



高职高专“十一五”规划教材

江苏省高等学校立项精品教材

印制电路技术

金 鸿 陈 森 主编

王钧铭 主审

Y
INZHI DIANLU
JISHU



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

江苏省高等学校立项精品教材

印制电路技术

金 鸿 陈 森 主编

王钧铭 主审

YINZHI DIANLU
JISHU



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书阐述了印制电路技术的基本概念、基本原理和基本工艺,以及最新的印制板制造工艺和技术,涵盖了各类印制板制造所必须掌握的基础知识和实际知识,达到了科学性、先进性、新颖性和实用性的统一。本书内容详实,深入浅出,充分体现高职特色,从内容到形式都有所突破和创新。

本书可以作为电子信息类、电子信息科学类、电气自动化类等专业的专业课教材,还可以作为印制电路制造类企业从业人员的培训教材,以及印制电路制造业原辅材料和设备营销人员的自学读本。

图书在版编目(CIP)数据

印制电路技术/金鸿,陈森主编. —北京:化学工业出版社, 2009.5
高职高专“十一五”规划教材 江苏省高等学校立项精品教材
ISBN 978-7-122-05259-9

I. 印… II. ①金…②陈… III. 印刷电路-集成电路工
艺-高等学校:技术学院-教材 IV. TN41

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第052966号

责任编辑:旷英姿 廉 静

文字编辑:咎景岩

责任校对:陶燕华

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张20¼ 字数499千字 2009年7月北京第1版第1次印刷

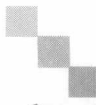
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00元

版权所有 违者必究



前言

本书是作为江苏省教育厅重点建设精品教材立项编写的。编者在南京信息职业技术学院讲授《印制电路技术》课程多年，2004年编写出版过《印制电路技术》。本教材是在原《印制电路技术》的基础上，结合编者多年的教学积累，参考国内外最新的有关印制电路制造技术的资料编写而成的。

本书阐述了印制电路技术的基本概念、基本原理和基本工艺，以及最新的印制板制造工艺和技术。涵盖了各类印制板制造所必须掌握的基础知识和实际知识，力图体现科学性、先进性、新颖性和实用性的统一。

本书可以作为电子信息类、电子信息科学类、电气自动化类等专业的专业课教材。除此以外，还可以作为印制电路制造类企业从业人员的培训教材，以及印制电路制造业原辅材料和设备营销人员的自学读本。

全书共分十四章，由金鸿、陈森主编，第一章、第十章和第十一章由龚永林编写，第二章、第八章和第十三章由赵玮编写，第三章、第六章和第九章由金鸿编写，第四章、第七章和第十四章由陈森编写，第五章和第十二章由陆群编写。金鸿负责全书的统稿，王钧铭主审。

本书内容详实，深入浅出，理论以必需与够用为度，以适应高职高专教学改革的需要，充分体现高职特色，努力从内容到形式都有所突破和创新。

编者特别感谢中国印制电路行业协会副秘书长龚永林高级工程师直接参加了本书的编写。还要感谢南京电子工程研究所张宏庆厂长、南京依利安达电子有限公司刘洪副总经理等对本书编写所提供的帮助。揖斐电电子（北京）有限公司进行员工培训，多次把《印制电路技术》作为培训的核心教材。本教材部分内容的取舍也得到了揖斐电电子（北京）有限公司工程技术人员的帮助，在此一并表示感谢。在编写过程中，还得到王玫、苗向阳、徐随春、周志近等老师的大力支持，在此也表示谢意。

由于编者水平所限，加上时间紧迫，书中难免有不当之处，希望广大读者批评指正。

编者

2009年1月

目录

第一章 印制电路概论

1

第一节 印制电路基本概念	1
一、印制电路的定义	1
二、印制电路板的用途与地位	1
三、印制电路板的种类与结构	4
第二节 印制电路发展	10
一、印制电路发展历史	10
二、中国的印制电路发展史	12
三、印制电路发展趋势	14
第三节 印制电路技术概要	15
一、电子设备设计与制造概要	15
二、印制电路板应用材料	16
三、印制电路板制造工艺	18
四、印制电路板装配技术	25
第四节 印制电路板生产流程	29
一、单面印制板生产流程	29
二、双面印制板生产流程	29
三、多层印制板生产流程	30
四、其他印制板生产流程	31
本章小结	33
思考与习题	33

第二章 印制板用基板材料

35

第一节 概述	35
一、作用	35
二、发展历史	35
三、分类与标准	36
第二节 覆铜箔层压板的主要原材料	38
一、铜箔	38
二、浸渍绝缘纸	39
三、玻璃纤维布	40
四、高分子树脂	41
第三节 纸基覆铜板	41

一、概述	41
二、酚醛纸基覆铜板的性能	42
第四节 环氧玻纤布覆铜板	43
一、概述	43
二、环氧玻纤布覆铜板技术新动向	43
三、半固化片的生产及品质控制	44
第五节 复合基覆铜板	46
一、CEM-1 覆铜板	46
二、CEM-3 覆铜板	47
第六节 几种高性能基板材料	48
一、低介电常数基板材料	48
二、高玻璃化温度 (T_g) 基板材料	49
三、BT 树脂基板材料	49
四、无卤基板材料	50
本章小结	50
思考与习题	50

第三章 印制电路工程设计与制版 52

第一节 印制板设计因素	53
一、印制电路的设计目标	53
二、印制板类型选择	54
三、印制板基材选择	55
四、表面涂饰的选择	55
第二节 印制电路结构设计	55
一、印制板的形状	55
二、印制板的尺寸	56
三、印制板的厚度	57
第三节 印制电路电气设计	57
一、印制电路的布局	57
二、印制电路的布线	62
第四节 光绘与制版工艺	65
一、制作照相底图	65
二、光绘数据格式	67
三、制版工艺	78
本章小结	82
思考与习题	82

第四章 印制电路机械加工 85

第一节 概述	85
一、印制电路机械加工的特点	85
二、印制板机械加工的分类	85

三、印制板孔加工的方法及特点	86
四、印制板外形加工的方法及特点	87
第二节 数控钻	88
一、数控钻床	88
二、钻头	88
三、上下垫板	91
四、钻孔工艺参数	93
五、印制板钻孔的质量缺陷分析	95
第三节 数控铣	96
一、数控铣的定位	97
二、定位销	98
三、铣削技术	99
四、铣刀	100
第四节 激光钻孔	101
一、概述	101
二、激光成孔的不同工艺方法	103
三、激光加工流程	104
四、激光钻孔常见质量缺陷及解决方法	105
本章小结	105
思考与习题	105

第五章 印制电路化学工艺 107

第一节 化学镀铜	107
一、概述	107
二、孔金属化的基本流程	107
三、前处理流程	107
四、化学沉铜流程	108
第二节 直接电镀	111
一、化学镀铜的现状	111
二、直接电镀的基本原理	111
三、直接电镀的特点	112
第三节 电镀铜	113
一、概述	113
二、镀层的要求	113
三、镀铜液的选择	113
四、光亮酸性硫酸盐镀铜	114
五、印制板镀铜的工艺过程	116
第四节 电镀锡	117
一、概述	117
二、镀锡液的选择	117
三、电镀锡工艺	117

四、印制板电镀锡合金工艺	118
第五节 电镀镍金	118
一、概述	118
二、电镀镍金液的选择	119
三、低氯化物硫酸盐镀镍工艺	119
四、低氰化物镀金液	121
五、印制板电镀镍金工艺	122
第六节 蚀刻工艺	122
一、概述	122
二、蚀刻的基本概念	123
三、酸性氯化铜蚀刻	124
四、碱性氯化铜蚀刻	125
五、蚀刻质量的控制	127
本章小结	128
思考与习题	128

第六章 印制电路光致成像工艺 130

第一节 光致抗蚀干膜及光致成像	130
一、概论	130
二、光致成像	132
三、贴膜常见故障及对策	136
四、湿法贴膜工艺	136
第二节 液体光致抗蚀剂	137
一、特点	137
二、普通液体光致抗蚀剂	138
三、内层辊涂工艺	139
四、电沉积液体光致抗蚀剂	141
第三节 激光直接成像工艺	142
一、接触成像工艺	142
二、激光直接成像	143
本章小结	146
思考与习题	146

第七章 丝网印刷工艺 148

第一节 丝网准备	148
一、丝网的一般知识	148
二、网框准备	152
三、绷网	154
第二节 感光制版	155
一、直接法	155
二、间接法	156

三、直间接法	157
第三节 印料	159
一、抗蚀印料	159
二、字符印料	161
三、导电印料	162
四、印料性能	162
五、印料的使用	162
第四节 丝网印刷工艺	163
一、准备工作	163
二、丝网印刷操作工艺	164
本章小结	165
思考与习题	165

第八章 印制电路可焊性处理 167

第一节 热风整平	168
一、热风整平工艺	168
二、热风整平的特点	170
三、热风整平常见故障及解决办法	171
四、水平式热风整平	171
第二节 有机可焊性保护剂	172
一、工艺过程	172
二、OSP 组成和影响因素	172
三、OSP 膜的优点	174
四、质量检测	174
第三节 化学镀镍金	175
一、概述	175
二、化学镀镍金工艺流程	175
三、化学镀镍金工艺简介	175
第四节 化学镀钯	178
一、化学镀钯的提出	178
二、化学镀钯层特性	179
本章小结	180
思考与习题	180

第九章 多层印制板制造技术 182

第一节 概述	182
一、定义	182
二、制造工艺	183
第二节 多层印制板材料	184
一、半固化片	184
二、多层板制造用铜箔	187

第三节 多层印制板层压技术	188
一、前定位系统层压工艺技术	188
二、后定位系统层压工艺技术	195
三、层压过程的工艺品质控制简介	199
第四节 去环氧钻污	201
一、孔壁环氧树脂钻污的成因	201
二、避免环氧钻污产生的方法	202
三、孔壁去环氧钻污及凹蚀处理	203
本章小结	207
思考与习题	207

第十章 挠性印制板制造技术

209

第一节 挠性印制电路概论	209
一、挠性印制板定义与特点	209
二、挠性印制板结构与种类	210
三、挠性印制板发展与应用	212
第二节 挠性印制电路板用材料	214
一、构成挠性印制板的主要材料	214
二、挠性薄膜基材	214
三、挠性覆金属箔层压板	216
四、挠性电路覆盖层	219
五、其他材料	220
第三节 挠性印制板制造工艺	221
一、挠性印制板制造特点	221
二、挠性单面印制板制造工艺	222
三、两面通路挠性单面印制板制造工艺	224
四、挠性双面印制板制造工艺	225
五、挠性多层印制板制造工艺	227
第四节 刚挠结合印制板制造工艺	229
一、刚挠结合印制板特点	229
二、刚挠结合印制板制造工艺	230
第五节 挠性印制板设计特点与性能要求	233
一、挠性印制板设计特点	233
二、挠性印制板相关标准	237
三、挠性印制板主要性能要求	240
本章小结	246
思考与习题	246

第十一章 高密度互连印制板制造技术

248

第一节 高密度互连印制板概要	248
一、高密度互连的由来	248

二、高密度互连印制板概述	249
第二节 高密度互连印制板结构	250
一、HDI 板基本结构	250
二、HDI 板导通孔结构	250
三、HDI 板的分类与命名	251
四、HDI 板的结构尺寸	252
第三节 高密度互连印制板制造工艺	254
一、典型的 HDI 板制造技术	254
二、主要工艺过程说明	260
第四节 高密度互连印制板用主要材料	264
一、HDI 板用主要材料类型	264
二、光敏性绝缘介质	265
三、非光敏性绝缘介质	265
四、绝缘体与导体复合材料	266
五、导体材料	268
第五节 高密度互连印制板标准与性能要求	268
一、HDI 板标准	268
二、主要标准的要点	270
本章小结	272
思考与习题	272

第十二章 电路板生产污染物的处理技术 274

第一节 印制电路板生产中的污染物	274
第二节 电路板生产污染物的处理技术	275
一、化学沉淀法的基本原理	275
二、印制电路板生产废液的回收技术	277
三、单面印制板生产废水处理工艺	279
四、双面印制板(含多层印制板)生产废水处理工艺	281
五、废气和泥渣处理	282
本章小结	283
思考与习题	283

第十三章 印制电路板验收标准与检测 284

第一节 印制电路板验收标准	284
一、概述	284
二、印制板验收条件	285
三、清洁测试措施	294
第二节 印制电路板产品检测	294
一、概述	294
二、金相剖切检测	295
三、电气检测	295

四、自动光学检测	297
本章小结	300
思考与习题	300

第十四章 印制电路制造实训 301

第一节 板材准备	301
一、目的	301
二、设备	301
三、工具和材料	301
四、工艺过程	301
五、操作注意事项	302
六、自检	302
第二节 数控钻铣实训	302
一、目的	302
二、设备	303
三、工具和材料	303
四、实训工艺	303
第三节 丝网印刷实训	304
一、目的	304
二、设备	304
三、工具和材料	304
四、实训工艺	305
第四节 曝光显影蚀刻实训	308
一、目的	308
二、设备	308
三、工具和材料	308
四、实训工艺	308
第五节 化学沉铜电镀铜实训	309
一、目的	309
二、设备	309
三、工具和材料	309
四、实训工艺	310
五、安全	311
本章小结	311

参考文献 312

第一章

印制电路概论

第一节

印制电路基本概念

一、印制电路的定义

印制电路 (Printed Circuit): 在绝缘基材上, 按预定设计形成印制元件、印制线路或两者结合的导电图形。

印制线路 (Printed Wiring): 在绝缘基材上, 按预定设计形成从点到点间连接但没有印制元件的导电图形。

印制电路板 (Printed Circuit Board, PCB): 在绝缘基材上, 按预定设计形成从点到点间连接导线及印制元件的印制板。

印制线路板 (Printed Wiring Board, PWB): 在绝缘基材上, 按预定设计形成从点到点间连接导线但没有印制元件的印制板。

印制板 (Printed Board, PB): 完全加工好的印制电路板和印制线路板的通称。包括刚性、挠性和刚挠结合基材的单面、双面和多层板。

印制 (Printing): 用任一种方法在表面上复制图形的工艺。

注意, 在行业内常用印制电路板 (PCB) 或印制板的称谓, 包括了各类印制板产品。通常对印制电路板与印制线路板没有严格的区分。在早期常用“印刷电路板”这一称谓, 而印制板图形形成并非只有印刷方法, 故称“印制”更确切。

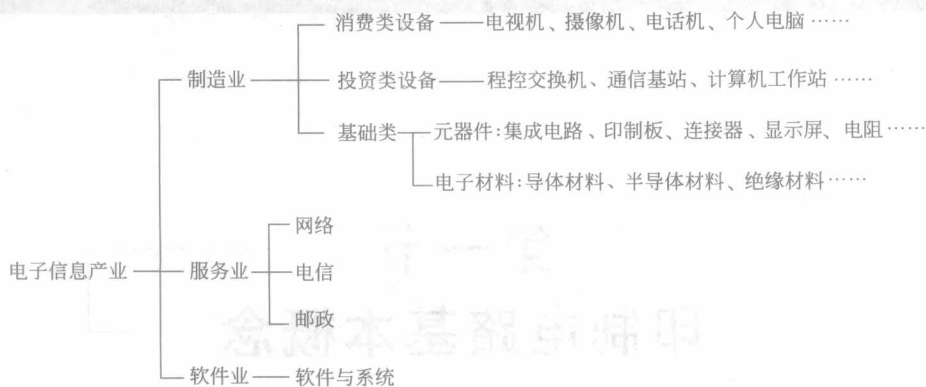
二、印制电路板的用途与地位

1. 印制板在电子信息产业中的地位

印制板是现代电子设备中必不可少的配件。凡是电子设备, 无论是大型计算机或个人电脑, 通信基站或手机, 侦察卫星或手提摄像机, 航天飞船或陆上汽车, 家用电器或电子玩具, 均用到印制板。

印制板的构成主要是绝缘基材与导体两类材料，在电子设备中起到支撑、互连和部分电路元件的作用。集成电路与电阻、电容等电子元件作为单个个体是无法发挥作用的，只有在印制板上有了立足之地并由导线将其连通，在这个整体中才能发挥其功能。印制板是支撑元器件的骨架，连通电信号的管道。另外，有的印制板中附有电阻、电容、电感，以及集成电路等，成为功能性电路。

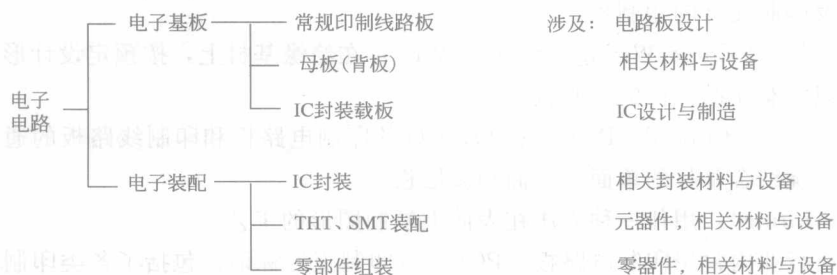
目前按照电子信息产业划分，印制板属元器件大类产品之一，系统结构区分如下：



印制电路的发展已有半个多世纪，印制板是电子设备中的元件之一，在电子工业中从一个不显眼的“小配角”已成为一项不可缺少的基础产业。在电子元器件产品中印制板产值仅次于半导体集成电路产业和显示器件（显示屏、显像管）产业，而列第三位。

随着印制板用途扩大，重要性提升，并与其上下产业间紧密结合，其产业结构也在扩展变化。国际上称为“电子电路产业”（Electronic Circuits Industry），并且建立了世界性的同行业联合组织：世界电子电路协会（WECC）。中国的行业组织为：中国印制电路行业协会（CPCA），是 WECC 成员。

电子电路产业的关系如下：



完整的电子电路企业称为电子制造服务（Electronic Manufacturing Service, EMS），其含义是：为品牌电子设备制造商代办元器件购置、电路基板供应、电子电路装配，以及提供仓库物流管理、品质控制和对顾客的技术服务等一系列服务的企业。印制板制造是电子电路产业的一部分，与设计、装配及相关的材料和设备业一起构成电子电路产业。

2. 印制板特点与用途

无论从技术性还是经济性，印制板都为电子设备带来了好处。在电子互连装配中，印制板有下列优点：

- ① 印制板能确保产品一致性，减少接线差错，提高安装质量和产品可靠性；

- ② 适合于大批量生产和实现安装自动化，即自动插件与自动贴片，提高整机装配效率；
- ③ 在印制板上安装元器件操作容易，减少接线时间，检测、维修方便，降低劳动强度和劳动力成本；
- ④ 缩小产品体积，符合小型化、轻量化发展要求；
- ⑤ 适于计算机自动化设计，有利于电气性能控制。

电子装配的层次如图 1-1 和图 1-2。在 1 级与 1.5 级装配用到 IC 封装基板，2 级装配用到常规印制板，3 级装配用到母板（背板）。

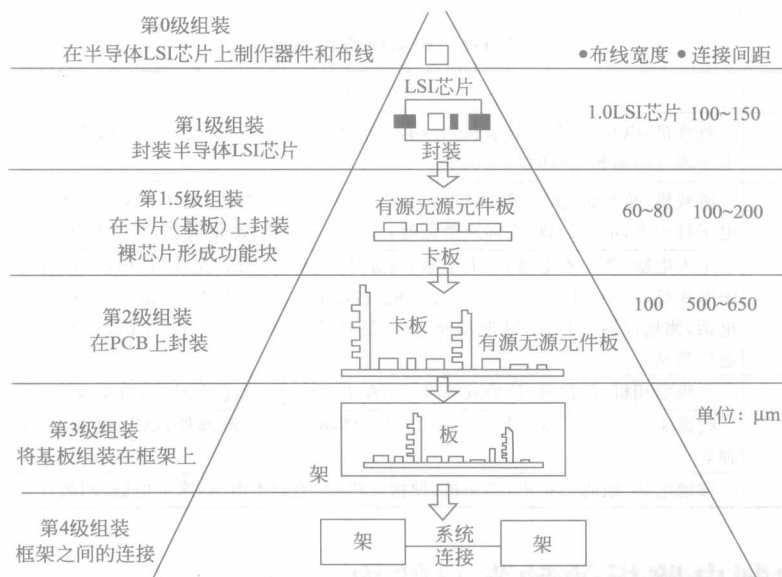


图 1-1 电子整机与系统的组装层次结构

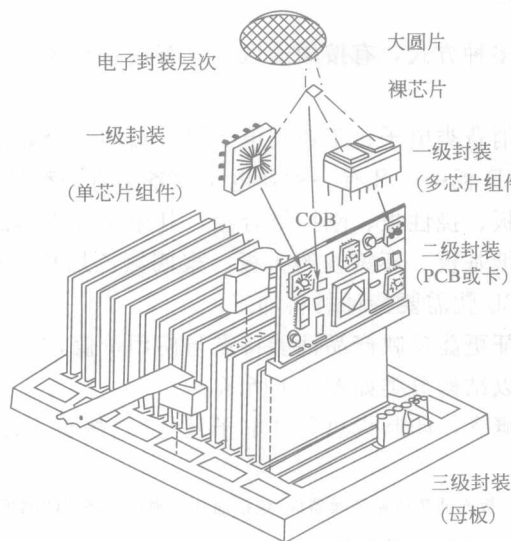


图 1-2 微电子装配的三个层次示意图

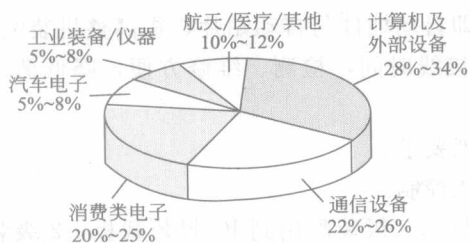


图 1-3 印制电路板应用领域

印制电路应用领域不断扩大。经约 60 年的应用与发展,印制电路可谓长盛不衰,新技术、新品种层出不穷,更加兴盛。究其原因是印制电路应用领域不断扩大,在目前任何电子设备都用到印制板。印制板在各电子设备领域的应用大致比例如图 1-3,印制板应用举例如表 1-1。

表 1-1 印制板应用举例

印制板类型	应用电子设备
单面印制板	收音机,电视机,盒式收录机,音响,电视调谐器,电话机,电子玩具,节能灯,电动剃须刀,复印机,电子现金出纳机,打印机,耳机等
双面印制板	游戏机,传真机,摄像机,遥控开关,手表,专用小交换机,电子计算器,自动取款机,自动售货机,电子日记本,电子词典,立体声受话器,立体声收音机,测量仪器,存储卡,IC 卡片等
多层印制板	个人电脑,笔记本电脑,掌上电脑,商务计算机,工作站,交换机,PDA,语言处理机,传真机,高清晰电视机,汽车导向仪,复印机,传真机,自动取款机,音乐器材,游戏机,移动电话,IC 模块板,无绳电话,测量仪器,CD-ROM 驱动器,电子翻译机,记事本,数码照相机,LCD 组件,可视无线电设备,通信基站
挠性印制板	数码照相机,摄像机,便携式终端,PDA,LCD 组件,磁盘驱动器,汽车仪表,医疗仪器等
刚挠结合板	硬盘驱动器,笔记本电脑,CCD 照相机,移动电话,电池部件,LCD 组件,卡式存储器,航天器,导弹等
积层印制板	移动电话,数码照相机,摄像机,便携式终端,笔记本电脑,掌上电脑,超级计算机等

三、印制电路板的种类与结构

(一) 印制板的分类

印制板种类的划分有多种方式,有按用途区分,有按材料区分,有按结构区分等,大致如下。

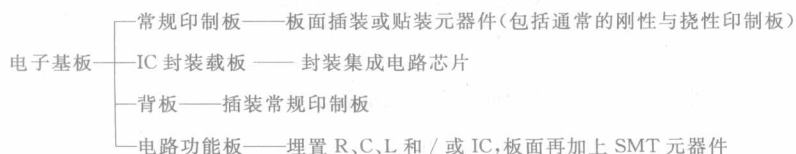
按用途区分,大类有消费类电子、工业类电子等。具体细分如电视机板、计算机板、手机板、程控交换机板、DVD 板……凡有一种新电子设备必有一种新 PCB 产生。

按结构区分,如刚性板、挠性板、刚挠结合板,其中又分为单面板、双面板和多层板。

按材料区分,如酚醛纸基板、环氧玻璃布板、聚四氟乙烯板、聚酰亚胺板、陶瓷基板、金属基板……一些特种 PCB 就需要特种材料加工。

印制板产品的结构特征更能反映产品性能特点与使用价值,因此在行业中大多数按结构区分印制板种类。印制板以结构分类如图 1-4 所示。

若按“电子电路”的概念,印制板总称“电子基板”。按板子在装配中的作用与所处地位区分如下:



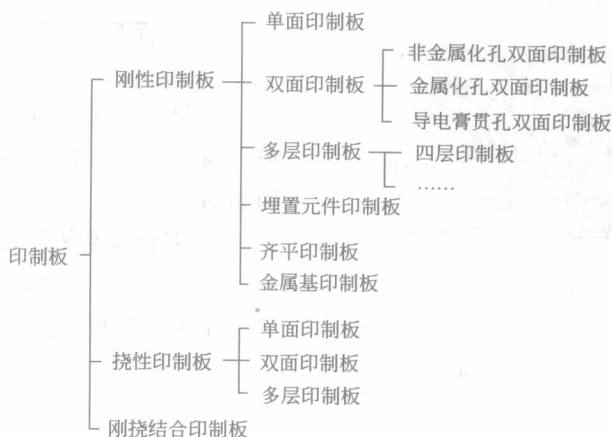


图 1-4 印制板以结构分类

目前以结构区分为主流，21 世纪初，不同结构的各类印制板所占生产金额的比例如图 1-5 所示。

当前新的印制板产品称为积层多层板 (BUM) 或高密度互连 (HDI) 印制板。

BUM (Build Up Multilayer) 是指为采用积层法 (Build Up Process) 生产工艺制成的多层板。积层法技术又有多种，而从产品结构来看仍是多层板。

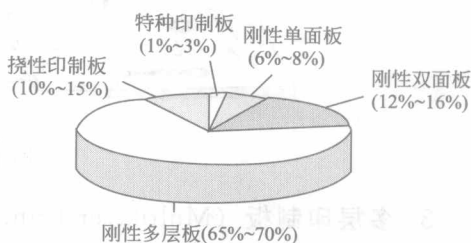


图 1-5 世界各类印制板年产值比例

HDI (High Density Interconnection) 板是指印制板采取高密度互连，通常指线宽/线距 0.1mm 以下，有微导通孔 (Micro-Via) 层间连接的多层板。而 HDI 板生产大多数是采用积层法工艺，因此可以说 BUM 也就是 HDI 多层板。BUM 是突出制造工艺，而 HDI 是突出产品结构，切莫以为这是两种完全不同的印制板。HDI 板有用于 2 级装配的常规印制板 (如手机板、数字式摄录机板)，又有用于 1 级装配的 IC 封装载板 (如 BGA 和 CSP 类封装用的 IC 载板)。

IC 载板因封装形式类型不同而有不同种类。目前大量用到 PCB 为载板的封装方式，主要是带式载体封装 (TCP) 载带和针栅阵列封装 (PGA)、球栅阵列封装 (BGA)、芯片尺寸封装 (CSP)、多芯片模块 (MCM) 等的载板。IC 载板也可按载板基材分类，有金属箔载带、挠性有机载板、刚性有机载板和陶瓷载板等。

印制板制造完成就具有部分电路功能，称为“电路功能板”或“电路集成板”。这是把电子元件埋置在内层，或在表面印制电子元件的印制板。

(二) 各种印制板的结构

无论何种印制板，其基本结构有三方面：绝缘层 (基材)、导体层 (电路图形)、保护层 (阻焊图形或覆盖膜)。只是印制板的层数不同而有不同层数的绝缘层和导体层，而保护层覆盖于板子表面。