

城市雨洪多功能调蓄技术

车 伍¹ 张 燕¹ 李俊奇¹ 刘 红² 何建平² 孟光辉² 汪宏玲²

(1 北京建筑工程学院, 北京 100044; 2 北京市城市节水办公室, 北京 100036)

摘要 在城市雨水排放系统中建造雨水多功能调蓄设施既可以减少雨水资源的流失, 有效地利用城市雨水、削减洪峰流量、缓解城市水涝, 又可以高效率地利用宝贵的土地资源, 为城市创造优美的景观、改善城市生态环境。简略地论述这种设施在国外的应用情况, 并以北京为例, 讨论了多功能雨水调蓄措施在北京和我国其他城市的推广应用情况。

关键词 城市雨水 多功能调蓄 缓解水涝 生态环境 城市景观

Multi-functional storage of rainwater in urban area

Che Wu¹, Zhang Yan¹, Li Jun-qi¹, Liu Hong²,

He Jian-ping², Meng Guang-hui², Wang Hong-ling²

(1. Beijing Institute of Civil Engineering & Architecture, Beijing 100044, China;

2. Beijing Water Conservation Office, Beijing 100036, China)

Abstract: In the municipal rainwater drainage system, multi-functional storage (MFS) of stormy water can cut down the peak flow, mitigate flooding, utilize effectively the land resources, create beautiful city sights and improve urban ecological environment. This article reviews the application of MFS abroad and discusses its promotion in Beijing and other cities in this country.

Keywords: Urban stormy water; Multi-functional storage of stormy water; Flood mitigating; Ecological environment; Urban sight

我国水资源的紧张状况在以城市为中心的地区尤为突出。在全国 600 多座城市中, 有一半以上的城市缺水, 其中 108 座严重缺水。一方面, 这些城市遭受严重缺水的困扰, 地下水资源被超量开采, 地下水位逐年下降; 另一方面, 暴雨峰流量逐年增加, 每年的雨季城区大量的雨水外排, 城市排水系统不堪重负, 暴雨在许多城市造成严重的水涝灾害, 损失巨大。仅以 2004 年 7 月 10 日和 12 日分别发生在北京和上海的暴雨为例, 这两座城市先后遭受了暴雨袭击, 造成市区大范围的水涝, 严重阻碍城市交通, 由此带来巨大的经济损失和恶劣的社会影响。城市的高速发展导致大量雨水资源的流失和水涝灾害并由此引发一系列的城市生态环境和社会问题, 已经成为城市可持续发展的重要制约因素。如何科学合理地利用城市雨水资源、有效地削减暴雨径流和水

涝, 近年来成为一个广受关注的重大课题, 北京已经开始大量地推广雨水利用技术, 越来越多的城市也在开展相应研究或应用^[1~7]。

合理利用城市雨水资源不仅能缓解缺水矛盾, 还能减少暴雨径流带来的危害, 改善城市生态环境, 促进经济的发展。但城市雨水利用是一项复杂的系统工程, 涉及到城市建设的方方面面和许多学科, 因此对城市雨水利用的科学性也提出更高的要求。

1 多功能雨水调蓄概述

1.1 多功能调蓄的定义、发展和意义

城市雨水多功能调蓄是充分体现可持续发展的思想, 以调蓄暴雨峰流量为核心, 把排洪减涝、雨洪利用与城市的景观、生态环境和城市其他一些社会功能更好地结合, 高效率地利用城市宝贵土地资源的一类综合性的城市治水和雨洪利用设施。通过合

理的设计,这些设施能较大幅度地提高防洪标准,降低排洪设施的费用,更经济、显著地调蓄利用城市雨水资源和改善城市生态环境。

多功能调蓄是在传统的、功能单一的雨水调节池的基础上发展起来的(见图1),这类设施与一般雨水调节池的最明显的区别是,暴雨设计标准较高,规模大,而在非雨季或没有大的暴雨时,这些设施可以全部或部分地正常发挥城市景观、公园、绿地、停车场、运动场、市民休闲集会和娱乐场所等多种功能,从而显著提高对城市雨洪科学化管理与利用的水平和效益/投资比。

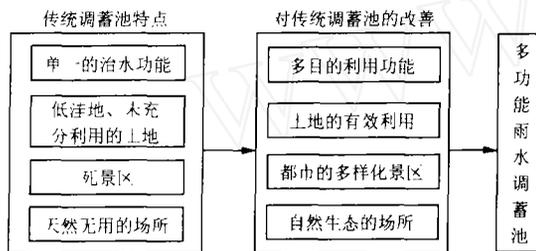


图1 多功能调蓄的发展

用图2所示断面简略地说明多功能调蓄设施的概念和具体运用。在非暴雨季节,调蓄池保持干的状态或维持较低的正常水位,有水区域在常水位较小的水位变化范围里主要起到景观、雨水的调蓄利用和改善生态环境等作用;在无水和水位之上的高地区域则可以建造绿地、停车场、运动或其他活动场所。当发生多年一遇的大暴雨时,利用常水位和最高水位(专门设计的溢流口处)之间巨大的空间来贮存调蓄暴雨峰流量,减少洪峰对周边或下游重要区域的水涝灾害,暴雨过后再通过利用、排放、下渗、蒸发等逐渐恢复到正常水位。调蓄容量、集水放水方式和时间、溢流口大小、景观和安全防护措施等等具体设计应该根据汇水流域、安全要求、水涝可能造成的损失评价和其他现场条件综合考虑,整个设施的设计更需要通过复杂的程序包括技术经济分析和多专业的综合分析来完成。

由于设计的暴雨发生概率很低,在达到安全排洪减涝和雨水利用目的的同时,使城市稀缺的土地资源得到更充分的利用,多功能利用包括创造城市水景或湿地,为动植物提供栖息环境,改善城市景观和生态环境,增加地下水补给,创造城市公园、绿地、

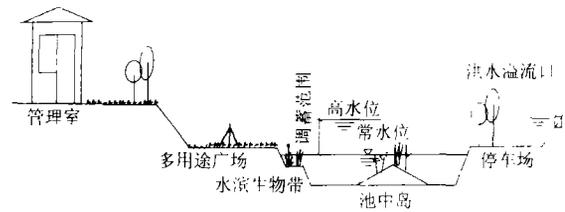


图2 多功能调蓄设施断面示意

停车场、运动场、市民休闲集会和娱乐场所等。

近二十年来,一些发达国家在城市雨洪的科学化管理领域(包括防洪涝、治水、雨洪资源利用、雨水径流的污染控制和城市生态修复等分支)取得很大的发展和成效,创立了比较系统的科学与技术体系。城市雨洪控制与利用的多功能调蓄就是在这种背景下应运而生。

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。在日本,这种设施大致经历了以下发展过程:

准备期。时间主要集中在20世纪70年代,这段时期主要是对多功能调蓄设施进行一些研究和示范性的应用。

发展期。时间主要集中在20世纪80年代,这段时期主要是对多功能调蓄设施开展更广泛地应用并进行经验的积累和总结。

飞跃期。时间主要集中在20世纪90年代,这段时期多功能调蓄设施得到了广泛的推广运用,在多方面取得了显著的成效。

1.2 分类

多功能雨水调蓄池从功能上可以分为三大类:一是利用低凹地、池塘、湿地、人工池塘等收集调蓄雨水。雨水汇入调蓄池之前应该进行必要的截污处理,再充分利用调蓄池内的水生植物如芦苇、菖蒲、睡莲、水葱等和其他生物资源对集蓄的雨水进行净化处理,防止水质恶化,保持水体良好的生态景观效果;二是将其建成与市民生活相关的设施,如利用凹地建成城市小公园、绿地、停车场、网球场、儿童游乐场和市民休闲锻炼场所等,这些场所的底部一般都采用渗水的材料,当暴雨来临时可以暂时将高峰流量贮存在其中,并作为一种渗透塘,暴雨过后,雨水继续下渗或外排,并且设计在一定时间(比如48小时或更短的时间)内完全放空,这种雨水调蓄设施多

数时间处于无水状态,可以用作多功能场所。从整个水循环系统看,它还可以有效地削减水土的流失,补充地下水。三是在地下建设大口径的雨水调蓄管。

2 多功能雨水调蓄设施在国外的应用

日本全国年均降雨量为 1 800 mm,高于世界平均的 800 mm,年径流量为 6 700 亿 m³,洪水曾是日本主要的自然灾害之一。20 世纪 80 年代,日本建设省就开始推行雨水储留渗透计划,利用雨水补充涵养地下水、复活泉水、恢复河川基流,调蓄削减洪峰流量,减少洪涝灾害。而日本是一个岛国,土地资源十分宝贵,因此从 20 世纪 70 年代就开始研究多功能调蓄,以充分发挥土地的效益。

例如位于日本千叶县的长津川调蓄池,它的储蓄量为 170 000 m³,面积为 66 000 m²,调蓄高度为 4.4 m。修复和整治该地区的生态环境时考虑了当地居民的需要,以“家乡的河川、典型的河川”为主题设计的多功能调蓄设施广场,由湿地、跑步道、草坪广场和游戏广场等组成。周围堤岸上设计保留了原有的地形、地貌和植被、植物。湿地周边水生植物茂盛,坡面上做了绿化,在保持良好的净化作用的同时使景色清新自然,吸引了附近居民和儿童前来休闲、玩耍。在长津川调蓄设施中包含了两种雨水多功能调蓄池,景观池属于第一种,而游戏广场、草坪广场则属于第二种。在枯水期,景观池中的水位于常水位,维持整个调蓄设施中唯一的亲水区域,人们可以到这里来散步、娱乐和休闲;在丰水期,当暴雨来临时,警报提醒游人疏散,此时的游戏广场、草坪广场作为雨水调蓄渗透塘进行蓄水,暴雨过后储蓄的雨水下渗,在削减洪峰流量的同时补充地下水源。类似的多功能调蓄设施在日本还有许多,表 1 汇总了

部分有代表性的实例^[8]。

由于各国的自然条件和发展水平不同,雨水多功能调蓄的具体运用也有所不同,如美国的蓄洪排涝设施也有许多在旱季用作孩子们踢球游玩的场所;德国有不少将雨水的输送和储存与城市景观建设、环境改善融为一体,既有效利用了雨水资源,减轻了排水和处理系统的压力,也缓解了水涝的发生。

3 多功能雨水调蓄在我国城市的推广

北京是全国政治、文化中心,多年平均降雨量不到 600 mm,人均拥有水资源在世界 120 多个国家的首都及大城市中居百位之后;可利用水资源 40 亿 m³,其中地表水 15 亿 m³,是世界上最缺水的城市之一。严重缺水已成为制约经济和社会发展的主要因素。可是每年的暴雨季节,大量的雨水流失,造成城区水涝,给人们的生产和生活带来了很大的不便甚至是灾难性的损失。如 2004 年 7 月 10 日北京城区 5 小时平均降雨量达到 70 mm,造成 70 多个路段严重积水,数千辆汽车被淹,数十条交通线路中断^[9],造成极大的损失和影响,引起市政府和社会的普遍重视。王歧山市长就尖锐地指出,北京人天天盼水,水来了又怕水,这暴露出北京城市建设、市政基础设施等方面存在“软肋”。它不仅又一次向人们敲响警钟,也给专业科技工作者提出一个迫切需要解决的难题。

北京和我国许多的城市都同时面临严重缺水、雨水径流对城市水系的严重污染和城区多发性水涝的困扰,也十分重视城市生态环境的保护和修复。北京已经有多年雨水利用研究与应用基础,土地资源也越来越紧缺和昂贵。因此,继续深入开展多功能调蓄技术研究无疑具有前瞻性,符合城市可持续

表 1 日本城市雨洪多功能调蓄设施应用实例

地点	储存量/m ³	调蓄池面积/m ²	水深/m	构造形式	多功能利用
埼玉县	700 000	316 000	2.9	河川洪水溢流堤调节池	景观池、校园、公园、底层架空式批发商业中心
埼玉县川越市	45 590	25 900	4.4	挖掘式	公园、运动场所(网球场、门球场)
庆应私立大学校园	50 130			挖掘式调节池、地下储存池	景观池、停车场、空地
千叶县佐仓市	30 745	9 060	5.0	挖掘式调节池	公园、景观池、花坛、喷水池等
神奈川县横滨市	6 045	10 210	0.6	挖掘式调节池	高尔夫球场、练习场、停车场
东京新宿区	30 000	10 000	3.5	河川洪水溢流堤/挖掘式	住宅、公园
千叶县船桥市	170 000	66 000	4.4	河川洪水溢流堤调节池	景观池、草坪广场、游戏广场
青森县青森市	590 000	263 200	4.0	河川洪水溢流堤调节池	小学、中学、驾驶训练中心

发展的战略思想,以北京为例来讨论多功能调蓄的应用对我国许多城市也是十分必要和具有重要意义。

一般的雨水储存最大的问题是储存池容积受到限制,不容易达到明显调蓄暴雨洪峰的目的,而且占地和投资都大,闲置时间长,影响雨水利用系统的经济性,在降雨集中、暴雨多的地区和城市,这个问题尤为突出。

我国较大规模的城市雨洪调蓄利用主要体现(局限)在一些已有的湖泊、水库、河道和少量的城市湿地等,也有少量的利用地下大型管渠或调节池调节暴雨峰流量,大量应用受到许多限制。如何结合我国城市发展的现实,根据当地的降雨条件、雨水径流水质、城市生态环境状况、基础设施建设与发展水平、以及城市的总体规划,科学、合理、安全地设计这种新型的生态型雨洪多功能调蓄利用设施,还有许多问题和复杂的因素需要考虑,有待通过深入的研究来逐步地推广实施。

3.1 北京城区雨水资源及其利用

城市化的发展使得北京建成区面积不断增大,1986~2002年建成区面积变化见图3(根据《北京年鉴》的数据整理)。

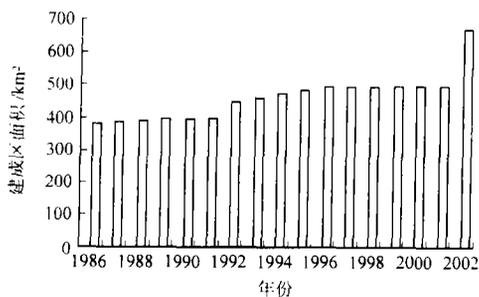


图3 1986~2002年北京建成区面积

从图3中数据可以看出,在十几年时间内,北京建成区面积扩大了近1倍。城市面积的扩大意味着城市不透水面积也相应增加,雨水径流量也随之增加。根据1986~2002年统计的年降雨量可大致估算出每年产生的雨水径流量(按北京城区综合径流系数 $\psi=0.55$ 计算),结果见图4。图4表明,即使在枯水年(1999年),产生的径流量也有7194.42万 m^3 ,而丰水年(1994年降雨量813.2mm)产生的径流量高达20886.15万 m^3 。

1998年以来,北京建筑工程学院、北京市城市

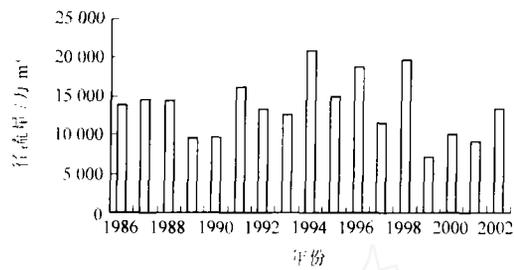


图4 1986~2002年北京城区产生的雨水径流量估算

节水办、北京市水利局等积极开展了城市雨水资源利用的研究和示范工程,已经有十多个不同类型与规模的雨水利用工程投入运行,雨水利用已纳入北京总体规划修编内容和全市范围的推广计划;包括东方太阳城和奥运场馆等大型雨水利用工程在内的许多雨水利用项目都在设计或建设中。北京的雨水利用也带动了其他一些城市积极开展这方面的研究和应用工作。但至今的这些研究和应用还主要是集中在雨水的收集储存利用和渗透两大分支领域,上述意义的城市雨水多功能调蓄设施还很少涉及。

3.2 多功能雨水调蓄的应用

北京积极开展系统的雨水利用无疑有利于减少雨水资源的流失和缓解缺水局面,但对削减多年一遇的暴雨洪峰,从根本上解决城区的水涝(不完全统计,经常严重淹水区域41处)显然还远远不够。

图5是北京近十年来的月平均降雨量。很明显,北京的降雨非常不均匀,主要集中在5~9月(占全年降雨量的85.7%以上),而且多以暴雨的形式出现,我国许多城市的降雨规律也类似。如果在雨水利用系统中靠普通的储存池对这些雨水进行调蓄以达到削减洪峰的目的,那么所需的池体规模、投资和占地都将十分庞大,而在一年中的绝大部分时间又处于闲置状态。这对寸土寸金的北京而言,显然是不经济的,从雨水工程的投资回收期看也是不经济的。

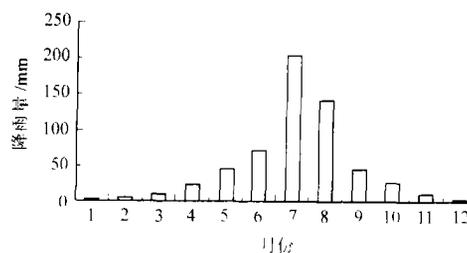


图5 北京近十年来月平均降雨量

我国正在进行新一轮的土地利用总体规划修编,树立和落实科学发展观,推行严格的土地管理制度,切实保护耕地特别是基本农田,保护土地生态环境,严格控制建设用地规模。对科学地利用城市宝贵的土地资源也提出了更高要求。在城市采用多功能雨水调蓄设施,暴雨季节可以用于雨水的储存渗透利用和蓄洪,而在非暴雨季节可用于其他的用途,实现合理、经济地利用有限土地资源的目的。例如,北京城市的绿化覆盖率逐年提高,从1988年的25%增至2002年的40.6%,按建成区面积计算,2002年的绿化面积约有257 km²。利用部分绿地,在合适的位置或条件下建成多功能雨水调蓄设施,比如建成风景雅致的小公园,丰富和改善城市景观,在暴雨季节才用作雨水储存或渗透,从而实现充分发挥土地资源的效益和有效地利用城市雨水资源、控制水涝、改善环境等一举多得的目的。

在北京某住宅区雨水利用项目中采纳了多功能调蓄的设计思想,利用大面积的景观湖调蓄雨水,常水位以上是绿地和高尔夫球场。当发生多年一遇的暴雨时,水位上升,淹没部分高尔夫球场区域,雨后通过雨水利用、蒸发和渗透使水位逐渐恢复到常水位。既增加雨水的调蓄利用量,又提高了小区的防洪标准,湖滨带的生态设计还改善小区的整体生态环境。

4 结语

雨水多功能调蓄特别适用于城乡结合部、卫星城镇、新开发区、大型生态住区或保护区、公园、城市绿化带、高速路和立交桥附近的绿化带、城市低洼地、有足够的汇水面和径流量排洪压力大的区域等。例如,在北京新的总体规划中的“两带”和环绕城区的生态绿化带、奥林匹克公园、一些地势较低经常遭受水涝灾害的区域等,都可以因地制宜地考虑采用这种设施。

综上所述,对于缺水和水涝严重的城市,多功能雨水调蓄是一种综合性的生态型治水方案。因地制宜地研究实施适用的多功能调蓄设施,科学地开发利用城市雨洪,不仅可增加可用水资源,回补地下水,缓解城市严重的缺水局面,还要能明显地削减洪峰流量,提高城市防洪防涝标准,改善城市环境,充

分地利用土地资源,最大限度地发挥城市土地资源的综合效益。

参考文献

- 1 车武,刘红,汪慧贞,等.北京市屋面雨水污染及利用研究.中国给水排水,2001,17(6):57~61
- 2 车武,李俊奇.从第十届国际雨水利用大会看国内外城市雨水利用的现状与趋势.给水排水,2002,28(2):12~14
- 3 车伍,李俊奇.生态住宅小区雨水利用与水景观系统一案例分析.城市环境与城市生态,2002,15(5):34~36
- 4 李俊奇,车武,孟光浑等.城市雨水利用方案设计与技术经济分析.给水排水,2001,27(12):25~28
- 5 李俊奇,汪慧贞,车伍.城市小区雨水渗透方案设计.水资源保护,2004,20(3):13~14
- 6 陈卫,孙全文,孙惠.城市雨水资源利用途径及其生态保护.中国给水排水,2000,16(6):26~27
- 7 徐航,何晶晶,宋兵年.城市雨水的“防洪、减污、回用”.中国给水排水,2001,17(2):61~64
- 8 雨水贮留浸透技术协会(1).エコロジカルポンド計画・设计の手引き.山海堂,1998
- 9 李俊奇,车伍.城市雨涝问题及其对策.建设科技,2004,15:48~51

◎通讯处:100044 北京市西城区展览馆路1号

电话:(010)68322407

收稿日期:2004-10-09

深圳市未来5年拟投资202亿元治污

深圳市政府拟在未来5年内投资202.25亿元用于建设污水处理厂、截污干管以及清淤疏浚和修复生态等水污染治理项目,以改善市、区内河流以及近海水域水质。202.25亿元总投资中,计划用60多亿元新增污水收集管网和沿河截污干管720 km,使全市污水管网总长达2700 km;用40多亿元新建、扩建、改建17座污水处理厂(包括污水深度处理部分),建成后新增198万m³/d的污水处理能力,预计到2010年,城市污水处理率可由目前的37%提高到75%;用100亿元对主要河流大力实施清淤疏浚、修复生态工程。

目前,总体投资计划基本确定,并积极利用市场机制吸引社会资金,预计届时可吸收社会资金近80亿元。

(邹安平)