

NBS在欧洲城市规划/生态社区建设中的应用研究及对云南省低丘缓坡山地开发的经验借鉴

郭润展

云南财经大学城市与环境学院, 云南 昆明
Email: 835885736@qq.com

收稿日期: 2020年12月30日; 录用日期: 2021年2月15日; 发布日期: 2021年2月22日

摘要

在社会高速发展的背景下, 各种问题和挑战随之而来。例如城市化的不可持续的发展方式、自然环境的退化以及生态服务功能的丧失。这引起人们的关注。而通过自然的方式, 去解决相应的问题变得尤为重要。欧盟和自然保护联盟对NBS (Based On Natural Solutions)进行了定义, 并深入研究NBS, 以应对全球挑战, 而城市规划和生态建设方面是重点研究的部分。通过对NBS的概念了解, 并与相应的其他生态系统方法比较分析, 加深对NBS的理解。通过阅读文献, 总结NBS在欧洲城市规划以及生态社区建设中的应用, 并提出目前NBS在应用过程中面临的问题和挑战。通过总结欧洲的经验, 尝试将其经验借用到国内低丘缓坡山地开发当中。以云南省为例, 提出相关的措施和建议, 以优化低丘缓坡山地开发方式, 以达到开发过程中尽量减少生态系统服务价值以及生态系统服务功能的损失和经济-生态协同发展的目的。

关键词

基于自然解决方案(NBS), 基础设施, 城市规划, 生态社区, 低丘缓坡

Application of NBS in European Urban Planning/Ecological Community Construction and Its Experience in the Development of Low Hill and Slow Slope Mountain in Yunnan Province

Runzhan Guo

School of Urban and Environment, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan
Email: 835885736@qq.com

文章引用: 郭润展. NBS 在欧洲城市规划/生态社区建设中的应用研究及对云南省低丘缓坡山地开发的经验借鉴[J]. 世界生态学, 2021, 10(1): 49-60. DOI: 10.12677/ije.2021.101005

Abstract

Under the background of rapid social development, various problems and challenges follow, for example, the unsustainable development of urbanization, the degradation of the natural environment and the loss of ecological services. This has attracted people's attention. And through the natural way, to solve the corresponding problems becomes particularly important. The European Union and IUCN define NBS and conduct in-depth studies on NBS, address global challenges, with urban planning and eco-construction being the focus. The understanding of NBS is deepened by understanding the concept of NBS and comparing with other ecosystem methods. Through reading the literature, this paper summarizes the application of NBS in European urban planning and ecological community construction, and puts forward the problems and challenges that NBS face in the process of application. By summing up the experience of Europe, this paper tries to borrow its experience into the development of low hill gentle slope mountain in China. Taking Yunnan Province as an example, the relevant measures and suggestions are put forward in order to optimize the development mode of low hill gentle slope mountain area in order to minimize the loss of ecosystem service value and ecosystem service function in the process of development to achieve economic-ecological coordinated development.

Keywords

Based on Natural Solutions (NBS), Green Infrastructure, Urban Planning, Ecological Communities, Low Hill Gentle Slopes

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前我们面临着各种各样的挑战,例如不可持续的城市化和相关的人类健康问题、自然资源的退化和损失以及它提供的生态系统服务(净化空气、水和土壤)、气候变化和自然灾害风险的惊人增加。目前,70%以上的欧洲人口居住在城市,预计到本世纪中叶将增长到80%以上。这意味着到2050年,需要住房、就业和照料的新城市公民有36万人[1]。

人们日益认识到,自然可以帮助提供可行的解决方案,利用和部署自然生态系统的特性及其以智能、“工程”的方式提供的服务。这些基于自然的解决方案为各种目标提供了可持续的、成本效益高、多用途和灵活的备选方案。与自然合作而不是反对自然,可以进一步为资源效率更高、更具竞争力和更环保的经济铺平道路。它还可以通过制造和提供新的产品和服务来帮助创造新的就业机会和经济增长,这些产品和服务加强了自然资本,而不是耗尽了自然资本。

1.1. NBS 的概念

基于自然解决方案(Based On Natural Solutions, 简称 NBS)这个术语最早是在2002年提出,在2005年发表的《千年生态系统》这篇文章中重点地强调了基于自然解决方案的重要性,在这之后其引起了各国专业学者的重视,纷纷参与了NBS的研究当中,并逐渐给予实践。迄今为止,NBS一词主要用于针对

决策者的交流,除两份科学简报外[2] [3],直到最近几年开始在科学文献中广泛出现。

自然保护联盟和欧盟委员会等其他组织越来越多地发展和应用 NBS 的概念。自然保护联盟在其 2009 年关于“联合国气候变化框架公约”(“气候公约”)缔约方会议第十五届会议的立场文件中积极宣传了 NBS 的概念,并于 2012 年正式通过了 NBS,作为其 2013~2016 年方案的三个工作领域之一。欧盟委员会已将 NBS 纳入其 Horizon 2020 研究和创新计划,并投资于一系列项目,以加强 NBS 的证据基础(Maes & Jacobs, 2015) [4]。

自然保护联盟和欧洲联盟委员会为 NBS 制定了各自的定义,虽然它们大致相似(它们的总体目标是通过有效利用生态系统和生态系统服务来应对重大社会挑战),但有一些显著差异。国际自然保护联盟(IUCN)的定义强调,一个管理良好或恢复良好的生态系统必须成为任何 NBS 的核心,而欧盟委员会的定义则更为宽泛,更强调应用不仅利用自然,而且受到自然启发和支持的解决方案。

自然保护联盟认为基于自然的解决方案是为保护、可持续地管理和恢复自然或经过修改的生态系统的行动,这些行动能够有效和适应性地应对社会挑战,同时提供人类福祉和生物多样性利益。

并且自然保护联盟(IUCN)与相关专业的专家根据 NBS 的概念制定的以下 8 项原则,以便于了解 NBS 的重要性。

- 1) 接受自然保护规范(和原则);
- 2) 可以单独实施,也可以与解决社会挑战的其他解决办法(例如技术和工程解决方案)相结合;
- 3) 由包括传统、地方和科学知识在内的特定地点的自然和文化背景确定;
- 4) 以促进透明度和广泛参与的方式,以公正和公平的方式产生社会利益;
- 5) 维持生物和文化多样性以及生态系统随时间演变的能力;
- 6) 在景观尺度上应用;
- 7) 认识到并处理为发展带来的一些直接经济利益的生产与生产各种生态系统服务的未来备选方案之间的权衡;
- 8) 是应对具体挑战的政策、措施或行动的总体设计的一个组成部分[5]。

1.2. NBS 相关的应用

基于自然解决方案的干预措施具有多种形式,例如:恢复和可持续地管理湿地和河流,以维持或增加鱼类种群和以渔业为基础的生计,减少水灾风险,并提供娱乐和旅游效益;保护森林以支持粮食和能源安全、地方收入、适应和缓解气候变化以及生物多样性;恢复旱地,以加强水安全、当地生计和抵御气候变化影响的能力;在城市环境中发展绿色基础设施(例如绿墙、屋顶花园、街道树木、植被排水系统),以改善空气质量、支持废水处理、减少雨水径流和水污染以及改善居民的生活质量;利用天然沿海基础设施,如屏障岛、红树林和牡蛎礁,保护海岸线和社区免受沿海洪水的影响,并减少海平面上升的影响[5]。

1.3. NBS 与其它相关生态系统管理方法

NBS 的概念旨在明确地将社会的积极结果(“解决方案”)与“自然”的概念联系起来,作为对这些目标有帮助的东西。因此,它可能涉及或重叠了为社会利益而对生态系统管理提供信息的其他定义和概念,尽管这些生态系统管理方法之间的关系很少得到明确承认[1]。表 1 分析了 5 个这类概念以及相关的定义、目标和实例。我们把重点放在当代文献中最常用的关于可持续性、社会效益和人类福祉的生态系统管理方面。它们都没有一个确定的不可争辩的定义,但它们通常在科学、政策和实践中使用[6]。包括:生态工程(EE)和集水系统工程(CSE)、蓝绿色基础设施(GI/BI)、生态系统方法(EA)、基于生态系统适应(EBA)、生态系统服务方法(ES)。

生态工程(EE)和集水系统工程(CSE)以及蓝绿色基础设施(GI/BI)属于解决具体活动或者土地利用问题的有针对性的方法,它们涵盖了各种活动和干预措施,显然寻求采用自然替代办法来补充以技术为基础的基础设施,因此可被视为 NBS 的应用程序。

生态系统方法(EA)和基于生态系统的适应(EBA)属于管理方法,其概念也是设法以平衡自然和社会利益的方式管理自然环境的方法。与前两个概念不同,EA 和 EBA 采用了一种系统的方法来理解这些关系。因此,更加强调生态系统的复杂性、变化和复原力。

表 1 的最后一栏表明 NBS 与这 5 个概念是相互包含的,EE 和 CSE 以及 GI 属于解决具体社会生态问题的手段和方法,而 EBA 和 EA 则为 NBS 提供思维框架和管理方法,作为考虑解决方案的一个好方法。

Table 1. Overview of different concepts related to natural-based solutions [6]

表 1. 基于自然的解决方案相关的不同概念的简略概述[6]

概念	问题解决方法		管理方法		
	生态工程(EE)和集水系统工程(CSE)	蓝绿色基础设施(GI/BI)	生态系统方法(EA)	基于生态系统适应(EBA)	生态系统服务方法(ES)
定义	生态工程最早的定义来自于 ODUM, 在这种情况下, 人类所提供的能量相对于天然资源来说是很小的, 但足以在所产生的模式和过程中产生很大的影响。此后, 它被重新定义为将人类社会与其自然环境结合起来的可持续生态系统的设计, 以造福两者(Mitsch 和 Jorgensen, 1989 年, 第 365 页)。它也被定义为“行动”利用和/或为自然采取行动(Rey 等人, 2015 年, 第 1336 页)。由 Quinn 等人开发的 CSE, 被定义为“通过操纵水文流动途径以可持续方式管理水质和水量来改变汇水规模径流制度和养分动态的干预性方法”(Wilkinson 等人, 2014 年)第 1247 页)。在更广泛的背景下, 生态恢复的概念和做法也可以在这里联系起来(Aronson 等人, 2007 年)。	绿色基础设施(陆地基础设施)可以包括陆地保护区、密集农田的农田边缘、城市中动物、公园和绿色屋顶的管道和隧道。蓝色基础设施(与水有关)包括沿海地区、河流、湖泊、湿地, 但也包括设计要素, 如人工渠道、池塘、水库、蓄水池和蓄水池以及城市废水网络。	一项权力下放、参与性和系统性自然资源管理的战略。它的基础是应用适当的科学方法, 将重点放在生物组织之间的基本过程、功能和相互作用。它认识到, 人类由于其文化多样性, 是生态系统的组成部分。	以多部门和多尺度的方式考虑到生态系统服务在减少社会对气候变化的脆弱性方面的作用的适应政策和措施。国家和地区政府、地方社区、私营公司和非政府组织参与应对土地使用变化和气候变化等生态系统服务面临的不同压力, 并管理生态系统, 以提高人民和经济部门对气候变化的适应能力。	通过“生态系统结构与过程功能之间的联系以及由此产生的直接或间接导致人类福祉(得失)的结果”, 理解自然系统如何造福人类。生态系统提供的这些商品和服务是“生态系统服务”。生态系统提供的这些货物和服务是“生态系统”服务(ESS)。它们包括供应服务(例如, 食物、水、从生态系统中加热和建筑材料)、文化服务(例如娱乐、旅游、教育、地方意识)、监管服务(例如防止洪水或侵蚀、气候调节)和支助服务(例如, 土壤形成或营养循环)。如果说自然资本是资产存量, 那么生态系统服务就是从这些资产中获得的利益流。
例子	植被被用来缓解山坡不稳定, 从而减少了一些生态和人类问题。Belford Catchment, 英国使用一系列不同的自然洪水风险管理措施, 在提供多种好处的同时减少洪水风险。	比利时 Scheldt 河口利用天然湿地吸收和减缓强降雨的流动, 从而降低洪水风险。	多利益攸关方系统管理 Thanet Natura2000 网站	德班“城市气候保护方案”。	西班牙多纳的生态系统服务框架下保护区管理规划。西班牙维托利亚-加斯泰兹的规划者恢复了城市主要干道之一的河流生态系统, 改善了城市的污水系统, 增强了城市的生态恢复能力。这一河流修复将减缓暴雨水的流动, 并防止干净的雨水进入污水系统。
与 NBS 的潜在关联	CSE 是 NBS 的一个版本: 两者都专注于应对社会挑战, 但 CSE 特别关注流域规模的工作和操纵水文过程, 以造福人类。	与一些地区的 NBS 类似, 有时也可能是“基础设施”与“解决方案”之间的差异的同义词。	EA 的目的是平衡对人类需求的保护和管理。它不等同于 NBS, 但它的原则可用于 NBS 的设计, 以改善参与的利益相关者的范围并平衡不同的利益。	EBA 应该是 NBS 的一部分, 以确保解决方案适应气候。	在 NBS 设计和评估期间, ES 概念可以是考虑解决方案的极好方法; 然而, 它们的使用不应局限于单个或少数 ES 及其受益人。

2. NBS 在城市规划和生态社区中的应用

2.1. NBS 对城市规划的必要性

近年来，人们越来越重视通过审查生态系统方法与空间规划框架之间的交叉关系，了解规划提供生态无害成果的潜在途径，并从社会生态系统的角度考虑城市。由于空间规划固有地关注社会-生态相互作用，这种“从生态系统的角度转移到人们的地方”被认为是互动整体系统的一部分，确认知情规划可以在增强生态系统的有益功能方面发挥的作用[7]。

基于自然的解决方案已成为在空间规划政策和做法中实施生态系统服务方法的一个概念，以便将生态层面与传统规划问题充分结合起来。这一措施超越了传统的基于土地的“保护和维护”办法，转向更全面的生态系统办法，其中不仅包括保护，而且还包括加强、恢复、建立和设计以多功能和连通性为特点的新生态网络。在这种背景下，“以自然为基础的解决方案”已经成为用来涵盖自然与城市之间不断演变的关系多种方式。在城市规划和设计过程中，绿色基础设施、蓝色基础设施和生物模拟作为 NBS 工具，促进生态敏感的城市发展[7]。

最近出版的欧共体出版物“基于自然的解决方案和再自然城市”[8]概述了基于自然的方法的四个相互关联的目标：1) 通过确保基本的生态系统功能得到保护，并通过以自然为基础的方法促进城市复兴，加强可持续城市化；2) 恢复退化生态系统及其服务的功能；3) 发展气候变化适应和缓解措施，包括重新设计人为的基础设施和生产系统为自然生态系统，或开发基于自然的“节俭技术”，通过将灰色与绿色和蓝色基础设施相集成来降低能源使用；4) 通过利用基于自然的设计提高风险管理和复原力，该设计结合了多种功能和益处，如减少污染、碳储存、生物多样性保护、减少热应力和增强保水能力。

因此，在城市规划上应用的基于自然的解决方案强调了在服务和职能方面的多功能，包括排水管理、生境提供、生态连接、卫生和福利、娱乐空间、减少能源和气候变化、缓解和适应。这就提出了一系列标量干预措施，从城市范围生态网络的设计到提供娱乐功能和冷却/防洪服务的多功能城市公园，以及包括设计用来保持水(例如雨水花园、路边生物开关)和与诸如绿壁和绿色屋顶之类的构建系统的生活系统的集成以减少热应力的微尺度设计[7]。

在大城市，如大曼彻斯特，2011 年曾面临了城市热岛效应使高温加剧，城市地区由于建筑物和硬表面的热质量以及人为活动所释放的热量，相对于周围环境显示出较高的温度。在曼彻斯特市中心，气温可能比城市周边地区高出 5 摄氏度，这可能加剧极端气温对市中心社区福祉的影响。通过高质量系统审查发现，有强有力的证据表明，绿地对改善影响和减少热量都有积极的影响。其影响状态和热都与心血管疾病的死亡率密切相关，根据现有的评论，也有适量的证据表明与精神疾病和所有原因的死亡有关。这与心血管疾病相关的死亡率与自然环境之间关系的有力证据相对应[9]。这引起地方政府的重视，但是由于当地用地紧张并且城市规划不合理，最终导致大曼彻斯特只有一小部分的褐土地被提议作为休憩用地(31 处土地，或总共 609 公顷)，并且其绿化开放空间往往位于热岛效应覆盖范围之外，因此，它们的冷却效益可能不是最佳的[7]。

由此看出，在城市规划过程中增加绿色和蓝色区域面积是有必要的，因为绿地和水域会大大减轻城市高温的影响，从而减少对弱势群体的健康风险。而 NBS 似乎提供了一个良性的技术或生态修复来解决城市的可持续性难题，所以在城市规划过程中有必要 NBS 及绿色基础设施的应用纳入其规划框架内。

2.2. 案例分析

2.2.1. NBS 在城市生态社区建设的应用

近期欧盟通过了基于自然的解决方案和改造城市的研究和创新政策议程，旨在将欧盟定位为“与自

然一起创新”的领导者，以建立更可持续和更具复原力的社会。以提高欧盟政策层面的基于自然的解决方案的框架条件；为基于自然的解决方案开发一个欧洲研究和创新社区；为基于自然的解决方案提供证据和知识库；推动以创新为基础的解决方案的发展、吸收和升级[1]。如今在欧盟的大部分地区已经对 NBS 进行了大量的试点，目的是为基于自然的解决方案提供证据，促进其的研究和发展。

以下我将列举欧洲三个地区 NBS 在城市生态社区建设的案例，对案例采取的措施和取得的成效进行分析比较，探索其成功的原因和存在得限制性因素，并为 NBS 在城市生态建设方面实施提供机会，以显示 NBS 在土地管理和生态恢复方面的优越性。

通过对阿姆斯特丹市、柏林市、以及布达佩斯市的案例研究[10] [11] [12]发现，其在城市中采取 NBS 措施的目的存在着显著的相似性，即是提高城市规划的质量，增加绿地面积提升整个城市的生态连通性，以此作为城市增长的边界并且防止城市过度蔓延和扩展，以及加强对水资源进行管理，以降低灾害的风险。城市当局根据所要达到的目标制定相应的综合发展战略，编制绿色基础设施清单，对投资方向进行分析，并确定发展目标和行动领域。

根据表 2 我们能发现，NBS 的措施往往不是单独发挥作用的，其是与其他基于生态系统的方法的联系相结合的，以提升城市的水源涵养功能，调节地表径流等生态系统服务功能，达到促进可持续城市化，改变城市环境的形象，增加社区的主人翁感，增加幸福感，增加投资于 NBS 的意愿，提供健康福利；加强城市再生地之间生态连通性，增加生物多样性，提高绿色和蓝色基础设施的质量和数量，增加了文化的丰富性和生物多样性；减缓气候变化，降低中尺度或微型尺度的温度；增加降雨入渗/蓄水，减少对下水道系统的负荷的效果。

同时通过对案例的分析，我们发现其 NBS 应用取得成功的因素包括：政府积极鼓励利益攸关方参与，促进各方的有效合作，并举行会议和讨论，而市政当局提供资金的能力也至关重要。同时公众也参与城市地区绿色政策的设计，并有机会发表自己的观点和言论，并且鼓励当地人民和组织自行维护。通过这种自上而下的方式倡导合作，来为公民提供绿色空间。

案例中限制性因素也极其明显：城市管理缺乏能力以及筹资机制缺陷。这些筹资机制不允许相互合作和采取综合办法。例如，有必要与气候、能源、噪声和绿色区域的措施一起处理较不有利的社区发展的问题。然而，筹资机制通常只侧重于一个政策部门，这增加了与城市当局合作的困难，最终因为没有足够的资金去维持它们，被迫减少在 NBS 项目上的投资。

所以 NBS 对城市生态社区建设应用上仍然存在许多问题和挑战。

2.2.2. NBS 在应用中存在的问题和挑战

通过上述的案例对比分析发现，NBS 在城市应用过程中是存在限制性因素，这导致城市对 NBS 项目投资的降低，并且出现了项目竣工后监管不足的情况，这促进了各领域的专家进行研究。以下将从宏观的角度进行分析，NBS 面临的问题和挑战。

首先从概念出发。NBS 作为生物多样性和生态系统管理的一个新的总括概念，所面临的挑战。NBS 作为一个“伞式结构”的一个中心挑战是，如何或者在哪里划定其“自然”的界限或者范围。因为许多干预措施可能涉及到生物体或者生态系统过程的具体用途或者操作，因此这就需要人们根据项目的干预水平或者程度做出决定，其是否归于“自然”的范畴[6]。例如，转基因生物或生物模仿的发展是否被认为是 NBS？此外，多种可能使用自然的解决方案，包括小规模土地管理、生态系统恢复、人造表面的绿化，如城市的绿色屋顶或绿色墙壁，或广泛的气候变化缓解和适应措施，如植树造林、自然洪水控制等工程是否被认为是 NBS？所以自然的框架是具有挑战性的，其是否将生态系统作为一个整体看待，项目中是仅包含生物特性还是同时存在非生物特性(生物、化学、物理) [6]？

Table 2. Comparative analysis of case
表 2. 欧洲案例对比分析

案例分析比较			
案例	阿姆斯特丹-NBS 绿化城市和提高复原力	柏林-NBS 促进城市绿色连通性和生物多样性	用于气候恢复力和污染控制的 NBS-布达佩斯
采取 NBS 措施	城市公园、绿化城市、绿色街区、绿色走廊	城市绿化、绿色 Moabit: (雨水综合管理)、改造空置的城市地区、混交林种植、绿色步行	口袋公园和城市花园、更新城市公园、保护郊区和现有绿地的森林
生态系统服务功能的提升	<p>水管理：水流调节和径流缓解；</p> <p>空气质量：城市树木和森林城市温度调节空气质量的调节；</p> <p>公共卫生福利：基于自然的娱乐；</p> <p>社会正义凝聚力：以自然为基础的教育遗产、文化；</p> <p>绿地管理：生境和基因库监管、生命周期管理；</p> <p>与其他基于生态系统的方法的联系：基于生态系统的适应(EBA)、绿色基础设施(GI)</p>	<p>水管理：防洪调蓄；</p> <p>空气质量：城市树木和森林的空气质量调控城市温度调控；</p> <p>公共卫生福利：以自然为基础的娱乐；</p> <p>可持续城市再生：食物供给；</p> <p>社会正义凝聚力：以自然为本的教育遗产、文化；</p> <p>绿地管理：生境与基因库调控生命周期调控；</p> <p>与其他基于生态系统的方法的联系：基于生态系统的适应(EBA)、蓝绿色基础设施(GI/BI)、生态工程(EE)和集水系统工程(CSE)</p>	<p>水管理：水流调节和径流缓解。</p> <p>空气质量：通过减少二氧化碳来调节气候，调节城市树木和森林的空气质量，城市温度调节</p> <p>公共卫生福利：以自然为基础的娱乐</p> <p>社会正义凝聚力：以自然为本的教育遗产、文化</p> <p>可持续城市管制：粮食供应</p> <p>绿地管理：生境与基因库调控</p> <p>与其他基于生态系统的方法的联系：基于生态系统的适应(EBA)、基于生态系统的减少灾害风险(Ecodrr)、绿色基础设施(GI)、自然保水措施(Nwrm)</p>
NBS 产生的多重效益	<p>加强可持续城市化：增加绿色开放空间的可及性，增加福祉</p> <p>恢复生态系统及其功能：增加生物多样性，增加绿色和蓝色基础设施的质量和数量</p> <p>发展减缓气候变化：碳固存和储存，更节能的建筑</p> <p>发展气候变化适应：改善风险管理和复原力：减少径流，降低细观尺度或微观尺度下的温度</p>	<p>促进可持续城市化：改变城市环境的形象，增加社区的主人翁感，增加幸福感，增加投资于 NBS 的意愿，提供健康福利，降低水处理费用</p> <p>恢复生态系统及其功能：城市再生地之间加强生态连通性，增加生物多样性，提高绿色和蓝色基础设施的质量和数量，增加了文化的丰富性和生物多样性</p> <p>发展减缓气候变化：碳固存和储存更节能的建筑物</p> <p>发展适应气候变化，改进风险管理和复原力：增加入渗/蓄水，增加入渗，减少对下水道系统的负荷，降低中尺度或微型尺度的温度</p>	<p>促进可持续城市化：改变城市环境的形象，改善空气质量，增加社区的主人翁意识，增加社会互动，增加健康福利的提供</p> <p>恢复生态系统及其功能：改善绿色和蓝色基础设施的连通性和功能性，增加生物多样性目标的实现，增加生物多样性，增加文化丰富性和生物多样性</p> <p>发展适应气候变化：改善风险管理和复原力：增加入渗/蓄水、增加入渗、减少中观或微观尺度的径流、降低温度</p>
成功和限制性因素	<p>在城市中实施以自然为基础的解决方案所需的实际知识(例如对土壤条件的了解)往往不存在。(所以需要跨学科)</p> <p>城市与当地社区之间的关系，以其综合的观点，与单一的具体的想法，并不总是容易的</p>	<p>维持绿地增加了各地区的负担，因为它们没有得到足够的资源来维持它们，甚至被迫减少在绿地上的开支，以便它们能够支付其他开支(Rosol, 2006)</p> <p>然而，有限的资金迫使实施创新措施，并与自下而上的倡议合作，为公民项目提供了空间，如 <i>prinzessinnengarten</i>。在柏林，城市规划和绿色规划似乎很好地结合在一起，采用创新的规划方法，例如利用生物多样性地区因素和执行 NBS。以往的创新性试验、土地占用和针对以往城市发展战略的民间抗议，部分导致人们更广泛地了解绿色基础设施的重要性，这在一定程度上反映在目前的城市规划系统中。(或在文章下面体现)</p>	<p>NBS 的关键成功因素是不同城市和利益攸关方之间的有效合作。市政当局合作和提供资金的能力也至关重要。由于匈牙利依赖欧盟资金，因此必须在有关呼吁中明确提及 NBS，以便进一步发展 NBS 项目</p> <p>由于缺乏能力和知识(例如语言、时间压力、当局的结构和缺乏数据)，限制因素包括与城市当局合作的困难。它们还包括缺乏供资机制(例如，不同区域没有具体规定供资机制)。该项目发现的另一个主要困难是，虽然成功创建了一个软件工具，但在改进该工具时没有适当的后续行动</p> <p>NBS 的发展面临的其他障碍包括城市管理缺乏能力以及筹资机制的狭隘重点。这些筹资机制不允许相互联系和采取综合办法。例如，有必要与气候、能源、噪声和绿色区域的措施一起处理较不利的社区的社会需要。然而，筹资机制通常只侧重于一个政策部门</p>
监测与评价	没有对城市如何实现其战略目标进行全面监测	对城市社会和环境状况的监测没有考虑到具体项目的影响	尚未执行一致的监测和评价

其次从 NBS 设计的角度出发。在大多数情况下，关于 NBS 设计、成本、地点和规模以及管理强度的关键决策将涉及到各种各样的利益相关者，他们可能有不同的想法和预先存在的方法来管理他们的问题，所以“解决方案”由于具有多种权衡的系统性问题而不可轻易的分解为“简单”的解决方案[13]。那么，NBS 如何确保所有相关利益攸关方都得到考虑和民主参与，同时考虑到社会凝聚力和公平？在为 NBS 创建和选择选项时，如何协调相互冲突的目标和利益？如何预测和评估 NBS 的任何不同结果，如何判断公平？

所以应该确保多个利益相关方的参与，他们的参与被认为为规划和提供环境管理改进的过程带来了三种类型的好处：1) “实质性”利益，作为利益攸关者观点、条件和知识告知和改进规划；2) “工具性”利益，因为这一进程变得更好地理解 and 更可接受利益攸关方，因此得到更好的支持和 3) “规范”利益，因为利益攸关方的参与增加了进程的合法性，并普遍支持民主，这些好处可转化为 NBS 的设计，但要求利益攸关方通过 NBS 进程有意义地参与和授权[6]。

并且要确保多学科知识的合理利用。NBS 项目将需要与跨科学领域的跨学科工作增加结合起来。因为在设计 NBS 时，不确定性将是普遍的特征，在许多情况下，NBS 处理复杂的社会-生态系统，其对管理和自然因素的响应通常是非线性的、异构的和不完全的[6] [14] [15]。将生态问题与社会科学想结合，构造出社会-生态模型，社会-生态模型可以成为跨学科学习过程的一部分，在这种过程中，解决问题和解决办法，包括价值观和目标，由专家、实践者和利益攸关方进行审议，并在需要时加以调整。这种做法可为公民参与创造重要机会，并可导致纳入地方知识、环境和地方经济，并增进对不确定性和复杂性的理解。而把社会因素考虑在内这也将确保 NBS 不仅在生态方面起作用，而且还将避免它们在经济上是不可行的或在社会上站不住脚的。

最后从 NBS 项目投资的资金供应出发，通过上文的案例分析比较我们也发现基于自然的解决方案的大部分投资全部或部分由公共投资支持。NBS 项目在获得投资过程中存在风险和挑战：第一，私人投资也将产生公共利益(如防洪)；第二，投资回报通常比其他投资机会的风险更高，期限更长。同时，重要的是要认识到只有在建立业务模式(利润或非营利组织)的情况下才能实现投资回报，才能实现私人投资[13]。所以如何找到新投资和融资模式尤为重要。

3. 欧洲 NBS 应用案例对云南低丘缓坡开发的启示

中国目前面临着工业化、城镇化和农业现代化同步推进的阶段，在这一阶段，不可避免的出现土地资源在开发利用的过程中面临更为尖锐的矛盾问题。山地、丘陵由于受到自身的条件限制，利用率并不高，耕地保护、基本农田保护、建设用地保障形势严峻，同时后备土地资源呈现严重不足态势，用地供需矛盾突出，土地整治面临的任务异常艰巨。在目前这样一种整体大环境下，同时从中国人多地少、土地资源不足、山地丘陵面积较大的国情出发，推进低丘缓坡土地的开发利用成为必要的趋势。同时，低丘缓坡的开发利用也是在新形势下落实“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”基本国策的国家一级的土地开发战略，对于促进经济社会可持续发展和土地资源协调利用具有重要意义。

低丘缓坡土地通常指的是地表起伏不大、坡度较缓、地面崎岖且由连绵山丘组成的土地资源，一般分布在海拔 300 m 以下，坡度在 6°~25°之间的丘陵地带，是未来国土空间优化开发的重心[16] [17] [18] [19]。相对于平原地区，低丘缓坡地区地形、地质地貌更为复杂多样，具有脆弱性、生态敏感性高等多种特征，同时其开发建设的难度更高，基础设施的建设成本高，面临着生态环境在开发过程中遭到不同程度破坏的影响。以云南地区为例，随着近年来城镇化速度的不断加快，建设用地扩张和耕地保护之间的冲突日益激烈，而山地城镇化的建设主要是由农用地向建设用地的转移，这一趋势不可避免的对生态环境造成了一定程度的影响和破坏。随着人口数量的增加，研究区生态问题日益凸显。而云南省山地资源

丰富,能否在一定程度上加大山地开发,减少耕地的占用以期满足不断增长的人口和城市扩张需求,成为专家学者们重点关注的热门话题。并且云南省是全国最早、也是唯一在全省范围大规模开展低丘缓坡山地开发试点工作的省份,五年来全省已批准实施低丘缓坡山地开发项目区域已达 158 个。目前按照云南省山地城镇化和区块建设的总体思路,主要将城镇化的建设向山地、缓坡地转移作为发展的方向。在这一进程中,适时适地适度地开发低丘缓坡、进行山地城镇化建设,发展生态可持续的低丘缓坡山地城镇显得愈发重要。而基于自然的解决方案的出现为云南省的低丘缓坡开发提供了全新的思路,欧盟更是大力倡导基于自然的解决方案和改造城市的研究和创新,其旨在将欧盟定位为“与自然一起创新”的领导者,以建立更可持续和更具复原力的社会。同时为基于自然的解决方案开发欧洲研究和创新社区,为基于自然的解决方案提供证据和知识库。通过对欧洲基于自然解决方案的生态社区的案例的研究,以此来发掘可借用于云南低丘缓坡开发的欧洲经验。

3.1. 国内研究现状/进展

目前对于我国在低丘缓坡方向上的开发和利用,国内的专家学者主要从两个方面进行了探索:1)从生态安全方面对低丘缓坡山地开发过程中引起的环境问题进行分析并提出相应的对策建议。2)借鉴国内外山地的开发建设经验,结合中国不同地区的现状和发展情况,研究在低丘缓坡的开发利用的适宜性以及山地城镇化建设的可持续性。

近年来,由于中国国情的需要,对低丘缓坡的开发利用越来越受到重视,尤其是在云南地区,因为,国内学者也对其从不同角度进行了探索。朱晓云等[20]以浙江省余姚市为例,充分考虑地形特征、植被覆盖特征、土壤特征以及区位条件等,对研究区域内低丘缓坡耕地开发利用潜力和建设用地开发潜力进行评价;王卫林等[21]利用 GIS,利用层次分析法分析云南省曲靖市山地城镇化建设下不同土地利用类型的生态风险权重;吕杰等[19]根据云南特殊环境下的低丘缓坡实际情况,采用 AHP-SWOT 方法,从定性和定量角度对宜良县低丘缓坡土地资源开发利用战略进行研究;刘焱序等[22]基于有序加权平均方法,以大理白族自治州为例,进行低丘缓坡区域建设开发适宜性评价;李靖等[23]将有序加权平均方法(OWA)和 GIS 平台相结合,以重庆市巴南区为例,构建了低丘缓坡土地适宜性评价指标体系,模拟出不同政策情景下的开发建设适宜性情况;王旭熙[24]等以四川泸县为例,基于 GIS,应用最小累计阻力模型建立泸县景观生态安全格局,对位于不同安全水平的低丘缓坡土地资源进行分类并提出相应的低丘缓坡开发利用规划;李红波等[25]构建了基于元胞生态位适宜度模型的低丘缓坡土地开发建设适宜性评价体系;黄杉等[26]探索了开化县城关工业区低丘缓坡转化为城镇建设用地的思路与方法体系。

3.2. 欧洲案例对云南低丘缓坡山地开发的启示

云南省低丘缓坡山地开发的试点项目中,其开发后的功能定位包括:工业园区、生态休闲度假与旅游结合、生态旅游度假与居住区结合,其中工业园区是最主要的用途,并且开发为工业园区对山地的生态系统的损害也是最大的,其大量的占用了耕地和林地,导致该项目区生态系统服务功能中水源涵养、土壤保持和固碳释氧等功能遭到削弱。

这主要与低丘缓坡山地开发的特点和方式有关。其开发特点包括:1)道路交通系统复杂。山地区域山水阻隔,地形起伏,增加了交通联系的复杂性和难度,其突出表现为由于受地形明显变化影响而呈现的多样性、立体性的特点。2)场地平整的土石方、防护工程大。3)山洪问题突出。山地城镇雨水集中,由于地形高差大,山洪流速大,容易引发泥石流、滑坡等灾害。4)开发较易形成新的生态脆弱区。由于山地地形复杂,地质灾害频发,开发难度较大,投入成本增加。在开发时,对山地进行边坡的治理、护坡修建、绿化隔离、防洪泄洪处理、地质灾害防治是有必要的,但是由于资金不足,导致的环保措施跟

不上,使开发后的山地易成为生态脆弱区[27][28]。

同时在开发过程中由于过于追求效益的最大化,导致弱化山水环境,逐步向山体扩张。同时,由于山地城镇受高山等自然条件的影响,导致大多规模较小,空间分布不均,缺少联系,使得过度依赖本地资源,其中矿产资源的挖掘是极为普遍的现象,这导致了自然基质被的破碎以及硬化、自然斑块的萎缩、自然廊道的断裂,从而导致山地城镇热导效应严重,次生灾害频发[28]。

从山地开发面临的问题以及主要损失的生态系统服务功能入手,借鉴欧洲经验,主要采取的措施有以下两点:

1) 政策措施

国家及省政府应该重视低丘缓坡山地开发,以及开发后的生态保护。因为低丘缓坡山地开发实现了建设用地的转移,减缓占用耕地的压力,保留优质耕地,但在开发中不可避免造成生态破坏,而又由于山地开发困难大、地形复杂、地质灾害频发,如果在低丘缓坡山地开发中以及开发后不重视生态保护,那么山地开发最终只会以失败告终。所以应该在国土空间规划的指导下,制定低丘缓坡的山地开发规划,并且把“绿色基础设施战略”归入其中,在开发的同时应该力求促进生态的多样性和连通性;并且应该设立“绿色基金”,通过政府直接或者公民以及其他非政府组织来提供资金,以作为绿色项目的建设和管理资金来源;政府应鼓励广泛的利益攸关方以及公众参与地区绿色设施的设计,提高各方的积极性。

2) 绿色基础设施建设

因为低丘缓坡山地开发主要是导致生态系统服务功能中的水源涵养、土壤保持等功能的削弱,所以根据欧洲案例中采用 NBS 措施达到的生态效益为启发,可采取以下措施来提升低丘缓坡地区的生态系统服务功能。

建设绿色走廊。绿色走廊的建立确保了具有高价值特性的区域之间的更大连接,防止因为开发过程中导致的绿色隔离,从而提升低丘缓坡开发区与周边景观和绿色植被连通性。同时,这些走廊具有额外的好处,包括增加的蒸散量、减少的热应力、增加的碳储存能力(碳封存)、增加的降雨渗透,调节径流。在城市中建立绿色走廊也是当地生态恢复的一个机会。额外的绿地也可用于娱乐、体育和休闲活动,从而改善健康。

雨水综合管理。云南大部分地区夏季降雨频繁,而低丘缓坡开发后,大量的路面硬化,土壤减少,水源涵养能力下降,容易引发地质灾害。该措施实施的目的是将蒸散速率提高到与森林地区相似的水平。它以公共和私人开放空间为目标,包括屋顶、立面和庭院。利用雨水灌溉公共绿地将减少饮用水的使用。加强雨水储存和蒸发将减少污水溢出和废水处理费用。

种植混交林。对于功能地位为生态旅游度假和居住区的可采取该措施。这项措施的目的是通过保护和加强生物多样性,提高城市森林对气候变化的适应能力。从针叶树种到原始树种的转变将:提高和保护森林的蓄水能力;补充用于城市饮用水的地下水储备;在强降雨情况下降低洪峰水位。重新建立森林物种多样性的原始模式有助于防止虫害的蔓延,并提高对森林火灾和干旱对气候不利影响的复原力。此外,森林是重要的碳汇,有利于该地区固碳释氧功能的提升。增加进入绿色开放空间的机会,加强生态连通性,有利于调节中观或微观尺度的温度。

通过基于自然的解决方案,来减少低丘缓坡开发过程中导致的生态价值的流失,使山地城镇化建设的重大战略实现其可持续发展。

4. 结论

NBS 是一种具有成本效益、同时提供环境、社会和经济利益并帮助建设复原力性质的解决方案[1]。其在城市规划和生态社区建设中尤为体现,其将生态层面与传统规划问题充分结合起来,超越了传统的

过于重视经济和城市发展的层面, 转向更全面的生态系统办法, 其中不仅包括保护, 而且还包括加强、恢复、建立和设计以多功能和连通性为特点的新生态网络, 确保基本的生态系统功能得到保护, 并通过以自然为基础的方法促进城市复兴, 加强可持续城市化, 以实现经济和生态的协同发展。

然而 NBS 同样面临着挑战。如: NBS 的概念界定问题, 因为 NBS 的伞式结构, 与其它一些生态系统方法存在重叠, 并且该术语已经多样化。在美国“以自然为基础的工程”和“以自然为基础的基础设施”为主, 用于支持抗灾能力和减少洪水风险的行动[6], 而自然保护联盟和欧盟对 NBS 的定义又有所不同。这也使得 NBS 的概念显得模糊。所以如何定义 NBS 成为了难题。另一难题是, 在 NBS 的设计的过程中如何实现多专家跨学科的交流以及利益攸关者跨界的交流, 来制定出相应合理的 NBS。以及最终 NBS 项目的资金运行来源问题。问题的产生, 表明人们正在持续关注 NBS, 这其实是有利于 NBS 的发展。因为 NBS 很有可能是一种趋势, 通过其来应对全球的一些生态问题。

反观国内或是云南, 低丘缓坡山地开发, 城镇上山其实是一种战略和趋势。在建设用地和耕地的用地冲突越来越激烈的情况下, 城镇上山是一种发展趋势, 因为其实现地类的转移, 保留优质耕地, 同时又保证了建设用地。但若要使低丘缓坡山地开发可持续的发展, 那就要实现开发中和开发后的生态保护和保持与周边生态的连通。而 NBS 是可用作解决该类问题的手段。问题是如何借鉴国外先进的 NBS 案例, 并结合云南地区的特点, 设计和实施 NBS 是目前一个较大的问题。这既是机遇也是挑战。

参考文献

- [1] European Union (2020) Nature-Based Solutions. <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>
- [2] MacKinnon, K. and Hickey, V. (2009) Nature-Based Solutions to Climate Change. *Oryx*, **43**, 13-16.
- [3] MacKinnon, K., Dudley, N. and Sandwith, T. (2011) Natural Solutions: Protected Areas Helping People to Cope with Climate Change. *Oryx*, **45**, 461-462. <https://doi.org/10.1017/S0030605311001608>
- [4] Maes, J. and Jacobs, S. (2015) Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters*, **10**, 121-124. <https://doi.org/10.1111/conl.12216>
- [5] Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (2016) Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges. International Union for Conservation of Nature, Gland, 97. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- [6] Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K.N., Rusch, G.M., Waylen, K.A., Delbaere, B., et al. (2017) The Science, Policy and Practice of Nature-Based Solutions: An Interdisciplinary Perspective. *Science of the Total Environment*, **579**, 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- [7] Scott, M., Lennon, M., Haase, D., Kazmierczak, A., Clabby, G. and Beatley, T. (2016) Nature-Based Solutions for the Contemporary City/Re-Naturing the City/Reflections on Urban Landscapes, Ecosystems Services and Nature-Based Solutions in Cities/Multifunctional Green Infrastructure and Climate Change Adaptation: Brownfield Greening as an Adaptation Strategy for Vulnerable Communities?/Delivering Green Infrastructure through Planning: Insights from Practice in Fingal, Ireland/Planning for Biophilic Cities: From Theory to Practice. *Planning Theory & Practice*, **17**, 267-300. <https://doi.org/10.1080/14649357.2016.1158907>
- [8] European Commission (2015) Towards an EU Research and Innovation Agenda for Nature-Based Solutions and Re-naturing Cities. CEC, Brussels.
- [9] van den Bosch, M. and Sang, Å.O. (2017) Urban Natural Environments as Nature-Based Solutions for Improved Public Health—A Systematic Review of Reviews. *Environmental Research*, **158**, 373-384. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>
- [10] Oppla (n.d.) Amsterdam—NBS for Greening the City and Increasing Resilience. <https://oppla.eu/casestudy/19449>
- [11] Oppla (n.d.) Berlin—NBS for Urban Green Connectivity and Biodiversity. <https://oppla.eu/casestudy/19454>
- [12] Oppla (n.d.) Budapest—NBS for Climate Resilience and Pollution Control. <https://oppla.eu/casestudy/19444>
- [13] Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Collier, M.J., Kendal, D., Bulkeley, H., Dumitru, A. (2019) Nature-Based Solutions for Urban Climate Change Adaptation: Linking Science, Policy, and Practice Communities for Evidence-Based Decision-Making. *BioScience*, **69**, 455-466. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042>
- [14] Seastedt, T.R., Hobbs, R.J. and Suding, K.N. (2008) Management of Novel Ecosystems: Are Novel Approaches Re-

- quired? *Frontiers in Ecology and the Environment*, **6**, 547-553. <https://doi.org/10.1890/070046>
- [15] Suding, K.N., Gross, K.L. and Houseman, G.R. (2004) Alternative States and Positive Feedbacks in Restoration Ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, **19**, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.10.005>
- [16] 熊桉, 周元武, 廖长林, 付宏, 李博. 耕地保护背景下破解建设用地瓶颈研究——基于湖北省土地三项试点的考察[J]. 农业经济问题, 2014, 35(2): 59-64.
- [17] 赵力强. 科学开发低丘缓坡探解保发展保耕地两难——以浙江丽水市为例[J]. 中国国土资源经济, 2013, 26(3): 9-13, 39.
- [18] 周骏. 低丘缓坡开发的规划方法研究——以大田县压铸机械加工城控制性详细规划为例[J]. 规划师, 2011, 27(5): 41-45.
- [19] 吕杰, 袁希平, 甘淑. 低丘缓坡土地资源开发利用战略分析研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(35): 225-229.
- [20] 朱晓芸. 低丘缓坡土地资源开发利用评价研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [21] 王卫林. 山地城镇化建设背景下的土地利用生态风险分析[J]. 水土保持研究, 2016, 23(6): 358-362.
- [22] 刘焱序. 基于OWA的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3188-3197.
- [23] 李靖, 廖和平, 蔡进. 基于风险评价的低丘缓坡土地开发建设适宜性情景模拟——以重庆市巴南区为例[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 967-979.
- [24] 王旭熙, 彭立, 苏春江, 徐定德, 陈田田. 基于景观生态安全格局的低丘缓坡土地资源开发利用——以四川省泸县为例[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3636-3654.
- [25] 李红波, 张慧, 赵俊三, 袁磊. 基于元胞生态位适宜度模型的低丘缓坡土地开发建设适宜性评价[J]. 中国土地科学, 2014, 28(6): 23-29+97.
- [26] 黄杉, 陈前虎, 梁影君, 姚宏平. 浙江省开化县城关工业低丘缓坡开发的评价方法与利用策略[J]. 中国土地科学, 2009, 23(6): 31-38.
- [27] 杨远琴, 任萍, 洪步庭. 基于生态安全格局的三峡库区腹地低丘缓坡土地开发利用[J]. 水土保持研究, 2019, 26(3): 305-310, 317.
- [28] 张洪. 低丘缓坡山地开发土地规划及监管技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 11.