

呼和浩特市居住小区
海绵城市建设技术导则及图集
第一部分技术导则

2023 年 7 月

前 言

为全面贯彻落实国务院办公厅关于推进海绵城市建设的相关工作要求，进一步规范呼和浩特市居住小区海绵城市建设，在呼和浩特市住房和城乡建设局组织领导下，编制组经深入调查研究，认真总结呼和浩特市居住小区建设项目实践经验，参考国内外先进标准和要求，在广泛征求意见的基础上，编制了本技术导则。

呼和浩特市居住小区海绵城市建设技术导则及图集由两部分组成，本技术导则为第一部分，与第二部分——标准图集配合使用。本技术导则属于指导性技术文件，共分6章和3个附录，内容包括：1.总则；2.术语和定义；3.基本规定；4.参数与计算；5.设计；6.施工及验收；附录A 适宜植物；附录B 居民改造意愿调研表、附录C 案例分析。

本技术导则由呼和浩特市海绵城市建设工作专班办公室负责管理，各单位在使用过程中，如发现需要修改和补充之处，请及时反馈意见和建议。

本技术导则自批准之日起试行。

主编单位：中国中元国际工程有限公司

主要起草人：黄晓家 肖明磊 仝贺 寇欣未 曹薇 王吉红

主要审查人：高伟 王岩松 周丹

何存 王雷 姚林虎 刘志勇 董东箭

目 次

1. 总 则.....	1
2. 术语和定义.....	2
3. 基本规定.....	4
3.1 总体要求.....	4
3.2 目标和指标.....	4
4. 参数与计算.....	6
4.1 设计参数.....	6
4.2 水量计算.....	9
4.3 水质计算.....	11
5. 设计.....	12
5.1 一般规定.....	12
5.2 居住小区分类及建设策略.....	13
5.3 总体设计.....	16
5.4 设施选择和设计.....	17
6. 施工及验收.....	28
6.1 一般规定.....	28
6.2 施工.....	29
6.3 验收.....	32
附录 A 适宜植物.....	33
A.1 一般规定.....	33
A.2 植物选择.....	33
A.3 植物配置.....	33
附录 B 居民改造意愿调研表.....	37
附录 C 案例分析.....	38

1. 总 则

1.0.1 为全面贯彻落实国家、自治区、市关于海绵城市建设要求，强化雨水管理、有效缓解城市内涝、控制面源污染、补充地下水资源，提升人居环境品质，建设具有自然积存、自然渗透和自然净化功能的海绵型居住小区，特编制本导则。

1.0.2 本导则适用于指导呼和浩特市新建小区和老旧小区改造中海绵城市建设的工程设计、施工和验收。

1.0.3 呼和浩特市新建及老旧小区项目的设计、施工和验收应包括海绵城市建设的内容，并满足相关规划要求。海绵设施应与项目主体工程同时设计、同时施工、同时验收、同时投入使用。

1.0.4 呼和浩特市老旧小区海绵城市建设应以问题为导向、新建小区以目标为导向，坚持因地制宜、灰绿结合、经济合理、公众参与和系统统筹的原则，充分利用小区空间建立布局均衡、经济高效的海绵设施。

1.0.5 呼和浩特市居住小区海绵城市建设除应符合本导则外，尚应符合国家、内蒙古自治区及呼和浩特市现行有关技术标准的规定。

2. 术语和定义

2.0.1 年径流总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

根据多年日降雨量统计数据计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发（腾）等方式，场地内累计全年得到控制（不外排）的雨量占全年总降雨量的百分比。

2.0.2 设计降雨量 design rainfall depth

为实现一定的年径流总量控制目标（年径流总量控制率），用于确定低影响开发设施设计规模的降雨量控制值，一般通过当地多年日降雨资料统计数据获取，通常用日降雨量（mm）表示。

2.0.3 年径流污染控制率 annual runoff pollution control rate

通过自然方式和人工强化的渗透、滞留、调蓄、净化、回用等技术措施，场地内全年预期得到控制的雨水中污染物的百分比，即径流污染物总削减率。以悬浮物（SS）的削减量计算。

2.0.4 超标雨水径流 excess storm water runoff

超过城镇雨水排水设施消纳能力的雨水径流。

2.0.5 土壤渗透系数 permeability coefficient of soil

单位水力坡度下水的稳定渗透速度。

2.0.6 断接 disconnection

通过切断建筑屋面雨水排水立管或地面雨水进入雨水口的径流路径，将雨水径流合理引导至海绵设施，通过渗透、调蓄及净化等方式控制雨水径流的方法。

2.0.7 下沉式绿地 depressed green area

下沉式绿地具有狭义和广义之分，狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路路面在 200mm 以内的绿地；广义的下沉式绿地泛指具有一定的调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积），且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、调节塘等。

2.0.8 透水铺装 porous pavement

由透水面层、基层、底基层等构成的地面铺装结构，能储存、渗透自身承接的降雨。

2.0.9 植草沟 grassed swale

种有植被的地表沟渠，可收集、输送和排放雨水径流，并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雨水径流排放系统。

2.0.10 高位花坛 planter box

基于土壤渗滤系统改进，由人工构建的，出水口相对于集水面有一定垂直距离，雨水从高位进水口进入，在势能差的作用下向下经过填充基质，通过基质的吸附截留和微生物作用实现水质净化和收集地表径流并兼具美化环境功能的花坛。

2.0.11 雨水花园 rain garden

自然形成或人工挖掘的下沉式绿地，种植灌木、花草，形成小型雨水滞留入渗设施，用于收集来自屋顶或地面的雨水，利用土壤的过滤和植物的吸收作用净化雨水，滞留雨水并使之渗入土壤。

2.0.12 渗井 percolation well

通过井壁和井底进行雨水下渗的设施。

2.0.13 渗沟/渠 infiltration ditch/trench

具有渗透和转输功能的雨水沟或渠。

3. 基本规定

3.1 总体要求

3.1.1 居住小区海绵城市建设应因地制宜，并在新建小区和老旧小区改造过程中提高居住小区的雨水滞蓄和调节能力。

3.1.2 居住小区海绵城市建设应遵循生态优先的基本原则，综合采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种技术措施，合理运用绿色海绵设施与灰色基础设施，实现居住小区雨水径流的源头减排、过程控制和超标雨水径流排放。

3.1.3 居住小区海绵城市建设的各类工程设施应与雨水外排设施及市政排水系统合理衔接，实施海绵城市建设的场地雨水管渠的设计标准应符合现行国家标准《室外排水设计标准》GB50014 中的有关规定。

3.1.4 海绵城市建设的各类工程措施之间应有效协同，并应预留小区绿地空间，增加可渗透地面，蓄积雨水宜就地下渗。

3.1.5 居住小区海绵城市建设应与项目的园林、建筑、给排水、道路等相关专业相互配合、相互协调。

3.2 目标和指标

3.2.1 居住小区海绵城市建设目标应以控制雨水径流、防治面源污染、削减径流峰值、延缓峰现时间、补充地下水为主，有条件的居住小区可兼顾雨水收集利用。

3.2.2 居住小区海绵城市建设的年径流总量控制率和年径流污染控制率指标应符合下列要求：

1 应满足海绵城市专项规划相应指标要求，当没有明确指标要求时，可按表 3.2.2-1 和表 3.2.2-2 确定指标值；

2 老旧小区改造前应综合考虑建造成本、维护费用和改造难度，当海绵城市建设条件有限无法达到指标值时，应与海绵城市建设工作专班办公室协商后确定具体指标。

3 指标的确定应统筹排水片区内其他项目，使排水片区整体达标。

表 3.2.2-1 居住小区海绵城市建设年径流总量控制率指标

项目类型	雨水年径流总量控制率指标	对应设计日降雨量
老旧小区	≥80%	≥18.1mm
新建小区	≥85%	≥22.0mm

表 3.2.2-2 居住小区海绵城市建设年径流污染控制率指标

项目类型	雨水年径流污染控制率指标
老旧小区	≥48%
新建小区	≥50%

3.2.3 雨水管渠设计重现期不应低于表 3.2.3 中的规定值。

表 3.2.3 雨水管渠设计重现期

设计重现期（年）	2h 对应降雨量
3-5	31.1-35.4mm

3.2.4 内涝防治设计重现期不应低于表 3.2.4 中的规定值。

表 3.2.4 内涝防治设计重现期

设计重现期（年）	24h 对应降雨量	地面积水设计标准
50	140mm	1. 居民住宅建筑物的底层不进水。 2. 退水时间不超过 0.5 小时。

4. 参数与计算

4.1 设计参数

4.1.1 年径流总量控制率和设计降雨量的对应关系可参照图 4.1.1。不同年径流总量控制率对应的设计降雨量可参照表 4.1.1。

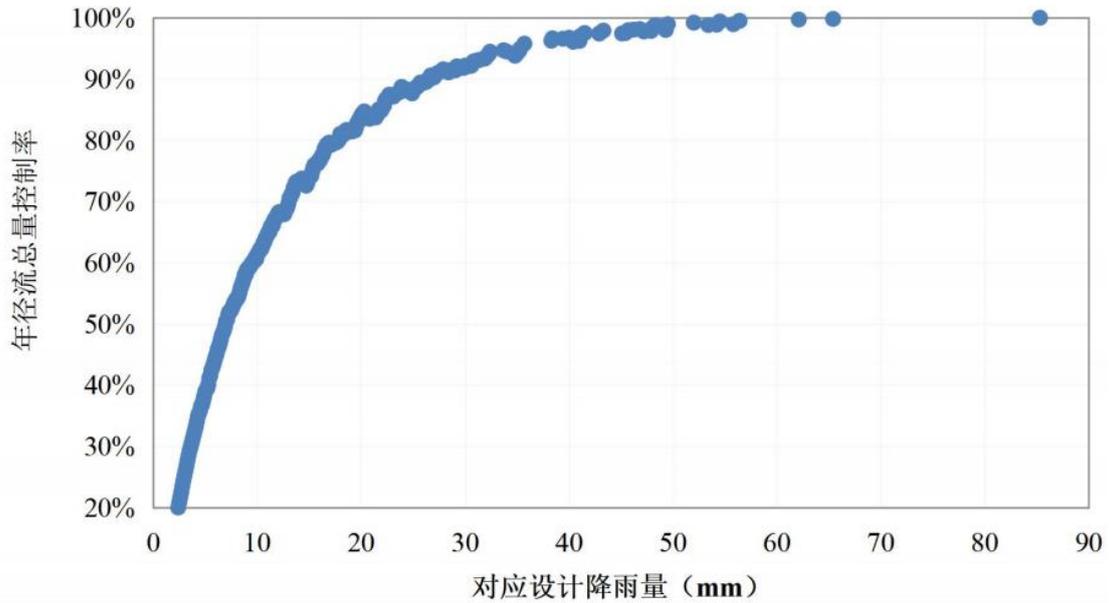


图 4.1.1 呼和浩特市不同年径流总量控制率对应的设计降雨量

表 4.1.1 不同年径流总量控制率对应的日设计降雨量

降雨量 (mm/d)	年径流总量控制率 (%)	累计场次	累计频次 (%)
2.1~4	32.7	259	26.1
4.1~6	44	422	42.5
6.1~8	52.9	546	55
8.1~10	60	632	63.7
10.1~12	65.8	685	69.1
12.1~14	70.6	737	74.3
14.1~16	74.7	782	78.8
16.1~18	78.1	810	81.7
18.1~20.2	81.3	837	84.4
20.3~22.4	84.1	862	86.9
22.5~24.4	86.2	878	88.5
24.5~26.8	88.4	897	90.4
26.9~29.4	90.3	923	93
29.5~32.4	91.8	941	94.9
32.5~36	93.4	954	96.2
36.1~41.7	95.1	962	97
41.8~47.8	96.4	970	97.8
47.9~62.4	98.4	981	98.9

降雨量 (mm/d)	年径流总量控制率 (%)	累计场次	累计频次 (%)
62.5~127.2	99.9	991	99.9
≥130.6	100	992	100

注：相关数据引用自《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》。

4.1.2 呼和浩特市短历时暴雨强度应按下式计算：

$$q = \frac{973.99 \times (1 + 0.9061gP)}{(t + 5.622)^{0.721}} \quad (4.1.2)$$

式中：

q ——单位面积上某一历时降水的体积[L/ (s·hm²)]；

P ——设计暴雨重现期 (a)；

t ——降雨历时 (min)。

4.1.3 雨水管渠的设计降雨历时应按下式计算：

$$t = t_1 + t_2 \quad (4.1.3)$$

式中：

t ——降雨历时 (min)；

t_1 ——汇水面汇水时间 (min)，视距离长短、地形坡度和地面铺装情况而定 (屋面一般取 5min；道路路面取 5min-15min)；

t_2 ——管渠内雨水流行时间 (min)。

4.1.4 不同重现期下 2 小时设计降雨量可参照表 4.1.4。

表 4.1.4 呼和浩特市 2 小时不同重现期降雨量

降雨重现期降雨量 (mm)	1年一遇	2年一遇	3年一遇	5年一遇	10年一遇
	21.7	27.6	31.1	35.4	41.3

4.1.5 呼和浩特市各历时暴雨的雨峰位置系数宜取 0.359~0.493，综合雨峰系数宜为 0.391。

4.1.6 综合径流系数应根据不同地面种类的径流系数及其汇水面积按下式计算：

$$\psi_z = \frac{\sum F_i \cdot \psi_i}{F} \quad (4.1.6)$$

式中：

ψ_z ——综合径流系数；

F ——汇水面积 (hm²)；

F_i ——汇水面上各类下垫面面积 (hm²)；

ψ_i ——各类下垫面的径流系数。

4.1.7 各类下垫面径流系数应依据实测数据确定，缺乏资料时可参照表 4.1.7。

表 4.1.7 雨量径流系数与流量径流系数

下垫面种类	雨量径流系数 ψ_c	流量径流系数 ψ_m
绿化屋面	0.30~0.40	0.4
硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.80~0.90	0.95
混凝土和沥青路面	0.80~0.90	0.9
块石等铺砌路面	0.50~0.60	0.7
干砌砖、石及碎石路面	0.4	0.5
非铺砌的土路面	0.3	0.4
绿地	0.15	0.2
水面	1	1
地下建筑覆土绿地 ($\geq 500\text{mm}$)	0.15	0.25
地下建筑覆土绿地 ($< 500\text{mm}$)	0.30~0.40	0.4
透水铺装地面	0.29~0.36	0.4

注：相关数据引用自《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》。

4.1.8 土壤渗透系数K应根据实测数据确定，缺乏资料时可参照表 4.1.8。

表 4.1.8 土壤渗透系数

土质	渗透系数 K (m/s)
黏土	$< 5.7 \times 10^{-8}$
粉质粘土	$5.7 \times 10^{-8} \sim 1.16 \times 10^{-6}$
粉土	$1.16 \times 10^{-6} \sim 5.79 \times 10^{-6}$
卵石	$1.16 \times 10^{-3} \sim 5.79 \times 10^{-3}$
粉砂	$5.79 \times 10^{-6} \sim 1.16 \times 10^{-5}$
细砂	$1.16 \times 10^{-5} \sim 5.79 \times 10^{-5}$
中砂	$5.79 \times 10^{-5} \sim 2.31 \times 10^{-4}$
均质中砂	$4.05 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$
粗砂	$2.31 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$
圆砾	$5.79 \times 10^{-4} \sim 1.16 \times 10^{-3}$

注：相关数据引用自《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》。

4.2 水量计算

4.2.1 年径流总量控制率对应的设计调蓄容积可按下式计算：

$$W=10 \cdot h_y \cdot \psi_{zc} \cdot F \quad (4.2.1)$$

式中：

W ——设计调蓄容积 (m^3)；

h_y ——年径流总量控制率对应的设计降雨量 (mm)；

ψ_{zc} ——综合雨量径流系数；

F ——汇水面积 (hm^2)。

4.2.2 渗透设施的渗透量、径流体积控制量、进水量和蓄积雨水量应满足下列规定：

1 渗透量应按下式计算：

$$W_s = aKJA_s t_s \quad (4.2.2-1)$$

式中：

W_s ——渗透设施渗透量 (m^3)；

a ——综合安全系数，一般可取 0.5-0.8；

K ——土壤渗透系数 (m/s)，见表 4.1.8；

J ——水力坡降，一般可取 1.0；

A_s ——有效渗透面积 (m^2)，可按下列要求确定：

- (1) 水平渗透面按投影面积计算；
- (2) 竖直渗透面按有效水位高度的 1/2 计算；
- (3) 斜渗透面按有效水位高度的 1/2 所对应的斜面实际面积计算；
- (4) 地下渗透设施的顶面积不计；

t_s ——渗透时间 (s)，当用于调蓄时应 $\leq 12\text{h}$ ，渗井可取 $\leq 72\text{h}$ ，其他 $\leq 24\text{h}$ 。

2 渗透设施进水量可按下式计算：

$$W_c = [60 \times \frac{q_c}{1000} \times (F_y \psi_{zm} + F_0)] t_c \quad (4.2.2-2)$$

式中：

W_c ——渗透设施进水量 (m^3)；

F_y ——渗透设施受纳的集水面积 (hm^2)；

F_0 ——渗透设施的直接受水面积 (hm^2)，埋地渗透设施取 0；

q_c ——渗透设施产流历时对应的设计暴雨强度[L/(s·hm²)],按2年重现期计算;

ψ_{zm} ——综合流量径流系数;

t_c ——渗透设施产流历时(min),不宜大于120min。

3 渗透设施产流历时内的蓄积雨水量可按下式计算:

$$W_p = \text{Max}(W_c - W_s) \quad (4.2.2-3)$$

式中:

W_p ——渗透设施产流历时内的蓄积水量(m³),产流历时经计算确定,不宜大于120min。

4 渗透设施的径流体积控制量应按下式计算:

$$V_{in} = W_p + W_s \quad (4.2.2-4)$$

式中:

V_{in} ——渗透、渗滤及滞蓄设施的径流体积控制量(m³)。

4.2.3 调蓄设施的计算应满足下列规定:

1 调蓄设施的储存容积宜根据设计降雨过程变化曲线和设计出流量变化曲线经模拟计算确定,缺乏资料时可按下式计算:

$$V_t = \text{Max}\left[\frac{60}{1000} \times (Q_i - Q_o)t_m\right] \quad (4.2.3-1)$$

式中:

V_t ——调蓄设施的有效蓄水容积(m³);

t_m ——调蓄设施蓄水历时(min),不大于120min;

Q_i ——调蓄设施进水流量(L/s);

Q_o ——调蓄设施出水设计流量(L/s)。

2 调蓄设施的排空时间可按下式计算:

$$t_p = \frac{V_t}{3600Q_x\varepsilon} \quad (4.2.3-2)$$

式中:

t_p ——排空时间(h);

Q_x ——下游排水管道或设施的受纳能力(m³/s);

ε ——排放效率,一般可取0.3-0.9。

4.2.4 雨水设计流量计算应按公式4.2.4所示:

$$Q = \psi_{zm} q F \quad (4.2.4)$$

式中：

Q ——雨水设计流量 (L/s)；

ψ_{zm} ——综合流量径流系数；

q ——设计暴雨强度, [L/ (s·hm²)]；

F ——汇水面积 (hm²)。

4.3 水质计算

4.3.1 年径流污染控制率以年固体悬浮物 (SS) 总量削减率计, 可按下式计算：

$$C = \eta \frac{\sum F_i C_i}{F} \quad (4.3.1)$$

式中：

C ——年径流污染控制率；

η ——年径流总量控制率；

C_i ——各类海绵设施对固体悬浮物削减率, 见表 4.3.2；

F ——各类海绵设施汇水面积之和 (m²)；

F_i ——单体设施汇水面积 (m²)。

4.3.2 各类海绵设施径流污染控制率 (以SS计) 应依据实测数据确定, 缺乏资料时可参照表 4.3.2。

表 4.3.2 海绵设施径流污染控制率 (以SS计)

设施	径流污染控制率 (以SS计, %)
透水铺装	80~90
植草沟	35~90
雨水花园	70~95
下沉式绿地	70~90
雨水桶	89~90
渗沟/渠	35~70
调蓄池	80~90

5. 设计

5.1 一般规定

5.1.1 居住小区海绵城市设计应系统研究居住小区海绵城市的建设，统筹考虑水安全、水环境、水生态、水资源的关系后进行总体设计。

5.1.2 居住小区海绵城市设计必须根据小区基底条件、存在问题，统筹考虑分类制定设计策略和方案，实现雨水就地消纳和利用。

5.1.3 老旧小区海绵城市设计应结合居民实际需求和改造意愿。居民改造意愿调研表可参照附录B。

5.1.4 居住小区海绵城市设计应优先利用竖向条件有组织地汇流和传输雨水径流，超标雨水径流经源头减排设施溢流排放，并与雨水管渠、调蓄设施、排涝除险设施合理衔接。

5.1.5 居住小区外排雨水峰值流量不应大于市政管网的接纳能力。

5.1.6 居住小区海绵城市设计应根据小区特点，按照因地制宜、经济适用和便于维护的原则选择海绵城市建设技术措施。

5.1.7 居住小区海绵城市设计流程可参照表 5.1.7 进行。

表 5.1.7 居住小区海绵城市设计一般流程

设计步骤	详细内容
1.目标指标确定	根据海绵城市专项规划确定设计的目标和指标。
2.现状调研	明确项目区位、红线面积、项目性质、本底条件、现状排水方式、周边市政条件、存在问题等。收集地勘资料（地基承载力、土壤结构、土壤渗透性、地下水水位）、设计图纸（总平面图、建筑、景观、室外排水）、现状地下管线普查资料、设计参数（降雨、暴雨强度公式）等，并进行现场踏勘。 老旧小区还应开展座谈交流及居民改造意愿调查。
3.项目基底分析	分析项目场地下垫面组成、径流系数、场地及周边竖向、雨水径流排放方式、排水管网现状等。
4.海绵设施布局	结合小区整体设计要求，明确设计依据、技术路线。根据地形和径流组织方式进行竖向设计，选择适宜的海绵设施并合理布局。
5.排水方案确定	进行管网设计，划分汇水分区，进行水力计算，确定设施规模。

设计步骤	详细内容
6.指标复核评估	复核项目整体目标指标，宜采用数值模拟评估方案实施效果，并反复优化调整设计方案，直至设计满足目标和指标。
7.综合效益分析	估算总工程量、建设投资、运行成本、预期效益。

5.2 居住小区分类及建设策略

5.2.1 新建小区海绵城市建设应符合下列要求：

- 1 当小区的竖向、坡度及外部市政雨水口的布置满足排水要求时，可不设雨水管网。
- 2 排水系统设计应根据片区雨污水排水体制情况确定，应与片区排水体制一致。
- 3 径流组织方案可根据有无雨水管网分类设计，典型径流组织路线可参考图 5.2.1。

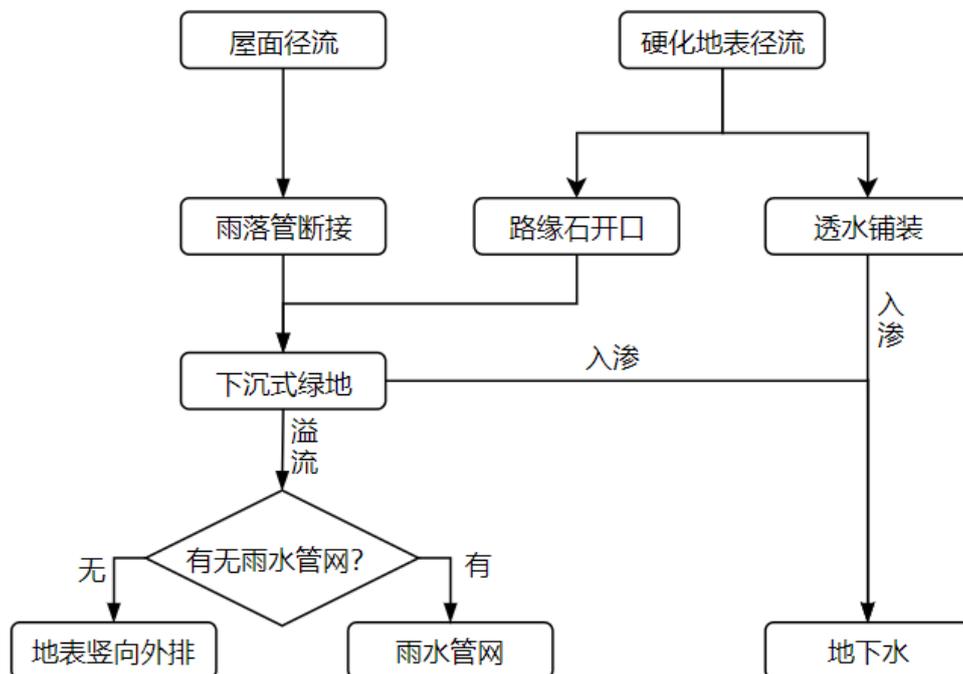


图 5.2.1 新建小区典型径流组织路线图

- 4 当蓄水深度为 100mm 时，下沉式绿地占小区总面积比例不宜低于 20%。
- 5 单位下沉式绿地对应汇水面积可参照表 5.2.1。

表 5.2.1 新建小区 85%年径流总量控制率下的单位下沉绿地对应汇水面积

年径流总量控制率 (%)	对应设计降雨量 (mm)	单位下沉式绿地对应汇水面积 (m ²)
85	22	9.3

注：表中数据按照新建小区建筑密度 30%，绿地率 30%计算综合径流系数为 0.66，下沉式绿地比例取 20%，蓄水深度取 100mm。若实际综合径流系数、绿地下沉比例、蓄水深度与取值相差较大时，应对表中数据进行调整。

5.2.2 老旧小区宜根据积水内涝风险、绿地改造条件、排水系统现状划分类别，不同类别对应海绵城市建设策略可参照表 5.2.2。

表 5.2.2 老旧小区分类及海绵城市建设策略

分类形式	分类内容	判定方法	建设策略
积水内涝风险	①有风险	通过现场调研，居民问卷调查，查看降雨记录、监测记录等，判断是否满足内涝防治设计重现期标准。	结合积水内涝位置和成因，提出管网建设、竖向优化等工程措施，当地面坡度无法满足排水要求时，可按照雨水管渠设计重现期标准局部新建或改建雨水管网。面积大于 2 公顷的小区应进行综合水文模拟。
	②无风险		仅进行源头海绵设施建设。
绿地改造条件	①有绿地	通过查看总图并结合现场实际调研确定。	按照指标要求将一定比例的绿地下沉，收集消纳周边雨水径流。绿地不充裕时可结合渗井控制雨水径流。
	②无绿地		通过渗井或调蓄池控制雨水径流。
排水系统现状	①有雨水管网	查看小区图纸，结合现场实际调研确定雨水管网敷设情况。	下沉式绿地、雨水花园等海绵设施内设置溢流设施，超标雨水通过溢流设施排放至地下雨水管网。
	②无雨水管网		下沉式绿地、雨水花园等海绵设施内不设溢流设施，超标雨水溢流至地表，依靠竖向排出小区。

5.2.3 老旧小区海绵城市建设应符合下列要求：

- 1 海绵城市建设应优先解决积水内涝问题。
- 2 当硬化地表周边绿地不充裕时，应优先利用植草沟、截流沟、导流沟、线性排水沟等传输设施将雨水径流导流至绿地充裕的区域。
- 3 径流组织方案可根据绿地改造条件和排水系统现状分类设计，典型径流组织路线可参照图 5.2.3-1 至图 5.2.3-3。

(1) 有绿地老旧小区

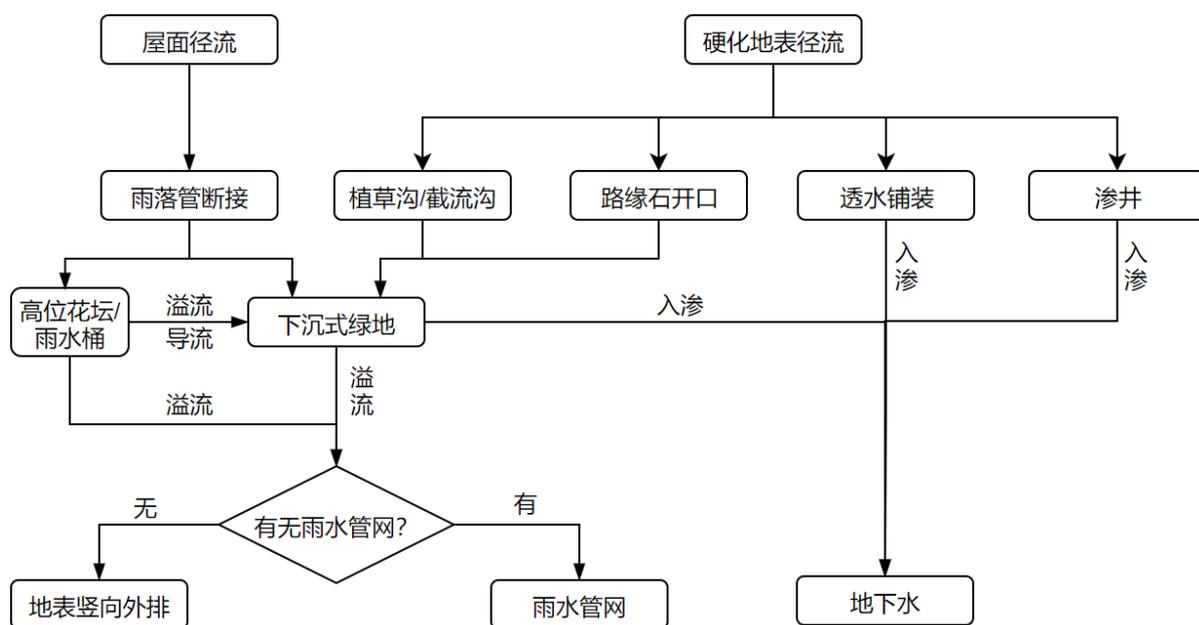


图 5.2.3-1 老旧小区（有绿地）典型径流组织路线图

(2) 无绿地、无管网老旧小区

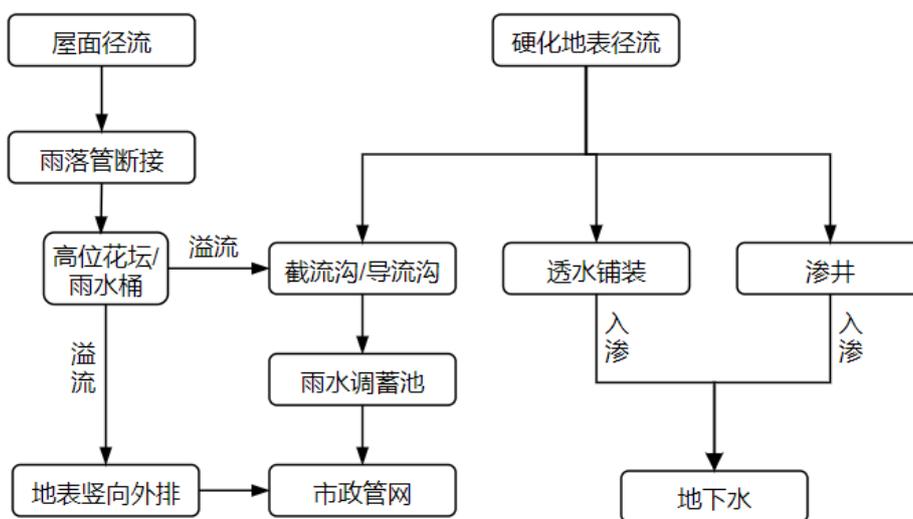


图 5.2.3-2 老旧小区（无绿地、无管网）典型径流组织路线图

(3) 无绿地、有管网老旧小区

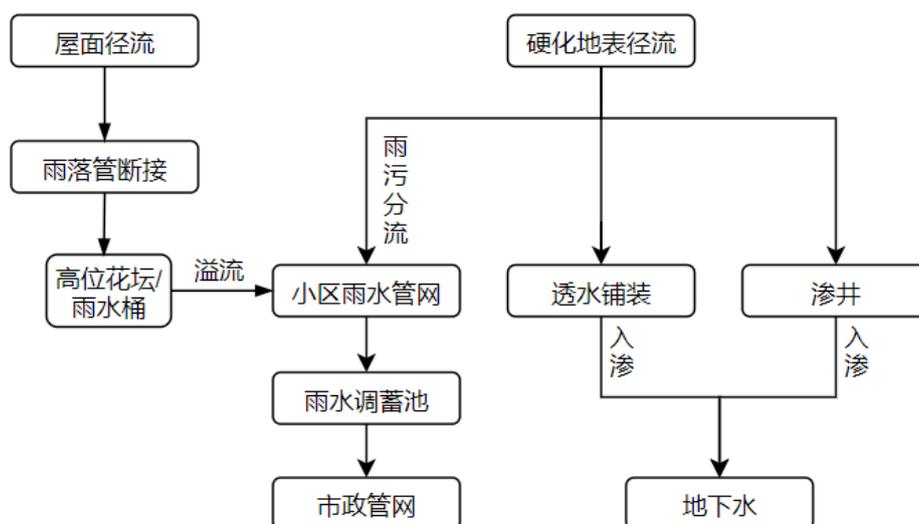


图 5.2.3-3 老旧小区（无绿地、有管网）海绵城市建设径流组织路线图

4 不同年径流总量控制率下的最小单位下沉绿地对应汇水面积可参照表

5.2.3:

表 5.2.3 老旧小区不同年径流总量控制率下的最小单位下沉绿地对应汇水面积

年径流总量控制率 (%)	对应设计降雨量 (mm)	单位下沉绿地对应汇水面积 (m ²)
55	8.6	13.8
60	10	11.8
65	12	9.9
70	14	8.5
75	16	7.4
80	18.1	6.5
85	22	5.4

注：表中数据按照老旧小区建筑密度 30%，绿地率 15% 计算综合径流系数为 0.76，绿地全部下沉，绿地蓄水深度取 100mm。若实际综合径流系数、绿地下沉比例、蓄水深度与取值相差较大时，应对表中数据进行调整。

5.3 总体设计

5.3.1 居住小区总体设计应包括平面布局、竖向设计、海绵设施布局、汇水分区划分和设施规模设计。

5.3.2 居住小区总平面布局应根据规划要求，合理布置建筑、道路广场（透水铺装）、绿地（下沉式绿地）和必要的雨水调蓄设施。

5.3.3 居住小区人行道和停车位宜采用透水铺装，并宜采用生态排水的方式。

5.3.4 居住小区竖向设计应明确场地内地表雨水径流流向、局部低洼点，并应满

足下列要求：

1 小区的场地设计标高宜比周边市政道路标高高 0.2m以上；当市政道路标高高于场地标高时，应有防止客水进入场地的措施。

2 应尊重老旧小区的地形地貌和地质特点，不宜大幅改变原有地势坡向。

3 应兼顾遵循雨水的重力流原则，并利用老旧小区竖向高差条件，组织雨水径流。

4 道路纵坡及横断面设计中，应优化其与道路绿化带及周边绿地的竖向关系，便于雨水径流汇入下沉式绿地。小区道路纵坡应整体坡向市政道路，临近绿地的道路横坡应坡向绿地。

5.3.5 小区竖向设计应使雨水径流通过地面坡度、路缘石开口、截流沟、导流沟、植草沟等引入绿地海绵设施。

5.3.6 结合小区绿地布局和竖向，海绵设施宜布置在场地低洼处，便于雨水的收集调蓄。

5.3.7 屋面雨水径流宜通过雨落管断接或生态排水方式，将雨水径流转输或散排入周边海绵设施。

5.3.8 汇水分区划分应根据下垫面分布特征、海绵设施布局、排水管渠位置等因素，分析雨水径流组织路径，并应满足场地竖向设计的有关要求。

5.3.9 应根据规划要求计算设施规模，并明确绿地海绵设施表面和溢流标高。

5.4 设施选择和设计

5.4.1 海绵设施选型应考虑呼和浩特市降雨、地质特点等，根据项目规划指标，结合居住小区建筑密度、绿地率及周边土地利用情况，考虑汇水区特征和拟设海绵设施的功能性、经济性、适用性和景观效果等因素，选用综合效益最优的单项海绵设施或其组合系统。

5.4.2 海绵设施比选应综合考虑设施功能、控制目标、经济性、景观效果及适用性，可参照表 5.4.2。

表 5.4.2 适宜海绵设施比选一览表

海绵设施类型	适用场景	功能					控制目标			经济性		景观效果	适用性
		集蓄利用雨水	补充地下水	削减峰值流量	净化雨水	传输	径流总量	径流峰值	面源污染	建造费用	维护费用		
下沉式绿地	场地内道路、广场及建筑物周边绿地	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	低	低	一般	●
透水铺装	广场、停车场、人行道等硬化地面	●	◎	◎	◎	○	●	◎	◎	中	中	/	◎
植草沟	小区内道路，广场、停车场等不透水面的周边，或区域需要引流至下沉式绿地	◎	○	○	◎	●	◎	○	◎	低	低	一般	●
高位花坛	建筑周边无门窗	○	○	◎	◎	○	○	◎	◎	中	低	好	◎
雨水花园	有径流污染控制和景观需求时	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	中	低	好	●
渗井	绿地中或人行道中	○	●	◎	○	○	◎	◎	○	低	低	/	●
渗沟/渠	转输流量较小的区域	○	◎	○	○	●	○	○	◎	中	中	/	●
调蓄池	一般在排水系统的下游	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	高	中	/	◎

注：●——强；◎——较强；○——弱或很小

I 下沉式绿地

5.4.3 下沉式绿地的设计应符合下列要求：

- 1 周边雨水宜分散进入下沉式绿地，当集中进入时应在入口处设置缓冲措施；
- 2 边坡比（垂直：水平）不宜大于 1:3；
- 3 有效蓄水深度宜为 100~200mm；
- 4 溢流至雨水管网时，应设置溢流设施，蓄水位以上应设 100 mm 超高；
- 5 布置在距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域时，应在设施靠近建筑物一侧加设厚度不小于 1.2mm 的防渗土工膜。
- 6 当设置在地下室上方时，覆土层厚度不应小于 1m，并应符合下列要求：
 - （1）地下室顶板与覆土之间应设排水层及盲管，宜收集回用盲管排水；
 - （2）土壤渗透面至渗排设施间的土壤厚度不应小于 300mm；
 - （3）底部及侧面宜设置防渗土工膜。
- 7 排空时间不应超过 24h。

II 透水铺装

5.4.4 透水铺装不宜设置在离建筑较近区域、主要出入口区域、垃圾投放区域附近或消防车道和消防登高面。

5.4.5 透水铺装的设计应符合以下要求：

1 透水铺装抗冻性能应符合现行行业标准《透水砖路面技术规程》CJJ/T188、《透水水泥混凝土路面技术导则》CJJ/T135 和《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190 的要求；

2 透水铺装路面横坡宜采用 1~1.5%；

3 当土基渗透系数大于 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 且下方无地下室时，透水铺装底部可不设排水盲管；

4 当设置在地下室顶板上时，设计覆土厚度不应小于 1m，地下室顶板防水层之上应增设疏排水板，透水底基层内应设排水盲管。

III 植草沟

5.4.6 植草沟可用于衔接其他各项海绵设施及超标雨水径流排放系统。

5.4.7 植草沟可与雨水管渠联合应用，场地竖向允许且不影响安全的情况下也可代替雨水管渠。

5.4.8 植草沟的设计应满足以下要求：

1 断面形式可采用倒抛物线形、三角形或梯形；

2 边坡比（垂直：水平）不宜大于 1:3，纵坡不宜大于 4%，当纵坡大于 1% 时，宜在中途设置消能台坎；

3 顶宽宜为 1.0~2.0m，深度不宜超过 0.2m；

4 最大流速应小于 0.8 m/s，曼宁系数宜为 0.2~0.3。

IV 高位花坛

5.4.9 高位花坛宜结合建筑外立面综合考虑设置。

5.4.10 高位花坛不宜设置深度过深。

V 雨水花园

5.4.11 雨水花园不宜设置在首层开窗较近位置，并宜分散布置。

5.4.12 雨水花园的设计应满足下列要求：

- 1 集水面积不宜大于 0.5hm^2 ，设施面积与集水面积之比宜为 5%~10%；
- 2 周边雨水宜分散进入雨水花园，当集中进入时应在入口处设置缓冲措施；
- 3 边坡比（垂直：水平）不宜大于 1:3；
- 4 有效蓄水深度宜为 200~300mm，儿童活动区域宜适当降低下凹深度；
- 5 种植土层厚度可根据景观种植需求进行适当调整，当种植土的渗透系数小于 $1\times 10^{-6}\text{m/s}$ 时，应进行换土；
- 6 溢流至雨水管网时，应设置溢流设施，蓄水位以上应设 100 mm超高；
- 7 布置在距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域时，应在设施靠近建筑物一侧加设厚度不小于 1.2mm的防渗土工膜；
- 8 当设置在地下室上方时，覆土层厚度不应小于 1m，并应满足下列要求：
 - （1）地下室顶板与覆土之间应设排水层及盲管，宜收集回用盲管排水；
 - （2）土壤渗透面至渗排设施间的土壤厚度不应小于 300mm；
 - （3）底部及侧面宜设置防渗土工膜；
- 9 排空时间不应超过 24h。

VI 渗井

5.4.13 渗井的设计应满足以下要求：

- 1 布置在距离建筑物基础小于 3m（水平距离）的区域时，应在设施靠近建筑物一侧加设厚度不小于 1.2mm的防渗土工膜；
- 2 井底渗透面距地下水位的距离不应小于 1.5m；
- 3 底部及周边的土壤渗透系数应大于 $5\times 10^{-6}\text{m/s}$ 。

5.4.14 渗井调蓄容积不足时，可在渗井周围连接水平渗排管，形成辐射渗井。

VII 渗沟/渠

5.4.15 渗沟/渠的设计应符合下列要求：

- 1 应设置植被浅沟、沉淀（砂）池等预处理设施；
- 2 敷设坡度应根据过流能力计算确定满足排水要求；
- 3 四周应填充砾石或其他多孔材料，砾石层外包透水土工布，土工布规格为 300g/m^2 ，搭接宽度不应少于 200 mm。

VIII 旱溪

5.4.16 旱溪的设计应符合下列要求:

- 1 边坡坡度不宜大于 1:3;
- 2 深度应符合儿童戏水池深度要求。

IX 溢流设施

5.4.17 溢流设施可采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨水口等。

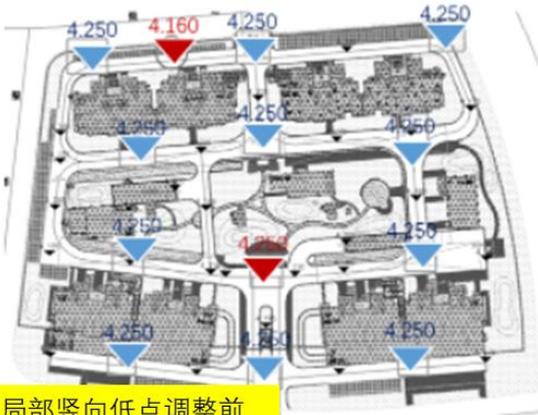
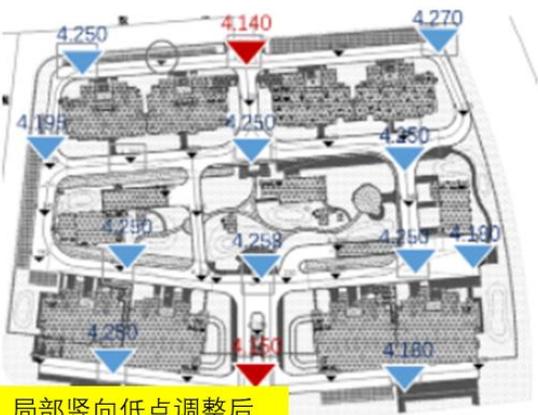
5.4.18 溢流设施宜设置在海绵设施出水口附近，但不应正对进水口。

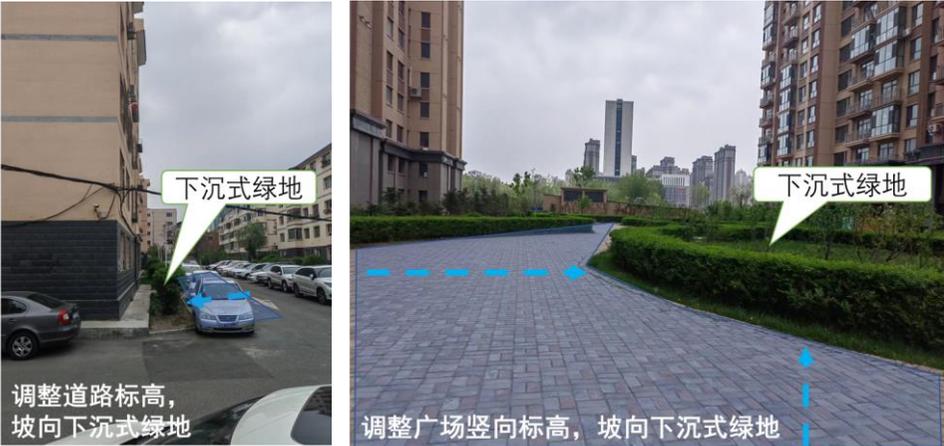
5.4.19 溢流设施的设计应保证海绵设施在年径流总量控制率对应的设计降雨条件下不出现溢流，其过流能力应保证在雨水管渠设计重现期条件下设计服务范围内不出现积水。

X 相关技术措施

5.4.20 居住小区海绵城市建设应根据项目的建设条件，合理选择下列技术措施:

表 5.4.20 小区海绵城市建设主要技术措施

	内容	图示
竖向设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应调整小区局部竖向低点至小区主干道出入口，使雨水经小区主干道排出。 2. 当小区标高高于周边场地时，可调整小区竖向坡向四周绿地或道路，并在小区围墙底部开设排水口。 3. 应在透水铺装改造的同时，调整小区道路、广场和停车场坡向，将雨水引入周边下沉式绿地等绿色海绵设施。 	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>局部竖向低点调整前</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>局部竖向低点调整后</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>小区围墙开口示例</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>小区围墙开口示例</p> </div> </div>

内容	图示
	 <p>下沉式绿地</p> <p>❌ 停车位坡向道路</p> <p>✅ 停车位坡向下沉式绿地</p> <p>下沉式绿地</p>  <p>下沉式绿地</p> <p>调整道路标高, 坡向下沉式绿地</p> <p>下沉式绿地</p> <p>调整广场竖向标高, 坡向下沉式绿地</p>

	内容	图示
硬化地表	<p>1. 应结合居民对停车位的需求，将硬化地表改造成嵌草砖停车位。</p> <p>2. 可拆除无法利用的硬化地表，改造成下沉式绿地等绿色海绵设施。</p>	<p>雨落管断接</p> <p>下沉式绿地</p> <p>路缘石开口</p> <p>拆除树池之间不必要的硬质铺装，改建成下沉式绿地</p> <p>嵌草砖停车位</p> <p>下沉式绿地</p> <p>拆除楼前不必要的硬质铺装，改建成下沉式绿地；混凝土停车位改成嵌草砖</p> <p>下沉式绿地</p> <p>路缘石开口</p> <p>拆除路边不必要的硬质铺装，改建成下沉式绿地</p> <p>下沉式绿地</p> <p>嵌草砖停车位</p> <p>拆除停车位旁不必要的硬质铺装，改建成下沉式绿地</p>

内容	图示
<p>雨落管断接</p> <p>1. 有条件时,雨落管宜断接至周边下沉式绿地,并应在断接处设置消能设施,防止高层落水造成冲刷。</p> <p>2. 无条件时,雨落管可断接至高位花坛或雨水桶,并可在高位花坛外设置盖板沟,将溢流雨水引入下沉式绿地或雨水管网。</p>	<p>内置鹅卵石消能</p> <p>建筑周围有绿地,雨落管接入绿地,立管下设鹅卵石消能</p> <p>建筑周围有绿地,内排水雨落管接入绿地</p> <p>接入高位花坛或雨水桶</p> <p>建筑周围无绿地,雨落管接入高位花坛</p> <p>高位花坛</p> <p>溢流</p>

内容	图示
<p>路面雨水径流断接</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 路面雨水径流应有组织地引入下沉式绿地，并宜根据场地形式、路面坡度、雨水径流量等，选择路缘石开口、人行道导流槽或截流沟导流方式。 2. 路缘石开口和人行道导流槽位置必须能确保有效收集路面雨水径流，不得设置在雨水口上方或紧邻竖向上游雨水口。 3. 路缘石开口和人行道导流槽宜分散均匀布置，使路面径流均匀进入下沉式绿地。路缘石开口长度应根据设计流量、路面纵坡和横坡确定。 4. 当路面纵向坡度较大时，可在路面地势低处设置截流沟，将地表径流导流至临近下沉式绿地。 5. 当小区内绿地较少时，应通过植草沟、截流沟、线性排水沟等设施将无法由周边绿地消纳的路面雨水径流引入其他区域的下沉式绿地中。 	<p>图示</p> <p>路缘石开口, 路面径流引入下沉式绿地</p> <p>人行道开槽, 路面径流引入下沉式绿地</p> <p>梯形路缘石开口示例</p> <p>梯形路缘石开口示例</p>

内容	图示
	<div data-bbox="763 240 1294 639">  <p data-bbox="763 592 1294 639">矩形路缘石开口示例</p> </div> <div data-bbox="1294 240 1832 639">  <p data-bbox="1294 592 1832 639">人行道开槽示例</p> </div> <div data-bbox="1182 667 1563 1182">  <p data-bbox="1294 842 1370 874">截流沟</p> <p data-bbox="1191 1123 1406 1177">截流沟断接地面径流，引入下沉式绿地</p> </div>

6. 施工及验收

6.1 一般规定

6.1.1 海绵城市建设工程施工应按照现行国家标准《建设工程项目管理规范》GB/T50326 的相关规定进行项目管理，施工单位应具备安全生产条件，应建立安全生产管理体系和安全生产责任制，应明确海绵城市建设工程施工作业的安全环保要求，并应采取安全和环境保护措施。

6.1.2 未经审查机构审查合格的施工图不得用于施工。

6.1.3 施工前设计单位必须对施工单位进行全面的设计技术交底，施工技术人员必须逐级向作业人员进行详细的技术交底，并形成交底记录。

6.1.4 海绵设施的规模、竖向、平面布局等应严格按照批复的设计文件进行施工。施工变更应经设计人员同意并作相应变更手续，并按相关变更程序作变更。

6.1.5 海绵设施建设所用原材料、半成品、构件、设备等产品进入施工现场时应由施工单位和监理单位进行进场验收。验收时应检查质量合格证书、性能检验报告、使用说明书等，并按国家有关标准规定进行复检，验收合格后方可使用。

6.1.6 施工现场应由专业的监理人员对施工过程进行质量控制，并严格执行质量检验制度。

6.1.7 施工单位应统筹施工工序，应按照先地下后地上、先深后浅的原则开展施工，避免土方反复开挖及回填，并应采取措施减少交叉施工造成的污染和干扰。

6.1.8 施工现场在沟槽开挖、种植土回填、边坡种植等分部、分项工程施工期间应做好水土保持措施，减少施工过程对场地及其周边环境的扰动和破坏。

6.1.9 下沉式绿地、雨水花园等设施施工应与道路路面平顺衔接，有效汇集道路雨水，并应按设计要求实施各结构层。

6.1.10 为确保海绵城市建设施工质量取得预期效果，居住小区海绵工程应在海绵城市专项验收合格后组织整体竣工验收。

6.1.11 验收合格后建设单位应组织编制完整的竣工验收报告，写明居住小区海绵城市建设相关工程措施的落实情况，并向有关单位提交备案，并将有关设计、施工及验收的文件立卷归档。

6.1.12 居住小区海绵城市建设的施工和验收除按本导则开展外，尚应符合国家、行业和地方现行相关标准、规范的规定。

6.2 施工

6.2.1 施工步骤应符合以下要求：

1 施工前应对施工区域内的表层土壤特性进行评估，以确定土壤特性与设计使用的地质勘探资料一致。

2 施工前应仔细阅读图纸，并在现场标注出路缘石开口、溢流设施等设施施工的准确位置和控制高程；施工过程中应复测设施位置和控制高程，核实汇水范围。存在问题时，应及时告知设计院进行变更调整。

3 对于新建项目，应在主体建设工作完成，施工设备和材料土堆已经移除且汇水区稳定后，再开挖施工源头减排设施，或应采用土工布覆盖并推迟种植植物。

4 对于改造项目，应先对原有排水管道进行检测，对于堵塞或破损的管道应进行清淤和修复。

5 施工过程中，应先对相关海绵设施进行验收，合格后方能进入到绿化施工部分。

6 海绵建设工程各子项中，透水铺装应最后施工，或应在施工后采用土工布覆盖。

6.2.2 下沉式绿地及雨水花园施工应符合以下要求：

1 下沉式绿地及雨水花园施工一般工序如下：开挖边线及放样→基坑开挖→溢流井等构筑物施工→种植土回填。

2 下沉式绿地及雨水花园的施工应符合现行行业标准《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82 的有关规定。

3 应采取适当的措施将设施与周边进行隔离，防止施工过程中海绵设施的回填土层被机械压实。应避免压实种植土层，种植土宜分层回填，每层 300mm 左右高度，并用反向铲轻微拍打。填埋高度可视换填土厚度适度增高，防止绿化浇灌、雨水渗透后土面下沉，增加高度应控制在 50mm 以内。

4 绿地土方回填的压实度应根据需求而定，土山类压实系数宜控制在 90% 以上，用于植物栽植，当土壤压实度大于 85% 时，应采取通气透水措施。

5 种植土的土壤渗透能力应检测合格，土壤改良措施应通过渗透能力进行试验验证。

6 在设施的雨水集中入口处，应按设计要求设置隔离纺织物料、栽种植被或添加覆盖物等消能缓冲措施，防止雨水径流对土壤的侵蚀。

7 溢流井的构造、位置、竖向标高等设置应放样准确，井座和井盖安装牢固、美观。

8 溢流井、管道、检查井等的施工应符合设计要求和国家现行标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 的相关规定。

9 施工结束后检查进出水口标高、设施底等所有标高与设计相符，并结合现场实际控制高程，使坡度顺畅避免阻水。

6.2.3 透水铺装施工应符合以下要求：

1 透水铺装施工前，应对基层（垫层）进行检查验收，透水铺装基层除了满足设计要求的高程、横坡、强度等要求外，还应满足基层厚度、材料、级配等要求，符合要求后方可进行面层施工。

2 透水面层工程质量、验收标准应符合现行行业标准《透水砖路面技术规程》CJJ/T188、《透水水泥混凝土路面技术导则》CJJ/T135 和《透水沥青路面技术规程》CJJ/T190 的相关规定，且渗透系数应符合设计要求。

3 透水砖路面的基层施工应满足设计要求，找平层可采用中砂、粗砂或干硬性水泥砂浆（建议 1:7），厚度宜为 20mm~30mm。

4 透水砖铺筑过程中，应随时检查其牢固性与平整度，透水砖应于表面敲实。

5 透水砖的拼缝应顺直，拼接缝宽度不宜大于 3mm。

6 透水砖铺筑完成后应及时铺砂扫缝，应及时清除砖面上的杂物、碎屑及残留水泥砂浆。

6.2.4 嵌草砖施工应符合以下要求：

1 铺设的砂石垫层厚度应满足设计要求，最大粒径不宜超过 60mm，最小粒径不宜小于 0.5mm。

2 铺完嵌草砖 48 小时后，应将缝口清洁干净，用水湿润后用水泥砂浆按设计要求抹缝、嵌实压光，嵌缝砂浆终凝后，浇水养护不应少于 7 天。

3 嵌草砖内应填充营养土，应按设计要求撒播草籽或铺筑草皮。

6.2.5 植草沟施工应符合以下要求：

1 植草沟应按设计和地形控制坡度和高程，坡度应顺畅，线形应流畅，表面平整、密实，景观效果美观。

2 当植草沟纵坡较大时，应按设计要求设置相应的挡水和消能措施。消能和防冲设施应设置在挡水堰的跌水一侧。挡水堰应安装稳固，当采用砂浆砌筑时，砂浆应饱满、勾缝密实。

3 进水口处的消能设施应按设计要求施工。

4 植草沟内土壤不得裸露。

6.2.6 高位花坛施工应符合以下要求：

1 浇筑砼垫层时，应根据设计配合比确定施工配合比，严格按施工配合比进行搅拌、浇筑、捣实，稍干后抹灰至设计标高。

2 花坛池体应按设计要求具备抗冻和抗渗性能。

6.2.7 渗井的施工应符合现行国家标准《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400 及《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141 的要求。

6.2.8 旱溪施工应符合以下要求：

1 旱溪施工一般工序如下：场地平整→校核标高和坡度→置石→植被种植。

2 应从大到小铺设石块，再根据需求适当点缀，使用较小的石块填充较小的缝隙。

6.2.9 土工布（膜）施工应符合以下要求：

1 土工布（膜）的施工工序应根据设施构造、场地条件等合理确定，一般工序如下：处理土工布（膜）→铺设土工布（膜）→缝合焊接土工布（膜）。

2 在使用土工布和衬垫时，应仔细安装、防止尖锐物体破坏，土工布（膜）连接采用缝制或焊接均可。

3 土工布的施工应满足以下要求：

（1）土工布的边缘应设置在坡顶锚固沟内。

（2）铺设应尽量平整，避免出现褶皱、波纹。

（3）透水土工布规格应为 $300\text{g}/\text{m}^2$ ，连接可采用缝合法或搭接法，缝合宽度不应小于 100mm ，搭接宽度不应小于 200mm 。

（4）碎石层透水土工布的宽度应全部包裹砾石层。

4 土工膜的施工应符合以下要求：

（1）土工膜应与周边地基和结构物连接形成完整的密封系统；铺设防渗层的地表应保持平整，不得有坚硬突起物，防渗层铺设应尽量避免出现褶皱、波纹。

（2）敷设土工膜坡顶应进行锚固处理，将防渗材料埋入锚固沟内，沟深不小

于 0.3m。

(3) 防渗材料铺设时, 应从高位向底部延伸, 留有 1.5% 的余幅以备局部下沉拉伸, 相邻两幅的纵向接头不应在同一条水平线上, 应相互错开 1m 以上。

(4) 防渗土工膜相邻片(块)搭接宽度不应小于 300mm, 相邻片(块)焊接宽度不应小于 100mm。在后续的植物种植过程中, 注意避免防渗土工膜受到破坏, 保证防渗效果。

5 土工布(膜)施工应符合设计要求及现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB/T50290 的相关规定。

6.3 验收

6.3.1 居住小区海绵城市建设工程的验收应以国家、自治区和市现行的相关验收规范标准、管理办法、设计文件、施工合同等作为验收的依据和标准。

6.3.2 主管单位应在每项隐蔽性工程施工完毕后, 组织施工、监理、设计三方进行验收, 验收合格后方可进行下一工序的施工。

6.3.3 居住小区海绵城市建设工程宜在试运行一段时间后验收。有条件的项目, 海绵城市建设工程的验收宜在整个工程经过一个雨季运行检验后进行。重点对设施规模、竖向、进水设施、溢流排放口、防渗、水土保持等关键设施和环节做好验收记录。

6.3.4 居住小区海绵城市建设工程应依据试运行报告、必要的现场测试和相关工程建设过程资料, 遵照现行国家标准《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400 的相关规定进行验收。

6.3.5 建设单位提交的建设项目竣工文件中应有完整的海绵设施相关竣工资料。验收组织单位应按照审查通过的施工图进行验收, 并将验收情况纳入验收结论。

6.3.6 海绵设施竣工验收合格后方可交付使用。

附录 A 适宜植物

A.1 一般规定

A.1.1 海绵城市植物种植设计应满足现行国家标准《城市绿地设计规范》GB50420、《园林绿化工程项目规范》GB55014 的相关规定。

A.1.2 海绵城市设计应创造适宜植物生长的环境条件，在植物选择和配置中应充分发挥植物的净化、滞留、促渗、低维护、观赏等作用。进入绿地的雨水停留时间不得大于植物的最长耐淹时间。

A.1.3 海绵城市植物种植设计应因地制宜地选择植物种类及配置模式。土壤应满足种植及雨水渗透的要求，不满足要求的土壤应进行土壤改良。

A.2 植物选择

A.2.1 海绵设施植物选择应优先选用呼和浩特市乡土植物，不应选用具有生态入侵性或有侵略性根系的植物种类，慎选植物自繁能力较强的种类。

A.2.2 海绵设施植物选择应选用抗逆性强、耐粗放管理的植物种类，不应选用多毛、多果、多流胶、多病虫害的植物。

A.2.3 植物选择应综合考虑地下水位情况、日照条件、径流水质、土壤类型及坡度、滞水深度、雨水渗透时间、水污染物负荷等因素，并应符合下列要求：

1 设施表面应选择耐淹、耐旱、耐污染、耐盐碱能力较强的植物；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。

2 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。

A.2.4 坡度较大的区域，应选择根系发达、覆盖度高、拦截吸附性能好的植物以增强绿化带的净化能力和抗冲刷能力。

A.3 植物配置

A.3.1 植物配置应与绿地所处环境和功能定位相协调，遵循场地种植设计总体要求，兼顾绿地的生态、美化、游憩等功能，杜绝安全隐患。

A.3.2 植物配置应注重灌木、草本的合理搭配，充分考虑植物的枝、花、叶等形态和色彩，形成季相变化丰富的植物景观，保证旱季和雨季的观赏效果。

表A.3.2 海绵城市建设适宜植物

灌木						
序号	植物名称	科名	拉丁学名	耐水湿	耐干旱	耐盐碱
1	什锦丁香	木犀科	<i>Syringa × chinensis Willd.</i>		●	
2	花叶丁香	木犀科	<i>Syringa persica L.</i>		●	
3	蓝丁香	木犀科	<i>Syringa meyeri C. K. Schneid.</i>		●	
4	紫丁香	木犀科	<i>Syringa oblata Lindl</i>		●	●
5	茶条槭	槭树科	<i>Acer ginnala</i>		●	
6	小叶女贞	木犀科	<i>Ligustrum quihoui Carr.</i>	●		●
7	东北连翘	木犀科	<i>Forsythia suspensa</i>		●	
8	美丽锦带花	忍冬科	<i>Weigela nikkoensis</i>	●		●
9	红瑞木	山茱萸科	<i>Cornus alba</i>	●	●	
10	珍珠梅	蔷薇科	<i>Sorbaria kirilowii</i>			●
11	四季玫瑰	蔷薇科	<i>Rosa rugosa</i>		●	
12	黄刺梅	蔷薇科	<i>R. xanthina</i>		●	●
13	榆叶梅	蔷薇科	<i>P. triloba</i>		●	●
14	风箱果	蔷薇科	<i>Physocarpus amurensis (Maxim.) Maxim.</i>		●	
15	金叶风箱果	蔷薇科	<i>Physocarpus opulifolius var. luteus</i>		●	
16	紫叶风箱果	蔷薇科	<i>Physocarpus opulifolius 'Summer Wine'</i>		●	
17	大果蔷薇	蔷薇科	<i>Rosa albertii Reg.</i>		●	
18	紫叶矮樱	蔷薇科	<i>Prunus × cisterna N.E.Hansen ex Koehne</i>		●	
19	密枝红叶李	蔷薇科	<i>Prunus cerasiferavar.atropurpurea 'Russia'</i>		●	
20	山樱桃	蔷薇科	<i>Cerasus tomentosa (Thunb.) Wall.</i>		●	
21	天目琼花	忍冬科	<i>Viburnum opulus Linn. var. calvescens (Rehd.) Hara</i>	●	●	
22	猥实	忍冬科	<i>Kolkwitzia amabilis Geaebn</i>		●	
23	金银忍冬	忍冬科	<i>Lonicera maackii (Rupr.) Maxim.</i>	●		
24	山梅花	虎耳草科	<i>Philadelphus incanus</i>		●	
25	香茶藨子	虎耳草科	<i>Ribes odoratum Wendl.</i>		●	
26	贴梗海棠	蔷薇科	<i>Chaenomeles speciosa (Sweet) Nakai C. lagenaria Koidz</i>		●	●
27	黄芦木	小檗科	<i>Berberis amurensis Rupr.</i>		●	
28	细叶小檗	小檗科	<i>Berberis poiretii Schneid.</i>		●	●

29	朝鲜黄杨	黄杨科	<i>Buxus microphyllavar. koreana</i>		●	
30	侧柏	柏科	<i>Platycladus orientalis (L.) Franco</i>		●	●
31	铺地柏	柏科	<i>Sabina procumbens</i>		●	●
32	黄柳	杨柳科	<i>Salix gordejvii Y. L. Chang et Skv.</i>	●	●	
33	紫穗槐	豆科	<i>Amorpha fruticosa Linn.</i>	●	●	●
34	乌柳	杨柳科	<i>Salix cheilophila Schneid</i>	●	●	
35	枸杞	茄科	<i>Lycium chinense Miller</i>		●	●
36	沙棘	胡颓子科	<i>Hippophae rhamnoides Linn.</i>		●	●
37	白刺	蒺藜科	<i>Nitraria sibirica Pall.</i>		●	●
地被品种						
序号	植物名称	科名	拉丁学名	耐水湿	耐干旱	耐盐碱
1	八宝景天	景天科	<i>Hylotelephium erythrostictum (Miq.) H. Ohba</i>	●	●	
2	三七景天	景天科	<i>Sedum aizoon L.</i>	●	●	
3	大花萱草	百合科	<i>Hemerocallis middendorffii Trautv. et Mey.</i>	●	●	●
4	金娃娃萱草	百合科	<i>Hemerocallis fulva 'Golden Doll'</i>	●	●	
5	马蔺	鸢尾科	<i>Iris lacteal Pall. var. chinensis (Fisch.) Koidz.</i>	●	●	●
6	金山绣线菊	蔷薇科	<i>Spiraea japonica Gold Mound</i>		●	●
7	假龙头	唇形科	<i>Physostegia virginiana</i>	●	●	
8	粉黛乱子草	禾本科	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	●	●	●
9	蓝羊茅	禾本科	<i>Festuca glauca Vill.</i>	●	●	
10	聚合草	紫草科	<i>Symphytum officinale L</i>		●	
11	金雀儿	豆科	<i>Cytisus scoparius (Linn.) Link</i>		●	
12	柠条	豆科	<i>Caragana arborescens lam.</i>		●	●
13	水栒子	蔷薇科	<i>Cotoneaster multiflorus Bge.</i>		●	●
14	灰栒子	蔷薇科	<i>Cotoneaster acutifolius Turcz.</i>		●	●
15	欧李	蔷薇科	<i>Cerasus humilis</i>		●	●
16	水蓼	蓼科	<i>Polygonum hydropiper</i>	●		
17	红蓼	蓼科	<i>Polygonum orientale</i>	●	●	●
18	白花草木犀	豆科	<i>Melilotus alba</i>	●	●	●
19	黄花草木犀	豆科	<i>Melilotus officinalis</i>	●	●	●
20	堆心菊	菊科	<i>Helenium autumnale</i>		●	●
21	蓝花鼠尾草	唇形科	<i>Salvia farinacea</i>		●	●
22	耧斗菜	毛茛科	<i>Aquilegia viridiflora</i>	●	●	●
23	蓍草	菊科	<i>Achillea sibirica</i>		●	●
24	荷兰菊	菊科	<i>Aster novi-belgii</i>		●	

25	蛇鞭菊	菊科	<i>Liatris spicata</i>	●	●	
26	紫松果菊	菊科	<i>Echinacea purpurea</i>		●	
27	紫菀	菊科	<i>Aster tataricus</i>	●		
28	桔梗	桔梗科	<i>Platycodon grandiflorus</i>		●	
29	穗花婆婆纳	玄参科	<i>Veronica spicata</i>	●		
30	鸢尾	鸢尾科	<i>Iris tectorum</i>	●	●	
31	德国鸢尾	鸢尾科	<i>Iris germanica</i>	●	●	
32	美人蕉	美人蕉科	<i>Canna indica</i>	●	●	
33	红百合	百合科	<i>Lilium brownii</i> <i>var.viridulum</i>		●	
34	睡莲	睡莲科	<i>Nymphaea tetragona</i>	●	●	●
35	荷花	莲科	<i>Nelumbo nucifera</i>	●	●	●
36	千屈菜	千屈菜科	<i>Lythrum salicaria</i>		●	●
37	黄菖蒲	鸢尾科	<i>Iris pseudacorus</i>	●	●	●
38	香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>	●	●	●
39	芦苇	禾本科	<i>Phragmites australis</i>	●		●
40	水葱	莎草科	<i>Scirpus tabernaemontani</i>	●		●
41	灯心草	灯心草科	<i>Juncus effusus</i>	●	●	
42	二月兰	十字花科	<i>Orychophragmus violaceus</i>		●	●
43	紫花地丁	堇菜科	<i>Viola yedoensis</i>		●	●
44	鹅绒委陵菜	蔷薇科	<i>Potentilla anserina</i>	●	●	●
45	白车轴草	豆科	<i>Trifolium repens</i>		●	
46	蒲公英	菊科	<i>Taraxacum mongolicum</i>	●	●	●
47	早熟禾	禾本科	<i>Poa annua</i>		●	●
48	苔草	莎草科	<i>Carex spp.</i>	●	●	●
藤本植物						
序号	植物名称	科名	拉丁学名	耐水湿	耐干旱	耐盐碱
1	五叶地锦	葡萄科	<i>Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.</i>	●	●	●
2	山葡萄	葡萄科	<i>Vitis amurensis Rupr.</i>		●	
3	爬山虎	葡萄科	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>		●	●

附录 B 居民改造意愿调研表

小区名称			
调研时间			
调查内容	问题	需求	建议与意见
一、希望消除小区内涝积水问题	您居住小区下雨时内涝积水情况？ <input type="checkbox"/> 积水严重 <input type="checkbox"/> 积水一般 <input type="checkbox"/> 很少积水	您希望通过工程改造消除积水问题吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见
二、希望改善小区水质水环境	您居住小区内有水塘吗，水塘水质如何？ <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 有，水塘水质差，无水草和鱼虾 <input type="checkbox"/> 有，水塘水质较好，水草肥美，鱼虾成群	您希望通过工程改造改善小区水质水环境吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见
三、希望修复小区道路	您居住小区内路面破损情况如何？ <input type="checkbox"/> 破损严重 <input type="checkbox"/> 破损一般 <input type="checkbox"/> 未有破损	您希望通过工程改造修复小区破损路面吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见
四、希望提升小区绿化品质	您居住小区内绿化景观如何？ <input type="checkbox"/> 景观品质差，植被长势不好 <input type="checkbox"/> 景观品质一般 <input type="checkbox"/> 景观品质很好	您希望通过工程改造提升小区绿化品质吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见
五、希望满足小区停车需求	您居住小区内停车位充足吗？ <input type="checkbox"/> 车位少，停车困难 <input type="checkbox"/> 车位充足	您希望通过工程改造满足小区停车位需求吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见
六、希望改善小区卫生环境	您居住小区内卫生环境如何？ <input type="checkbox"/> 卫生干净整洁 <input type="checkbox"/> 卫生条件差	您希望通过工程改造满足小区卫生环境吗？ <input type="checkbox"/> 希望 <input type="checkbox"/> 不希望，反复施工影响生活	您有什么好的建议和意见

附录 C 案例分析

案例一：有绿地、无雨水管网的小区

案例一小区未建设雨水管网，建筑密度为0.32，绿地率为8%，小区内部路面均为硬质铺装，占比约为60%。本案例建筑两侧均有雨落管，当前散排至地面。

1 场地方案设计

(1) 下垫面分析

下垫面解析应明确各组成部分（道路、绿化、铺装等）的面积及状态，计算小区设计汇水范围内的综合径流系数。本案例下垫面情况如表C-1所示。

表C-1 案例一小区下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	7026.21	0.8~0.9
道路	13085.79	0.8~0.9
绿地	1752	0.15
合计	21864	-

参照本导则综合径流系数计算公式，用加权平均法计算得到综合径流系数 ψ ：

$$\begin{aligned}\psi &= \frac{\psi_{\text{屋面}}F_{\text{屋面}} + \psi_{\text{道路}}F_{\text{道路}} + \psi_{\text{绿地}}F_{\text{绿地}}}{F_{\text{屋面}} + F_{\text{道路}} + F_{\text{绿地}}} \\ &= \frac{0.9 \times 7026.21 + 0.85 \times 13085.79 + 0.15 \times 1752}{21864} = 0.81\end{aligned}$$

其中，屋面径流系数取值为0.9，道路径流系数取值为0.85，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(2) 竖向分析

由案例高程点数据显示，案例地势整体呈现北侧高，南侧低的特点。1、2号住宅楼北侧道路为东侧高，西侧低，其余三栋住宅楼北侧道路呈现中间高、两边低的特点，5号住宅楼南侧道路整体坡向向东。根据案例竖向情况，可划分雨水径流分水岭，如图C-1所示。分水岭以西，雨水沿小区围墙的外排口排入周边市政道路；分水岭以东，雨水沿小区东侧主干道排出，流入市政道路。

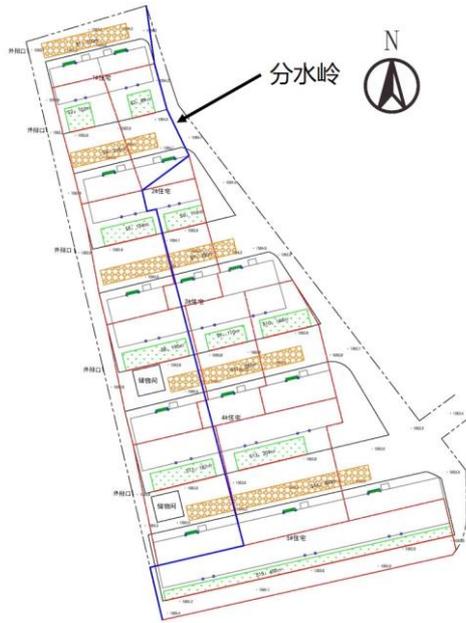
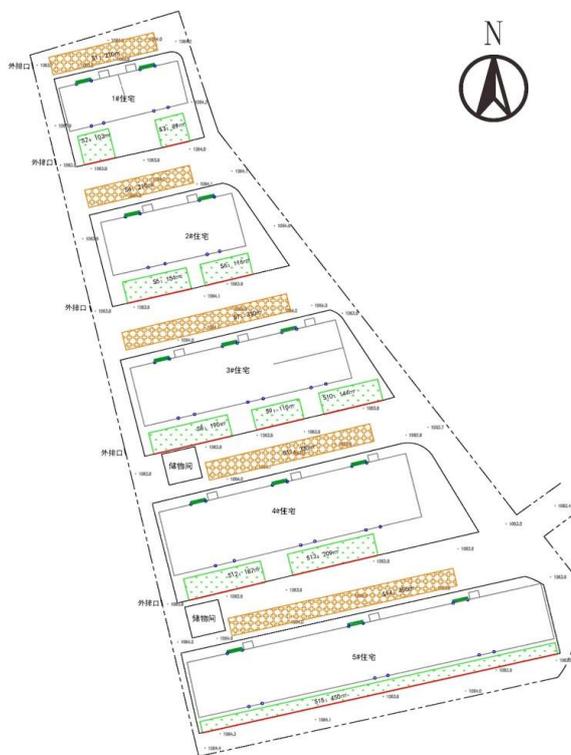


图 C-1 案例一小区雨水径流分水岭示意图

(3) 海绵改造方案确定

海绵改造方案选择下沉式绿地、嵌草砖停车位和高位花坛作为雨水径流控制措施，并将雨落管分别断接至下沉式绿地和高位花坛中，超标雨水溢流至地表，依靠竖向设计排向市政道路。



图C-2 案例一小区海绵设施布置示意图

(4) 汇水分区划分

应根据雨水径流路径和海绵设施服务面积，分别划分子汇水区和单体设施汇水面。

子汇水区划分应综合考虑地面高程、坡向、排水管网流向、小区内部管网与市政管网接口等因素。本案例由于未设雨水管网，子汇水区划分以参考地面高程、坡向为依据，可划分为3个子汇水区，如图C-3所示。

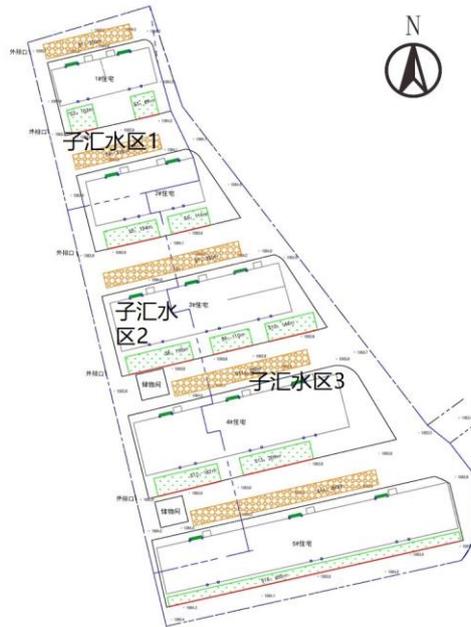


图 C-3 案例一小区子汇水区划分示意图

以案例中汇水面1为例，汇水面1为下沉式绿地S15的单体设施汇水面。下沉式绿地S15除可接纳周边道路的雨水外，还可通过雨落管断接至绿地的方式，接纳5号住宅楼南侧屋面雨水，S15单体设施汇水面如图C-4所示。

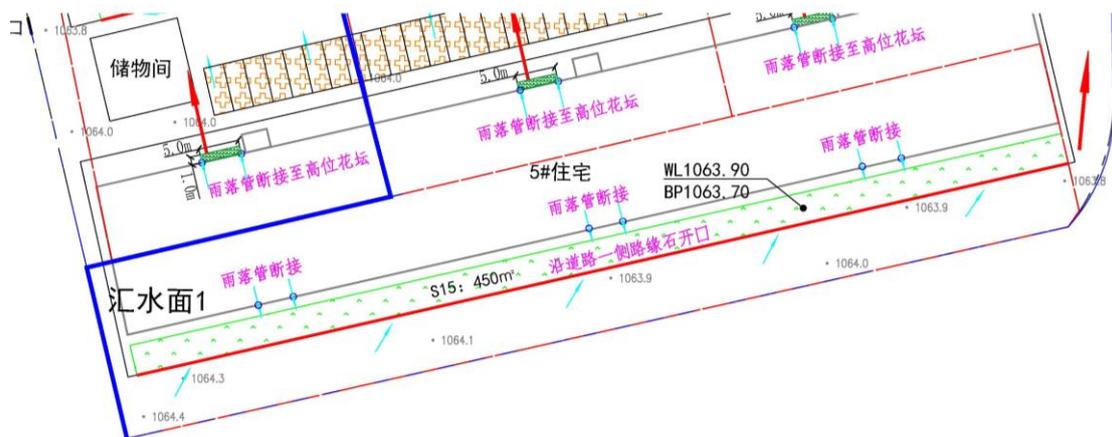


图 C-4 案例一小区汇水面 1 划分示意图

(5) 透水铺装方案设计

根据《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》指标控制规定，人行道、停车场、广场透水铺装地面比例应 $\geq 60\%$ 。则本案例将停车场全部改造为嵌草砖，共增加透水地面 1530m^2 。

改造后，下垫面情况如表C-2所示。

表C-2 案例一小区海绵化改造后下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	7026.21	0.8~0.9
硬化道路	11555.79	0.8~0.9
嵌草砖	1530	0.29~0.36
下沉式绿地	1752	0.15
合计	21864	-

用加权平均法计算得到小区改造后综合径流系数 ψ' 为0.77，其中，屋面、道路、嵌草砖径流系数取值分别为0.9、0.85和0.35，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(6) 海绵设施调蓄容积计算

根据呼和浩特市80%的年径流总量控制率目标，查年径流总量控制率对应降雨厚度图表，得到对应的设计降雨量 $H=18.1\text{mm}$ 。利用容积法公式，可计算得到本案例所需的调蓄容积 W ：

$$W = 10H\psi'F_{\text{小区总面积}} = 10 \times 18.1 \times 0.77 \times \frac{21864}{10000} = 304.72\text{m}^3$$

案例中绿地改造为下沉式绿地，建筑物雨落管断接至绿地，调整周边道路整体坡向临近绿地。由于现状绿地率较低，将绿地全部改造为下沉式绿地，蓄水层深度取 200mm ，使其调蓄更多雨水。则下沉式绿地调蓄容积 $W_{\text{下沉绿地}}$ 为：

$$W_{\text{下沉绿地}200\text{mm}} = F_{\text{下沉绿地}} \cdot h_{\text{蓄水层}} \cdot k_{\text{调蓄损失}} = 1752 \times 0.2 \times 0.9 = 315.36\text{m}^3$$

建筑物前侧雨落管断接至高位花坛，高位花坛可按接纳屋面初期雨水污染控制量进行设计，在无初期雨水实测数据时，可参考《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》取 2mm ，但本案例考虑接纳更多屋面雨水，因此取屋面雨水量为 4mm 。单个高位花坛设计调蓄容积应能接纳对应屋面的全部初期雨水，由于案例内部建筑物不完全相同，以本小区内单根雨落管收集的最大屋面汇水面积 361m^2 为例，计算得到高位花坛所需调蓄容积为：

$$W_{\text{高位花坛}} = 10H_{\text{屋面}} \psi F_{\text{屋面汇水面积}} = 10 \times 4 \times 0.9 \times \frac{361}{10000} = 1.3\text{m}^3$$

高位花坛蓄水层深度为300mm，则单个高位花坛的设施面积不应小于4.3m²，本案例取5m²。在本案例中，共设置高位花坛13个，则总设计调蓄容积为：

$$W_{\text{高位花坛总}} = 13 \times 5 \times 0.3 = 19.5\text{m}^3$$

因此，海绵设施设计调蓄容积总量为下沉式绿地与高位花坛调蓄容积之和，为334.86m³。

2 海绵城市建设指标核算

(1) 海绵化改造后综合径流系数计算

本案例海绵化改造后综合径流系数为0.77，计算过程见本案例中透水铺装方案设计。

(2) 年径流总量控制率计算

本小区海绵化改造后，雨水调蓄设施调蓄容积总量为334.86m³。通过容积法，可计算得到控制降雨厚度为：

$$H = \frac{W_{\text{调蓄}}}{10 \cdot \psi' \cdot F_{\text{小区总面积}}} = \frac{334.86 \times 10000}{10 \times 0.77 \times 21864} = 19.8\text{mm}$$

查阅年径流总量控制率对应降雨厚度图表可得到，19.8mm对应年径流总量控制率为81.3%，满足海绵城市建设年径流总量控制率80%的指标要求。

(3) 年径流污染控制率计算

年SS总量去除率可采用公式4.3.1计算。下沉式绿地对SS去除率主要受系统中植物、填料等多方面的影响，由于暂无实测数据，案例根据相关文献取下沉式绿地对SS去除率为70%。计算得到案例年SS总量去除率为：

$$C = \eta \frac{\sum F_i C_i}{F} = \frac{0.813 \times (1530 \times 0.85 + 14165.46 \times 0.7)}{15695.46} = 58\%$$

案例满足海绵城市建设年径流污染控制率48%的指标要求。

案例二：无绿地、无雨水管网的小区

案例二小区未设置雨水管网，小区内无绿地，建筑密度为0.3，小区内部路面均为硬质铺装，占比为70%。本案例建筑两侧均有雨落管，当前散排至地面。

1 场地方案设计

(1) 下垫面分析

本案例下垫面情况如表C-3所示。

表C-3 案例二小区下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	3500	0.8~0.9
道路	8185	0.8~0.9
合计	11685	-

用加权平均法计算得到综合径流系数 ψ ：

$$\psi = \frac{\psi_{\text{屋面}} F_{\text{屋面}} + \psi_{\text{道路}} F_{\text{道路}}}{F_{\text{屋面}} + F_{\text{道路}}} = \frac{0.9 \times 3500 + 0.85 \times 8185}{11685} = 0.86$$

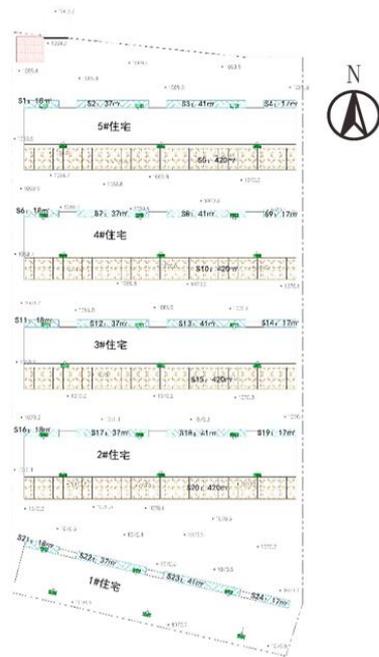
其中，屋面径流系数取值为0.9，道路径流系数取值为0.85，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(2) 竖向分析

由案例高程点数据显示，案例地势整体呈现东南高、西北低的特点，道路整体坡向北侧出入口，每栋住宅楼前支路为东侧高、西侧低。雨水经支路东侧流向小区西侧主干道，最终沿北侧出入口流至市政道路。

(3) 海绵改造方案确定

海绵改造方案选择透水铺装、嵌草砖停车位、高位花坛和调蓄池作为雨水径流控制措施，并将雨落管断接至高位花坛，超标雨水溢流至地表，依靠竖向设计排向市政道路。



图C-5 案例二小区海绵设施布置示意图

(4) 汇水分区划分

应根据雨水径流路径和海绵设施服务面积，分别划分子汇水区 and 单体设施汇水面。

子汇水区划分应综合考虑地面高程、坡向、排水管网流向、小区内部管网与市政管网接口等因素。本案例由于未设雨水管网，子汇水区划分以参考地面高程、坡向为依据，可划分为5个子汇水区，如图C-6所示。

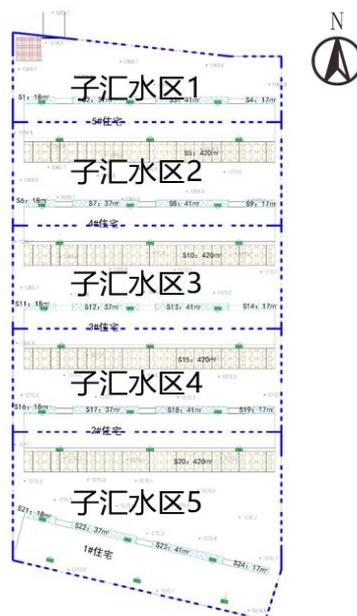


图 C-6 案例二小区子汇水区划分示意图

以案例2号住宅楼为例，位于2号住宅楼西北侧的高位花坛，可通过雨落管断接的方式，接纳2号住宅楼西北侧屋面雨水，高位花坛单体设施汇水面如图C-7所示。

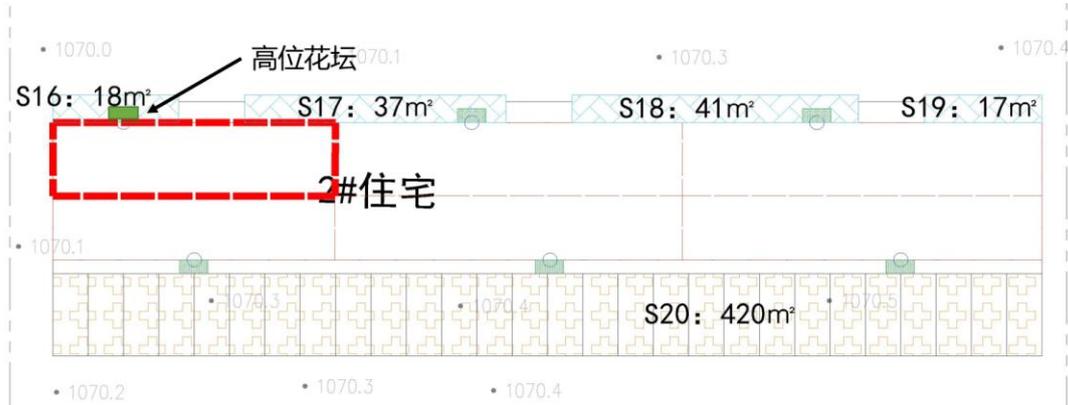


图 C-7 案例二小区单体设施汇水面划分示意图

(5) 透水铺装方案设计

根据《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》指标控制规定，人行道、停车场、广场透水铺装地面比例应 $\geq 60\%$ 。则本案例将停车场全部改造为嵌草砖，人行道全部改造为透水铺装，则共增加透水地面 2210m^2 。改造后案例下垫面情况如表C-4所示：

表C-4 案例二小区海绵改造后下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m^2)	径流系数取值
屋面	3500	0.8~0.9
硬化道路	5975	0.8~0.9
嵌草砖	1680	0.29~0.36
人行道透水铺装	530	0.29~0.36
合计	11685	-

改造后，用加权平均法可计算得到新的综合径流系数 ψ' 为0.77。其中，屋面、道路、嵌草砖径流系数取值分别为0.9、0.85和0.35，当有实测数据时，应依据实测数据确定。本案例中调蓄设施容积设计应考虑透水铺装对雨水的控制，宜采用透水铺装改造后的综合径流系数 ψ' 进行计算。

(6) 海绵设施调蓄容积计算

根据呼和浩特市80%的年径流总量控制率目标，查年径流总量控制率对应降雨厚度图表，得到对应的设计降雨量 $H=18.1\text{mm}$ 。利用容积法公式，可计算得到本案例所需的调蓄容积 W ：

$$W = 10H\psi'F_{\text{小区总面积}} = 10 \times 18.1 \times 0.77 \times \frac{11685}{10000} = 162.94\text{m}^3$$

建筑物两侧雨落管断接至高位花坛，高位花坛可按接纳屋面初期雨水污染控制量进行设计，在无初期雨水实测数据时，可参考《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》取2mm，但本案例考虑接纳更多屋面雨水，因此取屋面雨水量为4mm。由于案例内部建筑物不完全相同，以本小区内单根雨落管收集的最大屋面汇水面积116m²为例，计算得到高位花坛所需调蓄容积为：

$$W_{\text{高位花坛}} = 10H_{\text{屋面}}\psi F_{\text{屋面汇水面积}} = 10 \times 4 \times 0.9 \times \frac{116}{10000} = 0.42\text{m}^3$$

高位花坛蓄水层深度为300mm，则单个高位花坛的设施面积不应小于1.4m²，本案例取2m²。在案例中，共设置高位花坛30个，则总设计调蓄容积为：

$$W_{\text{高位花坛总}} = 30 \times 2 \times 0.3 = 18\text{m}^3$$

与所需调蓄容积对比可见，本案例仍需144.94m³调蓄容积，才可满足80%年径流总量控制率要求。本案例通过设置调蓄池以满足年径流总量控制率要求，调蓄池容积取147m³，池深3m时，设施面积为49m²。

调蓄池宜设置在小区地势低处，超标雨水排放至雨水管网。由于本案例小区未设有雨水管网，因此将调蓄池与市政雨水管网连接。根据案例中的高程数据可见，低点位于小区北侧出入口，且出入口附近有充足的空间，因此可将调蓄池设置在小区北侧出入口附近，并通过设置截流沟，将雨水收进调蓄池中，如图C-8所示。

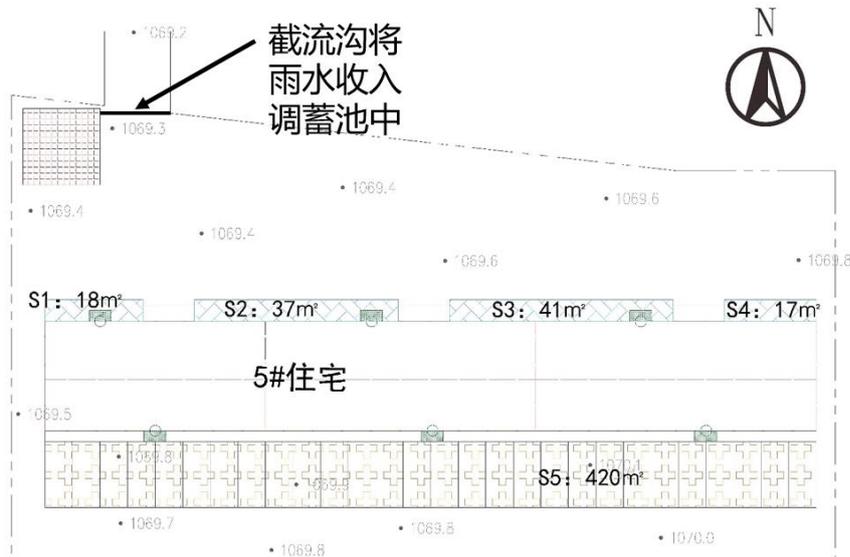


图 C-8 案例二小区调蓄池示意图

因此，雨水调蓄设施设计调蓄容积总量为高位花坛与调蓄池调蓄容积之和，为165m³。

2 海绵城市建设指标核算

(1) 海绵化改造后综合径流系数计算

本案例海绵化改造后综合径流系数为0.77，计算过程见本案例中透水铺装方案设计。

(2) 年径流总量控制率计算

本小区海绵化改造后，雨水调蓄设施调蓄容积总量为165m³。通过容积法，可计算得到控制降雨厚度为：

$$H = \frac{W_{\text{调蓄}}}{10 \cdot \psi' \cdot F_{\text{小区总面积}}} = \frac{165 \times 10000}{10 \times 0.77 \times 11685} = 18.3\text{mm}$$

查表得到对应年径流总量控制率为81.3%，满足海绵城市建设年径流总量控制率80%的指标要求。

(3) 年径流污染削减率计算

年径流污染削减率可采用公式4.3.1计算，计算过程可参考案例一。

案例三：有绿地、有雨水管网小区

案例三小区设有雨水管网，小区绿地率为26.4%，建筑密度为0.2，小区内部路面均为硬质铺装，占比为53.6%。本案例建筑单侧设有雨落管，当前散排至地面。

1 场地方案设计

(1) 下垫面分析

本案例下垫面情况如表C-5所示。

表C-5 案例三小区下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	3094	0.8~0.9
道路	8413	0.8~0.9
绿地	4134	0.15
合计	15641	-

用加权平均法计算得到综合径流系数 ψ 为0.67。其中，屋面径流系数取值为0.9，道路径流系数取值为0.85，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(2) 竖向分析

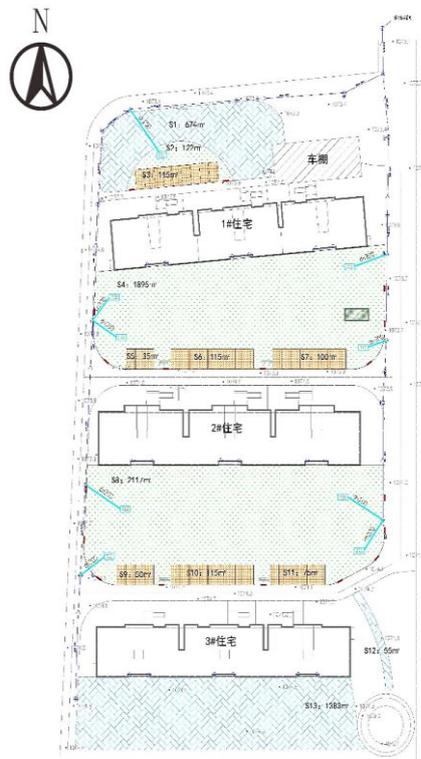
由案例高程点数据显示，案例地势整体呈现北侧低，南侧高的特点。1号住宅楼北侧道路为东侧高，西侧低，其余两栋住宅楼北侧道路高程为中间高、两边低，3号住宅楼南侧广场整体坡向向西。根据案例竖向情况，可划分雨水径流分水岭，如图C-9所示。分水岭以西，雨水从支路向西，汇入小区西侧主干道，从北侧出入口排出，流入市政道路；分水岭以东，雨水从支路沿向东，汇入小区东侧主干道，从北侧出入口最终流入市政道路。



图 C-9 案例三小区雨水径流分水岭示意图

(3) 海绵改造方案确定

海绵改造方案选择下沉式绿地、透水铺装和嵌草砖停车位作为雨水径流控制措施，并将雨落管断接至下沉式绿地中，超标雨水溢流至地表，依靠主干路上雨水管网和竖向设计分别排向市政雨水管网和道路。



图C-10 案例三小区海绵设施布置示意图

(4) 汇水分区划分

本案例设有雨水管网，因此，根据案例一、二中所描述的划分原则，子汇水分区的划分应综合考虑地面高程、坡向、排水管网流向、小区内部管网与市政管网接口等因素。本案例可整体划分为2个子汇水区，如图C-11所示。

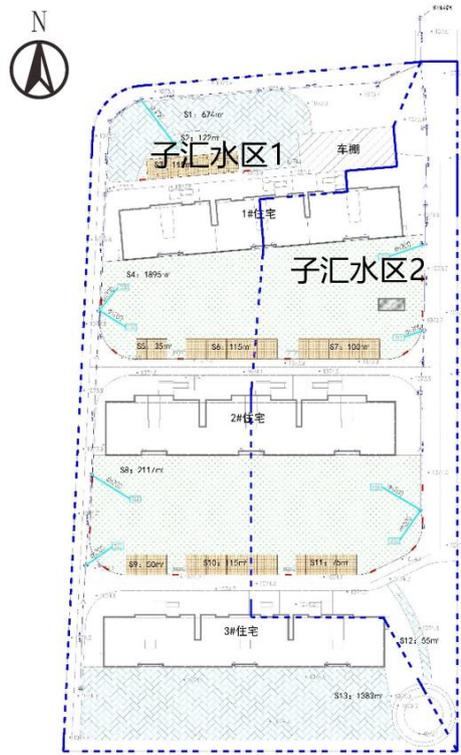


图 C-11 案例三小区子汇水区划分示意图

根据案例一、二中所描述的划分原则，本案例汇水面1如图C-12所示。

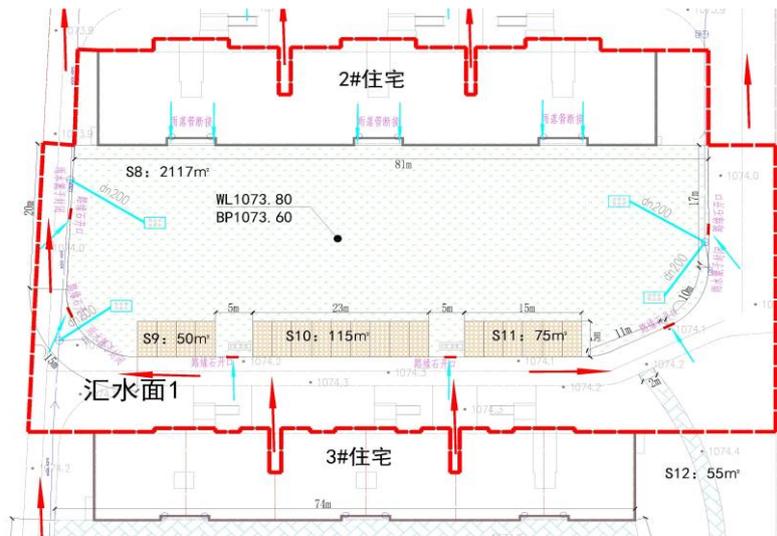


图 C-12 案例三小区汇水面 1 划分示意图

(5) 透水铺装方案设计

本案例将停车场全部改造为嵌草砖，广场和人行道改造为透水铺装，共增加透水地面2717m²。

改造后，下垫面情况如表C-6所示。

表C-6 案例三小区海绵化改造后下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	3094	0.8~0.9
硬化道路	5696	0.8~0.9
广场、人行道透水铺装	2112	0.29~0.36
嵌草砖	605	0.29~0.36
下沉式绿地	4134	0.15
合计	15641	-

用加权平均法计算得到小区海绵化改造后综合径流系数 ψ' 为0.59，其中，屋面、道路、嵌草砖和透水铺装径流系数取值分别为0.9、0.85、0.35和0.35，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(6) 海绵设施调蓄容积计算

根据呼和浩特市80%的年径流总量控制率目标，得到对应的设计降雨量 $H=18.1\text{mm}$ 。利用容积法，可计算得到本案例所需的调蓄容积 W 为167.03m³。

案例中绿地改造为下沉式绿地，建筑物雨落管断接至绿地。绿地全部改造为下沉式绿地，蓄水层深度取100mm，可计算求得下沉式绿地调蓄容积 $W_{\text{下沉绿地}}$ 为372.06m³。

本案例雨水调蓄设施设计调蓄容积为下沉式绿地的调蓄容积，为372.06m³。

2 海绵城市建设指标核算

(1) 海绵化改造后综合径流系数计算

本案例海绵化改造后综合径流系数为0.59，计算过程见本案例中透水铺装方案设计。

(2) 年径流总量控制率计算

本小区海绵化改造后，雨水调蓄设施调蓄容积总量为372.06m³。通过容积法，可计算得到控制降雨厚度为40.5mm。

查阅年径流总量控制率对应降雨厚度图表可得到，40.5mm对应年径流总量控制率为95.1%，满足海绵城市建设指标要求。

(3) 年径流污染削减率计算

年径流污染削减率可采用公式4.3.1计算，计算过程可参考案例一。

案例四：无绿地、有雨水管网的小区

案例四小区设有合流制管网，无绿地，建筑密度为0.45，小区内部路面均为硬质铺装，占比为55%，住宅建筑无外墙雨落管。

1 场地方案设计

(1) 下垫面分析

本案例下垫面情况如表C-7所示。

表C-7 案例四小区下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m ²)	径流系数取值
屋面	4709	0.8~0.9
道路	5641	0.8~0.9
合计	10350	-

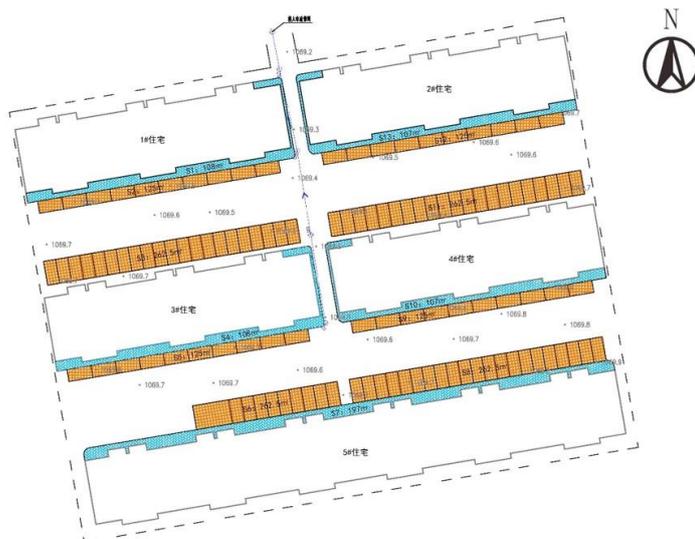
用加权平均法计算得到综合径流系数 ψ 为0.87。其中，屋面径流系数取值为0.9，道路径流系数取值为0.85，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

(2) 竖向分析

由案例高程点数据显示，案例地势整体呈现南侧高、北侧低、东西两侧高、主干道低的特点。雨水沿小区支路，分别从东、西两侧汇入位于中心的主干道，并通过位于主干道的合流制管网和道路地形，最终沿北侧出入口流至市政道路。

(3) 海绵改造方案确定

海绵改造方案选择人行道透水铺装和嵌草砖停车位作为雨水径流控制措施，超标雨水溢流至地表，依靠主干路上合流制管网和竖向设计排向市政道路。



图C-13 案例四小区海绵设施布置示意图

(4) 汇水分区划分

综合考虑子汇水分区划分因素，本案例可划分为3个子汇水区，如图C-14所示。

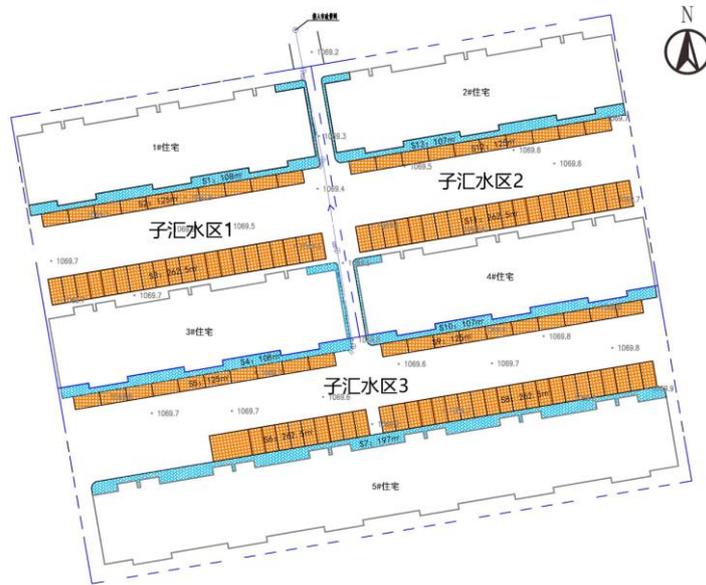


图 C-14 案例四小区子汇水区划分示意图

(5) 透水铺装方案设计

根据《内蒙古自治区海绵城市建设技术导则》指标控制规定，人行道、停车场、广场透水铺装地面比例应 $\geq 60\%$ 。则本案例将停车场全部改造为嵌草砖，人行道全部改造为透水铺装，则共增加透水地面 2177m^2 。改造后案例下垫面情况如表C-8所示：

表C-8 案例四小区海绵改造后下垫面统计表

下垫面类型	面积 (m^2)	径流系数取值
屋面	4709	0.8~0.9
硬化道路	3464	0.8~0.9
嵌草砖	1550	0.29~0.36
人行道透水铺装	627	0.29~0.36
合计	10350	-

改造后，用加权平均法可计算得到新的综合径流系数 ψ' 为0.77。其中，屋面、道路、嵌草砖和人行道透水铺装径流系数取值分别为0.9、0.85、0.35和0.35，当有实测数据时，应依据实测数据确定。

2 海绵城市建设指标核算

(1) 海绵化改造后综合径流系数计算

本案例海绵化改造后综合径流系数为0.77，计算过程见本案例中透水铺装方

案设计。

（2）年径流总量控制率计算

由于本小区硬化率较高，且管网为合流制，若按照80%的年径流总量控制率进行设计，需在雨污分流改造后设置雨水调蓄池，整体建设费用较高。本案例建议降低该小区年径流总量控制率指标，降低的指标由所在排水片区内其他项目补偿。透水铺装改造后，该小区年径流总量控制率为23%。

（3）年径流污染削减率计算

年径流污染削减率可采用公式4.3.1计算，计算过程可参考案例一。