

中国自动化学会第三届全国会员代表大会
国内外自动化发展动向报告集

中国自动化学会

一九八〇年九月

前 言

中国自动化学会第三次全国会员代表大会，于一九八〇年五月二十一日至二十六日在北京举行。除其他主要议程外，中国自动化学会的十个专业委员会及有关同志，还就自动化科学技术国内外动态，提出了十七篇综述报告。这些委员会是：控制理论、应用、仪表与装置、空间及运动体控制、遥测遥感遥控、计算机应用、生物控制论、模式识别及机器智能、系统仿真和系统工程等。会议代表就当前国内外自动化科学技术的发展动向广泛地交换了意见，并提出了许多有益的建议。

由于自动化科学技术内容十分广泛，各学科间相互渗透，从而又不断出现一些新领域，如生物控制论、经济控制论和社会控制论等。它引起了社会科学工作者的关注，在制订国民经济计划时，优化的概念受到普遍的重视。我们的控制理论工作者，对我国人口的计算工作也作出了贡献。

随着计算机科学的发展，仿真技术，模式识别和人工智能等技术得到了飞速的发展，这些技术将对我国自动化事业的发展起促进作用。

根据会议代表的要求，并期望这些报告对广大读者亦有所裨益，中国自动化学会办公室在科学院自动化所情报研究室协助下，将报告整理成册，以供我国广大的自动化科技工作者参考。

因时间紧促，编者水平有限，不妥之处请读者批评指正。

中国自动化学会

目 录

控制理论近几年来发展趋势.....中国自动化学会控制理论委员会	关肇直 (1)
关于开展“大系统理论及应用”研究的探讨中国自动化学会控制理论委员会	涂序彦 (8)
国内外钢铁工业自动化技术发展动态及趋势中国自动化学会应用委员会	陈振宇 (13)
自动化仪表装置技术发展的基本任务中国自动化学会仪表与装置委员会	吴钦炜 (22)
航空控制技术的发展情况.....中国自动化学会空间及运动体委员会	冯毓江 (29)
现代空间飞行器姿态控制和轨道控制中国自动化学会空间及运动体委员会	林来兴 (32)
空间遥测系统国内外进展情况中国自动化学会遥测遥感遥控委员会	姜素然 陶林森 (46)
国外遥感技术的发展.....中国自动化学会遥测遥感遥控委员会	杨世仁 (53)
工业遥控系统的现状及其发展.....中国自动化学会遥测遥感遥控委员会	张锡第 (65)
国内外计算机在自动化工程中应用发展情况中国自动化学会计算机应用委员会	龚炳铮执笔 (73)
生物控制论研究发展动向.....中国自动化学会生物控制论委员会	黄秉宪 (86)
模式识别在国内外的发展现状中国自动化学会模式识别及机器智能委员会	胡启恒 (98)
人工智能及智能控制系统中国自动化学会模式识别及机器智能委员会	蒋新松 (110)
仿真技术的几个问题和发展.....中国自动化学会系统仿真委员会	文传斌 (121)
系统仿真及仿真计算机.....中国自动化学会系统仿真委员会	王正中 (136)
美国、日本关于系统工程的教学和科研概况中国自动化学会系统工程委员会	陈珏 刘豹执笔 (144)
美国高等教育和科学研究概况.....特邀报告 上海交通大学	张钟俊 (152)

附 录

中国自动化学会第三届理事会理事名单.....	(161)
中国自动化学会第三届理事会理事长、副理事长、秘书长及常务理事名单.....	(161)
中国自动化学会各专业委员会及工作委员会一览表.....	(162)
省、市、自治区自动化学会一览表.....	(163)

控制理论近几年来发展趋势

控制理论委员会 关肇直 (中国科学院系统科学所)

关于现代控制理论的评述,曾在1978年本学会年会(太原)上谈过,发言稿已发表[1],这里不再重复。这里只就控制理论的发展趋势以及值得我们注意的一些问题略作补充。

一、关于总趋势值得注意的问题

从国内外的趋势看,我们应注意下列几个方面:

(1) 注意《经典控制理论》与《现代控制理论》的揉合。《经典》与《现代》两个形容词本应只是指发展阶段,但在控制理论中,这两形容词却又常被用来分别指频率响应方法与状态变量方法。频率响应方法不仅至今仍在相当的范围内行之有效,而且它本身仍在发展——例如在多输入多输出线性系统情形,这在下一节还要谈到。状态变量方法不仅在六十年代开始时航天技术的需要在计算技术所提供的技术条件下产生,而且已在航天技术上应用并取得了显著成绩,就是在工业控制上,在国外也已很见成效。以K.J. Åström为代表的瑞典学派把线性多变量系统的理论、随机控制、系统辨识与自适应控制用在多种工业上去——例如造纸、轧钢、矿石粉碎、化工、船用自适应自动驾驶仪等等——而取得显著成绩,足以证明,对于现代控制理论之能否应用于工业上的任何怀疑已无必要了。关键在于我们怎样善于用到工业实践上去。还应注意,现代控制理论的研究使得我们对于频率响应法的认识也更深刻了。因此,我们希望从事自动控制工作的同志们了解并在适当程度上掌握现代控制理论,并且在应用时,看哪种方法适合于自己所遇到的情况来决定取舍,而不要事前排除一种方法,把自己限制住。

(2) 应继续强调自动控制工程与应用数学相结合。现代科学技术发展的一个特点就是所谓“数学化”。马克思认为:一门科学,只有当它成功地应用了数学,才能看做很好地发展了的。在自动控制理论方面,“数字化”的趋势尤为明显,也显示得较早。事实上,在五十年代末,六十年代初控制理论发展之所以达到新阶段,除有其实际需要外,正是由于数字计算技术的采用,而为了用数字计算技术,就有必要用数学描述、分析与计算的方法。当时的数学已储备了合适的数学方法。新阶段的几位先驱者R.E. Kalman, R. Bellman, Л. С. Понтрягин等都是数学家,这并非偶然。当然,要想在现代控制理论中多作贡献,最好是研究自动控制工程出身而又掌握了现代数学,或研究数学出身真正深入到控制的工程实际中去。在我国当前这样的人还不多,提倡工程与数学两方面的人结合十分必要。在双方密切合作中产生两方面都擅长的新一代。相信这样

做较为符合国家的利益。

(3) 自动控制理论的方法已经渗透到许多更复杂的系统的研究中去。人们所关心的宏观经济、管理、环境污染、生态学、能源、人口等等所谓复杂系统或大系统的研究，在国外已很热闹，而我们才开始不久。在1979年我访问丹麦时，就与丹麦工业大学数理统计与运筹关系和丹麦统计中心合作，建立了丹麦经济的宏观经济模型，并用来评价国家的税收政策等等，这就是用最优控制来解决的。我们自动控制理论的工作者应注意这种研究领域的扩大，因为我们熟悉研究这种问题的方法——即控制理论的方法，当然针对这些问题原有的方法应当有所发展，我们应该有所创新。

(4) 把现代控制理论应用于我国各种工业的实际，依然是有待大家努力的。除在山西太原1978年本学会的年会上已经看到的业绩外，近一两年来又有一些新的进展。例如南开大学控制理论专业的师生在北京有机化工厂把自校正调节器的理论运用于过程控制，使这种控制运转了半年以上并取得成效。本学会应用委员会的陈振宇同志已组织国内把控制理论用于工业过程控制取得成效的各单位写出科学技术报告，并打算出版一本书，我想这一倡议必然受到我们学会广大会员们的欢迎。前面已经提到的瑞典K.J. Åström教授把理论与工程实践结合得非常好的经验值得我们学习。我们曾于今年四月请他在北京的中国科学院系统科学研究所讲学，他的讲稿我们正在整理，打算印出来供大家参考。他的宝贵经验之一正是我们过去在多种场合强调过的，即敢于简化，善于简化。当然合适的简化要建立在复杂模型的理论分析与仿真研究的大量工作基础上，最后真用在过程控制上的却又是阶数很低的系统。

二、关于控制理论中有些分支的评述

下面不打算对太原的报告中所涉及的十个方面逐一评述，这里只就上次谈得不够，或从近两年的发展看我们应该更强调的一些部分作补充的讨论。

(1) 多输入多输出线性系统的理论

一方面，这种理论发展得较为成熟，便于应用；另一方面，它又处于百花齐放的阶段，即现在世界上有许多学派，各有特点。在太原年会上我曾提过国外关于这方面的专题座谈会。事实上，美国在1977—1978年曾举行过竞赛，试图看看用在喷气发动机上哪种方法最好。结果，几种方法的优劣很难评价。下面对这些学派略加评述。

英国H.H. Rosenbrock的反Nyquist基阵的方法引起我国同志们的兴趣，他的著作[3]、[4]在我国已很流行。不久前出版的《控制系统设计的现代处理方法》介绍了反Nyquist基阵设计方法[5]（该书第六章），并且介绍了这方法在石油化工工业上的应用。这个应用是关于用煤气点火炉的控制。由于过去出口温度控制得不好，导致功率下降，每年造成损失是40000~80000英镑。这里涉及多变量系统，要求在设计控制装置之前能有一种多变量系统分析的实际方法。英国的学者们采用了Rosenbrock的方法作了分析，在这分析的基础上，在一个炉上安装四个独立的P—P—I控制器，使出口温度得到很好的调节。

本来处理多输入多输出线性系统的一种自然想到的方法是非相互作用控制。

法,选择一种级联补偿器,使补偿后的系统传递函数阵具有对角线形式。于是标准的单输入单输出系统的设计方法就能直接用上。但这种方法往往过份复杂。Rosenbrock的反Nyquist基阵设计方法正是并不试图完全消除相互作用,而仅把相互作用减小到一定程度,使得单回路技巧能用。他关于相互作用小的准则乃是对角线全导的概念。以上的例子恰好是对角线元是主导的情形。在复杂系统的情形,怎样使对角线元成为主导,这本身并不容易。Rosenbrock学派的人掌握了一些技巧,用来很得力,但这样就使这种方法带有“艺术多于科学”的味道。

如果不是去设法把传递函数阵化成对角线主导的形式,而直接抱经典控制理论中的传递函数的极点、零点、Nyquist图、根轨迹图等概念推广到多变量情形的传递函数阵上去,能否得出别的分析与设计方法呢?这里有不同的着手法,有人分别称它们为代数方法、几何方法与复变量方法[6]。

代数方法从有理传递函数的McMillan典范式开始,其后系统地处理了多变量系统的零点。这种通过传递函数阵的零点、极点研究分析多变量系统的方法,我们已在1976年控制理论暑期讨论班上作为主题讨论了,国外也已有好几篇综合性文章。这里不详述了[7][8][9]。代数理论的另一面乃是Kalman用module理论处理线性系统,把状态空间与转移映像结合起来。这种处理被推广到范畴论。其后[10]提出用module理论描述反馈并在环上作系统的实现,后者又由Sontag与Rouchaleau推广。这些都是Kalman理论的延伸。又参看[11][12]。

多变量线性系统理论的另一种探讨方法乃是Wonham的几何理论[13]。他使用状态空间的一些线性子空间,使得线性系统的一些属性显得更清楚。例如解耦能以很直观的方式处理。有些工程方面的同志觉得这种方法有些抽象,但Wonham学派自己也有了一套软件包便于这种方法在工程上的应用(AIRL)。Wonham的理论已在他受我们的邀请于1979年9月在北京讲学时系统地介绍了。讲学材料正在整理中。

经典控制理论中的Nyquist-Bode-Evans方法都用了简单的复变量理论。MacFarlane指明能用代数函数在多变量反馈系统中发挥复变量的作用。这样就能把Nyquist准则推广到多变量系统。后来根轨迹方法也被推广过来。这种方法的实际使用要求有计算机与很好的显示设备的交互作用。MacFarlane等发展了一种设计方法,依据传递函数阵的依赖于频率的本征值与本征矢量的运算[14][15][16]。

除上述外,多变量线性系统的理论还有一些其它方法,这里不详述(见[6])。

由于多变量系统的理论中有多种流派,又互有短长,这使学习的人遇到很大不便。于是产生了统一处理各种流派的方法的必要。我国的控制理论工作者在多变量线性系统理论方面最近两三年也发表了不少学术论文。这在本学会理论委员会所组织的多次学术活动中已经反映出来,请参看1979年5月在厦门组织的自动控制理论及其应用学术交流会,1979年12月在石家庄召开的自动控制理论及其应用的学术会议以及这个委员会推荐送交明年在日本京都召开的国际自动控制联合会第八届大会的学术论文。厦门会议翻译文集将于本年内由科学出版社出版。这里特别提出韩京清利用横山标准形的方法使得线性系统设计中好些问题的处理较为简便。我们也正在为这套方法配上软件。这里已得陈许操开第单位的帮助与合作(例如自动化研究所袁聿皇同志)。

此外分岔理论讨论非线性系统的失稳,这在太原的报告中也提到。与这类似,美国J. Allwright讨论谐波平衡与Hopf分岔的振荡,对梁和平井一正等关于非线性系统中突变的研究〔18〕。希望这种研究深入下去。

关于流形上的控制的研究。这在国外已经做了很多,Brockett〔19〕给出了这方面比较易懂的综合报告,其中用这种理论论证了一般的姿态控制系统的能控性。我们希望看到这种理论在姿态控制上更深刻更实质的应用。非线性系统的能控性与能观测性的理论已逐渐清楚起来了〔20〕。流形上控制理论的最重要的结果之一是能态的集控制〔21〕,我们也希望这个理论能在应用上产生积极成果。

(3) 分布参数系统的控制与辨识

在太原的报告中曾指出,分布参数系统的控制的研究,在国外还存在着理论与实际脱节的现象。本来,许多控制系统实际上是分布参数系统。凡涉及加热、干燥、化学反应等的工业过程本来应当写成分布参数系统。例如钢处理中的温度控制、管道化学反应器的控制、环境污染的监控与控制、油溢出范围的估计、森林火灾的控制、深海中采矿等等,都是分布参数控制系统。过去常用集中参数的模型代替而仍用集中参数系统控制的理论处理。近年已有一些报导表明分布参数系统控制真能用到工业上,例如〔22〕中谈到一维铝板中温度轮廓的估计,这报导表明,即使仅使用一个温度敏感元件并且有大的量测误差,仍能获得很好的估计。而且,为了在线估计,所需计算量很小。近年这方面的综合报告也注意强调了应用方面的情况〔23〕。我们也应真正把分布参数系统的理论,无论是系统辨识还是控制方面,认真应用到工程实际止,在这方面下更大力气。

这里还应指出,分布参数系统的理论已经越出狭义的自动控制的范围,而与大系统理论交叉。事实上,许多大系统不仅是状态空间维数高的集中参数系统,而往往涉及耦合的辨识与控制,从而应当描述成分布参数系统或甚至集中参数系统与分布参数系统的耦合。特别在环境污染的研究方面,情况尤其是这样〔24〕〔25〕。例如在〔24〕中有苏联G. I. Marchouk的文章,他用扩散方程讨论了环境问题与工业企业的最优控制问题。从事系统工程研究的同志似乎应留意分布参数系统的理论。

(4) 系统辨识

近来系统辨识的国际活动很频繁,单就国际自动控制联合会组织召开的工业学术交流来说,每三年一次,现已开过五届,第六届将在1982年举行。自1977年在上海召开的控制理论学术交流会以系统辨识为主题以来,每三年一度都有这方面的暑期讨论班,今年夏天将在哈尔滨举行第三次暑期讨论班。系统辨识同志所关心的已越出工业自动控的范围,而在医学上的应用,如通过系统辨识以及通过系统辨识建立飞行体制与舰船运动的简化模型等等工程应用。我们认为,一方面系统辨识是工业控制的必要前提,另一方面,它也是系统辨识与其它科学技术中去的先决条件。从系统科学来讲,对于物理现象,首先应通过物理学、物理学那样从基本规律给出其中现象的数学描述,然后才谈得上系统辨识。系统辨识的方法,通过实验设计、输入信号的选法、输出信号的选法、模型的选法、模型的数学模

型,然后才能对系统进行定量定性的研究。随着大家对系统工程、系统科学关心的增长,系统辨识的理论与方法在各种不同的系统上的应用将会成为多方面的科学研究工作者的对象。西安交通大学系统工程研究所正在进行研究,通过系统辨识建立人口的数学模型,这种工作值得重视。

今年四月瑞典K.J. Åström来此讲学,系统地介绍了他在系统辨识方面的成果,这将会对我国这方面的工作有所推动。

(5) 自适应控制

在本报告中曾谈到自适应控制理论已经达到了实用阶段。K.J. Åström的自校正调节器成功地用在多种工业控制上以及舰船的自适应自动驾驶仪上,而模型参数系统这类自适应控制已能叙述于经典控制理论的框架中,便于工程应用。在前面已提到南京大学的同志们把自校正调节器用在化工生产上。

在把控制理论应用于工业控制时,总要从系统的特定数学模型出发。但由于初始信息之不足,或由于系统与环境本身的不断变化,这种模型还需要在不断取得观测数据的基础上适时更新。因而为了真正用于工业控制,往往不得不求助于自适应控制。

[26]中提到国外真正投入使用或已经试验过的自适应控制系统,其中包括自适应的导弹末制导控制,自适应飞行控制系统——除早期X-15实验飞机的应用外,F111,F101,F-4飞机都装置了自适应控制器并曾试验过。美国国家航空航天管理局Goddard中心的卫星与恒星跟踪器有能调整的增益,用来补偿系统的惯性与摩擦的变化。这系统比以往的技术能提高一个数量级的改进。导弹用在线估计不断确定随环境变化的量测噪声。反弹道式导弹系统中的跟踪也用类似方法,实时估计出尾流造成的量测噪声。二氧化钛干燥器用自校正调节器来控制。F-8飞机数字遥控自动驾驶仪能用好几种自适应控制方法。这些已用或能用的例子都说明自适应控制能用于工程实际并产生良好的效果。

参 考 文 献

- [1]关肇直:现代控制理论中的某些问题,(I),自动化学报6:1(1980),49—56;(II),自动化学报6:2(1980),138—145。
- [2]Proc. of Intern. Forum on alternatives for multivariable control(1977),sponsored by National Engineering Consortium,USA.
- [3]H.H.Rosenbrock: State space and multivariable theory,1970.
- [4]H.H.Rosenbrock: Computer-aided control system design,1974.
- [5]H.Munro(ed.): Modern approaches to control system design, IEE Control Engineering Series No.9, 1979.
- [6]A.G.J.MacFarlane: The development of frequency-response methods in automatic control, IEEE Trans. on Autom. Contr. AC-24:2 (1979), 250—265.
- [7]S.Barnett: Some topics in algebraic systems theory: A survey, Int. J. Control 19(1974), 669—688.

- [8] M.K.Sain: The growing algebraic Presence in systems engineering, An introduction, Proc. IEEE 64: 1 (1976), 96-111.
- [9] Ю.Н.Ангелес, 线性控制系统理论中的状态空间代数方法, АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА 1977, 3, 中译本 (韩蔚清译) 载于《计算机应用与应用数学》1978, 3, 原文见《苏维埃无线电》A.I.N. 第四卷
- [10] M.J.L.Hautus and M.Heymann: Linear feedback: an algebraic approach, SIAM. J. on Control and Optim. 16: 1 (1978), 105-105.
- [11] C.Martin and R.Hermann: Application of algebraic geometry to systems theory: The McMillan degree and Kronecker indices of transfer functions as topological and holo-morphic system invariants, SIAM J. Control and Optim. 16: 5 (1978), 743-755.
- [12] E.W.Kamen and Khaled M.Hafez: Algebraic theory of linear time-varying systems, SIAM J. Contr. Optim. 17: 4 (1979), 500-510, 788.
- [13] W.M.Wonham: Linear multivariable control: A geometric approach, 1974.
- [14] A.G.J.MacFarlane and I.Postle thwaite: The generalized Nyquist stability criterion and multivariable root loci, Int. J. Contr. 25 (1977), 81-127.
- [15] A.G.J.MacFarlane and I.Postle Thwaite: Extended principle of the argument, Int. J. Contr. 27 (1978), 49-55.
- [16] A.G.J.MacFarlane and B.Kouvaritakis: A design technique for linear multivariable feedback systems, Int. J. Contr. 25 (1977), 837-874.
- [17] D.J.Allwright: Harmonic balance and the Hoff bifurcation, Mathematical Proc. of the Cambridge Phil. Soc: 82+3 (1977), 453-467.
- [18] 平井一正、岩井正隆、潮俊光、制御系、広域分散カタストロフイ現象, 日本电子通信学会NLP79-23, 1979.
- [19] R.W.Brockett: Nonlinear systems differential geometry, Proc. IEEE 64: 1 (1976), 61-72.
- [20] R.Hermann and A.J.Krener: Nonlinear controllability and observability, IEEE Trans. on Autom. Contr. AC-22: 5 (1977), 728-740.
- [21] A.Bacciotti: Structure métrique des orbites de familles symétriques de champs de vecteurs et théorie du temps minimum, SIAM J. Contr. Optim. 17: 2 (1979), 311-319.

- 研究性
参考文献
- (22) G.K.Lausterer, W.H.Ray and H.R.Martens: Real-time distributed parameter state estimation applied to a two-dimensional heated ingot, *Automatica* 14:4 (1978), 335-344.
- 又G.K.Lausterer and W.H.Ray: Distributed parameter state estimation and optimal feedback control--an experimental study in two space dimensions, *IEEE Trans. on Autom. Contr.* AC-24:2 (1979), 179-190.
- (23) W.H.Ray: Some recent applications of distributed parameter systems theory--a survey, *Automatica* 14 (1978), 281-287.
- (24) J.L.Lions et G.I.Marchouk(ed.): Etude numérique des grands systèmes, 1978.
- (25) W.G.Vogt and M.H.Mickle: Modeling and simulation, Vol.9, Proc. 9th Annual Pittsburgh Conference. 1978, Pt. 1, Energy and power system modeling--ecological and biomedical modeling.
- (26) Y.Bar-Shalom and S.B.Gerschwin: Applicability of adaptive control to real problems--Trends and opinions, *Automatica* 14:4 (1978), 407-408.

关于开展“大系统 理论及应用”研究的探讨

控制理论委员会 涂序彦(中国科学院自动化所)

引 言

大系统理论是七十年代发展起来的一个新的学科分支,它研究各种大系统(工程的或非工程的)控制与信息过程的共同规律和问题,是关于大系统分析与综合的系统科学,是第三代控制理论的重要内容及发展方向。

目前,大系统理论及应用在国际上受到很大重视,已成为当前国际学术论坛,特别是国际自动控制联合会(IFAC)多次学术活动中的一大“热门”,许多国家都关心大系统问题,在国际上还有跨国的大系统研究机构(IIASA国际应用系统分析研究所)。今年,专门的国际性学术刊物(LARGE SCALE SYSTEMS Theory and Applications)也创刊了。

在国内,近几年来,大系统问题也逐步重视起来。1977年,中国自动化学会召开了北京地区学术交流会,组织了“大系统理论及应用”等几个专题报告,讨论学科发展方向问题,中国科学院自动化研究所的刊物《自动化》编辑出版了控制与信息系统专集。1978年,中国自动化学会在太原举行了全国学术交流大会,控制理论分组对大系统等有关问题进行了热烈讨论,教育部在武汉召开了系统工程学术报告会,主要是讨论大系统问题。1979年,在厦门举行的全国控制理论及应用学术交流会,在芜湖举行的系统工程学术交流会,在北京召开的系统工程座谈会等,都涉及到大系统问题。现在,不少单位开展了大系统理论及应用的研究工作,《自动化学报》,《信息与控制》及有关高等院校的学报也刊登了一些关于大系统的论文报告。

这里,仅就如何开展大系统理论及应用研究作些补充发言,抛砖引玉,谈几点不成熟的看法。

一、开展社会经济大系统的研究

控制理论从工程技术领域向社会经济领域渗透,是当前大系统理论及应用的发展动向之一。开展社会经济大系统的研究,一方面,可以将大系统模型化、最优化、稳定化等方法应用于社会经济问题,以便进行定量的科学研究,另一方面,社会经济大系统的

研究也将促进大系统理论的进一步发展。例如，对于宏观经济和微观经济的研究，促进了奇异摄动法的发展。1978年在芬兰举行了第七届（IFAC）大会上，奇异摄动法是一个引人注目的问题。

但是，在我国目前具体情况下，由于控制论、控制理论、系统工程等还不够普及，加上各种原因形成的习惯和偏见，控制理论想要跳出工程技术的圈子，进入社会经济领域，越过自然科学与社会科学之间的鸿沟，还有相当的困难。过去，控制论曾被批判为“机械论”，甚至“反动科学”，研究“经济控制论”、“社会控制论”，简直是不可能的。现在，这种精神枷锁解脱了，但是，对于社会经济问题，控制理论能否用之有效，仍不免有所疑虑。

当然，社会经济大系统比工程技术大系统的研究，可能要困难些。比如，社会经济系统的数学模型，目前还是接近于“黑箱”的“灰箱”，许多定量规律尚不清楚，系统参数的真实数据不易获得。特别是这里还常常遇到“人”的环节，是难以捉摸的不确定因素。所以，社会经济系统的模型化，能控性、能观测性，是首先要研究的问题。此外，由于工程技术与社会经济学科，在专业上距离较大，“语言不通”也是个需要克服的障碍。

最近，宋健、王浣尘等同志关于我国人口控制问题的研究，是把控制理论用于社会大系统的一个可喜的开端。

二、加强“协调控制”理论及应用研究

“协调”是大系统理论及应用中的关键问题。目前，在大系统理论中，对于多级递阶控制系统的协调原则和方法研究较多，但是，对于分散控制系统的协调问题还有待探讨，在缺乏上一级协调器的情况下，依靠各分散控制器之间的相互通信，如何有效协调是个复杂的问题。对于主动系统，“人—机”协调是“人—机”系统的关键问题，而在社会经济领域中常见的“人—人”系统的协调问题，是更为棘手的。在多目标决策中，实质上也是个协调问题，需要适当地处理各目标之间的矛盾，求得公平合理的决策。此外，不确定系统的协调问题也是有待研究的新课题。

在大系统应用方面，对系统中的相互关联认识不足，缺乏有效的协调方法和技术，是许多大系统运行效率低、经济效果差的重要原因。研究在线动态协调的有效方法，加快协调过程，改善协调算法的收敛性，都是应用中迫切需要解决的问题。

对于生物和生态系统，协调是个值得努力探索的问题，在人体的神经系统、体液系统有许多巧妙的协调控制，例如，神经中枢的反射协调，交感与付交感神经的相互拮抗，内分泌激素之间的协同与制约等等。在维持人体内环境稳定的血压、呼吸、体温等生理调节系统中，都存在双向调节的协调控制作用，从控制论观点探讨针刺麻醉原理的结果表明，针麻是在针刺穴位与外科手术的条件下的多级协调控制过程。在生态系统中，人对环境的适应，各种生物之间的“共生”，是生物进化所形成的协调关系，研究生物生态系统的协调过程的规律和方式，将给工程技术、社会经济系统的协调带来新的启示。

三、深入研究大系统“结构综合”问题

大系统结构方案是大系统设计中的首要问题，对于同样的控制任务，可以采用不同的的大系统结构方案，但是，系统的结构方案不同，系统的技术经济性能，也可能有很大的差异。如何设计大系统的结构方案，使它有利于进行协调控制、实现大系统最优化，有利于提高系统的稳定性、可靠性，减少设备投资与运行费用，便于简化系统的分析与综合，便于设备维修、人员培训与技术更新，这就是大系统结构综合需要考虑的问题。

目前，大系统结构综合还处在半经验的定性研究阶段，缺乏定量研究的理论和实用的结构设计方法。比如，多级递阶控制结构方案基本上是由经验总结归纳的结果，关于最优分级的级数选择，各级之间决策权限的划分、上行与下行信息通道的结构方式等，都是需要深入研究的问题，在分散控制大系统中，各控制器之间如何相互通信以进行有效的协调？如何分配任务、分散信息？如何选点布站，在保证任务完成的前提下，使控制与通讯的费用最少？等等，都是有待探讨的问题。

值得注意的是，由于生物长期进化自然选择，生物控制系统的结构方案有许多可以借鉴的地方，比如，人体的神经、体液系统的“分区投射”、“分工控制”方式和多级递阶控制结构；人类脑组织的信息结构，特异与非特异投射方式，等等。

关于大系统结构综合需要研究的问题有：结构可控性、结构能观测性，结构稳定性，结构可靠性，结构经济性等。目前大系统最优化问题的研究，实际上是在给定结构方案下的参数最优化；需要进一步研究：最优结构、最经济结构、最可靠结构等结构最优化问题。

在大系统结构综合研究中，图论方法是一种有效的实用的数学工具。

四、开展“最经济控制”问题的研究

在传统的控制理论中，主要是研究控制系统的“技术性”问题。如稳定性、快速性、准确度等，很少研究控制系统的“经济性”问题，这里指：为了完成预定的控制任务，实现要求的控制过程，构成控制系统，所需要付出的经济代价。包括控制设备的投资、维修费用，控制系统的运行费用等。

对于简单的小系统，经济性问题并不突出，但是，对于复杂的大系统，控制系统的经济性就显得很重要了。因为所需控制设备多，通讯线路复杂，系统运行费用高，可能在整个大系统的投资中占相当大的份量，或者，即使相对的百分比不算高，但绝对数字也很可观，因此，在大系统的实际工程设计中，常常面临的具有重要实际和理论意义的问题是：如何在各种技术上可行的控制方案中，选取“最经济”的控制方案，这就是“最经济控制”问题。

不同于通常的“最优控制”问题，在“最经济控制”问题中，以控制系统的“技术性”要求为约束条件，比如，各种技术上可行的控制方案都应当满足可控性、能观性要求，以及稳定性、快速性、准确度、可靠性等技术条件的约束，而以控制系统的“经济

性”指标为目标函数，求其极小或极大值。如控制设备投资最少、系统运行费用最低等。也可以说，“最经济控制”是按经济指标实现控制系统的最优化。

“最经济控制”问题，在我国目前具体情况下更有现实意义。因为，我们现在还比较穷，做什么事都应当量力而行，讲究经济效果。搞自动化也要注意算经济账，不要盲目地追求过高的技术性能，如高精度、高速度、高度自动化等。而应当在基本满足控制任务要求的技术条件下，尽量采用最简化、最便宜的控制设备，构成最经济的控制系统。

结 束 语

实现我国的四个现代化，需要根据目前的国情和具体条件，走“中国式”的道路，同样，发展我国的自动化科学技术事业，开展大系统理论及应用研究，也应当走“中国式”的道路。

大系统是关系到工程技术、社会经济、生物生态各方面的重要问题。目前，它的理论方法和应用技术还很不成熟，国外有人认为，大系统及其分散控制还处在“婴儿”发育时期，预计今后十年仍将是一个激进的学术领域，在国内，我们起步不算太晚，可以说，大系统理论及应用正处在“孕育”时期。只要大家共同努力，从我国四个现代化的实践中提出问题、解决问题，理论联系实际，大系统理论及应用一定会健康地发展起来。

参 考 文 献

- [1] Preprints of the 6th Triennial World Congress of IFAC, August, 1975.
- [2] Large Scale Systems Theory and Applications, Proceedings of the IFAC Symposium, June, 1976.
- [3] Preprints of the 7th Triennial World Congress of IFAC, June, 1978.
- [4] Special Issue on Large Scale Systems and Decentralized Control, IEEE Trans, Ac-23, No2, April, 1978.
- [5] M.D.Mesarovic, et al.
Theory of Hierarchical Multilevelsystems, New York, 1970.
- [6] D.A.Wisman ed, Optimization Methods and Applications for Large Scale Systems, New York, 1971.
- [7] M.G.Singh, Dynamical Hierarchical Control, 1977.
- [8] A.N.Michel, et al, Qualitative Analysis of Large Scale Dynamic Systems, 1977.
- [9] A.P.Sage, methodology for Large Scale Systems, 1977.
- [10] D.D.Šiljak, Large Scale Dynamic Systems, 1978.

- 【11】 L.S.Lasdon, OPTimization theory for Large Systems, 1970.
- 【12】 钱学森、许国志、王寿云, 组织管理的技术——系统工程, 文汇报, 1978, 9.27。
- 【13】 张钟俊、沈锦泉, 自动控制发展概况, 信息与控制, 1978年第2期。
- 【14】 陈珏, 关于递阶控制的几个问题, 自动化学报, 1979年第5卷第4期。
- 【15】 万百亚、吴受章, 大系统的模型简化, 自动化学报, 1980年第6卷第1期。
- 【16】 邓聚龙, 大系统分散控制的一维输出反馈, 华中工学院学报, 1979年第1期。
- 【17】 胡保生, 关于大系统及其分散控制的几个问题, 西安交大科研报告, 1979年。
- 【18】 宋健、王浣尘、于景元、李广元, 人口系统的结构和模型, 中国自动化学会控制理论学术会议(石家庄) 1979年12月。
- 【19】 涂序彦, 多变量协调控制问题, 第一届国际自动化学术会议(IFAC)论文选集, 上海科学技术出版社, 1963年。
- 【20】 涂序彦, 大系统理论及其应用, 自动化, 1977年第1卷第1期。
- 【21】 涂序彦, 关于大系统理论的几个问题, 自动化学报, 1979年第5卷第3期。
- 【22】 涂序彦, 大系统理论及应用讲座, 信息与控制, 1980年第1, 2, 3, 4期。
- 【23】 涂序彦, 可控性、可观性的实用价值与“最经济结构”综合问题, 中国自动化学会控制理论及应用学术交流会(厦门), 1979年5月。
- 【24】 涂序彦, 最经济控制系统结构综合问题, 中国自动化学会控制理论学术会议(石家庄), 1979年12月。

国内外钢铁工业自动化技术 发展动态及趋势

应用委员会 陈振宇 (冶金部自动化所)

摘 要

本文综述了钢铁工业中几个典型生产工艺炼铁、炼钢、轧钢自动化技术及其发展动态和趋势,并从自动化技术专业如检测仪器仪表、可控硅传动及液压传动技术、计算机技术、控制理论等发展动态方面提出了看法,文中接着综述了钢铁生产管理自动化、综合计算机系统,最后对发展我国钢铁自动化技术提出了一些看法。

一、前 言

现代自动化技术从本世纪三十年代以来逐渐发展。到了六十年代由于半导体电子技术、计算机技术的迅速发展、频域法控制理论已经成熟,所以自动化技术也得到了飞速发展,在钢铁工业自动化方面也是如此,其中日本由于出现了经济高速发展时期,在六十年代中新建了一批钢铁企业,在技术上紧追美国并在某些方面超过了美国,采用了各种自动化新技术,在一定程度上推动了世界钢铁工业自动化的发展,到了七十年代世界钢铁生产发展速度虽渐趋缓慢,但各国为了使钢铁产品提高质量、降低成本、缩短订货周期等来加强竞争能力,都纷纷致力于发展生产合理化和自动化,所以钢铁工业自动化技术发展的趋势并未减弱,加以半导体电子技术日新月异的成就,微型计算机的出现,更为自动化技术发展提供了有力工具,可以说各国自动化技术发展正处在方兴未艾时期。

二、钢铁生产过程自动化

现代化钢铁工业的特点是大型化、连续化、高速化、精密化、自动化,而各种自动化装置已日益成为基本工艺生产设备不可分割的组成部份,相对于现代化钢铁生产工艺设备技术发展渐趋稳定而言,生产过程控制自动化技术却在很多方面还有待发展。

1、炼铁高炉

现代化高炉容积巨大,冶炼过程密闭进行,炉内的化学物理反应十分复杂而其工艺参数又很难实际测量,从控制的观点来看,高炉生产过程是一种非线性、非平稳、非均匀的分布参数系统,所以尽管各国冶炼专家和自动化专家从六十年代开始就致力于各种方案的工艺控制数学模型的研究工作,而直到如今还得出一个像样的结果,这种情况使得高炉自动化技术的核心部份——冶炼炉况控制一直处在徘徊不前的状态,目前在技

术上已经成熟的是以高炉炉长经验和智慧为主导的炉况上部控制和炉况下部控制，上部控制包括变化装料程序和变化沿炉顶半径方向的炉料分布，下部控制包括变化鼓风流量、温度、湿度、富氧度和炉顶压力，以及改变送入炉内的辅助燃料的流量和成分，现代化高炉除装设了常规工业自动化仪表外，还在近几年陆续装设了专用检测仪器如拍摄炉顶内温度分布的红外线热成像装置、检测炉顶料面的微波装置、沿半径方向多点检测炉喉部分的煤气成份分析仪器、焦炭水分测量修正仪器等，并且还实现了一些局部自动化，如热风炉燃烧最优控制和换炉顺序控制、送风自动调节，各风口风量分配自动调节、燃料喷吹量自动调节、装料称量自动控制、炉顶压力自动调节等。过程计算机在收集工艺参数进行数据处理以后，根据各厂各自经验，可以向炉长提供一些反应炉况热状态和透气性方面的计算结果，实际进行整个生产过程控制的核心是高炉炉长，这样的系统或许可以称为是实现了高度辅助自动化的计算机辅助人工控制系统。可以预料，如果沿着过去传统的研究思路走下去，高炉冶炼工艺控制数学模型将很难摆脱目前的困境，高炉控制亦只能维持在“计算机辅助人工控制”的水平，要解决这一问题的途径有二条，一是设法研制能够直接检测反应炉内热状态和透气性的有效仪器，但到目前为止还看不到有这种可能性，第二个途径是改变研究数学模型的思路，认为应当可以设想应用近年来人工智能方面和模糊控制方面的研究成果去解决高炉炉况控制问题，建立高炉人工智能控制或模糊控制系统的任务实质上就是应用语言指令形式和模糊数学处理的方法来学习，总结人们操作控制高炉的经验，并在此基础上自动去控制高炉的生产操作，当然要完成这一任务有一系列难点，诸如语言指令处理的形式、模糊变量的取值和相应的隶属度函数、模糊子集间的相关系数、模糊控制算法等都需要做大量的研究工作。

2、炼钢转炉

氧气顶吹转炉炼钢在目前世界钢产量中占到70%左右，转炉控制的目的是同时达到吹炼终点钢水含碳量及温度的目标值，从六十年代初期起，各国就开始研究转炉吹炼的终点控制，初期由于直接检测钢水含碳量和温度的仪表没有解决，计算机控制也就停留在应用静态数学模型进行静态预报估计的水平，这一阶段计算机预报吹炼终点的命中率只有40%至50%左右，以后到六十年代后期美国和日本相继研制能够在吹炼过程中伸入炉内将测温定碳探头直接插入熔池进行在线实时检测的付枪装置，尤其是日本抓住了这一方向经过几年大量试验和改进，终于在七十年代中期使付枪测温定碳技术达到成熟。相应地计算机控制也由静态控制过渡到动态控制。根据冶炼工艺不同情况，在静态预报终点到达前1.5~3分钟用付枪伸入炉内测温定碳检测一次。并以此数据为准，按照温度偏差 Δt 计算热平衡添加冷却剂，同时按照碳含量偏差 ΔC 计算吹氧量，以此计算结果来校正吹炼控制的轨道。（参见图1）

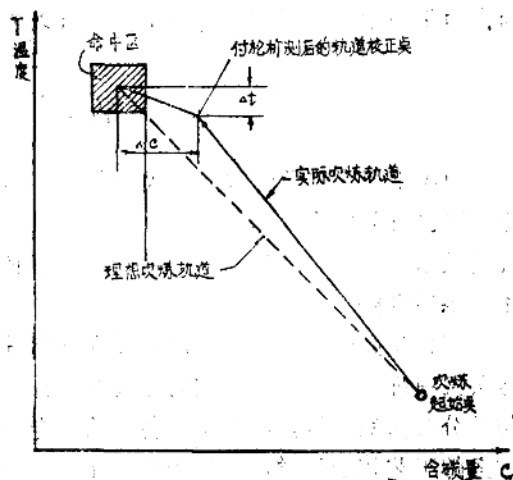


图1 吹炼轨道控制图