



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIEJIAOCAI

电气设备控制与维修技术

主编 / 曹京生 黄建龙 ■

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

电气设备控制与维修技术

主编 / 曹京生 黄建龙 ■——

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——中级维修电工》的知识要求和技能要求、依照“实用、够用”的原则编写的。本书共分十个培训项目：电工测量技术、变压器、交流电动机、直流电动机、特种电机、电器知识、电力拖动自动控制技术、机床电气维修技术、晶体管知识、相关知识等。每个项目最后一个单元安排有若干个技能训练，并配有技能考核评分标准，以方便教学和学员的实训。书末附有几套职业技能鉴定的理论和技能考核试卷，供学员综合复习和自我鉴定使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备控制与维修技术/曹京生,黄建龙主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.9
ISBN 978-7-81133-305-3

I.电… II.①曹…②黄… III.电气设备-自动控制
②电气设备-维修 IV.TM762 TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 139565 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 17.25
字 数 400 千字
版 次 2008 年 9 月第 1 版
印 次 2008 年 9 月第 1 次印刷
定 价 33.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	杨泽宇	季永青	罗东明	施祝斌
	唐汝元	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛
	马瑶珠	王景代	丛培亭	刘 义
	刘 勇	刘义菊	刘国范	闫世杰
	李长禄	杨永明	杨泽宇	张亦丁
	张学库	陈良政	沈苏海	肖锦清
	周 涛	林文华	季永青	罗东明
	施祝斌	钟继雷	唐永刚	唐汝元
	郭江平	晏初宏	柴勤芳	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

实行职业技能鉴定,推行国家职业资格证书制度,是我国人力资源开发的一项战略措施,是党中央和国务院的一项战略决策,具有为技能人才培养开辟广阔道路、促进劳动力市场建设发展、加强政府管理和服务职能、提高企业管理水平和效益、提高劳动者的能力和地位、促进职业安全 and 保护工作等多方面的意义。为了帮助参加职业技能鉴定的学生和学员了解、掌握考核的知识要求和技能要求,做好考前复习工作,我们根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——中级维修电工》的知识要求和技能要求,以“项目教学法”为编写主线,以“实用、够用、精练、科学”为原则,结合编者几十年来的实践教学和理论教学经验,编写了本培训教材。

本书由南通航运职业技术学院曹京生、黄建龙同志担任主编。项目一、二、四、五由曹京生编写,项目三、六、七、八、九、十以及模拟试卷由黄建龙同志编写。

本书以项目课程的方式展开,内容精练,语言通俗,信息量大,实用价值高。可供高等职业技术学院、职业技能鉴定机构、工矿企业的教学用书,也可作为广大维修电工的自学用书。编者在编写过程中参考了许多有关书籍,借用了部分图表,在此向原作者致以衷心的感谢!如有不妥之处,敬请谅解。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请各位专家和广大读者批评指正,以便再版时给予修正。

编者

2008年6月

目 录

项目一 电工测量技术	1
项目二 变压器	17
项目三 三相交流电机	36
项目四 直流电机	57
项目五 特种电机	72
项目六 电器知识	86
项目七 电力拖动自动控制知识	111
项目八 机床电气维修技术	134
项目九 晶体管电路知识	184
项目十 相关知识	219
附录一 中级维修电工鉴定要求	230
附录二 中级维修电工职业技能鉴定模拟试卷	233
参考文献	267

项目一 电工测量技术

教学目的

1. 熟悉电工仪表的分类、基本工作原理、表面符号含义。
2. 掌握测量误差种类、减少测量误差的方法。
3. 掌握常用电工仪表的使用方法。

任务分析

电工仪表是工矿企业维修电工检修电气设备的必备仪表,各种各样的电气故障,通过电工仪表的检查,再从原理进行分析,一般都能找出故障原因,直至排除故障。因此,从某种意义上说,电工仪表是维修电工的左膀右臂,掌握常用电工仪器仪表的使用,对于一名合格的电工而言,显得极其重要。

常用电工仪表的基本知识

一、电工测量仪表的分类与基本工作原理

把被测的电量与同类标准量相比较的过程叫电工测量。用来测量各种电量的仪器仪表统称为电工测量仪表。

1. 指示仪表类

直接从仪表指示的读数来确定被测电量的大小。它分为安装式、便携式仪表。

(1) 按照测量机构的工作原理分类

① 磁电系仪表

它是根据载流线圈在磁场中受到的电磁力矩与游丝产生的反作用力矩进行比较平衡的原理制成的。指针的偏转角度与通过线圈的电流成正比。因此其标尺上刻度是线性分布的,这样读数就比较方便正确。常制作成直流电流表、直流电压表等。

这类仪表的特点是刻度均匀、灵敏度高、准确度高,但是过载能力比较差、表头只能用来测量直流量(当采用整流装置后也可以用来测量交流电量)。当误测交流电时,指针虽然无指示,但线圈中仍然有电流通过,若电流过大,将损坏仪表。

② 电磁系仪表

电磁系仪表分为吸引型和排斥型两种结构形式。虽然结构形式有异,但是其基本工作原理是相同的。以吸引型为例,它是根据载流线圈的电流磁效应和铁磁材料的磁化性以及磁极之间同性相斥、异性相吸产生的磁力所形成的磁力矩,与游丝的反作用力矩进行比较平衡的原理制成的。它与测量线路相互配合可以制成交、直流两用电流表、电压表等。

这类仪表的特点是刻度不均匀、准确度低,但是其过载能力强、可交直流两用、价格低。

③ 电动系仪表

它是根据可动线圈(电压线圈串联一定的附加电阻后与负载并联,以反映负载电压)、固

定线圈(电流线圈与负载串联,以反映负载电流)之间产生的电动力矩与游丝产生的反作用力矩进行比较平衡的原理制成的。它与测量线路相互配合可制成电压表、电流表、功率表等。

这类仪表的特点是准确度高、可交直流两用,作电流表、电压表时刻度不均匀,但是作功率表时分度均匀,其过载能力差、防外磁干扰能力低。

④感应系仪表

感应系仪表是利用电磁感应原理制成的。感应系仪表目前主要用来制作电能表,用于交流电能的测量。

以单相交流电能表为例,它主要有驱动元件、转动元件、制动元件、积算机构等组成。基本工作原理是:电压线圈在负载电压 U 的作用下,产生了 Φ_U, Φ_U 的一部分穿过铝盘,并在盘上感应出涡流(i_{Φ_U});电流线圈在负载电流 I 的作用下产生了磁通 Φ_I ,也在盘上感应出电流(i_{Φ_I})。通过 Φ_U 与 i_{Φ_I} 及 Φ_I 与 i_{Φ_U} 的作用,产生了使铝盘转动的转矩 T ,使铝盘转动起来。此后通过永久磁铁的作用在铝盘上感应出涡流,该涡流又在永久磁铁的磁场作用下产生了制动转矩 T_z ,当 $T = T_z$ 后盘速度恒定。可见铝盘转速与负载消耗的有功功率 P 成正比。再经积算机构将累计的转数以电能的度数显示出来。

感应系仪表的特点是只能测量指定频率的交流电能,抗外磁场干扰能力比较强,但是精确度比较低。

除此之外,还有整流系、静电系、电子系、比率系等。

2. 比较仪器类

需要在测量过程中,将被测量与某一标准量比较后才能确定其大小。包括直流比较仪器(直流电桥、电位差计、标准电阻箱等)和交流比较仪器(交流电桥、标准电感、标准电容等)。

3. 数字式仪表

数字式仪表是采用逻辑电路,用数码显示器显示被测量的仪表,如数字万用表、数字频率计。

数字式电工仪表因其灵敏度高、输入阻抗大、频率范围宽、测量速度快、显示清晰直观、操作方便,并向着智能化方向发展,在现代电工测量中应用越来越广泛。

4. 记录仪表

把被测量随时间变化的关系记录下来的仪表,如 X-Y 记录仪。

5. 示波器

用来观察电压、电流的波形并能测量其大小等参数的一种电子仪器。

6. 扩大量程装置

指分流器、分压器、电压互感器、电流互感器等。

另外,按照精度等级分类,可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 等 7 个等级。精度等级数值越小,允许基本误差越小,表示仪表精度越高。一般而言,0.1~0.2 级可作为标准表;0.5~1.5 级仪表用于实验室;2.5 和 5.0 级仪表用于工程测量。

若按照使用环境条件分类,指示类仪表可分为 A、B、C 三组

A 组:工作环境为 0~40℃,相对湿度 85% 以下。

B 组:工作环境为 -20~50℃,相对湿度 85% 以下。

C 组:工作环境为 -40~60℃,相对湿度 98% 以下。

二、测量误差及数据处理

1. 测量误差

在实际测量过程中,由于各种原因的影响,会使测量结果与被测量真实值之间存在着误差,这个差异称为测量误差。测量误差一般可以分为以下三类。

(1) 系统误差

在测量过程中遵循一定规律并且保持不变的误差。它是由确定的因数引起的。产生系统误差的主要原因如下。

①仪器误差 这是由于测量仪器的不完善或有缺陷,以及没有按照规定条件使用仪器而造成的误差。

②环境误差 是由于外界环境(如温度、湿度、气压、电磁场等)与要求的标准状态不一致所造成的。

③理论误差 这是由于测量所依据的理论公式本身的近似性,或试验条件不能达到理论公式所规定的要求,或对测量方法考虑不周所带来的误差。

④习惯误差 这是由于观察者生理或心理特点造成的。这类误差往往因人而异。

系统误差不能通过增加测量次数来消除。只有找出产生系统误差的原因,再采取一定的方法来消除它的影响或对测量结果进行修正。

(2) 偶然误差

在测量中出现的大小和符号都不确定的误差。这是由于某些偶然的或不确定的因数造成的。

(3) 疏失误差

严重歪曲测量结果的误差。这是由于实验者使用仪器的方法不正确、实验的方法不合理、实验时粗心大意等原因造成的。

2. 误差的表达形式

(1) 绝对误差

仪表的指示值 x 与被测量的实际值 x_0 之间差值称为绝对误差,用 Δx 表示。

$$\Delta x = x - x_0$$

在通常情况下,实际值 x_0 是未知的。为了确定指示值的绝对误差,一般用测试精度更高的表的测量值作为实际值。

绝对误差这种表示方法的缺点在于不能确切地反映测量的精确程度。例如,测量两个电压,其中电压 $U_1 = 1 \text{ V}$,绝对误差 $\Delta U_1 = 0.1 \text{ V}$,电压 $U_2 = 100 \text{ V}$,绝对误差 $\Delta U_2 = 1 \text{ V}$ 。显然,尽管 $\Delta U_1 < \Delta U_2$,但是不能认为测量 U_1 的精度比测量 U_2 的精度高。因为 U_1 的误差 0.1 V 相对于 1 V 而言占 10% ,而 U_2 的误差 1 V 相对于 100 V 而言只占 1% ,即测量 U_2 的精度反而比测量 U_1 的精度高。

(2) 相对误差

相对误差等于绝对误差 Δx 与实际值 x_0 之比,通常用百分比表示,即

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$$

因为一般情况下,被测量 x 与实际值 x_0 很接近,所以相对误差也可以近似地用下式表

示:

$$\gamma \approx \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

例如,有一只量程为 10 A 的电流表,用来测量实际值为 10 A 的电流时,其测量值为 10.1 A。而测量实际值为 2 A 的电流时,测量值为 2.1 A。显然,它们的绝对误差均为 0.1 A。而相对误差分别为:

$$\gamma_1 = \frac{10.1 - 10}{10} \times 100\% = 1\%$$

$$\gamma_2 = \frac{2.1 - 2}{2} \times 100\% = 5\%$$

这说明:该表测量 10 A 电流比测量 2 A 电流准确。所以为了提高测量精度,合理选择仪表量程相当重要。相对误差越小,测量的准确度越高。

(3) 引用误差

相对误差虽然可以评价测量结果的准确程度,但它却不能用来评价指示仪表的准确度。这是因为相对误差与被测量有关,而指示仪表是测量某一规定范围内的量值。所以,即使在仪表标尺的全长上,绝对误差保持不变,但在仪表标尺的各个刻度上,相对误差也不是一个常数。随着测量的减小,相对误差将增大,而且在零值附近,相对误差有增至无限大的趋势。因此,指示仪表的精确度不能用相对误差来表示。

引用误差 γ_n 就是仪表指示值的绝对误差 Δx 与其满刻度值 x_m 之比,通常用百分数表示。

$$\gamma_n = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\%$$

实际上,仪表刻度线上的绝对误差并不相等。为了评价仪表的精确度,采用仪表标尺上出现的最大绝对误差 Δx_m 。这时

$$\gamma_{nm} = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\%$$

3. 减少测量误差的方法

(1) 减小系统误差

① 合理选择测量方法

- ◆ 直接测量法 简便但是精度较低。
- ◆ 比较法 精度及灵敏度高,但是操作麻烦,设备较复杂。
- ◆ 间接法 测量后要经过计算才能得出结果,精度较低。
- ② 合理选择仪表(包括精度、量程等),并定期对仪器仪表进行校准。
- ③ 正确使用、安装仪器仪表,采取必要的屏蔽措施。
- ④ 采用特殊的方法(替代法、正负误差消去法等)进行处理。

(2) 减小偶然误差

在条件许可的前提下,采用尽可能多的重复测量,将所得数据求其算术平均值,即可以得到比较准确的测量结果。

(3) 对疏失误差的处理

主要是加强责任心及提高测量的业务能力。

技能训练

技能训练一 常用电工仪表的使用

一、实训目的

1. 学习万用表、钳形电流表、兆欧表的使用方法。
2. 学会电动机绕组绝缘电阻的测量方法。

二、实训器材

- | | |
|----------------|-----|
| 1. 指针式万用表 | 1 只 |
| 2. 交、直流电源(可调压) | 1 台 |
| 3. 电工基础实验箱 | 1 只 |
| 4. 连接导线 | 若干 |
| 5. 钳形电流表 | 1 只 |
| 6. 三相异步电动机 | 1 台 |
| 7. 兆欧表 | 1 只 |

三、实训内容与步骤

1. 万用表的使用

万用表是一种多用途、多量程便携式的磁电系仪表。万用表一般均可测量电阻、交直流电压、直流电流及音频电平,有的还可测量交流电流、电容、电感及晶体管的 β 值等,是机电、电子设备维修的通用仪表。

(1) 电阻的测量

- ① 选择合适的倍率挡。以测量时,指针指在刻度线的中心区域为宜。
- ② 调零。将两表棒短接,调节调零电位器,使指针指在零位,调节速度要快。
- ③ (断电)测量。

将测量数据记录在表 1-1 内。

表 1-1 用万用表测量电阻记录表

被测电阻	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
标称值					
测量值					
相对误差					

注意事项:

- a. 严禁带电测量电阻,否则会烧坏万用表。
- b. 每换一个挡位必须重新调零。
- c. 测量低压小功率二极管、三极管时,应选用 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 挡,不宜用 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡,否则容易损坏二极管、三极管。

(2) 直流电压的测量

- ① 选择合适的挡位。测量时,指针越是接近满刻度,测量精度越高;所选的量程应大于

被测电压值,若事先不知道被测电压的大小范围,则量程的选择应从大到小选择。

②测量。将万用表并联于被测线路中。

注意事项:

a.极性。红表棒接高电位,黑表棒接低电位。

b.测量过程中不宜带电切换挡位。

(3)直流电流的测量

①选择合适的挡位。测量时,指针越是接近满刻度,测量精度越高;所选的量程应大于被测电流值,若事先不知道被测电流的大小范围,则量程的选择应从大到小选择。

②测量。将万用表串联于被测线路中。

注意事项:

a.严禁将万用表的电流挡并联于被测量线路中,否则会烧坏万用表。

b.极性。

c.测量过程中不宜带电切换挡位。

d.如果错用直流电流档测量交流电流,虽然无读数,但当通过表头线圈的电流过大时,也会烧坏万用表。

2. 便携式兆欧表的使用

便携式兆欧表又称绝缘电阻表、摇表,是专门用来测量电气设备及供电线路的绝缘电阻值的。常用的兆欧表是由一台永磁式手摇发电机和磁电系比率表组成。兆欧表有各种不同规格,以其手摇发电机的最高电压决定。如100 V、500 V、1 000 V、2 500 V等。对于500 V以下的电动机,可采用500 V的兆欧表;对于500~3 000 V的电动机,可采用1 000 V的兆欧表;对于3 000 V以上的电动机,可采用2 500 V的兆欧表。

兆欧表上有三个接线柱,即“线路”端(标记“L”)、“接地”端(标记“E”或者“ $\perp$ ”)、“屏蔽”端(标记“G”或者“保护环”)。如果要测量电气设备的对地绝缘电阻,应把“E”端接设备的金属外壳,“L”端接设备的接线端子。如果测量电缆的绝缘电阻,则应把“E”端接保护外皮,“L”端接电缆芯,“G”端接电缆最内层的绝缘皮,以消除因为表面漏电引起的测量误差。使用兆欧表的方法如下。

(1)根据电气设备的额定电压,合理选择兆欧表。原则是兆欧表的额定电压稍高于设备的额定电压。

(2)接上绝缘良好的单股导线,不能用裸线或绞线。

(3)检查兆欧表的技术状态:先将引线分开,手摇兆欧表的手柄,指针应指向“ ∞ ”;将引线短接,轻轻地摇动兆欧表的手柄,指针应指向“0”。上述试验中如果有一个条件不满足,则此兆欧表不正常。

(4)断开被测设备的电源。当设备有大电容时,应该首先将电容器放电,再进行测量。如果被测设备上有电子元器件时,应该断开相关连接线,以免测量时的高压损坏电子元器件。

(5)测量三相异步电动机相间绝缘电阻时,应先拆除连接封片。

(6)手摇手柄的转速应由慢到快,以120 r/min为宜。

(7)指针稳定之后再读数。

(8)测量过程中,若发现指针已经指向0,应立即停止摇手柄。

测量所给电动机的绝缘电阻,将测量数据记录在表1-2内。

表 1-2 电动机绝缘电阻值

相间绝缘			相对地绝缘		
U—V	V—W	W—U	U— $\perp$	V— $\perp$	W— $\perp$

根据绝缘电阻判断该电动机能否投入运行? _____

注意事项:(1)严禁带电测量绝缘电阻。(2)严禁使用兆欧表测量电子设备、仪表、传感器等低压设备的绝缘电阻,以免击穿电子元件。

3. 钳形电流表的使用

钳形电流表是在不断开电路的情况下,进行电流测量的一种仪表,通常用于测量交流电流。它是由一只电流互感器和一只整流系电流表组成,当把载流导体卡入钳口时,相当于互感器的初级绕组流过电流,次级绕组将出现感应电流,整流式电流表的指针指示出电流被测数值。使用步骤如下。

- (1)检查电机定子绕组的绝缘电阻是否合格。
- (2)检查电机结构件是否完整。
- (3)将三相异步电动机按照电机铭牌要求接成 Y 或 $\triangle$ 形。
- (4)将电源线单相钳入钳口中央。
- (5)通电,测量电动机的启动电流和空载电流。

将测量数据记录在表 1-3 内。

表 1-3 电动机运行电流值

线电流 电机转向	启动电流			空载电流		
	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
电机正转						
电机反转						

使用钳形电流表应该注意如下事项:

- (1)进行电流测量时,被测载流导体的位置应放在钳口的中央,以免产生误差。
- (2)测量前应先估计被测电流大小,选择合适的量程,或者选择较大的量程,再根据指针偏转的情况减小量程。
- (3)为了使读数准确,钳口的两个端面应保证很好的接合。如果有杂音,可将钳口重新开合数次。如果杂音依然存在,则应检查钳口上是否有污物。
- (4)测量小电流时,为了测量准确,在条件许可下,可将导线多绕几圈放进钳口进行测量,但是实际电流值应等于指示值除以导线根数。
- (5)不要在测量的过程中切换量程。
- (6)使用钳形电流表测量大电流时,要注意内部互感器的副绕组不能开路,否则会产生很高的电压,伤人和损坏仪表。
- (7)不允许测量高压线路的电流,不允许测量裸导线的电流,以防触电。

四、评分标准

表 1-4 常用电工仪表的使用考核评分

考核项目	考核内容及要求	评分标准	配分	扣分	得分
万用表的使用	1.用万用表测量电阻 2.用万用表测量直流电压 3.用万用表测量交流电压 4.用万用表测量直流电流	1.不会测量电阻,扣 10 分 2.不会测量直流电压,扣 10 分 3.不会测量交流电压,扣 10 分 4.不会测量直流电流,扣 10 分	40		
便携式兆欧表的使用	1.兆欧表的选择 2.兆欧表技术状态的判断 3.用兆欧表测量定子绕组的绝缘电阻	1.不会选择兆欧表,扣 5 分 2.不会判断兆欧表的技术状态,扣 5 分 3.不会测量相间绝缘,扣 10 分 4.不会测量相对地绝缘,扣 10 分	30		
钳形电流表的使用	1.用钳形电流表测量交流电流 2.用钳形电流表测量交流电压	1.不会测量交流电流,扣 14 分 2.不会测量交流电压,扣 6 分	20		
安全文明生产	1.遵守操作规程 2.尊重考评员,讲文明礼貌 3.考试结束要清理现场	1.各项考试中,违犯安全文明生产考核要求的任何一项扣 2 分,扣完为止 2.当考评员发现考生有重大事故隐患时,要立即予以制止,并每次扣考生安全文明生产总分 5 分			
备注		合计			
		考评员 签字			
			年 月 日		

技能训练二 电桥的使用

一、实训目的

1. 学会直流单臂电桥的使用。
2. 学会双臂电桥的使用。

二、实训器材

- | | |
|-----------|-----|
| 1. 直流单臂电桥 | 1 台 |
| 2. 直流双臂电桥 | 1 台 |
| 3. 电阻 | 若干 |
| 4. 电缆线 | 1 段 |

三、实训原理、实训内容与步骤

1. 单臂电桥的测量原理

它是用来测量中值电阻($1 \sim 0.1 \text{ M}\Omega$)的高精度的比较仪器。仪器最高精度达 0.01 级。图中 R_{2-4} 是标准电阻、 R_x 为被测电阻、 P 为检流计。改变 R_{2-4} 的阻值使得 $I_p = 0$ 即 $U_{cd} = 0$ 、 $I_1 = I_2$ 、 $I_3 = I_4$ 。要使得 $U_{cd} = 0$, 则 $I_1 R_x = I_4 R_4$, $I_2 R_2 = I_3 R_3$, 由此可得

$$R_x = \frac{R_2}{R_3} R_4$$

式中 R_2/R_3 ——比率臂;

R_4 ——比较臂, Ω 。

图 1-1(b)是 QJ23 型单臂电桥的原理电路图, 图 1-1(c)是它的面板图。为了适用于不同被测阻值范围的需要, 确保测量的精度, 比较臂 R_4 制成四档, 可调形式分别为 $(0, 1, 2, 3, \dots, 9) \times 1 \Omega$ 、 $\times 10 \Omega$ 、 $\times 100 \Omega$ 、 $\times 1\,000 \Omega$ 。比率臂 R_2/R_3 的倍率通过转换开关 SA 可作 7 挡选择, 分别为 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1\,000。

QJ23 型单臂电桥测量范围达 $1 \sim 9\,999\,000 \Omega$, 精度等级为 0.2 级。

2. 直流单臂电桥的使用

(1) 使用前先把检流计锁扣或者短路开关打开, 调节调零器使指针置于零位。

(2) 若使用外接电源应按照测量范围的规定选择电源电压, 并注意外接电源的极性。

(3) 先用万用表对被测电阻进行初步测量 R_x , 然后再用较粗较短的导线将 R_x 接入表的被测电阻端钮, 并且确保其接触良好。

(4) 根据被测电阻的范围, 选择合适的比率臂的倍率 K 、比较臂的挡位。原则是: 根据 R_x 的估计值使比较臂的四个挡位调节旋钮都用上, 即使 $\times 1\,000$ 、 $\times 100$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1$ 四个挡位的数值 $(K_4, K_3, K_2, K_1) \times K$ 与 R_x 值越是接近越好。例如 $R_x \approx 10.5 \Omega$, 则 $K_4 \sim K_1$ 分别拨到 1.0, 5, 0; 倍率 K 取 0.01。

(5) 测量时, 先接通电源按钮, 再接通检流计按钮; 测量完毕后, 先松开检流计按钮, 再松开电源按钮。以防因由自感电动势而损坏检流计。

(6) 测量时, 若检流计指针向“+”偏, 则应增加比较臂数值; 若指针向“-”偏, 则应减小比较臂数值。反复调节比较臂数值直到指针或者光标指在零位, 便可读数。

$$R_x = \text{比率臂数值} \times \text{比较臂数值}$$

(7) 测量完毕, 应将检流计的锁扣锁住。将测量数据记录在表 1-4 内。

表 1-4 用直流单臂电桥测量电阻

被测电阻	R_1	R_2	R_3
标称值			
测量值			
相对误差			

使用检流计的注意事项:

- (1) 必须轻拿轻放检流计, 使用完毕必须将止动器锁住;
- (2) 对于无止动器的, 要合上短接动线圈的开关或用导线将其端子短接;
- (3) 使用时要按照正常工作位置要求放置;
- (4) 具有水准仪者, 使用前先调节水平;

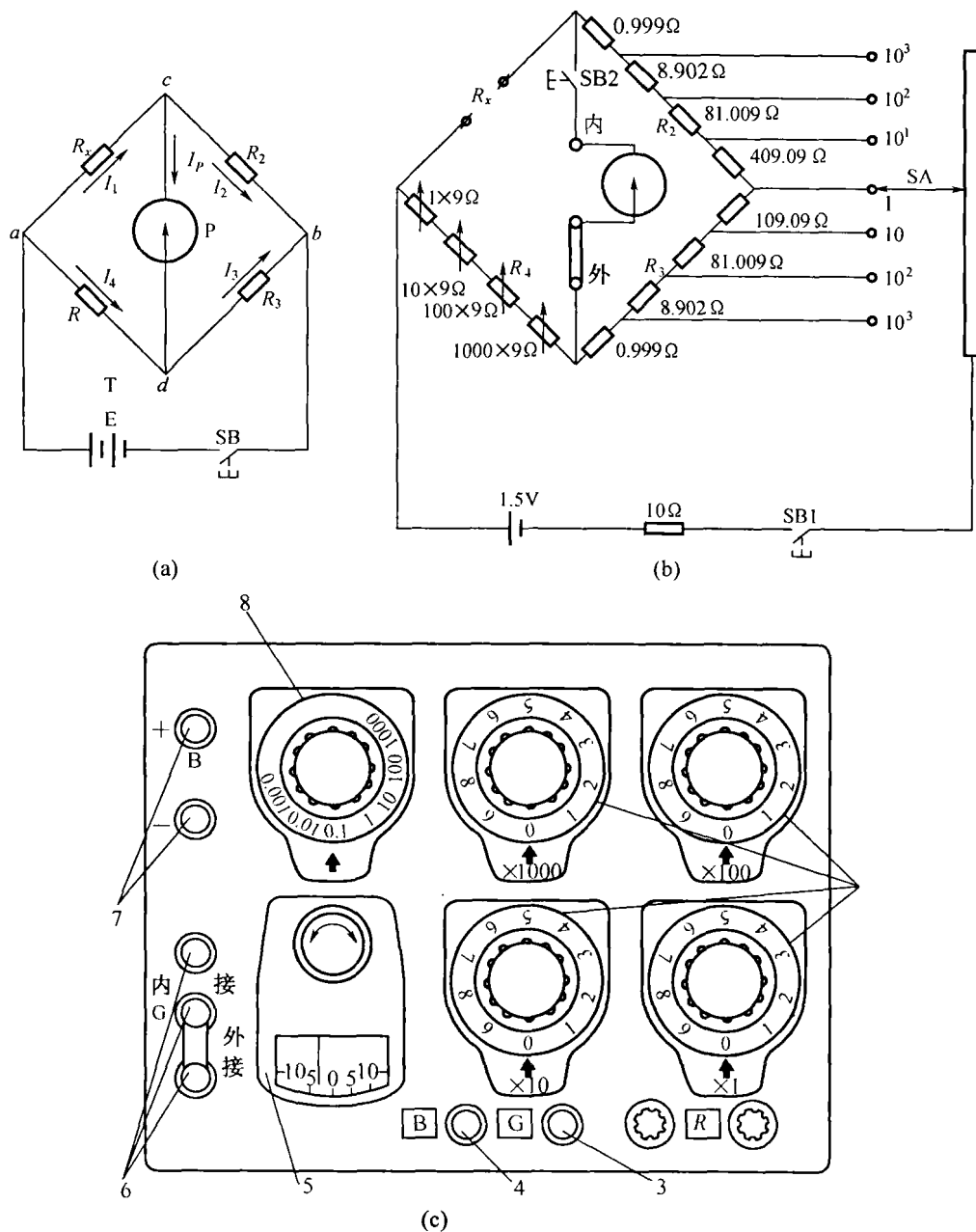


图 1-1

(a)(b) QJ23 型单臂电桥的原理图; (c) QJ23 型单臂电桥的面板图

(5) 测量时要根据光点或指针的偏转情况, 逐步提高灵敏度。

(6) 不能用万用表或电桥测量检流计内阻, 以防损坏检流计。

3. 直流双臂电桥的使用

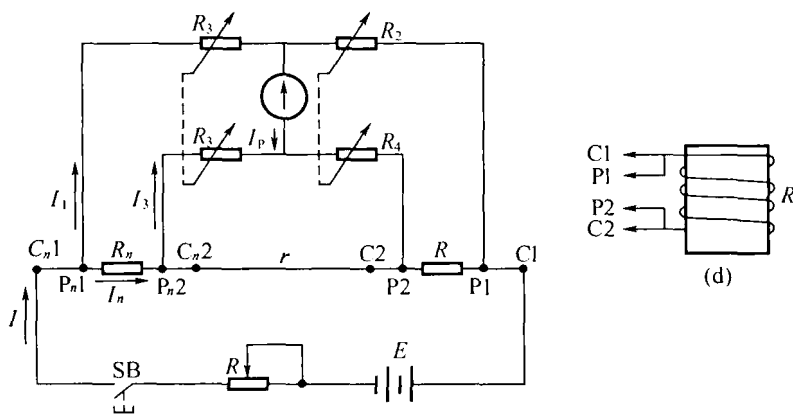
它是用来精密测量小电阻(1Ω 以下)的比较仪器。本实训中测量一段电缆线的电阻。使用直流双臂电桥除与直流单臂电桥的使用方法基本相同以外, 还注意以下几点。

(1) 被测电阻 R_x 的电流端应与电桥的电流端 C_1 、 C_2 相连接; R_x 的电位端应与电桥的电位端 P_1 、 P_2 端相连接, 如图 1-2 所示。一般电阻没有专门的电流及电位端, 应人为设置 R_x 的电流及电位端, 并设法使每端引出两根电源线, 分别接电压端和电流端, 而且引线应该尽量短而粗, 接头要牢靠。接线原则是电流端在电位端的外侧, 如图 1-2 所示。

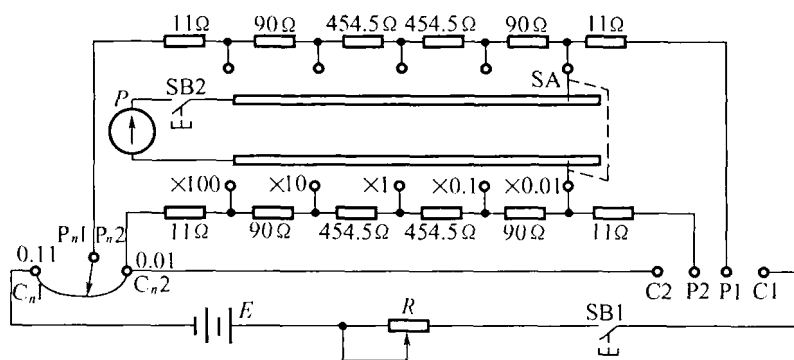
(2) 外接电源端钮。在电桥面板右上方有二个外接电源端钮, 标注“+”、“-”。如使用时间比较长, 最好使用外接电源, 并且根据说明书规定选择直流电压值, 注意电源极性。

(3) 电源选择开关。电桥面板上设有电源选择开关, 如果电桥使用外接电源, 就将选择开关拨向“外”; 如果电桥使用内部干电池, 就将选择开关拨向“内”。

(4) 倍率开关。面板上方设有倍率开关, 标有“短路”、 $\times 1$ 、 $\times 10^{-1}$ 、 $\times 10^{-2}$ 、 $\times 10^{-3}$ 、 10×10^{-4} 等不同数值。通过旋转倍率开关, 选择不同的比例, 可得到不同的电阻测量范围。



(a)



(b)