



普通高等教育“十三五”规划教材·电子信息类

电子工艺 实习教程

◎ 主编 李小斌 王瑾



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等教育“十三五”规划教材·电子信息类

电子工艺 实习教程



主 编 李小斌 王 瑾
副主编 袁战军 商 莹 刘远聪
主 审 吴宏岐



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

电子工艺实习是所有电类专业和某些非电类专业必开的一门实践类课程,以训练学生基本电子工艺和电子装配基本技术为主,使学生对电子产品制造过程及典型工艺有个全面的了解。它是电类专业学生专业技能培训的重要环节,是实现理论知识向动手能力转化的重要途径。

本书从实用角度出发,以训练学生实际应用所需的基本知识、基本技能为出发点,以激发学生的学习兴趣 and 增强学生的自信心为目的,精选了简单、实用的实训项目,保证了每一个学生都能顺利完成实训项目。本书共分9章,分别为绪论、安全用电常识、电子装配常用工具与仪器、常用电子元器件的识别与测试、电子产品焊接技术与工艺、印制电路板的设计与制作、电子电路仿真实训、电子产品检测技术、电子工艺实训内容。

本书可作为普通高等院校理工科学生开展电子工艺实习与训练的教材,亦可作为电子科技创新实践、课程设计、电子设计竞赛等活动的实用指导书,同时也可供职业教育、技术培训及有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实习教程/李小斌,王瑾主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018.12
普通高等教育“十三五”规划教材. 电子信息类
ISBN 978-7-5680-3578-1

I. ①电… II. ①李… ②王… III. ①电子技术-实习-高等学校-教材 IV. ①TN-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 279293 号

电子工艺实习教程

Dianzi Gongyi Shixi Jiaocheng

李小斌 王 瑾 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:沈 萌

封面设计:孢 子

责任校对:李 琴

责任监印:朱 玟

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:417千字

版 次:2018年12月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



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

电子工艺实习是所有电类专业和某些非电类专业必开的一门实践类课程,以训练学生基本电子工艺和电子装配基本技术为主,使学生对电子产品制造过程及典型工艺有个全面的了解。它是电类专业学生专业技能培训的重要环节,是实现理论知识向动手能力转化的重要途径。

传统的电子工艺实习,大多都是用时两周,通过让学生装配一个电子产品,达到使学生熟悉电子产品焊接、调试及常见工具仪器使用方法的目。然而这种实习存在的主要问题是实训时间短,实训场地、设备有限,学生很难在有限的时间、有限的空间和有限的设备资源等条件下掌握所要求的技能,学生在课堂以外再无法进行巩固练习,从而影响了教学效果。

现代社会的发展、生产技术的进步及产业结构的调整,使得近年来用人单位对学生的实践技能要求越来越高,因此很多高校也在积极探索如何利用有限的空间、有限的时间和有限的设备资源等条件提高学生的实践教学效果。随着计算机的普及和虚拟实验技术的发展,我们看到了解决这一问题的希望,并且找到了解决这一问题的有效途径。

本书编者通过对生产一线的广泛调研和对大量学生的调查研究,结合自己多年的电子大赛和大学生创新创业项目教学经验,在参考了许多相关资料、借鉴了众多学者的研究成果的基础上精心规划了本书。本书从实用角度出发,以训练学生实际应用所需的基本知识、基本技能为出发点,以激发学生的学习兴趣 and 增强学生的自信心为目的,精选了简单、实用的实训项目,保证了每一个学生都能顺利完成实训项目。与以往的教材相比,本书最大的变化就是增加了虚拟实训章节。这样,学生在通过课堂学习掌握了电子产品的设计、制作工艺后,可以随时随地借助计算机实现较为复杂的电子系统设计、仿真、调试,并通过虚拟仪器练习各种仪器仪表的使用方法。学生不需要额外负担任何费用,就可以解决真实实验项目条件不具备或实际运行困难,涉及极端环境,高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题。

本书紧密结合专业特色和行业产业发展最新成果,以及学校定位和人才培养特点,充分考虑不同层次、不同类型学生介入实践教学项目的运行需求,选择



了时长合理、难度适中的虚拟仿真实验及实践训练教学项目。其中,稳压电源、三极管电子门铃两个项目比较适合大二学生。宝鸡文理学院电子电气工程学院学生在第三个学期进行实训,选择稳压电源、三极管电子门铃两个实训项目,只要具备模拟电路知识,就可完成实训,而且学生制作好稳压电源直接用作三极管电子门铃电源,学生成就感满满,电路实现成功率 100%。交通灯控制系统项目,既给出了 C 语言程序,又给出了汇编语言程序,适合电子工艺实习、课程设计及单片机项目开发实践使用。收音机制作项目为众多院校的传统训练项目,适合各个层次的学生实训。如果在大二开设电子工艺实习,本书编者建议在进行实际电路焊接和装配时最好选用多功能电路板,以便更好地训练初学者的看图接线、电路分析和调试能力。由于时间和篇幅关系,书中没有给出收音机的仿真实训,有兴趣的读者可自行研究。

参加本书编写的教师均为活跃在教学一线的高校“双师型”骨干教师,本书由宝鸡文理学院李小斌和陕西工业职业技术学院信息工程学院王瑾担任主编,陕西国际商贸学院袁战军和商莹及西北师范大学知行学院刘远聪担任副主编,宝鸡文理学院吴宏岐担任主审,李小斌负责编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 5 章,王瑾负责编写第 6 章、第 7 章,袁战军、商莹负责编写第 8 章,刘远聪负责编写第 9 章。

本书在编写过程中,得到了华中科技大学出版社多位领导的大力支持和帮助,并参考、借鉴了众多学者的研究成果,文献中未能一一列出,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)免费注册并浏览,任课教师还可以发邮件至 hustpeiit@163.com 索取。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥与疏漏之处,敬请广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

2018 年 8 月

目
录

CONTENTS

第 1 章 绪论	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 安全用电常识	15
2.1 电子产品装配操作安全	15
2.2 电气事故与防护	17
2.3 常见的触电类型及其安全保护措施	22
思考题	26
第 3 章 电子装配常用工具与仪器	27
3.1 常用五金工具	27
3.2 焊接与拆焊工具	34
3.3 电子测量仪器与仪表	37
思考题	53
第 4 章 常用电子元器件的识别与测试	54
4.1 电子元器件	54
4.2 电阻器	57
4.3 电位器	59
4.4 电容器	60
4.5 电感器与变压器	62
4.6 半导体分立器件	64
4.7 集成电路 IC 元件	68



4.8 其他元器件	73
4.9 电子元器件的选择及应用	73
思考题	76
第5章 电子产品焊接技术与工艺	77
5.1 焊接的基本知识	77
5.2 手工焊接技术	80
5.3 波峰焊技术	99
5.4 表面贴装技术	103
思考题	114
第6章 印制电路板的设计与制作	116
6.1 Protel99SE 概述	116
6.2 Protel99SE 设计基础	118
6.3 电路原理图设计	121
6.4 印制电路板图的设计	134
6.5 自制元件符号和元件封装	142
6.6 印制电路板的制作	148
思考题	150
第7章 电子电路仿真实训	151
7.1 Multisim 电路仿真技术应用	151
7.2 Proteus 电路仿真技术应用	177
7.3 十字路口交通灯控制系统设计仿真实训	190
思考题	221
第8章 电子产品检测技术	222
8.1 故障检测的常用方法	222
8.2 电子组装检测技术	228
思考题	230
第9章 电子工艺实训内容	231
9.1 THT 手工焊接训练	231
9.2 SMD/SMC 手工焊接训练	239
9.3 SMT 表面贴装技术训练	242
9.4 单片机技术训练	246
9.5 PCB 电路板的设计与制作	253
参考文献	255

第1章 绪论

1.1 工艺概述

1.1.1 工艺的发源与定义

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起来的并经过总结的操作经验和技能。

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,还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”,这句话生动地道出了产品制造工艺的意义。

显而易见,工艺发源于个人的操作经验和手工技能。但是在今天,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,是因为那时人们对产品的消费能力低下,材料来源稀少或不易获得,产品的生产者极少数人,生产的工具、设备等非常简陋,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,在经济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,两者之间已经有天壤之别了。

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 handcraft,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 ISO9000)系列标准《质量管理体系标准》中,不再将 process 译成“工序”或“工艺”,而统一翻译为“过程”,它的定义: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)和活动。事实上,这不仅仅是个翻译技巧的问题。《牛津现代高级英汉双解辞典》中对 process 的解释: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,应该是针对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为了提高劳动生产率,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,加工、制造、检验的每一个环节,直到成品包装、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,是企业科学生产的法律和法规,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成熟,成为专门的学科,并在工科大、中专院校作为必修课程。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;又如,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;还有各种化工工艺学、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分工的厂家生产,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涉猎极其广泛的学科。

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,而过去又不受重视的技术学科。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,我国的许多高等学校都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明显的特点,归纳起来主要有如下几点。

1. 涉及众多科学技术的学科

电子工艺与众多的科学技术学科相关联,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,还涉及企业的财务、管理等众多学科。这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,但作为一门学科而被系统研究的时间却不长。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。电子技术的飞速发展,对电子工艺提出了越来越高的要求,人们在实践中不断探索新的工艺方法,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的工程师的不可缺的环节。我们以往强调的培养学生动手能力的问题,在电子工艺课程中得到了具体的体现。

4. 电子工艺学科的技术信息分散,获取难度大

由于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,电子工艺学与这些学科的关系是相辅相成的,成为技术关联密集的学科,所以,作为电子工艺工程师,对知识面、实践能力都有比较高的要求,也就是通常所说的复合型人才。当今的世界已进入知识经济的时代,大到一个国家,小到一个公司,对技术关键的重视程度都很高,技术封锁也是严密的,所以获取技术关键是非常困难的。

本书的任务在于讨论电子整机(包括配件)产品的制造工艺。这是由于,对于大多数接触电子技术的工程技术人员及广大DIY爱好者来说,主要涉及的是这类产品从设计开始,在试验、装配、焊接、调整、检验方面的工艺过程。对于各种电子材料及电子元器件,则是从使用的角度讨论它们的外部特性及其选择和检验。在本书后面的讨论中,凡说到“电子工艺”,都是指电子整机产品生产过程中的内容。

就电子整机产品的生产过程而言,主要涉及两个方面:一方面是指制造工业的技术手段、设备条件和操作技能;另一方面是指产品在生产过程中的质量控制和工艺管理。我们可以把这两方面理解为“硬件”和“软件”之间的关系。显然,对于现代化电子产品的大批量生产、对于高等院校工科学生今后在生产中承担的职责来说,这两方面都是重要的,是不能偏废的。

1.1.3 电子工艺的发展历程

1. 电子工艺的早期——导线直连技术

作为电子科技重要组成部分的电子工艺技术,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。在印制电路技术进入电气互联领域前,电子产品的互联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,体积庞大的碳膜电阻、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联。

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、7200个二极管、70 000多只电阻器、10 000多只电容器和6000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米高的金属柜里,占地面积为170平方米左右,总重量达到30吨。

显然,这样原始的组装工艺只能通过手工方式完成连接,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,这样原始的方式必然被取代。但是直到今天,虽然有很多如Protel等的电路设计仿真软件,这样的连接方式也没有绝迹,在产品研发



和业余电子制作中不时还能看到它的身影。

2. 电子工艺伟大的发明——印制电路

电子制造工艺技术中,最早、最伟大的技术发明应该非印制电路技术莫属。印制电路板对于电子产品,犹如住宅和道路对人类社会一样重要。

从1903年开始,德国、美国、英国等国的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到50年代,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、维修简单等。在电子系统所有零部件中,没有比印制电路板更重要的了。没有印制电路板就没有现代电子信息产业的高速发展。

3. 电子工艺的发展契机——晶体管发明

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,不仅给人们带来了生活方式的改变,也使人类进入了高科技发展的快车道。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. 电子工艺起飞的引擎——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,开始了信息时代伟大革命。作为所有电子装置核心的微型硅片,无可争辩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。半导体集成电路与电灯、电话和汽车一样彻底改变了世界。

5. 电子工艺的大发展——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. 电子工艺的当前主流——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、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“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。但是自从片式元件进入 0603、0402 和 IC 封装节距小到 0.4/0.3 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 $4\ \mu\text{m}$,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。

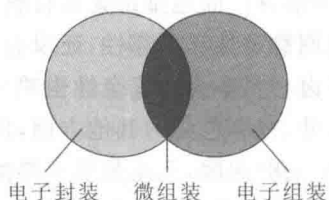


图 1-1 封装技术与组装技术的融合示意图

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,但近年来随着电子产品的日益小型化和复杂化,再加上无铅化的要求,PCB 与 SMT 这两个相依的行业联系更加密切,相互关注、相互渗透的趋势与日俱增。

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 also 发现组装质量和产品可靠性与 PCB 的关系越来越大,二者的进一步相互关注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

电子元器件与组装技术的关系,同印制电路板与组装技术的关系一样,属于一荣俱荣、一损俱损的搭档。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整体进步;另一方面,不断发展的高密度组装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。

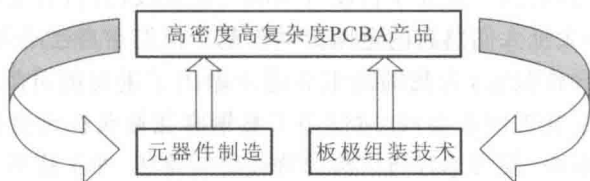


图 1-2 元器件制造与板级组装技术融合交汇

2. 产品绿色化

以欧盟 RoHS 指令为起点,继而 WEEE、EuP 和 REACH 指令相继推波助澜,在全世界掀起的绿色制造成为 21 世纪初在电子制造行业中影响最大的风暴。无铅化首当其冲,对已经趋于成熟的表面贴装技术提出的挑战,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 $30\ ^\circ\text{C}$ 以上,据专家估计会使得能源损耗增加



18%。这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“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。

另一个绿色化进程是无卤,即在电子产品中不使用卤元素。多年来在电子产品大量使用的聚合物、印制电路板中,卤元素是最有效的阻燃剂。尽管研究机构已经提出多种卤素代替物,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,在绿色化的其他方面,例如绿色设计、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,无论是学术界的研究,还是企业界的实施,绿色化的进程只是刚刚开始,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的需求、集成电路的快速发展和新型微小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,例如智能传感器和精密生物化学分析仪被开发并成功的结合,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。

1.1.5 我国电子产品制造工艺的现状

以前,由于我国工业水平起点较低,各种制造工艺学也比较落后。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、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”而蜚声海内外。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不同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(也可以说在全世界范围内),电子工业发展的速度之快、产品市场竞争的程度之激烈,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 年代末期开始改革时,电子工业已经与国际水平相差悬殊,

电子工艺学的研究基本上处于空白状态,工科大专院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,直到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。当年轻有几家无线电修理厂,发展到今天,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,在北京东郊地区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,曾经是新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,很少有技术先进、能够大批量生产的产品,缺乏稳定的工艺技术队伍,很少有知名度高的过硬品牌。所以,就我国电子产品制造业的整体来说,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。

由于以上原因,就造成了这样的结果: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上。

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,管理机制转变的痛苦既是不可避免的,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、中国有型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;特别是在我国已经成为世界贸易组织成员的今天,贯彻 ISO9000 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,其意义及重要性是显而易见的。



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

电子工艺的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. 参加新产品的的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的的设计调研和老产品的用户访问工作。

2. 参加新产品的的设计 and 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,提出改进产品工艺性的意见。

3. 参加新产品的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. 参加新产品的初样鉴定会

参加新产品的初样鉴定会,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. 定制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有:

- (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。审查的具体内容有:

- (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下列内容:

- (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和机械电子工业部第二研究所发布的《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、工艺工作内容、工艺管理组织机构和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。

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)的主持下,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有:

- (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、要求和主要内容有:

- (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) 制定工序质量控制措施;
- (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包括:

- (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为:

- (1) 制定推广工艺基础标准(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(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(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)。