

经济控制论观点下的全球经济危机及其教训(类比研究与评论) ——纪念控制论创始人诺伯特·维纳诞生120周年(1894 – 2014)

万百五

(西安交通大学 系统工程研究所, 陕西 西安 710049)

摘要: 论文从控制论角度, 采用其类比研究方法, 分析全球经济大系统, 探讨其构造及分解、控制结构、各级监控及经管目标、信息结构、控制策略以及子系统的控制与协调. 论文以人造控制系统的不稳定性来从理论上表征经济系统的危机; 并将分散控制下工程大系统稳定性及其子系统稳定性之间关系, 应用到全球大经济系统危机的类比研究和分析, 得出5个论点. 论文对递阶控制的混合协调法, 给予了经济学的解释. 并阐明该法对混合经济宏观调控所具有的特点、优点和意义. 最后基于上述研究论文列举从危机得出的一些教训.

关键词: 经济控制论; 类比研究法; 全球经济大系统; 经济危机; 分散控制; 递阶控制; 稳定性; 混合协调法; 宏观调控

中图分类号: T811 文献标识码: A

The global economic crisis and lessons drawn in the viewpoint of economic cybernetics (analogy study and review)

——To commemorate the 120 anniversary of the birth of the founder of
Cybernetics Norbert Wiener (1894 – 2014)

WAN Bai-wu

(Systems Engineering Institute, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710049, China)

Abstract: From the cybernetics point of view and using analogy study, the paper analyses the global economic system, discusses its configuration and decomposition, control structure, monitoring and management objectives for different levels, information structure, control strategy as well as subsystem control and coordination. This paper theoretically characterizes the economic system crisis as the instability of man-made control system, and applies the relation between stability of engineering large-scale system and that of its subsystems to analogically study the global economic system crisis and obtains five arguments. Economic interpretation to the mixed coordination method is given. And its characteristics, advantages and significance to the mixed economy regulation are clarified. Finally based on above study the paper lists the lessons drawn from the crisis.

Key words: economic cybernetics; analogy study; global large-scale economic system; economic crisis; decentralized control; hierarchical control; stability; mixed coordination method; macroeconomic regulation and control

1 前言(Introduction)

1975年在布加勒斯特召开的第3届国际控制论与系统大会(International congress of cybernetics and systems)正式确认“经济控制论”(economic cybernetics)这一新兴的边缘学科的成立. 它将控制论的一般原理和方法, 运用于经济活动及经济管理的研究, 被确认是维纳(1894 – 1964)等人首创的控制论的一个新分支. 在美国, 经济控制论往往被称作自动控制理论在经济中的应用. 国内在20世纪80年代初开始, 有关经济控制论的介绍、初探、评述和讲座之类著述在各类经济刊物或大学学报上曾热闹过一阵, 如文献[1–5]. 90年代起多转向利用经济控制论研究中国经

济, 开创结合实际的探索, 如文献[6–7]. 40年来已出版一些教材和专著, 如文献[8–9].

2006年春美国的“次贷危机”开始显现, 2008年演化成为金融危机, 最后发展成席卷全球的二次大战以来最为严峻的国际金融、经济危机. 经济控制论如何看待世界经济? 汲取什么教训? 本文试图从控制论^[10–14], 特别是从经济系统的调控与工程系统的控制类比研究的角度给出分析和评论.

2 对世界经济的控制论分析(Cybernetic analysis of world economy)

由于快捷的交通和运输、互联网等媒体的传递信息, 在世界贸易组织(WTO)规则和一些伙伴协

定、贸易协定之下形成成员国间的世界大市场,即能在更大范围内让世界市场配置各国资源,以达到优化.世界经济已经形成全球化经济(包括外贸、金融、市场、投资、技术转移、工农业生产等)体系,在全世界范围内对商品和服务进行生产、分配和消费,并是一个还包括相应的各种管理及调控的结构、代理机构以及消费者在内的特定的社会实体.它还包括不同部门和机构之间的信息流,以及在系统内产权和社会关系.这是经济全球化(economic globalization)形成的一个全球经济的巨系统.

各个国家的经济是上述全球经济巨系统的子系统.每个国家经济子系统包含两个部分:实体经济部分和虚拟经济部分,本文称之为次子系统.次子系统拥有成千上万的企业、公司、工厂、管理机构及其有关部门、消费者等——更次的子系统.而每个次子系统在演变:有些企业成长起来并主宰了市场,有些则没落了.新产品、新技术在大系统或子系统中传播,而其市场日益扩大而老产品则日益衰落.子系统间通过商品、服务、贸易、资金流动、借贷、流通(流动性)、债券、金融衍生产品等的买卖等相互往来,使各子系统、各次子系统连接(关联)在一起.

所以全球经济及其各国经济子系统是开放式、复杂动态巨系统.但本文采用控制论中的大系统理论加以分析^[15-16],故仍宣称之为大系统.

2.1 全球经济大系统的构造和分解(The configuration and decomposition of the global large-scale economic system)

全球经济大系统可以被分解成各国或区域的200多个经济体——子系统.又可以被分解成参加世界贸易组织的经济区和未参加的诸国经济区,而其中还存在着由各种协定、条约组成的贸易区或共同市场.各个经济子系统的规模大小差别很大.美国是以其巨大的生产力和掌握作为国际储备货币美元的发行权而成为最大的子系统,在大系统中占支配的地位.各子系统又可按地理、发达程度,将各个投资、经营主体分解成成千上万的经济次子系统:工厂、企业、公司、商店等,而有些大企业次子系统是

跨国的,即地理上跨几个子系统.

全球经济大系统及其子系统是,依据众多的正反馈和负反馈复杂回路演化着的复杂系统^[13-14].负反馈当然驾驭着市场.例如所谓市场的“看不见的手”是通过供应、价格、需求3个环节,使三者之间拥有负反馈的回路达到平衡^[17:p3].经济大系统内部同样拥有多种正反馈回路,如:利润刺激下的再生产、产品的品牌规模效应、“流行偏见”造成的经济的泡沫^[18]、财富分配上的两极化,再加上恶性竞争、炒家的恶意攻击、过度膨胀等造成的繁荣及崩溃等.这时就出现了自反性现象^[18],自组织性受到破坏,呈现了非理性.这使得经济大系统及其子系统本质上只是具有有限的自组织性.同时现代的经营主体很注意适应环境和消费者的需求.

总之,从二阶控制论角度,全球经济大系统体系是一个复杂、具有有限的自组织性的、自设定的、有时呈现非理性、自适应的动态大系统^[13].

2.2 全球经济大系统的控制结构(The control structure of the global large-scale economic system)

全球经济大系统的另一个特点是,每个经济子系统有其递阶控制结构——自下而上为工厂、企业、公司等直接经营管理级(低级管控级),总公司、集团和跨国公司组成的中级管控级,政府(包括地方政府)宏观监控级(高级管控级)、甚至还有更高级的监控级(如欧盟的委员会).经营管理级直接对被控经济体实施管理,相当于工业大系统中的直接控制器.这样,世界经济大系统中各国政府对各自的国家经济子系统实施递阶控制(如图1所示),而整个世界经济大系统则处于分散控制之下.政府监控级通过宏观调控和干预管控整个国家的经济大系统,政府相当于高级的控制-协调器.例如,政府通过注入更多资金以增加就业,其他如政府开支、注入货币量、税收等都是具有一定的镇定经济作用的宏观调控^[17:p126, 8:p431].所以各监控级都有自设定的目标并加以管理,监控结构包含在相应的经济系统内(观察者在系统之内^[13]).

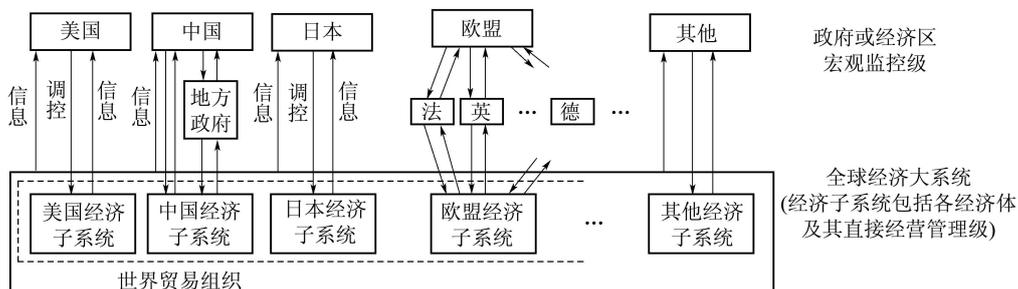


图1 全球经济大系统的分散控制

Fig. 1 Decentralized control of the global economic large-scale system

对于中国经济子系统,在国家之下还有地方政府这一级次子系统,协助国家级进行调控,但也掌握资源通过招商、引资、地方发展谋划、投资创业、扶持企业等多种方法参与经营和竞争,推动经济发展,也成为市场的经济主体^[19]. 经济学家史正富称之为“三维市场经济”(即3个市场经济主体:中央政府、地方政府和企业),是中国社会主义市场经济的特色. 与一般国家“二维市场经济”的地方政府不同,后者的监控作用可包含在国家级之内进行分析(如图1所示).

全球经济大系统中,各国政府力图使各自的经济子系统在稳定的情况下保持持续发展. 在国家之上不再存在经济的监控机构. 联合国下设的3个经济及社会部门和世界贸易组织都没有真正意义上的管理、调控功能,所以不能算为一级监控机构. 欧盟在贸易、农业、金融等方面趋近于一个统一的联邦国家. 所以可认定它是一个监控机构. 这样实现了每个国家(包括欧盟)对各自经济子系统的递阶控制. 对全球经济大系统而言,控制是分散化的(如图1所示).

从控制论的观点分析,处于第一级(最低级)的是被控对象——全球经济大系统本身. 其上是控制级,它拥有分散的控制器——各国政府. 再其上并没有协调器. 这样形成,全球经济大系统是分散控制,国家级子经济系统是递阶控制的控制结构.

各国家级经济子系统间具有环状网络式关联,示意在图2上. 由一定的条约、协定等规定的这种子

系统间的关联是很紧密的,如参与WTO的国家之间,或欧盟(图中椭圆内)之间. 有些经济上基本闭关自守的国家则与其他国家的关联是相对较稀疏的,如图2右下角的子系统.

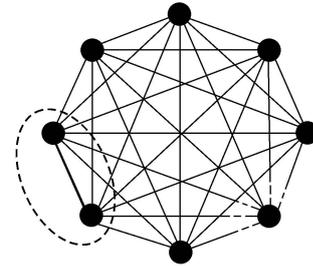


图 2 经济子系统之间的全局环状关联

Fig. 2 Global ring interconnection among economic subsystems

不仅是被控对象——全球化经济非常复杂,其所具有控制结构也非常复杂. 每个次子系统有其经营目标(其数学表达式称为目标函数),子系统也有自己的监控目标. 这些目标由控制结构的各级通过各种手段加以监管、控制和协调. 一般说,每个控制级都可分为数层: 监管层、优化层、规划层等. 图3所表示为国家级控制级分为2层,即使次子经济体的直接控制级往往也分为2层或以上,见图3下部的子系统. 其他如总公司级、集团级的控制级也是如此,图上未画出. 而各控制级汇集一起组成全球经济大系统的控制结构. 图3为一般情况,未画出中国的地方政府这一控制级(如图1所示).

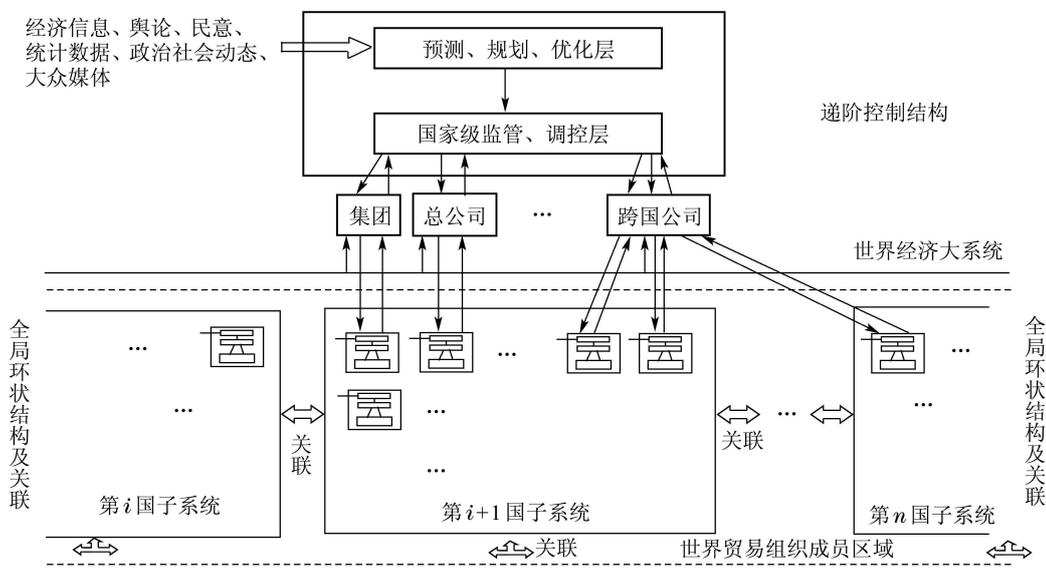


图 3 全球经济大系统的分解及其国家子系统的递阶控制结构

Fig. 3 Decomposition of global economic large-scale system and its hierarchical control structure for subsystem

2.3 经济大系统的各级监控、经管目标和约束 (The monitoring, management objectives and constraints for different levels of the large-scale economic system)

在国际和国内市场范围内许多提供类似产品或服务的次子经济系统(如公司、企业、工厂、商店等),包括总公司、集团、跨国公司这一级,其经管目标是各自利润的最大化.然而,它们彼此之间的经营目标互相冲突,它们间的关系不是合作的,而是竞争的.因此,依据大系统理论,在国家级这类经济子系统中不存在全局的利润最大化这样的全局优化目标,连次优都不存在.当然,这并不排除就某一具体目标的最优化,如货币供给的最优控制等.

就国家级控制结构而言,监控目标就是宏观调控目标.各国家如美国在各个时期都有自己的宏观调控目标和相应政策^[20],中国亦然.

中国国家级控制器是由国务院及其下属部、委等组成.就一国经济子系统而言,通常可采用国民生产总值(GNP)、价格水平、国际收支水平、失业率、货币供给量、利率、投资、国民消费、社会消费、财政赤字等总量作为指标.而实际上一般采用GDP增长速度、通货膨胀率、失业率、国际收支平衡等几项指标作为宏观经济实时控制目标^[8:p443].在财政、信贷、物资、市场等方面也有相应的实时监控目标:保持经济总量的平衡、GDP增长率、重大经济结构的优化、通胀率、就业率、国际收支平衡、人民生活水平提高、有持续发展潜力等等.习惯上还将指标分成两类:目标性指标和约束性指标.

就世界经济大系统而言,更不存在全局优化,在没有经济危机或衰退的情况下则可选取压倒多数国家的经济有不同程度的增长,较充分就业和较低通胀,人民生活质量有所提高和对外贸易平衡作为目标,那些内乱、受灾和腐败或治理不当的国家和地区则除外.

各国经济大系统的监控目标及其优化,数学上是一个多目标的决策问题.伴随着还有一些复杂的约束.如保护环境、节约资源、防止贫富不均(量化为基尼系数)、赤字上限、经济增长方式转变(增长约束)、工业结构改革、产业约束、制度约束等等.

中国的宏观调控目标既有总量目标,也有结构目标,前者既包括经济目标又包括社会目标;而后者用以应对结构性失调、发展方式转变等问题.并形象地将约束称为上下限:经济运行应该保持在合理区间内,即上下限之间,上限是防范通货膨胀,下限是稳定增长,保持就业.

全球经济动态大系统中存在着一些跨国投机和大型炒作公司这样的经济体,具有“破坏性”,以突然袭击方式攻击某一国家子经济系统,以获取最大利润为其目标.他们是以大量交易以对市场起操纵性影响,结果导致受害子系统发生金融或经济危机.1997年的泰国金融危机就是例子,结果波及亚洲很大一部分国家级经济子系统.

2.4 全球经济大系统的信息结构(Information structure of the global large-scale economic system)

根据控制论的分散控制理论,局部控制器如只拥有局部信息,这种信息结构称为“非经典信息结构模式”^[15].如果在各局部控制器之上还有协调器,则它拥有各局部控制器的所有的信息.这种信息结构称为“经典信息结构模式”.

此外,分散控制理论还提到在控制器间的通信问题.虽然,已经处于网路化的时代,在全球经济大系统的子系统之间、次子系统之间、总公司和集团之间,以及国家级之间都没有分散控制意义上的,为了局部或全局经济优化或其他监管、调控目标而进行的充分通信联系.

在全球化的经济大系统中各级递阶的控制结构(局部控制器)不仅获得局部信息,并且其中还混有虚假、错误、数据真实但反映泡沫或故意误导甚至欺诈的信息,这也接近非经典信息结构模式.这是由于有些部门、大企业的刻意隐瞒、造假(如财务欺诈),也包括由于自反性学说^[18]提出的“市场参与者的偏见形成的经济主流的流行偏见”.多数人形成的“共同选择”会汇合成一种占主导地位的“流行偏见”.这种“流行偏见”以及据此采取的行动会改变整个经济的形势^[18].在这种形势下市场所有参与者都失去了理性^[17:p29].这就解释了正反馈出现的原因.这里,自反性学说是控制论研究社会、经济问题的重要原理之一.这也是二阶控制论的观点^[13]:参与者既是观察者又是动作者,置身于被控经济系统之内.

上述的信息问题不同于市场中买方和卖方的信息不对称问题^[17:p7].后者造成市场价格的扭曲.但又有共同点:买方和卖方都是上文所说的多层次的递阶结构(控制器)中的经营管理级.所以是他们双方的信息不对称.这说明,国家级的控制结构十分必要对全部经济信息进行检测、公开,其决策必须是透明的,使经济系统中各方都公平地了解事态进展情况.

按分散控制理论,非经典的信息结构导致分散控制系统结构上的不稳定性.

2.5 国家级经济子系统的控制与协调(Control and coordination of nation-level economic subsystem)

递阶控制下的大系统,如图4所示,被分解为2个子系统.按工程控制论的大系统理论,子系统的输入由各自的控制变量来操作,以形成子系统的输出.局部控制器按控制策略,调整控制变量力图使各个子系统优化,并通过协调器的调整协调变量使整个大系统处于优化.这在大系统理论中称为分解-协调.但是,这只限于子系统模型较简单和大系统目标与各子系统的目标是单调的,或称和谐(非竞争)的关系.

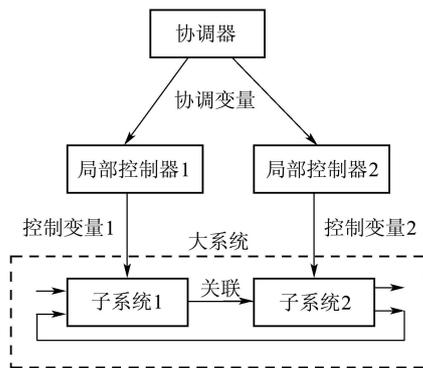


图4 大系统的递阶控制

Fig. 4 Hierarchical control of large-scale system

对于国家级经济子系统,次子系统的输入是广义的投入,如资金、劳力、原料、机器设备等,而其输出是广义的产品、服务及利润等.而子系统控制变量则是经营、管理、广义的操作等.控制变量的作用是在对一定输入、输出变量条件下使子系统的运行满足约束并最优化.由于第2.2小节所述的国家级子系统的复杂性和各经济体的竞争性,分解-协调原则的应用受到限制,只能对子经济系统的总量进行调控.

经济子系统中政府的合理角色是经济的监管器.按大系统理论,即要能起到协调器的作用(如图4所示).大系统的递阶控制理论提供了3种协调方法^[15-16]:关联预估法、关联平衡法和混合法.文献[21]阐明这前2种协调法的经济解释:这涉及对一个简单经济大系统的宏观调控.大系统名著(见文献[16]第4.3.6节)也对此加以引用.如果各子系统相当于大经济系统内的经济子体,而目标函数是生产成本,总目标是各子系统目标之和,则关联预估协调法以子系统的输出作为协调变量,相当于预先指定了产量.协调器的作用相当于政府直接调控产量,使各自经济体间产品和原料平衡,并生产成本为最小.这就相当于经济体系里的计划经济.

而关联平衡协调法则通过拉格朗日乘子作为协

调变量,它孕育有价格的涵义.协调器调控拉格朗日乘子(价格)使各子系统间达到关联平衡——供求平衡,并使生产的耗费为最小.这相当于市场经济,协调器起了市场的作用^[16].

文献[21]在1968年未能就混合法协调做出经济上的解释,仅称这或者是“某种合作经济”.本文要补充指出混合协调法相当于混合经济,即协调器有2个协调变量,既调控子系统产量又调控其价格.协调器既相当于政府又相当于市场.而这相当于混合经济体系——完全自由经济和计划经济的混合体系.

上述只是大系统递阶控制中3种协调法的经济解释.但真实的经济大系统的协调要复杂得多.首先市场这一级隐形协调器的作用,在图3上未画出,产品和服务的产量和价格等以及图4上的协调实际上都由市场“看不见的手”在进行的.而政府一级的监控则属于计划性或协调性的调控.

混合法协调中有一个条件:对于每个子系统,关联输入变量(如图4子系统1左端的关联输入)的维数加上协调变量的维数要大于关联输出变量(如图4中子系统1右端的关联输出)的维数(见文献[16]表4.2).这样,国家级经济子系统在世界经济的环状复杂关联中,多种调控及干预手段和多个调控变量,及时并同时调控才能对混合经济取得好的调控效果.

中国的社会主义市场经济是从经济形态上讲的,而在体系上应属于混合经济,而且是一种政府宏观调控较强的混合经济.国家利用经济政策、经济法规、计划指导和必要的行政管理进行宏观调控和干预(intervention).国家级控制-协调级监管的目的是为了实现经济目标,同时谋求各产业间的平衡.根据控制论的必需变异度律(见文献[12]第3节)要调节的系统越复杂,系统的调节者——控制器就必须越复杂.所以,国家级控制-协调级对经济子系统的宏观管控,通过税收、投资、补贴、利率及准备金率、通货发行(流动性)、公共开支、信贷等财政和金融政策和行政措施、法律手段加以实施;与此同时,通过对国企和某些重要物质的价格和供求进行监管.这样,就形成混合协调法.

资本主义经济从未摆脱过危机的冲击,故目前许多国家都实行这种多种调控手段和多种调控变量的体制.因而,西方国家也实行混合经济体系,称为资本主义混合经济(capitalist mixed economy).但混合的程度有很大的差异,表现在宏观调控时国家对市场、经济计划的调控力度,公有经济部门的大小,以及公共经济目标还是个别目标等因素的偏重情况.文献[22]认为以美国为典型的国家需求管理型的混合经济体制;以英国和瑞典等国为典型的福利国家型的混合经济体制;以德国为典型的社会市场

型的混合经济体制;以法国为典型的强调供求管理的指示性计划型的混合经济体制;以日本为典型的国家发展导向型的混合经济体制.这种对混合经济的分类有的依据宏观调控的目标,有的依据其某些性质.而中国则是以公有经济为主体和社会主义市场经济为特点的混合经济体制.

在30多年的改革开放实践中,我国逐步建立起具有中国特色的宏观调控体系,并发挥着重要的作用.从经济控制论的观点看,这是中国式的混合协调法.例如,2008年世界经济危机使中国经济受到严重冲击:出口大幅下降,不少企业经营困难,有的甚至停产倒闭,失业人员大量增加,农民工大批返乡,经济增速陡然下滑.政府实施积极的财政政策和适度宽松的货币政策,大规模增加财政支出和实行结构性减税.接着着力扩大国内需求特别是消费需求,实施两年新增4万亿元的投资计划;降低银行存款准备金率、下调存贷款利率、减轻企业税负等.与此同时大力调整经济结构、重点行业兼并重组取得新进展,以及下大力气抑制部分行业产能过剩和重复建设,坚持深化改革,包括十大产业调整振兴规划.结果,2009年末中国在世界率先实现经济回升.

经过这次危机的考验,实践证明基于混合协调法的政府宏观调控有它独特的优点,能更大程度上减弱危机的冲击并保持本国经济子系统的稳定,同时实现经济目标.文献[8]第14章第3节称此为计划与市场相结合的宏观经济调控方式.本文认为,它的理论基础就是对混合经济的混合协调法.它的优点是能及时调整经济运行中的不平衡、比例失调使系统稳定地发展.但也要防止:“政府管了一些不该管的事”(温家宝语),要更好地处理政府与市场的关系,使市场在资源配置中起决定性作用.

三维结构下的中国地方政府在本地方主要起着中央宏观调控政策、措施和决定的执行作用,同时它掌握资源防止和控制地方经济包括它所创立或扶持的企业出现问题.因此,在全国的宏观调控中地方政府起了重要的协同和保证作用.这是基于混合协调法的中国式混合调控的内在特点和成功的重要原因.

必须指出,在2008年的危机中,美国政府除进行了宏观调控外,也对经济进行了历史上最严重的金融救援和干预,如房地产业的巨额救助,将有的银行直接置于美联储的监管之下,或强行将美国第5大投资银行贝尔斯登出售给摩根大通银行^[23:p204]等.这些措施较宜称作干预,有别于中国式对混合经济的混合协调法式的宏观调控.

2.6 国家级经济子系统的控制策略(Control strategy for nation-level economic subsystem)

分散控制理论对动态分散控制大系统的各子系统(多变量系统),采用静态状态反馈控制策略.在存在固定模的情况下可以采用输出的动态反馈控制策略以镇定系统^[15-16].在世界经济的分散控制大系统中,各个控制结构的各级控制器都有其自己的控制策略,以控制国家级经济子系统.

就美国及欧盟的国家级控制器而言,虽在混合经济体制下,对利率、税收、通货进行必要的宏观调控.在金融危机发生以前采纳经济新自由主义理念:以倡导自由放任、完全自由的竞争的市场经济、反对国家对市场监控和干预作为控制策略.所以,美国对其高贸易逆差、次贷和金融衍生产品监管不到位和缺乏必要的宏观调控.据第2.5小节所述,对于复杂的美国经济子系统,所实施调控的变量数量也不足,结果使国家级子系统处于接近分散控制的情况下,引发了金融危机^[23:p208].危机发生以后美国国家级控制结构摒弃了新自由主义,而采取了历史上最严重的金融救援和干预措施,来挽救经济.这特别说明,国家级的监管和宏观调控、干预的必要性和重要性,混合经济体制下总量调控和对市场直接调控,以及足够多的调控变量及干预变量数目(维数)的必要性.

第2.3小节还提到,经济子系统宏观调控数学上来说是一个多目标决策问题,但又有非常复杂的约束.因此,国家级子系统的控制,不是一个传统经济控制论上的基于全状态反馈或基于极大值原理的最优控制问题,也不是标量目标的动态规划问题,而是一个基于动态宏观经济模型的多目标和多个复杂约束的动态规划(决策)问题.这个问题只能在大型计算机上基于宏观经济数学模型进行仿真,采用试凑法求解,其解不是惟一的.选择其中的最令人满意的可行解.这个解的重要用途是对宏观经济进行的预测和政策评价.

由于上文提到的国家调控目标最终是年度结算的,加上外界的干扰(突发事件)及宏观经济模型的误差,所以在整个一年中间还可以根据宏观经济实际的运转情况的反馈(见图1和图3上向上箭头的信息通道),适时适度进行“预调”和“微调”修正调控量.这是一种带有以经验为基础的智能式的修正.所以,中国采取的是输出智能动态反馈的控制策略(即社会控制论中的自驾驭(self-steering)(见文献[14]第3节1)),即根据监控级对于系统及环境的感知提出具有适应性的、预期的、前馈性质的、智能的调控附加量以达到经济继续增长和“软着陆”.后者

就是工程控制论中的无超调的暂态过程的形象化描述. 例如2011年中国政府准备投资4万亿以扩大内需, 这笔钱在年度内应如何分期分批投入才能使GDP和物价等指标“软着陆”地达到调控目标并满足复杂的上下限约束.

3 全球经济大系统的稳定性(Stability of the global large-scale economic system)

3.1 经济学上的宏观经济稳定性和物理学上人造系统稳定性的类比(Analogy of macroeconomic stability in economics with man-made system stability in physics)

经济学家从来对宏观经济系统的动力学, 包括稳定性赋予极大的关注. 经济稳定性是指宏观经济保持平衡, 没有出现过大的起伏, 具有较恒定的增长、低的和稳定的通货膨胀、充分就业、财政平衡(低赤字)和物价平稳^[24], 以及低的长期利率、低的国家债务^[25]. 文献[25]给出了宏观经济稳定性的定义, 并从其中选了5个变量作为度量. 相反, 具有持续的、大的衰退, 显著的波动周期、很高或变动的通货膨胀和失业率, 可以被认为宏观经济上是欠稳定(失稳)的, 或不稳定(macroeconomic instability), 也即发生了经济萧条. 而大萧条就是发生经济危机. 从一些经济学者对宏观经济稳定性、失稳和经济危机的定义都支持这个论点^[24-27]. 2008-2009年美国 and 希腊就是不稳定经济的例子^[28]. 因此, 经济稳定性可以采用4或5个指标来描述: 充分就业、物价平稳、经济发展、国际收支平衡和低的债务. 这对于所有国家级经济子系统都适用. 当然, 经济衰退不包括在危机之内.

与工程和物理系统的静止或周期运动的稳态轨迹不同, 国家级经济子系统是开放的, 不断通过外界关联和内部进行生产而处于均衡状态, 所以它的稳态轨迹是: 经济是发展的, GDP是上升的见图5上的经济增长走势线(图5). 这类似在斜坡函数输入下的工程和物理系统的稳态. 这也就是正常发展中的宏观经济系统的稳态(或称内稳态)的均值线. 经济稳定性表示沿着这个GDP增长的走势均衡地、有小起伏地发展, 如受外界扰动时能及时地回到均衡状态, 继续沿这个走势前进^[29,p11].

经济学研究表明, 经济系统周期性出现: 繁荣、衰退、萧条、复苏4个阶段, 称为经济周期^[23]. 只是波动幅度有大有小、周期持续时间有短有长. 较长时间经济上的大萧条就是出现了经济危机. 从经济控制论的观点看, 经济周期是经济分散控制系统在外(如国际金融炒家的突然性攻击)或内(如经济泡沫破裂或生产过剩和信用危机)的扰动下发生的过

渡过程(暂态过程). 而振幅大的过渡过程处于低下的部分即表征大萧条或危机.

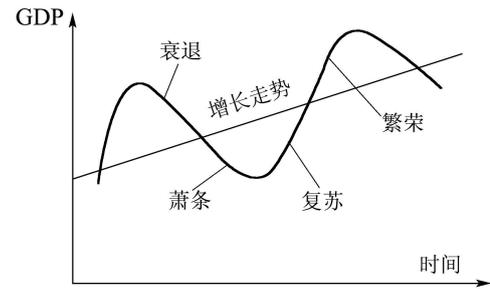


图5 经济周期

Fig. 5 Business cycle

例如, 美国在上世纪30年代的经济危机中, 美国的工业产值GDP下降了26.7%, 而在2008年的危机中GDP下降了5.1%(一说6%)、失业率达10%^[30]. 这时经济系统的稳定性是很差的. 美国实际的经济周期曲线参见文献[23]图2.1.

国家级经济子系统的危机可以上述定义加以描述. 而全球经济大系统的经济危机, 指的是世界经济在一段比较长的时间内不断收缩(负的世界经济增长率, 世界GDP增长为负值). 基金组织(IMF)总裁卡恩说, 全球经济系统稳定性至关重要, 对该系统稳定性具有重要性的国家和地区包括美国、英国、欧元区、中国和日本.

控制论定义工程和物理系统的稳定性为: 如果充分小的初始扰动只引起系统偏离平衡状态的充分小的受扰运动, 则称系统是稳定的. 如果当时间趋于无穷大时, 所有这些受扰运动均回复到原平衡状态, 则称系统是渐近稳定的. 如果对任意初始扰动引起的受扰运动, 系统都能随时间趋于无穷大而回复到平衡状态, 则称系统是全局或大范围渐近稳定的^[31].

工程和物理控制系统中的不稳定, 在线性系统中意味着发生发散或等幅振荡, 在非线性系统中除了发散外还意味着发生稳定的极限环, 在确定性的非线性系统中还意味着发生了混沌. 在随机系统中也同样呈现既有发散、振荡又叠加随机波动.

由此可见, 经济危机和控制论所讨论的工程或物理系统的稳定性, 在现象上是有些差异的. 其中一个深层次的原因是, 经济系统是二阶控制论所认为的自设定系统, 观察者和动作者(调控者)在系统之内^[13]. 在萧条或危机发生时控制结构(观察者)立刻进行宏观调控包括干预或采取反周期措施, 以避免发生发散或大幅振荡. 事实上, 许多经济学家都称呼经济危机现象为经济系统的不稳定. 为此, 通过类比研究, 作者有根据地认为: 作为极限情况, 并便于经济控制论研究, 可以以工程和物理控制系统

的不稳定概念来类比经济系统的危机现象;并以工程控制大系统的不稳定来表征被调控经济大系统的危机.

3.2 全球经济大系统的稳定性与其子系统稳定性的关系(Relation between stability of global large-scale economic system and that of its sub-systems)

美国“次贷危机”波及欧、日等世界主要金融市场,引发国际金融危机.它从发达国家“传染”到新兴市场国家和发展中国家,从金融领域扩散到实体经济领域,形成全球性的经济危机.这引发了不少国家的经济危机,也就是全球经济大系统失稳表现为不少国家经济子系统的失稳.当然,有一些国家也力图自保.这里,理论上就出现了全球经济大系统的稳定性与其国家级经济子系统稳定性的关系.

类似的问题在工程控制论学界,以大型电力系统为背景,就是大型动力学系统里大系统稳定性与其子系统稳定性的关系.这从来是一个研究热点,并出现一些重要成果,如20世纪70-80年代文献[15-16, 29, 32],近期还有文献[33].从分散控制的理论可以知道,分散控制的大系统受结构的限制,可能不稳定.特别是在分散的局部控制器未能掌握全部、全面的信息(非经典信息结构)以及存在着相互竞争的子系统的情况下.换言之,仅依赖分散的局部控制器,较难控制这类大系统使之稳定.严格的这类理论研究成果仅限于线性和部分线性的动力学系统以及某些非线性系统,并在特定关联网络的情况下,能得出如下一些有关大系统及其子系统稳定性的关系的很重要的5个定理或结论.

这些重要成果如何借鉴到全球经济大系统,是经济控制论学者面临的课题.全球经济大系统太复杂了,即使在国家级子系统这一级,能较精确地反映子经济系统危机的宏观经济数学模型迄今还没有令人满意的结果.它必然很复杂、很难建立.这也是为什么经济学家和经济控制论学者没有人能对此次2008年金融危机具体的发生形式、发生时间及危害程度进行准确的预测.

因而,采用类似的、严格数学论证的理论方法研究全球经济大系统的稳定性,以及它与其子经济系统稳定性的关系是非常困难的.

今将这工程控制论的5个定理或结论类比应用于经济大系统研究,由于未经严格数学证明,下文改称为论点.并纵观和审视全球经济的近200年来的历史和现实,可以富有启发性地发现这些理论结论对于经济大系统都还是适用的,从而表明本文的类比研究的可行性.

论点1 处于分散控制下的大系统,较难控制,较易发生不稳定,见文献[15]第1.4节.

由上述文献可知,在各子系统已经通过状态反馈呈现稳定的情况下,由于非经典信息结构,大系统是结构上不稳定的.子系统间的关联要满足一定条件,大系统才能稳定.换言之,一定条件下关联太紧密,导致各子系统在外扰下互相牵扯而不稳定,导致大系统也不稳定.

在全球经济大系统中由于各国经济子系统间关联很紧密,它的分散控制结构以及有些国家(如美国)子经济系统,在2008年危机前也接近分散控制状态,加上经济体间追逐利润的竞争、存在各类正反馈等的内部因素,使全球经济大系统较易发生不稳定.首先是美国、欧盟等一些经济子系统较易发生不稳定.从而局部地区的金融震荡很可能引起全球范围内的经济危机.

世界的实际情况证实:自1825年英国第一次爆发经济危机以来,资本主义经济从未摆脱过危机的冲击.在1970年至2007年间,有据可查的银行危机不少于124次、汇率危机达208次、主权债务危机达63次^[34].这3种危机都属于金融危机的类型.而酿成经济危机的有15次^[35].

论点2 就大系统的某个子系统而言,大系统不稳定的情况下,子系统可以稳定^[32].

子系统有自己的局部控制器.如果它与其他子系统的关联比较弱,则该子系统在大系统不稳定的情况下,因为关联带来的外扰(即环境的影响)不大,未能迫使子系统跟着失稳.故在大系统不稳定的情况下,子系统可以稳定.

2008年的金融危机引发的全球性的经济危机,刚开始对中国这个世界第二位经济体的子系统的冲击不是很大,因为其各金融机构购买的次贷金融产品不多;后来当然严重冲击了中国经济.中国“国家级控制结构”采取了扩大内需等的一套调控和干预措施,使得中国经济与世界经济的关联相对减弱.中国经济维持稳定.而另一些被经济全球化近乎遗忘的国家,受此次金融危机的冲击较小.

论点3 在大系统稳定的情况下,子系统可以不稳定,见文献[32]注意3.

1997年发生过这样的情况:在全球经济大系统稳定的形势下,亚洲的小国泰国经济子系统因美国知名金融投资家兼炒家索罗斯主导的基金的进攻之下发生了金融危机.这就是子系统的失稳.之后进一步影响了邻近亚洲国家的货币、股票市场和其他的资产价值,导致大批企业、金融机构破产和倒闭.此后,国际炒家的4次进攻港元,但在香港特区政府

的抵抗下均未能得逞. 1997年泰国的金融危机说明, 全球稳定的大系统内小型的子系统可以失稳. 而美国这个占支配地位的子系统却未曾被波及. 而中国这个经济子系统, 当时依靠加强调控即对资本项目的适度管制, 和金融服务市场低开放度(稀松的关联)幸免于难.

论点4 在一个紧密关联的两个子系统组成的大系统内, 一个子系统若不稳定, 而两个局部控制器又协调失当, 则另一子系统必不稳定, 从而导致整个大系统的失稳.

由于一国的经济子系统本身也是一个大系统, 而其宏观经济又可分解为实体经济和虚拟经济两个次子系统. 两者之间的关联和反馈非常复杂. 虚拟经济次子系统的失稳会导致实体经济次子系统的失稳, 从而造成整个宏观经济大系统的不稳定. 故这类型的两个次子系统是相互依存、相互促进的关系, 也需要均衡发展、协调一致. 2008年美国的次贷危机导致金融危机, 即虚拟经济次子系统的失稳, 继而引发实体经济次子系统的失稳, 最终是经济大系统的不稳定^[17:p29,23:p92]. 然而, 前者正是由于美国实体经济中的制造业等的过分萎缩, 导致工人失业率加剧和实际工资的相对减少, 进而导致不符合借贷条件的房贷者违约, 使银行背负大量的不良债务. 最终导致房地产经济泡沫的破裂.

此外, 也可能发生: 虚拟经济子系统刚出现失稳的前兆, 由于调控得当而实体经济尚能确保稳定. 如2001年美国的互联网泡沫. 由于政府处置得当, 互联网泡沫破灭并未导致美国经济危机.

论点5 在某些情况下, 有些子系统必须是不稳定的, 以维持整个大系统的稳定性(见文献[33]定理4).

出现经济危机前兆的国家会采取转嫁的措施, 使危机通过强关联传播到其他国家级子系统. 出现危机国家的贸易保护主义政策、竞争性货币贬值和对外侵略扩张等都是经济危机的转嫁手段. 因此, 世界经济大系统中非主要经济体国家的危机明显多于主要经济体国家. 然而, 主要经济体国家的危机正呈现越来越频繁、越来越强烈的态势. 而损失也越来越大, 防范也越来越难. 这说明具有内部正反馈、竞争性的次子系统和国际大炒家(次子系统)的全球经济大系统, 在有些国家级监控机构处理失当的情况下, 其稳定性很差.

4 对全球经济大系统的监管(Monitoring the global large-scale economic system)

没有协调级的分散控制大系统, 仅依靠一些具有局部信息的局部控制器的控制很难保证在紧密关

联下大系统的稳定性. 就全球复杂经济大系统的分散监管和控制而言, 不是一或几个主要经济体国家能完成的, 虽然美国的金融体系占支配地位. 当然首先应该各国将各自国家级的经济子系统监管好.

从控制论的必需变异度律的观点看, 这个复杂全球体系的变异度很高, 需要多个分散控制器的联合协调控制, 使至少几个主要分散控制器通过建立上层的协调器, 联结成为递阶控制. 特别是中国现在跃为世界第2大经济体, 日本、欧盟追随在后. 各个主要经济体各自为政的、不协调的控制是事倍功半的. 因此, 依据分散控制理论需要强调它们共同地协调地宏观调控和干预, 以避免再发生全球性危机和衰退, 并共谋繁荣. 世界经济系统是一个大家庭, 需要各国更加紧密的合作才能达到共同强劲、可持续和平衡增长.

目前成立的20国集团峰会替代了美国及日本等发达国家的8国集团峰会, 成为全球经济合作的主要论坛. 目的是防止类似亚洲金融风暴的重演, 让有关国家就国际经济、货币政策举行非正式对话, 以利于国际金融和货币体系的稳定. 2008年这场危机是世界性的, 所以要进行全球的宏观经济政策的协调, 来共同实施有效的经济刺激计划, 复苏世界经济. 中国和其他国家的经济刺激计划的退出政策也要与其他国很好地协调.

法国左派教授比岱(J-Bidet)认为: 需要一个具有国家特征的“世界-国家(world-state)”组织——“一个全人类层面上的、以资本主义为‘法律’的政治共同体”来实行协调和控制, 金融危机仅在民族国家(nation-states)范围内无法得到解决^[36]. 这个“世界-国家”的组织形成各高层控制结构之上最高级的协调器. 这时, 原本处于分散控制下的全球经济大系统处于控制论中所谓递阶结构之下, 形成递阶控制. 这当然有助于避免另一次全球性的经济危机.

然而, 联合国不是一个具有国家特征的权力组织. 比岱认为: 具有国家特征的“世界-国家”正在孕育过程之中. 也许这是他从欧盟这个超国家的组织看到的憧憬, 但本文认为, 由于领土、政治上的互不信任、利益矛盾以及安全等引起的国际间矛盾, 目前还看不到实现“世界-国家”这个最高级协调器的曙光.

5 结论——从控制论的角度应该汲取的教训 (Conclusion—Lessons from the crisis in the viewpoint of cybernetics)

处于分散控制下的全球经济大系统的复杂性、有限自组织性、非理性, 使本来已经是结构上不稳定的大系统更难稳定. 而放松监控的各个国家级子

系统虽然进行着递阶控制,但具有互相冲突的目标,不充分的反馈信息,常常监管不到位、调控失当,也接近处于分散控制,所以也容易发生经济危机.另一方面,全球经济大系统的上述性质使得能反映危机的宏观经济数学模型的建立非常困难,即使对其下级的子系统也复如此.为此,借鉴控制论的类比研究法以人造控制系统的不稳定性来从理论上表征经济系统的危机;并以研究工程或物理大系统分散控制下稳定性的一些重要结论,来类比研究和分析全球和国家级经济大系统的经济危机实属必要,而且有一定的意义.

审视上几节的分析和类比研究可以得出如下经济危机引出的教训,它们为避免下次危机提供重要的帮助:

1) 有鉴于经典信息结构的重要性,确保向各监控级(管理人员和投资者)及时提供更多的、更高级别的全面动态信息,以便进行监管.严禁财务欺诈、造假、金融分析机构的虚高评级之类假信息和资产负债表外交易.

2) 国家、地方监管级要加强监督、宏观调控和干预.摈弃经济新自由主义.但又不要影响市场在资源配置中的决定性作用.国家监管级需要有正确的控制策略.并要采取多种调控及干预手段和多个调控变量,及时并同时混合经济进行必要的宏观调控,避免在危机初期错过救援的最好时机^[37].

3) 要加强对一国虚拟经济次子系统的监管^[23:p208],重点是金融机构与金融市场.虚拟经济次子系统的规模应与实体经济次子系统相配合、相协调.虚拟经济的过分膨胀,必将破坏与实体经济的协调,导致它自身的失稳.特别要警惕虚拟经济中的金融衍生品之类金融“创新”的隐患.严格限制银行的自营交易.监管不到位是2008年开始的金融危机的根本原因.警惕国际炒家的投机性攻击.同时实体经济不能萎缩,也不能过分膨胀——产能过剩.后者曾是上世纪早期经济危机的根本原因.

4) 国际社会应增进合作,加强对全球金融机构与金融市场的监管.努力起到部分协调器的作用,以促进全球金融大系统的稳定性.协调对陷入危机或衰退国家必要的补救、援助行动.加强各国间的政策协调,相互带来正面的外溢效应.

5) 一国经济子系统的国际贸易不能长期不平衡.否则出超和入超国都易受到投机性“炒作”.两国都相互依赖^[17],前者易受到后者的危机波及.要积累外汇储备以应对国际炒家对货币的冲击,自保虚拟经济次子系统的稳定.

6) 警惕危机始发国“以邻为壑”的自保政

策、贸易保护主义和竞争性货币贬值等转嫁手段,转嫁给新兴市场国家和发展中国家.

7) 研制能预测危机的宏观经济模型,并能据此评价调控政策和措施,从而阻止下一次经济危机的发生.这需要除经济学家外跨学科的社会科学家、工程师以及计算机、控制论等专家的共同参与.目前有不少专家都看好基于人工适应主体、可计算的宏观经济模型^[38].

以上有些教训也被经济学家提到过,但是本文赋予它们以控制论的基础,也使得政府监管部门可以有依据、有信心地进行调控和干预,以避免一国的金融、经济危机.这在目前世界经济疲弱、复苏乏力、基础不稳、动力不足、速度不均,并更具复杂性和关联性的情况下很为重要.

本文表明,控制论思想,包括维纳常使用的类比研究,是研究世界经济及其危机的重要的工具.世界性的经济危机发生后全球学术界的热烈讨论中,美国乔治·华盛顿大学教授、二阶控制论学者S·翁玻尔贝(Umpleby)^[13],独树一帜,提出社会科学家要改变思维,创立把观察者融入经济系统的“二阶经济学”(second-order economics)^[39].藉此建立的新型经济模型,“允许所有参与者成为观察者,而观察者成为参与者”.而新出现的“基于主体的计算经济学”(agent-based computational economics)恰属于这一类^[38,40].它定义为:“一种采用很多自主的、交互作用的主体构成的演化系统,来对整个经济系统进行建模的计算研究”.人们正拭目以待这方面的新进展.

参考文献(References):

- [1] 乌家培.谈经济控制论[J].世界经济,1979,(9):73-76.
(WU Jiapi. Discussion on economic cybernetics [J]. *World Economy*, 1979, (9): 73-76.)
- [2] 张钟俊,候先荣.现代控制理论在宏观经济学中的应用[M]//系统工程论文集.北京:科学出版社,1981:72-76.
(ZHANG Zhongjun, HOU Xianrong. Application of modern control theory to macro-economics [M] // *Paper Compilation on the Systems Engineering*. Beijing: Science Press, 1981: 72-76.)
- [3] 龚德恩.经济控制论评述[J].中国人民大学学报,1988,(6):45-54.
(GONG De'en. Economic cybernetics: a review [J]. *Journal of Renmin University of China*, 1988, (6): 45-54.)
- [4] 周叔俊.经济控制论讲座(1-6)[J].经济理论与经济管理,1985,(5):33-51;1985,(6):67-72;1986,(1):53-59;1986,(2):56-61;1986,(3):59-63;1986,(5):59-62.
(ZHOU Shujun. Lectures on economic cybernetics(1-6) [J]. *Journal of Economic Theory and Economic Management*, 1985, (5): 33-51; 1985, (6): 67-72; 1986, (1): 53-59; 1986, (2): 56-61; 1986, (3): 59-63; 1986, (5): 59-62.)
- [5] 万百五,韩崇昭.控制理论与宏观经济模型[J].自动化学报,1986,12(2):210-218.
(WAN Baiwu, HAN Chongzhao. Control theory and macroeconomic models [J]. *Acta Automatica*, 1986, 12(2): 210-218.)

- [6] 祝宝良. 联合国世界计量经济联接模型系统中国宏观计量经济模型(1996版)简介[J]. 预测, 1997, (5): 39–44.
(ZHU Baoliang. LINK system of world macroeconomic model: a brief introduction to macroeconomic model of China (1996 Edition) [J]. *Forecasting*, 1997, (5): 39–44.)
- [7] 徐高. 基于动态随机一般均衡模型的中国波动数量分析[D]. 北京: 北京大学, 2008.
(XU Gao. Quantitative analysis on China's business fluctuations based on dynamic stochastic general equilibrium models [D]. Beijing: Peking University, 2008.)
- [8] 乌家培. 宏观经济控制论[M]. 辽宁: 辽宁人民出版社, 1990.
(WU Jiawei. *Macroeconomic Cybernetics* [M]. Liaoning: Liaoning People's Publishing House, 1990.)
- [9] 王晶, 王志胜, 陆宁云, 等. 经济控制论——理论、应用与MATLAB仿真[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
(WANG Jing, WANG Zhisheng, LU Ningyun, et al. *Economic Cybernetics: Theory, Applications and MATLAB Simulation* [M]. Beijing: Science Press, 2008.)
- [10] 维纳·N. 控制论, 或关于在动物和机器中控制与通信的科学[M]. 第2版. 郝季仁, 译. 北京: 科学出版社, 1963.
(WIENER · N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1948.)
- [11] 维纳·N. 人有人的用处——控制论与社会[M]. 1954年修订版. 陈步, 译. 北京: 商务印书馆, 1978.
(WIENER · N. *The Human Use of Human Beings, Cybernetics and Society* [M]. Revised in 1954. New York: Doubleday Anchor, 1954.)
- [12] 万百五. 控制论创立六十年[J]. 控制理论与应用, 2008, 25(4): 597–602.
(WAN Baiwu. Sixty years of Cybernetics since funding [J]. *Control Theory & Applications*, 2008, 25(4): 597–602.)
- [13] 万百五. 二阶控制论及其应用[J]. 控制理论与应用, 2010, 27(8): 1053–1059.
(WAN Baiwu. Second-order cybernetics and its applications [J]. *Control Theory & Applications*, 2010, 27(8): 1053–1059.)
- [14] 万百五. 社会控制论及其进展[J]. 控制理论与应用, 2012, 29(1): 1–10.
(WAN Baiwu. Sociocybernetics and its progress: a review [J]. *Control Theory & Applications*, 2012, 29(1): 1–10.)
- [15] 辛格M G. 分散控制[M]. 李人厚, 胡保生, 译. 北京: 国防工业出版社, 1985.
(SINGH M G. *Decentralized Control* [M]. 2nd Ed. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1981.)
- [16] 辛格M G, 铁脱里A. 大系统的最优化及控制[M]. 周斌, 张国衡, 译. 北京: 机械工业出版社, 1983.
(SINGH M G, TITLI A. *Systems: Decomposition, Optimization and Control* [M]. Oxford: Pergamon Press, 1978.)
- [17] 科林·里德. 金融危机经济学: 如何避免下一次经济危机[M]. 曹占涛, 译. 北京: 东方出版社, 2009.
(READ C. *Global Financial Meltdown—How We Can Avoid the Next Economic Crisis* [M]. Basingstoke, USA: Palgrave Macmillan, 2008.)
- [18] SOROS G. 金融炼金术[M]. 孙忠, 译. 海南: 海南出版社, 1999.
(SOROS G. *The Alchemy of Finance: Reading the Mind of the Market* [M]. Chichester: Wiley, 1987.)
- [19] 史正富. 超常增长: 1979–2049年的中国经济[M]. 上海: 上海人民出版社, 2013.
(SHI Zhengfu. *The Extraordinary Growth of the Chinese Economy: 1979–2049* [M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2013.)
- [20] 郭曦. 20世纪90年代以来的美国宏观调控政策评述[J]. 价格月刊, 2006, (1): 59.
(GUO Xi. Review of the United States macro-control policies since 1990s[J]. *Prices Monthly*, 2006, (1): 59–59.)
- [21] BOUDAREL R, DELMAS J, GUICHET P. *Commande Optimale des Processus*. T.2. [M] // *Programmation Non Linéaire et Applications*. Paris, France: Dunod, Editeur, 1968.
- [22] 百度百科. 混合经济体制 [EB/OL]. baike.baidu.com/view/13734...htm, 2013.
(Baik Baidu. Mixed economy system [EB/OL]. baike.baidu.com/view/13734...htm, 2013.)
- [23] 格雷厄姆·特纳. 经济危机——自由市场的末路[M]. 龚东风, 译. 浙江: 浙江文艺出版社, 2009.
(TURNER G. *The Credit Crunch: Housing Bubbles, Globalisation and the Worldwide Economic Crisis* [M]. London: Pluto Press, 2008.)
- [24] WIKIPEDIA. Economic stability [EB/OL]. en.wikipedia.org/wiki/Economic_stability, 2012.
- [25] THE REUT INSTITUTE. Macroeconomic stability [EB/OL]. [2006-12-28] www.reut-institute.org/Publication.aspx?PublicationId=1299.
- [26] BUSINESS DICTIONARY. What is economic crisis? [EB/OL]. www.businessdictionary.com/definition/economic-crisis.html, 2013.
- [27] JOYA O. Macroeconomic instability in Afghanistan: causes and solutions [D]. France: University of Bordeaux, 2011.
- [28] 百度百科. 经济周期 [EB/OL]. baike.baidu.com/2013-10-29.
(Baik Baidu. Business cycle [EB/OL]. baike.baidu.com/2013-10-29.)
- [29] ŠILJAK D D. *Large-scale Dynamic Systems: Stability and Structure* [M]. New York, USA: Elsevier North-Holland, Inc., 1978.
- [30] WIKIPEDIA. The free encyclopedia. List of recessions in the United States [EB/OL]. en.wikipedia.org/.../List_of_recessions_in_the_Un..., 2013.
- [31] 黄琳. 稳定性[M] // 中国大百科全书——自动控制与系统工程卷(第1版). 北京: 中国大百科全书出版社, 1991.
(HUANG Lin. Stability [M] // *Automatic control and systems engineering, the Encyclopedia of China*. 1st Edition. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 1991.)
- [32] 温香彩, 吕绍明. 非线性离散大系统的稳定性分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 1990, (3): 6–10.
(WEN Xiangcai, LÜ Shaoming. Stability analysis of nonlinear discrete large-scale systems [J]. *Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition)*, 1990, (3): 6–10.)
- [33] DUAN Z S, WANG J Z, CHEN G R, et al. Stability analysis and decentralized control of a class of complex dynamical networks [J]. *Automatica*, 2008, 44(4): 1028–1035.
- [34] 江涌. 国际金融危机的历史教训 [EB/OL]. [2013–6–3]. www.caogen.com/blog/...icleId=21636.
(JIANG Yong. The historical lessons from the international financial crisis [EB/OL]. [2013–6–3]. www.caogen.com/blog/...icleId=21636.)
- [35] 赵玉峰. 美国有多少次经济危机 [J]. 数据, 2009, (5): 26–27.
(ZHAO Yufeng. How many economic crisis in United States [J]. *Data Magazine*, 2009, (5): 26–27.)
- [36] BIDET J. *L'État-monde, Libéralisme, Socialisme et Communisme à l'échelle mondiale, Refondation du Marxisme* [M]. Paris: paru aux Presses Universitaires de France, 2011.
- [37] TAYLOR J B. *Getting off Track: How Government Actions and Interventions Caused, Prolonged and Worsened the Financial Crisis* [M]. Stanford, CA, USA: Hoover Institution Press, 2009.
- [38] TEFATSION Leigh. Agent-based computational economics: Modelling economies as complex adaptive systems [J]. *Information sciences*, 2003, 149: 263–269.
- [39] UMPLEBY S. Second-order economics as an example of second-order cybernetics [J]. *Cybernetics & Human Knowing*, 2011, 18(3/4): 173–176.
- [40] BUCHANAN M. Economics: Meltdown modeling: could agent-based computer models prevent another financial crisis? [J]. *Nature*, 2009, (460): 680–682.

作者简介:

万百五 (1928–), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为大系统递阶稳态优化控制、智能控制和工业产品质量控制以及控制论, E-mail: wanbw@mail.xjtu.edu.cn.