

 职业院校教学用书 (电子类专业)

电子材料与元器件

蔡清水 蔡博 主编

Electronic Materials and Components



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业院校教学用书（电子类专业）

电子材料与元器件

蔡清水 蔡 博 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从职业教育的发展实际出发,贯彻落实“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的职业教育办学指导思想,结合有关的职业资格标准和行业职业技能鉴定标准,立足于少理论多实际,着重从使用者的角度,介绍基本及新型的电子材料、元件与器件之分类、结构、性能、主要参数、品种型号、检测方法和典型应用。

全书共分十章。主要介绍电子材料及各种类型的电阻器、电容器、电感器、半导体分立器件、集成电路、半导体显示器件、电声器件、谐振元件及开关与接插件等。书中每一节末尾均配有适量的习题,供学习者思考。

本书涵盖面宽,图文并茂,内容浅显,文字简练,通俗易懂。可作为职业院校、技工学校教材,也可作为从事有关电子专业的生产和维修人员的培训教材及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 / 蔡清水, 蔡博主编. —北京: 电子工业出版社, 2010.7
职业院校教学用书, 电子类专业
ISBN 978-7-121-11197-6

I. ①电… II. ①蔡… ②蔡… III. ①电子材料—高等学校: 技术学校—教材 ②电子元件—高等学校: 技术学校—教材 ③电子器件—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN04②TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 119790 号

策划编辑: 杨宏利 yhl@phei.com.cn

责任编辑: 杨宏利

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 字数: 294.4 千字

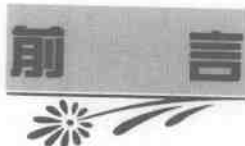
印 次: 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 20.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



随着职业教育培养技能型、实用型人才,培养从事生产、技术、服务、管理一线的高素质劳动者的定位,以及科学技术的发展,特别是电工、电子技术日新月异的发展,电气工程技术从业人员在迅速增加。

为适应职业教育改革方向,充分体现新知识、新技术、新工艺和新材料,更加贴近教学的实际需求。本书在教学内容上立足于少理论多实际,以启蒙为目的,强调具体操作,以利于读者“学习知识,掌握技能”目标的实现;并参考有关职业技能鉴定标准,注意衔接岗位,贴近生产实践,兼顾考工要求。在实施教学过程中力求深入浅出,循序渐进。力图体现以全面素质教育为基础、以就业为导向、以职业能力为本位、以学生为主体的教学理念。

本书采用现行国家标准的图形和文字符号,遵循同一体例来编写每一节。通过大量的实物图片和图表,着重从使用者的角度,介绍常用的和基本的电子材料、元件与器件之分类、结构、性能、主要参数、品种型号、适用范围、检测方法、典型应用和使用时的注意事项。并对新型的电子材料、元器件也择要作了适当介绍。利于教学,便于自学。

本书由蔡清水、蔡博共同主编。辛从阳、喻安年、黄斌、余力、罗永高、朱明伟和谌键参加了编写。

由于编者水平、经验有限,时间仓促,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者提出批评与建议。

教材建议学时方案如下表,供任课教师参考。

课时分配参考表

内 容	课 时 数	内 容	课 时 数
第一章 常用电子材料	10	第七章 半导体显示器件	4
第二章 电阻及电阻元件	5	第八章 电声器件	3
第三章 电容及电容元件	4	第九章 谐振元件	2
第四章 电感及电感元件	3	第十章 开关与接插件	3
第五章 半导体分立器件	6	机动及复习考核	6
第六章 集成电路	5	总 计	51

编 者
2010年6月

目 录

第一章 常用电子材料	1
第一节 常用线材	1
第一部分 实例示范	1
第二部分 基本知识	2
第三部分 课后练习	7
第二节 绝缘材料	7
第一部分 实例示范	8
第二部分 基本知识	8
第三部分 课后练习	13
第三节 磁性材料	13
第一部分 实例示范	13
第二部分 基本知识	13
第三部分 课后练习	17
第四节 常用工具、仪表、器材	18
第一部分 实例示范	18
第二部分 基本知识	18
第三部分 课后练习	24
第五节 电池	25
第一部分 实例示范	25
第二部分 基本知识	26
第三部分 课后练习	30
第二章 电阻及电阻元件	31
第一节 电阻器	31
第一部分 实例示范	31
第二部分 基本知识	32
第三部分 课后练习	40
第二节 电位器	41
第一部分 实例示范	41
第二部分 基本知识	41
第三部分 课后练习	46
第三节 敏感电阻器	46
第一部分 实例示范	46
第二部分 基本知识	47
第三部分 课后练习	50

第三章 电容及电容元件	51
第一节 电容器概述	51
第一部分 实例示范	51
第二部分 基本知识	52
第三部分 课后练习	56
第二节 固定电容器	56
第一部分 实例示范	56
第二部分 基本知识	57
第三部分 课后练习	63
第三节 可变电容器	63
第一部分 实例示范	63
第二部分 基本知识	64
第三部分 课后练习	66
第四章 电感及电感元件	67
第一节 电感元件的基本知识	67
第一部分 实例示范	67
第二部分 基本知识	68
第三部分 课后练习	70
第二节 电感器	71
第一部分 实例示范	71
第二部分 基本知识	71
第三部分 课后练习	73
第三节 小型变压器	74
第一部分 实例示范	74
第二部分 基本知识	74
第三部分 课后练习	77
第五章 半导体分立器件	78
第一节 二极管	78
第一部分 实例示范	78
第二部分 基本知识	78
第三部分 课后练习	82
第二节 特殊二极管	83
第一部分 实例示范	83
第二部分 基本知识	83
第三部分 课后练习	86
第三节 三极管	86
第一部分 实例示范	86
第二部分 基本知识	87

	第三部分 课后练习	91
第四节	场效应管	92
	第一部分 实例示范	92
	第二部分 基本知识	92
	第三部分 课后练习	96
第五节	晶体闸流管	96
	第一部分 实例示范	96
	第二部分 基本知识	97
	第三部分 课后练习	99
第六节	光敏器件	100
	第一部分 实例示范	100
	第二部分 基本知识	100
	第三部分 课后练习	103
第六章	集成电路	104
第一节	集成运算放大器	106
	第一部分 实例示范	106
	第二部分 基本知识	106
	第三部分 课后练习	107
第二节	数字集成电路	108
	第一部分 实例示范	108
	第二部分 基本知识	108
	第三部分 课后练习	111
第三节	功能集成电路	112
	第一部分 实例示范	112
	第二部分 基本知识	112
	第三部分 课后练习	118
第四节	集成稳压器	118
	第一部分 实例示范	119
	第二部分 基本知识	119
	第三部分 课后练习	123
第五节	无线遥控器	124
	第一部分 实例示范	124
	第二部分 基本知识	124
	第三部分 课后练习	127
第七章	半导体显示器件	128
第一节	发光二极管	128
	第一部分 实例示范	128
	第二部分 基本知识	128

第三部分 课后练习	131
第二节 LED 显示屏	131
第一部分 实例示范	131
第二部分 基本知识	132
第三部分 课后练习	136
第三节 液晶显示器	136
第一部分 实例示范	136
第二部分 基本知识	137
第三部分 课后练习	141
第八章 电声器件	142
第一节 扬声器	143
第一部分 实例示范	143
第二部分 基本知识	143
第三部分 课后练习	145
第二节 耳机和蜂鸣器	146
第一部分 实例示范	146
第二部分 基本知识	146
第三部分 课后练习	150
第三节 传声器	150
第一部分 实例示范	151
第二部分 基本知识	151
第三部分 课后练习	154
第九章 谐振元件	155
第一节 石英晶体	155
第一部分 实例示范	155
第二部分 基本知识	156
第三部分 课后练习	159
第二节 滤波器	159
第一部分 实例示范	159
第二部分 基本知识	159
第三部分 课后练习	162
第十章 开关与接插件	163
第一节 普通开关	163
第一部分 实例示范	163
第二部分 基本知识	164
第三部分 课后练习	166
第二节 智能开关	167

	第一部分 实例示范	167
	第二部分 基本知识	167
	第三部分 课后练习	169
第三节	常用接插件	170
	第一部分 实例示范	170
	第二部分 基本知识	170
	第三部分 课后练习	173

第一章 常用电子材料



材料是人类赖以生存和发展的物质基础，一直是人类进步的一个重要里程碑，如历史上的石器时代、青铜器时代和铁器时代等。在一定意义上讲，材料是科学技术的先导，一种新型材料的研制成功，就使得新的科学技术成为现实生产力，从而引起人类文化和生活的新变化。材料的一般分类如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 材料的一般分类

分 类	材料名称
用途	电子、电工、光学、建筑、研磨、耐火、耐酸、包装
物理性质	导电、绝缘、半导体、磁性、高强度、高温、超硬、透光
物理效应	压电、热电、光电、电光、声光、磁光、激光
化学性质	金属、非金属、有机高分子
内部结构	单晶、多晶、非晶态、复合

电子材料是指在电子技术和微电子技术中使用的材料，其功能与材料内部的电子结构有着密切的关系。电子材料依其用途可分为如表 1-1-2 所示的分类。

表 1-1-2 电子材料的分类

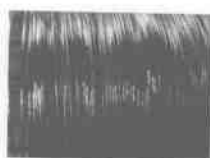
分 类	用 途	分 类	用 途
导电材料	发电、输送供电	民用品材料	各种家用电器产品
电机材料	电机、自动化设备、仪器、电力拖动系统	资讯材料	计算机、移动电话、通讯卫星
空间技术材料	航空、太空雷达、声纳		

第一节 常用线材

导电材料是现代生产、生活中广泛运用的原材料，一般情况下我们将常用的导电材料按其在室温下的电阻率（数值上等于这种材料制成的长为 1m，横截面积为 1m^2 的导体的电阻）划分成导体、半导体和绝缘体。如金、银、铜、钴、铁一类，电阻率约在 $10^{-8}\Omega\cdot\text{m}\sim 10^{-6}\Omega\cdot\text{m}$ 之间的称为导体；如玻璃、陶瓷、石英一类，电阻率约在 $10^8\Omega\cdot\text{m}\sim 10^{18}\Omega\cdot\text{m}$ 之间的称为绝缘体；如硅、锗、砷一类，电阻率约在 $10^{-5}\Omega\cdot\text{m}\sim 10^6\Omega\cdot\text{m}$ 之间的称为半导体。

第一部分 实例示范

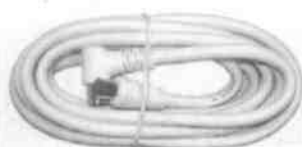
图 1-1-1 所示为几种不同的导线，查出它们的名称和用途，并将结果填入表 1-1-3 中。



(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-1-1 导线图

表 1-1-3 导线的名称和用途

序 号	名 称	用 途	序 号	名 称	用 途
a	圆铝裸线	各种电线电缆的导电体	b	漆包线	制造中、小型电机、变压器的线圈
c	闭路线	传输电视信号	d	电力电缆线	敷设在室内外、隧道或地层内传输电力

第二部分 基本知识

常用来传输电能和进行电磁转换的线材有裸导线、电磁线、绝缘电线、电力电缆线、通信电缆线等。导电材料用汉语拼音字母代表各类材料型号的含义。如：T-铜，L-铝，G-钢，Y-硬，R-软，Q-漆线等；型号由材质、构造、状态几部分组成；规格圆形以标称截面积 mm^2 表示，扁形以厚 (mm)、宽 (mm) 表示。

铜和铝是最常用的导电材料，它们的机械性能、导电性能都较良好，所以主要用来制造电线、电缆。

一、裸导线

裸导线是不包任何绝缘层或保护层的导线。除作为传输电能和信息的导线外，还可用于制造电机、电器的构件和连接线。裸导线不仅有良好的导电性能，而且还有一定的机械性能。

(一) 裸导线的分类

裸导线按结构形状分类如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 裸导线按结构形状分类

分 类	构 成	应 用
圆单线	横截面为圆形的单根裸线	可用于架空线、载波避雷线
绞线	由多根裸导线按一定规则以螺旋形绞合而成	具有较高机械强度，适用于配电线路
软接线	多根小截面导线按一定规则螺旋形绞合或编织而成	铜电刷线、铜天线以及电机、电器内部件间连接的铜编织线
型线	横截面为梯形、矩形等的裸线	制造电机电器绕组用的扁铜线、扁铝线、空心铜铝线、铜母线、铝母线、梯形铜线（电机换向器用）以及电力机车用的电车线

(二) 常用裸导线简介

常用裸导线的名称、型号及用途如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 常用裸导线的名称、型号及用途

种 类		型 号	用 途	示例实物图
单 线	圆铜线	TR (软圆铜线)	各种电线电缆的导电体	
		TY (硬圆铜线)		
	圆铝线	LR (软圆铝线)		
		LY (硬圆铝线)		
裸 纹 线	铝绞线	LJ	1kVA 以下低压短距离架空输电线路	
	钢芯铝绞线	LGJ	1kVA 以上高压、长距离输电线路	
	轻型钢芯铝绞线	LGJQ		
	加强型钢芯铝绞线	LGJJ		
	硬铜绞线	TJ	抗拉强度高, 耐腐蚀, 用于高低压输电线	
	软铜绞线	TJR	适用于电器装备及电子电器或元件的连接线	
	镀锌钢绞线	GJ	避雷线	

二、电磁线

电磁线是专门用于实现电能与磁能相互转换场合的有绝缘层的导线。常用于制造电动机、变压器、电器的线圈, 不能用于布线及电器设备的连接。常用电磁线的名称、型号及用途如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 常用电磁线的名称、型号及用途

名 称	型 号	用 途	示例实物图
漆包线	Q、QQ、QA、QH、QZ、 QXY、QY、QAN	适用于制造中、小型电机, 变压器的线圈	
绕包线	Z、ZL、ZB、ZLB、SBEC、 SBECB、SE、SQ、SQZ	适用于油浸式变压器的线圈、大中型电机绕组、发电机线圈。与漆包线相比, 其绝缘层较厚, 电性能更优, 常用于大中型耐高温的设备	
无机绝缘电磁线	YML、YMLB、TC	适用于制造高温有辐射场所的电机、电器设备的线圈	
特种电磁线	SQJ、SEQJ、QQLBH、 QQV、QZJBSB	适用于潜水电机、大型变压器等线圈或绕组	

三、绝缘电线

绝缘电线与裸导线不同, 外有绝缘层, 能起到隔离、保护作用, 因而应用广泛。常用绝缘电线的名称、型号及用途如表 1-1-7 所示。



表 1-1-7 常用绝缘电线的名称、型号及用途

名 称	型 号		用 途	示例实物图
	铝芯线	铜芯线		
棉线编织橡胶绝缘导线	BLX	BX	适用于交流 500V、直流 1000V 以下的电气设备和动力、照明线路	
氯丁橡胶绝缘导线	BLXF	BXF		
聚氯乙烯绝缘软导线		BVR	适用于交直流移动式电器、电工仪表、电信设备及自动化装置以及日用电器和照明线路	
聚氯乙烯绝缘导线	BLV	BV	导线耐湿性和耐气候性比较好,用途与聚氯乙烯绝缘软导线相同	
聚氯乙烯绝缘护套导线	BLVV	BVV	适用于潮湿的或机械防护要求较高的场合,可明敷、暗敷或直接埋于地层内	
聚氯乙烯绝缘软导线	—	RV	适用于各种移动电器、仪表、电信设备及自动化装置接线	
聚氯乙烯绝缘平行软导线	—	RVB		
聚氯乙烯绝缘绞型软导线	—	RVS		

四、电力电缆线

电力电缆线由缆芯、绝缘层和保护层组成。主要用于输电和配电,其输送和分配的电能功率大,经久耐用,可埋入地下,不受气候条件影响。常用电力电缆线的名称、型号及用途如表 1-1-8 所示。

表 1-1-8 常用电力电缆线的名称、型号及用途

名 称	型 号	用 途	示例实物图
铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆线	BV	敷设在室内、外、隧道或沟内,或直接埋在地层内。线芯有单芯、二芯、三芯等	
铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆线	BLV		



续表

名 称	型 号	用 途	示例实物图
轻型铜芯橡胶绝缘护套 电力电缆线	YHQ	适用于移动电器设备。线芯有单 芯、二芯、三芯、四芯等	
中型铜芯橡胶绝缘护套 电力电缆线	YHZ		
重型铜芯橡胶绝缘护套 电力电缆线	YHC		

五、通信导线

常用通信导线，如表 1-1-9 所示。

表 1-1-9 常用通信导线

名 称	示例实物图	名 称	示例实物图	名 称	示例实物图
护套铜丝编制 屏蔽线		屏蔽线		塑料绝缘双根 绞合软线	
铜芯护套线		铝芯护套线		橡胶软线	
麦克风线		电话线		音频线	
音频转接线		视频线		闭路线	
光缆		通信电缆		网线	

六、电缆的连接

(一) 常用电缆的连接

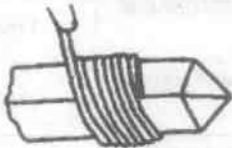
常用电缆的连接方式与操作说明，如表 1-1-10 所示。

表 1-1-10 常用电缆的连接方式与操作说明

连接方式	操作说明	操作图示
焊接	将通信导线与接线端子之间用焊锡丝焊接	



续表

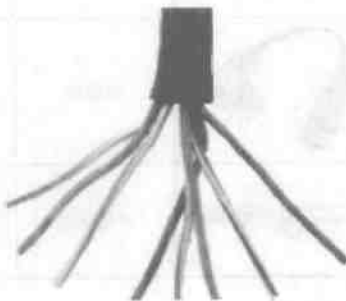
连接方式	操作说明	操作图示
绕接	将通信导线有序地绕在带有棱角的针状接续端子上,使导线线匝与接线柱棱角间形成紧密连接。 接线时采用手动或自动绕线器,拆线时采用退绕工具在不损坏接线端子的前提下将绕接的导线拆下	
压接	用特制的压线接线工具(a),将通信导线紧紧压住,使导线和端子接触良好(b)。也可将导体的绝缘层和导体一并压接,形成不暴露导体的连接	  (a) 压线钳 (b) 压接
卡接	用卡接刀(a)把导线压嵌进特制的接线模块接线端子的接线簧片缝中(b),导线绝缘层被簧片割开,露出导线的导体,使其嵌入接线簧片的两个接触面之间。由于簧片与导线形成一定的倾斜角度,使导体表面除受接线簧片的正常回复力的压力外,还受到接线簧片的扭转力的作用,形成永久不变,且与外界空气隔绝的接触点,成为不暴露的接线	  (a) 卡接刀 (b) 卡接

(二) 网线的制作

制作网线用的 RJ45 水晶头由金属片和塑料构成,将插头的末端面向读者,针脚的接触点插头朝下方,则最左边为 1 脚、最右边为 8 脚,如图 1-1-2 (a) 所示。序号对于网络连线非常重要,不能接错。一般网络连线,如图 1-1-2 (b) 所示。



(a) RJ45 水晶头



(b) 网线

图 1-1-2 RJ45 水晶头与网线图

两种不同标准的网线路序,如表 1-1-11 所示。局域网一般选择 T568B 标准。制作网线的常用步骤,如表 1-1-12 所示。

表 1-1-11 T568A 标准和 T568B 标准线序表

标准	1	2	3	4	5	6	7	8
T568A	白绿	绿	白橙	蓝	白蓝	橙	白棕	棕
T568B	白橙	橙	白绿	蓝	白蓝	绿	白棕	棕
绕对	同一绕对		与 6 同一绕对		同一绕对		同一绕对	



表 1-1-12 网线的制作

步骤	1	2	3	4
操作说明	用网线钳剪一段符合长度要求的双绞线, 将其一端直插至网线钳用于剥线的刀口中, 顶到网线钳后面的挡位; 压下网线钳手柄后慢慢把网线旋转一圈; 然后松开网线钳手柄, 把切断开的网线保护塑料包皮拔下, 露出四对八条芯线	剪掉用于屏蔽的线状物, 按照标准把四对芯线一排展开, 用网线钳的剪线刀口剪齐重新排列线序的各条芯线	左手水平握住水晶头(带塑料扣的一面斜向下, 开口向右), 右手捏住八根顺序排列的芯线不动, 对准水晶头缺口直插进去, 插入后两手按箭头方向推, 使各条芯线都插到水晶头的底部	将带有网线的水晶头直接放入网线钳压线槽口中, 使劲压下网线钳手柄, 使水晶头的插针都能插入到网线各条芯线中, 与之接触。然后再用手轻轻拉一下网线与水晶头, 看是否压紧, 最好稍稍调一下水晶头在网线钳压线槽中的位置, 再压一次
操作图示				

(三) 有线电视用户视频同轴电缆插头

有线电视用户视频同轴电缆插头, 如图 1-1-3 所示, 根据结构示意图就能很方便地进行连接制作。

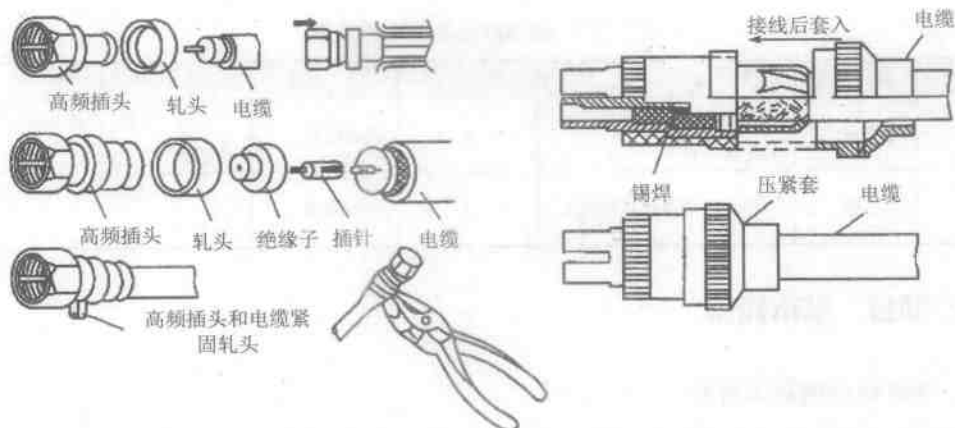


图 1-1-3 有线电视插头结构示意图

第三部分 课后练习

- 1-1-1. 练习制作网线水晶头。
1-1-2. 练习连接有线电视插头。

第二节 绝缘材料

使电气设备中不同带电体相互绝缘而不形成电气通道的材料称为绝缘材料, 又名电介质, 其电阻率在 $10^8 \Omega \cdot \text{m}$ 以上。在直流电压作用下, 只有非常微弱的电流流过, 导电能力可忽略不计; 而对于交流电流则有微弱的电容电流通过, 但也可认为是不导电的。绝缘材料的



主要作用是隔离带电的或具有不同电位的导体,使电流按一定的通路流通。

不同的电子、电工产品中,根据需要绝缘材料往往还起着储能、散热、冷却、灭弧、防潮、防霉、防腐蚀、防辐照、机械支承和固定、保护导体等作用。绝缘材料的稳定性和可靠性是电气设备正常工作的基础,电气设备的功能和工作极限在很大程度上取决于绝缘材料的品种和质量。熟悉它们的主要性能,掌握正确的使用维护方法,是科学合理地选择和使用绝缘材料的依据。

第一部分 实例示范

图 1-2-1 所示为几种不同的绝缘制品,查出它们的名称和用途,结果如表 1-2-1 所示。

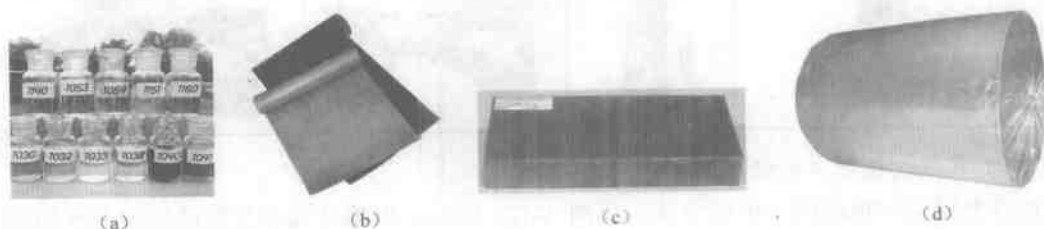


图 1-2-1 绝缘制品图

表 1-2-1 绝缘制品的名称和用途

序 号	名 称	用 途	序 号	名 称	用 途
a	绝缘漆	浸渍电机、电器的线圈和绝缘零件	b	玻璃漆布	电机、仪表、电器和变压器线圈的绝缘
c	层压板	电机、电器的衬垫绝缘	d	聚酯薄膜	电机、电器线圈和电线电缆绕包绝缘

第二部分 基本知识

一、绝缘材料的基本性能

常用绝缘材料的基本性能,如表 1-2-2 所示;绝缘耐压强度,如表 1-2-3 所示。根据国际电工委员会按电气设备正常运行所允许的最高工作温度,绝缘材料可划分为七个耐热等级,如表 1-2-4 所示。

表 1-2-2 常用绝缘材料的基本性能

性能指标	意 义
绝缘强度	绝缘体两端所加的电压越高,材料内电荷受到的电场力就越大,越容易发生电离碰撞,造成绝缘体击穿。使绝缘体击穿的最低电压叫做这个绝缘体的击穿电压。单位厚度的电介质被击穿时的电压称为绝缘强度,单位 kV/mm
耐热性	绝缘材料的绝缘性能与温度有密切的关系。温度越高,绝缘材料的绝缘性能越差。为保证绝缘强度,每种绝缘材料都有一个适当的最高允许工作温度,在此温度以下,可以长期安全使用,超过这个温度就会迅速老化
抗张强度	绝缘材料单位截面积所能承受的拉力。单位 kg/cm^2