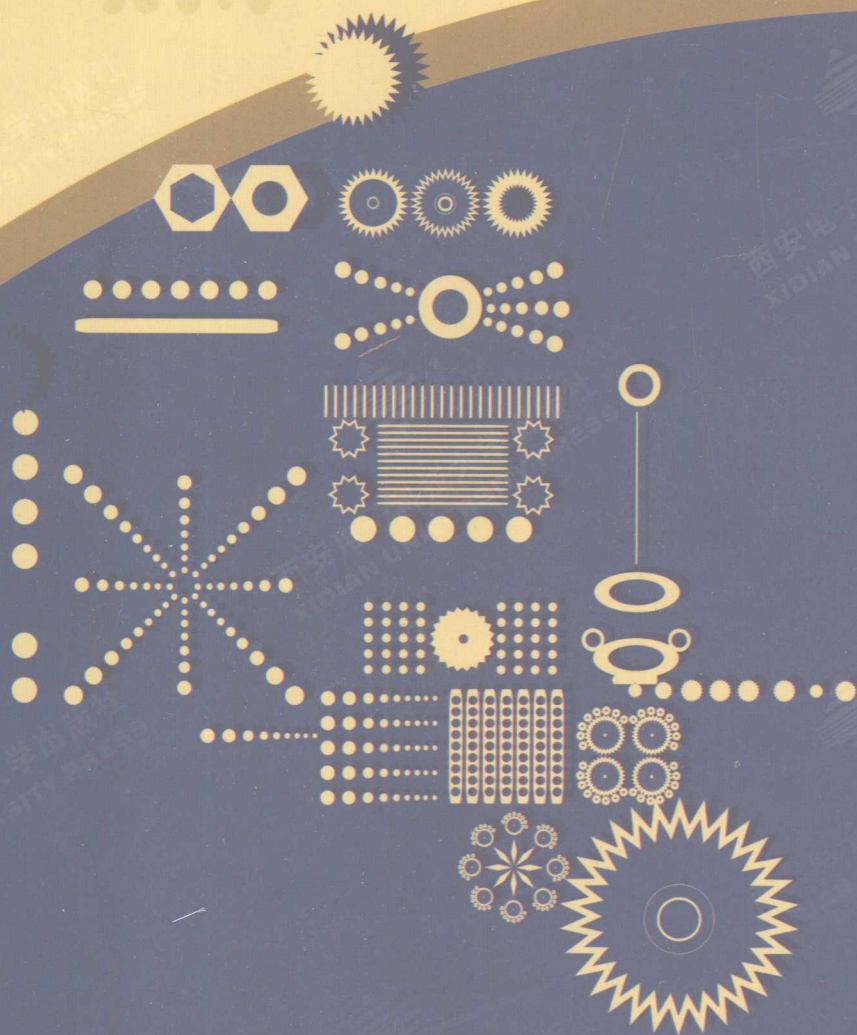


面向
21
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

电机及拖动基础 实验/实训指导书

主编 张桂金



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

电机及拖动基础实验/实训指导书

主 编 张桂金

副主编 姚海军

江苏工业学院图书馆
藏书章

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书是高职高专规划教材。全书分为实验和实训两大部分,共3章。第1章概论,主要介绍了实验/实训的安全常识和常用工器具;第2章实验部分,包括直流电机、变压器、三相异步电动机及其他电机共计17个实验项目;第3章实训部分,包括直流电机、变压器、三相异步电动机的相关实训内容,重点阐述了电动机的拆装、绕制、嵌线、半成品和成品的检验以及日常维护和故障处理方面的基础知识,共计18个实训项目。附录给出了直流电动机常见故障的现象、原因和处理方法。

本书可作为高职高专院校电气自动化、电气工程、机电一体化、智能楼宇管理等专业学生的实验/实训教材,也可作为学生考取相关资格证书的实用指导书,亦可作为电气现场维护人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机及拖动基础实验/实训指导书/张桂金主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2008.8

中国高等职业技术教育研究会推荐. 面向21世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 978-7-5606-2108-1

I. 电… II. 张… III. ①电机—高等学校:技术学校—教学参考资料

②电力传动—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TM3 TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第118227号

策 划 毛红兵

责任编辑 杨宗周

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 15.75

字 数 371千字

印 数 1~4000册

定 价 22.00元

ISBN 978-7-5606-2108-1/TM·0051

XDUP 2400001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本书是与“电机及拖动基础”课程配套的实践性教材。本书以生产的实际应用过程为主线,突出“工学结合”特色。其内容主要包括实验部分和实训部分。

本书在编写过程中,力求内容通俗易懂,突出实际操作技能的培养,将理论与实践有机地结合起来。本书侧重于对电机、变压器等设备的检查、维修和故障处理等技能的训练,以满足学生尽快适应工作岗位的要求和提高学生解决实际生产问题的能力。

本书是作者根据在企业从事多年电气现场维护的经验和对数年“电机及拖动基础”理论教学的总结,以及查阅了大量的相关资料编写而成的。教材以电气识图、安装、运行管理、维修和故障处理为主线,层次分明,简明扼要,实用性强,适用面广,可满足高职高专学校电气自动化、机电一体化、智能楼宇管理等专业学生课内实验和实训的需要,也可作为企业电工培训和电气工程人员日常维护、运行管理、维修和故障处理的参考用书。书中带“*”的部分是选学内容,仅供参考。

本书由张桂金主编。其中,第1章概论和第3章实训部分由张桂金编写,第2章实验部分由姚海军编写。

本书在编写过程中得到了秦岭水泥(集团)股份有限公司电气高级工程师辛应堂等同仁的指导与帮助,也得到了学校领导和同行们的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。同时也对参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中不当之处敬请读者批评指正。

编 者

2008年5月

目 录

第1章 概论	1
1.1 实验/实训安全操作规程	1
1.2 实验/实训的基本要求	1
1.2.1 实验/实训的目的和作用	1
1.2.2 实验/实训前的准备工作	2
1.2.3 实验/实训的过程	2
1.2.4 实验/实训报告的要求	2
1.3 常用工具及常用材料	3
1.3.1 常用工具	3
1.3.2 常用仪器仪表	8
1.3.3 导电材料(电磁线)	12
第2章 实验部分	13
实验一 直流发电机	13
实验二 他励直流电动机的直接启动、调速和改变转向	20
实验三 并励直流电动机	23
实验四 单相变压器空载实验	28
实验五 单相变压器短路实验	31
实验六 单相变压器负载实验	34
实验七 三相变压器的并联运行	37
实验八 三相笼型异步电动机空载实验和短路实验	41
实验九 三相笼型异步电动机负载实验	44
实验十 三相笼型异步电动机的直接启动	47
实验十一 三相笼型异步电动机星形—三角形减压启动	49
实验十二 三相笼型异步电动机自耦变压器减压启动	52
实验十三 三相绕线转子异步电动机转子绕组串电阻的启动	55
实验十四 单相电容运转异步电动机	57
实验十五 三相同步电动机	62
实验十六 直流伺服电动机	67
实验十七 步进电动机	72
第3章 实训部分	76
实训一 直流电机实训	76
项目一 直流电机的检查和拆装	84
项目二 换向器、电刷的维护和检修	88
项目三 电枢绕组和定子绕组的维修	91
项目四 直流电动机的运行与维护	102

实训二 变压器实训	105
项目五 变压器的安装	108
项目六 变压器的运行与维护	117
项目七 变压器的检修	123
实训三 三相异步电动机实训	129
项目八 三相异步电动机绕组的基础知识	133
项目九 三相异步电动机的选配、安装及检查试车	144
* 项目十 电动机运行中的监视、维护、检修及检测	150
项目十一 三相异步电动机的拆卸	160
项目十二 三相异步电动机的线圈绕制	172
项目十三 三相异步电动机重绕后的嵌线	176
项目十四 三相异步电动机定子绕组重绕后的连接与焊接	185
项目十五 三相异步电动机重绕后的检验	192
项目十六 三相异步电动机重绕嵌线后的浸漆与整机检验	212
* 项目十七 三相异步电动机的装配	219
* 项目十八 三相异步电动机常见故障及排除方法	226
附录 直流电动机常见故障的现象、原因和处理方法	241
参考文献	244

第1章 概 论

1.1 实验/实训安全操作规程

电机实验/实训的操作是在非安全电压下进行的,为了确保实验/实训时的人身与设备安全,同时也确保按时顺利地完成任务,以及培养学生养成良好的安全用电习惯,应严格遵守如下的安全操作规程:

- (1) 实验/实训时相关人员应穿工作服,并注意围巾、衣服、发辫及接线不得卷入电机的转动部分,也不得用手或脚去驱动电机启动或停止,以免发生意外。
- (2) 实验/实训前必须检查有关测量仪表、防护用具等工具,看其是否完好。
- (3) 实验/实训时,人体不可触及带电线路,带电外露导线应该用绝缘胶布包扎完好。
- (4) 总电源的接通应由实验/实训室指导老师来操作,其他人员必须征得指导老师允许后方可操作,不得自行合闸。
- (5) 电源必须经过闸刀开关或接触器、熔断器之后才能接入电机。
- (6) 禁止带负载操作。
- (7) 操作开关应快合快断,以免产生电弧而烧坏接触器或闸刀,合闸时应使刀片可靠投入刀座,以保持接触良好。
- (8) 接线或拆线等环节都必须在切断电源的情况下进行。
- (9) 学生独立完成接线或改接线路后必须经指导老师检查允许,并告诉同组内其他同学引起注意后方可接通电源。实验/实训中如发生事故,应立即切断电源、保护现场,并报告指导老师,待查清问题、处理故障后,才能送电继续进行实验/实训。
- (10) 电机如需直接启动,则应先检查功率表及电流表等测量仪表的量程是否符合要求,是否存在短路问题,以免损坏仪表或电源。

1.2 实验/实训的基本要求

1.2.1 实验/实训的目的和作用

实验/实训的目的是培养学生掌握电机与变压器的使用技能,并能根据实验/实训目的、内容及设备拟定线路,选择所需设备、仪器和仪表等,来确定实验/实训步骤,测取所需数据,从而熟悉各种电机及变压器的结构、工作原理,以及其日常运行中可能出现的故障现象,进而掌握如何诊断、分析和处理电机及变压器等重要设备的故障、日常维护方法

及注意事项等。同时也使学生能够熟练地掌握常用电工工具及仪器仪表的使用方法,积累一定的理论和实践经验,为学习后续课程和从事实际工作打下良好的基础。因此实验/实训环节在教学中,特别是在“工学结合”的教学模式下显得尤为重要。

1.2.2 实验/实训前的准备工作

实验/实训前应认真阅读项目的相关知识点,熟悉实验/实训的目的、内容、方法及步骤,明确实验/实训过程中应注意的相关事宜。有些内容可到实验/实训室对照仪器和设备预习。另外,还要熟悉电机及变压器铭牌上的主要技术数据,实验所需设备、仪器、仪表等的性能指标,进而按照实验/实训项目要求做好准备工作。

实验/实训前应写好预习报告,经指导老师检查后方可开始后续工作。这对于提高实验/实训质量和保护设备,培养学生的独立工作能力都是很重要的。

1.2.3 实验/实训的过程

1. 合理分工,分组协作

实验/实训一般都以小组为单位进行,每组由3~5人组成,实验/实训过程中每人应有明确的分工,以保证实验/实训操作协调,记录的数据准确、可靠,同时可达到人人参与、动手的效果。

2. 选择实验/实训所需的设备、仪器仪表

预习时应先熟悉该次实验/实训所用的设备、仪器仪表,记录电机、变压器铭牌上的有关数据,选择量程合适的仪器仪表和所用的电工器械。

3. 按图接线

根据实验/实训线路图及所选设备、仪器仪表,按图接线,线路力求简单明了。接线原则是先接串联主回路,再接并联支路;为查找线路方便,每条支路可用不同颜色的导线或插头。

4. 启动电机,观察仪表

在实验/实训开始之后,首先应校准各仪表零位,记下仪表量程、刻度及倍率,然后按要求启动电机、变压器等设备,同时观察所有仪表是否正常(如指针正、反向是否超满量程等),如果出现异常,应立即切断电源,并排除故障;如果一切正常,即可开始实验/实训。

5. 测取数据

预习时对实验/实训方法和所测数据的大小做到心中有数。实验/实训时,根据步骤逐次测取数据。

6. 认真负责,保质保量完成实验/实训

实验/实训完毕,须将数据或相关记录交指导老师审阅。经指导老师认可后,才允许拆线或组装电机等,并把实验/实训所用的设备、导线、仪器和仪表等整理好。

1.2.4 实验/实训报告的要求

实验/实训报告是根据实测数据或实际操作,经过分析、讨论后写出的心得体会。实

验/实训报告要简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论正确。

实验/实训报告主要包括以下内容:

- (1) 实验/实训名称、专业班级、学号、姓名、实验日期、室温。
- (2) 实验/实训中所用的仪器、设备,如电机或变压器的铭牌数据(P_N 、 U_N 、 I_N 、 n_N)等。
- (3) 根据实验/实训指导书认真预习,设计出需要测试的数据表格,绘制出需要测试的各种波形图。
- (4) 绘制实验/实训时所用的线路图,并注明仪表量程。
- (5) 整理和计算数据,并在记录数据的表格上注明实验是在何种条件下进行的。
- (6) 绘制曲线时应选适当比例图纸尺寸,力求做到实验/实训结果与理论相符合。
- (7) 根据实验/实训结果,进行计算、分析、说明,得出实验/实训结论。
- (8) 总结与心得体会(可对某些问题提出一些自己的见解)。

1.3 常用工器具及常用材料

1.3.1 常用工具

1. 手工工具

1) 螺丝刀

螺丝刀又名起子、改锥、旋凿,是一种旋紧或松动螺丝(螺丝钉、木螺钉)的工具。

通常,大螺丝刀用来装卸较大的螺丝,小螺丝刀用来装卸电气设备接线桩头上的小螺丝及较小的木螺丝。

螺丝刀杆部可以套上塑料绝缘管(留出头部),这样在带电作业时可以防止短路及触电。电工禁止使用穿心螺丝刀作业,以免发生触电事故。

2) 钳子(钢丝钳)

电工钢丝钳是用来钳夹和剪切的工具,它由钳头、钳柄、绝缘管三部分组成。其中钳头由钳口、齿口、刀口和侧口四部分组成:钢丝钳的钳口用来弯绞和钳夹导线线头;齿口用来紧固或松动螺母;刀口用来剪切或剖削导线绝缘层;侧口用来切电线线芯、钢丝或铁丝等较硬金属丝。电工所用的钢丝钳,在钳柄上应套上耐压 500V 以上的绝缘塑料管。

使用电工钢丝钳应注意以下两点:

(1) 使用前必须检查绝缘柄的绝缘管是否良好,如果绝缘管损坏,带电作业时会发生触电事故。

(2) 剪切带电导线时,不得用刀口同时剪切相线和零线,或同时剪切两根相线,以免发生短路事故。

3) 电工刀

电工刀是一种用来剖削电线绝缘层,切割圆木、方木等木台的缺口,削制木榫等的专用工具。使用电工刀时应注意以下几点:

- (1) 剖削时应将刀口朝外。
- (2) 剖削导线绝缘层时, 应使刀面与导线成较小的锐角, 以免割伤导线。
- (3) 使用电工刀时应注意避免伤手, 不得传递刀身未折进刀柄的电工刀。
- (4) 电工刀用完, 随时将刀身折进刀柄。
- (5) 电工刀刀柄若无绝缘保护, 不能用于带电作业。

4) 剥线钳

剥线钳是用来剥削 6 mm 以下塑料或橡胶电线绝缘层的专用工具。由钳头和手柄两部分组成。钳头部分由压线口和切口构成, 分有直径 0.5~3 mm 的多个切口, 以适用于不同规格的芯线。它的手柄是绝缘的, 耐压为 500V。

操作方法: 把电线头放进合适的刀口上, 用手握住钳柄, 用力使两个钳柄靠拢, 即压线口压住线芯, 而塑料绝缘层被刀口推开掉落。

注意: 使用剥线钳时, 电线必须放在大于其芯线直径的切口上切剥, 否则会切伤芯线。

5) 尖嘴钳

尖嘴钳的头尖细, 适宜于在狭小的工作空间操作。尖嘴钳有铁柄和绝缘柄两种, 绝缘柄的耐压为 500 V。尖嘴钳的用途如下:

- (1) 带有刀口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。
- (2) 能夹持较小螺钉、垫圈、导线等。
- (3) 在装接控制线路时, 能将单股导线弯成所需的各种形状。

6) 断线钳

断线钳又称斜口钳。钳柄有铁柄、管柄和绝缘柄三种。其中电工用的绝缘柄耐压为 500 V。断线钳是专供剪断较粗的金属丝、线材及导线电缆时使用的。

7) 螺钉旋具

螺钉旋具又称旋凿或起子, 它是一种紧固或拆卸螺钉的工具。螺钉旋具根据其头的形状可分为一字形(平口)和十字形(梅花)两种。

一字形螺钉旋具常用的规格有 50 mm、100 mm、150 mm 和 200 mm 等。电工必备的是 50 mm 和 150 mm 两种。

十字形螺钉旋具专用于紧固或拆卸十字槽的螺钉。根据适用的螺钉的直径, 常用的规格有 I 号(适用直径为 2~2.5 mm)、II 号(适用直径为 3~5 mm)、III 号(适用直径为 6~8 mm)和 IV 号(适用直径为 10~12 mm)四种。

另外, 目前广泛使用的刀口端焊有磁性金属材料的磁性旋具, 可以吸住待拧紧的螺钉, 使用时能够准确定位。

螺钉旋具的使用方法如下:

(1) 大螺钉旋具的使用。大螺钉旋具一般用于紧固较大的螺钉。使用时除大拇指、食指和中指要夹紧握柄外, 手掌还要顶住柄的末端, 这样就可防止旋具转动时滑脱。

(2) 小螺钉旋具的使用。小螺钉旋具一般用于紧固电气设备接线头上的小螺钉。使用时可用手指顶住木柄的末端捻旋。

使用螺钉旋具时应注意以下几点：

(1) 电工不可使用金属杆直通柄顶的螺钉旋具，否则容易造成触电事故。

(2) 使用螺钉旋具紧固或拆卸带电的螺钉时，手不可触及旋具的金属杆，以免发生触电事故。

(3) 为了避免螺钉旋具的金属杆触及皮肤或邻近带电体，应给金属杆穿套绝缘管。

8) 电烙铁

电烙铁是烙铁钎焊的热源，通常用电热丝作为热元件，分为内热式和外热式两种。常用的规格有 25 W、45 W、75 W、11 W 和 33 W 等多种。

电烙铁的使用方法和注意事项如下：

(1) 焊接弱电元件时，宜采用 25 W 和 45 W 两种规格；焊接强电元件时，则要使用 45 W 以上的规格。

(2) 焊接时要选取合适功率的电烙铁。如果选取的功率过大，不仅浪费电力，而且容易烧毁元件；功率过小时会因热量不够而影响焊接质量。

(3) 电烙铁使用完毕，要随时拔去电源插头，以节约用电，延长使用寿命。

(4) 在导电地面(如混凝土和泥土地面)上使用时，电烙铁的金属外壳必须妥善接地，以防止漏电时触电。

9) 活扳手

活扳手又名活络扳手，是一种旋紧或拧松有角螺丝钉或螺母的工具。电工常用的有 150 mm×19 mm(6 英寸)、200 mm×24 mm(8 英寸)、250 mm×30 mm(10 英寸)、300 mm×36 mm(12 英寸)四种。

活扳手的使用方法如下：

(1) 扳动大螺母时，常用较大的力矩，手应握在近柄尾处。

(2) 扳动较小螺母时，所用力矩不大，但螺母过小易打滑，故手应握在接近扳头的地方，这样可随时调节蜗轮，收紧活动扳唇，防止打滑。

(3) 活扳手不可反用，以免损坏活动扳唇，也不可用钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩。

(4) 活扳手不可当作撬棍和手锤使用。

注意：使用时要根据螺母的大小，选用适当规格的活络扳手。扳手过大，会损伤螺母；螺母过大，扳手过小，会损伤扳手。

10) 榔头

榔头又名锤子、铁锤，是一种敲打工具。

在修理三相电动机定子绕组的时候，经常用木榔头或橡皮榔头整理绕组端部，由于它们较铁榔头质软，这样漆包线线皮不易受到损伤。

11) 喷灯

喷灯是火焰钎焊的热源，电工常用来焊接较大铜钱鼻子、铅包电缆的外皮(铅包层)、大截面铜导线连接处的加固焊锡，以及其他电连接表面的防氧化镀锡等。

使用喷灯时应注意以下几点:

(1) 喷灯工作时无关人员要远离,切勿灯口对人,以防火焰烧伤人员和烧坏工件。

(2) 对离焊接处较近的绝缘体和其他物件,要采取有效的隔热措施,如垫石棉被、石棉纸,或用干净水打湿。

(3) 在有易燃、易爆物品的环境周围,严禁使用喷灯,以防火灾。

(4) 使用完毕,将放油调节阀关闭,熄灭喷灯。

12) 剪刀

修理三相电动机槽绝缘纸时,常用到弯头长柄剪刀,它的剪刀能贴紧定子铁芯槽口,而手持的长柄又可远离槽口不会划伤持剪的手指,所以用起来很方便。

13) 划线板

划线板又叫滑线板,是嵌线时将线圈漆包线从引槽纸槽口划入槽内的工具,它也是作为理顺槽内导线的工具,故又把它叫做理线板。

14) 压线板

压线板是将槽内导线压实、压平的工具,它和卷纸划片配合作为折槽口绝缘之用。压线板应根据电机槽形制作,一般压线板的压脚宽度为槽上部宽度减去 $0.6\sim 0.7\text{ mm}$ 为宜,压脚尺寸要合适,便于封合槽口。

15) 整形敲棒与撬板

整形敲棒与撬板是绕组端部喇叭口整形的辅助工具。敲棒用硬木制成,长度为 $20\sim 30\text{ cm}$,宽度为 3 cm ,厚度为 $2.5\sim 3\text{ cm}$ 。

16) 卷纸划片

卷纸划片是作为包卷折边或槽口绝缘的专用工具。它的末端呈薄扁形,且略呈尖形,所以与钳工的划针是有区别的。它的长度为 $15\sim 20\text{ cm}$,末端厚度为 $1\sim 2\text{ mm}$ 。划片也可以自制。取一根 $\phi 3\sim 4\text{ mm}$ 的不锈钢电焊条,敲去焊药层,将一端弯成环状,然后将其另一端用砂轮机磨成片状,用砂纸打磨,使所有棱角变得圆滑,再用金刚细砂或油石打磨光滑,上一层石蜡即可。

17) 刮线刀

在绕组的接线工作中,线端需要将漆包线的漆皮刮干净,此时所用工具是刮线刀。

注意:在使用刮线刀时,不要刮伤导线,刮去漆皮后应用 00 号细砂纸将线芯上的油漆擦拭干净,一直到露出铜线的原样为止。

18) 清槽铲刀

清槽铲刀又叫电工凿。在修理三相电动机时,拆除绕组后,由于绝缘漆的粘结作用,使绝缘物残留在定子铁芯的槽内,这时就需要用清槽铲刀来刮槽内的污物。

19) 塞尺

塞尺亦叫厚薄规或间隙规。它是由一组薄钢片像扇子那样,把一端钉在一起而构成的,使用时将其塞进间隙以检测间隙大小。每片上都刻有自身的尺寸。塞尺规格见表 1.3.1。

表 1.3.1 塞尺规格

组别	尺寸范围/mm	尺寸排列/mm
I	0.02~0.10	0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10
II	0.03~0.50	0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.45, 0.50
III	0.03~0.50	0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50
IV	0.05~1.00	0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.45, 0.50, 0.75, 1.00
V	0.50~1.00	0.05, 0.55, 0.60, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00

塞尺的使用方法如下:

测量时,先把塞尺及工件(如轴承)间隙内清理干净,然后视间隙大小,先用较适宜的塞尺塞入间隙中,如果仍有间隙,再补充另一个薄塞尺,如果仍有空隙,再增补一个薄塞尺,直到待测间隙塞满了塞尺无松动感,但又能顺利地将叠加的所有塞尺同时拔出来。将所塞入的尺寸相加,即可测得间隙尺寸。

20) 验电器

验电器是检查导线和电气设备是否带电的一种电工常用检验工具。它分为低压验电器和高压验电器两种。

(1) 低压验电器。低压验电器俗称“试电笔”,亦叫“验电笔”、“测电笔”,简称“电笔”。常见的电笔有笔式和螺丝刀式(起子式)两种。其测量范围一般在 60~500 V。使用时,将氖管小窗背光朝自己,同时要防止金属杆触及人体皮肤,以免触电。

低压验电器的作用如下:

① 区别电压高低。测试时可根据氖管发光的强弱来估计电压的高低。

② 区别相线和零线。在交流电路中,当验电器触及导线时,氖管发光的即为相线,正常情况下,触及零线时是不会发光的。

③ 区分直流电和交流电。交流电通过验电器时,氖管里的两个极同时发光,而通过直流电时,只有一极发光。

④ 区别直流电的正、负极。把验电器连接到直流电的正、负极之间,氖管中发光的一极即为直流电的负极。

⑤ 识别相线碰壳。用验电器触及电机、变压器等电气设备外壳,氖管发光,则说明该设备相线有碰壳现象。如果机壳上有良好的接地装置,氖管是不会发光的。

⑥ 识别相线接地。用验电器触及正常供电的星形接法三相三线制交流电时,有两根比较亮,而另一根较暗,则较暗的相线与地存在短路现象,但不太严重。如果两根相线很亮,另一根不亮,则不亮的这一根相线肯定与地短路。

(2) 高压验电器。高压验电器又称高压测电器。10kV 的高压验电器由金属钩、氖管、氖管窗、固紧螺钉、护环和握柄组成。使用高压验电器时,要特别注意手握的部位不得超过护环。

(3) 使用验电器时应注意以下几点:

① 使用验电器前,应在已知带电体上测试,证明验电器确实良好时方可使用。

② 使用时,应使验电器逐渐靠近被测物体,直到氖管发亮;只有在氖管不发亮时,人体才可以与被测物体接触。

③ 室外使用高压验电器时,在气候条件必须良好的情况下才能使用。在雨、雪、雾及湿度较大的天气中,不宜使用,以防发生危险。

④ 高压验电器测试时,必须戴上符合要求的绝缘手套;不可一人单独测试,身旁必须有人监护;测试时要防止对地短路事故;人体与带电体应保持足够的安全距离,10 kV 高压的安全距离在 0.7 m 以上。

2. 机械工具

1) 多用绕线机

多用绕线机操作轻便,变换灵活,用途多样,数字显示,准确无误,顺增递减。绕完一组线圈,只需按一下计数清零键,瞬间复位。调动线模装卸手柄,便可改变线模尺寸,以适应绕制多种规格的线圈或线圈绕组。

2) 中型多用绕线机

中型多用绕线机适用于各类中小型(0.1~400 kW)三相电动机、变压器线圈的绕制。它具有手摇、电动两种功能。能自动计数(正转加,反转减),按动“置零开关”,计数复零。拧下元宝螺丝,拆下线模。

1.3.2 常用仪器仪表

1) 兆欧表

兆欧表是一种高阻表,俗称“摇表”、绝缘电阻表,是专门用来测量电动机、发电机、变压器、电缆和各种电器设备的绝缘电阻值的便携式仪表,在电气安装、检修和试验中应用十分广泛。

兆欧表主要按电压及其测量范围来选择。高压电气设备绝缘电阻要求高,须选用电压高的兆欧表进行测试;低压电气设备,应选择电压低的兆欧表。

选择兆欧表测量范围的原则是:不使用超过被测绝缘电阻阻值过多的兆欧表,以免因刻度较粗而产生较大的误差。另外,还要注意有些兆欧表的起始刻度不是零,而是 1 MΩ 或 2 MΩ。这种兆欧表不宜用来测量处于潮湿环境的低压电气设备的绝缘电阻,因为在这种环境中设备的绝缘电阻较小,很可能小于 1 MΩ,在仪表上读不到数,易误认为是绝缘电阻为 1 MΩ 或零值。电压等级及兆欧表规格如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 电压等级及兆欧表规格

电机类型	电机电压/V	选用兆欧表规格/V
低压电机	≤ 127	250
	200~500	500
中压电机	600~1000	1000
高压电机	3000~6000	2500~5000

兆欧表的正确使用方法如下：

(1) 测量前要先切断被测设备的电源，并将设备的导电部分与大地接通，进行充分放电，以保证安全。用兆欧表测量过的电气设备也要及时接地放电，方可进行再次测量。

(2) 测量前要先检查兆欧表是否完好，即在兆欧表未接上被测物体之前，摇动手柄使发电机达到额定转速(120r/min)，观察指针是否指在标尺的“ ∞ ”位置。将接线柱“线”(L)和“地”(E)短接，缓慢摇动手柄，观察指针是否迅速指在标尺的“0”位。若指针不能指到该指的位置，则表明兆欧表有故障，应检修后再用。

(3) 正确接线。兆欧表上有三个接线柱，分别标有 L(线路)、E(接地)和 G(屏蔽)。其中，L 接在被测物和大地绝缘的导体部分；E 接在被测物的外壳或其他相关导体部分或大地；G 接在被测物的屏蔽环上或不需要测量的部分。

(4) 测量三相绕组之间的绝缘电阻，即测量相间绝缘时应将两表笔分别接 U - V、V - W、W - U(A - B、B - C、A - C)，接线端子接线如图 1.3.1(a)所示。若测量的是线路对大地的绝缘电阻，则应将被测端接到 L 端子，被测外壳接到 E 端子；如测三相电动机绕组对外壳的绝缘电阻时，接线如图 1.3.1(b)所示。

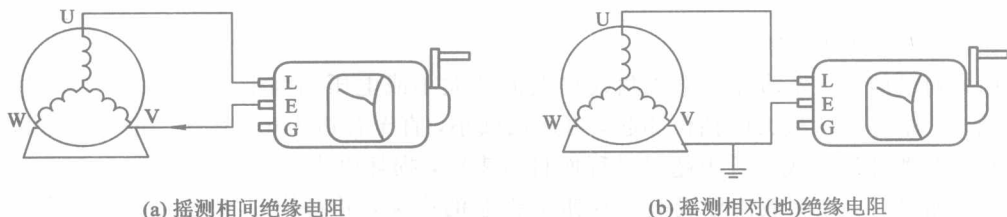


图 1.3.1 摇测电机绝缘的接线示意图

(5) 接线柱“G”是用来屏蔽表面电流的。若测量电缆的绝缘电阻时，绝缘材料表面存在漏电流，将导致测量结果不准确，尤其是在湿度很大的场合及电缆绝缘表面不干净的情况下，会造成测量误差较大。为避免表面电流的影响，在被测物体表面加一个金属屏蔽环，与兆欧表的“屏蔽”接线柱相连。

(6) 接线柱与被测设备间连接的导线不能用双股绝缘线或绞线，应该用单股线分开单独连接，避免因绞线绝缘不良而引起误差。为获得准确的测量结果，被测物的表面应擦拭干净。

(7) 摇动手柄应由慢变快，若发现指针为零，说明被测物可能发生短路，这时就不能继续摇动手柄，以防表内线圈发热损坏。手摇发电机要保持匀速，不可忽快忽慢而使指针不停地摆动。通常最适宜的速度为 120 r/min。若指示正常，应在发电机转速达到 $120(1 \pm 20\%)$ r/min，并稳定 1 分钟后读数。

(8) 测量大容量电容器设备的绝缘电阻时，读数后不能立即停止摇动兆欧表，否则已被充电的电容器将对兆欧表放电，有可能烧坏兆欧表。应在读数后一边降低手柄转速，一边拆除 L 端子接线，在兆欧表停止转动和被测物充分放电前，切勿用手触及被测设备的导电部分。

(9) 测量设备的绝缘电阻时，还应同时记录测量时的温度、湿度和与被测物相关的状况等信息，以便于对测量结果进行分析。

2) 钳形电流表

钳形电流表是日常维护中常用的电测仪表之一。其特点是在不影响被测线路正常工作的情况下,可测量电路中的电流。

钳形电流表使用时应注意以下几点:

(1) 使用前,对钳形电流表外观进行检查,检查外观是否完好,绝缘是否完好无损,手柄是否清洁干燥。

(2) 测量时,应戴好绝缘手套或干净的线手套,并注意身体各部位与带电体保持安全距离,测量时防止短路。

(3) 不得在测量过程中切换挡位。

(4) 测量完毕,一定要把选择量程开关拨在最大量程挡位上,以免在再次测量时由于未选择合适量程而造成钳形电流表的损坏。

(5) 钳形电流表只适用于低压交流电路的测量,不能测量通过裸导体的电流,更不能用来检测高压电气设备。

(6) 钳形电流表使用时一定要将导线置于钳口中间,如果偏了,就会产生涡流,导致测量不准。

钳形电流表使用方法:

(1) 测量前,应先估计一下待测线路电流的大小或电压的高低,选择适当的量程。若无法估计,则应先从最大的挡位测起,再逐挡减小,直至合适为止。在换挡前,应先退出载流导线,否则极易造成电流表超过量程而打弯表针,损坏电表。

(2) 测量时,被测载流导线应放在钳形铁芯的中央,并将钳口紧密接合。若钳口接合不紧而产生杂声,则应检查钳口有无污垢。清除污垢后可抹少许工业凡士林。

(3) 用钳形电流表测量时,为了得到较准确的电流值,可把载流绝缘线在钳形活动铁芯上多绕几匝即可。

3) 数字显示式钳形电流表

数字显示式钳形电流表的品种很多,但其使用方法基本相同。测量时需用手压下“钳口打开按钮”,张开钳夹,将待测导线夹在钳口中间,才能测量出通过导线的电流值。

4) 短路探测器

该测试仪适用于中小型交流三相电动机定子、转子绕组,直流电动机电枢绕组短路故障的测试,也可用于笼型转子笼条断路以及质量的检查。对定子绕组有没有闭合回路(绕组内有 Δ 接法,有并联支路等)也可进行准确的判定。

检查绕组匝间短路的有效方法是短路探测器法。短路探测器法是按照变压器原理制成的铁芯线圈,其铁芯用H形硅钢片叠成,凹槽中绕有线圈。测试时,探测器线圈的两端接上单相交流电源,将探测器铁芯的开口部分放在定子铁芯的槽口上,若槽中线圈无短路,则探测器的电流表读数小;若有线圈短路,则电流表的读数增大。也可将一块薄钢片或手锯片放在被测线圈的另一边槽口上,若被测线圈短路,则此钢片就会产生振动。把探测器沿定子铁芯内圆逐槽移动检查,便可查出短路的线圈。使用短路探测器法检查绕组匝间短路效果较好。

5) 匝间绝缘试验仪

匝间绝缘试验仪是由脉冲发生器与示波器组合的仪器,它具有使用方便、迅速、可靠

等优点,是绕组匝间短路检测的理想仪器。

6) 数字转速表

在监视三相异步电动机正常运行以及在故障修理后的检测中,都离不开对三相电动机转速的测量。

常用的数字转速表是 CCL-2290A 型,它用液晶数码显示转速,读数非常方便。它的转速探头有顶针式和反射式两种。用反射式探头时,可在三相电动机旋转轴的任一回转半径点测量转速。

7) 线圈测量仪

线圈测量仪用于测量三相电动机各种类型线圈的匝数、电阻等。由于这种仪器采用精密传感器和微机电路,因此具有测量精度高,功能强,受线圈形状和几何尺寸的影响小,运行可靠,使用方便等特点。测量时不需要对仪器作任何调节或校正,就可直接从仪器上读出被测线圈的精确测量值,大大提高了测量的工作效率。

线圈测量仪的使用方法:

(1) 固定测量传感器。抽出仪器顶部的活动抽板,把传感器翻上,然后把活动抽板插入原来的位置,并固定传感器。再将红、黑两个测试夹分别接入仪器后部相应的接线孔内。

(2) 接入电源。将电源线插入仪器后部的插座中,合上电源开关,预热 5 分钟。

(3) 把测量传感器上的水平转臂向逆时针方向转到适当位置,转角不宜超过 45° ,然后先把中心孔的橡皮垫套入传感器测量棒,以保护仪器顶部面板,再把被测线圈套入传感器测量棒,并将传感器的水平转臂复位。

(4) 测量。将被测线圈的两端分别与红、黑测试夹连接(注:一定要保证电气连接良好,漆包线要彻底去掉漆皮),尽量减少接触电阻的影响。然后通过仪器面板上的按钮,完成线圈的单次测量和连续测量。

连续测量(当绕制三相电动机的线圈较多时,通常采用连续测量)的方法如下:

① 按一下“微机复零”键,使仪器的微机电路复零。

② 按“连续”键后,再按“线圈测量”键,这时线圈测量仪已经进入连续测量状态。

③ 按“启动”键,便开始对线圈进行测量。仪器显示窗口中的“-1”、“-”表示线圈的头、尾绕线的方向,其后的五位数字表示被测线圈的匝数。

④ 当一个线圈测量完毕,从仪器上取下后,可以直接把下一个线圈换上,同时把测量导线夹与新线圈端子接牢,无须再进行重复操作,便可读取线圈匝数数据。

⑤ 测试完毕,按下“停止”按钮。

单次测量(如果只有一只线圈,则可进行单次测量)的方法如下:

① 按下“微机复零”键。

② 按下“单次”键,再按“线圈匝数”键,仪器进入单次匝数测量状态。

③ 按“启动”键,仪器显示线圈匝数及绕线方向。

(5) 在测试时,如果线圈断路、连接线断开,或者被测线圈电阻大于 $50\text{ k}\Omega$,则仪器显示 ERROR、“断路”等字样,提醒操作者应及时采取措施。

(6) 当线圈与传感器测量棒电气碰触时,仪器显示“碰壳”。

(7) 仪器周围有电磁干扰不能正常工作时,应及时予以排除。

线圈测量仪使用时应注意以下几点: