

全国普通高等院校电子信息规划教材

# 电工理论与控制技术基础 实验指导与题解

张远强 敖邦乾 吴有林 令狐金卿 贾维海 编著



清华大学出版社

全国普通高等院校电子信息规划教材

# 电工理论与控制技术基础 实验指导与题解

张远强 敖邦乾 吴有林 令狐金卿 贾维海 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本课程是根据目前二本院校理工类专业“宽口径、应用型”人才的培养模式和教学目标,结合各类教材的特点和二本院校理工类专业人才培养定位的需要而编写,是“电工理论与控制技术基础”课程的配套教材。本书紧密结合理论教材的基础实验、实用性和趣味性兼顾开放性的技能训练,能有效地提高学生的操作技能以及分析问题和解决问题的能力。

全书共分上下两篇,上篇为实验,下篇为《电工理论与控制技术基础》教材的习题解答。

本书可作为“宽口径、应用型”人才培养高等院校的应用电子技术、电气自动化工程、电子信息工程、通信工程、机电工程、计算机工程及其他理工科专业的教材,也可作为工程技术人员继续教育的参考用书。

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

电工理论与控制技术基础实验指导与题解/张远强等编著. --北京:清华大学出版社,2015

全国普通高等院校电子信息规划教材

ISBN 978-7-302-38139-6

I. ①电… II. ①张… III. ①电工—理论—高等学校—教学参考资料 ②电气控制—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM1 ②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 227850 号

责任编辑:白立军

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

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:185mm×260mm 印 张:8.75 字 数:218千字

版 次:2015年5月第1版 印 次:2015年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:19.00元

产品编号:053272-01

## 1. 电工技术的发展与要求

“电工理论与控制技术”是研究电工技术和电子技术应用的基础课,实验是理论教学的重要组成部分,是全面提升学生实践能力、巩固理论知识的重要环节,也是高等院校培养应用型人才的重要环节。电工控制技术这些年在计算机技术和通信技术的支持下发展非常迅速,也从原来的单一的电工理论和技术发展到集计算机理论和技术、通信理论和技术以及控制理论和技术于一体的新型的电力电子技术和新型的电力控制技术。它们互相渗透,相互交织,特别是随着科学技术的飞速发展,电工、电子技术在各行各业中的应用越来越广泛,对非电类专业的学生掌握和应用电知识提出更高的要求。因此,要求在本课程的学习过程中,同时要学习或了解其他弱电或计算机硬件相关学科的知识,分析各学科间技术的应用和支撑,特别是以单片机为主的软件知识和硬件知识,全面提高自己的分析问题和解决问题的能力,让自己去适应社会对应用型人才的要求。

## 2. 本课程的性质

本课程为理工类电专业和非电专业的基础课。根据目前二本院校理工类专业以培养“宽口径、应用型”人才为主的人才模式和教学目标,结合各类教材的特点和二本院校理工类人才培养定位的需要,紧密结合“电工理论与控制技术基础”理论教材的基础性、实用性和趣味性兼顾的开放性技能训练,注重经典理论和单元电路与工程应用、电气产品相结合。内容包括测量的基础知识,常用仪器、仪表及其使用,常用元器件简介,验证性实验,应用及设计性实验,综合性实验,特别是 PLC 的控制部分,结合电机的控制方式,开设多功能、多用途的各类自选实验。能有效地提高学生的操作技能、分析问题和解决问题的能力。

## 3. 本课程的目标

本课程包括以下 4 个目标。

(1) 综合目标:通过本课程的学习,能理论联系实际,能对绝大部分电气

产品的工作原理和核心技术进行系统分析,并能改良实践和创新设计。

(2) 就业目标:能满足企业电气产品的生产、施工、销售、管理、维护、研发等方面的工作。能看懂各种电气设备的施工图,并承担单位或一般房屋的电路设计和安装施工。

(3) 等级目标:通过短期的相关安全法规方面的学习,能考取国家级的电工证(建议毕业当年完成此项工作)。

(4) 知识目标:在电类硕士研究生的入学考试中,专业成绩要达到合格要求。

#### 4. 本课程对前后课程的要求

本课程是建立在“电工理论与控制技术基础”基础上的一门专业基础实验课。因此,对“电工理论与控制技术基础”中的一些基本概念要求要清楚、定性的分析要掌握。本课程对后续课程的影响较大,特别是对模拟低频电路、高频电路等课程的关联非常紧密,所以在学习过程中应尽量将前、后学科的知识进行相互的接触和联系,以扩大知识的视野。

本书在撰写过程中,得到了“贵州省重点学科”的支持和帮助,在此表示感谢。由于作者水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

作者

2015年3月

## 上篇 实 验 篇

|  |           |
|--|-----------|
| 实验须知 .....                             | 3         |
| <b>第 1 章 【实验 1】 常用电工仪表的功能与使用 .....</b> | <b>6</b>  |
| 1.1 实验目的 .....                         | 6         |
| 1.2 实验原理 .....                         | 6         |
| 1.3 实验设备 .....                         | 6         |
| 1.4 实验步骤 .....                         | 9         |
| 1.5 实验报告及要求 .....                      | 10        |
| <b>第 2 章 【实验 2】 万用表的设计与组装 .....</b>    | <b>11</b> |
| 2.1 实验目的 .....                         | 11        |
| 2.2 实验要求 .....                         | 11        |
| 2.3 实验原理 .....                         | 11        |
| 2.4 实验步骤 .....                         | 13        |
| 2.5 实验报告及要求 .....                      | 14        |
| <b>第 3 章 【实验 3】 通用饮水机电路实验 .....</b>    | <b>15</b> |
| 3.1 实验目的 .....                         | 15        |
| 3.2 实验原理 .....                         | 15        |
| 3.3 实验内容 .....                         | 16        |
| 3.4 实验要求 .....                         | 17        |
| <b>第 4 章 【实验 4】 基尔霍夫定律与叠加原理 .....</b>  | <b>18</b> |
| 4.1 实验目的 .....                         | 18        |
| 4.2 实验原理 .....                         | 18        |
| 4.3 仪器设备 .....                         | 19        |
| 4.4 实验步骤 .....                         | 19        |
| 4.5 实验报告及要求 .....                      | 20        |

|  |    |
|--|----|
| <b>第 5 章 【实验 5】 电源的外特性与戴维南定理</b>       | 21 |
| 5.1 实验目的                               | 21 |
| 5.2 实验原理                               | 21 |
| 5.3 实验步骤及数据处理                          | 22 |
| 5.4 实验报告及要求                            | 22 |
| <b>第 6 章 【实验 6】 示波器的功能与使用练习</b>        | 23 |
| 6.1 实验目的                               | 23 |
| 6.2 实验仪器                               | 23 |
| 6.3 实验原理                               | 23 |
| 6.4 实验内容                               | 28 |
| 6.5 数据与结果                              | 28 |
| 6.6 注意事项                               | 28 |
| <b>第 7 章 【实验 7】 RLC 暂态电路特性的研究</b>      | 29 |
| 7.1 实验目的                               | 29 |
| 7.2 实验仪器                               | 29 |
| 7.3 实验原理                               | 29 |
| 7.4 数据处理                               | 36 |
| 7.5 注意事项                               | 36 |
| <b>第 8 章 【实验 8】 三相电路中的电压电流关系</b>       | 37 |
| 8.1 实验目的                               | 37 |
| 8.2 实验设备                               | 37 |
| 8.3 实验原理                               | 37 |
| 8.4 实验内容及步骤                            | 39 |
| 8.5 注意事项                               | 40 |
| <b>第 9 章 【实验 9】 三相负载的两种连接方式和对称与不对称</b> | 41 |
| 9.1 实验目的                               | 41 |
| 9.2 实验设备                               | 41 |
| 9.3 实验原理                               | 41 |
| 9.4 实验步骤                               | 42 |
| 9.5 实验报告及要求                            | 43 |
| <b>第 10 章 【实验 10】 变压器的测量实验</b>         | 44 |
| 10.1 实验目的                              | 44 |
| 10.2 实验仪器                              | 44 |
| 10.3 实验原理                              | 44 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| 10.4          | 实验电路                                       | 45 |
| 10.5          | 实验步骤与记录                                    | 45 |
| <b>第 11 章</b> | <b>【实验 11】 日光灯电路(无功功率补偿)</b>               | 47 |
| 11.1          | 实验目的                                       | 47 |
| 11.2          | 实验仪器                                       | 47 |
| 11.3          | 实验原理                                       | 47 |
| 11.4          | 实验内容                                       | 48 |
| 11.5          | 思考题和误差分析                                   | 49 |
| <b>第 12 章</b> | <b>【实验 12】 RLC 串联电路谐振特性</b>                | 50 |
| 12.1          | 实验目的                                       | 50 |
| 12.2          | 实验仪器                                       | 50 |
| 12.3          | 实验原理                                       | 50 |
| 12.4          | 实验内容                                       | 53 |
| <b>第 13 章</b> | <b>【实验 13】 接触器控制的交流电动机自锁启动、停止、点动、正反转控制</b> | 55 |
| 13.1          | 实验目的                                       | 55 |
| 13.2          | 实验所需仪器设备                                   | 55 |
| 13.3          | 实验原理                                       | 56 |
| 13.4          | 检测与调试                                      | 59 |
| 13.5          | 实验步骤                                       | 59 |
| 13.6          | 注意事项                                       | 59 |
| <b>第 14 章</b> | <b>【实验 14】 接触器控制的交流电动机顺序控制</b>             | 60 |
| 14.1          | 实验目的                                       | 60 |
| 14.2          | 实验所需仪器设备                                   | 60 |
| 14.3          | 实验原理                                       | 60 |
| 14.4          | 检测与调试                                      | 62 |
| 14.5          | 实验步骤                                       | 62 |
| 14.6          | 注意事项                                       | 62 |
| <b>第 15 章</b> | <b>【实验 15】 直流电机的调速</b>                     | 63 |
| 15.1          | 实验目的                                       | 63 |
| 15.2          | 实验所需仪器设备                                   | 63 |
| 15.3          | 实验原理                                       | 64 |
| 15.4          | 检测与调试                                      | 65 |
| 15.5          | 实验步骤                                       | 65 |



|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 15.6          | 注意事项 .....                               | 65        |
| <b>第 16 章</b> | <b>【实验 16】 PLC 控制电动机自锁启动、停止和点动 .....</b> | <b>66</b> |
| 16.1          | 实验目的 .....                               | 66        |
| 16.2          | 实验所需仪器设备 .....                           | 66        |
| 16.3          | 实验内容 .....                               | 67        |
| <b>第 17 章</b> | <b>【实验 17】 PLC 控制电动机正转、反转 .....</b>      | <b>70</b> |
| 17.1          | 实验目的 .....                               | 70        |
| 17.2          | 实验所需仪器设备 .....                           | 70        |
| 17.3          | 实验内容 .....                               | 70        |
| <b>第 18 章</b> | <b>【实验 18】 PLC 控制电机的星-三角降压启动 .....</b>   | <b>73</b> |
| 18.1          | 实验目的 .....                               | 73        |
| 18.2          | 实验所需仪器设备 .....                           | 73        |
| 18.3          | 实验内容 .....                               | 73        |
| <b>第 19 章</b> | <b>【实验 19】 运料小车控制 .....</b>              | <b>76</b> |
| 19.1          | 实验目的 .....                               | 76        |
| 19.2          | 实验所需仪器设备 .....                           | 76        |
| 19.3          | 实验内容 .....                               | 76        |

## 下篇 习题及解答篇

|                   |                         |            |
|-------------------|-------------------------|------------|
| <b>第 20 章</b>     | <b>主教材各章习题及答案 .....</b> | <b>83</b>  |
| 20.1              | 第 1 章习题及答案 .....        | 83         |
| 20.2              | 第 2 章习题及答案 .....        | 90         |
| 20.3              | 第 3 章习题及答案 .....        | 95         |
| 20.4              | 第 4 章习题及答案 .....        | 102        |
| 20.5              | 第 5 章习题及答案 .....        | 107        |
| 20.6              | 第 6 章习题及答案 .....        | 111        |
| 20.7              | 第 7 章习题及答案 .....        | 114        |
| 20.8              | 第 8 章习题及答案 .....        | 118        |
| 20.9              | 第 9 章习题及答案 .....        | 120        |
| 20.10             | 第 10 章习题及答案 .....       | 124        |
| <b>参考文献 .....</b> |                         | <b>130</b> |

# 上篇 实 验 篇



# 实验须知

## 1. 实验课目的和要求

“电工学”理论基础课是本专科非电类专业的一门重要技术基础课,电工学实验是整个教学过程的重要组成部分,是“电工学”的实践性很强的后续课程。实验的目的不仅要帮助学生巩固和加深理解“电工学”课程的基本理论知识,更重要的是训练学生的基本实验技能,使学生学会独立进行实验,培养其用基本理论知识分析和解决实际问题的能力,树立严肃认真的科学态度和踏实细致的实验作风。

### 1) 实验基本技能的要求

- (1) 能正确选择和使用常用的电工仪表和电子仪器。
- (2) 能独立按照实验电路图正确接线和查线。
- (3) 初步掌握常用电子元器件使用的基本知识。
- (4) 能准确读取实验数据,观察实验现象,测绘波形和曲线。
- (5) 学会查找和排除简单的故障。
- (6) 能整理分析实验数据,独立写出内容完整、条理清楚、整洁的实验报告。
- (7) 掌握一般的安全用电常识,遵守操作规程。

### 2) 实验课的具体要求

为了充分发挥学生的主动性,提高实验课的质量,对电工学实验的课前预习、实验进行和课后总结提出以下具体要求。

(1) 课前预习。每次实验前,应充分做好预习准备,复习并掌握与实验相关的理论知识,认真阅读实验指导书,明确实验目的,了解实验仪器和设备的使用方法,熟悉实验电路和内容,知道实验的操作程序以及注意事项。每次实验之前要写出预习报告,内容包括如下。

- ① 班级和姓名。
- ② 实验名称。
- ③ 实验目的。
- ④ 实验设备。
- ⑤ 实验原理。
- ⑥ 实验步骤。
- ⑦ 实验电路图。
- ⑧ 数据表格。

### (2) 实验操作。

① 进入实验室后要自觉遵守实验室的规则。

② 首先,按照实验指导书清点仪器设备,并熟悉其性能和使用方法;其次,按照实验内容合理布置实验现场,既要整齐易于接线,又要便于观察操作和读取数据。

③ 按照实验方案连接实验电路,根据电路的结构特点,采取合理的接线步骤,一般按照“先串联后并联,先接主电路后接辅助电路”的顺序进行。

④ 接线完毕后,要认真复查,并养成自查的良好习惯,特别是强电实验,须经教师检查同意,方可接通电源进行实验。

⑤ 认真记录实验数据,实验波形,并分析是否正确。如果实验过程中发生故障,要记录排除故障的方法。

⑥ 实验完毕,记录的实验数据及波形应交教师审阅,经教师同意后才能拆除线路,并做好仪器设备和导线的整理以及周围环紧的清洁工作,方可离开实验室。

⑦ 实验过程中如果发生故障,应立即切断电源,保护现场,报告教师。

(3) 课后总结。实验报告是实验工作的全面总结,是教师考核学生实验成绩的主要依据。做完实验后,应及时地撰写实验报告,要求语言通顺,分析合理,书写整洁,实验报告接着预习报告后面写出以下具体内容。

① 认真整理和处理实验原始数据,用坐标纸描绘曲线和波形。

② 分析实验结果,完成实验指导书中的思考题。

③ 实验收获和心得体会,以及对改进实验的建议。

④ 记录实验中发现的问题、现象及故障分析,说明排除故障的方法。

### 3) 实验室安全用电及注意事项

实践证明,人体触电时,通过的电流为 50mA 就有生命危险,通过 100mA 则能致人死亡。因此,为了做好实验,确保人身和设备的安全,在实验中一定不要麻痹大意,必须严格遵守安全操作规程。

(1) 严格遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作顺序,即无论是接线、改线还是拆线都必须在切断电源的情况下进行。

(2) 不准擅自接通电源。接线完毕后,要认真复查,接通电源后,应先通知同组同学。

(3) 在通电情况下,不允许人体触及不绝缘的金属导线或连接点等裸露的带电部位。

(4) 实验中随时注意有无异常现象,如电路中电流过大、设备过热、有异味等,应立即切断电源,报告教师检查。

(5) 实验室内的仪器设备不能任意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备不能动用。总之,实验中应认真细致,反应灵敏,不得大声说话,要保持实验室和谐宁静的氛围。

## 2. 实验室规则

为了创造良好的学习条件,保证人身和设备安全,特制定本规则,望实验者遵照执行。

(1) 实验前要充分做好预习准备,未预习者或预习不足者,禁止实验。

(2) 实验时要严肃认真。保持安静、不准喧哗。

(3) 注意安全,发生事故立即断电,保持现场,报告老师。损坏设备要酌情赔偿。

(4) 实验完毕,要把全部实验设备、元器件整理好,严禁私自带出实验室。

(5) 保持室内卫生,实验完毕,进行清扫实验室。

## 3. 实验报告要求

### 1) 实验报告内容要求

实验报告应简单明了,语言通顺,图表数据齐全规范。实验报告的重点是实验数据的

整理与分析。其主要内容包括如下。

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理。
- (4) 电路图。
- (5) 实验仪器。
- (6) 数据处理。

(7) 实验结果分析：对原始记录进行必要的分析、整理，分析结果必须紧跟原始数据（或图表），做到一一对应。数据分析包括实验数据与估算结果的比较，产生误差的原因及减小误差的方法，实验故障原因的分析等。

(8) 总结本次实验的体会和收获。

① 分析实验结果验证了学过的哪些对应的理论知识、公式的正确性。

② 得出实验结论。

③ 对原设计电路进行修改的原因分析，总结测试方法、测试仪器的使用方法、故障排除的方法以及实验中所获得的经验和教训等。

(9) 实验原始记录：实验电路（包括元器件参数）、实验数据与波形以及实验过程中出现的故障记录及解决的方法等。原始记录必须有指导教师签字，否则无效。

(10) 小结：应该总结实验中遇到的问题及解决方法等。

2) 实验报告格式要求

(1) 每个实验项目一份实验报告。

(2) 实验报告用学校统一的实验报告纸书写，字迹工整，曲线要画在坐标纸上，线路图要整齐、清楚（不得徒手画）。

(3) 除画图外，不得用铅笔书写。

## 【实验 1】 常用电工仪表的功能与使用

### 1.1 实验目的

- (1) 学习电路实验中常用的电工仪表,掌握其使用方法。
- (2) 掌握相关仪表的误差分析方法和最优化实验数据。
- (3) 掌握几种典型信号的幅值、有效值和周期的测量。

### 1.2 实验原理

在电子电路实验中,经常使用的电子仪表有万用表、示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。它们可以完成对电子线路中相关元器件的静态特性和动态工作情况的测试。

在实验中,对于常规电子线路系统相关参数的测量,一般需要使用多种电子仪表,多数是按照信号的流向。对各种仪器以及被测实验装置,一般以连线简洁明了、相关仪器参数调节方便、实验现象及读数观察方便等进行合理的布局。通常情况下,函数信号发生器、交流毫伏表以及示波器的连接线需要使用专用的电缆,以防外界噪声等的干扰;直流电源的连接线使用普通的导线连接。在使用时,各仪器的公共组接地端应连接在一起(共地),下面介绍几种常用的实验仪器。

### 1.3 实验设备

#### 1. 函数信号发生器

如图 1.1 所示,函数信号发生器通常用作电子线路中的信号源,它可以输出正弦波、方波、三角波 3 种信号波形,输出电压最大可达  $20\text{V}(U_{\text{P-P}})$ 。根据实际需要,通过调节输出衰减开关和输出幅度旋钮,可输出电压从毫伏(mV)级到伏(V)级范围内连续变化的波形;通过频率分挡开关,可输出从几赫(Hz)到几兆赫的频率信号。使用时一定要注意:

输出端不能接地。



图 1.1 函数信号发生器

## 2. 直流稳压电源

如图 1.2 所示,直流稳压电源的主要功能是把不稳定的直流电稳定为按照负荷所需要的电压,能给负载提供一组或多组恒定的、没有波动的、能达到和满足电路或负载工作条件的直流电源,它具有超低噪音、高功率密度、性能稳定等优点,广泛应用于国防、科研、大专院校、实验室、工矿企业、电解、电镀、直流电机和充电设备等。在实验中,直流稳压电源通常用来为电子电路提供工作电源电压,其负极通常作为电路的共地端,使用时注意接线方式:严禁出现电源短路情况。



图 1.2 直流稳压电源

## 3. 交流毫伏表

交流毫伏表如图 1.3 所示,可在其工作频率范围内测量正弦交流电压的有效值。通电前,一定要将输入电缆的红黑鳄鱼夹相互短接。测量前,应短路调零。将测试线的红黑



夹子夹在一起,将量程旋钮旋到 1mV 量程,指针应指在零位位置。交流毫伏表灵敏度较高,按下电源后,在较低量程时由于干扰信号(感应信号)的作用,指针会发生轻微偏转,称为自起现象。为了防止过载而损坏,测量前一般先把量程开关置于量程较大位置上,然后在测量中逐档减小,选择合适的量程。



图 1.3 交流毫伏表

#### 4. 频率计

如图 1.4 所示,频率计又称为频率计数器,是一种专门对被测信号频率进行测量的电子测量仪器。数字频率计是采用数字电路制作成的能实现对周期性变化信号频率测量的仪器。频率计主要用于测量正弦波、矩形波、三角波和尖脉冲等周期信号的频率值。其扩展功能可以测量信号的周期和脉冲宽度。通常,数字频率计是指电子计数式频率计,它的作用是测量实验过程中经历的时间、测量频率(周期)以及记录次数等,在实验中常配合信号发生器使用,可在显示屏上直接读数。