

面向

21世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 电子工艺与电子CAD

朱旭平 主编  
狄建雄 主审

西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

□中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职高专系列教材

# 电子工艺与电子 CAD

朱旭平 主 编

傅大梅 副主编  
杨 燕

狄建雄 主 审

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了电子工艺和电子 CAD 的基本常识。全书共分 7 章, 内容包括: 电子工艺工作、电子设备的可靠性设计、电子整机装配工艺、Protel DXP 基础、原理图设计基础、制作元件及元件封装和印制电路板的设计。

本书是根据对电子信息类人才知识技能的要求, 结合高职人才培养突出实践训练的特点编写的, 是一本集电子工艺基础知识和电子 CAD 技术于一体的教材。本书注重内容的实用性, 符合高职培养“生产一线的应用型、技能型、操作型人才”的目标, 能培养学生的综合应用技能和动手能力。

本书可作为高职高专电子信息类、自动化类专业教材, 也可作为电子工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子工艺与电子 CAD / 朱旭平主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.8

(高职高专系列教材)

ISBN 7 - 5606 - 1430 - 2

I. 电… II. 朱… III. ① 电子技术—高等学校: 技术学校—教材 ② 电子技术—计算机辅助设计—应用软件—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 066780 号

策 划 马晓娟

责任编辑 刘宇坤 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 12.375

字 数 286 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 14.00 元

ISBN 7 - 5606 - 1430 - 2 / TH · 0038(课)

**XDUP 1701001 - 1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

# 序

1999年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共100余种。这些教材的选题是在全国范围内近30所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共36种,已于2001年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印6次,并获教育部2002年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在2004年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

# IT类专业系列高职高专教材编审专家委员会名单

**主任:** 高林 (北京联合大学副校长, 教授)

**副主任:** 温希东 (深圳职业技术学院电子通信工程系主任, 教授)

李卓玲 (沈阳电力高等专科学校信息工程系主任, 教授)

李荣才 (西安电子科技大学出版社总编辑, 教授)

**计算机组:** 组长: 李卓玲(兼) (成员按姓氏笔画排列)

丁桂芝 (天津职业大学计算机工程系主任, 教授)

王海春 (成都航空职业技术学院电子工程系副教授)

文益民 (湖南工业职业技术学院信息工程系主任, 副教授)

朱乃立 (洛阳大学电子工程系主任, 教授)

李虹 (南京工业职业技术学院电气工程系副教授)

陈晴 (武汉职业技术学院计算机科学系主任, 副教授)

范剑波 (宁波高等专科学校电子技术工程系副主任, 副教授)

陶霖 (上海第二工业大学计算机学院教授)

徐人凤 (深圳职业技术学院计算机应用工程系副主任, 高工)

章海鸥 (金陵科技学院计算机系副教授)

鲍有文 (北京联合大学信息学院副院长, 副教授)

**电子通信组:** 组长: 温希东(兼) (成员按姓氏笔画排列)

马晓明 (深圳职业技术学院电子通信工程系副主任, 副教授)

于冰 (宁波高等专科学校电子技术工程系副教授)

孙建京 (北京联合大学教务长, 教授)

苏家健 (上海第二工业大学电子电气工程学院副院长, 高工)

狄建雄 (南京工业职业技术学院电气工程系主任, 副教授)

陈方 (湖南工业职业技术学院电气工程系主任, 副教授)

李建月 (洛阳大学电子工程系副主任, 副教授)

李川 (沈阳电力高等专科学校自动控制系副教授)

林训超 (成都航空职业技术学院电子工程系主任, 副教授)

姚建永 (武汉职业技术学院电子信息系主任, 副教授)

韩伟忠 (金陵科技学院龙蟠学院院长, 高工)

**项目总策划:** 梁家新

**项目策划:** 马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

**电子教案:** 马武装

# 前 言

中国加入 WTO 后,随着我国电子信息产业的迅速发展,尤其是沿海发达地区的外资企业发展突飞猛进,大量高科技电子产品生产流水线不断地引进,而懂理论、会管理、能操作的技术应用型人才非常缺乏。目前,与发达国家相比,我国电子行业的工艺水平还存在着差距。因此,我们必须努力缩小差距,提高电子工艺水平,培养更多既有实践经验又具有专业知识的电子技术应用型人才。

本书是根据近几年用人单位对电子信息类人才知识技能的要求,结合高职人才培养突出实践训练的特点编写的,是一本集电子工艺基础知识和电子 CAD 技术于一体的教材。书中突出新颖、实用、简明、灵活的特点。新颖就是在内容上进行了整合。在传统教学中,电子工艺和电子 CAD 两部分内容一般是分开教学的,即讲电子工艺基础知识时,淡化原理图和印制电路板的制作技术;讲电子 CAD 软件时以训练为主,结合工艺知识讲解较少。本书在内容整合的同时,尽量采用一些反映当前电子信息产业的新知识、新技术和新工艺,电子 CAD 软件采用最新的 Protel DXP 软件。实用就是突出教材内容的实用性和实践性特点。大部分章节内容以案例介绍为主,同时每一章都增加了实训项目,相当多的案例和实训项目在实际工作中就能用。简明就是以培养“生产一线的应用型、技能型、操作型人才”为目标,减少电子产品设计部分的篇幅,简化理论部分的讲授,文字简洁、通俗易懂。灵活就是在教学组织上不局限于单一教学的模式,而采用现场讲授、上机操作、训练制作等多种形式相结合的教学模式。时间安排上既可以集中教学,也可以分阶段教学。

全书共分 7 章,以“电子工艺工作→电子设备的可靠性设计→电子整机装配工艺→Protel DXP 基础→原理图设计基础→制作元件及元件封装→印制电路板设计”7 部分内容为主线编写。本书的主要任务是从产品的工艺技术角度出发,对电子设备的可靠性设计、电子整机的装配工艺和印制电路板设计进行探讨。这是由于电子设备从电路原理图的设计,到印制电路板制作、焊接、装配、调试、老化检验等方面的工艺工作,是电子工程技术人员涉及的主要工作。

本书主要内容分电子工艺和电子 CAD 两部分。这两部分内容相互关联,突出电子工艺及产品制作这一中心内容,使学生掌握电子工艺工作基础知识、电子设备可靠性设计中的工艺知识、设备组装工作的工艺知识以及原理图和印制电路板制作知识。本书每章都附有实训项目,注重培养学生的综合应用技能和动手能力,使其建立起对电子整机产品有一个

完整的概念。

本书由南京工业职业技术学院朱旭平老师为主编，傅大梅老师、杨燕老师为副主编。其中，朱旭平老师编写第3章和第5章，并完成全书的统稿工作；傅大梅老师编写第1章、第2章和附录；杨燕老师编写第4章、第6章和第7章。全书由南京工业职业技术学院狄建雄老师主审。本书在编写过程中得到曹建平、王斌、周昱英、刘利和汪刚等老师的关心和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者  
2004年3月

# 目 录

<b>第 1 章 电子工艺工作</b> .....	1
1.1 工艺工作概述 .....	1
1.2 电子产品工艺工作程序 .....	1
1.2.1 电子产品工艺工作流程图 .....	1
1.2.2 方案论证阶段的工艺工作 .....	2
1.2.3 工程设计阶段的工艺工作 .....	3
1.2.4 设计定型阶段的工艺工作 .....	4
1.2.5 生产定型阶段的工艺工作 .....	4
1.3 电子产品制造工艺技术 .....	5
1.3.1 电子产品制造工艺技术的种类 .....	5
1.3.2 电子产品制造工艺技术的管理 .....	6
1.4 电子产品技术文件 .....	7
1.4.1 工艺文件 .....	8
1.4.2 设计文件 .....	14
思考题与练习题 .....	18
实训：编制工艺文件 .....	18
<b>第 2 章 电子设备的可靠性设计</b> .....	19
2.1 影响电子设备可靠性的主要因素 .....	19
2.1.1 工作环境 .....	19
2.1.2 使用方面 .....	20
2.1.3 生产方面 .....	20
2.2 电子元器件的选用 .....	21
2.2.1 电子元器件的选用准则 .....	21
2.2.2 电子元器件的主要技术参数 .....	22
2.2.3 电子元器件的降额使用 .....	25
2.2.4 电子元器件的检验与筛选 .....	26
2.3 电子设备的可靠性防护措施 .....	28
2.3.1 电子设备的散热防护 .....	28
2.3.2 电子设备的气候防护 .....	33
2.3.3 电子设备的电磁防护 .....	35
2.4 印制电路板布线的可靠性设计 .....	38
2.4.1 电磁兼容性设计 .....	38
2.4.2 高频数字电路 PCB 设计中的布局与布线 .....	39
2.4.3 混合信号电路 PCB 设计中的布局与布线 .....	40
2.4.4 单片机系统 PCB 设计 .....	41



2.5 PCB 电磁兼容设计中的地线设计 .....	42
2.5.1 地线阻抗干扰 .....	42
2.5.2 地线环路干扰和抑制 .....	42
2.5.3 公共阻抗耦合干扰和抑制 .....	44
思考题与练习题 .....	45
实训：拆装计算机 .....	46
<b>第 3 章 电子整机装配工艺 .....</b>	<b>47</b>
3.1 整机装配工艺过程 .....	47
3.1.1 整机装配工艺过程 .....	47
3.1.2 流水线作业法 .....	47
3.1.3 整机装配的顺序和基本要求 .....	48
3.1.4 整机装配的特点及方法 .....	49
3.2 电子整机装配前的准备工艺 .....	49
3.2.1 搪锡技术 .....	50
3.2.2 元器件引线的成形和屏蔽导线的端头处理 .....	51
3.2.3 电缆的加工 .....	54
3.3 印制电路板的组装 .....	56
3.3.1 印制电路板装配工艺 .....	56
3.3.2 印制电路板组装工艺流程 .....	58
3.4 整机调试与老化 .....	59
3.4.1 整机调试的内容和程序 .....	59
3.4.2 整机的加电老化 .....	61
思考题与练习题 .....	62
实训 1：简易印制电路板的制作 .....	62
实训 2：组装电子节拍器 .....	63
实训 3：电视机整机装配工艺过程 .....	64
<b>第 4 章 Protel DXP 基础 .....</b>	<b>67</b>
4.1 Protel DXP 软件介绍 .....	67
4.2 Protel DXP 工作总体流程 .....	68
4.3 Protel DXP 设计环境 .....	69
4.3.1 Protel DXP 设计环境 .....	69
4.3.2 Protel DXP 组成 .....	70
4.4 Protel DXP 的文件管理 .....	71
思考题与练习题 .....	76
<b>第 5 章 原理图设计基础 .....</b>	<b>77</b>
5.1 原理图设计概述 .....	77
5.1.1 原理图的设计流程 .....	77
5.1.2 原理图的设计原则 .....	77
5.2 设置图纸 .....	78

5.2.1	图纸尺寸 .....	78
5.2.2	图纸方向 .....	79
5.3	电路图绘制工具箱的使用 .....	80
5.3.1	绘制电路工具 .....	80
5.3.2	绘图工具 .....	81
5.3.3	电源工具 .....	82
5.4	加载和卸载元件库 .....	82
5.4.1	加载元件库 .....	83
5.4.2	卸载元件库 .....	84
5.5	电路原理图绘制实例 .....	84
5.5.1	绘制模拟电子线路 .....	84
5.5.2	绘制单片机应用电路 .....	91
5.5.3	绘制 CPLD/FPGA 应用电路 .....	94
5.5.4	绘制电气系统图 .....	96
5.6	生成原理图元件清单 .....	99
5.7	生成网络表 .....	101
5.7.1	Protel DXP 网络表格式 .....	101
5.7.2	生成网络表 .....	101
5.8	保存原理图文件 .....	102
5.9	原理图的输出 .....	103
	思考题与练习题 .....	105
	实训 1: 功率放大器的设计 .....	105
	实训 2: 单片机存储器扩展及总线驱动电路的设计 .....	106
	实训 3: PLC 自动控制电机正反转线路图的设计 .....	108
<b>第 6 章</b>	<b>制作元件及元件封装 .....</b>	<b>109</b>
6.1	元件及元件封装概述 .....	109
6.1.1	元件概述 .....	109
6.1.2	原理图元件的制作过程 .....	110
6.1.3	元件封装概述 .....	111
6.1.4	元件封装的制作过程 .....	114
6.2	创建新的元件库 .....	114
6.2.1	创建一个新的元件库 .....	114
6.2.2	元件库编辑器 .....	115
6.2.3	绘图工具的使用 .....	116
6.3	原理图元件制作实例 .....	118
6.3.1	制作模拟元件 .....	118
6.3.2	制作集成电路 .....	121
6.3.3	制作电气图形符号 .....	123
6.4	创建新的元件封装库 .....	124

6.4.1	创建一个新的元件封装库 .....	124
6.4.2	元件封装编辑器 .....	125
6.5	元件封装制作实例 .....	126
6.5.1	手工制作双列直插封装 .....	126
6.5.2	使用封装向导制作 LCC 元件封装 .....	130
	思考题与练习题 .....	135
	实训 1: 集成电路元件的制作 .....	135
	实训 2: 电气元件的制作 .....	136
	实训 3: BGA 元件封装的制作 .....	137
<b>第 7 章</b>	<b>印制电路板的设计</b> .....	<b>138</b>
7.1	印制电路板的基础知识 .....	138
7.1.1	印制电路板简介 .....	138
7.1.2	PCB 板的设计流程 .....	139
7.1.3	PCB 板面基本组成 .....	140
7.2	印制电路板设计的基本原则和要求 .....	142
7.2.1	印制电路板元件布线的基本原则 .....	142
7.2.2	印制电路板设计的基本要求 .....	143
7.3	PCB 绘图操作界面 .....	144
7.3.1	PCB 绘图环境 .....	144
7.3.2	PCB 图常用的设置 .....	147
7.4	单面板 PCB 绘制实例 .....	149
7.4.1	手工方式绘制 PCB 板 .....	149
7.4.2	半自动方式绘制 PCB 板 .....	152
7.5	双面板设计实例 .....	156
7.5.1	原理图组成 .....	156
7.5.2	传输原理图文件 .....	157
7.5.3	元件布局 .....	158
7.5.4	设计规则的设置 .....	160
7.5.5	PCB 自动布线 .....	169
7.6	印制电路板的输出 .....	179
	思考题与练习题 .....	180
	实训: 功率放大器的 PCB 设计 .....	180
<b>附录 A</b>	<b>工艺文件封面</b> .....	<b>182</b>
<b>附录 B</b>	<b>工艺文件明细表</b> .....	<b>183</b>
<b>附录 C</b>	<b>工艺流程图</b> .....	<b>184</b>
<b>附录 D</b>	<b>导线及线扎加工卡</b> .....	<b>185</b>
<b>附录 E</b>	<b>装配工艺过程卡</b> .....	<b>186</b>
<b>附录 F</b>	<b>材料消耗工艺定额明细表</b> .....	<b>187</b>
	<b>参考文献</b> .....	<b>188</b>

# 第1章 电子工艺工作

## 1.1 工艺工作概述

电子产品的种类繁多，主要分为电子材料、元件、器件、配件、整机和系统。各种电子材料和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。任何电子产品从原材料进厂，到加工、制造、检验的每一个环节，直到成品出厂，都要按照特定的工艺规程去生产。而在这一生产过程中，80%以上的工作是靠具有一定技能的工人操作一定的工装设备去完成的。任何企业在生产中都离不开工艺工作这一环节。市场上产品的竞争，实质上是企业生产能力的竞争。如果我们将同类电子产品各生产厂家的生产特点和产品特色作一对比，不难发现，一个工厂的工艺状况是该厂生产管理状况的概括。“工艺就是专利，工艺就是质量”的意识已逐步被国内电子生产企业所重视，以往轻视工艺的倾向和做法已经改变，企业工艺人员与设计人员的比例失调现象也得到了扭转。

什么叫工艺工作呢？工艺工作是对时间、速度、能源、方法、程序、生产手段、工作环境、组织机构、劳动管理、质量监控等生产因素科学研究的总结。可以说工艺工作本身就是一门技术，它是企业生产技术的中心环节，是组织生产和指导生产的一种重要手段。在产品的设计研制阶段，它的工作内容是确定产品的制造方案并完善生产前的技术准备工作；在产品的制造阶段，它的工作内容是组织和指导符合设计要求的加工生产，直到包装出厂为止而采取的一切必要的技术和管理措施。因此，工艺工作就像一条纽带，始终把企业各个部门贯穿于产品设计、制造的全过程中，成为一个完整的企业产品制造体系。

工艺工作的内容又可分为工艺技术和工艺管理两大类。工艺技术是生产实践劳动技能及其应用和应用科学研究成果的积累和总结，提高工艺技术水平是工艺工作的中心。但是，任何先进的技术又都是通过管理工作的保证才得以实现和发展的，工艺管理是对工艺工作的计划、组织、协调与实施，是保证工艺技术在生产实际中贯彻和不断发展的管理科学。

生产实践证明，无论产品多么复杂，劳动技能要求多么高，任何装配操作都可以分解成一些简单操作动作的组合。因此，采用先进的技术，拟定良好的工作方法，改善工作环境，使每一工作的操作简单、流畅、高效率、低强度，这不仅是生产发展的规律，而且也是工艺工作的着眼点。

## 1.2 电子产品工艺工作程序

### 1.2.1 电子产品工艺工作流程图

电子产品从研究到生产的整个过程可划分为四个阶段，即方案论证阶段、工程研制阶

段、设计定型阶段和生产定型阶段。在各阶段中都存在着工艺方面的工艺规程，图 1.1 是电子产品工艺工作流程图。

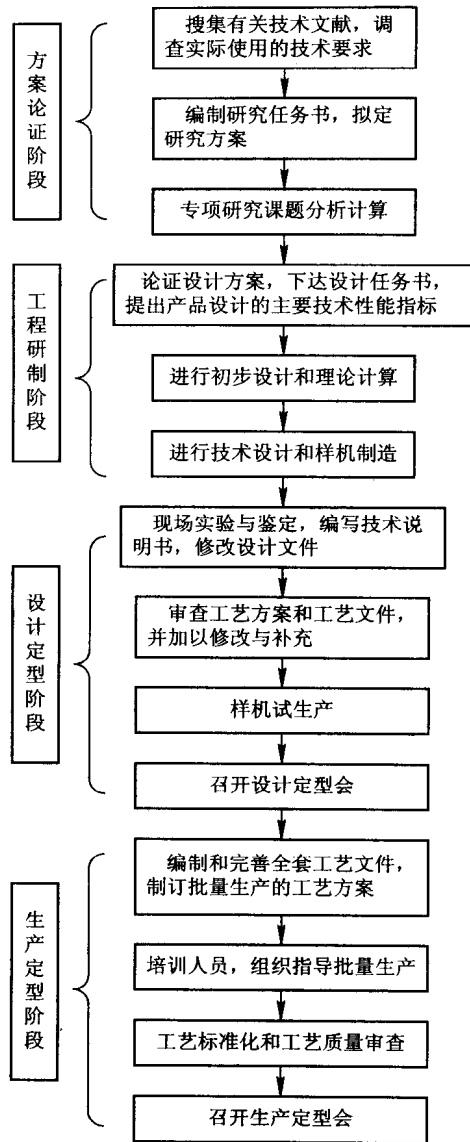


图 1.1 电子产品工艺工作流程图

### 1.2.2 方案论证阶段的工艺工作

方案论证阶段的任务是通过对新产品的调研，在产品设计前突破复杂的关键技术课题，为确定设计任务书选择最佳设计方案；根据电子技术发展的新趋向，寻求把新技术的成果应用于产品设计的途径，有计划地掌握新线路、新结构、新工艺、新理论，以及采用新材料、新器件等先进性课题，为不断在产品设计中采用新技术，创造出更高水平的新产品奠定基础。

(1) 方案论证阶段的主要工作内容如下:

① 对新产品设计进行调研和用户访问,搜集国内外有关的技术文献、情报资料,必要时调查研究实际使用中的技术要求。

② 编制研究任务书,拟定研究方案,提出专题研究课题,明确主要技术要求。

③ 对各专题研究课题进行理论分析、计算,探讨解决问题的途径,减少盲目性。

④ 审查批准研究任务书和研究方案。

(2) 方案论证阶段工作结束后,应达到下列条件:

① 具备研究任务书和研究方案。

② 具备专题研究整理成册的各种试验数据记录。

③ 具备各项专题的试验研究报告等原始材料。

### 1.2.3 工程设计阶段的工艺工作

工程设计阶段的任务是根据批准的研究任务书,进行产品全面设计。这一阶段要编制产品设计文件和必要的工艺文件,制造出样机,并通过对样机的全面试验检查鉴定产品的性能,从而肯定产品设计与关键工艺。

工程设计阶段的主要工作程序如下:

(1) 论证产品设计方案、下达设计任务书,确定研制产品的目的和要求及主要技术性能指标。其主要工作内容为:

① 搜集国内外有关产品的设计、试制、生产的情报资料及样品。

② 调研实际使用中的技术要求和环境要求,确定试制产品目标。

③ 会同使用部门编制设计任务书草案,同时提出产品设计方案,论证主要技术指标,批准下达设计任务书。

(2) 进行初步设计和理论计算。根据理论计算和必要的试验合理分配参数,确定采用的工作原理、基本组成部分、主要的新材料以及结构和工艺上主要问题的解决方案。其主要工作内容为:

① 进行理论计算,按计算结果为产品或整个系统的各个部分合理分配参数。

② 通过必要的试验,进一步落实设计方案,提出线路、结构、关键工艺技术的解决方案。

③ 按图样管理制度编制初步设计文件。

④ 对需用的人力、物力进行概算。

(3) 进行技术设计和样机制造。

① 技术设计的主要工作是:根据对技术指标的修正意见并考虑生产时的裕量,进一步调整和分配各部分的参数;拟定标准化综合要求;编制技术设计文件;对结构设计进行工艺性审查,制定工艺方案。

② 样机制造的主要工作是:编制产品设计工作图纸与必要的工艺文件;设计制造必要的工艺装置和专用设备;试验掌握关键工艺和新工艺;制造零、部、整件与样机;对样机进行调整,进行性能试验和环境试验,对是否可提交现场试验作出结论。

(4) 工程设计工作结束后,应达到下列条件:

① 具备产品设计方案的设计报告、初步设计文件和技术设计文件。

- ② 具备产品设计工作图纸及技术条件。
- ③ 具备产品工艺方案及必要的工艺文件。
- ④ 具备整理成册的各种试验的原始资料、试验方法与规程。
- ⑤ 具备必要的专用工艺装置、设备及其设计图纸。
- ⑥ 具备结构的工艺性审查报告、标准化审查报告及产品的技术经济分析报告。
- ⑦ 具备一定数量的样机。
- ⑧ 具备产品需用的原材料、协作配套件及外购件汇总表。

#### 1.2.4 设计定型阶段的工艺工作

设计定型阶段的任务是对研制出的样机进行使用现场的试验和鉴定，对产品的主要性能做出全面的评价。这一阶段要进行工艺质量的评审，补充完善工艺文件，全面考验设计文件和技术文件的正确性，进一步稳定和改进行工艺，为产品生产定型做好生产技术准备工作。

产品设计定型的标准是：产品的主要性能稳定，经现场试验(或试用)符合设计指标和使用要求；主要配套产品和主要原料可在国内解决；具备了规定的产品设计文件和技术文件。

(1) 设计定型阶段的主要工作内容如下：

① 现场试验检查产品是否符合设计任务书规定的主要性能指标和要求，通过试验编写技术说明书，并修改产品设计文件。

② 重点审查各种工艺文件，如工艺方案；具有关键零件、重要部件、关键工序的工艺文件；特种工艺的工艺文件；所采用的新工艺、新结构、新理论、新材料以及新线路、新器件的使用和试验结果等，并做出修改或补充。

③ 进行样机试生产。对产品进行装配、调试、检验及各项试验工作，做好原始记录，统计分析各种技术定额。

④ 进行产品成本概算。

⑤ 召开设计定型会，对样机试生产提出结论性意见。

(2) 设计定型工作结束后，应达到下列条件：

① 具备修改过的产品设计文件。

② 具备产品技术说明书。

③ 具备各项工艺文件的审查结论。

④ 具备设计定型会的资料和样机结论性意见，根据需要选定标准样机。

按现成技术资料试制的产品，凡主要技术资料比较完整，并在设计上经过考验的，可不再进行设计定型工作，直接按技术资料组织生产。

#### 1.2.5 生产定型阶段的工艺工作

生产定型阶段的任务是在总结产品设计定型的基础上，按照正式生产的生产类型要求，提出生产定型的各项工艺技术准备工作。

产品生产定型的标准是：具备了生产条件，生产工艺经过了考验，生产的产品性能稳定；产品经试验后符合技术条件；具备了生产与验收的各种技术文件。

(1) 生产定型阶段的主要工作内容如下:

- ① 编制和完善全套工艺文件, 制订批量生产的工艺方案。
- ② 培训人员, 必要时调整工艺装置, 组织生产线, 补充设计制造工艺装置、专用设备。
- ③ 组织指导批量生产, 确定批量生产时的流水线和劳动组织。
- ④ 拟定正式生产时的工时、台时及材料消耗定额, 计算产品劳动量及成本。
- ⑤ 进行工艺标准化和工艺质量审查。
- ⑥ 组织生产定型会, 得出结论性意见。

(2) 生产定型工作结束后, 应达到下列条件:

- ① 具备批量生产全套工艺文件的工艺方案。
- ② 具备满足批量生产所需的工艺装置、专用设备及其设计图纸。
- ③ 具备工艺文件成套性审查结论。
- ④ 具备明确的生产成本。
- ⑤ 具备产品生产定型会的资料和结论性意见。

## 1.3 电子产品制造工艺技术

### 1.3.1 电子产品制造工艺技术的种类

对电子产品制造来讲, 工艺技术有很多种, 工厂生产规模、设备、技术力量和生产产品的不同, 工艺技术种类也不同。以下简要介绍几种一般工艺技术。

#### 1. 机械加工工艺

电子产品很多结构件是通过机械加工而成的, 机械类工艺包括车、钳、刨、铣、镗、磨、插齿、冷作、铸造、锻打、冲裁、挤压、引伸、滚齿、轧丝等。其主要功能是改变材料的几何形状, 使之满足产品的装配连接。

#### 2. 表面加工工艺

表面加工包括刷丝、抛光、印刷、油漆、电镀、氧化、铭牌制作等工艺。其主要功能是提高表面装饰性, 使产品具有新颖感, 同时也起到防腐抗蚀的作用。

#### 3. 连接工艺

电子设备在生产制造中有许多连接方法, 实现电气连接的工艺主要是焊接(手工和机器焊接)。除焊接外, 压接、绕接、胶接等连接工艺也越来越受到重视。压接可用于高温和大电流接点的连接, 电缆和电连接器的连接; 绕接可用于高密度接线端子的连接, 印制电路板接插件的连接; 胶接主要用于非电气接点的连接, 如金属或非金属零件的粘接, 采用导电胶也可实现电气连接。

#### 4. 化学工艺

化学工艺包括电镀、浸渍、灌注、三防、油漆、胶木化、助焊剂、防氧化等工艺。其主要功能是防腐抗蚀、装饰美观等。



## 5. 塑料工艺

塑料工艺主要分为压塑、注塑及部分吹塑。

## 6. 总装工艺

总装工艺包括总装配、装联、调试、包装以及总装前的预加工工艺和胶合工艺。

## 7. 其他工艺

其他工艺包括保证质量的检验工艺、老化筛选工艺、热处理工艺、数控工艺、电火花工艺等。

### 1.3.2 电子产品制造工艺技术的管理

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的水平。

#### 1. 工艺管理的基本任务

工艺管理的基本任务是在一定的生产条件下，采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。

#### 2. 工艺管理的主要工作内容

(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，并制定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)。

工艺发展计划应在企业总工程师的主持下，以工艺部门为主进行编制，并经厂长批准实施。

(2) 研究与开发工艺技术。研究与开发工艺技术的基本要求是：

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，增加效率的基础。各企业都应该重视技术进步，积极开展工艺技术的开发，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，提供必要的经费和实验研究条件。

③ 企业在进行工艺技术的研究和开发工作时，应认真学习和借鉴国内外的先进科学技术，积极与大专院校和科研单位合作，并根据本企业的实际情况，积极采取和推广已有的、成熟的研究成果。

(3) 为产品生产做工艺准备。为产品生产做工艺准备的主要内容包括：

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；