

中国电子教育学会中专教育委员会
全国中专电子类教材协会

推荐教材



- 中等专业学校教材
- 中等职业技术教育教材

电子产品工艺

- 黄纯 费小萍 赵辉 编著
- 蔡继勇 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phel.com.cn>

中等专业学校教材
中等职业技术教育教材

电子产品工艺

黄 纯 费小萍 赵 辉 编著
蔡继勇 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是电子类中等专业学校专业课教材。内容包括电子产品常用材料,常用电子元器件的特点及选择,印制电路板选择、设计与制作,焊接工艺,电子产品整机装配过程及工艺要求,电子产品调试与检验,电子产品质量管理以及 ISO 9000 质量标准的运用等。

本书根据中等职业教育的特点,既注重基础知识,又强调实践性和学生技能的培养,既介绍了传统的材料和工艺,又讲述了当前生产中新材料、新技术和新工艺的运用。可作为中等职业学校电子类专业教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品工艺/黄纯等编著. - 北京:电子工业出版社,2001.5

中等专业学校教材

ISBN 7-5053-6325-5

I. 电… II. 黄… III. 电子工业-工业产品-生产工艺-专业学校-教材 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 13861 号

丛 书 名:中等专业学校教材 中等职业技术教育教材

书 名:电子产品工艺

编 著 者:黄 纯 费小萍 赵 辉

主 审:蔡继勇

策划编辑:刘文杰

责任编辑:童占梅

排版制作:电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:北京李史山胶印厂

装 订 者:

出版发行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:312 千字

版 次:2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-6325-5
TN·1411

印 数:8 000 册 定价:16.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

随着中等专业学校电子类专业教学改革的不深入,尽快组织出版一批适应中等专业学校教学实际、体现职业技术教育特点的教材,已成为各中专校的迫切要求。有鉴于此,中国电子教育学会中专教育专业委员会、全国中专电子类教材协会决定联合成立全国中专电子类教材工作领导小组,组织出版一套中专电子类教材,以满足中专学校的教学需要。经过一段时间的准备,领导小组会同全国二十余所电子类中等专业学校,成立了“计算机及应用”、“电子技术应用”、“机电技术应用”3个专业教材编委会,共同组织协调这套教材的编审出版工作。

领导小组和各编委会确立了“根据中专生的培养目标,贯彻中专教育适应社会经济发展的需要,强化应用为教学重点的思想,反映现代职业教育思想、教育方法和教学手段以及综合化、直接化、形象化等特点,突出工程实践能力培养”的编写原则,以“新、简、实”作为这套教材的编写特色。所谓“新”,是根据电子技术日新月异、发展迅速的特点,在教材中尽可能反映当前电子信息产业的新技术、新知识、新工艺,缩短教材编审出版周期;所谓“简”,是针对现行教学内容与中专学生的文化基础不相适应,以及中专毕业生越来越直接面向生产第一线这一现实,适当降低教学内容的深度和难度,简化理论知识的讲授;所谓“实”,就是突出教学内容的实用性,强调对学生实践能力和技术应用能力的培养。

各编委会的编审程序大致是,针对中专计算机及其应用、电子技术应用、机电技术应用(机电一体化)的教学现状和现行教材存在的问题,尤其是针对目前中专教学改革的新情况,拟定各专业方向的课程设置计划和教材选题计划。在充分酝酿、广泛征集的基础上,由编委会确定每个选题的编写大纲和编审人员。编委会通过责任编委联系制度对编写实行质量控制。

这套教材的编者,都是来自各中专学校教学第一线的经验丰富的教师,由于他们辛勤的工作,编写的教材基本反映了近年来各中专学校教学与教材改革的成果。相信这套教材会受到中等专业学校和其他中等职业学校电子类专业广大师生的欢迎。

特别应该感谢电子工业出版社高质量、高效率的工作,为这套教材的出版提供了极大的便利,使之能及早与读者见面。

电子技术发展迅速,中专学校的教学内容也日新月异。我们衷心地希望广大师生对本套教材提出意见和要求,以便再版时予以修正。

全国中专电子类教材工作领导小组
电子工业出版社

前 言

人类已经进入 21 世纪, 电子科技迅猛发展, 电子技术正运用到各行各业, 深入到各个领域, 电子产品愈来愈多地影响着人们的生活。目前, 我国的电子工业发展水平与发达国家相比还有不小的差距, 这些差距更多地表现在电子元器件水平和整机生产工艺的落后上。我们正在努力缩小这种差距, 进一步提高我们自己的电子工业水平, 这需要更多有实践经验、懂技术的专业技术人员。本教材编写时, 立足于我国的国情, 注重内容的实用性和新颖性, 注重新材料、新技术和新工艺的介绍, 注重学生技能的培养, 突出中等职业教育的特点, 在保证内容的完整性与准确性的前提下, 力求做到理论与实践的统一。

本书是一本介绍电子产品工艺基础的中等专业学校专业课教材, 全书共分 8 章, 分别讲述了电子产品常用材料特点及选择; 常用电子元器件特点及选择; 各类印制电路板的特点、选择、设计与制作; 电子产品手工焊接工艺、自动焊接工艺; 电子产品整机装配工艺文件、整机装配工艺过程、特点及工艺要求; 电子产品生产的调试设备、调试工艺及检验工艺; 电子产品全面质量管理及 ISO 9000 质量标准的运用等。

本书由黄纯主编。赵辉编写第 1、3、4 章, 费小萍编写第 5、6、7 章, 黄纯编写其他章节并完成全书的统稿工作, 蔡继勇担任全书审稿工作。

由于新型电子元器件层出不穷, 电子整机产品和生产工艺不断更新, 加之编者水平和经验的原因, 书中难免有错误和不妥之处, 望广大读者批评指正。

编 者

2000 年 10 月

目 录

第1章 常用材料	(1)
1.1 线材	(1)
1.1.1 线材的分类	(1)
1.1.2 常用线材的主要用途	(1)
1.2 绝缘材料	(5)
1.2.1 常用绝缘材料的类型	(5)
1.2.2 常用绝缘材料的性能指标	(7)
1.3 覆铜板	(8)
1.3.1 印制电路板的种类	(8)
1.3.2 覆铜箔板	(9)
1.4 黏合剂	(10)
1.4.1 常用黏合剂类型	(10)
1.4.2 常用胶粘剂的特点与应用	(13)
本章小结	(17)
习题一	(18)
第2章 常用电子元器件	(19)
2.1 电阻器和电位器	(19)
2.1.1 电阻器的基础知识	(19)
2.1.2 电阻器的主要参数	(21)
2.1.3 电阻器的特性及选用	(23)
2.1.4 电位器	(25)
2.2 电容器	(27)
2.2.1 电容器的基本知识	(27)
2.2.2 常用电容器的特性及选用	(31)
2.3 电感器	(34)
2.3.1 电感器的基础知识	(34)
2.3.2 电感线圈的简单检测	(36)
2.4 变压器	(36)
2.4.1 变压器的种类和用途	(36)
2.4.2 变压器的主要参数	(37)
2.4.3 变压器的骨架、绕组、芯子	(37)
2.5 半导体器件	(38)
2.5.1 半导体器件的命名、种类及半导体二极管	(38)
2.5.2 半导体三极管	(40)
2.5.3 新型半导体器件	(44)

2.5.4 电真空器件	(48)
2.6 石英晶体、陶瓷谐振元件、声表面波滤波器	(51)
2.6.1 石英晶体	(52)
2.6.2 陶瓷元件	(53)
2.6.3 声表面波滤波器(SAWF)	(53)
2.7 集成电路	(54)
2.7.1 集成电路的类别及命名方法	(54)
2.7.2 集成电路的封装形式、管脚识别及使用注意事项	(55)
2.8 常用电声器件及磁头	(57)
2.8.1 常用电声器件	(57)
2.8.2 磁头	(59)
2.9 接插件、开关件	(59)
2.9.1 常用接插件	(59)
2.9.2 常见开关件	(61)
2.10 继电器	(63)
2.10.1 电磁继电器	(64)
2.10.2 舌簧继电器	(64)
2.10.3 固态继电器	(64)
本章小结	(65)
习题二	(66)
第3章 印制电路板	(67)
3.1 印制电路板的设计基本要求	(67)
3.1.1 印制电路板元器件布局与布线	(67)
3.1.2 印制导线的尺寸和图形	(69)
3.1.3 印制接点(焊盘)的形状及尺寸	(69)
3.1.4 表面贴装技术对印制板的要求	(70)
3.2 印制电路板的制造工艺	(70)
3.2.1 印制板原版底图的制作方法	(71)
3.2.2 照相底图的贴图技术要求	(71)
3.2.3 印制电路板的印制、刻蚀和机械加工	(74)
3.2.4 印制电路板的质量检验	(78)
3.3 手工自制印制电路板	(79)
3.3.1 制作材料和工具	(79)
3.3.2 手工制作印制板	(80)
本章小结	(81)
习题三	(82)
第4章 焊接工艺	(83)
4.1 焊接的基本知识	(83)
4.1.1 焊接的分类及特点	(83)
4.1.2 焊接机理	(84)

4.1.3 焊点形成的必要条件	(86)
4.2 焊料及焊剂	(87)
4.2.1 焊料	(87)
4.2.2 焊剂	(89)
4.2.3 阻焊剂	(91)
4.3 手工焊接技术	(91)
4.3.1 焊接工具	(91)
4.3.2 手工焊接技术	(93)
4.4 自动焊接技术	(97)
4.4.1 浸焊	(97)
4.4.2 波峰焊	(99)
4.4.3 自动焊接工艺	(101)
4.5 表面安装技术(SMT)	(102)
4.5.1 表面安装技术(SMT)的特点	(102)
4.5.2 SMT的基础材料	(103)
4.5.3 SMT工艺流程	(104)
4.6 其他连接	(107)
4.6.1 压接	(107)
4.6.2 绕接	(108)
本章小结	(110)
习题四	(111)
第5章 电子产品整机装配的准备工艺	(112)
5.1 导线的加工工艺	(112)
5.1.1 剪裁	(112)
5.1.2 剥头	(112)
5.1.3 捻头及清洁	(113)
5.2 浸锡工艺	(113)
5.2.1 芯线浸锡	(113)
5.2.2 裸导线浸锡	(113)
5.2.3 元器件引线及焊片的浸锡	(113)
5.3 元器件引线成型工艺	(114)
5.4 线把的扎制及电缆的加工工艺	(115)
5.4.1 线把的扎制	(115)
5.4.2 屏蔽导线与电缆的加工	(117)
5.5 组合件的加工工艺	(119)
本章小结	(120)
习题五	(121)
第6章 电子产品整机装配工艺	(122)
6.1 整机技术文件	(122)
6.1.1 设计文件	(122)

6.1.2 工艺文件	(128)
6.2 装配工艺概述	(138)
6.2.1 组装的内容和方法	(139)
6.2.2 组装工艺技术的发展	(140)
6.2.3 整机装配的工艺过程	(141)
6.3 整机的机械安装	(142)
6.3.1 常用装配工具	(142)
6.3.2 常用紧固件	(144)
6.3.3 机械安装工艺	(147)
6.3.4 机械安装的基本工艺要求	(150)
6.4 印制电路板的组装	(150)
6.4.1 印制电路板组装工艺的基本要求	(150)
6.4.2 元器件在印制电路板上的插装	(151)
6.4.3 印制电路板组装工艺流程	(152)
6.5 布线工艺	(155)
6.5.1 布线原则	(155)
6.5.2 布线方法	(156)
6.6 整机总装的工艺过程	(157)
6.6.1 整机总装的工艺流程	(157)
6.6.2 整机装配的工艺原则及基本要求	(159)
本章小结	(160)
习题六	(160)
第7章 电子产品的调试与检验	(162)
7.1 概述	(162)
7.1.1 调试工作的内容	(162)
7.1.2 调试工艺文件的编制	(162)
7.2 调试仪器	(163)
7.2.1 调试仪器的选择原则	(163)
7.2.2 调试仪器的组成及使用	(163)
7.3 调试工艺	(164)
7.3.1 调试工作的要求和程序	(164)
7.3.2 单元部件调试	(165)
7.3.3 整机调试	(170)
7.3.4 故障的查找与排除	(172)
7.3.5 调试的安全措施	(173)
7.4 检验	(174)
7.4.1 检验工作的基本知识	(174)
7.4.2 验收试验	(175)
7.4.3 例行试验	(176)
本章小结	(178)

习题七	(179)
第 8 章 电子产品全面质量管理与 ISO 9000 质量标准	(180)
8.1 质量与可靠性概念	(180)
8.1.1 质量	(180)
8.1.2 可靠性	(181)
8.1.3 平均无故障工作时间	(182)
8.2 产品生产及全面质量管理	(182)
8.2.1 产品生产的阶段	(182)
8.2.2 产品生产过程的质量管理	(183)
8.2.3 生产过程的可靠性保证	(184)
8.3 ISO 9000 系列质量标准	(185)
8.3.1 ISO 9000 标准系列与 GB/T 19000 - ISO 9000 标准系列	(186)
8.3.2 实施 GB/T 19000 - ISO 9000 标准系列的意义	(187)
本章小结	(188)
习题八	(189)
参考文献	(190)

第1章 常用材料

1.1 线材

1.1.1 线材的分类

电子产品中常用线材有电线和电缆。一般分为裸线、电磁线、绝缘电线电缆和通信电缆四种。

裸线是没有绝缘层的电线,分为单线、绞合线、特殊导线、型线与型材四大类。

电磁线是一种绝缘线,常用来作为电机、变压器、电器线圈的材料。电磁线的绝缘层由涂漆或包缠纤维做成,包缠纤维可用纱包、丝包、玻璃丝包或纸包等。

绝缘电线电缆,又称安装线和安装电缆,它们一般由线芯、绝缘层和保护层组成。绝缘电线的芯线有单芯、二芯、三芯、四芯及多芯等,其线径各不相同,线芯有软芯和硬芯之分。绝缘层的作用是防止通信电缆漏电和电力电缆放电,它由橡皮、塑料或油纸等绝缘物包缠在芯线外构成。保护层有金属护层和非金属护层两种,金属护层大多为铝套、铅套、皱纹金属套和金属编织套等;非金属护层大多数采用橡皮、塑料等。

通信电缆包括电信系统中采用的光缆、通信电缆、射频电缆、电话线和广播线等。通信电缆按不同结构分为对称电缆和同轴电缆两类。按不同用途分为市内通信电缆、长途对称电缆和干线通信电缆三种。

1.1.2 常用线材的主要用途

裸线、电磁线、绝缘电线电缆、通信电缆的型号和用途分别见表 1-1、1-2、1-3、1-4。

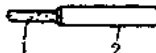
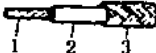
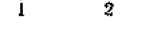
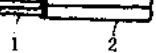
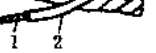
表 1-1 裸线的型号和用途

分类	名称	型号	主要用途
裸单线	硬圆铜单线	T Y	作电线电缆的芯线和电器制品(如电机、变压器等)的绕组线,硬圆铜单线也可作电力及通信架空线
	软圆铜单线	T R	
	硬圆铝单线	L Y	
	半硬圆铝单线	L Y B	
	软圆铝单线	L B	
电器工业用裸型线	硬铜母线	T M Y	适用于电机、电器、配电线路及其他电工方面用
	软铜母线	T M R	
	硬铝母线	L M Y	
	软铝母线	L M R	
	镍铬丝	Gr20Ni80	供制造发热元件及电阻元件用
	康铜丝	K X	供制造普通电阻器,在工作温度小于 500℃条件下使用

表 1-2 电磁线的型号和用途

型号	名称	主要特性及用途
QQ	高强度聚乙烯醇缩醛漆包圆铜线	作电机、电器和仪表绕组用,机械强度高,电气性能好,代替弹双纱包、漆包圆铜线
QZ	高强度聚酯漆包圆铜线	作中小型电机、电器仪表和电信等绕组用,机械强度高,耐温 130℃ 以下,抗溶剂的特性好
QSR	单人丝(合成)漆包圆铜线	用于电机、电器及仪表绕组,机械强度高,介电性能、化学稳定性、耐潮湿性均较优越,成本亦低
QQSBC	单玻璃丝包高强度漆包圆铜线	适用于制造耐温 200℃ 以下电机电器的仪表绕组,耐温等级高,工作温度可达 -60~+125℃
QJST	高频绕组线	作高频绕组用

表 1-3 绝缘电线电缆的型号和用途

型号	名称	主要用途	结构示意图	说明
AV	聚氯乙烯绝缘安装线	用于交流电压 250V 以下或直流电压 500V 以下的弱电电器仪表和电信设备电路的连接,使用温度为: -60~+70℃		1—镀锡铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层; 3—铜编织线
AVR	聚氯乙烯绝缘屏蔽安装线			
AVRP	聚氯乙烯绝缘屏蔽安装软线			
ASTV	纤维聚氯乙烯绝缘安装线	适用于电器设备、仪表内部及仪表之间固定安装用线,使用温度: -40~+60℃		1—镀锡铜线芯; 2,3—天然丝线包; 4—聚氯乙烯绝缘层; 5—铜编织线
ASTVR	纤维聚氯乙烯绝缘安装软线			
ASTVRP	纤维聚氯乙烯绝缘屏蔽安装软线			
BV	聚氯乙烯绝缘电线	用于交流额定电压 500V 以下的电器设备和照明装置, BVR 型软线适用于要求柔软电线的场合		1—铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层
BVR	聚氯乙烯绝缘软线			
RVB	聚氯乙烯绝缘平行连接软线	用于交流额定电压 250V 以下的移动式日用电器连接		1—铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层
RVS	聚氯乙烯绝缘双绞连接软线	用于交流额定电压 500V 以下的移动式日用电器连接		1—铜线芯或镀锡线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层

续表

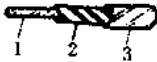
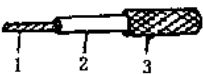
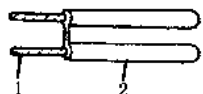
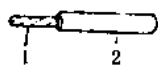
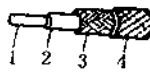
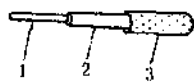
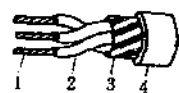
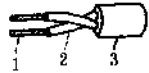
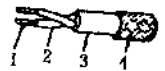
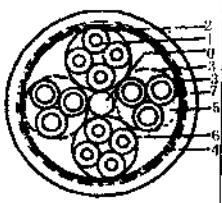
型号	名称	主要用途	结构示意图	说明
ASER	纤维绝缘安装软线	适用于电子仪器 and 弱电设备的固定安装		1—镀锡铜线芯; 2、3—天然丝线包; 4—尼龙丝编织线
ASEBR	纤维绝缘安装软线			
FVL	聚氯乙烯绝缘低压蜡克线	适用于飞机上的低压线路的安装, 使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—镀锡铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层; 3—棉纱编织并涂蜡光; 4—镀锡铜编织线
FVLP	聚氯乙烯绝缘低压带屏蔽蜡克线			
SBVD	带形电视引线	适用于电视接收天线引线, 使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘层
TXR	橡皮软天线	适用于电信电线, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—橡皮绝缘层

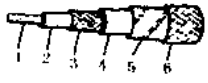
表 1-4 通信电缆的型号及主要用途

型号	名称	主要用途	结构示意图	说明
SBPH	橡皮广播电缆	适用于无线电广播录音和留声机设备固定安装, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—镀锡铜线芯; 2—橡皮绝缘层; 3—乳胶玻璃布带; 4—镀锡铜编织带; 5—橡皮护套
SYV	聚氯乙烯绝缘同轴射频电缆	适用于固定式无线电装置, 使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—聚乙烯绝缘层; 3—铜编织线; 4—聚氯乙烯护套
SIV-7	空气-聚乙烯绝缘同轴射频电缆	适用于固定或移动式无线电设备, 使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—聚氯乙稀星形管绝缘; 3—铜编织线; 4—聚氯乙稀护套

续表

型号	名称	主要用途	结构示意图	说明
SFB	耐高温射频电缆	适用于耐高温的无线电设备连接线, 可传输高频信号, 使用温度: $-55 \sim +250^{\circ}\text{C}$		1—镀银铜线芯; 2—聚四氟乙烯绝缘; 3—镀银铜编织线; 4—聚四氟乙烯薄膜绕包, 外加浸渍硅有机漆的玻璃丝编织护套
AXL	橡皮蜡克线	适用于弱电流电气线路安装, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—镀银铜线芯; 2—橡皮绝缘; 3—玻璃丝编织并涂蜡光
AXLP	橡皮蜡克线			
FXL	飞机用低压蜡克线	适用于飞机上的低压线路, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—橡皮绝缘; 3—棉纱编织并涂蜡光; 4—镀锡铜编织线
FXLP	带屏蔽低压蜡克线			
AVBL	聚氯乙烯绝缘蜡克线	适用于弱电流电器及仪表线路的固定安装, 使用温度: $40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—镀银铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘; 3—玻璃丝编织并涂蜡光; 4—镀锡铜编织线;
AVBLP	带屏蔽聚氯乙烯绝缘蜡克线			
AVV	聚氯乙烯安装电缆	适用于野外线路及仪表固定安装, 使用温度: $40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—镀银铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘; 3—聚氯乙烯薄膜绕包; 4—聚氯乙烯护套
YHR	橡皮软电缆	适用于移动式电器设备的连接, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—橡皮绝缘; 3—橡皮护套
SBH	橡皮安装电缆	适用于无线电设备的固定安装, 使用温度: $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—橡皮绝缘; 3—橡皮护套; 4—镀锡铜编织线
SBHP	橡皮安装电缆			
AVP	聚氯乙烯绝缘屏蔽安装电缆	适用于电讯设备的连接, 使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		0—塑料填芯; 1—镀银铜线芯; 2—聚氯乙烯绝缘; 3—镀锡铜编织线; 4—聚乙烯绕包; 5—三绕组; 6—四绕组; 7—聚氯乙烯护套

续表

型号	名称	主要用途	结构示意图	说明
SJYYP	铠装强力射频电缆	适用于传输高频电能,使用温度: $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$		1—铜线芯; 2—聚乙烯绝缘; 3—铜编织线; 4—耐光热聚乙烯护套; 5—玻璃布带绕包; 6—镀锌钢丝编织
P	防波套	适用于作电线电缆金属软管的屏蔽层或保护层		1—镀锡铜线编织

使用和选择导线应根据电流大小、电压高低、频率范围及使用条件等合理地选用导线的规格,铜芯线通过的安全电流值按 $5\text{A}/\text{mm}^2$ 计算。

1.2 绝缘材料

电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{mm}$ 的材料称为绝缘材料。绝缘材料具有良好的介电性能,即有较高的绝缘电阻和耐压强度。绝缘材料有良好的耐热性,在长期受热的情况下,其性能不发生变化。同时,绝缘材料应具有良好的导热性、防霉耐潮性以及较高的机械强度和可加工性等特点。

1.2.1 常用绝缘材料的类型

常用绝缘材料按其化学性质的不同,分为无机绝缘材料、有机绝缘材料和混合绝缘材料三种类型。无机绝缘材料有云母、石棉、陶瓷、玻璃、大理石、硫磺等,主要用作电机、电器的绕组绝缘、开关底板和绝缘子的制造材料等;有机绝缘材料有树脂、棉纱、纸、麻、蚕丝、人造丝等,大多用来制造绝缘漆、绕组导线的被覆绝缘物等;混合绝缘材料则由以上两种材料经加工后制成的各种成型绝缘材料,一般用作电器底座、外壳等。

绝缘材料按物质形态分为:气体绝缘材料,如空气、氮气、氢气和六氟化硫等;液体绝缘材料,如电容器油、变压器油、开关油等;固体绝缘材料,如电容器纸、聚苯乙烯、云母、陶瓷、玻璃等。

绝缘材料按其用途分为:介质材料,如陶瓷、玻璃、塑料膜、云母、电容器纸等;装置材料,如装置陶瓷、酚醛树脂等;浸渍材料和涂敷材料等。

几种常用绝缘材料的名称、牌号和用途可参见表 1-5。

表 1-5 常用绝缘材料

名称及标准号	牌 号	特性与用途
电 缆 纸 QB131-61	K-08 K-12 K-17	作 35kV 的电力电缆、控制电缆、通信电缆及其他电器的绝缘用纸
电 容 器 纸 QB603-72	DR I	电子设备中用作变压器的层间绝缘

续表

名称及标准号	牌 号	特性与用途
电 话 纸 QB218-62	DH-40 DH-50 DH-75	作多股电信电缆的绝缘用纸
电 绝 缘 纸 板 QB342-63	DK-100/00	具有较高的强度、适用于低压系统中各种电器设备。在电机、仪表、电气开关上作槽缝、卷线、部件、垫片、保护层用
粉 末 树 脂		涂敷温度低,涂层坚韧、光亮、美观、机械强度高,可车削加工。用在不宜高温烘焙的电气元件及有关零件、部件的绝缘、密封、防腐等的表面涂敷
厚 片 云 母	3#, 4#	厚片云母为工业原料云母,用作电容器介质薄片和电机绝缘片及大功率管与散热器间绝缘用薄片的原料
黄漆布与黄漆绸 JB879-66	2010(平放)2210	适用于一般电机电器的衬垫或线圈绝缘
醇酸玻璃漆布 JB880-66	2432	耐热、耐潮及介电性能均优于黄漆布和黄漆绸,耐油性也好,用于在较高温度下工作的电机、电气设备的衬垫或线圈绝缘,以及在油中工作的变压器线圈的绝缘
黄 漆 管 JB883-66	2710	有一定的弹性。适用于电机、电气仪表、无线电器件和其他电器装置的导线连接时的保护和绝缘用
醇酸玻璃漆管 Q / D145-66	2730	由编织的无碱玻璃丝管浸以醇酸清漆经加热烘干而成,在电子设备中作绝缘和导线连接端的保护用,耐热等级为B级(130℃)
硅有机玻璃漆布		耐热性较高,在电机电器中作衬垫或线圈绝缘用
环氧玻璃漆布		适用于包扎环氧树脂浇注的特种电器线圈
软聚氯乙烯管(带) HG2-64-65		用作电气绝缘及保护,颜色有灰、白、天蓝、紫、红、橙、棕、黄、绿色等
特种 软聚氯乙烯耐寒管	5111	在低温下使用
聚四氟乙烯管 HG2-536-67	SFG-1 SFG-2	用来制造在温度为-180~+250℃的各种腐蚀介质中工作的密封、减摩和绝缘零件
聚四氟乙烯电容器薄膜、 聚四氟乙烯电器绝缘薄膜	SMF-1 SMF-3	用于电容器及电气仪表中的绝缘,适用温度为:-60~+250℃
酚醛层压纸板 JB885-66	3021, 3023	3023介电损耗低,适用于在无线电电信和高频设备中做绝缘结构,由3021制造的零件可在变压器油中使用
酚醛层压布板 JB886-66	3025	有较高的机械性能和一定介电性能,适于在电气设备中做绝缘结构零部件,可在变压器油中使用
酚醛层压布板	320	有较高的介电性能及一定的机械性能,耐油性好,可在变压器油中使用
环氧酚醛玻璃布板 (JB887-66)	3240	有较高的机械性能、介电性能和耐水性,适用于潮湿环境下做电气设备结构零件、部件,可在变压器油中使用

名称及标准号	牌 号	特 性 与 用 途
有机硅环氧层压玻璃布板 Q / D149-66	3250	有较高的机械强度、耐热性和介电性能,可在电机、电器中作槽楔、垫块和其他绝缘零件用
硬聚氯乙烯板 HG2-62-65		具有优良的电气绝缘性能,耐酸、碱、油,使用温度: $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$
有机玻璃板棒 HG2-343-66		用作仪器仪表部件、电气绝缘材料及光学镜片等
有机玻璃管 YHG62-66		是无色透光清晰的圆柱管,可用于各种工业设备、装置、仪器中,如离子交换树脂柱流体观察管

1.2.2 常用绝缘材料的性能指标

1. 绝缘耐压强度

绝缘物质置于电场中,且当电场强度增大到某一极限值时,会使绝缘物质击穿。使绝缘物质击穿的电场强度称为绝缘耐压强度(又称介电强度或绝缘强度),通常以每 mm 厚绝缘材料所能承受的电压千伏值表示。它反映绝缘材料在外施电压达到某一极限值时保持绝缘性能的能力。

2. 绝缘材料的极化与介电常数

绝缘材料(电介质)中电荷成对的结合,但电介质在电场作用下,其表面会出现净的正、负电荷,这称为电介质的极化。

表征电介质极化程度的物理量为介电常数(又称电容率)。如中性电介质的介电系数一般小于 10,而极性电介质的介电常数一般大于 10,甚至达数千。绝缘材料的相对介电系数越大,表明电介质在同一交流电场作用下的极化程度越高。

3. 绝缘材料的电阻率

绝缘材料在电场作用下,总会有极微弱的电流流过,此电流常称为漏导电流或漏导。绝缘材料的电导特性一般用电阻率 ρ 或电导率 γ 来定量地表示,其关系为 $\gamma = 1/\rho$ 。若绝缘材料的电阻为 $R(\Omega)$,截面积为 $A(\text{cm}^2)$,长度为 $l(\text{cm})$,则该绝缘材料的电阻率为:

$$\rho = R \frac{A}{l}$$

电阻率的单位是 $\Omega \cdot \text{cm}$,其大小直接反映绝缘材料绝缘性能的优劣。理想绝缘材料的电阻率趋于无穷大,而实际绝缘材料的电阻率为 $10^9 \sim 10^{18}$ 数量级范围。

4. 绝缘材料的介质损耗

在交变电场的作用下,电介质有能量损耗,它以热能的方式使电介质自身和周围环境中的温度上升,这就是介质损耗。

介质损耗由两部分组成,一部分是由于漏导电流引起的电阻损耗。另一部分是因极化而引起的极化损耗。因介质损耗的存在,使介质发热。介质过热时会影响其绝缘性能,缩短使用寿