

应对气候变化的低影响开发雨水系统

车伍

北京建筑大学（雨水与水环境重点实验室）
Beijing University of Civil Engineering and Architecture

2014年9月5日

Disclaimer:

The views expressed in this document are those of the author, and do not necessarily reflect the views and policies of the Asian Development Bank (ADB), its Board of Directors, or the governments they represent. ADB does not guarantee the accuracy of the data included in this document, and accept no responsibility for any consequence of their use. By making any designation or reference to a particular territory or geographical area, or by using the term “country” in this document, ADB does not intend to make any judgments as to the legal or other status of any territory or area.

- **背景与问题**
- **气候变化的应对策略**
- **“海棉城市” 低影响开发雨水系统**
- **案例**

背景与问题

气候变化带来的影响

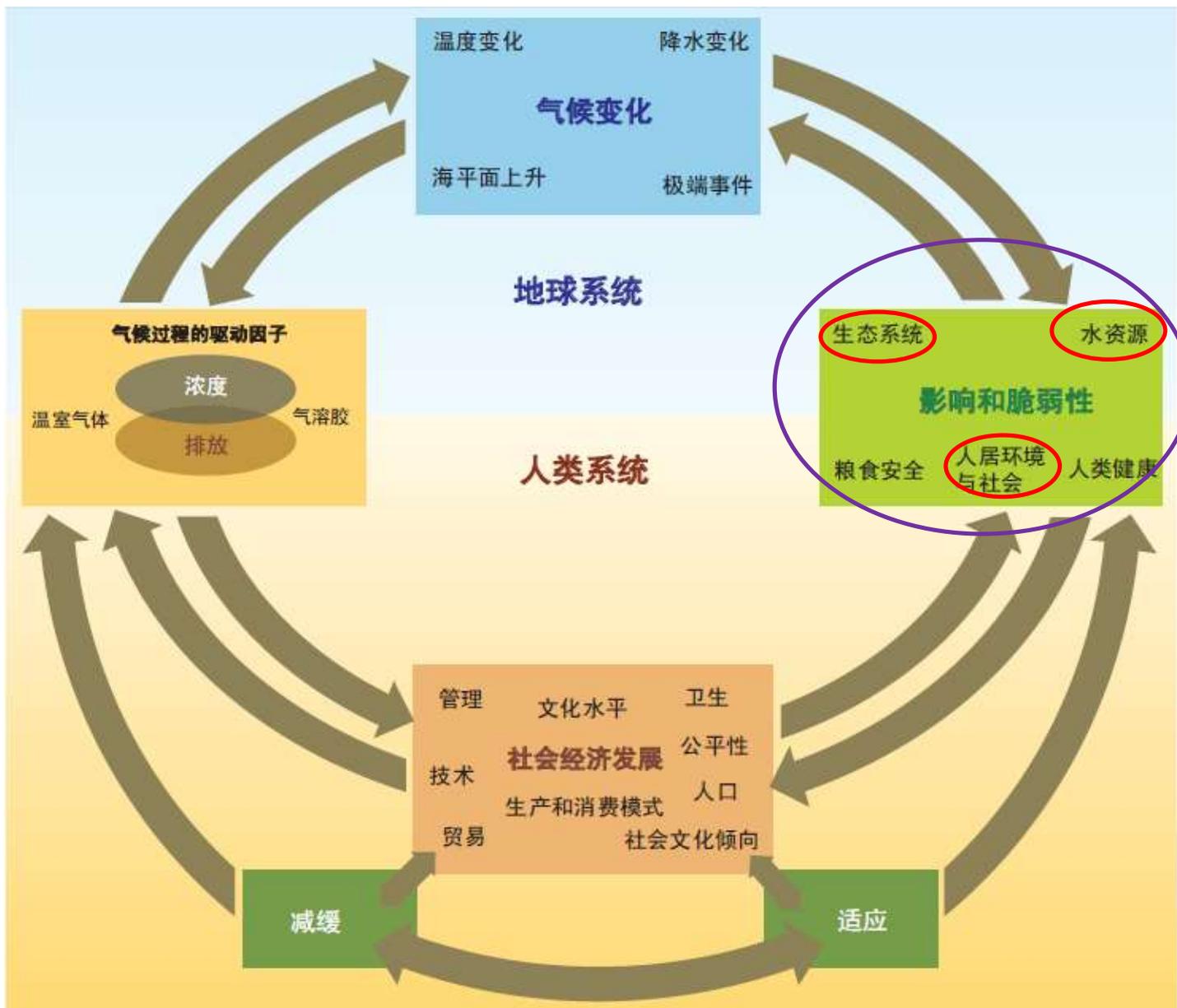
● 环境

- 气温升高
- 极端降雨
- 干旱
- 飓风
-

● 社会经济

- 交通瘫痪
- 粮食安全
-

●



气候变化的人为驱动因子、影响和响应的示意图

(IPCC . Climate Change 2007 Synthesis Report)

与气候变化相关的自然灾害



台风



干旱



洪涝

叠加效应?

- Rapid-urbanization, inappropriate development

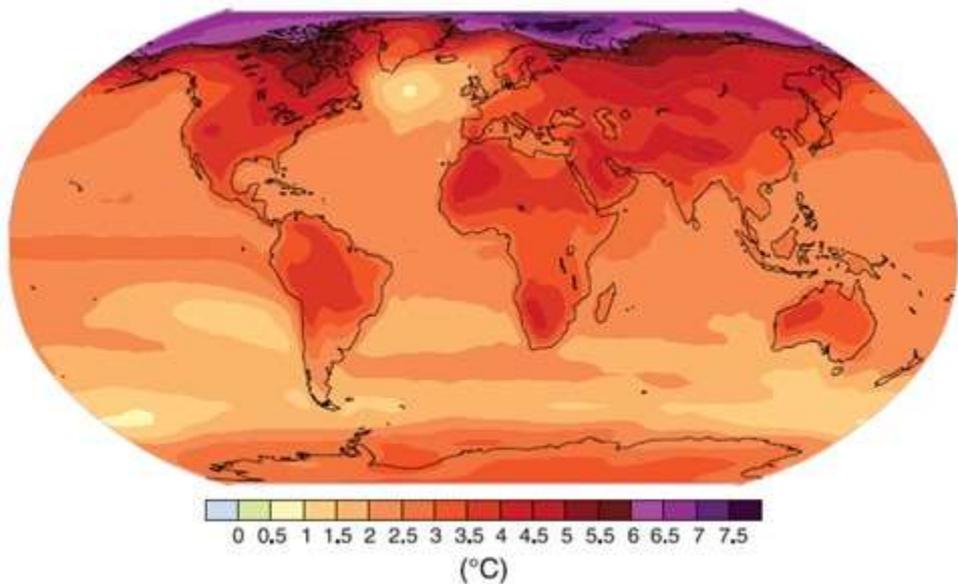


发达国家气候变化研究

IPCC——政府间气候变化专门委员会
2007气候变化综合报告指出

气候系统变暖是**毋庸置疑的**

➤趋势仍在**持续**



地表温度升高的地理分布形态

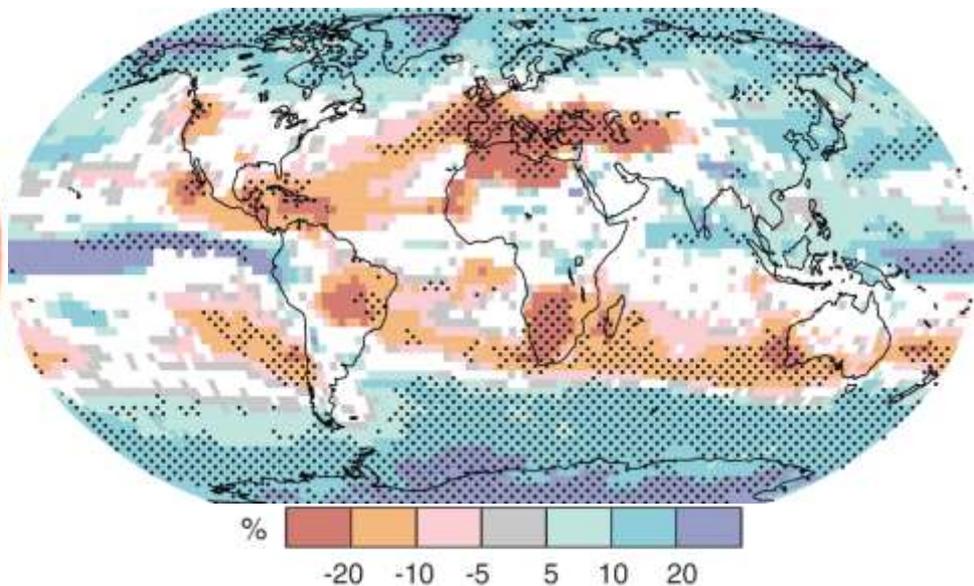
PS: 2090-2099相对于1980-1999预估地表温度变化趋势

(IPCC . Climate Change 2007 Synthesis Report)

降雨量的变化不尽相同——**有增有减**

可能性:

- 高纬度增加
- 大多数副热带大陆地区减小



多模式预估的降雨变化形态

PS: 与1980-1999相比, 2090-2099年期间降水的相对变化 (%)
根据6-8月的SRES A1B情景得出的多模式平均值

(IPCC . Climate Change 2007 Synthesis Report)

该综合报告还指出

气候变化预测**全球性**水环境灾害
影响实例

- 数亿人口面临更严重的**供水**压力
- 全球30%海岸带**湿地消失**
- **洪水**及风暴所造成的损失增大
-

气候变化预测**部分地区**水环境灾害影响实例

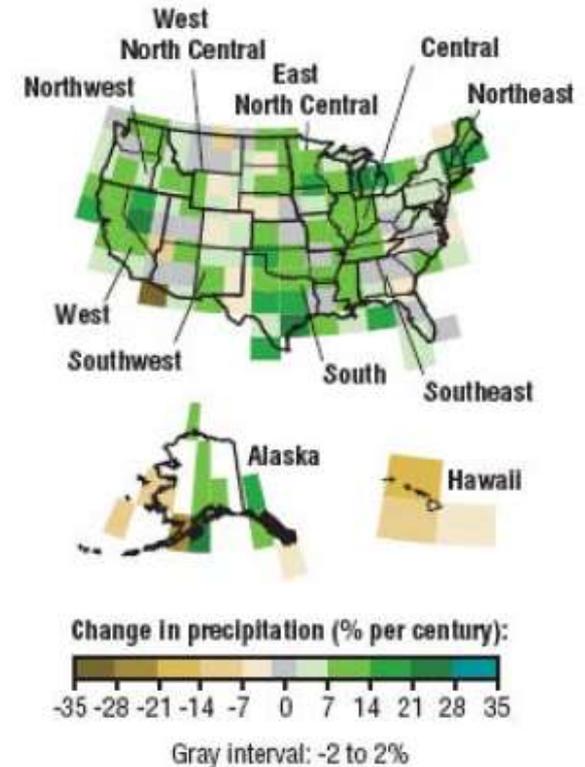
- **亚洲**：到21世纪50年代，**淡水减少、洪水增加**
- **澳大利亚和新西兰**：到2030年，**水安全加剧**。到2050年，**洪水**严重程度和频率加剧
- **欧洲**：**山洪**风险增大，海岸带**洪水**加重
- **非洲**：到2020年，预估有7500万到**2.5亿人口**会面临气候变化而加剧的**缺水压力**
-

美国气候变化报告

美国百年内降雨趋势变化

- 全国降雨总量成**上升**趋势，部门区域增幅很大
- 西南地区1999~2008年期间呈现出**干旱严重**的趋势

Figure 4.5: Map of the United States, depicting precipitation trends for the contiguous U.S. 1901-2006, Hawaii 1905-2006 and Alaska 1918-2006.



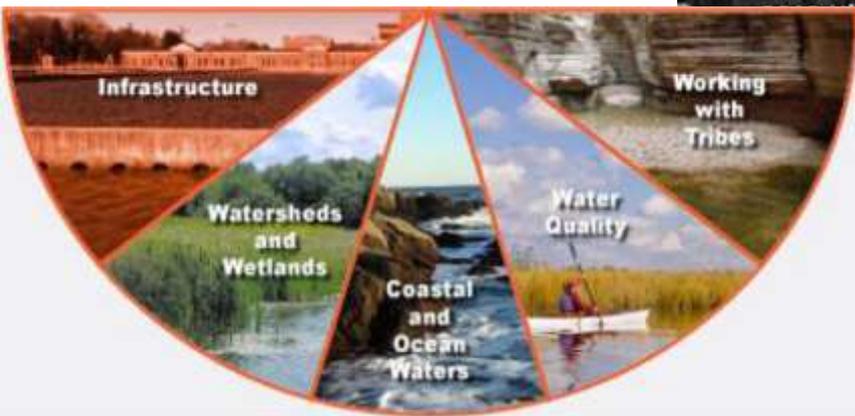
Green shades indicate a trend towards wetter conditions over the period, and brown shades indicate a trend towards dryer conditions. No data are available for areas shaded in white.

美国1901~2006年内降雨改变趋势

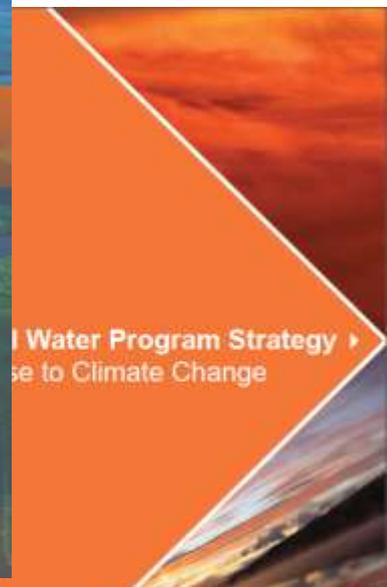
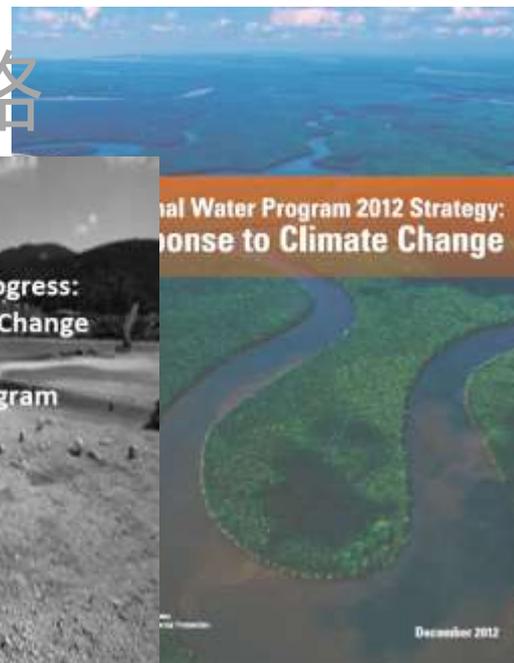
(EPA. Endangerment and Cause or Contribute Findings for Greenhouse Cases under Section 202(a) of the Clean Air Act)

发达国家应对气候变化策略

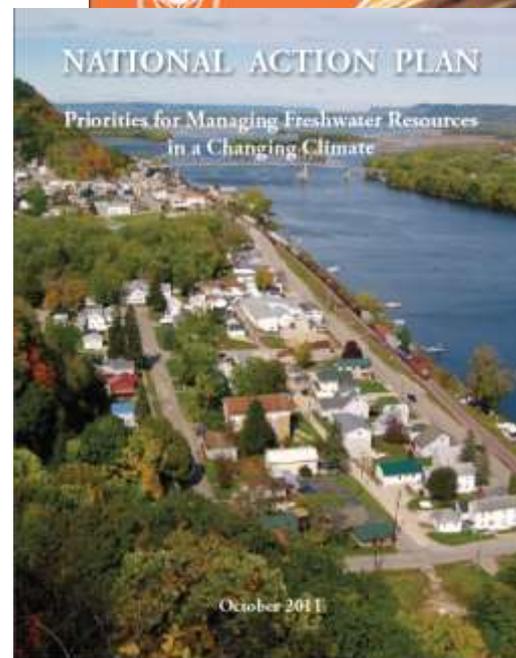
主要研究内容



(EPA. 2013 Highlights of progress : Responses to Climate Change by the National Water Program)



EPA及部分州气候变化下水环境影响报告



发达国家应对气候变化策略

发达国家已采用预测的未来降雨条件作为参数

- 奥克兰——考虑到雨水基础设施适用年限可达50年或者更长，雨水设施设计中采用预测降雨数据

发达国家应对气候变化策略

加拿大排水系统建设参考气候变化因素

Hengeveld等人通过通过模型分析研究, 认为大部分加拿大地区的降雨总量到2090年, 将增加10%-20%, 并将气候变化的影响直接反应到大小排水系统的规划设计中

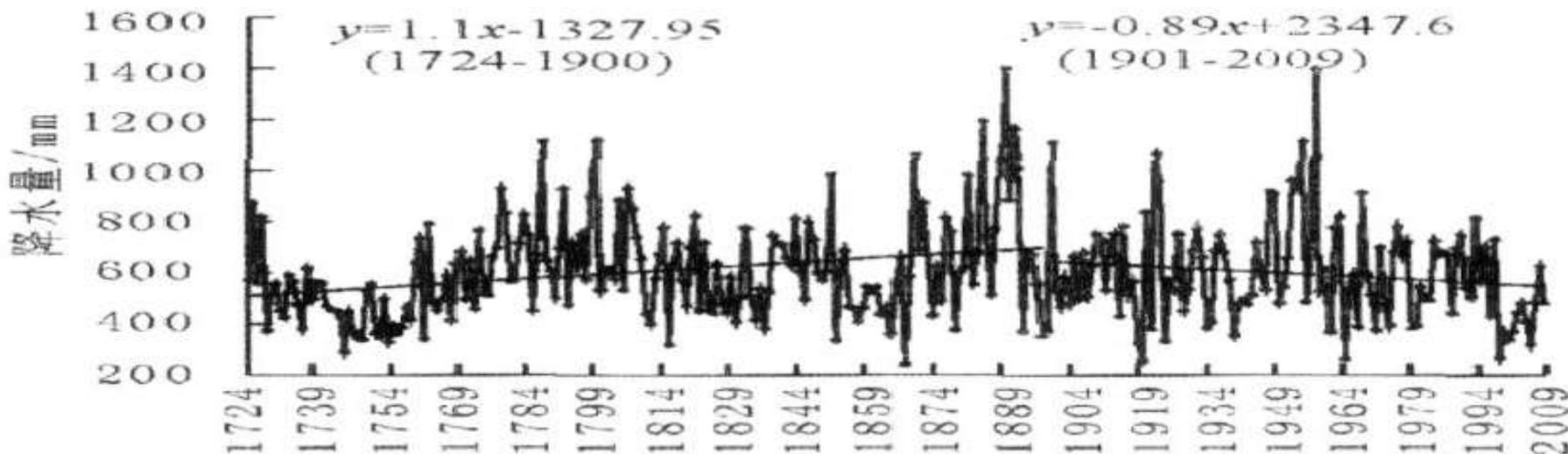
我国当前应对气候变化策略

我国气候变化研究

张建云等研究显示，部分城市1981-2010年与1961-1980年相比，暴雨发生的天数有显著增幅，例如：

- 苏州**增加**30%
- 南京**增加**22.5%
- 宁波**增加**32%
-

郭高轩等研究中通过线性拟合表明近100多年以来，北京地区的降水趋势呈以0.89mm/a速率**下降**。其间，大涝、偏涝、正常、偏旱和大旱分别有23 a、28 a、172 a、58 a和5 a，可见北京**旱多于涝，但大涝远多于大旱**



北京站1724-2009年降水量趋势分析

(郭高轩, 刘久荣, 许亮等. 近300年来北京地区降水的变化特征[J]水资源与水工程学报, 2011,22 (1):90~93.)

我国当前应对气候变化的雨洪管理策略

- 展开跨学科的综合研究
- 新编规划&修编
- 暴雨强度公式修编
- 提高排水标准
- 城市排水防涝综合规划
- LID的推行
-

中心城区水涝-与污染治理问题



大规模的基础设施



机遇和努力

国家层面：

- 十八大，提出国家生态文明建设，**把生态文明建设放在突出地位**
- 国办发**23号文**《关于做好城市排水防涝建设工作的通知》
- 国发**36号文**《关于加强城市基础设施建设的意见》
- 排水相关**规范标准**的修编、新编！《室外排水设计规范》、《城市雨水调蓄工程技术规范》等
- 城镇排水与污水处理领域第一步**法律**《城镇排水与污水处理条例》
- **海绵城市建设技术指南-LID雨水系统构建**

地方层面：

- 200多座城市开展“**生态城市**”的建设工作
- 各城市需在**2014年**前完成《城市排水（雨水）防涝综合规划》
- 杭州、南京、无锡等许多城市的暴雨强度公式修编
- 北京**立交调蓄池改造，防洪排涝规划**研究等
- 武汉市新型雨水系统的研究、广州的**深隧**建设等
-

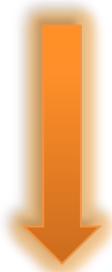
国内气候变化与雨洪控制利用系统联系尚存空白

已有应对策略

- 新编规范标准&修编
- 暴雨强度公式修编
- 提高排水标准
- 完成城市排水防涝综合规划
-



暴雨强度公式修订主要原因之一



公式陈旧，不能反映当前降雨

目前各城市暴雨强度公式多为上世纪八十年代编制，少部分城市九十年代又提交过新的公式

——参考《给水排水设计手册》(第二版, 第5册, 2004)

均采用年多个样法



近30a降雨数据-
气候变化?

降雨数据更新的必要性 ✓

➤分析A、B两个城市暴雨强度公式看出，同样采用年多个样法取样，明显看出各历时各重现期下，**新公式降雨强度大于旧公式降雨强度**

➤陈鹏飞等通过将1953~2006年降雨分为两部分，前21年（1954~1973年）和后33年（1974~2006年），通过分析，后33年平均降雨强度确实**大于前22年**

低影响开发雨水系统

核心：以尽可能自然的方式实现 “**渗、蓄、净、用、排**”
Detention、Retention、Infiltration、Purification、Harvesting、Drainage.....

弥补城市化对水文循环的改变

灰色**VS**绿色
末端**VS**源头
地下**VS**地上
局部**VS**系统
快排式**VS**蓄排系统



雨水花园



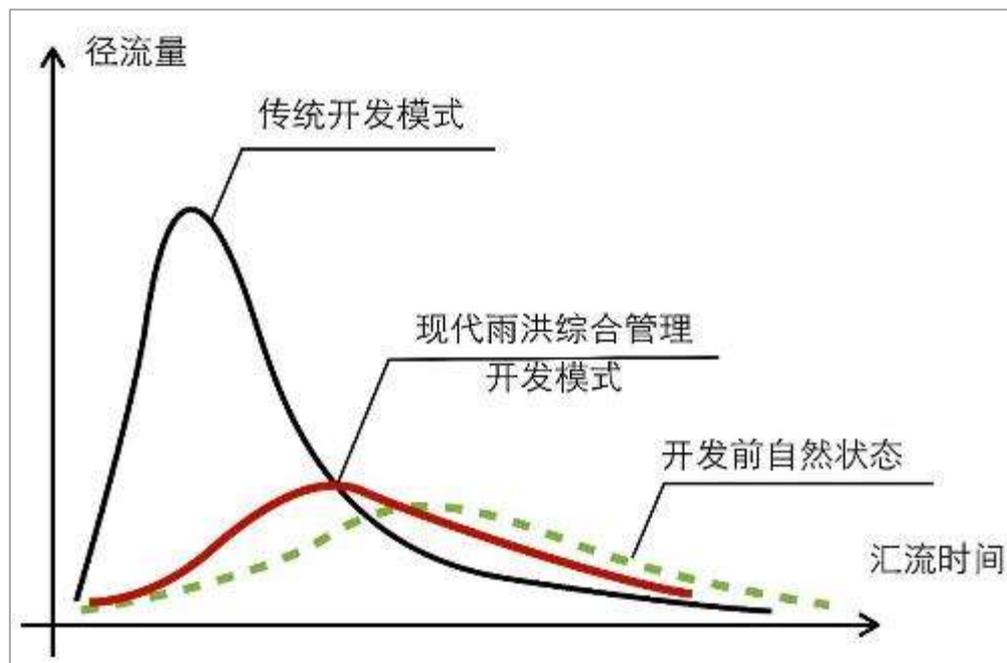
植被浅沟



生物滞留池/树池/高位花坛

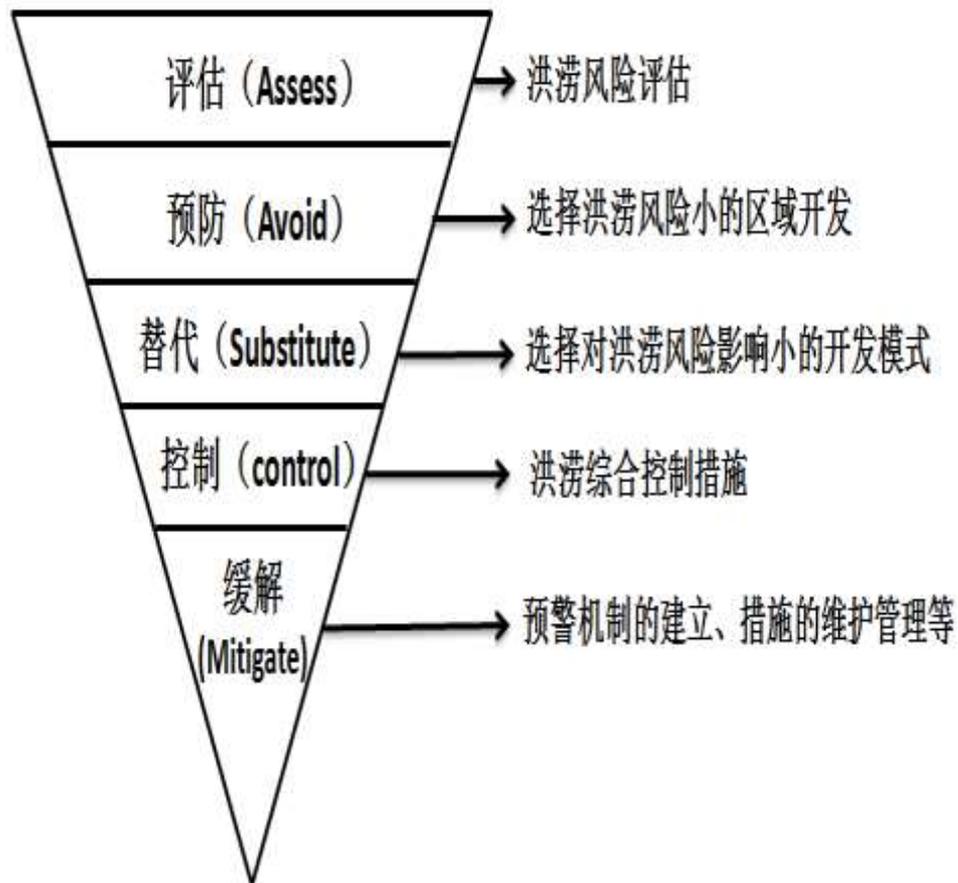


尽可能接近自然水文循环



风险评估——雨洪管理中应对气候变化的主要环节

英国政府2010年修订全国性规划政策《规划政策声明25：开发与洪涝风险》，开始将**洪涝风险评估**纳入到区域的**规划**体制中



英国洪涝风险综合防控

- 对开发区域进行洪涝风险分区 (①低频率、②中频率、③a高频率、③b功能性泛洪区)
- 系统分析不同类型的洪涝风险
- 不同级别的规划需要配备不同的风险评估内容
- 对洪涝风险严重地区的开发进行限制与管理
- 对区域的开发形式、布局、土地利用进行指导，通过综合的控制措施来减少区域的洪涝风险。

大排水系统的建立——应对气候变化极端降雨的主要方式

- 大排水系统主要部分为针对超标径流或极大暴雨径流排放通道的建设
- 排放通道分为：非设计通道与设计通道两类

气候变化中极易出现的状况

非设计通道 (Default Pathways)

设计通道 (Designed Pathways)





- Modern methods & tech.
- Modelling
- GIS
- Monitor
- ...



新城区：土地的预留与多功能利用，与道路、公园、广场等开放空间的结合



日本城市公园多功能调蓄（车伍摄）



（美国USDCM: Urban storm drainage Design Manual）

大型住宅区——北京东方太阳城

项目条件：

- 位于北京市东部潮白河西岸，包括多栋住宅及会所
- 占地**234**公顷，其中中心人工湖占地**18**公顷，集中绿地和高尔夫球场占地70公顷
- 该小区周围无市政雨、污水管线

问题分析

- 地势低洼，河滩泛洪区（洪的风险）
- 原设计管道末端在人工湖水位以下（涝的风险）

• “洪”与“涝”交织！

- 景观水体水质风险
- 雨水综合利用率低

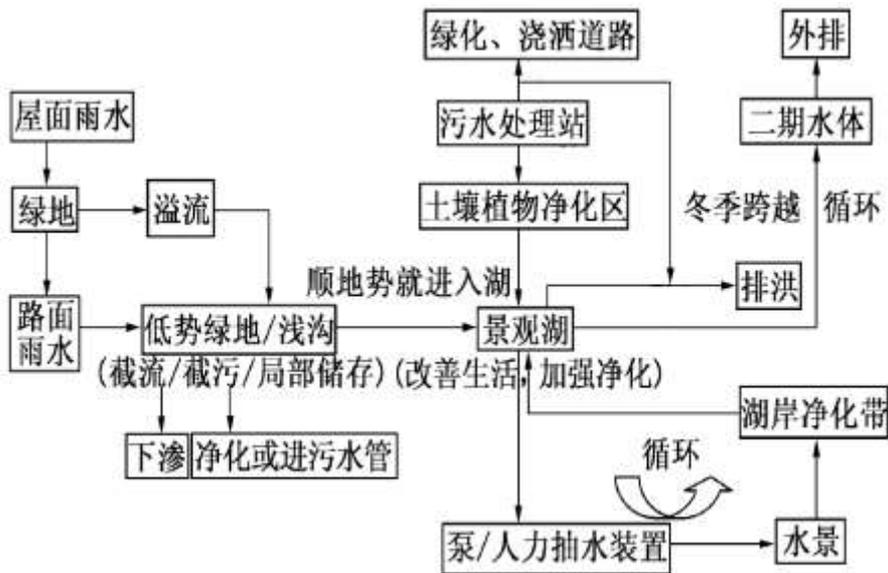


东方太阳城雨水及水系统总体规划方案图



- 源头LID (植被浅沟, 雨水花园等)
- 小排水系统 (植被浅沟, 取代原设计管道)
- 大排水系统 (高尔夫球场, 景观水体多功能调蓄等)

东方太阳城雨水及水系统关键技术流程图



- 植被浅沟
- 人工湿地
- 人工土壤渗透
- 生态堤岸
- 低势绿地
- 渗透管渠
- 渗透铺装

综合效益分析

- 经历了近**10年**的运行
- 投资成本约**1500万元**，与原管线系统投资额基本持平
- 平均每年可利用雨水资源近**70万吨**
- 小区湖水水质明显改善
- 小区蓄洪、排洪能力明显提高，无水涝隐患
- 经历了“**6 23**”、“**7 21**”**极端**暴雨的考验
- 改善了人工湖景观效果，吸引了翠鸟等动物



谢谢！

Thanks for your attention !