

# 基于大排水系统构建的防涝空间布局与行泄通道设计

李俊奇 北京建筑大学

Email: [lijunqi@bucea.edu.cn](mailto:lijunqi@bucea.edu.cn)

2021.4.16



# 目录

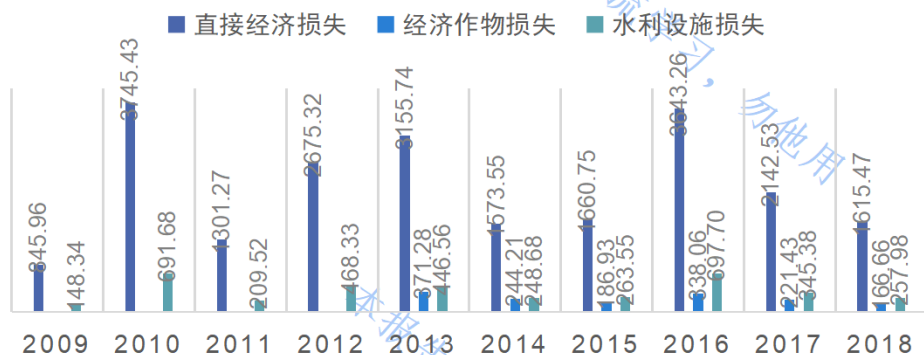
- 一、城市内涝的危害及其分析
- 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念
- 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划
- 四、道路雨水行泄通道设计要点
- 五、雨水多功能调蓄空间设计要点

# 一、城市内涝的危害及其成因分析

## 1.1 城市内涝的危害分析

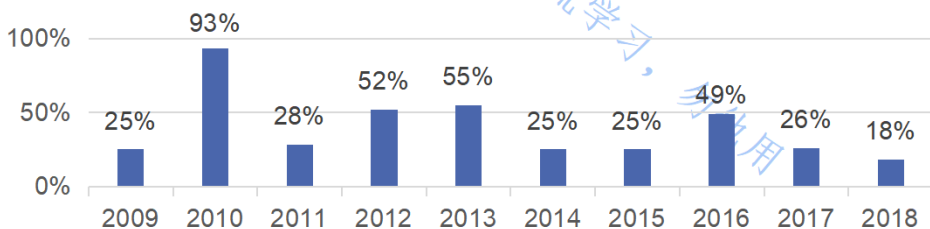
### 1) 财产方面

近十年全国经济受灾统计图



注：2009-2012年无“经济作物损失”统计数据。

全国因洪涝直接经济损失占当年GDP的百分比

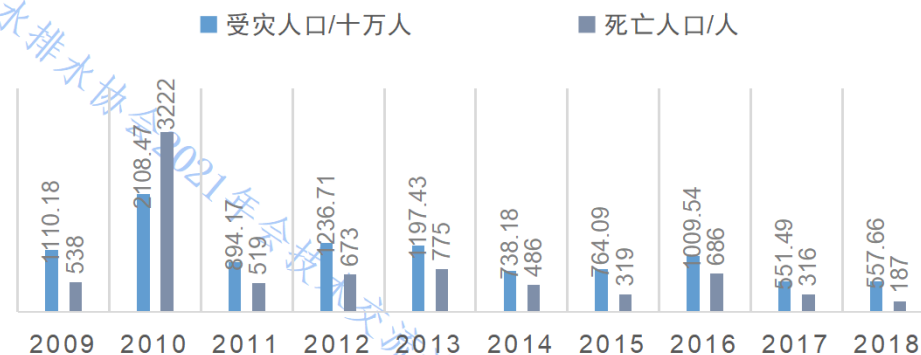


2010年的“直接经济损失占当年GDP的百分比”指标为近十年最高，2018年为最低。

数据、图片来源：水利部-全国水旱灾害公报（2009-2018年）

### 2) 生命方面

近十年全国受灾人口统计图



2016年，湖北、河北、安徽、福建、湖南5省洪涝灾害较重，其中安徽、福建、湖北3省部分地区重复受灾。



安徽巢湖市夏阁镇街道受淹

# 一、城市内涝的危害及其成因分析

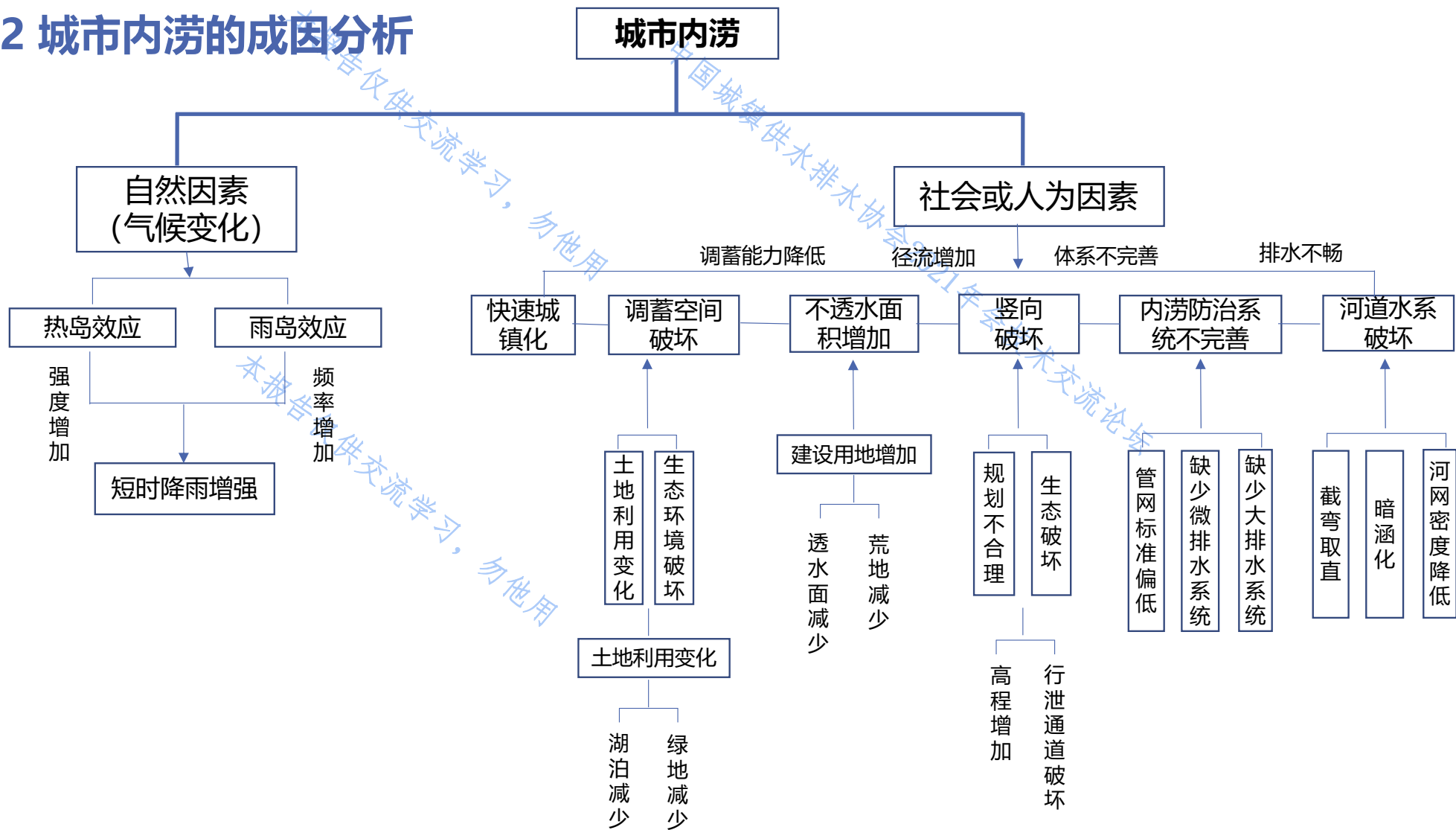
## 1.2 城市内涝的成因分析

➤ 内涝灾害类型：局地内涝、因洪致涝、洪涝混合型等



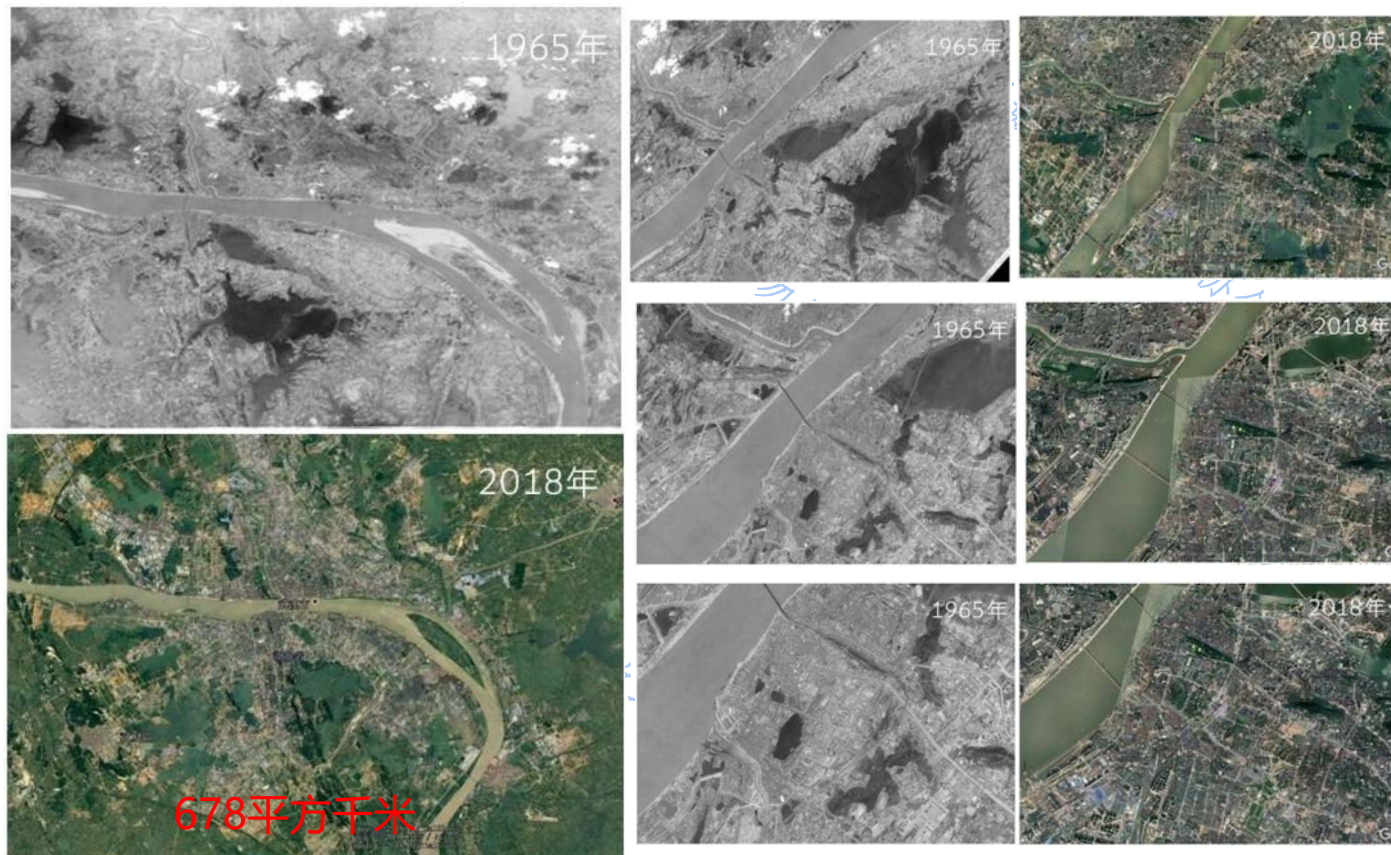
# 一、城市内涝的危害及其成因分析

## 1.2 城市内涝的成因分析



# 一、城市内涝的危害及其成因分析

人水争地



1987-2013年湖泊变化

年代	1965年	1973年	2000年	2011年	累计变化
湖泊面积 (km <sup>2</sup> )	343.2	278.8	277.6	248.7	-95.2
水面率	50.6%	41.1%	40.9%	36.6%	-14%

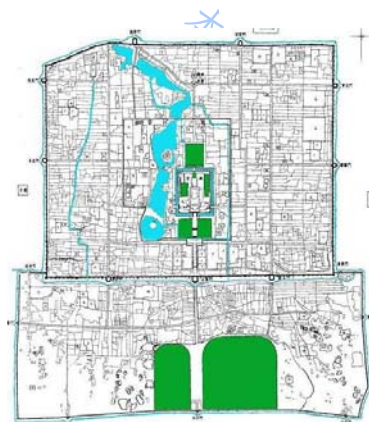
注：以2018年建成区面积计算



# 一、城市内涝的危害及其成因分析

## 北京中心城市水系变迁

人水争地



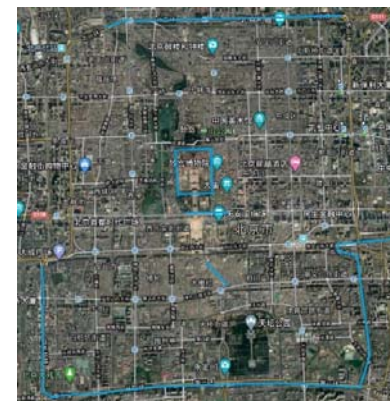
明清北京

河道: 1.07km/km<sup>2</sup>;  
水面率: 7.4%



1950年

河道: 0.92km/km<sup>2</sup>;  
水面率: 6.9%



2020年

河道: 0.47km/km<sup>2</sup>;  
水面率: 5.3%

注: 按照二环内城市面积 (60.2km<sup>2</sup>) 计算。

### 1950年后北京城市水面变化统计

名称	填垫时间	长度/面积	位置
小海	1951年		内城 (今什刹海体育学校)
御河	1956年	3.85km	内城
织女河	1957-1970年	0.473km	内城
龙须沟	1950年	2.475km	外城
前三门护城河	1965年7月, 1975年	7.74km	外城
西护城河	1965年7月, 1971年	5.22km	
东护城河	1974-1984年	5.92km	
西南护城河	1985年	0.36km	
西北护城河	1965年5月	0.86km	
太平湖	1971年	12.4hm <sup>2</sup>	
金鱼池	1967年	4.15hm <sup>2</sup>	外城
菖蒲河	1973年	0.51km	内城

\*参考李裕宏《京水沟沉(四)——北京城郊水系历史变迁与反思》文中数据整理

# 一、城市内涝的危害及其成因分析

## 1.2 城市内涝的成因分析

### 水系被破坏

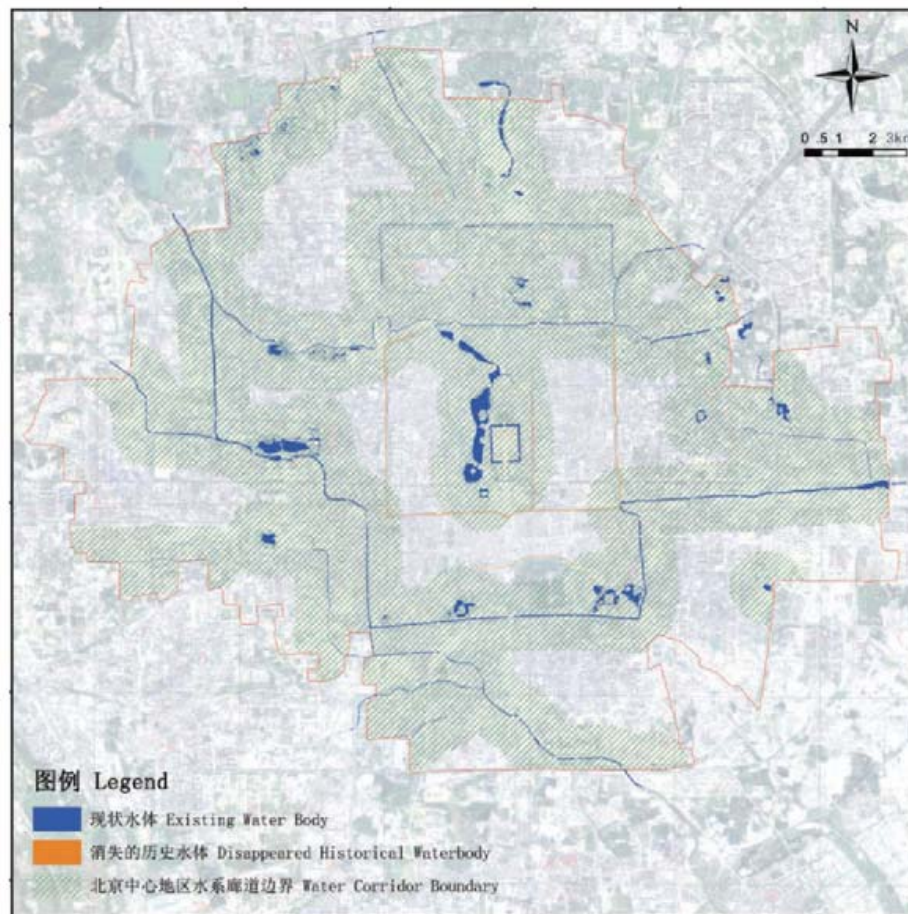
城市的水系被誉为“城市的血脉”，而现代城市的高强度开发使得城市地形地貌发生变化，原有的自然排水体系被破坏，城市水系面目全非，原有的湖泊、排洪通道被填埋，大大缩减了调蓄容量，洪涝灾害更加严重。

### 竖向规划缺陷

- 城市道路的竖向规划缺乏与自然水系的有效衔接
- 城市道路竖向规划缺陷形成易积水点

### “重地表，轻地下”的城市规划建设

城市规划建设投资的绝大部分用于地上设施的建设，而很少部分用于配套的地下管网的建设，同时规划、建设管理部门对地下管网的设计是否和城市规划的要求相吻合以及老旧管网的更新改造也不够重视。



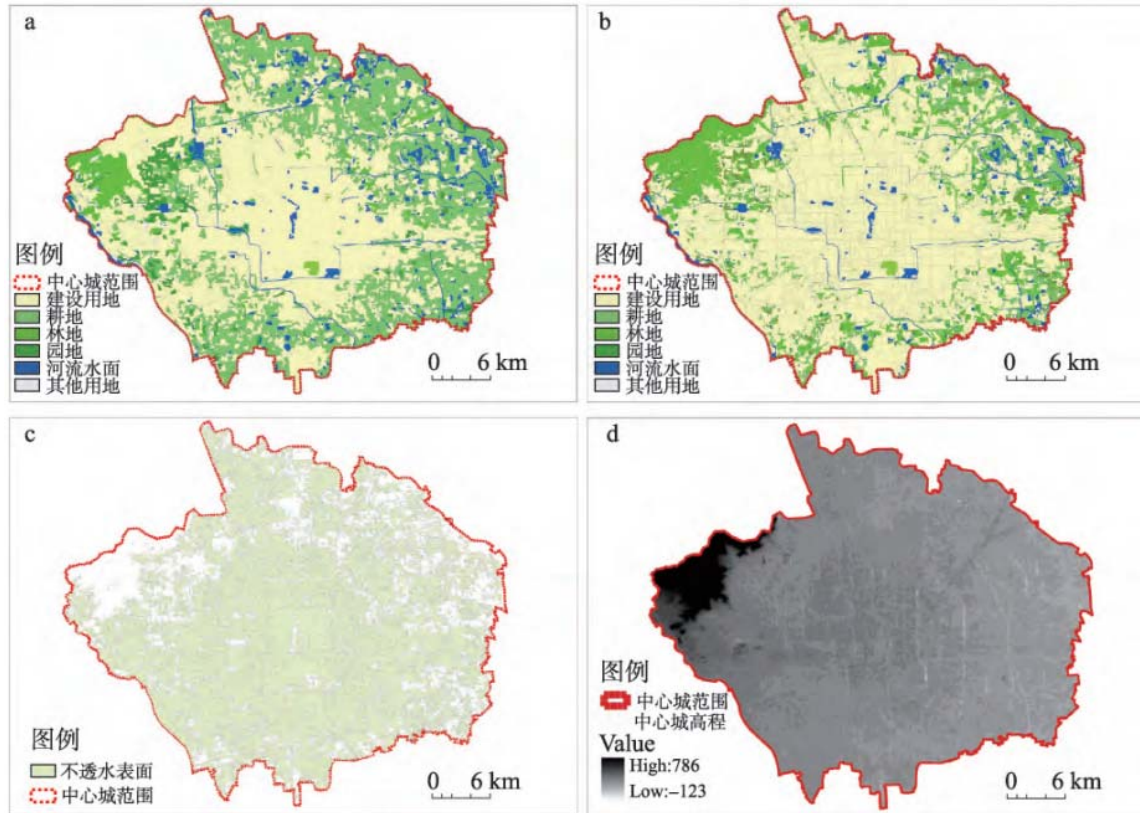
北京中心地区水系及水系廊道边界图

图片来源：薛飞,罗开盛,李元征,党安荣,张译匀.基于高分遥感数据的城市水系廊道生态系统服务价值评估——以北京中心地区水系廊道为例[J].中国园林,2018,34(10):50-54.



# 一、城市内涝的危害及其成因分析

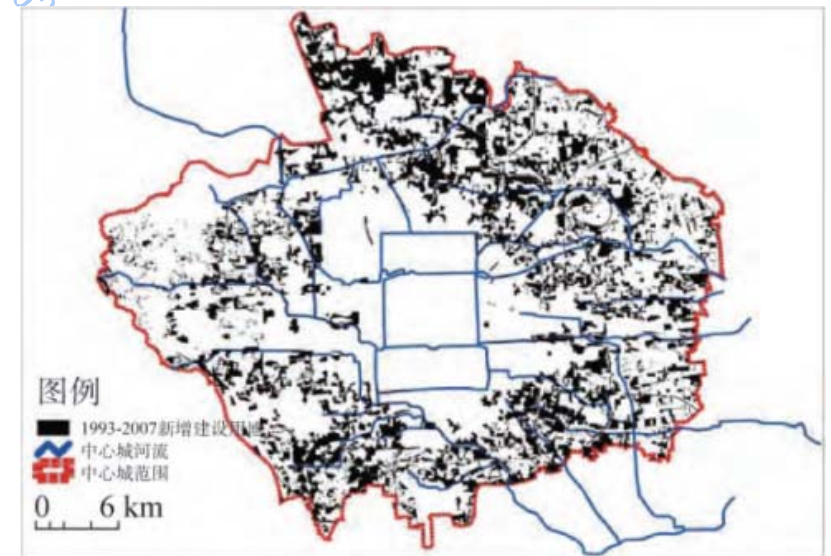
## 1.2 城市内涝的成因分析



北京中心城区1993(a)、2007年(b)土地利用图；不透水地表分布(c)及DEM图(d)

### 下垫面不透水比例增加

城市地表日趋“硬质化”；城市主要透水区域的面积不断被蚕食，城市下垫面不透水比例增加



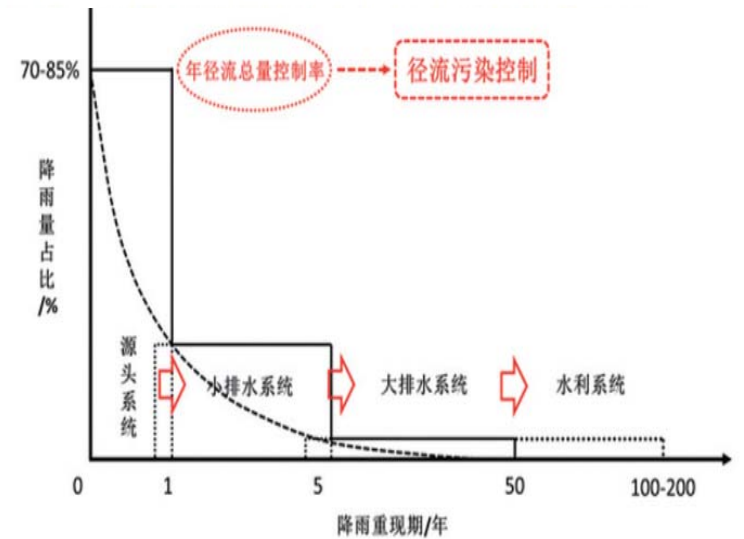
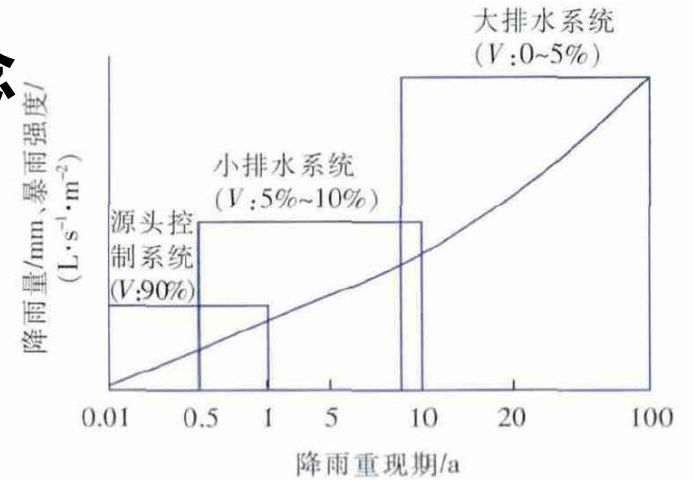
北京中心城1993-2007年其他用地转为建设用地图

图片来源：孙喆.北京中心城区内涝成因[J].地理研究,2014,33(09):1668-1679.

## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

“大-小-微”三套系统在“四水”方面的贡献

	大排水系统	小排水系统	微排水系统
水安全	●	◐	◑
水环境	◑	◐	●
水资源	◑	◐	●
水生态	◐	◑	●



大-小-微+城市水利系统中  
径流总量、径流污染控制示意图



## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

### 2.1 非设计雨水地表行泄通道

#### • 定义

即**Overland Flow Path, Surface Flood Pathway**。指未经特别设计，由于城市的天然坡向等地形条件而自然形成、天然存在的地表径流通道，包括**天然沟渠、河道、部分市政道路**等。同时也包含由于城市内涝被迫成为防洪排涝的地表雨水通道。

#### • 示例



道路预留径流通道



小区出入口径流通道



沟渠

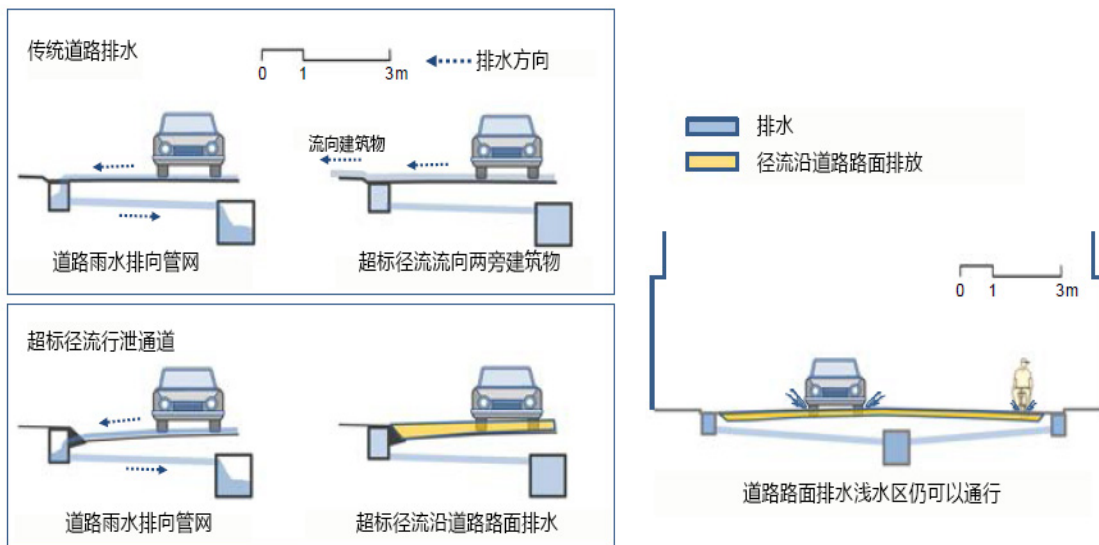


市政道路

## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

### 2.1 非设计雨水地表行泄通道

#### • 实例



城市道路作为“非设计的地表径流行泄通道”示意图



道路作为“非设计地表径流行泄通道”



非设计的地表径流行泄通道与设计行泄通道的衔接



## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

### 2.2 非设计雨水地表调蓄空间

#### • 定义

指城市中天然存在的、能够蓄滞雨水、降低径流峰值流量的地表雨水暂存空间，包括**天然洼地、湖泊、河流**等。

#### • 特点

在非暴雨季节调蓄呈**干燥状态或维持较低水位**。

常水位区内水位变化保持在较小范围内，在无水区和常水位以上的区域则建造**绿地、停车场、运动场**等休憩或运动场所。

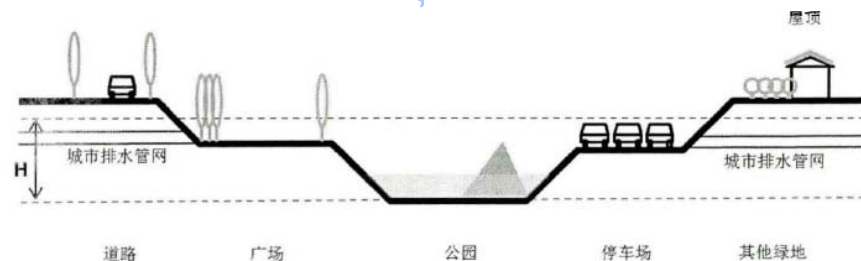
暴雨时，利用常水位与最高水位溢流口之间巨大的空间来贮存调蓄暴雨峰流量，减少城市雨水对周边或下游重要区域的洪涝灾害，暴雨后再通过排放、下渗、蒸发等手段逐步恢复到正常水位。



绿地调蓄



广场调蓄



水位 -----

多功能雨洪调蓄设施:

广场、公园、停车场、屋面、其他绿地

多功能调蓄空间示意图

## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

### 2.2 非设计雨水地表调蓄空间

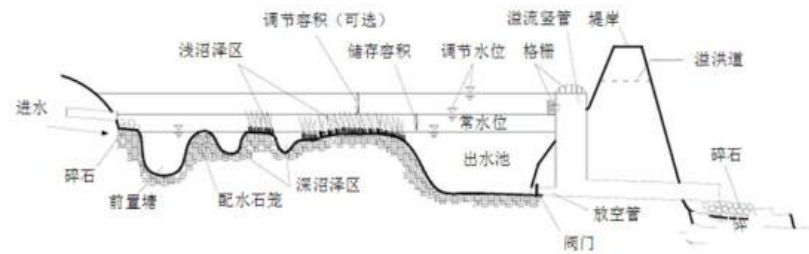
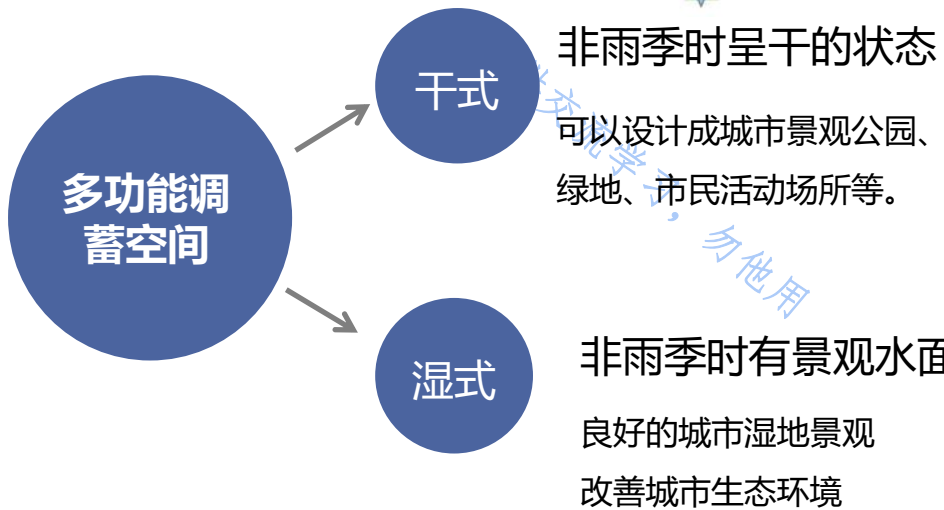
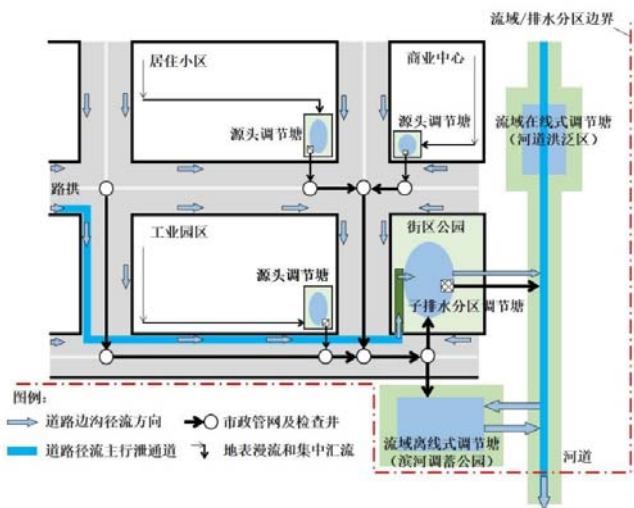


以调蓄暴雨峰流量为核心, 把排洪减涝、雨水利用与城市的景观、生态环境和城市其他一些社会功能更好地结合, 高效率地利用城市宝贵土地资源, 实现综合雨水控制。





## 二、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的概念

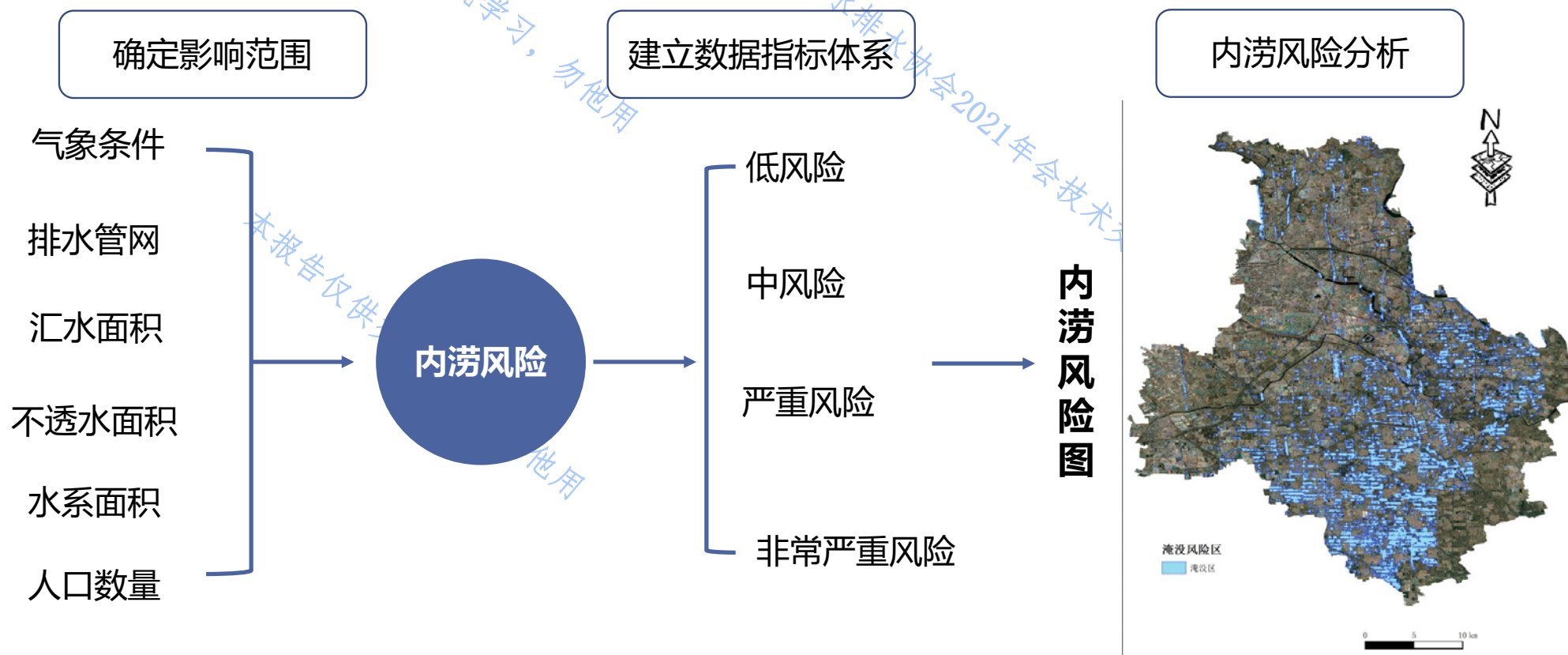


图片来源：朱一文, 王耀堂等

## 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

### 3.1 内涝风险模拟分析

内涝风险评估是城市防内涝规划的基础，风险评估的目的是全面准确地了解城市防内涝体系的现状及可能造成的危害，有效地识别风险源及内涝分布区域，为防内涝体系的规划设计提供科学依据。

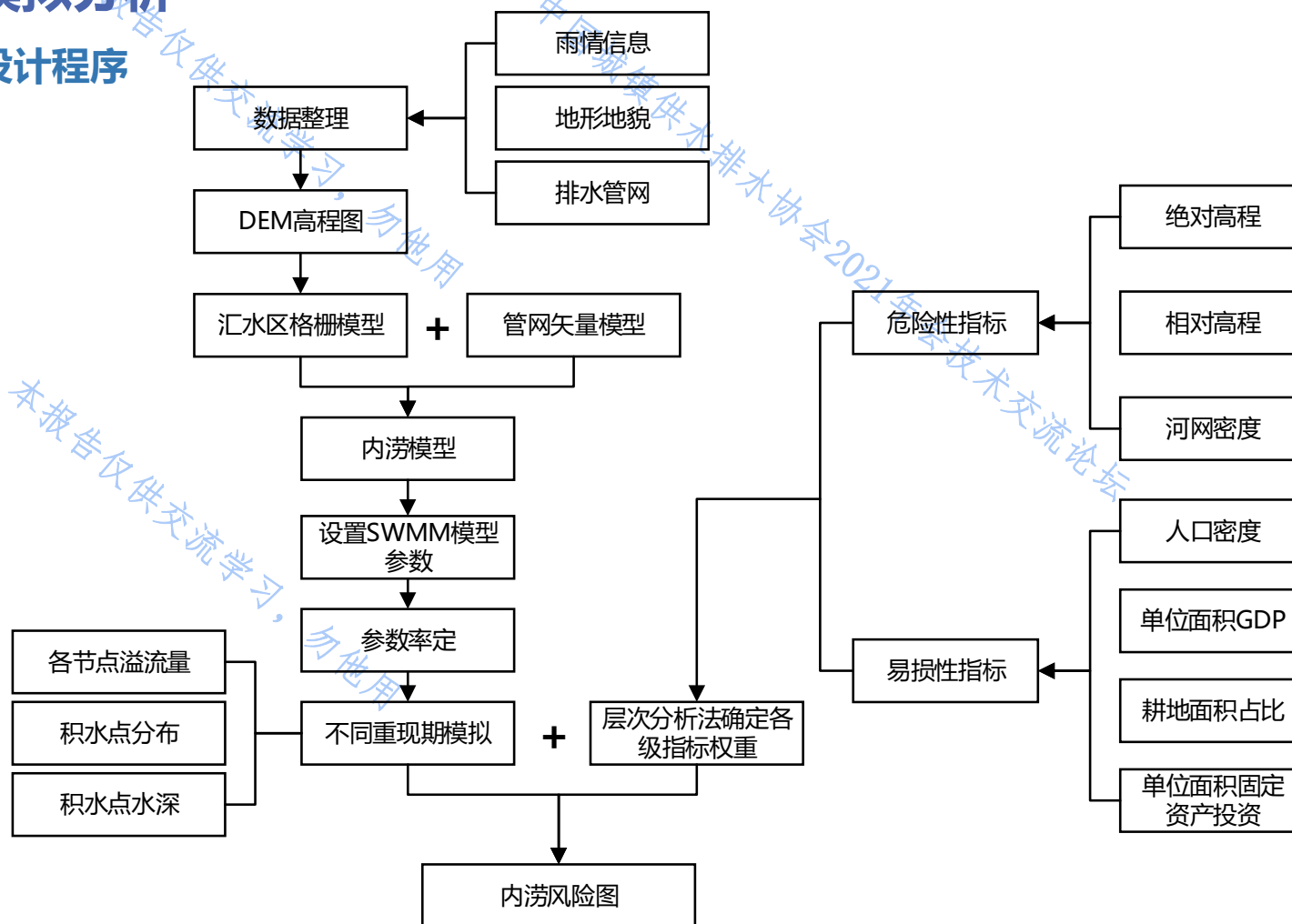




# 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

## 3.1 内涝风险模拟分析

### • 内涝风险图的设计程序



### 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划 城市规划设计中处理好整体与局部的关系

#### 大排水构建中中竖向规划设计典型问题及对策（规划层面）

##### ◆ 城市局部区域对更大范围城市整体竖向分析不足的问题

- 问题：在对片区的项目进行竖向设计的时候，往往只考虑小区域范围的布局设计的协调，而常常忽略了整个城市范围的整体竖向高程特点。

导致看似在片区内合理的竖向规划，由于在大区域中位于较低高程，受到整体竖向的影响，在真正实施建设时受到片区外客水汇入的影响，影响试点片区的竖向设计效果。



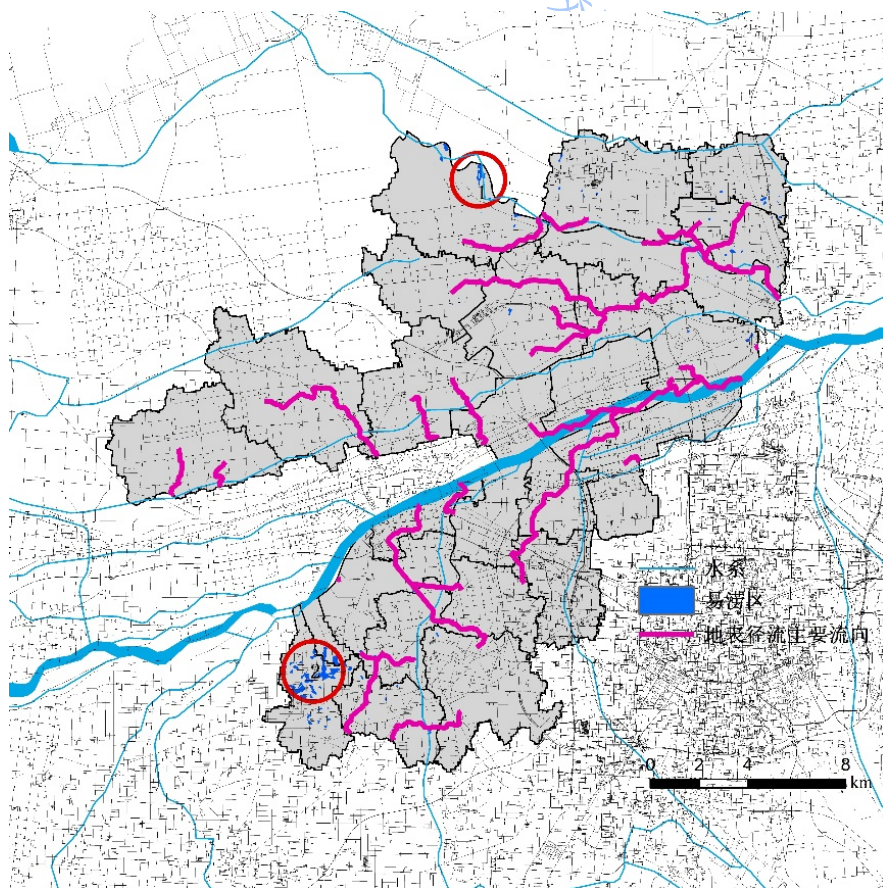
局部片区处于整体区域低区



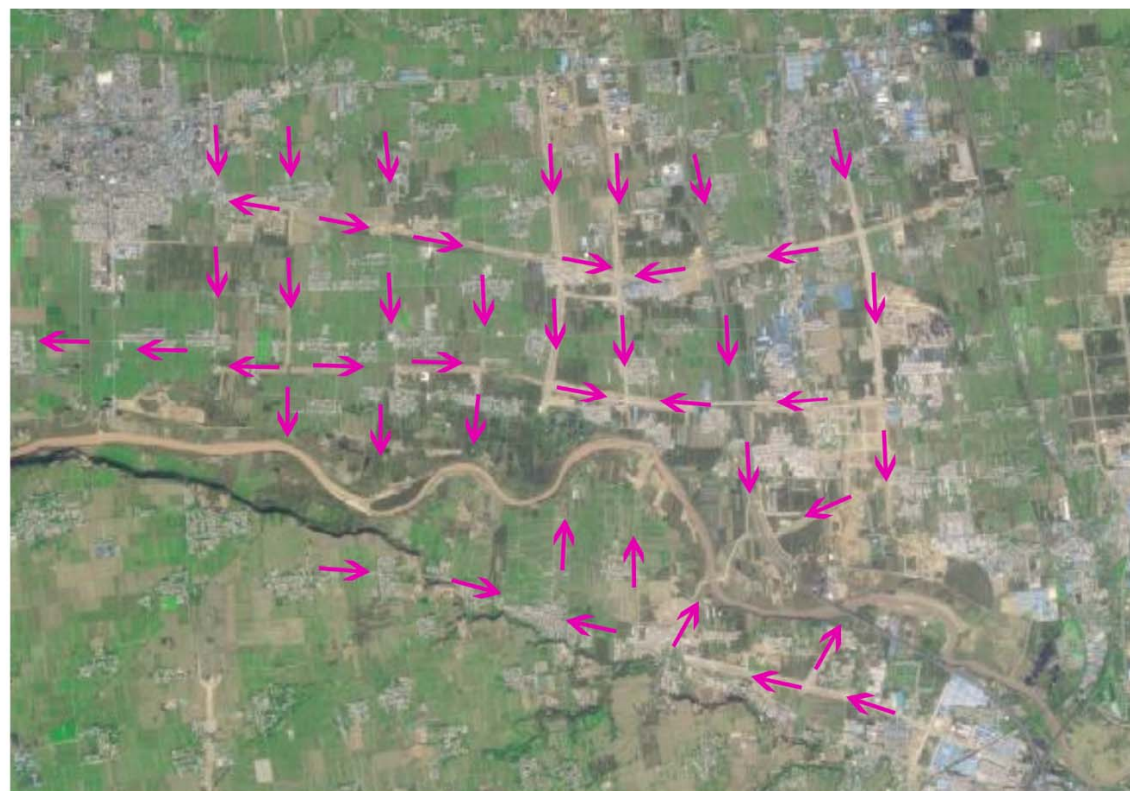
### 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

#### 基于大排水系统构建的城市竖向规划

#### 城市规划设计中处理好整体与局部的关系



XX新区地表径流主要流向示意图

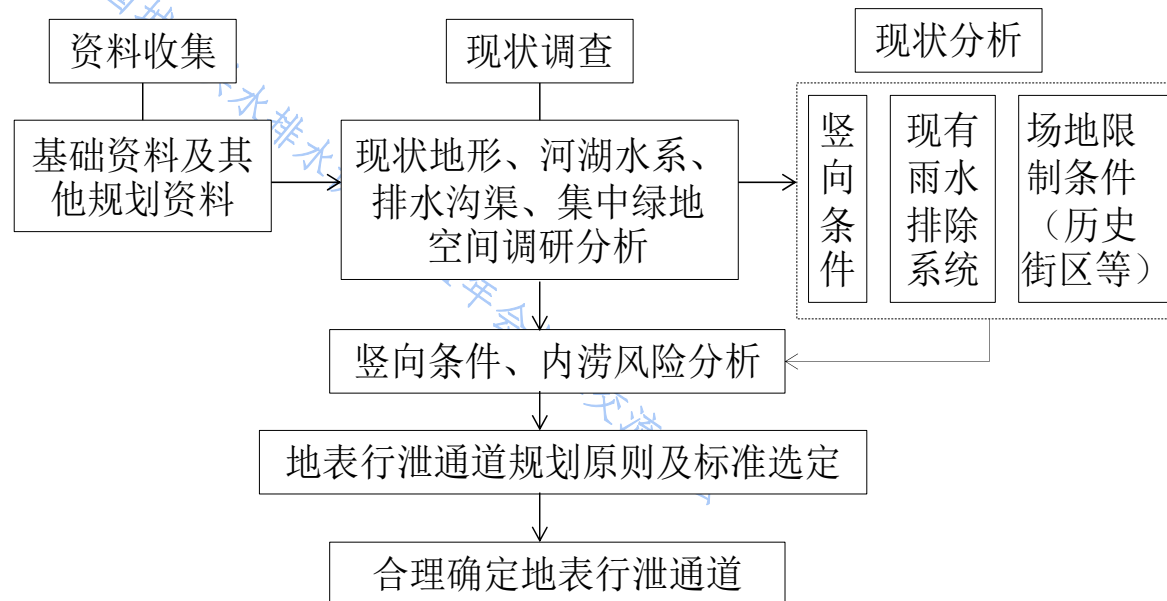


XX新区地表竖向规划建议图

# 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

## 3.2 地表行泄通道和调蓄空间规划布置

- 竖向规划
- 行泄通道优化设计
- 历史街区保护
- 行泄通道与调蓄空间、河道衔接
- 与周边地块的高程衔接



道路地表径流组织排放示意图

- 现状地形与地表漫流分析
- 道路与管网综合排水能力
- 易涝区综合改造方案分析
- 城市用地规划布局优化调整
- 原有滞蓄空间与排放通道保护
- 行泄通道与河道竖向分析
- 行泄通道与周边地块竖向分析
- 行泄通道与调蓄空间竖向分析
- 道路行泄通道优化设计
- 道路交叉口汇流路径分析

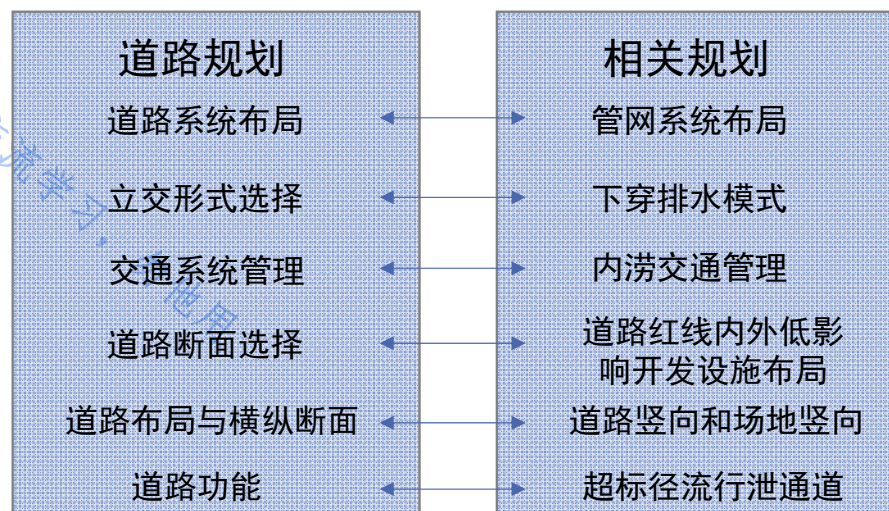


# 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

## 3.2 地表行泄通道和调蓄空间规划布置

- 道路交叉口与城市道路规划的结合
- 横纵坡的设计，评估道路排水能力
- 通过地下管道与路面地表排水共同承担
- 我国城市空间密集，道路可作为水的临时通道
- 相关规范标准中应增加道路排水的设计内容

道路大排水系统规划与相关规划关系

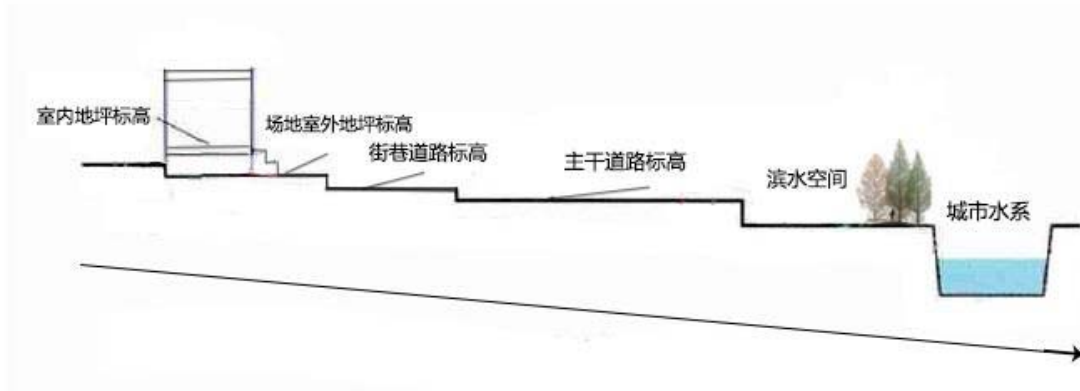


## 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

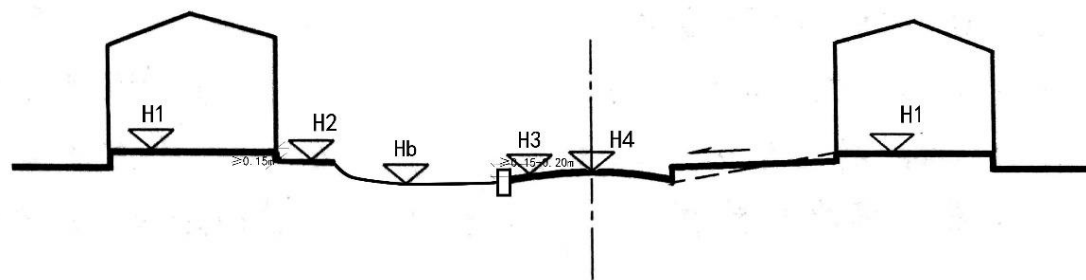
### 3.3 地表行泄通道和调蓄空间竖向衔接

#### • 顺应自然、因地制宜进行竖向设计

- 尊重、敬畏、理解自然，切忌过度干预，违背自然规律
- 整体把握道路与调蓄空间的竖向控制，先规划、后建设
- 从竖向出发，顺应自然，因地制宜
- 竖向设计发挥行泄通道与调蓄空间的作用



中国古代城市排水竖向示意图



建筑、道路、绿地竖向衔接高程关系示意图 ( $H1 > H2 > H4 > H3 > Hb$ )

# 三、非设计雨水地表行泄通道与调蓄空间的规划

## 3.5 与其他相关专业协调的要点分析

### 1.因地制宜，与城市规划结合

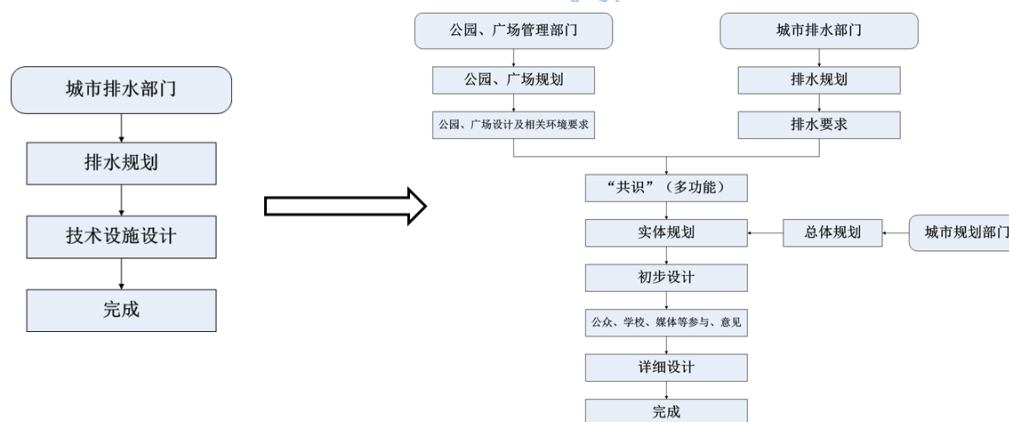
- 天然水体、湿地的保护
- 公园、广场、运动场结合

### 2.跨部门、跨专业的协调合作

- 城市规划、道路、园林、防洪等政府管理者及专业设计人员突破传统设计理念的制约，建立科学、有效的沟通及合作机制
- 跨学科的各部门合作规划与设计，从而确定建设的综合发展目标和优先建设项目的时序
- 采用购买服务、PPP等模式提高政府管理效率和质量

### 3.预警预报机制与维护管理

源头减排系统、道路径流行泄通道、多功能调蓄公园、管渠等的运行维护、应急预警、信息管理平台建设等的综合实施需要城市规划、道路、园林、市政等各部门建立有效的联动机制



(图片来源：杨正绘制)

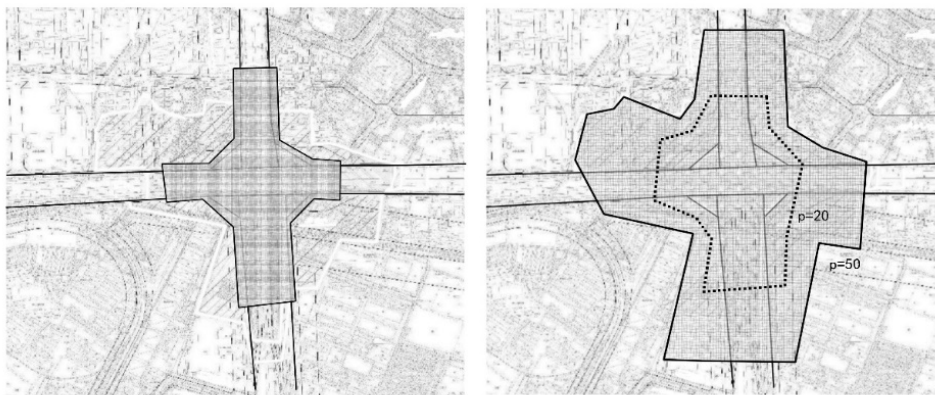


## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 大排水构建中竖向规划设计典型问题及对策

#### ◆ 下凹式立交桥区域的竖向设计常见问题

- 问题：下凹式立交桥低水区因其雨水无法靠重力排至下游雨水管道或河道，常设置雨水泵站，泵站设计汇水范围为下凹式立交桥的低水区。但由于竖向设计考虑不周和泵站设计标准不足使得大重现期时低水区范围外的客水大量汇入，造成雨水滞留，下凹式立交桥的客水范围变大，甚至是低水区范围的几倍至几十倍



a 下凹式立交桥地区排水系统汇水范围

b 不同重现期的客水区范围 (P=20; p=50)

下凹立交桥低水区与客水区范围示意图



竖向调整前后某地区下凹立交客水区范围

## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.1 道路行人在水涝条件下安全失稳参数分析

- 行人失稳形式：滑动、漂浮、翻滚
- 行人稳定性的影响参数：流速、水深、道路坡度
- 行人在水涝条件下的安全临界状态
- 临界滑动失稳

$$F_D = F_R$$

- 临界推翻失稳

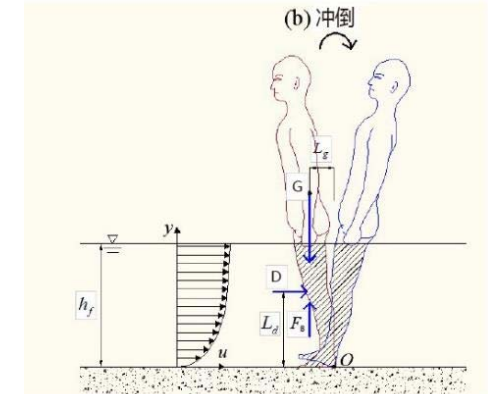
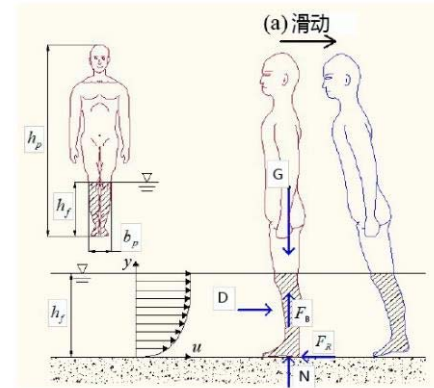
$$DL_d - G_E L_g = 0$$

- 不同坡度的推翻失稳

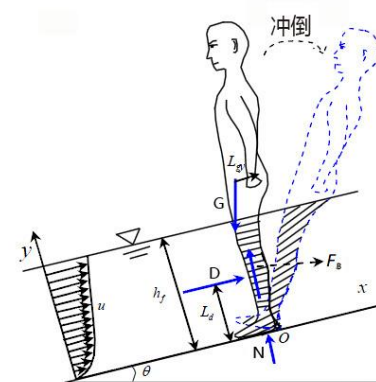
$$(F_{gy} \cos\theta - F_b - L) L_{gy} + F_{Gx} L_{gx} - F_D L_d = 0$$

- 倾斜时临界滑动失稳

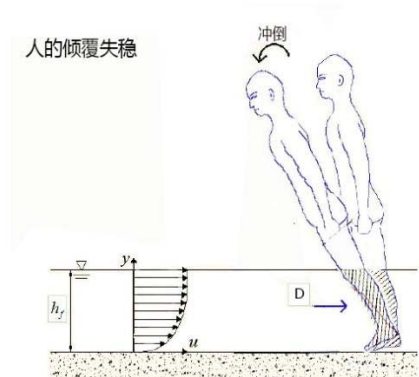
$$h^2 U^2 = \frac{h_p + r \cos\varphi}{\alpha \rho_f B} \left[ mg - \rho_f g \left( a_1 \left( \frac{x}{\sin\varphi} \right)^2 + b_1 \frac{x}{\sin\varphi} \right) (a_2 m + b_2) \right]$$



道路路面排水行人失稳形式示意图



斜坡水流作用下行人失稳形式



人体倾斜失稳示意图



## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.1 道路行人在水涝条件下安全失稳参数分析

- 评价指标

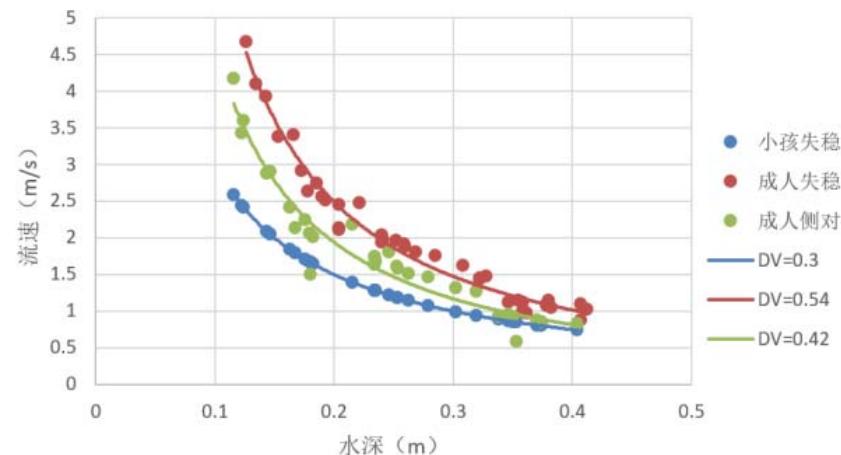
- 最大允许深度  $y$  (m)
- 最大流速  $v$  (m/s)
- 流速×水深  $v \cdot y$  ( $m^2/s$ )
- 流速<sup>2</sup>×水深  $v^2 \cdot y$  ( $m^3/s^2$ )

国家/部门		发布年限	最大水深	最大流速	关系式
美国	美国FEMA	1979	0.91	0.61	$(v * y) \leq 0.56m^2/s$
	美国克拉克县洪涝控制区	1999	0.3	—	$(v * y) \leq 0.55m^2/s$
澳大利亚	澳大利亚新南威尔士政府	2005	0.8m	2.0	$U = -3.3h + 2.7$
	澳大利亚和新西兰的农业资源管理委员会	2000	1.2-1.5	1.5	—
	澳大利亚工程师协会	1999	1.2	0.8	—
英国	英国CIRIA	2006	0.3	2	$(v * y) \leq 0.5m^2/s$ $(v^2 * y) \leq 1.23m^3/s^2$
	伦敦食品和农村事务部环境机构	2006	—	—	$HR = y \times (v + 0.5) + DF$
西班牙	巴塞罗那	2006	0.06	1.5	—
意大利	意大利利古利亚区	1993	0.00-1.75	0.00-7.00	—
瑞士		2004	0.0-1.0	0.25-1.0	—
芬兰	环保部	2000	—	—	$0.25 \leq (v * y) \leq 0.7m^2/s$
日本	Takahashi et al.	1992	0.44-0.99	0.58-2.0	0.64-1.26

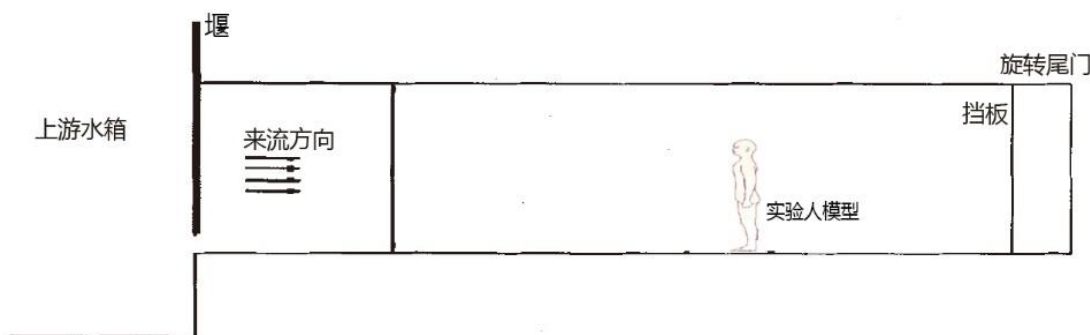
## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.1 道路行人在水涝条件下安全失稳参数分析

以流速×水深  $v \cdot y$  ( $m^2/s$ ) 为评价指标, 在相同水深条件下, 坡度越大行人被冲倒失稳的流速越小; 水深一定时, 人行走失稳对应的临界流速小于静止失稳时的临界流速; 行人失稳的临界流速×水深在  $0.3 \sim 0.54 m^2/s$  之间。



行人安全稳定推荐关系线



水槽设计侧视图

$H \cdot V$ ( $m^2/s$ )	小孩 (12岁以下)、老人	青少年	成年人
0	安全	安全	安全
0-0.3	高风险	低风险	低风险
0.3-0.42	高风险	中风险	中风险
0.42-0.54	高风险	高风险	中风险
>0.54	高风险	高风险	高风险

道路行泄通道风险等级判定



## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.2 道路行车在水涝下的安全稳定性参数分析

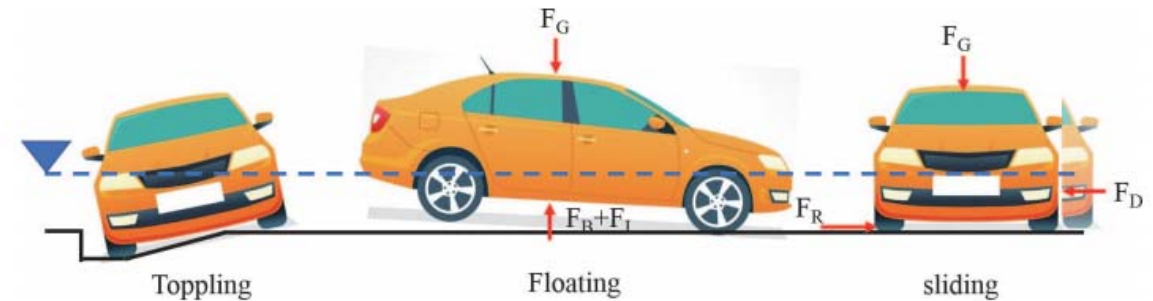
- 车辆失稳形式：滑动、漂浮、翻滚
- 车辆稳定性的影响参数：流速、水深、来流方向、车辆特性(长度、宽度、离地间隙、重量、轮胎状况和水动力设计)、道路坡度、车辆淹没状态(完全或部分淹没)

- 静止车辆在水涝条件下的安全临界状态

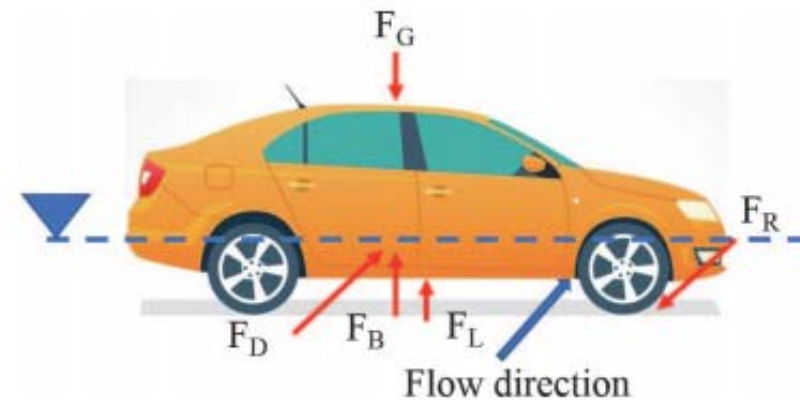
$$F_D = F_R$$

- 行驶车辆在水涝条件下的安全临界状态

$$F_T + F_D = F_R$$



车辆失稳形式



部分淹没静止车辆受力分析

图片来源: Mustaffa Z , Alqadami E , Shah S M H , et al. Impact and Mitigation Strategies for Flash Floods Occurrence towards Vehicle Instabilities[M]// Flood Impact Mitigation and Resilience Enhancement. 2020.

## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.2 道路行车在水涝下的安全稳定性参数分析

- 评价指标

- 最大允许深度  $y$  (m)
- 最大流速  $v$  (m/s)
- 流速×水深  $v \cdot y$  ( $m^2/s$ )
- 保持车前弓形波

指南	年份	最大水深	最大流速	$v \cdot y$	其他
新南威尔士公共工程部(PWD)	1986	0.3	2.0	—	—
澳大利亚降雨和径流 (AR&R)	1987	—	—	0.6-0.7	—
墨尔本水域开发手册: 洪道安全标准(MWLDM)	1996	0.6	—	$\leq 0.60m^2/s$ 当 $D_{av} \leq 0.1m$ $\leq 0.80m^2/s$ 当 $D_{av} = 0.2m$ $\leq 0.35m^2/s$ 当 $D_{av} \geq 0.3m$	—
澳大利亚应急管理协会 (EMA)	1997	—	—	—	保持弓形波, 以防止水进入车辆引擎
澳大利亚应急管理协会 (EMA)	1999	0.3 (小型车); 0.4 (大型车)	—	—	—
新南威尔士政府漫滩发展手册 (DIPNR)	2005	0.3	2.0	—	—
澳大利亚道路设计指南	2008	—	—	—	$D + V^2/2g \leq 0.3m$
澳大利亚降雨和径流: 车辆的适当安全标准 (AR&R)	2011	0.3(小型车); 0.4(大型车); 0.5(大型四轮驱动)	—	—	—



## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.3 道路行泄通道设计参数

#### 汇水区划分与动态调整

- 流域排水分区——Watershed
- 城市排水分区——Catchment
- 雨水管段分区——Drainage area/sub-catchment

#### 划分方法

- 雨水管渠设计标准对应的排水分区——小排水系统
- 以雨水管网系统和地形坡度为基础，基于cad/地形采用等分角线法/梯形法/Theissen多边形划分，人工修正
- 内涝防治系统设计标准对应的排水分区——大排水系统
- 利用模型划分，结合1D管网与2D地形，分析超过小排水系统设计重现期降雨时径流漫流分水岭的情形，进行小排水系统排水分区合并

#### 设计重现期

- 建立完善的大排水系统设计标准和内涝防治体系

#### 降雨历时

- 需考虑短历时降雨和长历时降雨的差异与衔接
- 需考虑管道汇流时间与径流行泄通道汇流时间的差异

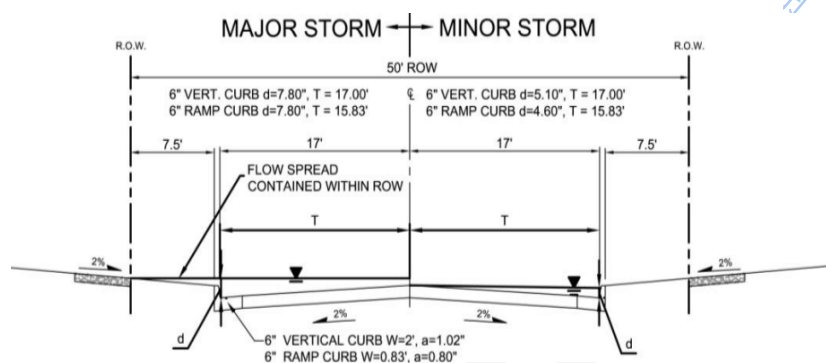
国家	重现期
美国	道路设计标准2-50年，大排水系统一般为100年
英国	30年-100年
德国	10-50年
澳大利亚	道路设计标准为10-50年，大排水系统一般为100年
日本	道路设计标准为1-10年
法国	道路排水设计重现期5-10年，综合地下管网重现期为25年
中国	20-100年（参照《城镇内涝防治技术规范》中内涝防治重现期）

# 四、道路雨水行泄通道设计要点

## 4.3 道路行泄通道设计参数

### 漫幅 (排水断面)

- 考虑超标暴雨情境下道路径流行泄通道最大排水能力，确定道路排水的最大断面，需对道路径流行泄通道在超标降雨情境下每条车道的积水情况进行分析
- 对不同道路断面形式的道路排水能力进行计算，得出：当路拱高度与路缘石高度一致时，排水能力最大



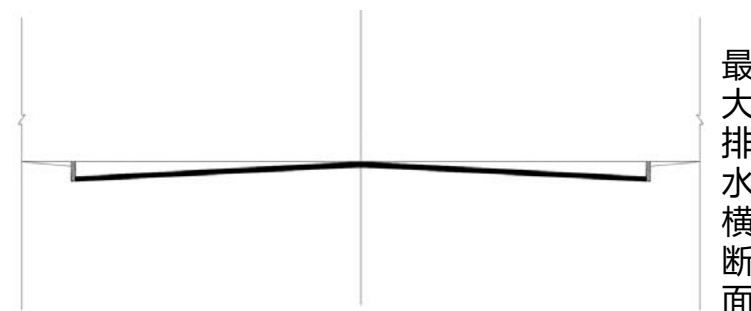
(Bill Lipp PSE. Road Design Standards & Guidelines[M].Australia: Department of Planning, Transport and infrastructure, Transport Services Division:2015.)

车道数	行车速度规定		
	≤70km/h	70-90km/h	>90km/h
1	1	0.75	0.5
2	1.5	1.25	1
3	2	1.75	1.5
>3	3	2.5	2

国外

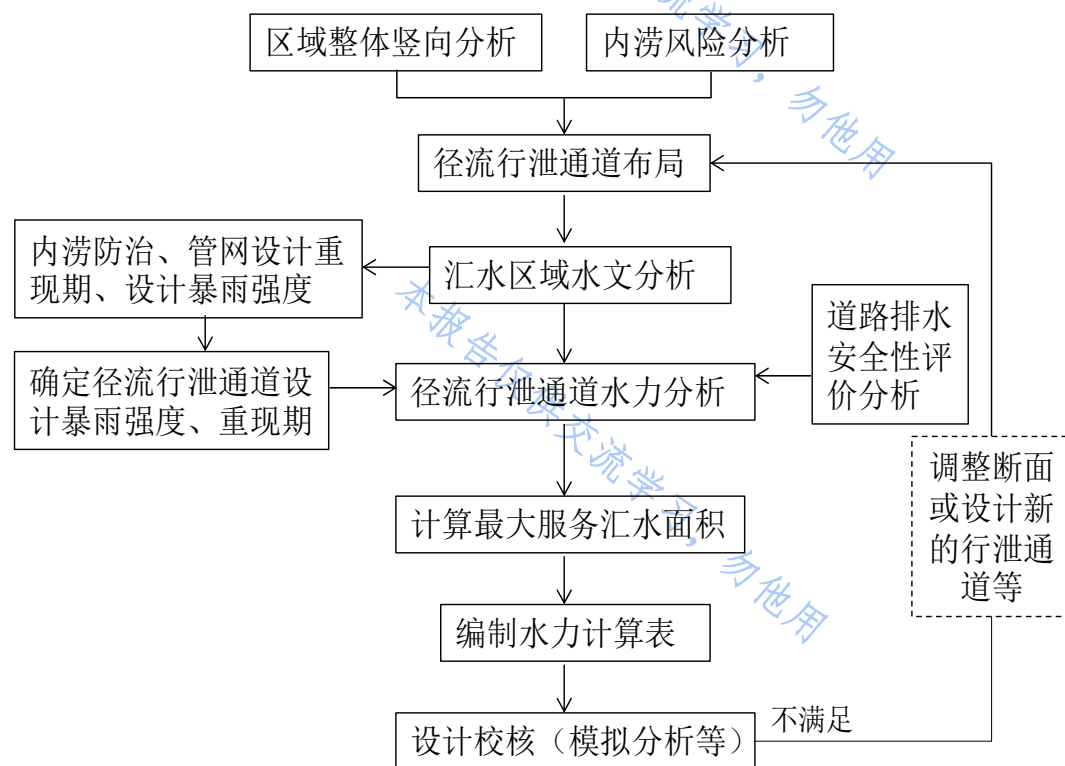
中国

车道数量	道路宽度 (m)	路缘石与路拱高程差		
		1%	1.50%	2%
1	3.75	0.04	0.06	0.08
2	7.5	0.08	0.11	0.15
3	11.25	0.11	0.17	0.23
4	15	0.15	0.23	0.30
5	18.75	0.19	0.28	0.38
6	22.5	0.23	0.34	0.45



# 四、道路雨水行泄通道设计要点

## 4.4 道路行泄通道的设计程序



- 确定径流行泄通道
- 汇水区域水文分析
- 确定设计重现期、暴雨强度
- 径流行泄通道水力分析
- 最大服务汇水面积计算
- 编制水力计算表
- 设计校核

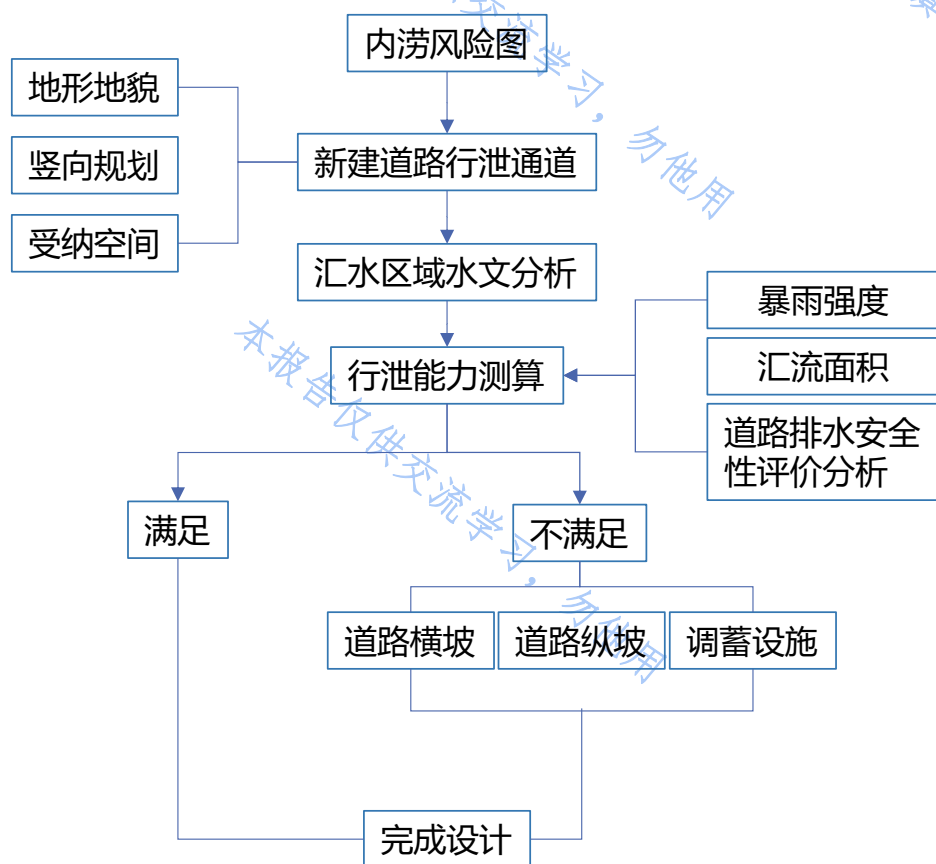
重要指标

- 设计重现期
- 水深、流速乘积等
- 漫幅



## 四、道路雨水行泄通道设计要点

### 4.4 道路行泄通道的设计程序



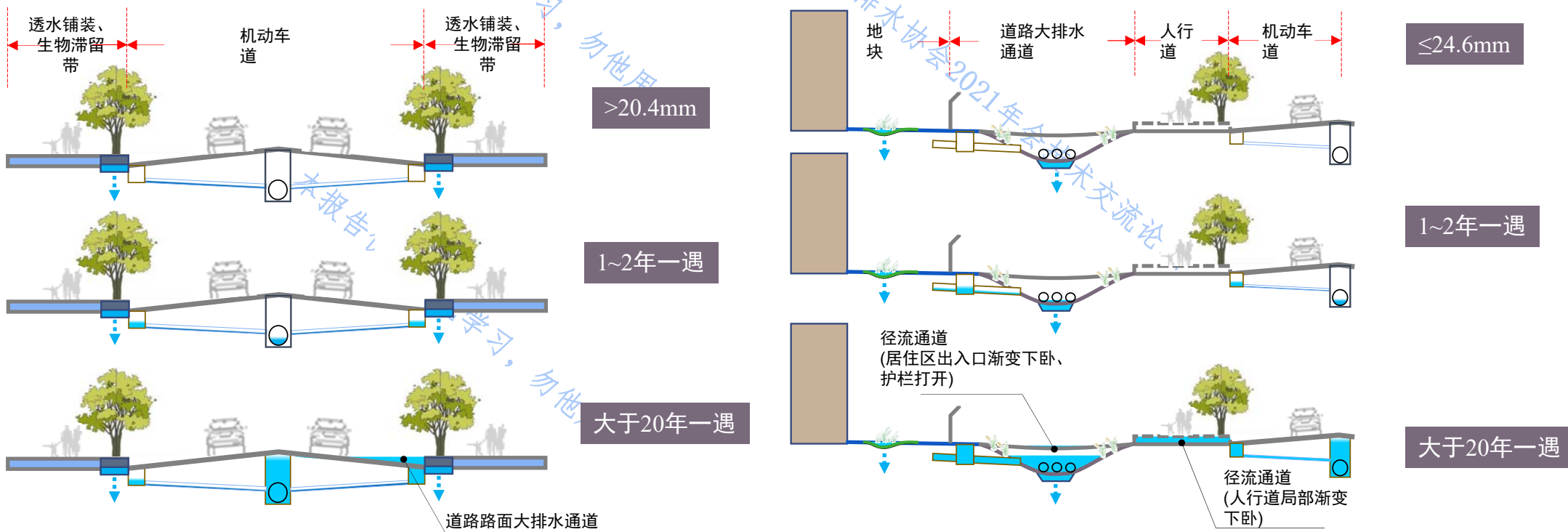
- 合理选择径流行泄通道
- 汇水区域水文分析
- 确定设计重现期、暴雨强度
- 行泄能力测算
- 设计校核
- 调整道路横坡、道路纵坡、结合调蓄设施

#### 重要指标

- 设计重现期
- 暴雨强度、汇流面积
- 水深、流速乘积等
- 漫幅

# 四、道路雨水行泄通道设计要点

## 4.5 道路行泄通道运行工况



图片来源：王耀堂

# 五、多功能调蓄空间规划设计要点

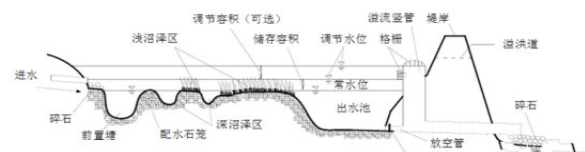
## 5.1 多功能调蓄空间的形式

### • 定义

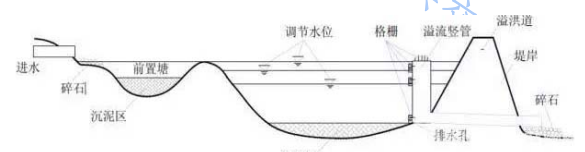
具有一定的调蓄容积，能够蓄滞雨水、降低径流峰值流量的地表雨水暂存空间。

非雨季时呈干的状态的调蓄空间为干式调蓄空间，非雨季时有景观水面的为湿式调蓄空间。

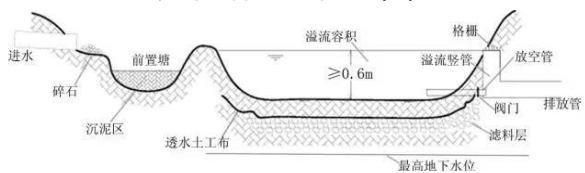
### • 形式



雨水湿地典型构造图



调节塘典型构造图



渗透塘典型构造图

图片来源：百度

### 多功能调蓄空间

#### 干式

城市景观公园、绿地、市民活动场所等。

#### 渗透性

调蓄，补充地下水

下沉式广场

公园绿地

渗透塘

#### 防渗型

调蓄，雨水利用

调节塘

调节池

#### 湿式

良好的城市湿地景观，改善城市生态环境。

雨水湿地

湿塘

景观水体



# 五、多功能调蓄空间规划设计要点

## 5.2 多功能调蓄空间的关键设计参数分析

### 1) 以绿地为主的干式调蓄空间

干式调蓄空间侧重绿地对雨水的促渗和短时滞留，对下沉式绿地率有较高要求。应根据客水服务面积、设计降雨量、土壤渗透系数等进行计算。



干式公园雨水径流路径示意图

下沉绿地雨水下渗量和蓄水量计算见式：

$$Q_s = 10^4 K J T F_p P_g P_s$$

$$\Delta Q = 10 h F_p P_g P_s$$

式中：K ——土壤渗透系数，m / s；

J ——水力坡度，垂直下渗时取值1；

T ——渗透时间，根据城市降雨特征和

植物耐淹时间而定，一般取2 ~ 24 h，s；

$P_g$  ——公园绿地率，%；

$P_s$  ——下沉式绿地率，%；

h ——绿地下沉深度，mm。

下沉式绿地作为调蓄空间的水量平衡关系见式：

$$10 H \varphi (F_n + F_p) = Q_s + \Delta Q$$

式中：H ——设计降雨量，mm；

$\varphi$  ——综合径流系数，可根据客水服务区域和公园用地性质及其比例加权计算；

$F_n$  ——客水服务面积， $h m^2$ ；

$F_p$  ——公园面积， $h m^2$ ；

$Q_s$  ——下沉式绿地雨水下渗量， $m^3$ ；

$\Delta Q$  ——下沉式绿地蓄水量， $m^3$ 。

# 五、多功能调蓄空间规划设计要点

## 5.2 多功能调蓄空间的关键设计参数分析

### 2) 以水体为主的湿式调蓄空间

以调蓄为目标的景观水体，若不考虑其他绿色雨水基础设施如雨水花园、下沉式绿地等的调蓄量，全部通过水体调蓄。可用下式计算水体调蓄容积：

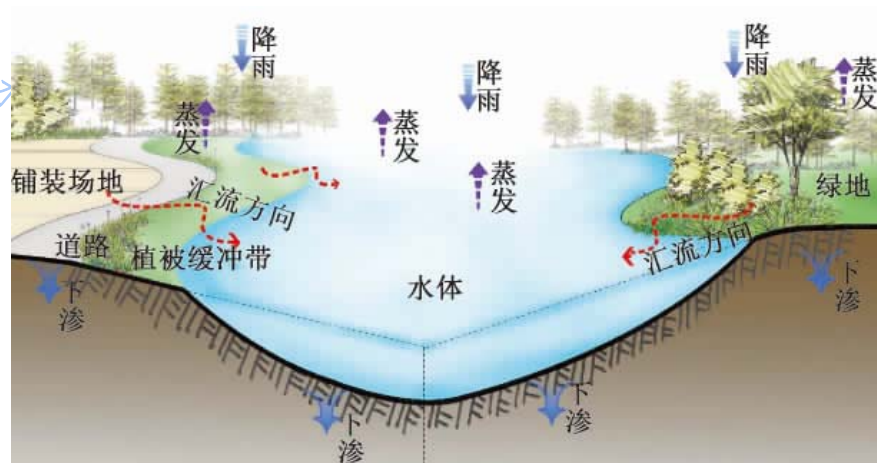
$$10H\varphi(F_n + F_p) = 10^4 A(h_n - h_0)$$

式中：A ——调蓄水体面积， $\text{hm}^2$ ；

$h_n$  ——高水位，m；

$h_0$  ——常水位，m；

理想状态下，水体高水位应根据城市内涝防治重现期确定，或结合其他绿色雨水设施、市政设施综合确定。

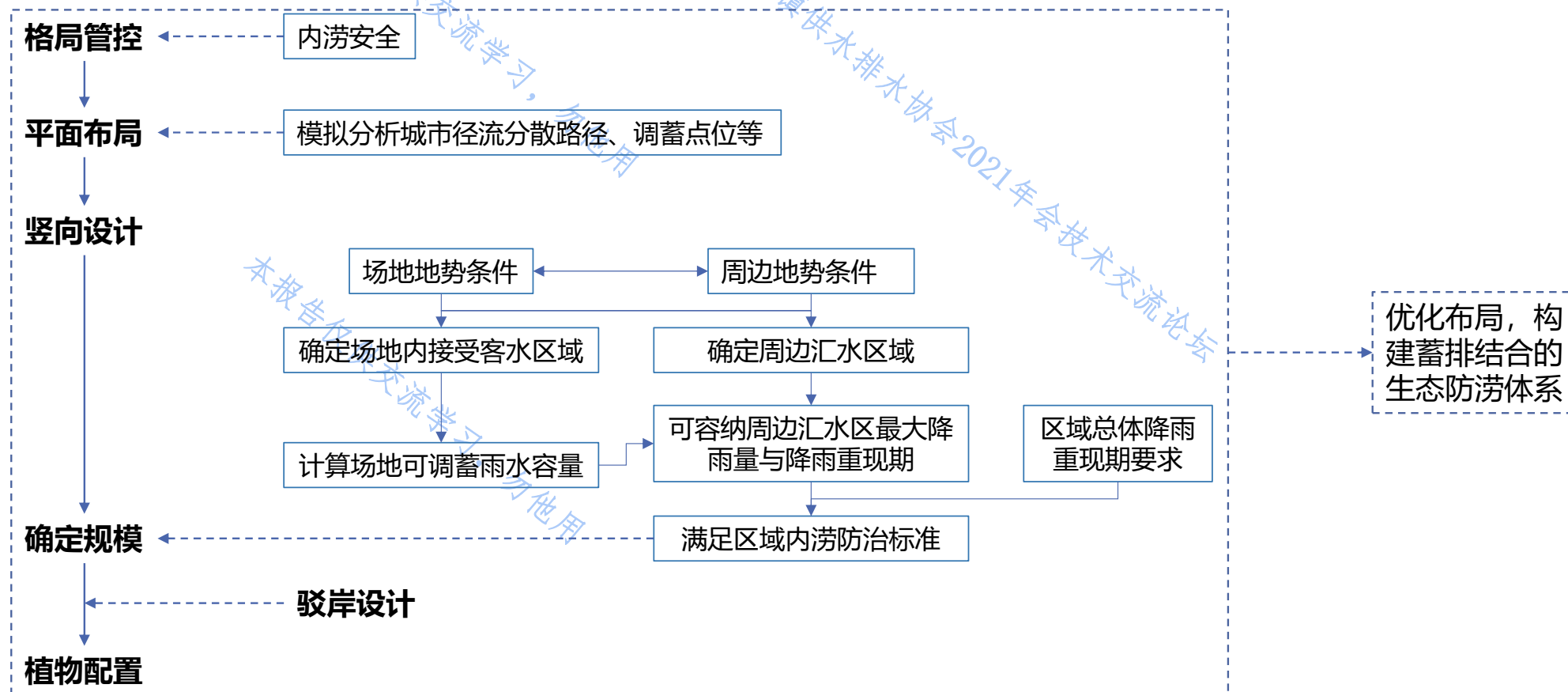


湿式公园雨水径流路径示意图

# 五、多功能调蓄空间规划设计要点

## 5.3 多功能调蓄空间的设计程序

### 设计流程





## 五、多功能调蓄空间规划设计要点

### 5.3 多功能调蓄空间的设计程序

#### • 设计要点

##### 1) 平面布局

园路和铺装场地的坡向应朝向绿地，部分有路缘石的地块可通过将路缘石开口将雨水引入。

为避免径流流速过大而造成土壤侵蚀，应在汇水路径中设置植被缓冲带、卵石带等消能设施或结合景观设置水平沟、水平阶等截流沟渠。

##### 2) 竖向设计

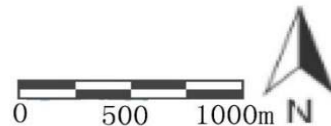
通过竖向设计控制雨水径流走向，划分汇水分区。

干式调蓄空间应保持汇水路径“**园路或铺装场地→下沉式绿地**”的竖向趋势，利用分散的绿地对雨水径流进行分区承蓄。

湿式调蓄空间应保持汇水路径“**园路与铺装场地→下沉式绿地→调蓄水体**”的竖向趋势。



图例



调蓄公园汇水区单元划分与布局示意图

## 五、多功能调蓄空间规划设计要点

### 5.3 多功能调蓄空间的设计程序

#### • 设计要点

#### 3) 设施计算

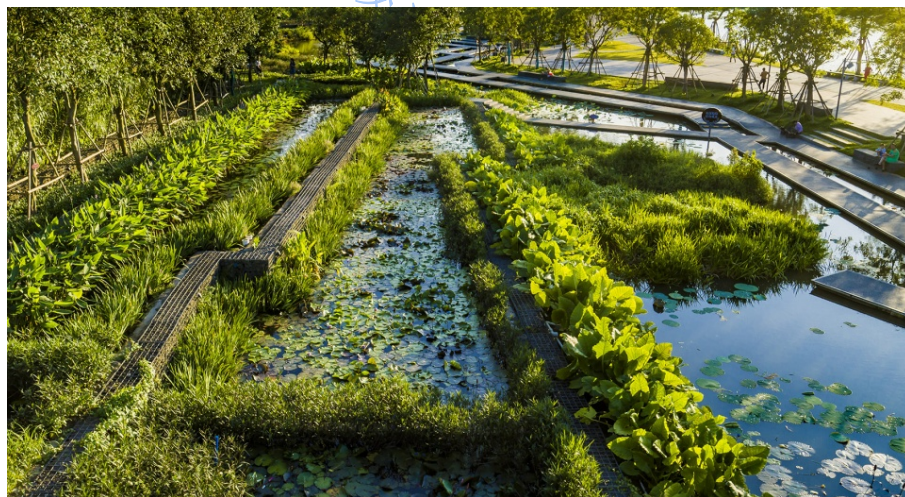
依据划分的排水分区，统计每个排水分区的下垫面情况，利用容积法计算排水分区的调蓄容积，推求调蓄容积。

景观水体在满足游人休闲娱乐的同时也要兼顾对城市雨水的调蓄、净化等生态功能。以调蓄为主的景观水体在暴雨来临前，关闭水上游览设施，可提前降低水位增加可调蓄容积。以水质改善为主的景观水体，要严格控制**生态岸线率**，有条件的地方可设置雨水湿地、前置塘等控制雨水径流污染。

#### 4) 驳岸设计

水体常水位与水岸高差较大时，宜采用“退台”式的设计方法，增加水体调蓄容积的弹性，水体常水位与水岸高差较小时，采用生态式驳岸，有利于水陆交界的物质交换，营建多样化的生物栖息地。

图片来源：谷德设计网 (<https://www.gooood.cn>) · 海口美舍河凤翔公园 / 土人设计



通过驳岸边界设计营造更多自然湿地生境



## 五、多功能调蓄空间规划设计要点

### 5.3 多功能调蓄空间的设计程序

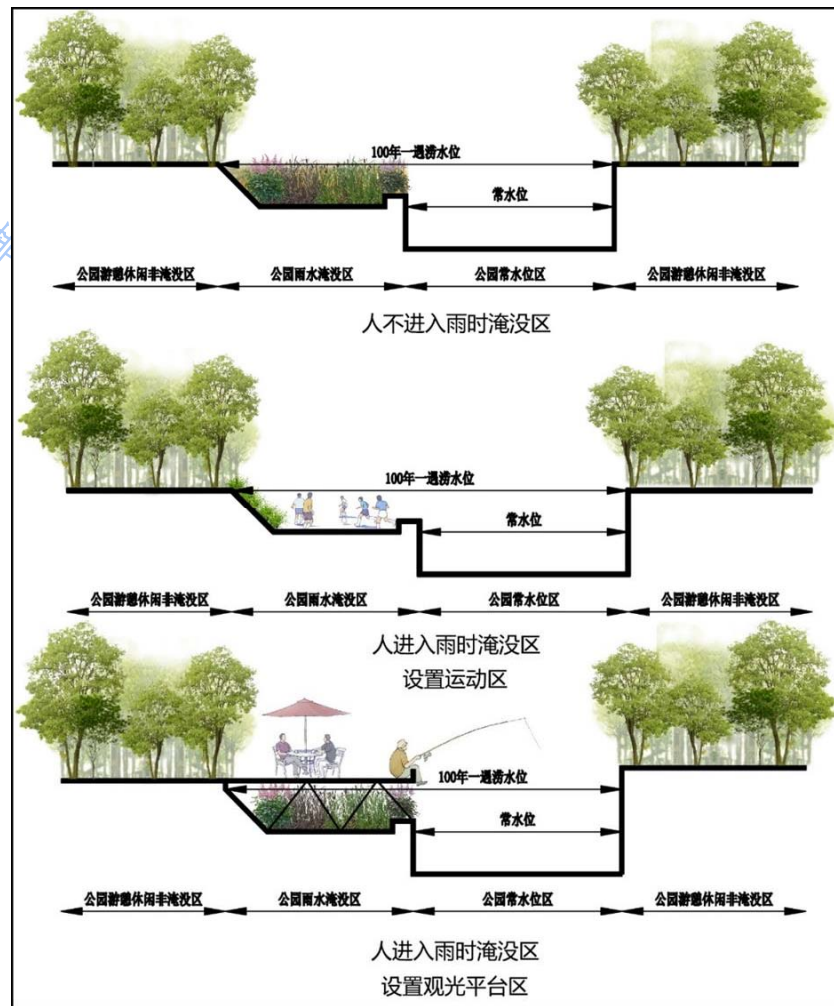
#### • 设计要点

#### 5) 植物配置

干式调蓄空间宜选择长时耐旱、短时耐淹的植物种类，在设计过程中应兼顾干湿两季景观效果的营造，注重植物群落的构建。

湿式调蓄空间应根据不同季节、不同淹没范围进行多层次植物搭配：

- **非淹没区**：长时耐旱、短时耐淹的植物种类
- **淹没区**：允许游人进入处设计观光平台或设计为运动场地；不允许游人进入处，种植天然耐淹植物景观。
- **常水位区**：低洼地块作为池塘水体的备用地；平坦地块可与调蓄用地的许可条件等进行设计，选择耐阴耐湿的植物。



公园雨时淹没区剖面布局意象图



本报告仅供交流学习

中国城镇供水排水

2021年会技术交流论坛

- **1+3+1（城市水利防洪+大小微三套排水系统+预警预报与智慧管控）是排水防涝系统构建的核心内容！**
- **非设计行泄通道和调蓄空间设置对城市内涝防治至关重要！**

本报告仅供交流学习，勿他用





北京建筑大学

BEIJING UNIVERSITY OF CIVIL  
ENGINEERING AND ARCHITECTURE

敬请批评指正，谢谢！

李俊奇

Email: [lijunqi@bucea.edu.cn](mailto:lijunqi@bucea.edu.cn)

2021.4.16