

分散控制系统 在工业过程中的应用

黄步余 主编

中国石化出版社

分散控制系统在工业 过程中的应用

黄步余 主编

中国石化出版社

(京)新登字 048 号

内 容 提 要

本书主要阐述分散控制系统硬件组成、性能、设计选用、应用软件编制、调试及投运。全书共十一章。概要介绍了分散控制系统的发展、特点、通信网络及应用;霍尼韦尔公司 TDC 3000 系统;横河公司 CENTUM-XL 系统;ABB 公司 MOD 300 系统;贝利公司 INFI-90 系统;莫尔公司 MYCRO-I 系统;分散控制系统设计应用;分散控制系统应用软件编制;分散控制系统调试、安装及验收;小规模分散控制系统以及分散控制系统的展望等。

本书可供从事自动化仪表及生产过程自动控制方面工作的设计、施工安装、生产维护等技术人员和大专院校师生阅读和参考。

分散控制系统在工业 过程中的应用

黄步余 主编

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲一号 邮政编码:100029)

中国标准出版社电子出版物与激光照排中心排版

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 36³/₄ 印张 928 千字 印 1—3000

1994 年 3 月北京第 1 版 1994 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-80043-505-9/TP·010 定价:35.00 元

前 言

《分散控制系统在工业过程中的应用》编写工作是以中国石化总公司北京石油化工工程公司为主,组织北京市自动化系统工程公司、中国石化总公司北京设计院、北京贝利控制有限公司、上海高桥石油化工公司、北京燕山石油化工公司等共同完成的。

近年来,国内外在工业过程控制中已普遍采用分散控制系统(DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM-DCS)。分散控制系统为各工业部门生产的安稳长满优运行,为提高操作、控制、管理水平发挥了作用,并取得了明显的效益。编写本书,旨在介绍分散控制系统性能、系统选型、配置,着重介绍分散控制系统应用软件组态、调试、投运,促进和提高分散控制系统的应用水平。本书可供从事工业过程自动控制方面的工程技术人员和大专院校师生阅读和参考。

在本书编写过程中,作者查阅了大量新的文献资料、总结了长期从事分散控制系统的设计、选用、组态、调试、投运及维护工作的实践经验。

参加编写的人员分工如下:

- 第一章 黄步余、李冰
- 第二章 黄步余、崔小军、顾祥柏、周正人
- 第三章 卞正岗、周恒杰
- 第四章 王为华、周恒杰
- 第五章 成虎、王建民
- 第六章 彭涛、王建民
- 第七章 崔小军、迟景华、顾祥柏
- 第八章 黄步余、顾祥柏、崔小军、迟景华
- 第九章 迟景华、黄步余、李冰
- 第十章 王立奉、黄步余
- 第十一章 黄步余、李冰

本书的整理工作均由中国石化总公司北京石油化工工程公司参加编写的人员完成。最后由黄步余负责审稿。

由于编写人员水平有限,时间紧迫,都是利用工余时间进行编写,因此难免有错误和不妥之处,敬请广大读者给予指正。

编 者 1993.4 北京

目 录

第一章 分散控制系统概论	(1)
第一节 分散控制系统的发展.....	(1)
第二节 分散控制系统的特点.....	(4)
第三节 分散控制系统通信网络.....	(6)
第四节 分散控制系统的应用.....	(11)
第二章 TDC 3000 系统	(17)
第一节 TDC 3000 系统概况	(17)
第二节 局部控制网络及模件.....	(22)
第三节 万能控制网络及模件.....	(61)
第四节 数据高速通道及设备.....	(84)
第五节 控制语言——CL 语言	(93)
第六节 局域网络通信.....	(102)
第七节 TDC 3000 与上位机的接口	(113)
第三章 CENTUM 系统	(144)
第一节 CENTUM 系统概况	(144)
第二节 通信系统.....	(146)
第三节 人-机接口单元	(148)
第四节 现场控制站.....	(189)
第五节 工程师工作站及工程师操作.....	(224)
第六节 DDC 回路图绘制及工作单填写	(235)
第七节 应用举例.....	(244)
第四章 MOD 300 系统	(246)
第一节 MOD 300 系统概况	(246)
第二节 控制器子系统.....	(252)
第三节 操作台子系统.....	(257)
第四节 数据处理子系统.....	(260)
第五节 高密度子系统.....	(260)
第六节 仪表子系统.....	(263)
第七节 MOD 300 系统通信	(263)
第八节 MOD 300 系统组态简介	(265)
第九节 MOD 300 在重油加氢装置上的应用	(267)
第五章 INFI-90 系统	(269)
第一节 INFI-90 系统概况	(269)
第二节 人机接口单元.....	(275)

第三节	过程控制单元	(288)
第四节	INFI-90 的通信网络	(307)
第五节	INFI-90 系统组态	(316)
第六节	INFI-90 系统应用实例	(332)
第六章	MYCRO- I 系统	(348)
第一节	概述	(348)
第二节	MYCRO- I 系统硬件配置	(348)
第三节	多回路控制器	(353)
第四节	操作站	(362)
第五节	历史数据站	(369)
第六节	MYCAD 组态方法	(373)
第七节	MYCRO- I 系统应用实例	(380)
第七章	分散控制系统的设计选用	(387)
第一节	分散控制系统的可靠性及经济性	(387)
第二节	分散控制系统的设计	(392)
第三节	分散控制系统的选用	(396)
第四节	分散控制系统的采购	(399)
第五节	分散控制系统的设计条件会议	(410)
第六节	分散控制系统的设计文件	(411)
第七节	分散控制系统的控制室设计	(413)
第八章	分散控制系统应用软件组态	(416)
第一节	分散控制系统配置组态	(416)
第二节	分散控制系统应用软件组态	(418)
第三节	NCF 组态	(427)
第四节	数据点组态	(435)
第五节	用户流程图画面的编制	(478)
第六节	控制程序的编写	(497)
第七节	LM 和阶梯形图程序	(522)
第八节	历史数据和自由格式报表	(526)
第九节	区域数据库的组态	(528)
第九章	分散控制系统的调试、安装及验收	(537)
第一节	分散控制系统的调试	(537)
第二节	分散控制系统的安装	(558)
第三节	分散控制系统的验收	(558)
第十章	小规模分散控制系统简介	(561)
第一节	小规模分散控制系统概况	(561)
第二节	MICRO TDC 3000 系统	(562)
第三节	μ XL 系统	(566)

第四节	MICREX-MS 系统	(569)
第五节	小规模分散控制系统应用举例	(571)
第十一章	分散控制系统的展望	(577)
参考文献		(579)

第一章 分散控制系统概论

随着现代化工业的飞速发展,生产规模不断扩大,工艺过程愈趋复杂,工艺流程前后工序相互关联与制约更加紧密,热量平衡和物料平衡相互依赖,能源得以充分利用;与此同时,为连续、安全、平稳生产,增加产量,提高产品质量,相应地对过程信息与控制管理提出了更高的要求。

根据工业生产过程需要,美国霍尼韦尔公司(HONEYWELL INC.)于1975年发表世界上第一套分散控制系统(TDC 2000),到目前全世界已发表的分散控制系统达60多个,投入运行的回路数达百万个。从世界范围看,分散控制系统已发展为过程控制的主流,它是工业自动化代表领域的一个重大变革,是过程自动控制技术发展史上出现的划时代进步,标志着生产过程控制的发展已进入了一个新的阶段。

因此,了解、研究、应用分散控制系统,开发更先进的分散控制系统,已成为自动化仪表界乃至整个工业控制界的重大任务之一。

第一节 分散控制系统的发展

早在50年代,工业自动化仪表以气动仪表为主流。大家很熟悉的气动单元组合仪表,是根据自动调节系统中各个环节的不同功能,将整个调节系统分成若干个具有独立作用的单元,各个单元之间用统一的信号相互联系。单元的品种并不很多,可以满足生产工艺的需要,组成各种调节系统。目前,一些工厂或装置仍有气动单元组合仪表控制系统在运行。

50年代后期,由于电子技术的迅速发展,出现了电动单元组合仪表,很快发展成为主流。它的明显优点是速度快、功能强、应用范围广、组成系统规模大。因此,在控制室里,安装的仪表愈来愈多,仪表盘面积愈来愈大。现在,我国大多数工厂或装置仍采用电动单元组合仪表控制系统。

60年代,随着工业生产过程的大规模化、复杂化,要求控制系统既能处理大量数据,又能实现高级控制,便逐渐引入计算机控制。计算机控制具有容易实现高级控制,容易进行信息通信,实现集中控制显示操作,控制精度高等优点,从而使生产过程综合控制水平得到进一步提高。但是,在一个大型化工厂或装置中,一台计算机控制系统,往往要集中控制几十个甚至几百个回路,几百个需要集中显示操作报警的过程变量,显然随着控制功能高度集中,事故发生的危险性也高度集中,一旦计算机控制系统出现故障,控制、监视、操作无法进行,给生产带来很大影响,甚至会造成全局性的重大事故。为了提高计算机控制系统的可靠性,有必要采用双机运行或用模拟仪表作后备,这样维修工作量增大,成本大幅度增加,但是仍没有解决危险分散及可靠性问题。

进入70年代,大规模集成电路问世,微处理器(MICROPROCESSOR- μ P)的诞生,控制技术、显示技术、计算机技术、通信技术(即所谓4C技术)等的进一步发展,人们为了继承常规模拟仪表和计算机控制系统的优点,进一步提高控制系统安全性和可靠性,降低成本,开发研制以微处理器为基础的新型过程控制系统——分散控制系统(DISTRIBUTED CONTROL

SYSTEM-DCS)。它按控制功能或按区域将微处理器进行分散配置,各个带微处理器的控制站可控制几个、十几个、几十个回路,用若干控制站组合,控制整个生产过程,从而控制功能分散,亦就是危险分散;系统中使用二台或多台彩色屏幕显示器(CATHODE RAY TUBE-CRT)进行监视、操作和管理;系统中各个站通过完全双重化的数据通信系统连接起来。因此,以微处理器为基础的分散控制系统,控制功能分散化,解决了常规模拟仪表系统控制功能单一的局限性,同时解决了计算机控制危险性集中的问题;该系统采用了双重化数据通信系统和每台CRT操作站,实现集中操作和管理,有效地克服了常规模拟仪表系统的人-机接口不好的缺点;它能够实现连续控制、批量(间歇)控制、顺序控制、数据采集处理、先进控制,将操作、管理与生产过程密切地结合起来。

1975年,美国霍尼韦尔公司首次向世界范围内推出TDC 2000(TOTAL DISTRIBUTED CONTROL-TDC)系统(现为TDC 3000)这一系统的发表立即引起工业控制界的高度评价,随之世界各国各大仪表制造公司推出一个又一个分散控制系统。从此,过程控制进入分散控制系统的新时期。

在TDC 2000系统发表前后推出的分散控制系统有:日本横河电机株式会社(YOKOGAWA)推出“CENTUM”系统(现为CENTUM-XL CS);美国泰勒仪器公司的“MOD III”系统(现为ABB公司MOD 300);美国贝利控制公司的“NETWORK-90”系统(现为INFI-90);美国福克斯波罗公司的“SPECTRUM”系统(现为I/A);美国西屋公司的WDPF系统(现为WDPF I),德国西门子公司的“TELEPERM M”系统,英国肯特过程控制公司的“P 4000”系统等。

据不完全统计,迄今世界上已有60余家公司,开发并生产各种类型分散控制系统,目前世界各国著名公司生产的分散控制系统如表1-1-1所示。

从1975年以来,分散控制系统的硬件和软件功能不断完善和强化,大体可分三个阶段。

第一阶段:1975年至1980年,在这个时期里分散控制系统的技术重点表现如下。

① 采用以微处理器为基础的过程控制单元(PROCESS CONTROL UNIT),实现了分散控制,有各种控制功能要求的算法(ALGORITHM),通过组态(CONFIGURATION)独立完成回路控制;具有自诊断功能,在硬件制造和软件设计中应用可靠性技术;在信号处理时,采取了抗干扰措施;它的成功使分散控制系统在过程控制中确立了地位。

② 采用带屏幕显示器的操作站与过程控制单元分离,实现集中监视、集中操作、系统信息综合管理,与现场控制相分离,就是人们俗称集中分散综合控制系统——集散控制系统的由来,这是分散控制系统的重要标志。

③ 采用较先进的冗余通信系统,用同轴电缆作传输媒质,将过程控制单元的信息送到操作站和上位计算机,从而实现了分散控制和集中管理。

第二阶段,1980年至1985年,在这个时期里分散控制系统的技术重点表现如下。

① 随着世界市场需求量变化,畅销产品的变换周期愈来愈短,那种单纯以连续控制为主的经典过程控制已不适应,要求过程控制单元增加批量控制功能和顺序控制功能,从而推出多功能过程控制单元。

② 随着产品竞争愈来愈激烈,迫使生产厂必须提高产品的质量、品种,提高产品的“成本-效能”要求优化管理和质量管理,操作站及过程控制单元采用16位微处理器,使得系统性能增强,工厂级数据向过程级分散,高分辨率的CRT,更强的图面显示、报表生成和管理能力等,从而推出增强功能操作站。

为无主站的 $n:n$ 通信,网络上各设备处于“平等”的地位,传输方式是广播式,网络控制以令牌传送方式为主(TOKEN PASSING);因此,通信系统的进步,更加方便地将控制站、操作站、可编程控制器和计算机互连,便于多机资源共享和分散控制。

显而易见,如果说第一阶段分散控制系统以实现分散控制为主的话,第二阶段分散控制系统则是实现全系统信息的管理为主。

第三阶段,1985 年以后,在这个时期里分散控制系统的技术重点表现如下。

① 尽管分散控制系统的技术水平已经相当高,但各公司推出的几十种系统,为了保护自身的利益,采用的都是专利网络,亦可称为封闭系统。对于大型工厂、企业采用多个厂家设备,多种系统,要实现全企业管理,要求系统采用标准化通信系统。新型的分散控制系统是一个开放系统网络,局部网络标准化。目前看来,工厂自动化协议(MANUFACTURE AUTOMATION PROTOCOL-MAP)简称 MAP 协议,已被世界各国所接受,分散控制系统局部网络中管理层采用 MAP 协议是大势所趋。可以确信,MAP 协议将成为国际公认的标准。

② 为了满足不同用户的要求,适应中、小规模连续、间歇或批量操作的生产装置使用,各制造厂又开发了中、小规模分散控制系统,受到用户欢迎。目前,各制造厂集中精力,增加投资,改进中、小型系统,开发微型分散控制系统。预计,可靠廉价的小型、微型分散控制系统有强大的吸引力。

③ 操作站采用了 32 位微处理器,处理的信息量扩大,处理加工信息的质量提高;采用触摸式屏幕,转球式光标跟踪器及鼠标器,运用窗口技术及智能显示技术;操作完全图形化,内容丰富,直观,画面显示的响应速度加快,画面上还开有各种超级窗口,便于操作和指导,完全实现了 CRT 化操作。

④ 操作系统软件通常采用实时多用户多任务的操作系统,符合国际上通用标准,操作系统可以支持 BASIC、FORTRAN、C 语言、梯形逻辑语言和一些专用控制语言。组态软件提供了输入输出、选择、计算、逻辑、转换、报警、限幅、顺序、控制等软件模块,利用这些模块可连成各种不同的回路,组态采用方便的菜单或填空方式。控制算法软件近百种,实现连续控制、顺序控制和梯形逻辑控制,还能实现 PID 参数自整定和自适应控制。操作站上配有作图、数据库管理、表报生成、质量管理曲线生成、文件传递、文件变换、数字变换等软件。系统软件更加丰富和完善。

分散控制系统还将继续发展,特别是在系统小型及微型化,现场变送器智能化,现场总线标准化,通信网络标准化,DCS 与 PLC 互相渗透,监控计算机、PC 机进入 DCS 系统,系统软件引入应用专家系统和人工智能等方面会进一步完善,分散控制系统更加适应各种过程控制的需要,将会取得更好的技术经济效益。

第二节 分散控制系统的特点

分散控制系统自 70 年代中期推出以来之所以经久不衰,是因为它与常规模拟仪表相比、与集中型计算机系统相比具有十分显著的特点,它始终紧跟时代的发展成为前沿技术,已在过程控制中确立了主流地位。分散控制系统技术的先进性和功能特点概述如下。

一、采用微机智能技术

分散控制系统采用了以微处理器为基础的“智能技术”,凝聚了计算机的先进技术,成为计

算机应用完善、丰富的领域。这是分散控制系统有别于其它系统装置的最大特点。

分散控制系统中的现场控制单元、过程输入输出接口、带 CRT 操作站以及数据通信接口等均采用 16 位或 32 位微处理器,有记忆、数据运算、逻辑判断功能,可以实现自适应、自诊断、自检测等“智能”。

二、采用分级递阶结构

分散控制系统采用分级递阶结构,是从系统工程出发,考虑系统功能分散、危险分散、提高可靠性、强化系统应用灵活性。降低投资成本、便于维修和技术更新等优化选择而得出的。

分级递阶结构通常分为四级。第一级为过程控制,根据上层决策直接控制过程或对象的状态;第二级为优化控制,根据上层给定的目标函数或约束条件,系统辩识的数学模型得出优化控制策略,对过程控制进行设定点控制;第三级为自适应控制,根据运行经验,补偿工况变化对控制规律的影响,维持系统在最佳状态运行;第四级为工厂管理,其任务是决策、计划、管理、调度与协调,根据系统总任务或总目标,规定各级任务并决策协调各级的任务。

三、丰富的功能软件包

分散控制系统具有丰富的功能软件包,它能提供控制运算模块、控制程序软件包、过程监视软件包、显示程序包、信息检索和报表打印程序包等。

应用软件模块化后,用户只需根据系统设计的要求进行组态,就能达到程序设计的目的。分散控制系统组态方法有两种:功能模块法;高级语言进行程序设计。控制功能模块的连接方式通常是菜单法或者填表法;采用高级语言有 C 语、FORTRAN、BASIC、LADDER(梯形)逻辑语言以及专用控制语言。

四、采用局部网络通信技术

分散控制系统的通信网络是典型的局部网络。当今的分散控制系统都采用了工业局部网络技术进行通信,传输实时控制信息,进行全系统信息综合管理,对分散的过程控制单元、人-机接口单元进行控制、操作管理。信道传输速率可达 5~10 Mb/s,响应时间仅为数百微秒,误码率低于 10^{-8} ~ 10^{-10} 。大多数分散控制系统的通信网络采用光纤传输媒质,通信的可靠性和安全性大大地提高;通信协议向标准化方向前进,目前在分散控制系统中采用较多的局部通信网络标准有美国电子和电气工程师协会的 IEEE 802.4,802.5,工厂自动化协议的 MAP 3.0,国际标准化组织的 ISO 7498 OSI 开放系统互连模型标准,国际电工委员会 PROWAY C 工业过程数据公路标准等。

分散控制系统采用先进局部网络技术是优于模拟仪表控制系统和计算机控制系统的最大特点之一。

五、强有力的人-机接口功能

随着微处理器的迅速发展,操作站中 CPU 广泛采用 32 位微处理器,处理速度大大加快;随着人机工程学不断发展,易掌握的操作性能大大提高;随着 CRT 显示技术的不断发展,显示具有更丰富的画面。目前,每个操作站可监视的工位号达 16000 个,趋势点达 2300 个,流程图面 300~400 幅,每幅画面有 200 个数据,96 个图素,彩色 20" CRT 有 16 种颜色显示,带触摸式、跟踪球或鼠标器操作画面,带有窗口功能,分级报警功能,全画面可在 1 秒钟内调出显示,

通常有总貌显示、报警汇总、操作编组、点调整、趋势编组、趋势记录点、操作指导信息、流程图等画面。用户根据需要,在流程图画面上还可以组态各种窗口如报警、趋势、仪表图、过程变量、辅助等窗口。有丰富的信息打印输出功能,标准报表打印、报警打印、班报、日报、月报等自由报表打印;有电子音报警功能、语音输出功能、系统维护功能等。

分散控制系统的人-机接口,适应了现代化工业生产控制、操作和管理的各种要求。

六、采用高可靠性的技术

高可靠性是分散控制系统发展的生命,没有高可靠性就没有分散控制系统。通常,分散控制系统的可靠性用平均无故障间隔时间(MTBF)和平均故障修复时间(MTTR)来表征。目前大多数分散控制系统的 MTBF 达 50000 小时以上,MTTR 一般只有 5 分钟左右。

保证高可靠性,首先硬件的工艺结构可靠各插件板上使用高度集成化的体积小的元器件,采用宇航工业用的表面安装技术,大量使用 CMOS 器件减小功耗,采用金属板或封装壳体散热,标准化组件采用全封闭结构,在很高的水准上还要对每个元件、部件进行一系列可靠性的测试等。

保证高可靠性,另一个不可缺少的技术就是冗余技术,冗余技术基本上表征分散控制系统的特点,系统中各级人-机接口、控制单元、过程接口、电源、控制用 I/O 插件采用冗余化配置;信息处理器、通信接口、内部通信总线、系统通信网络均采取冗余化措施。

保证高可靠性,采用容错技术,保证软件的冗余。故障自检、自诊断技术包括符号检测技术、动作间隔和响应时间的监视技术、微处理器及接口和通道的诊断技术、故障信息和故障判断技术、将人工智能引入故障检测诊断。利用专家的知识、经验和思维方式,合理地作出各种判断决策。

第三节 分散控制系统通信网络

分散控制系统是以分散的控制适应分散的过程对象,以集中的监视、操作和管理达到掌握全局的目的。具体地讲,就是根据工业生产装置参数多少和测控性质不同分成多个数据采集或控制单元,根据过程系统的复杂程度不同分成多层梯阶结构。系统中各级和各层间必须进行数据通信,才能形成一个协调的整体。分散控制系统通信网络的开发初期,各生产厂为了相互竞争、相互保密,采用的通信协议不同,自成体系互不兼容。到 80 年代中后期,各分散控制系统的通信网络向局域网络标准化发展。

一、分散控制系统通信网络的特点

计算机局域网络是现代数据通信技术和计算机科学技术密切相结合的产物,随着微型计算机在各个领域普及,计算机局域网络的应用十分广泛,主要应用环境有办公室自动化、工厂自动化、军事、银行、商业、学校等方面。按照计算机局域网络的应用环境进行分类,可分为:

- ① 办公室网络(OFFICE NETWORK);
- ② 工程网络(ENGINEERING NETWORK);
- ③ 工厂网络(FACTORY NETWORK);
- ④ 实时过程网络(PROCESS REAL-TIME NETWORK)。

分散控制系统的通信网络属于实时过程网络。该网络传送文件和状态量,最主要的通信量

是用于同步和控制系统的短周期信息。网络中的通信量是信息流而不是突发信息；网络考虑的主要问题是预估响应时间和信息吞吐量；网络连接的各装置都工作在较苛刻的环境中，因而网络的可靠性是十分重要的。

实时过程网络主要性能：

- 通信量 程序文件 50 Kbyte
 状态信息 2 Kbyte
 过程变量 50 Kbyte
- 方式 数据流(受过程变量支配)
- 吞吐量 适中
- 响应时间 0.01~0.5 秒
- 送取方式 令牌
- 后援 经常使用
- 宽带通信 有时采用

分散控制系统的通信网络通常采用总线型网络结构，分散控制方式即各站都有权争夺总线，不受某一主站仲裁判优。这种结构方式中，某一站出现故障不会影响整个网络，新增加站也不会找乱或停止网络的现行运行状态，因而整个网络的可靠性很高。

总线型网络结构主要特性：

- 连接成本低
- 数据流控制容易
- 扩展性好
- 灵活性高

分散控制系统的通信网络的传送媒体目前大量使用的同轴电缆，它具有相对低的成本，很强的抗干扰能力和高的带宽。随着通信技术的发展，光纤电缆具有无限宽的带宽和极高的抗电磁干扰能力，它将会成为通信媒体的主流。

媒体选取控制方式采用令牌送取控制方式(TOKEN PASSING)。网络中所有站形成一个逻辑环路或物理环路，只有持有令牌的站才能有权发送信息。在环路中只存在一个令牌，不会发生信息碰撞的情况，采用令牌选取控制方式的网络的各站对媒体的共享可以是平等的，也可以是不平等的。可以在令牌中提供优先权标志，实现网络的实时性。

二、分散控制系统通信网络的结构

早些时期，分散控制系统大多采用“封闭式”网络通信结构体系。各家公司的分散控制系统都采用专用的通信标准或通信协议，因此尽管已有 40 多种分散控制系统，没有任何两个系统是可以互相兼容互连的，这样为用户使用系统或进一步扩展系统时带来了许多困难。

为了解决上述问题，国际上各标准化组织，如 IEC(国际电工委员会)、ISO(国际标准化组织)、IEEE(美国电子电气工程师协会)、CCITT(国际电报与电信咨询委员会)、ISA(美国仪器代表协会)、MAP 集团(工厂自动化协议集团)等都在为不同层次网络制定相应的标准。

分散控制系统网络标准体系结构：最高级为工厂主干网络(称计算机网络级)，这一级负责中央控制室与上级管理计算机的连接，采用 MAP, ETHERNET, ISO 8802.4 宽带通信网，随着工厂自动化规模的不断扩大，通过这级的连接，工厂自动化、办公室自动化(工厂管理)融为一体。第二级为过程控制网络(称工业过程数据公路级)，这一级负责中央控制室各控制装置间

的相互连接,采用冲速、载带工业过程数据公路形式,能支持集中智能、分散智能、分级智能及其组合的控制系统。网络体系结构的最低一级为现场总线(FIELD BUS)级,这一级负责安装在现场的智能检测器和智能执行器与中央控制室控制装置间的相互连接。

为了便于理解分散控制系统网络标准体系结构,下面简要介绍 ISO OSI 参考模型:

ISO OSI 参考模型有七层,自下而上是:

- 第一层 物理层;
- 第二层 链路层;
- 第三层 网络层;
- 第四层 传输层;
- 第五层 会话层;
- 第六层 表示层;
- 第七层 应用层。

物理层:它是设备之间的物理接口,数据流通过它从一个设备传送到另一个设备。提供机械、电气、功能和过程特性,可在数据链路的实体之间建立、保持和解除物理连接。

链路层:它提高物理层传输的可靠性,提供建立、保持、解除链路的方法。它是将数据按帧形式组织起来,无差错地发送,并进行应答、差错、流控制及顺序控制,解决同步问题。

网络层:它的功能是负责路径选择,拥挤控制,建立数据从源站传送到目的站所需的物理和逻辑连接。

传输层:它接收会话层的数据,分成较小的信息单位,再送到网络层;它负责两会话层间的数据传输。

会话层:它的功能是提供远程地址,建立对话双方的连接和解除连接;管理会话次序,审查会话用户资格;对会话建立后的管理。

表示层:它为应用层提供解释所交换数据的意义等服务;解常用函数供应用层调用;还进行正文压缩、代码转换、格式转换等。还提供标准应用接口、公用通信服务等。

应用层:它是 OSI 的最高层,提供直接为最终用户服务,包括网络完整透明性、操作用户资源的物理配置、应用和系统管理、分散信息服务等。它负责两个应用进程之间通信,为网络用户间通信提供专用应用软件包等。

三、主要分散控制系统网络特性比较

国外几种分散控制系统通信网络特性比较参见表 1 3-1 所示。

表 1-3-1 分散控制系统通信网络比较表

公司	霍尼韦尔	福克斯波罗	横河	西屋	贝利	泰勒
系统名称	TDC 3000	I/A SERIES	CENTUM-XL	WDPF I	INFI-90	MOD 300
拓扑	BUS	BUS	BUS	BUS	RING	RING
传输介质	同轴电缆	同轴电缆	光纤同轴电缆	同轴电缆	同轴电缆	同轴电缆
传输速率	5 Mb/s	5 Mb/s	1 Mb/s	2 Mb/s	500 Kb/s	5 Mb/s
传输距离 (最大)	4.9 公里	2 公里	20 公里	6 公里	2 公里	9 公里
通信协议	令牌通信 IEEE 802.4 ISO 8802.4	令牌通信 ISO 8802.4 IEEE 802.4	令牌通信 PROWAY C	令牌通信 HDLC	例行报告 专用	令牌环通信 IEEE 802.5
现场总线	正在开发	RS-485	正在开发	正在开发	RS-485	正在开发

(一) TDC 3000 系统(美国 HONEYWELL 公司)

TDC 3000 系统 LCN(LOCAL CONTROL NETWORK)局部控制网络采用总线型,为了提高可靠性,总线选用两根同轴电缆,一根作为通信电缆,一根作为后援通信电缆。局部控制网络可连接 64 个模块和通信接口模块(如万能操作站(US)、万能工作站(UWS))、历史模块(HM)、应用模块(AM)、网络接口模块(NIM)、数据通信接口(HG)、计算机接口(CG)、可编程控制器接(PLCG)、LCN 网间接口(NG)等)。LCN 网络提供网络上各模块之间通信、LCN 与 DATA HIWA 与 UCN (UNIVERSOL CONTROL NETWORK)两条通信网络通过 HG、NIM 进行通信,系统的人-机接口以及先进控制策略和综合信息处理功能。

LCN 局部控制网络,是开放性系统,其通信标准采用 IEEE 802.4 和 ISO 8802.4 国际标准,通信速率为 5 Mb/s、带波、令牌通信,LCN 网络上各模块间对等通信。通信距离 300 米,最长达 4.9 公里。

TDC 3000 LCN 局部控制网络上限制 64 台设备,构成一个区域。对于大规模系统可分成为几个区域,每个区域用一个 LCN 网络完成通信,在几个区域之间用网间接口(NG-NETWORK GATEWAY)连接起来,以构成大规模通信系统。从而大规模通信系统是安全可靠的。

TDC 3000 UCN 万能控制网络,它通过网络接口模块 NIM(NETWORK INTERFACE MODULE)与 LCN 局部控制网络相连,UCN 用于与其相连的过程管理站 PM(PROCESS MANAGER)、先进过程管理站 APM(ADVANCED PROCESS MANAGER)、逻辑管理站 LM(LOGIC MANAGER)通信。UCN 是开放性系统,通信标准采用 IEEE 802.4 和 ISO 8802.4 国际标准,通信速率为 5 Mb/s、带波、令牌通信 UCN 上各模块间对等通信,采用冗余同轴电缆,最多支持 32 个冗余装置,与 UCN 相连 PM、APM、LM 数据共享。

TDC 3000 DATA HIWAY 数据高速通信网络,它通过数据高速通信接口 HG (HIWAY GATEWAY)与 LCN 网络相连,DATA HIWA 用于与相连的基本控制器(CB)、先进多功能控制器(AMC)、过程接口单元(PIU)、操作站(OPS)、数据通道接口(DHP)、个人计算机接口(PCG)等通信。LCN 与 DATA HIWAY 两条网络具有不同的通信协议和速率,HG 接受来自数据高速公路的数据,将其格式一致并增加传送速率,然后传送到 LCN 网络;HG 将来自 LCN 的数据进行格式与速率转换,送到过程接口装置。HG 可带 3 根同轴电缆通信,每根通信距离最大为 1.5 公里,传输方式采用基带,传输速率为 250 Kb/s,通信协议符合 IEC PROWAY A 标准,每条 DATA HIWAY 上可连接 63 台装置。

(二) I/A 系统(美国 FOXBORO 公司)

1987 年美国 FOXBORO 公司推出全智能化 I/A 系统。I/A 系统的体系结构完全按照 IEC 国际电工委员会推荐的工业控制计算机网络体系结构,I/A 系统的网络主干采用宽带方式通信(BROADBAND LOCAL AREA NETWORK),通信距离为 10~15 km,传输速率为 10 Mb/s,采用 MAP 协议,也可使用 ISO 8802.4/IEEE 802.4 令牌媒体送取控制方式。I/A 的网络的第二级采用载带方式通信(CARRIEBAND LOCAL AREA NETWORK),通信距离为 2 公里,传输速率为 5 Mb/s,可以连接 100 个通信节点,媒体送取控制方法也采用 ISO 8802.4/IEEE 802.4 令牌方式。在通信节点内部通信采用串行系统总线(SSB),SSB 最大距离 300 m,传输速率为 1 Mb/s,通信协议采用 ISO 8802.3/IEEE 802.3 媒体送取控制方式。I/A 系统的网络最低一级采用了现场总线(FIELD BUS),通过现场总线将 820 系列智能变送器或各类现有变送器连接到中央控制装置,智能变送器通过智能变送器接口组件(FBM 18)连接到 I/A 系统现场总线,每个 FBM 有 8 个通道,可接 8 台智能变送器,采用屏蔽双绞线连接,最大距离

为 600 米。

(三) CENTUM-XL 系统(日本 YOKOGAWA 公司)

CENTUM-XL 系统的通信是通过 HF 通信总线来完成的, HF 总线连接现场控制站(E-FCS)、双重化现场控制站(EFCD)、现场监视站(EFMS)、操作站(EOPS)、工程师站(ENGs)等, HF 总线采用 IEC PROWAY C 协议, 传输速率为 1 Mb/s, 传输距离为 1 公里, 若接光适配器可达 20 公里的远距离通信。HF 通信总线可接 32 站, 通常用同轴电缆, 亦可选用光纤电缆。

日本横河公司又推出以 MAP 为标准的 SV-NET 总线, SV-NET 总线连接 CENTUM-XL、YEWCOM 9000、PLC 等, 形成集中的工厂管理系统。SV-NET 网络传输距离 500 米, 最远达 5.5 公里, 传输速率为 10 Mb/s, 最多可接 100 个节点(NODES)。

(四) WDPF-Ⅰ系统(美国 WESTINGHOUSE 公司)

WDPF-Ⅰ系统是设计思想较新的分散控制系统, 全系统用 WESTNET Ⅰ数据高速公路将分散的操作站、工程师站、控制单元、分散过程单元、个人计算机、上位计算机、历史存贮和检索站、记录站、历史数据报告站、通用可编程控制器接口等连接起来。WESTNET Ⅰ设有数据高速公路控制器(DATA HIWAY CONTROLLER), 采用广播通信方式, 传输速率为 2 Mb/s, 传输距离最远可达 6 公里。WESTNET Ⅰ可接 254 个装置(DROPS)。WESTNET 使用 HDLC 高级数据链路控制标准。

WDPF Ⅰ系统的 WESTNET Ⅰ采用广播通信方式, WESTNET Ⅰ上的装置(DROP)都能在 0.1~1 秒钟内主动将自己的信息向 WESTNET Ⅰ上所有装置广播一次, 所有接收装置收到该广播信息后, 记录与本装置有关信息, 存入相应的数据库, 供本装置完成控制、操作或 CRT 显示使用。这样, 每个装置内的分散数据库能够保证 1 秒钟内刷新一次数据, CRT 操作站每次调用画面在一秒钟内就可完成。从而提高了 WDPF Ⅰ整个系统的响应速度。

(五) INFI-90 系统(美国 BAILEY 公司)

INFI-90 系统是采用多层次分散通信网络, 共分四层: INFI-网络中心环是第一层(最高层)。INFI-网络环是第二层, 总线通信是第三层, 子扩展总线第四层。

INFI-90 系统第一层通信网络 INFI-NET 中心环, 传输速率为 10 Mb/s, 传输距离为 1000 米, INFI-NET 中心环所带节点容量为 62500 个, 带子环和远程环, 通信介质为同轴电缆。第二层通信网络 INFI-NET 环, 传输速率为 10 Mb/s, 传输距离为 1000 米, 带远程环, 节点容量为 250 个, 通信介质为同轴电缆。INFI-工厂环, 传输速率为 500 Kb/s, 传输距离为 2000 米, 带远程环, 节点容量为 63 个, 通信介质为同轴电缆。

INFI-90 系统第三层通信网络 CONTROLWAY(控制通路), 传输速率为 1 Mb/s, 总线长度为 3 米, 带载能力 32 个模块, 通信介质为印刷电路板, 快速例外报告, 扫描周期为 8 次/秒。模块总线, 传输速率为 83 Kb/s, 总线长度为 3 米, 带载能力 32 个模块, 通信介质为印刷电路板, 快速例外报告, 扫描周期为 4 次/秒。第四层通信网络为子扩展总线, 传输速率为 500 Kb/s, 总线长度可达 3000 米, 带载能力为 64 个模块, 通信介质为印刷电路板, 数字传输, 扫描周期由软件决定。

INFI-90 系统通信网络容量大, 速度快, 效率高, 安全性好。

(六) MOD 300 系统(ABB-TAYLOR 公司)

MOD 300 系统通信通过分散通信网络(DISTRIBUTED COMMUNICATION NETWORK-DCN)连接各子系统完成的, 通信标准为 IEEE 802.5 令牌环形结构。这是目前分散控制系统通信标准最高层次。该通信网络在负荷增加很多时, 不会造成通信阻塞, 在 DCN 环路