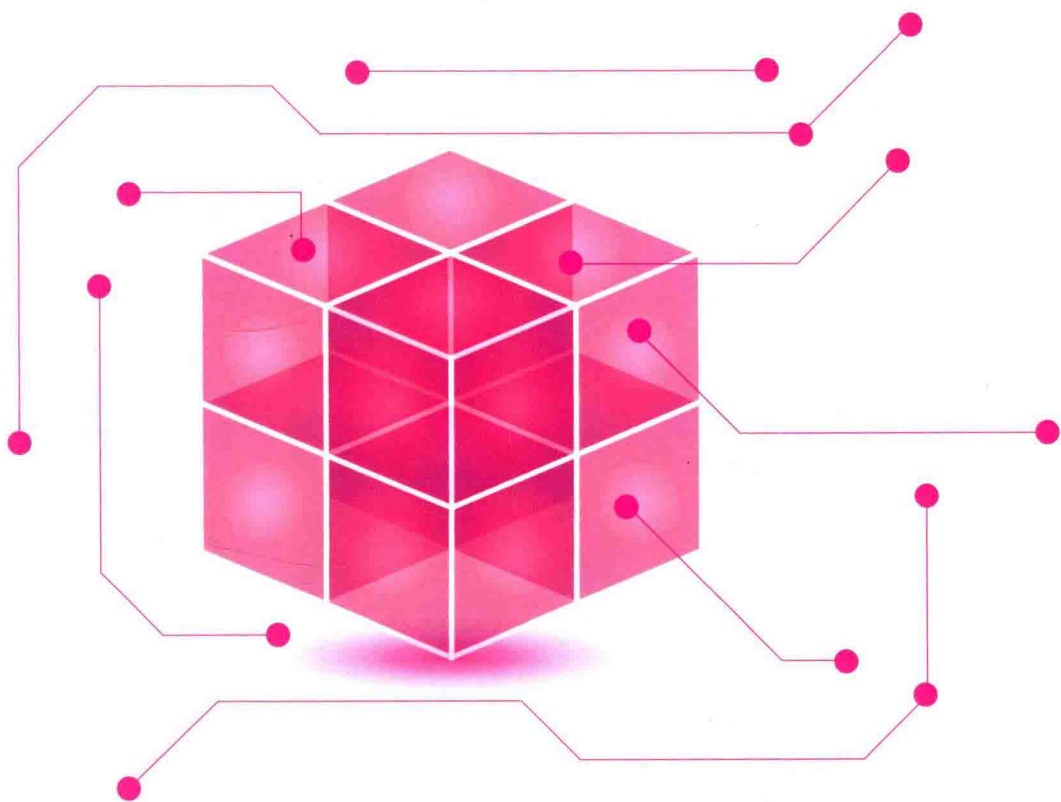


高等学校电子信息类创新与应用型规划教材



电工电子基础实验教程

朱新芬 黄文彪 编著

清华大学出版社



高等学校电子信息类创新与应用型规划教材

电工电子基础实验教程

朱新芬 黄文彪 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书将电工、电子技术的各门课的实验组织起来,通过硬件与仿真软件相结合,系统地介绍了电工电子技术的一般实验方法和技能。

全书共分5章,第1章介绍了电工电子实验基础知识;第2章包含了11个电路原理实验项目;第3章包含了11个模拟电子技术实验项目;第4章包含了14个数字电子技术实验项目;第5章包含了7个高频电子线路实验项目。附录中收录了Multisim仿真软件基本知识和常用电子元器件的型号与技术参数,芯片的引脚图,仪器仪表的技术参数与使用说明等信息。

本教程既可作为应用型高等院校电子、通信和自动化等电类专业本科生低年级的实验教材,同时也可作为机械类工科各专业本科生的实验基础教材,另外,也可作为学生电子技术课外实践、课程设计、毕业设计环节的实用指导书,供职业教育和相关技术人员参考。

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

电工电子基础实验教程/朱新芬,黄文彪编著. —北京:清华大学出版社,2016

(高等学校电子信息类创新与应用型规划教材)

ISBN 978-7-302-45127-3

I. ①电… II. ①朱… ②黄… III. ①电工技术—实验—教材 ②电子技术—实验—教材 IV. ①TM-33
②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第231628号

责任编辑:张 玥 薛 阳

封面设计:常雪彩

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

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

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.75

字 数:420千字

版 次:2016年11月第1版

印 次:2016年11月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.50元

产品编号:071381-01

编审委员会

顾问：李澎林 潘海涵

主任：张 聚

副主任：赵端阳 朱新芬

编 委：(按姓氏笔画为序)

王 洁	王 荃	冯志林	成杏梅
刘 均	刘文程	刘勤贤	杜 丰
杜树旺	吴 艳	何文秀	应亚萍
张建奇	陈伟杰	郑利君	赵建锋
郝 平	姚晶晶	徐欧官	郭伟青
曹 平	鲍卫兵	蔡铁峰	潘 建

序言

电子信息技术和计算机软件等技术的快速发展,深刻地影响着人们的生产、生活、学习和思想观念。当前,以工业 4.0、两化深度融合、智能制造和互联网+为代表的新一代产业和技术革命,把信息时代的发展推进到一个对于国家经济和社会发展影响更为深远的新阶段。

在新的产业和技术革命的背景下,社会对于高校人才的培养模式、教学改革以及高校的转型发展都提出了新的要求。2015 年,浙江省启动应用型高校示范学校建设。通过面向应用型高校的转型建设增强学生的就业创业和实践能力,提高学校服务区域经济社会发展和创新驱动发展的能力。通过坚持“面向需求、产教融合、开放办学、共同发展”的高校发展理念,围绕一流的应用型大学建设和一流的应用型人才培养目标,我们做了一系列的探索和实践,取得了明显实效。

作为应用型高校转型建设的重要举措之一和应用型人才培养的主要载体,本套规划教材着眼于应用型、工程型人才的培养和实践能力的提高,是在应用型高校建设中一系列人才培养工作的探索和实践的总结和提炼。在学校和学院领导的直接指导和关怀下,编委会依据社会对于电子信息和计算机学科人才素质和能力的需求,充分汲取国内外相关教材的优势和特点,组织具有丰富教学与实践经验的双师型高校教师成立编委会,编写了这套教材。

本套系列教材具有以下几个特点:

(1) 教材具有创新性。本系列教材内容体现了基本技术和近年来新技术的结合,注重技术方法、仿真例子和实际应用案例的结合。

(2) 教材注重应用性。避免复杂的理论推导,通俗易懂,便于学习、参考和应用。注重理论和实践的结合,加强应用型知识的讲解。

序言

(3) 教材具有示范性。教材中体现的应用型教学理念、知识体系和实施方案,在电子信息类和计算机类人才的培养以及应用型高校相关专业人才的培养中具有广泛的辐射性和示范性。

(4) 教材具有多样性。本系列教材既包括基本理论和技术方法的课程,也包括相应的实验和技能课程,以及大型综合性实践性学科竞赛方面的课程。注重课程之间的交叉和衔接,从不同角度培养学生的应用和实践能力。

(5) 本套教材的编著者具有丰富的教学 and 实践经验。他们大多是从事一线教学和指导的、具有丰富经验的双师型高校教师。他们多年的教学心得为本教材的高质量出版提供了有力保障。

本套系列教材的出版得到了浙江省教育厅相关部门、浙江工业大学教务处和之江学院领导以及清华大学出版社的大力支持和广大骨干教师的积极参与,得到了学校教学改革和重点教材建设项目的资助,在此一并表示衷心的感谢。

希望本套教材的出版能够在转变教学思想,推动教学改革,更新知识体系,增强学生实践能力,培养应用型人才等方面发挥重要作用,并且为应用型高校的转型建设提供课程支撑。由于电子信息技术和计算机技术的发展日新月异,以及各方面条件的限制,本套教材难免存在不足之处,敬请专家和广大师生批评指正。

高等学校电子信息类创新与应用型规划教材编审委员会

2016 年 10 月

前言

电工电子实验课程是自动化专业、通信工程专业、电子信息专业的基础课程,通过本课程一系列实验的学习,既可巩固学生的相关理论知识、培养学生的动手能力,又可培养学生的分析问题和解决问题的能力,为学习专业课程、课程设计、大型实验与毕业实习工作奠定坚实的基础。该教材以电工电子技术理论为依据,实验项目的设计可操作性强,内容具有基础性、广泛性和系统性的特点,是一本集应用性、创造性及实践性为一体的实验教材。

本书共分为 5 章。第 1 章为电工电子实验基础知识,主要包括常用电工仪表及电子仪器的使用,实验技术基本知识,安全用电的常识等内容。第 2 章为电路原理实验,主要包括基尔霍夫定律的研究,戴维南定理的研究,一阶、二阶电路的研究,单相、三相交流电路的研究,日光灯电路的研究和变压器的研究等内容。第 3 章为模拟电子技术实验,主要包括晶体管的认识与测量、单相整流和滤波电路、单管放大电路、射极跟随器、场效应管放大器、低频功率放大器、差动放大器、负反馈放大器、RC 振荡器和集成运放等内容。第 4 章为数字电子技术实验,主要包括集成门电路的功能与参数测试,译码器的测试与应用,数据选择器的测试与应用,组合逻辑电路的设计,触发器及应用,移位寄存器、计数器、时序逻辑电路的设计,555 定时器的应用,抢答器和电子秒表的实现等内容。第 5 章为高频电子线路实验,主要包括小信号调谐放大器、LC 电容反馈式振荡器、石英晶体振荡器、压控振荡器、调幅与检波和调频与鉴频等内容。附录包括仿真软件 Multisim 简介,常用电子元器件的型号与技术参数,芯片的引脚图等信息。

前言

本教材的建设以三本院校“应用型专业技术人才培养”为目标,以重视学生动手实践能力培养为方向,以注重理论知识的实际应用为根本,把电工、电子技术基础所涉及的实验内容组织在一起,具有很好的连贯性、系统性。

在教材建设中吸收国内同类教材的优点并加以消化,以达到由理论到实验验证,由验证到仿真设计,由仿真设计到实施,由简单到复杂,由单个知识点到各知识点的整合应用,由一门课到整个电类基础知识的综合应用的目的。本书和现有教材相比主要有以下特色。

1. 重系统性,符合认知规律

本教材结构严谨,章节划分合理,层次分明。本书对每一门实验课程,单独列一章,以醒目的标题标识本章内容,按教学计划中相应理论课程学习的先后顺序来安排章节,体现了系统性。本书中一个实验项目从简单的验证到设计仿真再到实施,一门实验课从一个个知识点到综合知识点,循序渐进,课程间也是呈一步步递进关系,符合认知规律。

2. 重实用性,体现求真意识

在各课实验项目设置时,考虑了学科知识点在实际生活、学习与工作中的具体相关应用,以此来安排对应的项目,体现了知识来源于实践,又服务于实践中的原则,使学生在学时“知其然”也“知其所以然”,改变学生被动接受知识的习惯,养成其主动学习的意识。

3. 重适用性,提高实践能力

本教材既适用于全部实验独立设课的自动化、通信、电子专业,也适用于设有少量课时的机电、测控专业。在学时分配上,电路实验、模电实验、数电实验均为 24 学时,高频电子线路实验为 12 学时,当然少课时的专业可根据情况选取适当经典内容。通过本教材的一系列实验项目的锻炼,可以使学生提高专业基础

前言

技能与良好的动手能力。

4. 重开放性,培养学科兴趣

通过电路原理实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、高频电子线路实验一系列的实验项目操作,为学生的课外科技立项、参加电子设计竞赛、自立制作电子产品打开了大门,使其成为可能。本教材可一直陪伴学生左右,作为基本工具书,使学生提高学习兴趣与积极性。

本书由朱新芬、黄文彪共同编写。其中朱新芬编写了第1、4、5章和附录并统稿,黄文彪编写了第2、3章,王洁、王荃、郑利君、施竞文、朱向军、林荣华、寿平光参与了内容的选择与指导工作。本书在编写过程中得到了领导、同事及兄弟院校老师的支持和帮助,在此表示由衷的感谢。另外本书在编写过程中,参阅了相关同类教材和资料,在此向其编者表示谢意。本书在出版过程中,得到了张聚教授和赵端阳副教授的支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请各位专家、同仁和读者不吝赐教和批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

第 1 章 电工电子实验基础知识

- 1.1 实验技术基本知识 /1
 - 1.1.1 实验前的准备阶段 /1
 - 1.1.2 实验操作中的测试与观察阶段 /1
 - 1.1.3 实验结果分析及整理阶段 /2
 - 1.1.4 实验报告的撰写 /3
- 1.2 常用电工仪表及电子仪器 /3
 - 1.2.1 数字万用表 /3
 - 1.2.2 数字交流毫伏表 /6
 - 1.2.3 直流稳压电源 /7
 - 1.2.4 函数/任意波形发生器 /9
 - 1.2.5 数字示波器 /14
 - 1.2.6 频谱分析仪 /21
- 1.3 安全用电的常识 /30
 - 1.3.1 基本概念 /30
 - 1.3.2 基本用电安全 /31
 - 1.3.3 电子电路的接地 /32

第 2 章 电路原理实验

- 2.1 电路实验综述 /34
- 2.2 电路实验实例 /35
 - 2.2.1 电路元件伏安特性的研究 /35
 - 2.2.2 基尔霍夫定律与叠加定理的研究 /40
 - 2.2.3 戴维南定理的研究 /43
 - 2.2.4 受控源的实验研究 /47
 - 2.2.5 一阶、二阶电路过渡过程的研究 /53
 - 2.2.6 正弦稳态交流电路的研究 /58
 - 2.2.7 RC 电路的频率特性研究 /62
 - 2.2.8 电路元件等效参数的测量 /65
 - 2.2.9 RLC 串联谐振电路的研究 /69
 - 2.2.10 互感电路的研究 /72
 - 2.2.11 三相电路的研究 /75

第3章 模拟电子技术实验

- 3.1 常用电子元件的使用与测量 /80
- 3.2 单相整流和滤波电路的测试 /84
- 3.3 稳压电源的测试 /87
- 3.4 单管放大电路的测试 /89
- 3.5 射极跟随器 /94
- 3.6 场效应管放大器的测试 /97
- 3.7 低频 OTL 功率放大器的测试 /101
- 3.8 差动放大电路的研究 /104
- 3.9 负反馈放大器的测试 /108
- 3.10 RC 正弦波振荡器的研究 /111
- 3.11 集成运放的线性应用 /113

第4章 数字电子技术实验

- 4.1 晶体二极管、三极管的开关特性仿真实验 /118
- 4.2 分立元件门电路仿真实验 /122
- 4.3 集成门的逻辑功能与参数测试 /127
- 4.4 组合逻辑电路的设计与测试 /133
- 4.5 译码器的测试及其应用 /137
- 4.6 数据选择器的测试与应用 /142
- 4.7 触发器及其应用 /148
- 4.8 计数器及其应用 /155
- 4.9 移位寄存器及其应用 /164
- 4.10 集成定时器及其应用 /170
- 4.11 综合性实验一：计数、译码、显示电路的设计 /176
- 4.12 综合性实验二： m 序列信号发生器的设计 /177
- 4.13 综合性实验三：智力竞赛抢答装置 /178
- 4.14 综合性实验四：电子秒表 /180

第5章 高频电子线路实验

- 5.1 高频小信号调谐放大器实验 /186

目录

- 5.2 电容反馈式 LC 振荡器 /191
- 5.3 晶体振荡器与压控振荡器 /195
- 5.4 模拟乘法器调幅(AM、DSB、SSB) /198
- 5.5 包络检波及同步检波实验 /202
- 5.6 变容二极管调频实验 /207
- 5.7 正交鉴频及锁相鉴频实验 /212

附录 A Multisim 仿真软件基本知识

- A.1 Multisim 仿真软件简介 /217
 - A.1.1 关于 Multisim /217
 - A.1.2 安装 Multisim 及其附加模块 /217
 - A.1.3 Multisim 界面 /218
 - A.1.4 定制 Multisim 界面 /220
- A.2 创建电路 /221
 - A.2.1 开始建立电路文件 /221
 - A.2.2 往电路窗口中放置元件 /221
 - A.2.3 改变单个元件和节点的标号和颜色 /225
 - A.2.4 给元件连线 /226
 - A.2.5 为电路增加文本 /228
- A.3 编辑元件 /229
 - A.3.1 元件编辑器入门 /229
 - A.3.2 进入元件编辑器 /229
 - A.3.3 开始编辑元件 /230
- A.4 仪表的接入 /231
 - A.4.1 仪表图标认识 /231
 - A.4.2 增加与连接仪表 /231
 - A.4.3 设置仪表 /233
- A.5 仿真电路 /234
 - A.5.1 仿真电路 /234
 - A.5.2 停止电路仿真 /234
- A.6 分析电路 /234
 - A.6.1 时域分析 /235
 - A.6.2 运行分析 /235
- A.7 VHDL 简介 /237

目录

A.7.1 Multisim 中的 HDL 语言 /237

A.7.2 使用 VHDL 模型器件 /237

A.7.3 仿真电路 /238

A.8 产生报告 /239

A.8.1 产生并打印 BOM /239

A.8.2 储存 BOM /239

附录 B 常用电子元器件的型号与技术参数

B.1 半导体分立器件 /241

B.1.1 半导体分立器件的命名方法 /241

B.1.2 常用半导体二极管的主要参数 /246

B.1.3 常用整流桥的主要参数 /247

B.1.4 常用稳压二极管的主要参数 /248

B.1.5 常用半导体三极管的主要参数 /249

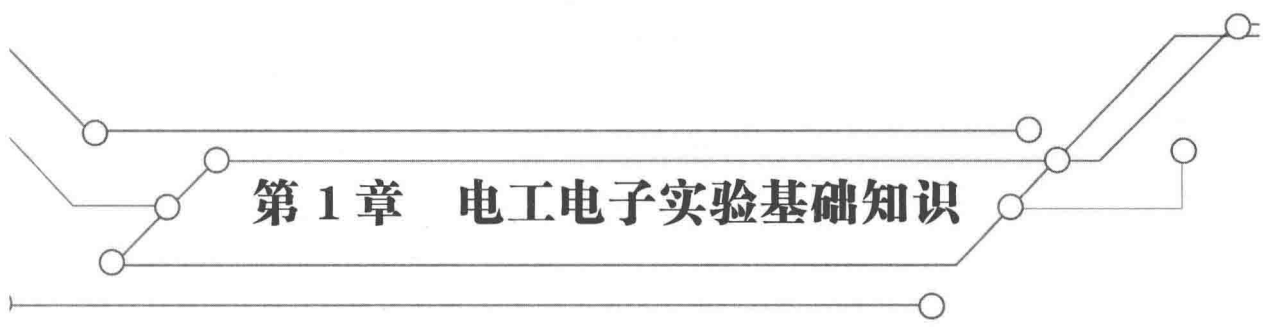
B.1.6 常用场效应管主要参数 /253

B.2 半导体集成电路 /254

B.2.1 模拟集成电路 /254

B.2.2 数字集成电路 /256

参考文献 /269



第1章 电工电子实验基础知识

1.1 实验技术基本知识

实验是认识世界或事物,检验理论或假定而进行的活动,实验结果是检验理论的依据,实验结果的可靠度取决于实验装置与实验技术,因此我们要学习用实验手段正确地获取实验结果的技能。

一个完整的实验过程分为三个阶段:实验前的预习准备阶段、实验操作中的测试与观察阶段、实验结果分析及整理阶段。

1.1.1 实验前的准备阶段

实验课前认真预习是保证实验顺利进行和收到预期效果的必要条件,为此要做好以下工作。

- (1) 仔细研读实验内容,复习与之相关理论,了解实验原理与实验方法,明确实验目的和要求。
- (2) 理解实验原理图,了解所选用的电子元件及测量仪器仪表。
- (3) 确定实验操作步骤,设计实验数据记录表。
- (4) 预估实验现象和结果,推测实验过程中可能出现的问题,并考虑应对策略。

1.1.2 实验操作中的测试与观察阶段

(1) 首要的是安全问题,包括人身安全和设备安全。对刚开始动手做实验的学生而言,实验过程中出现异常情况是难免的。因此遵守实验室管理条例,遵循实验装置、实验器材的正确使用方法,保持严肃认真的实验作风尤为重要。

(2) 对实验设备进行检查。按要求核对实验所需设备、仪器、仪表及各电路元件的型



号、规格和数量。若为设计性实验,则应提前确认实验室是否具备相应条件。检查实验仪器工作是否正常,并正确设置其工作状态。

(3) 连接实验电路和实验仪器。应做到接线清楚,导线粗细、长短、颜色安排合理。线路接好需先自查确保无误,必要时需指导教师复查,经同意后方可通电。通电后先大致操作一遍,观察各仪表仪器,在基本正常的情况下再正式操作。

(4) 按实验步骤操作并记录实验现象、数据,填写实验数据记录表。实验数据记录要确切,注意量程的选择与有效数字。

(5) 对测试结果进行定性的判断,发现数据不合理或数据不足时,应及时重测或补测。

(6) 实验预期步骤完成后,必须对测试数据进行自检,然后由指导教师复查签字打分后,方可拆除线路。

(7) 拆除线路。首先关掉电源,断开电路和仪器仪表的连接。将所有的实验设备放回原处,并放置整齐,整理实验桌或实验台,使其保持整洁。

1.1.3 实验结果分析及整理阶段

对实验数据的分析与整理是整个实验的重要部分,只有对实验中获取的原始数据进行有效的加工、整理、分析,才能得出正确的结论。对实验结果的处理通常采用列表法和曲线法。

1. 列表法

列表法的目的是为了将所有数据有序地放在一起,既可以使实验结果一目了然,也可以为对其进行分析提供方便,达到上述目的的关键是制表,因此制表时要注意以下几点。

(1) 项目数据齐全,即原始数据、中间数据、最终结果以及理论值、误差分析等不可或缺。

(2) 项目名称简练易懂。项目名称可用符合习惯的字母或文字,有量纲的要给出单位,间接量要给出计算公式。

(3) 测试条件明确。对大多数测试,都是在特定条件下进行的,因此只有给出测试条件,测试结果才有意义。

(4) 制表规范、合理,易读懂,表达的信息完整,才能达到对实验结果处理的目的。

2. 曲线法

表达实验结果的曲线有特性曲线和响应曲线两种类型。

1) 特性曲线

一般电路的变化规律是连续的,而表格中的数据却是有限的、间断的,因此需要把表格中的数据作为点的坐标放于坐标系中,然后用线段将这些点连接起来,形成一条曲线。此绘制曲线的方法叫作描点法,描绘的曲线叫作电路的特性曲线。用特性曲线描述实验结果,具有直观完整、可获取更多信息的优点。但绘制时应注意以下几点:建立完备且合适的坐标系;测量时要把所有的特殊点取到,取点疏密合理、数量足够;绘制曲线时可剔除坏点;曲线要光滑,粗细一致。



1. 数字万用表使用须知

(1) 请注意检查数字万用表电池情况,将电源开关 POWER 按下,如果显示屏显示电池符号,则表示电池不足,需要更换电池后再使用。

(2) 请注意测试表笔插孔旁的警告符号,测试电压和电流不要超过其指示数字,在使用数字万用表测量前要先确保将量程开关置于你想测量的相应挡位上,否则可能损坏万用表。

2. 电阻测量 Ω

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/Q/Hz 插孔。

(2) 将功能/量程开关置于 Ω 量程范围,将测试笔跨接到待测电阻上。

注意:

(1) 当输入端开路时,显示屏显示为过量程状态,即显示“1”或“OL”;

(2) 当被测电阻 $>1\text{M}\Omega$ 以上时,仪表需数秒后方能稳定读数,对于高电阻的测量这是正常的;

(3) 检测在线电阻时,需确认被测电路已关断电源,同时电容已放完电后,方能进行测量;

(4) 两只手不能同时接触两根表笔的金属杆或被测电阻两根引脚,以避免干扰。

3. 直流电压测量 V—

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/Q/Hz 插孔。

(2) 将功能/量程开关置于直流电压 V— 量程范围,将表笔并接在被测负载或信号源上。显示屏在显示电压读数时,红表笔所接端的极性也将同时显示出来。

注意:

(1) 在测量之前如果不知被测电压范围,应将功能/量程开关置于最高量程挡并逐挡调低;

(2) 如果显示屏只显示“1”或“OL”时,说明被测电压已超过量程,功能/量程开关需调高一挡;

(3) 不要输入高于 1000V 电压,虽然有可能得到读数,但有损坏仪表内部线路的危险;

(4) 特别注意在测量高压时避免触电。

4. 交流电压测量 V~

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/Q/Hz 插孔。

(2) 将功能/量程开关置于交流电压测量 V~ 量程范围,将表笔并接到被测负载或信号源上。

注意:

(1) 在测量之前如果不知被测电压范围,应将功能/量程开关置于最高量程挡并逐挡调低;

(2) 如果显示器只显示“1”或“OL”时,说明被测电压已超过量程,功能/量程开关需调高一挡;

(3) 不要输入高于 700V 电压,虽然有可能得到读数,但有损坏仪表内部线路的危险;

(4) 特别注意在测量高压时避免触电。