

自然资本引领绿色基础设施可持续管理

Sustainable Management of Green Infrastructure Guided by Natural Capital

刘颂
戴常文

LIU Song

DAI Changwen

摘要: 自然资本是将人类赖以生存的自然环境资本化, 以资本的视角看待自然。绿色基础设施的物质客体作为自然资本存量的组成部分, 为人类社会提供了蕴含巨大价值的生态系统服务。将自然资本与绿色基础设施紧密结合, 有利于精准制定政策以协调经济发展和自然管理的关系, 实现国土空间内自然资本增值。通过梳理30多年来自然资本理论的演变特征, 认为自然资本经历了“理论探索阶段”的道德合理化、“应用推广阶段”的应用普及和规范化, 以及“制度建设阶段”的制度变迁。在其影响下, 绿色基础设施提升了生态内涵, 创新了评估方法, 最终二者在制度上走向了融合, 成为实现可持续发展的重要途径。自然资本提供了甄别绿色基础设施生态价值的路径, 并将绿色基础设施作为一种锚定在国土空间上的生态资产进行永续利用, 这为中国生态资产价值的实现和提升提供了空间规划途径和政策制定思路。

关键词: 风景园林; 自然资本; 绿色基础设施; 生态系统服务; 价值核算

文章编号: 1000-6664(2022)03-0040-05

DOI: 10.19775/j.cl.2022.03.0040

中图分类号: TU 986

文献标志码: A

收稿日期: 2021-06-06

修回日期: 2021-09-16

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于生态系统服务权衡与协同的市级生态空间多目标优化研究”(编号52178050)资助

Abstract: Natural capital, the capitalization of the natural environment that humans survive on, sees nature from the perspective of capital. As a component of natural capital stocks, the material objects of green infrastructure provide valuable ecosystem services for human society. The close integration of natural capital and green infrastructure will facilitate the precise formulation of policies to coordinate economic development and nature management to realize the appreciation of natural capital in the territorial space. Through the review of evolution characteristics of natural capital theory in the past 30 years, it is concluded that natural capital has experienced the moral rationalization in the "theoretical exploration stage", the application popularization and standardization in the "application promotion stage", and the institutionalization in the "system construction stage". Under its influence, green infrastructure improves the ecological connotation and innovates the evaluation methods, leading to their institutional integration which become an important path to sustainable development. Natural capital provides a path to assess the ecological value of green infrastructure, and makes sustainable use of green infrastructure as ecological assets anchored in the territorial space, which provides approaches to spatial planning and ideas on policy for the realization and promotion of the ecological assets value in China.

Keywords: landscape architecture; natural capital; green infrastructure; ecosystem service; value accounting

资本是人类财富的来源, 是可以产生价值的价值^[1]。世界银行将资本划分为4种类型: 建造资本、人力资本、社会资本、自然资本^[2]。这四大资本为我们提供各种商品和服务, 维持了人类生存和社会发展。随着城市化推进和人口激增, 自然资本存量受到损害, 而需要提供给社会的生态系统服务需求却在不断增加。解决资源损耗、环境恶化和社会经济发展之间的矛盾, 实现可持续发展, 成为全球治理的重要议题^[3]。自然资本(natural capital)一词早在19世纪就被使用, 当时用以指代可以提供生产性服务的土地、空气、水、石油等自然资源, 后来扩展为包括一系列能

够自发进行生产性活动的服务^[4]。但普遍认为, 1988年英国环境经济学家Pearce首次提出的“使用自然资本途径解决可持续发展问题”这一观点, 标志着当代自然资本理论的开端^[5]。

1990年, 绿色基础设施(green infrastructure)一词正式进入人们视野——这几乎与自然资本同时。最初绿色基础设施用以指代复合的区域绿道网络^[6], 随着概念的不断扩充和发展, 绿色基础设施的所指范围涵盖了综合生态空间网络、灰色基础设施的生态替代方案, 以及各种生态干预政策等^[7], 用以缓解城市化带来的城乡差距扩大、生态系统服务供应不足、生物多样性缺失, 以及

气候变化带来的城市灾害等问题^[8], 成为21世纪初风景园林学科的热点。

在自然资本和绿色基础设施2个热点概念的推动下, 国际组织和各国纷纷开展了相关战略、政策的研究与实践, 并达成了一系列共识。1)自然资本领域: 2001年联合国开展的《新千年生态系统服务评估》是自然资本核算的开端和基础^[9]; 2012年联合国可持续发展大会发布《自然资本宣言》^[10]; 2013年在联合国环境规划署、国际自然保护联盟和世界可持续发展委员会的支持下, 开启了首届世界自然资本论坛^[11]; 2014年由联合国统计署发布《环境经济核算——中心框

架(2012)》和《实验性生态系统核算》，更是将各国自然资本核算推向了高潮^[12]。2)绿色基础设施领域：1992年建立的Natura 2000成为欧洲最核心的绿色基础设施；2013年欧盟发布《投资绿色基础设施将给自然、社会和人带来多重回报》和一系列导则指南，启动了欧洲绿色基础设施战略^[13]；2018年经济合作与发展组织、联合国环境署和世界银行呼吁加大对绿色基础设施的投资，以抵御气候变化带来的环境问题；各国也早已开始利用绿色基础设施提升城市生态效益，不少以提升城市雨洪调节能力为主，如英国可持续排水解决方案、澳大利亚水敏感城市设计、美国低影响开发，以及中国的海绵城市等^[14]。随着这些战略、政策和实践的陆续开展，绿色基础设施与自然资本逐渐交汇在一起，其中最具代表性的是欧盟发布的《绿色基础设施——增强欧洲自然资本》，将保护自然资本作为建设绿色基础设施的核心目标^[8]，未来二者之间的结合也会更加紧密^[14]。

在我国，自然资本因成为《生态文明建设体制改革总体方案》的核心理念之一而备受关注，目前我国的自然资本(又称生态资产)核算也在逐步推进^[12]。绿色基础设施不仅是我国生态环境建设的空间途径与具体技术，在海绵城市、生态修复等领域都有重要应用，而且作为自然生命支持系统也是重要的生态资产。但是目前，自然资本与绿色基础设施的结合还停留在实践案例介绍层面^[14]，缺乏对自然资本理论和方法如何指导绿色基础设施建设的探讨。本文通过分析自然资本不断丰富的理论发展脉络，演绎二者结合的优越性和历史必然性，旨在为我国自然资本理念引领下的绿色基础设施管理提供依据。

1 30余年自然资本理论的演变特征

自然资本所研究的对象是自然^[15]，通过资本的视角来看待自然，即把自然视为一种资本^[16]。Daily指出英文中的“capital”(资本)一词最早来源于拉丁文“capita”，是指牛羊的“头”，进而用头数来指代牛羊群的数目。因此牛羊群的“头数”可以看成是资本存量(capital stock)，而一段时间内牛羊群经过繁殖增加的数量或者其他副产品带来的收益可以看成是资本存量产生的资本流量(capital flow)^[17]。类似的，自然资本也包含了资本存量和资本流量两部分^[18]。自然资本

存量包括有形的资本，如林地、山川、河流、湖泊，以及无形的资本，如生态系统中的信息、能量等^[16]，这些可以产生一系列服务流，形成支持、供给、文化、调节四大生态系统服务为人类提供福祉^[9]。自然资本根据其在不同领域的应用，大致可分为存量、资产和金融资本3种类型^[19]。

笔者梳理30多年来自然资本理论的发展，发现自然资本作为支持可持续发展的重要理论，从开始的受到质疑，逐步走向了道德化、规范化和制度化，彰显其作为一个跨领域概念的生命力和影响力。

1.1 理论探索阶段——自然资本潜力与道德合理化(1988—1996年)

自1988年Pearce将自然资本概念引入可持续发展后，1991年美国环境保护署召集了由生态学家、经济学家和社会学家组成的专家组推进生态系统评估方法的最新技术，认为生态系统价值应当进行核算，不能被理所当然地视为免费^[20]。随后国际生态经济学会在欧洲召开主题为“投资自然资本——一种可持续发展视角”的会议，充分讨论了自然资本概念的意义和价值^[21]XV。当时有学者担忧将自然资本化是将自然简化为具有经济价值的资产，非但没有拓宽经济分析框架——纳入环境限制因素，反而有可能助长人们对环境的狭隘看法^[22]。但Folke等学者认为，将自然转化为具有经济价值的资产(生态商品和生态系统服务)，使之纳入国民经济核算账户，在国家经济绩效中清晰地展现资源消耗和环境退化状况，以促进合理利用自然资本。这样，可持续发展的具体形式就转化为对自然资本和其他资本的持续投资，使得可持续发展可以切实落实到具体的经济社会生活中^[21]4-6。

这一阶段初步探索了生态系统服务的分类和测算方法，虽然还有诸多局限性，但这种尝试仍然具有意义，使自然资本核算成为一种反映人与自然关系的合理途径。自然资本的概念兴起和理论探索打破了我们习以为常的自然提供大量“免费商品和免费服务”的观念^[22]，同时让可持续发展的目标有了落脚点，因此不少学者逐渐意识到这个“旧”概念在“新”时代的巨大潜力，在道德层面上也逐渐认同了这种看待自然的方式。

1.2 应用推广阶段——自然资本普及和应用规范化(1997—2013年)

1997和2000年《自然》和《科学》杂志接

连发表了Costanza和Daily关于自然资本的主题文章，受到学界广泛关注^[16, 22]。2001—2005年，联合国主导了千年生态系统评估，自然资本和生态系统服务成为主流概念，自此相关研究成果激增^[23]。在联合国、欧盟等重要组织的推动下，一些规范和系统性方法相继发布，改善了早期核算领域相对混乱的局面。1)开启了自然资本全面系统性标准化核算的实践，如Costanza的全球自然资本和生态系统服务核算，以及联合国的新千年生态系统评估。2)将自然资本方法论体系应用到生物多样性领域。2007年欧盟发起并得到联合国支持的“生态系统和生物多样性的经济学”倡议(TEEB)提出生物多样性的全球经济效益、生物多样性受损成本和采取保护措施成本的核算方法，扩充了自然资本的核算范围^[24]。3)推动自然资本方法在规划领域的应用。利用土地利用特征与其生态系统服务之间的关系，分析土地覆盖、土地利用变化和生态系统管理决策对生态系统服务的影响。生态系统服务制图、生态系统服务动态可视化、生态系统服务变化建模和综合成本效益分析等工具得到了充分开发和应用^[25]。

这一时期自然资本在联合国等国际机构组织的牵头下开启了大规模应用，起到了很好的示范效果。自然资本由缺乏统一研究规范发展到在MA、TEEB的框架下进行相关应用，由认识其重要性扩展到在生态系统服务分析、生物多样性管理和规划领域广泛涉足，不断朝着普及化、规范化的方向发展。

1.3 制度建设阶段——自然资本管理和制度化革新(2014年至今)

2014年以来，联合国统计署相继发布《环境经济核算体系》的两部分框架(SEEA-CF框架和SEEA-EEA框架)，截至2020年底，已有21个国家依据此框架完成自然资本账户编纂^[26]。该账户与国民账户(国民收入和生产账户)对接，将自然资本纳入现有经济核算体系当中。自然资本账户是新时期自然保育制度建立的依据，编制账户并尝试自然资本产权模式的创新，以及推行自然资本制度改革和政策实践是当下各国几乎都在开展的工作。

当前的产权模式创新主要有2类：1)通过宣布某些自然资产为社区所有成员的共同财产明确界定受益者，这样所有成员都有动机监督他人，确保个体不过度滥用^[27]；2)公共资产信托

机构(Common Asset Trusts)模式——信托机构代表社会将自然相关的财产权利分配给公众,同时扮演自然资源保护者的角色。如美国福蒙特州公共资产信托公司就是福蒙特州的社会资本和自然资源委托机构;国家森林财政基金会(FONAFIFO)是哥斯达黎加生态系统支付项目(PES)的委托机构^[3]。

政策激励措施有多种方式,包括生态系统服务支付、环境税、限额与交易计划、环境法律法规和生态产品认证,以及鼓励使用自然资本和生态系统服务管理的社会规范等^[3]。在制度改革方面,英国将“为下一代留下一个更好的自然环境”作为国家战略,实现的方式是通过成立“自然资本委员会”编制自然资本账户,并在《25年环境计划》中提出保护自然资本的10个目标和200多项具体行动举措以保护自然资本,并制定立法框架,在国家粮食战略、景观评估、本地自然恢复策略和国家基础设施等领域嵌入自然资本方法^[28]。

综上,当代自然资本道德的合理化、应用的规范化和管理的制度化,表明自然资本作为一个跨领域的概念既符合人们的主流价值观,也切实满足人类在当今时代对自然进行精细化管理的需求。随着自然资本方法在社会治理中的广泛运用,各国政府愈发意识到需要将其纳入制度建设,当它与行政体制相结合,必然会深刻影响时代进程。

2 当代自然资本理论对绿色基础设施的影响

2.1 自然资本的道德化丰富了绿色基础设施的生态内涵

20世纪90年代,包括美国可持续发展总统委员会在内的一些机构和学者指出绿色基础设施虽然具有生态功能,但并不具备可比较性。由于没有宏观框架的制约,经济目标往往凌驾于生态目标之上,导致生态目标通常不受权威机构支持,绿色基础设施的推广也受到阻碍^[29]。而此时自然资本的出现为绿色基础设施的生态内涵进行了注解,1996年Van等在著作《生态设计》中首次将自然资本与绿色基础设施相关联:自然资本如同一堆硬币,人类应该依靠硬币提供的利息生存,而非耗尽硬币;对待自然资本有3种策略——保护(conservation)、管理(stewardship)和再生(regeneration),保护是

更慢地消耗自然资本,管理是在不损害存量的基础上合理利用自然资本提供的服务流,再生是自然资本存量的扩充,并以多伦多市绿色基础设施规划为例,展示了如何利用绿色基础设施对自然资本进行恢复性扩充,从而提供给城市居民更多的生态系统服务^[30]^[37]。当绿色基础设施的组成要素如湿地森林等被转化为建设用地,就产生了通常在市场上不被计算在内的成本,生态系统服务的损失造成了社会隐性成本的增加^[31]。自然资本意义的诠释方式,让生态思维与经济思维衔接^[30]^[38],人们以经济价值的思维框架对绿色基础设施的生态效益加深理解。自然资本的道德合理化也解释了建设绿色基础设施的必要性。最终当我们把绿色基础设施理解为一堆硬币时,就会自然而然地探索这些硬币的价值,绿色基础设施的自然资本核算也逐步提上日程。

2.2 自然资本的规范化创新了绿色基础设施的评估方法

2.2.1 绿色基础设施经济价值评估

绿色基础设施的经济价值评估可以清晰地阐释其工程建设的经济可行性,成为绿色基础设施的融资基础。美国环境部门早在2007年就开展了绿色基础设施的经济可行性考量,《通过LID战略和实践减少雨水管理成本》记录了住宅建筑中绿色基础设施实践的比较建设成本,并与计算绿色基础设施的各类生态系统服务手册(如《绿色基础设施价值:经济、环境和社会效益的评估手册》)相结合,全面指导美国绿色基础设施的成本效益衡量^[32-33]。同期,英国环境署也推出了《SUDS改造的成本效益》,以绿色基础设施的雨洪调节服务为目标进行成本效益核算^[34]。这些核算方法可以帮助使用者对不同绿色基础设施投资方案的潜在成本和收益进行快速评估。除了社区尺度的绿色基础设施工程外,2013年欧盟对跨欧洲大型生态空间网络——欧洲最核心的绿色基础设施项目Natura 2000进行价值核算,该核算预计欧盟27国每年至少需要58亿欧元来管理和恢复网络中的枢纽,而Natura 2000提供的总体经济效益大约为每年2 000亿~3 000亿欧元,核算结果向政府和公众展示了绿色基础设施的高性价比,有利于推广建设和项目融资^[35]。

2.2.2 绿色基础设施自然资本价值的空间优化评估

绿色基础设施是提升自然资本价值的空间途

径^[36],自然资本框架下绿色基础设施自然资本价值的空间优化评估可以帮助绿色基础设施进行更加高效精准的构建。通过评估确定需要优先保护的自然资源区域,为绿色基础设施的干预提供依据。有学者利用生态系统服务构建绿色基础设施综合价值指标体系,识别和评估区域绿色基础设施并形成生态系统服务价值频谱,为区域景观规划制定规范层^[37]。在此基础上,有学者对生态系统服务综合价值地图进行分区,对服务供给的“贫瘠区”和“受阻区”进行绿色基础设施干预^[38];也有学者的目标是公平分配自然资本和生态系统服务,通过叠加分析生态系统服务供需,对严重不匹配的地区进行绿色基础设施干预^[39]。规划思路虽然有所差异,但通过生态系统服务制图找到最有效干预自然资本的“潜力点”的途径是一致的,该类地图也通常被称作生态系统服务潜力地图。

2.2.3 绿色基础设施政策方案评估和选择

绿色基础设施除了物质客体外,还可以作为自然管理政策的非物质客体,它是一种旨在保护、改善或恢复自然功能和生态过程,以确保为人类社会提供多种生态系统服务的干预措施。欧盟委员会文件指出,法国的“蓝绿网络”(trame verte et bleue)、德国的“重新网络化联邦项目”(Bundesprogramm Wiedervernetzung)、英国的“为自然留有空间”倡议(room for nature)、荷兰的“为河道留有空间”(room for river)等,虽未贴上绿色基础设施标签,但都是绿色基础设施的一部分^[7]。通过对干预模式(绿色基础设施政策)进行情景模拟,评估生态系统服务或自然资产价值的变化和各个利益相关者的收益,以适宜的干预方案进行自然资本投资和保育。有学者对比比利时4处森林的3种经营模式(“恢复模式”“恢复+补偿模式”“恢复+林冠连续覆盖模式”)方案进行了生态系统服务模拟,将自然资产对个人的收益与对大众的收益进行比较,最终确定方案^[40]。还有学者对尼泊尔实施的“社区林业”国家战略进行实施前后生态系统服务变化的核算,并分析不同利益相关者的惠益,以调整和改进这项国家战略^[41]。自然资本核算可以很好地为绿色基础设施干预方案决策提供依据,其结果不仅体现了透明性和公平性,更兼具良好的沟通效果^[26],为绿色基础设施的规范化实施提供了准绳。当政府部

门越来越依赖于精确数量化的自然管理时，自然资本与绿色基础设施成为政策工具，并逐渐形成了制度化融合。

3 自然资本对绿色基础设施的引领和实现路径

从自然资本的发展历程及其对绿色基础设施的影响可以发现，自然资本视角下绿色基础设施可持续管理的思路是(图1)：将有形的绿色基础设施视为一种有价值的生态资产，通过价值核算可以提升绿色基础设施实施的精准度和经济可行性；将无形的绿色基础设施干预政策视为一种自然管理策略，通过价值化核算保证生态系统服务的可持续供应，促进服务的合理分配以满足各方利益相关者需求。在这个过程中，自然资本为“体”，绿色基础设施为“用”——利用自然资本账户对绿色基础设施状态进行监测；利用生态系统服务地图对绿色基础设施的建设选址和干预点进行分析；利用经济价值评估和成本效益分析对绿色基础设施方案进行筛选决策；利用自然保育金融产品为绿色基础设施建设提供融资渠道；利用自然资本产权模式实现多方协同以参与到绿色基础设施的建设和管理中来。这些自然资本工具和方法为绿色基础设施科学、合理、高效地建设和管理提供了强大的支撑；同样，绿色基础设施的实施，反过来也有效提升了自然资本价值，有助于可持续发展目标的实现。

事实上，在欧盟的环境、生态、资源三大战略(气候适应性战略、生物多样性战略、资源高效欧洲倡议)中，始终将“绿色基础设施”和“自然资本”作为实现战略的重要方法途径，也直接促成了以自然资本为核心的“绿色基础设施战略”。该战略旨在通过建设绿色基础设施实现自然资本增值^[6]，对融资、评估、建设指南、教育和数据采集进行部署。1)融资渠道方面，指出“将在2014年建立欧盟融资规划，由欧洲投资银行提供资金支持，以提高绿色基础设施项目融资机会”。将自然资本金融化，发行债券类的金融产品，成为绿色基础设施融资的重要渠道，目前通过这些融资工具平均每年为绿色基础设施提供约9.15亿欧元的资金支持。2)评估方面，利用自然资本评估方法对绿色基础设施进行评估，以辅助政府选择优先投资绿色基础设施的类别。排在成本效益比值前5位的是：Natura 2000、广泛的农业景观、区域或国家公园、多功能可

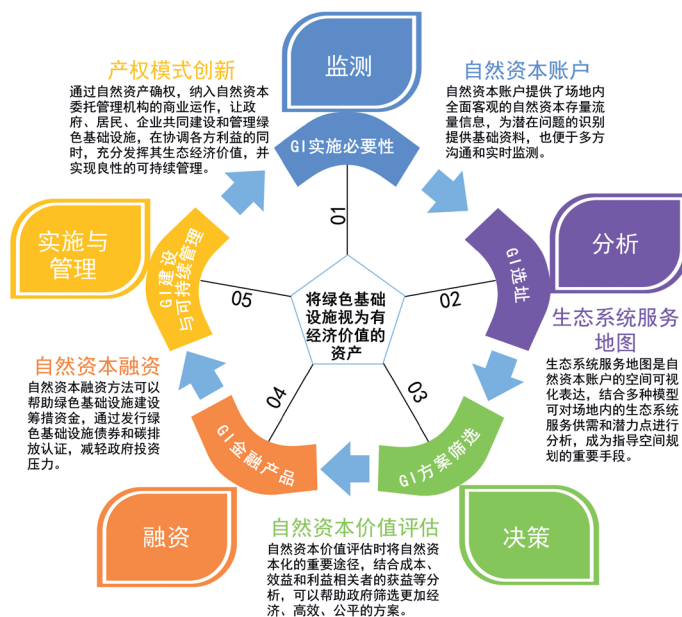


图1 自然资本引领的绿色基础设施建设与可持续管理的实现路径(作者绘)

持续管理的农业景观和荒原。在私人绿色基础设施投资领域，社区住宅使用的集水设施也有着极高的性价比。3)教育、建设指南和数据采集方面，开展关于绿色基础设施的讲习班，介绍现有的项目如何嫁接绿色基础设施理念，并放在在线课程(MOOC)上供欧洲的风景园林师学习；在金融、建筑、水、交通、公共卫生、工业、气候、农村废弃和能源9个领域的行业标准中嵌入绿色基础设施内容，同时发布《建立欧洲绿色基础设施》和《绿色基础设施技术资料》，以指导绿色基础设施建设；评估并改进了欧洲3个绿色基础设施基础数据平台——BISE、NWRM和Climate-ADAPT^[42]。

以自然资本为核心的绿色基础设施战略展示了欧洲自然管理的新制度、新模式——以自然资本增值为目标并提供评估方法，以绿色基础设施为工程路径，2个概念的共同应用起到了黏合剂的作用，将风景园林师、自然资源保护者、学者、政府和居民联系在一起，建立了生态、环境和资源领域的政策沟通，并与经济制度相结合，完成自然系统中科学合理的空间开发与管理。

4 结语

随着人类对于自然管理的需求与日俱增，实现可持续发展已经成为当今时代的重要议题。自然资本和绿色基础设施作为可持续发展背景下资本视角和工程视角的概念，都作用于自然、服务

于人类，同时也具有密切的联系。随着30年来自然资本的道德化、规范化和制度化变迁，绿色基础设施在其影响下提升了生态内涵、创新了评估方法，最终二者在制度上走向了融合，成为实现可持续发展的重要路径。绿色基础设施的物质客体是自然资本存量的组成部分，是增值自然资本的重要空间途径。自然资本提供了一种甄别绿色基础设施生态效益的方式，人类从绿色基础设施获得的惠益可以通过生态系统服务被认知并核算分析^[43]。“绿水青山就是金山银山”，在国土空间规划中，自然资本化的绿色基础设施作为一种锚定在国土空间上的生态资产，不仅可以作为衡量国土空间质量的有效手段，也提供了一条权衡经济发展和生态保护的途径，实现国土空间均衡发展；同时在塑造城乡区域协调发展新格局、建立生态环境利益导向机制、实现和提升我国生态资产价值等方面提供了空间规划途径和政策制定思路。

参考文献：

- [1] Barbier E B. The concept of natural capital[J]. *Oxford Review of Economic Policy*, 2019, 35(1): 14-36.
- [2] Vardon M, Bass S, Ahlroth S, et al. Forum on natural capital accounting for better policy decisions: Taking stock and moving forward[EB/OL]. (2017-11-28)[2021-02-

- 26]. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/904211580129561872/pdf/Forum-on-Natural-Capital-Accounting-for-Better-Policy-Decisions-Taking-Stock-and-Moving-Forward.pdf>.
- [3] Guerry A D, Polasky S, Lubchenco J, et al. Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112(24): 7348-7355.
- [4] Missemer A. Natural capital as an economic concept, history and contemporary issues[J]. *Ecological Economics*, 2018, 143: 90-96.
- [5] Akerman M. What does 'natural capital' do? The role of metaphor in economic understanding of the environment[J]. *Environmental Values*, 2003, 12(4): 431-448.
- [6] Little C E. *Greenways for America*[M]. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990: 129-136.
- [7] European Commission. Technical information on Green Infrastructure (GI): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2013) 249 Final[EB/OL]. (2013-05-06)[2021-02-26]. https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v2.pdf.
- [8] European Commission. Green Infrastructure (GI)-Enhancing Europe's Natural Capital: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2013) 249 Final[EB/OL]. (2013-05-06)[2021-02-26]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249>.
- [9] Board M A. *Millennium Ecosystem Assessment*[M]. Washington, D.C.: New Island, 2005: 2-13.
- [10] Mulder I, Mitchell A W, Peirao P, et al. The NCD Roadmap: implementing the four commitments of the Natural Capital Declaration[EB/OL]. (2013-05-17)[2021-02-26]. https://www.unepfi.org/fileadmin/documents/ncd_roadmap.pdf.
- [11] Sullivan S. Making nature investable: from legibility to leverageability in fabricating "nature" as "natural capital"[J]. *Science & Technology Studies*, 2018, 31(3): 47-76.
- [12] 高敏雪, 刘茜, 黎煜坤. 在SNA-SEEA-SEEA/EEA链条上认识生态系统核算: 《实验性生态系统核算》文本解析与延伸讨论[J]. *统计研究*, 2018, 35(7): 3-15.
- [13] European Commission. Environment: Investing in Green Infrastructure will Bring Multiple Returns to Nature, Society and People[EB/OL]. (2013-05-06)[2021-02-26]. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-404_de.htm?locale=FR.
- [14] Chenoweth J, Anderson A R, Kumar P, et al. The interrelationship of green infrastructure and natural capital[J]. *Land Use Policy*, 2018, 75: 137-144.
- [15] Özdemiroğlu E. Natural capital - a practitioner's overview of concepts and applications[J]. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 2019, 8(4): 343-352.
- [16] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [17] Daly H. A note in defense of the concept of natural capital[J]. *Ecosystem Services*, 2020, 41: 101051.
- [18] 王耕, 常畅, 石永辉. 基于文献计量的自然资本研究现状及热点[J]. *生态学报*, 2019, 39(21): 8183-8192.
- [19] 刘颂, 戴常文. 自然资本流变及其对生态系统服务价值的演变路径[J]. *生态学报*, 2021, 41(3): 1189-1198.
- [20] Bingham G, Bishop R, Brody M, et al. Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making[J]. *Ecological Economics*, 1995, 14(2): 73-90.
- [21] Jansson A, Hammer M, Folke C, et al. *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*[M]. Washington, D.C.: Island Press; 1994: 1-21.
- [22] Daily G C, Söderqvist T, Aniyar S, et al. The value of nature and the nature of value[J]. *Science*, 2000, 289(5478): 395-396.
- [23] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making[J]. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.
- [24] Kumar P. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*[M]. Nairobi: UNEP/Earth print, 2010: 9-12.
- [25] De Groot R S, Alkemade R, Braat L, et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making[J]. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 260-272.
- [26] Hein L, Bagstad K J, Obst C, et al. Progress in natural capital accounting for ecosystems[J]. *Science*, 2020, 367(6477): 514-515.
- [27] Costanza R, Atkins P W, Hernandez-Blanco M, et al. Common asset trusts to effectively steward natural capital and ecosystem services at multiple scales[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 280: 111801.
- [28] Natural Capital Committee. State of Natural Capital Annual Report 2020[EB/OL]. (2020-01-17)[2021-02-26]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/858739/ncc-annual-report-2020.pdf.
- [29] Lyle J T. *Regenerative Design for Sustainable Development*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1996: 3-19.
- [30] Van der Ryn S, Cowan S. *Ecological Design*[M]. Washington, D.C.: Island Press, 2013: 37-39.
- [31] Weber T, Sloan A, Wolf J. Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 77(1-2): 94-110.
- [32] United States Environmental Protection Agency. Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices[EB/OL]. (2008-01-02)[2021-02-26]. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/2008_01_02_nps_lid_costs07uments_reducingstormwatercosts-2.pdf.
- [33] Grant J, Gallet D. The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits[EB/OL]. (2011-01-23)[2021-02-26]. https://www.cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf.
- [34] Gordon-Walker S, Harle T, Naismith I. Cost-benefit of SUDS retrofit in urban areas[EB/OL]. (2007-12-18)[2021-02-26]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290993/scho0408bnxz-e-e.pdf.
- [35] European Commission. The Economic Benefits of Natura 2000[EB/OL]. (2017-01-24)[2021-02-26]. <https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/financing/docs/Economic%20Benefits%20Factsheet.pdf>.
- [36] Apostolopoulou E, Adams W M. Neoliberal capitalism and conservation in the post - crisis era: The dialectics of "green" and "un - green" grabbing in Greece and the UK[J]. *Antipode*, 2015, 47(1): 15-35.
- [37] Arcidiacono A, Ronchi S, Salata S. Managing multiple ecosystem services for landscape conservation: a green infrastructure in Lombardy region[J]. *Procedia Engineering*, 2016, 161: 2297-2303.
- [38] Zhang S, Ramírez F M. Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain[J]. *Cities*, 2019, 92: 59-70.
- [39] Ramyar R, Saeedi S, Bryant M, et al. Ecosystem services mapping for green infrastructure planning - The case of Tehran[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 703: 135466.
- [40] Maebe L, Claessens H, Dufréne M. The critical role of abiotic factors and human activities in the supply of ecosystem services in the ES matrix[J]. *One Ecosystem*, 2019, 4: 34769.
- [41] Birch J C, Thapa I, Balmford A, et al. What benefits do community forests provide, and to whom? A rapid assessment of ecosystem services from a Himalayan forest, Nepal[J]. *Ecosystem Services*, 2014, 8: 118-127.
- [42] European Commission. Supporting the Implementation of Green Infrastructure[EB/OL]. (2016-05-31)[2021-02-26]. https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/GI%20Final%20Report.pdf.
- [43] 张善峰, 董丽, 黄初冬. 绿色基础设施经济收益评估的综合成本收益分析法研究: 以美国费城为例[J]. *中国园林*, 2016, 32(9): 116-121.

(编辑/刘欣雅)

作者简介:

刘颂
1968年生/女/山东曲阜人/博士/同济大学建筑与城市规划学院教授, 博士生导师/研究方向为城乡绿地系统规划、数字景观(上海 200092)

戴常文
1990年生/男/安徽合肥人/同济大学建筑与城市规划学院在读博士研究生/研究方向为生态系统服务(上海 200092)