



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机电综合实践

郁建平 编著



科学出版社  
www.sciencep.com

TH-39/96

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机电综合实践

郁建平 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书为“机电综合实践”课程教学而编写,全书共分为8章。第1~4章是实践基础知识,为后续的综合实践做准备。其中,第1章“机电控制基础实验”与“机电控制技术”理论课程同步进行,实验内容与理论课程衔接,设置了设计型、综合型、研究创新性实验项目。第5~8章是综合实践内容,以制造业自动化为背景,以机电控制系统实现为核心,通过经历典型机电系统的设计、安装和调试等工程实践过程,巩固和拓展所学知识,培养学生综合应用能力,强化工程意识和系统观念,激发科技创新意识。内容涉及制造业自动化的各个方面,第5章介绍工业机器人应用技术,第6章介绍自动化制造系统(装备)技术,第7章介绍物流自动化装备技术,第8章介绍数控设备实现技术。

本书可作为普通高等院校本科机械设计制造及其自动化、机械电子工程、工业自动化等专业机电控制类课程实践教材,也可供从事机电一体化和工业自动化的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机电综合实践 / 郁建平编著. —北京:科学出版社,2008.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-020600-8

I. 机… II. 郁… III. 机电工程—高等学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第201395号

责任编辑:段博原 潘继敏 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年1月第一次印刷 印张:22

印数:1—4 000 字数:421 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

# 前 言

机电控制技术作为机械工程及自动化专业教学体系中的三大主线之一,主要由“电工电子技术”、“微机原理及应用”、“控制工程基础”、“机械工程测试技术”、“机电控制技术”、“运动控制技术”、“数控技术”、“自动化装备技术”等理论课程及其相关的实验及综合实践环节组成。其中,“机电控制技术”课程是主线中的核心环节。为了达到既定的教学目标,各理论课程相应配套独立设置的实验课程。在具备了基本的机电知识和技能之后,再进行综合性实践课程“机电综合实践”,这是机电控制技术理论课程知识的实际应用演练和综合检验。在学生已经具备基本的电工电子、微机原理、控制工程基础、机械工程测试技术、机电控制技术相关知识的基础上,以机械为对象,通过机电控制系统的实现,使学生掌握面向机械工程的控制技术基本知识和技能,掌握机电系统分析和设计的基本方法,并使之能够合理选用控制方法和装置构建机电控制系统,能从理论上对机电系统的动态性能和稳态性能进行定性分析和定量计算,为进一步学习、研究和处理后续课程及其机械工程中的控制技术问题打下坚实的基础。通过“机电综合实践”,学生的知识得到了巩固、拓展和升华。

“机电综合实践”是教学改革产物,也是为了满足现代社会对现代机电工程技术人才的需求所采取的一项教学措施。早在十几年前(1996年),我们在国内首先试行独立设置的实践性课程“机电综合实践”,当时的目的只是为了锻炼学生的动手能力,加强理论课教学效果,确实取得了很好的效果。经过多年的教学实践,“机电综合实践”的教学内容和教学方式得到不断的补充和完善,我们于1999年编写了“机电综合实践”内部使用讲义,2003年根据教学内容的进一步调整又修编了“机电综合实践”(第二版)讲义。

为了切实保证机电控制技术理论课程和实践课程教学在内容和时间上的优化衔接,我们构建了理论课程、实验课程、综合实践与课外研学相结合的课程体系构架。其中,实践性教学环节不仅保证了理论课程知识点的及时理解和巩固,更重要的是确保了理论课程知识的拓展和应用能力的培养。基于上述教学思想,经过多年建设所形成的机电控制技术课程体系由“机电控制技术”(课堂讲授为主)、“机电控制基础实验”、“机电综合实践”(自主实验、实践为主)三个独立设置学分、内容又相互配套衔接的部分组成,其中实践教学环节凸现分层次、多样性、开放性的教学思想。

作为一个完整的课程教材体系,理论课教材《机电控制技术》已经于2006年出

版发行；我们在经过多年使用的“机电综合实践”内部讲义的基础上，把“机电控制基础实验”和“机电综合实践”的教学内容合编在一起构成本书，即实践性教材《机电综合实践》，与《机电控制技术》配套使用。

全书共分为8章，第1~4章是实践基础知识，为后续的综合实践做准备。其中，第1章“机电控制基础实验”（建议课内学时16学时）与“机电控制技术”理论课程同步进行，实验内容与理论课程衔接。设置了设计型、综合型、研究创新性实验项目，使学生着重体会和加深理解与“机电控制技术”课程相关的基本知识、基本理论和基本应用方法，培养其运用实验方法研究和设计机电控制系统的初步能力、发现问题和综合分析问题的能力以及自主创新的能力。相应的知识模块至少有一个必做实验，保证基本教学要求，共需16学时。同时，每个知识模块配备了一定量的选做实验，知识面更宽，难度更大，学有余力或有兴趣的学生可选做，实现了分层次、个性化教学的目的。

第5~8章是综合实践内容（建议课内学时40学时或1周），以制造业自动化为背景，以机电控制系统实现为核心，通过典型机电系统的设计、安装和调试等工程实践过程，不但巩固和拓展所学知识，更重要的是要培养学生综合运用所学知识来构筑系统、强化工程意识和系统观念，并从中得到工程实践能力的培养，激发科技创新意识。内容涉及制造业自动化的各个方面，第5章涉及工业机器人应用技术，第6章涉及自动化制造系统（装备）技术，第7章涉及物流自动化装备技术，第8章涉及数控设备实现技术。每章首先介绍相关背景知识，然后提供若干不同层次的参考选题，学生根据自身的兴趣爱好和能力选择相关题目，并独立自主完成。

在“机电综合实践”的教学实施过程中，为了体现教学内容多样性和开放性，一方面，在课程教学过程中，可以结合授课教师的科研实践，给学生提供“就在眼前”的与课程内容紧密相关的各种应用实例作为教学内容；另一方面，在“机电综合实践”课程内容设计上与实验室建设尽量协调一致，以典型机电系统为核心，而典型机电系统涉及现代制造业的各个方面，内容可以丰富多彩；此外，对于学生的课外研学活动、SRPT、学科竞赛活动的内容，如果符合课程教学要求，以自主命题的形式也可以作为“机电综合实践”课程教学内容。并且，对于同一个典型机电系统可以有多种实现方案，从简单到复杂有无限多的教学空间，体现开放性的另一面。这样构建的课程内容在教学实践中就能有效地实施个性化、分层次的教学理念，为创新型人才和拔尖人才的成长提供良好的环境。

本书可作为普通高等院校本科机械设计制造及其自动化、机械电子工程工业自动化等专业机电控制类课程实践教材，授课时以《机电控制技术》为理论教学用教材，《机电综合实践》为必备的实践性配套教材，也可作为从事机电一体化和工业自动化工程技术人员参考资料。

在本书的编写、出版过程中，得到了科学出版社的帮助和支持，得到了东南大

学汤崇熙教授、许映秋教授的关心和指点,也得到了东南大学教务处领导的关心和支持,在此表示衷心的感谢。赵永美参与了第1章“机电控制基础实验”的编写。另外本书的编写参考了有关资料(见参考文献),在此对参考文献的作者们表示衷心的感谢。

限于本人的水平,加之时间仓促,书中一定会有错误和不当之处,恳请广大读者和同行给予批评指正。

郁建平  
2007年7月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 机电控制基础实验</b> .....	1
1.1 实验注意事项 .....	1
1.2 电动机特性实验 .....	4
1.3 低压电器控制电路实验.....	25
1.4 可编程控制器基本实验.....	33
1.5 晶闸管直流调速系统基本实验.....	39
1.6 变频调速控制器基本实验.....	46
<b>第 2 章 S7-300 系列中型可编程控制器</b> .....	52
2.1 S7-300 系列 PLC 系统结构 .....	52
2.2 S7-300 PLC 中央处理单元 CPU 模块.....	57
2.3 S7-300 PLC 数字量模块 .....	64
2.4 S7-300 PLC 模拟量模块 .....	68
2.5 S7-300 系列 PLC 软件系统 .....	77
<b>第 3 章 ControlLogix5000 系列大型 PLC</b> .....	87
3.1 ControlLogix5000 系列 PLC 系统构架 .....	87
3.2 ControlLogix PLC 主要模块 .....	94
3.3 RSLogix5000 软件系统 .....	102
<b>第 4 章 工业控制网络技术</b> .....	142
4.1 概述 .....	142
4.2 RS-485 通信协议及其总线标准 .....	148
4.3 Profibus 工业现场网络 .....	161
4.4 DeviceNet 工业现场网络 .....	171
4.5 工业以太网 .....	203
<b>第 5 章 工业机器人应用</b> .....	225
5.1 概述 .....	225
5.2 机器人控制技术 .....	227
5.3 机器人驱动技术 .....	231
5.4 YASKAWA 工业机器人 .....	240
5.5 综合设计与实践 .....	268

<b>第 6 章 自动化制造系统</b> .....	270
6.1 概述 .....	270
6.2 直线型自动化生产线 .....	270
6.3 圆周型自动化生产线 .....	294
6.4 综合设计与实践 .....	299
<b>第 7 章 物流自动化工程</b> .....	301
7.1 概述 .....	301
7.2 自动化立体仓库组成原理 .....	305
7.3 物流自动化输送设备 .....	314
7.4 现代电梯组成原理 .....	319
7.5 综合设计与实践 .....	322
<b>第 8 章 现代数控设备</b> .....	325
8.1 数控设备基本工作原理 .....	325
8.2 数控机床的组成与加工特点 .....	327
8.3 数控机床的分类 .....	330
8.4 数控机床的发展趋势 .....	333
8.5 综合设计与实践 .....	342
<b>参考文献</b> .....	344



# 第 1 章 机电控制基础实验

## 1.1 实验注意事项

### 1.1.1 实验装置交流及直流电源操作说明

实验中开启及关闭电源都在控制屏上操作。开启三相交流电源的步骤为：

(1) 开启电源前。要检查控制屏下面“直流电动机电源”的“电枢电源”开关(右下角)及“励磁电源”开关(左下角)都须在“关”断的位置。控制屏左侧端面上安装的调压器旋钮必须在零位,即必须将它向逆时针方向旋转到底。

(2) 检查无误后开启“电源总开关”,“关”按钮指示灯亮,表示实验装置的进线接到电源,但还不能输出电压。此时在电源输出端进行实验电路接线操作是安全的。

(3) 按下“开”按钮,“开”按钮指示灯亮,表示三相交流调压电源输出插孔 U、V、W 及 N 上已接电。实验电路所需的不同大小的交流电压,都可适当旋转调压器旋钮用导线从这三相四线制插孔中取得。输出线电压为 0~450V(可调)并可由控制屏上方的三只交流电压表指示。当电压表下面左边的“指示切换”开关拨向“三相电网电压”时,它指示三相电网进线的线电压;当“指示切换”开关拨向“三相调压电压”时,它指示三相四线制插孔 U、V、W 和 N 输出端的线电压。

(4) 实验中如果需要改接线路,必须按下“关”按钮以切断交流电源,保证实验操作安全。实验完毕,还需关断“电源总开关”,并将控制屏左侧端面上安装的调压器旋钮调回到零位,且将“直流电动机电源”的“电枢电源”开关及“励磁电源”开关拨回到“关”断位置。

开启直流电动机电源的操作:

(1) 直流电源是由交流电源变换而来,开启“直流电动机电源”,必须先完成开启交流电源,即开启“电源总开关”并按下“开”按钮。

(2) 在此之后,接通“励磁电源”开关,可获得约为 220V、0.5A 不可调的直流电压输出。接通“电枢电源”开关,可获得 40~230V、3A 可调节的直流电压输出。励磁电源电压及电枢电源电压都可由控制屏下方的一只直流电压表指示。当将该电压表下方的“指示切换”开关拨向“电枢电压”时,指示电枢电源电压;当将它拨向“励磁电压”时,指示励磁电源电压。但在电路上“励磁电源”与“电枢电源”、“直流电动机电源”与“交流三相调压电源”都是经过三相多绕组变压器隔离的,可独立使用。

(3) “电枢电源”是采用脉宽调制型开关式稳压电源,输入端接有滤波用的大电容,为了不使过大的充电电流损坏电源电路,采用了限流延时的保护电路。所以本电源在开机时,从电枢电源开合闸到直流电压输出有 3~4s 的延时,这是正常的。

(4) 电枢电源设有过压和过流指示告警保护电路。当输出电压出现过压时,会自动切断输出,并告警指示。此时需要恢复电压,必须先将“电压调节”旋钮逆时针旋转调低电压到正常值(约 240V 以下),再按“过压复位”按钮,即能输出电压。当负载电流过大(即负载电阻过小)超过 3A 时,也会自动切断输出,并告警指示,此时需要恢复输出,只要调小负载电流(即调大负载电阻)即可。有时候在开机时出现过流告警,说明在开机时负载电流太大,需要降低负载电流,可在电枢电源输出端增大负载电阻或暂时拔掉一根导线(空载)开机,待直流输出电压正常后,再插回导线加正常负载(不可短路)工作。若在空载时开机仍发生过流告警,这是由于气温或湿度明显变化,造成光电耦合器 TIL117 漏电使过流保护起控点改变所致,一般经过空载开机(即开启交流电源后,再开启“电枢电源”开关)预热几十分钟,即可停止告警,恢复正常。所有这些操作到直流电压输出都有 3~4s 的延时。

(5) 在做直流电动机实验时,要注意开机时须先开“励磁电源”,后开“电枢电源”;在关机时,则要先关“电枢电源”而后关“励磁电源”。同时要注意在电枢电路中串联启动电阻以防止电源过流保护。具体操作要严格遵照实验指导书中有关内容的说明。

### 1.1.2 实验的基本要求

实验课的目的旨在培养学生掌握基本的实验方法与操作技能。培养学生学会根据实验目的、实验内容及实验设备拟定实验线路,选择所需仪表,确定实验步骤,测取所需数据,进行分析研究,得出必要结论,从而完成实验报告。在整个实验过程中,必须集中精力,及时认真做好实验。现按实验过程提出下列基本要求。

#### 1. 实验前的准备

实验前应复习教科书有关章节,认真研读实验指导书,了解实验目的、项目、方法与步骤,明确实验过程中应注意的问题(有些内容可到实验室对照实验预习,如熟悉组件的编号、使用及其规定值等),并按照实验项目准备记录抄表等。

实验前应写好预习报告,经指导教师检查确认,方可开始做实验。

认真做好实验前的准备工作,对于培养同学独立工作能力,提高实验质量和保护实验设备都是很重要的。

#### 2. 实验的进行

##### 1) 建立小组,合理分工

每次实验都以小组为单位进行,每组 2 人,实验进行中的接线、调节负载、保持

电压或电流、记录数据等工作每人应有明确的分工,以保证实验操作协调,记录数据准确可靠。

## 2) 选择组件和仪表

实验前先熟悉该次实验所用的组件,记录电动机铭牌和选择仪表量程,然后依次排列组件和仪表便于测取数据。

## 3) 按图接线

根据实验线路图及所选组件、仪表按图接线,线路力求简单明了;按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,每路可用相同颜色的导线或插头。

## 4) 启动电动机,观察仪表

在正式实验开始之前,先熟悉仪表刻度,并记下倍率,然后按一定规范启动电动机,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,即可正式开始实验。

## 5) 测取数据

预习时对电动机的试验方法及所测数据的大小做到心中有数。正式实验时,根据实验步骤逐次测取数据。

## 6) 认真负责,实验有始有终

实验完毕,须将数据交指导教师审阅。经指导教师认可后,才允许拆线并把实验所用的组件、导线及仪器等物品整理好。

# 3. 实验报告

实验报告是根据实测数据和在实验中观察与发现的问题,经过自己分析研究或分析讨论后写出的心得体会。

实验报告要简明扼要,字迹清楚,图表整洁,结论明确。

实验报告包括以下内容:

- (1) 实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期、室温( $^{\circ}\text{C}$ )。
- (2) 列出实验中所用组件的名称及编号,电动机铭牌数据( $P_N$ 、 $U_N$ 、 $I_N$ 、 $n_N$ )等。
- (3) 列出实验项目并绘出实验时所用的线路图,并注明仪表量程、电阻器阻值、电源端编号等。
- (4) 数据的整理和计算。
- (5) 按记录及计算的数据用坐标纸画出曲线,图纸尺寸不小于  $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ ,曲线要用曲线尺或曲线板连成光滑曲线,不在曲线上的点仍按实际数据标出。
- (6) 根据数据和曲线进行计算和分析,说明实验结果与理论是否符合,可对某些问题提出一些自己的见解并最后写出结论。实验报告应写在一定规格的报告纸上,保持整洁。
- (7) 每次实验每人独立完成一份报告,按时送交指导教师批阅。

### 1.1.3 实验安全操作规程

为了按时完成机电控制技术实验,确保实验时人身安全与设备安全,要严格遵守如下规定的安全操作规程:

(1) 实验时,人体不可接触带电线路。

(2) 接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。

(3) 学生独立完成接线或改接线路后必须经指导教师检查和允许,并引起组内其他同学注意后方可接通电源。实验中如发生事故,应立即切断电源,经查清问题和妥善处理故障后,才能继续进行实验。

(4) 电动机如直接启动则应先检查功率表及电流表的电流量程是否符合要求,是否有短路回路存在,以免损坏仪表或电源。

(5) 总电源或实验台控制屏上的电源接通应由实验指导人员来控制,其他人只能由指导人员允许后方可操作,不得自行合闸。

## 1.2 电动机特性实验

### 1.2.1 直流电动机特性测定

#### 1. 实验目的

(1) 掌握用实验方法测取直流并励电动机的工作特性和机械特性。

(2) 掌握直流并励电动机的调速方法。

#### 2. 预习要点

(1) 什么是直流电动机的工作特性和机械特性?

(2) 直流电动机调速原理是什么?

#### 3. 实验项目

##### 1) 工作特性和机械特性

保持  $U=U_N$  和  $I_f=I_{fN}$  不变,测取  $n, T_2, \eta=f(I_a), n=f(T_2)$ 。

##### 2) 调速特性

(1) 改变电枢电压调速。保持  $U=U_N, I_f=I_{fN}=\text{常数}, T_2=\text{常数}$ , 测取  $n=f(U_a)$ 。

(2) 改变励磁电流调速。保持  $U=U_N, T_2=\text{常数}$ , 测取  $n=f(I_f)$ 。

#### 4. 实验设备

直流电动机特性实验所需挂件如表 1.1 所示。屏上挂件排列顺序：D31、D42、D51、D31、D44。

表 1.1 直流电动机特性实验所需挂件

序号	型号	名称	数量
1	DD03	导轨、测速发电机及转速表	1 台
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ15	直流并励电动机	1 台
4	D31	直流电压、毫安、电流表	2 件
5	D42	三相可调电阻器	1 件
6	D44	可调电阻器、电容器	1 件
7	D51	波形测试及开关板	1 件

#### 5. 并励电动机的工作特性和机械特性测定

(1) 按图 1.1 接线。校正直流测功机 MG 按他励发电机连接，在此作为直流电动机 M 的负载，用于测量电动机的转矩和输出功率。 $R_{f1}$  选用 D44 的 1800 $\Omega$  阻值。 $R_{f2}$  选用 D42 的 900 $\Omega$  串联 900 $\Omega$  共 1800 $\Omega$  阻值。 $R_1$  用 D44 的 180 $\Omega$  阻值。 $R_2$  选用 D42 的 900 $\Omega$  串联 900 $\Omega$  再加上 900 $\Omega$  并联 900 $\Omega$  共 2250 $\Omega$  阻值。

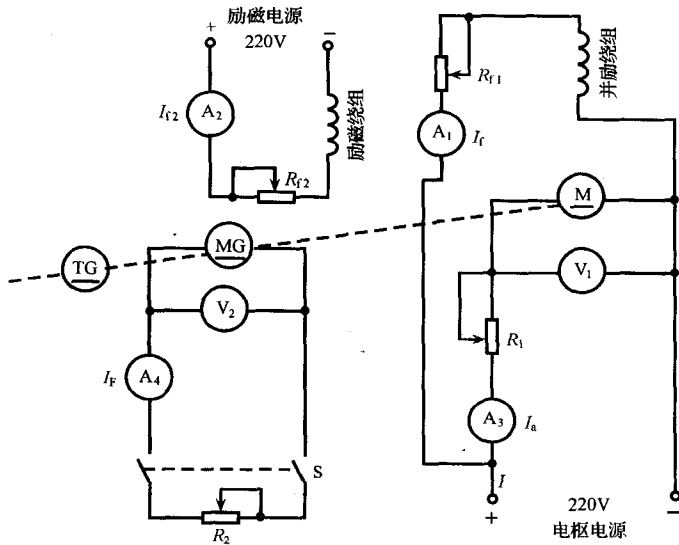


图 1.1 直流并励电动机实验电路图

(2) 将直流并励电动机 M 的磁场调节电阻  $R_{f1}$  调至最小值，电枢串联启动电

阻  $R_1$  调至最大值,接通控制屏下边右方的电枢电源开关使其启动,其旋转方向应符合转速表正向旋转的要求。

(3) M 启动正常后,将其电枢串联电阻  $R_1$  调至零,调节电枢电源的电压为 220V,调节校正直流测功机的励磁电流  $I_{t2}$  为校正值(50mA 或 100 mA),再调节其负载电阻  $R_2$  和电动机的磁场调节电阻  $R_{f1}$ ,使电动机达到额定值

$$U = U_N, \quad I = I_N, \quad n = n_N$$

此时 M 的励磁电流  $I_f$  即为额定励磁电流  $I_{fN}$ 。

(4) 保持  $U=U_N, I_f=I_{fN}, I_{t2}$  为校正值不变的条件下,逐次减小电动机负载。测取电动机电枢输入电流  $I_a$ ,转速  $n$  和校正电动机的负载电流  $I_F$ (由校正曲线查出电动机输出对应转矩  $T_2$ )。共取数据 9 或 10 组,记录于表 1.2 中。

表 1.2  $U=U_N=$  \_\_\_\_\_ V  $I_f=I_{fN}=$  \_\_\_\_\_ mA  $I_{t2}=$  \_\_\_\_\_ mA

实验数据	$I_a/A$									
	$n/(r/min)$									
	$I_F/A$									
	$T_2(N \cdot m)$									
计算数据	$P_2/W$									
	$P_1/W$									
	$\eta/\%$									
	$\Delta n/\%$									

## 6. 调速特性实验

### 1) 改变电枢端电压的调速

(1) 直流电动机 M 运行后,将电阻  $R_1$  调至零, $I_{t2}$ 调至校正值,再调节负载电阻  $R_2$ 、电枢电压及磁场电阻  $R_{f1}$ ,使 M 的  $U=U_N, I=0.5I_N, I_f=I_{fN}$ ,记下此时 MG 的  $I_F$  值。

(2) 保持此时的  $I_F$  值(即  $T_2$  值)和  $I_f=I_{fN}$  不变,逐次增加  $R_1$  的阻值,降低电枢两端的电压  $U_a$ ,使  $R_1$  从零调至最大值,每次测取电动机的端电压  $U_a$ 、转速  $n$  和电枢电流  $I_a$ 。

(3) 共取数据 8 或 9 组,记录于表 1.3 中。

表 1.3  $I_f=I_{fN}=$  \_\_\_\_\_ mA  $T_2=$  \_\_\_\_\_ N · m

$U_a/V$									
$n/(r/min)$									
$I_a/A$									

## 2) 改变励磁电流的调速

(1) 直流电动机运行后,将 M 的电枢串联电阻  $R_1$  和磁场调节电阻  $R_{f1}$  调至零,将 MG 的磁场调节电阻  $R_{f2}$  调至校正值,再调节 M 的电枢电源调压旋钮和 MG 的负载,使电动机 M 的  $U=U_N, I=0.5I_N$  记下此时的  $I_F$  值。

(2) 保持此时 MG 的  $I_F$  值( $T_2$  值)和 M 的  $U=U_N$  不变,逐次增加磁场电阻阻值,直至  $n=1.3n_N$ ,每次测取电动机的  $n, I_t$  和  $I_a$ 。共取 7 或 8 组记录于表 1.4 中。

表 1.4  $U=U_N = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$        $T_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{N} \cdot \text{m}$

$n/(\text{r}/\text{min})$								
$I_t/\text{mA}$								
$I_a/\text{A}$								

## 7. 实验报告要求

(1) 由表 1.2 计算出  $P_2$  和  $\eta$ , 并给出  $n, T_2, \eta=f(I_a)$  及  $n=f(T_2)$  的特性曲线。

电动机输出功率  $P_2=0.105nT_2$

式中, 输出转矩  $T_2$  的单位为  $\text{N} \cdot \text{m}$ (由  $I_{t2}$  及  $I_F$  值, 从校正曲线  $T_2=f(I_F)$  查得), 转速  $n$  的单位为  $\text{r}/\text{min}$ 。

电动机输入功率  $P_1=UI$

输入电流  $I=I_a+I_{fN}$

电动机效率  $\eta=\frac{P_2}{P_1} \times 100\%$

由工作特性求出转速变化率  $\Delta n\% = \frac{n_0 - n_N}{n_N} \times 100\%$

(2) 绘出并励电动机调速特性曲线  $n=f(U_a)$  和  $n=f(I_t)$ 。分析在恒转矩负载时两种调速的电枢电流变化规律以及两种调速方法的优缺点。

## 8. 思考题

(1) 并励电动机的速率特性  $n=f(I_a)$  为什么是略微下降? 是否会出现上翘现象? 为什么? 上翘的速率特性对电动机运行有何影响?

(2) 当电动机的负载转矩和励磁电流不变时, 减小电枢端电压会引起电动机转速降低, 为什么?

(3) 当电动机的负载转矩和电枢端电压不变时, 减小励磁电流会引起转速的升高, 为什么?

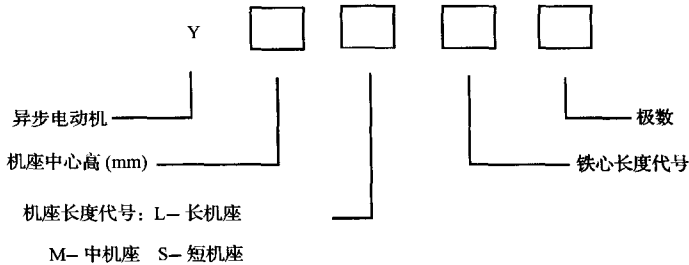
(4) 并励电动机在负载运行中, 当磁场回路断线时是否一定会出现“飞车”? 为什么?

## 1.2.2 交流异步电动机特性测定

### 1. 常用交流异步电动机基本知识

交流异步电动机由于其使用方便、控制简单、价格低廉等优点,在机电设备中被广泛采用。根据不同的使用对象,又形成了许多系列。如 Y 系列小型三相异步电动机, YR 系列小型绕线转子三相异步电动机, YD 系列变极多速三相异步电动机, YCT 系列电磁调速电动机, AO2、BO2、CO2、DO2 系列微型驱动异步电动机。

Y 系列小型三相异步电动机型号命名表示如下:



电动机外壳的防护应符合《电动机外壳防护分级》GB 4942.1—1985 的规定。防护等级的代号由表征字 IP 及附加在后的两个表征数字组成。第一位表征字表示外壳对人和壳内部件的防护等级,如表 1.5 所示;第二位表征字表示由于外壳进水而引起有害影响的防护等级,如表 1.6 所示。

表 1.5 第一位表征字表示的防护等级

第一位表征数字	防护等级	
	简述	含义
0	无防护电动机	无专门防护
1	防护大于 50mm 固体电动机	能防止大面积的人体(如手)偶然或意外触及或接近壳内带电或转动部件(但不能防止故意接触) 能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内
2	防护大于 12mm 固体电动机	能防止手指或长度不超过 80mm 的类似物体触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内
3	防护大于 2.5mm 固体电动机	能防止直径大于 2.5mm 的工具或导线触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内
4	防护大于 1mm 固体电动机	能防止直径或厚度大于 1mm 的导线或片条触及或接近壳内带电或转动部件 能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内
5	防尘电动机	能防止触及或接近壳内带电或转动部件,进尘量不足以影响电动机的正常运行



表 1.6 第二位表征字表示的防护等级

第二位表征数字	防护等级	
	简述	含义
1	无防护电动机	无专门防护
1	防滴电动机	垂直滴水应无有害影响
2	15°防滴电动机	当电动机从正常位置向任何方向倾斜 15°以内任何角度时,垂直滴水应无有害影响
3	防淋水电动机	与垂直线成 60°范围内的淋水应无有害影响
4	防溅水电动机	承受任何方向的溅水应无有害影响
5	防喷水电动机	承受任何方向的喷水应无有害影响
6	防海浪电动机	承受猛烈的海浪冲水或强烈喷水时,电动机的进水量应达不到有害的程度
7	防浸水电动机	当电动机浸入规定压力的水中经规定的时间后,电动机的进水量应达不到有害的程度
8	潜水电动机	电动机在制造厂规定的条件下能长期潜水。电动机一般为水密型,对一些电动机也可允许进入,但应达不到有害的程度

《电动机结构及安装型式代号》GB 997—1981 规定,代号由“国际安装(International Mounting)”的缩写字母“IM”表示,及代表“卧式安装”的大写字母“B”或代表“立式安装”的大写字母“V”连同一位或二位数字组成。

0B3 机座有底脚,端盖无凸缘,安装在基础构件上。

B35 机座有底脚,端盖带凸缘,凸缘有通孔,借底脚安装在基础构件上,并附作凸缘安装。

B34 机座有底脚,端盖带凸缘,凸缘有螺孔并有止口,借底脚安装在基础构件上,并附作凸缘安装。

B5 机座无底脚,端盖带凸缘,凸缘有通孔,借凸缘安装。

B14 机座无底脚,端盖带凸缘,凸缘有螺孔并有止口,借凸缘安装。

V1 机座无底脚,轴伸向下。端盖带凸缘,凸缘有通孔,借凸缘在底部安装。

Y 系列三相交流异步电动机是全国统一设计的新系列小型鼠笼转子电动机,它是 20 世纪 80 年代更新换代产品,具有效率高,启动性能好,噪声低等优点。其功率等级和安装尺寸符合国际电工委员会(IEC)标准。电动机为一般用途的电动机,适用于驱动无特殊性能要求的各种机械设备。

电动机功率在 3 kW 以下的电动机,定子绕组为 Y 形接法,其他功率的电动机为三角形接法。电动机采用 B 级绝缘,外壳防护等级为 IP44,即能防护大于 1mm 的固体异物侵入壳内,同时能防护溅。冷却方式为全封闭自扇冷却。本系列电动机有三种基本安装结构型式: B3 型、B5 型、B35 型,电动机额定电压约为 380V,额定频率为 50Hz。其他技术参数见表 1.7。