



DOI: 10.5846/stxb202102070401

唐立娜, 欧阳静怡, 徐焯, 王豪伟, 王璐妍. 基于景感生态学对生态修复的再思考. 生态学报, 2022, 42(4): 1639-1644.

Tang L N, Ouyang J Y, Xu Y, Wang H W, Wang L Y. Rethinking ecological restoration based on landsenses ecology. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(4): 1639-1644.

基于景感生态学对生态修复的再思考

唐立娜^{1,*}, 欧阳静怡^{1,2}, 徐焯^{1,2}, 王豪伟¹, 王璐妍¹

1 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室 福建省流域生态重点实验室, 厦门 361021

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要:总结了生态修复工程的现状、我国在推进生态修复上的举措,指出未来生态修复的着重点是要找到更科学且高效的生态修复途径,以及将本地人福祉有机整合到生态修复当中以全面提高生态系统服务效果的方法。阐述了目前常见的生态修复方式,对其各自通常的适用情况及作用特征进行分析,并在此基础上得出一种生态修复的理想模式。阐述了景感生态学的定义,分析了景感生态学、景感营造以及其在稳定、提高生态系统服务及其价值方面的作用机制;讨论了如何基于景感生态学和景感营造分步实现生态修复的理想模式,其重点在于营造景感生态系统,使生态系统服务得到充分发挥,为本地谋取更大福祉。山水林田湖草生态修复工程的决策者、规划者和实施者要在观念、策略、方法以及评价四个方面做出转变。

关键词:景感生态;生态修复;景感营造;生态系统服务;山水林田湖草

Rethinking ecological restoration based on landsenses ecology

TANG Lina^{1,*}, OUYANG Jingyi^{1,2}, XU Ye^{1,2}, WANG Haowei¹, WANG Luyan¹

1 Fujian Key Laboratory of Watershed Ecology, Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: This paper briefly summarizes the present situation of ecological restoration project and the measures taken to promote ecological restoration in China. The key points of ecological restoration in the future are to find a more scientific and efficient way of restoring the ecosystems, as well as the method of organically integrating the welfare of local people into ecological restoration to comprehensively improve the effect of ecosystem services. It concludes the common methods used in ecological restoration, analyses respectively the usual situation the methods apply to as well as their characteristics of functioning, and then comes up with an ideal mode of ecological restoration on the basis of it. It elaborates on landsenses ecology, landsense creation and their way of functioning in stabilizing and improving services and values of ecosystems, and discusses how to realize the ideal mode of ecological restoration step by step by landsenses ecology and its landsense creation. The ideal model of ecological restoration focuses on creating a landsense ecosystem, which enables the full utilization of ecosystem services for greater local well-being. The decision-makers, planners and implementers of the ecological restoration project of the mountains-water-forest-field-lake-grass should change their ideas, strategies, methods, and evaluation.

Key Words: landsenses ecology; ecological restoration; landsense creation; ecosystem services; mountains-water-forest-field-lake-grass

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71533003)

收稿日期:2021-02-07; 网络出版日期:2021-11-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Intang@iue.ac.cn

随着城市化的发展,绝大多数生态系统受到人类的破坏,直接影响景观格局和生态过程,进而威胁生态系统服务以及人类社会的可持续发展。通过自然演替的生态保护来实现生态恢复速度缓慢,也难在短时间内得以实现应有效果。生态修复(或恢复)是人们对受损生态系统实施的必要恢复措施,也是当前人类不可推卸的责任。在我国当前城市化和生态文明建设快速发展时期,效率和效果至关重要。因生态破坏程度、生态系统类型、社会发展背景不同,生态修复的方法和目标也不同^[1]。生态修复从方法到效果都具有很大提升空间,如果在策略上加以改进,生态修复可以达到事半功倍的效果^[2]。

我国的生态保护和恢复工程在规模上是前所未有的,也是值得其他国家借鉴,但其效果差异较大^[3]。例如,在过去 40 年里,我国在黄土高原实施包括修建梯田和种植植被的许多水土保持措施,大大减少了黄土高原的地表径流和泥沙流失,但在整个区域内还有必要平衡不同尺度上的生态系统服务^[4]。根据陕西省经验,Wang 等^[5]建议在未来的区域生态系统管理决策中,应更加注意保持当地生态系统资源需求与生态系统恢复之间的平衡。根据 2000—2010 年的国家生态系统评估,我国在生态保护和恢复上的投资对大多数主要生态系统服务都起到了改进效果,但为生物多样性提供的栖息地逐渐减少,地区差异仍然存在^[6]。修复后生态系统服务的非平衡发展说明个别生态修复工程发展对本地生态系统服务价值考虑不够。

不同空间尺度的生态系统服务需要平衡,一个有效做法是将满足本地生态系统服务作为重要考虑,这样才能保证积极的社区参与,有效实现和维护生态系统修复的目标。生态系统服务价值往往不等同于本地人的自然经济福祉^[7],有必要将生态系统服务整合到景观规划、管理和设计中,为本地人谋取最大福祉。但目前尚缺乏有效的整合工具^[8],在实践中也存在很大困难^[9-10]。以生态系统文化服务为例,它是连接社会和生态要素通往可持续发展的桥梁^[11],但根据现有核算体系,其价值多单单考虑旅游服务或以旅游服务为主^[12],全球总量仅占有生态系统服务价值的 1%^[7],还具有极大的提升空间。如何将本地人福祉有机地整合到生态修复工程当中,是我国当前生态保护修复工作急需考虑的科学和实践问题。景感生态学可以为解决这一问题提供理论基础和技术方法^[13-14]。

1 当前我国生态修复举措

1.1 从单领域生态工程到生命共同体理念

我国生态修复工程规模在全世界有目共睹,但一直以单领域独立实施工程为主^[6]。2015 年国家提出了山水林田湖是一个生命共同体的理念。2016 年,财政部、国土资源部、环境保护部联合下发了《关于推进山水林田湖生态保护修复工作的通知》,提出以生命共同体的重要理念指导开展山水林田湖草生态保护修复工程。在国家层面上,我国新时代生态保护修复工作正在走向山水林田湖草整体保护、系统修复、综合治理。罗明^[15]等提出,未来应从完善国家宏观生态战略格局保障体系、加强区域生态系统状况和恢复力调查评价、优化工程项目实施规模和时序、研究和实践自然恢复标准与技术、开展长期跟踪监测与进行适应性管理等方面构建山水林田湖草生态保护修复工程技术和制度体系。李红举等提出建立统一的山水林田湖草生态保护修复标准体系^[16]。

1.2 逐步建立生态系统保护和修复规划、规程与导则

为更好实施生态修复,国家及各政府部门已制定未来 15 年的规划。《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》提出以坚持保护优先,自然恢复为主;坚持统筹兼顾,突出重点难点;坚持科学治理,推进综合施策;坚持改革创新,完善建管机制为基本原则。到 2035 年,人与自然和谐共生的美丽画卷将基本绘就。规划也指出,我国生态保护和修复工作的科技支撑能力不强,体现在理论研究与工程实践存在一定程度的脱节现象,关键技术和措施的系统性和长效性不足。

《关于开展省级国土空间生态修复规划编制工作的通知》要求遵循生态系统演替规律和内在机制,不但有总目标,还要有 2025 年、2030 年、2035 年分阶段目标。在修复方法上要求突出科学修复,即遵循生态系统演替规律,坚持自然恢复为主、避免过度人工干扰,实行基于自然的生态修复。要求规划工作要坚持实事求是

是、探索创新,把握生态现状的真实性、修复目标的科学性、技术路线的可行性、保障措施的可操作性,并做好与相关规划的衔接。

《河湖生态修复工程运行与维护技术导则》规定,开展河湖生态修复工程工作应通过资料收集、现场调查等方式分析工程建设区及周边影响区的基本情况,包括涉水历史文化、民俗民风、人文古迹、河湖水洗景观、水文化载体等。

这些针对生态修复的指导性文件既反映出我国全面深入开展生态修复工作的紧迫性和复杂性,也体现了我国越来越重视科学的生态修复途径以及全面的生态系统服务效果。这一发展方向与国际学术界的观点相吻合,将继续给全球各地生态修复提供更为创新的样板。尤其是将文化生态系统服务赋予“美丽中国”建设,有利于充分体现生态系统文化服务价值。中华民族有悠久、浓郁的文明传统,人民对文化服务有自然的认知和渴望,突出生态系统文化服务的生态修复具有极大的地方性,有利于为本地人谋取福祉,同时可以提升修复对象的总体生态系统服务价值。

2 应用景感生态学实现理想的生态修复

2.1 基于过往生态修复实践的一种理想修复模式

过往实践中,生态修复工程的常见形式主要有自然修复、人工修复两种。

对于轻度受损的生态系统,往往采用自然修复的方式,将其做保育处理,让其自然恢复。自然修复的特点在于成本低,需要对生态系统本身复原能力的正确预估,以及充足的时间、无干扰的环境作为支撑,因此,虽是避免人为直接干预,其成功仍然需要规划设计以及政策层面为其创造适合的条件和环境。就其修复过程和结果来说,因主要依靠生态系统自身复原能力,见效是一个缓速渐进的过程,前期生态系统仍然脆弱,生态系统服务的提供和提高受到制约,但整体修复过程符合自然演替规律,成功后,系统稳定性强,能为生态系统服务的提供与提高打下稳固的自然基础。

对于受损程度较为严重的生态系统,一般采取人工投入进行修复,使其在人工搭建条件下完成修复。客观来看,人工修复见效速度是要快于自然修复的,但也存在消耗大的问题,且为符合可持续理念下近自然生态系统的目标,其关键一步还在于找到由人工修复向自然修复过渡的合理路径,设计上需要同时把控成本投入和干预策略,以避免经济上的过度支出以及修复结果背离初始目标等情况。

因此,综合考量两种修复方法的应用场景与特征,为提高生态修复效率,保证生态系统服务的稳定与提高,尤其对于受损情况复杂、受损程度较重的生态系统,一种理想的修复模式是打好自然修复与人工修复的“组合拳”,即将人工修复用于受损生态系统恢复的初期阶段,帮助其与环境相适应,并做到在初期精准投入,提高生态系统服务,在中后期用生态系统服务养育生态系统功能,逐渐实现自我维持,转为带有附加值的、健康的自然修复,最终形成的生态系统能为人类提供更高的服务。此模式的成功关键在于一是要解决精准投入的问题,二则是要找到生态系统服务与人类福祉之间更为紧密关联的途径,换言之,就是要将人类福祉有机整合到生态修复中,同时促进公众积极参与,以支撑模式运行中人工修复向自然修复过渡,而景感生态学理论则正好适应了这样的要求。

2.2 基于景感营造优化生态修复

新时代背景下,社会、经济高速发展,人类的认知和需求也发生了很大的变化,对可持续发展、人类福祉的呼声更是越发强烈,为与可持续性科学、人类福祉研究更好地结合,作为对景观生态学视野、理论、方法的扩展,或者说另一种发展景观生态学的思路^[13],景感生态学应运而生,逐渐发展成为一种研究生态系统服务与可持续发展的有效途径。它是一门以可持续发展为目标,基于生态学的基本原理,从自然要素、物理感知、心理认知、社会经济、过程与风险等方面,研究土地利用规划、建设与管理的科学^[14]。它是生态学与规划学的交叉学科,且深度借鉴和融合中国传统文化,以及心理学、美学和社会经济学等人文科学^[17]。从其定义可以看出,它的应用将会直接或间接涉及表征自然、经济、社会、心理、预期、过程、风险等方面的数据^[13],这使得它能

获取到更全面的例如决策制定者、土地所有者、居民等利益相关者的需求信息,并根据具体情况将之合理取用或整合、融入到空间格局描述中,增强空间构建成果对利益相关者的意义和价值。景感生态学下,这便是一个景感营造的前期过程,即将人们的愿景通过某种形式融入到某一载体中,这样便建立起了人们与载体间的强关联性。这也是其将生态系统服务与人类更为直接紧密地关联起来、调节生态系统服务供需关系的途径。

景感生态学认为,融入愿景的载体,是一个景感,让人们通过它感悟到相应愿景,并由此引发出人们对相应愿景的共鸣,进而让人们产生维护这样的愿景及其载体的主动性,便形成了一种可持续的发展趋势,这也是景感营造后期追求达到的效果。“景感营造及景感生态学研究目的是在保持、改善和增加‘通常意义’的生态系统服务的同时,更加注重增加有关‘可持续发展意识及相关理念’的生态系统服务。可持续发展的实现不仅需要科学技术的‘硬’支撑,更需要相应的文化和伦理道德等方面的‘软支撑’^[17]。”景感生态学对人的心理认知、物理感知数据的重视以及对传统文化的融入便是其软支撑环节构建的体现,这也成为其维护生态系统及其服务健康稳定性,拓展提高生态系统服务价值的重要手段。

现有生态系统服务是自然资产对人类福祉的相对贡献,而不是直接流转,必须采取跨学科手段使生态系统服务与人类福祉直接挂钩^[7]。景感生态学把人类最直接受益的生态系统服务作为生态建设的首要任务,在理论上给生态修复开辟了新思路^[13-14]。通过景感营造强化生态系统服务,在实践上为山水林田湖草生态修复展示了新途径。

作为一门新兴科学,景感生态学的理论、技术体系也在逐渐完善。针对生态修复的应用,其采用近自然的方法,从生态系统整体的角度开展修复。例如,中国大运河香河段的生态修复规划是较早借鉴景感生态学内涵的案例^[18]。在粤港澳大湾区海岸带生态修复工程中,针对 18 个生态受损地域将景感生态学理论与方法应用于海岸带生态修复工程规划、设计和建设全过程^[19]。根据景感生态学原理,要实现生态修复的理想模式应该服从 3 个原则:(1)修复设计是以愿景建设为核心,(2)修复过程是为自然修复创造本底条件,(3)修复目标是实现以自然生态系统与人文关怀合为一体的景感生态系统(图 1)。

2.3 景感生态修复的 3 个阶段

依据景感生态学实施山水林田湖草生态修复,整个修复过程包括 3 个阶段:投入阶段、自养阶段和收益阶段。

投入阶段:任务是进行人工生态修复,所以需要投入,投入的内容和效果是最重要的考虑。投入阶段也是依托景感学进行生态修复最为重要的一个环节,其景感生态修复方案的设计直接影响到修复投入的方向以及后面阶段修复的成功开展。在投入阶段,根据现场调查数据和资料进行景感生态修复设计,确定景感营造的具体实施方案。调查过程除了涵盖与修复相关的传统项,物理感知、心理认知、文化多样性等也在重点考察分析范畴内。通过地毯式的数据资料收集分析,确保前期投入的科学性与精准度,同时完成待修复区域居民福祉和生态修复之间的搭桥工作,强化生态系统服务与当地居民福祉的关联性,为后面的修复顺利开展做好准备。景感营造注重人与环境之间相互关系的建立,主要有如下 3 种实施途径。一是借助已有载体,把愿景融入已有载体使其成为景感。二是根据呈现愿景的需要,对已有载体进行不同程度的改造形成新的载体,并把愿景融入这一新的载体使其成为景感。三是新构建载体并将愿景融入其中,使其成为景感^[14]。景感营造要尊重本地生态本底、符合实际,为生态系统的自然修复打好基础。景感营造一旦成型,可以弥补原有生态系统服务的空缺,提升总体生态系统服务,直接提高本地福祉(图 2)。以前文中提到的粤港澳大湾区海岸带生态修复

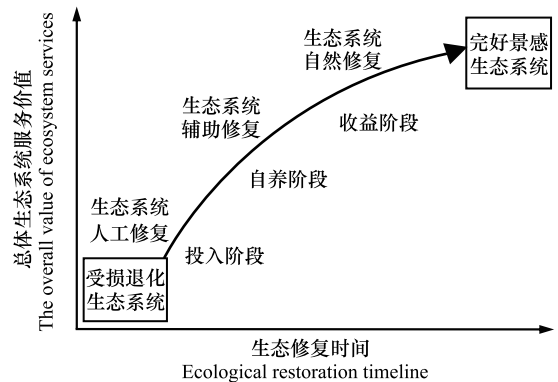


图 1 依据景感生态学实现生态修复的优化过程
Fig.1 The optimization process of realizing ecological restoration on the basis of landsenses ecology

工程中的景感生态学应用为例,为改善香炉湾沙滩及其附近滨海空间生态环境,满足居民休闲需求,香炉湾修复项目调查掌握湾区的自然要素现状、周边景观要素等信息,并将城市的人文、历史、风土文化作为景感载体取材的主要参照,充分考量居民的物理感知、心理认知,形成了科学的修复方案,改造景观功能,规划了植物景观、沙滩绿地、凉棚等配套公共设施的建设,在保护原有山水格局和自然生态系统基础上,将规划设计与自然融合,不仅符合了修复原始需求,维护提高该区域的休闲服务性能,也从美学与心理感受提升、地区文化延续性的角度为该区域增色,实现具有附加值的生态修复。^[19]

自养阶段:景感营造的任务基本完成,生态系统服务继续增加,所产生的经济效益将用于生态系统的人工辅助修复。在这个阶段需要把所有外来物种用本地物种来取代,如有必要可以采用再野化生态修复方式^[20]。

收益阶段:实现生态系统的自然修复状态,不再需要大量人工投入做修复工作,甚至脱离人工养护,逐渐展现出“人与自然和谐共生的美丽画卷”。这个阶段的最终结果是形成完整景感生态系统,并实现软硬兼顾,即可可持续发展的实现不仅需要科学技术的硬支撑,更需要与之相应的文化和伦理道德等方面的软支撑^[14]。

通过景感营造修复生态系统是比较理想的修复模式,但不是最简单的途径。例如,厦门市集美后溪下游至杏林湾河道在 2010 年治理过程需要清除大量淤泥,当时有意识用淤泥堆积成的几个小岛早已被植被覆盖,成为重要鸟类栖息地,增加了生物多样性,也为河岸景观增加了生机(图 3)。景感营造的各个方面都涉及既独立又关联的多维变量,说明景感营造具有高度复杂性,景感营造要符合一些重要原则^[20],避免发展为失败的生态修复模式。

3 结论

正如 Breslow^[10]等建议,生态系统服务现有的指标和数据不能反映环境变化和人类福祉之间的关联,需要进一步发展认知、文化、社会、自由、知识、稳定性等方面指标的可获取性,面向生态系统管理的新的社会指标仍然需要一系列原创研究进行探索。应用景感生态学可以强化生态系统服务与本地福祉的关联性。景感营造为山水林田湖草生态修复工程提供了开拓性的理论基础和实践方法,为使生态修复工程实现事半功倍的理想模式,决策者、规划者和实施者要在如下四个方面作出转变。

生态修复观念的转变:要有超出现有自然生态系统的更高境界。如同艺术的启发来自于自然,但超出自然,可以把景感营造视为艺术创造^[21]。景感营造也是一样,要尊重自然、模仿自然,但要突出自然,并产出超越原有的完整景感生态系统。

生态修复策略的转变:投资要以景感营造为主,以先期生态修复为主。这是分阶段生态修复的关键。要按经济规律完善生态系统服务并提高其价值,本地福祉优先,鼓励本地的积极支撑,逐渐从有组织的物质支撑转变为自发的可持续支撑。

生态修复方法的转变:要以生态系统自然演替规律确定生态修复方法。这是保证高效、精准实施生态修

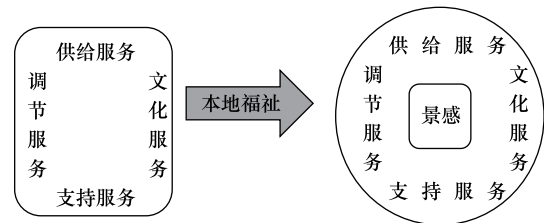


图 2 应用景感生态学增强生态系统服务并强化生态系统服务与本地福祉的关联性

Fig.2 Use of landsenses ecology to enhance ecosystem services and strengthen its relevance to local well-being



图 3 厦门市集美后溪下游至杏林湾河道的景感生态修复(注:摄影 申雪峰)

Fig.3 Ecological restoration based on landsenses ecology at Houxi river's lower reaches to Xinglinwan reservoir in Jimei District, Xiamen City (Photographer: Shen Xuefeng)

复工程的基本要求。景感营造要起到以点带面、加快生态系统正向演替的作用,欲达到的生态顶级就是景感生态系统。

生态修复评价的转变:要包含从景感衍生出来的生态系统服务并量化其价值。例如景感生态学涉及五个物理感知,这是对现有生态系统服务的丰富,需要对这些新的生态系统服务价值进行量化^[22]。结合自然要素,与心理认知、社会经济、过程与风险等相关的生态系统服务都需要量化。

参考文献 (References):

- [1] Jones H P, Jones P C, Barbier E B, Blackburn R C, Benayas J M R, Holl K D, McCrackin M, Meli P, Montoya D, Mateos D M. Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2018, 285(1873): 20172577.
- [2] Strassburg B B N, Beyer H L, Crouzeilles R, Iribarrem A, Barros F, de Siqueira M F, Súnchez-Tapia A, Balmford A, Sansevero J B B, Brancalion P H S, Broadbent E N, Chazdon R L, Filho A O, Gardner T A, Gordon A, Latawiec A, Loyola R, Metzger J P, Mills M, Possingham H P, Rodrigues R R, Scaramuzza C A D, Scarano F R, Tambosi L, Uriarte M. Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. *Nature Ecology & Evolution*, 2019, 3(1): 62-70.
- [3] Bryan B A, Gao L, Ye Y Q, Sun X F, Connor J D, Crossman N D, Stafford-Smith M, Wu J G, He C Y, Yu D Y, Liu Z F, Li A, Huang Q X, Ren H, Deng X Z, Zheng H, Niu J M, Han G D, Hou X Y. China's response to a national land-system sustainability emergency. *Nature*, 2018, 559(7713): 193-204.
- [4] Fu B J, Wang S, Liu Y, Liu J B, Liang W, Miao C Y. Hydrogeomorphic ecosystem responses to natural and anthropogenic changes in the Loess Plateau of China. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2017, 45: 223-243.
- [5] Wang H, Liu G H, Li Z S, Zhang L W, Wang Z Z. Processes and driving forces for changing vegetation ecosystem services: insights from the Shaanxi Province of China. *Ecological Indicators*, 2020, 112: 106105.
- [6] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Fei L, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [7] Costanza R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson S J, Kubiszewski I, Farber S, Turner R K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 152-158.
- [8] Perring M P, Standish R J, Price J N, Craig M D, Erickson T E, Ruthrof K X, Whiteley A S, Valentine L E, Hobbs R J. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. *Ecosphere*, 2015, 6(8): 1-25.
- [9] de Groot R S, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 260-272.
- [10] Breslow S J, Allen M, Holstein D, Sojka B, Barnea R, Basurto X, Carothers C, Charnley S, Coulthard S, Dolšak N, Donatuto J, García-Quijano C, Hicks C C, Levine A, Mascia M B, Norman K, Poe M, Satterfield T, Martin K S, Levin P S. Evaluating indicators of human well-being for ecosystem-based management. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2017, 3(12): 1-18.
- [11] Milcu A I, Hanspach J, Abson D, Fischer J. Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, 2013, 18(3): 44.
- [12] de Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, Christie M, Crossman N, Ghermandi A, Hein L, Hussain S, Kumar P, McVittie A, Portela R, Rodriguez L C, ten Brink P, van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [13] Zhao J Z, Liu X, Dong R C, Shao G F. Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 293-297.
- [14] Zhao J Z, Yan Y, Deng H B, Liu G H, Dai L M, Tang L N, Shi L Y, Shao G F. Remarks about landsenses ecology and ecosystem services. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 196-201.
- [15] 罗明, 于恩逸, 周妍, 应凌霄, 王军, 吴钢. 山水林田湖草生态保护修复试点工程布局及技术策略. *生态学报*, 2019, 39(23): 8692-8701.
- [16] 李红举, 宇振荣, 梁军, 杜亚敏. 统一山水林田湖草生态保护修复标准体系研究. *生态学报*, 2019, 39(23): 8771-8779.
- [17] 唐立娜, 李竞, 邱全毅, 石龙宇, 王宏伟, 郑拴宁. 景感生态学方法与实践综述. *生态学报*, 2020, 40(22): 8015-8021.
- [18] Wu G, Tan L N, Yan Y, Tian Y, Shen Y, Cao H M, Dong M T. Measures and planning for wetland restoration of Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 326-332.
- [19] 孙晓萌, 吕晨璨, 张雪琦, 董仁才. 粤港澳大湾区海岸带生态修复工程中的景感生态学应用分析. *生态学报*, 2020, 40(22): 8044-8052.
- [20] 杨锐, 曹越. “再野化”: 山水林田湖草生态保护修复的新思路. *生态学报*, 2019, 39(23): 8763-8770.
- [21] Zhao Y, Xiao L. Analysis on the landsense creation of Chinese classical poetry and mountains-and-waters painting based on landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 292-296.
- [22] Zheng T, Yan Y, Lu H, Pan Q, Zhu J, Wang C, Zhang W, Rong Y, Zhan Y. Visitors' perception based on five physical senses on ecosystem services of urban parks from the perspective of landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 214-223.