



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

电子工艺实习

■ 王天曦 王豫明 杨兴华 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

电子工艺实习

王天曦 王豫明 杨兴华 编著



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书是“电子工艺实习”课程配套教材。内容包括电子工艺技术概论、技术基础、实践指导、产品制作与EDA实践5个主要部分,涵盖了电子工艺实习课程基础工艺知识、实践操作和实习产品制作的内容,并融入了有关技术前沿、绿色环保、产品质量与可靠性等现代工程理念,同时给学生留有探究、尝试和创新的余地。本书内容全面而精炼,实训操作准确而规范,产品制作教学内涵丰富、工艺完善、成功率高,是“电子工艺实习”课程经典典型性和创新性教材。本书相关教学辅助资料可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册下载。

本书可作为各类学校电子工艺实训教材,也可作为有关公司、企业的职业培训教材。

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

电子工艺实习/王天曦,王豫明,杨兴华编著. —北京:电子工业出版社,2013.7

普通高等教育“十二五”规划教材·电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-20768-6

I. ①电… II. ①王… ②王… ③杨… 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(2013)第137535号

策划编辑:余 义

责任编辑:李秦华

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:15.5 字数:417千字

印 次:2013年7月第1次印刷

印 数:4000册 定价:35.00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 zlts@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

我们已经跨入了信息时代。

信息时代又称电子信息时代，有人从人类社会发展史角度称其为硅片时代（继石器、青铜器、铁器时代之后）。当今社会人类已经离不开电，电技术中最具活力的电子技术的重要性和普遍性，除了基础的数理化，其他学科均无法与之相比。据资料统计，95%的行业与电子技术密切相关，98%的行业发展是建立在电子技术之上的！

电子技术是一门实践性极强的学科，从古代人们对电现象的观察到现代电子科技的每一个里程碑：印制电路、电子管、晶体管、集成电路、SMT……，没有一项不是在实践中诞生并发展起来的；再复杂的电子系统，也源于一个个实践中积累起来的基本电路；再先进高效的虚拟仿真工具，最终效果检验和价值的实现，还是要落实到物理实体。学习电子技术，离开实践，只是纸上谈兵，派不上实际用场。

实践证明，不论多么优秀的电子技术人员，最初都是从认识电阻、电容、万用表，拿电烙铁制作电子电路开始的，通过一次次实践激发了理论学习的热情，实践、理论提高，再实践，再提高的良性循环中不断学习并且积累丰富的经验。实践能力对于电子技术的学习和应用，如同健康体魄对一个运动员成功的作用一样重要。

电子工艺实习是学习电子技术有机而重要的组成部分，它以学生自己动手，掌握一定操作技能并亲手制作几种实际产品为特色，既有别于理论性、验证性较强的电子实验课，又不同于让学生自由发挥的科技创新活动，而是将基本工艺知识与动手能力、基础工艺训练和先进制造技术、实践技能与创新启蒙有机结合，为学生的实践能力和创新精神构筑一个基础扎实而又充满活力的基础平台。

电子工艺实习课程自 20 世纪 80 年代开创以来，逐渐在全国推广，得到业界认同和学生欢迎，经过近 30 年的不断完善和发展，已初步形成科学规范的教学体系，在坚持基本训练要求的同时不断创新，引进新技术和新工艺，将电子工艺实习课程不断推向新的高度，已经成为理工科乃至综合性院校工程训练与实践教育的重要环节。

近年来，关于电子工艺类的图书多起来了，各种有关教材和实习指导类的书等已有数十种之多，使教材使用者有了更多的选择余地，这对正在发展中的电子工艺技术和教育是好事。当然书一定要有自己的特色，本书体现在以下几方面：

1. 基础训练与先进工艺的交集

如何在校内实习中实现基础训练与先进工艺的交集，是工程实践教学需要不断探索的难题之一。由于实践教学特点及实践基地环境条件的局限，电子工艺实训大部分实训内容限于传统技术，本书除了把表面贴装技术作为教学实习基本内容并强调 EDA 实践外，在第 3 章每一种技术实训后增加了“技术新动向”或“技术新发展”等栏目以弥补不足，这些内容可作为学生自主阅读的启示，也可由教师介绍并且灵活掌握。

2. 让实习产品承载更多的教育教学功能

实习产品只是教学载体，除了产品本身制作过程对学生的技能训练外，如何使其承载更多的功能。例如，有关绿色环保、工程理念与创新启迪，本书试图做一点探究。第 4 章、第 5 章和第 6 章的每一种产品最后都有“制作延伸”、“延伸阅读”或“项目选择与提示”单独一节，就是这种探究的体现。

3. 实习产品制作成功率高

从成千上万电子产品中精选 10 种适合电子工艺教学实习、具有内涵丰富、外延广泛的特点,大部分已经过多年实践教学检验,少部分新选产品也经过作者实践检验,技术成熟、工艺完善,适合手工或教学实习设备工艺,制作成功率高。

4. 增加电子工艺国际标准的介绍

本书第 2 章及后面章节中有关 IPC 标准的简介和引用是作者的一种探索和建议,实际教学中尚未作为规定内容纳入教学要求。

有关本书编写与内容需要说明以下几点:

(1) 本书部分内容源于原清华大学电子工艺实习教研组编写的《电子工艺实习》讲义。这本始于 20 世纪 90 年代单篇实习指导书、2001 年由作者主笔编写成册的讲义,已在本校教学中实践多年,汇集了清华大学电子工艺实习多年坚持改革发展的成果,历经数次修订,迄今仍在使用的。

(2) 多年来,部分产品实习指导书及《电子工艺实习》讲义在学术交流及随实习产品套件提供给众多学校,并在多种电子工艺类的图书中被应用。此次作者除对原图文进行修订、补充和完善外,增添了相关的新内容。

(3) 本书内容可分为 4 个部分:

- 第 1 部分基本工艺知识,包括第 1 章和第 2 章,作为教师讲授或学生自学内容的提要。
 - 第 2 部分实训指导,即第 3 章,是一个实训教学主要环节的指导书。
 - 第 3 部分实习产品制作,包括第 4 章、第 5 章和第 6 章,分为典型、新型数码和选做 3 类共 10 种产品,供不同类型学校 and 不同学科专业选择。
- 通常教学实习选择 2~3 种产品就可以了。
- 第 4 部分 EDA 实践,即第 7 章,实际教学中一般是融入产品制作中,本书将其独立成章是由于这部分内容体现了现代电子工艺新的趋势,以及越来越广泛的应用。

(4) 限于图书篇幅,本书第 8 章有关电子技术制图与识图(作者拥有知识产权),以及常用电工电子图形符号与文字符号、片式元件封装代码等资料以电子文档形式提供,本书读者可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册下载。

本书引用的《电子工艺实习》讲义参加编写的有李鸿儒、郭子建、杨兴华、韦思健等老师,在此次编写中得到清华大学科教仪器厂和李鸿儒教授大力支持,也得到清华大学基础工业训练中心老师和同事支持,陈开峰提供了 5.1 节的原稿,张雷刚、王伟东、王蓓蓓、高建兴,曹友旺、杨德元、高汉中等都为本书编写提供了支持和帮助,全书由王天曦,王豫明,杨兴华统稿。此外在编写中还引用和参考了许多网络资源,大部分都在书后文献资料中列出,也有部分资料一时找不到出处,在此感谢原作者对教育工作的支持。

作者特别感谢常熟市常新电子有限公司总经理叶云兴先生,他不仅成功开发和经营电子定时器产品,而且热心支持实践教育。本书编写中还得到鑫索科电子公司支持,在此一并感谢。

还要特别感谢为本书出版做了大量工作的电子工业出版社的领导和编辑人员,他们精心的策划和细致的编辑工作,使本书增色不少。

由于时间和编者水平,书中错误和不足之处难免,恳请读者批评指正。

作 者

2013 年 2 月于清华园

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 电子工艺实习概论	1
1.1 为什么要参加电子工艺实习	1
1.2 电子工艺实习课程中能学到些什么	4
1.3 怎样达到实习目标	6
1.4 安全责任与要求	7
第 2 章 电子工艺基础	9
2.1 安全用电	9
2.1.1 安全用电与现代社会	9
2.1.2 基本用电安全	10
2.1.3 电子产品安全与电磁污染	11
2.1.4 电子实习操作安全	13
2.2 焊接技术	15
2.2.1 焊接技术与锡焊	15
2.2.2 锡焊机理	16
2.2.3 手工锡焊工具与材料	20
2.2.4 手工焊接训练——五步法	23
2.2.5 焊接质量检测与国际标准	24
2.3 电子元器件	26
2.3.1 电子元器件概述	26
2.3.2 常用元器件简介	28
2.3.3 电子元器件选择	29
2.3.4 元器件应用	30
2.4 印制电路板	30
2.4.1 印制电路板概述	30
2.4.2 印制电路板设计基础	33
2.4.3 印制电路板设计进阶	37
2.4.4 印制电路板制作与验收	39
2.4.5 印制电路板的发展与新技术	41
2.5 EDA 简介	44
2.5.1 现代电子研发新理念	44
2.5.2 EDA 简介	45
2.5.3 EDA 应用与实践	46
2.6 表面组装技术	51
2.6.1 组装与表面组装技术	51
2.6.2 表面组装技术的内容	52

2.6.3	表面组装技术的发展	53
2.6.4	表面组装技术的基本工艺与设备	55
2.6.5	表面贴装技术的发展趋势	57
2.7	电子工艺标准——IPC 标准简介	60
2.7.1	IPC 及其标准	60
2.7.2	IPC 标准结构	61
2.7.3	IPC 标准实例——IPC J-STD-001 与 IPC-A-610 简介	62
第 3 章	实训指导	65
3.1	装配工具与手工焊体验	65
3.2	电子元器件检测入门	69
3.3	印制板制作	77
3.4	五步法训练与焊点质量	82
3.5	PCB 安装与焊接	85
3.6	导线焊接	92
3.7	再流焊工艺	96
3.8	趣味与综合装焊训练	102
3.8.1	趣味焊接造型训练	102
3.8.2	综合装焊训练	103
第 4 章	典型实习产品	105
4.1	多用充电器	105
4.1.1	产品简介	105
4.1.2	制作工艺	106
4.1.3	检测调试	112
4.1.4	制作延伸——阅读与尝试	114
4.2	贴片微型 FM 收音机	115
4.2.1	产品简介	115
4.2.2	工艺流程与要求	117
4.2.3	调试及总装	120
4.2.4	制作延伸	122
4.3	教学机器猫	123
4.3.1	产品简介	123
4.3.2	控制电路工作原理	124
4.3.3	组装与工艺要求	128
4.3.4	项目选择与提示	132
第 5 章	新型数码实习产品	134
5.1	U 盘	134
5.1.1	产品简介	134
5.1.2	电路原理	135
5.1.3	制作工艺	138

5.1.4	U 盘量产工具与故障检测修复	140
5.1.5	U 盘制作的延伸——阅读与思考	142
5.2	MP3 播放器	145
5.2.1	产品简介	145
5.2.2	产品工作原理	147
5.2.3	组装工艺	150
5.2.4	MP3 播放器的固件及其更新升级	155
5.2.5	MP3 播放器制作的延伸——阅读与思考	156
5.3	插卡音箱	158
5.3.1	产品简介	158
5.3.2	产品工作原理	160
5.3.3	组装工艺	162
5.3.4	带 FM 收音机和显示屏的插卡音箱	167
5.3.5	插卡音箱制作的延伸——阅读与思考	171
第 6 章	选做实习产品	174
6.1	三位半数字万用表	174
6.1.1	产品简介	174
6.1.2	组装工艺	176
6.1.3	调试与总装	182
6.1.4	制作延伸与思考	184
6.2	LED 台灯	186
6.2.1	半导体照明与光伏产业	186
6.2.2	光伏电池与白光 LED	189
6.2.3	太阳能 LED 台灯	193
6.2.4	经济型 LED 充电台灯	196
6.2.5	制作延伸与尝试	201
6.3	冰箱消毒除臭器	204
6.3.1	臭氧及其产生	204
6.3.2	产品简介及电路原理	206
6.3.3	组装与调试	208
6.3.4	制作延伸与尝试	212
6.4	电子定时器	212
6.4.1	产品特性	213
6.4.2	电路原理	214
6.4.3	组装工艺与要求	218
6.4.4	制作延伸与思考	223
第 7 章	EDA 实践	225
7.1	EDA 工具简介	225
7.1.1	教学 EDA 工具	225
7.1.2	仿真器只是一种工具	226

7.2	电路设计与仿真	227
7.2.1	Multisim 简介	227
7.2.2	教学产品设计仿真实践	229
7.3	PCB 设计	231
7.3.1	Ultiboard 简介	231
7.3.2	PCB 设计实践	234
参考文献		239

第 1 章 电子工艺实习概论

在电子工艺实习开始之前，大家一定想了解以下问题：

- 为什么要参加电子工艺实习？
- 在电子工艺实习课程中我能学到些什么？
- 怎样才能学好这门课？

下面的讲述将解答这些问题。

1.1 为什么要参加电子工艺实习

1. 信息时代、电子技术与电子工艺

(1) 我们已经跨入信息时代

人类社会已经跨入信息时代。信息时代通常也称为电子信息时代，一个形象而有代表性的说法是人类社会经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代之后进入了硅片时代。

信息时代，信息的获取、处理、传输、融合、应用和消费成为社会活动的主要内容之一，而这一切都离不开电子信息技术。

随便浏览一种媒体，数字地球，数字城市，电子政府，电子商务，知识经济，智能大楼，智能交通，数字士兵等新名词令人眼花缭乱，究其根本，不外乎电子信息技术在各个领域的应用。

据资料统计，95%的行业与电子技术密切相关，98%的行业发展是建立在电子技术之上的！可以毫不夸张地说，电子信息紧密相连，不论社会如何进步，科技如何发展，都离不开电子这个坚实的基础！

(2) 电子与电子技术

现在“电子”差不多已经成为一个妇孺皆知、耳熟能详的名词，然而真正看到过“电子”的人屈指可数。纵然你有孙悟空的火眼金睛，或者使用现代高精度显微镜，也找不到电子的踪影。须知，几万亿个电子聚集一起，才有最轻的羽毛那么重或者大头针的针头那么大，难怪“不见庐山真面目”。

其实，不管是万物之灵的人，还是花鸟鱼虫、泥沙土石、江河湖海，世间万物都由物质构成，而电子蕴藏在一切物质之中。

人类对“电子”的认识和探索，经历了数千年漫长的时代，从“电子”到“电子技术”，不过百年历史。

- “电子”(Electron)源于希腊语“琥珀”，有“太阳”的意思。早在公元前希腊和中国就有关于静电和磁的记载。
- 17 世纪开始，科技先驱对电磁现象的研究和一系列电磁学成果、打开了电子科技改变人类社会的大门；电报、电话、无线通信等一系列发明和迅速发展，开创了电子制造的先河。
- 20 世纪初电子管的发明，使人类可以控制、驾驭电子，开创了电子世界新纪元。

- 1947 年晶体管的诞生拉开了信息时代的序幕, 1958 年集成电路的发明使电子信息产业以魔幻速度风靡全球, 点燃了信息技术革命的火炬。
- 20 世纪 60 年代以来, 以微电子技术为先导的信息技术革命日新月异, 通信、计算机、控制、互联网发展如火如荼, 信息化、数字化、智能化、网络化潮流势不可挡, 深度影响社会发展的进程, 极大地改变了人们的生活。
- 21 世纪电子信息技术成为时代的主流, 与材料、生物、能源等核心技术融合与交叉发展, 给人类社会未来描绘了一幅壮丽图景。

今天的电子信息技术, 已经成为发展最迅速、最活跃、最具渗透力的技术, 已成为实现信息化社会的重要技术基础。电子技术水平发展如此迅速, 在于它具有极大的市场应用需求。科学技术发展到今天, 考察许多科技领域创新能力和发展潜力, 很大程度上取决于电子信息技术的引入水平; 而衡量许多产品技术含量高低的依据, 主要是看电子信息技术应用的程度。

对于电子信息技术的未来, 一种最典型的一种说法是: 未来的“文盲”可能不是大字一个不识, 而是对电子信息一无所知。

(3) 学习掌握电子技术离不开实践

电子技术是一门实践性很强的学科。翻开电子科技发展史, 从古代人们对电现象的观察到现代电子的每一个里程碑: 电报、电话、电子管、晶体管、集成电路等, 没有一项不是在观察、试验、制作的实践中发展起来的; 再复杂的电子系统, 也源于一个个实践中积累起来的单元电路; 再先进高效的虚拟仿真工具, 最终效果检验和社会价值的实现, 还是取决于物理实体的实践。学习电子技术, 离开实践, 只是纸上谈兵, 派不上实际用场。

近年来, 随着计算机技术, 特别是软件技术的深入发展, 有一种错误的倾向, 一谈到电子技术就炫耀计算机, 以为搞电子只需坐在计算机前, 敲击键盘, 点击鼠标, 就什么事情都能干了。殊不知计算机只是一种电子产品, 一种工具而已。忽视了电子的基本本质, 不理解电子技术的真髓, 是不可能掌握真才实学的。

另一种错误倾向是学习电子技术“重软轻硬”, 究其原因, 一方面在于一些人不适当地强调软件万能, 过分渲染虚拟仿真的作用; 另一方面在于教学中相对于硬件在装备、场地和技术方面的开销, 以软代硬可以降低成本、减小难度; 同时不可否认的一点是由于种种缘故, 一些从事电子技术的教师本人就是“软件硬, 硬件软”, 难怪培训的学生“软件硬, 硬件软”到了无法容忍的程度。

实践证明, 不论多么优秀的电子技术人员, 最初都是认识电阻、电容、万用表, 拿电烙铁制作电子电路开始的, 通过一次次实践激发了理论学习的热情, 实践、理论提高, 再实践, 再提高的良性循环中不断学习并且积累丰富的经验。实践能力对于电子技术的学习和应用, 如同游泳运动员下水、长跑运动员迈开腿的作用一样重要。

实践能力不是天生的。电子工艺实习, 就是为你学习电子技术奠定工艺实践基础, 带你跨入电子科技殿堂的大门。

2. 电子实践助你梦想成真

参加电子实践教学, 为真正学好和掌握电子技术打好基础是基本目标, 但不是全部。电子实践的内涵因为个人悟性的差异, 而有很大差别, 古人云“师傅领进门, 修行在个人”说的就是这个道理。

(1) 成功离不开实践

每个人都渴望成功，梦想实现自己的人生价值，但现实中能够实现自己的愿望，获得成功的只是一部分人。有的人能够抓住机遇，锲而不舍终得回报；更多人则往往与机遇擦肩而过，留下的是多年后的遗憾。

原因何在？成功的三个基本要素是知识、能力和素质。对学习者的来讲，三者都非常重要，但不是一个层次的东西，能力比知识重要，素质比知识更重要。实践对于能力培养，素质提高的重要性的进一步讨论，超出了本书范围，但对于每一个受过良好基础教育，具备成功潜力的同学来说，应该无须赘述。

(2) 创新源于实践、成于实践

当今社会，“创新”可能是使用频度最高的词语之一，创新学院、创新中心、创新设计、创新项目、创新大赛、创新制作……创新二字几乎无所不在。其实，创新不是时髦，不是运动、不是口号，而是需要扎扎实实地付出努力的艰苦过程。

创新源于实践。“人的正确思想是从哪里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”一代伟人毛泽东 1963 年的论断，除了个别词汇带有浓厚时代烙印需要根据时代发展诠释外，哲理精髓可以说是永恒不变的。创新思维也好、创新设想也好、创新方案也好，离开实践，只能是无源之水，无本之木。

创新成于实践，则是一个无须赘述的人文常识。

实际上，创新灵感人人都有，真正实现凤毛麟角。为什么？大部分人没有实践意识，有创新灵感根本没有想到去实践，许多奇思妙想可能如闪电流星一般一瞬而过；一部分人没有实践能力，虽想到要实践但不具备相应能力，创新灵感只能束之高阁；一部分人则虽有一定实践能力但缺乏耐心和坚持，往往遇到挫折或困难就浅尝辄止，使创新灵感夭折或半途而废；只有很少一部分人能够将创新灵感变成创新方案或创新设计，关键在于付诸实践行动，进而经过不懈努力实现创新成果。

(3) 自己动手做

人生之路没有坦途，在实现梦想的道路上更是荆棘丛生，古今中外，莫不如此。在成功的起点上，你不过是无名小卒，不能指望人人都支持你，帮你做；你必须学会“DIY”——自己动手做。尽管 DIY 目前是一种时尚，但在科学技术领域，DIY 绝对需要百倍的努力，千倍的坚持，才有万分之一的成功几率。

援引一段我国当代杰出的科学工作者王选老师的体会：王选在开始搞激光照排时，经过认真研究，提出跳过日本流行的第二代照排系统，越过美国流行的第三代照排系统，研究国外还没有商品化的第四代激光照排系统。由于当时王选是无名小卒而受到嘲笑甚至批判，“当时有一个伟大的发明家的一句话，一直鼓励着我。美国或者世界上巨型计算机之父，西蒙·奎因曾经说过，他在没有成名的时候，提出一个新的思想，人们经常回答说：‘Can not do!’——‘做不成的！’——对‘Can not do’的最好的回答就是‘Do it yourself!’——‘你自己动手做！’”从 1970 年自己动手做，一直做到 1988 年的春节。一直做，做了差不多 18 年，18 年的奋斗换来我国印刷界“告别铅与火，迎来光与电”。

能够达到王选老师成就的肯定是少数人，坚持“DIY”18 年也非常人所能及，但对于有志于科技报国、选择工程技术职业的人，要想实现自己的愿望，王选精神和 DIY 实践则是必不可少的。

1.2 电子工艺实习课程中能学到些什么

1. 电子工艺实习内容

电子工艺实习教学的基本目标是了解电子系统(通常以电子产品形式体现)制造工艺过程,为电子技术奠定实践基础,同时培养工程实践能力。

电子产品是怎样制造出来的?打开任意一个电子产品,我们都可以看到五花八门、形形色色的电子元器件及其“安身立命”的印制电路板,当然还有把它们连接起来实现各种电子产品功能的组装技术。正是它们的“梦幻组合”成就了现代社会无所不在的电子产品,也是电子工艺实习课程的基本内容。

(1) 三个基础

● 电子元器件——识别与测试

电子元器件是电子技术的基本元素,也是电子工艺实习教学内容的基础环节。课程从实习产品所用元器件入手,以常用元器件为主,重点学习和了解元器件的安装特性和简单识别与测试。

● 印制电路板——设计与制作

印制电路板(PCB)是电子技术的另一个基本元素,在电子工艺实习教学内容占有重要位置。电子元器件主要是认识和使用,而PCB则要求通过实习掌握初步设计和基本制作方法。

● 电子组装技术——实际操作技能训练

以手工烙铁焊接技术为基础的基本电子组装技术,不仅是实习产品制作的基本功,对于后续课程以及课程设计、毕业设计等教学环节,也是必须具备的实践能力。实际工作中,例如技术改造、电子设备维护以及产品研制阶段,基础训练内容仍然是基本的看家本领,并且在未来相当时期内也不会有根本变化。

(2) 两个支柱

三个基础训练内容是雪中送炭,是实践能力培养的初级阶段。在此基础上才有条件锦上添花,更上一层楼。这个提高的支柱是EDA实践和SMT实习。

● EDA实践——设计与工艺的接口

EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)是基于计算机平台的现代高效电子设计技术,具有功能强大、智能化程度高的特点。将EDA引入电子实习,将计算机仿真和实际产品制造结合在一起,实现鼠标、键盘和烙铁、改锥珠联璧合,是现代设计与工艺技术结合的演练。

● SMT实习——先进电子制造的窗口

SMT(表面贴装技术)是现代电子组装的主流技术,我们现在普遍使用的各种手机、计算机、数码产品等无一不是采用SMT制造的。作为学习和了解电子工艺技术窗口的电子实习,必须了解和接触先进电子组装技术。把高科技引入实习教学,缩小校园与企业的距离,进而对启迪创新思维,都是非常重要的。

(3) 一个目标——创新实践训练

工艺实习的主要内容和形式是已有成熟技术的实战演习,上述内容都是实践教学要达到的直接目标,但不是最终目标。如同我们上体育课学习游泳、学习田径、学习球类都会有每个项目的目标要求,但最终目标不是游多少秒、跳多高,而是强体健身一样,电子工艺实习

的最终目标是提高电子实践能力，特别是创新实践能力。因此在达到实习基本要求之后应该“更上一层楼”，向培养自主创新能力的要求努力。

这一方面的内容，主要体现在实习产品的选择及产品设计、制作要求的差别，具体内容将在后面章节介绍。

上述电子工艺实习内容及层次结构，可由图 1.1 的塔形图表示。显然，基础越厚实，支柱越牢靠，塔就能建造得越高。

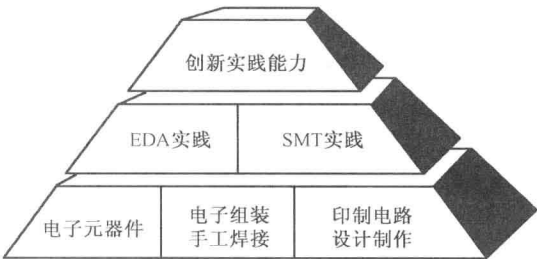


图 1.1 电子工艺实习内容及层次结构

2. 电子工艺实习教学环节

教学内容确定之后，教学方式和手段就成为—个重要问题。在电子工艺实习中是通过三个基本实习教学环节来实现教学目标的。

(1) 实训操作环节

电子工艺实习是实践教学，实训操作一般占总课时 60%以上，主要是以手工烙铁焊接技术为基础的电子装联技术，包括电子装配工具认识及使用方法、电烙铁使用、拆焊及锡焊的感性认识、锡焊五步法练习、PCB 装焊、导线焊接练习及考核等。

实训操作有两个要点：

一是要有一定实训量，即需要一定实训时间和工作量。“学过”不等于“学会”，“了解”不同于“掌握”，学会—种方法，掌握—种技能，没有—定时间保证，没有量的积累，就不会有质的改变。

二是技能训练需要多次重复，即所谓熟能生巧。技能的最高境界是“习惯成自然”，而习惯是需要反复多次才能形成。技术高超的焊接工人看似不经意的操作，焊出的焊点却个个合格，实际上是职业技能的养成使然。

因此必须要求耐心和持之以恒。那种焊了十几个、几十个焊点，练习了两三个小时就认为差不多了，不愿付出努力，是不会真正掌握电子实习技能的。

有关实训操作具体内容和要求，参见第 3 章。

(2) 工艺知识学习

虽然电子工艺实习是以实践为主的课程，但必要的课堂讲授还是不可缺少的，主要是有关电子工艺知识的学习。—方面人不可能事事亲自实践，必须学习前人积累的知识；另—方面实践必须以正确的理论做指导，才能快速、有效提高实践效率和效果。

工艺知识学习有两个要点：

—是工艺知识学习紧密结合实际训练内容。脱离具体实际的工艺知识学习是枯燥而且乏味的，而带着实际中的问题学习才是最有效的，实践—学习—再实践—再学习是必须遵循的基本准则。

二是工艺知识学习又不能局限于实际训练内容。“不谋万世者，不足谋—时；不谋全局者，

不足谋一域”，必要的技术发展史，适当的扩充，特别是电子组装技术发展趋势，以及先进电子制造技术的介绍对于开阔思路、拓宽视野是必不可少的。

有关工艺知识学习具体内容和要求，参见第 2 章。

(3) 实习产品

实际制作几种具有实用价值的电子小产品，是电子工艺实习一大特色，不仅可以请出“兴趣”这个学习最好的老师，而且可以把实训操作训练和工艺知识学习这两个环节有机结合和融合，达到知识增长和能力提高相辅相成，如图 1.2 所示。

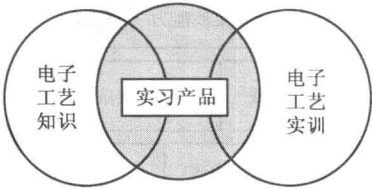


图 1.2 实训操作、工艺知识与实习产品

尽管实习产品具有如此重要的作用，但必须明确指出，实习产品只是达到教学目标的载体，不能赋予实习产品以商品的属性。

有关实习产品具体内容和要求，参见第 4 章。

3. 电子工艺实习特点

(1) 普遍性

由于电子技术是当今发展最迅速、最活跃、最具渗透力的技术，已成为对自然科学的其他领域、对人类社会的发展乃至人们的日常生活影响最大的学科，成为学科相互交叉渗透的焦点，很多学科已把采不采用电子信息技术作为衡量其是否先进，是否与现代化接轨的尺度。因此作为理工科而言，无论是电类的，还是非电类的，都必须对电子信息技术有一定程度的了解，而电子信息技术的深入必然离不开相应工艺技术。

(2) 实用性

由于电子信息产品已经渗透到我们日常工作和生活之中，几乎每个人、每天都会与电和电器产品接触，具备电和电子的常识、掌握相关技能已经成为现代人工作和生活的一种要求。因此电子工艺实习的基本要求，具有显而易见的实用性。

(3) 先进性

如前所述，电子工艺实习包括当代最先进电子制造技术的介绍和一部分实际动手操作，当完成电子工艺实习课程时，将具有触摸高科技、感受新技术的体验。

1.3 怎样达到实习目标

参加电子工艺实习，要达到实习目标，有一些基本要求。这些要求都是常识性的，前人早有精辟名言警句，下面就以此简单介绍。

1. 纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行——快乐实践

实践对于学习的意义、电子实践对于学习电子技术的重要性已经反复强调多次，这里需要强调的是如果你能真正理解实践对人生的真谛，主动在实践中弥补自己的不足，以良好的

心态参加实习工作，就会在枯燥的训练中有耐心和信心，在困难和挫折面前勇往直前，电烙铁下每一个合格的焊点、电路板上每一次优化的布线，都是迈向成功之路的一个脚步。你将在实践中享受实习中一点一滴、品味成功的快乐。

2. 一分耕耘，一分收获——踏实学习

现代社会变化之快之大、使浮躁之风四处弥漫，学习实践也不例外。但是，有一些东西是以前千古不改、今后万世也不变的，那就是人们常说的“天上不会掉馅饼”、“没有免费的午餐”。能力的获得没有捷径，实践经验只能是一步一个脚印。

焊好每一个焊点、接好每一根导线、善待每一个电子元件，一分耕耘，一分收获；踏踏实实得来的，才是真才实学，才是属于自己的。

3. 三人行必有我师焉——谦虚使你进步

实践能力的提高，必须经过自己的努力和体验，提倡勇于动手勤于思考，但绝不是自我封闭，实践学习自古就是开放的。古人云“吃一堑长一智”，对于实践学习来说，最好是少吃堑、多长智。

也许你的英文很棒、也许你有数学思维，但实践操作不一定是强项，就玩转电烙铁，搞电路板而言，你肯定比不上在这个岗位上干了多年的师傅。实践中有些“窍门”看似简单，但那是在“捅破窗户纸”之后才发现的，实际中，一些人可能一辈子也捅不破这层窗户纸。聪明而有效的办法就是借前人、借他人的堑，长自己的智。

1.4 安全责任与要求

电子工艺实习作为一门工程实践训练课程，与一般实验教学环节相比，更多真刀真枪，更接近社会生产实践环境，因而与“安全生产”、“劳动保护”等企业工程意识关联比较紧密，安全意识是电子实习的头等大事。

1. 最好的安全卫士是自己——你的责任

实习是学业的一部分，也是学校实践教育的重要环节。

实习不仅是一门课程，一次学习过程；也是一次社会实践的演练，一次劳动生产活动。虽然学校的实习与社会生产还不完全一致，但作为一次工程实践训练，实习已经具备了劳动的基本属性。

- 使用工具和设备，从事生产劳动训练和创造价值的活动。
- 实习活动是在一个具有生产实践环境中完成的。
- 所有工具、设备的使用和生产实践环境都具有一定的安全风险。
- 实习安全受国家劳动保护法和教育部有关政策方针保护。
- 参加实习教学，就意味着承担安全责任，最好的安全卫士是你自己，安全制度和实习纪律为你提供保障。

2. 凡事预则立，不预则废——安全永远第一

虽然电子工艺实习在工程实践中是一种安全风险小的工作，但是如果因此而马马虎虎，随随便便，不把安全放到重要位置，则电子工艺实习就会变成相当危险的工作。