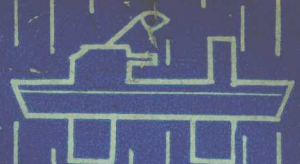


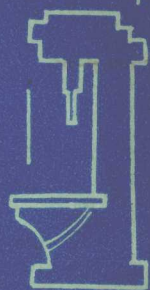
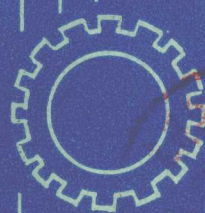
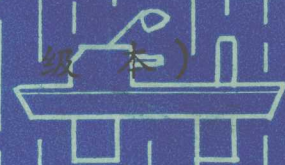
0258120



中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

维修电工工艺学

(中级本)



科学普及出版社

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

维修电工工艺学

(中 级 本)

科学普及出版社

本书是机械工业部统编的工人技术培训教材。它是根据原一机部颁发的《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。主要内容是对电工仪表、常用电机和低压电器的基本结构、工作原理与运行特性作了介绍；对电力拖动自动控制与可控硅整流技术结合实际电路，作了较详尽的分析；并对各种电气装置与电路的调整测试和维修保养与故障的排除等方面作了论述。

该书具有一定的系统性和独立性，适合4~6级维修电工培训之用，并可供有关技术人员和工人不循初级本而直接学习与参考。

本书由方锡祚、董承文、毕仙大、张继金同志编写，由张湛武、李清明、高锦章同志审稿。

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

维修电工艺学

(中 级 本)

责任编辑：李宝荣

封面设计：范惠民

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
八九九二〇部队印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/16印张：24¹/₄ 插页：3 字数：599千字

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数：1—118,000册 定价：2.95元

统一书号：15051·1102

本社书号：0826

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长 **杨 铎**

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系生产实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的编排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们在进行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

绪 论

在工业、农业、交通运输等各部门中，广泛的使用着各种生产机械。现代的生产机械主要是以电力作为原动力，用各种类型的电动机拖动。这种以电动机为动力拖动生产机械的方式就叫作电力拖动。

电力拖动的自动控制方式有两种：一种为继电器——接触器所组成的断续控制系统，另一种为电机放大机，或可控硅等连续控制元件所组成的连续控制系统。目前，这两种控制方式都是普遍应用的。

维修电工的任务，是保证这些自动化的电力拖动系统的正常运转。这对提高劳动生产率及安全生产具有重大的意义。如果拖动系统一旦发生故障，将使生产机械停止运行，这在现代化生产的今天，损失是巨大的。甚至还会出现设备、人身事故。

电力拖动系统中的故障类型和形成这些故障的原因十分复杂。一般来说，可分为两类：一类是系统中的元件和器件因使用多年老化而形成的自然故障；另一类则是电气设备在使用过程中所产生的偶然故障。对于后者，故障形成的原因又极为复杂。它与设备的负载情况、维护保养的程度、工作环境及元器件的质量等因素有关。其中也有一部分是由于操作不当所致。因此，要减少故障，首先要加强日常的检查、维修与保养，其次要严格遵守有关操作规程。

根据现代设备管理的要求，维修工作除按照预防为主，修理为辅的原则来降低故障率以外，还需进行改善性修理工作，这是针对设备的多故障（重复故障）部位，采取彻底根治的办法，进行必要的改进（个别元件或局部电路），这是减少拖动系统故障的有效办法。

要完成这些任务，维修电工必须拥有相当广泛和一定程度的基础理论知识。本课程的任务，是使读者掌握常用电工仪表和电机及低压电器等的基本结构、工作原理与运行特性，学会电力拖动控制系统运行性能的分析。书中对这些基本理论问题作了较为详尽的论述，同时还有故障分析及维护保养的内容，可供工作中参考。

本书共分五篇。第一篇，电工测量，内容包括：常用电工测量仪表及仪器的工作原理、简单结构及使用方法；第二篇，交直流电机，内容包括：直流电机、异步电动机、同步电动机和常用特种电机的工作原理、简单结构、常见故障的分析及排除方法和检修后的测试方法与步骤；第三篇，低压电器，内容包括：常用低压电器的灭弧原理、简单结构、选用原则和维修方法；第四篇，电力拖动自动控制，内容包括：电力拖动自动控制的一般原则，直流电动机，异步电动机，同步电动机的控制系统，交磁电机放大机的自动控制系统，典型的生产机械控制线路的分析及常见故障的排除方法；第五篇，可控硅电路及其应用，内容包括：可控硅整流与逆变的工作原理，常用的可控硅触发电路以及可控硅电路调试的方法与步骤，可控硅电路在龙门铣床和龙门刨床中应用实例等。

目 录

绪论

第一篇 电工测量

第一章 概述	1
第一节 电工测量的重要性	1
第二节 电工测量仪器仪表的定义及分类	1
第二章 各类电工测量仪器仪表简介	3
第一节 磁电系测量仪表	3
第二节 电磁系测量仪表	8
第三节 电动系测量仪表	13
第四节 整流系测量仪表	18
第五节 感应系测量仪表	22
第六节 电桥	24
第七节 直流电位差计	27
第八节 兆欧表	28
第九节 功率因数表和频率表	31
第三章 仪用互感器	34
第一节 电压互感器	34
第二节 电流互感器	35
第三节 仪用互感器使用中应注意的事项	37
第四章 电子示波器	38
第一节 电子示波器的结构简介	38
第二节 电子示波器的使用	41
第五章 测量技术	43
第一节 仪表的选择	43
第二节 仪表的使用	44
第三节 测量误差及其消除方法	44

第二篇 交直流电机

第六章 概述	46
第一节 常用交直流电机的分类、用途和特性	46

第二节 常用交直流电机的型号	47
第三节 常用交直流电机的主要技术参数	49
第七章 直流电机	51
第一节 直流电机的基本工作原理	51
第二节 直流电机的基本结构	53
第三节 直流电机的电枢绕组	55
第四节 电枢反应及换向原理	61
第五节 直流电机的运行特性	66
第六节 直流电机常见故障的分析和排除	77
第七节 直流电机检修后简单的试车方法	81
第八章 三相异步电动机	83
第一节 三相异步电动机的运行特性	83
第二节 三相变极多速异步电动机的接线方法	96
第三节 三相异步电动机常见故障的分析和排除	99
第四节 三相异步电动机检修后简单的试车方法	103
第五节 功率因数及提高功率因数的方法	105
第九章 三相同步电动机	108
第一节 三相同步电动机的基本工作原理及运行特性	109
第二节 三相同步电动机的基本结构	114
第三节 同步电动机的励磁系统	115
第四节 同步电动机故障的分析和排除	116
第五节 同步电动机检修后简单的试车方法	118
第十章 常用的特种电机	120
第一节 直流电焊机	120
第二节 三相换向器变速异步电动机	121
第三节 测速发电机	127
第四节 伺服电动机	129
第五节 交磁电机放大机	132
第六节 电磁调速电动机	136
第七节 力矩电动机	138

第三篇 低压电器

第十一章 概述	140
第一节 低压电器的分类和用途	140
第二节 低压电器的基本特点	141
第十二章 低压电器的灭弧	143
第一节 低压电器的灭弧方法	143

第二节	灭弧室的结构及常用材料	146
第十三章	熔断器和刀开关	148
第一节	熔断器	148
第二节	刀开关	153
第三节	刀开关和熔断器组合电器	154
第十四章	自动开关	156
第一节	用途和分类	156
第二节	自动开关的动作原理和主要技术要求	157
第三节	自动开关的几种典型产品结构	160
第四节	自动开关主要元件的结构	163
第五节	自动开关的选用、维护和检修	168
第十五章	接触器	172
第一节	用途和分类	172
第二节	接触器的主要技术参数和指标	174
第三节	接触器的几种典型结构	176
第四节	接触器主要元件的结构	176
第五节	接触器的选用	181
第六节	接触器的维护和检修	183
第十六章	控制继电器	186
第一节	分类和用途	186
第二节	电磁式控制继电器	187
第三节	时间继电器	189
第四节	热继电器	190
第五节	控制继电器的选用与维护	194
第十七章	其它的常用低压电器	199
第一节	起动器	199
第二节	电阻器	204
第三节	变阻器	205
第四节	控制器	206
第五节	主令电器	207

第四篇 电力拖动自动控制

第十八章	概述	211
第一节	电力拖动的特点与研究范围	211
第二节	电力拖动自动控制的一般问题	211
第十九章	三相异步电动机的控制	214

第一节	三相鼠笼式异步电动机的起动控制	214
第二节	绕线式异步电动机的起动控制	219
第三节	三相鼠笼式异步电动机的正反转控制	220
第四节	三相鼠笼式异步电动机的制动控制	222
第五节	双速电动机的控制	226
第二十章	三相同步电动机的控制	228
第一节	三相同步电动机的起动控制	228
第二节	三相同步电动机的制动控制	233
第二十一章	直流电动机的控制	234
第一节	并励直流电动机的控制	234
第二节	串励直流电动机的控制	239
第三节	直流发电机——电动机系统	240
第二十二章	交磁电机放大机自动控制系统	247
第一节	交磁电机放大机	247
第二节	采用交磁电机放大机的自动控制系统	254
第二十三章	几种机械设备的控制线路及其常见故障分析	264
第一节	20/5吨桥式吊钩起重机的控制线路及其常见故障分析	264
第二节	M7475B 立轴圆台平面磨床的控制线路	276
第三节	X62W 万能升降台铣床的控制线路	283
第四节	B2012A 龙门刨床的控制线路和常见故障分析	287
第五节	B220 龙门刨床的控制线路	322
附录 I		334
附录 II		335

第五篇 可控硅电路及其应用

第二十四章	可控硅电路	336
第一节	单相可控硅整流电路	336
第二节	三相可控硅整流电路	344
第三节	可控硅逆变电路	349
第四节	常用的可控硅触发电路	355
第五节	可控硅电路的调试要领	362
第二十五章	应用实例	367
第一节	X2010A 龙门铣床可控硅调速系统	367
第二节	B2016型四米龙门刨床可控硅直流调速系统	375

第一篇 电工测量

第一章 概 述

第一节 电工测量的重要性

在现代人类的生产和生活中，都普遍地使用着电能。但电是无法依靠人的感觉器官来觉察的。因此，在电的生产、传输、分配、控制和使用中，必须借助各种仪表的测量，了解电能生产的质量、负荷大小和设备的运行情况，以保证电气设备的安全和经济运行。例如，使用电流表可检测电路中电流的大小，防止电气设备过负荷运行。使用电压表可判断出电路电压是否正常，以保证电气设备安全可靠地工作。此外，还可使用电表对电阻、电功率、电能等电量进行测量，即使一些非电的物理量，如压力、位移等，也可变换成电量进行测量。正由于电工测量的作用极为重要，所以人们常把电工仪表叫做电气运行人员的耳目。

第二节 电工测量仪器仪表的定义及分类

为了达到测量的目的，就必须制订各种被测量的单位。例如电压的单位伏特，功率的单位瓦等等。

电工测量，是将被测电量（包括磁量，下同）与作为测量单位的同类电量进行比较，确定比较结果的过程。测量结果有数值部分和单位部分，例如测量结果为380伏特，数值为380，单位为伏特。用作测量电量的仪表统称为电工测量仪表。

由于电工测量的对象是多种多样的。因此，测量的方法也各有不同，通常分为直接测量和间接测量两种。

直接测量又可分为直读法和比较法，被测量的对象直接由仪表读出的方法称为直读法，例如，用电流表测定电流，用电度表测定电能等。如果被测量的对象要通过度量器进行比较，才能得出测量结果的，这种测量方法叫比较法，例如用电位差计测电势，用平衡电桥测电阻、温度等。当被测量的对象不是直接测出，而是先测得与未知对象有关的几个量，再根据一定的关系，计算出未知对象来，叫做间接测量，例如先测量出电路中的电压和电流，再通过欧姆定律计算出导体的电阻，就属于间接测量。

电工仪表的种类和规格繁多，分类方法也各异，按仪表的结构和用途，大体可分为以下几类。

(1) 指示仪表类。包括各种安装式指示仪表，可携式仪表，以及电度表等。

(2) 比较仪器类。包括各种电桥，电位差计，标准电阻与标准电容等交直流比较仪器。

(3) 数字式仪表和巡回检测装置类。

(4) 记录仪表和示波器类。包括 X-Y 记录仪, 光线示波器等。

(5) 扩大量程装置和变换器。包括分流器, 附加电阻, 电流互感器, 电压互感器等。变换器是指将非电量 (例如温度、压力等) 变换为电量的装置。

尽管电工仪表种类繁多, 但应用最广、数量最大的是指示仪表。指示仪表, 就是指将被测电量变换成指针 角位移的一种电-机转换模拟式仪表。指示仪表具有测量迅速和直接读数等优点, 下面是它们的分类情况。

(1) 按仪表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、电子系以及铁磁电动系等。

(2) 按测量对象的不同可分为电流表、电压表、功率表、欧姆表、电度表、频率表等。

(3) 按被测量电流的种类可分为直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表。

(4) 按使用方式可分为安装式仪表和可携式仪表。

仪表的准确度可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共七个等级。仪表对外电场的防御能力可分为 I、II、III、IV 四级。仪表的使用条件可分为 A、B、C 三组。

第二章 各类电工测量仪器仪表简介

第一节 磁电系测量仪表

一、磁电系测量仪表的特征

(一) 结构

磁电系测量机构分为动磁式和动圈式。动磁式测量机构由通有被测电流的固定线圈和活动的永久磁铁组成。这种仪表易受外磁场影响，故不如动圈式仪表应用广泛。以下仅介绍动圈式仪表。

磁电系动圈式测量机构由固定的磁路系统和可动部分组成，其结构如图2-1所示。

仪表的磁路系统包括永久磁铁1，固定在磁铁两极的极掌2以及处于两个极掌之间的圆柱形铁心3。圆柱形铁心固定在仪表支架上，用来减小磁阻，并使极掌和铁心间的空气隙中产生均匀的辐射形磁场。可动线圈4绕在框架上。转轴分成前后两部分，每个半轴的一端固定在动圈框架上，另一端通过轴尖支承于轴承中。游丝5一般有两个，其绕向相反，它们的作用既产生反作用力矩，又用来导入和导出电流。仪表的阻尼力矩由铝框产生，不用铝框的高灵敏度的磁电式仪表，此时，应在可动线圈中加短路线圈，以产生阻尼作用。在前半轴还装有指针6，当可动部分偏转时，用来指示被测量的大小。

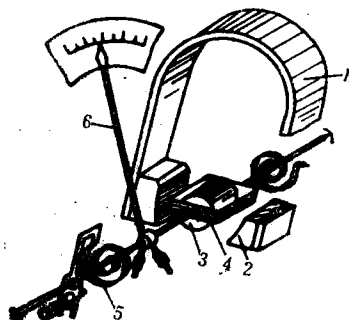


图2-1 磁电系动圈式测量机构

- 1—永久磁铁；2—极掌；
3—圆柱形铁心；4—可动线圈；
5—游丝；6—指针

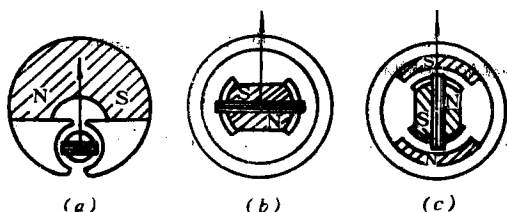


图2-2 磁电系测量机构的磁路

- (a) 外磁式；(b) 内磁式；(c) 内外磁式

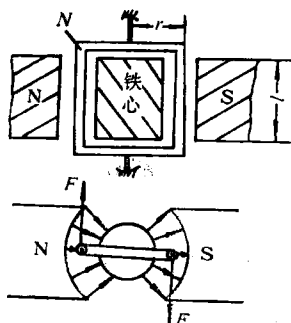


图2-3 产生转动力矩的原理

磁电系测量机构按其磁路形式的不同，又分为外磁式，内磁式和内外磁式三种，如图2-2所示。外磁式结构，永久磁铁在可动线圈的外部。内磁式结构，永久磁铁则在可动线圈

的内部。为使气隙磁场均匀,在内磁式仪表的磁铁外面,要加装一个闭合的导磁环,以减小漏磁。内磁式结构紧凑、受外界磁场的影响小,近年来得到广泛的应用。内外磁式结构,则在可动线圈内外都用永久磁铁,因此磁场更强,仪表的结构尺寸可以做的更加紧凑。

(二)磁电系测量仪表的工作原理

磁电系仪表是根据通电线圈在磁场中受到电磁力作用的原理制成的,如图2-3所示。可动线圈通电后,在永久磁铁的磁场中受到电磁力的作用,形成转动力矩,使可动部分发生偏转。根据安培定律和左手定则,可以定出电磁力的大小和方向。设气隙的磁感应强度为 B ,线圈匝数为 W ,每个有效边长度为 l ,当线圈通入电流 I 时,有效边所受到的电磁力 F 的大小为

$$F = WBIl$$

在图2-3中电流和磁场方向下,使线圈顺时针方向旋转,对应的转动力矩为

$$M = 2Fr = 2WBIlr$$

式中 r ——转轴中心到有效边的距离。由于线圈所包围的有效面积为

$$S = 2rl$$

因此可得

$$M = WBSI$$

气隙在均匀辐射形磁场中,无论线圈转到什么位置,磁感应强度 B 值均不变。并且匝数 W 和有效面积 S 也是定值。因此,转矩 M 的大小只与被测电流 I 的大小成正比,方向则决定于流进线圈的电流方向。

线圈的转动引起游丝的变形而产生反作用力矩。此力矩与变形的大小成正比,因而也和偏转角度 α 成正比,即反作用力矩

$$M_f = D\alpha$$

式中 α ——指针的偏转角;

D ——游丝的反作用系数,其大小决定于游丝的材料性质和尺寸。

随着偏转角 α 的增大,反作用力矩 M_f 也不断增大,直到反作用力矩 M_f 和转动力矩 M 相等时,力矩达到平衡,指针具有一个稳定的偏转角,其角度的大小,可根据力矩平衡关系 $M_f = M$ 求得

$$D\alpha = WBSI$$

所以

$$\alpha = \frac{WBS}{D} \cdot I \quad (2-1)$$

对于已经做好的仪表, W 、 B 、 S 和 D 都是常数,故 $\frac{WBS}{D}$ 是一个常数,用 S_f 表示,则

式2-1可写成

$$\alpha = S_f \cdot I \quad (2-2)$$

式中 $S_f = \frac{\alpha}{I}$ 代表单位电流下指针偏转角度的大小, S_f 越大表示越灵敏,所以称为磁电系测量机构的灵敏度。

式(2-2)说明, 指针的偏转角 α 和电流 I 的大小成正比。因此, 在仪表中就可以用偏转角来衡量被测电流的大小, 并通过指针在标度尺上直接指示出电流的数值。

(三)磁电系仪表的技术特性

根据磁电系测量仪表的结构和原理, 它的主要技术特性如下。

1. **准确度高** 因永久磁铁的磁场强, 产生的转矩大, 由摩擦、温度及外磁场的影响所引起的误差相对较小, 故磁电系仪表的准确度可高达0.1级甚至0.05级。

2. **灵敏度高** 因为这种测量机构的内部磁场强, 所以线圈中只要通过很小的电流, 就会产生足够大的转动力矩。从 $S_I = \frac{WBS}{D}$ 中可直接看出, B 的数值大时, 灵敏度 S_I 就高。

3. **刻度均匀** 由式(2-2)可见磁电系测量机构指针的偏转角与被测电流的大小成正比, 因此仪表的刻度是均匀的。

4. **消耗功率小** 由于测量机构内部通过的电流很小, 所以仪表本身消耗的功率就很小。

5. **过载能力小** 因为被测电流要通过游丝, 而线圈的导线又很细, 电流过大, 容易引起游丝的弹性发生变化和线圈的过热烧毁。

6. **只能测量直流** 由于永久磁铁产生的磁场方向不能改变, 所以只有通入直流电流才能产生稳定的偏转。如果通入交流电流, 则所产生的转动力矩也是交变的, 可动部分由于惯性而来不及跟随转动。因此, 这种测量机构不能直接测量交流电量。

磁电系测量机构主要用于直流电路中测量电流和电压, 在直流标准仪表和安装式仪表中都得到广泛应用。如果加上变换器后, 也可以用于交流电量以及非电量的测量。所以这种测量机构应用广泛, 在电工仪表中占有重要地位。

二、直流电压表

由于磁电系机构具有上述准确、灵敏、功耗小和标尺均匀等显著的优点, 所以直流电压表都采用这种机构。

为了测量电压, 电压表应跨接在被测电压两端之间, 即和被测电压的电路或负载并联, 如图2-4所示。

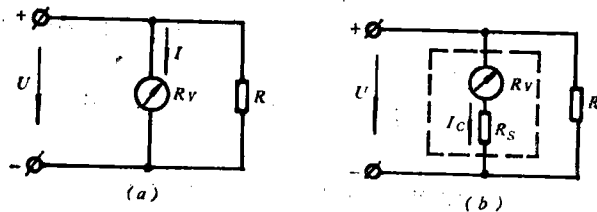


图2-4 电压表的接线

(a)电压表的直接接入; (b)电压表通过附加电阻接入

电表中流过的电流 $I = \frac{U}{R_V}$, R_V 为电表内阻, 代入式(2-2)可得

$$\alpha = \frac{S_I}{R_V} U$$

这说明仪表指针可以直接确定所测两端的电压。但是，磁电系测量机构允许通过的电流很小，所以它所能直接测量的电压很低（约几十毫伏），不能满足实际的需要。同时，由于测量机构的动圈、游丝等导流部分的电阻随温度变化的结果，将会导致很大的温度误差。

采用附加电阻和测量机构串联的方法，可以解决较高电压的测量，并且构成串联温度补偿电路。串联的电阻 R_s 叫做附加电阻，如图2-4(b)虚线框所示。串联附加电阻后，测量机构中通过的电流为

$$I = \frac{U}{R_s + R_V}$$

只要附加电阻 R_s 恒定不变， I 便与被测两点间的电压 U 成正比，偏转角 α 仍然反映被测两端电压的大小。把标尺按扩大量程后的电压刻度，就可直接读得被测电压的数值。

下面来决定将磁电系直流电压表的量程扩大成 m 倍时，串联的附加电阻的大小因

$$(R_s + R_V) I = U = m R_V I$$

故

$$R_s = (m - 1) R_V \quad (2-3)$$

可见，要使电压量程扩大 m 倍，需要串联的附加电阻应为测量机构内阻的 $(m - 1)$ 倍。

【例1】 用内阻为200欧，满刻度偏转电流为500微安的磁电系测量机构，制成一只量程为100伏的电压表时，应串联多大的附加电阻？该电压表的总内阻是多少？

【解】 测量机构满刻度时的电压为

$$U_V = I R_V = 500 \times 10^{-6} \times 200 = 0.1 \text{ 伏}$$

电压量程若扩大为100伏，其扩大倍数

$$m = \frac{U}{U_V} = \frac{100}{0.1} = 1000$$

则应串联附加电阻

$$R_s = (m - 1) R_V = (1000 - 1) \times 200 = 199800 \text{ 欧}$$

电压表的总内阻

$$R_V' = R_V + R_s$$

电压表也可以制成多量程的，只要按式(2-3)串联几个不同的附加电阻即可。

用电压表测量电压时，电压表内阻愈大，对被测电路影响愈小。电压表各量程的内阻和相应电压量程的比值为一常数，常在电压表的表盘上标明，以“欧/伏”表示。它是电压表的一个重要参数。

磁电系电压表，由于接入附加电阻，使温度误差也得到补偿。

三、直流电流表

为了测量电路中的电流，电流表必须和这个电路串联。为了不使电流表的接入而影响电路状态，电流表本身的内阻要尽量小。

(一)磁电系直流电流表的构成

由于这种仪表的可动线圈导线很细,所以允许直接通过的电流很小(约在几十微安到几十毫安的范围内)。要测量较大的电流,必须采用分流器。所以磁电系电流表通常由测量机构和分流器构成,如图2-5所示。

当图中分流器电阻 R_B 比测量机构的内阻 R_A 小得多时,则被测电流 I 的大部分将从分流器中通过。流经测量机构的电流 I_A 占被测电流的比例数是一定的。所以仪表的偏转角可以直接反映被测电流的大小。

仪表量程的扩大倍数 $n=I/I_A$,可以根据 R_A 和 R_B 计算出来。因为

$$I_A R_A = I \cdot \frac{R_A R_B}{R_A + R_B}$$

所以

$$\frac{I}{I_A} = \frac{R_A + R_B}{R_B} = n$$

即

$$n = \frac{R_A}{R_B} + 1$$

故可得

$$R_B = \frac{R_A}{n-1} \quad (2-4)$$

式(2-4)说明,要使电流量程扩大 n 倍,则分流器电阻应为测量表头内阻的 $(n-1)$ 分之一。

【例2】 有一磁电系电流表,其满刻度偏转电流为500微安,内阻为200欧。现要把它制成量程为1安的电流表,应并联多大的分流电阻?

【解】 量程扩大的倍数

$$n = \frac{I}{I_A} = \frac{1}{500 \times 10^{-6}} = 2000$$

所以,应加的分流电阻

$$R_B = \frac{R_A}{n-1} = \frac{200}{2000-1} = 0.1 \text{ 欧}$$

(二)分流器的特性

分流器用电阻温度系数很小的锰铜制成。小量程电流表,分流器装在电流表内部,称为内附式分流器。当电流在50安以上时,分流器一般装在电流表外部,称为外附式分流器。外附式分流器有两对端钮,如图2-6所示,外侧的一对叫做电流端,与被测电路串联;内侧的一对叫做电位端,与测量机构并联。

外附式分流器的规格,一般不标电阻值而标为额定电压和额定电流。分流器的额定电压是指和测量机构并联的额定电压,即测量机构的满偏电流和内阻的乘积,通常有75毫伏和45毫伏两种。额定电流是指量程扩大后的电流表满刻度时的测量值,并不是指流过分流器的电

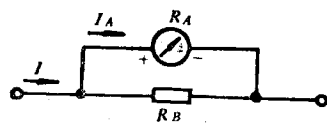


图2-5 磁电系电流表的原理电路