

高等学校通用教材

■ 杨宁 赵玉刚 编著

集散控制系统 及现场总线

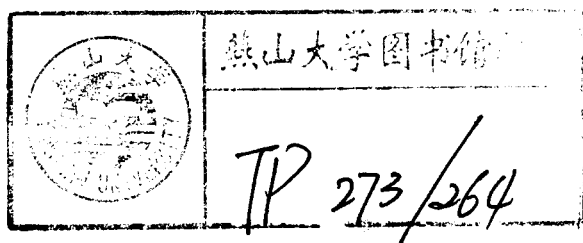
3

 北京航空航天大学出版社
<http://www.buaapress.com.cn>

高等学校通用教材

集散控制系统及现场总线

杨宁 赵玉刚 编著



05
10
02

北京航空航天大学出版社

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



0777006

~ 10

内 容 简 介

本书吸收近几年集散型控制系统有关开发研究工作的新成果和教学经验,集系统性和实用性为一体。通过本书学习,可了解集散型控制系统及现场总线的概念、特点、结构、原理和发展状况;熟悉其基本功能特性、使用方法和设计方法;基本掌握硬件配置、软件组态,以及操作、维护、安装和调试等方面知识,使读者具有初步使用集散型控制系统的能 力。

本书产品选型为美国 Honey Well 公司的典型系统(如 TDC-3000)及国内有代表性的产品。其内容实用,可操作性强,便于读者自学和深入研究。本书主要作为高等院校工科电类(如测控技术及仪器、控制工程与自动化、电子信息、机械电子工程等)及计算机应用等专业的本、专科教材,对有关工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

集散控制系统及现场总线/杨宁等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2003.9

ISBN 7-81077-364-X

I. 集… II. 杨… III. 集散系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 067243 号

集散控制系统及现场总线

杨 宁 赵玉刚 编著

责任编辑 刘晓明

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:365千字

2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 7-81077-364-X 定价:22.00元

前 言

根据教学和有关技术人员的迫切需求编写本书,旨在为适应经济建设发展和使大学生就业所需要的专业知识更贴近工业现场;在内容上以实用新知识为主,提高读者技术创新能力和实际应用技能。

集散型控制系统(DCS)及现场总线系统(FCS)是当今工业过程控制的主流系统。这门技术发展和更新很快,要求读者具有初步使用计算机的能力和不断学习的能力。本书力求一个新字和学以致用,吸收近几年集散型控制系统有关开发研究工作的新成果和教学经验,是集内容系统性和实用性为一体的新作。通过本书学习,可了解集散型控制系统及现场总线的概念、特点、结构、原理和发展状况;熟悉其基本功能特性、使用方法和设计方法;基本掌握硬件配置、软件组态,以及操作、维护、安装调试等方面知识,使读者具有初步使用集散型控制系统的

能力。

本书产品选型为美国 Honey Well 公司的典型系统(如 TDC - 3000)及国内有代表性的产品。全书分六章,内容实用,可操作性强,便于读者自学和深入研究。本书主要作为高等院校工科电类(如测控技术及仪器、控制工程与自动化、电子信息、机械电子工程等)及计算机应用等专业的本、专科教材,对有关工程技术人员也有参考价值。

武汉化工学院自动化研究所杨宁教授任主编并执笔一、二、四章;北华大学电气工程学院赵玉刚讲师执笔三、五、六章。由于编写时间仓促,大量新信息未能精心推敲,书中的不足之处和错误,恳请读者指出更正。编写中参考了国内近年有关开发研究 DCS 工作所发表的重要文献,在此一并对作者们表示感谢。

作者

2003年6月

目 录

第一章 导 论

1.1 DCS的概念、特点、体系结构和功能	1
1.1.1 DCS的组成及特点	1
1.1.2 DCS的分层体系	3
1.1.3 DCS的基本功能	4
1.1.4 DCS的现状与发展趋势	8
1.2 DCS的通信网络与系统特性	10
1.2.1 通信介质	11
1.2.2 网络结构	12
1.2.3 通信控制方式	13
1.2.4 TDC-3000系统特性	14
1.2.5 国产SUPCON JX-300X的通信系统	19
1.3 TDC-3000系统MC的组态	21
1.3.1 组态的说明	22
1.3.2 组态字的构成	22
1.3.3 组态步骤	23
1.3.4 组态实例	27
习题一	29

第二章 现场控制站及过程接口单元

2.1 多功能控制站 MC	30
2.1.1 MC的结构	30
2.1.2 MC的另外几种主要功能	33
2.2 MC的SOPL顺控程序与应用实例	41
2.2.1 SOPL顺控程序结构	41
2.2.2 SOPL语句类型	42
2.2.3 SOPL程序编码	42
2.2.4 SOPL顺控程序应用实例	49
2.3 MC无中断自动控制系统UAC	52
2.3.1 系统组成	53
2.3.2 工作原理	54
2.3.3 UAC-MC系统的操作方式	55
2.4 过程接口单元PIU	56

2.4.1	过程接口单元的分类	56
2.4.2	过程接口单元的结构	57
2.4.3	PIU 的工作原理	59
2.4.4	PIU 的组态	60
2.4.5	PIU 的报告功能	63
2.5	过程管理站 PM 及应用	65
2.5.1	PM 的构成	65
2.5.2	PM 的功能	65
2.5.3	PM 的应用	77
2.6	逻辑管理站 LM	81
2.6.1	LM 的构成	81
2.6.2	LM 的功能	82
2.6.3	LM 的应用软件组态	83
2.6.4	LM 的工作状态	84
2.6.5	LM 与其他 UCN 模块的通信	84
2.6.6	LM 和 PM 的应用举例	85
2.7	国产控制站 SUPCON JX - 300X	86
2.7.1	控制站的特点	86
2.7.2	控制站的组成	88
2.7.3	控制站卡件类型	90
2.7.4	控制站电源系统和机械结构	92
	习题二	94

第三章 操作站

3.1	增强型操作站	95
3.1.1	增强型操作站的构成	95
3.1.2	增强型操作站的功能	101
3.1.3	系统的启动和赋值	115
3.1.4	参考显示	117
3.2	万能操作站(US)	117
3.2.1	US 的构成	117
3.2.2	US 的功能	119
3.3	万能工作站(UWS)	126
3.3.1	UWS 的构成	126
3.3.2	UWS 的软件	127
3.3.3	UWS 的功能	127
3.4	国产操作站 SUPCON JX - 300X	127
3.4.1	系统硬件	127
3.4.2	系统软件	128

习题三	131
-----	-----

第四章 集散系统的主要技术与应用实例

4.1 集散控制系统的设计	132
4.1.1 方案论证	132
4.1.2 方案设计	133
4.1.3 工程设计	133
4.2 集散控制系统的调试、安装与验收	140
4.2.1 集散控制系统的调试	140
4.2.2 集散控制系统的安装	143
4.2.3 集散控制系统的验收	143
4.2.4 集散控制系统的管理、维护及二次开发	144
4.3 集散系统的评价与选择	145
4.3.1 技术性能的评价	145
4.3.2 集散系统的选择	150
4.4 TDC-3000 系统在某初轧厂均热炉控制中的应用	152
4.4.1 某初轧厂(均热炉)生产过程概况	152
4.4.2 初轧厂均热炉控制要求	153
4.4.3 初轧厂 TDC-3000 系统对均热炉的控制	154
4.4.4 TDC-3000 实现最佳空燃比控制	157
4.5 TDC-3000 系统应用于过程控制中数据点的实例	159
4.5.1 算法	159
4.5.2 控制语言	162
4.5.3 应用程序	165
习题四	168

第五章 现场总线技术及应用

5.1 概 述	169
5.1.1 现场总线的定义和特点	169
5.1.2 现场总线的体系结构	170
5.1.3 现场总线技术的发展	172
5.2 现场总线网络协议模式与标准	173
5.2.1 现场总线网络协议模式	173
5.2.2 几种典型现场总线协议标准	178
5.3 现场总线分类	181
5.4 基于现场总线的智能传感变送器	183
5.4.1 智能温度变送器	183
5.4.2 压力变送器	187
5.4.3 多用型变送器	189

5.5 现场总线系统的应用	191
5.5.1 基本设备	191
5.5.2 应用实例	192
习题五	197

第六章 高性能控制和管理功能的 PlantScape® Process/C200 型新系统

6.1 系统介绍	198
6.2 控制处理器	202
6.2.1 控制处理器和 I/O 模块	202
6.2.2 控制处理器的功能组态	204
6.2.3 控制处理器的性能	206
6.3 操作站系统	207
6.3.1 系统结构特性	208
6.3.2 操作站监控操作画面	209
6.3.3 实时数据库	210
6.3.4 算 法	211
6.3.5 报警/事件管理	211
6.3.6 历史数据	212
6.3.7 趋 势	212
6.3.8 报 表	213
6.3.9 系统安全性	213
6.3.10 第三方应用数据接口	213
6.4 服务器、应用程序和工具	214
6.4.1 服务器	214
6.4.2 应用程序	215
6.4.3 应用工具	217
6.4.4 工程师工具	217
6.4.5 用户资料	218

参考文献

第一章 导 论

集散型控制系统是以微型计算机为基础的分散型综合控制系统。该系统在发展初期是以实现分散控制为主的,国外一直用分散控制系统的名称,因此又称为分散型控制系统,简称DCS(Distributed Control System)。

自从美国霍尼韦尔(Honey Well)公司1975年成功地推出世界第一套产品TDCS2000至今20几年间,DCS产品几经更新换代,技术性能达到日趋完善的程度。不管是新上马的建设或扩建项目,还是老厂的技术更新改造,DCS首当其冲地被作为工业过程领域的主要设备,尤其对中大规模的企业更是如此。应该说,DCS早已发展成为当今工业控制的主流系统。据不完全统计,迄今全世界数百家厂家已开发了各种类型的集散型控制系统1500余种,销售总量已超出数万套。目前市场上流行的产品有Honey Well公司的TDC-3000、横河公司的Centum-XI和 μ XL、Foxboro公司的智能自动化系统I/AS以及德国西门子公司的TelepermM系统等。DCS以其先进、可靠、灵活和操作简便及其合理的价格而得到广大工业用户的特殊青睐,已被广泛用于化工、石油、电力、冶金和造纸等工业领域。

1.1 DCS的概念、特点、体系结构和功能

集散型控制系统是计算机(computer)、通信(communication)、CRT显示和控制(control)技术(简称四C技术)发展起来的产物。它采用危险分散、控制分散,而操作和管理集中的基本设计思想,以及分层、分级和合作自治的结构形式,适应现代的工业生产和管理要求。常规模拟调节仪表组成的过程控制系统存在许多局限性,如难以实现多变量相关对象的控制;难以实现复杂的高级控制规律和参数的集中显示与操作。由于生产规模的扩大和工艺过程的复杂,就要增加仪表,相应的模拟仪表屏也要增大。而计算机的集中DDC控制会导致危险集中。不难实现用一台计算机去控制几十个甚至上百个回路,但这样必然会降低系统的安全运行性能。集散型控制系统吸收了模拟仪表和计算机集中控制的优点,将多台微机分散应用于过程控制,全部信息经通信网络由上级计算机监控;通过CRT装置、通信总线、键盘和打印机等设备,又能高度集中地操作、显示和报警。因此,DCS系统不仅具备极高的可靠性、多功能性,而且人-机联系便利,能够完成各类数据的采集与处理以及复杂高级的控制。

1.1.1 DCS的组成及特点

集散型控制系统通常由过程控制单元、过程接口单元、CRT显示操作站、管理计算机以及高速数据通道等五个主要部分组成。其基本结构如图1.1所示。

① 过程控制单元(PCU:Process Control Unit) 又叫现场控制站。它是DCS的核心部分,对生产过程进行闭环控制,可控制数个至数十个回路,还可进行顺序、逻辑和批量控制。

② 过程接口单元(PIU:Process Interface Unit) 又叫数据采集站。它是为生产过程中的非控制变量设置的采集装置,不但可完成数据采集和预期处理,还可以对实时数据作进一步

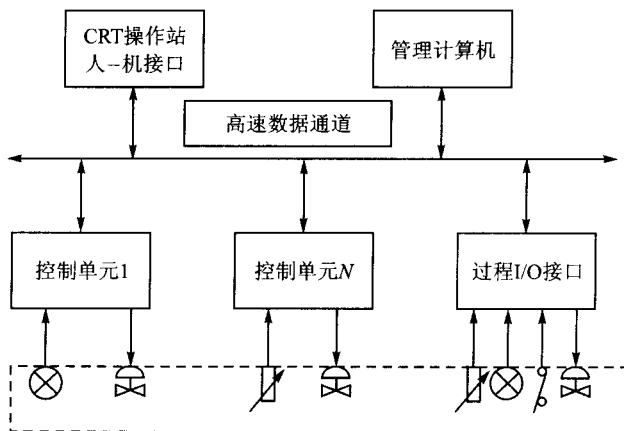


图 1.1 集散型控制系统基本结构

加工处理,供 CRT 操作站显示和打印,实现开环监视。

③ 操作站(OPS; Operating Station) 是集散系统的人-机接口装置。除监视操作、打印报表外,系统的组态、编程也在操作站上进行。

操作站有操作员键盘和工程师键盘。操作员键盘供操作人员用,可调出有关画面,进行有关操作,如:修改某个回路的给定值;改变某个回路的运行状态;对某回路进行手工操作、确认报警和打印报表等。工程师键盘主要供技术人员组态用,所有的监控点、控制回路、各种画面、报警清单和工艺报警表等均由技术人员通过工程师键盘进行输入。

操作站一般配有温氏硬盘存储器的软盘存储器;少数系统除硬盘外,还配有磁带存储器(如 RS3)。硬盘主要存储操作站的组态软件、系统组态软件、趋势记录、过程数据和报表等。此外,DCS 本身的系统软件也存储在硬件中。当系统突然断电时,硬盘存储的信息不会丢失,再次上电时可保证系统正常装载运行。软盘和磁带存储器作为中间存储器使用。当信息存储到软盘或磁带后,可以离机保存,以作备用。

④ 数据高速通道(DH; Data Hiway) 又叫高速通信总线、大道和公路等,是一种具有高速通信能力的信息总线,一般由双绞线、同轴电缆或光导纤维构成。它将过程控制单元、操作站和上位机等连成一个完整的系统,以一定的速率在各单元之间传输信息。

⑤ 管理计算机(MC; Manager Computer) 管理计算机是集散系统的主机,习惯上称它为上位机。它综合监视全系统的各单元,管理全系统的所有信息,具有进行大型复杂运算的能力以及多输入、多输出控制功能,以实现系统的最优控制和全厂的优化管理。

运用分散控制和集中显示、操作及管理这一基本思想构成的 DCS 系统,与常规模拟仪表相比,具有如下特点:

① 完善的控制功能 集散系统可以完成连续、离散、顺序、逻辑和批量的控制功能;完成从单回路、串级、前馈-反馈复合到非线性、自适应、多变量解耦、多变量模型优化、多参数预估和模糊等高级控制;可以执行常规 PID 运算,也可以执行 Smith 预估、三阶矩阵乘法等各种运算。

② 丰富的监控功能 操作人员通过 CRT 和操作盘,可以监视生产装置以及整个车间情况,将系统总貌、分组和单元数据及时恰当地呈现出来,实现全系统统一操作。技术人员可按

预定的控制策略组态不同控制回路,并调整回路的任一参数或设置工作方式,而且还可以对机电设备进行各种控制,从而实现真正的集中操作和监控管理。

③ 灵活的扩展功能 集散系统采用模块结构,用户可根据要求方便地扩大或缩小规模,或改变系统的控制级别。系统采用组态方法构成各种控制回路,很容易对方案进行修改。也可通过系列选型或系统生成,构成各类系统。因扩展灵活,故有利于分批投资,分批受益。

④ 极高的可靠性能 由于采用了多台微处理机分散控制结构,故危险分散。系统中关键设备采用双重或多重冗余,如控制站较多使用的 3:2:1 热冗余技术。系统还设有中断自动备用系统和完善的自诊断功能,使系统的平均无故障时间 MTBF 达 10^5 天。故障出现时可自动报警,甚至可提供故障维修服务。许多系统可以提供远方技术中心服务,使平均修复时间 MTTR 为 10^{-2} 天,系统利用率 A 达 99.999 9 %。

⑤ 简便的安装调试 集散系统的各单元都安装在标准机框内,模块之间采用多芯电缆、标准化插件相连;与过程连接时采用规格化端子板,到中控室操作站只需敷设同轴电缆进行数据传递,所以布线量大大减少,安装工作为常规仪表的 $1/3 \sim 1/2$ 。系统采用专用软件进行调试,调试时间仅为常规仪表的 $1/2$ 。

⑥ 良好的性能价格比 在性能上集散系统技术先进,功能齐全,可靠性高,适用于多级递阶管理控制。在价格方面,目前在国外,80 个控制回路的生产过程采用集散系统的投资,已与采用常规模拟仪表相当。系统规模越大,平均每个回路的投资费用越低。

1.1.2 DCS 的分层体系

层次化是集散型控制系统的体系特征,使之体现集中操作管理、分散控制的思想。从生产管理角度出发,DCS 大致可分为过程控制级、控制管理级、生产管理级和经营管理级。其结构模式见图 1.2。下面介绍各级的功能。

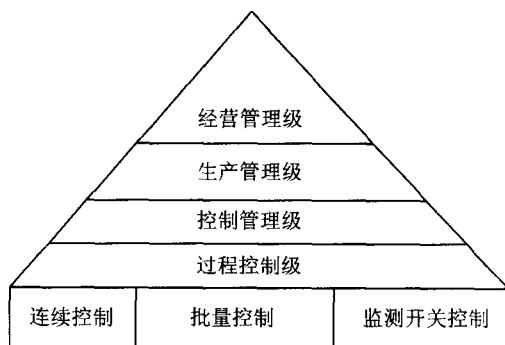


图 1.2 集散型控制系统四层结构模式

1. 过程控制级

过程控制级主要是现场控制站、数据采集站和过程管理计算机等,是直接与生产过程相连的一级计算机系统,是集散控制系统的基础。过程控制级一方面与各类现场设备例如变送器、执行器相连,以实现装置的监测与控制;另一方面还向上与第二层计算机相连,接收上层的管理信息,传递装置的实时数据。

2. 控制管理级

控制管理级主要有监控计算机、操作站和工程师站等,主要是实施生产过程的优化控制,根据产品原材料库以及能源的使用情况,以优化准则来协调装置间的相互关系。另外,通过获取直接控制层的实时数据,进行生产过程的监视、故障检测和数据存档。

3. 生产管理级

生产管理级又称产品管理级。这一级采用管理用计算机,主要是规划产品的结构和规模。根据用户订货情况、库存情况和能源情况来修订生产计划和改变产品结构。有了产品重新组织和柔性制造的功能,就可应付由于用户订货变化所造成的各种损失。此外,工厂生产和产品监视,以及产品报告也都在这一级实现。

4. 经营管理级

这一级管理用计算机叫中央计算机,是工厂自动化系统的最高一层。它管理的范围除了工程技术方面之外,还应包括经济、商业事物、人事组织以及其他方面的功能。把这些功能都集成到软件系统中,并与经理部、市场部、计划部以及人事部等办公自动化系统相连接,运用优化策略来实现整个制造系统的最优化。经营管理级的功能是市场用户分析、订货,以及销售统计、销售计划、产品制造协调、合同事宜、期限监测和财政报告等。

对于某一具体应用的集散系统,并非都有四层功能体系。中小规模的控制系统只有一、二层,少数使用到第二层;在大规模的控制系统中才应用到四层模式。

1.1.3 DCS 的基本功能

集散型控制系统内含丰富的功能,以下是必备的基本功能。

1. 输入数据处理

对模拟量来说,一般要进行采样、增益最佳化、A/D 转换、规格化、合理性检查、零偏校正、热电偶冷端补偿、线性化处理、超限制判断、工程量变换、数字滤波、温度和压力校正、开方处理及上、下限报警等处理,对脉冲序列进行瞬时值变换及累积计算。

① 数据的采样速率 按系统不同的需要,组态不同的扫描采样频率。流量、压力、液位、温度与成分的采样频率 f 的经验数据是 $1/5 \sim 1$ Hz、 $1/10 \sim 1/3$ Hz、 $1/8 \sim 1/5$ Hz 和 $1/20 \sim 1/15$ Hz。

② 增益最佳化 模拟量信号在 A/D 转换之前要进行前置放大,以使被转换量落在 A/D 转换线性范围之内(通常在 $50\% \sim 100\%$ 满度范围内),提高通道的相对测量精度。因此要选择合适的量程,增益最佳化即能自动挑选最佳增益。

③ 模拟量信号的规格化 模拟量信号的规格化是指 $1 \sim 5$ V 的模拟信号经 A/D 转换电路变成规格化的数字量。

④ 合理性检查 如果 A/D 变换超出限定时间或接到指令后根本未进行变换,则“A/D 卡故障”置位,而给出不合理标志;如果是 A/D 超量程或欠量程(小于下限值),则该数将进一步处理,给出读数不合理标志。

⑤ 零偏校正 由温度、电源等环境因素变化引起的放大器零点漂移,可通过软件进行校正。通常是把输入短路时采集的放大器零漂码取平均值存入内存,然后在当前测量结果中扣除此零漂值。这种方法常用于零漂不超过通道模拟输出动态范围 $1/10$ 的场合。零漂严重时

可能使系统发生饱和,因此在零偏校正时常设定一漂移限值,超过该码,则状态字中“零偏超出故障”置位,并发出报警。

⑥ 工程量变换 当上位机或操作站需显示或打印时,还应将规格化的数据转换成工程量单位值。

⑦ 超限判断 当参数超限时,一般均需进行报警。通常分为绝对值报警、偏差报警、速度报警以及累计值报警。

⑧ 热电偶冷端补偿 对于安装在现场多路切换箱中的热电偶,其冷端温度自动补偿是通过一支专用的冷端温度检测热电偶进行的。输入处理时先接通一次,测量工作电势;再短路一次,测量短路电势。这两者相减即可消除外线路影响。

⑨ 非线性校正 对于温度与热电势 mV 数值或热电阻 Ω 数值间的非线性关系,可通过折线近似或曲线拟合的方法加以校正。采用曲线拟合法时,多采用高次方程。

⑩ 开方处理 对于平方特性的数据(例如节流式流量计的差压信号与流量成平方关系)需进行开方处理,才能使信号与流量成线性关系。

⑪ 热电偶开路检查 测点在被切入之前,用一小电流流过模拟信号线、多路切换电路和变换器。假如通过外电路的压降超过正常值,就表明热电偶已经开路。

⑫ 数字滤波 数字滤波就是为克服随机干扰引入的误差而进行的数据平滑处理。常用的数字滤波算法有程序判断法、中位值法、算术平均滤波法、递推平均滤波法、加权平均滤波法、一阶惯性滤波法和复合滤波法等。

⑬ 温度、压力校正 当用孔板测量气体或蒸汽流量时,因测得的差压值偏离孔板设计时的标准温度、标准压力,计算将有误差,因此需要将此值校正到标准条件下的差压。

2. 输出处理

集散系统的输出一般分模拟量输出和开关量输出。模拟量输出时,CPU 算出的数字结果再经 D/A 转换成 $4\sim 20\text{ mA}$ 的信号送端子板输出;在输出需限幅信号时可经限幅处理。在 D/A 转换之前,数据先与限幅信号作比较,正常时将输出送 D/A,反之将限幅值送 D/A。在开关量输出时,由主机电路送出数字信号,先存输出锁存器,再经驱动电路进行功率放大,去控制现场执行机构。通过组态,数字输出可有三种不同的形式:

① 瞬时输出式 信号一消失,触点就断开。

② 延时输出式 信号消失,延时一段时间后触点才断开。

③ 锁定输出式 触点闭合后,待下次信号来时才断开。

即使是模拟输出信号,也是以数字信号形式给出,再经 D/A 转换后才形成的。正确的数据输出后,外部干扰有可能使输出装置得到错误的数字。这种错误的输出结果有时会造成重大恶果,但措施得力,也是可以补救的。输出装置与 CPU 的距离越远,连线就越长,受干扰的机会就越多。输出设备是电位控制型还是同步锁存型,对干扰的敏感性相差较大。前者有良好的抗“毛刺”能力;而后者不耐干扰,当锁存线上出现干扰时,就会盲目锁存当前的数据,而不管这时数据是否有效。输出设备的惯性(响应速度)与干扰的承受能力也有很大关系。惯性小的输出设备(如通信口、显示设备等)耐受干扰能力就差一些。

不同的输出装置对干扰的耐受能力不同,抗干扰措施也就不同。其措施如下:

① 各类输出数据锁存器尽可能和 CPU 安装在同一电路板上,使传输线上传送的都是已锁存好的电位控制信号。有时这一点不一定能做到。例如用串行通信方式输出到远程显示

器,一条线送数据,一条线送同步脉冲,这时就特别容易受干扰。

② 对于重要的输出设备,建立检测通道,CPU 可以通过检测通道来检查输出的结果是否正确。

③ 软件上重复输出同一数据。只要有可能,其重复周期应尽可能短些。当外部设备接收到一个被干扰的错误信息后,还来不及作出有效的反应,一个正确的输出信息又来到,就可以及时防止错误动作的产生。

有关输出芯片的状态在执行输出功能时也一并重复设置。例如 8155 芯片和 8255 芯片常用来扩展输入/输出功能,很多外设均通过它们来获得控制信息。这类芯片均应编程,以明确各端口的职能。由于干扰的作用,有可能在无形中将芯片的编程方式改变了。为了确保输出功能正确实现,输出功能模块在执行具体的数据输出之前,应该先执行芯片的编程指令,再输出有关数据。这样做,也将对芯片端口重新定义,使输入模块得以正确执行。

对于以 D/A 转换方式实现的模拟输出,因本质上仍为数字量,同样可以通过重复输出的方式来提高模拟输出通道的抗干扰性能。在不影响反应速度的前提下,在模拟输出端接一适当的 RC 滤波电路(起到增加惯性的效果),配合重复输出措施,便能基本上消除模拟输出通道上的干扰毛刺。

3. 控制功能

控制部分是集散系统的核心。带微处理机的控制站按所具有回路数的多少,可分为单回路、双回路和多回路。多回路的控制一般为 16、32 或 64 个回路,最多达到 400 个回路。控制算法的数目从 28 种、30 种到上百种。随着微机技术和控制理论的发展,控制算法已达 1 000 种以上,运算功能越来越强。控制方式从早期只有连续控制功能的状况,已发展到普遍具有逻辑控制、顺序控制和批量控制的功能。

(1) 连续控制

严格来说,计算机控制全部是离散控制,但为区别于顺序控制和逻辑控制,还是称它为连续控制。连续就是调节器能随输入信号的不断变化而按一定规则输出,不间断地修正输出值的大小。

连续控制算法一般有常规 PID、微分先行 PID、积分分离、选择性控制、采样控制、自适应控制、非线性控制、Smith 预估控制和多变量解耦控制等常规及高级控制算法。此外,还有模糊控制和 PID 自整定算法等智能控制算法。

除了各种算法之外,连续控制还必须具有一些附加功能才可以完成实际的过程控制。这些附加功能如下:

① 回路手动(LM; LOOP MANUAL) 对于一个控制回路进行手动操作。

② 手动方式(MAN; MANUAL) 由操作站(包括本地操作站)经由通信系统进行手动操作。

③ 自动方式(AUT; AUTO) 以本地设定值(LSP)为基准进行运算,实现闭环控制方式。

④ 串级方式(CAS) 以另一个控制回路的输出值作为本回路的设定值进行自动运算,实现串级控制方式。

⑤ 计算机方式(COMP) 经由数据通道接受上位计算机的输出数据,作为本回路设定值进行自动运算的控制方式(SPC);或者直接作为输出值的控制方式(DDC)。

⑥ PV 跟踪 PID 算法必须具有 PV 跟踪功能,即在手动状态时,使本回路的设定值不再

保持原来的设定值,而跟踪 PV 值。PV 跟踪时,从手动切换到自动偏差总是零。因此,即使比例带较小,PID 输出值也不会产生扰动,实现平滑切换;切换到自动后,再逐步把设定值调整到所要求的数值。

⑦ 输出值跟踪 PID 算法在设置 PV 跟踪的同时,还需要设置输出值跟踪功能,即在手动状态时,使内存中上次输出单元的数值跟踪手操输出值。这样,在切换到自动时,由于输出单元数值与手操输出相等,因而实现无扰动切换。

⑧ 予置 PID 算法在偏差为零时,输出为一不定的常值。构成串级控制时,次级回路在处于串级断开状态时,把次级回路的设定值(LSP)送到主回路的输出单元(OP),称为予置。这样,若串级的主回路设置 PV 跟踪,次级回路设置予置和 PV 跟踪,则串级调节回路从任何非串级调节状态值切换到串级时,都是无扰动切换。

⑨ 反算 若串级调节主回路 PID 算法输出插有静态偏置,则算法必须具有反算功能,即算法块(比如是加法功能块)必须反算出(逆运算)一个平衡无扰的输入值作为主回路的输出。

(2) 逻辑控制

根据输入变量的状态,按逻辑关系进行的控制称为逻辑控制。在集散系统中,由逻辑块实现逻辑控制功能。逻辑运算包括 AND(与)、OR(或)、XOR(异或)、LINK(连接)、OFFDELAY(停止延时)、ON DELAY(进行延时)、FILP-FLOP(触发器)和 PULSE(脉冲)等。逻辑块的输入变量包括数字输入/输出状态、逻辑块状态、计数器状态、局部故障状态、连续控制 SLOT 的操作方式和上位机的计数溢出状态。它可直接用于过程控制进行工艺连锁,也可作为顺序控制中的功能块,进行条件判断、状态变换等。

(3) 顺序控制

顺序控制是根据预定顺序或逻辑,逐步进行各阶信息处理的控制方法。在顺序控制中兼有连续控制、逻辑控制和输入/输出监控的功能。

(4) 批量控制

批量控制就是利用顺序程序,控制一个间断的生产过程,以得到规定的产品。例如研制生产一种催化剂溶液,需经投料—加放一定量溶剂—搅拌—加热控制到一定温度—保温规定时间—过滤排放等操作。每个操作都不是连续的,但有规定的要求;每步的转移又都必须有一定的条件。这里除了要进行连续常规的温度流量闭环调节外,还需要执行打开阀门、启动搅拌等开关控制及判断。因此,要用顺序程序把这些操作按次序连接起来,定义每步操作的具体条件和要求,直接指挥有关的现场控制设备,以得到满意的产品。因此,批量控制是顺序控制的一种应用。

4. 人-机接口功能

按照现场控制的连接方式,集散系统的人-机接口可分为现场简易接口和 CRT 操作站两种;前者直接与现场控制站相连,后者是经过通信网络与现场控制站相连。简易操作接口使现场工作人员能对系统进行操作、监视和设定。CRT 操作站不是为某个现场控制器所专用,而是几个控制站共享。CRT 系统信息集中地反映在屏幕上,并自动地对信息进行分析、判断和综合。操作站的主要功能归纳起来有以下几个方面:

① 对全部过程变量进行各种格式的显示,并允许操作人员对过程进行干预,如参数调整、状态切换和紧急处理等;

② 对过程变量的历史数据进行处理和存储;

- ③ 显示和打印过程报警;
- ④ 编制和调用各种用户显示画面;
- ⑤ 编制和打印各种报表;
- ⑥ 组态并装载监视、控制和管理软件;
- ⑦ 对通信总线上所连接的设备进行组态,并将组态结果装载到对应设备;
- ⑧ 完成系统的自诊断和故障维修。

5. 通信功能

通信功能是集散系统的重要支柱,执行分散控制的各单元以及各级人-机接口要靠通信系统连成一体。它是一个高通信速率、低误码率和快速响应的网络,具有组织灵活、易于扩展和资源共享的特点。

6. 自诊断功能

为了提高可靠性,集散系统的各装置具有较强的自诊断功能。系统投运前用离线诊断程序检查各部分工作状态;系统投运中各设备不断执行在线自诊断程序,一旦发现错误,即切换到备用设备。同时,经过通信网络在 CRT 上显示出故障代码,等待及时处理。通常故障代码可以定位到插件板,用户只需更换插卡。

7. 冗余技术

自诊断可以及时检查出故障,但要使集散系统的运行不受故障的影响,主要靠冗余应用。冗余有两种方式:工作冗余和后备冗余,俗称“热备用”和“冷备用”。操作站常采用工作冗余的方式。对现场控制器,各冗余方式不同,有的采用 1:1 冗余,也有的采用 N:1 冗余,但均采用无中断自动切换方式。集散系统特别重视供电系统的可靠性,除了 220 V 交流供电外,还要有备用电源、不间断电源 UPS,以及各种掉电保护措施。集散系统中,大多数采用两套相同通信网络的冗余形式。但具体工作情况有所不同,工作冗余和后备冗余的情况都有。

除了硬件冗余外,集散系统还采用了信息冗余技术,就是在发送信息的末端增加信息位,以提高检错及纠错的能力。

1.1.4 DCS 的现状与发展趋势

DCS 发展很快,影响其发展的主要因素是微处理器及超大规模集成电路(VLSI)技术的应用。现在的 32 位微处理器已应用于现场控制站,功能更强,速度更快,存储器容量不断速增。人-机接口技术的交互图形、复合窗口及触摸屏幕的应用,使操作站更趋完善,操作更为便捷,彩色 CRT 分辨率更高。专用集成电路(ASIC)和表面安装技术(SMI)在硬件设计上的使用,使板级上的元件数量更少,硬件的可靠性大大提高。智能半导体器件进入到现场一级,成为现场仪表,包括直接数字传感器、光纤传感器和智能执行器。标准化的数据通信链路和通信网络技术的发展,影响网络体系结构的变化。各种公共网络体系的建立和通信网络技术的普及,使得网络环境下新的各类控制系统的开发成为可能。开放式结构和集成技术将对 DCS 产生深刻影响。下面介绍其现状及发展前景。

1. 开放化

DCS 的通信用实现开放系统互联(OSI)来满足工厂自动化要求。各种设备(计算机、DCS、单回路调节器、PLC 等)之间通信能力的加强,可方便地构成一个大系统。DCS 各制造

商为适应这种发展,竞相将自己的专用网络改造成符合国际标准的网络,或将自己的专用网络与普通网络之间加入网关,使其与以太网、MAP网连接。

开放化的关键是技术标准的统一。通信标准化 MAP/TOP 已获成功,并为世界各国所接受。因此,新推出的集散型控制系统均采用开发系统的标准模型、通信协议或规程,以满足 MAP/TOP 的要求,提高数据高速通道的吞吐能力,发展宽带的光纤传输介质。新一代的集散控制系统的开放型结构,将方便地与指挥生产管理的上位计算机进行信息交换,实现计算机集成生产系统。

2. 小型化

个人计算机的性能不断提高,价格不断降低,使得中小规模的 DCS 可广泛采用高档微机以及加固的工业 PC 机来构成低价格的集散控制系统,以满足小型工厂和装置的应用。从规模来看,大量小型计算机和价廉的可编程控制器已开始起着大型 DCS 的作用,可靠、价廉的 DCS 将深受用户们的欢迎。越来越多的小型系统的应用是十分有意义的事情。

3. 智能化

人工智能特别是知识库系统(KBS)和专家系统(ES)在过程控制中的应用包括:自整定和自适应控制器、实时数据采集、故障诊断、生产计划和调度、过程优化、控制系统的计算机辅助设计、仿真培训和在线维修等。可以说人工智能将会在 DCS 的各级(从控制到工厂管理)实现。

随着微电子技术的发展,结合现代控制理论,应用人工智能技术,以微处理器为基础的智能设备将相继出现,如智能变送器、可编程调节器、智能 PID 自整定控制、智能人-机接口和智能集散控制系统等。

4. 基于现场总线的 PLC

PLC 以其结构紧凑、功能简单、速度快、可靠性高和价格低等优点,迅速获得广泛应用,已成为与 DCS 并驾齐驱的主流工业控制系统。目前以 PLC 为基础的 DCS 发展很快,PLC 与 DCS 相互渗透、相互融合、相互竞争,已成为当前工业控制系统的发展趋势。

随着 PLC 计算机与 DCS 和其他控制回路之间接口的迅速发展,已可以将连续控制回路、逻辑功能、批量控制功能、信息处理能力、速度及组态软件等汇入在统一的高性能系统中,从而将 PLC 和 DCS 融合在一起,满足了协调的需要,以适应离散类和批量工业自动化的要求。

PLC 将与 IPC、DCS 集成,逐渐成为占自动化装置及过程控制系统最大市场份额的产品。现场总线技术将用于各种现场自动化设备及其控制系统的网络通信;用于各种现场仪表(包括变送器、执行器、记录仪、单回路调节器、可编程序控制器和流程分析器等)及计算机控制系统之间进行的数据通信。有人预测,基于现场总线的 FCS(Fieldbus Control System)将取代 DCS 成为控制系统的主角,Internet 和 Intranet 技术也将进入控制领域,计算机自动化控制系统将渗透到企业的生产、管理,直到经营等方方面面。

5. 新一代智能变送器

高度集成的智能器件正在向现场延伸。国外公司已开发生产出各类数字式智能变送器,包括温度、差压、流量、液位、密度和压力变送器等多个品种。美国 Honey Well 公司的 ST 系列产品,就具有以下特点:

① 测量精度高,误差仅为 0.1%,即使平方根输出,也可达 0.1%。