



国家电工电子教学基地系列教材

电子电路实验及仿真

The Electronic Experiment and Simulation

◎ 路 勇 主编
◎ 高文焕 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北方交通大学出版社
<http://press.njtu.edu.cn>

国家电工电子教学基地系列教材

电子电路实验及仿真

路 勇 主 编

高文焕 主 审

路 勇 佟 毅 张宇威
李维敏 曾 涛 马英新 编 著

清华大学出版社
北方交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书是国家电工电子教学基地系列教材之一。为适应当前教学改革的要求,按照认知规律,将传统的实验内容整合成基础实验、设计性实验、课程设计及仿真实验这样几个层次,并增加了一些新内容、新知识。为使读者对电子电路实验有一个整体的认识,本书还系统地介绍了实验中涉及的实验工具及实验仪器的使用、基本的设计方法、基本的测试方法、电路板的制造及元器件的基础知识。书中介绍了模拟电子技术、通信电子技术、数字电子技术的实验,每个实验包括目的、要求、原理、参考电路、测试方法及设计举例,此外还介绍了几种常见仿真软件的使用,并提供了一定数量的仿真实验。为使读者更好地理解实验内容及实验现象,每个实验中都有一定数量的思考题。

本书可作为高等学校电子信息类专业及相近专业的本、专科生教材和课程设计、毕业设计参考书,也可作为电子技术专业人员的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路实验及仿真/路勇主编. —北京:清华大学出版社;北方交通大学出版社,2004.1
(国家电工电子教学基地系列教材)

ISBN 7-81082-112-1

I. 电… II. 路… III. ①电子电路-实验-高等学校-教材 ②电子电路-计算机仿真-实验-高等学校-教材 IV. TN707-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078860 号

责任编辑:郭 洁

特邀编辑:宋望溪

印 刷 者:北京东光印刷厂

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084

北方交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686045, 62237564

经 销:各地新华书店

开 本:787×960 1/16 印张:26.5 字数:590 千字

版 次:2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册 定价:34.00 元

国家电工电子教学基地系列教材 编审委员会成员名单

主 任 谈振辉

副主任 张思东 赵尔沅 孙雨耕

委 员 (以姓氏笔画为序)

王化深 卢先河 刘京南 朱定华 沈嗣昌

严国萍 杜普选 李金平 李哲英 张有根

张传生 陈后金 邹家驷 郑光信 屈 波

侯建军 贾怀义 徐国治 徐佩霞 廖桂生

薛 质 戴瑜兴

总 序

当今信息科学技术日新月异,以通信技术为代表的电子信息类专业知识更新尤为迅猛。培养具有国际竞争能力的高水平的信息技术人才,促进我国信息产业发展和国家信息化水平的提高,都对电子信息类专业创新人才的培养、课程体系的改革、课程内容的更新提出了富有时代特色的要求。近年来,国家电工电子教学基地对电子信息类专业的技术基础课程群进行了改革与实践,探索了各课程的认知规律,确定了科学的教育思想,理顺了课程体系,更新了课程内容,融合了现代教学方法,取得了良好的效果。为总结和推广这些改革成果,在借鉴国内外同类有影响教材的基础上,决定出版一套以电子信息类专业的技术基础课程为基础的“国家电工电子教学基地系列教材”。

本系列教材具有以下特色:

- 在教育思想上,符合学生的认知规律,使教材不仅是教学内容的载体,也是思维方法和认知过程的载体。

- 在体系上,建立了较完整的课程体系,突出了各课程内在联系及课群内各课程的相互关系,体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一。

- 在内容上,体现现代与经典、数字与模拟、软件与硬件的辩证关系,反映当今信息科学与技术的新概念和新理论,内容阐述深入浅出,详略得当。增加工程性习题、设计性习题和综合性习题,培养学生分析问题和解决问题的素质与能力。

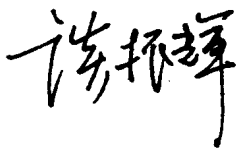
- 在辅助工具上,注重计算机软件工具的运用,使学生从单纯的习题计算转移到基本概念、基本原理和基本方法的理解和应用,提高了学习效率和效果。

本系列教材包括:

《基础电路分析》、《现代电路分析》、《模拟集成电路基础》、《信号与系统》、《电子测量技术》、《微机原理与接口技术》、《电路基础实验》、《电子电路实验及仿真》、《数字实验一体化教程》、《数字信号处理综合设计实验》、《电路基本理论》、《现代电子线路》(含上、下册)、《电工技术》。

本系列教材的编写和出版得到了教育部高等教育司的指导、北方交通大学教务处及电子与信息工程学院的支持,在教育思想、课程体系、教学内容、教学方法等方面获得了国内同行们的帮助,在此表示衷心的感谢。

北方交通大学
“国家电工电子教学基地系列教材”
编审委员会主任

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈振' (Chen Zhen), written in a cursive style.

2003 年 2 月

前言

电子技术是电类专业的一门重要的技术基础课,课程的显著特点之一是它的实践性。要想很好地掌握电子技术,尤其是模拟电子技术,除了掌握基本器件的原理、电子电路的基本组成及分析方法外,还要掌握电子器件及基本电路的应用技术,因而实验教学成为电子技术教学中的重要环节,是将理论知识付诸于实践的重要手段。

由于科学技术的飞速发展,社会对人才的要求也越来越高,不仅要求人才具有丰富的知识,还要求其具有更强的对知识的运用能力及创新能力,以适应新形势的要求。以往的实验教学中,主要偏重验证性的内容,这种教学模式很难满足现代社会的要求。为适应面向 21 世纪教育的基本要求,为提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,实验课内容应有相应的改变,因此本教材的基本思想是:将传统的实验教学内容划分为基础验证性实验、设计性实验、综合性实验、仿真实验这样几个层次。

全书分为 8 章,其中第 1~3 章分别介绍了电子电路实验的基础知识、常用的测试方法和实验仪器。

通过第 4 章的基础实验,可使学生掌握器件的性能、电子电路基本原理及基本的实验方法,从而验证理论,并发现理论知识在实际应用中的局限性;培养学生从实验数据中总结规律、发现问题的能力。另外,实验分成必做和选做两部分,并配备一定数量的思考题,使学习优秀的学生有发挥的余地。

通过第 5 章的设计性实验,可提高学生对基础知识及基本实验技能的运用能力,掌握参数及电子电路的内在规律,真正理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的差别。

通过第 6 章的综合性实验,可使学生加深对单元功能电路的理解,了解各功能电路间的相互影响,掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系,以及模拟电路和数字电路之间的结合,可提高学生综合运用知识的能力。

通过第 7 章的仿真实验,可使学生掌握各种仿真软件的应用,学会电子电路现代化的设计方法。在实验中软件的使用以自学为主,配合具体的题目,培养学生对新知识的掌握和应用能力。

第8章介绍了实验中常用的电子器件。另外,文中的选做内容用“*”标识,供程度较好的同学选做。

本书由路勇担任主编。第1、2、8章及第5、6、7章的模拟部分由路勇编写,第3章的示波器部分及第5、6章的数字部分由佟毅编写,第4章的模拟部分由李维敏编写,第3章的信号发生器部分、第4章的数字部分由张宇威编写,第7章的数字部分由曾涛编写,第6章印制电路板制作部分由马英新编写,最后由路勇对各章进行了文字润饰和定稿。

清华大学高文焕教授主审了全稿,并提出了许多宝贵的意见,这些意见对提高本书质量十分重要。

本书在编写过程中始终得到北方交通大学电子信息工程学院张有根副院长及国家电工电子基地领导的热情支持。在此,对上述所有帮助过我们的同志表示深切的谢意!

由于编者水平所限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

作 者

2004 年 1 月

目 录

第 1 章 电子电路实验的基础知识	1
1.1 电子电路实验课的意义、目的及要求	1
1.1.1 电子电路实验课的意义	1
1.1.2 电子电路实验课的特点及学习方法	2
1.1.3 电子电路实验课的目的	4
1.1.4 电子电路实验的一般要求	5
1.2 实验室的安全操作规程	7
1.2.1 人身安全	7
1.2.2 仪器及器件安全	7
1.3 实验室常用工具和材料的使用	7
1.3.1 主要工具	8
1.3.2 主要材料	8
1.3.3 辅助工具	9
1.4 电子测量中的误差分析	10
1.4.1 测量误差产生的原因及其分类	10
1.4.2 误差的各种表示方法	11
1.4.3 削弱和消除系统误差的主要措施	12
1.5 实验数据的处理方法	13
1.5.1 有效数字和数字的舍入规则	13
1.5.2 数据运算规则	14
1.5.3 等精度测量结果的处理	14
第 2 章 电子电路实验中常用的测试方法	15
2.1 电子测量概述	15
2.1.1 电子测量	15
2.1.2 计量的概念	15
2.1.3 测量方法的分类	16
2.2 模拟电子电路基本参数的测试方法	16

2.2.1	电压的测量方法	16
2.2.2	阻抗的测量方法	18
2.2.3	幅频特性与通频带的测量方法	20
2.2.4	调幅系数的测量方法	22
2.2.5	失真系数的测量方法	22
2.3	数字电路中常用的测试方法	23
2.3.1	数字集成电路器件的功能测试	23
2.3.2	数字电路的几种基本电路的测试方法	23
第3章	实验常用仪器	25
3.1	电子示波器的基本工作原理、技术参数及使用方法	25
3.1.1	示波器的分类及基本工作原理	25
3.1.2	HP54645D 示波器的使用	27
3.1.3	SS-7804 通用示波器的使用方法	34
3.2	示波器的基本使用方法	37
3.2.1	通用示波器的几项主要技术指标	37
3.2.2	使用示波器的基本步骤	38
3.2.3	使用示波器应注意的几个问题	38
3.2.4	示波器使用过程中的常见问题及解决办法	39
3.3	信号发生器原理与使用	41
3.3.1	信号源的种类	41
3.3.2	HP33120A 函数/任意波形信号发生器	42
3.3.3	HP33120A 的基本功能与使用方法	44
3.3.4	HP33120A 基本操作示例	47
第4章	电子电路基础实验	52
4.1	模拟电子电路基础实验	52
实验 4.1	单级低频放大器	52
实验 4.2	负反馈放大器	55
实验 4.3	场效应管的特性测试	59
实验 4.4	集成运算放大器参数测试	62
实验 4.5	集成运算放大器的应用	67
实验 4.6	波形发生器	72
实验 4.7	集成功率放大器	75
实验 4.8	单调谐放大器	77
实验 4.9	峰值包络检波器	79

实验 4.10	模拟乘法器的应用——调幅	82
实验 4.11	模拟乘法器的应用——解调	85
实验 4.12	调频振荡器	87
实验 4.13	鉴频器	91
实验 4.14	集成锁相环的基本测试	95
4.2	数字电子技术基础实验	99
4.2.1	数字集成电路概述	99
4.2.2	基本逻辑门电路	102
实验 4.15	TTL 与 CMOS 集成逻辑门的参数测试	105
实验 4.16	集电极开路 OC 门与三态门的应用	108
4.2.3	组合逻辑电路	112
实验 4.17	组合逻辑电路的竞争与冒险	117
实验 4.18	可控加减法器设计	119
实验 4.19	数字密码锁设计	121
实验 4.20	LED 数字显示系统设计	123
实验 4.21	数字函数发生器	127
4.2.4	触发器	130
实验 4.22	触发器及其应用	131
4.2.5	时序逻辑电路	136
实验 4.23	计数器的设计与应用	137
实验 4.24	移位寄存器及其应用	141
实验 4.25	简易交通灯电路的设计	144
实验 4.26	出租车自动计价器的设计	146
4.2.6	数模转换接口电路	147
实验 4.27	A/D、D/A 转换电路应用设计	149
4.2.7	脉冲信号发生电路和定时电路	155
实验 4.28	555 定时电路	159
第 5 章	电子电路设计实验	163
5.1	模拟电子电路的一般设计过程	163
5.1.1	模拟电子电路的设计方法	163
5.1.2	模拟电子电路的安装	168
5.1.3	模拟电子电路的调试	170
5.1.4	电子电路的故障分析与处理	173
5.1.5	模拟电路设计性实验	174

实验 5.1 具有恒流源偏置的差分放大器设计	174
实验 5.2 方波-三角波-正弦波函数发生器设计	183
实验 5.3 RC 有源滤波器的设计	192
实验 5.4 OCL 低频功率放大器的设计	196
实验 5.5 语音放大电路的设计	200
实验 5.6 集成直流稳压电源的设计	205
实验 5.7 测量放大器的设计	213
实验 5.8 LC 振荡器的设计与测试	216
实验 5.9 小功率调频发射机	219
实验 5.10 集成化调频接收机	224
实验 5.11 小功率调幅高频发射机的设计	227
5.2 数字电子电路设计实验的一般设计方法	230
5.2.1 设计总体方案	230
5.2.2 设计单元电路	231
5.2.3 元器件的选择	232
5.2.4 总电路图的画法	235
5.2.5 数字电路设计过程中的一些问题	236
5.2.6 数字电子电路设计实例	241
实验 5.12 多功能流水灯	241
实验 5.13 8 路抢答器	245
实验 5.14 三设备顺序控制器	248
实验 5.15 洗衣机控制电路	250
实验 5.16 交通灯控制电路	251
实验 5.17 多踪信号显示转换器	253
第 6 章 课程设计及制作	255
6.1 印制电路板设计的一般原则	255
6.2 印制电路板的设计	258
6.2.1 印制电路板的选材	258
6.2.2 设计制作印制电路板前的准备	258
6.2.3 印制电路板的设计方法	258
6.3 印制电路板的制作	259
6.4 利用软件 Protel 设计印制电路板	261
6.4.1 Protel 98 的发展	261
6.4.2 Protel 98 的功能特点	261

6.4.3	Protel 98 的基本操作	261
6.4.4	电路原理图的绘制实例	263
6.4.5	电路设计综合练习	275
6.5	电子电路课程设计	276
6.5.1	模拟电子电路课程设计实例	276
实验 6.1	开关稳压电源的设计与调试	276
实验 6.2	峰值检测系统的设计	282
实验 6.3	频率合成器的设计	290
6.5.2	数字电子电路课程设计实例	302
实验 6.4	三位显示计数系统	302
实验 6.5	简易数字频率计	306
实验 6.6	数显电子秤	312
实验 6.7	可编程字符显示器	313
6.5.3	电子电路综合课程设计题目	314
实验 6.8	电视天线放大器	314
实验 6.9	心率测试电路	315
实验 6.10	小型调幅发射机	316
实验 6.11	遥测心率调频发射器	317
实验 6.12	音调控制电路	317
实验 6.13	频域可调耳聋助听器	318
实验 6.14	双工传呼对讲系统	319
实验 6.15	红外传声系统	321
第 7 章	电子电路的仿真实验	322
7.1	基于 EWB 的电子电路设计及仿真	322
7.1.1	EWB 的功能简介	322
7.1.2	EWB 实验平台的虚拟实验	344
实验 7.1	共射放大器的频率响应	344
实验 7.2	运算放大器的频率响应	347
实验 7.3	积分电路和微分电路	350
实验 7.4	电容三点式振荡器	354
实验 7.5	运放稳压器与恒温控制器设计	356
7.2	软件 MAX+plus II 平台上的数字电路设计及仿真	360
7.2.1	MAX+plus II 的设计方法	360
7.2.2	MAX+plus II 实验平台上的数字电路实验	374

实验 7.6 交通控制灯监视电路	374
实验 7.7 4 位二进制/BCD 码变换电路	375
实验 7.8 多功能电子表	375
实验 7.9 扭环形和环形计数器的设计	376
实验 7.10 双向移位寄存器	378
实验 7.11 自动打铃系统	379
实验 7.12 设计 9×9 乘法表	380
实验 7.13 8 位序列检测器	381
实验 7.14 序列信号发生器	381
实验 7.15 汽车尾灯控制电路	382
第 8 章 实验中常用的电子器件	384
8.1 半导体分立器件	384
8.1.1 半导体分立器件的命名方法	384
8.1.2 常用半导体二极管的主要参数	390
8.1.3 常用整流桥的主要参数	391
8.1.4 常用稳压二极管的主要参数	392
8.1.5 常用半导体三极管的主要参数	392
8.1.6 常用场效应管的主要参数	396
8.2 半导体集成电路	397
8.2.1 国产半导体集成电路的命名方法	397
8.2.2 国际集成电路的命名方法	398
参考文献	408

第 1 章 电子电路实验的基础知识

提要 本章介绍电子电路实验课程的基本特点、学习方法、基本要求,以及在实验过程中遇到的常识性问题和常用的实验工具,以此作为实验课的前期准备,为顺利地完成实验课程的内容,达到应有的实验目的奠定良好的基础。

1.1 电子电路实验课的意义、目的及要求

1.1.1 电子电路实验课的意义

电子技术是电类专业的一门重要的技术基础课,课程的显著特征之一是它的实践性。要想很好地掌握电子技术,除了掌握基本器件的原理、电子电路的基本组成及分析方法外,还要掌握电子器件及基本电路的应用技术,因而实验课已成为电子技术教学中的重要环节。通过实验可使学生掌握器件的性能、参数及电子电路的内在规律、各功能电路间的相互影响,从而验证理论并发现理论知识的局限性。通过实践教学,可使学生进一步掌握基础知识、基本实验方法及基本实验技能。电子电路的基本实验技能如下:

(1) 电子电路实验技术,包括电路参数测量、调整技术和电子电路系统结构实验分析技术;

(2) 电路参数测量与调整技术,包括测量方法与仪器设备选择技术(测量系统设计技术)、仿真研究技术、误差分析技术等;

(3) 电子电路系统结构实验分析技术,包括传递函数综合分析技术、频率特性实验分析技术等。

由于科学技术的飞速发展,社会对人才的要求越来越高,不仅要求具有丰富的知识,还要具有更强的对知识的运用能力及创新能力,以适应新形势的要求。以往的实验教学中,主要偏重验证性的内容,这种教学模式很难满足现代社会的要求。为适应面向 21 世纪教育的基本要求,为提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,实验课内容有了相应的改变。在本课程体系中,将传统的实验教学内容划分为基础验证性实验、设计性实验、综合性实验、仿真实验这样几个层次。

通过基础实验教学, 可使学生掌握器件的性能、电子电路基本原理及基本的实验方法, 从而验证理论并发现理论知识在实际应用中的局限性, 培养学生从枯燥的实验数据中总结规律、发现问题的能力。另外, 实验要求分成必做和选做两部分, 同时还配备了大量的思考题, 可使学习优秀的学生有发挥的余地。

通过设计性实验教学, 可提高学生对基础知识、基本实验技能的运用能力, 掌握参数及电子电路的内在规律, 真正理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的差别。

通过综合性实验教学, 可提高学生对单元功能电路理解, 了解各功能电路间的相互影响, 掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系, 以及模拟电路和数字电路之间的结合, 可提高学生综合运用知识的能力。

通过仿真实验教学, 使学生掌握各种仿真软件的应用, 以及它们的功能、特点, 学会电子电路现代化的设计方法的应用, 在实验中软件的使用以自学为主, 配合具体的题目, 培养学生对新知识掌握和应用能力。

1.1.2 电子电路实验课的特点及学习方法

1. 电子电路实验的特点

电子电路实验课程具有以下一些特点。

(1) 电子器件(如半导体管、集成电路等)品种繁多, 特性各异。在进行实验时, 首先就面临如何正确、合理地选择电子器件的问题。如果选用不当, 则将难以获得满意的实验结果, 甚至造成电子器件的损坏。因此, 必须对所用电子器件的性能有所了解。

(2) 电子器件(特别是模拟电子器件)的特性参数分散性大, 电子元件(如电阻、电容等)的元件值也有较大的偏差。这就使得实际电路性能与设计要求有一定的差异, 实验时就需要进行调试。调试电路所花费的精力有时甚至会超过制作电路所花费的精力。对于已调试好的电路, 若更换了某个元器件, 也有个重新调试的问题。因此, 掌握调试方法, 积累调试经验, 是很重要的。

(3) 模拟电子器件的特性大多数都是非线性的。因此, 在使用模拟电子器件时, 就有一个如何合理地选择与调整工作点以及如何使工作点稳定的问题。而工作点是由偏置电路确定的, 因此偏置电路的设计与调整在模拟电子电路中占有极其重要的地位。另一方面, 模拟电子器件的非线性特性使得模拟电子电路的设计难以精确, 因此通过实验进行调试是必不可少的。

(4) 模拟电子电路的输入输出关系具有连续性、多样性与复杂性。这就决定了模拟电子电路测试手段的多样性与复杂性。针对不同的问题采用不同的测试方法, 是模拟电子电路实验的特点之一。而数字电子电路的输出输入关系比较简单, 但各测试点电平之间的逻辑关系或时序关系则应搞得非常清楚。

(5) 测试仪器的非理想特性(如信号源具有一定的内阻、示波器和毫伏表输入阻抗不够高等), 会对被测电路的工作状态有影响。了解这种影响, 选择合适的测试仪器和分析由此

引起的测试误差,是模拟电子电路实验中的一个不可忽视的问题。

(6) 电子电路中的寄生参数(如分布电容、寄生电感等)和外界的电磁干扰,在一定条件下可能对电路的特性有重大影响,甚至因产生自激而使电路不能工作。这种情况在工作频率高时尤易发生。因此,元件的合理布局 and 合理连接方式,接地点的合理选择和地线的合理安排,必要的去耦和屏蔽措施等在模拟电子电路实验中是相当重要的。

(7) 电子电路(特别是模拟电子电路)各单元电路相互连接时,经常会遇到一个匹配问题。尽管各单元电路都能正常工作,若未能做到很好地匹配,则相互连接后的总体电路也可能不能正常工作。为了做到匹配,除了在设计时就要考虑到这一问题,选择合适的元件参数或采取某些特殊的措施外,在实验时也要注意这一问题。

电子电路实验的上述特点决定了电子电路实验的复杂性,也决定了实验能力和实际经验的重要性。了解这些特点,对掌握电子电路的实验技术,分析实验中出现的问题和提高实验能力是很有益的。

2. 电子电路实验的学习方法

为了学好电子电路实验课,在学习时应注意以下几点。

(1) 掌握实验课的学习规律。实验课是以实验为主的课程,每个实验都要经历预习、实验和总结三个阶段,每个阶段都有明确的任务与要求。

预习——预习的任务是弄清实验的目的、内容、要求、方法及实验中应注意的问题,并拟定出实验步骤,画出记录表格。此外,还要对实验结果做出估计,以便在实验时可以及时检验实验结果的正确性。预习得是否充分,将决定实验能否顺利完成和收获的大小。

实验——实验的任务是按照预定的方案进行实验。实验的过程既是完成实验任务的过程,又是锻炼实验能力和培养实验作风的过程。在实验过程中,既要动手,又要动脑,要养成良好的实验作风,要做好原始数据的记录,要分析与解决实验中遇到的各种问题。

总结——总结的任务是在实验完成后,整理实验数据,分析实验结果,总结实验收获和写出实验报告。这一阶段是培养总结归纳能力和编写实验报告能力的主要手段。一次实验收获的大小,除决定于预习和实验外,总结也具有重要的作用。

(2) 应用已学理论知识指导实验的进行。首先要从理论上研究实验电路的工作原理与特性,然后再制订实验方案。在调试电路时,也要用理论来分析实验现象,从而确定调试措施。盲目调试是错误的。虽然有时也能获得正确的结果,但对调试电路能力的提高不会有什么帮助。对实验结果的正确与否及与理论的差异也应从理论的高度来进行分析。

(3) 注意实际知识与经验的积累。实际知识和经验需要靠长期积累才能丰富起来。在实验过程中,对所用的仪器与元器件,要记住它们的型号、规格和使用方法。对实验中出现的各种现象与故障,要记住它们的特征。对实验中的经验教训,要进行总结。为此,可准备一本“实验知识与经验记录本”,及时记录与总结。这不仅对当前有用,而且可供以后查阅。

(4) 增强自觉提高实际工作能力的意识。要将实际工作能力的培养从被动变为主动。在学习过程中,有意识地、主动地培养自己的实际工作能力。不应依赖教师的指导,而应力求