

城市水系统健康循环的实施策略

张 杰, 熊必永

(北京工业大学 北京市水质科学与水环境恢复工程重点实验室, 北京 100022)

摘 要: 为给城市用水提供科学依据,在系统分析人类社会用水循环与自然循环的相互关系基础上,剖析了水恶性循环的原因,讨论了水健康循环的内涵及功能,并给出了系统的实施策略. 结果显示,建立水健康循环是解决水危机的有效途径,在这些策略中,污水深度处理的普及和再生水有效利用系统是实现水资源可持续利用和水环境恢复的关键. 这些策略具有系统、综合和宜于实施的特点. 在深圳、大连进行的相关实践证明了它们的适用性.

关键词: 水健康循环; 可持续利用; 再循环; 污水深度处理; 再生水

中图分类号: X 192

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2004)02-0185-05

水是人类社会经济发展的基础自然资源,也是人们生存、生活不可替代的生命源泉. 但是目前全球一半的河流水量大幅减少或被严重污染,世界上 80 个国家或占全球 40% 的人口严重缺水^[1]. 水资源危机已经成为当今世界许多国家经济发展的制约因素.

在我国,虽然水资源总量约有 2.8 万亿 m^3 ,但是人均占有水资源量不足 2 200 m^3 ,约为世界人均水量的 1/4,列世界第 121 位^[2],是一个不折不扣的贫水国. 而今后 20 a,城市发展和城镇化的加快必然进一步加剧水危机. 2000 年,全国城镇化水平已经从 1949 年的 10.6% 提高到 36%,预计我国 2020 年的城镇化水平将达到 50% 左右,城镇总人口约为 7.5 亿^[3]. 按照传统的城市用水模式,大规模的城镇化进程,也必将引起城市水循环的破坏、城市与流域水环境的劣化,最终导致水资源的不可持续利用. 因此,正确认识水循环的规律,使城市水事活动服从水健康循环的要求,求得水资源的可持续利用,满足我国经济持续发展的需求,是水环境工作人员面临的急需解决的难题,也是保障我国社会经济发展的迫切要求.

1 水的循环

水在自然界中以固态、液态、气态 3 种存在方式不停地循环运动:海水蒸发变成云,云又以雨或雪的形式降到地面,部分蒸发,部分渗入地下或汇入河川形成地下、地表径流,最终又回归大海. 这种周而复始的大循环称为水的自然循环.

水的社会循环是指在水的自然循环当中,人类不断地利用其中的地下或地表径流满足生活与生产活动之需而产生的人为水循环. 例如,城市从自然水体中取水,经过净化处理后供给工业、商业、市政和居民使用,用后的废水经排水系统输送到污水处理厂,处理之后又排回自然水体. 这就是水的社会循环,又称水的小循环.

水的自然循环和社会循环交织在一起,水的社会循环依赖于自然循环,又对水的自然循环造成了一定程度上的负面影响. 但是,只要在水的社会循环中,注意遵循水的自然循环规律,重视污水的处理程度,使得排放到自然水体中的再生水能够满足水体自净的环境容量要求,就能够使自然界有限的淡水资源为人类重复地、持续地利用.

收稿日期: 2004-03-11.

基金项目: 北京市教委基金资助项目(KP0403200101).

作者简介: 张杰(1938-),男,辽宁本溪人,教授,博士,博士生导师,中国工程院院士.

2 水的恶性循环及成因

尽管人类文明的兴衰与水息息相关,但是人们对此的认识却是远远滞后的.近半个多世纪以来,人类在现代社会经济飞速发展的同时,过度开发使用包括水资源在内的各种自然资源,对水环境造成了极大的破坏.在我国,这个问题就显得更加突出.

我国 660 多个城市有 400 个缺水,其中大部分属于因污染导致的水质型缺水.每年水污染造成的经济损失约为全年 GNP 的 1.5%~3%^[2].如再不及时采取系统措施从根本上解决水问题,将产生不可逆转的灾难性后果.

更为严峻的是,我国江河污染的严重势态还没有得到有效遏制,整体环境质量还在恶化.2000 年我国的长江、黄河、松辽、珠江、海河、淮河、太湖流域及浙闽片、内陆片主要河流重点评价的河段中,IV 类水质以下水体所占比例高达 41.3%^[4].与此同时,城市内及其附近的湖泊普遍已严重富营养化,例如滇池含有的藻类达 3 000 万个/L,此外,全国以地下水源为主的城市,地下水几乎全部受到不同程度的污染.

造成这种状况的原因是,迄今为止人们对社会用水的健康循环认识不足,肆意取水和排放.对水循环和水环境的规律缺乏系统研究,只知用水不知再生,水的循环被人为割裂,只是片面地对其中的某个环节进行研究和处理,缺乏系统、整体的观念,因而在政策、投资、管理等方面出现偏差,这正是目前我国投入大量资金控制污染、治理环境,而整体水环境质量仍在恶化,投资成效并不令人满意的深层次原因.这又进一步导致在水的社会循环中,取用水越来越难,加剧了水的供需矛盾,直接导致过度开发的恶果,使水的自然循环状况更加恶化.

3 水的健康循环

水是可以再生、循环利用的自然资源,如果水的社会循环是良性、健康发展的,地球上有限的淡水资源可以不断循环地满足人类社会发展的需要.解决这种综合水危机的根本途径在于实现城市水系统健康循环(健康社会水循环).这是针对人们滥排污水和丢弃废物、滥施农药与化肥而提出的,是拯救人类生存和永续发展空间的根本性战略.舍此,城市就失去了发展的根本和保障,建设全面小康社会的宏伟目标也就无从实现,人类和城市就不可能持续生存和发展.

水的健康循环是指在水的社会循环中,尊重水的自然运动规律和品格,合理科学地使用水资源,同时将使用过的废水经过再生净化,使得上游地区的用水循环不影响下游水域的水体功能,水的社会循环不损害水自然循环的客观规律,从而维系或恢复城市乃至流域的良好水环境,实现水资源的可持续利用.

这就是说,社会循环从自然界中取用的是水质良好的自然水,还给水体的也应该是为水体自净所允许的、经过净化了的再生水.由此可见,在水的社会循环中,污水处理厂是维持水社会循环得以健康发展的关键,起到净化城市污水,制造再生水的作用.

4 城市水系统健康循环的实施策略

建立循环型社会,是解决现行社会问题和社会可持续发展的必然之路,而水健康循环则是循环型社会中重要的组成部分和前提条件.要建立水系统健康循环,就要求在水社会循环中减少取水量,降低污染负荷,恢复河湖清流.其基本实施策略如图 1 所示.

4.1 节制用水

水资源的短缺和污水处理费用的昂贵,要求每

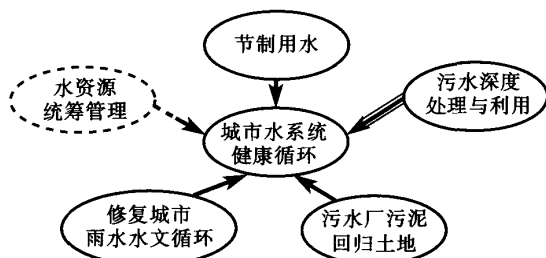


图1 水系统健康循环实施策略示意图

Fig.1 Sketch map of implementation strategy for healthy water cycle

个城市都要大力节制用水,以缓解水荒和经济重负。节制用水是为了人类的永续发展,将水视为宝贵的有限的天然资源,在国土规划上要将水系流域和城市统筹考虑,渗入节制用水的理念,在保障适宜生态环境用水基础上,合理规划、调整区域经济、产业结构和城市组团,促进工艺改革,提倡清洁生产与节水产业,采取以供定需,合理分配水资源,不断提高用水效率。

节制用水既降低了环境污染负荷,又有助于维持生态系统的良好状态,是提高资源利用效率的最优途径。在解决水危机策略中必须确立节水优先的地位。这就要求必须加强全民的节水意识教育,提高市民对水资源、水环境、水循环的认识。大力促进节水技术和节水器具的普及实施,对于流域水环境恢复和建立节水型、循环型社会有深远的积极影响。

4.2 污水的深度处理和有效利用

欲维系健康水循环的功能,污水处理程度与普及率是应认真讨论的。诚然,提高污水二级处理普及率是控制水污染、恢复水环境必不可少的措施。但是国内外实践证明,仅仅依靠提高二级处理普及率是远远不够的。

2010年、2030年全国污水二级处理普及率分别达到50%和80%时,城市污水对水环境的污染负荷并不会明显减弱,近岸海域、江河湖泊的污染趋势将仍然得不到遏制。这是由于污水处理率虽在增加,但污水排放总量也在增长,使得污染负荷总量削减有限。因此,在提高污水二级处理普及率基础上,推进污水深度处理的普及和再生水有效利用,就是解决水资源危机,建立健康水循环的必然选择^[5]。

然而,普及二级处理的工程费用和维护费用已经十分惊人了,要达到上述污水处理率,污水处理设施的投资预计约为年均230亿元,这还不包括昂贵的运行费用。要普及深度处理,各级财政无疑更难以承受。如果在二级处理基础上进行深度处理,是将排放的处理水变成再生水,使之成为稳定的城市水源的重要组成部分,这也是最大力度地节约自然资源。同时通过再生水的出售减轻政府财政负担。

当前我国每天产生1亿多 m^3 的污水,如果利用其中的20%~30%,就可以解决近10~20a的城市水资源的不足;不但缓解了水资源的不足,同时减少了社会循环的流量,也减轻了环境污染,对改善水环境,解决水资源短缺具有战略意义;此外,还能带动污水处理事业的发展,取得更大的环境效益和社会效益。在闭锁性水域地区和缺水地区舍此别无出路,就是在水资源丰富地区,也是保持健康水循环的良策^[6]。

在建筑中水、小区中水、城市(区域)中水道这几种污水再生回用方式中,城市中水道具有经济、高效、可靠等诸多优点,已经逐渐成为发展的主导方向。

城市中水道是从城市整体角度出发,含污水处理、深度净化、管道输送系统在内的,以城市污水为源水的城市第2供水系统。这种城市范畴上的再生水供应系统是城市水系统走向健康循环的桥梁,是我国水环境恢复,达成水资源可持续利用的切入点^[7]。

目前,国内外诸多污水回用工程的成功实例^[8-12],已经有力地证明了这一措施在维持良好水环境和水资源可持续利用方面的巨大作用。

4.3 几点建议

1) 建立有机垃圾、污水厂污泥回归土地 污泥、有机垃圾是优良的有机肥源,如果制成肥料回归农田就减少了化肥用量,是减少农田径流营养物负荷的重要手段^[13]。既可恢复和维持土地营养物质的自然循环平衡,保持和提高土壤肥力,改善土壤结构,又可减少对水环境的二次污染,这是污泥、有机垃圾的正当出路,也是建立城市水系统健康循环的重要因素。

2) 修复城市雨水水文循环途径 通过雨水渗透和贮存修复雨水水文循环途径,从而抑制暴雨径流、削减洪峰流量、减少城市型洪水灾害,同时还对涵养地下水,增加河流枯水量以及改善河流水质,维系河川与两岸生态系统的繁茂都具有显著作用,是城市水系统健康循环不可缺少的途径。北京等地已经开始了雨水利用的研究和实践,取得了良好效果^[14]。

3) 促进水资源统筹管理 在目前我国水资源紧缺和水污染问题越来越突出的情况下,应该将原来那种水量与水质分开、地表水与地下水分开、供水与排水分开、城市与流域分开的管理体制,改为对城市和农村实

行不供水、节水、污水处理及其回用、水资源保护等统筹管理的新体制,以利于促进水资源的开发、利用和保护,有利于统筹解决洪涝灾害、水环境恶化等问题,保障城市经济的可持续发展和水资源的可持续利用。

5 结束语

城市发展和城镇化是实现全面小康社会宏伟目标的必然过程,然而按照传统的城市用水模式,大规模的城镇化进程,也必将引起城市水循环的破坏、城市与流域水环境的劣化,最终导致水资源的不可持续利用。

解决这种综合水危机的根本途径在于实现城市水系统健康循环(健康社会水循环),在其实施策略中,城市范畴上的再生水供应系统是关键,是我国水环境恢复的切入点。虽然我国城市水系统现状与达成健康循环相比还有很大差距,但是面对我国水资源、水环境的严峻形势,水危机已经受到国人越来越多的关注,引起了政府部门的高度重视。国家中长期科学和技术发展规划战略研究中,水问题是备受瞩目的重点议题之一。开展社会用水健康循环的科技研究和示范工程建设,倡导用水新理念,实现城市水系统健康循环和水资源的可持续利用,保障我国建设全面小康社会宏伟蓝图的顺利实现。

致谢:本研究在深圳、大连、北京等市进行了实际规划或试验研究,对给予资助的北京市教委等部门表示诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 联合国环境规划署. 全球环境展望 3[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 146-153.
United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 3[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2002. 146-153. (in Chinese)
- [2] 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001. 28-31, 1-3.
QIAN Zheng-ying, ZHANG Guang-dou. Report of Strategic Study on Water Resources for Sustainable Development of China[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2001. 28-31, 1-3. (in Chinese)
- [3] 叶耀先. 中国城镇化的进展和未来 [J]. 建筑学报, 2002(1): 46-48.
YE Yao-xian. The development and future of urbanization in China[J]. Journal of Architecture, 2002(1): 46-48. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国水利部. 2000 年中国水资源公报 [EB/OL]. <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/zgszygb/20000101/15341.asp>, 2001-07-01/2004-02-26.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. China Water Resources Bulletin (2000)[EB/OL]. <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/zgszygb/20000101/15341.asp>, 2001-07-01/ 2004-02-26. (in Chinese)
- [5] 张杰, 熊必永, 李捷, 等. 污水深度处理与水资源可持续利用 [J]. 给水排水, 2003, 29(6): 29-32.
ZHANG Jie, XIONG Bi-yong, LI Jie, et al. Advanced wastewater treatment and sustainable water utilization[J]. Water & Wastewater Engineering, 2003, 29(6): 29-32. (in Chinese)
- [6] 张杰. 我国水环境恢复与水环境学科 [J]. 北京工业大学学报, 2002, 28(2): 178-183.
ZHANG Jie. Water environment recovery and its subject in China[J]. Journal of Beijing Polytechnic University, 2002, 28(2): 178-183. (in Chinese)
- [7] 熊必永, 张杰, 李捷. 深圳特区城市中水道系统规划研究 [J]. 给水排水, 2004, 30(2): 16-20.
XIONG Bi-yong, ZHANG Jie, LI Jie. Study on the planning of urban reclaimed water supply system in Shenzhen special economic zone[J]. Water & Wastewater Engineering, 2004, 30(2): 16-20. (in Chinese)
- [8] HELEF Gedaliah, AZOV Yossi. The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean region[J]. Wat Sci Tech, 1996, 33(10-11): 115-125.
- [9] SCHOPPMANN B. Reuse of treated wastewater——A case study in Peru[J]. Desalination, 1996, 106(1-3): 225-231.

- [10] KOURAA A, FETHI F, FAHDE A, et al. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilisation pond system in Benslimane (Morocco)[J]. *Urban Water*, 2002, 4(4): 373-378.
- [11] LAZAROVA V, CIRELL G, JEFFREY P, et al. Enhancement of integrated water management and water reuse in Europe and the middle east[J]. *Wat Sci Tech*, 2000, 42(1-2): 193-202.
- [12] BUCKLEY C A, BROUCKAERT C J, RENCKEN G E. Waste water reuse, the South Africa experience[J]. *Wat Sci Tech*, 2000, 41(10-11): 157-163.
- [13] 李捷, 熊必永, 张杰. 城市污水处理厂污泥的处置与农业的可持续发展 [J]. *给水排水*, 2003, 29(9): 23-26.
LI Jie, XIONG Bi-yong, ZHANG Jie. Disposal of urban wastewater sludge and sustainable development of agriculture[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2003, 29(9): 23-26. (in Chinese)
- [14] 车武, 汪慧贞, 任超, 等. 北京城区屋面雨水污染及利用研究 [J]. *中国给水排水*, 2001, 17(6): 57-61.
CHE Wu, WANG Hui-zhen, REN Chao, et al. Research on pollution and utilization of roof runoff in Beijing[J]. *China Water & Wastewater*, 2001, 17(6): 57-61. (in Chinese)

The Implementation Strategy for Urban Healthy Water Cycle

ZHANG Jie, XIONG Bi-yong

(Key Lab of Water Quality Science and Water Environment Recovery Engineering,
Beijing University of Technology, Beijing, 100022, China)

Abstract: The purpose of this study is to provide the systematic approaches for establishing a healthy water cycle (HWC). Based on the analysis of the interaction between social water cycle and natural water cycle, the connotation and functions of HWC are briefly presented. Furthermore, a set of synthetic strategies are introduced to implement the HWC, among which the reclaimed water supply system is considered as the key element to achieve sustainable water utilization and water environment recovery. The approaches feature general, systematic and feasible. The applicability of these strategies is demonstrated by implementing the HWC program in Dalian and Shenzhen.

Key words: healthy water cycle; sustainable utilization; recycle; advanced wastewater treatment; reclaimed water