

印制电路

组件装焊工艺与技术

李晓麟 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电子装联工艺技术丛书

印制电路

组件装焊工艺与技术

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以大量精美彩图加文字说明的形式,理论与实践相结合,对 PCB 的组装工艺技术,呈现了以下主要内容:

PCB 机械装配工艺方法; PCB 装配前的操作工艺和要求; 通孔插装 (THT) 工艺; 表面贴装 (SMT) 工艺; PCB 组件返修工艺技术及方法的选择; PCB 的清洗要求和工艺方法; PCB 的质量检验要求及检验方法等。

本书适合电路设计师,电子装联工艺师,无线电装接工、PCB 质检人员等的阅读和使用。对 PCB 组件产品也可作为其验收的参考培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

印制电路组件装焊工艺与技术 / 李晓麟编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.4

(电子装联工艺技术丛书)

ISBN 978-7-121-13134-9

I. ①印… II. ①李… III. ①印刷电路—组件—装配(机械)—工艺②印刷电路—组件—焊接—工艺

IV. ①TN410.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 044894 号

策划编辑: 李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑: 李 洁

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11 字数: 278 千字 彩插: 20

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



制造技术是产品形成的关键，电子装备制造技术又是制造技术当中发展最为迅速，最代表制造技术先进性的组分，在当今世界上的发展更是日新月异。在中国正成为世界上最大的电子产品生产和加工基地，快步与国际市场接轨的今天，电子装备制造技术在我国电子信息产业中所发挥的作用越来越突出，地位越来越重要。

电子装联技术是电子装备制造基础支撑技术，是电子装备实现小型化、轻量化、多功能化和高可靠性的关键技术。面对中国正从全球的制造业大国向制造业强国转化，逐步由劳动密集型向技术密集型过渡，尤以工业化和信息化两化融合为重点的形势下，作为电子装备制造的关键和核心技术之一，我国在电子组装产业的投入和产出大幅度增长，电子装备中的电子组装产业正处于千载难逢的历史机遇！我曾经在电子产品研发和制造第一线从事过电子装联工作，深切感受到工艺技术的重要性，电子装联工艺技术水平的高低，直接影响着实现产品功能的指标，关系到产品的可靠性，也决定着产品的质量。因此，提高电子装联工作者整体工艺技术水平，是提高我国电子信息产品竞争力的关键因素之一。尽快弥补我们电子组装行业在产业结构、核心技术、管理水平、综合效益、设计人员水平、技术工人素质等方面同国际先进水平的差距，满足日新月异的现代电子科技发展需求，需要电子装联领域所有参与者的共同努力。

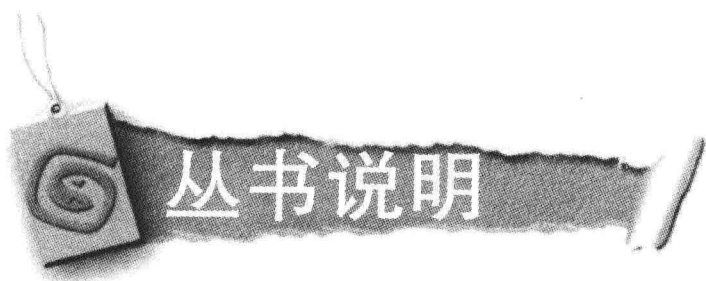
本丛书作者在从事电子装联技术工作中积累了丰富的实践经验。总结在电子装联工艺工作中的创新理念、研究成果和实际体会，加以推广，是作者多年的夙愿。在总结作者几十年工作经验的基础上，丛书按照针对性强，简明实用的原则，突出了电子装联在电子产品制造中的作用和意义。从基础知识、电子装联工艺技术的规范化、标准化和实用性入手，运用作者所提供的工艺技巧和数据，站在读者更容易掌握并效法实施的角度，以图文并茂的讲解，引导读者进入一个领悟工艺技术的境界。相信该书的出版对电子装联工艺技术一定会具有很强的指导意义，同时也将对我国电子信息产品质量的把关和提升起到积极的促进作用。

我作为作者过去的同事和现仍工作在电子信息领域的一员，对此书的出版，表示热烈的祝贺！对为这套丛书付出大量心血的作者表示衷心的感谢！希望电子装备制造行业的专家学者也能够像作者一样，将自己的一得之见加以总结，抛砖引玉，资源共享，推进我国电子信息产业的技术进步。

电子工业出版社为我们呈现这样一套丛书，是为电子信息产业，特别是电子制造技术领域又做的一件大好事，更为电子装联领域的技术人员提供了一个研究和尝试的好工具。希望这套丛书能像其他好的科技丛书一样，不仅具有传播和应用的价值，更能够为我们的社会在培养人才方面做出贡献。

刘必宏

——中国电子信息产业集团公司总经理
研究员级高级工程师，享受“国务院政府特殊津贴”专家
中国电子学会常务理事
2010年11月



无处不在的电子产品已经改变了人类的生活，它不仅促进了国民经济的飞速发展，同时也提高了人们的生活质量，在给人们提供享受的同时，也常常潜藏着不少隐患——电子产品质量的可靠性问题。

为了尽量减少这些隐患，提高电子产品的制造质量与可靠性，“电子装联工艺技术丛书”从电子装联用材料、元器件、板级电路、模块电路、线缆装焊到整机电子设备的布线及可靠性焊接，全方位地将电子产品装联中常用的技术与操作，结合彩色图片做了较为详细地讲解与评说。

电子产品是由阻容元件、变压器、线圈、大的晶体管及带散热器的晶体管组件、电源模块、微波组件（或模块）、母板型机箱底座的连线、各种印制电路板插座，焊/压接电缆座的连线等电子元器件和零部件组成。怎样将这些电子产品按设计图纸要求进行组装连接，以满足设计电路各项电气指标性能的最大实现，这就是装联工艺技术，即生产制造技术。它是图纸无法表达的一种专门技术，它把设计要求的质量有效地体现在产品上，从而使产品获得稳定的质量。瞩目世界制造业，同样一张图纸，同样是生产电视、冰箱、空调、电子设备，可装焊后的整机，有的好调，不费事，不费时，而有的就是调不出来，或技术指标达不到设计要求，以此造成电子设备的寿命指标和可靠性产生极大的差异，这种现象在装联界具有一定的普遍性，是电子产品制造业中的“常见病”、“多发病”。因此，要避免或减少这些“病因”的产生，就必须从装联工艺技术、生产制造技术的环节来提高产品的制造质量。

低素质的员工是很难生产出高质量的产品的，因此，必需大力发展面向“世界工厂”的职业教育和培训，建立一支庞大的技工队伍，培养出大量技术娴熟、手艺高超的一线操作人员，才能生产出高质量的产品，才能打造出更多“中国制造”的产品来。而技能人才是国家人力资源的重要组成部分，他们的进步在某种程度上代表着国家的进步。一个人具有 90% 的技能是在工作岗位中获得的，现代社会知识更新换代快，因而对工人进行不断的、甚至是终身的培训是必不可少的。实践已充分证明，在企业职工的技术培训上，一份投入可以换回十倍乃至一百倍的效益。

对专业人材的教育和培训离不开教材，为了更好地为企业大量提供有用、好用的技能人才，笔者在毕生从事的电子装联技术工作的基础与经验上，编写了这套“电子装联工艺技术丛书”。以期职业教育、技能人才提高劳动力素质，为电子装联业内人士们提高技能，为工艺工作上的参考与方便，提供一份可指导性、可操作性、有价值的彩色图文并茂的工艺技术书籍。

本套丛书共分四册，分别为《整机电子装联工艺与技术》；《印制电路组件装焊工艺与技术》；《多芯电缆装焊工艺与技术》；《电子装联常用元器件及其选用》。

丛书说明

本丛书是笔者近三十年电装工艺实践的总结，也是笔者退休后受工程技术界专业培训机构——北京中际赛威文化发展有限公司的邀请，在其举办的“电装工艺系列高级研修班”中所主讲课程的升华，以及在广大工程师、电子装联业界内众多同仁、曾经的同事、朋友们的帮助支持和期盼下完成的。同时得到了中国电子信息产业集团公司总经理刘烈宏的热情鼓励、关心与支持，在此向他表示诚挚的谢意！

借本丛书出版之际，向我的父亲李维先教授——中国十名中等专业教育专家之一（教育科学出版社 1983 年“中华人民共和国教育大事记 1949—1982”中：1979 年 12 月 30 日按照联合国教科文组织的要求，我国向该组织提供十名中等专业教育专家人名录。他于 1993 年心肌梗塞突然离开了我们），深深地鞠上一躬，是他的在天之灵激励着我，给我智慧，鼓舞着我完成了他的心愿。永远思念着的父亲，在飘渺天际的您一定能看见女儿这套丛书中闪现着您的智慧之光！

本丛书大量精美的图片由美术设计师王宇先生完成。是他高超的专业技能与对本书技术内容深刻的理解和悟性，得以使本书熠熠生辉！

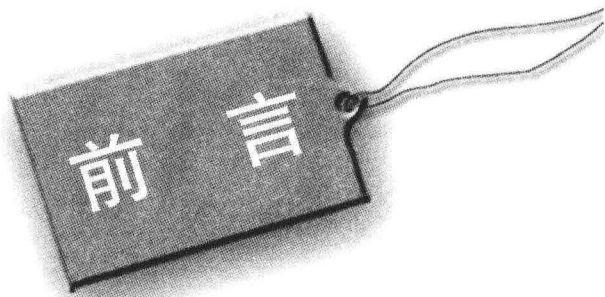
在此，还要感谢为本丛书提供帮助的宋冬、肖剑锋、杨红云、薛树满等的大力支持。



李维先教授

李晓麟

2010 年 9 月于成都



电子产品的失效产生于不良设计、元器件问题及生产过程中。目前的 PCB 组装主要以通孔插装 (THT) 和表面贴装 (SMT) 混合装配为主要形式。合理的设计, 可制造的结构参数, 规范、先进、稳定的生产工艺技术, 是提高产品质量, 降低生产成本, 增加工作效率的根本保证。

无论是采用 THT, 还是 SMT 装配形式, 在 PCB 组装件的基本构成中, 元器件、电路板、互连焊点三者都关联着电子产品的使用寿命, 而电子电路中电气信号的畅通, 机械连接的可靠与否将完全由互连焊点保障, 焊点失效就可能导致整个电子电路瘫痪。而随着当前电子信息时代的发展进程, 电子装备需要电子产品的微小型化、高性能化和高可靠性, 这样使得板级电路模块的组装密度不断提高, 高集成度微型器件品种不断增加, 组装方式不断变化, 因而对板级电路组装技术的质量、可靠性要求更显迫切。

大量的通孔插装元件、表面贴装元件装在 PCB 的单面或双面上, 焊点的失效与元器件的安装形式、整形要求、固定方法、元器件与焊盘的摆放要领、焊接要点、焊点形态、器件的损伤等因素都有关, 因此, 对 PCB 的装配焊接工艺要求和判定条件, 是电子装联技术、电子产品生产中非常需要的。尽管关于 PCB 装配焊接的书籍、资料、标准如今名目繁多, 但是, 仅从具有权威性的“标准”来看, 结合国情, 具有可操作性、指导性, 全面规范印制电路板上的分立元器件 (TH)、表面贴装元器件 (SMD/SMC) 的机械安装、成形要求、焊接要求及对它们进行合格与否的判定, 再配合彩色图文进行讲解的并不多见。本书就是以此为特点并为满足 PCB 组件生产质量进行编写的。

本书所介绍的 PCB 组装工艺技术, 是在国家军用标准 (GJB 标准, 即将颁布) 内容的基础上进行了扩展, 并把许多以前用语言表述的装焊工艺要求, 变成了更为直观且可以量化、便于理解掌握的彩色图示, 同时对 PCB 在装配焊接中可能碰到的问题及解决方法均给出了讲解。本书的工艺技术不仅可以使读者学习、掌握 PCB 组装技术, 同时也可作为电子装联工艺人员在从事这项工作中直接引用。

此外, 对电路设计师来说, 从历史的经验来看, PCB 的很多故障问题, 最终都是设计方面的可制造性问题所致。所以, 一名优秀的电子工程设计师, 一定需要懂得制造工艺。

第 1 章 印制电路板组装工艺简介	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 印制电路板与印制电路组件	(1)
1.3 印制电路板的分类	(2)
1.3.1 按用途分类	(2)
1.3.2 按结构分类	(2)
1.3.3 按基材分类	(3)
1.3.4 按特殊性分类	(3)
1.4 印制电路板的组装类型	(6)
1.5 印制电路板的组装工艺简介	(6)
第 2 章 印制电路板中的机械组装	(8)
2.1 PCB 常用紧固件及安装要求	(8)
2.1.1 常用紧固件	(8)
2.1.2 紧固件安装的电气绝缘要求	(12)
2.2 铆接紧固件的安装要求	(16)
2.3 元器件带散热装置的安装要求	(17)
2.3.1 散热装置的合格安装	(17)
2.3.2 散热装置的不合格安装	(17)
2.4 印制电路板上插拔件的安装要求	(18)
2.5 紧固件点漆要求	(20)
2.6 印制电路板组件的机械损伤要求	(21)
2.6.1 对印制电路裸板的外观检查要求	(21)
2.6.2 加工及存储过程的机械损伤	(21)
第 3 章 印制电路组件装焊前操作工艺和要求	(22)
3.1 常规焊接工艺要求	(22)
3.2 焊料要求	(23)
3.2.1 合金焊料成分要求	(23)
3.2.2 膏状焊料	(24)
3.2.3 焊膏使用和储存的注意事项	(24)

3.2.4	焊膏的选用	(24)
3.3	焊接温度要求	(25)
3.3.1	焊接基本要求	(25)
3.3.2	手工焊接	(25)
3.3.3	设备焊接	(25)
3.4	焊接时间要求	(28)
3.5	焊剂要求	(28)
3.6	装焊工具和设备	(28)
3.6.1	焊接工具	(28)
3.6.2	PCB 组设备	(34)
3.7	关于镀金引脚器件的处理条件	(34)
3.7.1	元器件镀金引线“去金”的问题	(34)
3.7.2	元器件镀金引脚为什么允许不“去金”	(35)
3.7.3	元器件引脚不去金的条件	(35)
3.8	对 ESD/EOS 的防护要求	(36)
3.8.1	静电防护的提出	(36)
3.8.2	电气过载/静电放电的防护要求	(36)
3.9	阻焊膜与涂覆要求	(37)
3.9.1	阻焊膜	(37)
3.9.2	装焊操作对阻焊膜的要求	(37)
3.9.3	涂覆要求	(37)
3.10	印制电路板的要求	(38)
3.11	元器件要求	(38)
3.12	金属化孔焊接要求	(39)
3.12.1	金属化孔透锡率问题	(39)
3.12.2	影响通孔插装元器件金属化孔透锡率的主要因素	(40)
3.12.3	焊料的渗透影响	(40)
3.12.4	元器件处理不当对透锡率的影响	(41)
3.12.5	焊接温度偏低对透锡率的影响	(41)
第 4 章	通孔元器件 (THT) 装焊工艺要求	(43)
4.1	印制电路板的预烘要求	(43)
4.2	元器件预处理	(43)
4.2.1	元器件搪锡工艺	(43)
4.2.2	元器件的成形	(46)
4.2.3	元器件引脚成形的要求	(50)
4.2.4	元器件成形时的安装方向要求	(52)
4.2.5	元器件引脚成形时的损伤要求	(52)
4.3	插装型 (THT) 元器件的安装工艺	(53)
4.3.1	插装型 (THT) 元器件的安装	(53)
4.3.2	水平安装件——一边引出脚元器件的安装	(54)

4.3.3	立式安装件—轴向引脚元器件的安装	(55)
4.3.4	立式安装件—非轴向双引脚元器件的安装	(57)
4.3.5	立式安装件—径向引出脚的元器件安装	(58)
4.3.6	电连接器插座的安装	(60)
4.3.7	安装电连接器时对引脚要求	(61)
4.3.8	分立元件引脚套绝缘套管要求	(64)
4.3.9	双列直插封装器件的安装要求	(65)
4.3.10	排电阻元件的安装要求	(65)
4.3.11	元器件引脚套管颜色要求	(65)
4.4	THT 元器件的焊接要求	(66)
4.4.1	焊接的润湿要求	(66)
4.4.2	元器件引脚与焊料接触要求	(67)
4.4.3	带套管引脚或导线在焊盘孔中的焊接要求	(67)
4.4.4	元器件引脚焊接后伸出 PCB 长度的规定	(68)
4.4.5	元器件引脚/跨接线在 PCB 上的打弯要求	(69)
4.4.6	元器件引脚与焊盘的焊接工艺要求	(70)
4.4.7	PCB 上元件引脚修剪要求	(71)
4.4.8	弯月形引脚元器件的焊接要求	(71)
4.4.9	导线或元器件引脚在双分叉端子上的焊接要求及判定	(72)
4.4.10	导线或元器件引脚在塔形柱状端子的焊接要求及判定	(72)
4.5	通孔元器件的焊接合格条件	(73)
4.5.1	焊点外观要求	(74)
4.5.2	焊点外观不合格的焊接判定	(75)
4.5.3	焊接时印制电路板板面的不合格判定	(77)
4.5.4	元器件引脚与焊料、焊盘不合格的判定	(78)
4.6	元器件安装保护工艺要求	(79)
4.6.1	元器件引脚承重要求	(79)
4.6.2	元器件体积重心要求	(80)
4.6.3	元器件的固定工艺及要求	(80)
4.6.4	元器件散热装置安装工艺	(83)
第 5 章	表面组装元器件 (SMD/SMC) 装焊工艺要求	(85)
5.1	对表面组装元器件的要求	(85)
5.2	PCB 的预烘工艺	(86)
5.3	胶粘工艺	(86)
5.3.1	贴片胶的黏结	(86)
5.3.2	粘贴位置及胶量要求	(87)
5.3.3	元器件胶粘工艺的判定条件	(87)
5.4	片式元件装焊工艺及合格条件	(89)
5.4.1	片式元件的外形及发展	(89)
5.4.2	矩形片式元件的贴装位置要求与合格与否的判定	(90)

5.4.3	矩形片式元件的焊接要求与判定	(91)
5.5	矩形片式元件的堆叠安装要求	(94)
5.5.1	片式元件堆叠安装说明	(94)
5.5.2	PCB 上片式元件常规堆叠工艺要求	(94)
5.6	柱状元件的装焊工艺及合格条件	(95)
5.6.1	柱状元件的安装工艺	(95)
5.6.2	柱状元件的焊接工艺	(96)
5.7	小外形短引脚元件的贴装焊接工艺及合格条件	(98)
5.7.1	贴装工艺	(98)
5.7.2	焊接工艺	(99)
5.8	“L”形和鸥翼形引脚器件装焊工艺	(99)
5.8.1	“L”形和鸥翼形引脚集成电路 (IC)	(99)
5.8.2	“L”形和鸥翼形引脚器件引脚安装位置工艺要求	(100)
5.8.3	“L”形和欧翼形引脚器件焊接工艺要求及判定	(101)
5.8.4	GJB 和 IPC 标准的工艺判定	(102)
5.9	“L”形和鸥翼形四边引脚器件装焊工艺	(104)
5.9.1	QFP 器件简介	(104)
5.9.2	QFP 器件引脚贴装位置工艺要求	(105)
5.9.3	QFP 器件引脚贴装合格与否的判定条件	(106)
5.9.4	“城堡”形无引脚器件装焊工艺要求	(106)
5.10	“J”形引脚器件装焊工艺及合格条件	(108)
5.10.1	“J”形引脚器件	(108)
5.10.2	“J”形引脚器件参数概念	(109)
5.10.3	“J”形引脚器件安装焊接条件	(109)
5.10.4	“J”形引脚器件焊接判定工艺	(110)
5.11	面阵列引脚器件的装焊工艺及合格条件	(112)
5.11.1	面阵列引脚器件简述	(112)
5.11.2	面阵列引脚器件装焊工艺及合格条件	(113)
5.11.3	X-射线检查不合格判定	(114)
第 6 章	印制电路组件返修工艺	(116)
6.1	返修的定义	(116)
6.2	印制电路板的返修要求	(117)
6.2.1	返修常规要求	(117)
6.2.2	返工修复限定条件	(117)
6.3	返修准则	(117)
6.4	返修限制	(118)
6.4.1	返修数量的限制	(118)
6.4.2	改装	(118)
6.4.3	焊点数返修限制	(118)
6.5	返修工具及设备简介	(119)

6.5.1	返修工具	(119)
6.5.2	返修设备	(119)
6.5.3	主要返修设备简介	(119)
6.6	返修工艺	(122)
6.6.1	返修的基本分类	(122)
6.6.2	返修工艺过程的特征	(122)
6.6.3	返修工艺的基本要求	(123)
6.6.4	几种返修工艺方法	(124)
6.6.5	返修方法选择原则	(139)
6.7	返修质量保证	(139)
6.7.1	返修质量总要求	(139)
6.7.2	返修质量保证措施	(140)
第7章	印制电路组件清洗工艺	(141)
7.1	清洗概述	(141)
7.2	污染物及其影响	(142)
7.3	清洗剂	(142)
7.3.1	醇类清洗	(142)
7.3.2	有机硅清洗	(143)
7.3.3	N-甲基-2-吡咯烷酮清洗	(144)
7.3.4	氯化溶剂清洗	(144)
7.3.5	乙二醇醚及其他	(144)
7.4	清洗工艺	(145)
7.4.1	半水清洗技术	(145)
7.4.2	水清洗技术	(147)
7.4.3	免清洗技术	(148)
7.5	清洗工艺方法	(149)
7.5.1	喷洗	(149)
7.5.2	浸洗	(150)
7.5.3	汽相清洗	(151)
7.5.4	手工刷洗	(151)
7.5.5	超声波清洗	(152)
7.6	清洗后 PCB 的“泛白”问题	(152)
7.7	装焊后清洗效果的检验	(153)
第8章	质量检验	(156)
8.1	检验基础知识	(156)
8.1.1	质量检验概念及定义	(156)
8.1.2	质量检验基本要点	(157)
8.1.3	质量检验的必要性	(157)
8.1.4	质量检验的主要功能	(158)
8.2	检验步骤	(159)

8.3	检验的几种形式	(159)
8.4	质量检验的分类	(160)
8.4.1	根据产品阶段分类	(160)
8.4.2	按产品场所分类	(160)
8.4.3	按产品数量分类	(161)
8.4.4	按检验人员分类	(161)
8.4.5	按检验方法分类	(161)
8.4.6	按检验产品损坏程度分类	(162)
8.5	印制电路组件质量检验保证	(162)
8.5.1	装焊质量检验	(162)
8.5.2	手工装焊或焊接设备装焊的质量检验	(162)
8.5.3	仲裁检验	(163)
参考文献		(164)

第 1 章

印制电路板组装工艺简介

1.1 概述

“印制电路(Printed Cricuit)”这个概念,世界上比较公认的是由奥地利人保罗·爱斯勒(Paul Eisler)在第二次世界大战期间提出的。

1942 年他用纸质层压绝缘基板黏结铜箔,用丝网印刷导电图形,再用蚀刻法把不需要的铜箔腐蚀掉,制造出了收音机用印制电路板。这种工艺当时在英国被冷落,而被美国人先接受。在第二次世界大战期间,美国人应用这种工艺技术制造印制电路板用于军事电子装置中,并获得成功,于是引起了电子制造商们的重视。到 1950 年年初,铜箔腐蚀法成了最实用的印制电路板制造技术,并开始广泛应用,可谓一枝独秀。因此,大家称爱斯勒博士为“印制电路之父”。

采用铜箔腐蚀法作为印制电路板生产主要方法后,印制电路技术发展非常迅速。1953 年出现了双面板,并采用电镀工艺使两面导线互连;1960 年产生了多层板;1960 年末聚酰亚胺挠性电路板问世;1970 年又产生了多层布线板;1990 年年初又产生了积层多层印制电路板。目前印制电路板的层数已可做到四十多层了。

印制电路板在电子装联界中,简称为 PCB,其英文为:Printer Circuit Board 的缩写。

印制电路板由绝缘底板、连接导线、元器件和焊盘组成,具有导电和绝缘底板的双重作用。它可以实现电路中各个元器件的电气连接,以代替复杂的布线,具有减少接线工作量,简化电子产品的装配、焊接、调试工作,缩小整机体积,降低产品成本,提高电子设备的质量和可靠性等特点,同时具有良好的产品一致性,可以采用标准化设计,以利于在生产过程中实现机械化和自动化,可使整块印制电路板作为一个备件,便于产品的互换与维修。

由于以上特点,印制电路板已经极其广泛地应用于电子产品的生产制造中。

1.2 印制电路板与印制电路组件

在我国的国家标准 GB2036—1994《印制电路术语》中对印制电路板的解释是:“印制电路



或印制线路成品板统称为印制电路板。它包括刚性、挠性和刚挠结合的单面、双面和多层印制电路板等。”

印制电路和印制线路二者是有区别的,根据 GB2036—1994 的解释:在绝缘基板上按预定设计形成印制元件或印制线路及两者结合的导电图形,称做印制电路;在绝缘基材上形成的导线图形,用于元器件之间的连接,但不包括印制元件的,称为印制线路。

在日本,定义印制电路板很简单:“形成印制线路的板称做印制线路板。装上元器件的印制线路板称做印制电路板。”

在欧美,将含有导电图形的光板、裸板,而不含元器件的板称做印制线路板。美国 UL 公司认证印制电路板的文件资料上使用用的是 PWB (Printed Wing Board)。印制电路板 PCB (Printer Circuit Board) 是指:“板+元器件=PCB”。但欧美国家常常把印制线路板统称为 PCB,即 PCB 也是 PWB。

在我国装联界对没有在印制电路板上进一步安装元器件、电子零部件的印制电路板习惯上把它们称为“裸板”。

安装了元器件或其他电子部件的印制电路板通常称为印制电路组件。

此外,印制电路板上所有元器件、零部件均已安装、焊接、涂覆完成,具有一定电路单元功能的,习惯上按用途称为“×××板”、“××卡”。例如:电视机主板、计算机主板、声卡等。

1.3 印制电路板的分类

印制电路板的分类目前没有统一方式,按传统习惯一般有四种区分方式,即以用途、基材、结构和特殊性分类。按基材分类能反映出印制电路板的主要性能,按结构分类能反映出印制电路板本身的特性,这两种分类法采用较多。特别是欧美多采用按结构分类。

1.3.1 按用途分类

民用印制电路板:主要用于电视机、洗衣机、电子玩具、照相机等电子产品,也称为消费类印制电路板。

工业用印制电路板:主要用于计算机、通信、仪器仪表、医疗、汽车等电子产品。

军用印制电路板:主要用于宇航、卫星、火箭、雷达、飞机等军用产品。

1.3.2 按结构分类

刚性印制电路板:刚性印制电路板 (rigid PCB) 是用刚性基材制成的印制电路板。刚性印制电路板占全球印制电路板的比例约为 85%。

挠性印制电路板:挠性印制电路板 (flex PCB) 是利用挠性基材制成的印制电路板,可以有或没有挠性覆盖层。挠性板占全球印制电路板的比例约为 15%。

刚—挠印制电路板:刚—挠印制电路板 (flex-rigid PCB) 是利用挠性基材在不同区域与刚性基材结合而制成的印制电路板。在刚挠结合区,挠性基材与刚性基材的导电图形通常都要

进行互连。

齐平印制电路板：齐平印制电路板（flat printed board）是导电图形的外表和绝缘材料的外表处于同一平面的印制电路板。

1.3.3 按基材分类

（1）纸基印制电路板

这类印制电路板使用的基材以纤维纸作增强材料，浸上树脂溶液（酚醛树脂、环氧树脂等）干燥加工后，覆以涂胶的电解铜箔，经高温高压压制而成。按美国 ASTM/NEMA（美国国家标准协会/美国电气制造商协会）标准规定的型号，主要品种有 FR-1、FR-2、FR-3（阻燃类），XPC、XXXPC（非阻燃类）。全球纸基印制电路板 85% 以上的市场在亚洲。最常用、生产量大的是 FR-1 和 XPC 印制电路板。

（2）环氧玻纤布印制电路板

这类印制电路板使用的基材是以环氧或改性环氧树脂作黏合剂，玻纤布作为增强材料。这类印制电路板是当前全球产量最大、使用最多的一类印制电路板。在 ASTM/NEMA 标准中，环氧玻纤布板有四种型号：G-10（不阻燃）；FR-4（阻燃）；G-11（保留热强度，不阻燃）；FR-5（保留热强度，阻燃）。实际上，非阻燃产品在逐年减少，FR-4 占绝大部分。

（3）复合基材印制电路板

这类印制电路板使用的基材的面料和芯料是由不同增强材料构成的。使用的覆铜板基材主要是 CEM（Composite Epoxy Material）系列，其中以 CEM-1 和 CEM-3 最具代表性。CEM-1 基材面料是玻纤布，芯料是纸，树脂为环氧，阻燃；CEM-3 基材面料是玻纤布，芯料是玻纤纸，树脂为环氧，阻燃。复合基印制电路板的基本特性同 FR-4 相当，而成本较低，机械加工性能优于 FR-4。

（4）特种基材印制电路板

金属基材（铝基、铜基、铁基或因瓦钢）、陶瓷基材，根据其特性、用途可做成金属（陶瓷）基单、双层或多层印制电路板或金属芯印制电路板。

1.3.4 按特殊性分类

（1）高玻璃化温度印制电路板

当温度升高到某一区域时，基本加工由“玻璃态”转变为“橡胶态”，此时的温度称为该板的玻璃化温度（ T_g ），也就是说，玻璃化温度是基材保持刚性的最高温度（℃）。通常 $T_g \geq 170^\circ\text{C}$ ，称做高玻璃化温度印制电路板。基板的玻璃化温度提高了，印制电路板的耐热性、耐潮湿性、耐化学性、耐稳定性等特征都会提高和改善。近年来，要求制作高玻璃化温度印制电路板的客户逐年增多。

（2）CTI 印制电路板

CTI 称为相对漏电起痕指数（Comparative Tracking Index）。在高电压、污秽、潮湿等恶劣环境下使用的 PCB（如洗衣机、制冷设备、电视机等），会出现绝缘破坏、起火、表面碳化等问题。根据国际电工委员会（IEC）664A、950 标准按 CTI 值大小将绝缘材料分成四个等级：1



级 CTI ≥ 600 ; 2 级 CTI 为 400~600; 3 级 CTI 为 170~400; 4 级 CTI 为 100~175。当用户对 CTI 有要求时应选用高安全性能的板材制作印制电路板。

(3) 特性阻抗印制电路板

英文 Characteristic Impedance Control 称为特性阻抗控制。基于 IC 集成度的提高和应用, 其信号传输频率和速度越来越高, 因而在 PCB 导线中信号传输(发射)高到某一定值后, 便会受到 PCB 导线本身的影响, 造成传输信号的失真或丧失。这表明, 此时 PCB 导线上所“流通”的并不是电流, 而是方波信号或脉冲。这种“信号”传输时所受到的阻力, 称为“特性阻抗”。近年来制作特性阻抗印制电路板的需求越来越普遍, 多为计算机、通信行业高速、高频信号传输所需要的多层印制电路板。这类印制电路板通常要求特性阻抗为 40 Ω 、50 Ω 、75 Ω 、100 Ω , 公差为 5%~10%。对这个要求需要有专用仪器进行测试。

(4) 高频微波印制电路板

高频微波印制电路板作为电子信息科技产业必不可少的配套产品, 近年来需求迅速增多。高频的定义是 300MHz 以上, 即波长在 1m 以下的短波频率范围。高频通信、高频传输、高保密性、高传送质量, 要求移动通信、汽车电话、无线通信向高频、高速发展, 使高频通信在卫星接收、基站、导航、医疗、运输、仓储等各个领域大显身手, 因而对印制电路板提出了高频特性要求。这类印制电路板需选用低介电常数(ϵ_r 或 D_k)的覆铜板基材制作, 制造工艺同传统方法也有所不同。低介电常数基材所用的树脂包括聚四氟乙烯(PTFE, 俗称 teflon; $D_k=2.1\sim 2.6$)、聚酰亚胺(PI)、聚苯醚(PPE 或 PPO)、双马来酰亚胺三嗪(BT)、氰酸酯树脂(CE)等, 介电常数 D_k 常用的数字为 2.1、2.6、3.0、3.2、3.3、3.4、3.6、3.8、4.0 或 9.5、10.0。

(5) HDI 印制电路板

HDI(High Density Interconnecting)即高密度互连。高密度互连印制电路板是指在常规的 PCB(如双面板或四层板等作为芯板)的一面或双面上交替地积层上绝缘介质层和导电层等形成更高密度的印制电路板。这类印制电路板最早是由日本开发并发展起来的, 美国、欧洲等国也紧跟其后, 主要用于移动电话、数码相机等方面。

(6) 埋盲孔印制电路板

通常埋盲孔印制电路板都是多层板。盲孔指的是仅延伸到印制电路板一个表面的导通孔, 通常孔径 $\phi \leq 0.4\text{mm}$, 是金属化孔(PTH)。埋孔(buried via-hole)指的是未延伸到印制电路板表面的导通孔, 通常孔径 $\phi \leq 0.4\text{mm}$, 是金属化孔。基于电子设备体积小、元器件的集成化, IC 的高密度化, 许多多层印制电路板常被设计成埋盲孔多层印制电路板。

(7) 无卤印制电路板

根据欧盟 2003 年年初公布的两项环保指令案(WEEE 指令和 ROHS 指令), 禁止使用六种物质: 铅、汞、镉、六价铬、溴阻燃剂之多溴联苯(PBB)和多溴联苯乙醚(PBDE), 2006 年 7 月 1 日起执行。我国原信息产业部的“电子信息产品污染防治管理办法”文件, 于 2006 年 1 月 1 日生效。修改文件中提及: 2006 年 7 月 1 日起欧盟 ROHS 指令的六种有害物质禁止使用实施, 中国也同期生效。

目前还没有任何法律、法规规定不得使用除 PBB 和 PBDE 以外的溴阻燃材料。而目前常用的 FR-4、CEM-3 印制电路板基材均属 94V-0 级, 阻燃剂多使用溴化环氧树脂, 如四溴双酚 A、六溴环十二烷、4-4'-异丙基(2,6-二溴)苯酚等, 这类基材含卤素, 不是无卤基材。因此, 应当积极推动完全废止除 PBB 和 PBDE 外的所有含溴阻燃材料。就是说, 覆铜板的阻燃