

T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSE XXXX—2025

海绵城市设计施工与成本优化技术规范

Sponge City Design and Construction and Cost
Optimization Technical Specifications

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 总体要求 2

 5.1 设计优化要求 2

 5.2 施工优化要求 2

 5.3 成本控制措施 3

 5.4 关键经济性指标 3

 5.5 关键技术措施 3

 5.6 维护管理 3

 5.7 指标要求 4

6 设计总体要求 4

 6.1 核心目标 4

 6.2 设计原则 4

 6.3 设计技术要求 4

 6.4 分项设计要求 5

 6.5 设施材料技术要求 6

7 施工总体要求 6

 7.1 施工要求 6

 7.2 施工技术要求 6

 7.3 施工材料要求 7

8 设计施工成本协同优化技术要求 7

 8.1 设计阶段成本优化技术 7

 8.2 施工阶段成本优化技术 8

 8.3 运维阶段成本优化 8

 8.4 设计施工成本协同优化技术 9

 8.5 全生命周期协同技术要求 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会提出并归口。

本文件起草单位：浙江国象建设有限公司。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

海绵城市设计施工与成本优化技术规范

1 范围

本文件规定了海绵城市设计施工与成本优化的术语和定义、总体要求、设计总体要求、施工总体要求、设计施工成本协同优化技术要求及全生命周期协同技术要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的民用建筑、市政基础设施及工业园区的海绵城市建设工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海绵城市 **sponge city**

通过自然与人工措施结合，实现雨水“渗、滞、蓄、净、用、排”六位一体管理的城市发展模式，提升城市防洪排涝与生态韧性。

3.2

低影响开发设施 **low impact development facilities**

包括透水铺装、下沉式绿地、生物滞留设施等，用于源头削减雨水径流的生态技术措施。

3.3

径流总量控制率 **total runoff control rate**

通过海绵设施消纳的雨水径流量占年均总降雨量的比例，新建建筑与小区不低于80%。

3.4

透水铺装地面 **pervious paving surface**

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。按照面层材料不同可分为透水水泥混凝土路面、透水沥青路面、透水砖路面、石路面。

3.5

透水水泥混凝土路面 **permeable cement concrete pavement**

透水孔隙结构均匀分布并贯通的一种水泥混凝土路面。

3.6

透水沥青路面 **Permeable asphalt pavement**

透水孔隙结构均匀分布并贯通的沥青混凝土路面。

3.7

下沉式绿地 **depression green space**

低于周边地面标高，可积蓄、下渗自身和周边雨水径流的绿地。

3.8

生物滞留设施 **bioretention facility**

在地势较低的区域，通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水的设施。

4 缩略语

下列缩略语适合于本文件。

PP Polypropylene聚丙烯
 TP Total Phosphorus 总磷
 VE Value Engineering价值工程
 DN Diameter Nominal公称直径
 LCC Life Cycle Cost 全生命周期成本
 LID Low Impact Development 低影响开发
 ROI Return on Investment 投资回报率
 COD Chemical Oxygen Demand化学需氧量
 HDPE High-Density Polyethylene 高密度聚乙烯
 LOD300 Level of Detail 300模型精细度等级300
 SS Stainless Steel / Suspended Solids 不锈钢/悬浮固体
 BIM Building Information Modeling建筑信息模型
 GIS Geographic Information System 地理信息系统
 Autodesk BIM 360 Autodesk BIM 360 BIM协同管理平台
 SWMM Storm Water Management Model 暴雨洪水管理模型
 InfoWorks ICM Integrated Catchment Modeling 综合流域建模软件
 MIKE URBAN MIKE URBAN Water Modeling 城市水系统建模软件
 PPP模式 Public-Private Partnership 政府与社会资本合作模式

5 总体要求

5.1 设计优化要求

5.1.1 因地制宜

结合当地气候、地质、水文条件，选择经济适用的技术（如北方以蓄渗为主，南方以排蓄结合为主）。

5.1.2 源头减排

分散控制雨水径流，减少集中排放压力。

5.1.3 多目标融合

将海绵设施与景观绿化、道路、广场等结合，减少单独建设成本。

5.1.4 生态优先

尊重自然水文循环，优先利用绿地、湿地等生态设施。

5.1.5 低影响开发（LID）优先

优先采用低成本、易维护的生态措施（如雨水花园、透水铺装），减少大型灰色设施依赖。

5.1.6 模块化设计

采用标准化、可复用的海绵设施（如预制雨水模块、组合式植草沟），降低施工难度和成本。

5.1.7 系统协调

统筹“渗、滞、蓄、净、用、排”六大功能，与城市管网、景观等协同设计。

5.2 施工优化要求

5.2.1 分阶段实施

结合城市更新、道路改造等工程同步推进，避免重复开挖。

5.2.2 本地材料利用

优先选用当地透水材料（如碎石、砂土）降低运输成本。

5.2.3 BIM 技术应用

利用BIM技术优化施工流程，减少材料浪费和返工。

5.2.4 绿色施工

采用环保工艺（如再生骨料透水混凝土）。少土方开挖。

5.3 成本控制措施

5.3.1 全生命周期成本（LCC）分析

综合考虑建设、运维成本，选择长期经济性最优方案。

5.3.2 PPP 模式或政府补贴

引入社会资本，降低财政压力。

5.3.3 规模效应

集中连片建设，降低单位面积成本。

5.3.4 维护成本优化

选择低维护设施（如耐旱植被、自清洁透水铺装）。

5.4 关键经济性指标

5.4.1 单位面积建设成本：透水铺装应 ≤ 200 元/ m^2 ，生物滞留设施应 ≤ 300 元/ m^2 。

5.4.2 投资回报率（ROI）：评估雨水回用、内涝减少等间接经济效益。

5.4.3 运维成本占比：应控制在总成本的 10%~20%。

5.5 关键技术措施

5.5.1 透水铺装

道路、广场采用透水材料（如透水混凝土、透水砖）。

5.5.2 绿色屋顶

建筑屋顶种植植被，减缓径流。

5.5.3 生物滞留设施

雨水花园、植草沟等滞留净化雨水。

5.5.4 下沉式绿地

绿地低于路面，促进雨水下渗。

5.5.5 调蓄设施

建设雨水塘、蓄水池等临时储存雨水。

5.5.6 生态水系

保护或修复自然水体，增强调蓄能力。

5.6 维护管理

5.6.1 定期清理

防止透水孔隙堵塞（如清扫路面、清淤）。

5.6.2 监测评估

对设施运行效果（如径流控制率、水质净化）进行长期监测。

5.6.3 应急管理

极端天气下保障排水系统安全。

5.7 指标要求

实现城市“吸水、蓄水、净水、释水”的弹性水循环系统，缓解内涝、改善水环境。具体如下：

- a) 年径流总量控制率：70%~85%；
- b) 面源污染削减率：SS 削减率 $\geq 50\%$ ；
- c) 雨水资源利用率：全部用于绿化、冲洗等。

6 设计总体要求

6.1 核心目标

6.1.1 径流控制

年径流总量控制率 $\geq 80\%$ （新建区域），改造项目 $\geq 70\%$ ；

6.1.2 水质净化

悬浮物去除率 $\geq 60\%$ ，总磷去除率 $\geq 50\%$ ；

6.1.3 内涝防治

重现期 ≥ 30 年一遇降雨时，道路积水深度 $\leq 150\text{mm}$ ，退水时间 $\leq 1\text{h}$ 。

6.2 设计原则

6.2.1 系统性

统筹“源头减排-管网输送-末端调蓄”全流程。

6.2.2 经济性

优先选用低维护成本设施（如透水铺装、植草沟）。

6.2.3 适应性

结合土壤渗透系数（ $\geq 1 \times 10^{-6}\text{m/s}$ ）、地下水位（埋深 $\geq 1\text{m}$ ）等参数选型。

6.3 设计技术要求

6.3.1 模型应用与数字化设计

6.3.2 水文水力模型

应符合以下要求：

- a) 软件工具：SWMM、MIKE URBAN、InfoWorks ICM；
- b) 模拟要求：验证设计重现期下管网排水能力。

6.3.3 BIM 协同设计

应符合以下要求：

- a) 模型精细度：LOD300（设施几何尺寸、材质属性完整）；
- b) 碰撞检测：管网与海绵设施冲突解决率 100%，减少施工变更 $\geq 50\%$ 。

6.3.4 在线监测

6.3.4.1 监测点位

关键设施进出口、管网节点、调蓄池。

6.3.4.2 参数采集

流量、水位、水质（COD、SS、TP）、土壤含水率。

6.4 分项设计要求

6.4.1 建筑与小区

6.4.1.1 透水铺装系统

结构层应符合以下要求：

- 面层：透水混凝土/透水砖（透水系数 $\geq 1 \times 10^{-3}$ m/s），厚度 ≥ 60 mm；
- 基层：级配碎石（厚度 ≥ 300 mm，孔隙率 $\geq 30\%$ ）；
- 底基层：素土夯实（压实度 $\geq 93\%$ ）。
- 透水铺装率：应 $\geq 70\%$ 。

6.4.1.2 绿色屋顶

应符合以下要求：

- 种植土层：轻质营养土（厚度 ≥ 100 mm）；
- 蓄排水层：塑料模块或砾石（厚度 ≥ 50 mm）；
- 防水层：耐根穿刺材料（寿命 ≥ 20 年）；
- 其他指标要求：屋顶绿化率 $\geq 30\%$ ，径流削减率 $\geq 65\%$ 。

6.4.1.3 雨水花园与下沉式绿地

应符合以下要求：

- 下凹深度：100mm-200mm 溢流口标高：高于绿地表面 50mm-100mm；
- 换土层：砂质壤土（厚度 ≥ 300 mm，渗透系数 $\geq 1 \times 10^{-5}$ m/s）。

6.4.2 道路与广场

6.4.2.1 道路横断面

应符合以下要求：

- 生态边沟：宽度 ≥ 500 mm，纵坡 $\leq 4\%$ ，内置砾石过滤层（厚度 ≥ 200 mm）；
- 透水沥青路面：孔隙率 $\geq 18\%$ ，基层厚度 ≥ 400 mm。

6.4.2.2 调蓄设施

应符合以下要求：

- 渗排一体化管道：DN300 透水管（开孔率 $\geq 5\%$ ），埋深 ≥ 800 mm；
- 蓄水模块：PP 材质抗压强度 ≥ 300 kN/m²，调蓄容积 ≥ 100 m³/ha。

6.4.3 绿地与开放空间

6.4.3.1 生物滞留设施

应符合以下要求：

- 蓄水层：深度 200-300mm；
- 种植土层：厚度 ≥ 500 mm（有机质含量 $\geq 5\%$ ）；
- 砂滤层：厚度 ≥ 100 mm（粒径 0.5-2mm）；
- 砾石层：厚度 ≥ 200 mm（粒径 20-40mm）；
- 溢流设施：设置溢流井（管径 $\geq$ DN200），溢流频率 ≤ 1 年一遇。

6.4.3.2 湿地与雨水塘

应符合以下要求：

- 表面流湿地：水力停留时间 ≥ 24 h，水深 300-600mm；
- 渗透塘：排空时间 ≤ 48 h，底部透水土工布渗透系数 $\geq 1 \times 10^{-4}$ m/s。

6.4.4 市政水系与管网

6.4.4.1 雨水管网优化

应符合以下要求：

- a) 设计重现期：主干管 ≥ 5 年，支管 ≥ 3 年；
- b) 管材选择：HDPE 双壁波纹管环刚度 $\geq 8\text{kN/m}^2$ ，接口防渗处理。

6.4.4.2 调蓄池与泵站

应符合以下要求：

- a) 地下调蓄池：容积按 30 年一遇降雨量设计，配备冲洗系统；
- b) 智能泵站：配置液位传感器与变频控制器，能耗降低 20%以上。

6.5 设施材料技术要求

6.5.1 透水材料

应符合以下要求：

- a) 透水混凝土：抗压强度 $\geq \text{C20}$ ，透水系数 $\geq 1.5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ；
- b) 透水砖：抗折强度 $\geq 4.0\text{MPa}$ ，耐磨层厚度 $\geq 5\text{mm}$ 。

6.5.2 过滤介质

应符合以下要求：

- a) 砂滤层：粒径 0.5-2mm，含泥量 $\leq 3\%$ ；
- b) 活性填料：沸石或生物炭（吸附容量 $\geq 50\text{mg/g}$ ）。

7 施工总体要求

7.1 施工要求

7.1.1 生态优先

应减少对自然水文环境的破坏，保护原有绿地、水域。

7.1.2 系统性

应统筹规划“渗、滞、蓄、净、用、排”六大功能，与市政设施协同建设。

7.1.3 分区分级

应根据地块功能（如道路、绿地、建筑区）差异化设计施工方案。

7.1.4 分层施工

应确保透水层、过滤层、排水层结构完整。

7.1.5 安全耐久

应确保设施抗压、防渗、抗堵塞，满足长期使用要求，蓄水设施（如雨水塘）需做好防渗，避免污染地下水。

7.1.6 标准化管理

应严格按设计图纸施工，落实过程验收及维护责任。

7.2 施工技术要求

7.2.1 透水铺装

应符合以下要求：

- a) 基层采用级配碎石或透水混凝土，孔隙率 $\geq 15\%$ ；

- b) 面层透水砖/沥青透水系数 $\geq 0.1 \text{ mm/s}$ ，坡度 $\leq 2\%$ ；
- c) 生物滞留设施（雨水花园、植草沟等）；
- d) 种植土厚度 $\geq 50 \text{ cm}$ ，填料层（砂、砾石）按设计分层压实；
- e) 设置溢流井，防止内涝。

7.2.2 雨水调蓄池/湿地

应符合以下要求：

- a) 防渗膜铺设搭接宽度 $\geq 10 \text{ cm}$ ，焊接严密；
- b) 水生植物选择耐污、耐涝品种。

7.2.3 绿色屋顶

应符合以下要求：

- a) 防水层采用耐根穿刺材料，排水板坡度 $\geq 2\%$ ；
- b) 应根据植物类型调整轻质种植土厚度，一般要求为 $10\sim 30 \text{ cm}$ 。

7.2.4 管道系统

应符合以下要求：

- a) 雨水管与污水管分流，检查井间距 $\leq 30 \text{ m}$ ；
- b) 采用 PP 透水盲管或 HDPE 穿孔管，外包土工布防堵塞。

7.3 施工材料要求

7.3.1 透水材料

应符合以下要求：

- a) 透水砖抗压强度 $\geq Cc40$ ，透水混凝土强度 $\geq C20$ ；
- b) 骨料粒径均匀，含泥量 $\leq 3\%$ 。

7.3.2 防渗材料

土工膜（HDPE）厚度 $\geq 1.5 \text{ mm}$ ，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-13} \text{ cm/s}$ 。

7.3.3 过滤材料

应符合以下要求：

- a) 土工布单位面积质量 $\geq 200 \text{ g/m}^2$ ，渗透性 $\geq 0.1 \text{ cm/s}$ ；
- b) 填料层砾石粒径 $5\sim 20 \text{ mm}$ ，洗净无杂质。

7.3.4 植物

应选择本地耐旱、耐涝品种（如芦苇、菖蒲、麦冬等）。

7.3.5 管道及配件

雨水管环刚度应 $\geq 8 \text{ kN/m}^2$ ，接口密封防渗漏。

8 设计施工成本协同优化技术要求

8.1 设计阶段成本优化技术

8.1.1 因地制宜选型

应结合当地气候、地质条件选择透水铺装低成本设施，并优先利用自然水系、绿地，减少人工设施工程量。

8.1.2 模块化设计

采用标准化、可复用的预制雨水花园模块，降低设计及施工成本；采用标准化预制构件（如模块化蓄水池、拼装式透水砖），缩短工期并降低人工成本。

8.1.3 多目标协同设计

整合景观、排水、植草沟兼具蓄水与景观等绿化功能，减少重复建设。在渗透性差的区域（如黏土）减少下沉式绿地设计，改用雨水桶或调蓄池。

8.1.4 经济性比选

对比不同技术方案的全生命周期成本（如透水沥青 vs 透水砖），选择性价比最优方案。

8.1.5 数字化模拟

运用BIM或水文模型优化设施布局，避免过度设计。

8.2 施工阶段成本优化技术

8.2.1 本土材料利用

优先采用当地砂石、植物等材料，减少运输及采购成本。

8.2.2 材料替代

使用再生材料（如建筑废料制透水砖）或本地石材，减少运输成本。透水混凝土中掺入工业废渣（如粉煤灰）降低材料费用。

8.2.3 施工工艺优化

透水铺装采用分层碾压替代全浇筑，减少材料损耗。雨水调蓄池与土方工程同步施工，降低开挖成本。绿色屋顶简化结构层（如轻质种植基质厚度从15cm降至10cm）并确保植物存活率。

8.2.4 协同施工

结合市政道路、管网改造同步施工，避免重复开挖（可节省综合成本15%~25%）。

8.2.5 机械化与预制化

使用预制生态挡墙、排水沟等构件，缩短工期和人工成本。

8.2.6 资源循环利用

将建筑废弃骨料用于透水基层，雨水回用于施工降尘。

8.2.7 动态成本管控

实时监控材料用量与施工进度，避免超支。

8.2.8 BIM 技术应用

通过BIM模拟施工流程，减少设计变更和返工，优化土方平衡与管线布局。

8.3 运维阶段成本优化

8.3.1 选择低维护设施

种植耐旱耐涝乡土植物（如千屈菜、芦苇），减少灌溉和更换频率。选择自清洁型透水铺装（如大孔隙率透水混凝土），降低堵塞风险。

8.3.2 智慧监测系统

安装传感器实时监测设施运行状态（如水位、渗透率），精准定位维护点位，避免全面排查成本。

8.3.3 社区共管模式

将海绵设施维护纳入物业管理，通过公众参与降低专业维护频次。

8.3.4 绩效与成本联动

制定设施维护标准（如透水铺装每年高压冲洗2次），平衡维护频率与功能保持。通过物联网监测设施状态，实施精准维护（仅对堵塞率>30%的区域清淤）。

8.4 设计施工成本协同优化技术

8.4.1 EPC 总承包模式

采取设计、施工一体化管理，减少变更与返工成本。

8.4.2 价值工程（VE）应用

采取组织设计、施工方共同评审，优化方案功能与成本平衡。

8.4.3 限额设计联动

施工方提前介入设计，提出可施工性建议（如简化复杂节点）。

8.4.4 信息化协同平台

搭建海绵城市管控平台，集成GIS、BIM与实时监测数据，支持决策分析。利用基于BIM共享数据，避免设计误差导致的施工浪费。

8.4.5 绩效激励机制

对节约成本的创新技术给予奖励。

8.5 全生命周期协同技术要求

8.5.1 设计、施工、运维数据通过云端平台（如 Autodesk BIM 360）实时共享。

8.5.2 设计-施工协同

8.5.2.1 进行可施工性评审，设计阶段邀请施工单位参与，优化复杂节点（如雨水湿地防渗层搭接方式）。

8.5.2.2 推广通用图集，减少非标构件成本。

8.5.3 成本-效益动态调控

8.5.3.1 敏感性分析

识别对成本影响大的参数（如透水铺装厚度），在允许范围内调整（如从15cm降至12cm）。

8.5.3.2 增量成本分析

评估每增加1%径流控制率所需的边际成本，选择效益拐点方案。

8.5.4 绿色融资与政策协同

8.5.4.1 捆绑申报

将海绵设施与市政项目打包，申请绿色债券或政策性贷款。

8.5.4.2 碳交易辅助

测算海绵设施的碳汇效益（如绿地增汇），纳入碳减排收益核算。