



高等学校教材

港口物料搬运自动控制系统

李桐君 编著

PORT MATERIALS HANDLING
AUTOMATIC CONTROL
SYSTEM

SHANGHAI MARITIME INSTITUTE

高等学校教材

港口物料搬运自动控制系统

李桐君 编著

海运出版社

1988

PORT MATERIALS HANDLING AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

1988

内 容 提 要

本书专论港口物料搬运自动控制系统,介绍港口常规控制和计算机控制系统的理论分析、设计方法、新技术应用、研究实例。全书以近代控制工程技术为主线,把现代控制理论、系统理论、模型化、计算机分析和计算机控制系统与港口物料搬运工程系统有机地结合起来,争对我国港口物料搬运事业的发展及迫切要求提高生产率的现实,进行综合论述。内容简明、扼要,实用。

本书为高等院校起重运输及工程机械类、本科自动控制专业的主要专业教材,供50~60学时教学应用。也可作为从事港口物料搬运工作的工程技术人员及技术工人的自学参考书。

港口物料搬运自动控制系统

李桐君 编著

海 运 出 版 社 印 刷

开本787×1092毫米 1/16

250千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷 印数: 0001—2000册

定价: 4.8元

序 言

自从七十年代后期起,以微电子技术为代表的一系列现代科学技术得到了迅速的发展,形成了一股“新产业革命”的浪潮,使现实经济社会的各方面都引起巨大的变化,产生了一大批应用微电子技术的产品,如电子计算机、微处理机、可编程序控制器、数控设备、崭新的自动控制传感器和各种新一代元器件等。在这同时出现了生产自动化、运输自动化、无人化及港口装卸运输作业自动化,使社会生产力的发展出现了又一次飞跃的迹象。在这同时水运事业得到了进一步的发展,世界上现代化的港口大量涌现,实现了装卸运输作业的综合自动化,采用微电脑控制和管理的港口生产效率得到大幅度提高。尤其是应用电脑控制的、全自动搬运的大型、专用、高速、高效的港口各类装卸运输机械的普遍使用,产生了大系统的“多级递阶控制”港口运输系统和管理系统。由此可见港口也是属于比较复杂的大规模的生产和管理系统,从理论分析可知,描述它们的数学模型都是高阶次的。因而能否解决这类大系统的最佳控制问题,对发展国民经济有着极大的意义,正如作者的导师,中国科学院学部委员,在国内外享有很高声誉的自动控制专家,上海交通大学自动控制系教授张钟俊先生所说:“大系统最佳化问题的一揽子式解决办法不一定是最佳的解决办法。通过探索简化大系统的最优控制问题,发现了分别解决大系统中各自较为独立、又相互制约的子系统的优化问题,来达到全系统的整体最优化的方法,这就导致了已被广泛采用的、大系统的“多级递阶控制”,即把处在同一级地位的各个子系统相互分离开来,并使它们各自都按着某种局部较优方式运行,而上一级系统则将这些子系统的工作协调起来,统一规划,以求达到全局和整体上最优化的目的。”这种大系统理论及方法自七十年代初期以来的发展引起了各方面广泛的兴趣,同样也促进了港口物料搬运事业的大发展。本书——港口物料搬运自动控制系统,就是基于上述情况,探索在港口物料搬运自动控制系统中,应用大系统理论来分析问题、综合问题,以期使我国的港口大系统能逐步向最优控制迈进。在今天改革与开放的大好形势下,港口物料搬运事业必须大发展,可是目前还没有一本专论港口物料搬运自动控制系统的著作,这与我国如此的水运大国是极不相称的。作者虽材疏学浅,但通过八年来从事本课程的教学、科研实践,现将积累的教学和科研心得总结于此,若在我国港口物料搬运事业中,能够起到抛砖引玉的作用,这正是作者所期待的。如今世界上属于大系统控制的港口已有一——西德的汉堡、荷兰的鹿特丹、加拿大西海岸深水港、南非以及日本、英国、美国等一系列大型港口在运转,即使象马来西亚,其港口的控制和管理都已发展得十分现代化。我国港口装卸运输事业也正一日千里的向前发展,不少现代化的港口设备已经引进并投入使用,还有一些正在兴建和准备建设之中。这类港口有不少属于大系统“多级递阶控制”的,在系统中应用了一系列大型、专用、高速、高效、自动化的设备、形成了多种各自较为独立、而又相互制约的、机电一体化的子系统,如何使这些子系统始终处于较优的运转状态,成了促使整个港口处于最佳运转状态及其控制和管理也属最佳状况的关键。大系统控制理论及方法在这类港口中的应用,实现了我国一些港口运输作业始终保持最佳状态的目标,也使一些老港得

到改造,提高了装卸运输效率和经济效益,改善了工作环境,降低了劳动强度,使生产能持续安全的进行。

我国有一万八千公里的海岸线、十一万公里的内河航道,在实现水运现代化、发展外向型经济的过程中,只有兴建、扩建、改建更多的港口,自己生产大量应用现代技术装备的港口搬运设备,采用以现代控制方法和电脑控制的新型控制系统和管理系统,才能达到预期的目标。然而,由于我国的电子技术还不很先进,有关人员的技术水平和素质尚须进一步提高,因此在港口建设上既要进一步开放和改革,又要尊重规律,这就意味着在我国,港口物料搬运既不可能在短期内全部采用现代化控制方法和全部微电脑化的控制及管理,也不可完全不采用新技术而停滞不前,而应根据国力情况制订出长期方针,努力探索适合我国状况又具有一定先进水平的有效途径。特别重要的是应抓好人员技术水平和素质培养的长远计划,本书就在这一思想的指导下进行选写。书中重点阐述港口物料搬运自动控制系统的基本原理和方法,介绍目前国内外在港口中较普遍采用的常规控制和计算机控制系统及应用技术,突出机电一体化研究、设计方法、教育思想。由港口物料搬运控制系统中各自相互制约的子系统的优化着手,进而为以后达到全系统的整体最优化为目的。本书是作为大学本科起重运输及工程机械自动控制专业的主要专业课教材,在学完经典控制理论、现代控制理论、大系统理论的有关部份之后进行。这次付印,因受教学时数限制,将原书总字数压缩掉一半,其中有作者的最新译文十多万字,这是美中不足之处,待以后再设法弥补。

在本书进行修订过程中,正值作者作为国内访问学者,在上海交通大学电子电工学院自动控制系统进行访问进修之际,访问的主题是港口大系统计算机控制和智能搬运机器人控制的研究。这一年多来,在张钟俊先生为首的数位教授及专家的尽心指导和关怀下,作者不仅完成了作为访问学者应做的工作、学习及论文,而且没有耽误作者作为本院自动控制教研室主任所应完成的工作和教学任务。特别是本书的修订,基本上是在上海交通大学研究生院访问进修中抽时间完成的。为此要感谢作者的导师们和本院支持作者去当访问学者的领导和同事。

本书经上海交通大学徐子亮副教授全面审核并提出许多宝贵的修改意见。尤其是张方宜副教授在本书的编写中做了大量的工作。作者在此一并表示衷心的感谢。并对本书编写中参考过的国内外有关书籍、资料的作者深表敬意和谢意。

由于本书内容涉及面广,作者水平有限,时间仓促,临时又大量压缩内容,书中错误和不当之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

李桐君

于一九八八年三月

注:本书于一九八四年的书名为“港机控制系统”经历届教学应用,现按规范改名为“港口物料搬运自动控制系统”

作 者 简 介

李桐君，1960年毕业于上海交通大学机械工程系，在校同时选修电子工程学科。毕业后即从事海洋导弹研究、发射、试验十年，并进行自动控制专业技术研究，主张机—电一体化的研究设计方法。

“文革”后期被迫从事非专业工作。1978年落实政策，转入高校任教，曾主持海南榆林港外大型水下工程研究试验。近年来专门从事自动控制理论及港口物料搬运自动控制的教学和科研。其间曾负责交通部重点科研项目—装卸桥索具自控防摇研究、建立了大型自控工业试验台。另外还进行了水下作业机的研究设计。

近年来作者在国内，中国机械工程学会物料搬运学会、上海市机械工程学会、上海市搬运学会、上海机器人研究会年会上均发表过大会宣读论文。编写的高校教材有“自动控制基础理论”、“港机控制系统”及本书。

作者近二年在上海交通大学电子电工学院作国内访问学者，导师为中国科学院学部委员、教授，张钟俊先生等，研究港口大系统计算机控制和智能搬运机器人控制技术。

作者曾任教于上海交通大学、上海海运学院。

目 录

序言 绪论

§ 0—1 自动化的发展及其在港口物料搬运控制中的情况	1
§ 0—2 自动控制系统的组成及分类	6
§ 0—3 控制系统的品质指标	9
§ 0—4 自动化搬运系统的发展	12
§ 0—5 现代化港口	21
§ 0—6 系统的概念	22
§ 0—7 系统工程简介	24
§ 0—8 港口物料搬运自动控制系统的指导思想综述	25
§ 0—9 港口物料搬运自动控制系统的环节	26
§ 0—10 我国现代化港口物料搬运自控系统介绍	26

第一章 被控对象的特性

§ 1—1 概述	33
§ 1—2 被控对象特性	35
§ 1—3 描述对象动态特性的数学方法	37
§ 1—4 被控对象性能的分析	42
§ 1—5 采样控制系统的仿真	60
§ 1—6 测定对象动态特性的实验方法	73

第二章 单回路被控系统

§ 2—1 单回路反馈控制系统的组成	76
§ 2—2 单回路转速负反馈可控硅自动调速系统	78
§ 2—3 单回路转速负反馈可控硅自动调速系统静特性分析	81
§ 2—4 单回路转速负反馈可控硅调速系统动特性分析	83

第三章 串级控制系统

§ 3—1 串级控制系统的组成及其特点	87
§ 3—2 带电流副环的速度控制系统	88
§ 3—3 调节器在调速系统中的应用	89
§ 3—4 串级控制系统在调速装置中的应用	91
§ 3—5 可控硅逻辑无环流可逆调速系统	102
§ 3—6 可控硅直流随动系统	104
§ 3—7 无源校正装置的设计	111
§ 3—8 调节器的设计	119

第四章 交流调速控制系统

§ 4—1 概述	127
§ 4—2 异步电动机的调压调速系统	129
§ 4—3 调压调速系统的组成与特性分析	135
§ 4—4 双向可控硅交流调压调速装置	139

第五章 计算机控制系统

§ 5—1 概述	151
§ 5—2 计算机控制的意义	151
§ 5—3 计算机在港口物料搬运系统中的应用	153
§ 5—4 港口物料搬运过程使用计算机控制的基本条件和设计要点	155
§ 5—5 计算机控制系统的组成	156

第六章 微型机及可编程序控制器在港口搬运控制中的应用

§ 6—1 微处理机的基本概念	162
§ 6—2 微型机控制系统的结构	163
§ 6—3 微型机程序设计语言	168
§ 6—4 微处理器INTEL 8086/8088简介	169
§ 6—5 MCS—51 单片微处理机	177
§ 6—6 可编程序控制器	182

第七章 港口物料搬运微机控制系统

§ 7—1 概述	212
§ 7—2 港口物料搬运系统的多级微机控制	212
§ 7—3 港口物料搬运系统中单机的自动控制	216
§ 7—4 港口物料搬运系统大系统控制	238

参考文献	244
------	-----

绪 论

§ 0—1 自动化的发展及其在港口物料搬运控制中的情况

我国在一千多年以前就先后发明了各种自动装置，例如：铜壶滴漏计时器、自动定向指南车以及各种天文仪器等，这些都促进了我国文明的发展。在欧洲，十八世纪的产业革命，使自动化技术在生产中得到广泛的应用，例如：蒸气机飞球调速装置、液面控制装置和温度控制装置等，这类自动化控制技术的发展，使工业生产面貌大为改观。

第二次世界大战后，工业生产和军事技术得到迅速的发展，各种类型的自动化系统相继问世，如自动化运输系统，使冶金、电力、加工、化工等部门都显著地提高了生产效率，而飞机的自动驾驶仪，火炮的自动瞄准以及雷达的自动跟踪等，都大大地改善了军事装备的性能。

近年来由于自动化控制技术和计算机、微处理机控制技术的结合，使工业自动化出现了崭新的局面。目前在宇航事业，军事制导，船舶导航等方面，计算机自动控制技术得到迅猛发展，在其他工业领域也得到广泛应用，并且已经开始进入了港口码头装卸运输系统，改变了以往的控制和管理面貌，使港口装卸运输系统作业效率大为提高，保证了整个码头联合运输系统的稳定运转，安全作业，并进一步改善了劳动条件，见图 0—0。

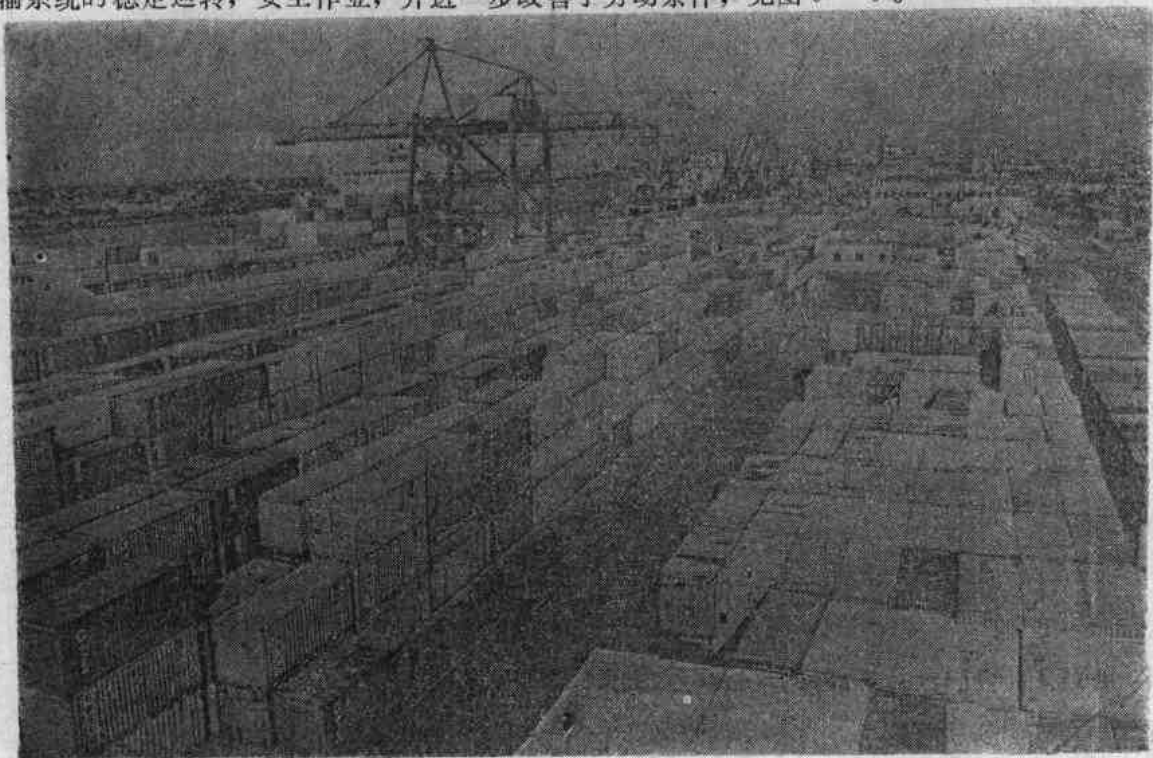


图 0—0 现代化的上海港第十作业区集装箱运输系统及设施

在工程和科学，工业生产和交通运输的发展过程中，自动化和自动控制技术起着极为重要的作用。实践证明，即使对原有的工业生产和交通运输系统，采用自动控制技术进行改造，其效果也很显著。因此自动化已成为工矿企业，港口码头现代化的重要标志之一。

我国现代化的港口码头正在不断兴建，如宝钢的主副原料码头，北仑港的矿石中转码头，秦皇岛的煤码头，又如天津塘沽港的集装箱码头，上海港的九区、十区集装箱码头、厦门港的集装箱码头等，都是现代化的码头，大量的采用了自动控制和现代管理技术，应用了小型计算机和微型计算机以及可编程序控制器，使得作业效率大幅度提高。

从整个工业自动化的过程来看，大体上可分为三个阶段，即：三十年代到四十年代的单体设备的局部自动化；四十年代到五十年代为适应设备向大型化和连续化发展的需要而采用的设备的组合，巡回检测，集中监视、集中操作、集中控制和管理阶段；六十年代至今，即向大型、专用、高效、高速的综合自动化发展，实现了过程控制优化与管理调度自动化相结合的分级计算机控制系统。这属于一种大规模工业自动化系统，它使工业自动化技术发展到一个新的阶段，是目前自动化技术发展的一个重要方向。

港口的装卸运输作业发展过程，也基本上经历了上述三个阶段，由装卸作业设备的单项自动化，发展为组合自动化再有今天的综合自动化。特别是计算控制和管理已在我国的港口装卸运输事业中成为必不可少的组成部分，这是十分可喜的现象。这说明我国港口装卸运输事业已进入计算机控制的年代。一个典型的分级计算机装卸作业过程控制系统如图0—1所示。

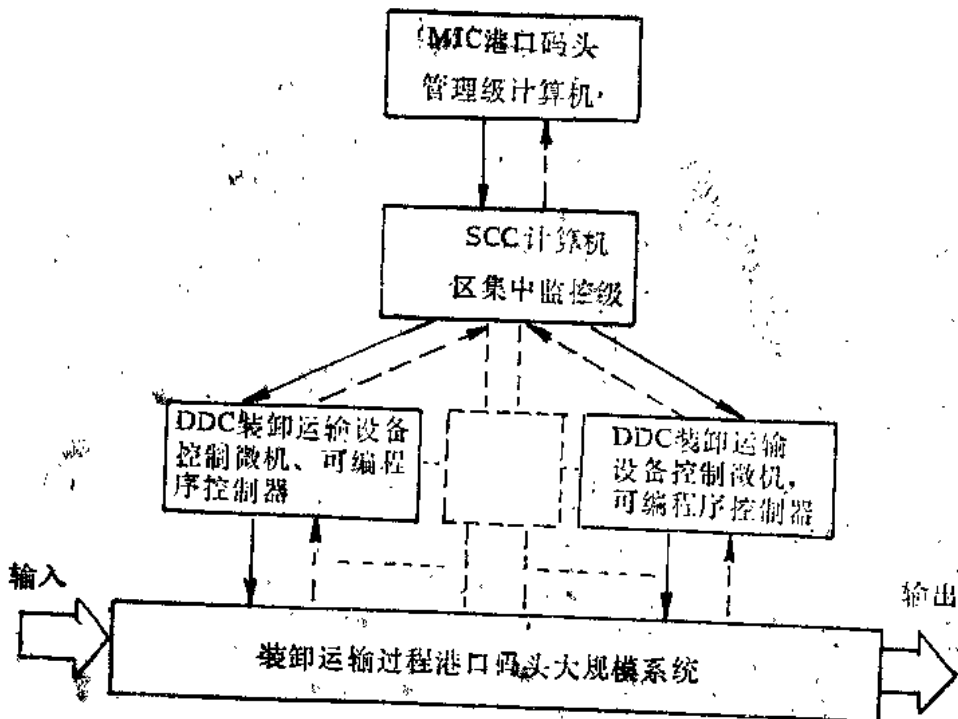


图0—1 分级计算机控制系统

从码头的装卸作业过程来看，装卸运输作业设备工作计算机，主要进行过程的预设定，现场动态控制和顺序控制。它有采集数据，PID调节，位置控制，自动减速、联锁，安全保障等功能。一般称为直接数字控制(Direct Digital Control缩写为DDC)；而作业区集中监

控计算机，主要是协调DDC级各系统的工作，实现过程监控和优化。它有预选流程，使皮带机系统或各子设备联锁、联动，设定DDC各级数据，装卸设备的遥控运转(包括自动运转)，设备故障数据的集中处理、让DDC及时向管理计算机输送信息等功能。一般称监督控制级(Supervisory Computer Control缩写为SCC)，最后为港口或码头的管理计算机，它主要进行全码头的计划管理和信息处理。它能编制泊位计划及作业程序表，生产任务的调度、管理，输出各种表格。可见数据处理任务较多。一般称生产管理级，英文缩写为MIC。

经验证明，在港口或码头的控制和管理中，采用集中型计算机控制是不适宜的，其主要原因是硬件的可靠性要求很高，不然机器发生故障将给整个港口系统带来严重的后果。目前国外对控制计算机的连续运转率要求达到99.5%的高指标，也就是一年中停机不超过4小时。目前如此高的可靠性还难以达到。因此不少地方采用双机并用的方法来实现集中型的计算机控制。这就使自动化投资昂贵，不能为使用者接受。同时，由于系统越大，相应的数学模型也越复杂，因此在实现集中型控制时建立相应的数学模型将是一个十分困难的问题。这方面的研究虽在不断进行，但结果还不能令人满意。

在港口码头的控制管理中应用分散型计算机控制将得到很大好处。首先是近年来有了以微处理机(Micro processor)为核心的微型计算机(Micro Computer)，使分散型计算机控制有了可靠的基础。再就是分散型计算机控制系统可靠性高，价钱便宜，实现特殊控制规律方便而灵活，特别是由于控制范围的缩小，对建立数学模型带来了方便。因此六十年代得到广泛应用。图0—2为现代化计算控制的港口物料搬运系统。

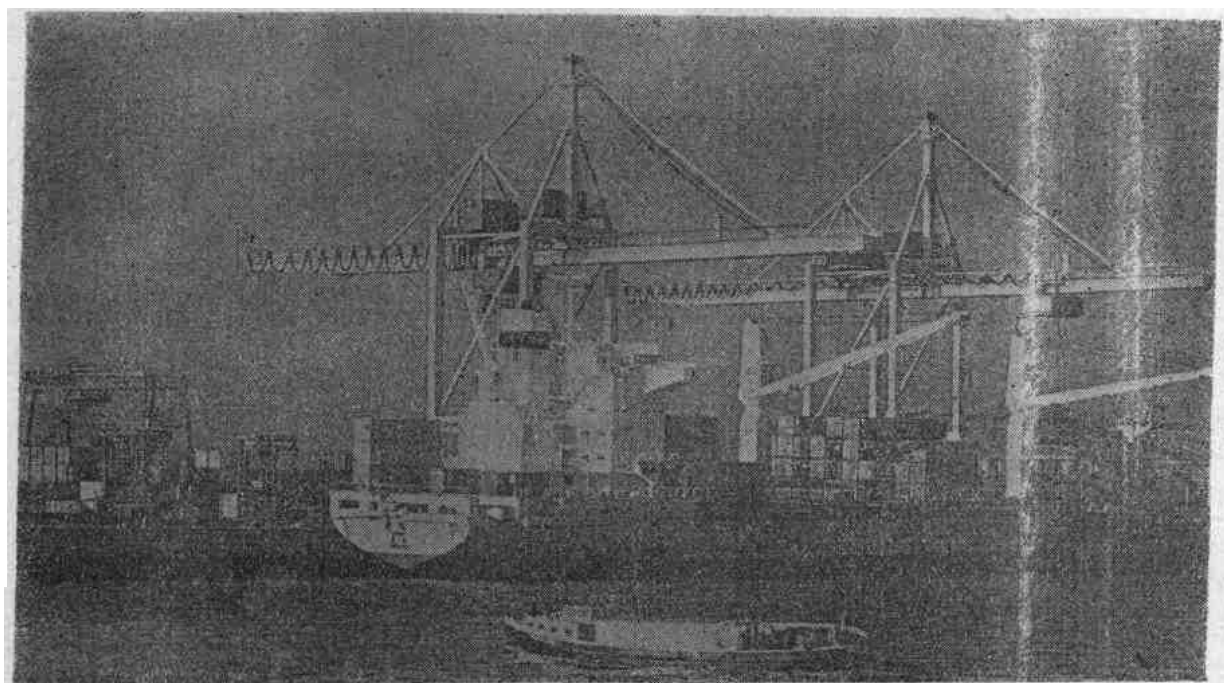


图0—2 与上海结为姐妹城市的汉堡市现代化港口系统及设施

但是，随着港口装卸运输系统向着大型、专用，高效高速方面发展之后，装置之间、设备之间的联系更趋紧密，特别是现代化的联合运输作业系统，为了进一步提高装卸运输效率，降低成本，使系统始终处于最佳运转状态，再靠局部范围孤立的控制是难以获得显著效果的。因此，在兼顾“集中型”和“分散型”的优点之后，产生了计算机的分级控制。它将两者

的优点有机的结合起来,使计算机控制进入了一个崭新的阶段。这种以计算机为中心的分级大系统已成为当前发展的重要方向。

实践证明,装卸运输作业系统用计算机控制,能使系统处于人们所希望的“最优工作状态”,从而大幅度的提高经济效益。从目前来看,在大规模的港口作业系统中,控制设备的投资,已由过去的30%增加到50%~60%。这说明,建设中设备投资的重点已越来越多地放到自动控制用的设备上去了。并且由于计算机控制带来的经济效果显著,使用于计算机的投资费用很快得以全部回收,据国外报导,一般一至二年即可全部回收。图0—3所示为一大型计算机多级控制的散货输出码头。图0—4为堆场大型头轮机,它可由机上PLC控制,又受控于中央控制室。

虽然计算机控制已深入到港口物料搬运控制系统,且确实使生产率得到大幅度提高,劳动生产条件也得到不同程度的改善,但事物的发展是永无止境的。统观世界上港口物料搬运自动控制系统的历史,那些发展较早的国家又面临着一个新的飞跃,这一飞跃体现在智能控制技术正被大量应用到各个部门中去,港口物料搬运自控系统中引入智能控制技术已开始出现。

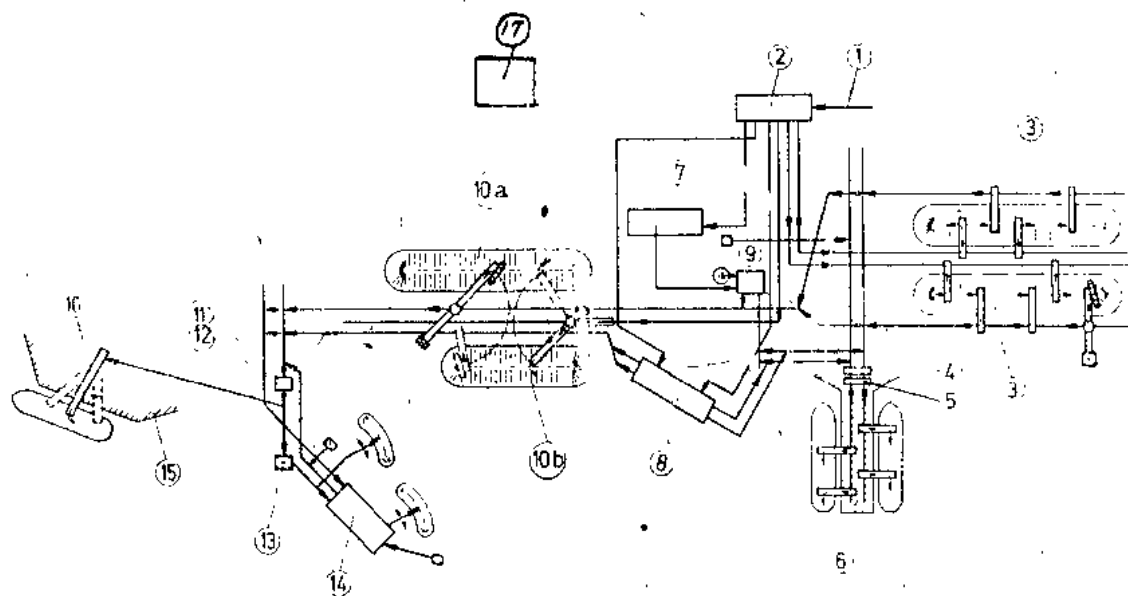


图0—3 大型搬运设备组成的出口码头大系统

1. 矿石列车进入; 2. 列车卸料站; 3. 旧矿石堆场及堆垛机和斗轮机系统(8台练斗机和一台斗轮机); 4. 取样站; 5. 称量设备; 6. 拥有4台装船机的码头; 7. 仓库; 8. 仓库; 9. 金属筛站; 10. (a, b), 具有堆垛机和斗轮机的新堆场; 11. 新取样站; 12. 新称量设备; 13. 新的称量控制设备; 14. 新的金属筛站; 15. 码头; 16. 装船机; 17. 中央控制室。

在港口物料搬运自动控制系统中引入智能控制技术,就构成了港口物料搬运智能控制系统。

如果设想在港口物料搬运系统中的某一个系统的输入和输出都模式化,把熟练操作人员或管理人员的经验、技巧(知识)和操作也都模式化,并用相应的设备对系统进行自动控制,那就构成了港口的物料搬运“智能控制系统”。

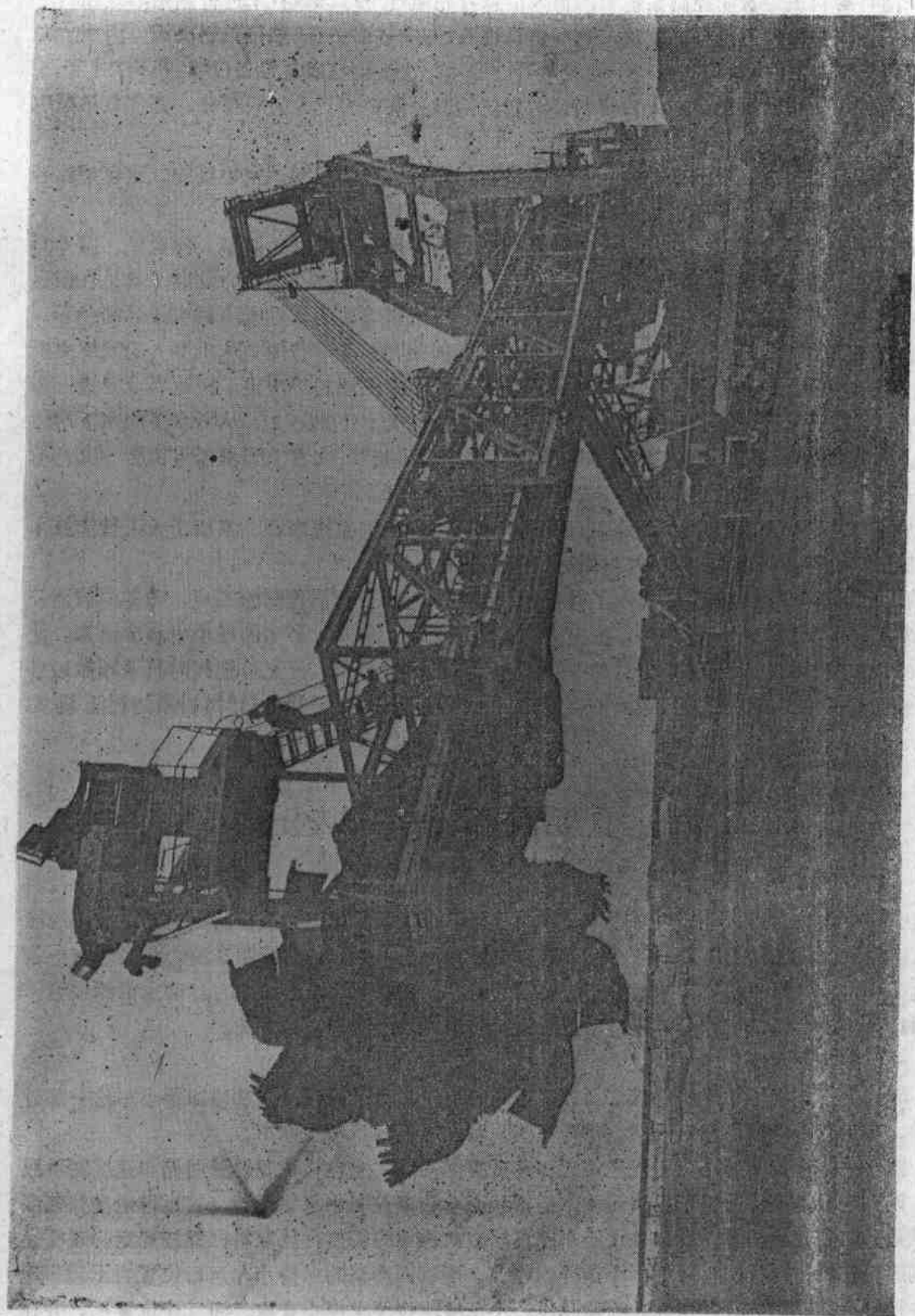


图 0—4 现代化的计算机控制港口装卸矿石、煤炭系统中的 PLC 控制斗轮机

在港口物料搬运智能控制系统中,输入信息首先通过“模式识别”来进行鉴别,这相当于一般控制系统中的检测部分。其次,这些信息进入“专家咨询系统”求得控制决策。因此“专家咨询系统”相当于一般控制系统中的控制器。最后,决策信息通过设备(执行机构)对被控对象进行控制。由上可见,在港口物料搬运智能控制系统中的三大组成部分,都含有微型电脑。

以上就是将出现在我们面前的新一代的港口物料搬运智能控制系统的概貌。这也是作者正从事研究的课题,相信不久在我国也会出现这样的现代化系统。

将讨论的题目再向前延伸一点,就触及到港口物料搬运系统中的机器人问题了。国外的专家曾说过,搬运系统及其执行机构本身就是一个“巨型机器人”,今后的发展,就是在搬运系统中将执行机构置换成众多的搬运机器人而已。现有机器人的作业无不具有搬运的色彩,因此在搬运事业中机器人化并非难事,而要着重发展的是赋予它智能。从机器人的发展史上来说,搬运机器人还属发展最早的一类。因此世界的技术发展趋势决定了搬运事业要进一步的发展自己的搬运机器人。在港口事业中还特别发展一类水下机器人,从事众多的水下搬运作业。作者曾从事过这方面的研究试验工作,“水下作业机”一文在上海机器人协会一九八七年第一届学术年会上的发表,就是作者多年来研究的成果。

从港口物料搬运智能控制系统中的模式识别和专家咨询系统来看,都属于人工智能技术的领域,因而可以统称为港口“物料搬运智能机器人”。

在港口物料搬运中已大量引入了微电脑,微电脑有利于智能控制的实现,而港口智能控制的实现,与其他部门一样,可以进一步将人类从繁重、危险、恶劣的环境中解放出来。使将来的港口发挥出更大的作用。这是一种不容忽视的发展趋势,应充分把握时机兼顾搬运事业的现在和未来,研究发展我国的港口“物料搬运智能控制系统”和港口“物料搬运智能机器人”。

§ 0—2 自动控制系统的组成及分类

一般将用自动控制的生产作业过程系统称之为生产作业过程自动化系统,这是自动控制系统中最广泛的一类。将一系列运转、作业过程中的状态参数作为被控制量的港口装卸运输联合作业系统,也属于此类。当然,在港口中还有一些小型的自动控制系统。其他还有一些非生产性的自动控制系统,如军事上的搜索、瞄准、跟踪系统,港口中的自动水位测量等。下面将具体的介绍生产作业过程自动控制系统的组成及术语和它的分类。

一、组成及术语

我们举一个例子来说明港机自动控制系统的组成。为了简明,先从装卸桥小车这一部分开始,至于整个港口作业区的联合作业系统,将在下面的章节中介绍。

图 0—5 为装卸桥小车运行的位置和速度控制系统。它包括位置测量回路和速度测量回路。该系统根据该二回路所提供的小车运行状态参数来控制小车的运行,其运行距离和速度也就是我们要控制的量。我们要求小车能根据装卸作业的需要,从取料位置按规定的速度运行到卸料位置,再返回进行下一个循环的作业。所以,严格的保持小车运行位置的正确和速度的稳定,是控制的关键所在。这就是说,小车要能按要求停止在取、卸二个位置上,并在运行中能稳定在规定的速度值,直到我们改变位置和速度为止。在此过程中就是根据实际的

小车位置和速度与应该维持的正常位置和速度(即给定值)之间出现的偏差来进行控制的。

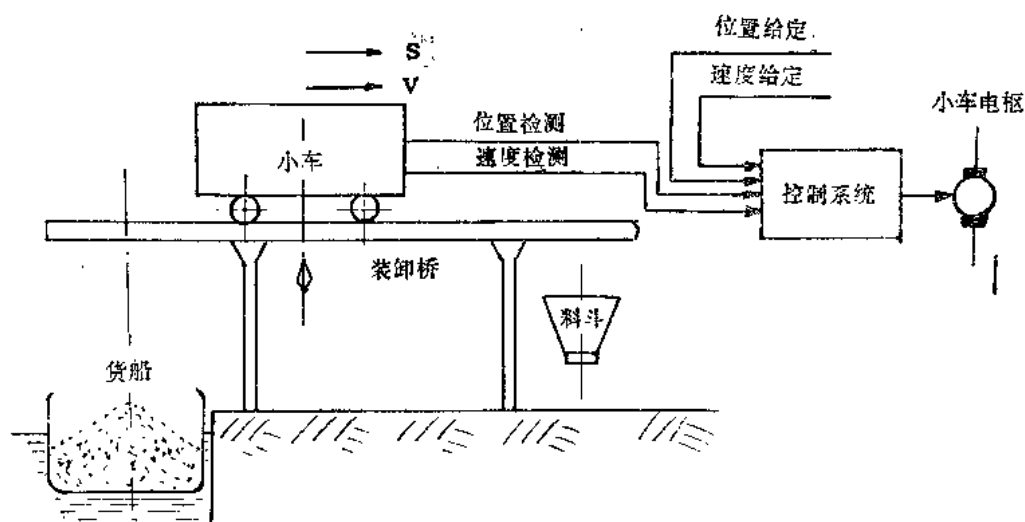


图0—5 小车位置和速度控制系统示意图

从上图可知,要实现小车运行位置和速度的控制,至少必须要有由检测和变换(距离及速度)的元器件、和被称作控制装置的比较、放大、调节器组成的系统、以及控制对象(电机)等三部分自动化装置与小车组成的一个控制系统,其示意图见图0—5。它的组成方框图如图0—6所示。

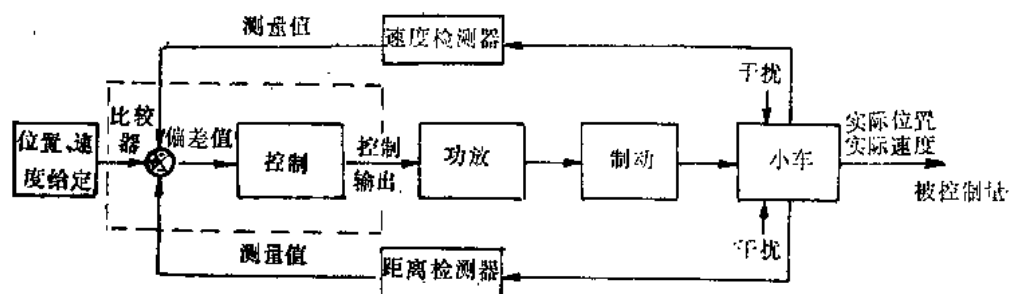


图0—6 小车位置及速度自动控制系统方框图

由上例的方框图,我们来说明下列术语的意义:

1. 被控对象

被控对象可简称对象或过程,就是被控制的设备或机器,或由它们组成的系统。在上例中小车就是被控对象。

2. 被控参数

被控参数亦称过程变量。按照生产作业过程的要求,某些参数应该维持在期望的变化范围之内。若对这样一些量进行控制,它们就叫被控参数。在上例中,距离和速度均称被控参数。当控制系统中有一个参数需控制,则称此自动控制系统为单变量自动控制系统,而有二个以上参数需控制的则称为多变量自动控制系统。

3. 干扰

干扰也称为扰动。一般能影响被控参数的各种量(或称作用)都称干扰量或扰动量。干扰

又分为内部干扰和外部干扰。内扰一般指控制系统通道中能量或物质因素的变化引起的干扰。比如上例中, 供电电压波动引起的扰动即是一种内扰。凡属内扰以外的其他一切扰动, 如上例中小车负载的变化、轨道情况的变化等引起的扰动就是一种外扰。如果人为地调整小运车行阻力, 使被控参数发生变化, 这样造成的干扰则称为基本扰动。

4. 测量元件和变换元件

在控制时我们靠什么来发现干扰的影响呢? 这就要靠测量元件对被控参数进行测量, 并且变换成一定形式的信号输出。上例中的距离就是通过位置测量装置对车轮的转动进行测量, 而速度则通过测速电机或速度传感器进行测量, 然后再将这些量进行变换, 这就组成了检测变送器见图 0—6 所示。而由变送器输出的值就称测量值。

5. 给定值

也称期望值。它是一个恒定的与正常的被控参数相对应的信号值。上例中的期望距离和速度值即是给定值。

6. 偏差值

在自动控制系统中, 偏差值定义为给定值与测量值之差。此项工作由比较器来完成。在系统的反馈过程中, 将输出部分的测量值送回系统的输入端, 称之为反馈。在控制中应用的主要是负反馈, 而正反馈一般是不允许的。以图 0—5 所示系统为例, 若在位置和速度环中使用正反馈, 小车就无法按规定的速度和距离来停车, 这是很危险的。

7. 执行器

执行器一般由传动装置和调节装置组成。执行机构直接作用于被控对象, 使被控制量达到所要求的值。在上例中的小车驱动机构即为执行器。

8. 闭环与开环

闭环系统就是一个反馈系统。在自动控制系统中, 它是指系统信号的传递路线来说的, 如果被控对象的输出信号(即系统的输出信号)经过一连串的自动化装置又回到被控对象, 则称为闭环系统。如果系统的输出信号不再返回到系统的输入端, 对系统的控制作用不产生任何影响, 则此系统称为开环系统。

由以上可知, 在研究自动控制系统的特性时, 必须抓住它的本质和规律, 抽出它们的共性, 找出各种系统都包含的一些基本环节, 研究它们的输出和输入之间的关系, 这样我们就能掌握各个环节的特性, 和环节本身的特殊规律, 便于对各环节提出各种要求和对系统作进一步的分析研究。而系统的方框图为我们研究系统的特性提供了很大的方便, 它使我们能一目了然抓住系统各环节之间的相互关系。

二、控制系统的分类

控制系统有多种分类的方法, 可按生产作业过程的不同参数来分类, 如温度、压力、速度、距离、摆角等的控制; 可按所用自动化装置的不同来分类, 如常规控制系统和计算机控制系统; 也可按系统结构的特点来分类, 如反馈控制系统、前馈控制系统, 反馈控制是依靠反馈信息进行的, 也称闭环控制, 而前馈控制是按干扰进行控制, 不存在被控量的反馈, 所以也称开环控制系统等。可见每一种分类方法都只反映了自动控制系统的某一方面的特点。但是在分析反馈控制系统时, 随着给定信号的不同, 使用的分析方法也不同, 因此常将控制系统按不同的给定值来分类, 一般分为三类:

1. 定值控制系统

在生产作业过程中, 绝大多数的参数(温度、压力、速度、物位等)一般都要求维持在某一值上不变, 这个正常标准值就是给定值, 所用的控制系统应是定值控制系统。在此情况下的自动控制也往往称为自动调节。又因为定值控制系统的给定值在正常运行下是基本不变的, 也就是变化量为零, 系统的输入就是干扰信号, 因此把这类系统称为定值控制系统。当然, 有时为了满足某种生产要求, 给定值也可以从某一值改变到另一个值。

2. 随动控制系统

这类控制系统的特点是给定值在不断地变化, 随动系统的主要作用是克服干扰, 使被控制量尽可能快而准地跟随给定值而变, 而这类给定值往往是随时间任意变化的未知时间函数。随动系统应用很广, 如跟踪、瞄准, 测量仪表的显示等都属于此范围。

3. 程序控制系统

程序控制系统实际是随动系统的一种特例。这类控制系统的给定值也是变化的, 但它的变化规律是一个已知的时间函数。这类系统多用在周期性工作的场合中和给定值按某一预先规定的时间程序变化的场合中, 例如装卸桥小车的程序控制即是。

以上所讲的反馈控制系统, 在系统中流动的信号规律都是连续变化的, 因此可统称为连续控制系统。反之, 若系统中有一个以上的信号是断续的, 则称这类系统为断续控制系统, 我们熟悉的采样控制系统和数字计算机控制系统都属于这一类系统, 它们在控制动作上对时间是离散的, 但它要求定量地控制被控量。

§ 0—3 控制系统的品质指标

控制系统的品质指标, 是系统设计和实际运行中应满足的指标。它是衡量系统性能的标准, 是分析系统和系统综合的重要依据。任何自动控制系统都必须满足稳定、准确、快速的品质要求, 首先要满足稳定性的要求, 这是为了保证生产作业过程不产生过分振荡而影响正常运行和危及安全的条件, 尤其是大型港机, 要避免对结构的动力冲击。

在自动控制系统中, 被控制参数不随时间变化的平衡状态称为静态; 被控制参数随时间而变化的不平衡状态称为动态。当系统处在静态时, 系统的干扰等于零、给定值就不变, 控制器输出也暂不变, 因此被控制参数也就不变。一旦有干扰进入系统或给定值有了改变, 系统的平衡将被破坏, 被控制参数开始偏离给定值, 控制器就起作用, 迫使被控制参数回到给定值; 系统中的各个环节和参数都处于变动之中, 系统所处的这种状态就是动态。可见动态比静态要复杂得多。但是在分析研究生产作业系统时, 了解系统的动态比了解系统的静态更显得必要。我们将系统处于动态中, 被控制参数在不断变化, 这一随时间而变化的过程称之为过渡过程或控制过程。这实际上就是系统从一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的过程。在前面提到的一切控制系统必须具备的稳定、准确和快速性能中, 快速性可以从系统的过渡过程来得到衡量, 这就是系统的动态品质。由于动态品质有时间域和频率域二种表示方法, 下面将着重说明在时间域里, 系统在单位阶跃输入(或干扰)作用下(这是一种突变的干扰), 被控参数在控制作用下, 可能出现的各种过渡过程。

当系统在单位阶跃干扰作用下, 系统的过渡过程有如下四种典型状态, 见图 0—7 至图 0—10。

图 0—7 所示为一不稳定系统, 干扰进入系统经过控制后, 被控参数幅度越来越大, 远