

高等职业教育电子信息类贯通制教材

·电子技术专业



电子材料与元器件

• 陈颖 主编 • 吴立新 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材(电子技术专业)

电子材料与元器件

陈 颖 主编

吴立新 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书立足于常用的和基本的电子材料、元件与器件,适当介绍新型的材料、元器件,使学习者在初步掌握电子技术基础后,能了解和掌握电路中材料和元器件的特点、性能,加深对电路的理解,熟练地应用于实际电路中,提高综合应用能力和实际操作能力。

全书共分12章。第1章介绍绝缘材料、导电材料和磁性材料;第2~12章分别介绍电阻器和电容器,电感线圈及变压器,开关、接插件、继电器等电接触件,各类晶体管,集成电路及各种应用电路,LED、LCD、VFD、CRT和平板显示器件,石英晶体、压电陶瓷片、声表面波滤波器等压电器件,扬声器、组合音箱、耳机、传声器、微型电磁讯响器等电声器件,常用的片式元器件及SMT技术和手工焊接片式元器件的方法,干电池、充电电池、小型密封式免维护铅蓄电池等。本书内容翔实,注重应用性和实践性,并设了六个实验,以加强对电子材料与元器件的识别、检测和应用。

本书可作为高等职业技术学院电子信息类专业基础课教材,也可作为电子技术爱好者的自学参考书。

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,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子材料与元器件/陈颖主编. —北京:电子工业出版社, 2003. 1

高等职业教育电子信息类贯通制教材(电子技术专业)

ISBN 7-5053-7968-2

I. 电… II. 陈… III. 电子元件—高等学校:技术学校—教材 IV. TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第069753号

责任编辑:刘文杰 周光明

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <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:323千字

版 次:2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

印 数:5000册 定价:15.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

前 言

学习了电子线路后,我们掌握了一些电路知识,学会了看电路图。但如果将电路图与实际电路相比较,我们就会发现,电路图仅是“纸上谈兵”的理论,而实际电路则是由“花花绿绿”的元器件构成的。电路板上这些五颜六色、各式各样的元器件是什么?它们上面的标志表示什么意思?它们有什么特点?使用它们需要注意什么?这本书想必能给您帮助。

电子产品离不开电子材料和元器件。任何电子产品都是由若干个材料和元器件按一定方式连接而成的,例如:一台收音机中包含电阻器、电容器、可变电容器、电位器、晶体管、集成电路等电子元器件以及机壳、印制电路板、导线、电池极片等电子材料。每种材料和元器件都有其各自的性能,只有了解和掌握它们的型号、特点、性能,才能正确地选择和使用。如电阻器的使用要考虑其阻值、误差、功率等;晶体三极管的使用需考虑其材料、极性、截止频率、集电极耗散功率等;再如在设计和维修中常遇到元器件的代换问题,有些元器件可以代换,有些不能代换;有些元器件可以直接代换,有些不能直接代换,这些都要根据元器件特点和使用的场合来决定。要能熟练地应用实际电路,就要较全面地掌握元器件的知识;学习了电子材料和元器件,才能真正理论联系实际。

电子技术的发展,对元器件和材料的要求越来越高;同时,科学技术的发展,使元器件和材料的品种越来越多,性能越来越好,如从电子管、晶体管发展到集成电路、超大规模集成电路,电子设备整机的体积、质量减小了,可靠性却大大提高了。但是,有的电子材料或元器件本身的价值微不足道,但对整机的影响是很大的,如电阻器或电容器损坏,可能会导致整机不能工作。因此要了解掌握材料和元器件的基本特性,合理地选择它们,使之在有效期内能可靠地工作,以保证整机工作正常。

本教材的编写目的是使学生在初步掌握电子技术基础后,能综合深入地了解 and 掌握电路中元器件和材料的特点、性能,加深对电路的理解,提高综合应用能力,本教材建议教学课时约 50 学时。

本教材中电子材料、元器件知识内容丰富,主要有常用的电子材料、电阻器、电容器、电感元件、电接触件、晶体管、集成电路、显示器件、压电器件、电声器件、片状元器件、电池等。教材中对材料、元器件的理论原理介绍简洁,增加了应用性、实践性的内容,使学生系统地了解、认识常用的电子材料及元器件,学会识别、检测和应用,提高实践能力。在学习过程中要注意理论联系实际,要注意掌握各种材料与元器件特点和基本的技术参数,比较、理解其在实践中的应用。每章前的【重点提示】列出了该章要掌握的主要知识内容,便于学习者了解内容概况,有的放矢地学习。

本教材立足于常用的和基本的电子材料、元件和器件。随着电子技术的飞速发展,新材料、新元件、新器件不断涌现,本书篇幅所限,只能选择部分做些介绍,适当体现新知识、新技术。由于电子材料、元器件所涉及的内容很广,而教学课时有限,在教学过程中,可根据实际需要组织教学内容,部分内容可安排学生课外阅读或讨论。

本教材中所列的六个实验,旨在提高学生对本课程理论知识的理解和应用,实验的重点在于正确地操作和对现象的理解分析,从而加深对元器件应用的认识。在教学过程中可根据

据需要选做。另外，本教材编者在教学实践中编制了《电阻色环判读练习》小课件（约 3MB）。如有需要，请读者与 chy@fjdx.fj.cninfo.net 联系，编者将免费发送。

本教材由陈颖主编，参加编写的有林玉珠和朱丽华，其中，第 1, 4, 5 章，第 7~12 章，实验及附录由陈颖编写；第 2 章和第 3 章由林玉珠编写；第 6 章由朱丽华编写。全书由陈颖统一修改定稿。

本教材由常州信息职业技术学院吴立新担任主审，上海市第一仪表电子工业学校冯满顺为责任编委。主审对全书进行了认真细致的审阅，并提出了许多具体的修改意见。在本书编写过程中得到了许多老师的帮助，淮安信息职业技术学院刘涛、贵州无线电工业学校韩春光、南京无线电工业学校王玫、南昌无线电工业学校胡光辉在编写提纲讨论会和审稿会上提供了许多宝贵的意见。本教材编写还得到了福建电子工业学校杨元挺的关心和支持，在此对以上同志深表谢意。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中错误和不妥之处难免，敬请读者批评指正。

编 者

2001 年 10 月

目 录

第 1 章 电子材料	(1)
1.1 绝缘材料	(1)
1.1.1 绝缘材料的特性	(1)
1.1.2 有机绝缘材料	(2)
1.1.3 无机绝缘材料	(5)
1.2 导电材料	(7)
1.2.1 导电材料的特性	(7)
1.2.2 高电导材料	(8)
1.2.3 高电阻材料	(10)
1.2.4 焊接材料	(10)
1.2.5 导线	(12)
1.3 磁性材料	(15)
1.3.1 磁性材料的特性	(15)
1.3.2 常用的软磁材料和硬磁材料	(17)
1.3.3 电子设备中常见的软磁铁氧体元件	(18)
思考与练习	(20)
第 2 章 电阻器	(21)
2.1 固定电阻器	(21)
2.1.1 电阻器的电路符号和主要参数	(21)
2.1.2 电阻器的型号命名和标识	(23)
2.1.3 常用的固定电阻器及特点	(25)
2.1.4 固定电阻器的检测与选用	(26)
2.2 电位器	(27)
2.2.1 电位器的电路符号	(27)
2.2.2 电位器的种类	(28)
2.2.3 电位器的结构及工作原理	(28)
2.2.4 电位器的主要参数	(29)
2.2.5 电位器阻值变化特性及应用	(29)
2.2.6 电位器的检测及使用	(30)
2.3 半可调电阻器	(31)
2.3.1 半可调电阻器的电路符号和外形	(31)
2.3.2 半可调电阻器的应用	(32)
2.4 敏感电阻器	(32)
2.4.1 敏感电阻器的型号命名	(32)
2.4.2 热敏电阻器	(33)

2.4.3	光敏电阻器	(34)
2.4.3	其他敏感电阻器	(35)
2.5	熔断电阻器	(36)
2.5.1	熔断电阻器的特点和电路符号	(36)
2.5.2	熔断电阻器的应用	(37)
	思考与练习	(37)
第3章	电容器	(38)
3.1	固定电容器	(38)
3.1.1	电容器的电路符号和主要参数	(38)
3.1.2	电容器的型号命名和标识	(39)
3.1.3	常用的无极性固定电容器	(41)
3.1.4	固定电容器的应用	(43)
3.1.5	无极性电容器的检测与选用	(44)
3.2	电解电容器	(45)
3.2.1	电解电容器的结构	(45)
3.2.2	常用的电解电容器	(45)
3.2.3	电解电容器的应用	(46)
3.2.4	电解电容器检测与选用	(47)
3.3	可变电容器和微调电容器	(47)
3.3.1	可变电容器	(47)
3.3.2	微调电容器	(49)
3.3.3	可变电容器的主要参数	(50)
3.3.4	可变电容器的检测及维修	(51)
	思考与练习	(52)
第4章	电感元件	(53)
4.1	电感线圈	(53)
4.1.1	电感线圈的结构及主要参数	(53)
4.1.2	电感线圈的种类及使用常识	(55)
4.2	变压器	(59)
4.2.1	变压器的结构及主要参数	(59)
4.2.2	常见的变压器及使用常识	(60)
	思考与练习	(64)
第5章	电接触件	(65)
5.1	开关	(65)
5.1.1	常用开关的种类及特点	(65)
5.1.2	开关的主要参数及使用常识	(69)
5.2	接插件	(69)
5.2.1	音视频系统接插件	(69)
5.2.2	印制电路板连接器	(72)
5.2.3	其他接插件	(72)

5.3 继电器	(73)
5.3.1 电磁继电器	(73)
5.3.2 舌簧继电器	(76)
5.3.3 双金属片温度继电器	(77)
5.3.4 固态继电器	(78)
思考与练习	(80)
第6章 半导体晶体管	(81)
6.1 半导体二极管	(81)
6.1.1 半导体材料的基本特性	(81)
6.1.2 PN 结及其单向导电性	(81)
6.1.3 晶体二极管的结构及分类	(82)
6.1.4 晶体二极管的特性及主要参数	(82)
6.1.5 普通晶体二极管	(83)
6.1.6 特殊用途的二极管	(84)
6.1.7 晶体二极管的检测	(87)
6.1.8 晶体二极管的典型应用	(88)
6.2 晶体三极管	(89)
6.2.1 晶体三极管的结构、特性及分类	(89)
6.2.2 晶体二极管、三极管的型号命名	(90)
6.2.3 晶体三极管的主要参数	(92)
6.2.4 晶体三极管的检测	(93)
6.2.5 达林顿管	(94)
6.2.6 晶体管的代换	(94)
6.3 场效应晶体管	(95)
6.3.1 场效应管的种类及结构	(95)
6.3.2 场效应管的基本特性及主要参数	(97)
6.3.3 VDMOS 管	(99)
6.3.4 场效应管的使用注意事项	(99)
6.3.5 结型场效应管的检测	(99)
6.4 晶闸管	(100)
6.4.1 晶闸管的种类及外形	(100)
6.4.2 单向晶闸管的结构及基本特性	(100)
6.4.3 单向晶闸管的主要参数	(101)
6.4.4 单向晶闸管的检测	(102)
6.4.5 双向晶闸管的结构及基本特性	(103)
6.4.6 双向晶闸管的检测	(104)
6.4.7 晶闸管的典型应用	(105)
思考与练习	(105)
第7章 集成电路	(106)
7.1 集成电路种类、型号及使用	(106)

7.1.1	集成电路的分类及封装形式	(106)
7.1.2	集成电路的型号命名	(108)
7.1.3	集成电路的使用	(109)
7.2	数字集成电路	(112)
7.2.1	数字集成电路的特点及主要参数	(112)
7.2.2	数字集成电路的应用	(113)
7.3	集成运算放大器	(114)
7.3.1	集成运算放大器的特点	(114)
7.3.2	常见的集成运算放大器	(115)
7.3.3	集成运算放大器的应用	(116)
7.4	集成线性稳压器	(119)
7.4.1	三端集成稳压器	(119)
7.4.2	集成稳压器的使用	(120)
7.5	音响集成电路	(121)
7.5.1	功率放大电路	(121)
7.5.2	前置放大电路	(123)
7.5.3	单片收音机电路	(126)
7.5.4	立体声解码电路	(128)
7.5.5	音效处理电路	(128)
7.5.6	其他音响电路	(129)
7.6	音乐集成电路	(132)
7.7	集成光电耦合器	(134)
	思考与练习	(136)
第 8 章	显示器件	(137)
8.1	小型显示器件	(137)
8.1.1	发光二极管	(137)
8.1.2	液晶显示器	(138)
8.1.3	荧光显示器	(140)
8.1.4	氖灯显示器	(141)
8.2	七段码显示原理	(141)
8.3	CRT 显示器	(142)
8.3.1	黑白显像管	(142)
8.3.2	彩色显像管	(143)
8.3.3	示波管	(144)
8.3.4	扁平 CRT 显像管	(144)
8.4	平板显示器件	(145)
8.4.1	等离子体显示器件	(145)
8.4.2	场致发光显示器件	(146)
8.4.3	矩阵式液晶显示板	(147)
8.4.4	矩阵式 LED 显示器件	(147)

思考与练习	(148)
第9章 压电器件	(149)
9.1 压电效应	(149)
9.1.1 压电效应的概念	(149)
9.1.2 压电材料和压电器件	(149)
9.2 常用的压电器件	(149)
9.2.1 石英晶体元件	(149)
9.2.2 压电陶瓷片	(151)
9.2.3 声表面波滤波器	(153)
思考与练习	(155)
第10章 电声器件	(156)
10.1 扬声器及耳机	(156)
10.1.1 扬声器种类及主要参数	(156)
10.1.2 常见的扬声器及音箱	(157)
10.1.3 扬声器的使用	(161)
10.1.4 耳机	(161)
10.2 传声器	(162)
10.2.1 传声器的种类及主要参数	(162)
10.2.2 常见的传声器及应用	(163)
10.2.3 使用传声器注意事项	(166)
10.3 微型电磁讯响器	(166)
思考与练习	(167)
第11章 片式元器件	(169)
11.1 片式元器件的特点	(169)
11.2 片式元器件的种类	(169)
11.2.1 片式电阻器	(170)
11.2.2 片式电容器	(171)
11.2.3 片式矩形电感器	(172)
11.2.4 片式晶体管	(172)
11.2.5 片式集成电路	(173)
11.3 片式元器件的使用	(173)
11.3.1 表面安装技术	(173)
11.3.2 片式元器件的手工焊接	(174)
思考与练习	(175)
第12章 电池	(176)
12.1 干电池	(176)
12.1.1 干电池的种类及特点	(176)
12.1.2 干电池使用注意事项	(176)
12.2 充电电池	(177)
12.2.1 常用充电电池的种类及特点	(177)

12.2.2 充电电池的使用 (178)

12.3 小型密封式免维护铅蓄电池 (178)

12.3.1 小型密封式免维护铅蓄电池结构及主要参数 (179)

12.3.2 小型密封式免维护铅蓄电池的维护 (179)

12.3.3 小型密封式免维护铅蓄电池使用注意事项 (180)

思考与练习 (181)

实验 1 电阻器的检测 (182)

实验 2 电容器的检测 (183)

实验 3 电源变压器参数的测量 (184)

实验 4 电磁继电器的测试 (185)

实验 5 发光二极管及数码管检测 (186)

实验 6 音乐集成片的应用 (187)

附录 A 超导现象及超导体 (189)

附录 B 常用精度等级电阻标称值系列 (189)

附录 C 90xx系列晶体三极管性能及电气参数 (191)

参考文献 (192)

第1章 电子材料

【重点提示】绝缘材料的特性，有机绝缘材料、无机绝缘材料的种类、特点及应用，常用的高电导材料、高电阻材料、焊接材料及导线的特点和使用，磁性材料的特性，常用的软磁材料和硬磁材料的特点，电子设备中常见的软磁铁氧体元件。

1.1 绝缘材料

常用绝缘材料按其化学性质不同，可分为无机绝缘材料和有机绝缘材料。绝缘材料往往结合其实际用途，做成具有绝缘特性的各种部件。

1.1.1 绝缘材料的特性

1. 绝缘材料的基本性能

(1) 电介质的漏导电流与绝缘电阻。绝缘材料并非绝对不导电。当对绝缘材料施加一定的直流电压后，绝缘材料中会有极其微弱的漏导电流。相应地，绝缘材料存在绝缘电阻。

绝缘电阻的数值都很大，用欧姆表无法测量，要用兆欧表测量。

(2) 电介质的极化与相对介电常数。在外电场的作用下，绝缘材料中原先杂乱排列的电荷沿电场取向，称为电介质极化。极化的结果，在电介质的表面形成了符号相反的感应电荷。

以某种物质为介质的电容器的电容与以真空做介质的同样尺寸的电容之比值，称为该物质的相对介电常数。

(3) 电介质的损耗。在交变电场作用下，电介质的部分电能将转变成热能，称为电介质损耗，简称介质损耗。

(4) 电介质的击穿。处于电场中的任何电介质，当其电场强度超过某一阈值时，通过介质的电流剧烈增长，致使介质被局部破坏或分解，丧失绝缘性能，这种现象称为电介质击穿。

(5) 电介质的老化。绝缘材料在使用过程中，由于各种因素的长期作用会发生一系列不可逆的化学、物理变化，材料的电气和机械性能随时间的增加而变坏，这种不可逆的过程称为电介质老化。

(6) 除了以上电性能外，选用绝缘材料时还需注意其物理性能（吸湿性、耐热、耐寒、导热性、膨胀系数）、化学性能（稳定性、耐腐蚀性、酸值）、机械性能（抗拉强度）等。

2. 影响绝缘材料性能的主要因素

(1) 温度。温度升高，电介质的电阻率下降，电阻减小；电介质的极化特性和损耗特性也随着温度的变化而变化；温度升高还会加速热击穿和热老化。

(2) 湿度。绝缘材料的绝缘电阻，一般随湿度增大而下降；吸湿后介电常数和电导率普遍增大；介质损耗增大，抗电强度降低。电气性能在变潮后显著恶化。因此，电气设备应避免在高温、高湿环境中使用，以免加速其绝缘性能恶化。

(3) 电场强度。外加电场增大，会使绝缘材料电阻率下降，介质损耗增大，还会加速击穿与老化。如：电源开关、插座标有“250 V/6 A”等字样，表示其额定工作电压为交流 250 V，额定工作电流为 6 A。

(4) 频率。外加的电场频率变大，会影响电介质的极化特性、损耗特性，影响介质的击穿与老化。

绝缘材料应具有良好的介电性能，即具有较高的绝缘电阻和耐压强度。此外，绝缘材料还应具有良好的耐热性、导热性、防潮防霉性和较高的机械强度以及加工方便等特点。在选用绝缘材料时要根据应用场合的环境特点和材料特点，合理选择，以免选材不当，导致加速老化甚至热击穿，同时要综合考虑经济性和技术性能。在高频、高压、高温、高湿环境中选用极性绝缘材料时，尤其应该注意。

两种以上电阻率不同的绝缘材料复合使用时，须注意不同电阻率的双层电介质复合时相当于串联。在直流电压下，承受的电压大小与电阻率成正比，绝缘电阻越大，承受的电压越高，如果将两种电阻率相差较大的电介质复合使用，会导致材料上电压分布极不均匀。在交流电压下，电压分布取决于电阻率与材料介电常数的大小，如果介电常数大，材料上电压分布主要受介电常数的影响。

1.1.2 有机绝缘材料

1. 树脂

树脂分为天然树脂和合成树脂两种，合成树脂包括热塑性树脂和热固性树脂。

(1) 热塑性合成树脂。热塑性合成树脂是由化学方法通过聚合反应人工合成的，其聚合物是线型结构，具有热塑性。

热塑性合成树脂应用较广。聚乙烯有相当的弹性和柔韧性，可制成薄膜，常用做高频电缆的绝缘材料，高频骨架和电容器的薄膜介质；聚苯乙烯的电阻率高，常用做高频和超高频的低损耗绝缘；聚四氟乙烯的化学稳定性高，不会燃烧，用于耐高温的电容器；聚氯乙烯广泛用于制造各种塑料、导线绝缘及电缆的保护层，以及用于制造绝缘漆；聚甲基丙烯酸甲酯又称有机玻璃，可用于装饰，制作一般结构零件，读数透镜，绝缘零件及壳、罩、接线柱等。

(2) 热固性合成树脂。热固性合成树脂是通过化学缩聚反应产生的，聚合物大多是空间结构，具有热固性。常用的热固性合成树脂主要有：

酚醛树脂：酚醛树脂大多数为热固性的，是由苯酚和甲醛缩聚所得的热固性酚醛，又称胶木（电木），价格低廉，在电子工业中应用相当普遍。如用于制造合成电阻器及合成电位器的电阻体、酚醛塑料、酚醛层压板，电工中的各类开关、插座、插头等。但其高频损耗较大，只适用于工频和音频等低频场合。

环氧树脂：环氧树脂本来呈热塑性，在各种固化剂作用下，会变成热固性。环氧树脂的电气绝缘性好，耐热，耐气候变化，稳定性高，透湿性小，黏结性好，能与金属、陶瓷等多种材料密切粘合。在电子工业中主要用于黏结、浇注、包封、涂覆及层压板中。

硅氧树脂：又称有机树脂，具有有机物和无机物优点的一类新型高分子化合物。有较好的机械性能和耐热性，介电性能好，防水，防潮，耐寒，耐化学腐蚀，耐电弧高压电晕。广泛用于制造有机硅漆，有机硅模塑料，用于浸渍、涂覆和电子元器件的封装。透明的有机硅玻璃树脂，电气性能和高频性能好，适用高温、高湿条件下使用，常用做各种材料表面涂层。

2. 塑料

塑料是以合成树脂为主要原料，加入填料和各种添加剂等配制而成的粉状、粒状或纤维状，在一定的温度、压力条件下可以塑制的高分子材料。塑料质轻，电气性能优良，有足够的硬度和机械强度，易于用模具加工成型，所以在电气设备中得到广泛的应用。

(1) 塑料的基本成分。塑料的基本成分是胶黏剂和填料。胶黏剂将全部成分胶黏起来，它决定了塑料制品的基本特性，常用的胶黏剂是合成树脂。加入填料可提高塑料的机械强度，降低成本。为了使塑料获得某些不同性能，有时还加入不同种类的添加剂，如增塑剂、着色剂、稳定剂、润滑剂、固化剂等。

(2) 塑料的分类。塑料按其主要成分树脂的类型可分为热固性和热塑性两大类。

热固性塑料热压成型后成为不溶不熔的固化物，常用的有以酚醛树脂为主要成分的酚醛塑料，还有耐高温的 4250 塑料、聚酰亚胺塑料、聚酯塑料等。

热塑性塑料在热挤压成型后虽固化，但其物理、化学性质不发生明显变化，仍可溶、可熔，可反复成型。常用的热塑性塑料有以下几种。

ABS 工程塑料：象牙色的不透明体，有良好的机电综合性能，在一定的温度范围内尺寸稳定，表面硬度较高，易于机械加工和成型，表面可镀金属。但耐热性、耐寒性较差，接触某些化学药品（如冰醋酸和酸类）和某些植物油时，易产生裂纹。工程塑料适用于制作各种仪表外壳、支架、小型电机外壳、电动工具外壳、结构件和装饰件等。

聚酰胺（尼龙）1010：白色半透明体，在常温下有较高的机械强度，较好的电气性能、冲击韧性、耐磨性、自润滑性，结构稳定，有较好的耐油、耐有机溶剂性，可用做线圈骨架、插座、接线板、炭刷架及仪表齿轮等，在电缆工业中常用做航空电线电缆护层。

聚乙烯（PE）：白色半透明固体，密度比水小，具有良好的电气性能，其相对介电常数和介质损耗几乎与频率无关，且摩擦系数小，化学稳定性高，耐潮、耐寒性优良，但软化温度较低，长期工作温度不应高于 70℃。用聚乙烯制成的薄膜，广泛用于通信电缆、高频电缆和水底电缆等做导体绝缘层。

聚氯乙烯（PVC）：分绝缘级与护层级两种，其中绝缘级按耐温条件分别为 65℃、80℃、90℃、105℃四种，护层级耐温 65℃。聚氯乙烯机械性能和电气性能良好，结构稳定，具有耐潮、耐电晕、不易燃、成本低、加工方便等优点。

聚四氟乙烯：被称为塑料王，其薄膜具有很高的耐热性和耐寒性，电气性能优良，介质损耗小，且几乎不受温度和频率变化的影响，在电弧作用下不炭化，化学性质稳定，不溶解于任何有机溶剂，不燃烧，不吸湿，只有碱金属和氟元素在高温下对其有明显腐蚀作用，高温下（如超过 300℃）抗张强度下降较大，延伸率增加，低温时情况相反，温度超过 500℃时，会分解出有剧毒的、化学性能活泼的气态氟。聚四氟乙烯薄膜常用于高温或腐蚀性环境下工作的电机、电缆或其他设备的绕组绝缘和槽间绝缘以及电容器制造、仪表绝缘等。

聚酯：无色透明薄膜，具有很高的抗拉强度、电气绝缘强度、耐热性和耐湿性，对大多数化学药品和溶剂都很稳定，而且不会生霉，但抗电弧性、耐碱性差，工作温度为 $-60^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，适宜在低压电机中用做槽间绝缘、相间绝缘和成型线圈包扎用绝缘带，常和青壳纸复合使用。

(3) 塑料的主要用途。塑料在电子工业中主要用做绝缘零件、结构零件、外观零件，用途不同对其性能要求也不同。

绝缘零件：根据其应用场合、工作频率范围对介电性能的要求，并兼顾环境条件及工艺性能等选用，如电线电缆的绝缘层、护套等。

结构零件：要求具有较高的机械性能，用于高温环境和摩擦运转的结构零件要求耐热性好，摩擦系数低，耐磨性强，在一些场合可使用增强塑料或复合塑料，如某些电子钟、收录机的机芯塑料件等。

外观零件：除具有一定机械性能外，要求表面光洁，着色性好，易于电镀，以及透光、耐热等，如仪器的塑料机壳。

3. 绝缘胶黏剂

绝缘胶黏剂是一类具有黏结性能的物质，可以部分代替焊接、铆接和螺钉等机械连接。胶黏剂按其性质大体分为热固性树脂黏剂、热塑性树脂黏剂、橡胶胶黏剂、特种胶黏剂等。常用的胶黏剂有以下两种：

(1) 502 胶。它是无色或微黄色的透明液体。在室温下很短时间内会产生聚合作用而硬化，储存期短，有较強的黏合作用。502 胶对各种金属、玻璃、塑料（聚乙烯和聚四氟乙烯除外）及橡胶等材料均有较强黏合力，适合于大面积黏合。

(2) 环氧树脂胶。它由环氧树脂加入固化剂、增塑剂和填料组成，固化时间长，需要 24 小时左右，其黏结强度随时间延长和温度提高而增强。环氧树脂胶对于各种材料均有较强黏合力，多用于密封零件的灌封。

4. 橡胶

橡胶是一种具有弹性的绝缘材料，在较大的温度范围内具有优良的弹性、电绝缘性、耐热、耐寒和耐腐蚀性，是一种用途广泛的绝缘材料，在电子工业中用做绝缘材料和封闭、密封材料，也可做缓冲防震的弹性体。常用于高压帽、密封套、键盘开关、护套、减震器等。

橡胶可分天然橡胶和合成橡胶两大类，它们均经过硫化处理，即在一定温度和压力下，通过硫化剂作用，改善橡胶分子结构，使之获得弹性。为了改善橡胶的性能，还须添加其他的配合剂，如促进硫化剂、共硫化剂、防老剂、补强剂、软化剂等。

天然橡胶的抗张强度、抗衡性和回弹性比多数合成橡胶好，但不耐热，易老化，不耐臭氧，不耐油和有机溶剂，易燃。天然橡胶适宜制作柔软性、弯曲性和弹性要求较高的电线电缆和护套，但不宜直接接触矿物油或有机溶剂，也不宜用于户外。

5. 绝缘漆

绝缘漆是以高分子聚合物为基础，能在一定条件下固化成绝缘硬膜或绝缘整体的重要绝缘材料。绝缘漆主要以合成树脂或天然树脂为漆基（即成膜物质），添加溶剂、稀释剂、填料等组成。漆基在常温下黏度很大或是固体，溶剂或稀释剂用来溶解漆基，调节漆基黏度和固体含量，使其在漆的成膜、固化过程中或者逐渐挥发，或者成为绝缘体的组成部分。

绝缘漆按用途可分为浸渍漆、漆包线漆、复盖漆、硅钢片漆和防电晕漆等数种。

6. 绝缘纸和纸板

绝缘纸和纸板属纤维绝缘材料，常用植物纤维、无碱玻璃纤维（即不含钾、钠氧化物的玻璃纤维）或合成纤维制成。植物纤维属多孔性物质，其制品有一定的机械性能，但吸湿性强，耐热性差，很容易极化。所以使用时常需与绝缘油组合或经浸渍处理，以提高其电气性能。无碱玻璃纤维耐热性好，耐腐蚀性强，吸湿性小，抗张力强度高，但较脆，柔性较差，密度大，延伸率小，对人的皮肤有刺激。而合成纤维制品则兼具二者之优点，是很有发展前途的新材料。

绝缘纸按用途分有电缆纸、电话纸、电容器纸和聚酯绝缘纸等。

绝缘纸板由木质纤维或掺有适量棉纤维的混合纸浆制成，可在空气中或温度不高于 90℃ 的变压器油中做绝缘材料的保护材料。绝缘纸板有薄型纸板（即青壳纸和黄壳纸）、厚型纸板、硬钢纸板、钢纸管、玻璃钢复合钢纸管等。

7. 层压板

层压板是以纸或布做底材，浸以不同的胶黏剂，经热压或卷制而成的层状结构的板材，可制成具有优良电气、机械性能和耐热、耐油、耐霉、耐电弧、防电晕等特性的制品。常用做接线板、骨架、衬垫、转动齿轮等结构材料和绝缘材料。其性能取决于底材和胶黏剂的性质及其成型工艺。

常用底材有木质纤维纸、无碱玻璃布等。常用胶黏剂有酚醛树脂、有机硅树脂等，其对层压制品的性能也有很大的影响。

电工层压制品可分为层压板、层压管（层压棒）、电容器套管芯三类。

8. 绝缘油

绝缘油为液体绝缘材料，主要有矿物油和合成油两大类，其中矿物油使用最为广泛。它是从石油原油中经不同程度的精制提炼而得到的一种中性液体，呈金黄色，具有很好的化学稳定性和电气稳定性，主要应用于工业电气设备中，油除了起绝缘作用外，还起冷却、灭弧、填充、浸渍等作用。矿物油主要有各类变压器油、开关油、电容器油、电缆油等。

合成油及天然植物油一般用于电容器做浸渍剂，合成油主要有十二烷基苯、硅油等。

1.1.3 无机绝缘材料

无机绝缘材料的耐热性好，不燃烧，不易老化，适合制造稳定性要求高而机械性能坚实的零件，但其柔韧性和弹性较差。

常用的无机绝缘材料有玻璃、陶瓷、云母、石棉等类别。每一类又可添加不同成分制成性能各异的制品以满足不同的要求，如保险盒、电力线架线端子、电炉的绝缘云母片等。

1. 玻璃

玻璃按所含成分的不同可分为下列两类：

碱玻璃：含有钾或钠氧化物的玻璃，如普通玻璃。

无碱玻璃：不含钾或钠氧化物的玻璃，如纯石英玻璃。

常温下的玻璃有极好的绝缘性能，温度升高，其绝缘电性能明显下降，介质损耗增大，熔化时的绝缘电阻仅为 $0.1 \Omega \cdot \text{m}$ 。普通玻璃在电场作用下极化显著，介电常数达 16，纯净的石英玻璃介电常数约为 3.5。在高频情况下，玻璃的介质损耗急剧增大，可能导致热击穿。

玻璃的导热系数不大，且与成分有关，它不易传热，也没有明显的熔点，它受热时可逐渐软化，约 1700°C 时熔化。玻璃各部分温差较大时极易破裂，它对温度迅速上升的适应力远比对温度迅速下降时要好，一般经不住温度的急剧变化。石英玻璃导热系数较大，热膨胀系数小，所以热性能比普通玻璃好得多。

含碱玻璃表面吸附水分时，可能发生水解作用，造成对玻璃的侵蚀，同时产生带电离子，降低玻璃表面电阻率，导致漏电现象的出现。氢氟酸对玻璃也有腐蚀作用。石英玻璃对水稳定性最高，表面电阻基本恒定。

玻璃抗压强度高于抗拉强度，抗弯强度更差。所以，玻璃除了纤维制品外，都硬脆易裂，工作中应尽量使其受压力而不受拉力，避免振动、撞击和拉弯应力。

2. 陶瓷

陶瓷以黏土、石英等为原料，经研磨、成型、干燥、焙烧等工序制成陶瓷，具有耐热、耐湿性好，机械强度高，电绝缘性能优良，温度膨胀系数小的优点，但质地较脆，常用于制作插座、线圈骨架、瓷介电容等。按用途和性能可分为装置陶瓷、电容器陶瓷及多孔陶瓷。

(1) 装置陶瓷。装置陶瓷分两大类，其中低频瓷（电工瓷）主要用于高压、低压及通信线路用绝缘瓷瓶、绝缘套管、瓷夹板等。其原料中含有较多的碱金属氧化物，因而绝缘电阻小，介质损耗大，且随温度升高而增大，不适用于高频范围。高频瓷要求绝缘电阻大，介质损耗小。

(2) 电容器陶瓷。电容器陶瓷的最大特点是介质损耗很小，介电常数较大，适用于做高、低压电容器及高稳定度的电容器。

(3) 多孔陶瓷。多孔陶瓷击穿强度低而耐热性能高，根据用途可分为耐热陶瓷和真空陶瓷两类。多孔耐热陶瓷多用于制造各种线绕电阻器、滑线变阻器、电热元件支架和底盘。多孔真空陶瓷主要作为电真空器件的内部绝缘。

3. 云母及其制品

云母是一种天然矿物，种类很多，主要应用的是白云母和金云母两种。

白云母具有玻璃光泽，一般为无色透明。金云母近于金属光泽和半金属光泽，常见的有金黄色、棕色或浅绿色等，透明度稍差。两种云母均具有良好的电气性能和机械性能，耐热性好，化学特性稳定，耐电晕，容易剥离加工成厚度为 $0.01 \sim 0.03 \text{ mm}$ 的柔软而富有弹性的云母薄片。白云母电气性能比金云母好，而金云母柔软性、耐热性比白云母好。

杂质和皱纹是衡量云母剥片质量的重要标志。当云母剥片中含有氧化铁等杂质时，会在云母剥片的内部形成许多斑点，杂质越多斑点面积就越大，电气绝缘性能就越差。皱纹对云母片的平坦性和电气绝缘性能影响也很大。

云母为耐高温材料，它热膨胀系数小，所以能适应温度的急剧变化。温度在 500°C 以下时，仍保持其透明状态，弹性无变化。白云母最高使用温度为 550°C ，热至 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 时，其性能有显著变化。金云母最高使用温度为 1000°C ，温度在 $950^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 时性能开