



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



# 洪水管理的全球视野与城市洪涝韧性研究

**张 诚**

**国际洪水管理大会常设秘书处**

**水利部中国水利水电科学研究院/水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心  
(水旱灾害防御中心)**

桂林 · 2024年1月



1. 形势

2. “大海绵”

3. “小海绵”



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



**ICFM**

# 1. 形势

# WHY-Climate change causes more extreme weather events

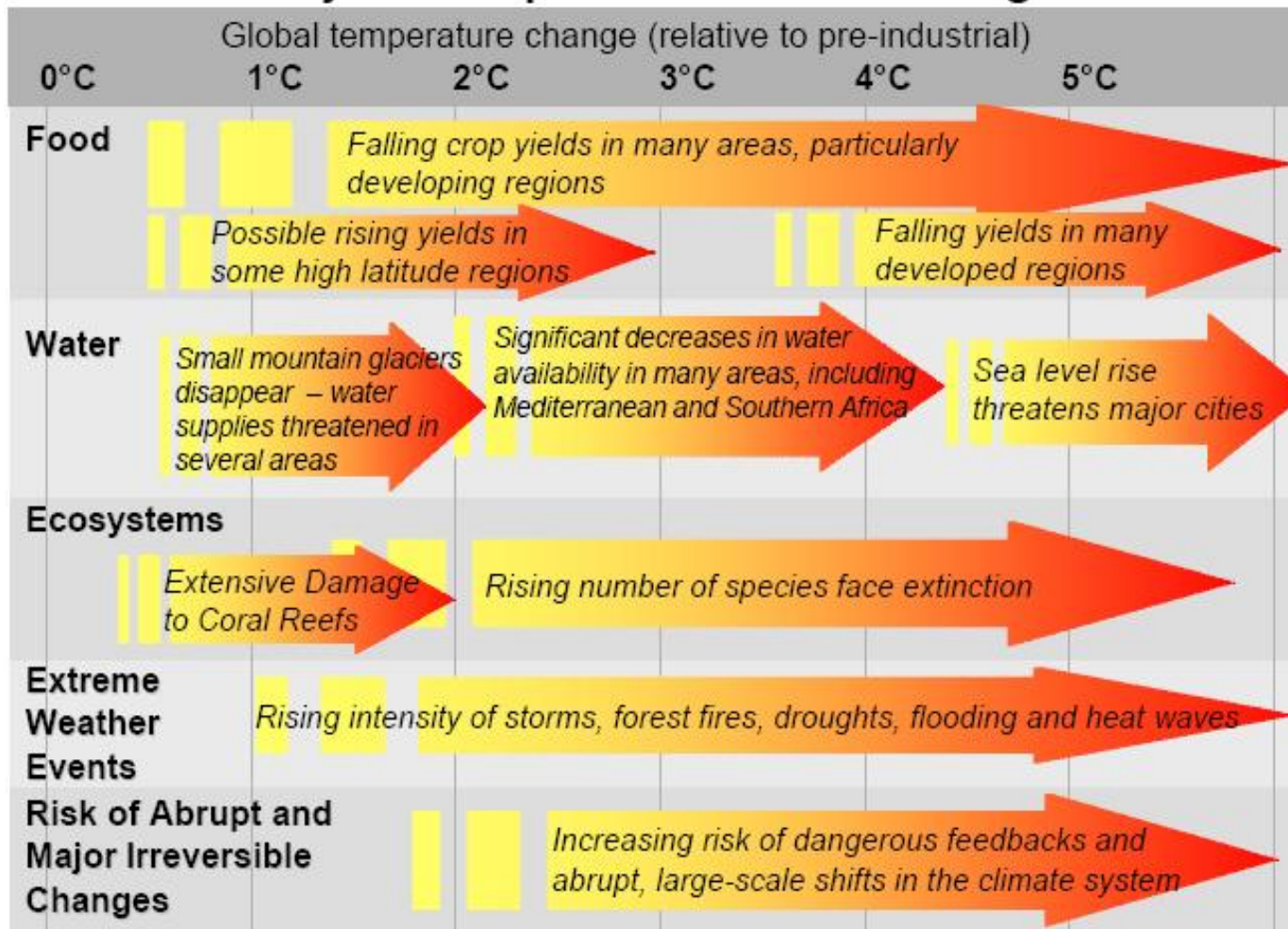
## 气候变化导致极端天气事件频发



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



### Projected Impacts of Climate Change



来源：IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）第六次评估报告

来源：ICFM 官网  
(<https://www.icfm.world/News>)

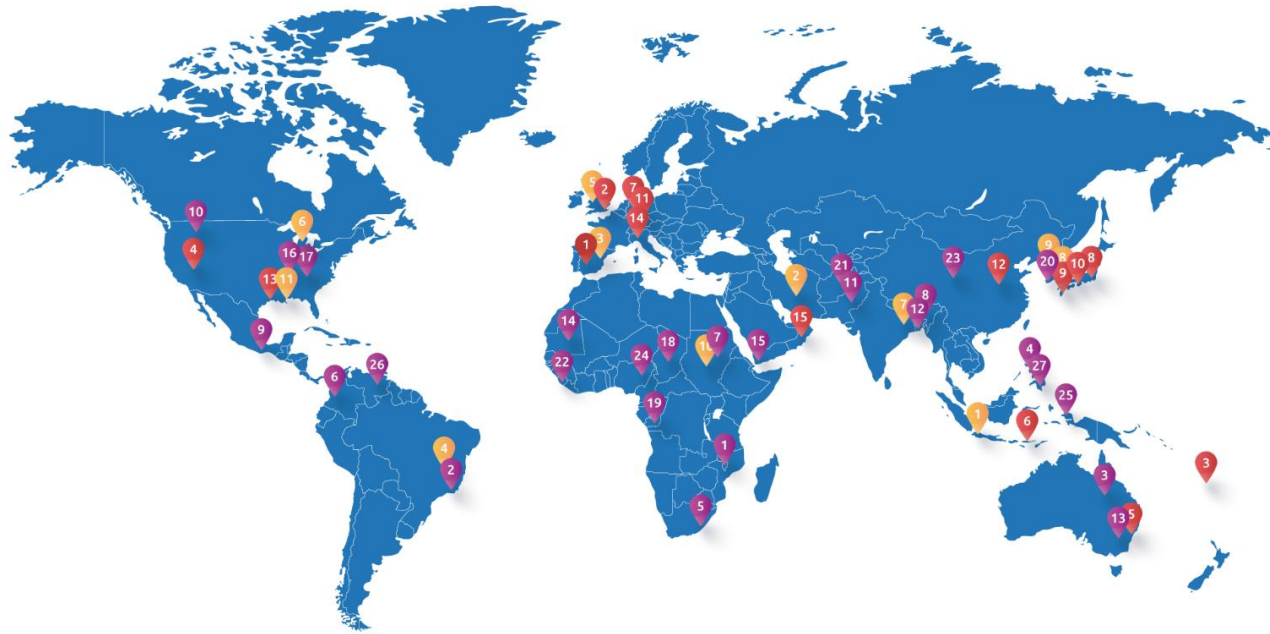
# Current global flood risk under climate change 气候变化下的全球洪水风险



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



全球有**16亿**人口面临特大洪水风险 (2000-2019)  
**10w+**人口遇难, 经济损失高达**6510亿美元**

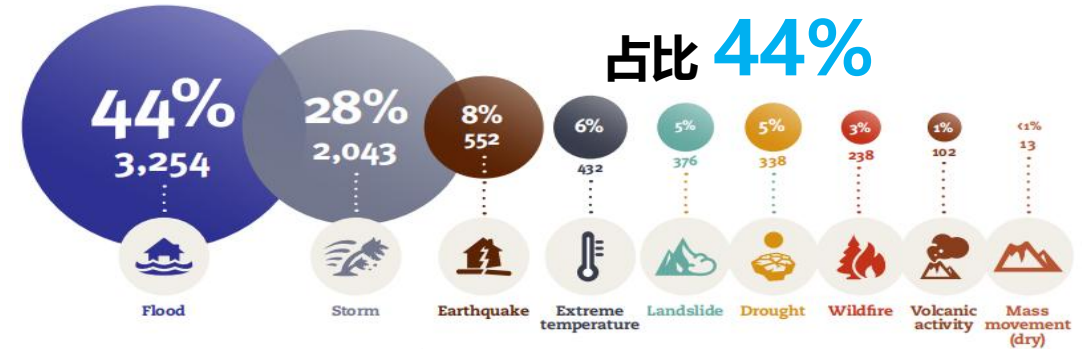


● Global extreme floods in 2020   
 ● Global extreme floods in 2021   
 ● Global extreme floods in 2022

来源: ICFM 秘书处

**亚洲洪水事件发生占比最高, 占比超过35%, 中国受洪水影响最为严重。2000-2019年相较于1980-1999年洪水事件数量仍近乎增加了2.3倍。**

Figure 4  
Percentage of occurrences of disasters by disaster type (2000-2019)



洪灾在各类自然灾害中频次最高

占比**44%**

来源: 联合国减灾办公室 (UNDRR)

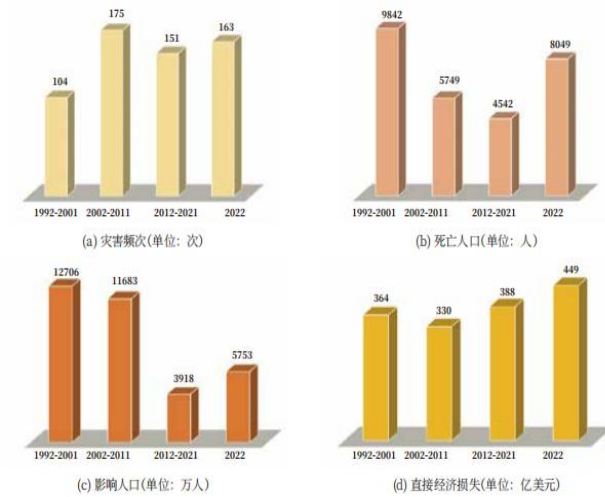


图 3 1992-2021 年全球洪水灾害历史年均损失与 2022 年对比

来源: 应急管理部等单位

# More frequent extreme flood events 极端洪灾事件频发



IWHR  
中国水利水电科学研究院



德国死亡180人  
经济损失达30亿欧元

2021年7月·西欧洪灾



遇难人数达398人  
200亿元 经济损失

2021年7月·中国河南郑州特大暴雨  
灾害



24小时内累计降雨量  
超过3年降雨量总和

2021年10月·阿拉伯半岛阿曼罕见的  
沙漠洪水

2022年4-5月·南非东部多轮极端强降雨



连续强降雨造成  
448人死亡

2022年6月·巴基斯坦特大洪灾



超过1700人遇难  
330万人受灾情影响  
2/3国土面积受灾

2022年8月·也门千年古城萨那遭遇暴雨



多处古建筑被损毁

2021  
-2022

# More attention has been paid to extreme events 极端事件引发全球广泛关注



IWHR  
中国水利水电科学研究院



- 联合国2023年水事会议通过了一份具有里程碑意义的《水行动议程》，包含超过700项承诺；
- 水资源与气候变化息息相关。据联合国水机制统计，近3/4的近期灾害与水有关，在过去20年中造成了近7000亿美元的经济损失。大会呼吁对抵御气候变化的建筑、基础设施和供水管网进行更多投资，并制定保护水资源和生态系统的政策；加强机构能力，并整合降低风险的措施，以应对极端天气事件。

“

作为人类最宝贵的全球共同财富，水将我们所有人团结在一起。这就是为什么水需要成为全球政治议程的中心。人类对未来的所有希望都在某种程度上取决于为今天和明天的人们制定一个可持续管理和保护水资源的新路线。”

”

联合国秘书长  
安东尼奥·古特雷斯

© UN Photo/Mark Garten



超过  
**700** 项  
承诺  
已提交至  
**水行动议程**  
齐来参与行动



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



**ICFM**

# 2. “大海绵”

## **ICFM** *Permanent Secretariat*

- 2017年9月落户中国水利水电科学研究院，全球唯一秘书处；
- ICFM管理委员会：全球17位专家；
- 主席：Slobodan P. Simonovic，加拿大两院院士，塞尔维亚外籍院士。



院长彭静  
秘书长

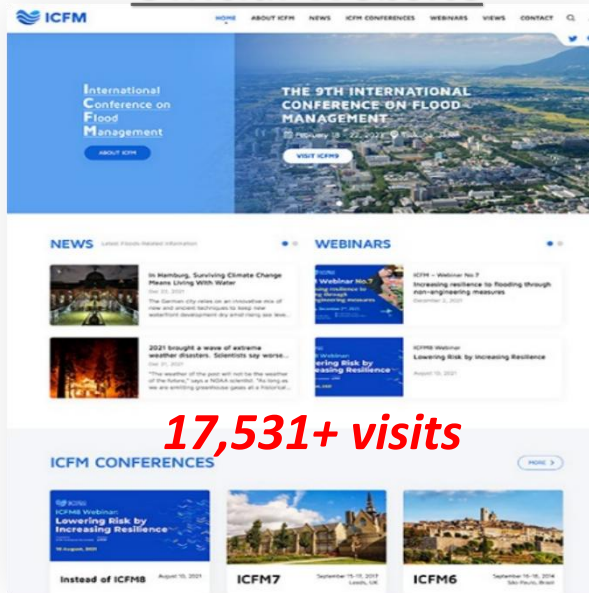


张诚  
主任



Team Members

### Official Website



### WeChat Platform



# WHAT-Main works of ICFM Permanent Secretariat

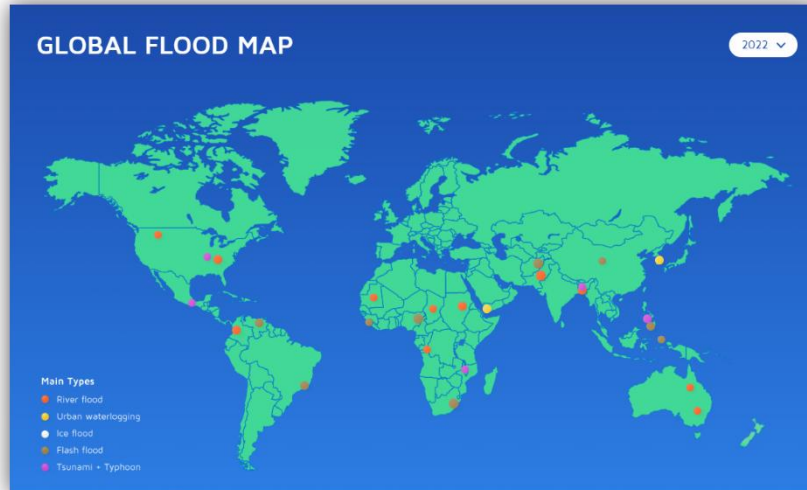
## 主要工作



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



成果报告



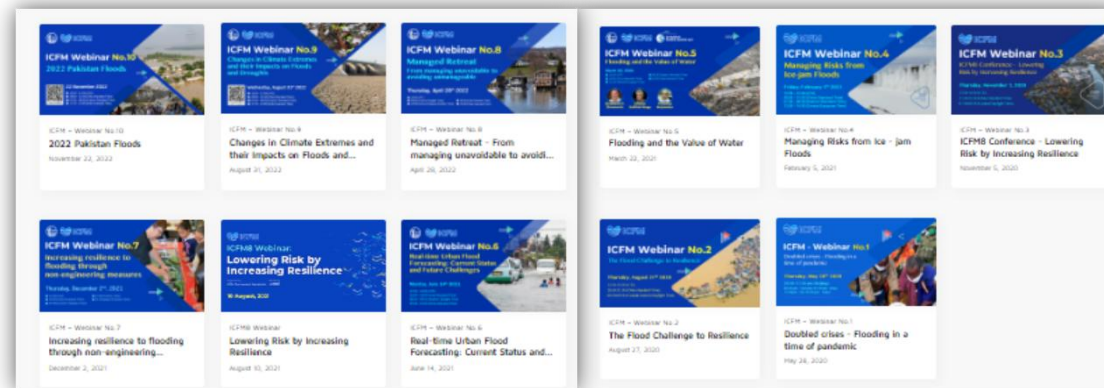
全球洪水数据库



科普动画视频



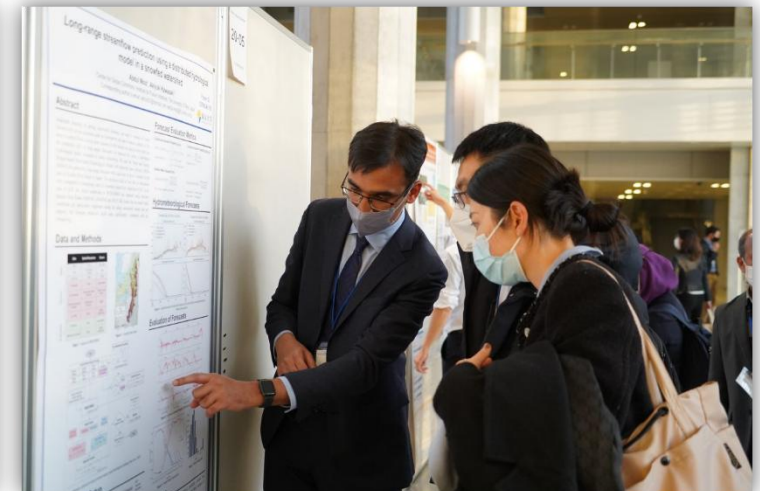
ICFM 品牌大会



系列线上研讨会



- 2023年2月18日至22日在日本筑波成功举办，日本德仁天皇、韩国前总理、联合国副秘书长、联合国大会主席、世界气象组织秘书长、联合国教科文组织副总干事等出席会议；
- 来自34个国家和地区的400多名专家学者和国际组织代表等参会；
- 大会主题为“举全社会之力提升流域承灾韧性和可持续性”；
- 《第九届国际洪水管理大会宣言》





## ICFM 系列研讨会

聚焦 **12个** 热点议题  
邀请 **20+位** 全球专家

来自 **83个** 国家观众  
直播 **1W+** 点击量 专家库 **2900+** 人



极端天气



洪泛区管理



非工程措施



韧性建设



城市洪水



冰凌洪水



疫情下的洪水管理



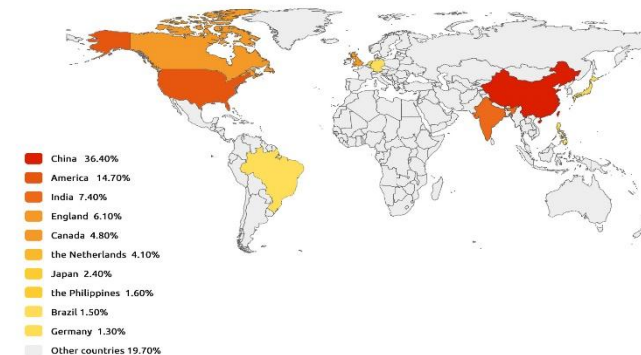
关注水的价值



洪水的交叉性



Distribution Map of Audience to ICFM Webinars in 2022



- 疫情时代的新型学术交流活动
- 搭建国际交流与分享平台
- 发挥全球智库作用

## 1. 流域洪水

- **工程措施与非工程措施相结合**（预警预报与调度）
- 从**工程措施**方面，精细化实施水库群联合调度，提升洪水预测的效率与准确性（联合工程调度拦蓄500亿m<sup>3</sup>洪水，拦蓄5次编号洪水）
- 从**非工程措施**方面，加强预报系统和决策支持系统的相互协作
- **应急响应**：加强多方协调协作（降低遇难人数**30%**）-美国密歇根溃坝事件
- 合理利用**蓄滞洪区**，通过科学评估**主动泄洪**
- **常态化**防洪基础设施**安全监测**
- **海河流域**：蓄滞洪区调用



Xia Jun



Zhang Jianyun



Molly Finster



Carol Freeman



2020年长江洪涝灾害



2020年美国密歇根州溃坝事件

## 2. 山洪灾害



- 全球水相关死亡人数中，山洪灾害遇难人数占比**70%**。  
**中国：2022 · 171人/119人。**
- 政府应提升**洪水监测和预警技术**，并加强对民众**灾前准备和应急撤离**的教育，响应**联合国减灾办公室**“**早预警，早行动**”的倡议
- 在山洪沟渠采用水保措施，同时对于重大山洪要积极建立山洪灾害基层群测群防体系，做好**预报预警**。中国山洪预警系统应用以来，2013-2022年山洪灾害年均死亡人数降低了**71%**
- 城市中小河流桥梁的问题；青海大通县预警预报；预警信息；转移路线；各级监测平台的建设
- 关注干旱地区的山洪灾害



Philippe  
Gourbesville



Toshio Koike



Daisuke  
Nohara



Zhang Xiaolei



2020年日本九州山洪



国家山洪灾害预警系统

## 3. 城市洪水/快速洪水

- 全球**城市化**进程加快，因**气候变化**带来的**隐患**集中在城市区域浮现（世界城市人口从1950年的**7.51亿**迅速增长到2018年的**42亿**）
- 世界上**55%**的人口居住在城市，预计到2050年增长到**68%**，而河流**调蓄能力有限**
- 自1985年以来，世界各地的人类居住区，持续且迅速扩张到今天的洪泛区。东亚，高危居住区的扩张速度比洪水安全居住区发展速度要快60%
- 从**长远**角度看，由于**40%**世界人口居住在沿海100公里内，需要**评估沿海风险**
- 密切关注城市洪水、江河洪水和沿海灾害**并发**的可能性。
- **空间，空间，空间！**



Subimal Ghosh



Xu Zongxue



Roxy Mathew Koll



2021年河南郑州特大暴雨

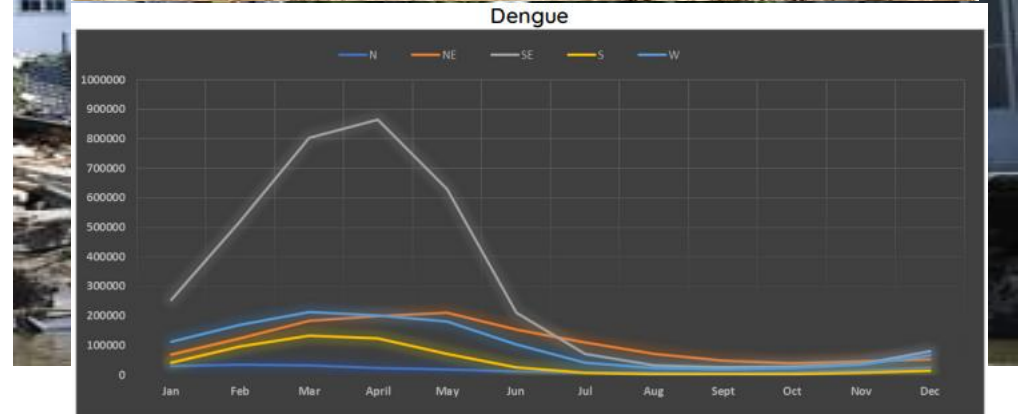


Fig. 1 | Riverside-settlement expansion. a, b, Satellite imagery from Quảng Nam, Vietnam, in 2002 (a) and 2021 (b) (source: Google Earth, Maxar Technologies). c, WSF-Evo settlement footprints for Bangkok, Thailand, between 1985 and 2015 (source: DLR).

越南广南省, 2002与2021; 曼谷定居点足迹

## 4. 气候变化下的极端洪水

- 人类活动造成极端天气增长**50-70%**
- 2002-2022, 全球极端天气事件, 7093/**209**
- 面对2022年巴基斯坦特大洪水, 应致力于**缓解贫困** (因洪灾加剧**10%**), **降低脆弱性, 提升韧性** (通过住房标准和农业援助), **缓解、适应**气候变化等
- 发展**整体规划, 妥善利用援助资金**防洪减灾
- 密切关注**水利工程老化**问题, 这也是2021年西欧洪水灾害的主要诱因之一
- 巴西洪水: 关注洪水与疾病的问题, 如**虫媒病毒、登革热**等。



## 5. 综合治理措施

- 增强韧性, 降低风险: 提升灾前准备与预防, 考虑适应性规划方案
- 面对内陆洪水, 蓄滞洪区、河流空间计划等皆为可取的可持续发展策略
- 利用新技术治理洪水: 大数据、数字孪生、AI、通讯科技、3S等
- 防汛抢险队伍应在人员、设备、应急响应速度等方面更专业
- 加强社会宣传和教育, 普及社会化防汛设备
- 洪水管理还可以借鉴应对新冠疫情的管理经验



Lyu Juan



Susan L. Cutter



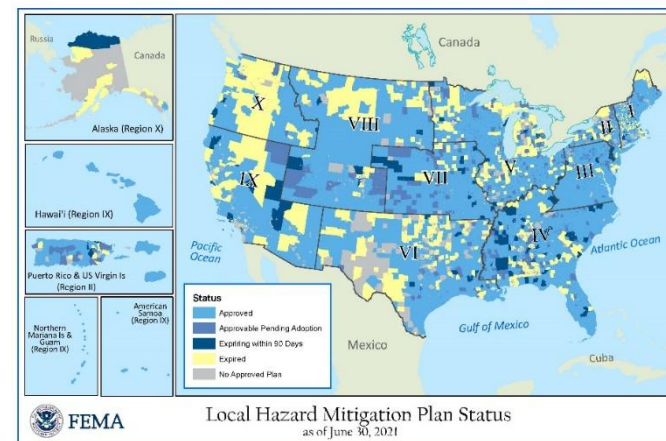
Chris Zevenbergen



Nirupama Agrawal

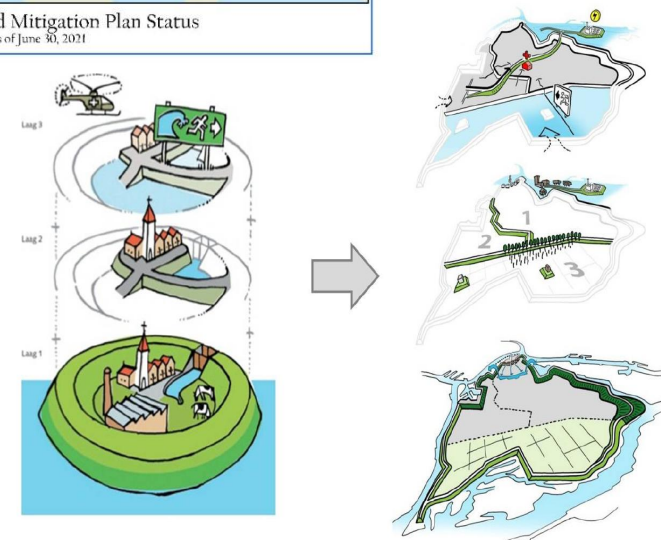


Jos van Alphen

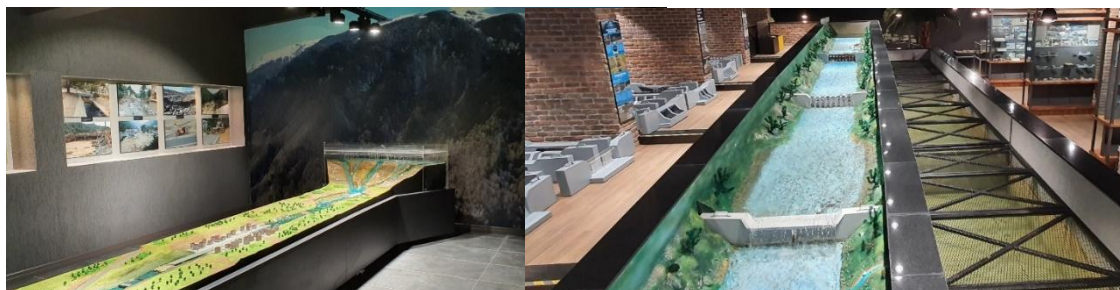


美州的洪水  
风险、脆弱  
度和韧性

荷兰多圈  
层保护工  
程



土耳其  
洪水博  
物馆





2030可持续发展目标 (SDGs)

1. 道法自然 —— 采用以自然为本的策略，在流域综合应用绿、蓝、灰防洪措施

2. 每条河流都有自己的“密码”，没有最优的洪水治理方案，应尽可能提出优化措施，‘On-site’ solution

3. 努力提升预报预警技术，建立集数据-模型-预报-指挥一体化的智能管理系统

4. 在气候变化加剧背景下，亟需加强国际合作，深化洪水领域的合作伙伴关系



**IWHR**  
中国水利水电科学研究院



**ICFM**

# 3. “小海绵”

# 桂林海绵城市的示范意义



IWHR  
中国水利水电科学研究院



- **世界级**旅游城市和世界旅游目的地
- **凯斯特地貌**的海绵建设示范
- **自然做功**的大海绵示范

**构建韧性  
提升智性  
丰富特性**

- 项目建设进度是否符合上报情况
- 项目工程建设质量
- 项目径流组织合理性
- 项目海绵功能发挥情况
- 项目设施运维情况
- 综合评价

## 广西壮族自治区党委书记、自治区人大常委会主任刘宁莅临我院调研指导工作

发布时间：2023-03-03 来源：

【关闭】 【打印】

2023年3月2日上午，广西壮族自治区党委书记、自治区人大常委会主任刘宁莅临我院调研指导和座谈交流。院长匡尚富主持会议，党委书记彭静，副院长汪小刚，纪委书记宋树芳，中国工程院院士王浩，院办、水资源所等部门负责同志参加了会谈。



会谈现场

## 广西壮族自治区水利厅党组书记周光华一行来访我院

发布时间：2024-01-16 来源：

【关闭】 【打印】

1月12日下午，广西壮族自治区水利厅党组书记周光华一行来访我院。院长彭静主持会议，副院长王建华、丁留谦，泥沙中心、院办、科研处和国际处等单位负责人、专家参加座谈。



座谈现场



# 建设海绵城市是落实习近平总书记指示精神，贯彻国家政策的重要举措

## ■ 2013年，中央城镇化工作会议

“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’”

## ■ 2015年，国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见

■ 《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（中发〔2016〕6号）

■ 《国务院关于深入推进新型城镇化建设的若干意见》（国发〔2016〕8号）

■ 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》



# 海绵城市是生态文明思想的具体实践



IWHR  
中国水利水电科学研究院

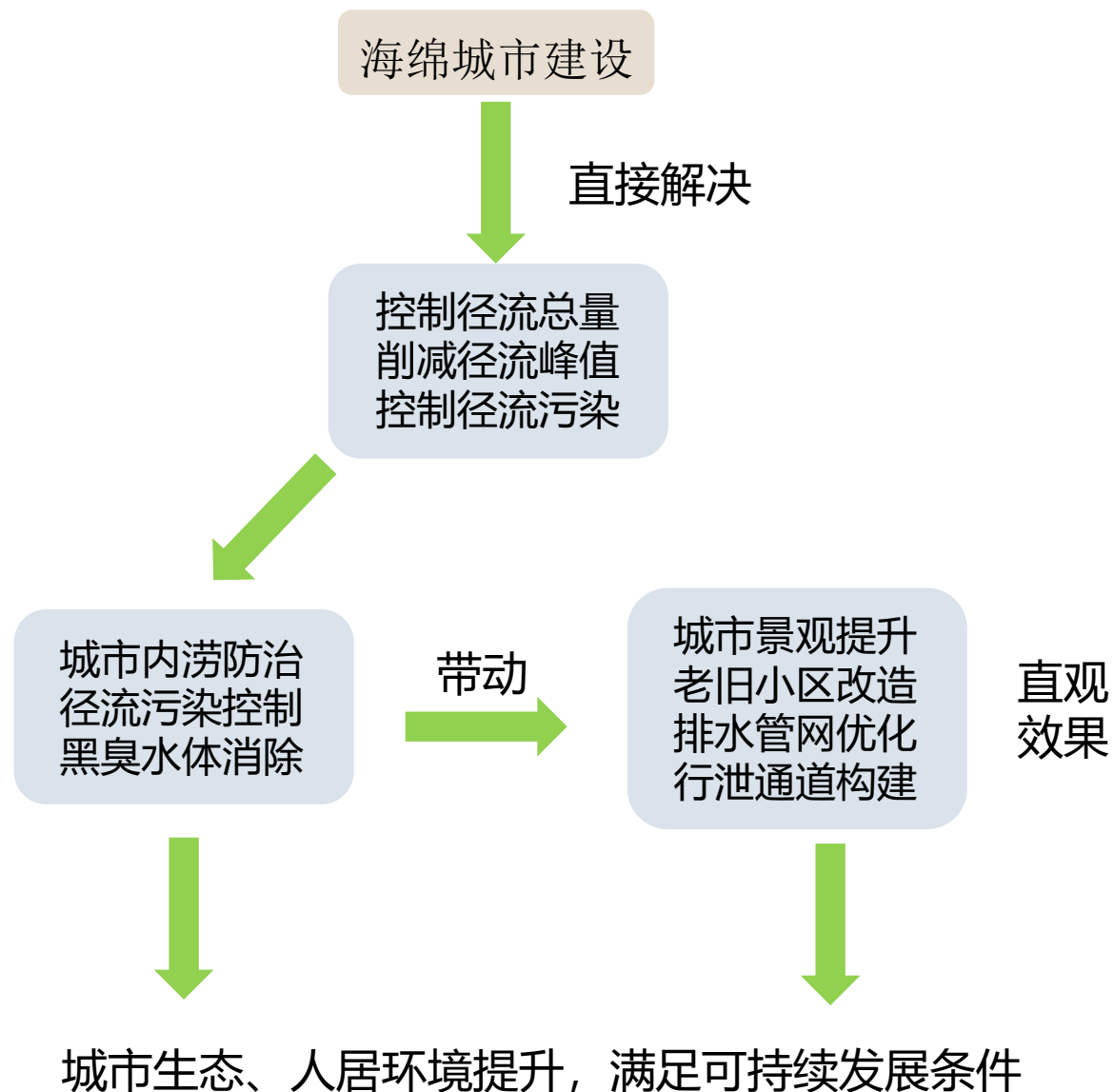


## 海绵城市建设的使命

海绵城市建设的实质在于对**城市降雨径流的多目标综合管控**，核心指导思想为**低影响开发**，通过**源头减排、过程控制、系统治理**而实现**城市开发方式的转型**

## 海绵城市

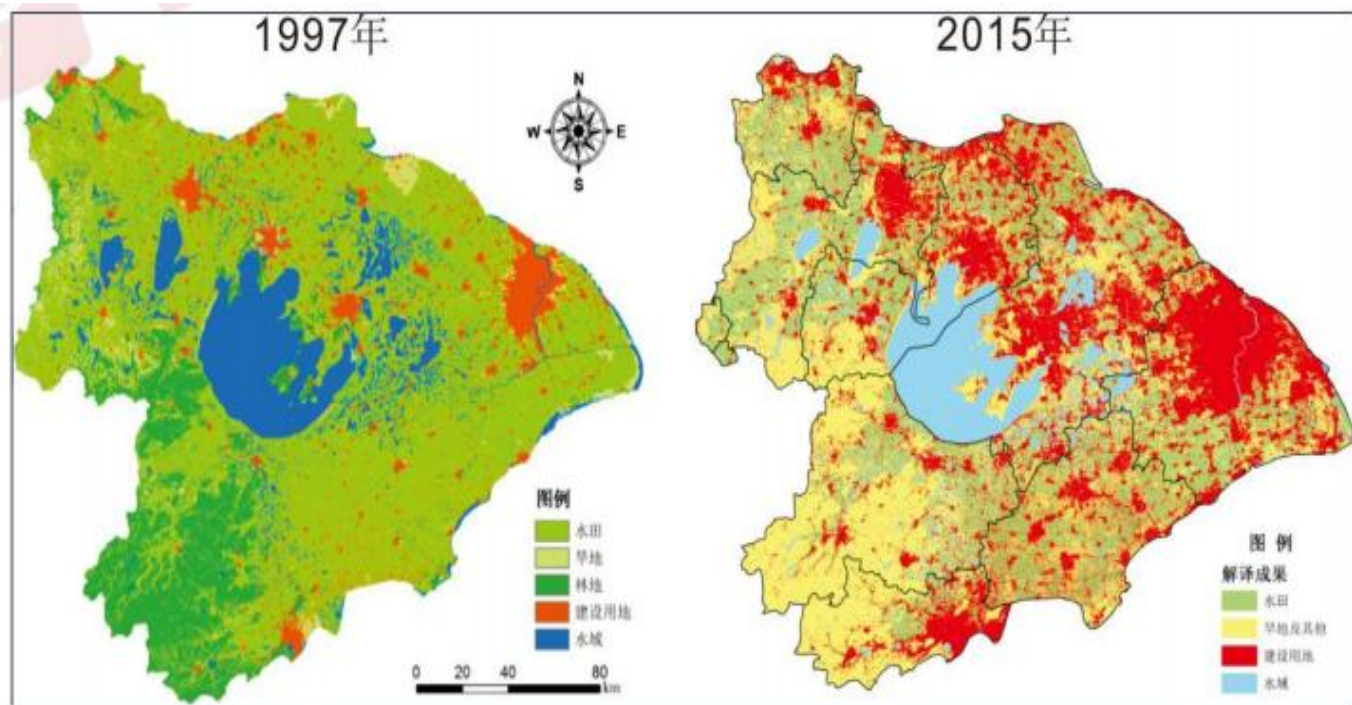
是城市水系统实际问题提出的“中国方案”；  
是打造美好居住家园和可持续发展做出的“中国智慧”；  
是生态文明思想的具体实践



# 海绵城市的意义



IWHR  
中国水利水电科学研究院



城市化的过程中，带来的排水问题不容忽视：

- 硬化下垫面大幅增加，城市管网排水压力大大增加；
- 城市行洪通道的汇流时间由原来的3~4天缩短到1~2天，沪、杭、苏、锡、常、嘉和湖排涝动力增幅达58%，圩外的调蓄空间大幅度降低，江南运河的高水位运行。

# 当前海绵城市建设存在的突出问题？



IWHR  
中国水利水电科学研究院



1

## 系统性不足

海绵城市建设涉及规划、设计、建设、运营、维护等多个环节，城市排水防涝、水系、绿地、红线等规划存在不足甚至缺失；指标不合理等

2

2

## 工程质量不高

施工监管不利、未做到多部门协同，责任主体不明确，规建管融合不足，法规、管控制度、市场激励与约束手段缺乏、未发挥连片效益等

3

## 技术措施单一

缺乏对当地现状资料的前期调研，未考虑当地实际情况，研发投入不足，简单模仿，技术措施单一、简单套指标；问题和项目的对应性等

4

## 产业化水平不高

技术创新不足，研发投入少，装备化水平落后，产业链不完整，效果无法保障等

# 高度重视大排水系统构建



IWHR  
中国水利水电科学研究院



## 大排水系统

排

蓄



现状地形、河湖水系、排水沟渠、集中绿地空间调研分析

竖向条件、内涝风险分析

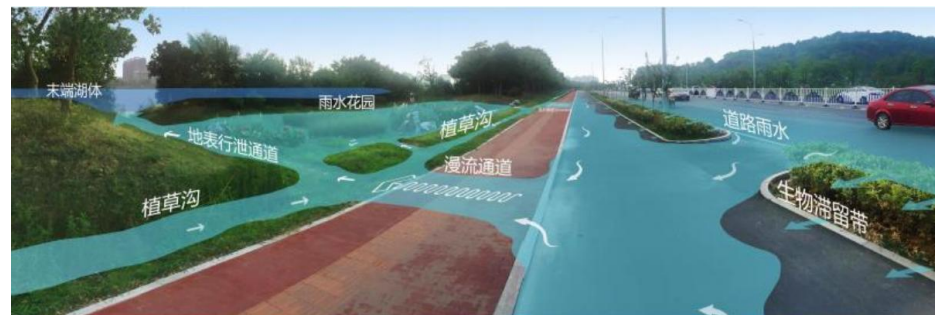
地表行泄通道规划原则及标准选定

规划具备排水功能的道路、开放性沟渠、河道、泵站等排水设施，合理确定**地表行泄通道**

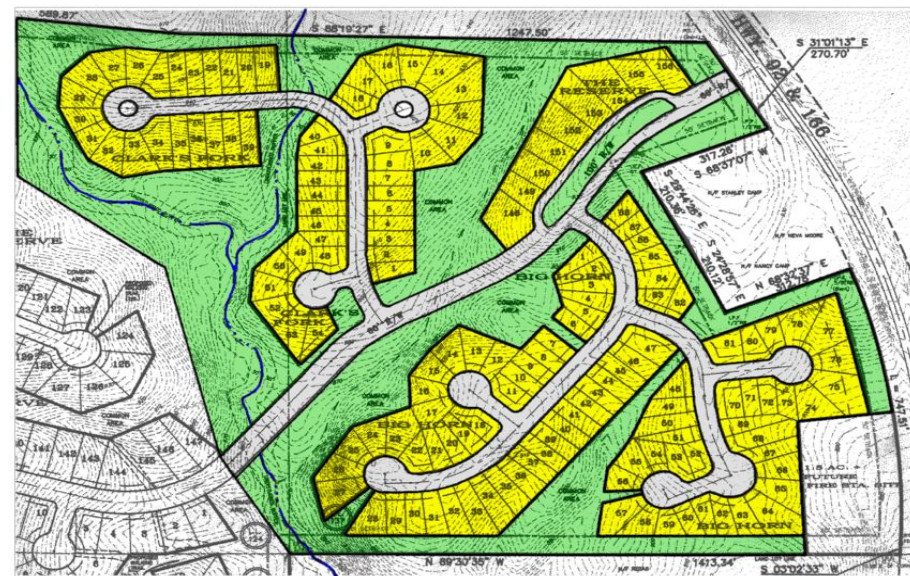
依据积水位置、调蓄设施、大排水通道的位置，结合城市地形做好竖向衔接

地面多功能调蓄（公园、体育馆、广场）、大型调蓄池、深层调蓄隧道、天然水体等**调蓄设施**

- 大排水系统由“蓄”“排”两部分组成，主要应对超过小排水系统设计承载能力的径流
- 最大限度地保护原有的河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等蓄滞区，充分利用自然力量蓄排水



来源：圣地亚哥水力设计手册



来源：佐治亚州雨水管理手册

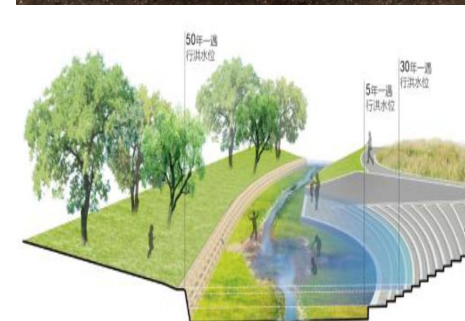
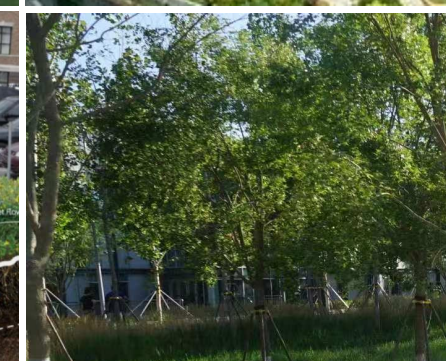
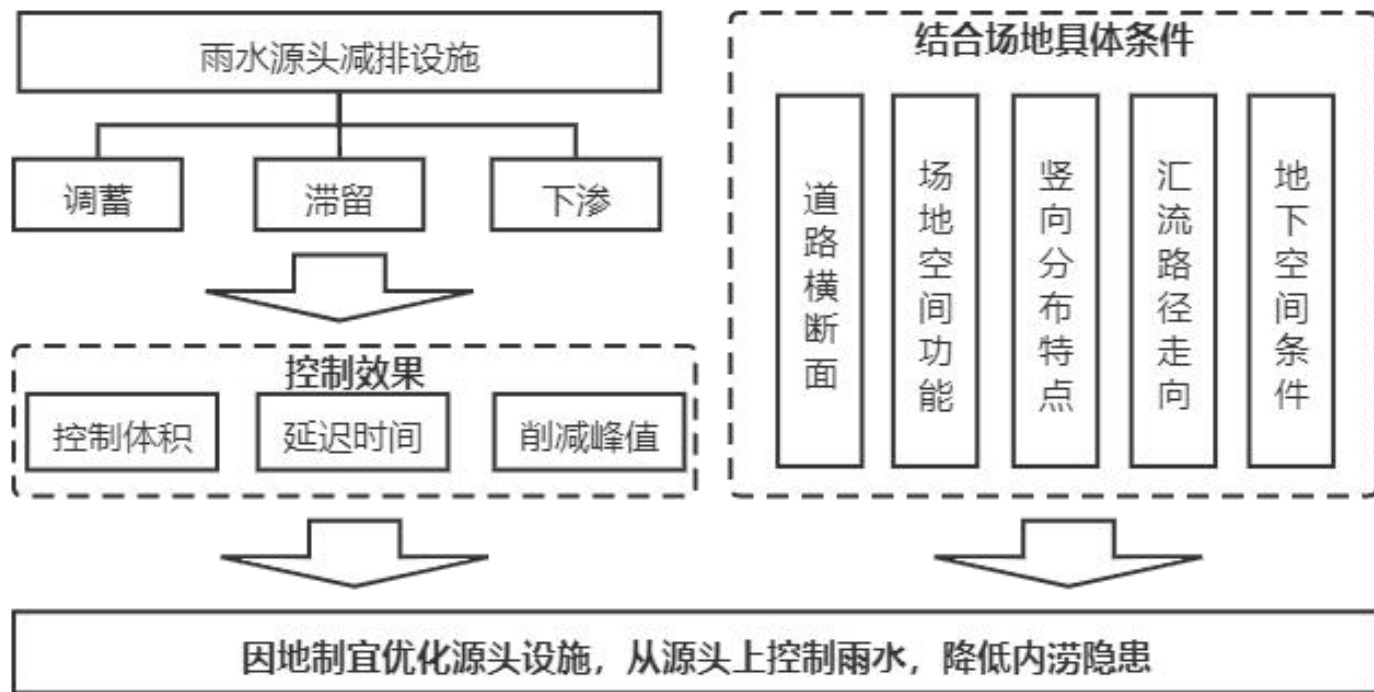
# 优化源头设施，强化绿色优先



IWHR  
中国水利水电科学研究院



按用地类型及雨水控制利用的特点构建**源头低影响开发系统**



因地制宜对源头设施进行优化，设置合理的径流体积控制率指标，降低场地和道路**外排流量峰值**、**控制径流体积**、**延缓产汇流时间**，降低对雨水管渠的冲击，分解内涝风险点的积水压力。

**充分发挥源头设施潜力，减缓城市防涝压力**

# 按照三部委的要求做好机制设计



IWHR  
中国水利水电科学研究院



《关于进一步明确海绵城市建设有关要求的通知》——建办城〔2022〕17号

## □ 建立健全长效机制

- 落实主体责任
- 强化规划管控
- 科学开展评价
- 加大宣传引导
- 鼓励公众参与

## □ 因地制宜开展项目设计

- 加强多专业协同
- 注重多目标融合
- 全生命周期优化设计

## □ 科学编制海绵城市建设规划

- 合理确定规划目标和指标
- 合理划分排水分区
- 实事求是确定技术路线

## □ 严格项目建设和运行维护管理

- 强化建设管控
- 加强施工管理
- 做好运行维护

## □ 深刻理解海绵城市建设理念

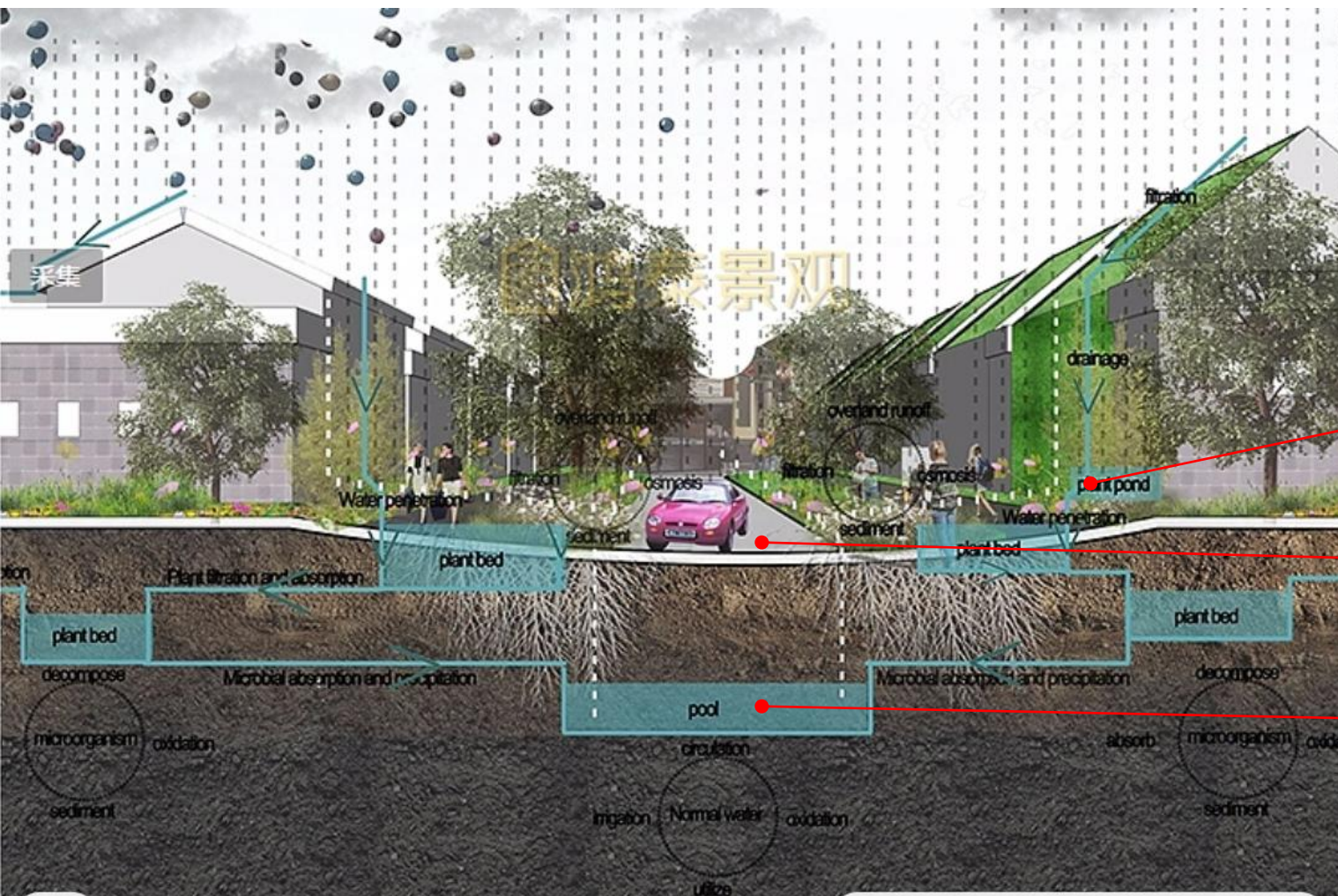
- 准确把握海绵城市建设内涵
- 明确海绵城市建设主要目标

## □ 明确实施路径

- 突出全域谋划
- 坚持系统施策
- 坚持因地制宜
- 坚持有序实施

“海绵20条”

## “一片天对一片地”



## 常规海绵设施的类型

- 生态基础设施：滞蓄雨水，缓排慢排；净化水质、提升城市水体质量
- 透水铺装：减少地表径流量的形成，减轻城市排水压力
- 蓄水设施：中水利用，雨水资源化回收利用，用于绿化浇灌和场地冲洗，节约后期管养费用



## 海绵城市建设主要指标分析:

### ·年径流总量控制率 (%)

(粗浅的理解为有多少降雨能留在场地内)

### ·年ss去除率 (%)

(对雨水中的污染物能有多少的去除率, 一般而言雨水花园、生态滞留草沟等复杂型生态滞留设施的滞留能力比下凹式绿地简单类型的海绵设施的去除效果要好很多)

### ·综合地表径流系数

(简单的说, 硬化下垫面比例越高综合地表径流系数越大, 产生的地表径流量越大, 需要调蓄的地表径流量也越大, 需要设置的海绵设施的量也越多)

### ·单位面积控制容积( $m^3/ha$ )

(雨水模块+生态海绵共同调蓄的雨水体积/地块面积, 体现地块蓄水能力的指标)

## 1. 海绵形态的控制需与景观风貌相协调，尽量利用合适的景观空间打造海绵

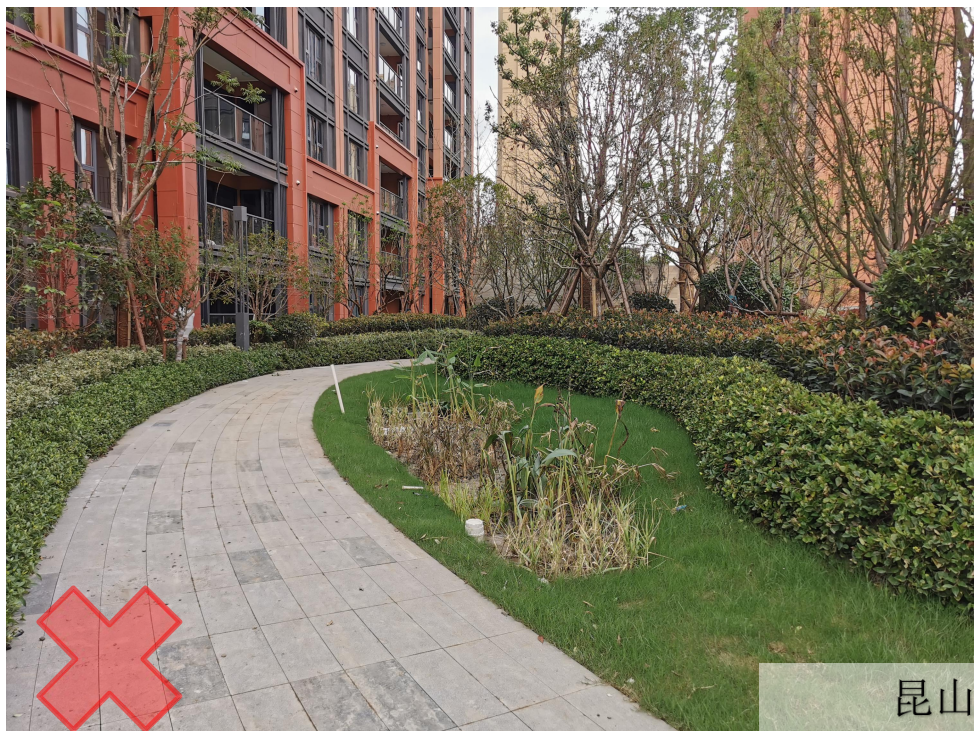


## 2. 海绵形态的控制需与景观风貌相协调，尽量利用合适的景观空间打造海绵



## 海绵植物

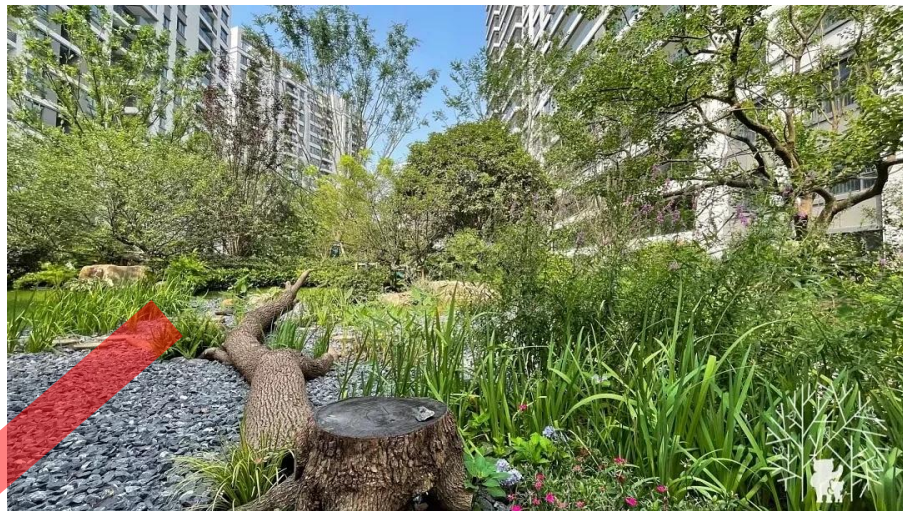
- 根据景观风格确认海绵植物的配置风格，自然式？规则式？
- 植物品种的选择，根据不同海绵设设施的类型进行选择；
  - 雨水花园（填料换填，需选择长期耐旱、短期耐水淹品种）
  - 下凹式绿地仅做简单下凹，植物品种选择以短期水淹为主



昆山某小区

海绵植物选择错误，以水生植物为主，长势不佳，且风格与周边绿化不统一

## 海绵植物



- ▲ “丛林之下 萤来美好”计划，营造自然形式海绵  
主打植物：观赏草+水陆两栖植物

自然花境式海绵形态



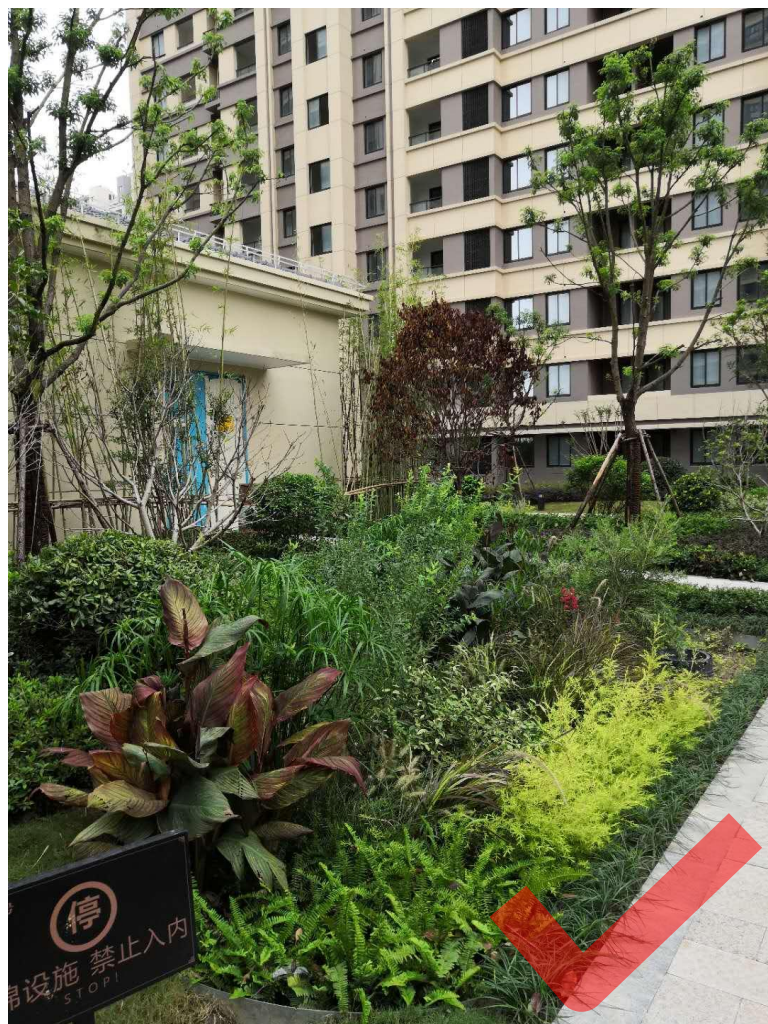
## 海绵植物



▲ 自然花境式



▲ 自然花境式



组团花境式



常规绿化式

## 其他配景元素

——依托于多样化的配景素材，打造多样化的海绵景观



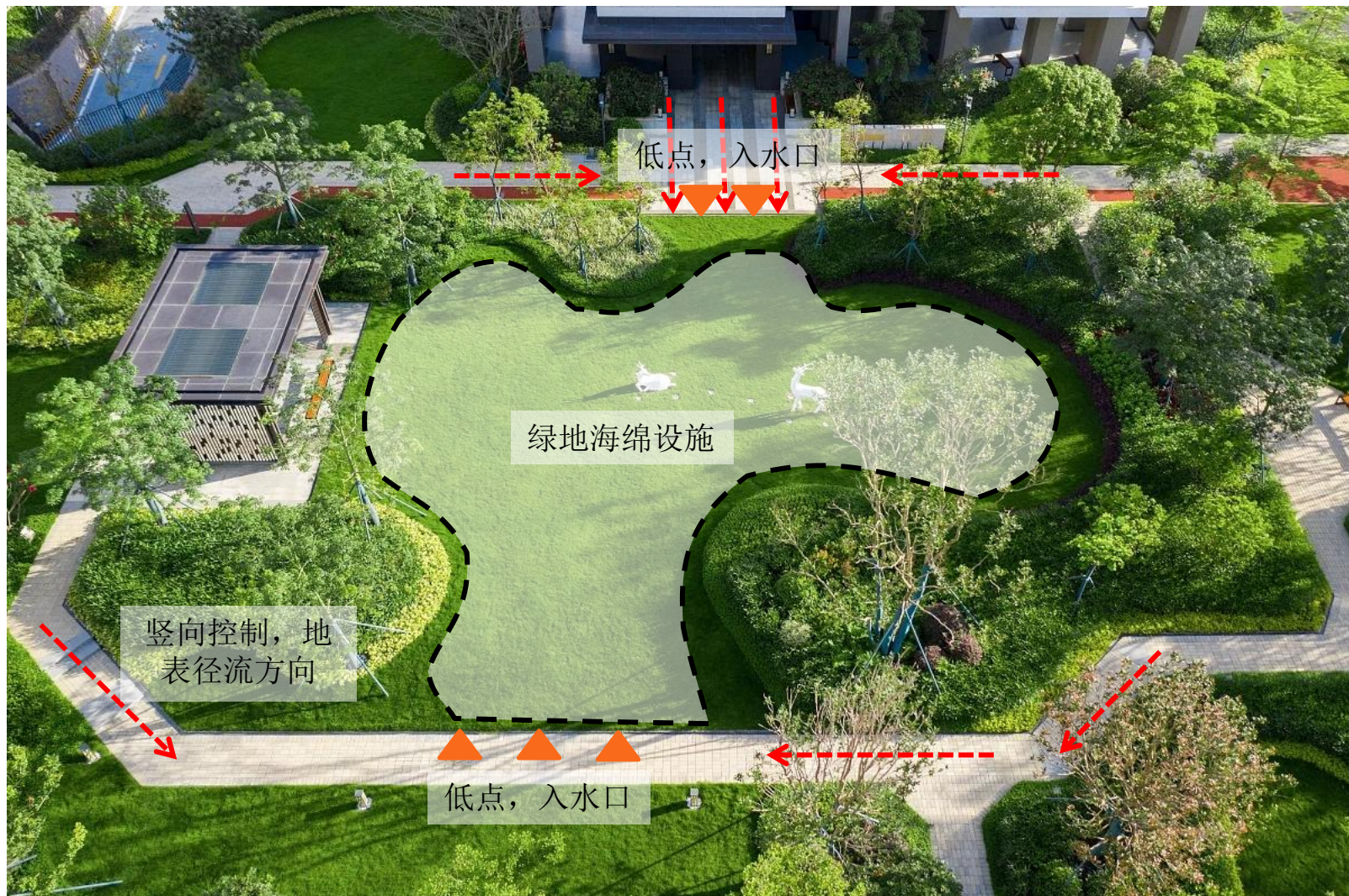
景石的运用是现在海绵设施提升表现力的一个主要手段，不同材质的石头，也能打造出不同的风貌的海绵景观。

## 竖向控制!!!

- e.g. 苏南地区平原河网区;
- 硬质铺装: 组织自然排水为主;
- 绿化: 微地形起伏为主

## 结论:

根据低点布置海绵的原则, 海绵设计与竖向规划同步进行, 保证专业衔接



## 总结:

1. 指标分析：结合海绵城市的建设目标，分析采用不同的海绵技术措施
2. 下垫面情况：较大的地表径流来源是建筑屋面以及硬质铺装——建筑落水管断接以及采用透水铺装来减少地表径流的量；
3. 地下空间开发：地下空间开发强度较大，主要是地库与综合管网——海绵设施的布置需要校核地库顶板标高，也要校核综合管网位置以及雨水管网标高；
4. 景观设计：1.涉及到海绵的布局——海绵要先期介入，结合海绵优化竖向，达到海绵设施空间布局与竖向设计的合理；2.海绵的风格——海绵的风格与小区整体的景观风貌相协调(包括海绵形形态、植物风貌等)

**多专业的配合，才能基本实现海绵城市设计布局合理、风貌美观，达到景观效果与生态效益双赢的目的。**

## 1、海绵方案对上位规划的资料解读不透彻

市政/房建/规划

- 市政衔接——与土建雨水对接管径、标高等，保证排水安全；
- 房建——建筑单体排水对海绵设施布局的影响（包括出户管点位、雨水管的排水方式等）；
- 规划——周边地块的一些可能影响因素
  - 是否有外部客水需要地块消纳？
  - 除地表径流控制率以及SS去除率外是否有其他地块到了是否有综合地表径流系数要求等规划指标要求？不同的地块要求，对海绵技术路线有一定的影响。

## 2、海绵设计唯指标论

多采用灰色调蓄设施达到地块调蓄的控制目标要求，而不采用或少采用生态绿色基础设施；

设计单位侧重径流总量控制率等指标的达标，忽略项目本身的场地条件与实际需求，“为了海绵而海绵”

## 3、海绵方案趋于雷同

海绵设计思想固化、缺少创新：

“植草沟+生物滞留池”的海绵设施组合成为项目海绵设计的“万能膏药”，缺乏根据项目实际情况、结合周边景观效果进一步思考的过程，导致海绵设施与周边景观格格不入；**是融入，而非植入！**

## 4、海绵专项方案与景观方案的整合度不够

海绵挖坑生硬，未从绿化、竖向上统筹考虑，效果不佳

## 5、设计人员经验不足，海绵空间尺寸把握不熟练

下凹式绿地过窄，无法放坡，成为垃圾堆集点

## 6、各专业各自为政，缺乏有效沟通

1.竖向组织上存在其他专业高程设计过高形成阻挡，导致海绵收集不到雨水；2.雨水管线上存在两套排水系统，造成浪费。

## 7、植物配置不合理：喜水湿植物的运用；植物形态不可控，与小区风貌不是很协调；品种、密度、季相、配置

## 8.成本控制

# 小 结



IWHR  
中国水利水电科学研究院



1. 多利益相关方高度重视且取得共识;
2. 做好体制机制构建, 建立健全长效机制;
3. 大力推广绿色基础设施, 实现排水系统的**绿色化转型**;
4. 补齐大排水系统, 借助物联网等**智慧化技术**, 建立预警预报和应急防控系统;
5. 加强低碳科技创新技术研发, 推进**低碳型排水系统**构建 (污水、雨水等) ;
6. 加强城市排水系统应对气候变化等极端条件的**韧性**;
7. 加强海绵城市的**系统谋划**, 实行全生命周期的管控;
8. 建立产学研合作机制, 加强难点问题研究和能力建设.....

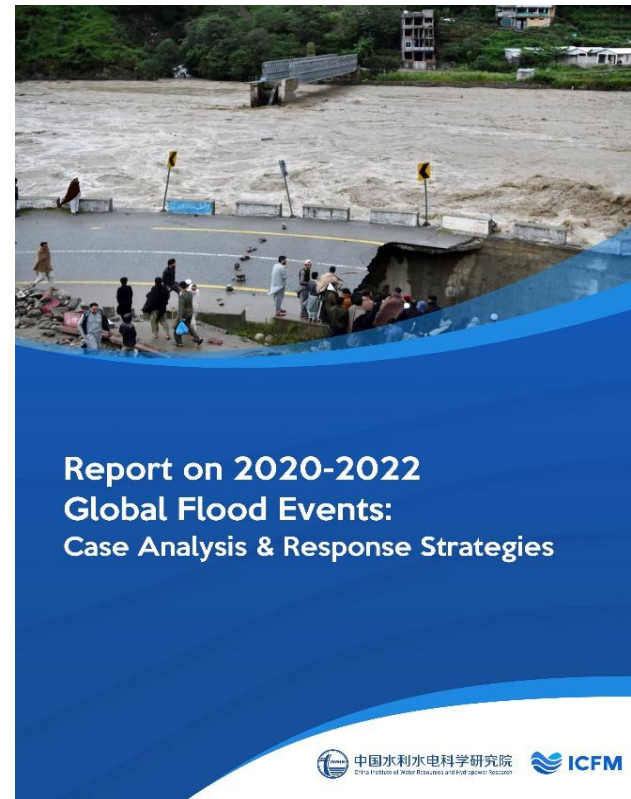
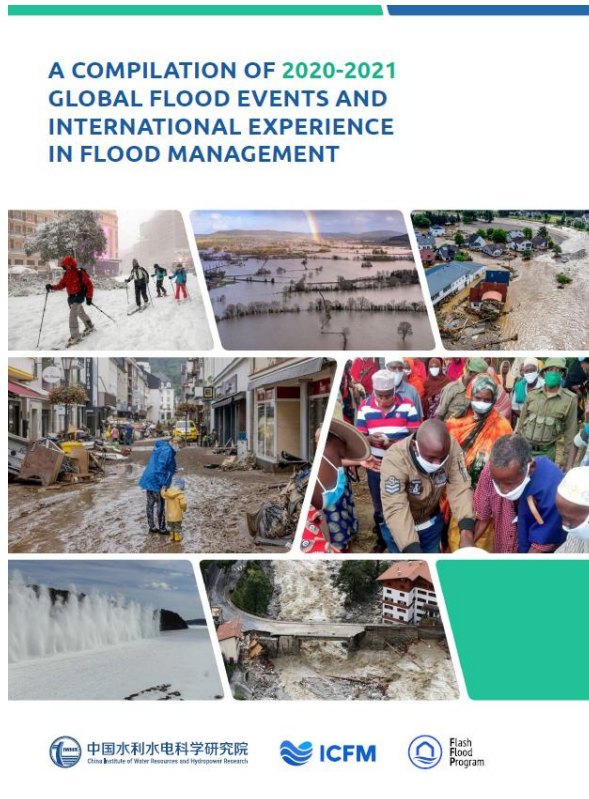


IWHR  
中国水利水电科学研究院



# 感谢聆听！ 敬请指正！

张诚： 13701329113（微信同号）



长扫二维码关注ICFM公众号

欢迎来ICFM官网了解更多信息：

<https://www.icfm.world/>