

我国管道分质供水的现状与展望

袁一星¹, 钟丹¹, 于军², 赵洪宾¹

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 厦门泽睿工程设计有限公司, 福建 厦门 361001)

摘要: 介绍了我国管道分质供水技术的研究现状,包括在实际工程中的常用供水形式、处理技术和消毒方法等;同时介绍了管道分质供水工程在我国几个典型城市的应用情况。此外,分析了管道分质供水技术在应用过程中存在的缺陷和不足,并提出了该技术今后的研究和 directions。

关键词: 管道分质供水; 深度处理; 消毒

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2009)06 - 0019 - 05

Status and Prospect of Pipe Dual Water Supply in China

YUAN Yi-xing¹, ZHONG Dan¹, YU Jun², ZHAO Hong-bin¹

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Xiamen Zenui Engineering Design Ltd, Xiamen 361001, China)

Abstract: The research status of pipe dual water supply in China are presented, which concludes the common water supply form, treatment technology, disinfection methods and so on in practical engineering. The application situations of pipe dual water supply engineering in typical cities in China are also mentioned. Moreover, some advices about research and development direction are given basis on analysis of existing problems of pipe dual water supply.

Key words: pipe dual water supply; advanced treatment; disinfection

分质供水是指供水系统根据用户对水质要求的不同而分开供应相应用水的一种供水形式^[1]。我国目前所推行的分质供水形式被称为管道分质供水,这是将自来水进一步深度处理、加工和净化后,在原有的自来水管道上,再增设一条独立的优质供水管道,将水输送至用户供居民直接饮用^[2]。

1 管道分质供水的形式

我国的分质供水主要包括集中和分散两种形式,其中集中式是指在城市自来水厂中增加深度处理工艺,同时设立与其他用途的供水管网相独立的管道以供应优质饮用水。这种供水方式由自来水公司统一管理,同时受城市规划、城市发展现状等方面

的影响,实施难度较大,一次性投资较高,但管理维护方便。具体的工艺流程见图 1。

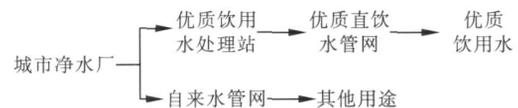


图 1 集中式管道分质供水流程

Fig 1 Schematic diagram of centralized-type pipe dual water supply

分散式是指以小区为单位,在已有供水管网的供水终端设置不同的优质饮用水处理站,对管网来水进行深度处理后由专门的管道供给用户。分散式管道分质供水流程如图 2 所示。

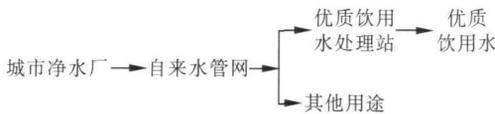


图 2 分散式管道分质供水流程

Fig 2 Schematic diagram of decentralized-type pipe dual water supply

分散式和集中式分质供水系统是将净水系统和供水系统构成整体考虑,能够避免现有管网对水质的二次污染。两种分质供水方式都是对城市净水厂的出水即自来水进行深度处理,达到可以满足人体健康需要的优质饮用水。

2 管道分质供水深度处理技术

管道分质供水原水为自来水,一般针对用户对不同水质的要求,采用不同的处理工艺进行深度处理。深度处理技术有过滤、光降解、生物活性炭、氧化等多种方法,在管道分质供水工程中过滤是最常用的饮用水深度处理技术。

2.1 机械过滤

机械过滤一般指机械过滤器(也称介质过滤),采用砂滤、无烟煤或煤、砂双层滤料过滤。通过机械过滤可去除水中的铁锈和较大颗粒杂质,改善水质并保证后续关键技术的正常运行和处理效果。我国城市水厂中一般将机械过滤作为深度处理工艺的主要单元,但在分质供水工程中很少单独应用,主要用作前置处理单元。

2.2 活性炭吸附技术

由于活性炭独特的孔隙结构和较大的比表面积,因此具有很强的吸附能力,除污效果显著^[3]。但是,单独的活性炭处理工艺容易导致出水细菌总数和亚硝酸盐浓度升高,因此在管道分质供水系统中主要作为辅助处理单元和其他技术联合使用。

2.3 膜分离技术

膜过滤是一种严格的物质分离技术,其净化机理是膜的微孔筛分作用,与其他方法相比,具有能耗较低且分离过程中不产生副产品的优点,因此在管道分质供水工程中的应用十分广泛^[4,5]。常用于饮用水深度处理的膜包括微滤(MF)、超滤(UF)、纳滤(NF)和反渗透(RO)膜,各种膜均有明确的适用范围,因此在工艺设计中必须根据各地水源(自来水)的水质特点,并结合具体情况进行有针对性的选用。此外,在系统设计中还必须设置一定级数的预处理或保安处理(过滤)设施,以及必要的前置调节水

箱、出水调蓄水箱和提升泵等中间设备。一般在膜处理前,应有较好的预处理过程,否则容易发生滤膜堵塞,造成出水量降低、运行费用增加、膜使用寿命缩短等不良后果。

2.4 针对不同水质的处理工艺

根据不同原水水质可推荐几种优质饮用水深度净化工艺流程,对于受轻度污染或水中大分子天然有机物较多、微生物超标和矿化度适宜的原水,可采用的工艺流程如图 3 所示。

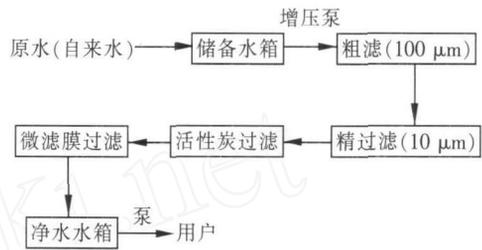


图 3 受轻度污染原水的处理流程

Fig 3 Flow chart of treatment process for micro-polluted raw water

对于受一定程度污染,且水中溶解性有机物和有害离子、盐类均有一定超标的原水,可采用的工艺流程如图 4 所示。

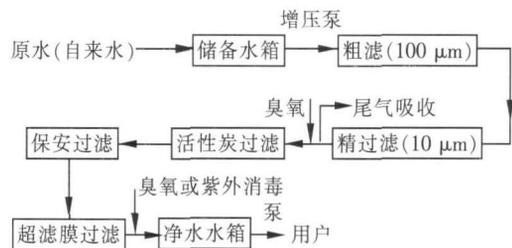


图 4 受一定程度污染的原水处理流程

Fig 4 Flow chart of treatment process for polluted raw water

对于有机污染严重、水中总溶解性固体物和消毒副产物等含量较高且味、嗅较明显的原水(自来水),可采用的深度净化工艺流程如图 5 所示。

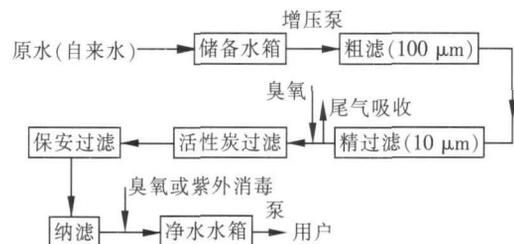


图 5 受有机污染严重的原水处理流程

Fig 5 Flow chart of treatment process for highly-polluted raw water

保安过滤一般采用 5~10 级孔径的滤芯,其作用是保护后续膜组件不受水中颗粒物的污染。对于微滤、超滤或纳滤膜组件,则根据水质要求与原水水质进行选择,但均需定期反洗,其中纳滤需采取化学清洗,故使用与维护较复杂。

3 管道分质供水的消毒方法

目前管道分质供水普遍使用的消毒方法有 O_3 、UV、 ClO_2 、TCCA 法等,其中 O_3 杀菌能力强,但抑菌作用时间短且会对管道产生氧化作用,易形成新的污染物及消毒副产物;UV 杀菌快,成本较低,但不具备抑菌功能,单独使用时管网末梢水细菌指标一般达不到卫生标准,系统中易形成生物膜^[6]; ClO_2 杀菌能力强,并有持续杀菌能力,从理论上讲是适用于管道分质供水消毒的理想药剂,但设备成本较高,在水处理量不大的情况下难以实现自动投加,从而使其在应用中受到限制。三氯异氰尿酸(TCCA)是一种新型的消毒药剂,不仅具有快速杀菌和强氧化化的双重作用,还具有持续杀菌能力。同时,和常规方法相比,TCCA 法可使消毒副产物的产生量降低约 90%,而处理成本仅为常规方法的 1/20,因此这是一种很有前途的管道分质供水消毒方法^[7]。

管道分质供水所采用的消毒方法除了要满足水质要求的各种理化指标和微生物指标以外,其净水口感也十分重要^[8]。因此旨在提高净水口感,同时满足供水安全性和经济性的组合消毒保鲜工艺(主要包括 $O_3 + UV$ 、 $UV + ClO_2$ 、 $UV + TCCA$ 组合工艺)逐渐成为研究热点, $O_3 + UV$ 组合工艺具有较强的杀菌作用,但保鲜效果差,不适于规模较大的分质供水小区,可应用于规模较小、单管循环分质供水工程。 $UV + ClO_2$ 组合工艺将 ClO_2 投量控制在 0.1 mg/L 左右、管网末梢水有效氯含量保持在 0.03 mg/L 以上,既可达到抑菌效果,又可保持较好的口感,与单独使用 ClO_2 相比其优势在于有较长的保鲜期,并可大幅度降低 ClO_2 投量,改善水的口感^[9]。同样, $UV + TCCA$ 组合工艺具有与 $UV + ClO_2$ 组合工艺相同的优点,TCCA 投量控制在 0.1~0.2 mg/L 左右、管网末梢水有效氯含量保持在 0.02 mg/L 以上,就可达到良好的处理效果^[10]。由于管道分质供水消毒副产物中包括残余消毒剂对管材的氧化作用而产生的毒性物质,因此应用组合工艺可有效控制消毒剂投量,从而减少了由消毒副产物引发有毒物质的产生。

此外,在管道分质供水工程中,一些新的杀菌方法(如微电解杀菌器)也得到一定应用。该技术利用研制的特殊金属电极,在电场、催化和氧化等协同作用下杀灭水中的病毒、细菌,其单程杀菌率 > 99.99%,属于纯物理方式的杀菌方法^[11]。其优点是杀菌过程中不添加任何化学物质,占地小、使用方便。

4 管道分质供水在我国的应用情况

4.1 上海市管道分质供水实例

1996 年上海市率先在锦华小区试验建设了第一个管道分质供水系统,同年上海市建委组建了国内第一家“管道纯净水”公司,并在一些住宅小区建立了管道分质供水系统。具体做法是在一栋高层(100 户左右)的楼顶建一小型水处理站(处理能力约为 1~2 m³/d),每日定时向用户供水,其处理工艺为:自来水 预处理 精密过滤 反渗透 O_3 消毒 出水。

由于 O_3 消毒保留时间短,故在管道中增设了循环管路,以缩短水在管网中的停留时间,避免水中细菌的生长。这种管道分质供水系统规模较小,可降低工程技术上的难度,缩短供水管网的长度,不易造成二次污染。同时,由于水处理站建在屋顶,降低了运行成本^[12]。

4.2 深圳市管道分质供水实例

深圳市自来水公司借鉴上海和宁波等地的经验,建设了“梅林一村管道优质饮用水”工程,规划服务人口近 3 万,共 7 000 余户,设计供水能力为 200 m³/d^[13]。该供水系统采用集中处理、分区供水、定期回流的原则进行设计,为防止供水过程中的二次污染,整个管道系统采用变频供水方式,不设中间水箱。为增加供水安全的可靠性,设立了独立的循环回水管道,即每栋楼和整个供水管网都可以进行循环,以避免管道中出现“死水区”。其工艺流程为:自来水 臭氧 活性炭过滤 精密过滤 超滤 消毒 出水。

4.3 宁波市管道分质供水实例

宁波市管道分质供水采用的水处理工艺为微孔过滤(孔径约 0.2 μm),其工艺流程为:自来水 预处理 微孔过滤 ClO_2 消毒 出水。

在管道设计中采取集中供水方式,统一建立大型水处理站(供水能力为 1 500 m³/d),处理后的水通过管网分别送至市内各个住宅小区(管网未设循

环管)。这种做法的优点是水处理设施相对集中,利于日常维护管理,处理水质相对稳定,运行成本较低,但会使供水管网加大,同时也增大了管网的投资(“管道分质供水”的总投资中,管网投资占 70%以上),增加了制水成本。

4.4 大庆市管道分质供水实例

大庆市管道分质供水工程开展较早,应用也较为广泛。在建设初期,针对完全集中的大型居住区分散建立深度处理站,常采用的处理工艺为:自来水 微滤 臭氧 活性炭过滤 超滤 反渗透 消毒 出水。

该流程特点是采用反渗透和超滤按一定比例混合,综合利用两者优点,既去除了水中的有害物质,又能保留对人体有益的微量元素,同时可根据需要进行任意比例混合,满足不同水质标准的要求。目前,大庆地区的大部分饮用水处理站均采用该流程,从 1996 年运行至今处理效果良好。

此外,大庆市还根据地区特点,实施集中式的管道分质供水工程——大庆市东城区优质饮用水工程。该工程采用在原有常规净化系统中加设深度净化装置,并增设优质饮用水配水管网的方式,为居民提供优质饮用水,其工艺流程为:原水 砂滤 臭氧 活性炭过滤 紫外消毒 纳滤 CO_2 消毒 管网 用户^[14]。该工艺的特点是在去除有毒有害物质、保证供水水质安全可靠的前提下,保留了较多对人体有益的元素。该项目从 2000 年开始实施,总投资达 1.04 亿元,设计水量为 $750 \text{ m}^3/\text{d}$,服务人口达到 14.5 万人。

目前居住小区的管道分质供水工程已在我国的大中型城市得到了较为广泛的普及,南京、大连、广州、银川、珠海、福州、成都等城市已有近 200 多个小区配套了管道分质供水系统^[15~19]。

5 结语

5.1 我国管道分质供水存在的问题

管道分质供水在我国虽然发展很快,但仍存在一些缺陷和不足而制约其进一步发展。

管道分质供水所提供的生活用水量达到饮用水标准的部分所占比例偏小。世界卫生组织在 1992 年出版的《饮用水水质指南》中指出,确定水中化学物质含量的指导值需要兼顾饮用的摄入、沐浴时的皮肤吸收和呼吸摄入(有研究表明这三种方式各占 1/3)。目前,我国管道分质供水所提供的生活

用水达到饮用水标准的水量所占比例仅为 2% 左右,只能解决饮用水安全,而不能从根本上保障居民的生活用水(包括厨房洗涤、淋浴用水)安全。因此,借鉴国外分质供水的发展经验,今后我国管道分质供水有必要全面提高供水水质,加大达标比例。从健康需求和用户心理两方面考虑,该比例应达到 60%~70%。

管道分质供水缺乏完善的管理制度。目前我国的管道分质供水形式大多分布在各居住小区或宾馆。由于没有相应的法律法规,各建设单位各行其是,存在的问题主要表现在管道分质供水工程的选址与布局、制水间的设计、水处理工艺和设备以及供水系统不符合卫生要求、水处理设备日常维护保养水平参差不齐等方面,继而影响了管道分质供水的水质安全。

管道分质供水技术层面的研究亟待深入。这主要体现在缺乏工程技术经济方面的研究、缺乏运行中自动控制及对水质远程监控研究等,此外还应对处理工艺作进一步深入研究。目前约 80% 的管道分质供水采用反渗透技术,但反渗透装置造价昂贵,产水率低,安装和使用都必须具备稳定的电压、水压要求,使得维护、运行成本都较高。此外,反渗透技术会将原水中对人体有害的物质及有益物质(有一部分被称之为生命元素的离子)全部去除,水质不符合健康要求,尽管采取后加生理盐或矿化过滤等补救措施,仍难以达到优质水要求。

5.2 发展方向

针对以上缺点和不足,今后我国管道分质供水的发展方向应着眼于积极研发安全、健康、节能、成本低廉的自来水深度处理新工艺;引进先进技术和监控手段,消除用户终端污染;制定和规范行业法律法规,增强监督监察力度,从而全面提高生活用水水质,使居民用水安全得到充分保障。

此外,由于我国现行管道分质供水是受目前社会经济条件限制而采取的一种过渡性措施,因此其今后的发展还应借鉴和汲取发达国家的经验,使自身得到不断完善。国外的分质供水系统内涵与我国所实行的管道分质供水差别很大,主要是以可饮用水系统作为城市主体供水系统,而另设管网系统将低质水、回用水或海水供冲洗卫生洁具、清洗车辆、园林绿化、浇洒道路及部分工业用水(这种系统称为非饮用水系统,通常是局部或区域性的)。这种

分质供水是对城市水资源的合理分配和利用,是实现城市供水优质优用、低质低用的合理用水的有效途径。尽管这种分质供水形式造价较高,就目前我国经济状况来讲实施起来难度较大,但其终究是今后管道分质供水的发展方向。

日本早稻田大学尾岛研究室综合了目前国际上分质供水的优点,提出分区分质“三种水”供给系统。这种供水系统就是由城市供水设施按一般标准的生活用水甚至是工业用水标准向各住宅区供水,经小区内净水设施再处理后向用户提供三种水质:第一种为优质饮用水,主要为厨房炊事用;第二种为一般生活用水,包括洗涤、卫生、洒水等;第三种为低质水,专供冲厕用水。由于在小区范围内实行分质供水,管道路线短,监控管理方便,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,是今后我国管道分质供水的一个新的发展思路。

参考文献:

- [1] 李程. 我国分质供水选择方法的思考 [J]. 山西建筑, 2008, 34 (16): 168 - 169.
- [2] 李云, 李东. 我国“管道分质供水”现状 [J]. 中国给水排水, 1999, 15 (1): 24 - 25.
- [3] 王琳, 王宝贞. 饮用水深度处理技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [4] 王琳, 王宝贞, 杨鲁豫. 城市饮用水膜处理技术 [J]. 膜科学与技术, 2001, 21 (3): 53 - 56.
- [5] 汪洪生, 陆雍森. 国外膜技术进展及其在水处理中的应用 [J]. 膜科学与技术, 1999, 19 (4): 17 - 22.
- [6] 罗冬浦, 林耀军, 肖贤明. 臭氧对供水管材的溶蚀作用研究 [J]. 净水技术, 2004, 23 (3): 20 - 25.
- [7] 吴贤格, 肖贤明. 管道分质供水 TCCA 消毒方法 [J]. 工业水处理, 2005, 25 (6): 24 - 27.
- [8] 吴贤格, 徐显干, 李宁湘, 等. 粒状活性炭在管道分质供水口感改善中的作用研究 [J]. 给水排水, 2005, 31 (8): 37 - 40.
- [9] 吴贤格, 肖贤明, 杨毅, 等. 不同消毒方法在管道分质供水工程中的应用比较 [J]. 给水排水, 2008, 34 (7): 89 - 92.
- [10] 徐显干, 肖贤明, 罗冬浦, 等. UV + TCCA 组合工艺在管道分质供水消毒中的应用 [J]. 净水技术, 2006, 25 (6): 43 - 45.
- [11] Simpson K L, Hayes K P. Drinking water disinfection by-products: an Australian perspective [J]. Water Res, 1998, 32 (5): 1522 - 1528.
- [12] 金伟, 李忆, 李怀正, 等. 上海锦华苑小区分质供水工程的设计 [J]. 中国给水排水, 2002, 18 (10): 52 - 54.
- [13] 刘经洋, 王晓慧, 白莉. 管道分质供水的现状与展望 [J]. 北方环境, 2002, (2): 22 - 23.
- [14] 李艳杰. 分质供水技术在大庆油田的应用 [J]. 油气田地面工程, 2007, 26 (4): 30 - 31.
- [15] 张春生. 浅论“分质供水”的推广应用 [J]. 广西土木建筑, 2002, 27 (10): 237 - 239.
- [16] 马文敏, 王静, 黄凌. 银川市分质供水可行性探讨 [J]. 宁夏工程技术, 2005, 4 (3): 290 - 292.
- [17] 罗广寨. 广州大学城分质供水简介 [J]. 给水排水, 2006, 32 (3): 65 - 67.
- [18] 陈晶. 浅议福州市城市分质供水 [J]. 能源与环境, 2004, (3): 21 - 23.
- [19] 庞胜华, 邱凌峰. 住宅小区分质供水的设计 [J]. 工业用水与废水, 2004, 35 (4): 73 - 75.

电话: 13624612961

E - mail: zhongdan2001@163. com

收稿日期: 2008 - 11 - 11

珍惜水, 保护水, 让水造福人类