

系统与amp;控制论文集

SYMPOSIUM OF SYSTEMS AND CONTROL

山东大学《系统与amp;控制论文集》编辑组

山东大学出版社

内 容 简 介

本论文集共分三部分：综述性文章3篇；专题论文18篇；研究简报9篇。内容涉及经济和社会管理，大系统，数学物理中的反问题；分布参数系统，线性和非线性系统，随机系统，人口模型；最优控制，自适应控制，系统建模等。还报导了技术成果10项，包括化工、水泥、冷库、隧道的微机控制以及调节器、变送器、微型过程控制机等。本论文集可供从事系统与控制理论的研究人员、工程技术人员以及大专院校有关专业的师生参考。

《系统与控制论文集》编辑组

（以姓氏笔画为序）

陈祖浩 陈兆宽 欧阳亮 周鸿兴
洪惠民 赵圣焱 黄光远 程兆林
鲁月娥

系统与控制论文集

山东大学《系统与控制论文集》编辑组编

山东大学出版社出版

山东大学印刷厂印刷

787×1092 1/16 11.5 印张 字数：262千字

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数：1,000

书号：13338·26

定价：2.45元

（内部发行）

系统与amp;控制论文集

目 录

一、综合报告

控制理论在经济和社会管理中的应用的介绍	陈祖浩(1)
大系统的稳定性、镇定、控制与结构	刘永清(9)
数学物理中的反问题与最佳控制	黄光远(14)

二、专题论文

最佳控制与稳定性

最优控制问题的二阶判定准则	汪朝群(23)
微分—超越系统最优控制	宫扬芳(30)
交叉耦合锁相环路的参数控制	周荣星(35)
有限时间最优跟踪控制及其应用	赵圣森(40)
分布参数模型连轧最小能耗负荷分配	赵圣森 燕子杰(47)
几类能控系统的控制函数	马顺业(51)
一类扰动系统的渐近系统	尤秉礼(59)
大系统的部分变元的稳定性	阎醒民(66)

线性系统理论

广义离散时间状态空间系统的某些性质	赵克友(72)
重构向量受限下定常线性系统完全能观测的条件	陈兆宽 刘雅曾(79)
广义系统的强能控性、强能稳性、极点配置与稳态输入输出解耦	程兆林 张纪锋(88)
一类非线性系统的全局可观测性与可重构性	赵克友(95)

复合控制、自适应控制、线性离散系统

复合控制系统扰动补偿分析	周鸿兴(101)
线性离散时间系统具有指数收敛速度的自适应状态观测器	洪惠民 马成虎(109)
线性离散系统状态初值线性最小方差估计的均方收敛性	程兆林(118)
低温室温度状态控制算法的综合	[苏]罗莫夫(122)

建模及其在经济系统中的应用

我国住宅制度改革政策模拟的控制论模型总体设计	叶小叶 何湘伟(126)
山东工农业生产模型及生产发展预测	马成虎 陈祖浩 刘民安(131)

调速系统

调速系统中的一个稳定性问题	刘 宜(135)
---------------	----------

三、研究简报

1-D 波动 方程中一类反问题解的唯一性	欧阳亮(141)
一类随机积分微分方程的样本解	张炳根(143)
人口系统控制模型	鲁月娥(145)
线性离散时间系统控制能量受限下的完全可稳定性	刘雅曾 王 韬 李正军(146)
非线性闭环控制系统的 φ -稳定性及输出解的性质	刘 晓(148)
参数摄动的估计	唐元华(150)
电液伺服系统的抗扰自校正控制	黄大翔(135)
解约束最优控制问题的无参数罚函数法和恰当罚函数法	邢安庆(155)
最少拍无差系统的设计	薛亦兵(156)

四、科技咨询与科技协作、试制产品

1 微型计算机在水泥生产中的应用	山东大学数学系(158)
2 非线性调节器	山东大学数学系(164)
3 合成氨厂变换工段的自控设计与微机控制系统	山东大学、潍坊硝铵厂(166)
4 冷库温度巡回检测、打印、报警	山东大学数学系(169)
5 DW系列多路温度变送器	山东大学数学系(171)
6 SC-80 多功能温度采集仪	山东大学数学系(173)
7 万吨冷库微机控制系统	山东大学数学系(174)
8 隧道窑微机控制装置	山东大学数学系(176)
9 集散型工业控制计算机系统	山东大学数学系(177)
10 GKJ-1 工业过程控制微型计算机	山东大学数学系(179)
后 记	《系统与控制论文集》编辑部(180)

控制理论在经济和社会管理中的应用的介绍

陈祖浩

(山东大学 山东省经济研究中心)

N.维纳在解释控制论这个名词时写道,控制论是“关于动物和机器中控制和通讯的科学”^[1],著名科学家钱学森进一步指出,控制论是系统科学中的中间层次,是一门技术科学,“控制论研究系统各个构成部分如何进行组织,以便实现系统的稳定和有目的的行为”^[2].控制论早已成功地应用于工程系统和生物系统等许多领域.经济部门、国家甚至整个社会是由具有不同功能的系统所组成的,人们希望通过一定的政策或决策的实施来对经济、国家或社会进行调节,控制和管理,以达到社会和经济的稳定或尽可能好地实现所制订的发展目标.因此,控制论自然地成为研究经济和社会管理问题的有力工具之一;而反之,经济和社会系统中出现的许多新思想、新概念和新事物也被控制论所吸收,大大地丰富了其内容和促进了它的发展.随着现代生产和现代科学技术的发展,特别是60年代后期以来,经济学家、社会学家和控制理论学家的交流和合作,解决了许多社会和经济系统中的问题,促进了经济学、社会学和控制理论诸学科本身的发展,而同时也催使了新学科的诞生,这些学科,钱学森称之为经济控制论和社会控制论^[2].下面将侧重控制理论对经济学的应用.

在早期,经济学家和控制理论学家是分别地应用控制论的概念和方法来研究经济问题的,甚至,有的思想和结果,首先是由经济学家提出和得到的.例如,在控制论创立之前,著名资产阶级经济学家亚当·斯密在研究资本主义的生产与市场关系时,就已提出了后来控制论称之为调节、反馈和稳定性等的概念和思想.五十年代初电工学教授 Tustin, A.^[3]和经济学家 Philips, A. W.^[4]又进一步分别采用了早期的古典控制理论中的PID调节器原理,提出了市场供求关系的经济模型,并由此研究如何改善经济系统稳定性的策略.现代控制理论中线性二次型最优控制问题所得到的分离性定理是著名的结果,而实际上早在56年和57年就已经由经济学家 Simon, H. A.^[5]和 Theil, H.^[6]所得到,称之为确定性等价原理(Certainty Equivalence Principle).以后 Holt, C. C.和 Simon, H. A.等又进一步采用动态规划方法研究了经济学中的二次型问题^[7].

本文于1986年6月26日收到

最早采取控制论观点和方法研究经济问题的控制论专家当推冯·诺意曼,他早在1943年就出版了《对策论和经济行为》一书^[8]。

从60年代后期起,经济学家和控制理论家开始了互相了解和合作,进入70年代以后直到现在,这种势头得到了进一步的发展,在一系列的决策与控制会议上,运用控制理论研究经济和社会问题成为主题之一。现在,每届IEEE和IFAC的国际会议都设有经济和管理系统的技术委员会,探讨控制理论在社会和经济系统中的应用。1967年,哈佛大学的经济学家Dobell, R.和控制理论家何毓琦合作^[9],建立了训练和教育与经济增长关系的经济模模型。哈佛大学的经济学家Taylor, I. 和 Kendrick, D. 还专门去听控制理论家 Bryson, A. 的控制理论课程,并运用共轭梯度法求出南朝鲜经济的非线性最优计划模型的数值解^[10]。由于经济学家 Kendrick, D. 的杰出的工作,70年代初IEEE 控制系统协会邀请他担任该会的经济系统专业委员会主席。1972年由美国国家经济研究局(NBER)发起组织了《随机控制和经济系统讨论班》,由著名经济学家邹至庄和控制理论家 Athans, M. 担任主席,约有四十位经济学家和控制理论家参加。这是经济和控制理论家互相了解相互交流相互学习的大规模合作的盛会。以后美国国家经济研究局又与芝加哥大学在1973年共同举办了第二次这种讨论班。这两讨论班影响颇大,促进了经济学家和控制理论家的合作及增加了采用控制理论研究经济和社会系统问题的兴趣。参加过讨论班的美国联邦储备局(FRB)的工作人员,应用最优控制理论研究了控制货币的供应等问题,为美联邦储备局作出决策提供了依据。讨论班的两位主席邹至庄教授和 Athans, M. 教授在运用控制理论研究经济系统方面有出色的工作^[11-15]。

线性二次型(LQ)最优控制理论是研究经济系统问题的重要工具。除了前面已提到过的工作之外,还有许多经济学家和控制理论家利用它来研究经济系统的问题,如控制理论家 Pindyck, R. S. (1972) 采用美国的确定性线性经济模型,研究了线性二次跟踪问题; Athans, M. (1972) 研究了离散随机系统 LQG问题; Qudet, B. A. (1967) 用LQ方法研究了法国经济模型的动态性质; Garbade, K. D. (1976) 研究了多周期的线性二次型控制问题的解的存在性与唯一性问题; Norman, A. L. & S. J. Wao (1977) 研究了有长滞后的模型的线性二次型的控制理论。

最优控制理论是经济学家和控制理论家充分利用来解决经济系统课题的控制理论分支之一,这方面的工作很多。经济学里的一个重要课题是关于最优经济增长问题, Shell, K. (1966) 和 Intriligator, M. D. (1975) 等经济学家都曾用最优控制理论的庞特利雅金最大值原则研究过这个问题,得出了最优消费或最优资本积累的政策。70年代,有不少工作是应用最优控制理论研究宏观经济模型的。如 Norman, A. L. 和 Noman, M. R. (1973) 对 Klein 的美国经济的非线性模型应用了最优控制理论; Livesey, D. A (1971) 对英国经济的一个非二次非线性连续时间模型应用最优控制理论研究了短期最优经济策略; Athans, M. & Wall, K. 等(1975) 研究了非线性宏观经济模型的序列开环最优控制; Pindyck, R. S. (1973) 和 Friedman, B. M. (1972) 等都研究过使经济稳定的最优策略问题; Fair, R. C. (1978) 研究了应用最优控制技术如何测量经济的性能问题; Davis, B. E. & Elyinga, D. J. (1972) 求解了财政问题中的最优控制; Southwick, L. & Zionts, S. (1974) 对教育投资的决策问题应用了最优控制理论方

法；在Holly, S.等主编(1979)的《计量经济模型的最优控制》一书中，汇集了一些著名学者介绍应用控制理论方法去制订宏观经济政策的论文。应用最优控制理论研究微观的经济问题的工作也是不少的。如经济学家Taylor, J.B. (1973)和控制理论家Aoki, M. (1974)用自适应观点考虑了厂商如何制订产品的最优价格问题；Keeler, E.M.等(1972)和Naslund, B. (1972)研究了控制环境污染的最优税收问题；Thompson, G.L. & Sethi, S.P. (1980)用最优控制理论完全解决了产量与库存量的最合适的数量水平问题。经济学家对庞特利雅金最大值原理是很重视的，除了直接运用该项原理来解决最优控制问题外，还对动态方程的相对应的共轭微分方程组及共轭向量的经济学含义和作用感兴趣。经济学家发现共轭变量反映了影子价格，这对于研究资源分配的动态问题是很有用处的^[28]。

可控性、滤波、辨识、最优控制计算方法、大系统理论、随机控制和自适应控制等控制理论的概念、方法和技术，也都应用到研究经济学和管理科学等领域中去了。例如，这方面有Conrad, W.E. (1977)^[36] Kleindorfer, P.R. & Glouer, K. (1973) Geraci, V.J. (1976)^[40], Liversay, D.A. (1978)^[41], Kendrick, D.A. & Majors, J. (1974)^[42], Athans, M. (1974)^[43], Lazartdis, A. (1980)^[44], Bar-Shalom, Y. & Wall, K. (1978)^[45], Kendrick, D.A. (1979)^[46], Ku, R. & Athans, M. (1973)^[47], 和 Bensoussan, A. (1984)^[48] 等工作。但总的说来，控制理论的这些分支的潜力，还未在经济问题的研究中充分展开。

十余年来，已经出版了一些控制理论应用到经济和管理方面的好的教材与专著。就我们所见到的，从经济学家的观点和角度熟练地运用控制理论的概念、方法研究动态经济问题而写的书有：邹至庄(1975)的《动态经济系统的分析与控制》^[49]；Lange, O. (1970)的《经济控制论引论》；Kendrick, D. (1981)的《经济模型的随机控制》；以及原罗马尼亚总理曼内斯库根据几十年来把控制论原理应用到社会主义计划经济上的研究成果和经验而写成的《经济控制论》等。从控制理论家的角度，较系统地较严格地介绍可用到经济和管理问题中去的控制理论的概念、方法及有一些实例的专著有：Bensoussan, A.等(1974)的《现代控制理论在管理上的应用》^[52]；Murata, Y. (1982)的《线性离散经济系统的最优控制模型》^[53]；Sethi, S.P. & Thompson, G. (1981)的《最优控制理论在管理科学上的应用》^[54]等。

我国最早运用控制理论研究经济和社会问题的是宋健、王浣尘、于景元、李广元，他们从1979年起就用控制理论的方法和技术研究了人口发展过程的模型、预测和控制等问题。以后有更多的同志进入这一领域，研究了人口发展过程的最优控制和能控性等问题。在我国，一些控制理论家紧密地联系社会主义经济建设中的实际课题开展研究工作。如于景元何湘伟等完成的《价格和工资关系及其决策模型》项目，得到了自然科学家和经济学家的很高评价。叶小叶何湘佛用控制论的方法建立了我国住宅制度改革政策模拟的模型和总体设计方案。史若华等用系统论的方法建立我国消费市场价格系统的模型，欧阳晓明等研究了我国货币和居民储蓄系统的动态预测问题，刘豹张世英等提出了一个天津宏观经济模型研究其最小实现问题，于景元等提出了一个我国宏观最优控制的模型。韩志刚等提出了一种自适应辨识方法，应用到工农业的预测上去。龚德恩等应用最优控

制研究,我国的最优积累率。陈祖浩邢安庆马成虎等运用控制理论的观点研究了山东货币流通和七、五期间工农业发展的预测与控制等问题。总的说来,控制理论应用到经济和社会系统的研究还在我国起步不久,但这方面的研究工作,现在已愈来愈引起我国控制理论界的重视,经济学和管理学界有一些同志对此也是十分重视的。随着我国四化建设的发展,相信这两方面的同志会越来越多地互相合作相互渗透取长补短共同促进,进一步推动控制理论与经济学和管理科学的结合,在理论创新上和解决我国社会主义建设中的一些实际问题上发挥良好作用。

参 考 文 献

- [1] 维纳, N. 控制论, (中译本, 科学出版社, 1962年)。
- [2] 钱学森, 宋健, 工程控制论, 科学出版社, 1980。
- [3] Tustin, A. (1957) The mechanism of economic systems, London.
- [4] Philips, A. W. (1954) Stabilization policy in a closed economy, *Economic J.* vol. 64.
- [5] Simon, H. A. (1956) Dynamic programming under certainty with a quadratic criterion function, *Econometrica*, vol. 24.
- [6] Theil, H. (1957) A note on certainty equivalence in dynamic planning, *Econometrica*, vol. 25.
- [7] Hott, C. C., Modgiliani, F., Muthe, J. F. & Simon, H. A. (1960) Planning production, inventories, and work force, Prentice-Hall.
- [8] 冯·诺忌曼等, 竞赛论与经济行为, (中译本, 科学出版社, 1962)。
- [9] Dobell, A. R. & Y. C. H. (1967) Optimal investment policy; An example of a control problem in economic theory, *IEEE Trans. Automat. Control*, vol. AC-12.
- [10] Kendrick, D. & Taylor, L. (1970) Numerical solution of nonlinear planning models, *Econometrica*, vol. 38.
- [11] Kendrick, D. (1979) Adaptive control of macroeconomic models with measurement error, *Optimal control for econometrics models: An approach to economic policy formulation*, edited by Holly, S. Rustem, B. & Zarrop, M. B.
- [12] Kendrick, D. (1981) Stochastic control for economic models, McGraw-Hill Book Company.
- [13] Chow, G. C. (1975) Analysis and control of dynamic economic systems, New York, Wiley.
- [14] Athans, M. (1979) The importance of Kalman filtering methods for economic systems, *Annals of Economic and Social Measurement*, 3.
- [15] Athans, M., Kendrick, D. (1974) Control theory and economics, A sur-

- vey, forecast, and speculations, *IEEE Trans on Automatic Control*, AC-19,5.
- [16] Pindyck, R.S. (1972) An application of the linear quadratic tracking problem to economic stabilization policy, *IEEE Trans. Automat. Contr.*, AC-17, 3.
 - [17] Athans, M. (1972) The discrete time Linear-Quadratic-Gaussian stochastic control problem, *Ann. Econ. Soc. Meas.*, 1(4).
 - [18] Oudet, B.A. (1976) Use of the linear quadratic approach as a tool for analyzing the dynamic behavior of a model of the French economy, *Ann. Econ. Soc. Meas.*, 5(2).
 - [19] Garbade, K.D. (1976) On the existence and uniqueness of multiperiod linear quadratic control problems, *Int. Econ. Rev.*, 17(3).
 - [20] Norman, A.L., Jung, W.S. (1977) Linear quadratic control theory for models with long lags, *Econometrica*, 45(4).
 - [21] Shell, K. (1966) *Essays on the theory of optimal economic growth*, M. I.T. Press.
 - [22] Intriligator, M.D. (1975) *Applications of optimal control theory in economics*, Synthese, 31.
 - [23] Intriligator, M.D., 经济控制论的应用, (中译文见《数量技术经济译丛》No.1, 1984)
 - [24] Norman, A. L., Norman, M. R. (1973) Behavioral consistency test of econometric models, *IEEE Trans. Automat. Contr.* AC-19.
 - [25] Lienesey, D.A. (1971) Optimising short-term economic policy, *Economic J.*, vol. 81.
 - [26] Athans, M., Kuh, E. Papademos, L. Pindyck, R. Ku, R. Ozkan, T. & Wall, K. (1975) Sequential open loop optimal control of a nonlinear macroeconomic model, 3d world congr. Econometric Soc., Toronto.
 - [27] Pindyck, R.S. (1973) Optimal policies for economic stabilization, *Econometrica*, 41(3).
 - [28] Friedman, B.M. (1972) Optimal economic stabilization policy, An extended framework, *J. Polit. Econ.*, 80.
 - [29] Friedman, B.M. (1978) The use of optimal control techniques to measure economic performance, *Int. Econ. Rev.*, 19.
 - [30] Davis, B.E. & Elzinga, D.J. (1972) The solution of an optimal control problem in financial modeling, *Operations Research*, 19, No. 6.
 - [31] Southwick, L. & Zions, S. (1974) An optimal-control-theory approach to the education-investment decision, *Operations Research*, 22.
 - [32] Holly, S., Rustem, B. & Zarrop, M.B. Ed., *Optimal control for econo-*

- metrica models, London, Macmillan, 1979.
- [33] Taylor, J. B. (1973) A criterion for multiperiod controls in economic models with unknown parameters, Presented at the NBER Conf. on Stochastic Control, Chicago, Ill.
 - [34] Aoki, M. (1974) On some price adjustment schemes of a marketeer, Ann. Economic & Soc. Meas., 3(1).
 - [35] Keeler, E., Spence, M. & Zeckhauser, R. (1972) The optimal control of pollution, J. Economic theory, 4(1).
 - [36] Naslund, B. (1972) An optimal tax on pollution, European Institute of Advanced Studies in Management in Brussels.
 - [37] Thompson, G. L. & Sethi, S. P. (1980) Turnpike Horizons for production planning, Management Science, 26.
 - [38] Conrad, W. E. (1977) Imperfect observation and systematic policy error, Ann. Econ. Soc. Meas., 6(3).
 - [39] Kleindorfer, P. R. & Glover, K. (1973) Linear convex stochastic optimal control with applications in production planning, IEEE Transactions on Automatic control, 18(1).
 - [40] Geraci, V. J. (1976) Identification of Simultaneous equation models with measurement error, J. Econometr., 4(3).
 - [41] Liversay, D. A. (1978) Feasible directions in economic policy, J. Optimization Theory Appl., 25(3).
 - [42] Kendrick, D. A. & Majors, J. (1974) Stochastic control with uncertain macroeconomic parameters, Automatica, 10(2).
 - [43] Athans, M. (1974) The importance of Kalman filtering methods for economic systems, Ann. Econ. Soc. Meas., 3.
 - [44] Lazaridis, A. (1980) Application of filtering methods in econometrics, International J. Systems Science, vol. 11.
 - [45] Bar-Shalom, Y. & Wall, K. (1978) Effect of uncertainties on the adaptive control of macroeconomic systems, IFAC Conf., Sweden.
 - [46] Kendrick, D. A. (1979) Adaptive control of macroeconomic models with measurement error, Chapt. 9 in Holly, Rustem, & Zarrop.
 - [47] Ku, R. & Athans, M. (1973) On the adaptive control of linear systems using the open loop feedback optimal approach, IEEE trans. Autom. Control, AC-18.
 - [48] Bensoussan, A. (1984) On the theory of option pricing, Acta Applicandae Mathematicae, 2.
 - [49] Chow, G. C. (1975) Analysis and control of dynamic economic systems, New York, Wiley.

- [50] Lange, O. (1970) Introduction to economic cybernetics.
- [51] Kendrick, D. (1981) Stochastic control for economic models, McGraw-Hill Book Company.
- [52] Bensoussan, A., Hurst, Jr. & Naslund, B. (1974) Management applications of modern control theory, American Elsevier; New York.
- [53] Murata, Y. (1982) Optimal control methods for linear discrete time economic systems, New York Berlin.
- [54] Sethi, S. P., Thompson, G. (1981) Optimal control theory—Applications to management science, Boston.
- [55] 宋健, 王浣尘, 于景元, 李广文 (1980) 人口系统的结构和控制, 系统工程学会论文集, 科学出版社。
- [56] 宋健, 于景元, 李广文 (1980) 人口发展过程的预测, 中国科学, 9。
- [57] 宋健 (1980) 人口发展的双线性最优控制, 自动化学报, 6 (4)。
- [58] 官锡芳 (1981) 人口规划的优化分析, 人口与经济, 3。
- [59] 宋健 (1985) 人口控制论, 科学出版社。
- [60] 王浣尘, 万百五 (1980) 人口模型的两种转化形式, 自动化学报, 6 (4)。
- [61] 王浣尘 (1983) 人口动态过程和主动力系数, 中美系统分析学术讨论会论文集。
- [62] 宋健, 陈任昭 (1983) 非定常人口系统的动态特性和几个重要人口指数的计算公式, 中国科学, 4 辑, 11。
- [63] 陈任昭 (1985) 非定常人口控制系统的稳定性和妇女临界生育率理论, 科学通报, 6。
- [64] 柴洪山, 刘秦玉 (1985) 山东省人口最速控制, 山东大学学报, 1。
- [65] 冯德兴 (1985) 人口最优控制的一种方法, 第五届全国控制理论及其应用会议论文集。
- [66] 于景元, 岳丕玉, 郭孝宽 (1982) 人口系统的能控性, 系统工程理论与实践, 2 (4)。
- [67] 刘秦玉, 柴洪山 (1985) 人口系统能控性探讨, 控制理论与应用, 2 (2)。
- [68] 宋健, 于景元, 刘长凯, 张连平, 朱广田 (1985) 人口发展方程解的渐近性质及对生育模式的依赖关系, 第五届全国控制理论及其应用会议论文集。
- [69] 赵清华, 韩京清 (1985) 人口系统的能控性和可达性, 人口系统定量研究学术会议。
- [70] 鲁月娥 (1986) 人口发展过程数学模型的探讨, 山东大学学报, 2 期。
- [71] 鲁月娥 (1986) 人口系统模型结构, 人口科学论文集。
- [72] 曾昭磐 (1985) 我国妇女生育模式演变的定量分析, 福建人口, 1。
- [73] 胡启迪, 杨庆中, 桂世勋, 马国选 (1985) 上海市区人口迁移预测模型的研究, 人口系统定量研究学术会议。
- [74] 我国自然科学与经济学首次结合—710 研究所制出价格和工资关系模型, 经济参考, 84 年 8 月 15 日头版。
- [75] 叶小叶, 何湘伟 (1986) 我国住宅制度改革政策模拟的控制论模型总体设计, 本

论文集。

- [76] 史若华, 董玉奎, 李正平 (1984) 关于我国消费市场价格系统的动态预测, 航天部710所。
- [77] 欧阳晓明, 王希纯 (1984) 关于我国流通货币和居民储蓄的系统动态预测, 航天部710所。
- [78] 刘豹, 张世英, 许树栢, 江长清 (1983) 天津宏观经济模型及其应用, 数量经济理论模型和预测 (乌家培等编著), 能源出版社。
- [79] 于景元, 宋予合, 杨书章 (1985) 国家宏观最优控制模型, 第五届全国控制理论及其应用学术会议论文集。
- [80] 韩志刚 (1983) 动态系统预报的一新方法, 自动化学报, 9 (3)。
- [81] 韩志刚, 郭一新, 王杰 (1983) 轻工产品产量、产值和销售量的多层递阶预报, 信息与控制, 1。
- [82] 韩志刚, 汤兵勇 (1985) 参数预报自适应控制方法及其在农业中的应用, 控制理论与应用, 2 (4)。
- [83] 龚德恩, 张敢明, 茅于斌 (1983) 用最优控制方法探讨我国的最优积累率, 信息与控制, 6。
- [84] 邵剑 (1985) 微分包含与我国的国民收入, 第五届全国控制理论及其应用学术会议论文集。
- [85] 陈祖浩, 邢安庆 (1985) 山东省货币流通数学模型及其应用, 第五届全国控制理论及其应用学术会议论文集。
- [86] 马成虎, 陈祖浩, 刘云安 (1986) 山东工农生产模型及七、五期时生产发展预测, 本论文集。
- [87] 吴可杰, 郭保平, 顾新华 (1985) 国民经济系统消费跟踪控制理论, 控制理论与应用, 2 (4)。
- [88] 张钟俊, 候先荣 (1983) 经济系统的数学模型, 自动化学报, 7 (2)。
- [89] 万百五, 韩崇昭 (1985) 控制理论与宏观经济模型, 第五届全国控制理论及其应用学术交流会议论文集。
- [90] 张钟俊, 王翼 (1984) 控制理论在管理科学中的应用, 湖南科技出版社。
- [91] 张嗣瀛 (1985) 微分对策, 科学出版社。
- [92] 龚德恩 (1982) 经济控制论讲义, 中国人民大学。
- [93] 杨小凯 (1984) 经济控制论初步, 湖南人民出版社。
- [94] 乌家培 (1979) 谈经济控制论, 世界经济, 9。
- [95] 马宾 (1985) 教育经济问题的研究 (建立数学模型的经济理论考虑), 国务院经济技术社会发展研究的中心材料, 11。
- [96] 沈水根 (1982) 控制理论在经济中心的应用, 技术经济, 3。
- [97] 王宏昌 (1985) 系统论、控制论、信息论在经济管理中的应用, 数量经济技术经济资料, 5。
- [98] 周宏仁 (1986) 现代控制理论与经济系统, 信息与控制, 2。

大系统的稳定性、镇定、控制与结构

刘永清

(华南工学院)

一、大系统稳定性等发展的概况 随着科学技术和计算机的迅速发展,社会的信息化,实际中出现了规模庞大、结构复杂的大系统.1959年秦元勋提出了大系统的稳定性^[1].同年,王慕秋给出了线性常微分方程组的分解^[1]1959年刘永清在研究升船机的电力拖动自动控制的非线性系统时,首次提出了标量和的Lyapunov函数分解法^{[2][3]},在当时秦元勋教授领导下,对大系统的稳定性分解理论在国内外首次进行了开创性的工作.

十年浩劫中断了我们这个课题的研究.国外1966年Bailey^[4]首次用向量Lyapunov函数法研究了大系统的稳定性1970年Thompson^[5]提出了加权标量和的Lyapunov函数法.从1970年起国际上对大系统的稳定性研究便活跃起来,到目前为止文献有几百篇之多.截止在1983年前,上述文献多数可在下列著作中找到Šiljak^[6], Michol和Miller^[7], Vidyasagar^[8], Jamshidi^[9], 刘永清、宋中崑^[10]等,以及1983年Miehel^[11]给出了“关联稳定性研究的现状”的重要综述.包括Lyapunov, Lagrange, I—O稳定性、解的估计、适定性、可达性、镇定、分散递阶控制等结果.内容涉及到确定性有限维、无限维系统,随机有限维、无限维系统,应用述涉及到电力、控制、化工、经济、神经、多磁心核反应堆、生态、航天、非线性路线及非线性网络等大系统的定性分析.

二、大系统参数稳定域之扩大及其最优问题 1975王慕秋给出了“稳定性参数域之扩大”^[12]并在^[13]中得到向量Lyapunov函数法较标量和的Lyapunov函数法参数稳定域大的结论.1985年钱正英对滞后定常线性大系统的参数稳定域也得到了类似的结论^[14]此后许多作者用向量Lyapunov函数法作了有创见的工作^{[15]—[16]},并扩大了参数稳定域.

1985年刘永清提出了大系统参数稳定域的最优问题.陈潮填、刘永清初步解决了这个问题^[34].并指出:加权标量和的Lyapunov函数法得到的参数稳定域最大;向量Lyapunov函数法次之;Lyapunov函数分解法更次之.但后者应用方便、灵活.其次就二维线性定常复合系统用加权标量和的Lyapunov函数法得到了最优参数稳定域.

卢晓昕采用迭代法给出了大系统稳定性的一些新结果^{[35]—[37]};高为柄应用矩阵范数及测度^{[38]—[39]}、张柄根对随机复合^[40]系的稳定性都分别给出了一些新结果;刘永清、陈潮填、蔡广基分别研究了化工大系统的稳定性^{[41][42][43]};1984年王联、王慕秋给

出了线性缓变系统的平稳振荡^[44]，同年吕绍明、陆志奇、苏美玉也研究了这类问题的大系统的情况^{[45]-[47]}。

三、离散系统Lyapunov函数构造、比较原理及其在稳定性中的应用。1981年刘永清采用Lyapunov函数分解法给出了定常离散大系统的稳定性^[48]。同年王慕秋、刘永清王联将定常离散系统： $X(k+1)=PX(k)$ $k=0,1,\dots, X(k)\in R^n$ (3.1)的二次型V函数的构造与连续系统： $\dot{X}=AX, X\in R^n$ 联系起来给予建立^[49]。1982年唐功友直接由方程 $P^TRP-R=C$ 构造了(3.1)的二次型正定v函数^{[50][51]}，1984年刘永清刘金尧建立了(3.1)的m次派生行列式的根与基本行列式的根 μ 之间的关系 $\lambda=\mu_1^{m_1}\mu_2^{m_2}\dots\mu_n^{m_n}-1$ ；并证明了(3.1)的m次型V函数的存在性，唯一性及其显式的构造^{[52][53]}。1982年冯恩波^[64]徐道义^[65]采用不同方法建立了线性定常离散系统的比较原理。冯恩波并建立了非线性离散系统的比较原理^[56]张钟俊、钱正英并建立了滞后定常线性离散系统的比较原理^[57]；对时变离散系统刘允生、林海明构造了稳定性的反例^[68]。应用Lyapunov函数分解法、比较原理刘永清等对离散大系统的稳定性给出了新结果^{[59]-[63]}。1984年刘永清、张鸿亮给出了离散大系统的结构与关联稳定性^[64]。

四、Lyapunov函数分解法的扩展及其在滞后大系统稳定性中的应用。采用Lyapunov函数分解法^[8]，一些作者给出有创新的结果^{[65]-[71]}。1978年刘永清将Lyapunov函数分解法加以扩展，建立了“分解等价法”，研究了滞后大系统的稳定性^{[72]-[77]}。1985年刘永清、刘金尧利用导数不连续的V函数给出了任意滞后的线性定常时变非线性大系统的模型集结及无条件稳定性^{[78]-[80]}。1983年刘永清给出了大型控制系统在镇定理论中的分解^{[81]-[83]}，1982年高为炳研究了大系统的多属结构的稳定性与镇定^[84]，而徐维鼎给出了反馈控制系统的稳定性及稳定域的估计^[85]。1983年刘永清将秦元勳^[86]中的思想方法扩展到滞后线性闭环控制系统上来给出了滞后线性控制系统： $\dot{x}(t)=AX(t)+A_2X(t-u)+BU(t), Y(t)=CX(t)$ (4.1)与无滞后线性控制系统： $\dot{x}(t)=(A_1+A_2)X(t)+BU(t), Y(t)=CX(t)$ ，(4.2)在镇定控制上的等价性^[87] (A, B 是定常或时变矩阵)。1985年刘永清、朱学峰研究了滞后线性定常、时变开环控制系统： $\dot{x}(t)=A_1X(t)+A_2X(t-\tau_1)+B_1U(t)+B_2U(t-\tau_2), Y(t)=e_1x(t)+e_2x(t-\tau_3)$ ，(4.3)与无滞后的线性控制系统(4.2)的镇定、控制的等价性^{[88][89]}。1986年刘永清等提出并研究了对任意滞后下滞后线性控制系统的无条件镇定与控制问题^[90]并将上述问题推广到滞后控制大系统上去。

五、结束语。总结以上，尽管大系统稳定性的结果仍然不断涌现，但大系统稳定性理论工作已达到了一个相当全面和本质的水平。今后对大系统稳定性的工作不是强调一般适用性的理论研究；而是向着减少关联项的保守性与实际应用相结合的研究，特别是和计算机辅助设计、计算方法结合起来的研究。

参 考 文 献

- [1]王慕秋，科学纪录，新辑4卷1期1960年1月（俄文），

- [2]刘永清等, 1961年8月北京第一届全国微分方程学术会宣谈;
- [3]刘永清, 自动化学报3卷3期1965年6月, 178—182页。
- [4]F.N.Bailey, J. BIAM. control, ser. A. 3 (1966), PP. 443—462.
- [5]W.E. Thompson, IEEE Trans. Automatic control vol Ac—15(1970), 504—506.
- [6]D.D. Šiljak, Large-Scale Dynamic systems. 1978.
- [7]A.N. Michel and R.K. Miller Qualitative Analysis of Large-scale Dynamics systems. 1977.
- [8]M. Vidyasagar, Input-output Analysis of Large-scale interconneted Systems 1981.
- [9]M. Jamshidi, Large-scale systems Modeling and control 1983(徐维鼎译)
- [10]刘永清, 宋中峨著, 大型动力系统的分解理论与应用稳定性与结构, 即将出版。
- [11]A.N. Michel IEEE Trans Automatic control vol AC—28. No6. June 1983 PP. 639—653 (刘金尧、刘永清译)
- [12]王慕秋, 数学学报18卷2期1975年6月, 107—122页。
- [13]秦元勋、王慕秋、王联著, 运动稳定性理论与应用 科学出版社1981年11月。
- [14]钱正英, 上海交通大学博士学位论文. 1985年2月16—17页。
- [15]田秀恭, 南开大学学报. 1982年第1期. 33—47页。
- [16]王慕秋、田秀恭, 应用数学学报. 6卷4期. 1983年;
- [17]阮士贵, 武汉工学院学报. 1984年。
- [18]辜建德, 控制理论与应用2卷2期. 1985年108—113页。
- [19]王慕秋, 王联, 科学通报, 29卷3期. 1984年。
- [20]俭林益, 常德师专自然科学版. 1983年1—19页。
- [21][22]徐道义科学通报28卷3期18期. 1983年。
- [23]王慕秋, 王联, 数学研究与理论, 5卷4期. 1985年。
- [24]田秀恭、王慕秋, 应用数学学报. 8卷2期. 1985年。
- [25]郭齐斌, 山东化工学院学报1984年第2期. 1—14页。
- [26]郭齐斌, 控制理论与应用. 2卷4期. 1985年10月, 21—32页。
- [27]王慕秋, 王联, 控制理论与应用. 1卷2期. 1984年125—131页。
- [28]陈潮填, 控制理论与应用3卷3期. 1986年7月;
- [29]陈彭年, 控制理论与应用1卷3期. 1984年48—59页。
- [30]吴文珍, 控制理论与应用2卷4期. 1985年21—33页。
- [31]苏美玉, 新乡师院学报. 1984年第1期。
- [32]张译绵, 华南工学院学报. 12卷. 2期1984年91—107页。
- [33]徐维鼎, 上海机械学院学报. 1981年2期. 89—103页。
- [34]Chen Chao-tian and Liu Yong-qing, Inquiry Into the optimal Domain of stability Intern confer "Modelling and simulation" Naples(Italy), sept 29—oct. 1, 1986,

- [35]廖晓昕: 数学研究与评论, 4 卷 4 期, 1984 年 64—68 页.
- [36]廖晓昕, 科学通报 27 卷 1—2 期; 1982, 1027—1032 页; 1983, 151—154 页.
- [37]廖晓昕: 高等数学及计算数学学报, 1983 年 1 期, 68—70 页.
- [38]高为柄, 控制理论与应用, 3 卷 1 期, 1986 年, 16—24 页.
- [39]高为柄: 自动化学报, 10 卷 2 期, 1984 年;
- [40]张柄根, 数学研究与评论, 3 卷 4 期 1983 年 55—62 页.
- [41]刘永清, 控制理论与应用, 3 卷 3 期 1986 年 7 月,
- [42]陈潮填, 华南工学院学报, 11 卷 4 期 1983 年 56—68 页;
- [43]蔡广基, 华南工学院学报, 12 卷 3 期 1984 年 94—105 页;
- [44]王联、王慕秋, 中国科学院研究生学报, 1984 年第 2 期.
- [45]吕绍明、王联、王慕秋, 新乡师院学报, 1984 年第 1 期
- [46]吕绍明、陆志奇, 新乡师院学报, 1984 年第 3 期, 9—23.
- [47]吕绍明、苏美玉, 新乡师院学报, 1985 年第 2 期, 11—21.
- [48]刘永清, 数学研究与评论, 2 卷 2 期 1982 年 41—48 页.
- [49]王慕秋、刘永清、王联, 数学研究与评论, 2 卷 3 期 1982 年 23—28 页.
- [50]唐功友, 山东化工学院, 1983 年第 1 期 40—58 页.
- [51]唐功友, 工程数学学报, 2 卷 1 期 1985 年 177—179 页.
- [52]. [53]刘永清、刘金宪: on the construction of Lyapunov function (1), (2).
FCDE 1985, June 6—11; 1985 年 5 福州国际微分方程会议宣读.
- [54]冯恩波, 山东化工学院学报, 1983 年 1 期 59—69 页.
- [55]徐道义: Proceedings of IFAC 9th world Congress, Budapest paper
C9.1/c 1984.
- [56]冯恩波: 控制理论与应用, 1 卷 4 期 1984 年 92—100 页.
IFAC 9 1984 年 7 月 9 届世界自动控制联合会邀请宣读,
- [57]张钟俊、钱正英控制理论与应用 2 卷 2 期 1985 年 92—100 页.
- [58]林海明、贵州师大学报, 1984 年第 1 期 101—104 页.
- [59]刘永清、王慕秋、王联控制理论与应用, 1 卷 1 期 1984 年 46—59 页.
- [60]刘永清、刘金宪, 华南工学院学报, 13 卷 1 期 1985 年 105—111 页.
- [61]刘永清、邱齐斌、唐功友, 山东化工学院学报, 1984 年第 2 期 56—64 页.
- [62]刘永清、唐功友, 青岛化工学院学报, 1985 年第 1 期 24—34 页.
- [63]刘永清、刘金宪, 河北化工学院学报, 1986 年第 1 期.
- [64]Liu Yong-qing and Zhang Heag Liang The structure and connective
Stability of the discrete large-scale system (1), (2). 1986 年 6 月佛山广
州应用数学会年会宣读.
- [65]刘永清、宋中昆, 华南工学院学报, 9 卷 2 期, 1981 年 39—50 中美双边国际控制会议
论文集第 460—468 (英). (1982).
- [66]刘永清, 华南工学院学报, 10 卷 1 期, 1982 年 70—78 中美双边国际控制论文集 (1982)
第 468—477 页,

- [67]张译绵、张鸿亮,华南工学院学报,10卷2期1982年39—50页
- [68]张鸿亮:华南工学院学报11卷4期1983年103—112页.
- [69]刘金亮:河北化工学报,1984年第4期10—21页.
- [70]刘金亮:华南工学院学报,14卷3期1986年9月.
- [71]刘永清:宋中昆自动化学报,10卷2期1984年121—128页.
- [72]刘永清:华南工学院学报,8卷1期1980年13—26页.
- [73].[74]刘永清华:南工学院学报,9卷4期1981年14—21页,22—31页.
- [75]张鸿亮、张译绵:华南工学院学报,10卷3期1982年99—110页.
- [76].[77]刘永清、宋中昆,华南工学院学报,10卷2期1982年1—22页23—38页,DD4宣读国家科委“科学技术研究成果公报”1985年第5期34页.
- [78]—[80]Liu Yong-qing and Liu Jin-Xian: On Model aggregation and Unconditional Stability of large-scale systems with delays (1) (2)(3).Intern,Confer,“Modolling Simulation”Naples(Italy)sept 29—oct.1.1986.
- [81]—[83]刘永清华:南工学院学报,11卷4期1983年69—81页,12卷2期1984年108—118页,118—125页.
- [84]高为柄:中国科学(A辑)第1期,1982年1月.
- [85]徐维鼎:上海机械学院学报,1986年第2期.
- [86]秦元勳:数学学报,8卷4期1958年457—472页.
- [87]Liu Yong-qing: Control and APplications vol.Z.No1(1985)PP.80—91. IFAC 9 Budapest(1984)June4—6.
- [88][89]Liu Yong-qing and zhu xue-feng: Proceedings of Interu confer on Industrial Process Modelling and control vol I (1985)PP.419—422.
- [90]Liu Yong-qing wu Qibin and Tang Gong gou: On the unconditional stabilization of control systems with timedelays 1986.