

现代科学和黑格尔辩证法

陶景侃

(兰州大学 哲学社会学院, 兰州 730000)

摘要: 自19世纪进化论诞生以来, 演化、发展的观点日渐成为当代科学的核心概念。由存在的科学进入到演化的科学, 已经成为20世纪科学思想的突出特征之一。这种科学思想, 与富涵历史感和辩证法的黑格尔《逻辑学》, 有着广泛的一致性。由此设想, 撰写综合辩证法新成就、包涵当代科学思想的概念体系的逻辑学, 既与数学化命题体系逻辑学并进, 也对吸纳科学思想不足的现代哲学有所补益。

关键词: 现代科学; 黑格尔; 辩证法; 逻辑学

中图分类号: B 811.01

文献标志码: A

文章编号: 1009-895X(2017)03-0257-05

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2017.03.011

Modern Science and Hegel's Dialectics

Tao Jingkan

(Philosophy and Sociology School, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: With the appearance of Evolution Theory in the 19th century, evolution and development have been the central concepts of natural sciences, and evolutionary sciences have been one of the prominent characteristics of scientific thoughts in the 20th century. This school of scientific thinkings is consistent with Hegel's philosophy.

Keywords: modern science; Hegel; dialectics; logics

黑格尔《逻辑学》概念体系的特点, 是与历史有某种一致性: 从最普遍、抽象、简单的“存在”, 进展到“实践”, 实践中实际接触到的则是具体的、极其复杂的、有名有姓的“万事万物”。哲学中出现“存在”概念极早, 它又几乎可适用于一切事物; 适用于一切事物的“存在”概念的内涵却超常地贫乏抽象。现在写文章用“电脑”, 这个存在十分具体而内涵极为丰富。抽象的存在到电脑的存在, 这不仅是贫乏抽象到丰富具体的问题, 还反映出存在之“物”的历史性, 以及物的“概念”的历史性。20世纪从相对论、量子力学, 到复杂性科学, 其中所提供的概念越来越有体系

性, 而且, 这些科学概念的体系, 正在反映出宇宙大自然的演进历史和演进机制。既然科学概念的体系正在反映出演进性、历史性, 那么, 岂不正在和黑格尔概念体系具有的历史性、演进性一样了吗? 那么, 是不是可以把黑格尔的辩证法概念体系的逻辑进行改造、充实, 使之能够统括人文社会科学与自然科学这两大方面, 既能容纳完全必然性的决定论, 又能容纳矛盾、概率、或然性、非线性、混沌、分形、集体行为、自组织和突变等等, 说明新出现的耗散结构、新质、新存在、存在主义等等的现代哲学, 反倒不能说明此类新存在、新本体问题。这里的确不再是拉普拉斯的完全的决定论了,

收稿日期: 2017-06-19

作者简介: 陶景侃 (1939-), 男, 教授。研究方向: 逻辑学、科学哲学。E-mail: taojk@lzu.edu.cn

但可以是霍金说的“打了折的决定论”吧!其实,在人文社会方面,本来就没有拉普拉斯那样完全的决定论,倒是随时可见“打了折的决定论”。从17世纪到19世纪,荷兰、英国、法国、意大利和德国都决定论地资本主义化了,但其演化经历又是那么地各不相同!

一、相对论和量子力学所揭示的自然界的历史性

达尔文进化论揭示了生物由简单到复杂、低级到高级的演进机制和轮廓,那么自然界在物理、化学等方面,是不是也有类似的历史演进呢?19世纪下半叶,维也纳物理学家L·波耳兹曼,曾经“试图仿效达尔文在生物学中的研究,系统阐述物理学中的演化方法”^[1]。但是他没有成功,并于1906年在悲伤和孤独中自杀,其墓碑上刻着他贡献的著名的熵公式。波耳兹曼死时只有62岁,如果他多活10年,也许就不必悲伤和不会孤独了。

1915年爱因斯坦创建的广义相对论,能够导出宇宙有膨胀趋向,但他喜欢平衡,所以建立的是宇宙静态模型。俄国物理学家A·弗里德曼证明他的宇宙太不稳定,极小的涨落就会使其毁灭,而且预言宇宙不是静态的,无论何地朝着何方向观察,宇宙都是一样的。预言很快被E·哈勃证实了。哈勃在天文观测中发现恒星吸收光谱的有规律红移现象,据多普勒效应可推知宇宙在膨胀。据此又形成了宇宙大爆炸假说。其创始人之一,弗里德曼的学生G·伽莫夫推算,早期宇宙的白热,到现在只剩下绝对温度几度了,这样的温度只能作为微波辐射被人们观测到。1965年,美国贝尔电话实验室的A·彭齐亚斯和R·威尔逊在检测一个微波探测器时,无意中发现了相当于绝对温度2.7度的微波背景辐射,而且各向同性。这不仅证实了伽莫夫的推算,也使宇宙大爆炸假说、弗里德曼假说、乃至广义相对论得到了有力的证据支持,这就是对我们所处的宇宙演进的机制和轮廓的发现。

科学不仅发现了整个宇宙的演进机制和轮廓,还建立了恒星的演进史轮廓。1911年丹麦天文学家E·赫兹伯伦发现恒星光度与温度之间的关系,美国天文学家H·V·罗素有同样发现,根据赫氏和罗氏两位的理论制作的恒星数据的坐标图就叫“赫罗图”。赫罗图上显示出了规律性,经进一步

的研究,发现了恒星演化的历史。恒星起源于星际气体云,因引力收缩和升温,先形成红巨星。继续收缩和升温,引发热核爆炸,成为赫罗图上的主序星。主序星是恒星的中年期。恒星中心部分的氢都转化成氦之后,恒星会成为红巨星,几经周折,步入晚期:小恒星归宿为白矮星,大恒星经超新星爆发抛射后仍在太阳质量1.4倍以上时,归宿为中子星或黑洞。1967年发现的中子星,给恒星进化理论以有力的证据。这不再是假说,而是恒星的科学理论了。

量子力学与宇宙学相结合,又可以看到物质从基本粒子到万事万物的进化机制和轮廓。由于量子力学,物理学家把宇宙中的物质,分析为最简单、最初级的6种夸克和6种轻子^[2]。而且弄清了电磁力和弱核力的关系和强度,弄清了强核力的性质。把这些和宇宙大爆炸理论相综合:宇宙大爆炸最初第100秒以前,只会有轻子和夸克存在;大约100秒时,温度降到10亿度,强核力才能显示其作用,使夸克综合成中子、质子,并使中子、质子综合成氘(重氢)、氦等少数几种轻元素的原子核。之后,大约要经过100万年那么长的时间,温度降到几千度时,电磁力、弱核力发挥作用,电子综合于百万年前就形成的原子核,形成为原子。显然,再以后才逐步形成较重的原子和小分子、大分子,乃至宇宙中的各种物质,直至智能生物。由此可见,物质是有简单到复杂、低级到高级的演进历史的。这里还有许多问题,例如,小分子怎么进化成大分子,无机分子怎么进化成有机分子,有机大分子怎么进化成生命,等等。但这超出了物理学的范围。物理学家对物质的进化论已经做出了他们专业范围内的杰出贡献了。

正是在物理学家的贡献基础之上,包括化学元素周期表的量子论阐述,半导体的量子论阐述等等,才有20世纪中后期科学和技术的大发展,才会引起复杂性研究的革命。

二、复杂性科学所揭示的自然史机制

复杂性研究的科学革命,不是某个独立学科内部的事,而是由几个学科的进展汇聚而成的。它们基本上都发端于20世纪60年代,汇聚于较后的年代。它们的内容大体可以包括:混沌和非线性理论,耗散结构理论,超循环论,协同学,突变论等。它们常常引用较早提出的系统论中的一些概

念，所以也可以包括系统论。这些理论都遇到了不确定性，不只是概率和统计那样的或然性不确定，还遇到了非平衡和失衡、超越临界点的突变、多种选择和支配原则、集体行为和自发组织等等的复杂性现象。这是具有确定性、线性或近线性、分析和简单性等等特点的传统科学所不能解释和说明的。下面从混沌说起。

1961年，E·M·洛伦兹给描述基本大气环流运动的洛伦兹方程设定参数，用计算机作数值积分，发现初始条件只有千分之一误差的两组计算，造成其后完全不同的演化过程。初始条件的微小变化造成轨线的巨大变化，使初始条件包含的信息，因指数型发散而丧失，因此给这类敏感初始条件的系统作长期演化预报，是不可能的。从确定论方程组出发，却走到了不确定性，这就突破了传统的确定论。1963年，他又以另一个参数作横坐标，对其方程作数值积分，其轨线像蝴蝶的一对翅膀。它有一对稳定的不动点，轨线绕不动点由外向内盘绕，此时盘绕此点，彼时盘绕彼点，还经常作由此及彼、由彼及此的跃迁，而跃迁是随机的，非周期的；轨线可在一定空间中密集和遍历，形成一对形似蝴蝶翅膀的螺旋线。那两个不动点称为洛伦兹吸引子，是稳定的：整个盘绕运动则是非周期性的、不确定的、混沌的。

非线性方程的运动轨迹，常常经过一段稳定区后出现分岔和混沌，持续下去就有再分岔和再混沌，形成“无穷嵌套的自相似结构”。B·B·曼德布罗特用几何方法研究这种自相似结构，发现整数不足以描述其维度，提出“分数维”概念，逐步构建了分型理论。

突变论是数学家提出的。20世纪60年代中期，R·汤姆、B·N·阿诺尔德等人，从研究奇点出发，借分裂定理推演出，参数取何值时，临界点的情况会发生突变，并且，展开了折叠突变、尖点突变、燕尾突变、蝴蝶突变等函数，指明了产生突变的参数集。突变论的初衷是教人控制参数，不使越过突变参数值，但它同时也表明，越过了参数值，就会引发突变。

协同学是物理学家H·哈肯提出的。他在20世纪60年代研究激光时提出一种激光理论，又用这激光理论解释超导现象，发现都与达尔文主义有相似性，进而提出了协同学。协同学指出，自然界有竞争，也有许多合作和协同现象。犹如竞争着的商贩，可以各分东西以减少竞争，但他们更愿意

汇成集市而有利于招徕顾客，因而合作形成集体行为。哈肯发现，系统在相变时，众多的状态变量的作用有大有小，作用大的变量不仅决定系统相变的特点和性质，而且决定了其他变量的变化，他称之为“支配原则”。

M·艾根在1967年因创建生物化学的超循环理论而获得诺贝尔化学奖。生物化学的各种反应循环可以归为三大类：转化反应循环，催化反应循环和超循环。催化反应循环中有一类是自催化：反应的产物就是反应的催化剂。复杂一点，如： $S + E_1 \rightarrow E_2, S + E_2 \rightarrow E_3, \dots, S + E_n \rightarrow E_1$ 。艾根发现，携带遗传信息的RNA的催化剂自复制更复杂。RNA的不同序列记为 I_1, I_2, I_3 ，它们各自编码的翻译产物复制酶，记为 E_1, E_2, E_3 。它们的关系是： I_1 编码 E_1 ， E_1 催化复制 I_2 ； I_2 编码 E_2 ， E_2 催化复制 I_1 ，成为比自催化更复杂的环。情况还不止于此，自复制RNA可能出误差或者有变异。 I_1 变异为 I_{1*} ，它编码得 E_{1*} ，那就有两种可能：一是 E_{1*} 比 E_2 更能复制 I_2 ，对 I_1 无作用， I_{1*} 就取代 I_1 ，形成竞争中的优胜劣汰；二是 E_{1*} 比 E_2 更能复制 I_1 ，就可使误差或变异出来的 I_{1*} 记为 I_3 ，并把 I_1 和 I_2 的二元循环，扩大为 I_1, I_2, I_3 的三元循环。超循环揭示了一种自然界自发演进的机制，它利用RNA自复制的误差，通过自然选择而优胜劣汰，并向更复杂更高级的形态进化。

1969年，I·普利高津发表论文《结构、耗散和生命》，首次提出耗散结构理论。这个理论从热力学出发，途经化学而直至生命，涉及面非常广。理论要用许多数学公式来推导，用许多的物理和化学原理来说明，技术十分繁杂。简要地说，他以热力学的平衡结构为起点，由于系统内外能量交流之类的原因，系统有扰动、震荡、涨落而不稳定和非平衡；不稳定持续下去就更加远离平衡，这反倒有可能形成新的有序结构，并借系统内外的能量和物质交流而有稳定性。例如一瓶水，它可以与环境温度相同而没有内外交流（称孤立系统），也没有内部的流动（熵值最大、分子最无序的平衡态）。瓶下加热（与外界有了能量交流，称封闭系统），水热则紊乱和不稳定：热源在水温到临界值前撤掉，水会恢复平衡；持续加热使水温达到临界值，水就出现上升的水花流。据贝纳德1900年的研究可知，水花的形状和水的流动是有规则的，这就形成了新的有序结构。如果是开放系统（与外界有能量交流，又有物质交流的系统），远离热力学平衡而自

发形成(自组织)的比水花复杂的有序结构(例如生物),能够以耗散能量或物质而维持其稳定性,称为耗散结构。需要指出,在同一条件下水花的形状虽然相同,但水花的左旋或右旋是随机的;在不同的条件下,水花的形状也不同。同样地,耗散结构究竟有什么样的性状,是因条件不同而不同的,有不确定性。普利高津因耗散结构理论而获得1977年的诺贝尔化学奖。他的理论实际上是描述热力学平衡那样的简单的物理结构,在超过临界值的非线性的不稳定中,到自发形成(自组织)化学、生物之类的复杂结构的途径和机制。

普利高津在《确定性的终结》中,把他自己的理论概称为“非平衡过程物理学”,并把它与“肇始于混沌概念的不稳定系统动力学”联系了起来。其实还可以把突变论、协同论、超循环论都联系起来。普利高津一般地指出,简单的低级结构,如果有持续增长的非线性的不稳定,并对自然界开放,就会自组织而形成复杂的高级结构。混沌和非线性的研究,以及突变论,可以充实其中间环节:非线性的运动轨迹经过一段稳定进展而超越临界值时,会发生突变,会分岔再分岔,混沌再混沌,出现无穷嵌套的自相似结构。超循环论说,这正是给自然提供更多的选择机会,不同分岔之间可能是优胜劣汰,也可能是形成超循环,协作扩展其优点。协同论认为确实是这样,竞争者之间有竞争,也有协作,以致会涌现出集体行为,还会自发形成支配和被支配的关系,而且由支配者决定相变所得新结构的特性。超循环论和协同论又充实了“自组织”概念。普利高津最后总结说:这样的演变和自组织,使得对称破缺,过程和时间都是不可逆的。以上几个理论从不同方面揭示的演化机制,结合在一起就基本上构成了事物结构由简单到复杂,由低级到高级的演进机制。当然,这里也有哲学的臆想:它把超循环的特例提升为一般性的机制了。

科学的进展,可以从不同的角度去评价。从科学的进展中看到自然的历史,这与人人都经历到的当前三维空间中的复杂的自然界相结合,实际上就是在四维时空中认识自然界^[3-12]。

三、“打了折的决定论”,需要其哲学诠释

物理把强核力、弱核力、电磁力三种力,统一

了起来,想着把引力也能统一进去。可惜,这个所谓“统一场论”,至今没有搞出结果来。这里有深刻的物理和数学问题,既涉及到相对论又需要量子力学。相对论是“上帝不掷骰子”的科学,而量子论则有或然性、不确定性,要“掷骰子”了。学究一点,就要看霍金联系数理逻辑学家哥德尔的不完全性定理而提的问题和他的答案了。他问:“我们在追求理解和知识方面能走多远?我们是否能最终发现一套完备形式的自然规律?”接着,霍金又说:“狄拉克表明,薛定谔和海森堡的工作可以整合到对实在进行描述的新图景——量子理论中。在量子理论中,一个粒子不是像在经典牛顿理论中那样用位置和速度两个量来描述,而是用单一量——波函数来描述。”“波函数给出粒子可能在某一点出现的概率和从一个点到另一个点之间运动速度变化的概率,人们可以在波函数中求解到精确的位置或者精确的速度,但不能同时确定两者。”霍金称之为“打了折的决定论”,它刚好是拉普拉斯所设想的决定论的一半(2016年2月5日引自微信公众号“赛先生”《霍金:哥德尔和物理学的终结》一文)。

用一种数学来表达可能性的概率,或者,只是确定某些方面而同时又不确定另一些方面,那还是决定论,只不过是“打了折的决定论”!那么20世纪到21世纪之交的那些科学,似乎都遇到了类似的问题,也可类似地看作是“打了折的决定论”。什么量子纠缠、大数据、人工智能,包括上面提到的非线性、混沌、超循环、竞争和协同、集体行为、支配原则、自组织和耗散结构,等等,都不是牛顿力学那样完全必然地决定论的,但都服从某种数学的演算而部分地认定为是决定论的。

再来看看当今很热闹的人工智能,较早时候想模仿大脑神经细胞搞人工智能。人工搞神经细胞太难了。以前笔者在研究传统逻辑的数学化改造问题时,钱学森说,还不如走历史悠久的逻辑路子,笔者正好借此名义写了些文章。但是前不久,阿尔法狗战胜世界围棋冠军的那场比赛,揭示出机器的人工智能,是用所谓“深度学习”方法,喂给它大量的棋谱,利用机器能快速计算的特长,让它消化吸收,自己找出解决的办法。笔者不懂其中用了什么数学,大概是与数学相关的所谓“大数据”理论吧?经过学习,机器迟早会胜过人,但何时胜人、怎样胜人,这都有不确定性。这不也是一种打了折的决定论?

科学已经向哲学发出了挑战，现在就看你哲学了：哲学是要凤凰涅槃，还是成为木乃伊？！

四、黑格尔辩证法逻辑学的自然科学意蕴

传统逻辑研究了“概念、范畴、词”的定义、分类、概括、限制等等的推演方法，但其内容远不如已经在数学化逻辑中命题、判断的部分那么丰富、成熟和完善。黑格尔的《逻辑学》安排出一个概念的庞大体系，使得传统逻辑中不发达的关于概念的那些部分，变了大样。他构造了以《逻辑学》命名的概念体系。请看黑格尔从其《逻辑学》钩玄提要而成的《小逻辑》，其概念体系是：第一篇 有论：A. 质（讨论的概念包括：有、无、变、质、质的否定、质的限度，等）；B. 量（讨论：连续、分离，数目、单位，比例，等）；C. 尺度（讨论：质量统一、量变质变等）。第二篇 本质论（本质、现象、实在）。第三篇 概念论：A. 主观概念；B. 客体；C. 理念^[13-14]。

第一篇把辩证法的许多要素，都写了进去。你要描述“有、本体或存在”的事物，还要描述事物的运动和发展，总得要用这些概念的，所以它是“有论、本体论或存在论”。第二、三篇把知识论的概念，以及逻辑中“概念、判断、推理”等概念，也都罗列了出来。从篇目章目的标题，就可以看出，黑格尔的《逻辑学》，是把哲学中的存在论、知识论、逻辑方法论三大部分都融合在一起的概念体系。

黑格尔把概念的体系安排成这么个样子，是不是合理，那是可以讨论的。马克思就有所不满，所以他想过要另写一本逻辑学。其他人也很可能是不满意的。

像黑格尔逻辑一样，存在论、知识论、方法论相统一的逻辑学，确实应该是概念的体系。命题指称事件，它主要有真假值，虽然其真假值可以不止于二值，但总没有概念那么复杂。概念指称事物，它有外延和内涵。概念的外延即概念所指的事物，它可宽可窄；对于外延窄的概念，可以进行“概括”或“归类”的推演，从指称个体的概念，推演到这个概念所归属的小类、中类、大类的概念；对于外延宽的概念，则可以进行“分类”或“限制”的推演，从类的“所有”之中分出“有些”来，限制其成为子类概念，乃至成为单独概念。概

念的内涵是指概念所指事物的属性（包括性质和关系），概念的内涵可以有深有浅、可以有层次有结构，可以反映事物在不同层次结构上的极其复杂的性质和关系，比指称事件的命题，大出很多很多的容量。对于概念的内涵，可以进行“分析”“抽象”的推演，以减少概念的内涵属性（相应地扩大其外延）；也可以进行“抽象上升到具体”或“综合”的推演，使概念的内涵越来越丰富和复杂化，而使概念的外延特定化、乃至个别化。传统逻辑已经提到过这些概念的推导或演算，可惜没有充分的展开和发展。马克思强调“抽象上升到具体”的方法，表明他看到了黑格尔逻辑学需要改造和充实，可惜他所想写的大写的“逻辑学”始终没有出世。

与如上黑格尔逻辑一样的、有存在论知识论方法论三合一性质的概念体系逻辑，笔者称之为“辩证法逻辑”，以便表明它与国内早些年代的《辩证逻辑》有很大的区别。逻辑是研究语言的，所以这样的逻辑也可称为“语词逻辑学”或“逻辑语言学”等等；用“逻辑”一词，只是强调了它研究的是语言内涵的思想意义方面。

辩证法逻辑以表述辩证法为基础和核心。辩证法是基础，因为有了它才能表述清楚“存在”；它又是核心，是指知识论和方法论都要围绕它而展开。这样结合起来的逻辑，并不是关于宇宙大自然（包括人类及其社会）的直接说明，而是为了进一步研究和理解宇宙大自然，而要先把把握内涵于语言中的研究和理解的成果，作为参酌的项目，所以实质上是一种新型的“形而上”之学。

辩证法是历史地积累着、丰富着的。从“归谬法”进展到“质、量、度”，“肯定、否定、否定之否定”，等等，经历了多么长的历史！可喜的是现代和当代的科学，使人类加快了前进的步伐，也创造了一大批新概念，例如，竞争和协同的集体行为、自组织、耗散结构，大数据，打了折的决定论等，是不是都要研究研究，它们在这种逻辑中，应不应该有所体现，以及应该怎么样体现出来？这将是浩大的哲学研究和创作的工程。

哲学专家看到这里也许会怀疑：又要搞什么终极的哲学来约束哲学了？不是的。其实是：排斥了老式的形而上学之后，哲学应该开发一个新式的形而上学，它的特点应该是与时俱进地不断继往开来的；没有了超越“物之理”的“形而上”之学，还有哲学吗？！有了形而上之学的争论，才真有哲学。

（下转第264页）

(2) 能够进行全过程英文授课的师资需要重点培养。尽管大多数高校该课程已建立相应的“大气污染控制工程”课程教学团队,其中不乏具有海外留学经历人员,对双语教学没有较大问题,但对全过程英文授课尤其是大气污染控制专业知识的口语表达能力仍相对薄弱。此外,双语及全英教学的主要挑战还表现为学生的专业英语水平不一,虽然多数会达到大学英语四级、六级水平,但专业英语基础包括专业语汇和专业知识理解的参差不齐仍是比较突出的问题。

(3) 小型化、模块化及电子化的工程课程设计及在目前考评机制中的定位与权重问题需要进一步科学合理地加以确定。

四、结束语

随着能源与动力类典型工科本科专业的学生培养目标、定位与形势的改变,作为其重要课程之一的“大气污染控制工程”教学内容和方法亦应随之适应和调整。通过课程内容、辅以电子化的工程课程设计、双语或英语教学等教学内容和方法的改进,不断提高具有专业特色的该类课程的教学效果以及学生的学习兴趣 and 学以致用能力,同时克服和解决面临的具体问题,仍是今后该课程教学改革努力的方向之一。

(上接第261页)

参考文献:

- [1] 伊利亚·普利高津. 确定性的终结[M]. 湛敏,译. 上海:上海科技教育出版社,1998:2.
- [2] 李政道. 物理的挑战[J]. 世界科学,2001(11):2-4.
- [3] 史蒂芬·霍金. 时间简史[M]. 许明贤,吴忠超,译. 长沙:湖南科学技术出版社,2007.
- [4] 欧文·拉兹洛. 系统哲学引论[M]. 钱兆华,译. 北京:商务印书馆,1998.
- [5] 瑞德尼克. 量子力学史话[M]. 黄宏荃,彭灏,译. 北京:科学出版社,1979.
- [6] 李启斌. 天体是怎样演化的[M]. 北京:中国青年出版社,1979.
- [7] 姜璐,王德胜. 系统科学新论[M]. 北京:华夏出版

参考文献:

- [1] 郝吉明,马广大,王书肖. 大气污染控制工程[M]. 第三版. 北京:高等教育出版社,2010.
- [2] 扶慧娟,辛勇. 推行“卓越工程师计划”培养实践型工程人才[J]. 实验技术与管理,2011,28(11):155-158.
- [3] 中华人民共和国教育部. 教育部 财政部关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见[EB/OL]. (2011-07-01) [2016-02-20] http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201107/t20110701_125202.html.
- [4] 上海市教育委员会. 关于开展市属本科高校骨干教师教学激励计划试点工作的通知[EB/OL]. (2012-11-27) [2016-02-20] <http://www.shmec.gov.cn/html/xxgk/201211/406112012017.php>.
- [5] 人民网教育频道. 上海理工大学:“三管齐下”提高本科生质量[EB/OL]. (2015-06-03) [2016-02-20]. <http://edu.people.com.cn/n/2015/0603/c1053-27096298.html>.
- [6] 赵兵涛. 浅析国外大气污染控制工程教材特点[J]. 中国电力教育,2009(17):104-105.
- [7] 蒋卉. 大气污染控制工程课程双语教学初探[J]. 高教研究:西南科技大学·高教研究,2010(4):80-82.
- [8] de Nevers N. Air Pollution Control Engineering [M]. 2nd ed. Boston:McGraw-Hill Companies,2000.
- [9] 赵兵涛. 能源与环境类专业“大气污染控制工程”课程建设与探索[J]. 中国电力教育,2013(16):74-75.
- [10] 任晓莉,郝瑞刚. 大气污染控制工程课堂教学改革探索与实践[J]. 化工高等教育,2009(3):68-70.

(编辑: 巩红晓)

社,1990.

- [8] 赵松年. 非线性科学:它的内容、方法和意义[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [9] 刘华杰. 浑沌之旅[M]. 济南:山东教育出版社,1996.
- [10] 林鸿溢,李映雪. 分型论-奇异性探索[M]. 北京:北京理工大学出版社,1992.
- [11] 湛垦华,沈小峰. 普利高津与耗散结构理论[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998.
- [12] 阿诺尔德. 突变理论[M]. 北京:商务印书馆,1992.
- [13] 黑格尔. 小逻辑[M]. 贺麟,译. 北京:生活·读书·新知三联书店,1954.
- [14] 黑格尔. 小逻辑[M]. 贺麟,译. 北京:商务印书馆,1980.

(编辑: 巩红晓)