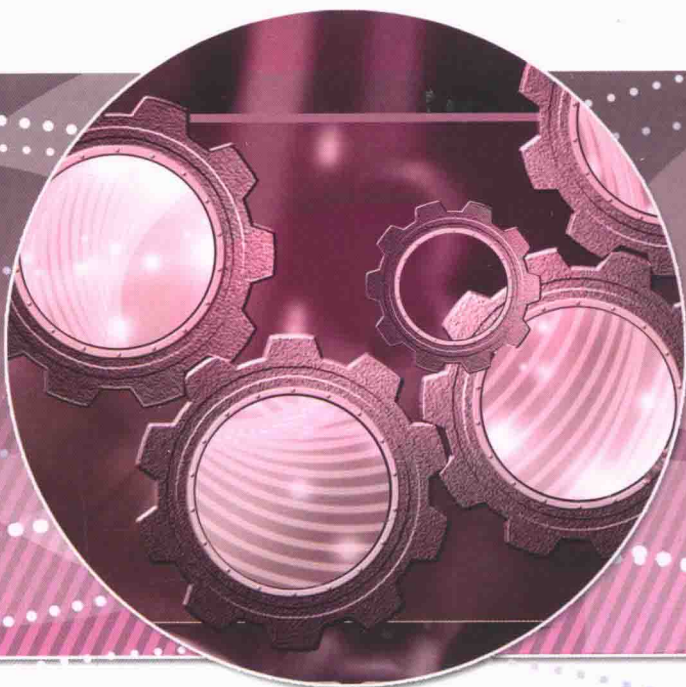


中等职业教育电类专业规划教材

电机与电控技术 实验与实训

◎ 程 周 主编

◎ 常 辉 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业教育电类专业规划教材

电机与电控技术 实验与实训

中等职业教育机电技术应用专业规划教材

- | | |
|----------------------|--------------|
| 《工程制图与机械常识》 | 《液压与气动》 |
| 《工程制图与机械常识——练习与技能训练》 | 《液压与气动技能训练》 |
| 《电工与电子技术》 | 《机电控制技术》 |
| 《电工与电子技术技能训练》 | 《机电控制技术技能训练》 |
| 《电气控制与PLC应用技术》 | 《机电一体化概论》 |
| 《电气控制与PLC应用技术技能训练》 | 《机械CAD/CAM》 |

中等职业教育电类专业规划教材

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 《电工基础》 | 《EDA技术与应用》 |
| 《电工基础实验与实训》 | 《工厂供电（第2版）》 |
| 《电子技术基础》 | 《变频器技术应用》 |
| 《电子技术基础实验与实训》 | 《自动检测与转换技术》 |
| 《电力电子技术》 | 《自动检测与转换技术实验与实训》 |
| 《电力电子技术实验与实训》 | 《电机拖动与电控技术（第2版）》 |
| 《单片机技术与应用》 | 《电机与电控技术实验与实训》 |
| 《单片机技术与应用实验与实训》 | |
| 《可编程序控制器技术与应用（欧姆龙系列）（第2版）》 | |
| 《可编程序控制器技术与应用（欧姆龙系列）实验与实训》 | |
| 《可编程序控制器技术与应用（西门子系列）》 | |
| 《可编程序控制器技术与应用（西门子系列）实验与实训》 | |



策划编辑：白楠
责任编辑：刘真平
封面设计：喻晓



本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 978-7-121-06367-1



定价：12.00 元

中等职业教育电类专业规划教材

电机与电控技术实验与实训

程 周 主编

常 辉 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书依据教育部最新颁布的《电气运行与控制专业教学指导方案》编写而成。全书从应用的角度,翔实地介绍了电机实验、电气控制实训两部分既有联系,又相对独立的内容,包括:电机实验的基本知识,电工仪表的使用,电机实验,电气控制实训基本知识,常用电气控制元器件的识别与简单测试,电气控制实训。

本书适合于中等职业教育电气运行与控制专业、机电技术应用专业、电子技术应用专业、仪表类专业及相关专业使用,同时,对于工程技术人员来说也是一本很好的自学教材和参考书。

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

电机与电控技术实验与实训/程周主编. —北京:电子工业出版社, 2008.5

中等职业教育电类专业规划教材

ISBN 978-7-121-06367-1

I. 电… II. 程… III. ①电机—专业学校—教材②电气控制—专业学校—教材 IV. TM3 TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 049158 号

策划编辑:白楠

责任编辑:刘真平

印刷:北京牛山世兴印刷厂

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:787×1092 1/16 印张:6.75 字数:172.8 千字

印次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:12.00 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。

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

服务热线:(010) 88258888。

中等职业学校教材工作领导小组

主任委员：陈 伟 信息产业部信息化推进司司长

副主任委员：辛宝忠 黑龙江省教育厅副厅长

李雅玲 信息产业部人事司处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

马 斌 江苏省教育厅职社处处长

黄才华 河南省职业技术教育教研室主任

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

委 员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王社光 陕西省教育科学研究所

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副 秘 书 长：柴 灿 电子工业出版社

前 言



为了配合“电气运行与控制教材编审委员会”专业教材改革和专业建设的需要,由电子工业出版社组织编写该专业系列教材,本书为该系列教材之一《电机拖动与电控技术》的实验与实训配套用书。本教材充分考虑到中等职业学校“电气运行与控制专业”对电机和电气控制实验与实训的要求,力求使学生经过训练,更好地掌握电机和电气控制实践技能。另外,在内容选取上为了配合专业教学的“工学结合”,也做了积极的探索。在教材编写方法上由基本操作到综合实训,深入浅出,主次分明,并充分体现配套教材的特色,从内容、形式到结构,都能够有机地结合在一起。

本书从应用的角度,翔实地介绍了电机实验、电气控制实训两部分既有联系,又相对独立的内容,包括:电机实验的基本知识,电工仪表的使用,电机实验(直流电机绝缘电阻与直流电阻的测定,直流电机的空转实验,他励直流发电机、并励直流电机、串励直流电机实验,单相变压器空载和短路实验,三相变压器连接组实验,三相异步电机空载、短路实验,三相异步电机负载实验,单相电容运转异步电机),电气控制实训基本知识,常用电气控制元器件的识别与简单测试,电气控制实训(电气控制实训线路组成与现场布置,电气控制实训,常用低压电器拆装实训,继电器实训,三相异步电机点动、长动控制,三相异步电机正、反转控制,三相异步电机降压启动控制,三相异步电机的制动控制,工作台自动往返循环控制,多速电机调速控制,绕线式异步电机的启动、调速控制,综合实训)。在重点分析基本技术与应用问题的基础上,注重对分析问题和解决问题的能力培养,强化基本技能的培养和训练,使读者能掌握基本分析方法,学会基本技能。

本书适合于中等职业教育电气运行与控制专业、机电技术应用专业、电子技术应用专业、仪表类专业及相关专业使用。

本书由安徽省职业技术学院程周主编。在编写过程中得到李治国、孙忠献、洪应、杨林国、张栩、车里、黄琼的大力支持和帮助。本书由安徽省职业技术学院常辉任主审,主审以严谨的科学态度和高度负责的精神,认真读书稿,提出了许多修改意见。电子工业出版社白楠、张凌编辑组织并指导立项、编写和审稿工作。在此一并向他们表示衷心的感谢。

因编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请使用本书的广大读者批评指正。

编者电子信箱 ahchzh@163.com。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:hxedu@phei.com.cn）。

编 者

2008 年 2 月



目 录



第 1 篇 电机实验	1
第 1 章 电机实验的基本知识	1
1.1 概述	1
1.2 电机实验的一般规程	1
1.3 电机实验的安全规则	3
1.4 电机实验报告	3
第 2 章 电工仪表的使用	6
2.1 绝缘电阻的测量	6
2.2 绕组冷态直流电阻的测量	7
2.3 温度的测量	8
2.4 转速的测量	9
2.5 转差率的测量	11
2.6 转矩的测量	12
2.7 功率的测量	15
第 3 章 电机实验	21
3.1 电机、变压器的铭牌数据与型号	21
3.2 电机实验装置与现场布置	24
3.3 电机实验	27
3.3.1 实验 1: 直流电机绝缘电阻与直流电阻的测定	27
3.3.2 实验 2: 直流电机的空转实验	32
3.3.3 实验 3: 他励直流发电机	33
3.3.4 实验 4: 并励直流电机	36
3.3.5 实验 5: 串励直流电机实验	40
3.3.6 实验 6: 单相变压器空载和短路实验	43
3.3.7 实验 7: 三相变压器连接组实验	48
3.3.8 实验 8: 三相异步电机空载、短路实验	50
3.3.9 实验 9: 三相异步电机负载实验	55
3.3.10 实验 10: 单相电容运转异步电机	57

第2篇 电气控制实训	61
第1章 电气控制实训基本知识	61
1.1 概述	61
1.2 电气控制实训的一般规程	61
1.3 电气控制实训的安全规则	63
1.4 电气控制实训报告	63
第2章 常用电气控制元器件的识别与简单测试	64
2.1 接触器的识别与简单测试	64
2.2 时间继电器的识别与简单测试	65
2.3 按钮与行程开关的识别与简单测试	67
2.4 断路器的识别与简单测试	69
第3章 电气控制实训	71
3.1 电气控制实训线路组成与现场布置	71
3.2 电气控制实训	73
3.2.1 实训1: 常用低压电器拆装实训	73
3.2.2 实训2: 继电器实训	77
3.2.3 实训3: 三相异步电机点动、长动控制	80
3.2.4 实训4: 三相异步电机正、反转控制	83
3.2.5 实训5: 三相异步电机降压启动控制	85
3.2.6 实训6: 三相异步电机的制动控制	87
3.2.7 实训7: 工作台自动往返循环控制	90
3.2.8 实训8: 多速电机调速控制	92
3.2.9 实训9: 绕线式异步电机的启动、调速控制	94
3.2.10 实训10: 综合实训	96
参考文献	99

第1篇 电机实验

第1章 电机实验的基本知识

1.1 概述

电机课程是电类各专业的一门重要的课程。一方面它是很多后继专业知识的基础,深入了解和掌握电机的基本知识与原理,将直接为后继相关课程的学习与理解创造有利的条件;另一方面,电机课程又具有很强的实践性和实用性,目前电力拖动系统广泛使用各种电机做拖动。作为教学过程的一个重要环节,电机实验将电机理论与实践相结合,是电机的理论知识与应用的重要手段。其目的主要在于:

- ① 通过在实验中获得的感性知识,验证电机的基本知识与原理,加深对这些基本理论的理解,初步了解所学知识的应用。
- ② 培养基本的实践操作能力。通过电机实验,学会对常用电工仪表、仪器、设备的选择、调整与使用。掌握基本的实验方法、线路与步骤,形成规范的操作习惯。
- ③ 培养分析问题、解决问题的能力。通过对实验中获得的结果进行分析综合,得出正确的结论,将理论与实践相结合,以便更好地掌握该门课程的知识。
- ④ 培养严谨细致、踏实认真的工作作风,树立实事求是的科学态度。

1.2 电机实验的一般规程

为了达到预期的实验目的,取得合理的实验结果,须做到实验前认真准备,实验中按规定的实验步骤正确地操作,细心观察、记录实验现象及现场数据,实验后认真完成实验报告。

1. 实验前的准备

进行实验前就要清楚该实验要做什么,怎么做。因此必须先认真阅读有关的实验指导材料,并重点复习相关的教材内容,了解实验目的、实验的主要项目、方法与步骤。按照实验要求准备相应的原始数据记录表格,并对实验过程中应注意的事项及可能出现的现象有一定的思想准备。

2. 实验过程

(1) 合理分组

电机实验往往内容步骤较多,需要实验小组成员之间紧密地协作,有些实验项目仅靠个人很难完成。实验前可根据实际情况与条件合理地分组。一般每组2~3人较适宜,由一个人负责具体的组织分工与协调。



(2) 认真听取实验介绍

实验前, 实验员或指导教师一般会对实验的具体情况、要求及注意事项做简单介绍, 诸如设备的性能、特点、仪器仪表的使用方法等。这种介绍针对性较强, 需要每个人认真仔细听讲。如果有不了解之处应及时提出, 减少实验中的盲目性。

(3) 实验前需做的工作

① 按实验仪器设备清单清点仪器设备是否齐全, 包括型号、规格、数量。检查仪表是否有明显损坏现象, 是否需调零。

② 实验前的记录, 包括设备的型号、铭牌数据、仪器仪表的基本规格(如: 量程、刻度、精度等级), 有时还需记录环境温度。

③ 实验现场布置, 包括仪器仪表的位置、放置, 初步确定接线方案。对暂不使用的仪器设备及其他物品, 应放在不影响后续操作的地方。

④ 明确实验过程中的分工与组织, 诸如接线、检查、测量、调节与记录等事项的分工与协调。

(4) 接线

按实验线路要求连接仪器仪表及设备。要求布局合理, 主次分明, 力求简洁, 便于复查。接线的一般原则是“先串后并, 先主后辅”, 即先接串联电路, 再接该电路上的一些并联支路; 先接主电路, 再接主电路以外的其他测量或调整电路。接线时电源开关须处在断开状态。接线顺序通常由电源开关开始, 如果是三相电路, 则三根线一齐往下接, 直至完成。对单相电路或直流电路, 则从某一极出发经过线路上的各个元件节点返回另一极。接线中要注意导线的长度和线径是否合适, 接线是否可靠, 尽量减少线路交织, 导线不要拉得过紧。通常主电路因为电流较大宜用粗线。通电前须对线路进行复查, 并经实验员或指导教师认可方可通电实验。

(5) 通电启动设备, 观察现场

通电时注意观察是否有异常现象, 如: 熔断器是否熔断, 仪器仪表是否满偏或量程过大, 指针是否反偏, 设备是否有异常声音及气味等。如有异常, 应立即切断电源, 及时报告, 记录异常现象并查清原因。

故障检查与处理的一般过程是: 先根据故障现象大致确定其性质与原因, 然后借助直观判断或仪表确定故障点, 采取具体的处理措施。例如: 通电后熔断器立即熔断, 则一般表示电路有短路或严重过载现象, 应重点检查线路及元件是否有短接, 熔断器规格是否合适, 电机有无堵转等现象。如无异常现象, 可开始正式进行实验。

(6) 按步骤进行实验调节、数据测量与记录

在这一过程中, 要求实验小组各成员之间合理分工, 紧密协作。在调节过程中及时准确地测量与记录相关数据。设备的调节要按规定的方向进行, 数据读取要按实验要求的时刻进行, 并注意观察调节过程中有无异常现象。结果记录于原始数据表格中, 并检查是否有遗漏。

(7) 结束实验

实验结束后应先将原始数据交实验员或指导教师确认, 经认可后方可拆线、整理。拆线前须先切断电源。设备、仪器整理复原(例如旋钮位置置零位或要求的位置), 签字交接后方可离开。



1.3 电机实验的安全规则

成功的实验既要求通过实验达到预期的目的,同时又要求实验过程是安全的。对安全的要求既包括实验者自身的安全,又包括实验设备的安全。为此须严格遵守有关的安全操作规程。电机实验的一般安全操作规程如下。

① 明确电源所处的通电与断电状态,对交流电源必须清楚其火线及零线位置;直流电源必须分清正、负极,严禁错接、反接。

② 接线和拆线必须在电源断电的情况下进行。实验者身体不得直接接触带电线路,尤其在实验过程中(如调节、测量时),更需注意人体的无意识触电。

③ 对所用的仪器仪表须明确其规格和使用方法,严禁盲目接线与盲目使用。实验中应避免电机的启动电流对仪表的冲击,避免大电感元件断电时的自感高压,电流互感器使用时不允许二次绕组开路,防止产生高压,自耦调压器不得一、二次绕组倒置。

④ 实验线路接好后须经复查,取得实验员或指导教师认可方可通电,线路改接也应如此。

⑤ 通电或断电时,操作电源开关或控制开关应迅速果断,以免产生持续的电弧造成触点或触刀烧蚀,影响使用寿命。实验中须注意衣物、发辫、手脚、导线及其他异物不得触及电机的旋转部分,严禁以手脚促使电机旋转或停转。

⑥ 实验中若发生事故或严重异常现象,应首先切断电源,保护现场,不要慌乱,立即报告实验员或指导教师,事故未处理好以前不得继续进行实验。

⑦ 实验者不得对总电源开关或配电屏进行操作,未经允许不得进入电源室。

1.4 电机实验报告

实验报告是电机实验的重要部分,它是对整个实验过程进行的全面分析与总结。每次实验报告都应在原始数据和现象的基础上做出。对实验报告的基本要求是:形式与内容相对应,表格规则,曲线光滑,分析深入合理,充分尊重原始数据与现象,按时独立完成。

1. 实验报告的主要内容

一份完整的实验报告一般应包括下列内容。

- ① 实验目的。
- ② 实验原理、方法简要说明。
- ③ 实验项目与实验线路。
- ④ 仪器设备(包括仪器设备的型号、规格或铭牌数据、数量、使用方法)。
- ⑤ 实验步骤与原始数据。
- ⑥ 结果分析与结论。
- ⑦ 问题讨论(回答实验指导书中或实验指导人员提出的问题、实验注意事项,写出实验的收获)。

2. 实验报告的格式

一般格式如表 1-1 所示。



表 1-1 电机实验报告

实验名称					
姓名		班级		分组号	
同组者				指导者	
实验日期				环境温度	
1. 实验目的					
2. 实验设备与仪表					
3. 实验原理					
4. 实验内容与步骤					
5. 注意事项					
6. 实验报告					

3. 原始数据处理

读取及记录原始数据时,应根据表头指针在标尺两个最小刻度线之间的位置做出估读(数字式仪表可直接读取数据),所读取数据的最后一位为欠准确的估计数字。在编写实验报告的过程中必须充分尊重原始数据的客观性、真实性,可根据情况对其进行取舍,但不得改动原始数据。不得借用其他实验组的原始数据。编写实验报告时原始数据应重新抄录于规范的数据表格中,并将经实验指导者认可的原始数据附在实验报告后。对原始数据的处理应根据数据运算表达式及有效数字的基本运算规则进行。

(1) 四舍五入

数据处理的结果一般只应含有一位欠准确的估计数字,去掉第二位欠准确数字时可采取四舍五入法。

(2) 有效位数

多个有效数字运算时,其结果的有效数字位数一般取与参与运算的各个数据中最少的有效数字位数相同。

(3) 曲线描绘

描绘曲线时应注意以下事项。

- ① 应采用规定的坐标纸作图 (一般多采用标准坐标纸)。



② 根据实验数据或计算结果选择图幅大小，一般在选取适当比例后，图幅大小应以能反映数据的末位数字为宜。

③ 坐标轴所对应的被测量名称、单位、坐标比例值、特性曲线名称应标注清楚。

④ 在坐标系上标出相关点的位置时，一般以“*”、“·”或“△”标注。

⑤ 标注坐标点后大致已经能够看出曲线形状，对标定的坐标点进行筛选，剔除有明显误差或不合理的个别点。以曲线板画出通过剩余绝大多数点平均位置的光滑曲线。一般要求实际坐标点应能大致平均分布于该光滑曲线的两侧。

4. 结果分析与结论

对结果的分析是十分重要的，其内容主要包括以下几个方面。

① 对实验原始数据分析、计算，得出合理的结论。

② 分析误差及产生误差的原因。

③ 若实验中出现异常现象，应对其产生原因进行分析，并找出解决办法。

根据上述情况在独立分析的基础上做出结论，包括：结论是什么，通过实验是否达到了预期目的。此外，在实验报告中还应写出实验注意事项、仪器设备的使用要点、相关问题的回答及使用收获。



第2章 电工仪表的使用

2.1 绝缘电阻的测量

对电机或变压器绕组与绕组之间、绕组与外壳或铁芯之间绝缘电阻的测量能反映设备绝缘是否可靠,这对设备本身及操作者的安全有重要意义。

1. 关于绕组绝缘电阻的规定

根据国家标准规定,正常工作温度时绕组绝缘电阻不应低于下式所确定的数值。

$$R_x \geq \frac{U_N}{1000 + 0.01P_N}$$

式中 R_x ——绕组绝缘电阻 ($M\Omega$);

U_N ——电机绕组的额定电压值 (V);

P_N ——电机的额定功率 (kW)。

实测时允许电机或变压器在正常工作温度上下 10°C 的范围内变化,但绕组在测试时不得带电测量。如果各绕组之间相互不连接,应分别测量各绕组对外壳的绝缘电阻及各绕组之间的绝缘电阻;若各绕组在设备内部已经连接,则只测量绕组对外壳的绝缘电阻。

冷态绝缘电阻一般随温度变化而呈指数规律变化,相应最低合格阻值可根据标准规定热态绝缘电阻最低值及环境温度来估算。例如:Y 系列 380V, B 级绝缘的小型电机,其冷态绝缘电阻合格值大致可按下述关系式估算。

$$R_{t_0} = 0.38 \times 2^{\frac{75-t_0}{10}}$$

式中 R_{t_0} ——冷态绝缘电阻合格值 ($M\Omega$);

t_0 ——电机所处的环境温度 ($^\circ\text{C}$)。

取 B 级绝缘基准温度为 75°C , 计算结果如表 2-1 所示。

表 2-1 冷态绝缘电阻合格值

环境温度/ $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40
冷态绝缘电阻合格值/ $M\Omega$	69	49	35	25	18	13	9	6	5

2. 兆欧表的使用

兆欧表主要由一台小容量、高输出电压的手摇直流发电机和一只磁电比率表及测量线路组成,因为在测量时要摇动手柄,因此又常被称为摇表。兆欧表外形如图 2-1 所示。

使用兆欧表应注意以下几个方面。

① 测量前,需使被测设备与电源脱离,禁止设备在带电状态下测量。

② 兆欧表水平放置。“线路(L)”与“保护环”或“屏蔽(G)”端子开路时,表针应在“ ∞ ”刻度处。然后将“线(L)”与“地(E)”端子短接,按规定的方向缓慢摇动手柄,观察指针是否指向“0”刻度处。若不能,则兆欧表有故障,不能用于测量。

③ 测量前要将被测端短路放电,以防止测试前设备因通电其电容储能在测量时放电,对

操作者或兆欧表造成损害。

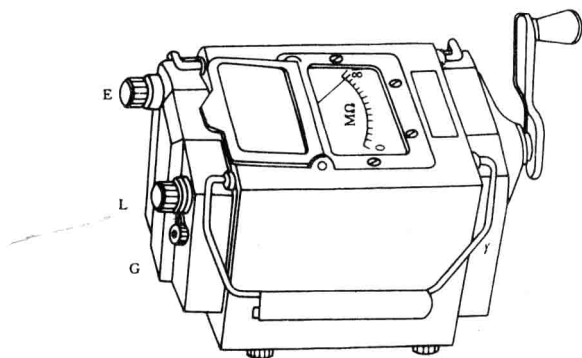


图 2-1 兆欧表外形

④ 测量时一般只使用兆欧表的“线路 (L)”和“地 (E)”两个接线端接被测对象，测量线路如图 2-2 所示。但在被测物表面有较严重漏电时，需使用“保护环”或“屏蔽 (G)”端子，以消除因漏电而引起的误差。测量线路如图 2-3 所示。

⑤ 连接兆欧表与被测对象之间宜使用单股导线。

⑥ 手柄的摇动速度尽量保持 120r/min，指针稳定 1min 后进行读数。

⑦ 测试完毕，先降低手柄摇动速度并将“线路 (L)”端子与被测对象断开。然后停止摇动手柄，以防止设备电容对兆欧表放电造成损害。

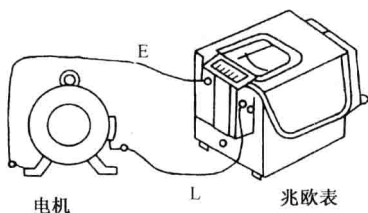


图 2-2 兆欧表测量线路

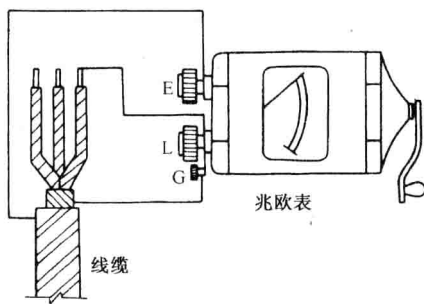


图 2-3 需屏蔽测试时兆欧表测量线路

2.2 绕组冷态直流电阻的测量

在电机运行过程中，绕组电阻随绕组温度的变化而变化，其电阻值的大小直接关系到电机的损耗、效率和温升。因此，在对这些方面进行分析时需测定绕组的冷态直流电阻值。做法是先将冷态下绕组的直流电阻测出，然后根据它与温度变化的关系换算成实际工作温度下的电阻值。换算关系为：

$$r_w = \frac{K + t_w}{K + t_0} r_{t_0}$$

式中 t_w ——基准工作温度 (°C，E、B 级绝缘时取为 75°C，F、H 级绝缘时取为 115°C)；

t_0 ——绕组实际冷态温度 (°C)；

r_{t_0} ——绕组实际冷态电阻值 (Ω)；



K ——绕组温度电阻换算常数（铜绕组取 $K=235$ ，铝绕组取 $K=228$ ）。

测量绕组冷态直流电阻一般有两种方法，即伏安法和电桥法。

2.3 温度的测量

电机运行时的温度高低直接影响到电机的寿命及安全。在电机实验中，一般采取电阻法和温度计法来测量温度及温升。

1. 电阻法

(1) 电阻法测量温度原理

通过测量电机在冷态及运行时的绕组直流电阻，根据绕组电阻与温度的变化关系来计算绕组的实际温度。其计算公式为：

$$t = \frac{r_t - r_{t_0}}{r_{t_0}} (K + t_0) + t_0$$

式中 t_0 ——冷态时绕组温度（℃）；

r_t ——绕组热态电阻（Ω）；

r_{t_0} ——绕组冷态电阻（Ω）；

K ——换算常数（铜绕组 $K=235$ ，铝绕组 $K=228$ ）。

(2) 测量方法

在使用电阻法测温时，对电机应尽量采用相应的带电测温装置，该装置内部的双臂电桥可用于测量通电状态下绕组电阻值。若不具备使用带电测温装置的条件，则可使用断电法。但这种方法操作起来较麻烦，而且因为绕组断电后其温度下降，电阻值也会下降，所以需要通过冷却曲线校正得到断电时（热态）电阻值。具体方法如下。

① 估计绕组热态大致温度及电阻值，电机断电前准备好测量电桥及计时装置。断电后开始计时并立即接入电桥，迅速调整电桥至平衡，读取绕组电阻测量值。

② 按一定的时间间隔（初始时间间隔不能太长）分别测出相应的绕组电阻值，并记录此时距断电时刻的时间，绘出绕组电阻与冷却时间之间的曲线，即冷却曲线。冷却曲线如图 2-4 所示。

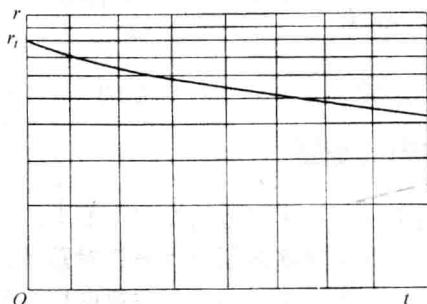


图 2-4 冷却曲线

③ 由于绕组温度下降过程与时间之间的关系大致按指数规律变化，该规律也同时影响到电阻值的下降过程，所以在绘制冷却曲线时，建议采用半对数坐标纸（一轴为对数分度，另一轴为线性分度），曲线可在一定程度上被坐标压缩具有较好的线性，便于较准确地延长校正。若使用普通坐标纸，则延长时需根据曲线的变化趋势进行，此时误差相对较大。绘制冷却曲