

北京市用水结构现状分析与对策研究

王红瑞

王 岩 吴峙山

(北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875)

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

王正平

(北京市海淀区环境保护局, 北京 100086)

摘要 北京是严重缺水的特大城市,但同时由于行业用水结构不甚合理,造成水资源浪费严重。本文以1991年为报告期,采用直接用水系数、完全用水系数、用水乘数、重复用水率等指标对本市行业用水结构的现状和变化进行了全面的分析和讨论,提出了相应的对策与建议。为协调本市水环境与经济发展的关系,合理的水资源利用体系,促进持续发展战略的实施提供依据。

关键词 直接用水系数,完全用水系数,用水乘数,重复用水率。

北京是严重缺水的特大城市,偏枯年可资利用的水资源仅有 $4.05\times10^9\text{ m}^3$,人均年占有水量约 400 m^3 ,仅为中国人均占有量的1/6。在世界120多个大城市中位居百位之后,是全国40个严重缺水城市之一^[1]。水资源短缺已影响到首都人民的生、产、生活,成为制约首都社会经济及城市发展的重要因素,而这些现象的产生又是同社会经济发展密切相关的,因此对北京市用水结构进行现状分析,将经济现象同水的问题结合起来研究,是十分必要和有意义的。

1 全市用水概况^[1-2]

1991年全市用水的详细情况见表1。

表1 1991年北京市用水情况(10^8 m^3)

水源种类	全市 总计	第一 产业	第二 产业	第三 产业	生活 用水
总用水量	74.41	25.47	43.08	4.11	1.75
新鲜水量 ¹⁾	36.37	22.37	8.39	3.86	1.75
自来水	5.23		1.42	2.42	1.39
自备井水	22.82	17.17	3.85	1.44	0.36
河水	8.32	5.20	3.12		
回用水量	38.04	3.10	34.69	0.25	
复用率(%)	51.12	12.17	80.52	6.08	0.00
新水使用比例(%)	100	61.5	23.1	10.6	4.80

1) 新鲜水量指自来水、自备井水、河水的用量

1991年全市第二产业新鲜水用量为 $8.39\times10^8\text{ m}^3$,比1984年的 $9.36\times10^8\text{ m}^3$ 降低10.4%,

第三产业及居民生活共用新鲜水 $5.61\times10^8\text{ m}^3$,比1984年的 $4.40\times10^8\text{ m}^3$ 增加了27.5%。从新鲜水的使用比例看,第一产业的新水用量占全市新水使用总量的61.5%,可见,农业仍是本市的用水大户,而其重复用水率仅为12.17%,说明在农业用水中,具有较大的节水潜力。1984年城市居民生活用新水 $1.12\times10^8\text{ m}^3$,占同年新水使用总量的3.1%,而1991年居民生活用新鲜水占全市新水使用比例为4.8%,居民生活用新水的比例提高了1.7%。1984年与1991年三产业新水使用比例的对比情况见表2。

表2 1984、1991年三产业新水使用比例(%)

时间	全市总计	第一产业	第二产业	第三产业	生活用水
1984	100	61.6	26.1	9.2	3.1
1991	100	61.5	23.1	10.6	4.6

由表2可见,第一产业使用新水的比例没有变化,第二产业下降3%,而第三产业及生活用水的比例有所提高,这主要是由于第二产业重复用水率提高较快的缘故。

2 各部门用水系数分析^[3-4]

直接用水系数就是各个生产部门对水的直

接消耗系数，它反映了某一产品部门创造单位产值对水资源的直接需求量。此外各生产部门在生产过程中消耗的原材料、燃料、动力、机器设备等，在它们的生产过程中也消耗了水，这就构成了对水的间接消耗。直接消耗与间接消耗之和构成了对水的完全消耗。完全用水系数亦是衡量经济部门用水的一个重要指标。是从最终使用角度考察各部门之间的多级、间接联系，把这种联系反映在用水上的关系用定量的形式表示出来。

2.1 产品部门用水的直接、完全影响

本市全部32个部门的直接用水系数和完全

用水系数的排序情况列于表3(石油、天然气开采业在本市的总产值为0，故不作考虑)。

由表3可见，公用事业居民服务业、旅客运输业、行政机关、文教卫生科研事业等均是新水使用的大户，完全用水系数都在1300 t/10⁴元以上，在全部32个部门的排序中居于前10位。饮食业、货运邮电业、商业、金融保险业完全用水系数相对较小，而且需求和发展潜力较大，应该大力发展。特别是商业与金融保险业，万元产值完全用水系数仅分别为527 t/10⁴元和178 t/10⁴元，是适宜首都经济建设和社会发展的节水型行业。

表3 各部门对新水的直接，完全用水系数(t/10⁴元)

序 号	直 接 用 水		完 全 用 水	
	部 门	系 数	部 门	系 数
1	农业	3187.25	农业	3881.89
2	电力及蒸汽热水业	1339.14	其它工业	2544.25
3	金属矿采选业	324.33	食品制造业	2253.03
4	行政机关	314.42	公用事业居民服务业	2106.66
5	文教卫生科研事业	238.55	旅客运输业	1958.08
6	非金属矿采选业	193.62	缝纫及皮革制品业	1885.09
7	炼焦煤气煤制品业	180.20	行政机关	1763.57
8	建材及非金属矿制品业	150.38	电力及蒸汽热水业	1745.78
9	化学工业	144.52	文教卫生科研事业	1343.39
10	金属冶炼及压延加工业	139.85	机械设备修理业	1317.16
11	煤炭采选业	126.12	建筑业	1279.45
12	造纸及文教用品制造业	103.61	电气机械及器材制造业	1245.15
13	公用事业居民服务业	94.67	饮食业	1185.29
14	纺织业	88.14	金属制品业	1141.61
15	货运邮电业	83.60	仪器仪表计量器具制造业	1088.10
16	食品制造业	82.17	交通运输设备制造业	1087.89
17	机械设备修理业	61.63	纺织业	1058.70
18	仪器仪表计量器具制造业	59.43	机械工业	1011.90
19	商业	53.40	炼焦煤气煤制品业	954.37
20	金属制品业	50.05	建材及非金属矿制品业	911.53
21	木材加工及家具制造业	49.95	货运邮电业	870.20
22	石油加工业	48.67	化学工业	804.44
23	旅客运输业	46.72	金属冶炼及压延加工业	708.76
24	机械工业	43.16	木材加工及家具制造业	669.20
25	饮食业	42.64	电子及通信设备制造业	666.56
26	其它工业	36.10	造纸及文教用品制造业	649.59
27	电气机械及器材制造业	30.14	非金属矿采选业	640.89
28	交通运输设备制造业	26.03	金属矿采选业	600.08
29	电子及通信设备制造业	20.47	商业	527.04
30	缝纫及皮革制品业	18.10	煤炭采选业	487.78
31	建筑业	8.97	石油加工业	242.37
32	金融保险业	5.46	金融保险业	178.33

在第二产业中,食品制造业、缝纫皮革制品业、电力及蒸汽热水业、机械设备修理业、电气机械及器材制造业、金属制品业等完全用水系数较高,属于耗水型工业。而仪器仪表及计量器具制造业、交通运输设备制造业、纺织工业、机械工业、化学工业、电子及通信设备制造业、建材及非金属矿物制品业、造纸及文教用品制造业等部门的完全用水系数都在1100 t 以下,若单纯从节水的角度考虑,这些部门的发展比较适宜北京市的水资源状况。而作为第一

产业的农业,无论是直接用水系数,还是完全用水系数,都居于各行业之首,是用水大户。

2.2 各部门用水乘数分析

用水乘数为水的完全消耗系数与直接消耗系数的比值。用水乘数具有重要的经济含义。部门的用水乘数越大,说明该部门直接或间接消耗其它部门的产品中存在着对水依赖较强的产品系列,相关部门间经济联系较强;反之亦然。各部门的用水乘数列于表4。

由表4可知,建筑业、缝纫及皮革制品业的

表4 各部门的用水乘数

序号	行 业	用水乘数	序号	行 业	用水乘数
1	建筑业	142.64	17	纺织业	12.01
2	缝纫及皮革制品业	104.15	18	货运邮电业	10.41
3	其它工业	70.48	19	商业	9.87
4	旅客运输业	41.91	20	造纸及文教用品制造业	6.27
5	交通运输设备制造业	41.79	21	建材非金属矿物制品业	6.06
6	电气机械及器材制造业	41.31	22	文教卫生科研事业	5.63
7	金融保险业	32.66	23	行政机关	5.61
8	电子及通信设备制造业	32.56	24	化学工业	5.57
9	饮食业	27.80	25	炼焦煤气煤制品业	5.30
10	食品制造业	27.42	26	金属冶炼压延加工业	5.07
11	机械工业	23.45	27	石油加工业	4.98
12	金属制品业	22.81	28	煤炭采选业	3.87
13	公用事业和居民服务业	22.25	29	非金属矿物采选业	3.31
14	机械设备修理业	21.37	30	金属矿物采选业	1.85
15	仪器仪表计量器具制造业	18.31	31	电力蒸汽热水业	1.30
16	木材加工家具制造业	13.40	32	农业	1.22

用水乘数都相当大。对于建筑业来说,这是因为在其所有的原料工业部门中,它与金属冶炼及压延加工业、建材及非金属矿物制品业、化学工业的经济联系较强,而这3个部门的直接用水系数均居前10位(见表3),这样就使得建筑业的完全用水系数很高,为1279.45 t/10⁴元,列于第11位,而建筑业的直接用水系数为8.97 t/10⁴元仅排于第31位,所以建筑业的用水乘数很大;对缝纫及皮革制品业而言,它与纺织业,化学工业和农业的经济联系较强,纺织业、化学工业是中、高等耗水量的工业部门,而农业,无论是直接用水系数还是完全用水系数,在本市都列于首位,远远高于其它部门。这样,就导致了缝纫皮革制品业的完全用水系数

很大,为1885.09 t/10⁴元。而它的直接用水系数却只有18.1 t/10⁴元,所以,缝纫及皮革制品业的用水乘数高达104.15,仅次于建筑业,位居第2。

对上述两个部门来说,它们的完全用水系数对直接用水系数的变化反应最为敏感。此外,其它工业(拆船业、弹棉花等)、旅客运输业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业的用水乘数也在40以上,对新水的间接需求远大于直接取用。

各个部门都普遍存在着对水资源的间接使用,用水乘数小,则说明间接用水少,如农业、电力蒸汽热水业、金属矿采选业,这3个部门的用水乘数仅分别为1.22、1.30和1.85。在它们

的完全用水中,直接用水占了大部分比重。如农业的万元产值直接用水量占完全用水量的82%,其它两个部门为77%和54%,这亦反映出这几个部门与其它产品部门之间的经济联系较弱。

2.3 各部门重复用水率分析^[5-6]

某一行业的重复用水率是该行业一定时期重复用水量与总水量的比值,一定时期内重复用水率越高,则消耗的新鲜水量就越小,各部门重复用水率见表5。

表5 32个部门的重复用水率

序号	部 门	复用率	序号	部 门	复用率
1	金属冶炼压延加工业	89.93	17	石油加工业	33.97
2	电力及蒸汽热水业	86.06	18	非金属矿物采选业	23.06
3	化学工业	83.63	19	金属制品业	20.55
4	炼焦煤气煤制品业	80.48	20	煤炭采选业	16.85
5	纺织业	68.64	21	其它工业	13.22
6	木材加工制造业	63.52	22	农业	12.17
7	电子及通信设备制造业	60.80	23	公用事业居民服务业	11.19
8	建材及非金属矿物制造业	59.86	24	缝纫及皮革用品制造业	8.84
9	机械工业	57.74	25	行政机关	8.43
10	金属矿物采选业	55.06	26	文教卫生科研事业	6.27
11	电气机械及器材制造业	54.73	27	金融保险业	0
12	造纸及文教用品制造业	53.55	28	建筑业	0
13	交通运输设备制造业	53.37	29	货运邮电业	0
14	仪器仪表量器具制造业	50.54	30	商业	0
15	食品制造业	49.41	31	饮食业	0
16	机械设备修理业	42.09	32	旅客运输业	0

由表5可知,目前全市重复用水率在80%以上的工业部门有:金属冶炼压延加工业、电力及蒸汽热水业、化学工业、炼焦煤气煤制品业。这4个部门的新水使用量占全市工业新水用量的58.8%,4个部门的总产值合计为 2.01×10^{10} 元,净产值合计为 7.38×10^9 元,分别占全市工业总产值和工业净产值的26.84%和33.64%,而其余工业部门的总产值和净产值分别占全市工业总产值和工业净产值的73.16%和66.36%,但重复用水率却不足80%,这种局面还有待进一步改善。

参照国外的重复用水率情况,可以从中找到本市与先进水平的差距,发掘未来的节水潜力。表6列出了南非主要工业部门的重复用水率,与本市相应部门的对比情况。

南非地处干旱地区,水资源十分宝贵,他们为了发展城市和工业,在压缩工业用水量和提高重复用水率方面做得十分出色。钢铁,蒸汽发电,煤与炼油,化学工业的重复用水率均高达90%以上,两国产品部门的划分可能会有一些出入,但是也可以从中说明一定的问题。

表6 北京、南非主要工业重复用水率(%)

北京(1991)		南非(1983年)	
金属冶炼压延加工业	89.93	钢铁工业	97.2
电力蒸汽热水业	86.06	热电站	97.5
化学工业	83.63	化学工业	96.6
煤炭采选,石油加工业	29.92	煤与炼油	92.7

由表6可知,本市的这几个工业部门提高重复用水率都还存在着一定潜力。特别是本市的煤炭采选业及石油加工业与南非的煤与炼油部门重复用水率差距较大,二者相差达60%以上。这说明该行业水的重复利用水平是很低的,存在着严重的浪费现象。假定将煤炭采选及石油加工部门的重复用水率提高到90%,而产值保持在1991年的水平,预计将节约新水 1.44×10^7 t。由此可见,提高重复用水率对节约用水,减轻本市水环境压力的作用是非常大的。

3 结论与对策

(1) 本市的三产业及居民生活的用水结构同1984年相比,已经发生了一些变化。主要原因之一是工业重复用水率的提高。(下转第 72 页)

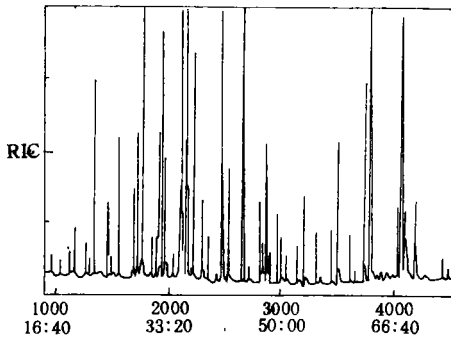


图3 悬浮物(B)F4组重建离子色谱图

范围 0.10—0.68 mg/kg(干重)。

3 结论

(1) 本文提出的预处理方法,直接加无水硫酸钠研磨干燥脱水,省去了风干步骤;采用

(上接第34页)

而农业的重复用水率变化不大,农业是直接完全用水的大户,新水用量占全市的61.5%,复用率仅为12%,仍存在着较大的节水潜力。今后应当努力提高农业的重复用水率,调整工农业用水比例,增加农产品的调入,以减少第一产业的新水用量。同时,继续提高第二产业的重复用水率,达到节约用水的目的,并为城市居民生活提供更多一些的生活用水。

(2) 从第二产业内部结构看,食品制造业的直接用水系数在全部行业中排第16位,而完全用水系数却排第3位,说明其用水的间接需求很大。这主要因为作为其原料行业的农业用水量较大的缘故。所以,应加强外地农产品的调入发展本市食品工业,加工生产,这样就等于间接调水入京,从而减少本市的用水压力。

(3) 仪器仪表及计量器具制造业、交通运输设备制造业、纺织业、机械工业、化学工业、电子及通信设备制造业、金属冶炼及压延加工业、炼焦煤气和煤制品业,是完全用新水系数较小的部门,今后应当大力发展,这亦符合北京市十年规划制定的方针。值得注意:炼焦煤气和煤制品业、化学工业的单位产值污水排放

硅胶层析预分离,简便实用,效果良好。

(2) 由GC/MS/DS系统并配合保留指数是鉴定复杂有机污染物的可靠方法之一。

(3) 本文的目的是对运河悬浮物和底泥上的有机污染物进行概要性探查。结果显示,该段河流悬浮物和底泥上含有相当数量的致癌物和有毒有机物,应引起足够的重视。

参考文献

- 1 Keith L H et al. Water Quality Bulletin. 1981, 6(1): 34
- 2 Nelson C R et al. Environmental Science & Technology. 1980, 14(9): 1147
- 3 Steinheimer T R et al. Analytica Chimica Acta. 1981, 129(1): 57
- 4 许鸥泳等. 环境科学学报. 1987, 7(1): 72
- 5 陈建林等. 南京大学学报. 1993, 29: 214
- 6 Lee M L et al. Anal. Chem. 1979, 51(6): 768
- 7 戴乾圃等. 中国科学. 1979, (10): 964
- 8 戴乾圃等. 中国科学B辑. 1983, (8): 716

量, COD产生量都很高,所以这两个行业在发展的同时更要注意加强技术革新,控制污染。

(4) 第三产业的重复用水率很低,其中一些部门用水量很大,如公用事业和居民服务业,行政机关,文教卫生科研事业等,其中存在着浪费的现象,这些部门的节水工作应当引起重视。应采取经济、法律、行政及技术等措施提高节水和回用水的比重(如利用中水设施),加强宣传,增强群众的节水观念,以达到节水目的。商业、饮食业、金融保险业的直接用水系数和完全用水系数较小,属于产值高,耗水少的部门,并且存在着很大的需求潜力,是今后应重点发展的行业。

参考文献

- 1 尚守忠等. 水资源及其开发利用. 北京: 科学普及出版社, 1993: 73—79
- 2 陈梦熊. 自然资源. 1990, 6: 29—35
- 3 Ilkka Kananen et al. Operations Research. 1990, 38(2): 221—228
- 4 钟契夫、陈锡康等. 投入产出分析. 北京: 中国财政经济出版社, 1987: 445—449
- 5 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 354—357
- 6 方品贤等. 环境统计手册. 成都: 四川科学技术出版社, 1985: 111—149

Analysis of the Current Structure of Beijing Municipal Water Use and a Study on the Response strategy for Water Conservation. Wang Hongrui et al. (Institute of Environ. Sci., Beijing Normal Univ., Beijing 100875); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 31–34

In Beijing, a particularly big metropolis which has been experiencing a bad shortage of water and where water resources have been seriously wasted due to an unreasonable structure of water uses in various industrial sectors, the current conditions of the municipal water use structure and its change in the industrial sectors were overall analyzed and discussed in terms of indicators, such as direct water use coefficient, complete water use coefficient, water multiplier, and water reuse rate, by taking the year 1991 as a base year. Some response strategies for water conservation to change this situation were studied and the corresponding recommendations were made. All of these provided a basis for coordinating the relationship between aquatic environment and economic development in this city, establishing a system of rational utilization of water resources, and promoting the implementation of a strategy for sustainable development.

Key words: direct water use coefficient, complete water use coefficient, water use multiplier, water reuse rate.

Chemical complexation-based Technique for the Treatment of phenolic Industrial Effluents.

Yang Yiyan et al. (Dept. of chemical Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 35–38

Following the idea of reversible chemical complexation, a study on thermodynamic equilibrium and cross-current flow extraction of various industrial phenolic effluents has been carried out. The new mixed solvents (QH) for this purpose have been developed. The results show that by using this treatment technique the raffinate of phenolic effluents can comply with the required disposal standard through only 2–3 stages of cross-current flow extraction. This treatment technique has been used successfully.

Key words: extraction by chemical complexation, phenols, industrial effluent, COD.

Study on the Treatment of Gaseous Sulfur-bearing Wastes from a Rayon Manufacturing Plant.

Xu Guodong and Huang Wenyi (Dept. of Chem. Eng., Fuzhou Univ., 350002); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 39–42

A TF-TA process was developed for the treatment of gaseous sulfur compounds-containing wastes from a rayon production process. The gaseous wastes were first contacted with a TF desulfurizing liquor to remove H_2S and then passed through a TA liquid to further remove CS_2 from them. The removal of H_2S and the regeneration of TF desulfurizing liquor could be carried out in a step. H_2S was removed at a rate of over 98%, and CS_2 was removed at a rate of up to 80%–90% if there was a gas/liquid ratio of 200–300. The overall pollution abatement of waste gases emitted from a rayon manufacturing plant was also discussed.

Key words: treatment of waste gases, H_2S , CS_2 , rayon, removal.

Pilot Study on an Enclosed Circulation System for Treating the Wastewater from Phosphoric Acid Production Process. Fang Weimao, Chen Wenmei et al. (Chengdu Univ. of Sci. and Technology, Chengdu 610065); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 43–46

An enclosed circulation system comprising four operation units, i. e., spiral flow centrifuge separation, flocculation, gravity settling, and mixed thick sludge filtration, has been developed for the treatment of wastewater from a wet process of phosphoric acid production. The results from a pilot study on this system show that the spiral flow centrifuge separation in stage 1 had an efficiency of over 80%. The overflow containing fine solid particles from the spiral flow process in stage 1 was subject to a flocculation pretreatment in stage 2, allowing the settling rate to be increased by near 30 times and the supernatant to contain less than 200 ppm of solid. The thick sludge from stage 1 and that from stage 2 were mixed at a ratio of 1.5, resulting in a good performance of filtration.

Key words: phosphoric acid, wastewater treatment, enclosed-circulation.

Studies on the Preparation and Application of a Fly Ash-based Coagulant.

Huang Caihai et al. (Shaanxi Institute of Science for Environ. Protection, Xi'an 710061); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 47–49

A fly ash-based coagulant combining the capabilities of both physical adsorption and chemical coagulation has been prepared by adding a small amount of pyrite slag and an appropriate amount of NaCl to fly ash, and then the resulting mixture being stirred and extracted with a dilute H_2SO_4