

城市生活用水多样化趋势与水资源的可持续利用

王紫雯 张向荣

(浙江大学建筑工程学院 浙江 杭州 310027)

摘要 通过对杭州市生活用水需求变化与用途多样化趋势的调查研究,用量化分析方法寻找与之相关的因素,并以此预测城市用水趋势。针对目前城市生活用水量日益增加、其中低质杂用水的比例较大的情况,从水环境综合治理角度,探讨城市水资源合理利用的最佳系统方式,并提出污水资源化、充分利用雨水、建立新型给排水系统等建议。

关键词 城市生活用水 可持续发展 水资源综合利用

中图分类号 :TU99 ;TV213.9 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2004)04-0015-04

中国是一个水资源紧缺的国家。随着城市化进程的加快,经济的发展,城市对水资源的需求越来越大,而现行的生活用水供给方式已不适应日趋增长的用水变化趋势,不仅存在严重的水资源浪费现象,还加剧了对水环境的污染。本文以杭州市为例,讨论城市生活用水的变化趋势。

1 杭州市用水量增长趋势分析

杭州市以钱塘江为主要水源,市区的日供水能力为 143 万 t,自来水普及率 100%,目前基本上能达到供需平衡。自 1979 年来,杭州市工业用水由于产业结构逐步调整,而且采取了废水循环再利用等节水措施,水的重复利用率不断提高,供水总量几乎没有变化,但是城市生活用水明显大幅度增加,2001 年杭州生活用水达到 20 724 万 t,是 1979 年的近 6 倍,见图 1。由于浙江省的水资源分布不均,宁波、温州等城市可利用的水资源紧缺,嘉兴的水资源虽然充足,但水污染严重,这些城市均打算从钱塘江引水,杭州市将来是否还有充足的水资源保障成为一个未知数。

2 城市生活用水量增长趋势与相关因素的分析

2.1 影响城市生活用水变化的因素

城市生活用水包括家庭生活用水和公共生活用水。家庭生活用水包括饮用、烹调、洗涤、冲洗厕所、洗澡等用水;公共生活用水则包括宾馆、商场、学校、机关、冲洗公厕、冲洗垃圾场、浇洒道路和园林绿地、

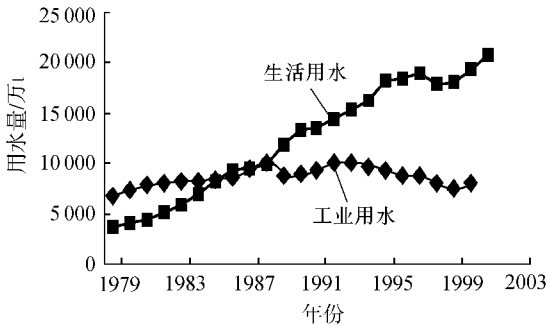


图 1 杭州市区历年用水变化趋势

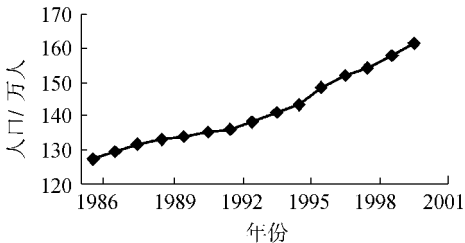


图 2 杭州市区历年人口增长趋势

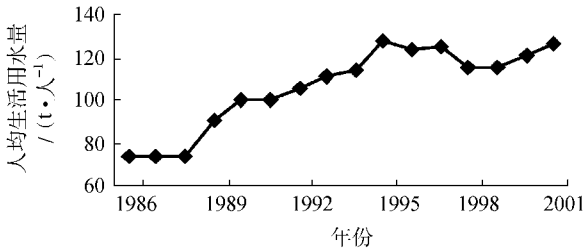


图 3 杭州市区历年人均生活用水量趋势
洗车等用水。

城市年生活用水量的多少取决于当地的气候、水资源丰富程度、居住习惯、人口数及社会经济条件等诸多因素。对于杭州这样一个特定的城市来说,

除了人口不断增加是促进其年用水量逐年上升的重要因素外,由于社会经济发展导致人均用水量的逐年增多是起到关键作用的(见图2,图3)。也就是说,城市的社会经济条件是影响城市生活用水变化的重要因素。本文以杭州市区人均年生活用水量与城市的第三产业指数(即第三产业在整个国内生产总值中占的比例)、人均下水道长度、人均国内生产总值、人均居住面积的相关性来说明经济因素与生活用水量的关系。这几项指标都从某个方面反映了一个城市的社会经济条件和城市化的程度(注:人均年生活用水量是以年生活用水总量除以杭州市区的户籍人口数计算的,未计入流动人口)。取杭州市区1986~2000年共15年的数据,计算历年的人均年生活用水量与上述各项指标的线性相关系数。如图4~7所示。

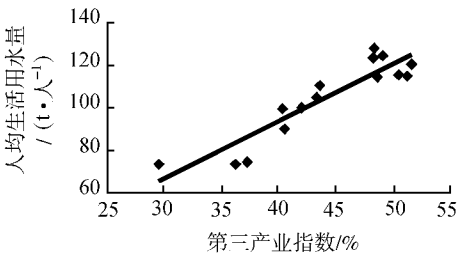


图4 第三产业指数与人均生活用水量的关系

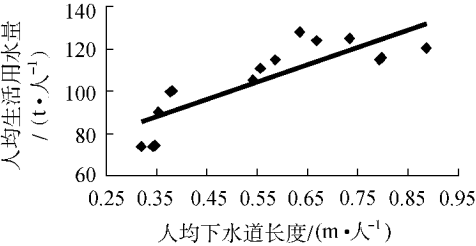


图5 人均下水道长度与人均生活用水量的关系

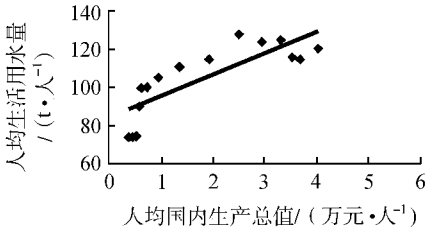


图6 人均国内生产总值与人均生活用水量的关系

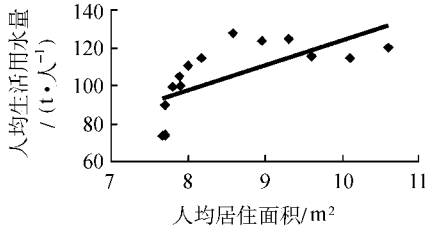


图7 人均居住面积与人均生活用水量的关系

通过以上各项的回归分析,可以得出:①人均生

活用水量与人均居住面积的相关系数为0.6781,在1995年(用水量高峰点)以前,人均生活用水量随着住房面积的改善而呈直线快速递增(初期阶段主要是大规模旧房改造,居住生活设施条件得到改善),但是到1995年以后,人均住房的改变着重在扩大居住面积与提高生活质量与舒适性方面,特别是在人均住房面积数中,还有相当一部分是属于对房地产投资的虚增量,故对卫生设施条件、人均用水量的“促进”作用并不大。②人均生活用水量与人均国内生产总值相关系数为0.8111。城市经济发展提高了市民的生活水平,根据规划,杭州在“十五”期间,年均国内生产总值增幅保持在10%以上,届时人均生活用水量还会有所增长。但是在人均国内生产总值中还包括有第一产业、第二产业的经济产值,它们与城市生活用水量之间毕竟还缺乏更直接的关系。③人均生活用水量与人均下水道长度的相关性较好(相关系数为0.8399),由此可知下水道的完善对城市生活用水量,特别是人均家庭生活用水量的增长起到重要的促进作用(特别是1995年以前)。可以发现,1995年后用水增长速率低于下水道的建设速度。虽然城市基础设施(下水道)建设迅猛,但是大量建设的下水道与房地产一样,有许多是为不断扩张的郊区化住房建设铺设的,由于闲置房增多,设施利用的效率下降,故其对城市生活用水量的直接影响力减弱。④人均生活用水量与第三产业指数有非常明显的正相关关系(相关系数为0.9166)。人均生活用水量与第三产业指数之间良好的相关关系对城市生活用水量的预测提供了可靠的依据与方法。线性回归方程式如下:

$$y = 2.68x_1 - 13.42 \quad (1)$$

式中: y 为人均年生活用水量, t ; x_1 为第三产业指数,以百分数计。

改革开放以来,杭州市以商贸、旅游为重点的第三产业飞速发展(例如旅游业,2000年整个杭州地区旅游外汇收入比1990年增长了近10倍)。第三产业指数与城市生活的多样化、城市化进程有着直接的关系。城市化意味着基础设施相对完备,居民用水便利,公共市政用水量也高于小城镇或农村地区。随着第三产业的范围、种类、从业人员的不断增多,直接促进了城市人均生活用水量的飞快增加。

目前,我国很多城市都在进行经济结构调整,使三次产业结构更趋合理,并将城市化作为促进区域发展的强大引擎,将“加速推进城市化”作为动员人民提前基本实现现代化的主战略。可以预见,今后二三十年我国城市化水平将有大幅度提高,第三产业会有很大的发展,从而对生活用水的增长产生重

要影响。第三产业的发展不仅导致城市生活用水量的增加,更重要的是带来用途多样化的新趋势,低质杂用水的比例会越来越大,这也显示出传统给排水系统对水资源不合理利用的新问题。

2.2 家庭生活用水状况

通过对杭州市复兴路街区和浙江大学附近的居民区以及问卷调查,可以看出 ①居民的节水意识还不强,当问及“你是否会把洗衣服、洗菜、洗手洗脸的水留下来,以留作其他用途(如冲厕所)?”回答“很少会”和“从来不这样做”的人占了 69.69%。;约 53.3%的人认为水价太高;一半以上的人认为不必要进行分质供水。②家庭生活用水中低质杂用水占了相当的比例。以冲厕所为例,即使使用新型的节水型便器(1 次冲水量 3~6 L),冲厕所用水也要占家庭生活用水的约 14%,而对于厕所便器较陈旧的住宅小区(便器冲水量大于 9 L/次),该比例将大大增加。越是现代化程度高的家庭,其用水量越大,用水的多样化越是明显,如卫生用水、洗车用水、浇园用水等杂用水不断增多。

2.3 公共生活用水情况分析

2.3.1 市政环卫用水的现状与趋势

a. 浇洒道路用水。杭州市浇洒道路用水全部都是自来水,每天用水量约 350 t,全年用水量约 12.8 万 t。随着城市建设的发展、道路面积的增加以及城市环境卫生标准的提高,该项用水也会不断增加。特别是夏日的道路洒水、建筑工地附近路面等的除尘用水量也随着城市对环境的要求会不断递增。

b. 浇洒绿地用水。1986 年杭州市区的公共绿地面积为 362 hm²,2001 年发展到 976 hm²,按 1m² 绿地每次浇水需 4 L,每天 2 次计算,1 年浇灌公共绿地的用水量为 2850 万 m³。杭州市目前人均绿地面积只有 1.02 m²,政府将通过增加绿地面积来满足美化城市及保护环境的要求,这就会需要更大量的绿地用水。

c. 公共厕所用水。杭州市现有公共厕所共 550 座左右,均定时自动冲洗,以平均每 30 min 冲洗 1 次,每次 0.04 t 水计算,可以估算得公厕冲洗用水为 704~1 056 t/d,全年用水量约为 26~39 万 t。近几年,杭州市户籍人口与外来人口都迅速增加,尤其到了旅游旺季,人口数剧增,为了能够适应人口的不断增加,公厕的数目亦需要增加,公厕用水也随之大幅度增加。

d. 垃圾处理用水。现有 50 余座垃圾中转站,处理垃圾及清洁垃圾中转站的用水基本上都是自来水。据估计,每个垃圾中转站用水量至少为 2 t/次。

随着经济的发展,城市规模的进一步扩大,垃圾的数量也会大量增加,城市垃圾处理已成为社会普遍关注的一个问题,垃圾处理用水量也将保持不断增长的趋势。

2.3.2 各类公共建筑及公共设施中的生活用水

各类公共建筑如商场、写字楼、游泳馆等,用水量是相当大的。随着第三产业的不断发展,各种商贸流通、金融、旅馆、餐饮等服务性用途的建筑会越来越多,人们生活的日益丰富,公共生活用水的量会越来越大,用途也会越来越多样化。其中空调冷却用水尤甚。目前大部分公共建筑内都装了中央空调,以宾馆为例,小规模宾馆的空调冷却用水大约 10 t/a,中等规模宾馆的空调冷却用水大约 40 t/a,而大规模宾馆的空调冷却用水大约 200 t/a。杭州中小规模宾馆大约有上百家,而大规模宾馆约有 10 多家,而商场的空调用水量与宾馆的空调用水量基本相同。随着城市建设的继续进行,还会出现更多的设施完善、装有空调的公共建筑。

2.3.3 其他用水

a. 洗车用水。据统计,杭州市区的小汽车年增长率约为 10%。杭州市现在至少有洗车场 200 家。一般规模的洗车场,洗车多的时候有 80~90 辆/d,少的时候也有 30 辆/d 左右。以每洗 1 辆车用水 0.4 m³,平均每天每家洗车场洗 50 辆车计算,所有洗车场每天要用自来水 4 000 m³,全年要用自来水约 146 万 t。

b. 景观娱乐用水。杭州市是著名的风景旅游城市,许多场所都使用了水景观美化城市。同时,许多房地产开发公司为了吸引顾客,在进行小区规划时也大量采用水景观及亲水性娱乐设施,以调节居住环境,愉悦人们的身心,如小区内的池塘、喷泉、游泳池等,因此,景观娱乐用水的增加也是必然的。

3 建立新的给排水系统是城市水资源可持续利用的途径之一

杭州市生活用水状况在全国城市中具有普遍性。尽管杭州拥有临江的良好水资源条件,工业用水的重复利用率达 57.9%,从发展的观点看问题,杭州仍然将面临较大的供水压力。对于全国大多数城市而言,用水形势是不容乐观的。目前,我国城市大部分都采用统一给水系统,城市饮用水、各种生活杂用水、工业用水、消防市政用水都采用统一生活饮用水标准,同样的给水管网供给用户的给水方式。据有关资料显示,城市居民的人均用水量约 150 L/d,其中饮用、炊用水及盥洗等约只有 25.2 L/d,不直接接触人体的各种杂用水竟占了 50% 以上。在水资源

[illegible]

城市水资源可持续利用的途径可以按水源的不同分为以下几类。

城市生活用水多样化趋势日益明显、低质杂用水需求增加,为中水道系统的推广提供了广阔的空间。如日本东京计划在地下建造公共管廊,把下水处理场(目前东京处理能力为 500 万 t/d)的污水经高度处理后,再返回到城市中来,作为杂用水再利用。又如北京良乡北潞春小区,每日产生的污水有 640 t ,全部由再生水站处理成中水,输送至消防水池,绿化、洗车、市政及消防等所需中水皆取自消防水池,实现了小区污水的零排放和污水资源化,对降低市政、绿化用水方面的物业管理成本有很实际的意义,最终得到开发商的赞赏。根据我国规划目标,2010 年城市污水回用量可达到 800 万 m^3/d ,而据预测,正常年份全国城市日缺水量达 1600 万 m^3/d ,即污水回用量相当于全国城市缺水量的 50%,所以再利用水系统的前景是非常可观的。

我国雨水资源丰富,年降水量达 61 900 亿 m^3 。但由于没有健全的汇集和调蓄设施,大量的雨水白白流走,造成暴雨时的洪涝灾害和旱季的严重缺水。雨水是一种相对清洁、经济的水资源,其利用方式主要有两种:

b. 雨水利用。我国许多建筑物已建有完善的雨水收集系统,但是没有处理和回用系统。在雨水的中水利用上,国外有很多值得借鉴的经验。如在英国诺丁汉 Edwinstowe 的青年旅行社,人们在建筑附近采用“蓄水地面”,利用人行道、车道、停车场下的空间存储雨水,即在具有一定的强度的、多孔、可渗的路面下铺设砾石基底蓄水层,蓄水量可达 100 L/m^2 ,收集的雨水与屋面雨水一起用于冲洗厕所,还可以用于城市清洁、绿化、喷洒路面、消防和维持城市水体景观,发展“城市农业”等。雨水利用需要一定的投入,但论及节约远距离的输水费用、改善城市水文生态系统和城市环境、缓解水资源紧缺矛盾等长期的社会效益,是非常突出的。

城市河道是城市的重要水源,兼有滞洪、排水功能,是给城市增添情趣的重要自然要素。长期以来,由于城市下水道不完善,工业、生活污水的排放导致河道水质恶化,丧失了作为水源的功能。城市用水往往从远距离的外部江河引水。目前杭州的饮用水几乎全部来自钱塘江,而通过下水道污水处理厂重新回到江里的排水只有 50% 左右,还有一半左右则留在城区内河,导致内河的水循环失调,这也是导致城市水涝灾害的原因之一。近年来,政府看到了沿河水景房的增值效应,加强了对内河的治理,水质有了很大改善。这对中水道杂用水的利用提供了有利的条件。

4 结 语

水资源问题不仅仅是“水”的问题,它关系到我们的子孙后代的生存问题。在水资源(下转第 27 页)

理地控制下泄流量,既能充分利用淮河干流环境容量,又能避免污染水体过量下泄造成水质污染。因此,做好水质预测预报等基础工作非常重要。要建立水质模型,对水质进行科学预测,才能为调度提供决策依据。

5 关于进一步发挥水利工程调度改善水质的建议

新修改的《中华人民共和国水法》一个显著特征就是对过去水资源开发、利用中重开源、轻保护,重经济效益、轻生态与环境效益的不足进行了修改,规定了在水资源开发、利用过程中,要维持河流合理流量,保证生态用水。维持河流合理流量,维持河流自然净化能力,是《中华人民共和国水法》对水利工程调度提出的新的要求。

淮河流域水闸防污调度缓解了水污染。为进一步发挥水利工程调度改善水质的作用,以下 3 个方面的工作需要完善和努力。

a. 防止河道断流,提高水体自净能力。淮河流域很多水污染事故是由于污染水体集中下泄诱发的。减少水污染事故发生,除了减少排污,同时也要避免水闸长时间关闭,保证河流一定的生态流量。各级水行政主管部门要树立可持续发展观,合理开发利用水资源,统筹兼顾生产、生活和生态用水。

b. 对洪水实施风险调度,充分利用汛期洪水,实现洪水资源化。淮河流域多年平均年径流量为 581.83 亿 m^3 ,目前全流域污废水排放量约 35 亿 m^3 ,污径比 1:17。但由于淮河流域降雨分布时空严重

不均,汛期大量水资源得不到有效利用,导致枯水期水污染十分严重。如果能有效利用洪水资源,淮河流域的水污染将会得到缓解。

合理开发利用洪水资源,除了建设必要的水利工程之外,通过对现有工程科学调度可以发挥一定的作用。比如对汛期洪水实施风险调度,确保汛后水利工程能蓄积到充足的水源,对淮河干流行、蓄洪区等湖泊洼地进行合理利用,提高水资源利用率。

c. 合理调度,实现清污分流。通过水利工程调度,改变污染水体走向,对确保重要供水水源地水质安全有着非常重要的作用。位于沂沭河流域的石梁河水库是江苏连云港市重要供水水源地,库区养殖业也十分发达。20 世纪 80 年代以来,由于受新沭河下泄污染水体的影响,多次发生死鱼事故,引起江苏、山东两省水污染边界纠纷。2003 年汛期沭河发生第一场洪水时,由于洪水前峰水质污染严重,为了避免石梁河水库再次受到水污染危害,沂沭泗水利管理局在防汛调度时,将进入新沭河污染水全部调入老沭河,借道江苏新沂河内的排污走廊入海,保证了石梁河水库水质安全。

参考文献:

[1] 程绪水,贾利,沈哲松. 2001~2002 年度淮河沙颍河水污染联防调度与经验[J]. 治淮, 2003(12):3.
[2] 沈哲松,杨智,刘耀宾. 加强污染联防 减轻水污染危害[J]. 水资源保护, 2001(3):14.
[3] 沈哲松. 淮河治污 呼唤联防[N]. 中国水利报, 2001-05-26(3).

(收稿日期 2004-02-24 编辑 傅伟群)

(上接第 18 页)紧缺、水污染严重、城市生活用水多样化及低质杂用水需求量日益增长的今天,我们必须改进现有的给排水系统,开源、节流,加强管理,保证对水资源的利用“既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害”,给我们的子孙留下一片青山绿水。

参考文献:

[1] 杭州年鉴编辑部. 杭州年鉴(1987~2001)[M]. 北京:中华书局,1987~2001.
[2] Sieker F. On-site stormwater management as an alternative to conventional sewer systems: a new concept spreading in Germany[J]. Wat Sci Tech, 1998, 38(10):65~71.
[3] Pratt C J. Use of permeable, reservoir pavement constructions for stormwater treatment and storage for re-use[J]. Wat Sci Tech, 1999, 39(5):145~151.
[4] 郭勇伟,王伟. 城市生活用水的多样化趋势雨水资源合理利用途径研究[D]. 杭州:浙江大学, 2001.

(收稿日期 2003-05-03 编辑 高渭文)

(上接第 21 页)

参考文献:

[1] 徐敏. 快速精通 ISO14000:1996[M]. 广州:广东经济出版社, 2002.
[2] Richard Y W, Mostapha Z, Yang W L. Data Quality[M]. Kluwer Academic Publishers, 2001.
[3] Zobel T, Almroth C, Bresky J, et al. Identification and assessment of environmental aspects in an EMS context: an approach to a new reproducible method based on LCA methodology[J]. Journal of Cleaner Production, 2003(10):381~396.
[4] Tzivilakis J, Broom C, Lewis K A, et al. A strategic environmental assessment method for agricultural policy in the UK[J]. Land Use Policy, 1999(16):223~234.
[5] Raul C, Ann-Christin P. Industrial environmental information management for technical systems[J]. Journal of Cleaner Production, 2001(9):424~435.

(收稿日期 2003-07-06 编辑 傅伟群)