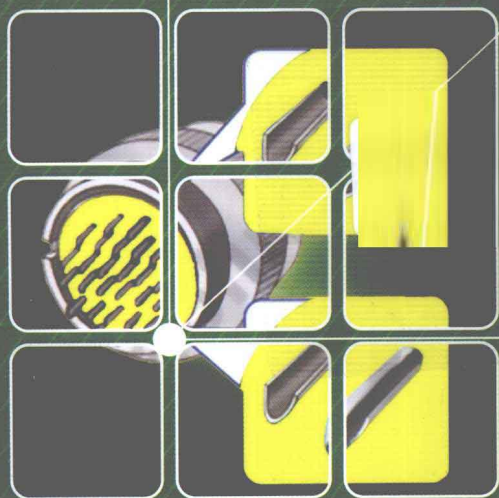


电子装联工艺技术丛书

整机装联

工艺与技术

李晓麟 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子装联工艺技术丛书

整 机 装 联

工艺与技术

李晓麟 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书就电子装联所用焊料、助焊剂、线材、绝缘材料的特性及使用和选型,针对工艺技术的要求做了较为详细的介绍。尤其对常常困扰电路设计和工艺人员的射频同轴电缆导线的使用问题更有全面的分析。

在手工焊接、相关电磁兼容性的整机接地与布线处理、工艺文件的编制等方面,有理论知识、有技巧、有案例分析,具有可操作性。值得提及的是,本书毫无保留地将很多工艺技术经验,融进了整机装联中各种不同形态焊点质量要求以及与此些焊点有关联的连接导线的形状、距离问题的处理中。从而可以把握整机装联技术中大量隐含质量问题的正确处理方法,学会“分析并看透”一个焊点在整机质量寿命中的“动态表现”。

本书配有大量彩色插图,非常适合电装工艺技术人员、电路设计师及操作人员阅读,同时也可以作为相关技术人员的培训教材使用。

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

整机装联工艺与技术 / 李晓麟编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.11

(电子装联工艺技术丛书)

ISBN 978-7-121-14827-9

I. ①整… II. ①李… III. ①电子装联 IV. ①TN305.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 211216 号

策划编辑: 李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑: 侯丽平

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 17 字数: 435.2 千字 彩插: 10

印 次: 2011 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 68.00 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成部分，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的支撑技术，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，以图文并茂的讲解方式，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好的指导意义，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。

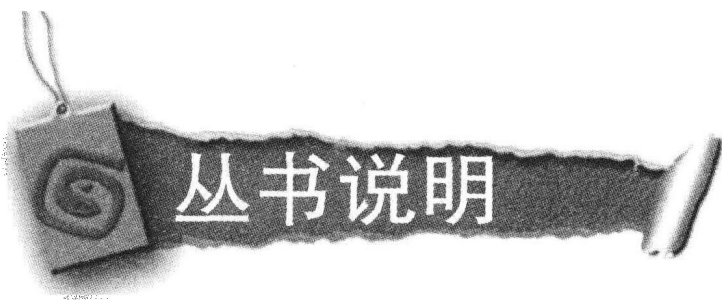
我作为作者过去的同事和现仍工作在电子信息领域的一员，对此书的出版，表示热烈的祝贺！对为这套丛书付出大量心血的作者表示衷心的感谢！希望电子装备制造行业的专家学者也能够像作者一样，将自己的一得之见加以总结，抛砖引玉，资源共享，推进我国电子信息产业的技术进步。

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所做的又一件大好事，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。

刘心宏

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



丛书说明

无处不在的电子产品已经改变了人类的社会和生活，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的讲解与评说。

电子产品由阻容元件、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。纵观世界制造业，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具有极大的差异，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，必须大力发展面向“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”，以期为职业教育、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方便，提供一具有可指导性、可操作性、有价值的图文并茂的彩色工艺技术书籍。

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

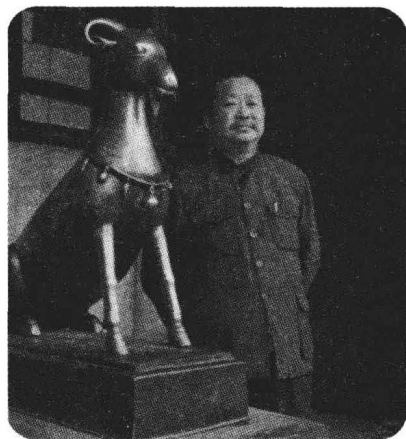
丛书说明

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！

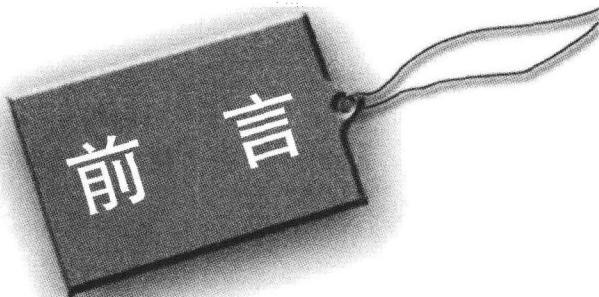
在此，还要感谢为本丛书提供帮助的宋冬、肖剑锋、杨红云、薛树满等人的大力支持。



李维先教授

李晓麟

2010年9月于成都



一个整机可以是一台电子设备，一台电子设备可以有多个整机，多台电子设备组成电子系统。在这些系统、设备、整机中，电子装联工艺技术的使用无处不在。

这些电子设备从原材料到成品出厂，往往要经过成百上千道工序的生产过程，在这一过程中，有 80%~90%是由具备一定技能的人员，操作一定的工艺装备，按照特定的工艺规程方法制造这些电子设备，这些活动都是工艺要素的有机结合。因此，生产企业的活动也有 80%属于工艺活动。工艺工作就是对这些生产过程的客观规律的正确反映，成为企业进行计划管理、技术准备、生产调度、原材料供应、劳动力调配、经济成本核算的技术依据；工艺工作又是加工操作、安全生产、计量检验、质量控制的技术指导。因此，工艺工作是解决企业的电子设备怎样制造，采用什么方法，采用什么生产资料去制造的综合性活动。所以，工艺工作水平的高低，将直接决定在一定设计条件下，能制造什么水平的电子产品。市场上所有产品的竞争，实质上是企业生产能力、工艺水平的竞争。

制造技术的后半段就是电子装联技术。电子装联与机械加工比较，不像机械加工那样，一经生产完工，其质量指标、加工效果就可见、可测。电子装联工艺技术有很多是隐含质量技术，因为软钎焊接的可变因素太多，即使产品服役后，随着时间的推移、环境条件的变化还会产生动态的质量改变。

电子设备整机的质量可靠性来自成千上万个各种不同形态的焊点（焊接端子不一样，焊点形态就不一样）、来自连接这些焊点到线束出线的距离形态（即线束出来后与焊接端子路径上的应力如何）、来自线束布线等。这只是整机的外在质量因素，电子装联质量还依赖于隐含的、可变的、无法测量的动态质量因素，特别是整机工艺技术中的布线、接地问题，这是一个设计图纸上永远无法表达的工程电磁兼容问题，只能靠“工艺技术经验”来解决。

整机装联中如何把握这些工艺技术，把握整机中大量隐含质量问题的处理，要培养这种能力就必须学会“看透”一个焊点在整机的质量寿命中“动态表现”如何。然后把这些“把握”和“看透”根据具体的不同电特性的整机情况反映在工艺规范、工艺卡上，这才是整机电子装联技术的关键所在。

本书从焊料开始到电子装联所用材料及特性、手工焊接技术、整机接地技术与布线处理、工艺文件的编制等进行了详细的说明，有理论知识、有实践、有技巧，具有可操作性。

本书虽然是讲电子装联工艺的，但是非常希望电路设计师们好好了解本书所涉及的这些难得的“工程知识”。因为“一个好的产品设计师，首先应该是一个好的工艺师”。一个不懂工艺技术的设计人员不可能设计出一个好产品。要成为一名优秀的设计师，其必要条件之一是应具备比较全面的工艺知识。因为任何一种产品在设计时，不仅要照顾用户的功能要求，同时还应考虑如何满足制造工艺的要求，即设计图纸具有可制造性、良好的工艺性，否则难以达到预期的技术指标和经济效果，最终致使产品缺乏市场竞争力。

第 1 章 电子装联技术概述	(1)
1.1 电子装联工艺与技术	(1)
1.1.1 电装工艺的定义	(1)
1.1.2 电子组装的定义	(2)
1.1.3 电气互联的定义	(2)
1.2 电子装联技术发展史	(2)
1.3 电子装联技术的分类	(3)
1.4 电子设备装接工的国家职业标准等级	(4)
第 2 章 焊接材料的选用及要求	(11)
2.1 概述	(11)
2.2 焊接材料	(12)
2.2.1 常用焊料	(12)
2.2.2 装联工艺对焊料的选择要求	(14)
2.3 锡—铅冶金学特性	(14)
2.3.1 锡的物理和化学性质	(14)
2.3.2 铅的物理和化学性质	(15)
2.3.3 锡—铅合金焊料的特性	(16)
2.3.4 锡—铅合金态势图的揭示	(17)
2.3.5 软钎焊料的工程应用分析	(18)
2.3.6 焊料的非室温物理性能	(19)
2.3.7 锡—铅合金中杂质对焊接的影响	(20)
2.4 焊膏	(23)
2.4.1 概述	(23)
2.4.2 焊膏的组成	(23)
2.4.3 焊膏的应用特性	(25)
2.4.4 影响焊膏特性的重要参数	(26)
2.4.5 如何选用焊膏	(28)
2.4.6 焊膏的涂布	(29)
2.4.7 焊膏使用和储存注意事项	(30)

第3章 助焊剂	(31)
3.1 助焊剂的作用	(31)
3.1.1 焊接端子的氧化现象	(31)
3.1.2 助焊剂的作用	(32)
3.2 助焊剂应具备的技术特性	(33)
3.2.1 助焊剂的活性	(33)
3.2.2 助焊剂的热稳定性	(33)
3.2.3 活化温度、去活化温度及钝化温度特性	(34)
3.2.4 助焊剂的安全性	(35)
3.3 助焊剂的分类	(35)
3.3.1 常规分法	(35)
3.3.2 清洗型助焊剂	(36)
3.3.3 免清洗型助焊剂	(37)
3.3.4 水溶性助焊剂	(40)
第4章 电子装联中的常用线材	(42)
4.1 概述	(42)
4.2 线材常识	(43)
4.2.1 线材的应用	(43)
4.2.2 导体材料	(43)
4.2.3 绝缘材料	(44)
4.2.4 护层材料	(49)
4.2.5 屏蔽材料	(49)
4.3 电线电缆的分类	(50)
4.3.1 常用线缆简介	(50)
4.3.2 线缆的分类	(51)
4.4 装联中的常用导线	(52)
4.4.1 电线类	(52)
4.4.2 通信电缆类	(58)
4.4.3 网线	(58)
4.5 导线的选用	(60)
4.5.1 选用要点	(60)
4.5.2 裸线的选用	(61)
4.5.3 电磁线的选用	(61)
4.5.4 绝缘电线的选用	(61)
4.5.5 通信电缆线的选用	(65)
4.5.6 常用导线的载流量及选用时的注意事项	(65)
4.6 射频同轴电缆	(71)
4.6.1 什么是射频同轴电缆	(72)
4.6.2 射频同轴电缆的几个重要参数	(72)
4.6.3 射频同轴电缆的结构与分类	(73)

4.6.4	射频电缆组件的选用考虑	(75)
4.6.5	射频电缆与射频连接器的适配工艺	(79)
4.6.6	射频电缆组件弯曲半径要求	(84)
4.6.7	电子装联中同轴电缆的装配注意事项	(85)
4.7	舰船用特种电缆	(92)
4.7.1	特种电缆简介	(92)
4.7.2	特种电缆型号选用	(93)
第5章	电子装联用绝缘材料	(95)
5.1	绝缘材料的分类	(95)
5.2	常用绝缘材料	(95)
5.2.1	绝缘材料的应用	(95)
5.2.2	绝缘材料正确选用指南	(96)
5.3	常用绝缘材料的使用图解	(97)
5.3.1	PVC 聚氯乙烯绝缘材料的应用	(97)
5.3.2	聚乙烯氯磺化套管的应用	(98)
5.3.3	防雨布绝缘材料的应用	(98)
5.3.4	尼龙绝缘材料的应用	(99)
5.3.5	热缩绝缘材料	(99)
5.3.6	塑料螺旋套管的应用	(100)
5.3.7	各种塑料薄膜绝缘材料的应用	(100)
5.3.8	塑料绑扎扣/带的应用	(101)
5.3.9	绝缘胶的应用	(102)
5.4	热缩材料及选用指南	(103)
5.4.1	热缩材料基本概述	(103)
5.4.2	热缩材料的主要应用	(104)
5.4.3	热缩套管的分类	(104)
5.4.4	热缩套管的包装及颜色识别	(104)
5.4.5	常用热缩管的应用和选型	(105)
5.4.6	热缩套管应用小结	(122)
5.4.7	热缩套管应用工艺流程	(122)
第6章	手工焊接技术	(125)
6.1	金属连接的几种方法	(125)
6.1.1	熔焊	(125)
6.1.2	丝焊	(126)
6.1.3	软钎焊	(126)
6.1.4	电路元器件连接采用软钎焊接的必要性	(127)
6.2	软钎焊接机理	(128)
6.2.1	润湿理论与润湿条件	(129)
6.2.2	润湿角及其评定	(130)
6.2.3	软钎焊中表面张力的作用	(133)

6.2.4	软钎焊中毛细管的作用	(135)
6.2.5	冶金结合理论	(136)
6.3	焊接可靠性问题分析	(137)
6.3.1	焊缝的金相组织问题	(137)
6.3.2	金属间结合层的厚度问题	(139)
6.3.3	焊点的焊料量问题	(140)
6.4	手工焊接常规要求	(141)
6.4.1	焊接质量概念	(141)
6.4.2	焊接质量的外观把握	(142)
6.4.3	手工焊接温度和时间的设定	(144)
6.4.4	焊接条件的保障	(146)
6.4.5	手工焊接要点	(147)
6.4.6	焊接中多余物控制的有效措施	(150)
6.5	手工焊接工具的选取和焊接技巧	(151)
6.5.1	焊接工具	(151)
6.5.2	手工焊接工具的选用	(153)
6.5.3	判断烙铁头温度的简易方法	(154)
6.5.4	电烙铁的使用常识	(155)
6.5.5	电烙铁使用技巧	(156)
6.6	焊接工艺及要求	(164)
6.6.1	电子装联中常见的焊接端子	(164)
6.6.2	端子的焊接要求及处理工艺	(166)
6.6.3	保证端子上焊点可靠性的相关问题及处理	(176)
6.6.4	高压单元电路的手工焊接工艺	(182)
6.6.5	高温单元电路的焊接工艺	(183)
6.6.6	高频单元电路的焊接工艺	(183)
6.6.7	微波器件/模块的焊接工艺	(183)
第7章	整机接地技术与布线处理	(187)
7.1	电磁兼容概念	(187)
7.1.1	电磁兼容基本概念	(187)
7.1.2	电磁兼容和电磁兼容性	(188)
7.1.3	电磁干扰及其危害	(188)
7.1.4	电磁干扰三要素	(190)
7.1.5	电磁兼容技术及其电磁兼容性控制	(190)
7.2	电磁兼容中的接地技术	(191)
7.2.1	接地概念	(192)
7.2.2	接地的分类	(192)
7.2.3	接地的要求	(193)
7.2.4	搭接	(193)
7.3	整机/模块中常见的几种地	(195)

7.3.1	整机装联接地概念	(195)
7.3.2	整机装联中的几种接地形式	(195)
7.3.3	信号地	(200)
7.3.4	模拟地	(200)
7.3.5	功率地	(200)
7.3.6	机械地	(200)
7.3.7	基准地	(201)
7.4	整机中的地回路干扰问题	(201)
7.4.1	对地环路干扰的认识	(201)
7.4.2	地电流与地电压的形成	(201)
7.4.3	整机中几个接地点的选择考虑	(202)
7.5	整机装联中的接地工艺	(202)
7.5.1	主地线概念及其处理	(203)
7.5.2	分支地线概念及其处理	(204)
7.5.3	整机/模块中接地的归纳	(205)
7.6	电子机柜的接地工艺技术	(205)
7.6.1	装联中机柜接地的概念及种类	(205)
7.6.2	机柜装焊中的接地要求	(206)
7.6.3	机柜主接地的几点考虑	(207)
7.6.4	机柜中各分机的接地处理	(208)
7.6.5	多机柜的接地处理	(208)
7.6.6	机柜中多芯电缆防波套的接地处理	(210)
7.6.7	机柜安装中的接地问题	(211)
7.6.8	机柜中电缆的敷设工艺	(212)
7.7	整机布线工艺	(214)
7.7.1	整机接线图	(215)
7.7.2	接线图的构成与布局	(215)
7.7.3	接线图的设计及注意事项	(217)
7.7.4	整机扎线图	(218)
7.7.5	扎线图的设计与制作	(218)
7.7.6	整机布线	(225)
7.7.7	结构设计不到位时布线的处理	(227)
7.7.8	整机布线例子分析	(229)
第8章	电子装联工艺文件的编制	(234)
8.1	工艺文件的编制要求	(234)
8.1.1	工艺文件的编制原则	(234)
8.1.2	工艺文件的继承性和通用性	(235)
8.1.3	编制工艺卡应考虑的因素	(236)
8.1.4	完整的工艺文件	(236)
8.2	整机工艺卡的编制	(238)

8.2.1 整机工艺文件的编制与范例	(239)
8.2.2 PCB 工艺文件的编制与范例	(243)
8.2.3 电缆工艺文件的编制与范例	(244)
8.2.4 作业指导书	(246)
8.3 工艺卡片编“粗”还是编“细”	(247)
8.3.1 工艺卡片的作用	(247)
8.3.2 “粗”和“细”与操作者的关系问题	(247)
8.3.3 “细”工艺卡有无必要	(248)
8.3.4 编制标准卡片替代“粗”和“细”	(250)
8.4 做生产线上工艺文件不能替代的事情	(251)
8.4.1 工艺卡片不能解决产品所有问题	(251)
8.4.2 现场工艺服务的体现	(251)
8.4.3 工艺卡片以外的事情列举	(251)
参考文献	(257)

第 1 章

电子装联技术概述

举目世界的制造业，同样一张电路图纸，同样做电视、冰箱、空调、电脑、汽车、电子设备，可装焊后的整机，有的好调，不费事，不费时，而有的总是调不出来或技术指标达不到要求，于是换这个元件，试那个器件，造成电子设备的寿命指标和可靠性产生极大的差异，目前这种事情在电子制造业内恐怕是司空见惯的，也是电子产品的“常见病”、“多发病”。

为什么同样的生产线、同样的机器，同种类型的产品在不同的国家制造，其结果会产生如此大的差异呢？如何按照图纸进行组装连接，以达到各项电气指标性能的最佳实现，这就是装联工艺技术。这是一种电路图纸无法表达的专门技术，这是一种把设计要求的质量和可靠性有效体现在产品上，从而使产品获得稳定质量的技术。因此，要医治生产中的这种“常见病”、“多发病”，必须从电子装联工艺学上、生产制造技术上来控制产品的制造质量。

电子装联工艺与技术

在 QJ2828 标准中对电子装联术语的定义是：电子电气产品在形成中采用的装配和电连接的工艺过程。

这里强调了“装配和电连接”、“工艺过程”。其实“装配和电连接”就是“电子组装和电气互联”；“工艺过程”就是工艺技术。

电子装联技术是电子装备制造的实体技术（针对机箱、机壳而言），因为经过这种技术出来的产品便是整机、系统、大系统，或者至少是模块级的电子产品（具有一定独立功能）。所以装联技术是衡量一个国家综合实力和科技发展水平的重要标志之一，是电子装备实现小型化、轻量化、信息化、多功能化和高可靠性的关键技术。

1.1.1 电装工艺的定义

电装工艺的定义是，“现代化企业组织大规模的科研生产，把许多人组织在一起，共同地有计划地进行电子电气产品的装配和电连接，需要设计、制定共同遵守的电子装联法规、规定，这种法规和规定就是电装工艺技术，简称电装工艺”。

电装工艺所涉及的范围包括整机/系统级电子设备, 模块/部件级电子设备(含单元模块、板级电路模块、微波电路模块、射频电缆组件、多芯电缆组件/部件等), 以及支撑上述整机/系统级电子设备和模块/部件级电子设备的基础零部件及材料(含基板、元器件、材料、辅助材料、线缆等)。

1.1.2 电子组装的定义

电子组装的定义: 根据成熟的电路原理图, 将各种电子元器件、机电元器件以及基板合理设计、互连、安装、调试, 使其成为适用的、可生产的电子产品(包括集成电路、模块、整机、系统)的技术过程。

电子组装是一门集电路、工艺、结构、组件、器件、材料紧密结合的多学科交叉的工程学科, 涉及集成电路固态技术、厚/薄膜混合微电子技术、印制电路技术、通孔插装技术、表面安装技术、微组装技术、电子电路技术、CAD/CAPP/CAM/CAT 技术、互连与连接技术、热控制技术、封装技术、测量技术、微电子学、物理学、化学、金属学、电子学、机械学、计算科学、材料科学、陶瓷及硅酸盐学等。

1.1.3 电气互联的定义

进入 21 世纪后, 电子装联技术由电子组装扩展到电气互联。电气互联技术的定义是, “在电、磁、光、静电、温度等效应和环境介质中任何两点(或多点)之间的电气连通技术, 即由电子、光电子器件、基板、导线、连接器等零部件, 在电磁介质环境中经布局布线制成的电气模型的工程实体的制造技术”。

电气互联技术这一历史性的技术革新, 使原来以单纯的组装、焊接为特点的电子装联技术发展到了电子技术与信息科学、集成电路与精密工艺学、热传导学与流体物理学、金属材料与化学、机械工程与自动控制、可靠性工程与系统工程等相互联系的、范围广阔的、多学科技术在内的, 囊括了电、电磁、光电、静电、机电和温度等效应的电子工程系统制造技术。

电气互联的这种先进制造技术是当代信息技术、综合自动化技术、现代企业管理技术和通用制造技术的有机结合, 是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理技术方面的成果, 并将其综合应用于开发、设计、制造、检测、管理及售后服务等制造全过程, 实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产, 获得理想技术经济效果的制造技术的总称。

1.2 电子装联技术发展史

电子装联技术随着电子封装技术的发展而发展, 因为一代封装形式决定了一代装联技术, 所以谈装联技术的发展史就必须从元器件的封装史谈起。

电子装联技术几十年来经过了五个发展阶段和通孔插装、表面组装及微组装三次变革, 从 20 世纪 50 年代的电子管到 60 年代与集成电路同时出现的 THT(通孔插装技术), 然后被 80 年代的 SMT 技术所代替, IC(集成电路)封装由 DIP(双列直插式)向 SOIC(小外形封装集

成电路)、PLCC(J形引脚器件)方向发展。90年代是IC封装的迅速发展时期,IC封装从周边端子型(以QFP器件为代表)向球栅阵列型(以BGA、CSP器件为代表)转变。进入21世纪后,现代芯片封装技术发展日新月异,快速地推动了SMT(表面组装技术)迈入到后SMT(post-SMT)时代。一些超高性能、超微型化、超薄型化的产品异军突起,已经使得传统的SMT概念及流程操作越来越显得无能为力。现在这些技术还在向纵深发展,与微组装技术交织在一起,成了装联界人们关注的焦点,也是电子装联技术最新的发展动向。

电子装联技术发展历程表如表1-1所示。

表 1-1 电子装联技术发展历程表

历 程	电子封装技术	电子装联技术
第一代	电子管时代(20世纪50年代)	分立组件,分立走线,金属底板,电子管,接线柱,线扎,手工THT技术
第二代	晶体管时代(20世纪60年代)	分立组件,单层/双面印制电路板,手工THT技术
第三代	集成电路时代(20世纪70年代)	IC,双面印制板,初级多层印制板,初级厚/薄膜混合集成电路,波峰焊
第四代	大规模/超大规模集成电路时代 (20世纪80年代)	LSI/VLSI/ALSI,细线多层印制板,多层厚/薄膜混合集成电路,HDI(高密度组装技术),SMT(表面组装技术),再流焊
第五代	超大规模集成电路时代(20世纪90年代)	BGA,CSP,SMT(表面组装技术),MCM(多芯片组件),3D(立体组装技术),MPT(微组装技术),DCA(直接芯片组装技术),TAB(载带焊技术),无铅焊接技术,穿孔回流焊技术,选择焊技术,乳化半水清洗技术,激光再流焊技术,金丝焊技术,凸点制造技术,Flip-Chip(倒装焊技术)

电子装联技术的分类

电子装联技术的分类有两种:其一,按其组成结构特征和产品层次规定划分;其二,按组装技术划分。

按其组成结构特征和产品层次规定划分见表1-2。

表 1-2 装联技术按组成结构特征和产品层次规定划分

装 配 类 别	说 明
印制电路板装件装配	把通孔元器件和表面安装元器件插装或贴装到印制电路板上并进行焊接的一种装配
结构组件(部件)装配	把结构零件、部件通过紧固件或焊接、铆接、胶接连接起来的一种装配
电气组件(部件)装配	除印制电路板以外的其他电气装配,例如,高、低频电缆装配,元器件(开关、按钮、电连接器等)和面板结构组件的组合装配(包括铆装和在这些元器件上焊接元器件和导线),变压器、电感线圈、屏蔽盒焊接等
整机(单元)装配	将机械和电气零件、部件、组件、导线按预定的设计要求相互进行组装连接的一种装配

按组装技术划分有:常规电子装联技术——通孔插装式印制电路板装联技术;新一代电子装联技术。

新一代电子装联技术示意图如图 1-1 所示。

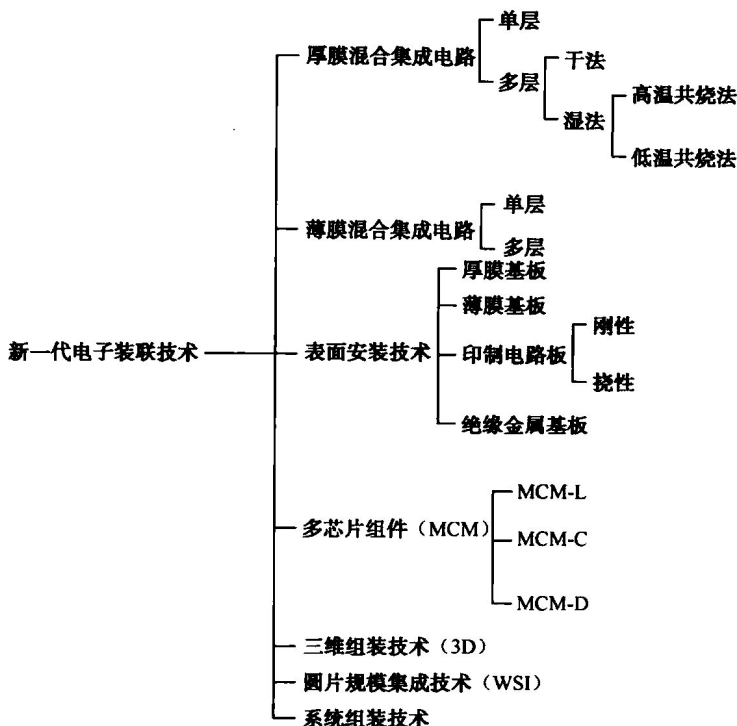


图 1-1 新一代电子装联技术示意图

新一代电子装联技术包含：组装技术、组装工艺、结构设计、互连基板、元器件、专用设备、材料、测试、可靠性等。可见电子装联技术是一个需要与多种领域产生联系的、包含多学科内容的一门技术。

1.4 电子设备装接工的国家职业标准等级

我们已经了解电子装联技术所包含的内容及它们的发展变化，在电子工业中对从事电子装联的人员如何进行要求及从哪些方面提出要求呢？只有明确了要求才能对他们进行培养和考核。

作者曾经承担过两届劳动和社会保障部 33 职业鉴定站（由中电科技集团 10 所、29 所、30 所组成）无线电装接工等级鉴定组组长，下面介绍国家对职业标准的要求。

电子设备装接工的国家职业标准中对技术分为初级、中级、高级、技师、高级技师等级别。表 1-3、表 1-4、表 1-5、表 1-6、表 1-7 是这些级别对作为一名无线电装接工的操作技能要求和所需相关知识的要求。