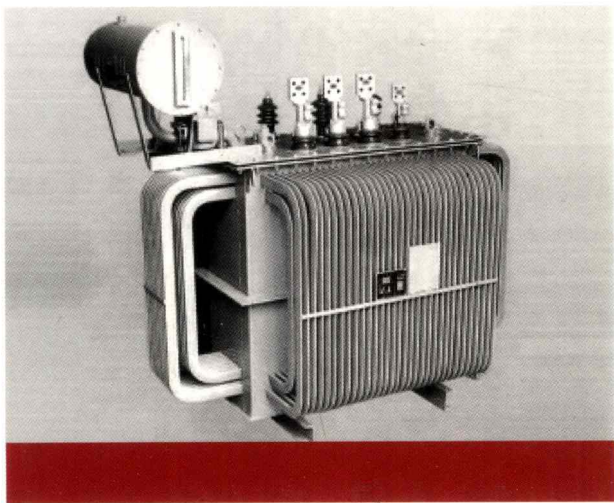


高等职业技能操作与实训教材

电机与变压器检修

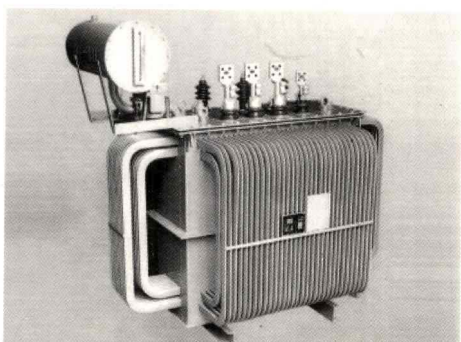
潘如政 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心



电机与变压器检修

ISBN 7-5025-7024-1



9 787502 570248 >

ISBN 7-5025-7024-1

定价：16.00元

高等职业技能操作与实训教材

电机与变压器检修

潘如政 主 编

段大鹏 潘春伟 副主编

石季英 主 审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电机与变压器检修/潘如政主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5
高等职业技能操作与实训教材
ISBN 7-5025-7024-1

I. 电… II. 潘… III. 电机-检修 IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 042713 号

高等职业技能操作与实训教材 电机与变压器检修

潘如政 主 编
段大鹏 潘春伟 副主编
石季英 主 审
责任编辑: 张建茹 陈 丽
责任校对: 宋 玮
封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
购书咨询: (010) 64982530
(010) 64918013
购书传真: (010) 64982630
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市兴顺印刷厂印装
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 215 千字
2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-7024-1
定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着中国经济的飞速发展，所需求的电气设备越来越多，其中电机是电气设备的重中之重。为了保证电机设备的正常运行，企事业单位需求大量的电机维修技术人员，而目前中国高级技术人员正处于紧缺阶段，鉴于此，在前人技术实践的基础上，结合作者与多位在生产一线的工程技术人员的电机检修经验，编写了此书。

本书结合电机及变压器的基本原理，主要讲述了各种电机及变压器的检修技术。本书的主要内容包括电工仪表及测量基础知识、电工常用材料、直流电机的检修、三相异步电动机的检修、单相异步电动机的检修、电机绕组的重绕工艺及其简单工、器具的制作和变压器的检修及维护等内容。讲述内容深入浅出，力求精炼易懂，注重理论联系实际，并用图片来提高读者的感性认识，便于更好更快地将理论与生产实践联系起来，以便读者更好地掌握电机及变压器的检修技术。本书既有一定的理论深度，又有作者来自生产一线的工程技术实践经验，适用于工科院校本科生、高职高专学生的教学用书或教学参考书，也可作为电气技师或中、高级电工的培训教材，并可供电气工程技术人员参考。

本书由潘如政任主编，并负责全书的统稿。段大鹏和潘春伟任副主编。本书第一、二、五、六章由潘如政编写，第三、四章的前三节由李芳编写，第三、四章的后五节由潘春伟编写，第七章由段大鹏编写。天津大学石季英主审全书。

由于作者水平有限，疏漏不妥之处在所难免，敬请读者不吝指教。

作者
2005.03

内 容 提 要

本书结合电机及变压器的基本原理，主要讲述了各种电机及变压器的检修技术。主要内容包括电工仪表及测量基础知识、电工常用材料、直流电机的检修、三相异步电动机的检修、单相异步电动机的检修、电机绕组的重绕工艺及其简单工器具的制作和变压器的检修及维护等内容。

本书可作为工科院校本科生、高职高专学生的教学用书或教学参考书，也可作为电气技师或中、高级电工的培训教材，并可供电气工程技术人员参考。

目 录

第一章 常用电工仪表及其测量	1
第一节 万用表	1
第二节 电桥	6
第三节 功率表	13
第四节 兆欧表	17
第五节 电压、电流和电阻的测量	22
第六节 功率的测量	26
第二章 电机常用电工材料	31
第一节 绝缘材料	31
第二节 导电材料	33
第三节 磁性材料	38
第三章 直流电机的检修	41
第一节 直流电机的原理与结构	41
第二节 直流电机的额定值	49
第三节 直流电机的电枢绕组	49
第四节 直流电机的故障及处理方法	58
第五节 直流电机电枢绕组的故障检修	60
第六节 直流电机定子磁极绕组的检修	65
第七节 直流电机换向器的检修	67
第八节 直流电机的拆装与试验	72
第四章 三相异步电动机的检修	90
第一节 三相异步电动机的原理与结构	90
第二节 三相异步电动机的铭牌	96
第三节 三相异步电动机的定子绕组	98
第四节 三相异步电动机的故障及处理方法	106
第五节 三相异步电动机定子故障检修	108
第六节 三相异步电动机转子故障检修	121

第七节	三相异步电动机机械部件的修理	125
第八节	三相异步电动机的拆装与试验	133
第五章	单相异步电动机的检修	143
第一节	单相异步电动机的工作原理与结构	143
第二节	单相异步电动机的型号与铭牌	152
第三节	单相异步电动机的绕组	154
第四节	单相异步电动机的故障及其拆装	158
第五节	单相异步电动机的检修	161
第六节	单相异步电动机的试验	168
第六章	电机绕组重绕布线工艺及维修工具的制作	175
第一节	电机绕组重绕的准备工序	175
第二节	三相异步电动机的绕组重绕工序	180
第三节	单相异步电动机的绕组重绕工序	190
第四节	直流电机的绕组重绕工序	191
第五节	简单电机绕组修理工具及其制作	195
第七章	电力变压器的检修和维护	200
第一节	电力变压器的原理与结构	200
第二节	电力变压器的铭牌	210
第三节	电力变压器检修概述	218
第四节	电力变压器吊芯与铁心、绕组的检修	221
第五节	电力变压器油箱、引线与套管的检修	223
第六节	电力变压器油循环装置的检修	226
第七节	电力变压器的干燥与装复	227
第八节	电力变压器的维护	230
附录	232
附录 1	常用绝缘材料的品种、特性和用途	232
附录 2	常用漆包线的品种、特性和用途	239
附录 3	常用绕包线的品种、特性和用途	240
附录 4	常用电刷的类别、型号、特点和应用范围	242
附录 5	三相异步电动机绕组重绕记录卡	244
附录 6	单相异步电动机绕组重绕记录卡	245
附录 7	直流电机绕组重绕记录卡	246
参考文献	247

第一章 常用电工仪表及其测量

电工仪表在电机维修中必不可少，维修人员对其使用技能必须掌握。本章主要讲述万用表、电桥、功率表、兆欧表及电压、电流、电阻、功率的测量等相关知识。

第一节 万用表

在电气设备维修和调试工作中，万用电表（简称万用表）是最经常使用的仪表，在电机检修的工作中也不例外。万用表又称为多用表，一般的万用表可以用来测量直流电压、直流电流、交流电压和电阻等电量，高级的万用表还可以测量交流电流、电感、电容以及晶体管的基本参数值等量。

万用表主要有测量机构（习惯上称为表头）、测量电路和转换开关等组成，其外形做成袖珍式或便携式，在面板上装有转换开关、电阻测量挡的调零旋钮和插孔（或接线柱）等。常用的万用表有 500、MF-30、MF-18、MF-47、U-101、DT-890C 等型号。图 1-1 为 500 型万用表的外形。万用表的转换开关多采用多刀多掷开关。当万用表的转换开关位于不同的位置时，组成不同的测量电路，测量不同的电量。

一、万用表的结构

1. 表头

万用表的表头是用以指示被测量的数值大小的机构，通常采用高灵敏度的磁电系测量机构。表头的灵敏度用满偏电流 I 来衡量，满偏电流 I 越小则灵敏度越高，测量电压时的内阻也就越大。满偏电流 I 一般为 $40 \sim 200 \mu\text{A}$ ，最小的可达 $9.3 \mu\text{A}$ ，如果加

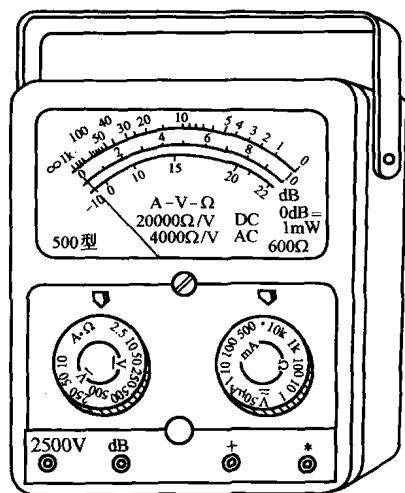


图 1-1 500 型万用表外形图

上输入放大电路，满偏电流 I 可小于 $1\mu\text{A}$ 。一般表头本身的准确度等级都在 0.5 级以上，用其构成的万用表，其误差一般约为 $\pm 4\%$ 。

万用表性能的好坏主要用灵敏度来表示。万用表测量电压时，灵敏度可用 Ω/V （欧姆/伏特）来衡量。 Ω/V 称为表头的内阻，一般为 $2000\Omega/\text{V}$ ，这个数值越大，万用表的灵敏度越高，高灵敏度的万用表，直流电压挡可达 $10^5\Omega/\text{V}$ ，交流电压挡可达 $2 \times 10^4\Omega/\text{V}$ 。灵敏度越高，表明测量仪表对被测量电路的影响越小，测量误差（不包括仪表本身的误差）也就越小。

在万用表的表头刻度盘上有对应于不同测量对象的多条标尺，根据不同的测量对象在不同的标尺上进行读取数据。

2. 测量电路

测量电路是万用表把不同的被测量转换成电流供表头来指示的电路，它是万用表实现多种电量和多种量程测量的主要环节。测量电路的主要构成元件是电阻，此外，为了使万用表可用于交流电路的测量，在测量电路中还设有整流元件。在测量中，测量

电路可以被组成不同的电路，以达到一表测量多种被测量的目的。

3. 转换开关

转换开关是万用表用来实现不同测量电路的选择的机构，以适应各种测量的要求。转换开关有固定触点和活动触点，当相应的固定触点和活动触点接触时，便接通相应的测量电路，进行相应电量的测量。

二、万用表的使用注意事项

① 用万用表测量时接线一定要正确，万用表面板的插孔（或接线柱）都有正负极标记，在测量直流电量时，必须注意万用表的正负极性。在判别二极管的极性时，应记住万用表的“+”插孔要接自万用表内电池的负极，而“-”插孔要接自万用表内电池的正极。在测量电压时，万用表应和被测元件并联；在测量直流电流时，万用表应和被测元件支路串联。

② 在测量时，转换开关必须拨在正确的挡位上，不能放错；否则可能使万用表损坏。例如，测量电压时，误将转换开关拨在电流挡或欧姆挡，都可能将万用表烧坏。

③ 在测量电压或电流时，如果对被测量的大小不能确定，应先把万用表的量程调到最大后进行测量，以保证指针不被打坏，然后根据测量情况进行量程调整，得到合适的结果。在测量直流电量时，若不知被测量的正负极性时，应先调到最大量程，然后进行“点触”，根据测量现象进行极性调整或量程调整。

④ 为了使测量结果准确，量程的选择应使万用表的读数在一定的刻度范围之内。例如，在测量电压或电流时，应使指针偏转到满量程的二分之一以上；在测量电阻时，应尽量使指针偏转到满量程的中心位置左右；在测量电子线路的电压时，应选较高量程的电压挡，以减小误差。

⑤ 用欧姆挡测量晶体管的参数时，通常选用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡；否则，有可能电流过大（ $R \times 1$ 挡）或电压过高（ $R \times 10k$ 挡）而使晶体管损坏。

⑥ 测量 1000V 直流高压或交流高压时，一定要注意人身安全，将测试棒分别置于“2500V”和“-”插孔。建议最好不用万用表测量高电压，应用专用的测量设备。

⑦ 不可在带电情况下进行电阻测量，测量电阻时必须将被测电路与电源断开，当电路中有电容存在时必须先对电容进行短路放电，以免损坏万用表。在测量数值小的电阻时，应尽量减小接触电阻；在测量数值大的电阻（大于 $10\text{M}\Omega$ ）时，应注意不可加入并联支路。在测量电压或电流时，不要在带电的情况下切换转换开关，否则可能使转换开关烧伤损坏。

⑧ 在万用表使用之前，应观察其指针是否在零位上，若不在零位，应调整表盖上的机械调零旋钮，使之指向零位。在测量电阻时，每更换一挡位时都必须先进行欧姆调零，有时欧姆调零旋钮无法使指针指向零位，说明万用表的电池电压过低，应更换电池。

⑨ 在每次测量完毕后，应将转换开关拨到交流电压最高量程挡，防止误用万用表，造成万用表的损坏，也可以避免由于将转换开关拨到电阻挡，而把测试棒碰到一起致使表内电池长时间耗电。

⑩ 万用表的表头经过检修后，一般会出现灵敏度下降的现象，这是由于在取出线圈时使永久磁铁的磁感应强度下降的缘故。为了减小这种现象，在取出线圈前应该用软铁将磁钢短路，同时应减少检修次数。

三、万用表的常见故障

表 1-1 列出了万用表在测量的过程中常出现的一些故障及产生故障的可能原因，以供需要时参考。

表 1-1 万用表的常见故障及产生的可能原因

故障位置	故障现象	可能原因
表头	摇动表头，指针摆动不正常	① 游丝绞住； ② 机械平衡不好； ③ 分流电阻断开或表头线圈断开； ④ 支撑部分卡住

续表

故障位置	故障现象	可能原因
电阻挡	无指示	① 欧姆调零旋钮的触点脱焊； ② 电池无电压； ③ 转换开关的触点引出线断开
	正负测试棒短接时指针调不到零位	① 电池电压不足； ② 串联回路的电阻变大； ③ 转换开关接触不良
	旋转欧姆调零旋钮时，指针跳跃不稳	① 欧姆调零旋钮接触不良； ② 检修后更换的欧姆调零旋钮的电阻值不匹配
	个别量程不通	① 转换开关接触不良； ② 串联电阻断开
	个别量程误差过大	该量程的分流电阻阻值改变或损坏
直流电压挡	无指示	① 转换开关接触不良或脱焊； ② 最小量程挡的附加电阻断线或损坏
	个别量程不通	① 转换开关接触不良； ② 该量程的附加电阻脱焊
	某量程误差过大，随着量程的增大误差变小	该量程的附加电阻损坏
直流电流挡	无指示	① 表头线圈脱焊或动圈断开； ② 表头被短路； ③ 表头串联电阻断开或损坏； ④ 转换开关未接通
	指针来回摆动不停	分流电阻断开
	各量程的测量值偏高	① 表头串联电阻的电阻值变小； ② 分流电阻的电阻值变大； ③ 表头的灵敏度变高
	各量程的测量值偏低	① 表头串联电阻的电阻值变大； ② 分流电阻的电阻值变小； ③ 表头的灵敏度变低
交流电压挡	指针轻微摆动或指示值极小	整流元件被击穿
	误差 50%左右	整流元件损坏，全桥整流变为半桥整流
	各量程测量值偏低	整流元件的反向电阻变小
	某量程误差大，随着量程的增大误差变小	该量程附加电阻的电阻值变大

第二节 电 桥

电桥是一种比较式的测量仪器，它是用比较的方法来进行测量的，而不是直接用指针指示被测量值的大小。电桥的灵敏度和准确度都比较高。用电桥进行测量时，是将被测量的量与已知的标准量进行比较而得到被测量值的大小。在这一节里，只介绍用来测量电阻的直流单臂电桥和直流双臂电桥的工作原理、结构及其使用。

一、直流单臂电桥

直流单臂电桥简称直流单电桥，又称为惠斯登电桥。它适用于测量 $1 \sim 10\text{M}\Omega$ 的中值电阻。常用的直流单臂电桥主要有 QJ16、QJ17、QJ19、QJ23 和 QJ24 等型号的电桥。一般的直流单臂电桥的准确度等级为 0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、1.0、1.5 和 2.0 等八个等级。

1. 直流单臂电桥的工作原理

直流单臂电桥的电原理图如图 1-2 所示。图中的 R_x 为被测电阻， R_1 、 R_2 和 R_3 为已知的标准电阻，使用时可以改变 R_1 、 R_2 和

R_3 的数值， G 为检流计， E 为直流电源， S_1 和 S_2 为开关。在测量电阻时，先闭合开关 S_1 ，接通电源 E ；然后再闭合开关 S_2 ，接通检流计 G 。调整电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 的大小，使检流计 G 的指针指向零位，这说明检流计 G 两端的电压为零，没有电流流过检流计 G ，电桥达到平衡状态。当电桥平衡时，电路必须满足下列条件，即

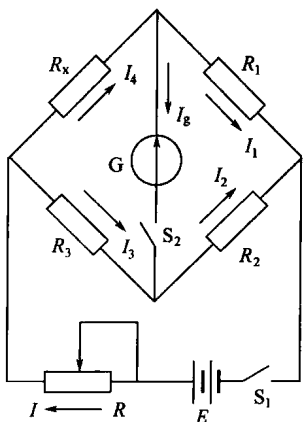


图 1-2 直流单臂电桥
的电原理图

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (1-1)$$

$$I_4 R_x = I_3 R_3 \quad (1-2)$$

由于检流计的电流 $I_g = 0$ ，由基

尔霍夫定律可知

$$I_1 = I_4 \quad (1-3)$$

$$I_2 = I_3 \quad (1-4)$$

把式 (1-3) 和式 (1-4) 代入式 (1-1) 和式 (1-2), 并将两式相除得

$$\frac{I_1 R_1}{I_4 R_x} = \frac{I_2 R_2}{I_3 R_3} \quad (1-5)$$

整理后可得

$$R_2 R_x = R_1 R_3 \quad (1-6)$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad (1-7)$$

式中 R_1 、 R_2 ——电桥的比率臂电阻;

R_3 ——电桥的比较臂电阻。

由式 (1-7) 可以看出, 当电桥平衡时, 可以从 R_1 、 R_2 和 R_3 的值求出被测电阻 R_x 的值。在测量时, 先根据对被测量电阻的值进行粗略估计, 选取一定的比率臂, 然后调节比较臂使电桥平衡, 被测量电阻的阻值就是比较臂的数值乘以比率臂的倍数。

2. 直流单臂电桥的特点

直流单臂电桥的特点有以下几点。

① 使用直流单臂电桥测量电阻时, 当被测电阻小于 10Ω 时, 引线电阻和与电桥连接处的电阻都不能忽略。如果引线电阻和接触电阻比较大时就会使测量结果产生较大的误差, 因此对于直流单臂电桥一方面要规定它所能测量的最小电阻值, 另一方面还要求测量时尽可能减小引线电阻和接触电阻。

② 直流单臂电桥的平衡条件是检流计的电流 $I_g = 0$, 为了能准确地判断平衡, 应该采用高灵敏度的检流计。

③ 直流单臂电桥也可以运用于非平衡的状态, 从图 1-2 中可以看出, 当电压 E 及桥臂电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 为定值时, R_x 和 I_g 成函数的关系。如果用可以读出电流数值的电流表作为检流计, 那么就可以从 I_g 的大小推算出 R_x 的数值。这种方法是电桥的不平衡使

用，在自动检测中应用比较广泛。

3. QJ23 型直流单臂电桥

下面以 QJ23 型直流单臂电桥为例，介绍有关电桥的实际结构、使用步骤和使用注意事项。QJ23 型直流单臂电桥的电原理图和面板布置图如图 1-3 所示。

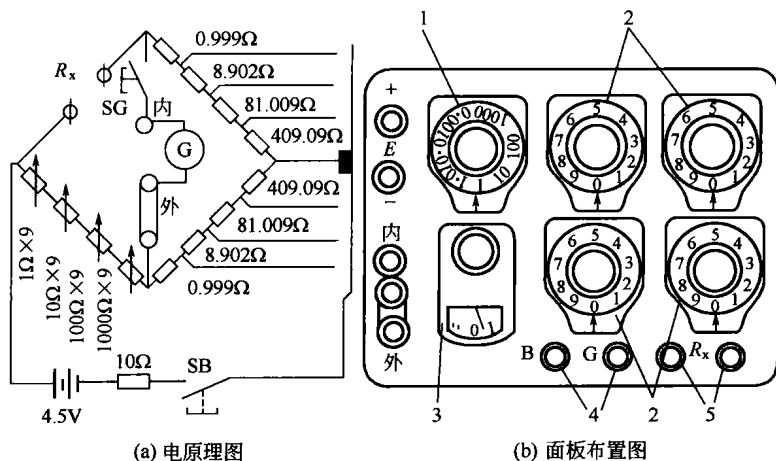


图 1-3 QJ23 型直流单臂电桥

- 1—倍率转换开关；2—比较臂转换开关；3—检流计；
4—按钮开关；5—被测电阻接线端钮

(1) QJ23 型直流单臂电桥的结构 图中的比率臂由 8 个电阻组成，共有 10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1} 、1、10、 10^2 、 10^3 七个挡位，可以通过调节读数盘将比率值置到任意的挡位。比较臂由四组电阻箱组成，第一组由 9 个 1Ω 的电阻组成，第二、第三和第四组分别由 9 个 10Ω 、9 个 100Ω 和 9 个 1000Ω 的电阻组成，当全部的电阻串联时，总电阻值为 9999Ω ，可以通过调节读数盘来改变串联的电阻值。选择不同的比率臂和比较臂，可以测量 $1 \times 10^{-3} \sim 9999 \times 10^3 \Omega$ 的电阻。实际上，由于接线电阻的影响，只有在 $10^2 \sim 99990\Omega$ 的范围内，电桥的误差才不超过 $\pm 0.2\%$ ，所以直流单臂电桥适宜测量中值的电阻。