

北京市高等教育精品教材重点立项项目

计算机系列教材

计算机硬件基础实验教程 (第2版)

白中英 杨春武 著
杨士强 审



清华大学出版社

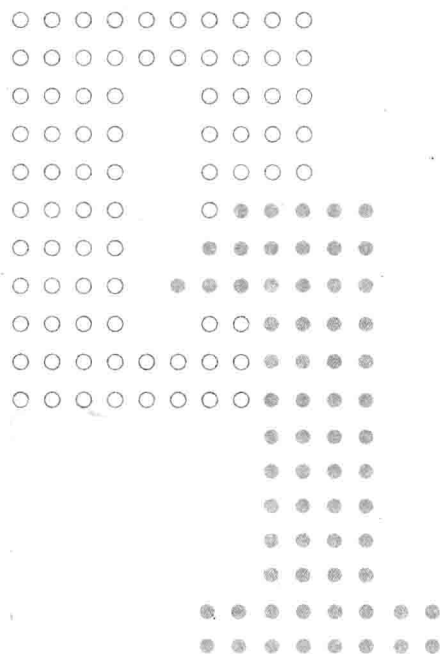
北京市高等教育精品教材重点立项项目

计算机系列教材

白中英 杨春武 著
杨士强 审

计算机硬件基础实验教程

(第2版)



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书第2版是在《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》精神鼓舞下诞生的。两位作者积40余年从事计算机硬件科研与教学的亲身体验,并总结多年实验设备研制和实践教学的经验,完成了本书第2版的写作。全书共15章,内容是:(1)实践教学理念的再认识;(2)教学实验设备与测量仪器;(3)大容量可编程逻辑器件;(4)硬件描述语言VHDL;(5)EDA工具软件;(6)TEC-5/8数字逻辑基本实验设计;(7)TEC-5数字逻辑综合实验设计;(8)TEC-8数字逻辑综合实验设计;(9)TEC-5计算机组成原理基本实验设计;(10)TEC-5计算机组成原理综合实验设计;(11)TEC-8计算机组成原理基本实验设计;(12)TEC-8计算机组成原理综合实验设计;(13)TEC-8计算机系统结构综合实验设计;(14)TEC-6计算机硬件基础基本实验设计;(15)TEC-SOC片上系统单片机基本实验设计。

本书教学理念阐述透彻,引人入胜;基础性与时代性结合,应对五门课程;实验设备均为国家专利产品;多种教学方案切实可行,可供不同类型学校或专业学生选择。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机硬件基础实验教程/白中英,杨春武著. —2版. —北京:清华大学出版社,2011.8
(计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-27843-6

I. ①计… II. ①白… ②杨… III. ①硬件—高等学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第277228号

责任编辑:焦虹

责任校对:李建庄

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富傅印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.5 字 数:440千字

版 次:2005年7月第1版 2011年8月第2版

印 次:2011年8月第1次印刷

印 数:5001~10000

定 价:29.00元

产品编号:044892-01

2500年前,中国伟大的教育家孔子说过一句名言:“学而时习之,不亦乐乎!”

世界现实证明:国家强盛靠人才,人才培养靠教育,教育水平看能力,能力培养靠实践!只有动手做实验,动手做设计,学生所学的知识才能学活用活,才能提高分析问题和解决问题的能力,才能培养出“创造型”的人才。

长期以来,我国高校中普遍存在“重理论轻实践、重书本轻动手、重课堂轻课外”的三重三轻现象,其后果是社会需求和人才培养目标严重错位。例如全国最大的热门专业(计算机专业)成了就业红灯区,主要原因是毕业生的动手能力和全面素质不能适应工作需要。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》,实践课程的重要地位历史上空前地被凸显出来。教育部关于突出实践教学、独立设置实验课程等精神,无疑为实验课程的教学改革提供了新的机遇和思路。

数字逻辑、计算机组成原理、计算机系统结构是计算机学科的核心专业基础课或核心专业课。一些软件工程和信息系统专业方向的院校将后两门课合二为一,开设计算机组成与系统结构课程。上述四门课都是实践性很强的课程,仅从课堂或书本上学习,学生一定会遇到相当大的困难。为落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》,注重学生的智力开发和能力培养,我们总结40年实践教学的经验,结合2003年以来自己设计研发的四种TEC系列教学实验设备(国家专利产品),编写了《计算机硬件基础实验教程》(第2版)。

这本实验教材的使用对象是计算机学科本科生,其中包括理工类非计算机专业本科生。高职院校的计算机专业也可选用此教材。任课教师可单独开设实验课,也可以将理论课和实验课同时进行,根据各校实际情况来具体实施。

为方便教师备课和实施教学,四种型号的教学仪器均配有不同版本的《教师用实验指导书》和《辅助实验软件》光盘,随教学仪器提供给各个学校。

冯一兵、覃健诚、王军德、张杰、杨秦、靳秀国、于艳丽、陈楠、刘静晗、王坤山、杨孟柯、

刘俊荣、李姣姣等参与了教学仪器研制、辅助实验软件研制、实验项目验证、实验教材编写等工作,限于幅面,封面上未能一一署名。

清华大学计算机科学与技术系杨士强教授审阅了本书书稿,美国 Lattice 半导体有限公司和 Xilinx 公司提供了可编程器件的资料和设计工具,成书过程中得到了清华大学科教仪器厂李鸿儒教授的大力帮助,在此作者一并表示衷心感谢。

作 者

2011 年 6 月于北京

F O R E W O R D

第1章 实践教学理念的再认识 /1

1.1 时代特征 /1

1.1.1 国际竞争的时代 /1

1.1.2 “知识爆炸”的时代 /1

1.1.3 中国计算机学科教育大发展的时代 /2

1.2 创新与实践 /2

1.2.1 什么是创新 /2

1.2.2 三大支柱和三种思维 /3

1.2.3 创新源于实践 /3

1.2.4 知识产权保护 /4

1.3 知识、智力和能力 /4

1.3.1 知识与知识结构 /4

1.3.2 智力与智力结构 /4

1.3.3 能力与能力结构 /6

1.4 实验教学的定位和组织 /6

1.4.1 实验教学的目标——发展智力培养能力 /6

1.4.2 实验教学队伍 /7

1.4.3 三种实验类型和三个结合点 /7

1.4.4 计算机学科实验教学的设计 /8

第2章 教学实验设备与测量仪器 /10

2.1 计算机 /10

2.2 教学实验设备 /10

2.2.1 TEC-5 数字逻辑与计算机组成实验系统 /10

2.2.2 TEC-8 计算机硬件综合实验系统 /11

2.2.3 TEC-6 计算机硬件基础实验系统 /12

2.2.4 TEC-SOC 片上系统单片机实验装置 /13

2.3 逻辑笔 /14

2.4 数字万用表 /15

2.5 示波器 /18

- 2.5.1 示波器的分类和基本原理 /18
- 2.5.2 示波器的使用 /19

第3章 大容量可编程逻辑器件 /22

- 3.1 FPGA 器件和 ISP 器件 /22
- 3.2 ISP1032 器件 /23
 - 3.2.1 内部结构 /23
 - 3.2.2 ISP1032E 的引脚 /25
- 3.3 EPM7128S 器件 /26
 - 3.3.1 EPM7128S 内部结构 /26
 - 3.3.2 EPM7128S 引脚 /28

第4章 硬件描述语言 VHDL /29

- 4.1 硬件描述的创新方法 /29
- 4.2 VHDL 的基本知识点和命名规则 /30
 - 4.2.1 VHDL 需要掌握的 5 个基本知识点 /30
 - 4.2.2 命名规则和注释 /30
- 4.3 对象及其说明、运算和赋值 /30
 - 4.3.1 信号、变量和常量 /30
 - 4.3.2 数据类型 /31
 - 4.3.3 信号、变量和常量的说明 /32
 - 4.3.4 常用运算符 /33
 - 4.3.5 赋值语句 /35
- 4.4 if 语句、case 语句和 process 语句 /36
 - 4.4.1 if 语句 /36
 - 4.4.2 process 语句 /38
 - 4.4.3 case 语句 /41
- 4.5 设计实体 /42
 - 4.5.1 实体(entity) /43
 - 4.5.2 结构体(architecture) /44
 - 4.5.3 库(library)和程序包(package) /46
- 4.6 层次结构设计 /49

4.7 一个通用寄存器组的设计 /50

4.7.1 设计要求 /50

4.7.2 设计方案 /50

4.7.3 设计实现 /51

第5章 EDA 工具软件 /56

5.1 Quartus II 简介 /56

5.2 Quartus II 主屏幕 /56

5.3 格雷码计数器设计示例 /59

5.4 仿真 /67

5.4.1 生成仿真波形文件 /67

5.4.2 设置仿真参数 /70

5.4.3 启动仿真且观察波形 /71

5.5 下载 /71

5.6 使用嵌入式逻辑分析仪进行实时测试 /73

5.7 原理图和 VHDL 语言程序的层次结构设计 /77

第6章 TEC-5/8 数字逻辑基本实验设计 /82

6.1 TEC-5/8 数字逻辑实验资源 /82

6.1.1 TEC-5 数字逻辑实验资源 /82

6.1.2 TEC-8 数字逻辑实验资源 /83

6.2 基本逻辑门和三态门实验 /84

6.3 数据选择器、译码器、全加器实验 /87

6.4 触发器、移位寄存器实验 /88

6.5 计数器实验 /90

6.6 四相时钟分配器实验 /91

6.7 E²PROM 实验 /93

6.8 可编程器件的原理图方式设计实验 /94

6.9 可编程器件的 VHDL 文本方式设计实验 /96

第7章	TEC-5 数字逻辑综合实验设计	/100
7.1	简易频率计设计	/100
7.2	交通灯控制器设计	/101
7.3	电子钟设计	/102
7.4	药片装瓶系统设计	/103
第8章	TEC-8 数字逻辑综合实验设计	/105
8.1	设计指导思想	/105
8.2	简易电子琴设计	/106
8.3	简易频率计设计	/109
8.4	交通灯控制器设计	/115
8.5	在 VGA 接口显示器显示指定图形设计	/118
第9章	TEC-5 计算机组成原理基本实验设计	/122
9.1	TEC-5 实验系统平台	/122
9.2	TEC-5 实验系统的模块结构	/123
9.2.1	教学实验设计的基本理念	/123
9.2.2	运算器模块	/124
9.2.3	操作控制台模块	/125
9.2.4	存储器模块	/128
9.2.5	控制器模块	/129
9.3	运算器组成实验	/132
9.4	双端口存储器实验	/135
9.5	数据通路实验	/138
9.6	微程序控制器实验	/141
9.7	CPU 组成与指令周期实验	/146
第10章	TEC-5 计算机组成原理综合实验设计	/149
10.1	使用硬连线控制器的 CPU 设计	/149
10.2	多功能 ALU 设计	/153
10.3	含有阵列乘法器的 ALU 设计	/154
10.4	SRAM 故障诊断设计	/155

第 11 章 TEC-8 计算机组成原理基本实验设计 /158

- 11.1 TEC-8 实验系统平台 /158
- 11.2 TEC-8 实验系统结构和操作 /159
 - 11.2.1 模型计算机时序信号 /159
 - 11.2.2 模型计算机组成 /159
 - 11.2.3 模型计算机指令系统 /162
 - 11.2.4 开关、按钮、指示灯 /163
 - 11.2.5 E²PROM 中微代码的修改 /165
- 11.3 运算器组成实验 /170
- 11.4 双端口存储器实验 /176
- 11.5 数据通路实验 /180
- 11.6 微程序控制器实验 /186
- 11.7 CPU 组成与机器指令的执行实验 /191
- 11.8 中断原理实验 /195

第 12 章 TEC-8 计算机组成综合实验设计 /200

- 12.1 采用硬连线控制器的常规 CPU 设计 /200
- 12.2 含有阵列乘法器的 ALU 设计 /205

第 13 章 TEC-8 计算机系统结构综合实验设计 /208

- 13.1 采用微程序控制器的流水 CPU 设计 /208
- 13.2 采用硬连线控制器的流水 CPU 设计 /213

第 14 章 TEC-6 计算机硬件基础基本实验设计 /215

- 14.1 TEC-6 模型计算机实验系统 /215
 - 14.1.1 TEC-6 实验系统平台 /215
 - 14.1.2 TEC-6 数据通路总框图 /216
 - 14.1.3 开关、按钮、指示灯 /218
- 14.2 运算器实验 /219
- 14.3 存储器读写实验 /226
- 14.4 数据通路实验 /231
- 14.5 微程序控制器实验 /234

14.6 TEC-6 模型计算机的测试实验 /242

第 15 章 TEC-SOC 片上系统单片机基本实验设计 /249

15.1 SOC 单片机 C8051F020 实验平台 /249

15.1.1 TEC-SOC 片上系统单片机实验装置总框图 /249

15.1.2 SOC 单片机实验装置能够完成的基本实验 /250

15.2 I/O 口输入输出实验 /250

15.3 定时器实验 /253

15.4 键盘数码管实验 /255

15.5 D/A 转换实验 /259

15.6 片上系统大型综合实验 /262

附录 A C8051F 指令系统 /265

参考文献 /270

第1章 实践教学理念的再认识

在“创新型国家”的目标下,实践教学的地位前所未有地得到提升。本章内容总结了作者从事计算机硬件科研教学实践 40 余年的经验和理念,目的是促进实践教学的深入发展。

1.1 时代特征

1.1.1 国际竞争的时代

中国近代史证明:社会制度落后会导致教育和科学技术落后,即使是五千年的文明古国,难免被工业革命发展起来的西方帝国主义列强们任意宰割和欺辱。

当今的世界现实证明:一个国家没有先进的教育和科学技术,就没有国家强大的经济和现代化国防,就没有国家综合实力,也就没有 G8、G20 之类的身份和话语权。

《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中强调指出:

今后十五年科技工作的指导方针是:自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来。

到 2020 年,我国科学技术发展的总体目标是:自主创新能力显著增强,科技促进经济社会发展和保障国家安全的能力显著增强,为全面建设小康社会提供强有力的支撑;基础科学和前沿技术研究综合实力显著增强,取得一批在世界具有重大影响的科学技术成果,进入创新型国家行列,为在本世纪中叶成为世界科技强国奠定基础。

1.1.2 “知识爆炸”的时代

现代科学技术的发展速度可以说是一日千里,过去二十年中科学上的发明和发现比人类历史两千年中发明和发现的总和还要多。电子技术每隔五年淘汰 40%,逼人更新知识而不息,新理论、新发现从提出到实际应用的周期大大缩短,催人策马紧追而不及。总之,我们正处在人类历史上从未有过的“知识爆炸”的新时代。“电子时代”、“信息时代”种种术语已不能确切表达我们这个时代的科学技术对教育的渴求和依赖。

面对这种形势,我们的课程教学必须改变以往只重视“传授知识”而忽视“发展智力和培养能力”的局面。由于知识没有遗传性,传授前人知识当然是重要的。加强基础,使学生具有宽厚的基础知识和专业知识,这是毫无异议的。但是要在学校里教给学生够一辈子使用的知识是不现实的,也是不可能的。这就要求我们把注意力集中到发展学生智力,训练学生具有自己获取知识的能力。用形象的比喻来说,我们交给学生的不能仅仅是一袋干粮,而更重要的是送给学生一杆猎枪,教会打猎放枪的本领,使他们具有自己独立去

获取食物的能力。因此,古今中外的教育家和科学家都十分重视开发学生的智力和培养学生的能力,他们既重视知识的积累,又都把智力和能力的培养看得比知识和积累更重要。

1.1.3 中国计算机学科教育大发展的时代

从1996年到2005年的十年中,我国计算机学科教育有一个跨越式的发展。表1.1列出了十年中本科生、硕士生、博士生的招生人数增长率。

表 1.1 1996—2005 年的计算机学科招生人数增长率

招生类别	1996 年	2005 年	增长率/%
本科生	26 167	102 723	400
硕士生	2032	18 300	900
博士生	360	1778	500

从表1.1中看出,十年中招生人数本科生增长了4倍,硕士生增长了9倍,博士生增长了5倍。

数量上的发展主要是通过扩大计算机专业学科点和招生人数来实现的。然而存在的问题是:一是数量规模过大,二是办学条件和办学质量没有及时跟上去,因而中国最热门的专业(全国800余所院校设置有计算机本科专业)成了就业红灯区。

1.2 创新与实践

1.2.1 什么是创新

1912年,奥地利经济学家熊彼得首次提出了“创新”术语的定义——创新是一种新技术、新产品、新方法。

对于创新的概念,我们做如下理解:

- 创新是指能为人类社会的文明和进步创造出有价值的前所未有的全新物质产品和精神产品。
- 创新的过程就是创造性劳动的过程,没有创造就谈不上创新。
- 创新的本质是不做复制者而是进取,是推动人类文明进步的激情。
- 创新就要淘汰旧观念、旧体制、旧技术、旧产品,培育新观念、新体制、新技术、新产品。
- 创新最关键的条件是要解放自己,因为一切创造力都根植于人的潜在能力的发挥。
- 创新能力来自于不断发现的能力和坚持不懈的精神。
- 创新能力在一定的知识积累的基础上可以训练出来,启发出来,甚至“逼出来”。
- 创新人才是指具有创造精神的创造型人才,也就是具有创新意识、创新精神、创造

能力、创新思维的人才,其核心是创新思维。

- MIT 对创新人才的理念: MIT 致力于给学生打下牢固的科学、技术和人文知识基础,培养创造性地发现问题和解决问题的能力。

然而创新不是时髦名词的代用品,一切都变成创新就没有了创新。如果光喊口号,不干实事,把普通实验室说成创新实验室,把简单实验说成创新实验,未免太庸俗化了。

1.2.2 三大支柱和三种思维

1. 人类科学发现的三大支柱

理论科学、实验科学、计算科学作为科学发现的三大支柱,正推动着人类文明进步和科学技术发展。

理论科学: 偏重理论总结和理性概括,强调较高普遍的理论认识而非直接实用意义科学。研究方法以演绎法为主,不局限于描述经验事实。

实验科学: 科学方法观以实验定性和归纳为主,目标任务在于认识自然界及其规律。

计算科学: 利用计算机科学技术的现代科学研究方法,包括计算方法、模拟方法、智能方法等。

2. 人类认识世界和改造世界的三种思维

理论思维、实验思维、计算思维是人类认识世界和改造世界的三种思维。

理论思维: 推理和演绎为特征,以数学学科为代表。

实验思维: 观察和总结自然规律为特征,以物理学科为代表。

计算思维: 设计和构造为特征,以计算机学科为代表。

1.2.3 创新源于实践

科学院杨叔子院士有句至理名言——创新源于实践。

工程院袁隆平院士历经辛苦发明的高产杂交水稻再一次证明——创新源于实践。

胡锦涛同志在清华大学百年校庆讲话中特别强调指出:“科学理论、创新理论来源于实践,又服务于实践。要坚持理论联系实际,积极投身社会实践……在实践中发现新知,运用真知。”

学习《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》,有专家将相关精神总结成六个大计、六个为本:

百年大计,教育为本;教育大计,教师为本。

学校大计,育人为本;育人大计,教学为本。

国家大计,创新为本;创新大计,实践为本。

对于教育与科技的关系,我们的认识理念是:

国家强盛靠人才,人才培养靠教育,教育是科技之母,教育是富国之本!

长期以来,我国教育开支占 GDP 比例远低于世界平均水平。为实现创新型国家的目标,这种局面应当下决心改变了。

1.2.4 知识产权保护

西方国家百年发展的历史证明:专利制度、版权制度、商标制度等知识产权保护政策对科学技术的发展起着决定性的作用。虽然中国目前也有专利制度、版权制度、商标制度,但是知识产权的保护实在不能令人满意,并成为西方国家攻击的目标。主要表现在:

- 中国公民保护知识产权的意识普遍不强。
- 中国专利权法、著作权法中条例细则保护不力,侵权事件屡屡发生。
- 地方保护主义严重,为侵权或冒牌假货开放绿灯,还美其名曰“构建和谐社会”。
- 一些高校中学术成果的行政化“拉被子”报奖,严重损害知识产权的原创者,是一种学术腐败。
- 执法机关中有些法官缺乏科技知识,高高在上又素质低下,影响了中国司法形象。

要使中国成为一个创新型国家,唯一的途径就是全民保护知识产权,使侵权者成为过街老鼠——人人喊打。

1.3 知识、智力和能力

1.3.1 知识与知识结构

所谓知识,就是人们在改造客观世界的实践中所获得的认识与经验的总和。

要使学生具有合理的知识结构,必须注意知识的使用价值和智力价值。使用价值是指所学知识在后续课程的学习和实践中的作用和效果,而智力价值是指所学知识对人的智力发展所起的促进作用大小,我们在为学生设计合理的知识结构时,必须把这两者有机地结合起来,使在有使用价值的知识体系中包含有科学的智力价值体系。

1.3.2 智力与智力结构

智力是指感知到思维的心理过程特征,是人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力,因此,它属于个体心理特征中能力的范畴。一个人的智力是在掌握人类知识经验和从事实践活动中发展的,但又不等于知识和实践。

智力是由观察力、注意力、记忆力、想象力、思考力等一般能力要素所构成的具有一定结构的系统。用数学语言描述,就是智力因数 I 是一般能力要素 C_i 的函数。即

$$I = f(C_O, C_N, C_R, C_I, C_T) \quad (1.1)$$

式中: I ——智力因数,它综合反映一个的智力品质。

C_O ——观察力,它是个体精细感知事物的特性、辨别相似现象和新异现象的能力。

C_N ——注意力,它是个体组织自己心理活动,使之有效地指向和集中于某个认识对象的能力。

C_R ——记忆力,它是个体保持和再现,再认识以往对客观事物的反映内容和主观体验的能力。

C_I ——想象力,它是个体根据已有知识经验创造性地形成新事物的形象、推测其结构、特性及其变化的能力。

C_T ——思考力,它是个体合乎逻辑地对客观事物形成概念、作出判断、进行推理思维的能力,它进一步又可分为分析能力,综合能力、比较能力,概括能力和抽象能力。

智力因数在个体身上的表现,就是反映了个体的智力品质,它以智力超常、正常、低常为主要标志。我们通常所说的“聪明”与“笨”,就是对一个人智力品质的定性评价。人才学把人才分为创造型、发现型、继承型三种类型,创新型的人才大都是智力超常的人。

智力品质包括敏捷性、灵活性、深刻性和独创性,敏捷性表征的是智力活动的速度;灵活性表征的是智力活动的创造精神。爱迪生一生中之所以能有数以千计的发明创造,在很大程度上依靠了他超常的独创性的智力品质。

一个人的智力品质对其一生的业绩有着决定性的作用。1988年第一作者为了指导学生,首次提出了如下业绩定律公式^[1]:

$$A = It \quad (1.2)$$

式中: A ——业绩。

I ——智力因数。

t ——勤奋度(用时间体现)。

业绩定律公式表明:业绩 A 与智力因数 I 成正比,也与勤奋度 t 成正比,其关系可用图 1.1 表示。

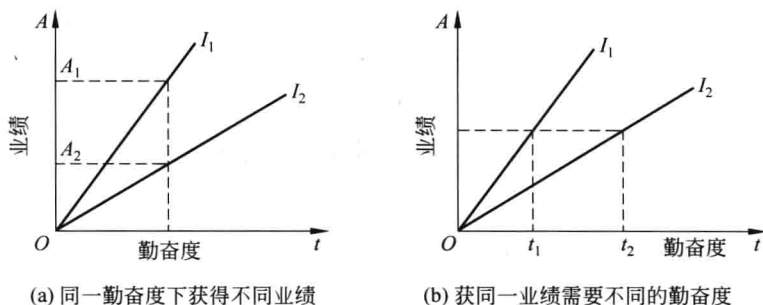


图 1.1 业绩与智力因素、勤奋度的关系

业绩 A 可以广义地理解,在学生时期可以看做学习成绩,在科学研究中可以看做研究成果。图 1.1(a)告诉我们,两个人智力因数不同时,在同样的时间(勤奋度)条件下,智力因数高的人所取得的成绩就大。然而,图 1.1(b)也告诉我们,智力因数低的人采取“笨鸟先飞”的办法,更勤奋一些(花更多的时间),那么也能取得和智力因数高的人一样的成绩。因此,从某种意义上讲,勤奋度和智力因素有着同样的价值。爱迪生说“百分之一

的灵感和百分之九十九的勤奋”,就是兼指这两者。

智力是遗传素质、环境和教育、个人努力三方面因素相互作用的产物,是遗传和环境的对立统一。智力的发展不是由先天的遗传简单的“命定”,也不是由环境在教育机械地决定。遗传素质仅提供了智力发展的可能性,而环境和教育、个人努力则规定了人的智力发展的现实性。环境,尤其是有计划有目的的教育,对智力的发展起着决定性的作用。

要认识到环境和教育对智力发展的决定作用,目的在于创造有利于学生智力发展的环境条件(教师、图书馆、实验室),建立合理的智力结构,促使学生智力的发展并锻炼超常的智力品质,成为创造型人才。

1.3.3 能力与能力结构

能力总是同成功地完成某项活动或某项任务相联系,因此能力是指一个人完成某项活动或任务的综合本领。

对理工科大学生来讲,在教学实践中除了经常性和有针对性地培养上面所述的观察能力、专注能力、记忆能力、想象能力和思考能力以外,应当强调三种能力——自学能力、独立工作能力、科学研究能力。

自学能力就是独立获取知识的能力。培养学生的自学能力,是现代科学技术发展的要求。这是因为,一方面科学技术发展十分迅速,知识更新周期大大缩短,另一方面,学生在校期间不可能把一生所用的知识学到手。

独立工作能力就是运用知识解决实际问题的能力。独立工作能力包括:分析问题和解决问题的能力,运用数学语言描述物理模型与进行计算的能力,科学实验能力,工程设计能力,编写技术资料与报告的能力,组织管理能力等。

科学研究能力是指创造性地运用知识并取得有价值成果的能力,其内容有:确定科研方向 and 选择研究课题的能力,独立进行研究和研制新产品的能力,创作论文和科研报告的能力。

1.4 实验教学的定位和组织

1.4.1 实验教学的目标——发展智力培养能力

前面讲述了学生的知识、智力与能力结构。但更重要的是,如何在整个教育过程中去实现这个结构。

传授知识、发展智力和培养能力,这三者是相互联系,相辅相成的。

传授知识,这是对教学的起码要求。“知识就是力量”这句名言,充分说明了知识的作用和价值。但我们培养的学生,不仅是人类科学文化的继承者,而且是人类科学文化的创造者,而要创造,要发展,就要依靠知识、智力和能力,三者缺一不可,如果说人对社会最终的报答是贡献,那么智力能力将起决定性的作用。因此,我们必须转变教学思想,从只重视传授