

■ 印制线路板设计和加工规范

葛 瑞

摘 要 本文阐述通信产品用印制板的分类, 材料选择, 技术发展方向, 设计和加工技术规范, 可供印制电路设计师、工艺师使用。

关键词 印制线路板 印制电路板 表面安装技术 高密度 刚性印制板 挠性印制板

PWB Design and Manufacturing Specifications

Ge Rui

Abstract The article described the classification, material selection, technology development and design manufacturing Specifications for PCB of communication products .It could be helpful to PCB designers and technics professionals.

Key words PWB PCB SMT HDI rigid printed board flexible printed board

1 印制线路板的作用和功能

电子通信系统设备的各种印制电路板, 是系统硬件设备的功能器官, 相当于组成人体的各种脏器。系统和终端产品上的印

制线路板是电路的载体, 是硬件电路的骨架、神经和血管。

2 印制线路板的种类

按用途和技术类型分类, (见表1)。

按结构和功能分有单面板、双面板、多层板。

3 PCB 基板材料品种和特性

基板材料分刚性基材和挠性基材。刚性印制板如覆铜箔酚醛

表 1

	通孔插装型PWB/THT	表面安装用PWBSMT	高密度(芯片安装)PWB-FPT/CMT	
线路板特征	1 导线宽, mm	>0.2	0.2~0.1	0.1~0.05
	2 导线宽度公差	± 0.05	± 0.05	± 0.05
	3 导线间隙	≥导线宽	≥导线宽	≥导线宽
	4 基本网格, mm	2.54或1.27	1.27~0.5	0.5~0.1
	5 焊盘间导线数	2根/2.54mm	2~4根/2.54mm	4~10根/2.54mm
	6 通孔直径, mm	元器件引线直径加间隙	Φ 0.5~0.25	Φ ≤ 0.4
	7 层数	1~8层	1~18层	≥ 20层
	8 板厚孔径比	≤ 3	5~6	≥ 10
电路板装配	1 装配元器件引线间距, mm	2.54mm/1.27mm	1.27/0.635、1.0/0.635、0.8/0.635、0.65/0.635	0.5、0.4、0.3
	2 有源(IC)器件	DIP、PGA、ZIP	SoP、PLCC、QFP、BGA	QFP、FC、C4、μBGA、CSP
	3 无源元件	轴向、径向引线元件	矩形或圆柱形片式无引线元件	片式超小型无引线元件, 如米制0603、0402、0303
	4 装配方法	手工/自动插入元件	自动贴装	自动贴装或机器人组装
	5 焊接方法	波峰焊	波峰焊/再流焊	热风或激光再流焊, 自动压焊

纸质层压板、覆铜箔环氧纸质层压板、覆铜箔环氧玻璃布层压板，它是以酚醛树脂或环氧树脂为粘结剂，纸制品或无碱玻璃布为增强材料的电工绝缘层压板，并在一面或两面覆铜箔之后构成的。

以上基板材料性能应符合国家标准 GB/T 4723-GB/T 4725 中相应技术指标，在电子通讯设备中大量采用覆铜箔环氧玻璃布层压板，其中的通用型号为 CEPGC-31；自熄（阻燃）型为 CEPGC-32，该型号印制电路板基板在 NEMA(美)标准中的型号为 FR4。

3.1 覆铜箔环氧玻璃布层压板

它是以环氧树脂为粘合剂，玻璃纤维布为增强材料的层压板基材，其机械性能、尺寸稳定性、抗冲击性等都比纸质层压板好。FR4 和 FR5 的 ϵ 值在 4.3~4.9 之间，其电气性能优良、允许工作温度较高 (FR4 为 130℃，FR5 为 170℃)，受环境湿度影响较小，被广泛用于电子通讯设备中。

3.2 多层板用的环氧玻璃布粘片

它是预浸 B 阶段环氧树脂的玻璃布材料，用于生产多层板时，将分离的导电图形单片印制板（单面或双面）层压粘合在一起的粘合材料。层压后起介质绝缘层作用。它是用无碱玻璃布预浸渍环氧树脂，固化到 B 阶段。在压制成型后环氧树脂完全固化，成为刚性多层印制板。

3.3 自熄性（阻燃性）覆铜箔层压板

此种材料除具有上述同类覆铜箔层压板的相应性能外，还具有阻燃性，对单个电子元件过热引起的着火危险和小火蔓延具有一定的抵抗能力，适用于有防火

要求的电子设备。

3.4 覆铜箔聚四氟乙烯玻璃纤维板

覆铜箔聚四氟乙烯（特氟隆、Teflon、PTFE）玻璃纤维板是以聚四氟乙烯为粘合剂，玻璃纤维为增强材料的基材。其介电性能优良（介质损耗低， $\text{tg}\delta$ 为 10^{-3} 数量级，介电常数覆盖范围宽，可根据需要选择对应品种基材）、耐高温、耐潮湿、化学稳定性好，工作温度范围宽，是比较理想的高频、微波电子通讯设备用印制板材料。但其价格高，刚性较差，铜箔剥离强度较低，难以制作多层板。

常用的聚四氟乙烯板 Rogers, Taconic, Arlon, Metclad, GIL 等公司生产的印制板基材制品。

3.5 覆铜箔金属基印制电路板

它又称金属芯印制板，是以不同厚度的金属（一般为铝）板代替环氧玻璃布等增强材料，经过特殊处理后金属表面覆以低热阻、高绝缘且粘结力极强的介质层，介质层表面再根据电路板需要粘结不同厚度的铜箔构成。

金属芯印制板用于高密度组装、高功率密度场合，如耗散功率大的电源电路等。金属芯印制板的优点是散热性和尺寸稳定性好，金属基板有屏蔽作用。

目前使用的有 Bergquist(贝格斯)和信息产业部第五十一研究所的基材制品。

3.6 挠性印制板基材

挠性印制板基材，是将铜箔粘合在薄的塑料基片上制成。常用的塑料薄膜基材如下：

(1) 聚酯薄膜。工作温度为 80℃~130℃，熔点低，在锡焊温度下易软化变形；

(2) 聚酰亚胺(Polyimide)薄

膜：具有良好的可挠性，只要通过热处理除去所吸收的潮气，就可以进行安全焊接。一般粘接型聚酰亚胺薄膜可在 150℃ 下连续工作。用氟化乙丙烯 (FEP) 作中间薄膜，并以特殊的熔结型胶粘剂粘接的聚酰亚胺材料，可在 250℃ 下使用。

(3) 氟化乙丙烯薄膜 (FEP)。通常与聚酰亚胺和玻璃布结合在一起使用，具有良好的可挠性和较高的耐潮、耐酸和耐溶剂性能。

4 印制电路板技术发展方向的主潮流

印制板发展的主潮流是高密度，实现高密度的方法是：细线条，小孔径，多层化，盲孔，埋孔。目前实现高密度 (HDI) 常用积层多层板 (BUM) 工艺。

5 覆铜箔环氧玻璃布层压板主要性能指标和铜箔厚度选择

除覆铜箔环氧玻璃布层压板的厚度和铜箔厚度要求外，覆铜箔层压板的性能还有：抗剥强度、翘曲度、抗电强度、绝缘电阻、介电常数、介质损耗角正切值、耐热冲击、吸湿性、阻燃性等，覆铜箔环氧玻璃布层压板技术要求应符合 GB/T4725 的规定。

印制电路板的覆铜箔厚度，对印制板加工中印制导线的精度和最小导线宽度有很大影响，一般规律是：铜箔越厚制造过程中印制导线的侧蚀越大，印制导线变窄，当印制导线小到一定程度将无法生产。因此，在确定 PCB 最小导线宽度时，除依据负载电流、布线密度外还要考虑覆铜箔的厚度。有资料规定，对于 35 μm 厚的铜箔，导线宽度应大于 0.15mm，用 18 μm 的铜箔时，导线宽度应大于 0.1mm。

表2 单、双面覆铜层压板的标称厚度及允许偏差 mm

标称厚度	单点偏差	
	粗级	精级
0.5	考虑中	± 0.07
0.7	± 0.15	± 0.09
0.8	± 0.15	± 0.09
1.0	± 0.17	± 0.11
1.2	± 0.18	± 0.12
1.5	± 0.14	± 0.14
1.6	± 0.20	± 0.14
2.0	± 0.23	± 0.15
2.4	± 0.25	± 0.18
3.2	± 0.30	± 0.20
6.4	± 0.56	± 0.30

注：(1) 标称厚度 0.7mm 和 1.5mm 用于有印制插头边缘连接的印制板。

(2) 非标称厚度可由供需双方协商制造，其偏差按厚度标称值较大的一级执行。

表3 铜箔的单位面积质量和允许偏差

单位面积质量 g/m ²			铜箔的厚度 μm (oz)		
标称值	偏差		标称值	偏差	
	精	粗		精	粗
152	± 5	± 10	18(0.5)	± 2.5	± 5
305	± 5	± 10	35(1)	± 2.5	± 5
610	± 5	± 10	70(2)	± 4.0	± 8
915	± 5	± 10	105(3)	± 5.0	± 10

6 印制板外形选择、厚度和单板尺寸

6.1 印制板单板外形选择

印制板一般采用长、宽尺寸相近的矩形，避免使用异形板。为便于生产线传送及在插箱内导入，四角可采用小圆弧形或斜角。

外形尺寸很小的板（例如板面小于 100mm × 100mm 的），应做成拼板。当某产品的几种印制板层数相同、厚度和介质层相同、铜箔厚度相同、用量相同时，可以组合在一起拼成组合套板。

6.2 印制板厚度

印制板的厚度应根据印制板的功能所安装的元器件质量、与之匹配的接插件规格，印制板的外形尺寸及所承受的机械负荷来选择。对于板面较大易产生变形

的印制板，须采用加强筋或边框等措施进行加固。

建议尺寸在 300mm × 250mm 以下一般印制板厚度可选用 1.6mm，背板及较大的单板厚度应在 2mm 以上，但因受加工印制板的压力机能力限制，厚度一般应在 4mm 以下。

6.3 印制电路板外形尺寸

不装在插箱中的印制电路板外形尺寸见 GB9315 中印制电路板外形尺寸系列表。在箱柜中常用插件式带插头印制电路板。

7 目前国内印制板公司工程制造能力

目前国内印制板公司工程制造能力（印制板加工技术规范），见表 4。

参考文献

- [1] GB/T 4725-92. 印制电路用覆铜箔环氧玻璃布板
- [2] GB/T 9315. 印制电路板外形尺寸系列
- [3] 表面组装和高密度印制线路板. 印制电路信息, 1999. 1
- [4] 姜培安, 宋久春主编. 印制电路设计标准手册. 宇航出版社
- [5] 张文典. 实用表面组装技术. 电子

表4 印制板加工技术规范（供参考）

项目	能力指标	备注
01 最大板尺寸	457.2mm × 685.8mm	
02 板厚（外层）	0.6~3.2mm	
03 板厚（内层）	0.2mm	
04 板层数	2~14	
05 铜厚（内层）	0.5~3.0 oz	
06 铜厚（外层）	0.25~2.0 oz	
07 介质厚度	0.051mm	min
08 成品板厚公差	± 0.127	
09 板翘曲度	0.5%	min
10 机械钻孔成品孔径	0.2mm	min
11 激光钻孔成品孔径	0.15mm	min
12 一次钻孔孔位公差	± 0.076mm	
13 二次钻孔孔位公差	± 0.127mm	
14 镀通孔孔径公差	± 0.076mm	
15 非孔化孔径公差	± 0.05mm	
16 最小机械钻孔孔径	0.25mm	
17 孔壁铜厚	≥ 0.015mm	全板镀金

续表 4

项目	能力指标	备注
18 孔壁铜厚	$\geq 0.025\text{mm}$	SMOBC
19 外层线宽/间距	0.127mm/0.127mm	H/Hoz 或 1/1oz
20 内层线宽/间距	0.1mm	
21 外层线路至焊盘间距	0.15mm	min
22 干膜盖孔能力	0.65mm	max
23 阻焊厚度	2.54 μm ~25.4 μm	
24 阻焊开窗	0.10mm	min
25 阻焊桥	0.076mm	min
26 完成孔阻焊塞孔	$\geq 0.60\text{mm}$	孔内上锡
27 完成孔阻焊塞孔	$\leq 0.60\text{mm}$	无锡珠
28 镀金插头开窗到焊盘窗	0.2mm	min
29 镀金插头镀金厚度	1.5 μm	max
30 镀金插头高度	250 μm	max
31 镀金插头倒边深度公差	$\pm 0.15\text{mm}$	min
32 镀金插头倒边角度公差	$\pm 2^\circ$	min
33 全板镀金厚度	0.02 μm ~0.04 μm	
34 热风整平	1.0 μm	min
35 冲孔孔径公差	$\pm 0.127\text{mm}$	
36 冲板外形公差(边-边)	$\pm 0.20\text{mm}$	min
37 冲板外形公差(孔-边)	$\pm 0.15\text{mm}$	min
38 铣板外形公差(边-边)	$\pm 0.10\text{mm}$	min
39 铣板外形公差(孔-边)	$\pm 0.10\text{mm}$	min
40 板边到孔边最小间距	等于板厚	冲板
41 板边到孔边最小间距	1/2 板厚	铣板
42 长槽位置公差(长小于2倍宽度)	$\pm 0.20\text{mm}$	$L < 2W + 0.15\text{mm}$
43 长槽位置公差(长大于2倍宽度)	$\pm 0.127\text{mm}$	$L > 2W + 0.15\text{mm}$
44 长槽宽度	0.7mm	min
45 铣长槽形状公差	$\pm 0.15\text{mm}$	
46 槽内圆周角	0.5mm	min
47 钻长槽形状公差(金属化)	$\pm 0.10\text{mm}$	$L > 2W + 0.15\text{mm}$
48 钻长槽形状公差(金属化)	$\pm 0.15\text{mm}$	$L < 2W + 0.15\text{mm}$
49 钻长槽形状公差(金属化)	$\pm 0.08\text{mm}$	$L \geq 2W + 0.15\text{mm}$
50 钻长槽形状公差(金属化)	$\pm 0.10\text{mm}$	$L < 2W + 0.15\text{mm}$
51 V槽筋厚公差	$\pm 0.05\text{mm}$	min
52 V槽角度公差(30° 45° 60°)	$\pm 5^\circ$	
53 V槽位置公差(孔到V-CUT线)	$\pm 0.127\text{mm}$	min
54 (V-CUT线到V-CUT线)	$\pm 0.127\text{mm}$	min
55 (V-CUT线到板边)	$\pm 0.127\text{mm}$	min
56 (工具孔到V-CUT线)	$\pm 0.127\text{mm}$	min
57 电测试电压	10~220V	
58 绝缘电阻	$*1.0 \times 10^6 \Omega$	500VDC
59 孔电阻	$\leq 300\mu \Omega$	
60 离子污染, NaCl	$\leq 10\mu\text{g}/\text{in}^2$	1.55 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
61 抗剥离强度	1.1N/mm	
62 阻焊硬度	$\geq 6\text{H}$	
63 介质耐电压	1000VDC 30s	
64 热应力	288℃, 10s, 1cyc	
65 阻抗控制	$\pm 10\%$	
66 自熄性	UL 94V-0	以上共 66 项

工业出版社

[6] 周德俭, 吴兆华. 表面组装工艺技术. 国防工业出版社

[7] 盛菊仪. 电子产品的工艺管理及技术. 高等教育出版社



作者简介

葛瑞, 高级工程师, 中国电子学会高级会员。曾任电子学会电装联委员会第四、五届委员, 长期从事通信电子制造行业工艺技术、工艺管理工作。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>