

山东省工程建设标准

DB

DB37/T 5206—2021

J XXXXX—2021

城市雨水控制利用系统监测及评价
技术标准

Technical standard for monitoring and evaluation of
urban rainwater control and utilization system

2021—12—08 发布

2022—03—01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

城市雨水控制利用系统监测及评价 技术标准

**Technical standard for monitoring and evaluation of
urban rainwater control and utilization system**

DB37/T 5206—2021

住房和城乡建设部备案号：J XXXXX—2021

2021 北京

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2018 年第二批山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2018〕17 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 5 章，主要包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.监测；5.评价。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东大学负责具体技术内容的解释。

若执行过程中对本标准有任何意见或建议，请寄送山东大学《城市雨水控制利用系统监测及评价技术标准》编制管理组（地址：济南市经十路 17922 号，邮编：250061，电话：0531-88393860，电子邮箱：jiongzhang@sdu.edu.cn），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：山东大学

本标准参编单位：中瀚国际建筑设计顾问有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

北京东方华脉工程设计有限公司

中交一公局集团有限公司

山东宇通路桥集团有限公司

山东公路技师学院

本标准主要起草人员：张 炯 崔新壮 金 青 张 诚 魏 俊

武国民 郑 亨 杨 磊 孙道建 杨云全

李坤霖 王炳雷 裴 妍 明瑞平 胡 念

夏 霜 韩若楠 代朝霞 余 蕊 孟博雯

谭怡然 马国栋 张中泽 王艺霖 李 骏

张小宁 王洁茹 王 帅 孙玉杰 孙华琛

苏俊伟 卢 途

本标准主要审查人员： 丁尚辉 孙连勇 孙 杰 郑明万 崔忠英

连 峰 侯德国 巩文信 陈淑芬

目 次

1 总则	9
2 术语	10
3 基本规定	11
4 监测	12
4.1 一般规定	12
4.2 监测点位	12
4.3 监测内容	14
4.4 监测技术	15
4.5 监测方案	16
4.6 监测数据采集与分析	17
5 评价	19
5.1 评价内容	19
5.2 评价方法	19
附录 A 雨水径流总量控制率研究及其应用	20
本标准用词说明	27
引用标准名录	28
条文说明	29

1 总 则

1.0.1 为推进海绵城市建设，保证海绵城市建设效果，规范城市雨水控制利用系统的监测和评价，便于科学管理，结合山东省实际情况，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市雨水控制利用系统的监测与评价。

1.0.3 海绵城市建设监测应遵循科学规范、节约高效、边界清晰、真实可靠的原则。

1.0.4 城市雨水控制利用系统的监测和评价除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及地方现行相关标准、规范的规定。

2 术 语

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

通过自然与人工强化的渗透、滞蓄、净化等方式控制城市建设下垫面的降雨径流，得到控制的年均降雨量与年均降雨总量的比值。

2.0.2 雨水场径流总量控制率 volume capture ratio of single rainfall

通过自然或人工强化的渗透、滞蓄、净化等方式控制的场降雨径流量与场降雨总量的比值。

2.0.3 项目控制区 project tributary area

建设项目所承担的雨水径流控制区域。

2.0.4 城市水体 urban waterbody

城市规划区内的河流、湖泊、湿地、坑塘等自然或人工水体。

2.0.5 海绵体 urban sponge

天然的或者人工修建的具有降雨径流调蓄功能的设施。

3 基本规定

3.0.1 城市雨水控制利用系统监测应遵循目标与问题导向相结合的原则，分别对建设项目、排水分区及城市整体建设效果进行监测，并按排水分区为单元进行统计。

3.0.2 宜根据地形地貌特征、用地类型等，选择典型项目对其地表入渗能力、溢流排水口的水量、水质等进行监测。

3.0.3 城市雨水控制利用系统建设评价的结果应按排水分区为单元进行统计，达到要求的城市建成区面积占城市建成区总面积的比例。

3.0.4 城市雨水控制利用系统建设效果评价应以不少于连续 1 年的监测数据为基础，结合现场检查和资料查阅进行综合评价。

4 监测

4.1 一般规定

4.1.1 应从项目建设与实施的有效性、能否实现海绵城市建设效果等方面对城市雨水控制利用系统进行监测。

4.1.2 监测应选择排水分区、典型项目与设施、管网关键节点及其对应的受纳水体进行系统监测。

4.1.3 应根据现场勘察和调查资料，编制切实可行的监测方案。

4.2 监测点位

4.2.1 监测点位的选择应符合下列规定：

- 1 应选择积水内涝、污染等问题突出的排水分区；
- 2 应对建筑小区类源头减排项目进行监测；
- 3 典型海绵体应进行监测；
- 4 河道监测点位应包括监测区入口、出口和污染物排放点下游；
- 5 源头监测项目的下游有过程或末端集中调蓄项目时，应对其进行监测；
- 6 小型分散设施的汇水面积宜为单一不透水下垫面。

4.2.2 城市雨水控制利用设施监测点位宜在设施上游入口和下游出口处同时设置。生物滞留设施、植草沟和延时调节塘的监测点位布置可参考图 4.2.2-1、图 4.2.2-2 和图 4.2.2-3。

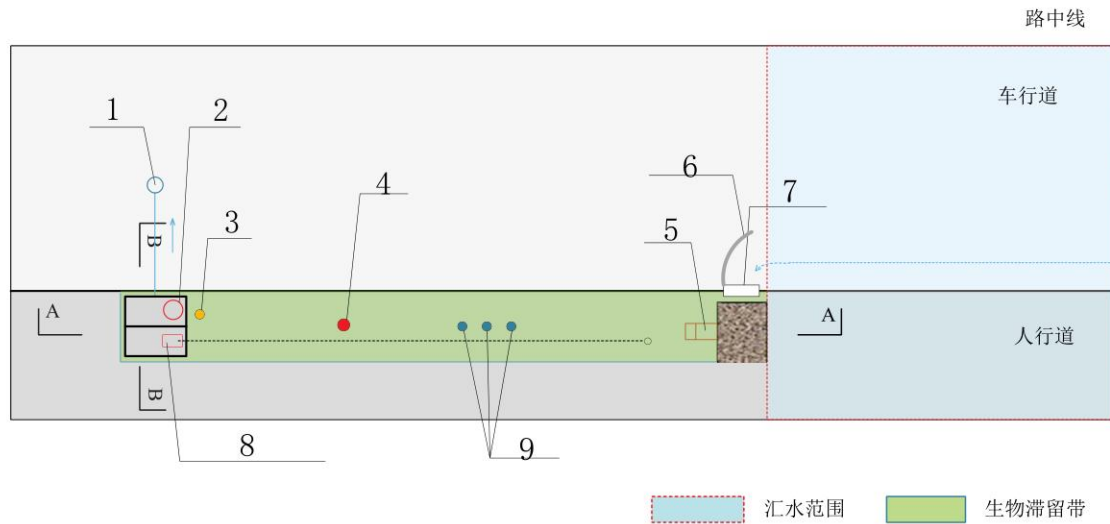


图 4.2.2-1 生物滞留设施监测点位分布平面图

1—市政检查井；2—溢流排水口在线流量监测点；3—蓄水层水位监测点；4—结构层水位监测点；5—进水口薄壁堰在线流量监测点；6—挡水袋；7—路缘石豁口进水口；8—底部盲管排水口薄壁堰在线流量监测点；9—土壤湿度监测点

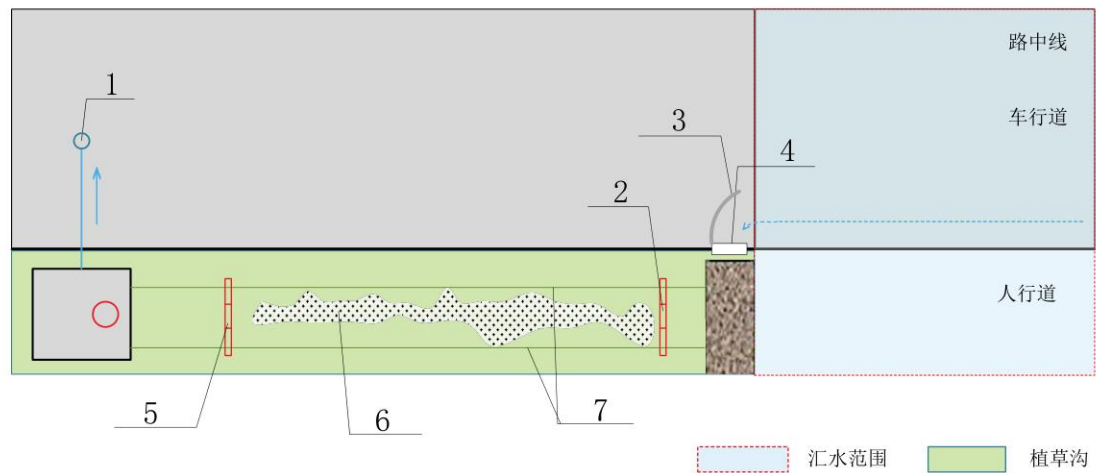


图 4.2.2-2 植草沟监测点位分布平面图

1—市政检查井；2—上游断面薄壁堰在线流量监测点；3—挡水袋；4—路缘石豁口进水口；5—下游断面薄壁堰在线流量监测点；6—沟底植物；7—沟底边界线

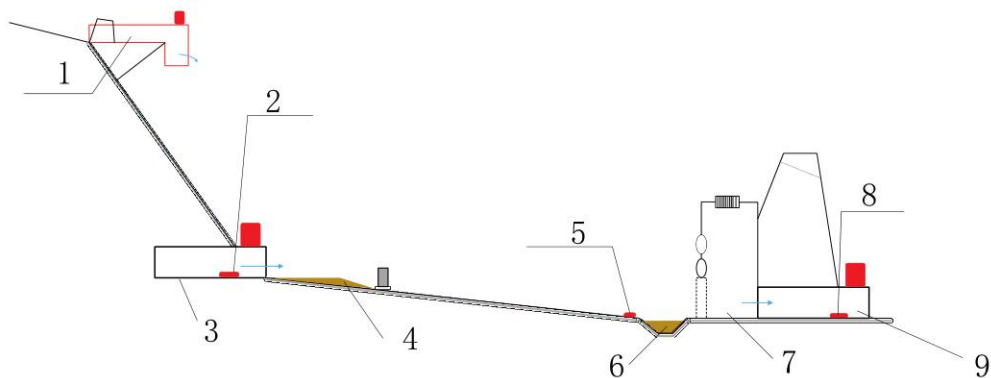


图 4.2.2-3 延时调节塘监测点位分布平面图

1—地面径流进水口（可选）薄壁堰在线流量计；2—进水口流量计；3—管道径流进水；
4—前池；5—底部水位压力传感器；6—沉泥池；7—多级溢流口；8—出水口流量计；
9—外排管

4.3 监测内容

4.3.1 监测工作应符合下列要求：

- 1 充分衔接和体现相应排水分区的城市雨水控制利用系统建设方案和实施效果；
- 2 明确阶段性监测和长期监测的工作目标；
- 3 应包括项目与设施监测、管网监测与水体监测内容。

4.3.2 监测应包括流量、水质、水位、气象监测。

4.3.3 流量监测应符合下列要求：

- 1 应根据监测流量范围和精度要求选择适用的流量监测设备；
- 2 应在雨季或汛期前后对设施表层土壤和其他渗透材料或基质的渗透系数和体积含水率各监测一次。

4.3.4 水质监测应符合下列要求：

- 1 应采用在线采样与人工采样相结合的方式；
- 2 监测指标应包括悬浮物SS、总氮、氨氮、硝氮、总磷、化学需氧量、pH值、溶解氧DO、氧化还原电位ORP等水质指标。

4.3.5 水位监测应符合下列要求：

- 1 应根据现场工况选择合适的传感器和安装方式；
- 2 水位连续监测数据的自动记录和上报步长不应大于5min，在桥区等预期水位变化较快的区域，不宜大于2min。

4.3.6 气象监测应符合下列要求：

- 1 1个监测项目宜配备1套气象监测设备；
- 2 气象监测应包括雨量、气温、湿度、气压、风速和蒸发数据等内容。

4.3.7 监测数据采集与分析应包括：数据采集、校核与质量控制、应用。

4.3.8 数据采集应符合下列要求：

- 1 监测数据采集与记录应完整，并应符合《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》（GB/T 51187）；
- 2 监测数据采集与记录应包括监测数据、设备数据等其他相关数据。

4.3.9 数据校核与质量控制应对野外监测数据（人工与在线）与第三方检测数据进行校核评估，对数据异常值进行筛选。

4.4 监测技术

4.4.1 水量监测技术应符合下列要求：

- 1 常用的流量计量方法包括电磁、超声波、涡轮、薄壁堰、超声多普勒流速-面积法、雷达流速-面积法等；
- 2 根据雨水计量多为敞开或非满管的特点，推荐采用流速-面积法、薄壁堰流以及专用流量计进行测量（图 4.4.1）；

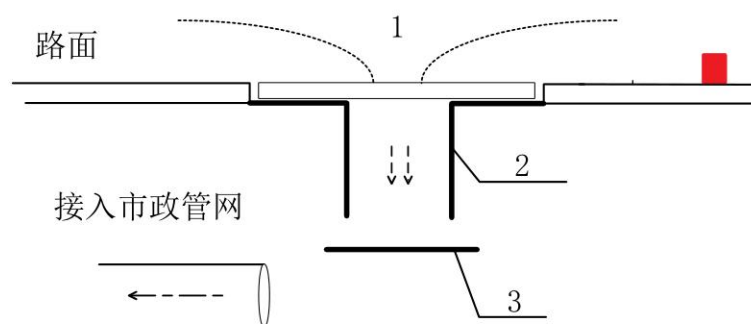


图 4.4.1 雨水口/溢流口在线流量计装置

1—雨水口；2—雨水口流量计；3—雨水口流量计

3 设施表层土壤渗透系数可采用渗透仪、双环入渗仪进行监测；设施土壤体积含水率可采用土壤湿度仪进行监测。

4.4.2 水质监测技术应符合下列要求：

- 1 悬浮物 SS、pH 值、溶解氧 DO、氧化还原电位 ORP 等水质指标可选择在线监测；
- 2 径流污染严重且易干扰在线监测设备导致监测误差较大时，应采用人工采样方法，并应符合现行行业标准《水质 采样方案设计技术规范》（HJ 495）的规定；
- 3 水质人工检测应符合现行行业标准《城镇污水水质标准检验方法》（CJ/T 51）和《地

表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91) 的规定。

4.4.3 水位监测技术应符合下列要求：

1 水位可采用压力、超声波、雷达、浮筒、磁阻、电容等传感器或视频图像加标尺方式进行监测；

2 应结合测量精度要求和现场情况制定水位监测方案。

4.4.4 气象监测技术应符合下列要求：

1 雨量数据的自动记录时间步长宜为 1min，采用翻斗式雨量计时，宜对每次翻转进行记录并实时上传；

2 气温、湿度、气压、风速、蒸发数据的自动记录步长不宜大于 5min；

3 可以集成雨量、气温、湿度、气压、风速、蒸发等监测要素进行一体化安装和数据集中采集。

4.5 监测方案

4.5.1 编制方案前，应对现场进行踏勘和资料调研，充分收集水文水利、环保、气象、地质、下垫面、市政设施、前期监测数据等资料。

4.5.2 编制流程应符合下列要求：

1 明确监测目标：监测目标应包含积水内涝、水体环境质量与污染控制、热岛效应、地下潜水水位等；

2 资料收集：资料收集内容应包含排水管渠等设施、城市水体、地形地貌、下垫面构成、既有监测资料等，据此明确汇水和排水分区边界；

3 确定监测内容：监测内容应包含项目与设施、管网、水体等监测对象、点位、指标；

4 明确监测方法：明确设备选型、安装点位、数据采集方法；

5 监测设备安装与管理：应包括设备测试和校准、设备维护等内容；

6 数据收集与分析：应包括数据校验、效果分析、目标支撑度评估等内容；

7 监测方案优化调整；

8 监测工作组织与质量保证。

4.5.3 项目与设施监测应符合下列要求：

1 监测的对象应包括建筑小区类源头减排项目、下游集中调蓄项目、易涝点所在项目(道路、建筑小区等)、道路、停车场项目；

2 对各监测点的流量、水质进行连续同步监测；

3 应同步进行气象监测；

4 可对项目或周边的地下(潜)水位进行监测；

5 设施监测点位除进水口与溢流排水口外，应根据不同类型设施构造特点、径流量与

水质控制原理确定监测点位和监测内容；

- 6 应对连续实际降雨进行长历时监测，并选取典型实际降雨下的监测数据进行分析。

4.5.4 管网监测应符合下列要求：

- 1 监测的对象应包括排水分区内市政管网的末端排放口，可对上游关键节点进行监测，可考虑布置在重要集中调蓄设施或泵站的上下游、主干管线的支线接入点等流量可能发生剧烈变化的位置；

- 2 监测内容包括水位和流量，并需要同步对水质进行监测；

- 3 管网监测点上下游管网的拓扑关系、缺陷情况、运行工况等应清晰明确；

- 4 为减少设备投资和后期运行维修，在满足需求的情况下，可根据阶段性监测和长期监测计划设置轮换监测点。

4.5.5 水体监测应符合下列要求：

- 1 监测对象应包括河流、湖库等排水管网的受纳水体，水体的流域范围应涵盖所选的监测排水分区；

- 2 河流的监测内容应包括水质、流量和水位等；

- 3 湖库的监测指标应包括水质和水位等；

- 4 监测断面或点位应能反映水体的总体水质、流量或水位状况，有代表性，并考虑采样的方便可行性；

- 5 河流的监测断面应包括水体的上游和下游断面；

- 6 湖库的监测点位应包括主要河流与管渠排放口的汇入点、湖库中心点及出流点，当湖库等水体面积较小时，可仅在水体中心区域设置 1 个监测点；

- 7 应根据水体水质目标和主要污染源情况确定水质监测指标。

4.6 监测数据采集与分析

4.6.1 数据采集应符合下列要求：

- 1 宜建立可评估、可追溯的一体化监测管控系统，实现设备管理、数据查看、日志查询、统计分析、数据对比、报警信息等基本管理功能；

- 2 在线监测数据储存系统应具有足够的数据储存容量，可检索、可扩展，应及时进行数据备份和加密；

- 3 应记录降雨量、气温、湿度、气压、水位、水量、水质、土壤渗透系数、土壤湿度等监测数据及相应的监测时间；

- 4 应记录电源故障、校检、设备检修维护、仪器运行状态等设备数据；

- 5 应记录设施测试、校准与维护信息等相关数据。

4.6.2 数据校核与质量控制应符合下列要求：

- 1 降雨数据可采用与相邻雨量计监测数据进行交叉互检的方法进行校核；
- 2 流量监测数据可采用与计算值或相似降雨事件的监测数据进行比较的方法进行校核；
- 3 在线水位监测数据可采用与已知实际工程数据或人工观测数据进行比较的方法进行校核；
- 4 水位压力监测数据、土壤渗透系数等应通过气压、气温等监测背景值分析计算得出；
- 5 实验室或在线水质监测数据应对最大值、最小值等特征值进行校核。

4.6.3 数据应用可包括：

- 1 渗滞设施对排水分区外排峰值流量、峰现时间、径流体积、积水内涝的控制效果分析；
- 2 渗滞设施表层土壤或人工介质渗透能力、表层滞蓄空间的排空时间变化情况及对径流控制效果的影响；
- 3 监测年及各月的径流体积控制率、水量平衡分析；
- 4 下垫面的径流污染特征分析；
- 5 渗滞设施对排水分区径流污染的控制效果（EMC）；
- 6 水体水质的变化特征分析。

5 评价

5.1 评价内容

5.1.1 城市雨水控制利用系统建设效果评价应从项目建设与实施的有效性、能否实现海绵城市建设效果等方面进行评价。

5.1.2 城市雨水控制利用系统评价内容宜包括：

- 1 雨水年径流总量控制率及其径流体积控制，其确定方法见本标准附录 A；
- 2 源头减排项目实施有效性；
- 3 路面积水控制与内涝防治；
- 4 城市水体环境质量；
- 5 自然生态格局管控与城市水体生态岸线保护；
- 6 地下水埋深变化趋势；
- 7 城市热岛效应缓解。

5.1.3 考核内容应包括雨水年径流总量控制率及其径流体积控制、源头减排项目实施有效性、路面积水控制与内涝防治、城市水体环境质量、自然生态格局管控与城市水体生态岸线保护；城市热岛效应缓解宜作为考察内容；地下水埋深变化趋势可根据各地区实际情况确定为考核或考察内容。

5.1.4 城市雨水控制利用系统各评价内容的要求应符合现行国家标准《海绵城市建设评价标准》（GB/T 51345）的规定。

5.2 评价方法

5.2.1 雨水年径流总量控制率及其径流体积控制、源头减排项目实施有效性、路面积水控制与内涝防治、城市水体环境质量、自然生态格局管控与城市水体生态岸线保护、地下水埋深变化趋势、城市热岛效应缓解的评价方法应符合现行国家标准《海绵城市建设评价标准》（GB/T 51345）的规定。

5.2.2 除了对建筑小区、市政管网排水口旱天有无污水直排现象进行现场检查的方法进行评价外，还应对餐饮商铺或摊位有无直接向水体、雨水口、绿地或路面等倾倒污水现象进行现场检查评价。

附录 A 雨水径流总量控制率研究及其应用

A.0.1 确定雨水年径流总量控制率的意义

自然下垫面通过入渗、滞蓄、净化等功能对雨水径流起到控制作用，即自然下垫面具有“海绵”效应，像海绵一样具有吸水、蓄水、渗水、净水、释水的功能。

地球系统中的水文循环主要包含蒸发（腾）、水汽输送、降水、径流等过程，在城市区域空间尺度，水文循环过程主要反映在降水与径流。传统城市开发建设模式，由于下垫面的过度硬化，导致雨水径流特征发生变化，破坏了水的循环路径，对城市水生态、水环境、水资源等造成巨大影响，也放大了灾害风险。城市开发建设对水文循环过程的影响主要在于径流，城市雨水控制利用系统建设的目的是要在城市建设区域空间内保护和恢复自然的水文特征，其实质是恢复原始雨水径流状态，其核心在于控制径流。

雨水年径流总量控制率是控制的降雨径流量与年降雨总量的比值，反映了通过自然与人工强化措施控制降雨径流的程度。在自然状态下，大到暴雨时（小概率降雨事件）易形成地表径流；而在中小降雨时（大概率降雨事件）较少形成大量的地表径流，主要是通过下垫面入渗、滞蓄等作用对雨水径流进行控制。因此，首先应控制高频率的中小降雨径流。依据多年降雨资料，可导出雨水径流总量控制率与降雨深度的对应关系，依此可确定设计降雨深度，作为雨水径流控制设施规模设计的关键参数。

A.0.2 雨水年径流总量控制率指标的确定

根据所在区域自然状态下的降雨径流系数确定雨水年径流总量控制率，即

$$\text{雨水年径流总量控制率} = 1 - \text{径流系数} \quad (\text{A.0.2})$$

干旱少雨地区，自然渗透能力强，雨水年径流总量控制率尽可能取上限值；在多雨地区，地下水位高、渗透能力差，可取下限值。在雨水资源化利用需求较大的西部干旱半干旱地区，可根据经济发展条件适当提高径流总量控制目标，雨水年径流总量控制率的取值范围在 85%~90%；对于广西、广东及海南等南方沿海地区，由于极端暴雨较多，可适当降低径流总量控制目标，雨水年径流总量控制率的取值范围在 60%~85%。

A.0.3 雨水年径流总量控制率与设计降雨深度的关系

根据多年（不少于 30 年）24h 降水资料，扣除小于等于 2mm 的降雨量数据和全部降雪数据，以 24h 降雨量作为一次降雨事件，绘制“场降雨事件与降雨量”的关系曲线（图 A.0.3-1），横坐标为多年（不少于 30 年）降雨事件（按 24h 降雨量由小到大排序）的累计数，纵坐标为相应降雨事件的降雨量。

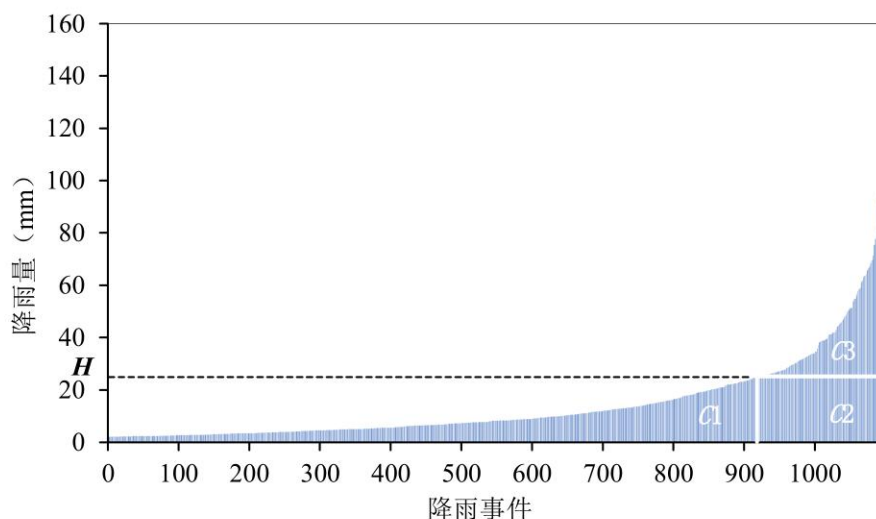


图 A.0.3-1 降雨事件与降雨量关系曲线示意图

根据该曲线可求得雨水年径流总量控制率 α 所对应的设计降雨深度 H 。 $\alpha = (C_1 + C_2) / (C_1 + C_2 + C_3)$ 。

根据图 A.0.3-1 曲线，可导出系列雨水年径流总量控制率 α 与设计降雨深度 H 的关系曲线（图 A.0.3-2）。

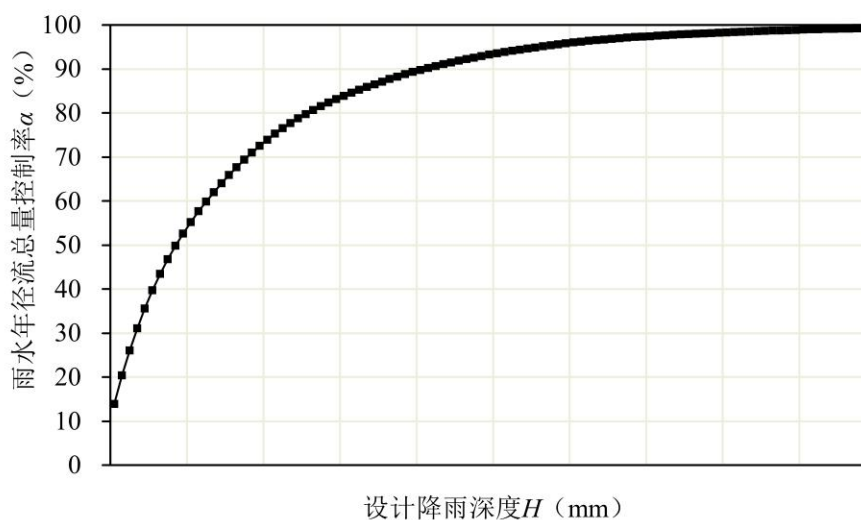


图 A.0.3-2 雨水年径流总量控制率 α 与设计降雨深度 H 的关系曲线示意图

A.0.4 降雨径流控制体积的计算

根据雨水年径流总量控制率所对应的设计降雨深度，以及项目控制区面积，计算得到需控制的径流体积，以此作为径流控制设施的设计规模。

A.0.5 雨水径流污染控制

国内外大量研究和实践表明，中小降雨径流产生的径流污染负荷较大，径流污染变化的随机性和复杂性也较大，径流污染一般通过径流体积进行控制。

雨水径流污染源主要与大气降尘、汽车尾气、下垫面特征等有关，成分较为复杂，其中，SS 往往与其他污染物指标具有一定的相关性，故可用 SS 作为径流污染物控制指标。某城市下垫面 SS 浓度随降雨深度的变化曲线如图 A.0.5-1 所示。

根据 SS 浓度与降雨深度的变化曲线，可导出 SS 负荷率 L （降雨深度累计产生的 SS 负荷/场降雨产生的 SS 总负荷）与降雨深度的关系曲线（图 A.0.5-2）。根据径流控制设施的 SS 浓度削减率 β （与设施类型和构造等相关），可进一步得到 SS 总量削减率 L' 与设计降雨深度的关系曲线（图 A.0.5-3）， $L'=L\cdot\beta$ 。据此可知，可通过源头径流体积控制达到径流污染控制目标。

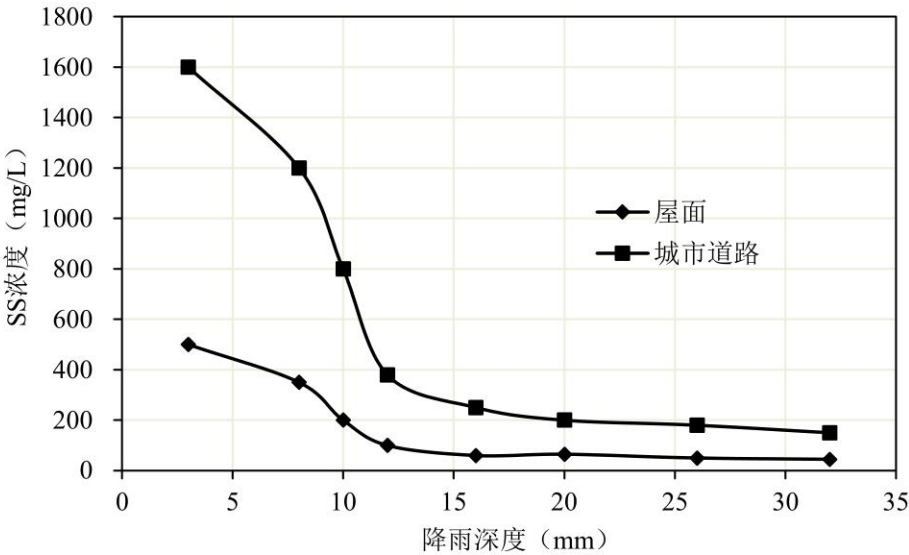


图 A.0.5-1 道路与屋面的 SS 浓度与降雨深度关系曲线（根据某场降雨监测数据）

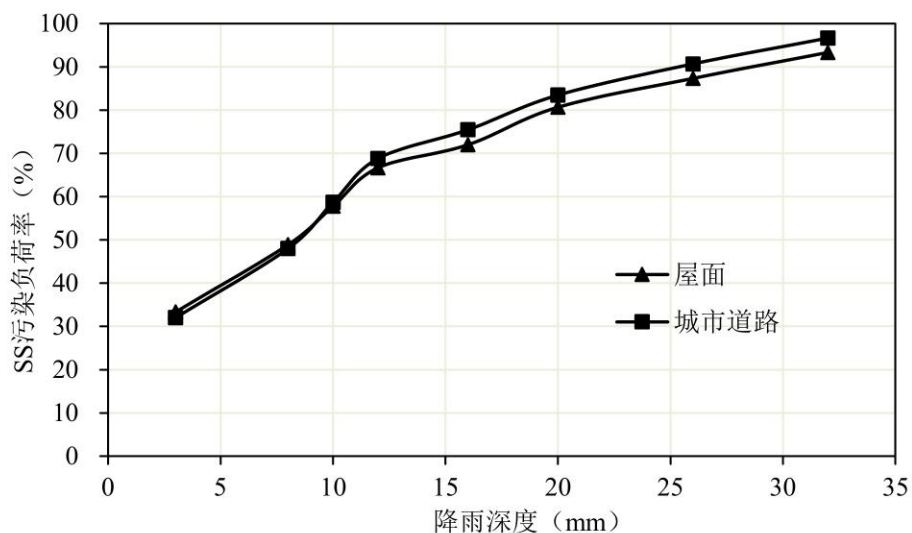


图 A.0.5-2 道路与屋面的 SS 污染负荷率与降雨深度关系曲线（根据某场降雨监测数据绘制）

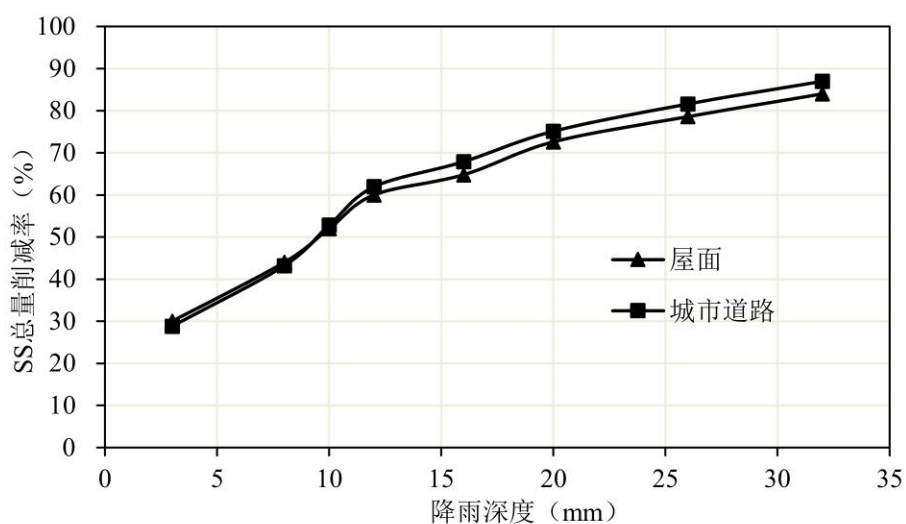


图 A.0.5-3 道路与屋面的 SS 总量削减率与降雨深度关系曲线（根据某场降雨监测数据绘制， $\beta=90\%$ ）

A.0.6 雨水场径流总量控制模拟及其应用

1) SWMM 水文模型构建

根据研究区域地形地貌条件，结合建筑、道路和绿地分布情况，遵循模型概化原则，将研究区域划分成不同的子汇水区（图 A.0.6-1）。

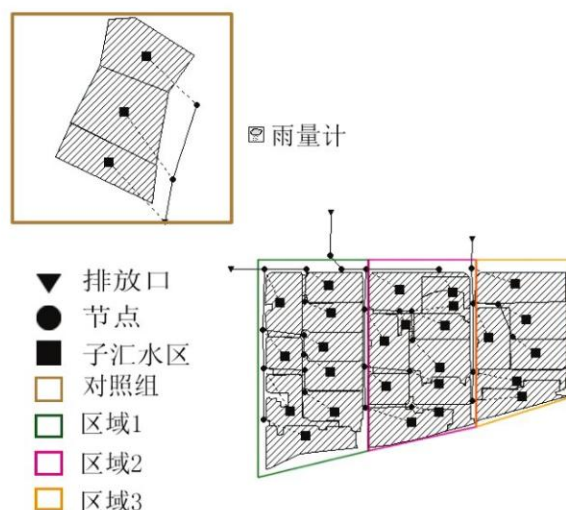


图 A.0.6-1 某区域 SWMM 模型概化图

2) 参数设置

SWMM 水文模型正常运行所需参数主要有气候参数、水文参数、水力参数和水质参数。各项控制参数根据实测资料和参数率定得到；部分参数如无实测值，可根据 SWMM 用户手册和本地研究文献初选参数值，并在合理的范围内对该值进行率定校核。

SWMM 模型中子汇水区参数主要包括面积、特征宽度、不透水百分比、渗透性和不透水性曼宁值、不透水性和渗透性洼地蓄水、下渗和土地利用。SWMM 模型中，子汇水区特征宽度通常为面积除以流长，也可近似用边界上距离出口最远的某个折点来计算流长。特征宽度在合理的范围内时对模拟精度影响较小。如无实测值，可参照 SWMM 用户手册参数范围（表 A.0.6-1～表 A.0.6.3）初选，再利用实测降雨径流数据在合理的范围内对参数值进行率定。

表 A.0.6-1 洼地储蓄深度

类型	深度（mm）
不透水表面	0.127～0.254
草坪	0.254～0.508
牧场	0.508
森林枯枝落叶层	0.762

表 A.0.6-2 坡面汇流的曼宁系数 n

表面	曼宁系数 n
矮草地	0.15
密集草	0.24

狗牙草	0.41
疏灌木丛	0.4
密灌木丛	0.8
平滑沥青面	0.011
平滑水泥面	0.012

表 A.0.6-3 管道曼宁系数值

材料	类型	曼宁系数 n
铸铁管	闭合导管	0.011~0.015
混凝土管	闭合导管	0.011~0.015
塑料管	闭合导管	0.011~0.015
混凝土	衬砌管道	0.011~0.020
平滑沥青面	表面	0.011
平滑水泥面	表面	0.012

3) 参数率定

根据用户手册和文献资料确定未知参数数值的初始设定值,调整未知参数值进行模型模拟计算,观察其对模拟结果和目标函数变化的影响程度。根据 Morris 筛选法不断调整敏感参数值进行模型模拟计算,直到模拟结果与实测值之间的误差满足水文预报要求。

4) 模型校核 (图 A.0.6-2)

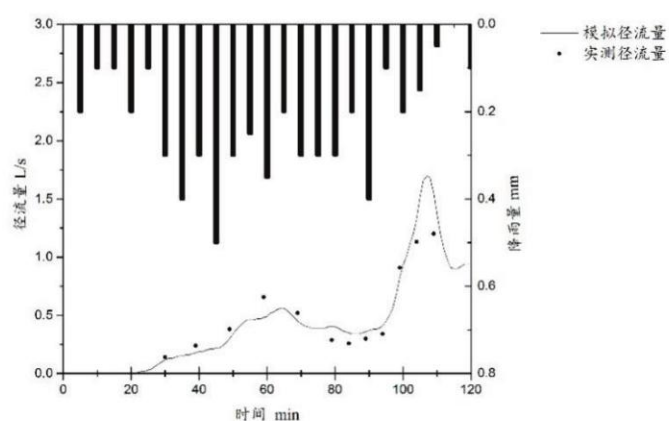


图 A.0.6-2 某地区场降雨径流实测值与模拟值

雨洪过程模拟精度一般采用 Nash-Sutcliffe 确定性系数表示，：

$$N_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{0i} - Q_{si})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{0i} - \overline{Q_0})^2} \quad (\text{A.0.6-1})$$

式中：\$Q_{0i}\$ 为汇水区第 \$i\$ 时刻出口流量实测值，L/s；\$Q_{si}\$ 为汇水区第 \$i\$ 时刻出口流量模拟值，L/s；\$\overline{Q_0}\$ 为汇水区出口流量实测值均值，L/s；\$N\$ 为径流过程的时段数。

我国国家标准《水文情报预报规范》(GB/T 22482)规定：\$N_s \geq 0.7\$，率定所得模型参数有效，模拟计算结果才可用于规划设计与预报。

5) 场径流总量控制 (图 A.0.6-3)

海绵城市建设中年径流总量控制率是制定海绵城市建设方案和考核海绵城市建设效果的重要指标，年径流总量控制率是指场地内累计全年得到控制（不外排）的雨水量占全年总降雨量的比例，即年径流总量控制率为 100% 减去全年外排的径流雨量占全年总降雨量的比例。针对场降雨事件，场径流总量控制率计算如下式所示：

$$C = \frac{R-D}{R} \times 100\% \quad (\text{A.0.6-2})$$

式中：\$C\$ 为场径流总量控制率，%；\$R\$ 为总降雨量，mm；\$D\$ 为总径流深，mm。

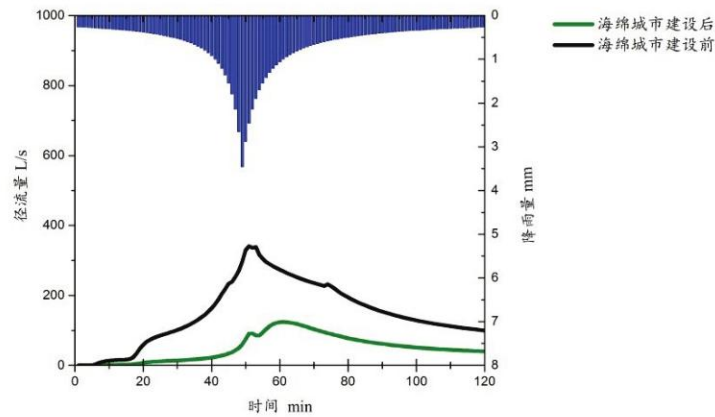


图 A.0.6-3 某地区城市雨水控制利用系统建设前后场降雨径流模拟

本标准用词说明

- 1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应该这样做的用词：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做的用词：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件可以这样做的用词：
正面词采用“可”；反面词采用“不可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《海绵城市建设评价标准》GB/T 51345
- 2 《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GB/T 51187
- 3 《城镇污水水质检验方法标准》CJ/T 51
- 4 《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91
- 5 《水质 采样方案设计技术规范》HJ 495

山东省工程建设标准

城市雨水控制利用系统监测及评价 技术标准

DB37/T 5206—2021

住房和城乡建设部备案号：J XXXXX—2021

条文说明

目 次

1	总则.....	30
2	术语.....	32
3	基本规定.....	33
4	监测.....	34
5	评价.....	35

1 总 则

1.0.1 制定本标准的意义和目的。

海绵城市，是新一代城市雨洪管理的概念，是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的弹性。海绵城市国际上也被称为低影响开发（LID），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，实现雨水在城市中自由迁移。

2014 年 12 月 31 日，根据习近平总书记关于“加强海绵城市建设”的讲话精神，财政部、住房城乡建设部、水利部决定开展中央财政支持海绵城市建设试点工作。

国务院办公厅 2015 年 10 月印发《关于推进海绵城市建设的指导意见》，部署推进海绵城市建设工作。

《关于推进海绵城市建设的指导意见》指出，建设海绵城市，统筹发挥自然生态功能和人工干预功能，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式，有利于修复城市水生态、涵养水资源，增强城市防涝能力，扩大公共产品有效投资，提高新型城镇化质量，促进人与自然和谐发展。

海绵城市是推动绿色建筑建设，低碳城市发展，智慧城市形成的创新表现，是新时代特色背景下现代绿色新技术与社会、环境、人文等多种因素下的有机结合。海绵城市建设应遵循生态优先等原则，将自然途径与人工措施相结合，在确保城市排水防涝安全的前提下，最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化，促进雨水资源的利用和生态环境保护。在海绵城市建设过程中，应统筹自然降水、地表水和地下水的系统性，协调给水、排水等水循环利用各环节，并考虑其复杂性和长期性。

建设海绵城市就要保护和建设城市海绵体。城市海绵体既包括河、湖、池塘、湿地等天然水体，也包括下凹绿地、雨水花园等人工修建的可对雨水进行控制并加以利用的城市雨水控制利用系统。雨水通过这些海绵体下渗、滞蓄、净化、回用，从而可有效提高城市排水系统的标准，缓减城市内涝的压力。

《关于推进海绵城市建设的指导意见》明确，通过海绵城市建设，最大限度地减少城市开发建设对生态环境的影响，将 70% 的降雨就地消纳和利用。到 2020 年，城市建成区 20% 以上的面积达到目标要求；到 2030 年，城市建成区 80% 以上的面积达到目标要求。

2015 年 4 月以来，国家先后公布两批中央财政支持海绵城市建设试点。山东省 2016 年也启动海绵城市省级试点建设，确保到 2020 年全省城市建成区 25% 以上的面积实现海绵城市改造。因此为便于科学管理，特制定本标准以推进海绵城市建设，保证海绵城市建设效果，规范城市雨水控制利用系统的监测和评价。

1.0.2 规定了本标准的适用范围。

1.0.3 规定了城市雨水控制利用系统建设的宗旨、技术路线与方法。

传统城市开发建设模式下，建筑及交通用地需求急剧增大，城市下垫面不透水比例持续显著增加，水的循环路径遭到破坏，城市水文特征发生变化，水生态、水环境和水资源等受到巨大影响，灾害风险发生的频率增加。通过城市雨水控制利用系统建设，构建水源涵养型城市生态下垫面，强化雨水径流管控，能最大限度维持城市开发前后自然水文特征不变，修复水生态、保护水环境、涵养水资源、提高城市防灾减灾能力。

传统做法过度依靠管网进行排水，切断了雨水的径流过程，使城市下垫面对雨水径流的滞蓄、渗透和净化的功能丧失，自然的海绵体功能消失。城市雨水控制利用系统建设改变了传统的技术路线和方法，充分发挥自然下垫面海绵体功能，既能缓解生态、环境、资源的压力，又能通过灰绿结合，降低工程造价和运维成本。

技术路线由传统的“末端治理”转为“源头减排、过程控制、系统治理”；管控方法由传统的“快排”转为“渗、滞、蓄、净、用、排”，通过控制雨水的径流冲击负荷和污染负荷等，实现城市雨水控制利用系统建设的综合目标。

2 术 语

2.0.1 雨水年径流总量控制率是城市雨水控制利用系统建设的核心评价指标。

中小降雨事件发生的频率高，累计降雨量占年均总降雨量的比例大，带来一定的雨水径流冲击和大量的污染负荷。雨水年径流总量控制率指标能体现对大量中小降雨事件的控制水平，对维系生态本底水文特征的原真性，实现城市雨水控制利用系统建设的综合目标具有重要意义。

2.0.2 雨水场径流总量控制率能够反映不同强度、类型场降雨事件下城市雨水控制利用系统的雨水径流控制效果。

2.0.3 采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等综合方法达到城市雨水控制利用系统雨水径流控制要求的建设项目或其包含的一个或若干设施所服务的汇水范围。

2.0.4 城市水体包括但不限于城市排水系统的各类受纳水体，但不包括建筑小区内的水体。

2.0.5 海绵城市表明城市可以像海绵一样具有“吸水”和“释水”功能，主要指城市能够截留和积蓄部分或很大部分的降水。海绵城市要想实现这一功能，就需要大量的海绵体，而海绵体正是指一个个吸水和释水的天然场地或者人工修建的设施（单体），是海绵城市的重要组成部分。城市原有或规划新建设的城中河、池塘、湖泊，以及人工修建的屋顶绿化、透水铺装、下凹式绿地、雨水收集利用设备等基础设施，具有对雨水的吸纳、蓄滞和缓释作用，均是构成“海绵城市”这一块“大海绵”的海绵体。

3 基本规定

3.0.1 规定了城市雨水控制利用系统建设效果的评价原则和评价结果。

城市雨水控制利用系统建设应以解决城市内涝、雨水资源流失、水体黑臭等问题为突破口，优先选择城市积水内涝、水体污染等问题突出的排水或汇水区域，推进区域整体治理，逐步实现“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”。可根据积水点、污废水排水口和合流制溢流排水口上溯，科学划定排水分区并制定城市雨水控制利用系统建设方案。

城市建成区面积以《中国城市统计年鉴》评价年的数据为准。

3.0.2 规定了项目实施有效性评价中监测项目的选择。

为了节约评价成本和时间，提高评估效率，选择具有典型代表性的项目进行监测评价，借此可以总结当地城市雨水控制利用系统建设的典型做法，也为水文水力模型评价的参数率定与验证提供数据支撑。

监测的典型项目类型主要包括建筑小区、道路、停车场及广场、公园与防护绿地。其中，所选建筑小区类监测项目宜涵盖居住、商业和工业用地等用地类型。可在典型项目内选择对应汇水范围明确，且进出水设施便于安装水量、水质监测设备的单项设施进行监测。

典型监测项目的选择宜符合以下原则：①对解决排水分区内的积水、径流污染等问题具有较显著贡献；②项目采用的技术措施和规模具有代表性；③管网资料齐全，对管网缺陷进行检测并完成修复（如清淤等）工作。

3.0.4 规定了城市雨水控制利用系统建设效果的评价依据。

水文特征具有丰水年、平水年、枯水年三个典型特征年份，但其水文变化是以年为一个周期，故本标准要求进行至少一年的连续监测。

城市雨水工程基于统计学意义上的城市水文进行设计，实际降雨径流量、水质的随机性与不确定性均很大，采用实际暴雨或大量监测来评估工程设施的建设成效是不现实的，故采用现场监测与水文模型模拟、图纸查阅和现场检查相结合的方法对城市雨水控制利用系统建设效果进行综合评价。

4 监测

4.1.1 规定了城市雨水控制利用系统建设的具体监测内容。

城市雨水控制利用系统建设通过源头减排、过程控制和系统治理的方式较好地模拟自然水循环，维持和保护土地开发前的自然水文状态，调节和改善城市雨水—径流关系，改善径流水质，从而实现区域的可持续发展。应结合数据监测和数值模拟方式，科学评估设施对项目、排水分区外排峰值流量、峰现时间、径流体积、积水内涝的控制效果；渗滞设施表层土壤或人工介质渗透能力、表层滞蓄空间的排空时间变化情况及对径流控制效果的影响；监测年及各月的径流体积控制率、水量平衡分析；下垫面的径流污染特征；设施及其对项目、排水分区径流污染的控制效果（EMC）；水体水质的变化特征。

通过恢复自然径流过程，来实现城市雨水控制利用系统建设的目标。监测主要包括监测点位、监测方案、监测方法和监测数据采集与分析四部分内容，对径流体积、峰值流量、频率和水质等进行科学有效的监测，是城市雨水控制利用系统监测的主要内容。

4.2.1 典型海绵体包括下沉绿地、透水铺装、植草沟、雨水花园等具有雨水调蓄功能的低影响开发设施。

5 评价

5.1.1 规定了城市雨水控制利用系统建设的具体评价内容。

5.1.2 恢复自然径流过程，是城市雨水控制利用系统建设的目标。自然径流过程的评价主要从径流体积、峰值流量、频率、水质等四方面来进行，也是城市雨水控制利用系统建设评价的主要内容。

1.雨水年径流总量控制率及其径流体积控制

雨水年径流总量控制率是城市雨水控制利用系统建设径流体积控制设计的重要参数，其确定方法与应用见本标准附录 A。

城市新建区应以维系生态本底条件下的水文特征为原则确定径流体积控制目标；城市建成区应以解决城市积水和内涝、径流污染等问题为出发点，根据改扩建条件，经技术经济比较确定径流体积控制规模，有条件的建成区，在以问题为导向的基础上，参照新建区标准确定径流体积控制目标，最大限度地维系生态本底条件下的水文特征。

2.路面积水与内涝防治

通过径流控制、源头减排能够达到削减降雨径流峰值和错峰的效果，以缓解管渠的排水、除涝压力，同时也可利用下垫面的滞蓄功能和山水林田湖草的协同效应缓解内涝压力。

通过城市雨水控制利用系统建设，灰绿结合的措施手段，使城市雨水排水及内涝防治工程设计应符合《室外排水设计规范》（GB 50014）、《城镇内涝防治技术规范》（GB 51222）、《城市防洪工程设计规范》（GB/T 50805）、《城市排水工程规划规范》（GB 50318）与《城市水系规划规范》（GB 50513）的规定，有效应对与雨水管渠设计重现期、内涝防治设计重现期标准相当的暴雨事件。

3.城市水体环境质量

雨水径流污染是城市水体污染的主要污染源之一，通过城市雨水控制利用系统建设措施对径流污染进行控制，一方面可以缓解径流污染的压力，另一方面也有利于从源头解决管网错接、混接等雨污分流难的问题。

黑臭水体治理的技术路线：控源截污、内源治理、生态修复、活水保质、长“制”久清，城市雨水控制利用系统建设在控制径流污染与水质净化、岸线生态修复以及活水保质等方面都能发挥其应有的作用，灰绿结合，有利于降低工程造价和运维成本。

我国不同地区城市降雨特征、合流制管网运行情况、受纳水体水环境容量、溢流污染本底情况等差异较大，合流制溢流污染控制工程经验和数据积累尚不足，本标准在总结美国合流制溢流污染控制经验做法的基础上，结合我国国情，提出合流制溢流污染控制标准。

美国以调蓄措施为主的合流制溢流污染控制标准主要为年均溢流频次、年均溢流体积削减率；以处理措施为主的控制标准主要为年均溢流污染物 SS 总量削减率与浓度排放限值、

大肠杆菌浓度排放限值等。美国多个州年均溢流频次控制标准为 4~6 次；美国波特兰市年均 SS 总量削减率不低于 70%，月均 SS 排放浓度不超过 45mg/L，西雅图市年均 SS 总量削减率不低于 50%，年均可沉降悬浮固体（Settleable Solids）排放量不超过 0.3mL/L/h，月均大肠杆菌排放浓度不超过 400CFU/100mL。我国南方某城市雨水控制利用系统建设试点城市年均溢流频次控制标准为不超过 15 次（控制前年均溢流频次为 140 次，削减率约为 89%）。

除水体不黑臭的基本要求外，通过城市雨水控制利用系统建设，水环境质量应有所改善，但对于雨天，总有极端暴雨导致的合流制溢流污染及分流制径流污染发生，因此，本标准对上下游断面水质变化的要求只针对旱天。

4.项目实施有效性

（1）建筑小区：建筑小区应结合地形地貌进行竖向设计，尽可能采用地面汇流方式恢复或畅通雨水径流，实现“渗、滞、蓄、净、用”径流过程，控制屋面、道路、停车场、广场等的雨水径流。采取断接排水管网和减少排水口的方式，使雨水径流达到控制要求后，溢流排入到市政管网。

对于湿陷性黄土、地下水位埋深不足 2m、渗透能力不足 0.001m/d 等区域，可渗透地面率指标不做硬性评价。

（2）道路、停车场及广场：由于硬质铺装较多，是快速形成雨水径流，导致排水集中、内涝和径流污染的重要区域。因此应通过城市雨水控制利用系统建设措施控制径流体积、峰值流量和污染，减轻对城市生态和环境的影响。对于新建项目，应采用除砂和悬浮物、生态处理等多种方式控制道路、停车场及广场雨水径流污染；对于改扩建项目，可参照新建项目要求控制径流污染。

（3）公园与防护绿地：新建与改扩建项目控制的径流体积不得低于雨水年径流总量控制率 90%对应计算的径流体积。除城市建成区内的公园与防护绿地外，还应充分保护和利用湿地公园、郊野公园等区域绿地对区域雨水径流进行管控。山地公园及改扩建公园不具备接纳周边区域雨水径流时，不做硬性评价。

5.自然生态格局管控与水体生态岸线

水体生态岸线可作为城市排水系统末端重要的截污净化空间。此外，生态岸线建设也是水体生态修复的内容之一，生态修复还包括生态基流恢复、生物多样性恢复及其生境营造等复杂的内容，因此，对于生态修复项目，水体生态岸线建设不应过于简单化。

6.地下水埋深变化趋势

城市不透水铺装切断了雨水径流通道，减少了雨水的下渗量，导致地下水位下降、地下水补给减少，城市雨水控制利用系统建设可使雨水径流充分回补地下或经处理后回补河道，维系河道基流。

7.城市热岛效应

城市雨水控制利用系统建设通过增加可渗透地面与自然植被、修复水文循环、增加生态

基流，对缓解城市热岛效应有重要作用。

5.1.3 规定了城市雨水控制利用系统建设的考察内容与考核内容。

城市热岛效应形成的主要影响因素包括城市硬化下垫面的增加、自然植被的减少、机动车尾气排放等人类活动产生的热排放、区域气候变化的影响等。城市雨水控制利用系统建设引导在城市开发过程中更好地保护自然植被，增加可渗透下垫面，可以对城市热岛效应产生有效的缓解，但仍受到工业、交通等人类活动、气候等其他因素的影响，存在一定的不确定性，因此将其作为引导性的考察内容。

虽然地下水位的变化同时受到水文地质条件、人类活动、气候变化、季节等多重因素的影响，但是一般来说，如果没有人类的开采和城镇化带来的地表硬化的话，地下水位变化是相对平稳的。城市雨水控制利用系统建设增加城市可渗透地面面积，回补地下水，可以有效缓解部分城市存在的地下水位下降的问题。因此，对于济南这种需要严格地下水保护的城市可将地下水位的变化列为考核内容，对于一般城市也可将其列为考核内容。

城市雨水控制利用系统建设对缓解地下水位下降具有重要作用，但同时由于城市地下水位与热岛效应受到多重因素的影响，存在一定的不确定性，因此将其作为引导性的考察内容。

5.2.1 城市水体环境质量监测断面、监测点、采样点等还应符合《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）、《水质 采样方案设计技术规定》（HJ 495）的规定。城市热岛效应也可采用红外遥感监测进行评价。