

英国蓝绿系统方法剖析及对我国海绵城市建设的启示

刘 曦¹, 孔露霆², 丁兆晖³, 任心欣², Cedo Maksimovic⁴

(1. 中国城市规划设计研究院 水务院, 北京 100037; 2. 深圳市城市规划设计研究院有限公司 市政规划院, 广东 深圳 518000; 3. 上海市政工程设计研究总院<集团>有限公司 水利水运院, 上海 200092; 4. 帝国理工学院 土木与环境工程院, 英国)

摘 要: 我国正处于城镇化快速发展时期,城市建设高速发展的同时面临着水环境污染、水安全缺乏保障、水资源紧缺、水生态被破坏等一系列问题。近年来,英国提出了蓝绿系统方法以解决城市环境问题,增强城市可持续性和韧性,这一方法强调以系统、量化的方式对城市水资源(蓝色系统)和城市植被系统(绿色系统)进行综合规划、设计、建设和管理,并鼓励利益相关者广泛参与规划设计过程。详细介绍了英国蓝绿系统方法包含的内容,同时,通过国内外案例来分别体现蓝绿系统方法的不同特点,旨在为我国海绵城市建设提供有效借鉴。案例表明,通过应用系统、量化的方法进行规划设计,蓝绿设施能获得很高的协同效益。

关键词: 蓝绿系统方法; 协同效益; 量化评估; 海绵城市建设

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0024-06

Analysis of the British Blue Green Solutions and Its Enlightenment to China Sponge City Construction

LIU Xi¹, KONG Lu-ting², DING Zhao-hui³, REN Xin-xin², Cedo Maksimovic⁴

(1. *Water & Infrastructure Institute, China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100037, China*; 2. *Municipal Planning Department, Urban Planning & Design Institute of Shenzhen, Shenzhen 518000, China*; 3. *Water Resources & Transport Design Institute, Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China*; 4. *Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, UK*)

Abstract: China is in the stage of rapid urbanization. The accelerating development of urban construction brings a series of problems, such as water environmental pollution, lack of water security, shortage of water resources and destruction of water ecology. To solve this kind of problems and enhance urban sustainability and resilience, in recent years, the UK proposed a Blue Green Solutions (BGSs). This approach emphasized the systematic and quantitative approach to the comprehensive planning, design, construction and management of the urban water resource (blue system) and the urban vegetation system (green system), and encouraged stakeholders to participate actively in this process. This paper introduced BGSs in detail, and exhibited domestic and foreign cases to reflect the different characteristics of BGSs, in order to provide effective reference for the sponge city construction in China. The cases showed that the blue green infrastructures could obtain high synergy benefit through systematic and

quantitative planning and design.

Key words: blue green solutions; synergy benefit; quantitative assessment; sponge city construction

由于城市的开发和建设改变了原有的水文特征和自然生态本底,一系列的城市环境问题随之而来:水环境遭受污染、水安全缺乏保障、水资源紧缺、水生态被破坏、食物和淡水等重要资源压力增大,交通运输导致空气污染问题加剧,生物多样性降低,健康风险增加等。在气候变化的背景下,水灾、旱灾等气候灾害事件频发,城市环境问题伴随着这些灾害事件的频发而日益凸显^[1-3],对世界范围内城市的居民及财产都造成了巨大的威胁。

2013年,我国提出建设海绵城市要求,旨在达到修复城市水生态、涵养水资源,增强城市防涝能力、提高新型城镇化质量等多重目标。明确定义海绵城市是指通过加强城市规划建设管理,充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,有效控制雨水径流,实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式^[4-6]。

城市环境问题并非中国特色,发达国家在快速城镇化过程中,通过调整城市规划、建设和管理理念,有效缓解了城市环境问题,促进人与自然的和谐发展。英国提出可持续发展设计(SUDs),日本和德国发展了完善的雨洪管理体系,美国和澳大利亚分别提出了低影响开发(LID)及水敏感城市设计(WSUD),这些理念与我国海绵城市的建设理念有异曲同工之妙,认为将基于自然的蓝绿设计(Nature-based solutions, NBSs)引入城市的规划、建设和管理中,是缓解城市环境压力和提高城市应对气候变化弹性的有力措施。

近年来,由英国帝国理工学院 Cedo Maksimovic 教授领导的欧盟可持续发展城市系统项目,提出了蓝绿系统方法(Blue Green Solutions, BGSs)^[7]以解决城市环境问题,增强城市可持续性和韧性。蓝绿系统方法强调以系统、量化的方式对城市水资源(蓝色系统)和城市植被系统(绿色系统)进行综合规划、设计、建设和管理,并鼓励利益相关者广泛参与规划设计的过程。这一方法拓展了可持续发展设计和水敏感城市设计的理念,创建了一个系统化、量化的框架来全面量化蓝绿设施可提供的生态系统服务,形成了蓝绿方案,以实现蓝绿设施功能的最优

使用。

1 蓝绿系统方法

1.1 蓝绿系统方法的内容和设计目标

在城市环境中,蓝绿设施可提供的生态系统服务不仅可以减轻水环境问题,还可以缓解城市热岛效应、空气污染和资源短缺等其他环境问题(见图1)。在大多数城市设计项目中,蓝绿设施的生态效益并没有得到充分的衡量。设计者在使用某种蓝绿设施时往往仅考虑其单一功能,例如树木的遮阴功能、雨水花园的净化功能或者植物单纯提供的美化功能,从而忽略了蓝绿设施能提供的其他生态效益。事实上,蓝绿设施能给城市环境中不同的群体提供多重的生态效益。例如,城市中的树木除了美学价值外,还能缓解城市热岛效应、降低暴雨洪涝的风险、减少噪声污染和空气污染,以及作为风障。树木的这些生态效益与城市微气候、城市建筑群、室内舒适度、能源消耗量和室外环境质量都产生了交互作用,提供多重协同效益。



图1 蓝绿设施可提供的生态系统服务

Fig. 1 Ecosystem services provided by blue green infrastructures

蓝绿系统方法旨在提出具有显著增强城市水资源、城市植被系统与城市各群体之间的生态协同效益的多功能蓝绿设施设计方案(见图2)。蓝绿设施的多重生态效益只有在系统性规划的前提下,才能被全面衡量和合理应用,并与当地的自然环境产生良性互动,同时产生协同效应。蓝绿系统方法通过系统地识别和量化评估蓝绿设施的多种生态效益以及交互关系,来精确地选定蓝绿设施的类型和位置,以形成高效率、高成本收益、多功能的城市规划方案。

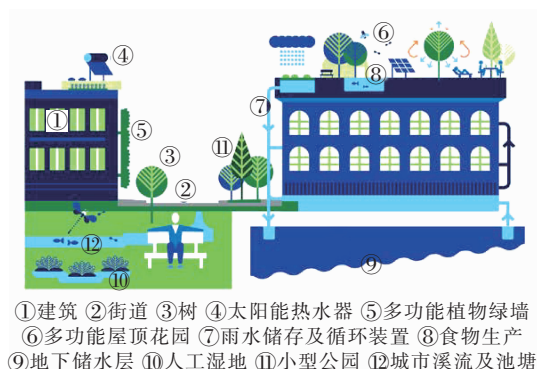


图2 蓝绿设施与城市组件间的协同效益

Fig.2 Synergistic effects between blue green infrastructures and urban components

蓝绿系统方法的设计目标包括:①帮助城市在气候变化的背景下,最大限度地提高城市“弹性”;②提高资源利用的效率;③提高城市居民生活的舒适度。蓝绿系统方法可适用于不同气候和社会经济状况,不同尺度(从单体建筑到整个城市)以及不同类型(新建和改造项目)的项目,帮助企业、公共机构和城市达到可持续发展的目标。

1.2 蓝绿系统方法的创新与设计

1.2.1 关键创新点

蓝绿系统方法区别于传统蓝绿设施规划设计方法的关键创新点有:

① 全面识别并量化评估蓝绿设施的多种生态效益及交互关系,以达到降低生命周期成本和增强生态协同效益的目的。传统的设计方案中蓝绿设施往往只能解决单一问题,设计者缺乏对环境问题的全面分析,无法提出解决多重环境问题的最优设计方案。而在蓝绿系统方法实施过程中,将利用最优设计方案来同时缓解多种环境问题,如城市热岛、地表水洪水等,从而以更低的成本创造最大化的生态效益。

② 在使用蓝绿系统方法的过程中,需要具备实施能力和知识的专家,因此蓝绿系统方法为城市规划工作增加了一个新的参与群体——蓝绿团队。蓝绿团队的主要职责是与城市蓝绿设施相关的不同部门机构和专业协同工作,设计并监督蓝绿系统方法的实施。

③ 为确保蓝绿设施的多重生态效益被全面识别和合理量化评估,蓝绿系统方法鼓励并组织所有利益相关者参与规划的初期阶段,以提出完善、综合

的规划方案。

1.2.2 关键设计方法

对应以上的关键创新点,区别于传统的规划设计方式,蓝绿系统方法主要包含以下两方面的关键设计方法:

① 在规划初期阶段(Pre-planning),利用目标导向规划矩阵(Goal Driven Planning Matrix, GDPM)完成蓝绿设计概要(见图3)。在传统设计过程中,同一设计团队的不同专业设计人员通常只会出于本专业的需要而进行设计。因此,传统设计过程是片断式的,提出的方案没有考虑到蓝绿设施与城市其他元素之间的协同效益。在蓝绿系统方法中,通过蓝绿专家的有效组织,利用专业研讨会、公众问卷、部门沟通会议等方式,鼓励和协调利益相关者广泛地参与项目的预规划阶段,共同进行全面系统的问题分析,以明确项目的设计目标和考核指标。通过系统分析设施与城市环境之间的协同效益,量化分析比较备选方案,明确最优的综合解决方案,完成蓝绿设计概要。

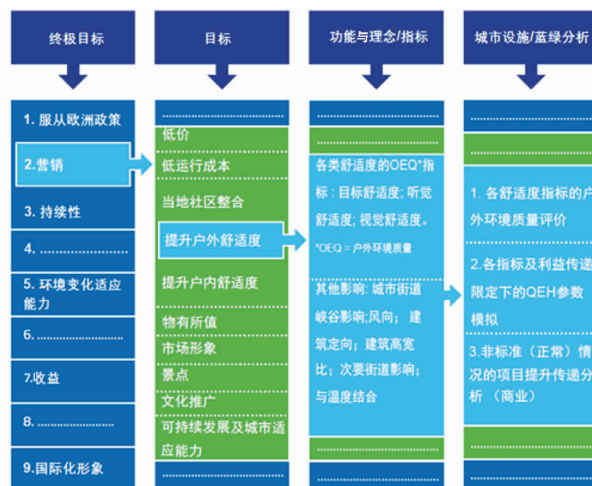


图3 目标导向规划矩阵的案例示意

Fig.3 An example of GDPM

蓝绿系统方法中涉及的利益相关者主要包括项目的战略制定者、开发人员、规划人员、审计人员、项目用户、资产管理者及项目的审批机构。通过协商、咨询、调研的方式,鼓励并组织上述利益相关者参与预规划阶段,以确保最终方案能代表所有利益相关者的需求,并最大化相关者的利益。与传统设计方法相比,在蓝绿系统方法设计概要的准备过程中,各利益相关者的参与程度和范围得到显著提高,具体见表1。

表 1 蓝绿系统方法中利益相关者参与程度

Tab.1 Level of stakeholder involvement in production of design briefs

利益相关者	传统设计概要	蓝绿设计概要
战略制定者	●	●
开发人员	●	●
规划人员	●	●
审计人员	●	●
项目用户	●	●
资产管理者	●	●
项目的审批机构	●	●

注: ● 完全参与; ● 部分参与; ● 不参与。

② 全面识别和量化评估蓝绿设施与城市元素之间的协同效益,以及它们对项目质量和生命周期的成本影响。实践中,主要通过交互矩阵、成本依赖矩阵和气候弹性矩阵三个设计工具的系统性应用来完成量化过程(见图 4)。传统的规划设计过程中,景观设计师往往设计绿色植物使其具有美学效果,或进一步尽可能使其为建筑物提供遮阴作用以保证舒适性;而其他的生态功能,例如蒸发冷却作用和植物修复功能(土壤净化和水净化)等,则常常被忽略。城市组件之间往往会产生交互作用,一些交互作用能产生协同效益并为项目带来好处。因此,所有的交互作用需要被系统地明确、建模和量化,以使设计团队能够使用量化的性能指标做出决策。蓝绿系统方法的最终目标是使用最佳成本的方案实现最高水平的生活环境质量,这需要通过优化城市组件之间的交互作用来实现。

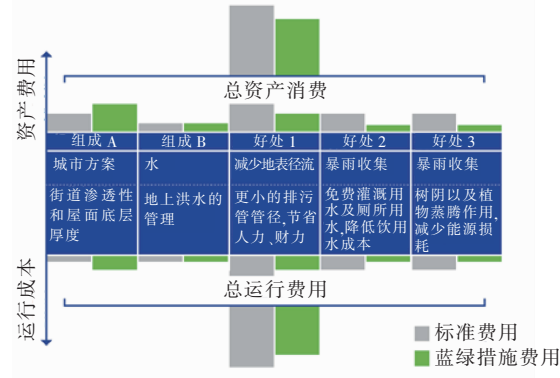


图 4 成本矩阵的案例示意

Fig. 4 An example of cost dependence matrix

2 蓝绿系统方法的案例分析

以英国伦敦帝国理工学院案例及深圳腾讯滨海大厦案例为例,分别体现蓝绿系统方法的不同特点,

旨在为我国海绵城市建设提供借鉴。

2.1 伦敦帝国理工学院案例

伦敦帝国理工学院学生宿舍楼位于伦敦市中心肯辛顿区,包含 453 间宿舍,楼高约 30 m。在 2009 年建成时,宿舍楼已经建有简单式的屋顶花园,但由于选取的系统简单、植物种类多为低矮的景天科植物,屋顶的生态环境效益明显不足。2012 年,校园管理者提出可持续校园改造计划,其中包含改造简单式的绿色屋顶,设计目标为提高美观功能,同时兼具生态功能性。

在校园改造计划提出后,设计团队使用蓝绿系统方法,通过实地调研、发放问卷、开座谈会等方式,广泛收集校园管理者、住宿学生、大楼运维人员、周边居民、区政府管理人员等对改造计划的建议。首先,由校园管理者确定改造的整体目标,即提高屋顶绿化的美观及功能性。然后,由蓝绿设计团队配合管理者将整体目标拆分为可量化的考核指标,例如生物多样性、人体舒适程度、雨水利用等。接下来,蓝绿设计团队人员与住宿学生、大楼运维人员、周边居民、区政府管理人员一起明确各个利益相关者着重使用的功能,并为满足每个利益相关者的要求设计备选的概念性解决方案。最后,校园管理者在蓝绿设计团队的协助下,量化评估各备选方案,选择具有蓄水功能的花园式绿色屋顶技术作为最优设计方案,并据此来制定详细的蓝绿设计概要。

为了验证蓝绿系统方法在量化评估蓝绿设施生态效益时的有效性,在花园式绿色屋顶改造完成后,蓝绿设计团队对设计方案的效果进行了长期的实地监测(见图 5)。



图 5 帝国理工学院绿色屋顶

Fig. 5 Multifunctional green roof at Imperial College London

通过长期监测天气状况、降雨、水质、径流量、土壤含水量及土壤温度数据,验证了绿色屋顶改造

项目提供的多重生态效益。监测结果显示具有蓄水功能的花园式绿色屋顶在伦敦地区可达到 82% 的雨水年径流总量控制率,同时对比传统屋顶,绿色屋顶表面温度平均降低 10 ℃,因此节约了 15% 的建筑能耗,这些结果为评估蓝绿设施的生态系统服务效益性提供了至关重要的证据基础。另外,长期的监测数据也用于优化设施运维管理的方案,例如利用土壤含水率数据优化灌溉周期等,使蓝绿设施的生命周期成本进一步降低。

2.2 深圳腾讯滨海大厦案例

深圳腾讯滨海大厦位于深圳南山区高新科技园,建筑主体是两幢总高为 248 m 的塔楼,并由三座位于不同高度的天桥连接。作为腾讯公司在深圳的第一座自建写字楼,滨海大厦在建筑环境和景观效果方面有较高要求。此外,作为智慧城市系统探索的先锋,腾讯公司希望将其智能检测技术与大厦的雨洪管理相结合,打造高密度商业大厦雨水管理典范。

深圳市城市规划设计研究院深度参与了滨海大厦的海绵设施改造方案设计。规划团队综合考虑上位规划目标指标要求、政策要求及业主需求,最终明确了三大设计目标:①雨水管理目标,提升腾讯滨海大厦的雨水管理模块,将年径流总量控制率从 30% 提升至 65% 及以上;②节能减排目标,绿色节能既是绿色建筑设计要求,亦是业主此次重点考虑因素;③智能检测目标,设计滨海大厦雨水管理智能检测系统并进行可视化展示。

规划的总体思路:以提高大厦总体环境为最终目标,结合绿色建筑设计思路 and 海绵城市建设思路,使用全局优化的整合设计而非单项设施的叠加,以取得最优的设计效果和成本控制效果。经业主单位、规划设计部与设计单位、绿色顾问单位对多个方案的对比分析,最终确定蓝绿改造方案(见图 6)。方案遵从因地制宜和经济高效的原则将绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地、植草沟等多种海绵设施有机结合,较好地满足了场地雨水控制及生态需求。

结合腾讯现有智能平台和海绵监测要求,规划团队设计在场地搭建气象数据监测、给排水水量监测、雨水汇集量监测、地下水位监测、土壤湿度监测、综合管廊监测等微建筑智能平台综合监控系统,并与大厦智能管理系统连接,通过微建筑展厅进行可视化展示,以此实现雨水管理的实时监测。腾讯微

建筑智能平台见图 7。

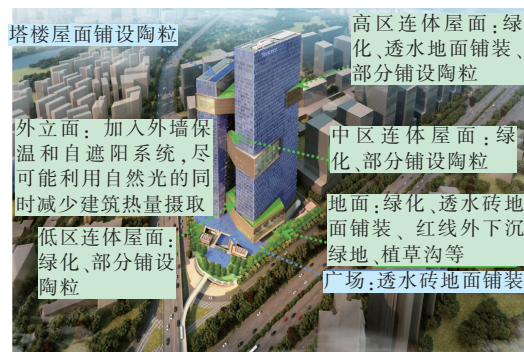


图6 腾讯大厦蓝绿改造方案

Fig. 6 Retrofitting scheme based on BGSs for Tencent Building



图7 腾讯微建筑智能平台

Fig. 7 Tencent micro-building intelligent framework

海绵设施改造为滨海大厦营造了多层次的绿色空间,丰富了景观构造,同时大幅提高了雨水管控能力。经模型模拟,最终方案将雨水年径流总量控制率从 30% 提高到了 66.7%。项目完成了对滨海大厦约 $1.8 \times 10^4 \text{ m}^2$ 总用地面积、约 $35 \times 10^4 \text{ m}^2$ 总建筑面积的改造,整体建设投资成本仅增加 600 万元。

3 结语

通过对国内外蓝绿设计案例的研究,可为我国海绵城市的建设提供借鉴。

首先,在规划初期阶段,利益相关者的广泛参与对于蓝绿设计方案的有效性至关重要。鼓励和组织利益相关者的参与需要驱动力,在英国的蓝绿系统方法中,这种驱动力是降低生命周期成本、提高设计可持续性和增强城市弹性的目标。这些目标的确立往往依赖于立法和标准规范的完善,或者城市可持续目标的确立。另外,英国蓝绿系统方法中引入了一个新的蓝绿团队,协助参与整个规划设计过程,监督确保各利益相关者的参与程度。

其次,英国蓝绿系统方案通过应用系统、量化的

方法进行规划设计,这一理念与我国海绵城市中“系统治理”的技术路线类似,强调避免将蓝绿设施的生态效应碎片化,而应系统地分析其与城市组件间可能的协同效益,以获得较高的成本效益,在运维成本上实现可持续性的节约,从而提高规划设计的整体质量和可持续性。

最后,应对已建蓝绿设施的效果进行持续监测,为评估其生态系统服务效益性提供至关重要的证据基础,同时为海绵城市立法和标准的改变提供强有力的证据基础。另外,蓝绿设施的监测数据还可为城市的运维管理、进一步降低生命周期成本提供数据支撑。

参考文献:

- [1] Semenza J C. Climate change and human health[J]. Int J Environ Res Public Health,2014,11(7):7347-7353.
- [2] Buettner T. Urban estimates and projections at the United Nations:The strengths, weaknesses, and underpinnings of the world urbanization prospects [J]. Spatial Demography,2015,3(2):91-108.
- [3] Forbes D. Planning sustainable cities: Global report on human settlements 2009—By United Nations Human Settlements Programme[J]. Geographical Res,2011,49(4):447-448.
- [4] Ab Azis S S, Sipan I, Sapri M, et al. The effect of green envelope components on green building value [J]. Property Manage,2017,35(2):181-201.
- [5] Mansor M, Said I, Mohamad I. Experiential contacts with green infrastructure's diversity and well-being of urban community [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences,2012,49:257-267.
- [6] Hansen R, Pauleit S. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas[J]. AMBIO,2014,43(4):516-529.
- [7] Bibri S E, Krogstie J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review [J]. Sustain Cities Soc,2017,31:183-212.



作者简介:刘曦(1989-),女,湖南安乡人,博士,工程师,研究方向包含基于蓝绿空间系统构建的城市发展方式、绿色设施的效能评估及城市水资源等领域。

E-mail:398933191@qq.com

收稿日期:2019-06-28

节水就是开源,就是增效,就是减排,就是降损