高等学校教材

铁路运营管理自动化

北方交通大学　杨　浩　主编
胡安洲　主审

中国铁道出版社
2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书论述现代自动化技术的发展及其在铁路运营管理中的应用。主要内容包括:铁路运输管理信息系统,编组站综合自动化系统,行车指挥自动化系统,客运管理自动化系统,货运管理自动化系统和工业企业运输管理信息系统等。

本书是高等学校交通运输专业本、专科教材,也可供其他管理学科、专业以及从事铁路自动化管理系统设计、运营和管理的工作人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路运营管理自动化/ 杨浩主编 .—北京:中国铁道出版社,2000.6
ISBN 7 - 113 - 03721 - 6

Ⅰ.铁… Ⅱ.杨… Ⅲ.自动化技术 - 应用 - 铁路运输 - 运输管理 Ⅳ.F530.86 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 20755 号

书 名:铁路运营管理自动化
作 者:北方交通大学 杨浩
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)
责任编辑:金锋
封面设计:李艳阳
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
开 本:787×1092 1/ 16 印张:9.5 字数:240 千
版 本:2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷
印 数:1～3000 册
书 号:ISBN 7 113 03721 6/ U·1028
定 价:12.90 元

版权所有 盗印必究
凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前　言

电子计算机的应用与铁路运营管理自动化是各国铁路技术发展和铁路现代化的大趋势。根据改革教学内容体系、进一步拓宽专业知识面和加强实践性、综合性技术应用及重视学科间的相互交叉渗透的原则精神,考虑到自动化技术的迅猛发展和计算机信息技术在铁路运营管理中日益广泛的应用,本书对自动化理论和技术的基础知识和发展趋势进行了比较系统的回顾与总结,对铁路运营管理自动化的运作需求和技术特点进行了较深入的阐述,内容涉及现代自动化技术在铁路运营管理中应用的不同层面和主要领域,对我国铁路现代化发展中的新技术,如铁路运营管理信息系统 TMIS、编组站综合自动化系统、计算机编制铁路列车运行图和客票预售系统等,都作了比较全面和详尽的论述。

本书由北方交通大学交通运输学院杨浩主编,胡安洲主审。参加编写的有:杨浩(第一章)、钟雁(第二章)、李海鹰(第三章)、赵鹏(第四章第一、三、四节)、马建军(第四章第二节)、赵瑜(第五章)、朱晓宁(第六、七章)。

本书可作为交通运输管理工程专业大学本、专科学生的计算机原理及其在铁路运输中应用课程的教材,也可供从事铁路自动化管理系统设计、运营及管理工作的专业技术人员参考。

编　者

1998 年 10 月

目　　录

第一章　绪　　论 …… 1

第一节　自动化理论和技术发展的回顾 …… 1
第二节　现代控制论的基本知识 …… 4
第三节　企业综合自动化 …… 10
第四节　铁路运营管理自动化的特点 …… 15
复习思考题 …… 22

第二章　铁路运输管理信息系统(TMIS) …… 23

第一节　铁路运输管理信息系统概述 …… 23
第二节　TMIS 设计目标及总体结构方案设计 …… 27
第三节　TMIS 功能构成与效用 …… 33
第四节　TMIS 主要应用系统设计方案简介 …… 36
第五节　TMIS 应用系统编码设计和文件设计 …… 42
第六节　铁路运营管理信息系统(OIS) …… 45
复习思考题 …… 49

第三章　编组站综合自动化 …… 50

第一节　编组站综合自动化概述 …… 50
第二节　编组站货车信息处理系统 …… 53
第三节　编组站货车控制系统 …… 58
第四节　编组站调车场尾部微机集中联锁系统 …… 71
复习思考题 …… 74

第四章　行车指挥自动化系统 …… 75

第一节　行车指挥自动化概述 …… 75
第二节　计算机编制列车运行图 …… 78
第三节　列车进路控制 …… 87
第四节　列车运行调整自动化 …… 92
第五节　移动自动闭塞 …… 97
复习思考题 …… 100

第五章　铁路客运管理自动化系统 …… 101

第一节　铁路客运管理自动化概述 …… 101

第二节　铁路客票发售和预订系统…… 104
第三节　铁路客票发售和预订子系统设计…… 107
第四节　行包管理自动化系统…… 114
第五节　旅客信息服务系统…… 116
复习思考题…… 118

第六章　铁路货运管理自动化系统…… 119

第一节　铁路货运管理自动化概述…… 119
第二节　铁路货物运输生产计划编制自动化…… 120
第三节　货运站作业管理自动化…… 123
第四节　集装箱运输管理系统…… 129
复习思考题…… 134

第七章　工业企业内部铁路运输管理信息系统…… 135

第一节　工业企业铁路运输生产及其管理特点…… 135
第二节　工业企业铁路运输管理信息系统的开发…… 139
复习思考题…… 145

参考文献…… 146

第一章　绪　　论

第一节　自动化理论和技术发展的回顾

一、自动化

人类在其漫长的社会发展历程中，围绕生产斗争实践，总是不断地改进生产工具，自觉或不自觉地将生产工具的改进同减轻人的体力劳动和脑力劳动的追求联系起来，作为提高劳动生产率的重要因素。最初，是生产工具的省力化和机械化，随后则发展为半自动化和自动化。进入20世纪，尤其是第二次世界大战后，人类认识世界和改造世界的能力达到了新的高度，几千年来梦寐以求的自动化的理想逐渐变成了现实，我们正处在向社会生产和社会生活的各个领域逐步实现自动化的时代。

什么是自动化？自动化一般是指生产、管理和科学研究中，在没有人的直接干预的情况下，通过一定的技术设备或装置，能够按照预定的程序或规则进行，并达到预期目标，减轻人的体力劳动和脑力劳动，从而提高效率的过程。而相应的技术设备或装置，称自动控制装置或自动机。

生产过程自动化通常包括自动检测、自动信号保护连锁、自动操纵和自动控制四个方面

1. 自动检测

自动检测是指在生产过程中，对正确反映生产情况的各种参数进行自动、连续、快速、准确地检测和显示，向操作人员提供实时信息以便直接对生产过程进行监督。检测是控制的基础和前提，自动检测是实现生产过程自动化的首要基础。铁路上的红外线自动轴温检测装置便属于自动化检测装置。

2. 自动信号保护连锁

安全是生产的首要基础和条件。由于设备故障、环境干扰或人为差错导致生产状况异常，甚至危及生产安全时，自动信号保护连锁系统能起自动报警、切断电源、启停相关联的设备、导向安全的作用。该系统实质上是生产过程的自动安全防护系统。铁路上的自动闭塞、集中联锁系统及自动停车便具有自动保护和导向安全的功能。

3. 自动操纵

自动操纵是对机器、设备等进行自动的启停或按照一定的程序自动运行的有序操作而无需人工干预的系统，其核心技术是各种无人操纵系统和机器人。例如，日本东京市中心至东京湾滨水区间由计算机控制的无人驾驶列车。

4. 自动控制

为保证产品的产量和质量，在生产中要求有关的工艺参数必须保持在给定的标准值范围，但实际生产中总是存在各种随机干扰因素，使上述工艺参数偏离出给定的标准值范围。自动控制便是旨在自动克服这种不利的影响，保证系统正常稳定运行的专门技术，它是生产过程自动化的核心。高速铁路上的列车速度控制系统便属于自动控制系统。

二、自动化理论和技术的发展

在自动化的发展史上，我国古代工匠发明的“铜壶滴漏”计时器、记里鼓车、东汉张衡发明的混天仪、北宋苏颂和韩公廉发明的水运仪，代表了当时世界上自动装置研制和应用的杰出成就；在西方，则有希腊人发明的与我国“铜壶滴漏”类似的水钟，有古埃及的赫伦描述过的古戏台的一种可设置和改变舞台背景、开关门户的机械自动装置，有意大利文艺复兴时期著名科学家和艺术家达·芬奇制造的供国王路易十二玩赏的机器狮。由于人类社会生产实践的限制，这些技术发明和成就未能成为促进生产发展的主流因素，但是，它们所闪耀的智慧之光，在人类文明史上是永不磨灭的。

真正的、现代意义的控制论和自动机是随着社会化大生产的形成和发展而出现的。尤其在资本主义的生产方式进入社会化的机器大生产时期后，随着生产工具的改进与变革，自动装置的研制和应用也相应取得了进展，其中具有重要意义的典型的自动装置是英国技师瓦特在 1787 年发明的蒸汽机离心调节器。这种装置利用离心力原理，当蒸汽机轴上负荷增加、转速减慢时，调节器的角速度也相应减小，通过调节机构能自动地抬高供汽管上的闸板，增加进汽量以加快蒸汽机的转速。在上述实践的基础上，英国科学家麦克斯韦于 1868 年发表了一篇关于调速器的论文，对反馈现象作了理论上的论述，这是控制论学说史上的重要文献，标志着反馈控制系统的制造和研究成为近代科技史上的重要课题。

到 20 世纪三四十年代，自动控制理论学科已逐步形成，当时称为伺服机构理论（Theory of Servomechainscmes）。所谓伺服机构，是对机械运动进行自动控制的反馈控制系统。

与此同时，各主要工业国逐步出现了半自动化的生产作业线和生产车间，使社会化的机器生产开始出现自动化的萌芽。美国福特汽车公司的工程师哈德于 1946 年研制成功了能自动地将发动机汽缸送进传动机及从传动机中取出的装置，是生产自动化萌芽的重要标志。1947 年，福特汽车公司建成了第一个自动化部门。1948 年 10 月 21 日出版的《美国机械师》杂志，第一次使用“自动化”(Automation)这个术语介绍福特汽车公司自动化研究的成果。

但是，发达国家在社会化大生产基础上高度的生产力发展水平，已经不能满足于按生产程序控制的以简单的伺服机器为标志的自动机械。自动化仪表和集中控制装置的研制使用，促进了连续生产过程自动化和综合自动化技术的发展。到 20 世纪 70 年代，随着超大规模集成电路和微处理机的出现，进一步推出了更高水平的、在一定程度上能代替人的感觉、知觉和思维过程的自动机器，即模拟人的智能的机器。这种智能自动化机器是基于对人体的自动调节和控制机制的认识和对人体功能的模拟，不仅旨在减轻人的体力劳动，而且旨在减轻人的脑力劳动。而对人体功能的模拟，不仅要综合运用现代数学、逻辑学、信息论、生理学、系统论和控制论等现代科学理论，而且必须借助电子计算机这一高速度、大容量的信息处理工具和技术。因此，维纳在《人当作人来使用——控制论与社会》一书中明确表示：现代社会生产的自动化必须将反馈控制与电子计算机应用紧密结合起来。事实上，目前工程技术界对于自动化的理解，一般都认为它应当具有两个主要的技术分支，一个是自动控制技术，另一个是以电子计算机为中心的信息处理技术。两者的区别和联系如图 1 - 1 所示。

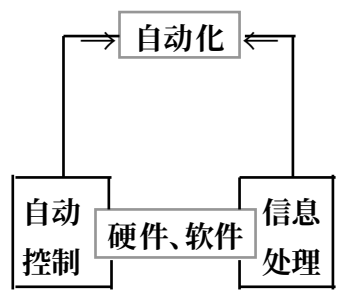


图 1 - 1　自动控制技术与信息处理技术在自动化技术中的区别与联系

由图 1 - 1 可见，现代意义的生产自动化技术是自动控制技术与计算机技术相结合的产

物,现代自动机是以计算机为控制机和处理机的智能化系统。

从 70 年代中期到现在,自动化技术的发展以集散控制系统(DCS)为主要标志。DCS 是以微处理机技术为基础,集成了“4C”,即控制技术(Control)、计算机技术(Computer)、数字通信技术(Communication)和屏幕显示技术(CRT)的全新控制系统。该系统有两大特点:一是“集”,即系统中全部功能模块由数字通信网络联成一个整体,可以共享系统的信息和资源,又便于对系统实行集中管理和控制;二是“散”,即系统的总功能被有机地分解为各个子功能,每个子功能由以微处理机为核心的模块来完成,某一个模块出现故障不会对整个系统的工作构成危险,所谓功能分散、危险也分散,系统具有高度的安全性和可靠性。据估计,全世界已售出的 DCS 在 15 000 套以上,德国和日本的炼油厂,分别有 75% 都采用 DCS。我国在钢铁、电力、石油化工等部门也在积极引进 DCS。目前,DCS 已成为大型生产过程的主流控制装备。

三、现代自动化技术的主要特点

1. 自动控制的精度和智能化程度不断提高

自动化技术不仅能代替人无法完成的体力劳动,而且在大量地代替人的脑力劳动,后者的发展势头很快。因此,哪个国家自动化技术发展得更高级,意味着这个国家在总体上的“智力”水平更高。

2. 自动化技术日益向系统化、综合化方向发展

由于自动化技术的应用领域越来越广,社会效益越来越大,因此在自动化技术的应用开发研究中,加强系统的、综合的观点十分必要。

3. 知识密集化和高技术集成化

自动化技术是多种基础科学、技术科学和工程技术相结合的产物,其发展又受技术、人、组织、经济和文化等多种因素的影响。需要指出的是,在发展自动化技术过程中,硬设备固然是十分重要的物质和技术基础,但必须充分重视软技术所起的关键作用。

4. 先进制造系统与准时制相结合的混合自动化发展模式

自动化系统是人机系统,其设计观念、目标追求和实施方法均受人类行为成因中社会环境的显著影响。西方国家(以美国为代表)追求先进制造系统,依靠高度的集成化,力图将人对生产的干预减少到最低程度;而日本则强调准时制生产,依靠人的自我调节能力解决各种非常规问题。这两种模式各有利弊,前者在尖端技术研究和新产品概念形成方面处于世界领先,但由于投资强度大,在商品化方面却相对落后;后者注意人与适用技术的结合,投资相对较少,在开发商售产品能力上领先,但在科技创造性方面却落后于前者。因此多数国家倾向于把两者结合起来,走混合自动化模式的发展道路。

四、自动化技术的应用

现代自动化技术已经广泛渗透到人类的社会活动之中,成为推动新的产业革命和促进社会全面发展的重要力量。自动化技术的研究开发和应用水平也已成为一个国家发达程度的重要标志。

现代自动化技术的出现曾被认为是第二次工业革命的重要标志,首先在汽车工业,随后在机械制造、钢铁、化工、石油等工业部门获得广泛应用,经历了从单机自动化到综合自动化的发展过程,产生了巨大的社会经济效益。据统计,从 1936～1976 年,自动化技术的应用使劳动生产率提高了近 4 倍。而预计从 1978～2018 年,全世界的劳动生产率将提高 8 倍。1988 年美

国工厂自动化设备的市场规模为 600 亿美元,1992 年已扩展到 1 000 亿美元。1989 年工业自动化设备的世界总销售额为 444 亿美元,1991 年则达到 571 亿美元,并仍将以年均 8.3%的速率递增。除了工业领域以外,在高科技农业方面,自动化技术被应用于营造现代种植业和养殖业的人工环境,出现了自动化蔬菜工厂和采用机器人的无人饲养场。在军事上,1991 年的海湾战争中,各种有自主控制能力的新型高精度武器、无人战车和无人驾驶飞机,具有高度自动化水平的 C3I(即指挥、通信、控制和情报)综合自动化系统,使人们对现代军用自动化技术的成就惊叹不已。自动化技术是推动现代科学研究发展的必不可少的环境和条件,不仅许多科学仪器离不开自动控制技术,而且现代大规模的实验研究装备本身就是一个复杂庞大的自动化系统。在家庭生活方面,各种自控的家用电器大大改善了人们的生活质量,并朝着高层次、电脑化方向发展。日本正在积极发展的所谓“电脑大楼”、“电脑住宅”,是应用计算机自动管理的,集通信、照明、空调、报警、烹饪和娱乐为一体的家庭自动化系统。

总之,生产自动化、办公自动化、军事自动化、农业自动化乃至家庭自动化,已成为现代化社会的重要标志。现代自动化技术正在人们的社会生活中发挥越来越大的作用,而且这种发展越来越快。为了加快实现我国的社会主义现代化,使我国在世界高技术的竞争乃至新的产业革命中立于不败之地,大力发展自动化技术是一件非常迫切的战略任务。

第二节　现代控制论的基本知识

现代控制论的奠基性著作是美国科学家维纳于 1948 年发表的《控制论》一书。这部著作是维纳总结和融会 20 世纪前半叶的科学技术成就,特别是现代系统论和信息论的理论成果,对传统的控制理论和技术进行变革和创新的产物。因此,控制论、系统论和信息论,是现代科学理论发展的三个具有划时代意义的重要标志。

现代控制论由于同系统论、信息论和其他现代科技理论的相互交叉和渗透,其研究领域也从生产领域逐步延伸到经济和社会领域,产生了许多新的研究分支,形成了一个博大精深的科学体系。本书仅就其主要原理和方法作一简要的介绍。

一、自动控制系统的构成

任何自动化系统都由被控对象和自动装置两大部分组成。

1. 被控对象

所谓被控对象,是指需要控制的设备、机器或生产过程,例如:铁路运输中列车的速度控制,控制的对象是运行中的列车;列车运行的进路控制,控制的对象是构成某个列车运行进路的有关线路、道岔和指示信号;编组站驼峰作业过程中车辆溜放速度、车组溜放间隔以及停留车位置的控制,控制的对象则是列车解体的全过程。

一般而言,生产过程的控制不仅包含由多个相关设备有机构成的群体,而且是一个动态的时间过程,不仅要控制各个设备的状态和性能,更重要的是要在一个动态的时间范围内控制这些设备的整体的或集成的状态和性能。但需要指出的是,由于生产过程的复杂性和基于特定的控制目标,被控对象不一定就是生产设备的整个装置,一个设备也不一定就只有一个控制系统。

2. 自动装置

所谓自动装置,是指实现自动控制的工具和装备。自动装置通常包括:

(1)测量元件和送变器。测量元件用以感受工艺参数的变动，送变器则是测量信号的转换装置，以保证将测量元件的输出信号转换为控制仪表所要求的统一的信号。

(2)调节器。调节器是自动装置的中枢机构，它把测量元件和送变器送来的信号与工艺上需要保持的规定参数值进行比较，得出偏差，并根据偏差大小，按事先设计的运算规则进行运算，输出相应的控制信号，使执行调节机构动作。

(3)执行调节机构。执行调节机构是对被控对象施加调节或控制作用的机构，一般有气动、电动和液动三类，它接收调节器发出的控制命令，运动调节机构，产生调节作用。

(4)给定机构。给定机构也称定值器是将被控参数的给定值转换成统一信号的装置，以便使给定值送入调节器与测量信号进行比较。

此外，一个自动化控制系统还包括其他一些辅助装置，如电源及其稳压装置、气源及其过滤装置、减压阀和显示仪表等。

一个自动化控制系统可由图 1 - 2 所示的方框图表示。

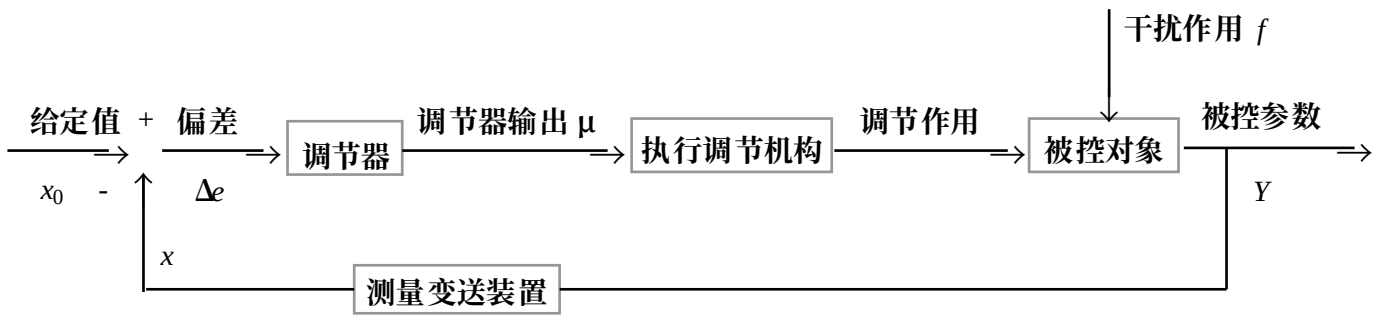


图 1 - 2　自动化控制系统方框图

图 1 - 2 中，指向各方框的箭头表示该环节的输入信号，使被控参数偏离给定值的各种因素统称为干扰，干扰作用 f 也是被控对象的一个输入信号，它使被控参数 Y 发生偏离给定值的变化，被控参数 Y 是被控对象的输出，测量变送装置感受到被控参数 Y 的变化后发出测量信号 x，测量信号 x 送至调节器的比较机构，与给定值 x_0 进行比较并产生偏差信号 Δe，这个偏差信号使调节器发生动作并送出一个输出信号 μ。执行调节机构接受这一控制信号，产生相应的调节动作并作用于被控对象，使被控参数发生重返给定值的变化，因此调节作用又是被控对象的输入。自动控制系统工作时，信号就这样自动地沿箭头指示方向前进，最终又回到原来的起点，形成一个闭合回路，如此不断反复循环，直至被控对象的参数达到或接近给定值为止。

图 1 - 2 中，系统的输出参数即被控参数经过测量元件和送变器后，又返回系统输入端的做法称为反馈。而反馈信号 x 是负值，因此又称负反馈。

以铁路运输生产过程为例，列车运行图是规划和指导列车在各个铁路方向和区段运行的基本依据，列车运行图所规定的列车区间运行时分和车站停站时分是对列车运行组织系统的平衡状态的一种标准化的图形描述，相当于列车运行组织与控制系统的给定值；而在实际运营中，由于设备状态、气候、运输组织等因素的影响，列车运行实绩偏离运行图规定时间的现象并不罕见，这些影响均可视为外部环境的干扰；列车运行偏离现象的计量，是由其运行途中各个车站履行接发列车作业过程确定并向铁路分局行车调度报告的，各个车站的接发列车系统相当于测量送变装置；分局行车调度员根据列车运行实绩与标准的分析比较，确定列车运行调整方案，在整个列车运行组织与控制系统中发挥调节器的作用；分局行车调度向所辖各站下达列车运行调整方案，所以各个车站又是列车运行组织与控制系统的调节执行机构，通过执行调度命令对列车运行进行调控，使之恢复按图行车。因此，铁路列车运行组织与控制系统可以图 1 - 3 表示。

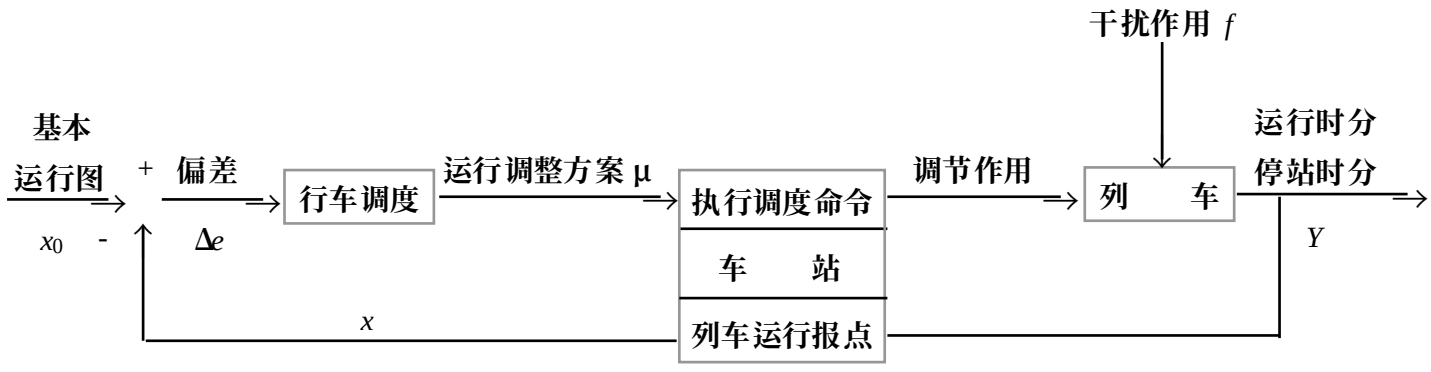


图 1 - 3　铁路列车运行组织与控制系统方框图

从图 1 - 3 可见，铁路列车运行组织与控制系统也具有负反馈控制系统的鲜明特征，而且其执行调节机构和测量送变装置是合一的。不过在实际工作中，由于列车调整方案往往还带有某种先导的调节和控制功能，因此又不同于简单的反馈控制系统，而是远为复杂的前馈—反馈控制系统。随着技术进步和系统控制功能的提高，车站作为执行调节机构和测量送变装置两者合一的功能也在变化。为更精密监测列车运行，除车站外，需在区间设置多个检测点，因此系统的测量送变装置从车站扩展到区间，出现多点检测、向调度系统输送反馈信息的新情况；为更有效执行调度调整方案，需将执行调度命令的控制权集中到行车调度，这就是调度集中控制及其高级形式——由计算机控制的列车进路自动控制。列车运行调整方案的编制，本来就是实时性强、高智能的脑力劳动，为适应高速行车的需要，也在人工智能和专家系统的基础上发展智能化的列车运行调整计算机辅助决策系统。

二、自动控制系统的状态及其品质

1. 自动控制系统的状态

在自动化领域，通常把被控参数不随时间而变化的平衡状态称为自动控制系统的静态或稳态，把被控参数随时间而变化的不平衡状态称为自动控制系统的动态。

当自动控制系统的输入(给定值和干扰)和输出均恒定不变时，整个系统处于相对平衡状态，系统的各组成环节如送变器、调节器、执行调节机构等均不改变其原有的状态，其输出信号也处于相对静止状态。这里所谓的静态，是指各种作用及信号的变化率为零、保持恒定值的状态。

如果由于某种外界的干扰作用破坏了系统原有的相对平衡状态即静态时，被控参数会立即随着变化，从而使组成系统的调节器等各种自动化装置也相应改变其输入和输出，并最终克服干扰影响，重新建立系统的平衡状态。从干扰发生，经过调节直至重建系统平衡，是一个时间过程，其间整个系统的各个环节和参数都处于变动状态之中，这种状态称系统的动态。

系统的静态是暂时的、相对的和有条件的；而系统的动态则是普遍的、绝对的和无条件的。在生产过程中，干扰是客观存在的、随机的和不可避免的。干扰不断产生，调节器就要不断克服干扰的影响，自控系统就总是处在往复不息的动态过程之中。所以，研究自控系统，要以调节的动态过程为主，即研究干扰和调节这一对矛盾的相互作用而产生的被控参数的变化过程以及在这个过程中系统的动态和静态品质，以满足生产过程的控制要求。

2. 自动控制系统的过渡过程

在动态过程中，自控系统的被控参数是随时间而变化的，这个过程称自控系统的过渡过程。过渡过程既是系统从一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的过程，也是自控系统的调节

作用不断克服干扰影响的过程。

(1)阶跃干扰。生产实际中的干扰是各式各样的。但在分析研究自控系统时,一般都采用阶跃形式的干扰。所谓阶跃干扰,是指一种突如其来的变化,这种变化一经加上就不再消失,如图 1 - 4 所示。阶跃干扰是对被控参数影响最大的干扰,也是一种对生产和设备最不利的干扰,如果一个自控系统能承受阶跃干扰并及时消除它的影响,那么该系统就一定能够较容易地克服其他形式的干扰。同时,阶跃干扰又是一种最符合生产实际的干扰形式,如负荷的突然增减、电压的波动等等。此外,阶跃干扰的形式简单,易于模拟实现,理论分析和处理也简单方便。因此在分析自控系统中,阶跃干扰是应用最广、最重要的、最典型的干扰形式。

(2)过渡过程的基本形式。在阶跃干扰作用下,自动控制系统的过渡过程有图 1 - 5 所示的五种基本形式。

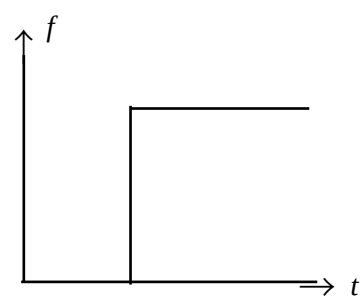


图 1 - 4　阶跃干扰

①单调过程:被控参数在给定值的某一侧做缓慢变化,最后能回到给定值,如图 1 - 5(a)。

②非周期发散过程:被控参数在给定值的某一侧逐渐偏离给定值,而且随着时间的推移,偏差越来越大,永远不能回到给定值,如图 1 - 5(b)。

③衰减振荡过程:被控参数在给定值附近做上下波动,且振幅逐渐减小,最后能回到给定值,如图 1 - 5(c)。

④等幅振荡过程:被控参数在给定值附近做上下波动且振幅不变,最后不能回到给定值,如图 1 - 5(d)。

⑤发散振荡过程:被控参数在给定值附近做上下波动且振幅逐渐增大,偏离给定值越来越远,如图 1 - 5(e)。

图 1 - 5　过渡过程的基本形式

上述五种过程可以归纳为稳定的过渡过程和不稳定的过渡过程两类。稳定的过渡过程,如图 1 - 5(a)和(c),表示系统受到干扰,平衡被破坏,但经过调节器的工作,被控参数能逐渐恢复到给定值或达到新的平衡状态,这种情况是我们所希望的。不稳定的过渡过程,如图 1 - 5(b)、(d)和(e)。其中(b)、(e)所示的过程是被控参数随时间推移而无限地偏离给定值,而一旦超过生产允许的极限值则可能发生事故、造成损失,这样的过渡过程绝不能采用;(d) 所示的过程是介于稳定和不稳定过渡过程的一种临界状态,但在实际生产中也把它归于不稳定过

渡过程的范畴,因为它意味着组成系统的设备和机构将不断地作频繁的往复动作,各种参数也将不断地作大幅度的波动,这在生产中一般也是不允许的。

三、自控系统的品质指标

评价一个自控系统的工作质量,不仅要看其静态状况,更要看其动态状况。实际生产对控制主要有三方面的要求,即控制系统的稳定性、快速性和准确性。工业和交通中的控制系统多为定值系统。衡量定值系统的优劣,是根据系统受到扰动作用后产生的过程曲线的形状和所持续的时间进行分析。一般是在定值系统中规定某一时刻 $t = t_0$ 时加入一个单位的阶跃扰动,然后根据其过渡过程曲线,使用衰减比、最大动偏差、静差和调节时间几个品质指标进行评价。

1. 衰减比 n

如前所述,一般工业生产大都希望得到衰减振荡的过渡过程,衰减比 n 就是被控参数产生衰减振荡时前后两相邻波峰以新稳态值为基准的比值。如图 1-6 中,$n = B' / B$。

2. 最大动偏差(超调量)

在衰减振荡中,最大偏差指的是以给定值为基准的第一个波的峰值,如图 1-6 中的 A,而最大动偏差则是最大偏差与新的稳态峰值之差,即 $B = A - C$。

3. 静差

图 1-6 衰减振荡过渡过程品质指标示意

当过渡过程结束,系统达到新的平衡状况时,被控参数所达的新的稳态值与原给定值之差称为静差。生产控制上一般要求静差越小越好,但也同时意味着控制系统的复杂性增大和系统投资增大,因此应根据具体情况确定合理的静差。

4. 调节时间(过渡时间)

从阶跃干扰作用于系统始至被控参数达到新的稳态值止所需时间称调节时间。从理论上说,这个时间值为无穷大,实际上由于测量仪表的灵敏度所限,当被控参数接近稳态值的某个规定的小范围时(通常取稳态值的±5%),测量仪表的指示不再改变,此时就认为被控参数达到了新的稳态值并以此确定调节时间,如图 1-6 中的 t_s。

根据自动控制系统状态的含义,我们可以认为,铁路列车运行组织与控制系统的平衡状态是指列车严格按列车运行图规定正常运行时的状态,包括个别列车的运行状态和整个区段或方向在某一时间阶段内整体的运行秩序。铁路列车运行组织与控制系统的动态是由于各种干扰影响发生的偏离运行图的实际状态,而列车运行调整则是克服各种干扰影响、追求恢复按图行车和列车运行秩序稳定的过渡过程。铁路列车运行调整的效果,也可以按照有关的品质指标,例如晚点范围、总晚点时分和恢复正常秩序所需时间(调节时间或过渡时间)等来衡量。

四、自动控制系统的分类

自动控制系统的类型,从不同的角度可有不同的分类方法。

1. 按控制系统的结构分

按控制系统的结构,可分为开环控制系统和闭环控制系统。开环控制系统是指系统的输出量对系统的控制作用没有影响,无闭合回路、只有一次调节作用的系统;闭环控制系统则相反,它是利用输出量与给定值的偏差进行控制,使之趋于所希望的数值的控制系统,因此闭环控制系统是典型的反馈控制系统。

开环控制系统具有设计简单、易实现、控制动作简捷的优点,但存在对控制结果既不能自动检测、又不能随时调节的缺点。闭环控制系统则克服了开环控制系统的不足,但也存在对干扰反应滞后的缺点,对有较大延迟的被控系统,被控参数往往出现较大的动态偏差。为了达到更好的控制效果,人们设计了开环控制和闭环控制相互配合的控制系统——复合控制系统,其原理是:当外界扰动作用到控制系统而被控参数尚未来得及反应时,系统按开环控制进行粗调,使控制作用一开始就抵消掉扰动的大部分影响,而未能抵消扰动的少部分影响则通过闭环控制回路的反馈作用,对被控对象施加按偏差信号进行的控制作用,可以达到较理想的控制效果。系统按开环控制进行粗调,也称前馈作用,是基于对外界扰动作用的预测而施加的控制,因此复合控制系统又称前馈—反馈控制系统。

2. 按给定值分

按给定值的不同,可分为定值控制系统、程序控制系统和随动控制系统。定值控制系统是给定值在系统工作过程中始终保持恒定,从而使被控参数保持恒定或基本恒定的系统,如恒温控制系统。随动控制系统也称伺服系统或跟踪系统,是一种给定值随时间随机变化而且变化规律难以预知的反馈控制系统,对这种控制系统的要求是希望被控参数总能快速准确地跟踪给定值的变化,各种送变器、测量仪表的自动指示均可看作是随动控制系统。程序控制系统是给定值已知的时变函数的控制系统,它要求被控参数严格按事先确定的时间变化规律来改变,如弹道式导弹的控制系统,大多数自动化装置中的计算机数据处理系统也属于程序控制系统。

3. 按调节动作的时间和关系分

按调节动作和时间的关系,可分为连续控制系统和离散控制系统。连续控制系统的各个环节的输出是其输入的连续函数。离散控制系统又可分为脉冲控制系统和继电控制系统,前者是用脉冲元件将连续的输入量转变为有一定周期的短暂脉冲输出,如用控制计算机或直接数控仪组成的采样控制系统;后者则用继电元件实现断续控制,如继电式浮子水位调节器。

4. 按控制系统的动态特性分

按控制系统的动态特性,可分为线性控制系统和非线性控制系统。线性控制系统可以用线性微分方程来描述系统的动态特性,其动态特性参数可认为是恒定或近似恒定的,因此可用线性迭加原理处理多个扰动作用的综合效果;非线性控制系统的动态特性参数至少有一个不能保持恒定,因此只能用非线性微分方程描述而且求解困难,现实中的复杂系统多为非线性控制系统,其控制机制的实现是一个相当复杂的问题,目前一般是采用将非线性系统线性化的近似方法来解决这类复杂的系统控制问题。

此外,还有按控制系统闭环回路的数量,按被控参数的数量以及按被控参数的稳态值是否存在静差的分类方法等等,不再赘述。

按照上述分类特点,铁路列车运行组织与控制系统,从列车运行调整计划编制与执行的特点来看,是包含前馈—反馈控制在内的一个复合控制系统;从追求按图行车、控制过程的程式化和对列车运行跟踪的要求看,它兼具定值控制、程序控制和随动控制的特征;从整体控制的时间过程看,它是连续控制系统,而从具体的控制作用看,它又是离散式的;从控制系统的动态特性看,由于该系统固有的复杂性和各种动态特性参数在开放的环境条件下难以保持恒定,它

实质上属于非线性控制系统。

现代社会生产自动化技术的发展,已进入各种自动控制技术综合和优化运用的新阶段,在反馈控制的基础上,进一步发展了分布式控制、模糊控制和智能控制等以计算机为基础的控制技术,并把生产过程的自动化发展为企业综合自动化。

第三节　企业综合自动化

一、企业综合自动化的客观要求

第二次世界大战后,国际社会经济发生了一系列的新变化,主要是:技术更新速度加快、市场多变、竞争加剧,企业工程项目大型化、复杂化,生产过程自动化、连续化,经济活动国际化。这些变化对企业经营管理提出了新的要求,使企业管理的范围更为扩大、结构更为复杂。因此,企业战略目标和经营方针的正确决策远比属于业务执行范畴的工序管理、库存管理、供应管理等问题更为突出和重要;企业管理中的情报搜集、整理和在此基础上的科学预测具有新的重要意义。现代企业管理的最主要特征可以用一句话来概括:企业的生产和经营活动必须及时地适应企业外部不断变化的市场需求。企业经营管理的任务,是规划、组织企业的内部资源条件,以实现企业的经营目标。生产过程自动化和设计过程自动化是企业经营管理活动的一个重要方面,它们属于企业内部条件中的技术能力的范畴。而在此基础上发展起来的企业综合自动化,则是将企业生产经营管理中的一系列重要活动综合起来,统筹地、科学地进行决策、规划、计划、调度和控制。这就要求企业建立起一套完整的决策体系,包括建立各级决策机构,制订和推行科学的决策制度和决策程序,并运用科学的决策方法。与此相配合,首先要求企业建立起能够支持企业各级经营管理的、以计算机为基础的管理信息系统,并在此基础上,进一步发展各种决策支持系统和以知识经验归纳推理为特征的专家系统。以便极大地提高企业的管理、决策、应变和竞争能力。

二、计算机管理信息系统

计算机管理信息系统是由管理人员、计算机及其网络等组成的、能用于经营管理的信息资源收集、存储、传递、加工、使用和维护的系统。企业管理信息系统的根本任务是帮助管理人员进行生产经营管理决策。例如:工厂或道路建设中的投资方向、建设规模、厂址选择和设备选型决策,市场经营中产品(或服务)结构、产品(或服务)设计与定价、营销地区和促销手段的决策,生产管理中资源分配、库存补充安全保障和质量标准的决策,人事管理中人员结构、干部选拔和工资制度的决策,财务管理中的资金筹措、成本控制和利润分配的决策等等。

1. 管理信息系统(MIS)的功能

管理信息系统的功能,总的来说就是为各级管理决策人员迅速、及时、准确、完备地提供决策所需的各种信息,辅助他们进行管理决策。由于企业经营管理活动包括高层、中层和基层三个不同的管理决策层次,这些层次对决策信息的需求也各不相同。具体地说,管理信息系统应具备如下功能:

(1)适时采集企业各职能部门与经营管理有关的数据和信息。

(2)提供有关企业在一定时期内的生产经营状况的综合信息和各项技术经济指标。

(3)运用系统分析、预测、优化、仿真和人工智能技术,辅助各级管理人员进行生产经营决

策,编制生产经营计划、各类专业计划和生产作业计划,提出可供选择的计划、调度和控制方案。

(4)在市场用户需求和企业生产条件变动的情况下,及时调整、修改企业的生产经营活动,使企业具有较强的适应能力和竞争能力。

管理信息系统向各级管理人员提供信息的方式有三种:提供报表、回答查询和提供仿真结果。提供定期的或例外的报表主要是提供过去的信息,回答查询是提供当前和过去的信息,这两种功能是管理信息系统最基本的功能,仿真是一种在特定决策问题上提供信息,帮助管理人员寻求各种可行方案并对各种可行方案进行评价的有效方法,可通过模拟未来环境,提供关于未来的预测或参考信息。

为了充分发挥管理信息系统的功能,应当从企业全局出发,建立统一的管理信息系统。只有管理信息的集中统一和共享,信息才能成为企业管理的资源真正发挥作用。因此,一体化的系统意味着系统的功能综合、设备兼容、数据统一、规范一致,满足各层次管理人员的需求。这样的系统才能高效运行。

2. 管理信息系统的构成

管理信息系统的构成,是指管理信息系统的各组成部分及其相互关系。按功能划分,管理信息系统可分为职能子系统和支持子系统两大类。

(1)职能子系统。企业一般都由若干相对独立的管理活动,如生产、营销、财务、库存等构成不同的职能部门,每个职能部门又有管理层次之分。将横向的职能划分和纵向的层次划分综合起来,就构成一体化的管理信息系统,因此,管理信息系统就分成各职能子系统,如生产管理子系统、市场营销子系统、财务管理子系统、库存管理子系统等等。

(2)支持子系统。支持子系统是为保证各职能子系统正常有效运行所必须的物质技术条件,包括计算机系统、数据库及数据通信网络系统。

数据库是管理信息系统中储存各种数据的场所,是各职能子系统实现数据共享的基本保证。由于系统中产生和使用数据的部门众多、数据类型复杂、数据使用的要求不同以及部门间数据交换频繁等特点,除简单、小型的 MIS 采用集中数据库外,大多数 MIS 都采用分布式数据库。这些数据库在分布式数据库管理系统的统一指挥和调度下高效地完成各项数据库的功能,由于各数据库的类型可能不同,数据格式和使用方式有异,应注意解决不同数据库间的接口管理机制,在保持各异构数据库内部自治的条件下,对外透明,实现整个数据库系统内的数据共享。

计算机网络为系统内及各职能子系统间提供高速、有效、可靠的信息流动通道,为网络上的各类主机、工作站、个人计算机和终端设备提供文件传递、电子邮件等网络服务。各功能系统对数据传输的距离、数量、频率和速率的要求不同,大多要有若干互连的子网来完成各类通信任务,如以现场总线满足实时通信,以局域网满足同一厂区内信息流量大而实时性要求不高的通信,以远程网服务于不同地区或部门间的数据传输,各子网通过网络服务器、信桥、网络设备接口及通信控制器等互连成整体网络。网络的开放性十分重要,采用开放式互连(OSI)和国际标准通信协议,可使各子系统可能互连并协调工作,还为用户开发网络应用系统提供规范的通信手段。

三、决策支持系统

企业战略性的系统决策,有以下特点:一是没有充分的、可直接利用的先验信息,也没有现

成可循的样本,一般也不可能通过对整个系统的实验来得到所需的数据,因而决策后果也难以预料;二是系统决策涉及广泛的目标,这些目标间又存在错综复杂的关联,尤其目标因素中包含社会因素和人为因素,它们既是不确定的、模糊的,又难以用统一的尺度来衡量。这类决策问题称为非结构化或半结构化决策,我们无法对之规定明确的决策规则,或者只能对决策的某些步骤建立适当的决策规则,而其他步骤则需依靠决策者的知识或经验作出判断。因此,对于社会、经济等大系统,要作出科学、合理的决策并非易事。由于计算机技术的进步,曾经有人对利用计算机代替人的决策寄于过高的期望,而所有希望计算机能够直接给出(而不是辅助)决策的企图都失败了。这使人们认识到,计算机只能辅助决策,于是提出了“决策支持”的概念,利用计算机作为工具,达到协助决策人员对非结构化或半结构化问题作出决策,是支持而不是替代决策者的决策,支持的目的是改进决策的效能,而不以提高效率为主要目的。决策支持系统就是运用信息技术和计算机工具帮助、支持决策者完成决策任务的管理信息系统。

决策支持系统对决策者的支持水平大致可分为四个级别。

(1)第一级是帮助决策者提供检索与决策有关的各种事实,从大量原始数据中抽取出决策者所需要的信息。这类资料查询和信息服务是决策支持系统最基本的功能,大多数管理信息系统已具备这些功能。

(2)第二级是在完成数据分类、统计、存储、检索等基本功能的基础上,还能通过数学模型生成、分析和比较多个不同的可行方案,并将结果汇总,以表格或图形方式显示出来。也就是说,数据和信息已能按决策者的需要有目的地组织和处理,所得结果已能反映决策对象的某个方面的特征。在这一级别,正在开发一种基于价值观念的多目标决策方法。该方法立足于两个基本观点:一是处理复杂的系统决策问题必须有人介入;二是应将人的判断能力与信息处理机的能力结合并协调起来。也就是说,决策系统是人机交互系统,其中重复繁重的数据处理由普通计算机完成,专家们成熟的知识经验由专门的智能计算机承担,而机器难以处理的带创造性的关键决策任务则由人来指导或完成。

(3)第三级是在上述两个级别的基础上,建立存放知识和经验的知识库,利用其知识进行推理分析,进一步再把知识的应用与数学模型的应用结合起来,使整个决策过程中,既保持决策者最终判断的地位,又充分考虑决策者的个人偏好和已有的知识经验,并创造和提供决策者所需的决策依据,帮助和指导决策者进行决策。

(4)第四级是决策支持的最高水平,系统追求的目标是决策者和计算机的充分交互、取长补短。在系统中,先进的数据库技术、模型库技术、专家系统技术和人工智能技术得到广泛应用,自然语言成为人机交互的主要方式。

今后决策支持系统发展的方向是:扩大决策支持的职能领域,尤其是开发高层次管理问题的决策支持系统,进一步在决策支持系统中运用人工智能技术。

四、专家系统

专家系统也称以知识为基础的系统,它是用一定的知识和推理进程去解决通常需要人的知识和经验才能解决的复杂问题。或者说,专家系统是一种智能计算机软件,其智能来源于专家的经验、知识及解决问题的诀窍,而它所要解决的问题本来是应由称为“专家”的人来解决的。一个专家系统至少由知识库、推理功能、知识获取功能和用户界面组成。

1. 知识库

拥有知识是专家系统最主要的特征,知识库是专家系统的核心部分,包括与该专家系统所