

土地系统：从集成到生成

秦张璇, 刘晓琳, 周美君, 李飞*

西北大学城市与环境学院, 西安 710127

摘要 由于系统复杂性的存在, 土地系统研究面临着越来越难以集成的挑战。通过梳理土地系统研究成果, 借鉴系统科学中的生成论思想, 从集成转向生成, 以寻找能够深入理解和科学认知土地系统的有效途径。研究表明, 从系统生成论的角度对土地系统的认知和理解更能接近其本质: 土地系统是由人类对地球陆地表面及其上下一定空间的改造、利用和适应而生成的复杂开放系统, 包括地理环境、土地利用和社会经济, 三者相生相克, 不可分割。作为一个开放的复杂系统, 土地系统具有多功能性: 能量转化、物质生产、生态维持、资源供给、社会保障、文化孕育等。以系统生成论为逻辑起点, 基于超循环理论、地域分异理论和地理过程理论, 土地系统研究除着重于土地系统生成机制、过程、适应性及远程耦合等基础研究外, 还应解决科学与政策实践之间的双向协作问题。

关键词 土地系统; 土地系统结构; 土地系统功能; 系统生成论

人类自诞生以来, 无时无刻不与其周围环境发生着相互作用^[1-2]。由最初的被动适应自然, 到主动地改造自然, 再到主动地适应自然, 人与自然的关系发生了深刻变化^[3-5]。数千年以来, 人类主要通过将自然土地转化为定居点、农田和草场而影响着全球自然环境^[6-9]; 近300年以来, 人口的增长、技术的创新和社会的变革加速了土地的变化^[10-13]; 这些土地利用的变化显著影响着地理环境系统和社会经济系统^[14-19]。土地利用、地理环境和社会经济之间非线性的复杂的相互作用, 促使人类不得不从

土地系统的角度去理解人与自然关系, 进而指导土地的合理利用, 实现可持续发展^[20-22]。

过去几十年中, 全球变化和陆地生态系统(global change and terrestrial ecosystem)、土地利用/土地覆被变化(land use/land cover change)和全球土地计划(global land program, GLP)等科学计划推动了土地系统科学的形成及其理解的深化^[23-24]。GLP(2005)将土地系统定义为集成的人类-环境系统, 是地球系统的陆地组成部分^[20]。这一概念得到广泛的共识^[22, 25-28]。不同学者从土地系

收稿日期: 2019-12-30; 修回日期: 2020-05-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41701094)

作者简介: 秦张璇, 硕士研究生, 研究方向为土地系统功能权衡, 电子信箱: qinzhangxuan@126.com; 李飞(通信作者), 副教授, 研究方向为土地系统变化及效应, 电子信箱: lifei@nwu.edu.cn

引用格式: 秦张璇, 刘晓琳, 周美君, 等. 土地系统: 从集成到生成[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 39-46; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.13.005

统架构、制图、模拟,土地管理决策,生态系统服务权衡,气候变化,城市化等方面进行了深入而有意义的研究^[8,21-22,26,29-33]。这些研究为理解土地系统提供了深刻洞见,丰富了土地系统研究内容。

集成论和生成论是认识世界的两种基本哲学。集成论在物理、化学等基础科学领域的成功应用,给几乎所有自然科学和社会科学研究打上了深深的集成论的思想钢印。土地系统研究也深受其影响,认为土地系统可以通过各个组成部分的行为及其相互作用来加以解释。然而,土地系统具有高度复杂性,其基本特征是历史积累性。将已被深入研究的各组分集成为土地系统的过程极为困难,因为不同的学科在分析各自侧重的一部分时,使用了完全不同的分析框架、理论和模型^[33-34]。另外,集成的土地系统具有非历史性,更加注重构成系统的基本的“材料”,而非系统的生成方式,给理解在不断反馈过程中形成的土地系统造成困扰。

因此,研究土地系统的一个有效途径是从集成到生成,即把对土地系统的理解从由基本组分及其外部相互作用集成的复合系统转向于由各个层级“生成元”生成的复杂系统。系统生成论的逻辑起点是“生成元”,而非经典科学中构成系统的不变的最小物质单元。生成元具有以下基本特性:(1) 整体;(2) 以信息为主导;(3) 蕴涵着系统生成的全部可能;(4) 生成过程之“最初”;(5) 可生可灭^[35-36]。

若将系统集成比喻为零件组装,系统生成则是3D打印。在生成的视角下,土地系统只有整体没有部分,只有过程没有静止。生成过程是从整体到整体,而不是从部分到整体。土地系统主要探讨的是生成系统与系统生长的原因,而非物质构成或运动的原因,目的是探索生成整体与整体生长的普遍规律,探讨作为整体的结构与功能。

1 土地系统的概念

土地系统是由人类对地球陆地表面及其上下一定空间的改造、利用和适应而生成的复杂开放系统,包括地理环境、土地利用和社会经济,三者相

相克,不可分割(表1)。

表1 土地系统相关定义及研究对象

土地系统的定义	研究对象	文献
耦合的社会-环境陆地系统	土地利用 生态系统 社会系统	[20]
土地系统代表地球系统的陆地组成部分,包括人类利用土地相关的所有过程和活动,社会经济、技术和组织的投资和安排,以及从土地获得的利益、人类活动的社会和生态结果	土地系统动力学 土地利用强度 土地变化的影响 土地系统管理	[22]
土地系统的概念强调地球陆地是耦合的社会-生态系统(或人类环境系统),在土地系统格局和动态塑造当中社会经济因子和自然因子相互作用	管理者决策与活动 土地利用 氮汇和氮流	[25]
土地系统(融合了土地利用和土地覆被)是人类-环境系统,是人类如何管理其与自然的关系的核心特征——这种关系是否可持续	土地系统架构 可持续	[26]
土地系统是土地覆被和土地利用强度的结合	土地覆被 土地利用强度	[28]

判断一个系统是否是土地系统,主要是看其内部是否包含了地理环境、土地利用和社会经济,三者缺一不可。网络虽有社会经济,但缺乏地理环境,因此不是土地系统。原始森林不是土地系统,而是一个生态系统,只有将原始森林放在具有社会经济活动的某一区域当中时,原始森林才成为土地系统的一部分;或者当原始森林受到人类活动干扰之时,其才成为土地系统。单纯的河流、湖泊等也不是土地系统,但可以在更大尺度上成为土地系统的一部分。海洋不是土地系统,也不成为土地系统的一部分,而是土地系统的环境,但海岸带可以成为土地系统的一部分。

土地系统是一个高度开放的系统,时刻与外部环境发生着信息传递、物质转化和能量流动。进行

土地系统演化及其与外部环境相互作用研究的必要条件是确定系统的边界。土地系统是一个立体系统。太阳辐射、降水、大气等气候要素是植物光合作用、人类生存的物质基础和活动结果,阴晴雨雪等与人类活动密切相关的气象变化都发生在对流层,因此土地系统的上界为对流层的上限。随着技术的进步,人类对土地的利用越来越向纵深拓展^[7],地铁、地下停车场、地下商城等地下空间的开发规模日益扩大;深部矿产资源的开采技术也逐渐成熟,深部探矿已成为许多国家的国家战略,这些都应包括在土地系统研究当中。所以,土地系统的下限应为人类活动所能及的最大深度,它随人类科技的发展而有所变化。

土地系统是一个动态系统,时刻进行着演化发展。因此,土地系统具有时间界限,即从农业的出现到人类可以预测的未来是土地系统研究的时间边界。农业出现之前,人类在人类-环境关系中处于被动地位,是自然界的一部分。只有当农业出现之后,人类才开始真正意义上的改造和利用土地。农业的雏形即为土地系统的生成元,它包含了地理环境、土地利用和社会经济等土地系统生成的所有必要条件。土地系统研究的一个重要目的是实现其可持续,然而,任何一个系统都有诞生、生长、完成、衰亡的过程,土地系统的可持续不可能永久维持。因此,土地系统可持续应是在人类可以预测的未来的可持续,而非永久的可持续。

最初的土地系统都是农业土地系统,随着土地系统的动态演化,生成了城市土地系统。城市土地系统的生成元是农业土地系统。农业土地系统生成城市土地系统的过程可长可短,研究表明,农业大约在1万年前已经出现^[38-42],城市起源于公元前3000年左右^[43],由农业土地系统生成城市土地系统大约经历了5000年;而在中国的深圳,这一过程用了不到20年的时间。在某些地区,农业土地系统和城市土地系统并不能明确区分,尤其是在城市郊区。为此,可根据地理环境或行政边界将土地系统在各种尺度上(大陆、区域、局地)划分为不同的地域土地系统。

2 土地系统结构

土地系统包括地理环境、土地利用和社会经济。地理环境包括气候、土壤、岩石、地形、水文、植被等,土地利用包括强度、格局、过程等,社会经济包括经济、人口、技术、制度、文化等。地理环境、土地利用和社会经济在相生相克之中实现土地系统的演化(图1)。

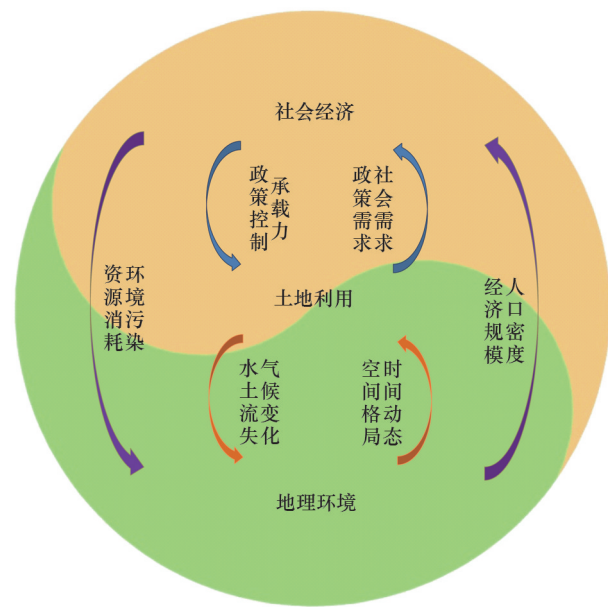


图1 土地系统结构及运行机制

相生相克,不只是三者之间的相互作用,而是指土地系统生成演化的全过程是一个不可逆的螺旋式上升(或下降)的循环过程。当地理环境、土地利用和社会经济处于相生状态时,土地系统呈现螺旋上升的循环过程,土地系统具有可持续的功能和服务;反之,土地系统呈现螺旋下降的循环过程,土地系统的功能和服务不可持续。地理环境、土地利用和社会经济并不总处于相生或相克的状态,如人口增长导致定居点占据农田,农田的减少理论上使土地能够承载较少的人口。土地管理的主要目的是尽可能使三者处于相生的状态,以实现可持续发展。土地系统在相生相克当中不断创生、“涌现”出新的起点,“周而复始”的生长,具有突现性与多层

次性。因此,土地系统研究必然要尊重人与环境的多层次性与多时性,土地、人类、环境互动的当前和过去背景都要包括在内。

3 土地系统功能

土地系统功能指示了土地系统自身内部的过程,强调系统客观存在的功能属性^[44]。总的来说,土地系统具有能量转化、物质生产、生态维持、资源供给、社会保障、文化孕育6大功能。

土地系统具有能量转化功能。太阳辐射经过对流层以外的大气圈进入土地系统,由光能转化为热能;热能的空间差异导致大气流动产生风能;人类通过发电设备将光能、热能、风能和水的势能转化为电能等;能量转化满足了人类生产和生活的基本需求。

土地系统具有物质生产功能。土地系统提供粮食、蔬菜、水果、纤维等人类繁衍生息的物质基础,这是土地的直接生产功能。土地还间接地生产人类生活所需的各种物品,如衣服、房屋、工具等。

土地系统具有生态维持功能。土地系统不但能够通过地理环境的自我调节实现调节气体、调节气候、涵养水源、形成和保护土壤、处理废物、保护生物多样性等,而且社会经济的发展也会促进人类对生态保护的资金投入和技术革新,如退耕还林、生态修复、自然保护区建设、污染治理,从而实现生态系统服务的稳定和可持续。

土地系统具有资源供给功能。土地系统蕴藏着丰富的矿产资源,如金、银、铜、铁等金属,石油、煤炭、天然气、水能等能源资源,砂、石、土等建材资源,为人类从事生产、发展经济提供必不可少的物质条件。

土地系统具有社会保障功能。土地系统能为人类居住、就业、社会和生产性活动提供空间,使人类免于疾病和贫困;能为经济发展提供必要的资金、劳动力、土地等生产资料,减缓区域差异和极化,维持社会稳定。

土地系统具有文化孕育功能。不同的土地系统能够孕育多样的文化和文明,两河流域孕育了美

索不达米亚文明,北非的尼罗河流域孕育了古埃及文明,中国的黄河、长江流域孕育了中华文明,同一文明由于地域差异,产生了不同的文化,如北京胡同文化和上海弄堂文化。土地系统演化过程当中形成的各种自然景观和历史遗迹,也为人类娱乐休闲提供了丰富的资源。

土地系统包含了从全球到局地的所有尺度,不同尺度的土地系统具有不同的功能。在全球尺度上,主要考虑土地系统的能量转化、生态维持和文化孕育功能;而在局地尺度上,更着重于土地系统的物质生产和社会保障功能。土地系统研究不能仅侧重其生态功能。在不同地区、不同发展阶段,人类对土地系统功能的需求并不一致。发达国家和地区更多关注土地利用变化导致的生态环境结果,如气候变化、水土流失、生物多样性丧失等。而在发展中国家和地区,建设用地扩张带来的经济增长、耕地的粮食生产能力更能引起利益相关者的普遍关注。土地系统各项功能的稳健是土地系统可持续的重要表征,只有生态环境良好维持的土地系统不是可持续的土地系统。“绿水青山就是金山银山”这一发展理念是土地系统可持续的最好注解。

4 土地系统理论基础

1) 超循环理论。系统科学揭示的不是简单物质的空间运动,而是复杂系统时空演变的生成规律。艾根于20世纪70年代提出的超循环理论,揭示了从化学进化到生物进化,从无生命到生命的进化机制和规律^[45]。土地系统研究以超循环理论作为逻辑基础,土地系统自身蕴涵着自组织、自复制、自适应、自学习、自稳定机制。基于超循环理论的土地系统是生成的系统,它具有开放性与非平衡、非线性、不可还原性、整体性与分形性、突现性与层次性、对初始条件的高度敏感性、超稳定性以及分维与时空不可分性等特征。土地系统研究的方法论为“复元论”或“探源论”,即寻找生成土地系统结构与功能的生成元以及揭示生成元如何生成为新整体的规律^[35-36]。

2) 地域分异理论。全球性问题的认识水平取

决于对地域分异了解的深度,空间差异实质上是地理学研究的一个本源^[46]。土地系统研究中的地理环境、土地利用和社会经济特征均表现为空间异质性。这种空间分异的产生是由于太阳辐射及地球内能共同作用的结果。太阳辐射的冷热不均导致地球表面具有不同的气候带和大气环流,地球内能控制着海陆分布和地貌过程。在太阳辐射和地球内能的交互作用下,地球陆地表面形成了千差万别的地理环境;地理环境从根本上制约着人类对土地的利用和社会经济的发展,从而使土地系统具有明显的地域分异规律,这一规律在全球、区域和局地3种尺度上分别表现为地带性、区域性和地方性。

3) 地理过程理论。对土地系统规律的认识建立在2个基础之上。一是其广延性,即从空间的角度去认识;二是其延续性,即从时间的角度去认识。土地系统具有时空不可分性,土地系统研究必须将地域分异与地理过程统一起来。地理过程是指地理事物和现象发生、发展、演变的过程,它强调把地理学的规律统一于时间与空间的共同基础之中。因此,地理过程理论为土地系统研究的深化提供了理论基础。诸如地貌过程、水文过程、气候变化、土地利用过程、人口迁移过程、经济集聚-扩散过程、城市化等,这些过程的总集合为土地系统过程。土地系统过程具有不可逆性,它是系统本身所具有的,而非外在的,土地系统过程改造着土地系统因而具有自身传递性。

5 土地系统的研究内容

5.1 基础研究

土地系统是一个复杂系统,其复杂性根源由系统在内在联系中生成,非线性反馈则是使这种复杂性不断增长与积累的机制。土地系统过程即是土地系统复杂性不断增长与积累的过程,蕴含了土地系统内部之间以及系统与环境之间的非线性反馈。虽然土地系统过程是系统本身所具有的,但也受环境的影响。外界环境对系统的干扰总是全局性的,即其仅直接作用于系统内部的某一要素。土地系统的超稳定性特征决定了土地系统对外界环

境的变化具有较大的抗干扰能力和适应性。不同尺度的土地系统具有不同的外界环境。在全球尺度上,对流层以上的大气圈、地球内部圈层、海洋是土地系统的环境;在区域、局地尺度上,土地系统环境主要指区域、局地以外的土地系统、生态系统、社会系统。土地系统具有高度空间异质性,土地系统生成机制、过程、适应性都表现出显著的多尺度特征,只有多尺度的综合才能反映土地系统的实质。土地系统的复杂性及多尺度特征决定了土地系统动态在方向和程度上的不确定性。综上所述,土地系统的基础研究主要包括以下方面:(1) 土地系统生成机制;(2) 土地系统过程;(3) 土地系统的适应性;(4) 土地系统的尺度效应、远程耦合;(5) 土地系统的不确定性。

5.2 应用研究

土地系统研究的目的之一,就是要从协调人类-环境关系出发,调整人类的活性性质,使地理环境、土地利用和社会经济处于相生的过程,实现土地系统可持续的动态演化。土地系统的演化受外界环境的影响,不同土地系统应对环境干扰的方式具有显著差异。这种差异除受地理环境的影响外,更主要取决于经济、制度、文化等方面的差异。不同经济、制度、文化下的管理者需慎重考虑应对变化的土地系统管理决策。这是因为土地系统内部及与环境之间存在非线性的复杂反馈,微观尺度上的微小变化会通过正反馈效应导致宏观的整体突变。然而,土地系统管理决策的结果在短期内通常难以显现,土地系统的不确定性使预测土地系统管理决策的长期结果更加困难。这必然要求决策者处理好系统的不确定性与管理的确定性之间的关系,同时需要建立相关机制以加强决策者与研究者之间的双向协作。因此,土地系统的应用研究应着重解决以下5个问题:(1) 不同土地系统是如何应对变化的;(2) 如何制定应对变化的土地系统管理决策;(3) 决策的长期与短期结果是什么;(4) 如何处理系统的不确定性和管理的确定性之间的关系;(5) 决策者与研究者之间的双向协作机制如何建立?

6 结论

从系统生成的角度看,土地系统是由人类对地球陆地表面及其上下一定空间的改造、利用和适应而生成的复杂开放系统,包括地理环境、土地利用和社会经济,三者相生相克,不可分割。地理环境、土地利用和社会经济在相生相克之中实现土地系统的演化,这是一个不可逆的螺旋式上升(或下降)的循环过程。生成的土地系统研究的逻辑起点是生成元,它是一个包含了系统生成所有可能性的整体。超循环理论、地域分异理论和地理过程理论是土地系统生成研究的理论基础。能量转化、物质生产、生态维持、资源供给、社会保障和文化孕育等土地系统功能的稳健是土地系统可持续演化的重要表征。为此,土地系统研究除着重于土地系统生成机制、过程、适应性及远程耦合等基础研究外,还应解决科学与政策实践之间的双向协作问题。

参考文献(References)

- [1] Turner B L II, Matson P A, McCarthy J J, et al. Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003, 100(14): 8080-8085.
- [2] Srinivasan V, Seto K C, Emerson R, et al. The impact of urbanization on water vulnerability: A coupled human-environment system approach for Chennai, India[J]. Global Environmental Change, 2013, 23(1): 229-239.
- [3] 樊杰. 人地系统可持续过程、格局的前沿探索[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1060-1068.
- [4] Bauch C T, Sigdel R, Pharaon J, et al. Early warning signals of regime shifts in coupled human-environment systems[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113(51): 14560-14567.
- [5] Castro M C, Krieger G R, Balge M Z, et al. Examples of coupled human and environmental systems from the extractive industry and hydropower sector interfaces[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113(51): 14528-14535.
- [6] Pongratz J, Reick C, Raddatz T, et al. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2008, 22(3): 3018.
- [7] Ellis E C, Goldewijk K K, Siebert S, et al. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000[J]. Global Ecology & Biogeography, 2010, 19(5): 589-606.
- [8] Van A S, Verburg P H. A Land System representation for global assessments and land-use modeling[J]. Global Change Biology, 2012, 18(10): 3125-3148.
- [9] Li P, Qian H, Wu J. Accelerate research on land creation [J]. Nature, 2014, 510(7503): 29-31.
- [10] Hurtt G, Frolking S, Fearon M, et al. The underpinnings of land-use history: Three centuries of global gridded land-use transitions, wood-harvest activity, and resulting secondary lands[J]. Global Change Biology, 2006, 12(7): 1208-1229.
- [11] Turner B L II, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104(52): 20666-20671.
- [12] Liu M, Tian H. China's land cover and land use change from 1700 to 2005: Estimations from high-resolution satellite data and historical archives[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2010, 24(3): 3003.
- [13] Creutzig F. Govern land as a global commons[J]. Nature, 2017, 546(7656): 28-29.
- [14] Feddema J J, Oleson K W, Bonan G B, et al. The importance of land-cover change in simulating future climates [J]. Science, 2005, 310(5754): 1674-1678.
- [15] Foley J A, Defries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309(5734): 570-574.
- [16] Hof C, Araújo M B, Jetz W, et al. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity[J]. Nature, 2011, 480(7378): 516-519.
- [17] Lambin E F, Meyfroidt P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108(9): 3465-3472.
- [18] Phalan B, Onial M, Balmford A, et al. Reconciling food production and biodiversity conservation: Land sharing and land sparing compared[J]. Science, 2011, 333(6047): 1289-1291.
- [19] Cumming G S, Buerkert A, Hoffmann E M, et al. Implications of agricultural transitions and urbanization for

- ecosystem services[J]. *Nature*, 2014, 515(7525): 50–57.
- [20] Global Land Project. Science plan and implementation strategy IGBP report No. 53/IHDP report No. 19[R]. Stockholm: IGBP Secretariat, 2005.
- [21] Rounsevell A, Pedrolí G B M, Erb K H, et al. Challenges for land system science[J]. *Land Use Policy*, 2012, 29(4): 899–910.
- [22] Verburg P H, Erb K H, Mertz O, et al. Land system science: Between global challenges and local realities[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 433–437.
- [23] Canadell J G, Pataki D E, Pitelka L F. Terrestrial ecosystems in a changing world[M]. Berlin: Springer Verlag, 2007.
- [24] Lambin E F, Baulies X, Bochstael N, et al. Land-use and land-cover change (LUCC)-implementation strategy. IGBP/IHDP, IGBP report 48/IHDP report 10[R]. Stockholm: The Royal Swedish Academy of Science, 1999.
- [25] Gaube V, Kaiser C, Wildenberg M, et al. Combining agent-based and stock-flow modelling approaches in a participative analysis of the integrated land system in Reichraming[J]. *Landscape Ecology*, 2009, 24(9): 1149–1165.
- [26] Turner B L II, Janetos A C, Verburg P H, et al. Land system architecture: Using land systems to adapt and mitigate global environmental change[J]. *Global Environmental Change*, 2013, 23(2): 395–397.
- [27] Yu Q, Wu W, Verburg P H, et al. A survey-based exploration of land-system dynamics in an agricultural region of Northeast China[J]. *Agricultural Systems*, 2013, 121(121): 106–116.
- [28] Liu Z, Verburg P H, Wu J, et al. Understanding land system change through scenario-based simulations: A case study from the drylands in Northern China[J]. *Environmental Management*, 2017, 59(3): 440–454.
- [29] Robinson D T, Murray-Rust D, Rieser V, et al. Modelling the impacts of land system dynamics on human well-being: Using an agent-based approach to cope with data limitations in Koper, Slovenia[J]. *Computers Environment & Urban Systems*, 2012, 36(2): 164–176.
- [30] Václavík T, Lautenbach S, Kuemmerle T, et al. Mapping global land system archetypes[J]. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1637–1647.
- [31] Niedertscheider M, Erb K. Land system change in Italy from 1884 to 2007: Analysing the North-South divergence on the basis of an integrated indicator framework[J]. *Land Use Policy*, 2014, 39(3): 366–375.
- [32] Bruckner M, Fischer G, Tramberend S, et al. Measuring telecouplings in the global land system: A review and comparative evaluation of land footprint accounting methods[J]. *Ecological Economics*, 2015(114): 11–21.
- [33] Boillat S, Scarpa F M, Robson J P, et al. Land system science in Latin America: Challenges and perspectives[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017(26–27): 37–46.
- [34] Liu J, Mooney H, Hull V, et al. Sustainability, systems integration for global sustainability[J]. *Science*, 2015, 347(6225): 1258832.
- [35] 李曙华. 系统生成论体系与方法论初探[J]. *系统科学学报*, 2007, 15(3): 6–11.
- [36] 李曙华. 当代科学的规范转换——从还原论到生成整体论[J]. *哲学研究*, 2006(11): 89–94.
- [37] Stevenson D J. A planetary perspective on the deep Earth[J]. *Nature*, 2008, 451(7176): 261–265.
- [38] Denham T P, Haberle S G, Lentfer C, et al. Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea[J]. *Science*, 2003, 301(5630): 189–193.
- [39] Tanno K, Willcox G. How fast was wild wheat domesticated[J]. *Science*, 2006, 311(5769): 1886.
- [40] Jones M K, Liu X. Origins of agriculture in East Asia[J]. *Science*, 2009, 324(5928): 730–731.
- [41] Huang X, Kurata N, Wei X, et al. A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice[J]. *Nature*, 2012, 490(7421): 497–501.
- [42] Araus J L, Ferrio J P, Voltas J, et al. Agronomic conditions and crop evolution in ancient Near East agriculture[J]. *Nature Communications*, 2014, 5(6183): 3953.
- [43] Pain S. The rise of the urbanite[J]. *Nature*, 2016, 531(7594): 50–51.
- [44] 陈睿山, 蔡运龙, 严祥, 等. 土地系统功能及其可持续性评价. *中国土地科学*, 2011, 25(1): 8–15.
- [45] Eigen M, Schuster P. Hypercycle-principle of natural self-organization. A. Emergence of hypercycle[J]. *Naturwissenschaften*, 1977, 64(11): 541–565.
- [46] 傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策[J]. *地理学报*, 2017, 72(11): 1923–1932.

Land system: From integration to generation

QIN Zhangxuan, LIU Xiaolin, ZHOU Meijun, LI Fei*

Collage of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, 710127, China

Abstract The land system science is indeed a fascinating field. However, it does face challenges, such as it is difficult to integrate due to its complexity. This paper reviews the researches of the land systems, in order to find an effective way to understand scientifically the land systems based on the ideas of the generative theory in the systems science. It is shown that the cognition and the understanding of the land systems from the perspective of the system generation theory can help more closely come to the essence that the land systems are complex open systems generated by the transformation, the utilization and the adaptation by human beings of the earth's land surface and certain spaces above and below it, including the geographical environment, the land use and the social economy, all of which are mutually interconnected. As open and complex systems, the land systems feature the multifunctionality, the energy conversion, the material production, the ecological maintenance, the resource supply, the social security, and the cultural nurture. With the system generation theory as the logical starting point, and based on the theory of the hypercycle, the regional differentiation and the geographical process, the study of the land systems should not only focus on the basic researches of the land system generation mechanism, the process, the adaptability, and the tele coupling, but also solve the problems of the two-way collaboration between the science and the policy practices.

Keywords land system; land system architecture; land system function; system generation theory ●



(责任编辑 徐丽娇)