

看图学技术丛书

电工技术类

看图学

电动机常见故障检修

厉文健 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

看图学技术丛书——电工技术类

看图学电动机常见故障检修

厉文健 编



机械工业出版社

本书共分为6部分：绪论主要讲述电工常用工具和电工基础知识；第一章为直流电动机的检修；第二章为三相异步电动机的检修；第三章为单相异步电动机的检修；第四章为绕组的绝缘处理；第五章为电动机机械故障的检修。全书配有大量的插图，形象具体地讲述了电动机常见故障检修的过程与方法。通过插图和详细的讲解，使读者在最短的时间内掌握检修电动机的基本技能。

本书适合于初、中级维修电工和其他与电动机的运行维修有关工作人员。

图书在版编目(CIP)数据

看图学电动机常见故障检修/厉文健编. —北京：机械工业出版社，2003.4
(看图学技术丛书·电工技术类)

ISBN 7-111-11893-6

I. 看… II. 厉… III. 电动机—检修—图 IV. TM320.7-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第021846号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑：王春雨 版式设计：霍永明 责任校对：樊钟英

封面设计：姚毅 责任印制：路琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年6月第1版第1次印刷

890mm×1240mm A5·13.125印张·386千字

0 001—5 000册

定价：25.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

如何在短期内快速掌握电工技术理论及操作技能，一直是广大读者所关心的问题，特别是进入21世纪，生活节奏不断加快，知识化浪潮滚滚而来，繁忙的人们必须以更快的速度、更高的效率掌握各种知识，这也是我们编写这套“看图学技术丛书——电工技术类”的目的。

这套丛书的读者对象主要是初中级技术工人、职业学校的学生、农村电工及业余读者。在形式编排上，突出以图代文；在内容安排上，突出以简代繁。在介绍实际操作方法的基础上，适当增加部分理论知识和高级工应知的知识，以提高本书的系统性。

随着国民经济的迅速发展，电动机凭借其体积小、功率大、操作方便、运行无污染等优点在社会生产及人民生活中成为不可替代的拖动装置。各种生产设备、家用电器当中都大量使用电动机。在一些复杂的设备中可能不止一台电动机。

大量的电动机在长期使用过程中也会发生一些故障。由于电动机的工作场合和作用各有不同，电动机的结构也各不相同，电动机的维修也比较复杂，所以电动机的维修在社会生产中显得越来越重要。本书以电动机的结构图、绕组布线图等大量插图为主线，深入浅出地讲解电动机各种故障的检修。讲解内容以作者大量的实践经验为基础，附以一些必要的理论知识，力求使读者能够在较短的时间内掌握电动机检修的基本技能。

编写本书的指导思想是：简明扼要，思路清晰，内容实用，水平适中。具体来说，就是理论分析上不求过深，以实际中需要的理论水平为准；叙述上不求过泛，以实际中涉及的知识范围为主；内容上不求过多，以实用性、可行性为限；文字上不求平均，以常用电动机的故障分析及维修办法为主。总之一句话，深入浅出地介绍电动机的结构特点、故障原因、维修办法，使没有掌握很深专业知识的从业人员也能在较短的时间内掌握电动机常见故障的维修方法。

目 录

前言

绪论	1
第一节 电动机嵌线等常用工具	1
第二节 几个基本定则	4
第三节 电气测量	6
第一章 直流电动机的检修	13
第一节 直流电动机的基本知识	13
第二节 直流电动机的故障检修	18
第二章 三相异步电动机的检修	133
第一节 结构	133
第二节 三相异步电动机的故障检修	139
第三章 单相异步电动机的检修	275
第一节 单相异步电动机的基本知识	275
第二节 单相异步电动机的故障分析及检修	284
第三节 单相异步电动机绕组的重绕	314
第四章 绕组的绝缘处理	333
第一节 浸漆与烘干的作用	333
第二节 浸漆的方法	334
第三节 常用的绝缘漆	336
第四节 常用的浸漆工艺及干燥规范	339
第五节 干燥电动机的几种方法及注意事项	346
第五章 电动机机械故障的检修	355
第一节 小型异步电动机的拆装	355
第二节 机座、端盖及铁心故障的检修	366
第三节 转轴故障的检修及转子的平衡	379
第四节 轴承的检修	393
参考文献	413

绪 论

第一节 电动机嵌线等常用工具

一、清槽片

清槽片是清除电动机定子、转子或电枢铁心槽内残存的绝缘物、铁锈等杂物的工具，也可用来清除换向片间的污垢或云母片。清槽片可用旧锯条制作，其一端在砂轮上磨成尖头或钩状，尾部用包布或塑料带包扎作手柄，如图 1 所示。

二、划线板（也称理线板）

划线板是嵌线圈时用来把导线划入线槽，不致交叉。划线板还可以迫使堆积在槽口的导线移至槽内两侧，以及整理已嵌入槽内的导线，以便上边的导线入槽的专用工具。

划线板最好用不锈钢制作，但也可用竹片或层压塑料板削磨制作，其形状如图 2 所示。其长度为 15~20cm，宽度为 10~15mm，厚度为 2~3mm。头部略呈尖形，一边稍薄，如刺刀形，表面应光滑。

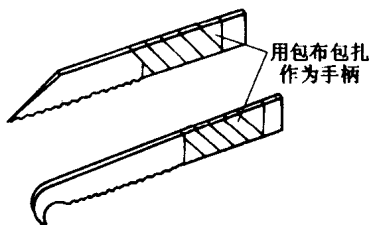


图 1 清槽片



图 2 划线板

三、划针（又称为铁梢）

划针是在线圈导线嵌好后，用卷折包绝缘纸的专用工具，可用不锈钢或弹簧钢磨制，其形状如图 3 所示。其直线部分长度为 20~25cm，宽度为 2~4mm，厚度为 1~2mm，尖端部分略薄而且尖，其表面应非常光滑。

四、压线板（又称为铁角）

压线板是把已嵌入线槽的导线压紧，使其平整的专用工具，一般用不锈钢或黄铜制作，并装上木柄，其形状如图4所示。其尺寸随线槽宽度而定，一般备几种大小不同的压线板。

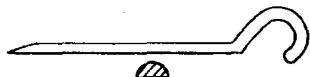


图3 划针

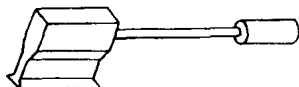


图4 压线板

五、刮线刀（又叫刮子）

刮线刀是用来刮去导线焊接头上的绝缘层（如聚酯漆包线外圆的漆膜或玻璃包铜扁线外层的玻璃丝）的专用工具。在有弹性的对折的钢片两端各装一片铅笔刀片，每片用两只螺钉拧紧固定，其形状如图5所示。



图5 刮线刀

六、铁铮和木锤

当上层线圈嵌入线槽后，将划针卷折包槽绝缘纸并插入线槽的鸠尾内。为了使槽楔能顺利地进入线槽，此时应把铁铮放在划针上面，用小木锤敲打铁铮，从线槽的一端依次向另一端顺序敲打。敲打力不可猛烈，只要达到使槽绝缘纸的折覆部分服贴即可。然后用木锤轻轻地将槽楔敲入线槽内。铁铮的形状与压线板相似，如图6所示。小木锤即普通的小木锤如图7所示。

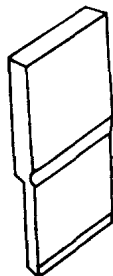


图6 铁铮

七、剪子

可用理发剪子代替（其他剪子也可），用来剪裁所需的绝缘材料及剪除槽绝缘的多余部分。现多用手术弯剪来代替，这种剪子使用起来较为灵活。其形状如图8所示。

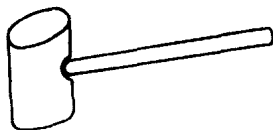


图7 小木锤

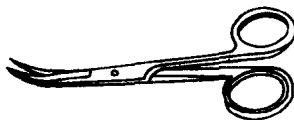


图8 剪子

八、电工刀

用它可将竹楔削成所需形状，剥去导线上的绝缘层或油污及裁制绝缘纸等。如图 9 所示。



图 9 电工刀

九、电烙铁

电烙铁是常用的锡焊工具，它由手柄、外管、电热元件和铜头组成。按铜头受热方式来分，有外热式和内热式电烙铁两种，如图 10 所示。电烙铁的规格以其消耗的电功率来表示，通常为 20~500W。



图 10 电烙铁

使用电烙铁时，金属外壳必须妥善接地，以防触电。焊接时要选用功率适当的电烙铁，功率过大既耗电又容易烧毁元件；过小则因热量不足而影响焊接质量。比如用来焊接小型电动机导线的接头，一般用 75W 即可。

十、喷灯

喷灯是一种利用喷射火焰对工件进行加热的工具，其结构如图 11 所示。喷灯常用来在大截面铜导线连接处加固搪锡，或用于电联结表面防氧化镀锡。按喷灯使用燃料的不同，分为煤油喷灯和汽油喷灯两种。

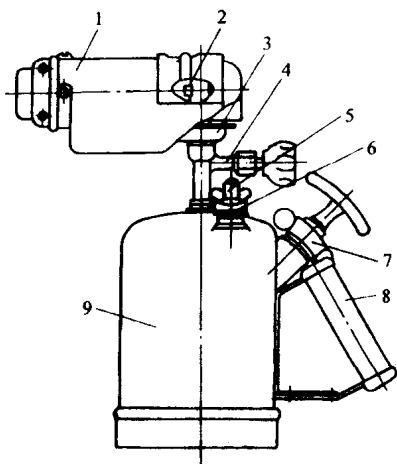


图 11 喷灯

喷灯使用不当有爆炸的危险。使用前应仔细检查油桶是否漏油，喷嘴是否畅通。若发现喷嘴堵塞，可用专用的通针疏通。加注相应的燃油，注入油桶的油量要低于油桶最大容量的 3/4，拧紧加油处的螺塞。使用时，应预热喷头，即在燃烧室中，加少量煤油（或汽油）燃烧，然后打气加压。加压切勿

- 1—灯头 2—喷嘴 3—点火碗
4—进油阀 5—安全阀 6—加油螺塞
7—手动泵 8—手柄 9—油桶

过高，喷头达到预热温度后放阀喷油。

喷灯工作时应根据需要调节火焰到适当程度，过大、过小都会影响工作质量。

对喷灯加油、放油或修理，均应在熄火后进行。

十一、拉具

拉具又称拉模、皮带扒子等，结构如图 12 所示。它是用来拆卸皮带轮、联轴器及滚动轴承的工具。使用时将夹板钩住被卸物，螺杆顶住轴心，上紧螺杆，就可以把被卸物拉出来。拆卸带轮（或联轴器）前，应先将带轮上的定位螺钉松掉。拉具要摆正，用力要均匀。如果带轮一时拉不出来，切勿硬拉，以免拉坏带轮或拉具。可在螺杆绷紧的情况下，用手锤轻轻敲击螺杆的顶端或在带轮与轴的接缝中加些煤油，必要时，可在带轮外部加热，趁热迅速拉下。对工件的外部加热时，温度不能太高，以防轴变形或烧坏电机内的绝缘层。

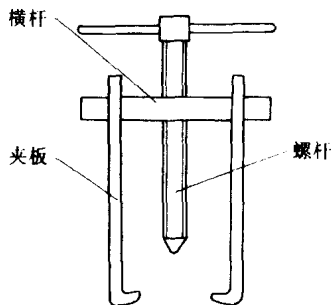


图 12 拉具

第二节 几个基本定则

一、左手定则

若把一根通有电流的导体放入均匀磁场中，载流导体会受到力。如果磁力线、电流和作用力三者方向互相垂直，这三个方向的关系可以用左手定则来确定。平伸左手，拇指与其余四指垂直，以手心对准磁场的北极（N 极），用四指指向电流的方向，拇指所指的方向就是载流导线受作用力的方向，如图 13 所示。直流电动机就是根据载流导体在磁场中受力的原理制成的，所以也叫电动机定则。

二、右手定则

导体在磁场中作切割磁力线运动时，在导体中就会产生感应电动势，其方向可用右手定则来确定，如图 14 所示。右手定则是表示磁场方向、导体运动方向和感应电动势方向三者之间关系的一个定则。将右手平伸，拇指和其余四指垂直，以手心对准磁场 N 极，拇指的

方向表示导体运动方向，其余四指指的就是感应电动势的方向，因此也叫发电机定则。

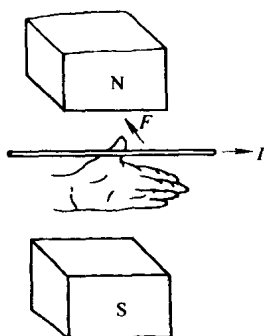


图 13 左手定则示意图

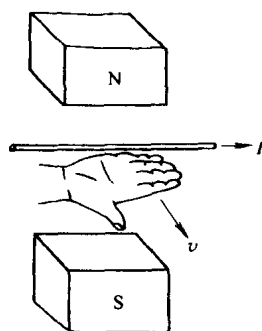


图 14 右手定则示意图

三、右手螺旋定则

单线圈和螺管线圈通以直流电后会产生磁场，其方向可用右手螺旋定则确定，如图 15 所示。方法是伸出右手拇指，其余四指弯曲握住导线，使四指的方向符合线圈中电流的方向，那么伸直拇指所指的方向就是磁力线方向。

四、涡流

在具有铁心的线圈中通以交流电时，铁心内就会产生交变的磁通，由电磁感应可知，在铁心中必然会产生感应电流，由于它自成闭合回路且形如漩涡状，因此称为涡流，如图 16 所示。

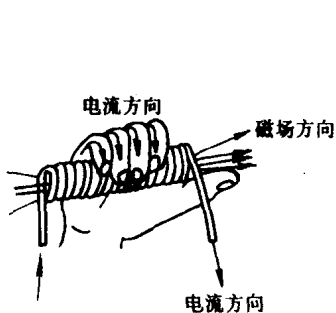


图 15 右手螺旋定则示意图

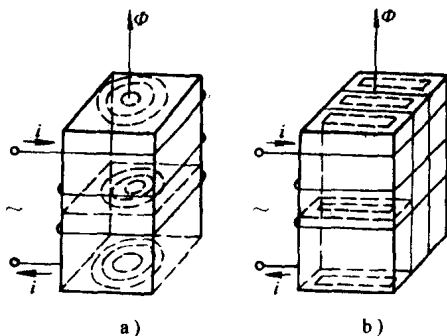


图 16 铁心中的涡流

五、欧姆定律

在电阻电路中，电流的大小与电阻两端电压的高低成正比，而与电阻的阻值大小成反比。

第三节 电 气 测 量

一、绝缘电阻表（兆欧表）的使用

绝缘电阻表通常用来测量电路、电动机绕组、电缆、电气设备的绝缘电阻。

绝缘电阻表是由测量机构、测量线路和高压电源组成。最常见的绝缘电阻表多采用手摇发电机作高压电源，如图 17 所示。新型的绝缘电阻表有用交流电作电源的或采用晶体管直流电源变换器的。

绝缘电阻表上有 3 个接线柱，分别标有接地（E）、电路（L）和保护环（G）的标记。

测量电路绝缘电阻时，可将被测端接于电路（L）的接线柱上，接地线接于接地（E）的接线柱上，如图 18a 所示。

测量电动机绝缘电阻时，将电机绕组接于电路（L）的接线柱上，机壳接于接地（E）的接线柱上，如图 18b 所示。

测量电缆的缆芯对缆壳的绝缘电阻时，除将缆芯和缆壳分别接于电路（L）和接地（E）接线柱外，再将电缆壳芯之间的内层绝缘物接保护环（G），以消除因表面漏电而引起的误差。如图 18c 所示。

使用绝缘电阻表时，应注意下列事项：

1) 选用绝缘电阻表电压等级时，通常额定电压在 500V 以下的设备，选用 500V 或 1000V 的绝缘电阻表；额定电压在 500V 以上的设备选用 1000V 或 2500V 的绝缘电阻表。

2) 在进行测量前要先切断电源，被测设备一定要进行放电，以保障设备及人身安全。尤其是具有电容的高压设备，必须进行充分放电，然后才可测量；测量后，也要及时放电。

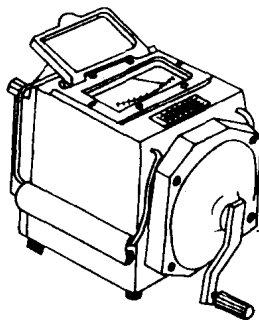


图 17 绝缘电阻表外形

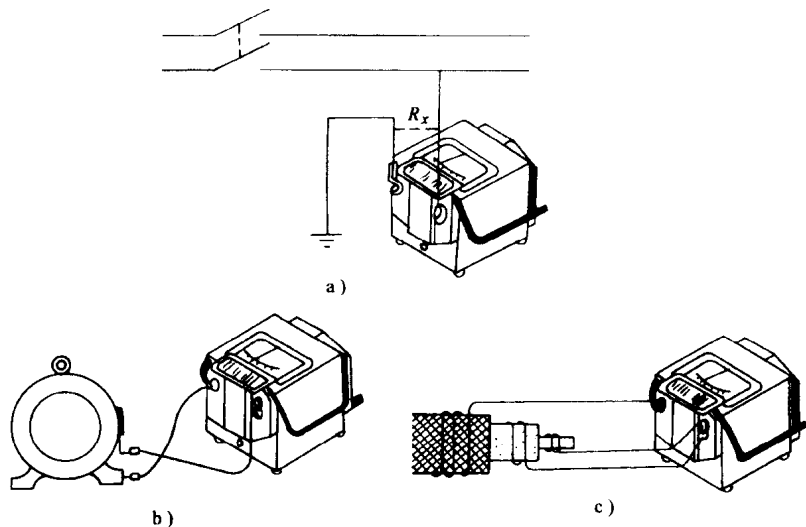


图 18 绝缘电阻表的使用方法

3) 测量时，绝缘电阻表和被测设备之间应用绝缘良好的单根导线连接。如果导线绝缘不好，不清洁或者用双股线连接时，都可能影响测量结果。

4) 测量前先检查绝缘电阻表是否良好。若将两连接线开路，摇动手柄，指针应指在“ ∞ ”（无穷大）处，这时如再将两连接线短一下，指针应指在“0”处，说明绝缘电阻表是良好的，否则绝缘电阻表是有误差的，需调修后再使用。

5) 摇动手柄时应由慢渐快，当指针已指零时，就不可继续摇动手柄，以防表内线圈发热损坏。

6) 不可在雷电时或在邻近有带高压导体的设备时用绝缘电阻表进行测量。只有在设备不带电又不可能受其他电源感应而带电时才能进行测量。

7) 为了获得准确的测量结果，要求在手摇发电机在额定转速（一般为 120r/min）下工作 1min 以后，再读数，因为开始测量时，指针偏转尚未稳定，只有在 1min 后读数才稳定不变。

二、万用表的使用

万用表是电机修理工作中经常使用的可携式、多用途、多量程的

直读式仪表。用来测量交流、直流电压、直流电流、交流电流和电阻等。有的还可以测量电感、电容、音频电平（输出）等。

万用表主要由表头、测量电路和转换开关三部分组成，其外形如图 19 所示。

使用万用表时，应注意以下几点：

(1) 测量挡位要正确 测量时量程转换开关必须拨在需要测的挡位位置上，不能放错，如果测量电压时误将转换开关拨在电流或电阻挡，则将损坏仪表。

在测量电压或电流时，如果对被测电流、电压大小心中无数，应先拨到最大量程上试测，以保证指针不致打坏，然后再拨到合适的量程上测量。

为了使测量结果准确，量程的选择应使读数在标尺的一定刻度范围之内。例如，在测电流和电压时，必须注意应使指针偏到满偏转的 $1/2$ 以上；在测量电阻时，应使指针偏转接近标尺的中心等，以减少误差。

注意，不可带电转换量程。

(2) 接线要正确 万用表面板上的插孔（或接线端钮）都有极性标记，在测量直流电压或直流电流时，必须注意仪表的极性。其正负端各与电路的正负端相接。在测量电流时，应特别注意必须把电路断开，将表串接于电路中。

在测量直流高压或 2500V 交流电压时，要注意人身安全，测试棒应分别置于“2500V”及“-”插孔内。

(3) 使用之前要调零 表上有个零点调整电位器，这是供测量电阻时用的。测量前应先将测试棒短接，调节调整电位器后，指针应偏转到零。若无法将指针调节到零点，则说明电池电压过低或内部接触

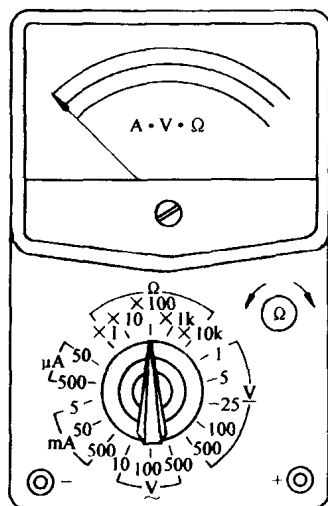


图 19 MF30 型万用表的外形

不良。

(4) 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切断，当电路中有电容存在时必须先将电容短路放电，以免损坏仪表。

(5) 注意维护，减少检修 每次测量完毕后，应将转换开关拨到交流电压最高一档，以免他人误用，损坏仪表。也可以避免由于将量程开关拨到电阻挡，而把试棒碰到一起，致使电池耗电。

另外，万用表的表头经检修后，一般将出现灵敏度下降的现象。这是由于拆开取出线圈时使永久磁铁的磁感应强度减小的缘故。为了减小这种影响，在取出线圈之前，应用软铁将磁钢短路，同时还应减少检修次数。

三、直流电桥的使用

直流电桥，是一种比较式的测量仪器，其灵敏度和准确度都很高。直流电桥分单臂电桥和双臂电桥两种。直流单臂电桥，又称惠斯顿电桥，如图 20 所示，适用于测量 $1\Omega \sim 1M\Omega$ 的中阻值电阻。直流双臂电桥又称凯尔文电桥，如图 21 所示，适用于测量低阻值电阻 (1Ω 以下)，如短导线电阻、大中型电机和变压器绕组的电阻等。

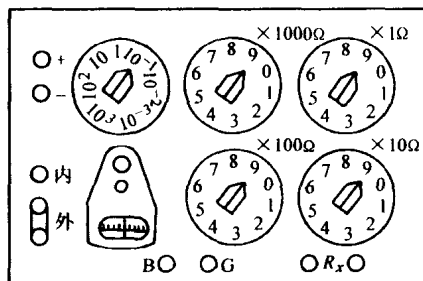


图 20 QJ-23 型直流单臂电桥
面板示意图

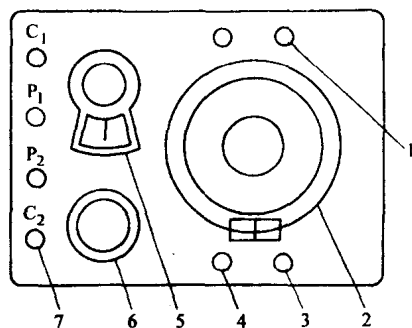


图 21 双臂电桥面板示意图
1—外接电池按钮 2—阻值旋钮
3—检流计按钮 4—电源按钮
5—检流计 6—倍率旋钮 7—测量端钮

1. 直流单臂电桥的使用步骤

- 1) 先将检流计锁口打开，调节机械调零旋钮，使指针位于零。
- 2) 将被测电阻 R_x 接在接线端钮上，根据 R_x 的阻值范围选择

合适的比例臂倍率，使比较臂的 4 组电阻都用上。

3) 调节平衡时，先按电源按钮 S_E ，再按检流计按钮 S_a 。测量完毕后，先松开检流计按钮 S_a ，再松开电源按钮 S_E ，以防被测对象产生感应电动势损坏检流计。

4) 按下按钮后，若指针向“+”侧偏转，应增大比较臂电阻；若向“-”侧偏转，则应减小比较臂电阻。调平衡过程中，不要把检流计按钮按死，待调到电桥接近平衡时，才可按死检流计按钮进行细调；否则，检流计指针可能因猛烈的撞击而损坏。

5) 若使用外接电源，其电压应按规定选择，过高会损坏桥臂电阻，太低则会降低灵敏度。若使用外接检流计，应将内附的检流计用短接片短接，将外接检流计接在“外接”端钮上。

6) 测量结束后，应锁上检流计锁扣，以免受振而损坏。

当检流计指零时，用比较臂阻值乘以比例臂的倍率，就是被测电阻 R_x 的阻值。

2. 直流双臂电桥的使用方法

在电动机修理过程中，经常使用直流双臂电桥测量绕组的电阻。在使用双臂电桥时，除了遵守直流单臂电桥的使用步骤外，还应注意被测电阻应与电桥的电压端钮 (P_1 、 P_2) 和电流端钮 (C_1 、 C_2) 正确连接。若被测电阻没有专门接线，应设法使每端引出两根线，分别接电压端钮和电流端钮。而且引线应尽量短而粗，接头要牢靠，电压接头应比电流接头更靠近被测电阻。测量时操作要快，见图 21 和图 22。

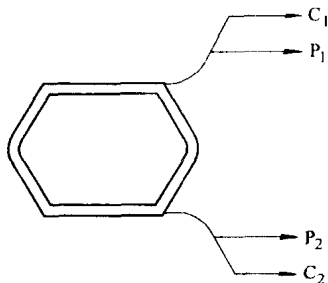


图 22 被测电阻的
接线示意图

四、钳形电流表的使用

在不断开电路而需要测量电流的场合，可用钳形表进行测量。钳形表分为两类，测量交流电流有 T—301、T—302、MG—24 等；测量交、直流的有 MG—20、MG—21 型；测量电压的有 T302 型。

钳形表的外形和结构如图 23 所示。使用时握紧手柄，打开铁心，将被测导线从铁心开口处置于铁心中间，再放开手柄，便可获得读

数。

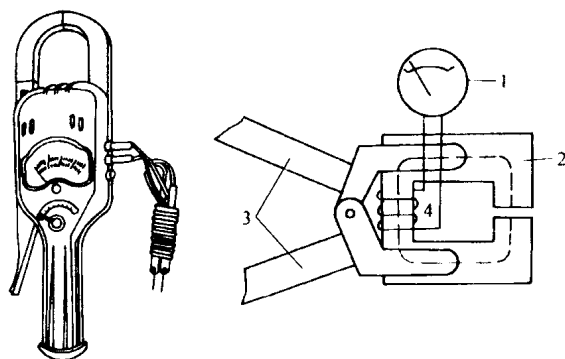


图 23 钳形表的外形和结构

1—表头 2—钳口 3—手柄 4—线圈

测量交流的钳形电流表，实质上是一个由电流互感器和一个整流系仪表所组成。被测载流导体相当于电流互感器的原绕组（只有一匝）。被测电流在铁心中产生磁通，这个磁通穿过副绕组，产生一个与原绕组成比例的电流，从而测出原绕组的电流大小。

测量交、直流的钳形电表，是一种电磁系仪表。放置在钳口中的被测载流导体作为励磁线圈，磁通在铁心中形成回路，电磁系测量机构位于铁心缺口中间，受到磁场的作用，指针偏转获得读数，因其偏转不受电流方向的影响，所以可测交直流电流。

使用注意事项：

1) 进行电流测量时，被测载流导体位置应放在钳口中央，以免产生误差。

2) 测量前应先估计一下被测电流的数值在什么范围，选择合适的量程。或先选用较大量程测量，然后再视电流大小，选择适当的量程。

3) 为使读数准确，钳口铁心的两个面应保证紧密吻合。如有杂声，可将钳口重新开合一次，若铁心仍有声音，可将接合面上的污垢擦干净再量。

4) 测量后应把调节开关放在最大电流的量程上，以免下次使用

时由于未经选择量程而损坏仪表。

5) 测量小于 5A 以下的电流时, 为了得到较准确的读数, 在条件许可时可把导线多绕几圈放进钳口进行测量。但实际电流应为读数除以放进钳口内导线根数。