

计算机控制系统

何克忠 李伟



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

计算机控制系统

何克忠 李 伟 编著

JS84/31

清华大学出版社

前 言

《计算机控制系统》是作者在《计算机控制系统分析与设计》的基础上,综合了近年来在清华大学计算机科学与技术系从事教学、科研方面的先进技术和经验,吸收了国内、国外的先进理论、方法和技术,反复修改、总结、编著定稿的。

《计算机控制系统分析与设计》出版后,被许多兄弟院校选作大学或研究生的教材或教学参考书,也被广大科技工作者选作科技参考书。该书曾获电子工业部第二届全国优秀教材二等奖。《计算机控制系统》除了保持了上书的特点和优点外,增加了当前使用十分广泛、效果卓著的模糊控制(第6章),包含有大量工程实用技术的《计算机控制系统的设计与实现》(第10章),此外,对书中许多章节的内容作了修改、充实和提高。在各章末都附加了练习题。

《计算机控制系统》阐述了计算机控制的基本概念,总结了计算机控制系统的分析方法和具有实用价值的设计方法,介绍了有发展前途的集散型控制系统,简要介绍了计算机控制系统设计和实现,形成了一套比较完整、比较充实、比较实用的计算机控制系统分析和设计的基本体系。

《计算机控制系统》在编写过程中力求做到:比较全面、系统地总结计算机控制系统的几种基本的分析方法和设计方法,并对一些设计方法提出了改进措施;注意保持技术、方法的先进性,书中介绍了一些新型的控制方法、手段及其应用;注重理论联系实际,重视解决工程实际中出现的问题;尽量做到重点突出,层次分明,条理清晰;书中列举了大量例子、附图和表格,以利于掌握、理解和自学。

《计算机控制系统》可以作为计算机应用、自动控制及工业自动化专业高年级大学生和研究生的教材或教学参考书,也可作为广大科研和工程技术人员的参考书。

本书第1章至第5章,第7章至第10章的编著和全书的统编、定稿由何克忠完成,第6章由李伟教授编写。叶榛、孙海航、郭木河老师对本书提出了许多宝贵的意见。何刚工程师为本书提供了许多素材,并编写了部分章节。郑志敏、方剑在编写过程中作了大量有益的工作。在此向他们并向热情帮助、支持本书出版的同志们表示诚挚的谢意。同时也要感谢清华大学出版社的责编贾仲良老师,为本书的出版提供了许多宝贵的意见和付出了辛勤的劳动。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和错误,殷切欢迎广大读者批评指正。

目 录

前 言	I
第 1 章 计算机控制概论	1
1.1 典型的计算机控制系统	2
1.2 计算机控制系统的分类	9
1.3 计算机控制系统的结构和组成	12
1.3.1 控制对象	16
1.3.2 执行器	17
1.3.3 测量环节	18
1.3.4 数字调节器及输入、输出通道	19
1.4 计算机控制系统的性能及其指标	27
1.4.1 计算机控制系统的稳定性	27
1.4.2 计算机控制系统的能控性和能观测性	28
1.4.3 动态指标	28
1.4.4 稳态指标	29
1.4.5 综合指标	29
1.5 对象特性对控制性能的影响	31
1.5.1 对象放大系数对控制性能的影响	31
1.5.2 对象的惯性时间常数对控制性能的影响	32
1.5.3 对象的纯滞后时间对控制性能的影响	32
1.6 计算机控制研究的课题	32
1.7 计算机控制的发展方向	34
1.8 计算机控制的发展前景	35
1.9 练习题	36
第 2 章 线性离散系统的 Z 变换分析法	38
2.1 概述	38
2.1.1 线性离散系统的数学描述和分析方法	38
2.1.2 差分方程的解法	40
2.2 Z 变换	41
2.2.1 Z 变换的定义	41
2.2.2 Z 变换的性质和定理	43
2.3 Z 反变换	46

2.3.1	部分分式法	46
2.3.2	长除法	47
2.3.3	留数计算法	48
2.4	用 Z 变换求解差分方程	49
2.5	Z 传递函数	50
2.5.1	Z 传递函数的定义	50
2.5.2	连续环节(或系统)的离散化	51
2.5.3	Z 传递函数的性质	55
2.5.4	用传递函数来分析离散系统的过渡过程特性	61
2.5.5	用 Z 传递函数来分析离散系统的误差特性	62
2.6	线性离散系统的稳定性分析	65
2.6.1	S 平面与 Z 平面的映射关系	65
2.6.2	线性离散系统的稳定域	66
2.6.3	线性离散系统的稳定判据	67
2.7	线性离散系统的性能分析	72
2.8	线性离散系统的根轨迹分析法	74
2.8.1	根轨迹分析法	74
2.8.2	开环零点、极点的分布对根轨迹的影响	79
2.8.3	Z 平面上的等阻尼比线及其应用	79
2.9	线性离散系统的频率特性分析法	81
2.9.1	极坐标法	81
2.9.2	对数频率特性法	83
2.10	练习题	85
第 3 章	线性离散系统的离散状态空间分析法	90
3.1	概述	90
3.2	线性离散系统的离散状态空间表达式	90
3.2.1	由差分方程导出离散状态空间表达式	91
3.2.2	由 Z 传递函数建立离散状态空间表达式	95
3.3	线性离散系统离散状态方程的求解	105
3.4	线性离散系统的 Z 传递矩阵	107
3.5	线性离散系统的 Z 特征方程	109
3.6	计算机控制系统的离散状态空间表达式	110
3.7	用离散状态空间法分析系统的稳定性	114
3.8	练习题	115
第 4 章	计算机控制系统的离散化设计	118
4.1	有限拍设计概述	118
4.2	有限拍调节器的设计	123
4.3	采样频率的选择	125
4.4	有限拍无纹波设计	127

4.5	有限拍设计的改进	132
4.6	扰动系统的有限拍设计	137
4.7	有限拍设计的小结	139
4.8	W 变换设计法	140
4.9	根轨迹设计法	143
4.10	练习题	144
第 5 章	计算机控制系统的模拟化设计	147
5.1	概述	147
5.2	对数频率特性法校正	148
5.3	数字 PID 控制	150
5.4	数字 PID 控制的改进	155
5.4.1	积分分离 PID 控制算法	156
5.4.2	不完全微分 PID 算法	157
5.4.3	微分先行 PID 算法	159
5.4.4	带死区的 PID 控制	160
5.5	数字 PID 调节器参数的整定	161
5.5.1	PID 调节器参数对控制性能的影响	161
5.5.2	采样周期 T 的选择	164
5.5.3	扩充临界比例度法选择 PID 参数	165
5.5.4	扩充响应曲线法选择 PID 参数	166
5.5.5	PID 归一参数的整定法	166
5.5.6	变参数的 PID 控制	167
5.6	数字 PID 调节器参数的自寻最优控制	168
5.6.1	性能指标的选择	168
5.6.2	寻优方法	169
5.6.3	自寻最优数字调节器的设计	170
5.7	练习题	171
第 6 章	模糊控制	173
6.1	概述	173
6.2	模糊逻辑的基本概念	173
6.3	模糊逻辑控制器的设计方法	175
6.4	模糊控制器的动态特性	177
6.5	用于机械手的混合模糊控制系统	181
6.6	模糊控制器的优化方法	187
6.7	基于行为分类的模糊控制器的设计方法	192
6.8	小结	198
6.9	练习题	198
第 7 章	离散状态空间设计法	199
7.1	概述	199

7.2	离散系统的能控性和能观测性	199
7.2.1	离散系统的能控性	200
7.2.2	离散系统的能观测性	202
7.3	离散状态空间设计法	205
7.4	最小能量控制系统的设计	215
7.5	离散二次型指标的最优控制	219
7.6	离散系统的最大值原理	223
7.7	离散时间线性调节器	224
7.8	几个矩阵运算的结果	226
7.9	练习题	226
第8章	复杂规律计算机控制系统的设计	228
8.1	串级控制	228
8.1.1	串级控制系统的组成和工作原理	228
8.1.2	串级控制系统的特点	230
8.1.3	串级控制系统的应用范围	234
8.1.4	计算机串级控制系统	235
8.1.5	串级控制系统的设计原则	237
8.1.6	串级主控和副控调节器的选择	238
8.1.7	副控回路微分先行串级控制系统	239
8.1.8	多回路串级控制系统	241
8.2	前馈控制	242
8.2.1	前馈控制的工作原理	242
8.2.2	前馈控制的类型	244
8.2.3	计算机前馈控制	250
8.2.4	多变量前馈控制	253
8.2.5	前馈控制的设计原则	256
8.2.6	前馈调节器参数的整定	257
8.3	纯滞后对象的控制	259
8.3.1	大林算法	259
8.3.2	纯滞后补偿控制	263
8.4	多变量解耦控制	273
8.4.1	解耦控制原理	273
8.4.2	多变量解耦控制的综合方法	275
8.4.3	计算机多变量解耦控制	278
8.4.4	计算机多变量解耦控制举例	282
8.5	其它复杂规律控制系统的简介	289
8.5.1	比值控制	289
8.5.2	均匀控制	291
8.5.3	分程控制	292

8.5.4	自动选择性控制	293
8.6	练习题	295
第9章	集散型控制系统	297
9.1	概述	297
9.1.1	典型的集散型控制系统	297
9.1.2	集散型控制系统的特点	309
9.1.3	集散型控制系统的发展概况	311
9.2	典型的集散型控制系统简介	313
9.2.1	山武-霍尼威尔的 TDCS-2000 系统	313
9.2.2	美国贝利控制公司的 NETWORK-90	322
9.2.3	德国西门子公司 TELEPERM M 集散型控制系统	332
9.2.4	新型的集散型信息管理控制系统 TDCS-3000	338
9.3	集散型控制系统的可靠性	340
9.3.1	可靠性指标	340
9.3.2	加强硬件质量管理提高系统的利用率	341
9.3.3	由系统的结构提高系统的利用率	344
9.3.4	系统的利用率	346
9.4	集散型控制系统数据通信概要	349
9.4.1	概述	349
9.4.2	局域网络通信协议简介	352
9.4.3	工业控制局域网络的选型	356
9.5	集散型控制系统的应用	356
9.5.1	TDCS-2000 在蒸馏塔最优化系统中的应用	357
9.5.2	TDCS-2000 在钢铁燃烧炉上的应用	359
9.5.3	TDCS-2000 用于锅炉控制	363
9.6	练习题	368
第10章	计算机控制系统的设计与实现	369
10.1	总体设计概述	369
10.2	体系结构设计、系统总线选择和计算机型选择	370
10.3	输入、输出通道设计概要	375
10.3.1	模拟量输入模板 TH-IPC-7401	376
10.3.2	模拟量输出模板 TH-IPC-7410	382
10.3.3	数字量输入模板 TH-IPC-7601	383
10.3.4	数字量输出模板 TH-IPC-7600	384
10.3.5	信号调理模板 TH-IPC-7431	384
10.3.6	继电器输出模板 TH-IPC-7620	386
10.4	工业控制机提高可靠性的措施	386
10.4.1	系统的结构设计	386
10.4.2	元器件的选择,老化筛选	388

10.4.3	信号、电源、接地的抗干扰措施	389
10.4.4	感性负载回路的抗干扰措施	390
10.4.5	多重化结构技术	390
10.4.6	信号隔离技术	393
10.4.7	看门狗(Watchdog)及电源掉电检测技术	399
10.4.8	软件设计的可靠性措施	401
10.5	数字调节器的计算机实现	406
10.5.1	直接实现法	406
10.5.2	直接实现的正则形式 I	407
10.5.3	直接实现的正则形式 II	407
10.5.4	串接实现法	409
10.5.5	并接实现法	409
10.5.6	数字调节器实现方法小结	410
10.6	数学模型的转换	411
10.6.1	传递函数与 Z 传递函数间的相互转换	412
10.6.2	微分方程转换为差分方程——差分变换法	419
10.6.3	连续与离散状态方程的相互转换	420
10.7	控制系统的计算机辅助设计、计算和数字仿真	423
10.7.1	控制系统的计算机辅助设计	424
10.7.2	计算机的辅助计算	430
10.7.3	控制系统的数字仿真	433
10.8	计算机控制程序设计概要	443
10.8.1	程序设计的功能要求	443
10.8.2	结构程序设计	443
10.9	计算机控制系统的设计	445
10.9.1	农药生产过程的计算机控制	445
10.9.2	智能移动机器人的设计与实现	456
10.10	练习题	460
附录		462
参考文献		465

第 1 章

计算机控制概论

自动控制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。不仅在宇宙航行、导弹制导、核技术以及火器控制等新兴学科领域中是必不可少的,而且在金属冶炼、仪器制造及一般工业生产过程中也具有重要的意义,为实现工业生产过程的自动控制,高产、稳产、安全生产、改善劳动条件、提高经济效益创造了条件。

古典控制理论是 40 年代发展起来的,直到现在仍然是分析、设计自动控制系统的主要理论基础,它在工程上应用较多,其中应用较普遍的是频率法和根轨迹法。这些方法用来处理单输入—单输出的单变量线性自动控制系统是卓有成效的。随着科学的发展,技术的进步,控制对象越来越复杂、多样,因此自动控制系统日益复杂,出现了多输入—多输出的多变量系统、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。因此古典控制理论已经难以分析和设计上述复杂的系统了。到 60 年代逐渐形成了以状态空间法为基础的现代控制理论,它的形成和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效益。然而,若用常规的控制方法,潜力却是有限的,难以满足如此高的性能要求。由于电子计算机出现并应用于自动控制,才使得自动控制发生了巨大的飞跃。因为计算机具有精度高、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。计算机所具有的信息处理能力,能够把过程控制和生产管理有机地结合起来,从而对工厂、企业或企业体系的管理实现自动化。

微电子技术和计算机技术的发展,为计算机控制的发展和应用奠定了坚实的基础。电子计算机在经历了电子管、晶体管、集成电路等阶段,现已到了第五代计算机研制阶段。电子计算机的发展是异常神速的,据统计:自 70 年代以来,大规模集成电路的集成度每年几乎增加 2 倍。每 5 年至 8 年,计算机的运算速度提高约 10 倍,体积缩小 90%,成本降低 90%。现在的计算机无论在速度、性能、可靠性、能耗、性能价格比等方面都有了突飞猛进的变化。现在计算机的运算速度已经达到了每秒 1000 万次到 1 亿次之间。一台普通的个人微型计算机运算速度已经相当于原来的大型机甚至巨型机的速度。

计算机信息处理技术的发展,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。

正如有关专家预测的,计算机将向微型化、巨型化、网络化、多媒体以及智能化方向

发展。

计算机控制是以自动控制理论与计算机技术为基础的。当今已具备推广和应用计算机控制的条件、基础和迫切性。计算机控制既是一门新兴的学科,又与自动控制有密切的关系。事实上,远在 50 年代就已经有了采样控制系统的理论,随着计算机控制的推广和应用,人们不断总结,不断提高,逐步形成了计算机控制理论。计算机控制系统的分析方法和设计方法也正在不断提高,日臻完善。

本书阐述计算机控制的基础理论,概述计算机控制系统的分析方法,总结计算机控制系统的设计方法和控制规律(包括新的集散型计算机控制),同时,联系实际讨论计算机控制系统的实现方法(包括硬件和软件实现)。本书还介绍了一些计算机控制系统的应用实例;此外,对计算机辅助设计在自动控制工程中的应用也作了简略的介绍。

1.1 典型的计算机控制系统

计算机控制的领域是非常广泛的,控制对象从小到大,从简单到复杂。计算机可以控制单个电机或阀门,也可以控制和管理一个车间、整个工厂以至整个企业。计算机控制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功能的智能控制。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

某工厂的冷库是我国第一座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作实时控制,其要求是:

- (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、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检测,报警监视。

制冷控制是以 1 台工业控制机为中心,通过模拟量输入通道,开关量输入通道以及中断扩展接口,采集有关工艺参数,并送到计算机进行运算,分析和判断,再通过开关量输出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。系统如图 1.1 所示。

计算机控制系统的功能是:

- (1) 通过模拟量输入通道,对现场 75 个温度点、5 个压力点的参数进行巡回检测,定时打印制表;并可以人工选点巡检,数字显示,人工巡检速度可调。
- (2) 对现场 84 个限值监视点进行声、光报警监视。
- (3) 温度的闭环调节
 - 15℃高温冷藏库房(5 间)的恒温调节;
 - 28℃低温度冷藏库(34 间)的恒温调节;
 - 33℃结冻系统(8 间)进行速冻、低耗的最优控制;系统蒸发温度的调节。

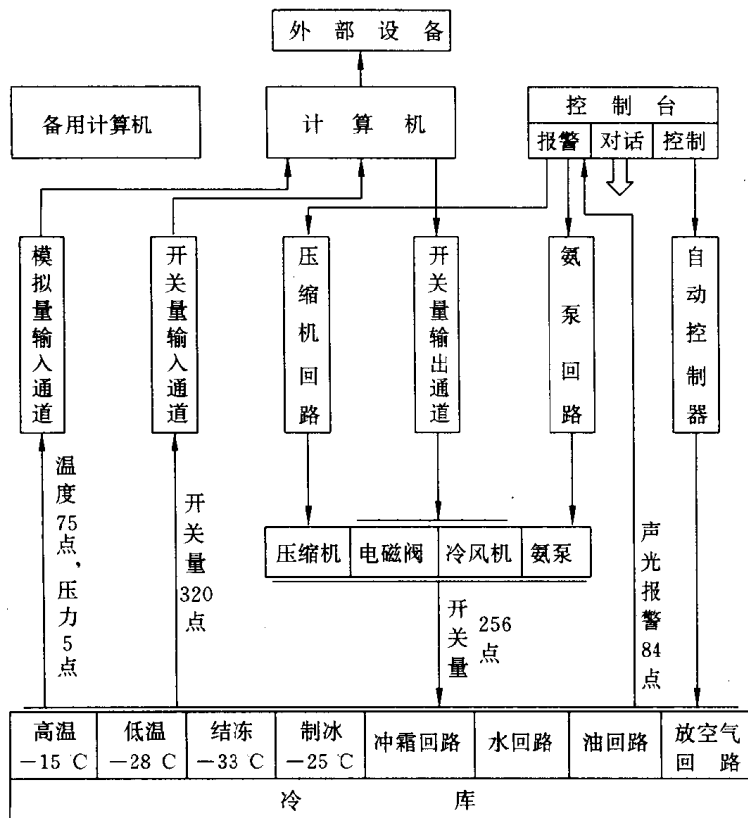


图 1.1 制冷过程计算机控制系统

(4) 自动启停和能量匹配

对 10 台氨压缩机进行自动启停, 配组及能量匹配控制;
对氨泵回路进行自动启停控制;
对冷风机进行自动启停控制。

(5) 事故处理

设备异常事故的处理及备用设备的投入运行;
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。

例 1.2 冷连轧机自动化系统

五机架冷连轧机是把热轧钢卷轧制成要求厚度的带钢卷。轧制速度为 1800m/min, 板厚精度 5 μ m。由 17 台电子计算机组成分级控制系统。

五机架冷连轧机自动控制系统分为过程监督控制, 操作监督控制和设备监督控制三级。五机架冷连轧机控制系统如图 1.2 所示。

过程监控级由 2 台 DIETZ621 计算机实现双机控制。

设备监控级由 13 台 CP550 计算机, 数字控制装置, 厚度控制装置 AGC 和液动压下控制系统 APC 组成。

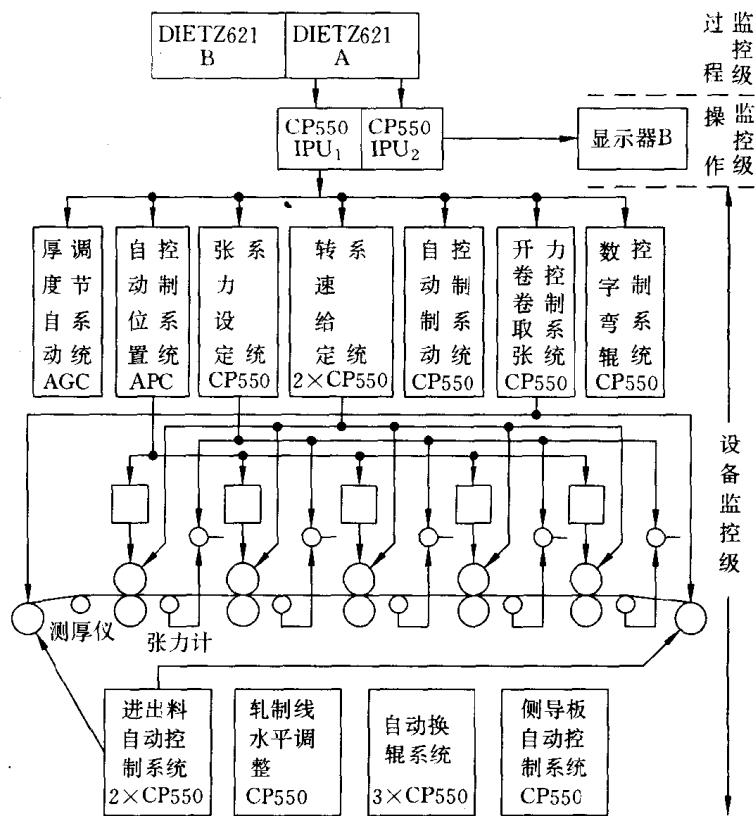


图 1.2 五机架冷连轧机控制系统

操作监控级由 2 台 CP550 IPU 组成,实现过程监控级和设备监控级之间的信息传送。

计算机控制系统是分级控制,它使设备监控级的计算机软件编制简化,配置容易,也使整个系统的故障处理方便。

1. 过程监控级

过程监控计算机采用 2 台 DIETZ621/8 型,字长 8 位,指令 89 条,指令执行时间(1.9~8.3) μ s。

2 台计算机通过母线,构成双机系统,一台在线控制,有故障时,另一台通过母线开关切换,投入运行。

过程监控级的功能有:

(1) 生产过程数据和信息的收集

在轧制过程中不断收集生产过程的数据和信息,供自适应和自学习控制使用,并且用作生产记录和报表。

(2) 预设定计算

根据钢卷的原始数据,预先设置最佳的轧制参数,以便最大限度地利用轧机的轧制能力,使其达到尽可能高的轧制速度。通过最佳计算,求出最佳张力、压力比,以保证轧制带钢的高质量。

(3) 自学习与自适应控制

对轧制力、马达功率分配等进行自适应计算。

借助于自学习功能使轧制过程自动地不断与波动材料的性能相适应,从而得到符合生产实际情况的最佳设定值。

- (4) 跟踪轧制过程。
- (5) 对马达电枢电流和轧制力监控并事故报警。
- (6) 提供生产计划报表。

2. 操作监控级

由 2 台 CP550 计算机 IPU₁ 和 IPU₂ 以及显示器 B 组成,可实现三种操作:测试操作,手动操作和自动操作。

CP550 计算机字长 12 位,指令 38 条,指令执行时间 0.5 μ s。

手动操作时,操作工通过显示器 B 的键盘,把轧制过程所需要的原始数据送 IPU₂ 完成手设定计算,经显示器 B 显示,操作工认可,经 IPU₁ 输送到设备监控级的有关装置。

自动操作时,操作监控级设定的 182 个设定值经 IPU₂,并通过显示器显示,操作工认可后送 IPU₁,然后,分送到设备监控级的各有关装置。如发现有问題可修正以后再送。

3. 设备监控级

由 13 台 CP550 计算机组成设备监控级,设备监控级由张力设定系统,转速给定系统等 9 个系统组成。

(1) 张力设定系统

修正各机架之间的张力值,以保证各机架出口厚度不变。

(2) 转速给定系统

用来保证各机架的速度同步,避免堆料或断带。

(3) 自动制动系统

为了提高生产效率,焊缝和钢带尾部经过轧机时,要及时、正确发出制动信号。

(4) 开卷和卷取张力控制系统

该系统设定的开卷,卷取张力值是根据轧制过程中开卷机和卷取机的钢卷直径的变化,由 CP550 计算机交替计算出开卷机和卷取机的转矩,并换算成电流值输出,控制开卷机和卷取机的调节系统,从而达到开卷机和卷取机的恒张力控制。

(5) 弯辊控制系统

控制正负弯辊,改善带钢板型以保证钢板质量。

(6) 进出料控制系统

钢卷直径自动测量和对中,自动拆带,自动寻带头和预开卷,带头矫直和自动喂料,进出料端钢卷小车位置控制,上下料辅助装置的控制。

(7) 轧制线水平位置控制

换辊以后,由于工作辊和支撑辊辊径变化,使得下工作辊水平位置高度有变化,CP550 计算机将各机架的轧制线调整到要求的标高。

(8) 自动换辊系统

系统的 3 台 CP550 计算机,控制换辊动作,使换辊速度提高,从而提高生产效率。

(9) 侧导板和压板控制系统

轧制过程中,由 CP550 计算机调整相应的侧导板和压板,以防止带钢在穿带和出料过程中跑偏。

五机架冷连轧机自动化系统,提高了产品的质量,增加了产量,减轻了劳动强度,降低了能耗,收到了较高的效益。

例 1.3 带钢热连轧机集散型控制系统

带钢热连轧的工艺流程是:板坯从板坯库进入加热炉加热,根据轧制规程以一定节奏将板坯从加热炉送往粗轧区轧制,然后,经过中间辊道进入精轧区轧制成要求尺寸的带钢,再经过热输出辊道冷却,最后由卷取机卷取,经传送链送到钢卷库。

带钢热连轧机集散型控制系统如图 1.3 所示。

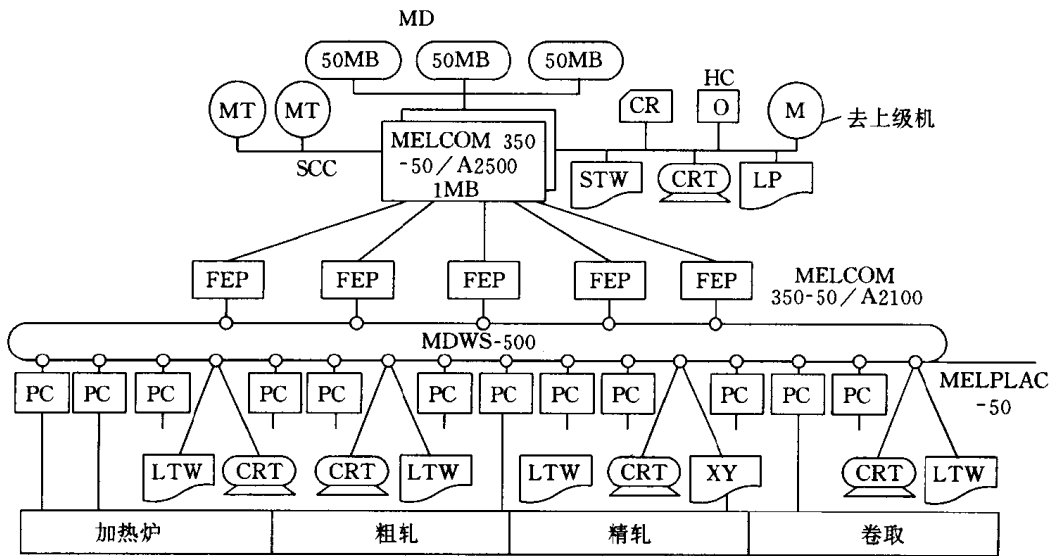


图 1.3 带钢热连轧机集散型控制系统

- | | |
|------------|--------------|
| M——调制解调器 | MDWS——数据通道系统 |
| HC——硬拷贝机 | FEP——前端处理机 |
| MD——硬磁盘 | CRT——显示器 |
| FD——软磁盘 | PC——设备控制器 |
| MT——磁带机 | LP——行式打印机 |
| CR——读卡机 | LTW——行式打字机 |
| XY——XY 记录仪 | STW——系统打字机 |

集散型控制系统由监督计算机(SCC),前端处理机(FEP),设备控制器(PC),环形数据通道(MDWS)和显示操作站(CRT)等组成。

监督计算机(SCC)采用 2 台 MELCOM350-50/A2500 计算机,一台在线运行,另一台离线备用兼作后台作业,有故障时,手动切换。

前端处理机(FEP)由 5 台 MELCOM350-50/A2100 计算机组成,帮助监督计算机处理大量中断请求,提高监督计算机吞吐率和整个系统的实时处理能力。

设备控制器(PC)采用 MELPLAC-50 分布在生产现场作分散控制用。根据信息流量最少的原则按区域划分,并根据要求快速响应的功能及独立功能者单独配置的原则选用。

前端处理机(FEP)和设备控制器(PC)采用共享通道结构的集散型系统。数据通道 MD-

WS-500 为环行串接的位串行传送信息的专用通信装置, 传送线路为一条同轴电缆, 传送速度是 6.144Mb/s(每秒兆位), 站间距离可达 2km。设备控制器(PC)采集的数据经过数据通道后, 变换成逻辑数据送往监督计算机(SCC), 使过程输出输入信息得以共享, 大大节省了导线和敷线的费用。

设备控制器(PC)的程序可以由监督计算机编制, 经数据通道装入设备控制器。采用这种方式便于对集散型系统进行集中维护和监视。

采用集散型计算机控制方式可以使硬件价格下降, 电缆和敷线费用降低, 减少功能复杂性, 提高实时的响应性能, 系统的可靠性提高, 故障的危害性减小, 使用、维护和扩展简便, 使系统的性能价格比大大提高。

例 1.4 同步质子加速器计算机控制系统

12GeV(120 亿电子伏特)能量的同步质子加速器, 是一个十分复杂、庞大的系统。它由四段加速器组成: 750keV(75 万电子伏特)高压倍加预注入器、20MeV(20 兆电子伏特)直线加速器、500MeV 增强器和 12GeV 主环同步加速器。

计算机控制系统按二级递阶网络设计, 计算机直接连到高速数据线上。计算机网络有 1 台中央计算机(CC), 1 台软件开发机(SD)和 6 台卫星计算机($S_0 \sim S_5$)。中央计算机和其它 7 台计算机是通过连接单元(CLU)连接的。卫星计算机分别担负加速器各部分的数据采集与控制。中央计算机及卫星计算机的位置分布及其功能示于图 1.4。

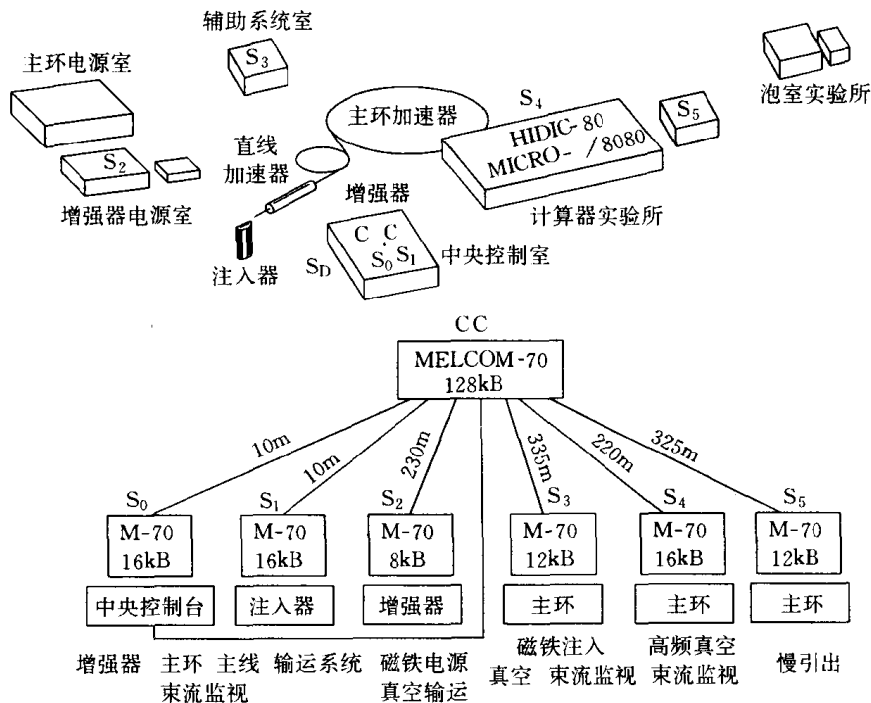


图 1.4 加速器计算机控制系统的分布及功能

计算机网络由 8 台 MELCOM-70 计算机组成, 如图 1.5 所示。中央计算机内存为 256kB(256 千字节), 还有一个盒式磁盘以及为了软件研制, 数据记录及信息显示的外围设备。卫星计算机内存最大 32kB, 各有一个过程输入输出控制器、显示器和操作台。

中央计算机和卫星计算机之间数据交换是用半双工高速并行数据总线进行通信的。数

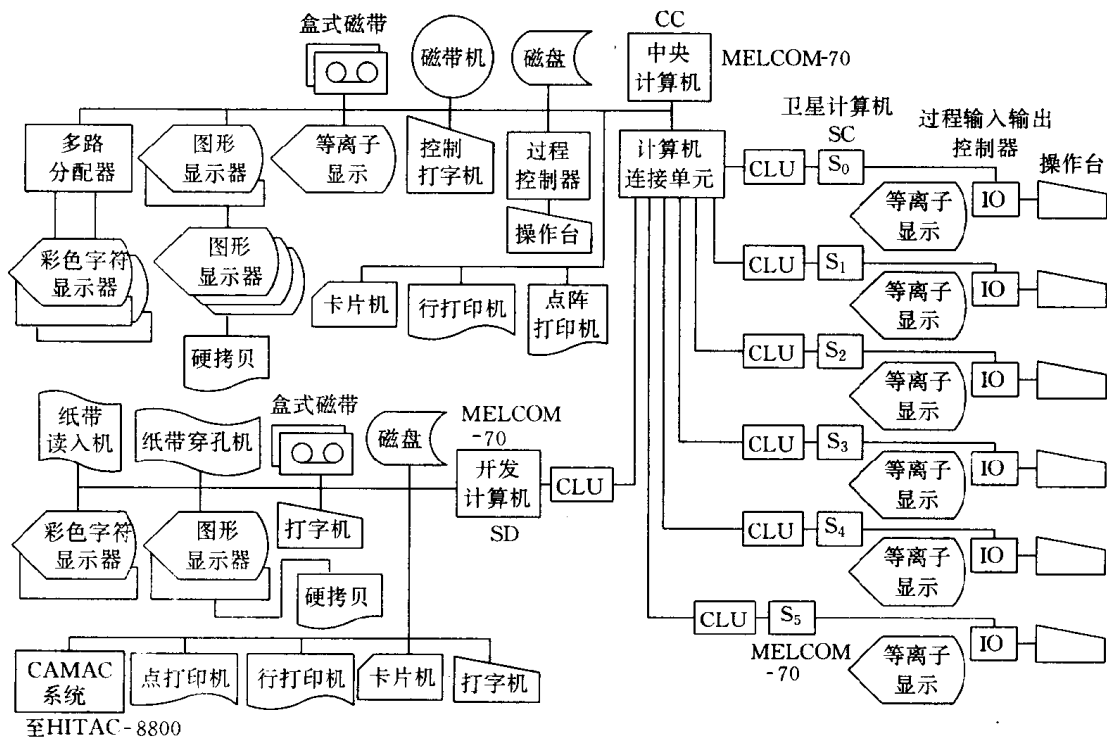


图 1.5 加速器的计算机控制网络

据按 8 位字节交换,传送率为 200kB/s,计算机之间的传输距离最长为 335m。

过程输入输出接口有中断输入,数字输入,数字输出,脉冲输出,模拟量输入和模拟量输出。过程接口插件做成标准形式,插到控制器的接口总线上,控制器再接到 MELCOM-70 的输入/输出通道的过程控制器上。束流发散度、剖面、强度和位置等探测器的快速数据测量是

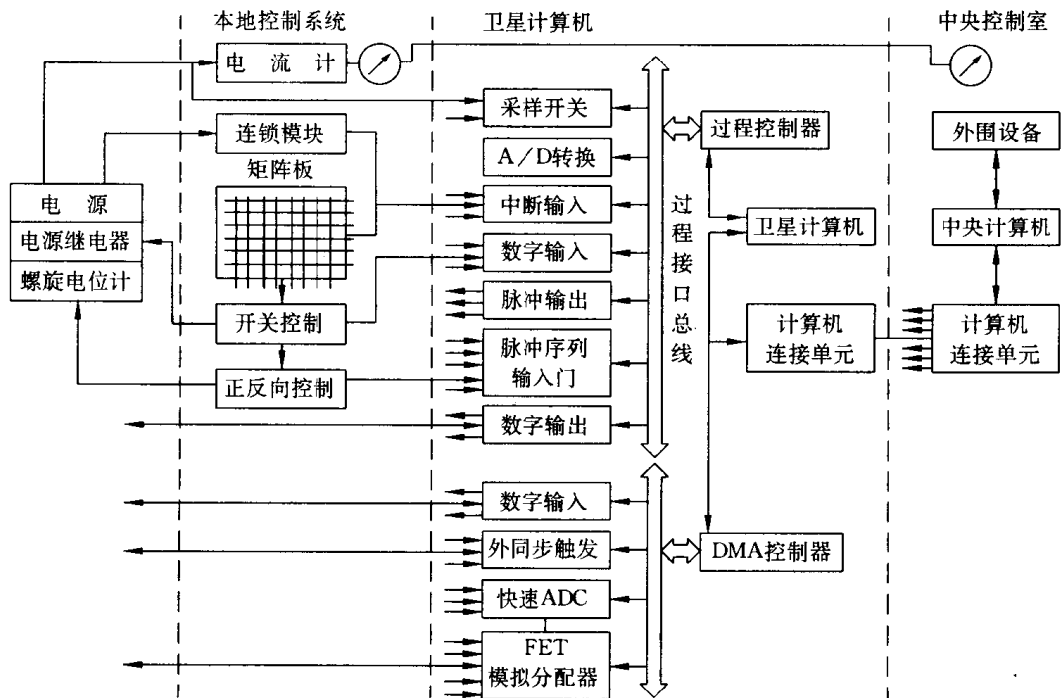


图 1.6 卫星计算机的过程接口原理图