

《Control System Synthesis: A Factorization Approach》介绍

王飞跃

(浙江大学, 杭州)

1985年MIT Press出版了M. Vidyasagar教授的新书《Control System Synthesis: A Factorization Approach》, 此书系麻省理工学院出版社的信号过程、优化、控制丛书之七。该丛书主编称今后许多年内广大读者将获益于本书, 它将不仅是进一步研究分式表示理论的思想源泉, 而且也将是一本具有实用价值的参考书。在美国, 许多著名大学已采用本书作为研究生的教材。

目前国际上关于分式表示理论的研究十分活跃。对于控制系统综合的基本问题, 即: 对给定的时不变线性过程, 如何设计一个补偿器而使最终的过程——补偿器反馈系统满足所要求的性质, 分式表示理论已在下列四个方面取得了令人瞩目的成就: 1) 找出最终反馈系统具有所希望的性质, 如闭环稳定、追踪和抗扰等的充分必要条件; 2) 求出满足所希望性质的所有的补偿器的“自由”参数表示, 并且表示关于其参数是仿射的; 3) 选取表示中的参数以得到使闭环性质对某判据为最优的补偿器; 4) 建立鲁棒性质的定性与定量的描述, 给出鲁棒条件。这些成果加强和发展了传统的控制设计方法。Vidyasagar教授认为, 线性多变量控制已从经典理论(1960以前), 状态空间(1960—1970年), 频率分析(1970—1978年), 多项式分式表示(1970—1980年), 发展到今天的(稳定)分式表示理论(1976年至今)。

(稳定)分式表示的基本思想是把系统的传递矩阵分解成两个稳定有理矩阵之“比”, 它是Vidyasagar在1972年引入的, 但其奠基性的工作是Youla, Jabr和Bongiorno于1976年所发表的《Modern Wiener-Hopf Design of Optimal Controllers—Part II: The Multivariable Case》, 该文于1978年荣获IEEE Control System Society的最佳论文奖。之后, 经Desoer, Doyle, Francis, Saeks, Vidyasagar和Zames等著名学者的共同努力, 该理论迅速发展, 成为当今多变量控制系统设计的强有力的工具。在分式表示的理论中, 大家熟知的Bezout等式起着十分重要的作用, 正是它的通解使我们能得到使一个给定过程稳定的所有补偿器的参数表示, 而这一表示又使随后的滤波、敏感性最小化及鲁棒条件等问题中的条件极值转化为无条件极值问题, 从而使问题的解决成为可能。分式表示理论的另一个特点是, 尽管用了许多近代数学的基本概念, 如抽象代数、拓扑和泛函等, 而且一些证明看起来也十分繁冗, 但许多结果却出奇地简单、彻底和明了, 从而使广大工程设计人员不会因数学上的困难而却步。当然, 要想深入地掌握这一理论, 一定的数学基础是必要的。

Vidyasagar教授流畅的写作风格在本书中得到了充分的体现。全书结构严谨, 条

理十分清楚,基本上是按“定理—评论—证明—举例”的格式写成的,使人读后即掌握了一些重要控制问题的结论,又感受到了近代数学的妙处.全书按稳定、滤波和敏感性最小化、鲁棒性三个主题展开,共八章,外加A.代数预备知识;B.矩阵环预备知识和C.拓扑预备知识三个附录.许多章节附有习题,从而使读者加深对有关内容的认识.第一章,引言.作者对全书的内容在此作了概述;第二章,稳定真有理函数,是第三章标量系统的数学准备.在第三章中,作者针对单输入单输出的标量系统初步展示了分式表示的威力,给出了使一个过程稳定的所有补偿器的参数表示形式,同时引入强稳定的概念,给出它的充分必要条件,以及稳定能稳补偿器的参数表示,这是Vidyasagar新近取得的成果,作者认为本章可作为大学生的教材内容.第四章矩阵环和第五章稳定化是前两章对多变量系统的直接推广.在第四章,作者介绍了主理想域和欧氏域上的互质矩阵分解,给出了Bezout等式的通解,并引入双互质分式表示和矩阵的欧氏除法.第五、六、七章实际构成了本书的三个主题.在第五章中,作者首先给出与第三章对应的结果,接着利用补偿器的参数表示讨论了联合稳定化、多级补偿器结构(可靠稳定化)、两参数补偿器和调节(追踪、抗扰和解耦)等问题.第六章,滤波和敏感性最小化.从本章中可以看到参数表示及其仿射性质大大简化了优化问题.作者介绍了优化问题同Hardy空间中的一些概念和结果的紧密联系,指出最小敏感性问题要比滤波问题困难得多,后者是对二次模术极值,原则上可利用Hilbert空间的投影定性解决,而前者是对无限模求极值,一般要在Banach空间上讨论,这时投影定理不再一般成立.最后,作者讨论了双参数补偿器在优化问题中的结构优越性.第七章,鲁棒性质.本章可以认为是Vidyasagar的杰作,很有理论价值.在鲁棒的定性方面,作者引入了图象拓扑(Graph Topology),证明鲁棒性可能的充分必要条件是过程随(缺陷)参数的变化在图象拓扑下连续;在定量方面作者引入图象度量(Graph Metric),它可以诱导出图象拓扑,从而给出度量鲁棒性的一种可能方式.遗憾的是,图象度量太复杂,以致难以应用.无论是在图象拓扑还是在图象度量的引入中,分式表示都在其中起着基本的重要作用.本章中还讨论了几种鲁棒条件、鲁棒和最优调节器,以及通有性等问题,参数表示,二参数补偿器的优点再次在这里显示出来.第八章,对一般情况的推广.在最后这一章中,作者讨论了将前面各章结果推广到一般可交换环上的方式和出现的情况.其背景是要把分式表示方法用于时不变线性分布参数系统.作者特别讨论了用有限维控制器综合分布参数系统的问题,这方面的研究以Balas及其学生的工作为代表.本章的结果尚不能认为完善,但它将激发关于这一问题的进一步研究.在书的最后,作者列出了分式表示理论方面的112篇主要的参考文献.

《Control System Synthesis: A Factorization Approach》出版后得到许多知名学者的赞扬.Ozguner在评论此书时称这是一部毫不妥协的“反叛”著作,在状态空间取代频域分析的近二十五年后,频域方法正在强有力的复兴,而本书的方法应被认为是频域方法中的主流.Callier也认为每一个从事反馈控制系统综合分析的研究生和研究者都应仔细阅读这本书,以了解分式表示方法在综合问题中的最新成就.

参 考 文 献

- [1] Callier, F. M., Automatica, **22**, 4, (1986), 500—501.
- [2] Ozgüner, U., IEEE Trans. Automat. Contr., AC—**31**, 11, (1986).
- [3] Vidyasagar, M., Current Status and Future Prospects of Linear Multivariable Control, (1983).

上接第100页)

4th IFAC Symposium Computer Aided Design in Control and Engineering Systems	August 23—25	Beijing PRC	April 15, 1987	Prof. Chen Zhen-Yu CADCS'88 Secretariat Application Committee of the Chinese Association of Automation P.O.Box 919, Beijing, PRC
--	-----------------	----------------	-------------------	--

IFAC/IFORS Symposium Identification and System Parameter Estimation	August 27—31	Beijing PRC	August 1, 1987	Prof. Chen Han-Fu Institute of Systems Science Academia Sinica Beijing, 10080, P.R. China
---	-----------------	----------------	-------------------	--

IFAC Symposium Modelling and Control Applications for Power Systems Operation	Sept.	Brussels Belgium	*	J. Debelle Vice President of IBRA Rue Ravenstein 3 B-1000 Brussels, Belgium
---	-------	---------------------	---	--

*Deadline not yet known