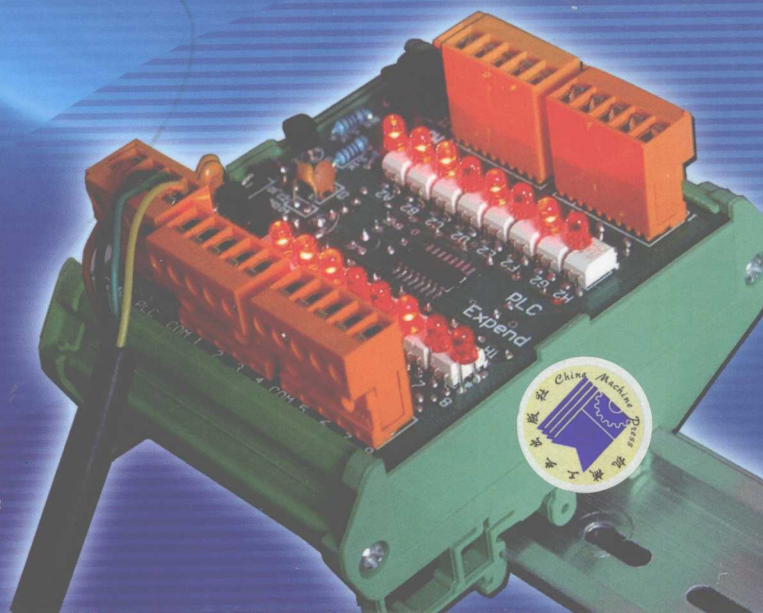


# 新编机床电气 与PLC控制技术

高安邦 智淑亚 徐建俊 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TG502.35/29

2008

# 新编机床电气与 PLC 控制技术

主编 高安邦 智淑亚 徐建俊  
参编 朱 静 陈俊生 崔荣兰  
主审 俞 宁

机械工业出版社

本书从凸现工学结合、学用一致,理论密切联系生产实际,“教、学、做”一体化的现代教学特色,注重对大学生进行素质和技能培养与提高的实用角度出发,详尽介绍了“机床电气与 PLC 控制技术”。全书共分 8 章,主要介绍机床传动控制中的电动机、机床常用低压电器和图形符号说明、机床电气控制电路的基本环节、机床控制中的 PLC 技术、典型机床的电气与 PLC 控制、机床电气与 PLC 控制系统设计、机床电气与 PLC 控制实验与实训指导和施耐德公司的 Twido 系列 PLC 开发应用指南。这是一部既有理论教学,更突出工程实践的新编综合性教程。

本书可作为普通高等理工院校相关专业本、专科教材及参考书;也适宜教学、科研和工矿企事业单位的工程技术人员学习掌握机床电气控制与 PLC 技术以及在设计改造传统机床、机电控制设备的应用中参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

新编机床电气与 PLC 控制技术/高安邦等主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 2

ISBN 978 - 7 - 111 - 23267 - 4

I. 新… II. 高… III. ①机床 - 电气控制②可编程序控制器  
IV. TG502.35 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002399 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:黄丽梅 版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计:王奕文 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.75 印张 · 572 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 23267 - 4

定价: 43.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

机床电气与 PLC 控制技术是综合了机床设备、电气控制和 PLC 应用技术的一门新兴科学,是实现机械加工、工业生产、科学研究以及其他各个领域自动化的重要技术之一,它是“机械设计制造及其自动化”、“机械电子工程(机电一体化)”、“数控机床”、“电气工程”、“工企自动化”、“计算机应用”以及“自动化”等专业的一门重要的新专业课,应用特别广泛。该新兴技术教学的目的无疑就是使学生掌握典型机床加工设备的机械结构组成、生产工艺过程、对电气控制的要求以及传统机床设备电气控制特点,并了解传统机电技术上的落后,从而采用先进的 PLC 技术加以改造和研发创新;这是一门工学结合、学用一致、理论紧密联系生产实际、能有效培养学生分析和解决生产实际问题的工程实践创新能力和综合素质的应用技术。本书编者就是一些多年来一直在从事“机电一体化”新学科教学发展和科研开发的专家教授,他们一直承担着机床电气与 PLC 控制技术这门新专业课的教学和科研开发。

然而遗憾的是,目前图书市场上没有一本教材是将机床设备、电气控制和 PLC 应用技术三者融会贯通在一起,尤其是把 PLC 技术真正用在机床设备的改造设计上。机床电气与 PLC 控制技术教材不针对性地介绍 PLC 高新技术在机床设备上的应用,机床设备电气与 PLC 控制技术严重脱节,学生们学完该课程后不会应用先进的 PLC 高新技术改造技术落后的传统机床老设备,甚至不知道 PLC 技术是怎样控制机床设备的;这就是目前图书市场上的机床电气与 PLC 控制技术教材的严重弊端和缺陷。现在 PLC 已被排在现代工业四大支柱(PLC、数控机床、工业机器人、CAD/CAM)之首位,其推广应用的程度已被作为衡量一个国家先进水平的重要标志。本书编者从事该课程教学多年,深感此类教材的学和用、理论和实践的严重脱节,即学习过机床电气与 PLC 应用技术课程的学生改造或设计不了真实机床的电气和 PLC 控制系统。

大学生素质和技能教育的教学改革必须从教材改革入手,机床电气与 PLC 应用技术课程的教学目的和宗旨就是要学生学会机床电气控制技术和 PLC 应用技术,并把两种技术能有机地融合在一起,用先进的 PLC 技术改造传统落后的机床及机械设各,设计出现代化的机床 PLC 控制系统来,达到工学结合、理论教学服务于生产实践之目标。

本书编者早就想编写一本能改造和设计出现代机床 PLC 控制的好书。本书的编写正是从实际的工程应用出发,努力培养学生的综合素质和技能,力求设计

实例丰富,可读性、可用性和实践性强,学生通过学习和参考此书,能进行传统落后机床及机械设备的 PIC 技术改造和创新设计。它要将机床设备、电气控制和 PLC 应用技术三者融会贯通在一起,尤其是把 PLC 技术真正用在机床设备的技术改造和创新设计上。

本教材将从使用的角度出发,以培养学生的综合素质和工程实践创新能力为主线,突出工艺要领与操作,既注重传统技能的培养,又注重高新技术应用能力的开发。书中将详细介绍机床中常用交直流电动机的工作特性;低压电器的结构组成、图形符号、工作原理、使用说明;机床电气控制的基本电路环节;日本三菱公司 FX<sub>2N</sub>和施耐德公司 Twido 系列 PLC 的原理与应用;典型机床电气控制电路和 PLC 控制电路的分析与设计等内容,偏重点放在 PLC 新技术在典型机床设备的开发应用上,因而具有知识新、实用性和综合性强等特点。

由于电气控制与 PLC 控制本是起源于同一体系,只是发展的阶段不同,在理论和应用上是一脉相承的,因此本书将机床电气控制技术和 PLC 应用技术的内容融会贯通编写在一起,能够更好地体现出它们之间的内在联系,使本书的结构和理论基础系统化,并更具有科学性和先进性。本书注意精选内容,结合实际,突出应用,注重实例。在编排上循序渐进、由浅入深;在内容阐述上,力求简明扼要,图文并茂,通俗易懂,便于教学和自学。在绘图上使用国家最新标准。由于本课程的实践性强,因此配合理论教学还编写了“机床电气控制与 PLC 技术”的实验与实训指导之内容。这是一部既有理论,更突出实践的综合性教程。

本书可作为普通高等理工科院校“机械设计制造及自动化专业”、“机械电子工程专业”、“数控机床专业”、“汽车专业”、“自动控制工程专业”、“电气工程专业”、“工企自动化专业”、“计算机应用专业”及相关专业本、专科教材及参考书;各类机电、电气、自动化、计算机应用技术培训及实训班最理想的实用教材及参考书;更适宜教学、科研和工矿企事业单位的工程技术人员学习掌握机床电气控制与 PLC 技术以及在设计改造传统机床、机电控制设备的应用中参考。尤其是在该课程计划教学课时普遍不足的情况下,本书更是一部理想的自学专业教材。

本书中的 PLC 选用在我国引进最早、应用最广泛,各类教材中选用也最多、最具有代表性、普遍性和先进性的日本三菱公司新一代 FX<sub>2N</sub>系列 PLC。近来施耐德公司的 PLC 物美价廉,很畅销,亚龙(教仪)科技集团有限公司利用施耐德公司 PLC 制作的 YL-100A 电工电子设备(含 PLC 实验)一举国家中标,被不少高校政府采购选用,但目前的图书市场上尚看不到有介绍它的书籍。本书在第 8 章还特别介绍了当今图书市场上短缺的有关施耐德公司 PLC 的内容。

本书的编写已被列入中国高等教育学会“十一五”教育科学规划课题(批

准号: 06AIP0090046); 江苏省教育科学“十一五”规划 2006 年度课题(立项编号: 高校系统 179); 山东省教育科学“十一五”规划 2006 年度课题(立项编号 115GG41); 黑龙江省教育科学“十一五”规划 2006 年度课题(批准编号: HGG027); 淮安信息职业技术学院 2007 年重点教科研课题和哈尔滨理工大学 2006 年教学科研课题等。

本书的编写既是编者多年来教学和实践经验的概括和总结, 又博采了目前各教材和著作的精华。参加该书编写工作的有高安邦教授(选题、立项、制定编写大纲和前言、第 8 章等)、智淑亚副教授(第 3 章、第 5 章)、徐建俊副教授/高级工程师(第 4 章)、朱静副教授/高级工程师(第 1 章、第 2 章)、陈俊生高级工程师(第 6 章和附录)、崔荣兰高级工程师(第 7 章)。全书由淮安信息职业技术学院特聘教授、哈尔滨理工大学教授、硕士生导师高安邦主持编写和负责统稿; 聘请全国电子信息产业专业教学指导委员会委员、淮安市电子学会副理事长、计算机学会副理事长、淮安信息职业技术学院主管教学的副院长俞宁副教授/高级工程师担任主审, 他对本书的编写提供了大力支持, 并提出了宝贵的编写意见; 高安邦教授指导的硕士学位、研究生杨帅、姜姍、刘磊、吕宝增、罗梦、卫军峰等也为本书做了大量的辅助性工作, 在此表示最衷心的感谢! 本书的编写得到了淮安信息职业技术学院、金陵科技学院和哈尔滨理工大学的大力支持, 在此也表示最真诚的感激之意!

一本新书的出版一般都是在认真总结和引用前人知识和智慧的基础上创新发展起来的, 本书的编写也参考和引用了许多前人优秀教材与研究成果的结晶和精华。在此向本书所参考和引用资料、文献、教材和专著的编著者表示最诚挚的敬意和感谢!

本书是 21 世纪新时代的新编教材, 既要凸现工学结合、学用一致、理论密切联系生产实际、“教、学、做”一体化等教学特色, 又要注重对大学生素质和技能的培养和提高, 所以难度较大。鉴于编者的水平和经验有限, 书中错误、疏漏、不足之处肯定不少, 恳请读者和专家们不吝批评、指正、赐教。

编者

# 目 录

## 前言

<b>第1章 机床传动控制中的电动机</b> .....	1
<b>主要内容</b> .....	1
<b>学习重点及教学要求</b> .....	1
1.1 交流异步电动机的工作原理和运行特性 .....	2
1.1.1 异步电动机的工作原理及其机械特性 .....	2
1.1.2 异步电动机的工作原理 .....	3
1.1.3 异步电动机的铭牌 .....	4
1.1.4 三相异步电动机的机械特性 .....	6
1.1.5 异步电动机的一般调速方法 .....	9
1.2 直流电动机的工作原理和运行特性 .....	10
1.2.1 直流电动机的基本工作原理 .....	10
1.2.2 直流自动调速系统的分类 .....	12
1.2.3 直流电动机的一般调速方法 .....	12
1.3 伺服控制电动机的工作原理和运行特性 .....	16
1.3.1 步进电动机的工作原理和运行特性 .....	16
1.3.2 伺服电动机 .....	20
<b>本章小结</b> .....	38
<b>习题与思考题</b> .....	38
<b>第2章 机床常用低压电器和图形符号说明</b> .....	40
<b>主要内容</b> .....	40
<b>学习重点及教学要求</b> .....	40
2.1 概述 .....	40
2.2 信号及控制电器 .....	43
2.2.1 非自动切换信号及控制电器 .....	43
2.2.2 自动切换信号及控制电器 .....	49
2.3 执行电器 .....	54
2.3.1 接触器 .....	54
2.3.2 交流固态继电器 .....	54

2.3.3 电磁阀 .....	57
2.3.4 制动电磁铁 .....	57
2.4 保护电器 .....	58
2.4.1 熔断器 .....	58
2.4.2 热继电器 .....	59
2.4.3 电流和电压继电器 .....	61
2.4.4 漏电保护器 .....	62
本章小结 .....	64
习题与思考题 .....	64
<b>第3章 机床电气控制电路的基本环节</b> .....	<b>66</b>
主要内容 .....	66
学习重点及教学要求 .....	66
3.1 机床电气制图与识图基础 .....	66
3.1.1 电气原理图 .....	66
3.1.2 电器元件布置图 .....	69
3.1.3 安装接线图 .....	69
3.1.4 电气识图方法与步骤 .....	70
3.2 机床电气控制常用电路的基本环节 .....	71
3.2.1 机床的全电压起动控制电路 .....	71
3.2.2 机床的减压起动控制电路 .....	72
3.2.3 机床的点动、长动和停车控制 .....	73
3.2.4 机床的多地点控制 .....	73
3.2.5 机床的连锁和互锁控制 .....	74
3.2.6 机床的正反向可逆运行控制 .....	76
3.3 机床控制的保护环节 .....	76
3.3.1 短路保护 .....	77
3.3.2 过电流保护 .....	77
3.3.3 过载(热)保护 .....	78
3.3.4 零电压与欠电压保护 .....	78
3.3.5 漏电保护 .....	78
3.4 机床电气控制线路常用的一些控制原则 .....	78
3.4.1 机床的行程控制原则 .....	79
3.4.2 机床的时间控制原则 .....	80
3.4.3 机床的速度控制原则 .....	83
3.4.4 机床的电流控制原则 .....	84
3.5 机床中的电液控制 .....	85



3.5.1 液压系统组成 .....	86
3.5.2 电磁换向阀 .....	87
3.5.3 液压系统工作自动循环控制电路 .....	87
本章小结 .....	90
习题与思考题 .....	90
<b>第4章 机床控制中的 PLC 技术</b> .....	<b>92</b>
<b>主要内容</b> .....	<b>92</b>
<b>学习重点及教学要求</b> .....	<b>92</b>
4.1 可编程控制器 (PLC) 概述 .....	92
4.1.1 PLC 的基本概念 .....	92
4.1.2 PLC 的特点及应用 .....	94
4.1.3 PLC 与“继电器-接触器”控制系统的比较 .....	95
4.1.4 PLC 与微机 (PC) 的区别 .....	96
4.1.5 PLC 的新发展 .....	96
4.2 PLC 的基本结构及工作原理 .....	98
4.2.1 PLC 的基本结构 .....	98
4.2.2 PLC 的工作原理 .....	105
4.3 PLC 的技术性能 .....	111
4.3.1 基本技术性能 .....	111
4.3.2 PLC 的内存分配及 I/O 点数 .....	113
4.4 PLC 的分类 .....	114
4.5 PLC 的编程语言 .....	115
4.5.1 梯形图 .....	115
4.5.2 指令表 .....	116
4.5.3 顺序功能图 .....	117
4.5.4 功能块图 .....	117
4.5.5 高级编程语言 .....	117
4.6 日本三菱公司 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的开发应用指南 .....	117
4.6.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 型号名称的含义 .....	118
4.6.2 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的主要硬、软件性能指标 .....	121
4.6.3 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的八大编程元 (器) 件 .....	124
4.6.4 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的 27 条基本逻辑指令和 2 条步进梯形指令 .....	134
4.6.5 基本逻辑指令的编程规则与技巧 .....	153
4.6.6 机床 PLC 控制的最常用编程环节 .....	160
4.6.7 常用编程器及其使用 .....	181
4.6.8 编程软件 SWOPC-FXGP/WIN-C 的使用说明 .....	208

本章小结 .....	223
习题与思考题 .....	223
<b>第 5 章 典型机床的电气与 PLC 控制</b> .....	<b>226</b>
主要内容 .....	226
学习重点及教学要求 .....	226
5.1 卧式车床的电气与 PLC 控制 .....	226
5.1.1 卧式车床的结构 .....	226
5.1.2 车床的运动形式 .....	226
5.1.3 车床的控制特点 .....	228
5.1.4 C650 型卧式车床的电气控制和 PLC 控制 .....	228
5.1.5 C650 型卧式车床常见的电控故障分析 .....	233
5.2 Z3040 摇臂钻床的电气控制 .....	233
5.2.1 摇臂钻床的结构 .....	234
5.2.2 摇臂钻床的运动 .....	234
5.2.3 Z3040 摇臂钻床的电气控制和 PLC 控制 .....	235
5.2.4 Z3040 摇臂钻床常见的电控故障分析 .....	241
5.3 卧式镗床的电气与 PLC 控制 .....	241
5.3.1 卧式镗床的主要结构 .....	242
5.3.2 卧式镗床的主要运动 .....	242
5.3.3 卧式镗床的拖动特点及控制要求 .....	243
5.3.4 T610 型卧式镗床的电气与 PLC 控制 .....	244
5.3.5 T610 型卧式镗床常见的电控故障分析 .....	264
5.4 平面磨床的电气与 PLC 控制 .....	265
5.4.1 立轴圆台平面磨床的结构 .....	266
5.4.2 外圆磨床的运动形式 .....	266
5.4.3 M7475 型立轴圆台平面磨床的电气控制和 PLC 控制 .....	266
5.4.4 M7475 型立轴圆台平面磨床的故障 .....	273
5.5 B2012A 型龙门刨床的电气与 PLC 控制 .....	274
5.5.1 龙门刨床机床的组成结构 .....	274
5.5.2 龙门刨床机床的运动 .....	274
5.5.3 龙门刨床生产工艺对电控的要求 .....	274
5.5.4 龙门刨床的电气控制和 PLC 控制 .....	276
5.5.5 龙门刨床的常见故障分析 .....	285
5.6 组合机床的电气与 PLC 控制 .....	288
5.6.1 组合机床的组成结构 .....	289
5.6.2 组合机床的工作特点 .....	290

5.6.3 双面单工液压传动组合机床的电气控制与 PLC 控制 .....	290
本章小结 .....	294
习题与思考题 .....	295
<b>第 6 章 机床电气与 PLC 控制系统设计</b> .....	297
主要内容 .....	297
学习重点及教学要求 .....	297
6.1 机床电气控制系统设计的基本内容和一般原则 .....	298
6.1.1 机床电气控制系统设计的基本内容 .....	298
6.1.2 机床电气控制线路设计的一般原则 .....	298
6.2 机床电力拖动方案确定原则和电动机的选择 .....	302
6.2.1 确定机床拖动方式 .....	302
6.2.2 确定机床调速方案 .....	303
6.2.3 机电电动机的选择和机床电动机的起动、制动和反向要求 .....	303
6.3 机床电气控制线路的经验设计法和逻辑设计法 .....	304
6.3.1 经验设计法 .....	304
6.3.2 逻辑分析设计法简介 .....	309
6.4 机床电气控制系统设计 .....	309
6.4.1 机床电气设备总体配置设计 .....	310
6.4.2 机床电气元件布置图的设计及电器部件接线图的绘制 .....	311
6.4.3 清单汇总和说明书的编写 .....	312
6.5 机床的 PLC 控制系统设计 .....	312
6.5.1 机床 PLC 控制系统设计的基本原则 .....	312
6.5.2 机床 PLC 控制系统设计的基本内容 .....	313
6.5.3 机床 PLC 控制系统设计的一般步骤 .....	314
6.5.4 机床 PLC 控制系统经典设计举例 .....	315
本章小结 .....	331
习题与思考题 .....	332
<b>第 7 章 机床电气控制与 PLC 实验/实训指导</b> .....	333
主要内容 .....	333
学习重点及教学要求 .....	333
7.1 机床电气控制与 PLC 实验/实训基本要求和注意事项 .....	333
7.1.1 实验/实训前的准备 .....	333
7.1.2 实验/实训的实施进行 .....	334
7.1.3 实验/实训报告 .....	334
7.1.4 实验/实训中的安全事项 .....	335

7.1.5 实验/实训中要熟练掌握一些关键主要设备的性能 .....	335
7.2 机床电气控制部分实验指导 .....	336
实验 1 三相异步电动机点动和连(长)动控制实验 .....	336
实验 2 三相异步电动机正反转控制实验 .....	338
实验 3 三相异步电动机Y- $\Delta$ 起动控制实验 .....	341
实验 4 三相异步电动机能耗制动控制实验 .....	344
7.3 机床 PLC 控制技术实验指导 .....	346
实验 1 熟悉 PLC 基本编程指令实验 .....	346
实验 2 天塔之光的 PLC 控制实验 .....	350
实验 3 水塔水位的 PLC 自动控制实验 .....	354
实验 4 自控轧钢机的 PLC 控制实验 .....	355
实验 5 汽车自动清洗机 PLC 控制实验 .....	358
实验 6 PLC 构成的抢答器实验 .....	359
7.4 机床电气与 PLC 控制实训指导 .....	363
实训 1 电动机的 PLC 控制实训 .....	363
实训 2 城市交通指挥灯的 PLC 控制实训 .....	367
实训 3 自动送料装车的 PLC 控制实训 .....	372
实训 4 三相步进电动机 PLC 控制实训 .....	377
实训 5 机床送料车 PLC 控制实训 .....	380
实训 6 PLC 在组合机床控制中的应用实训 .....	384
本章小结 .....	392
<b>第 8 章 施耐德公司的 Twido 系列 PLC 开发应用指南 .....</b>	<b>393</b>
8.1 Twido 系列 PLC 简介 .....	393
8.2 Twido 系列 PLC 的主要功能 .....	394
8.3 一体型 TWDLCAA40DRF PLC 的主要使用特点 .....	396
8.4 TWDLCAA40DRF 的硬件接线 .....	397
8.5 Twido 系列 PLC 基本指令编程应用 .....	397
8.6 Twido 编程工具软件介绍 .....	406
8.7 亚龙 YL-100A 综合实验设备简介 .....	410
8.8 施耐德 PLC 实验装置拟开出的实验实训项目指导 .....	412
实验 1 基本逻辑指令编程实验 .....	412
实验 2 电动机控制实验 .....	415
实验 3 三段传送带控制实验 .....	417
实验 4 铁塔之光实验 .....	420
实验 5 6 组抢答器实验 .....	422
实验 6 交通灯控制实验 .....	426

实验 7 自控轧钢机实验 .....	430
实验 8 水塔水位自动控制实验 .....	431
实验 9 步进电动机控制实验 .....	433
实验 10 邮件分拣机实验 .....	435
附录 .....	437
附录 1 Twido 系统对象和变量列表 .....	437
附录 2 Twido 列表编程指令一览表 .....	438
附录 3 Twido 一体型控制器 I/O 规格 .....	440
附录 4 Twido 系统位一览表 .....	442
本章小结 .....	447
习题与思考题 .....	447
附录 .....	449
附录 A 电气技术常用电气图形符号和文字符号新旧标准对照表 .....	449
附录 B FX <sub>2N</sub> 系列的 PLC 功能指令表 .....	452
参考文献 .....	457

# 第1章 机床传动控制中的电动机

## 主要内容

- 1) 机床传动控制常用交流电动机的基本结构、工作原理和机械特性。
- 2) 机床传动控制常用直流电动机的基本结构、工作原理和调速方法。
- 3) 数控机床传动控制常用伺服电动机的基本结构、工作原理和机械特性。

## 学习重点及教学要求

- 1) 从使用的角度重点掌握三相交流异步电动机的基本结构、工作原理、工作特性。
- 2) 从使用的角度一般了解直流电动机的基本结构、工作原理、工作特性。
- 3) 从使用的角度一般了解常用伺服电动机的基本结构、工作原理、工作特性。

普通机床和数控机床的结构组成框图如图 1-1 和图 1-2 所示。

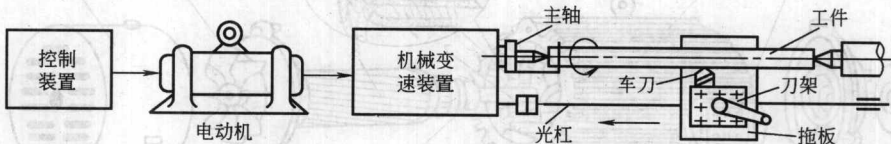


图 1-1 普通机床的结构组成框图

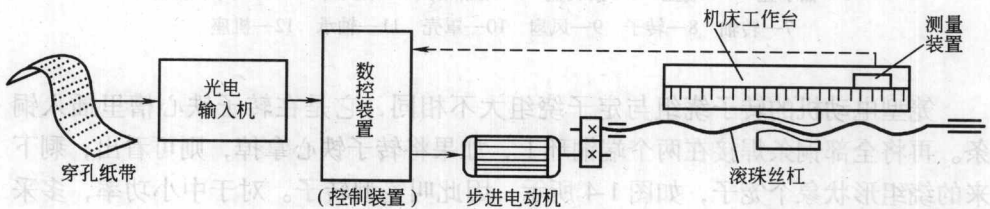


图 1-2 数控机床的结构组成框图

由图 1-1 和图 1-2 可知，机床的传动控制主要就是电动机的控制，电动机包括普通电动机和控制电动机，控制方法有继电器-接触器控制、PLC 控制、步进电动机控制、交直流调速控制、伺服驱动控制、计算机数控等。随着电力电子技术的发展，还会出现各种各样新的控制方法，这些方法将是普通机床和现代数控机床传动控制的基础。因此，要学好机床电气和 PLC 控制必须首先要了解和掌握机床传动电动机及其拖动的基本知识。

主要内容

## 1.1 交流异步电动机的工作原理和运行特性

交流异步电动机按照转子的结构形式分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机。笼型异步电动机因具有结构简单、制造方便、价格低廉、坚固耐用、转子惯量小、运行可靠等优点，在机床中得到了极其广泛的应用。绕线式异步电动机因其转子采用绕线方式，具有调速简单、成本低的优点，在吊车、卷扬机等中小设备中得到了广泛的应用。

### 1.1.1 异步电动机的工作原理及其机械特性

图 1-3 所示是一台三相异步电动机，它主要由定子、转子两大部分构成，定子与转子之间有一定的气隙。定子是静止不动的部分，由定子铁心、定子绕组和机座组成。转子是旋转部分，由转子铁心、转子绕组和转轴组成。

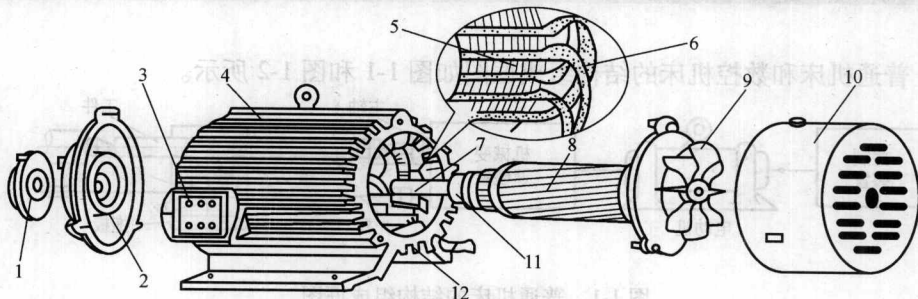


图 1-3 三相异步电动机的结构图

- 1—轴承盖 2—端盖 3—接线盒 4—散热筋 5—定子铁心 6—定子绕组
- 7—转轴 8—转子 9—风扇 10—罩壳 11—轴承 12—机座

笼型电动机的转子绕组与定子绕组大不相同，它是在转子铁心槽里插入铜条。再将全部铜条焊接在两个端铜环上，如果将转子铁心拿掉，则可看出，剩下的绕组形状象个笼子，如图 1-4 所示，因此叫笼型转子。对于中小功率，多采用铝离心浇铸而成。

绕线式异步电动机的转子绕组与定子绕组一样，是由线圈组成绕组放入转子铁心槽里，转子可以通过电刷和集电环外串电阻以调节转子电流的大小和相位的方式进行调速，如图 1-5 所示。

笼型异步电动机不能使转子电阻改变而调速，但同绕线式电动机相比要坚固而价廉，在机床等实际工业现场使用的电动机当中，绝大多数是笼型异步电动机。

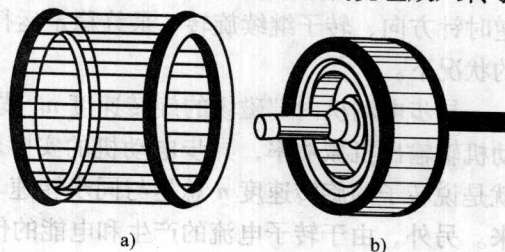


图 1-4 三相异步电动机的结构图  
a) 笼型绕组 b) 转子外形

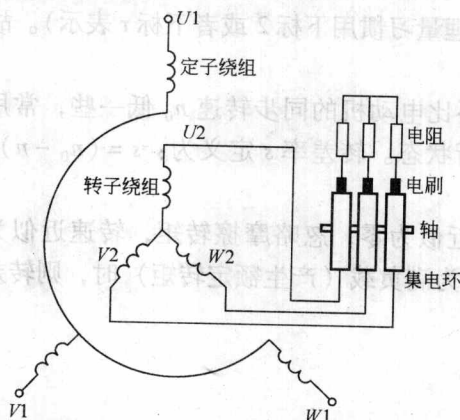


图 1-5 绕线式异步电动机定转子绕组及外加电阻的接线方式

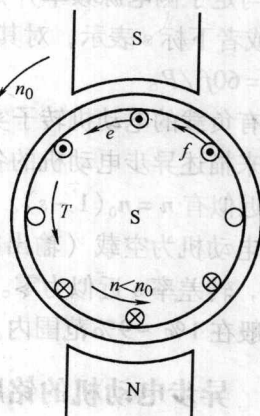


图 1-6 异步电动机的工作原理

### 1.1.2 异步电动机的工作原理

异步电动机的工作原理如图 1-6 所示。当定子接三相对称电源后，电动机内便形成圆形旋转磁场，设其方向为逆时针旋转，假设速度为  $n_0$ 。若转子不转，转子笼型导条与旋转磁场有相对运动，转子导条中便感应有电动势  $e$ ，方向由右手定则确定。由于转子导条彼此在端部短路，于是导条中便有感应电流，不考虑电动势与电流的相位差时，电流方向同电动势方向。这样，载流导条就在磁场中感生电磁力  $f$ ，形成电磁转矩  $T$ ，用左手定则确定其方向，如图 1-6 所示。转子在方向与旋转磁场同方向的力  $f$ （电磁转矩  $T$ ）的作用下，转子便沿着该方向跟着旋转磁场旋转起来。

转子旋转后，假设其转速为  $n$ ，只要  $n < n_0$ ，转子导条与磁场之间仍有相对



运动，产生与转子不转时相同方向的电动势、电流及受力  $f$ ，电磁转矩  $T$  仍旧为逆时针方向，转子继续旋转，最终稳定运行在电磁转矩  $T$  与负载转矩  $T_L$  相平衡的状况下。

异步电动机内部磁场的旋转速度  $n_0$  被称作同步转速。在电动机运行时，电动机轴输出机械功率，异步电动机的实际转速  $n$  总是低于旋转磁场转速  $n_0$ ，也就是说转子的旋转速度  $n$  总是与同步转速  $n_0$  不等，故异步电动机的名称由此而来。另外，由于转子电流的产生和电能的传递是基于电磁感应现象，故异步电动机又称为感应电动机。

异步电动机的同步转速  $n_0$  与定子绕组磁极对数  $P$ （等于磁极数的一半）成反比，与定子侧电源频率  $f_1$  成正比（对于交流电动机其定子侧的物理量习惯用下标  $l$  或者下标  $s$  表示，对其转子侧的物理量习惯用下标  $2$  或者下标  $r$  表示）。故有： $n_0 = 60f_1/P$ 。

带有负载的电动机转子实际转速  $n$  要比电动机的同步转速  $n_0$  低一些，常用转差率来描述异步电动机的各种不同运行状态。转差率  $s$  定义为： $s = (n_0 - n)/n_0$ ；故近似有  $n = n_0(1 - s)$ 。

当电动机为空载（输出的机械转矩近似为零，忽略摩擦转矩，转速近似为  $n_0$ ）时，转差率  $s$  近似为零。而当电动机为满负载（产生额定转矩）时，则转差率  $s$  一般在  $1\% \sim 9\%$  范围内。

### 1.1.3 异步电动机的铭牌

铭牌是电动机的身份证，认识和了解电动机铭牌中有关技术参数的作用和意义，可以帮助正确地选择、使用和维护它。图 1-7 是我国使用最多的 Y 系列三相感应电动机铭牌的一个实例。

商标：XXXX	三相异步电动机	
型号：Y-112M-4	出厂编号：XXXX	接线方式：△
功率：4.0kW	电压：380V	电流：8.7A
频率：50Hz	转速：1440r/min	噪声值：74dB(A)
工作制：S1	绝缘等级：B	防护等级：IP44
质量：49kg	标准编号：ZBK22007-88	出厂日期： 年 月 日
中华人民共和国XXXX电动机厂制造		

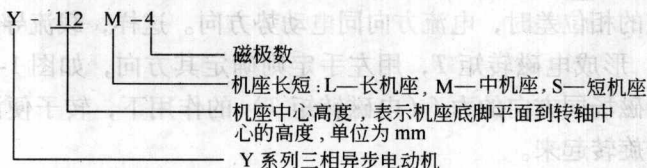


图 1-7 Y 系列三相感应电动机铭牌