

〔美〕小克莱德F.库姆斯 主编

YINZHI DIANLU  
SHOUCE

# 印制电路手册

冯昌鑫 王厚邦 张继山 等译  
姚守仁 张秀岐 校

国防工业出版社

73-75-2  
111

# 印制电路手册

[美]小克莱德 F. 库姆斯 主编  
冯昌鑫 王厚邦 张继山 等译  
姚守仁 张秀岐 校

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本手册是由美国加利福尼亚州的休利特-帕卡德公司计算机部门制造经理小克莱德 F. 库姆斯主编, 由 18 位专家执笔撰写, 共有七篇二十五章。第一篇介绍印制电路设计、布线、基板材料和电路元件等共四章。第二篇介绍工程技术, 包括层压板机械加工、图形转印、电镀、蚀刻和污染控制共五章。第三篇为装配篇, 有手工装配、自动装配、表面覆形涂层和修复共四章。第四篇为锡焊篇, 介绍锡焊设计、焊料和工艺、清洗和质量控制等共四章。第五篇介绍印制板质量保证的程序和方法、成品验收共两章。第六篇介绍多层印制板, 共有四章, 包括多层印制电路设计与布线、多层电路材料、多层电路制造、层压。第七篇介绍挠性印制线路, 有挠性印制线路设计、布线和挠性印制线路材料两章。最后附有术语汇编。全书共有插图 595 幅。

本手册是介绍各种印制电路设计、制造、质量保证和印制电路部件锡焊和装配的实用工具书。可供印制电路的设计、制造和检测人员、电子设备的设计、焊接及装配人员查阅, 也可供大专院校有关专业的师生参考。

Printed Circuits Handbook  
Clyde F. Coombs, Jr.  
McGraw-Hill Book Company  
1979

### 印 制 电 路 手 册

[美]小克莱德 F. 库姆斯 主编  
冯昌鑫 王厚邦 张继山 等译  
姚守仁 张秀歧 校

国防工业出版社 出版发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

北京卫顺排版厂排版 新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张 38<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 908 千字

1989 年 1 月 第一版 1989 年 1 月 第一次印刷 印数: 0,001—3,080 册

ISBN 7-118-00269-0/TN52 定价: 19.70 元

## 译者的话

印制电路技术是电子工业产品的重要制造工艺技术之一。现代电子工业建立在集成电路技术发展的基础上。然而集成电路的电气互连和装配普遍需用印制电路板。现今凡有集成电路组装成的电子产品，不论收音机、录音机、电视机、电子玩具、通讯机、控制仪、电子计算机，甚至人造卫星、洲际导弹的数据处理、通讯系统设备上都缺少不了印制电路板。随着电子设备进一步集成化、微型化，特别是大规模、超大规模集成电路的迅速发展，印制电路板也要与之相适应，向高密度、高精度、多层和高可靠性方向发展。这就迫使科研工作者不断研制出有关的新型材料，开发先进的生产技术，制造出先进的生产设备和检测仪器。根据我国电子技术迅速发展的需要，我们对 CLYDE F. COOMBS, Jr 主编的《Printed Circuits Handbook》1979 年第二版进行了翻译。希望本手册的翻译出版能对我国的印制电路技术起一定的促进作用。

此手册不仅介绍了印制电路的设计、制造、装配、焊接、质量保证等方面的基本知识和实践经验，也列出了许多有参考价值的数据图表，还介绍了生产中各种常见的问题及解决办法。是一本内容丰富，切合实际，很有参考价值的工具书。

本手册的第一、四、九、十四、十八到二十二章和术语汇编由冯昌鑫翻译，第二、八、十二、十六、二十三到二十五章由王厚邦翻译，第三、五、十、十一、十三、十五、十七章由张继山翻译，第六章由吴明训、王厚邦翻译，第七章由吴明训、冯昌鑫翻译，序言由张秀岐翻译。全稿由姚守仁和张秀岐校审。

本手册的出版得到了江苏省昆山线路板厂张宗生厂长的大力支持和帮助，译者表示衷心感谢！

由于译者水平所限，译文中不妥或错误之处难免，诚恳欢迎读者批评指正。

## 序 言

印制电路工艺目前仍是解决电子元器件互连问题的基本技术。迄今还没有真正能与其相比拟的其他办法,而且也还没有迹象表明将来会有别的办法。印制电路工艺的基本构成也是依然如故,具体说来,仍有精心设计、电镀与蚀刻化学加工,覆金属箔塑料的机械加工以及光致聚合物和塑料的工艺控制。然而,印制电路工业为取得高精度、低成本和开拓新的应用领域,并要求质量更为优异的产品已花费了大量时间和精力。这样做的结果是使原有的工艺得以发展和改进,而不是产生取代原有工艺的其它工艺过程。通过多年来的改进,所产生的变化是十分深刻的。因此,本手册第一版所介绍的工艺尽管仍可供生产基本的印制电路板使用,但显然未能包括该手册出版后的新发展部分。这种发展变化的过程对《印制电路手册》一书第二版的内容也会产生同样的作用。

我们几乎已将本书的全部内容做了修订,重点更新并突出原有工艺中业已发生变化的部分。此外,我们还补充了若干章节,就印制电路工艺的关键性变化——多层及挠性印制电路的有关发展和生产工艺控制做了详细介绍。因此,本手册不但提供了一整套现行的基本工艺数据,而且还几乎是一本全新的书,包含了第一版所没有论述的大量内容。

许多新的发展,诸如抗蚀干膜、数控钻孔、加成法印制电路以及工业标准等,对提高制造、管理、组装及测试印制电路的效率及生产竞争能力是极其重要的。某些发展成果是基本工艺扩大应用于较复杂场合的结果。另一些发展成果——如污染控制和工艺废物处理技术,对于工厂的生存至关重要。本书的这一版,对这些新的发展均做了详尽论述,并且象第一版那样,力求使读者掌握对生产有用的技术与方法。

印制电路一词从开始使用就存在着争议。许多人认为它不如“蚀刻线路”(Etched Wiring)或“印制线路”(Printed Wiring)确切,而多年来这些更为贴切的术语一般来说已愈来愈多地用于正式的技术文件中。然而,“印制电路”一词在本书中的含义,从一开始就是十分清楚的,而且看来这个词业已获得世界性的承认而得到广泛使用,虽然它在技术上并不是无懈可击的。因此,本书仍以《印制电路手册》这一书名问世。而书中则多采用“印制线路”这一术语。

在本手册编纂过程中,承蒙电路互连与封装学会(The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits——IPC)及其常务理事雷·普瑞卡先生(Ray Pritchard)通力合作,谨致谢忱。无疑,这项工作的繁复程度超过始料所及。休利特-帕卡德(Hewlett-Packard)公司的雷·德未尔(Ray Demere)先生和鲍勃·沃森(Bob Watson)先生曾给编者以支持和鼓励,特此申谢。还对萨莉·韦尔斯·卡森(Sallie Walls Carlson)在撰写及解决出版过程中其它技术性问题上所给予的帮助,编者尤其感谢之至。

小克莱德 F·库姆斯

## 目 录

<b>第一篇 工程</b> .....	1
第一章 设计和布线.....	1
第二章 层压板制造和质量控制.....	42
第三章 电路用元件.....	78
第四章 技术规范和采购.....	92
<b>第二篇 制造技术</b> .....	107
第五章 层压板的机械加工.....	107
第六章 图形转印.....	123
第七章 镀覆.....	158
第八章 蚀刻.....	209
第九章 污染控制.....	256
<b>第三篇 装配</b> .....	278
第十章 手工装配.....	278
第十一章 自动装配.....	290
第十二章 表面覆形涂层.....	310
第十三章 印制电路装配部件的修复.....	319
<b>第四篇 锡焊</b> .....	336
第十四章 锡焊设计依据与锡焊前处理.....	336
第十五章 锡焊材料与锡焊方法.....	353
第十六章 锡焊的印制板的清洗.....	376
第十七章 锡焊质量管理.....	396
<b>第五篇 质量保证</b> .....	405
第十八章 质量保证程序和方法.....	405
第十九章 印制电路的产品验收.....	420
<b>第六篇 多层印制电路</b> .....	452
第二十章 多层印制电路板的设计和布线.....	452
第二十一章 多层印制板用材料的选择和技术条件.....	481
第二十二章 多层印制电路的制造.....	491
第二十三章 层压.....	509
<b>第七篇 挠性印制线路</b> .....	528
第二十四章 挠性印制线路的设计和布线.....	528
第二十五章 挠性印制线路用材料.....	559
术语汇编.....	601
计量单位对照表.....	612

# 第一篇 工程

## 第一章 设计和布线

迪特尔·W·伯格曼 G. L. 金斯伯格

---

引言	3
一般考虑	3
1. 印制线路的选用	4
2. 如何决定使用印制线路	4
3. 印制线路的类型	5
4. 封装密度	5
5. 相对成本	5
工艺说明	7
6. 单面印制板	7
7. 双面印制板	8
技术条件和标准	10
8. 印制电路协会	10
9. 美国国防部	10
10. 美国国家标准协会	10
11. 国际电工委员会	10
12. 提要	11
一般设计考虑	12
13. 初期的设计工作开展	12
14. 总的周期	13
15. 设计检查表	13
机械设计因素	15
16. 印制板的安装	15
17. 印制板的导向	15
18. 印制板的锁定	16
19. 印制板的拔出	16
印制板的尺寸和形状	16
20. 最大尺寸	16
21. 厚度	16
22. 制造成本	16
23. 印制板的强度	17
24. 分块	17
25. 测试考虑	17

26. 故障探测	17
27. 尺寸的确定	18
选择材料	18
28. 机械方面的考虑	18
29. 电气考虑	19
导线图形	19
30. 布线路径和定位	19
31. 导线的形状	20
32. 宽度和厚度	20
33. 间距	20
34. 导线图形检查表	22
孔	23
35. 孔的制造	23
36. 贯穿孔连接	23
电气设计因素	24
37. 电阻	24
38. 电容	24
39. 特性阻抗	25
环境因素	26
40. 冲击和振动	27
41. 热量	29
42. 保护涂覆	31
布线	32
43. 布线程序	32
44. 自动化技术	36
45. 布线检查表	37
46. 照相底图的一些因素	38
照相底图的生产	38
47. 方法	38
48. 材料	39
49. 需要考虑的一些事情	39
50. 照相技术	40
提供的文件	40
51. 需提供多少文件	40
52. 最低数量的成套图纸	41
53. 提供正式文件	41

---



## 引 言

最初研制印制电路,是为了使互连方法适应大批量生产和装配的需要,以及减轻军用设备的重量和减少所占空间。但是,很快就明显地看出,使用印制电路还有另外的一些优点:能严格控制电气参数以及电气参数的重现性,这已被作为一种重要和又有价值的特征而得到公认;能大大地减少接线的数量以及消除所有的接线错误(原设计中的错误除外)。

很快就发现印制电路在适应于各种电子设备的电气和机械性能设计方面具有灵活性。印制电路在制造和使用方面,对自动装置的适应性,不仅降低了成本,而且更重要的是有利于对整个电子系统进行控制,从而达到更高的可靠性要求。

从来就没有成品会比原设计更好,或者比制造它的材料更好,制造工艺过程充其量只能再现设计。印制电路组装件也是如此,印制电路正像其它任何产品一样,每一块新的印制板都必须重复设计周期,而设计布线通常是由绘图人员或其它非工程人员来完成的。因此确定正式的设计图、设计方法及程序就成为决定性的因素。本章的目的是提供一些资料,以便做出正确的决定,并帮助保证实现所考虑的设计及其设计图的参数。

### 一 般 考 虑

“设计和布线”包括分析整个硬件系统最终的组成,这不仅包括印制线路,而且也包括其所有元件的最终位置,设计和布线图也必须从整个系统来考虑元件和组装件之间的相互关系及相互影响。因此,主要考虑的问题应是如下几点:

- 1) 用户系统的目的。
- 2) 产品技术条件。
- 3) 预期寿命。
- 4) 电子电路增益、阻抗、电压等。
- 5) 在元件一级,处于工作状态(动态)、不工作(修理)状态的维修概念、无需调整或维修的一次性使用(报废)。
- 6) 存储、装配、运输、使用及修理的环境条件。
- 7) 制造方法与编制的计划、批量生产的规模、机械化的程度及型式的适应性。
- 8) 材料和元件的来源、性能数据、利用率、价格和对有关的特殊设计的验证筛选。

这些功能及性能(包括任何特别专门规定的在内)要求,都必须适当地加以综合平衡,正如在所有各种设计中一样,必须采取一些折衷的办法。要想完全地充分地达到所有的目的是不可能的,也不可能给出每种折衷办法的优先办法,因此在一个设计或有关的照相底图中,要强调说明的一些要求应尽可能地少一些。

图1.1和图1.2所示为常常必须解决的几个矛盾,由具有不同的设计和制造经验的人

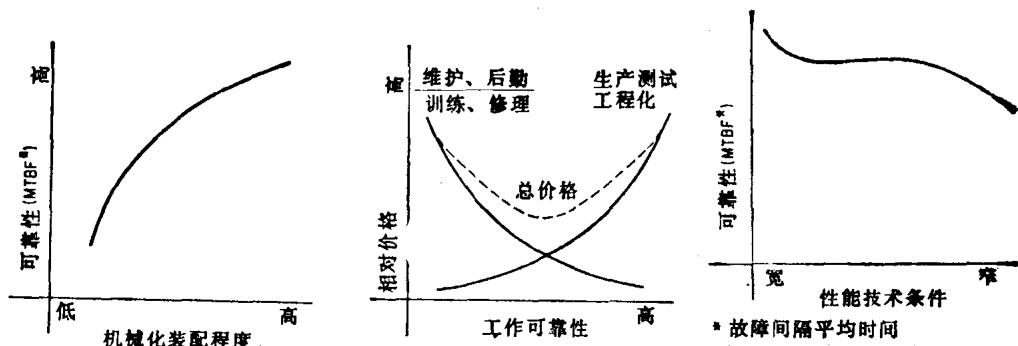


图1.1 衡量可靠性的典型曲线

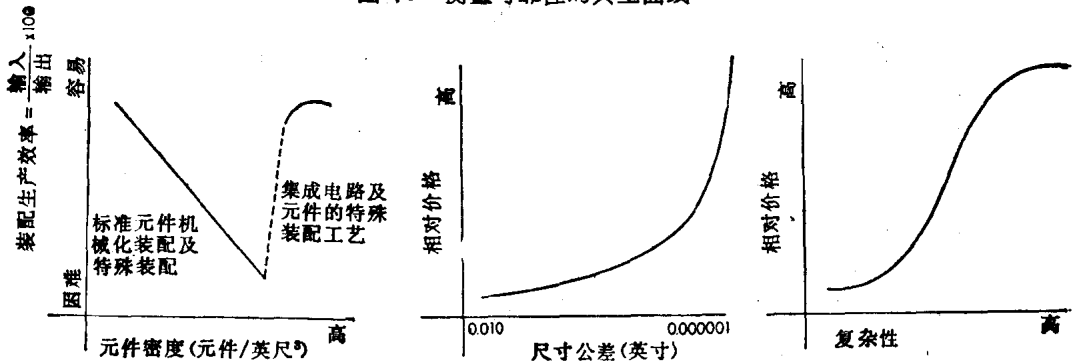


图1.2 衡量价格的典型曲线

员的综合判断，就能获得最精确而实用的分析结果。

### 1. 印制线路的选用

印制线路的主要功能是支撑电路元件以及互连电路元件。为了实现上述愿望，研制了多种类型的印制线路。它们在基底材料、导线的型式、导线层的数量以及刚性等方面有所不同。如前所述，印制线路的设计师应该熟悉那些变化因素以及它们对价格、元件放置、布线密度、交货周期、工作性能的影响，否则面对特殊的电子设备或系统的要求，他将无法选择综合性能最佳的印制线路的结构。

### 2. 如何决定使用印制线路

虽然常常有一定的理由或正当的理由要使用印制线路，然而也有可能使用不当，后面将会了解到如何避免这些使用不当的问题。正如许多好事一样，它都存在一定的局限性和一些问题，如果你没有认识到这一点，这些问题就可能会引起许多麻烦。仔细地分析工艺过程，大多数的局限性以及有关的问题就可以避免了。

用印制线路技术来代替其它互连接线 and 元件安装技术所具有的基本优越性如下：

- 1) 在封装设计中，印制线路的物理特性的通用性要比用普通的接线更好。
- 2) 接线永久性地附着在介质基材上，此介质基材也用来作为电路元件的安装面。
- 3) 当恰当地使用印制线路时，一般不会产生导线错接或短路。
- 4) 高度的重复性能保证从一个组装件到另一个组装件的电气特性的均匀性。
- 5) 印制线路技术大大地减小了互连接线的体积和重量，平面结构提供了一个非常整洁的布设导线的手段。

- 6) 元件的位置固定, 容易识别, 导线也无须用颜色标记。
- 7) 印制线路工艺便于采用目视装置以加快元件的精确安装。降低了测试的复杂性、时间、价格以及检查工序。
- 8) 对印制线路工作人员的技术要求低, 训练时间短。
- 9) 能够使用大批量的生产方法以及自动化技术。
- 10) 电子设备和系统容易维护。

使用印制线路来代替另外一些技术所具有的一些明显的缺点如下:

- 1) 由于它本质上是由平面结构组成的, 在布置元件和互连中要求一些专门技术。
- 2) 只能平面分块地利用空间。
- 3) 从开始设计到成品交货的时间可能较长。
- 4) 在已经制定文件并做好工装之后难以修改设计。
- 5) 批量少的工装是相当昂贵的。
- 6) 有时修理印制电路困难, 在一些应用场合中不允许修理。

### 3. 印制线路的类型

印制线路的结构主要有三种类型。按互连线路和密度增加的顺序(挠性的或刚性的)列举如下:

- 1) 仅在介质基材的一面具有导线的单面板。
- 2) 在介质基材的两面都有导线的双面板, 它们是用金属化孔或另外的加固孔来进行互连的。
- 3) 具有三层或三层以上的导线层的多层板, 其层间用介质材料绝缘, 通常用金属化孔来互连各层(参阅第22章)。

### 4. 封装密度

封装密度问题是最难以笼统地说明的, 这主要是由于印制线路元件尺寸、形状以及元件引线数目的不同, 加之互连的复杂程度不同。此外, 在一块印制线路板上, 元件引线图形也限制了能有效封装的电路总数, 可以用每平方英寸有效面积上元件安装孔的数目来衡量印制线路板的封装密度。这样一个比值在实用中并非完美无缺, 但可以用来估测在不同印制电路板上加以有效互连的电路数量。根据此设计参数, 一般关系可说明如下:

印制线路	孔数/英寸 <sup>2</sup> ⊖
单面板	3~10
双面板	10~20
多层板	20

### 5. 相对成本

提高互连密度和元件密度直接会使价格增加、制造工艺复杂、使交货期延长。很难笼统地说明各类印制板的相对成本, 因为要生产的每种印制板的数量对工装费用和设备费用占的比例有很大的影响。此外, 要生产的数量决定了所要采用工装的先进程度, 这反过来又会影响制造成本。

当进行相对成本比较时, 也必须考虑到材料成本的不同, 比较各类印制板成本的一

⊖ 1英寸=25.4毫米——译者。

种方便的方法通常是按照下述关系来考虑:

- 1) 单面印制线路板, 刚性, 冲好孔的酚醛纸板, 其相对成本为 1 (即  $RC=1$ )。
- 2) 双面印制线路板, 刚性, 钻孔和具有金属化孔的环氧玻璃布板, 其  $RC=7$ 。
- 3) 多层印制线路板, 刚性, 钻孔和具有金属化孔的环氧玻璃布板, 其金属化孔是经过凹蚀和化学清洗, 共七层, 其  $RC=40$ 。

表1.1说明了几种技术, 它指出了焊盘中心距为0.100英寸、最小导线宽度和电气间距为0.020英寸的多层板, 其互连能力为互连能力比较高的双面板的四倍。

表1.1 印制线路端接点数和互连能力的比较。

印制板类	相邻焊盘中心线间距 (英寸)	最小线宽和电气间距 (英寸)	端接密度 (端接点数/英寸 <sup>2</sup> )		理论上的导线密度 (导线数/英寸 <sup>2</sup> )		互连能力 <sup>①</sup>
			理论值	实际值	平行的	交叉的	
单面板	0.200 <sup>②</sup>	0.030	25	5	4	0	100
	0.150 <sup>②</sup>	0.20	45	10	7	0	315
双面板	0.100 <sup>②</sup>	0.20	100	18	10	10	1,000
	0.075 <sup>②</sup>	0.20	177	40	13	0 6.5 <sup>③</sup>	2,300 1,700
多层板 (七层)	0.150 <sup>④</sup>	0.20	45	25	14	14	2,260
	0.100 <sup>④</sup>	0.20	100	50	20	20	4,000
	0.075 <sup>⑤</sup>	0.20	177	88	26	26	9,200
	0.050 <sup>⑥</sup>	适用于间距0.005 适用于导线0.010	400	200	40	40	32,000

① 互连能力 = 端接点数/英寸<sup>2</sup> × 导线数(平行的 + 交叉的)/英寸<sup>2</sup>;

② 生产能力;

③ 对于端接88个点/英寸<sup>2</sup>的交叉能力;

④ 对于端接55个点/英寸<sup>2</sup>的交叉能力;

⑤ 试验性的生产能力;

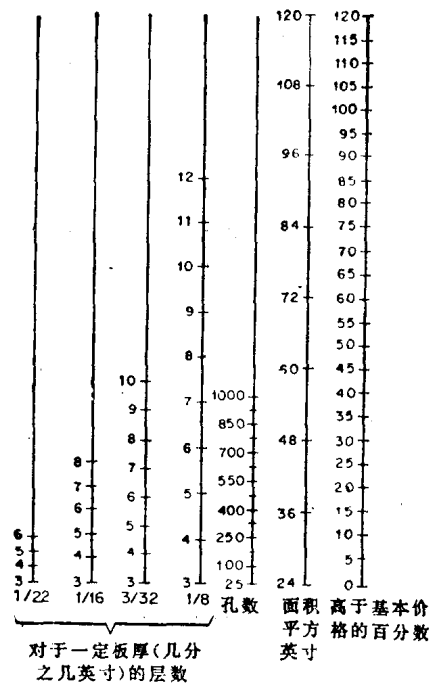
⑥ 研制样品的能力。

资料来源: 查尔斯A. 哈伯 (ed.), 《电子封装手册》P1~66, 麦格劳·希尔图书公司, 纽约, 1969。

在任何产品设计中, 解决了所有的技术问题之后, 所关心的问题就是成本。常常考虑一些潜在的成本因素就会使得某一项计划、设备或生产过程发生改变。因为最初的费用一般是估计出来的, 所以重要的是要全面考虑所有的因素, 以免使从总体上看来花费最有效的一些措施遭到否决。影响多层板成本的一些关键因素是: (1) 印制板的布线; (2) 选用技术条件; (3) 选用基材和B-阶材料; (4) 选用的铜箔厚度; (5) 选用的多层板板厚和总尺寸; (6) 选用的焊盘尺寸和孔径; (7) 维护、试验和修理的规定。

图1.3所示为多层印制板成本估计所应考虑的大多数因素, 并且指出了它们如何影响多层印制板的最终价格。本插图是一块面积为24平方英寸、带有孔径为0.050英寸25个金属化孔的三层板的基本价格。增加层数、孔数、板面积或者是孔径变化, 其价格都会按照一定的百分数增加。本图列出的基本价格是对数量为500块多层板而言的。

按每个因素分别在百分数线上画一条水平线, 以此来估计偏离基本价格的百分比, 然后将总的百分数加到相应的基本价格上。如果孔的尺寸不足0.050英寸, 就需要对百分数补充修改。要强调说明的是这些成本项目仅仅是决定价格的诸变量的一个概貌, 其它一些因素也很容易提高或降低这些估算的价格, 同时基本价格本身也是不断浮动的,



当孔的直径不是0.050英寸时，  
每种不同孔径的价格要增加的百分数

孔	板厚			
	1/32	1/16	3/32	1/8
0.047	0.5%	1%	1.5%	4%
0.040	1%	2%	4%	7%
0.032	2%	4%	5.5%	12%
0.022	4%	6%	8%	—
0.016 (英寸)	7%	10%	—	—

**实例**

六层板, 1/16英寸厚, 250个孔/0.03英寸孔径, 面积48平方英寸(6英寸×8英寸)

超过每块板基本价格 \$ 10.5 (共500块板) 的百分数

6-层	15% 高
250孔	9% 高
43平方英寸	30% 高
孔径0.032英寸	2% 高
	<b>56%</b>

估计成本:

$$\$10.50 \times 156\% = \$16.38 / \text{每块板}$$

图1.3 价格比较表

因此每个印制板的制造商必须研究绘制出他们自己的成本估价图表。

## 工艺说明

自从第二次世界大战期间印制线路问世以来，刚性印制线路居于统治地位，但后来挠性印制线路的发展迫使其必须分为刚性印制电路板和挠性印制线路。一种重要的细分方法是按构成整个印制线路“组装件”（结构）的面数或者层数来进行分类。

印制线路技术容易受一些发明和工艺的影响，这些发明和工艺几乎都是各种各样的，而且是新颖的。但是尽管多种多样，少数工艺仍在不同程度地使用着，本节中将介绍一些最普通的工艺。按化学和机械方法的总题目来对它们进行分类，不过它们将分成单面、双面和多层。目前，后面这种类型的印制板主要用化学工艺生产出来的。

第一种，目前应用最广泛的一种印制线路形式—刚性印制板是人们早已公认的，它不仅可以用来提供导线通路，而且也可以用来支撑和保护要与它们连接的元件，以及用来作为付助的整个封装散热的散热片。生产刚性印制板所用的化学方法有：(1) 减成法或者说金属箔蚀刻法；(2) 加成法或者说镀制法。机械方法包括冲压线路，金属喷涂线路，雕刻线路以及模压线路。

### 6. 单面印制板

单面板就是指仅在绝缘基材的一面上有线路，并且线路排列就表明了目前生产的印制板体积小。单面板适用于不太复杂、简单的电路，当电路的类型和速度不要求特殊的线路电气特性时，即可以使用。

a. 减成法或金属箔蚀刻法 正如图1.4所示，蚀刻金属箔工艺是从覆有铜箔和其它金属箔的绝缘基底层压板开始的，其层压板可由各种绝缘材料做成。经适当地清洗及

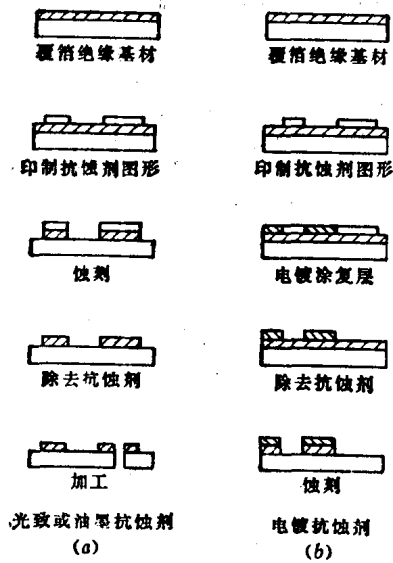


图1.4 蚀刻箔工艺

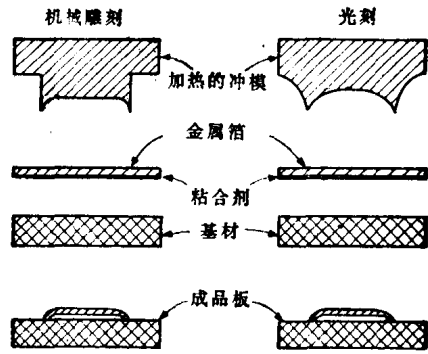


图1.5 冲压线路工艺

其它准备之后，就可以用油墨或其它光致抗蚀剂，用合适的正相 $\ominus$ 抗蚀图形印制出所设计的电路图形。如果镀层要用来作为抗蚀层的话，就要用负相 $\ominus$ 抗蚀图形来印制出所要求的电路图形。在后一种情况中，金或焊料镀层要镀到没有光致抗蚀剂的图形区域内。下一步是蚀刻，没有抗蚀剂保护的所有铜箔都被蚀刻剂除去。蚀刻后要将印制板去膜或者说除去抗蚀剂，另外还要清洗以保证不残留蚀刻剂，然后印制板即可进行钻孔、修整等加工。

b. 冲压（又称冲模切割）法 这种方法要求一个冲模，它要有最终产品要求线路的图形。如图1.5所示，冲模既可以使用通常的光致抗蚀剂技术光刻出来，也可以使用机械方法雕刻出来。在这两种情况中，冲模都要加热，当它迫使涂有粘合剂的箔材压入基材时，它实现了粘合以及切割图形，并在导线的边沿把导线嵌入基材中，可以同时完成印制板的落料和冲孔。

## 7. 双面印制板

当要求不是一层线路时，电路图形就要安排在印制板的两面，这就必然提出互连两个层的方法问题。通常是贯穿印制板而不是围绕板边沿进行连接，因此而取名“贯穿连接”。在许多情况中，用孔贯穿印制板有双重目的：容纳元件引线以及为一些互连两面线路的方法提供位置。用来互连电路层间的许多方法都可以归纳为镀制或机械技术。

a. 金属化孔法（PTH）有两种贯穿镀制方法，每种都利用镀成导体连通孔的方法来实现互连。为了进行比较，示于图1.6（a）中的减成方法是上述单面板制造工艺的发展，下面介绍加成法工艺，如图1.6（b）所示。

减成法的金属化孔工艺是从有一系列孔的双面覆铜层压板开始，这些孔是对应于要进行贯穿互连的位置的。钻孔并去毛刺，在整个板表面及孔中化学镀铜，接着在外表面

⊖ 原文误为负相——译者。

⊕ 原文误为正相——译者。

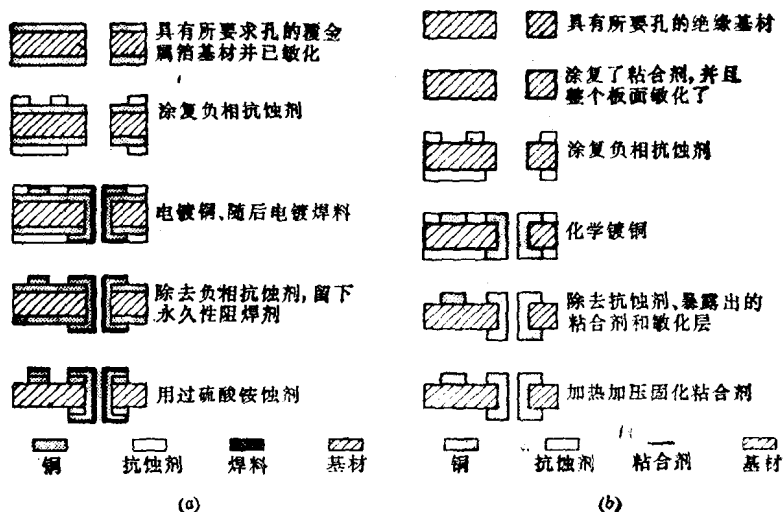


图1.6 金属化孔工艺  
(a) 减成法; (b) 加成法。

的铜箔及经化学镀铜过的孔壁上电镀铜,通常电镀到0.001英寸厚,然后施加负相的或抗镀层图形,材料两面的图形要对准,抗镀层覆盖不需要用作导线的铜箔区域,以后进行蚀刻除去多余的铜箔。下一步是电镀一层适宜的抗蚀镀层,镀层通常是焊料或金,然后除去原来的丝印抗镀层或光致抗镀层,并以适宜的蚀刻剂去除露出的铜箔而留下电路图形。根据所用的抗蚀镀层类型来选择蚀刻剂。

加成法与减成法不同之处,在于无需进行蚀刻,在进行贯穿连接镀的同时就作出了电路图形。对要求连接的点再次钻孔,按图1.6(b)所示涂覆一薄层合适的粘合剂,再以化学镀铜敏化整个表面和所有孔,接着进行闪镀。

在印制板的两面对准印制的抗镀层图形之后,在露出的铜层区域内电镀到要求的厚度,去除抗镀层,不需要的化学镀铜层瞬间就蚀刻掉了,用合适的溶剂去除多余的粘合剂,最后一步是加热加压使粘合剂固化。

6. 贯穿孔机械连接方法 对于双面板,图1.7所示的非电镀技术先于金属化孔技术,直到金属化孔的可靠性得到证实以及体会到这种成批互连技术的经济性之前,他们一直在广泛使用着,虽然机械互连方法并没有作为印制板制造程序的组成部分(金属化孔是典型),但机械互连方法——实际上是印制板的装配技术,其用途是用来连接双面印制板的两个面。

图1.7(a)所示,用打弯的跨接线是简单而又容易进行的互连方法,成型了的而又不绝缘的实心引线穿过孔、打弯并且钎焊到印制板每面的焊盘上,通常元件的引线不能看作是界面连接。

互连双面板还可用三种空心铆钉,如图1.7(b)~(d)所示。带凸缘的漏斗型空心铆钉,在插入元件引线之前要钎焊到印制板元件一面的焊盘上,其它连接是当印制板进行浸焊时装配,根据定义凸缘有一个角度,其大小在55°到120°之间。带凸缘的漏斗型开口空心铆钉与上述铆钉的区别仅在于开了口子,以及在元件引线插入之前,它们不需要

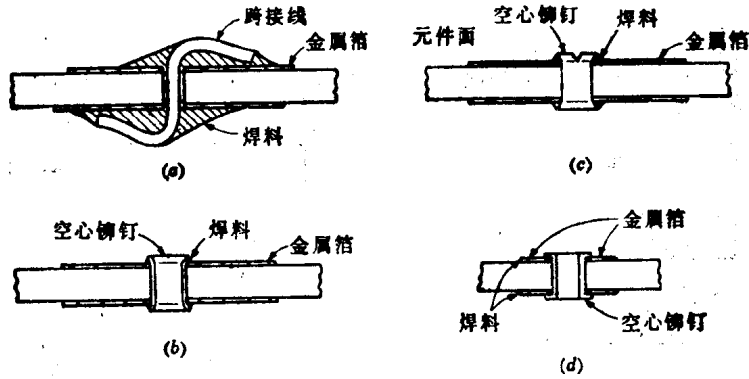


图1.7 机械互连方法

(a) 打弯的跨接导线；(b) 带凸缘的空心铆钉；  
(c) 带凸缘的漏斗型开口空心铆钉；(d) 在原位熔化的空心铆钉。

钎焊到印制板元件一面的焊盘上。

## 技术条件和标准

编写技术条件常常是为了对其有一个恰当的要求，或者是为了帮助鉴定产品和服务工作，它们能够帮助承包商或买主监视和鉴定所供应的材料以及提供的服务工作的合格性，从而他们使供销双方有一个共同的基础。对于可连续生产的产品或归为一大类的产品，业已制定了规格和标准，并可通过其它的技术文件或材料对之加以补充。

属于印制线路的技术条件和指南可分为三类：有些规定了设计要求，有些主要涉及材料和验收标准，而另一些则制定了印制线路及有关项目的性能要求。

虽然不可能将适用于印制线路的技术条件和标准都罗列出来，但是，本章在以下各段简要地介绍了最常用的一些技术条件和标准。

### 8. 印制电路协会

1957年以来美国印制电路协会（以下简称IPC）制定和公布了许多技术条件和标准，目前整个印制线路工业都广泛使用这些技术条件和标准。IPC 1960年最初公布的标准包括了印制电路板的推荐标准公差，这一标准（IPC-D-300）已经过了几次修改，以反映印制线路工艺技术水平的进步。

### 9. 美国国防部

军用技术条件和标准包括了印制线路设计、材料选择以及工艺控制各方面，重要的是印制线路的设计师要完全了解直接影响印制线路结构设计的军用文件，他也应熟悉影响设计保证工作的一些文件。

### 10. 美国国家标准协会

直到目前为止，美国国家标准协会（ANSI）已经批准了近4000个标准，美国国家标准就意味着对涉及这些标准的范围和规定的意见基本上是一致的，它用来作为用户、制造商和公众的指南。

### 11. 国际电工委员会

本节所介绍的技术条件是由国际电工委员会（IEC）制定的，IEC是隶属于国际标准化组织（ISO）。下面所列的是IEC文件的前言部分，它说明了这些文件的目的：



IEC 有关技术的非正式问题的决议，系由所有对这些问题有特殊兴趣的国家委员会所组成的技术委员会制定的，它们尽可能地表达对所有处理的问题的一致意见。

## 12. 提要

这部分介绍适合于印制线路设计用的一些主要文件的提要，其目的是希望印制线路设计师进行设计之前，是否下决心获得文件的最新版本。

a. IPC-D-300 (刚性的单面和双面印制板的尺寸和公差) 本技术条件是根据工业能力和制造价格规定了一些尺寸和公差限制，它根据尺寸特点分为五级以反映工具、材料和工艺改进以及价格增高。

b. IPC-D-310 (照相底图生产和测量技术的建议准则) 编制本文件是为了作为制备印制电路生产照相底图的一般参考。该指导性文件是由 IPC 各委员会的一些成员提供的资料汇编而成的，这些成员代表各个公司和一些政府机构，本文件也包括了军用和民用中所建议使用的一些技术。

c. IPC-D-350 (数字化形式的成品说明) 本标准叙述了以冲孔卡片、磁带上的数字形式来传输成品说明数据的记录格式，这些卡片、磁带有印制板的工具准备、制造、测试用的必要的和足够的的数据。当已用计算机辅助设计完成设计时，或者已通过数控设备完成了生产印制板所用的工具加工时，记录格式可以用于印制板设计一方和生产工厂之间传输数据和资料。

每个记录磁带上的数据是普普通通的数据，并不是特殊的机器语言，而是以一种可以方便地用于人工的及数字翻译和读出的形式。

d. IPC-D-390 (在计算机自动化设备上印制线路的设计布线和照相底图的生产准则) 该指导性文件图解说明了可以接受的采用半自动、全自动化制备印制电路照相底图的技术。本文件的目的是为帮助改进设计质量、照相底版的精确度以及降低所提供文件的价格。

e. IPC-A-600 (印制板的验收性能) 本出版物是用 IPC 可修复和验收标准委员会编辑的一个印制板目视质量验收性能指南，指南中的插图是为了描述每个题目下的特殊点，提要已经汇集到印制板的技术条件标准化汇编中。

f. IPC-CM-770 (印制电路板的元件装配指南) 编制本技术条件是为了提供一个印制板元件装配的通用指南。本指南是从各个公司、政府机构所提供的一些安装技术条件以及宇航、军用、民用部门所建议的一些技术条件中选编而成的。

g. MIL-STD-100 (工程制图实践) 该军用标准规定了用于准备一类工程图纸和有关表格清单的程序和格式。这些图纸或表格清单是根据 MIL-D-1000 为美国国防部的有关机构制定和使用的。

h. MIL-STD-275 (电子设备用印制线路的军用标准) 该标准规定了控制单、双面印制板制造的设计原则，以及电子设备中的元件 (包括集成电路) 和组件安装。这些要求并不适用于用其它技术制造的元件。例如，晶体管、电感、电容和传输线。

i. MIL-STD-429 (印制线路和印制电路的名词和定义) 当印制线路和印制电路命名时，本标准规定了一些具有特定含义的名词和定义。

j. MIL-D-1000 (工程制图纸及附表) 该标准规定了准备工程图纸及有关表格清单的一般要求，以及为了获得图纸可以利用的分类法。它反映了国防部供采购所需的工程