

光机电一体化丛书

光机电一体化系统的 软件技术

方建军 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

光机电一体化系统的软件技术

方建军 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

光机电一体化系统的软件技术/方建军编著. —北京:
化学工业出版社, 2005.4
(光机电一体化丛书)
ISBN 7-5025-6894-8

I. 光… II. 方… III. 光电技术-机电一体化-
系统软件 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 031137 号

光机电一体化丛书
光机电一体化系统的软件技术

方建军 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 朱 磊

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 371 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6894-8

定 价: 33.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书从实用的角度出发,比较全面系统地介绍了开发光机电一体化系统软件所需要的基础知识以及相关技术,包括程序设计方法、软件工程方法、典型数据结构、软件可靠性与测试技术、人机界面、电气接口技术以及软件的抗干扰技巧。全书内容由浅入深、通俗易懂。为了帮助读者加深对软件基础理论知识和技术的理解,给出了大量的应用实例。

本书可供光机电一体化领域的工程技术人员使用,也可作为工业自动化、机电一体化、计算机应用专业学生的教学参考书。

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合,是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面:光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品,具有很高的功能和附加值;光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用 and 发展的技术。

目前,国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业,光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性,受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注,在提升传统产业的过程中,它以其高度的创新性、渗透性和增值性,成为未来制造业的支柱,被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新技术发展项目。

随着光机电一体化技术的不断发展,各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。《光机电一体化丛书》第一批(共 9 册)的出版受到了广大读者的欢迎。为满足读者的进一步需求,我们联合北方工业大学、上海交通大学、东华大学、华中科技大学、海军工程大学、北京机械工程学院、中国船舶工业集团船舶系统工程部、上海大学、吉林大学、江汉大学、河南理工大学等高校的教师及科研部门的工程技术人员编写《光机电一体化丛书》第二批(共 21 册),拟在 2005 年初开始陆续出版发行,主要内容为光机电一体化技术在测试传感、驱动控制、激光加工、精密加工、机器人等方面的应用,以满足科研单位、企业和高等院校的科研及生产和教学的需求,为有关工程技术人员在开发光机电一体化产品时,提供有价值的参考素材。

本丛书的基本特点是:①内容新颖,力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果;②系统全面,丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例,重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法;③深入浅出,每本书重点突出,注重理论联系实际,既有一定的理论深度,又具有很强的实用性,力求满足不同层次读者的需求,适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛,相关技术发展迅速,加之作者水平有限,时间紧促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请专家、学者和读者不吝赐教。

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2004 年 10 月于北京

前 言

光机电一体化产品与非光机电一体化产品的根本区别在于光机电一体化产品采用了计算机控制技术。计算机成为光机电一体化产品的核心,而软件则是计算机控制的灵魂。过去,人们对软件在光机电一体化产品中的作用认识不够,将其仅仅看作是硬件的附属品。这种重视硬件、轻视软件思想和观念使广大从业人员对计算机软件知识掌握得不够,从某种程度上限制了新技术在光机电一体化产品中的应用。目前,虽然很多高等学校都开设了机电一体化专业,但在专业课程设置上,仍只是将机械专业的课程和一些电子技术课程揉和在一起,对计算机技术仍局限于学习编程语言。很多机电一体化专业的大学生对计算机知识仍感陌生,更谈不上用软件工程思想来设计软件了。为了帮助正在和即将在光机电一体化领域工作的科技人员奠定良好的软件设计方面的科研开发基础,本人编写了此书。

全书共分8章。第1章介绍光机电一体化的基本概念以及计算机和软件在光机电一体化系统中的地位和作用。第2章介绍程序设计方法,包括面向过程程序设计和面向对象程序设计以及程序设计工具 Visual C++。第3章介绍了几种典型的数据结构,如链表、队列、栈和二叉树等,并给出了数据结构的应用实例。第4章介绍软件工程的观念、方法和工具,并给出了综合应用实例。第5章介绍软件可靠性概念,软件测试方法、工具和软件调试技术。第6章介绍人机界面的设计技术,包括中文支撑环境、键盘接口设计与编程、触摸屏设计与编程、LED和LCD显示接口设计与编程、热敏打印机设计与编程以及图形界面设计。第7章介绍电气接口技术,主要介绍数字信号和模拟信号的输入/输出通道的设计与编程技术。第8章介绍软件抗干扰措施。

本书由北方工业大学机电工程学院方建军副教授和中国农业大学工学院张树阁副教授共同编写。第1章至第4章、第6章和第8章由方建军编写,第5章和第7章由张树阁编写。任利伟参加了第3章的编写。本书在编写过程中参阅了很多作者的专业书籍和论文,限于篇幅,不在书后一一列出,在此衷心感谢各位书籍和论文的作者。

由于编者水平有限和时间仓促,错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2004年11月

目 录

第 1 章 绪言	1
1.1 光机电一体化含义	1
1.2 光机电一体化系统中的计算机	2
1.3 光机电一体化系统中的软件	3
1.4 软件在光机电一体化系统中的应用实例	4
第 2 章 程序设计	8
2.1 程序与算法	8
2.2 结构化程序设计	9
2.2.1 结构化程序设计方法	9
2.2.2 结构化程序设计工具	12
2.2.3 结构化程序设计	15
2.3 面向对象程序设计	15
2.3.1 面向对象的方法	15
2.3.2 面向对象的程序设计	20
2.4 面向对象软件开发工具——Visual C++	23
2.4.1 类与对象	23
2.4.2 继承	24
2.4.3 多态性	31
2.4.4 友元	34
2.4.5 运算符重载	34
2.4.6 Visual C++ 类库	37
2.4.7 模板	38
第 3 章 典型数据结构	43
3.1 栈	43
3.1.1 类 Stack	44
3.1.2 栈应用实例	45
3.2 队列	49
3.2.1 循环队列	49
3.2.2 循环队列类	50
3.2.3 优先级队列	51
3.3 链表	53
3.3.1 单向链表	53
3.3.2 循环链表	57
3.3.3 双向链表	58
3.3.4 应用实例——Josephus 问题	60

3.4 二叉树	62
3.4.1 树的概念	62
3.4.2 二叉树的概念和二叉树类	63
3.4.3 二叉搜索树	66
3.5 标准模板库 STL	70
3.5.1 初识 STL	70
3.5.2 容器	71
3.5.3 迭代器	75
3.5.4 算法	78
第4章 软件工程方法	81
4.1 软件生存周期	82
4.2 可行性研究	83
4.2.1 可行性研究的内容	83
4.2.2 可行性研究的步骤	84
4.2.3 可行性研究使用的分析工具	85
4.3 需求分析	87
4.3.1 数据流建模	87
4.3.2 数据字典	90
4.3.3 加工说明	91
4.4 总体设计	93
4.4.1 软件设计的基本原理	94
4.4.2 软件结构	97
4.4.3 面向数据流图的设计	99
4.4.4 面向数据流图的设计实例	102
4.5 详细设计	103
4.5.1 Warnier 程序设计方法	104
4.5.2 Warnier 程序设计实例	104
4.6 编码	109
4.7 应用实例	110
4.7.1 激光切割机数控系统的组成	110
4.7.2 激光切割机数控系统的基本功能	111
4.7.3 软件设计	111
第5章 软件的可靠性与测试技术	117
5.1 软件可靠性	117
5.1.1 软件可靠性的含义	117
5.1.2 软件可靠性度量	117
5.1.3 软件可靠性分析	118
5.2 软件测试技术	119
5.2.1 软件测试方法	119
5.2.2 软件测试用例	120

5.2.3 软件测试过程	123
5.3 软件调试	127
第6章 人机界面	130
6.1 人机友好界面的设计原则	130
6.2 人机交互的中文环境	131
6.3 键盘的设计与编程	135
6.3.1 机械式键盘的设计与编程	135
6.3.2 拨码盘的设计与编程	139
6.3.3 触摸屏的设计与编程	141
6.4 LED和LCD显示器的接口与编程	145
6.4.1 LED显示器的接口设计与编程	145
6.4.2 LCD显示器的接口设计与编程	151
6.5 键盘与显示器一体化接口	161
6.6 热敏打印机接口与编程	166
6.7 图形用户界面设计	195
第7章 电气接口技术	203
7.1 光机电一体化系统的输入/输出信号	203
7.2 数字量输入/输出通道的设计	205
7.2.1 并行输入/输出接口	205
7.2.2 串行输入/输出接口	210
7.3 模拟量输入/输出通道的设计	215
7.3.1 模拟量输入通道的程序设计	216
7.3.2 模拟量输出通道的程序设计	219
第8章 软件抗干扰设计	221
8.1 光机电一体化系统的抗干扰问题	221
8.2 软件抗干扰措施	222
8.2.1 数据采集系统的软件抗干扰	222
8.2.2 程序运行失常的软件抗干扰	224
8.2.3 控制状态失常的软件抗干扰	227
8.3 软件抗干扰设计实例	228

第 1 章 绪 言

1.1 光机电一体化含义

20 世纪 70 年代，微电子技术和信息技术的发展引起了机械技术领域的深刻变革，机械技术与电子技术的有机结合产生了机电一体化技术。数控机床和工业机器人是机电一体化技术的典型产品。在机械加工领域，过去采用普通机床加工零件。在加工零件的过程中，工人首先看懂图纸，然后手工操纵机床进行零件加工并用游标卡尺或其他测量工具手动测量加工尺寸，这个过程反复进行，直到最后完成零件的加工。整个加工过程对工人的技术等级要求较高。对于较为复杂的零件，加工起来就很困难，废品率高，甚至有些复杂零件根本就无法加工。用数控机床加工零件时，工人仅仅需要做的工作就是将加工零件的数控代码输入数控机床的控制器，然后启动数控机床进行加工。整个加工过程都由机床自动完成，人工干预很少。数控机床能够加工非常复杂的零件，如飞机的机翼等，加工的精度高，可靠性高。机器人的应用更是拓展了人的体力和脑力，使人类的活动范围大大扩展，如太空机器人、深水机器人等。

20 世纪 90 年代，光机电一体化技术在机电一体化技术的基础上迅猛发展，正引起一场新的革命。有人指出，20 世纪是微电子的世纪，21 世纪则是光电子的世纪。什么是光机电一体化？到目前为止，没有人能够给出它的精确定义。光机电一体化概念的萌芽可以追溯到德国提出的精密工程技术。早在 1981 年，在德国工程师协会、德国电气工程技术人员协会及其共同组成的精密工程技术专家组提出的《关于大学精密工程专业建议书》中，提出将精密工程技术定义为光、机、电一体化的综合技术。它包括机械（含液压、气动及微机械）、电工与电子、光学及其不同技术的组合（电工与电子机械、光电子技术及光学机械），其核心为精密工程技术。精密工程技术的定义从某种程度上说明了光机电一体化的涵义。一般认为，光机电一体化是由光学、机械学、微电子学、信息处理与控制及软件等各种相关技术交叉融合而构成的群体技术。各种新技术的相互渗透和有机融合是光机电一体化技术的灵魂。

一个完整的光机电一体化系统大体包括本体结构、计算机控制器、驱动装置、传感器等四个部分，如图 1-1 所示。各组成部分的作用如下。

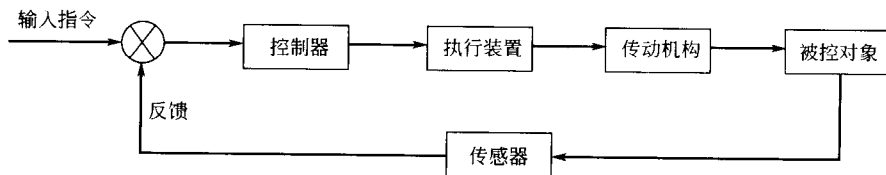


图 1-1 光机电一体化的组成

(1) 控制器

控制器由计算机和输入输出接口组成。在光机电一体化产品中，常用的计算机有单片机、可编程控制器和工业控制计算机等。输入输出接口是控制器接受传感器返回的电信号，并将处

理结果输出,从而驱动执行装置的接口。控制器是控制系统的核心。控制系统分开环系统和闭环系统。控制算法在控制器中完成。

(2) 执行装置

执行装置是按照控制器发出的指令,将电信号转换为机械能,驱动机械部分进行运动的装置。执行装置分电动、气动和液动3大类。在第3章中将对此进行阐述。

(3) 传感器

传感器是将被测对象的状态转化为电信号的装置。在闭环控制系统中,传感器作为反馈装置是必不可少的。

(4) 机械结构

机械结构是光机电一体化产品所有功能的支撑结构,完成系统的结构功能。机械结构在光机电一体化产品中往往占据很大的体积和质量,因此应尽量采用新材料、新工艺、新结构,满足光机电一体化产品小、轻、美观的特点。在设计光机电一体化产品时,应尽可能减少使用机械结构,如利用直接传动而去掉机械传动机构等。

1.2 光机电一体化系统中的计算机

光机电一体化产品与非光机电一体化产品的本质区别在于前者具有计算机控制的伺服系统。计算机作为伺服系统的控制器,它将对来自各传感器的检测信号和外部输入指令进行存储、分析和加工,根据信息处理结果,按照一定的控制算法和程序发出相应的指令,控制整个系统按照预定的目的运行。同模拟控制器相比,计算机能够实现更加复杂的控制理论和算法,具有更好的柔性和抗干扰能力。实现光、机、电的有机融合,信息获取与处理以及机器的智能化都离不开计算机的支持。因此,计算机和软件技术在光机电一体化产品中起着核心和灵魂的作用。目前,用于光机电一体化产品的计算机,有工业控制计算机、嵌入式微处理器和可编程控制器三种。

(1) 工业 PC 机

工业 PC 机采用小主板结构和接插件的系统集成方法,将原先个人 PC 机的大主板分成若干小的板卡,如 CPU 板、RAM 板、I/O 板等,板卡都采用工业级的产品,具有良好的抗干扰性和可靠性。工业 PC 机具有丰富的硬件、软件和人力资源。在市场上有多种商品化的接口板成品,如数字量 I/O 板,模拟量 A/D、D/A 板,定时器,计数器板,通信板以及存储器板等可供选用。对于大型的光机电一体化系统,采用工业 PC 机作为控制系统,系统的硬件可以从市场上选购,软件可以采用组态软件,在很短的周期内可以构建一个完善的控制系统。基于 PC 控制系统的成本比较高,体积大,但开发周期短,技术风险小。工业 PC 也正向体积小型化方向发展,如 PC/104。在某些尺寸受到限制的应用场合,PC/104 也是不错的选择。

(2) 嵌入式微处理器

单片机作为嵌入式微处理器在体积受限制的光机电一体化产品中得到广泛的应用。单片机的发展经过了4位机、8位机、16位机的阶段,现在已经发展到32位单片机,但8位单片机仍在市场中占据主流地位。特别是随着嵌入式控制系统的兴起,世界各大半导体生产厂商都将注意力转移到8位单片机。8位单片机也向低功耗、高速度,集成有先进的模拟接口和数字信号处理器的方向发展,其功能不断增强。单片机没有自开发能力,必须借助PC机和专用仿真开发系统进行开发,单片机的编程与调试不如PC机方便,开发周期较长。

(3) 可编程序控制器

可编程序控制器体积小, 抗干扰能力强, 运行可靠, 可以直接装入强电力箱内使用。在工厂的大型机电设备控制中应用较多。

在开发光机电一体化产品时, 无论采用哪种计算机, 都存在硬件和软件的平衡问题。对于数字控制系统而言, 软件硬化和硬件软化都是可能的。因此, 在具体选择控制计算机及其外围设备时要仔细考虑。对于某些功能, 既可用硬件来实现, 也可用软件来实现。在选择硬件还是软件时通常要根据经济性和可靠性的标准来权衡决定。采用硬件方案, 增加系统的成本和体积, 但可靠性和运行速度提高了。采用软件方案, 系统的成本和体积都下降了, 控制系统的柔性增加, 抗干扰能力增强, 对于系统的维护有利。但在某些情况下, 实时性较差。

1.3 光机电一体化系统中的软件

(1) 软件的作用

有了计算机硬件, 还需要驱动这些硬件工作的软件。在光机电一体化产品设计人员中, 普遍存在重硬件、轻软件的观点和想法, 往往把软件看作是硬件的附属品。随着智能技术的发展, 高级的光机电一体化产品需要具有更多的“智能”和“柔性”, 软件的作用越发凸现出来。在光机电一体化系统中, 软件的作用是负责控制和协调系统中各个部分有条不紊地工作, 使它们成为一个有机整体; 按照设计要求实现系统的功能; 对系统的运行状况进行监视和干预; 实时响应外界对系统的控制和干预。概括地讲, 光机电一体化系统的软件应包括以下几个部分。

① 多任务管理 负责控制和协调系统的各个部分有序工作。

② 系统运行状态的监测 如果系统出现异常, 能够及时处理并给出报警信号, 同时要采取安全保护措施。

③ 人机界面的管理 人机界面主要负责人和计算机之间的通信和交互。人对控制系统发出的控制指令和干预信号要能够及时被系统响应, 系统的运行状态、各种参数和提示信息要显示在屏幕上, 使操作者了解系统的运行状况。人机界面是人和机器交互的窗口。

④ 输入/输出信号的处理 负责接受来自传感器的输入信号和计算机发出的驱动执行机构的控制信号。

⑤ 其他 软件还包括其他一些辅助功能, 如自动编程软件、辅助设计软件等。

(2) 软件的特点

① 实时性 光机电一体化系统应具有时间驱动和事件驱动的能力, 要能够对生产过程的运行状况进行实时监测和控制。当过程参数出现偏差或系统出现故障时, 应及时响应和处理。光机电一体化系统的软件应是运行在实时多任务操作系统的环境下。

② 高可靠性 光机电一体化系统和产品的应用范围很广, 其中有些是用于工业生产或过程控制, 而工业生产或过程控制通常是连续运行的, 因此要求光机电一体化系统具有低故障率和较短的故障修复时间。另外, 在恶劣的工业环境下, 软件和硬件的抗干扰措施要强, 对系统可能出现的各种异常情况响应迅速。

③ 友好的人机界面 人机界面是光机电一体化系统的重要组成部分。通过人机界面, 操作者对系统的控制、运行状况能够了如指掌, 操作者对系统发出的操作指令和干预信号能够准确无误地传递给控制系统。友好的人机界面包括操作面板接口驱动程序设计、显示器驱动程序设计、菜单设计和图形界面程序设计等, 此外, 人机界面要能够提供中文操作环境。

④ 输入/输出接口 光机电一体化系统要对各种检测设备和执行机构进行控制,因此需要设计输入/输出接口及配套的输入/输出控制软件。

(3) 软件开发

一般地说,光机电一体化系统的控制软件主要由系统软件和应用软件组成。系统软件主要是指操作系统,如 Windows 系统、Linux 系统、嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 等。应用软件是指用户开发的,用于控制系统运行的软件。应用软件性能的优劣直接关系到整个控制系统的运行效率和各项性能指标的最终实现。因此,要十分重视应用软件的开发。

过去的软件规模比较小,一个软件通常就是一个程序。程序员将其作为一项技巧性的工作来做,只要能完成系统的设计要求就行。对软件的可读性、可维护性和可靠性等指标,都很少注意。随着软件规模的扩大,软件工程应运而生。什么是软件工程?软件工程就是应用于软件定义、开发和维护的一套方法、工具、文件、策略、标准和步骤。开发软件不再仅仅是一项技巧性工作,而是要按照工厂化生产方法来制造软件的标准化过程。开发软件就要遵循软件工程的方法和规则。对于大型光机电一体化系统的应用软件,可以自行开发,也可以用组态软件来开发。自行开发往往需要大量的人力和物力作为保证,对于开发单位的技术力量要求很高。自行开发大型应用软件,开发难度大,开发成本高,系统的可靠性和其他性能指标无法保障。对于大型系统而言,购买成熟的软件产品或开发工具是合适的。它不仅能节约开发成本,缩短工期,而且具有很高的可靠性。对于成熟的控制软件来说,一般都是经过若干实际项目的检验和验证,各方面的性能指标都达到预定的要求。

用户可以自行开发控制软件。开发的方法和途径有两条:一是利用组态软件这个技术平台进行开发;二是利用 C++ 等语言开发。使用组态软件来构造应用系统,用户在生成适合自己需要的应用系统时不需要修改软件程序的源代码,而是用一种图形工具来编写软件。组态软件的最突出特点是实时多任务。例如,数据采集与输出、数据处理与算法实现、图形显示及人机对话、实时数据的存储、检索管理、实时通信等多个任务要在同一台计算机上同时运行。组态软件一般包括图形界面系统、实时数据库系统、第三方程序接口组件、控制功能组件。图形界面具备报警通知及确认,报表组态及打印,历史数据查询与显示等功能。各种报警、报表、趋势都是动画连接的对象,其数据源都可以通过组态来指定。利用组态软件开发应用软件,开发效率高,可靠性也高,但成本大。目前国内外有很多优秀的组态软件,如 GENESIS、FIX 等。对于小型产品的软件,特别是嵌入式系统的应用软件,一般由用户自行开发。

1.4 软件在光机电一体化系统中的应用实例

软件和硬件在光机电一体化产品中的地位和作用,随着计算机技术、信息技术和电子技术的发展而发生变化。硬件软化和软件硬化交相辉映,但有迹象表明,硬件软化的趋势在加强。软件具有零成本复制的特点,利用软件实现硬件功能,不仅简化了电路结构,降低了成本,而且使系统具有更好的柔性。有些高级系统需要应用更加先进的控制理论,而这些理论只有通过软件才能实现。本节介绍软件在光机电一体化系统的应用,借此说明软件在系统中的地位和作用。

(1) 电子调速器

调速器是使水轮机、涡轮机和内燃机等保持转速不变的装置,应用很广。机械式调速器利用了离心力原理,来保持转速不变。机械式调速器的控制原理简图如图 1-2 所示。调速的

过程是，当受到外界干扰，实际转速高于（或低于）设定的目标转速时，调速器的重锤向外侧张开（或向内侧收缩），带动滑块向上（或向下）移动，通过中间的连杆机构将燃料阀门关小（或开大）。这样，就能够控制转速使之保持一定。机械式调速器完全由机械零件构成，所以必须在准确得知各零件的重量和摩擦系数的基础上，通过选择和调整重锤及弹簧来进行精确控制。显而易见，这种调节是滞后的和不精确的。如果用电子装置来控制燃料阀门的开度，则可以用软件的方法来精确控制燃料的流量，从而保证转速不变。图 1-3 为电子式调速器的控制原理简图。当受到外界干扰，使实际转速相对于设定转速发生变化时，在电路中通过转速传感器测量实际转速，然后将其作为反馈值与目标设定值进行比较，得到转速差值的电压信号。再经过比例（P）、积分（I）、微分（D）等控制计算，产生实际的控制信号。由控制信号驱动执行机构和传动机构，使燃料控制阀的阀门开大或关小，从而增加或减少燃

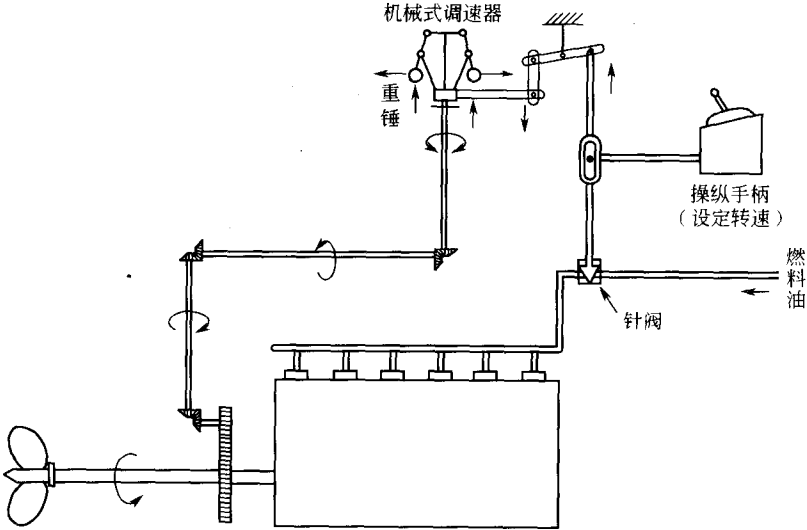


图 1-2 机械式调速器的控制原理简图

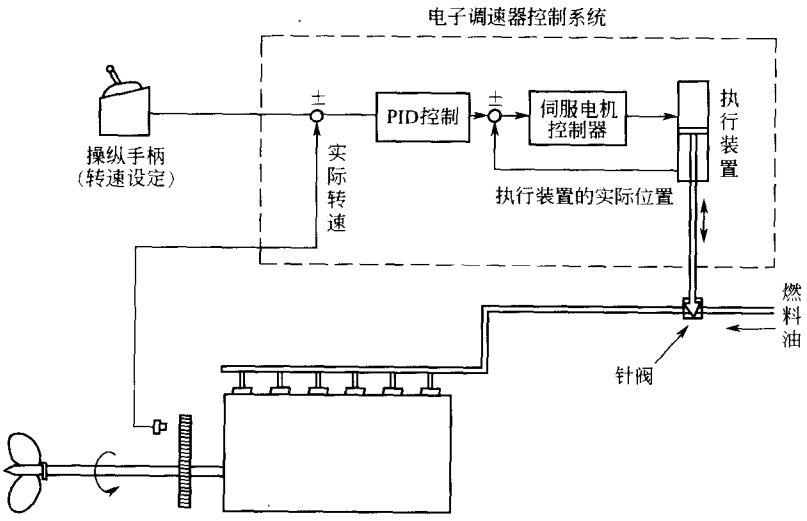
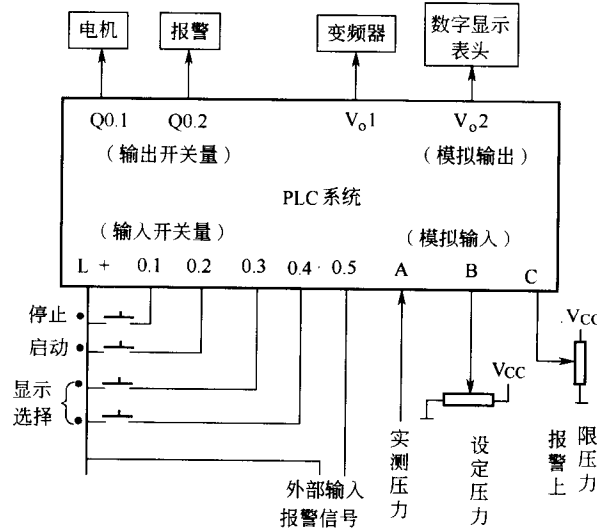


图 1-3 电子式调速器的控制原理简图

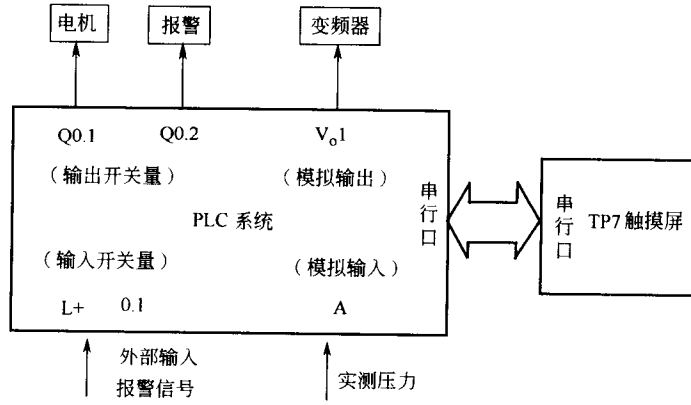
料，保持转速不变。对于电子调速器，只要简单地改变设定值和电路或者改变软件就可以选择采用 P、I、D、PID，甚至更高级的控制，对于实现最佳控制具有很好的柔性。电子调速器没有磨损，一旦转速出现偏差，就及时地纠正过来。而且电子调速可以实现无级、平滑地调速。

(2) 虚拟键盘

触摸屏是一种新型的交互式输入设备，它是由触摸式按键和 LCD 液晶屏构成。触摸屏本身带有软件，可以进行按键的设置和显示画面的编辑。图 1-4 表示某全自动压力控制 PLC 系统。图 1-4 (a) 没有采用触摸屏，系统的实测压力、设定压力、报警压力等都是通过模拟输入通道采集的，还设有启动、停止、选择开关等按键。图 1-4 (b) 采用触摸屏，设定压力、报警压力上限以及启停开关等按键都直接在触摸屏上进行显示和修改，不需要外界数字显示表头和显示选择开关。在触摸屏上点击“设置”按键，可以进入设置画面，在其中设置或修改设定压力和报警压力上限值。电机的工作状态等显示信号可以不再用指示灯，而是用



(a) 未采用触摸屏的 PLC 系统



(b) 采用触摸屏的 PLC 系统

图 1-4 全自动压力控制 PLC 系统

软件设置的虚拟灯。

利用触摸屏开发软件，可以构造虚拟的按键和显示装置，不仅简化了操作面板，用户操作起来也很轻松。更为重要的是，这些虚拟的按键和显示装置都随时可以修改。如果系统的要求发生变化，只要修改软件和显示画面，新的系统就算完成，无需对系统的硬件做任何修改。如果不采用触摸屏，要更改系统的显示装置和输入装置，则需要更换或添加很多硬件，有时受到硬件结构的限制而使系统的更改变得不可能。

上述实例表明，软件在光机电一体化系统中的地位和作用越来越重要。软件增加了系统的柔性，对增加系统的智能化水平也是至关重要的。对于光机电一体化产品或系统的设计工程师而言，不仅要重视硬件的作用，还要更加关注软件技术的发展，努力提高自己的软件设计水平和软件应用能力。

第2章 程序设计

2.1 程序与算法

一个完整的计算机系统由硬件和软件两个部分构成。硬件是系统的物质基础，主要包括中央处理器、存储器和输入输出设备。它们之间通过总线有机联系在一起，传递数据和控制信息。

软件是计算机的灵魂，它管理、指挥计算机的各个部分协同工作。没有软件，计算机的硬件就如同一堆废铁，不能正常运转。软件包括系统软件和应用软件，它们都是由解决实际问题的各种各样的程序组成。所谓的程序，就是一组用来描述和解决实际问题的计算机指令集合。由于问题的复杂程度不一样，求解步骤不同，因此指令的组织形式也就不同。将指令组织在一起有效地解决实际问题的过程就是程序设计。在程序设计的过程中，首先要将实际问题抽象成某种数学模型或计算方法，然后用数据对象或数据结构进行表示，即算法分析。没有算法，程序设计就无从谈起。

什么是算法？算法就是解决问题的方法和步骤。例如，歌曲的乐谱就是演奏歌曲的“算法”，菜谱是厨师炒菜的“算法”。通常人们将算法定义为一个有穷的指令集，这些指令为解决某一特定任务而规定了一个运算序列。确切地讲，一个算法应当具有以下特性。

① 有输入。一个算法必须有零个或多个输入，它们是算法开始运算前给予算法的量。这些输入可以取自于特定对象的集合，也可以使用输入语句由外部提供或者用赋值语句在算法内给定。

② 有输出。一个算法应有一个或多个输出，也就是问题的求解结果。

③ 确定性。算法的每一步都应确切地、无歧义地定义。对于每一种情况，需要执行的动作都应严格地、清晰地规定。

④ 有穷性。一个算法无论在什么情况下都应在执行有穷步后结束。

⑤ 有效性。算法中每一条运算都必须是足够基本的。就是说，它们原则上都能精确地执行，甚至人们仅用笔和纸做有限次运算就能完成。

求解实际问题，往往存在多种方法。因此，就有多个算法可供选择。算法之间有优劣之分，如何评价算法，成为程序设计中一个重要的问题。判断一个算法的好坏，主要从下面几个方面进行衡量。

① 正确性。要求算法能够正确地执行预定的功能和性能要求。这是最重要的标准。设计算法的人，需要深入地、了解、把握问题的实质，并能正确地、无歧义地描述和利用某种编程语言正确地实现算法。

② 可读性。算法思想要易于理解，编写的算法可读性强。随着软件复杂程度的不断提高，算法的逻辑必须是清晰的、简单的和结构化的。以便于其他人理解、测试和修改算法。在具体操作中，要求所有的变量名和函数名的命名必须有实际含义，让人“望文生义”。在算法中必须加入注释，简要说明算法的功能、输入与输出参数的使用规则、重要数据的作用和算法中各程序段完成的功能等。