责任印制:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2011年6月第1版第1次印刷
184mm×260mm·18.75印张·465千字
0001—3000册
标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 33887 - 1
定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

变压器行业特有工种国家职业资格培训教程 编审委员会名单

主任 李 玲

副主任 张金琢 郝晓琪 史仲光 徐 彤

委 员 张振玉 杨宝林 马凤江 宓传龙 王秋彦
江蕊娥 王承志 荆宏智 王 勉 顾选能
孙福泉 孙瑞田 刘克昌 王文梯 薛晚道
邵晓静 李凤娥 张 博 陈新华 张新梅
杨清华 刘 铎 冷小敏 李 强 朱 强
唐梦明

《绕组制造工（技师技能 高级技师技能）》 编审人员

主 编 宓传龙

参 编 张 博

前 言

为推动变压器行业职业培训和职业技能鉴定工作的开展，大力推行国家职业资格证书制度，机械工业职业技能鉴定指导中心在组织完成了《变压器、互感器装配工》、《铁心叠装工》、《绕组制造工》、《绝缘制品件装配工》、《变压器试验工》等特有工种国家职业标准编写工作的基础上，又组织变压器行业骨干企业及有关专家编写了这五个职业的国家职业资格培训教程。

本套教程是以“以职业活动为导向，以职业技能为核心”为指导思想，突出了职业培训特色，以操作者能够“看得懂、学得会、用得着”为基本原则，力求通俗易懂、理论联系实际，体现了实用性和可操作性。在结构上，本套教程针对变压器行业五个特有职业的职业活动领域，分为初级、中级、高级、技师、高级技师五个级别，按照模块化的方式进行编写。其中，《变压器基础知识》覆盖了《变压器、互感器装配工》、《铁心叠装工》、《绝缘制品件装配工》、《变压器试验工》四个国家职业标准中的基本要求，《绕组制造工（基础知识）》覆盖了《绕组制造工》国家职业标准中的基本要求；各职业技能部分的章对应于该职业标准中的“职业功能”，节对应于标准中的“工作内容”，节中阐述的内容对应于标准中的“技能要求”和“相关知识”。本套教程重点介绍了变压器和互感器生产的制造方法、操作技巧、工艺难题的排除及预防措施，以及相关设备、工具、量具的使用和维护保养方法，同时还介绍了一些国内外变压器、互感器制造技术的新动态。本套教程可供变压器、互感器、电抗器及相关专业工种的从业人员等级培训和技能鉴定使用，也可作为有关技术人员自学参考用书。

本套教程的编写工作得到了变压器行业骨干企业的全力支持。其中，保定天威集团有限公司承担了《变压器基础知识》、《变压器装配工》、《互感器装配工》、《铁心叠装工》、《绝缘制品件装配工》、《变压器试验工》等的编写工作，西安西电变压器有限责任公司承担了《绕组制造工》的编写工作，许继集团有限公司承担了《变压器装配工》中有关干式变压器内容的编写工作，在此一并表示感谢！

由于时间仓促，书中不足之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议。

机械工业职业技能鉴定指导中心

目 录

前言

第一部分 技师技能

第一章 工艺准备	1	三、绕组的干燥处理	77
第一节 识读工艺文件	1	四、绕组的浸渍处理	80
一、识别设计(施工)图样,理解设计思路	1	第三章 质量控制	90
二、绕组的结构及特点	5	第一节 检测	90
三、绕组制造的工艺流程、质量要求及检测手段	7	一、绕组技术参数的计算	90
四、绕组结构合理性的建议	7	二、三相直流电阻不平衡率的计算	94
五、绕组的工艺方案	8	三、判断绕组短路位置的方法	94
第二节 导线的分盘	9	四、判断绕组断路位置的方法	95
一、导线分盘的原因	10	第二节 绕组质量问题的处理	95
二、导线分盘的原则及依据	10	一、预防措施的概念及要求	95
三、导线分盘的方法	10	二、预防措施的信息依据	95
四、导线分盘实例	15	三、预防措施的工作程序	95
第三节 材料的配置	17	四、绕组质量问题的特点	96
一、绕组生产的基本特点	17	五、绕组隐蔽故障点预防措施的制定及实施	96
二、绕组原材料和辅助材料的合理配置 ..	17	第三节 废品及不良品的防止方法	99
三、原材料及辅助材料合理配置的方法 ..	18	一、质量统计与分析方法	99
四、绕组用材料合理配置的步骤	19	二、产生废品及不良品的原因分析及相应处理措施	103
五、原材料及辅助材料的合理储存及摆放	19	第四章 培训指导	105
第二章 绕组的加工制造及处理	23	第一节 指导操作	105
第一节 绕组的绕制	23	一、指导初级现场操作的要求及方法	105
一、选配调整绕组辅助工装	23	二、指导中级现场操作的要求及方法	105
二、设计、改进工装模具	29	三、指导高级现场操作的要求及方法	105
三、导线的焊接	30	第二节 编制培训文件	106
四、绕组辅助设备的设计和调整	34	一、培训讲义的编写	106
五、设备故障的排除	42	二、编制培训计划的程序和方法	111
六、新设备的接收	47	三、技术总结的编写	112
七、新型、复杂绕组结构的鉴别	50	第三节 专业技术培训的组织	118
第二节 绕组的压装、组装及处理	52	一、理论培训的目的	118
一、绕组的压装	52		
二、绕组的组装	62		

二、专业培训的教学要求	118	四、培训重点及目标	118
三、理论和技能的教学方法	118	五、初、中、高级培训的内容	119

第二部分 高级技师技能

第五章 工艺准备	122	一、绕组的压装	235
第一节 检查工艺文件	122	二、绕组的组装	239
一、绕组技术	122	三、绕组的干燥处理	244
二、绕组的选型	131	四、绕组的浸渍处理	246
三、绕组的质量标准	132	第七章 质量控制	251
四、各类技术资料的检查程序及方法	132	第一节 检测	251
五、绕组施工图样的检查	133	一、特殊结构绕组有关资料的收集及 分析	251
六、工艺文件的检查	133	二、测试方案的编制	251
七、绕组制造中的难点及关键点 (工艺要点)	134	三、干式空心电抗器匝间故障的检测 方法	251
第二节 导线的分盘	138	第二节 绕组质量问题的处理方法	255
一、特殊绕组的结构及导线分盘的 方法	138	一、工序质量控制点的职责	255
二、绕组所用导线的长度及质量核算	139	二、工序质量控制点的建立	256
三、导线缺陷及处理方法	140	第三节 质量管理活动的组织	257
第三节 绝缘件质量的检查	141	一、产品质量管理体系	257
一、影响绕组绝缘的因素	141	二、绕组质量攻关的有效组织	257
二、绕组绝缘件常见质量问题及相应 处理措施	146	第八章 培训指导	263
三、新型绝缘材料的推广应用	153	第一节 编制培训文件	263
四、新型绝缘材料的性能、用途及研制 方法	157	一、绕组工艺培训教材和考核试题的 编制	263
第四节 生产现场的组织安排	161	二、培训计划及培训大纲的编制	264
一、大型卧式绕线机	161	三、各等级绕组制造工培训计划及培训 大纲的编制	264
二、立式绕线机	164	第二节 专业技术培训的组织	272
三、大型绕组压床	165	一、绕组工艺理论与技能的教学方法	272
四、大型组装架	168	二、各等级理论技术和实际技能的 培训	272
第六章 绕组的加工制造及处理	170	第九章 生产管理及设备工艺检查	273
第一节 绕组的绕制	170	第一节 生产管理	273
一、绕组辅助工装的选配调整	170	一、均衡生产的概念及意义	273
二、工装模具的设计、改进	173	二、定置管理知识	273
三、导线的焊接	176	三、生产管理基本知识	278
四、绕组绕制设备技术革新活动的组织 开展	189	第二节 设备工艺检查	282
五、新设备的接收	202	一、指导绕组专用设备的全面检查	282
六、各类新型、复杂绕组的绕制	209	二、工艺纪律规定及检查	283
七、新型、复杂绕组结构的鉴别	230	参考文献	293
第二节 绕组的压装、组装及处理	235		

第一部分 技师技能

第一章 工艺准备

第一节 识读工艺文件

变压器绕组是变压器的心脏，是变压器传输、转换电能的核心，是构成变压器输入、输出电能的电气回路，是变压器最为重要的组成部分。各类变压器绕组都是由表面覆盖绝缘层的铜、铝导线按一定的排列规律及绕向，经绕制、整形、烘干、浸渍、压装和组装等工序加工而成。能够掌握绕组的各种结构特点、工艺规程及变压器的技术标准，正确理解设计（施工）图样、相应的加工工艺及相关技术文件的要求，并将它们有针对性地运用到生产操作和指导培训工作中，是绕组制造技师的一项必备技能。

一、识别设计（施工）图样，理解设计思路

绕组施工图样是表达绕组施工的技术语言。各绕组制造厂因标准化程度、规范性、完整性及传统工艺等的不同，在图样设计中存在一定的差异，但共同的特点是图样所表达的内容必须满足绕组制造的需要，并按标准绘制。

1. 圆筒式绕组（又称为层式绕组）

圆筒式绕组的结构繁多，分为单层圆筒式和多层圆筒式。高压绕组还有带静电屏圆筒式和分段圆筒式等。图样基本表达内容包括结构图（主视图和俯视图）、匝数联结原理图（匝数简图）、绕向图、技术数据表、材料和零件明细表、简要的技术说明（技术要求）等。双层圆筒式绕组如图 1-1 所示。圆筒式绕组技术数据见表 1-1。带静电屏的高压多层圆筒式绕组还应有静电屏装置示意图，如图 1-2 所示。

2. 饼式绕组

除连续式绕组图样的表达内容可以与圆筒式绕组相同外，其他形式的绕组（如螺旋式、纠结式等）还必须有绕组展开图、特殊段纠结示意图等。220kV 级变压器纠结连续式高压绕组的结构如图 1-3 所示。饼式绕组技术数据见表 1-2。

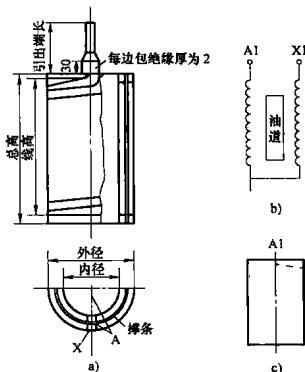


图 1-1 双层圆筒式绕组

a) 结构图 b) 匝数简图 c) 绕向图

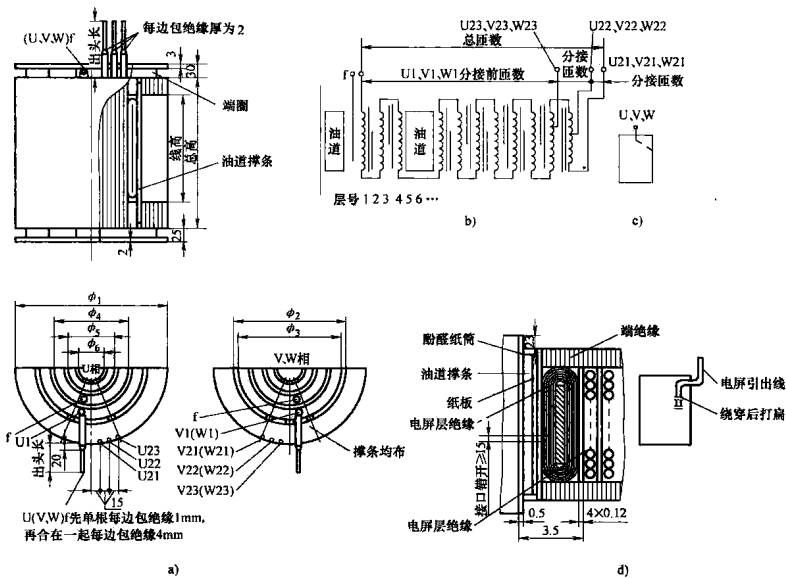


图 1-2 带静电屏的高压多层圆筒式绕组的结构及施工图样

a) 结构图 b) 匝数简图 c) 绕向图 d) 静电屏蔽装置示意图

表 1-1 圆筒式绕组技术数据

额定电压/V:				相电流/A:			相数:			容量/(kV·A):		
每台变压器绕组数:				每只绕组匝数:			每只绕组段数:			绕组形式:		
每段代号	每段匝数	每段层数	每层匝数	导线尺寸及质量/kg	导线排列	导线长度/m	匝间加强绝缘	匝间垫纸	端绝缘	线段尺寸/mm		
										辐向	内径	外径
出头				材料			长度			层数		
										匝数		
										绝缘		

3. 组合式绕组

不同结构的两个及两个以上绕组绕制在一起的绕组称为组合式绕组。组合式绕组图样还应有绕组装配结构图及俯视图，以便于表示绕组间主绝缘距离及相对出头位置，如图 1-4 所示。

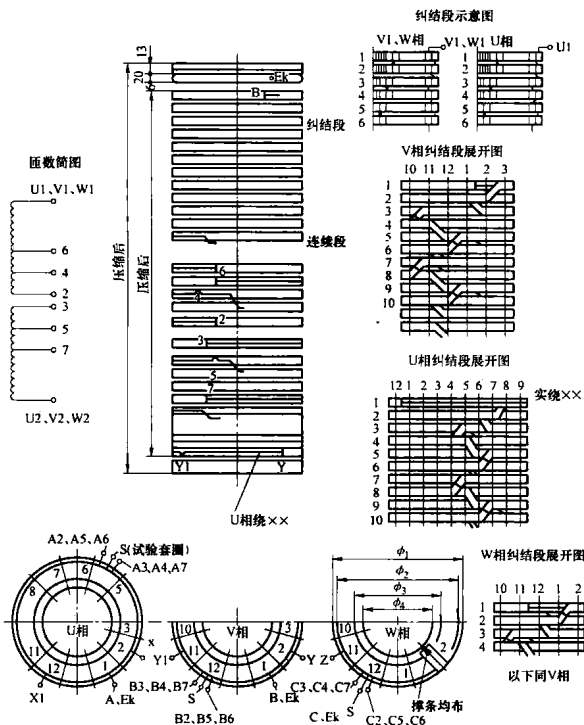


图 1-3 220kV 级变压器纠结连续式高压绕组的结构

表 1-2 饼式绕组技术数据

额定电压/V:		联结形式:		相电流/A:		容量/(kV·A):		相数:		
每台变压器绕组数:		每只绕组匝数:		每只绕组段数:						
段号	段数	每段匝数	导线				线段尺寸/m		绕组直径/mm	
			排列	尺寸	质量/kg	长度/m	轴向	辐向	内径	外径
绕组形式:		轴向:								
铁块	压缩前垫块总高度/mm:			压缩后高度/mm:			压缩率(%):			
	未注明的油道厚度/mm:									

(续)

额定电压/V:	联结形式:	相电流/A:	容量/(kV·A):	相数:
每台变压器绕组数:	每只绕组匝数:		每只绕组段数:	
出 头	名称			
	材料			
	长度/mm			
	绝缘			
匝间 垫纸	段号			
	垫高/mm			

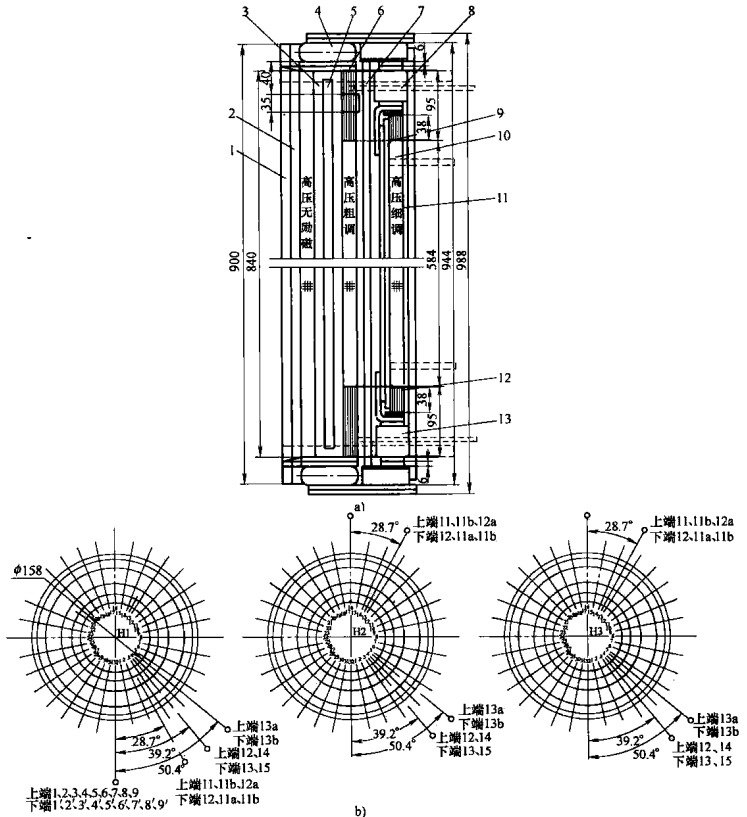


图 1-4 组合式绕组 (SFPZ—50000/220 高压绕组) 示意图

a) 上下端头位置示意图 (面向高压侧, 俯视图) b) 装配结构图

1—成形纸筒 2—油隙撑条 3—高压 (无励磁) 绕组 4—静电板 5—纸筒 6—绝缘端圈 7—上铁轭绝缘
8—绕组端部出线 9—高压 (粗调) 绕组 10—阶梯撑条 11—角环 12—高压 (细调) 绕组 13—下铁轭绝缘

4. 绕组组装图

绕组组装图可以与器身结构(绝缘)装配图合并使用,表达绕组间和绕组对地等的主绝缘结构。其基本表达内容包括主绝缘结构图(主视图和俯视图),各绕组出头相对位置示意图、出头成形及绝缘包扎示意图,零部件明细表及技术说明(技术要求)等。因其属于装配图范畴,不要求把每个零件的形状完全表达清楚,如绕组只需画示意图,无须画清绕组结构等具体内容,但其对主绝缘的结构原理、绕组间的绝缘结构及尺寸、相互位置关系、绕组与铁心及上下夹件等对地绝缘距离和绝缘结构等必须表达清楚,如图1-5所示。

二、绕组的结构及特点

变压器绕组的结构主要取决于变压器的容量、额定电压和使用条件,应根据不同的具体情况,综合考虑主纵绝缘分布、绕组电气强度、机械强度及散热情况、制造加工难度及成本等,选择最佳的绕组结构。绕组制造技师必须掌握这些知识,才能将其更好地运用到实际操作和指导培训中。

目前变压器制造中同心式绕组的结构及特点如图1-6所示。常用绕组结构的基本特征和应用范围见表1-3。

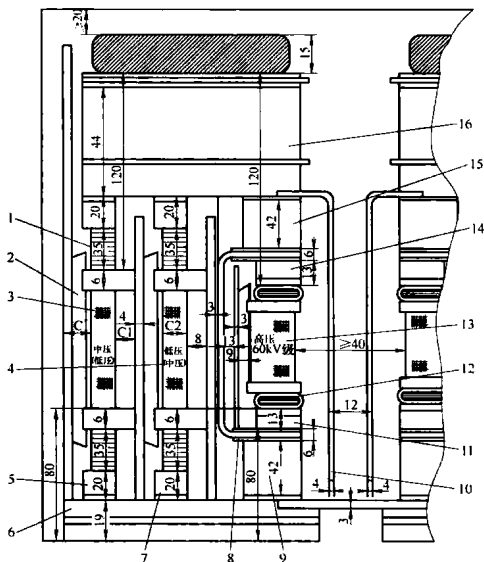


图1-5 60kV级变压器器身绝缘结构图(三绕组)

- 1—端圈 2—纸筒 3—中压(低压)绕组 4—低压(中压)绕组
5、7、9、11、14、15—绝缘端圈 6、16—铁轭绝缘 8—角环
10—相间隔板 12—高压绕组静电板 13—高压绕组

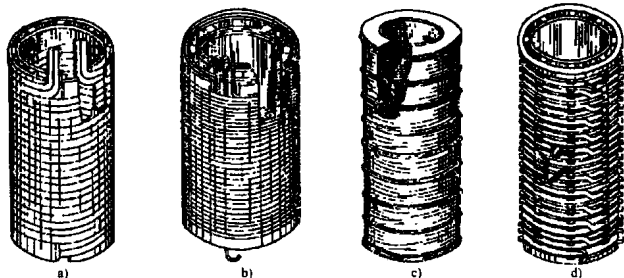


图1-6 同心式绕组的结构及特点

- a) 双层式 b) 多层式 c) 分段式 d) 连续式

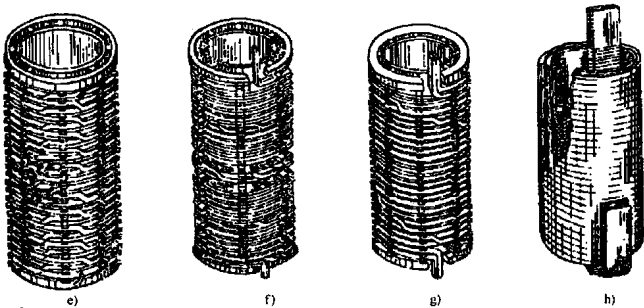


图 1-6 同心式绕组的结构及特点 (续)

e) 纠结式 f) 螺旋式 g) 双螺旋式 h) 箱式

表 1-3 常用绕组结构的基本特征和应用范围

结构	外形	结构特征	应用范围
层式(圆筒式) (单层、双层、多层)	见图 1-6a 见图 1-6b	同心式绕组是最简单的形式,工艺性能好,便于控制,层间油道散热效率高,但端部支撑的稳定性较差。低压绕组用 1~6 根扁导线并绕而成,高压绕组用圆导线(或扁导线)在绝缘筒(或固定于绝缘筒上的撑条)上绕成。35kV 高压绕组为了使起始电压分布均匀,在绕组内层放置静电屏,与绕组端相连接。层间绝缘为电缆纸或油道。绕组两端用绝缘件填平	<p>双层式一般用于三相容量为 500kV·A 及以下,电压为 1kV 的低压绕组</p> <p>多层式一般用于三相容量为 500kV·A 及以下,电压为 3~15kV 的绕组,如果放置静电屏,则可用于 35kV 的高压绕组</p>
分段式	见图 1-6c	相当于将多层层式绕组沿轴向分成若干线段,线段间放置绝缘纸圈,这种绕组可降低层间绝缘所承受的工作电压,但制造工艺比层式复杂	电压互感器或高压试验变压器的高压绕组
连续式	见图 1-6d	能在很大范围内适应容量和电压的要求,机械强度高,但比较耗时。由 1~6 根扁导线在固定于绝缘筒或置于绕线模的撑条上并绕成饼状线段。线段数通常为偶数,段间用油道或纸圈交错隔开,两端有油道和绝缘圈	可用于三相容量为 630kV·A 及以上,电压为 3~110kV 的绕组。线段间用油道和纸圈交错隔开时,可用于三相容量为 630~6300kV·A,电压为 3~35kV 的绕组
纠结式	见图 1-6e	与连续式相似,但焊接头较多。线匝由 1 根导线绕成时,用 2 根导线并绕;由 2 根导线并联绕成时,用 4 根导线并绕。为增大绕组匝间电容,改善在冲击电压作用下的起始电压分布,绕组不是依次排列,而是交叉纠结相联结	可用于三相容量为 6300kV·A 及以上,电压为 110~500kV 的绕组
螺旋式	见图 1-6f 见图 1-6g	外形与连续式相似,其一匝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),绕制简便,但由于绕组高度的限制,匝数稍多的绕组不能采用	可用于三相容量为 800kV·A 以上,电压为 35kV 及以下的大电流绕组和有载调压变压器的调压绕组
箱式	见图 1-6h	与多层层式相似,但每一层为一匝,箱的宽度等于绕组的高度。这种绕组具有空间利用率高,可自动绕制,生产效率高等优点。箱式绕组可制成矩形结构,可缩小器身尺寸	可用于中小型变压器绕组

三、绕组制造的工艺流程、质量要求及检测手段

作为一名绕组制造技师，必须熟悉并掌握绕组制造各工序的加工工艺、质量要求及检测手段等，才能正确按工艺操作、指导（或讲解）培训操作者，发现各工序的难点及关键点，提出有价值的、合理性的建议，并将其运用到生产管理中。图 1-7 所示为油浸式电力变压器绕组的加工工艺流程图。

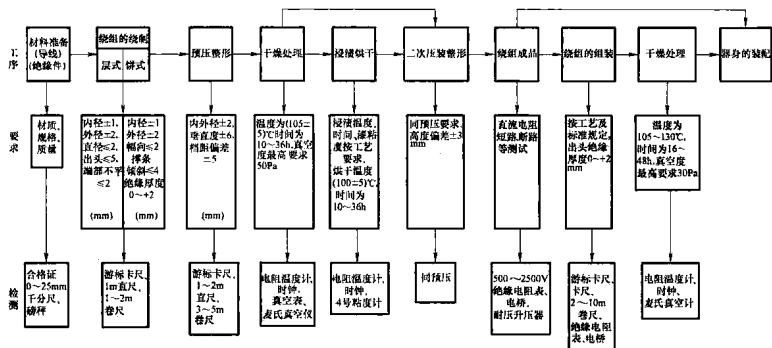


图 1-7 油浸式电力变压器绕组的加工工艺流程图

四、绕组结构合理性的建议

1. 绕组结构工艺性

绕组结构合理性对绕组的制造来说就是其结构的工艺性，是指在一定的条件下（如设备能力、人员技术水平等）制造出合格绕组的可行性和经济性。通过对产品及绕组的结构工艺性分析，结合技师自身对绕组加工特点的掌握和经验，提出合理的意见和建议，最后对绕组结构及加工工艺进行改进，从而保证绕组生产顺利进行，使绕组质量达到设计、工艺和标准要求。

2. 绕组的技术标准

1) 绕组的卷制要紧密无间隙，绕组的匝间、层间一定要紧密，不允许有松动的线匝，结构上的裕度必须适当，应控制绝缘零件及导线不要超出允许偏差，如遇负允许偏差时应考虑用适当的绝缘材料将匝间、层间填实，不允许用松绕的办法保持绕组外限尺寸。

2) 保证绕组的几何尺寸。径向和轴向尺寸决定绕组的短路阻抗值，因此必须控制绕组尺寸不能超出允许的偏差值。

3) 除注意导线的截面尺寸（决定电流密度）、绝缘厚度与质量外，还应注意导线的表面粗糙度和导线截面上的圆角形状（对扁线而言），表面不能有毛刺、划痕和重皮等缺陷，应清洁无污物及锈斑；同一台变压器绕组所用的扁导线，圆角应相同，以保证三相电阻值不致相差太多。

4) 除结构上规定以外, 应尽量减少导线接头数量; 绕组内部的导线焊接, 除保证焊接电阻外, 更应注意焊点的修光, 不能有任何尖角毛刺, 并应局部加强绝缘。

5) 卷制过程中应随时监视导线绝缘质量, 不允许有绝缘损伤的导线卷入绕组内部, 对导线的换位、跨段、升层及引出线端等处均应按规定加强绝缘。

3. 产品结构工艺性审查对象

1) 采用新原理、新技术、新结构、新材料自行创新设计的具有新功能、新用途的产品。

2) 根据国内外引进的产品样本、样机或专利而测绘仿制且企业首次生产的产品。

3) 根据企业某种科研成果或生产经验积累而进行局部改进的老产品或系列产品。

4. 产品结构工艺性审查时应考虑的主要因素或条件

1) 产品种类、结构特点和复杂程度。

2) 生产类型 (或产品产量) 和产品的发展前景。

3) 企业现有的生产条件, 如人员、设备、工艺装备等。

4) 工艺技术的发展趋势和经过努力可以达到的新生产条件。

5. 产品结构工艺性审查的目的

其目的是使新设计 (或改进设计) 的产品在满足使用功能的前提下, 应符合一定的工艺性指标要求, 以使产品设计合理、工艺可行、成本低, 便于使用和维修。具体为:

1) 早期发现产品设计中的工艺性问题并及时解决, 防止或减少在生产中可能发生的重大技术问题, 为编制最佳工艺方案奠定基础。

2) 较早预见制造新产品时主要件、关键件所需的关键设备或特殊工艺装备, 以便提前安排设计或订货, 同时尽量与其他产品的工艺装备通用, 从而加速工艺设计速度, 缩短工艺准备周期, 扩大工艺装备的利用率。

五、绕组的工艺方案

工艺方案是工艺准备工作的总纲, 是工艺规程设计和关键工艺装备设计的指导性文件。其有助于系统地运用新的科学技术成果和先进的生产经验, 保证产品质量, 改善劳动条件, 提高工艺技术和工艺管理的水平。

1. 工艺方案的种类

(1) 新产品样机试制工艺方案 该方案是在评价产品结构工艺性的基础上, 提出样机试制所需要的各项工艺准备工作。

(2) 新产品小批量试制工艺方案 该方案是在总结样机试制工作的基础上, 提出批试前所需要的各项工艺准备工作。

(3) 批量生产工艺方案 该方案是在总结小批量试制的基础上, 提出在批量投产前进一步改进与完善工艺、工艺装备和生产准备措施的意见和建议。

(4) 老产品改进工艺方案 该方案主要是提出老产品改进设计后的工艺组织措施。

(5) 零件工艺方案 该方案是对工艺关键件提出的主要工艺措施。

2. 工艺方案的内容

(1) 新产品样机试制工艺方案的内容

1) 产品结构工艺性的评价结果和工艺准备工作量的大体估计。

- 2) 提出自制件和外协件的初步划分意见。
- 3) 提出必需的特殊设备的购置或设计、改装意见。
- 4) 必备的专用工艺装备的设计、制造意见。
- 5) 新材料、新工艺的试验意见。
- 6) 主要材料和工时的估算。

(2) 新产品小批量试制工艺方案的内容

- 1) 样机试制阶段工艺工作总结的结论。
- 2) 对自制件和外协件的调整意见。
- 3) 自制件的工艺路线调整意见。
- 4) 提出应设计的全部工艺文件及要求。
- 5) 提出各主要绕组的工艺方法。
- 6) 专用工艺设备的设计意见。
- 7) 专用设备的设计或购置意见。
- 8) 对特殊绝缘件原材料的要求。
- 9) 对工艺、工艺装备的验证要求。
- 10) 对有关工艺关键件的制造周期或生产节拍的安排意见。
- 11) 根据产品复杂程度和技术要求所需的其他内容。

(3) 批量生产工艺方案的主要内容

- 1) 小批量试制阶段的工艺、工艺装备验证的各项结论。
- 2) 工艺关键件质量攻关措施意见和关键工序质量控制点的设置意见。
- 3) 工艺文件和工艺装备的进一步修改、完善意见。
- 4) 专用设备或生产线的设计制造意见。
- 5) 有关新材料、新工艺的采用意见。
- 6) 对生产节拍的安排和投产方式的建议。
- 7) 装配方案和车间平面布置的调整意见。

(4) 老产品改进工艺方案的内容 凡设计变动较大的改进性老产品，均应有相应的工艺方案，其内容参照前述三点设计。

(5) 零件工艺方案的内容

- 1) 对工艺关键件原材料特殊绝缘件的要求。
- 2) 对工艺关键件工艺路线的安排意见。
- 3) 对工序质量控制的意见及关键工序的处理意见。
- 4) 关键工艺装备的要求。
- 5) 采用专用设备或生产线的意见。

第二节 导线的分盘

导线是构成变压器电气回路的重要原材料。绕组均由带绝缘层的铜、铝导线绕制而成。若将绕组形容成变压器的“心脏”，那么导线就是变压器的“血管”或“动脉”，在绕组的加工制造中占有绝对重要的地位。导线按材质可分为铜、铝导线两种；按外形分为圆、扁导

线；按外表面绝缘层材料可分为漆包线、纸包线和丝包线等；按导线复合方式分为单根、复合及换位导线等；按导线硬度分为软导线和半硬导线等。具体的导线种类、型号、名称及用途等参照以前学习的内容，这里不再介绍。

一、导线分盘的原因

1. 需分盘的导线

圆导线一般用于容量较低（630kV·A 以下）的小型变压器、互感器和电机行业等产品上，规格通用性强且线缆企业制造均带小线盘，可以满足绕制要求，适宜批量采购，因此不需要分盘。扁导线（包括复合导线及换位导线）因规格繁多，绕组设计选择范围大，通用性差，不宜批量采购。对于大型及超大型变压器的绕组，单盘装载不下单相（台）绕组的导线，因此必须进行导线分盘。本节着重介绍扁导线的分盘方法。

2. 分盘工艺的差异

导线是由电磁线专业企业生产。根据各变压器制造企业工艺的不同，扁导线来料有以下几种差异：

1) 来料为成卷成捆的裸导线时，在本企业内对导线进行外观检查、校平、拉直处理，并进行分盘、包纸等工序的加工操作，使导线质量控制在本企业要求以内，避免因导线质量问题造成变压器质量事故。

2) 本企业根据绕组使用导线规格、长度及质量，进行合理分盘并提供给导线制造企业，由导线制造企业进行导线分盘及包纸等工序的加工，供本企业直接使用。这样对导线制造企业的要求就会很高（如生产能力、设备能力、质量控制、运输能力等方面），可以精减本企业加工工序及人员，提高专业生产效率。

二、导线分盘的原则及依据

导线分盘的原则是在满足绕组绕制所需导线根数及长度的前提下，力求所分的导线盘数最少，杜绝任意剪断导线的情况，尽可能减少绕组绕制中的接头数量，从而降低因此引发的导线断路、电阻大等质量事故，同时节省原材料及加工成本。

导线分盘的依据是绕组施工图样及线盘外形尺寸。绕组施工图样中的技术数据表应表达绕组的形式、相数，导线材质、规格及绝缘厚度，导线长度与质量等；结合各制造企业线盘规格尺寸、绕制工艺方法等确定导线分盘数量，满足绕组生产制造需要。

三、导线分盘的方法

1. 明确导线包纸后的外形尺寸

(1) 单根导线的规格尺寸 单根导线的外形尺寸如图 1-8 所示。其表达方式为

$$\frac{a \times b}{a_1 \times b_1} \text{---ZB}\delta \quad (1-1)$$

式中 a ——裸导线厚度（mm）；

b ——裸导线宽度（mm）， $a \times b$ 为裸导线外形（截面）尺寸；

a_1 ——纸包导线厚度（mm）；

b_1 ——纸包导线宽度（mm）， $a_1 \times b_1$ 为纸包导线外形（截面）尺寸；

ZB——纸包扁铜线，为导线型号（见表 1-4）；

δ ——导线纸包两边绝缘厚度之和（mm）。

分盘计算时直接选用 $a_1 \times b_1$ 作为导线的外形尺寸。

表 1-4 导线的名称与型号

型号	名称	型号	名称
Z	电缆纸或电话纸包圆铜线	ZB	电缆纸或电话纸包扁铜线
ZL	电缆纸或电话纸包圆铝线	ZLB	电缆纸或电话纸包扁铝线
ZA	500kV 变压器匝间绝缘纸包圆铜线	ZAB	500kV 变压器匝间绝缘纸包扁铜线
ZAL	500kV 变压器匝间绝缘纸包圆铝线	ZALB	500kV 变压器匝间绝缘纸包扁铝线

(2) 复合导线的外形尺寸 复合导线的外形尺寸如图 1-9 所示。其表达式为

$$\frac{a \times b}{A \times B / H_2 \times W_2} / n - ZB \frac{\delta}{\Delta} \quad (1-2)$$

式中 a ——单根导线厚度（mm）；

b ——单根导线宽度（mm）；

n ——复合导线纸包扁铜线根数；

A ——纸包导线厚度（mm）；

B ——纸包导线宽度（mm）；

H_2 ——复合导线总高度（mm）；

W_2 ——复合导线总宽度（mm）；

ZB——纸包扁铜绕组线；

δ ——单根纸包扁线绝缘厚度（mm）；

Δ ——复合导线绝缘厚度（mm）。

分盘时直接选用 H_2 和 W_2 作为该导线的外形尺寸。

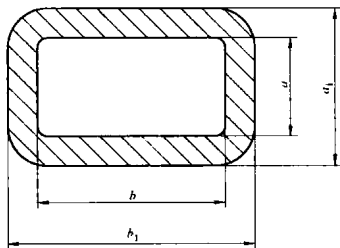


图 1-8 单根导线的外形尺寸

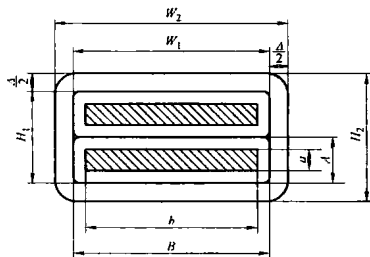


图 1-9 复合导线的外形尺寸

(3) 换位导线外形尺寸 换位导线的外形尺寸如图 1-10 所示。其表达式为

$$\frac{a \times b}{H_1 \times W_1 / \Delta} \times n \quad \text{QQB} \quad (1-3)$$

式中 a ——漆包扁线导体窄边标称尺寸（mm）；

b ——漆包扁线导体窄边标称尺寸（mm）；