

# 电子工业 生产技术手册

3

## 电子元件卷

接插元件·继电器·安装式电表

电声器件·电子线缆

光纤光缆·微特电机·电池

R73-6073  
709  
3

# 电子工业生产技术手册

(3)

## 电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编



国防工业出版社

9010191

## 内 容 简 介

本书为《电子工业生产技术手册》(3)电子元件卷。共有8篇:接插元件、继电器、安装式电表、电声器件、电子线缆、光纤光缆、微特电机、电池。内容主要介绍以上各种元器件的工艺流程、生产工艺、重要的原材料、生产设备、半自动和自动化生产线、测试方法和仪器以及先进生产技术展望。

本书可供从事电子工业尤其是电子元器件生产、科研和教学的技术人员及有关管理干部参考。

DU11/02

### 电子工业生产技术手册

(3)

#### 电子元件卷

《电子工业生产技术手册》编委会 编

国防工业出版社 出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16\*印张49 1125千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷 印数: 0,001—5,000册

ISBN 7-118-00384-0/TN 79 定价: 27.60元

## 出版说明

《电子工业生产技术手册》(以下简称《手册》)是由电子工业部和中国电子学会联合组织编写的一部大型综合性工具书。全书共约一千五百万字,分成五卷:

1. 电子元件卷(1~3分册);
2. 电真空器件卷(4~5分册);
3. 半导体与集成电路卷(6~8分册);
4. 通用工艺卷(9~14分册);
5. 生产质量技术保证卷(15~17分册)。

《手册》主要是供具有中专以上水平的电子工业工程技术人员、高级技术工人及生产技术管理干部查阅使用,也可作为高等院校和中等专业学校电子类专业的教学参考书。

《手册》是在总结我国电子工业三十多年来生产技术实践经验的基础上,适当参阅了国外有关技术资料中对我国适用的电子生产技术编写而成的。对于一些即将淘汰与不宜继续采用的现行生产技术,一般不予编入;对那些国内外新近出现的,虽尚未经实践反复验证,但具有方向性的新技术,则在有关篇的“今后展望”中予以介绍。

《手册》力求突出电子工业生产技术的特点,原则上不编入与其他手册相重复的内容。但是,鉴于现代电子工业属高技术密集型工业,涉及的技术门类多,除与电子、机械、化工、冶金等基础科学有密切关系外,还涉及许多边缘科学。为便于查阅,也适当地收集了一些散见于其他手册中的共性资料。

在《手册》的编写过程中,结合我国电子工业的实际情况,我们认真贯彻了1984年国务院颁发的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《全面推行我国法定计量单位的意见》。

由于电子产品发展很快,更新换代频繁,各种生产技术进步迅速,第一次编写生产技术性的手册缺少经验,初版会有许多不足之处。为了使《手册》在我国电子工业的发展中能够不断地起到促进和指导作用,希望读者在使用《手册》过程中,如发现谬误或对《手册》的内容有新的建议,请及时与《手册》总编辑部(山西省太原市第115信箱)联系。今后将根据各篇的技术发展情况,及时修订或出版续篇。在适当时间,将全部重新编写出版。

《手册》的编写和出版工作,得到了中央各有关部、委、各省(市)电子工业领导部门及有关厂、所、院、校的大力支持。参加编写、审校和讨论的各方面的专家、教授、科技人员近千人。谨向这些单位与有关人员致以谢意。

《手册》总编辑委员会  
一九八六年八月二十五日

## 总编辑委员会

### 主任委员

孙俊人

### 副主任委员

(按姓氏笔划为序)

边拱 陆崇真 周文盛  
童志鹏 谢高觉 蒋葆增

### 委员

(按姓氏笔划为序)

厉声树	刘联宝	陈力为	陈克恭
张立鼎	杨臣华	沈金宝	武尔桢
周生珣	林金庭	郭文昭	郭桂庭
袁行健	戴昌鼎		

## 总编辑部

### 主任

孙凤阁

### 成员

(按姓氏笔划为序)

李桂馨 赵全喜 虞苏玮

9010191

## 前 言

“电子元件卷”是《电子工业生产技术手册》的首卷。全卷约二百万字，共二十篇，分三个分册。第1分册：电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、混合集成电路、敏感元件、石英晶体及器件；第2分册：电子陶瓷材料及器件、磁性材料及器件、声表面波与声光材料及器件、激光与红外器件；第3分册：接插元件、继电器、安装式电表、电声器件、电子线缆、光纤光缆、微特电机、电池。

电子元件是构成电子设备的基本单元，它的生产技术和电子工业的基础之一。近几十年来，随着电子学的飞速发展，电子元件及其生产技术也获得了巨大的进展。

电子元件品种繁多、机理各异，生产技术也各不相同。因此本卷各篇在叙述上基本以产品为主介绍各类元件的生产工艺；只有少数工艺相近的元件才以工艺为主叙述。

电子元件产量大、要求严，必须采用先进的生产技术和自动化大生产手段。因此本卷在选择叙述各类产品先进生产工艺、关键设备和仪器的同时，还特别注意对近几年从国外引进的技术和装备加以介绍。对某些国内尚未采用，国外已经使用有效的新的生产技术和方法也酌予介绍，以利于推广和借鉴。某一产品若有几种各具特色又均有实用价值的工艺，则一并介绍，供读者因地制宜地选择。

电子元件使用范围广、可靠性要求高。本卷各篇除介绍生产工艺外，还介绍各类产品的性能测试和质量控制，列出了测试方法、仪器和测试标准，对一些产品的可靠性和寿命试验也作了说明。

电子元件和材料的关系非常密切，有的和材料难以截然分开；有的和材料通常在同一部门生产。对这些产品，在介绍元件生产工艺的同时，还阐述了材料的性能要求及其制备工艺。

电子元件发展迅速，不断出现新的品种。对一些尚属新技术、迄今国内尚未形成大批量生产但已使用较广泛的重要产品，本卷也予收入，并介绍其实验性试制工艺。但是，电子元件的种类太多，限于篇幅，本卷不可能全部编入。

需请读者注意的是，电子元件的生产技术与所使用的材料、设备、仪器和环境等具体条件密切相关，在某一单位采用的工艺参数，不一定完全适合另一单位，因此在使用本卷所列的工艺参数时必须与本单位的实际情况相结合。由于这一原因，本卷在介绍某些产品（特别是新产品）的生产技术时，还阐明必要的工作原理，在叙述工艺过程时也尽量介绍一些工艺原理和注意事项，以帮助读者正确理解和使用本卷有关内容。

本卷编审过程中有大专院校、工厂、研究所等九十一个单位，二百二十余位专家进行撰写、审核或参加编委会工作，还有许多单位提供了资料。本卷编委会挂靠单位为国营七一八厂，编辑部挂靠单位为电子工业部第十一研究所（国营七〇六厂、七一八厂、电子工业部第三研究所参加编辑部工作），上述单位和个人对本卷工作给予了大力支持，在此一并表示感谢。

由于编审水平所限，本卷难免存在错误之处，请读者批评指正。

# 卷 编 辑 委 员 会

主任委员

陈 克 恭

副主任委员

杨臣华 郭以述

委 员

(按姓氏笔划为序)

卜寿彭	马炳文	王季秩	王遵棠	曲喜新
孟庆龙	周志刚	范宝元	秦自楷	徐鲤庭
章士瀛	阙 敏	潘福莹		

# 卷 编 辑 部

主 任

鲍 永 民

成 员

(按姓氏笔划为序)

王月珠 李庆星 姜 璞 韩 曲

学 术 秘 书

赵 光 云

责 任 编 辑

杨 其 眉

## 目 录

## 第13篇 接 插 元 件

## 第1章 接插元件的分类,基本性能和

## 工艺概述 .....3

## 1.1 分类 .....3

## 1.2 基本性能 .....4

## 1.2.1 主要电性能 .....4

## 1.2.2 主要环境性能 .....5

## 1.2.3 主要机械性能 .....5

## 1.3 工艺概述 .....5

## 第2章 接触件加工 .....8

## 2.1 接触件的结构特点 .....8

## 2.2 插针、插孔单工序切削加工 .....9

## 2.3 插针、插孔一次成形加工 .....11

## 2.4 插针冷镦成形加工 .....12

## 2.5 插孔冲压成形加工 .....13

2.6 连接器、开关接触簧片冲压  
成形 .....15

## 2.7 开关触点加工 .....17

## 2.7.1 顶镦头部毛坯长度的计算 .....17

## 2.7.2 顶镦次数的确定 .....18

## 2.7.3 顶镦模腔形状的确定 .....18

## 2.8 绞线插针成形工艺 .....19

## 2.9 线簧插孔成形工艺 .....20

## 2.9.1 有芯柱装配法 .....20

## 2.9.2 无芯柱装配法 .....22

## 第3章 绝缘件加工 .....24

## 3.1 绝缘件的结构工艺性 .....24

## 3.1.1 绝缘件的结构特点 .....24

## 3.1.2 设备 .....24

## 3.2 绝缘件的材料 .....24

## 3.2.1 材料的种类 .....24

## 3.2.2 材料的选择 .....26

## 3.3 酚醛塑料绝缘件的成形 .....27

## 3.3.1 酚醛塑料绝缘件的压制成形 .....27

## 3.3.2 酚醛塑料绝缘件的注射成形 .....27

3.4 热塑性塑料绝缘件的注  
射成形 .....28

## 3.4.1 热塑性塑料绝缘件的注射工艺 .....28

## 3.4.2 防止应力开裂的工艺措施 .....28

## 3.4.3 检查绝缘件应力开裂方法 .....29

## 3.5 聚四氟乙烯绝缘件的成形 .....29

## 3.5.1 冷压烧结 .....29

## 3.5.2 车削加工 .....30

## 3.6 橡胶绝缘件的成形 .....30

## 3.6.1 模压硫化 .....30

## 3.6.2 注压硫化 .....30

## 第4章 金属结构件及特种弹簧加工 .....32

4.1 有色金属外壳的压力  
铸造成形 .....32

## 4.1.1 外壳压铸件的结构工艺性 .....32

## 4.1.2 外壳压铸件的浇注系统 .....34

## 4.1.3 外壳压铸件主要缺陷分析 .....36

4.2 有色金属外壳的挤压铸  
造成形 .....36

## 4.2.1 外壳挤压铸件的工艺性 .....36

## 4.2.2 模具结构和材料要求 .....36

## 4.2.3 外壳挤压铸造成形工艺 .....37

## 4.2.4 典型零件和模具结构示例 .....37

## 4.3 有色金属外壳的冷挤压成形 .....39

## 4.3.1 冷挤压材料 .....39

## 4.3.2 冷挤压力的确定 .....40

## 4.3.3 外壳冷挤压零件的工艺性 .....40

## 4.3.4 外壳零件典型冷挤压模示例 .....42

## 4.4 开关结构件加工 .....44

## 4.4.1 凸轮开关的凸轮加工 .....45

## 4.4.2 按钮开关套筒零件加工 .....45

## 4.4.3 钮子开关套管零件加工 .....45

## 4.5 特种弹簧成形 .....46

## 第5章 涂覆工艺 .....48



5.1 接插元件涂覆层的种类 .....	48	<b>第7章 接插元件的主要试验方法</b> .....	71
5.2 接触件的贵金属电镀工艺 .....	48	7.1 接触电阻试验 .....	71
5.2.1 接触件的银镀层 .....	49	7.2 接触电阻变化试验 .....	71
5.2.2 接触件的耐磨银和耐磨金镀层 .....	49	7.3 绝缘电阻试验 .....	71
5.2.3 接触件的脉冲镀金 .....	51	7.4 抗电强度试验 .....	71
5.3 接插元件的选择性电镀 .....	51	7.4.1 抗电强度 .....	71
5.3.1 接触件的选择性电镀 .....	51	7.4.2 局部放电电压 .....	72
5.3.2 接插件的高速选择性电镀 .....	52	7.5 温升试验 .....	72
5.3.3 射频同轴连接器外壳的选择 性电镀 .....	52	7.6 电压驻波比试验 .....	72
5.4 接触件的防变色抑制剂涂层 .....	53	7.6.1 扫频测量法 .....	72
5.4.1 防变色抑制剂的特性 .....	53	7.6.2 半波长替代法 .....	73
5.4.2 防变色抑制剂的涂覆工艺 .....	54	7.7 可焊性试验 .....	74
5.5 外壳结构件的电镀工艺 .....	54	7.8 密封性试验 .....	74
5.5.1 铝及铝合金外壳的电镀层 .....	54	7.8.1 气密性试验 .....	74
5.5.2 铝及铝合金外壳的化学 导电氧化 .....	55	7.8.2 雨淋试验 .....	74
5.6 绝缘件的涂层 .....	55	7.8.3 低气压浸渍试验 .....	75
<b>第6章 接插元件的装配</b> .....	56	7.8.4 流体静压力试验 .....	75
6.1 连接器装配工艺 .....	56	7.8.5 液体浸渍 .....	75
6.1.1 连接器装配工艺流程 .....	56	7.9 机械强度试验 .....	75
6.1.2 橡胶密封连接器装配工艺 .....	56	7.9.1 插孔抗插针损伤试验 .....	75
6.1.3 玻璃密封连接器装配工艺 .....	60	7.9.2 电缆夹紧装置性能试验 .....	75
6.1.4 圆柱形插孔弹性成形工艺 .....	61	7.10 模拟寿命试验 .....	76
6.2 开关装配工艺 .....	64	7.10.1 模拟陆地一般负载 .....	76
6.2.1 开关装配工艺流程 .....	64	7.10.2 模拟陆地重负载 .....	76
6.2.2 密封钮子开关装配工艺 .....	66	7.10.3 模拟机载 .....	77
6.2.3 开关装配中常用铆接工艺方法 .....	66	7.10.4 模拟舰船 .....	77
6.2.4 开关接触件的整形 .....	68	7.10.5 模拟水下 .....	77
6.2.5 开关预工作与筛选 .....	68	<b>第8章 接插元件的可靠性试验</b> .....	78
6.3 接插元件标志常用的打印 方法 .....	68	8.1 接插元件的可靠性 .....	78
6.3.1 打印漆打印 .....	68	8.2 矩形连接器可靠性定级试验 .....	79
6.3.2 钢字打印 .....	68	8.2.1 试验条件 .....	79
6.3.3 丝网漏印 .....	68	8.2.2 试品 .....	79
6.4 接插元件常用胶粘工艺 .....	68	8.2.3 失效判据 .....	79
6.4.1 应用胶粘剂进行胶粘 .....	68	8.2.4 试验方法和测试周期 .....	79
6.4.2 环氧树脂粘接工艺 .....	69	8.2.5 可靠性指标 .....	79
6.4.3 X98-1胶粘接工作 .....	69	8.3 印制电路板连接器可靠性定级 试验 .....	79
6.5 接插元件一般包装方法 .....	70	8.3.1 试验条件 .....	79
6.5.1 接插元件的内包装 .....	70	8.3.2 试品 .....	79
6.5.2 接插元件的外包装 .....	70	8.3.3 失效判据 .....	80
		8.3.4 试验方法和测试周期 .....	80

8.3.5 可靠性指标 .....80

8.4 圆形连接器的可靠性试验 .....80

8.4.1 高温带电工作条件下的失效率 .....80

8.4.2 综合应力条件下的失效率 .....80

8.5 小圆形连接器在综合应力条件下的失效率 .....81

8.5.1 综合应力条件 .....81

8.5.2 试品 .....81

8.5.3 失效判据 .....82

8.5.4 试验周期 .....82

8.5.5 可靠性指标 .....82

参考文献 .....82

## 第14篇 继电器

### 第1章 继电器的基本结构与

工艺特点 .....85

1.1 继电器分类 .....85

1.2 继电器基本结构 .....87

1.3 继电器工艺特征 .....88

1.4 继电器生产技术的发展 .....88

### 第2章 小型密封继电器的特种

零部件的制造 .....90

2.1 银镍镍接触簧片的制造 .....90

2.2 微型线圈的制造 .....91

2.2.1 薄膜型线圈架 .....91

2.2.2 线圈绕制及包扎 .....91

2.3 玻璃绝缘子底座的制造 .....91

2.3.1 底座的结构及制造工艺流程 .....91

2.3.2 金属零件加工 .....92

2.3.3 玻璃坯件制造 .....94

2.3.4 玻璃与金属封接 .....97

2.3.5 表面涂覆 .....97

2.3.6 封接疵病及防止措施 .....99

2.3.7 底座检验 .....100

2.3.8 发展趋势 .....100

2.4 玻璃推动珠的制造 .....101

### 第3章 干式舌簧管的制造 .....103

3.1 干簧管制造的工艺过程 .....103

3.1.1 干簧管的结构与工艺流程 .....103

3.1.2 材料的制备 .....104

3.1.3 簧片的加工 .....105

3.1.4 簧片的热处理 .....105

3.1.5 簧片的电镀 .....106

3.1.6 簧片的扩散工艺 .....107

3.1.7 玻璃管的加工 .....107

3.1.8 干簧管的封接工艺 .....107

3.1.9 老练工艺 .....109

3.2 干簧管的测试技术 .....109

3.2.1 目测 .....109

3.2.2 电参数测量 .....109

3.2.3 自动综合测试仪 .....111

### 第4章 湿式舌簧管的制造 .....112

4.1 湿式舌簧管的结构和工艺流程 .....112

4.1.1 湿簧管的结构 .....112

4.1.2 湿簧管制造的工艺流程 .....113

4.2 衔铁片沟槽加工及衔铁组件的焊接要求 .....113

4.2.1 衔铁片的加工 .....113

4.2.2 衔铁组件的焊接要求 .....114

4.3 封接工艺及设备 .....114

4.3.1 玻璃组件的封接工艺 .....114

4.3.2 衔铁组件的封接工艺 .....116

4.3.3 充汞工艺 .....116

4.3.4 充氢和封口工艺 .....117

4.3.5 润湿处理工艺 .....117

4.4 测试技术 .....118

4.4.1 触点波形观察 .....118

4.4.2 时间参数测试 .....119

4.5 生产环境和安全要求 .....120

### 第5章 继电器装配工艺方法 .....122

5.1 铆装工艺及设备 .....122

5.1.1 铆接 .....122

5.1.2 压合 .....122

5.2 焊接工艺及设备 .....123

5.2.1 钎焊 .....123

5.2.2 电阻焊 .....123

5.3 继电器的老练 .....125

5.3.1 机械老练 .....125

5.3.2 温度老练 .....125

5.4 清洗工艺 .....125

5.4.1 清洗溶剂 .....126

5.4.2 清洗方法 .....126

5.4.3 清洗质量的检验方法 .....127

5.4.4 注意事项 .....127

5.5 罩壳与底座的密封 .....127

5.5.1 烙铁钎焊 .....127

5.5.2 接触凸焊 .....127

5.5.3 等离子焊 .....128

5.5.4 电子束、激光焊 .....128

5.6 真空焙烘、充气及工艺孔的封焊 .....128

5.6.1 真空焙烘 .....128

5.6.2 充气及工艺孔封焊 .....129

5.6.3 真空焙烘、充气及工艺孔封焊连续完成的综合工艺 .....130

5.7 净化生产技术 .....130

**第6章 继电器的调整与检验** .....131

6.1 继电器的装配要求 .....131

6.2 继电器的一般调整检验方法及程序 .....132

6.3 电磁继电器的调整与检验 .....132

6.3.1 电磁系统的调整检验 .....134

6.3.2 接触系统的调整检验 .....134

6.3.3 继电器的总装调整 .....135

6.3.4 继电器装配调整中常见的故障原因分析及排除方法 .....136

6.3.5 电磁继电器参数综合测试 .....136

6.4 极化与磁保持继电器的调整与检验 .....138

6.4.1 接触系统的调整检验 .....138

6.4.2 电磁系统的调整检验 .....139

6.4.3 总装配与调整 .....139

6.5 舌簧继电器的装配与调整 .....140

6.6 特种继电器的调整与检验 .....140

6.6.1 温度继电器的调整与检验 .....140

6.6.2 高频与同轴继电器的调整与检验 .....142

6.6.3 电子时间继电器的调整与检验 .....142

6.6.4 斩波器的调整与检验 .....143

6.6.5 塑料封装继电器的调整与检验 .....144

6.6.6 高压真空继电器的调整与测试 .....145

**第7章 电磁继电器的测试** .....146

7.1 测试 .....146

7.1.1 结构、物理要求 .....146

7.1.2 电气参数要求 .....146

7.1.3 环境适应性要求 .....147

7.1.4 工作能力要求 .....147

7.2 有可靠性指标的电磁继电器试验特点 .....147

7.2.1 验收规则 .....147

7.2.2 鉴定试验的特点 .....148

7.2.3 试验条件 .....149

7.2.4 寿命试验 .....149

7.2.5 筛选 .....150

7.2.6 附表 .....151

7.3 专用试验设备简介 .....151

7.3.1 寿命试验设备 .....151

7.3.2 触点抖动监测仪 .....154

**第15篇 安装式电表**

**第1章 磁电系电表的制造** .....157

1.1 磁电系电表的结构 .....157

1.2 转动机构的制造 .....157

1.2.1 动圈的绕制 .....157

1.2.2 轴座组的铆合 .....160

1.2.3 动圈组的胶合 .....161

1.2.4 动圈线端及游丝内端的焊接 .....163

1.2.5 无框架动圈的绕制 .....163

1.2.6 转动机构的检验 .....163

1.3 测量机构的组装 .....165

1.3.1 表心部分的组装 .....165

1.3.2 焊游丝外端 .....166

1.3.3 测量机构的老化处理及调整	166	4.1 动框的制造	194
1.3.4 磁路系统的准备及与游丝的 配合	167	4.1.1 动框材料的选用和坯料的 制备	194
1.4 总装配	169	4.1.2 动框的制造过程	194
1.5 磁电系电表的校试及 校试设备	169	4.2 标度盘的制造	197
1.5.1 校试线路及标准表的选择	169	4.2.1 标度盘坯料的准备	197
1.5.2 电表的校试	169	4.2.2 用小型胶辊印刷机印制标度	198
1.5.3 退磁及退磁线圈	170	4.3 电表表盖	199
<b>第2章 电表附件</b>	171	4.3.1 有机玻璃表盖的结构	199
2.1 热电变换器	171	4.3.2 双色塑料表盖的制造	200
2.1.1 变换器的分类	171	4.3.3 塑料表盖的防静电处理	200
2.1.2 真空变换器的制造	171	<b>第5章 几种特殊电表的制造</b>	202
2.1.3 真空变换器的测试	174	5.1 继电器电表	202
2.1.4 空气变换器的制造	176	5.1.1 光敏继电器电表	202
2.1.5 空气变换器的测试	178	5.1.2 光敏继电器电表的制造	202
2.2 外附定值分流器	178	5.1.3 继电器电表的性能及其 测试方法	204
2.2.1 分流器的制造	179	5.1.4 继电器电表的发展	204
2.2.2 锰铜合金的选用	180	5.2 音量表	205
<b>第3章 宝石轴承、轴尖和游丝 (张丝)的制造</b>	182	5.2.1 音量表的技术指标	205
3.1 宝石轴承	182	5.2.2 音量表的组成和性能的调试	206
3.1.1 宝石轴承的原材料	182	5.2.3 基本误差的调试	207
3.1.2 宝石轴承的制造	183	5.2.4 音量表性能的测试	207
3.1.3 宝石轴承的检验	187	5.3 张丝电表	208
3.2 轴尖	188	5.3.1 张丝电表的结构	208
3.2.1 轴尖材料的选用	188	5.3.2 张丝的选择	209
3.2.2 轴尖的制造	188	5.3.3 张丝簧片	209
3.2.3 轴尖的检验	190	5.3.4 张丝座	210
3.3 游丝和张丝	190	5.3.5 限制器	210
3.3.1 游丝和张丝材料的选用	190	5.3.6 张丝的焊接	210
3.3.2 游丝和张丝的制造	190	5.3.7 张丝电表的发展	212
3.3.3 游丝和张丝的测量	192	5.4 电子电表	214
<b>第4章 动框、标度盘及塑料表 盖的制造</b>	194	5.4.1 数字面板电表	214
		5.4.2 光带模拟面板电表	215
		参考文献	215

## 第16篇 电声器件

<b>第1章 电声器件的分类与换能 原理</b>	219	趋势	220
1.1 分类与换能原理	219	参考文献	221
1.2 生产技术特点与发展		<b>第2章 主要零部件的加工工艺</b>	222
		2.1 纸盆	222

2.1.1 浆料	222
2.1.2 纸盆制造工艺	224
2.1.3 复合纸盆	228
2.1.4 纸盆新工艺新材料	230
2.2 振膜	232
2.2.1 成型工艺	233
2.2.2 真空镀膜	234
2.2.3 压电薄膜极化工艺	238
2.2.4 振膜制造新工艺新技术	239
2.3 振动板(片)	239
2.3.1 蜂窝状振动板	240
2.3.2 发泡金属及泡沫塑料振膜	241
2.3.3 磁性振动片	241
2.4 音圈	243
2.4.1 音圈的绕制	243
2.4.2 音圈的引出、去漆和沾锡	244
2.5 薄膜驻极工艺	246
2.5.1 驻极材料的要求与选用	246
2.5.2 驻极前的准备工作	247
2.5.3 热驻极	247
2.5.4 电子束驻极	247
2.5.5 摩擦驻极	248
2.5.6 电晕驻极	248
2.5.7 光电驻极	249
2.6 碳粒的制造	250
2.6.1 煤制碳粒	250
2.6.2 聚合碳球	253
2.6.3 硒-碲合金粒	254
2.7 唱针与针臂成型工艺	256
2.7.1 宝石唱针的加工工艺	256
2.7.2 钻石唱针的加工工艺	257
2.7.3 唱针材料和加工工艺的新进展	259
2.7.4 针臂材料的选用	259
2.7.5 针臂加工工艺	259
2.8 号筒成型工艺	260
2.8.1 铝制号筒成型特点	260
2.8.2 撵形加工工艺	261
2.9 扬声器导磁芯板成型工艺	261
2.9.1 以冲代车的铆合工艺	262
2.9.2 锻球成型工艺	262

2.9.3 直接冷锻成型工艺	262
2.10 发泡塑料零件的加工工艺	263
2.10.1 毛坯加工	263
2.10.2 内孔和外形加工	263
2.10.3 加工后的处理	265
参考文献	265

### 第3章 广播用电声器件及其生产技术

3.1 传声器	266
3.1.1 基本结构与典型装配工艺流程	266
3.1.2 关键材料(元件)的要求与选用	270
3.1.3 加工工艺与装配技术	270
3.2 扬声器及其系统	272
3.2.1 扬声器单元的基本结构及其特点	272
3.2.2 扬声器系统的基本结构及其特点	278
3.2.3 生产技术与性能的关系	281
3.2.4 典型装配工艺流程	282
3.3 耳机	283
3.4 拾声器	286
3.4.1 拾声器的种类与特点	286
3.4.2 典型装配工艺流程	286
3.4.3 关键材料的选用	286
3.4.4 主要零部件的加工	289
参考文献	290

### 第4章 通信用电声器件及其生产技术

4.1 送话器	291
4.1.1 基本结构与简明装配工艺流程	291
4.1.2 关键材料的选用与零件加工	292
4.1.3 压差式抗噪声送话器	296
4.2 声力送受话器	297
4.2.1 典型装配工艺流程	297
4.2.2 振膜的制造	297
4.2.3 性能调整与质量保证	297
4.3 受话器	298

4.3.1 基本结构与简明装配工艺 流程 .....	298	6.11 振膜水电爆炸成形装置 .....	338
4.3.2 零件加工工艺与装配技术 .....	301	6.12 振动片模拟测试装置 .....	339
4.4 电声组合件 .....	304	6.13 扬声器纯音检测仪 .....	340
4.4.1 手持送受话器 .....	304	<b>第7章 测试技术</b> .....	342
4.4.2 通信帽 .....	307	7.1 几种零部件的性能测试 .....	342
4.4.3 通信耳机 .....	309	7.1.1 驻极体电荷的测量 .....	342
4.4.4 防护(隔声)耳罩(垫) .....	310	7.1.2 振动系统共振(谐振)频率的 测试 .....	344
参考文献 .....	313	7.1.3 扬声器纸浆弹性模量、损耗 因数的测量 .....	346
<b>第5章 调试技术与特种工艺</b> .....	314	7.1.4 磁通密度测量 .....	347
5.1 性能调试 .....	314	7.2 送话器碳粒的试验和测量 方法 .....	348
5.1.1 磁性平衡 .....	314	7.2.1 流动性测量 .....	348
5.1.2 间隙调整 .....	314	7.2.2 体积电阻测量 .....	348
5.1.3 阻尼调整 .....	315	7.2.3 体积电阻变化率测量 .....	349
5.1.4 碳粒室调整 .....	315	7.2.4 调幅度测量 .....	349
5.2 充退磁方法 .....	316	7.2.5 粒度分裂试验 .....	350
5.2.1 充磁 .....	316	7.2.6 吸湿率试验 .....	350
5.2.2 脉冲(间歇)充磁 .....	316	7.3 电容传声器电容量的 测量 .....	351
5.2.3 退磁 .....	317	7.4 拾声器的测量 .....	351
5.3 胶粘技术 .....	318	7.4.1 针压 .....	351
5.4 定位技术 .....	319	7.4.2 阻抗 .....	352
5.5 三防技术 .....	320	7.4.3 声道灵敏度 .....	352
5.5.1 防潮 .....	320	7.4.4 1kHz声道的不平衡度 .....	353
5.5.2 防霉 .....	321	7.4.5 频率特性 .....	353
5.5.3 防盐雾 .....	322	7.4.6 声道分离度(对立体声拾声器) .....	353
<b>第6章 专用设备与装置</b> .....	323	7.4.7 顺性 .....	354
6.1 音圈自动绕线机 .....	323	7.4.8 机械阻抗 .....	354
6.2 纸盆自动成形机 .....	324	7.4.9 绝缘电阻 .....	354
6.2.1 回转连续式全自动纸盆 成形机 .....	324	7.4.10 互调失真 .....	354
6.2.2 直线往复式全自动纸盆 成形机 .....	326	7.4.11 基准信号对交流声之比 .....	357
6.3 盆架多工位压力机 .....	327	7.4.12 基准信号对转盘噪声之比 .....	357
6.4 定位支片自动上胶机 .....	328	7.4.13 抗磁场干扰能力 .....	358
6.5 半自动瓣形机 .....	331	7.4.14 垂直循迹角 .....	358
6.6 半自动充磁机 .....	332	7.4.15 循迹能力 .....	360
6.7 退磁机 .....	333	7.4.16 附录 .....	361
6.8 半自动滚边机 .....	334	7.5 耳罩(垫)声衰减能力的 测量 .....	361
6.9 半自动压边机 .....	335	7.6 汉语清晰度试验方法 .....	361
6.10 扬声器椭圆形纸盆热压模 加工装置 .....	336		

7.7 主观试听与音质评价 .....362

7.7.1 试听室特性 .....362

7.7.2 试听人员的条件和数量 .....362

7.7.3 试听样品的放置 .....362

7.7.4 试听节目信号 .....363

7.7.5 试听程序 .....363

7.8 计算机在电声测量中的应用 .....364

7.8.1 用计算机测量扬声器的电

声性能 .....364

7.8.2 扬声器物理参数的计算机  
测量 .....365

7.9 测试新技术及动向 .....367

7.9.1 扬声器的互调失真和差频  
失真 .....367

7.9.2 扬声器的瞬态响应测量 .....368

参考文献 .....369

## 第17篇 电子线缆

### 第1章 产品结构和工艺简介 .....373

1.1 电子工业常用线缆的  
类别 .....373

1.1.1 射频电缆 .....373

1.1.2 安装电缆 .....373

1.1.3 裸线 .....374

1.2 电子线缆典型工艺流程 .....375

### 第2章 材料 .....376

2.1 导体材料 .....376

2.2 镀层材料 .....377

2.3 绝缘层和护套材料 .....377

2.3.1 聚氯乙烯混合物 .....377

2.3.2 聚烯烃 .....377

2.3.3 含氟塑料 .....379

2.3.4 聚酰胺塑料 .....379

2.3.5 其他材料 .....380

参考文献 .....381

### 第3章 导体加工工艺 .....382

3.1 线状导体 .....382

3.1.1 圆铜单线 .....382

3.1.2 绞线 .....382

3.1.3 束线 .....384

3.1.4 “金皮线” .....385

3.2 管状导体 .....385

3.2.1 编织套管 .....385

3.2.2 光壁圆管 .....387

3.2.3 皱纹焊接圆管 .....388

3.2.4 铜膜导体 .....391

3.3 镀锡引线 .....392

3.3.1 热浸镀工艺 .....392

3.3.2 电镀工艺 .....393

3.4 镀银工艺 .....394

参考文献 .....394

### 第4章 聚合物加工和电缆成型 .....395

4.1 挤压生产线 .....395

4.1.1 放线部分 .....395

4.1.2 螺杆挤压机 .....396

4.1.3 冷却水槽 .....400

4.1.4 收线部分 .....401

4.2 挤压生产线上产品质量  
的在线控制 .....401

4.2.1 对密实绝缘或护套的监控 .....401

4.2.2 对泡沫聚乙烯绝缘质量的  
监控 .....403

4.3 聚乙烯的辐射交联 .....405

4.4 半空气和空气绝缘的  
加工 .....406

4.4.1 半空气绝缘 .....406

4.4.2 空气绝缘 .....407

4.5 绕包 .....408

4.6 聚四氟乙烯的加工 .....409

4.6.1 薄膜绕包法 .....409

4.6.2 连续成型法 .....409

4.6.3 糊式推挤法 .....410

4.7 聚氯乙烯绝缘带状电缆  
的成型 .....412

4.7.1 粘结法 .....412

4.7.2 热合法 .....413

4.7.3 挤压薄膜连续热合法 .....413

4.7.4 挤压法 .....414

4.8 弹簧软绳的成型 .....414

4.9 标志 .....414

参考文献 .....418

**第5章 产品检验** .....419

5.1 可焊性检验 .....419

5.2 阻燃性检验 .....420

5.3 射频同轴电缆电性能的  
自动化测试 .....421

5.4 相位稳定性试验 .....423

5.5 椭圆波导的检验 .....424

参考文献 .....425

**第6章 电子线缆工艺展望** .....426

6.1 制备导体和屏蔽层工艺  
的发展 .....426

6.2 制备绝缘层工艺的发展 .....426

6.2.1 螺杆的计算机辅助设计 .....426

6.2.2 塑料挤压机排胶压力的  
均化 .....427

6.2.3 共挤技术 .....427

6.2.4 泡沫绝缘新工艺 .....427

参考文献 .....428

**第18篇 光纤和光缆**

**第1章 概论** .....431

1.1 光纤通信的特点和应用 .....431

1.2 光纤的结构和分类 .....432

1.3 光纤的传输特性 .....433

1.3.1 光纤损耗 .....433

1.3.2 光纤带宽 .....434

1.4 光纤和光缆制造工艺  
流程 .....435

参考文献 .....435

**第2章 光纤预制件制造工艺** .....436

2.1 MCVD法制造光纤预  
制件 .....436

2.1.1 MCVD制造工艺 .....438

2.1.2 材料及设备 .....446

2.1.3 工艺卫生、环境保护及  
安全 .....449

2.1.4 MCVD工艺的进展 .....451

2.2 其它方法制造光纤预  
制件 .....451

2.2.1 PCVD法 .....451

2.2.2 VAD法 .....452

2.2.3 OVD法 .....453

参考文献 .....454

**第3章 光纤拉制和被覆工艺** .....455

3.1 光纤的拉制工艺和设备 .....455

3.1.1 光纤拉制工艺 .....455

3.1.2 光纤拉制设备 .....457

3.1.3 管-棒法拉丝 .....458

3.2 一次涂覆工艺和设备 .....459

3.2.1 涂覆的作用 .....459

3.2.2 涂覆的要求 .....459

3.2.3 一次涂覆的材料和设备 .....460

3.2.4 塑料包层光纤 .....463

3.3 二次被覆工艺及设备 .....464

3.3.1 二次被覆的目的和要求 .....464

3.3.2 二次被覆结构 .....464

3.3.3 二次被覆材料 .....465

3.3.4 二次被覆工艺 .....465

3.3.5 二次被覆设备 .....466

参考文献 .....467

**第4章 成缆工艺** .....468

4.1 成缆要求 .....468

4.1.1 保证光纤的安全 .....468

4.1.2 保持优良的传输性能 .....468

4.2 光缆的强度元件 .....468

4.3 光缆的结构 .....469

4.3.1 紧结构光缆 .....469

4.3.2 松结构光缆 .....469

4.3.3 带状结构光缆 .....470

4.4 光缆的成缆工艺 .....470

4.4.1 绞合型光缆的成缆工艺 .....470

4.4.2 骨架型光缆的成缆工艺 .....470

4.4.3 单芯软光缆成缆工艺 .....471

4.5 光缆护层 .....472



4.5.1 塑料护层	472	5.3.3 折射率分布	482
4.5.2 聚乙烯-铝综合护层	472	5.3.4 数值孔径	483
4.5.3 钢带铠装	472	5.3.5 单模光纤的特有性能	484
4.5.4 海底光缆的护层和铠装层	472	5.4 光纤机械性能试验	489
4.6 光缆成缆设备	473	5.4.1 筛选	489
参考文献	474	5.4.2 抗张	490
<b>第5章 光纤和光缆的性能检测</b>	<b>475</b>	5.4.3 完好性(内部缺陷)	490
5.1 预制件检测	475	5.5 光缆机械性能试验	490
5.1.1 定性检验	475	5.5.1 抗张	490
5.1.2 定量检测	476	5.5.2 冲击	490
5.2 光纤尺寸测量	476	5.5.3 弯曲	491
5.2.1 横截面几何参数	476	5.5.4 挠曲性	492
5.2.2 长度	476	5.5.5 扭转	492
5.3 光纤传输特性和光学性能测试	477	5.5.6 抗压	492
5.3.1 衰减	477	5.6 光纤和光缆温度特性试验	493
5.3.2 色散	479	参考文献	493

## 第19篇 微特电机

<b>第1章 微特电机的结构特征和生产技术特点</b>	<b>497</b>	技术要求	519
1.1 结构特征	497	2.4.2 永磁材料	521
1.2 生产技术特点	502	2.4.3 永磁铁心的加工	521
<b>第2章 铁心制造</b>	<b>504</b>	2.4.4 永磁铁心制造的发展趋势	522
2.1 软磁铁心片制造	504	2.5 磁滞材料铁心制造	523
2.1.1 软磁铁心片材料及技术要求	504	2.5.1 磁滞材料	523
2.1.2 冲片结构与技术要求	505	2.5.2 磁滞铁心结构	523
2.1.3 冲片制造工艺	506	2.5.3 磁滞材料冲片制造工艺	525
2.1.4 冲片的高效生产工艺	509	2.5.4 磁滞铁心制造	525
2.1.5 模具设计与制造特点	509	2.5.5 发展趋势	526
2.2 冲片处理	510	<b>第3章 绕组制造</b>	<b>527</b>
2.2.1 冲片的热处理	510	3.1 微特电机绕组制造的特点	527
2.2.2 冲片的绝缘处理	512	3.2 绕组类型	527
2.3 铁心叠压	515	3.3 绕线和嵌线	528
2.3.1 铁心结构及技术要求	515	3.3.1 常用电磁线和安装线	528
2.3.2 铁心制造工艺	517	3.3.2 绕线	530
2.3.3 铁心质量控制要点	518	3.3.3 嵌线	531
2.3.4 铁心的高效生产工艺	519	3.3.4 绕组制造的主要设备	532
2.4 永磁铁心制造	519	3.3.5 绕组的焊接	533
2.4.1 永磁电机的铁心结构及其		3.4 无槽电枢绕组的制造	535
		3.4.1 结构特征	535