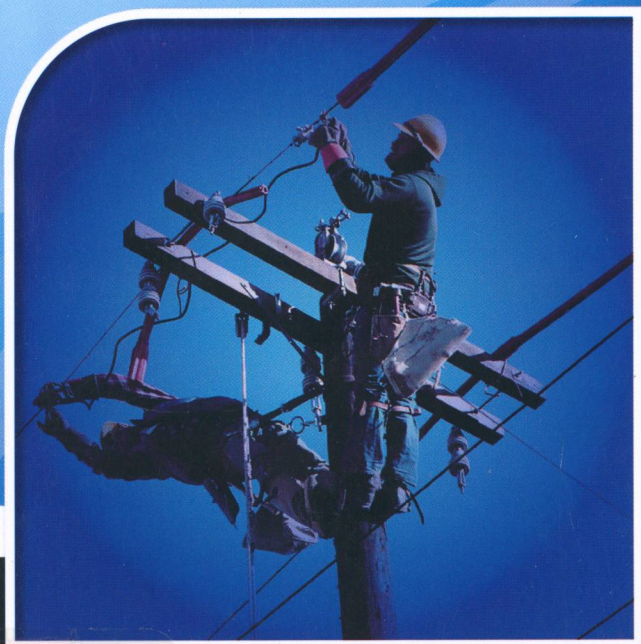


# 电工基础实验

(第3版)



吴建生 周德仁 主 编  
刘 浩 副主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

东莞职业技术学院图书馆



A00467830

# 电工基础实验

(第3版)

吴建生 周德仁 主 编  
刘 浩 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书是《电工基础》的配套实验教材,书中实验基础知识包括误差分析,磁电系、电磁系、电动系及感应系仪表,常用电工仪器、仪表以及电路仿真软件 NI Multism 10。实验部分包括直流电路、交流电路及磁路实验和电路仿真实验,同时配有选做实验与综合实验。

本书每个实验都有实验目的、器材、原理、步骤和研究内容,便于学生掌握。

本书内容简捷,实验易懂、易学、易做,是电工基础实验专用教材。

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

电工基础实验 / 吴建生, 周德仁主编. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2012.10

ISBN 978-7-121-18646-2

I. ①电… II. ①吴… ②周… III. ①电工试验—中等专业学校—教材 IV. ①TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 234398 号

378/88

策划编辑: 杨宏利 yhl@phei.com.cn

责任编辑: 杨宏利

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 9 字数: 230.4 千字

印 次: 2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 23.00 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

本书是电工基础实验课程的专用教材。本课程是电类专业的一门实践课。其任务是通过本课程的学习,使学生掌握电气测量的基本知识、基本方法和基本技能,为学生今后掌握电气类综合技能打下基础。

通过本课程的学习,学生应能达到以下要求:

- (1) 熟悉常用电工仪表的构造与工作原理,熟悉电气测量的基本知识与常用测量方法;
- (2) 掌握使用常用电工仪表的技能;
- (3) 初步具有观察分析电路运行的现象,实施实验过程的能力;
- (4) 初步具有应用电气测量技术,检测、调试一般电路的能力;
- (5) 初步具有设计实验电路,调试、改进电路的能力;
- (6) 养成实事求是、严肃认真的科学态度与工作作风,养成良好的职业道德。

全书共分6章,第1章为误差分析与电工仪表基础知识,第2章为直流电路实验,第3章为正弦交流电路实验,第4章为选做实验,第5章为综合实验,第6章为电路仿真实验。全书由易到难,由简单到综合,实用性强,第2,3,6章为必学内容,约需30学时,第4,5章为选做实验,约需30学时,对单独开设实验课的专业,应完成约60课时的教学内容。每次实验两节课是不够用的,实验前应做好充分的准备,包括预习、器材准备等。综合实验应在老师的指导下制定好实验方案后,方可进实验室做实验。

本书适应当前教学要求,具有叙述简明,易学、易懂、易做的特点。根据教学的需要,把仪表的结构、原理及使用方法分散到各个章节中,降低了教学难度,努力做到学用结合。

本书由南京下关职业教育中心周德仁、南京溧水中等专业学校吴建生任主编。由兰州商学院信息工程学院刘浩任副主编。第1,2章由周德仁编写,第3,5章由刘浩编写,第4,6章由吴建生编写。

由于作者水平所限,书中不妥和错误之处在所难免。作者在此非常感谢对本书提出宝贵意见的老师,同时欢迎各位老师及读者再对本书多提宝贵意见。

编者  
2012年9月



|                     |    |
|---------------------|----|
| 第 1 章 误差分析与电工仪表基础知识 | 1  |
| 1.1 指示仪表的误差与准确度     | 1  |
| 1.1.1 仪表的误差及其分类     | 1  |
| 1.1.2 仪表误差的两种表示方法   | 1  |
| 1.1.3 仪表的准确度等级      | 2  |
| 思考题                 | 3  |
| 1.2 电工仪表简介          | 3  |
| 1.2.1 电工仪表的分类       | 3  |
| 1.2.2 电工仪表的常用符号     | 3  |
| 1.2.3 电工仪表的型号       | 4  |
| 1.2.4 电工仪表的选用       | 4  |
| 思考题                 | 4  |
| 1.3 指针式仪表的读数        | 5  |
| 思考题                 | 7  |
| 1.4 有效数字            | 7  |
| 1.4.1 有效数字          | 7  |
| 1.4.2 有效数字的运算       | 7  |
| 思考题                 | 7  |
| 第 2 章 直流电路实验        | 8  |
| 2.1 磁电系仪表           | 8  |
| 2.1.1 磁电系仪表的结构与工作原理 | 8  |
| 2.1.2 磁电系电流表        | 9  |
| 2.1.3 磁电系电压表        | 9  |
| 思考题                 | 9  |
| 2.2 万用表的原理与使用       | 9  |
| 2.2.1 万用表的测量原理      | 10 |
| 2.2.2 使用万用表的注意事项    | 10 |
| 2.2.3 万用表的使用        | 11 |
| 2.3 实验 1 认识性实验      | 12 |
| 预习                  | 12 |
| 2.3.1 实验目的          | 12 |
| 2.3.2 实验器材          | 12 |
| 2.3.3 实验原理          | 12 |
| 2.3.4 实验步骤          | 13 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 思考题                       | 14 |
| 2.4 实验2 线性电阻、非线性电阻、电源的外特性 | 14 |
| 预习                        | 14 |
| 2.4.1 实验目的                | 14 |
| 2.4.2 实验器材                | 14 |
| 2.4.3 实验原理                | 14 |
| 2.4.4 实验步骤                | 15 |
| 2.4.5 实验研究                | 17 |
| 思考题                       | 17 |
| 2.5 实验3 电阻的测量             | 18 |
| 预习                        | 18 |
| 2.5.1 实验目的                | 18 |
| 2.5.2 实验器材                | 18 |
| 2.5.3 实验原理                | 18 |
| 2.5.4 实验步骤                | 20 |
| 2.5.5 实验研究                | 21 |
| 思考题                       | 21 |
| 2.6 实验4 验证基尔霍夫定律和叠加原理     | 21 |
| 预习                        | 21 |
| 2.6.1 实验目的                | 21 |
| 2.6.2 实验器材                | 22 |
| 2.6.3 实验原理                | 22 |
| 2.6.4 实验步骤                | 22 |
| 2.6.5 实验研究                | 23 |
| 思考题                       | 24 |
| 2.7 实验5 验证戴维南定理           | 24 |
| 预习                        | 24 |
| 2.7.1 实验目的                | 24 |
| 2.7.2 实验器材                | 24 |
| 2.7.3 实验原理                | 24 |
| 2.7.4 实验步骤                | 25 |
| 2.7.5 实验研究                | 26 |
| 思考题                       | 26 |
| 2.8 实验6 电阻性电路的故障检查        | 26 |
| 预习                        | 26 |
| 2.8.1 实验目的                | 26 |
| 2.8.2 实验器材                | 26 |
| 2.8.3 实验原理                | 27 |
| 2.8.4 实验步骤                | 27 |

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| 2.8.5 实验研究 .....                        | 28        |
| 思考题 .....                               | 28        |
| <b>第3章 正弦交流电路实验</b> .....               | <b>29</b> |
| 3.1 交流电压表、电流表 .....                     | 29        |
| 3.1.1 电磁系仪表的结构和工作原理 .....               | 29        |
| 3.1.2 电磁系电流表 .....                      | 31        |
| 3.1.3 电磁系电压表 .....                      | 31        |
| 思考题 .....                               | 31        |
| 3.2 实验7 电子示波器的原理及示波器、信号发生器、毫伏表的使用 ..... | 31        |
| 预习 .....                                | 31        |
| 3.2.1 实验目的 .....                        | 32        |
| 3.2.2 实验器材 .....                        | 32        |
| 3.2.3 示波器的结构与工作原理 .....                 | 32        |
| 3.2.4 实验步骤 .....                        | 33        |
| 思考题 .....                               | 34        |
| 阅读材料 .....                              | 34        |
| 3.3 实验8 交流元件电压与电流关系的测试 .....            | 38        |
| 预习 .....                                | 38        |
| 3.3.1 实验目的 .....                        | 38        |
| 3.3.2 实验器材 .....                        | 38        |
| 3.3.3 实验原理 .....                        | 38        |
| 3.3.4 实验步骤 .....                        | 39        |
| 3.3.5 实验研究 .....                        | 40        |
| 思考题 .....                               | 40        |
| 3.4 实验9 RL, RC 串联电路 .....               | 40        |
| 预习 .....                                | 40        |
| 3.4.1 实验目的 .....                        | 40        |
| 3.4.2 实验器材 .....                        | 41        |
| 3.4.3 实验原理 .....                        | 41        |
| 3.4.4 实验步骤 .....                        | 41        |
| 3.4.5 实验研究 .....                        | 42        |
| 思考题 .....                               | 42        |
| 阅读材料 .....                              | 42        |
| 3.5 实验10 日光灯电路及功率因数的提高 .....            | 44        |
| 预习 .....                                | 44        |
| 3.5.1 实验目的 .....                        | 44        |
| 3.5.2 实验器材 .....                        | 45        |
| 3.5.3 实验原理 .....                        | 45        |
| 3.5.4 实验步骤 .....                        | 46        |

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| 3.5.5 | 实验研究                       | 48 |
|       | 思考题                        | 48 |
| 3.6   | 实验 11 三相负载的星形连接            | 48 |
|       | 预习                         | 48 |
| 3.6.1 | 实验目的                       | 48 |
| 3.6.2 | 实验器材                       | 48 |
| 3.6.3 | 实验原理                       | 48 |
| 3.6.4 | 实验步骤                       | 49 |
| 3.6.5 | 实验研究                       | 49 |
|       | 思考题                        | 49 |
| 3.7   | 实验 12 三相负载的三角形连接及三相电路功率的测量 | 50 |
|       | 预习                         | 50 |
| 3.7.1 | 实验目的                       | 50 |
| 3.7.2 | 实验器材                       | 50 |
| 3.7.3 | 实验原理                       | 50 |
| 3.7.4 | 实验步骤                       | 51 |
| 3.7.5 | 实验研究                       | 52 |
|       | 思考题                        | 52 |
| 第 4 章 | 选做实验                       | 53 |
| 4.1   | 实验 13 互感                   | 53 |
|       | 预习                         | 53 |
| 4.1.1 | 实验目的                       | 53 |
| 4.1.2 | 实验器材                       | 53 |
| 4.1.3 | 实验原理                       | 53 |
| 4.1.4 | 实验步骤                       | 55 |
| 4.1.5 | 实验研究                       | 56 |
|       | 思考题                        | 56 |
| 4.2   | 实验 14 单相变压器                | 57 |
|       | 预习                         | 57 |
| 4.2.1 | 实验目的                       | 57 |
| 4.2.2 | 实验器材                       | 57 |
| 4.2.3 | 实验原理                       | 57 |
| 4.2.4 | 实验步骤                       | 57 |
|       | 思考题                        | 58 |
| 4.3   | 实验 15 串联谐振电路               | 58 |
|       | 预习                         | 58 |
| 4.3.1 | 实验目的                       | 58 |
| 4.3.2 | 实验器材                       | 59 |
| 4.3.3 | 实验原理                       | 59 |

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| 4.3.4 | 实验步骤                 | 60 |
| 4.3.5 | 实验研究                 | 60 |
|       | 思考题                  | 60 |
| 4.4   | 实验 16 并联谐振电路         | 60 |
|       | 预习                   | 60 |
| 4.4.1 | 实验目的                 | 61 |
| 4.4.2 | 实验器材                 | 61 |
| 4.4.3 | 实验原理                 | 61 |
| 4.4.4 | 实验步骤                 | 61 |
| 4.4.5 | 实验研究                 | 62 |
|       | 思考题                  | 62 |
| 4.5   | 实验 17 单相电度表的使用       | 63 |
|       | 预习                   | 63 |
| 4.5.1 | 实验目的                 | 63 |
| 4.5.2 | 实验器材                 | 63 |
| 4.5.3 | 实验原理                 | 63 |
| 4.5.4 | 实验步骤                 | 64 |
|       | 思考题                  | 64 |
|       | 阅读材料                 | 64 |
| 4.6   | 实验 18 瞬态过程           | 65 |
|       | 预习                   | 65 |
| 4.6.1 | 实验目的                 | 65 |
| 4.6.2 | 实验器材                 | 65 |
| 4.6.3 | 实验原理                 | 66 |
| 4.6.4 | 实验步骤                 | 66 |
| 4.6.5 | 实验研究                 | 67 |
|       | 思考题                  | 67 |
|       | 阅读材料                 | 67 |
| 第 5 章 | 综合实验                 | 72 |
| 5.1   | 实验 19 直流电流表、电压表内阻的测定 | 72 |
|       | 预习                   | 72 |
| 5.1.1 | 实验目的                 | 72 |
| 5.1.2 | 实验器材                 | 72 |
| 5.1.3 | 实验原理                 | 72 |
| 5.1.4 | 实验步骤                 | 73 |
| 5.1.5 | 实验研究                 | 73 |
|       | 思考题                  | 73 |
| 5.2   | 实验 20 实际电源的两种电路模型    | 74 |
|       | 预习                   | 74 |

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 5.2.1 | 实验目的                | 74 |
| 5.2.2 | 实验器材                | 74 |
| 5.2.3 | 实验原理                | 74 |
| 5.2.4 | 实验步骤                | 74 |
| 5.2.5 | 实验研究                | 76 |
|       | 思考题                 | 76 |
| 5.3   | 实验 21 热敏电阻温度计的制作    | 76 |
|       | 预习                  | 76 |
| 5.3.1 | 实验目的                | 76 |
| 5.3.2 | 实验器材                | 76 |
| 5.3.3 | 实验原理                | 77 |
| 5.3.4 | 实验步骤                | 77 |
| 5.3.5 | 实验研究                | 77 |
|       | 思考题                 | 78 |
| 5.4   | 实验 22 交流元件参数的测定     | 78 |
|       | 预习                  | 78 |
| 5.4.1 | 实验目的                | 78 |
| 5.4.2 | 实验器材                | 78 |
| 5.4.3 | 实验原理                | 78 |
| 5.4.4 | 实验步骤                | 79 |
| 5.4.5 | 实验研究                | 80 |
|       | 思考题                 | 80 |
| 5.5   | 实验 23 网络阻抗性质判定及参数测定 | 81 |
|       | 预习                  | 81 |
| 5.5.1 | 实验目的                | 81 |
| 5.5.2 | 实验器材                | 81 |
| 5.5.3 | 实验原理                | 81 |
| 5.5.4 | 实验步骤                | 81 |
| 5.5.5 | 实验研究                | 82 |
|       | 思考题                 | 82 |
| 5.6   | 实验 24 万用表的组装与调试     | 83 |
|       | 预习                  | 83 |
| 5.6.1 | 实验目的                | 83 |
| 5.6.2 | 实验器材                | 83 |
| 5.6.3 | 实验原理                | 83 |
| 5.6.4 | 实验步骤                | 84 |
| 5.6.5 | 实验研究                | 85 |
|       | 思考题                 | 85 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 第 6 章 电路仿真实验                       | 86  |
| 6.1 Multisim 的基本界面                 | 86  |
| 6.1.1 Multisim 的主窗口                | 86  |
| 6.1.2 Multisim 菜单栏                 | 87  |
| 6.1.3 Multisim 工具栏                 | 90  |
| 6.1.4 Multisim 的元器件库               | 90  |
| 6.1.5 Multisim 的仪器仪表库              | 93  |
| 6.2 Multisim 的基本操作                 | 93  |
| 6.2.1 文件 (File) 的基本操作              | 93  |
| 6.2.2 编辑 (Edit) 的基本操作              | 94  |
| 6.3 电路创建的基础                        | 95  |
| 6.3.1 元器件的操作                       | 95  |
| 6.3.2 电路图选项的设置                     | 97  |
| 6.3.3 导线的操作                        | 101 |
| 6.3.4 输入/输出端                       | 102 |
| 6.4 仪器仪表的使用                        | 102 |
| 6.4.1 仪器仪表的基本操作                    | 102 |
| 6.4.2 数字多用表 (Multimeter)           | 103 |
| 6.4.3 函数信号发生器 (Function Generator) | 103 |
| 6.4.4 瓦特表 (Wattmeter)              | 103 |
| 6.4.5 示波器 (Oscilloscope)           | 104 |
| 6.5 直流电路仿真实验                       | 106 |
| 6.5.1 仿真实验 1 欧姆定律仿真实验              | 106 |
| 6.5.2 仿真实验 2 基尔霍夫电压定律仿真实验          | 107 |
| 6.5.3 仿真实验 3 基尔霍夫电流定律仿真实验          | 109 |
| 6.5.4 仿真实验 4 直流电路的电功率仿真实验          | 110 |
| 6.5.5 仿真实验 5 叠加定理仿真实验              | 112 |
| 6.5.6 仿真实验 6 戴维南定理仿真实验             | 113 |
| 6.6 交流电路仿真实验                       | 115 |
| 6.6.1 仿真实验 7 感抗仿真实验                | 115 |
| 6.6.2 仿真实验 8 容抗仿真实验                | 116 |
| 6.6.3 仿真实验 9 串联交流电路的阻抗仿真实验         | 118 |
| 6.6.4 仿真实验 10 交流电路的功率和功率因数仿真实验     | 119 |
| 6.6.5 仿真实验 11 三相交流电路仿真实验           | 121 |
| 6.6.6 仿真实验 12 三相电路功率测量仿真实验         | 123 |
| 附录 A 实验室安全操作规则                     | 125 |
| 附录 B 实验报告的一般格式                     | 126 |
| 附录 C 实验室主要仪表及实验设备一览表               | 127 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 附录 D 电工仪表的标记符号 ..... | 128 |
| 一、测量单位的符号 .....      | 128 |
| 二、测量仪表的符号 .....      | 128 |
| 三、电流种类符号 .....       | 129 |
| 四、准确度等级符号 .....      | 129 |
| 五、工作原理图形符号 .....     | 129 |
| 六、工作位置符号 .....       | 129 |
| 七、绝缘强度符号 .....       | 130 |
| 八、端钮、调零器符号 .....     | 130 |
| 九、按外界条件分组的符号 .....   | 130 |

# 第1章 误差分析与电工仪表基础知识



家庭用电的电能计算应当是各用户的分表度数之和，等于总表的记录数，但它们常常不吻合，你能解释其中的原因吗？电工实验室有各种仪表，表盘上有各种符号，它们代表什么？你知道吗？通过本章的学习，你一定能做出正确的解答。

## 1.1 指示仪表的误差与准确度

在电工实验中，把被测量转变成机械位移，从而指示被测量大小的电工仪表，叫做电测量指示仪表，简称指示仪表。在电工测量中，被测量的实际值是客观存在的，而指示仪表在生产过程中由于生产技术的原因，测量时环境的影响及最小刻度数后一位数字的估读，使得测量值与实际值总是存在一定的误差。怎样才能使测量值更接近其实际值呢？我们通过误差分析的学习，掌握了误差产生的原因，就可以减小测量误差。

### 1.1.1 仪表的误差及其分类

在电工实验中，我们把测量值与实际值之间的差异叫做仪表误差。根据引起误差的原因，可以将仪表的误差分为基本误差和附加误差两种。

#### 1. 基本误差

仪表在规定的正常工作条件下，如在规定的温度、湿度、安置方式及外磁场强度等都在规定条件下使用时产生的误差叫做基本误差。基本误差主要由仪表本身结构和制造工艺的不完善而产生的，任何仪表都存在基本误差。我们力求在生产过程及测量过程中减小这种误差。

#### 2. 附加误差

在一般的实验室或生产车间进行测量时，总会有不满足电工仪表规定的工作条件，如温度一年四季都在变化。在测量时，由于未能满足电工仪表的正常工作条件而产生的误差叫做仪表的附加误差。

### 1.1.2 仪表误差的两种表示方法

#### 1. 绝对误差

我们用  $A_x$  表示测量值， $A_0$  表示实际值，则测量值  $A_x$  与实际值  $A_0$  之差就叫绝对误差。绝对误差用  $\Delta$  表示，显然

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

## 2. 相对误差

测量不同大小的被测量时, 用绝对误差是无法比较两次测量的准确程度的。例如测 100mA 的电流时, 绝对误差是 1mA; 测量 10mA 的电流时, 绝对误差也是 1mA, 虽然两次测量的绝对误差都是 1mA, 但你会认为第一次测量的结果较准确, 因为第一次测量误差仅 1%, 而第二次误差为 10%, 这就是相对误差的概念。

相对误差等于绝对误差与实际值的百分比, 用  $\gamma$  表示, 显然

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

**例 1-1** 用一只电流表测量实际值为 50mA 的电流时, 其指示值为 50.5mA; 测量实际值为 10mA 时, 其指示值为 9.7mA。求两次测量的绝对误差与相对误差。

解: 第一次测量时

$$\Delta_1 = A_{X1} - A_{01} = 50.5\text{mA} - 50\text{mA} = 0.5\text{mA}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{0.5}{50} \times 100\% = 1\%$$

第二次测量时

$$\Delta_2 = A_{X2} - A_{02} = 9.7\text{mA} - 10\text{mA} = -0.3\text{mA}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{-0.3\text{mA}}{10\text{mA}} \times 100\% = -3\%$$

根据以上计算我们发现

- ①  $\Delta_1$  为正值, 说明测量值大于实际值;  $\Delta_2$  为负值, 说明测量值小于实际值。
- ②  $|\Delta_1| > |\Delta_2|$ , 但  $|\gamma_1| < |\gamma_2|$ , 说明第二次测量的误差对测量结果的影响较第一次要大。
- ③ 绝对误差  $\Delta$  有单位, 而相对误差  $\gamma$  没有单位。

### 1.1.3 仪表的准确度等级

仪表的最大绝对误差  $\Delta_m$  与仪表的满刻度值 (最大量程)  $A_m$  比值的百分数, 称为仪表的准确度。

准确度可分为 7 个等级, 用  $K$  表示, 其计算公式如下:

$$\pm K = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$\Delta_m = A_m \times (\pm K\%) \quad (1-4)$$

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

准确度等级与对应的基本误差见表 1-1。由表 1-1 可知, 准确度等级越小, 基本误差越小。0.1, 0.2 级的仪表常用于科学实验与研究或校验准确度较低的仪表, 0.5, 1.0, 1.5 级的仪表可用于实验室的实验, 要求不高的场合可选用 2.5, 5.0 级的仪表。仪表的  $K$  值越小, 价格越高, 应根据测量的具体要求选用仪表, 不可盲目追求准确度较高 ( $K$  值较小) 的仪表。在实验测量时, 我们常常不知被测量的实际值, 这时可用准确度较高的仪表的测量值作为用准确度较低的仪表测量时的实际值。

表 1-1 仪表的准确度等级和基本误差

| 准确度等级 | 0.1         | 0.2         | 0.5         | 1.0         | 1.5         | 2.5         | 5.0         |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 基本误差  | $\pm 0.1\%$ | $\pm 0.2\%$ | $\pm 0.5\%$ | $\pm 1.0\%$ | $\pm 1.5\%$ | $\pm 2.5\%$ | $\pm 5.0\%$ |

**例 1-2** 用量程为 100V, 准确度为 0.5 和量程为 10V, 准确度为 2.5 的两个直流伏特表, 分别测 9V 的电压。求两次测量时的最大绝对误差和最大相对误差。

解: 0.5 级伏特表测量时

$$\Delta_{m1} = A_{m1} \times (\pm K\%) = 100V \times (\pm 0.5\%) = \pm 0.5V$$

$$\gamma_{m1} = \frac{\Delta_{m1}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.5mA}{9mA} \times 100\% \approx \pm 6\%$$

2.5 级伏特表测量时

$$\Delta_{m2} = A_{m2} \times (\pm K\%) = 10V \times (\pm 2.5\%) = \pm 0.25V \approx \pm 0.3V$$

$$\gamma_{m2} = \frac{\Delta_{m2}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.3mA}{9mA} \times 100\% \approx \pm 3.3\%$$

我们发现测量值接近满刻度值时, 相对误差较小, 反之较大。这是因为仪表的最大绝对误差是不变的, 而测量值又在分母上的缘故。

## 思考题

1. 根据例题 1-2 说明仪表的准确度越高, 测量的相对误差就越小。在选择仪表的量程时, 测量值最好能使指针在满刻度的 2/3 处, 想一想, 为什么?

2. 测量 11A 的电流, 其相对误差不大于  $\pm 10\%$ , 求最大绝对误差。若电流表满量程为 15A, 该电流表为哪一级?

3. 电度表通过机械转动记录用电度数, 用久之后, 会使摩擦阻力矩增加, 使转速减慢。用电总量的最大误差等于各分表读数误差的绝对值之和, 即  $|\Delta_m| = |\Delta_1| + |\Delta_2| + \cdots + |\Delta_n|$ 。电度表总表的读数被认为是各用户用电之和的实际值, 总表的准确度等级相对于分表应当怎样选? 现在你能回答本章引言的第一个问题了吗?

## 1.2 电工仪表简介

### 1.2.1 电工仪表的分类

- (1) 根据工作原理, 可分为磁电系、电磁系、电动系、感应系等。
- (2) 根据测量对象, 可分为电流表、电压表 (有交、直流之分)、欧姆表、功率表、电度表、相位表等。
- (3) 根据读数, 可分为指针式、数字式和记录式等。
- (4) 根据使用方式还可分为便携式, 如万用表; 开关板式, 如配电板上的电压表、电流表等。

### 1.2.2 电工仪表的常用符号

电工仪表的常用符号请参看附录 D。

### 1.2.3 电工仪表的型号

#### 1. 便携式仪表

便携式仪表的型号按下列格式即图 1-1 表示。

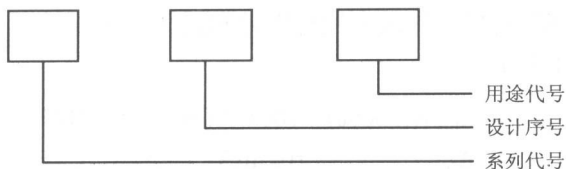


图 1-1 便携式仪表的型号

#### 2. 板式安装仪表

板式仪表的型号如图 1-2 所示。

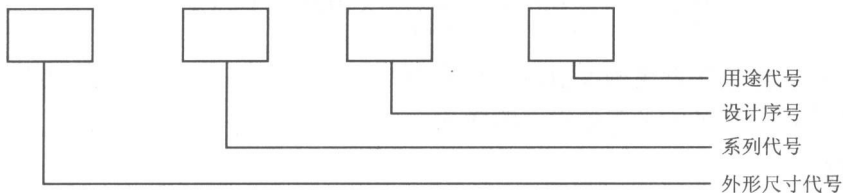


图 1-2 板式仪表的型号

系列代号的表示方法：

- C —— 磁电系（常用于测直流量）
- D —— 电动系
- T —— 电磁系
- G —— 感应系

用途代号的表示方法：

- A —— 电流表
- W —— 功率表
- V —— 电压表
- $\Phi$  —— 相位表

### 1.2.4 电工仪表的选用

选用电工仪表时应注意以下四点。

- (1) 根据被测量的对象选用仪表，要特别注意交、直流不能选错。
- (2) 根据被测量的大小选择仪表的量程，当无法估计被测量的大小时，应从最大的量程开始，向较小的量程逐一测试。
- (3) 根据对被测量的误差要求，合理选用仪表的准确度。
- (4) 注意仪表使用的规定条件。

#### 思考题

1. 44T2-A 与 C2-V 各表示什么意义？

2. 写出图 1-3 仪表面板各符号的意义。

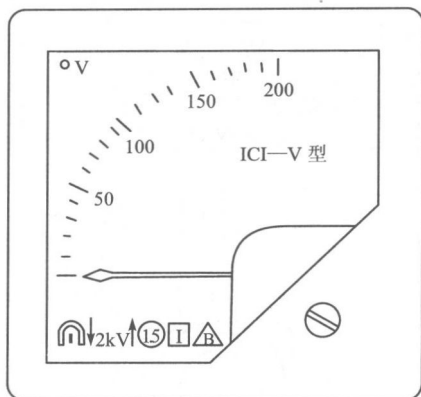


图 1-3

### 1.3 指针式仪表的读数

#### 1. 单一量程电工仪表的读数

单一量程的电工仪表可以从仪表的刻度盘上直接读出测量值。测量值的读数应为“准确读数加一位估读数”。如图 1-4 (a), (b) 所示, (a) 图电流表的读数为 2.4 A, (b) 图电压表的读数为 8.0V, 读数中的 0.4A 与 0.0V 都是估读数。

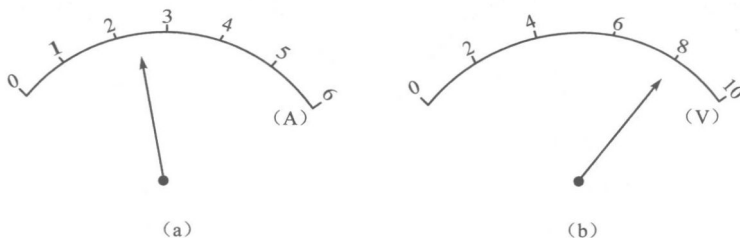


图 1-4 电流表和电压表的读数

需要注意的是估读值只能是最小刻度值后的一位, 不可能估读出两位, 如 2.43A 中的 0.03A 是无法估读的。如果指针正好落在刻度线上, 估读数就为 0.0A。为了减小读数的误差, 读数时双眼应正视仪表指针, 仪表的刻度盘如有反射镜, 则双眼正视指针, 使镜中“虚像”与刻度盘指针重合, 这样因视觉引起的读数误差会最小。估读数字是欠准确的, 所以也称为欠准确读数。

#### 2. 多量程电工仪表

为了扩大电工仪表的测量范围, 常把电工仪表制成多量程仪表。如图 1-5 所示, MF—30 万用表的电阻量程有“ $R \times 1 \sim R \times 10k$ ”共 5 个量程, 交流电压有“1V~500V”共 5 个量程。读数时, 应读为:

刻度值 $\times$ 倍数