

电子工艺及电子工程设计

汤元信 开学广 刘元法 等编著

- ◆ 电子元器件
- ◆ 印制板设计
- ◆ 焊接与安装
- ◆ 电子工艺与实习
- ◆ 产品开发与技术文件
- ◆ ISO9000 质量标准

北京航空航天大学出版社

电子工艺及电子工程设计

主 编： 汤元信

副主编： 开学广 刘元法



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

该书是在多年教学实践的基础上,为解决电气类、电子工程类等专业的《电子工艺实习》和《生产实习》之用而编写。全书包括常用电子材料、安全用电、接地与屏蔽、电子元器件、焊接技术、印制电路板的设计与制作、工业设计与安装技术、产品开发与技术文件共八章。

该书涉及面广、实用性强、重点突出。对代表着电子技术发展方向的表面安装技术(SMT)和在线可编程逻辑器件(ISPLD)以及当前国内外积极推行的产品“质量管理和质量控制”(ISO9000)系列标准等给予了一定的介绍;在内容上体现了先进性。每章皆附有复习思考题。

此书可供高校本科、专科电气类、电子类专业和高等职业学校相关专业作为《电子工艺实习》和《生产实习》的教材,对从事电子产品设计开发和生产的工程技术人员也有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺及电子工程设计/汤元信等编著.-北京:北京航空航天大学出版社,1999.7
ISBN 7-81012-873-6

I. 电… II. 汤… III. ①电子设备-生产工艺②电子设备-设计 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 09625 号

电子工艺及电子工程设计

主 编 汤元信

责任编辑 金友泉

责任校对 李宝田

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京学院路 37 号(100083) 发行部电话 82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressel@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:14 字数:358 千字

1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷 印数:4000 册

ISBN 7-81012-873-6/TN·031 定价:20.00 元

前 言

高等工程教育应回归于工程。教育部 1998 年颁布的普通高校本科专业目录和专业介绍,对工科本科电气、电子类等专业的业务培养目标及其业务要求,可归纳为:“设计制造、运行维修、应用研究、科技开发、技术管理和市场营销”等二十四个字,并将“电子工艺实习”和“生产实习”列为主要实践性教学环节。根据上述精神,为了加强实践性环节的教学和培养学生工程观念及其设计能力,在多年教学实践的基础上编写了这本主要用于“电子工艺实习”和“生产实习”的教材。

本书主要的特点是:

1. **涉及面广。**全书包括常用电子材料、安全用电、接地与屏蔽、电子元器件、焊接技术、印制电路板的设计与制造、安装工艺技术、产品开发及其技术文件等八章。包含了“电子工艺实习”和“生产实习”的主要内容。此外,每章后皆附有复习思考题,以供复习参考之用。

2. **实用性强。**高等工科院校,尤其是地方院校,主要是培养各类工程型人材。然而,当前高等本科工程教育,重理论、轻实践,忽视工程意识及其能力培养的现象依然存在。此书本着突出工程意识、强调工程观念、注意工程实践能力培养的思想贯穿全书。例如,元器件一章着重介绍其特点、参数、检测及正确选用,并对散热器、电源变压器等的设计也给予介绍;焊接技术一章着重介绍手工焊接技术的训练,对工厂自动焊接也给予一定的介绍;印制电路板一章,在全面介绍印制电路的设计与制作的基础上,详细介绍了应用计算机设计底图的方法,并要求安排上机练习;最后一章在介绍电子产品研制过程的基础上,重点介绍了研制电子产品所需的有关标准和设计文件。上述内容是一个电子电气类工程师所必须的,但这也正是当前教学中被轻视或忽略的。这就是该书的实用性所在。

3. **体现先进性。**电子技术迅猛发展,电子元器件日新月异。该书注意了新器件、新技术的介绍。特别是对代表着电子技术发展方向的表面安装技术(SMT)和在线可编程逻辑器件(ISPLD)作了重点介绍。为了增强学生对社会的适应性,在产品开发和技术文件一章中,对目前国内积极推行的“质量管理和质量保证”(ISO 9000)系列标准,也作了一定的介绍。

此书既可作为《电子工艺实习》教材,也可作为有关专业的《生产实习》教材。由于各章节内容基本相互独立,教学安排相对灵活。此外,该书对从事电子产品设计开发和生产的工程技术人员,也有很好的参考价值。

在具体教学安排上,该书应以自学为主,讲授为辅,结合实际,边干边学。为此,在教学中安排相应的现场教学,实际操作(如焊接练习)、上机(如印制电路板底图辅助设计)是必须的。

该书共八章。第一、二、三章由元学广编写;第四章由汤元信、赵洪亮、王晓宁编写;第五章由王益红编写;第六章由黄鹤松编写;第七章由汤元信、李健编写;第八章由刘元法编写。汤元信教授拟定了编写提纲,并负责全书的定稿工作。

山东省教委高教处、山东矿业学院教务处、机械电子系、电气工程系以及山东省煤炭教育学院、青岛海军航空技术学院、山东省泰安市技术监督局等,对该书的编写出版给予了大力的

支持,在此一并表示感谢。

编写这类教材由于缺乏经验和水平所限,错误难免,敬请读者指正。

作 者
1999 年 2 月

目 录

第一章 常用电工材料	(1)
第一节 常用绝缘材料	(1)
第二节 常用导线与电缆	(3)
第三节 常用磁性材料	(6)
复习思考题	(9)
第二章 安全用电	(10)
第一节 触电及其对人体的危害	(10)
第二节 保护接地与保护接零	(11)
第三节 常见不安全因素及防护	(12)
第四节 安全常识	(14)
第五节 安全防爆电气设备简介	(15)
复习思考题	(16)
第三章 电子线路中的接地与屏蔽	(17)
第一节 电子制作中的屏蔽技术	(17)
第二节 电子电路中的接地	(19)
复习思考题	(21)
第四章 电子元器件	(22)
第一节 电阻器	(22)
第二节 电位器	(27)
第三节 电容器	(31)
第四节 电感器	(38)
第五节 变压器	(40)
第六节 开关及接插元件简介	(44)
第七节 继电器	(48)
第八节 散热器	(56)
第九节 半导体分立器件	(59)
第十节 半导体集成电路	(76)
第十一节 表面安装元器件	(81)
第十二节 在系统可编程逻辑器件	(89)
复习思考题	(104)
第五章 焊接技术	(107)
第一节 焊接工具	(107)
第二节 焊料、焊剂	(112)
第三节 焊接工艺	(116)
第四节 典型焊接方法及工艺	(124)

第五节 工业生产中的焊接.....	(134)
复习思考题.....	(137)
第六章 印刷电路板设计与制作工艺.....	(138)
第一节 印刷电路板设计前的准备.....	(138)
第二节 印刷电路板的排版设计.....	(141)
第三节 印刷电路板的制作工艺.....	(151)
复习思考题.....	(155)
附录 I :Protel for Windows 基本使用方法	(156)
附录 II :命令索引	(157)
附录 III :工具条图标	(163)
第七章 工业设计与安装技术.....	(165)
第一节 整机工艺设计.....	(165)
第二节 安装的基本要求.....	(171)
第三节 粘接安装技术.....	(173)
第四节 绕 接.....	(175)
第五节 表面安装技术.....	(177)
复习思考题.....	(183)
第八章 产品开发和技術文件.....	(185)
第一节 电子产品的研制过程及其质量管理.....	(185)
第二节 标准化及其标准简介.....	(188)
第三节 电子产品设计文件.....	(189)
第四节 电子工程图简介.....	(196)
第五节 产品说明书.....	(209)
第六节 产品鉴定文件.....	(211)
第七节 ISO 9000 系列质量标准简介	(212)
复习思考题.....	(216)
主要参考文献.....	(218)

第一章 常用电工材料

本章主要介绍电子技术中常用的绝缘材料、电线电缆和磁性材料的种类、性能、规格及其选用。

第一节 常用绝缘材料

电工器材中使带电体与其他部分隔离的材料,称绝缘材料。绝缘材料除隔离带电体作用外,往往还起到机械支承,保护导体及防止电晕、灭弧等作用。

一、绝缘材料的分类

电工绝缘材料品种很多,按其形态可分为气体、液体和固体;按其化学性质又可分为无机、有机和混合绝缘材料。

气体绝缘材料:常用的有空气、氮、氢、 CO_2 、 SF_6 等。

液体绝缘材料:常用的有变压器油、开关油等。

固体绝缘材料:常用的有云母、玻璃、瓷漆、胶、塑料、橡胶等。

二、绝缘材料的性能指标

为了防止绝缘性能损坏造成事故,绝缘材料应符合规定的性能指标。绝缘性能主要表现在电阻率,击穿强度,机械强度,耐热性能等方面。

(1) 电阻率 它是最基本的绝缘性能指标。足够的绝缘电阻能把电气设备的泄漏电流限制在很小的范围以内,电工绝缘材料的电阻率一般在 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上。

(2) 电击穿强度、击穿电压 在绝缘材料或结构上抵抗电击穿的能力。当外施电压增高到某一极限值时,就会丧失绝缘特性而被击穿。通常以 1 mm 厚的绝缘材料所能承受的 kV 电压值表示。一般低压电工工具,例如,电工钳绝缘柄可耐压 500 V,使用中必须注意。

(3) 机械强度 由绝缘材料构成的绝缘零件或绝缘结构,都要承受拉伸、重压、扭曲、振动等机械负荷。因此,要求绝缘材料本身具有一定的机械强度。

(4) 耐热性能 当温度升高时,绝缘材料的电阻、击穿强度、机械强度等性能都会降低,因此,要求绝缘材料在规定的温度下能长期工作且绝缘性能保持可靠。绝缘材料有 Y, A, E, B, F, H, C 七个耐热等级,它们的最高允许工作温度分别为 80°C 、 105°C 、 120°C 、 130°C 、 155°C 、 180°C 和 180°C 以上。

绝缘材料除以上性能指标外,还有吸湿性能、理化性能等。

绝缘材料在使用过程中,受各种因素的长期作用,可能由于电击穿、腐蚀、自然老化、机械损伤等原因,使绝缘性能下降甚至失去绝缘性能。

三、常用电工绝缘材料的选择

常用电工绝缘材料的性能、用途及选择见表 1-1 所述。

表 1-1 常用绝缘材料性能和用途一览表

名 称	颜 色	厚度/mm	击 穿 电压/V	极限工作 温度/℃	特 点	用 途	备 注
电话纸	白 色	0.04 0.05	400	90	坚实,不易破裂	$\phi < 0.4\text{mm}$ 的漆包线的层间绝缘	类似品:相同厚度的打字纸、描图纸或胶版纸
电缆纸	土黄色	0.08 0.12	400 800	90	柔顺、耐拉力强	$\phi > 0.4\text{mm}$ 漆包线的层间绝缘、低压绕组间的绝缘	类似品:牛皮纸
青壳纸	青褐色	0.25	1 500	90	坚实,耐磨	线包外层绝缘,简易骨架	
电容器纸	白、黄色	0.03	500	90	薄,耐压较高	$\phi < 0.3\text{mm}$ 漆包线的层间绝缘	
聚酯薄膜	透 明	0.04 0.05 0.10	3 000 4 000 9 000	120~140	耐热,耐高压	高压绕组层、组间等的绝缘	
聚酯薄膜 粘 带	透 明	0.055 ~0.17	5 000~ 17 000	120	耐热,耐高压,强度高	同上。便于低压绝缘密封	生产厂:上海制笔零件三厂等
聚氯乙烯 薄膜粘带	透 明 略 黄	0.14 ~0.19	1 000 ~1 700	60~80	较柔软,粘性 强,耐热差	低压和高压线头包扎(低温场合)	
油性玻璃 漆 布	黄 色	0.15 0.17	2 000 ~3 000	120	耐热好,耐压较高	线圈、电器绝缘衬垫等	
沥青醇酸 玻璃漆布	黑 色	0.15 0.17	2 000 ~3 000	130	耐热、耐潮好; 耐压较高、耐油差	同上。但不太适用于在油中工作的线圈及电器等	
油性漆布 (黄蜡布)	黄 色	0.14 0.17	2 000 ~3 000	90	耐高压,但耐油性较差	高压线圈层、组间绝缘	
油性漆绸 (黄蜡绸)	黄 色	0.08	4 000	90	耐压高,较薄, 耐油较好	高压线圈层、组间绝缘	一般适用于需减小绝缘物体积之场合
聚四氟乙 烯薄膜	透 明	0.03	6 000	280	耐压及耐温性能极好	需耐高压、高温或酸碱等的绝缘	价格昂贵
压制板	土黄色	1.0 1.5		90	坚实,易弯折	线包骨架	

续表 1-1

名 称	颜 色	厚度/mm	击 穿 电压/V	极限工作 温度/℃	特 点	用 途	备 注
高频漆	黄 色			90 (干固后)	粘 剂	粘合绝缘纸、压制板、黄蜡布等,线圈浸渍	代用品:洋干漆
清喷漆	透 明 略 黄				粘 剂	粘合绝缘纸、压制板、黄蜡布等,线圈浸渍	又名:蜡克
云母纸	透 明	0.10 0.13 0.16	1 600 2 000 2 600	130 以上	耐热好,耐压较高,但较易碎,不耐潮	各类绝缘衬垫等	
环氧树脂灌封剂	白 色				常用配方:6101环氧树脂70%,乙二胺9%,磷苯二甲酸二丁酯21%	电视机高压包等高压线圈的灌封、粘合等	宜慢慢灌入(或滴入)高压包骨架内,以防空气进入
硅橡胶灌封剂	白 色					电视机高压包等高压线圈的灌封、粘合等	同上。生产厂:南京大学化工厂
地 蜡	糖浆色					各类变压器浸渍处理用	石蜡70%,松香30%

第二节 常用导线与电缆

一、导电材料

固体导电材料大部分是金属的,目前铜和铝是使用最多的导电材料,其中安全电流值如表1-2所述。

表 1-2 铜芯导线安全电流表

标准截面/mm ²	0.75	1.00	1.50	2.50	4.00	6.00
安全电流值/A	13	15	20	27	36	46

注:采用铝芯导线时,对同一电流,其截面积应比相应的铜导线大1.5倍。

二、电线电缆的种类、特点及用途

电线电缆的种类很多。按导线外表是否有绝缘层可分为裸导线和绝缘导线两大类;按制造工艺及使用范围又可把绝缘导线分为四类,即电磁线、电气装备用电线电缆、电力电缆及通信电线电缆。

1. 裸导线

只有导体部分,没有绝缘和保护层结构的导线称为裸导线,根据裸导线的形态和结构可分

为圆单线、型线、软接线和裸绞线。

(1)圆单线 主要是给各种电线电缆作导电芯线用,也可直接用于架空的通信广播线。

(2)型 线 非圆线截面的裸导线,分为电车架空线、扁线、母线、及铜带等。主要用于电机车运输接触线,绕制电机电器线圈,输配电的汇流排等。

(3)软接线 凡是柔软的铜绞线和各种编织线都称为软接线,主要有铜电刷线、铜绞线、铜编织线等,主要用于电机电器的电刷连接线、接地线和整流器引出线。

(4)裸绞线 主要用于架空线路中的输电导线。

2. 绝缘导线

一般由导电芯线、绝缘层和保护层构成。导线的根数有单芯、双芯、三芯和多芯不等。

绝缘导线包括电磁线、橡皮塑料绝缘线、电缆等。电磁线用于电机电器及仪表的绕组;塑料橡胶套绝缘电线主要用于电器的二次布线及大型设备的电控系统布线;电缆主要用作动力线。

3. 电磁线

电磁线按绝缘层的特点和用途分为漆包线、绕包线、无极绝缘电磁线和特种电磁线四类。

(1)漆包线 漆包线的绝缘层是漆膜,是将绝缘漆涂在导线上烘干形成。漆膜均匀、光滑,便于自动化绕制线圈,因而漆包线被广泛地用于中、小型电机电器和微型电工产品中。常用漆包线的名称及用途等见表 1-3 所述。

表 1-3 常用漆包线的名称、型号、特点及主要作用表

类别	名 称	型 号	规格/mm	耐热等级/℃	特点及主要用途
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ-1 QQ-2	0.02~2.5	E (120)	漆膜受卷绕应力易产生裂纹,适用于普通中小电机及油浸式变压器线圈和电器仪表线圈
	缩醛漆包扁铜线	QQB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
	缩醛漆包扁铝线	QQLB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
环氧漆包线	环氧漆包圆铜线	QH-1 QH-2	0.06~2.50	E (120)	耐水性及耐潮性能好,适用于油浸式变压器和线圈及耐化学药品腐蚀,耐潮湿电机绕组。弹性差,不适用于高速自动绕组工艺
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	0.02~2.5	B (130)	在干燥和潮湿的条件下耐电压击穿性能优,用于中小电机的绕组干式变压器和电器仪表的线圈
	聚胺酯漆包扁铜线	QZB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
	聚胺酯漆包扁铝线	QZLB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		

续表 1-3

类别	名称	型号	规格/mm	耐热等级/℃	特点及主要用途
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY-1 QZY-2	0.66~2.50	F(155)	高温电机绕组 干式变压器和电器仪表的线圈
	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
亚胺漆包线	聚酰胺酰亚胺漆包圆铜线	QXY-1 QXY-2	0.06~2.50	(200)	高温重负荷电机,牵引电机,制冷设备电机的绕组干式变压器和电器仪表的线圈
	聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线	QXYB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	0.02~2.50	C(220)	耐高温电机,干式变压器绕组,密封式继电器及电子元件
	聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		

(2)绕包线 用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成树脂、薄膜等紧密绕包在导电芯线或漆包线上形成绝缘层导线叫做绕包线。常用绕包线的品种及用途见表 1-4 所述。

表 1-4 常用绕包线的品种、规格、用途表

类别	产品名称	型号	耐温等级/℃	规格/mm	特性与用途
纸包线	线包圆铜线	Z	A105	1.0~5.6	在干燥和潮湿的条件下耐电压击穿性能优,用于中小电机的绕组干式变压器和电器仪表的线圈
	纸包圆铝线	ZL		1.0~5.6	
	纸包扁铜线	ZB		a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
	纸包扁铝线	ZLB		a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
玻璃丝包漆包线及玻璃丝包线	双玻璃丝包圆铜线	SBEC	B130	0.25~6	电器性能及机械强度良好,用于各种电器电机的绕组
	双玻璃丝包圆铝线	SBELC		0.25~6	
	双玻璃丝包扁铜线	SBECB		a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
	双玻璃丝包扁铝线	SBELCB		a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
双玻璃丝	双玻璃丝包聚脂漆包扁铜线	QZSBECB	B130	a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	电器性能及机械强度优良,适用于大型高压电机的绕组,干式变压器绕组
包聚脂漆包线	双玻璃丝包聚脂漆包扁铝线	QZSBELCB	B130	a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	

续表 1-4

类 别	产品名称	型 号	耐温等级/℃	规格/mm	特性与用途
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBEFE	H180	A 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
	单玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBFB		A 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	
	硅有机漆双玻璃丝包圆铜线	SBEG	H180	0.25~6.0	
	硅有机漆双玻璃丝包扁铜线	SBEGB		a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.6	

第三节 常用磁性材料

一、常用磁性材料分类及特点

磁性材料分为软磁材料和硬磁材料两类,前者主要用作电机、变压器、电磁线圈的铁芯,后者主要用在电工仪表内作磁场源。

软磁材料的主要特点是磁导率高、矫顽力低,在外磁场作用下磁感应强度能很快达到饱和,外磁场去除后,磁性就基本消失,剩磁小。

硬磁材料的主要特点是矫顽力高,经饱和磁化后,去掉外磁场时,将保持长时间而稳定的磁性。如铝镍钴、稀土钴、硬磁铁氧体等。

1. 电工用纯铁

电工用纯铁的代号为 DT,其含碳量在 0.04% 以下,饱和磁感应强度高,冷加工性好,多制成块状或柱状,因此,铁损高,主要用于直流磁场中。

2. 硅钢片

在铁中加入 0.8%~4.5% 的硅,就是硅钢。硅钢比纯铁硬度高、脆性大,多加工成片状(如电机、变压器铁芯选用 0.3 mm~0.5 mm 厚的硅钢叠成)。硅钢片分热轧和冷轧两种,冷轧硅钢片又分有取向和无取向两种。有取向硅钢片沿轧制方向导磁率最高,与轧制方向垂直时导磁率最小。无取向硅钢片的导磁率与轧制方向无关。在叠制不同电工产品的铁芯时,应根据其具体要求,选用不同特性的硅钢片。如电力变压器,为减少损耗,要选用低铁损和高磁感应强度的硅钢片;小型电机应选用高磁感应强度的硅钢片;大型电机,因铁芯体积大,铁损比较大,要选低铁损的硅钢片。

3. 铁镍合金

铁镍合金工作频率在 1 MHz 以下。电子技术中,为满足弱信号的要求,常选用磁导率和磁感应强度高的铁镍合金。型号为 IJ51 铁镍合金,因其电阻率高,饱和磁感应强度和剩磁高,适宜做磁放大器线圈的铁芯。电源变压器铁芯用磁导率高的 IJ50 铁镍合金。IJ79 铁镍合金和 IJ16 铁铝合金,常用于小功率音频变压器的铁芯,可以减小非线性失真。

4. 软磁铁氧体

软磁铁氧体广泛用于高频或较高频率范围内的电磁元件中。其电阻率高,饱和磁感应强度低,温度稳定性较差。无线电技术中最常用的镍锌和锰锌铁氧体,被用来制作滤波线圈、脉冲变压器、可调电感器、高频扼流圈及天线等的铁芯。

二、常用磁性材料的性能

反映磁性材料性能的参量有磁导率 μ 、饱和磁感应强度 B_s 、矫顽力 H_c 、剩磁 B_r 以及铁损 P 等。要确定这些参量必须了解磁化曲线和磁滞回线。

1. 基本磁化曲线、磁导率和饱和磁感应强度

基本磁化曲线是表征磁性材料在反复磁化下,以磁中性态为出发点,磁感应强度 B 随磁场强度 H 变化的曲线如图1-1所示。由曲线知,膝点(b)以上,材料渐近饱和现象。图中 B_s 称为饱和磁感应强度,其相应的磁场强度为 H_s 。通常要求磁性材料有高的 B_s 值。曲线上任一点的 B 与 H 值之比称为磁导率 μ ,根据 $B-H$ 曲线可绘出 $\mu-H$ 曲线。软磁材料一般要求有高的 μ 值。在一定磁场强度下, μ 值越高,传递等量磁通所需材料越少。

2. 磁滞回线、剩磁、矫顽力、剩磁化和铁损

图1-2所示的曲线,称为磁滞回线。由图可知,当 H 从 H_s 降低到0时, B 并不回到0,而是回到 b 点, b 点的磁感应强度 B_r 称为剩磁。若要 B_r 降为0,必须加一反向磁场 H_c ,这个反向磁场强度的绝对值称为磁感应矫顽力。剩磁 B_r 与饱和磁感应强度 B_s 之比称为剩磁化。单位质量的磁性材料在交变磁场磁化下,所消耗的功率称为铁损。

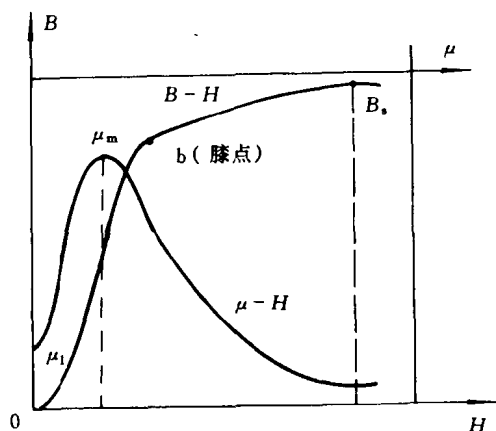


图 1-1 $B-H$ 线

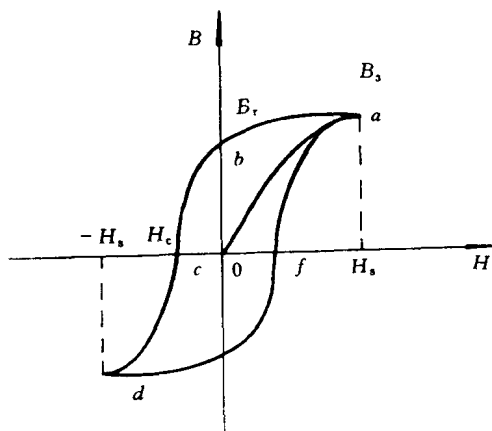


图 1-2 磁滞回线

三、磁性材料的应用范围

磁性材料的应用范围如表 1-5 和表 1-6 所示。

表 1-5 软磁材料的品种、主要特点和应用范围

品 种		主 要 特 点	应 用 范 围
电工用纯铁		含碳量在 0.04% 以下,饱和磁感应强度高、冷加工性好,但电阻率低,铁损高,有磁时效现象	一般用于直流磁场
硅钢片		铁中加入 0.8%~4.5% 的硅而成为硅钢;与电工用纯铁比,电阻率高,铁损低,导热系数低,硬度提高,脆性增大	电机、变压器、继电器、互感器、开关等产品的铁芯
铁镍合金		在低磁场作用下,磁导率高,矫顽力低,但对应力比较敏感	频率在 1MHz 以下,低磁场中工作的器件
铁铝合金		与镍合金相比,电阻率高,比重小,但磁导率低,随着含铝量的增加,硬度和脆性增大,塑性变差	低磁场和高磁场下工作的器件
软磁铁氧体		烧结体,电阻率非常高,但饱和磁感应强度低,温度稳定性也较差	高频或较高频率范围内的电磁元件
其他磁材料	铁钴合金	饱和磁感应强度特高,饱和磁致伸缩系数和居里温度高,但电阻率低	航空器件的铁芯,电磁铁磁极,换能器元件
	恒导磁合金	在一定的磁感应强度、温度和频率范围内,磁导率基本不变	恒电感和脉冲变压器的铁芯
	磁温度补偿合金	居里温度低,在环境温度范围内,磁感应强度随温度升高,急剧地近似线性的减少	磁温度补偿元件

表 1-6 常用永磁材料性能和主要用途

种 类	系 列	性 能	主 要 用 途
铸造铝镍钴系永磁材料	各向同性	制造工艺简单,可做成体积大或多对永磁体,但性能是该系统永磁材料中最低的	一般磁电式仪表、永磁电机、磁分离器、微电机、里程表
	热磁处理各向异性	剩磁和最大磁能积大,制造工艺复杂	精密磁电式仪表、永磁电机、流量计、微电机、磁性支座、传感器、扬声器、微波器件
	定向结晶各向异性	性能是该系永磁材料中最高的,制造工艺复杂,脆性大,容易折断	精密磁电式仪表、永磁电机、流量计、微电机、磁性支座、传感器、扬声器、微波器件
粉末烧结铝镍钴系永磁材料		永磁体表面光洁、密度小、原料消耗少,磁性能较低,宜作体积小或要求工作磁通均匀性高的永磁体	微电机、永磁电机、继电器、小型仪表
铁氧体永磁材料		矫顽力高、回复磁导率小、密度小,电阻率大	永磁点火电机、永磁电机、永磁选矿机、永磁吊头、磁推轴承、磁分离器、扬声器、微波器件、磁医疗片

续表 1-6

种 类	系 列	性 能	主 要 用 途
稀 土 钴 永 磁 材 料		矫顽力和最大磁能积是永磁材料中最高的,适用于微型或薄片状永磁体	低速转矩马达、启动马达、力矩马达、传感器、磁推轴承、助听器、电子聚焦装置
塑 性 变 性 永 磁 材料		剩磁大,矫顽力低	里程表,罗盘仪

复习思考题

1. 绝缘材料有哪些性能指标? 绝缘材料分哪几种耐热等级,对应的极限工作温度各为多少?
2. 一般低压电工工具的耐压是多少?
3. 使用中使绝缘性能降低的因素有哪些? 清扫或清洗家用电器应注意哪些问题?
4. 常用电磁线有哪些类型,各有何用途?
5. 各类漆包线有哪些型号、特点及用途?
6. 常用绕包线有哪些种类和用途?
7. 试述常用磁性材料的品种及用途。

第二章 安全用电

本章主要介绍安全用电的基本知识,安全电气设备以及在电子技术操作中容易产生的一些不安全因素和预防措施。

安全用电技术是研究如何预防用电事故及保障人身、设备安全的一门技术。在电子设备的装配调试中,要使用各种工具和仪器,同时还接触危险的高压电,如不掌握必要的安全用电知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。为此,必须了解电子技术操作中有哪些不安全的因素及预防的措施。

第一节 触电及其对人体的危害

触电是电流的能量直接作用于人体或转换成其他形式的能量作用于人体造成的伤害。

一、触电对人体的危害

触电对人体的伤害有电击和电伤两类。

1. 电 击

电击是指电流通过人体内部、影响呼吸、心脏和神经系统,造成人体内部组织损伤乃至死亡的触电事故。由于人体触及带电的导体、漏电设备的外壳,以及由于雷击或电容器放电等都可能造成电击。大部分触电死亡事故是由电击造成的,通常说的触电事故基本上是指电击而言的。

2. 电 伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或机械效应等对人体造成的危害。电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等多种伤害。

二、影响触电对人体伤害程度的因素

触电对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、通电时间、电流途径、电流的性质及人体状况等因素有关。其中通过人身电流的大小和通电时间是起决定作用的因素。

(1) 电流大小的影响 通过人体的电流越大、人体的生理反应越明显,感觉越强烈,引起心室颤动所需时间越短,且致命的危险性越大。通过人身的电流,交流在 15 mA~20 mA 以下,直流在 30 mA 以下,一般对人体的伤害较轻,超过上述数值,对人体就会造成危险。

(2) 电流持续时间的影响 通电时间愈长,愈容易引起心室颤动即电击的危险性愈大。

(3) 电流途径的影响 电流通过心脏会引起心室颤动,较大的电流还会使心脏停止跳动,使血液循环中断而导致死亡。电流经过中枢神经系统或有关部位会引起中枢神经系统失调而导致死亡;电流通过头部会使人昏迷;通过脊髓,会使人截瘫等。其中以对心脏伤害的危险性最大。

(4) 电流性质的影响 交流电的危险性大于直接电,工频交流电的危险性大于其他频率