



职业教育精品实用教材

ZHIYE JIAOYU JINGPIN SHIYONG JIAOCAI

电工仪表与测量

主 编 杜传奇



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要介绍电工仪表与测量的基本知识、磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、电能表和互感器、电参数的测量、电测量仪表的选择与校验、示波器、数字仪表等内容。

本书可作为职业技术学校电工类专业教材,也可作为职工培训教材和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工仪表与测量/杜传奇主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6

职业教育精品实用教材

ISBN 978-7-5612-2396-3

I. 电… II. 杜… III. ①电工仪表—职业教育—教材②电气测量—职业教育—教材
IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 076043 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:10.25

字 数:243 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:17.90 元

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,职业教育精品实用教材编写组组织相关力量对实现职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。

职业教育精品实用教材是面向职业教育的规范性教材,严格按照国家最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻素质教育的理念,突出职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养,在内容编排、例题设置和图示说明等方面努力创新,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

我们希望各地、各校在使用本套教材的过程中,及时提出改进意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

职业教育精品实用教材编写组

前 言

本书根据国家教育部最新颁发的教学指导要求编写,可作为职业技术学校电工类专业教材,也可作为职工培训教材和自学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标,符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求,符合职业教育的特点和规律,具有职业教育特色,符合国家有关部门颁布的技术质量标准。

本书在内容选择上紧扣教学目标,符合大纲要求,注意从工程实际出发,紧密联系生产实际,力求体现新技术、新工艺和新方法的应用。在编写过程中,考虑到学校教学的特点,力求做到理论联系实际,既注意测量仪表的原理和测量方法的介绍,同时又强调仪表的使用方法、测量方法和测量时的注意事项的掌握,深入浅出,通俗易懂。

本书主要介绍电工仪表与测量的基本知识、磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、电能表和互感器、电参数的测量、电测量仪表的选择与校验、示波器、数字仪表等内容。

通过本书的理论与实践教学,力求使学生掌握常见电工仪表的基本结构、工作原理、性能特点,具备利用各种仪表进行有关电气量测量的能力及处理各种仪表常见故障的能力,培养学生理论联系实际、严谨求实、团结协作的精神,提高学生独立分析、解决问题的能力。

本书教学共需 80 课时,课时分配建议如下:

章 次	课 时 数
第 1 章 电工仪表与测量的基本知识	8
第 2 章 磁电系仪表	10
第 3 章 电磁系仪表	6
第 4 章 电动系仪表	12
第 5 章 电能表和互感器	12
第 6 章 电参数的测量	12
第 7 章 电测量仪表的选择与校验	6
第 8 章 示波器	6
第 9 章 数字仪表	8
合 计	80

本书由杜传奇担任主编,孙国梁、路宏、王文娜担任副主编。在编写的过程中,编者参阅了大量的相关专业书籍和资料,在此向原著作者表示衷心的感谢。

由于编者的编写经验有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者提出宝贵的意见,以便进一步完善。

编 者

目 录

第 1 章 电工仪表与测量的基本知识	1
第 1 节 电工测量的基本知识	1
第 2 节 测量误差的产生及其消除方法	4
第 3 节 电工仪表的基本知识	6
本章小结	15
本章习题	15
阅读材料	17
第 2 章 磁电系仪表	18
第 1 节 磁电系测量机构	18
第 2 节 磁电系电流表	21
第 3 节 磁电系检流计	25
第 4 节 磁电系电压表	28
第 5 节 万用表	29
训练 1 磁电系电流表和电压表的使用	38
训练 2 万用表的使用	40
本章小结	41
本章习题	42
阅读材料	44
第 3 章 电磁系仪表	45
第 1 节 电磁系测量机构	45
第 2 节 电磁系电流表	48
第 3 节 电磁系电压表	49
训练 1 电磁系电流表和电压表的使用	50
本章小结	51
本章习题	51
阅读材料	52
第 4 章 电动系仪表	54
第 1 节 电动系仪表的测量机构	54
第 2 节 电动系电流表和电压表	56
第 3 节 功率表	58
第 4 节 频率表、相位表和功率因数表	68
训练 1 单相功率表的使用	71
训练 2 三相电路有功功率的测量	72
本章小结	73

本章习题	74
阅读材料	75
第 5 章 电能表和互感器	77
第 1 节 单相电能表	77
第 2 节 三相电能表	79
第 3 节 互感器	83
训练 1 电能表的校验	87
训练 2 正确连接三相电能表	88
本章小结	89
本章习题	89
阅读材料	89
第 6 章 电参数的测量	91
第 1 节 概述	91
第 2 节 电桥	96
第 3 节 兆欧表	99
第 4 节 接地电阻的测量	103
训练 1 直流单臂电桥的使用	107
训练 2 兆欧表的使用	107
本章小结	108
本章习题	108
阅读材料	109
第 7 章 电测量仪表的选择与校验	111
第 1 节 电测量指示仪表技术特性比较	111
第 2 节 电工仪表的校验	115
训练 1 电流表的校验	118
训练 2 配电板的设计和安装	120
本章小结	120
本章习题	120
阅读材料	121
第 8 章 示波器	122
第 1 节 示波器的结构和工作原理	122
第 2 节 示波器的使用方法	127
训练 1 示波器的使用	133
本章小结	134
本章习题	134
阅读材料	134
第 9 章 数字仪表	136
第 1 节 数字仪表的测量机构	136

第 2 节 数字电流表和数字电压表.....	140
第 3 节 数字毫欧表和电容表.....	144
第 4 节 DT-830 型数字万用表	148
训练 1 数字万用表的使用	150
本章小结.....	151
本章习题.....	151
阅读材料.....	152
附录.....	154
附录 A 国际单位制.....	154
附录 B 电工仪表型号	155

第1章 电工仪表与测量的基本知识



学习目标

- (1) 理解电工测量的基本概念,了解常用电工测量的分类方法和单位制。
- (2) 了解误差的分类,掌握误差的表示和消除方法。
- (3) 了解电工仪表的组成、分类和表面标志。
- (4) 会计算引用误差和电工仪表的准确度,了解电工仪表的主要技术要求和选择方法。

第1节 电工测量的基本知识

一、电工测量

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。在这个过程中常借助专门的设备,把被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较,取得用数值和单位共同表示的测量结果。

在所有的测量技术中,有一种是以电磁规律为基础的测量技术,即电工测量。电工测量是借助测量设备,将被测量的各种电量和各种磁量与作为测量单位的同类电工量进行比较,以确定其大小的过程。

一个测量过程通常包括测量对象、测量方法、测量设备3个要素。测量对象指电压、电流、电阻、电容、电感、电功率、电能、频率、相位、功率因数、磁感应强度、磁通量、磁导率等物理量;测量方法可根据测量的目的和被测量的性质进行选择;测量设备包括度量器和测量仪器仪表。

进行电量或磁量测量所需的仪器仪表称为电工仪表。电工测量中使用的标准物理量是物理量单位的复制体,称为电学度量器。电学度量器是电工测量设备的重要组成部分,它不仅作为标准量参与测量的过程,而且是维持电磁学单位统一、保证量值准确传递的器具。电工测量中常用的电学度量器有标准电池、标准电阻和标准电感等。

测量过程一般包括3个阶段:

- (1) 准备阶段。首先要明确“被测量”的性质及测量所要达到的目的,然后选定测量方式,选择合适的测量方法及相应的测量仪器。
- (2) 测量阶段。建立测量仪器所必需的测量条件,慎重地进行操作,认真记录测量数据。
- (3) 数据处理阶段。根据记录的数据,考虑测量条件的实际情况,进行数据处理,以求得测量结果和测量误差。

二、电工测量的意义

测量是揭示客观世界规律,用数字语言描述周围世界,进而改造世界的重要手段。广义地

说,任何实验科学的结论,都是对实验数据统计推断的结果,而数据的取得,就要靠测量。在电工领域中经常用到测量,电能的生产、传输、变配、使用过程中,必须通过各种电工仪表对电能的质量、负载和运行情况加以监视,达到供电和用电可靠、安全、经济的效果;电器设备的安装、调试、实验、运行、维修过程中也必须通过各种电工仪表的测量,才能保证设备安全、可靠地运行;在电器产品的检验、分析及鉴定时也会遇到电工测量方面的问题。

三、测量方法的分类

1. 按被测量的测量方式分类

(1)直接测量。将被测量与同类标准量直接比较,或用事先刻度好的测量仪表进行测量,从而直接测得被测量的数值,这种测量方式称为直接测量。例如,用电流表测量电流、用直流电桥测量电阻等均属于直接测量。直接测量被广泛地应用于工程技术测量中。

(2)间接测量。测量中,通过对与被测量有一定函数关系的几个量进行直接测量,然后再按这个函数关系计算出被测量数值,这种测量方式称为间接测量。例如,当需测量某种导体的电阻系数 ρ 时,因为导体的电阻系数 ρ 与导体的电阻 R 、导体截面 S 及导体长度 l 有着一定的关系,所以分别测出各有关量 R 、 S 和 l ,然后根据公式 $\rho = R \frac{S}{l}$,就可计算出 ρ 值了。当某些被测量由于某些原因而不便于进行直接测量时,就可以考虑采用间接测量。

(3)组合测量。如果被测量有多个,而且能以某些可测量的不同组合形式表示时,可先通过直接或间接测量这些组合的数值,再通过解联立方程组求得未知的被测量数值,这种测量方式称为组合测量。组合测量可以用计算机来求解方程组,而且测量精度较高。

2. 按度量器参与测量过程的方式分类

测量是将被测量与作为测量单位的同类量进行比较,单位复制体的度量器参加到这一比较过程可以是直接的,也可以是间接的。因此,根据是否有度量器直接参与测量过程,测量方法分为两大类:直读法和比较法。

(1)直读法。它是直接从仪器仪表的刻度盘上读出测量结果的方法。例如,一般用电压表测量电压、用温度计测量温度等都是直读法,这种方法是根据仪器仪表的读数来判断被测量的大小,作为计量标准的实物并不直接参与测量。这种方法具有简单方便等优点,因而被广泛应用。

(2)比较法。将被测量与度量器通过较量仪器进行比较,从而测得被测量数值的方法称为比较法。可见,在比较法中,度量器是直接参与作用的。例如,用天平测量物体质量的方法就是一种比较法,在测量过程中,作为质量度量器的砝码始终参与作用。用比较法测量可以得到高的测量准确度,但测量操作比较麻烦,相应的仪器设备也比较昂贵,这是比较法的不足之处。

根据被测量与标准量进行比较时的特点,又可以将比较法分为平衡法、微差法和替代法等。

1)平衡法(零值法)。在测量过程中,连续改变标准量,使它产生的效应与被测量产生的效应相互抵消或平衡,这种方法称为平衡法。由于在平衡时指示器指零,所以又称为零值法。这时被测量可以由标准量通过一定的关系式求出。电桥和电位差计都是采用平衡法原理。平衡法的准确度主要取决于标准量的准确度和指零仪器的灵敏度。

2)微差法。如果在上述平衡过程中,被测量与标准量不能平衡或标准量不便于调节,则

可以通过测量仪器测量二者的差值或正比于差值的量,进而根据标准量的数值确定被测量的大小,这种方法就称为微差法。微差法的测量误差取决于标准量的误差及测量差值的误差,显然,差值越小,对测量结果的误差的影响越小。例如,若差值为被测量总量的千分之一,测量差值的误差为百分之一时,则测量差值的误差反映在测量结果的测量误差中仅为十万分之一,可见,微差法可以达到较高的测量准确度。标准电池的相互比较就采用这种方法。

3) 替代法。将被测量与标准量分别接入同一测量装置,在标准量替代被测量的情况下,调节标准量使测量装置的工作状态保持不变,从而可以用标准量的数值来确定被测量的大小,这种方法称为替代法。用替代法测量时,由于测量装置在被测量和标准量分别作用时的状态是一样的,因此装置本身的性能及各种外界因素对测量的影响也是几乎相同的,这样就极大地减小了所有外界因素对测量结果的影响。替代法的测量准确度主要取决于标准量的准确度和测量装置的灵敏度。

在测量时,到底选用哪种测量方法,要由测量结果准确度的要求以及实验条件是否相同等多种因素决定。

四、测量单位制

测量单位是确定一个被测量的标准,因此测量单位的确定和统一是非常重要的。我国统一实行以国际单位制(SI)为基础的法定计量单位。表1.1列出了电工测量中常用的并具有专门名称的国际单位制导出单位。关于国际单位制的更多知识可以参考本书附录A部分。

表1.1 部分具有专门名称的SI导出单位

量	SI 导出单位			
	名称	符号	用其他 SI 单位表示的表示式	用 SI 基本单位表示的表示式
频率	赫[兹]	Hz		s^{-1}
力	牛[顿]	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
能,功,热量	焦[耳]	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
功率,辐[射]通量	瓦[特]	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
电荷[量]	库[仑]	C		$s \cdot A$
电位,电压,电动势	伏[特]	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
电容	法[拉]	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
电阻	欧[姆]	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
电感	亨[利]	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
电导	西[门子]	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁感应强度,磁通密度	特[斯拉]	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$		K

需要说明的是,工程测量中,电能单位常用的“千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)”不是 SI 单位。由于它很实用,所以在电能的测量中,习惯上仍然常用 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 作为电能的测量单位。 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 与 SI 单位中能量单位“焦(J)”的换算关系是 $1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$ 。

第 2 节 测量误差的产生及其消除方法

被测量有一个真实值,简称真值,它由理论给定或由计量标准规定。在实际测量该被测量时,由于受到测量仪器精度、测量方法、环境条件或测量者能力等因素的限制,测量值与真值之间不可避免地存在着差异,这种差异定义为测量误差。

一、测量误差的分类及产生原因

根据误差的性质及其产生的原因,测量误差可以分为系统误差、偶然误差、疏失误差 3 类。

1. 系统误差

在规定的测量条件下对同一量进行多次测量时,如果误差的数值保持恒定或按某种确定的规律变化,则称这种误差为系统误差。例如,电表零点不准,温度、湿度、电源电压等变化造成的误差,便属于系统误差。系统误差一般可以分为基本误差、附加误差、方法误差和人为误差等。

系统误差有一定的规律性,可以通过试验和分析,找出原因,设法减弱。

2. 偶然误差

偶然误差又称随机误差。在规定的测量条件下对同一量进行多次测量时,如果误差的数值发生不规则的变化,则称这种误差为偶然误差。例如,热噪声、外界的干扰和测量人员感觉器官无规律的微小变化等引起的误差,便属于偶然误差。

一次测量的偶然误差没有规律,但在多次测量中偶然误差是服从统计规律的,一般而言,如果测量的次数足够多,偶然误差平均值的极限就会趋于零。欲使测量结果有较高的可信度,应将同一种测量重复多次,取多次测量值的平均值作为测量结果。

3. 疏失误差

疏失误差又称为粗大误差,是指在一定的测量条件下,测量值显著地偏离真值时的误差。疏失误差的误差值一般都明显地超过相同条件下的系统误差和偶然误差。例如,读错刻度、记错数字、计算错误以及测量方法不对等引起的误差。通过分析,确认是疏失误差的测量数据,应该予以剔除。

二、测量误差的表示方法

测量误差通常用绝对误差和相对误差表示。

1. 绝对误差

在一定条件下,某一物理量所具有的客观大小称为真值。测量的目的就是力求得到真值,由于多种因素的限制,测量结果与真值之间总有一定的差异,即,总存在测量误差。设测量值为 N ,相应的真值为 N_0 ,测量值与真值之差

$$\Delta N = N - N_0 \quad (1.1)$$

式中, ΔN 称为测量误差, 又称为绝对误差。

绝对误差有正负之分, 正误差说明测量值比真实值大, 负误差说明测量值比真实值小。对同一个被测量而言, 测量的绝对误差越小, 测量就越准确。

2. 相对误差

绝对误差与真值之比的百分数叫做相对误差。用 E 表示:

$$E = \frac{\Delta N}{N_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

由于真值无法知道, 所以计算相对误差时常常用 N 代替。在这种情况下, N 可能是公认值, 或高一级精密仪器的测量值, 或测量值的平均值。相对误差用来表示测量的相对精确度, 用百分数表示, 相对误差越小表示测量的精确度越高。

【例 1-1】用电压表测量电压, 电压表的指示值是 20 V, 对这一电压多次测量求得的平均值为 19.8 V, 求相对误差。

解:

$$E = \frac{\Delta N}{N_0} \times 100\% = \frac{20 - 19.8}{19.8} \times 100\% = 1\%$$

三、测量误差的消除方法

在测量过程中, 不可避免地存在着系统误差。产生系统误差的原因是多种多样的。对于基本误差和附加误差等引起的系统误差可以采取一些措施加以消除。通常在工程上, 当系统误差被减小到可以忽略的程度时, 就认为它已被消除了。消除系统误差没有千篇一律的方法, 必须根据测量中的实际情况进行具体分析。

下面介绍消除测量误差的一些常用方法。

1. 系统误差的消除方法

(1) 对度量器、测量仪器仪表进行校正。在准确度要求较高的测量结果中, 引入校正值进行校正。

(2) 消除产生误差的根源。尽量使各种仪器仪表在规定的正常条件下工作, 这样可以消除各种外界环境因素所引起的附加误差。例如, 正确安装和调整好仪表, 使仪表的环境温度、外来电磁场、电源电压的波形、频率等都能符合该仪表所规定的要求。

(3) 采用特殊的测量方法。在测量过程中, 经过多次测试, 并进行仔细观察分析, 往往可以发现由于某些特殊原因引起的系统误差。这时可以针对不同的情况, 采取相应的特殊测量方法, 如正负误差补偿法、替代法、等时间对称观测法等。

2. 偶然误差的消除方法

一次测量结果的偶然误差没有规律可循, 但多次测量中的偶然误差仍然具有一定的规律。在工程测量中通常采用增加重复测量次数, 并取算术平均值的方法来减小偶然误差对测量结果的影响。测量次数越多, 误差越小, 测量结果越准确。

第3节 电工仪表的基本知识

一、电工仪表的分类

测量各种电磁量的仪器仪表系统称为电工仪表。电工仪表不仅可以用来测量各种电磁量,还可以通过相应的变换器用来测量非电磁量,例如,温度、压力、速度等。电工仪表种类繁多,规格各异,按其工作特点通常可分为指示仪表、数字仪表、比较仪器三大类,其中指示仪表是最常见的电工仪表。

1. 指示仪表

电工指示仪表的工作特点:先将被测电磁量转换为可动部分(其上附有指针等)的偏转角位移,再根据指针在标尺上指示的位置,直接读出被测电磁量的数值。

指示仪表又可按照以下方法进行分类:

- (1)按工作电流种类,可分为直流电表、交流电表、交直流两用电表。
- (2)按工作原理,可分为磁电系、电磁系、电动系、感应系、整流系、静电系、热电系等。
- (3)按被测对象的名称或单位,可分为电流表、电压表、功率表、电度表、电阻表、相位表等。
- (4)按电工仪表的使用方式,可分为安装式仪表、便携式仪表等。
- (5)按仪表的准确度等级,可分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0七个等级。数字愈小,准确度愈高。

(6)按读数装置的结构,可分为指针式、光标式、振簧式和数字转盘式等。

此外,指示仪表还可按外壳的防护性能及耐受机械力作用的性能进行分类。

2. 数字仪表

数字仪表的工作特点:先将被测模拟量(即连续量,如电压、电流等)转换为数字量,再以数字方式显示出被测量的数值,由于这种仪表中采用了数字技术,若再与微处理器配合,可以提高测量的自动化程度,如自动选择量程、自动存储测量结果及自动进行数据处理等。与指示仪表相比,数字仪表没有机械转动部分,可以避免摩擦、减小读数误差,在测量精度及速度方面均有所提高。

数字仪表一般按被测量对象分类,如数字电压表、数字电流表、数字频率表、数字万用表等。

3. 比较仪器

比较仪器的工作特点:将被测量与度量器(即标准单位的实体,如标准电池、标准电阻等)进行比较,从而读出被测量的数值。

比较仪器包括电位差计、各类电桥等,一般分为直流、交流两大类,常用于较精密的测量。

二、电工指示仪表的原理与组成

电工指示仪表的结构如图1.1所示,从图上可以看出,整个指示仪表可以分为测量线路和测量机构两个部分。指示仪表要把被测量 x 转换为仪表可动部分的偏转角,一般要经过两步变换。第一步先把被测量 x 转换成仪表的测量机构可以直接接受的过渡量 y ,这一步变换由

测量线路完成。第二步再将过渡量 y 变为仪表可动部分的偏转角 α , 这一步变换由测量机构完成。通过偏转角 α 可以直接读出被测量 x 的值。

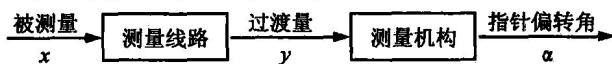


图 1.1 电工指示仪表的结构

指示仪表首先应有一个将电量转换成角位移的结构,称之为测量机构。测量机构是电工测量指示仪表的核心,没有测量机构就不能成为电工指示仪表。不同仪表的测量机构尽管在动作原理上各不相同,可是它们在仪表上的功能却是相同的,即在被测量作用下产生转矩,推动可动部分偏转,指示被测量的大小。测量机构通常包括以下 5 部分:

(1) 驱动装置。为了使可动部分的偏转角反映被测电量的大小,测量机构必须具有产生转动力矩的驱动装置。转动力矩可由电磁力、电动力、电场力或其他力产生。产生转动力矩的不同方式和原理可构成不同系列的指示仪表。例如,磁电系仪表利用永久磁铁与通电线圈之间的电磁力来产生转矩,电动系仪表利用两个通电线圈之间的电磁力产生转矩等。

(2) 控制装置。仪表可动部分在转矩作用下,将带动指示器偏转。但是,如果在仪表可动部分上只有转动力矩作用时,则不论被测量多大,只要转矩能克服可动部分的摩擦力,都将使指示器一直偏转到尽头,因此在可动部分上还要有反作用力矩。反作用力矩是由控制装置产生的,在电测量指示仪表中,测量机构的控制方法有两种:

1) 利用机械力。利用机械力产生反作用力矩,所使用的主要元件是游丝、张丝和悬丝,它们都是弹性元件,因此就可以利用它们在弹性变形后所具有的恢复原状的弹力来产生反作用力矩。在仪表测量机构中,游丝、张丝或悬丝往往还起着导流作用,把电流引入和导出仪表的可动部分。

对游丝、张丝或悬丝的共同要求是阻尼弹性稳定、残余变形小、电阻值低、温度系数小以及无磁性等。通常用以制造这些弹性元件的材料是锡锌青铜、铂银合金以及磷青铜等。

游丝的形状为阿基米德螺旋线,如图 1.2 所示。

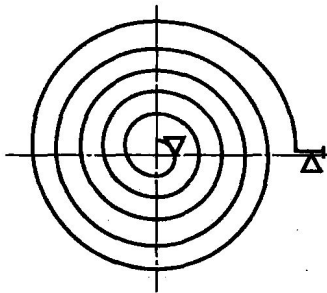


图 1.2 游丝

如图 1.3 所示为游丝产生反作用力矩的控制装置,当可动部分偏转时游丝被扭转,利用游丝的弹力产生反作用力矩,它的内端与转轴固结,外端与称为调零器的弯杆固结。仪表在测量之前其指针必须处于机械零位,但指针有时会在零位附近有些偏转,这就需要转动调零器来改变游丝外部的的位置,使指针恢复零位。

2) 利用电磁力。利用电磁力产生反作用力矩的一类仪表称为“比率表”或“流比计”。这类仪表的特点是它的可动部分有两个元件,彼此固结装在转轴上,其中一个元件用以产生转动力矩。电动系相位表即属于此类。

(3) 阻尼装置。测量时, 仪表指针可动部分要偏转, 由于惯性当偏转到转动力矩与反作用力矩相等的平衡位置时不能马上停下来, 而要继续偏转, 这时由于反作用力矩大于转动力矩, 可动部分的偏转速度将逐渐减慢, 当最后减至零时, 可动部分已经超过了平衡位置, 因而反作用力矩大于转动力矩, 可动部分又将往回偏转, 形成可动部分在平衡位置左右来回摆动, 这样指针经过一段时间才能稳定在平衡位置上。为了减少可动部分摆动的时间以利于尽快读数, 仪表中必须有阻尼装置, 用来消耗可动部分的动能, 即限制可动部分的摆动。

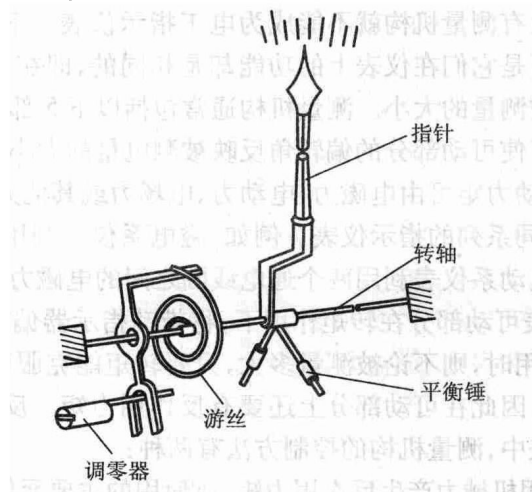


图 1.3 用游丝产生反作用力矩的装置

电工指示仪表中广泛采用如图 1.4 所示的空气式与磁感应式两种阻尼器。

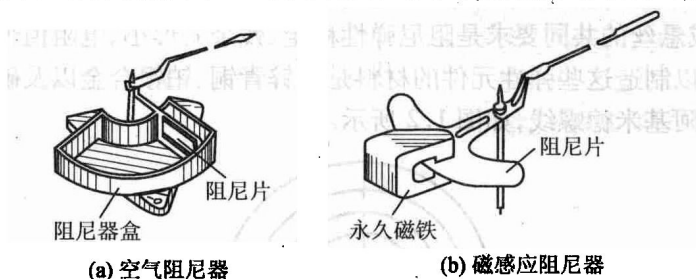


图 1.4 仪表的阻尼器

(4) 读数装置。指示仪表的读数装置由指示器与标度盘组成。

1) 指示器。指示器有指针式和光标指示器两种。指针式指示器用指针指示出仪表的读数, 大多数指示仪表采用这种指示器。光标指示器利用光标读数, 在这类仪表的可动部分上带有一个很小的反光镜, 在仪表内部设置有光源和一套光学系统。由于利用光的多次反射, 因此可以使得可动部分的微小偏转变换为相应标尺上的较大的偏转, 从而大大提高了仪表的灵敏度, 降低了仪表本身的功率消耗。在光标式检流计中就是采用的这种指示器。

2) 标度盘。标度盘上带有标度尺, 此外还标注有仪表类型、测量单位符号、仪表准确度等级、工作位置等一系列符号, 以表明该仪表的技术特性。标度盘上标度尺的长度是与仪表的准确度相适应的。在准确度较高的仪表中, 标度尺的下面装有用以消除视差的反光镜。

(5) 支撑装置。测量机构的可动部分要随被测量的大小而偏转, 因此必须有支撑装置。常用的支撑装置有轴尖轴承支撑方式和张丝弹片支撑方式两种。

如图 1.5 所示为测量机构的支撑装置示意图。

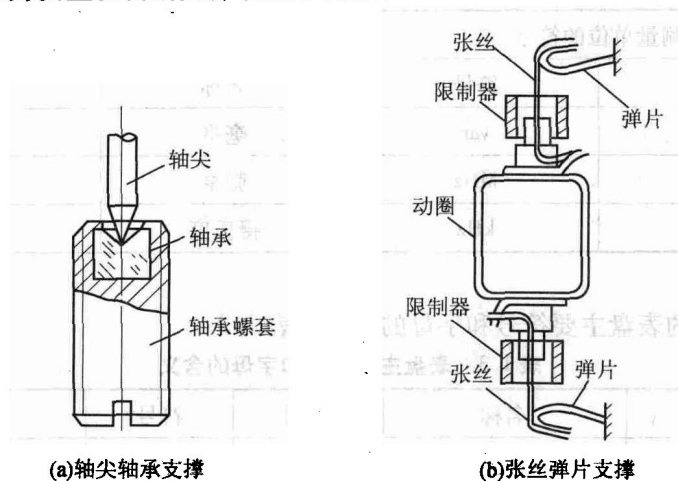


图 1.5 测量机构的支撑装置

三、电工仪表的表面标志

电工仪表的表盘上有许多表示其基本特性的符号标志。根据国家标准的规定,每一只仪表必须有表示测量对象的单位、准确度等级、工作电流的种类、相数、测量机构的类别、使用条件组别、工作位置、绝缘强度、试验电压的大小、仪表型号和各种额定值等标志符号。

常用电工仪表和附件的表面标志符号见表 1.2。

表 1.2 常用电工仪表和附件的表面标志符号

测量单位的符号		测量单位的符号	
名称	符号	名称	符号
千安	kA	赫[兹]	Hz
安[培]	A	太欧	TΩ
毫安	mA	兆欧	MΩ
微安	μA	千欧	kΩ
千伏	kV	欧[姆]	Ω
伏[特]	V	毫欧	mΩ
毫伏	mV	微欧	μΩ
微伏	μV	库[仑]	C
兆瓦	MW	毫韦	mWb
千瓦	kW	毫韦/米 ²	mT
瓦[特]	W	微法	μF
兆乏	Mvar	皮法	pF
千乏	kvar	亨[利]	H

续表

测量单位的符号		测量单位的符号	
名称	符号	名称	符号
乏	var	毫亨	mH
兆赫	MHz	微亨	μ H
千赫	kHz	摄氏度	$^{\circ}$ C

常见电工仪表的表盘主要符号和字母的含义见表 1.3。

表 1.3 表盘主要符号和字母的含义

类别	符号	名称	类别	符号	名称
测量单位符号	A	安培	绝缘强度的符号		绝缘强度试验电压为 500 V
	mA	毫安			绝缘强度试验电压为 2 kV
	V	伏特	外界条件分组符号		Ⅱ级防外磁场及电场
	mV	毫伏			Ⅲ级防外磁场及电场
	W	瓦特	外界条件分组符号		A 组仪表
	cos φ	功率因数			B 组仪表
准确度符号	1.5	准确度 1.5 级	电流种类符号		交流
					直流和交流
外界条件分组符号		A 组仪表	工作位置的符号		标度尺位置为垂直
		B 组仪表			标度尺位置为水平
工作原理符号		磁电系仪表			标度尺位置与水平倾斜 60°
		电磁系仪表		-	负端钮
		电动系仪表	端钮和调零器符号	+	正端钮
		整流系仪表		*	公共端钮
电流种类符号		直流			调零器