

海绵城市建设 LID 技术方案优选研究 ——以徐州某高校区域为例

陈 建^{1,2}, 张广伟³, 杜红磊³

(1. 江苏建筑职业技术学院 建筑设备与市政工程学院, 江苏 徐州 221116;

2. 江苏建筑节能与建造技术协同创新中心, 江苏 徐州 221116;

3. 沂沭泗局骆马湖水利管理局, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 本文首先归纳了以往研究人员在 LID 技术方面的成果, 分析现有技术存在的问题。结合现有的技术指南, 使用 Topsis 工具建立 LID 技术方案优选模型。为了达到同步验证的目的, 笔者采用徐州某高校区域数据进行应用研究, 比选了 4 个 LID 技术方案。在比较中, 作者综合考虑了技术方案在径流参数方面和预算指标方面的优劣程度, 得出了最优方案, 优选结果与之前成果保持一致, 即最优方案可以明显改善溢流和内涝情况, 方案经济可行。

关键词: LID; 技术方案; 优选

中图分类号: TU992

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 02-0021-04

Study on the optimization of LID technical scheme for the construction of sponge City — University in Xuzhou for an Example

CHEN Jian^{1, 2}, ZHANG Guangwei³, DU Honglei³

(1. School of Construction Equipment and Municipal Engineering, Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu; 2. Jiangsu Collaborative innovation Center for Building Energy Saving and Construction Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu; 3. Yishusi Bureau Luoma Lake Water Conservancy Bureau, Suqian 223800, Jiangsu)

Abstract: For studying the optimization design methods of LID technology, the author first summarized the previous researchers' achievements in LID technology. Combining existing technical guidelines, the LID technology optimization model was established by using the Topsis Method. For achieving the purpose of verification at the same time, the author used the empirical data of a university in Xuzhou to study and compare 4 LID technology solutions. In these comparisons, the author comprehensively considered the degree of the technical scheme in terms of runoff parameters and budget indicators; the preferred result is consistent with the previous results; that is to say, the optimal scheme can obviously improve the overflow and waterlogging situation, and is optimal in the engineering economy.

Key words: LID; technical scheme; optimization

在发达国家 LID 技术已形成工程规范和标准,目前他们的主要研究方向为工程管理及综合应用措施开发等。如 Ferman 等在 2013 年评估了建设在校园内的透水铺装运行状况; Peter 等在 2014 年分析了雨水颗粒物及时间对于透水铺装空隙堵塞的影响;此外,2000 年美国科技人员提出了“雨水花园”,一种综合性较强的 LID 技术,最大限度将雨水自然循环,回用及补充地下水^[1]。国内科技工作者也进行了许多有关 LID 的应用技术开发研究,如王雯雯等评估了低影响建筑对城市水文循环的影响^[2];王峰等分类制定了中山市建筑物的 LID 技术标准^[3];王水源等提出 LID 技术与景观设计、生态相结合理念,用以维持水生态循环的方法^[4];等等。这些研究成果主要集中在规划、设计方面,缺少对具体技术措施

比优选择研究。本文作者尝试使用 Topsis 法,建立一种用于海绵城市建设的 LID 技术方案优选方法,以期水利工程建设者提供决策依据。

1 海绵城市建设 LID 技术方案优选方法

1.1 选择 LID 可能方案

根据建设部 2014 年颁布的《海绵城市建设技术指南》文件要求,“各类用地中低影响开发设施的选用应根据不同类型用地的功能、用地构成、土地利用布局、水文地质等特点进行”,在城市区域选取允许改造成为 LID 设施的具体情况分类如表 1 所示^[5],确定 m 种可能的海绵城市建设方案,设为方案件、方案 2、…方案 m 。

表 1 各类用地中低影响开发设施选用一览表

技术类型 (按主要功能)	单项设施	用地类型			
		建筑与小区	城市道路	绿地与广场	城市水系
渗透技术	透水砖铺装	●	●	●	○
	透水水泥混凝土	○	○	○	○
	透水沥青混凝土	○	○	○	○
	绿色屋顶	●	○	○	○
	下沉式绿地	●	●	●	○
	简易型生物滞留设施	●	●	●	○
	复杂型生物滞留设施	●	●	○	○
	渗透塘	●	○	●	○
	渗井	●	○	●	○
	湿塘	●	○	●	●
储存技术	雨水湿地	●	●	●	●
	蓄水池	○	○	○	○
	雨水罐	●	○	○	○
调节技术	调节塘	●	○	●	○
	调节池	○	○	○	○
转输技术	转输型植草沟	●	●	●	○
	干式植草沟	●	●	●	○
	湿式植草沟	●	●	●	○
	渗管 / 渠	●	●	●	○
截污净化技术	植被缓冲带	●	●	●	●
	初期雨水弃流设施	●	○	○	○
	人工土壤渗滤	○	○	○	○

注:●——宜选用 ○——可选用 ○——不宜选用。

按不同类型 LID 技术归类各技术方案数据指标。

1.2 计算代表年的水文参数及预算单价

再根据低影响开发技术控制目标及相关设施在具体工程应用中发挥的主要效能,采用容积法、流量法或水量平衡法等方法计算径流总量、径流峰值、溢流节点个数、节点平均溢流时间、满管数量、平均满管时间、道路平均阻断时间等数据^[5],并分析方案件、方案 2、…方案 m 的工程成本。

1.3 LID 可能方案优选计算

(1)收集不同方案的参数指标,确定个分析变量,构造样本矩阵见式(1)。

$$A = (a_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, a_{ij} 为第 i 种 LID 方案第 j 个水文参数或预算单价。

(2)用标准 0-1 向量规范化(见式 1-2)的方法归一化样本矩阵 A ,得到规范化决策矩阵 A' :

$$A' = (a'_{ij})_{m \times n} = \left(\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum a_{ij}^2}} \right)_{m \times n} \quad (2)$$

式中, a'_{ij} 为第 i 种 LID 方案第 j 个标准化决策指标。

(3)确定理想解 $x_j^*=[(\max_{1 \leq i \leq n} a'_{ij} | \text{效益型属性}), (\min_{1 \leq i \leq n} a'_{ij} | \text{成本型属性})]$,负理想解 $x_j^0=[(\min_{1 \leq i \leq n} a'_{ij} | \text{效益型属性}), (\max_{1 \leq i \leq n} a'_{ij} | \text{成本型属性})]$ 。

$$(4) \text{计算不同 LID 方案欧氏距离 } D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a'_{ij} - x_j^*)^2}$$

和负理想解的欧氏距离 $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a'_{ij} - x_j^0)^2}$ 。

(5)计算不同 LID 方案相对贴近度 $C_i^{+或-} = D_i^{+或-} / (D_i^+ + D_i^-)$,根据相对贴近度的值对进行排序,则可以确定较优的 LID 方案。

2 徐州某高校区域实例分析

2.1 数据选取

为了方便对此研究成果进行比较和验证,本文选取徐州某高校在 2015 ~ 2016 年所做的 LID 方面的实验数据进行实例分析,见表 2。

2.2 技术方案优选

- (1)计算代表年的水文参数及预算单价,见表 3。
- (2)标准化指标,按式 2 对表 3 进行标准化,得到标准化矩阵,见表 4。
- (3)确定最优方案,计算欧式距离,确定最优方案,

表 2 徐州某学校海绵城市建设试验研究方案中不同 LID 技术设施面积情况

编号	绿色屋顶 (m ²)	透水铺装 (m ²)	雨水桶 (m ²)	植物洼地 (m ²)	建设费用 (万元)	管理费用 (万元/a)
方案 1	20695.0	13329.0	320.0	6365.0	2060.1	56.3
方案 2	20685.0	17329.0	320.0	2222.0	2215.3	57.8
方案 3	17420.0	10329.0	3621.0	6365.0	1752.2	48.3
方案 4	17496.0	14329.0	3621.0	2222.0	1911.3	50.0

表 3 徐州某学校海绵城市建设试验研究方案中 LID 技术设施参数表

编号	径流总量 (m ³)	径流峰值 (m ³ /S)	溢流节点个数	节点平均溢流时间 (min)	满管道数目	管道平均满管时间 (min)	道路平均阻断时间 (min)	建设费用 (万元)	管理费用 (万元/a)
方案 1	20540.5	13.2	20	6.2	59	15.0	1.7	2060.1	56.3
方案 2	22393.7	10.0	11	8.8	45	18.7	0.7	2215.3	57.8
方案 3	18703.0	12.5	14	4.8	52	12.3	1.5	1752.2	48.3
方案 4	22290.5	13.2	23	9.4	61	17.2	2.1	1911.3	50.0

见表 5。考虑到模型的复杂程度, 本文作者只对 LID 方案进

表 4 徐州某学校海绵城市建设试验研究方案中 LID 技术设施指标标准化数据表

编号	径流总量 (m^3)	径流峰值 (m^3/S)	溢流节点个数	节点平均 溢流时间 (min)	满管管道 数目	管道平均 满管时间 (min)	道路平均 阻断时间 (min)	建设费用 (万元)	管理费用 (万元/a)
方案 1	0.49	0.54	0.57	0.41	0.54	0.47	0.53	0.52	0.53
方案 2	0.53	0.41	0.31	0.58	0.41	0.58	0.21	0.56	0.54
方案 3	0.44	0.51	0.40	0.32	0.48	0.38	0.48	0.44	0.45
方案 4	0.53	0.54	0.65	0.62	0.56	0.54	0.67	0.48	0.47

表 5 徐州某学校海绵城市建设试验研究方案中 LID 技术设施优选计算表

编号	x_j^*	x_j^0	D_i^+	D_i^-	C_i^-	排序
方案 1	0.57	0.41	0.223892	0.327417	0.59389	2
方案 2	0.58	0.21	0.518939	0.839308	0.617935	1
方案 3	0.51	0.32	0.282664	0.377074	0.571551	3
方案 4	0.67	0.47	0.382269	0.340786	0.471314	4

由表 5 计算结果不难得出, 可以得出各 LID 方案排序情况, 即方案 2>方案 1>方案 3>方案 4, 综合考虑设施的使用功能与造价方面的因素后, 方案 2 明显优于其它方案。此结果与李思的研究结论一致。在研究区域 LID 措施方案制定过程中, 先选取绿色屋顶或雨水桶设施来收集落至屋顶面雨水, 同时在建筑物周围或者道路边空地、绿化用地设置生态沟或透水铺装。LID 方案优选结果, 即满足径流控制功能, 也达到经济可行目的。

3 结论

本文提出通过 LID 技术方案 Topsis 优选方法, 该方案比选方法在一定程度上补充了 LID 设计方法, 将具体的径流指标控制分析和经济指标分析指标综合用于 LID 优选分析, 在应用范围和简洁性上有了较大提升。实践应用结果表明利用此方法得到的最优方案实用可靠, 且在经济指标方面处于最优。另外

行了径流控制效能和经济指标分析, 未考虑到水质控制影响, 将在以后的研究中进一步完善这方面内容。

参考文献：

[1] 李思. 排水模型和 LID 技术在海绵城市中的应用 [D]. 北京: 清华大学, 2015 .
[2] 王雯雯, 赵智杰, 秦华鹏. 基于 SWMM 的低冲击开发模式水文效应模拟评估 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2012, 48 (2):303-309 .
[3] 王峰, 俞绍武, 胡爱兵, 等. 《中山市中心城区低冲击开发规划》研究与探讨 [J]. 给水排水, 2014, 40 (12):30-34 .
[4] 王水源, 李伟, 徐建刚. 基于低冲击开发理念的农业科教园区水景观生态化方法研究 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43 (1):189-194 .
[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南 [S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2015 .