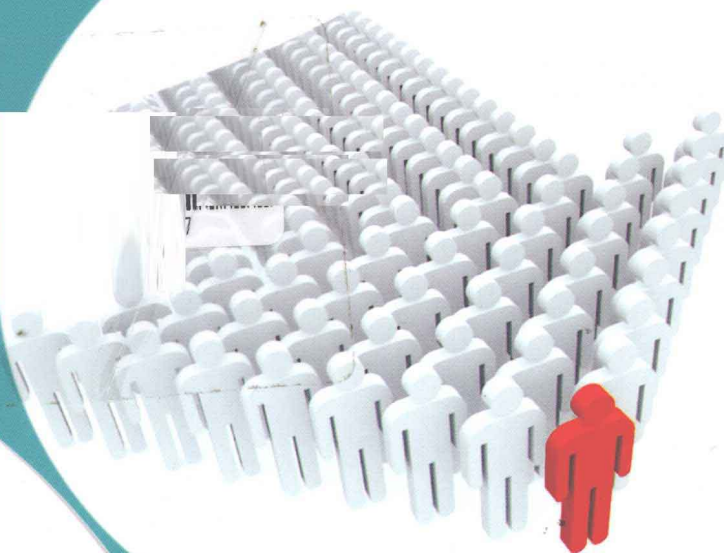


上岗就业百分百系列丛书

维修电工

上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是根据《国家职业标准》的初、中级维修电工等级标准及职业技能鉴定规范要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书主要内容包括:维修电工基础知识,常用电工仪表,电动机的维修,电气设备的维修,电力电缆故障的维修,现代照明装置及其故障检修,维修电工安全技术要点等相关内容,并通过实例提供详细的维修电工操作方法和注意事项,以加深理解,达到事半功倍的效果。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的教材,也可作为技校、中职、各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工上岗就业百分百/上岗就业百分百系列丛书

编委会组编. —北京:机械工业出版社, 2011.3

(上岗就业百分百系列丛书)

ISBN 978-7-111-33379-1

I. ①维… II. ①上… III. ①电工-维修-基本知识
IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020290 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:王晓洁 责任编辑:王振国

责任校对:陈立辉 封面设计:马精明

责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.75 印张·309 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33379-1

定价:28.00 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

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争事实,并日益严重,这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。为认真贯彻国家中长期人才发展规划(2010—2020年),适应全面建设小康社会对技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,我们特邀请有关专家组织编写了这套“上岗就业百分百系列丛书”。

本套丛书在编写中以企业对人才需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学员职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。同时,在编写过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色,为此在编写中从实际出发,简明扼要,没有过于追求系统及理论的深度,突出“上岗”的特点,使具有初中文化程度的读者就能读懂学会,便于广大技术工人、初学者、爱好者自学,掌握基础理论知识和实际操作技能,从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套上岗就业百分百系列丛书编委会的组成人员有:汪立亮、刘兴武、袁黎、徐寅生、陈忠民、张能武、黄芸、徐峰、杨光明、潘旺林、潘珊珊、兰文华、邱立功。我们真诚地希望本套丛书的出版对我国技能人才的培养起到积极的推动作用,能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”,同时衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

上岗就业百分百系列丛书编委会

目 录

前言

第1单元 维修电工基础知识	1
模块一 电工识图	1
一、电工图样中的电气符号	1
二、电工图样的构成	4
三、电路图的分类	6
四、电工识图的基本要求	7
模块二 电工材料	7
一、绝缘材料	7
二、导电材料	9
三、磁性材料	10
模块三 电工常用工具	12
一、常用工具	12
二、专用工具	16
模块四 维修电工基本操作技能	17
一、导线的连接及绝缘的恢复	17
二、电气控制电路的检查维修	21
第2单元 常用电工仪表	32
模块一 电工仪表的分类	32
模块二 绝缘电阻表的使用	34
一、绝缘电阻表的结构	34
二、绝缘电阻表的工作原理	34
三、绝缘电阻表的使用注意事项	35
模块三 便携式电工仪表	36
一、万用表及其使用	36
二、钳形电流表及其使用	40

模块四 电流与电压的测量	42
一、电流的测量	42
二、电压的测量	44
模块五 电能表	46
一、电能表的结构和工作原理	46
二、电能表的接线和安装	46
三、电能表的使用注意事项	47
模块六 功率表	48
一、功率表的工作原理	48
二、功率的测量	48
三、功率表的使用注意事项	48
第3单元 电动机的维修	49
模块一 三相异步电动机的维修	49
一、三相异步电动机的结构	49
二、三相异步电动机的常见故障和处理方法	53
三、转子故障与修理	56
四、定子绕组故障及局部修理	57
模块二 单相异步电动机的维修	60
一、电风扇电动机的维修	60
二、吸尘器电动机的维修	66
三、电吹风电动机的维修	68
四、单相电钻电动机的维修	70
模块三 电动机运行中的故障处理	71
一、电动机空载起动时的故障处理	71
二、电动机带负载起动时的故障处理	73
三、电动机运行中的事故停机处理	74
四、电动机轴承故障处理	75
五、单相电气设备运行注意事项	76
第4单元 电气设备的维修	77
模块一 电力变压器的维修	77
一、电力变压器的分类及铭牌	77
二、电力变压器的异常运行与故障检修处理	80
三、电力变压器的检修	85
模块二 断路器的运行维护及故障处理	90
一、高压断路器的结构特点与分类	90
二、断路器操动机构运行中的故障处理	91
模块三 高压隔离开关及其故障处理	98
一、高压隔离开关的结构特点	98

二、隔离开关运行中的故障处理	99
模块四 高压熔断器及其故障处理	104
一、高压熔断器的结构特点	104
二、高压熔断器的常见故障处理	105
模块五 互感器及其故障处理	109
一、互感器的结构特点	109
二、电压互感器的操作	110
三、电压互感器的运行维护	111
四、电压互感器的故障处理	112
第5单元 电力电缆故障的维修	117
模块一 电力电缆的基本组成	117
一、线芯	117
二、绝缘层	122
模块二 电力电缆的故障特征与分类	125
一、电力电缆故障发生的原因及其特征	125
二、电力电缆故障的分类	128
模块三 电缆故障的精测定点	129
一、声测定点法	129
二、音频感应定点法	131
三、特殊定点法	133
模块四 低压电缆线路故障维修	135
一、低压架空线路的运行维护和检修	135
二、低压电缆线路故障及检修	137
三、低压防雷保护装置的运行与检查	141
四、低压防雷保护装置的检修	142
第6单元 现代照明装置及其故障检修	145
模块一 电气照明基础知识	145
一、常用电光源	145
二、常用照明电气线路	150
模块二 照明电路的安装和维修	152
一、电气照明设备选择和安装注意事项	152
二、室内照明电路安装的工序	153
三、典型照明灯具的安装	154
四、临时照明电路的安装	161
第7单元 维修电工安全技术要点	162
模块一 电工安全注意事项	162
模块二 漏电保护	167

一、概述.....	167
二、漏电保护装置(漏电保护器)	167
模块三 接地装置	168
一、接地与接零.....	168
二、保护接地的范围.....	170
三、接地装置.....	170
模块四 触电及急救知识	172
一、触电.....	172
二、触电急救.....	174
参考文献	178

第1单元

维修电工基础知识



知识要点

- 电工图样中的电气符号。
- 电工图样的构成。
- 电路图的分类。
- 电工材料的分类与适用范围。
- 电工常用工具。



培训目标

- 掌握电工识图的基本要求。
- 掌握各种维修电工基本操作技能。

模块一 电工识图

一、电工图样中的电气符号

电工图样中的电气符号可分为文字符号、图形符号和回路标号三种。

1. 文字符号

文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件的种类和功能的代号，又可分为基本文字符号和辅助文字符号。

(1) 基本文字符号 基本文字符号可用单字母符号或双字母符号表示。例如：“K”代表继电器，“KA”代表电流继电器，“KV”代表电压继电器；“Q”代表电力开关，“QS”代表隔离开关，“QF”代表断路器；“T”代表变压器，“TA”代表电流互感器，“TV”代表电压互感器等。

(2) 辅助文字符号 辅助文字符号常加于基本文字符号之后,可进一步表示电气设备、装置和元器件的功能、特征及状态等。例如“RD”表示红色,“GN”表示绿色。辅助文字符号也可以标注在图形符号处。辅助文字符号还可以单独使用,例如:“ON”和“OFF”分别表示接通和断开,“YB”表示电磁制动器等。

此外,若基本文字符号和辅助文字符号仍不够使用时,还可以采用补充文字符号,但也要遵循国家有关规定原则。如“1G”(或“G1”)表示1号发电机,“2T”(或“T2”)表示2号变压器等。

2. 图形符号

图形符号是电气图样或其他文件中用来表示电气设备或概念的图形记号或符号。它是电气图样中的基本符号。图形符号的含义只由其形式决定,不受符号大小和图线粗细的影响,但同一份图样中图形符号的尺寸和图线粗细应保持一致。有些图形符号还注以文字符号或物理量符号作为补充。

绘制电气图样应遵循国标 GB/T 6988.3—1997《电气技术用文件的编制 第3部分:接线图和接线表》规定,其图形符号应符合国标 GB 4728《电气图用图形符号》的有关规定,其文字符号包括项目代号应符合国标 GB 5094—1985《电气技术中的项目代号》和国标 GB/T 7159—1987《电气技术中的文字符号制定通则》的有关规定。

表1-1、表1-2、表1-3分别列出新国标电气符号中常用电气设备的文字符号,常用的一次、二次电气设备的图形符号和常用的辅助文字符号。

表1-1 主要电气设备的文字符号

文字符号	中文名称	文字符号	中文名称
A	放大器	PE	保护导体、保护线
AV	电压调节器	PV	电压表
C	电容器	Q	电力开关
EL	照明灯	QF	断路器
F	过电压放电器件、避雷器	QS(F)	负荷开关
FR	热继电器	QS	隔离开关
FU	熔断器	R	电阻、电位器、变阻器
G	发电机、振荡器	GB	蓄电池
KA	电流继电器	GM	励磁机
KM	中间继电器、接触器	GS	同步发电机
KT	时间继电器	HA	声响指示器(蜂鸣器、电铃、警铃)
KV	电压继电器	HL	指示灯、光字牌、信号灯
L	电感、电感线圈、电抗器、消弧线圈	HLG	绿色指示灯
M	电动机	HLR	红色指示灯
N	绕组、线圈、中性线	HLY	黄色指示灯
PA	电流表	RP	变阻器

(续)

文字符号	中文名称	文字符号	中文名称
SA	控制开关、选择开关	V	二极管、晶体管、稳压二极管、晶闸管,各种晶体管
SB	按钮	X	接线柱
TA	电流互感器	XB	连接片、切换压板
TAN	零序电流互感器	XT	端子板、端子排
TM	电力变压器	YA	电磁铁线圈
TV	电压互感器	YA-N	合闸电磁铁
U	变流器、整流器	YA-F	跳闸电磁铁

表 1-2 常用一次电气设备的图形符号

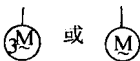
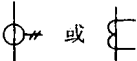
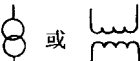
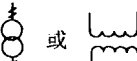
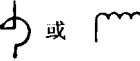
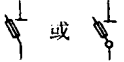
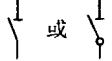
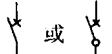
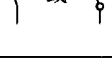
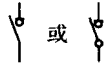
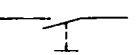
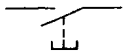
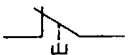
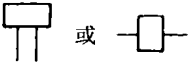
图 形	名 称	图 形	名 称
	三相感应电动机		电流互感器
	双绕组变压器		电压互感器
	电抗器		熔断器
	避雷器		熔断器式隔离开关
	隔离开关		断路器
	刀开关		接触器
	负荷开关		

表 1-3 常用二次电气设备的图形符号

名 称	图 形	名 称	图 形
开关电器一般符号		动断(常闭)触头	

(续)

名 称	图 形	名 称	图 形
动合(常开)触头		热继电器	
手动开关		熔断器	
接触器动合触头		延时闭合的动合触头	
按钮(动合)		延时断开的动合触头	
按钮(动断)		延时闭合的动断触头	
操作器件或继电器的绕组(线圈)		延时断开的动断触头	

3. 回路标号

为了表示电路图中各回路的种类和特征,通常用文字符号和数字标注出来,叫回路标号。回路标号要按照“等电位”的原则进行标注,即回路中凡连接在同一节点上的所有导线,它们都具有同一电位,因而应标注以同一回路标号,只有经过线圈、绕组、触头、电阻、电容等各元件或部件所间隔的线段才标注以不同的回路标号。回路标号中的数字通常用三位或三位以下数字来表示。

在交流一次回路中用个位数字的顺序区分回路的相别,用十位数字的顺序区分回路中的不同线段。如U相回路按1、11、21、31等顺序标号,V相回路按2、12、22、32等顺序标号,W相回路按3、13、23、33等顺序标号,对不同供电电源的回路也可以用百位数字的顺序标号进行区分。如三相交流电源端用L1、L2、L3标号,经开关电器后用L11、L12、L13标号,再经熔断器以后用L21、L22、L23标号。而三相交流异步电动机定子绕组首端用U1、V1、W1标号,尾端用U2、V2、W2标号。

在交流二次回路中,回路的主要压降元件、部件两侧的不同线段分别按奇数和偶数的顺序标号。如一侧按1、3、5、7等顺序标号,另一侧按2、4、6、8等顺序标号。

二、电工图样的构成

电工图样一般由电路、技术说明和标题栏三部分构成。

1. 电路

用导线将电源、各种电气设备以及负载之间连接起来所构成的闭合回路叫电路，它表明各种配电方式的原理。电路是电工图样中的主要构成部分。电路通常分为主电路和辅助电路两部分。

(1) 主电路 主电路也叫做一次回路，它是从电源至负载输送电能时电流所经过的电路。一次回路中的各电气设备叫做一次设备，它们包括各种开关、接触器、熔断器和用电设备等。通常主电路中通过的电流较大，导线线径较粗。

(2) 辅助电路 辅助电路也叫做二次回路，它是对主电路进行控制、保护、监视和测量等的电路。二次回路中的各电气设备叫做二次设备，它们包括各种操作控制开关、继电器接触器线圈及其辅助接点信号指示灯和监视测量仪表等。通常辅助电路中通过的电流较小，导线线径较细。

2. 技术说明

电路图中文字说明和元件明细表等，总称为技术说明。其中文字说明应注明电路的某些要点及安装要求等。文字说明一般以条文的形式写在电路图的右上方。元件明细表列出电路中各元器件的名称、符号、规格、单位和数量等。元件明细表一般以表格的形式列于标题栏的上方，元件明细表中的序号自下而上编排。

3. 标题栏

标题栏画在电路图右下角，其中注有工程名称、图名、图号、设计人、制图人、审核人和审批人的签名和日期等。标题栏是电工图样的重要技术档案，栏目中的各签名者要对图样中的各项技术内容各负其责。

图1-1中示出××车间电气照明电路。其中图1-1a所示为原理图。它表示由单相220V交流电源供电，电源经开关QS和熔断器FU接入后分为四个支路配电，每个支路都有各自的开关QS和熔断器进行控制和保护，图中实线为相线，虚线为工作零线。图1-1b所示为电路配线平面图。它表示照明配电箱和灯具安装位置及线路的敷设方式。电源引入线标注为BX—500，2×4—MDG，意义是两根截面积为4mm²的橡皮绝缘铜线，绝缘耐压等级为500V穿电线管(DG)明敷(M)。电源引至规格为XM—7—6/OA的照明配电箱，从照明箱分四路配线，配线标注为BX—500，2×2.5—CP—YL，意义是指各路均以两根截面积为2.5mm²的橡皮绝缘铜线，用瓷瓶(CP)

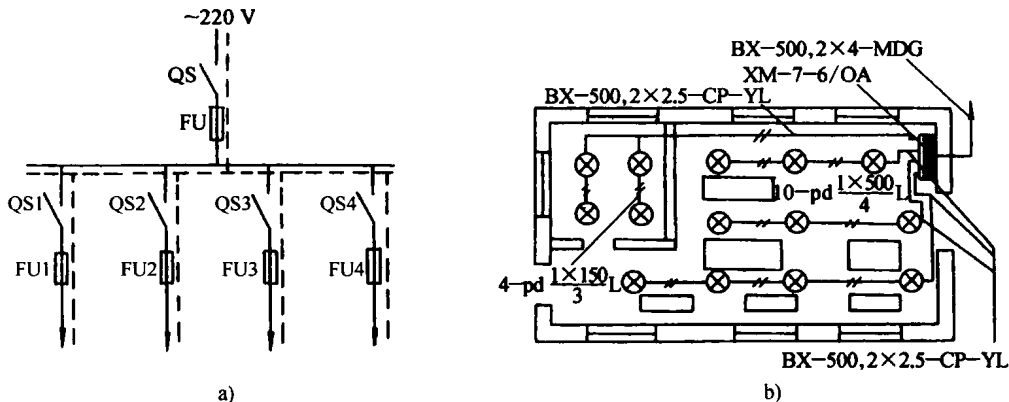


图1-1 ××车间照明电路

a) 工作原理图 b) 电路配线平面图

沿梁(YL)敷设。灯具情况第一路配电线路上共有四盏灯,标注符号为 $4-pd \frac{1 \times 150}{3} L$,意义是四盏普通灯; 1×150 是每盏灯具有一个 150W 功率的灯泡;分母“3”表示安装高度距地面 3m;“L”表示用吊链安装方式,其余三路共 10 盏灯其意义可参照上述说明。

三、电路图的分类

电气工程上所用的电路图通常可分为电气原理图、原理展开图、安装接线图、平面布置图和剖面图。

1. 电气原理图

电气原理图也叫做原理接线图。它以完整的电器为单位,画出它们之间的接线情况,从而表示出电气回路的动作原理,但不表示各电气设备元件的结构尺寸、安装位置和实际配线方法。阅读电气原理图可以了解电源和负载的工作方式、各电气设备和元件的功能等。电气原理图是购置电气设备和绘制展开接线图、安装接线图等的基本依据。

2. 原理展开图

原理展开图也叫做展开图。它的特点是将电路图中有关设备元件解体,即将同一元件的各线圈、触头和连接点等分别画在不同的功能回路中。但同一元件的各线圈、触头和连接点要以同一文字符号标注。画回路排列时,通常根据元件的动作顺序或电源到用电设备的元件连接顺序,水平方向从左到右,垂直方向自上而下画出。

图 1-2 就是三相笼型异步电动机控制原理图。图中接触器 KM 的主触头画在交流主电路中,而其线圈和辅助触头则画在交流辅助电路中,但均分别标注以“KM”;热继电器 FR 的发热元件和动断触头分别画在交流主电路和交流辅助电路中,而元件与触头均分别标注以“FR”。

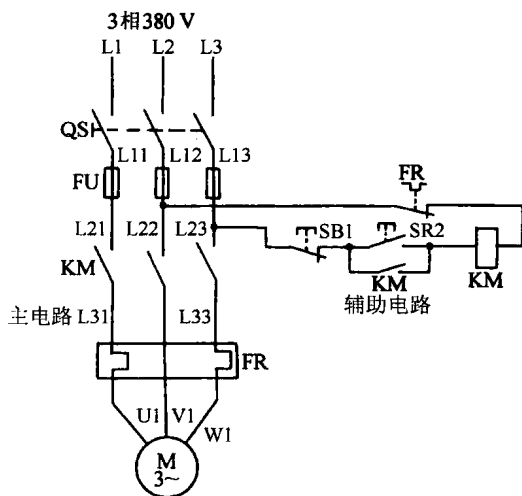


图 1-2 三相笼型异步电动机控制原理图

3. 安装接线图

安装接线图也叫做安装图,它是电气原理图具体实现的表现形式,可直接用于施工安装配线,图中只表示电气元件的安装地点和实际外形、尺寸、位置和配线方式等,但不能直观地表示出电路的原理和电气元件间的控制关系。安装图通常分为盘(屏)面布置图、盘(屏)后接线图和端子排图三种,它们之间相互对应、相互补充。

盘(屏)面布置表明各电气设备元件在配电盘(控制盘、保护盘)正面的实际布置情况;盘后接线图表明各电气设备元件端子之间应如何用导线连接起来;端子排是用来表明盘内设备与盘外设备之间电气上相互连接的关系,采用端子排连接有利于电路的改换,有利于进行电气试验。有关端子排和盘后的接线原则在后面的二次回路图中再进行叙述。

4. 平面布置图和剖面图

平面布置图和剖面图相当于对各电气设备布置的顶视和前视图。它们从不同方向表示各电气设备具体实际的安装位置,图中要标明位置和有关尺寸距离,用以对各电气设备进行安

装施工。

四、电工识图的基本要求

- 1) 结合电工图样文字说明和技术说明,分清电工图样的种类、特点和用途。
- 2) 结合电工基础理论了解电路图中各电气元件的基本工作原理、主要结构、动作性能以及各设备之间的关系。
- 3) 各类电工图样中原理图是绘制其他图样的依据,为此可以对照原理图来识读其他图样。
- 4) 可参照电气设备文字符号表、常用一次电气设备和二次电气设备图形符号表、回路标号规定和辅助文字符号表,掌握电路图中各文字符号和图形符号所代表的意义进行识读,并应熟记那些常用的图形和文字符号。对图样中特殊标注的文字和图形符号,可查阅有关电工手册,理解其相应含义。
- 5) 分清主电路和辅助电路,一般情况下,先看主电路,后看辅助电路。看主电路中用电设备是怎样引入和取得电源的,经过哪些设备和元件部件而达到负载的;看辅助电路分清是交流回路还是直流回路,是控制回路、保护回路、信号回路还是测量回路。识图时对控制回路、保护回路和信号回路等各条回路中各元件、线圈连接点等的动作顺序通常遵循自上而下和自左至右的原则。要注意动作元件的连接点常常接在其他各条回路中,看图时应找出对应的文字符号,不得遗漏连接点,否则动作情况就会不全面,甚至无法分析。
- 6) 电工图样中对各开关设备元器件的触头、连接点等所表示的状态都对应于正常运行状态,或在各开关设备及元器件不带电的状态下画出的。如某继电器的动合或动断触头系指该继电器线圈不带电时打开或闭合的触头,而该继电器线圈带电后就动作闭合或动作断开触头。
- 7) 一个完整的甚至复杂的电工图样,实质上都是由一些典型和常用电路按一定规律结合而成。为此可结合典型和常用电路进行对比分析。

模块二 电工材料

一、绝缘材料

1. 绝缘材料的用途和分类

电工材料按其电阻率的大小可以分为绝缘材料(电阻率为 $10^9 \sim 10^{22} \Omega \cdot \text{cm}$)、导电材料(电阻率为 $10^{-6} \sim 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$)和半导体材料(电阻率为 $10^{-2} \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$)三类。一般可认为绝缘材料是不导电的,实际上绝缘材料在直流电压作用下是会有极微弱的漏泄电流通过的。绝缘材料也称为电介质。

绝缘材料用途很大。在电工技术中主要是利用它的绝缘性能来隔离带电的或不同电位的导体,使电流按一定的方向流动。在各类电工产品中,绝缘材料起着不同的作用。例如,在橡套电缆中,绝缘材料起着绝缘和保护导体的作用;在油浸式变压器中,变压器油起着绝缘散热作用;在一些开关电器中,绝缘材料还分别起着机械支撑、灭弧等作用。甚至可以这样说,电工产品的质量和使用寿命,在很大程度上往往取决于绝缘材料的优劣。

绝缘材料根据其不同特征分类如下:

① 按照材料的物理状态，可分为气体绝缘材料、液体绝缘材料、固体绝缘材料、弹性体绝缘材料。

② 按照材料的化学成分，可分为有机绝缘材料、无机绝缘材料。

③ 按照材料的用途，可分为高压工程材料、低压工程材料。

此外，按照材料的来源还可以分为天然绝缘材料和人工合成绝缘材料等。

2. 常用绝缘材料的电气性能和用途

绝缘材料的品种甚多，用途极广，现将常用绝缘材料的电气性能和主要用途简介如下：

(1) 六氟化硫 SF_6 是一种无臭、不燃不爆的惰性气体。它具有较高的热稳定性和化学稳定性，甚至在 500°C 时仍不分解。它的绝缘灭弧性能良好，在均匀电场中，其击穿强度为空气或氮气的 2.3 倍；在单断口的灭弧室中，其灭弧能力远比压缩气体要强。 SF_6 主要用于全封闭组合电器、电力变压器、电容器、避雷器以及高压套管的制造等。

(2) 变压器油 变压器油是一种天然的绝缘油，由石油润滑油分馏，经脱蜡、酸碱洗涤精制而得。经一般处理其黏度比电容器油、电缆油大。主要用于变压器的绝缘、散热。10 号 (DB-10) 油用于环境温度在 -10°C 以上的变压器；25 号 (DB-25) 油用于环境温度在 -25°C 以上的变压器；45 号 (DB-45) 油用于环境温度在 -45°C 以上的变压器。

(3) 绝缘漆 绝缘漆是由作为漆基的成膜材料和其他辅助材料组成。成膜材料主要有天然树脂、合成树脂、沥青等。辅助材料主要有溶剂、稀释剂、填料及颜料等。

浸渍漆主要用于浸渍电机、电器的线圈和绝缘零部件，以填充间隙。漆固化干燥后，被浸物成为一个坚实的整体，提高了绝缘强度、机械强度及耐潮、耐热、导热、抗氧化能力。其中沥青漆 (1010) 为 A 级绝缘，耐潮性好，供浸渍不要求耐油的电机线圈。聚酰胺酰亚胺漆，耐热性和电气性能优良，黏结力强，耐辐照性好，供浸渍耐高温或在特殊条件工作的电机、电器线圈。环氧聚酯无溶剂漆 (EIU)，黏度低，挥发物较少，击穿强度高，储存稳定性好，用于浸渍小型 F 级电机、电器线圈。

漆包线漆主要用于导线的涂覆绝缘。例如缩醛漆，E 级绝缘，漆膜耐刮性、耐热冲击性、耐水解性能、耐油性好，可涂制高强度漆包线。

硅钢片漆用于涂覆硅钢片，以降低铁心的涡流损耗，增强防锈和耐腐蚀等能力。例如聚酰胺酰亚胺漆，H 级绝缘，其涂覆工艺性和干燥性好，漆膜附着力强，耐热性高，耐溶剂性优越。供涂覆高温电机、电器用各种硅钢片。

(4) 绝缘胶 绝缘胶在电工设备中广泛应用于浇注电缆接头和套管，浇注互感器、干式变压器等。例如黄电缆胶 (1810) 电气性能好，抗冻裂性好，适于浇注 10kV 以上电缆接线盒和终端盒。黑电缆胶 (1811 或 1812)，耐潮性较好，适于浇注 10kV 以下电缆接线盒和终端盒。环氧电缆胶，密封性好，电气性能和力学性能高，适用于浇注户内 10kV 以下电缆终端盒。用它浇注的终端盒结构简单，体积较小。

(5) 浸渍纤维制品 浸渍纤维制品是以绝缘纤维制品如棉布、薄绸、玻璃纤维等为底材，浸以绝缘漆制成。例如，黄漆布 (2010、2012)，A 级绝缘，2010 柔软性好，但不耐油，可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘；2012 耐油性好，可用于变压器油或汽油浸蚀的环境中工作的电机、电器的衬垫或线圈绝缘。有机硅玻璃漆布 (2450)，H 级绝缘，具有较高的耐热性，良好的柔软性，耐霉、耐油和耐寒性也好，适用于 H 级电机、电器的衬垫和线圈绝缘。聚酰亚胺玻璃漆布 (2560)，C 级绝缘，具有很高的耐热性，良好的电气性能，耐溶剂和耐辐照性好，但较脆，适用于工作温度高于 200°C 的电机槽绝缘和端部衬垫绝缘以及电器线圈和衬垫绝缘。油性漆

管(2710), A级绝缘, 电气性能和弹性良好, 但耐热性、耐潮性、耐霉性较差, 可作电机、电器和仪表等设备引出线和连接线绝缘。硅橡胶玻璃丝管(2751), H级绝缘, 弹性、耐热性、耐寒性均优, 电气机械性能良好, 适用于在 $-60 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 工作的电机、电器和仪表等设备的引出线和连接线绝缘。

(6) 云母制品 云母制品主要有云母带、云母板、云母箔、云母玻璃四类。沥青玻璃云母带(5034), E级绝缘, 柔软性、防潮性和介电性能好, 储存期较长, 做线圈绕包绝缘, 易嵌线, 但绝缘厚度偏差大、耐热性较低, 可作为高压电机主绝缘。有机硅玻璃云母带, H级绝缘, 耐热性高, 主要用于要求耐高温电机或牵引电机线圈绝缘。

(7) 电工用薄膜、粘带 电工用薄膜的特点是厚度薄、柔软、耐潮, 电气性能和力学性能好。其厚度范围在 $0.006 \sim 0.5\text{mm}$ 。例如聚酯薄膜, E级绝缘, 可用作低压电机与电器线圈匝间、端部包扎绝缘、衬垫绝缘、电磁线绕包绝缘、E级电机槽绝缘和电容器介质。

电工用粘带有薄膜粘带、织物粘带和无底材粘带三类。薄膜粘带是在薄膜的一面或两面涂以胶粘剂, 经烘焙、切带而成。织物粘带是以无碱玻璃布或棉布为底材涂以胶粘剂, 经烘焙、切带而成。无底材粘带是由硅橡胶或丁基橡胶和填料、硫化剂等经混炼、挤压而成。例如聚乙烯薄膜纸粘带, 包扎服帖, 使用方便, 可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘。有机硅玻璃粘带, 有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性, 以及较好的电气性能和力学性能, 可用于H级电机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘。

(8) 电工用层压制品 层压制品是由纸或布做底材, 浸以不同的胶粘剂, 经热压(或卷制)而制成的层状结构的绝缘材料。例如酚醛层压纸板(3020), E级绝缘, 电气性能较好, 耐油性好, 适于做电工设备中的绝缘结构件, 并可在变压器油中使用。环氧酚醛层压玻璃布板, 力学性能高, 电气性能、耐热性、耐水性较好, 浸水后的电气性能较稳定, 适于制作高机械强度、高介电性能以及耐水性好的电机、电器绝缘结构件, 并可在变压器油中使用。

(9) 电工用塑料 电工用塑料是由合成树脂、填料和各种添加剂等配制而成的粉状、粒状或纤维状材料, 在一定的温度、压力下, 可加工成各种规格形状的电工设备绝缘零部件, 以及作为电线电缆绝缘和护层材料。酚醛塑料(4010), A级绝缘, 具有一定的电气性能和力学性能, 但吸湿性较大, 耐霉性差, 适用于塑制一般低压电机、电器和仪器仪表绝缘零部件。交联聚乙烯、聚丙烯是电线电缆的优良绝缘护层材料, 柔韧、耐磨、耐潮, 电气性能好。

二、导电材料

1. 导电材料的用途和分类

导电材料是主要电工材料之一。几乎和绝缘材料相反, 导电材料主要是用来传导电流的, 当然, 也有用来发生热、光、磁或化学效应的。导电材料的电阻率为 $10^{-6} \sim 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

从材料的物理状态来看, 固体导电材料特别是其中的金属, 是最常用的导电材料, 如铜、铝。液体导电材料如熔融的金属和酸、碱、盐的溶液。气体中存在离子或自由电子时, 也可作为导电材料。

从材料的性能和用途来看, 常用的固体导电材料又可分为高电导材料和特殊用途的导电材料两大类。高电导材料主要是指以纯金属为主的一些材料, 如铜、铝及其合金等。特殊用途导电材料则包括高电阻材料、电热材料、电碳制品等。

2. 导电用铜、铝的特点和用途

(1) 铜的特点和用途 铜的特点:

- 1) 电阻率很低, 在 20°C 时, 其电阻率为 $1.69 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 。
- 2) 有足够的机械强度, 例如其抗拉强度为 $20 \sim 22\text{MPa}$ 。
- 3) 在一般条件下有较好的耐蚀性, 只是在高温下容易发生强烈氧化。
- 4) 容易进行各种形式的机械加工。
- 5) 容易焊接, 操作方便。

导电用铜的品种和用途:

- 1) 一号铜(T1): 铜的质量分数不小于 99.95%, 主要用于制作各种电线、电缆的导体。
- 2) 二号铜(T2): 铜的质量分数不小于 99.90%, 主要用于制作开关和一般导电零件。
- 3) 无氧铜: 一号无氧铜(TU1)铜的质量分数不小于 99.97%; 二号无氧铜(TU2), 铜的质量分数不小于 99.95%。这两种无氧铜主要用于制作电子真空器件、电子管和电子仪器零件、耐高温导体、断路器触头等。
- 4) 无磁性高纯铜: 铜的质量分数不小于 99.95%, 主要用于制作无磁性漆包线的导体, 高精度电气仪表的动圈等。

(2) 铝的特点和用途 铝的特点: 导电用铝通常选用铝含量在 99.5% 以上的工业纯铝。铝是铜的良好导电代用品, 获得越来越广泛的应用。其特性如下:

- 1) 铝的电导率约为铜的 62%。
- 2) 铝的密度小, 约为铜的 33%。
- 3) 铝的强度比铜高约 30%。
- 4) 无低温脆性, 适于做低温导体。
- 5) 易于机械加工。
- 6) 价格较铜低廉。

目前, 铝导体适用在架空导线、电缆或母线, 应用范围普遍。导电用铝制品的使用量已超过了铜。

三、磁性材料

1. 磁性材料的特点和应用范围

工程上有实用价值的磁性材料, 是指磁导率很高的强磁性物质。磁性材料是电气工程上常用的磁性物质, 按其特性及应用情况, 可分为软磁材料、硬磁材料和特殊性能的磁性材料三类。这里只简述软磁材料的部分典型产品。

在磁性材料中, 软磁材料是电气工程上使用量最多的一种。软磁材料可分为金属软磁材料、铁氧体软磁材料和磁介质三类。其中金属软磁材料又分为电工纯铁、硅钢片、铁镍合金和铁铝合金四类。

软磁材料的主要特点是磁导率高、矫顽力低。所谓磁导率, 是指单位磁场强度在物质中所感应的磁感应强度(磁通密度), 磁导率高表示容易磁化, 磁导率低表示不易磁化。所谓矫顽力, 是指使剩磁为零所需的反向磁场强度。这两个特点很重要, 磁导率高, 则在线圈匝数一定时, 通以不大的励磁电流, 就能产生较高的磁感应强度, 从而获得较高的输出电压。矫顽力低则铁损小。所以利用这种软磁材料制造铁心, 有助于提高产品的灵敏度, 有助于缩小产品的尺寸, 降低产品的重量, 节省导线, 降低产品的成本。软磁材料的种类、特点和应用范围见表 1-4。