

大学物理实验素质教育系列教程

主编 黄志高

DIANCIXUE SHIYAN

电 磁 学 实 验

黄志高 赖恒 编著

福建教育出版社

电磁学实验

黄志高 赖 恒 编著

福建教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电磁学实验/黄志高 赖恒编著. —福州: 福建教育出版社,
2000.10
工学物理实验素质教育系列教材
ISBN 7-5334-3077-8

I. 电… II. 黄… III. 电磁学-实验-高等学校-教
教 IV. 0441-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 53514 号

电磁学实验

黄志高 赖 恒 编著

福建教育出版社出版发行

(福州梦山路 27 号 邮编: 350001)

闽侯青圃印刷厂印刷

(闽侯青口镇 邮编: 350119)

开本 787×1092 1/16 16.25 印张 385 千字 2 插图

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7-5334-3077-8/G · 2473 定价: 20.00 元

如有印装差错, 可向承印厂调换

序

物理学是一门以实验为基础的科学,理论和实验宛如科学巨人的两条腿,相互协调、互相促进,带动科学迈步向前。19世纪末、20世纪初,电子、X射线、放射性的三大发现彻底动摇了经典物理大厦,引起了物理学又一次重大的革命,从而导致了量子力学、相对论的建立,标志着近代物理学的诞生。翻开物理学的百年画卷,几乎每一个年代都有激动人心的物理学新发现。从百年诺贝尔奖获奖的研究工作中,我们发现几乎每一项工作都离不开物理实验。这里我想以物理实验与量子力学理论的建立为例来说明物理实验的重要性。19世纪末,当人们欢庆经典物理大厦落成时,发现还有几朵飘在天空中的乌云,诸如黑体辐射的能量分布出现“紫外发散困难”,原子有核模型与原子稳定性的现实存在严重矛盾等。当时有许多实验对经典理论提出了挑战。如何找到理论上的突破呢?1901年普朗克首先在寻找黑体辐射的经验公式时提出了能量量子化的概念,1905年爱因斯坦用光子概念成功地解释了光电效应,1913年玻尔提出了著名的“玻尔量子论”。其后,又有几个重要的实验证实了量子及玻尔理论的正确性,如1916年密立根从实验上确认了光电效应中 h 正是普朗克常数,1914年富兰克——赫兹直接证实了原子能级的存在,1922斯特恩和盖拉赫证实了空间量子化理论,1923年康普顿散射实验证实了光的粒子性,1927年戴维森和革末及汤姆逊电子衍射图样证实了粒子的波动性。至此,物理实验已为德布罗意的波粒二象性提供了重要的思想基础。在前期大量实验和理论工作的基础上,薛定谔、海森伯、玻恩、约当和狄拉克等人于1923~1927年间建立了量子力学的波动方程、矩阵方程及相对论量子力学。

制订并实施面向21世纪教学内容和课程体系成为当前高校的教改的重点。物理实验包含了《力热实验》、《电磁学实验》、《光学实验》和《近代物理实验》等四门课,它们是物理本科专业独立开设的主干课程。福建师大实验物理教研室历来重视教学改革和教学研究,有很好的工作基础,1995年以来,他们结合省、校重点教改课题《面向二十一世纪高师物理实验教学内容及课程体系改革的实践与研究》,提出并实施了“阶段化、单元化、现代化”的新教学模式,取得了很好的教改成果。大学物理实验素质教育系列教程就是以新教学模式为指导思想编写而成的。该系列教程结合多年的教学实践,不同于以往实验教材按一个个实验单一编排的框架,以单元化来建立新的教材体系;把大学物理实验的教学视为一个整体,有目标地分阶段编辑教材并开展教学;把新材料、新技术、新方法引入教材;教材内容丰富,不仅包含常规的实验内容,还编入了误差理论、物理实验方法、物理实验思想、物理实验研究等。应该说,该教程是对大学物理实验教学的一次有意义的探索。当然也难免存在不足之处,还有待于今后在实践中不断改进。但我相信该系列教程的出版将对大学物理实验教学改革起很好的推动作用,并为之提供有益的参考价值。

曾民勇

2000.10.1

前 言

大学物理实验素质教育系列教程根据国家教委(教育部)颁发的综合性大学物理专业的物理实验教学大纲,并参考非物理专业的物理实验教学大纲,在实验物理教研室诸多老师的长期教学实践的基础上编写而成的。本教程包含《力热实验》、《电磁学实验》、《光学实验》和《近代物理实验》四本,其中前三本既可作为物理学专业的普通物理实验教材,也可作为理工医农及成人高校有关专业的大学物理实验教材。

物理学是一门以实验为基础的科学,物理实验是理工科专业独立开设的主干课程,特别是对物理学专业它贯穿了四年的本科教学。物理实验不仅对于加深物理概念的认识与理解及培养学生发现问题、解决问题及动手能力有十分重要的意义,而且它更是一项充满探索 and 创新的实践活动。所以,物理实验的教育对于培养高层次、高素质的创新人才和其他管理人才都十分必要。鉴于这种重要性,我们教研小组自1995年以来开展了省、校重点教改课题《面向二十一世纪高师物理实验教学内容及课程体系改革的实践与研究》的研究,提出并实施了“阶段化、单元化、现代化”的新教学模式。该系列教程围绕我们提出的新教改模式,不同于以往实验教材按一个个实验单一编排的框架,而以单元化为指导思想来构建新的教材体系。并且每本书各有侧重,如《力热实验》侧重于误差理论及与中学物理实验教育的衔接,特别介绍了物理实验误差的不确定度表示和计算机在数据处理方面的应用;《电磁学实验》则侧重于物理实验规范及物理实验设计、物理实验方法和物理实验思想;而《光学实验》和《近代物理实验》更侧重于实验的提高及物理实验的研究与应用。很重要一点是我们已经把多年来的教学和科研成果融入教材,并特别注意把新技术、新材料、新方法编入新教材。另外,为了使学生更好地掌握实验内容,我们在每个实验中都编入了“预习思考题”和“复习思考题”,还在许多实验中附上了问题分析。

为了让学生更好地学好物理实验,我们还组织研制了与新教改模式和教材相配套的物理实验CAI课件,课件主要包含六个板块,即[预习检测]→[实验仪器]→[实验知识]→[实验内容]→[模拟实验]→[数据处理]。课件具有直观而富有动感的物理实验的计算机仿真、形象逼真。

本系列教程是集体合作编写而成的。编写组成员为:徐永、林发银、陈曦曜、张俊扬、黄志高、赖恒、李礼明、李晖、张志忠、赖发春、周宏图。黄志高教授任主编。

物理实验教材的编写离不开实验室的建设,更离不开实验物理教研室的老前辈,他们给我们留下了许多宝贵的经验、丰富的资料(包括讲义)。可以说,编写和出版自己的物理实验教材是我们几代物理实验工作者的梦想。在本系列教程付梓之际,我们首先衷心感谢对实验室建设和讲义编写等方面付出辛勤劳动的教师和实验人员。在编写过程中参考了兄弟院校的有关教材,在此向编者表示诚挚的谢意。陈志高、陈水源、谢碧英等同志参与了本系列教程初稿的电脑录入和制图工作,在此深表谢意。

本系列教程的出版，得到了省 211 工程“应用光子学”重点学科、国家教育部《高等学校骨干教师资助计划》专项基金、省教育厅教改基金和校重点教改基金的资助；得到了校、系领导曾民勇校长、胡晓莺副校长、薛守琼处长、谢树森教授、吕团孙教授的大力支持；得到了福建教育出版社阙国虬社长的鼎力支持。在此我们表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，加上时间仓促，书中定有许多不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2000.10.1

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 电磁学实验规程	(1)
第二节 电磁学实验基本仪器介绍	(2)
第三节 电磁学实验数据处理要求	(49)
第四节 基础训练	(55)
实验一 基本仪器的学习和使用	(55)
实验二 变阻器控制电路的研究	(56)
第二章 直流电学量的测量	(64)
第一节 直流电流测量	(64)
实验一 电流表的扩程和校准	(65)
实验二 用电流补偿法测硅光电池的短路电流	(71)
第二节 直流电压测量	(74)
实验三 用电压表测干电池的电动势及内阻	(77)
实验四 用自组电位差计测干电池的电动势	(78)
实验五 用箱式电位差计校准电压表	(81)
第三节 直流电阻测量	(83)
实验六 伏安法测电阻	(87)
实验七 半偏法、全偏法测微安表内阻	(92)
实验八 用惠斯登电桥测电阻	(96)
实验九 用双臂电桥测铜棒电阻率	(102)
实验十 用电容漏电流法测量高阻值电阻	(106)
实验十一 伏安法测二极管的伏安特性	(109)
实验十二 用非平衡电桥测电阻的温度系数	(112)
第三章 交流电的测量及示波器的使用	(115)
第一节 引言	(115)
第二节 实验	(115)
实验一 电工技术基础——变光电路	(115)
实验二 电工安装技术——调光电路	(117)
实验三 交流电功率和功率因数的测定	(119)
实验四 示波器的使用	(124)
实验五 交流电桥	(136)
实验六 LRC 电路的稳态特性	(144)

实验七	RLC 串联电路的暂态过程研究	(152)
实验八	交流电路的谐振现象	(161)
第四章	仪器研究	(167)
第一节	引言	(167)
第二节	实验	(167)
实验一	灵敏电流计特性研究及参数测量	(167)
实验二	冲击电流计特性研究及参数测量	(173)
实验三	指针式万用电表的设计安装与校准	(177)
第五章	磁测量技术	(186)
第一节	引言	(186)
第二节	实验	(188)
实验一	磁场的描绘	(188)
实验二	地磁场水平分量测量	(192)
实验三	冲击电流计在磁测量中的应用	(195)
实验四	霍尔效应及磁场的测量	(200)
第六章	物理实验的设计与研究	(207)
第一节	设计性实验概述	(207)
第二节	设计性实验	(214)
实验一	自组惠斯登电桥桥路参数选择的研究	(214)
实验二	微安表内阻的测量方法的比较研究	(216)
实验三	黑盒子问题的研究	(217)
实验四	铁磁材料的动态磁特性的研究	(218)
实验五	非线性电路系统的混沌现象研究	(221)
第七章	物理实验方法	(223)
第一节	列表法	(223)
第二节	作图法	(224)
第三节	放大法	(227)
第四节	补偿法	(228)
第五节	比较法	(229)
第六节	修正法	(230)
第七节	转换法	(231)
第八节	模拟法	(232)
第八章	物理实验思想	(234)
第一节	古代朴素的物理实验思想	(234)
第二节	经典物理实验思想	(235)
第三节	现代物理实验思想	(238)
附录		(244)

第一章 基础知识

第一节 电磁学实验规程

一 准备

①在实验室开放时间，到实验室了解要做实验的具体要求和必须使用的实验仪器，并做好记录。

②认真阅读实验教材，仪器使用说明，看懂并分析实验电路，写出预习报告。预习报告包括：

- a. 实验题目；
- b. 实验仪器：仪器名称，型号，参数；
- c. 画出实验电路图；
- d. 写出简要的实验步骤；
- e. 画出测量量的数据表格。

二 实验

①进入实验室后，拿出预习报告，检查实验器材是否齐全，仪表、检流计等仪器有否损坏，如有损坏应及时报告指导教师。

②再次认真阅读实验要求，注意事项，认真听取指导教师的讲解，并回答问题。

③合理排好实验仪器。实验仪器的布置摆设要同时考虑以下两点：

- a. 按电路图上元件的位置布设仪器；
- b. 要读数，观察操作的电表等仪器应放在实验者面前。这是为了连线不易出错，便于检查，方便读数、操作。同时为了美观，每个仪器都要端正放置，不可颠来倒去斜放。仪表的卧立要正确。

④正确、快捷连接电路。连接电路要注意以下几点：

- a. 把电源电压调到最小并关闭电源开关，控制电路滑线变阻器的滑动头要调到安全端，电源以外的铡刀开关要打开；
- b. 连导线时应先串联、后并联；
- c. 对于直流电路，应根据电位的高低选择适当颜色的导线来区分。一般高电位端用颜色鲜艳的导线，如红、橙、黄等，低电位端用暗色的导线，如黑、绿等；
- d. 根据仪器摆设的间隔，选择适当长度的导线，导线间尽量不要交叉、缠绕，仪器端钮要拧紧。

⑤认真检查电路。导线接完后，应根据电路图，检查电路连接是否正确。同时也要检查电表的档位选择是否恰当，极性有否接错。检流计短路开关是否打开，电路中的电阻箱取值

是否正确。电源输出是否调到最小，电源开关有否关闭。控制电路的滑线变阻器滑动头有否打到安全端。

若是初次实验在自检无误后，应经指导老师复查，才能打开电源。

⑥通电观察，排除电路故障。正式通电前要进行试通电。方法是断开铡刀开关（在电路中另加开关，是为了防止稳压电源打开开关时感应电压或电流对实验电路器件的冲击），打开电源开关，适当选择电压，然后用铡刀开关触碰式接通电路（一触就断开），并注意观察指示仪表指针的摆动情况及其他仪器仪表的反应是否正常。如无异常则可合上开关，通电实验。如果电路有异常，如电路指示仪表毫无反应，或指示仪表的指示不正常（反偏、超量程），就表明电路有故障。

电路故障的原因是多方面的。电路故障的排除方法是根据故障现象，应用电路原理分析，并用万用电表检测来排除故障。

⑦按要求进行实验，认真记录测量数据。实验过程中应多思少问。注意观察分析实验现象，加深对物理规律的理解和掌握，判断实验数据是否正确。

⑧注意安全。实验过程中应时时注意人身与仪器安全。仪器的使用要按技术要求，不可过压过流。人体要避免接触交流电路和高压直流电路的裸露部分（人体的安全电压为 36 伏）。

三 结束实验

①按要求完成实验后，关闭电源，但不能拆除线路。把实验数据送交指导老师检查。

②实验数据经指导老师检查、签字后，方能拆除线路。仪器按要求整理好，检流计的开关应打到“短路”档。

③到讲台处填好实验登记表，并请指导老师清点、检查实验仪器后，方可离开实验室。

四 实验报告写作

①完成实验后要及时写作实验报告。不管是否合组实验（二人一组），实验报告都要每人一份，独立写作。

②实验报告写作的格式应规范，一定要有实验结论，并进行误差分析，对实验中观察到的现象，存在的问题进行讨论。

③实验预习报告，指导老师签字的实验数据记录，应附在实验报告后面，装订后在规定时间内交给指导老师。

电磁学实验规程是电磁学实验学习的一般程序。学生应严格按照操作规程完成每个实验，这样才能养成良好的实验素养，得到科学实验的初步锻炼，达到掌握实验知识、实验技能（使用实验仪器的技能，按规程进行实验的技能，实验数据处理技能，实验报告写作的技能等），提高实验能力，培养实验素质的教学目标。我们的教学经验是“掌握规范，才能创新”

第二节 电磁学实验基本仪器介绍

电磁学实验多数由一些基本仪器组合进行，这些基本仪器有直流电表、灵敏电流计、电阻箱、标准电池、标准电阻、示波器以及各种信号源、直流稳压源等。

一 直流电表

直流电表是电气测量指示仪表中的一种，属磁电系仪表，用于测量电路中的直流电压和电流，因而是电磁学实验的基本测量工具之一。

1. 磁电系仪表的结构和工作原理

磁电系仪表是利用永久磁铁的磁场与载流线圈相互作用的原理而制成的，它的结构特点是具有固定的永久磁铁和活动线圈（动圈），基本结构见图 1-2-1。这部分基本结构称为表头。

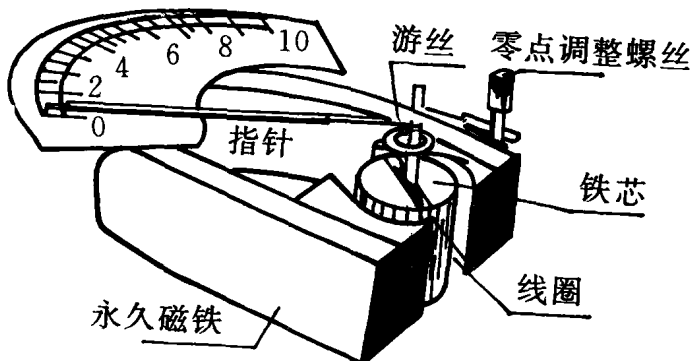


图 1-2-1 磁电系仪表测量机构

磁电系表头中产生反作用力矩的机构，通常用螺旋弹簧（也称游丝）或张丝，它的一端固定在仪表内部的支架上，另一端被固定在转轴上，当仪表的动圈受到转动力矩的作用转动时，游丝或张丝也被扭转变形，而产生与转动力矩相反的反作用力矩。游丝或张丝的另一个作用是作为把电流引入动圈的引线，故游丝或张丝都是两个，由于张丝的反作用力矩比游丝小，所以采用张丝的磁电仪表有更高的灵敏度。

磁电系表头的工作原理如下：

当处在永久磁铁磁场中的动圈通过电流时，通有电流的动圈在磁场中受力产生一定大小的转动力矩而偏转，同时与动圈相联的游丝或张丝也发生形变产生反作用力矩，这个反作用力矩随动圈偏转角的增大而增大，当反作用力矩增加到与转动力矩相等的时候，动圈最终停留在相应位置，与动圈固接在一起的仪表指针指示出被测电流的数值。

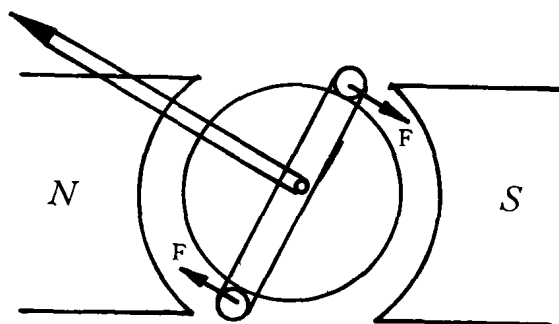


图 1-2-2 动圈在磁场中受力偏转

由于两圆柱形极掌和圆柱形铁芯之间气隙的磁场呈均匀的辐射形分布，设它的磁感应强度为 B ，当动圈中通过的电流为 I 时，动圈处在气隙中且与磁场方向相垂直的每一边受到的电磁力 F 为（见图 1-2-2）：

$$F = BILN \quad (1-2-1)$$

式中 L 表示动圈与磁场方向垂直的边的长度， N 表示动圈的匝数。考虑到气隙中动圈两边受到的电磁力 F 相同，所以，作用在动圈上的力矩为

$$M = 2Fr = 2BILNr \quad (1-2-2)$$

式中 r 表示矩形动圈宽度的一半。因此动圈面积为 $A = 2rL$ ，故

$$M = BINA \quad (1-2-3)$$

若指针偏转的角度为 α ，则游丝或张丝产生的反作用力矩 M_a 为：

$$M_a = D \cdot \alpha \quad (1-2-4)$$

式中 D 是游丝或张丝的反作用系数，它的大小决定于游丝或张丝材料的性质和尺寸。

当仪表指针在某一转角位置不动时，

$$M = M_a$$

即 $M = BINA = D\alpha$ ，则

$$\alpha = \frac{BINA}{D} = SI \quad (1-2-5)$$

式中 $S = \frac{BNA}{D}$ 是磁电系表头的灵敏度。对某一表头来说，它是一个常数，因而 α 与 I 成正比，当用表头测直流电流与电压时，标度尺的刻度是均匀的。

一般磁电式表头的动圈的导线都很细，直接测量的电流和电压都很小（几十至几百微安，内阻几欧至几千欧）。要想测量较大的直流电流和电压，就要用分流和分压的方法对表头进行改装，扩大量程。

2. 电气测量指示仪表的误差及准确度

(1) 仪表的误差及其表达形式

仪表在测量时都会有误差，根据引起误差的原因，可将误差分为两类：一类是基本误差，即指仪表在规定的正常工作条件下进行测量时所具有的误差。基本误差是由于仪表所用材料或结构上、制作上的不完善而产生的。例如标度尺刻度不精密，动圈转轴受到的摩擦力大小等等。另一类是附加误差，就是仪表不在正常条件下工作时除了基本误差外，引起的附加误差。例如仪表指针未调零，没有按规定工作位置安放等。

仪表常见的误差表达形式有三种：

① 示值误差和误差限

仪表的示值 X_i 与被测量实际值 X_0 之间的差值称为示值误差：

$$\Delta = X_i - X_0 \quad (1-2-6)$$

但由于实际值（或真值） X_0 是未知的，故 X_0 应理解为更高准确度等级仪表或其它更精确方法测量的同一数值。我们取仪表某档位中最大的示值误差 Δ_m 为该档位的误差限。

② 相对误差

仪表的绝对误差 Δ 与被测量实际值 X_0 之间的比值，通常用百分数 β 表示：

$$\beta = \frac{\Delta}{X_0} \times 100\% \quad (1-2-7)$$

在相对误差的实际计算中，多用测量结果 X_i 代替 X_0 ，近似求得

$$\beta_i = \frac{\Delta}{X_i} \times 100\% \quad (1-2-8)$$

③ 引用误差

对于同一仪表而言，其基本误差近似等于某一常数，即对于不同的测量结果 Δ 起伏不大。因此为了说明仪表本身性能的好坏，测量指示仪表的准确度通常都用引用误差表示：

$$\beta_m = \frac{\Delta}{X_m} \times 100\% \quad (1-2-9)$$

式中 X_m 称为引用值（也称基准值）是仪表的量限。

（2）仪表的准确度等级

在各种仪表中，单向标度尺的仪表是最常使用的，它的准确度是以标度尺工作部分量限的百分数表示的。若以 K 表示准确度等级，则有：

$$\pm K \% = \frac{\Delta_m}{X_m} \times 100 \% \quad (1-2-10)$$

式中 Δ_m 是以绝对误差限表示的最大基本误差。因此仪表的准确度等级的百分数也就是该表在规定的正常工作条件下使用时允许的最大引用误差值。

根据我国国家标准 (GB776—76) 的规定，指示仪表的准确度分为七级，即 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级。各等级准确度的指示仪表在规定条件下使用时的基本误差应小于等于 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 和 $\pm 5.0\%$ 。

（3）仪表测量误差限的估计

在标准条件下，用指示仪表进行测量时，可以根据仪表准确度等级来估计测量结果的误差。

现以 C31 型 0.5 级直流毫安表为例。用该型号表的 5mA 档，在规定条件下测量某一电流，读数为 2.60mA，那么测量结果可能出现的误差限为：

$$\Delta_m = \pm K \% \cdot I_m = 0.5 \% \times 5 = 0.025 \text{mA}$$

测量结果可能出现的最大相对误差为：

$$\beta = \frac{\Delta_m}{I} \times 100 \% = \frac{\pm 0.025}{2.60} \times 100 \% \approx \pm 1 \%$$

从以上测量相对误差的计算可知，当被测量越靠近满刻度，测量的相对误差越小，所以在测量时应选择合适的档位，使被测量的指示值在该档标尺的 2/3 以上。

（4）仪表读数的有效位数

仪表读数的有效位数由测量结果的误差限决定。一般仪表标尺的分度都与其准确度等级相适应，对于同等级多档位的仪表有时需要在最小分度间估读，有时则不需要。为了统一读数的方法，同等级多档位仪表读数有效位数的确定可分两步进行：

①记录指示值：指示值 X 为：

$$X = \frac{X_m}{M} \cdot n \quad (1-2-11)$$

式中 X_m 为该档的量限， M 为标尺总分格数， n 为指针指示的分格数，并在最小分格之间估读一位， X_m/M 称为分度值，它表示标尺最小分格的值。最小分格间的估读可根据指针的宽度与分格大小的比较估读到分度值的 1/2、1/5 或 1/10。

②由该档的误差限确定记录测量指示值的最低有效位数。

例：用 C31—V 型直流电压表的 2V 档测一直流电压，该表的准确度等级为 0.5 级，标尺分格为 100。当指针指在 43.5 格时，记录测量指示值为：

$$V = \frac{2.00}{100} \times 43.5 = 0.87 \text{V}$$

该档的绝对误差限为：

$$\Delta_m = 2.00 \times 0.5 \% = 0.01 \text{V}$$

故测量结果的有效位数为 2 位，表示为：

$$V = (0.87 \pm 0.01) V$$

3. C31 型 0.5 级直流电表

(1) 技术特性

① 测量范围

表 1-2-1

型 号	测量范围	内阻或压降	内阻或消耗电流	刻度分格
C31- μ A	0~10 μ A	$R \approx 10k\Omega$	—	100
	0~20 μ A	$R \approx 2.6k\Omega$		100
	* 0~50 μ A	$R \approx 600\Omega$		100
	100/200/500/1000 μ A	R: 1200/1100/ 560/300 Ω		100
	150/300/750/1500 μ A	R: 933/633/292/ 153 Ω		150
C31-mA	* 1.5/3/7.5/15mA	U: 10~20mV	—	150
	* 5/10/20/50mA	U: 12~28mV		100
	* 100/200/500/1000mA	U: 45mV		100
C31-A	7.5/15/30/75/150/300/ 750mA/1.5/3/7.5/15/30A	U: 27~45mV	—	150
	* 2/5/10/20A	U $\approx$ 45mV		100
C31-mV	0~10mV	—	$R \approx 5\Omega$	100
	45/75/150/300/750/1500/ 3000mV		45mV $R \approx 15\Omega$ 75mV $R \approx 30\Omega$ 150~300mV I=2mA	150
	* 100/200/500/1000mV		I=1mA	100
	* 0~75mV/A		I=1mA	150
C31-V	0.045/0.075/3/7.5/15/30/75/ 150/300/600V	—	45mV $R \approx 15\Omega$ 75mV $R \approx 30\Omega$ 3~600mV I=2mA	150
	* 1.5/15/150/1500V		I=2mA	150
	* 2/5/10/20V		I=1mA	100
	* 50/100/200/500V		I=1mA	100
C31-AV	1.5/3/7.5/15/30A/3/15/30/ 75/150/300/600V	1.5~30A V $\approx$ 45mV	3~600V I=5mA	150

注：* 补充规格

② 主要性能参数

a. 准确度等级：0.5 级

b. 工作位置：水平

c. 响应时间：小于 4s（外电路电阻对 $10\mu\text{A}$ 仪表应不小于 $150\text{k}\Omega$ ，对 $20\mu\text{A}$ 仪表应不小于 $60\text{k}\Omega$ ，对 $50\mu\text{A}$ 仪表应不小于 $8\text{k}\Omega$ ）

d. 标度尺长度：120mm

e. 基本误差：当使用条件符合周围环境温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 $40\%\sim 60\%\text{RH}$ 时，仪表的基本误差在标度尺工作部分的所有分度线上不超过测量上限的 $\pm 0.5\%$ 。

f. 环境温度引起的改变量：当周围环境温度自 $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 改变至规定的工作温度范围（ $23\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）内任一温度时，由此引起仪表指示值的改变在换算为温度每改变 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不超过测量上限的 $\pm 0.5\%$ 。

g. 位置引起的改变量：当仪表自水平位置向任一方向倾斜 5° 时，其指示值的改变不超过测量上限的 $\pm 0.25\%$ 。

h. 外磁场引起的改变量：仪表由于 0.4kA/m ，交流或直流的外磁场影响，其指示值的改变不超过测量上限的 $\pm 1.5\%$ 。

i. 安全要求：接线端与外壳之间能耐受交流 50Hz 、 0.5kV （电压表、安伏表为 2kV ， $10\sim 1500\text{V}$ 规格为 3kV ）、 1min 的电压试验，绝缘电阻不小于 $5\text{M}\Omega$ 。

j. 外形尺寸 $1\times b\times h$ ，mm： $220\times 170\times 100$

k. 重量：2.5kg

（2）仪表结构和部分仪表原理线路

仪表是磁电系张丝支承结构，磁系统采用铁环轭式结构，漏磁较小，并且具有良好的防御外磁场影响性能，磁铁用铝镍钴合金，并经过特殊的稳定处理，使仪表能长时期保持准确度，仪表的可动部分采用新型的张丝支承，用两根高强度合金张丝固定在减震弹片上，并装有限止器，使仪表具有良好的抗震性能。此外，可动部分采用张丝支承后，偏转时不存在摩擦，使仪表的灵敏度和使用寿命大大提高。指针尖采用特种玻璃丝，能保证良好的直线性，刻度板下装有消除视差的反光镜，可保证仪表读数的准确。测量机构装在胶木外壳的单独密封小室内，可防止外来的机械力作用和脏物侵害。仪表的量限转换采用插塞，使用方便。部分仪表的原理电路图见图 1-2-3~图 1-2-7。

（3）使用、操作注意事项

①仪表使用时，应放在水平位置，并尽可能远离强电流导线或强磁场，以免产生附加误差。

②仪表使用前，应先利用表壳上的零位调节器，把指针调整到零位。

③仪表在测量电流时，应串联接入线路，在测量电压时，应并联接入线路，在接入线路前，必须对电路中的电流或电压强度有所估计，以免过载而使仪表损坏。

（4）保管及维修

①仪表应保存在周围环境温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及相对湿度不超过 85% 的室内，热带型仪表应保存在周围环境温度自 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及相对湿度不超过 98% 的室内，且空气中不应含有腐蚀性气体和有害物质。

②仪表在运输和携带时，必须小心轻放，避免使仪表受强烈震动。

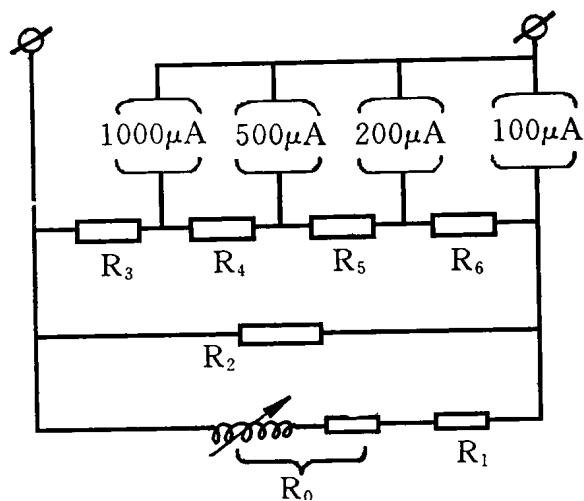


图 1-2-3 C31- μ A 型微安表 (0~1000 μ A)

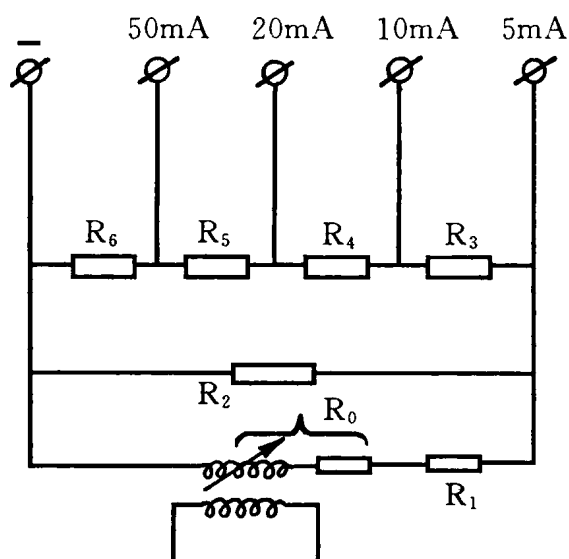


图 1-2-4 C31-mA 型毫安表 (0~50mA)

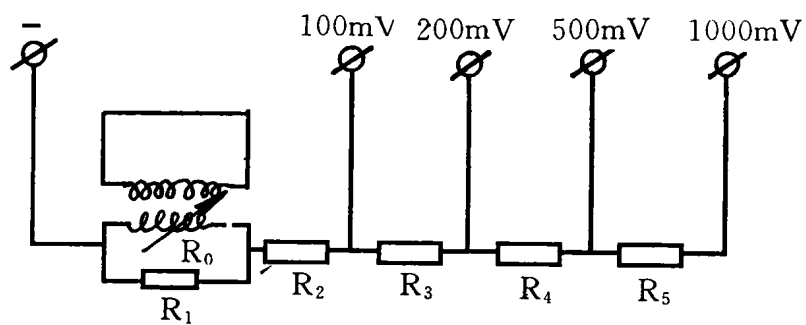


图 1-2-5 C31-mV 型毫伏表 (0~1000mV)

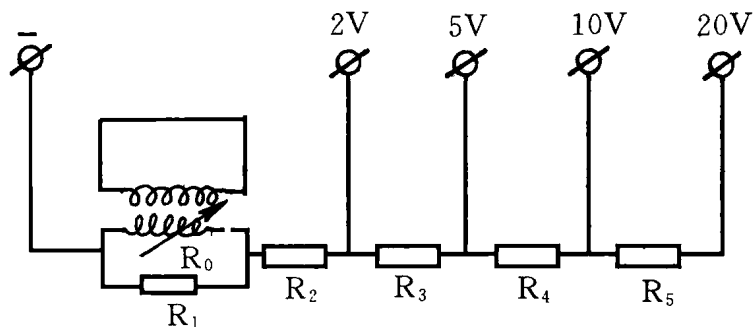


图 1-2-6 C31-V 型伏特表 (0~20V)

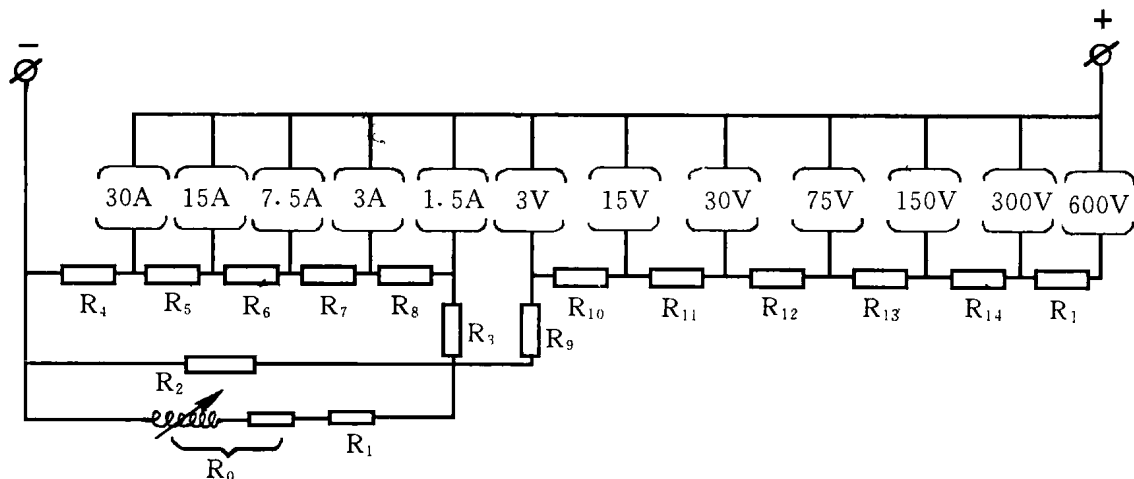


图 1-2-7 C31-AV 型伏安表

③仪表使用后，应妥善保管，防止灰尘侵入。

④仪表应按国家计量局规定期限送检。

二 磁电系直流检流计

磁电系直流检流计是一种高灵敏度的电流表，可供电桥、电位差计作为指零仪或测量微小电流或电压。直流检流计的指示部分通常有指针和光标式两种。指针式检流计标度尺分格较少，灵敏度也较低，其分度值通常为 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 安/分度。光标式检流计的标度尺分格较多，灵敏度高，分度值约为 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ 安/分度。与普通磁电系仪表不同的是，检流计的标度尺只能读偏转格数，而不直接指示电流或电压值，若要用检流计直接测电流或电压，则需事先定标。

1. AC5 型直流指针式检流计

AC5 型直流指针式检流计属于便携型磁电式结构，其动圈（可转动线圈）固定在张丝上，当动圈内通入微小的电流时，带有电流的动圈与永久磁铁的磁场相互作用产生了转动力矩，使指针偏转，检流计的反作用力矩由起导电作用的张丝产生。

为了消除读数视差，检流计采用刀形指针和反射镜相配合的读数装置。检流计的动圈用短路阻尼的方法制动，这样可防止可动部分、张丝等因机械振动而变形，检流计面板上有一小旋钮，当小旋钮转向红色圆点时，动圈即被短路。面板上弧形标尺的圆心处，是一圆形零