

海绵城市的内涝防治体系与设计

隋 军 博士 研究员 技术总监

广州市创景市政工程设计有限公司

广东首汇蓝天工程科技有限公司

广东首汇智慧水务有限公司

2026年4月

目录

01

自然与城市环境的径流及内涝

02

绿-灰-蓝耦合的海绵城市
内涝防治体系及设计

03

案例分析

1.1、自然与城市水文特性

自然区域：不可渗透下垫面占比 5~10%，径流系数0.05~0.50，降雨渗入比0.50~0.95，地面径流；

城市区域：不可渗透下垫面占比40~90%，径流系数0.5~ 0.85，降雨渗入比0.15~0.45，管网排水。



1.2 城市内涝与地面排水

中小雨
街道收集管道排水



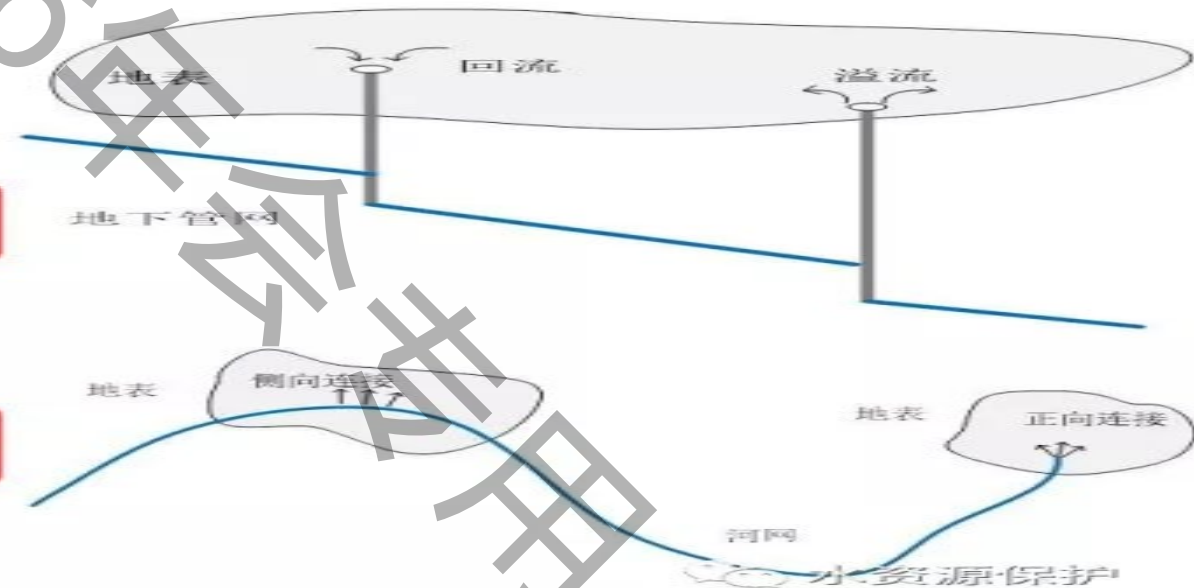
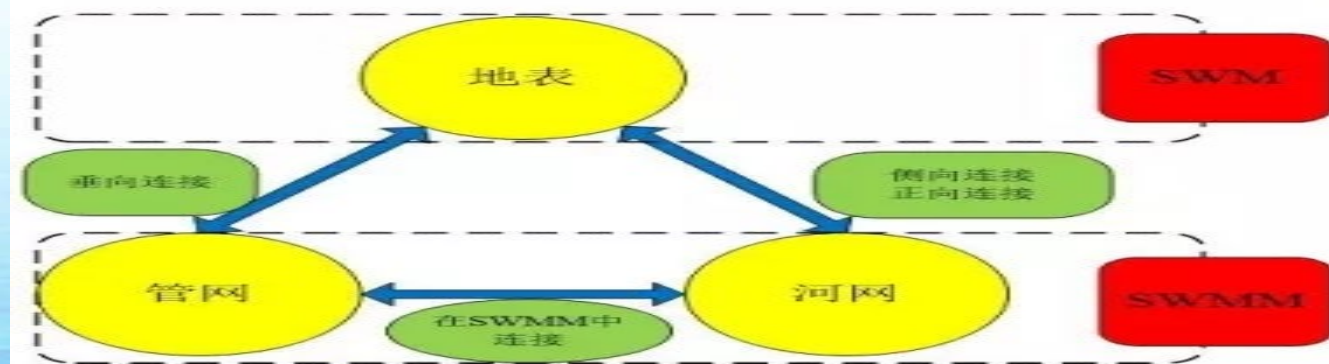
大雨内涝
街道管道双排水



特大暴雨应急抢险
道路排水为主



地表排水管网耦合模型



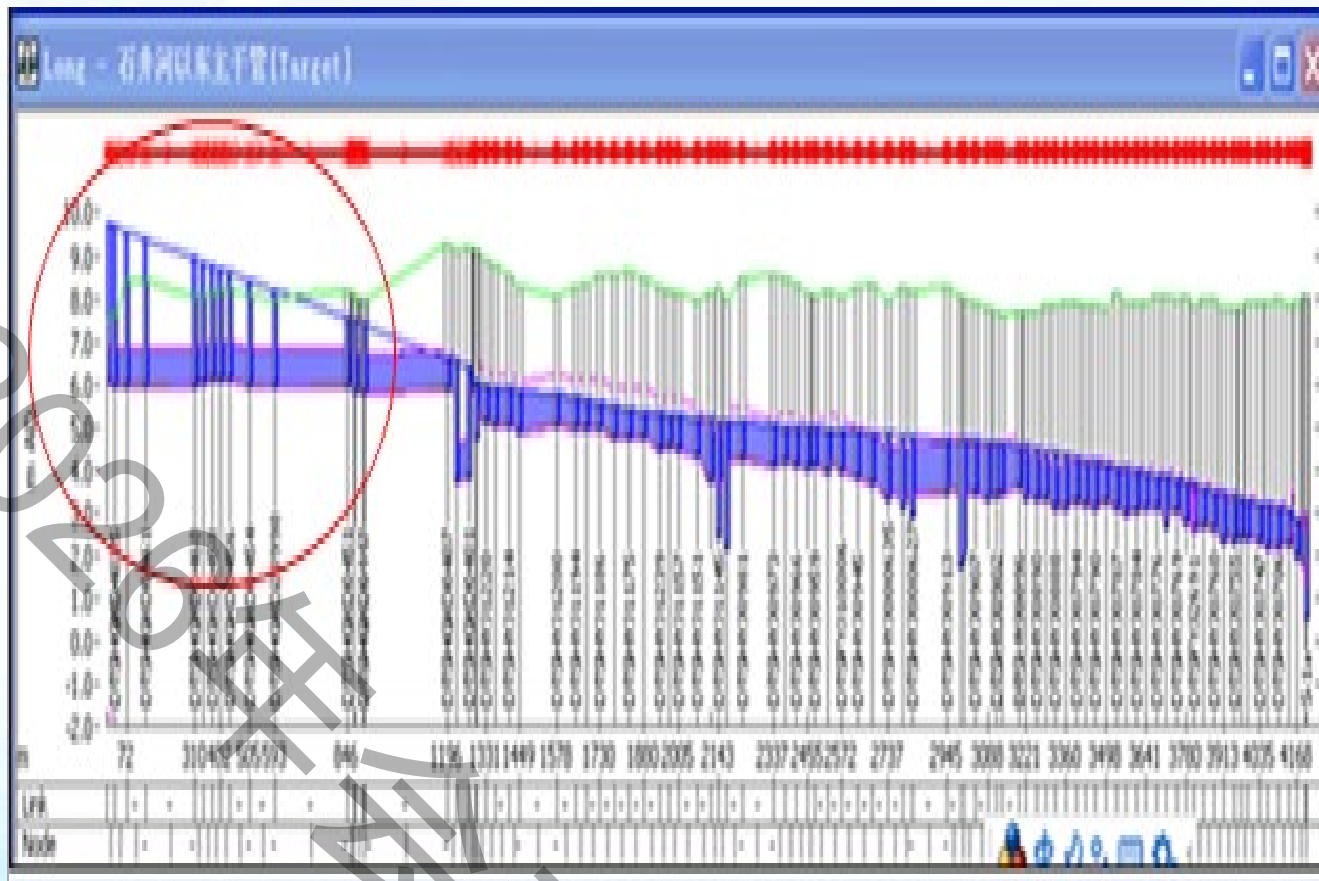
1.3内涝

内涝:

当地降雨、地面积水、影响生活。

成因:

- ① 本地雨量过大;
- ② 上游来水过多 (进入城区排水系统);
- ③ 进 (排) 水 (雨水算及明渠入口) 能力不足;
- ④ 输送能力不足 (管道及明渠阻力或高程问题);
- ⑤ 出水能力不足 (出水管、泵或水位高程问题);
- ⑥ 调蓄系统不足或不匹配;
- ⑦ 运行调度问题 (气象、水文、调度等问题)。



02

源头减排、排水管渠、排涝除险耦合的内涝防治系统设计

二 海绵城市建设排水防涝体系及设计

2.1 海绵城市排水防涝体系

海绵城市：建立源头减排（绿）、排水管渠（灰）、排涝除险（蓝）耦合的现代城市排水防涝、径流污染控制体系。

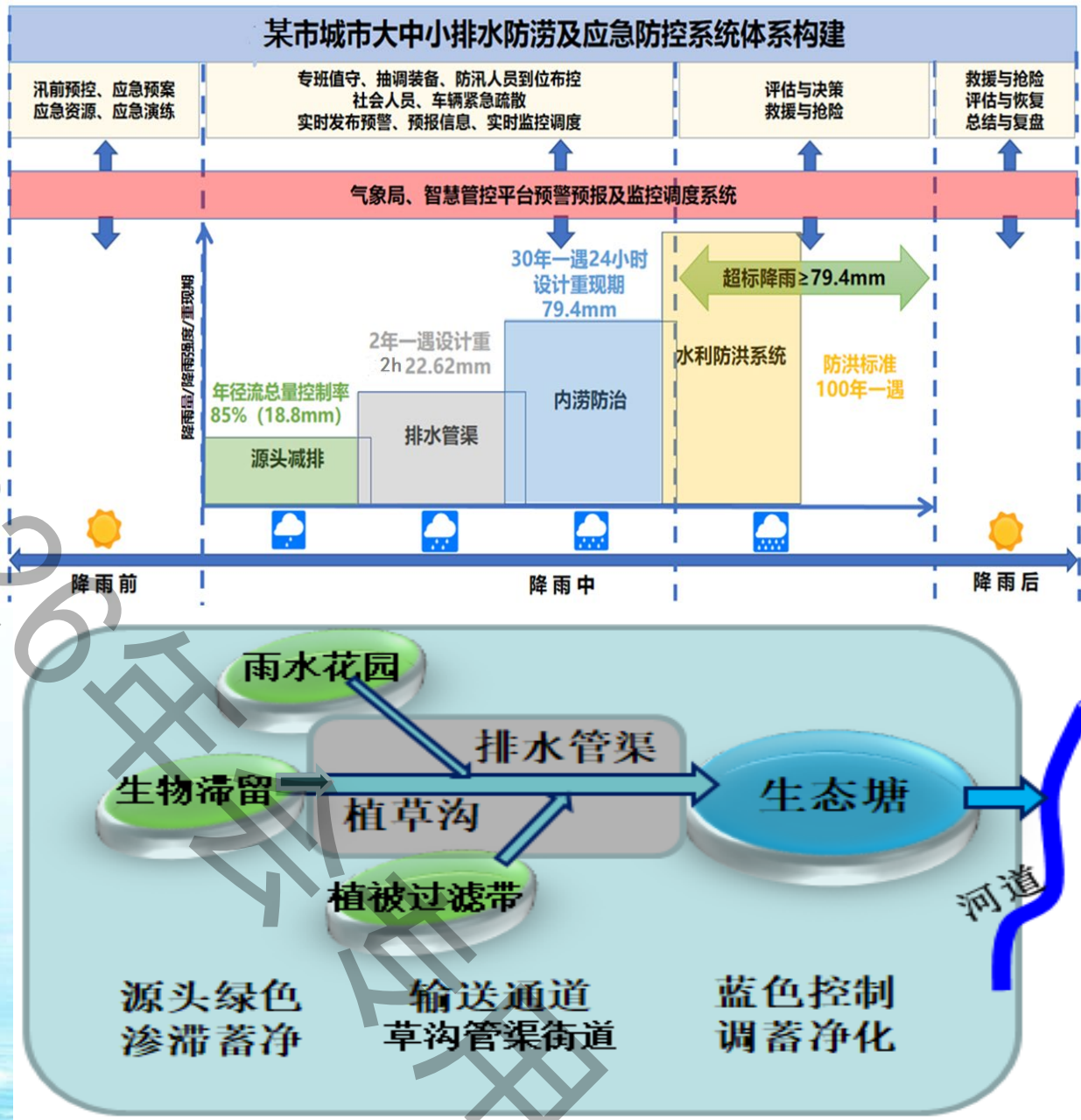
通过源头、过程、末端不同环节和尺度的综合施策，实现对城市雨水径流总量、峰值、污染等多重目标的控制。

源头减排设施（即绿色“微排水系统”）：源头减排设施主要应对大概率低强度的中小降雨，以径流总量控制率作为规划控制指标；

市政排水管渠（即灰色“小排水系统”）：主要应对较小概率短历时的强降雨，以满足一定强度降雨事件的排水安全要求为规划设计控制指标；灰色 绿色

排涝除险系统（即蓝色“大排水系统”）：是为应对小概率长历时的超强降雨，以满足城镇内涝防治规划设计重现期标准的要求为控制指标，为超出源头减排和排水管渠设施承载能力的雨水径流提供行泄通道、调蓄和最终出路以实现防治内涝等任务，保障城市具有能有效应对强降雨的内涝防治综合能力。

应急抢险措施：当预测发生超出内涝控制标准对应的降雨事件（长历时降雨，泛洪区淹水）的风暴降雨应启动应急防范抢险措施防范除险。



2.2 海绵城市内涝防治体系的设计条件与标准

1) 设计条件与标准

◆ 降雨与径流及水体

◆ 体系:

源头减排设施（绿色“微排水”）-径流总量控制；

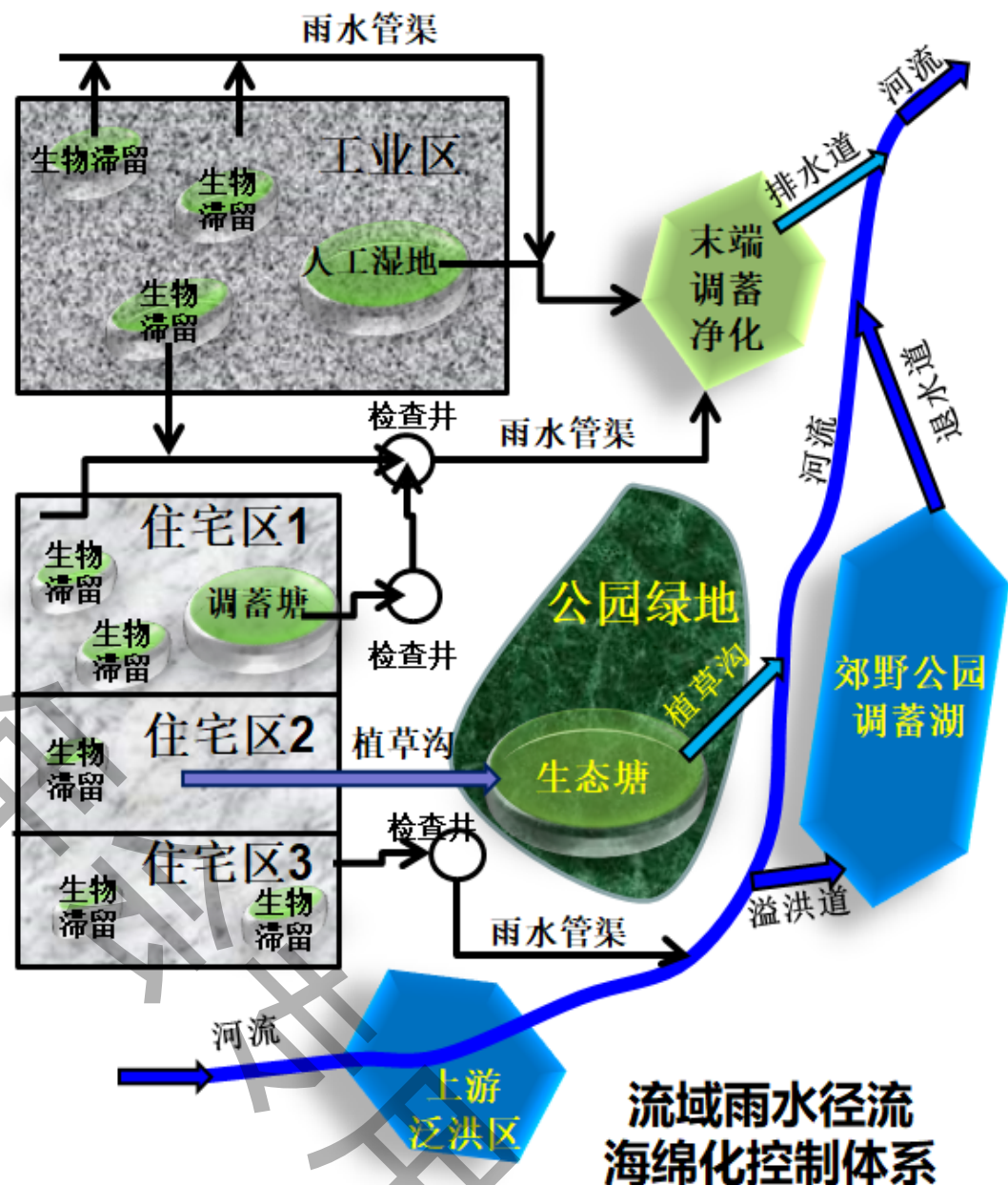
市政排水管渠（灰色“小排水”）-管渠标准；

排涝除险控制（蓝色“大排水”）-内涝标准。

◆ 耦合（源头减排、过程控制、系统治理）

◆ 城市排水防涝、面源、溢流污染控制，
生态基流、补地下水、雨水资源---

耦合



2) 完整排水系统组成



排水系统	设施分类	排水系统完整设施配置	主要功能
一、 源头收集	雨水收集	1. 雨水口;2. 屋面雨水斗+立管;3. 初期雨水弃流设施;4. 源头减排设施 (雨水花园/植草沟/绿顶等)	拦截雨水/悬浮物, 源头削减污染与径流
	合流专用	1. 合流雨水口;2. 截流井 (旱季截污/雨季控溢);3. 源头减排设施 (雨水花园/植草沟/绿顶等)	收集雨污, 旱季送处理, 雨季控制溢流比例
二、 管网输送	管渠主体	1. 管材 (HDPE/混凝土/球墨铸铁/玻璃钢夹砂管); 2. 管型 (重力流暗管/暗渠/明渠/倒虹吸/涵洞)	高效输送雨污水, 适配不同地形与荷载
	附属设施	1. 检查井 (普通 / 三通 / 跌水井 / 转弯井);2. 通风井 / 透气井;3. 清淤口 / 监测井	管网检修/冲洗接口, 排放有毒气体, 预留监测点位
三、 调蓄储存	人工调蓄	1. 地下调蓄池 (混凝土 / 模块化);2. 深库调蓄隧道 (大城市核心区);3. 调蓄塘 (郊区 / 公园)	削峰错峰, 存储雨水 / 合流污水, 应对极端暴雨
	生态调蓄	1. 生态渗透塘;2. 滞洪区	调蓄 + 净化双重功能, 保护水生态
四、 提升强排	排水泵站	1. 雨水/污水/合流泵站;2. 备用泵 (100% 冗余) + 双电源 + 发电机;3. 自动清渣格栅 (栅距 10-20mm)	低地势区域强排, 保障管网输送效率
	加压泵站	长距离输送管网配参加压设施	提升水压, 保障长距离管网流速稳定
五、 冲洗清淤	固定冲洗	1. 自动冲洗水箱 (550m³);2. 脉冲冲洗门 (主干管/隧道);3. 泵站自冲洗 (高压喷嘴+备用泵兼冲)	冲洗, 解决低坡/死角淤积, 保持自清流速
	移动清淤	1. 高压水+真空吸污车;2. PIG 清管器;3. 管道机器人 (CCTV 检测+定点冲洗)	全管网逐段清淤, 检测修复一体化
	辅助设施	1. 清淤井;2. 淤积厚度监测传感器	预留清淤作业空间, 实时监测淤积, 触发冲洗预警
六、 除臭控味	源头抑臭	1. 加药装置 (硝酸盐/铁盐/菌剂); 2. 全密闭检查井/雨水口 (双层密封+防臭胶垫)	抑制厌氧产气, 防止臭气外溢
	臭气收集	1. 通风井 (<200m);2. 泵站/调蓄池全密闭+集气罩; 3. 负压集气系统 (敏感区)	收集管内/构筑物内臭气, 定向输送至末端处理
	末端除臭	1. 生物滤池/滴滤塔 (欧盟首选);2. 化学洗涤塔 (高浓度 H₂S);3. 活性炭吸附 (精处理)	净化臭气, 达标排放, 保护周边环境
	安全监测	1. H₂S/有毒气体传感器;2. 防爆通风设备;3. 受限空间报警装置	实时监测有毒气体, 保障运维安全
七、 末端排放	出水口设施	1. 生态出水口 (消力池/护坦/缓冲带) 2. 普通出水口 (混凝土/钢制)	减缓水流冲击, 保护受纳水体, 防止倒灌
	控制设施	1. 电动/液压排放闸门;2. 止回阀;3. 合流溢流应急设施	控制排放流量, 防止河水倒灌, 应急处理溢流
八、 监测运维	在线监测	流量/液位/水质 (SS/COD/pH) /淤积/臭气传感器	实时采集全系统运行数据, 为决策提供依据
	智能管控	1. GIS/BIM 管网数字化平台 2. SCADA 远程控制系统 (冲洗+除臭+泵站联动)	无人值守运维, 自动预警调度, 全流程精细化管理
	运维配套	1. 检修通道/应急出入口;2. 防爆照明/安全爬梯; 3. 备用发电设备	保障运维作业安全, 确保断电时关键设施运行

排水系统完整组成



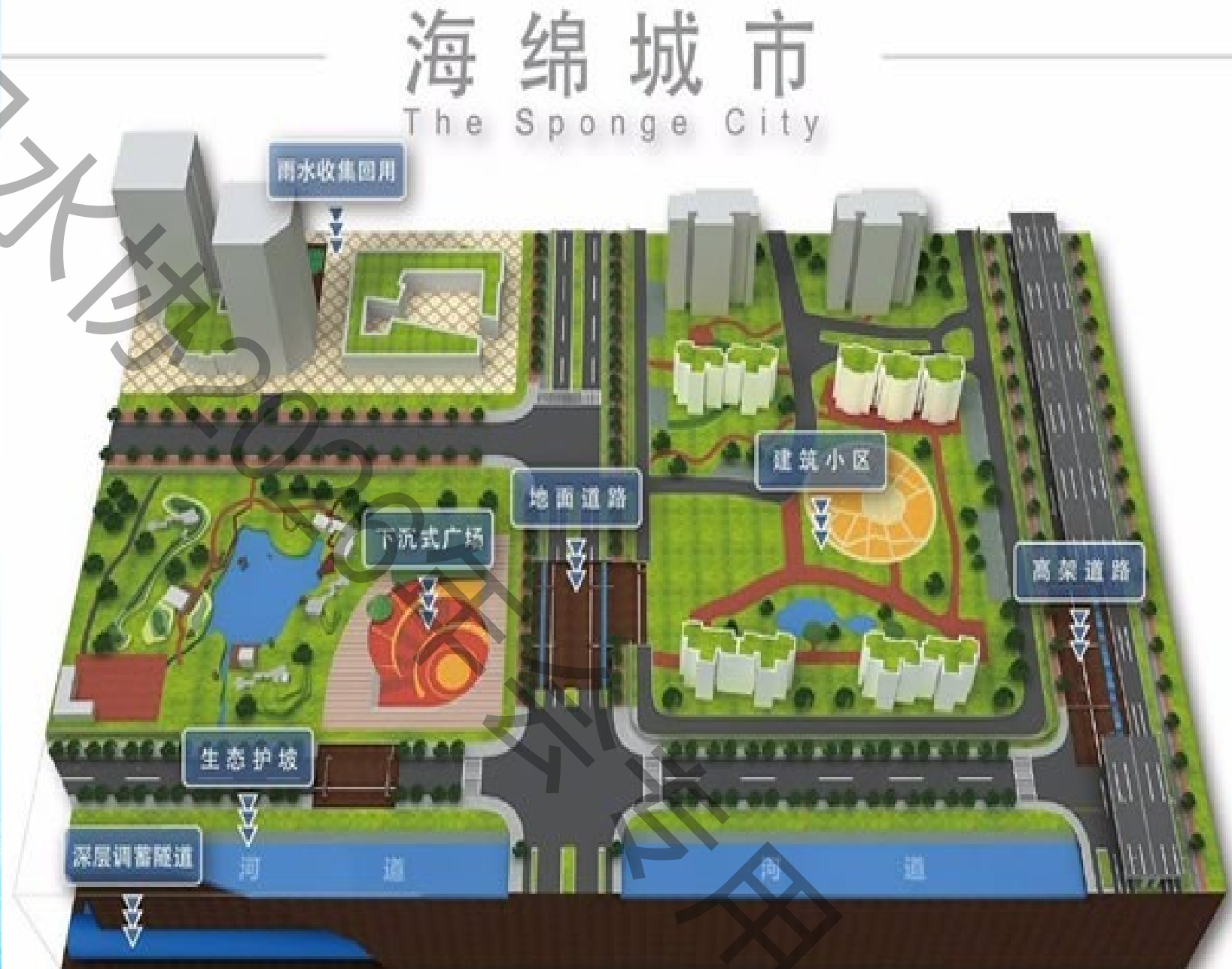
1) .雨水径流源头减排原则

➤ 地表雨水径流设计的
优先顺序:

- ① 雨水储蓄处理利用;
- ② 地表直接渗透;
- ③ 地表调蓄水体;
- ④ 地表排放沟渠;
- ⑤ 分流制雨水管渠;
- ⑥ 合流制管道。

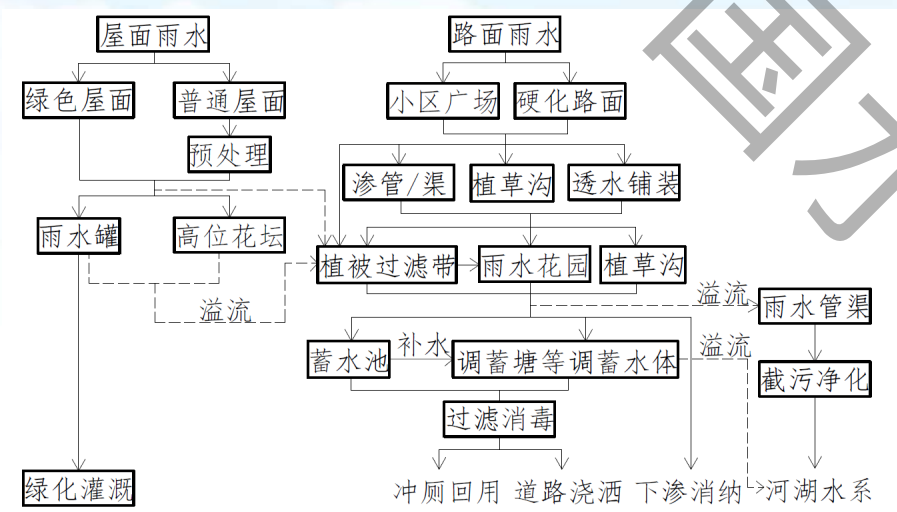
➤ **禁止**排至分流制污水管道

➤ 源头减排设施的服务范围
及布置

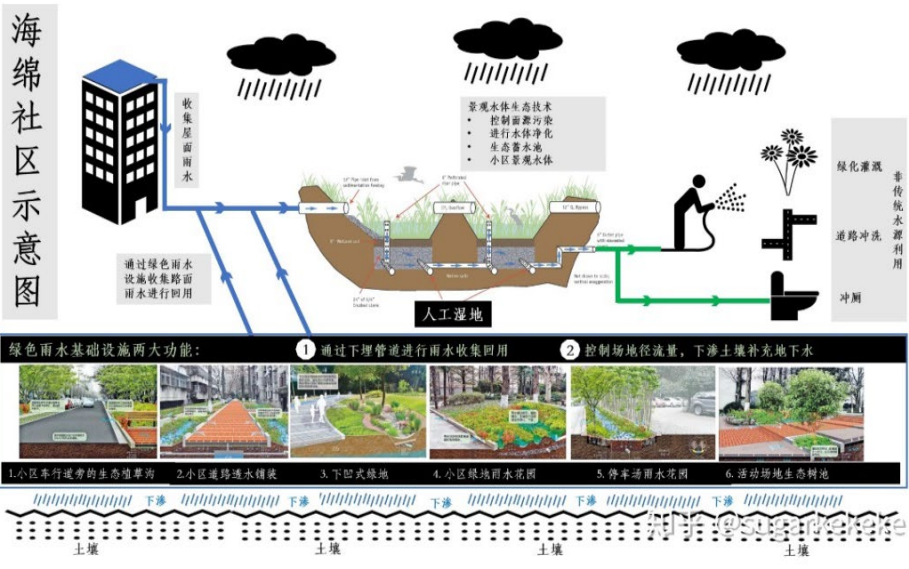


2) .不同区块源头减排设计

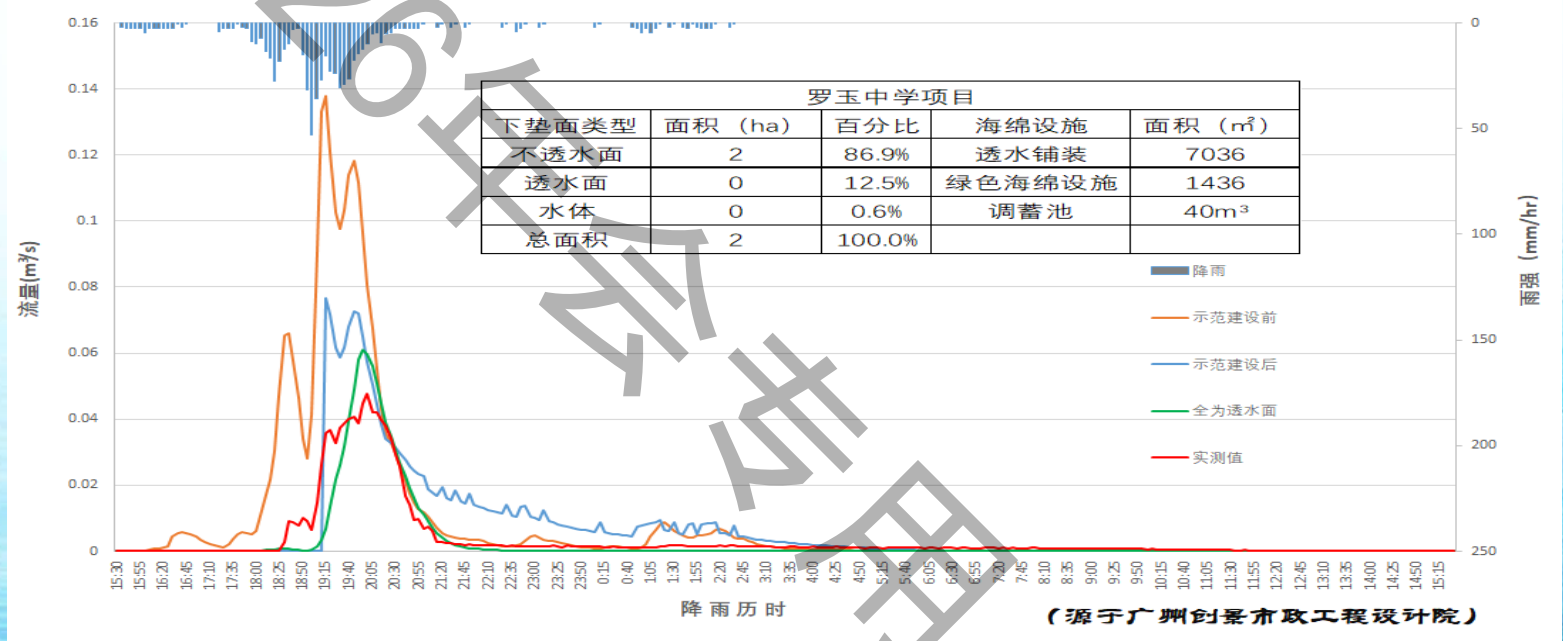
(1) 小区海绵系统设计



——> 主要雨水流行路线 --> 雨水溢流路线
建筑与小区海绵城市系统构建流程示意图

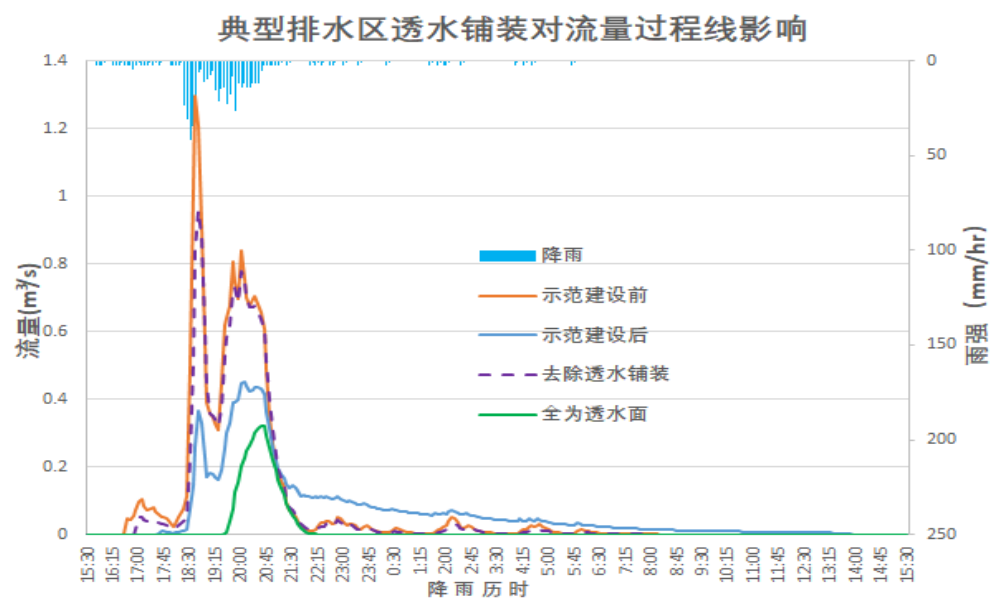
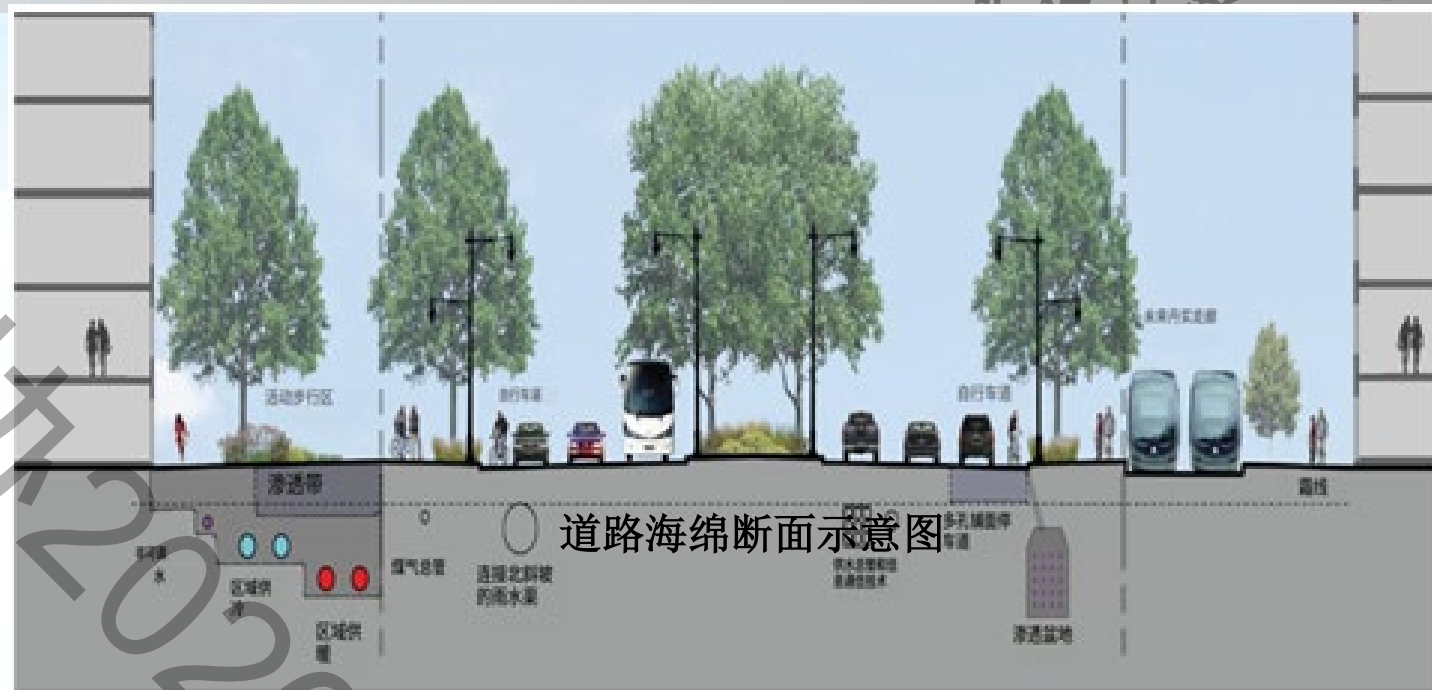
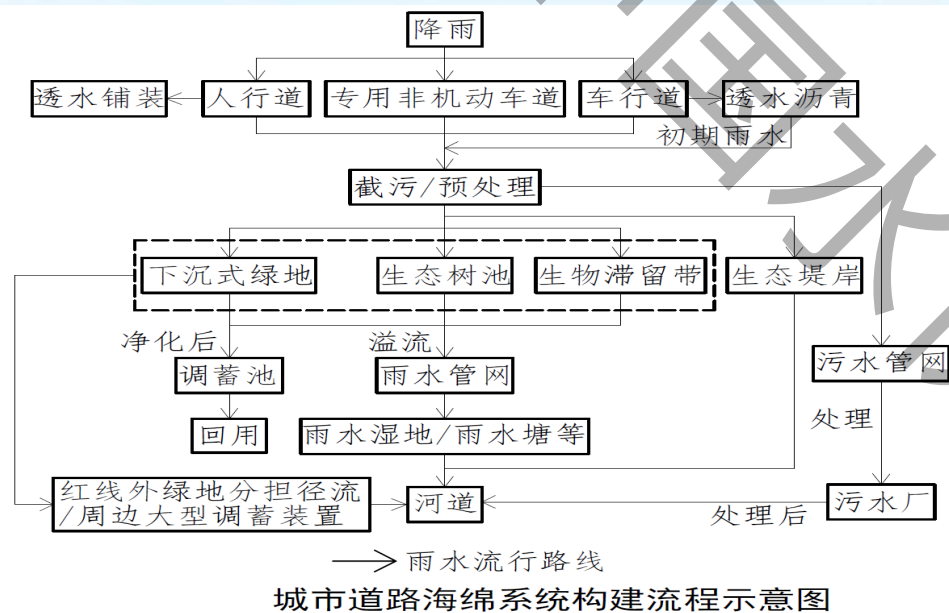


某学校参数条件对流量过程线影响（54.2mm降雨约9年一遇）

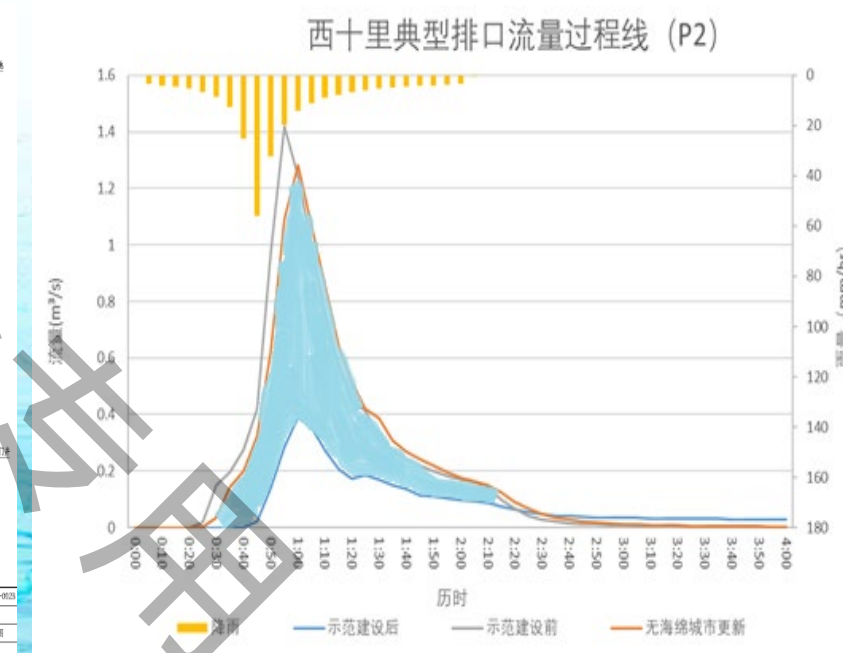
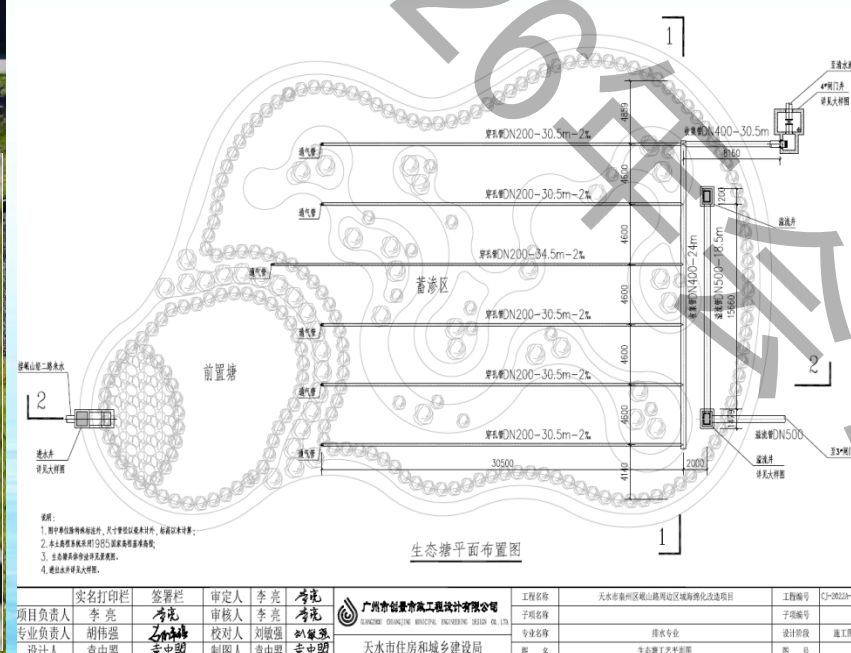
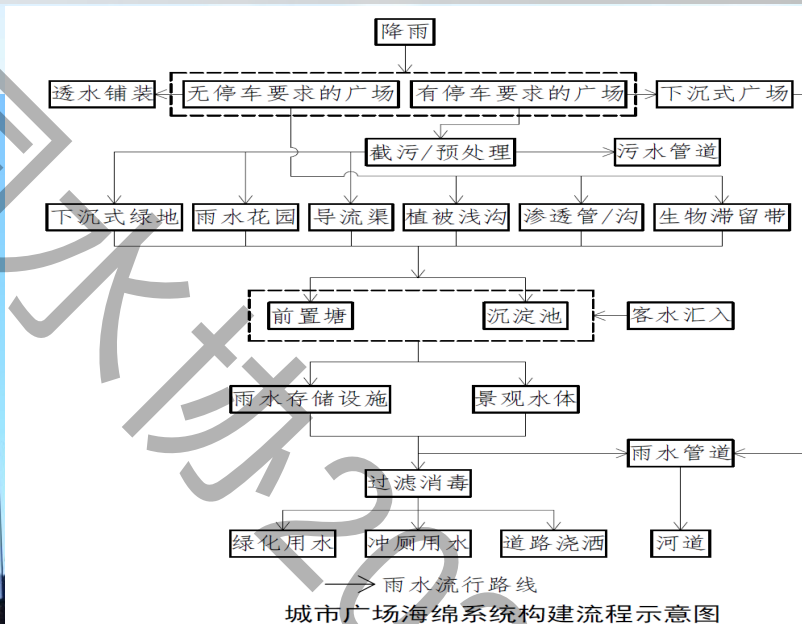


2) 不同区块源头减排设计

(2) 道路海绵系统设计



(3) 广场海绵系统设计



2.4 排水管渠系统

现状排水管渠系统

首汇科技



1) 排水管渠系统的完善

● 类型:

污水管网

合流管网

雨水管渠

● 规划控制:

排水体制、管网分区、

源头设施、调蓄系统、

联通系统、处理系统。

设计控制:

径流控制、管网能力、

截流倍数、溢流次数、

冲洗措施、臭气控制

联通措施、处理措施。

运营控制

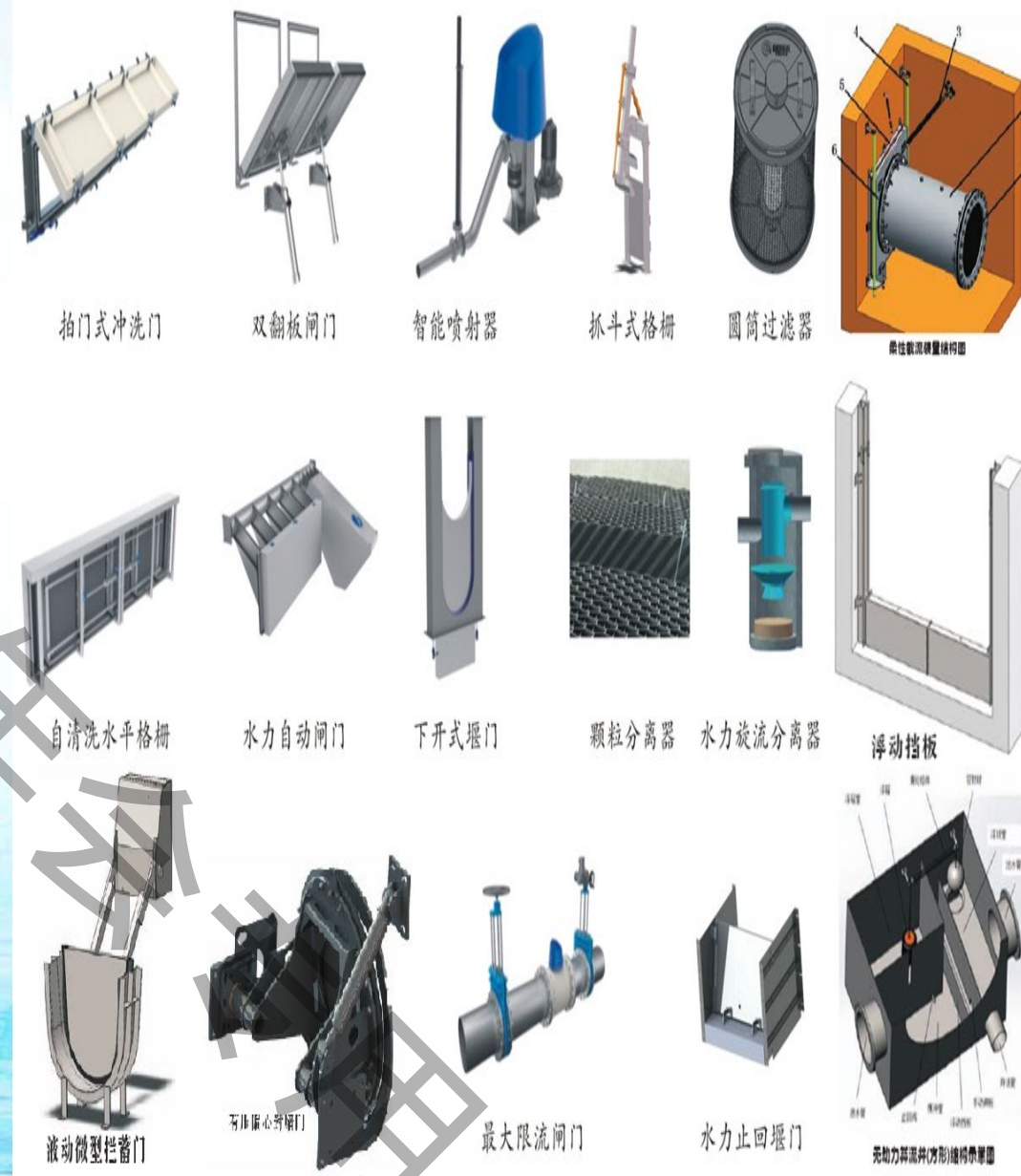
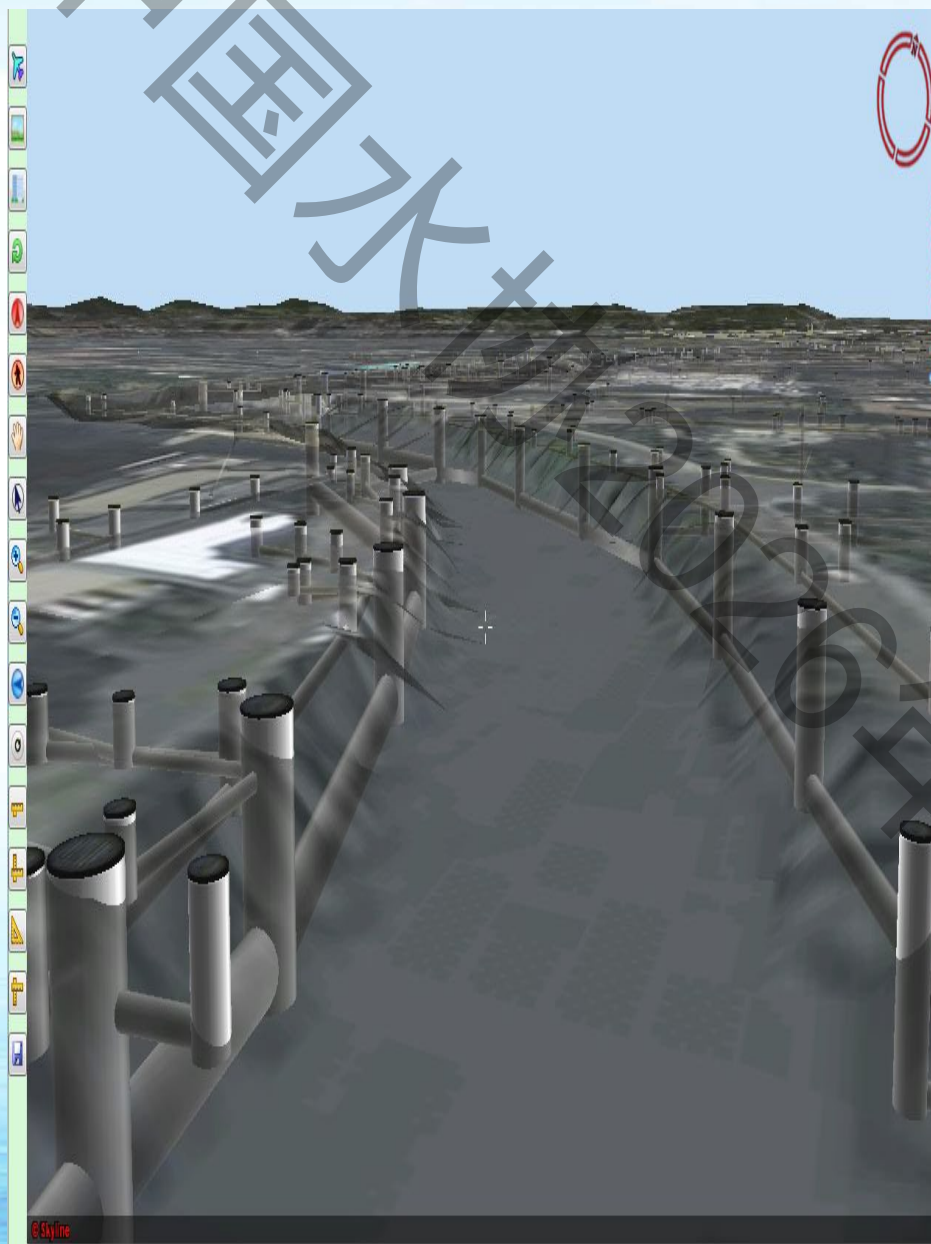
最佳运维、污染物最大

收集量、不溢出的最大

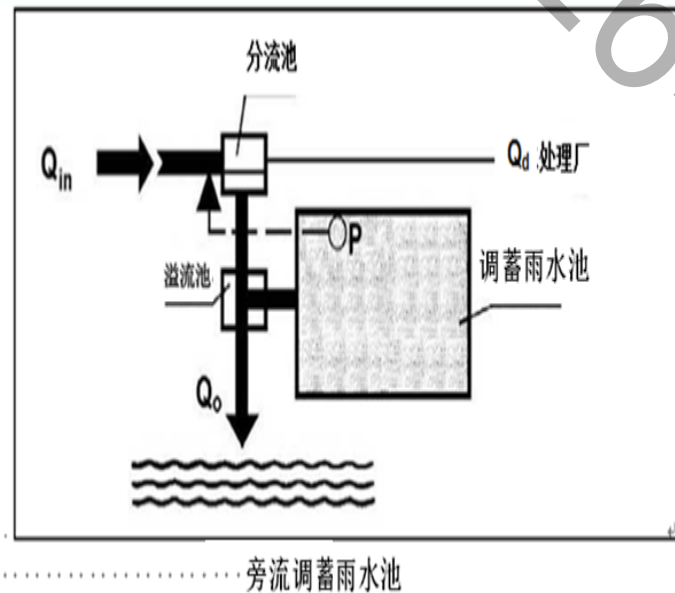
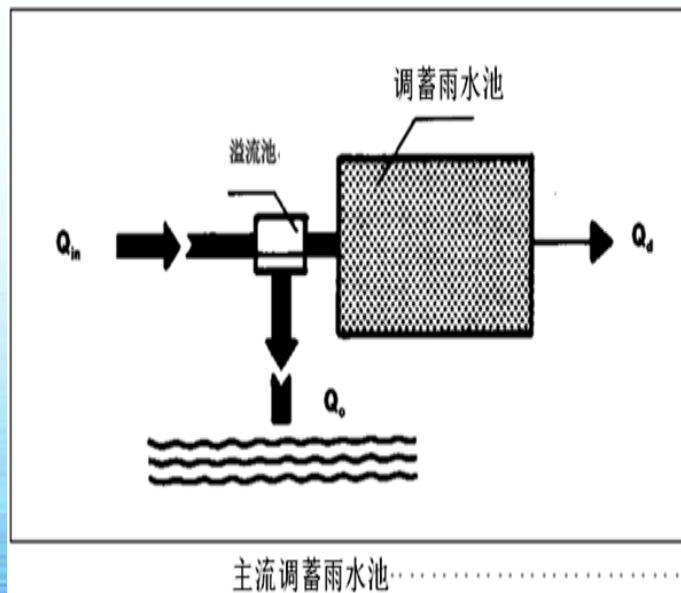
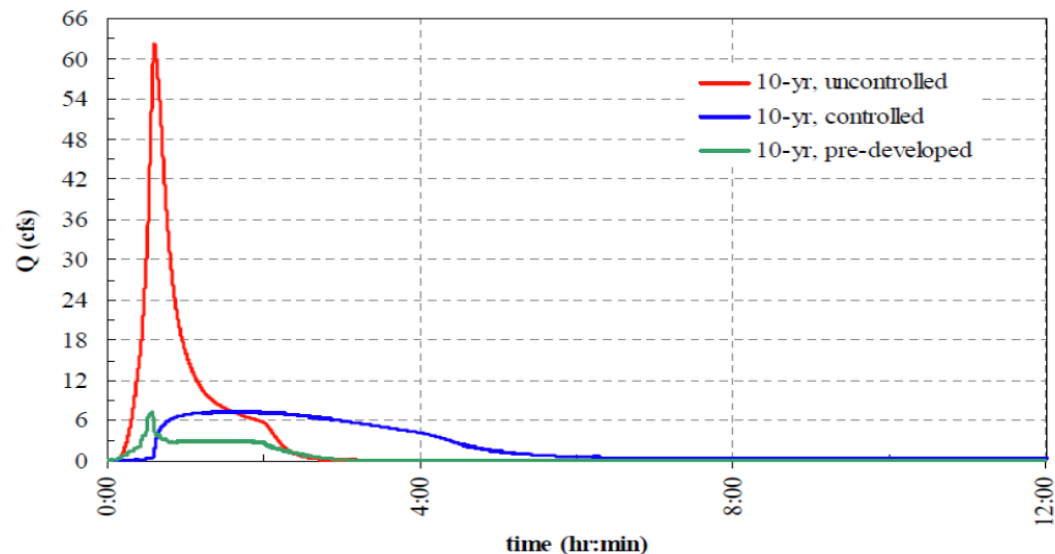
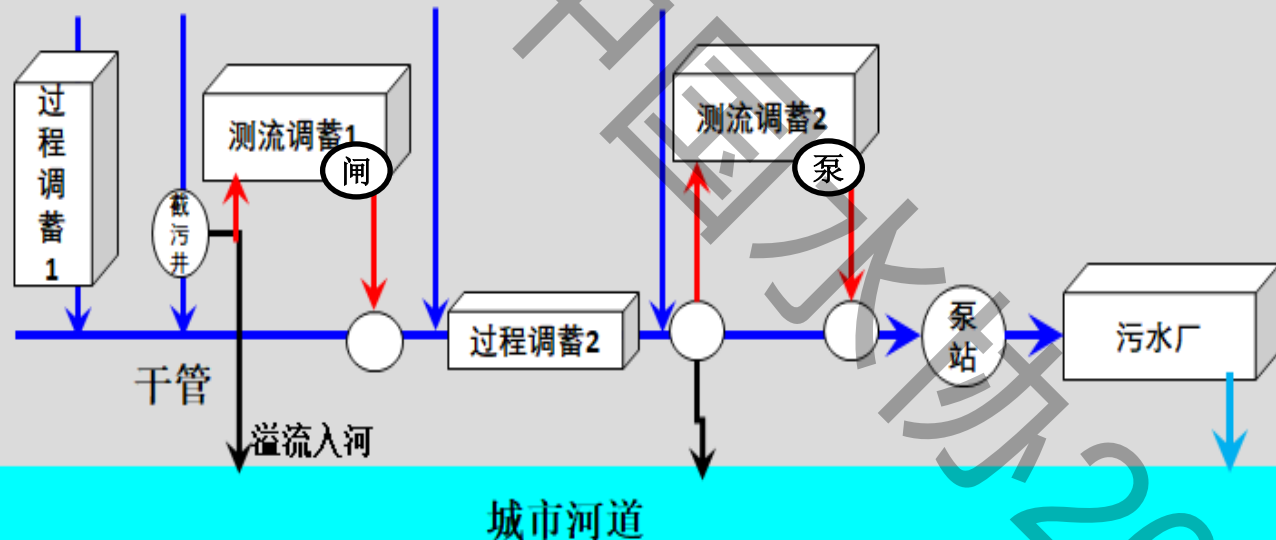
调蓄量、最小峰值排水

、最小事故排放量、联

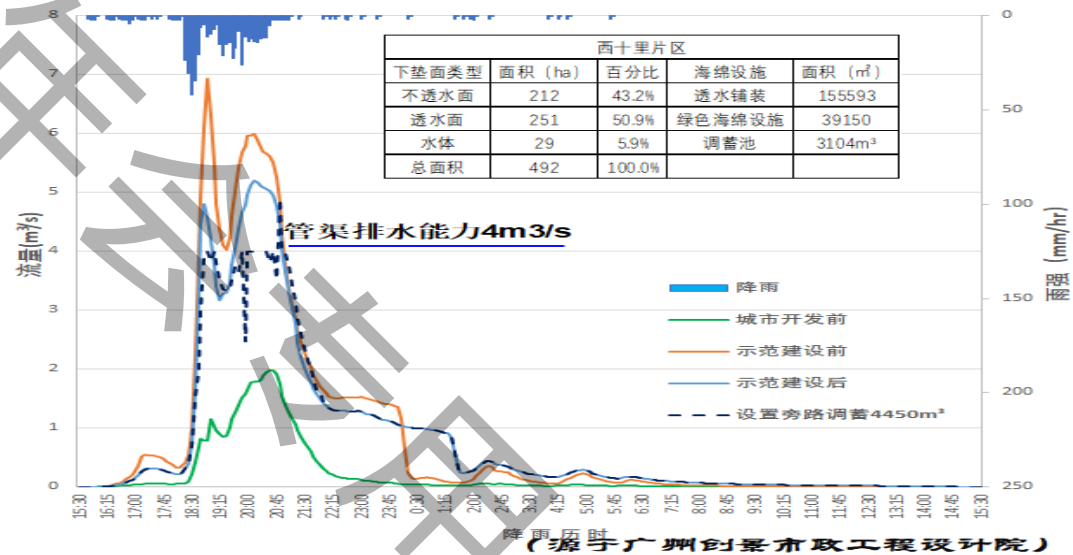
调联控---



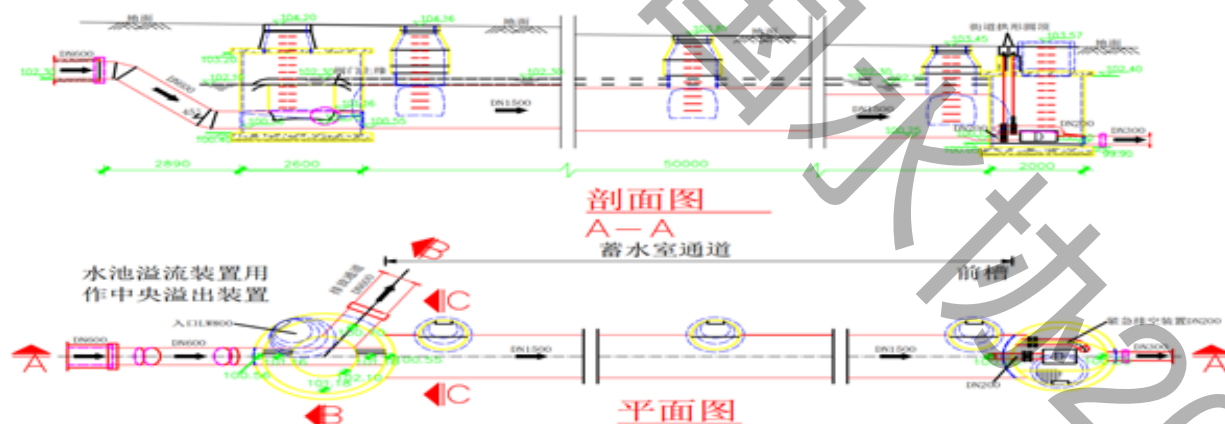
2) 主流调蓄节流装置与测流峰值调蓄泵闸排水



小流域峰值调蓄后的流量过程线 (46.2mm6年一遇)

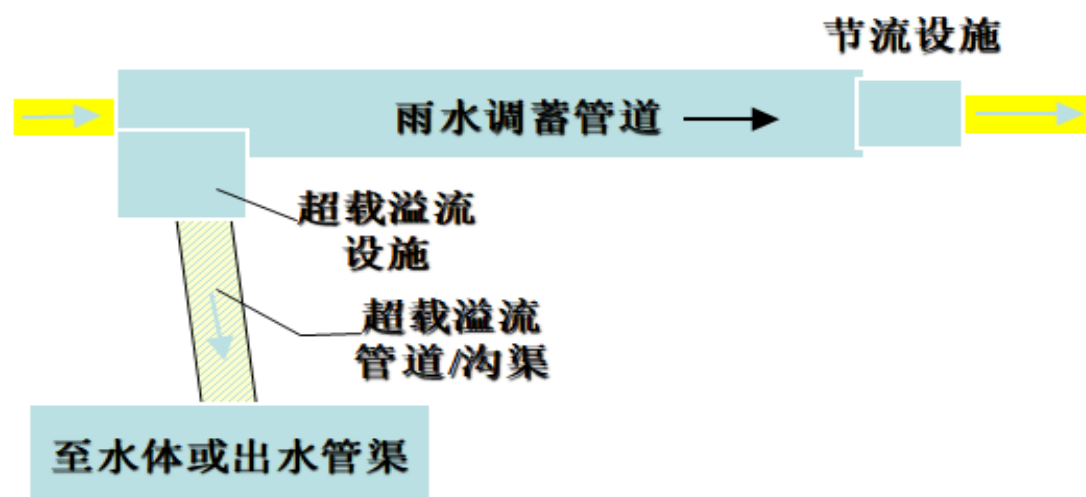


主流雨水调蓄管渠



溢流井连接主流重力自冲洗调蓄管道 $V_n=90m^3$

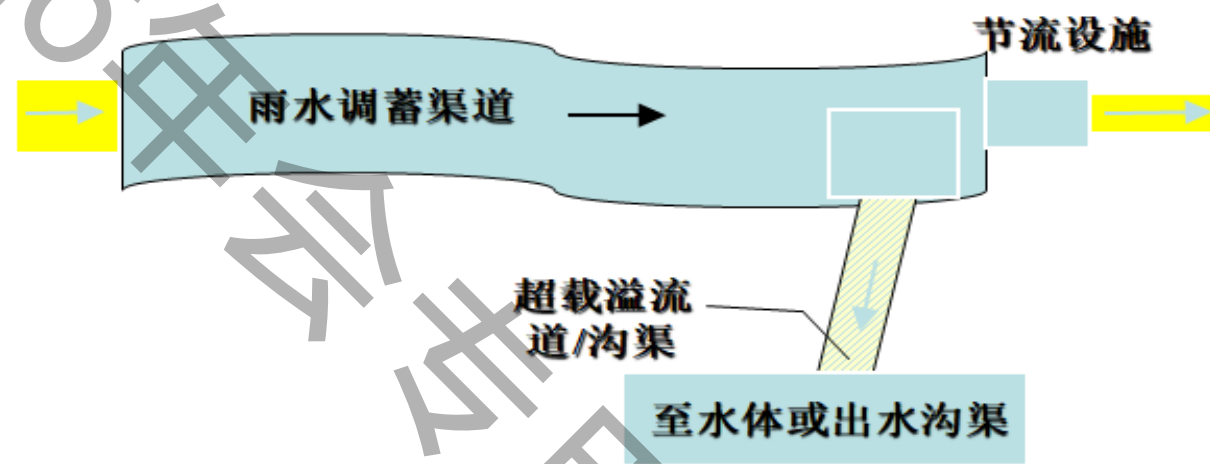
带超载溢流和节流装置的管道调蓄



主流雨水调蓄管道系统



带超载溢流和节流装置的河道调蓄



主流雨水调蓄渠道系统

2.5排涝除险

内涝防治：

应对城市内部降雨，防止和应对城镇内涝的**工程性设施和非工程性措施**以一定方式组合成的总体，**包括**源头减排、排水管渠、排涝除险系统构成的雨水收集、输送、调蓄、行泄、处理和利用的天然和人工设施以及管理措施与应急措施等。非工程性措施包括管理措施与应急措施，当预测出现超过城镇内涝防治设计重现期标准的极小概率极端超强降雨时，应启动内涝防治应急管理措施。

排涝除险：解决超出源头减排和排水管渠能力的**地面雨水漫流问题**，包括行泄通道、调蓄设施、闸泵系统和水体等。

调蓄设施：下凹绿地、下沉广场、调蓄设施、湖库池塘、调蓄隧道等设施；

行泄通道：排水路面、行洪沟道、植草沟、河道等等；

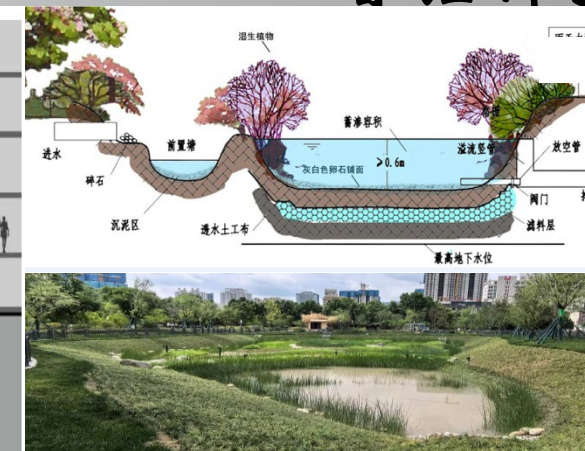
闸泵系统：闸、拍门、泵即泵站等等；

地面积水：关注高路面积水15cm\排除速度（0.5~4h），排水管渠与短历时暴雨强度相关；

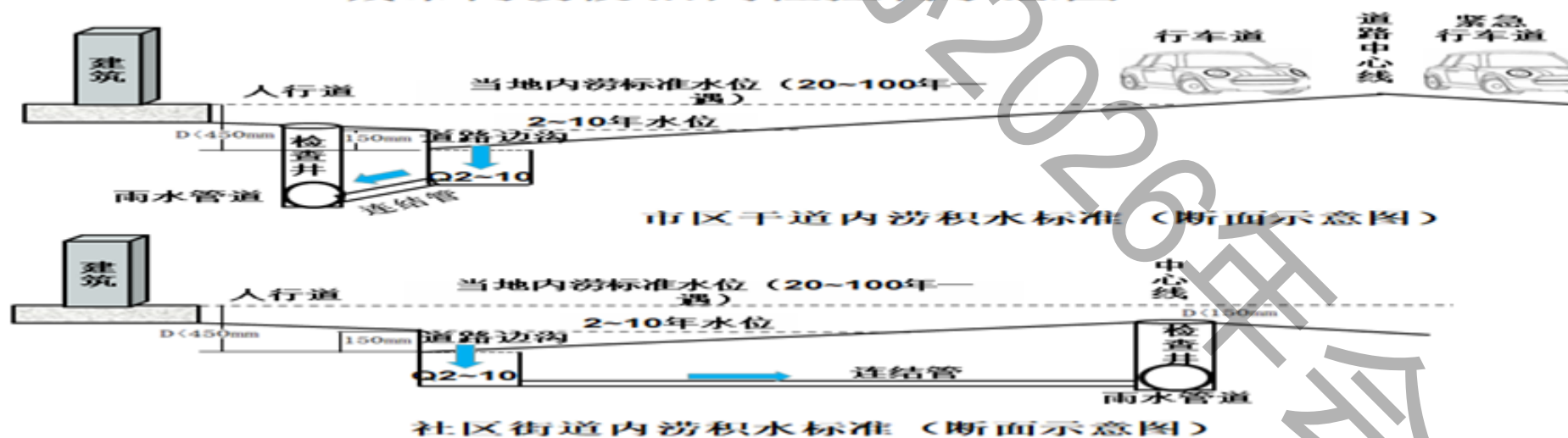
水 体：包括河道、湖泊、池塘和湿地等天然或人工水体。

1) 海绵城市高程关系

首汇科技

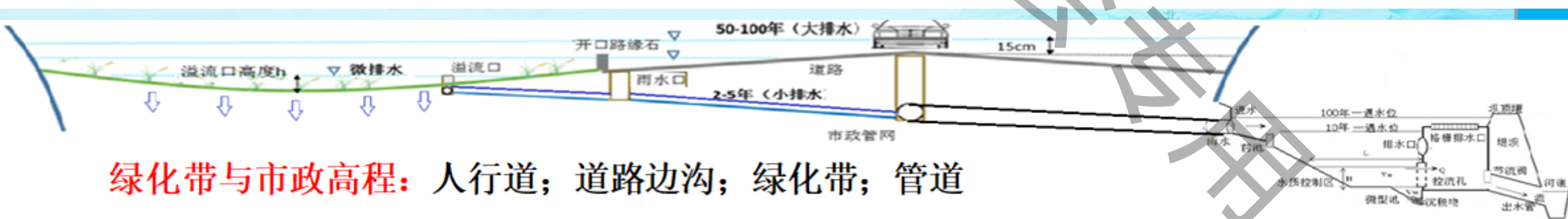


城市内涝防治高程控制示意图



说明:
1.D-水深;
2.道路在雨天兼具边沟排水、排涝、分洪功能;
3.建筑地坪及地铁等地下建筑入口标高应高于当地内涝标准水位

小区与市政高程:
建筑散水;
人行道;
道路边沟;
管道。

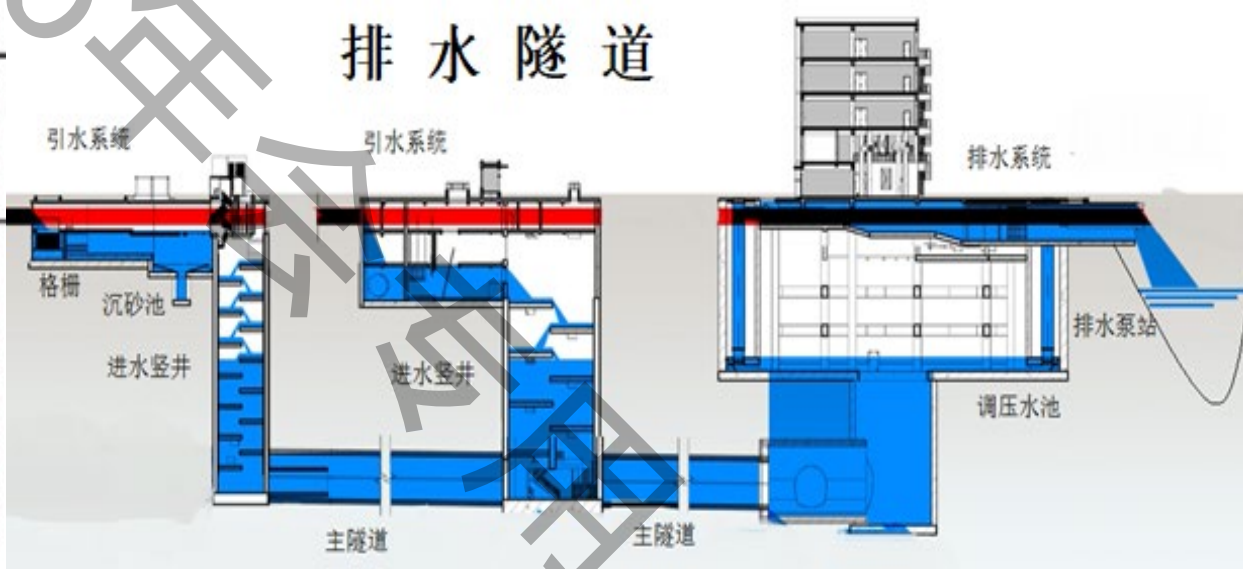
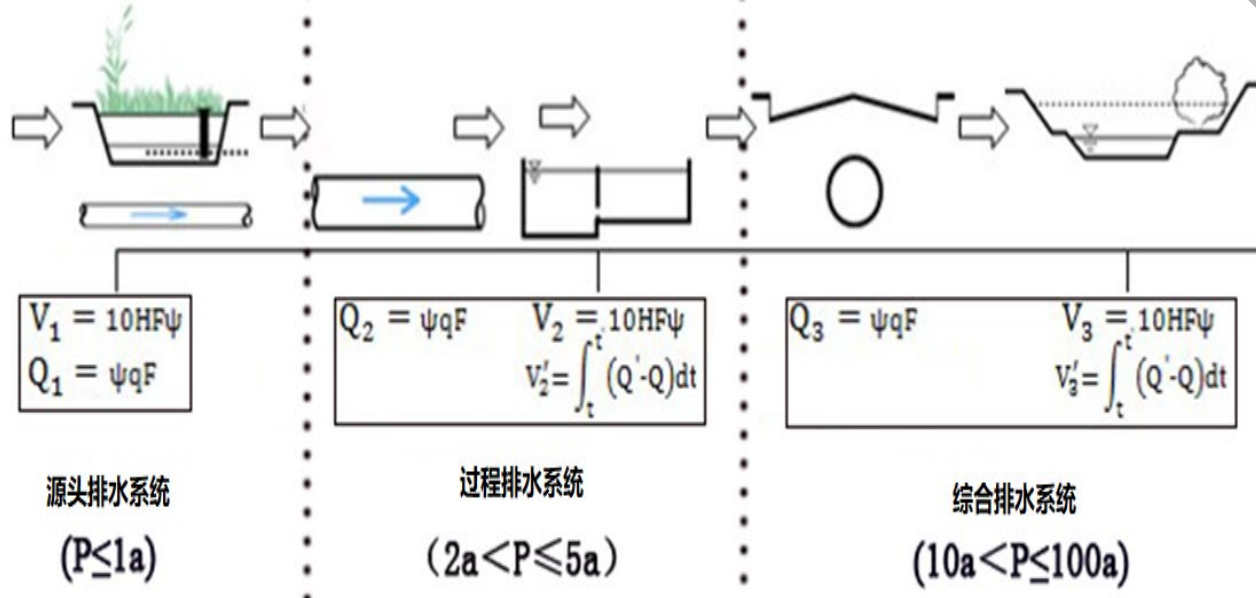
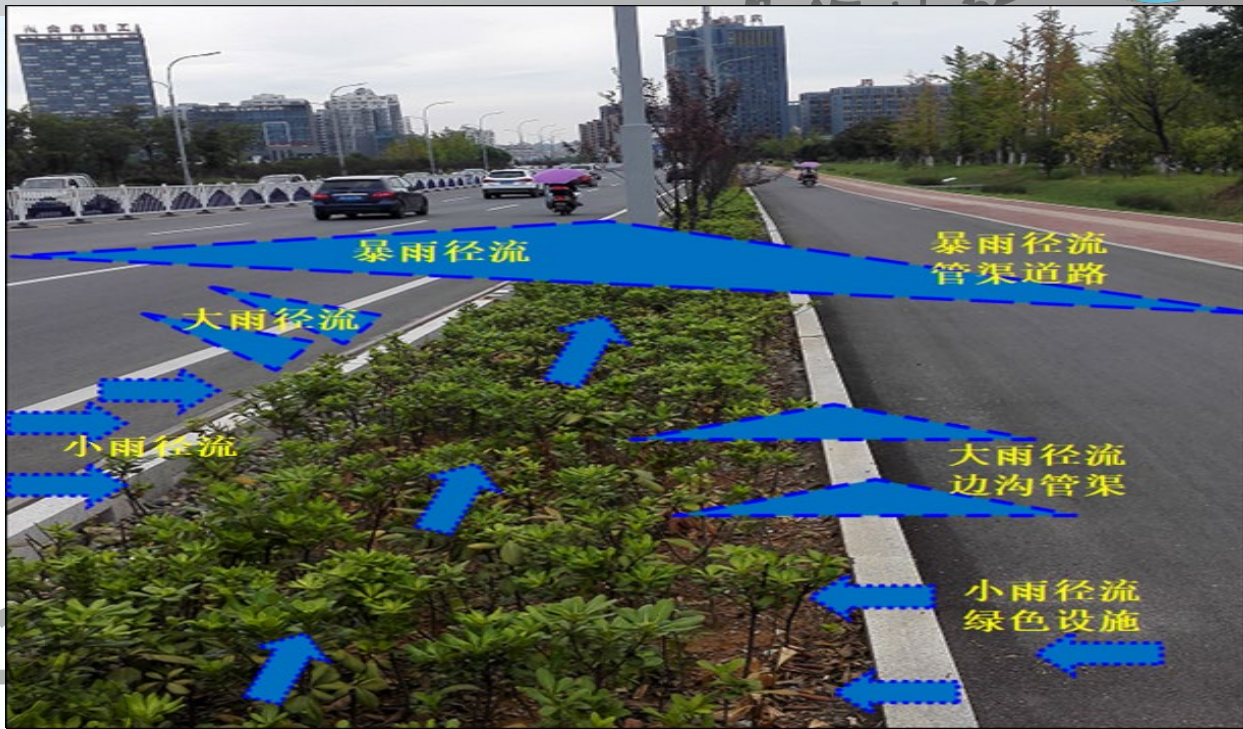
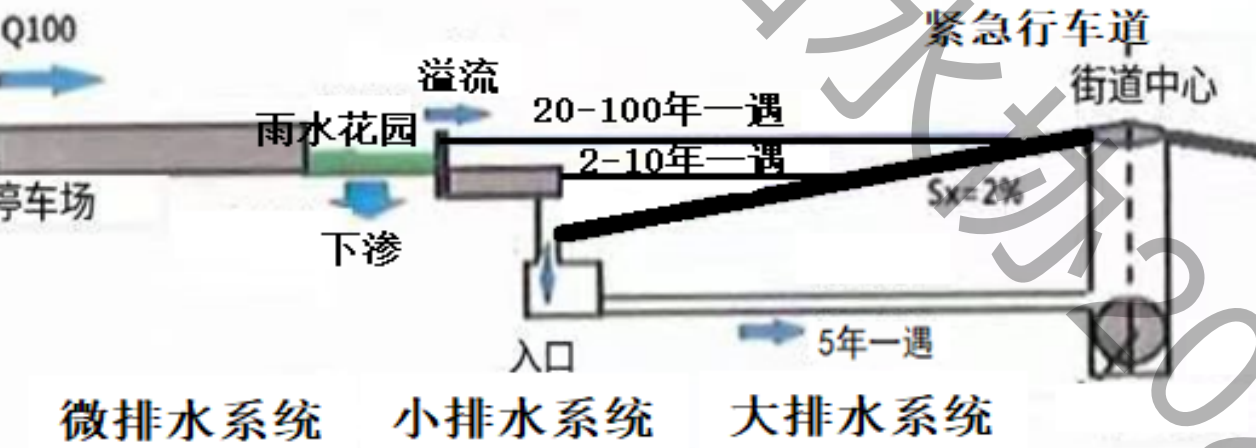


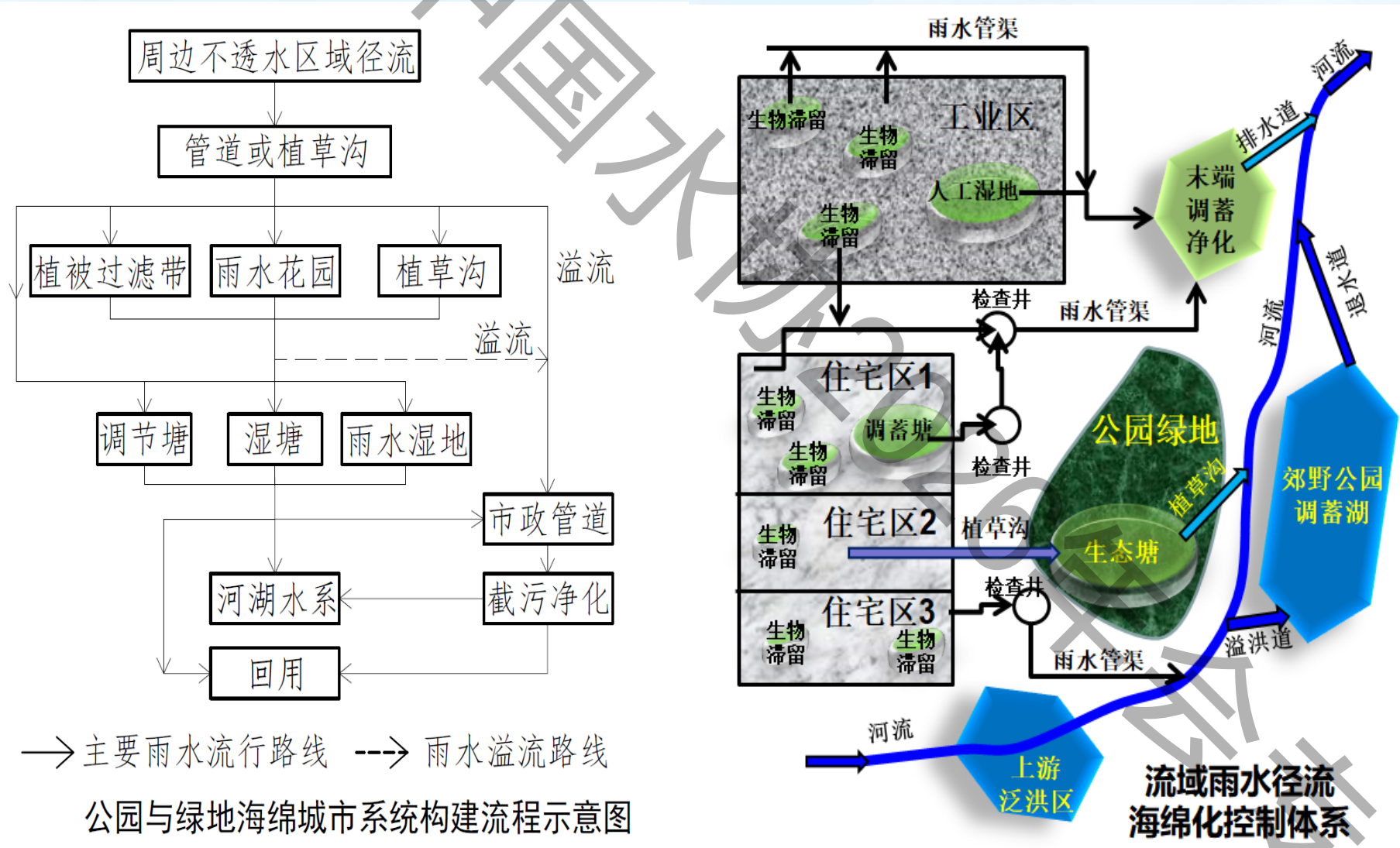
绿化带与市政高程: 人行道; 道路边沟; 绿化带; 管道

水体

2) 行泄通道——道路排水、泄洪沟、排水隧道

微排水：源头减排设施；
小排水：源头、管道和道路边沟形成；
大排水：源头、渠道、行洪道路及河道形成。





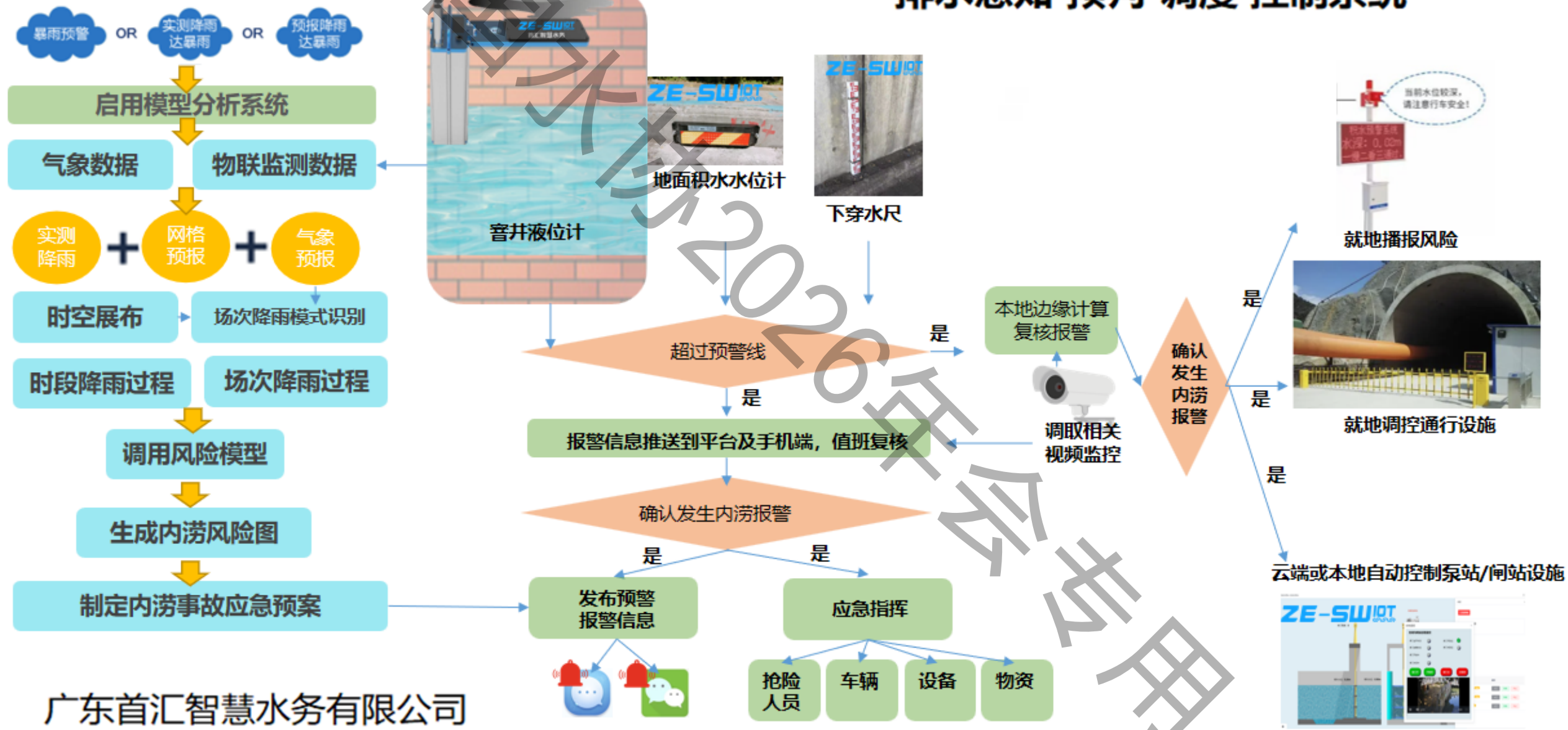
- 设计内容:
- 1. 服务范围、径流面积、下垫面、径流系数、径流时间、径流峰值与总量;
 - 2. 计算控制水质（径流总量控制率）的调蓄容积及排放速率，污染物去除;
 - 3. 计算控制 2 年、10 年和 20~100 年设计暴雨高峰径流量的调蓄容积和排放速率（内涝、自然径流）;
 - 4. 计算水资源蓄水量---

调蓄量：控制水质；内涝；水资源；恢复自然径流过程。

2.6、智慧管控运行

1) 首汇智慧水务平台

首汇智慧水务管理系统 ——排水感知-预判-调度-控制系统



2) 首汇在线感知系统

- 气象 (雨量)
- 易涝点 (地面积水)
- 排水管网关键节点 (水位、流量、水质等)
- 泵站 (排涝泵站水位、污水泵站水位、水质)
- 河道 (水位)
- 污水处理厂 (流量、水质数据)



感知设备通过物联网，实时监测排水设施运行状态，为排水日常管理与应急调度工作提供支撑。

智慧排水预判-指挥系统 (app)

晚上7:51

监测列表 批量关注 潮汐预报 天气预报

今日预报

7天预报

潮阳

实况时间:2023-01-04 19:05:00

天气:多云

温度:16.8°C

相对湿度:73

气压:1022

一小时降雨量:0

风速:91 (度)

风向:2.3 (米/秒)

风速等级:3

AQI:45

PM2.5:24

汕头

实况时间:2023-01-04 19:05:00

天气:多云

温度:17.3°C

相对湿度:66

气压:1023

一小时降雨量:0

风速:103 (度)

风向:1.7 (米/秒)

风速等级:3

AQI:9999

PM2.5:14

潮南

实况时间:2023-01-04 19:05:00

天气:多云

温度:16.9°C

相对湿度:76

首页

监测

统计

报警

天气预报

晚上7:51

监测列表 批量关注 潮汐预报 天气预报

今日预报

7天预报

汕头(妈屿)2023-01-04 潮位



2023-01-04 00:00	潮位:178.0(cm)
2023-01-04 01:00	潮位:165.0(cm)
2023-01-04 02:00	潮位:130.0(cm)
2023-01-04 03:00	潮位:80.0(cm)
2023-01-04 04:00	潮位:45.0(cm)
2023-01-04 05:00	潮位:36.0(cm)
2023-01-04 06:00	潮位:43.0(cm)
2023-01-04 07:00	潮位:63.0(cm)
2023-01-04 08:00	潮位:90.0(cm)

首页

监测

统计

报警

潮汐预测

晚上7:52

报警列表 报警地图 报警设置

未读

已读

共1 条

时间: 开始时间 — 结束时间

泰星路与海湾大桥交界处东侧雨水管

上报时间: 2023-01-04 16:40:47

更新时间: 2023-01-04 17:01:04

数值: 0.982

报警类型:液位报警

未读

全部已读

首页

监测

统计

报警

信息通知

晚上7:54

报警列表 报警地图 报警设置

未读

已读

共1 条

时间: 开始时间 — 结束时间

泰星路与海湾大桥交界处东侧雨水管

上报时间: 2023-01-04 16:40:47

更新时间: 2023-01-04 17:01:04

数值: 0.982

报警类型:液位报警

未读

全部已读

首页

监测

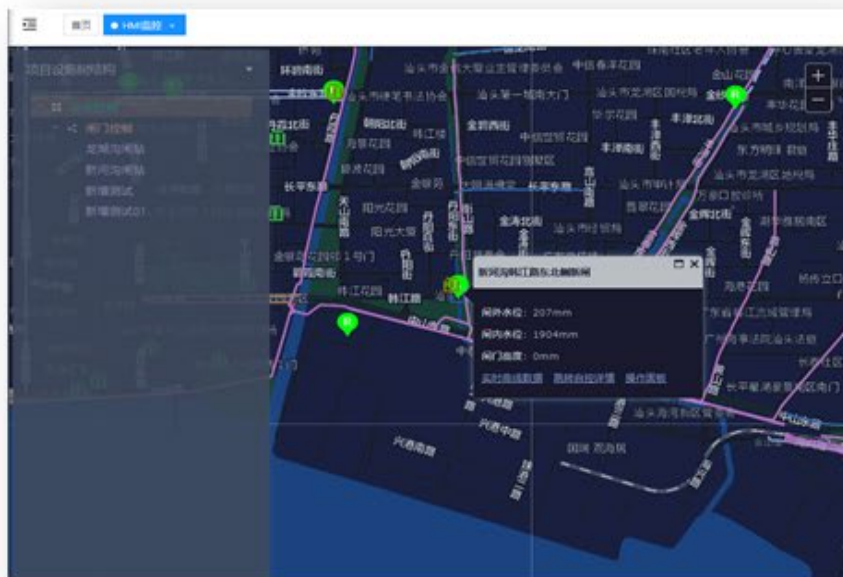
统计

报警

预警报警

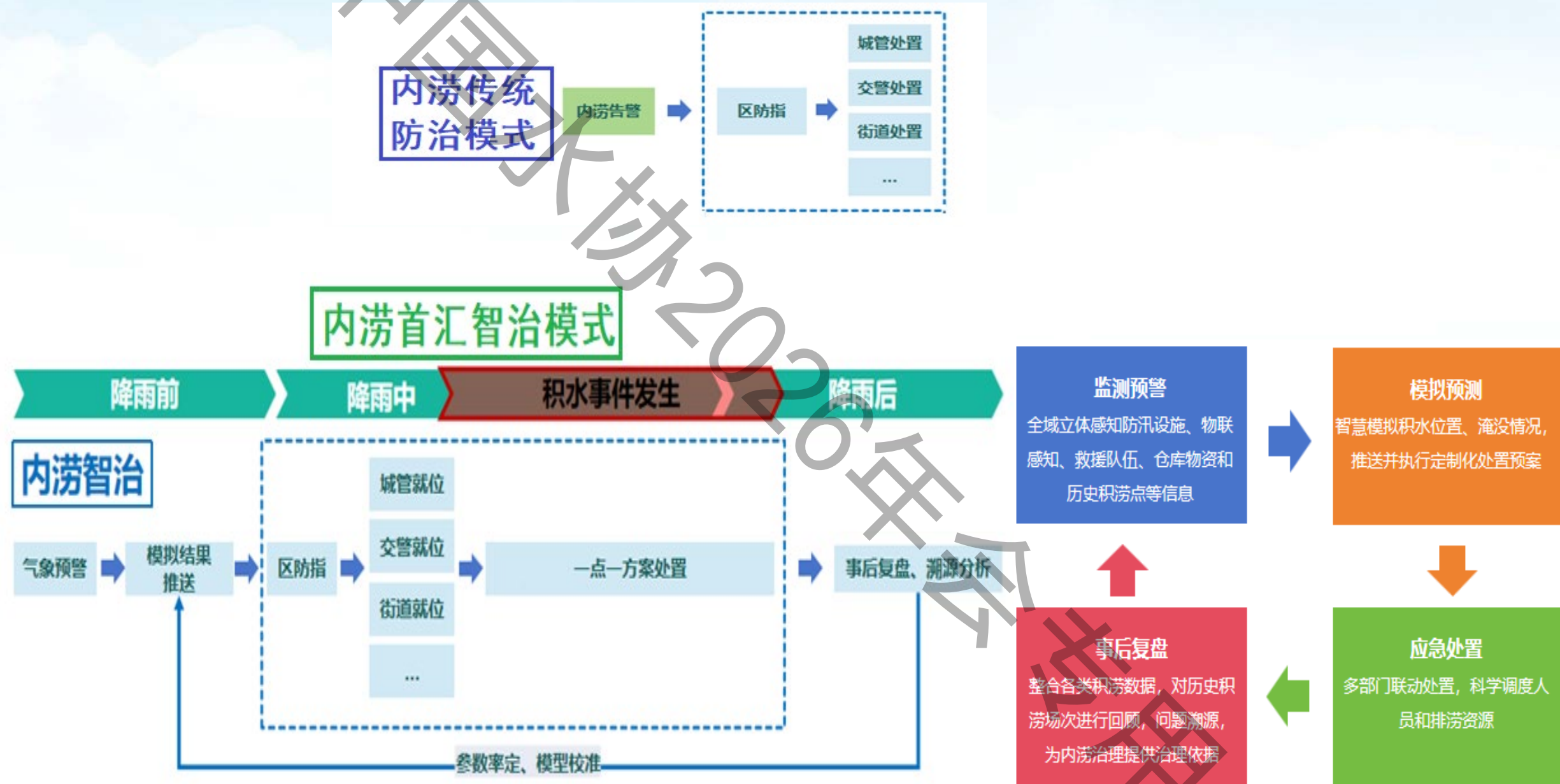
关键点智慧控制：在线感知、预判基础上，进一步实现闸站的远程智慧控制，极大提高应急响应效率！

- 设备建模管理
- 设施建模管理
- 内涝调度建模管理
- 设施监控与辅助决策
- 关联分析与效果评价



■ 以龙湖沟、新河沟其中两座关键闸站实现闸站远程自动监测及启闭控制。

5)内涝智治模式



03

案例分析

中国水协2026年分册

规划用地类型及径流系数的确定																	
用地大 类	A	B	C	D	E	G	H	M	R	S	T	U	W	Z	X	空白	总面积
用地类 型	公共管理与公共 服务设施用地	商业	文化用地	特殊用地、军事用地	农田类型	绿地与广 场用地	建设用地	工业用地	居住用地	道路与文 通设施用 地	交通用地	公用设施 用地	物流仓储 用地	水域		道路	51475.71
面积 (ha)	433.94	550.34	3429.64	98.39	14357.07	3744.04	208.36	2362.71	5181.47	178.2	379.84	562.01	101.45	8964.34	233.26	10290.65	41185.06
径流系 数	0.5055	0.543	0.5	0.55	0	0.2575	0.543	0.4975	0.5165	0.4775	0.4775	0.495	0.55	0	0.15	0.9	平均径 流系数

措施控制

1.通过源头设施，削减径流量；

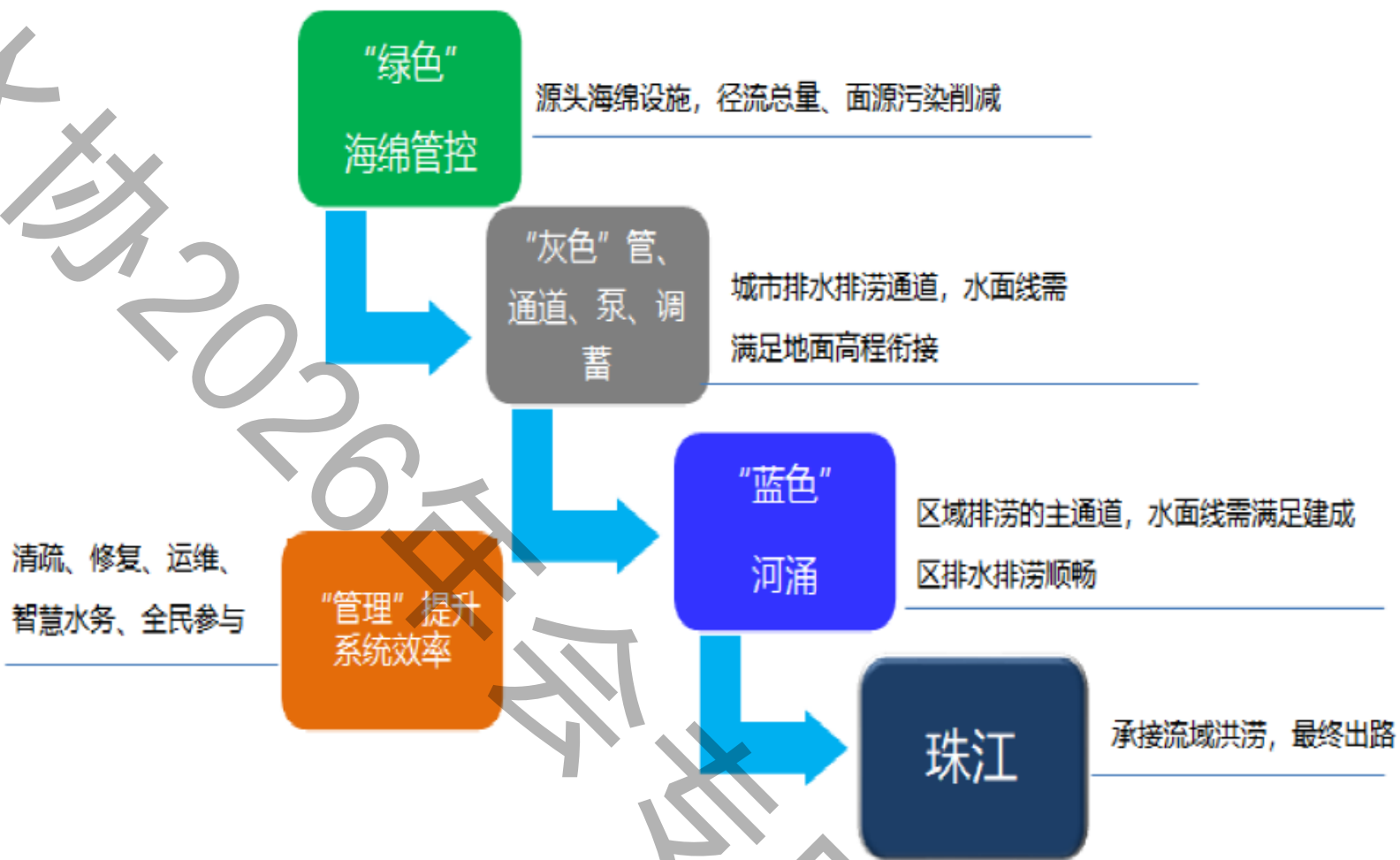
2.通过管渠设施，缓解内涝；

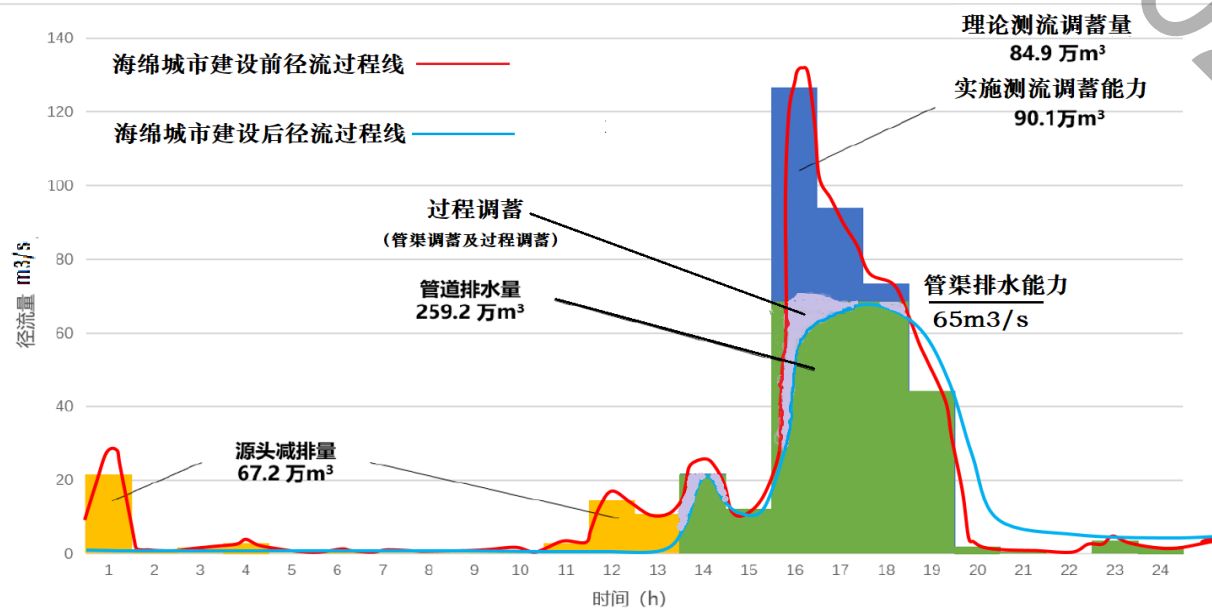
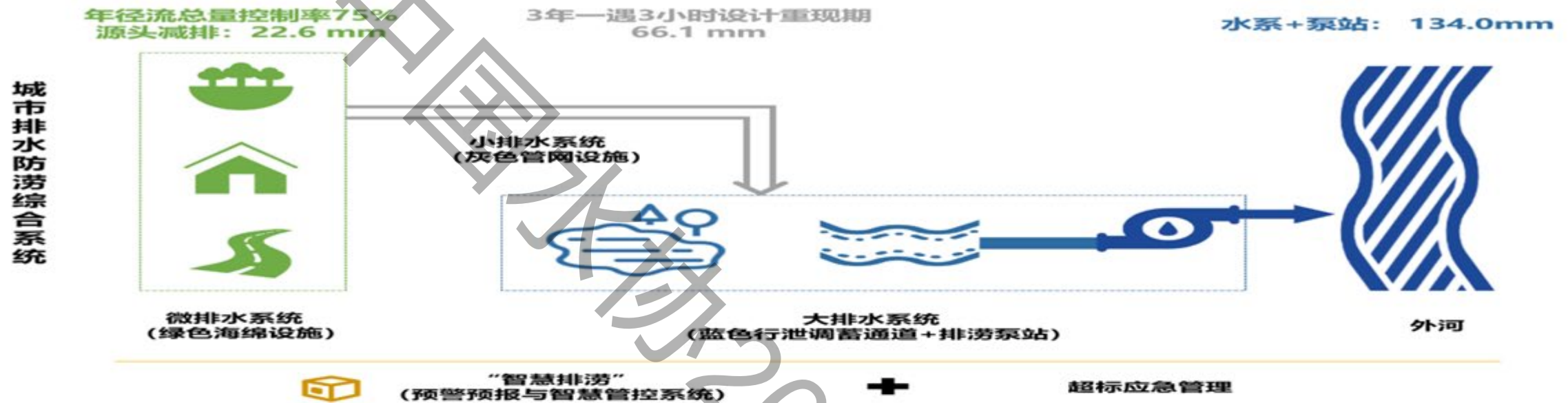
排水管道
排涝通道
调蓄设施
雨水泵站

河涌整治
湿地
排涝泵站

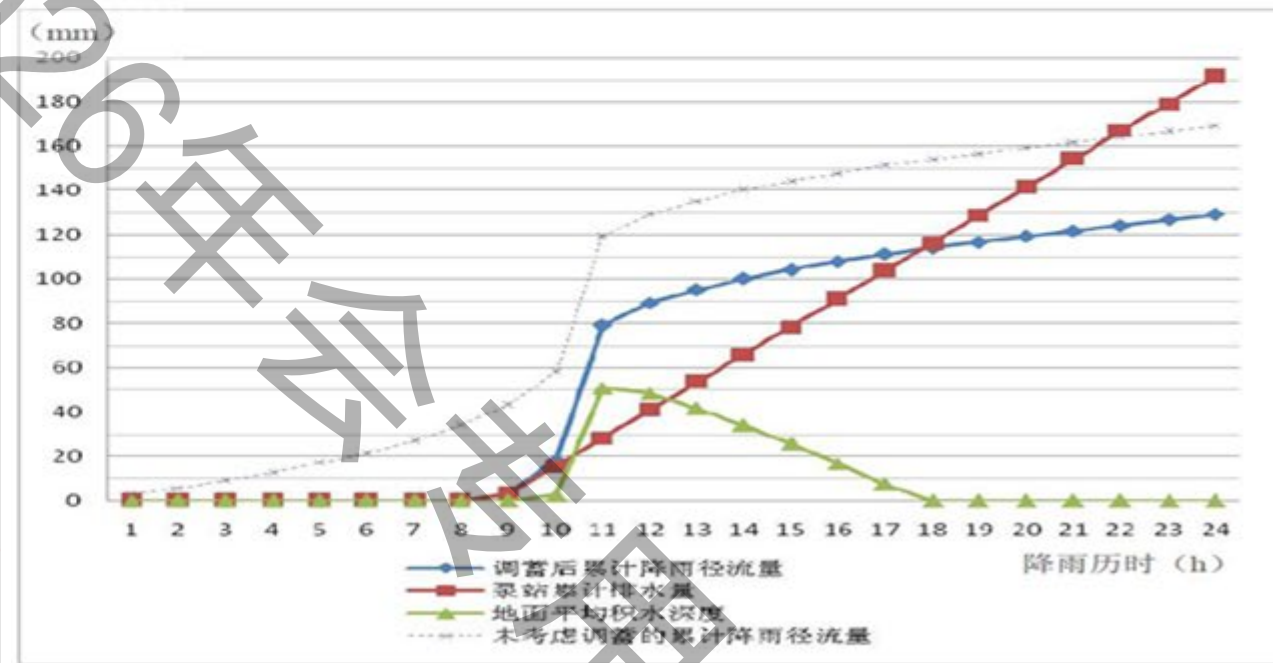
3.通过排涝除险设施，保证排水通畅。

河涌整治
湿地
排涝泵站





蓄排平衡计算结果示意图



排水区地面积水与降雨径流量、调蓄容积及泵站排水能力关系

谢谢!

隋军

2803631068@qq.com

2026年4月