

文章编号: 1005—0523(2004)04—0045—04

管网水质二次污染剖析

童 祯 恭

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 主要从出厂水水质、管材、二次供水设施、管网水力运行情况及加氯消毒等方面分析了造成供水管网水质恶化的原因, 并提出了相应的改善措施。

关 键 词: 水质; 二次污染; 管网

中图分类号: TH215

文献标识码: A

0 前 言

经水厂净化后的水需要通过复杂庞大的管网系统输送到用户, 水厂至用户途径的管线长度可达数十上百公里, 水在管网中的滞留时间可达数日, 庞大的地下管网就如同一个大型的“反应器”。实践证明, 水在这样的反应器内发生着复杂的物理、化学、生物的变化使管网结构完整性被破坏, 从而导致水质发生变化, 造成管网污染。根据对国内 45 个城市调研函件结果(平均值), 管网水浊度比出厂水增加 0.38 NTU, 色度增加 0.45 度, 铁增加 0.04 mg/L, 锰增加 0.02 mg/L, 细菌增加 18 个/mL, 管网末端余氯下降到 0.015 mg/L, 大肠杆菌增加 0.4 个/L, 水质总合格率平均下降到 83.4%, 表明水质已经恶化。故水质在输送过程中的二次污染是个不容忽视的问题, 下面就自来水在输送过程中的水质二次污染和对其防范措施作一些探讨。

1 管网水质二次污染原因分析

二次污染的实质是污染物在水中的迁移转化, 这种迁移转化是一种物理、化学和生物学的综合作用过程。造成供水管网水质污染的原因是多方面

的, 从本质上看, 可以归结为以下几个因素:

1) 出厂水水质状况

包括两个方面, 一是水质的合格率, 二是水质的稳定性。

水质的合格率可用卫生部 2001 年颁布的《生活饮用水卫生规范》判定, 一般大的自来水公司都能达标。

水质的稳定性包括化学及生物稳定, 化学不稳定会腐蚀管道, 生物不稳定会使细菌繁殖。化学稳定性可用饱和指数 IL 和稳定指数 IR 来表示: IL=0 时, 水质稳定; 当 IL>0 时, 碳酸盐处于过饱和, 有结垢的倾向; 当 IL<0 时, 碳酸盐未饱和, 二氧化碳过量, 因二氧化碳有侵蚀性, 使管内壁形成不了保护性的碳酸盐薄膜, 水对管内壁具有腐蚀的倾向。当 IR>7 时, 不会形成碳酸钙结垢及腐蚀水; 当 IR<7 时形成结垢。当水中 pH 值小于 6.5 且水中铁的含量超过 3 mg/L 或管道为金属管时, 将导致自养型铁细菌大量繁殖和金属腐蚀, 进而造成细菌、浊度、色度、铁等指标的上升。生物稳定性主要是用 AOC 指标来反映, AOC(生物可同化有机炭)是指有机物中最易被细菌吸收直接同化成细菌体的部分, 它是衡量细菌生长潜力的水质参数。

2) 给水管材对供水水质的影响

出厂水在管网这个大反应器中, 继续进行其未

收稿日期: 2003—11—06

作者简介: 童祯恭(1972—), 男, 华东交通大学土木学院讲师, 同济大学环境工程学院在读博士。

完成的反应及与管壁物质的反应. 这些反应有生物性的、物理性的、化学性的, 除了受出厂水水质影响外, 与输配水管道的材质、使用年限、施工等因素有一定关系.

水质的变化情况与所用管材关系密切. 城市给水干管由于采用钢筋混凝土管或水泥砂浆衬里的铸铁管等管材, 除余氯稍有降低, 浑浊度、溶解性总固体略有升高外, 其他指标与出厂水相比较无明显差异. 但使用年限长且无衬里的管道和涂沥青类物质内衬的管道, 由于内壁腐蚀、结垢, 导致水中铁、锰、铅、锌等金属物质和各种细菌、藻类、苯类、挥发性酚类指标的含量增大. 有研究表明, 对于未作防腐处理的金属管道, 当年限超过 5—10 年时, 污垢就已达到了恶化水质的程度, 对于防腐处理较低的金属管道, 3—5 年就开始出现腐蚀现象, 管道使用年限越长, 腐蚀越严重, 水质状况越糟. 街坊内小口径管道, 用户室内管道对水质的影响是输水过程中水质降低的重要因素.

给水管网中同时存在着饮用水对管网材料的腐蚀和管网材料对水的污染问题. 金属管材由于电化学腐蚀而产生腐蚀瘤和垢层, 细菌和许多微量有害元素存在其中; 石棉水泥管中, 对人体健康有着严重影响的石棉纤维从水源到管网有不同程度的增加; 使用塑料管材, 浸出的化学物质污染了管中流动的水; 沥青涂层由于含有致癌物质已不在我国给水管网中使用; 使用水泥砂浆衬的给水管道由于砂浆衬里的腐蚀或软化、水的碱化作用, 不仅降低了管径的有效过水断面, 而且对水质也产生不良影响.

3) 二次供水设施对水质污染原因分析
目前, 部分城市二次供水设施, 如蓄水池、高位水箱等卫生状况不甚理想, 存在不少问题.

首先设计施工, 工艺管道布局等不合理: 根据近年来建设的高层建筑贮水池来看, 一般生活用水所占的比例在贮水池总容积的 20% 以下, 而对于 80% 以上的消防用水则要求长期不被动用, 靠生活用水将贮水池内的水全部更新一次所需的时间很长, 池内的水流十分缓慢, 流动性极差, 此时自来水中余氯也已经耗尽, 微生物滋生致使水质腐败, 生活用水水质不能保证这是水质下降的根本原因.

其次, 选材不当. 有的水池用水泥作材料也不作内衬处理, 以致于水泥中的有害成份渗出.

另外, 运行管理不善. 缺乏二次供水管理可供操作的行政规章和管理体系; 水箱清洗的次数不够

经常; 水箱上面无盖或者遮盖不严密, 这些都会导致微生物、青苔或细菌的滋生. 成都市自来水公司对自来水在水箱中不同贮存时间的水质变化进行了监测, 结果如表 1 所示: 贮水停留时间超过 12 小时, 水中细菌很快繁殖, 造成二次污染, 不宜直接饮用.

表 1 不同贮存时间高位水箱水质变化情况						
贮存时间 h		0	6	12	24	48
项 目						
余氯(mg/L)		0.4	微	0	0	0
浊度(NTU)		1.1	1.1	1.2	1.6	2.4
细菌总数(个/ml)		4	3	6	46	147
总大肠菌数(个/L)		<3	<3	<3	5	18
总有机碳(mg/L)		1.08	1.09	1.09	1.17	1.23

资料表明, 广州市的屋顶水箱, 自来水中甚至有红虫等肉眼可见幼虫, 且自来水带有腥味. 杭州水司根据其对屋顶水箱的水质调查也作出了取消屋顶水箱的决定.

4) 水力运行情况
低流速、长停留时间导致余氯消减使细菌生长、沉积物增加. 为减少病原体侵蚀要保持最低水压(特别是管道交叉联接处), 太高会爆管; 流态变化也影响水质: 在与水管内表面有一层似乎不流动的薄水层, 当流速增大时, 水层减薄, 通过该水层水流的氧的扩散补给容易, 故促进锈蚀; 当流速再增大时, 氧补给增大, 铁管表面氧气过剩趋于钝化反而腐蚀减少; 若流速继续增大, 由于紊流将发生气蚀, 因机械作用使铁管表面产生空隙腐蚀.

5) 其他因素对管网水质的影响
诸如管网爆裂、渗漏对水质的严重污染; 一些用户终端引起的污染以及卫生管理方面的原因等都会造成管网水质的恶化.

2 二次污染的防治措施

1) 提高出厂水水质和稳定性, 严格控制浊度超标

研究资料表明, 当水中的浊度为 2.5 NTU 时, 水中有机物去除了 27.3%; 浊度降至 1.5 NTU 时, 有机物去除了 60%; 浊度降至 0.5 NTU 时, 有机物去除了 79.6%; 浊度降至 0.1 NTU 时, 绝大多数有机物予以去除, 致病微生物的含量也大大地降低. 有机物含量降低, 也减少了加氯消毒后有机卤代烃的含量. 西方发达国家把浊度降至 0.1 NTU 甚至接近

0,就是这个原因.我国卫生部 2001 年颁布的《生活饮用水卫生规范》中把出厂水浊度定为 1 NTU,为改进居民生活饮用水水质提供了有力保证,同时为居民生活饮用水水质与国际接轨创造了条件.

在水质稳定性方面,出厂水要进行稳定性处理.目前在改善水质稳定性方面比较现实的做法是推行调整 pH 值法,即水在出厂前投加稳定剂,把 pH 值调整至 7—8.5,提高水的稳定性,这种方法在欧美等发达国家已得到了广泛的应用,并且取得了很好的效果.现在已有不少国家规定了出厂水中 AOC、BDOC 及高锰酸盐指数的上限值,以抑制管网中细菌的生长、繁殖.管网水中 $AOC < 50 \mu g \text{ 乙酸碳/L}$ 时,细菌的生长就受到限制.美国建议标准为 $AOC < 50-100 \mu g \text{ 乙酸碳/L}$,我国建议的近期目标 $< 200 \mu g \text{ 乙酸碳/L}$,远期目标 $AOC < 100 \mu g \text{ 乙酸碳/L}$.

《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》介绍了近年来美国、德国、瑞典、丹麦、挪威等国的研究情况,认为流入管网之水(即出厂水)的稳定问题,要结合管网材质的实际情况加以考虑,并提出了以下带结论性的建议:对于用各类管材组成的管网,要求进入管网的水应符合表二中推荐值的要求.

表 2

项目	PH	碱度 (mg/L)	总硬度 (mg/L)	盐($Cl^-+SO_4^{2-}$) (mg/L)	COD (mg/L)
国标值	6.5~8.5	参考指标	≤450	≤250+≤250	参考指标
推荐值	8~8.5	33~82	37.5~75	要少	应少量

提高出厂水的 pH,控制合理的出厂水碱度、总硬度、盐($Cl^-+SO_4^{2-}$)量及进一步提高有机物的去除率是保证出厂水、管网水生物及化学稳定性提高管网终端用户水质的关键.

2) 管材改进:推广应用新型管材

主要是在管材选择、设计施工、维护管理等方面进行改进完善.

据调查目前我国城市供水管网中,铸铁管占 80%以上,近几年逐渐淘汰了灰铸铁管,大量使用球墨铸铁管.台北市在 1996 年敷设 3412 km 管道中,球墨铸铁管占 84.8%;东京市城市供水管网中,球墨铸铁管约占 90%;美国近几年内,年安装供水管道 23 万 km,球墨铸铁管占 47.7%.数据说明球墨铸铁管是城市供水管网的主要管材.在国外 DN50~2 900 mm 之间均有球墨铸铁管的产品,在国内 DN100~2 200 mm 之间也有球墨铸铁管的产品.由于供水管网的建设费用通常占供水系统建设费用的 50%~70%,因此如

何通过技术经济分析确定供水管网的建设规模,恰当选用管材及设备是管网合理运行的保证.在国内各城市供水管网中,球墨铸铁管目前宜适用于 DN300~1 200 mm 之内比较经济可行.

目前迫切需要用新的管网材料(涂层)去装备新铺管线及更新已有管线,但是在选定供水系统中使用的各种材料时,必须从毒物学及微生物学两方面充分进行研究.

3) 完善二次供水设施的设计与施工,加强管理

在设计施工方面,应把水质卫生列入给水工程设计、施工的必要程序.选用防污染卫生及耐腐蚀的材质.合理解决生活与消防共用水池(箱)的问题,定期对水箱进行消毒、冲洗,尽量减小水在水箱中的停留时间.对于停留时间在一天以上的水池应考虑补充加气或加氯灭菌等措施,避免水质二次污染.

在管理方面,制定城市二次供水管理的行政规章制度,建立二次供水管理体系,改变过去那种有人装无人管的现状,做到从设计到验收,直至清洗、消毒的全过程都有人负责.如西安市 1995 年成立了城市二次管理办公室,济宁市 1997 年成立了二次供水管理处,对有效解决二次供水中存在的水质问题发挥了重要的作用.

4) 管网冲洗

实践表明,周期性冲洗管网对提高管网水质,恢复管道通水能力,抑制腐蚀发生等具有重要意义.当管道内水流速度和流向发生变化时,弱附着沉降颗粒再悬浮,从而提高水体浊度.通过冲洗,可降低颗粒物在管道内的净积累量,将管网水的浊度控制在标准值以内.冲洗过程中适当增加消毒剂用量,以杀死冲洗后重新悬浮的微生物.推荐在冲洗后投加腐蚀抑制剂,促进管道内表面保护膜的形成.若积累的腐蚀产物引起管道输水能力严重下降,应有计划地进行刮管衬里.特别对管网末端、消火栓或排水阀应进行定期排水冲洗.冲洗管网是一项系统工程,必须在综合调查后选择冲洗时间、区域和频次、冲洗技术和冲洗持续时间等,并对冲洗效果进行评价.

5) 依靠科技进步进行技术改造,加强相关法规建设

运用国内外先进技术,通过技术经济分析进行管网改造,因地制宜采用多种方法,使投资发挥最大效益.开发智能化管道清洗及新型内衬技术;应用不停水开口技术,取消预留口和免开挖修复技术

进行管网更新改造.

为了解决居住区生活饮用水二次污染问题,还要依法对生活饮用水二次污染进行监督,并明确城市供水单位、二次加压设施产权单位、专业清洗和维修单位以及卫生管理部门的职责,形成相互制约的管理机制,从而将生活饮用水二次污染的防治纳入法制化、科学化、有序化的管理轨道,为广大居民饮用合格水、优质水提供可靠的保障.

3 结束语

提高出厂水的 pH,控制合理的出厂水碱度、总硬度、盐($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)量及进一步提高有机物的去除率,是保证出厂水、管网水生物、化学稳定性,提高管网终端用户水质的关键.其次加快城市旧网改造步伐,推广应用新型管材及加内防腐材料.其三是定期冲洗管网;其四,推行不停水作业措施,及时检漏堵漏.其五,加强二次供水设施的监督和管理,适当采取二次消毒措施.

供水管网是给水系统的重要组成部分,改善管网水质无疑是改善供水水质的一个重要环节,供水部门在发展净水、改造净水工艺设施,提高出水水

质的同时,应该加强对输配水系统的维护管理,通过测定出厂水在管网中的生物稳定性和对造成管网水质“二次污染”主要因素的分析研究,提出改善管网水质,避免“二次污染”的技术措施.控制出厂水在输配过程中的二次污染,使居民生活用水达到国家饮水标准.这对保障人民身体健康,保证社会经济的持续稳定发展有着重要的积极意义.

参考文献:

- [1] “Effect of distribution system materials on bacterial regrowth” ANNE K. CAMPER, *et al*, AWWA, JULY 2003 Page 107—121.
- [2] “Potential for pathogen intrusion during pressure transients” MOHAMMAD R. KARIM, *et al*, AWWA, MAY 2003 Page 134—146.
- [3] “Developing and implementing a distribution system flushing program” MELINDA FRIEDMAN, *et al* AWWA, JULY 2002 Page 48—56.
- [4] 方汝青.高位水箱供水系统对水质的影响[J].给水排水,1997,9.
- [5] 姚 东.防治二次污染 改善管网水质[J].城镇供水,2002,3.
- [6] 冷 震.影响管网水质的因素及对策[C].管道更新改造研讨会论文集,2000,11.

Analysis of the Water Quality Deterioration in Water Distribution Networks and its Preventive Measures

TONG Zhen-gong

(1.School of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this text, it analyses the reasons of water quality deterioration in water distribution networks from the finished water quality, pipe material, secondary water supply establishment, hydraulic operation and chlorine disinfection. And some corresponding methods and measures are proposed to improve the distribution system water quality.

Key words: water quality; secondary pollution; water distribution networks