运动控制系统

尔桂花摇窦曰轩摇编著

清华大学出版社摇北京

（京）新登字 员缘愿号

内 容 简 介

摇摇本书着重介绍各种运动控制系统的基本原理和典型应用的分析方法。第 员章简单介绍运动控制系统的基本概念、简单系统构成以及发展趋势；第 圆章介绍各种直流调速系统的工作原理及分析设计方法；第 猿章介绍各种交流调速系统原理，包括交流电机的数学模型、变频器，以及标量控制、矢量控制和直接转矩控制方法；第 源章讨论了直流随动系统；第 缘章介绍了数字控制的交直流调速系统及其网络控制；第 远章介绍了计算机辅助设计的基本原理，并介绍了作者编制的交直流传动系统 悦粤阅软件包。

本书可作为大专院校自动化专业、电机专业和机械专业等相关专业的教材，也可供从事运动控制系统研究、设计的科技人员参考。

版权所有，翻印必究。
本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目（悦孕）数据

运动控制系统 辕尔桂花，窦曰轩编著援—北京：清华大学出版社，圆摇摇圆
陨杂叠 宰远苑猿源缘愿员园园园园园园园园园园

Ⅰ援运…摇Ⅱ援①尔…②窦…摇Ⅲ援运动控制 原控制系统摇Ⅳ援栽辕圆

中国版本图书馆 悦孕 数据核字（圆摇摇圆）第 园园园园园号

出 版 者：清华大学出版社（北京清华大学学研大厦，邮编：员园园园园源
　　淤渊园员园）员源圆愿员园园园园园园园园园园

新编《信息、控制与系统》系列教材

出版说明

摇摇信息、控制与系统学科是在 圆园世纪上半叶形成和发展起来的一门新兴技术科学。在人类探索自然和实现现代化的进程中，信息、控制与系统学科的理论、方法和技术始终起着重要的和基础的作用。基于信息、控制与系统科学的自动化的发展和应用水平在一定意义上是一个国家和社会的现代化程度的重要标志之一。本系列教材是关于信息、控制与系统学科所属各个领域的基本理论和前沿技术的一套高等学校系列教材。

本系列教材所涉及的范围包括信号和信息处理、模式识别、知识工程、控制理论、智能控制、过程和运动控制、传感技术、系统工程、机器人控制、计算机控制和仿真、网络化系统、电子技术等方面。主要读者对象为自动控制、工业自动化、计算机科学和技术、电气工程、机械工程、化工工程和热能工程等系科有关的高年级大学生和研究生，以及工作于相应领域和部门的科学工作者和工程技术人员。

远园多年前，清华大学出版社会同清华大学自动化系，曾经组编出版过一套《信息、控制与系统》系列教材，产生了较大的社会影响，其中多数著作获得过包括国家级教学成果奖和部委优秀教材奖在内的各种奖励，至今仍为国内众多院校所采用，并被广大相关领域科技人员作为进修和自学读物。我们现在组编的这套新编《信息、控制与系统》系列教材，从一定意义上说，就是先前那套教材的延伸和发展，以反映近些年来学科的发展和在科学研究与教学实践上的新成果和新进展，以适应当前科技发展和教学改革的新形势和新需要。列入这套新编系列教材中的著作，大多是清华大学自动化系开设的课程中经过较长教学实践而形成的，既有多年教学经验和教学改革基础上的新编著的教材，也有部分原系列教材的更新和修订版本。这套新编系列教材总体上仍将保持原系列教材求新与求实的风格，力求反映所属领域的基本理论和新近进展，力求做到学科先进性和教学适用性统一。需要说明的是，此前我们曾以《信息技术丛书》为名组编这套教材，并已出版了若干种著作。现为使“书”和“名”更为相符，这些已出版的著作将在重印或再版时列入这套新编系列教材。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

我们希望,这套新编系列教材,既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和教学适用的教材或参考书,也能为广大科学工作者与工程技术人员的知识更新与继续学习提供适合的和有价值的进修或自学读物。我们同时要感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并热忱欢迎提出批评和意见。

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

[illegible]年 [illegible]月

新编《信息、控制与系统》系列教材编委会

顾摇摇问摇李衍达摇吴摇澄摇边肇祺摇王桂增
主摇摇编摇郑大钟
编摇摇委摇徐文立摇王摇雄摇萧德云摇杨士元
肖田元摇张贤达摇周东华摇钟宜生
张长水摇王书宁摇范玉顺摇蔡鸿程
责任编辑摇王一玲

前　言

摇摇运动控制在国民经济各部门中起着重要的作用，自 圆园世纪 愿园年代以来，运动控制领域已经并正在发生着日新月异的变化，各种先进技术已经被广泛应用到各个工程实际中。目前，随着电力电子技术、微电子技术和控制技术的发展，已将电力电子器件、控制、驱动及保护等集为一体，为机电一体化开辟了广阔的前景。数字脉宽调制 (孕砸酝) 技术、微型计算机控制及各种现代控制技术，如自适应控制、最优控制、鲁棒控制、滑模变结构控制、模糊控制、神经网络控制及各种智能控制已经深入到传统的运动控制系统中，具有较高的静动态性能的运动控制系统不断涌现。

为了适应学科发展的需要，增强学生面向工程实际的适应能力，在我们多年从事该课程教学的基础上，编写了《运动控制系统》一书。全书共分 远章：第 员章介绍了运动控制系统的一些基本概念和发展；第 圆章直流调速系统，介绍了调速系统的基本组成和特性，以 灾贼系统和 孕砸酝系统为例分析了调速系统的基本特征和这两类系统各自的特殊问题，并详细介绍了控制系统调节器的工程设计方法；第 猿章交流调速系统，介绍了交流电动机的数学模型，异步电动机的矢量控制和直接转矩控制以及同步电动机的调速系统；第 源章位置随动系统，介绍了位置随动系统的组成，常用位置检测元件以及位置驱动系统的性能分析和动态校正；第 缘章数字控制的传动系统，介绍了微型计算机在调速系统中的应用，数字式速度和位置检测元件，单片机和高速信号检测器控制的交直流传动系统以及智能控制在运动控制中的应用和运动控制系统中的网络控制；第 远章介绍了计算机辅助设计的基本原理，并介绍了我们编制的交直流传动系统 悦粤阅软件包。

本书可作为高等院校自动化系工业电气自动化专业和自动控制专业的教材，也可供从事相关专业的工程技术人员阅读和参考。本书第 员、猿、缘、远章由尔桂花编写，第 圆、源章由窦曰轩编写。王洪艳参与了第 缘、远章部分内

容的编写,张春梅参与了第 缘章部分内容的编写。感谢赵嘉敏同学为第 猿章中的部分内容提供了仿真结果。

由于我们水平有限,错误和不当之处在所难免,殷切期望读者批评指正。

编摇者

圆园员缘年 员圆月于清华大学

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

目　录

第 1 章 绪论 …… 1

1.1 什么是运动控制系统 …… 1
1.2 运动控制系统的基本结构 …… 3
1.3 运动控制系统的发展过程及应用 …… 6
1.4 运动控制系统的发展趋势 …… 8

第 2 章 直流调速系统 …… 10

2.1 直流电动机的调速性能和直流调速系统的主要方案 …… 10
2.1.1 直流电动机的调速性能和方法 …… 10
2.1.2 直流调速系统用的可控直流电源 …… 14
2.2 开环调速系统 …… 21
2.2.1 开环调速系统的机械特性 …… 21
2.2.2 转速控制的要求和调速指标 …… 23
2.2.3 开环调速系统的性能和存在的问题 …… 26
2.3 转速负反馈单闭环直流调速系统 …… 28
2.3.1 单闭环调速系统的组成及静特性 …… 28
2.3.2 单闭环调速系统的动态分析 …… 34
2.3.3 无静差调速系统和积分控制规律 …… 40
2.3.4 单闭环调速系统的限流保护——电流截止
负反馈的应用 …… 48
2.4 其他反馈环节在自动调速系统中的应用 …… 52
2.4.1 电枢电压负反馈调速系统 …… 52
2.4.2 电动势负反馈调速系统 …… 54
2.4.3 电流正反馈和补偿控制作用 …… 56

3.2 有从属电流环的调速系统——转速、电流双闭环调速系统 …… 44
3.2.1 双闭环调速系统的组成及静特性 …… 44
3.2.2 限幅输出的 PI 调节器的动态响应 …… 48
3.2.3 双闭环调速系统的起动过程 …… 50
3.2.4 双闭环调速系统的动态抗扰性能 …… 54
3.3 调速系统动态参数工程设计方法 …… 56
3.3.1 基本思路 …… 56
3.3.2 典型系统及其参数与性能指标的关系 …… 58
3.3.3 非典型系统的典型化 …… 63
3.3.4 工程设计方法在双闭环调速系统调节器设计中的应用 …… 67
3.3.5 转速微分负反馈的应用 …… 72
3.4 多环调速系统 …… 74
3.4.1 带电流变化率内环的三环调速系统 …… 74
3.4.2 带电压内环的三环调速系统 …… 76
3.5 由晶闸管整流供电的可逆直流调速系统 …… 77
3.5.1 晶闸管-电动机系统的可逆线路 …… 77
3.5.2 两组晶闸管可逆线路中的环流及其处理原则 …… 79
3.5.3 有环流可逆调速系统 …… 80
3.5.4 无环流可逆调速系统 …… 82
3.6 直流脉宽调速系统 …… 84
3.6.1 脉宽调制变换器 …… 84
3.6.2 脉宽调速系统的控制电路 …… 87
3.6.3 脉宽调速系统的特殊问题 …… 89
3.7 直流电动机速度的双域调节系统 …… 90
3.7.1 独立控制励磁的调速系统 …… 90
3.7.2 非独立控制励磁的调速系统 …… 92
3.8 自动调速系统中的检测装置 …… 94
3.8.1 转速检测装置 …… 94
3.8.2 电流检测装置 …… 96
3.8.3 电压检测装置 …… 97
3.9 小结 …… 97
3.10 示例 …… 98
习题 …… 101

第 猿章摇交流调速系统 …… 圆猿

猿援员摇概述 …… 圆猿
猿援员援员摇交流调速系统与直流调速系统的比较 …… 圆远
猿援员援圆摇交流调速系统的难点和复杂性 …… 圆愿
猿援员援猿摇交流调速系统的技术突破 …… 圆怨
猿援员援源摇交流调速系统的主要应用领域 …… 圆苑
猿援员援缘摇交流调速的基本方法 …… 圆苑
猿援圆摇交流电机的数学模型 …… 圆愿
猿援圆援员摇交流电机的基本方程 (多变量数学模型) …… 圆愿
猿援圆援圆摇坐标变换 …… 猿缘
猿援圆援猿摇交流电机在两相 (α鄄β) 静止坐标系上的数学模型 …… 猿苑
猿援圆援源摇交流电机在两相 (d鄄q) 旋转坐标系上的数学模型 …… 猿远
猿援圆援缘摇交流电机在两相 (m鄄t) 坐标系上的数学模型 …… 猿愿
猿援圆援远摇异步电机的几种稳态等效电路 …… 猿源
猿援猿摇变频器 …… 猿苑
猿援猿援员摇变频器的基本构成 …… 猿愿
猿援猿援圆摇变频器的分类 …… 猿怨
猿援猿援猿摇逆变器的 愿种开关状态和电压空间矢量 …… 猿缘
猿援源摇异步机的标量控制 …… 猿愿
猿援源援员摇电压频率协调控制的变频调速系统 …… 猿怨
猿援源援圆摇转差频率控制的变频调速系统 …… 猿缘
猿援缘摇异步机的矢量控制 …… 猿怨
猿援缘援员摇矢量控制的基本思想 …… 猿怨
猿援缘援圆摇矢量控制原理 …… 猿愿
猿援缘援猿摇转差型矢量控制的变频调速系统 …… 猿愿
猿援缘援源摇转子磁链观测模型 …… 猿缘
猿援缘援缘摇直接磁场定向的变频调速系统 …… 猿远
猿援远摇异步机的直接转矩控制 …… 猿怨
猿援远援员摇直接转矩控制原理 …… 猿苑
猿援远援圆摇直接转矩控制的基本结构 …… 猿源
猿援远援猿摇圆形磁链轨迹的控制 …… 猿远
猿援远援源摇定子磁链的观测模型 …… 猿苑
猿援远援缘摇小结 …… 猿源
猿援愿摇同步机的变频调速 …… 猿源

猿援猿援猿 他控变频同步电机调速系统和矢量控制 …… 圆缘
猿援猿援源 自控变频同步电机调速系统 …… 猿员园
猿援源 小结 …… 猿员园
习题 …… 猿员园

第 源章 位置随动系统 …… 猿员源

源援员 位置随动系统概述 …… 猿员源
源援员援员 位置随动系统的应用 …… 猿员缘
源援员援圆 位置随动系统的主要组成部件及其工作原理 …… 猿员缘
源援员援猿 位置随动系统与调速系统的比较 …… 猿员苑
源援员援源 位置随动系统的分类 …… 猿员苑
源援圆 位置随动系统中的位置检测装置 …… 猿员愿
源援圆援员 自整角机 …… 猿员愿
源援圆援圆 旋转变压器 …… 猿猿园
源援圆援猿 感应同步器 …… 猿猿缘
源援圆援源 其他位置检测装置 …… 猿猿苑
源援猿 采用自整角机的位置随动系统 …… 猿猿愿
源援猿援员 自整角机位置随动系统的组成 …… 猿源怨
源援猿援圆 位置随动系统的稳态分析 …… 猿缘员
源援猿援猿 位置随动系统的动态校正 …… 猿缘猿
源援源 交流位置随动系统简介 …… 猿缘园
源援缘 小结 …… 猿缘员
源援远 示例 …… 猿缘猿
习题 …… 猿源怨

第 缘章 数字控制的传动系统 …… 猿缘猿

缘援员 概述 …… 猿缘猿
缘援员援员 连续控制与数字控制的特点 …… 猿缘猿
缘援员援圆 典型的数字控制传动系统结构及设计方法 …… 猿缘缘
缘援员援猿 数字 孕员调节器和数字滤波器 …… 猿缘源
缘援圆 数字控制系统中的位置传感器和速度传感器 …… 猿缘缘
缘援圆援员 增量式光电码盘的转速检测原理 …… 猿缘远
缘援圆援圆 绝对式光电码盘的位置检测原理 …… 猿缘愿
缘援圆援猿 旋转变压器的测角原理 …… 猿缘怨
缘援猿 数字控制的双闭环可逆直流调速系统 …… 猿远员
缘援猿援员 酝悦灾员远猿系列单片机简介 …… 猿远猿

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

3.2.1 数字触发器原理 …… 3
3.2.2 反馈量转速的检测 …… 3
3.2.3 数字控制软件的设计 …… 3
3.3 采用 DSP 实现的异步机直接转矩控制系统 …… 3
3.3.1 DSP 单片机简介 …… 3
3.3.2 三相 PWM 波形的形成原理 …… 3
3.3.3 采用 DSP 构成的直接转矩控制系统 …… 3
3.4 采用矢量控制实现的异步机矢量控制系统 …… 3
3.4.1 矢量控制简介 …… 3
3.4.2 采用矢量控制实现异步机矢量控制 …… 3
3.4.3 典型的变频矢量控制器产品剖析 …… 3
3.5 智能控制在运动控制中的应用 …… 3
3.5.1 模糊控制在运动控制中的应用 …… 3
3.5.2 神经网络控制在运动控制中的应用 …… 3
3.5.3 模糊神经网络在运动控制中的应用 …… 3
3.5.4 无速度传感器技术 …… 3
3.6 运动控制系统的网络控制 …… 3
3.6.1 工业控制系统的网络结构 …… 3
3.6.2 工业控制中的现场总线技术 …… 3
3.6.3 运动控制系统的远程监控和信息管理 …… 3
3.6.4 网络控制中的安全问题 …… 3

第 4 章 运动控制系统的计算机辅助设计 …… 3

4.1 运动控制系统计算机辅助设计的基本原理 …… 3
4.2 MATLAB 与 Simulink 在运动控制系统中的应用 …… 3
4.2.1 用 Simulink 创建模型 …… 3
4.2.2 采用模糊工具箱设计模糊控制器的方法 …… 3
4.2.3 采用神经网络工具箱设计神经网络控制器的方法 …… 3
4.2.4 系统仿真 …… 3
4.3 交直流传动系统 SIMPOW 软件包 …… 3
4.3.1 交直流传动系统 SIMPOW 软件包简介 …… 3
4.3.2 交直流传动系统 SIMPOW 软件包的使用方法 …… 3
4.3.3 交直流传动系统 SIMPOW 软件包的辨识功能 …… 3
4.3.4 总结 …… 3

参考文献 …… 3

第 员章

绪　论

员援员　什么是运动控制系统

运动控制系统是以机械运动的驱动设备——电动机为控制对象，以控制器为核心，以电力电子功率变换装置为执行机构，在自动控制理论的指导下组成的电气传动自动控制系统。这类系统控制电动机的转矩、转速和转角，将电能转换为机械能，实现运动机械的运动要求。

运动控制系统的种类繁多，用途各异。

（员）按被控物理量分：以转速为被控量的系统叫调速系统；以角位移或直线位移为被控量的系统叫位置随动系统，有时也叫伺服系统。

（圆）按驱动电机的类型分：用直流电机带动生产机械的为直流传动系统；用交流电机带动生产机械的为交流传动系统。

（猿）按控制器的类型分：以模拟电路构成的控制器叫模拟控制系统；以数字电路构成的控制器叫数字控制系统。

另外，按照控制系统中闭环的多少，也可分单环控制系统、双环控制系统和多环控制系统；按控制原理的不同也可分很多种。对于某一运动控制系统可能是这些分类方法的交叉，如用 [illegible] 实现的双闭环数字直流调速系统。

无论运动控制系统分多少种，它们都具有共同的特点：

（员）被控量的过渡过程较短，一般为秒级甚至毫秒级。

（圆）传动功率范围宽，可从几毫瓦到几百兆瓦。

（猿）调速范围大，宽调速系统的调速范围可达到 [illegible] 在没有变速装置的

情况下,转速从最低每小时几转到最高每分钟几十万转。

(源 可获得良好的动态性能和较高的稳速精度或定位精度。

(缘 电动机空载损耗小,效率高,短时过载能力强。

(远 可四象限运行,制动时能量回馈电网,较之内燃机、涡轮机优点突出。

(苑 可以控制单台电机运行,也可多台协调控制运行,只是控制方法略有不同而已。

(愿 只要合理地选择控制方案,几乎可以适用于任何传动场合。

由于上述特点,运动控制系统被广泛地用于相关行业的各个实际需求中。据统计,我国电动机的装机容量约为 源亿多千瓦,其用电量占当年全国发电量的 远园豫 ~ 苑园豫,如何合理、有效、经济地利用好这一部分电能,提高劳动生产率,运动控制系统的设计者们对此有着不可推卸的责任。

员援圆 运动控制系统的基本结构

运动控制系统五花八门,但从基本结构上看,主要由三部分组成:控制器、功率驱动装置和电动机,如图 员援圆所示。控制器按照给定值和实际运行的反馈值之差,调节控制量;功率驱动装置一方面按控制量的大小将电网中的电能作用于电动机上,调节电动机的转矩大小,另一方面按电动机的要求把恒压恒频的电网供电转换成电动机所需的交流电或直流电;电动机则按供电大小拖动生产机械运转。可以说大多数运动控制系统都是闭环控制的,只有少数简单的、对控制要求不高的场合采用开环控制(电机拖动中介绍的系统多数属于开环控制)。

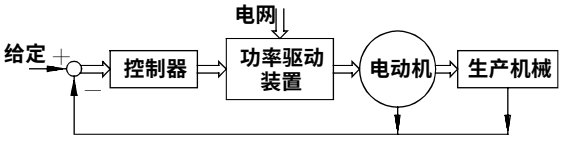

图 员援圆 运动控制系统的基本结构

图中的三个主要组成部分是构成运动控制系统所必需的,而且也是变化多样的。任何一部分微小的变化都可构成不同的运动控制系统,这些不同系统的共性和特点以及它们的分析和设计方法就是本课程研究的主要内容。我们把每一部分可能的变化列于表 员援圆中。

表中各部分的不同组合,可以构成不同的运动控制系统。尽管电动机部分、功率驱动部分和控制器中的大部分内容已经分别在其他先行课程中学过,但它们组合成完整的运动控制系统以后,有哪些新的控制要求,如何分析系统的性能,如何设计控

制器使系统达到较高的性能指标，在实际应用中存在哪些具体问题，以及如何解决等等，这些都是本课程要解决的问题。

表 员援猿摇运动控制系统各部分的组成

控摇制摇器摇	功率驱动装置摇摇摇	电摇动摇机
转速 转电流 转电压调节器	三相桥式晶闸管整流装置	直流电动机
孕郧杂调节器	三相半波晶闸管整流装置	交流电动机
模糊控制器	不可控整流 垣孕杂斩波器	异步机 (绕线式 转鼠笼型)
自适应控制器	交交变频器	同步电机
标量控制器	交直交变频器	永磁同步电机
矢量控制器	电压型逆变器	开关磁阻电机
直接转矩控制器	电流型逆变器	无换向器电机

员援猿摇运动控制系统的发展过程及应用

纵观运动控制的发展历程，交、直流两大电气传动并存于各个工业领域，虽然各个时期科学技术的发展使它们所处的地位、所起的作用不同，但它们始终是随着工业技术的发展，特别是电力电子和微电子技术的发展，在相互竞争、相互促进中，不断完善并发生着变化。由于历史上最早出现的是直流电机，所以 员怨世纪 愿园年代以前，直流电气传动是惟一的电气传动方式。直到 员怨世纪末，出现了交流电，且解决了三相制交流电的输送和分配问题，并制成了经济适用的鼠笼异步电机，这就使交流电气传动在工业中逐步地得到广泛的应用。由于大量使用异步电机，严重影响到电网的功率因数，同步电机的诞生和使用大大缓解了功率因数问题。在 圆园世纪的大部分时间里，基本形成直流调速、交流不调速的格局。

随着生产技术的发展，对电气传动在起制动、正反转以及调速精度、调速范围、静态特性、动态响应等方面都提出了更高要求，这就要求大量使用调速系统。由于直流电机的调速性能和转矩控制性能好，圆园世纪 猿园年代起就开始使用直流调速系统。它的发展过程是这样的：由最早的旋转变流机组控制发展为放大机、磁放大器控制，再进一步，用静止的晶闸管变流装置和模拟控制器实现直流调速，再后来用可控整流和大功率晶体管组成的 孕宰酝控制电路实现数字化的直流调速，使系统的快速性、可靠性、经济性不断提高。调速性能的不断提高使直流调速系统应用非常广泛。然而，由于直流电机具有电刷和换向器，制造工艺复杂且成本高，维护麻烦，使用环境受到限制等缺点，并且很难向高转速、高电压、大容量发展，因而逐渐显示出直流调速的弱点。

早就普遍应用于恒速运行场合的交流电机可以弥补直流电机的不足，加之世界范围的能源短缺，人们又开始了新一轮的交流调速的研究。仅对占传动总量三分之

一强的风机、水泵设备而言，如果改恒速为调速的话，就可节电 猿园豫左右。近三四十年来，随着电力电子技术、微电子技术、现代控制理论的发展，为交流调速产品的开发创造了有利的条件，使交流调速逐步具备了宽调速范围、高稳速精度、快速动态响应和四象限运行等良好的技术性能，并实现了产品的系列化，从调速性能上完全可与直流调速系统相媲美。目前交流调速系统已占据主导地位。

当今社会，运动控制系统的应用已相当普及，不论是民用还是军用。在工厂、农村以及大多数家庭中，到处可以看到以电动机为动力的各种生产机械或家用电器。例如 轧钢厂的连轧机，加工车间的切削机床，造纸厂的纸机，纺织厂的纺织机，化工厂的搅拌机和离心机，搬运场的起重机和传送带，矿山的卷扬机，田间的抽水泵，家庭中的冰箱、空调、洗衣机以及电脑等。

员.猿 运动控制系统的发展趋势

归纳目前大量应用的运动控制系统，并对技术发展和应用需求进行全面分析之后，我们可以总结出该领域的发展趋势有三点：

(员) 高频化。在功率驱动装置中，低频的半控器件——晶闸管在中小功率范围将被高频的全控器件——大功率晶体管所代替，这样既可以提高系统性能，又可以改善电网的功率因数。

(圆) 交流化。由于交流电机本身的优势，交流调速取代直流调速已成为一种不可逆转的趋势。随着交流调速系统成本的逐步降低，不仅现有的直流调速系统将被交流调速系统取代，而且，大量的原来恒速运行的交流传动系统将改为交流调速系统，原来直流调速所不能达到的高转速、大功率领域，也将采用交流调速系统。

(猿) 网络化。微处理器的发展，使数字控制器简单而又灵活，同时为联网提供了可能。随着系统规模的扩大和系统复杂性的提高，单机的控制系统越来越少，取而代之的是大规模的多机协同工作的高度自动化的复杂系统，这就需要计算机网络的支持，传动设备及控制器作为一个节点联到现场总线或工业控制网上，实现集中的或分散的生产过程实时监控。

另外，借助于数字和网络技术，智能控制已经深入到运动控制系统的各个方面，例如：模糊控制、神经网络控制、解耦控制等，各种观测器和辨识技术应用于运动控制系统中，大大地改善了控制系统的性能，为运动控制系统走向复杂的多层的网络控制提供了可能。运动控制系统正在由简单的单机控制系统走向多机多种控制过程协调的系统集成阶段。

我们相信，随着社会的进步，技术的发展，运动控制也将向着更高的水平迈进。

第 圆章

直流调速系统

摇摇运动控制系统中应用最普遍的是自动调速系统。在工程实践中,有许多生产机械要求在一定的范围内进行速度的平滑调节,并且要求有良好的静、动态性能。由于直流电动机具有极好的运行性能和控制特性,尽管它不如交流电动机那样结构简单、价格便宜、制造方便、维护容易,但是长期以来,直流调速系统一直占据垄断地位。当然,近年来,随着计算机技术、电力电子技术和控制技术的发展,交流调速系统发展很快,并有望在不太长的时间内取代直流调速系统,但是就目前来讲,直流调速系统仍然是自动调速系统的主要形式。在我国许多工业部门,如轧钢、矿山采掘、海洋钻探、金属加工、纺织、造纸以及高层建筑等需要高性能可控电力拖动的场合,仍然广泛采用直流调速系统。而且,直流调速系统在理论上和实践上都比较成熟,从控制技术的角度来看,它又是交流调速系统的基础。因此,我们先着重讨论直流调速系统。

圆.摇 直流电动机的调速性能和直流调速系统的主要方案

圆.摇.摇 直流电动机的调速性能和方法

摇摇图 圆.摇.摇所示为直流电动机的物理模型。定子励磁绕组通过直流电流 I_f 时产生励磁磁势 F_f 和主磁通 Φ。电枢绕组通过电枢电流 I_a 则产生电枢反应磁势 F_a。由于直流电机的电刷在几何中线 n 上,因此励磁磁势 F_f 与电枢反应磁势 F_a 正交。通常直流电机在其主磁极上加有补偿绕组,电枢反应磁势对主磁通没有影响。直流电机电

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com