

基于生态补偿思想的城市空间更新方法研究

安超¹, 沈翔²

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092;

2. 扬州市城市规划设计研究院, 江苏扬州 225001)

摘要: 本文在认识城市发展与建设对自然环境影响的基础上, 从发挥生态系统服务功能的角度提出了“生态补偿”思想, 并从整体空间景观格局的改变、生物生境的改变、生态系统循环的破坏三个方面论述了城市空间建设对生态系统服务功能的影响。本文认为, 在城市空间更新方面应当充分体现“生态补偿”思想, 并提出在城市空间更新上, 应从景观格局的调整、城市生境的改善、生态系统循环的改善三个方面进行空间上的“生态补偿”, 从而提高城市中不同空间要素的生态系统服务功能。

关键词: 生态补偿思想; 城市空间更新; 生态系统服务功能; 景观格局; 生物生境

中图分类号: TU98

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2012)02-0171-10

引言

人类的发展与城市建设给自然环境造成了巨大的负面影响, 随着全球气候变化加剧、环境不断恶化, 人们更加关注城市发展建设与自然环境的共存状态及相互关系, 即城市与自然环境的生态关系。为了更好地认识、理解、处理城市与自然环境的生态关系, 尽可能减少城市发展建设对自然环境的负面影响, 我们应当从自然环境的生态关系入手, 了解城市发展建设对自然环境的破坏的主要方面及原因, 在把握问题产生原因的基础上, 改善自然环境。

在人与自然的生态关系层面上, 现代技术的发展导致了人类对自然环境以适应和利用为主转变为以占有和征服为目的。现代技术的发展形成了技术圈^①, 技术圈具有强烈的非自然、技术化和机械

性的色彩, 不仅通过自身逐渐形成了独立完整的结构和功能, 把对人类生存和发展最具根本意义的自然生态圈屏蔽在外, 而且也对自然生态圈的过程、关系和秩序产生了大规模的干扰和影响^[1]。

现代技术系统的发展和扩张能够使得技术圈构成一种相对独立的力量, 技术活动的后果也已经超过自然生态圈的自身调节和净化能力。环境经济学家艾伦·科特雷尔(Alan Cottrell)指出: “人类生活的两个世界——他所继承的生物圈和他所创造的技术圈业已失去平衡, 正处在深刻的矛盾之中。”^[2] 可以说全球生态危机的出现是技术圈所产生的负面影响所致。

从具体的影响方面看, 城市发展建设对自然环境的影响存在以下几个方面: 一是对自然资源的不断攫取, 比如矿产资源、土地资源、水资源; 二是对自然生物生境的破坏, 比如, 城市建成环

技术圈是指人类社会技术因素的总和, 表明技术因素对自然界的作用。它的形成实际上乃是现代技术与大工业所致, 以专业化、标准化、规模化等原则为基础, 摒弃了自然界以及人类本身所固有的法则和规范, 代之以技术以及技术应用的法则和规范。

收稿日期: 2012-03-19; 修回日期: 2012-04-17

作者简介: 安超(1979-), 男, 博士研究生, 研究方向为城乡规划与设计。E-mail: kugou-ac@163.com

沈翔(1979-), 男, 本科, 主要从事城乡规划与设计、建筑设计等方面工作。

境主要以钢材、水泥、沥青等材料为主, 自然环境中的大部分生物并不适应这种生境; 三是废弃物对自然环境的破坏, 包括生产和生活过程中的废水、废渣、废气等。

可以看出, 现代城市发展建设无疑对自然环境造成了巨大的破坏, 即使城市建设中应用更多更先进的技术, 也无法形成建设之前的自然环境。可以肯定, 无论如何, 现代城市的建设都会或多或少地对自然环境产生负面影响。因此, 生态城市的建设其实是体现对自然环境补偿的城市建设。研究生态城市的发展、规划和建设, 应当更多地研究如何提高对自然环境的补偿措施、方法、技术和制度等, 改善城市人工环境与自然环境的关系。

从城市建设对自然环境的影响来看, 主要体现在自然生境的改变影响了自然环境与生态系统的健康发展。这就需要从空间层面进行“生态补偿”, 从而改善自然环境, 提高生态系统的稳定性。将生态学思想结合到城市空间中, 学者已对此有广泛研究, 可分为宏观层面和微观层面。在宏观城市空间的研究上, McHarg 早在 1969 年就已将宏观生态学思想应用于城市空间优化配置的研究, 探讨了基于生态导向的城市与区域土地利用的生态规划。Julius Gy Fabos 利用生态系统模型对大都市区的景观规划和城市空间布局进行了实践研究^[3]。Richard T. T. Forman 提出将生态学原理与土地规划相结合以解决城市发展过程中的生态问题^[4]。俞孔坚基于景观生态学提出生态安全格局(Security Patterns, 简称 SP)的概念, 并提出生态安全格局构建方法^[5]。杨培峰从生态学的视角提出了城市空间拓展生态模型, 即城市空间拓展受到多方面生态因素的阻力影响, 应在城市空间拓展中加以考虑^[6]。蔺雪芹、方创琳等借鉴景观生态学分析方法, 提出基于生态导向的城市空间优化和功能组织的规划思路^[7]。在微观城市空间中, 更多注重的是将生态学思想融入到城市设计、景观设计、建筑设计当中。周曦、李湛东提出了生态补偿设计的概念, 并对一些设计实践进

行了分析^[8]。戚琪、王卡等探讨了在城市设计中从地形地貌、水系、植被、建筑等四个方面来进行有效的生态控制和补偿^[9]。吴正旺、王富平等从景观生态学角度出发研究城市设计和建筑设计, 对城市自然环境和景观进行分析、修复、补偿^[10]。李学伟在具体项目设计中运用生态补偿设计思想, 力求通过生态补偿设计使得经济与生态之间实现统筹^[11]。

可以看出, 将生态学的思想融入到城市空间研究当中, 从很早就已产生, 但是基于“生态补偿思想”的空间研究还有所欠缺, 其理论框架、设计方法、技术措施等都尚待进一步完善。尤其在在我国城市化快速发展过程中, 粗犷的空间建设缺乏对自然环境细致的考虑, 必然存在很多问题, 如何在未来城市空间更新的过程中, 进一步体现生态补偿思想, 从而改善建成区的人居环境, 仍然是需要认真研究的问题。

1 “生态补偿”思想的概念、内涵和分类

1.1 “生态补偿”思想的概念与内涵

“生态补偿”指的是调节相关方的利益关系, 使保护、恢复、维持、改善和利用生态系统服务的行为外部效应内部化, 是持续提供生态系统服务的一种手段或制度安排。一般来说, 这种手段或制度安排主要通过制定经济制度来实现。2007 年 8 月, 国家环境保护总局(现为中华人民共和国环境保护部)印发了《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》, 在四个领域开展了生态补偿试点, 包括自然保护区的生态补偿、重点生态功能区的生态补偿、矿产资源开发的生态补偿、流域水环境保护的生态补偿。主要是通过经济制度来实现对自然环境与资源的损失补偿。

笔者认为, “生态补偿”是基于“生态完整”的, 即是在生态系统遭受到破坏、负面影响后, 对生态系统进行的修复。通常的“生态补偿”主要通过经济补偿的方式, 然而, 已经被破坏的生态服务

功能若通过经济间接补偿,其生态服务功能恢复起来将是一个漫长的过程。而本文所说的“生态补偿”是通过规划、设计等手段,从改善生态系统的服务功能、调节生态系统的循环等方面入手的“补偿”,是直接对城市空间生态系统服务功能的“补偿”。

一般概念的“生态补偿”是针对生产、消费等活动对环境造成的污染而收取费用。然而,城市发展建设过程中,规划设计、建造过程对自然环境也具有负面影响,只是由于相对生产、消费过程中排放污染物对环境的影响,规划、建设过程的负面影响更小并更难测量,所以并没有专门针对此类活动进行收费补偿。作为规划师、建筑师、景观师等,在规划、设计、建造中应当自然而然地考虑“生态补偿”的方法,尽量减少对环境的负面影响。

在主要服务于人类和社会发展的设计活动中,负干扰是绝对的,正干扰是相对的,本文所说的“生态补偿”,就是通过规划设计手段,减少人类活动对自然环境的负干扰。这种“补偿”实际上是从“生态学”角度对原有规划设计原则的一种补充和发展,是一个持久的过程。

1.2 生态补偿方法的分类

从现有生态补偿的措施、方法和机制来看,笔者认为,生态补偿方法可分为经济补偿和技术补偿。目前我国已经推行的一些生态补偿机制,是通过经济手段对占用、损坏的自然环境和资源进行补偿,是针对人类活动对自然环境影响的结果进行的终端补偿方式,属于一种经济补偿手段。针对不同建设用地、工业类型、建筑类型、交通方式等类别而提出的空间景观格局优化、循环经济模式、建筑节能、水资源循环利用、清洁能源利用等措施,是针对人类活动对自然环境的影响过程进行的补偿或调控,属于技术补偿(表1)。

生态补偿既需要关注人类活动影响自然环境的过程,也需要关注影响的结果。因此,生态补

表1 生态补偿的分类

经济补偿	技术补偿
自然资源补偿机制, 污水排放费用, 矿山生态恢复费用, 大气污染治理费用,	清洁能源利用, 水资源循环利用, 循环经济模式, 空间景观格局优化, 绿色建筑技术,

偿需要通过经济手段和技术手段两个方面共同展开,才能够更好地进行生态补偿。但是,考虑建设用地、建筑、道路、绿地、广场等作为城市空间的必要组成要素需要实现与自然环境的共生,城镇建设不能仅仅进行经济补偿,更需要通过技术手段补偿其对自然环境的影响。这就是在城市空间更新过程中,提倡以“生态补偿思想”为指引进行空间更新的出发点。

1.3 “生态补偿思想”下城市空间更新的内涵

在我国快速城镇化的发展阶段,城市更新过程带来的一系列问题逐渐显现,建设用地内部对自然环境的负面影响,应当在城市更新过程中得到广泛的关注。

城市空间更新主要指针对城市建设空间范围进行的更新改造,包括用地性质的调整、建筑空间的改造、建设环境的整治等。体现“生态补偿思想”的城市空间更新,就是在城市更新过程中,在考虑经济、社会等因素的基础上,贯彻对自然环境的补偿,同时提高人居环境的质量。其核心是通过城市空间的更新,提高不同空间(绿地、广场、道路、建筑、河流等)的生态系统服务功能^①。

不同的学者对生态系统服务功能的认识也有不同。Gretchen C. Daily 提出了生命支持系统必需的13种功能^[12],R. Costanza 等提出了17种功能^[13],欧阳志云等认为生态服务功能主要有7种^[14],详见表2。

城市的建设在不同程度上减弱甚至消除了生

① 生态服务功能是指生态系统及其发展过程中所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。

表 2 不同学者提出的生态系统服务功能

学者	种类	生态系统服务功能
Gretchen C. Daily	13 种	大气和水的净化、洪涝干旱的缓解、废物的去毒和降解、土壤及土壤肥力的形成和更新、作物蔬菜传粉、潜在的农业害虫的控制、种子扩散的养分迁移、生物多样性维持、紫外线防护、气候稳定化、适当的温度极限和风力、多种文化、美学刺激
R. Costanza 等	17 种	大气调节、气候调节、干扰调节、水分调节、水资源供应、侵蚀与沉积物滞留控制、土壤形成、养分循环、废物处理、授粉、生物控制、避难所、食物生产、原材料、基因资源、娱乐、文化
欧阳志云、王如松等	7 种	有机质的生产与生态系统产品、生物多样性的产生与维持、调节气候、减轻洪涝与干旱灾害、传粉与种子的扩散、有害生物的控制、环境净化

资料来源：文献[12-14]。

态系统的服务功能，因此，在城市空间更新过程中，应当尽可能地补偿已经减弱或消失的生态系统服务功能。

2 城市空间建设中影响生态系统服务功能的主要方面

城市发展过程中影响生态系统服务功能的因素很多，本文仅探讨城市空间建设对生态系统服务功能的负面影响，并从城市空间更新的角度提出对生态系统服务功能进行补偿的措施。

2.1 整体空间景观格局的改变

城市空间的建设和扩张首先改变的就是自然环境的整体空间格局。从景观生态学的角度来看，自然环境的空间景观是由斑块、廊道和基质等景观要素组成的异质性区域。各要素的数量、大小、类型、形状及其空间上的组合，形成了空间景观格局。空间景观格局中的不同要素都具有不同的生态系统服务功能，其格局被城市建设用地改变之后，生态系统服务功能势必受到影响。空间景观格局的改变影响了土地利用/土地覆被的变化(land use/land cover Change, LUCC)，进而影响到生态系统的服务功能。近年来，我国一些学者分别从宏观和微观两个层面，对景观格局的生态系统服务功能进行了探讨。在宏观的区域空间尺度上，刘琳、刘雪华对 1990—2000 年间黄土高原的景观格局演变及生态系统服务功能进行了分析，发现不同类型的景观格局对生态系统服务功能的

变化效应是不同的，农田生态系统服务功能相对林草生态系统较低，因此，林草生态系统面积的增加有利于改善生态环境，提高生态服务功能价值^[15]；在微观的城市建成区尺度上，杨瑞卿研究了徐州市城市绿地景观格局与生态服务功能，发现了城市建设过程中的景观格局不尽合理，为了更好地保护生物多样性，发挥生态系统服务功能，城市建成区内部需要进行一定的景观格局调整，包括完善斑块类型、提高绿地斑块比例、增加绿色廊道建设等^[16]。

城市建设过程中占用了林地、草地、耕地等，在破坏了原有自然环境的景观格局的同时，也降低了相应生态系统的服务功能，如果在建设用地的空间结构及内部不进行相应的“生态补偿”，随着城市规模的不断扩大，生态系统的服务功能只会不断降低，自然环境和生态系统的健康状况也将随之降低。

2.2 生物生境的改变

生境(Habitat)是指“生物个体、种群或群落所处的具体环境。它是特定地段上对生物起作用的生态因子的总和，因此生境比一般所说的环境有着更具体的意义”^[17]。生境包含了生物生存与繁衍所需要的资源与环境，并造就了生物和景观的多样性^[18]。城市建设过程中，随着建设技术的不断发展，将“生态圈”屏蔽在外的“技术圈”不断完善，现代技术的大量使用对生态系统中各物种的生境都产生了巨大的影响。比如，地表的硬化、绿地

退化、生境破碎化、水体的污染等,这些都改变了生境,降低了生物多样性,从而影响了生态系统服务功能。

以城市地表硬化为例,由于城市地表硬化改变了城市植物的生态因子,使城市地上的气候环境和地下的土壤条件不能满足植物正常生长发育对于水肥气热的需求,阻碍了植物的气体交换、水分平衡、能量平衡和养分循环,严重影响了植物的正常生长发育及生态系统服务^[19-21]。另外,城市建设造成的建设用地扩张和绿地退化也是导致城市热岛效应产生的因素之一。城市建设改变了下垫面的性质,使得植被生境产生变化,原本植被丰富的绿地逐渐退化,使得下垫面对太阳辐射的反射率、导热率降低,贮藏水分的能力降低,蒸发量减少,同时使得市内风速降低,从而导致了城市热岛效应的产生^[22]。

由此可见,城市的发展与建设在改变了生境的同时,削弱了原有的生态服务功能,并且还催生了一些负面效应(如城市热岛效应)。因此,在城市空间更新过程中,需要充分考虑对自然生境的恢复,从而起到“生态补偿”的目的,并提高生态系统服务功能。

2.3 生态系统循环的破坏

城市建设过程中对自然空间景观格局和生物生境的改变,使得生态系统的循环也受到了负面影响。根据物质参与循环时的形式,可将循环分为气相循环、液相循环和固相循环三种^[23],生态系统服务功能的发挥也是在物质循环中完成的。然而,城市建设过程,从表象特征来看是对自然空间景观格局和生物生境的改变,而从内部特征来看,则是对生态系统循环的破坏。比如,人类活动改变了土地的利用方式,从而影响了河流的径流量、蒸发量,影响了流域降水量乃至水文循环^[24-25]。由于对水文循环的负面影响,河流、湖泊等水体的生态服务功能逐步降低。另如,城市

建设用地扩张对土地利用/土地覆被的改变,导致森林面积减少,降低了自然生态系统的碳汇功能^[26];同时,人类活动还人为地增加了碳排放,进一步降低了生态系统的服务功能,破坏了生态系统的碳循环。

可以看出,生态系统的循环是发挥生态系统服务功能的重要过程,城市建设破坏了生态系统原有的循环。基于“生态补偿”思想的城市空间更新,也需要从补偿生态系统循环的角度来提高生态系统的服务功能。

3 “生态补偿”思想下城市空间更新的方法

笔者认为,“生态补偿”思想下的城市空间更新,其核心是对生态系统的服务功能进行补偿。在城市空间更新的过程中,可通过完善整体景观格局、改善城市生境、改善生态系统的循环等方面,达到提高生态系统服务功能的目的。

3.1 景观格局的调整

调整景观格局的目的有两点:一是为了改善城市的土地利用方式,包括建设用地、林地、草地、耕地、水域、湿地等,同时,还要改善城市建成区绿地系统的景观格局,从而提高整个生态系统的服务功能;二是完善景观格局中的网络建设,增加斑块、廊道、基质等,为生物提供易于迁徙的空间网络,更好地发挥其生态服务功能。

3.1.1 完善整体景观格局

景观格局可分为不同空间尺度,在城市空间更新过程中,应当从宏观尺度到微观尺度进行景观格局的调整。总的来说,就是要建立由斑块、廊道、基质组成的比较完整的景观格局。在宏观尺度上,首先,需要识别主要的生态斑块,如山体、林地、湖泊、水系等,对生态斑块严格保护,减小人类活动对生态斑块的负面影响。其次,建立不同生态斑块之间的廊道,通过廊道将斑块和基质联系起来。研究表明:河流植被宽度在30米

以上时,能有效起到降低气温、提高生物多样性、增加河流中生物的食物供应、控制水土流失、减少河流沉积、过滤污染物等功能;道路林道 60 米宽时,可满足动植物迁移和生物多样性保护的功能^[27]。在微观尺度上,主要针对城市建设用地的内部进行调整,更多的是针对城市绿地系统的调整,使得绿地系统与宏观尺度的生态斑块、廊道、基质等建立良好的空间联系,既完善建设用地内的绿地系统,又将建设用地内的绿地系统与宏观尺度的景观格局相联系,提高生态系统的服务功能。

3.1.2 通过城市更新调整建设用地内部的景观格局

城市建设用地内部的生态系统服务功能很低,在城市空间更新过程中,需要结合城市总体规划,从建成区的整体格局考虑,确定生态景观格局。

首先,对建成区范围内的生态斑块、廊道进行明确划界,将占用生态斑块、廊道的建设用地列入城市更新改造的范围,逐步将其转换为绿地。当然,在城市更新过程中一定会涉及产权、经济、社会等方面的问题。这需要具体问题具体分析,总体来说,应当在保证产权不受侵犯、经济平衡、社会稳定的基础上,率先调整占用生态斑块、廊道的建设用地。

其次,通过城市更新,提高建设用地内绿地的规模与数量。在城市更新中必须保证一定的绿地面积,只有这样才能提高建设用地自身的生态服务功能,尤其在一些特殊区域,如滨水地区、人口密集区等。这就需要在城市空间更新过程中贯彻“生态补偿”思想,不能再仅以经济效益来衡量城市更新的成功与否,城市生态服务功能的提升也应当成为城市更新成功与否的衡量标准之一。在对南京市城市绿化对热岛效应的影响研究中发现,不同类型绿地对热岛效应的缓解作用不同^[28]。在选取的几个热岛效应监测地区,树林和行道树能有效阻止阳光直接照射到地面,使太阳辐射强度明显低于篮球场和草坪空地。从 7:00

至 19:00 时段,篮球场和草坪的太阳辐射强度平均达 $1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,而有树木的情况下,太阳辐射强度可以降低 80% 以上。同类型绿地的地面辐射强度、地表温度、气温从高到低的排序依次为篮球场、草坪、行道树、树林,而空气相对湿度则呈现出相反的趋势。树林内、行道树下以及草坪的白天平均气温分别比篮球场低 $5.0\ ^\circ\text{C}$ 、 $2.8\ ^\circ\text{C}$ 和 $1.2\ ^\circ\text{C}$,地表温度分别低 $17.1\ ^\circ\text{C}$ 、 $11.5\ ^\circ\text{C}$ 和 $9.4\ ^\circ\text{C}$,空气相对湿度分别提高 17.5%、9.5% 和 6.5%。所以,城市森林对热岛的缓解作用最强,行道树次之,草坪较弱。在城市更新过程中,提高绿地面积,尤其是提高城市森林面积无疑将对缓解热岛效应具有积极的作用。

另外,从城市规划的编制、实施、管理的程序来看,城市更新也是以上位规划作为依据进行的。因此,要确保在城市更新过程中,城市绿地的规模与数量的增加,必须完善城市绿地系统规划,并保证城市总体规划、控制性详细规划、城市绿地系统规划之间的连贯性,在这些上位规划的基础上,进行城市更新时,城市绿地建设才能够有法律保障,才不会在经济利益的驱使下改变城市绿地的用地性质。

3.2 城市生境的改善

城市建设削弱了生态系统服务功能的原因之一,是大量的城市建设用地及建设环境改变了原有生物的生境,减少了生物多样性。城市生境的改善能够吸引生物物种回归到城市中来,从而提高城市自身生态系统的服务功能。

在城市空间更新过程中,应当不仅仅注重空间环境物质质量的提高,还需要注重空间自然生境的恢复,提高空间的生态系统服务功能。需要针对绿地、广场、道路、建筑等不同的用地或建筑进行不同的生境改善方法。

3.2.1 针对绿地的生境改善

城市建设造成了绿地景观破碎化、岛屿化和

连通性降低等，从空间格局上影响了生物生境。同时，绿地系统中植被种植的不同方式也会影响到绿地生态系统服务功能的发挥。城市绿地生境的改善主要是提高绿地中植物种植的丰富程度，尽可能地提高城市绿地中的生物多样性，从而提高绿地的生态系统服务功能。

因此，应当按照群落生态学的原理进行配置。首先，应当按照“生态位”的原则，充分考虑各种植被之间竞争、共生、寄生等生态关系，选择合适的植物搭配，促进植物群落结构的合理、稳定，从而创造良好的生物栖息生境。其次，在群落搭

配中，以种植乔木为主，因为乔木对于局部气候调节、吸引鸟类等都更有优势，从而更能通过绿地生境的改善而提高生态系统的服务功能。以鸟类为例，对鸟类群落与城市不同生境的研究发现^[29]，鸟类物种数与绿地面积、乔木盖度及栖息地类型的多样性均呈显著的正相关，而鸟类优势度与绿地面积、乔木盖度及栖息地类型多样性则呈显著的负相关(表 3)。这进一步说明了同样的绿地性质但不同的生境，所吸引的动物种群有所不同。在城市更新过程中，应当在确定绿地用地性质的同时，进一步改善绿地中的生境。

表 3 鸟类群落特征与生境因子的相关性分析^[29]

群落特征 相关系数 生境因子					
	物种数	多样性	均匀性	优势度	密度
绿地面积	0.905**	0.888**	-0.518	-0.847**	-0.344
植物种类	0.672	0.674	-0.244	-0.642	-0.328
水面积比率	0.465	0.433	-0.607	-0.483	0.047
乔木盖度	0.843**	0.851**	-0.597	-0.864**	0.240
灌木盖度	-0.283	-0.320	0.057	0.314	-0.253
道路平均宽度	0.567	0.545	-0.492	-0.515	-0.102
栖息地类型多样性	0.912**	0.924**	-0.508	-0.882**	0.011
人流量	-0.013	-0.021	-0.248	-0.020	0.168

**P<0.01

3.2.2 针对广场、道路的生境改善

由于广场、道路等的建设，导致城市地表硬化、透水性差、植被退化，改变了生物生境，并对城市水文产生了负面影响，在城市空间更新过程中需要逐步缓解这些问题，以便发挥不同的生态服务功能。从表 4 中可以看出，不同的下垫面

表 4 北京市区 100 mm 降雨时不同地表的平均径流系数^[30]

地表类型	屋顶	混凝土道路	草地
平均径流系数	0.94	0.84	0.27

平均径流系数相差较大，城市中不透水铺装面积的增大既会加大城市排涝压力，又会阻碍水体的自然循环，减少地下水的补给。因此，在针对广场、道路的生境改善上，主要有两点建议：一是

通过使用不同建材及软硬地面的搭配来提高广场道路的透水性，提高局部水体的微循环；二是通过植被的搭配来改善局部地区的生境，满足动植物群落的生存需求。

改善广场生境的具体方法包括：①保证一定比例的绿地面积，即在广场上创造一定自然生境，为提高生物多样性创造条件。②硬质地面采用透水性材料，改善局部地区的水体微循环，从而提高城市建成区地下水的蓄水量，提高土壤活力，改善土壤微生物的生境。③丰富植物配置，提高乔木种植比例。相比其他植被，乔木的生态效应更加明显，尤其在调节气候、涵养水源、美化环境等方面较为突出。同时，提高乔木种植比例也能为鸟类创造良好的生境。

改善建成区道路生境的具体方法包括：①在道路铺设过程中，使用透水沥青混合料、透水泥混凝土、透水路面砖等，并通过一定工程技术，提高道路透水功能。②在道路断面的设计上，尽可能地提高绿化带在道路断面中所占的比例，为提高生态服务功能提供空间支撑(图 1、图 2)。③选择适宜地方气候的植被，并且采用乔木、灌木、草地的搭配，同时，避免孤立地种植行道树，要形成空间连续的绿化带，空间连续的绿化带其生态服务功能要明显好于单独种植的行道树。

建筑物作为城市空间的主要组成要素，其对生物生境的影响也非常大。建筑物的建造材料使得建筑物本身无法为生物提供栖息的场所，更无法提供生态服务功能。因此，针对建筑物的生境改善，只能是体现一种微弱的“生态补偿”，主要是通过屋顶绿化来实现。增加屋顶绿化能够在一定程度上提高绿地在城市建成区内的比例，从而提供更多生态服务功能。同时，尽可能丰富屋顶绿化的植被种植方式，不仅仅是铺设草皮，更应提供适宜生物栖息的绿地生境。比如一些住宅建筑采用了屋顶绿化，在一定程度上提高了建筑屋顶的生态服务功能，是一种建造方式的进步，当然，在种植方式上还需要逐步完善(图 3、表 5)。在屋顶绿化不同的植物配置模式中，生态效益较好的是通过乔木、灌木、草皮、藤类植物相互搭配进行种植。表 6 为不同植物配置模式的一些生态效益指标，可以看出乔-灌-草-藤配置的生态效益最高。当然，在实际建设过程中，如何提高屋

图 1 上海徐汇滨江地区改造后的滨江道路断面

图 2 上海肇家浜路中心绿化带

图 3 住宅建筑中的屋顶绿化

图片来源：http://imgs.soufun.com/house/2010_01/21/sh/1264066160031_000.jpg

3.2.3 针对建筑的生境改善

表 5 屋顶绿化的主要生态效益^[31]

分类	说明
缓解城市热岛效应	屋顶绿化可以吸收太阳辐射热，减少向大气的二次辐射。花园式屋顶绿化比简单式屋顶绿化的吸收效果好。多层次的群落栽植方式能够全方位地吸收太阳辐射热。
滞尘	花园式屋顶绿化年平均滞尘量为 12.3g/m ² ，滞尘比率平均为 31.13%；以佛甲草为主的简单式屋顶绿化年平均滞尘量为 8.5g/m ² ，滞尘比率平均为 21.53%。
截流雨水	花园式屋顶绿化可截留雨水 64.6%；简单式屋顶绿化可截留雨水 21.5%，屋顶绿化平均可截留雨水 43.1%。

表 6 不同植物配置模式的一些生态效益指标^[32]

编号	单位绿化面积固碳量/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	单位绿化面积释氧量/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	单位绿化面积日蒸腾强度/(kg·m ⁻² ·d ⁻¹)	单位绿化面积滞尘量/(g·m ⁻²)	抑菌率/%	单位绿化面积含硫量/(mg·g ⁻¹ ·cm ⁻²)
1	283.52	206.17	47.58	98.63	63.29	13.11
2	284.74	207.06	47.78	98.89	63.36	13.24
3	287.34	208.95	47.88	99.28	63.45	13.15
4	288.56	209.84	48.08	99.54	63.51	13.27

注: 以上 1-4 四组植物搭配方式分别是乔灌、乔灌草、乔灌藤、乔灌草藤。植物分别是, 乔木中的白玉兰、天竺桂、红枫、四季桂, 灌木中的栀子、杜鹃、金叶女贞、月季、海桐、红花继木, 草本中的马蹄金; 藤本中的油麻藤。

顶绿化中种植乔木的可行性, 也是需要进一步研究的问题。

3.3 生态系统循环的改善

生态系统循环的改善可通过自然方式和人工技术来实现。前面所说的通过空间景观格局的完善、生物生境的改善等方法, 既是从宏观和微观上降低城市建设对自然生态系统的影响, 也是一种通过自然的方式改善生态系统循环的方法。

然而, 随着人类科学技术的发展, 也应当应用人工技术来改善生态系统循环。在城市空间更新中, 主要在局部水循环、空气循环方面应用人工技术。

①水循环方面, 通过自然方式与人工技术的结合, 建设局部水循环利用系统。比如, 通过绿地及透水性地面收集雨水, 并收集生活废水, 以此作为中水水源。通过人工技术对中水进行简单处理, 作为生活冲厕用水、景观用水、绿地用水、道路浇洒用水等。②空气循环方面, 可通过建筑布局、建设技术等, 提高城市外部空间与建筑的空气循环。比如, “空间调节”(space conditioning)就是通过空间设计策略, 以不耗能或少耗能的方式来实现对室内外环境舒适度的调节^[33]。另外, 深圳建科大楼、万科集团总部大楼等都是通过人工技术改善了空气循环。

4 结语

城市的发展与建设对自然环境造成了巨大的负面影响, 生态城市并非是人类提出的理想城市模式, 而应当是体现对自然环境补偿的城市建设模式。我们在进行大规模城市化及城市建设活动的过程中, 对自然环境的细致考虑较少, 在城市

建设用地内必然存在很多生态环境方面的问题; 同时, 随着城市的发展, 我国城市必将逐步进行城市更新。在城市更新的过程中, 需要具有“生态补偿”思想, 通过城市空间的更新而提高城市空间的生态系统服务功能, 改善生态系统的循环, 从而弥补在快速城市建设过程中对自然生态系统造成的损害。

然而, 体现“生态补偿”思想的城市空间更新方法还有很多, 本文并未进行全部论述, 关键是呼吁在城市空间更新过程中积极地进行“生态补偿”, 从而改善自然环境与人居环境。同时, 在城市更新过程中还涉及经济、社会等多方面的因素, 要使体现“生态补偿”思想的城市更新贯彻始终, 还需要制定相应机制、制度等来进行保障才能够实现。

参考文献

- [1] 高中华. 生态危机的技术内涵: 对技术负面效应的评析[J]. 科学技术与辩证法, 2001, 18(5): 38-40.
- [2] 艾伦·科特雷尔. 环境经济学[M]. 北京: 商务印书馆, 1987: 13.
- [3] Fabos J G. Planning the total landscape: A guide to intelligent land-use[M]. Boulder, CO: Westview Press, 1979: 310-317.
- [4] Forman R T T. Land Mosaics: the ecology of landscapes and Regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995: 432-436.
- [5] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999(1): 8-15.
- [6] 杨培峰. 城市空间拓展动力机制及生态模型[J]. 重庆大学学报, 2004, 27(3): 138-142.
- [7] 蔺雪芹, 方创琳, 宋吉涛. 基于生态导向的城市空间优化与功能组织[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 6130-6137.
- [8] 周曦, 李湛东. 生态设计新论: 对生态设计的反思和再认识[M]. 南京: 东南大学出版社, 2003: 20-21.
- [9] 戚琪, 王卡, 徐雷. 城市设计的生态补偿作用及其控制要素[J]. 华中建筑, 2004, 22(5): 96-100.

- [10] 吴正旺, 王富平, 栗德祥. 建筑设计的景观生态补偿[J]. 建筑学报, 2008(9): 84-88.
- [11] 李学伟. 生态补偿设计思想的实践[J]. 中国园林, 2008(10): 48-52.
- [12] Daily G C. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997: 1-10.
- [13] Costanza R, Rd'Arge , Rde Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(15): 253-260.
- [14] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [15] 刘琳, 刘雪华. 黄土高原 1990—2000 年间的景观格局演变及生态系统服务功能分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 8-13.
- [16] 杨瑞卿. 徐州市城市绿地景观格局与生态功能及其优化研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [17] 安树青. 生态学词典[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 239.
- [18] 吴宇华. 城市规划的生境方法[J]. 规划师, 2007, 23(2): 78-80.
- [19] Tracey L S, Robert D B. Form and structure of maple trees in urban environments[J]. Landscape and Urban Planning, 2000 (46): 191-201.
- [20] Sarah B C, Chris A M. Rhizosphere, surface, and air temperature patterns at parking lots in phoenix, Arizona, U. S[J]. Journal of Arboriculture, 2004, 30(4): 245-252.
- [21] Sandrine G, Dennis M, Nico K. The role of soil and microclimatic variables in the distribution patterns of urban wasteland flora in Brussels, Belgium[J]. Landscape and Urban Planning, 2007(80): 45-55.
- [22] 柯锐鹏, 梅志雄. 城镇化与绿地退化对城市热环境影响研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2023-2030.
- [23] 沈清基. 城市生态与城市环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 2004: 29.
- [24] 王渺林, 夏军. 土地利用变化和气候波动对东江流域水循环的影响[J]. 人民珠江, 2004(2): 4-6.
- [25] 贺国庆, 李湘姣. 人类活动对广东省水循环的影响分析[J]. 水文, 2008, 28(1): 70-72.
- [26] 周剑芬, 管东生. 森林土地利用变化及其对碳循环的影响[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 674-676.
- [27] 周春山. 城市空间结构与形态[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 241-243.
- [28] 唐罗忠, 李职奇, 严春风, 等. 不同类型绿地对南京热岛效应的缓解作用[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 23-28.
- [29] 陆玮玮, 唐思贤, 史慧玲, 等. 上海城市绿地冬季鸟类群落特征与生境的关系[J]. 动物学杂志, 2007, 42(5): 125-130.
- [30] 欧阳志云. 增强城市生态功能 提高城市水文调节能力[J]. 风景园林, 2011(5): 159.
- [31] 方威, 王铭子, 李雄. 屋顶绿化的生态效益与展望[J]. 农业科技与信息: 现代园林, 2010(3): 52-54.
- [32] 崔洁. 成都市屋顶绿化植物及不同配置模式的生态效益比较研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [33] 张彤. 空间调节: 中国普天信息产业上海工业园智能生态科研楼的被动式节能建筑设计[J]. 生态城市与绿色建筑, 2010(春季刊): 82-93.

Study on Methods of Urban Spatial Renewal Based on Ecological Compensation

An Chao¹, Shen Xiang²

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Yangzhou Urban Planning and Design Research Institute, Yangzhou 225001, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the influence of urban development and construction on natural environment, this paper proposes the idea of “ecological compensation” from the perspective of the functions of ecosystem services. It also discusses the impacts of urban spatial construction on ecosystem services from the changes of overall spatial landscape pattern, changes in habitats, and destruction of the ecosystem cycle. This paper believes that “ecological compensation” should be reflected in the course of urban spatial renewal. Besides, “ecological compensation” should be realized from the adjustment of landscape pattern, improvement of urban habitats and ecosystem cycle so as to improve the ecosystem services of different elements of urban spaces.

Key words: idea of ecological compensation; urban spatial renewal; function of ecosystem service; landscape pattern; habitat