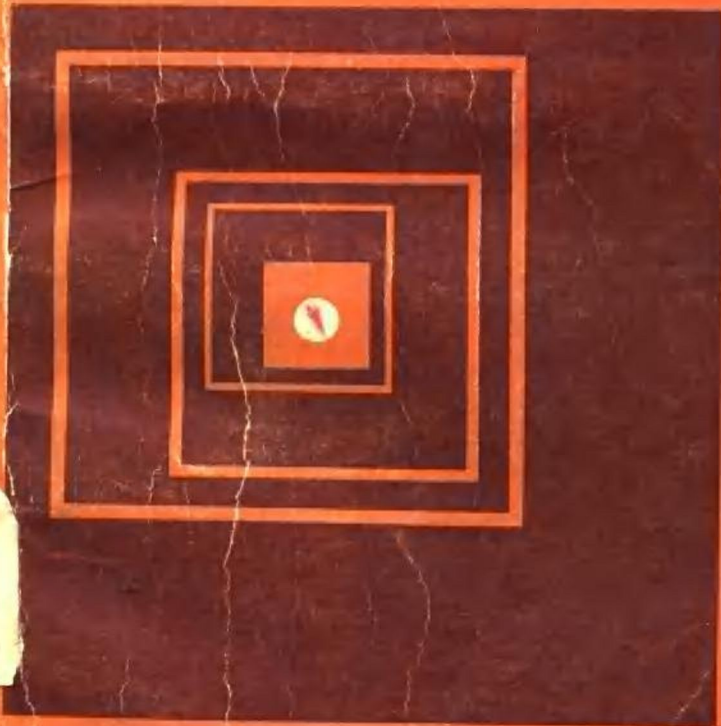


职工技术培训读物

# 印制电路技术

成都地区印制电路技术情报网 编



四川科学技术出版社

责任编辑：崔泽海 刘阳青

职工技术培训读物  
**印制电路技术**

---

四川科学技术出版社出版 (成都盐道街三号)  
四川省新华书店发行 四川新华印刷厂印刷

---

开本850×1168毫米 1/32 印张10.5 插页1 字数268千  
1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷  
印数：1—8,300册

---

书号：15298·49

定价：2.10 元

## 内 容 提 要

该书本着以实用技术为主，兼顾基础知识的原则编写而成。全书共分十一章，比较全面、系统地介绍了印制板的板材及性能、布线设计、绘图、照相。光化学制版、网印、蚀刻、金属涂覆、孔金属化、多层板、机械加工，可焊性处理及有机涂覆等工艺技术，对加工工艺中所涉及到的材料及设备也作了相应的介绍。

书中各章具有较强的独立性，同时也具有系统的工艺连贯性。内容丰富，深入浅出，可作为从事印制电路设计、制作的工程技术人员、工人以及有关专业师生的参考书，也可作培训班教材。

## 前 言

现代工业的发展，对电子工业提出了越来越高的要求——向各方面提供体积小、重量轻、高可靠的先进电子设备。印制电路板是先进电子设备中极为重要的基础部件，不论从宇宙飞行器、大容量高速电脑控制系统到民用音响电器，甚至高级幼儿电子玩具等，都离不开印制电路板。集成化电子组件的更新换代，对印制电路板在高精度、高密度、高可靠性等方面的要求越来越高。为适应科研、生产、教学的需要，我所指派刘易明同志负责，组织编写了这本《印制电路技术》。这是多年从事印制电路专业的工程师们的大量理论和实践的结晶，将这些科技工作者在印制电路技术方面的科研成果和实践经验总结整理，贡献给同行，以供参考。

本书以应用技术为主，从生产实际出发，提出问题，解决问题，并适当兼顾基础理论，内容比较全面。在印制电路板制造过程中所遇到的问题都有所涉及，论述有一定的深度，不仅提出了问题，而且由浅入深地从理论和实践上进行了分析，提供了解决实际生产问题的比较成熟的方法，对生产很有参考价值。

本书原为培训班教材，曾被成都地区和全国举办的印制电路技术培训班多次试用并不断充实和完善而成。最后邀请本地区有关印制电路科研、生产、教学方面的专家学者会审定稿。

全书共分十一章。第一章概论，由绵阳407信箱刘德清同志编写；第二章印制电路的布线设计和第八章金属涂覆，由眉山邮电载波通信设备厂季仲达同志编写；第三章照相制版和第四章光化学法图形转移，由成都94信箱李炳坤同志编写；第五章丝网漏印法图形转移和第六章蚀刻，由成都40信箱刘福鸿同志编写；第

七章金属化孔互连技术和第九章多层印制电路板，由什邡11信箱刘忠义同志编写，第十章机械加工和第十一章可焊性处理及有机涂覆，由成都无线电一厂谢保忠同志编写。全书由谢保忠、刘福鸿同志负责编纂。作者们有从事多年本专业实际工作的经验，在理论和实践上有一定的造诣，我们相信出版该书，将对印制电路技术的发展有一定的促进作用。

本书在编写过程中，得到成都地区印制电路技术情报网领导小组的全力支持，全国许多单位都无私地提供了许多宝贵的资料，会审定稿又得到王铁中、张绍林、王申典和杨兴全等同志的支持，在此一并表示感谢。

本地区虽有一定的技术力量和团结协作的良好基础，但由于印制电路这门综合性学科在国内只有二十多年的历史，有些问题还在探索之中，有关的参考书籍不多，加之作者的水平有限，不妥之处在所难免，诚望广大读者批评指正。

成都市科学技术情报研究所

一九八四年·成都

# 目 录

<b>第一章 概 论</b> .....	1
第一节 印制电路概述.....	1
第二节 印制电路技术的发展概况.....	2
第三节 印制电路基板材料.....	7
第四节 印制电路制造工艺概况.....	11
<b>第二章 布线设计与照相底图</b> .....	15
第一节 布线设计.....	15
第二节 照相底图.....	28
<b>第三章 照相制版</b> .....	32
第一节 照相设备.....	32
第二节 照相材料.....	38
第三节 照相制版工艺.....	44
<b>第四章 光化学法图形转移</b> .....	66
第一节 液体感光胶的图形转移.....	66
第二节 光致抗蚀干膜的图形转移.....	77
<b>第五章 网印图形转移</b> .....	105
第一节 丝网框架.....	105
第二节 网印模版.....	112
第三节 印料.....	124
第四节 网印工艺.....	133
第五节 网印设备.....	137
<b>第六章 蚀刻</b> .....	140
第一节 蚀刻工艺.....	140
第二节 蚀刻液.....	142
第三节 侧腐蚀.....	166
第四节 蚀刻方式及设备.....	169

<b>第七章 金属化孔互连技术</b> .....	175
第一节 化学镀基础知识.....	175
第二节 化学镀铜原理.....	178
第三节 孔金属化工艺.....	188
第四节 金属化孔质量检验.....	191
<b>第八章 金属涂覆</b> .....	195
第一节 表面处理.....	195
第二节 电镀涂覆.....	198
第三节 化学涂覆.....	234
第四节 焊料涂覆.....	237
<b>第九章 多层印制板</b> .....	241
第一节 多层印制板的设计问题.....	242
第二节 多层印制板的基板材料.....	243
第三节 多层印制板制造中的定位及公差.....	251
第四节 多层印制板制造工艺.....	256
第五节 多层印制板的可靠性检测.....	268
<b>第十章 机械加工</b> .....	270
第一节 坯料加工.....	270
第二节 孔加工.....	273
第三节 成型加工.....	286
<b>第十一章 可焊性处理及有机涂覆</b> .....	292
第一节 表面清洁处理.....	292
第二节 阻焊层的涂覆.....	296
第三节 助焊处理及可焊性.....	306
第四节 防护处理.....	316
<b>附录 1 硬质合金钻头规格</b> .....	324
<b>附录 2 几种国产覆箔板主要技术指标</b> .....	325
<b>附录 3 IEC标准 (一般性能)</b> .....	327
<b>附录 4 印制板专用设备照片</b> .....	328

# 第一章 概 论

印制电路板是电子设备的一种极其重要的基础组装部件。主要用于各种收音机、电视机、通讯机、电子计算机、仪器仪表等民用电器产品和工业用电子设备。

## 第一节 印制电路概述

印制电路制造技术，是在大量综合和援引了其它各门工业技术的基础上而发展起来的。印刷电路“这个名称，就意味着它和印刷业的密切关系。尽管印制电路并不都是印刷出来的，但是其原图照相，制作湿版底版，感光胶的运用，蚀刻铜箔图形等等工艺，都援引了印刷工业的照相制版和蚀刻技术，成为目前铜箔蚀刻法制造印制电路的主要方法之一，即光化学蚀刻法。

丝网漏印法（简称网印法），成本低，效率高，设备少，可批量生产，很快被用于印制电路生产。后又发展成为铜箔蚀刻法制造印制电路的又一种主要方法，即网印蚀刻法。

再如，在印制电路制造技术中，不管是表面涂覆或是图形电镀，都广泛采用电镀工艺技术（如镀铜、镀金、镀锡铅合金等），以满足印制电路所需具备的特殊功能。因此，这类制造孔金属化印制电路的方法，也有人称其为保护性金属图形电镀蚀刻法。

制造印制电路虽然采用了不少其它工业的现成工艺技术，但随着电子工业的飞速发展，印制电路工艺技术本身也在逐渐具有一些独特工艺技术和专用设备，如光敏抗蚀干膜的应用、全加成法含催化剂层压板的研制成功、紫外线光固化印料的问世、热风整平最新技术的发展等等。所有这些新工艺、新技术、新材料和



新设备的突破，势必带来印制电路制造技术本身的改革。

在绝缘基板上，有选择性加工孔和制造出导线图形，以实现元器件间电气连接的组装板，称为印制线路板。现在人们习惯称之为“印制电路”，简称“印制板”。

印制线路板以性质可分为刚性印制板及挠性印制板两大类，以布线层次又可分为单面板、双面板及多层印制板。

单面印制板，指一面具有导线图形的印制板；双面印制板，指两面都有导线图形的印制板；多层印制板，则由三层以上导线图形，层间由绝缘材料粘合而成，层间电气互连，通常由金属化孔来实现。挠线性印制板是指使用挠性基材为基底的印制线路板。

印制电路板的出现与发展，给电子工业带来了重大的改革。它具有许多独特的功能和优点：

(1) 能对电路中的各种电器元件提供固定的位置和必要的机械支撑。

(2) 有各种复杂的线路图形，可提供必要的电气连接。

(3) 汇集全部线路于基板上，以代替错综复杂的布线，从而使整机小型化、轻量化和高可靠化，且保养、修理方便。

(4) 有优越的机械性能和电气性能。

(5) 产品的一致性、重现性好，可以大批量生产，不会有布线错误，质量可靠。

(6) 能降低电子设备成本，节约原材料，提高生产率。

(7) 能作出各种元器件位置的标记、符号，有利于装配生产的自动化和各焊接部份的机械化。

## 第二节 印制电路技术的发展概况

印制电路技术的发展已有近四十年的历史了。我国在五十年代初，开始印制电路板的试制，六十年代投入工业生产。七十年代，国内已建成一批印制电路板生产专业工厂，还新建和改建了

很多专业性生产车间。为了适应印制电路板生产的需要，国内还发展了覆铜箔层压板厂、专用设备制造厂等等。八十年代，随着我国电子工业的发展，印制电路工业已成为了一门重要的新兴基础工业。

## 一、印制电路技术发展阶段

第一阶段，即四十年代中期到五十年代中期，电子工业还处于电子管时代，印制电路只初具规模，以酚醛纸基覆铜箔层压板为基材，生产一些普通的单面印制电路板，主要用于收音机、电视机等民用产品。

第二阶段，即六十年代初期到中期，电子工业已进入晶体管时代，印制电路板以环氧酚醛玻璃布覆铜箔层压板为基材，从生产单面板发展到双面板、孔金属化双面板，进而向多层板迈进。除民用外，在工业上，军事上已有较多的应用。

第三阶段，即六十年代末期，电子工业元器件已发展到集成电路时代。由于半导体技术的发展，小、中规模的集成电路已用于生产，印制电路板也更趋发展了。单面板的使用数量已大为减少，双面孔金属化印制电路板用量越来越多。一些具有特殊功能的挠性印制电路也已出现。

第四阶段，即七十年代以后，电子工业已跨入大规模集成电路时代。为了适应这一要求，以纯环氧玻璃布覆铜箔层压板为基材，以图形电镀蚀刻法生产的双面孔金属化印制电路板所占比重增大。而多层印制电路板在电子计算机、通讯设备、仪器仪表等电子工业、军事工业及空间开发等方面已获得广泛的应用。

由此可见，印制电路技术随着电子工业的发展而发展，单面板，双面板，多层板，平面印制电路板，挠性印制电路板等等品种日益繁多，适应了电子设备小型化、轻量化和高可靠的要求。

## 二、印制电路技术水平的标志

现代电子技术的发展，使微电子器件不断更新，印制电路技术总的发展向着高密度、高精度、高可靠性、大面积、细线条方向进行。因此，现代印制电路技术水平，是以在2.54mm的标准坐标网格交点上的两个焊盘间所通过几根导线为标志，也就是以线宽、间距、焊盘、孔径、面积、层数等等作标志，见表1-1。

表1-1 印制电路技术水平等级表

等级	名称 数据	中心距	焊盘直径	孔径	线宽	线间距	线盘间距
一	级	2.54	1.5	0.8	0.3		0.37
二	级	2.54	1.3	0.8	0.2	0.34	0.25
三	级	2.54	0.8	0.5	0.1	0.27	0.20

一级水平，两个焊盘之间通过一根导线，其导线宽度为0.3mm；二级水平，通过两根0.2mm的导线。三级水平，通过三根导线，其导线宽度只能在0.13mm以下。一级水平是目前普遍可以达到的，二级水平采用专用设备可以做出。对某些特殊用途，采取专门技术可以达到三级水平。

印制板面积的增大，对于双面印制板来说，其增加的难度不如多层印制板。双面印制板，目前见到的最大尺寸可达610×610mm<sup>2</sup>；多层印制板为450×610mm<sup>2</sup>，层数为20多层。由于面积和密度的增大，一块印制板上的孔数可达三万多个，孔径可小到0.5mm，线宽为0.13mm。因此，能代表现代水平的印制板，应具备这样一些条件：基板材料是自熄性的环氧玻璃布层压板；采用图形电镀蚀刻工艺；图形表面电镀Pb-Sn合金抗蚀层并经热熔处理；插头镀金的孔金属化双面印制板或多层印制板，线宽为0.2~0.3mm，孔径为 $\phi 0.5 \sim 0.8$ mm，表面有阻焊剂保护并印制有文字

符号。

### 三、印制电路技术发展动向

印制电路从设计、制造、检测到组装，都依赖于多种技术，不仅需要其初期使用到的一些印制技术和化学工艺，还必须涉及到精密机械加工工艺、电子数控技术、光学技术、C.A.D技术（电子计算机辅助设计技术），以及众多的新型材料等。所以，印制电路技术是一种综合性技术，现正处于向机械化和自动化发展的重要时期。印制电路新技术发展的动向，大致可以从这几方面来分析：

#### 1. 新的基板材料

(1) 自熄性基板材料 据资料介绍，国外从1977年7月1日起正式实行UL-2规格，规定电子设备必须使用自熄性材料。我国也正在研究推广这类材料。

(2) 薄铜箔层压板 我国原采用50 $\mu$ 厚铜箔，现已推广35 $\mu$ 厚铜箔的敷箔板。国外已开始使用18 $\mu$ ，10 $\mu$ ，5 $\mu$ 超薄铜箔敷箔板。这种铜箔具有蚀刻时间短、侧腐蚀小、易于钻孔、节约铜和蚀刻液等优点。因此，采用薄铜箔层压板是一个发展方向。

(3) 加成法基板材料 这是不敷铜箔的材料。加成法工艺路线不同，其基材要求也不尽相同。一种是含催化剂的层压板，另一种是不含催化剂的层压板。铜导体通过化学镀铜沉积上去。加成法最主要的问题是铜导体与基材的结合强度，一种方法是在绝缘基板表面再涂布一层含催化剂的粘合剂，另外一种方法是使表面树脂含量增高，通过粗化增加铜导体与基材的结合强度。

(4) 软性基板材料 现在工业上应用的有敷铜箔聚酯软性板和敷铜箔聚酰亚胺软性板。它们具有高的耐热性，在220 $^{\circ}$ C下可长期工作，在300 $^{\circ}$ C下可短期使用。基材性软，可弯曲，所以又称挠性板材。

**2. 精密数控机械和电子计算机：**在印制电路设计、制造、检

测和生产管理等方面的应用。这些现代技术的应用，极大的提高了印制电路制作的精度和可靠性。

(1) 底图制作自动化 通常用绘图和粘贴黑胶带等方法制出，然后照相制版得到照相底版。印制电路发展到高精度、高密度 细线条、多层化以后，再由人工绘图照相制版已无法达到设计要求。现代的CAD技术实现了底图制作的自动化，由CAD自动布线，然后用自动光点绘图机直接得到工作用底版，精度高，质量好，无差错，缩短了生产周期。

(2) 数控钻床和硬质合金钻头 采用数控钻床和硬质合金钻头，是保证获得良好钻孔的重要条件，而光滑的孔壁，又是孔金属化质量的必要条件。精密数控钻床定位精度可以达到 $0.005\sim 0.010\text{mm}$ 。数孔钻床通常都是多头的，可以数块印制板同时钻孔，速度快，生产效率高，并能自动换钻头，实现全自动化生产。

### 3. 制作工艺的新进展

(1) 光化学法图形转移 光敏抗蚀干膜研制成功以后，这种新型感光材料已成为图形电镀蚀刻工艺的主要材料。这一新材料的发展，推动了印制电路技术的发展，与其配套使用的自动贴膜机、曝光机、显影机的研制成功，使图形电镀新工艺正广泛推广使用。

(2) 网印图形转移 精度高的自动化网印技术也有很大进展，尤其是丝网漏印机和多种抗蚀印料的应用，使网印图形转移工艺和光化学法图形转移工艺有很大的竞争能力。

(3) 孔金属化 孔金属化技术中的活化液和化学镀铜工艺都有新的研究成果，性能稳定，可以长期循环使用。自动分析自动添加的化学镀铜系统已用于工业生产，不仅可提高孔金属化的质量，而且还可实现自动化生产。

(4) 电镀工艺 多种添加剂的研制成功和推广应用，使高效率、高分散性的光亮镀铜和光亮镀铅锡合金等新工艺得以工业应用。其镀层光亮，晶粒细，平整，延展性好，可焊性好。

(5) 蚀刻技术 三氯化铁蚀刻液正逐步被淘汰, 而酸性氯化铜蚀刻液、碱性氯化铜蚀刻液及过氧化氢—硫酸蚀刻液正在推广使用。这些蚀刻液蚀刻速度快, 溶液稳定, 成本低, 污染小, 并可以再生回收, 连续使用。

#### 4. 表面涂覆的进展

(1) 可焊性焊料涂覆 指所电镀Sn-Pb合金, 既是抗蚀层又有优良的可焊性。镀层经过热熔处理, 可以消除蚀刻时留下的镀层悬挂。热熔方法正以红外线热熔取代过去的甘油热熔。

(2) 热风整平 在专用热风整平机中进行, 生产效率很高, 锡铅合金比例易控制, 涂层可焊性高, 是一种有发展前途的新工艺。

(3) 表面有机涂覆 为保证印制电路的电气性能和焊接组装要求, 印制板表面要进行有机涂覆和印刷文字符号。现已广泛推广使用阻焊印料和助焊剂及多种文字符号印料。印料的固化, 分紫外光固化和热固化等。

**5. 多层印制电路:** 该工艺需要应用更多更高的技术。高精度、高密度、高可靠性的要求, 只在多层印制板上有充分的体现。

**6. 检测技术:** 孔电阻测试仪、 $\beta$ 射线测厚仪, 绝缘电阻测试仪、可焊性测试仪、金相分析等, 已逐步被用于生产, 并逐步向自动化方向发展。

### 第三节 印制电路板基板材料

二十世纪中期, 在大面积铜箔和绝缘材料胶合问题得到解决后, 印制电路制造技术和生产规模得到迅速发展。在了解和掌握印制电路制造工艺的同时, 还必须了解制造印制板用的基板材料。

#### 一、敷铜箔层压板的主要原材料

敷铜箔层压板的主要原材料包括铜箔、粘结剂和填料三部

分。

**1. 铜箔：**是作为印制板的导体而敷压在层压板上，它具有较高的导电率、良好的可焊性及较大的附着力。目前几乎100%的敷箔板都用铜箔。

铜箔的厚度对敷箔板的性能和制造工艺有直接的影响。铜箔越厚，印制板蚀刻越困难，蚀刻精度不高，侧腐蚀严重。因此，对铜箔的厚度应根据具体需要适当选译。

在国际标准中，对铜箔的规格是按其单位面积的重量来规定的：规格为1盎司（ $305/\text{米}^2$ ）即厚为 $35\mu$ 的铜箔；2盎司（ $610 \pm 10/\text{米}^2$ ）即厚为 $70\mu$ 的铜箔。一般常用铜箔的厚度为 $70\mu$ 、 $35\mu$ 、 $18\mu$ 、 $10\mu$ 和 $5\mu$ 等。

**2. 粘合剂：**用来浸渍填料，固化后与填料粘合在一起而形成层压板，对敷箔板的性能，起着决定性的作用。目前采用的粘结剂有酚醛树脂、改性环氧树脂等。

酚醛树脂是由酚类和醛类物质，在触媒存在下经缩合反应而制得的合成树脂。用于印制板的酚醛树脂是醇溶性甲酚—甲醛树脂，比重和吸水性小，抗弯强度高，耐化学性好。

环氧树脂是分子内含有环氧基的高分子化合物的总称，属于线型聚合物，使用时要加入一定量的固化剂才能固化。环氧树脂具有优良的电性能，对多种材料有很好的粘结性，与玻璃布作填料制成的层压板，有玻璃钢之称，同时还具有优良的耐化学药品、耐溶剂性等。

随着对印制板的耐热性、尺寸稳定性、电气特性、耐燃性等方面越来越高的要求，现已推广耐热、自熄性敷铜箔层压板。具有可挠性的聚酰胺、聚酰亚胺、聚四氟乙烯等树脂，有的正在研制，有的已研制成功并已推广应用。

**3. 填料：**对基板材料的机械强度、耐热性、吸水性和绝缘性有很大的直接关系。现用于印制板基板材料中的填料，可分为有机纤维材料（如纸棉布等）和无机纤维材料（如玻璃纤维布）两大

类。由绝缘纸制成的称为纸基层压板，玻璃纤维制成的称为玻璃布基层压板。

纸基填料一般是牛皮纸，亚硫酸盐纤维纸、 $\alpha$ -纤维纸和棉花纸等。纸基层压板虽有良好的电性能，但机械强度、机械加工性、尺寸稳定性、耐热性和吸水性不如玻璃纤维布填料。

玻璃布都是无碱玻璃纤维布，一般使用厚度为0.06~0.10 mm。玻璃布基层压板的吸湿性小，电性能和机械性能优良，是目前使用最多的印制板基板材料。

敷铜箔层压板的生产过程，一般先将铜箔表面进行特殊处理，再涂覆（或不涂覆）一层粘结剂，而后与填料的半固化粘结片叠合在一起，放入模具中，加热加压，一次压成。原材料的处理和压制工艺都必须严格控制。

## 二、敷铜箔层压板的种类和规格

敷铜箔层压板可以根据原材料和性能的不同分类：以粘结剂不同，可分为酚醛板和环氧板；以填料不同，可分为纸基层压板和玻璃布层压板等。现在常以层压板性能、用途和使用时间标准命名分类。现将国内有关分类和美国、日本的主要种类列于表1-2。

## 三、敷铜箔层压板的特性

敷箔板是制造印制电路的基础材料，它的物理特性、加工特性和电气特性等对印制板的质量都有直接的关系。因此，印制电路的设计、生产和使用部门，对其特性都应有足够的了解和认识，以便合理选用。

**1. 翘曲、扭曲：**各类敷箔板都存在着不同程度的翘曲，是当今印制板基板材料普遍存在的难题之一。引起翘曲的原因很复杂，尚待进一步研究解决。

在敷箔板制造过程中，由于纤维的方向性、均匀性、层压中



表1-2 印制板种类对照表

敷箔 名 型 号	日本(JIS)	美国(NEMA)	中国(华电厂)
耐燃酚醛纸基板	PP-1	FR-2	/
酚醛纸基板	PP-2	XXXP	TFZ-63
耐燃酚醛纸基板	PP-3	XXXPC	THFZ-69
酚醛纸基板	PP-4	/	/
耐燃环氧纸基板	PE-1	FR-3	THXZ-70
一般环氧玻璃布板	GE-4	G-10	THAB-67
耐热环氧玻璃布板	GE-2	G-11	/
一般耐热环氧玻璃布板	GE-3	FR-4	THXB-68
耐燃耐热环氧玻璃布板	GE-1	FR-5	/
环氧树脂合成纤维板	SE-1	/	/

温度压力的控制，以及树脂收缩等，导致材料内部产生的内应力，都会造成敷箔板翘曲，且多在印制板制造过程中表现出来。同时，印制板布线不均匀，不对称，制造过程中电镀、烘烤时间太长、温度过高、机械加工不当等，也会使翘曲加剧。

印制板的翘曲对装配、焊接特别是接插部分影响很大。因此，敷箔板的生产，要适当选择原材料，合理布线，严格控制工艺规范，以使翘曲度尽量减小。

**2. 抗弯强度：**表示敷箔板能承受弯曲、冲击、振动的能力大小，以单位面积受力大小 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 表示。不同材料的敷箔板其抗弯强度不同，环氧玻璃布敷箔板抗弯强度不小于  $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ ，环氧合成纤维敷箔板不小于  $1500\text{kg}/\text{cm}^2$ ，酚醛纸基敷箔板为  $800\text{kg}/\text{cm}^2$ ，环氧纸基敷箔板不小于  $1150\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

**3. 抗剥离强度：**这是衡量铜箔和绝缘板之间粘结强度的性能指标。抗剥离强度决定了印制板成品导线、焊盘及插头部分经受热冲击、机械冲击和振动冲击的能力，所以抗剥离强度越高越好。抗剥离强度以  $\text{kg}/\text{cm}$  表示。一般酚醛纸基板抗剥强度为  $1.2\text{kg}/\text{cm}$  以上，环氧玻璃布敷箔板为  $1.5\text{kg}/\text{cm}$ 。