

城市污染型缺水的界定及其经济损失的计算

於方^{1,2}, 过孝民^{3*}, 张强¹ (1. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 太原重型机械学院机电工程分院, 山西 太原 030024; 3. 国家环境保护总局, 北京 100035)

摘要: 污染型缺水引起的间接经济损失是水污染经济损失的重要组成部分, 然而多年来一直没有一个比较合理的计算污染型缺水经济损失的方法, 作者提出一种判定城市供水裕缺、计算污染型缺水量及污染型缺水对城市的工农业生产和人民的正常生活造成的经济损失的方法, 它对完善污染损失计算方法和城市可持续发展指标体系的建立有重要的意义。

关键词: 水资源; 污染型缺水; 经济损失

中图分类号: F062.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2003)01-0100-05

Definition of the urban water shortage due to pollution and its economic loss valuation approach. YU Fang^{1,2}, GUO Xiao-min³, ZHANG Qiang¹ (1. Civil and Environmental Engineering School, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China; 2. Electromechanical Engineering School, Taiyuan Heavy Machinery Institute, Taiyuan 030024, China; 3. State Environmental Protection Administration, Beijing 100035, China). *China Environmental Science*, 2003, 23(1): 100~104

Abstract: The indirect economic loss caused by the water shortage due to pollution is an essential part of the economic loss due to water pollution, but the method of valuating this economic loss has not been well resolved all the time. Aiming at the issue of economic cost from urban water shortage due to pollution, valuation approach to determine the sufficiency of civil water supply and to estimate the water-shortage amount due to water pollution and its economic losses on daily life and agricultural and industrial output is presented in this paper. It is of great importance for the consummation of the valuation approach of the pollution losses and the municipal sustainable development index system.

Key words: water resource; water shortage due to pollution; economic loss

我国是一个缺水的国家,随着我国经济的快速发展以及人口的不断增长,工业、农业以及生活用水量都在迅速增加,缺水的城市和地区范围日益扩大,污染型缺水已成为城市缺水的重要原因.污染型缺水的经济损失是水污染经济损失的重要组成部分,但多年来一直没有一个比较合理的计算污染型缺水经济损失的方法^[1-4].作者从我国水资源的开发利用现状出发,针对城市缺水及我国城市水资源短缺的问题,提出了一种判定城市供水裕缺、计算污染型缺水量及污染型缺水经济损失的方法.

1 城市供水裕缺和缺水类型的界定

城市需水量取决于城市规模、经济发展的程度和结构;城市供水量取决于城市水资源的数量、质量和开发利用程度以及供水设施水平.建

设部根据我国水资源的分布、城市规模和发展程度制定了《城市给水工程规划规范》^[5],规定了各类城市规划人均综合用水定额.作者用城市的实际人均综合用水量小于规划人均综合用水定额作为城市缺水的衡量标准.

根据我国城市缺水的原因,城市缺水可归纳为3种类型,即资源型缺水、设施型缺水和污染型(水质型)缺水,但这3种类型缺水不是同一层次的问题,水资源是第一层次,设施不足和水污染是在水资源不缺乏情况下的第二层次问题.

资源型缺水是指当地水资源总量不能适应当地人民生活、经济发展和生态环境保护的需要.

收稿日期: 2002-05-31

基金项目: 国家环境保护总局与世界银行合作开展的《中国环境污染损失计算》项目

* 通讯联系人

特别是在我国的北方地区,由于水资源短缺对水资源往往过度开发利用,而对其生态和环境的需求重视不够.1997 年黄河、海河的开发利用率已分别达到了 66.5%和 89.4%,对河流的生态和环境造成了严重的危害.考虑到水资源的多种功能,国际上公认河流的合理开发利用程度为 40%.我国目前以河流的开发利用程度大于 40%为资源型缺水的衡量标准^[6,7].

设施型缺水是指在水资源合理开发利用程度的范围内因已建水源工程和供水管网不配套或设施功能得不到充分发挥而造成的缺水.

污染型缺水又称水质型缺水,是指在当地拥有水资源,并且在其开发利用程度小于合理开发利用程度的情况下,由于水污染使水资源无法利用而造成的缺水.

目前关于污染型缺水的讨论大多只停留在定性阶段,即一般认为对于大部分水资源丰富的南方地区的缺水,主要是水污染或设施不足造成的;而北方地区的缺水主要是资源型缺水,但是实际中却存在这样一些情况:如对某条河流而言,上游城市或企业将水污染了,导致下游城市原本不丰富的水资源也因污染而无法使用;这些区域水资源的开发利用程度不断升高的趋势在很大程度上是由于污染逐年加重,迫使人们对水质符合要求的水资源过度开发而造成的.

由此可见,目前我国的城市缺水情况很复杂,某城市的缺水可能是其中一种原因造成的,但大多数情况往往是 2 种或 3 种原因综合作用的结果.

为了研究污染型缺水所造成的经济损失,首先要鉴别城市是否缺水;其次要鉴别城市缺水的原因,计算由污染引起的缺水量.污染型缺水量是指由于污染而使当地水资源水质超标(超Ⅲ类,无法作为工业、生活和公共设施用水集中供水水源),而又无其他水可用所造成的缺水量;最后,计算污染型缺水所造成的经济损失.

2 城市供水裕缺的确定

2.1 城市需水量计算方法的选择

城市的需水量预测通常有定额法、统计分

析法、类比法等多种方法,不同部门可能有不同的需要,预测的着眼点、手段和方法也就不同.常用的方法有万元产值需水量定额法、单位产品需水量定额法、用水增长趋势分析法、人均综合用水定额法、城市单位建设用地综合用水定额法、人均生活用水定额法以及关键因子相关分析法等.其中人均综合用水定额法是能够比较合理确定及预测城市需水量的一个有效方法.基于过去 10 多年我国城市用水量与用水人口之间存在稳定而密切的相关性,如 1987 年在制订“北方缺水 7 省市长期供求计划”时,曾以此方法预测 2000 年全国需水量为 5500 亿 m^3 ,这一预测结果与现状的实际用水量非常接近^[6].因此,作者采用人均综合用水量定额法对城市需水量进行计算.

2.2 城市需水量的计算

《城市给水工程规划规范》^[5](以下简称《规范》)中规定城市的水资源供水量为城市最高日用水量除以日变化系数再乘上供水天数,即

$$Q_{Di}=W_i \cdot P_i/c_i \quad (1)$$

式中: Q_{Di} 为城市综合用水量; W_i 为 i 城市单位人口最高综合用水量指标,选用时根据城市的地理位置、水资源状况、城市性质和规模、产业结构、国民经济发展和居民生活水平、工业回用水率等因素确定, P_i 为 i 城市实际应供水人口,即城市非农业人口 $\times$ 外来人口系数; c_i 为 i 城市的用水日变化系数.

2.3 城市缺水量的计算

$$Q_{Li}=Q_{Di}-Q_{Si} \quad (2)$$

式中: Q_{Li} 为 i 城市的缺水量(亿 t); Q_{Di} 为 i 城市的需水量(亿 t); Q_{Si} 为 i 城市的实际供水量(亿 t),由统计数据获得.

当 $Q_{Li}>0$ 时,缺水; $Q_{Li}\leq 0$ 时,不缺水.

3 污染型缺水量的确定方法

城市的总缺水量 Q_L 由 3 部分组成:

$$Q_L=Q_R+Q_F+Q_W \quad (3)$$

式中: Q_R 为资源型缺水量; Q_F 为设施型缺水量; Q_W 为污染型缺水量.

水资源作为一种可再生的战略性资源,有不同于其他可再生资源的特殊性,不能无限制地开发利用.评价水资源利用的合理性和科学性比较常用的指标有人均 GDP(GNP)、人均供水量、人均水资源量、用水弹性系数、供水增长率和水资源利用率等.其中水资源利用率指不同水平年多年平均或不同保证率的年供(耗)水量与相应水资源总量的比值^[8]其计算方法为^[6]:(当地实际供水量+调出水量-调入水量-海水、污水、雨水利用量等其他供水量)/当地多年平均水资源总量,是一种科学的用来反映评价区域水资源开发利用程度的国际通用指标.

3.1 开发利用极限的确定

结合我国的自然、地理特点以及经济发展和开发利用现状,可把全国水资源大致分为 5 类地区.第 1 类地区包括黑龙江和吉林两省(区内主要有黑龙江、鸭绿江等国际界河和松花江)以及西北伊犁河、额尔齐斯河等出境河流域,即新疆西北部地区,其中外流河水资源利用率最低,为 5.5%,而松花江等内陆河水资源利用率为 30%左右;第 2 类地区为长江、珠江、东南沿海诸河,水资源利用率为 16.9%;第 3 类地区为西南诸河(包括雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、红河等国际界河或出境河流域),统称为西南区,供水量仅占水资源量的 8%;第 4 类地区包括黄河、淮河、海河及辽河等流域,统称为北方区,水资源利用率已达到 63.8%;第 5 类地区主要为西北内陆河地区,简称为内陆区,水资源利用率达 49.2%.根据有关专家的研究^[6,9],第 4 类、第 5 类地区的水资源利用率已不宜提高,可供水量应基本维持现状,即分别为 1500 亿 m^3 及 500 亿 m^3 左右;东南地区目前水资源利用率还较低,有一定潜力;东西北外流区和西南区的水资源利用率最低,具有较大潜力,但如果向北方地区供水,需要长距离引水,开发具有一定难度,通过分析该区水资源利用率可提高至 20%^[7,9,10].因此根据我国水资源的时空分布和我国土地资源的分布及经济发展水平,各地区合理开发利用极限为第 1 类地区 35%,第 2 类地区

30%,第 3 类地区 20%;第 4 类、第 5 类地区基本维持现状,分别为 60%和 50%.

3.2 污染型缺水量的计算方法

3.2.1 方法 I 假设某地的实际可再供满足水质要求的水量为 Q_A ,即当某水资源的开发利用率小于当地的合理开发利用极限和水质要求时,该水资源还可继续开发的水量为:

$$Q_A = \sum a_{Ai} \cdot Q_{vi} \cdot (m_0 - m_i) \quad (4)$$

式中: a_{Ai} 为水质系数; Q_{vi} 为境内河川径流量和地下水资源量; m_i 为 i 类水资源实际利用率; m_0 为该地区的合理水资源利用率.其中当水源水质为 III 类或优于 III 类时, $a_{Ai}=1$;当水源水质劣于 III 类时, $a_{Ai}=0$.

又假设某地因污染而失去供水潜力的水量为 Q_B ,即如果某水资源的开发利用率小于当地的合理开发利用极限,但由于污染失去使用价值的水资源量.

$$Q_B = \sum a_{Bi} \cdot Q_{vi} \cdot (m_0 - m_i) \quad (5)$$

式中: a_{Bi} 为水质系数,当水源水质为 III 类或优于 III 类时, $a_{Bi}=0$;当水源水质劣于 III 类时, $a_{Bi}=1$.

根据 Q_A 、 Q_B 和 Q_L 相互之间的关系,即可确定某地区的污染型缺水量,当 $Q_A=0$ 且 $Q_B \geq Q_L$ 时,污染型缺水量 $Q_W=Q_L$

当 $Q_A=0$ 且 $Q_B < Q_L$ 时,污染型缺水量 $Q_W=Q_B$

当 Q_A 、 $Q_B \neq 0$ 且 $Q_A+Q_B \geq Q_L$ 时,污染型缺水量 $Q_W=Q_L-Q_A$

当 Q_A 、 $Q_B \neq 0$ 且 $Q_A+Q_B < Q_L$ 时,污染型缺水量 $Q_W=Q_B$

3.2.2 方法 II 在无法取得较详细的水资源及其水质资料时,可将方法 I 简化为方法 II.

假设 Q_E 为可提供的总水资源量,即 $Q_E=Q_A+Q_B$,其计算公式为:

$$Q_{Ei} = Q_{vi} \cdot (m_0 - m_i); Q_E = \sum Q_{Ei} \quad (6)$$

若 $Q_E > Q_L$, $Q_W = a \cdot Q_L$; 若 $Q_E < Q_L$, $Q_W = \sum a_i \cdot Q_{Ei}$ 式中: Q_E 和 Q_{Ei} 分别为城市水系全部和第 i 水系可提供的水资源量; m_i 和 m_0 分别为 i 水系的实际开发利用率和合理开发利用率极限; Q_L 和 Q_W 分别为总缺水量和污染型缺水量; Q_{vi} 为境内河川径流量

和地下水资源量; a_i 分别为水系监测断面水质超Ⅲ类的加权平均系数和第*i* 水系监测断面水质超Ⅲ类系数.

4 污染型缺水造成的经济损失

城市缺水造成的经济损失主要体现为定时供水或经常停水给人们正常生活所带来的种种不便.这种不便很大程度上体现为人们的一种心理感受,要量化这种影响非常困难;工矿企业由于缺水造成的减停产带来的经济损失.

鉴于缺水对日常生活造成的损失目前还难以估算,而且通常在城市缺水时为保证生活用水而首先停止工业用水,因此通常以工业用水的机会成本作为水污染造成缺水的替代成本.

$$V_i = Q_{wi} \times O_i \tag{7}$$

式中: V_i 为*i* 城市污染型缺水造成的经济损失(万元); Q_{wi} 为*i* 城市污染型缺水量(亿 t); O_i 为*i* 城市单位工业用水创造的增加值(统计)(万元/t).

5 案例计算

近年来被认为是水资源丰富的西南地区也出现了缺水问题,水环境污染是造成这种局面的重要原因之一,以位于长江上游的重庆市为例,辖区内长江自西南向东北横贯全境,嘉陵江、乌江分列南北,此外还有岷沱江、汉江和洞庭湖及其他小水系为其提供水源.2001 年重庆市废污水排放总量及长江源上游污水总量共 40 亿 t,市区内 68 条次级河流监测评价表明,不能满足水域功能要求的占 63.1%,其中被严重污染且基本丧失水

资源使用功能的河流占 1/4 以上,污染型缺水问题日益突出.

采用方法Ⅱ计算污染型缺水给该市带来的经济损失.首先由式(1)计算出重庆市的综合需水量,根据《规范》,重庆市属于一类地区的特大型城市,其单位人口最高综合用水量指标的选取范围为 0.8~1.2,分别选取 0.8、1.0 和 1.2 计算得出低、中、高 3 个需水量以便于分析比较.《规范》规定用水人口为城市总体规划确定的规划人口数,但此数据目前尚不可得,因此作者采用的实际用水人口为城市非农业人口*与外来人口系数(1.35)的乘积,为 587.21 万人;用水日变化系数根据《规范》选取 1.2.在上述条件下计算得到的高、中、低需水量分别为 20.30,16.83,13.35 亿 t.这样由式(2)得到高、中、低缺水量分别为 13.62, 10.71,6.71 亿 t,其中实际供水量为 6.68 亿 t*.然后根据式(6)计算目前重庆市全部水系可提供的水资源量.这就需要搞清重庆市主要的水资源量、供水量、开发利用率及水质状况(表 1).由于岷沱江、汉江、洞庭湖没有监测断面,且这 3 个流域的供水量仅占总供水量的 6.2%,在此忽略不计.计算得到的实际可供水量为 157.68 亿 t,远大于缺水量,因此重庆市的缺水属于设施型和污染型缺水.总缺水量与水系监测断面水质超Ⅲ类的加权平均系数 0.0898 相乘即得到污染型缺水量,分别为 1.22,0.91,0.6 亿 t.重庆市 2000 年的单位工业用水创造的增加值为 20.94 亿元/亿 t,由式(7)计算得出由污染型缺水造成的高、中、低经济损失分别为 25.63,19.09,12.62 亿元.

表 1 重庆市主要水资源的开发利用及水质状况

Table 1 Exploitation and Utilization condition and water quality of main water resources in Chongqing

流域	水资源量 (百万 m ³)	供水量 (万 m ³)	开发利用率 (%)	水质评价河段 (个)	水质类型						>Ⅲ类 (%)
					I	II	III	IV	V	超 V	
嘉陵江	4384.33	979.97	0.2235	130	0	0	98	32	0	0	24.62
长江干流	35553.73	3691.06	0.1038	584	0	176	228	180	0	0	30.82
乌江	12792.59	445.86	0.0349	70	0	60	10	0	0	0	0
合计	52730.65	5116.89	0.097	784	0	236	336	212	0	0	8.98

的经济损失在 12.62~25.63 亿元之间.据统计数据显示,重庆市的平均万元工业产值耗水量比全国平均水平高 68%,而水的重复利用率仅为 30.9%,低于全国平均水平,因此保守估计可以选取中档缺水量,由此造成的经济损失为 19.09 亿元,占全市国民生产总值的 1.2%.

6 结语

作者通过对我国城市缺水原因的分析,提出了城市污染型缺水的概念,在我国经常采用的人均综合用水量定额法的基础上建立了一种估算城市污染型缺水量及其经济损失的方法,并利用这种方法对重庆市的缺水现状进行了估算,计算结果与有关部门的测算基本吻合,为在全国范围内即将开展的环境污染损失估算奠定了基础,对将污染损失纳入绿色 GDP 和城市可持续发展指标体系的建立具有重要的意义.

参考文献:

[1] 过孝民,张慧勤.公元 2000 年中国环境预测与对策研究 [M]. 北

京清华大学出版社,1989.

- [2] John A Dixon, Richard A Carpenter, Louise A Fallon, *et al.* Economic analysis of the environmental impacts of development projects [M]. London: Earthscan publications limited, 1988.
- [3] 徐嵩龄.中国环境破坏的经济损失计量—实例与理论研究 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- [4] World Bank. Clear water, blue skies: China's environment in the new century [M]. Washington DC: The World Bank, 1997.
- [5] GB50282-98,城市给水工程规划规范 [S].
- [6] 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.
- [7] 姜文来.水资源价值论 [M]. 北京:科学出版社,1998.
- [8] GB/T 50095-98,水文基本术语和符号标准 [S].
- [9] 曾肇京,石海峰.中国水情分析研究报告 [DB/OL]. [www. giwp. org. cn/zhanlue/shuiping.htm](http://www.giwp.org.cn/zhanlue/shuiping.htm). 2001-08.
- [10] 冉茂玉.我国水资源区域开发利用现状及对策 [J]. 四川师范大学学报(自然科学版),2001,4(24):416-419.
- [11] 重庆市环境保护局.重庆市环境状况公报(2001 [Z]. 重庆:重庆市环境保护局,2001.

作者简介:於方(1972-),女,山西太原人,太原重型机械学院讲师,北京科技大学土木与环境工程学院在读博士生,主要从事环境科学及计算机方面的教学与研究工作.发表论文 10 余篇.

感冒病毒和污染物有毒理学联系

细胞研究表明,室内外一些常见污染物的环境浓度可使感冒症状加重.同时暴露于一些氧化物质如二氧化氮或臭氧和感冒病毒 Rhinovirus-16(RV-16)可明显诱发较高水平的炎性物质,比它们单独影响之和为大.这表明污染物可加重患上、下呼吸道感染人员的症状.

流行病学研究表明,污染物能增加了病毒感染的可能性和严重程度并加重了哮喘,但迄今关于氧化物质和病毒感染间联系的机理和毒理学知识很少.约翰霍普金斯大学公共卫生学院的 Spannhake 及其同事将呼吸道的细胞暴露于 RV-16 和 NO_2 (1~3ppm)或 O_3 (0.1~0.3ppm)3h,结果都活化了细胞的感染,产生了一些指示性蛋白质.但是这一协同作用的机理还不十分清楚.

江刚 摘自《Environmental Science & Technology》, September 1,345A-346A(2002)