

jiankong xitong yu xianchang zongxian

jiankong xitong yu xianchang zongxian

监控系统与 现场总线

丁恩杰 马方清 编著

中国矿业大学出版社

监控系统与现场总线

丁恩杰 马方清 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了计算机控制技术、工业过程控制技术的发展过程,详细论述了现场总线技术的发展,全面叙述了 CAN、PROFIBUS 这两种重要的现场总线技术协议和其接口开发方法。本书内容丰富、新颖,基础理论与工程应用开发紧密结合,反映了国内外现场总线接口技术的最新研究成果。

本书可作为自动化、过程控制、信息工程等相关专业的工程技术人员参考,也可作为高等院校相关专业的研究生、本科生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

监控系统与现场总线/丁恩杰,马方清编著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2003. 10

ISBN 7-81070-796-5

I. 监… I. ①丁…②马… II. ①计算机控制系统②集散系统③总线—技术 N. ①TP273②TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088326 号

书 名 监控系统与现场总线

编 著 丁恩杰 马方清

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中国矿业大学印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 印张 18 字数 370 千字

版次印次 2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

随着计算机技术、通信技术、集成电路以及智能传感器技术的发展而出现的现场总线带来了工业控制领域的一场深刻革命。现场总线代表了一种具有突破意义的控制思想,改变了原有的控制体系结构,使模拟与数字混合的分散型控制系统 DCS 更新换代为全数字的现场控制系统。真正做到危险分散、控制分散、集中监控和全数字化。由于采用现场总线的智能仪表可以提供更多的信息,从而可以进行预防性的检修和更换;由于采用全数字化的串行通信,功能完全分散,降低了系统的复杂性和成本;由于仪表通过现场总线与操作站连接,部分现场仪表可以执行控制和计算,从而减少了电缆,也减少了工程量和布线负担,降低了整个项目的成本。

国际电工委员会(IEC)极为重视现场总线标准的制定,于 1984 年成立现场总线标准起草小组,其目标是要形成一种适用于过程控制特点、技术先进、开放、可相互操作的数字通信协议。因为在 DCS 和 PLC 系统时代,长时间没有一个统一的标准,给用户带来很大的麻烦,在某种程度上降低了用户的投资效益。在发展新一代 FCS 系统时,人们本来期望争取在新一代 FCS 系统上能取得统一的标准,以促进工业控制技术进一步发展。可是,各国意见很不一致,各大公司都退回原地,展开了一场保卫自己“庄园”的战斗,结果使得国际电工委员会(IEC)经过长达 15 年的现场总线标准制定后,共产生了 8 种类型的新标准,实际上构成了 8 种现场总线控制系统体系结构。可以说,这场现场总线之争,事实上是上一代控制系统之争的继续。市场迫切需要一个统一的现场总体标准。现场总线协议长期争论不休,严重阻碍了 FCS 系统的发展。

中国矿业大学丁恩杰、马方清最近完成的《监控系统与现场总线》一书,全面论述了 CAN 总线和 PROFIBUS 两种重要的现场总线技术及其开发过程,并介绍了工业过程控制的发展。该书内容较为全面而且新颖,是关于“现场总线技术发展”方面的一本较好的参考书。

目前,开放的以太网是 20 多年来发展最为成功的网络技术,并导致了一场信息技术革命。可以预见,正如当年 PC 机进入工业自动化领域一样,积极采用以太网技术是现场总线的发展趋势,以太网一定会延伸到现场总线的最底层。我国是一个发展中的国家,还不拥有自主知识产权的现场总线。我们应该谨慎对待现场总线问题上的争论,努力发展自己的现场总线网络产业。现场总线是一种正在发展的技术,在过程控制领域,对现场总线技术发展的要求是:①改善实时

性,不允许有不确定性;② 克服本安防爆对现场总线中节点数和电缆长度的限制,加强现场总线本安概念理论研究;③ 实现可互操作性和信息处理现场化。这些方面还需要进行积极的研究工作。

以现场总线为基础的开放式、全数字控制系统,称为现场总线控制系统 FCS。FCS 是 20 世纪 90 年代初期在制定现场总线标准化的基础上发展起来的,现场总线控制系统用于过程自动化、制造业自动化、楼宇自动化等领域,它是以现场智能传感器、数字执行器、控制计算机、数字通信、计算机网络、工控软件为主要内容的系统集成技术。现场总线控制系统将导致自动化设备与自动化系统体系结构的深刻变革。从推理上来讲,不同的现场总线技术可以构成不同的现场总线控制系统。可以相信,随着其理论与应用技术的不断发展,现场总线技术和现场控制系统必将进入一个全新的发展时期,也必将大力推动我国传统工业的飞速发展。

孙优贤

浙江大学工业自动化国家工程研究中心

前言

众所周知,现场总线诞生于20世纪80年代,当时计算机技术、IC技术迅猛发展并越来越广泛地应用到PLC控制器上,使之能力越来越强,可带检测、变送器和执行器的点数和控制回路越来越多。越来越多的信号需要进行传输,就需要越来越多的点到点电缆,这样增加了线路铺设的复杂性,增加了安装、调试与维护的费用,系统的安全性和可靠性也大大降低,因此,用户迫切需要一种新的工业通信技术,通过采用这种技术,可降低电缆及其相关的成本,并能将一部分的控制功能分散到现场输入输出设备上,提高系统的安全性和可靠性。现场总线即在这种情况下发展起来。

从整体上看,我国传统产业在技术装备、能源和原料消耗、产品质量和管理水平等方面与发达国家相比仍存在很大差距。提升改造传统产业的关键,是软件技术和硬件技术的开发与应用。软件技术包括:先进控制技术,过程优化技术,实时监控软件平台,系统集成技术,等等;硬件技术包括:集散控制系统DCS,现场总线控制系统FCS,智能变送器技术,成套专用控制装置,等等。应用工业自动化技术和计算机应用技术,实现以提高经济效益为总体目标的传统产业的技术改造,已经成为提高综合国力的重要手段之一。

本书第1章简述了计算机控制技术的发展,并以几个例子说明计算机控制系统的基本组成及其主要实现的功能,并对计算机控制系统的分类、控制规律、控制系统性能指标、计算机控制系统研究方向等进行简述;第2章首先介绍了集散系统的发展过程、技术要点和基本组成,然后介绍了集散系统的结构特征和分类;第3章介绍了工业过程先进控制技术的发展过程、核心内容及先进控制软件产业化发展方向,本章还重点介绍了基于模型先进控制技术和基于知识的先进控制技术;第4章首先介绍了现场总线的基本概念、发展背景与趋势、特点与优点,然后介绍了现场总线系统的技术特点、几种有影响的现场总线技术和以现场总线为基础的企业信息系统,以及企业信息系统的功能模型,接着介绍了MAP、TOP与现场总线的关系,最后介绍了现场总线控制系统;第5章首先介绍了CAN现场总线的性能特点和CAN总线的技术规范,并介绍了CAN总线的有关器件;第6章主要介绍CAN总线的开发过程,其中包括SJA1000的功能介绍及系统组成、CAN总线通信控制、CAN总线通信应用、PeliCAN方式的特殊功能介绍;第7章主要介绍PROFIBUS现场总线,其中包括现场总线

PROFIBUS 协议结构、PROFIBUS 传输技术、PROFIBUS 总线存取协议、PROFIBUS 在工厂自动化系统中的位置、PROFIBUS 与 MODBUS 的协议总线桥;第 8 章主要介绍 PROFIBUS 通信接口开发,其中包含接口模板、PROFIBUS 系统开发的基本方法、PROFIBUS 产品开发解决方案、应用 ASIC 芯片开发 PROFIBUS 产品的技术、应用嵌入式总线桥开发 PROFIBUS 产品的解决方案;第 9 章主要介绍 ControlNet 现场总线,包括 ControlNet 现场总线技术特点、生产者/消费者(客户)网络模型、ControlNet 技术规范、ControlNet 的主要技术规格、ControlNet 在矿井综合自动化中的应用等内容。

本书是作者近年来科研和教学工作的部分总结,是在本科生、研究生课程教学讲义基础上整理修改而成的。本书第 1 章的一部分、第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 9 章由丁思杰编著;第 1 章一部分、第 3 章、第 7 章、第 8 章由马方清编著。赵小虎参加了部分章节的编写和整理工作。著者在此感谢在书稿编著中提出宝贵建议和指导的老师和专家,还要感谢在书稿的整理过程中做了很多工作的同事和研究生,最终还要感谢家人在书稿的编著过程中对我的帮助、关心和理解。由于作者学术水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳切地希望读者不吝赐教,批评指正。

作 者

2003 年 9 月

目 录

1 计算机控制系统	1
1.1 计算机控制系统的发展	1
1.1.1 典型计算机控制系统	2
1.1.2 计算机控制系统的特点	5
1.1.3 计算机控制系统的分类	7
1.2 计算机控制系统的结构与组成	12
1.2.1 控制对象	12
1.2.2 执行器	13
1.2.3 测量环节	13
1.2.4 数字调节器与输入输出通道	14
1.3 计算机控制系统的性能指标	14
1.4 计算机控制研究的课题	15
1.4.1 数学描述和分析方法	15
1.4.2 计算机控制系统设计	15
1.5 计算机控制系统的发展方向	16
1.5.1 最优控制	16
1.5.2 自适应、自学习和自组织系统	16
1.5.3 系统辨识	16
1.5.4 分级控制	17
2 集散控制系统(DCS)	18
2.1 集散控制系统的发展阶段	18
2.2 集散控制系统的技术要点	20
2.2.1 分级递阶结构	20
2.2.2 分散控制	22
2.2.3 局域通信网络	22
2.2.4 高可靠性	22
2.3 集散控制系统的基本构成	24

2.3.1	集散控制系统各层的功能	24
2.3.2	集散控制系统的基本组成	26
2.4	集散控制系统的结构特征和分类	28
2.4.1	集散控制系统的结构特征	28
2.4.2	集散控制系统的分类	31
3	工业过程先进控制系统	33
3.1	工业过程控制的发展	33
3.2	先进控制的发展	34
3.3	先进控制的核心内容	37
3.3.1	数据的采集、处理和软测量技术	37
3.3.2	多变量动态过程模型辨识技术	37
3.3.3	先进控制策略	38
3.4	先进控制技术的主要内容	38
3.5	先进控制技术的经济效益	39
3.6	先进控制技术的软件化与产业化发展	40
3.7	基于模型的先进控制技术基础	41
3.7.1	数学模型的建立	42
3.7.2	系统的鲁棒性	42
3.7.3	多变量预测	43
3.8	基于知识的先进控制技术基础	47
3.8.1	基于知识的专家控制	47
3.8.2	基于知识的模糊控制	50
3.8.3	模糊控制器设计的一般方法	51
4	现场总线概述	54
4.1	现场总线简介	54
4.1.1	什么是现场总线	54
4.1.2	现场总线构造了网络集成式全分布控制系统	55
4.1.3	现场总线是底层控制网络	57
4.2	现场总线的发展背景与趋势	58
4.2.1	现场总线是综合自动化的发展需要	58
4.2.2	智能仪表为现场总线的出现奠定了基础	59
4.2.3	现场总线将朝着开放系统、统一标准的方向发展	59

4.3 现场总线的特点与优点	60
4.3.1 现场总线系统的结构特点	60
4.3.2 现场总线系统的技术特点	61
4.3.3 现场总线的优点	62
4.4 几种有影响的现场总线技术	63
4.4.1 基金会现场总线	63
4.4.2 Lon Works	64
4.4.3 PROFIBUS	65
4.4.4 CAN	65
4.4.5 HART	65
4.5 以现场总线为基础的企业信息系统	66
4.5.1 企业信息系统的基本组成	66
4.5.2 企业信息系统的功能模型	68
4.5.3 企业信息系统的集成环境	69
4.6 MAP, TOP 与现场总线	70
4.6.1 MAP, TOP 的发展	70
4.6.2 TOP/MAP/Fieldbus 的网络结构	70
4.6.3 LAN/Fieldbus 的网络结构	71
4.7 现场总线控制系统	72
4.7.1 FCS 的体系结构	72
4.7.2 FCS 与 DCS 的集成	74
5 控制器局域网总线——CAN	76
5.1 CAN 的性能特点	76
5.2 CAN 的技术规范	77
5.2.1 CAN 的一些基本概念	77
5.2.2 CAN 节点的分层结构	79
5.2.3 报文传送及其帧结构	80
5.2.4 错误类型和界定	88
5.2.5 位定时与同步	90
5.2.6 CAN 总线媒体装置特性	92
5.3 CAN 总线有关器件介绍	97
5.3.1 CAN 通信控制器 SJA1000	97

6 CAN 的开发与设计	142
6.1 功能回顾	142
6.1.1 SJA1000 的功能小结	142
6.1.2 CAN 接点结构	142
6.1.3 功能框图	144
6.2 系统构成	145
6.2.1 SJA1000 的应用	145
6.2.2 电源	145
6.2.3 复位	146
6.2.4 振荡器及时钟的提供方法	146
6.2.5 CPU 接口控制	147
6.2.6 物理层接口	148
6.3 CAN 通信的控制	149
6.3.1 控制 SJA1000 通信的基本功能和控制寄存器	149
6.3.2 发送/接收缓冲器	151
6.3.3 认可滤波器	152
6.4 CAN 的通信功能的应用	157
6.4.1 初始化	158
6.4.2 数据的发送	161
6.4.3 中止发送	163
6.4.4 接收报文	164
6.4.5 中断	168
6.5 PeliCAN 方式的特殊功能	171
6.5.1 接收栈/报文计数器/直接内存访问	171
6.5.2 错误分析功能	173
6.5.3 仲裁丢失捕捉	177
6.5.4 单次发送	178
6.5.5 监听模式	179
6.5.6 波特率自动检测	179
6.5.7 CAN 自检	180
6.5.8 接收定时脉冲	182

7 PROFIBUS 现场总线	183
7.1 现场总线 PROFIBUS 协议结构	184
7.2 PROFIBUS 传输技术	185
7.2.1 用于 DP/FMS 的 RS—485 传输技术	185
7.2.2 RS—485 传输设备的安装要点	185
7.2.3 用于 PA 的 IEC1158—2 传输技术	186
7.2.4 IEC1158 传输设备的安装要点	187
7.2.5 光纤传输技术	188
7.3 PROFIBUS 总线存取协议	188
7.3.1 PROFIBUS—DP	189
7.3.2 PROFIBUS—PA	192
7.3.3 PROFIBUS—FMS	193
7.4 PROFIBUS 在工厂自动化系统中的位置	195
7.4.1 PROFIBUS 控制系统的组成	196
7.4.2 PROFIBUS 控制系统配置的几种形式	196
7.4.3 以太网与现场总线技术	198
7.5 PROFIBUS 与 MODBUS 协议总线桥	205
7.5.1 MODBUS 通信协议	206
7.5.2 MODBUS 协议要点	207
7.5.3 PROFIBUS 接口接插件及安装	207
7.5.4 MODBUS 存储区	212
7.5.5 PROFIBUS 与 MODBUS 协议转换原理	215
8 PROFIBUS 通信接口开发	219
8.1 接口模板	219
8.1.1 接口模板的应用	219
8.1.2 接口模板的组成	220
8.1.3 接口模板的操作	220
8.1.4 接口模板开发软件包 PACKAGE 4	220
8.2 PROFIBUS 系统开发基本方法	220
8.3 PROFIBUS 产品开发解决方案	222
8.3.1 单片机+软件的解决方案	222
8.3.2 使用 PROFIBUS 通信专用 ASIC	223

8.3.3	总线桥技术的解决方案	224
8.3.4	比较与推荐	225
8.4	应用 ASIC 芯片开发 PROFIBUS 产品的技术	226
8.4.1	芯片	226
8.4.2	SPM2, LSPM2 的应用	226
8.4.3	SPC3 的应用	226
8.4.4	SPC4 的应用	228
8.4.5	SIM1 的应用	229
8.4.6	ASPC2 的应用	231
8.4.7	实验板	232
8.4.8	IM 180 主站接口模块	234
8.4.9	IM 182 从站接口模块	235
8.4.10	PACKAGE 4 开发软件包	236
8.5	应用嵌入式总线桥开发 PROFIBUS 产品的解决方案	237
8.5.1	总线桥及嵌入式总线桥	237
8.5.2	PB-OEM2-S 产品手册	237
8.5.3	软件设计说明	240
8.5.4	用户实验板 PB-OEM2-SAMPLE	243
8.5.5	建立一个最小调试系统	248
9	ControlNet 现场总线	251
9.1	概述	251
9.1.1	历史与发展	251
9.1.2	技术特点	251
9.2	生产者/消费者(客户)网络模型	252
9.2.1	自动化网络体系	252
9.2.2	生产者/消费者(客户)网络模型 (Producer/Consumer Model)	253
9.3	ControlNet 技术规范	256
9.3.1	ControlNet 体系结构的能力	256
9.3.2	ControlNet 物理层	257
9.3.3	媒质访问	257
9.3.4	ControlNet 数据链路层的介质存取控制协议	258
9.3.5	ControlNet 的 MAC 帧	260

9.3.6 设备行规(Device Profile)	261
9.3.7 控制和信息协议(Control and Information Protocol—CIP)	262
9.4 ControlNet 的主要技术规格	262
9.5 ControlNet 在矿井综合自动化中的应用	263
9.5.1 矿井综合自动化系统网络构成	263
9.5.2 主煤流运输集控系统	266
9.5.3 井下供电、排水系统.....	268
9.5.4 井下其他子系统	269
参考文献	272

1 计算机控制系统

1.1 计算机控制系统的发展

在现代科学技术领域中,自动化技术与计算机技术被认为是发展最快的两个分支。自动控制技术对于工农业生产和科学技术的发展具有越来越重要的作用。自动控制技术不仅对航空航天、导弹制导、核技术、生物工程等新兴学科领域的发展来说必不可少,而且在金属冶炼、仪器制造以及一般工业生产如煤炭、建筑、石化等同样具有重要的意义,计算机控制技术对工业过程实现自动控制,提高生产效率,改善劳动强度,高产稳产,提高经济效益起到决定性作用。古典控制理论是在 20 世纪 40 年代发展起来的,现在仍是分析、设计自动控制系统的主要理论基础,应用较多的是频率法和根轨迹法。这些方法用来处理单输入单输出(SISO)的单变量线性系统控制非常有效。随着生产力的发展,控制对象越来越复杂,自动控制要解决的问题越来越难,出现了 MIMO 多变量系统、非线性系统、系统参数随时间变化的时变系统、分布参数控制系统以及最优控制系统等,而古典控制理论难以分析设计上述复杂系统。进入 20 世纪 60 年代逐渐形成了以状态空间法为基础的现代控制理论,现代控制理论的形成与发展为数字计算机应用于自动控制领域创造了条件。

生产技术的进步和科学技术的发展,要求有更加复杂、更加完善的控制装置,以期达到更高的精度、更快的速度和更大的经济效益,常规控制方法难以满足如此高的性能要求。电子计算机的出现并应用于自动控制,使得自动控制发生了巨大飞跃。因为电子计算机具有精度高、速度快、存储量大,以及具有逻辑判断的功能等,因此可以实现高级复杂的控制算法,获得快速精密的控制效果。电子计算机所具有的信息处理能力,能够将过程控制和生产管理有效结合起来,从而对工厂、企业或企业体系的管理实现信息自动化和信息资源共享化。

计算机控制技术的发展始于 20 世纪 50 年代。20 世纪 70 年代以后,由于微电子技术迅猛发展,计算机技术本身也得到飞速发展,现在每 5 至 8 年,计算机的计算速度提高约 10 倍,其体积缩小 90%,成本降低 90%。现在的计算机在速度、性能、可靠性、能耗、性价比等方面都有了突飞猛进的变化。现在一台普通的个人 PC 的运算速度已经相当于原来的大型机甚至巨型机的速度。计算机信息

处理能力也从数字发展到文字,从黑白到彩色,从无声到有声,从本地到远方。计算机正向微型化、网络化、智能化发展。

计算机控制理论是以自动控制理论和计算机技术为基础发展起来的,是一门新兴学科,与自动控制理论和计算机技术有密切关系。早在 20 世纪 50 年代,就形成了采样控制系统理论,随着计算机控制技术的推广和应用,人们不断总结、提高,逐步形成了计算机控制理论。计算机控制已成为自动控制的重要手段,广泛应用于各种生产过程和生产设备,构成计算机控制系统。计算机控制系统的分析与设计方法不断得到提高与完善。

1.1.1 典型计算机控制系统

计算机控制的应用领域非常广泛,控制对象从小到大,从简单到复杂。计算机可以控制单台或单个阀门,也可以控制和管理一个车间、整个工厂、一座大厦以至整个企业。计算机控制既可以是单回路参数的简单控制,也可以是复杂控制规律的多变量解耦控制、最优控制、自适应控制乃至具有人类智慧的智能控制。下面介绍几个典型的计算机控制系统,以对计算机控制有一个概貌性的认识,了解计算机控制系统的结构、功能以及计算机控制的特点。

例 1-1 制冷过程计算机控制系统。某工厂的冷库是国内第一个采用计算机控制的万吨级冷库。它有三个制冷系统:结冻系统、低温冷藏系统和高温冷藏系统。采用计算机对制冷工艺进行实时控制,要求为:

- ① 实现能量匹配的自动调节,以提高制冷效率;
- ② 对各制冷系统作闭环调节,使高温、低温冷库分别实现恒温控制,结冻系统达到速冻、低耗;
- ③ 对现场参数实现巡回监测,报警监测。

制冷控制是以 1 台工控机为中心,通过 AI 通道、DI 通道及中断扩展接口采集有关工艺参数,并送到计算机进行运算、分析和判断,再通过 AO、DO 通道以及有关接口进行调节控制。当主机检修时,可进行人工集中检测和遥控。控制系统的结构如图 1-1 所示。

计算机控制系统的功能:

(1) 通过 AI 通道对现场 75 路温度、5 路压力的参数进行巡回监测,定时打印制表。

(2) 对现场 84 个限值监视点进行声、光报警监视。

(3) 对温度进行闭环控制。

- ① -15°C 高温冷藏库房(5 间)恒温调节;
- ② -28°C 低温冷藏库房(34 间)恒温调节;

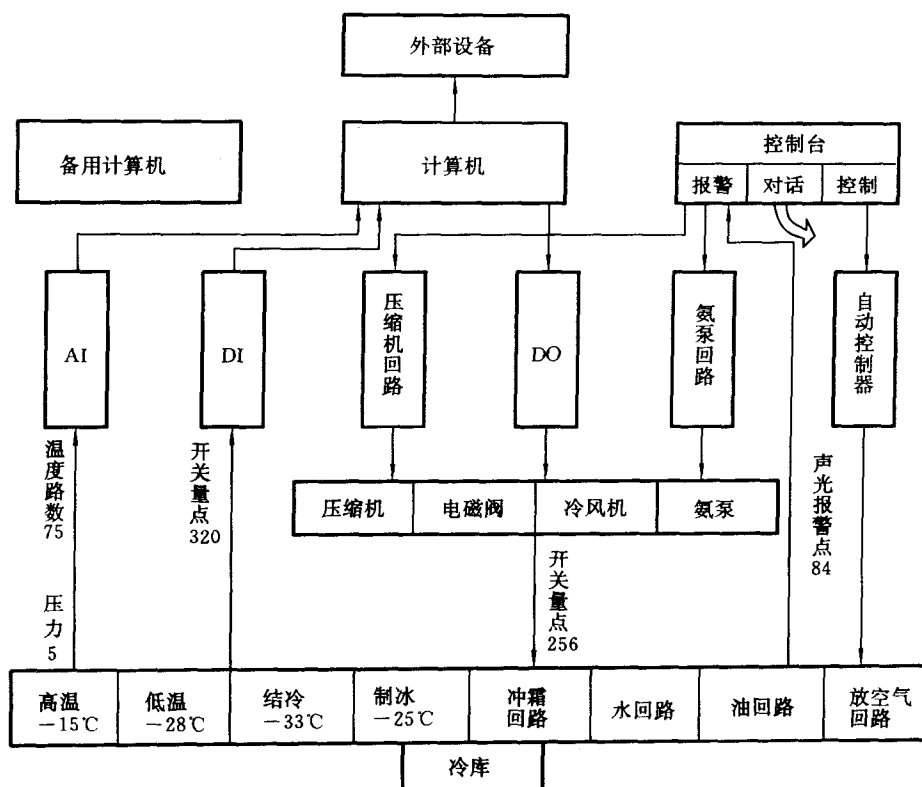


图 1-1 制冷过程计算机控制系统

- ③ -33℃ 结冷系统(8 间)进行速冻、低耗的最优控制;
 - ④ 系统蒸发温度的调节。
- (4) 自动启停和能量匹配。
- ① 对 10 台氨压缩机进行自动启停、配组及能量匹配控制;
 - ② 对氨泵回路进行自动启停控制;
 - ③ 对冷风机进行自动启停控制。
- (5) 事故处理。
- ① 设备异常事故的处理及备用设备的投入运行;
 - ② 系统及重要设备的事故处理。

制冷过程计算机控制系统操作简便、维修容易、切换灵活、投资少、见效快。系统运转比较稳定可靠,在提高保鲜质量、降低食品干耗、节约电能、减轻劳动强度、安全生产等方面取得了显著的效果。