

青岛市海绵型建筑与小区建设技术指南

(修编)

2026 年 2 月 发布实施

青岛市住房和城乡建设局 发布

前 言

为深入贯彻落实国家、省、市关于海绵城市建设的决策部署，系统推进雨水“自然积存、自然渗透、自然净化”的海绵城市理念，青岛市住房和城乡建设局依据《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）、《住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设有关要求的通知》（建办城〔2022〕17号）、《山东省人民政府办公厅关于贯彻国办发〔2015〕75号文件推进海绵城市建设的实施意见》（鲁政办发〔2016〕5号）、《青岛市人民政府办公厅关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（青政发〔2016〕8号）及《青岛市海绵城市规划建设管理办法》（青政办发〔2020〕20号）等文件精神，结合本市近年来在海绵型建筑与小区方面的实践经验，青岛市住房和城乡建设局组织对《青岛市海绵型建筑与小区建设技术指南》（以下简称《指南》）进行了全面修编。

本次修编积极响应国家城市更新战略要求，立足于服务城市更新和高质量发展的需要，在系统总结本地实践并吸纳国内先进城市经验的基础上，结合青岛市城市更新中老旧小区改造、老旧厂区转型、公共空间提升等重点任务，进一步与城市更新行动深度融合。

本《指南》主要内容包括：青岛市范围内建筑与小区的雨水渗透、储存、调节、传输、处理回用等设施、验收与评价以及养护与管理。

本《指南》由青岛市住房和城乡建设局组织编制并负责管理，由青岛北洋建筑设计有限公司、青岛市市政工程设计研究院有限责任公司负责具体技术的解释，执行过程中如有意见和建议，请反馈至青岛北洋建筑设计有限公司（地址：青岛市崂山区高昌路10号，邮政编码：266101）、青岛市市政工程设计研究院有限责任公司地址：青岛市崂山区深圳路222号，邮政编码：266101）。

主编单位：青岛北洋建筑设计有限公司、青岛市市政工程设计研究院有限责任公司

主要起草人：薛伟宏 蔺世平 王圣凯 王琳 石希寿 纪祺祺 王亚楠
安清龙 张承风 刘超 张鑫 和洪建

主要审查人：王保岚 牛永波 王鹏 纪婷婷 王凯 程曦

目 录

1 总则	5
1.1 编制的目的及背景	5
1.2 主要内容	5
1.3 适用范围	5
1.4 编制依据	5
1.5 参考依据	6
2 术语与定义	7
3 符号	10
4 设计计算	13
4.1 设计参数	13
4.2 水量计算	16
4.3 渗透设施计算	17
4.4 水质标准	18
5 控制目标	19
5.1 径流总量控制目标	19
5.2 径流峰值控制目标	20
5.3 径流污染控制目标	20
6 建筑与小区	21
6.1 一般规定	21
6.2 设计指引	23
6.3 雨水渗透	25
6.4 雨水储存	34
6.5 雨水调节	38
6.6 雨水传输	40
6.7 雨水截污净化	42
6.8 雨水处理与回用	44
6.9 系统监控	45
7 简易评估	47

7.1 一般规定	47
7.2 年径流总量控制率的简易评估	47
8 施工与安装	49
8.1 工程施工	49
8.2 设备安装	49
9 工程验收	50
10 维护管理	50
10.1 工程维护与管理	50
10.2 雨水滞留塘维护	51
10.3 雨水湿地维护	52
10.4 过滤设施维护	52
10.5 植被浅沟维护	52
11 设计相关案例计算	54
附录：青岛市植物应用附录	58

1 总则

1.1 编制目的及背景

为积极保护和改善城市生态环境，充分利用雨水资源，推动青岛市生态文明建设，打造青岛海绵城市，引导青岛市建筑与小区建设项目的海绵城市开发与建设，特制定本指南。服务城市更新行动，指导老旧小区、既有建筑改造等项目的海绵城市建设。

1.2 主要内容

本指南的主要内容是采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种措施，实现对建筑与小区雨水的综合利用。

1.3 适用范围

本指南适用于青岛市辖区内的新建、改建、扩建建筑与小区建设项目，应配套设计和建设相应规模的低影响开发雨水系统工程或设施。但本指南不适用于雨水作为生活饮用水水源的雨水利用工程。

1.4 编制依据

(1) 国家政策、法规、文件、标准等

《中华人民共和国城乡规划法》（2008）

《中华人民共和国环境保护法》（2015）

《中国绿色生态城区发展战略》（2010）

《城镇排水与污水处理条例》（国务院令 第 641 号）

《关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36 号）

《关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国发〔2013〕23 号）

《室外排水设计标准》GB50014-2021

《城市排水工程规划规范》GB50318-2017

《建筑给水排水设计标准》GB 50015-2019

《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400-2016

《建筑与市政工程无障碍通用规范》GB 55019-2021

《园林绿化工程项目规范》GB 55014-2021

《城市居住区规划设计标准》GB 50180-2018

《城市绿地分类标准》CJJ/T 85-2017

《种植屋面工程技术规程》 JGJ155-2013
《低影响开发雨水控制与利用工程技术规程》 DB22/T 5110-2016
《透水砖路面技术规程》 CJJ/T188-2012
《城市用地分类与规划建设用地标准》 GB50137-2011
《地表水环境质量标准》 GB 3838-2002
《地下水质量标准》 GB/T 14848-2017
《建筑气候区划标准》 GB 50178-1993
《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》 201410
《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）

（2）地方性文件

《山东省人民政府办公厅关于贯彻国办发〔2015〕75号文件推进海绵城市建设的实施意见》（鲁政办发〔2016〕5号）

《青岛市海绵城市建设规划设计导则》（试行）（2016）

《青岛市人民政府办公厅关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（青政办发〔2016〕8号）

《青岛市海绵城市规划建设管理办法》（青政办发〔2020〕20号）

1.5 参考依据

国务院办公厅《关于推进海绵城市建设的指导意见》国办发〔2015〕75号

北京市地方标准《海绵城市雨水控制与利用工程设计规范》（DB11/ 685-2021）

《厦门市海绵城市建设设计规范》（征求意见稿）

《南宁市海绵城市规划设计导则》（试行）

《武汉市海绵城市规划设计导则》（试行）

《青岛市城市园林绿化技术导则》

2 术语与定义

2.1 建筑与小区

是指根据用地性质和使用权属确定的建设工程项目使用场地和场地内的建筑，包括民用项目和工业厂区。

2.2 海绵城市

是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用。

2.3 低影响开发

低影响开发也称为低影响设计或低影响城市设计和开发，指在城市开发建设过程中，通过生态化措施，尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变，有效缓解不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染的增加等对环境造成的不利影响。

2.4 雨水控制与利用

削减径流总量、峰值及降低径流污染和收集回用雨水的总称。包括雨水滞蓄、收集回用和调节等。

2.5 年径流总量控制率

根据多年日降雨量统计分析计算，通过自然和人工强化的入渗、滞留、储存、回用等方式，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。

2.6 设计降雨量

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。

2.7 雨量径流系数

设定时间内降雨产生的径流总量与总雨量之比。

2.8 流量径流系数

形成高峰流量的历时内产生的径流量与降雨量之比。

2.9 雨水调蓄

雨水储存和调节的统称。

2.10 雨水储存

采用具有一定容积的设施，对径流雨水进行滞留、集蓄，削减径流总量，以达到集蓄利用、补充地下水或净化雨水等目的。

2.11 雨水调节

在降雨期间暂时储存一定量的雨水，削减向下游排放的雨水峰值流量、延长排放时间，一般不减少排放的径流总量，也称调控排放。

2.12 雨水渗透

利用人工或自然设施，使雨水下渗到土壤表层以下，以补充地下水。

2.13 断接

通过切断硬化面或建筑雨落管的径流路径，将径流合理连接到绿地等透水区域，通过渗透、调蓄及净化等方式控制径流雨水的方法。

2.14 下沉式绿地

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。

2.15 下沉式绿地率

广义的下沉式绿地面积与绿地总面积之比，广义的下沉式绿地泛指具有一定调蓄容积（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）的可用于调蓄径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地等。

2.16 下垫面

降雨受水面的总称，包括屋面、地面、水面等。

2.17 硬化地面

通过人工行为使自然地面硬化形成的不透水或弱透水地面。

2.18 透水铺装地面

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

2.19 透水铺装率

透水铺装面积与硬化地面总面积之比。

2.20 透水路面结构

分为半透水路面结构和全透水路面结构。路表水只能够渗透至面层或基层（或垫层）的道路结构体系为半透水路面结构；路表水能够通过道路的面层

和基层（或垫层）向下渗透至路基中的道路结构体系为全透水路面结构。

2.21 透水沥青路面

由较大空隙率混合料作为路面结构层、容许路表水进入路面（或路基）的一类沥青路面。

2.22 透水水泥混凝土路面

由具有较大空隙的水泥混凝土作为路面结构层、容许路表水进入路面（或路基）的一类混凝土路面。

2.23 铺装层容水量

单位面积透水地面铺装层可容纳雨水的最大量。

2.24 渗透弃流井

具有一定储存容积和过滤截污功能，将初期径流暂存并渗透至地下的装置。

2.25 渗透池（塘）

指雨水通过侧壁和池底进行入渗的滞蓄水池（塘）。

2.26 渗透检查井

具有渗透功能和一定沉砂容积的管道检查维护装置。

2.27 渗透管渠

具有渗透和转输功能的雨水管或渠。

2.28 绿色屋面

在高出地面以上，与自然土层不相连接的各类建筑物、构筑物的顶层以及天台、露台上由覆土层和疏水设施构建的绿化体系。

2.29 绿色屋顶率

绿色屋顶面积与建筑屋顶总面积之比。

3 符号

3.1 流量、水量

- q ——设计暴雨强度；
- q_c ——渗透设施产流历时对应的暴雨强度；
- W ——径流总量；
- W_j ——收集水量；
- W_p ——产流历时内的蓄积水量；
- W_i ——初期径流弃流量；
- W_c ——渗透设施进水量；
- W_s ——渗透设施渗透量；
- W'_p ——透水铺装层容水量；
- W_q ——雨水排放量；
- V ——调节容积；
- V_s ——渗透设施的储存容积；
- V_a ——下凹式绿地的储存容积；
- Q ——设计流量；
- Q_{zh} ——水体的水面蒸发量；
- Q_s ——水体的日渗透漏失量；
- Q' ——调控的目标峰值流量；
- w_{iT} ——多年日调节计算的总来水量；
- w_{uT} ——多年日调节计算的总弃水量。

3.2 水头损失、几何特征

- F ——汇水面积；
- F_i ——汇水面上各类下垫面面积；
- F_a ——下凹式绿地面积；
- F_y ——渗透设施接纳的集水面积；
- F_0 ——渗透设施的直接受水面积；
- S ——水体的表面积
- h_y ——设计降雨量（厚度）；

δ ——初期径流厚度；
 h_a ——下凹式绿地下凹深度；
 S_m ——单位面积日渗透量；
 A_s ——有效渗透面积；
 n_k ——填料的孔隙率；
 z_{ov} ——雨水池、塘溢流堰顶标高；
 z_u ——雨水池回用容积对应的水位标高；
 A_T ——调节容积对应的雨水池有效截面积。

3.3 计算系数及其他

P ——设计重现期；
 Ψ_i ——各类下垫面的径流系数；
 Ψ_z ——综合径流系数；
 Ψ_{zc} ——雨量综合径流系数；
 Ψ_{zm} ——流量综合径流系数；
 Ψ_m ——流量径流系数；
 Ψ_c ——雨量径流系数；
 P_m ——水面温度下的饱和蒸气压；
 P_a ——空气的蒸汽分压；
 $V_{m \cdot d}$ ——日平均风速；
 K ——土壤渗透系数；
 K' ——基层的饱和导水率；
 J ——水力坡降；
 α ——综合安全系数；
 m ——折减系数；
 η_T ——雨水池平均雨水收集效率；
 β_p ——调控出流过程平均流量相对于峰值流量的比值。

3.4 时间

t ——降雨历时；
 t_1 ——汇水面汇水时间；
 t_2 ——管渠内雨水流行时间；

t_s ——渗透时间；

t_c ——渗透设施产流历时；

t' ——排空时间。

4 设计计算

4.1 设计参数

4.1.1 青岛地区暴雨强度按照下式计算。

$$q = \frac{1919.009 \times (1 + 0.997 \lg P)}{(t + 10.740)^{0.738}} \quad (4.1.1-2)$$

式中： q ——设计暴雨强度 [L/(s · hm²)] ；

t ——降雨历时 (min) ；

P ——设计重现期 (a) 。

4.1.2 设计降雨历时

(1) 雨水管渠的设计降雨历时，应按下式计算：

$$t = t_1 + t_2 \quad (4.1.2)$$

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) 。

(2) 在规划或方案设计时，建筑小区设计降雨历时可按10min~15min计算。

4.1.3 降雨参数

降雨参数应根据建设区域内或临近地区雨量观测站20年以上降雨量资料确定，根据青岛市 1961—2013 年的年降雨量资料，年平均降雨量为709mm。雨水利用设计降雨量应按多年平均降雨量计算，根据青岛市1961—2013年的日降雨量资料，多年平均径流总量控制率与设计降雨量的对应关系如图及表所示。

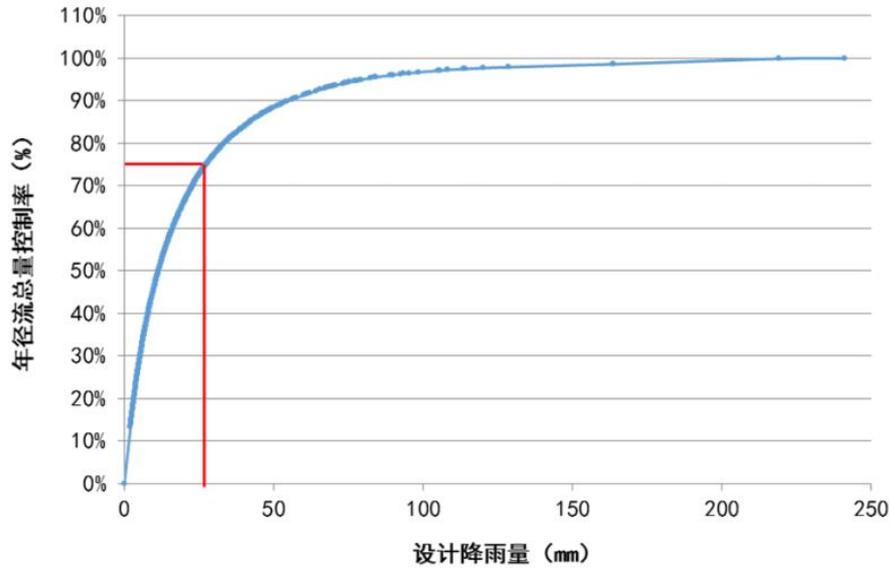


图4.1.3青岛市“径流总量控制率-设计雨量”曲线

表4.1.3青岛市年径流总量控制率与对应设计降雨量

年径流总量控制率	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
设计降雨量 (mm)	16.2	19.3	22.9	27.4	33.6	42.2	55.0

4.1.4 径流系数

不同种类下垫面的径流系数应依据实测数据确定，缺乏资料时可参照表 4.1.4 取值。综合径流系数应按下垫面种类加权平均计算：

$$\Psi_z = \frac{\sum F_i \Psi_i}{F} \quad (4.1.4)$$

式中： Ψ_z ——综合径流系数；

F ——汇水面积（ m^2 ）；

F_i ——汇水面上各类下垫面面积（ m^2 ）；

Ψ_i ——各类下垫面的径流系数。

表 4.1.4 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
屋面	绿化屋面（基质层厚度 \geq 300mm）	0.3~0.4	0.4
	铺石子的平屋面	0.6~0.7	0.8
	硬屋面、未铺石子的平屋面、沥青屋面	0.8~0.9	0.85~0.95
混凝土和沥青路面及广场		0.8~0.9	0.85~0.95
块石等铺砌路面及广场		0.5~0.6	0.55~0.65
干砌砖、石及碎石路面及广场		0.4	0.35~0.40
非铺砌的土路面及广场		0.3	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 \geq 500mm）		0.15	0.25
地下建筑覆土绿地（覆土厚度 $<$ 500mm）		0.3~0.4	0.4
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

注：引自《海绵城市建设技术指南》（试行）2014

4.1.5 土壤渗透系数

土壤渗透系数应以实测资料为准，缺乏资料时，可参照下表中数值选用。

表 4.1.5 土壤渗透系数

地层	地层颗粒		渗透系数 K	
	粒径 (mm)	所占重量 (%)	(m/s)	(m/h)
黏土			$<5.7 \times 10^{-8}$	
粉质黏土			$5.7 \times 10^{-8} \sim 1.16 \times 10^{-6}$	
粉土			$1.16 \times 10^{-6} \sim 5.79 \times 10^{-6}$	0.0042~0.028
粉砂	>0.075	>50	$5.79 \times 10^{-6} \sim 1.16 \times 10^{-5}$	0.0208~0.042

细砂	>0.075	>85	$1.16 \times 10^{-5} \sim 5.79 \times 10^{-5}$	0.042~0.0280
中砂	>0.25	>50	$5.79 \times 10^{-5} \sim 2.31 \times 10^{-4}$	0.028~0.8320
均质中砂			$4.05 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$	
粗砂	>0.50	>50	$2.31 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$	

注：引自《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》 GB50400-2016

4.2 水量计算

4.2.1 径流总量计算公式

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

式中：W——径流总量（m³）；

Ψ_{zc} ——雨量综合径流系数，见表4.1.4；

h_y ——设计降雨量（mm）；

F——汇水面积（hm²）。

4.2.2 采用推理公式法计算雨水设计流量，应按下式计算。

当汇水面积超过 2km²时，宜考虑降雨在时空分布的不均匀性和管网汇流过程，采用数学模型计算雨水设计流量。

$$Q = \Psi_{zm} \cdot q \cdot F \quad (4.2.2)$$

式中：Q——设计流量（L/s）；

Ψ_{zm} ——流量综合径流系数，见表4.1.4；

q——设计暴雨强度 [L/(s · hm²)] 。

4.2.3 水量平衡分析应根据雨水控制与利用目标确定，并满足以下要求：

- (1) 滞蓄、渗透设施的水量平衡应包括雨水来水量、滞蓄量、排放量；
- (2) 雨水收集回用时，水量平衡分析应包括雨水来水量、初期雨水弃流量、回用水量、补充水量和排放量；
- (3) 利用景观水体对雨水进行调蓄利用时，水量平衡分析应包括雨水来水量、初期雨水弃流量、回用水量、渗漏量、蒸发量、补充水量和排放量。

4.2.4 雨水回用于景观水体的日补水量应包括水面蒸发量、水体渗漏量以及雨水处理设施自用水量：

- (1) 日平均水面蒸发量应依据实测数据确定，缺乏资料时可按下式计算。

$$Q_{zh}=52.0S(P_m-P_a)(1+0.135V_m \cdot d) \quad (4.2.4-1)$$

式中： Q_{zh} ——水池的水面蒸发量（L/d）；

S ——水池的表面积（ m^2 ）；

P_m ——水面温度下的饱和蒸气压（Pa）；

P_a ——空气的蒸汽分压（Pa）；

$V_m \cdot d$ ——日平均风速（m/s）。

(2) 水体日渗漏量可根据以下公式进行计算：

$$Q_s=S_m \cdot A_s/1000 \quad (4.2.4-2)$$

式中： Q_s ——水体的日渗透漏失量， m^3/d ；

S_m ——单位面积日渗透量， $L/m^2 \cdot d$ ，一般不大于 $1L/m^2 \cdot d$ ；

A_s ——有效渗透面积，指水体常水位水面面积及常水位以下侧面渗水面积之和， m^2 。

(3) 雨水处理系统采用物化及生化处理设施时自用水量占总处理水量的 5%~10%；当采用自然净化方法处理时不计算自用水量。

4.2.5 初期弃流量宜按式 4.2.5 进行计算。当有特殊要求时，可根据实测雨水径流中污染物浓度确定。

$$W_i=10 \cdot \delta \cdot F \quad (4.2.5)$$

式中： W_i ——初期弃流量（ m^3 ）；

δ ——初期径流厚度（mm）；一般屋面取2~3mm，小区路面取3mm~5mm。

4.2.6 雨水收集回用系统规模应进行水量平衡分析，且应满足以下要求：

(1) 雨水径流总量按本规范 4.2.1 式计算，降雨量宜取 2 年一遇1h~24h 降雨量；

(2) 雨水可回用量宜按雨水径流总量的 90%计算，并应扣除初期弃流量；

(3) 回用系统的最高日设计用水量不宜小于集水面雨水径流总量的 40%。

4.3 渗透设施计算

4.3.1 渗透设施的渗透量按下式计算：

$$W_s=\alpha \cdot K \cdot J \cdot A_s \cdot t_s \quad (4.3.1)$$

式中： W_s ——渗透设施渗透量（ m^3 ）；

α ——综合安全系数，一般取 0.5~0.6；

K——土壤渗透系数 (m/s)；

J——水力坡降，一般取 1；

A_s ——有效渗透面积 (m^2)；

t_s ——渗透时间 (s)，当用于调蓄时应 $\leq 12h$ ，渗透池（塘）、渗透井可取 $\leq 72h$ ，其他 $\leq 24h$ 。

4.4 水质标准

4.4.1 经过径流污染控制设施处理后的雨水，污染物的平均浓度应低于以下目标值：COD_{cr}：40mg/l，SS：40mg/l，TP（总磷）：0.2 mg/l。径流污染控制后的雨水宜用于观赏性景观环境用水和补充地下水。

4.4.2 初期径流雨水水质受各种因素影响较大，应以实测资料为准。缺乏实测资料时，各种下垫面初期设计雨水水质可按下表计算。

表4.4.2青岛地区径流雨水水质主要指标的参考值 (mg/L)

下垫面 指标	屋面	小区内道路	市政路面
COD _{cr}	5~94	6~520	95~988
SS	4~85	4~416	296~1136
NH3-N		0~17	
PH	6.5~8.5		

注：引自《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400-2016(条文说明)

4.4.3 雨水收集回用系统处理后的雨水水质指标应符合国家现行相关标准规定。雨水同时回用为多种用途时，其水质应按最高水质标准确定。

5 控制目标

构建低影响开发雨水系统,控制目标一般包括径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等。各地应结合水环境现状、水文地质条件等特点,合理选择其中一项或多项目标作为控制目标。鉴于径流污染控制目标、雨水资源化利用目标大多可通过径流总量控制实现,因此对于建筑与小区低影响开发雨水系统构建可选择径流总量控制作为首要的控制目标。

5.1 径流总量控制目标

5.1.1 目标确定方法

低影响开发雨水系统的径流总量控制一般采用年径流总量控制率作为控制目标。年径流总量控制率与设计降雨量为一一对应关系,具体方法参见《海绵城市建设技术指南(试行)》201410附录B。附录B同时给出了部分城市年径流总量控制率及其对应的设计降雨量。理想状态下,径流总量控制目标应以开发建设后径流排放量接近开发建设前自然地貌时的径流排放量为标准。自然地貌往往按照绿地考虑,一般情况下,绿地的年径流总量外排率为15%-20%(相当于年雨量径流系数为0.15-0.20),因此借鉴发达国家实践经验,年径流总量控制率最佳为80%-85%。这一目标主要通过控制频率较高的中、小降雨事件来实现。以济南市为例,当年径流总量控制率为80%和85%时,对应的设计降雨量为33.5mm和41.3mm(详见《海绵城市建设技术指南(试行)》201410附录B)。青岛市年径流总量控制率为70%和80%时,对应的设计降雨量参考值为22.9mm和33.6mm(参见本指南表4.1.3)。

5.1.2 目标落实途径

建设过程中,可将年径流总量控制率目标分解为单位面积控制容积,以其作为综合控制指标来落实径流总量控制目标。

径流总量控制途径包括:雨水的下渗减排和直接集蓄利用。缺水地区可结合实际情况制定基于直接集蓄利用的雨水资源化利用目标。雨水资源化利用一般应

作为落实径流总量控制目标的一部分。实施过程中，雨水下渗减排和资源化利用的比例需依据实际情况，通过合理的技术经济比较来确定。

5.2 径流峰值控制目标

径流峰值流量控制是低影响开发的控制目标之一。低影响开发设施受降雨频率与雨型、低影响开发设施建设与维护管理条件等因素的影响，一般对中、小降雨事件的峰值削减效果较好，对特大暴雨事件，虽仍可起到一定的错峰、延峰作用，但其峰值削减幅度往往较低。因此，为保障城市安全，在低影响开发设施的建设区域，城市雨水管渠和泵站的设计重现期、径流系数等设计参数仍然应当按照《室外排水设计标准》（GB50014）中的相关标准执行。

同时低影响开发雨水系统是城市内涝防治系统的重要组成部分，应与城市雨水管渠系统及超标雨水径流排放系统相衔接，建立从源头到末端的全过程雨水控制与管理体系，共同达到内涝防治要求，城市内涝防治设计重现期应按《室外排水设计标准》（GB50014）中内涝防治设计重现期的标准执行。

5.3 径流污染控制目标

径流污染控制是低影响开发雨水系统的控制目标之一，既要控制分流制径流污染物总量，也要控制合流制溢流的频次或污染物总量。各地应结合城市水环境质量要求、径流污染特征等确定径流污染综合控制目标和污染物指标，污染物指标可采用悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）、总磷（TP）等。

城市径流污染物中，SS 往往与其他污染物指标具有一定的相关性，因此，一般可采用 SS 作为径流污染物控制指标，低影响开发雨水系统的年 SS 总量去除率一般可达到 40%~60%。年 SS 总量去除率可用下述方法进行计算：

年 SS 总量去除率=年径流总量控制率×低影响开发设施对 SS 的平均去除率。

6 建筑与小区

6.1 一般规定

6.1.1 根据国务院办公厅印发的《关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）、《青岛市人民政府办公厅关于加快推进海绵城市建设的实施意见》（青政发〔2016〕8号）及《青岛市海绵城市规划建设管理办法》（青政办发〔2020〕20号）的要求，通过海绵城市建设，综合采取“渗、蓄、滞、净、用、排”等六种重要措施，最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将70%~85%的降雨就地消纳和利用。《海绵城市建设技术指南（试行）》201410附录F将我国大陆地区大致分为五个区，并给出了各区年径流总量控制率 α 的最低和最高限值，即 I 区（ $85\% \leq \alpha \leq 90\%$ ）、II 区（ $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、III 区（ $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、IV 区（ $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ ）、V 区（ $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ ），而青岛划在IV区。

6.1.1.1 建筑与小区的雨水控制与利用工程的目的是减少场地内外排雨水的峰值流量和径流总量，实现低影响开发和雨水的资源化利用。采取的措施应根据当地的降雨量、地质资料、市政条件、小区建筑布局和竖向等经分析计算后确定。

6.1.1.2 新建和老旧建筑与小区应因地制宜、施工简便、经济实用的原则进行设计和改造，达到海绵城市的相关要求。低影响开发设施要与建设项目主体同步规划、同步设计、同步施工、同时投入使用。

6.1.1.3 新建工程项目应先编制雨水控制与利用规划，再进行工程设计。设有雨水控制与利用系统的建设用地，应设雨水外排设施，并应相互结合。

6.1.1.4 新建工程的附属设施应和雨水控制与利用工程相结合。人工湖景观区域可建成集雨水调蓄、水体净化和生态景观为一体的多功能生态水体。

6.1.1.5 建筑宜采取措施将屋面排水引入周边的低影响开发设施，或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施。建筑屋面应采用对雨水无污染或污染较小的材料，有条件的宜优先采用绿化屋面。

6.1.1.6 符合透水条件的人行道、非机动车道及广场庭院等宜采用透水铺装地面。

6.1.1.7 小区道路、广场及建筑物周边绿地宜采用下沉式做法，并应采取将雨水引至绿地的措施。

6.1.1.8 下列情况之一者场所不得采用雨水入渗系统：

- (1) 土壤渗透面与地下水位距离小于1.0m；
- (2) 土壤渗透系数小于 1×10^{-6} m/s或大于 1×10^{-3} m/s。
- (3) 需防止陡坡坍塌、滑坡灾害的危险场所；
- (4) 对居住环境以及自然环境造成危害的场所；
- (5) 自重湿陷性黄土、膨胀土和高含盐土等特殊土壤地质场所。
- (6) 其它不符合采用雨水入渗系统的场所。

6.1.1.9 回用雨水管道严禁与生活饮用水管道相连接。

6.1.1.10 地下建筑的出入口及通风井等出地面构筑物的敞口部位应高于周边道路中心标高不小于300mm，并应采取防止被雨水倒灌的措施。

6.1.2 海绵城市规划设计目标

海绵城市规划设计目标应包括年径流总量控制目标、面源污染物控制目标。海绵城市规划设计宜开展水生态、水环境、水安全、水资源等方面的专题研究，提出合理的目标取值。应根据上位规划要求进行设计计算。

设计标准与要求：包括强制性标准、指导性标准和其他相关标准。

6.1.2.1 强制性标准：

强制性标准为本导则适用范围内所有新建、改建、扩建项目必须遵守的标准，主要包括以下内容：

(1) 年平均径流总量控制率：建筑与小区，新建项目不低于75%，改、扩建不低于70%。

(2) 年径流污染削减率：年径流污染削减率（一般以年SS总量去除率计）2020年不低于60%，2030年不低于65%。

(3) 雨水利用水质标准：雨水利用水质标准根据实际用途确定， COD_{Cr} 和SS指标应满足《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400-2016(表3.2.4)的要求，其余指标应符合国家现行的相关标准规定。雨水同时用于多种用途时，其水质应按照最高水质标准执行。

6.1.2.2 指导性标准：

指导性标准为各个项目规划设计时的非强制性标准，是进行海绵城市初步设计时可供参考的标准。各项目在设计时，可以采用下沉式绿地、透水铺装、绿色屋顶等措施的组合，也可因地制宜采取其他措施，达到多年平均径流总量控制率的要求。

(1) 下沉式绿地率：既有建筑与小区改造，下沉式绿地率不宜低于10%；新建建筑小区下沉式绿地率不宜低于20%。

(2) 透水铺装率：既有建筑与小区改造，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于30%；新建建筑小区，除机动车道以外的硬化地面，透水铺装率不宜低于50%。

(3) 绿色屋顶率：根据项目实际情况及青岛本地气候条件，新建多层公共建筑（或裙楼）绿色屋顶绿化率不宜低于10%。

6.1.2.3 其他相关标准：

(1) 管网排水标准：雨水管渠设计重现期采用不应小于2年一遇，并按《室外排水设计标准》（GB50014-2021）的要求执行。

(2) 初期雨水径流污染控制标准：一般屋面取2mm，小区路面取3~5mm。

6.2 设计指引

6.2.1 海绵城市示范区低影响开发雨水综合利用系统采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、转输、储存、调节、净化、监控、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。

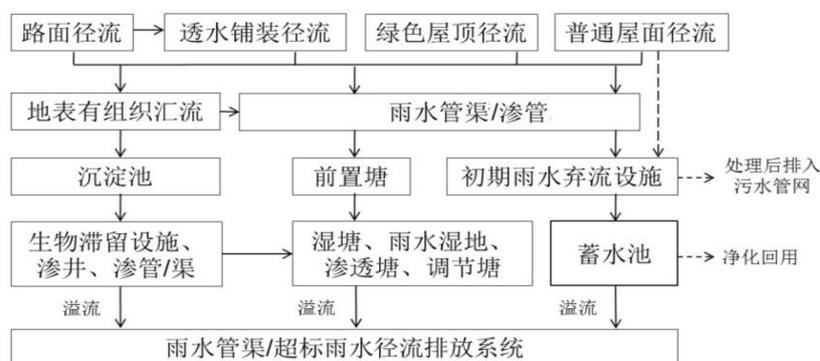
6.2.2 工程性低影响开发技术设施规划应综合评估下列因素：

- (1) 设计目标
- (2) 集水区特性
- (3) 地形地质条件
- (4) 经济性及公众接受度
- (5) 其他影响因素

工程性低影响开发技术设施应综合评估各项因素，根据青岛市当地的实际需求与特点，分析各类措施适用性，确定青岛市低影响开发适用措施。优先应用：

“净”，综合应用：“渗”“滞”“蓄”“排”，适当应用：“用”，明确适宜采用的工程性低影响开发设施。

建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程示例如下：



建筑与小区低影响开发雨水系统典型流程示例

6.2.3 技术类型分类及选型

低影响开发设施往往具有补充地下水、集蓄利用、消减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标，因此应根据城市总规、专项规划及控制性详细规划中明确的控制目标，结合汇水区特征和设施的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素灵活选用低影响开发设施。

低影响开发配套设施设计要点

单项设施	功能					控制目标			处置方式		经济性		污染物去除率 (以SS计, %)	景观效果
	集蓄利用雨水	补充地下水	消减峰值流量	净化雨水	转输	径流总量	径流峰值	径流污染	分散	相对集中	建造费用	维护费用		
透水砖铺装	○	●	○	○	○	●	○	○	✓	—	低	低	80-90	—
透水水泥混凝土	○	○	○	○	○	○	○	○	✓	—	高	中	80-90	—
透水沥青混凝土	○	○	○	○	○	○	○	○	✓	—	高	中	80-90	—
绿色屋顶	○	○	○	○	○	●	○	○	✓	—	高	中	70-80	好
下沉式绿地	○	●	○	○	○	●	○	○	✓	—	低	低	—	一般
简易型生物滞留设施	○	●	○	○	○	●	○	○	✓	—	低	低	—	好
复杂型生物滞留设施	○	●	○	●	○	●	○	●	✓	—	中	低	70-95	好
渗透塘	○	●	○	○	○	●	○	○	—	✓	中	中	70-80	一般
渗井	○	●	○	○	○	●	○	○	✓	✓	低	低	—	—
湿塘	●	○	●	○	○	●	●	○	—	✓	高	中	50-80	好
雨水湿地	●	○	●	●	○	●	●	●	✓	✓	高	中	50-80	好
蓄水池	●	○	○	○	○	●	○	○	—	✓	高	中	80-90	—
雨水罐	●	○	○	○	○	●	○	○	✓	—	低	低	80-90	—
调节塘	○	○	●	○	○	○	○	○	—	✓	高	中	—	一般
调节池	○	○	●	○	○	○	●	○	—	✓	高	中	—	—
转输型植草沟	○	○	○	○	●	○	○	○	✓	—	低	低	35-90	一般
干式植草沟	○	●	○	○	●	●	○	○	✓	—	低	低	35-90	好
湿式植草沟	○	○	○	●	●	○	○	●	✓	—	中	低	—	好
渗管/渠	○	○	○	○	●	○	○	○	✓	—	中	中	35-70	—
植被缓冲带	○	○	○	●	—	○	○	●	✓	—	低	低	50-75	一般
初期雨水弃流设施	○	○	○	●	—	○	○	●	✓	—	低	中	40-60	—
人工土壤渗滤	●	○	○	●	—	○	○	○	—	✓	高	中	75-95	好

注：1. ●——强 ○——较强 ○——弱或很小；

2. SS去除率数据来自美国流域保护中心（Center For Watershed Protection, CWP）的研究数据。

6.2.4 各类项目中低影响开发配套设施选用

各类项目中低影响开发设施的选用应根据不同类型用地的功能、用地构成、土地利用布局、水文地质等特点进行，可参照下表选用：

各类项目中低影响开发配套设施选用一览表

技术类型 (按主要功能)	单项设施	用地类型				
		居住类等建设项目	公共建筑等建设项目	工业、仓储等建设项目	市政条件不完善地区建设项目	改造项目
渗透技术	透水砖铺装	●	●	●	●	●
	透水水泥混凝土	◎	◎	◎	◎	◎
	透水沥青混凝土	◎	◎	◎	◎	◎
	绿色屋顶	●	○	◎	◎	◎
	下沉式绿地	●	●	●	●	●
	简易型生物滞留设施	●	●	●	●	●
	复杂型生物滞留设施	●	◎	◎	○	◎
	渗透塘	●	●	◎	◎	◎
	渗井	●	●	◎	●	◎
储存技术	湿塘	●	●	◎	○	○
	雨水湿地	●	●	◎	○	◎
	蓄水池	◎	◎	◎	○	◎
	雨水罐	●	○	●	◎	◎
调节技术	调节塘	●	●	◎	○	◎
	调节池	◎	◎	◎	○	○
转输技术	转输型植草沟	●	●	●	◎	◎
	干式植草沟	●	●	●	●	●
	湿式植草沟	●	●	●	●	●
	渗管/渠	●	●	◎	◎	◎
截污净化技术	植被缓冲带	●	●	●	●	●
	初期雨水弃流设施	●	◎	◎	○	○
	人工土壤渗滤	◎	◎	◎	◎	◎

注：●——宜选用 ◎——可选用 ○——不宜选用。

6.3 雨水渗透

利用人工或自然设施，使雨水下渗到土壤表层以下，以补充地下水。

6.3.1 透水铺装

按照面层材料不同可分为透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装，嵌草砖、园林铺装中的鹅卵石、碎石铺装等也属于渗透铺装。透水铺装结构应符合《透水砖路面技术规程》（CJJ/T188）、《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T190）和《透水水泥混凝土路面技术规程（2023年版）》（CJJ/T135）的规定。透水铺装还应满足以下要求：

(1) 透水铺装对道路路基强度和稳定性的潜在风险较大时，可采用半透水铺装结构。

(2) 土地透水能力有限时，应在透水铺装的透水基层内设置排水管或排水板。

(3) 当透水铺装设置在地下室顶板上时，不设雨污水管道区域顶板净覆土厚度不应小于800 mm，并应设置排水层。

(4) 透水砖铺装和透水水泥混凝土铺装主要适用于广场、停车场、人行道以及车流量和荷载较小的道路，如建筑与小区道路。透水沥青混凝土路面还可适用于轻型荷载的机动车道和非机动车道。对于建筑与小区通行频繁车行道或通行重型车辆的行车道不建议采用透水铺装。

(5) 透水面层渗透系数应大于 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ，可采用透水面砖、透水混凝土、草坪砖等，当采用可种植植物的面层时，宜在下面垫层中混合一定比例的营养土。透水面砖的有效孔隙率应不小于8%，透水混凝土的有效孔隙率应不小于10%。

(6) 透水找平层宜采用细石透水混凝土、干砂、碎石或石屑等，渗透系数及有效孔隙率应不小于面层，厚度宜为20~50mm。透水铺装禁用混凝土基层。

(7) 透水垫层厚度应根据蓄存水量要求及蓄存雨水排空时间确定，透水垫层厚度不宜小于150mm，孔隙率不应小于30%。

(8) 透水路面坡度不宜大于2.0%。当透水路面坡度大于2.0%时，沿长度方向应设置隔断层，隔断层顶端宜设置在透水面层下2~3cm，隔断层可采用大于16mm的HDPE或PVC防渗膜或者混凝土。

(9) 土地透水能力低于1.3cm/h时，应在透水铺装的透水基层内设置渗排管。

(10) 儿童活动场地、运动场等塑胶场地不建议用透水铺装，可采用草沟或线性渗透沟进行雨水下渗收集。



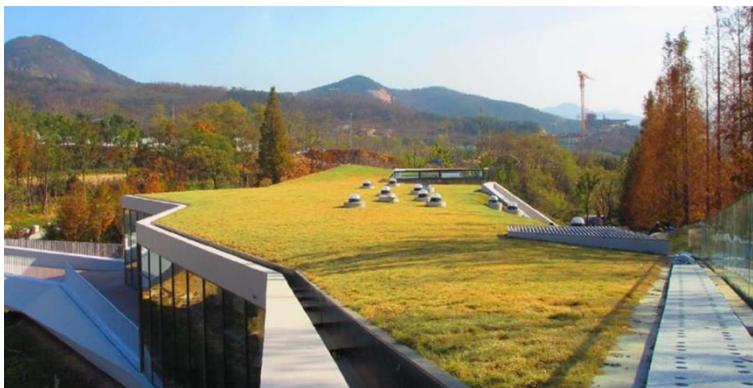
铺装透水材料演示效果



透水铺装典型构造示意图

6.3.2 绿色屋顶

屋顶即种植屋面，是铺以种植土或设置容器种植植物的建筑屋面和地下建筑顶板。基本构造包括：植被层、种植土层、过滤层、排水层、保护层、耐根穿刺防水层、防水层、找平层、找坡层、保温层和结构层。可分为花园式绿色屋顶、组合式绿色屋顶和草坪式绿色屋顶三类。



2014青岛世界园艺博览会绿色屋顶实景照片

适应范围：

(1) 本做法适应于青岛市新建建筑平屋面种植、既有建筑屋面种植及坡屋面种植。绿色屋顶适用于结构安全、符合防水条件的平屋顶和坡度不大于15度的坡屋顶建筑，优先布置在多层建筑及面积较大的建筑裙楼。

(2) 使用绿色屋顶的屋面应为现浇钢筋混凝土屋面，坡屋面应采用I级防水等级，最上一道防水层必须采用耐根穿刺防水材料，防水层的材料应具有相容性。

(3) 新建种植屋面设计应包括种植荷载在内的全部构造荷载，以及施工中的临

时堆放荷载。对既有建筑屋面改造种植的设计，必须对其原结构体系的承载能力重新核算，对其原防水及构造重新评估，必要时须加固改造之后方可实施。

(4) 绿色屋顶种植土宜选用改良土或无机复合种植土，禁止使用三合土、石渣、膨胀土等土壤作为栽植土。种植土厚度不宜小于300mm。

(5) 绿色屋顶的雨水排水系统设计应满足《建筑屋面雨水排水系统设计规程》(CJJ142-2014)要求。绿色屋顶的排水坡度宜为1%~2%，单向坡长大于9m时宜采用结构调坡。

绿色屋顶防水材料的选用应符合现行国家标准《屋面工程技术规程》(GB50345-2012)、《种植屋面工程技术规程》(JGJ155-2013)、《坡屋面工程技术规范》GB 50693-2011等。

绿色屋顶对植物的要求：遵循植物多样性和共生性原则，以生长特性和观赏价值相对稳定、滞尘控温能力较强的本地常用和引种成功的植物为主，优先选择低矮灌木、草坪、地被植物等。应尽量减少对屋面排水系统的影响，宜选择四季常青、落叶较少、易于维护的植物。对植物要求如下：根据青岛气候特点绿色屋顶的屋面，根据条件种植，慎用大型乔木。不宜选用根系穿刺性强的植物，避免植物根系穿透建筑防水层。不宜选用速生乔木、灌木植物。乔木、大灌木高度不宜大于2.5m，距离边墙不宜小于2m。坡屋面多选择贴伏状藤本或攀缘植物。种植土厚度必须满足植物生长要求，对于覆土厚度不能达到种植要求的树木，可设置树池栽植。

6.3.3 下沉式绿地



下沉式绿地对比示意图

狭义的下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路在 200 mm 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。狭义的下沉式绿地应满足以下要求：

(1) 下沉式绿地的下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为 100-200 mm。即下凹式绿地应低于周边铺砌地面或道路，下凹深度宜为 100mm~200mm，不宜大于 200mm；

(2) 下沉式绿地内一般应设置溢流口（如雨水口），保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口顶部标高一般应高于绿地100 mm。

(3) 周边雨水宜分散进入下凹绿地，当集中进入时应在入口处设置缓冲措施；

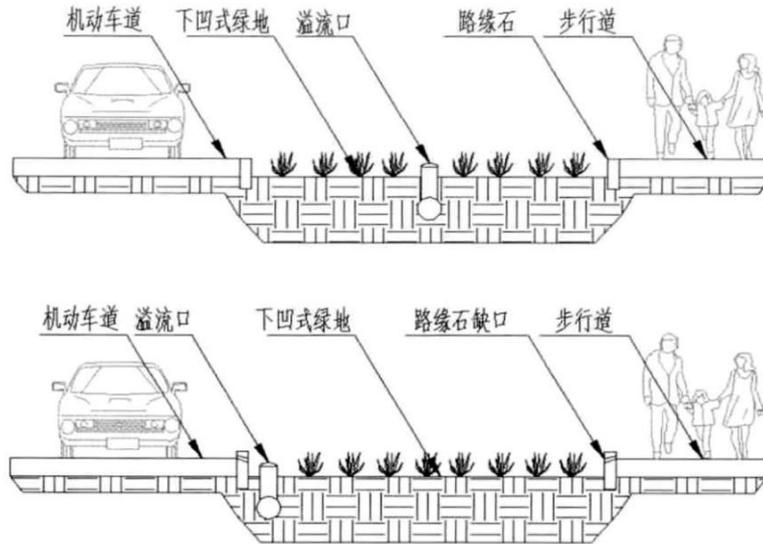
(4) 当采用绿地入渗时可设置入渗池、入渗井等入渗设施增加入渗能力。与硬化地面衔接区域应设有缓坡处理。与非透水铺装之间应做防水处理。

(5) 防护绿地应根据港渠、道路、高压走廊等不同防护用地类别，确定是否采用下沉式绿地。改造项目应根据防护类型、现有植物品种等因素确定具体下沉深度。广场用地宜选用下沉式绿地，但需与硬化地面及溢流设施相结合。

(6) 下沉式绿地对植物的要求：

下沉式绿地既是有效的雨水收集和净化系统，也是小区环境的景观系统，因此对植物的选择既要有去污性又要兼顾观赏性。植物的选择需符合以下原则：优先选用本土植物，适当搭配已驯化适应本地气候的其他物种；优先选择耐旱、耐涝，抗性强，易维护的乡土植物，并和景观要求相结合；选用根系发达，茎叶繁茂净化能力强的植物；

选择可相互搭配种植的植物，提高去污和观赏性，研究表明不同植物的合理搭配可提高对水体的净化能力。



下沉绿地构造示意图

6.3.4 生物滞留设施

生物滞留设施指在地势较低的区域，通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水的设施。生物滞留设施通常布置在产生径流

的源头区域，包括道路绿化带、停车场、密集建筑等附近区域。生物滞留设施分为简易型生物滞留设施和复杂型生物滞留设施，按应用位置不同又称作雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。

生物滞留设施应满足以下要求：

(1) 对于污染严重的汇水区应选用植草沟、植被缓冲带或沉淀池等对径流雨水进行预处理，去除大颗粒的污染物并减缓流速；应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂或石油类等高浓度污染物侵害植物。

(2) 屋面径流雨水可由雨落管接入生物滞留设施，道路径流雨水可通过路缘石豁口进入，路缘石豁口尺寸和数量应根据道路纵坡等经计算确定。

(3) 生物滞留设施应用于道路绿化带时，若道路纵坡大于 1%，应设置挡水堰/台坎，以减缓流速并增加雨水渗透量；设施靠近路基部分应进行防渗处理，防止对道路路基稳定性造成影响。

(4) 生物滞留设施内应设置溢流设施，可采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨水口等，溢流设施顶一般应低于汇水面100mm。

(5) 生物滞留设施宜分散布置且规模不宜过大，生物滞留设施面积与汇水面面积之比一般为 5%~10%。

(6) 复杂型生物滞留设施结构层外侧及底部应设置透水土工布，防止周围原土侵入。如经评估认为下渗会对周围建（构）筑物造成塌陷风险，或者拟将底部出水进行集蓄回用时，可在生物滞留设施底部和周边设置防渗膜。

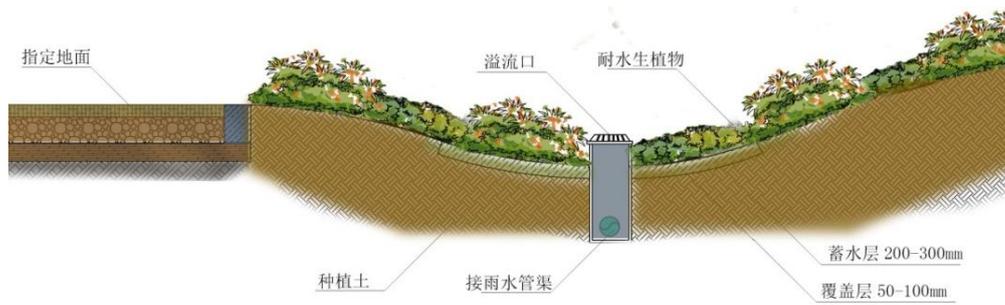
(7) 生物滞留设施的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能来确定，一般为200-300mm，并应设100mm的超高；换土层介质类型及深度应满足出水水质要求，还应符合植物种植及园林绿化养护管理技术要求；为防止换土层介质流失，换土层底部一般设置透水土工布隔离层，也可采用厚度不小于100 mm 的砂层（细砂和粗砂）代替；砾石层起到排水作用，厚度一般为250-300mm，可在其底部埋置管径为100-150 mm的穿孔排水管，砾石应洗净且粒径不小于穿孔管的开孔孔径；为提高生物滞留设施的调蓄作用，在穿孔管底部可增设一定厚度的砾石调蓄层。

(8) 生物滞留设施不宜建造在地面坡度大于20%的区域和需挖除成熟树木置换建设场地的区域。生物滞留设施宜设计为平底，不宜采用垂直边坡。设计边坡应小于1:2（垂直距离：水平距离），宜为1:4；植被边坡的设计坡度应小于1:3。生物滞留设施应用于道路绿化带时，若道路纵坡大于1%，应设置挡水堰/台坎，以减缓流速并增加雨水渗透量。坡度大于5%时，宜设置成多个小型的生物滞留设施。

(9) 生物滞留设施既是有效的雨水收集和净化系统，也是建筑小区环境的景观系统，因此对植物的选择既要有去污性又要兼顾观赏性。



生物滞留设施剖面实景图



简易型生物滞留设施典型构造示意图



复杂型生物滞留设施典型构造示意图

6.3.5 渗透塘

渗透塘是一种用于雨水下渗补充地下水的洼地，具有一定的净化雨水和削减峰值流量的作用。



渗透塘实景照片

渗透塘应满足以下要求：

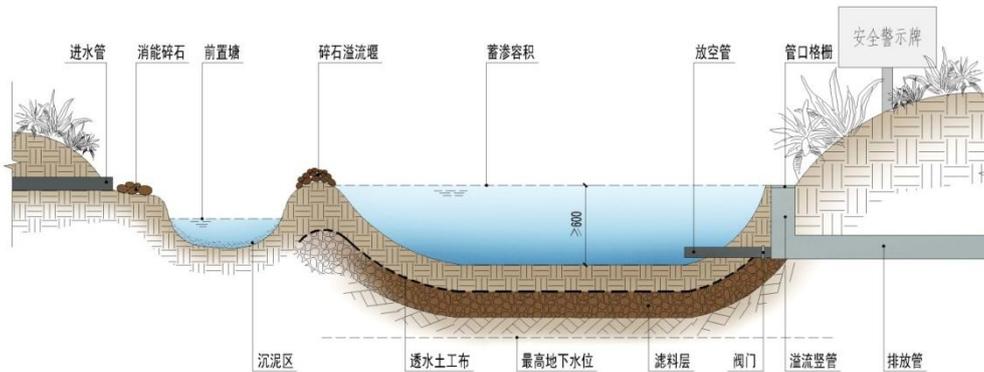
(1) 渗透塘前应设置沉砂池、前置塘等预处理设施，去除大颗粒的污染物并减缓流速；有降雪的城市，应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂侵害植物。

(2) 渗透塘边坡坡度（垂直:水平）一般不大于 1:3，塘底至溢流水位一般不小于 0.6 m。

(3) 渗透塘底部构造一般为 200-300 mm 的种植土、透水土工布及 300-500 mm 的过滤介质层。

(4) 渗透塘排空时间不应大于 24 h。

(5) 渗透塘应设溢流设施，并与城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统衔接，渗透塘外围应设安全防护措施和警示牌。



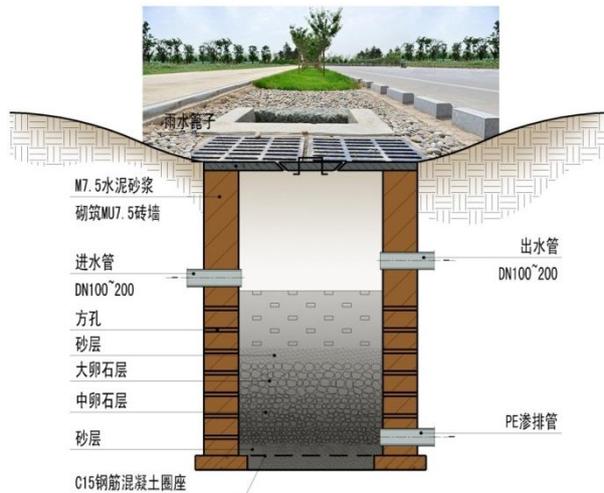
渗透塘剖面

6.3.6 渗井

渗井指通过井壁和井底进行雨水下渗的设施，为增大渗透效果，可在渗井周围设置水平渗排管，并在渗排管周围铺设砾（碎）石。

渗井应满足下列要求：

雨水通过渗井下渗前应通过植草沟、植被缓冲带等设施对雨水进行预处理。渗井的出水管的内底高程应高于进水管管内顶高程，但不应高于上游相邻井的出水管管内底高程。渗井调蓄容积不足时，也可在渗井周围连接水平渗排管，形成辐射渗井。



渗井剖面构造示意图

6.4 雨水储存

雨水储存是采用具有一定容积的设施，对径流雨水进行滞留、集蓄，削减径流总量，以达到集蓄利用、补充地下水或净化雨水等目的。

6.4.1 湿塘

湿塘指具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，雨水同时作为其主要的补水水源。湿塘有时可结合绿地、开放空间等场地条件设计为多功能调蓄水体，即平时发挥正常的景观及休闲、娱乐功能，在暴雨发生时发挥调蓄功能，实现土地资源的多功能利用。

湿塘一般由进水口、前置塘、主塘、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。湿塘应满足以下要求：

(1) 进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

(2) 前置塘为湿塘的预处理设施，起到沉淀径流中大颗粒污染物的作用；池底一般为混凝土或块石结构，便于清淤；前置塘应设置清淤通道及防护设施，驳岸形式宜为生态软驳岸，边坡坡度（垂直：水平）一般为1:2-1:8；前置塘沉淀区容积应根据清淤周期和所汇入径流雨水的SS污染物负荷确定。

(3) 主塘一般包括常水位以下的永久容积和储存容积，永久容积水深一般为0.8-2.5m；储存容积一般根据所在区域相关规划提出的“单位面积控制容积”确定；具有峰值流量削减功能的湿塘还包括调节容积，调节容积应在24-48h内

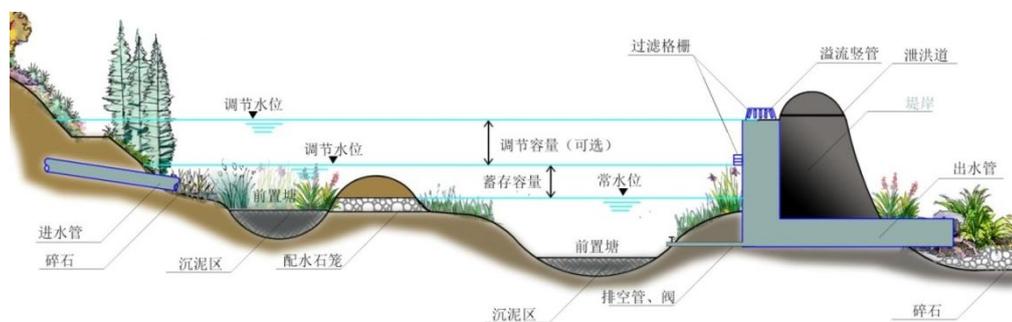
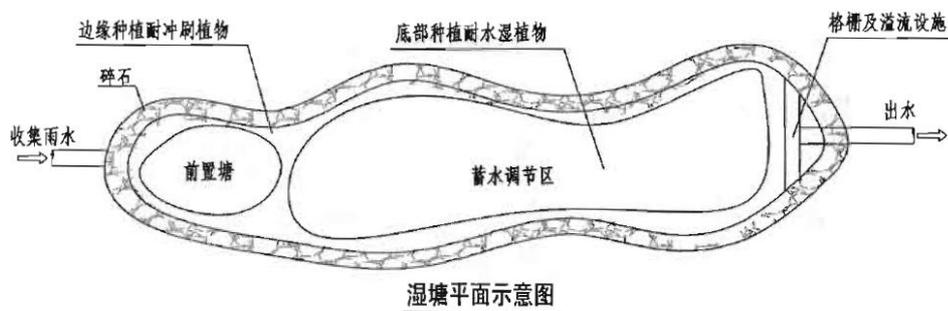
排空；主塘与前置塘间宜设置水生植物种植区（雨水湿地），主塘驳岸宜为生态软驳岸，边坡坡度（垂直：水平）不宜大于 1:6。

（4）溢流出水口包括溢流竖管和溢洪道，排水能力应根据下游雨水管渠或超标雨水径流排放系统的排水能力确定。

（5）湿塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。



湿塘实景照片



6.4.2 雨水湿地

雨水湿地利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水，是一种高效的径流污染控制设施，雨水湿地分为雨水表流湿地和雨水潜流湿地，一般设计成防渗型以便维持雨水湿地植物所需要的水量，雨水湿地常与湿塘合建并设计一定的调蓄容积。

雨水湿地与湿塘的构造相似，一般由进水口、前置塘、沼泽区、出水池、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。

雨水湿地应满足以下要求：

(1) 进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

(2) 雨水湿地应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

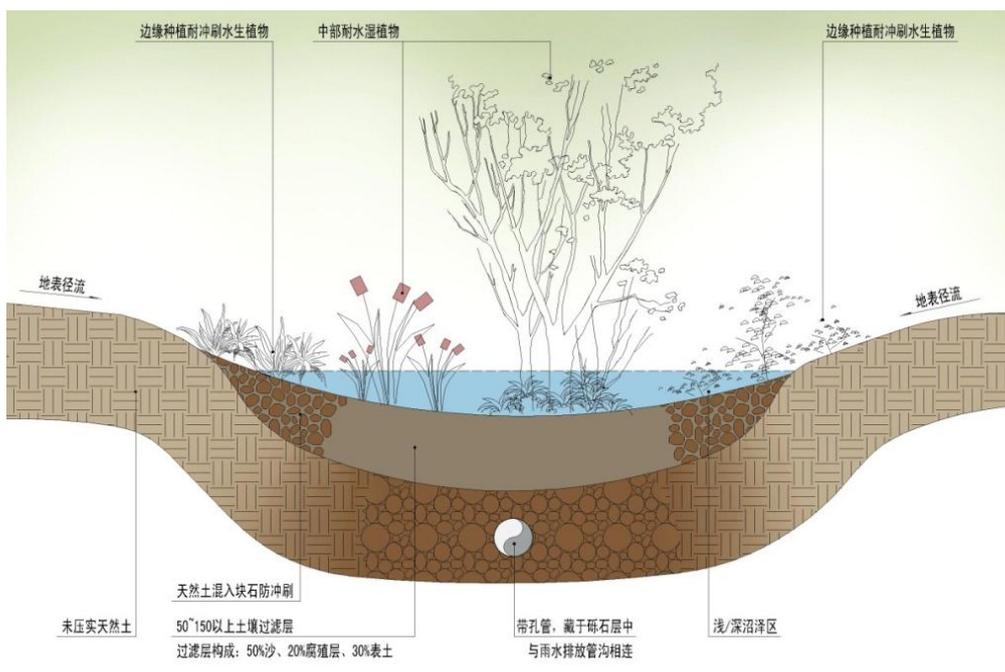
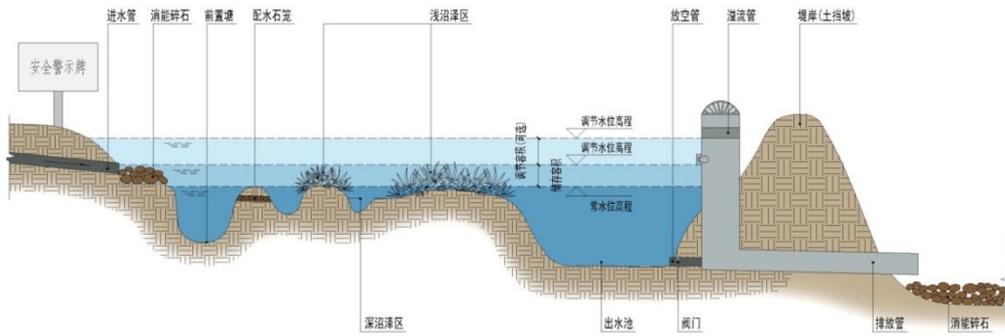
(3) 沼泽区包括浅沼泽区和深沼泽区，是雨水湿地主要的净化区，其中浅沼泽区水深范围一般为 0-0.3 m，深沼泽区水深范围一般为 0.3-0.5 m，根据水深不同种植不同类型的水生植物。

(4) 雨水湿地的调节容积应在 24h 内排空。

(5) 出水池主要起防止沉淀物的再悬浮和降低温度的作用，水深一般为 0.8-1.2 m，出水池容积约为总容积（不含调节容积）的 10%。



雨水湿地实景照片



雨水湿地构造示意图

6.4.3 蓄水池

蓄水池指具有雨水储存功能的集蓄利用设施，同时也具有削减峰值流量的作用，主要包括钢筋混凝土蓄水池，砖、石砌筑蓄水池及塑料蓄水模块拼装式蓄水池，用地紧张的城市大多采用地下封闭式蓄水池。蓄水池典型构造可参照国家建筑标准设计图集《雨水综合利用》。



蓄水设施实景照片

6.4.4 雨水罐

雨水罐也称雨水桶，为地上或地下封闭式的简易雨水集蓄利用设施，可用塑料、玻璃钢或金属等材料制成。可应用于绿色屋顶或小型建筑的雨水收集和利用。



雨水罐实景照片

6.5 雨水调节

在降雨期间暂时储存一定量的雨水，削减向下游排放的雨水峰值流量、延长排放时间，一般不减少排放的径流总量，也称调控排放。

6.5.1 调节塘

调节塘也称干塘，以削减峰值流量功能为主，一般由进水口、调节区、出口设施、护坡及堤岸构成，也可通过合理设计使其具有渗透功能，起到一定的补充地下水和净化雨水的作用。

调节塘应满足以下要求：

- (1) 进水口应设置碎石、消能坎等消能设施，防止水流冲刷和侵蚀。

(2) 应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

(3) 调节区深度一般为0.6-3m，塘中可以种植水生植物以减小流速、增强雨水净化效果。塘底设计成可渗透时，塘底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层不应小于 1 m，距离建筑物基础不应小于3 m（水平距离）。

(4) 调节塘出水设施一般设计成多级出水口形式，以控制调节塘水位，增加雨水水力停留时间（一般不大于 24 h），控制外排流量。

(5) 调节塘应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。



调节塘实景照片

6.5.2 调节池

调节池为调节设施的一种，主要用于削减雨水管渠峰值流量，一般常用溢流堰式或底部流槽式，可以是地上敞口式调节池或地下封闭式调节池，其典型构造可参见《给水排水设计手册》（第 5 册）。



调节池实景照片

6.6 雨水转输

6.6.1 植草沟

植草沟指种有植被的地表沟渠，可收集、输送和排放径流雨水，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。除转输型植草沟外，还包括渗透型的干式植草沟及常有水的湿式植草沟，可分别提高径流总量和径流污染控制效果。植草沟适用于建筑与小区内道路，广场、停车场等不透水地面的周边，城市道路及城市绿地等区域，也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理设施。植草沟也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。植草沟不适用于地下水位高的、坡度大于15%的区域。

植草沟应满足以下要求：

(1) 浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。

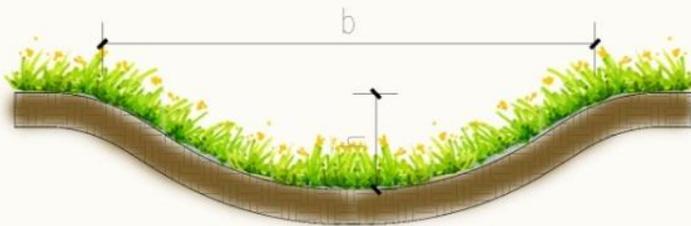
(2) 植草沟的边坡坡度（垂直:水平）不宜大于 1:3，纵坡不应大于 4%。纵坡较大时宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。

(3) 植草沟最大流速应小于 0.8 m/s ，曼宁系数宜为 $0.2\text{--}0.3$ 。(4) 转输型植草沟内植被高度宜控制在 $100\text{--}200\text{ mm}$ 。

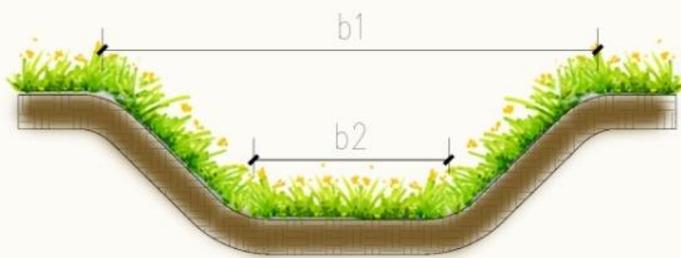
(4) 植草沟介质层通常包括种植土壤层、过滤层、入渗/存储层。种植土壤层设计深度应不小于 300mm 、过滤层设计深度宜取 100mm 、入渗/存储层设计深度应不小于 450mm 。植草沟内土壤介质的渗透能力应不低于 1.3cm/h 。对于种植草的植草沟，土壤层的厚度最低为 0.6m ；对于种植树木和灌木的植草沟，土壤层厚度最低为 0.9m 。

(5) 植草沟应设置有分流或内部溢流措施，用于排除超过设计标准的雨水。

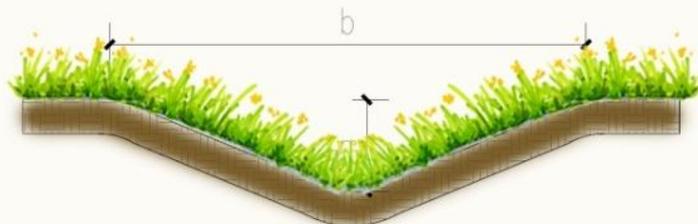
(6) 植草沟植物选择：宜种植密集的草皮草，不宜种植乔木及灌木植物，植被高度控制在 $0.1\text{m--}0.2\text{m}$ ；耐旱耐涝，根系发达；



抛物线形植草沟断面图



梯形植草沟断面图



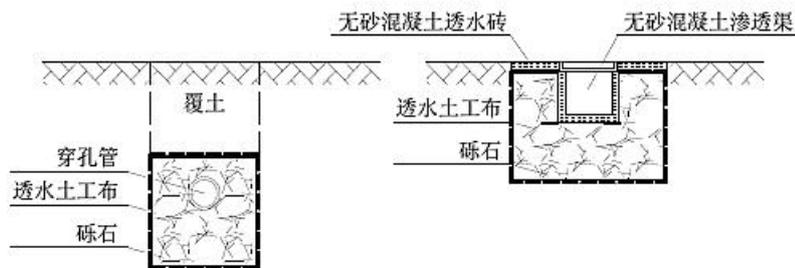
三角形植草沟断面图

6.6.2 渗管/渠

渗管/渠指具有渗透功能的雨水管/渠，可采用穿孔塑料管、无砂混凝土管/渠和砾（碎）石等材料组合而成。

渗管/渠应满足以下要求：

- (1) 渗管/渠应设置植草沟、沉淀（砂）池等预处理设施。
- (2) 渗管/渠开孔率应控制在1%-3%之间，无砂混凝土管的孔隙率应大于20%。
- (3) 渗管/渠的敷设坡度应满足排水的要求。
- (4) 渗管/渠四周应填充砾石或其他多孔材料，砾石层外包透水土工布，土工布搭接宽度不应少于 200 mm。
- (5) 渗管/渠设在行车路面下时覆土深度不应小于 700 mm。



渗透管、渠构造图

6.7 雨水截污净化

6.7.1 植被缓冲带

植被缓冲带为坡度较缓的植被区，经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速，并去除径流中的部分污染物，植被缓冲带坡度一般为2%-6%，宽度不宜小于 2 m。

植被缓冲带植物选择：

选用耐冲刷，耐浸渍的植被；

优先选用净化能力强、抗逆性强的植物；

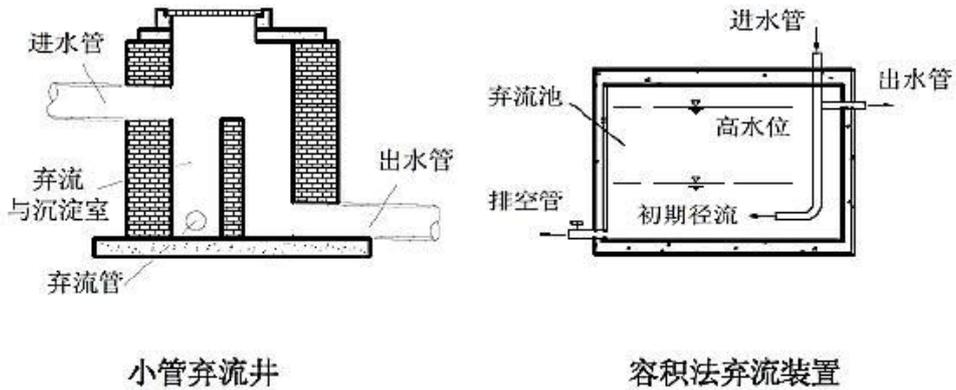
优先选择耐旱、耐涝，抗性强的乡土植物，并和景观要求相结合。



缓冲带实景照片

6.7.2 初期雨水弃流设施

初期雨水弃流指通过一定方法或装置将存在初期冲刷效应、污染物浓度较高的降雨初期径流予以弃除，以降低雨水的后续处理难度。弃流雨水应进行处理，如排入市政污水管网（或雨污合流管网）由污水处理厂进行集中处理等。常见的初期弃流方法包括容积法弃流、小管弃流（水流切换法）等，弃流形式包括自控弃流、渗透弃流、弃流池、雨落管弃流等。



初期雨水弃流设施剖面图

6.7.3 人工土壤渗滤

人工土壤渗滤主要作为蓄水池等雨水储存设施的配套雨水设施,以达到回用水水质指标。人工土壤渗滤设施的典型构造可参照复杂型生物滞留设施。



6.8 雨水的处理与回用

雨水收集回用系统应设置水质净化设施,净化设施应根据出水水质要求,并经经济技术比较后确定。回用于景观水体时宜选用生态处理设施;回用于一般用途时,可采用过滤、沉淀、消毒等设施;当出水水质要求较高时,也可采用混凝、深度过滤等处理设施。

6.8.1 雨水净化设施前处理应符合以下要求:

- (1) 雨水储存设施进水口前应设置拦污格栅设施;
- (2) 利用天然绿地、屋面、广场等汇流面收集雨水时,应在收集池进水口前设置沉泥井。
- (3) 雨水处理设备的日运行时间一般不超过 16 小时,设备反冲洗等排污可排入污水系统。
- (4) 雨水清水池的有效容积,应根据产水曲线、供水曲线确定,并应满足消毒剂接触时间的要求。

6.8.2 雨水回用系统应符合下列要求:

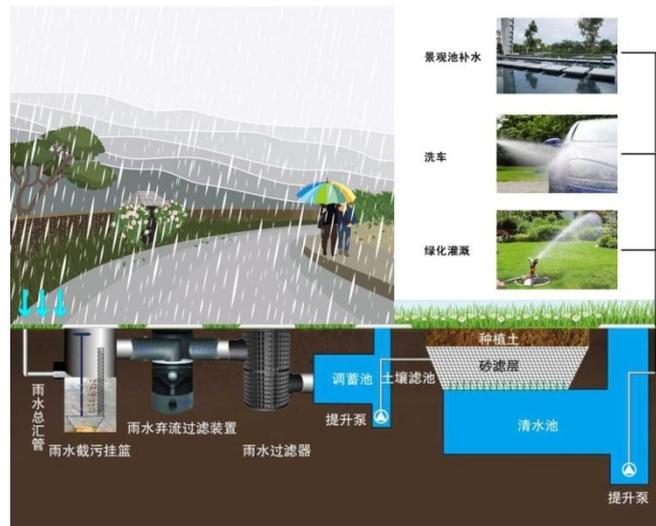
- (1) 供水水源必须设置备用水源,并能自动切换;
- (2) 系统应设水表计量各水源的供水量。
- (3) 雨水回用供水管网应采取防止回流污染措施,水质标准低的水不得进入水质标准高的水系统。

(4) 雨水回用供水系统的水量、水压、管道及设备的选择计算等应满足国家现行标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 中的相关规定。

(5) 雨水回用系统应采取防止误饮误用措施。雨水供水管外壁应按设计规定涂色或标识。当设有取水口时，应设锁具或专门开启工具，并有明显的“雨水”标识。雨水回用于浇洒绿地时，应避免影响行人，宜采用夜间灌溉及滴灌、微灌等措施。

(6) 雨水回用系统供水管材应采用钢塑复合管、PE 管或其他内壁防腐性能好的给水管材。管材及接口应满足相关国家标准的要求。

(7) 雨水回用可用于建筑小区的道路冲洗、绿化灌溉、景观水体的补充、汽车冲洗，不能作为饮用水源，但人接触的水质必须经过净化处理，不能成为污染的源头，并在用水区域设置明显的提醒标识。



雨水的处理与回用系统示意图

6.9 系统监控

6.9.1、雨水控制与利用系统应设置雨水监控设施，一般应设置外排水流量监测、雨量监测设备以及雨水储存池、调节池的液位计等。

6.9.2、雨水收集、处理和回用系统宜设置以下控制方式：

- (1) 自动控制；
- (2) 远程控制；
- (3) 就地手动控制。

6.9.3、自动控制弃流装置应符合下列规定：

- (1) 电动阀、计量装置宜就地分散设置，控制箱宜集中设置，并宜设在室

内；

(2) 应具有自动切换雨水弃流管道和收集管道的功能，并具有控制和调节弃流间隔时间的功能；

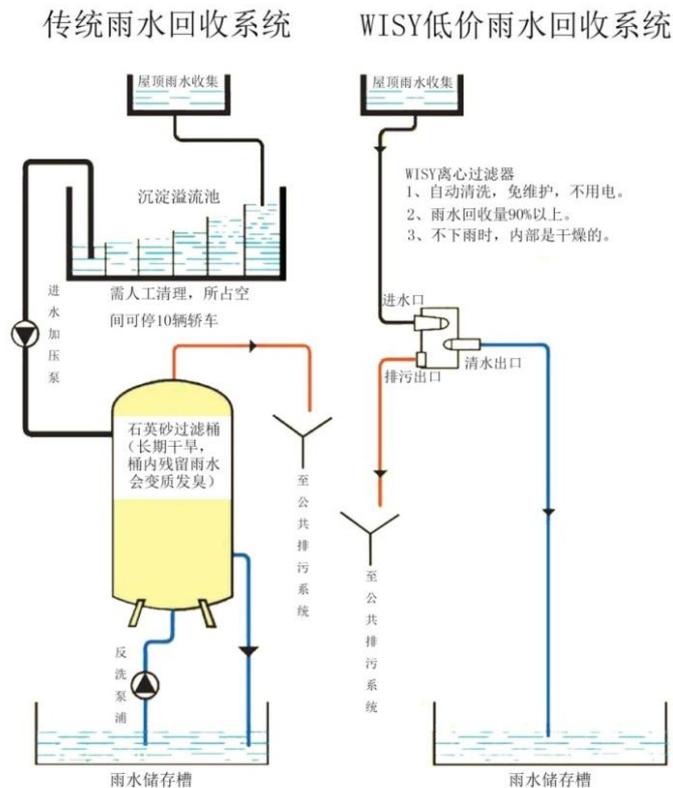
(3) 流量控制式雨水弃流装置的流量计宜设在管径最小的管道上；

(4) 雨量控制式弃流装置的雨量计应有可靠的保护措施。

6.9.4 对雨水处理设施、回用系统内的设备运行状态宜进行监控。

6.9.5 雨水处理设施运行宜自动控制。

6.9.6 应对常用控制指标（降雨量、主要水位、流量、常规水质指标）实现现场监测，有条件的可实现在线监测。



雨水系统监控示意图

7 简易评估

7.1 一般规定

7.1.1 海绵性评估应包括年径流总量控制率、峰值径流系数、硬化地面中可渗透地面的比例、雨水资源化利用水平等基本内容的评估。

7.1.2 海绵性评估可采用模型评估和简易评估两种方法，有条件的宜采用模型算法，模型算法的相关模型选取和参数取值应符合不同规划和设计项目的特点。

7.2 年径流总量控制率的简易评估

年径流总量控制率的简易评估应按以下要求进行：按照上位规划要求的年平均径流总量控制率，核算每个地块的年均综合雨量径流系数。计算该地块不同下垫面的面积，按表 4.1.4 确定各下垫面的年均雨量径流系数，经加权平均得到该地块的年均综合雨量径流系数。若年均综合雨量径流系数对应的年径流总量控制率满足要求，则该地块年径流总量控制率达标。若年均综合雨量径流系数对应的年径流总量控制率不满足要求，则重新设计进行核算。年均综合雨量径流系数与年径流总量控制率之和为 1.0。按照计算每个地块不同年径流总量控制率对应的需蓄水容积。

$$V=10\Psi_{zc}\cdot h_y\cdot F \quad (7.2.1)$$

式中：V——设计调蓄容积或需蓄水容积， m^3 ；

h_y ——设计降雨量，mm，按表 4.1.3 选取；

Ψ_{zc} ——雨量综合径流系数，按表 4.1.4 选取；

F——汇水面积， hm^2 。

确定该地块的实际年径流总量控制率。将该地块不同年径流总量控制率所需蓄水容积与实际可蓄水容积比较，得到该地块的实际年径流总量控制率。

区域年径流控制率核算。为该区域内每个地块年径流总量控制率的加权平均值。

以下设施的蓄水容积不应计入总蓄水容积：

对径流总量削减没有贡献的设施：如用于削峰的调节塘/池等；对径流总量削减贡献很小的设施：如转输型植草沟、渗管/渠、初期雨水弃流、植被缓冲带、人工土壤渗滤设施等；在径流系数内已综合考虑其空隙的设施：如透水铺装、绿

色屋顶结构内的空隙；受地形条件、汇水面大小等因素影响，无法有效收集径流雨水的设施。

蓄水设施的蓄水容积计算应满足以下要求：

具有渗透功能的综合设施，蓄水最大深度应根据该处设施上沿高程最低处确定；用于接纳初始阶段降雨的雨水罐、雨水池等，可蓄水容积应结合所蓄雨水的利用安排确定，雨前不能及时排空的容积不应计入核算年径流总量控制率的蓄水容积；每处设施计入总调蓄容积不应大于设计降雨量下其汇水面内的实际降雨径流量。每处设施计入总调蓄容积应不大于一个周期内排放量、水体渗透量、水面蒸发量和回用量之和，其中排放量根据可排空的体积确定，回用量根据实际回用水量确定，水体渗透量和水面蒸发量计算确定。一般取一个周期 24h。

水体渗透量确定方法：按照 4.3.1 公式计算。

水面蒸发量确定方法：水面蒸发量应根据实测数据确定；当实测数据缺乏时，可按照 4.2.4 公式计算。

8 施工与安装

8.1 工程施工

8.1.1 雨水利用工程应按照批准的设计文件和施工图纸施工，并符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和《给水排水构筑物施工及验收规范》GB50141 的相关要求。

8.1.2 混凝土和混凝土结构施工应符合《给水排水构筑物施工及验收规范》GB50141 的要求。

8.1.3 施工前应进行现场调查、选择施工方法、编制施工组织设计和安全规程，施工不应损伤周边地下设施和土壤渗透能力。

8.1.4 雨水入渗工程所用砂料应质地坚硬清洁，级配良好，含泥量应不高于 3%，粗骨料应质地坚硬，禁止采用软弱风化骨料。砂料粒径应满足设计要求，含泥量应不高于 1%。

8.1.5 沟槽底面不应夯实。应避免超挖，超挖时不能用超挖土回填，应以碎石填充。

8.1.6 透水地面的施工应避开冬季，其它应符合《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB50400-2016 的要求。

8.2 设备安装

8.2.1 水处理设备的安装应按照工艺要求进行，在线仪表安装位置和方向应正确，不得少装、漏装。

8.2.2 设置在建筑物内的设备、水泵等应采取可靠的减振装置，其噪声应符合《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 规定。

8.2.3 设备中的阀门、取样口等应排列整齐，间隔均匀，不得渗漏。

9 工程验收

海绵城市建设工程宜在试运行一段时间后进行验收。试运行期宜安排在主汛期，试运行期间宜经历 2~3 场 24h 降雨量在 27.4mm 以上的降雨。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应遵照《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》 GB50400-2016 的相关规定进行验收。

10 维护管理

10.1 工程维护与管理

10.1.1 雨水控制与利用设施的维护管理应建立相应的管理制度。工程运行的管理人员应经过专门的培训才能上岗。在雨季来临前对雨水控制与利用设施进行清洁和保养，并在雨季定期对工程各部分的运行状态进行观测检查。

10.1.2 试运行期间应监测雨水利用工程在收集水量、外排水量、排水峰值流量、增渗水量、回用水量等方面的数据，以及处理前后雨水的水质，并形成试运行管理报告。

10.1.3 道路雨水口、雨水管线等雨水控制与利用系统组成部分应进行定期清扫或清淤。特别是在每年汛期前，对渗透雨水口、入渗井、渗透管沟、雨水储罐、蓄水池等雨水滞蓄、渗透设施进行清淤，保障汛期调蓄设施有足够的调蓄空间和下渗能力，并保障收集与排水设施通畅、运行安全。

10.1.4 严禁向雨水收集口排放污染物。

10.1.5 严禁向雨水收集口倾倒垃圾和排放生活污水、废水。

10.1.6 所有的种植植物维护应满足景观设计维护的要求。

10.1.7 兼有雨水调蓄功能的景观水池，应维持一定的水位，以满足景观水的要求。

10.1.8 具有雨水处理功能的人工湿地等设施、应对植物进行修剪、养护、补种、收割等维护，以保持植物的美化和净化功能。

10.1.9 海绵城市建设工程的运行、管理及维护应遵照《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》 GB50400-2016 的要求。

10.1.10 海绵城市工程的管理应按照“谁建设，谁管理”的原则进行。为争取社会公众对海绵城市建设的支持，应加大宣传力度，并纳入相关规定，以保障雨水控制与利用设施的运行。

10.2 雨水滞留塘维护

雨水滞留塘应遵照下表进行维护：

表 10.2 雨水滞留塘维护

维护内容	维护目标	维护周期
草地维护	清除杂草。种植草皮高度 10~15cm。	根据景观要求设定周期。
杂物及垃圾清理	当杂物或垃圾影响景观、堵塞进出水通道时，需要清理。同时需要清理漂浮在水面的垃圾。	汛期前需要，同时配合三防部门的要求进行清理（例如台风来临）。
水土保持维护	修理由于水土流失造成的水流不畅区，修理进口及出口处水流冲刷造成的土壤堆积区。	无固定周期，根据检视的状况进口维护。
定期检查	检查滞留塘包括水流畅通、水土流失、结构性破坏及塘底淤积、出现异味等状况。	汛期前需要，同时配合三防部门的要求进行清理（例如台风来临前）。
出现异味、大量蚊虫时维护	当出现异味或大量蚊虫时需要进行杀虫或清理淤泥。	无固定周期，根据检视结果进行。
结构性破坏修理	主要进行边坡加固、进水及出水口修理。一般是因大暴雨造成。	无固定周期，根据检视结果进行。
淤泥清理	在旱季放空滞留塘，清理淤泥，清理前需先移开种植物。	一般 1-5 年清理一次预处理沉淀池，5-10 年清理一次滞留塘，同时根据检查结果进行。
入侵物种清理	清理水葫芦等一些入侵植物。	无固定周期，根据检视结果

10.3 雨水湿地维护

雨水湿地的维护除遵照雨水滞留塘维护外，还应遵照如下规定：每年根据景观要求对湿地植物进行修剪。应重点检查深水水流通道，保证其能够水流畅通。

10.4 过滤设施维护

过滤设施应遵照下表进行维护：

10.4 表过滤设施维护

维护内容	维护目标	维护周期
杂物及垃圾清理	当杂物或垃圾影响景观、阻碍	根据景观要求设定周期。
植物修剪	修剪种植的植物	1年 3次或根据景观要求。
定期检查	检查雨水入渗是否通畅。检查地下穿孔管是否排水畅通。当排空时间大于 72小时，入渗或穿孔管不畅通。检查出水水质（目测）。	每年一次，或者在大暴雨结束后 24小时内进行。
松土（不适用于砂滤池）	对表层 15-20cm土壤进行松土	每年一次或者进行过种植物种植。
换表层砂（只适用	将表层 15cm砂换成新砂。	2年进行一次
换土工布	土工布出现损坏，换新的土工布。	5年一次或出水水质出现浑浊时。
清理穿孔管	高压水接清淤立管清理堵塞的穿孔管。	2年一次，或根据检查结果。
换覆盖层（只适用于生物滞留槽）	换新的覆盖层。	1年一次或根据检视结果（一般出现在大暴雨造成水土流失后）。

10.5 植被浅沟维护

表 10.5 植被浅沟应遵照下表进行维护：

植被浅沟中的草应定期维护。其收割要求可以见下表。

植被浅沟中草的高度规定

设计高度 (mm)	最大草高 (mm)	切割后的草高 (mm)
50	75	40
150	180	120

11 设计相关案例计算

11.1 案例 1

青岛市有一个建筑小区占地面积为 20hm²，要按海绵城市要求进行设计，其计算过程如下：

规划局要求的指标：

- (1) 做海绵城市专篇，流量控制率达到至少 75%；
- (2) 公建考虑屋顶绿化，考虑下沉式绿地、透水铺装等；
- (3) 结合规划设计方案提供计算过程，包括流量控制率怎样达到，区内的流量计算等。

年径流总量控制率按 75% 计算，青岛市对应的设计降雨量为 $h_y=27.4\text{mm}$ （见本《指南》表 4.1.3）。

综合雨量径流系数 Ψ_z 参照本《指南》公式 4.1.4 进行加权平均计算：

$$\Psi_z = \frac{\sum F_i \Psi_i}{F} \quad (\text{见公式 4.1.4})$$

$$\begin{aligned} \Psi_z &= (F_{\text{绿地}} \cdot \Psi_{\text{绿地}} + F_{\text{屋面}} \cdot \Psi_{\text{屋面}} + F_{\text{路面}} \cdot \Psi_{\text{路面}} + F_{\text{透水铺装路面}} \cdot \Psi_{\text{透水铺装路面}} + F_{\text{水面}} \cdot \Psi_{\text{水面}}) \\ &/ (F_{\text{绿地}} + F_{\text{屋面}} + F_{\text{路面}} + F_{\text{透水铺装路面}} + F_{\text{水面}}) \\ &= (8 \times 0.15 + 5 \times 0.85 + 4 \times 0.85 + 2 \times 0.25 + 1 \times 1) / 20 \\ &= 0.52 \end{aligned}$$

总汇水面积 F 为 20hm²，其中： $F_{\text{绿地}}=8\text{hm}^2$ $F_{\text{屋面}}=5\text{hm}^2$ $F_{\text{路面}}=4\text{hm}^2$ $F_{\text{透水铺装路面}}=2\text{hm}^2$
 $F_{\text{水面}}=1\text{hm}^2$

$\Psi_{\text{绿地}}$ 、 $\Psi_{\text{屋面}}$ 等查表 4.1.4 得到。

设计调蓄容积：

$$W = 10 \cdot \Psi_{zc} \cdot h_y \cdot F \quad (\text{见公式 4.2.1})$$

$$W = 10 \times 0.52 \times 27.4 \times 20 = 2850\text{m}^3$$

单位面积控制容积为 143m³/hm²。

本项目采用以下雨水控制方案：

1. 在车库外围线以外部分区域采取渗透井式雨水口、渗透式雨水井、渗透式排水管，组成雨水渗透排放一体化渗排系统，收集利用雨水资源，补给地下水，设计有效渗透面积为 9000m²。

渗透量:

$$\begin{aligned}W_s &= \alpha \cdot K \cdot J \cdot A_s \cdot t_s \quad (\text{见公式 4.3.1}) \\ &= 0.60 \times 1.16 \times 10^{-6} \times 1 \times 9000 \times 48 \times 3600 \\ &= 1082 \text{ m}^3\end{aligned}$$

其中: α 取 0.60;

土壤渗透系数 $K=1.16 \times 10^{-6}$ (m/s), 采用粉质粘土;

水力坡降 $J=1$;

有效渗透面积 $A_s=9000\text{m}^2$;

渗透时间 t_s 取 $48\text{h}=48 \times 360\text{s}$ 。

2. 在小区雨水管线接入市政雨水管网之前设置集中式雨水塑料模块组合水池, 收集地块排水管网内的雨水并就近利用, 用于绿化灌溉和补充景观用水, 设计调蓄容积为 $V_1=800 \text{ m}^3$ 。

3. 在每个楼雨水落水管处设置雨水储水罐, 共 100 个, 每个雨水罐 1.5m^3 , 合计 $V_2=100 \times 1.5=150\text{m}^3$ 。用于楼前的绿化灌溉。

4. 每个楼周边绿地与道路交界处绿地内设置雨水模块, 上方形成宽一米的集水浅沟, 道路路沿石有缺口, 确保路面及绿地内的雨水汇入浅沟并入渗到雨水模块水池, 对雨水排放起调蓄作用, 共 10 个, 每个设计调蓄容积 50m^3 , 合计 $V_3=50 \times 10=500\text{m}^3$ 。用于道路浇洒和周围绿化灌溉。

5. 采用下沉式绿地, 绿化下放置玻璃轻石 100mm, 室外绿地低于道路 100mm, 下沉式绿地 3500m^2 , 调蓄容积 $V_4=3500 \times 0.1=350\text{m}^3$ 。

6. 以上合计调蓄容积为:

$$V=1082+800+150+500+350=2885\text{m}^3 > 2850\text{m}^3,$$

满足设计调蓄容积 2850m^3 的要求。

7. 计算实际年径流总量控制率:

$$hy = W / (10 \Psi_{zc} \cdot F) = 2885 / (10 \times 0.52 \times 20) = 27.74\text{mm}$$

查表对应的年径流总量控制率为: 75.3% 满足要求。

11.2 案例 2

青岛市某住宅小区占地面积 F 为 4.744hm^2 , 其中: $F_{\text{绿地}} = 2.35\text{hm}^2$ (其中

下沉式绿地 0.050 hm²、F_{屋面}=0.58hm²、F_{路面}=0.83hm²、F_{透水铺装路面}=0.94hm²、F_{水面}=0.044hm²（调蓄厚度 0.50m）。要按海绵城市要求进行设计，其计算过程如下：

年径流总量控制率按 75%计算，青岛市对应的设计降雨量为 hy=27.4mm（见本《指南》表 4.1.3）。

综合雨量径流系数 Ψ_z 参照《室外排水设计标准》和《雨水控制与利用工程设计规范》进行加权平均计算：

$$\Psi_z = \frac{\sum F_i \Psi_i}{F} \quad (\text{见公式 4.1.4})$$

$$\begin{aligned} \Psi_z &= (F_{\text{绿地}} \cdot \Psi_{\text{绿地}} + F_{\text{屋面}} \cdot \Psi_{\text{屋面}} + F_{\text{路面}} \cdot \Psi_{\text{路面}} + F_{\text{透水铺装路面}} \cdot \Psi_{\text{透水铺装路面}} + F_{\text{水面}} \cdot \Psi_{\text{水面}}) \\ &/ (F_{\text{绿地}} + F_{\text{屋面}} + F_{\text{路面}} + F_{\text{透水铺装路面}} + F_{\text{水面}}) \\ &= (2.35 \times 0.15 + 0.58 \times 0.85 + 0.83 \times 0.85 + 0.94 \times 0.25 + 0.044 \times 1) \\ &/ 4.744 \\ &= 0.39 \end{aligned}$$

$\Psi_{\text{绿地}}$ 、 $\Psi_{\text{屋面}}$ 等查表 4.1.4 得到。

设计调蓄容积：

$$W = 10 \Psi_{z_c} \cdot h_y \cdot F \quad (\text{见公式 4.2.1})$$

$$W = 10 \times 0.39 \times 27.4 \times 4.744 = 507 \text{m}^3,$$

单位面积控制容积为 107m³/hm²。

本项目采用以下雨水控制方案：

1. 透水铺装路面渗透容积：

渗透量按下式计算：

$$W_{s1} = \alpha \cdot K \cdot J \cdot A_s \cdot t_s \quad (\text{见公式 4.3.1})$$

$$= 0.6 \times 1.16 \times 10^{-6} \times 1 \times 9400 \times 2 \times 3600$$

$$= 47 \text{ m}^3$$

式中： α ——安全系数，取 0.6；

K ——土壤渗透系数，取 1.16×10^{-6} (m/s)，采用粉质粘土；

J ——水力坡降，一般取 1；

A_s ——有效渗透面积，为 9400 (m²)；

t_s ——渗透时间，取 2×3600 (s)。

2. 在小区雨水管线接入市政雨水管网之前设置蓄水池，设计调蓄容积： $V_1=90 \text{m}^3$ 。

3. 雨水花园调蓄容积: $V_2=440 \times 0.50=220 \text{ m}^3$

4. 绿化地调蓄容积:

渗透量按下式计算:

$$\begin{aligned} W_{s2} &= \alpha \cdot K \cdot J \cdot A_s \cdot t_s && \text{(见公式 4.3.1)} \\ &= 0.6 \times 1.16 \times 10^{-6} \times 1 \times 23000 \times 2 \times 3600 \\ &= 115 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

式中: α ——安全系数, 取 0.6;

K ——土壤渗透系数, 取 $1.16 \times 10^{-6} \text{ (m/s)}$;

J ——水力坡降, 一般取 1;

A_s ——有效渗透面积, 为 $23000 \text{ (m}^2\text{)}$;

t_s ——渗透时间, 取 $2 \times 3600 \text{ (s)}$ 。

5. 下沉式绿地的调蓄容积:

绿化下放置玻璃轻石 100mm, 室外绿地低于道路 100mm, 下沉式绿地面积 500m^2 ,
调蓄容积 $V_3=500 \times 0.1=50\text{m}^3$ 。

6. 以上合计调蓄容积为:

$$V=47+90+220+115+50=522 \text{ m}^3 > 507 \text{ m}^3$$

满足设计调蓄容积 507m^3 的要求。

7. 计算实际年径流总量控制率:

$$h_y = W / (10 \Psi_{zc} \cdot F) = 522 / (10 \times 0.39 \times 4.744) = 28.21\text{mm}$$

查表对应的年径流总量控制率为: 75.65% 满足要求。

附录：植物应用附录：

青岛地区常用植物：

1. 常绿乔木

雪松、黑松、华山松、白皮松、铅笔柏、龙柏、蜀桧、冷杉、油松、侧柏、云杉、花柏、扁柏、广玉兰、大叶女贞、枇杷、青杆等。

2. 落叶乔木

法桐、国槐、刺槐、五角枫、臭椿、千头椿、楸树、鹅掌楸、白蜡、黄连木、乌柏、枫杨、苦楝、椴树、三角枫、五角枫、元宝枫、合欢、七叶树、盐肤木、美国红枫、火炬树、构树、青桐、泡桐、黄栌、杜仲、核桃、板栗、君迁子、柿树、枣、杏、山楂、香花槐、无患子、榆树、白玉兰、紫玉兰、二乔玉兰、樱花、紫叶李、红枫、鸡爪槭、日本槭、垂柳、旱柳、桑树、青桐、黄山栎、碧桃、梅花、山桃、银杏、水杉、紫叶桃、独杆紫薇、灯台树、龙爪槐、榉树、青朴、垂丝海棠、西府海棠、木瓜海棠等。

3. 常绿灌木

耐冬、桂花、石楠、海桐、火棘、法国冬青、日本女贞、金森女贞、大叶黄杨、小叶黄杨、胶东卫矛、铺地柏、沙地柏、龟甲冬青、十大功劳、枸骨、龙柏、石岩杜鹃、平枝荀子、洒金柏、金边黄杨、北海道黄杨等。

4. 落叶灌木

红瑞木、紫薇、木槿、丁香、石榴、月季、贴梗海棠、珍珠梅、棣棠、蜡梅、牡丹、芍药、紫叶小檗、紫荆、锦带、榆叶梅、连翘、迎春、胡枝子、美人梅、山梅花、八仙花、金银木、(野)蔷薇、海州常山、枸杞、绣线菊、紫穗槐、小蜡、黄刺玫、贴梗海棠等。

5. 藤木类

常春藤、紫藤、地锦、凌霄、络石、藤本月季、扶芳藤、葡萄、猕猴桃、金银花等。

6. 地被、花卉

龟甲冬青、紫叶小檗、金叶女贞、金森女贞、瓜子黄杨、胶东卫矛、石岩杜鹃、铺地柏、沙地柏、常春藤、扶芳藤、龙柏等。

麦冬、高羊茅、紫羊茅、酢浆草、三叶草、一串红、菊花、牵牛花、葱兰、大花萱草、秋海棠、金盏菊、大丽花、鸡冠花、牡丹、芍药、雏菊、绣线菊、羽衣甘蓝、万寿菊、三色堇、凤仙花、蜀葵、向日葵、鼠尾草、美人蕉、郁金香、玉簪、石竹、萱草、八宝景天、福禄考、鸢尾等。

7. 竹类

刚竹、淡竹、箬竹、早园竹、毛竹等。

8. 水生植物

芦苇、芦竹、美人蕉、千屈菜、黄菖蒲、鸢尾、泽泻、水葱、香蒲、凤眼莲、睡莲、浮萍、梭鱼草等。

9. 观赏草

细叶芒、晨光芒、斑叶芒、花叶芒、荻、花叶燕麦草、蒲苇、矮蒲苇、苔草、金叶苔草、棕叶苔草等。

10. 特选景观树种

桩景紫薇、对接白蜡、榔榆、皂荚、造型黑松、造型罗汉松、造型小叶女贞等。

11. 草坪

黑麦草、早熟禾、结缕草、马尼拉、狗牙根、高羊茅等。