

中图分类号: TU 986
文献标识码: A
文章编号: 1673-1530(2017)08-0112-06
DOI: 10.14085/j.fjyl.2017.08.0112.06
收稿日期: 2017-04-24
修回日期: 2017-07-17

新型生态系统理论、发展及对风景园林学的启示

Theories, Development of Novel Ecosystems: Implications for Landscape Architecture

李雪丹 林广思 *

LI Xue-dan, LIN Guang-si*

摘要: 进入人类世之后, 人类作用力被认定为一种地质力, 人类直接或间接活动所导致的环境变化、物种引入和土地废弃等结果, 使生态系统的生物和非生物要素都发生了不可逆转的改变, 由此产生了新型生态系统 (Novel Ecosystems)。该概念一经提出, 在生态保护和生态修复领域引起了广泛关注。本文梳理了 Richard Hobbs 新型生态系统理论的来龙去脉, 包括概念的起源、产生机制及其相关认识等内容。然后介绍了 Jack Ahren 的新型城市生态系统的理念, 即将生态系统服务和危害作为评价工程项目对可持续发展贡献的指标, 并引导适应性设计。本研究为风景园林学科在生态修复领域的发展提供指导: 1) 以恢复到历史状态为目标的传统生态修复方法值得反思; 2) 我们应承认新型生态系统的存在并调整生态修复的管理方向, 将生态系统服务和危害作为生态系统的评价指标, 促进跨学科合作, 实现可持续发展的共同目标。

关键词: 新型生态系统; 生态修复; 城市生态; 新型城市生态系统; 生态系统服务; 适应性设计

基金项目: 国家自然科学基金项目“珠三角城市综合公园社会效益测量指标和方法研究”(项目批准号 51678242)

Abstract: After entering the anthropocene, the human agency has been recognized as a kind of geological force. The abiotic and biotic factors of ecosystem have been changed irreversibly because of environmental changes, introduction of invasive species and land abandonment, caused by deliberate or inadvertent human activities. These changes have generated novel ecosystems. The concept of novel ecosystems has been followed with great interest by experts in the field of ecological conservation and ecosystem restoration. This paper introduced the background of novel ecosystems, which includes the concept, formation mechanism, and other related knowledge. Then we introduced the concept of novel urban ecosystems proposed by Jack Ahren, that is recognizing ecosystem services/disservices as metrics to evaluate the contributions of projects to sustainable development and leading to adaptive design. This can provide guidance for the development of landscape architecture in the field of ecosystem restoration. Here are the two main guidance: 1) We need to rethink the traditional methods of ecosystem restoration aiming at restoring to the state in the history. 2) We can achieve the common goal of sustainable development by taking ecosystem services/disservices as metrics to evaluate ecosystem and promoting interdisciplinary collaboration. Absolutely the premise is to recognize the existence of novel ecosystems and promise to adjust the direction of management to ecosystem restoration.

Keywords: novel ecosystems; ecosystem restoration; urban ecosystem; novel urban ecosystems; ecosystem services; adaptive design

Fund Item: National Natural Science Foundation of China (NSFC)“A study on metrics and methods of social benefits assessment of urban comprehensive parks in Pearl River Delta”(No. 51678242)

李雪丹/1992年生/女/河北人/华南理工大学建筑学院风景园林系风景园林学在读硕士研究生(广州510641)

LI Xue-dan, who was born in 1992 in Hebei province, is a master student in Department of Landscape Studies, College of Architecture, South China University of Technology (Guangzhou 510641).

林广思/1977年生/男/博士/广东人/华南理工大学建筑学院风景园林系教授/亚热带建筑科学国家重点实验室/广州市景观建筑重点实验室/研究方向为风景园林规划设计及其理论/本刊副主编(广州510641)

通信作者邮箱 (Corresponding author Email): asilin@126.com

LIN Guang-si, who was born in 1977 in Guangdong province, Ph.D., is a professor of Landscape Architecture in the Department of Landscape Architecture, School of Architecture, South China University of Technology. And he is also a fellow of State Key Lab of Subtropical Building Science (SKLSBS) and Guangzhou Municipal

在人类出现以前,生态系统的主要驱动力来自于大自然。然而,随着人类活动强度和活动面积的增加,生态系统的演替过程越来越多地受到人类作用力的影响,生态系统的功能、结构和特征都发生了巨大的变化。在生态恢复学领域,人类作用力(human agency)作为相关学者的关注点,影响着生态保护和生态恢复的管理目标和方向。过去,对于受人类干扰的生态系统的管理措施是将其恢复到原来的模样,即历史上存在过的生态系统。这种管理模式,本质上是受到人们对生态系统完整性的认知程度和文化价值判断的影响^[1]。然而历史上存在过的生态系统,或称历史生态系统,其时间界定和功能特征都是比较模糊的。因此,传统的生态修复的目标及管理手段应当引起人们的反思。

1 新型生态系统的概念和产生机制

1.1 新型生态系统的概念

面对人类对生态系统空前的影响力,Andrew和Clements尝试用“退化生态系统”(Degraded ecosystem)^[2]和“偏途顶极群落”(Disclimax)^[3]来界定生态系统的变化,但這些术语都过于强调人类活动的负面影响,忽视了其积极作用,因此难以被广泛接受^[4]。直到1997年,Chapin和Starfield首次提出了“新型生态系统”(Novel Ecosystems)^[5],该术语立刻受到大家的关注。后来,有很多研究都证实了新型生态系统的存在^[6-8]。

2006年Richard Hobbs反思传统生态保护和修复模式,正式提出了新型生态系统的定义:当一种生态系统出现全新的物种组成和相对丰富度时,即产生新型生态系统。它的主要特点是新型和受人类作用力的影响,是人类直接或间接活动的结果,这种生态系统一旦形成后具有自我修复和调整的能力^[1,9]。然而,

该概念一经提出,便受到了褒贬不一的评价。Richard Hobbs吸收不同的观点,于2013年又提出了新定义:由非生物要素、生物要素和社会要素(以及它们间相互作用)构成;由于人类的影响,不同于那些在历史上占主导地位生态系统,它无需人类集约经营管理,具有自我组织和显现新特征的趋势^[10]。

尽管新型生态系统的概念得到了完善,但仍备受相关学者的质疑。一些看法认为没有明确的不可逆转的阈值来区分新型生态系统、混合生态系统和历史生态系统^[11];一些看法承认新型生态系统的存在这一事实,但放弃对被破坏的生态系统的修复存在很大风险^[12];而另一些看法则认为没必要为转型的生态系统(transformed ecosystems)贴上新的标签(new label)^[13]。可见,新型生态系统的概念确定,还需通过进一步讨论,才能成为具有指导意义的概念。

1.2 新型生态系统的形成机制

由于人类直接或间接活动引起的非生物或生物要素的变化,使生态系统的物种组成和生态系统功能有别于现存的或历史上出现过的生态系统,由此产生了新型生态系统。这其中包括人类管理或创造的生态系统在失去管理后,形成的生态系统,如农田、林地和牧区等荒废后演变成的全新的生态系统等。

可见,新型生态系统的产生,主要受人类活动的影响。只有当人类活动影响达到一定程度时,才会导致新型生态系统的产生。Richard Hobbs认为新型生态系统的发生范围受到生物和非生物因素的影响,而这个范围的边界,就是生物和非生物阈值^[1]。

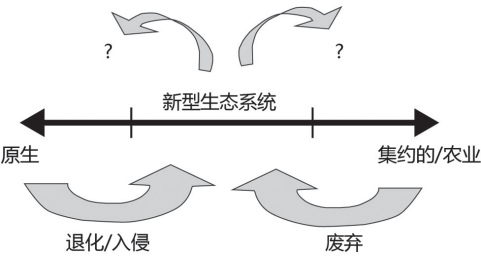
新型生态系统是自然生态系统在人力作用下或人类集约管理的生态系统停止管理后形成的,它是介于完全自然的生态系统(Wild Ecosystem)和人类管理的生态系统(Managed

Ecosystem)之间的一种类型,它的2个来源是:1)原生——自然(或半自然)生态系统的退化或入侵;2)集约型管理生态系统的废弃。即新型生态系统介于“原生”或“野生”生态系统(“natural” or “wild” ecosystems)和“集约型管理”的生态系统(intensively managed systems)之间^[9](图1)。

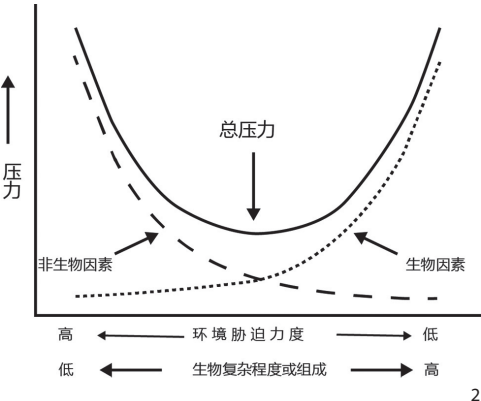
那在什么范围内会产生新型生态系统呢?我们知道,生态系统的生物和非生物要素之间存在着密切的相互作用关系,影响着生态系统的功能和结构。John Ewel于1999年在利用自然系统作为可持续发展模型的基础上提出,环境胁迫力和生物胁迫力呈现非线性关系,如当环境胁迫力度降低时,物种生长、繁殖或特定种成为优势种的机会增加,这会导致物种竞争和捕食竞争增加,John Ewel称之为“生物胁迫”(biotic stress)^[14]。Richard Hobbs于2006年将该模型应用到新型生态系统的产生机制中,总结出生态系统所受的压力来自于环境胁迫(非生物条件)、生物复杂程度及竞争力(生物条件),且生物和非生物胁迫的总压力在曲线的两极最大^[9]。即在恶劣的环境中,生态系统的主要约束力是受非生物因素影响的,而在更良性的环境中,主要约束力是受生物因素影响的。生态新系统所受的总压力在曲线的任一尽端都是最大的(图2)。

在图2的基础上,Richard Hobbs将该图旋转180°,呈现出生态系统重建的可能性大小与生物条件和非生物条件之间的关系:生态系统的重建,一端受生物条件的影响,一端受非生物条件的影响;人类干扰后生态系统的重建,在模型的中间区域比较容易实现^[9]。即生态系统退化导致更多的非生物胁迫,而新物种的引入导致更多的生物胁迫,当两端的变化超过可接受范围——生物阈值或非生物阈值时,

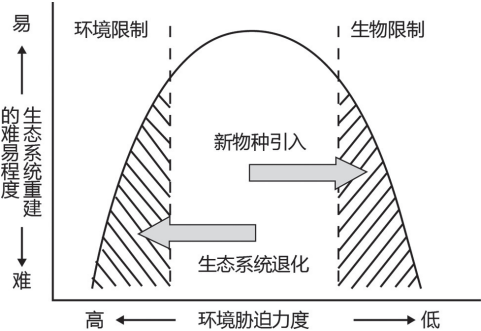
新型生态系统便产生且生态系统重建在这 2 种情况下都不大可能实现（图 3）。



1



2



3

1 新型生态系统的产生

The generation of novel ecosystems

2 生态系统所受压力与环境胁迫和生物复杂程度或组成的关系

The relationship among stress on an ecosystem, environmental harshness, and biotic complexity/competition

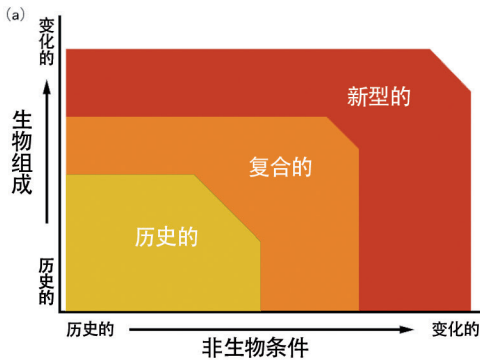
2 新型生态系统的相关认识

2.1 新型生态系统的特性

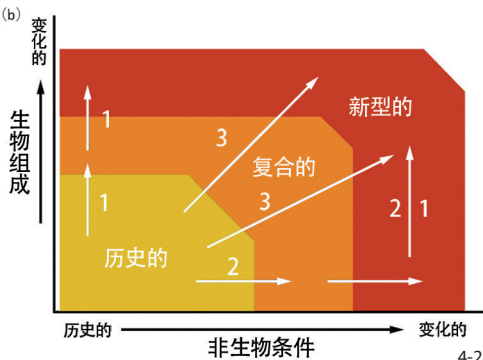
生物和非生物条件不同的变化水平，会发展成不同类型的生态系统,Richard Hobbs将其分为 3 类 历史型生态系统(Historical Ecosystems)、复合型生态系统(Hybrid Ecosystems)和新型生态系统 (Novel Ecosystems)。其中，历史型生态系统是指生态系统没有超过历史阈值；复合型生态系统是指由生物或非生物要素发生变化而形成的生态系统，经恢复能够回到历史状态；新型生态系统是指生物或非生物要素发生了不可逆转的变化，很难恢复到历史状态^[1]（图 4-1）。

生态系统变化的可能性，取决于生物和非生物条件单独发生还是同时发生。如图 4-2 中，路径 1 表示生物条件的变化：现有物种消

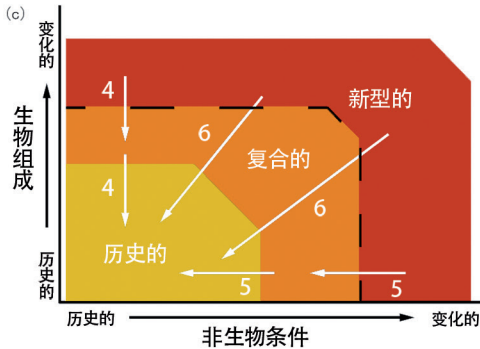
失或入侵物种的增加；路径 2 表示非生物条件的变化：环境条件导致生态系统退化；路径 3 表示生物和非生物条件同时变化。而图 4-3 中，路径 4 表示改变生物条件使新型生态系统恢复到历史状态：移除入侵物种；路径 5、6 表示改变非生物条件将新型生态系统恢复到历史状态：改善生态系统的环境条件。其中，黑色虚线表示在没有高强度管理措施介入的前提下，生态系统恢复的阈值。因此，干预生物和非生物因素后的生态系统变化有 3 种类型：1）大部分复合型生态系统都能恢复到历史状态；2）一部分新型生态系统能够恢复到结构和功能正常运转的状态，但无法恢复到历史状态的生态系统特征；3）另一部分新型生态系统，即使耗费巨额成本也无法恢复到历史状态（图 4-4）。



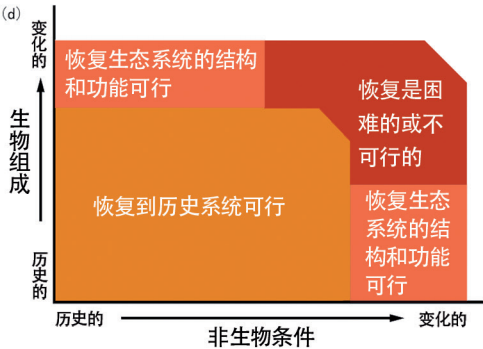
4-1



4-2



4-3



4-4

3 人类干扰后生态系统重建的难易程度

The level of difficulty with redevelopment after human disturbance

4 不同水平的生物和非生物变化下的生态系统类型

Types of ecosystem that developed under various levels of biotic and abiotic alteration

然而,同样是受到人类活动的影响,新型生态系统与复合型生态系统是有区别的,表现为以下2个方面:1)复合型生态系统仍具有历史型生态系统的特征,其物种组成和生态系统功能却位于历史变化范围之外;新型生态系统已不具备历史型生态系统的特征,拥有全新的物种组成和生态系统功能。2)复合型生态系统大多数可测量的特征,如养分负荷、水文条件、物种多样性等,都与历史型生态系统相似,且能够恢复到历史状态;新型生态系统可测量的特征都超过了历史变化范围,且无法恢复到历史状态。

2.2 新型生态系统的阈值

当生物要素和非生物要素变化到何种程度时才会出现新型生态系统? Richard Hobbs认为存在一个阈值,当生物和非生物要素超过这个阈值时,生态系统会发生不可逆转的变化,其物种组成和生态系统功能完全不同于历史生态系统,而且只有在投入大量的管理资源和成本之后才有可能恢复到历史状态^[1]。同时,阈值受生物、非生物条件、经济、文化和应用条件影响,如成本和技术可行性等,可见阈值相关问题的复杂程度^[1]。

目前,关于阈值是否存在、如何检测和测量,以及生态系统超过阈值后形成的新型生态系统是短暂稳定还是长期稳定,都是新型生态系统相关理论研究的重点和难点^[1,9,15]。

2.3 新型生态系统管理方法

由于世界上大多数的生态系统都或多或少受到了人类活动的影响^[16],可以说历史生态系统几乎是不存在的。尽管如此,许多生态修复项目仍以恢复到历史某一状态并重建历史真实性(historical fidelity)为目标^[17]。随着环境变化的加速,传统的生态修复观念“把生态系统恢复到历史状态的观念”,越来越受到该领域专家的质疑^[18-20]。比如,历史上的

生态系统哪个状态比较重要?我们如何知道过去的生态系统是什么样的?现在的生态系统的结构要与历史生态系统的结构有多相似才能满足生态恢复的定义^[1]?

我们必须认识到,新型生态系统形成后,其自身能够维持稳定运转并且具有高度的文化价值,这对建立生态保护和修复的目标很重要。制定适合新型生态系统特征、功能的适应性管理手段也至关重要。Richard Hobbs根据生态系统的3种状态提出了3种管理方法:1)历史型生态系统:对历史生态系统的保存和修复仍然是可行的;2)复合型生态系统:完全恢复到第一类生态系统已经不再切实可行,但能够恢复到历史生态系统的结构和功能;3)新型生态系统:已经超过生物或非生物阈值,不可能恢复到历史型生态系统,需要制定适应新型生态系统的管理方法^[1]。

对生态系统的保护和修复投入多少才算合适?这取决于对历史真实性和生态系统完整性不断变化的价值认同。我们应明确:生态系统管理的根本动机,不是为了恢复历史真实性,而是为了人类的持续生存^[1]。新型生态系统恢复的手段,作为对人类主导的前所未有的生态系统的管理方式,需要更切合实际的管理目标和方法^[1],如可以作为替代管理目标的有:1)利用生态系统服务作为管理目标;2)使用新的组分或创建新的生态系统作为管理目标,保护所需物种^[21]。探索新型生态系统的管理方法,可能是一个漫长且无效的工作。一种合理的管理方法是:尽可能地保证遗传、物种和功能的多样性,确保在环境变幻多样的前提下,维持生态系统的可持续性。该管理方法的关键是对操作方法进行监测,而不是去除或抑制人类认为无用的物种^[19]。

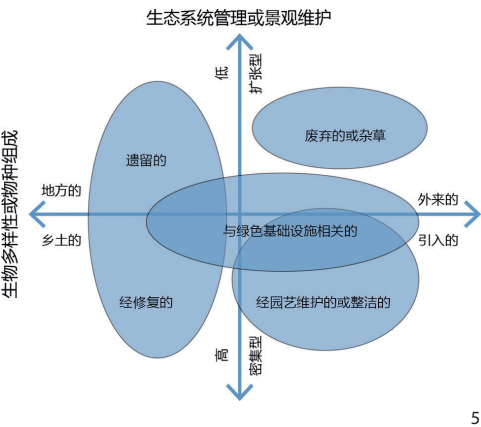
然而,关于新型生态系统的管理目标和

方法,尽管有以上方法作为参考,却并未在生态修复领域达成共识。而且,仅仅在生态学领域讨论生态修复问题是狭隘的。未来关于生态修复的研究方向,尤其是新型生态系统概念提出后,应集中在制订适应新型生态系统的新管理目标和方法、阈值研究和跨学科合作等方面。

3 新型生态系统在风景园林学科中的意义及发展方向

综上,由于新型生态系统的提出,生态修复和生态保护理念正在被反思和重新定义,其目标和管理方式都亟待调整。尤其是进入21世纪以来,已有50%的世界人口居住在城市,到2050年这个比例将增长到70%^[22]。可见,人类作用力呈增长趋势,而城市作为当今及以后世界的主导和人类主要集中的区域,新型生态系统更容易在城市区域产生和形成。因此,城市区域的生态修复成为全球生态修复的关键,生态修复领域的专家将面临巨大的机遇和挑战。

受到新型生态系统理念的启发,Jack Ahern提出:任何类型的生态系统都具有一定的生态系统服务或危害,我们不能以主观审美标准来单纯地决定生态系统的价值,而应以生态系统服务和危害(ecosystem services/disservices)作为衡量指标来判断生态系统的价值。为此,他提出了新型城市生态系统(Novel Urban Ecosystems)的定义,即:城市中存在或出现的、由于刻意或间接的人类管理行为(包括无作为或废弃)导致及形成的生态系统;具有在生物物种引入及入侵影响下形成的独特的物种组成和结构;经由生物间的相互作用以及所处的非生物城市环境的变化,其能够产生一系列生态系统服务或危害。然后,他依据城市生物多样性、物种组成、人类干



预和管理的程度及类型等，将城市的生态系统分为4类：1）遗留的或经恢复的生态系统；2）废弃的或杂草生态系统；3）经园艺维护的或整洁的生态系统；4）与绿色基础设施相关的生态系统^[23]（图5）。

应该注意的是，Jack Ahern提出的新型城市生态系统并不完全是Richard Hobbs定义的新型生态系统。实际上，所谓的“新型城市生态系统”是引入“新型生态系统”的理念之后，对传统的“城市生态系统”进行的重新分类和描述，称之为“新型”。也就是说，新型城市生态系统包括了前文所说的完全自然的生态系统、新型生态系统和人类管理的生态系统。比如说，城市中遗留的生态系统可以是完全自然的生态系统或称为历史型生态系统，经恢复的生态系统是复合型生态系统，废弃的或杂草生态系统是新型生态系统，经园艺维护的或整洁的生态系统属于人类管理的生态系统。

新的分类方法明确了每种类型的城市生态系统所能提供的生态系统服务和危害，为管理方法提供了参考依据。Jack Ahern用生态系统服务和危害决定生态修复的管理目标，衡量生态系统价值并对城市生态系统进行分类，纠正了人们对城市绿地的传统认知，即认为具

有传统美学特征的自然园林是城市地区风景园林营造的主要目标。这解决了“什么样的生态系统有价值”的疑虑，为新型生态系统概念产生后生态修复的可操作性方法指明了方向。

而且，Jack Ahern在利用生态系统服务和危害作为指标衡量生态系统价值的同时，提出对那些人类干扰后的城市生态系统实行适应性设计（也被称为边干边学、设计实验和设计型研究等手段，呼吁景观生态学家和城市规划师、风景园林师进行跨学科的合作。在特定的城市背景下，专家通过跨学科合作推出并选定创新性计划和方案，他们可以将该城市作为实验场地进行设计实验，监测并评估创新性计划和项目所提供的生态系统服务和危害，利用“可接受性失败”的理念结合用“边做边学”或“从实践中学习”的方法分析监测和测量的结果，经过反复实验调整设计方案，直至最合理化为止，最终指导城市可持续性和弹性发展的管理目标与方法^[22, 24-27]。值得注意的是，不同的城市背景得出的适应性设计方案有所不同，但实验过程的经验和教训会指导在我们面对不同的生态系统时找到合理的生态修复管理方法。

显然，未来生态修复问题一定是在承认新型生态系统存在的前提下通过跨学科合作实现的。在生态修复领域，我们知道生态学家自始至终发挥着重要的作用，但是风景园林师因其知识领域固有的跨学科性以及他们将科学知识应用于景观规划与管理的政策与行动，在城市可持续性和弹性发展的实践领域具有独特的优势。因此，风景园林学科在生态修复领域是一个不容忽视的学科。

4 结语

21 世纪，全球政治、经济、文化都在人类主导作用下发展，过去以经济利益为发

展目标的价值观对生态系统造成了严重的破坏，以至于在人口持续增长的今天，人类开始担忧未来能否持续长远地走下去。在生态修复领域，生态学家、风景园林师和城市规划师站在不同的学科背景下，利用所学知识为实现生态系统弹性和可持续性发展进行着探讨。

新型生态系统概念的提出，提醒我们应当认识到，确实存在一些生态系统，超过了生物和非生物阈值，发生了不可逆转的变化，其物种组成和生态系统功能完全不同于历史型生态系统，而且只有在投入大量的管理资源和成本之后才有可能恢复到历史状态。此时生态修复的目标已经不再是恢复到历史状态甚至是单纯地追求自然唯美，人类应该反思传统生态保护和修复的思想，制定适应新型生态系统特征、属性和运转规律的管理目标和方法。

在新型生态系统的思维模式下，我们应该使用阈值、景观绩效、生态系统服务和危害等来衡量生态系统的服务功能和存在状态，从适应性、科学性的角度引导生态系统可持续性和弹性发展。现阶段一个切实可行的方法是：利用生态系统服务和危害指导生态修复的目标和管理方法，通过跨学科合作设计创新型实验进行适应性设计，在实验中积累经验和教训，最终决定生态修复的发展方向。

新型生态系统概念的提出，为风景园林学科在生态修复领域的发展提供了巨大的机遇和挑战。但目前，对新型生态系统的研究还不成熟，其概念界定、阈值研究和适应性管理方法的制定等方面都有待学者们进行深入探讨。风景园林师应发挥学科固有综合性特点，在新的思维模式下，为生态修复的新思想贡献更多的理论和实践支撑。

致谢:

特别感谢中国科学院重庆绿色智能技术研究院的陈春娣副研究员对本文多次提出宝贵意见。

注释:

①图1~3引自参考文献[6],内容为作者翻译;图4引自参考文献[1],内容为作者翻译;图5引自参考文献[20],内容为作者翻译。

参考文献 (References):

- [1] Hobbs R J, Higgs E, Harris J A. Novel Ecosystems: Implications for Conservation and Restoration[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2009, 24(11): 599-605.
- [2] Macdougall A S, Turkington R. Are Invasive Species the Drivers or Passengers of Change in Degraded Ecosystems?[J]. *Ecology*, 2005, 86(1): 42-55.
- [3] Frederic E. Clements. *Plant Succession: Analysis of the Development of Vegetation*[M]. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, 1916.
- [4] 张绍良, 杨永均, 侯湖平. 新型生态系统理论及其争议综述 [J]. *生态学报*, 2016, 36 (17): 5307-5314.
Zhang Shaoliang, Yang Yongjun, Hou Huping. Overview of Novel Ecosystems Theory and Its Critiques[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(17): 5307-5314.
- [5] Chapin F S, Starfield A M. Time Lags and Novel Ecosystems in Response to Transient Climatic Change in Arctic Alaska[J]. *Climatic Change*, 1997, 35(4): 449-461.
- [6] Hobbs R J, Higgs E S, Harris J A. Novel Ecosystems: Concept or Inconvenient Reality? A Response to Murcia et al. [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2014, 29(12): 645-646.
- [7] Alastair R. Harborne, Peter J. Mumby. Novel Ecosystems: Altering Fish Assemblages in Warming Waters[J]. *Current Biology* Cb, 2011, 21(19): R822-824.
- [8] Doley D, Audet P. Adopting Novel Ecosystems as Suitable Rehabilitation Alternatives for Former Mine Sites[J]. *Ecological Processes*, 2013, 2(1): 1-11.
- [9] Hobbs R J, Arico S, Aronson J, et al. Novel Ecosystems: Theoretical and Management Aspects of the New Ecological World Order[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2006, 15(1): 1-7.
- [10] Hobbs R J, Higgs E S, Hall C M. Novel Ecosystems: Intervening in the Novel Ecological World Order[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2013: 58-60.
- [11] Murcia C, Aronson J, Kattan G H, et al. A Critique of the 'Novel Ecosystem' Concept[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2014, 29(10): 548-553.
- [12] Hobbs R J, Higgs E S, Hall C M. Novel Ecosystems: Intervening in the Novel Ecological World Order[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2013: 11-15.
- [13] Aronson J, Murcia C, Kattan G H, et al. The Road to Confusion is Paved With Novel Ecosystem Labels: A Reply to Hobbs et al. [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2014, 29(12): 646-647.
- [14] Ewel J J. Natural Systems as Models for the Design of Sustainable Systems of Land Use[J]. *Agroforestry Systems*, 1999, 45(1): 1-21.
- [15] Suding K N, Hobbs R J. Threshold Models in Restoration and Conservation: A Developing Framework[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2009, 24(5): 271-279.
- [16] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human Domination of Earth's Ecosystems[J]. *Science*, 1997, 277(5325): 494-499.
- [17] Higgs E. Nature by Design: People, Natural Process and Ecological Restoration[J]. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 2005, 28(1): 135-137.
- [18] Hobbs R J, Hallett L M, Ehrlich P R, et al. Intervention Ecology: Applying Ecological Science in the Twenty-first Century[J]. *BioScience*, 2011, 61(6): 442-450.
- [19] Seastedt T R, Hobbs R J, Suding K N. Management of novel ecosystems: are novel approaches required?[C]// *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2008: 547-553.
- [20] Jackson S T, Hobbs R J. Ecological Restoration in the Light of Ecological History[J]. *Science*, 2009, 325(5940): 567-569.
- [21] Perring M P, Standish R J, Hobbs R J. Incorporating Novelty and Novel Ecosystems into Restoration Planning and Practice in the 21st Century[J]. *Ecological Processes*, 2013, 2(1): 1-8.
- [22] Ahern J F. Urban Landscape Sustainability and Resilience: the Promise and Challenges of Integrating Ecology with Urban Planning and Design[J]. *Landscape Ecology*, 2013, 28(6): 1203-1212.
- [23] Ahern J F. Novel Urban Ecosystems: Concepts, Definitions and a Strategy to Support Urban Sustainability and Resilience[J]. *Landscape Architecture Frontiers*, 2016, 4(1): 10-21.
- [24] 杰克·艾亨. 新城市生态系统城市“新自然”的起源、进化和管理 [J]. 王晓宇, 薛晓飞, 等, 译. *风景园林*, 2016 (8): 81-90.
Ahern J F. Novel Urban Ecosystems Origins, Evolution and Management of "New Nature" in Cities[J]. Wang Xiaoyu, Xue Xiaofei, et al, Translation. *Landscape Architecture*, 2016(8): 81-90.
- [25] Sadahisa Kato, Ahern J F. 'Learning by Doing': Adaptive Planning as a Strategy to Address Uncertainty in Planning[J]. *Journal of Environmental Planning & Management*, 2008, 51(4): 543-559.
- [26] Ahern J F. From Fail-Safe, to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World[J]. *Landscape & Urban Planning*, 2011, 100(4): 341-343.
- [27] 杰克·艾亨. 城市时代下的风景园林规划与设计 [J]. 黄伊伟, 译. *风景园林*, 2014 (1): 120-127.
Ahern J F. *Landscape Planning and Design in the Century of the City*[J]. Huang Yiwei, Translation. *Landscape Architecture*, 2014 (1): 120-127.

(编辑 / 任京燕)