



T/CECS 866-2021

中国工程建设标准化协会标准

海绵城市低影响开发设施比选 方法技术导则

Technical guidelines for selection method of sponge city low
impact development facilities



中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

海绵城市低影响开发设施比选
方法技术导则

Technical guidelines for selection method of sponge city low
impact development facilities

T/CECS 866 - 2021

主编单位：清 华 大 学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 2 1 年 1 0 月 1 日

中国建筑工业出版社

2021 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 866 号

关于发布《海绵城市低影响开发设施比选方法 技术导则》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2018〕015 号）的要求，由清华大学等单位编制的《海绵城市低影响开发设施比选方法技术导则》，经本协会海绵城市工作委员会组织审查，现批准发布，编号为 T/CECS 866 - 2021，自 2021 年 10 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

2021 年 5 月 25 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕015 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本导则。

本导则共分 6 章和 2 个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、低影响开发设施的分类评估、基于场地特征对低影响开发设施进行初评、低影响开发设施综合比选等。

请注意本导则的某些内容可能直接或间接涉及专利,本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国工程建设标准化协会海绵城市工作委员会归口管理,由清华大学负责具体技术内容的解释。本导则在使用过程中如有需要修改或补充之处,请将有关资料和建议寄送解释单位(地址:北京市海淀区清华园 1 号清华大学环境学院,邮政编码:100084),以供修订时参考。

主 编 单 位: 清华大学

参 编 单 位: 悉地(苏州)勘察设计顾问有限公司

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

北京清源华建环境科技有限公司

中规院(北京)规划设计公司

浙江清环智慧科技有限公司

武汉大学

同济大学

主要起草人: 贾海峰 陈正侠 陈 嫣 韩素华

张翔	刘树模	李骐安	徐常青
刘滋菁	龙瀛	印定坤	孙朝霞
徐特	翟明洋	杨烨	曹倩男
陆敏博	钱冬旭	俞铭琦	马宇辉
由阳	史志广	王盼	赵冬泉
李志一	李萌	杜志鹏	高郑娟
侯静轩	肖宜	徐晶	陈亮
王优	郭茹	戴欣宇	曹晓静
曾捷	宫永伟	郭怀成	和坤玲
赵进勇	任心欣	李传志	

主要审查人：

目 次

1 总则	(1)
2 术语	(2)
3 基本规定	(4)
4 低影响开发设施的分类评估	(6)
5 基于场地特征对低影响开发设施进行初评	(7)
6 低影响开发设施综合比选	(9)
附录 A 低影响开发设施综合效能指标权重统计结果	(12)
附录 B 低影响开发设施综合效能的评估结果统计表	(13)
本导则用词说明	(14)
附：条文说明	(15)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
4	Classification assessment of low impact development facilities	(6)
5	Primary selection of low impact development facilities based on site features	(7)
6	Comprehensive selection of low impact development facilities	(9)
Appendix A	Schematic diagram of comprehensive selection indicator weight of low impact development facilities	(12)
Appendix B	Statistical table of comprehensive selection results of low impact development facilities	(13)
	Explanation of wording in this guidelines	(14)
	Addition: Explanation of provisions	(15)

1 总 则

1.0.1 为系统推进海绵城市建设，改善城市生态环境质量，提升城市基础设施社会效益、经济效益和生态环境效益，规范低影响开发设施的比选方法，制定了本导则。

1.0.2 本导则适用于海绵城市规划和设计阶段低影响开发设施的综合比选。

1.0.3 低影响开发设施的比选应结合所在地的气候条件、资源环境和社会经济等因素进行，服务于海绵城市规划和设计。

1.0.4 低影响开发设施的比选除应符合本导则外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 低影响开发设施 low impact development facilities

在场地开发过程中,为维持场地开发前的水文特征而采用的源头分散式设施。

2.0.2 下凹式绿地 sunken green area

低于周边汇水地面,且可用于渗透、滞蓄、净化和回用降雨径流的绿地。

2.0.3 生物滞留设施 bioretention facility

在地势较低的区域通过植物、土壤和微生物系统渗透、滞蓄、净化降雨径流的设施。

2.0.4 透水铺装 pervious pavement

可渗透、滞留和渗排雨水并满足荷载要求和结构强度的铺装结构。

2.0.5 绿色屋顶 green roof

在建筑屋顶铺设种植土层并栽种植物,收集利用雨水、减少雨水径流的源头减排设施。

2.0.6 湿塘 retention pond

可调蓄和净化降雨径流的景观水体。

2.0.7 屋面雨水收集设施 roof rainwater harvesting facility

接受屋面降雨径流,将其储存、蓄积的设施。

2.0.8 干塘 detention pond

雨水可通过侧壁和池底进行入渗以削减降雨峰值流量的水池(塘)。

2.0.9 植草沟 grass swale

用来收集、输送、削减和净化降雨径流的表面覆盖植被的

明渠。

2.0.10 渗渠 infiltration trench

具有渗透和转输功能的雨水管或雨水渠。

2.0.11 植被缓冲带 vegetated filter strip

在城市中一些不透水面周边一定区域建设的乔灌木相结合的立体植被带或城市水系的滨水绿化带。

2.0.12 绿视率 green view ratio

人们视域范围内所看到的自然绿色占视阈的比例。

2.0.13 场地特征 site features

区域位置、土壤条件、地下水特征、地形地势、空间条件等特征。

2.0.14 指标属性值 indicator attribute value

用来表示径流控制功效、成本投入和景观价值等指标的特征或参数大小的值。

2.0.15 指标权重值 indicator weight value

用来表示径流控制功效、成本投入和景观价值等指标中某一项指标相对于其他指标的重要程度的值。

2.0.16 综合效能分值 comprehensive efficiency score

低影响开发设施通过各项指标属性值与权重值的乘积得到的总分值。

3 基本规定

3.0.1 海绵城市建设项目应根据项目目标因地制宜地选择综合效能分值较高的低影响开发设施。

3.0.2 低影响开发设施比选应统筹场地条件、径流控制功效、成本投入和景观价值等因素，采用综合方法分析比选。

3.0.3 低影响开发设施的比选应按下列步骤（图 3.0.3）进行：

1 应对低影响开发设施的主要功能、适用性、景观效果和

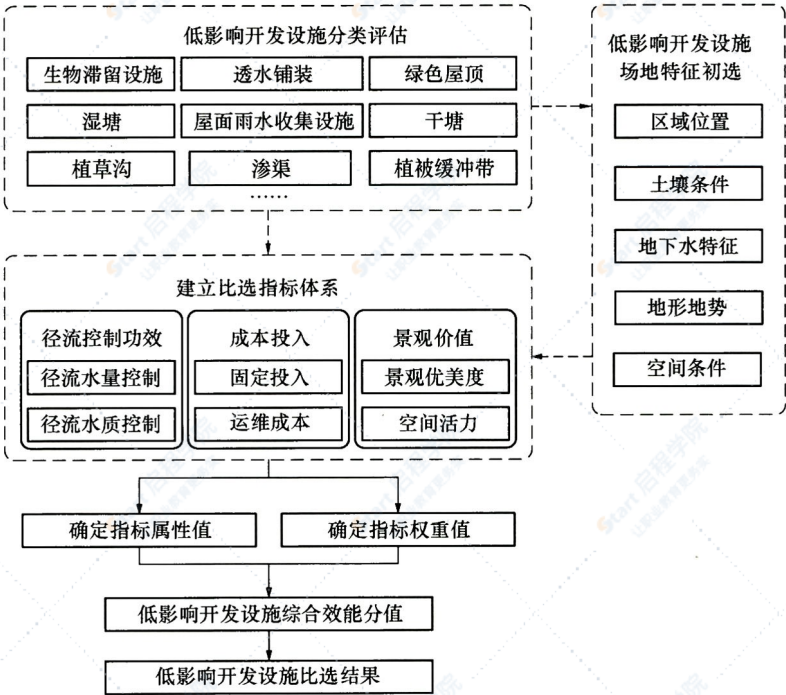


图 3.0.3 低影响开发设施比选技术路线

成本等进行分类评估；

- 2 可基于场地特征对低影响开发设施进行初评；
- 3 应对低影响开发设施进行综合比选；
- 4 应确定低影响开发设施综合比选指标属性和权重；
- 5 应对低影响开发设施综合效能分值进行整合计算和排序，

比选出适宜的低影响开发设施。

3.0.4 城市绿地在海绵城市规划和设计阶段宜建成下凹式绿地。

4 低影响开发设施的分类评估

4.0.1 低影响开发设施应从设施主要功能、适用性、景观效果和成本等方面进行分类评估。

4.0.2 生物滞留设施可渗透和净化降雨径流，宜用于居住用地、公共管理与公共服务用地、绿地与广场用地。

4.0.3 透水铺装可提高雨水渗透，降低降雨径流的流速、流量，延后峰现时间和净化降雨径流，宜用于居住用地、公共管理与公共服务用地、绿地与广场用地。

4.0.4 绿色屋顶可削减降雨径流、缓解降尘污染、提高城市绿化率等，宜用于居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、工业用地。

4.0.5 湿塘可滞蓄、储存和净化降雨径流，宜用于公共管理与公共服务用地、绿地与广场用地。

4.0.6 屋面雨水收集设施可存储雨水，宜用于居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、物流仓储用地。

4.0.7 干塘可渗透和调节降雨径流，宜用于公共管理与公共服务用地、绿地与广场用地。

4.0.8 植草沟可转输和净化降雨径流，宜用于居住用地、公共管理与公共服务用地、公用设施用地、绿地与广场用地。

4.0.9 渗渠可渗透和转输降雨径流，宜用于居住用地、绿地与广场用地。

4.0.10 植被缓冲带可滞蓄、截污净化和渗透降雨径流，可用于居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、工业用地、公用设施用地、绿地与广场用地；也可用于道路两侧不透水面周边和城市水系的滨水绿化带。

5 基于场地特征对低影响开发设施进行初评

5.0.1 在海绵城市规划和设计阶段，应准确调查场地特征，基于场地特征调查结果初步筛选适宜的低影响开发设施。

5.0.2 场地特征应包括区域位置、土壤条件、地下水特征、地形地势、空间条件等特征。

5.0.3 区域位置调研应包括城市用地类型分析和特殊要求，其中特殊要求应包括下列内容：

- 1 低影响开发设施对建筑物的影响；
- 2 低影响开发设施与水体的距离；
- 3 低影响开发设施与场地竖向的关系；
- 4 低影响开发设施与道路的关系；

5 具有下渗功能的低影响开发设施应考虑周围的医院和化工等重污染用地，并应分析该用地区域低影响开发设施对土壤和地下水的污染。

5.0.4 土壤条件调研可通过土壤质地分析获得。

5.0.5 地下水特征调研可通过地下水埋深分析获得。

5.0.6 地形地势调研可通过汇流坡度分析获得。

5.0.7 空间条件宜通过汇水区服务面积和设施的汇流比特征分析获得。

5.0.8 根据表 5.0.8 的评价基准，可初步获得适宜的低影响开发设施名录，进入下一步综合效能评估比选。

5.0.9 低影响开发设施比选应对不同种类低影响开发设施的地下水埋深、汇流坡度、汇水服务面积、汇流比等量化指标依据实际数据进行计算。实际数据缺失时可按本导则表 5.0.8 中的评价基准数值选取。

表 5.0.8 低影响开发设施场地特征评价基准

场地特征 设施种类	区域位置		土壤条件	地下水特征	地形地势	空间条件	
	城市用地类型	特殊要求	土壤质地	地下水埋深(m)	汇流坡度(%)	汇水服务面积(hm ²)	汇流比
生物滞留设施	R、A、G	道路缓冲距离小于 30m 河流缓冲距离大于 30m 建筑物缓冲距离大于 3m	A-D	>0.6	<15	<1	5~15
透水铺装	R、A、G	—	A-B	>0.6	<8	<1.2	1~1.2
绿色屋顶	R、A、B、M	平屋顶、小坡度屋顶	—	—	≤15	—	1
湿塘	A、G	河流缓冲距离大于 30m	A-D	>1.5	<10	>6	—
屋面雨水收集设施	R、A、B、W	建筑缓冲距离小于 10m	—	—	—	—	—
干塘	A、G	河流缓冲距离大于 30m	A-D	>1.5	<10	>4	—
植草沟	R、A、U、G	道路缓冲距离小于 30m	A-D	>0.6	0.3~5	<2	5~10
渗渠	R、G	建筑缓冲距离大于 3m 河流缓冲距离大于 30m	A-B	>3.0	<15	<2	—
植被缓冲带	R、A、B、M、S、U、G	道路缓冲距离小于 30m	A-D	>0.6	2~6	—	5

6 低影响开发设施综合比选

6.0.1 低影响开发设施综合比选指标应包括设施的径流控制功效、成本投入和景观价值等 3 大类指标属性（图 6.0.1）。

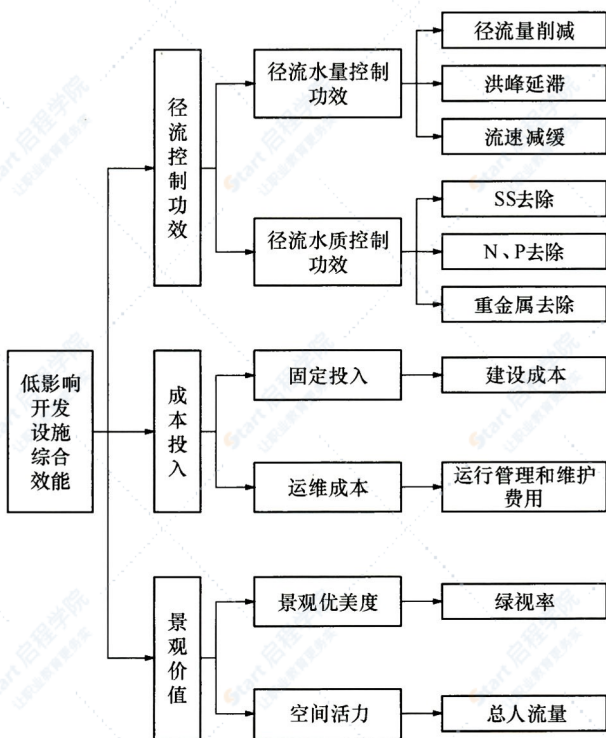


图 6.0.1 低影响开发设施综合比选指标

6.0.2 径流控制功效指标属性应量化，量化步骤可按下列规定进行：

- 1 明确不同低影响开发设施的降雨径流控制机制并量化；
- 2 评估不同降雨径流控制机制对径流控制功效指标的贡献并量化；
- 3 计算不同种类低影响开发设施通过不同降雨径流控制机制对各项径流控制功效指标的贡献。

6.0.3 成本投入指标属性应量化，量化步骤可按下列规定进行：

- 1 参考国内外低影响开发实践经验，分析不同低影响开发设施的建设成本和运维成本；

- 2 确定不同低影响开发设施成本投入指标属性值。

6.0.4 景观价值指标属性应量化，量化可用绿视率和总人流量 2 项指标表示。

6.0.5 径流控制功效、成本投入及景观价值评价指标量化后，应按下式进行归一化处理，结果统一在 $[0, 1]$ 的范围内：

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}(x_{ij})}{\text{Max}(x_{ij}) - \text{Min}(x_{ij})} \quad (6.0.5)$$

式中： x_{ij} ——第 i 种低影响开发设施在第 j 项指标上的原始值， $i = 1, 2, \dots, 9$ ；

r_{ij} ——归一化后的指标分值。

6.0.6 低影响开发设施综合比选指标中各指标属性值确定后，应再确定各个指标的权重值，权重值可通过专家调查打分确定，并应符合下列规定：

- 1 调查对象的组成、专业和背景应具有代表性，包括相关政府管理部门的决策者、不同相关领域的技术专家和当地公众代表等；

- 2 调查结果应进行科学计算，得到相应指标的权重值，指标权重统计结果可按本导则附录 A 进行。

6.0.7 低影响开发设施的综合效能分值应按下式计算：

$$V_i = \sum_{k=1}^m (\omega_k)(S_{ik}) \quad (6.0.7)$$

式中： i ——某种低影响开发设施的序号， $i=1, 2, \dots, 9$ ；

k ——底层指标的序号；

m ——底层指标数， $m=1, 2, \dots, 10$ ；

ω ——底层指标的权重；

S ——底层指标的属性值；

V_i ——某种低影响开发设施综合效能分值。

6.0.8 规划和设计阶段应优先选择综合效能分值较高的低影响开发设施，评价结果可按本导则附录 B 进行。

附录 A 低影响开发设施综合效能
指标权重统计结果

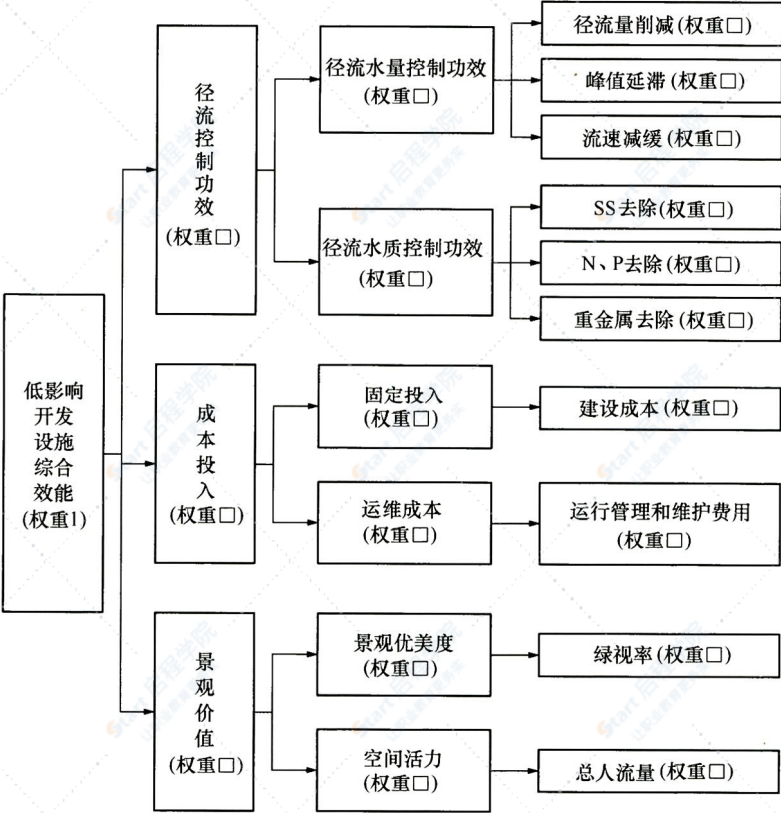


图 A 低影响开发设施综合效能指标权重统计结果示意

□—不同指标的权重

附录 B 低影响开发设施综合效能的
评估结果统计表

表 B 低影响开发设施综合效能的评估结果统计表

设施种类	径流控制功效 (权重 □)						成本投入 (权重 □)		景观价值 (权重 □)		总分
	径流水量控制功效 (权重 □)			径流水质控制功效 (权重 □)			固定投入 (权重 □)	运维成本 (权重 □)	景观优美度 (权重 □)	空间活力 (权重 □)	
	径流量削减 (权重 □)	峰值延滞 (权重 □)	流速减缓 (权重 □)	SS 去除 (权重 □)	N、P 去除 (权重 □)	重金属去除 (权重 □)	建设成本 (权重 □)	运行管理与维护费用 (权重 □)	绿视率 (权重 □)	总人流量 (权重 □)	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

注：表中□内填入本导则附录 A 中不同指标的权重，用于计算不同设施的综合效能总分。

本导则用词说明

1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他标准执行的写法为“应符合……规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

海绵城市低影响开发设施比选
方法技术导则

T/CECS 866 - 2021

条 文 说 明

目 次

1	总则	(18)
2	术语	(19)
3	基本规定	(20)
4	低影响开发设施的分类评估	(21)
5	基于场地特征对低影响开发设施进行初评	(22)
6	低影响开发设施综合比选	(26)

1 总 则

1.0.4 有关标准包括但不限于现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014、《城镇内涝防治技术规范》GB 51222、《城市绿地设计规范》GB 50420、《低影响开发雨水控制利用 设施分类》GB/T 38906、《海绵城市建设评价标准》GB/T 51345 和《城市用地分类与规划建设用地标准》GB 50137 等。

2 术 语

2.0.1 国内外低影响开发设施种类名称较多。基于低影响开发设施的研究现状，本导则比选的低影响开发设施主要包括下凹式绿地、生物滞留设施、透水铺装、绿色屋顶、屋面雨水收集设施、湿塘、干塘、植草沟、渗渠和植被缓冲带等源头设施，暂不考虑节点和末端设施。实际应用过程中，低影响开发设施种类应密切结合国内外技术的最新研究成果，做到全面具体。

2.0.3 根据应用位置和构造复杂程度不同，生物滞留设施被称为生物滞留槽、生物滞留带、雨水花园、生态树池、高位花坛等。

2.0.4 根据铺装面层材料不同，透水铺装可分为透水砖、透水水泥混凝土、透水沥青和嵌草砖等。

2.0.5 绿色屋顶也称种植屋面或屋顶绿化，根据种植基质深度和景观复杂程度，可分为简单式绿色屋顶和花园式绿色屋顶。

2.0.6 湿塘按体积大小又可分为人工湖泊和小型池体。

2.0.7 根据设施形状不同，屋面雨水收集设施包括雨水罐、雨水桶、雨水仓等。

2.0.8 根据设施结构和功能差异，干塘分为渗透塘、入渗池和调节塘等。

2.0.9 植草沟包括转输型植草沟、干式植草沟和湿式植草沟。

2.0.10 渗渠按建设形状不同可称为入渗沟。

2.0.11 植被缓冲带按建设形状不同有时也称为植被缓冲区和过滤草带。

3 基本规定

3.0.1 低影响开发设施组合方式多样，且目前有关设施组合对降雨径流控制功效的数据较少，故不列在本次比选范围内。

3.0.3 按技术路线进行低影响开发设施的比选宜按 1→2→3→4→5 顺序进行，也可按 1→3→2→4→5 顺序进行。

3.0.4 城市绿地是指包括公园绿地、防护绿地、广场绿地、附属绿地等在内的城市用地中具有很强生态价值的城市透水性下垫面，具有自然存积、自然渗透、自然净化的海绵功能，通常面积也较大。在进行海绵城市建设时，应尽可能使绿地总体高程低于周围地面，建成下凹式绿地，服务于周边降雨径流的控制，故城市绿地不列在此次低影响开发设施的比选范围内。绿地类型可参考现行国家标准《城市绿地设计规范》GB 50420 的有关规定。

4 低影响开发设施的分类评估

4.0.1 依据低影响开发设施的主要功能特征可将低影响开发设施分为生物滞留设施、透水铺装、绿色屋顶、屋面雨水收集设施、湿塘、干塘、植草沟、渗渠、植被缓冲带 9 类。低影响开发设施的主要功能包括渗透、滞蓄、储存、调节、转输和截污净化等。低影响开发设施的景观效果表示设施的可观赏性，通常用绿视率和设施吸引的总人流量来表征。

4.0.2 生物滞留设施景观效果良好，建设和维护成本较高。

4.0.3 透水铺装景观效果一般，建设和维护成本较高。

4.0.4 绿色屋顶景观效果良好，维护成本较高。

4.0.5 湿塘景观效果良好，建设和维护成本较低，占地面积大。

4.0.6 屋面雨水收集设施景观效果一般，建设和维护成本普遍较高。

4.0.7 干塘没有永久性水面，池内通常有植被覆盖，在无雨时不蓄水，景观效果一般，建设和维护成本较低。

4.0.8 植草沟具有一定的雨水净化作用，可用于衔接其他各单项设施、城市雨水管渠系统和超标降雨径流排放系统，景观效果良好，建设和维护成本较低。

4.0.9 渗渠无景观效果，建设和维护成本较低，但不宜用于地下水位较高、径流污染严重及易出现结构塌陷等的区域。

4.0.10 植被缓冲带可减少降雨径流中悬浮固体颗粒和有机污染物，保护土壤和减少水土流失，景观效果良好，建设和维护成本低。

5 基于场地特征对低影响开发设施进行初评

5.0.2 区域位置、土壤条件、地下水特征、地形地势、空间条件分别反映低影响开发设施适宜布置的城市用地类型、土壤质地、地下水埋深、汇流坡度、汇水服务面积和汇流比，如图 1 所示。其中，汇流比为汇水服务面积与设施占地面积的比值。

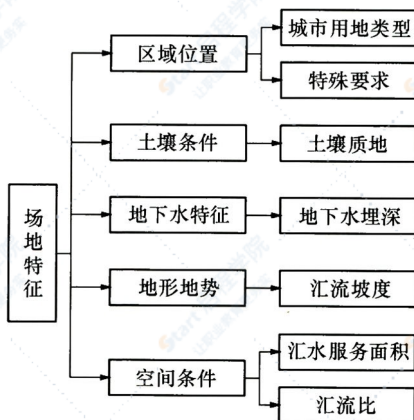


图 1 低影响开发设施适用场地特征

5.0.3 场地特征中的区域位置应考虑城市用地类型，不同的用地类型适宜建设的低影响开发设施不同。依据现行国家标准《城市用地分类与规划建设用地标准》GB 50137，用地类型包括居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、工业用地、物流仓储用地、交通设施用地、公用设施用地、绿地与广场用地 8 类用地，每类用地所包含的范围和类别代码见表 1。

表 1 低影响开发设施适用的城市建设用地类型范围和类别代码

类别代码	类别名称	范围
R	居住用地	住宅和相应服务设施的用地
A	公共管理与公共服务用地	行政、文化、教育、体育、卫生等机构和设施的用地，不包括居住用地中的服务设施用地
B	商业服务设施用地	各类商业、商务、娱乐康体等设施用地，不包括居住用地中的服务设施用地以及公共管理与公共服务用地内的事业单位用地
M	工业用地	工矿企业的生产车间、库房及其附属设施等用地，包括专用铁路、码头和附属道路、停车场等用地，不包括露天矿用地
W	物流仓储用地	物资储备、中转、配送等用地，包括附属道路、停车场以及货运公司车队的站场等用地
S	道路与交通设施用地	城市道路、交通设施等用地，不包括居住用地、工业用地等内部的道路、停车场等用地
U	公用设施用地	供应、环境、安全等设施用地
G	绿地与广场用地	公园绿地、防护绿地、广场等公共开放空间用地

5.0.4 低影响开发设施一般与土壤介质直接接触，一些设施的控制效果与土壤质地密切相关。以渗透功能为主的低影响开发设施一般要求透水性好的砂土或壤土，而以滞、蓄功能为主的设施则一般要求透水性较差的黏土，在选择过程中需要根据具体情况加以考虑。常见的土壤质地分类标准有国际制、美国制、卡庆斯基制和我国习用的标准。我国目前主要采用美国制的土壤质地分类，将土壤质地类型分为砂土（A）、壤土（B）、黏壤土（C）和黏土（D）四类。不同质地类型土壤的渗透特性见表 2。另外，湿陷性黄土是一种特殊的土壤，是指在上覆土层自重应力作用下，或者在自重应力和附加应力共同作用下，因浸水后土的结构破坏而发生显著附加变形的土，属于特殊土。广泛分布于我国东

北、西北、华中和华东部分地区。在此类土壤上建设低影响开发设施前应通过实地考察、测定黄土湿陷性的试验，确定湿陷性黄土等级后确定合适的低影响开发设施。

表 2 土壤质地类型分类及其渗透特性

土壤质地类型	简称	特性
砂土	A	径流系数小、渗透速率高，甚至在全部浸润的情况下仍然可以渗透雨水，由形状良好、非常深的排水性砂或者砂砾组成
壤土	B	在全部浸润的情况下，该类土壤渗透速率中等。由中等深度到较大深度，形状一般至形状良好的排水性土壤组成，质地较细、中度粗糙
黏壤土	C	当完全浸润时，该类土壤渗透速率较低。土壤呈现层状从而阻碍土壤内部水分流动，土壤质地较细
黏土	D	当完全浸润时，土壤渗透速率极低。土壤胀水性好、含水率高，土壤黏土层接近地表且类似不透水材料

5.0.5 具有渗透功能的低影响开发设施底部宜高于地下水最高水位，否则需要增加防渗设计，以避免地下水顶托和有严重污染的雨水污染地下水，进而增加建设和维护成本。

5.0.6 低影响开发设施应根据其结构和功能特征布置在地形坡度适宜的区域，同时注意场地竖向，保证雨水能够汇流到设施内，避免由于坡度过大而影响设施的径流控制效果，进而增加建设和维护成本。

5.0.8 低影响开发设施场地特征评价基准表中数据均来源于国内外城市降雨径流管理的相关要求、国内外海绵城市研究成果及应用经验；实际应用过程中，随着低影响开发技术的发展，可基于本导则第 5.0.3 条～第 5.0.7 条规定的 6 类场地特征的分析过程，建立其他低影响开发设施场地适用性评价指标基准表。用地类型所包含的范围和类别代码见本导则表 1。

5.0.9 随着技术的发展，其他类型的低影响开发设施可能进入比选，此时应依据场地条件，对不同低影响开发设施的用地类型、土壤质地、地下水埋深、汇流坡度、汇水服务面积和汇流比等特征进行比选，得到符合场地条件的低影响开发设施。符合场地条件的低影响开发设施种类可以是一种或多种。

6 低影响开发设施综合比选

6.0.1 构建综合比选指标的方法较多，本导则采用层次分析法。将与决策有关的指标元素分解成目标层、项目层、准则层和指标层。各层指标含义见表 3。

表 3 低影响开发设施综合比选指标解读

目标层	项目层	准则层	指标层	指标解读
低影响开发设施综合效能	径流控制功效	径流水量控制	径流量削减	建设前后径流量减小程度
			峰值延滞	建设前后峰值出现时间的延后程度
			流速减缓	建设前后对流速的减缓效果
		径流水质控制	SS 去除	建设前后以 SS 计的悬浮物处理效果
			N、P 去除	建设前后营养物质去除效果
			重金属去除	建设前后重金属去除效果
	成本投入	固定投入	建设成本	建造低影响开发设施的一次性固定资产投资
		运维成本	运行管理和维护费用	表征低影响开发措施在维护管理上的要求，包括清淤、修剪、除草、收割及其频次等；维护成本则反映了管理维护的人力和资金投入
	景观价值	景观优美度	绿视率	低影响开发设施对场地的绿化景观作用
		空间活力	总人流量	以低影响开发设施为主的区域每日驻足停留（而非通过）的人数

6.0.2 不同低影响开发设施往往因其结构、技术特点不同，对

降雨径流控制的过程和机制侧重也不同。根据欧洲、美国对低影响开发设施特点的理论研究、实践经验以及业内专家意见，对主要的几种机制，如滞蓄、沉淀、吸附、入渗、微生物降解、过滤、植物吸收、蒸发蒸腾等在每种低影响开发设施进行降雨径流水量和水质控制时所起到的作用进行了比较和总结，以高（3分）、中/高（2.5分）、中（2分）、低/中（1.5分）、低（1分）和不适用（0分）表征不同设施对降雨径流的控制效果，具体如表4和表5所示。各种控制机制高、中、低的等级划分不仅考虑了其在每个特定设施中所起作用的重要性的纵向比较，也考虑了该机制在不同设施中所占据的重要程度的横向比较。

将表4和表5中量化后的低影响开发设施通过各种降雨径流控制机制及不同对各径流控制功效指标的贡献相乘，得到对每一类设施的径流功效得分。计算公式如下：

$$S_{xy} = \sum x_i y_j \tag{1}$$

式中： x_i ——低影响开发设施主要的8种机制 $i=1, 2, \dots, 8$ ；
 y_j ——低影响开发设施某项机制对不同径流指标的贡献 $j=1, 2, \dots, 6$ ；
 S_{xy} ——低影响开发设施对于某项径流指标的控制功效得分。

例如，生物滞留设施对于径流量的控制功效分值计算公式为：

$$\begin{aligned} S &= 2 \times 3 + 2 \times 0 + 2 \times 1 + 2 \times 2.5 + 2.5 \times 0 + 2 \times 0 \\ &\quad + 2.5 \times 1 + 1.5 \times 1 \times 0.5 \\ &= 16.25 \end{aligned} \tag{2}$$

特别地，由于蒸发蒸腾这一机制相对于其他机制来说，对降雨径流控制所起的作用较小，因此建议取0.5的权重，其他的控制机制的权重均为1。不同种类低影响开发设施通过不同降雨径流控制机制对各项径流控制功效指标的贡献计算结果见表6。

表 4 不同低影响开发设施的降雨径流控制机制

设施种类 \ 机制	机制描述								机制量化							
	滞蓄	沉淀	吸附	入渗	微生物降解	过滤	植物吸收	蒸发蒸腾	滞蓄	沉淀	吸附	入渗	微生物降解	过滤	植物吸收	蒸发蒸腾
生物滞留设施	中	中	中	中	中/高	中	中/高	低/中	2	2	2	2	2.5	2	2.5	1.5
透水铺装	低/中	低/中	中/高	高	低/中	中/高	低/无	低	1.5	1.5	2.5	3	1.5	2.5	1	1
绿色屋顶	中/高	低/中	中	低	中	中	中	低/中	2.5	1.5	2	1	2	2	2	1.5
湿塘	高	高	中	低/中	中	低	中	中	3	3	2	1.5	2	1	2	2
屋面雨水收集设施	高	中	低	不适用	低	低/中	不适用	低	3	2	1	0	1	1.5	0	1
干塘	高	中/高	中	低	低/中	低	低	中	3	2.5	2	1	1.5	1	1	2
植草沟	中	低/中	中	中	低/中	中	中	低/中	2	1.5	2	2	1.5	2	2	1.5
渗渠	低/中	低/中	中/高	高	中	中/高	低	低	1.5	1.5	2.5	3	2	2.5	1	1
植被缓冲带	低/中	低	中	中	低/中	中	中	低/中	1.5	1	2	2	1.5	2	2	1.5

表 5 不同机制对各径流控制功效指标的贡献

机制 径流控制功效	机制描述								机制量化							
	滞蓄	沉淀	吸附	入渗	微生物降解	过滤	植物吸收	蒸发蒸腾	滞蓄	沉淀	吸附	入渗	微生物降解	过滤	植物吸收	蒸发蒸腾
径流量削减	高	不适用	不适用	中/高	不适用	不适用	低	低	3	0	1	2.5	0	0	1	1
峰值延滞	高	不适用	不适用	中/高	不适用	低	低	低	3	0	1	2.5	0	1	1	1
流速减缓	中/高	不适用	不适用	低	不适用	低	低	低	2.5	0	1	1	0	1	1	1
SS 去除	低/中	高	中	中/高	不适用	高	不适用	不适用	1.5	3	2	2.5	1	3	0	0
N、P 去除	低/中	高	高	高	低	高	高	不适用	1.5	2	2	2	1	2	3	0
重金属去除	不适用	低/中	低/中	低/中	低	低/中	低	不适用	0	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1	0

表 6 不同低影响开发设施对降雨径流水量和
径流水质控制功效计算得分

径流控制 功效 设施种类	径流水量控制			径流水质控制			径流功 效总分
	径流量 削减	峰值 延滞	流速 减缓	SS 去除	N、P 去除	重金属 去除	
生物滞留设施	16.25	18.30	14.30	26.50	28.50	18.20	122.05
透水铺装	16.00	18.50	13.30	28.25	25.38	18.05	119.48
绿色屋顶	14.75	16.80	14.00	22.75	24.13	14.85	107.28
湿塘	17.75	18.80	15.00	26.25	26.75	16.45	121.00
屋面雨水收集设施	10.50	12.00	10.50	18.00	13.75	8.65	73.40
干塘	15.50	16.50	13.50	23.00	21.25	13.35	103.10
植草沟	15.75	17.80	13.80	24.00	25.00	15.85	112.20
渗渠	16.00	18.50	13.30	28.75	25.88	18.55	120.98
植被缓冲带	14.25	16.30	12.50	21.75	23.38	15.00	103.18

注：表中径流功效总分计算结果的大小只反应低影响开发设施功效的相对大小，并不具有绝对数值上的意义。

6.0.3 不同种类低影响开发设施成本投入参考了住房和城乡建设部关于印发《海绵城市建设技术指南-低影响开发雨水系统构建（试行）》（建城函〔2014〕275号）、国内外低影响开发设施数据库、研究文献，以及实际工程经验等。目前国内外的低影响开发设施成本投入情况可用1、2、3、4、5，五个等级表示其成本投入情况，数值越大，说明成本相对较高，具体见表7。

表 7 低影响开发设施成本投入量化结果

设施种类 \ 成本	固定投入	运维成本
生物滞留设施	4	2
透水铺装	3	4

续表 7

设施种类 \ 成本	固定投入	运维成本
绿色屋顶	4	5
湿塘	3	2
屋面雨水收集设施	5	4
干塘	3	1
植草沟	3	3
渗渠	2	2
植被缓冲带	1	1

注：表中所采取的量化结果不是绝对数值上的意义，只表示不同低影响开发设施成本投入的相对高低。表中数据根据随着经济的发展或地区差异各项参数应不断更新。

6.0.4 参考《海绵城市建设技术指南-低影响开发雨水系统构建(试行)》、国内外工程实践经验和景观生态行业专家意见，可将低影响开发设施景观价值划分为 0、1、2、3，四个等级表示，详见表 8。

表 8 低影响开发设施景观价值属性量化评价结果

设施种类 \ 景观价值	绿视率	总人流量
生物滞留设施	3	4
透水铺装	1	3
绿色屋顶	2	1
湿塘	4	2
屋面雨水收集设施	0	0
干塘	2	1

续表 8

景观价值 设施种类	绿视率	总人流量
植草沟	1	1
渗渠	0	0
植被缓冲带	2	1

注：表中景观价值每个等级的数值大小表示不同低影响开发设施景观绿视率和总人流量的相对高低，并不具有绝对数值上的意义。

6.0.5 综合比选指标中的不同指标属性量纲差异较大，无法采用相同的标准进行量化，故须对不同指标进行去量纲化和归一化处理，消除指标之间的量纲影响。本导则比选的 9 类低影响开发设施属性值归一化结果见表 9。

表 9 低影响开发设施的比选指标属性归一化结果

综合效能 指标 设施种类	径流 量削 减	峰值 延滞	流速 减缓	SS 去除	N、P 去除	重金 属去 除	固定 投入	运维 成本	绿视 率	总人 流量
生物滞留设施	0.79	0.93	0.84	0.79	1.00	0.96	0.75	0.25	1.00	0.66
透水铺装	0.76	0.96	0.62	0.95	0.79	0.95	0.50	0.75	0.00	1.00
绿色屋顶	0.59	0.71	0.78	0.44	0.70	0.63	0.75	1.00	0.50	0.33
湿塘	1.00	1.00	1.00	0.77	0.88	0.79	0.50	0.25	0.50	0.33
屋面雨水收集 设施	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.00	0.00
干塘	0.69	0.66	0.67	0.47	0.51	0.47	0.50	1.00	0.50	0.00
植草沟	0.72	0.85	0.73	0.56	0.76	0.73	0.50	0.50	1.00	0.33
渗渠	0.76	0.96	0.62	1.00	0.82	1.00	0.25	0.25	0.50	0.00
植被缓冲带	0.52	0.63	0.44	0.35	0.65	0.64	0.00	0.00	1.00	0.33

6.0.6 确定权重的方法较多，例如专家打分法、模糊综合评判法、TOPSIS 评价法、灰色关联度分析法、主成分分析法等。本导则使用专家打分法。以北京某地区海绵城市建设低影响开发设施比选为例，专家打分见表 10。

表 10 海绵设施综合效能指标权重专家打分表

指标	权重				
	1	3	5	7	9
1 低影响开发设施综合效能					
1.1 径流控制功效					
1.2 成本投入					
1.3 景观价值					
1.1 径流控制功效					
1.1.1 径流水量控制功效					
1.1.2 径流水质控制功效					
1.2 成本投入					
1.2.1 固定投入					
1.2.2 运维成本					
1.3 景观价值					
1.3.1 景观优美度					
1.3.2 空间活力					
1.1.1 径流水量控制功效					
1.1.1.1 径流量削减					
1.1.1.2 峰值延滞					
1.1.1.3 流速减缓					
1.1.2 径流水质控制功效					
1.1.2.1 SS 去除					

续表 10

指标	权重				
	1	3	5	7	9
1.1.2.2 N、P 去除					
1.1.2.3 重金属去除					
1.2.1 固定投入					
1.2.1.1 建设成本					
1.2.2 运维成本					
1.2.2.1 运行管理和维护成本					
1.3.1 景观优美度					
1.3.1.1 绿视率					
1.3.2 空间活力					
1.3.2.1 总人流量					

说明：表中的 1~9 表示专家认为的某项指标相对于其他指标的重要程度：1 表示优先度最低，3、5、7 依次增强，9 表示优先度最高。打分时在每一层指标后面相应的权重下打钩（√）即可，一层指标下若只有单项指标则不用打分。

指标权重的计算方法主要包括以下 3 个步骤：

(1) 将调查的结果通过以下标度转化为权重：1—0 分；3—25 分；5—50 分；7—75 分；9—100 分；

(2) 将某个指标的分值除以其父目标下的所有子目标的总分值，即得该指标对其父目标的相对权重。例如：某专家对总目标下的三个子目标的打分分别为，径流控制功效目标 7(75)，成本投入目标 9(100)，景观价值目标 7(75)。则此专家给出的权重值分别为：

$$\text{径流控制} = 75 / (75 + 100 + 75) \times 100\% = 0.3$$

$$\text{成本投入} = 100 / (75 + 100 + 75) \times 100\% = 0.4$$

$$\text{景观价值} = 75 / (75 + 100 + 75) \times 100\% = 0.3$$

(3) 将专家打分表中所有指标权重结果按图 2 表示。

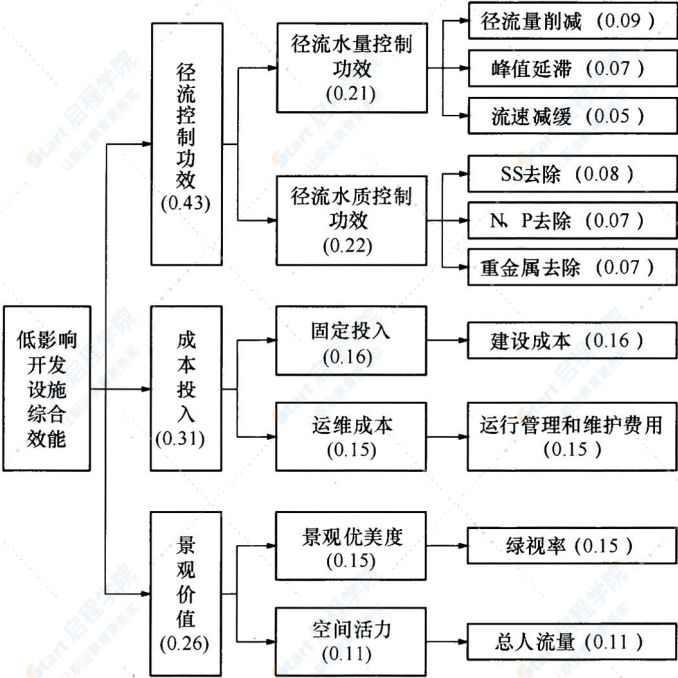


图 2 北京某地区低影响开发设施综合效能指标权重值

6.0.7 同样以北京某地区海绵城市建设低影响开发设施比选为例，不同种类低影响开发设施综合得分可由本导则表 9 中的指标属性和本导则图 2 中的各项指标权重相乘得到，结果如表 11 所示，表中右侧“总分”一栏为低影响开发设施综合得分排名。

表 11 低影响开发设施综合效能的评估结果

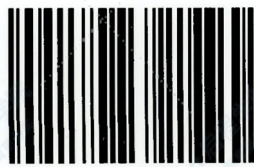
综合效能指标 (权重)	径流功效控制 (权重 0.43)						成本投入 (权重 0.31)		景观价值 (权重 0.26)		总分
	径流水量控制功效 (权重 0.21)			径流水质控制功效 (权重 0.22)			固定投入 (权重 0.16)	运维成本 (权重 0.15)	景观 优美度 (权重 0.15)	空间活力 (权重 0.11)	
	径流量 削减 (权重 0.09)	峰值延滞 (权重 0.07)	流速减缓 (权重 0.05)	SS 去除 (权重 0.08)	N、P 去除 (权重 0.07)	重金属 去除 (权重 0.07)	建设成本 (权重 0.16)	运行管理 与维护 费用 (权重 0.15)	绿视率 (权重 0.15)	总人流量 (权重 0.11)	
设施种类											
生物滞留设施	0.79	0.93	0.84	0.79	1.00	0.96	0.75	0.25	1.00	0.33	0.76
透水铺装	0.76	0.96	0.62	0.95	0.79	0.95	0.50	0.75	0.00	1.00	0.67
绿色屋顶	0.59	0.71	0.78	0.44	0.70	0.63	0.75	1.00	0.50	0.00	0.65
湿塘	1.00	1.00	1.00	0.77	0.88	0.79	0.50	0.25	0.50	0.00	0.62
屋面雨水收集设施	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.27
干塘	0.69	0.66	0.67	0.47	0.51	0.47	0.50	1.00	0.50	0.00	0.55
植草沟	0.72	0.85	0.73	0.56	0.76	0.73	0.50	0.50	1.00	0.33	0.65
渗渠	0.76	0.96	0.62	1.00	0.82	1.00	0.25	0.25	0.50	0.00	0.53
植被缓冲带	0.52	0.63	0.44	0.35	0.65	0.64	0.00	0.00	1.00	0.33	0.42

需本标准可按如下地址索购：

地址：北京百万庄建设部 中国工程建设标准化协会

邮政编码：**100835** 电话：**(010) 88375610**

不得私自翻印。



1 5 1 1 2 3 7 5 0 0

统一书号: 15112 • 37500

定价: 20.00 元