

XXXXX 道路工程

海绵城市设计说明

1 设计依据

1.1 设计规范、标准

- 1.1.1 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016 年版）
- 1.1.2 《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建（试行）》建设部，2014
- 1.1.3 《重庆市海绵城市规划与设计导则》（重庆市城乡建设委员会，重庆市规划局，2016.11）
- 1.1.4《重庆市海绵城市建设工程设计文件编制深度规定—低影响开发雨水系统（试行）》（重庆市城乡建设委员会，2016.11）
- 1.1.5 《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-2016）
- 1.1.6 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50332-2002）
- 1.1.7 《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB50069-2002）
- 1.1.8 《市政排水管道工程及附属设施》（图集号 06MS201）
- 1.1.9 《给水排水管道施工及验收规范》（GB 50268-2008）
- 1.1.10 《透水砖路面技术规程》（CJJT 188-2012）
- 1.1.11 《透水砖行业标准》（JCT945-2005）
- 1.1.12 《埋地塑料排水管道工程技术规程》（CJJ 143-2010）
- 1.1.13 《城镇给水排水构筑物及管道工程施工质量验收规范》（DBJ 50-108-2010）
- 1.1.14 重庆市建设领域限制、禁止使用落后技术的通告（第一号至第八号）
- 1.1.15 《重庆市主城区海绵城市专项规划》（试行）**
- 1.1.16 《建筑与小区雨水利用工程技术规范》（GB 50400-2016）**
- 1.2 设计基础资料、工程资料
- 1.2.1 我司与业主签订的合同
- 1.2.2 《重庆两江新区水土组团规划工作图（2014.9）》
（中冶建工集团有限公司 2014.09）
- 1.2.3 《重庆两江新区水土组团 A、D 标准分区部分用地控制性详细规划》

（重庆市规划设计研究院 2012）

1.2.4 《两江新区水土片区 XXXXX 道路工程管网综合规划》（初稿）

（重庆市规划设计研究院 2017.12）

1.2.5 业主提供本工程范围内的 1：500 地形图和 1:10000 地形图

1.2.6 重庆市城市规划管理技术规定（2012）

1.2.7 《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013 年版）》

（中华人民共和国建设部 2013.04）

1.2.8 《重庆市市政工程初步设计文件编制技术规定》（2017 年版）

（重庆市城乡建设委员会 2017.07）

1.2.9 我司设计的本工程道路图纸

1.2.10 业主提供的其它资料

2 项目概况

2.1 工程基本情况

本次设计项目设计范围道路全长 1124.327m。其中：XXXXX 段长 424.327m、XXXX 段长 700m（桩号 K0+000～K0+700）。

XXX 段呈 XXXXXXXX。

XXXX 段 XXXXXXXX。

2.2 设计范围

本次设计涉及的道路低影响开发设计，包括生物滞留沟、道路慢行系统、植物的配置、种植土结构层及绿化相关设计。

2.3 上位规划要求

暂无水土片区海绵城市规划，本次设计参考重庆市主城区海绵城市专项规划，列表说明规划目标和控制指标。

地块编号	用地性质	年径流总量控制率（%）	污染物总量去除率（%）
市政道路	市政用地	70%	50%

2.4 现状情况分析

本次设计范围内均为现状地形，暂无相关海绵城市实施内容。

3 上阶段审查意见执行情况

3.1 本项目海绵城市专篇设计的控制指标及设计目标的确定依据不妥。

执行情况：修改完善海绵城市专篇设计的控制指标及设计目标，详见初设说明第 15.3 节。

3.2 LID 设施控制容积及污染物去除率的工艺计算过程不合理。

执行情况：修改完善 LID 设施控制容积及污染物去除率的工艺计算过程，详见初设说明第 15.3 节。

3.3 LID 设施工艺计算前应根据项目实际情况确定哪些下垫面处于受控状态，哪些下垫面处于不受控状态，据此合理确定雨水径流路径及 LID 设施的服务范围。

执行情况：修改完善 LID 设施工艺计算参数，详见初设说明第 15.3 节及设计图纸 L-01。

4 设计内容

4.1 设计原则

生物滞留沟的设计需要满足海绵城市对年径流总量控制目标，根据《重庆市主城区海绵城市专项规划》（试行），本次设计控制率按 70%考虑，同时需完全控制初期径流污染，且生物滞留沟的蓄水排空时间需小于 24h。所有生物滞留沟中的绿化配种均以满足生长条件和景观要求为目标。

4.2 设计思路

（1）生物滞留带在斑马线处设置人行开口供行人通行，公交停车港处不布置生物滞留带。

（2）采用路缘石侧壁开槽方式将道路雨水引入生物滞留带，公交停车港及道路交叉口处仍需根据实际情况布置传统雨水口（转弯处以转弯段及直圆点 5m 范围内按照雨水口布置原则进行布置）。

（3）生物滞留设施或透水铺装与车行道路基之间应按如下原则采用防渗措施：≤6m

的填方段防渗膜敷设在靠近车行道路基一侧（后简称半包）；>6m 的高填方防渗膜敷设于整个滞留带下（后简称全包）；在填挖交界处防渗应与土工格栅相协调。

（4）道路纵坡≤2%时，生物滞留带可不设挡水堰；道路纵坡 2%～7%采用阶梯状雨水生物滞留带；道路纵坡≥7%的道路两侧不设置生物滞留带，采用普绿化带，保持景观整体性。

（5）人行道至少保证 2m 及以上的人行通道宽度。

（6）除雨水系统外的其他管网设施布置于生物滞留带时，需采用防渗措施，防止其他管网因渗水造成的不利影响。

（7）道路 LID 设施的雨水滞留时间不超过 24h，植物尽量选择对污染物去除作用佳的耐旱耐涝本土植物。

4.3 设计下垫面分析

根据《重庆市主城区海绵城市专项规划》，车行道径流系数取 0.85，人行道透水铺装径流系数按 0.3 设计，生物滞留设施自身直接接收降雨面径流系数 1。经加权平均，本次设计道路总径流系数见下表：

序号	名称	面积（m ² ）	面积占比	径流系数
1	人行道(包括桥梁段)	7437	25.48%	0.3
2	生物滞留设施	2665	9.13%	1
3	车行道(包括桥梁段)	19087	65.39%	0.85
4	合计	29189	100.00%	0.72

其中桥梁段的人行道面积为 1367 m²，车行道面积为 5208 m²。

4.4 设计目标

本次设计参考重庆市主城区海绵城市专项规划，年径流总量控制率为 70%，污染物总量去除率 50%。

4.5 LID 设计参数

本工程年径流控制率指标为 70%，渝北区多年年均降雨量 1139.6mm。

不同年径流总量对应的设计降雨量（mm）				
60%	70%	75%	80%	85%
12.7	18.1	21.9	26.8	33.4

4.6 年径流总量控制率

本次设计选用生物滞留设施（净宽 1.7m）和人行道透水砖铺装这两种 LID 设施，道路范围内年径流总量控制率计算如下表：

序号	下垫面及 LID 设施	控制面积（m²）	年径流总量控制率
1	生物滞留设施	2665	0.8
2	车行道可控部分	12159	0.8
3	透水砖铺装	6069	0.85
4	不可控部分	8296	0.1
5	合计	29189	0.61

经计算，道路范围内年径流总量控制率为 61%，不满足年径流总量控制率≥70%的要求，通过周边地块增设海绵城市相关设施增加年径流总量控制率。

4.7 雨水径流污染物削减率

本次设计选用生物滞留设施（净宽 1.7m）和人行道透水砖铺装这两种 LID 设施，生物滞留沟单项污染物去除率为 70%~95%，本次设计取 70%；透水砖铺装单项污染物去除率为 80%~90%，本次设计取 80%，道路范围内雨水径流污染物削减率计算如下表：

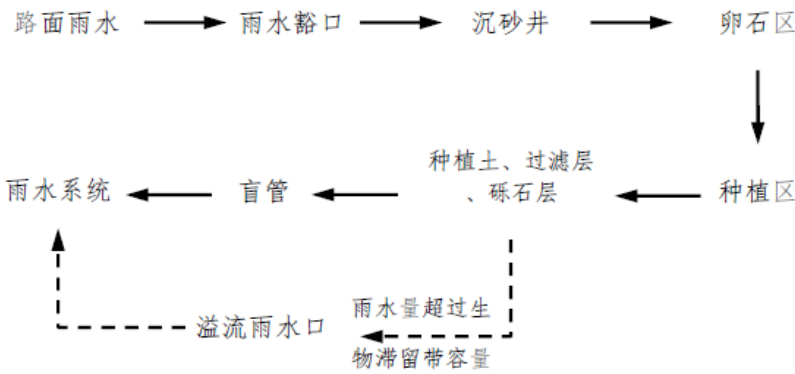
序号	下垫面及 LID 设施	控制面积（m²）	年径流总量控制率	单项设施污染物去除率
1	生物滞留设施	2665	0.8	0.7
2	车行道可控部分	12159	0.8	0.7
3	透水砖铺装	6069	0.85	0.8
4	不可控部分	8296	0.1	0
5	合计	29189	0.61	0.43

经计算，道路范围内雨水径流污染物削减率为 43%，不满足雨水径流污染物削减率≥50%的要求。

5 生物滞留带

5.1 原理

道路雨水经过侧壁雨水开孔流入沉砂井后经沉砂井雨水算溢出，流经卵石区实现均匀布水和再次过滤后汇入种植区，通过种植区植物、土壤和微生物系统的下渗、缓冲，净化径流，缓排雨水，当雨水量超过生物滞留带的容量经溢流雨水口溢流排到现状雨水系统。

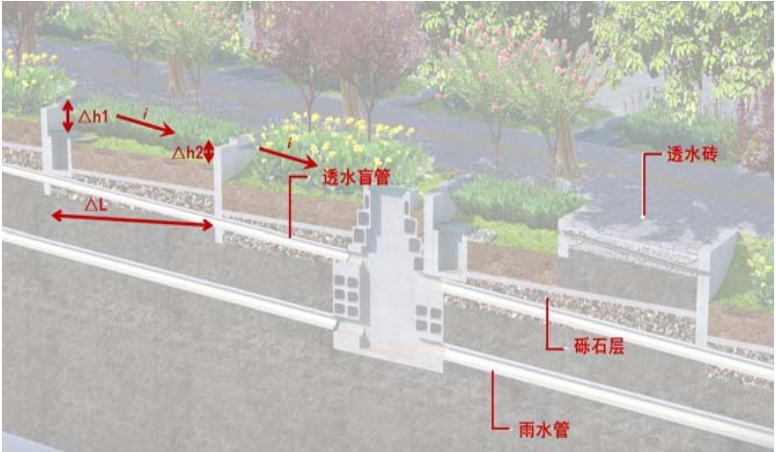


道路雨水系统收集示意图

5.2 平面布置

人行道靠近路缘石一侧新建 2.0m 生物滞留带，内部净宽 1.7m。

5.3 纵断面布置



阶梯状生物滞留带示意图

生物滞留带蓄水层高度 20cm。本次设计生物滞留带均采用阶梯状布置，生物滞留带坡度按 $i'=0.00$ 考虑，阶梯状生物滞留带每级内部上游隔墙顶距离生物滞留带表层最低点高差 $\Delta h1$ 按照 0.5m 控制，每级内部下游隔墙顶距离生物滞留带表层最低点高差 $\Delta h2$ 按照 0.3m 控制，生物滞留带每级长度 ΔL 不超过 30m，本次设计阶梯状生物滞留带取值见下表：

阶梯状生物滞留带每级长度

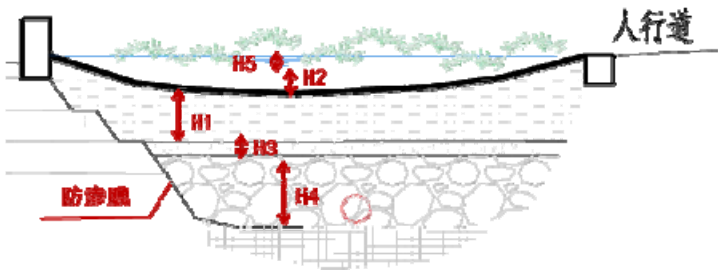
道路桩号	路面坡度 i	生物滞留带每级长度 ΔL （m）
XXX 一段	0.033	6.0
XXX 二段	0.02	10.0

5.4 竖向布置

生物滞留设施带最小深度：

$$H=H_1+H_2+H_3+H_4+H_5$$

式中： H_1 —为了满足灌木生长需求，最小种植土厚度取 50cm；
 H_2 —设计持水区深度，取 20cm；
 H_3 —砂滤层厚度，取 10cm；
 H_4 —砾石层厚度，取 30cm；
 H_5 —超高，雨水豁口与最高持水区高差，10cm。



生物滞留带竖向布置示意图

5.5 设计计算

（1）生物滞留带设计计算

①生物滞留带设计进水量

海绵城市径流控制指标设计调蓄量（容积法）

$$V=10H_s\left(\Psi A+A_0\right)$$

式中： V —设计调蓄统计， m^3
 H_s —设计降雨量，mm，按照年有效径流控制率 70%计，取 18.1mm；
 Ψ —综合雨量径流系数，按照用地性质加权取，道路取 0.9；
 A —滞留带外汇水区域面积， m^2 ；
 A_0 —滞留带直接接受降雨的面积， m^2 。

②生物滞留带设计计算

生物滞留带的设计有效调蓄容积

$$V_s=V-W_p$$

式中： V_s —生物滞留带的设计有效调蓄容积；（本次设计将设施顶部蓄水空间作为有效调蓄容积，设施结构内部的介质主要是作为雨水的过滤和缓排作用层）

W_p —渗透量， m^3 ；根据《建筑与小区雨水利用工程技术规范》，渗透设施的渗透量按照下式（达西定律）计算：

$$W_p=\alpha KJ A_s t_s$$

式中： α —综合安全系数，一般可取 0.5~0.8，本次设计取 0.8；

K —平均渗透系数，m/s，本次设计取 10^{-6} m/s；
 J —水力坡降，一般可取 $J=1.0$ ；
 A_s —有效渗透面积， m^2 ；
 t_s —渗透时间（s），取值 7200s。

③生物滞留带实际有效调蓄容量校核

本次设计生物滞留带总长为 1568m，净宽为 1.7m，其中持水区深度为 0.2m， $V_{实}=1568\times1.7\times0.2\; m^3=426.496\; m^3$ 。校核计算结果见下表：

A（hm ² ）	A ₀ （hm ² ）	V（m ³ ）	W _p （m ³ ）	V _s （m ³ ）	V _实 （m ³ ）
2.65	0.267	479.92	153.55	326.37	426.496

由于生物滞留带实际有效调蓄容量 $V_{实}>V_s$ ，因此本次设计生物滞留带能有效控制 80% 的雨水径流。

（2）雨水豁口流量校核

路缘石雨水开孔为立孔式侧向进水，进水状况类似于侧堰，可按宽顶堰堰流公式计算。由于侧孔前的水深是沿纵向变化的，其误差用系数 K 修正：

$$Q_{max}=K\cdot385B\sqrt{2gh}^{3/2}$$

式中： B —雨水豁口宽度（m）；
 K —修正系数，0.52；
 h —侧孔前水深（m）。

本次设计道路中每 15m 生物滞留带单侧汇水面积在重现期 5 年下的设计流量最大为 6.83L/s，雨水豁口过流能力为设计流量的 1.5~3 倍，本次设计取 1.5 倍，即 $Q_{max}=6.83\times1.5=10.25\; L/s$ ，豁口宽度取 $B=0.5m$ ，经上式计算，侧孔前水深 $h=0.06m$ ，故本次设计每隔 15m 布置一处雨水豁口，豁口尺寸为 $B\times H=0.5\times0.15m$ ，满足要求。为保证超标雨水的泄流，本次设计每隔 30m 布置雨水豁口（大孔）。

（3）生物滞留带阶梯跌落挡水堰流量校核

生物滞留带阶梯跌落挡水堰开孔为有底坎直角进口宽顶堰流，可按宽顶堰堰流公式计算：

$$Q_{max}'=\delta_q\cdot mb\sqrt{2gh'}^{3/2}$$

式中， b —挡水堰开孔宽度（m）；

XXXX 单位	xxxx 道路工程
<p>h—挡水堰开孔高度（m）；</p> <p>δ。一侧收缩系数，取值 0.922；（参照给水排水设计手册第 5 册城镇排水第二版 P106 页表 2-30）；</p> <p>m—自由溢流的流量系数，取值 0.32；（参照给水排水设计手册第 5 册城镇排水第二版 P103 页公式 2-39）。</p> <p>本次设计挡水堰开孔的尺寸为 B×H=0.5×0.1m，经计算，过流能力为 20.7 L/s，满足内涝重现期 50 年下的设计流量要求。</p> <h2>6 其他附属设施</h2> <h3>6.1 种植土</h3> <p>种植土层厚度视植物类型确定，当种植草本植物时≥400mm，灌木≥500mm，乔木≥1000mm，土壤透水性能力不宜小于 10⁻⁵m/s 时，为增加渗透性能，种植土可掺入 20%细砂；种植土一般为 85%～88%粗砂，8%～12%细砂和 15%左右腐殖土，为保证渗透系数要求可调整比例进行改良。</p> <h3>6.2 砂滤层</h3> <p>砂滤层厚度为 100mm，采用中粗砂。</p> <h3>6.3 砾石层</h3> <p>砾石层厚度为 300mm，直径为 16～32mm。</p> <h3>6.4 透水盲管及土工布</h3> <p>透水盲管的铺设坡度同路面坡度。盲管周围应包裹透水土工布，规格 300g/m²。选用的塑料管的直径为 DN150，环刚度不应小于 8kN/m²。透水盲管每隔 30m 左右接入雨水溢流口中。</p> <h3>6.5 防渗膜</h3> <p>防渗膜布置原理：生物滞留设施或透水铺装与车行道路基之间、与污水检查井交界处均应采用防渗措施，于与车行道路基之间敷设的防渗膜按下列原则敷设：≤6m 的填方段道路半包；>6m 的高填方道路全包；在填挖交界处防渗应与土工格栅相协调。半包全包示意图《生物滞留带大样图》。</p> <p>防渗膜采用两布一膜防渗土工膜，规格 400g/m²，断裂强度≥8.0kN/m，CBR 顶破强力≥1.4kN，耐净静水压 0.4MPa。</p> <h3>6.6 路缘石及雨水豁口</h3> <p>路缘石雨水豁口做法参考路缘石结构大样图，路缘石雨水豁口低于道路路面 5cm，每隔 15m 布置一处小孔（参照《豁口路缘石结构大样图（一）》），每隔 30m 布置一处大孔（参照《豁口路缘石结构大样图（二）》）。路缘石应有足够的埋设深度、合适的背后支撑、填土应夯实。路缘石应以干硬砂浆铺砌，保证砌筑稳固，路缘石背后及基础以下填土按设计要求夯实，避免出现差异沉降后产生路缘石失稳倾斜现象。除雨水豁口外保留现状路缘石，应根据现状路缘安装实际情况应保证现状路缘石的安装稳定性，若路缘石安装不稳可参照道路相关图纸对路缘石进行加固。</p> <h3>6.7 雨水溢流口</h3> <p>生物滞留带需每隔 30m 左右布置一处雨水溢流口，当雨水检查井布置于生物滞留带时，将雨水检查井设置为圆形雨水溢流口；每连续生物滞留带最低点处需要设置方型雨水溢流口，雨水通过 d300 溢流管接入附近雨水检查井中，排水坡度 i≥0.01。溢流口按高于生物滞留带种植土表面至少 200mm 设计，根据设计需要溢流水位标高可调整，铸铁溢流口为成品，采用铸铁材料，满足《铸铁检查井盖》CJ/T3012 标准要求，承载等级满足轻型井盖强度要求。</p> <p>方型、圆形溢流口最大过流量分别为 30L/s、50L/s，溢流口做法参考《方型雨水溢流口大样图》及《圆形雨水溢流口大样图》，圆形溢流口井体参考雨水检查井大样图做法。溢流管采用国标 II 级钢筋砼管，基础采用满包混凝土基础，做法详见《排水管道沟槽开挖断面图》，接口采用钢丝网水泥砂浆抹带接口，钢筋混凝土排水管成品必须符合《混凝土及钢筋混凝土排水管》（GB/T11836-2009）要求。</p> <h3>6.8 沉砂井</h3> <p>本次设计道路雨水豁口出口排入生物滞留带前处设置沉砂井，沉砂井做法详见大样图。沉砂井池体 C30 砼现浇，池内壁必须扁光，地基承载力应大于 0.2MPa，若未达到应通知设计解决。沉砂池出水周边卵石，对溢流雨水进行缓冲及均匀布水。</p> <h3>6.9 管网防水处理</h3> <p>位于生物滞留带内的污水检查井需对井身采取有效防渗措施。</p> <p>路灯电缆护管交接处应密封连接，防止渗水。</p> <p>综合管网构筑物外壁防水做法可参照西南 11J201 柔性防水屋面做法，按照Ⅲ级防水考虑。</p> <h2>7 人行道透水砖铺装</h2> <h3>7.1 年径流总量控制率计算</h3>	

根据年径流总量控制率计算，人行道透水砖铺装按年径流总量控制率 $\geq 85\%$ 考虑，对应设计降雨量为 33.4mm。

根据该地区气象资料分析，日降雨量小于等于 33.4mm，暴雨强度不超过五年一遇暴雨强度，即 $q=404.6L/(s \cdot 10^4m^2)$ 。

本工程采用透水砖的透水系数不应 $\leq 2.0 \times 10^{-2}cm/s$ ，大于 $q=404.6L/(s \cdot 10^4m^2)$ ，满足年径流总量控制率 $\geq 85\%$ 的要求。

7.2 人行道路面结构

本次设计遵循海绵城市理念，人行道采用透水砖铺装。人行道海绵城市透水铺装形式需结合周边地块的用地性质与建筑功能、特殊的景观要求进行综合功能导向性设计，采用彩色或带有图案的整体透水混凝土、透水砖。

本项目人行道结构设计如下：

透水性步砖 $20 \times 10 \times 6cm$

石屑找平层 5cm

C20 无砂大孔混凝土 15cm

级配碎石垫层 15cm

7.3 透水砖

本工程采用透水砖的透水系数不应 $\leq 2.0 \times 10^{-2}cm/s$ ，外观质量、尺寸偏差、力学性能、物理性能等其他要求应符合《透水路面砖和透水路面板》（GB / T25993）、《透水砖路面技术规程》（CJJ/T 188）的规定。且透水砖产品应选用免烧节能环保产品。

透水砖面层应与周围环境相协调，其砖型选择、铺装形式由设计人员根据铺装场所及功能要求确定。

7.4 找平层

透水砖面层与基层之间应设置透水找平层，本次设计找平层采用石屑，厚度为 5cm，找平层透水性能不宜低于面层所采用的透水砖。

7.5 基层

基层可根据地区资源差异选择透水粒料基层、透水水泥混凝土基层等类型，并应具有足够的强度、透水性和水稳定性。透水混凝土的有效孔隙率应大于 10%，渗透系数不应小于 2×10^{-4} ，砂砾料和砾石的有效孔隙率应大于 20%，连续孔隙不应小于 10%。

本次设计选用基层为 C20 无砂大孔混凝土 15cm。

7.6 垫层

当透水砖路面路基为粘性土时，宜设置垫层。当土基为砂性土或底基层为级配碎、砾石时可不设置垫层。垫层宜采用透水性较好的砂或砂砾等颗粒材料，宜采用无公害工业废渣。其 0.075mm 以下颗粒含量不应大于 5%。本次设置级配碎石垫层 15cm。

7.7 排水设计

a. 透水砖路面的排水可分表面排水和内部排水。应结合市政管网、绿化景观、生态建设及雨水综合利用系统进行综合设计，并应符合现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ37 的规定。

b. 对人行道全幅敷设透水砖段，路面内部雨水通过 HDPE 多孔盲管管道就近引入雨水口后排入雨水系统，管径 DN50，每隔 30m 布置一处，详见《人行道结构大样图》。

c. 透水盲管的铺设坡度同人行道横坡坡度。盲管周围应包裹透水土工布，规格 $300g/m^2$ ，垂直渗透系数 $0.001 \sim 1cm/s$ ，断裂强力 $\geq 14kN/m$ ，CBR 顶破强力 $\geq 1.8kN$ ，有效孔径 $0.07 \sim 0.2mm$ 。选用盲管的直径为 DN50，环刚度不应小于 $8kN/m^2$ 。

7.8 路基防水

透水铺装与车行道路基之间应敷设防渗膜，防渗膜采用两布一膜防渗土工膜，规格 $400g/m^2$ ，断裂强度 $\geq 8.0kN/m$ ，CBR 顶破强力 $\geq 1.4kN$ ，耐净静水压 0.4MPa。

8 监测设计

海绵城市在线监测系统是“海绵城市信息化综合管控平台”的重要组成部分，通过对雨水调蓄重要节点、建设项目排出口、河流断面等重要位置进行监测，用实际监测数据来反应海绵城市的建设成果，为城市水资源、水环境、水安全的综合管理和海绵城市建设成效的评定提供数据支撑。

可在道路积水区域布设水位监测点，监测积水情况及其应对城市内涝。在排水管网的关键节点进行液位、流量监测，作为过程监测数据，为运行评估及风险预警提供依据。监测的设置情况可根据当地实际情况选择，本项目参考已建与在建项目的实际案例，暂不考虑设计监测，业主可根据发展情况后期统一增设。

9 主要工程量表

道路 LID 建设主要工程量表

序号	项目名称	单位	数量	规格	备注
1	生物滞留带	m ²	2665		包含植物、种植土≥50cm、砂滤层 10cm、砾石层 30cm
2	挡水堰	座	107		
3	立式开孔路缘石	m	100		小孔
4	立式开孔路缘石	m	51		大孔
5	透水盲管	m	1415	DN150	
6	透水盲管	m	358	DN50	
7	土工布	m ²	863		300g/m ²
8	两布一膜土工防渗膜	m ²	4015		400g/m ²
9	方型雨水溢流口	座	100		
10	国标 II 级钢筋砼管	m	1235	d300	溢流管

注：本工程量表作为设计预算参考，以实际工程量为准。