

高等学校教材

电工学实验教程

王 萍 林孔元 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

电工学实验教程

王 萍 林孔元 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本教材是世界银行贷款教学改革项目“非电类理工科专业电工学课程模块化教学改革的研究与实践”的研究成果之一。

本教材按照基本电工测量方法和手段、典型现象观测、常用电器使用及控制、通用集成电路组件的认识和使用等组织了 23 个实验专题,对每一个实验专题,配有简洁且细致的学习材料,以帮助学生自主完成实验准备、实验详细方案设计、实验进程、实验总结等整个实验过程,并将思考题和判断题贯穿于其中,力求避免实验过程特别是实验接线中的常见错误,同时引导学生在实验预习及实验过程中进行积极深入的思考。

本教材侧重科学实验方法的学习、加强基本电工实验技能的训练、体现对现代电气工程实验技术的了解、强调学生在整个实验过程中的参与,适合于工科非电专业电工学实验课程选用。

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验教程/王萍,林孔元主编. —北京:高等教育出版社,2006.8

ISBN 7-04-018924-0

I. 电... II. ①王... ②林... III. 电工学-实验-高等学校-教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 060455 号

策划编辑 金春英 责任编辑 唐笑慧 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 朱惠芳 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.75
字 数 320 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 8 月第 1 版
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷
定 价 16.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18924-00

前 言

作为世界银行贷款教学改革项目的研究成果之一,我们编写了“电工学实验教程”一书,全书由23个实验专题组成,主要特色如下:

(1) 按照独立设课的模式组织教材的编写体系,为适合于学生的自主学习,尽量提供丰富的信息环境,例如:“预备知识”针对性地简要讲解相关的理论基础或要点,“实验基础”在仪器自学课件及实验辅导课件的配合下针对性地简要讲解必要的实验知识和仪器仪表的使用,“实验预习检测题”帮助学生自检实验准备的充分程度等。

(2) 按照“电工学实验是一个知识和能力培养的系统的教学过程”设计教材的编写风格,将每一个电工学实验定位于对学生的一个独立的问题求解训练,主要体现为如下两点:① 以一个实验任务大类为基本单元,通过“预备知识”、“实验基础”、“实验指导”等环节循序渐进地引导学生自主完成从知识学习(或复习)到技能训练的子过程;② 不再将实验电路图、实验数据表格、实验详细步骤等一应安排妥当,而是对所有的实验任务及训练专题,按照开放模式构建成目标任务型结构,并根据不同实验的实验任务和目的,以提示、说明、注意事项、思考及思考解答等形式给予具体指导,至于电路图、数据表格以及实验步骤则主要由学生自主完成,从这点上讲,除极少数的入门实验以外,大部分实验内容都具有设计型的特征。

(3) 实验内容方面,既包含电工学的传统项目(例如以学习主要的电工测量仪器为目的的实验、典型电路现象观测实验),又体现现代实验技术(例如 EWB)和实验内容(例如 PLC),更侧重综合实验能力的培养(例如综合运放实验、数字集成电路的综合使用)。

(4) 每一实验专题均给出实验小项的参考学时及实验方案建议,或者必做内容和选做内容的建议,以适应不同学时的电工学实验课程,适应不同水平的学生需求。

本书可以作为我国工科非电专业电工学实验课程的教材,特别适合于实验独立设课和开放实验的教学模式。

参加本书教材编写工作的有王萍、林孔元、路志英、卢学英、史婷娜、王一晶。其中,林孔元对本书的编写风格及实验选题给予了指导,实验11~12由路志英编写,实验15~16由卢学英编写,实验预习检测题7~10由史婷娜编写,实验预习检测题3、19、21由王一晶编写,其余内容由王萍编写并由王萍负责全书的统稿和定稿。

本书承上海交通大学朱承高教授认真仔细地审阅。朱教授对全书的体系结构、内容等方面给予了悉心指导,提出了许多宝贵意见和修改建议。在本书的试用期间,路志英、史婷娜、黄瑞祥、刘艳莉、王一晶、杨正瓴、张军、李洪凤等教师做了大量细致的工作,卢学英、张云松、许雪莹等

前 言

给予了大力协作和帮助。在此一并表示由衷的感谢。

本书是为将自主学习和研究性学习的教学理念体现在电工学实验课程的教学过程之中,所做的尝试性工作,定有不成熟及待完善之处,欢迎同行批评指正。

编 者

2006 年 3 月于天津大学

目 录

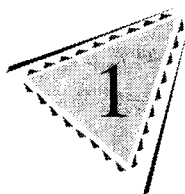
1 外部特性的测量	1	习(1)	19
1.1 实验任务与目的	1	3.1 实验任务与目的	19
1.2 预备知识(外部特性及其类型) ..	1	3.2 预备知识	19
1.3 外部特性测量基础	2	3.2.1 信号源和示波器功能简述	19
1.3.1 测量方案	2	3.2.2 信号源信号的引出及示波器测 试信号的接入	20
1.3.2 测量外部特性的重要策略:“先粗 测,再细测”	3	3.3 认识性实验进程	21
1.3.3 指针式直流电压表和指针式直流 电流表的使用	4	3.4 参考学时及实验方案建议	23
1.3.4 以测量外部特性为目的的实验数 据整理	5	4 几种典型应用电路工作波形的测试 ..	24
1.4 测试对象介绍	6	4.1 实验任务与目的	24
1.5 实验的准备及实验结果的整理 ..	10	4.2 预备知识	24
1.6 参考学时及实验方案建议	10	4.3 实验基础及实验指导	26
1.7 部分思考题答案	11	4.3.1 指定电路1:“整流-滤波- 稳压”	26
2 电工测量数据的误差分析	12	4.3.2 指定电路2:连续脉冲激励 下一阶RC电路	28
2.1 实验任务与目的	12	4.3.3 指定电路3:多路波形观测电路 ..	30
2.2 预备知识	13	4.3.4 指定电路4:比较器电路	31
2.2.1 电路中节点上各条支路电流的 关系	13	4.4 实验报告要求	32
2.2.2 电路回路中各段电压的关系	13	4.5 参考学时及实验安排建议	32
2.2.3 多激励线性电路的分响应和总 响应	14	4.6 部分思考题、判断题答案	32
2.3 实验基础	15	5 日光灯的安装	34
2.3.1 真值、标称值、理论值和测量值	15	5.1 实验任务与目的	34
2.3.2 实验误差估计及实验结论	16	5.2 预备知识及实验基础	34
2.3.3 仪表量程的估计方法	16	5.2.1 日光灯电路构成	34
2.4 实验准备及提示	17	5.2.2 日光灯电路工作原理	35
2.5 对实验报告的要求	17	5.2.3 连线指导	35
2.6 参考学时及实验方案建议	17	5.3 参考学时及实验方案建议	35
2.7 部分思考题、判断题答案	18	6 双开关电路的安装	36
3 信号源、示波器的使用——入门练		6.1 实验任务与目的	36
		6.2 预备知识及实验基础	36
		6.2.1 双开关实验电路	36

6.2.2 连线指导	36	9.2.4 交流电路中的电压关系及电流关系	53
6.3 参考学时及实验方案建议	37	9.3 实验基础	54
7 交流电路电压、电流及功率测量	38	9.4 实验指导	55
7.1 实验任务与目的	38	9.5 实验报告要求	56
7.2 预备知识	39	9.6 参考学时及实验方案建议	56
7.2.1 交流电路各电压关系及电流关系	39	9.7 部分思考题答案	57
7.2.2 交流电路的功率消耗	40	10 三相电路	59
7.3 实验基础	41	10.1 实验任务与目的	59
7.3.1 用一块电流表测量多条支路电流的技巧	41	10.2 预备知识	60
7.3.2 功率表的使用	41	10.2.1 三相四线制供电电源	60
7.4 实验电路的实现	42	10.2.2 单相负载对三相电源的使用	61
7.5 实验准备及实验报告要求	43	10.2.3 电源中性线的作用	61
7.6 参考学时及实验方案建议	43	10.3 实验基础及实验指导	62
7.7 部分思考题答案	44	10.3.1 测量电流的线路连接方法	62
8 电感线圈参数测量	45	10.3.2 实验数据表格参考方案	62
8.1 实验任务与目的	45	10.4 实验设备及实验报告要求	63
8.2 预备知识	45	10.5 参考学时及实验方案建议	63
8.2.1 空心电感线圈的电路模型及其电路变量之间的关系	45	10.6 思考题答案	63
8.2.2 铁心电感线圈的电路模型及其电路变量之间的关系	46	11 电路的过渡过程(使用 EWB 软件)	64
8.3 实验基础	47	11.1 实验任务与目的	64
8.3.1 自耦调压器的使用	47	11.2 预备知识(电路的过渡过程)	64
8.3.2 功率表的使用	47	11.3 实验指导及实验报告要求	66
8.4 实验设备及实验指导	48	11.3.1 实验电路的形成方法	66
8.5 实验报告要求	48	11.3.2 波形测试方法	68
8.6 参考学时及实验方案建议	49	11.3.3 实验报告要求	69
8.7 部分思考题、判断题答案	49	11.4 参考学时及实验方案建议	69
9 功率因数的提高	51	11.5 部分思考题答案	70
9.1 实验任务与目的	51	12 模拟滤波器频率特性测试(使用 EWB 软件)	71
9.2 预备知识	51	12.1 实验任务与目的	71
9.2.1 交流电路功率因数与电路变量之间的关系	51	12.2 预备知识	71
9.2.2 提高感性负载功率因数的措施和提高功率因数的工程意义	51	12.2.1 典型滤波器	71
9.2.3 电容过补偿问题	53	12.2.2 无源滤波器的负载能力	71
		12.2.3 滤波器负载能力的改善	72
		12.3 实验指导及实验报告要求	74
		12.3.1 在实验室测试幅频特性的方法	74

12.3.2 借助电子工作平台(EWB)获得 模拟滤波器的频率特性曲线的 方法	74	列台式 PLC 训练装置简介	95
12.3.3 提示和建议	75	15.3.2 主电路及 I/O 接线举例	102
12.3.4 实验报告要求	76	15.3.3 编写并运行程序	103
12.4 参考学时及实验方案建议	77	15.4 操作练习	106
13 基本控制电器及三相异步电动机 基本控制方法的认识	78	15.5 参考学时	108
13.1 实验任务与目的	78	16 PLC 设计实验	109
13.2 预备知识	78	16.1 实验任务与目的	109
13.2.1 常见低压电器	78	16.2 控制要求	109
13.2.2 三相异步电动机	79	16.3 实验准备	111
13.2.3 电动机的基本控制方法	80	16.4 参考学时及实验方案建议	111
13.2.4 继电接触器控制的常规保护	85	17 稳压源、信号源、示波器的使用—— 入门练习(2)	112
13.3 操作练习	86	17.1 实验任务与目的	112
13.4 参考学时及实验方案建议	88	17.2 直流稳压电源 LPS305 的使用 练习	112
14 几种常规的继电接触器控制的 实现	89	17.3 信号发生器(TFG2006VDDS, 6MHz)、示波器(SS-7028A) 的使用练习	114
14.1 实验任务与目的	89	17.4 参考学时及实验方案建议	119
14.2 控制要求及提示	89	18 电子实验箱的认识	122
14.2.1 一台电动机的异地起停控制	89	18.1 实验任务与目的	122
14.2.2 能够在正、反转间直接进行切 换的互锁控制	89	18.2 电子实验箱面板布局图及简 要标记	122
14.2.3 限定电动机的运行时间	90	18.3 实验操作	125
14.2.4 两台电动机 M_A 和 M_B 的顺序 控制	91	18.4 参考学时及实验方案建议	127
14.2.5 按照预定的时间间隔起动两台 电动机 M_A 和 M_B	91	19 晶体管放大电路实验入门练习	128
14.2.6 时间控制的电动机 Y- Δ 起动	91	19.1 实验任务与目的	128
14.3 实验准备	92	19.2 预备知识	128
14.4 参考学时及实验方案建议	92	19.2.1 典型的晶体管放大电路及其静 态工作点	128
15 可编程逻辑控制(PLC)实验入门 练习	94	19.2.2 静态工作点与晶体管放大电路 的线性放大能力	129
15.1 实验任务与目的	94	19.2.3 静态工作点与晶体管放大电路 的工作效率	130
15.2 预备知识(从电器的继电接触器 控制到可编程逻辑控制)	94	19.2.4 输入、输出电阻与晶体管放大 电路的电压放大能力	130
15.3 实验基础	95	19.3 实验基础	131
15.3.1 PLC 实验平台——TVT-90 系		19.4 操作练习	132

19.4.1 在面包板上搭接实验电路	132	较器	151
19.4.2 将直流偏置电源加到晶体管放大电路上	132	22.3 实验内容及实验指导	151
19.4.3 调节并测量晶体管的静态工作点	133	22.3.1 正弦波振荡器	151
19.4.4 测量晶体管放大电路的电压放大能力	134	22.3.2 测量运算放大器反相比比例应用电路的输入电阻	152
19.5 参考学时及实验方案建议	135	22.3.3 了解运算放大器输出电阻及负反馈对输出电阻的影响	152
20 分压式偏置共射极放大电路电压放大能力的研究	136	22.3.4 运算放大器对信号频率的限制	153
20.1 实验任务与目的	136	22.3.5 综合设计实验	154
20.2 实验内容及实验指导	136	22.4 参考学时及实验方案建议	154
20.3 实验报告要求	139	23 典型数字集成电路组件应用	155
20.4 参考学时及实验方案建议	139	23.1 实验任务与目的	155
20.5 部分思考题答案	139	23.2 预备知识	155
21 运算放大器线性应用实验	141	23.3 实验基础	156
21.1 实验任务与目的	141	23.3.1 常见组件功能及其引脚说明	156
21.2 预备知识	141	23.3.2 计数器芯片计数功能的扩展	165
21.2.1 工作电源	141	23.4 数字电路综合实验	167
21.2.2 输出电压的极限及线性放大区	141	23.4.1 抢答器	167
21.2.3 线性应用电路的基本构成	142	23.4.2 任意进制计数器	168
21.3 运算放大器实验基础	143	23.4.3 测试多位二进制计数器的输出对 CP 脉冲的分频作用	168
21.4 实验内容及实验指导	145	23.4.4 555 定时器——多谐振荡器的应用	169
21.4.1 测试线性比例运算电路的转移特性曲线	145	23.4.5 数据分时传送	170
21.4.2 运算放大器的线性应用	146	23.4.6 多个灯循环闪烁	171
21.5 参考学时及实验方案建议	147	23.5 参考学时及实验方案建议	172
22 运算放大器扩展实验	148	附录 1 主要电子元器件的基本识别方法	174
22.1 实验任务与目的	148	附录 1.1 电阻器和电位器	174
22.2 预备知识	148	附录 1.2 电容器	176
22.2.1 正弦波振荡器的典型结构和 works 条件	148	附录 1.3 晶体管	177
22.2.2 线性电路的输入电阻及其测定方法	149	附录 2 部分实验仪器、实验装置及实验器件图片	179
22.2.3 线性电路的输出电阻及其测定方法	149	附录 3 电工学实验预习检测题	185
22.2.4 运算放大器的频率响应问题	150	附录 3.1 外部特性的测试	185
22.2.5 一种简单的非线性应用——比较器	151	附录 3.2 电工测量数据的误差分析	187
		附录 3.3 信号源、示波器的使用——	

入门练习(1)	190	附录 3.12 模拟滤波器频率特性 测试	200
附录 3.4 几种典型应用电路工作波形 的测试	191	附录 3.13、3.14 电动机的继电接触 器控制	200
附录 3.5 日光灯的安装	192	附录 3.15、3.16 可编程逻辑控制	204
附录 3.6 双开关电路的安装	192	附录 3.17 稳压源、信号源、示波器的 使用——入门练习(2) ...	204
附录 3.7 交流电路电压、电流及功 率测量	192	附录 3.18 电子实验箱的认识	205
附录 3.8 电感绕圈参数测量	194	附录 3.19、3.20 晶体管放大电路	206
附录 3.9 功率因数的提高	195	附录 3.21、3.22 运算放大器	208
附录 3.10 三相电路	197	附录 3.23 典型数字电路组件应用 ...	209
附录 3.11 电路的过渡过程	200		



外部特性的测量

1.1 实验任务与目的

任务

对指定的电工器件及功能电路,组织适当的实验,测取它们的外部特性。然后,分别用数据表格和曲线展现被测对象的外部特性,并根据整理的结果作出适当的分析。

目的

学习几种外部特性测试方法;学习使用直流电压表、直流电流表、直流稳压电源;学习实验数据的整理。同时搞清楚如下问题:

- (1) 什么是外部特性。
- (2) 外部特性有几种类型。
- (3) 为什么要测量外部特性。
- (4) 如何测量外部特性。
- (5) 如何整理测量数据。
- (6) 使用指针式仪表应注意什么。

1.2 预备知识(外部特性及其类型)

对于电工器件、电气设备或者某一部分功能电路来讲,外部特性常指某两个相关物理量之间的关系。例如,一盏白炽灯(电工器件)外加电压后,会有电流流入,外加电压不同,流入的电流也不同,导致灯的亮度变化。实际上,电灯上电压和电流这两个物理量之间的关系是由电灯灯丝所决定的,是其特性的外部表现,称之为白炽灯灯丝的外部特性。又如,一台电动机接通工作电源后,电动机轴会拖动负荷旋转,这时电动机轴的转速与轴上所承受的机械转矩有关(同步电动机除外),转速与转矩这两个物理量之间的关系反映了电动机的工作特性,称之为电动机的外部特性(也称为机械特性)。再如,一个由电子器件构成的放大器电路在一定的工作条件下,能够把从输入端得到的电压信号进行放大,然后从输出端送给负载;滤波电路会把输入信号中的某些成分全部或部分滤除,然后从输出端送出。诸如此类的功能电路,其输出电压与输入电压这两个

物理量之间也具有一定的关系,这种关系取决于电路的结构和组成电路的元件参数,也是一种外部特性。一般来讲,二端电工器件及设备(例如电路负载、电源设备、信号源设备)的外部特性由端口电压与电流的关系描述,又称为端口伏安特性,简称为外部特性;如图1-1(a)、1-1(b)所示。二端口(二端组成一个端口)功能电路的外部特性由输出电压与输入电压的关系描述*,又称为电压转移特性,如图1-1(c)所示。

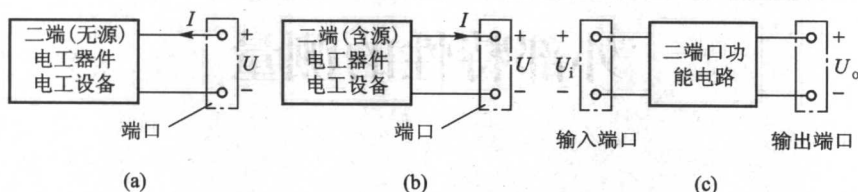


图 1-1 外部特性含义

(a)、(b): $U = f(I)$, f ——外部特性; (c): $U_o = f(U_i)$, f ——电压转移特性

了解电工器件和设备的外部特性及功能电路的转移特性,是正确合理地使用它们的重要保证。

获取外部特性的途径一般有两种:一是当电路结构和参数已知时,通过理论分析的方法,将外部特性推导出来;再就是采用实验的办法,特别是当待使用的器件及设备,其电路的结构和参数未知时,实验的办法便更简单、直接和有效。

1.3 外部特性测量基础

1.3.1 测量方案

鉴于外部特性的种类,组织测量的方案各有不同,下面就本实验涉及的类型简述如下:

1. 无源二端耗能型电工器件或设备的外部特性测量

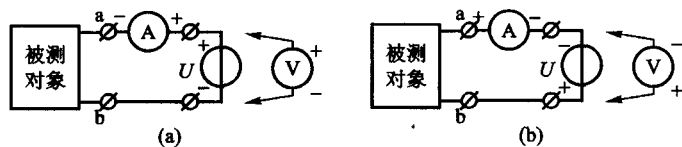
这种被测对象在工作时,无电容、电感效应,或电容、电感效应很弱可以忽略不计,例如白炽灯、电炉、二极管等。如前所述,它们的外部特性是指端口电压和电流之间的关系。用一个可调的直流电压源激励其工作,测取不同电压下的电流响应(如图1-2所示),那么由一组取值范围及取值间隔适当的电压和电流数据,可以勾画出被测对象的外部特性。

请思考

(1-1):图1-2(a)与1-2(b)在接法上有什么区别?如果按照图1-2(a)组织测试,得到一组实验数据,是否有必要接成图1-2(b)再测一组数据?

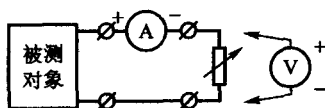
建议:对本实验指定的三个被测对象(①多圈电阻②小灯泡③稳压管)均分别接成图1-2(a)和图1-2(b),并测取实验数据,相信你能够根据你的实验结果找到上述思考题第二问的答案。

* 严格地讲,二端口电路的转移特性有四种类型:①输出电压与输入电压的关系;②输出电压与输入电流的关系;③输出电流与输入电压的关系;④输出电流与输入电流的关系。

图 1-2 无源型外部特性 $U=f(I)$ 的测量方案

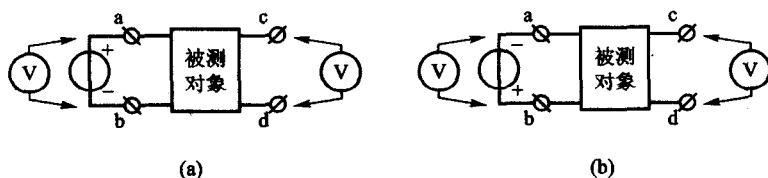
2. 有源二端电工设备的外部特性测量

对于有源二端电工设备来讲,因为含有电源(含源),其端口处一般会存在电压,为了获取端口电压与流出电流之间的关系,需要外接可调负载,这个负载可以选用阻值变化范围较大且可平滑调节的电阻器。此时,测取不同负载下的端口电压和端口电流即可(如图 1-3 所示)。

图 1-3 有源型外部特性 $U=f(I)$ 的测量方案

3. 二端口电网的电压传输特性测量

二端口功能电路也称为二端口电网,当输入端口外加电压后,在其输出端口会得到电压响应,为测取输入电压与输出电压之间的关系,即电压传输特性,可以在输入端口外加可调直流电压,测取不同输入电压下的输出电压,如图 1-4 所示。

图 1-4 电压转移特性 $U_{cd}=f(U_{ab})$ 的测量方案

与图 1-2 相类似,如果假设图 1-4(a)输入电压为正向电压,图(b)则表明二端口网络输入反向电压,很显然,图(a)测取的是二端口网络正向输入时的传输特性,而图(b)测取的则是反向输入时的传输特性,两者联合构成完整特性。



(1-2): 如何确定输出端(c-d端)电压的极性? 如果被测对象的电压传输特性曲线的形态关于坐标原点对称,测量中又已经获知了图 1-4(a)电压 U_{cd} 的极性,则图 1-4(b)电压 U_{cd} 的极性如何?

1.3.2 测量外部特性的重要策略:“先粗测,再细测”

1. 粗测目的

了解两个相关的物理量之间的大致关系;了解被测量的变化范围,确定测试点分布,估计仪表量程。

2. 粗测方法

调节可调量,同时观察仪表指针的变化趋势和特点。这时应特别注意如下问题:

(1) 对于图 1-2,外加电压由直流稳压电源提供,应注意了解被测对象的额定电压,外加电压不能超过此额定电压。

(2) 对于图 1-3,一般不将外接电阻调至 $0\ \Omega$,以避免将含源网络短路。

(3) 对于图 1-4,首先将输入电压调至 0 V ,再分别从 0 V 逐渐调高及从 0 V 逐渐调低,一旦观测输出电压不再随输入电压变化,可及时终止观测。

3. 细测目的

获取能充分表现被测对象特性的一组数据。

4. 细测方法

根据粗测时观察到的被测量变化范围,确定仪表的量程。

根据粗测时观察到的被测量变化趋势和特性,确定测试点分布,这时通常采用如下原则:

(1) 按照被测量变化的快慢分区,变化快速区,多设定测试点以获取外部特性的细节,变化缓慢区,少设定测试点,以加快测试。

(2) 在不同的测试区段,测试点按照或者均匀设定,或者等速加快或放慢分布。

(3) 注意记录外部特性中的关键点。(不要丢失!)

例如,图 1-5(a)描述了一种两端电工器件的电压与电流之间的关系,图(b)描述了一种二端口功能电路的输出电压与输入电压的关系,请从图(a)中理解以上原则(1)和原则(2),从图(b)中理解以上原则(3)。

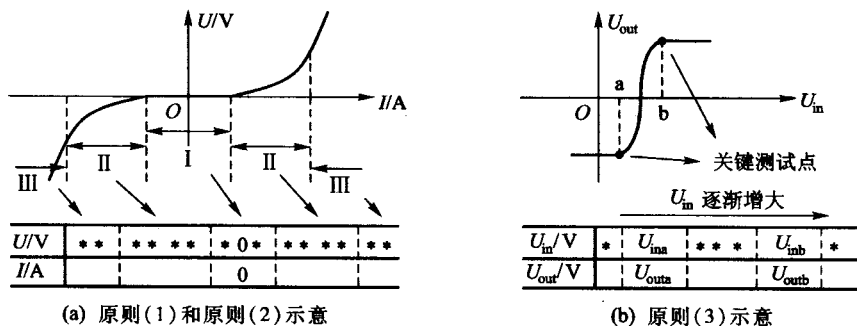


图 1-5 测试点分布原则示意

1.3.3 指针式直流电压表和指针式直流电流表的使用

从图 1-2 ~ 1-4 给出的外部特性测试方案不难发现,本项实验主要借助直流电压表和直流电流表来完成,对于指针式直流电压表和直流电流表来讲,应注意掌握如下使用要点。

1. 量程

当无法预估被测量的上限时,应选择大量程挡开始粗测,根据粗测结果,进行量程的调整;选择使指针位于表盘的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 之间的量程挡是最合适的。

2. 读数

在细测过程中需要读取仪表示数,读数时

(1) 应读取指针与表盘上镜面中的指针影像重合时的示数。

(2) 一般直接读取格数,再按如下方法进行折算:

设仪表表盘总格数为 $X_{\max}$, 指针指示格数为 x , 量程选为 L , 则得到的测量数据 y 为

$$y = \frac{L}{X_{\max}} \cdot x$$

式中, x 应该读到小数点后一位。例如, 直流电压表表盘总格数 100, 选择 45 V 量程, 指针分别指到第 24.0 格和第 51.4 格, 则

$$\text{对于 } x_1 = 24.0 \text{ 格, 有 } y_1 = \frac{45}{100} \times 24.0 \text{ V} = 10.80 \text{ V}$$

$$\text{对于 } x_2 = 51.4 \text{ 格, 有 } y_2 = \frac{45}{100} \times 51.4 \text{ V} = 23.13 \text{ V}$$

当然, 当 L 与 $X_{\max}$ 成整数倍时, 比如 $L = 300 \text{ V}$, $X_{\max} = 150$ 格, 可以通过心算直接算得测量数据。

3. 精度和误差

实验数据一般附有实验误差。任何仪器均不能绝对保证 100% 的精确测量, 这是造成实验误差的主要原因之一, 由电压表或电流表测量的数据可能存在的最大相对误差 γ_m 与仪表准确度(精度)、选用量程以及测量值有关, 其关系为

$$\gamma_m = \text{准确度} \cdot \frac{\text{量程}}{\text{测量值}}$$

其中, 仪表等级直接给出了仪表的准确度, 见表 1-1。

表 1-1 仪表等级和准确度

等级	0.1	0.5	1	1.5	...	5
准确度	0.1%	0.5%	1%	1.5%	...	5%

可见, 仪表的准确度取值越低, γ_m 越小, 测量值的置信度越高。因此说, 在量程确定之后, 仪表的等级决定着测量值的置信度。

请思考

(1-3): 为测量某无源二端电工器件的外部特性, 需要一台稳压电源提供连续可调的电压, 稳压电源上配有电压表头, 其指针示数给出该电压源的输出电压。设该电压表等级为 2.5, 另有一块等级为 0.5 的直流电压表。试问, 哪块电压表读数的置信度更高?

1.3.4 以测量外部特性为目的的实验数据整理

为了全面、直观地展现被测对象的外部特性, 一般需要借助一组测量数据生成关系曲线, 这需要在实验完成后, 继续做如下实验数据的处理和整理工作:

1. 折算

折算方法参见前面的“1.3.3 - 读数 - (2)”。

对数据进行折算前的仪表示数是珍贵的第一手实测数据,应该保留,因此数据折算处理后,应有两个数据表格,其一为实测数据表格,其二为折算后的数据表格。

2. 剔除奇异点

明显脱离大多数测量数据所反映规律的个别点通常称为奇异点,如图 1-6 所示。

3. 平滑连线

一般将每一个测量数据看作是随机变量的一次实现,该随机变量按正态分布。若条件允许,可在一个测量点上多次测量(采样),再求取均值。一般用各测量点数据均值的连线(均值线)表示被测量的变化规律。而当每个测量点仅提供一个测量数据时,每个数据会在其均值附近随机摆动,因此通常采用平滑连线策略由一组测量数据描绘出其均值线(如图 1-6 所示)。

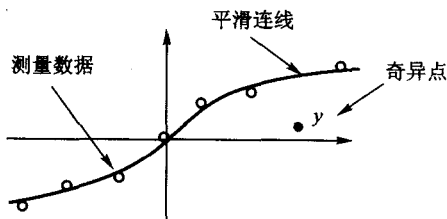


图 1-6 奇异数据点示意

1.4 测试对象介绍

本实验测试对象位于“基本电工测量”实验板(如附图 2-1 所示)上,主要布局如图 1-7 所示。

1. 多圈电阻

多圈电阻是一种二端无源电工器件,转动其旋钮,可以改变该器件两端的阻值,外部特性是指多圈电阻的旋钮位于某一位置时,其端电压与端电流之间的关系,应采用图 1-2 所示的测量方案。

实验板上有两个多圈电阻,分别位于上半部右侧和下半部下方,请选择下方的多圈电阻安排本项实验。请问:若将旋钮旋至某一位置不动,其阻值会随外加电压的大小变化而改变吗?其阻值会随外加电压的极性变化而改变吗?其外部特性曲线的形态如何(对称/不对称,直线/曲线)?试一试!相信你会在完成对多圈电阻的外部特性测试及数据处理之后得到确切答案。

特别注意:被测电阻的额定功率及阻值限制了外加电压的强度,所选电阻 $R = 110 \sim 1100 \Omega$,额定功率 $P_N = 2 \text{ W}$,因为 $P = \frac{U_R^2}{R}$,当 $R = 100 \Omega$ 时,允许电压最小,即

$$U_R = \sqrt{P_N R} = \sqrt{200} \text{ V} \approx 14.1 \text{ V}$$

建议将旋钮逆时针反向旋到头($R = 100 \Omega$),再顺时针方向旋一圈左右。

最大电流估计:设外加最大直流电压 20 V , $R = 200 \Omega$,则最大电流为 $20 \text{ V} / 200 \Omega = 0.1 \text{ A}$ 。

以上也是选择电压表和电流表量程的重要参考。

2. 小灯泡

小灯泡是一种二端无源电工器件,位于实验板的上方。其外部特性是指小灯泡的端电压与端电流之间的关系,应采用图 1-2 所示测量方案。测量时,应特别注意:

(1) 小灯泡上方标注的电压值(12 V)为该器件的额定电压,测试时,外加电压千万不要超过此值。建议测试开始时,首先将外加电压调至 $11 \sim 12 \text{ V}$,测取电流,然后逐渐减小电压,并测取电流,直至将外加电压减至 0 V ,再反向连接,还是从 $11 \sim 12 \text{ V}$ 开始至 0 V 进行测试。

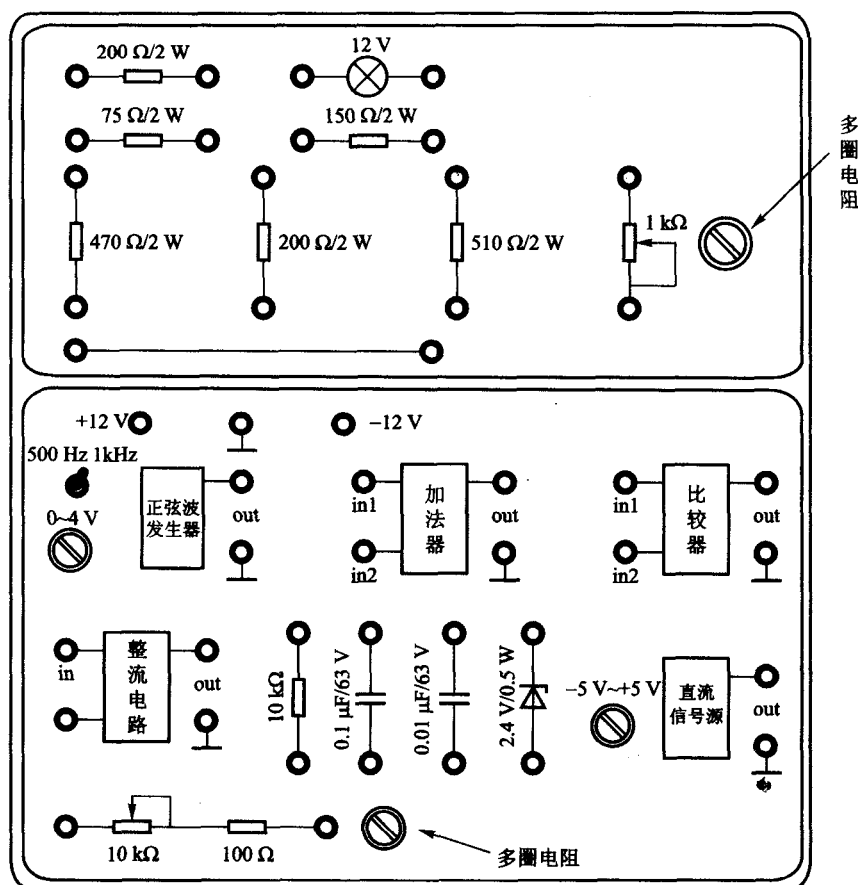


图 1-7 “基本电工测量”实验板布局图

(2) 鉴于小灯泡的外部特性特点,均匀设置测试点不算是一种好的方案,应该如何设置,请在你的粗测过程中确定(参照图 1-5)。

3. 稳压管(2.4 V/0.5 W)

稳压管也是一种二端无源器件,位于实验板的右下方,测其外部特性时,应同样使用图 1-2 所示测量方案,不过应特别注意:

(1) 请按照图 1-8 给出的连线方案组成稳压管的外部特性测试电路。

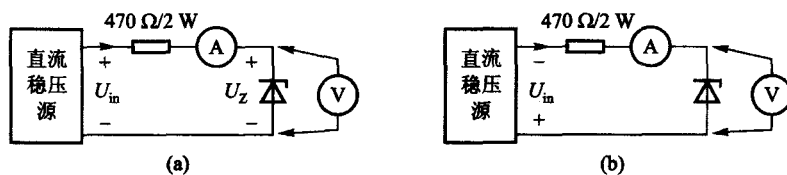


图 1-8 测试稳压管外部特性电路