

 城市水利丛书

城市防洪与排水

CHENGSHI FANGHONG YU PAISHUI

◎ 刘延恺 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

 城市水利丛书

城市防洪与排水

◎ 刘延恺 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书汇集了新世纪以来我国专家、学者与管理人员探索新时期城市防洪与排水问题的论文 44 篇, 比较全面地反映了我国各地不同类型城市在防洪排水方面的新问题、新思路、新对策与新进展。其内容具有前瞻性、综合性、导向性与实用性, 适合广大水利工作者及社会有关读者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市防洪与排水/刘延恺主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(城市水利丛书)

ISBN 978 - 7 - 5084 - 5720 - 8

I. 城… II. 刘… III. ①城市—防洪工程—研究②城市—排水工程—研究 IV. TU998.4 TU992

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 098193 号

书 名	城市水利丛书 城市防洪与排水
作 者	刘延恺 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 14.25 印张 338 千字
版 次	2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《城市水利丛书》编辑委员会

主 任 刘汉桂

委 员 戴玉凯 汪松年 刘政民

刘延恺 谭徐明 冉连起

吕 娟 苑希民 牛慧兰

主 编 刘延恺

序

《城市水利丛书·城市防洪与排水》与读者见面了。这是中国水利学会城市水利专业委员会为推动城市水利学术交流和实践活动，提高城市水安全保障水平，促进城市经济社会的可持续发展做出的新奉献。

近年来，我国北京、上海、南京、武汉、广州、成都、济南、福州、重庆、郑州、西安、杭州、乌鲁木齐、梧州等一批大城市以及众多中小城镇相继遭受暴雨与洪水的袭击，不仅损失严重，而且造成人员伤亡。城市防洪、排水与应急管理已经成为媒体与公众关注的一大热点。

目前我国正处于异常迅猛的城市化进程中。2006年与1980年相比，我国的城市人口从1.91亿人增长到5.77亿人，城市人口占总人口的比例，从19.39%上升到了43.9%。城市化是现代社会发展的必然趋向。随着人口的高度集中，城市面积迅速扩张，城市系统功能日趋复杂，人们的生活方式、资产的结构形式、社会的运作机制、区域的地形地貌、暴雨的产汇流特性、河湖的水质环境等等，都在发生巨大的变化。城市化是以满足人类生存与发展需求为导向的。在这一进程中，人与自然之间、区域与区域之间基于水的微弱平衡必然会遭受强烈的冲击并不断被打破，不仅在资源、环境、生态等方面产生出大量矛盾，而且在城市防洪与排水方面会带来许多新问题，各种矛盾交织在一起，使得解决问题的难度越来越大。

城市在聚集人口与财富的同时，也聚集了风险。较早进入快速城市化阶段的发达国家，这一现象显得更为突出。1982年7月23日日本长崎大水灾，第一次使人们建立起“城市型水灾害”的概念。当时日本经济已经起飞，城市化进程达到了高潮。就在长崎市为战后奇迹般重建的成就而自豪的时候，却遭受了一次超纪录的特大暴雨的袭击。这场暴雨最大1小时雨量超过了100mm，总降雨量达到了500mm，一下子就从这座已经复兴的城市中夺走了299人的生命。长崎市有23346户人家进水，其中1193户房屋倒塌或损坏。交通、通信、电力等生命线系统完全陷入了瘫痪，仅小汽车就损失了2万余辆。美国1993年密西西比河流域大洪水，直接经济损失超过160亿美元。然而，2005年卡特里那飓风袭击美国，新奥尔良市堤防决口，水灾直接经济损失超过250亿美元，死亡1209人。事实表明，一座现代化大都市一旦遭受灭顶之灾，其经济损失甚至比流域性洪水的损失还要大。

今天，人们已经清楚地认识到，城市化进程中城市洪涝的水文特性与成灾机制均发生着显著的变化，与传统农业社会的水灾相比，城市型水灾害显现出一些新的特点：①由于城市气温高、空气中粉尘大，形成所谓城市雨岛效应，即出现市区暴雨的频率与强度高于周边地区的现象；②城市不透水面积增加，排水系统改善，径流系数加大，使河道洪峰流

量成倍增加，洪峰出现时间提前，已有堤防的防洪标准相对降低；③城市人口资产密度提高，同等淹没情况下损失倍增；④城市面积扩张，新增市区过去多为农业用地，防洪排涝标准较低，而洪涝风险较大，以往城外的行洪河道变成了市内的排水渠沟，加重了防洪负担；⑤城市空间立体开发，一旦洪涝发生，不仅各种地下设施易遭灭顶之灾，高层建筑由于交通、供水、供气、供电等系统的瘫痪，损失亦在所难免；⑥城市资产类型复杂化，水灾之后即使洪水退去，诸如计算机系统的破坏所造成的损失不可估量，甚至难以弥补；⑦城市对生命线系统的依赖性及其在经济贸易活动中的中枢作用加强，一旦遭受洪水袭击，易于构成次生灾害，形成灾害链，损失影响范围远远超出受淹范围，间接损失甚至超过直接损失；⑧大规模城市扩张阶段，往往造成水土流失加剧，局部水系紊乱，河道与排水管网淤塞、截断，人为导致城市防洪排涝能力下降；⑨城市防洪排涝的安全保障要求大为提高，而城市防洪排涝工程设计需要兼顾环境、景观、生态系统的需求，施工、运行、维护、管理的难度加大等等。这些变化表明，现代城市面对暴雨洪水显得更为脆弱。除非随着城市的发展同时增大治水的投入和管理的力度，否则难以抑制水灾损失急剧增长的恶性局面。

城市型水灾害对传统的治水理念与治水模式提出了严峻的挑战，迫切需要加强基础性、跨学科的研究，需要各相关部门更为密切的协作，需要行政管理人员、科技人员与社会公众有更好的沟通。同时在城市化进程中，经济技术实力的增强、对自然演化规律认识的深入、人类自我约束能力的提高等，又为实施城市治水新对策创造了条件。《城市防洪与排水》文集所汇集的新世纪以来我国专家、学者与管理人员探索新时期城市防洪排水问题的论文，比较全面反映了我国各地不同类型城市在防洪排水方面的新问题、新思路、新对策与新进展，具有前瞻性、综合性、导向性与实用性。这一文集的出版发行，有助于我们把握时代发展脉搏，深化对城市型水灾害演变规律的认识，不断拓展对城市防洪排水问题的研究，逐步健全城市防洪排水应急管理体制，将工程措施与非工程措施有机结合起来，为全面、协调与可持续发展提供更多的支撑与保障。

我由衷地希望多部门、多学科的专家、学者与管理人员能够更好地协作起来，媒体与公众能够更多地关注我国的城市水问题，也期待着《城市水利丛书》的其他文集能够及早问世，既为“城市水利”这一新兴的学科构建出比较完整的框架，也为“城市水利”这一实践的领域提供科技与文化的支持。

中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所所长 程晓陶

2007年12月21日

前 言

改革开放以来，我国进入高度城市化发展时期，城市化率达到了 25% 以上。据预测，未来 30 年将是我国城市化进程最快的阶段，城市化率将达到 68%。随着城市化率的不断增加，城市面临着越来越多的水问题，如水资源紧缺、城市洪水威胁、水环境和生态环境恶化、水文物损毁、水管理不顺等一系列问题。因此，认真研究和解决“城市水利”问题，搞好城市水利建设，是当前急需解决的重要课题，也是摆在城市水利工作者面前的繁重任务。

城市水利问题在城市规划和管理中的地位日趋重要。为此，许多城市和学术团体开始研究、探讨如何解决城市化快速发展带来的新的城市水利问题，并取得可喜的成果。自 20 世纪 80 年代起中国水利学会所属的水利史研究会和水力学专业委员会在推动城市水利学术交流和实践活动中起到促进作用。值得提起的是中国水利学会水利史研究会和北京水利学会本着“以史为鉴、古为今用”的原则，总结古代城市水利的经验，为现代城市水系治理出谋献策，积极参与北京市城市水系的综合整治工作，取得良好效果。在这种形势下，中国水利学会在 2000 年底正式组建了城市水利专业委员会。目的是广泛联合水利、市政、环境、生态、文物、旅游和社会科学等各有关学科的专家学者以及各城市的城市水利工作者和领导者，共同探讨城市发展中有关水问题和与水交叉的学科问题，为推动城市水利这一综合学科的发展，总结城市现代化建设和管理中的经验，为促进城市经济社会的可持续发展，建设人、水、自然和谐相处的人居环境，为建设社会主义和谐社会做贡献。

中国水利学会城市水利专业委员会成立 5 年来，在中国水利学会的领导下，与全国广大城市规划建设和城市水利工作者一道，坚持科学发展观，开展城市水利学科的研究和实践活动。在城市供水与节水、城市防洪与排水、城市水环境与生态环境保护、城市水文化与水文物保护、城市水务管理等方面进行国内外学术交流，在理论研究、创新思路、实验经验等方面，都取得丰富而宝贵的成果。

《城市水利丛书》是中国水利学会城市水利专业委员会将 20 世纪 80 年代以来有关城市水利学科有创见的论文汇编而成，分别为《论城市水利》、《城市供水与节水》、《城市防洪与排水》、《城市水环境与生态建设》、《城市水文化与水文物》和《城市水管理》。这 6 个分册陆续出版，以飨读者。

由于编者水平有限，本丛书在编辑过程中错漏之处在所难免，敬请指正。

编 者

2005 年 12 月

目 录

	序	
	前言	
1	城市防洪简述	邓玉梅
5	防治城市水患：21 世纪我国防洪战略转移的重点	程晓陶
12	太湖流域城市防洪的进展、问题和对策	王同生
17	无锡市城市防洪的发展与展望	徐道清
23	珠江三角洲城市化和防洪新问题	徐海亮
31	北京城的雨涝灾害及防灾对策	李裕宏
39	徐州市主城区防洪保安浅析	滕雅元 张 琦
44	城市防洪工程若干问题探讨	吴保旗 徐华敏
49	非工程措施在城市防洪排涝中的重要性浅析	胡尧文 康 璞 章松竹
53	浅谈北京市“城市防洪调度原则”	杜玲英
57	天津市蓄滞洪区安全建设	安 宵
60	上海市区远景防洪标准研究	朱 杰
69	从社会经济可持续发展谈安徽省重点城市的防洪规划	陈锡炎
74	做好城市防洪规划 保障城市稳步发展	刘仲桂 王春林 黄启灿
79	蚌埠市多功能城市防洪圈堤发挥明显社会效益	董 波
81	关于消除城区雨洪灾害隐患的建议	段天顺 李裕宏
85	建好防洪屏障 造福江城人民	夏传文
88	海岛型城市防洪规划思路初探	
	——舟山城市防洪及河道整治规划简介	裘骅勇 章松竹 胡尧文
92	提高认识 实行“三制”高速优质建设龙王庙整险工程	吴世纬
97	城市洪水风险信息信息系统研究	
	 苑希民 陈浩 李娜 陆吉康 仇劲卫 王艳艳 李冲	
103	北京城区防御暴雨洪灾的具体建议	李裕宏
107	受城市化影响地区的设计洪水计算	方增强
111	谈谈对城市排涝的认识	戴玉凯 郑在洲 徐 斌
115	鹰潭城市防洪策略探讨	王智敏

118	福州市防御特大洪水的新启示与对策措施	林 琳
126	山东省城市防洪的现状、问题及对策	张 鲁 林荣军 尹正平 于 静
129	西安城区防洪存在问题及对策	孙秦生
134	河南省城市防洪减灾对策	杨大勇 岳利军
139	安徽省城市洪涝灾害与减灾对策	王家先 朱效福
145	由聊城市城市防洪论平原地区城市防洪及减灾对策	田继华 刘玉芳等
149	江西省赣州市城市防洪工程及其特点	杨修祖
154	北京市城市防洪治涝水文计算初步探讨	屈世秋
158	宜春市袁河沿岸城区洪水淹没情况的预报方法	周志刚
161	浅谈南宁市邕江防洪大堤西园挡水墙堤段除险加固工程施工经验	黄付辉
165	浅谈南宁市防洪堤沙井堤段改线工程施工经验	黄付辉
169	九江市城市堤防垂直防渗技术浅述	王祥生
175	城市洪涝灾害直接经济损失的评估与预测	冯 平 安伟哲
181	对城市防洪工程征地拆迁处理工作的认识	徐宏图
186	九江城市堤防溃口复堤段基础渗流监测及成果分析	王祥生
191	基于地理信息系统的地表径流的计算方法 汪明明 周玉文 赵树旗 何 敏 刁克功 邴守启	
200	雨洪利用对传统城市排水系统的影响 周玉文 邴守启 赵树旗 汪明明 丁 年 刘江涛	
204	城市排水系统改造	翟晓罡
210	以新的治水思路, 提高城市防洪管理水平	刘雅玲
215	2004 年 7 月 10 日北京城区局地暴雨分析	白国营

城市防洪简述

国家防汛抗旱总指挥部办公室 邓玉梅

一、概 况

城市人口密集，财富集中，是一个国家或地区的经济文化或政治中心，世界上的著名城市多临江、河、湖、海，因而常受到洪水威胁，甚至遭受洪水灾害。所以城市历来是防护的重要对象。

(1) 城市洪灾。世界各国城市洪灾种类多、损失大，记载资料也多。我国古都开封因黄河溃决曾 6 次被淹；武汉市 1870 年、1931 年被淹；上海市因 1949 年 7 月遭遇强风暴潮，大部被淹；天津市 14 世纪以后的 400 年间，洪水淹城 10 余次；哈尔滨市 1932 年发生松花江洪水，受淹约 3 个月；银川市因 1855 年、1961 年、1970 年山洪造成较大灾害。美国圣路易斯市因 1844 年密西西比河洪水被淹；雷克斯堡和休格因爱达荷州斯内克河支流提堂坝垮坝被摧毁。芝加哥城因 1885 年一次集中暴雨 150mm，全市被淹，废水随涝水泄入密歇根湖，污染带来严重后果。英国伦敦市 1953 年 2 月由于大西洋暴风迫使海水从泰晤士河口涌入，漫过堤防而受灾，数万人无家可归。1883 年 9 月 27 日喀拉喀托火山爆发引起海啸，浪高达 30m，印度尼西亚的马拉克市被卷走，3.6 万人丧生。

(2) 城市防洪特点。城市是流域内一个点，范围小，涉及面广，防洪标准要求高。由于城市所在具体位置不同，防洪特性各异。①沿河流兴建的城市，主要受河流洪水如暴雨洪水、融雪洪水、冰凌洪水以及溃坝洪水的威胁；②地势低平有堤围防护的城市，除河、湖洪水外，还有市区暴雨涝水与洪涝遭遇的影响；③位居海滨或河口的城市，有潮汐、风暴潮、地震海啸、河口洪水等产生的增水问题；④依山傍水的城市，除河流洪水外，还有山洪、山体塌滑或泥石流等危害。城市防洪主要由水利部门负责，也涉及航运交通、城市建设、人防及其他厂矿部门。

(3) 城市防洪发展史。古代城市的始建，大多是接近水域。其后，向水域靠近，防洪问题相应产生。据中国有关史籍：约在公元前 21 世纪就有建城的记载，建城是建堤之始。在中国郑州市，1955 年发现规模宏大的商代（公元前 16～公元前 11 世纪）城墙。城周长 7.1km，残存最高约 9m，城墙基最宽 36m，墙体为土分层夯筑成，具有防敌、防洪双重作用。长江湖北纪南古城（在荆州城北约 8km），建于约公元前 6 世纪，城内地面高于长江一般洪水位，据地方志记载，大洪水曾淹至城墙。在欧洲、亚洲其他国家，早期也有类似的各种类型城堡。后来中国较为普遍的砖石城墙（北京城、汉江安康城）的兴建，也具有防敌与防洪的双重作用。随后平原区堤防的发展，使城市防洪大大提高了一步。有的城市建在圩堤区内，同时还建有坚固的砖石城墙（湖北省的荆州城），具有双重的防洪保险，即使外堤溃决，还可以继续防守石城。海滨城市大多依靠海塘（海堤）防洪。20 世纪发展到利用分蓄洪工程，以提高城市防洪标准。河道整治是防洪的另一方面，欧洲各国几世

纪来为城镇防洪一直进行着河道整治工作。利用水库为城市防洪,较早较完善的是美国迈阿密河上的代顿市。1913年3月俄亥俄河发生大洪水,代顿市受重灾。美国政府于1917~1923年在迈阿密河修成了5座滞洪水库,有4座在代顿市上游,总库容9.08亿 m^3 ,控制代顿市以上流域面积97.7%。中国在1949年时城市化程度还很低,城市防洪工程寥寥无几,且标准低、质量差。1949年以后,我国对城市防洪做了许多的工作,在北京市修建了官厅、密云等水库,在上海、哈尔滨、天津、武汉、广州等城市修建了堤防,同时还建立了市长负责制的防洪抢险组织体系。随着中国城市化率的迅速提高和农村经济的大力发展,再靠牺牲农村来保城市就不合适了,因此城市防洪面临新的形势。早在1981年国务院就提出城市防洪除了每年汛期要做好防汛工作外,特别要注意从长远考虑,结合江河规划和城市的总体建设,做好城市防洪规划、防洪建设、河道清障和日常管理工作。1987年以后中国陆续确定北京、天津、上海、南京、合肥、芜湖、安庆、九江、南昌、武汉、黄石、沙市、长沙、岳阳、成都、济南、开封、郑州、广州、南宁、梧州、柳州、沈阳、盘锦、长春、哈尔滨、齐齐哈尔、吉林、佳木斯、蚌埠、淮南这31座城市为全国重点防洪城市,其防洪工作由水利部门负责,城建部门配合建设。1998年我国将全国城市防洪的职责全部划归水利部。近年来,我国加大了城市防洪建设步伐,一些重点城市防洪状况有了很大改观。

二、我国城市防洪的进展和成绩

目前,我国共有建制市(1998年,除港、澳、台地区外)668座,城市人口占全国总人口的31%。全部城市国内生产总值约占全国的75%,利税约占全国的80%。但由于相当多的城市坐落在江河湖畔或海滨,绝对多数的地势高程都在洪水水位以下,依靠堤防保护,经常受到洪涝和风暴潮灾害的严重威胁。随着我国城市化进程步伐加快,城市防洪任务更加艰巨。目前,有防洪任务的城市639座,占城市总数的96%。

(1) 城市防洪工程建设迅速发展,城市防洪排涝能力有了很大提高。进入20世纪80年代,我国大力开展了城市防洪工程建设,城市防洪工程建设投资大为增加。近年来,全国城市防洪累计投资200多亿元。1998年,仅全国31座重点防洪城市的防洪工程建设投资就达16亿元,兴建了大量堤防工程。迄今为止,全国已建成城市防洪堤长16251km,保护着4.32万 km^2 的城区面积。这些工程提高了城市的防洪标准和自保能力。目前,全国已有236座城市达到国家防洪标准,这占总数的37%。不少城市的排涝标准由天然情况提高到20年一遇。

(2) 城市防洪专业规划从无到有。为了协调城市和江河防洪的关系,使城市防洪工程建设服从江河流域规划,同时,也使城市防洪规划与城市建设发展规划相协调,以达到保护城市防洪安全的目的,需要制定科学、合理的城市防洪标准,安排好涝水的出路,控制城市建设侵占河道,因此需编制科学合理的城市防洪规划。到目前,我国已有500多座城市编制了防洪规划,达总数的80%多。

(3) 城市防洪管理工作有了很大提高。近年来,城市防洪工程日常管理工作有了长足进展,组织机构、防汛抢险责任制进一步建立、健全和完善。目前,全国有防洪任务的639座城市普遍建立了以市长负责制为核心的责任制体系和管理机构。并在历年的防汛抗

洪中发挥了重要的作用。

(4) 城市防洪工程发挥了巨大的减灾效益。20 世纪 90 年代以后我国掀起了城市防洪工程建设的高潮, 一些刚刚兴建的城市防洪工程次年就发挥了效益。如梧州市 1998 年 6 月发生超过 100 年一遇的洪水, 由于 1994 年后加固加高了市区河西堤, 使河西主要经济区免遭洪水淹没, 减少洪灾损失 18 亿元。柳州市由于近年来兴建的城市防洪工程发挥作用, 使 2000 年发生的洪水与 1996 年比减少受淹面积 70%~80%。福州市 1998 年遭受 100 年一遇的洪水, 由于近年来建设了防洪堤, 使城市减少损失近百亿元。1998 年长江、松花江大水, 由于修建了城市防洪工程, 武汉、哈尔滨等一大批城市没有受淹。据统计, 这一年全国城市共减免直接经济损失 2709 亿元。2000 年深圳遭暴雨袭击, 新修的罗湖小区排水工程就发挥了很大效益。

(5) 城市防洪工作技术水平迅速发展。在城市防洪工程建设过程中, 堤防工程的建筑从一般土堤到结构复杂的钢筋混凝土轻型结构, 形式各异, 如上海外滩的防洪墙已成为城市的一道风景线。城市水文测报站网和降雨监测系统的现代化程度迅速提高, 使城市防汛抢险有了更长的预见期并能更准确地了解洪水量级, 以便制定合理的防汛抢险方法及措施。

三、我国城市防洪存在的主要问题

由于我国城市防洪起步较晚, 工作还存在不少问题。

(1) 不少城市的防洪减灾能力仍然很低。尤其是近期城市建设发展很快, 但是城市防洪没有跟上, 一些新兴的经济开发区和新建城市, 有的还处于无防洪保护的状态。仅以 1998 年为例, 在长江、松花江干堤安全的情况下, 据初步统计城市洪涝灾害损失 669 亿元。在全国 639 座有防洪任务的城市中, 还有 403 座城市低于国家规定的防洪标准, 占总数的 63%。特别是非农业人口在 100 万人以上的 34 座特大以上城市中, 只有 4 座达到国家规定的防洪标准, 还有 88% 的城市未达国家规定的防洪标准。

(2) 现有城市防洪工程病险隐患多。一些城市防洪工程是逐年形成的, 有的历史很长, 导致现有城区堤防工程基础较差, 穿堤建筑物与堤防的结合不好, 在高水位情况下, 堤防险象环生。据统计, 1998 年仅长江、松花江沿江的武汉、九江、哈尔滨等 11 座全国重点防洪城市就出现各种险情 1874 处, 其中较大险情 81 处, 占长江、嫩江、松花江全部险情的 15%, 高水位下, 险象环生, 各地动用 44.6 万人在堤上防守。九江大堤决口, 经过数万军民 13 天的努力才得以堵复; 武汉丹水池发生重大管涌险情, 险些发生溃堤; 哈尔滨九站泵站因前池底板破碎, 进水方涵与厂房连接处断裂, 导致泵房塌陷进水, 经过 6 天的抢护才得以脱险。哈尔滨、齐齐哈尔等城市甚至用子堤挡水才保证了安全度汛。

(3) 城市内涝严重, 市政各种公用设施经常受淹。随着全球变暖、城市规模的扩大、人口集中, 热岛现象将会更突出, 暴雨强度也会更大, 更集中。而相应的排水管网和沟渠则严重不足, 特别是一些老城区, 有的还没有系统的排水管网。有的城市防洪管理措施没跟上, 导致城市段河道岸线及洲滩利用得不合理情况加剧; 城市发展, 导致建设用地紧张, 城市内填湖造地建房等现象严重, 天然蓄水的湖泊洼地越来越小, 城市调蓄洪涝水能力降低。由于地面不透水面积的加大, 导致汇流系数加大, 相同暴雨产生的洪峰流量加

大，行洪障碍增多，洪水下泄不畅，有的城市发生地面沉降，在外江水位顶托下，城市涝灾日益严重。如 1999 年上海市虹桥机场和动物园受淹，1999 年浙江杭州、嘉兴等城市洪涝灾害损失大。2000 年，上海南京路 2 次成为地上河，福建厦门受淹，江苏连云港街道浸水，河南平顶山受淹。

(4) 城市防洪基础研究薄弱，高新技术应用不够。随着城市化程度的提高，城市水文条件进一步复杂化，城市洪涝水量计算模型及防洪标准确定等不少技术问题亟待解决；另外城市发展与城市防洪工程建设的关系如何协调，城市美化、改善环境与防洪工程怎样结合等问题，都有待进一步深入探讨。

四、做好城市防洪的对策措施

目前，我国城市人口正以每年 1000 万人的速度增加，据预测，到 2005 年城市化水平将达到 35%，2010 年将有可能达到 40%。随着我国城市化进程的进一步加快，城市防洪安全问题会更加突出。为此，应采取以下对策措施。

(1) 加大城市防洪工程建设的投资力度，加快对现有城市防洪工程的除险加固和城市防洪工程的建设。在城市防洪工程建设资金方面要多方筹集，加大筹资力度，建立健全市场经济条件下的城市防洪集资、融资措施。近两年国家加大了城市防洪工程建设力度，如 1998 年财政预算内专项资金达 14.9 亿元。各级地方政府更应加大对城市防洪的投入，如开展征收河道工程建设管理费，建立城市水利基金，利用银行贷款，通过建防洪工程开发土地等方式筹集资金进行城市防洪工程建设。在 2005 年前，全国超大城市防御 200 年一遇以上洪水；特大城市防御 100 年一遇以上洪水；大城市防御 50~100 年一遇洪水；中等城市防御 20~50 年一遇洪水。至 2010 年我国 275 座城市（含经常受洪水威胁的城市、省会城市、经济发达城市及所有中等规模以上的城市）将基本达到国家防洪标准。

(2) 提高城市防洪科学管理水平和技术水平。积极开展城市防洪信息管理系统的开发研究，积极组织收集整理好基础资料，建立完善的数据库系统和预警预报系统。组织社会各方面的技术力量，在城市防洪规划、建设、科研技术、资金筹措以及城市防洪管理和法规政策完善等方面探讨城市防洪技术，提高城市防洪技术水平，研究掌握城市洪涝灾害规律。如防汛抢险的一些新材料应用；城市水文学研究和城市洪水预报模型及调度模型的研制；城市排水管网与主干排水通道的协调及洪水标准确定；利用地理信息系统和模拟模型等现代技术制作洪水风险图；加快遥感技术在城市防洪规划及洪水预报、调度、警报系统中的应用等；加强对城市防洪管理人员的培训。

(3) 加强城市防洪规划和审批工作。使城市建设布局、整体规划与流域规划、城市防洪规划相协调、适应（如防洪、排涝、排污）。把城市防洪减灾建设作为资源利用、生态建设和国土开发整治的重要组成部分。凡有防洪任务的城市应尽快编制和报批防洪规划。按规划建设完善防洪体系，保障社会安全和可持续发展。

(4) 加强其他非工程措施。如界定风险区，绘制城市洪水风险图；确定城市河段的防洪治导线；严格控制城区建设侵占湖泊、洼地等行为；加强城市防洪预案及制定有关法规等非工程措施建设，保障安全，减少洪涝损失。

防治城市水患：21 世纪我国 防洪战略转移的重点

中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所 程晓陶

一、我国城市化进程及其若干特点

城市化是现代社会发展的必然产物。我国的城市化进程与世界各国相比，具有独自的特点。

(1) 滞后性。统计资料表明，1990 年，世界城市人口的比重，高收入国家为 71%，中等收入国家为 60%，低收入国家为 38%，而我国为 26.4%。

(2) 反弹性。20 世纪 50 年代末，我国城市人口比重曾一度达到 19.7%，相当于当时中低收入国家水平。六七十年代我国一度强制性将城市人口输散到农村、将工业企业由沿海迁往内地，城市人口比重最低在 1972 年，减为 17.1%。改革开放以后，人为的压制转为反弹。80 年代“返城风”、90 年代“民工潮”，大量农村剩余劳动力涌入城市，内地人口移向沿海，我国城市化进程明显加快。

(3) 迅猛性。1949 年，我国城市人口只有 5700 万，占总人口比例的 10.5%；1980 年达到 19.39%，30 年间增长不到 10%；进入加速发展期后，仅用一半时间增长了约 10%，现已接近 30%；预计到 2020 年，城市人口比例将上升到 45%；在 2050 年前后，我国人口达到 16 亿时，城市人口比例可能达到 60%。由于我国人口基数极大，因此，快速城市化的进程，比其他所有国家都要迅猛得多。20 世纪后 50 年间，我国城市人口从 5000 余万增长到 3 亿多；21 世纪前 50 年间，如果城市人口比例从 30% 增加到 60%，则城市人口总数将从 3 亿多增加到 9 亿多。据报道，目前我国已有 1.5 亿农民在城里打工，另有 1.5 亿农民在乡镇企业从事完全非农业的劳动，城市人口的扩张，已有相当庞大的后备军。

现代工业的兴起与城市的迅速发展，最大限度地满足了人类发展的需求，扩大了人类的生存空间，改善了人类的物质生活条件，同时，也大幅度地改变了地球上长期形成的自然生态环境的结构，改变了自然界固有的物资循环和能量转换的模式。这种急剧的改变，不仅使得人类面临着“人口”、“资源”、“环境”等一系列发展中的新问题，也使得“自然灾害”这一古老的课题不可避免地变得复杂而严峻起来。城市水患正是上述背景的产物。而上述我国城市化进程独有的特征，必将使得城市水灾损失加剧与水资源紧缺、水环境恶化交织一起，相互激化，构成水的危机，成为 21 世纪我国治水的难题。因此，城市水患的防治，必然成为 21 世纪我国防洪战略调整的重点；加强城市水利建设，必然成为新时期我国水利事业进一步发展的契机与动因。

二、城市化引起的水危机

城市化是我国走向现代化强国的不可阻挡的大趋向。但是，在城市化过程中，围绕以城市为中心的供水、排水、水环境保护与防洪排涝问题日益突出，水灾害加剧、水资源紧缺、水环境恶化，议论多年的“水问题”，在某些地区已经孕发为“水的危机”，并呈全面加重的趋向。

(1) 水灾害加剧。20 世纪 90 年代以来，我国水灾损失急速增长，1994 年突破 1000 亿元，1996 年超过了 2000 亿元，其中水灾损失增长最快的是城市及快速城市化的地区。目前，我国 600 余座有防洪任务的城市中，80% 防洪标准低于 50 年一遇，一些城市防洪标准达不到 10 年一遇，其中 10% 基本不设防。1994 年柳州市 3 次受淹，梧州市 4 次受淹。其中，柳州市第一次受淹直接经济损失就达 21 亿元，占该市 1993 年国民收入的 1/4。1998 年武汉市军民严防死守，虽然确保了大堤的安全，但是 7 月 21 日一场暴雨，仍然造成了市区严重的内涝损失，大范围交通、电力、通信系统的瘫痪，甚至还有人员伤亡。

(2) 水资源紧缺。我国城市缺水现象自 20 世纪 70 年代以来逐年扩大。现有 400 多座城市供水不足，其中 100 多座城市严重缺水，年缺水量达 58 亿。许多大城市供水长期处于紧张状态，对居民实行定时、定量、低压供水；消防设施由于水量不足、水压太低而无法使用；工厂被迫停产、学校被迫放假的事件时有发生。为了满足城市日益增加的用水需求，一些城市大量超采地下水，出现地下水位恶性下降、地面沉陷等严重现象；一些城市被迫采取长距离引水、跨流域调水的措施，虽然缓解了城市的困境，但也引出一系列环境问题。在严重缺水的城市，水资源短缺，已成为当地国民经济和社会发展的最大制约因素。

(3) 水环境恶化。随着城市工业与居民生活污水排放量的增加，城市河道水质普遍恶化，部分河道与湖泊水体的污染已达到危害居民健康的程度。目前我国工业、城市污水总排放量为 416 亿 m^3 ，经过集中处理达标的只占 23%，其余大都直接排入江河。全国 90% 以上的城市水域受到不同程度的污染。城市周边农村被迫利用污水进行农田灌溉和水产养殖，如天津市污灌面积达到 240 万亩，占全市耕地面积 30% 以上，污灌作物有蔬菜、水稻、小麦、玉米等；污养面积发展迅速，近郊已达 6.8 万亩；年利用污水量，占市区排水总量的 50%。由于工业废水与生活污水混合排放，污水处理率低，污水中含有大量有毒物质，自 1986~1995 年，累计排放镉约 30t，汞约 4.7t，砷约 68t，已引起农田土壤严重污染。太湖流域水质全面超标，1987~1995 年，重污染河长由 22.1% 增长到 53.2%，太湖水质由中营养发展至富营养。黄河、海滦河、辽河、松花江等监测到 50% 以上河段的水质为 IV~V 类。淮河水污染事故一度震惊全国，虽经强化治理，问题依然严重。珠江水量大，但三角洲河网地区随着城市化的高速进展，水质已显著恶化。长江情况较好，但攀枝花至上海 22 个城市江段水质低于 III 类标准，岸边污染带长度 500 余 km，1/5 河流断面水质呈恶化趋势。与此同时，水的生态环境也在急剧恶化，举国上下，“救我湖泊、河流”的呼声高涨。

三、城市水患的孕发机制

水旱灾害自古就有，水的污染虽然是工业化与经济发达的产物，但是在发达国家已经找到了解决的办法。何以在我国会孕发成水的危机呢？

城市化过程是人口向城市高度集中、城市面积持续向周边地区扩张与城市系统功能不断复杂化的过程。在这一过程中，人们的生活方式、社会的运作机制、资产的结构形式、流域的地形地貌、江河的产汇流条件及水域的水质等都在发生着显著变化。这种以人的生存与发展需求为导向，使人与自然之间的平衡不断被打破的现象，具有两重性。一方面，人为营造的城市，随着规模的不断扩大，与原有环境之间产生出大量新的矛盾，并且矛盾越来越复杂，解决矛盾的难度越来越大；另一方面，随着社会经济、技术实力的增强，对自然演化规律认识的深入以及人类自我约束能力的提高，又为改善城市环境，维护城市的正常发展，创造了条件。

以下仅以城市型水灾害及其与水资源、水环境的关系为例，加以说明。

1. 城市型水灾害

城市化过程中，城市洪涝的水文特性与成灾机制均发生着显著的变化。例如：城市人口资产密度提高，同等淹没情况下，损失增加；城市面积扩张，新增市区过去为农业用地，防洪排涝标准较低，而洪涝风险较大；以往城外的行洪河道变成了市内的排水渠沟，加重了防洪负担；城市空间立体开发，一旦洪涝发生，不仅各种地下设施易遭灭顶之灾，高层建筑由于交通、供水、供气、供电等系统的瘫痪，损失亦在所难免；城市资产类型复杂化，水灾之后，即使洪水退去，诸如计算机网络的破坏等所造成的损失不可估量，恢复更加困难；城市对生命线系统的依赖性及其在经济贸易活动中的中枢作用加强；一旦遭受洪水袭击，损失影响范围远远超出受淹范围，间接损失甚至超过直接损失；城市不透水面积增加，排水系统改善，径流系数加大，使河道洪峰流量成倍增加，洪峰出现时间提前，已有堤防的防洪标准相对降低；由于城市气温高、空气中粉尘大，形成所谓城市雨岛效应，即出现市区暴雨的频率与强度高于周边地区的现象；大规模城市扩张阶段，往往造成水土流失加剧，局部水系紊乱，河道与排水管网淤塞，人为导致城市防洪排涝能力下降；城市防洪排涝的安全保障要求大为提高，而城市防洪排涝工程设计施工管理的难度加大。由于这些变化与城市化的进程之间有明显的相关关系，因此，除非同时增大治水的投入和力度，否则必然出现水灾损失急剧增长的恶性局面。

2. 城市水灾害、水资源与水环境问题之间的影响

对于城市河道、湖泊而言，水太多、太少、太脏，都发生在同一的水域中，都威胁同一的对象。在人与自然的相互作用下，形成了相互影响的复杂关系。例如由于城市河道水质污染严重，恶臭难忍，人们迁怒于河，干脆填埋了事，或以此作为与河争地的借口。由此引起城市雨洪调蓄能力下降，加重内涝发生的概率；一旦污水泛滥，对沿河居民危害更大。上海城市化过程中，大量河道正在消失。南汇区 7 年中填埋河道 321 条，全长约 168km；新中国成立初杨浦区有大小河流 130 多条，至今仅存 26 条。1997 年 11 号台风期间，虽然暴雨未停，由于内河水满为患，泵站被迫停机，使城市低洼地区出现路面集水盈

尺的现象。地表水质恶化加剧水资源短缺,城市水源地建设成为棘手的问题,被迫更多依赖和超采地下水,加速地面沉降,不仅直接造成了城市地下管线和建筑物的损毁,而且降低了防洪排涝工程系统的能力,加剧了水灾风险;沿海地带由于地下水位下降过低,引起大范围的海水内侵,导致更严重的生态环境问题。洪水可以补充地下水源,增加水库蓄水量,是有利的一面;但是,由于城市需水量大,用水保证率高,许多过去为防洪和农业灌溉而建的水库被迫转为承担城市供水任务,为了预防汛期不来水,汛前往往舍不得腾出防洪库容,使得水库应急泄洪的风险大为增加,不仅削弱防汛的调控能力,甚至加剧水灾损失。

以上情况表明,城市水患的出现,在大规模城市化进程中是不可避免的。如果不同步加强城市水利建设,则水的问题必将日趋严重,甚至孕发为水的危机,成为社会可持续发展的严重制约因素。我国人口众多,对生存空间压力大,加之水资源短缺、降水量时空分布不均,是生态环境比较脆弱的国家。同时,我国又是发展中国家,经济与法制基础薄弱,在城市化加速发展时期,容易出现投入不足,治理不利、水的危机不断加重的局面。

事实上,水太多、太少、太脏的问题,是相对而言的。随着社会经济的发展与水问题的日趋严重,人的水患意识、节水意识、水环境保护意识开始增强,水问题综合治理的技术实力与经济实力也在增强,相应的法规体系与执法体系逐步健全,从根本上又为城市水利的发展、最终克服水的危机创造了条件。

四、城市水利的基本特点与发展方向

城市水问题是社会经济发展的产物。发达国家在各自经济的高速发展阶段都曾不同程度地遭遇过这一问题,并为之付出了沉重的代价和巨额的治理费用。我国在城市化进程中水的危机带来的困难与挑战将更多更复杂。如果说,过去20年里,在我国城市人口比例上升10%的情况下,为了解决城市的水问题,在相当程度上是以牺牲农村、牺牲环境为代价的话,那么,在今后20年里,我国城市人口比例再上升20%,传统“有效”的办法何以为继?把握好城市水利的基本特点和发展方向,对于城市的管理者和决策者来说,也是把握城市兴衰存亡的大事情。

(1) 城市水利面临问题的长期性与复杂性。城市水患的产生,是自然与社会因素交互作用的结果。每座城市所处的地理环境不同,城市规模、结构、功能、政治经济地位以及城市发展阶段不同等,决定了各个城市所面临的水问题的差异。在城市发展过程中,一方面水资源合理配置、水环境保护治理与水灾害防御控制的要求不断提高,另一方面多数城市由于对具有公益性质的城市水利基础研究不够,投入不足,社会上大量存在的过分追求局部与眼前利益的短期行为等还在使矛盾不断激化。从基本国情出发,我国大多数城市尚不具备短期内以高投入克服城市化进程中水危机的实力。因此,城市水利的发展是长期而艰巨的任务,不是抓好几个“形象工程”就可以一劳永逸的。对既是资源、又是环境要素、也是致灾因子的水来说,必须要统筹规划、综合治理,将发展与治理密切结合起来,将水资源的合理配置、水灾害防御与水环境治理一起纳入城市发展规划,建立相对稳定