



德国、荷兰海绵城市规划建设案例探究 可持续性排水资源管理和利用

彭赤焰 硕士 项目总监

德国汉诺威水协 / 汉诺威水有限公司 项目总监
德国ITWH 汉诺威水文科技研究所

2015年8月21日 深圳 规划师海绵论坛

N
E
T
W
O
R
K

联
合
工
作
团
队



Leibniz
Universität
Hannover



内容

- 问题与挑战
- 理念与措施
- 德国发展历程及法规制度
- 典型案例
 - 荷兰乌特勒支市莱切莱区（整个水系和排水系统的整合）
- 对我国的借鉴意义
 - 常德市穿紫河、护城河、新河等水系规划



 问题和挑战

问题与挑战

- 城市河流的污染主要来自于城市排水系统
- 合流制排水系统的溢流污水
- 分流制排水系统中的错误接管导致的非降雨期污水
- 由于生活方式等造成的雨水系统污染：如露天夜市，汽车冲洗等



截污管道不能解决所有的污染问题

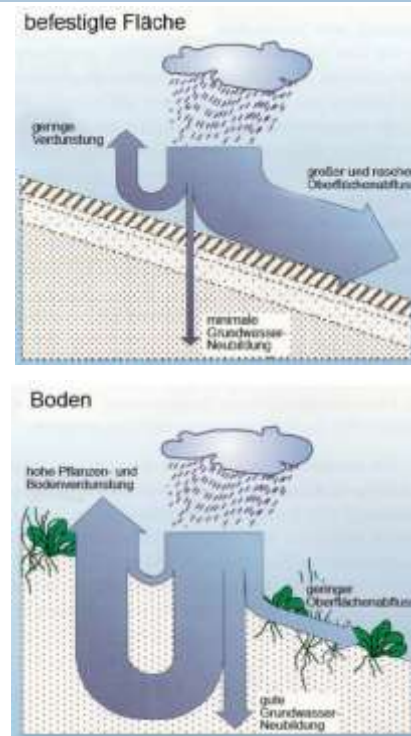
- 城市排水防涝需要解决
- 城市水系污染需要治理
- 城市建设开发需要土地，需要更多功能：文化，交通，休闲，生态等

可持续性排水系统和水系综合整合，创造宜居生态水空间

 理念与措施

海绵化排水系统

- 恢复天然水体循环，减少地表径流，减少排水系统投资
- 增加地下水补给，净化初期雨水，保障接受水体水质
- 建设地表或地下调蓄水体，限制排水峰值流量，增加河道枯水流量
- 如果可能的话，采用分散式或半分散式雨水处理方式



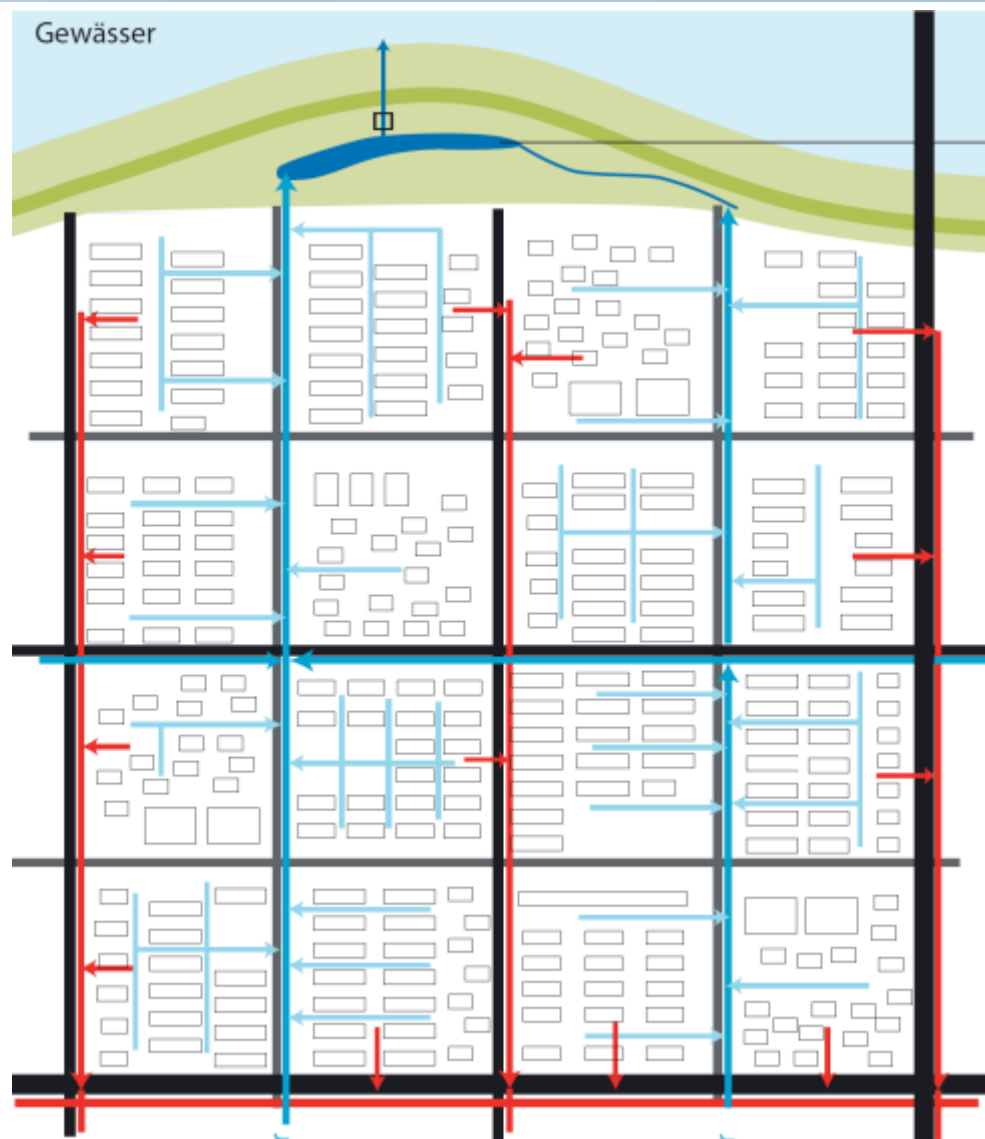
海绵城市 小区内运用

- 分散的调蓄空间
- 渗透
- 地表排水
- 用于延迟地表径流的调蓄空间



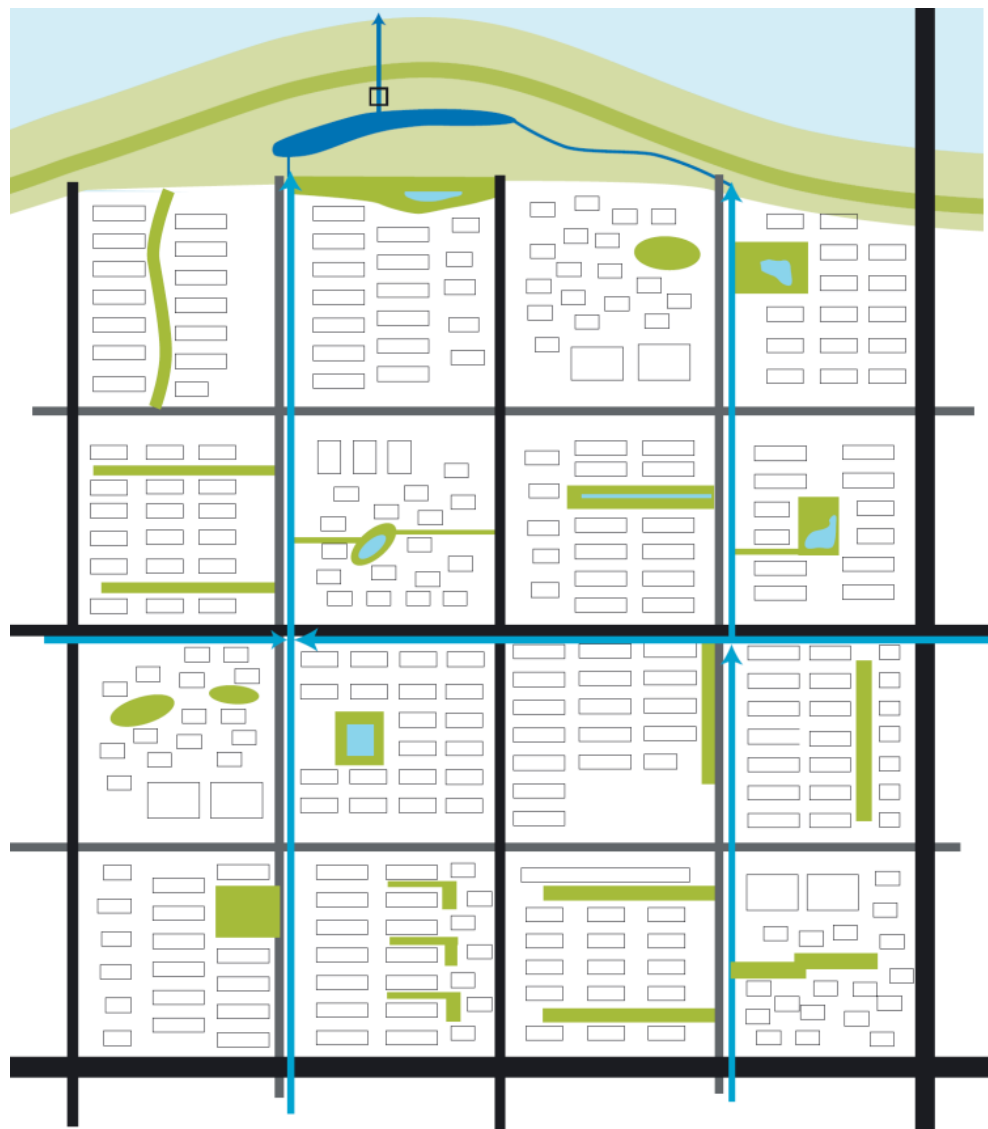
海绵城市 排水系统和水系整合

- 整个雨水收集，渗透系统整体考虑，不仅仅单体，单专业独立考虑
- 将天然湖泊，池塘连成生态廊道等
- 多专业，多部门共同协作，考虑饮用水保护
- 排水系统设计，先于道路设计，制定总体方案后，再设计道路等
- 充分考虑高地下水水位，确保在下渗过程中，不对地下水造成污染
- 根据来水的水质，水量确定相应的处理和调蓄方案
- 充分考虑南方平原地区的气候特征，大暴雨，需要浇灌水



海绵城市 排水系统和水系整合

- 整个雨水收集，渗透系统整体考虑，不仅仅单体，单专业独立考虑
- 将天然湖泊，池塘连成生态廊道等
- 多专业，多部门共同协作，考虑饮用水保护
- 排水系统设计，先于道路设计，制定总体方案后，再设计道路等
- 充分考虑高地下水水位，确保在下渗过程中，不对地下水造成污染
- 根据来水的水质，水量确定相应的处理和调蓄方案
- 充分考虑南方平原地区的气候特征，大暴雨，需要浇灌水



海绵城市

- 天然调蓄水塘和明渠改善城市小气候，缓解热岛效应
- 雨水视为资源，综合利用，构成城市景观重要元素
- 临水而居，提高生活质量，提升土地价值



海绵城市

临水而居，提高生活质量，提升土地价值（常德市穿紫河的德国小镇，汉诺威街）





德国的海绵城市 发展历程及法规制度

德国的海绵城市发展历程及法规制度

基本理念：

- 德国的理念：**雨水综合管理和利用**（分散式和集中式雨水处理系统的整合）
根据雨水受污染程度，接受水体的能力，采用不同处理方式
- 荷兰的理念：**优化的分流制排水系统**（要求将90%的年降雨进行调蓄处理）
把空间还给河流

德国的雨水综合利用的发展历程：

- 80年代中期开始研究和探索
- 90年代初期已经成为推广中新型的雨水处理利用的解决方案，进行了大量的实践探索，形成雨水利用产品生产
- 90年代末期开始全面推广，引入雨水收费机制
- 一直到现在各种雨水处理设施，调蓄设施进行工艺的改进，运行效果的比较等

德国的海绵城市发展历程及法规制度

标准规范

- 没有全国统一的标准和规范
- 有法律制约的法律（欧洲水框架行动计划，欧洲标准EN752，德国标准DIN 1986-100）
- 通用技术规范（排水协会工作导则A100, A128, A138, M153, BWK M3, Arbeitshilfen Abwasser）
- 各个州的特殊规定（§ 51a-Erlass, Trennerlass, LANU M2, ...）
- 地区性的导则（每个州，城市，排水协会，水系协会等）

结合气候条件，土质，经济承受能力，水质要求，设施运行经验等，制定具有各地特点的要求。

- 优先级1： 利用雨水 - 中水回用，蓄水
- 优先级2： 避免径流产生 - 居住密度降低，建设透水地表
- 优先级3： 分散式设施 - 用渗水洼，渗水沟，渗水井渗水
- 优先级4： 集中式设施 - 滞留塘，渗透池，雨水处理池，滞留池

德国的海绵城市发展历程及法规制度

图表 4.2-4 地面影响评定分值 (F)

地面污染负荷			
地面污染程度	例子	类型	分值
微弱	有与排水管网连接的绿色屋顶、花园、草地和耕地	F1	5
	在居民区或者与此类似的商业区的屋顶 ¹⁾ 和露台	F2	8
	在受到街溅水影响范围之外的自行车和人行道 (距离大于 3 米)	F3	12
	居民区和与此类似的商业区的院子、车流量较小的轿车停车场		
	居民区和与此类似的商业区内车流量较少的道路 (24 小时车流量少于 300 车次), 如: 居民小区内的道路		
中等	24 小时车流量在 300-5000 车次的街道, 比如: 居民区街道和 (联邦州下设) 地区混合、商用与工业区的院子和车流量不大的街道		
	24 小时车流量在 5000 - 15000 车次的街道		
	车流量较大的轿车停车场, 比如: 购物中心		
	被强烈污染的街道和广场, 比如: 农业、市场		

图表 4.2-5 渗透设施的污染物通过率(D)

土地渗透的污染物通过率					
例子	类型	硬化面积和渗水面积的比值 ¹⁾			
		$A_U : A_S$			
		a	b	c	d
渗透通过 30cm 的地面植被表层	D1	0.10	0.20	0.45	2)
渗透通过 20cm 的地面植被表层	D2	0.20	0.35	0.60	2)
渗透通过 10cm 的地面植被表层	D3	0.45	0.60	0.80	2)
有植被表层的铺石地面或者植草格 ³⁾					
植草沟、渗管、集水井或者类似设施下的土地渗透, 覆盖层有如下特征:	D4	0.35	0.45	0.60	0.80
<ul style="list-style-type: none"> 至少 3 米的厚度, 渗透系数 $k_f = 10^{-4} - 10^{-6}$ 米/秒 (比如: 细砂、粘性砂、砂性粘土) 至少 5 米的厚度, 渗透系数 $k_f = 10^{-3} - 10^{-4}$ 米/秒 (比如: 砂性砾石、粗砂、中砂) 					
在一个其上拥有至少 30 厘米厚防冻层的地面渗透设施, 比如:					

雨水污染程度表

雨水处理设施效果表

德国发展历程及法规制度

管理制度与政策机制等：

- 大部分城市已经引入雨水收费机制，，通过GIS确定各个用户的雨水面积，鼓励大雨水用户进行雨水就地渗透，比如超市前的停车场等
- 每个城市的排水公司制定本地的排水导则，要求新开发区的排水流量不超过开发区的天然排水流量，比如汉诺威市，3升每秒每公顷，强制开发商建设雨水调蓄空间，比如蓄水池和管道等
- 每个城市的排水公司编制通俗的雨水建设宣传册，告诉居民如何自己建设雨水渗透设施，政府并给与一定的补贴
- 许多政党和政府将雨水的利用作为参政的重要指标，比如提出15年内将中心城区的硬化面积下降15%等口号
- 许多城市有样本的雨水利用项目，作为推荐。比如汉诺威康斯博格小区。

参考案例

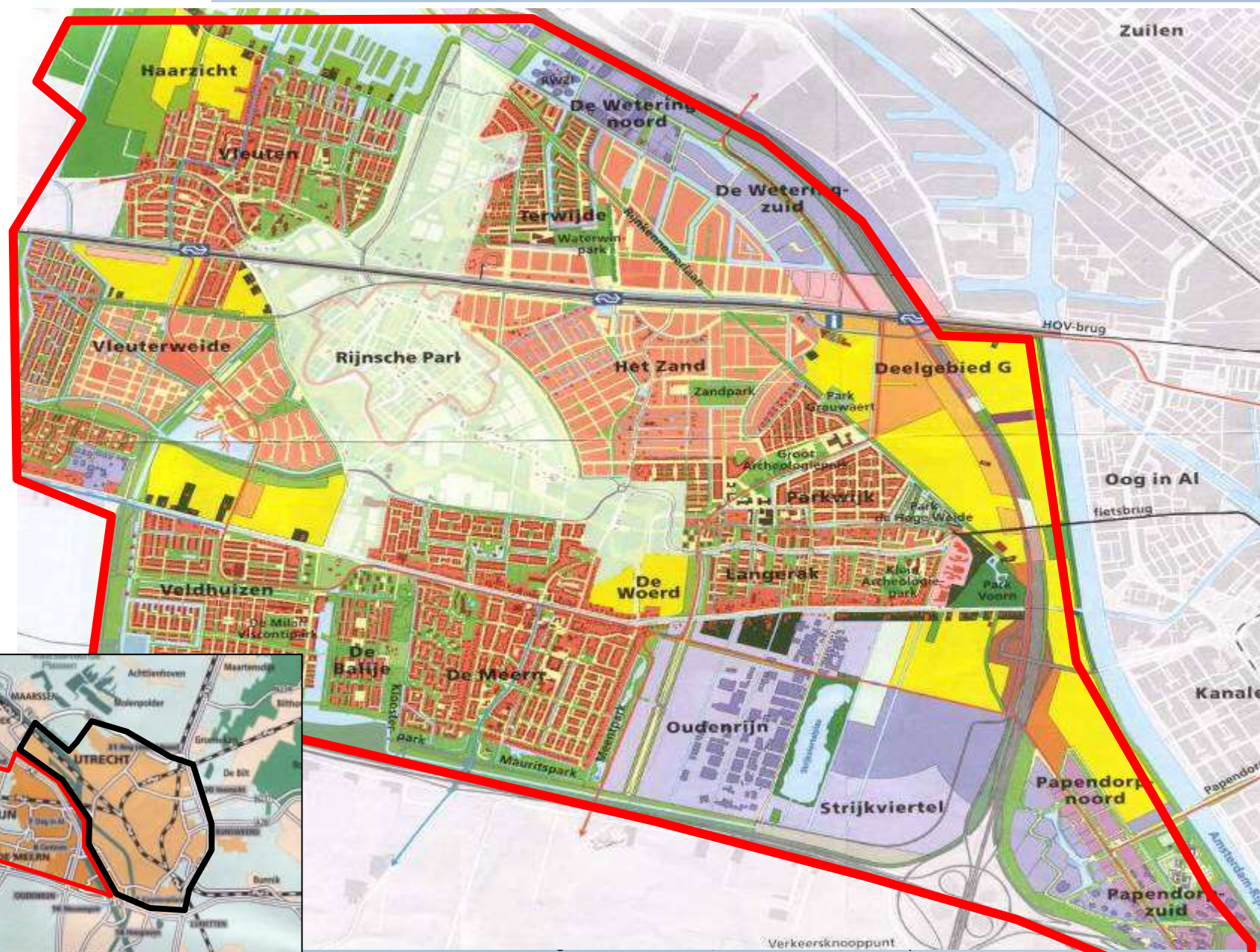
荷兰

荷兰乌特勒支市莱切莱区
整个水系和排水系统的整合

荷兰乌特勒支市莱切莱区

- 新区，80.000居民
- 距离阿姆斯特丹南部大约40公里
- 前荷兰最大的住房区发展建设工程（VINEX区）
- 始于1995年，将于2015年完工
- 面积：21 km² = 2100 ha → 德国一普通开发区一般仅有10 ha
- 3万间房子容纳8万人，比乌特瑞奇市现有居民增加了30%
- 住宅区、办公大楼、工业区、商业中心
- 学校、医院和其他一些事业单位
- 新建的火车站和高速公路的迁移



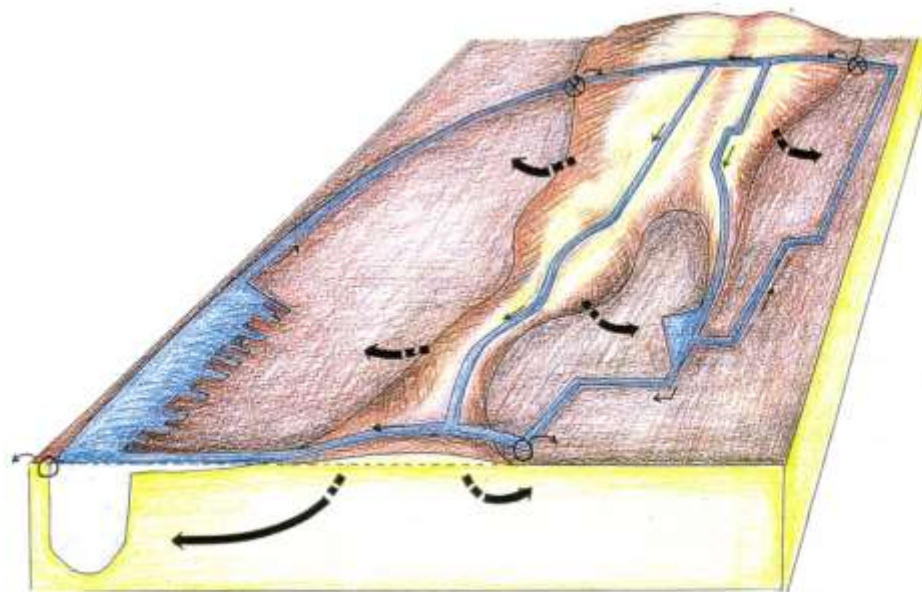


目标

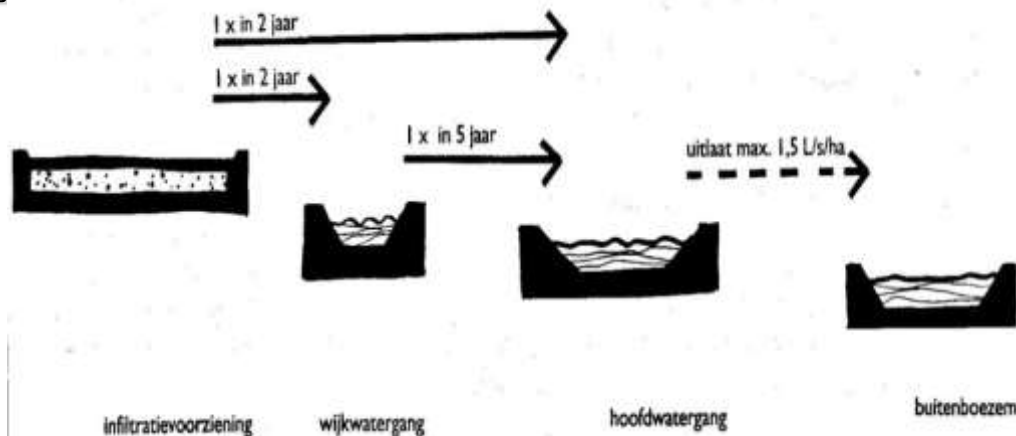
- 泥煤地区（柔软的不透水的土壤层）
地下水位高（低于地表不到**60厘米**）
平地（低于地平面一米）
 - 项目开始前，安排工作组负责整个地区
 - 愿景： 临水居住 “Wonen aan het water”
- 
- 对水体分流、暴雨渗透、航运系统、地下水排水系统和暴雨治理系统等的设计
 - 形成一个自动运行的水系系统
 - 目的：在一定的循环系统区提高水体质量
 - > 无其他水源注入，尽可能少地不流向其他水体
 - > 在航运系统内，不间断地使水循环
 - > 莱切莱地区的整个水体系统的水域管理方案

方案

- 初级雨水渠道总长：48 km
二级雨水渠道总长：34 km
- 很少向外流出
 - 1/10年里的降雨情况为水面涨幅30cm，没有外流部分
 - 紧急情况下的通过泵站的外流部分 $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$
- 降水渗入：
 - 生活区：80% 硬化面积
 - 工业区：20% 硬化面积

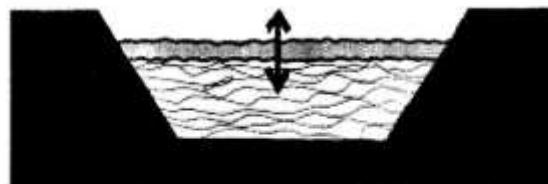


figuur 4.1 Samenhang tussen grondwater- en oppervlaktewaterstroming



方案

- 地下水承受容量（与地下水量相当）和河流湖泊容量（每10年发生一次水面涨幅30cm）
 - 一级雨水渠道容量 1.0 万 m^3
 - 二级雨水渠道储水容量 0.2 万 m^3
 - 水塘、湖泊的储水容量 24 万 m^3
- 硬化路面的暴雨水不应送到污水处理厂（市中心40%，生活区80%）
- 通过水渠的自净功能和循环，以及垂直式生态过滤床(6 ha)，对水体进行净化
- 泵站控制水面高度和水体流向，以及拦河坝的自动控制作用等



figuur 2.9 Buffering in oppervlaktewater



Zomerhalfjaar



Winterhalfjaar

figuur 2.10 Buffering in de bodem. Het verschil tussen de hoogste en laagste grondwaterstand is de buffercapaciteit. De pijlen geven de waterbeweging weer.

实施现状



暴雨分流与渗透

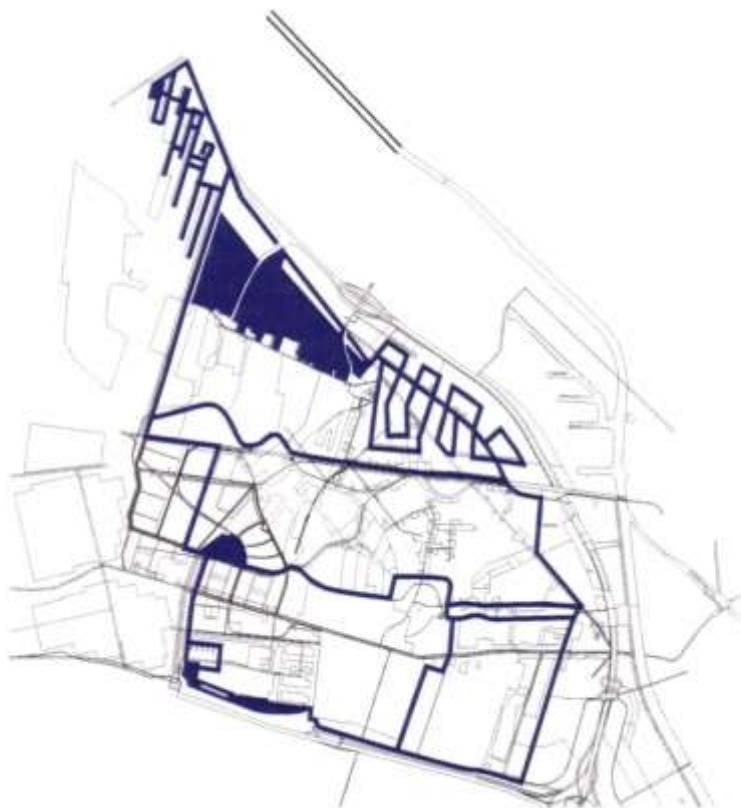
实施现状



次级水道系统



实施现状



初级水道系统



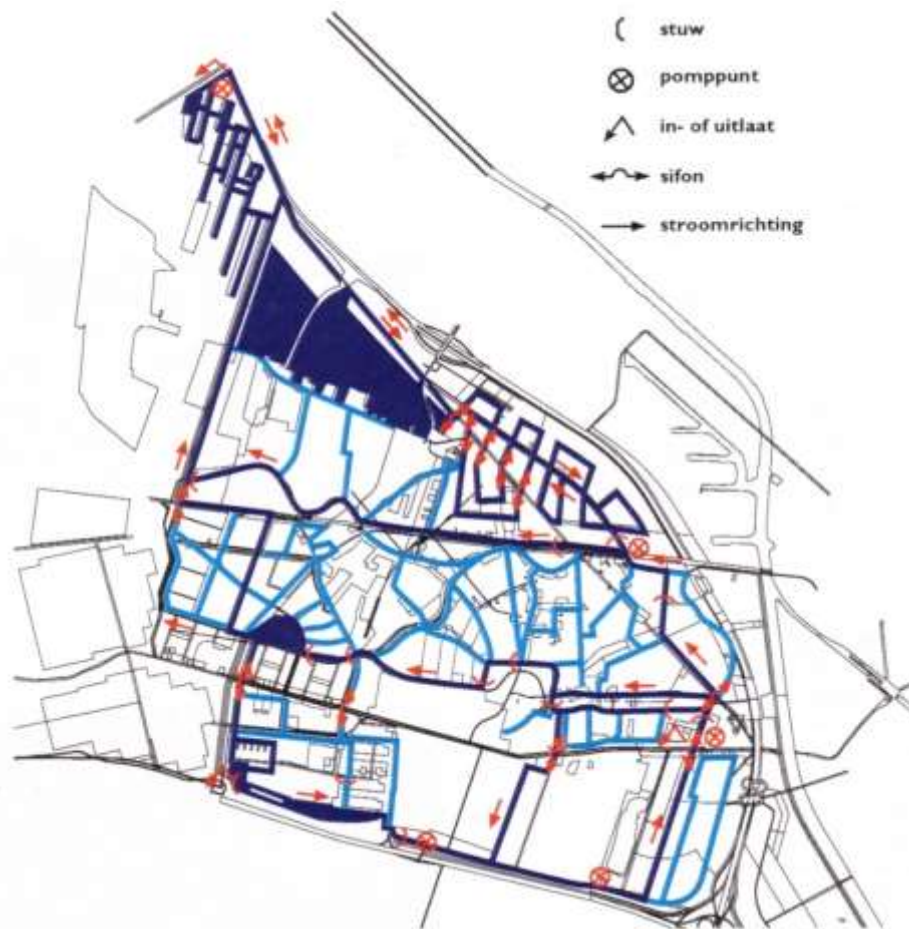
实施现状



现存的河流和渠道



实施现状



水渠系统调控设施



荷兰乌特勒支市莱切莱区



 参考案例

常德

常德市穿紫河、新河、护城河
水系规划

水资源利用规划项目

水城常德 总体思路 3条生态环道 水系连通

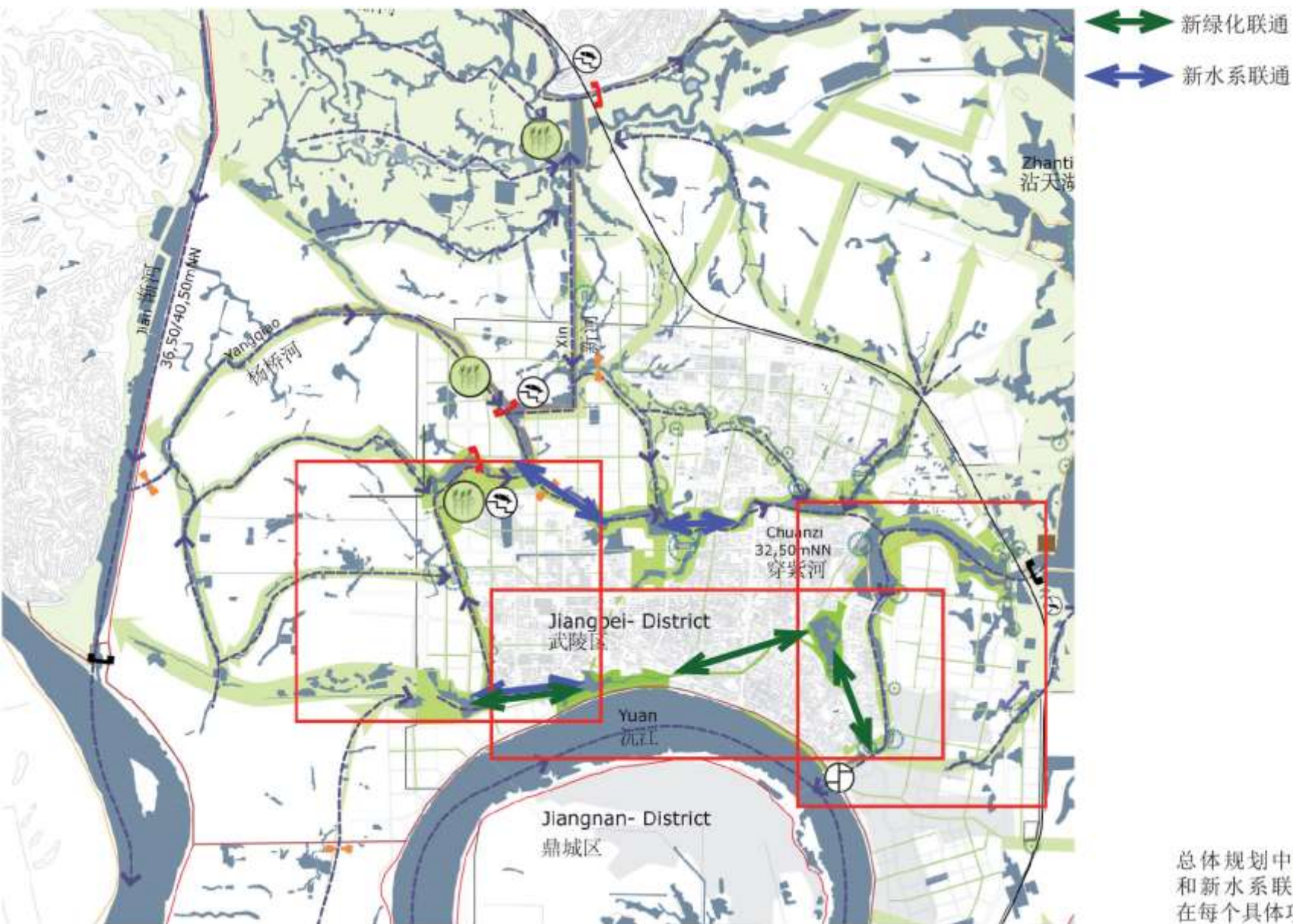
- 水资源和城市发展
设想：三条蓝绿环
 - 绿色网络作为城市发展的框架
- 均衡区域水平衡和蓝绿生态网络结构 设想：水网成为健康的血管
 - 改善水平衡的措施，改善水域生态功能的措施，优化水域网络的方案



水资源利用规划项目

- 水资源和城市发展设想：三条蓝绿环
 - 绿色网络作为城市发展的框架
- 均衡区域水平衡和蓝绿生态网络结构设想：水网成为健康的血管
 - 改善水平衡的措施，改善水域生态功能的措施，优化水域网络的方案



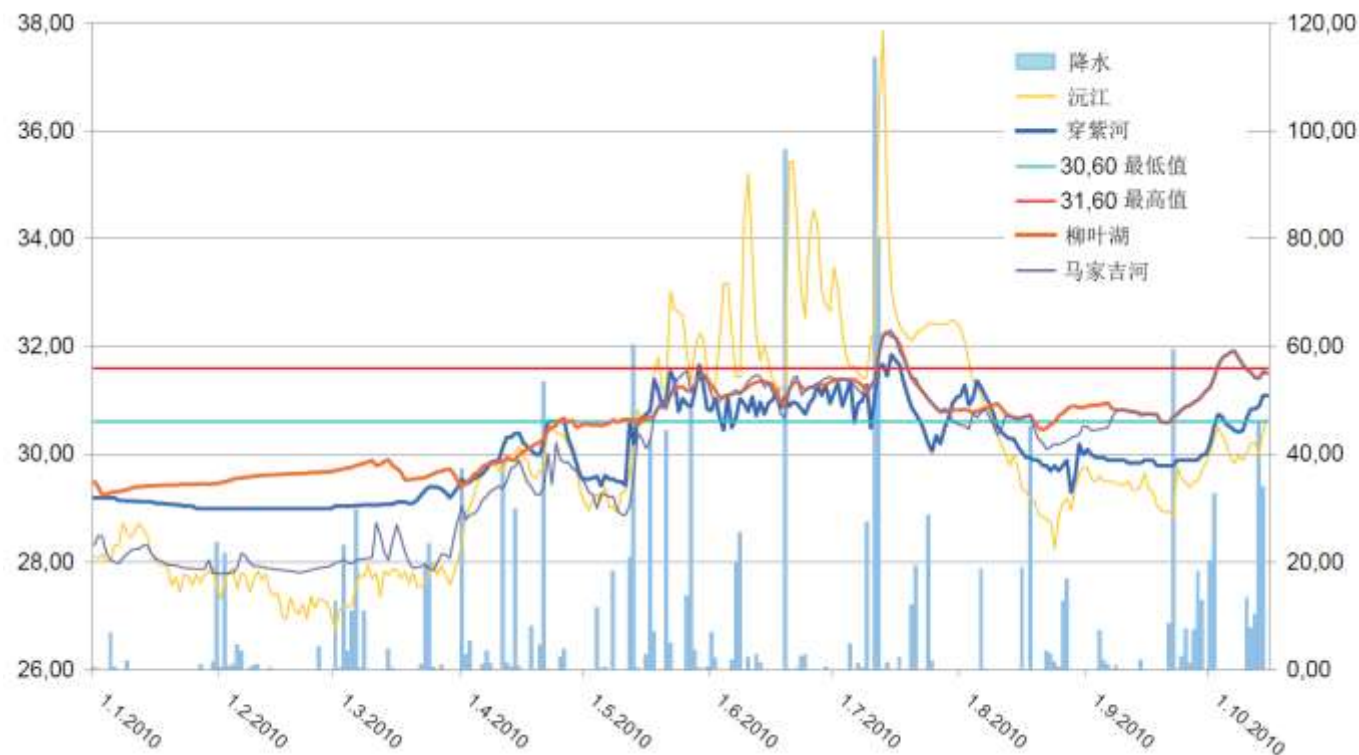


总体规划中的新绿化联通
和新水系联通的设想体现
在每个具体项目中。

数学模型 多方案科学比较决策 排水和水系结合

水系和管网模拟

- 建立130km² 水系水力模型模拟，确定水系连接方案，水位，调蓄容积，考虑降雨过程，科学决策制定防洪方案，泵房和坝统一考虑，科学调度
- 考虑水体性质及功能的演变及各个水体水质水位的季节变化，制定补水方案



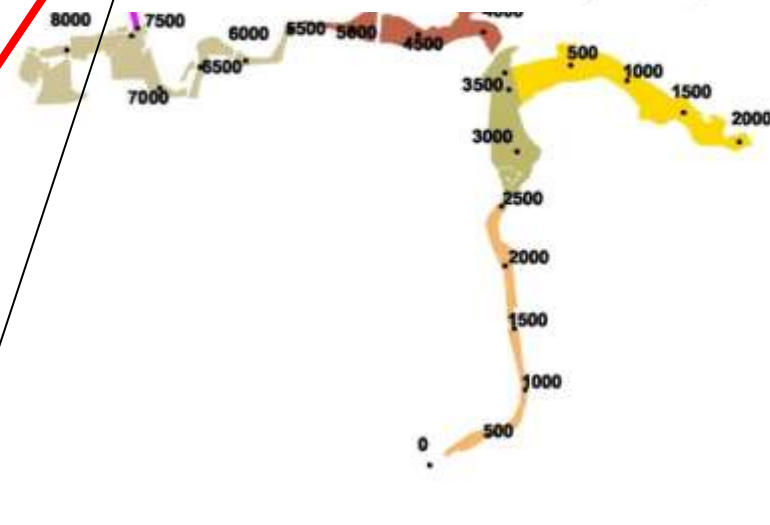
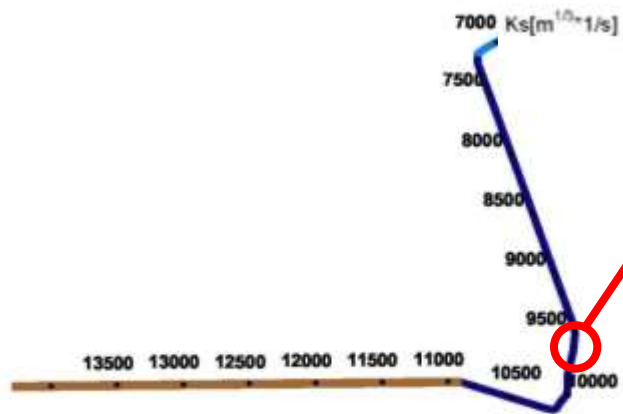
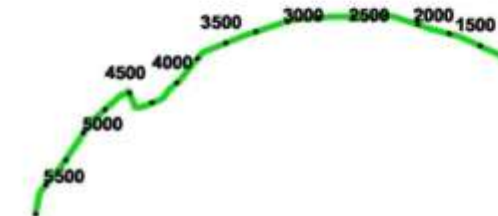
	控制点1（连接系统）	控制点2（分开系统）
南昏	40立方米每秒 自高度30,70米	40立方米每秒 自高度30,70米
新河/花山	40立方米每秒 自高度30,90米	50立方米每秒 自高度30,70米

表格 3: 在没有事故及其他流量进入的情况下的水泵站的功率和操控



拦河坝需填充现今堤坝之间的缺口。其高度等于现今花山的堤坝高度



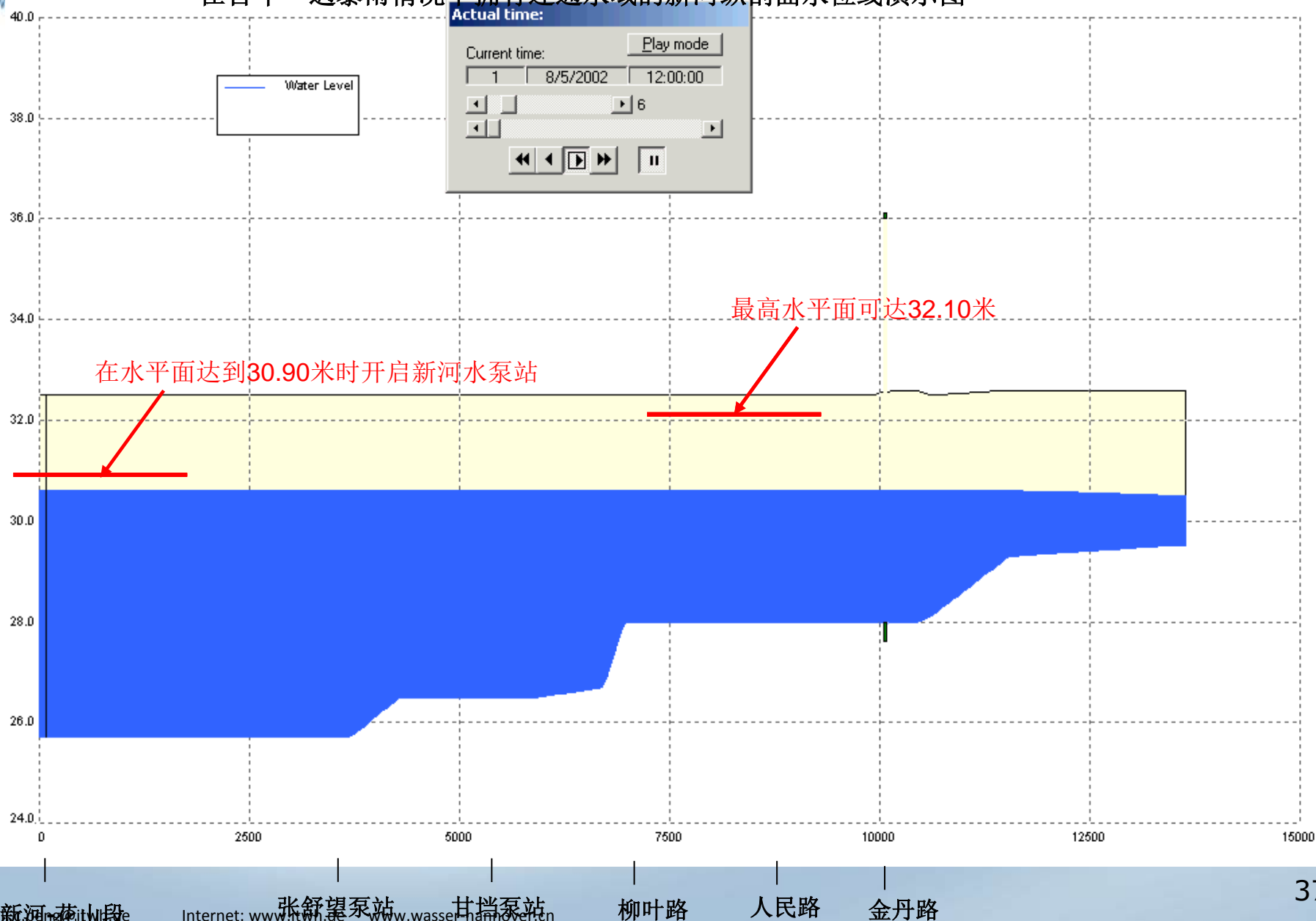


情况1	最高水位线 31.99 m	[HQ100]
	最大流速 0.08 m/s	[HQ100]
	最大流量 12.56 m ³ /s	[HQ100]

Wasserkörper

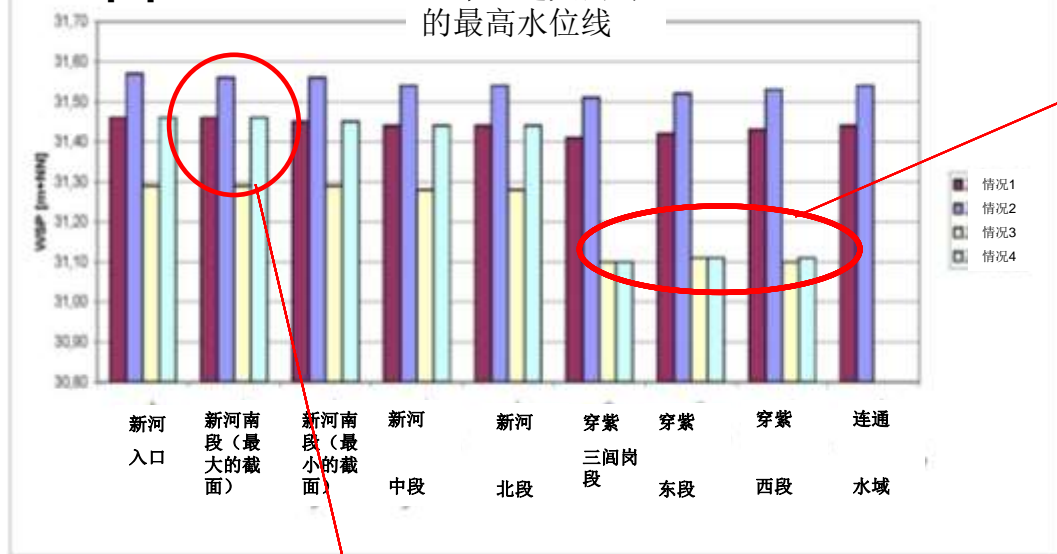
[illegible]

在百年一遇暴雨情况下拥有连通水域的新河纵剖面水位线演示图



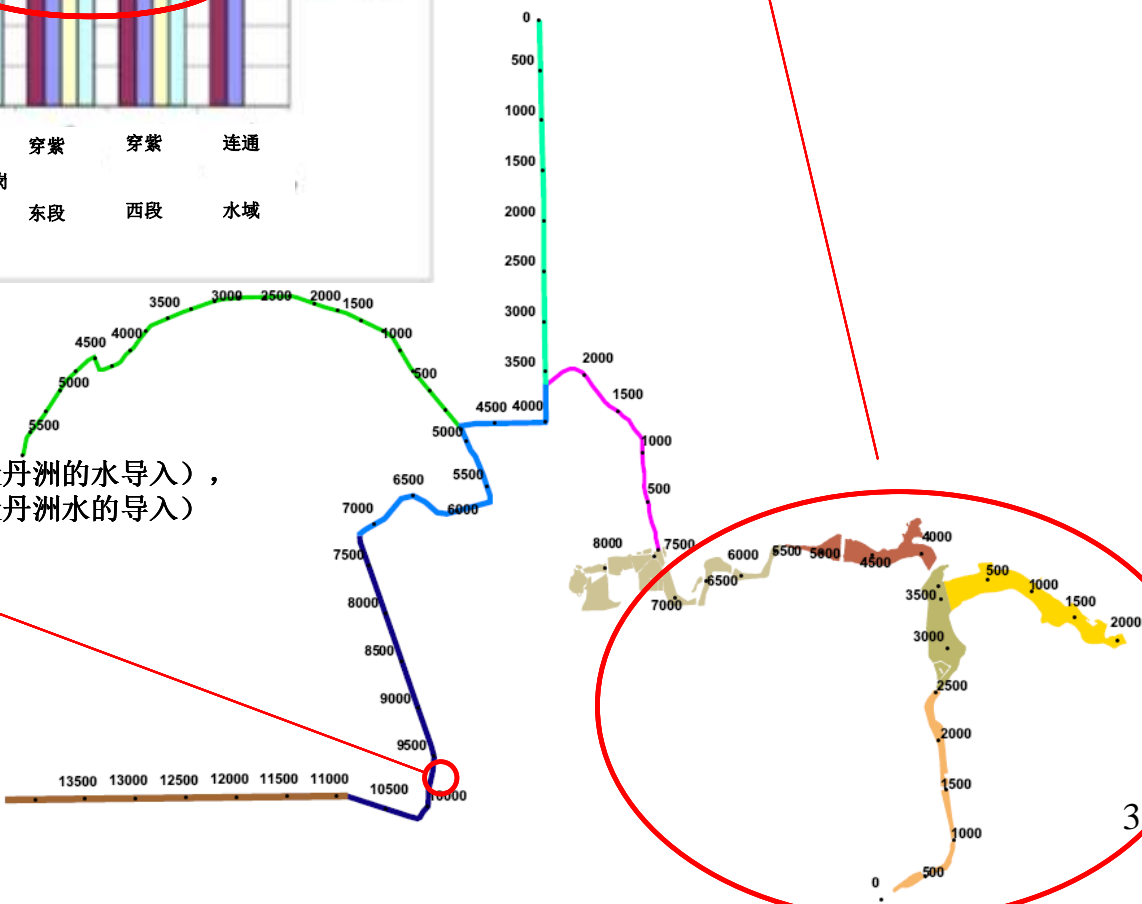
水位线[米]

五年一遇大雨时的
最高水位线



在没有连通水域的情况下穿紫的水位线很低，
而且此时的南昏泵站并没有运转。

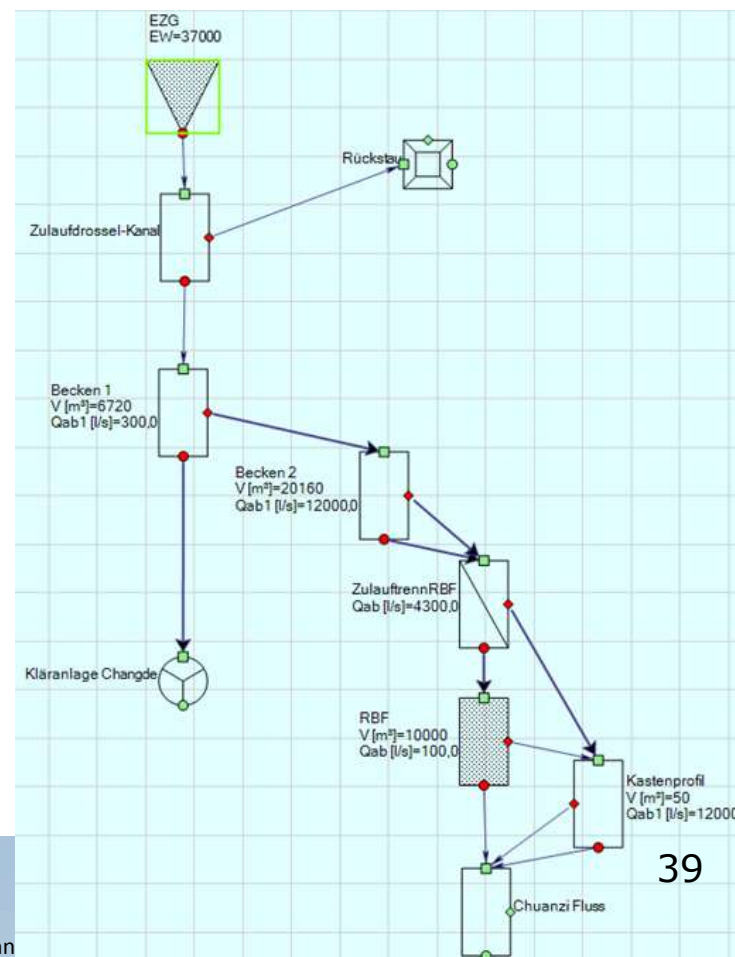
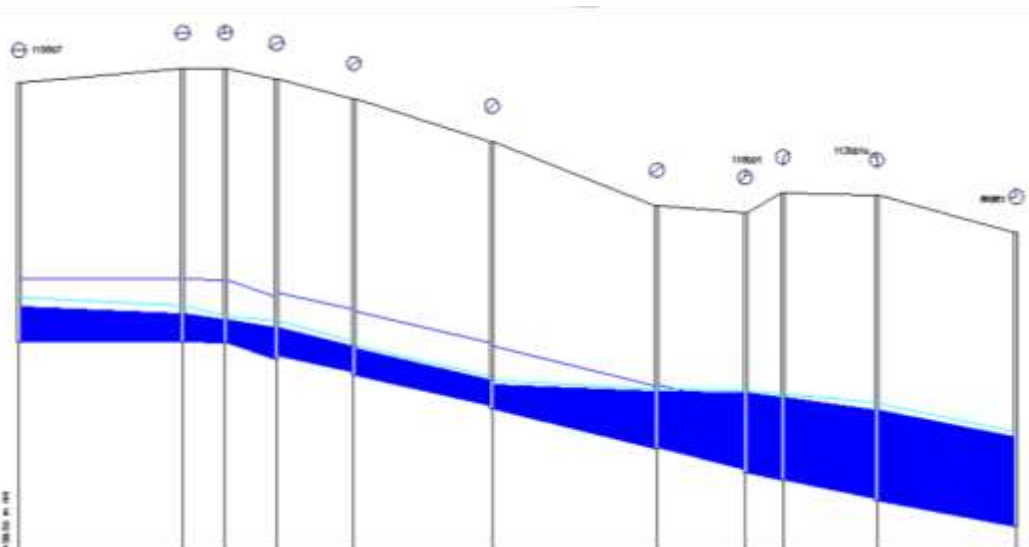
最高水位线存在于情况1（拥有连通水域同时接受丹洲的水导入），
最低水位线存在于情况3（没有连通水域也不接受丹洲水的导入）



数学模型 多方案科学比较决策 排水和水系结合

水系和管网模拟

- 建立排水系统的机埠来水水质和水量模型，明确排水系统对水系影响，科学制定枯水水质保障方案
- 建立排水管网模型，管网改造从水力角度及管道现状，优化排水系统，保障排水安全，防止城市内涝





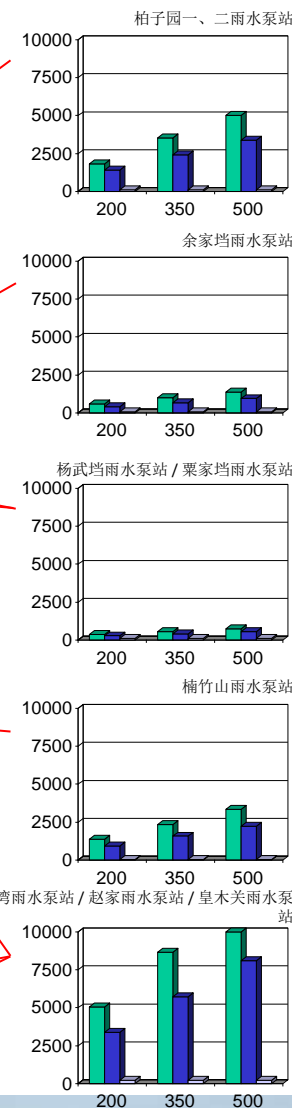
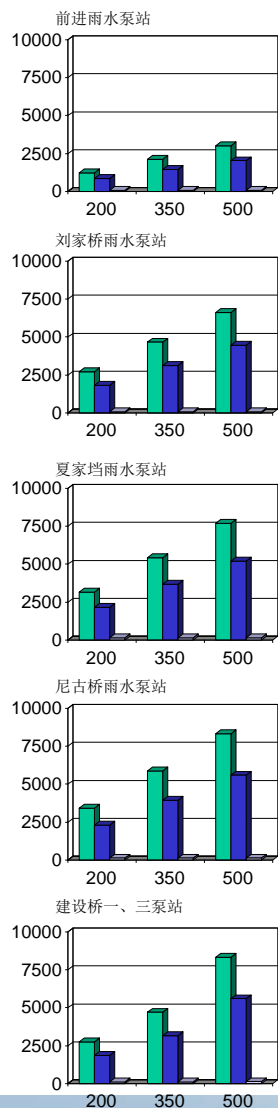
50% 错误接管



30% 错误接管



0% 错误接管



人工湿地治理面源污染

新河南项目

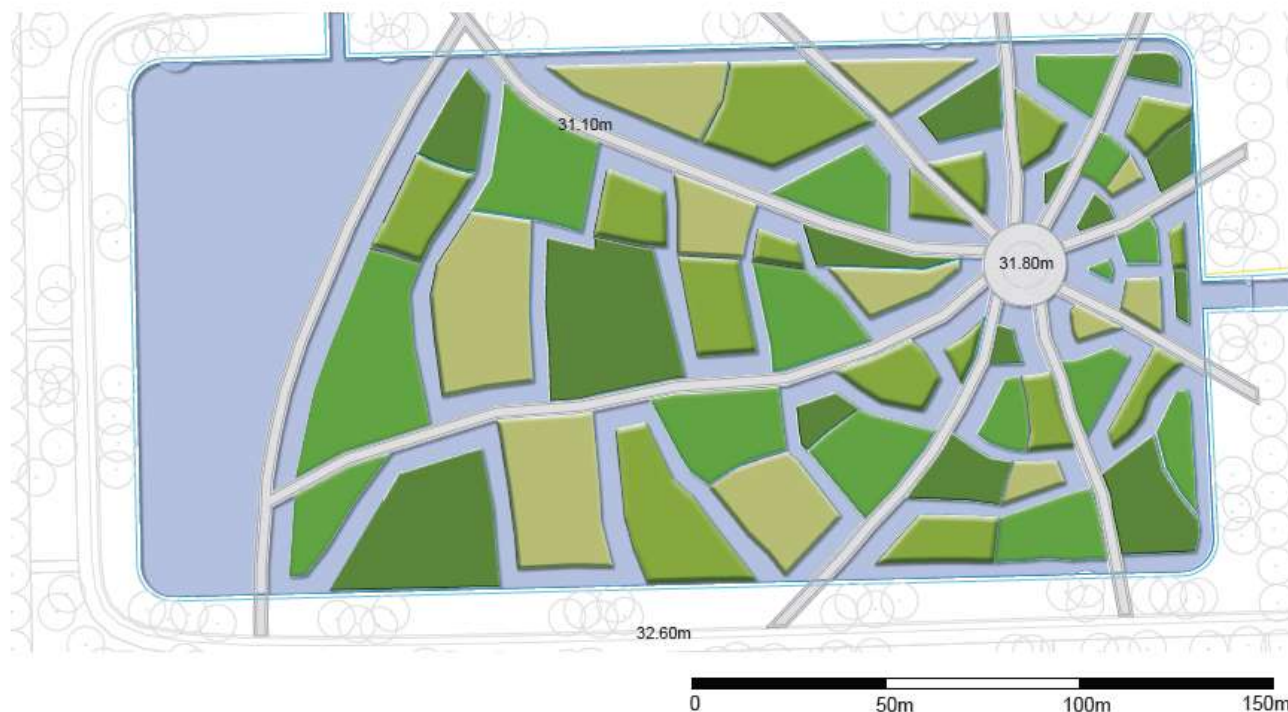
- 新河南项目的设计总面积约为100公顷。
- 分为两个部分：长约2.5公里并将被拓宽的北部新河水渠和南部湖区。北部水渠区域分成两个分区：东岸和西岸。南部湖区被分成四个分区：北岸金丹路以东的天然游泳场，南岸的酒吧长廊，金丹路以西的沉淀池和位于西面新河入口处的生态滤池。
- 整体项目的设计目标是，在城市中体验自然和水。常德应该重新展示水城的特色。新河将充分展现城市特色，能对周边的居民产生巨大的吸引力





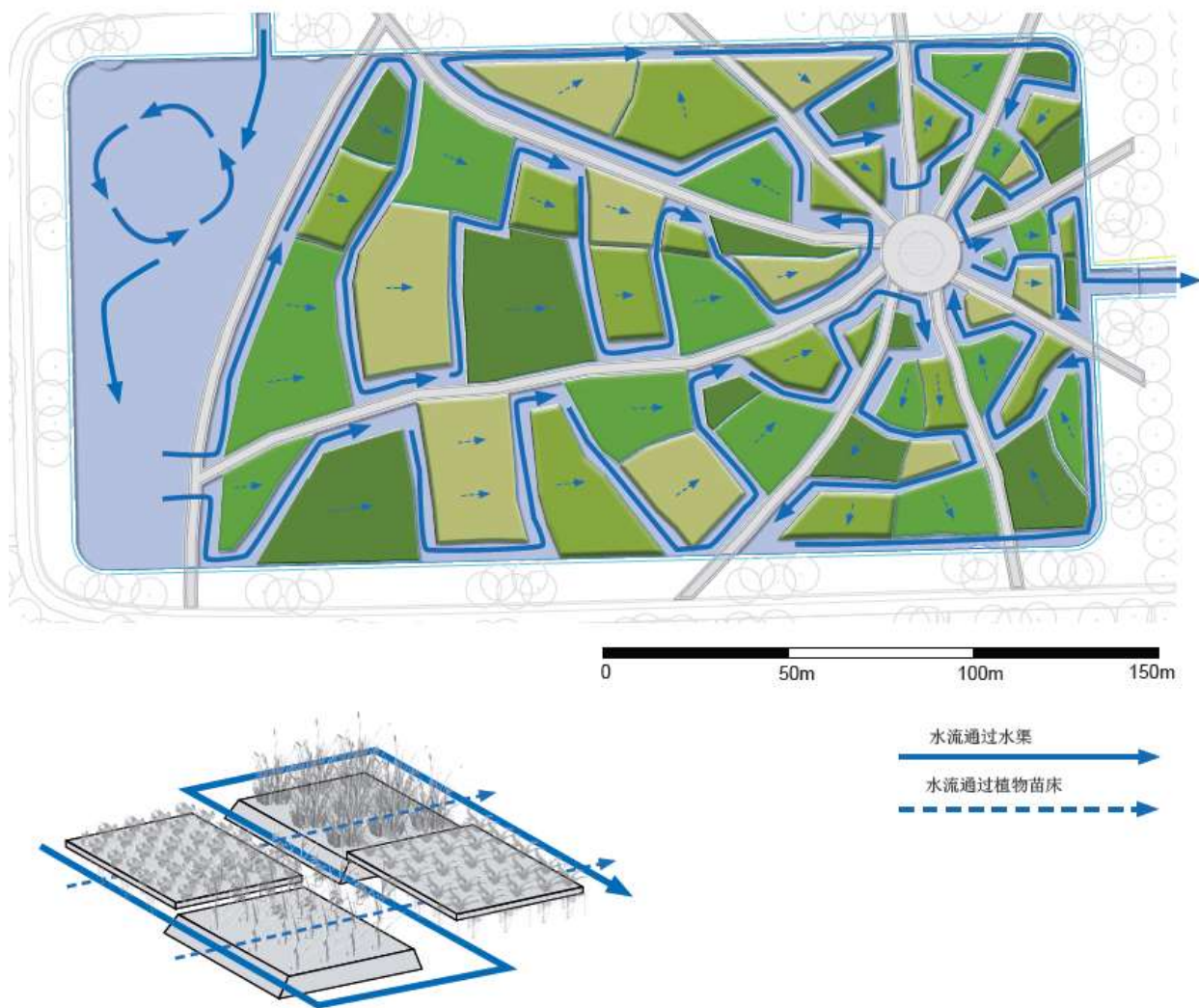
新河南项目

- 人工生态湿地解决城郊地区的农业及其他面源污染
- 河流断面及流线设计提供动植物生存空间，建立人工岛屿及浅水区，提高河流生态自净功能
- 调蓄容积增加，降堤成为可能，结合防洪要求
- 开发新人工河道，利用水体空间感，提供水景房高质量城市区



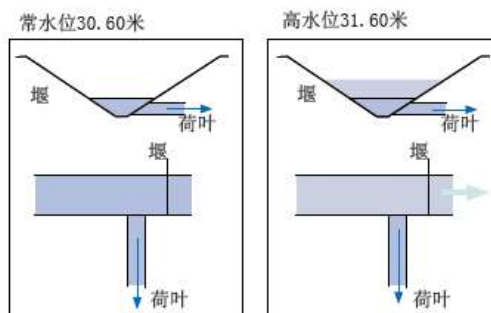
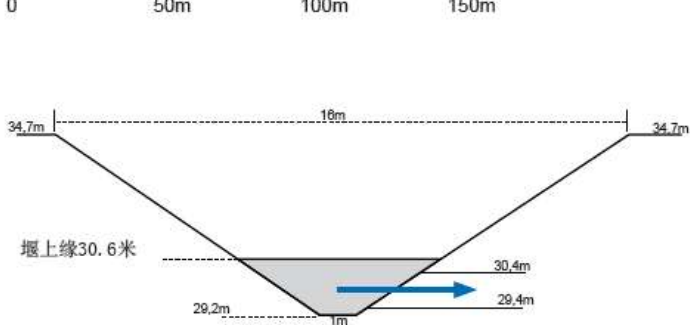
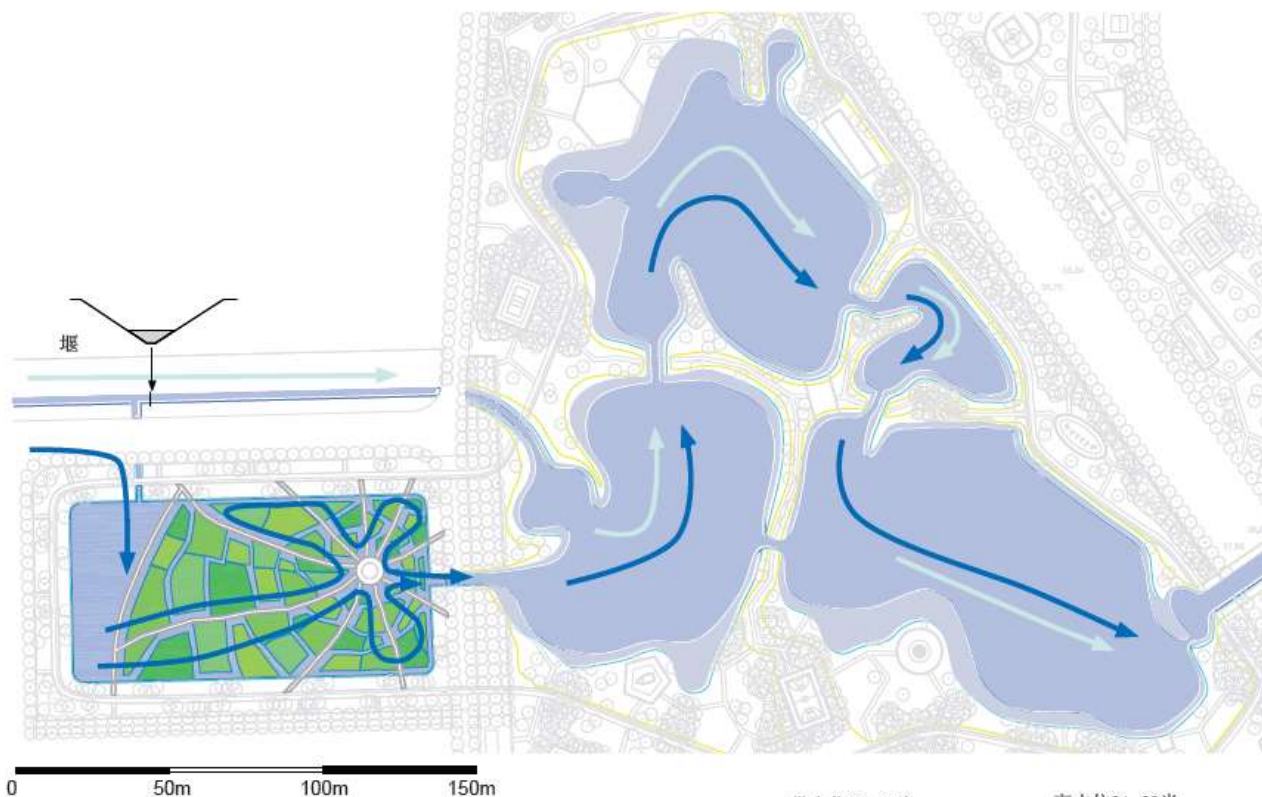
荷叶生态滤池

生态滤池的造型是以荷叶的形状设计出来的。荷叶作为纯洁的象征在滤池的净化功能上得到了印证。荷叶的中心将建一个高台，人们站在高台上可将荷叶与周围的风光尽收眼底。荷叶部分是由多个配有不同水生植物的苗床组成的。苗床固定在浮板上，并种有不同的沼泽植物和水生植物。植物将选用适宜本地生长的品种。



水流路径

荷叶的每一个小部分都被穿行其中弯弯曲曲的水道分开，但又彼此相连。开放式的水渠和通道使水在荷叶中蛇形。同样，每一个种有沼泽植物的苗床也通过其粗糙的表面将水流的速度降低。水流也可通过浮板底部流过。浮板底部聚居着大量的微生物可以分解和吸收水体中的营养物质。

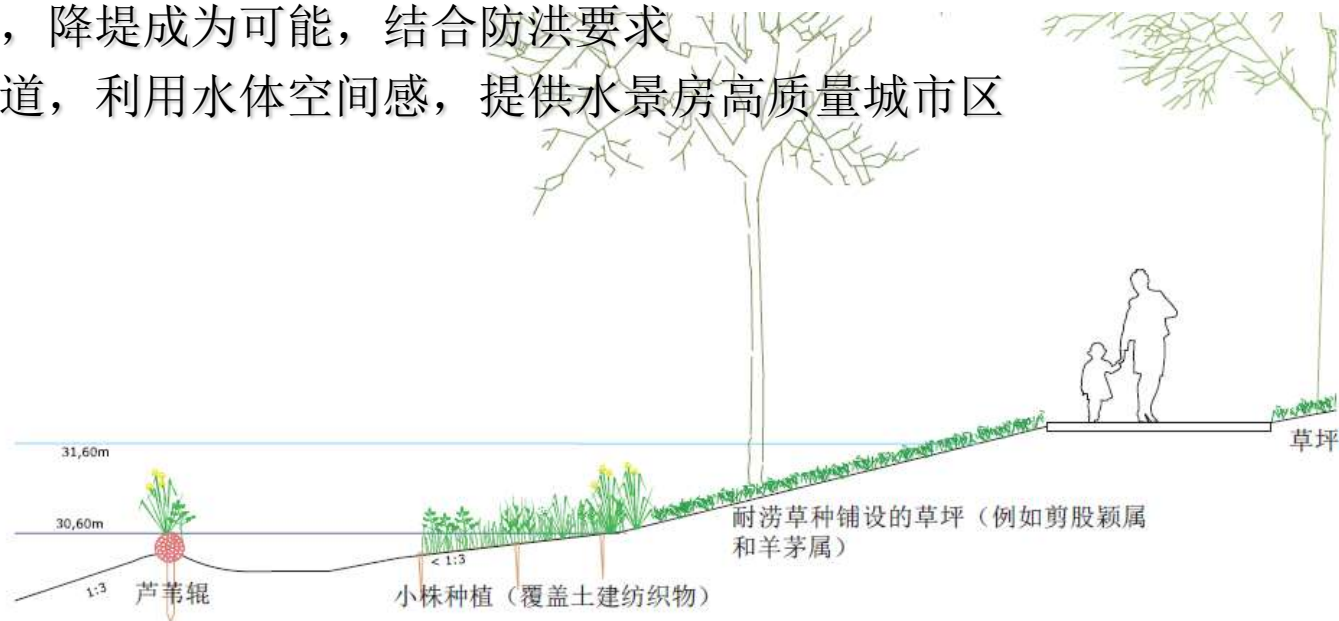


流向示意图

新河渠的水以2立方米/秒的流量通过一个小型堰进入生态滤池，然后再流入四个相连的沉淀池。如果流量大于2立方米/秒，水流将越过堰，从滤池的旁边经过，直接进入沉淀池。

新河南项目

- 人工生态湿地解决城郊地区的农业及其他面源污染
- 河流断面及流线设计提供动植物生存空间，建立人工岛屿及浅水区，提高河流生态自净功能
- 调蓄容积增加，降堤成为可能，结合防洪要求
- 开发新人工河道，利用水体空间感，提供水景房高质量城市区





常德市江北水系生态综合治理工程

穿紫河东 6公里河道整治 5个机埠改造 天然游泳池 休闲空间 绿色景观





合流制污水处理 文化历史结合 棚户区改造结合

护城河项目

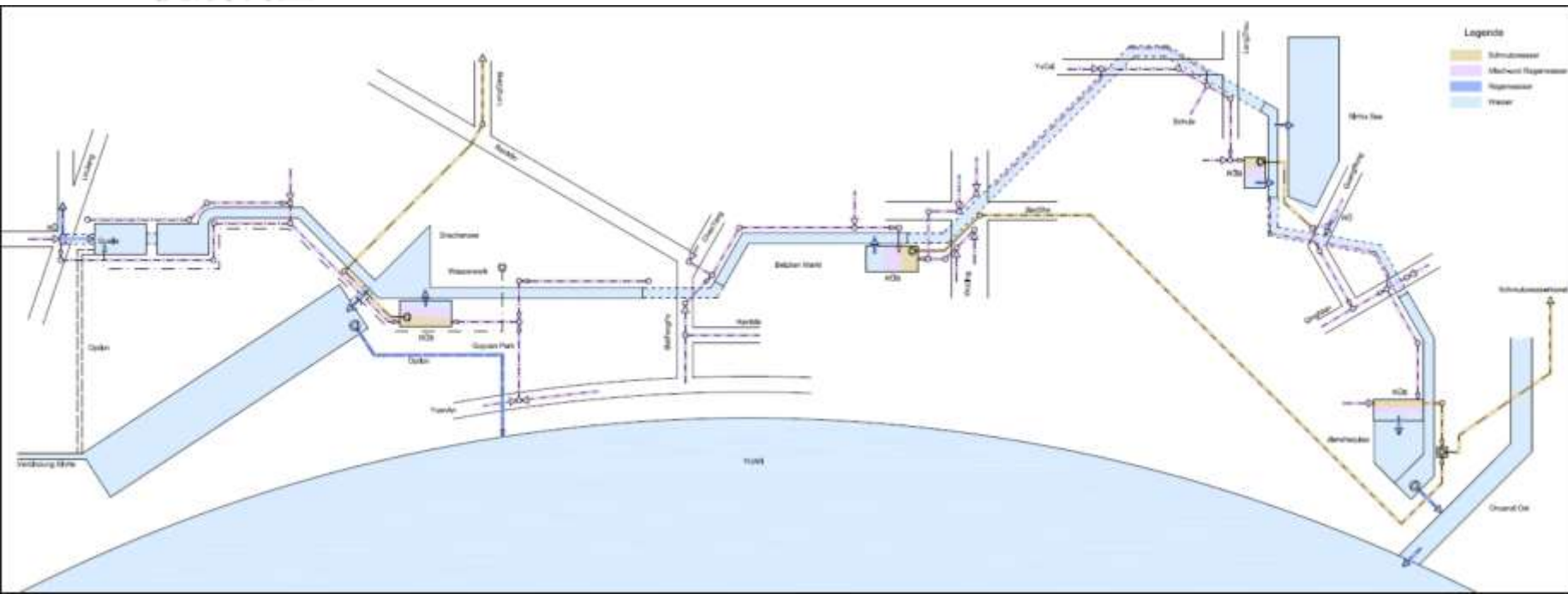
- 护城河是常德历史老城区的东南边界。始建于16世纪的护城河于1988年作为合流污水管网的一部分进行了扩充，汇水区面积约为285公顷。长约5.3公里的护城河在城区内的大部分都已经被掩埋，局部被其他建筑覆盖，部分仍保持开敞。在护城河的西边是屈原公园，东边的出水区域有与建设桥洪水机埠相连的污水机埠及调蓄池。护城河的大部分区域以及建设桥机埠都缺乏治理。

护城河项目

- 常德市的目标是，对护城河进行治理，在某些地段使其在拥有良好水质的情况下作为水域开放。护城河将在七个分段区共约3.4公里长度打开，并纳入“水城常德”的城改方案。



- 对老城的合流制污水系统的处理方案，保障河流的水质清洁（调蓄池，生态滤池，排入污水处理厂等），设立排水总集水干管
- 恢复老常德的记忆，标示护城河，刻画老城城区范围，旅游线，体现常德独特印象和特征
- 形成历史的河道，和本地文化结合，恢复大西门，印子屋博物馆，河街小巷，抗战碉堡



护城河项目

- 对老城的合流制污水系统的处理方案，保障河流的水质清洁（调蓄池，生态滤池，排入污水处理厂等），设立排水总集水干管
- 恢复老常德的记忆，标示护城河，刻画老城城区范围，旅游线，体现常德独特印象和特征
- 形成历史的河道，和本地文化结合，恢复大西门，印子屋博物馆，河街小巷，抗战碉堡



一个建议使用的图标
(替代鱼形图标)
alternativer Logovorschlag
(statt der Fische)



清洁的水 -

防止污水的排入。供给护城河的水都是清洁的。



可亲近的水 -

开放式的水面给人们一个与水交流亲近的机会。



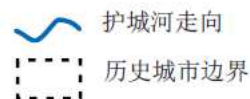
城市林荫步道 -

给行人和骑车的人们提供一个可以沿着老城区边界漫步的道路，让人们能在这里逗留休息，并和城市中心的繁华魅力融合在一起。



城市的历史和独到之处 -

城市历史边界要再次被人们认知。被孤立出来用于餐饮业的老房屋和断断续续的老城墙遗迹向人们倾述着城市历史的变迁。



基于“水城常德”这一方针，水将再次被带回到中心城区中。

生活质量被改善，无论对人类或是自然生态来说，护城河和它的周边地区再次成为城市中受人欢迎的生活空间。

城市中心地区的特征和潜能都将得到提升，例如作为富有吸引力的居住空间、工作地点、旅行者的目的地，购物天堂等等。



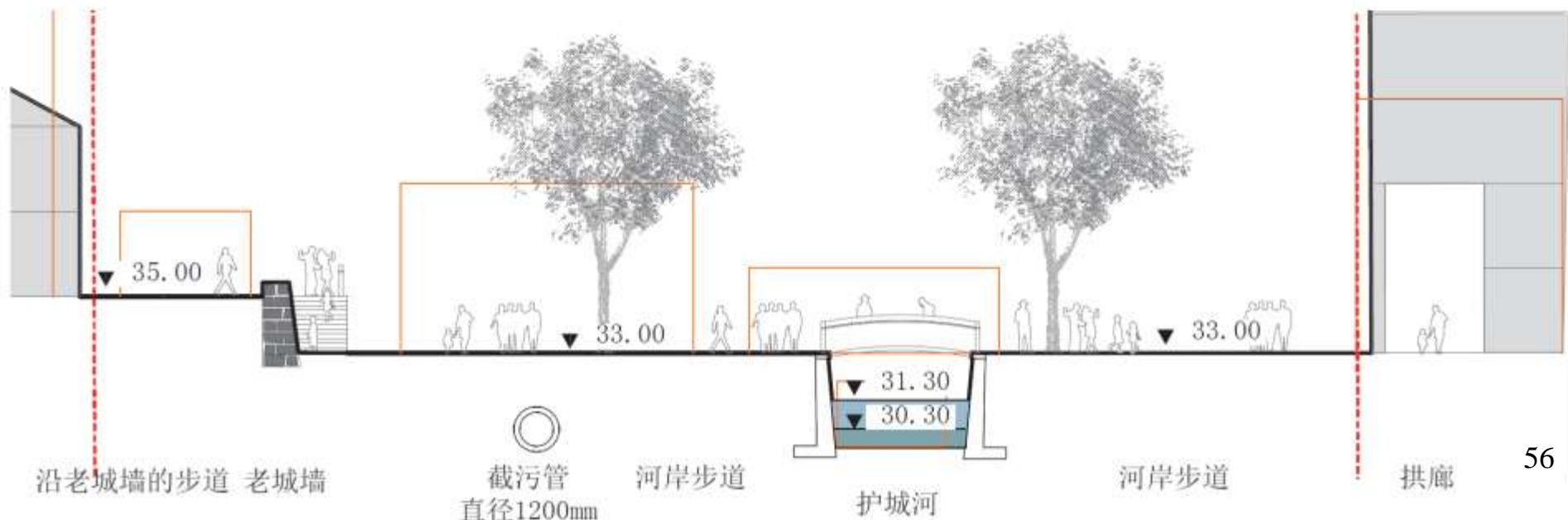
现在北站市场位置，护城河与老城墙平行，河道将散开。护城河与老城墙之间，复建一个老城区，狭窄的巷道，小型商铺或饭店。

靠近抗战碉堡位置，应修建一个窑子屋，作为博物馆使用。护城河北岸以现代建筑为主。一个小型广场可以用作集市。

保留现有的市场功能，结合商业和住宅。

护城河项目

- 对老城的合流制污水系统的处理方案，保障河流的水质清洁（调蓄池，生态滤池，排入污水处理厂等），设立排水总集水干管
- 恢复老常德的记忆，标示护城河，刻画老城城区范围，旅游线，体现常德独特印象和特征
- 形成历史的河道，和本地文化结合，恢复大西门，印子屋博物馆，河街小巷，抗战碉堡





总结

1. **可持续性的雨水管理：**形成海绵城市，通过调蓄，渗水，净化，从源头降低排水流量，减少管线投资，开放式排水，多建水体，改善小气候
2. **优化排水系统：**消除来自城市排水系统对河流的污染，管网改造从水力角度及管道现状入手，建设调蓄及处理系统等为护城河等。通过水力模拟，保障排水安全，防止城市内涝
3. **泵站的改造新理念：**变为城市的肾脏，通过增加生态滤池，对初期雨水及不明污水的处理，调蓄功能及运行工艺的变革，由污染源变为清洁的水源
4. **河流生态自净功能的提高：**人工生态湿地解决城郊地区的农业及其他面源污染，河流断面及流线设计提供动植物生存空间，人工岛屿及浅水区
5. **水系连通：**打通血脉，保障洪水安全，降低泵站运行费用，建立生态廊道，3个环，补充水源选择，在湖泊性质的河流高要求下实现水质的保障
6. **和城市开发建设结合：**一地多用，建立次级城市交通体系，城市内休闲场所，城市绿地，运动场地，天然游泳，棚户区改造结合，生活质量提高
7. **和历史文化的结合：**水成为城市的特征，大西门老城，历史的河流，河街小巷，主题公园
8. **模型模拟：**水系系统，排水系统，机埠工况等，多方案比较，科学决策及预测



Thank you for your attention
非常感谢

联系邮箱：彭赤焰
c.peng@itwh.de

www.wasser-hannover.cn