

供水管网清洗技术及其应用

童楦恭^{1,2}, 刘遂庆¹, 陶涛¹

(1. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 2. 华东交通大学 土木学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 周期性清洗管网对提高管网水质、恢复管道通水能力、抑制腐蚀发生、维护管网正常运行等具有重要意义, 为此对管网冲洗的必要性、冲洗技术、冲洗方法以及冲洗效果评价等进行了探讨, 分析了其不足之处并提出了改进建议。

关键词: 管网冲洗; 单向冲洗; 管网水质

中图分类号: TU991.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2004)08-0027-04

Application of Flushing Technique to Water Supply Pipe

TONG Zhen-gong^{1,2}, LIU Sui-qing¹, TAO Tao¹

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. School of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Routine flushing of water supply pipe network is of significance for water quality improvement, restoration of water supply capacity, corrosion control and maintenance of normal water supply service etc. . Therefore, the necessity of pipe network flushing program, flushing techniques, flushing approaches, as well as flushing effect assessment were discussed, the disadvantages were analyzed and improvements were suggested.

Key words: water distribution system flushing; one-way flushing; distribution water quality

水厂出厂水一般都能达到卫生部规定的水质标准, 但用户端水质却常常达不到要求。对占全国城市供水量 42.44% 的 36 个主要城市的调查表明: 出厂水平均浊度为 1.3 NTU, 而管网水则增加到 1.6 NTU; 色度由 5.2 倍增加到 6.7 倍; 铁浓度由 0.09 mg/L 增加到 0.11 mg/L; 细菌数由 6.6 个/L 增加到 29.2 个/L。影响管网水质变化的因素很多, 其中管网运行的水力条件就是个关键因素。

管道设计对水质的影响是相当大的。因考虑近、远期相结合的原则, 故传统的设计方法一般都趋向于加大管径和贮水设施的规格, 这样就会导致管

网水的流速偏低、停留时间过长, 从而引起余氯的损失、弱附着沉降颗粒的再悬浮, 造成味、嗅及其他水质问题。

实践表明, 周期性清洗管网对提高管网水质、恢复管道通水能力、抑制腐蚀发生、维护管网正常运行等具有重要意义, 冲洗不仅是水质需要也是管网水力运行的需要。

1 清洗技术

目前常用的清洗方法主要包括冲洗及擦洗。冲洗是第一步, 如果效果不好再用擦洗补救。

1.1 冲洗技术

① 传统冲洗

在早期,绝大多数自来水公司选用传统冲洗方法。传统冲洗是指打开设在局部管网内的消防栓放水,在冲洗流出水的水质达到预定标准后停止冲洗。通常以流出水的消毒剂残余量、色度或浊度为指标评价冲洗效果。

传统冲洗可按顺序(从水厂扩展到管网末梢)或不按顺序打开消防栓。其中用阀门隔离管段对提高冲洗效果至关重要,如不采取隔离措施,由消防栓放出的水可能来自附近几条干管,这样使得每条管内水的流速降低。如果此时又不按顺序冲洗,那么就不能保证冲洗水一定流向要被冲洗的管段,造成的后果就是因沉积物重新悬浮而形成的不洁水可能流入已冲洗过的管道,变成再次冲洗。由于传统冲洗效率不高且浪费水,只能短时间改善水质,故通常在水质要求不高时才考虑采用。

② 连续冲洗

对死水端或设计管径过大的管段,可借助连续冲洗或放水方式迫使低速水流通过小部分管网。连续冲洗有助于恢复消毒剂残余量,缩短水在管道内的停留时间。但连续冲洗水流速度一般低于 0.3 m/s ,常不足以除去沉淀物或进行有力冲洗,水的消耗量大。一般情况下,不应将连续冲洗视为可长期采用的冲洗方法。对于死水端只能缓解其水质问题,故一般要联合采用其他方法(如安装仪器设备)才能解决问题。

③ 单向冲洗

单向冲洗是传统冲洗方法的改进型,水在设定方式下通过管网,并产生足够的压力冲动沉积物。先关闭相应阀门以隔离管段,再按从水厂或水源到管网末梢、从大口径管到小口径管、从清洁管段到污浊管段的原则逐步开启消防栓。单向冲洗的水流速度一般控制在 1.8 m/s ,可除去沉淀物、生物膜和疏松附着在管壁的垢层。由于水流处于受控状态,故管段冲洗彻底,而且避免了污染物在管段间的流动。

与前面两种冲洗技术相比,单向冲洗的优势主要表现在:由于各种信息都在冲洗地图和相应技术说明中得到表达,故减少了制定和审批方案所需时间;可同时进行预防性维修工作,如阀门检修;与传统冲洗相比,用水量大约减少 40% 且冲洗效率高;程序标准化,便于对比研究。一些水厂的实施经验

也表明,单向冲洗维持水质稳定的时间更长,因此部分水司更倾向于采用单向冲洗技术。

冲洗常采用气水联合和高压射流两种方法。通过外加气流和水流提高管道内水流的紊乱度,使沉积物受水力冲击而脱落,顺水推出。气水冲洗一般可恢复 80% ~ 90% 的通水能力,它是在管道进行压力水冲洗的同时输入压缩空气。高压射流水的压力为 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$,水的流速为正常工作流速的 3 ~ 5 倍,一般可将软垢冲洗干净。

1.2 擦洗

当冲洗效果不好时一般可采用擦洗方法。常用海绵作为擦子,也可根据管道实际情况选用不同的擦子。擦子比管径稍大一点。对于小管径($100 \sim 150 \text{ mm}$)可将擦子从消火栓通出,对大管径则要切断管子进行擦洗。也可采用弹性冲管器(即 poly-pig 清管器),通过清管器和管壁之间产生的摩擦力将锈垢刮下来,并使锈垢随清管器和管壁之间的高速水流流出,此方法适用于管道内壁锈蚀较严重、气水联合冲洗难于清除干净的管网。

2 单向冲洗的方案设计与实施

2.1 可行性分析

首先要判断冲洗作为管网维护和水质改善的恰当性。当确认冲洗可以改善水质后就要分析其实际操作的可行性。主要考虑以下几个问题:管网的水力现状能否达到设计的冲洗流速?按设计的冲洗流速和冲洗时间是否有足够的冲洗水?冲洗废水如何排出,如何处置?冲洗为解决水质的唯一办法还是作为解决办法的一部分?对特殊水质是否还应考虑其他操作?整个系统都需要冲洗还是只需冲洗部分管段等。

2.2 确定冲洗目标

根据经验和用户投诉记录、目前管网水质数据等确定管网需要冲洗的区段。在制订冲洗方案时,首先要掌握详细的管网资料,如泵站与贮水池的分布、管道材料和运行年数等。在分析管网图和模型的基础上调查管网水在正常状态的流向与途径。对多种压力供水区的管网,应了解调压阀和加压站的功效。通过基础调查将管网系统划分为不同的区域性环状网(该网始于水源,而终于管网末梢),确定泵、消火栓、阀门以及其他设施的控制方式,同时还需了解下水道及雨水排水图以确定冲洗水的排放。应根据参加冲洗工作组的人数、冲洗持续时间、可利

用的设备和水源位置(水厂、贮水池和加压站)等因素决定冲洗环的大小,力求实现有效管理,保证在冲洗人员轮班期内完成对单个或多个环的冲洗。

冲洗有多个层次,可对整个系统进行冲洗,也可只冲洗死端或投诉处。由于管网冲洗耗时长,需投入较大的资金,因此一般情况下对大型输配水系统的冲洗只能有重点地进行。小水司可1~2年冲洗一次,大水司可4~5年全面冲洗一次。

用户投诉情况是确定优先冲洗区域的重要依据,而在我国大部分地区用户投诉很少,水司可根据用户问卷调查及投诉记录来初步确定需要冲洗区域,通过现场检测证实后制订冲洗计划。据统计,美国对管网进行冲洗的原因如下:67%是响应用户的投诉,62%是为了消除污染水(着色水),58%是为了清除沉积物,50%是为了除味,35%是为了去浊或悬浮固体,34%是为了增加余氯量,12%是为了除菌,7%是为了维持干管寿命,4%是为了消除化学污染。从以上数据可以看出供水部门主要是根据用户投诉来进行管网冲洗的。随着我国居民自我保护意识的增强,投诉在确定冲洗范围等方面的作用将会越来越大。为此,需要对用户投诉内容进行详细记录和分类,以利于正确决策。输配水系统的管网分布区域特征也是确定冲洗区域的一个主要参考因素。

2.3 冲洗时间的选择

除紧急情况外,一般在用水季节高峰和其他限制用水条款作用时不执行冲洗。以地表水为水源的管网系统每年至少应冲洗两次。夏季高峰供水期间,由于超负荷运行和高温影响,悬浮颗粒物在各种管道内不同程度地沉降,微生物也大量粘附生长,因此在高峰供水结束后应及时组织冲洗。冬季水温偏低,微生物生长受抑制,水质相对好些。但仍有部分微生物附生在管道内壁,一旦水温升高这些微生物会迅速繁殖,使水质恶化。因此,在水温逐渐升高的春末夏初也应进行一次冲洗。

管网冲洗一般安排在夜间进行。一方面,夜间用水量小,水压相对较高,能够提高冲洗效果,减轻对用户的影响;另一方面,夜间冲洗有利于控制冲洗污水的排放,避免管道内污染源的扩散,同时可减轻水质下降带来的影响。

2.4 确定冲洗参数

实际工程中一般只冲洗管径在400 mm以下的

管段,流速 ≥ 1.8 m/s,水压 ≥ 138 kPa,但还需根据管网实际情况做调整,如有些管网已老化则应适当降低冲洗流速以防止因破损而增加维修费用。冲洗水流量可参考表1。

表1 冲洗水流量

Tab. 1 The flushing flow vs pipe diameter

管道直径(mm)	300	250	200	150	125	100	80	65	50	40
冲洗流量(L/s)	220	154	98	58	38	25	15	10	6	4

2.5 宣传工作

冲洗前水司可通过各种途径(如电视、广播、报纸、海报及各种标志)告知公众,让公众理解冲洗的意义。同时对本系统职工也进行教育宣传,首先要让一线工作人员了解冲洗的重要意义,熟悉规章及操作步骤,以正确有效地执行冲洗。

2.6 执行冲洗

冲洗人员须得到应有的培训,配备必要的设备,严守操作规程,保证冲洗质量。其次,保证阀门和消防栓处于良好的工作状态以缩短不必要的冲洗中断时间。

恰当的数据收集和分析是很重要的。数据必须简单,包括使用设备、地区记录、时间、流量、要冲洗的时间等,这些数据对制定低成本、高效率的冲洗计划打下基础。在冲洗前后和冲洗过程中对这些参数进行监测,建立用于冲洗效果评价的水质数据库。其结果既可评价某次冲洗的有效性,也有助于制订合理的全面冲洗计划。

为评价冲洗的有效性,在冲洗前先要把整个管网的水质参数摸清(可每季度测一次),包括余氯、色度、pH/碱度、大肠菌、铁/锰、DBPs、水厂的消毒剂/腐蚀控制、用户投诉、浊度、温度、抑制剂浓度、HPC、电导率、氨、硝酸盐、亚硝酸盐浓度,各水司也可根据自己的实际情况(如财力等)选定部分参数作为检测对象。

2.7 冲洗效果评价

在实际冲洗过程中,冲洗结束所依据的指标有两个:一是出水浊度,二是冲洗时间。而冲洗效果的评价是不确定的。有的是以肉眼看浊度(占39%),有的是以减少投诉(占34%)为依据,而有的是以现场测定水质(占14%)或实验室测定(占12%)为依据。

可以考虑从以下几个方面来评价冲洗效果:

① 水质是否达到预定要求

余氯浓度、浊度是否得到改善,用户投诉是否减少,每年达到符合预定水质目标所需的冲洗时间是否越来越短?如果没达到既定的目标,那么情况是好转了还是变得更差了?

② 成本效益分析

估计清洗成本,如劳动力费用、动力费、设备费、处置费、宣传费等。同时估计如不执行冲洗而进行其他有效的管网维护所需费用并与清洗费用相比较。

③ 冲洗带来的正面影响

通过冲洗,处理厂运行费是否减少?如是否减少了投药量和动力费,是否延长了阀、消火栓寿命?

④ 冲洗带来的负面影响

如冲洗是否过头,是否把管内壁保护层也冲洗掉了?余氯浓度增大是否引起了用户的抱怨?

3 冲洗实例

表2为东北某市某管道在冲洗前后6个采样点水样的水质记录。可见管道经冲洗后各项水质指标均有改善,特别是细菌指标有显著降低。

表2 管道冲洗前后的水质变化

Tab. 2 Variations of water quality before and after pipe flushing

项目		采样点					
		1	2	3	4	5	6
浊度 (NTU)	冲洗前	2	4	4	4	5	4
	冲洗后	2	2.5	3	3	2.5	3
色度 (倍)	冲洗前	7	7	9	9	8.5	8
	冲洗后	6	6	8	8	6.5	7.5
铁 (mg/L)	冲洗前	0.14	0.24	0.19	0.22	0.29	0.19
	冲洗后	0.07	0.04	0.18	0.19	0.06	0.16
细菌总数 (个/L)	冲洗前	232	140	204	211	199	147
	冲洗后	175	118	77	45	187	25
大肠菌群 (个/L)	冲洗前	1.3	1.3	0.3	12.7	3.7	8.7
	冲洗后	1	0	0	0	0	2
COD _{Mn} (mg/L)	冲洗前	2.35	2.22	2.38	2.86	2.30	2.19
	冲洗后	2.29	2.21	2.23	2.07	2.11	2.14

表3是悉尼水司对某管网擦洗前后擦洗地区及未擦洗地区的三个水质参数在某段时间内的变化情况。

表3 管网擦洗前后水质变化

Tab. 3 Variations of water quality before and after

项目	pipe swabbing mg/L			
	擦洗地区		未擦洗地区	
	前	后	前	后
氯浓度	0.42	0.81	0.38	0.62
HPC20	888	129	1 378	227
亚硝酸盐浓度	0.039	0.012	0.044	0.032

从表3可知,对未擦洗地区,擦洗后氯浓度上升了0.24 mg/L,而在擦洗区,擦洗后氯的浓度增加了0.39 mg/L。另外擦洗还使HPC及亚硝酸盐浓度降低。擦洗过的管段水质明显好于未擦洗管段。

4 结语

供水管网水质问题很多,周期性冲洗能在一定程度上控制水质问题的发生或减轻水质问题带来的危害。因此企业制订冲洗程序及标准是很重要的,应有计划地周期性开展,使之逐步规范化、制度化。

参考文献:

- [1] Ronald A Chadderton, Christensen G Lee, Patricia Henry - Unrath. Planning a distribution system flushing program [J]. AWWA, 1993, (7): 89 - 94.
- [2] Vitanage D, Copelin C, Karunatilake N, et al. Assessment of the impact of mains cleaning to improve distribution water quality [J]. Water Supply, 2003, (1 ~ 2): 71 - 78.
- [3] Melinda friedman, Gregory J Kirmeyer, Edward Antoun. Developing and implementing a distribution system flushing program [J]. AWWA, 2002, (7): 48 - 56.
- [4] 李欣. 给水管道生长环的冲洗与防治 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(12): 30 - 31.

电话: (021) 65985869

E-mail: zgong7212@163.net

收稿日期: 2004 - 04 - 15

本期助理编辑: 郝薇 李德强

见习编辑: 张宇