

文章编号: 1004-4574(2012)05-0180-05

我国城市暴雨内涝的成因及其应对策略

张 炜 李思敏 时真男

(河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038)

摘 要: 暴雨内涝是城市自然灾害的主要形式之一, 并长期困扰我国的许多城市。依据城市化进程及排水系统的发展趋势, 揭示了我国城市暴雨内涝防治的误区, 全面剖析了暴雨内涝的成因。结果表明: 排水系统设计标准低下是我国城市暴雨内涝的一个重要的、但非唯一的成因; 仅通过提高设计标准防治暴雨内涝投资巨大、实施困难, 且成效不大。我国城市暴雨内涝的成因还包括城市下垫面不透水比例增加、暴雨洪峰流量增大、排水系统雨污混接现象普遍存在、地面沉降日趋严重、相关部门与专业缺乏沟通与合作等。基于发达国家城市暴雨管理的研究成果和实践经验, 结合我国城市排水系统的实际情况, 提出了暴雨内涝防治的应对策略, 以促进城市暴雨管理体系的建立和完善。

关键词: 暴雨内涝; 成因; 应对策略; 暴雨管理体系

中图分类号: U447

文献标志码: A

Formation causes and coping strategies of urban rainstorm waterlogging in China

ZHANG Wei, LI Simin, SHI Zhennan

(School of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: Rainstorm waterlogging is one of the main urban natural disasters, which has been affecting many cities in China for a long time. With reference to the development trend of urbanization and sewerage, existing mistaken concepts of urban rainstorm waterlogging control was revealed, and formation causes of rainstorm waterlogging were analyzed roundly. Results show that, low design standard of sewerage is one of the important formation causes of urban rainstorm waterlogging, but is not the only. Control the rainstorm waterlogging just by raising design standard is prohibitive in investment, difficult in implementation and low in efficiency. The formation causes of urban rainstorm waterlogging also involve enlarged proportion of urban impervious catchment, increasing storm peak flow, unreasonable connection widely existed between storm and sewage discharge, increasingly serious land subsidence, lack of communication among related departments and specialty, and so on. Based on the research results and practical experiences in developed countries and the status quo of the urban sewerage in China, coping strategies are put forward for urban rainstorm waterlogging control, so as to promote the establishment and perfection of urban stormwater management system in China.

Key words: rainstorm waterlogging; formation cause; coping strategy; rainstorm management system

收稿日期: 2011-11-15; 修回日期: 2012-01-14

基金项目: 水体污染控制与治理科技重大专项项目(2012ZX07203-003); 河北省应用基础研究计划重点基础研究项目(12966738D); 邯郸市科学技术研究与发展计划项目(1023109106)

作者简介: 张炜(1981-), 男, 讲师, 硕士, 主要从事城市雨洪管理与雨水资源化技术研究。E-mail: zhzwzhw@163.com

随着我国城市化进程的不断加快,城市自然水文条件发生了明显改变,水的自然循环被人为割裂,暴雨内涝频发,对城市功能、社会秩序、资源与环境造成不同程度的破坏,直接影响城市整体形象的提升,甚至危及人们的生命及财产安全。目前,我国城市排水系统的建设及其完善受到越来越多的关注,政府也加大了该领域的投资力度,但由于城市暴雨内涝的形成影响因素众多,不少城市在暴雨内涝防治方面存在误区,从而造成投资建设力度很大,但并未达到预期的效果。基于此,笔者旨在揭示我国城市暴雨内涝防治的误区,全面剖析暴雨内涝的成因,并结合国内外先进的城市暴雨管理经验,提出一些适合在我国广泛开展且行之有效的应对策略,以期城市暴雨内涝防治工作的开展提供理论基础。

1 我国城市暴雨内涝防治的误区

工程上常用“暴雨重现期”这一设计参数界定雨水排放系统的设计标准。设计暴雨重现期越大,雨水排放系统的泄洪能力越强,但工程投资费用也随之增高;反之亦然。受到社会经济的发展水平的限制,我国城市排水系统设计重现期按《室外排水设计规范》(GB 50014-2006)要求一般选用0.5~3 a,且多按下限取值进行设计,而很多发达国家只规定最低限值(一般为5~10 a),经济发达城市则选用更大的重现期,我国城市雨水排放系统的设计标准明显低于发达国家。因而,我国在城市暴雨内涝防治方面形成了一个误区:通常认为排水系统设计标准过低造成城市暴雨内涝频发,提高排水系统设计标准是防治城市暴雨内涝最直接有效的途径。现针对这一误区进行如下分析:

(1) 排水系统设计标准低下是我国城市暴雨内涝的一个重要的、但非唯一的成因。我国城市排水系统设计重现期大都采用1 a一遇,但从我国大部分城市暴雨内涝的发生频率看,近些年暴雨内涝发生的次数远不止每年一次。也就是说,按1 a一遇设计标准敷设的排水系统并不具有排放1 a一遇暴雨的能力,城市暴雨内涝的形成还受到其他因素的影响。因此,不能将城市暴雨内涝的成因仅仅简单地归结为排水系统设计标准过低。如果意识不到这一点,即使全面提高雨水排放系统的设计标准,也很难将设计重现期下的暴雨完全排除,遏制城市暴雨内涝的发生。

(2) 提高我国城市排水系统设计标准实施难度较大。首先,我国绝大多数城市已建立了较为完善的雨水排放系统,设计标准的提高需重新敷设雨水管线,投资巨大,且原有管线将被废弃,造成国有资产的浪费;其次,雨水管线大都敷设在城市路面以下,管线的改扩建需开挖路面,对城市局部区域的环境、交通等的影响也是一个值得关注的问题;再次,除了雨水管道外,城市地下有限的空间内还敷设了包括给水、污水、热力、煤气、电力、通信、煤气等多种管线,且各管线的间距都有明确的要求,一条雨水管线的改动很有可能牵连其他管线也随之改动;最后,在新建区域由于不涉及上述问题,提高排水系统设计标准具有较强的可行性,但对于经济欠发达地区,能否承受因设计标准的提高而引起工程投资的追加,必须考虑的现实问题。

因此,仅通过提高排水系统设计标准来防治城市暴雨内涝不但投资巨大、实施困难,且成效不大,是一个重大误区。为了促进雨水排放系统与城市建设协调发展,有效控制城市暴雨内涝的发生,应依据我国城市化进程及排水系统发展趋势,全面、深入地剖析城市暴雨内涝的成因,做到有针对性地提高我国城市雨水排放系统的排洪、泄洪能力,具有十分重要的现实指导意义。

2 我国城市暴雨内涝的成因

由于我国城市发展过程中针对城市暴雨管理缺乏科学而系统的规划,除了排水系统设计标准低下外,城市暴雨内涝的成因还包括城市下垫面不透水比例增加、暴雨洪峰流量增大、排水系统雨污混接现象普遍存在、地面沉降日趋严重、相关部门与专业缺乏沟通与合作等。

2.1 城市下垫面不透水比例增加

目前,我国正处于一个社会经济快速发展的时期,到处可见拔地而起、鳞次栉比的高楼大厦,城市道路也在不断地延长、拓宽,形成了巨大的不透水区域;而各城市为了追求经济利益的最大化,作为城市主要透水区域的绿地面积则被逐步蚕食,从而使城市下垫面不透水比例不断增加。据相关报道,随着建成区面积的增加,上海市城区地面综合径流系数由1950年的0.53变为2001年的0.71,径流系数增加了34%^[1],即在相同的汇水区域内,相同降雨场次的雨水径流总量将提高34%,大大加重了城市雨水排放系统的流量负荷。

因此,城市下垫面不透水比例不断增加,是城市暴雨内涝形成的主要成因之一。

2.2 暴雨洪峰流量增大

由于我国各城市雨水排放系统的逐步完善,再加上城市下垫面不透水比例的增加,提高了雨水汇流的水力效率,原有的天然河道也往往被裁弯取直,其总长度及河网密度均有明显下降^[2],堤岸也大都被人硬化,从而使雨水径流在排放过程中流速增大,雨水的地面集流时间、管道流行时间以及河道的行洪时间均随之减少,导致城市暴雨流量及洪峰流量加大,暴雨峰值提前^[3],从而增加了城市暴雨内涝形成的概率。例如,对北京市 1959 年和 1983 年某区域发生的两场雨量相似降雨的洪峰流量进行监测对比,总降雨深度分别为 103.3 mm 和 97.0 mm,最大 1 h 降雨深度为 39.4 mm 和 38.4 mm,但两者的洪峰流量分别为 202 m³/s 和 398 m³/s,后者较前者增加了近 1 倍^[4]。该区域若仍沿用原有的排水系统,虽然排水重现期没有变化,但已远远不能满足实际的排水需要。

2.3 排水系统雨污混接现象普遍存在

国内城市在排水系统建设初期大都采用直排式合流制,随着我国对环境污染防治日益重视,绝大部分城市已改造为截流式合流制或分流制;新建区域多采用分流制排水系统,我国很多城市的排水系统形成了合流制、分流制并存的混合排水体制。然而,由于我国城市排水系统的建设滞后于城市发展,部分城市排水系统执法监管不到位等原因,污水管道被人为接入或误接入雨水管网,实际上很多城市的分流制排水系统并未形成真正的分流制,雨污混接现象普遍存在^[5]。雨污混接使城市污水未经处理就通过雨水排放系统直接排入受纳水体,污染城市水环境;还由于“污”走“雨”路,污水占据了部分雨水的排放空间,在一定程度上消减了雨水排放系统的排洪能力。

2.4 地面沉降日趋严重

随着社会经济的发展和城市人口的激增,城市用水量也随之迅猛增长,再加上地表水资源的匮乏,一些城市不得不大量超采地下水资源以满足工农业生产以及居民生活用水的需求,导致区域地下水位下降严重。据我国水利部《2008 年中国水资源公报》的数据显示,截止 2008 年底,我国平原区地下水位降落漏斗数量共计 81 个,漏斗总面积 7 万 km²,且地下水位降落量、漏斗区个数及面积均呈现逐年增加的趋势。地下水位的下降导致了诸如天津、上海、杭州、沧州等我国几十座城市出现了不同程度的地面沉降、塌陷等^[6]。地面沉降不仅降低城市局部区域的地面高程,形成多处低洼地,影响雨水径流的地面收集,增加地表积水的几率,还有可能造成雨水管道下沉,管体的基础及结构被破坏,管道淤积、堵塞现象严重,甚至改变管道的原有坡向,导致雨水的出路被阻隔,大大降低了雨水排水系统的行洪能力。

2.5 相关部门与专业缺乏沟通与合作

城市暴雨管理是一个复杂而庞大的系统工程,涉及规划、城建、市政(给水排水)、环境、水利等多个部门和专业。然而,各部门、各专业之间长期各自为政、各行其是,缺乏必要的沟通与合作,是城市暴雨内涝的一个间接成因。例如,市政部门的给水排水工程专业与水利部门的水利工程专业均用暴雨重现期计算雨水排放量,但两专业的重现期却不一致,使整个城市的雨水排放设计不能达到一个统一的标准^[7]。即使采用相同的设计重现期取值,但水利部门主管的受纳水体蓄洪行洪能力有可能不满足市政部门雨水排放系统的泄洪需求,在遇到暴雨时,水体水位上涨,自由出流的雨水出水口淹没在水面以下,造成水体顶托、倒灌,严重影响城市雨水排放系统的泄洪效率^[8]。

3 城市暴雨内涝防治的应对策略

通过上述分析可知,城市暴雨内涝的成因复杂、影响因素众多,仅从某一方面着手,很难从根本上解决实质性问题。因此,本文基于发达国家城市暴雨管理的大量研究成果和成功实践经验,并结合我国城市排水系统的实际情况,提出以下城市暴雨内涝防治的应对策略以供参考。

3.1 以城市水系统健康循环理论为指导,加强各部门(专业)之间的合作与交流

完整的城市水系统循环由自然水环境、供水、污水、雨水、水处理与回用等几个环节构成,各环节之间相互影响,相互联系,是一个不可分割的有机整体,各个环节的良性发展才可能维系城市水系统的健康循环。城市暴雨管理必须兼顾城市水系统其他环节,加强各部门的沟通与合作、各专业间的交流与渗透,才能最大限度地发挥其效能,做到统筹考虑,共同发展。

(1) 在城市规划时,应充分考虑雨洪控制,不能仅为了追求经济利益的最大化而吞噬原有的城市绿地等透水下垫面;规划设计广场、商业区等城市功能区域避免大面积不透水下垫面成片出现,促进雨水下渗,有利于涵养城市地下水资源,减少城市雨水径流量的形成。

(2) 相关部门应制定法规并建立完善的监察机制,严格控制城市建设施工区域雨季时的水土流失,防止施工区域的泥沙等悬浮物进入并沉积在城市雨水管网,影响雨水排放系统的泄洪能力,增加管网系统的运行维护费用。

(3) 作为雨水径流的接纳水体,城市河湖的治理及改造除了水工结构、景观等方面要求外,还需兼顾行洪蓄洪的功能。河道的行洪能力应与城市排水系统的设计标准相匹配,减少水体顶托、倒灌现象的发生;条件允许时,还可充分利用水体进行雨水调蓄。

3.2 借鉴国际先进暴雨管理核心理念,促进城市雨洪控制技术体系的发展

很多发达国家经过几十年的理论研究和实践经验,已经逐步形成了系统的、有地域特色的城市暴雨管理体系。虽然各体系的名称、侧重点有所不同,但基本内涵和发展趋势殊途同归^[9],其核心理念可归结为暴雨管理源头控制、城市雨水回用、雨水多功能调蓄等。

(1) 暴雨管理源头控制

所谓暴雨管理源头控制是指在径流形成的源头或源头附近(即各种城市下垫面)利用自然资源(树木、灌木、绿地等)或人工构筑物分散消减雨水径流流量的一种技术手段,典型的技术措施有屋顶绿化、渗透绿地、雨水花园、透水路面、渗透沟渠等。与传统的在管道末端集中控制雨水流量相比,源头控制可以在径流进入雨水管道前消减雨水径流量,延长洪峰流量的形成时间,提高雨水排放系统的泄洪能力,减少多种污染物的产生及排放,降低雨水管道污染物的沉积量。由新西兰科学家提出、在美国发展并推广的低影响开发(low impact development, LID)便是一个以分散式暴雨源头控制为理念的城市雨洪管理体系^[10],加拿大的大温哥华区也于2005年颁布了《暴雨源头管理设计导则》^[11]。

(2) 城市雨水回用

雨水回用是一种有几千年历史的古老而传统技术,并一直在缺水国家和地区广泛应用。开展雨水回用可以减少地表水或地下水的取水量,从而增加地表水资源总量,涵养地下水资源,缓解我国城市普遍存在的水资源短缺、地下水位持续下降等城市生态问题;同时,雨水回用还可以作为雨水调蓄设施,消减雨水径流量和洪峰流量,从而缓解城市排水系统以及下游区域的排洪压力,减少雨洪对城市及下游区域生态环境的影响^[12]。通过科学构建回用系统、合理确定回用规模,即可取得可观的经济、环境及社会等综合效益。2006年,住房和城乡建设部还颁布了我国第一部与城市雨水回用有关的技术规范——《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB50400-2006),以促进城市雨水回用事业科学开展。

(3) 雨水多功能调蓄

雨水多功能调蓄是维持城市区域既定功能的基础上,在降雨时利用该区域的一定空间调节雨水洪峰流量,是一类综合性的高效利用城市宝贵土地资源的雨洪控制技术。例如,将城市的公园、广场、绿地、停车场、运动场等设施设置为下凹式,在平日里,这些设施可发挥其正常功能;遇到暴雨时,这些下凹式设施和周边地面之间形成的空间可用于调节雨水洪峰流量,缓解城市雨水排放系统的排洪压力。日本由于国土资源的稀缺和多发性水灾等自然因素,是提倡实施多功能调蓄最具代表性的国家^[13]。城市雨洪多功能调蓄对于城市用地日趋紧张的当今社会拥有良好的应用前景。

3.3 创建城市暴雨管理信息数据库,为城市暴雨管理体系的形成与完善提供数据支持

发达国家城市暴雨管理体系是在系统的城市暴雨水质、水量特征基础研究成果以及大量实际项目运行监测数据积累的基础上逐步形成的。早在1996年美国土木工程协会和国家环保署就联合创办了“国际暴雨最佳管理措施数据库工程”网站。作为全世界最早创建的城市暴雨管理信息数据库,迄今为止,该网站已搜集并公布了超过400项城市暴雨最佳管理措施(best management practices, BMPs)的研究进展及实际运行案例,并开始向低影响开发等其他管理体系拓展,大大促进了城市暴雨管理体系在设计、选型及运行管理等方面的信息交流与技术完善。

虽然我国的城市暴雨管理还没有真正形成一个完整的体系,与发达国家相比在该领域还有较大差距,但近些年从国家到地方均有大量的经费投入到暴雨管理相关的科学研究和工程示范,获得了大量宝贵的科研成果和实践经验。创建城市暴雨管理信息数据库有利于我国城市雨洪管理继续系统、深入地研究及实践推

广,减少低水平的重复研究,为城市暴雨管理体系的形成与完善提供数据支持。

4 结论

综上所述,我国城市暴雨内涝很大程度上是由于城市建设过程中忽略雨水问题而长期累积的后果,且还将在相当长的一个时期内困扰我国的许多城市。目前,我国正处于快速城市化进程中,如果仍不予以重视,城市雨洪问题将愈发凸显。城市暴雨内涝仅通过提高城市排水系统的设计标准并不能彻底解决,只有借鉴国内外发达城市的雨洪控制先进经验,结合各城市技术经济发展及雨水排放现状,制定科学合理的城市暴雨内涝应对策略,并建立完善的城市暴雨管理体系,才能有效提高城市对雨洪灾害的抵御能力。

参考文献:

- [1] 葛怡,史培军,周俊华,等. 土地利用变化驱动下的上海市区水灾灾情模拟[J]. 自然灾害学报,2003,12(3): 25-30.
GE Yi, SHI Peijun, ZHOU Junhua, et al. Simulation of flood disaster scenario under driving action of land use change in urb of Shanghai [J]. Journal of Natural disasters, 2003, 12(3): 25-30. (in Chinese)
- [2] 周洪建,王静爱,史培军,等. 深圳市1980-2005年河网变化对水灾的影响[J]. 自然灾害学报,2008,17(1): 5-8.
ZHOU Hongjian, WANG Jing'ai, SHI Peijun, et al. Influence of river network change in 1980-2005 on flood hazard in Shenzhen City, China [J]. Journal of Natural Disasters, 2008, 17(1): 5-8. (in Chinese)
- [3] 李俊奇,车伍. 城市雨水问题与可持续发展对策[J]. 城市环境与城市生态,2005,18(4): 5-8.
LI Junqi, CHE Wu. Rainwater problems and countermeasures for sustainable development in cities [J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2005, 18(4): 5-8. (in Chinese)
- [4] 周玉文,赵洪宾. 排水管网理论与计算[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,2000: 284-285.
ZHOU Yuwen, ZHAO Hongbin. Theories and Calculations of Urban Drainage Network [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2000: 284-285. (in Chinese)
- [5] 潘国庆. 不同排水体制的污染负荷及控制措施研究[D]. 北京: 北京建筑工程学院,2008.
PAN Guoqing. Study on Pollution Load and Control Measures for Different Drainage System [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2008. (in Chinese)
- [6] 张子贤. 城镇排水存在的问题及对策[J]. 河北工程技术高等专科学校学报,2002(3): 19-21.
ZHANG Zixian. The problems and countermeasures to urban drainage [J]. Journal of Hebei Engineering and Technical College, 2002(3): 19-21. (in Chinese)
- [7] 胡斌. 城市排水与防洪排涝设计中重现期的确定[J]. 中国市政工程,2004,(3): 44-45.
HU Bin. On determination of return period in design of urban drainage and flood control & draining [J]. China Municipal Engineering, 2004(3): 44-45. (in Chinese)
- [8] 张志军. 邯郸市排水系统运行状况分析[J]. 中国给水排水,2009,25(4): 15-18.
ZHANG Zhijun. Analysis on operation of urban drainage system in Handan [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(4): 15-18. (in Chinese)
- [9] Prince George's County, Maryland. Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach [M]. US: Maryland Department of Environmental Resources, 1999.
- [10] 车伍,吕放放,李俊奇,等. 发达国家典型雨洪管理体系及启示[J]. 中国给水排水,2009,25(20): 12-17.
CHE Wu, LYU Fangfang, LI Junqi, et al. Typical stormwater and flood management system in developed countries and their inspiration [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(20): 12-17. (in Chinese)
- [11] Greater Vancouver Regional District. Stormwater Source Control Design Guidelines 2005 [M]. Canada: Greater Vancouver Sewerage & Drainage District, 2005.
- [12] 张炜,李思敏,孙广垠,等. 雨水回用对城市水循环和下游生态环境的影响[J]. 水利水电科技进展,2010,30(3): 50-52.
ZHANG Wei, LI Simin, SUN Guangyin, et al. Influences of rainwater harvesting on urban water circulation and downstream ecological environment [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2010, 30(3): 50-52. (in Chinese)
- [13] 车伍,张燕,李俊奇,等. 城市雨洪多功能调蓄技术[J]. 给水排水,2005,31(9): 25-29.
CHE Wu, ZHANG Yan, LI Junqi, et al. Multi-functional storage of rainwater in urban area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2005, 31(9): 25-29. (in Chinese)