

DDC 系统的设计分为开发设计和应用设计。开发设计的任务是生产最终用户所需的硬件和软件,也就是前几章介绍的 DDC 系统的算法、硬件和软件。应用设计的任务是设计控制方案、选择硬件和软件、输入输出组态、控制回路组态、操作画面组态、打印报表组态、施工设计、现场调试。本章介绍 DDC 系统的设计原则、设计过程、设计方法和应用设计,并介绍典型应用实例。

5.1 DDC 系统的设计

DDC 系统的设计涉及计算机的硬件和软件、现场变送器和执行器、控制理论和设计规范等方面的知识,既有理论问题,也有工程问题。这就要求设计者不仅要有专业知识,而且要有实践经验,并且熟悉被控对象或生产过程。本节概述 DDC 系统的设计原则、设计过程和设计方法。

5.1.1 DDC 系统的设计原则

尽管计算机控制的生产过程多种多样,系统设计方案和具体的技术指标也千变万化,但在设计过程中应该遵守共同的设计原则,主要体现在以下 9 方面:可靠性、冗余性、实时性、操作性、维修性、通用性、灵活性、开放性、经济性。

1. 可靠性

工业控制计算机不同于一般的科学计算或管理计算机,它的工作环境比较恶劣,周围的各种干扰随时威胁着它的正常运行,而它所担当的控制重任又不允许它不正常运行。这是因为,一旦系统出现故障,轻者影响生产,重者造成事故,产生不良后果。因此,在设计过程中要把安全可靠放在首位。

首先要选用高性能的工业控制计算机,保证在恶劣的工业环境下仍能正常运行。其次是设计可靠的控制方案,并具有各种安全保护措施,比如,报警、事故预测、事故处理等。

2. 冗余性

为了预防计算机故障,需要设计后备装置。对于重要的控制回路,可以选用回路操作器作为后备。对于特殊的控制对象,设计两台计算机,互为备用地执行控制任务,称为双机系统或冗余系统。双机系统的工作方式一般分为备份工作方式和双机工作方式。

在备份工作方式中,一台作为主机投入系统运行,另一台作为备份机也处于通电状态,



作为系统的热备份机。当主机出现故障时,便自动地把备份机切入系统运行,承担起主机的任务。而故障排除后的原主机转为备份机,处于待命状态。

在双机工作方式中,两台主机并行工作,同步执行同一个任务,并比较两机执行结果。如果结果相同,则表明正常工作;否则,重复执行,再校验两机结果,以排除随机故障干扰。若经几次重复执行与核对,两机结果仍然不相同,则启动故障诊断程序。将其中一台故障机切离系统,让另一台主机继续工作。

3. 实时性

工业控制计算机的实时性,表现在对内部事件和外部事件能及时地响应,并做出相应的处理,不丢失信息,不延误操作。计算机处理的事件一般分为两类:一类是定时事件,如数据的定时采集,策略的运算控制等;另一类是随机事件,如事故、报警等。对于定时事件,应保证周期性地按时处理。对于随机事件,应根据事件的轻重缓急或优先级依次处理,保证不丢失事件,不延误事件处理。

4. 操作性

操作性体现在操作简单,形象直观,图文并茂,便于掌握。既要体现操作的先进性和友好性,又要兼顾原有的操作习惯。例如,操作员已习惯了PID控制器的面板操作,那就设计成如图4.19所示的PID回路操作显示方式。

5. 维修性

维修性体现在易于查找故障,易于排除故障。硬件采用标准的功能模板或模块结构,便于带电更换(热插拔)故障模板或模块。功能模板或模块上有工作状态指示灯和监测点,便于维修人员检查和测试。另外,应配置诊断程序,自动查找故障和报告故障。

6. 通用性

尽管计算机控制的对象千变万化,但适用于某个领域或行业的控制计算机应具有通用性。例如,用于连续过程工业(或流程工业)的控制计算机的通用性主要体现在输入、输出、控制和操作。其中,输入和输出信号统一为4~20mA DC,常规PID控制可分为单回路、串级、前馈、比值、选择和分程等。采用PID回路操作显示方式,如图4.19所示。

7. 灵活性

灵活性体现在硬件和软件两方面。硬件采用积木式结构,按照各类总线标准设计功能模板或模块,如按照PC总线(ISA或PCI)设计主机板、AI板、AO板、DI板、DO板等,由用户灵活配置成所需的工业PC(IPC)。软件采用功能块可视化组态方式,用户通过选用所需的各类功能块即可构成所需的控制回路。

8. 开放性

开放性体现在硬件和软件两方面。硬件提供各类标准的通信接口,如RS-232、RS-422、RS-485、工业以太网(Ethernet)等。软件支持各类数据交换技术,如DDE(动态数据交换)、ODBC(开放的数据库连接)、OLE(对象连接嵌入)、OPC(用于过程控制的OLE)等。这样构成的开放式系统,既可以从外部获取信息,也可以向外部提供信息,实现信息共享和集成。

9. 经济性

计算机控制应该带来较高的经济效益,系统设计时要考虑性能价格比,要有市场竞争意识。计算机技术发展迅速,应尽量缩短设计周期,并要有一定的预见性。

经济效益体现在两方面：一是系统设计的性能价格比，在满足设计要求的情况下，尽量采用价廉物美的零部件；二是投入产出比，应该从提高产品质量与产量，降低能耗，消除环境污染，改善劳动条件等方面进行综合评估。



课件视频 49

5.1.2 DDC 系统的设计过程

DDC 系统的设计过程分为开发设计和应用设计。开发设计是生产最终用户所需的硬件和软件，应用设计是选择被控对象所需的硬件、软件和控制方案。

1. 开发设计

开发者的任务是生产出满足用户所需的硬件和软件。首先进行市场调查，了解用户需求；然后进行系统设计，落实具体的技术指标；最后进行制造调试，检验合格后在市场销售。开发设计应遵循标准化、模板化、模块化和系列化的原则。

1) 标准化

标准化是指硬件和软件要符合国际和行业标准或规范。例如，设计工业 PC(IPC)要符合 PC 总线(ISA 或 PCI)标准，采用通用的元器件，如 Intel 80386、80486、Pentium(奔腾)和 Core(酷睿)系列 CPU，标准的 RS-232、RS-422、RS-485、工业以太网(Ethernet)通信接口等。系统软件选择 Windows 操作系统及其配套软件。

2) 硬件模板化或模块化

硬件模板化或模块化是指按系统功能把硬件分成若干个模板或模块。例如，可以将一台工业 PC(IPC)分成主机板、AI 板、AO 板、DI 板、DO 板、通信板、总线母板等。AI 分成大信号、小信号、热电偶和热电阻模板或模块，DI 分成无源接点和有源接点模板或模块。通过选用这些功能模板或模块就可以灵活地构成各类控制计算机，即计算机配置采用积木式结构。

3) 软件模块化

软件模块化是指按应用软件功能将其分成若干个功能模块，每个模块之间既互相独立又互相联系，若干个模块组合成功能更齐全模块组。例如，可以将一台工业 PC(IPC)的应用软件分为输入/输出模块、控制运算模块、人机接口模块、网络通信模块和监控组态模块 5 类，每类又可以分成多种模块。比如，输入输出模块中分成 AI 块、AO 块、DI 块和 DO 块 4 种，每种按 I/O 点建立点功能块。

4) 系列化

系列化是指构成系统的硬件和软件要配套。例如，配置一台工业 PC(IPC)，除了一系列的硬件模板或模块外，还要有安装硬件模板或模块的机箱或机架，另外还有配套的硬盘、光盘、显示器(LCD)、键盘、鼠标和打印机等。软件除了 Windows 操作系统及其配套软件外，还要有配套的用于工业控制的应用软件和监控组态软件。

开发者为用户提供通用的 OEM(Original Equipment Manufacture)产品，这种开发设计被称为“一次开发”。用户按被控对象的要求选择所需的 OEM 产品，并组装成计算机控制系统，对生产过程实施控制，这种应用设计被称为“二次开发”。

2. 应用设计

应用设计的任务是选择满足被控对象所需的硬件和软件，设计控制方案，并用监控组态软件构成可实际运行的控制回路及操作显示画面，通过现场投运调试，满足操作监控要求。应用设计按顺序可分为可行性研究、初步设计、详细设计、组态设计、应用组态、安装调试、现

场投运 7 个阶段。

1) 可行性研究

根据生产工艺和设备的控制要求,统计输入/输出信号数量和控制回路数量,进行市场询价或估算投资,并写出可行性研究报告。聘请专家论证,审查系统方案,确定系统规模。

2) 初步设计

根据可行性研究报告的方案和系统规模,依据管道及仪表流程图(Pipe and Instrument Diagram, P&ID)详细统计输入/输出信号种类和数量,控制回路数量和控制功能。确定硬件和软件的基本配置,主要内容包括传感器、变送器、执行器等现场仪表的种类和数量,控制计算机中主机单元、输入/输出单元和人机接口单元的配置,系统软件和应用软件的配置。

3) 详细设计

根据可行性研究和初步设计文件,配合工艺、设备、电气等专业进行详细设计,完成设计图纸和文件,主要内容包括设计说明书、管道及仪表流程图(P&ID)、现场仪表数据表、输入/输出信号分类设计表、控制回路原理图、现场仪表供电图、现场仪表位置图、现场仪表安装图、现场仪表供电或供气图、现场仪表电缆布置图、现场仪表安装材料表、控制室布置图、控制室供电图。

4) 组态设计

根据详细设计的图纸文件和控制回路功能,进行组态设计,主要内容包括输入功能块表、输出功能块表、连续控制功能块表、逻辑控制功能块表、顺序控制功能块表、运算功能块表、操作显示画面、打印报表。

5) 应用组态

利用监控组态软件,将组态设计图纸文件构成可以在控制计算机上实际运行的控制回路、操作显示画面和打印报表,也就是将组态图纸文件变成组态文件(CF 和 MF),再将组态文件 CF 和 MF 分别下装到控制站(CS)和操作员站(OS)运行,如图 1.12 所示。

6) 安装调试

根据详细设计图纸文件,首先进行现场仪表安装和信号电缆布置,再进行控制室计算机及其设备安装。硬件安装完毕并能正常通电后,首先安装系统软件和应用软件,然后调试输入点、输出点、控制回路、操作显示画面、打印报表等。

7) 现场投运

生产装置投料开车,控制计算机在线运行,边生产边调试,逐步完善各项功能,最终达到设计要求,保证生产装置长期稳定运行。

5.1.3 DDC 系统的设计方法

随着 DDC 系统规模的不断扩大和复杂程度的不断提高,过去那种单靠一两个人的手工坊式的设计方法已不适用,必须依靠许多人分工协作共同完成。为此,人们总结出一系列科学的设计方法。常用的方法有规范化设计方法、结构化设计方法和集成化设计方法。

1. 规范化设计方法

规范化设计方法是指技术标准化和文档规格化,使众多的设计人员有章可循、有案可查,从而保证设计过程的顺利进行,并能达到所要求的技术性能指标。



1) 技术标准化

技术标准化是指设计中要采用国际和行业标准或规范,如总线标准、通信标准、软件标准和机械标准等。技术标准化是保证系统开放的必要条件,开放式系统结构已成为国际上产品设计的主流,不同制造商的产品都按统一标准设计生产,使不同系统的产品能够互连接或兼容,提高产品的竞争力。

2) 文档规格化

文档规格化是指设计中编写一系列的技术文件,文字、表格和图形要规范化;叙述要严密,没有二义性;语言要流畅,不似是而非;表格要齐全,注释要确切;图形要清晰,含义要明确。这样在具体实施过程中,每个开发者都以设计文件为依据,独立开发并符合要求。技术文件在设计中形成,在开发中落实,在调试中完善,最终形成产品文档。这些技术文件既是编写产品使用说明书、操作说明书和维护说明书的依据,也是产品升级或更新换代的参考资料,并能够保证新老产品的兼容性或继承性。

2. 结构化设计方法

结构化设计方法是把系统分解成多个既相对独立又互相联系的单元或部件,首先是纵向分解,然后是横向分解。例如,对于 DDC 系统,首先将其纵向分解成硬件和软件两部分,然后再对硬件和软件进行横向分解。分解的目的是既利于设计开发,又利于系统集成。

1) 硬件结构化

硬件结构化体现在电气部分和机械部分的分解。例如,对于工业 PC(IPC),将电气部分分解成主机单元、输入/输出单元和人机接口单元,其中主机单元又被细分成主机板、硬盘和光盘驱动器,输入/输出单元又被细分成 AI 板、AO 板、DI 板和 DO 板,人机接口单元又被细分成显示器(LCD)、键盘、鼠标和打印机。将机械部分拆分成机箱、机架、端子及各种安装零部件。

2) 软件结构化

软件结构化体现在系统软件和应用软件的分解。首先将复杂的软件系统纵向分解成多层结构,然后将每层横向分解成多个模块,上层模块调用下层模块。模块的内部结构对外界而言如同一个“黑匣子”,其内部结构的变化并不影响模块的外部接口条件。例如,可以将一台工业 PC(IPC)的应用软件分解成输入/输出模块、运算控制模块、人机接口模块、网络通信模块和监控组态模块 5 类,每类又可以分成多种模块,如将输入/输出模块分解成 AI 块、AO 块、DI 块和 DO 块 4 种,每种又按 I/O 点建立点功能块。这些功能块的外部接口是其输入/输出端子,功能块之间通过端子互相联系。软件的结构化设计法广泛运用结构化模块设计技术,使软件的设计工程化。

3. 集成化设计方法

随着技术的发展和进步,行业分工越来越专业化或系列化。例如,一台工业 PC(IPC)绝不是某个制造商的独家产品,确切地说,应是多个专业制造商生产的各类零部件的集成产品。硬件小到集成电路芯片,大到功能模板,都有专业制造商的产品。软件也同样有专业制造商的产品,如 Windows 操作系统及其配套软件以及与 Windows 系统软件配套的应用软件等。

1) 硬件的集成化设计

硬件的集成化设计体现在总线和接口标准的选取,相应的集成电路芯片及部件的选取。

例如,工业 PC(IPC)主机板的设计,首先选取 ISA 和 PCI 总线、RS-232、RS-422 和 RS-485 串行通信接口、硬盘驱动器接口、并行打印机接口等;再选取相应的集成电路芯片,如 CPU 选用 Intel 80386、Intel 80486、Pentium(奔腾)和 Core(酷睿)芯片。硬件设计者关心的是在满足系统集成性能指标的条件下应该如何正确地选取集成电路芯片及部件,而不是去设计某个芯片。

2) 软件的集成化设计

软件的集成化设计体现在系统软件和应用软件的选取。例如,工业 PC(IPC)的系统软件可以选取 Windows 操作系统及其配套软件。选定操作系统之后,就可以选取合适的应用软件或者设计开发应用软件。一般情况下,商品化的应用软件与硬件的配套要满足一定的条件,如用于工业 PC(IPC)的监控组态软件与输入/输出单元的配套,就必须有满足其硬件接口需求的 I/O 驱动程序或 I/O 服务程序。

规范化设计方法、结构化设计方法和集成化设计方法相辅相成,互为补充,互相促进,推动了 DDC 系统设计的科学化、工程化和产业化。

5.2 DDC 系统的应用

DDC 系统的应用领域十分广泛,如石油、化工、发电、冶金、轻工、制药和建材等领域,现已成为计算机控制的基本系统,按需要构成小、中、大系统。DDC 系统功能的发挥取决于应用设计的水平。本节介绍 DDC 系统的应用设计的原则、阶段和内容,并列举典型应用实例。

5.2.1 DDC 系统的应用设计

DDC 系统的应用设计的目标是把控制方案应用于生产过程,实现安全运行,满足控制要求。DDC 系统的应用设计的内容是用工程图纸和文字资料描述控制方案的具体实施。下面介绍应用设计的原则、阶段和内容。

1. 应用设计的原则

DDC 系统的应用设计人员必须要有正确的设计指导思想、严谨的科学作风、熟练的业务技能和丰富的实际经验,设计时还必须符合一系列应用设计规范。为了做好 DDC 系统的应用设计工作,设计人员应综合考虑下列应用设计原则。

1) 符合应用设计标准和规定

目前我国石油、化工、电力、冶金等工业部门都制定了有关常规仪表控制系统和计算机控制系统的应用设计标准和规定,并出版了设计手册及工具书,可以参照这些标准和规定进行 DDC 系统的应用设计。

2) 坚持求实和创新精神

求实是应用设计工作的基础,应用设计最终要落实在建设项目的实施上。因此,设计的可靠性是设计人员首先要考虑的问题,它是决定项目成败的关键。如果应用设计无法付诸实施,那么设计只是一纸空文。

创新是为了提高设计的先进性,以利于推动生产过程自动化水平的不断提高。因此,设计人员要勇于开拓进取,充分吸取国内外的先进经验。先进技术的完善和推广使用是一个循序渐进的过程,如果在选用某项技术时过分强调其过往的使用业绩,那么就容易造成因循



微课视频 34



微课讲解 34



课件视频 51

守旧,使先进技术难于推广应用。

3) 处理好技术与经济的关系

应用设计工作除了要在技术上可靠和先进外,还需要考虑经济上的合理性,加强经济论证分析,做多方案的技术与经济比较,以求得良好的综合效益。技术水平的高低应该从工程实际出发,使技术和经济得到辩证的统一。

4) 维护设计的科学性和客观性

应用设计的依据来自生产工艺的要求,设计人员应深入生产第一线了解用户需求。为了维护设计的科学性和客观性,设计中采用的基础资料要准确可靠,各种数据和技术条件要正确、切合实际。为了保证设计的完整性和严肃性,设计文件要规范化,文件中的文字说明要清楚和确切,图纸要清晰和正确。

5) 协调各个专业之间的关系

DDC 系统的应用设计是整个项目设计的一部分,是能否实现生产过程自动化的关键。尽管 DDC 系统的应用设计属于自控专业的设计范围,设计人员除了要重视应用设计工作外,还应处理好与外专业的相互配合问题,协调好各个专业之间的关系。应主要处理好下述关系:

(1) 自控专业与工艺专业的关系。

DDC 系统的应用设计人员必须了解工艺流程及装置布局,熟悉生产过程的控制要求和操作方式。工艺专业设计人员必须向自控专业设计人员提供自控条件和工艺参数。

(2) 自控专业与设备专业的关系。

DDC 系统的应用设计人员必须了解设备的概况和性能,对关键性设备要了解其工作原理和操作特点。设备专业设计人员必须向自控专业设计人员提供设备控制要求,一次仪表安装位置和设备运行参数。

(3) 自控专业与电气专业的关系。

DDC 系统的应用设计人员必须向电气专业设计人员提出仪表供电电源等级、供电电压、允许电压波动范围和耗电量,备用电源和不间断电源的供电要求,控制室接地和防干扰要求。

2. 应用设计的阶段

DDC 系统的应用设计的过程按顺序可以分为可行性研究、初步设计、详细设计、组态设计、应用组态、安装调试、现场投运 7 个阶段(参见 5.1.2 节)。

3. 应用设计的内容

根据控制方案和设计原则,绘制应用设计图,编写设计说明书。DDC 系统的应用设计的主要内容如下所述。

1) 管线及仪表流程图(P&ID)

根据工艺专业提供的工艺流程图、工艺参数和控制要求,在工艺流程图上按其流程顺序标注信号测量点和控制点,设计控制方案。首先绘制控制方案原理图,然后绘制管道及仪表流程图(P&ID)的位号图。前者原理清晰,后者形象直观,两者互为补充,如有必要还可以附文字说明,图文结合能够更完整地描述控制方案。

2) 现场仪表设备选型

现场仪表设备可分为变送器、执行器、辅助设备 3 类。其中常用的变送器有温度、压力、流量、物位和成分 5 类,每类又有多个品种。如果 I/O 单元提供热电偶和热电阻输入的模

板或模块,则可以不用相应的温度变送器,直接将热电偶和热电阻连接到相应的输入模板或模块。常用的执行器有电动调节阀和气动调节阀。常用的辅助设备有仪表电源、本质安全栅、接线箱或接线柜。

3) 计算机设备选型

计算机设备包括主机单元、输入/输出单元和人机接口单元3部分。例如,选用工业PC(IPC)的主机单元是一块主机板,输入/输出单元是各类I/O模板,如图3.1所示;也可以选用主机单元是一块主机板,输入/输出单元是各类I/O模块,如图3.2所示;还可以选用主机单元是一块主机模块,输入/输出单元是各类I/O模块,如图3.3所示。如果输入/输出点非常分散,那就选用I/O模块(如图3.2或图3.3所示),这样可以就地连接信号线,简化了安装。人机接口单元的主要设备有显示器(LCD)、键盘、鼠标和打印机。

4) 安装接线图

根据设备的安装位置不同可以分为现场仪表安装和控制室内设备安装,安装又分为机械安装及电气接线两部分。

现场仪表安装又分为变送器、执行器、辅助设备的机械安装及电气接线。其中机械安装是指现场仪表的固定,电气接线又分为信号和电源接线。

控制室内设备安装又分为计算机设备、输入/输出设备、辅助设备的机械安装及电气接线。其中机械安装是指设备机箱、机柜、操作台的定位,电气接线又分为信号、通信和电源接线。

另外还有现场仪表和控制室内设备之间的信号及电源接线,例如,现场压力变送器的信号线要连接到控制室内模拟量输入(AI)板的输入端;反之,控制室内模拟量输出(AO)板的输出端要连接到现场执行器的信号端。现场执行器又分为电动和气动调节阀,其中电动调节阀除了有接收AO板输出信号的接线外,还有驱动器的交流电源(220V AC)接线;气动调节阀除了有电气阀门定位器接收AO板的输出信号接线外,还有仪表气源管线。

5) 控制系统的组态文档

DDC系统的应用组态的主要内容有输入/输出组态、控制回路组态、操作监视画面组态和打印报表组态,必须为组态准备各种文档资料。例如,输入功能块参数表、输出功能块参数表、连续控制块参数表、逻辑控制块参数表、顺序控制块参数表、运算功能块参数表、操作监视画面草图及绘制说明、打印报表格式及说明。

5.2.2 DDC系统的应用实例

DDC系统的应用已很普遍,现以某轧钢厂的推钢式加热炉燃烧控制系统为例,如图5.1所示,顶钢机将冷钢锭推入炉膛,钢锭向前移动,逐渐加热,将热钢锭推到轧辊上。此加热炉分为均热段、第一下加热段、第二下加热段和上加热段,以重油为燃料。下面介绍该应用实例的控制方案、硬件和软件的选择。详细内容见参考文献[1]~[4]。

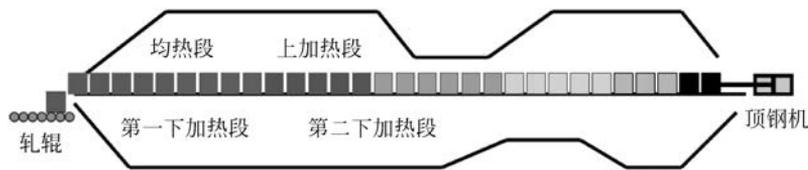


图 5.1 推钢式加热炉简图



课件视频 52

1. 控制方案的选择

加热炉燃烧控制方案有炉温单回路控制、炉温并行串级控制、单交叉限制燃烧控制和双交叉限制燃烧控制。其中炉温单回路控制和炉温并行串级控制比较简单,控制效果不够理想,仅适用于小型加热炉;单、双交叉限制燃烧控制比较复杂,控制效果比较好,用于控制要求比较高的加热炉;详细内容见参考文献[1]~[4]。

此加热炉分为上加热段、第一下加热段、第二下加热段、均热段,控制要求比较高,需要综合考虑环境保护、节能效果和负荷响应速度。为此,选用带氧量校正的双交叉限制燃烧控制方案,如图 5.2 所示。此图只画出了上加热段的控制回路,其余 3 段类似。带氧量校正的双交叉限制燃烧控制方案的详细内容,请见参考文献[1]~[4]。

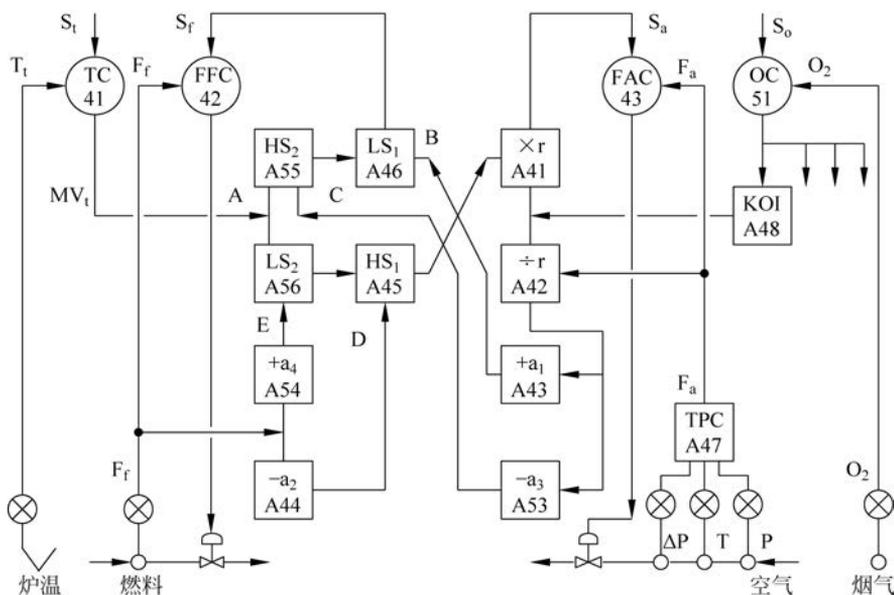


图 5.2 带氧量校正的双交叉限制燃烧控制系统

2. 硬件的选择

在控制方案确定之后,首要的任务是选择一台合适的计算机,DDC 计算机以 IPC 为主。必须经过反复调研和比较,尤其是在可靠性和性能价格比方面应给予重视。DDC 计算机包括主机单元、输入/输出单元和人机接口单元 3 部分。选择 IPC 的方案通常有以下 3 种。

1) 模板式结构机型

主机板、I/O 板和通信板等都安装在一个主机箱内,另外还有硬盘、光盘驱动器等外部设备,如图 3.1 所示。主机板为人机接口单元提供了显示器(LCD)、键盘、鼠标和打印机的接口。这种模板式结构的特点是自成体系,例如,常用的台式 IPC 就是这种结构机型。

2) 模块式结构机型

主机单元和输入/输出单元均为模块式结构,每个 I/O 模块独立工作并提供串行通信总线(RS-485)接口及信号接线端子,用通信总线把各个 I/O 模块及主机模块互连成一体,如图 1.8 所示。另一种是用控制网络(C-NET)把各个 I/O 模块及主机模块互连成一体,如图 3.3 所示。这种模块式结构的特点是 I/O 模块可以分散安装于生产现场,就地连接 I/O 信号线,简化了安装,节省了导线,另外,主机单元和输入/输出单元也可以远距离安装。

3) 模板和模块混合式结构机型

主机单元为主机模板,输入/输出单元均为模块式结构,用控制网络(C-NET)把各个I/O模块及主机模板互连成一体,如图3.2所示。I/O模块可以分散安装于生产现场,就地连接I/O信号线,简化了安装,节省了导线,另外,主机单元和输入/输出单元也可以远距离安装。

上述加热炉燃烧控制系统的I/O信号点分布在炉体周围,控制室也在炉前。因此,可以选用上述模板式结构机型(见图3.1)或模板和模块混合式结构机型(见图3.2)。

3. 软件的选择

软件的选择可分为系统软件和应用软件的选择,而且所选软件要与上述硬件配套。目前市场上有各类商品化的系统软件和应用软件供用户选择,一般用户不用自行开发这些软件,尤其是不必开发系统软件。

系统软件选择Windows操作系统及其配套软件,这是因为上述3种硬件结构机型都支持它。

应用软件选择在Windows操作系统平台上开发的监控组态软件,此软件具有输入/输出、控制运算、操作监视、数据通信和对外开放的功能,其特点是为用户提供了软件组态工具,采用“所见即所得”的组态方式,具备图形、窗口、菜单和填表等综合组态功能。该类商品化的监控组态软件采用开放式结构,可以嵌入用户开发的专用应用程序。

上述加热炉采用常规的燃烧控制系统,如图5.2所示。选用商品化的Windows操作系统及监控组态软件,完全可以满足系统要求。

4. 应用组态

DDC系统的应用组态的任务是在上述计算机硬件和软件的平台,将控制方案变成可在计算机内运行的应用程序,另外还要绘制操作监视画面和打印报表。DDC系统的应用组态的主要内容如下。

1) 输入/输出组态

I/O模板或模块上有各类物理信号点,首先必须将这些外部的I/O信号点变成计算机内部的输入功能块和输出功能块,然后建立实时数据库,以便系统共享I/O数据。例如,如图5.2所示的燃烧控制系统,需要建立模拟量输入(AI)功能块6个,模拟量输出(AO)功能块2个。

2) 控制回路组态

利用输入功能块、运算功能块、控制功能块和输出功能块,将控制方案构成可在计算机内运行的控制回路,即生成回路运行文件。例如,如图5.2所示的燃烧控制系统,需要建立AI功能块6个,AO功能块2个,PID功能块4个,运算功能块12个,并将这些功能块按控制原理连接成控制回路。

3) 操作监视画面组态

绘制图文并茂、形象直观的操作显示画面,为操作员提供友好的操作显示环境。例如,上述加热炉燃烧控制系统的操作监视画面至少应包括炉体总貌画面和4个加热段的段画面,在总貌画面上有I/O点参数显示和报警显示,在段画面上有PID控制回路的操作显示。

4) 打印报表组态

绘制小时、班、日、月报表,用数值、曲线、棒图和饼图等形式建立报表。

5. 硬件调试

DDC 系统的硬件包括主机单元、输入/输出单元和人机接口单元 3 部分。其中主机单元和输入/输出单元采用标准模板或模块的部件装配方式,这些部件出厂前已经过严格的测试,一般来说符合说明书的性能指标,用户不必再测试,而且一般用户也不具备测试的条件。如果要测试,用户可以采用制造商提供的测试软件进行测试。

对 I/O 模板或模块的信号有测试的必要。一般用户会选用商品化的监控组态软件,在完成了输入/输出功能块组态后,必须对 I/O 模板或模块上的所有信号点逐点调试。例如,首先调试信号的零点和满量程,然后再分级检查满量程的 25%、50% 和 75%,并且上行和下行来回调试,以便检查线性度是否合乎要求。

在调试模拟量输入(AI)和模拟量输出(AO)模板之前,必须准备信号源、数字电压表和电流表等。测试其 I/O 信号与 I/O 功能块的数值是否一致。

例如,模拟量输入(AI)模板某点输入信号为 4~20mA DC,对应压力 0~1600Pa,首先用电流信号源分别输入 4mA、8mA、12mA、16mA 和 20mA DC,然后在显示画面上与该点对应的 AI 功能块的测量值(PV)应显示数值 0Pa、400Pa、800Pa、1200Pa 和 1600Pa,当然会有误差,但误差应在测试指标之内。

再例如,模拟量输出(AO)模板某点输出信号为 4~20mA DC,首先在显示画面上与该点对应的 AO 功能块窗口分别设置输出值 0%、25%、50%、75% 和 100%,然后用电流表测试该点电流应为 4mA、8mA、12mA、16mA 和 20mA DC,当然会有误差,但误差应在测试指标之内。

对数字量输入(DI)和数字量输出(DO)模板的调试比较简单,只需测试开或关、通或断。

硬件调试还包括现场仪表和执行器的调试。例如,温度、压力、流量、物位和成分分析变送器,电动或气动调节阀等。这些仪表设备必须在安装之前按照说明书要求校验完毕。

6. 软件调试

DDC 系统的软件包括系统软件和应用软件两部分,如果用户选择商品化的系统软件(如 Windows 操作系统)和应用软件(如监控组态软件),那么对这些软件不必调试,用户也不具备调试条件。

用户只需对由监控组态软件组态构成的控制回路、操作监控画面和打印报表进行调试,首先进行模拟调试,然后才能进行现场调试。

模拟调试控制回路的首要条件是必须有被控对象的物理模型或数学模型。例如,如图 5.2 所示的加热炉燃烧控制系统的模拟调试,就要为其准备温度、空气和燃料对象的数学模型或物理模型。对如图 5.2 所示的控制回路必须调试出符合控制要求的实验曲线,详细内容见参考文献[1]~[4]。

7. 现场投运

在现场投运中,系统设计人员与工艺操作人员要密切配合,在投运前制定一系列调试计划、实施方案、安全措施、分工合作细则等。现场投运过程是从小到大,从易到难,从手动到自动,从简单回路到复杂回路逐步过渡。

例如,上述加热炉有 4 个加热段,可以分两步调试:第一步是单段调试,第二步是 4 段统调。若以图 5.2 为例,进行单段调试,首先调试燃料(FFC42)和空气(FAC43)的单回路控制,并且先手动后自动;然后再投入炉温控制回路(TC41),进行双交叉限制控制系统的调

试。在单段调试过程中,氧量控制回路(OC51)处于手动状态。分4段逐段调试完毕后,就可以进行4段联调,此时应使氧量控制回路(OC51)处于自动状态,并调整各段的氧量参加率 K_{∞} ,保证总烟道烟气中含氧量最低。在联调过程中,可以做升、降负荷试验,以便更好地调整P、I、D参数以及正、负偏置($+a_1$ 和 $-a_2$ 、 $-a_3$ 和 $+a_4$)。详细内容见参考文献[1]~[4]。

在现场投运的过程中,往往会出现错综复杂、时隐时现的奇怪现象,暂时难以找到问题的根源。此时,计算机控制系统设计者们要认真地共同分析,每个人都不要轻易地怀疑别人所做的工作,以免掩盖问题的根源所在。这时冷静的情绪、科学的态度、协作的精神显得尤为重要。

现场投运是对计算机控制系统的全面检查与考核,通常会出现设计过程中未考虑到的问题,也会暴露出设计者的弱点。设计者应该有严肃的科学态度,认真地解决各种问题,绝不允许回避和掩盖矛盾。对于系统的可靠性和稳定性应长期考验,针对工业生产现场的特殊环境,采取行之有效的措施。不应有侥幸心理,不满足于偶然性的成功。在现场投运过程中,必须自始至终贯彻安全第一的思想,保障设备与人身安全。

本章小结

本章介绍 DDC 系统的设计原则、设计过程、设计方法和应用设计,并介绍了典型应用实例。

DDC 系统的设计原则主要体现在可靠性、冗余性、实时性、操作性、维修性、通用性、灵活性、开放性、经济性 9 方面。

DDC 系统的开发设计是生产最终用户所需的硬件和软件,开发设计应遵循标准化、模块化、模块化和系列化的原则。

DDC 系统的应用设计是选择被控对象所需的硬件、软件和控制方案,并用监控组态软件构成可实际运行的控制回路及操作显示画面,通过现场投运调试,满足操作监控要求。

DDC 系统的应用设计过程分为可行性研究、初步设计、详细设计、组态设计、应用组态、安装调试、现场投运 7 个阶段;应用设计方法有规范化设计、结构化设计和集成化设计 3 种,其中规范化设计方法包括技术标准化和文档规格化,结构化设计方法包括硬件和软件结构化,集成化设计方法包括硬件和软件的集成化设计。

DDC 系统的应用设计人员应遵循的原则有符合应用设计标准和规定、坚持求实和创新精神、处理好技术与经济的关系、维护设计的科学性和客观性、协调各个专业之间的关系。应用设计的主要内容有管线仪表设备(P&ID)位号图、现场仪表设备选型、计算机设备选型、安装接线图、控制系统的组态文档。

DDC 系统的应用实例为推钢式加热炉燃烧控制系统,叙述该应用实例的控制方案、硬件和软件的选择,以及现场调试。

第 1 篇小结

第 1 篇介绍的直接数字控制 (DDC) 是计算机控制的基础, 在此基础上可以构成 DCS、FCS、PLC 等各类典型的计算机控制系统。本篇叙述了 DDC 系统的形成和发展、DDC 系统的体系结构、DDC 系统的算法、DDC 系统的硬件、DDC 系统的软件, 以及 DDC 系统的设计和应用。

DDC 系统的体系结构分为硬件结构、软件结构和网络结构。其中硬件结构分成主机单元、输入/输出单元和人机接口单元; 软件结构分成系统软件、控制运算软件、输入/输出软件、人机接口软件和监控组态软件; 网络结构分成 I/O 总线和通信网络。

DDC 系统的算法核心是 PID 控制, 讨论了数字 PID 控制算法的原理分析、工程实现、编程调试、工程应用、参数整定, 叙述了数字 PID 控制算法的用户表现形式是 PID 控制块, 介绍了典型的数字 PID 控制回路(单回路、串级、前馈、比值)的设计。

DDC 系统的硬件叙述了主机单元、输入/输出单元和人机接口单元。其中主机单元介绍了主机结构、CPU、总线和通信。输入/输出单元讨论了模拟量输入(AI)、模拟量输出(AO)、数字量输入(DI)、数字量输出(DO)。人机接口单元讨论了通用和专用设备, 通用设备有显示器(LCD)、键盘、鼠标、打印机等, 专用设备有回路操作器、操作显示面板和操作显示台等。

DDC 系统的软件叙述了控制运算软件、输入/输出软件、人机接口软件和监控组态软件。控制运算软件论述了算法及其用户表现形式是功能块、梯形图和指令表。输入输出软件论述了 I/O 的内部结构及功能、数据处理、标准数 $0\sim 1$, 还论述了它的用户表现形式是功能块。人机接口软件论述了操作显示软件和操作管理软件, 还论述了它的用户表现形式是画面。监控组态软件论述了输入/输出、实时数据库、控制回路、人机界面和通信接口组态软件。

DDC 系统的设计分为开发设计和应用设计, 叙述了 DDC 系统的设计原则、设计过程、设计方法和应用设计, 并介绍了典型应用实例。

第 1 篇习题与思考题



习题答案 1

第 1 章

- 1.1 典型的计算机控制系统有哪几种? 其中哪种是计算机控制系统的基础?
- 1.2 闭环控制回路的构成需要哪 3 个控制要素?
- 1.3 闭环控制系统稳定的基本条件是什么?
- 1.4 概述 DDC 系统的基本构成。
- 1.5 概述 DDC 系统的模拟量输入/输出(AI、AO)和数字量输入输出(DI、DO)信号流。
- 1.6 概述图 1.5 中从被控对象开始的 I/O 信号流向及流动过程中信号类型的变迁。
- 1.7 概述计算机控制系统的发展历程。
- 1.8 概述 DDC 系统的体系结构。
- 1.9 概述 DDC 系统的硬件结构的 2 种方式。
- 1.10 DDC 系统的硬件安装有哪 3 种方式?
- 1.11 DDC 系统的软件构成主要有几部分?
- 1.12 人们为何把当今的控制计算机戏称为“傻瓜”机? 借用图 1.10 来概述组态的含义。
- 1.13 概述如图 1.12 所示的 DDC 系统工作流程。

第 2 章

- 2.1 DDC 系统的连续控制算法分为哪两类? 每类采用哪种控制理论?
- 2.2 常规 DDC 算法的核心算法是什么? 典型控制回路有哪些?
- 2.3 比例(P)控制器有何缺点? 为什么有此缺点?
- 2.4 在比例(P)控制器中,比例增益 K_p 怎样影响被控量 y ? 可以以图 2.3 为例分析。
- 2.5 在比例积分(PID)控制器中,为什么最终能使被控量 y 等于设定量 $r(y=r)$?
- 2.6 在比例积分(PID)控制器中,积分时间怎样影响积分作用? 可以以图 2.4 为例分析。
- 2.7 在比例积分(PID)控制器中,怎样定义积分时间 T_i ? 可以以图 2.5 为例说明。
- 2.8 在比例微分(PD)控制器中,微分时间怎样影响微分作用? 可以以图 2.6 为例分析。
- 2.9 在比例微分(PD)控制器中,怎样定义微分时间 T_d ? 可以以图 2.7 为例说明。
- 2.10 概述 PID 控制算法中比例(P)、积分(I)、微分(D)各自的功能,并叙述相应的比例增益 K_p 、积分时间 T_i 、微分时间 T_d 的改变对控制效应的影响。
- 2.11 数字 PID 控制算法的位置型算式(2.1.34)的物理含义是什么?
- 2.12 数字 PID 控制算法的位置型算式有何缺点?
- 2.13 数字 PID 控制算法的增量型算式(2.1.36)的物理含义是什么?
- 2.14 数字 PID 控制算法的增量型算式有何优点?

- 2.15 试分析式(2.1.34)和式(2.1.37)的物理含义是否一样。
- 2.16 数字PID控制算法的位置型算式和增量型算式的本质是否一样?试分析两者的区别。
- 2.17 PID控制算法有哪两种?区别何处?
- 2.18 理想微分PID控制算法有何缺点?
- 2.19 理想微分PID控制算法的微分作用局限于第一个控制周期,这是为什么?
- 2.20 实际微分PID控制算法有何优点?
- 2.21 实际微分PID控制算法的微分作用能维持多个控制周期,这是为什么?
- 2.22 实际微分PID控制算式(2.1.39)中微分增益 K_d 能否无限增大,为什么?
- 2.23 实际微分PID控制算式(2.1.52)中微分增益 K_d 能否无限增大,为什么?
- 2.24 实际微分PID控制算式的物理背景是什么?
- 2.25 实际微分PID控制算式(2.1.46)中是否含有一阶惯性环节?
- 2.26 数字PID控制算法的改进措施有哪几种?
- 2.27 数字PID控制为何采用积分分离?采用积分分离有时会出现残差,是何原因?怎样避免?
- 2.28 在图2.14(c)中被控量 y 和控制量 u 为什么会出现拐点 c ?
- 2.29 在图2.14(d)中被控量 y 出现残差,这是为什么?
- 2.30 数字PID控制为何采用抗积分饱和?怎样防止积分饱和?
- 2.31 概述矩形积分和梯形积分有何区别?
- 2.32 数字PID控制算法的偏差微分和测量值微分有何区别?为何采用测量值微分?什么情况下不能采用测量值微分?
- 2.33 叙述数字PID控制算法正/反作用的含义,及其对测量值微分算式的影响,可用算式说明。
- 2.34 变PID控制的物理含义是什么?有何优点?
- 2.35 计算机中怎样构成数字PID控制器,它的用户表现形式是什么?
- 2.36 计算机中为何引入PID控制块的概念? N 个PID控制块是怎样构成的?
- 2.37 计算机中PID控制块的实体是什么?用户怎样构成PID控制块?
- 2.38 用户在计算机上怎样构成单回路PID控制?有何物理含义?可以以图2.19为例说明。
- 2.39 数字PID控制算法的工程实现应考虑哪几方面?其目的是什么?
- 2.40 数字PID控制器中设定量方式(SV_MODE)有哪3种?分别对应哪3种控制回路?
- 2.41 数字PID控制器的设定量方式(SV_MODE)的选择可以有哪3种方法?
- 2.42 数字PID控制器中为何采用设定量变化率限制?怎样选取设定量变化率?
- 2.43 数字PID控制器中PV方式(PV_MODE)的选择有哪两种?怎样选用?
- 2.44 数字PID控制器中PV方式(PV_MODE)选为MAN(手动)有何作用?
- 2.45 数字PID控制器中PV采用一阶惯性滤波的物理含义是什么?写出其对应的差分方程式。
- 2.46 数字PID控制器中对PV高低限值报警为何要设置一定的报警死区HY?
- 2.47 根据PID控制器正/反作用方式,写出其对应的偏差算式。

2.48 在 PID 控制器闭环控制系统中,为什么要设置数字 PID 控制器正/反作用的选择?

2.49 图 1.10 所示的房间温度空调系统,针对冬天制热、夏天制冷,对应的 PID 控制器应选何作用方式?画出相应的单回路闭环控制系统框图,并标出被控对象(房间)、执行器(电动调节阀)、变送器(温度变送器)、PID 控制器的正/负特性(正/反作用)。

2.50 数字 PID 控制器中有时设置非线性偏差区间,有何作用?列举相应的应用实例。

2.51 数字 PID 控制器中输入补偿的含义是什么?列举相应的应用实例。

2.52 数字 PID 控制器中控制量限幅值 OL 和 OH 的选取依据是什么?有何作用?

2.53 数字 PID 控制器中输出补偿的含义是什么?列举相应的应用实例。

2.54 数字 PID 控制器中输出保持和输出安全的物理含义分别是什么?两者的区别何在?

2.55 数字 PID 控制器的工作方式(OV_MODE)一般分为几种?简要说明。

2.56 数字 PID 控制器中输出跟踪的含义是什么?

2.57 数字 PID 控制器中为何采用控制量变化率限制?怎样选取控制量变化率?

2.58 为了实现 PID 控制器从 MAN(手动)到 AUTO(自动)、再从 AUTO 到 MAN 的无扰动切换,应采取哪些措施?

2.59 为了实现 PID 控制器从输出保持 YH 状态到正常工作 NH 状态的无扰动切换,应采取哪些措施?

2.60 为了实现 PID 控制器从输出安全 YS 状态到正常工作 NS 状态的无扰动切换,应采取哪些措施?

2.61 为了实现 PID 控制器从输出跟踪 YT 状态到正常工作 NT 状态的无扰动切换,应采取哪些措施?

2.62 根据图 2.20 中 6 个部分的要求,画出详细的编写 PID 控制块的程序框图。

2.63 数字 PID 控制块参数表(见表 2.1.1)中的参数可以分为哪两类?两者的区别何在?

2.64 单回路 PID 控制功能块组态图(见图 2.33)中,PID 控制块 LC1235 要用到参数表(见表 2.1.1)中哪些项?分项叙述,可以参照图 2.20~图 2.32。

2.65 概述 PID 控制块参数表(见表 2.1.1)中项号 7、52、70 的含义,这三者有何关系?

2.66 概述 PID 控制块参数表(见表 2.1.1)中项号 14、54、71 的含义,这三者有何关系?

2.67 在控制计算机中人们采用汇编语言编写 PID 控制器程序,这是为什么?

2.68 在控制计算机中人们采用汇编语言编写 PID 控制器程序,一般采用定点数的数据格式(见图 2.34),编程过程中进行四则运算要遵循什么规则?

2.69 在图 2.34(b)中,假设 PV 温度量程为 $0\sim 1600^{\circ}\text{C}$,采用 14 位 A/D 转换器,当实际温度为 1200°C 时,对应的 A/D 转换结果如何存放?它所代表的十进制小数值是多少?如果采用 12 位 A/D 转换器,当实际温度为 1600°C 时,在图 2.34(b)中如何存放?

2.70 控制量 $U(n)$ 经过 14 位 D/A 转换器,再转换成电流 $4\sim 20\text{mA}$ DC 信号送给执行器(如电动调节阀),假设控制量 $U(n) = 50\%$,在图 2.34(b)中如何存放?此 $U(n)$ 在 14 位 D/A 转换器输入端如何存放?此 $U(n)$ 经 14 位 D/A 转换成电流是多少?如果控制量 $U(n)$ 在图 2.34(b)中为 29B7H(0010 1001 1011 0111),在 12 位 D/A 转换器输入端

如何存放?

2.71 PID 控制器程序采用如图 2.34(b)所示的 2 字节定点数存放控制量 $U(n)$, 程序运行过程中, 如果发现整数位 $D_{14} = 1$ 且符号位 $D_{15} = 0$, 应该怎样处理? 如果发现符号位 $D_{15} = 1$, 应该怎样处理?

2.72 理想微分 PID 控制器的开环阶跃响应的曲线如图 2.35、图 2.36 和图 2.37 所示, 依据曲线来分析比例增益 K_p 、积分时间 T_i 、微分时间 T_d 对响应曲线的影响。

2.73 实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线如图 2.38~图 2.41 所示, 依据曲线来分析比例增益 K_p 、积分时间 T_i 、微分时间 T_d 、微分增益 K_d 对响应曲线的影响。

2.74 根据理想微分、实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线, 叙述两者的区别并分析其原因。

2.75 PID 控制器处于手动(MAN)时, 能否人为改变设定量 SV? 简要说明。

2.76 PID 控制器处于自动(AUTO)时, 能否人为改变控制量 MV? 简要说明。

2.77 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.42 所示, 依据曲线来分析比例增益 K_p 对响应曲线的影响。

2.78 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.43 所示, 依据曲线来分析积分时间 T_i 对响应曲线的影响。

2.79 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.44 所示, 依据曲线来分析微分时间 T_d 对响应曲线的影响。

2.80 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.45 所示, 依据曲线来分析微分增益 K_d 对响应曲线的影响。

2.81 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.46 所示, 依据曲线来分析对象增益 K_1 对响应曲线的影响。

2.82 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.47 所示, 依据曲线来分析对象时间常数 T_1 对响应曲线的影响。

2.83 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.48 所示, 依据曲线来分析积分分离值 β 对响应曲线的影响。

2.84 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.49 所示, 此图分为①、②、③、④这 4 个阶段, 依据曲线来分析每个阶段的功能。

2.85 串级 PID 控制的闭环系统, 如何选取主被控对象 $G_1(s)$ 和副被控对象 $G_2(s)$ 阶次? 简要说明。

2.86 串级 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.50 所示, 试分析图 2.50(b) 和图 2.50(c) 两组曲线的特征, 其中副被控量 PV_2 有残差吗? 为什么? 主被控量 PV_1 有残差吗? 为什么?

2.87 串级 PID 控制的闭环阶跃响应曲线如图 2.51 所示, 试分析图 2.51(b) 和图 2.51(c) 两组曲线的特征, 其中副被控量 PV_2 有残差吗? 为什么? 主被控量 PV_1 有残差吗? 为什么?

2.88 综述串级 PID 闭环控制系统的调试步骤。

2.89 在串级控制回路(见图 2.53)中主、副 PID 控制块的设定量方式(SV_MODE)如何选择?

2.90 在串级控制回路(见图 2.53)中主、副 PID 控制块的控制周期如何选择? 简要

说明。

- 2.91 在前馈单回路控制(见图 2.54)中,前馈补偿器是怎样引入 PID 控制回路的?
- 2.92 在前馈串级控制回路(见图 2.55)中,前馈补偿器是怎样引入 PID 控制回路的?
- 2.93 在单闭环比值控制系统(见图 2.56)中,PID 控制块(FC1342)的设定量方式(SV_MODE)如何选择?
- 2.94 数字 PID 控制参数的工程整定方法一般有哪几种?
- 2.95 数字 PID 控制器的控制周期的选取一般应考虑哪几个因素?

第 3 章

- 3.1 DDC 系统的主机(IPC)主要由几个单元组成? 采用哪 3 种结构方式?
- 3.2 概述内部总线的含义及功能。
- 3.3 内部总线主要由哪 4 部分组成?
- 3.4 串行通信总线 RS-232、RS-422 和 RS-485 分别采用何种连接方式? 概要介绍。
- 3.5 工业控制计算机的输入输出通道的主要功能有哪些?
- 3.6 主机单元和输入/输出单元的结构方式有哪 3 种? 简要描述。
- 3.7 概述模拟量输入通道的功能。
- 3.8 模拟量输入通道由哪几部分组成? 画出结构框图。
- 3.9 概述模拟量输出通道的功能。
- 3.10 模拟量输出通道由哪几部分组成? 画出结构框图。
- 3.11 概述数字量输入通道的功能。
- 3.12 数字量输入通道由哪几部分组成? 画出结构框图。
- 3.13 概述数字量输出通道的功能。
- 3.14 数字量输出通道由哪几部分组成? 画出结构框图。
- 3.15 常用的人机接口(MMI)设备有哪些?
- 3.16 概述人机接口(MMI)的作用。

第 4 章

- 4.1 DDC 系统的软件由哪 3 部分组成? DDC 系统的应用软件由哪 3 部分组成? 分别对应 DDC 系统硬件的哪个单元? 简要说明。
- 4.2 DDC 系统的控制软件分为哪 3 类? 相应的用户表现形式是什么? 用户表现形式又有何用?
- 4.3 单回路 PID 控制功能块图(见图 4.1)的物理含义是什么? 怎样形成和运行?
- 4.4 PID 控制块的实体是什么? PID 控制子程序和 PID 控制块参数表是什么关系?
- 4.5 逻辑控制算法的用户表现形式或组态形式有哪 3 种?
- 4.6 逻辑梯形图(见图 4.2(a))的物理含义是什么? 怎样形成和运行?
- 4.7 逻辑功能块图(见图 4.3)的物理含义是什么? 怎样形成和运行?
- 4.8 逻辑指令表的物理含义是什么? 怎样形成和运行?
- 4.9 顺序功能块图(见图 4.4(b))的物理含义是什么? 怎样形成和运行?
- 4.10 DDC 系统的运算软件分为哪 3 类? 相应的用户表现形式是什么?

- 4.11 模拟量输入(AI)功能块与输入(AI)模板的信号点有何关系? 又有何区别?
- 4.12 模拟量输入(AI)功能块(见图 4.8)有哪些功能?
- 4.13 模拟量输入(AI)功能块的实体是什么?
- 4.14 数字量输入(DI)功能块与输入(DI)模板的信号点有何关系,又有何区别?
- 4.15 数字量输入(DI)功能块(见图 4.11)有哪些功能?
- 4.16 数字量输入(DI)功能块的实体是什么?
- 4.17 输入功能块(AI 块和 DI 块)存在的表现形式是什么?
- 4.18 计算机控制系统中功能块的模拟量输入输出为何采用标准数 $0\sim 1$?
- 4.19 模拟量输入标准数 $0\sim 1$ 的物理含义是什么? 与参数量程、A/D 转换数据有何关系? 举例说明。
- 4.20 模拟量输出标准数 $0\sim 1$ 的物理含义是什么? 与参数量程、D/A 转换数据有何关系? 举例说明。
- 4.21 模拟量输出(AO)功能块与输出(AO)模板的信号点有何关系? 有何区别?
- 4.22 模拟量输出(AO)功能块(见图 4.13)有哪些功能?
- 4.23 模拟量输出(AO)功能块的实体是什么?
- 4.24 模拟量输出(AO)功能块的正/反方向输出有什么用途? 试举例说明。
- 4.25 模拟量输出(AO)功能块的非线性输出有什么用途? 试举例说明。
- 4.26 数字量输出(DO)功能块与输出(DO)模板的信号点有何关系? 有何区别?
- 4.27 数字量输出(DO)功能块(见图 4.17)有哪些功能?
- 4.28 数字量输出(DO)功能块的实体是什么?
- 4.29 数字量输出(DO)功能块选用脉宽调制输出时,其输入信号是数字量还是模拟量? 试举应用实例说明。
- 4.30 输出功能块(AO 块和 DO 块)存在的表现形式是什么?
- 4.31 概述人机接口单元的组成。
- 4.32 人机接口软件主要由哪两部分组成?
- 4.33 操作显示软件的用户表现形式是什么?
- 4.34 概述流程图画面的基本组成及功能。
- 4.35 概述 PID 控制块、PID 回路操作显示窗口(见图 4.19)之间的关系。
- 4.36 概述 PID 回路操作显示窗口(见图 4.19)的功能。
- 4.37 操作管理软件的用户表现形式是什么? 并简要说明。
- 4.38 概述监控组态软件的功能。
- 4.39 概述监控组态软件的结构。
- 4.40 概述输入/输出组态软件、实时数据库组态软件、控制回路组态软件、人机界面组态软件、通信接口组态软件的功能。
- 4.41 概述实时数据库组态、控制回路组态、人机界面组态。

第 5 章

- 5.1 DDC 系统的设计分为哪两类? 各自有何任务?
- 5.2 DDC 系统的设计原则体现在哪几方面?

- 5.3 DDC 系统的开发设计应遵循哪些原则?
- 5.4 DDC 系统的应用设计分为哪几个阶段?
- 5.5 DDC 系统的设计方法有哪 3 种? 简要说明。
- 5.6 DDC 系统的应用设计应遵循哪些原则?
- 5.7 DDC 系统的应用设计内容有哪些?
- 5.8 DDC 系统的应用组态内容有哪些?
- 5.9 概述为加热炉燃烧控制选择 IPC 的 3 种方案。

