

地理系统与地理治理

曹小曙

陕西师范大学全球区域与城市研究院,自然资源与国土空间研究院,西安 710119

摘要 通过介绍地理科学的基础研究核心——地理系统,梳理了地理系统的组成要素:地理要素、地理空间以及人地系统,说明其独特的系统结构与系统功能。结果表明,地理系统包含了地球表层系统、土地利用系统、人类活动系统与入地耦合系统。地理科学应用研究核心是地理治理。地理治理是国家治理体系的重要组成部分,包含了调查评价、规划设计、地理模拟、地理工程、监测预警。地理治理目前在国家治理体系中的应用体现在国土空间治理方面,主要有自然资源调查、国土空间规划、国土生态修复等。中国地理科学需要创新发展理论、方法和技术体系,为全球的可持续发展做出更大贡献。

关键词 地理系统;人地耦合;地理治理

人类活动和地球环境的相互作用贯穿于人类社会发展的各个阶段,人类活动已经成为一种重要的地质营力,在地球系统的运转中发挥着越来越鲜明的作用。诺贝尔化学奖得主、荷兰大气化学家保罗·克鲁岑(Paul J. Crutzen)和美国古生态学家尤金·斯特默(Eugene F. Stoermer)在2000年联合发表了《人类世》(Anthropocene)一文,认为人类世已经成为当前世^[1],人类及人类社会成为此期间全球性的地球物理作用力^[2-3]。人类活动作为主要的外部地质营力对地表形态、地球环境和地球生态系统产生重大影响,使地球系统演化改变原有速率,地球系统演化进入自然与人类共同影响地球未来的地质历史新阶段^[4]。人类世作为科学家提出的最新地质时代,其特点就是人与自然相互作用的加剧,

涉及可持续发展的各个方面^[5-6]。

2012年,为了积极应对挑战,实现全球的可持续发展,未来地球研究计划(Future Earth)诞生,目标是致力于建立跨越自然科学、社会科学、人文科学和工程领域的全球研究网络,推动人类更好地理解自然和社会系统,分析和模拟人类-环境相互影响的机制,并将科学知识真正转变为服务于全球各地区的可持续发展方案。人地系统是未来地球研究计划中的关键内容,可持续发展则是该科学计划的核心目标^[7-8]。为了进一步推动全球可持续发展,2015年联合国可持续发展峰会通过了《改变我们的世界:2030年可持续发展议程》(Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development)的成果文件,为未来地球研究计划提供了

收稿日期:2020-03-04;修回日期:2020-05-14

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41831284)

作者简介:曹小曙,教授,研究方向为地理科学与空间治理,电子信箱:caoxsh@snnu.edu.cn

引用格式:曹小曙. 地理系统与地理治理[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 32-38; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.13.004

全球应用平台与学科发展重大契机^[9]。

人类活动与地球环境相互作用关系已经成为理解和应对资源、环境变化,促进多种尺度区域可持续发展的核心科学命题。地理科学是研究地球表层人类生存环境与人类活动的空间格局、时间演化以及人地耦合系统动力机制的科学,具有区域性、综合性和理工工交叉的学科属性^[10]。地理科学作为自然科学与人文科学的交叉综合科学,重在开展地表格局、过程与人地系统的分析模拟预测,其核心是探究人地关系,最终目标是推动实现区域与全球的可持续发展。地理科学基于人地系统耦合的创新研究,在服务可持续发展方面具有天然学科优势,不仅能够为推进未来地球研究计划和全球可持续发展提供重要科学基础,也能够在这一过程中实现学科新的发展与创新^[11]。

近几十年来,虽然地理科学的理论、方法、技术和实践应用均有较快发展,自然地理学研究也逐步走向国际第一方阵,人文地理学的发展呈现显著的中国特色,遥感与GIS取得了长足进展,但与地理科学更好地为全球可持续发展提供坚实的科学基础和技术支撑、在国家经济、社会和生态文明建设中扮演的重要角色相比,地理科学作为一门独立的科学体系其中国特色的理论进展与学科体系建设方面仍未有大的突破。本文在前人研究成果的基础上,将地理科学的基础研究与应用实践总结为地理系统与地理治理(图1),为中国特色地理科学的体系化、理论化、实践化做一点尝试。

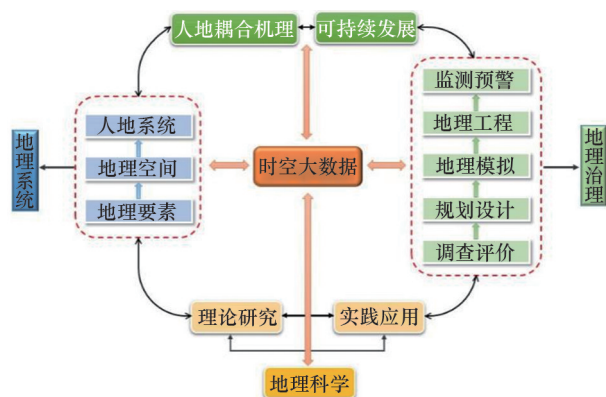


图1 地理系统与地理治理

1 地理系统

1.1 地理要素

地理科学缘起于人类对地理现象的描述。地理现象是各类地理要素的综合,地理要素是独立的因子集合体,按要素对人类的重要性加以描述,并建立它们之间的相互关联。地理要素通常包含水、土壤、大气、生物等自然物质要素和人类活动等人文要素,简称水、土、气、生、人5大要素。随着人类活动的不断加强,人类活动要素又可以细分为经济要素、社会要素、文化要素、政治要素等,当然人类活动要素也可以进一步划分为个体、家庭等要素。地理要素有不同的类型、不同的分布空间,本身有其物质、能量流动形式,特征与内在机理。地理科学研究地理要素的特征、分布、演化、各类要素之间的相互关系,以及人类社会利用地理要素所产生的效应与机理^[12]。

地理要素的本质特征可以用地理禀赋进行表达。地理禀赋通俗解释就是地理上的天然性,是包括地理位置、地表和地下的自然资源,以及气候条件等在内的一个综合性概念。人类社会的初始发展建立在地理要素禀赋基础之上,即对地理环境中自然资源的利用。随着人类科学技术的发展水平提高,人类在很大程度上利用科学技术改造、提升、改变着地理禀赋,由此产生了众多的正向效应和负向效应。目前人类已充分认识到需要改变自身所产生的众多负向效应,如全球气候变化的人文因素影响、生态文明的建设等方面。

1.2 地理空间

地理空间是地理要素的客观存在方式,也是地理要素相互作用的物质、能量、信息的存在形式,特指形态、结构、过程、关系、功能的空间方式与格局。地理空间包含了物理空间(physical space)、意象空间(image space)、虚拟空间(virtual space)、网络空间(network space)、行为空间(behavior space)及流动空间(flowing space)等^[13]。

物理空间由地球表层若干具有复杂性的地理区域组成,地理区域是地理要素的区域综合,是客观存在的物质对象,其上界面是大气圈对流层顶

部,下界面是岩石圈的上部。地理空间的复杂性和人类认知能力的有限性决定了人们认知地理空间的选择性和简化性。人的大脑通过想象回忆出来的地理空间可称为意象空间,是人类对物理空间的认知结果。作为人类利用虚拟技术人为虚构和模拟的空间,虚拟空间本质上就是目前流行的 cyberspace,其含义是指“适于思维航行的空间”,它是一种可视的、有色彩的、电子的、笛卡尔式的数据景观。网络空间是指地理空间上分散的多台独立计算机和互联网构成的在线系统和空间形态^[14]。

行为是人类为满足其自身需求,采取某种方式去适应环境所表现出来的活动或方式。行为源于个人需求,需求可以看成是人类一切活动的出发点和归宿,同时,行为也是需求的外在表现,一般情况下会表现出一定的行为活动,而行为活动必然涉及到空间,这个空间即行为空间。以信息技术为基础的网络流线和快速交通网络为支撑,人类创造出了流动空间,所谓流动空间是围绕人流、物流、资金流、技术流和信息流等要素流动而建立起来的空^间^[15]。

地理空间同时具备时空压缩(time-space compression)与时空延伸(space-time expansion)双重属性。时空压缩与时空延伸又同时具备物理属性与哲学属性。时空压缩是现代交通技术变革、信息化及网络技术的快速发展,地理空间格局呈现均质化状态的结果^[16]。人类的各项活动呈现加速化的发展,而同时又克服了空间上的各种障碍,空间联系更加紧密,导致地球从一个星球收缩成为“地球村”^[17]。与此同时,由于地理空间的网络化、虚拟化的发展,导致时空弹性化、时空多样化、时空的延伸与扩展,地理空间同时呈现时空延伸的特点。

1.3 人地系统

由于人类社会的发展与地球环境之间的关系日趋复杂化,地理系统已明显由岩石圈、水圈、生物圈和人类智慧圈等相互作用、相互渗透形成的自然-社会-经济综合体,转为自然-经济-社会-文化-政治 5 大系统的综合体。5 大系统均由不同的地理要素构成,自然系统包含水、土、气、生,经济系统包含生产、消费与流通,社会系统主要由人口、家

庭与行为构成,文化系统包含了语言、民族与宗教,政治系统由制度、领域与地缘所构成。地理系统作为地理科学的研究对象,是由地球表层系统(水、土、气、生),土地利用系统(农业、建设、生态),人类活动系统(经济、社会、文化、政治)等组成,人地系统构成地理系统的核心^[18-19]。

地理系统包括人类赖以生存和生活并影响的整个自然环境和社会经济环境,在空间上包括地球表层的各个圈层:岩石圈、水圈、大气圈、生物圈。地理系统是地球系统的子系统,地理系统更多着眼于圈层之间的界面及其物质流、能量流与信息流的关系,更多地关注人地关系高度复合地带和生态环境脆弱地带。

2 地理系统研究转变

2.1 研究范式转变

地理学者一直强调地理科学是介于自然科学和社会科学之间的交叉学科。但钱学森在 20 世纪 80 年代就已经指出,地理科学是现代科学技术体系中的独立科学,是与自然科学和社会科学同等重要的科学门类^[20]。从理论与实践的发展来看,地理科学与目前大家所公认的 6 大科学门类均有交叉:自然科学中的地球科学、环境科学、地质科学、农业科学等;社会科学中的经济学、文化学、政治学等;人文科学中的历史学、宗教学、艺术学等;工程科学中的农业工程、土地工程、环境工程等;技术科学中遥感科学、GIS 科学、空间规划学等;管理科学中的公共管理、土地管理、工商管理等。地理科学已经形成了理、工、文、管理等多学科交叉的全领域融合,属于独立的科学体系。

2.2 研究数据转变

地理科学数据作为科学大数据的重要组成部分,具有体量大、类型多、变化速度快等特点,地理科学的研究也开始从模型驱动向数据驱动发生转变^[21]。地理科学研究数据的获取呈现多样化的特征,包涵社会统计数据、航空监测数据、多源卫星数据、导航定位数据、地面调查数据等。同时,自然与人文要素耦合的大数据综合集成,有助于形成人文

社会科学研究新思维,进一步推动人文社会科学与自然科学及工程技术学科的融合。地理数据的处理技术与方法有3个方向的发展趋势:深度学习技术、低熵计算框架以及数据使能的社会智能^[22]。

2.3 实践应用转变

地理科学具有学术研究与决策应用耦合互动的属性^[23]。地理科学具有从基础研究到应用研究全链条贯通的特性,此特性比其他科学体系表现的更为强烈。地理科学的实践应用遵循着3个基本的逻辑关系:科学逻辑—技术逻辑—治理逻辑。地理科学基础研究需要解决的核心科学问题是地理系统的时空变化规律及其驱动机制,地理科学应用研究需要解决的问题是国家治理体系与治理能力的现代化,如何通过地理科学的实践应用解决国家发展不平衡不充分的现实问题。

3 地理治理

地理科学在实践应用中与国家治理体系之间具有高度的契合性和一致性。地理治理是解决人类社会发展的主要矛盾及实现社会发展主要目标的工具手段。从全球范围看,是实现人类的可持续发展;从中国看,主要是解决人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的矛盾。地理治理就是地理系统基础理论研究应用于人类社会之中解决现实问题的钥匙。地理治理目前在国土空间治理中得到了充分的重视,发挥了极大功能,特别是在地理决策、地理模拟、地理工程方面起到不可替代的作用。地理治理在技术流程上包括了调查评价、规划设计、地理模拟、地理工程、监测预警5个方面^[24-25]。

3.1 调查评价

地理调查是开展地理科学研究的基础,是人类认识世界的方法。综合利用3S技术、移动互联网技术、大数据技术等各种信息获取手段,结合社会调查方法,以社会需求和公共服务为导向,调查和采集各类地理对象和地理现象,获取地理数据、地理信息和地理知识,建设地理要素时空数据库,提供地理信息服务、地理设计服务和地理文化服务。

地理调查包括传统地理知识获取方法、天空地一体化技术、大数据分析技术、网络众包平台等技术方法。地理调查正在向深入探索人地系统内在规律,解决社会经济发展中问题与矛盾的地理空间知识服务转变,这是地理科学研究的必然趋势,也是地理信息技术发展提出的必然要求^[26]。

3.2 规划设计

地理规划是影响未来人类活动系统和自然生态系统的愿景,是在各类地理空间上创建一个更合理的土地利用形态和功能关系,平衡保护环境和发展的两个需求,以达到自然、经济、社会、文化、生态和谐的总目标。地理规划是国家治理体系中极其重要的政策工具,是政府用于行政执政的主要依据,也是全社会开发保护国土空间的参照。地理规划已被现代化实践所证明,是最有效的建设美丽家园、打造高品质国土、形成有序空间结构、营造优越人居环境的方法。地景是一个地理区域内的地形和地面上所有自然景物和人工景物所构成的总体特征。地景设计是地理规划的重要组成部分,是协调人与自然关系的过程,通过合理的土地利用,实现对生态环境的保护,求得人类与自然共同的可持续发展^[27]。

3.3 地理模拟

地理模拟是为考察地理系统的性质而用类比方法进行实验或观测,并进行动态演示的研究方法,包括虚拟现实、仿真模拟以及人工智能。虚拟现实(virtual reality)是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界,提供用户关于视觉等感官的模拟,让用户感觉仿佛身历其境,可以即时、没有限制地观察三维空间内的事物。虚拟地理环境(virtual geographic environment, VGE)旨在实现地理环境的模拟分析与表达,改变传统的空间知识表达与获取方式,更注重通过多源数据整合、共享、集成与信息挖掘,借助理分析模型与多感知表达技术,实现地理问题分析、地理规律提炼、地理现象模拟、地理环境变化再现与预测以及人类活动影响评价,并通过分布式协同交互,实现人在虚拟环境中对地理目标与地理现象的交互操作^[28]。

3.4 地理工程

地理工程将地理学与工程学结合起来,成为一项生产应用性的工作,在深入理解地理系统基本原理与规律的基础上,利用各种技术方法来实现对地理空间的改造与修复^[29-30]。人类社会一直从事着地理工程的实践,土地利用、农田水利、灌溉工程等,只是地理科学工作者未能进行系统的总结与归纳,将已经写在大地上的学术体系化和科普化。

目前的实践包含两个大的部分:一是地球工程,为了减缓全球变暖,科学家提出最极端的想法就是允许温室气体(包括CO₂)在大气中累积,但要通过人为降温的方式抵消其效应,这一类处理手段被称为地球工程学,如科学家提出的通过大规模的工程手段改变地球环境,遏制地球变暖趋势^[31]。二是土地工程。以土地系统为核心的地理工程包含土地整治工程、土壤生物工程、生态修复工程、水土保持工程以及农业水利工程等^[32]。

3.5 监测预警

地理系统的复杂性、综合性和非线性,为其动态测定和评估带来一定的困难。因此,必须建立客观、量化综合评估模型和评估方法,地理监测是关键的基础环节。地理监测是综合利用现代测绘、遥感、GIS、空间统计学、云计算、通信、人工智能等技术,在普查的基础上对自然、人文和社会经济要素进行动态、定量监测,分析评估地理信息的时空特征和变化趋势,形成涵盖资源分布与利用、生态环境评估、区域规划、城镇化发展、经济布局、社会公共服务等诸多方面的地理监测产品,从而向政府部门、社会、公众等提供科学、权威、准确的地理信息服务,为国家战略规划、政府管理决策、生态环境保护、突发事件应对、社会公众服务等提供科学支撑和有力保障^[33]。

地理监测的重要目的之一是地理预警,即在地理灾害或灾难以及其他需要提防的危险发生之前,根据以往总结的规律或观测得到的可能性前兆,发出紧急信号、报告危险情况,从而最大程度地减低危害所造成的损失。地理预警目前主要在生态环境预警、疾病监测预警、危机管理预警、土壤污染预警等领域有广泛的应用。

4 结论

人类社会历经万年的发展,与地球环境之间已形成了复杂、多样、形态各异、变化较难预测的动态关系。尽管当今的科学技术水平已取得了前所未有的进步,但人类仍未能做到脱离地球而生存。人类被地球环境所塑造的程度并不亚于自身塑造地球环境的程度。

地理系统已从单向的人类生存与发展的物质系统,转向自然与人类所共同实践的物质与非物质系统,这是人类社会对地理空间认识的重大转变。地理科学即是对这种动态转变及机理进行深入研究的科学,地理系统的科学认知始终围绕在全球范围内建立自然与人类命运共同体而进行,地理治理的实践应用始终围绕着国家政治改革、经济建设、社会重构、国际关系等几个大的方面展开。地理治理目前在国土空间治理中体现的尤为突出:以土地利用为核心的国土空间全域整治;以生态文明为核心的国土空间系统修复;以社会和谐为核心的国土空间综合治理。地理系统研究与地理治理实践将为未来全球自然与人类命运共同体的建立发挥必不可少的重大作用。

参考文献(References)

- [1] Crutzen P J, Stoermer E F. The "Anthropocene"[J]. IGBP Newsletter, 2000(41): 12.
- [2] 刘东生. 第四纪科学发展展望[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 165-176.
- [3] Cook B R, Rickards L A, Rutherford I. Geographies of the Anthropocene[J]. Geographical Research, 2015, 53(3): 231-243.
- [4] Steffen W, Crutzen J, McNeill J R. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature [J]. Ambio A Journal of the Human Environment, 2008, 36(8): 614-621.
- [5] 刘东生. 全球变化和可持续发展[J]. 地学前缘, 2002, 9(1): 1-8.
- [6] Knitter D, Augustin K, Biniyaz E, et al. Geography and the Anthropocene: Critical approaches needed[J]. Progress in Physical Geography, 2019, 43(3): 451-461.

- [7] O'Riordan T. Future earth and tipping points[J]. *Environment: Science and policy for sustainable development*, 2013, 55(3): 31-40.
- [8] Wang C Y, Zhou T J, Lin Z, et al. Future earth activities in China: Towards a national sustainable development[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2015(6): 84-91.
- [9] Sandra van der H. New Science for global sustainability? The institutionalisation of knowledge co-production in future earth[J]. *Environmental Science & Policy*, 2016(61): 165-175.
- [10] 陈发虎, 傅伯杰, 夏军, 等. 近70年来中国自然地理学与生存环境基础研究的重要进展与展望[J]. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49(11): 1659-1696.
- [11] 傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策[J]. *地理学报*, 2017, 72(11): 1923-1932.
- [12] 宋长青, 程昌秀, 杨晓帆, 等. 理解地理“耦合”实现地理“集成”[J]. *地理学报*, 2020, 75(1): 3-13.
- [13] 甄峰. 信息时代新空间形态研究[J]. *地理科学进展*, 2004, 23(3): 16-26.
- [14] 张之沧. 虚拟空间与“人、地、机”关系[J]. *南京师大学报(社会科学版)*, 2015(1): 5-12.
- [15] Oleg A S. Geographic space: An ancient story retold[J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2016 (41): 585-596.
- [16] 曹小曙. 粤港澳大湾区区域经济一体化的理论与实践进展[J]. *上海交通大学学报(哲学社会科学版)*, 2019, 27(5): 120-130.
- [17] 曹小曙. 丝绸之路经济带编织地球村新愿景[N]. *上海证券报*, 2015-05-22(A01).
- [18] 吴传钧. 论地理学的研究核心——人地关系地域系统[J]. *经济地理*, 1991, 11(3): 1-6.
- [19] 毛汉英. 人地系统优化调控的理论方法研究[J]. *地理学报*, 2018, 73(4): 608-619.
- [20] 钱学森. 现代地理科学系统建设问题[J]. *地理环境研究*, 1989, 1(2): 1-6.
- [21] 郭东华, 王力哲, 陈方, 等. 科学大数据与数字地球[J]. *科学通报*, 2014, 59(12): 1047-1054.
- [22] 郭东华, 陈润生, 徐志伟, 等. 自然科学与人文科学大数据[J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(6): 707-716.
- [23] 樊杰. 中国人文地理学70年创新发展与学术特色[J]. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49(11): 1697-1719.
- [24] Carmody P, Hampway G, Sakala E. Globalisation and the rise of the state? Chinese geogovernance in Zambia [J]. *New Political Economy*, 2012, 17(2): 209-229.
- [25] 曹小曙. 基于人地耦合系统的国土空间重塑[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2051-2059.
- [26] 龚健雅, 耿晶, 吴华意. 地理空间知识服务概论[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2014, 39(8): 883-890.
- [27] Marc A. From holistic landscape syntheses to transdisciplinary landscape management[M]. B. Tress, G. Fry & P. Opdam, (eds). *From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of Integration, Education and Application*, Netherlands: Springer, 2005: 27-50.
- [28] 郑新奇. 论地理系统模拟基本模型[J]. *自然杂志*, 2012, 34(3): 143-149.
- [29] 梁留科, 陈太政. 地理科学的工程技术层次研究[J]. *河南大学学报*, 1990, 20(4): 63-67.
- [30] 王铮, 吴必虎. PRED问题与地理工程[J]. *中国人口·资源与环境*, 1992, 2(2): 45-47.
- [31] Thiele L P. Geoenvironment and sustainability[J]. *Environmental Politics*, 2019, 28(3): 460-479.
- [32] 胡振琪, 王晓彤, 张冰松, 等. 2018年土地科学研究重点进展评述及2019年展望——土地工程与信息技术分报告[J]. *中国土地科学*, 2019, 33(2): 102-110.
- [33] 李德仁, 丁霖, 邵振峰. 关于地理国情监测若干问题的思考[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2016, 41(2): 143-147.

Geosystems and geogovernance

CAO Xiaoshu

Global Regional and Urban Research Institute, Natural Resources and National Land Use Research Institute,
Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China

Abstract As an independent scientific system, the geoscience has experienced the transformation from the geography to the meaningful geoscience. The transformation of its research paradigm is reflected in three aspects: the integration of the whole scientific field and the intersection of the natural science, the social science, the humanity science, the management science, the technical science, the engineering science; the coupling integration and the system simulation of multi-source data of geoelements; the whole chain from the basic research to the applied research. The core of the basic research of the geoscience is the geosystem, which is composed of the geoelements, the geospace and the human-natural system with its unique system structure and functions, including the earth surface system, the land use system, the human activity system and the human-natural coupling systems. The core of the applied research of the geoscience is the geogovernance. Geogovernance is an important part of the national governance system and at present is mainly reflected in the land and space governance in the national governance system, including the general survey of the geoconditions and the geoevaluation, the geoplanning and the geodesign, the geosimulation, the geoengineering, the geomonitoring and the geowarning. The theory, the method and the technology systems should be innovated by Chinese scholars to make a greater contribution to the global sustainable development.

Keywords geosystems; human and natural coupling; geogovernance ●



(责任编辑 徐丽娇)