



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

电子工艺 基础与实训

黄金刚 位磊 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

电子工艺基础与实训

主	审	曹海泉	
主	编	黄金刚	位 磊
本书编委		黄金刚	位 磊
		刘 垣	曹海泉
		胡少六	

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书首先介绍了电子工艺的相关背景和理论知识,通过理论的学习来指导实践内容的完成。其次,本书还配有实训内容,具有较强的实用性,只要通过学习并亲自动手,就可以看到学习的成果并可将学到的电子工艺知识应用到实际的电子产品生产中。再次,本书的知识体系完整,将电子产品从无到有、从简单到复杂的整个工艺过程都进行了比较详细的阐述,既有基础的焊接技术,又有贴装生产技术;既有计算机辅助版图设计,又有印制电路板的制作;既有电子产品检测调试技能,又有电子产品故障排除经验。

全书共分8章。前四章为电子工艺的基础篇,第1章介绍了电子工艺的发展历程、新技术与工艺管理的相关概念,第2章从安全的角度阐述了实训中的操作安全与安全用电问题,第3章介绍了电子产品组装中常用的工具与电子测试仪器仪表,第4章详细介绍了电子元器件的识别、测试与选择。后4章为电子工艺的技术及实训篇。第5章主要介绍了电子产品的焊接技术与工艺,重点讲解了手动焊接技术与表面贴装技术;第6章以OCL功率放大器为例介绍了印制电路板的设计与制作;第7章简述了电子产品检测、调试技术;第8章是实训内容,以六个小型电子产品为例设计了四类实验,分别为THT手工焊接训练、SMD/SMC手工焊接训练、SMT表面贴装技术训练、PCB电路板的设计与制作。

本书可作为计算机科学与技术、软件工程、通信工程、电子信息工程、光电信息工程、自动化、电子科学与技术、生物工程、应用电子、电气工程、环境工程、现代制造等工科类各专业的电子工艺实训教材。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺基础与实训/黄金刚,位磊主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.3
应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-1593-6

I. ①电… II. ①黄… ②位… III. ①电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 050962 号

电子工艺基础与实训

Dianzi Gongyi Jichu yu Shixun

黄金刚 位 磊 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:康 序

封面设计:原色设计

责任校对:张会军

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

字 数:320千字

版 次:2016年3月第1版第1次印刷

定 价:28.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

电子工艺,简言之,就是电子产品的生产艺术,其目标就是生产出具有艺术美感的电子产品。现在的苹果智能手机就是电子工艺的杰出代表作品,其功能性与艺术性达到近乎完美的境界,功能强大和外观优美使世人对苹果智能手机狂热追捧。据 2015 年 11 月《福布斯》杂志的分析报告,苹果在全球智能手机领域的市场份额占有(按销量计算)大约为 15%,而市场利润占有超过 90%,这就是电子工艺的力量。

电子工艺,就是要把电子产品当作艺术品来制作。电子工艺体现在电子产品生命周期的全过程。它既可以是设计阶段的能消减信号杂音的元件布局,也可以是制板阶段的能确保绿色环境的蚀刻流程,还可以是组装阶段的能减少虚焊焊点的焊接技法,还可以是检测阶段的能快速找出故障的传承经验,还可以是外壳制造阶段的具有艺术美感的形状色彩等。

目前,“大众创业,万众创新”的热潮已在大学生中兴起,很多成果要用电子产品来展现,因此,培养大学生的电子工艺的思维习惯和实际技能就显得非常迫切了。本书就是为此目的而编写的。

编者在总结多年电工与表面贴装的电子工艺实践教学经验的基础上,吸收了同类院校的研究成果和新的电子工艺技术,旨在满足高等教育理工类本科及专科人才的电子工艺的实践性教学环节要求。学生通过电子工艺的实训,可以了解和掌握从基础到现代的电子工艺技能,能在实践中不断地去体验、总结和提高。全书共分八章,第 1 章为电子工艺概述,第 2 章为操作安全与安全用电,第 3 章为电子工艺常用工具与仪器,第 4 章为电子元器件的识别、测试与选择,第 5 章为电子产品焊接技术与工艺,第 6 章为印制电路板的设计与制作,第 7 章为电子产品检测技术,第 8 章为电子工艺实训内容。前四章为电子工艺的基础篇,后四章为电子工艺的技术篇。前四章由文华学院位磊执笔,胡少六参编;后四章由文华学院黄金刚执笔,刘垣、曹海泉参编;全书由文华学院曹海泉高级工程师主审。本书在章节和内容的安排上有如下特点。

(1) 理论指导实践。本书首先介绍相关的背景和理论知识,通过理论的学习来指导实践内容的完成。

(2) 实用性强。无论是基础篇部分,还是技术篇部分,只要通过学习并亲自动手,就可以看到学习的成果并可将学到的电子工艺知识应用到实际的电子产品生产制作中。

(3) 知识体系完整。将电子产品从无到有、从简单到复杂的整个工艺过程都进行了比较详细的阐述,既有基础的焊接技术,又有贴装生产技术;既有计算机辅助版图设计,又有印制电路板的制作;既有电子产品检测调试技能,又有电子产品故障排除经验。

本实训教程计划教学时间 2 周,记 2 个学分。在时间的安排上可按 1:1 的比例(1 周 40 学时),也可根据自己的实际情况有选择地调整学时。本书可作为计算机科学与技术、软件工程、通信工程、电子信息工程、光电信息工程、自动化、电子科学与技术、生物工程、应用电子、电气工程、环境工程、现代制造等工科类各专业的电子工艺实训教材。编者在教学工作和本书的编写工作中,得到了文华学院、华中科技大学出版社等多位领导、同事的大力支持和帮助,并参考了许多相关资料,借鉴了众多学者的研究成果,在此一并表示诚挚的感谢!

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册浏览,或者发邮件至 hustpei-it@163.com 免费索取。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正,我们将不胜感激!本书主编的邮箱为 hjgwhc@qq.com。

编者

2016 年 1 月

目
录

CONTENTS

第 1 章 电子工艺概述	(1)
1.1 工艺概述	(1)
1.2 电子工艺的工作程序	(8)
1.3 电子工艺的管理	(9)
1.4 电子工艺新技术	(13)
思考题	(14)
第 2 章 操作安全与安全用电	(15)
2.1 电子产品组装操作安全	(15)
2.2 电气事故与防护	(17)
2.3 常见的触电原因及其安全保护措施	(22)
思考题	(26)
第 3 章 电子工艺常用工具与仪器	(27)
3.1 常用五金工具	(27)
3.2 焊接与拆焊工具	(30)
3.3 电子测量仪器与仪表	(33)
思考题	(50)
第 4 章 电子元器件的识别、测试与选择	(51)
4.1 电子元器件的分类及特点	(51)
4.2 电阻器	(54)
4.3 电位器	(56)
4.4 电容器	(57)
4.5 电感器与变压器	(59)
4.6 半导体分立器件	(61)
4.7 集成电路 IC 元件	(65)
4.8 其他元器件	(69)
4.9 电子元器件的选择及应用	(70)
思考题	(73)

第5章 电子产品焊接技术与工艺	(74)
5.1 焊接的基本知识	(74)
5.2 手工焊接技术	(77)
5.3 波峰焊技术	(96)
5.4 表面贴装技术 SMT	(100)
思考题	(112)
第6章 印制电路板的设计与制作	(113)
6.1 Protel 99 SE 概述	(113)
6.2 Protel 99 SE 设计基础	(115)
6.3 电路原理图设计	(119)
6.4 印制电路板(PCB)图的设计	(135)
6.5 自制元件符号和元件封装	(144)
6.6 印制电路板的制作	(152)
思考题	(154)
第7章 电子产品检测技术	(155)
7.1 故障检测的常用方法	(155)
7.2 电子组装检测技术	(161)
思考题	(164)
第8章 电子工艺实训内容	(165)
8.1 THT 手工焊接训练	(165)
8.2 SMD/SMC 手工焊接训练	(169)
8.3 SMT 表面贴装技术训练	(172)
8.4 PCB 电路板的设计与制作	(176)
参考文献	(179)

第1章

电子工艺概述



1.1 工艺概述

1.1.1 工艺的产生与定义

工艺是生产者利用生产设备和生产工具,对各种原材料、半成品进行加工或处理,使之最后成为符合技术要求的产品的艺术(程序、方法、技术),它是人类在生产劳动中不断积累和总结的操作经验和技术能力。

说到工艺,人们很自然会联想起熟悉的工艺美术品。对于一件工艺美术品来说,它的价值不仅取决于材料本身以及方案的设计,更取决于它的制作过程——制造者对于材料的利用、加工操作的经验和技能。古人常说“玉不琢,不成器”,这话生动地道出了产品制造工艺的意义。

显而易见,工艺产生于个人的操作经验和手工技能。但是如果在今天,仍然简单地从这个角度来理解工艺,则是很不全面的。我们知道,市场竞争、商品经济使现代化的工业生产完全不同于传统的手工业。如果说在传统的手工业中,个人的操作经验和手工技能是极其重要的话,那是因为那时人们对产品的消费能力低下,材料的来源稀少或不易获得,产品的生产者极少,生产的工具、设备非常简陋,产品的款式、性能改变缓慢,生产劳动的效率十分低下,行业之间“老死不相往来”,学习操作技能和经验的方式是“拜师学艺”;那么可以说,在科学技术迅猛发展的当今世界,上面谈到的一切都已经发生了极大的变化。新产品一旦问世,马上就会成为企业家们关注的焦点,只要是具有使用价值、设计成功、能够获得丰厚利润的产品,立刻就会招来各方面的投资并被大批量地生产,引发亿万人的消费需求和购买欲望,与其相关的产品也会成批涌现出来。在产品的生产过程中,科学的经营管理、先进的仪器设备、高效的工艺手段、严格的质量检验和低廉的生产成本成为赢得竞争的关键,时间、速度、能源、方法、程序、手段、质量、环境、组织、管理等一切与商品生产有关的因素变成人们研究的主要对象。所以,现代化工业生产的制造工艺,与传统的手工业生产中的操作经验和人工技能相比较,已经有天壤之别了。

随着科学技术的发展,工业生产的操作者作为劳动主体的地位在获得增强的同时,也在一定的意义上发生了“异化”:生产者按照工艺规定的生产程序,只需要进行简单而熟练的操作——他们在严格缜密的工艺训练指导之下,每一个操作动作必须是规范化的;或者他们经验性的、技巧性的操作劳动被不断涌现出来的新型设备所取代。

在英语中传统的手工艺是 handicraft,工艺美术是 arts and crafts,而现代化的工业生产工艺是 industrial process 或 technological process。这两者的含义是截然不同的:前者具有“技巧”“手艺”和操作者的“灵感”或“经验”的意味,而后者则强调突出了科学技术和工业化生产的整个过程。在国家技术监督局颁布的标准 GB/T 19000(IDT ISO 9000)系列标准《质量管理体系标准》中,不再将 process 译为“工序”或“工艺”,而统一翻译为“过程”,其定义为:将输入转化为输出的一组彼此相关的资源(包括人员、资金、设备、技术、方法等)和活动。

事实上,这不仅是个翻译技巧的问题。《牛津现代高级英汉辞典》中对 process 的解释为:相互关联的一系列活动、经过、过程;一系列审慎采取的步骤、手续、程序;用于生产和实业中的方法、工序、制法。

显然,对于现代化的工业产品来说,工艺不仅仅是针对原材料的加工和生产的操作而言的,应该是从设计到销售包括每一个制造环节的整个生产过程。

对于工业企业及其产品来说,工艺工作的出发点是提高劳动生产率,生产优良产品及增加生产利润。它建立在对时间、速度、能源、方法、程序、生产手段、工作环境、组织机构、劳动管理、质量控制等诸多因素的科学研究之上。工艺学的理论研究及应用,指导企业从原材料采购进厂开始,到加工、制造、检验的每一个环节,直至成品包装、入库、运输和销售(包括销售活动中的技术服务及用户信息反馈),为企业组织有节奏的均衡生产提供科学的依据。可以说,工艺在产品制造过程中形成一条完整的控制链,它是企业科学生产的法律和法规。因而,工艺学是一门综合性的科学。

自从工业化以来,各种工业产品的制造工艺日趋完善,已成为专门的学科,并被大、中高等院校工科专业确定为必修课程。例如:切削工艺学是研究用金属切削工具(借助机器设备)把各种原材料或半成品加工成符合技术要求的机械零件的工艺过程;电机工艺学是以电磁学为理论基础,研究各种发电机、电动机的制造技术;以及化工工艺学、纺织工艺学、焊接工艺学、冶金工艺学、土木工程学等。

电子产品的种类繁多,主要可分为电子材料(导线类、金属或非金属的零部件和结构件)、元件、器件、配件、整件、整机和系统。其中,各种电子材料及元器件是构成配件和整机的基本单元,配件和整机又是组成电子系统的基本单元。这些产品一般由专业的厂家生产,必须根据这些产品的生产特点制定不同的制造工艺。同时,电子技术的应用极其广泛,产品可分为计算机、通信、自动控制、仪器仪表等几大类,根据工作方式及其使用环境的不同要求,其制造工艺又各不相同。所以,电子工艺学实际上是一个覆盖范围极其广泛的学科。

1.1.2 电子工艺学的特点

电子工艺学是一门在电子产品设计和生产中起着重要作用的技术学科。随着信息时代的到来,人们逐渐认识到,没有先进的电子工艺就制造不出高水平、高性能的电子产品。因此,在我国的许多高等学校中相继开设了电子工艺课程。

作为一门与生产实际密切相关的技术学科,电子工艺学有着自己的特点,具体有以下几个。

1. 涉及众多学科

电子工艺与众多的学科相关联,其中最主要的有应用物理学、化学工程技术、光刻工艺学、电气电子工程学、机械工程学、金属学、焊接学、工程热力学、材料科学、微电子学、计算机科学等。除此之外,还涉及财务管理、企业管理等众多学科。因此,它是一门综合性很强的技术学科。

2. 形成时间较晚,发展迅速

电子工艺技术虽然在生产实践中一直被广泛应用,但其作为一门学科而被系统地进行研究的时间却不长。我国系统论述电子工艺的书籍不多,20世纪70年代初第一本系统论述电子工艺的书籍才面世,20世纪80年代后在部分高等学校中才开设相关课程。随着电子技术的飞速发展,人们对电子工艺提出了越来越高的要求,在实践中不断探索新的工艺和方

法,寻找新的工艺材料,使电子工艺的内涵及外延迅速扩展。可以说,电子工艺学是一门充满蓬勃生机的技术学科。

3. 实践性强

电子工艺的概念贯穿于电子产品的设计、制造过程,与生产实践紧密相连。所以,高等院校工科类专业开设的电子工艺课程中,实践环节是极其重要的,是相关专业能否培养出合格工程师的不可或缺的一环。因此,电子工艺课程具有很强的实践性,能够很好地培养学生的动手能力。

4. 电子工艺学科是技术复合型学科

电子工艺涉及众多技术学科,相关的技术信息分散在这些学科中间,电子工艺学与这些学科的关系是相辅相成的,是一个技术复合型学科。因此,对电子工艺工程师的知识面、实践能力等都有比较高的要求,也就是通常所说的复合型人才。

本书主要介绍电子整机(包括配件)产品的制造工艺。电子整机产品的生产过程主要涉及两个方面:一方面是制造的技术手段、设备条件和操作技能;另一方面是产品在生产过程中的质量控制和工艺管理。我们可以把这两个方面理解为“硬件”和“软件”之间的关系,对于现代化电子产品的大批量生产来说,这两个方面都很重要,需要我们认真掌握相关技能,为今后走上工作岗位打下基础。

1.1.3 电子工艺的发展历程

1. 导线直连技术

电子工艺技术的发展历史可以追溯到19世纪末20世纪初,以电报、电话等电子产品的诞生和应用为起始。在印制电路技术诞生前,电子产品的互连工艺是以导线直连完成的。

电子管的问世,宣告了一个新兴行业的诞生,它引领人类进入全新的发展阶段,电子技术的发展由此展开,世界从此进入了电子时代。电子管在应用中安装在电子管座上,而电子管安装在金属底板上,组装时采用分立引线进行器件和电子管座的连接,体积庞大碳膜电阻、纸介电容以及大线圈都具有很长的引线,还有作为元器件连接支撑的焊片板,通过导线连接完成最终的电气互连。

这种组装工艺实现了早期的电子技术应用产品化,在人类社会发展中具有划时代的意义。但是,其最大的不足是庞大的体积和重量。1946年诞生于美国的第一台电子计算机,总共安装了17 468只电子管、7 200只二极管、70 000多只电阻器、10 000多只电容器和6 000只继电器,电路的焊接点多达50万个,机器被安装在一排2.75 m高的金属柜里,占地面积为170 m²左右,总重量达到30 t。

显然,这样原始的组装工艺只能通过纯手工的方式完成连接,制造模式也是手工作坊式的初级生产。随着印制电路板技术的诞生和逐步成熟,这样的原始方式才逐渐被取代。

2. 印制电路技术

电子制造工艺技术中,最伟大的发明应该是印制电路技术。印制电路板对于电子产品,犹如住宅和道路对于人类社会一样重要。

从1903年开始,德国、美国、英国等国许多科技发明家和工程师,不断研究和探索电路连接及制造电路图形的方法,伟大的发明家爱迪生在1904年提出的电路制作思路,已经具有现代主流印制电路技术的概念。20世纪40年代到50年代,经过不同国家、不同企业和研究机构经历数十年的共同探索和改进,发明了多种印制电路板制造工艺专利,终于制造出了

现代意义上的印制电路板,并大量应用于电子产品。

不断发展的 PCB 技术使电子产品设计、装配走向标准化、规模化、机械化和自动化,体积减小,成本降低,可靠性、稳定性提高,装配、维修简单。在电子系统所有零部件中,没有比印制电路板更重要的了。可以说,没有印制电路板就没有现代电子信息产业的高速发展。

3. 晶体管

印制电路的发明和应用开启了电子产品小型化、轻型化的大门,但是庞大、笨重而耗电的电子管阻碍了这个历史进程。

1947 年贝尔实验室发明了半导体点接触式晶体管,从而开创了人类的硅文明时代。半导体器件的出现,低电压工作的晶体管器件的应用,不仅改变了人们的生活方式,也使人类进入了科技发展的快车道。晶体管加印制电路,催生了人类历史上第一个便携式产品——助听器,随后晶体管收音机更是开创了电子产品小型化、轻型化和大众化的时代。

4. 集成电路

集成电路是近代最伟大的发明之一,是实现电子工艺跨越式发展的发动机,开始了信息时代的伟大革命。作为所有电子装置核心的微型硅片,无可争论地成为自原油以来最重要的工业产品;没有它,就不可能有个人计算机和手机,也没有因特网。半导体集成电路和电灯、电话和汽车一样,彻底改变了世界。

5. 通孔插装技术

从印制电路进入实用化到集成电路应用初期约 30 年时间,电子制造工艺技术的主流是通孔插装技术,即将有较长引线的晶体管、双列直插封装的集成电路和有引线的无源器件,通过印制电路板上的通孔,在电路板另一面进行焊接连接而制造印制电路板组件的工艺技术。

6. 表面贴装技术

20 世纪 70 年代发展起来的表面贴装技术是克服通孔插装技术的局限性而发展起来的。表面贴装是将体积缩小的无引线或短引线片状元器件直接贴装在印制电路板铜箔上,焊点与元器件在电路板的同一面。

表面贴装技术从原理上来说并不复杂,似乎只是通孔插装技术的“改进”,但实际上这种改进引发了从组装材料到工艺、设备等电子组装技术全过程的变革,实现了电子产品组装的高密度、高可靠性、小型化、低成本,以及生产的自动化和智能化,完全可以称为组装制造技术的一次革命。

1.1.4 电子工艺的发展趋势

未来电子工艺技术的发展趋势是技术的融合与交汇、产品绿色化以及微组装技术的发展这三个方面。

1. 技术的融合与交汇

由于电子产品的日益微小型化和复杂化,传统的行业划分概念逐渐模糊,产业链上下游技术联系密不可分,因而解决组装技术问题和考虑组装技术发展时,思路不能仅仅局限于传统的组装技术范围,而要以综合化、系统化的思路去研究和拓展技术思维。以下三个方面是已经日益明显的发展趋势。

1) 封装技术与组装技术的融合

传统的观念认为封装技术属于半导体制造,其尺寸精确度和技术难度高于组装技术,属

于高技术范畴,而组装技术则属于工艺范畴。但是自从片式元器件进入 0603、0402 以及 IC 封装引脚节距小到 0.4 mm、0.3 mm 以来,组装定位和对准的精确度已经跨入微尺寸的范围。例如,倒装片贴装,要求可重复精度小于 $4\text{ }\mu\text{m}$,接近微尺寸的下限。随着组装技术的进一步发展,封装技术与组装技术融合的趋势将更加明显,如图 1-1 所示。

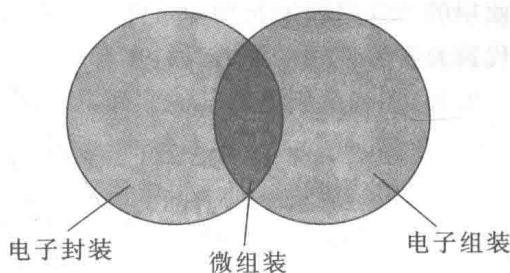


图 1-1 封装技术与组装技术的融合示意图

2) PCB 与 SMT 的渗透

PCB 的发明和应用是电子制造技术的重要里程碑,其技术的成熟和发展的深入程度在 SMT 之上,但近年来电子产品的日益微小型化和复杂化,再加上无铅化的要求,使 PCB 与 SMT 这两个相依的行业联系更加密切,相互渗透的趋势日益明显。

在 PCB 技术中关注和研究无铅焊接对 PCB 表面涂层性能和可靠性的影响已经很普遍,而 SMT 行业在发展中也发现组装质量和产品可靠性与 PCB 的关系越来越大,二者的进一步相互联系和相互渗透是组装技术发展的必然趋势。

3) 元器件制造与板级组装技术的交汇

随着电子产品复杂性的提高和技术发展的深入,一方面电子组装技术已经从被动应对不断推出的形形色色结构复杂、尺寸缩小的元器件贴装,逐渐开始关注元器件组装性能、标准化和元器件本身可靠性等问题,从而促进元器件制造的发展,进而推动整个电子制造技术的进步;另一方面,不断发展的高密度组装技术促成元器件制造与板级组装技术的交汇——PCB 内嵌入元器件的新技术,如图 1-2 所示。

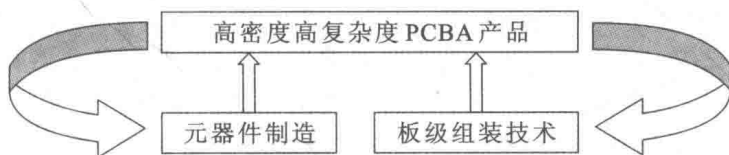


图 1-2 元器件制造与板级组装技术的融合与交汇

2. 产品绿色化

以欧盟 RoHS 指令为起点,继而 WEEE、EuP 和 REACH 指令相继推出,在全世界掀起了以绿色制造为主的一股“绿色浪潮”。这也成为 21 世纪初在电子制造行业中影响最大的事件。其中,首先开始的是无铅化,这对已经趋于成熟的表面贴装技术提出了挑战,迄今依然没有找到理想的应对方案。

环境保护、节约资源是一个庞大的系统工程。然而仅对于无铅化而言,由于人们现在实际使用的无铅焊料,其焊接温度比有铅焊料高出 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,据专家估计,这会使得能源损耗增加 18%。对于现在全球面临的由于能耗剧增而导致气候变暖,造成地球的“温室效应”而引发种种前所未有的异常自然灾害来说,无铅的环境保护作用很有可能是“得失相当”,甚至是“得不偿失”。因而,现在无铅化远远不是具体实施的问题,而是从源头上继续探索的问题。

另一个绿色制造的焦点是无卤,即在电子产品中不使用卤族元素。多年来在电子产品大量使用的聚合物、印制电路板中,卤族元素是最有效的阻燃剂。尽管研究机构已经提出多种卤族元素的代替物,一部分厂商也推出无卤材料和无卤印制电路板,然而这些替代物及实

际使用的无卤材料的长期稳定性和可靠性,还没有经过实际使用环境的长期考验,同时这些替代物及实际使用的无卤材料本身的安全性也缺乏可靠的实验证明。

另外,在绿色制造的其他方面,如绿色设计、能源效率、产品回收并大部分循环使用等更多、更复杂的问题,无论学术界的研究,还是企业界的实施,都只是刚刚开始,对电子组装业现在和长期的影响,目前还很难评估。

3. 微组装技术的发展

早在 20 世纪 80 年代中期,随着电子产品小型化需求的增大,集成电路的快速发展和新型微小型化封装的不断涌现以及表面组装技术的蓬勃发展,科技界就正式提出了微组装技术的概念和术语。经过近 30 年的发展,尽管已经有许多新产品,如智能传感器和精密生物化学分析仪被开发并成功结合,应用到交通运输和生物医学产品中,但是对于大多数机电系统产品而言,许多早期的产品化期望并未实现。

导致微组装系统和微系统产品化发展缓慢的因素是多种多样的。基本原因是微组装系统的极端复杂性,它涉及的领域已经远远超过了电子学和电子制造系统的领域。它是微电子、精密机械、光电子、材料、自动控制,甚至生物医学和流体力学等技术学科交融综合的一门新兴技术学科。其基础则涉及物理学、化学、力学、光学、生物学和系统与控制学等。如此众多学科的交融综合所涉及的许多原理和理论,以及对在科学研究和工程实践中不断出现的新现象、新问题的深入认识和试验,需要科技界和工业界坚持不懈的努力,才能最终实现微系统的产品化。

1.1.5 我国电子产品制造工艺的现状

以前,我国工业水平起点较低,各种制造工艺也比较落后。20 世纪 50 年代,我国工程技术人员到国外(主要是苏联和东欧各国)学习工业产品的制造工艺,各大专院校开始设置相应的工艺学课程,为这些工程技术的教育、普及、研究和发展打下了良好的基础。

在新中国成立之初,我国工业处于百废待兴的发展阶段,各行各业的技术竞赛和技术交流十分广泛,涌现出一大批人们熟悉的全国劳动模范。他们在自己平凡的工作岗位上,刻苦钻研新的工艺技术和操作技能,为我国的工业进步做出了重要的贡献。例如,当年只有 18 岁的上海德泰模型工厂学徒工倪志福,针对使用工具钢麻花钻头在合金钢上钻孔经常烧毁的现象,不断摸索,总结经验,发明了普通钻头的特殊磨制方法,使工作效率提高了几十倍。用这种方法磨制的钻头被称为“倪志福钻头”并蜚声海内外。经过我国金属切削专家多年的分析研究,于 20 世纪 60 年代初向全世界公布了这种钻头的切削机理,同时还推出了适合在各种材料上钻孔的钻头磨制标准。直到现在,“倪志福钻头”还在金属机械加工中普遍应用。是否会磨制这种钻头,已经作为考核机械技术工人技能的基本试题。

电子工业是在最近几十年里才发展起来的新兴工业,在日本、美国等工业发达国家中(也可以说在全世界的范围里),电子工业发展的速度之快,产品市场竞争的激烈程度,都是前所未有的。各个厂家、各种产品的制造工艺一般都相互保密,对外技术转让一般都有所保留。等到我国经济从 20 世纪 70 年代末期开始改革开放时,电子工业水平已经比国际水平落后了很多,电子工艺学的研究基本上处于空白状态,各高校普遍缺乏电子工艺学教育,派往国外的留学进修人员也由于技术保密而一般不能进入工程关键部门学习。我国传统的教育观念及经济体制也使电子工艺学的宣传教育十分薄弱,各行业企业之间的工艺交流很少开展。

从新中国成立之初到 21 世纪的今天,我国的电子工业从无到有、从小到大,直到现在我

国已成为全世界电子产品制造的加工厂,发生了巨大的变化。当年全国仅有几家无线电修理厂,发展到今天,我国已经形成了门类齐全的电子工业体系。在第一个五年计划期间,国家投入大量资金,在北京东郊建起了一批大型电子骨干企业,对带动全国电子工业的发展起到了重要的作用。这片规模宏大的电子城,曾经是中国电子工业的象征和骄傲。现在,几十年过去了,中国的电子工业历经了改革开放的洗礼、资产重组的调查、商业经济的冲突,发生了巨大的变化。电子产品制造业的热点已转移到我国东南沿海地区。从宏观上看,世界各工业发达国家和地区的电子厂商纷纷在珠江三角洲和长江三角洲建设了工厂,这里制造的电子产品行销全世界;但在某些城市和地区,电子产品制造企业的发展和生存却举步维艰,缺少技术先进、能够大批量生产的产品,缺乏稳定的工艺技术队伍,缺少知名度高的过硬品牌。所以,我国电子产品制造业从整体来说,虽然不断从发达国家引进最先进的技术和设备,却一直未能形成系统的、现代化的电子产品制造工艺体系。我国电子行业的工业现状是“两个并存”:先进的工艺与陈旧的工艺并存,先进的技术与落后的管理并存。

以上原因造成了如下结果:很多产品在设计时的分析计算非常精确,实际生产出来的质量却不理想,性能指标往往达不到设计要求或者不够稳定;有些产品从图纸到元器件全部从发达国家引进,而生产出来的却比“原装机”的质量差,实现国产化困难;相当多的电子新产品的“设计”还只是停留在仿造国外产品的水平上,对于设计机理的研究及如何根据国内实际工艺条件更新设计的工作却没有很好地落实;在有些小厂或私营企业中,缺乏必要的技术力量,完全没有实现科学的工艺管理,工人照着“样板”或“样机”操作,还停留在“小作坊”的生产方式中。

事实是,国内外或者国内各厂家生产的同类电子产品相比,它们的电路原理并没有太大的差异,造成质量水平不同的主要原因存在于生产手段及生产过程之中,即体现在电子工艺技术和工艺管理水平的差别上。在我国经济比较发达的沿海城市,或者工艺技术力量较强、实行了现代化工艺管理的企业中,电子产品的质量就比较稳定,市场竞争力就比较强。同样,对于有经验的电子工程技术人员来说,他们的水平主要反映在设计方案时充分考虑了加工的可能性和工艺的合理性。

众所周知,三十多年以来的经济改革,使我国的电子工业走上了腾飞之路。但迄今为止,我国还有一部分大、中型工业企业的经济体制转轨尚未结束,管理机制转变的阵痛既不可避免,也给工艺技术的发展进步造成了一些负面的影响。原来的大、中型国有企业纷纷划小核算单位,使工艺技术人员和工艺管理人员的流失成为比较普遍的现象;对于那些工艺技术及管理本来就落后的小型工厂或私营企业,市场的剧烈波动、产品的频繁转向使之无暇顾及工艺问题,工艺技术落后、工艺管理混乱、工艺纪律不严和工艺材料不良的情况及假冒伪劣的产品常有发生。但是应该相信,一旦企业度过了经济改革的困难阶段、建立起科学的管理机制,就需要一大批懂得现代科学理论的工艺技术人员;特别是我国已经成为世界贸易组织成员方的今天,贯彻 ISO 9000 质量管理体系标准、推行 3C 认证已经成为我国一项重要的技术经济政策,加强电子工艺学的普及教育,开展电子产品制造工艺的深入研究,对于培养具有实际工作能力的工程技术人员和工艺管理人员,对于我国电子工业赶超世界先进水平都有很大的帮助。

在经济飞速发展的今天,全世界进入了后工业化时代,在工业产品的制造过程中,科学的管理成为第一要素,缜密而有序的工艺控制、质量控制成为生产组织的灵魂,研究并推广现代化的工艺技术,已经成为工程技术人员的主要职责。



1.2 电子工艺的工作程序

电子工艺工作程序是指产品从预研制阶段、设计性试制阶段、生产性试制阶段,直到批量性生产(或质量改进)的各阶段中有关工艺方面的工作规程。工艺工作贯穿于产品设计、制造的全过程。

1.2.1 产品预研制阶段的工艺工作

1. 参加新产品设计调研和老产品的用户访问

企业在确定新产品主持设计师的同时,应该确定主持工艺师。主持工艺师应该参加新产品设计调研和老产品的用户访问工作。

2. 参加新产品的设计和老产品的改进设计方案论证

针对产品结构、性能、精度的特点和企业的技术水平、设备条件等因素,进行工艺分析,提出改进产品工艺的意见。

3. 参加新产品初样试验与工艺分析

对按照设计方案研制的初样进行工艺分析,对产品试制中可以采用的新工艺、新技术、新型元器件及关键工艺技术进行可行性研究试验,并对引进的工艺技术进行消化吸收。

4. 参加新产品初样鉴定会

参加新产品初样鉴定会,提出工艺性评审意见。

1.2.2 产品批量生产阶段的工艺流程

1. 完善和补充全套工艺文件

按照完整性、正确性、统一性的要求,完善和补充全套工艺文件。

2. 制定批量生产的工艺方案

批量生产的工艺方案,应该在总结生产性试制阶段情况的基础上,提出批量投产前需要进一步改进、完善的工艺、工装和生产组织措施的意见和建议。批量生产工艺方案的主要内容如下。

- (1) 对生产性试制阶段工艺、工装检验情况的小结。
- (2) 工序控制点的设置意见。
- (3) 工艺文件和工艺装备的进一步修改、完善意见。
- (4) 专用设备和生产线的设计制造意见。
- (5) 有关新材料、新工艺、新技术的采用意见。
- (6) 对生产节拍的安排和投产方式的建议。
- (7) 装配、调试方案和车间平面布置的调整意见。
- (8) 提出对特殊生产线及工作环境的改造与调整意见。

3. 进行工艺质量评审

在产品批量投产之前,工艺质量评审要围绕批量生产的工序工程能力进行。特别是对于生产批量大的产品,要重点审查生产薄弱环节的工序工程能力。审查的具体内容如下。

- (1) 根据产品批量进行工序工程能力的分析。

(2) 对影响设计要求和产品质量稳定性的工序的人员、设备、材料、方法和环境等五个因素的控制。

(3) 工序控制点保证精度及质量稳定性要求的能力。

(4) 关键工序及薄弱环节工序工程能力的测算及验证。

(5) 工序统计、质量控制方法的有效性和可行性。

4. 组织、指导批量生产

按照生产现场工艺管理的要求,积极采用现代化的科学管理方法,组织、指导批量生产。

5. 产品工艺技术总结

产品工艺技术总结应该包括以下内容。

(1) 生产情况介绍。

(2) 对产品性能与结构的工艺性分析。

(3) 工艺文件成套性审查结论。

(4) 产品生产定型会的资料和结论性意见。



1.3 电子工艺的管理

在电子工业工艺标准化技术委员会发布的《电子工业工艺管理导则》中,规定了企业工艺管理的基本任务、工艺管理的工作内容、工艺管理组织机构和各有关部门的工艺管理职能等。

1.3.1 电子工艺管理的基本任务

工艺工作贯穿于生产的全过程,是保证产品质量、提高生产效率、安全生产、降低消耗、增加效益、发展企业的重要手段。为了稳定提高产品质量、增加应变能力、促进科技进步,企业必须加强工艺管理,提高工艺管理的水平。

工艺管理的基本任务是在一定的生产条件下,应用现代科学理论和手段,对各项工艺工作进行计划、组织、协调和控制,使之按照一定的原则、程序和方法,有效地进行工作。

1.3.2 电子工艺管理人员的主要工作内容

1. 编制工艺发展计划

为了提高企业的工艺水平,适应产品发展需要,各企业应根据全局发展规划、中远期目标和近期目标,按照先进与适用相结合、技术与经济相结合的方针,编制工艺发展规划,并制订相应的实施计划和配套措施。

工艺发展计划包括工艺技术措施规划(如新工艺、新材料、新装备和新技术攻关规划等)和工艺组织措施规划(如工艺路线调整、工艺技术改造规划等)。

工艺发展规划应在企业总工程师(或技术副厂长)主持下,以工艺部门为主进行编制,并经厂长批准实施。

2. 工艺技术的研究与开发

工艺技术与开发的基本要求如下。

(1) 工艺技术的研究与开发是提高企业工艺水平的主要途径,是加速新产品开发、稳定提高产品质量、降低消耗、增加效益的基础。各企业都应该重视技术进步,积极开展工艺技

术的研究与开发,推广新技术、新工艺。

(2) 为了搞好工艺技术的研究与开发,企业应给工艺技术部门配备相应的技术力量,提供必要的经费和试验研究条件。

(3) 企业在进行工艺技术的研究与开发工作时,应该认真学习和借鉴国内外的先进科学技术,积极与高等院校和科研单位合作,并根据企业的实际情况,积极采用和推广已有的、成熟的研究成果。

3. 产品生产的工艺准备

产品生产的工艺准备的主要内容如下。

- (1) 新产品开发和老产品改进的工艺调研和考察。
- (2) 产品设计的工艺性审查。
- (3) 工艺方案设计。
- (4) 设计和编制成套工艺文件。
- (5) 工艺文件的标准化审查。
- (6) 工艺装备的设计与管理。
- (7) 编制工艺定额。
- (8) 进行工艺质量评审。
- (9) 进行工艺验证。
- (10) 进行工艺总结和工艺整顿。

4. 生产现场工艺管理

生产现场工艺管理的基本任务、要求和主要内容如下。

(1) 生产现场工艺管理的基本任务是确保安全文明生产,保证产品质量,提高劳动生产率,节约材料,工时和能源消耗,改善劳动条件。

- (2) 制订工序质量控制措施。
- (3) 进行定制管理。

5. 工艺纪律管理

严格工艺纪律是加强工艺管理的主要内容,是建立企业正常生产秩序的保证。企业各级领导及有关人员都应严格执行工艺纪律,并对职责范围内工艺纪律的执行情况进行检查和监督。

6. 开展工艺情报工作

工艺情报工作的主要内容如下。

- (1) 掌握国内外新技术、新工艺、新材料、新装备的研究与使用情况。
- (2) 从各种渠道收集有关的新工艺标准、图纸手册及先进的工艺规程、研究报告、成果论文和资料信息,进行加工、管理,开展服务。

7. 开展工艺标准化工作

工艺标准化的主要工作范围如下。

- (1) 制定推广工艺基础标准(如术语、符号、代号、分类、编码及工艺文件的标准)。
- (2) 制定推广工艺技术标准(如材料、技术要素、参数、方法、质量控制与检验和工艺装备的技术标准)。
- (3) 制定推广工艺管理标准(如生产准备、生产现场、生产安全、工艺文件、工艺装备和工艺定额等)。