



大城市实施分质供水的必要性和可行性

——以天津市为例

潘 桐

(天津地质矿产研究所,天津 300170)

摘 要:随着社会和经济的迅速发展,淡水资源供需矛盾日益突出。当前除须继续加大治污、水环境保护的力度以外,还应从资源水利和环境水利的角度出发,实行分质用水,优水优用,污水巧用,差水改用,加速构筑多层次、多系统的立体供水网络。分质供水已有 2000 年的历史,现代社会已有成熟技术和实践经验,社会对分质供水亦有需求,故而分质供水是“资源型”缺水城市解决水资源短缺的必由之路。

关键词:城市化;水资源;分质供水

中图分类号:P641.75

文献标识码:A

文章编号:1007-6956(2004)03-0184-06

水资源短缺是 21 世纪人类面临的最为严峻的资源问题。全球陆地上的降水每年只有 $119 \times 10^{12} \text{ m}^3$,它是人类可利用水量的理论极限,但全世界对水的需求每 21 年就翻一翻,目前已达到 $4.13 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{年}$ 。我国是水资源非常贫乏的国家,人均水资源拥有量仅有 2200 m^3 ,只有世界平均水平的 $1/4$ 。20 世纪 70 年代以来,由于北半球干旱化加剧,我国许多河流上游水土保持能力下降,绿地蒸发量减少,致使降雨量逐年减少。而随着我国国民经济迅速发展、城市化进程加快、人民生活水平的提高与生活方式的改变,城市用水量却急剧增加,因此水资源紧缺问题日益凸现。为此,除采用大规模远距离引水缓解城市用水不足之外,更重要的是节约用水,控制水资源的污染,合理利用水资源。本文拟以天津市为例,结合国内外同类工作进展,探讨大城市施行分质供水的必要性和可行性。

1 天津市水资源现状

上世纪五、六十年代,天津市城市供水以本地河流为水源。随着海河上游地区工农业的迅速发展,海河水量日益减少,无法保证城市用水需要。七十年代以来,多次引密(密云水库)、引

黄济津,1983 年完成引滦入津工程。目前除宁河、蓟县、静海城区仍以地下水为水源外,市中心区、滨海新区、宝坻区、武清区均以引滦河水为供水水源^①。由于海河流域各河流枯水、丰水年呈同步化,各河流之间来水难以互相调剂,故而自上世纪六、七十年代以来,随着北半球的干旱化,曾多次发生全流域性枯水,天津市水源供应指标已不得不多次被压减。此外,又因海河流域水体污水/径流比例严重失衡,致使处于下游的天津地区水污染严重,从而更加剧了水资源短缺。天津市人均占有水量仅为 156 m^3 ,远远低于世界公认的人均占有量 1000 m^3 的缺水警戒线^[1],因此天津市属重度缺水地区!

天津市城区需水量是由居民生活用水、公建用水、工业用水和其他用水量构成。预测 2010 年始全市年需水量为 $16.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中市中心区 2010 年需水量为 $8.1579 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全市总需水量的 50.5%;塘沽区(包括天津市经济技术开发区和保税区)为 $2.527 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全市的 15.6%;大港区为 $1.357 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全市的 8.3%;武清区为 $1.4567 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全市的 9%(图 1)。而 1998 年天津市城区供水量为 $10.31 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$,其中地表水为 $7.07 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$,地下水为 3.24×10^8

m³/年^②。从预测需水量分布图可见,除市中心区外,用水量增加主要集中在天津市东南部的塘沽一大港地区,即天津市工业布局东移后的战略发展地区。该地区由于地层结构的限制,

少有良好的第四系含水层,深层水又不足以作为水源地,故而更需要开源节流,注重水资源的再生和使用。

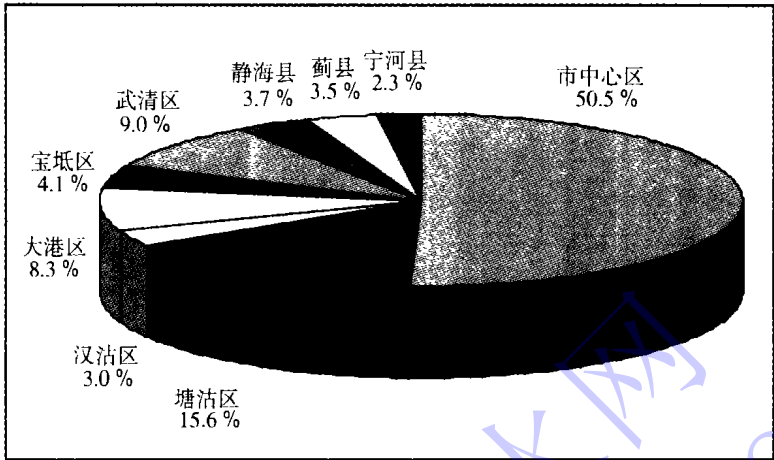


图 1 天津市需水量预测分布图
Fig1 Distribution map of the forecast to demand of water for Tianjin City

2 分质用水的必要性

2.1 国内外循环水使用与多途径节水

很多发达国家在努力保护水资源环境的基础上,加大污水处理,实现了工业用水的重复利用。美国工业用水重复利用率已达到 85 % 以上,日本为 87 %,故而日本工业用水量自 1973 年以后便开始下降。与此同时,发达国家工业取水量亦呈逐年递减之势,其中欧洲 15 国人均日工业取用水量年平均递减速率为 1.12 %^[2]。这一规律性趋势于 1994 年以后在中国也开始出现,其中除了与产业结构调整、高新技术产业和高附加值产业迅速发展有关,也与水资源制约和强化用水管理的措施有关。尽管如此,我国工业用水重复利用率仍偏低,不足 60 %。

“中水”是指城市污水或生活污水经处理后达到一定的水质标准,可在一定的范围内重复使用的非饮用水。天津市梅江小区中水厂是天津市第一个有配套中水系统的生活小区。中水用于梅江小区作为绿化景观、居民冲厕、洗洒区内道路、居民区公建等用水,日用再生水量 6 000 吨。其建立证明中水在天津市已逐渐被人们所接受,推动了天津向节水型城市迈进的步伐^[1]。

与此同时,农业上采用浮萍→芦苇→荷塘

→大田作物→水田作物的生物链安全过滤法,可以达到吸附重金属,重复使用二次水的目的。喷灌、滴灌措施更是以色列节水型农业普遍使用的方法。澳大利亚则实施强制性限水条例,例如堪培拉居民规定按门牌单双号分单双日浇花淋草,为减少植物蒸腾还规定浇水时间须在 17 时至次日 7 时之间进行;再如禁止提水擦车洗窗,无回收二次利用水资源的洗车业一律关闭,使用水量减少了 40 %;此外,禁止浇草地可节水 50 %,除洗菜和做饭等生活用水外,不得以任何方式浇灌花木使节水指标提高到 60 %。日本废水净化使用生物处理法,最简便的是将使用过的乳酸饮料瓶作曝气池填充材料,采用中心导流方式净水,不必添加药物,30 个小时后,微生物即可将污水变为清水。为减少有毒废水在美国很流行,马桶中投入烧碱,再喷醋,可代替马桶清洁剂;4.6 L 水加上 1/4 杯白醋可以代替瓷砖清洁剂。参照国外的做法,我国需要开展节水、减少有害废水的地方大有潜力。

2.2 国内饮用水供给的多用途使用

城市日益增长的用水量,用途已经发生了很大变化。其中很大一部分是用于只需低质水就可满足之处,如住宅、办公大楼、旅馆饭店等大量的冲厕用水,清扫卫生用水,大型建筑中的



空调冷却水,城市公用事业中的道路洒水、绿化浇水、消防备用水,以及大量景观(喷泉、人工瀑布)用水和工业冷却用水等。随着经济发展,对低质水的需求还会更多,如私人洗车用水、盆景花卉用水、清洁卫生用水等。这一状况不仅是在北京、天津、济南、青岛这样缺水型大城市,即使是中小城市亦十分突出。大量清洁的“自来水”用于城市绿化、冲厕,浪费十分惊人。西安市曾因使用自来水冲洗商业区马路遭到全国媒体的谴责,北方城市用自来水绿化种草坪亦受到批评和否定。

调查显示,城镇居民人均日基础用水量为 60 L,其中炊用水为 3 L,洗漱用水 20 L,洗衣 12 L,厨房用水 20 L,其它 5 L。“基础用水量”是指维持一个人正常生活必需的水量(不包括冲厕、洗衣机、淋浴器等用水),很少受其它因素影响,故而各地基础用水量应是一致的。据统计,城市居民冲厕用水量占总用水量的 25 % ~ 30 %,人均约 20 ~ 40 L/d;学校冲厕用水量占总量的 30 % ~ 50 %;机关冲厕占总用水量达 55 %;公共场所平均在 40 % 以上,而冲洗厕所实际仅需一般标准水^[1]。

2.3 分质供水是建设节水型社会的需求

长期以来,我国城市供水系统都采用统一给水方式,即不管什么用途都按标准饮用水供给。在过去经济不发达时期,用途单一、用水量不大,这种供水方法比较简单省事;但在如今优质水资源十分紧张、水用途日趋多样化的情况下,仍然采用统一供水方式,就是对水资源的极大浪费,也是对人力、物力与能源的浪费,何况现有的统一供水方式也不能满足当今人们对高质饮用水的需求。国外许多大城市主要街道上,早已出现管道供给免费的直接饮用水,标志着城市的文明进步与经济发展,进而提高了城市的品位,所以,“分质供水”应该提到议事日程上来。

3 国内外城市分质供水状况

3.1 分质供水的历史

分质供水在国外有着长期的历史。早在约 2000 年前,罗马城就由奥古斯都皇帝建立了世

居民饮用,非饮用水用于浇灌庭院、冲洗住宅及洗澡。19 世纪末,巴黎开始兴建较大规模的饮用与非饮用二元分质供水系统。20 世纪以来,随着工农业生产的发展和城市化进程的加速,出现许多环境污染问题,城市及其附近的地表水体几乎都受到工业“三废”、农药、化肥及生活废弃物不同程度的污染。有机污染带来的致癌、致突变、致畸变性更是令人担忧。而可供大量开采的优质饮用水源较难得到,致使一些国家随即采用分质供水,作为提高饮水质量及合理利用水资源的措施之一。一般城市饮水量仅占总用水量的 10 %,大量城市供水主要用于非饮用方面,这种非饮用水的水质等级可低于“饮”用水水质标准,因而不少国家采用了“生活用”与“工业用”、或“饮用”与“非饮用”的分质供水方式,以降低大量水深度净化处理费用,科学合理地利用水资源。

3.2 日本三管道分质供水系统及应用

日本部分城市中设有三种供水系统,即生活用水、工业用水及杂用水,分别由上水道、工业水道及杂用水道(又称中水道)输送,供给不同等级的用水。工业水道的普遍采用可节省大量饮用水及净水处理费用。

日本作为岛国,淡水只能来自大气降水。除修筑水库蓄水外,利用良好的植被涵养水分,再使用河水、抽取岩层裂隙水饮用,是最普遍的方法。

1937 年日本开始制定工业用水道的有关规定,1958 年制定了《工业用水道事业法》。上世纪 60 年代以来,陆续在几十个城市中建立了工业水道。1991 年全国已有工业用水道事业体 117 个,有 200 多个设施,日供水能力为 $2\,189 \times 10^4 \text{ m}^3$,输水管道约 6 000 多千米,分布在近 50 个都道府中。

作为城市节约用水的措施之一,中水主要用于不与人体接触的用水,如冲洗厕所、道路、洒水、洗车、冷却水、园林浇灌、水景补偿及消防用水等。中水可以在一定的区域内,或一个建筑群、一个建筑物内重复利用^[3]。日本全国目前杂用水利用设施约有 400 余个,仅东京都一地已建和拟建的中水道设施就有 60 余处。



“上质水道”，即对一般的生活饮用水再经过深度净化处理，专供饮食与烹调用。此前日本已有应用实例，但均为小型系统。

以东京都为例，该地目前有十余个净水厂，每日总供水能力约为 $600 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，多以河水为原水。为减轻工厂抽取地下水产生地面沉降，1956 年又制定了《工业回用水法》，另建工业水供水体系，以地表水及回用水代替地下水，形成生活水与工业水分质供水系统。

东京都于 1964 年向江东地区及 1971 年向城北地区专门供给水质较差的工业用水，江东地区由南千住净水厂及南砂町净水厂供给工业用的非饮用水，以三河岛污水处理厂二级处理水作为原水，每日总供水能力超过 $32 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，工业用水管道总长度 150 千米以上；城北地区由三园净水厂和玉川净水厂供水，以河水为原水，每日供水能力约 $35 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，工业用水管道总长度约 200 千米。此外，大久保净水厂为大型分质供水厂，每天生产约 $25 \times 10^4 \text{ m}^3$ 工业用水和 $13 \times 10^4 \text{ m}^3$ 生活用水，用两套管网进行分质供水。

东京的杂用水利用较早，用途较广，自 1951 年以来就将三河岛、芝浦等污水处理厂生产的再生水用于工厂的杂用、洗车及工业用等。建筑物内的中水道主要是 1970 年以后建立起来的，发展较快，已建和拟建的中水道系统有 60 余处，每日非饮用水供水量约 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，多为建筑楼群或单幢高层建筑物的中水道系统，也有少数为地区性的中水道系统。

3.3 美国城市双管道分质供水概况

美国主要建立一些将处理后的废水重复利用的非饮用水系统，但在规模及数量上均不如日本。目前美国至少有十余个城市已建成分质供水系统，主要是建立饮用与非饮用水的双管道供水系统。非饮用水系统的水源主要有两类，一类是未经处理或稍加处理的地面水及水质较差的地下水；另一类是废水经过处理后，达到一定标准的回用水。已建成的非饮用水系统以后一类为多，特别是在美国西南部干旱地区的一些城市中，利用处理后的废水作为非饮用水，主要用于浇灌绿化地带、工业冷却、娱乐用

3.4 我国部分城市分质供水示范

随着我国人民生活水平逐步提高，一部分收入较高的居民对生活品位有较高的要求，许多城市家庭用上了纯净水，无需处理即可直接饮用。一些经济发达城市如上海、深圳、宁波等更是走在前面，数十个新建小区打起了“水龙头一开，生水可饮”的口号，提前进入了“生饮水时代”，用上了分质供水。

我国一般谈到的分质供水，主要是指在小区内的优质供水。供水方式主要有桶装和管道供水。目前，上海部分地区及国内有些城市建立的净水供应站，采用桶装供水方式。“管道分质供水”是在小区设立净水站，将自来水进一步深处理、加工和净化，在原有的自来水管网系统基础上，再增设一条独立的优质饮用水供水管道，将水输送到用户，供居民直接饮用^[5]。同时，将城市供水作为一般用水。

3.5 中外分质供水的差异

由上述可见，分质供水是以两套或两套以上的管网系统，分别输送不同水质等级的水，供给不同用途用户的供水方式。国外现有的分质供水都是以可饮用水系统为城市主体供水系统，而将低品质水、回用水另设管网供应，用作绿化、清洗车辆、冲厕、喷洒道路以及工业冷却等，称为非饮用水。非饮用水系统通常是局部或区域的，作为主体供水系统的补充，既节约水源，又降低处理费用^[6]。

目前，国内分质供水是另设管网供应少量专供饮用的“纯净水”，而将城市供水作为一般用水，与国外分质供水不同。国外的“可饮用水”是符合本国水质标准，用于饮用、烹调与清洗的水；“非饮用水”是人类偶然消费亦不致造成危害，用于非饮用用途的水，在户内只用于冲洗厕所。仅供饮用的管道供水在国际未有先例^[7]。

4 分质供水的可行性

4.1 饮用水源头保护

有效保护水资源是保证饮用水安全的最根本要素。欧美日等国家对水源非常重视，通常在水源取水口下游建立保护区，环境非常优美，



是以发展经济为前提,生产和治污是分离的,是以产品为前提的末端排放达标治理污染的方式保护水资源的。进入 21 世纪,以恢复和修复已被破坏的生态系统为主题。在水环境污染治理方面,开始从末端走向起始,从集中走向集中与分散相结合。因此,对于已建供水厂要加强现有水源的保护,并建立严格的环境质量检测措施,加大水质标准的考核力度,确保水源不受污染并能及时报告水源水质的变化情况;同时,应当重视水源水体修复技术的研究与应用。

4.2 饮用水终端保护

现代城市已具有按用途分质供水的能力,高科技的净水技术与水处理设施,以及日益发达的计算机监控系统,皆可为城市居民提供安全优质的饮用水,并保证一定水质标准的各种用水入户。

4.3 分质供水技术措施

不同功能小区(如住宅小区、商业区等)可集中设置水净化设施,向用户提供高质饮用水,以保障居民饮水健康^[9]。与此同时,在小区或大型建筑中设置中水系统,处理下排水,或利用雨水和附近河水,提供低质水作为冲厕、洗车等用^[10]。小区范围内实行分质供水,由于管道路线短,监控管理方便,可以避免发生管道误接事件。这种二级分区分质供水方式,既能满足人们对各种水质与水量的需求,又能合理利用各种水资源,减少了污染物的排放量,保护了生态环境。

4.4 按需分配分质供水

在我国,由于供水水质必须满足国家饮用水卫生标准,而不同用户对水质的要求差异性又很大,所以国家标准的制定原则是既要满足饮水健康的基本要求,又要保障标准的可实施性。因此,总体说来国家标准的要求并不是很高。这样就有必要针对不同用户和经济条件等

因素制定不同的供水水质要求,在有条件的地区率先实现供水水质与国际接轨,如新建高档生活区即可供给“生饮水”。

5 结论

尽管南水北调工程将有效地改善天津用水困难,但从科学发展观高度看,水资源保护是一项长期的全社会的工作,各行各业乃至每个人,皆有建设节水型社会的义务和责任。既然两千多年前就已经出现分质供水,现代分质供水理论与实践经验业已成熟,社会亦有分质供水的需求,相信分质供水与再利用水系统将会进入蓬勃发展时期,从而达到水资源的合理使用及可持续发展。

参考文献:

- [1]陈新明,徐志勇. 天津市污水处理及中水利用初探[J]. 天津建设科技,2003,3:37-38.
- [2]宋序彤. 中国城市供水排水发展特征及对策[J]. 中国给水排水,2000,16(1):21-25.
- [3]刘学功,崔招女. 中水处理技术与工艺[J]. 给水排水,1993,19(8):20-24.
- [4]John W. C. . Water Supply and Pollution Control (Second Edition)[M]. New York: International Textbook Company, 1971, 75-86.
- [5]史撰. 分质供水在我国将成为必然趋势[J]. 环境导报,2002,3:34-35.
- [6]王占生. 分质供水与《饮用净水水质标准》[J]. 给水排水,2000,(6):74-75.
- [7]关伟平,纪取文. 论城市分质供水[J]. 黑龙江环境通报,2000,24(2):63-64.
- [8]Martin F. (周蓉译). 健康的水[M]. 上海:同济大学出版社,1996, 16-19.
- [9]李云,李冬. 浅议我国发展“管道分质供水”的现状[J]. 深圳自来水,1998,(3):66-67.
- [10]陈志斌. 对城市分质供水的探讨[J]. 广西土木建筑,2000,26(1):1-4.