

第三届水谷论坛

中国城市洪涝与海绵城市建设

Urban Flooding Control & Sponge Cities

张 建 云

(Jianyun ZHANG)

南 京 水 利 科 学 研 究 院

Nanjing Hydraulics Research Institute

2017.12 深圳

汇报提纲

OUTLINE

一、科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

二、城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

三、海绵城市建设

Sponge cities of China

四、结语

Conclusion

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

中国移动

上午9:48



假信息!
RUMOR

2017年6月9日，网上和微信上疯传南京暴雨，河湖大学又被淹了。。。

Quick spread of the rumor that Hohai University is flooded again on 9 Jun, 2017...



2016年7月4日
4 Jul., 2016

出了河海 便是江湖

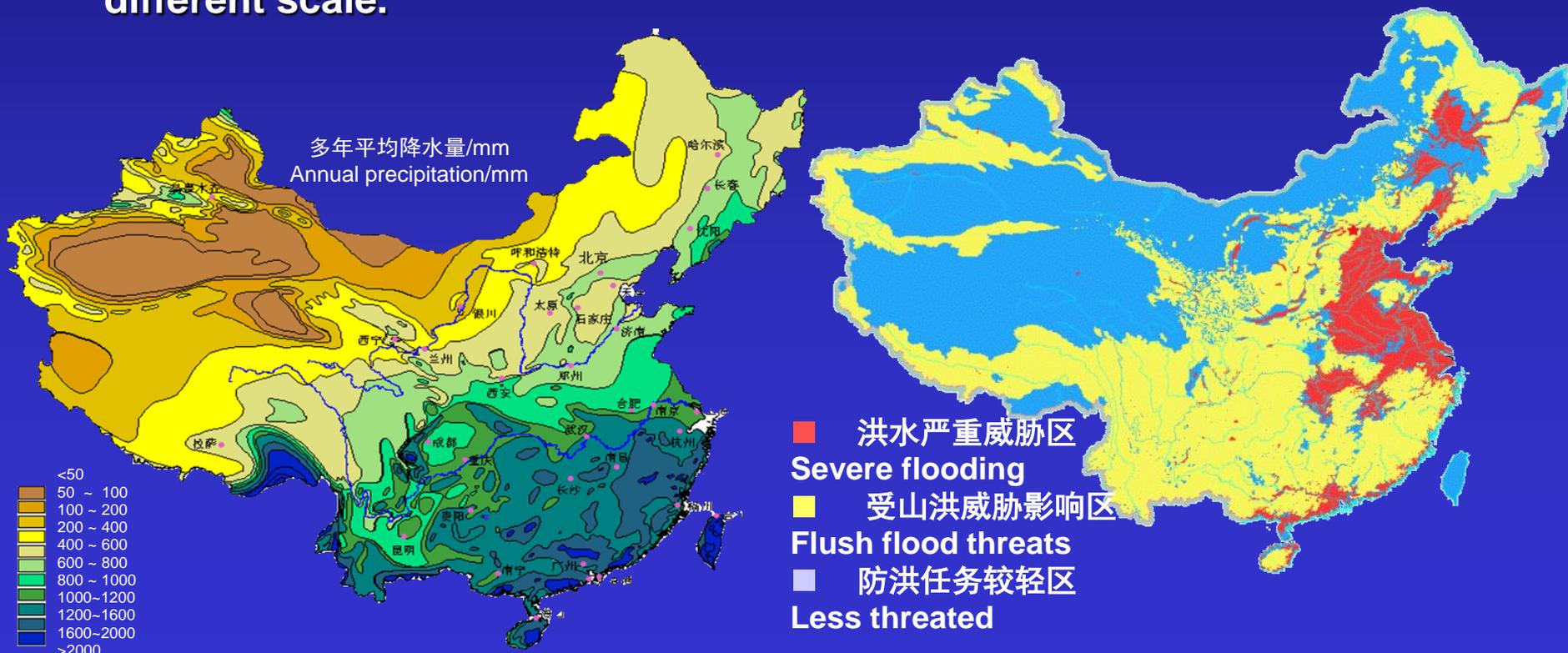
It's rivers and lakes outside Hohai (rivers & sea)

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

- 我国特殊的地理位置+地形特征，形成季风性气候特征，夏季炎热湿闷多雨，多暴雨。2/3的国土面积受洪水的威胁，全国2/3城市均发生过不同程度的暴雨洪涝

The unique geographic location and topography, forms a monsoon climate, making the season hot and humid and full of precipitation or even rain storms in summer. 2/3 of the countries territory is under the threat of floods, and 2/3 of its cities experienced flood due to rain storms of different scale.



科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

- 全球变暖导致大气水循环加快，大气环流的不稳定性增加，影响降雨特性

Global warming is speeding up global vapor circulation and increasing instability, which is changing patterns of precipitation.



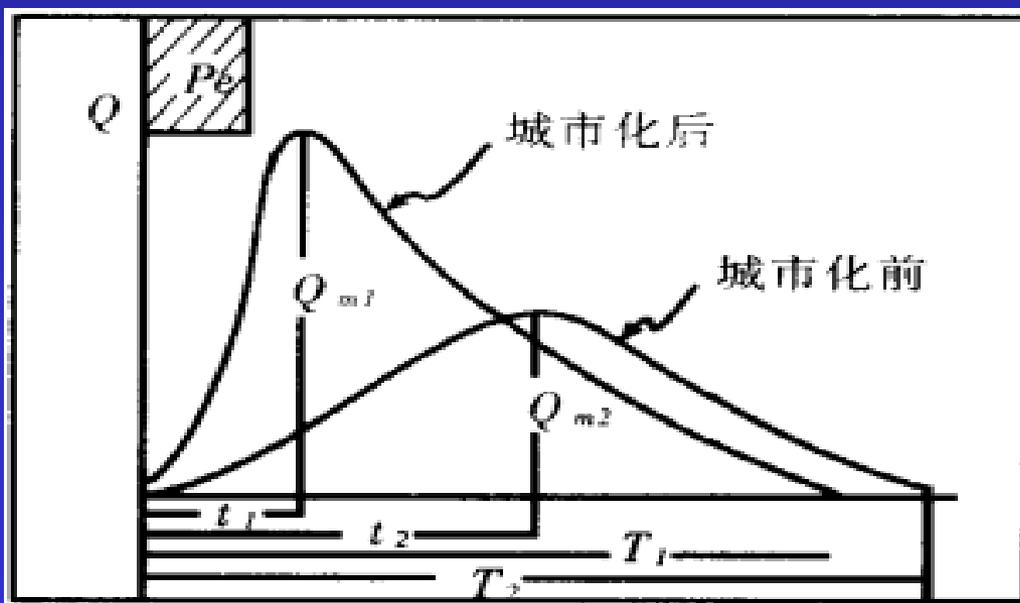
科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

- 中国进入城市化快速发展阶段（2000年36.3%，2016年57.3%）
热岛效应及雨岛效应：城市化减少下渗，产流量大；糙率下降，汇流快，洪峰高；无序开发，破坏排水系统，调蓄洪涝能力大幅度下降，洪涝灾害增加

Rapid Urbanization in China (36.3% in 2000, 57.3% in 2016)

Heat/rain island effect: infiltration decrease & runoff generation increase for urbanization; roughness decrease, paced up routing and high flood peak; chaotic development damaging drainage system and lowering efficiency of flood control project, thus increasing floods.



近10多年城市洪涝问题越来越突出，几乎年年发生“城市看海”

Growing urban flooding in the past decade causing “sea in the city” almost every year

2007	济南	Jinan
2010	广州、重庆	Guangzhou, Chongqing
2012	北京	Beijing
2013	宁波、余姚、上海	Ningbo, Yuyao, Shanghai
2015	上海、常州、镇江、 南京	Shanghai, Changzhou, Zhengjiang, Nanjing
2016	武汉、南京、郑州	Wuhan, Nanjing, Zhengzhou



2012年

城市之殇——721北京大暴雨

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

	2012年7.21暴雨 Rain storm of 21 Jul. 2012	2016年7.19-20暴雨 Rain storm of 19-20 Jul. 2016
天气系统 Weather system	冷涡系统东移 Cold vortex system moving east	黄淮气旋北上 Cyclone moving north from the Yellow and Huai River
降雨强度 Intensity	大, 110.3mm/h High, 110.3mm/h	相对较小56.8mm/h Relatively low, 56.8mm/h
降雨历时 Period	19小时 (21日10时-22日5时) 19 Hrs (22:00-17:00+1)	55小时 (19日1时-21日6时) 55Hrs (1:00-6:00+2)
总降雨量Rainfall	全市平均/Average: 170mm 城区平均/Average downtown: 215mm 最大点/ Max: 房山北镇 /Fangshan North Town 541mm	203mm 291mm 门头沟东山 Mentougou Dongshan: 453.7mm

大部分城区被淹、交通瘫痪、直接死亡79人
Inundation at most places, traffic
paralyzed, direct casualties 79

无明显洪涝和交通影响, 未发生人员伤亡
No evident flood or impacts on
transportation, no casualty

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

经验/Experiences:

- ◆ 加强基础设施建设，提高城市洪涝防御能力
雨水管网改造，排水能力显著提高；1460公里中小河道治理；改造75座泵站，立交桥区排水能力显著提高；建成47个蓄水场所，有效调蓄洪水。

Improving infrastructure and urban flood control capacity

Evident improvement of drainage system; treatment of small/middle sized rivers of a total of 1460km; renovation of 75 pump stations to improve drainage under flyovers; installation of 47 storage for flood.

- ◆ 加强城市暴雨洪涝的监测预警，加强城市应急管理

Enhancing monitoring of urban rainstorms and management of emergency response



科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

观点 VIEW POINTS:

- 受季风影响，我国城市洪涝多发是地理和气候条件决定的，是自然现象，应正确对待；
Because of its monsoon climate, urban flooding is determined by the unique geographic and climatic features, and is thus a natural phenomenon which deserves to be looked into with a scientific perspective;
- 气候变化和城市化发展影响了城市降雨特性，近年城市暴雨呈趋多增强趋势；
Climate change and urbanization cause changes of urban precipitation pattern with increasing rainstorms;
- 城市发展改变了下垫面条件，挤占了洪水调蓄空间，增加了洪涝发生的风险；经济社会的洪涝经济社会的发展，加重了洪涝灾害的损失。
Urbanization changes ground surface, taking up space for flood discharge, causing greater flooding risks; the booming economy also makes losses of flooding even greater.

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

观点 VIEW POINTS:

- 科学防治城市洪涝，提高排水除涝和防洪能力，加强暴雨洪涝监测预警和应急管理，城市洪涝问题可以得到很好的解决；
Urban flooding issues could be solved with scientific management, improved capacities of drainage, flood control, monitoring and emergency response;
- 必须树立低影响开发的城市发展理念。
The LID concept MUST be installed during urbanization.

科学认识城市洪涝

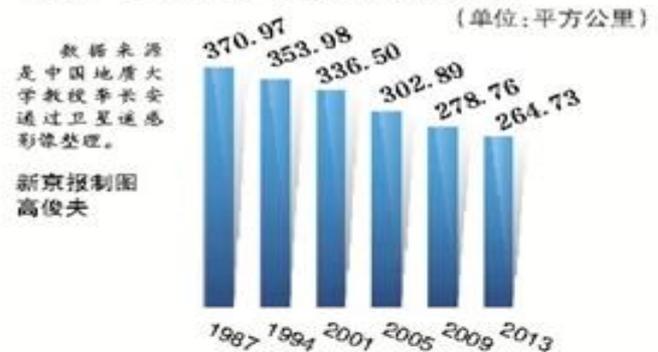
Science basics about urban flooding

城市发展大规模挤压 洪水调蓄空间

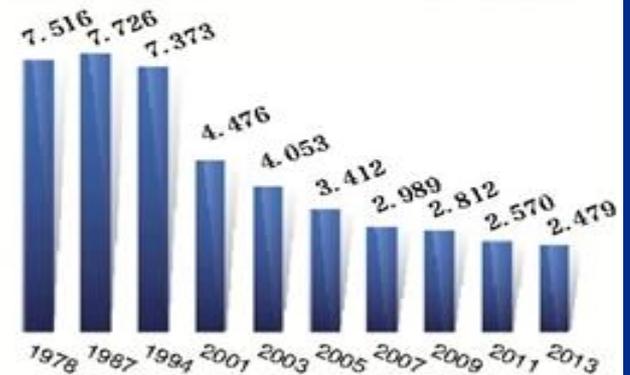
- ◆ 武汉洪涝真像背后：上世纪50年代127个湖泊，现仅剩38个。
- ◆ 湖泊面积1987年到2013年，锐减106平方公里，减少近30%

2016年武汉受淹严重，
填湖造地之殇！

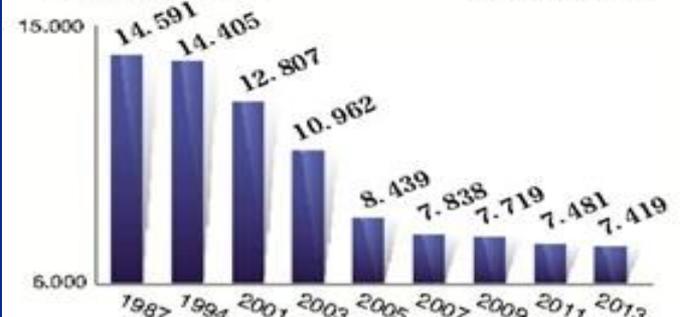
1987年至2013年武汉市湖泊面积



沙湖面积变化图



南湖面积变化图



科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

深圳为例：承载能力与需求的矛盾

四大问题

城市无序高速发展与水安全保障要求矛盾突出

发展与安全

经济社会高速发展与城市水环境承载力矛盾突出

经济与环境

水资源短缺与高标准的水源保障需求矛盾突出

人与水

人水争地现象与城市水环境空间均衡矛盾突出

人与地

科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

前海大桥-世界上最丑的大桥

严重影响湾内水动力条件



科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

主要原因：城市规划缺失，管理需要加强

唯经济发展，弱科学规划（近一半的违规建房）

即使有规划，执行失严

乱接乱建、直接排污，城市管理薄弱

深圳治水提质工程是非常必要的，但要系统科学治理

汇报提纲

OUTLINE

一、科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

二、城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

三、海绵城市建设

Sponge cities of China

四、结语

Conclusion

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

城市洪涝三种防治标准 Three standards for urban flood control



排水 Drainage:

针对城市内较小汇水面积上较短历时雨水径流进行排除，指城区内承担地面排水的排水管网沟渠
For short-duration rainfall on small catchments through surface discharge and pipelines within the urban area



除涝 Waterlogging control:

解决较大汇流面积上较长历时暴雨产生的涝水排放问题，指城区内承担排涝功能的河道水系及排涝泵站
For long-duration rain storms on large catchments through river system and pumping stations



防洪 Flood control:

针对城市过境或是城市边缘（外围）洪水（高潮位）
For flood passing through or by the city (flood peak)

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(1) 洪涝防治标准——城市防洪

针对城市过境或是城市边缘（外围）洪水（高潮位）。城市防洪系统由防御城市外围较大洪水的基础设施组成，包括泄洪河道、泄洪闸、防洪堤、水库、蓄滞洪区等。

——城市防洪任务主要由水利部门主管



城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(1) 城市防洪标准

- 是城市为防御持续时间较长的主要外河或湖泊洪水，或是滨海城市为防御设计高潮位所设定的标准。
- 根据《防洪标准》（GB50201-94，2010年修订），城市防洪标准根据其社会经济地位的重要性、非农业人口指标分为四个等级确定。

防护等级	重要性	非农业（常住）人口（万人）	经济当量人口（万人）	防洪标准（重现期 年）
I	特别重要	≥ 150	≥ 300	≥ 200
II	重要	150~50	300~100	200~100
III	比较重要	50~20	100~40	100~50
IV	一般重要	≤ 20	< 40	50~20

- 武汉、南京防御长江洪水标准均 ≥ 200 年一遇，哈尔滨防御松花江洪水标准 ≥ 500 年一遇，上海防御风暴潮的海堤标准1000年一遇。

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

北京市防洪系统

防洪——永定河、西山；排涝——北运水系



The map shows the Beijing flood control and drainage system. A red line indicates the flood control system, which follows the永定河 (Yongding River) and the 西山 (Xishan Mountains). A blue line indicates the drainage system, which follows the 北运水系 (Beiyun Water System). A large red arrow points from the drainage system towards the center of the city. The map also shows various reservoirs and rivers in the region.

防洪——防御由永定河堤防防御中心城的外洪水，1000年一遇标准，

排涝——由北运河水系排除中心城的洪涝水及北部山区洪水

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(2) 洪涝防治标准——城市除涝

- 解决较大汇流面积上较长历时暴雨产生的涝水排放问题，主要指城区内承担排涝功能的河道水系及排涝泵站；
- 包括内河、湖泊、排水沟渠和排涝泵站、水闸建设。

——城市排涝任务也主要由水利部门主管，少数由城建部门管



城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(2) 城市排涝标准

- 将降雨期间的地面积水控制在可接受的范围，保障城市内涝防治标准以内的暴雨不造成灾害，不造成较大经济损失和人员伤亡——**24小时暴雨不成灾。**
- 2012年颁布的《城市防洪工程规划规范》（GB/T 50805-2012），增加了城市排涝的设计标准，针对不同的城市防洪工程级别，**排涝设计标准在5~20年一遇，特大城市大于20年一遇。**

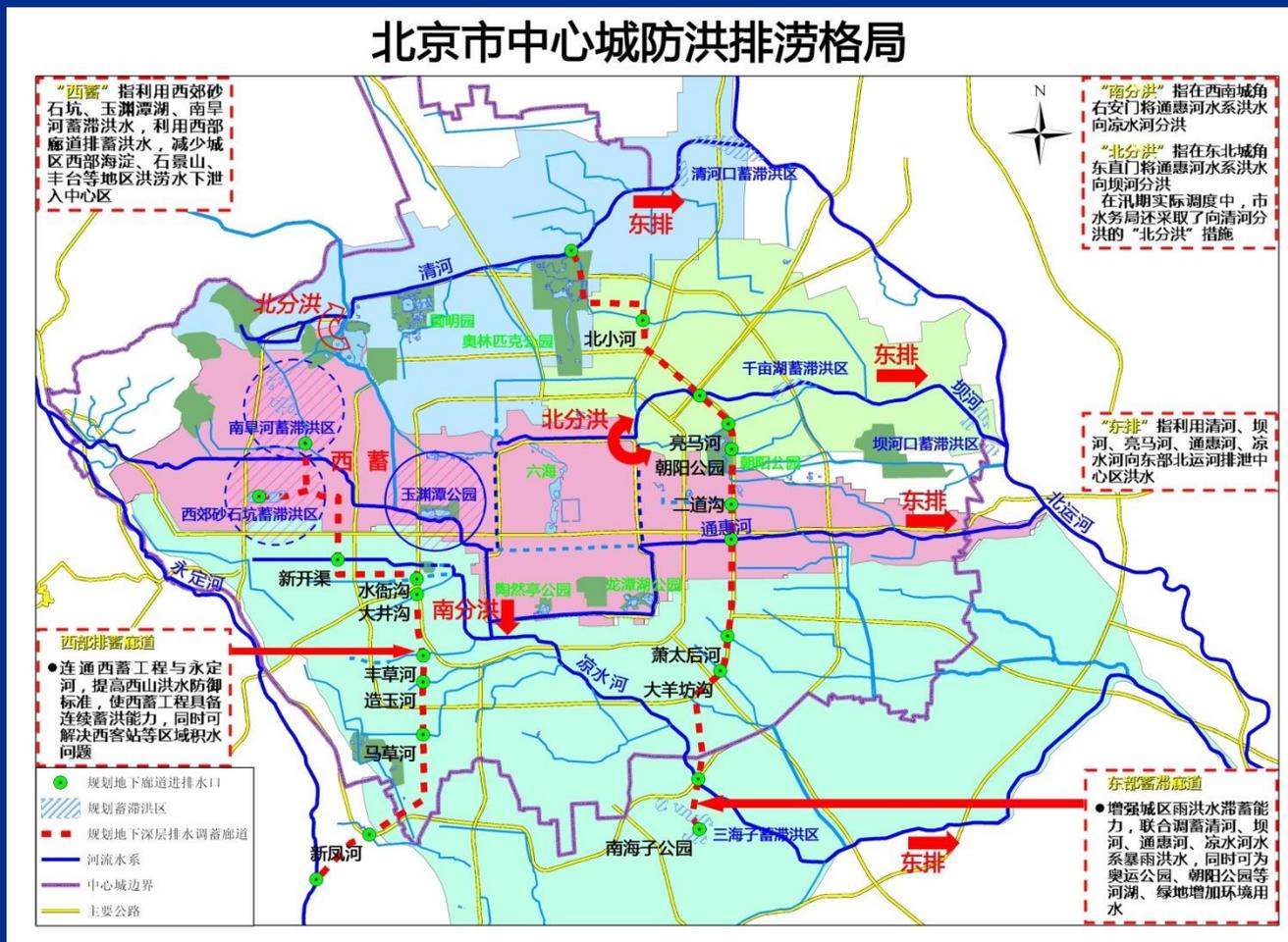
城市防洪工程等级	设计标准（年）			
	洪水	涝水	海潮	山洪
I	≥200	≥20	≥200	≥50
II	≥100且<200	≥10且<20	≥100且<200	≥30且<50
III	≥50且<100	≥10且<20	≥50且<100	≥20且<30
IV	≥20且<50	≥5且<10	≥20且<50	≥10且<20

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

北京市除涝系统

- **排涝河道：**清河、坝河、通惠河、凉水河、凉水河4条主要排水河道及120条支流，总长约580公里，承担着中心城的防洪排水任务。



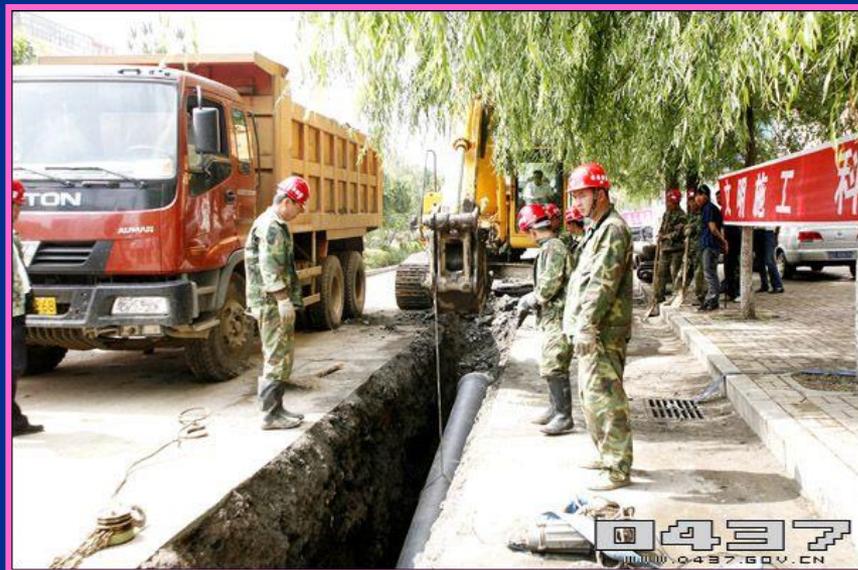
城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(3) 洪涝防治标准——城市排水

- 针对产生于城市内较小汇水面积上较短历时的雨水径流进行排除，指城区内承担地面排水的排水管网沟渠。
- 包括雨水管渠（含合流管渠）、检查井、排水明沟、雨水泵站、闸阀等。

——城市排水任务主要由城建部门管



城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

(3) 城市排水标准

- 主要是指雨水排水管网的设计标准。
- 2014年2月住建部颁布的《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2014年版），较大幅度地提高了我国雨水管渠的设计重现期。

城市类型	城区类型	中心城区	非中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和下沉式广场等
特大城市 (市区人口在500万以上)		3~5	2~3	5~10	30~50
大城市 (市区人口在100万~500万)		2~5	2~3	5~10	20~30
中等城市和小城市 (市区人口在100万以下)		2~3	2~3	3~5	10~20

城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

三大标准（排水、除涝、防洪） 不可能一致，但必须协调衔接

- **排水标准**：依托雨水管网工程，科学计算城市设计暴雨；
- **除涝标准**：依托内河防御工程，科学计算城市设计洪水；
- **防洪标准**：依托流域防洪工程，科学确定过境洪水防御能力。

汇报提纲

OUTLINE

一、科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

二、城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

三、海绵城市建设

Sponge cities of China

四、结语

Conclusion

海绵城市建设

Sponge cities of China

城市建设国际经验

International experiences of urban development

美国 USA -低影响开发 (Low-Impact Development, LID)

采取土地规划和工程设计的方法来管理雨水径流。LID强调现场自然属性的保持和利用

Combined method of land planning and project design to manage rain water runoff. LID emphasis protection and use of natural properties of sites.

英国和欧洲 UK & Europe -可持续城市排水系统(Sustainable Urban Drainage System, SUDS)

城市设计旨在减少新的和现有的开发对地表水排水系统的潜在影响

Urban design for lowering impacts on surface discharge and drainage from existing and new development.

海绵城市建设

Sponge cities of China

城市建设国际经验

International experiences of urban development

新加坡 Singapore -活力,美观,清洁水计划 (Active, Beautiful, Clean Water program)

ABC是将水体转变为美丽的和具有新加坡标志性的水景观。通过美化使新加坡人更加亲近水，更好地欣赏和珍惜稀缺的水资源

ABC is to transform water bodies into scenic and symbolic view of Singapore, so as to make people closer to water, appreciate and cherish water.

澳大利亚 Australia -水敏城市设计 (Water Sensitive Urban Design)

城市设计与城市水循环的管理、保护和保存的结合，包括雨水、地下水、废水管理和供水，为城市设计减少环境退化，提高审美和娱乐的吸引力，从而确保城市水循环管理能够尊重自然水循环和生态过程。

Urban design and water circulation managed, protected and conserved in a combined manner, including rain water, ground water, waste water and water supply, so as to reduce environmental degradation, increase attraction, thus assure water circulation and management could obey the rules of natural water circulation and ecological process.

海绵城市建设

Sponge cities of China

中国

国家主席习近平2013年12月12日《中央城镇化工作会议》上提出海绵城市建设：

China – President Xi Jinping proposed the sponge city concept at China’ s Central Conference on Urbanization on 12 Dec., 2013.

在提升城市排水系统时要优先考虑把有限的雨水留下来，优先考虑更多利用自然力量排水，建设自然积存、自然渗透、自然净化的“**海绵城市**”。

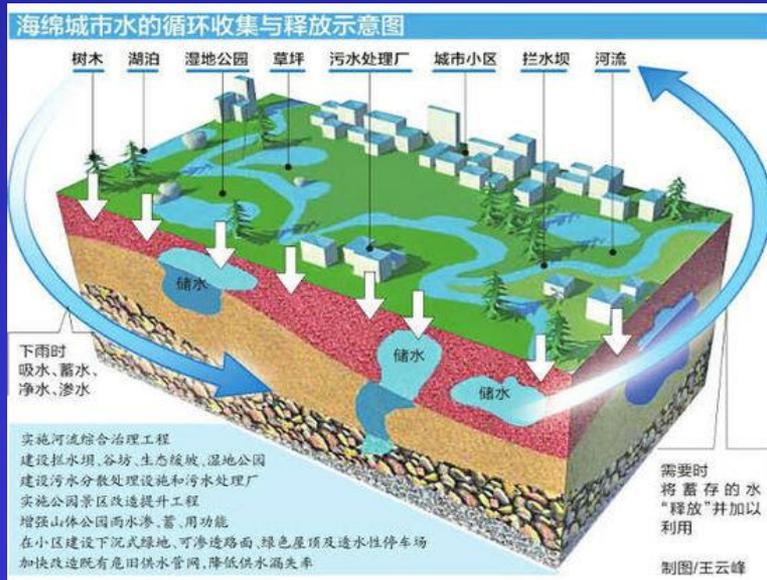
While improving the urban drainage system, we’ ll have to give priority to ways to keep the rainwater for future use, and ways to use natural forces for drainage, so as to build “sponge cities” which will store, absorb and purify water by itself.

海绵城市建设

Sponge cities of China

海绵城市 是指城市像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时能够吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”出来并加以利用。

Sponge cities are like sponges which could be flexible and adaptive to environmental change and natural disasters. They could absorb, store and purify water, and release water for use if needed.



海绵城市建设

Sponge cities of China

2015年中国启动了海绵城市建设试点,共30个试点城市。

Piloting started in 2015, with a total of 30 years



投资865亿元, 建设面积450多平方公里

Total investment: 86.5 bn., and total area: 450 km²

海绵城市建设

Sponge cities of China

■ 海绵城市建设重点

Keys components of sponge city

- 城市河湖水域及岸线管控综合体系
Integrated management system of river/lake and shorelines
- 防洪排涝体系
Flood control and drainage system
- 资源优化配置和高效利用
Highly efficient allocation and exploitation of resources
- 水资源保护与水生态环境修复
Protection of water resources and aquatic eco-systems
- 水土保持
Water and soil conservation
- 水管理能力
Water management capacity

水综合治理的系统工程



海绵城市建设

Sponge cities of China

■ 试点城市建设考核目标

Milestones of piloting city

- ◆ 年径流总量目标控制率达到**70%**
70% of annual runoff under control
- ◆ 排水、防涝、防洪标准达到国家规范要求
Drainage, waterlogging control and flood control reaching national standards

■ 总体要求

Overall requirements

- ◆ 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。
Lowering impacts of urbanization upon ecosystems to the minimum, absorbing **70% of precipitation** for use.
- ◆ 到2020年，城市建成区**20%以上**的面积达到要求；
20% of urbanized area reaching requirements by 2020
- ◆ 到2030年，城市建成区**80%以上**的面积达到目标要求。
80% of urbanized area reaching requirements by 2030

海绵城市建设

Sponge cities of China

认识1

Recognition 1

海绵城市建设是一个系统工程，包含了防洪除涝保安、水资源保障、水环境治理、水生态保护与修复，以及水化传承

Sponge cities are a systemic project including drainage and flood control, water resources protection, ecological restoration, and water culture



海绵城市建设

Sponge cities of China

认识2.

Recognition 2.

源头减排是基础 Pollution control at the source

1. 建设海绵体流域，减少径流形成，减少暴雨径流量和延缓峰现时间。

Building sponges to generate less runoff and lower runoff during rain storms, and delay the peak time

2. 人工湿地等自然净化，减少水体污染

Artificial wetland to purify water and reduce pollution



人工湿地（自然净化）



雨水花园

图13



水景观与雨水调蓄相结合

海绵城市建设

Sponge cities of China

认识3.

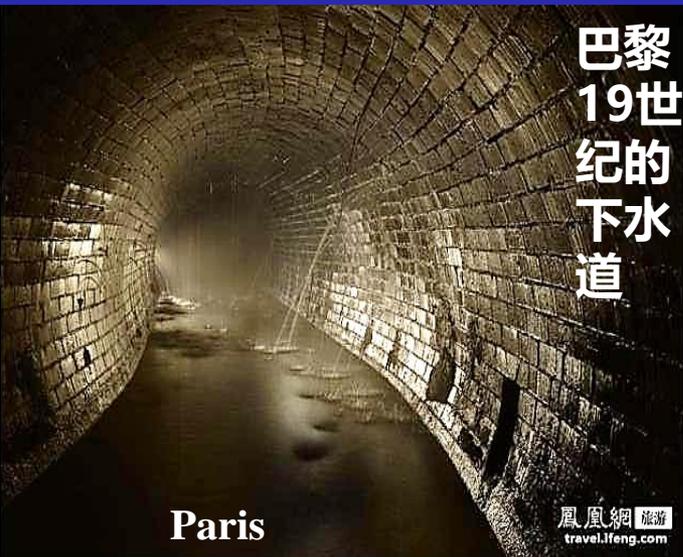
Recognition 3

在洪涝灾害较为严重的大型城市，建设深隧等大型排蓄水和水处理系统是必要的。

For cities with severe urban flooding, large scale flood tunnels / storages are essential



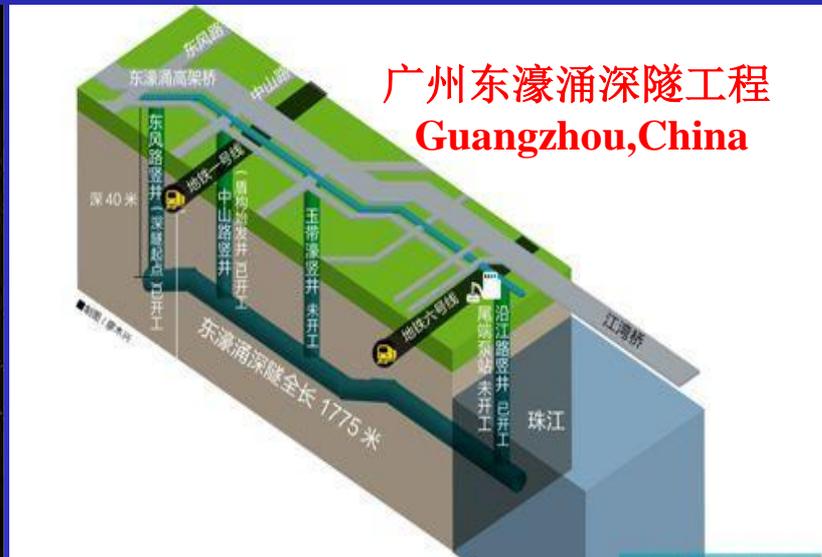
法国马赛中心广场地下蓄水场所
Underground flood storage tank in downtown Marseilles



巴黎
19世纪
的下
水道

Paris

鳳凰網
travel.ifeng.com



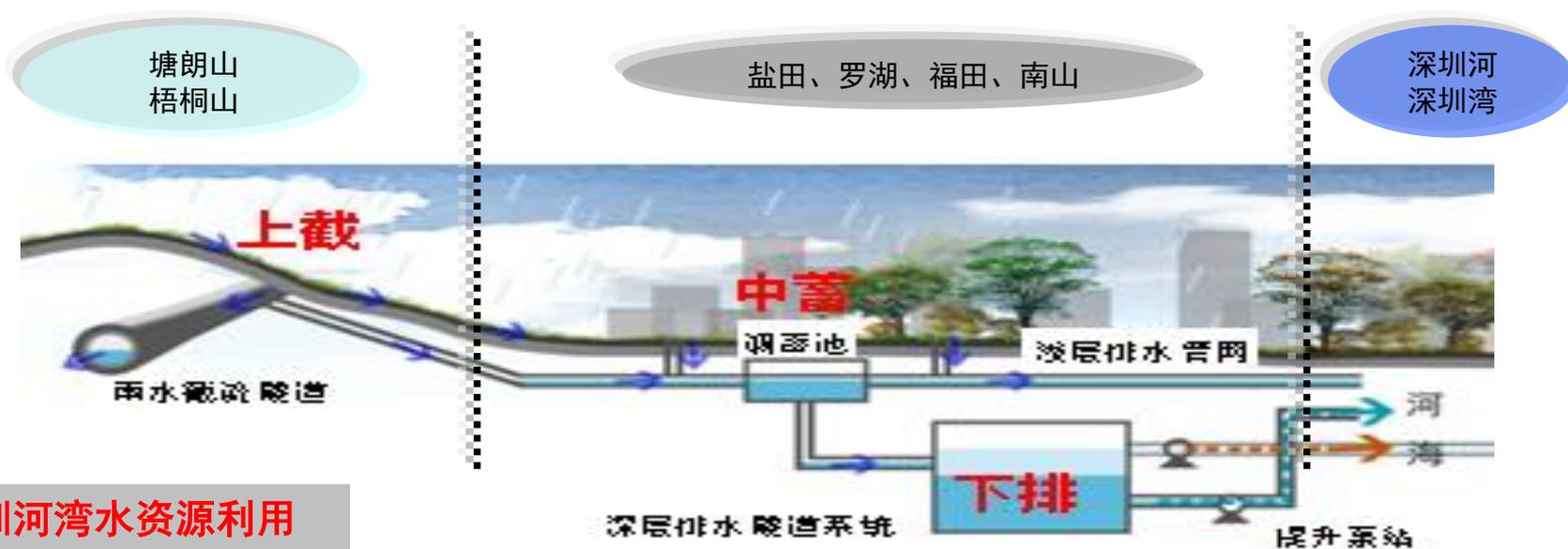
广州东濠涌深隧工程
Guangzhou, China

- ◆ 调蓄容积：
Storage:
 $165.2 \times 10^4 \text{ m}^3$
- ◆ 对初期雨水处理，
消减70%污染
Reducing 70% of
pollutants after
initial processing
- ◆ 缓解城区内涝
Easing water
logging

海绵城市建设

Sponge cities of China

探索多维海绵、立体排水、蓄泄兼筹 建设与现状排水系统结合、低影响开发改造与新建高效深层排水系统并重的思路。以立体排水为手段，浅层排水与深层排水结合，地面蓝绿空间与地下灰色空间相融合，实现防洪治污双达标



深圳河湾水资源利用
与防洪安全的思路

海绵城市建设

Sponge cities of China

认识4. Recognition 4

城市河湖水质提升，需要多策并举，综合治理。

Water quality improvement requires combined use of multiple ways

- **截污是前提** — 达标排放、纳污能力约束。
Pollutant retention: restrained discharge and intake
- **清淤是基础** — 正本清源、污泥资源化利用。
Dredging: purification at water source, siltation use as resources
- **活水是灵魂** — 增强水动力、实现水流不腐。
Connectivity and fluidity: improved hydrodynamics of water bodies to prevent staling
- **管理是保障** — 健全政策法规、规范行为。
Management: improvement of legislations/policies/standards



海绵城市建设

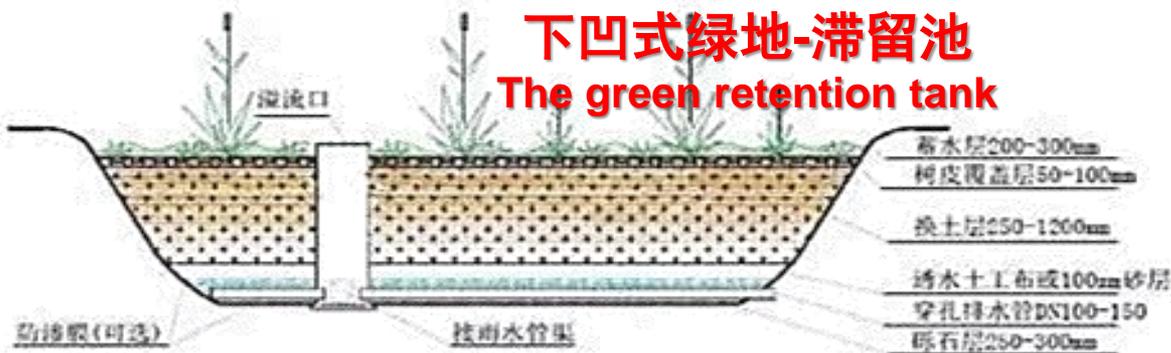
Sponge cities of China

认识5. Recognition 5.

老城区城市洪涝防治，要问题导向，因地制宜，采取针对性措施。

Solution-oriented urban flood control which adapts to actual circumstance

- ◆ **增设下凹式绿地和植草沟等，减少雨水流入下水管道的水量。**
Installation of green retention tanks to reduce flow into drainage system
- ◆ **运用可资利用的池塘、水体、人工调蓄池等调蓄系统，拦蓄洪涝**
Use of existing pounds/water bodies/tanks for flood storage
- ◆ **结合城市道路、园林等设施维护和升级，按LID理念进行改造，提高排水除涝能力，建设地下洪涝储蓄场所。**
Integrating with road or infrastructure renovation according to LID concept to improve capacities of flood control & drainage, and installing underground flood storage.



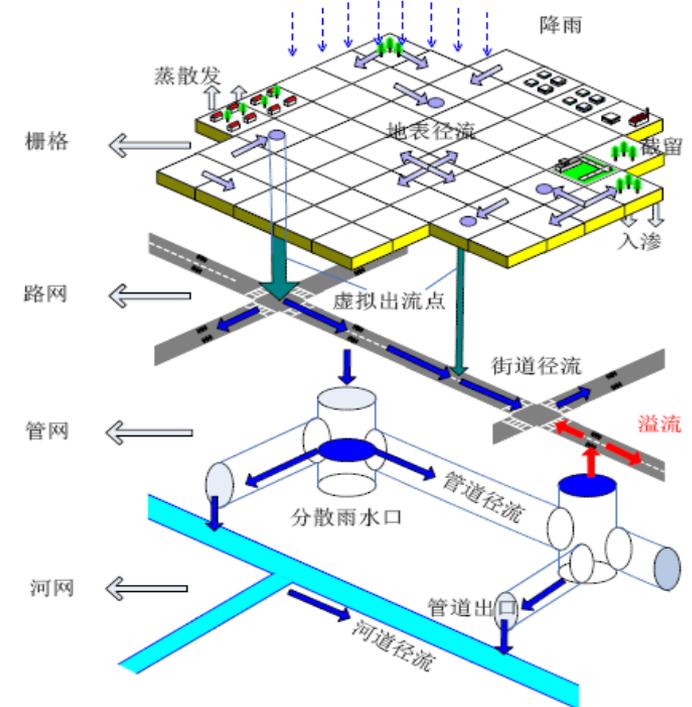
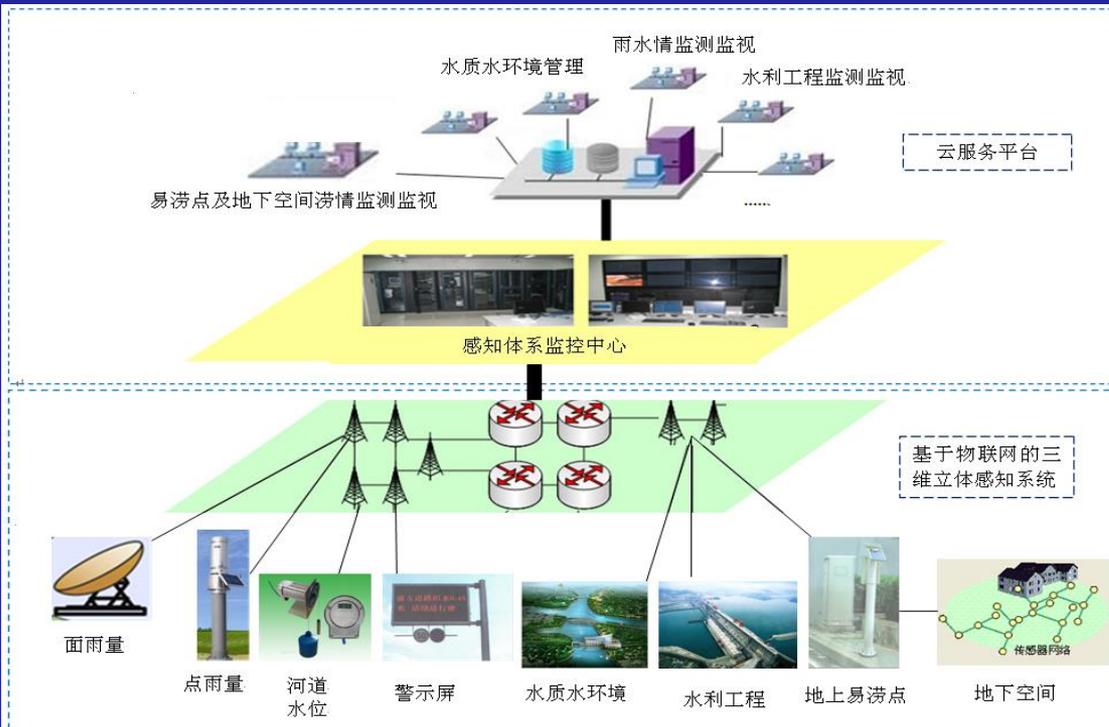
海绵城市建设

Sponge cities of China

认识6. Recognition 6.

城市洪涝监测与预报预警信息系统是城市洪涝防治、减轻灾害损失的重要非工程措施，也是城市洪涝防治的重要内容。

Urban flood monitoring is a very important non-structural way for urban flood control and mitigation. It is also an important part of urban flood control & management.



汇报提纲

OUTLINE

一、科学认识城市洪涝

Science basics about urban flooding

二、城市洪涝防治标准

Standards of urban flood control & management

三、海绵城市建设

Sponge cities of China

四、结语

Conclusion

结语

- **中国气候特征是受季风影响，中国城市洪涝多发频发，是一种自然现象，应正确对待；**
The climatic feature of China is the great impact of the monsoon, causing frequent urban flooding, which is a natural phenomenon deserving scientific studies;
- **气候变化和城市化发展影响城市暴雨呈趋多增强趋势，城市洪涝灾害问题越来越突出；**
Climate change and urbanization is making rainstorms more intense and frequent in cities, worsening urban flooding risks.
- **城市洪涝的防治是综合性的系统工程，包括防洪安全保证、水资源保障、水环境保护、水生态修复等多个方面，必须做好顶层设计，加强部门之间协调和合作；**
Urban flood control is a systemic project, including ensuring flood control, water resources, aquatic ecosystems, eco-restoration, which requires top-level design and coordination between industries.

结语

- **海绵城市建设的理念是先进的，试点工作取得一定的成效。但在具体建设过程中，应以流域为单元系统治理，尊重自然，避免为了海绵而海绵和零碎化发展的问题。**

The concept of sponge cities is very advanced. The piloting projects has made certain progress. The process should be based on basin scale and respect nature, so as to avoid formalism and scattered development.

- **城市化发展必须坚持低影响开发的理念，必须走可持续发展之路。**

Urbanization must stick to the LID concept and take a sustainable way.

**Thanks for your
attention**

jyzhang@NHRI.CN