



**“十二五”江苏省高等学校重点教材** (编号: 2015-2-033)

**应用型本科 电气工程及其自动化专业“十二五”规划教材**

# 运动控制实践教程

主 编 熊田忠

副主编 黄 捷 陈 春

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>



“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-2-033)

应用型本科 电气工程及其自动化专业“十二五”规划教材

# 运动控制实践教程

主 编 熊田忠

副主编 黄 捷 陈 春

审 定 叶文华 游有鹏 郭前岗 周西峰

梅志千 张家海 杜逸鸣 孙承志

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书内容包括运动控制实践概述、运动控制基本实验、运动控制课程设计类课题、运动控制创新实践/毕业设计类课题等。本书以基于 PC 运动控制卡的 XY 平台为基本实验载体,讲述了工程实际常用的变频器、伺服驱动器、PLC 定位模块、PLC 的 PID 控制、机床回零及其实现、运动控制卡的 VC/VB 开发、基于单片机的运动控制、电机驱动器开发应用、工业机器人、机器视觉应用初步、服务机器人研制、四旋翼飞行器设计等内容。本书采用了图文结合的编写方式,并提供了大量典型实例,便于读者动手操作,快速入门。

本书可作为应用型本科电气、自动化、机电一体化等专业学生的实践教材,也可作为工业自动化行业工程技术人员的培训参考书。本书兼顾专业理论性和工程应用性,读者按照所描述的步骤操作即可完成简单的工程,并循序渐进、不断深入,从而掌握本门课程的核心内容。

## 图书在版编目(CIP)数据

运动控制实践教程/熊田忠主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.5

应用型本科电气工程及自动化专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4043-3

I. ① 运… II. ① 熊… III. ① 运动控制—高等学校—教材 IV. ① TP24

## 中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 070554 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马武装 杨 璠

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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 1

字 数 437千字

印 数 1~3000册

定 价 33.00元

ISBN 978-7-5606-4043-3/TP

**XDUP 4335001-1**

\*\*\* 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

2015年5月,国务院发布了《中国制造2025》,这是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。该纲领的指导思想之一即人才为本,指出加快培养制造业发展急需的专业技术人才、经营管理人才、技能人才已成为当务之急。另外,根据国务院印发的《关于加快发展现代职业教育的决定》,教育部也酝酿启动高校转型改革,在1200所国家普通高等学校中将有600多所转向职业教育,培养应用型人才和技术技能型人才的高校比例将大幅上升。本教材就是为适应这种形势需要而进行的一个尝试。

应用型本科或应用科技大学培养的学生,必须权衡动手与动脑、理论与实践的关系,不可失之偏颇。本书坚持由浅入深、重在应用的原则,列举了大量不同类型的项目实例进行讲解,可作为理论课程学习的有益辅助。希望学生通过对运动控制这门交叉应用技术的学习,提高应用现有技术解决工程实际问题的能力。本书的配套理论教材为参考文献[1]。

以工业控制常用的VC软件开发应用为例,本书第3.4.2节以MFC建立工程,操作监控内部变量,使得入门更加容易;第3.4.3节开发运动控制卡单轴点动功能,使得学生能快速看到开发成果,增强信心,并及时总结VC开发工程项目的共性问题,引导学生关注其他常用的VC使用技巧;第3.8.2节,结合伺服驱动器的网络控制,讲解VC串口编程技巧、Modbus RTU通信协议及其CRC编程,采用成员变量的不同方式来进行数据输入输出,同时讲解了按下按钮点动,松开停止的实现方式;第3.9.4节,结合多轴同时回零应用,讲解了多线程管理问题;第4.14.1节以工业相机采集图像并显示、保存,对VC处理位图图像作了技巧示范;第4.14.2节以SCARA机器人的正解重点体现VC的数学计算,定时器中用动态绘图来模拟仿真机械手的实时位置等。总的来说,本书讲解的实例是运动控制技术与应用技巧的有机结合,而不是简单重复,学生若能在实践时把握这一点并加以体会,必将起到很好的效果。

本书以“怎么学习?如何设计?如何培养工程师素质?如何抓住重要问题?”等问题为出发点编写,学生学习实践时若能多以问题驱动为导向,必将效率更高、效果更好。

本书的编者均有机械、电子、自动化专业教育背景,又经工厂检验、设备、工艺、技术管理等岗位历练。在高校教学近10年,编者发现工科应用型人才培养至少应从“重视硬件,深入软件,关注行业,勇于实践”等几方面来加强。现在的学生多喜欢玩电脑,很少关心硬件设备,遇到实际动手操作时往往缩手缩脚,甚至连螺钉往哪个方向拧都不知道。故本书以变频器、伺服驱动器等硬件操作来加强系统集成应用,让学生体会到这些设备操作就像智能手机操作一样简单;以MCU控制电路板或电机驱动器制作为例,鼓励学生勤于动手,深入硬件原理,以提高硬件操作和设计能力。软件知识欠缺,也是现在许多应用型本科学

生的通病,很多学生以为软件都可以从网上或同学处不劳而获,不需要深入学习或深入学习困难。为此本书提供了大量软件设计代码,并详细注解,以帮助学生有所提高。

由于条件所限,学生的行业知识欠缺是不争的事实,因此,在学习过程中需要学生个人利用网络、书籍等资源,主动了解行业动态。学生可抓住一两个感兴趣的行业重点关注,使自己学习方向明确,目的性强。此外,还要勇于实践,这决不能停留在空洞的口号上,唯有行动起来,才能使运动控制技术变得不高深、不神秘。

本书以单轴速度伺服系统为基础展开,逐步扩展到位置伺服系统和多轴协调控制。讲解内容既注重单轴速度控制的基础性,又兼顾运动控制的系统性。本书特别注重工程应用性,讲解内容包括工业和日常生活常用的变频器应用、伺服驱动器应用、PLC的运动控制、基于PC运动控制卡的VC开发、基于单片机的步进电机控制、电机驱动器设计、工业机器人应用和简单服务机器人设计等。

本书配套的实验系统全部为工业制造企业采用的工业级控制器,选用的XY平台采用了模块化设计思想和工业化制造标准,是许多数控加工设备和电子加工设备的基本部件,也是进行相关科学研究和设备开发的理想模型,具有现实工业意义和广泛的工程应用背景。通过本书的学习,可为学生在工业自动化领域就业增加机会,也为本专业学生拓宽工程应用项目提供相应的解决思路及方法。

本书基础实验部分以XY运动平台为主要实验对象,实验设计上除可验证原理外,还能培养学生严谨的学习态度和安全意识并激发学生的学习兴趣。设计类课题采用图文结合的方式,学生可以按步骤学习掌握并得出结果,从而很快进入课题。本书有大量实用程序和工程建立技巧也可供学生参考。

为加强学生沟通、交流与表达的能力,在本书的最后简要论述了论文写作与课题汇报交流技巧,给出了一个优秀毕业设计论文的范文,探讨了课题完成的全过程要点,希望对学生有所启发。

本书由熊田忠担任主编并负责统稿,黄捷、陈春担任副主编。黄捷编写了第2章,陈春编写了第3.2~3.6节、第4.1节和第4.15节,其余由熊田忠编写。本书的审定人员包括:叶文华(南京航空航天大学)、游有鹏(南京航空航天大学)、郭前岗(南京邮电大学)、周西峰(南京邮电大学通达学院)、梅志千(河海大学)、张家海(三江学院)、杜逸鸣(三江学院)、孙承志(三江学院)。本书获得江苏省教育厅2015年高等学校重点教材立项建设,得到了三江学院“本科教学工程”优秀课程建设立项(编号J14011)资助,南京欧创数控机床有限公司黄雁飞总经理以及于惠荣和戎腊宁二位工程师给予了工程实践的指点与帮助,同时本书编者还得到了三江学院现代运动控制实验室的硬件支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者指正!

编者

2016年1月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 运动控制实践概述 .....           | 1  |
| 1.1 安全概述 .....                 | 1  |
| 1.2 运动控制系统基本概念和典型结构 .....      | 1  |
| 1.3 运动控制实践的形式及特点 .....         | 2  |
| 1.4 基本实验系统的组成 .....            | 3  |
| 1.5 实验室规划体系 .....              | 4  |
| 第 2 章 运动控制基本实验 .....           | 5  |
| 2.1 认知实验(一) .....              | 5  |
| 2.1.1 实验室通用二维 XY 平台的组织结构 ..... | 5  |
| 2.1.2 控制箱 .....                | 6  |
| 2.1.3 计算机 .....                | 7  |
| 2.1.4 附件 .....                 | 7  |
| 2.1.5 PCI 型运动控制器 .....         | 8  |
| 2.1.6 电气连线及软件安装 .....          | 8  |
| 2.1.7 系统初始状态 .....             | 10 |
| 2.1.8 系统维护及故障处理 .....          | 10 |
| 2.2 基本器件简介 .....               | 11 |
| 2.2.1 联轴器 .....                | 11 |
| 2.2.2 丝杠 .....                 | 12 |
| 2.2.3 导轨 .....                 | 13 |
| 2.2.4 步进电机 .....               | 13 |
| 2.2.5 交流伺服电机 .....             | 14 |
| 2.2.6 驱动器 .....                | 14 |
| 2.2.7 光栅尺 .....                | 15 |
| 2.2.8 编码器 .....                | 15 |
| 2.3 认知实验(二) .....              | 15 |
| 2.4 演示实验 .....                 | 16 |
| 2.5 运动控制平台初步调试实验 .....         | 17 |
| 2.6 单轴 PID 控制实验 .....          | 17 |
| 2.7 单轴电机运动控制实验——速度规划 .....     | 22 |
| 2.8 二维插补原理及其实现实验 .....         | 25 |

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| 2.9 数控代码编程实验 .....                         | 31        |
| 2.10 反向间隙实验 .....                          | 44        |
| 2.11 电子齿轮实验 .....                          | 52        |
| 2.12 西门子 MM420 变频器的初步使用实验 .....            | 54        |
| 2.13 双闭环不可逆直流调速系统实验 .....                  | 67        |
| <b>第 3 章 运动控制课程设计类课题 .....</b>             | <b>72</b> |
| 3.1 课程设计总要求 .....                          | 72        |
| 3.2 运动控制卡的 VB 初步开发 .....                   | 73        |
| 3.2.1 基本要求 .....                           | 73        |
| 3.2.2 设计思路与提示 .....                        | 73        |
| 3.3 较复杂图形的数控代码编程 .....                     | 73        |
| 3.3.1 基本要求 .....                           | 73        |
| 3.3.2 设计思路与提示 .....                        | 74        |
| 3.4 运动控制卡的 VC 初步开发 .....                   | 74        |
| 3.4.1 VC 软件介绍 .....                        | 74        |
| 3.4.2 按钮触发内部变量增减并显示 .....                  | 75        |
| 3.4.3 运动控制卡单轴伺服(步进)的寸动实现 .....             | 87        |
| 3.4.4 拓展实践与思考题 .....                       | 93        |
| 3.5 单片机实现步进电机的控制 .....                     | 94        |
| 3.5.1 基本要求 .....                           | 94        |
| 3.5.2 设计思路与提示 .....                        | 94        |
| 3.6 西门子 FM357-2 位控模块的初步应用 .....            | 95        |
| 3.6.1 硬件设计 .....                           | 95        |
| 3.6.2 FM357-2 模块软件安装 .....                 | 98        |
| 3.6.3 模块参数配置 .....                         | 99        |
| 3.6.4 模块调试工具测试步骤 .....                     | 104       |
| 3.6.5 模块调试 .....                           | 106       |
| 3.6.6 后续工作 .....                           | 110       |
| 3.7 基于变频器与 PLC 的单闭环 PID 控制 .....           | 110       |
| 3.7.1 目的 .....                             | 110       |
| 3.7.2 系统描述 .....                           | 110       |
| 3.7.3 软件编程 .....                           | 112       |
| 3.7.4 仿真调试 .....                           | 120       |
| 3.7.5 软、硬件联合调试 .....                       | 121       |
| 3.7.6 拓展实践与思考题 .....                       | 121       |
| 3.8 交流伺服驱动器的初步应用 .....                     | 121       |
| 3.8.1 安川 $\Sigma$ -V 系列位置模式及应用 .....       | 122       |
| 3.8.2 台达 ASDA-B2 系列速度模式与串口 Modbus 控制 ..... | 124       |
| 3.8.3 拓展实践与思考题 .....                       | 147       |
| 3.9 回零(找参考点)及其实现 .....                     | 148       |
| 3.9.1 回零的概念和作用 .....                       | 148       |

|            |                               |            |
|------------|-------------------------------|------------|
| 3.9.2      | 常用回零步骤 .....                  | 148        |
| 3.9.3      | 运动控制卡的单轴回零编程 .....            | 150        |
| 3.9.4      | 运动控制卡的多轴同时回零编程 .....          | 153        |
| 3.9.5      | 单片机的单轴回零实现 .....              | 153        |
| 3.9.6      | 拓展实践与思考题 .....                | 154        |
| <b>第4章</b> | <b>运动控制创新实践/毕业设计类课题 .....</b> | <b>155</b> |
| 4.1        | 运动控制平台的 VB 综合开发应用 .....       | 155        |
| 4.1.1      | 运动控制平台系统的组成 .....             | 156        |
| 4.1.2      | XY 平台机械本体 .....               | 156        |
| 4.1.3      | GT-400 系列运动控制器的性能 .....       | 157        |
| 4.1.4      | 运动控制器与伺服系统的匹配 .....           | 157        |
| 4.1.5      | 方案设计 .....                    | 158        |
| 4.1.6      | VB 的安装 .....                  | 158        |
| 4.1.7      | VB 的使用 .....                  | 158        |
| 4.1.8      | 动态链接库 .....                   | 159        |
| 4.1.9      | 图形的选择 .....                   | 159        |
| 4.1.10     | 监控系统的开发步骤 .....               | 159        |
| 4.1.11     | 开发编程 .....                    | 160        |
| 4.1.12     | 系统的调试 .....                   | 162        |
| 4.1.13     | 综合测试结果 .....                  | 163        |
| 4.1.14     | 程序清单 .....                    | 163        |
| 4.2        | 基于 VC 运动控制卡的综合开发应用 .....      | 168        |
| 4.2.1      | 课题基本要求 .....                  | 168        |
| 4.2.2      | 设计思路与提示 .....                 | 168        |
| 4.3        | 单片机控制步进电机的软硬件设计 .....         | 168        |
| 4.3.1      | 课题基本要求 .....                  | 168        |
| 4.3.2      | 设计思路与提示 .....                 | 168        |
| 4.4        | 步进电机的驱动器设计 .....              | 168        |
| 4.4.1      | 课题基本要求 .....                  | 168        |
| 4.4.2      | 参考方案 .....                    | 168        |
| 4.5        | 直流电机的控制系统设计 .....             | 171        |
| 4.5.1      | 课题基本要求 .....                  | 171        |
| 4.5.2      | 参考方案 .....                    | 171        |
| 4.6        | 无刷直流电机驱动器设计 .....             | 172        |
| 4.6.1      | 课题基本要求 .....                  | 172        |
| 4.6.2      | 设计思路 .....                    | 172        |
| 4.7        | 基于单片机的单轴控制系统 .....            | 172        |
| 4.7.1      | 课题基本要求 .....                  | 172        |
| 4.7.2      | 参考方案 .....                    | 172        |
| 4.8        | ARM/DSP 控制无刷直流电动机 .....       | 174        |
| 4.8.1      | 课题基本要求 .....                  | 174        |
| 4.8.2      | 设计思路与提示 .....                 | 174        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 4.9 基于单片机和步进电机的多轴协调控制 .....     | 175        |
| 4.9.1 课题基本要求 .....              | 175        |
| 4.9.2 设计思路与提示 .....             | 175        |
| 4.10 基于现场总线的同步控制系统 .....        | 175        |
| 4.10.1 课题基本要求 .....             | 175        |
| 4.10.2 设计思路与提示 .....            | 175        |
| 4.11 基于变频器的恒压供水系统 .....         | 175        |
| 4.11.1 课题基本要求 .....             | 175        |
| 4.11.2 设计思路与提示 .....            | 176        |
| 4.12 基于单片机的遥控小车设计 .....         | 176        |
| 4.12.1 课题基本要求 .....             | 176        |
| 4.12.2 参考方案 .....               | 176        |
| 4.13 擦黑板机器人的研制 .....            | 179        |
| 4.13.1 设计要求 .....               | 179        |
| 4.13.2 设计过程概况 .....             | 179        |
| 4.13.3 主要内容及创新点 .....           | 180        |
| 4.13.4 本科毕业设计论文范文 .....         | 180        |
| 4.14 视觉引导 SCARA 机器人抓取系统设计 ..... | 181        |
| 4.14.1 工业相机图像采集 .....           | 181        |
| 4.14.2 SCARA 机器人的正解与反解控制 .....  | 192        |
| 4.14.3 后续工作 .....               | 203        |
| 4.15 四轴飞行器设计 .....              | 203        |
| 4.15.1 相关理论 .....               | 203        |
| 4.15.2 硬件系统设计 .....             | 208        |
| 4.15.3 上位机调试软件的使用 .....         | 212        |
| 4.15.4 姿态解算算法设计 .....           | 213        |
| 4.16 论文写作与课题汇报交流 .....          | 220        |
| <b>参考文献 .....</b>               | <b>224</b> |
| <b>附录 本科毕业设计论文范文 .....</b>      | <b>225</b> |

# 第1章 运动控制实践概述

## 1.1 安全概述

在进行运动控制系统实践时,有触电的危险,运动部件也可能伤人,因此要特别注意人身安全!操作前要告知同组实践者,并认真阅读设备说明书,严格按说明书进行操作;注意设备急停开关的位置,操作中相互配合,注意设备安全,丝杠、导轨等运动部件保持清洁,按说明书对设备进行定期保养维护。

## 1.2 运动控制系统基本概念和典型结构

简单地说,运动控制就是对机械运动部件的位置、速度等进行实时的控制管理,使其按照预期的轨迹和规定的运动参数(如速度、加速度等参数)完成相应的动作。运动控制至今没有统一的定义,本书使用如下定义:所谓运动控制,是综合运用力学、机械、电子、计算机、通信和自动化等有关技术,采用适当的控制原理、方法,在硬件或软件平台上实现满足精度、响应速度和其他要求的执行装置的位置/角位移、速度/角速度、加速度/角加速度、力矩/力的控制。

伺服系统(Servo System,或称随动系统、伺服机构)是实现输出变量精确地跟随或复现输入变量的控制系统,通常是一个闭环负反馈系统。在很多情况下,伺服系统专指被控制量(系统的输出量)是机械位移、速度、加速度的反馈控制系统。通常认为,运动控制系统包含了单轴速度和位置伺服控制系统并以其为基础,而伺服系统通常被认为是位移、速度、加速度的闭环控制,速度伺服系统又是位置伺服系统的基础。

典型的单轴运动控制系统结构可以用如图 1.2-1 所示的方框图表示。

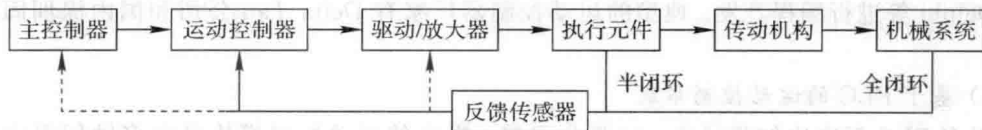


图 1.2-1 典型的运动控制系统结构

(1) 主控制器通常负责调度、运动状况显示、数据存储、通信协调等工作,可由 PC 机、PLC(可编程逻辑控制器)等承担。

(2) 运动控制器(Motion Controller)是运动控制系统的核心,它向驱动/放大器发出能使系统产生期望输出的信号,进行各种插补运算、轨迹路径规划、复杂控制策略等任务,并根据检测运动情况,实时调整信号输出。可由基于 PC 的运动控制板卡、PLC 或定位模块、以 DSP(数字信号处理)或 ARM(微处理器)等为核心的控制器承担。

(3) **驱动/放大器(Driver)**为弱电信号到强电驱动信号的转换装置,通常为由电力电子器件及其控制电路、保护电路组成的伺服驱动/放大器,它接受控制系统指令信号,经过转换变成能直接驱动各种执行元件的大电压/大电流信号。驱动/放大器与执行元件可以合称为运动控制系统的执行器(Actuator)。

(4) **执行元件(Execute Component)**是各种由电能转化为机械能的元件,多为各种功率电机或控制电机(Control Motor)。比如直流伺服电动机、三相异步电动机、无刷直流电动机、永磁同步电动机、步进电动机、超声波电动机、直线电动机等,也可以是液压油缸、液压马达、气缸等。

(5) **传动机构**通常是进行增减速、输出力矩的放大或减小、旋转运动与直线运动的转换等而采用的齿轮箱、丝杠、皮带轮、齿形同步带等。

(6) **机械系统**通常是控制的最终对象,可以是一维或多维机械平台、机械手臂、机床等。

(7) **反馈传感器(Sensor)**可以将机械末端的运动情况反馈给控制器从而实现闭环控制;也可以将执行元件输出反馈给控制器,实现半闭环控制;没有反馈环节的系统即为开环系统。

以上驱动/放大器、运动控制器、主控制器有时未必能严格区分,某些系统中可以仅有驱动/放大器,或运动控制器与主控制器功能合为一体,需要具体情况具体分析。

单轴位置控制可分为开环、闭环和半闭环伺服系统。对于多轴控制,根据运动控制的特点和应用领域的不同,可以将运动控制分成点位控制(Point to Point Control)、连续轨迹控制(Continual Trajectory Control)、同步控制(Synchronous Control)等几种形式。运动控制的典型应用和水平体现在数控机床和工业机器人领域。

## 1.3 运动控制实践的形式及特点

### 1. 系统集成

#### 1) 基于 PC 的运动控制卡运动控制系统

PC 机具有强大的运算能力、丰富的图形界面、方便的网络通信、海量的存储空间,可作为运动控制系统的上位机;加上 PCI 总线接口的运动控制卡可作为运动控制器的下位机,可构成基于 PC 的开放性运动控制系统,在工业领域得到广泛应用,一般可以用 VC/VB/Delphi 等进行编程开发。典型的运动控制器厂家有 Delta Tau 公司和国内深圳固高公司等。

#### 2) 基于 PLC 的运动控制系统

很多 PLC 厂家比如西门子、三菱公司等,推出的运动控制模块具有多轴伺服定位功能,配以专用软件,可以构成基于 PLC 的运动控制系统。也可以由 PLC 集成的高速脉冲输入和高速脉冲输出模块构成简单的运动控制系统,脉冲输出可控制步进电机或伺服电机。基于 PLC 的运动控制系统抗干扰能力强,软件可用技术人员熟知的梯形图等形式编写,有一定的灵活性,但同比价格上稍高于基于 PC 的运动控制系统,开放性稍差。

#### 3) 由可编程运动控制器(PMC)组成的运动控制系统

可编程运动控制器是运动控制专用控制器,将人机界面、运动控制等功能集于一身,成本要低于 PLC 运动控制系统,但其开放性更差些。

#### 4) 计算机数字控制(CNC)系统

CNC 系统基于数控系统,也可以构成运动控制系统。CNC 系统可以采用数控代码编程,开发周期短,但价格往往更高,它一般是封闭式系统,很难进行二次开发,灵活性欠缺。

以上几种运动控制系统都属于系统集成式,对于较大型系统,开发周期不允许太长,项目需求往往变化多,选择哪种方案需要根据具体情况而定。能用系统集成方法完成一定工程项目是应用型本科工科学生未来一项基本的和主要的能力。

#### 2. 分立元件搭建硬件

如果是小型运动控制项目,产销量大,开发周期可以较长,则可以考虑自行设计运动控制系统的硬件和软件。经过试验、小批试制到批量生产,这样开发周期较长,研发成本高,但由于量大,总体可以降低成本。这种系统一般以单片机为控制器、用 C 语言编程来开发产品。

### 1.4 基本实验系统的组成

XY 平台是许多机电一体化系统的基本组成部件,如车、铣、钻、激光加工等各种数控设备。固高科技公司面向制造行业和高等院校开发的 GXY 系列 XY 工作台,采用模块化设计思想和工业化制造标准设计制造,可广泛应用于焊接、点胶、邦定(Bonding)、打孔、包装、取料等各类数控及精密位置控制设备的研究开发,同时也可应用于高等院校机电传动控制、计算机控制系统、机械工程控制以及数控技术等专业领域的研究、教学实践等。由于 XY 平台的基本性、通用性和直观性,本书第 2 章运动控制基本实验部分主要以固高科技的 XY 平台为实验设备。

一套完整的 XY 平台系统主要由三部分组成:控制对象(XY 平台机械本体)、电控箱、计算机,如图 1.4-1 所示。



图 1.4-1 XY 平台系统组成

XY 平台系统的工作过程是:用户在计算机上发送的指令通过电控箱转化为控制信号传达给机械本体的执行部件;反馈元件采集的信号通过电控箱送回计算机并转化为可视的数据、曲线、图像等在显示器上显示出来。

控制部分采用基于 PC 和 DSP 运动控制器的开放式控制体系,主要由计算机、运动控制器、电控箱、电机及相关软件组成。控制系统示意图如图 1.4-2 所示。

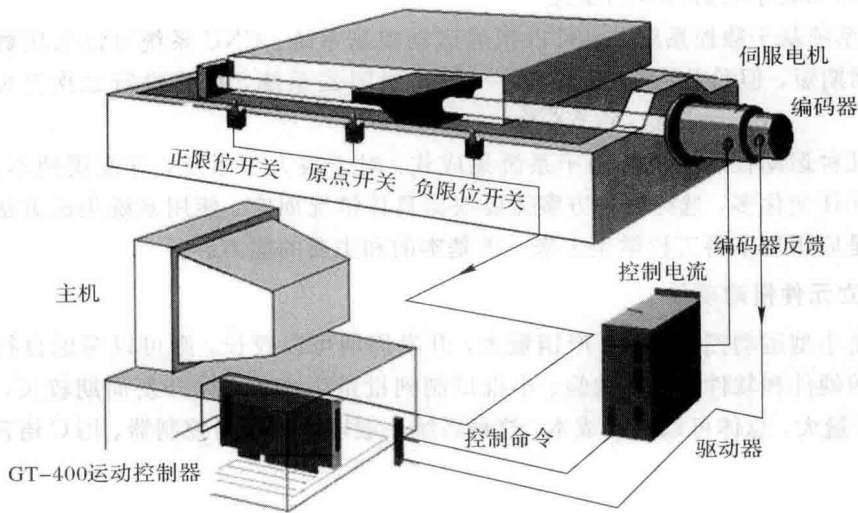


图 1.4-2 XY 平台控制系统示意图

### 1.5 实验室规划体系

以基于 PC 的运动控制卡为主要实验设备，参考如图 1.5-1 所示的现代运动控制实验室规划体系。广大读者可以继续发挥创新思维，紧密联系生产生活实际，相互交流探讨，敏于行动，不断丰富实验室装备，提升实验室综合水平。

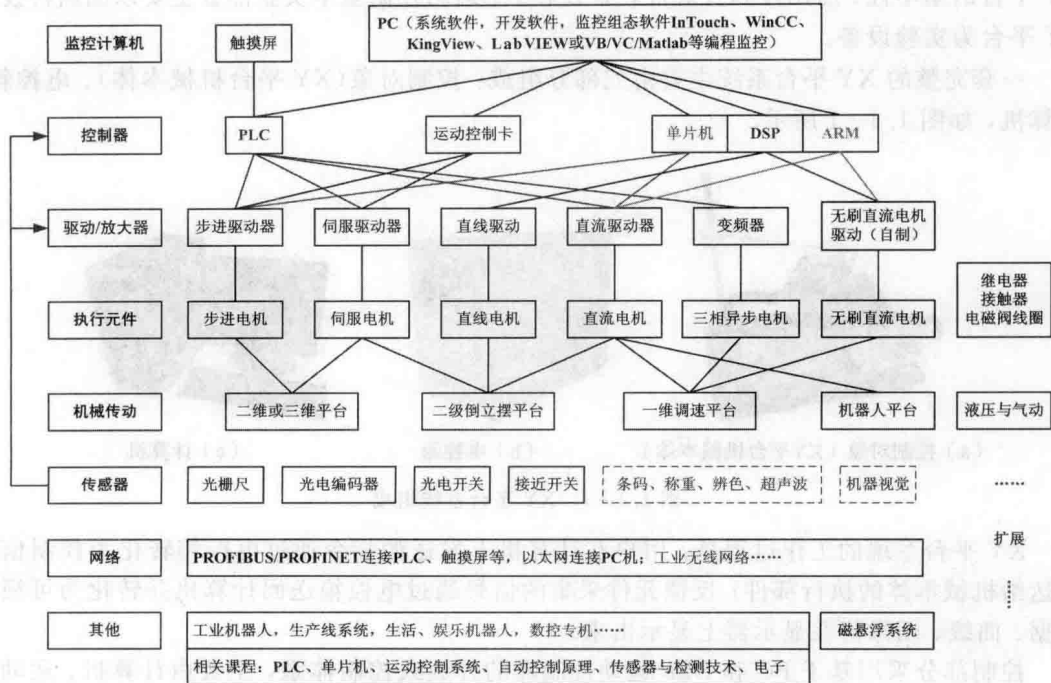


图 1.5-1 运动控制实验室规划体系图

## 第2章 运动控制基本实验

运动控制实践需要一个循序渐进、由浅入深的过程,基本实验比较重要,本章选择一些通用的、验证性的、基础性的实验进行讲解。为不失一般性,本章多以固高科技有限公司产品为例。

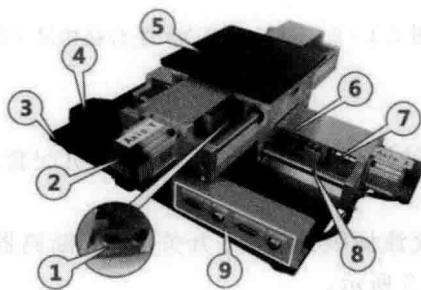
### 2.1 认知实验(一)

教师对照实物讲解,学生观察、记录。重点注意设备组成、名称、型号、主要参数、电气连接及其规范性,课后网上查资料完成认知报告。

#### 2.1.1 实验室通用二维 XY 平台的组织结构

如图 2.1-1 所示,GXY 系列 XY 平台机械本体采用模块化拼装,其主体由两个 GX 系列通用线性模块组成,部件全采用工业级元件,驱动电机可选。XY 平台有交流伺服、直流伺服和步进三种类型。

GX 系列线性模块主要包括:工作台、丝杆、导轨、电机、底座等部分。



1—限位开关; 2—电机; 3—底座; 4—拖链; 5—工作台;  
6—丝杠; 7—联轴器; 8—导轨; 9—电气接口

图 2.1-1 XY 平台本体外观

某 GXY 系列 XY 平台结构尺寸如图 2.1-2 所示,其主要技术参数见表 2.1-1。

表 2.1-1 某 GXY 系列 XY 平台主要技术参数

| 型号       | 行程 $J$<br>/mm |       | 高度 $H$<br>/mm | 底座尺寸<br>/mm |      | 工作台尺寸<br>/mm |      | 负载重量<br>/N | 重复定位精度<br>/mm | 定位精度<br>/mm |
|----------|---------------|-------|---------------|-------------|------|--------------|------|------------|---------------|-------------|
|          | $J_x$         | $J_y$ |               | $L1$        | $W1$ | $L2$         | $W2$ |            |               |             |
| GXY-2020 | 200           | 200   | 200           | 490         | 350  | 200          | 200  | 500        | $\pm 0.03$    | 0.05        |

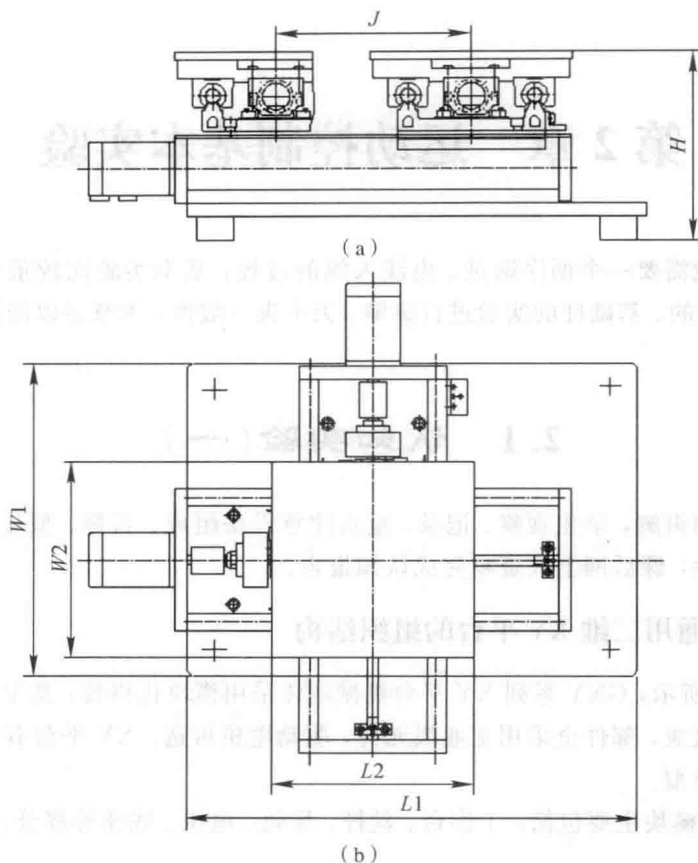
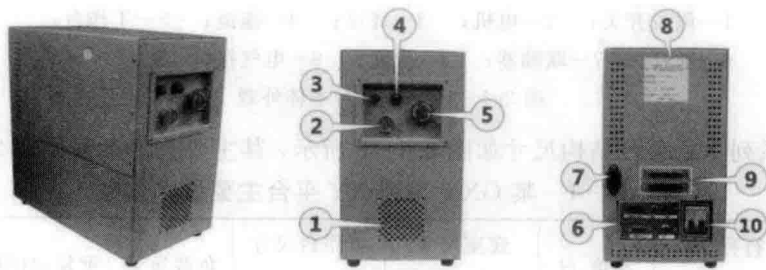


图 2.1-2 GXY 系列 XY 平台结构尺寸图

## 2.1.2 控制箱

控制箱是平台控制部分的核心，与机械本体驱动电机配套，有三种类型：交流伺服型、直流伺服型和步进型。

(1) 交流伺服型：内置交流伺服驱动器、开关电源、断路器、接触器、运动控制器端子板、按钮开关等，如图 2.1-3 所示。

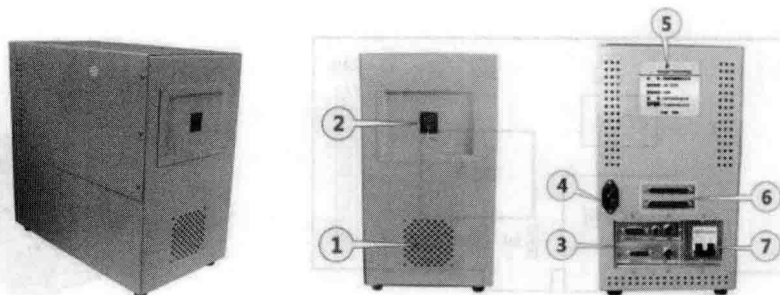


- 1—通风口； 2—启动按钮； 3—启动按钮指示灯； 4—电源指示灯； 5—急停按钮；  
6—平台信号线接口板； 7—电源线接口； 8—电控箱内标签； 9—运动控制器信号线接口；  
10—电源总开关

图 2.1-3 交流/直流伺服型电控箱外形图

(2) 直流伺服型：内置直流伺服驱动器、开关电源、断路器、接触器、运动控制器端子板、按钮开关等，如图 2.1-3 所示。

(3) 步进型：内置步进电机驱动器、开关电源、运动控制器端子板、开关等，如图 2.1-4 所示。



1—通风口； 2—启动按钮； 3—平台信号线接口板； 4—电源线接口；  
5—电控箱内标签； 6—运动控制器信号线接口板； 7—电源总开关

图 2.1-4 步进型电控箱外形图

### 2.1.3 计算机

为保证系统良好运行，建议计算机系统配置不低于以下标准：

- (1) CPU：推荐主频 1.5 GHz 以上。
- (2) 硬盘：软件安装预留空间约 12 MB。
- (3) 内存：256 MB 以上。
- (4) 显卡：Windows 系统兼容，16 MB 以上显示内存，可工作于 1024×768 分辨率下。
- (5) PCI 插槽：两条空闲插槽(必须)。
- (6) 操作环境：Windows XP/Win 7 专业版。

产品可能更新换代，根据厂家要求，不排除使用更高版本软硬件的可能。

### 2.1.4 附件

自动笔架用于绘制 XY 平台运动轨迹，如图 2.1-5 所示。自动笔架主要由磁性固定底座、笔架体、电磁铁和画笔组成。画笔可抬起或下降，其升降运动由电磁铁通、断电实现，电磁铁的通、断电信号则由运动控制卡通过 I/O 口给出。

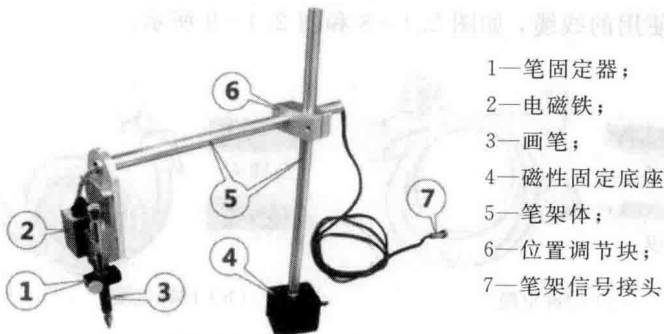
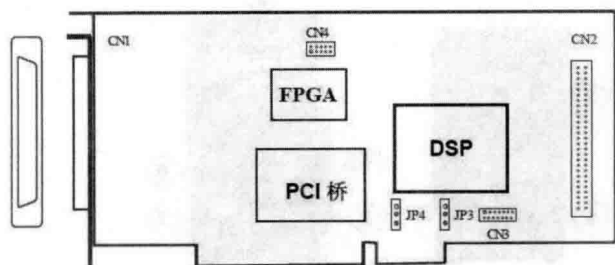


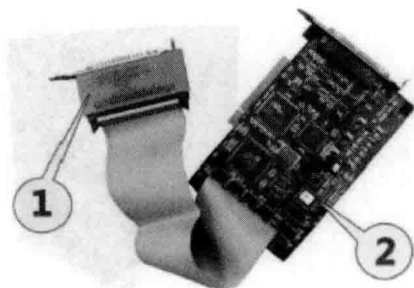
图 2.1-5 自动笔架

## 2.1.5 PCI 型运动控制器

PCI 型运动控制器俗称运动控制板卡，简称板卡，其常见内部结构与外形如图 2.1-6 所示。PCI 运动控制器与电脑内部连接部位如图 2.1-7 所示。



(a) 内部结构



1—转接板；2—运动控制器

(b) 外形

图 2.1-6 PCI 运动控制器内部结构与外形图

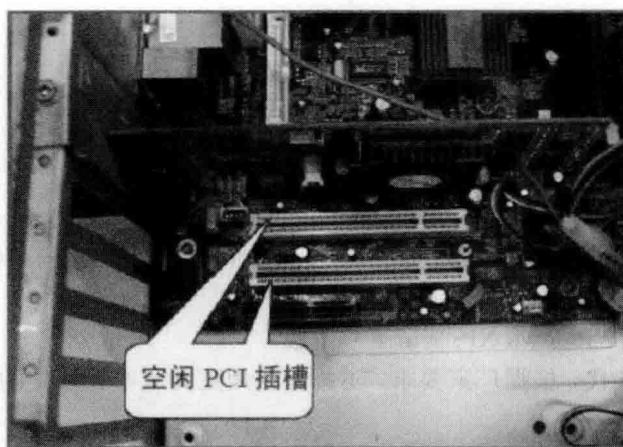
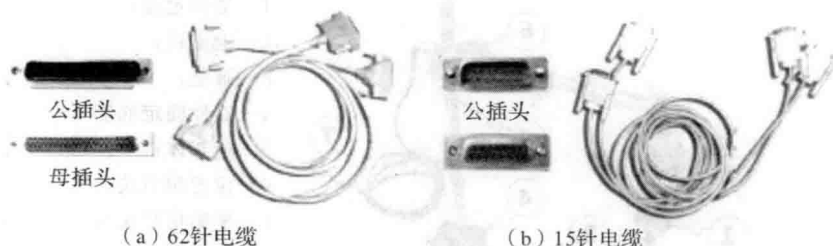


图 2.1-7 电脑内部连接部位

## 2.1.6 电气连线及软件安装

(1) 电气连接使用的线缆，如图 2.1-8 和图 2.1-9 所示。



(a) 62 针电缆

(b) 15 针电缆

图 2.1-8 62 针及 15 针电气线缆