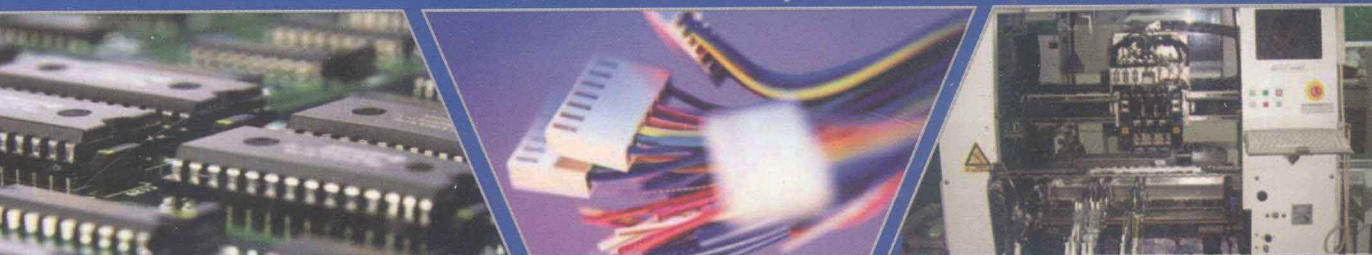


DIANZI GONGYI
JISHU JICHU
YU SHIXUN

电子工艺技术 基础与实训

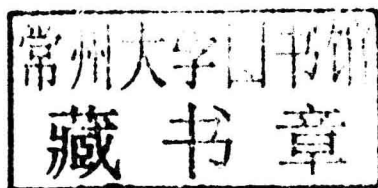
韩国栋 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电子工艺技术基础与实训

韩国栋 主编



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

电子工艺是指根据电子学原理,运用各种机械、电子设备与工具,利用电子元器件设计和制造具有某种特定功能的电路或系统的方法和过程。本书介绍了在电子工艺实践过程中所要掌握的工艺原理,工艺技术的基础知识、系统方法及应用技巧。在此基础上,学生通过实践环节的训练,能够了解电子产品设计与生产流程的各个环节,从而培养其将电子技术理论知识应用到工程实践的能力。

电子工艺训练是工程训练的一部分,同时也是电类本科生在校期间非常重要的电子技术工程实践环节,在实习中学生可以了解电子工艺过程、安全用电的基本知识、电子元器件的基本知识与应用方法;掌握电子焊接的技能、表面安装技术、电子电路的读图与识图、印制电路板的设计与制作以及 EDA 软件 Protel 99 SE 的使用方法。此外,还可以了解常用电子测量仪器的使用以及电子产品生产的前沿技术。这些技能的掌握不但能给学生的毕业设计提供帮助,而且也可以通过实际操作,增强实践思维能力,锻炼动手能力,从而激发学生的创新意识。

本书侧重于电子工艺技术的有关内容,而对于电子电路的设计、调试以及故障排除等内容可参考《实验电子学》的有关章节。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子工艺技术基础与实训/韩国栋主编. -- 北京:

国防工业出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-118-07427-7

I. ①电… II. ①韩… III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 056325 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

军械工程学院印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 25 $\frac{1}{2}$ 字数 633 千字

2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1 - 5000 册 定价 52.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

前 言

现代电子技术和电子产品生产的飞跃发展,使人们对电子工艺技术的工程化、系统化需求越来越高。电子工艺已逐渐成为独立的一门科学并广泛渗透到生产和科研的各个领域。为了建设创新型国家,适应培养高素质创新型人才的需要,高等学校的课程体系也需要不断地丰富与发展。《电子工艺技术基础与实训》正是一门培养学生创新实践思维能力的电类专业基础课程,通过该课程的学习,学生能够得到全面的工程教育,掌握电子工艺工程实践和前沿技术知识,使其社会能力、专业技能和个人素质得到全面提升,并且具备初步的电子技术工程设计与实践能力。

本书共分两部分。第一部分包括第一章到第八章。第一章介绍了电子工艺的概念、内涵、电子工艺技术的发展与现状以及电子产品生产工艺的实施过程;第二章介绍了低压配电与安全用电技术;第三章详细介绍了电子元器件的基本知识,包括目前广泛使用的表面安装元器件以及传感器;第四章介绍了电子产品的装配与连接技术,重点讲述了手工焊接技术和回流焊技术的原理与实践;第五章介绍了表面安装技术;第六章主要讲述电子电路的识图与读图知识,为学生顺利实现由电路原理图设计到产品生产实践的过程转换奠定基础;第七章介绍了印制电路板的设计技术;第八章简要介绍了 EDA 软件 Protel 99 SE 的使用方法。第二部分包括第九章,即实训内容。在熟练掌握基础内容的基础上,通过本部分内容的制作练习,可以进一步培养学生的系统设计与实现能力,同时为熟练掌握电子技术工程实践技能提供了多种训练环境。

在本书的编写过程中,以面向工程教育为导向,着眼于为学生提供电子设计工程项目全过程的情境学习和训练。以突出能力为本和学以致用为原则,在工艺技术的介绍方面注重基础性、实用性和可操作性;实训内容则突出新颖性和创新性。全书注重突出方法、逻辑、操作规程和技术规范,以易学、易懂和易于掌握为出发点,操作上遵循从原理到实践、从简单到复杂的实践思路,技术上保持了从传统技术到新技术、新工艺的延续性。在内容上充分考虑了满足教学需要、自学需要、专题培训和从事实际工作的需要,适合于学生开展研究性学习或探究式学习,培养其创新意识、工程技术应用及电子工程创新设计能力。

本书由韩国栋任主编并编写第二、八章,第四章由娄建安编写,第九章由余建华编写,第一章由冯长江编写,第七章由赵月飞编写,第三章由黄天辰、郎宾、郭惠广编写,第五章由李丹丹编写,第六章及附录由李楠编写,段荣霞参与了部分实训电路的设计与调试工作,濮霞、陶炳坤参与了部分章节的审校工作,全书由韩国栋统稿。

由于我们的水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 3 月

目 录

第一章 电子工艺技术简介	1
第一节 电子工艺	1
第二节 我国电子工艺发展的现状	2
第三节 电子产品制造工艺简介	3
一、电子产品制造工艺工作	3
二、电子产品的制造工艺技术	12
三、电子产品的调试与检验	13
第四节 电子工艺技术文件	16
一、工艺文件	16
二、工艺文件的编制方法	21
三、工艺文件的格式及填写方法	22
四、设计文件	24
复习思考题	25
第二章 安全用电知识	26
第一节 三相电源	26
一、三相对称电动势的产生	26
二、三相电源的星形连接	27
三、供电系统简介	28
第二节 触电对人体的危害	31
一、电伤和电击	31
二、影响触电危害程度的因素	31
第三节 触电原因	33
一、直接接触电	33
二、静电引起的触电	34
三、跨步电压引起的触电	34
四、高压电击	34
第四节 用电安全技术简介	35
一、接地和接零保护	35
二、漏电保护开关	36
三、其他	37
第五节 安全知识	37
一、人身安全	37
二、设备安全	38
三、触电急救与电气消防	39

复习思考题	41
第三章 常用电子元器件	43
第一节 电阻器	43
一、电阻器及其主要参数	43
二、电阻器的型号命名及标识方法	47
三、电阻器的分类与电气特性	49
四、电阻器的检测与代换	52
五、电阻器的合理选用	54
第二节 电位器	55
一、电位器的主要参数	55
二、电位器的型号命名及标识方法	57
三、电位器的分类与电气特性	58
四、电位器的检测与代换	62
五、电位器的合理选用	63
第三节 电容器	65
一、电容器的主要参数	65
二、电容器的型号命名及标识方法	67
三、电容器的分类与电气特性	69
四、电容器的检测与代换	72
五、电容器的合理选用	74
第四节 电感器	77
一、电感器的主要参数	77
二、电感器的型号命名及标识方法	78
三、电感器的分类与电气特性	80
四、电感器的检测与代换	82
五、电感器的选用	82
第五节 变压器	82
一、变压器的结构与分类	82
二、变压器的型号命名	83
三、常见变压器及其应用	84
四、变压器的检测及合理选用	87
第六节 其他电子元件	88
一、开关与接插件	88
二、继电器	95
三、压电元件	97
四、霍耳元件	100
五、电声元件	102
第七节 半导体分立器件	104
一、半导体分立器件概述	104

二、晶体二极管·····	108
三、特殊二极管·····	111
四、晶体三极管·····	115
五、场效应管·····	120
六、晶闸管·····	121
第八节 集成电路·····	125
一、集成电路的分类·····	125
二、集成电路的型号命名及标识方法·····	126
三、集成电路的封装形式·····	128
四、集成电路的选择和使用注意事项·····	130
第九节 传感器·····	131
一、传感器的基本知识·····	132
二、常用传感器·····	135
三、传感器的合理选用·····	145
复习思考题·····	146
第四章 电子装配连接与焊接工艺 ·····	148
第一节 电子装配工艺概述·····	148
一、装配工艺的基本要求·····	148
二、装配的工艺流程·····	149
三、装配工艺中的紧固与连接·····	150
四、电子装配过程中需要考虑的其他因素·····	152
第二节 装配准备工艺·····	153
一、电子元器件选用、检验与筛选·····	153
二、印制电路板与电子元器件的预处理·····	154
三、导线的加工·····	157
四、屏蔽线的加工·····	158
第三节 电子元器件的安装·····	160
一、元器件的安装要求及方式·····	160
二、常用电子元器件的安装·····	161
三、整机总装工艺·····	164
第四节 磁性材料·····	165
一、软磁性材料·····	165
二、永磁性材料·····	166
第五节 粘接材料·····	166
一、胶黏剂简介·····	166
二、粘接工艺·····	168
第六节 焊接的基本知识·····	169
一、焊接的分类·····	169
二、电子焊接的基本原理·····	170

三、电子焊接的条件及要素·····	171
第七节 焊接与装配工具·····	173
一、电烙铁·····	173
二、常用装配工具·····	178
第八节 电子焊接的基本材料·····	181
一、焊料·····	181
二、助焊剂·····	185
三、阻焊剂·····	186
第九节 手工焊接技术·····	187
一、手工焊接方式·····	187
二、焊接操作的方法与步骤·····	188
三、手工焊接的基本要领·····	190
四、错误的焊接方法·····	191
五、合格焊点及质量检查·····	191
六、焊点的常见缺陷及原因分析·····	192
七、分立元器件的焊接·····	194
八、FET(场效应管)及集成电路的焊接·····	195
九、几种易损元器件的焊接·····	196
十、贴片元器件的焊接·····	197
十一、拆焊·····	198
十二、焊后整理·····	201
第十节 电子工业生产中的焊接技术简介·····	201
一、浸焊·····	201
二、波峰焊·····	202
三、再流焊·····	205
四、其他焊接技术·····	206
复习思考题·····	207
第五章 表面安装技术·····	208
第一节 表面安装技术概述·····	208
一、表面安装技术的发展过程·····	208
二、表面安装技术的特点·····	209
三、表面安装技术的基本工艺·····	210
第二节 表面安装元器件·····	214
一、表面安装元器件的特点·····	214
二、表面安装元器件的分类·····	215
三、表面安装元件·····	215
四、表面安装器件·····	219
五、表面安装元器件的发展趋势·····	225
第三节 表面安装材料·····	225

一、焊膏·····	225
二、贴片胶（红胶）·····	226
三、助焊剂·····	227
四、清洗剂·····	228
第四节 工业生产中的表面安装设备与操作·····	228
一、焊膏印刷机·····	228
二、元器件贴片机·····	230
三、焊接设备·····	232
四、检测设备·····	236
第五节 手工表面安装的基本操作·····	237
复习思考题·····	239
第六章 电子电路识图常识·····	241
第一节 识读电路图的基本知识·····	241
一、电路图基本符号·····	241
二、识读电路图的基本方法·····	244
三、常用电子电路图·····	244
第二节 常见电路图的读图方法·····	247
一、电路原理图·····	247
二、印制板电路图·····	253
复习思考题·····	254
第七章 印制电路板的设计与制作·····	256
第一节 印制电路板的基础知识·····	256
一、印制电路板的种类和特点·····	256
二、印制电路板的制造工艺·····	258
三、印制电路板的发展趋势·····	263
第二节 印制电路板的设计·····	264
一、印制电路板的设计原则·····	264
二、设计印制电路板前的准备·····	269
三、印制电路板的布局设计·····	269
第三节 印制电路板的手工制作·····	276
一、印制电路板的手工制作方法·····	276
二、印制电路板制造过程中的蚀刻液·····	278
三、印制电路板的手工制作步骤·····	279
复习思考题·····	283
第八章 Protel 99 SE 电子设计辅助软件的使用·····	285
第一节 Protel 99 SE 简介·····	285
一、Protel 99 SE 的功能概述·····	285
二、Protel 99 SE 的操作特点·····	285
三、Protel 99 SE 的设计管理器·····	287

四、如何使用设计管理器	288
五、创建新设计项目	289
第二节 编辑原理图文件	289
一、创建新原理图文件	289
二、设置原理图文档参数	289
三、绘制原理图	290
四、电路原理图的电气规则检查	295
第三节 设计印制电路板图	296
一、创建新的 PCB 文件	296
二、添加 PCB 封装库	297
三、从原理图设计迁移到 PCB 设计	298
四、设置 PCB 工作区	298
五、定义电路板层	299
六、建立新的 PCB 设计规则	299
七、确定元器件在 PCB 中的位置	300
八、全局编辑	301
九、自动布线	301
十、手工布线	302
十一、校验印制电路板设计	303
十二、检查原理图与 PCB 图的一致性	305
十三、PCB 图的打印输出	305
第四节 电路仿真	307
一、仿真设置	307
二、放大器电路的暂态和工作点仿真分析	308
第五节 Protel 99 SE 的其他主要功能	309
一、层次原理图的设计	309
二、创建原理图元器件库以及绘制元器件符号	310
三、创建 PCB 元件封装库以及绘制元器件封装	312
复习思考题	314
第九章 电子工艺技术实训内容	315
第一节 亚超声遥控开关的制作	315
一、电路的工作原理	315
二、元器件选择	316
三、安装制作	316
四、调试	317
第二节 多路红外线遥控开关的设计与制作	318
一、红外线简介	318
二、音频译码器原理	318
三、采用音频译码器的红外遥控电路	320

四、元器件选取与电路调试·····	322
第三节 LED 节能灯的设计与制作 ·····	322
一、LED 照明技术的优势 ·····	322
二、LED 照明电路举例 ·····	323
三、电源电路设计·····	323
四、元器件的选取·····	324
五、常见故障·····	324
第四节 USB 供电立体声有源音箱的设计与制作·····	324
一、TDA2822M 功放芯片简介 ·····	325
二、电路原理·····	325
三、注意事项·····	327
第五节 单端反激式开关电源的设计与制作·····	327
一、基本设计指标·····	328
二、TOPSwitch - FX 芯片简介 ·····	328
三、电路原理说明·····	329
四、变压器设计·····	330
第六节 数字温度计的设计与制作·····	333
一、测温原理·····	334
二、数字电压表工作原理·····	334
三、整体调试·····	338
附录 1 Protel 99 SE 常用快捷键列表 ·····	339
附录 2 SMT 常用术语 ·····	342
附录 3 电路板术语 ·····	346
附录 4 部分电子测量仪器的工作原理及使用方法 ·····	356
附录 4.1 MF10 型万用表 ·····	356
一、万用表工作原理·····	356
二、MF10 型万用表的主要技术指标 ·····	359
三、MF10 万用表的面板介绍 ·····	359
四、MF10 万用表的使用方法 ·····	360
五、MF10 万用表的使用注意事项 ·····	361
附录 4.2 VC8045 - II 台式数字万用表·····	361
一、主要技术指标·····	361
二、面板说明·····	361
三、使用方法·····	362
四、维护与保养·····	364
附录 4.3 TH2812C 型 LCR 数字电桥 ·····	365
一、主要技术指标·····	365
二、主要功能·····	366
三、仪器前、后面板结构·····	366

四、操作说明.....	368
附录 4.4 XJ4810 半导体管特性图示仪.....	370
一、使用前须知.....	370
二、面板介绍.....	370
三、使用方法.....	375
四、使用常识及注意事项.....	380
附录 4.5 HZ4832 晶体管特性图示仪	381
一、测试前的注意事项.....	381
二、测试前的仪器准备.....	381
三、晶体管主要参数的测试方法.....	384
参考文献.....	394

第一章 电子工艺技术简介

说到工艺，人们很自然会联想到熟悉的工艺美术品。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设计方案，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，即工艺技术。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。

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、方法或技术)，它是人类在生产劳动过程中不断积累起来的并经过总结的操作经验和技術能力。

第一节 电子工艺

电子产品生产、制造的工艺过程称为电子工艺，在这个过程中所涉及的技术称为电子工艺技术。研究电子工艺的学科称为电子工艺学。随着信息时代的到来，人们认识到，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。因此对电子工艺学的研究越来越重视，而且电子工艺在电子产品设计和生产过程中正发挥着重要作用。

作为一门与生产实际密切相关的技术学科，电子工艺学具有以下显著特点：

1. 涉及众多科学技术学科

电子工艺与众多技术学科相关联，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、微电子学以及计算机科学等。除此之外，还涉及企业的财务与管理等众多学科，是一门综合性很强的技术学科。

2. 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并不长，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出版，20 世纪 80 年代初，在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得以迅速扩展。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. 技术信息分散而且获取难度大

由于电子工艺涉及众多技术学科，相关的技术信息分散于这些众多的学科中，电子工艺

学与这些学科的关系是相辅相成的,成为技术门类密集的学科。作为电子工艺工程师,对知识面、实践能力都有较高的要求,也就是通常所说的复合型人才。当今世界已进入知识经济时代,大到一个国家,小到一个公司,对关键技术的重视程度都非常高,技术封锁也很严密。所以,关键技术的获取非常困难。

第二节 我国电子工艺发展的现状

由于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(主要是前苏联和东欧各国)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,为相关工程技术的教育、普及、研究和发展打下了良好的基础。

近几年,在日本、美国等发达工业国家中(也可以说在当今世界范围内),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。在我国经济从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关键工程部门学习。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、企业之间很少开展工艺交流。

从建国之初到21世纪的今天,我国的电子工业从无到有,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、资产重组的调整以及商业经济的冲击,已经发生了巨大的变化。电子产品制造业的热点也已经转移到东南沿海地区。从宏观上看,世界各工业发达国家和港台地区的电子厂商纷纷把工厂迁往珠江三角洲地区和长江三角洲地区,这里制造的电子产品行销全世界,中国成为世界电子产品加工工厂的前景已见端倪;但在某些原来电子工业基础较好的城市和地区,电子产品制造企业的发展和生存却举步维艰,缺少先进技术、产品产量低,并且缺乏稳定的工艺技术人员队伍。所以,就我国电子产品制造业的整体情况来看,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;先进的技术与管理并存。

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很差,性能指标往往达不到设计要求或者很不稳定;有些产品从图纸到元器件全部从发达国家引进,而生产出来的产品却比“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以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”的生产阶段。

而事实情况是,国内外各厂家生产的同类电子产品,其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方案设计阶段是否充分考虑了加工的可能性和工艺的合理性。

众所周知，30 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，我国大部分大、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造成了一些负面的影响。近年来，原来的国营大、中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以及生产假冒伪劣产品的情况时有发生。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，大批掌握现代科学理论的工艺技术人员就会获得施展才华的空间，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(中国强制认证, China Compulsory Certification, 缩写为 CCC)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。

在经济高速发展的今天，全世界进入了后工业化时代，在工业产品的制造过程中，科学管理已成为第一要素，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。

第三节 电子产品制造工艺简介

一、电子产品制造工艺工作

1. 电子产品制造工艺工作程序

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与制造的全过程。

图 1-1 是电子工业产品工艺工作程序图。从图中可以看到，电子产品工艺工作的流程路径、审批过程以及信息反馈的关系，这是一个“闭环”的控制网络和管理系统。

2. 产品预研制阶段的工艺工作

(1) 参加新产品设计调研和用户访问。企业在确定新产品主持设计人员的同时，应该确定主持工艺工程师。主持工艺工程师应当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、精度的需求和企业的技术水平、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、新型元器件以及关键工艺技术进行可行性研究试验，并

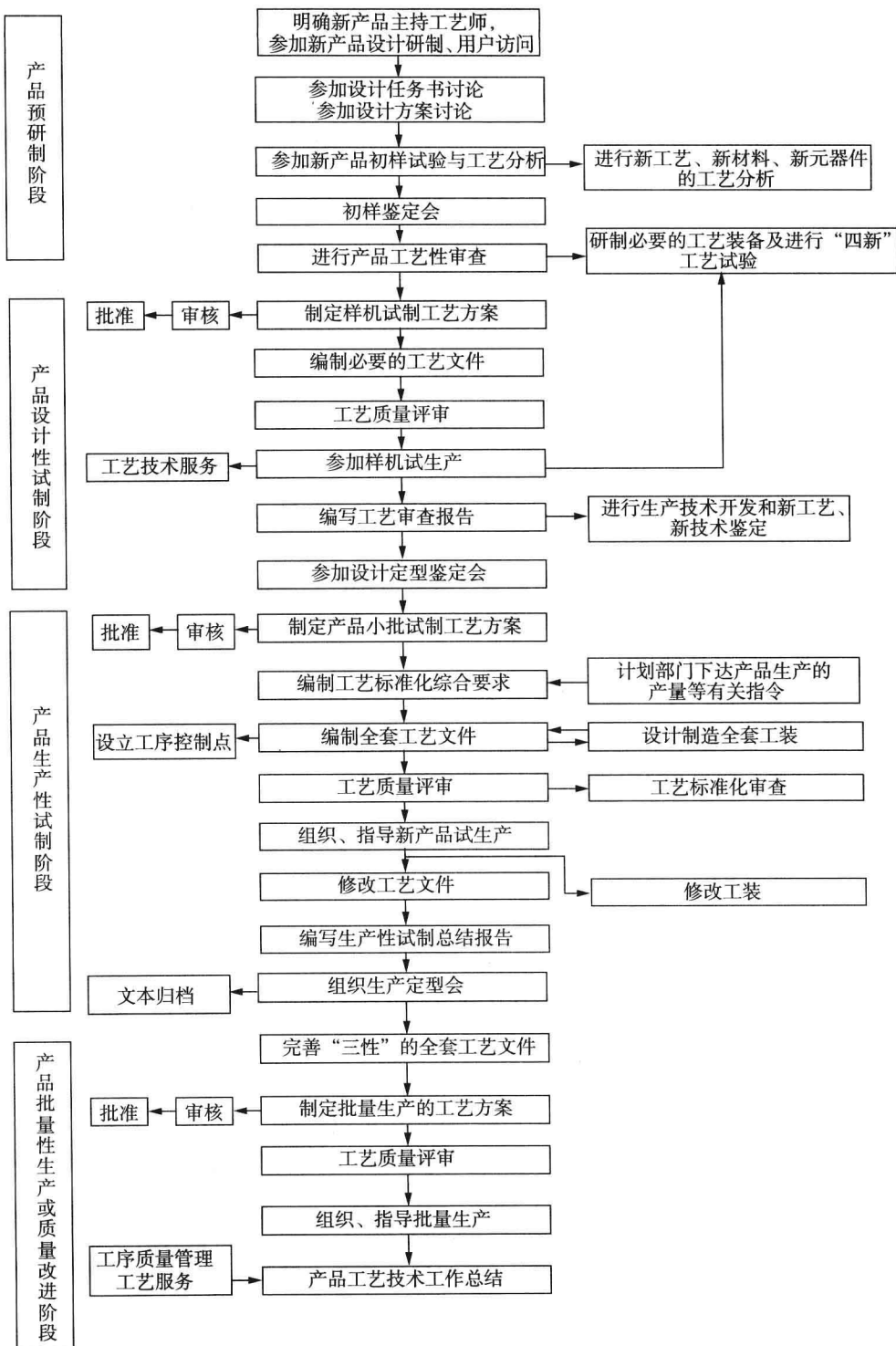


图 1-1 电子工业产品工艺工作程序图

对引进的工艺技术进行消化吸收。

(4) 参加初样鉴定会。参加初样鉴定会，提出工艺性评审意见。

3. 产品设计性试制阶段的工艺工作

1) 进行产品设计工艺审查

(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。企业在首次生产前对外来产品的图样、简图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、合理的方法进行制造，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或者典型线路设计，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是：

① 全面检查产品图纸的工艺性，定位合理，所引用的工艺是否正确可行；

② 详细了解产品的结构，提出加工和装配的关键问题以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、粗糙度以及涂覆是否合理，审查采用的元器件的质量水平（合格率、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性价比，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有：

① 产品制造劳动量；

② 单位产品材料用量（材料消耗工艺定额）；

③ 材料利用系数；

④ 产品结构装配性系数；

⑤ 产品工艺成本；

⑥ 产品的维修劳动量；

⑦ 产品加工精度系数；

⑧ 产品表面粗糙度系数；

⑨ 元器件平均焊接点系数；

⑩ 产品结构继承性系数；

⑪ 产品电路继承性系数；

⑫ 结构标准化系数。