

电子工艺基础

东北三省职业技术教育教材编写组



辽宁科学技术出版社

职业技术教材

电子工艺基础

Dianzi Gongyi Jichu

东北三省职业技术教育教材编写组

辽宁科学技术出版社出版(沈阳市和平区北一马路108号)

辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂分厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 309,000

1991年6月第1版

1991年6月第1次印刷

责任编辑: 刘绍山

责任校对: 雪 芝

封面设计: 邹君文

印数: 1—2,656

ISBN 7-5381-1115-8/TM·60 定价: 4.45元

前 言

为了适应中等职业教育不断发展的需要,东北三省职业技术教育协作会电子教材编写组在编写了电子专业课教学大纲的基础上,编写了一套电子专业课教材,计有《电工基础》、《晶体管电路基础》、《脉冲电路基础》、《电子工艺基础》、《晶体管收音机》、《晶体管录音机》、《晶体管黑白电视机》、《彩色电视机》、《盒式录像机》、《电子测量与仪器》等十本。

这套教材可供三年制职业教育电子专业的师生在教学中使用,也可供二年制电子专业或职业培训的师生选用。

为了使教材既切合职业教育的教学实际,又遵循电子专业本身的科学规律,我们在教材编写过程中,认真注意了如下几个问题:

1. 力图体现以基本晶体管电路为基础,以晶体管收音机、电视机为重点的适应职业教育培养目标的知识体系。

2. 努力保持十本书在专业整体上的系统性,处理好它们之间的纵横关系。

3. 教材内容尽量浅显通俗,着重基本原理、基本概念的叙述和分析,注意知识的由浅入深、循序渐进。

4. 根据学生的基础实际,尽可能避免繁琐的教学推导,对必要的定量分析尽量采用简化计算方法,以便于理解接受。

5. 结合职业教育的特点,在教材中体现了对实验和实习教学的足够重视,用较大的篇幅编写了实验和实习的设计思路、原理、方法和结果分析等内容。

6. 根据职业教育的教材特点,有的章节中有不少例题,章末有小结和适量的习题,以供教师教学中参考和学生复习之用。

7. 为了贯彻“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的战略方针,在处理好传统教材和现代科学文化新成就的关系及培养学生能力、适应知识更新的需要方面做了一些不成熟的尝试。

《电子工艺基础》一书共分九章:前四章分别介绍常用电子材料、元器件、工具和仪表的识别和使用知识;第五、六、七章介绍电子零部件的制作和加工、焊接知识与要领及电子整机装配的工艺基础;第八章介绍设计文件和工艺文件;最后一章是实习内容,介绍几种简易电子装置的制作方法。本书是一本实践性很强的基础课教材,是电子专业师生的必修课。

本书由盛铁生同志编写,编写过程中参考了一些资料,并得到编写组其他同志的大力帮助,在此表示衷心谢意。

由于时间仓促、经验不足,这套教材难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正,以便根据教学实践进行修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1991年1月

目 录

第一章 常用电子材料的识别和使用	1
第一节 导电材料.....	1
第二节 绝缘材料.....	8
第三节 磁性材料.....	13
第四节 焊接材料.....	16
第五节 胶粘剂.....	19
第六节 紧固件.....	20
本章小结.....	23
习题一.....	24
第二章 电子元器件的识别和使用	25
第一节 电阻器.....	25
第二节 电容器.....	32
第三节 线圈.....	36
第四节 变压器.....	39
第五节 半导体器件.....	40
第六节 半导体集成电路.....	49
第七节 电真空器件.....	53
第八节 电声器件.....	57
第九节 开关和继电器.....	62
第十节 接插件、接线柱.....	66
第十一节 显示器件.....	70
本章小结.....	72
习题二.....	73
第三章 常用工具的识别和使用	75
第一节 螺丝刀.....	75
第二节 扳手.....	76
第三节 钳子.....	78
第四节 其它工具.....	80
本章小结.....	83
习题三.....	83
第四章 常用电子仪表的识别和使用	85
第一节 表头.....	85
第二节 万用表.....	87

第三节	摇表	89
第四节	电桥	91
第五节	直流电位差计	96
第六节	直流稳压电源	99
本章小结		102
习题四		103
第五章	零部件的制作和加工	104
第一节	印制电路板的制作	104
第二节	线把的绑扎	110
第三节	元器件引线变形	113
第四节	导线端头加工	115
第五节	变压器的绕制	119
本章小结		126
习题五		126
第六章	焊接的基本知识与要领	128
第一节	焊接的基本知识	128
第二节	焊接前焊接部位的连接	132
第三节	手工焊接要领	136
第四节	浸焊	140
第五节	波峰焊	142
第六节	焊接后的清洗	143
第七节	元器件的拆焊	145
第八节	焊接点的质量分析	147
本章小结		149
习题六		150
第七章	整机装配	152
第一节	螺纹连接	152
第二节	销钉连接	155
第三节	铆接	156
第四节	粘接	158
第五节	部件、整件的装配要领	161
第六节	调整和测试	162
第七节	质量检验	163
第八节	安全生产	165
本章小结		166
习题七		167
第八章	设计文件和工艺文件	168
第一节	设计文件	168
第二节	工艺文件	175

本章小结	179
习题八	180
第九章 实习简易电子装置的制作	181
第一节 小型单相电源变压器的制作	181
第二节 串联型稳压电源的制作	183
第三节 定时音响抢答器的制作	185
第四节 三管半导体收音机的制作	187
第五节 分立件晶体管扩音机的制作	189
第六节 万用表的制作	191

第一章 常用电子材料的识别和使用

本章将介绍电子整机装配中常遇到的一些主要材料，如导电材料、绝缘材料、磁性材料、焊接材料、粘接材料和紧固件的概念、性能、用途等，以便读者提高对这些常用材料的识别能力和了解它们的使用方法。

第一节 导电材料

构成导电体的材料叫导电材料。导电材料，顾名思义是用来传导电流的。但有些不仅用来传导电流，而且用来产生热、光、磁和化学效应。本节主要讨论一种以导电为主的高导电材料，即铜、铝及它们的合金，以及由它们和合金制成的电线、电缆、敷铜箔板等。

铜和铝具有导电性能好、机械强度高、不易氧化和腐蚀、加工焊接容易、资源丰富、价格便宜等优点。它们的基本参数如表 1—1 所列。

表1—1 铜、铝的基本性能参数

材 料	铝	铜
性 能		
密 度 (g/cm ³)	2.7	8.9
线胀系数 (1/°C)	24×10^{-6}	17×10^{-6}
比 热 容 (20°C) (J/kg·°C)	896	412.6
熔 点 (°C)	658	1083
熔 解 热 (J/kg)	3.868×10^5	2.12×10^5
电 导 率 (20°C) (S/m)	35.4×10^6	53×10^6
电 阻 率 (软线, 20°C) ($\Omega \cdot m$)	2.864×10^{-3}	1.7241×10^{-3}
电阻温度系数 (1/°C)	4.23×10^{-3}	3.93×10^{-3}
抗拉强度 (软线) (N/mm ²)	68~93	196~206
伸 长 率 (%)	8~20	12~30

一、铜、铝和它们的合金

(一) 铜和铜合金

铜和合金一般分为纯铜、黄铜、青铜和白铜四大类。后三类都是铜合金。

1. 纯铜。外观呈紫红色，故又叫紫铜。它具有高的导电性、导热性、耐蚀性及良好的延展性。它易于热压或冷压加工。但它的机械性能较差，一般不作结构零件，主要用途是制造电线、电缆的导体和制造各种合金。

2. 黄铜。铜和锌的合金叫黄铜。它的颜色随含量的增加而由黄红色变到淡黄色。黄铜的导电性能比纯铜略差，但具有良好的可塑性，便于机械加工，如制成导电零件、散热管等。

特殊黄铜是指在铜锌合金中再加入锡、镍、锰、铅、硅、铝、铁等元素所形成的合金。锡能提高黄铜的机械强度和对海水的抗蚀性；镍能提高强度及抗蚀性，但价格太贵；锰能提高工艺性能、机械强度和耐腐蚀性；铅可改善黄铜的切削加工性，但塑性稍低；硅能大大提高黄铜的机械性能、耐蚀性和铸造性能；铝能在很大程度上提高黄铜的强度，改善对腐蚀的稳定性，但塑性显著降低；铁的含量大于0.03%时，黄铜会有磁性。

3. 青铜。铜锡的合金称为青铜。随着技术的发展，人们往往把黄铜和白铜以外的铜合金，统称为青铜。其中含锡的叫锡青铜，不含锡而含铝、锰、硅、铁、铍、铅的叫无锡青铜。

锡青铜中含有少量的锌、铅、磷和镍的元素。锌可提高锡青铜的机械性能和流动性；铅能改善其耐磨性和切削加工性，但会降低其机械性能；镍能提高锡青铜的机械性能和耐蚀性；磷能提高锡青铜的韧性、硬度、耐磨性和流动性。含有磷的锡青铜叫磷锡青铜。

无锡青铜中的镉青铜导电性能最好，铍青铜既有较好的导电性，又有较好的弹性。

4. 白铜。白铜就是铜镍合金。单由铜和镍组成的合金称为普通白铜。加有锰、铁、锌、铝等元素的合金，称为锰白铜、铁白铜、锌白铜和铝白铜。其中含镍40%的白铜（有的掺少量的锰）叫作康铜。康铜具有很高的电阻率，而且不随温度而改变，它可以加工成细丝或薄片等。加温后康铜会在其表面形成一层柔韧而坚固的绝缘性氧化膜。在绕制电阻器时，如果相邻两匝间电压小于1V，就可利用这一特性，将它很快升温900℃，再在空气中冷却，而不必另行绝缘处理。

康铜中的一部分镍用锌代替，就成了德国银（亦称德银或镍银）。这种德银容易加工并富有弹性，可用于制造变阻器及线绕电阻器，其工作温度可达200~300℃。因为锌比镍便宜，所以用德银比用康铜成本低。

（二）铝和铝合金

铝的特点是比重轻，熔点也比铜低。铝的塑性较好，但是强度低些。铝的导电性、导热性、耐蚀性也很高。纯铝由于强度低，主要用作电线、电缆和导电零件。合金铝因强度大，工艺性能比纯铝更好，所以用途很广。铝和合金铝在电子工业中主要用于下列各方面：

1. 制作导线。铝的电阻率虽大于铜，但对于电阻值和长度相同的导线，铝线截面直径是铜的1.3倍。因铝的比重比铜小3.4倍，故铝线重量仅为铜线重量的一半，且价格便宜。

2. 制作铝箔。杂质含量不大于0.3%的纯铝，可用于制造铝箔，作膜式电容器和电解电容器的电极。

3. 制作结构材料。硅铝硼之类的模铸铝可制作空气可变电容器的架子。

4. 制作型材。如做大功率晶体管的散热片等。

二、电线与电缆

电线、电缆是用来传输电能或电磁信号的传输线。它通常由导线、绝缘层、屏蔽层、

防护层和铠装等部分组成。电线与电缆之间并无严格的界限。一般来说，电线的结构要简单一些，而电缆的结构较为复杂。

(一) 电线

电线也叫导线。通常用导电性能较高的铜、铝或镍铬合金制成。按导线的表面是否加绝缘层，电线可分为裸电线和绝缘电线两种。

1. 裸电线。裸电线是表面未加绝缘层的电线。按导电体的结构和形状可分为圆线、软接线、型线和裸绞线四种。部分裸电线的分类、型号、名称和主要用途如表1—2所列。

表1—2 分裸电线的分类、名称、型号和主要用途

分类	名称	型号	主要用途	
裸圆线	硬圆铜线	TY	用于架空的通讯广播线，电机变压器绕组，电线电缆芯线	
	硬圆铝线	LY		
	软圆铜线	TR		
	软圆铝线	LR		
裸软接线	裸铜电刷线	TS	由多股铜线或镀锡铜线绞制 供电机电器线路电刷连接线用	
	软裸铜电刷线	TSR		
	裸铜软接线	裸铜软接线	TRJ	供开关、电热器等移动设备连接用，供要求柔软的电器设备连接用，供要求特别柔软的电器连接用
			TRJ-3	
TRJ-4				
软铜编织线	QC	汽车、拖拉机蓄电池连接线用		
裸型线	硬扁铜线	TBY	用于电机、电器线圈绕组，安装配电设备及其它电工制品	
	硬扁铝线	LBY		
	软扁铜线	TBR		
	软扁铝线	LBR		
裸绞线	普通铝绞线	LJ	用于各种输电线路	
	铝包钢绞线	GLJ		
	铝合金绞线	HLJ		
	钢芯铝绞线	LGJ		
	铝合金绞线	HLGJ		

2. 绝缘电线。绝缘电线是外层加绝缘保护层的电线。按照用途的不同，可分为绕组用导线和安装用导线两种。

(1) 绕组用导线是用来制造电机、变压器、感应线圈、扼流圈、高压包及天线线圈等绕组的导线。其芯线材质一般为铜或铜合金。外层绝缘由涂漆或包缠织物形成。涂漆的称为漆包线，包缠织物的称为纱包线或丝包线等。

绕组用导线主要用于产生磁场，所以又叫电磁线。表1—3列出了部分电磁线的型号、名称、规格和主要用途。

(2) 安装用导线是用来连接两个结点之间的电路的。它包括各种电器设备内部配线、电气设备与电源间的配线、各种信号控制系统及低压配电系统用的绝缘电线等。

表1—3 部分电磁线的型号、名称、规格及主要用途

型号	名称	线径规格 (mm)	用途及主要特性
Q	油性漆包圆铜线	0.02~2.44	作小型电机、变压器和仪表的绕组用，绝缘层的机械强度较差
QQ	高强度聚乙烯醇缩醛漆包圆铜线	0.06~2.44	作电机、变压器和仪表和绕组用，漆层机械强度高，电气性能好
QQB	高强度聚乙烯醇缩醛漆包扁铜线	(0.20~2.83) ×(2.0~10.0)	耐QQ型
QZ	高强度聚酯漆包圆铜线	0.06~2.44	同QQ型，并具有热稳定性及抗溶剂的特点
QZB	高强度聚酯漆包扁铜线	(2.0~10.0) ×(0.20~2.83)	同QZ型
QA	高强度聚胺酯包圆铜线	0.06~2.44	用途同QQ型，不需除去漆层，可直接焊接，并可染色
QH	高强度环氧漆包圆铜线	0.06~2.44	用途同QQ型，耐潮性好，适于热带气候下使用
QZL	高强度聚酯漆包圆铝线	0.06~2.44	同QZ型
QHN	环氧基自粘性漆包圆铜线	0.10~0.51	供制造特殊线圈使用，不需浸渍，加热后即可成型
QSR	单丝（人造丝）漆包圆铜线	0.05~2.10	小型电机、电器和仪表绕组用
SBEC	双玻璃丝包圆铜线	0.51~5.20	耐高温、防潮等特殊变压器、电机绕组，工作温度-60~+150℃
QQSBC	单玻璃丝包高强度缩醛漆包圆铜线	1.00~1.81	用途同SREC型，工作温度-60~+120℃
QJST	单丝包绞合漆包高频电磁线	0.05~0.20	高频线线、变压器等绕组
QJSTE	双丝包绞合漆包高频电磁线	0.05~0.20	同上

由于安装用导线使用的环境各不相同，故线的粗细、绝缘层的种类也各有不同。大部分电路用的是塑料作绝缘层的导线，所以也称它为塑胶线。塑胶线常按塑料名称命名，有聚氯乙烯线、尼龙线、聚四氟乙烯线、橡胶线等。在结构上也有软、硬之分。线芯有单根、两根或多根，俗称单股线、多股线。其每股的芯线线径也各不相同。

需要屏蔽的安装用导线，一般在绝缘层外再编织一层金属线；需要耐热的，在绝缘层外包玻璃丝线或石棉线；需要柔软的，包丝；需要绝缘性好的，采用橡胶浸渍，多层绕制；需要耐腐蚀的，采用橡皮绝缘或铅包线等。所以，要根据各种不同的使用情况选用不同品种的安装用导线。

部分安装用导线的型号、名称及主要用途如表1—4所列。

表1-4 部分安装用导线的型号、名称和主要用途

型 号	名 称	导线截面积 (mm ²)	主 要 用 途
JACL-2 JACL-4 JACL-6 JACL-8	二层漆绸纤维编织蜡克线 四层漆绸纤维编织蜡克线 六层漆绸纤维编织蜡克线 八层漆绸纤维编织蜡克线	0.35~10	连接380伏以下电表、电器、电机绕组及电路安装用
JBV	耐热聚氯乙烯电线	0.35~10	连接380伏以下电器
JBX JBXHF	丁基橡皮绝缘电线 丁基橡皮绝缘耐热护套线	0.5~95	交流500伏以下 温度80℃以下
JHX	硅橡皮绝缘线	0.75~240	温度180℃以下
AX AXR AXS AXSR AXSRP AXL AXLR	铜芯橡皮绝缘安装线 铜芯橡皮绝缘安装软线 铜芯橡皮绝缘棉纱编织浸石蜡安装线 同上, 但为软线 同上, 但为屏蔽安装软线 铜芯橡皮绝缘棉纱编织蜡克安装线 同上, 但为软线	0.35~1.5 0.35~2.5 0.35~1.5 0.35~2.5 0.35~2.5 0.35~1.5 0.35~5.0	无线电设备电路安装用
AVLR	铜芯聚氯乙烯绝缘棉纱编织蜡克安装线	0.35~5.0	无线电设备电路安装用
BDV BDVR	铜芯丁聚物绝缘安装线 铜芯丁聚物绝缘安装软线	0.75~7.0	工作温度-60~70℃
AV AVR	聚氯乙烯塑料绝缘安装线 同上, 但为软线	线径0.4~0.9 (mm)	有各种颜色, 在无线电设备中作接线用
RVB RVS RVV RV-105	平行塑料绝缘软线 双绞塑料绝缘软线 聚氯乙烯护套软线 耐热聚氯乙烯绝缘软线	线径2×[12×0.15 ~80×0.20] (mm)	交流250伏以下, 小型设备电源线, 室内使用 工作温度+65℃以下, RV-105型不超过+105℃

(二) 电缆

电缆是由一根或几根彼此绝缘的导线绞合起来, 并包上金属壳层的电线。金属壳层大多用铝套、铅套、绞纹金属套或金属编织套等。有耐湿、耐温、耐磨和屏蔽等作用, 所以可用于室外恶劣环境中。金属外壳之外, 有的还加一层橡皮或塑料保护层。

电缆按用途分, 可分为无线电装置用电缆、通用橡套软电缆和射频电缆。无线电装置用电缆一般用于无线电设备的固定和安装; 通用橡套软电缆适宜用作各种电气设备、电动

工具、仪器和日用电器的移动式电源线。根据所承受的机械外力，电缆可分为轻、中、重三种，它们的截面大小也适当互相对应，以便于选用。用于传输高频信号电流的电缆叫射频电缆。射频电缆又分为同轴电缆（芯线与金属包壳同心）和双芯电缆（两根彼此绝缘的导线套在一个公共的金属外壳中）两种。

电缆的型号种类很多，现将部分电缆的型号、名称和主要用途列于表1—5中。

表1—5 部分电缆的型号、名称和主要用途

分 类	型 号	名 称	主 要 用 途
无线电装置用电缆	SBH	橡皮安装电缆	适用于无线电设备固定安装，使用温度 -50~+50℃
	SBHP	橡皮安装屏蔽电缆	
通用橡套软电缆	YQ YQW	轻型橡套电缆	移动电气设备和日用电器电源线
	YZ YZW	中型橡套电缆	各种移动电气设备用
	YC YCW	重型橡套电缆	能承受较大的机械外力作用，作移动电气设备用
射频电缆	SYV	聚乙烯绝缘同轴电缆	用于固定或移动式无线电装置。环境温度： -40~+60℃；相对湿度：98%
	SJYV	强力射频电缆	适用于地下管道传输高频信号，环境温度： -40~+60℃
	SWY	宽温度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。如连续天线和发射系统等。环境温度：-60~+85℃； 相对湿度：98%

（三）电线和电缆的使用

使用电线和电缆时，必须考虑其电气技术条件和机械特性是否满足电路和使用环境的要求，现分别说明如下：

1. 电路要求：

①允许载流量和电流密度。电线电缆的允许载流量是指某截面面积的电电线电缆在不超过它的最高工作温度的条件下，允许长期通过的最大电流，也叫安全电流。而电线电缆在不超过它的最高工作温度的范围内，导线线芯单位面积上允许长期通过的最大电流叫电线电缆的允许电流密度。用 J_M 表示：

$$J_M = \frac{I_M}{S} \quad (\text{A}/\text{mm}^2)$$

式中 I_M 为允许载流量 (A)；

S 为导电线芯的截面积 (mm^2)。

选用电线电缆时，电路通过的最大电流不得高于导线的允许载流量。一般无线电设备连接，选用电流密度为 $4\text{A}/\text{mm}^2$ 。如果采用漆包铜线作变压器绕组，则根据温升情况选择电流密度为 $2\text{A}/\text{mm}^2$ 、 $2.5\text{A}/\text{mm}^2$ 或 $3\text{A}/\text{mm}^2$ 的漆包线。表1—6为不同截面积、线径的铜线允许通过的电流值。

②导线的电阻降压。从表1—6可以看出，导线的电阻一般很小。但导线很长时，例如用作架空线路或绕制变压器时，其电阻就不可忽略。另外，在一些无线电设备中，用作低压大电流供电时，其导线电阻的降压更不可忽视。由于电压的降低，将使设备不能工作。

③额定电压和绝缘性能。各种电线根据绝缘程度的不同，规定了不同的试验电压值。

表1—6 不同截面积、线径的铜线允许通过的电流值

铜芯直径 (mm)	铜芯截面积 (mm^2)	温度 20°C 的直流电 阻 ($\Omega/1000\text{m}$)	允许通过的电流 (A)			
			$4\text{A}/\text{mm}^2$	$3\text{A}/\text{mm}^2$	$2.5\text{A}/\text{mm}^2$	$2\text{A}/\text{mm}^2$
0.05	0.001963	8349	0.00785	0.00589	0.00491	0.00393
0.08	0.005027	3487	0.0201	0.0151	0.0126	0.0101
0.10	0.007854	2237	0.0314	0.0236	0.0196	0.0157
0.12	0.01131	1551	0.0452	0.0339	0.0283	0.0226
0.14	0.01539	1139	0.0616	0.0462	0.0385	0.0308
0.16	0.02011	872	0.0804	0.0603	0.0503	0.0402
0.18	0.02545	689	0.1018	0.0764	0.0636	0.0509
0.20	0.03142	558	0.1257	0.0943	0.0766	0.0628
0.25	0.04909	357	0.1964	0.147	0.123	0.0982
0.31	0.07548	232	0.3019	0.226	0.189	0.151
0.35	0.09621	182	0.3848	0.289	0.241	0.192
0.44	0.1521	115	0.6084	0.456	0.38	0.304
0.51	0.2043	85.9	0.817	0.613	0.511	0.409
0.55	0.2376	73.7	0.950	0.713	0.594	0.475
0.64	0.3217	54.5	1.287	0.965	0.804	0.643
0.74	0.4301	40.7	1.72	1.29	1.08	0.86
0.86	0.5809	30.1	2.32	1.74	1.45	1.16
0.96	0.7238	24.2	2.90	2.17	1.81	1.45
1.00	0.7854	22.4	3.14	2.36	1.96	1.57
1.20	1.131	15.5	4.52	3.39	2.83	2.26
1.35	1.431	12.3	5.72	4.29	3.58	2.86
1.50	1.767	9.93	7.07	5.30	4.42	3.53
1.62	2.061	8.50	8.24	6.18	5.15	4.12
2.02	3.205	5.47	12.82	9.62	8.01	6.41
2.44	4.676	3.75	18.7	14.0	11.69	9.35

验时，一般采用 50Hz 、几百至几千 V 的交流电，对产品通电试验1分钟，1分钟内应无变化。通常以此值的 $1/3$ 作为电线的额定电压。为了保证电线绝缘良好，实际使用时电压最大值应低于电线的额定电压。

④频率特性。电路频率较低，可采用普通电线；有些信号电平较低，应选用屏蔽线隔离外界干扰；载波通信、调频广播、电视摄像等设备间的信号连接，应选用高频电缆。

⑤阻抗特性。为了防止反射波，一般希望同轴电缆和馈电线具有一定的特性阻抗。选用射频电缆时，应考虑阻抗匹配关系。

2. 环境要求：各种电线电缆使用环境是不一样的，应根据各种不同的环境特点选用不同特性的电线电缆。如暴露于野外或埋设于地下，应考虑湿度特性能否承受，温差变化大的，应考虑耐高温或耐低温特性；振动大的地点应考虑抗拉强度、耐磨性和柔软性等。另外，有些电线电缆使用时还应考虑到酸、碱腐蚀和防火特性。

三、覆铜板

覆以铜箔的绝缘板叫做覆铜板，它是腐蚀铜法制作印制电路板的主要材料。

覆铜板铜箔下面的塑料底板的材料决定了它的载荷能力。一般采用酚醛纸胶板和环氧玻璃纤维板。敷铜电路板在通过一定电流时的温升（载荷能力）与铜箔的厚度有关。常用的覆铜板有下列几种：

1. TFZ-62、TFZ-63 覆铜箔酚醛纸基层压板。这是由绝缘纸(TFZ-62)或棉纤维(TFZ-63) 浸以酚醛树脂经热压而成的层压制品。两表面胶纸附以单张无碱玻璃浸胶布，其一面或双面覆以铜箔。主要用于制作无线电设备中的印制电路板。铜箔厚度为 $0.05 \pm 0.005\text{mm}$ 。层压板厚度有1.0、1.5、2.0mm几种。

2. THFB-65 覆铜箔酚醛玻璃布层压板。这是用无碱玻璃布浸以环氧树脂经热压而成的层压制品，其一面或双面覆以铜箔。它的优点是质轻、绝缘性能好，加工方便，可用于制作温度、频率较高的无线电设备中的印制电路板。铜箔厚度为 $0.05 \pm 0.005\text{mm}$ ，层压板厚度也有1.0、1.5、2.0mm几种规格。

此外，根据各种用途的需要，还有聚四氟乙烯、聚苯乙烯、软性聚酯等为基板的覆铜板。其中聚四氟乙烯覆铜板用于高频和超高频线路中，聚苯乙烯覆铜板用于高频和超高频电路如微波电路中的定向耦合器等。软性聚酯覆铜板也称挠性或柔性印制板，其特点是重量轻，体积小，可折叠、弯曲、卷绕，一般用来制作印制电缆等。

第二节 绝缘材料

绝缘材料是电流很难通过的材料。绝缘体的电阻率一般大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。绝缘材料能把电气设备中各种不同的导电体隔离，使电流无法通过。常用绝缘材料按化学性质分，可分为无机绝缘材料（由无机化合物组成）和有机绝缘材料两类。无机绝缘材料有云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃、硫磺等；有机绝缘材料有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、蚕丝和人造丝等。绝缘材料的主要指标有耐压强度，抗拉强度，热膨胀系数等。绝缘强度通常以每毫米厚绝缘材料所能耐受的电压千伏（即 kV/mm ）来表示。这个电压实际上是使绝缘体击穿时的电场强度。抗拉强度是指绝缘材料每单位截面积能承受的压力。

一、绝缘纸和绝缘纸板

电子工业用电绝缘纸有电缆纸、电话纸、电容器纸、卷绕纸和浸渍纸等，绝缘纸板有胶纸板和钢纸板等，其性能和用途列于表1—7中。

表1—7 电绝缘纸和绝缘纸板的性能和用途

绝缘纸和纸板名称	型 号	主 要 性 能	主 要 用 途
电缆纸	K-08 K-12 K-17	碱含量低, 耐弯折强度高	供电力电缆、控制电缆和通信电缆及电容器等电器的绝缘用纸
电话纸	DH-40 DH-50 DH-75	不含胶, 厚度均匀, 弯曲强度略低于电缆纸	供多股电信电缆绝缘用纸, 供一般云母作补强用
电容器纸	KOH-1 KOH-2	厚度极薄, 公差小	作电子设备中变压器层间绝缘
卷绕纸	JCH-1 JCH-6 JCH-5	吸水性小, 纵向抗张强度大	供电器、开关作绝缘筒、管棒用
浸渍纸	JZ-50 JZ-60 JZ-70	在整个纸面上的吸水高度和浸渍能力均匀一致	供电器、开关、无线电装置作绝缘和结构上的零、部件
绝缘纸板 (胶纸板)	DK50/50 DK75/75 DK100/100	DK50/50抗弯强度高, DK75/75抗弯强度和抗震性好	变压器 开关、仪表无线电装置中的绝缘垫片、部件和低压电器的槽楔条、电机定子的绝缘端环
钢纸板 (反白纸板)		有弹性、能弯曲、不开裂, 可加工性大, 缺点是吸潮性大	供小型电机作楔条、铁心端环及衬条以及仪表衬垫、填块

二、漆布和漆绸

特制棉布和丝绸浸渍绝缘漆或橡胶液, 经烘干后即成为漆布和漆绸, 其性能取决于所使用的织物和树脂浸渍料, 如表1—8所示。

表1—8 漆布和漆绸的性能和用途

名称	型号	主要性能	主要用途
黄漆布 (黄蜡布)	2010系列	用平纹棉布经油性清漆浸渍而成。介电性能和机械强度一般，不耐油	供一般电机或变压器和无线电零件作线圈绝缘和衬垫用
黄漆绸 (黄蜡绸)	2210系列	用丝绸经油性清漆浸渍而成。厚度薄，介电性能高	用于低压线圈匝间和导线包扎，在承受压力的线圈端和引出线上用于加强绝缘
环氧玻璃漆布	2433	用无碱玻璃布经环氧醇酸或环氧酯漆浸渍而成。介电性能、抗张强度和硬度较高	适用于包扎环氧树脂浇注的特种线圈
硅橡胶玻璃布	2551	用无碱玻璃布经有机硅漆和硅橡胶液浸渍而成。耐电、弹性和防霉性好	用于低压电机、电器包扎绝缘用，可用于热带
聚酰亚胺 玻璃漆布	西安绝缘材料厂239	用无碱玻璃布经聚酰亚胺漆浸渍而成。防潮、耐热、耐可溶剂性强	供工作温度为180~220℃的牵引、冶金、航空及其它耐高温、耐辐射的电机、电器作绝缘

三、绝缘漆

电子整机装配中，按用途分，所用漆料有点头漆、紧固漆和防护漆等。

1. 点头漆。整机安装完毕进行检验时，往往对合格焊点涂上点头漆以作为标记。点头漆一般可用硝基桃红0.5g与硝基胶液100g配制而成。

2. 紧固漆。在出厂前，对某些螺母及易动的调谐部位加上紧固漆，以防止由振动引起的螺母松动或调谐位置变动，也可使维修人员鉴别设备出厂以后是否有人拧动等。紧固漆一般可用红硝基磁漆1g与清漆4g配制而成。

3. 防护漆。用于防止无线电整机的机壳，元器件的表面受潮生锈。以往防潮、防腐常采用风立水或1504清漆，现在工厂一般使用SO1—3聚胺酯清漆、M—155丙烯酸树脂及PPS有机硅改性聚胺脂作为防潮、防盐雾、防霉菌的绝缘涂料。

稀释漆时常用的溶剂叫香蕉水，无色、易燃，可与苯及二硫化碳互溶，但不溶于水。

常用绝缘漆的组成、特性和主要用途列于表1—9中。

表1—9 常用绝缘漆的组成、特性和用途

名称	型号	组成成分	特性及用途
酚醛漆	F	用酚醛树脂与干性植物油熬炼配制	防水、防潮，用于浸渍和喷涂塑料和金属表面
醇酸漆	C	用植物油及改性醇酸树脂，以二甲苯作为溶剂稀释而成	耐油、耐电弧性较好。用于浸渍绕组线圈和涂覆绝缘零件
氨基漆	A	用酚醛树脂和三聚氰胺-甲醛树脂等氨基树脂与醇酸树脂、丙烯酸树脂、环氧树脂和有机硅树脂等配成	氨基-醇酸清漆色浅，色漆色彩鲜艳，附着力好，电绝缘好。用于金属表面涂覆。A30-1等可用于各种绕组线圈的浸渍
环氧漆	H	用环氧树脂和植物油经酯化后，加适当氨基树脂，用苯类溶剂及丁醇稀释制成	粘合力 and 附着力强，耐油、柔韧、耐强烈化学气味，用作线圈浸渍和金属表面处理
有机硅漆	W	用聚甲基苯硅氧烷加二甲苯配制而成	耐高温、绝缘性优良，防潮、化学性能稳定，用于浸渍玻璃丝包及玻璃布，涂覆晶体管

四、塑料

塑料指以合成树脂为主要成分的高分子材料，能在加热、加压等条件下塑造成型。合成树脂在加入各种不同的添加剂以后，可得到多种改性品种。添加剂包括下列几种：

1. 填料。可改善机械性能如减摩、耐磨、尺寸稳定、线膨胀系数等。常用填料大多为植物及矿物粉末、颗粒、纤维等。

2. 增塑剂。可增加塑料的柔软性，减少脆性，改善成型加工性。一般使用高沸点酯类。

防老剂。为防止塑料在加工和使用过程中，因受光和热等外界因素影响而过早老化变质而加。防老剂通常包括稳定剂、抗氧剂、紫外线吸收剂等。

着色剂。为使塑料制品具有各种色彩而增加美观，往往加入有机染料或无机颜料。

固化剂。主要用于热固性塑料，它可对树脂起交联固化作用。如环氧树脂必须加入胺类或酸酐类等固化剂才能固化成型。另外，还有用于特殊目的的添加剂，如加入发泡剂制成泡沫塑料，加入防静电剂以消除静电，加入阻燃剂使塑料难以燃烧，加入润滑剂以防止塑料在成型过程中粘附于设备与模具上及增加制品表面光泽等。

塑料种类很多，按照它的热行为可分为热塑型和热固型两大类。按塑料的用途分，有通用塑料、工程塑料等。