

DB 6501

乌鲁木齐市地方标准

DB 6501/T 040—2022

乌鲁木齐市海绵城市建设生物滞留设施技术指南

Technical guideline of bioretention system for sponge city construction in Urumqi

2022 - 12 - 15 发布

2023 - 01 - 01 实施

乌鲁木齐市市场监督管理局 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 符号 2

5 基本规定 3

 5.1 纵向结构和附属设施 3

 5.2 生物滞留设施的分类 3

 5.3 生物滞留设施的选型 4

 5.4 设计的基本要求 4

6 设施规模 5

7 设施设计 8

 7.1 进水口 8

 7.2 预处理 9

 7.3 蓄水层 9

 7.4 覆盖层 9

 7.5 种植土层 9

 7.6 过渡层 10

 7.7 排水层 10

 7.8 排水管 10

 7.9 防渗层和隔离层 11

 7.10 溢流井 12

 7.11 植物选型 13

附 录 A （资料性） 生物滞留设施纵向结构的主要功能..... 14

附 录 B （资料性） 生物滞留设施典型结构图..... 15

附 录 C （规范性） 降雨量 16

附 录 D （规范性） 暴雨强度公式..... 17

附 录 E （资料性） 各类下垫面的径流系数..... 18

附 录 F （资料性） 初期雨水径流水质参考值..... 19

参 考 文 献 20

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。

本文件由乌鲁木齐市建设局（人民防空办公室）提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：乌鲁木齐市建设局（人民防空办公室）、北京市市政工程设计研究总院有限公司、乌鲁木齐市城市综合交通项目研究中心（乌鲁木齐市轨道交通项目建设中心）、乌鲁木齐市政府投资城市基础设施建设中心、乌鲁木齐市建筑市场运行服务中心、乌鲁木齐市城建设计研究院。

本文件主要起草人：谢民、黄鸥、杨京生、孙亮、刘晓龙、马正慧、王国惠、闫玉慧、赵强、未碧贵、高蕾、刘玉东、徐海源、马龙、马勤、张曼、徐玮、马林斌、李雪、李俊辉。

本文件实施应用中的疑问，请咨询乌鲁木齐市建设局（人民防空办公室）。

对本文件的修改意见和建议，请反馈至乌鲁木齐市建设局（人民防空办公室）（乌鲁木齐市水磨沟区新兴街29号）、乌鲁木齐市市场监督管理局（乌鲁木齐市天山区中山路33号）、北京市市政工程设计研究总院有限公司（北京市海淀区西直门北大街32号3号楼）。

乌鲁木齐市建设局（人民防空办公室），电话：0991-4619200，传真：0991-4619200，邮编：830000。

乌鲁木齐市市场监督管理局（乌鲁木齐市天山区中山路33号），电话：0991-2815191，传真：0991-2819924，邮编：830000。

北京市市政工程设计研究总院有限公司（北京市海淀区西直门北大街32号3号楼），电话：010-82216600，传真：010-82216600，邮编：100082。

乌鲁木齐市海绵城市建设生物滞留设施技术指南

1 范围

本文件规定了乌鲁木齐市生物滞留设施的基本规定、设施规模、设施设计的要求。
本文件适用于乌鲁木齐市行政区划内生物滞留设施的设计。

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。

- GB/T 25176 混凝土和砂浆用再生细骨料
- GB/T 31755 绿化植物废弃物处置和应用技术规程
- GB 50014 室外排水设计标准
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 51222 城镇内涝防治技术规范
- GB/T 51345 海绵城市建设评价标准
- GB/T 51403 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准
- GB 55027 城乡排水工程项目规范
- CJ/T 340 绿化种植土壤
- T/CUWA 40052 雨水生物滞留设施技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物滞留设施 bioretention system

通过植物、土壤和微生物系统滞蓄、渗滤、净化径流雨水和雪融水的设施。

[来源：GB / T 39599-2020，定义3.1.2，有修改]

3.2

雨水花园 rain garden

利用自然形成或人工挖掘的浅洼地形种植耐旱耐涝植物的生物滞留设施。

3.3

生物滞留带 bioretention zone

设在市政道路红线范围内或两侧地势低凹区域，收集汇流道路雨水和雪融水的生物滞留设施。

3.4

高位花坛 high planter

利用高于地面的花坛收集汇流屋面雨水和雪融水的生物滞留设施。

3.5

生态树池 ecological tree pit

利用树池收集汇流雨水和雪融水的生物滞留设施。

3.6

土壤渗透系数 permeability coefficient of soil

单位水力坡度下水在土壤中的稳定渗透速度。

[来源: GB 51222- 2017, 定义2.1.7]

3.7

汇流比 ratio of catchment area to bioretention area

生物滞留设施的汇水面积与生物滞留设施的表面积之比。

3.8

雨水排空时间 rainwater drain time

生物滞留设施雨水蓄水层蓄满的水全部下渗所需时间。

3.9

集水半径 collecting radius

排水管中心与生物滞留设施排水层边缘的水平距离, 或者相邻排水管管中心水平距离的一半。

4 符号

α ——安全系数;

β ——径流总量控制率;

γ ——生物滞留设施设计年径流污染物总量(以 SS 计)削减率;

ψ ——综合流量径流系数;

φ ——综合雨量径流系数;

ε ——介质层的平均孔隙率;

ω ——生物滞留设施出水 SS 平均浓度去除率;

A ——生物滞留设施的汇水面积, 包括生物滞留设施的表面积;

A_{or} ——孔口面积, 即为竖管横截面积;

A_{bio} ——生物滞留设施表面积;

B ——阻塞系数;

C ——堰长度, 即为溢流竖管周长;

C_d ——孔口排放系数;

C_w ——堰流系数;

D ——竖管直径;

F ——进水口的汇水面积;

f ——植株横截面面积占蓄水层面积的百分比;

g ——重力加速度;

H ——设计降雨量;

h ——竖管管口以上水头；
 h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深；
 h_{media} ——介质层总平均厚度；
 i_h ——路面横向坡度；
 i_z ——道路纵向坡度；
 J ——水力坡降；
 K ——土壤渗透系数；
 L ——开口总长度；
 N ——汇流比，指汇水面积与生物滞留设施面积之比；
 n ——曼宁系数，沥青和水泥路面取0.013；
 P ——设计重现期；
 Q ——进水口设计进水流量；
 Q_{dr} ——排水管出流量；
 Q_{ov} ——溢流井设计流量；
 q ——设计暴雨强度；
 S ——排水管所需总开口面积；
 t ——降雨历时；
 t_0 ——雨水排空时间；
 t_c ——场降雨时长；
 V ——生物滞留设施的设计径流总量控制容积；
 $V_{\text{infiltration}}$ ——降雨期间生物滞留设施的下渗量；
 V_{media} ——介质层（覆盖层、种植土层、过渡层和排水层）的滞蓄容积；
 h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深；
 V_{storage} ——生物滞留设施的滞蓄容积。

5 基本规定

5.1 纵向结构和附属设施

5.1.1 生物滞留设施的纵向结构可包含蓄水层、覆盖层、种植土层、过渡层、排水层、防渗层和隔离层，其中蓄水层又可分为雨水蓄水层和雪融水蓄水层。生物滞留设施各纵向结构的功能见附录 A，典型结构图见附录 B。

5.1.2 生物滞留设施的附属设施包括进水口、预处理、排水管和溢流井。

5.2 生物滞留设施的分类

5.2.1 按布置形式可分为雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。

5.2.2 按入渗程度可分为防渗型、部分入渗型和全入渗型：

- a) 防渗型生物滞留设施应设置蓄水层、覆盖层、种植土层、过渡层、排水层、防渗层；
- b) 部分入渗型生物滞留设施应设置蓄水层、覆盖层、种植土层、过渡层、排水层，宜设置隔离层；
- c) 全入渗型生物滞留设施应设置蓄水层、覆盖层、种植土层。

5.3 生物滞留设施的选型

5.3.1 按布置形式分类的生物滞留设施，选型应符合表 1 的要求。

表1 不同布置形式的生物滞留设施的适用性

类型	适用性
雨水花园	适用于自然形成或人工建造的浅凹绿地
生物滞留带	适用于城市道路红线范围内或两侧地势低凹区域的带状绿地
高位花坛	适用于将屋面径流通过雨落管流入的高于地面的花坛
生态树池	适用于城市交通车流量较大的街道、停车场和其他大面积不透水区域的树池

5.3.2 按入渗程度分类的生物滞留设施，选型应符合 T/CUWA 40052 以及表 2 的要求。

表2 不同入渗程度的生物滞留设施的适用性

类型	适用性
防渗型	下列场地应选用防渗型生物滞留设施： a) 径流污染严重； b) 设施底部渗透面距离地下水季节性高水位或岩石层小于 1 m； c) 距离建筑物基础水平距离小于 5 m； d) 有自重湿陷性黄土或膨胀土的区域； e) 径流雨水入渗对道路路基造成影响的城市道路； f) 径流雨水入渗对地下管线造成影响的场地。 注：径流污染严重的场地包括加油站、车辆维修场所、垃圾转运或填埋场、有毒有害化学品储存场所、水泥或沥青生产场所等。
部分入渗型	设施结构底部以下原有土层的土壤渗透系数小于 5×10^{-6} m/s 时，应选用部分入渗型。
全入渗型	当设施结构底部以下原有土层的土壤渗透系数不小于 5×10^{-6} m/s 时，应选用全入渗型。

5.4 设计的基本要求

5.4.1 乌鲁木齐市海绵城市建设应采用生物滞留设施等低影响开发设施，削减高频次中小降雨和融雪水带来的径流污染与合流制溢流，涵养城市地下水资源，维系城市生态本底的水文特征。

5.4.2 生物滞留设施的建设与运行不得对地质安全、地下水水质、建（构）筑物安全、公众健康和环境卫生等造成危害。

5.4.3 生物滞留设施与其他低影响开发设施、雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统应在竖向、平面和蓄排能力上相互衔接，保证各类设施充分发挥效能，应满足 GB 55027 和 GB 50014 的规定。

5.4.4 生物滞留设施的布置应与汇水面径流组织设计相结合，合理分析和设计地面高程，有效布置截流和转输设施，明确汇水面径流收集、处置和排放的路径，确保生物滞留设施汇水范围内的径流能进入设施。

5.4.5 屋面和高架桥的径流可由雨落管接入生物滞留设施，道路径流雨水和雪融水可通过路缘石开口

进入。

5.4.6 对于污染严重的汇水区应选用沉淀池对雨水和融雪水径流进行预处理；应采取弃流等措施防止石油类等高浓度污染物侵害植物。

注：预处理的作用是去除大颗粒的污染物，同时兼具减缓流速的作用。

5.4.7 生物滞留设施的雨水排空时间不应大于 48 h，对环境品质和安全要求较高的地区，宜取 24 h。

5.4.8 生物滞留设施所处场地应有详细的地质勘察资料，主要包括区域内土壤种类、渗透系数、孔隙率、蓄水层分布、地下水埋深等，并应收集地下建（构）筑物与管网位置、埋深，及雨水口、雨水检查井井底高程等资料。

5.4.9 生物滞留设施结构底部以下原有土层的土壤渗透系数应通过试坑渗透试验进行实地勘测。每个生物滞留设施建设范围内宜至少布设 1 个勘测点，试坑应开挖至生物滞留设施结构底部，试验方法应符合 GB/T 50123 的规定，并应取各勘测点实测值中的最小值作为设计依据。

5.4.10 城市道路边的生物滞留设施的纵向坡度应与道路坡度方向一致。若道路纵坡大于 1%，应设置挡水堰或台坎。

5.4.11 生物滞留建设应积极采用经济实用、绿色低碳的新材料、新产品、新工艺和新工法。

5.4.12 生物滞留设施应定期进行检查和运行评估，并应根据评估结果进行维护、改造或更新。

6 设施规模

6.1 生物滞留设施的设计径流总量控制容积应按照公式（1）计算：

$$V = 10^{-3} \varphi A H \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V ——生物滞留设施的设计径流总量控制容积，单位为立方米（ m^3 ）；

H ——生物滞留设施设计年径流总量控制率对应的设计降雨量，单位为毫米（ mm ），应满足GB/T 51345的规定。乌鲁木齐市年径流总量控制率对应的设计降雨量可参考附录C。

A ——生物滞留设施的汇水面积，包括生物滞留设施的表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

φ ——生物滞留设施汇水面积的综合雨量径流系数，可根据附录E规定的雨量径流系数，按照汇水面种类的面积加权平均计算得到，生物滞留设施的表面按水面计。

6.2 生物滞留设施的滞蓄容积不应小于设计径流总量控制容积。

6.3 生物滞留设施的滞蓄容积应包含雨水蓄水层容积、介质层（覆盖层、种植土层、过渡层和排水层）滞蓄容积以及降雨期间的下渗量。

6.3.1 蓄水层容积应扣除植株占用容积，并应按照公式（2）计算：

$$V_{pond} = A_{bio} h_{pond} (1 - f) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

V_{pond} ——生物滞留设施的蓄水层容积，单位为立方米（ m^3 ）；

A_{bio} ——生物滞留设施表面积，应为蓄水层除边坡外的底面水平投影面积，单位为平方米（ m^2 ）；

h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深，单位为米（ m ）；

f ——植株横截面积占蓄水层面积的百分比，可取0.1~0.2。

6.3.2 介质层滞蓄容积应为介质层的孔隙容积，并应按照公式（3）计算：

$$V_{media} = A_{bio} h_{media} \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

式中：

V_{media} ——生物滞留设施介质层（覆盖层、种植土层、过渡层和排水层）的滞蓄容积，单位为立方米（ m^3 ）；

h_{media} ——介质层总平均厚度，应按覆盖层、种植土层、过渡层和排水层的厚度之和计算，单位为米（m）；

ε ——介质层的平均孔隙率，对土壤可取0.05，未过筛炉渣可取0.15。

6.3.3 降雨期间生物滞留设施的下渗量应按照公式（4）计算：

$$V_{\text{infiltration}} = 60A_{\text{bio}} \left(\frac{0.5h_{\text{pond}}}{h_{\text{media}}} + 1 \right) t_c K \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$V_{\text{infiltration}}$ ——降雨期间生物滞留设施的下渗量，单位为立方米（m³）；

K ——土壤渗透系数，单位为米每秒（m/s），防渗型和部分入渗型生物滞留设施可取介质层的平均渗透率，全入渗型生物滞留设施宜取介质层的平均渗透系数和设施结构底部以下原有土层渗透系数的较小者；

t_c ——场降雨时长，单位为分钟（min），可取120 min。

6.3.4 生物滞留设施的滞蓄容积应按照公式（5）计算：

$$V_{\text{storage}} = V_{\text{pond}} + V_{\text{media}} + V_{\text{infiltration}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

V_{storage} ——生物滞留设施的滞蓄容积，单位为立方米（m³）。

6.4 生物滞留设施表面积应为蓄水层除边坡外的底面水平投影面积，宜按照公式（6）、公式（7）计算：

$$A_{\text{bio}} = \frac{A}{N+1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

A_{bio} ——生物滞留设施表面积，应为蓄水层除边坡外的底面水平投影面积，单位为平方米（m²）；

A ——生物滞留设施的汇水面积，包括生物滞留设施的表面积，单位为平方米（m²）；

N ——汇流比，指汇水面积与生物滞留设施面积之比。

$$N = \frac{60 \left(\frac{0.5h_{\text{pond}}}{h_{\text{media}}} + 1 \right) t_c K + h_{\text{media}} \varepsilon + h_{\text{pond}} (1-f) - 0.001H}{0.001H \cdot \varphi} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

A_{bio} ——生物滞留设施表面积，应为蓄水层除边坡外的底面水平投影面积，单位为平方米（m²）；

A ——生物滞留设施的汇水面积，包括生物滞留设施的表面积，单位为平方米（m²）；

N ——汇流比，指汇水面积与生物滞留设施面积之比；

φ ——综合雨量径流系数；

h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深，单位为米（m）；

h_{media} ——介质层总平均厚度，应按覆盖层、种植土层、过渡层和排水层的厚度之和计算，单位为米（m）；

K ——土壤渗透系数，单位为米每秒（m/s），防渗型和部分入渗型生物滞留设施可取介质层的平均渗透率，全入渗型生物滞留设施宜取介质层的平均渗透系数和设施结构底部以下原有土层渗透系数的较小者；

t_c ——场降雨时长，单位为分钟（min），可取120 min；

ε ——介质层的平均孔隙率，对土壤可取0.05，未过筛炉渣可取0.15；

f ——植株横截面面积占蓄水层面积的百分比，可取0.1~0.2；

H ——生物滞留设施设计年径流总量控制率对应的设计降雨量，单位为毫米（mm）。

6.5 乌鲁木齐市及周边地区土壤渗透系数多介于 1×10^{-6} m/s~ 1×10^{-4} m/s 之间，汇流比 N 的计算可按下列要求取值：

- a) 混凝土和沥青路面，径流系数 φ 取 0.9；
- b) 雨水蓄水层深度为 20 cm；
- c) 滞留设施介质层总厚度 h_{media} 分别为 0.6 m、0.8 m、1.0 m 和 1.2 m；
- d) 暴雨重现期分别取 2a、3a 和 5a；
- e) 降雨时长 t_c 取 120 min；
- f) 土壤渗透系数分别取 5×10^{-6} m/s、 5×10^{-5} m/s 和 1×10^{-4} m/s。

6.6 汇流比 N 可参考表 3 进行取值。

表3 汇流比 N 的取值

($\varphi=0.9$, $h_{pond}=20\text{cm}$, $t_c=120\text{min}$, $\varepsilon =0.05$, $f=0.2$)

K (m/s)	h_{media} (m)	径流总量控制率 δ													
		70%	75%	80%	85%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%	95%
		径流总量控制率 δ													
		8.2	9.6	11.3	13.4	13.9	14.5	15.1	15.8	9.6	11.3	15.8	13.9	14.5	15.8
5×10^{-6}	0.6	30	26	22	18	17	17	16	0.6	15	15	14	13	12	12
	0.8	31	27	23	19	18	17	17	0.8	16	15	14	14	13	12
	1	33	28	23	20	19	18	17	1	16	16	15	14	13	12
	1.2	34	29	24	20	20	19	18	1.2	17	16	16	15	14	13
5×10^{-5}	0.6	82	69	59	49	48	46	44	0.6	42	40	38	36	34	32
	0.8	81	69	58	49	47	45	43	0.8	41	40	38	36	34	32
	1	81	69	58	49	47	45	43	1	42	40	38	36	34	32
	1.2	82	69	59	49	48	46	44	1.2	42	40	38	36	34	32
5×10^{-4}	0.6	138	118	100	84	81	78	75	0.6	71	68	65	62	58	55
	0.8	136	116	98	83	80	76	73	0.8	70	67	64	61	57	54
	1	135	115	97	82	79	76	73	1	69	66	63	60	57	53
	1.2	134	115	97	82	79	76	72	1.2	69	66	63	60	56	53

6.7 生物滞留设施的雨水排空时间应按照公式（8）计算：

$$t_0 = \frac{h_{pond}}{\alpha K J} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

t_0 ——雨水排空时间，单位为秒（s）；

h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深，单位为米（m）；

α ——安全系数，宜取0.5~0.6；

K ——土壤渗透系数，单位为米每秒（m/s），防渗型和部分入渗型生物滞留设施可取介质层的平均渗透率，全入渗型生物滞留设施宜取介质层的平均渗透系数和设施结构底部以下原有土层渗透系数的较小者。

J ——水力坡降，宜取 $J = 1$ 。

6.8 生物滞留设施设计年径流污染物总量（以 SS 计）削减率宜按照公式（9）计算：

$$\gamma = \omega\beta \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- γ ——生物滞留设施设计年径流污染物总量（以SS计）削减率;
- β ——生物滞留设施的径流总量控制率;
- ω ——生物滞留设施出水SS平均浓度去除率，可取70%~90%。

注：公式没有考虑降雨径流初期冲刷等因素对悬浮物（SS）总量削减率的影响，计算结果较实际偏小。

6.9 乌鲁木齐市雨水和雪融水径流水质应满足下列规定：

- a) 雨水和雪融水径流水质应以实测资料为准。
- b) 无初期雨水实测资料时，可采用乌鲁木齐市及周边地区的历史数据。
- c) 无初期雨水实测资料且无其它可参考资料时，可根据下垫面类型，参考附录 F 确定。

7 设施设计

7.1 进水口

7.1.1 进水口可采用集中进水和漫流进水两种方式，集中进水可采用路缘石开口、雨落管、盖篦沟等形式。

7.1.2 进水口与汇水面径流组织路径应在平面和竖向上有效衔接。

7.1.3 采用集中进水方式的生物滞留设施，应在进水口内侧铺设一层砾石，砾石层宽度应大于进水口宽度。

注：砾石层起到降低流速并分散水流，防止水流冲刷的作用。

7.1.4 在地表径流污染特别严重的区域，进水口处应设置初雨弃流设施。

7.1.5 进水口缓冲带应种植根系发达、耐冲刷能力强的本地植物。

7.1.6 进水口进水流量应按照公式（10）计算：

$$Q = (1.5 \sim 3) \times \frac{1}{1000} \psi q F \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- Q ——进水口设计进水流量，单位为立方米每秒（m³/s）；
- q ——设计暴雨强度，单位为升每秒每公顷（L/（s·hm²）），按照附录D计算。对于城市路面，设计降雨历时取5min；重现期按照雨水管渠设计重现期取值；
- F ——进水口的汇水面积，单位为公顷（hm²）；
- ψ ——综合流量径流系数；
- 1.5~3——安全系数。

注：GB 55027-2022 规定雨水口和雨水连接管流量应为雨水管渠设计重现期计算流量的1.5倍~3.0倍。

7.1.7 路缘石开口应满足下列要求：

- a) 坡道上的路缘石开口总长度可按照公式（11）计算：

$$L = 4 Q^{0.42} i_z^{0.3} i_h^{-0.6} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- L ——路缘石开口总长度，单位为米（m）；
- Q ——进水口设计进水流量，单位为立方米每秒（m³/s）；
- i_z ——道路纵向坡度；
- i_h ——路面横向坡度。

注：系数4由截留率0.5和路面曼宁系数0.013计算得到。

b) 道路凹形竖曲线底部的路缘石开口总长度可按照公式（12）计算：

$$L = \frac{2Q}{h^{3/2}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

L——路缘石开口总长度，单位为米（m）；

Q——进水口设计进水流量，单位为立方米每秒（m³/s）；

h——路缘石开口处水深，可取0.05 m~0.1 m；

- c) 根据上式求得路缘石开口总长度后，可按比例均匀分配，单个路缘石开口长度不宜小于 30 cm，路缘石开口的间距不应大于 50 m；
- d) 路缘石开口长度还可按开口率（豁口长度占生物滞留带长度的比例）计算，路缘石开口率宜取 1%~5%；
- e) 对于纵坡坡度大于 4%的道路，以及其他需要提高生物滞留设施进水能力的区域，开口率应适当提高；
- f) 路缘石豁口底应低于路面 30 mm~50 mm，豁口高度不应小于 100 mm；
- g) 路缘石的开口形式可以为垂直开口或者 45° 倒角；
- h) 路缘石开口的底部应该朝向生物滞留设施，确保雨水能够顺流进入生物滞留设施。

7.2 预处理

7.2.1 建筑雨水管、植草沟进水口处应设置消能池等消能设施，其他集中进水口处应设置沉泥池或沉泥槽等沉淀设施，沉泥池或沉泥槽的消能效果不足时，应在沉泥池或沉泥槽的外围铺设防冲蚀碎石或卵石。

7.2.2 漫流进水口应根据汇水面径流污染情况和进水冲刷情况设置植被缓冲带、碎石槽、沉泥池或沉泥槽等预处理设施。

7.2.3 沉泥池或沉泥槽的深度不宜小于 100 mm，底部应为便于清淤的硬质结构，侧壁应间隔设置孔或缝，也可采用散置碎石结构。

7.2.4 应适当增大沉泥池和沉泥槽入口的面积作为堆雪容积。

7.3 蓄水层

7.3.1 生物滞留设施的蓄水层可区分为雨水蓄水层和融雪水蓄水层。

7.3.2 雨水蓄水层的深度应为 200 mm~300 mm。如果设置了融雪水蓄水层，其深度宜为 200 mm~500 mm。蓄水层应设置 50 mm~100 mm 的超高。

注：融雪水蓄水层容积包含雨水蓄水层容积，融雪水蓄水层的深度即为蓄水层深度。

7.3.3 蓄水层边坡可采用植被缓坡或硬质护坡，植被缓坡边坡系数不宜小于 1:3（垂直:水平），硬质护坡可采用道路路缘石、浆砌块石、石笼或混凝土结构。

7.4 覆盖层

7.4.1 覆盖层的厚度宜为 100 mm。

7.4.2 覆盖层材料应选用防漂浮、耐冲蚀且有保水功能的骨料。

7.4.3 覆盖层材料宜为粗碎木屑、树皮、卵石等，不得含有杂草种子、土、树根等；草屑或动物排泄物不宜用作覆盖材料。

7.4.4 覆盖物不得阻塞溢流口。

7.5 种植土层

- 7.5.1 种植土层的厚度应根据植物种植和雨水净化的要求确定，宜为 450 mm～1200 mm。
- 7.5.2 种植土层土壤一般应选用当地的天然土壤或人工土壤。种植土层土壤控制指标与技术要求应符合表 4 的规定。种植土层土壤取样送样及检测方法应符合 CJ/T 340 的规定。

表4 种植土层土壤技术要求

控制指标			技术要求
质地			壤土、粉砂壤土、砂质壤土
有机质（g/kg）			30～50
阳离子交换量(CEC) [cmol (+)/kg]			≥10
pH值（一般植物）	2.5:1 水土比		5.0～8.3
	水饱和浸提		5.0～8.0
有效磷（P）（mg/kg）			5～30
含盐量	EC值（mS/cm） （适用于一般绿化）	5:1 水土比	0.15～0.9
		水饱和浸提	0.30～3.0
	质量法（g/kg） （适用于盐碱土）	基本种植	≤1.0
		栽植耐盐植物	≤1.5

- 7.5.3 人工土壤介质可由骨料、天然土壤、有机基质构成。骨料可采用机制砂，有机基质可采用绿化植物废弃物堆肥产品，植物废弃物堆肥后的技术指标应满足 GB/T 31755 的规定。
- 7.5.4 土壤渗透系数宜在 5×10^{-6} m/s ~ 5×10^{-4} m/s 之间。若土壤渗透系数较小，可将砂混入土壤中以提高渗透性能。

7.6 过渡层

- 7.6.1 过渡层的厚度宜为 100 mm。
- 7.6.2 过渡层填料宜为 2 mm～7 mm 粒径的级配粗砂、碎石，应清洗干净。

注：为防止过渡层堵塞，过渡层不宜采用透水土工布。

7.7 排水层

- 7.7.1 排水层厚度不宜小于 250 mm。
- 7.7.2 排水层填料可选用粒径 5 mm～14 mm 的砾石或碎石，含泥量按质量计不应大于 1%。
- 7.7.3 排水层应优先选用建筑垃圾再生骨料，再生骨料的坚固性、压碎指标应符合 GB/T 25176 的要求。

7.8 排水管

- 7.8.1 排水管应采用开缝或开孔的 PE、PVC 管，开孔后环刚度不应小于 4 kN/m²。
- 7.8.2 排水管应在生物滞留设施长度方向上通长铺设，排水管服务半径不宜大于 3 m。
- 7.8.3 排水管集水半径大于 2 m 时，管径应为 150 mm；集水半径小于等于 2 m 时，管径宜取 100 mm。
- 7.8.4 排水管开口面积应符合下列规定：
- a) 生物滞留设施的排水管出流量应不小于设计下渗流量，应按照公式 (13) 计算：

$$Q_{dr} = A_{bio} \left(\frac{h_{pond}}{h_{media}} + 1 \right) K \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

Q_{dr} ——排水管出流量，单位为立方米每秒 (m³/s；

h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深，单位为米（m）；

h_{media} ——介质层总平均厚度，应按覆盖层、种植土层、过渡层和排水层的厚度之和计算，单位为米（m）；

K ——土壤渗透系数，单位为米每秒（m/s），防渗型和部分入渗型生物滞留设施可取介质层的平均渗透率，全入渗型生物滞留设施宜取介质层的平均渗透系数和设施结构底部以下原有土层渗透系数的较小者。

b) 排水管的最小开口总面积应按照公式（14）计算：

$$S = \frac{Q_{\text{dr}}}{B \times C_d \times \sqrt{2g(h_{\text{pond}} + h_{\text{media}})}} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

S ——排水管所需总开口面积，单位为平方米（m²）；

Q_{dr} ——排水管出流量，单位为立方米每秒（m³/s）；

B ——阻塞系数，取0.5；

C_d ——孔口排放系数，取0.61；

g ——重力加速度，9.8 m/s²；

h_{pond} ——雨水蓄水层设计水深，单位为米（m）；

h_{media} ——介质层总平均厚度，应按覆盖层、种植土层、过渡层和排水层的厚度之和计算，单位为米（m）。

c) 估算时，排水管开口面积率宜为1.5%~3%。

7.8.5 排水管开孔孔径应为5 mm~10 mm，并应采用横纵向断裂强度不小于3kN/m的透水无纺土工布包裹；排水管的开缝尺寸能阻止排水层材料进入排水管时，可不设透水无纺土工布包裹。

7.8.6 排水管坡度不应不小于0.5%，且排水管底部以下排水层材料厚度不应小于50 mm。

7.8.7 排水管出水应排入溢流井、雨水检查井或集蓄利用类设施。排水管出口管底应高于溢流井或雨水检查井井底200 mm。

7.8.8 排水管伸出排水层的管段不得开口。

7.8.9 每根排水管起始端应设置密封管帽。

7.8.10 每根排水管靠近起始端应设置一节垂直布置并不低于溢流口标高且与排水管管径相同的检查竖管，检查竖管不得开口，管口应设置可拆卸管帽。单根开口排水管长度超过12 m时，应增设检查竖管且间距不宜大于6 m。

7.9 防渗层和隔离层

7.9.1 防渗层设计应符合下列规定：

- 防渗型生物滞留设施应在底部和侧面铺设防渗层；
- 防渗层可采用结构防渗、土工膜防渗或结构防渗与土工膜防渗结合；
- 结构防渗可利用砌砖、砌石或混凝土等结构的边墙或基础进行防渗；
- 土工膜防渗可采用两布一膜复合土工膜或采用土工膜并在膜上膜下分别铺设土工布进行防渗。

7.9.2 隔离层设计应符合下列规定：

- 部分入渗型生物滞留设施应设置底部隔离层和侧面隔离层；
- 全入渗型生物滞留设施采用人工土壤介质时可设置侧面隔离层；
- 底部隔离层应采用透水无纺土工布，侧面隔离层可采用透水无纺土工布、挡土墙等。

7.9.3 土工材料规格应符合下列规定：

- 土工膜可选用聚乙烯(PE)膜、高密度聚乙烯(HDPE)膜或聚氯乙烯(PVC)膜，膜厚度不应小于0.5 mm；

- b) 透水无纺土工布规格不应小于 200 g/m²；
- c) 土工布横纵向断裂强度不应小于 3 kN/m。

7.9.4 土工材料连接应符合下列规定：

- a) 土工布、土工膜可与边坡挡土结构、边墙或相邻道路结构连接，也可在边坡上设置锚固槽连接，并应符合 GB/T 51403 的要求；
- b) 土工膜与相邻结构连接应保证密闭性；
- c) HDPE 土工膜应采用热熔焊接，搭接宽度应为 100 mm±20 mm，局部修补可采用胶粘；无纺土工布应采用缝合连接，搭接宽度应为 75 mm±15 mm；
- d) 排水管穿过土工膜应局部采取密闭措施。

7.10 溢流井

7.10.1 生物滞留设施应设置溢流设施。可通过设置高位溢流井的形式满足蓄水层深度，使用带格栅的竖管作为溢流井。

7.10.2 溢流井高度应满足雨水径流蓄水高度和融雪水蓄水高度的要求，可分别设置雨水溢流口和雪融水溢流口。

7.10.3 冬季降雪来临前，应将雨水溢流口关闭；春季融雪结束，应将雨水溢流口打开。

7.10.4 溢流井宜布置在进水区附近，以防止高速水流进入设施。

注：溢流井是生物滞留设施的重要组成部分，将雨洪通过溢流井转输到市政排水系统，确保生物滞留设施正常运行。

如果不能将溢流口布置在进水区附近，则需满足 2 年～10 年一遇降雨产生的径流速度低于 0.5 m/s，50 年～100 年一遇降雨最大不超过 1.5 m/s，以防止对植物和垫层的冲刷。

7.10.5 竖管式雨水溢流口的竖管直径宜分别按照宽顶堰自由溢流公式和孔口淹没出流公式计算，并取直径较大者作为竖管最小设计直径。

7.10.5.1 溢流井设计流量应按照公式（15）计算：

$$Q_{ov} = (1.5 \sim 3) \times \frac{1}{1000} \psi q A \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

Q_{ov} ——溢流井设计流量，单位为立方米每秒（m³/s）；

q ——设计暴雨强度，单位为升每秒每公顷（L/（s·hm²）），按照附录D计算。重现期按照雨水管渠设计重现期取值；

A ——生物滞留设施的汇水面积，单位为公顷（hm²）；

ψ ——综合流量径流系数；

1.5～3——安全系数，GB 55027 规定源头减排设施的溢流排水口的设计流量应为雨水管渠设计重现期计算流量的1.5 倍～3.0 倍，并应满足GB 51222的规定。

7.10.5.2 宽顶堰应按照公式（16）计算：

$$C = \frac{Q_{ov}}{B C_w h^{3/2}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

C ——堰长度，即为溢流竖管周长，单位为米（m）；

B ——阻塞系数，取0.5；

C_w ——堰流系数，取1.7；

h ——竖管管口以上水头，单位为米（m）；

$$D = \frac{C}{\pi} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

C ——堰长度, 即为溢流竖管周长, 单位为米 (m);

D ——竖管直径, 单位为米 (m)。

7.10.5.3 孔口淹没出流应按照公式 (17) 计算:

$$A_{or} = \frac{Q_{ov}}{BC_d\sqrt{2gh}} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

A_{or} ——孔口面积, 即为竖管横截面积, 单位为平方米 (m²);

C_d ——孔口排放系数, 全淹没时为0.6;

g ——重力加速度, 9.8 m/s²。

$$D = \sqrt{\frac{4A_{or}}{\pi}} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

A_{or} ——孔口面积, 即为竖管横截面积, 单位为平方米 (m²);

7.10.6 竖管式雪融水溢流口的竖管直径宜取 150 mm。

7.11 植物选型

7.11.1 生物滞留设施应优先选用乡土植物; 不应选用多毛、多果、多流胶、多病虫害的植物。

7.11.2 根据湿水环境应将雨水花园和生物滞留带分为表面、边坡和外围 3 个空间区域, 植物选择应符合下列要求:

- a) 表面应选择抗逆性强、耐淹、耐湿、耐旱、耐寒、耐盐碱、耐粗放管理、根系发达、茎叶茂盛、生长能力强和净化能力强的植物; 应选择多年生须根系植物, 不应选择乔木和高大灌木; 草皮自带泥土不得影响表层土壤介质的入渗能力; 种植密度应适中, 避免植物对蓄水层空间侵占, 影响滞蓄能力;
- b) 边坡应选择耐湿、耐旱、地表覆被能力和抗冲刷能力强的植物;
- c) 外围植物选择应注重与边坡、表面植物搭配, 选择乔木、高大灌木时, 应与生物滞留设施保持适当距离, 避免根系对生物滞留设施的结构造成影响;
- d) 防渗型与部分入渗型生物滞留设施不应选择高大乔木。

7.11.3 高位花坛植物应选择能耐长期干旱短期水淹、抗土壤板结的植物。宜选用植株低矮的中小型木本植物和草本植物, 建筑被阴面应选用耐阴植物。

7.11.4 植物配置应考虑所处环境的功能定位, 应与周围绿地的生态、美化、游憩等功能相协调, 可将植物造景和溢流排水口、路缘石等空间元素综合考虑, 共同营造美好的景观效果。

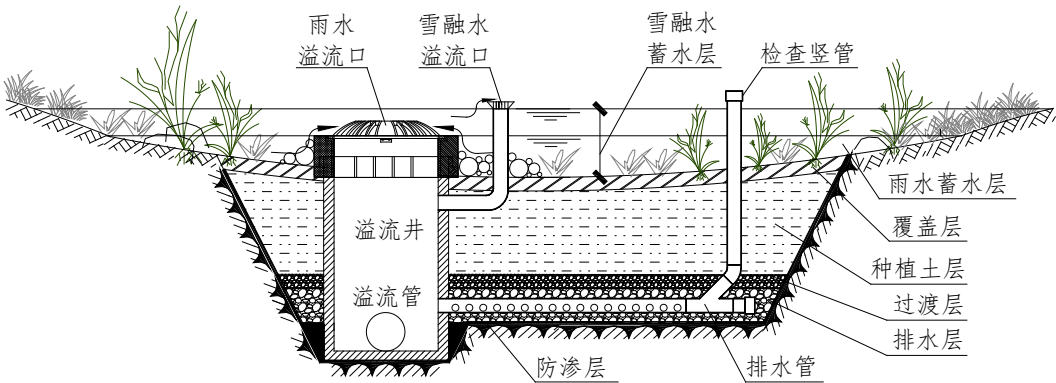
附录 A
(资料性)

生物滞留设施纵向结构的主要功能

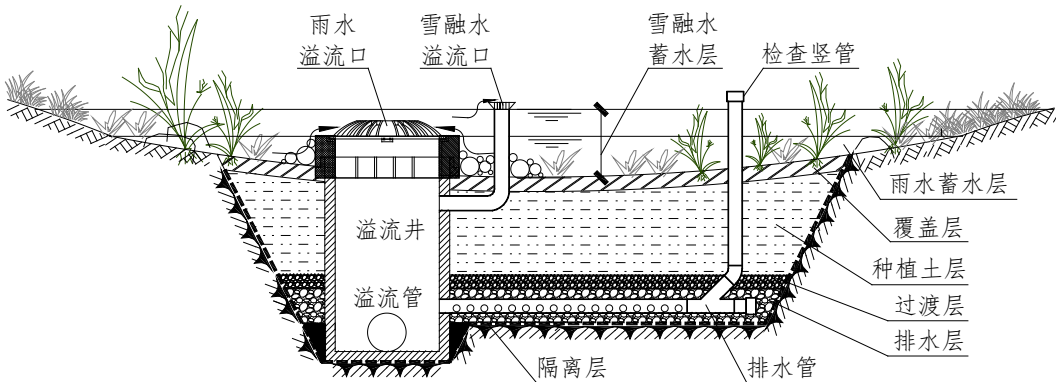
表A.1 生物滞留设施纵向结构的主要功能

结构层	主要功能	
蓄水层	雨水蓄水层	临时储存径流雨水
	雪融水蓄水层	冬季临时储存径流雪融水
覆盖层	保护植物和土壤不干燥，防止杂草生长，防止设施水土流失	
种植土层	以吸附、拦截等物化作用，以及微生物和植物作用去除水中的污染物，为植物提供营养等	
过渡层	防止种植土层中较细的填料迁移到排水层	
排水层	将下渗的雨水或雪融水收集到穿孔排水管，并排出生物滞留设施	
防渗层	防止雨水或雪融水渗入地下土层	
隔离层	防止周围土壤介质进入排水层	

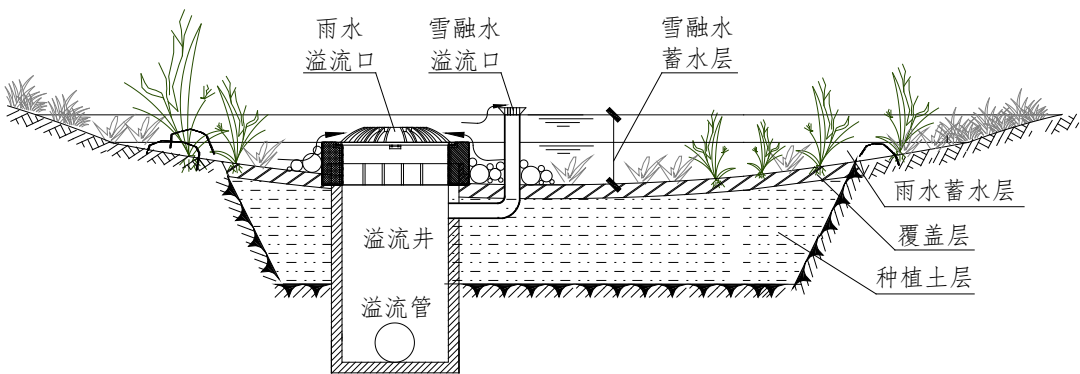
附录 B
(资料性)
生物滞留设施典型结构图



图A.1 防渗型生物滞留设施典型结构图



图A.2 部分入渗型生物滞留设施典型结构图



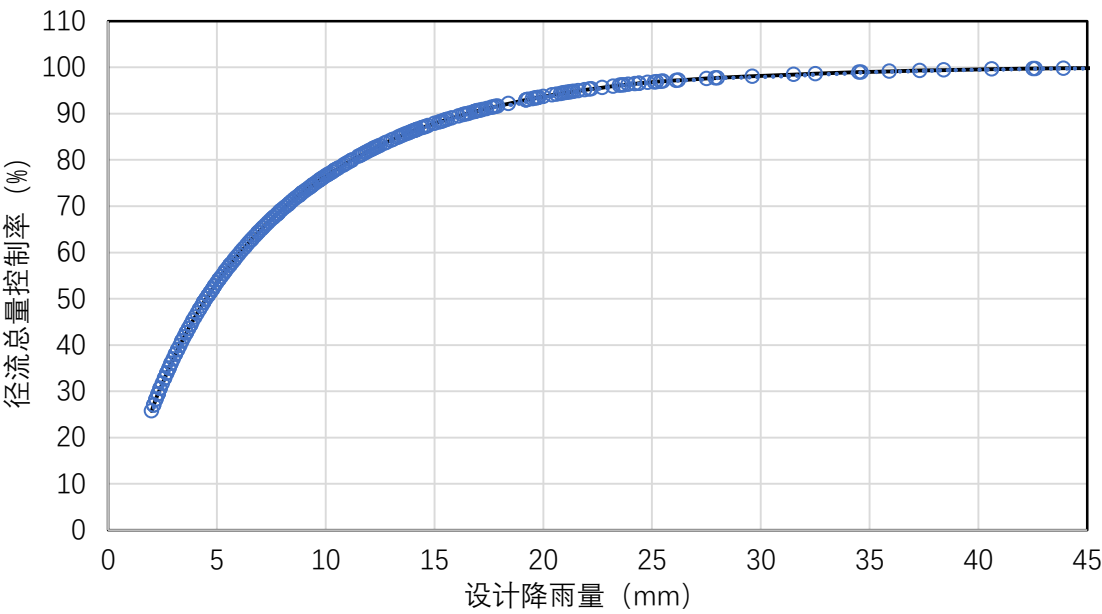
图A.3 全入渗型生物滞留设施典型结构图

附 录 C
(规范性)
降雨量

C.1 乌鲁木齐市年径流总量控制率与设计降雨量的关系可按表 C.1 取值，或查图 C.1 取值。

表C.1 径流总量控制率对应的设计降雨量

径流总量控制率	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%
设计降雨量 (mm)	4.4	5.1	6.0	7.0	8.2	9.6	11.3	12.4	12.9	13.4	13.9	14.5	15.1	15.8	16.5	17.3	18.2	19.3	20.4	21.7	23.4



图C.1 径流总量控制率对应的设计降雨量

C.2 当年径流总量控制率大于 50%且小于 85%时，也可以按下式计算设计降雨量：

$$H = 0.9172e^{3.137\beta} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：
H——设计降雨量，单位为毫米（mm）；
β——径流总量控制率，%。

附录 D
(规范性)
暴雨强度公式

D.1 乌鲁木齐市暴雨强度应按照公式 D.1 进行计算：

$$q = \frac{693(1+1.123 \lg P)}{(t+15)^{0.841}} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- q ——设计暴雨强度，单位为升每秒每公顷（L/(s·hm²)）；
- t ——降雨历时，单位为分钟（min）；
- P ——设计重现期，单位为年。

D.2 乌鲁木齐市雨水管渠设计重现期取值为：非中心城区取 2 年～3 年，中心城区的重要地区取 5 年～10 年，中心城区的其他地区取 2 年～5 年，中心城区下穿立交道路、地下通道和下沉式广场等取 20～30 年，非中心城区下穿立交道路不应小于 10 年，高架道路雨水管渠设计重现期不应小于 5 年。内涝防治设计重现期为 30 年～50 年。设计重现期应符合 GB 55027 的要求。

附 录 E
(资料性)

各类下垫面的径流系数

表E.1 各类下垫面的径流系数

汇水面种类	雨量径流系数 φ	流量径流系数 ψ
绿化屋面（绿色屋顶，基质层厚度 ≥ 300 mm）	0.30~0.40	0.40
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.80~0.90	0.85~0.95
铺石子的平屋面	0.60~0.70	0.80
混凝土或沥青路面及广场	0.80~0.90	0.85~0.95
大块石等铺砌路面及广场	0.50~0.60	0.55~0.65
沥青表面处理的碎石路面及广场	0.45~0.55	0.55~0.65
级配碎石路面及广场	0.40	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面及广场	0.40	0.35~0.40
非铺砌的土路面	0.30	0.25~0.35
绿地	0.15	0.10~0.20
水面	1.00	1.00
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 ≥ 500 mm）	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 < 500 mm）	0.30~0.40	0.40
透水铺装地面	0.08~0.45	0.08~0.45
下沉广场（50 年及以上一遇）	—	0.85~1.00

附 录 F
(资料性)
初期雨水径流水质参考值

表G.1 乌鲁木齐市初期雨水径流水质参考值

水质等级	下垫面	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TP (mg/L)
A	屋面、其他非城市建设用地、管理好的公园绿地等	<300	<350	<0.2
B	居住小区、公园绿地、管理好的学校、科技园区	50~300	100~600	0.2~0.5
C	公共建筑、商业区、市政道路	300~1000	300~1700	0.5~1.0
D	城中村、繁忙的市政道路、工业区、汽车修理厂、废弃回收站、农贸市场等（但不包括特殊污染源地区）	>1000	>1700	>1.0

参 考 文 献

- [1] DBJ 25-93-2020 庆阳市海绵城市建设生物滞留带技术指南（试行）
 - [2] GB 50318 城市排水工程规划规范
 - [3] GB 3838 地表水环境质量标准
 - [4] GB 50108 地下工程防水技术规范
 - [5] GB 50208 地下防水工程质量验收规范
 - [6] GB 50420 城市绿地设计规范
 - [7] GB/T 38906 低影响开发雨水控制利用 设施分类
 - [8] GB/T 39599 低影响开发雨水控制利用 基础术语
 - [9] T/CECS 469 建筑与小区低影响开发技术规程
 - [10] T/CECA 20008 多雨地区低影响开发设施设计标准
 - [11] T/CECS 866 海绵城市低影响开发设施比选方法技术导则
 - [12] GB 55014 园林绿化工程项目规范
 - [13] 章林伟. 海绵城市建设典型案例[M], 中国建筑工业出版社, 2017
 - [14] 谢映霞, 章卫军. 海绵城市典型设施建设技术指引[M], 中国建筑工业出版社, 2020
-