



“十三五”职业教育国家规划教材

高等职业教育“新资源、新智造”系列精品教材

电机与变压器

项目实训——教、学、做一体（第2版）

马宏骞 姜 伟 主 编

杨弟平 邹大为 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

“电机与变压器实训”课程是电气自动化专业学生的必修课，也是践行高职教育教学改革、推广“1+X”证书的课程之一。全书包含5个项目，分别为项目1电机测量仪表、维修工具及材料的使用、项目2变压器的维修与维护、项目3三相异步电动机的维修与维护、项目4单相异步电动机的维修与维护、项目5控制电机的认识。本书在每个项目中又设置了若干个任务，全书共提供18个任务。此外，本书还附有常用电机维修参数表，方便学生查找维修数据。

本书突出了工程实用性，理实结合、易教易学，可作为高职高专院校电气自动化技术专业的理实一体化教学用书，也可作为培训机构和企业人员的自学用书，以及相关技术人员的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电机与变压器项目实训：教、学、做一体 / 马宏骞，姜伟主编. —2版. —北京：电子工业出版社，2019.11
ISBN 978-7-121-37777-8

I. ①电… II. ①马… ②姜… III. ①电机—高等职业教育—教学参考资料②变压器—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 240660 号

责任编辑：王昭松

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：14 字数：358.4 千字

版 次：2013 年 11 月第 1 版

2019 年 11 月第 2 版

印 次：2019 年 11 月第 1 次印刷

定 价：45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：（010）88254015 wangzs@phei.com.cn QQ：83169290。

第2版前言

一、缘起

电机作为机电能量转换的重要装置，不仅是电气传动的基础设备，更是工业生产的主要动力来源。可以说，只要有电能应用的场合，就会有电机的身影。因此，学习电机技术与应用对电气自动化专业学生来说非常重要。为落实国家职业教育20条新要求，推进产教融合、校企合作新发展，本书在总结上一版教材优缺点、充分分析近几年职业教育发展新要求及技术发展新动向的基础上，对教材内容进行了修订，以期更好地满足职业院校师生的需要。

二、编写结构

全书将“电机原理”“拖动基础”“控制电机”“电机维修与维护”等内容有机融合，共设置了5个项目，分别为项目1电机测量仪表、维修工具及材料的使用，项目2变压器的维修与维护，项目3三相异步电动机的维修与维护，项目4单相异步电动机的维修与维护，项目5控制电机的认识。针对不同的学习内容，本书在每个项目中又设置了若干个任务，全书共提供了18个任务。

三、本书特色

（1）校企合作、协同育人

为准确把握高职教材特色、突出职业能力培养主线、实现理论与实践的有效衔接，本书的编写大纲由校企专家共同审议商定。本书编者职业教育背景深厚，不仅有教学一线的教学名师，还有三菱电机自动化（中国）公司的技术专家，他们的专业性为本书的编写提供了有力的技术保障。

（2）素材真实、指导性强

本书的很多内容均来自生产实践，其中一些内容是编者亲身经历的案例，这些案例生动具体、针对性极强。书中所使用的图片大多是编者在工厂车间和电机维修场所拍摄的，画面清晰、表达准确、写实性强、说明有力，具有很高的实践指导性。另外，编者还把多年积累的宝贵实践经验和教学体会，通过“课堂讨论”“工程经验”“应用实战”等形式一一呈现给读者，这些对读者快速提高电机应用能力有很大帮助。

（3）内容新颖、技术全面

本书以提升学生电机应用能力为重点，在编写内容上着重介绍电机的使用、安装、维修和维护方法，力求让学生学有所用、学以致用；在编写体例上充分体现“教、学、做”一体化教学理念，力求让学生学有所得、技有所长。本书以国家职业岗位标准为依据、以工业现场技术要求为导向，以任务形式开展专项训练，力求“真事、真学、真做”，使学生不仅懂得电机的结构和原理，会选用和使用电机，而且还能维修和维护电机。

(4) 教学资源丰富，支持新形态教学

本书配备大量高质量教学资源，这些教学资源对书中的重点学习内容进行了生动描述和详细分析，能全方位支持新形态教学。

四、致谢

本书由辽宁机电职业技术学院老师和三菱电机自动化（中国）有限公司工程技术人员共同合作编写。马宏骞、姜伟担任主编，杨弟平和邹大为担任副主编，李美萱和牟迪参编，其中，马宏骞负责全书统筹并编写附录 A~D，牟迪编写项目 1，邹大为编写项目 2，姜伟编写项目 3，李美萱编写项目 4，杨弟平编写项目 5。

任何一本新书都是在认真总结和借鉴前人成果的基础上创新发展起来的，本书在编写过程中无疑也参考和引用了许多前人优秀著作与论文的精华。在此向本书所参考和引用其著作和论文的作者表示最诚挚的敬意和感谢！

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请兄弟院校的师生给予批评和指正。请您把对本书的建议告诉我们，以便我们修订时改进。所有意见和建议请发至：
E-mail:zcx2533420@163.com。

编 者

2019 年 10 月

电子工业出版社版权所有
盗版必究

目 录

项目 1 电机测量仪表、维修工具及材料的使用	(1)
任务 1 电机测量仪表的使用	(1)
任务 2 电机安装维修工具的使用	(11)
任务 3 电机维修专用工具的使用	(21)
任务 4 电机维修材料的选用	(35)
项目 2 变压器的维修与维护	(47)
任务 1 小型变压器的绕制	(47)
任务 2 变压器同极性端的判别	(57)
任务 3 电力变压器的维护	(60)
项目 3 三相异步电动机的维修与维护	(66)
任务 1 三相异步电动机铭牌的认识	(66)
任务 2 三相异步电动机的拆装	(75)
任务 3 三相异步电动机的安装	(87)
任务 4 三相定子绕组的重绕	(93)
任务 5 三相异步电动机绕组首末端的判别及接线	(115)
任务 6 三相异步电动机的巡检和维护	(124)
任务 7 三相异步电动机的故障分析	(131)
项目 4 单相异步电动机的维修与维护	(154)
任务 1 单相异步电动机的认识	(154)
任务 2 单相异步电动机的故障分析	(168)
项目 5 控制电机的认识	(180)
任务 1 步进电机控制训练	(180)
任务 2 伺服电机控制训练	(190)
附录 A 电机绕线模尺寸	(201)
附录 B 常见的三相异步电动机技术数据	(207)
附录 C 常用圆漆包线规格数据	(212)
附录 D 常见的单相异步电动机技术数据	(214)
参考文献	(217)

项目 1 电机测量仪表、维修工具及材料的使用

在安装、运行和维修电机的过程中，电机维修人员经常用到测量仪表与维修工具。因此，测量仪表与维修工具的使用是电机维修人员必须熟练掌握的一项重要技能。此外，能正确选用维修材料也是电机维修人员应具备的能力。

任务 1 电机测量仪表的使用

【任务要求】

本任务要求学生认识电机测量仪表，掌握电机测量仪表的用途和使用方法。

知识目标

1. 认识电机测量仪表，了解电机测量仪表的用途；
2. 了解电机测量仪表的结构及工作原理；
3. 掌握电机测量仪表的使用方法 & 测量注意事项。

技能目标

能熟练使用电机测量仪表。

【任务相关知识】

常用的电机测量仪表主要有万用表、绝缘电阻表、钳形电流表等。

1. 万用表

作为电工测量仪器，万用表的使用最为广泛。它可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和晶体管直流参数等物理量。根据测量原理及测量结果显示方式的不同，万用表可分为两大类：指针式万用表和数字式万用表，其外形如图 1-1-1 所示。

1) MF-47 型万用表

MF-47 型万用表是一款多量程、多用途、便携式测量仪表，其外形如图 1-1-2 所示。该型万用表的读数采用指针指示方式，具有量限多、分挡细、灵敏度高、体形轻巧、性能稳定、过载保护可靠、读数清晰、使用方便等优点，因而在电机维修工作中被广泛使用。

(1) 主要功能

MF-47 型万用表具有 26 个基本量程，还有测量电平、电容、电感、晶体管直流参数等 7 个附加参考量程，是一种通用型万用表。

在表的面板上有带多条标度尺的标度盘、转换开关的旋钮、在测量电阻时实现调零的电位器的旋钮、供接线用的插孔等。

(2) 主要技术指标

MF-47 型万用表的技术指标如下。

直流电压测量范围：0~0.25V，0~1V，0~10V，0~50V，0~250V，0~500V，0~1000V；



(a) 指针式



(b) 数字式

图 1-1-1 万用表外形



图 1-1-2 MF-47 型万用表

交流电压测量范围：0~10V，0~50V，0~250V，0~500V，0~1000V，0~2500V；
 直流电流测量范围：0~50 μ A，0~0.5mA，0~5mA，0~50mA，0~500mA，0~5A；
 电阻测量范围：0~2k Ω ，0~20k Ω ，0~200k Ω ，0~2M Ω ，0~40M Ω 。

(3) 测量方法

测量过程：插孔选择→机械调零→物理量选择→量程选择→物理量的测量→读数。

- ① 插孔选择。将红表笔插入标有“+”符号的插孔，将黑表笔插入标有“-”符号的插孔。
- ② 机械调零。将万用表水平放置，短接红、黑两表笔，调节表盘上的机械调零旋钮，使表针指准零位。
- ③ 物理量选择。物理量选择就是根据不同的被测物理量将转换开关旋至相应的位置。
- ④ 量程选择。选择量程时，应先预估被测量的大小，再确定合适的量程。如果被测量的等级是未知的，则应从最大挡位开始逐一进行测试，直到指针偏摆接近满刻度的 2/3 位置。这样既可以避免烧表的可能，又可以保证测量的精度。

量程的选择标准：测量电流和电压时，应使表针偏转至满刻度的 1/2 或 2/3 以上；测量电阻时，应使表针偏转至中心刻度值的 1/10~10 倍。

⑤ 物理量的测量。

电压测量：将万用表与被测电路并联测量；测量直流电压时，应将红表笔接高电位、黑表笔接低电位；若无法区分高低电位，应先将一只表笔接一端，另一只表笔触碰另一端，若表针反偏，则说明表笔接反；测量高电压（500~2500V）时应戴绝缘手套，站在绝缘垫上进行操作，并使用高压测试表笔。

电流测量：将万用表串联在被测回路中；测量直流电流时，应使电流由红表笔流入万用表、再由黑表笔流出万用表；在测量中不许带电换挡，测量较大电流时应先断开电源再撤表笔。

电阻测量：首先应进行电气调零，即将两表笔短接，同时调节面板上的“欧姆调零”旋钮，

使表针指在电阻刻度的零点上,若调不到零点,说明万用表内电池不足,需要更换电池;断开被测电阻的电源及连接导线进行测量;测量过程中每变换一次量程挡位,应重新进行欧姆调零;测量过程中表笔应与被测电阻接触良好,手不得触及表笔的金属部分,以减小不必要的测量误差;被测电阻不能有并联支路。

测量口诀

一看:拿起表笔看挡位;
二扳:对应电量扳到位;
三调零:测量欧姆先调零;
四测:测量稳定记读数;
五复位:放下表笔及复位。

⑥ 读数。读数时应根据不同的测量物理量及量程,在相应的刻度尺上读出指针指示的数值。另外,读数时应尽量使视线与表面垂直,以减小由于视线偏差所引起的读数误差。



实战技巧

技巧 1:“舍近求远”。

转动万用表的拨盘时,一定要顺时针旋转,例如,原来的挡位是 $R \times 100$,想要更换到 $R \times 1k$ 挡位时,需要旋转一大圈才行,这样能有效保护万用表的多刀多掷开关。

技巧 2:“偷工减料”。

在测量电路的通断和测量二极管和三极管的 PN 结时,不必做几挡的校准工作。

技巧 3:“联合作战”。

用万用表测量发光二极管时,应尽量使用 $R \times 1$ 和 $R \times 10$ 低挡位,以减少电池的消耗。若表内没有 9V 电池,只能用 $R \times 1k$ 挡,则不容易测量出发光二极管的正反向电阻,因为此时表内的电池只有 1.5V,不能将 PN 结导通。可采用两块万用表串联,将甲表的红表笔插入乙表的黑表笔插孔中,用甲表的黑表笔和乙表的红表笔来测量发光二极管。若仍用 $R \times 1k$ 挡,则能明显看出正反向电阻的差别;若用 $R \times 10$ 挡,则在正向导通时可使发光二极管发光。

技巧 4:“孤身迎敌”。

在测量 220~380V 交流电或高压直流电时,要用一只手握住表笔进行测量,以免造成意外触电事故。

(4) MF-47 型万用表的维护

- ① 每次使用后,应拔出表笔。
- ② 将量程选择开关拨到交流电压最高挡,防止下次开始测量时不慎烧坏万用表。
- ③ 长期搁置不用时,应将万用表中的电池取出,以防止电池电解液渗漏而腐蚀内部电路。
- ④ 平时要保持万用表干燥、清洁,严禁振动和机械冲击。

2) DM-B 型数字式万用表

(1) 主要功能

DM-B 型数字式万用表是一款数显式电子测量仪表,具有高输入阻抗、高可读性、高智能性等特点,其外形如图 1-1-3 所示。该型万用表不仅可以测量一般物理量,还可以自动调零、自动分辨电极、显示极性、超量程显示和低压指示,并具有过流保护和过压保护能力。



图 1-1-3 DM-B 型数字式万用表

(2) 主要技术指标

DM-B 型数字式万用表的主要技术指标如下。

直流电压测量范围：0~200mV，0~2V，0~20V，0~200V，0~1000V；

交流电压测量范围：0~200mV，0~2V，0~20V，0~200V，0~750V；

直流电流测量范围：0~200μA，0~2mA，0~20mA，0~200mA；

交流电流测量范围：0~200μA，0~2mA，0~20mA，0~200mA；

电阻测量范围：0~200Ω，0~2kΩ，0~20kΩ，0~200kΩ，0~2MΩ，0~20MΩ；

二极管：显示正向导通压降数值；

电路通断：蜂鸣器提示电路的导通。

(3) 测量方法

电压测量：将红表笔插入“600V”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，根据所测电压选择合适量程后，将表笔与被测电路并联即可进行测量。但要注意，不同的量程其测量精度也不同，不能用高量程挡去测量小电压。

电流测量：将红表笔插入“10A”或“mA”插孔（根据量程大小选择），黑表笔插入“COM”插孔，合理选择量程，将两表笔串联接入被测电路即可进行测量。

电阻测量：将红表笔插入“Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，合理选择量程即可测量。

二极管的测量：将量程开关拨至二极管挡，红表笔插入“Ω”插孔、接二极管正极，黑表笔插入“COM”插孔、接二极管负极，若管子正常，则测锗管时应显示 0.150~0.300V，测硅管时应显示 0.550~0.700V，此为正向测量；反向测量时，将二极管反接，若管子正常将显示“1”，若管子不正常将显示“000”。

电路通断的检查：将红表笔插入“Ω”插孔，将量程开关旋至蜂鸣器挡，让表笔触及被测电路，若表内蜂鸣器发出蜂鸣声，则说明电路是通的，反之则不通。

3) 万用表的使用注意事项

① 先检查表笔的绝缘层和连线是否有损坏甚至露出金属，再检查表笔连线的通断性。若连线有损坏，应更换后再使用。

② 用万用表测量一个已知的电压，来确定万用表是否能正常工作。若万用表工作异常，

- ③ 切勿在任何端子和地线间施加超出万用表额定电压的电压。
- ④ 测量各种物理量时，必须使用正确的端子，选择正确的功能和量程。
- ⑤ 使用测试探针时，手指应在保护装置的后面。
- ⑥ 与其他仪器和电路进行连接时，先连接公共测试导线，再连接带电的测试导线；切断连接时，先断开带电的测试导线，再断开公共测试导线。
- ⑦ 在测试电阻、导线和铜箔的通断性、二极管或电容之前，必须先切断电源再进行测试。大容量的电容器必须先进行放电。

绝缘电阻表又称兆欧表或摇表，其外形如图 1-1-4 所示。它是一种测量高电阻的仪表，一般用于测量电气设备与电气线路的绝缘电阻。

绝缘电阻表的内部电路如图 1-1-5 所示,其主要组成部分是一个手摇直流发动机和一个磁电式流比计测量机构,以及一个电流回路和一个电压回路。摇动手柄带动导线旋转,切割磁力线,产生直流高电压。

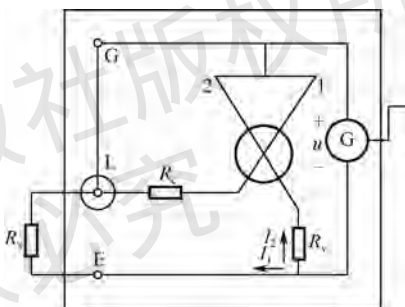


图 1-1-5 绝缘电阻表的内部电路

绝缘电阻表有 3 个接线柱，分别标有“L”（线）、“E”（地）和“G”（屏蔽），如图 1-1-6 所示，在进行一般测量时，只要把被测对象接在“线”和“地”之间即可。绝缘电阻表的刻度盘如图 1-1-7 所示，它能比较正确地反映绝缘电阻在高电压作用下的电阻值。



图 1-1-7 绝缘电阻表的刻度盘

(1) 检查偏转情况

第一步是将“线”与“地”开路，摇动绝缘电阻表的手柄，使其达到额定转速，指针应指到“ ∞ ”；第二步是将“线”与“地”短接，摇动绝缘电阻表的手柄，使其达到额定转速，指

针应指到“0”。

注意：在测量时，绝缘电阻表必须水平放置。

（2）接线及测量

将被测对象接在“线”和“地”之间，摇动绝缘电阻表的手柄，速度由慢到快，最终稳定在 120r/min，约 1 min，待指针稳定后读数。

注意：绝缘电阻表内没有游丝，不使用时，表针可以停留在任意位置，此时读数是没有意义的。因此，使用绝缘电阻表时必须在摇动发电机时读数。

3) 使用注意事项

用绝缘电阻表测量绝缘电阻似乎是简单容易的事，但实际上，如果接线或操作不正确，会直接影响到测量的结果，甚至危及人身安全，因此，必须注意以下事项。

① 选用绝缘电阻表时，其额定电压一定要与被测电气设备或电气线路的工作电压对应。根据电工技术规程，使用绝缘电阻表测量电气设备时，要求测量电压不得低于该设备的正常工作电压。例如，测量高压设备的绝缘电阻，不能用额定电压 500V 以下的绝缘电阻表，因为这时测量结果不能反映工作电压下的绝缘电阻。当然，也不能用额定电压太高的绝缘电阻表来测量低压电气设备的绝缘电阻，以免损坏绝缘。此外，绝缘电阻表的测量范围也应与被测绝缘电阻的范围相吻合。

② 在表面不干净或潮湿的情况下测量绝缘电阻时，必须使用屏蔽“G”接线柱。被测设备表面也应擦拭干净，否则将引起漏电，影响测量数值的准确性。

③ 测量电气设备的绝缘时，必须先切断电源，再将设备放电，以保证人身安全和测量数值的准确。

④ 如果被测电气设备短路，表针指向“0”点，应立即停止摇动，以防绝缘电阻表因过热而烧坏。测量时手摇发电机转速要求为 120r/min 左右，过快或过慢将使指针左右颤动。

⑤ 在摇动绝缘电阻表时，接线柱间具有较高电压，不能用手触及，以防触电。只有在绝缘电阻表停止转动和被测设备充分放电之后，才能用手触及被测设备的导电部分。

⑥ 严禁带电测量。在有电容的电路中，要及时放电，以防发生触电事故。对于有可能感应出高压的设备，要采取措施，消除感应高电压后才能测量。在有雷电时，或在临近高压设备时，不允许测量。

⑦ 绝缘电阻表与被测设备之间的连接线应当采用单股绝缘导线，不可采用双股绝缘导线。

⑧ 在测量电缆芯对电缆壳的绝缘电阻时，应将电缆壳与电缆芯之间的绝缘物接保护环，以消除因表面漏电而引起的误差。

3. 钳形电流表

钳形电流表又称测流钳，它是一种电流测量仪表。普通的钳形电流表可以测量 1~1000A 的交流电流，但其测量精度不高，通常为 2.5~5 级。钳形电流表可分为两大类：指针式钳形电流表和数字式钳形电流表，其外形如图 1-1-8 所示。



图 1-1-8 钳形电流表外形

1) 结构及工作原理

钳形电流表由电流互感器和电流表组合而成。电流互感器的铁芯在捏紧扳手时可以张开，被测电流所通过的导线可以不必切断直接穿过铁芯张开的钳口，当放开扳手后铁芯闭合。穿过铁芯的被测电路导线成为电流互感器的一次线圈，被测电流在二次线圈中感应出电流，并通过与二次线圈相连接的电流表指示，从而测出被测电路的电流。

利用钳形电流表可以随时随地测量电路中的电流值，不必像普通电流互感器那样必须固定在一处，或者在测量时一定要断开电路而将原绕组串联进去。目前，人们常用的是指针式钳形电流表，如图 1-1-8 (a) 所示，其使用示意图如图 1-1-9 所示。

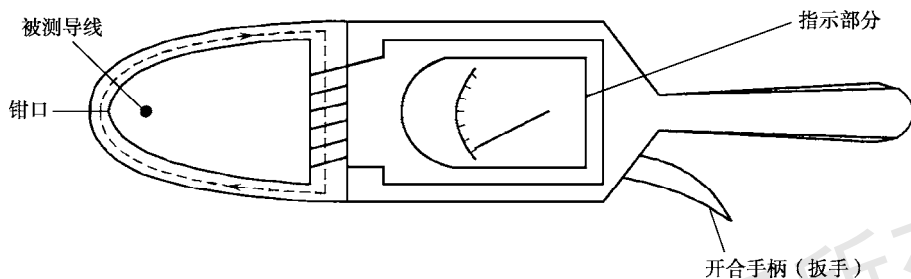


图 1-1-9 指针式钳形电流表使用示意图

随着新产品的研制开发，钳形电流表已由指针式发展到数字式，由单一功能型发展到多功能型，测量准确度也有很大程度的提高，如图 1-1-8 (b) 所示。它的测量范围基本囊括了电路的全部常规电参数，如电流、电压、电阻、有功功率、频率、相位角、功率因数等。

2) 使用方法

- ① 选择合适挡位。估计被测电流的大小，选择合适的量程。若不确定，可先用大量程挡测量，然后逐渐减小挡位，直到合适为止。
- ② 测量及读数。张开钳口，将被测导线放在钳口中央区域；闭合钳口，按下锁定按钮，读数。

3) 钳形电流表的选用

钳形电流表的种类很多，在选择时主要考虑被测导线的形状、粗细、被测电流的大小，以及所需测量的功能等。

4) 使用注意事项

- ① 与带电导线保持距离，一般来说，与 10kV 带电导线的安全距离为 0.7m 以上，与 380V 带电导线的安全距离为 0.3m 以上，要一人监护，一人操作。
- ② 钳形电流表可以通过转换开关的挡位改换不同的量程，但拨挡时必须把钳口打开。为消除铁芯中剩磁的影响，应将钳口开、合数次。
- ③ 当被测电流小于 5A 时，为获得较准确的读数，可把导线多绕几圈放进钳口进行测量。但实际电流数值应为读数除以放进钳口内的导线根数。
- ④ 钳口两面要保证很好的吻合，如有污秽之物，应用汽油擦净再测。
- ⑤ 钳形电流表每次只能测量一相导线的电流，被测导线应置于钳形窗口中央，不可以将多相导线都放入窗口测量。
- ⑥ 不允许在绝缘不良或裸露的导线上测量，以免发生导电事故；也禁止在潮湿的地方和雨天在户外进行测量。

⑦ 测量后一定要把调节开关放在最大量程位置，以免下次使用时由于忘记选量程而造成仪表损坏。

【任务实施】

【任务实施器材】

- ① MF-47 型万用表，一块/组。
- ② DM-B 型数字式万用表，一块/组。
- ③ ZC-7 型绝缘电阻表，一块/组。
- ④ 钳形电流表，一块/组。

【任务实施步骤】

1. 用 MF-47 型万用表测量电阻值的操作

操作提示：检查表笔绝缘、调零校准；严禁用欧姆挡测量电压；注意测试安全。

操作要求：

第 1 步：如图 1-1-10 (a) 所示，将万用表水平放置，进行机械调零。

第 2 步：如图 1-1-10 (b) 所示，将量程选择开关拨到适当挡位。

第 3 步：如图 1-1-10 (c) 所示，将红、黑表笔短接，进行欧姆调零。注意，若“调零”旋钮已调到极限位置，但指针仍不指向“ 0Ω ”位置，说明万用表内部电池电压已不足，应更换新电池后再测量。

第 4 步：如图 1-1-10 (d) 所示，将被测电阻和其他元器件或电源脱离，单手持表笔并跨接在电阻两端。

第 5 步：待指针偏转稳定后，读取测量值。



图 1-1-10 用万用表测量电阻

2. 用 DM-B 型数字式万用表测量三相交流电压的操作

操作提示：DM-B 型数字式万用表的插孔较多，应注意区分。

操作要求：

第 1 步：将红表笔插入 $\text{V}\cdot\text{mA}\cdot\text{Hz}$ 插孔，黑表笔插入 COM 插孔。

第 2 步：选择 $\text{V}\cdot\text{AC}$ 挡位。

第 3 步：将红、黑表笔分别跨接在三相电源端子上。

第 4 步：读数。

3. 用绝缘电阻表测量电动机绕组绝缘电阻的操作

操作提示：电动机带电运行时，不允许测量绕组绝缘；操作者两手不允许触及表线探头；摇动手柄时，转速要保持 120r/min。

操作要求：

第 1 步：如图 1-1-11 所示，断开表线探头，摇动绝缘电阻表的手柄，保持 120r/min 转速，检验表的开路状态。

第 2 步：如图 1-1-12 所示，短接表线探头，摇动绝缘电阻表的手柄，保持 120r/min 转速，检验表的短路状态。



图 1-1-11 绝缘电阻表开路检验



图 1-1-12 绝缘电阻表短路检验

第 3 步：如图 1-1-13 所示，将 L 表线探头触及电动机绕组的出线端，E 表线探头触及电动机壳体，摇动绝缘电阻表的手柄，保持 120r/min 转速，待指针稳定后，读取测量值。



图 1-1-13 测量绕组对地绝缘

第 4 步：如图 1-1-14 所示，将 L 和 E 表线探头触及电动机任意两相绕组的出线端，摇动绝缘电阻表的手柄，保持 120r/min 转速，待指针稳定后，读取测量值。



图 1-1-14 测量绕组相间绝缘

4. 用钳形电流表测量电动机绕组电流的操作

操作提示：不允许测量裸导线；检查钳口表面是否清洁、手柄绝缘是否良好；注意测试安全。

操作要求：

第1步：将量程选择开关拨到 10A 挡位。

第2步：如图 1-1-15（a）所示，张开钳口，将一根电源线放入钳口中心区。

第3步：如图 1-1-15（b）所示，闭合钳口，待指针偏转稳定后，读取测量值。



图 1-1-15 钳形电流表测量电动机绕组电流

【任务考核与评价】

电机测量仪表使用的考核见表 1-1-1。

表 1-1-1 电机测量仪表使用的考核

项目内容	配 分	评 分 标 准	自 评	互 评	教 师 评
MF-47 型万用表的使用	25 分	① 万用表的校准 10 分； ② 测量挡位的选择 5 分； ③ 正确读数 10 分			
DM-B 型数字式万用表的使用	20 分	① 测量挡位、插孔的选择 10 分； ② 正确读数 10 分			
ZC-7 型绝缘电阻表的使用	20 分	① 开路试验、短路试验 10 分； ② 测量过程及读数 10 分			

续表

项 目 内 容	配 分	评 分 标 准	自 评	互 评	教 师 评
钳形电流表的使用	25 分	① 正确握法 5 分; ② 测量挡位的选择 5 分; ③ 测量过程及读数 15 分			
安全、文明操作	10 分	违反一次扣 5 分			
定额时间	20min	每超过 5min 扣 10 分			
开始时间		结束时间		总评分	

任务 2 电机安装维修工具的使用

【任务描述】

本任务要求学生认识电机维修工具，掌握电机维修工具的用途和使用方法。

知识目标

1. 认识电机维修工具，了解电机维修工具的用途；
2. 了解电机维修工具的结构；
3. 掌握电机维修工具的使用方法。

技能目标

能熟练使用电机维修工具。

【任务相关知识】

在电机维修工作中，常用的工具主要有低压验电器、水平仪、螺钉旋具、电工用钳、电工刀、活扳手、钢锯、手电钻、拉具等。

1. 低压验电器

低压验电器又称验电笔，它是用来检验对地电压 250V 以下的低压电源及电气设备是否带电的工具，验电笔分为氖管式和数字式两种类型，如图 1-2-1 所示。



图 1-2-1 低压验电器

1) 氖管式验电笔

氖管式验电笔从外形上分为螺钉旋具式和钢笔式两类,目前市场上出售的验电笔以螺钉旋具式较为常见。

(1) 组成及工作原理

氖管式验电笔通常由笔尖金属体(工作触头)、电阻、氖管、弹簧、绝缘套管和笔尾金属体组成,如图1-2-2(a)所示。它是利用电流通过验电笔、人体、大地形成回路,其漏电电流使氖泡起辉发光而工作的。只要带电体与大地之间电位差超过一定数值(36V以下),验电笔就会发出辉光,低于这个数值,就不发光,从而判断低压电气设备是否带电。验电笔的正确握法如图1-2-2(b)所示。

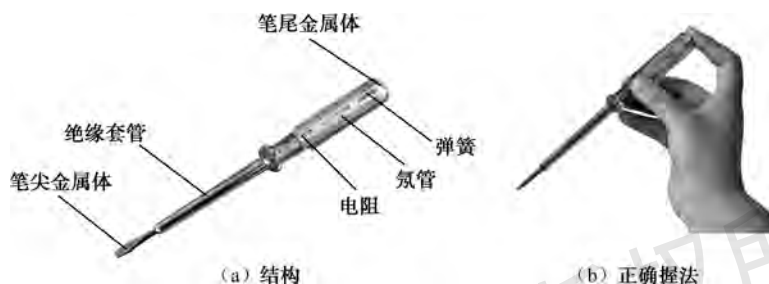


图 1-2-2 氖管式验电笔



课堂讨论

问题: 当用验电笔触及火线时,笔、人、大地构成回路,氖管发亮,为什么戴着手套碰那个金属螺钉验电笔就不亮了?戴着手套是不是相当于人和笔之间接了一个很大的电阻呢?可是大地也有很大的电阻呀!对于中性点不接地的三相电源或者采用三角形接法的三相电源,当用验电笔接触一根火线时它还会亮吗?

答案: 当验电笔里面的氖泡的两极间电压达到一定值时,两极间便产生辉光,辉光强弱与两极间电压成正比。当带电体对地电压大于氖泡起始的辉光电压时,用验电笔的笔尖接触带电体,另一端通过人体接地,此时验电笔会发光。验电笔中电阻的作用是限制流过人体的电流,以免发生危险。戴着手套相当于断路,故验电笔不亮。大地是导电的,没有空气的电阻大。对于中性点不接地的三相电源或者采用三角形接法的三相电源,当用验电笔接触一根火线时它会亮。

(2) 使用注意事项

- ① 使用前应在确认有电的设备上进行试验,确认验电笔良好后方可进行验电。
- ② 在强光下验电时,应采取遮挡措施,以防误判断。



应用实战

战例 1: 区分相线和零线。

战法: 用验电笔触及导线,使氖管发光的是相线,使氖管不亮的线为零线或地线。

战例 2: 区分交流电和直流电。

战法: 用验电笔触及导线,使氖管两极都发光的是交流电;只有一极发光的是直流电,如果笔尖端明亮,则为负极,反之为正极。

口诀: 电笔判断交直流,交流明亮直流暗;交流氖管通身亮,直流氖管亮一端;电笔判断

正负极,观察氖管要心细,前端明亮是负极,后端明亮为正极。

战例 3: 判断电压的高低。

战法: 如果氖管发黄红色光,则电压较高;如果氖管发暗红光、轻微亮,则电压较低。

战例 4: 判断交流电的同相与异相。

战法: 两只手各持一只验电笔,站在绝缘体上,将两只笔同时触及待测的两条导线,如果两只笔的氖管均不太亮,则表明两条导线是同相;如果两只笔的氖管发很亮的光,则表明两条导线是异相。

口诀: 判断两线相同异,两手各持一只笔;两脚与地相绝缘,两笔各触一条线;用眼观看一只笔,不亮同相亮为异。

战例 5: 识别相线碰壳。

战法: 用验电笔触及未接地的用电器金属外壳,若氖管发光强烈,则说明该设备有碰壳现象;若氖管发光不强烈,搭接接地线后亮光消失,则说明该设备存在感应电。

战例 6: 识别相线接地。

战法: 在三相三线制 Y 连接交流电路中,用验电笔触及相线,有两根比平时稍亮,另一根稍暗,说明亮度暗的相线有接地现象,但不太严重。如果有一根不亮,则这一相已完全接地。

口诀: 星形接法三相线,电笔触及两根亮,剩余一根亮度弱,该相导线已接地;若是几乎不见亮,金属接地的故障。



课堂讨论

问题: 用数字式万用表测试三相交流电源,测得 U_{UV} 、 U_{UW} 、 U_{VW} 都比较平衡, U_{UN} 、 U_{VN} 、 U_{WN} 都在 220V 左右;用氖管式验电笔测试 U、W 两相发光, V 相不发光,这是什么原因?

答案: 用验电笔测量时,参考零电位为地,如果被测电压对地悬浮,如用隔离变压器隔离后,就会出现用数字式万用表测量变压器两端电压正常,但用氖管式验电笔测试为无电的现象。以上前提为验电笔是好的。

2) 数字式验电笔

(1) 数字式验电笔结构

数字式验电笔由笔尖金属体(工作触头)、显示屏、感应检测按钮、直接检测按钮和工程塑料壳体组成,如图 1-2-3 所示。

(2) 使用注意事项

测试交流电时,切勿按感应检测按钮。将笔尖触及被测导体时,显示屏上显示的数字为测得的电压“段值”。当被测数值未到高段显示的 70% 时,显示屏将会显示低段值。



图 1-2-3 数字式验电笔结构



应用实战

战例 1: 区分相线和零线。

战法: 用验电笔触及被测导线,如果是火线,则显示屏上显示五段电压值,即“12V、36V、55V、110V、220V”字样全是亮的;如果是零线,则显示屏上显示“12V、36V、55V、110V”或者更低,“220V”的字样不亮。

战例 2: 识别相线碰壳。

战法: 按下感应检测按钮, 将验电笔笔尖靠近用电器金属外壳, 如果显示屏上显示“⚡”标志, 则表明被测物带电。

战例 3: 断点测试。

战法: 按下感应检测按钮, 将验电笔笔尖靠近被测导线, 沿相线纵向移动, 直到一处无法显示“⚡”标志, 则该处为断点。

2. 水平仪

水平仪是利用水准泡的移动来检查平面相对水平或垂直位置的专用量具。在安装电机时经常用到水平仪。

1) 水平仪的结构

水平仪的外形如图 1-2-4 所示。在水平仪弧形玻璃管的表面有刻线, 内装乙醚或酒精, 并留有气泡。当被测平面处在水平或垂直位置时, 气泡处于中央位置; 若被测平面是倾斜的, 则气泡的位置就会发生偏移。在安装电机时, 必须用水平仪校正电机底脚安装位置是否水平, 如图 1-2-5 所示。



图 1-2-4 水平仪的外形

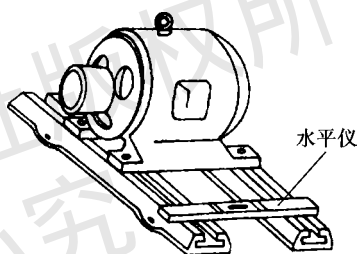


图 1-2-5 水平校正示意图

2) 使用注意事项

- ① 测量前, 应检查水平仪的零位是否正确。
- ② 被测表面必须清洁。
- ③ 读数时, 气泡必须完全稳定方可读数。
- ④ 读取水平仪示值时, 应在垂直水平仪的位置上进行。

3. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称螺丝刀, 它是用来旋紧或起松螺钉的工具。电工使用的螺钉旋具一般是木柄或塑料柄的, 按其头部形状不同, 可分为一字槽和十字槽两种, 常用规格按长度不同有 50mm、100mm、150mm 和 200mm 四种, 如图 1-2-6 所示。

多用螺钉旋具附有一字槽旋杆和十字槽旋杆多只, 它可以紧固或拆卸机螺钉、木螺钉。使用时, 只需选择所需要的旋杆装入夹头后便可操作, 如图 1-2-7 所示。

使用螺钉旋具紧固要领: 用手指尖握住手柄拧紧螺钉, 再用手掌拧半圈左右即可。紧固有弹簧垫圈的螺钉时, 要求把弹簧垫圈刚好压平即可。对成组的螺钉紧固, 要采用对角轮流紧固的方法, 先轮流将全部螺钉预紧再按对角线的顺序轮流将螺钉紧固。

使用螺钉旋具时应注意: 不可使用金属杆直通柄顶的螺钉旋具, 应在金属杆上加绝缘护套; 螺钉旋具的规格应与螺钉的规格尽量一致; 两种槽型的旋具不要混用。



图 1-2-6 螺钉旋具



图 1-2-7 多用螺钉旋具

4. 钢丝钳

钢丝钳是用来钳夹和剪切的工具，电工用钢丝钳的钳柄带有绝缘，耐压为 500V 以上。钢丝钳由钳头（钳口、齿口、刀口、铡口）和钳柄两部分组成，如图 1-2-8（a）所示。钳口用来弯绞或钳夹导线线头；齿口用来紧固或起松螺母；刀口用来剪切导线或剖削导线绝缘层；铡口用来铡切电线线芯、钢丝或铁丝等。钢丝钳常用的规格有 150mm、175mm 和 200mm 三种。

钢丝钳使用注意事项：必须检查钳柄的绝缘是否完好；剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，以免发生短路故障；不能将钢丝钳当作敲打工具。

5. 尖嘴钳

如图 1-2-8（b）所示，尖嘴钳的头部呈细长圆锥形，在接近端部的钳口上有一段菱形齿纹，由于它的头部尖而细，适用于在较狭小的工作空间操作。尖嘴钳常用的规格有 130mm、160mm、180mm、200mm 四种，目前常见的尖嘴钳多数是带刀口的，既可夹持零件，又可剪切细金属丝。

6. 斜口钳

如图 1-2-8（c）所示，斜口钳是用来剪切细金属丝的工具，尤其适用于剪切工作空间比较狭窄和有斜度的工件。斜口钳常用的规格有 130mm、160mm、180mm、200mm 四种。

斜口钳使用注意事项：剪切时，钳头应朝下，在不能改变钳口的方向时，可用另一只手将钳口遮挡一下，以防剪下的线头飞出伤人或掉落到电路板上。

7. 剥线钳

剥线钳是用来剥离小直径导线线头绝缘层的工具。如图 1-2-8（d）所示，剥线钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头由压线口和刀口构成，具有直径为 0.5~3mm 的多个刀口，以适用于不同规格的线芯。使用时，将要剥离的绝缘层先放入相应的刀口中（比导线直径稍大），用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被割破自动弹出。

使用剥线钳剥线要领：剥线时根据导线的线径选择相应的剥线刀口，将准备好的导线放在剥线钳的刀刃中间，选择好要剥线的长度，握住剥线钳手柄，将导线夹住，缓缓用力使导线的



图 1-2-8 电工用钳

绝缘层慢慢剥落。松开剥线钳的手柄，取出导线，可以看到导线端头的金属线芯整齐地露在外面，导线上其余的绝缘层则完好无损。

8. 电工刀

电工刀是用来剖削的专用工具，如图 1-2-9 所示。使用时，刀口应朝外进行操作，用完应随时把刀片折入刀柄内。电工刀的刀柄是没有绝缘的，不能在带电体上使用电工刀进行操作，以免触电。电工刀的刀口呈圆弧状，在剖削导线的绝缘层时，应使圆弧状刀口贴在导线上进行切割，这样刀口就不易损伤线芯了。

9. 活扳手

活扳手又称活络扳手。它是供装、拆、维修时旋转六角或方头螺栓、螺钉、螺母用的一种常用工具。它的特点是开口尺寸在规定范围内可以任意调节。其外形如图 1-2-10 所示。



图 1-2-9 电工刀



图 1-2-10 活扳手

10. 钢锯

钢锯是用来切割电线管的工具，如图 1-2-11 所示。锯弓用来张紧锯条，分固定式和可调式两种，常用的是可调式。锯条根据锯齿的牙距大小，分为粗齿、中齿和细齿三种，常用的锯条规格为 300mm。锯条应根据所锯材料的软硬、厚薄来选用。粗齿锯条适宜锯割软材料或锯缝长的工件；细齿锯条适宜锯割硬材料、管子、薄板料及角铁。根据加工需要，可将锯条装成直向的或横向的，切锯齿的齿尖方向要向前，不能反装。锯条的绷紧程度要适当，若过紧，齿条会因受力而失去弹性，锯割时稍有弯曲，就会崩裂；若安装过松，锯割时不但容易弯曲造成折断，而且锯缝易歪斜。

11. 手电钻

手电钻是用来对金属、塑料和木头等材料进行钻孔的电动工具，如图 1-2-12 所示。接通电源前，应将手电钻开关复位在“关”的位置上，并检查电线、插头、开关是否完好，以免使用时发生事故。此外，操作者必须戴手套操作。



图 1-2-11 钢锯



图 1-2-12 手电钻

12. 拉具

拉具是电机拆卸专用工具，又称拉拔或扒子，如图 1-2-13 所示。拉具通常用来拆卸电机的端盖、轴承和皮带轮等紧固件。使用拉具拆卸工件时，拉具的抓钩要抓住工件的内圈，顶杆的轴心线与工件轴心线对齐，然后扳动手柄，用力要均匀。



图 1-2-13 拉具

【任务实施】

【任务实施器材】

- ① 氖管式验电笔，一只/人。
- ② 数字式验电笔，一只/人。
- ③ 钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳，一套/组。
- ④ 电工刀、活扳手，一套/组。
- ⑤ 水平仪，一个/组。

【任务实施步骤】

1. 氖管式验电笔的操作

操作题目 1：测试交流电源插孔、导线、开关是否带电。

操作要求：观察氖管发光情况，给出验电结论。

操作题目 2：测试交流电源，区分相线与零线。

操作要求：观察氖管发光情况，如图 1-2-14 所示，指出导线属性。

操作题目 3：测试三相异步电动机机壳。

操作要求：观察氖管发光情况，如图 1-2-15 所示，给出机壳是否漏电的结论。

2. 数字式验电笔的操作

操作题目 1：测试交流电源插孔、导线、开关是否带电。

操作要求：观察显示屏，给出验电结论。

操作题目 2：用非接触方式，测试三相异步电动机机壳。

操作要求：观察显示屏，给出机壳是否漏电结论。

操作题目 3：测试导线断点。

操作要求：观察显示屏，找出导线断点。

注意：在测量时，操作者应注意安全，防止触电；同组内成员应注意协同保护。



(a) 测试相线



(a) 机壳不漏电



(b) 测试零线



(b) 机壳漏电

图 1-2-14 测试交流电源

图 1-2-15 测试三相异步电动机机壳

3. 螺钉旋具的操作

操作提示：旋进力度要适度；注意安全，防止触电。

操作题目：螺钉旋具的握法如图 1-2-16 所示，用螺钉旋具拆解接线端子。

操作要求：螺钉要保持垂直旋进，不能用螺钉旋具捶打螺钉。

4. 电工用钳的操作

操作提示：注意握钳姿势，握力要适度。

操作题目 1：钢丝钳的握法如图 1-2-17 所示。用刀口剪断 BV 导线；用钳口弯直角线形。



图 1-2-16 螺钉旋具的握法



图 1-2-17 钢丝钳的握法

操作要求：导线是被剪断的而不是被折断的，断口与绝缘层要平齐；线形的弯角要呈 90° 。

操作题目 2：尖嘴钳的握法如图 1-2-18 所示，用钳嘴紧固、起松电源箱内的接地螺母。

操作要求：紧固要牢靠，钳头不要磨圆螺母的六角。

操作题目 3：斜口钳的握法如图 1-2-19 所示，用斜口钳整理电路板上的元件引脚。



图 1-2-18 尖嘴钳的握法



图 1-2-19 斜口钳的握法

操作要求：元件引脚要平整，高低应一致。

操作题目 4：剥线钳的握法如图 1-2-20 所示，选取多种线径导线，用剥线钳剥离其端部的绝缘层。

操作要求：根据线径选择剥线钳的刀口，不要割伤线芯；线芯裸露的长度要适度。

5. 电工刀的操作

操作提示：操作时，刀口应朝外，以免伤人；刀口应稍微放平，以免割伤线芯。

操作题目：电工刀的握法如图 1-2-21 所示，用电工刀剖割导线的绝缘层。

操作要求：绝缘层剖割要规整、长短要适度，不能伤线芯；用后应将刀片及时折回刀柄内。



图 1-2-20 剥线钳的握法



图 1-2-21 电工刀的握法

6. 活扳手的操作

操作提示：活扳手的开口应调节至既能夹住螺栓、又能方便地转换角度的位置上。



图 1-2-22 活扳手的操作

操作题目：活扳手的操作如图 1-2-22 所示，用活扳手拆卸交流电动机底脚螺栓。

操作要求：根据底脚螺栓的大小选择相应规格的活扳手；正确调节扳手开口。

7. 水平仪的操作

操作提示：测量前，应先检查水平仪的零位是否正确；读取示值时，人眼的位置应与水平仪保持垂直。

操作题目：水平仪的操作如图 1-2-23 所示，用水平仪测量电机底座的水平度。

操作要求：根据电机的安装现场情况，确定水平仪的摆放位置并正确读取示数。



(a) 测轴向水平



(b) 测径向水平

图 1-2-23 水平仪的操作

8. 拉具的操作

操作提示：注意抓钩和工件的受力情况，拉不动时不要硬拉，可在工件连接处滴些煤油或用喷灯加热后趁热拉下。

操作题目：拉具的操作如图 1-2-24 所示，用拉具拆卸电机的端盖和“靠背轮”。



(a) 拉端盖



(b) 拉“靠背轮”

图 1-2-24 拉具的操作

操作要求：将拉具的三个抓钩分别钩住电机的端盖和“靠背轮”，并将顶杆的轴心线与电机轴心线对齐，旋转扳手，卸下端盖。

【任务考核与评价】

电机安装维修工具使用的考核见表 1-2-1。

表 1-2-1 电机安装维修工具使用的考核

项目内容	配 分	评 分 标 准	自 评	互 评	教 师 评
验电笔的使用	15 分	① 正确握法 5 分； ② 相线与零线的判断 5 分； ③ 电机机壳是否漏电的判断 5 分			
螺钉旋具的使用	15 分	① 正确选用 5 分； ② 正确握法 5 分； ③ 旋进、旋出操作 5 分			
电工钳的使用	10 分	① 正确握法 5 分； ② 剪、弯、剥、紧固、起松操作 5 分			
电工刀的使用	10 分	① 正确握法 5 分； ② 剖削操作 5 分			
活扳手的使用	15 分	① 正确选用 5 分； ② 正确握法 5 分； ③ 紧固、起松操作 5 分			
水平仪的使用	10 分	① 正确摆放 5 分； ② 正确读数 5 分			
拉具的使用	15 分	① 抓钩是否钩住工件 5 分； ② 顶杆的轴心线与电机轴心线是否对齐 5 分； ③ 操作是否得当 5 分			
安全、文明操作	10 分	违反一次扣 5 分			
定额时间	25min	每超过 5min 扣 10 分			
开始时间		结束时间		总评分	

任务 3 电机维修专用工具的使用

【任务要求】

本任务要求学生认识电机维修专用工具，掌握电机维修专用工具的用途和使用方法。

知识目标

1. 认识电机维修专用工具，了解电机维修专用工具的用途；
2. 了解电机维修专用工具的结构；
3. 掌握电机维修专用工具的使用方法。

技能目标

能熟练使用电机维修专用工具。

【任务相关知识】

电机维修专用工具主要包括手工工具和常用量具。

1. 手工工具

1) 划线板

划线板又称理线板，是嵌线时将导线划入槽内的专用工具，其形状如图 1-3-1 所示。作为理顺已嵌入槽内导线的工具，划线板的使用如图 1-3-2 所示。划线板的前端截面呈椭圆形，并经常保持光滑；头部呈圆弧状，以防划伤导线和槽内绝缘。划线板的长度约为 200~240mm，宽度约为 30~35mm，尖处厚度约为 1~2mm。自制划线板一般用新鲜、干透了的毛竹皮或层压树脂板制作，削至上述尺寸后用砂纸打磨，擦净后再用石蜡涂抹即可使用。

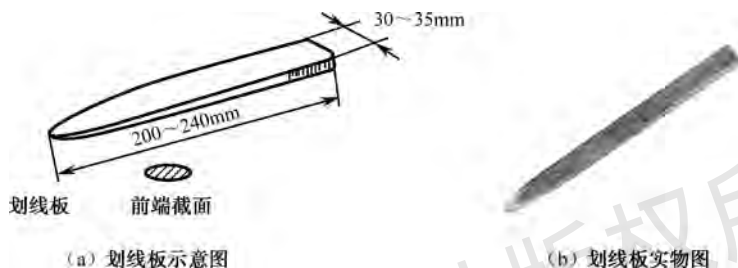


图 1-3-1 划线板的形状



图 1-3-2 划线板的使用

2) 压线板

压线板俗称压脚，它是将已嵌入槽内的导线压实、压平的专用工具，其形状如图 1-3-3 所示。作为槽内导线的施压工具，压线板的使用如图 1-3-4 所示。压线板一般用钢板制作，其压脚部位应进行热处理，使其具有较高的硬度和强度。压脚底面四角应磨光并呈圆弧形，纵向可磨成反瓦片状，以利于插入槽中和在槽内前后行走。根据电机槽截面的宽窄，可准备不同压脚宽度的压线板。

3) 橡皮锤

橡皮锤的外形如图 1-3-5 所示。因为橡皮锤的锤头质地较软，不容易使导线的线皮破损，所以在修理三相异步电动机绕组的时候，经常用橡皮锤来进行绕组端部整形。橡皮锤的使用如图 1-3-6 所示。



图 1-3-3 压线板的形状

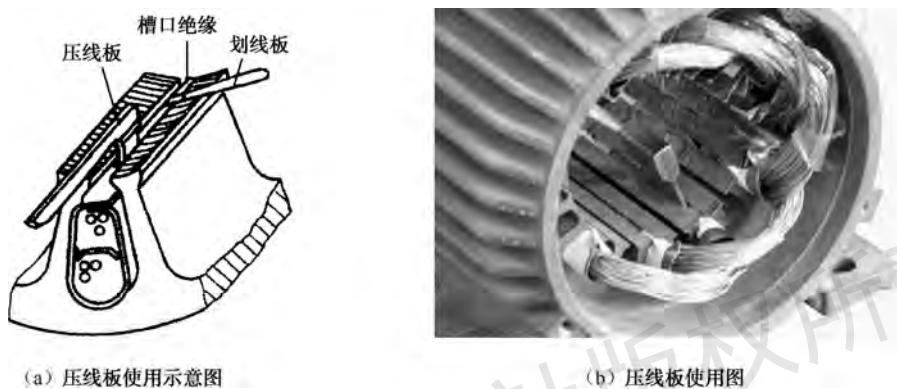


图 1-3-4 压线板的使用

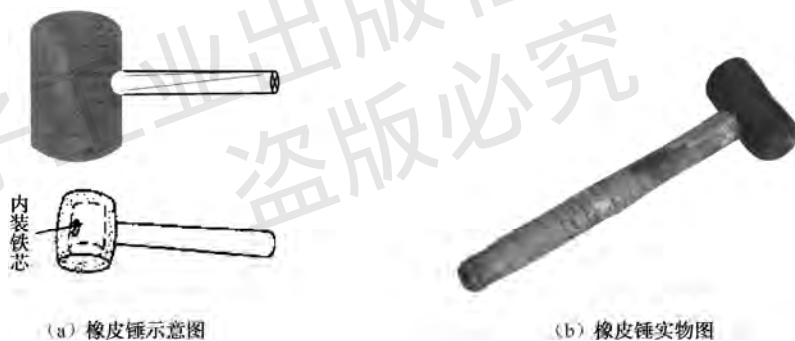


图 1-3-5 橡皮锤的形状



图 1-3-6 橡皮锤的使用

橡皮锤的式样、规格很多，在电机修理中常用的是 0.25kg、0.5kg、0.75kg 的圆头锤。在需要轻轻敲打的场合，手应握得离锤头近一些；在需要用力敲打的场合，手应握在木柄尾部，握持的部位得当，不仅用得上力，而且手部震麻的感觉可以减轻许多。

4) 铁榔头

在修理三相异步电动机时，铁榔头可用于电机拆装、修整铁芯及结合打板修整绕组端部等，如图 1-3-7 所示。

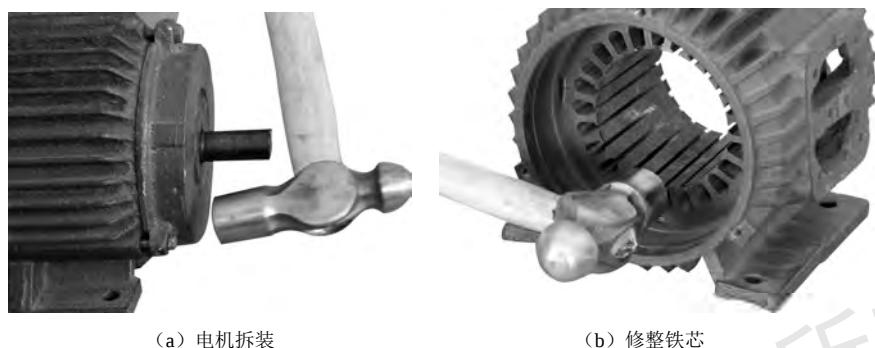


图 1-3-7 铁榔头的使用

5) 打板

打板是用于对绕组端部喇叭口进行整形的辅助工具，其形状如图 1-3-8 所示。在用铁榔头敲打绕组时，将打板垫在绕组上，可防止伤害导线的绝缘。根据需要，打板截面可为长方形或椭圆形，打板的使用如图 1-3-9 所示。



图 1-3-8 打板的形状



图 1-3-9 打板的使用

6) 刮线刀

刮线刀是用来刮去导线接头上绝缘层的专用工具，其形状如图 1-3-10 所示。它是用具有弹性的金属片弯成一个 V 字形，然后用螺钉固定两片刀片制成的。如果一时找不到合适的金属片，也可以用类似形状的长指甲刀代替。刮绝缘层时注意不要刮伤导线，刮去绝缘层后要用 00 号细砂纸将线芯上的油漆擦拭干净，直到露出铜线为止。

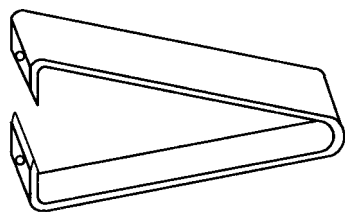
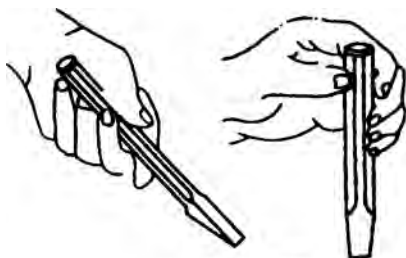


图 1-3-10 刮线刀

7) 鍔子

鍔子是一种鍔断工具，其形状如图 1-3-11 所示。在拆除损坏的线圈绕组时，需要用锋利的鍔子将线圈的端部鍔断，这就是鍔子的作用。鍔子的使用如图 1-3-12 所示。



(a) 鍔子示意图



(b) 鍔子实物图

图 1-3-11 鍔子的形状



(a) 鍔断操作图



(b) 鍔断线圈图

图 1-3-12 鍔子的使用

8) 清槽铲刀

清槽铲刀是用于清除电机定子铁芯槽内残存绝缘物、锈斑等的专用工具，专用清槽铲刀如图 1-3-13 所示。可用断钢锯条在砂轮上磨成尖头或钩状，尾部用胶带包扎成手柄，自制清槽铲刀，其形状如图 1-3-14 所示。

9) 绕线模

绕线模是绕制线圈的必备工具，其尺寸应符合规定值。根据修理工作的需要，绕线模可简可繁，可多可少。

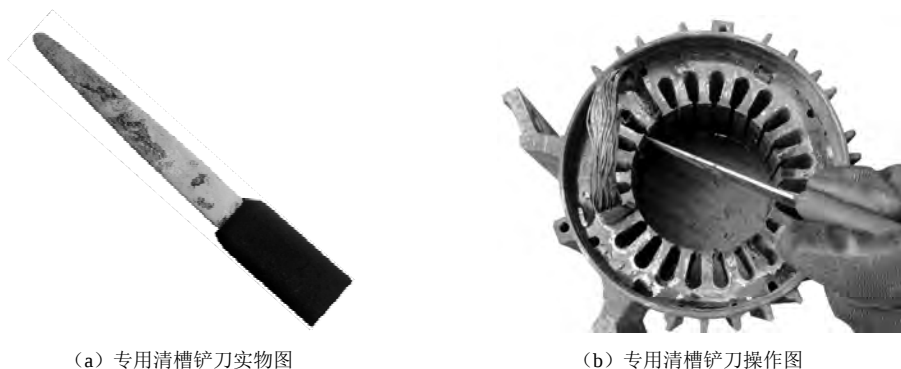


图 1-3-13 专用清槽铲刀

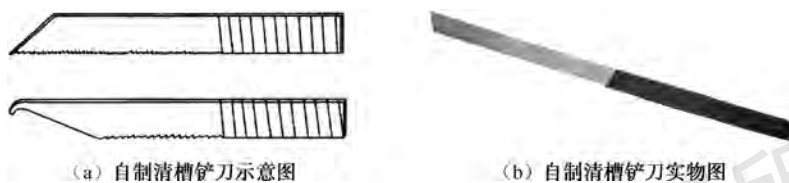


图 1-3-14 自制清槽铲刀

(1) 最简单的绕线模

如图 1-3-15 所示是一种最简单的绕线模。将 6 个螺钉（也可用普通圆钉）分别安装在预绕线圈的 6 个折点上；绕制时，6 个螺钉的头部朝外（背向线圈）；绕够匝数后，先用小绳将线圈绑扎几道，再将相邻的 3 个螺钉转动一定角度，起出线圈。

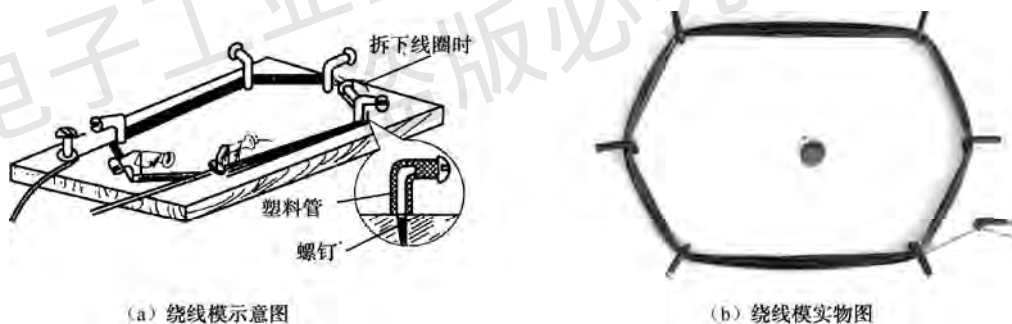


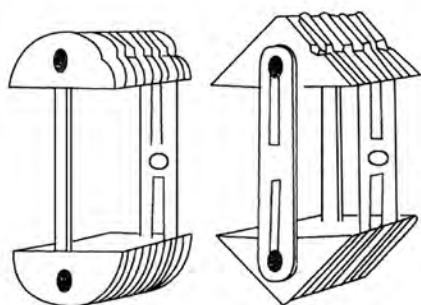
图 1-3-15 最简单的绕线模

(2) 可调式绕线模

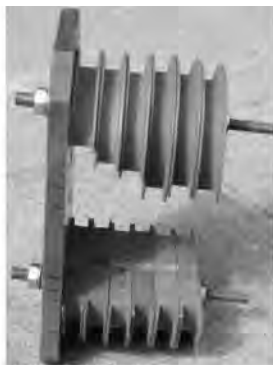
如图 1-3-16~图 1-3-18 所示为 3 种可调式绕线模，图 1-3-16 只能调整线圈的长度尺寸，其端部尺寸可采用更换两端模板的方法来调节；图 1-3-17 和图 1-3-18 可以调整所有尺寸，因而被称为万能式绕线模。

(3) 永久型固定尺寸绕线模

图 1-3-19 (a) 为单个绕线模分解图；图 1-3-19 (b) 为组合绕线模。这类绕线模一般采用木料制成，尺寸固定，使用期限较长。



(a) 绕线模示意图



(b) 绕线模实物图

图 1-3-16 可调式绕线模

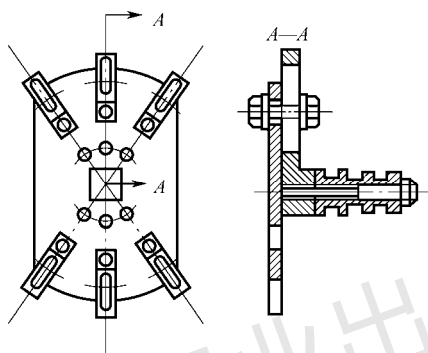


图 1-3-17 底板万能式绕线模

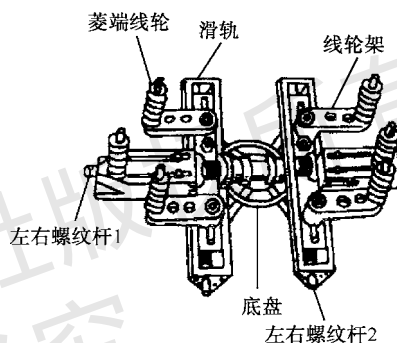
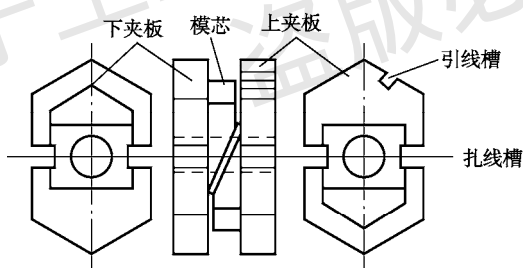
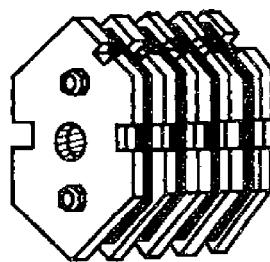


图 1-3-18 金属骨架万能式绕线模



(a) 单个绕线模



(b) 组合绕线模

图 1-3-19 永久型固定尺寸绕线模

10) 绕线机

(1) 绕线机的结构

绕线机是专门用于绕制线圈的设备。较小的线圈可采用手摇绕线机，如图 1-3-20 所示。操作时，用手摇动手柄，大齿轮转动带动小齿轮转动（转速比为 1:4 或 1:8），小齿轮带主轴转动。绕线模是用两端紧固螺母固定的。另有一垂直丝带动计圈器齿轮，使计圈器的指示与齿轮转数相对应，从而记录线圈的匝数。绕线时，导线从放线架抽出，其一端固定在绕线模上，然后便可开始绕线。

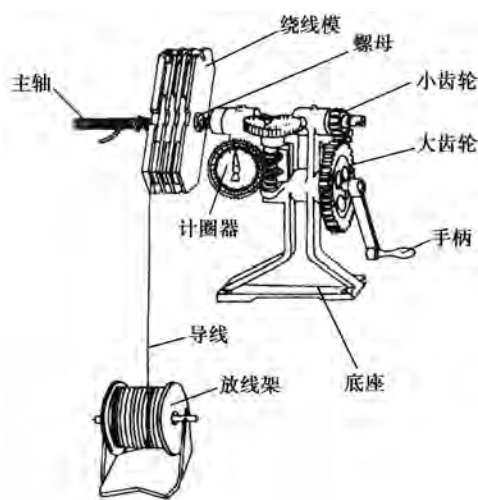


图 1-3-20 手摇绕线机

(2) 绕线操作注意事项

- ① 检查所用电磁线的直径，应符合要求。
- ② 将线轴放在专用支架上，尽可能使各股线处于一个竖直面内。
- ③ 将电磁线穿过装着石蜡的木箱（导线通过石蜡后，其表面变得光滑，从而有利于嵌线，但在浸漆时若不预热，则导线表面的石蜡会影响漆的附着力。所以，是否采用此方法，要根据自己的处理工艺情况来决定），再通过一个毛毡夹（用于产生一定的阻力。此夹应可上下活动，所以采用铰链安装方式）后穿过一根塑料管，固定在绕线模固定线端的装置上（一般是一个钉子，将线头绕在上面）。
- ④ 检查计圈器，不在零位时调到零位。
- ⑤ 启动绕线机，转速由慢到快开始绕制。两手握住塑料管，对导线施以一定的力并尽可能控制导线使其分层整齐排列。

⑥ 将要到达预定的圈数时，放慢速度。到达预定圈数后，停转。用线绳绑扎线圈。

⑦ 若为多个线圈连绕，则通过绕线模的过线口将导线引入到下一个模芯中继续绕制。

⑧ 绕完最后一个线圈时，留出足够长度后，将线剪断。卸下绕线模，拿出线圈并按顺序放好。

对于较大的线圈，应采用机动或自动绕线机绕制，图 1-3-21 中所用的就是一台由电机拖动、可调速和正反转控制的机动绕线机，线圈绕制现场照片如图 1-3-22 所示。

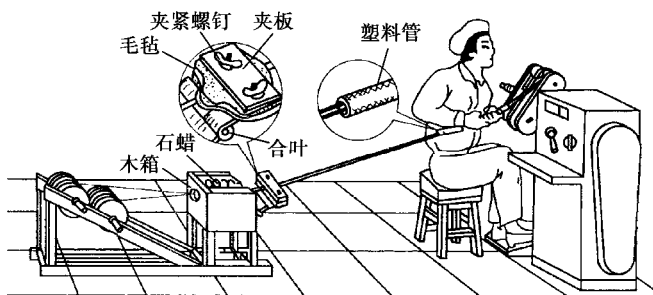


图 1-3-21 机动绕线机线圈绕制操作示意图



图 1-3-22 线圈绕制现场照片

2. 常用的量具

电机维修所用的量具很多，常用的量具主要有钢直尺、钢卷尺、游标卡尺及外径千分尺等。

1) 钢直尺

钢直尺是在电机维修中用于测量各种零件尺寸、形状和位置的普通量具，精度为 0.5mm 的钢直尺是用厚 1mm、宽 25 mm 的不锈钢板制成的。尺的一端是直边，称为工作端边，尺的另一端有悬挂用的小孔。钢直尺的长度有 150mm、200mm、300mm、1000mm 和 1500mm 等，其外形如图 1-3-23 所示。

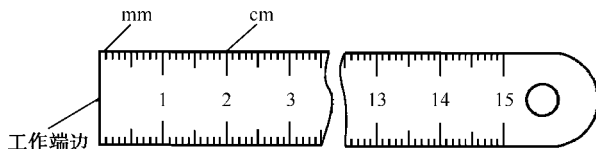


图 1-3-23 钢直尺的外形

使用钢直尺时，可将尺的工作端边靠紧工件的台阶，放正后读数，如图 1-3-24 (a) 所示。当工件上没有台阶可靠紧时，可用平铁块的平面作为台阶。当工作端边磨损，“0”线读数不准时，可改用“100mm”分度线作为工作端边，如图 1-3-24 (b) 所示，测量后将测量值减去 100mm 即可。

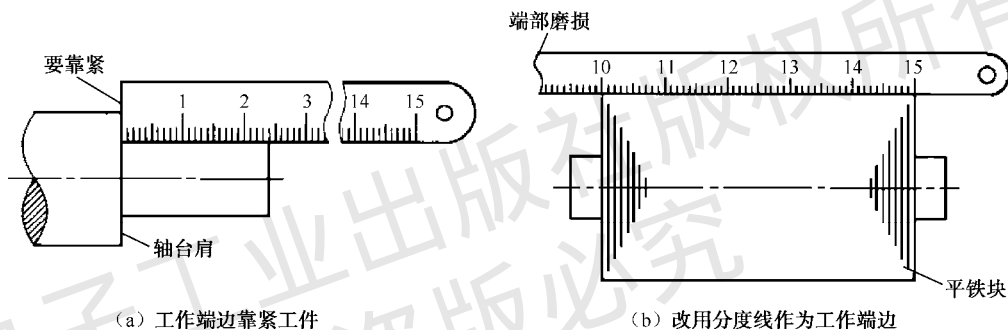


图 1-3-24 钢直尺使用方法

除了测量长度，利用钢直尺“立面”还可以检查电机绕组是否高出定子内膛，如图 1-3-25 所示。

2) 钢卷尺

钢卷尺分为自卷式卷尺（小钢卷尺）、制动式卷尺（小钢卷尺）和摇卷式卷尺（大钢卷尺），其外形如图 1-3-26 所示，其品种规格如表 1-3-1 所示。



图 1-3-25 钢直尺测量绕组端部



图 1-3-26 钢卷尺的外形

表 1-3-1 钢卷尺的品种规格

品 种	自卷式、制动式	摇卷式
测量上限/m	1, 2, 3, 4, 5, 6	5, 10, 15, 20, 30, 50, 100

3) 游标卡尺

游标卡尺用于测量物体的长、宽、高、深和圆环的内、外直径，其外形如图 1-3-27 所示。游标卡尺的主要部分是尺身和可以沿尺身滑动的游标，其上有两副活动量爪，分别是内测量爪和外测量爪，内测量爪用于测量槽宽和管的内径，外测量爪用于测量零件的厚度和管的外径，深度尺用于测量槽和筒的深度。



图 1-3-27 游标卡尺

在游标上标有刻度，游标卡尺就是利用游标来提高测量精度的。尽管各种游标卡尺游标的长度不同，分度格数不同，但基本原理和读数方法是一样的。以 10 分度游标为例，尺身的最小分度是 1mm，游标上有 10 个小的等分刻度，从“0”线开始，每向右一格，增加 0.1mm。

(1) 操作方法

① 测量准备。先做“0”标志检查，即将测量爪合在一起（即 0 刻度）时，游标的零刻度线与尺身的零刻度线应重合。

② 测量。移动游标，使测量爪卡靠工件，拧紧紧固螺钉。

③ 读测量值。以图 1-3-28 所示为例，游标对在尺身上某一位置，先从尺身上读出 $X \approx 25\text{mm}$ ，再仔细观察游标上的哪一根分刻线与尺身上分刻度对得最齐。在图 1-3-28 中，第 9 根分刻线对得最齐，所以游标给出 $\Delta X = 0.9\text{mm}$ ，则工件总长度为 $24\text{mm} + 0.9\text{mm} = 24.9\text{mm}$ 。

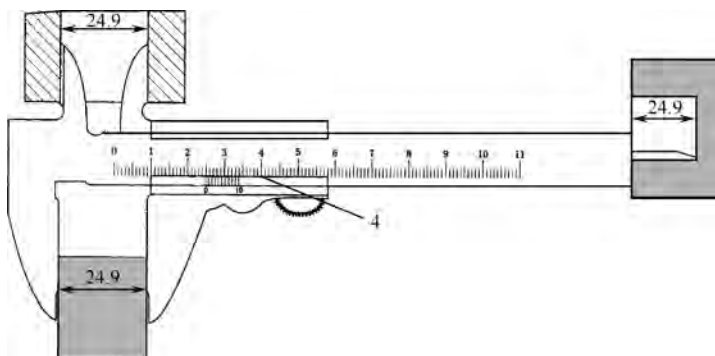


图 1-3-28 读游标卡尺的读数

(2) 使用注意事项

- ① 读数时要正视，不可旁视，以防出现视觉误差。
- ② 在测量爪卡住被测物体时，松紧要适当，当需要将被测物体取下读数时，要旋紧紧固螺钉。
- ③ 不可使用游标卡尺测量粗糙的工件表面（如铸铁件等），以防磨损测量爪。
- ④ 注意保护内、外测量爪。用完后，把游标卡尺放在专用盒内，不可与其他工具叠放在一起。

4) 外径千分尺

外径千分尺是一种精度较高的量具，分度值一般为 0.01mm ，其外形如图 1-3-29 所示。在测量导线或电磁线的线径时，经常要用到外径千分尺。



图 1-3-29 外径千分尺

(1) 操作方法

① 测量准备。先把外径千分尺的两个测量面擦干净，然后转动棘轮，使两个测量面轻轻地接触，并且没有间隙；检查两个测量面的平行度是否良好，零位是否对准；把被测量件表面擦干净，以免有脏污影响测量的准确度。

② 测量。用左手握住外径千分尺的尺架（平端或垂直），用右手轻轻地旋转微分筒。当两个测量面将要接近被测量件表面时，转动棘轮，以得到固定的测量力。等到转动棘轮而微分筒不再转动并听到棘轮发出“嗒嗒”声时，即可读出测量值。

③ 读测量值。以图 1-3-30 所示为例，先从主尺（固定套管）上读取毫米分度，再以主尺横线为基准线从微分筒上读取余下的部分，最后将两者相加。在图 1-3-30 中，主尺为 11.50mm ，微分筒上估读为 8 个格，所以被测长度为 $11.50\text{mm} + 8 \times 0.01\text{mm} = 11.58\text{mm}$ 。

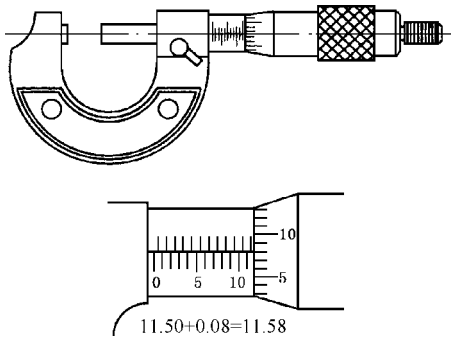


图 1-3-30 外径千分尺的读数

(2) 使用注意事项

- ① 当外径千分尺的两测量面接触时，如果微分筒的零线与主尺的横线不对齐，而是显示某一读数，则这个读数称为零点读数。应当注意零点读数的正、负，以便对测量数据进行修正。
- ② 不能用外径千分尺测量粗糙表面以防磨损测量面。
- ③ 使用完应将外径千分尺的测量面擦干净，并加注润滑油用于防锈，放入盒中保存。

【任务实施】

【任务实施器材】

- ① 划线板、压线板、橡皮锤、铁榔头、刮线刀、清槽铲刀，各一只/人。
- ② 绕线模、手摇绕线机，一套/组。
- ③ 钢直尺、钢卷尺、游标卡尺、外径千分尺，一套/组。
- ④ 毛竹胚、砂纸、电工刀，一套/组。
- ⑤ 三相异步电动机空壳，型号为 Y90S-4、1.1kW，一台/组。

【任务实施步骤】

1. 手工工具的使用操作

操作题目 1：识别手工工具。

操作要求：观察手工工具的外形，说出它们的用途。

操作题目 2：制作划线板。

操作要求：划线板的尺寸由电机定子槽开口的大小决定，外形如刺刀，头端略尖、一边稍薄，表面光滑，制作划线板的原材料为毛竹胚。制作过程如图 1-3-31 所示。

操作题目 3：制作绕线模。

操作要求：测量定子的尺寸，并参考附录 A 中的有关数据，确定绕线模的外形尺寸。按图 1-3-15 所示，制作绕线模，如图 1-3-32 所示。



图 1-3-31 制作划线板



图 1-3-32 制作绕线模

操作题目 4：绕制线圈。

操作要求：注意导线的拉力要适当，不可过大或过小；精力要集中，线圈匝数要准确，线匝要排列整齐，如图 1-3-33 所示。



图 1-3-33 绕制线圈

2. 常用量具的使用操作

操作题目 1：用钢卷尺测量电机空壳的外形尺寸。

操作要求：测量过程如图 1-3-34 所示。将测量结果填入表 1-3-2 中，并与附录 B 中的有关数据进行参数对照，确定电机的型号。



图 1-3-34 测量电机空壳的外形尺寸

表 1-3-2 电机空壳尺寸测量记录表

中心高/mm	机座长/mm	机座宽/mm	定子铁芯长/mm	定子外径/mm	定子内径/mm

操作题目 2：用游标卡尺测量电机转轴的直径。

操作要求：

第 1 步：如图 1-3-35 (a) 所示，校准游标卡尺的零位。

第 2 步：如图 1-3-35 (b) 所示，将测量爪卡住转轴，并使测量面的连线垂直于轴的中心线，拧紧紧固螺钉。

第 3 步：如图 1-3-35 (c) 所示，读取测量值。



图 1-3-35 测量电机转轴的直径

读整数：游标零线左边尺身上的第一条刻度线是整数的毫米值。

读小数：在游标上找出哪一条分刻线与尺身上的分刻线对齐，在对齐处从游标上读出毫米的小数值。

将上述两值相加，即为电机转轴的直径。

操作题目 3：用外径千分尺测量电磁线的线径。

操作要求：

第 1 步：如图 1-3-36（a）所示，校准外径千分尺的零位。

第 2 步：在测量电磁线的线径前要用火烧掉电磁线外面的绝缘层，用软织物擦去外层灰垢。不可用刀片去刮绝缘层，以免损伤线径，导致测量值不准确。



图 1-3-36 测量电磁线的线径

第 3 步：如图 1-3-36（b）所示，用双手对电磁线进行测量，先转动微分筒，当外径千分尺的测量面刚接触到电磁线时改用棘轮，当听到棘轮发出“嗒嗒”声时，应立即停止转动。

第 4 步：如图 1-3-36（c）所示，读取测量值。

读整数：查看固定套筒上露出的刻度线，读出毫米数和半毫米数。

读小数：查看微分筒的刻度线和固定套筒基准线所对齐的数值（每格为 0.01mm）。

将上述两值相加，即为电磁线的线径。

【任务考核与评价】

电机维修专用工具使用的考核见表 1-3-3。

表 1-3-3 电机维修专用工具使用的考核

项目内容	配 分	评分标准	自 评	互 评	教 师 评
划线板的制作	15 分	① 制作方法是否正确 5 分； ② 外形尺寸是否正确 5 分； ③ 表面是否光滑、手感是否舒适 5 分			
绕线模的制作	10 分	① 制作方法是否正确 5 分； ② 绕线模尺寸是否与线圈一致 5 分			
线圈的绕制	15 分	① 绕制方法是否正确 5 分； ② 线圈包扎是否良好 5 分； ③ 线圈是否有损伤 5 分			

续表

项 目 内 容	配 分	评 分 标 准	自 评	互 评	教 师 评
用钢卷尺测量的操作	10 分	① 测量方法是否正确 5 分; ② 读取测量值是否准确 5 分			
用游标卡尺测量的操作	20 分	① 握尺方法是否正确 5 分; ② 测量方法是否正确 5 分; ③ 读取测量值是否准确 10 分			
用外径千分尺测量的操作	20 分	① 握尺方法是否正确 5 分; ② 测量方法是否正确 5 分; ③ 读取测量值是否准确 10 分			
安全、文明操作	10 分	违反一次扣 5 分			
定额时间	60min	每超过 5min 扣 10 分			
开始时间		结束时间		总评分	

任务 4 电机维修材料的选用

【任务要求】

本任务要求学生认识电机维修材料，掌握常用电机维修材料的用途和选用方法。

知识目标

1. 了解电机维修材料的性质及分类;
2. 了解绝缘漆、浸渍纤维制品、绝缘层压板、绝缘纸、电工薄膜、云母带等绝缘材料的特性、型号及用途;
3. 了解漆包线、绕包线和引接软电缆等导电材料的特性、型号及用途。

技能目标

能识别电机维修材料; 能识别电磁线及其线径。

【任务相关知识】

电机维修材料主要有绝缘材料和导电材料。

1. 绝缘材料

在电工学中, 由电阻率为 $10^9 \sim 10^{22} \Omega \cdot \text{m}$ 的物质构成的材料称为绝缘材料。简单地说, 绝缘材料就是不导电的材料, 主要用于隔离带电或不同电位的导体, 常用的绝缘材料及其制品如图 1-4-1 所示。绝缘材料在长期使用过程中, 受温度、湿度、灰尘等因素影响, 绝缘性能会逐渐变差, 称为绝缘老化。在电机修理中, 绝缘材料不仅起绝缘作用, 而且还起机械支撑、保护导体及防电晕等作用。

1) 绝缘材料的分类

① 按材料的形态划分, 绝缘材料可分为气态、液态、固态三大类。其中, 固态绝缘材料品种多样, 使用最为广泛。

气态绝缘材料主要有空气、氮气、六氟化硫等。

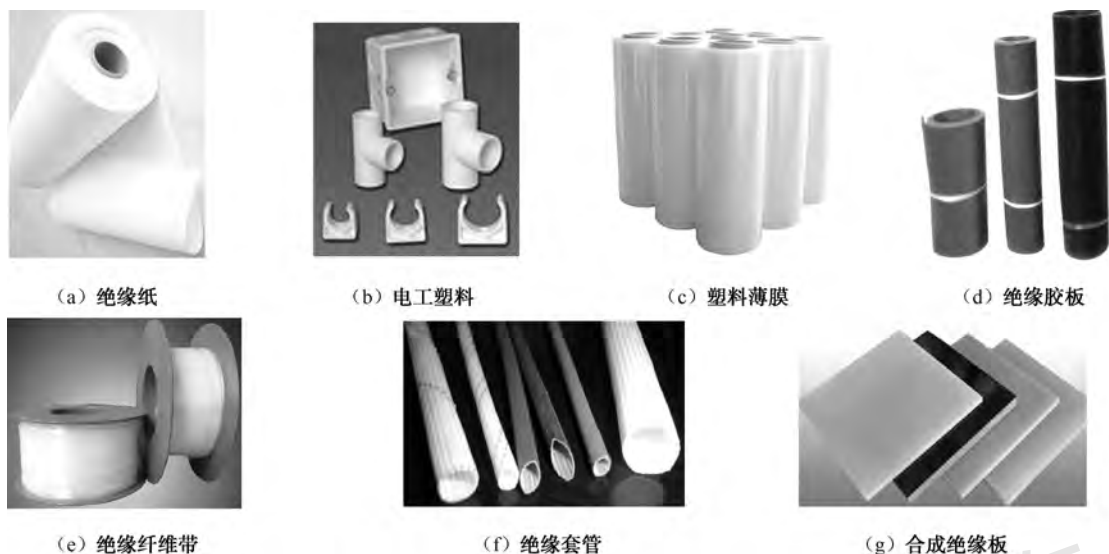


图 1-4-1 绝缘材料及其制品

液态绝缘材料主要有矿物绝缘油、硅油、十二烷基苯、聚异丁烯、异丙基联苯、二芳基乙烷等。

固态绝缘材料主要有云母、玻璃、塑料、橡胶、漆布漆管及绝缘浸渍纤维制品等。

② 按材料的化学成分划分，绝缘材料可分为有机绝缘材料 and 无机绝缘材料，其中有机绝缘材料使用最为广泛。

有机绝缘材料主要有绝缘漆、绝缘胶、绝缘纸、绝缘纤维制品、塑料、橡胶、漆布漆管及绝缘浸渍纤维制品、电工用薄膜、复合制品和粘带、电工用层压制品等。

无机绝缘材料主要有云母、玻璃、陶瓷及其制品等。

2) 绝缘材料的耐热等级

由于温度对绝缘材料的使用寿命和绝缘老化有很大的影响，因此，为确保电工产品能够长期安全运行，对绝缘材料的耐热等级及极限工作温度都做了明确规定。如果电工产品的工作温度超过其使用的绝缘材料的极限温度，就会缩短绝缘材料的使用寿命。一般每超过 6°C ，绝缘材料的使用寿命就会缩短 $1/2$ 左右。

按照耐热程度不同，绝缘材料分为 Y、A、E、B、F、H、C 七个耐热等级，常用绝缘材料的耐热等级见表 1-4-1。

表 1-4-1 常用绝缘材料的耐热等级

级 别	绝 缘 材 料	极限工作温度/ $^{\circ}\text{C}$
Y	棉纱、布带、天然丝、麻和纸	90
A	黄（黑）蜡布（绸）、黑胶布	105
E	玻璃布、聚酯薄膜、合成有机瓷漆、青壳纸	120
B	玻璃纤维套管、环氧玻璃布板、黑玻璃漆布	130
F	云母带、玻璃丝、DMD 绝缘纸	155
H	聚酰亚胺漆、硅有机玻璃漆布	180
C	石英、石棉、玻璃和陶瓷	>180

3) 常用的绝缘材料

(1) 绝缘漆

电机使用绝缘漆的目的主要是提高绕组的防潮性能、介质强度和散热性能,绝缘漆分为浸渍漆和覆盖漆两大类。

浸渍漆主要用于浸渍电机、电器的线圈和绝缘零部件。它又分为有溶剂和无溶剂两种。有溶剂浸渍漆的特点是渗透性好,储存期长,使用方便;但是浸渍和烘干时间长,固化慢,需要使用溶剂。无溶剂浸渍漆的特点是固化快,黏度随温度变化迅速,流动性和渗透性好,绝缘整体性好,固化过程挥发少等。常用浸渍漆型号、性能和用途见表 1-4-2。

覆盖漆用于电机、电器的线圈和绝缘零部件表面的涂覆,以形成一层连续而厚度均匀的表面漆膜,作为绝缘保护层,以防止机械损伤及大气油污和化学物质的侵蚀,提高绝缘能力。此外,在电机修理中,覆盖漆还可用于加强绕组局部的绝缘。常用覆盖漆型号、性能和用途见表 1-4-3。

表 1-4-2 常用浸渍漆型号、性能和用途

名 称	型 号	性 能	耐热等级	用 途
沥青漆	1010	耐潮、耐温度变化,但不耐油	A	适用于纤维绝缘的绕组作介电绝缘充填及表面涂覆
	1011	耐潮、抗老化性能好		
	1012	耐潮、耐热		
	1210	耐油性能良好		
水乳胶漆	1013	耐湿性能好、干燥快、无毒	B	适用于绕组浸漆及覆盖
醇酸清漆	1030	有较好耐油及耐弧性能		适用于绕组滴浸
环氧树脂快干无溶剂漆	1034	固化快,挥发物少,但耐霉性较差		适用于高压电机整体浸渍
环氧无溶剂漆	594	黏度低、储存稳定性好		适用于浸渍转子绕组
无溶剂漆	515-1	耐潮、介电性好,机械强度高		适用于浸渍转子绕组
	515-2	固化快		适用于浸渍转子绕组
三聚氰胺醇酸漆	1032	耐油,漆膜光滑	E	适用于一般电机绕组的浸渍
环氧酯漆	1033	耐潮性能好,黏结力强		
环氧聚酯醛无溶剂漆	5152-2	黏度低,击穿强度高		
聚酯浸渍漆	155	电气性能好、耐热、黏结力强	F	适应于中、小型电机、变压器的浸渍
环氧聚酯无溶剂漆	EIV	黏度低,挥发物少,击穿强度高		
	EIU	黏度低,击穿强度高		
不饱和聚酯无溶剂漆	319-2	黏度低,电气性能好		
酚醛环氧硼胺无溶剂漆	9105	黏度低,电气性能好	H	适用于高温工作的电机线圈浸渍
聚酰胺酰亚胺浸渍漆	PAI-2	耐热性及电气性能好,耐辐射性能好		适用于潮湿环境工作的绕组浸渍
聚酯改性有机硅漆	931	黏结力较强,耐湿性和电气性能好		适用于高温工作的电机、电器线圈浸渍
有机硅浸渍漆	1050	耐热、耐油、防霉性能好		适用于电器线圈局部补修
	1052	耐热、耐油、在常温下迅速干燥		适用于高温电机绕组浸渍
	1053	耐热良好,但烘干温度较高		适用于高温电机绕组浸渍
低温干燥有机硅漆	9111	耐热性较 1053 稍差,干燥快		

表 1-4-3 常用覆盖漆型号、性能和用途

名 称	型 号	性 能	耐热等级	用 途
黑绝缘漆	1211	耐潮，但耐油性性能较差	A	用于一般电机绕组表面修饰
环氧聚酯红瓷漆	162	漆膜光滑，强度高，色泽鲜艳，具有较高介电性能	B	适用于电机、电器绕组或线圈表面修饰
环氧聚酯灰瓷漆	H31-4			
	H31-2			
环氧酯铁红瓷漆	H13-7	耐潮、耐霉、耐油性好，漆膜硬度高	B	适用于湿热带地区电机、电器线圈表面修饰
环氧聚酯灰瓷漆	8363			
环氧酯瓷漆	C31-3	干燥快、耐潮、耐油、耐气候性好，漆膜附着力好，有弹性	F	适用于电机绕组表面修饰
醇酸漆	C31-1			
醇酸灰瓷漆	C32-9			
	C32-81322			
有机硅红瓷漆	167	漆膜耐热性好，并具有较好的电气性能	F	适用于 H 级电机、电器线圈和绝缘零部件表面修饰
	W32-3		H	

（2）浸渍纤维制品

浸渍纤维制品是以棉布、棉纤维管、薄绸、玻璃纤维布或玻璃纤维管，以及玻璃纤维与合成纤维交织物为底材浸以绝缘漆制成的。其类型主要有绝缘漆布、绝缘漆管和绑扎带等。

绝缘漆布如图 1-4-2 所示，它主要用作电机线圈的对地绝缘、槽绝缘和衬垫绝缘，常用的绝缘漆布名称、型号、性能和用途见表 1-4-4。

表 1-4-4 常用的绝缘漆布名称、型号、性能和用途

名 称	型 号	耐热等级	性 能	用 途
油性漆布	2010	A	不耐油	适用于一般电机绕组绝缘
	2012	A	耐油性能好	适用于一般电机绕组或衬垫绝缘
沥青漆布	2110	A	介电性能较好	适用于一般低压电机、电器线圈或衬垫绝缘
油性漆绸	2210	A	柔软性及介电性能良好	适用于电机、电器和薄层衬垫或线圈绝缘
油性漆绸	2212	A	耐油性较好	适用于在有矿物油侵蚀环境中工作的电机、电器的薄层衬垫或线圈绝缘
沥青醇酸玻璃漆布	2430	B	耐潮性较好，耐汽油	适用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘
醇酸玻璃漆布	2432	B	耐油性较好，并有一定的防霉性	适用于在较高温度下使用的电机、电器的衬垫或变压器的线圈绝缘
环氧玻璃漆布	2433	B	电气性能、力学性能、耐湿热性能较高	适用于耐化学腐蚀的电机、电器的槽绝缘衬垫绝缘和线圈绝缘
聚酰亚胺玻璃漆布	2560	C	防潮性、耐辐射性和耐溶剂性良好，且有高耐热性及介电性能	适用于在 220℃ 以上温度环境中工作的电机槽绝缘和端部衬垫绝缘

续表

名 称	型 号	耐热等级	性 能	用 途
有机硅玻璃漆布	2450	H	耐热性、耐寒性、耐霉性及耐油性高	适用于 H 级电机、电器的包扎绝缘
硅橡胶玻璃漆布	2550	H	耐热性、耐寒性较高，且有良好的柔软性	适用于特种用途的低压电机导线和端部绝缘
有机硅防电晕玻璃漆布	2650	H	具有稳定的低电阻率	适用于在高压定子绕组槽口处做防电晕材料

绝缘漆管如图 1-4-3 所示，它是用纤维管和底材浸以不同的绝缘漆，经烘干工艺处理而制成的。绝缘漆管可分为棉漆管、涤纶漆管和玻璃丝管等。绝缘漆管主要用作电机绕组连接的保护绝缘，如图 1-4-4 所示。常用的绝缘漆管名称、型号、性能和用途见表 1-4-5 所示。



图 1-4-2 绝缘漆布



图 1-4-3 绝缘漆管



(a) 电机绕组连接的保护绝缘



(b) 整体照片

图 1-4-4 绝缘漆管的使用

表 1-4-5 常用的绝缘漆管名称、型号、性能和用途

名 称	型 号	耐热等级	性 能	用 途
油性棉漆管	2710	A	电气性能和弹性较好，但耐热性、耐潮性差	适用于电机、仪表等设备引出线和连接线绝缘
醇酸玻璃漆管	2730	B	电气性能、力学性能、耐化学性能均良好，弹性也较好	适用于电机、仪表等设备引出线和连接线绝缘
聚氯乙烯玻璃漆管	2731	B	耐热性、耐潮性、弹性均较好	适用于电机、电气设备的引出线和连接线的绝缘

续表

名 称	型 号	耐热等级	性 能	用 途
油性玻璃漆管	2724	E	电气性能和力学性能良好，且耐热、耐油性好，但弹性差	适用于电机、仪表等设备的引出线和连接线的绝缘
有机玻璃漆管	2750	H	耐热性、耐潮性均良好，且电气性能也较好	适用于 H 级电机、电气设备的引出线和连接线的绝缘
硅橡胶玻璃漆管	2751	H	耐寒性、耐热性及弹性均良好，电气性能和机械性能也良好	适用于在 -60℃～180℃ 温度下工作的电机、电器和仪表的引出线的绝缘

绑扎带又称无纬带，如图 1-4-5 所示。它是由长玻璃纤维经过硅烷处理和整纱后，再浸以热固性树脂制成的 B 级或全固化的带状材料。绑扎带可分为聚酯型无纬带、环氧型无纬带和聚胺型无纬带等。目前应用最广泛的是环氧型无纬带。绑扎带主要用来绑扎电机转子的端部，如图 1-4-6 所示。



图 1-4-5 绑扎带



图 1-4-6 绑扎带的使用



图 1-4-7 绝缘层压板

(3) 绝缘层压板

绝缘层压板又称积压板，如图 1-4-7 所示。它是以有机纤维、无机纤维或布作底材，浸涂不同的胶黏剂，经热压而制成的层状结构的绝缘材料。采用不同的底材、胶黏剂和成型工艺，可以制成不同耐热等级、不同性能的制品。常用绝缘层压板的名称、性能和用途见表 1-4-6。

表 1-4-6 常用绝缘层压板的名称、型号、性能和用途

名 称	型 号	性 能	用 途
酚醛层压纸板	3020	电气性能高、耐油性能较好	适用于在对电气性能要求较高的电机、电气设备中作绝缘结构，并可在变压器油中使用

续表

名 称	型 号	性 能	用 途
酚醛层压纸板	3021	机械强度较高、耐油性良好	适用于在对电气性能要求较高的电机、电气设备中作绝缘结构，并可在变压器油中使用
	3022	耐湿性能和机械强度较高	适用于在潮湿条件下工作的电工设备中作绝缘结构
	3023	介质损耗低	适用于在电气设备中作绝缘结构零部件
酚醛层压布板	3025	力学性能较高，耐油性良好	适用于在电机、电气设备中作绝缘结构，并可在变压器油中使用
	3027	电气性能较高，耐油性良好	适用于在电机、电气设备中作绝缘结构，并可在变压器油中使用
酚醛层压玻璃布板	3230	力学性能和耐水、耐热性良好	适用于在电机、电气设备中作绝缘结构，并可在变压器油中使用
苯胺酚醛层压玻璃布板	3231	电气性能、力学性能和耐潮性较好	可代替棉布板，用作电机、电气设备中的绝缘结构零部件，并可在潮湿环境中使用
环氧酚醛层压玻璃布板	3240	电气性能、力学性能和耐热、耐潮性较好	适用于在电机、电气设备中作绝缘结构零部件，并可在潮湿环境下及变压器油中使用

（4）DMD 绝缘纸

DMD 绝缘纸是一种复合绝缘材料制品，如图 1-4-8 所示。DMD 绝缘纸具有良好的机械强度、介电性能和较高的耐热性能（B 级和 F 级），是 Y 系列电机的定型绝缘材料，可用作中小型电机的槽绝缘、匝间和层间绝缘及变压器绝缘材料，如图 1-4-9 所示。



图 1-4-8 DMD 绝缘纸

（5）电工薄膜

电工薄膜如图 1-4-10 所示，常用的有聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜和聚酯薄膜绝缘纸柔软复合箔。

① 聚酯薄膜广泛用于电机槽绝缘、相间绝缘，其型号为 6020 和 6021；耐热等级为 E 级和 B 级；膜厚度为 0.05mm 和 0.10mm。

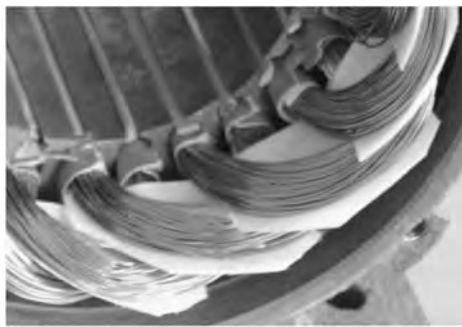
② 聚酰亚胺薄膜用于条件恶劣的 F 级和 H 级电机的槽绝缘及绕组的包扎绝缘，其型号为

6050；耐热等级为 H 级；膜厚度为 0.025mm、0.05mm 和 0.10mm。

③ 聚酯薄膜绝缘纸柔软复合箔用于电机槽绝缘、相间绝缘，其型号为 6520；耐热等级为 E 级。



(a) DMD 绝缘纸用于槽绝缘



(b) DMD 绝缘纸用于相绝缘

图 1-4-9 DMD 绝缘纸的使用

(6) 云母带

云母带如图 1-4-11 所示，它主要用于高压电机线圈绝缘。常用的有环氧玻璃粉云母带和有机硅玻璃云母带。环氧玻璃粉云母带型号为 5438，耐热等级为 B 级；有机硅玻璃云母带型号为 5450，耐热等级为 H 级。



图 1-4-10 电工薄膜

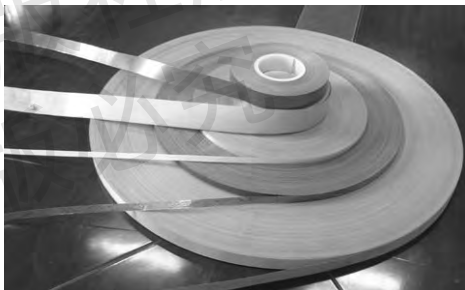


图 1-4-11 云母带



课堂讨论

问题：黑胶布与聚氯乙烯胶带的区别是什么？

结论：黑胶布又称黑包布，是用途最广、用量最大的一种绝缘胶带，其外形如图 1-4-12 (a) 所示。黑胶布是在棉布上刮胶、卷切而制成的，常用于电线、电缆的包扎绝缘，在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 环境范围内使用。使用时，不必借用工具即可撕断，操作方便。

聚氯乙烯胶带又称塑料绝缘胶带，它是在聚氯乙烯薄膜上涂覆胶浆卷切而成的，其外形如图 1-4-12 (b) 所示。塑料绝缘胶带绝缘性能、黏着力及防水性均比黑胶布好，并且具有多种颜色，它可代替黑胶布。除了包扎电线、电缆，还可用于密封保护层。使用时，不易用手撕断，需要用电工刀或剪刀切断。

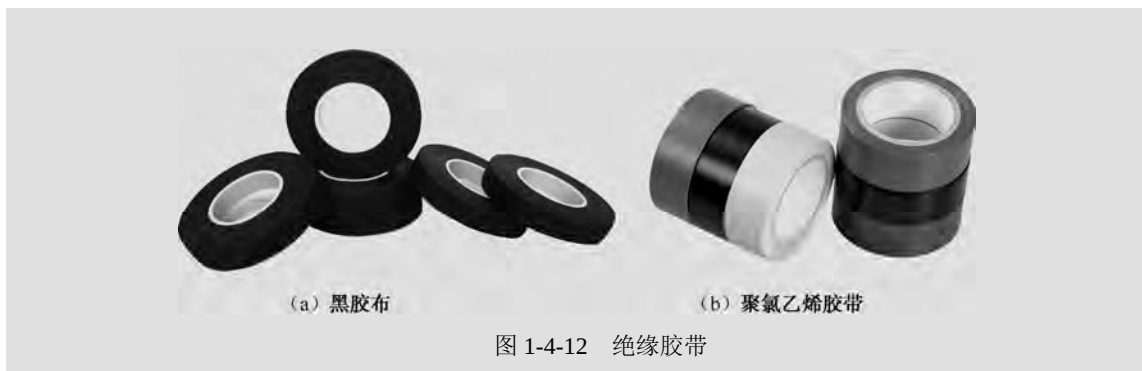


图 1-4-12 绝缘胶带

2. 导电材料

在电工领域，导电材料通常是指电阻率为 $(1.5\sim 10)\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ 的金属，其主要功能是传输电能和电信号。导电材料应具有高电导率，良好的机械性能、加工性能，耐大气腐蚀，化学稳定性高，同时还应该是资源丰富、价格低廉的。

在电机维修中使用的导电材料主要有电磁线和引出线。

1) 电磁线

电磁线是一种在金属线材上覆盖绝缘层的导线，广泛用来绕制电机、变压器、电气设备的绕组或线圈。目前多用圆或扁的铜芯线。电磁线的绝缘层除部分采用天然材料外，主要采用有机合成高分子化合物和无机材料。由于采用单一材料的绝缘层在性能上有一定的局限性，因此，有的电磁线采用复合绝缘或组合绝缘，以提高绝缘层的综合性能。

按绝缘层的特点和用途不同，常用的电磁线分为漆包线、绕包线和特种电磁线等。

(1) 漆包线

漆包线是在导线外层涂覆一层绝缘漆，经烘干后形成一层漆膜，其特点是漆膜均匀、光滑、薄，这样的特点既有利于线圈的绕制，又可提高铁芯槽的利用率，因而广泛用于中、小型电机及各种电器中，如图 1-4-13 所示。



图 1-4-13 漆包线

漆包线的种类很多，常见漆包线的名称、型号和规格见表 1-4-7。

表 1-4-7 常见漆包线的名称、型号和规格

名 称		型 号	规 格/mm
漆包圆铜线	油性式	Q	线芯直径 0.02~2.5
	聚酯式	QZ-1、QZ-2	线芯直径 0.02~2.5
	聚酰胺酰亚胺式	QXY-1、QXY-2	线芯直径 0.06~2.5
	聚酰亚胺式	QXY-1、QXY-2	线芯直径 0.02~2.5
	环氧式	QH-1、QH-2	线芯直径 0.06~2.5
	缩醛式	QQ-1、Q-2	线芯直径 0.02~2.5

续表

名 称	型 号	规 格/mm
漆包圆铜线	彩色缩醛式	QQS-1、QS-2
	聚氨酯式	QA-1
	彩色聚氨酯式	QA-2
	单玻璃丝包缩醛式	QQSBC
漆包圆铝线	聚酯式	QZL-1、ZL-2
	缩醛式	QZL-1、ZL-2
漆包扁铜线	聚酯式	QZB
	聚酰胺酰亚胺式	QXYB
	聚酰亚胺式	QYB
	缩醛式	QQB
	聚酰亚胺式	QZYB
	单玻璃丝包聚酰亚胺式	QZYSBFB
漆包线铝线	聚酯式	QZLB
	缩醛式	QLB



图 1-4-14 绕包线

（2）绕包线

绕包线是用玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线上形成绝缘层，有些是在漆包线上再绕包绝缘层，如图 1-4-14 所示。除了薄膜绝缘层，其他绝缘层均需经胶黏浸渍处理，以提高其绝缘性能，使之能较好地承受过电压和过电流。绕包线一般用在大中型电机、电焊机和变压器等电工产品中。根据绝缘材料的不同，绕包线可分为纸包线、玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线。

在电机修理中，最好采用与原来规格型号相同的电磁线，因为不同的电工产品对电磁线有不同的性能要求。如果没有原规格型号的电磁线，可根据原电磁线的性能、耐热等级选择合适的电磁线。

2) 引出线

由于电机类型、绝缘等级、电压和电流等的不同，要求电机引出线的电气性能必须与其相适应，且绝缘电阻阻值必须高且稳定。三相异步电动机电源引出线的规格见表 1-4-8。

表 1-4-8 三相异步电动机电源引出线的规格

引出线截面积/mm ²	适应电流/A	引出线截面积/mm ²	适应电流/A	引出线截面积/mm ²	适应电流/A
1	6 以下	1.5	6~10	2.5	11~20
4	21~30	6	31~45	10	46~60
16	61~90	25	91~120	35	121~150
50	151~191	70	191~240	95	241~290

【任务实施】

【任务实施器材】

- ① 绝缘材料：云母、电工薄膜、绝缘板、漆管、绝缘漆、DMD 绝缘纸，一套/组。
- ② 导电材料：电磁线、BV 线、BLV 线、电缆头，一套/组。
- ③ 实训工具：钢丝钳、电工刀、剥线钳、外径千分尺，一套/组。

【任务实施步骤】

1. 绝缘材料的识别

操作提示：材料样品要轻拿轻放，保持清洁。

操作题目：识别材料样品。

操作要求：观察材料样品，说明其物理性质，包括颜色、气味、状态、硬度、导电性、导热性、延展性等，将结果填入表 1-4-9 中。

表 1-4-9 材料样品物理性质记录表

名 称	颜 色	气 味	状 态	硬 度	导 电 性	导 热 性	延 展 性
云 母							
漆 管							
绝缘漆							
DMD 绝缘纸							
绝缘板							
电工薄膜							

2. 导线的识别

操作题目 1：识别导线的属性。

操作要求：观察导线，说出导线的类型及名称，将结果填入表 1-4-10 中。

操作题目 2：识别并测量导线的线径。

操作要求：使用外径千分尺测量导线线径，给出导线线径的结论，将结果填入表 1-4-10 中。

表 1-4-10 导线记录表

名 称	类 型	名 称	颜 色	线 芯 形 式	绝 缘 形 式	线 径
1#线						
2#线						
3#线						
4#线						
5#线						

【任务考核与评价】

常用电工材料识别的考核见表 1-4-11。

表 1-4-11 常用电工材料识别的考核

项目内容	配 分	评 分 标 准	自 评	互 评	教 师 评
绝缘材料的识别	25 分	① 选取操作 5 分； ② 物理性状识别 10 分； ③ 定性结论 10 分			
导线的识别	35 分	① 物理性状识别 10 分； ② 定性结论 25 分			
线径的测量	30 分	① 线径的处理操作 10 分； ② 线径的测量 10 分； ③ 定性结论 10 分			
安全、文明操作	10 分	违反一次扣 5 分			
定额时间	10min	每超过 5min 扣 10 分			
开始时间		结束时间		总评分	