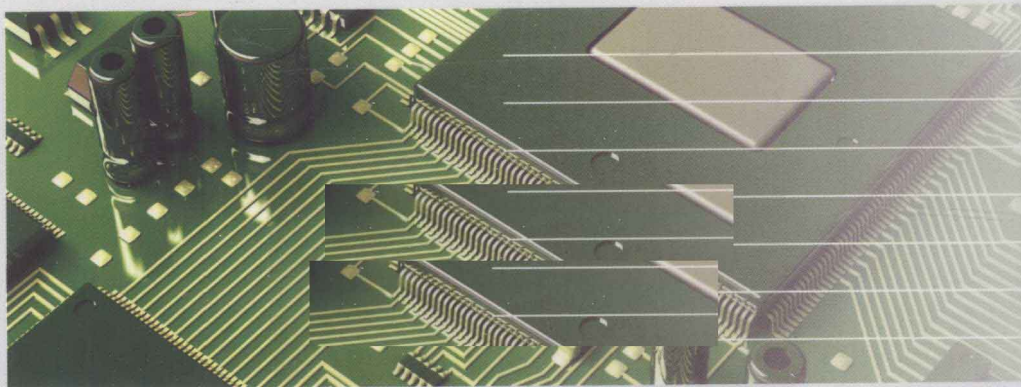




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子工艺基础

(第3版)



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

© 王卫平 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子工艺基础

(第3版)

王卫平 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据国家大力发展工业制造业、教委关于推动高校生产实习基地建设、提高生产实习教学质量的文件精神编写的。本书从电子整机产品制造工艺的实际出发,介绍了常用电子元器件和材料、印制电路板的设计与制作、表面装配技术、整机的结构及质量控制、生产线的组织与管理等。全书共 8 章,每章均附有思考与习题。通过学习这些内容,有助于读者掌握生产操作的基本技能,又能够站在工艺工程师和工艺管理人员的角度认识生产的全过程,充分了解工艺工作在电子产品制造过程中的重要地位。

本书可以作为高等院校电子类专业及相关专业的教材或教学参考书,对于电子产品制造企业的工程技术人员和那些正在申请 ISO 9000 国际质量管理体系标准认证和 3C 认证的单位,也能从中有所收益。

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

电子工艺基础 / 王卫平主编. — 3 版. — 北京: 电子工业出版社, 2011.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-121-12280-4

I. ①电… II. ①王… 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 (2010) 第 222450 号

责任编辑: 刘海艳

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 24.75 字数: 710 千字

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.80 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

最近二十多年来,以“3C”——计算机(Computer)、通信(Communication)和消费类电子产品(Consumer Electronics)为代表的IT(信息技术,Information Technology)产业的迅猛发展,无论是它为社会进步所发挥的技术作用以及它创造的产值和利润,还是它所提供的劳动力就业机会,都使其在国民经济中的作用和地位更加重要。如果说,美国是全球IT产业的研发基地,那么,中国已经成为世界现代化工业最重要的加工厂。现代化就是工业化,在我国大力推动现代化的过程中,制造业应该起到基础性、支柱性产业的作用。在发展我国制造业的过程中,用信息技术改造传统产业、以信息化带动工业化,大力发展机床制造业、机电一体化和自动化。这种局面要求我们的大学工科教育必须向社会提供具有现代电子工业知识和技能的工程技术人员。

这二十几年,也是我国经济,特别是电子制造业取得巨大发展的重要阶段,电子制造业成为中国经济总量跃升到世界第二位的重要支撑行业。全世界电子产品的硬件组装生产已经全面转变到以SMT(表面安装技术, Surface Mounting Technology)为核心的第四代工艺,一切生产过程管理则必须遵从以ISO 9000系列质量管理体系标准和ISO 14000系列环境管理标准为代表的现代化科学模式;今天,不仅国家的宏观经济要与国际“接轨”,我们培养的工程技术人材及从业劳动者的素质和技能也必须符合行业的需求。

我国的高等职业教育在这十几年里也获得了巨大的发展,已经成为我国教育体制改革的热点和突破口,培养应用型、技能型技术人材的宗旨已经被社会普遍接受。

本书是在1997年出版的《电子工艺基础》、2003年出版的《电子工艺基础(第2版)》的基础上重新编写的,那两本书都曾多次印刷,受到各方面读者的好评,第2版还在2004年获得了北京市高等教育精品教材的奖励。随着电子工业的发展和教学的需求,电子工业出版社决定出版本书,作为国家“十一五”规划的重点教材,无疑是符合电子工艺技术和人材市场对工程技术人员的要求的。其实,就本书所涉及的内容而言,它的读者对象不仅在于高职和这一层次的技术人员。对于电子技术应用类的本科毕业生来说,不了解电子产品生产过程的每一个细节,不理解生产工人操作的每一个环节,就很难设计出具有生产可行性的产品。毫无疑问,对电子工艺技术的真知灼见将有助于原理性设计的成功。日本丰田汽车的创始人丰田喜一郎有一句名言:“技术人员不了解现场,产品制造就无从谈起。”他的这一观点,应该对每一个电子工程技术人员有所启迪。

关于工程工艺类教学还有一个问题,即我们的教育似乎总是落后于社会的需求。这里不仅有目前高校工程工艺实训环境和设备的限制,还因为部分专业教师本身就缺乏工程实践的经历和经验,在某些院校里电子工艺实训还流于形式。近年来的商业、服务业经济发展对工业制造业形成了一定程度的冲击。在很多企业中,劳动者的平均技术素质不高,甚至出现有经验的高级技术工人奇缺的局面。因此,从事高等院校工科教育的教师们应该深入思考,研究改革我们的教育体制、体系、模式和方法,适应现代化和工业化对工程技术人材培养的需求。

上述背景和思考要求我们在本书中突出第四代电子产品的SMT装配生产工艺和现代化生产过程及质量管理思想,用前瞻和发展的眼光去选择本书的内容和素材。考虑到自动化SMT设备一般非常昂贵,高校现有的实训基地大都不具备SMT工艺的条件和设备,本书中将从第三代电子产品的通孔基板插装(THT)工艺出发,仔细描述SMT的特点及其与THT的差别,介绍一些切实可行的手工处理SMT的方法,供有条件的实训基地参考安排培训内容,让读者学习体会并

尝试自己动手。

本书由王卫平主编，参加编写的还有杭州职业技术学院的吴弋旻，顺德职业技术学院的肖文平，北京联合大学师范学院的许启军、清华大学美术学院的王小茱，北京冲击波电子有限公司的莫淑梅，北京联合大学师范学院电气信息系的孙华、刘逍逍、赵玥、张颖、李娜、梁缘、董亚婵、王赟、兴航。

编者在写作本书时是慎重的，严谨的，在即将出版的前夕，我们已经迎来了“十二五”。主要编者在电子工艺技术方面实践多年，研究多年，教学多年，虽已年届花甲，但因深知本书以及相关课程的意义，故仍呕心沥血。在此，对在本书编写过程中给予我们巨大帮助的专家、领导和同行致以诚挚的感谢。

电子工艺技术还在高速发展，作者的水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，欢迎批评指正。

编 者

2011 年 3 月

目 录

第 1 章 电子工艺技术和工艺管理	1
1.1 工艺概述	1
1.1.1 工艺的发源与定义	1
1.1.2 电子工艺学的特点	2
1.1.3 我国电子工艺现状	3
1.1.4 电子工艺学的教育培训目标	5
1.2 电子产品制造工艺工作程序	5
1.2.1 电子产品制造工艺工作程序图	5
1.2.2 产品预研制阶段的工艺工作	7
1.2.3 产品设计性试制阶段的工艺 工作	7
1.2.4 产品生产性试制阶段的工艺 工作	13
1.2.5 产品批量生产（或质量改进） 阶段的工艺工作	14
1.3 电子产品制造工艺的管理	15
1.3.1 工艺管理的基本任务	15
1.3.2 工艺管理人员的主要工作内容	15
1.3.3 工艺管理的组织机构	17
1.3.4 企业各有关部门的主要工艺职能	17
1.4 电子产品工艺文件	18
1.4.1 工艺文件的定义及其作用	18
1.4.2 电子产品工艺文件的分类	18
1.4.3 工艺文件的成套性	19
1.4.4 电子工艺文件的计算机处理及 管理	20
思考与习题	21
第 2 章 电子元器件	22
2.1 电子元器件的主要参数	23
2.1.1 电子元器件的特性参数	23
2.1.2 电子元器件的规格参数	24
2.1.3 电子元器件的质量参数	27
2.2 电子元器件的检验和筛选	30
2.2.1 外观质量检验	30
2.2.2 电气性能使用筛选	31
2.3 电子元器件的命名与标注	32
2.3.1 电子元器件的命名方法	33
2.3.2 型号及参数在电子元器件上的 标注	33
2.4 常用元器件简介	35
2.4.1 电阻器	35
2.4.2 电位器（可调电阻器）	42
2.4.3 电容器	45
2.4.4 电感器	54
2.4.5 开关及接插元件	58
2.4.6 继电器	62
2.4.7 半导体分立器件	65
2.4.8 集成电路	69
2.4.9 光电器件	75
2.5 表面组装（SMT）元器件	78
2.5.1 表面组装技术及其发展历程	78
2.5.2 常用表面组装元器件	81
思考与习题	88
第 3 章 电子产品组装常用工具及 材料	91
3.1 电子产品组装常用五金工具	91
3.1.1 钳子	91
3.1.2 改锥	92
3.1.3 小工具	93
3.1.4 防静电器材	94
3.2 焊接工具	94
3.2.1 电烙铁的分类及结构	95
3.2.2 烙铁头的形状与修整	99
3.2.3 维修 SMT 电路板的焊接 工具	100
3.3 焊接材料	101
3.3.1 焊料	102
3.3.2 助焊剂	104
3.3.3 膏状焊料	106
3.3.4 无铅焊料	110
3.4 制造印制电路板材料—— 覆铜板	113
3.4.1 覆铜板的材料与制造过程	113
3.4.2 覆铜板的指标与特点	116

3.5 常用导线与绝缘材料	118	4.7.1 几种手工制板方法	176
3.5.1 导线	118	4.7.2 数控雕刻机制作印制板	177
3.5.2 绝缘材料	121	思考与习题	178
3.6 其他常用材料	123	第 5 章 装配焊接及电气连接工艺	180
3.6.1 电子组装小配件	123	5.1 安装	180
3.6.2 黏合剂	124	5.1.1 安装的基本要求	180
3.6.3 SMT 所用的黏合剂(红胶)	125	5.1.2 集成电路的安装	182
3.6.4 常用金属标准零件	127	5.1.3 印制电路板上元器件的安装	183
思考与习题	127	5.2 手工焊接技术	184
第 4 章 印制电路板的设计与制作	128	5.2.1 焊接分类与锡焊的条件	185
4.1 印制电路板的排版设计	128	5.2.2 焊接前的准备	186
4.1.1 设计印制电路板的准备工作	129	5.2.3 手工电烙铁焊接基本技能	188
4.1.2 印制电路板的排版布局	136	5.2.4 手工焊接技巧	192
4.2 印制电路板上的焊盘及导线	141	5.2.5 手工焊接 SMT 元器件	195
4.2.1 焊盘	141	5.2.6 无铅手工焊接	196
4.2.2 印制导线	144	5.2.7 焊点质量及检验	199
4.2.3 印制导线的抗干扰和屏蔽	145	5.3 手工拆焊技巧	204
4.2.4 印制电路表面镀层与涂覆	147	5.3.1 拆焊传统元器件	204
4.3 SMT 印制电路板的设计	149	5.3.2 SMT 组件的拆焊与返修	205
4.3.1 SMT 印制电路板的设计内容	150	5.3.3 BGA、CSP 集成电路的修复性 植球	208
4.3.2 SMT 印制板的设计过程	152	5.4 绕接技术	210
4.3.3 SMT 印制板上元器件的布局与 放置	156	5.4.1 绕接机理及其特点	210
4.3.4 SMT 印制板的电气要求	157	5.4.2 绕接工具及使用方法	210
4.3.5 SMT 多层印制板	162	5.4.3 绕接点的质量	211
4.3.6 挠性印制电路板	163	5.5 导线的加工与线扎处理	212
4.3.7 SMT 印制电路板的可测试性 要求	164	5.5.1 屏蔽导线及电缆的加工	212
4.4 制板技术文件	165	5.5.2 线扎制作	214
4.4.1 板图设计	165	5.6 其他连接方式	215
4.4.2 制板技术文件及其审核	166	5.6.1 粘接	216
4.5 印制电路板的制造工艺简介	167	5.6.2 铆接	217
4.5.1 印制电路板制造过程的基本 环节	167	5.6.3 螺纹连接	218
4.5.2 印制板生产流程	171	思考与习题	220
4.5.3 印制板检验	173	第 6 章 电子组装设备与组装生 产线	221
4.6 印制电路板的计算机辅助 设计	174	6.1 电子工业生产中的焊接	221
4.6.1 用 EDA 软件设计印制板的一般 步骤	174	6.1.1 浸焊	221
4.6.2 设计印制板的典型 EDA 软件	175	6.1.2 波峰焊	223
4.7 自制印制板的简易方法	176	6.1.3 再流焊	228
		6.1.4 SMT 电路板维修工作站	237
		6.2 SMT 电路板组装工艺方案与 组装设备	237

6.2.1 SMT 印制板的组装结构及装焊 工艺流程	237	7.1.4 环境防护设计	287
6.2.2 锡膏涂覆工艺和锡膏印刷机	240	7.1.5 外观及装潢设计	291
6.2.3 SMT 元器件贴片工艺和 贴片机	243	7.2 电子产品的技术文件	292
6.2.4 SMT 涂覆贴片胶工艺和 点胶机	248	7.2.1 电子产品的技术文件简介	292
6.2.5 与 SMT 焊接有关的检测设备与 工艺方法	250	7.2.2 电子产品的设计文件	294
6.2.6 SMT 生产线的设备组合与计算机 集成制造系统 (CIMS)	254	7.2.3 电子工程图中的图形符号	297
6.3 SMT 工艺品质分析	257	7.2.4 产品设计图	300
6.3.1 锡膏印刷品质分析	257	7.3 电子产品的工艺文件	309
6.3.2 SMT 贴片品质分析	258	7.3.1 产品工艺流程图	309
6.3.3 SMT 再流焊常见的质量缺陷及 解决方法	260	7.3.2 产品加工工艺图	309
6.4 芯片的绑定工艺	260	7.3.3 工艺文件	313
6.4.1 绑定 (COB) 的概念与特征	260	7.3.4 插件线工艺文件的编制方法	315
6.4.2 COB 技术及流程简介	261	7.3.5 工艺文件范例	317
6.5 电子产品组装生产线	264	思考与习题	320
6.5.1 生产线的总体设计	264	第 8 章 电子产品制造企业的质量	
6.5.2 电子整机产品制造与生产工艺 过程举例	270	控制与认证	322
6.6 电子制造过程中的静电防护 简介	273	8.1 电子产品的检验	322
6.6.1 静电的产生、表现形式与 危害	273	8.1.1 检验的理论与方法	322
6.6.2 静电的防护	273	8.1.2 检验的分类	323
6.7 电子组装技术简介	274	8.1.3 检验仪器和设备	329
6.7.1 基片	275	8.2 电子产品制造企业质量工作岗位及其 职责	330
6.7.2 厚/薄膜集成电路技术	275	8.2.1 电子制造企业质量工作岗位 分析	330
6.7.3 载带自动键合 (TAB) 技术	276	8.2.2 全面质量管理的鱼骨图 分析法	332
6.7.4 倒装芯片 (FC) 技术	276	8.3 产品的功能、性能检测与 调试	334
6.7.5 大圆片规模集成电路 (WSI) 技术	277	8.3.1 消费类产品的功能检测	334
思考与习题	277	8.3.2 产品的电路调试	334
第 7 章 电子产品的整机结构与		8.3.3 在调试中查找和排除故障	337
技术文件	279	8.3.4 在线检测 (ICT) 的设备与 方法	340
7.1 电子产品的整机结构	279	8.4 电子产品的可靠性试验	345
7.1.1 机箱结构的方案选择	280	8.4.1 可靠性概述及可靠性试验	345
7.1.2 操作面板的设计与布局	283	8.4.2 环境试验	345
7.1.3 电子产品机箱的内部结构	286	8.4.3 寿命试验	353
		8.4.4 可靠性试验的其他方法	354
		8.5 电子产品制造企业的产品 认证	354
		8.5.1 认证的概念	355
		8.5.2 产品质量认证	355

8.5.3 国外产品质量认证	357	8.6.2 我国采用 ISO9000 系列标准的 情况	374
8.5.4 中国强制认证 (3C)	363	8.6.3 ISO14000 系列环境标准	376
8.5.5 关于整机产品中的元件和 材料认证	368	8.6.4 OHSAS18000 系列标准	381
8.6 体系认证	369	思考与习题	384
8.6.1 ISO9000 质量管理体系认证 ...	369		

第 1 章 电子工艺技术和工艺管理

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——制造者对于材料的使用、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,材料的来源稀少或不易获得,产品的生产者是极少数人,生产的工具、设备和手段非常简陋,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,很快就将风靡全球,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。制造工艺学已经作为中、高等工科专业院校普遍开设的必修课程,工程技术人员成了工业生产劳动的主要力量。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,这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机器设备所取代。

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/T19000 (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(可以包括人员、资金、设备、技术、方法)和活动。事实上,这不仅是翻译技巧问题。《牛津现代高级英汉词典》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;
- 用于生产或实业中的方法、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或生产的操作而言,应该是从设计到销售包容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。它建立在对于时间、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,必须根据它们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,产品可以分为计算机、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,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。随着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,在高等工科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关键。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众多的学科中,电子工艺学与这些学科的关系是相辅相成的,成为技术关键(know how)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方面的内容。

就电子整机产品的生产过程而言,主要涉及两个方面:一方面是指制造工艺的技术手段、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。本书对这两方面的内容都进行了比较详细的叙述。

1.1.3 我国电子工艺现状

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,为我国的工业进步作出了重要的贡献。例如,当年只有18岁的上海德泰模型工场学徒工倪志福,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年代末期开始改革时,电子工业已经比国际水平相差十分悬殊,电子产品制造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。当年仅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、资产重组的调整、商业经济的冲击,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。我国电子行业的工艺现状是“两个并存”:先进的工艺与陈旧的工艺并存,引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;对于那些工艺技术及管理本来就很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,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。

1.1.4 电子工艺学的教育培训目标

应该说,“电子技术应用”是我国工科院校的一个传统专业,但就一般毕业生来说,他们在校期间学习的知识内容与实际工作的需求差距很大。这不仅因为高校普遍追求培养研究型人才,还因为我们的教育似乎总是落后于社会的需求。温家宝总理最近在谈到教育时说:“从国内外的比较看,中国培养的学生往往书本知识掌握得很好,但是实践能力和创造精神还比较缺乏”。这里不仅有教学安排与教材相对落后于实际技术发展的原因,还与目前高校工程工艺实训环境和设备条件的限制有关。在很多高等院校里,只能进行低水平的、与业余条件下操作没有什么差别的“电子实训”。诚然,让电子类工科学生参加足够学时的生产实习、操作实训是极其重要的,但如果他们不了解电子产品生产过程的每一个细节,不理解生产工人操作的每一个环节,就很难设计出具有生产可行性的产品。日本丰田汽车的创始人丰田喜一郎有一句名言:“技术人员不了解现场,产品制造就无从谈起。”他的这一观点,应该成为每一个电子工程技术人员座右铭。毫无疑问,对电子工艺技术的真知灼见将有助于原理性设计的成功。但是这还不够,成功的原理性设计并不等于高质量的大批量生产,现在的电子制造企业更希望我们的工科毕业生能在工程实践中积累经验,学习从制造业技术管理者的角度来认识生产制造过程。

电子工艺技术的教育培训目标:针对国内高等院校电子类专业教学实践的现状,从人才市场的需求出发,系统培养电子产品制造技术的高级专业人才。在课程设置和实训环节的安排方面,不仅培养学生掌握电子产品生产操作的基本技能,充分理解工艺工作在产品制造过程中的重要地位,还要求他们能够从更高的层面了解现代化电子产品生产的全过程,认识目前我国电子产品生产中最先进的技术和设备。也就是说,要适应现代化和工业化对工程技术人才培养的需求,为电子产品制造业培养一批高层次的、特别是那些能够在电子产品制造现场指导生产、解决实际问题的工艺工程师和高级技师。

1.2 电子产品制造工艺工作程序

1.2.1 电子产品制造工艺工作程序图

电子产品制造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。

图1-1是电子产品制造工艺工作程序图。从图中可以看出,电子产品工艺工作的流程路径、审批过程及信息反馈的关系,这是一个“闭环”的控制网络和管理系统。需要说明的是,这幅程序图源自大型企业的复杂产品,而近年来电子工业发展速度极快、效率极高、管理程序优化,简单地照搬这个工作流程显然是不适当的,各企业应该根据自身的条件和产品的特征,对工艺工作程序进行相应的调整。

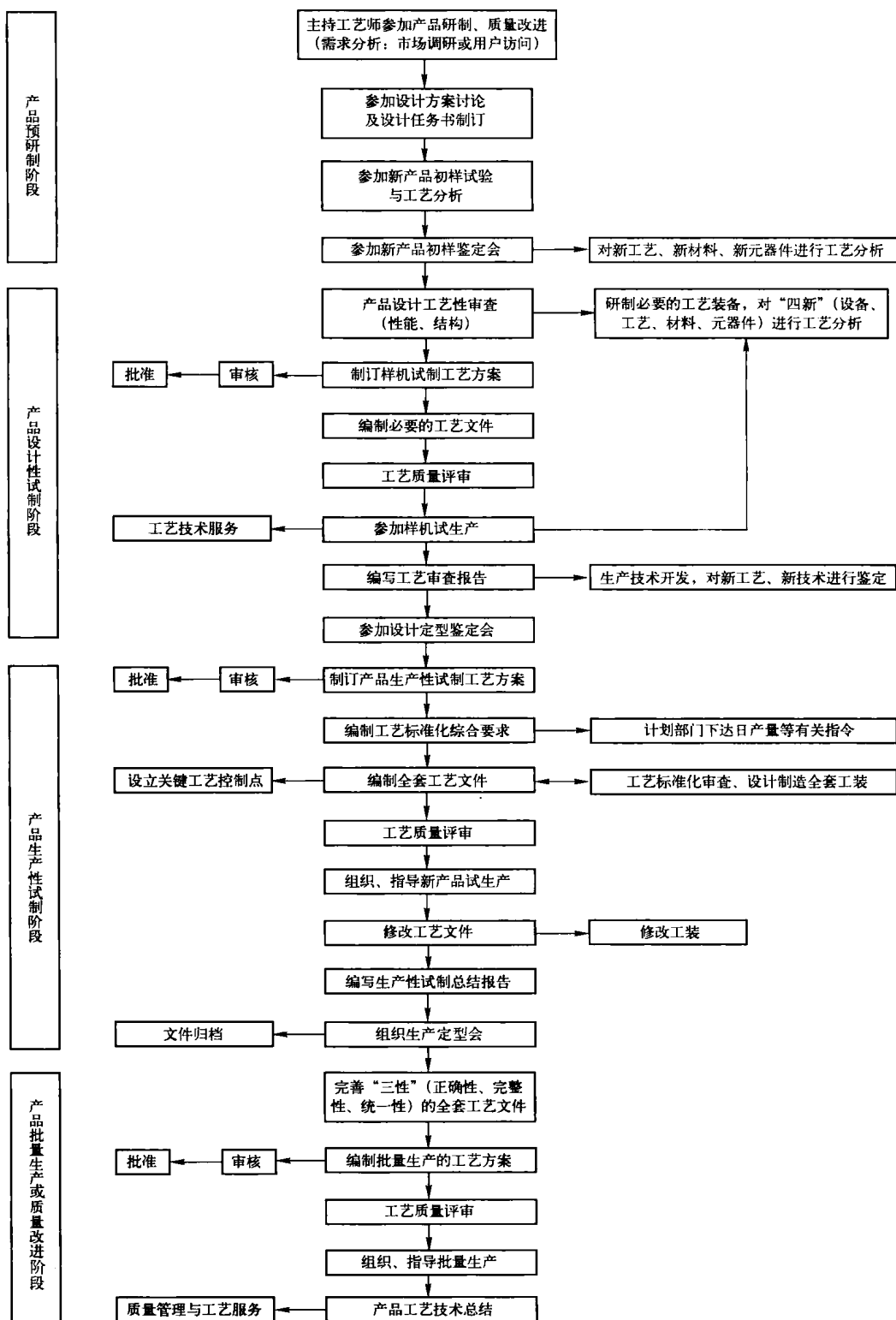


图 1-1 电子产品制造工艺工作程序图

1.2.2 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。主持工艺师应当参加新产品的
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,提出改进产品工艺性的意见。

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。

1.2.3 产品设计性试制阶段的工艺工作

1. 进行产品设计工艺性审查

(1)对于所有新设计或改进设计的产品,在设计过程中均应由工艺部门负责进行工艺性审查。
企业对外来产品的图样、简图,在首次生产前也要进行工艺性审查。

产品设计阶段工艺性审查的目的是使新设计的产品在满足技术要求的前提下符合一定的工艺性要求,尽可能在现有生产条件下采用比较经济、合理的方法制造出来,并便于检测、使用和维修。当现有生产条件尚不能满足设计要求时,及时提出新的工艺方案、设备、工装设计要求或外协加工的工艺性要求,提出技术改造的建议与内容;及时向设计部门提供新材料、新型元器件和新工艺的技术成果,以便改进设计。从生产制造的角度提出工艺继承性的要求,审查设计文件是否最大限度地采用了典型结构设计、典型线路设计,以便尽可能采用典型工艺和标准工艺。

产品设计工艺性审查的基本要求:

① 全面检查产品图纸的工艺性,确定定位、基准、紧固、装配、焊接、调试等加工要求是否合理,所引用的工艺是否正确可行。

② 详细了解产品的结构,提出加工和装配上的关键问题及工艺关键部件的工艺方案,协助解决设计中的工艺性问题。

③ 审查设计文件中采用的材料状态及纹向、尺寸、公差、配合、粗糙度、涂覆是否合理;审查采用的元器件的质量水平(合格质量、可焊性和失效率),以及元器件生产厂家是否已被选择指定。

④ 当本企业的工艺技术水平尚不能达到设计文件的要求时,工艺人员应该建议改变设计,或者提出增添设备、工装的计划,保证每一张图纸所设计的部分都能按照设计文件的要求进行加工。

(2)根据制造的难易程度和经济性,对产品进行生产工艺性分类;根据产品在用户使用过程中维护、保养和修理的难易程度,进行使用工艺性分类。在评定产品的工艺性时,应该考虑的主要因素有产品的种类及复杂程度,产量、生产类型和发展前景,企业现有的生产条件,国内外工

艺技术发展动态和能够创造的新条件。

(3) 对产品设计进行工艺性评价的主要项目:

- 产品制造劳动量;
- 单位产品材料用量 (材料消耗工艺定额);
- 材料利用系数;
- 产品结构装配性系数;
- 产品工艺成本;
- 产品的维修劳动量;
- 产品加工精度系数;
- 产品表面粗糙度系数;
- 元器件平均焊接点系数;
- 产品结构继承性系数;
- 产品电路继承性系数;
- 结构标准化系数。

这些项目指标都可以根据一定公式定量计算,也可以依照以往的检验定性评价。

例如,对产品机架结构设计的工艺性评价的主要包括以下几项(注意,下列评价指标可以推广到一般电子产品的机箱、机壳或其他结构装置):

- ① 单位机架材料用量——该机架材料消耗工艺定额。
- ② 材料利用系数 K_m 。

$$K_m = \frac{\text{机架净重}}{\text{该机架材料消耗工艺定额}}$$

- ③ 机架结构装配性系数 K_a 。

$$K_a = \frac{\text{机架各独立部件中的零件数之和}}{\text{该机架零件总数}}$$

- ④ 机架的全年工艺成本 S (单位: 元/年)。

$$S = N \cdot (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5) + (C_1 + C_2 + C_3)$$

式中, V_1 为通用设备的年折旧和维修费, 元/年; V_2 为通用工艺装备的年折旧费, 元/年; V_3 为材料费, 元/年; V_4 为工时费, 元/年; V_5 为能源费, 元/年; N 为机架年产量, 件; C_1 为专用设备折旧和维修费, 元; C_2 为专用工艺装备, 元; C_3 为设备调整费, 元。

- ⑤ 加工精度系数 K_{ac} 。

$$K_{ac} = \frac{\text{机架(或零件)图样中标注有公差要求的尺寸数}}{\text{该机架(或零件)的尺寸总数}}$$

- ⑥ 表面粗糙度系数 K_r 。

$$K_r = \frac{\text{机架(或零件)图样中标注有粗糙度要求的表面数}}{\text{该机架(或零件)的表面总数}}$$

- ⑦ 机架结构继承性系数 K_s 。

$$K_s = \frac{\text{机架中借用件数} + \text{通用件数}}{\text{该机架零件总数}}$$

- ⑧ 结构标准化系数 K_{st} 。

$$K_{st} = \frac{\text{机架中借标准件数}}{\text{该机架零件总数}}$$

- ⑨ 结构要素统一化系数 K_c 。