

合理规划管网冲洗工作

罗岳平 邱振华 李 宁

[提要] 冲洗管网是维持输配水系统正常服务功能的重要措施。本文对管网冲洗的必要性,管网冲洗计划的合理制订,管网冲洗效果评价体系的建立等问题进行探讨。

[关键词] 供水 管网 水质 冲洗

发展净水技术,改造净水工艺设施,从而提高出厂水水质,加强对输配水系统的维护,控制出厂水在输配过程中的变化是供水部门改善服务质量,向社会提供卫生洁净的生活饮用水和工业用水的迫切需要。

一、开展管网冲洗工作的必要性

大量研究和调查表明,在输配过程中,出厂水水质显著下降,尤其浑浊度、色度、铁、细菌总数和总大肠菌群等主要水质指标的检测值大幅度提高,严重降低管网水的使用价值^{[1][2]}。

管道内发生的物化反应和生化反应,使管网结构完整性被破坏是出厂水流经输配水系统后水质下降的主要原因。由于我国对出厂水浊度要求比较低等原因,出厂水中含有的无机悬浮颗粒和胶体等在水力停留期内较大量沉降积累。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,将管网水的浑浊度控制在标准值以内。

进入输配水系统后,出厂水含有的各种有机和无机物质继续相互作用,逐渐形成不溶于水的颗粒物并沉降到管壁。由 CaCO_3 、 Zn 氧化物和水化物等沉降物组成的致密垢层对管壁内壁有一定保护作用,但如果不及时清除,则垢层过度积累而使管道有效输水截面积缩小,同时提高管壁摩阻系数,阻滞水流^[3]。 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等后沉降物与管壁结合

疏松,容易发生再悬浮而使水呈异色,若在微生物作用下牢固附着到管壁,则显著改变管道内水流的水力特征。

输配水管道内壁生长着各种微生物。一些致病菌通过生理适应,腐蚀产物的物理化学保护等抵抗消毒剂的作用^[4],在适宜的环境条件下大量繁殖,带来致病危害。微生物在生长代谢和死亡分解过程中产生的有机物还能与消毒剂作用,使管网水的致癌、致畸和致突变化合物含量增加,降低饮用水的安全性。铁细菌和硫酸盐还原菌等微生物的活动则促进腐蚀发生,破坏管道内壁结构,并使水散发异味。冲洗在一定程度上抑制微生物附着生长,有利于稳定水质。

由于管道破漏,排水管或排气阀损坏,不同供水系统不合理连通等原因,输配水系统经常被局部污染。如果不采取冲洗等处理措施,污染物扩散后可能在较大范围内降低管网水质。

一般城市的输配水系统都是分期建成的。在这个系统内,受埋设年代、材质和距离水厂远近等因素的影响,管网水质的区域性差别很大。水质下降严重区可能成为污染源而使输配水系统其他区域的微生物再生长和管道腐蚀等过程加快。为从整体上保护输配水系统,必须通过冲洗等途径加强对部分老化管网的治理。

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。供水部门在确定输配水系统维护措施时,应将管网冲洗计划考虑在内。

二、管网冲洗计划的合理制订

管网冲洗的社会影响大,涉及多部门协调工作。实施前必须周密计划,确保冲洗效果,同时将不利影响控制在最小范围内。

1. 确定管网冲洗目标

新敷管道并入输配水系统前,大规模污染发生后都需进行严格的冲洗。

在特定区域,某些水质问题比较突出,以之为控制目标,有针对性地制订冲洗方案。

在腐蚀严重区,可结合水质稳定性调节,投加缓蚀剂等措施。专门开展以防治管道内腐蚀为目的的管网冲洗工作。

2. 管网冲洗时间的选择

冲洗只能暂时改善管网水质状况,为确保供水水质符合卫生标准,需根据水质下降速度周期性冲洗管网。

输配地表水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,降低管网水质,应在高峰供水结束后及时组织冲洗。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,这些种源微生物迅速繁殖,使水质恶化。因此,宜在水温逐渐升高的春末夏初进行一次冲洗。

地下水水温相对稳定,铁锰含量高,因而微生物易在流动地下水的输配水系统内快速繁殖,严重腐蚀管道并使水质下降。为减轻微生物带来的破坏,可根据地下水位变化,在进水水质由坏变好后组织冲洗,控制粘附微生物生长。

在一个大型输配水系统内可能存在若干水质问题严重区,对这些区域的冲洗频率要增加。只要流出水的浑浊度和色度持续偏高或出现异臭异味等水质问题,就应组织冲洗。

冲洗有利于延长管道使用年限,在条件许可的情况下,可多对小型输配水系统进行全面冲洗,使管网始终处于良好运行状态。

有些冲洗工作应不定期开展。如大面积维修,干管抢修,大规模污染结束后,都要及时冲洗受影响管网。

管网冲洗一般安排在夜间进行。一方面,夜间用水量小,水压相对高,能够提高冲洗效果;另一方面,夜间冲洗有利于控制污水的排放,不使管道内污染源辐射扩散,同时可减轻水质下降带来的影响。

3. 管网冲洗区域的确定

有效的管网冲洗耗时长,需投入较大量资金。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。

(1) 根据管网水质状况确定优先冲洗区域

《生活饮用水卫生标准》要求实行集中式供水的城镇按一定比例和频次采集管网水样进行常规检测。分析这些检测数据能了解某个区域内水质在一段时间内的变化情况及其发展趋势,并可据此确定水质严重下降的优先冲洗区域。

目前,细菌学指标和感官性状指标列为管网水质的必检项目。因浑浊度是反映水质安全程度的一个综合指标,建议将其确定为必检项目。另外,我国《生活饮用水标准检测方法》只提出计数 37℃ 生长的细菌,这个指标可用来评价发生介水肠道传染病的危险性,但不能全面反映水体的细菌污染状况,因为还有很多细菌虽不能在高温下生长,却可使水体产生异臭异味或破坏管材,有必要计数 22℃ 生长的细菌数量。

随着水质检测机构计量认证工作的展开,我国水质检测工作逐步规范化。在这种形势下,应及早统一大中城市管网水质检测项目,建立检测结果数据库并进行统计分析,使之客观真

实地反映城市管网水质状况并为输配水系统的维护提供指导。

(2) 根据用户投诉或问卷调查确定优先冲洗区域

用户直接受水质好坏影响,因而他们能够提供有关管网水质状况的可靠信息,用户投诉情况是确定优先冲洗区域的重要依据。

在我国大部分地区,用户投诉还不大常见,而水质检测部门有限的抽样分析没有足够说服力。为了解管网水质的区域分布状况,可在必要的时候就水质问题(如浑浊度高,异臭异味)及其严重程度进行问卷调查,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。

在美国,67%的供水部门根据用户投诉冲洗管网。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。

(3) 根据输配水系统结构特征确定优先冲洗区域

大型输配水系统结构复杂,在确定优先冲洗区域时应充分考虑管网分布的区域特征。

由于余氯逐渐消失等原因,水质在输配水系统末端和近末端明显恶化,要加强对这部分管网的冲洗。

死水端是最容易出现水质问题的区域,应经常冲洗,控制其带来的不良影响。

排水阀和消火栓等管网配件的使用频率低,阀体内外腐蚀比较严重,应定期排水冲洗这些配件。

在城市发展过程中,很多区域内的管线改造滞后,因而出现在缓流区,延长了水流在输配水系统内的水力停留时间,使水质问题的出现概率增加。可结合分区测压,绘制服务压力等压曲线,确定低压范围,重点监测,优先冲洗。

管材和埋设年代是衡量输配水系统功能状

态的重要参数,对使用年限长且材质不好的管网区域要优先冲洗。

受水流状态和扰动情况等的影响,颗粒物在中小口径配水管内大量沉降,中小口径配水管腐蚀速率也相对快。在设计冲洗计划时应考虑水质下降与管径的关系,使冲洗效果最佳。

测摩阻系数是了解输配水系统运行状况的一项基础工作,同时也为冲洗管网提供了有价值的资料。摩阻系数高的管道需重点冲洗。

通过调查分析,准确划分输配系统内的水质问题区,据此绘制冲洗区域图并根据实际情况进行调整,可有效指导冲洗工作的开展。

4. 最佳冲洗方案的确定

冲洗主要除去管道内壁的软性结垢。需根据冲洗目标选择冲洗方法,提高冲洗效果。

(1) 建立规范的冲洗制度和程序

冲洗管网是输配水系统维护的重要内容,应根据输配水系统规模组建专业冲洗队伍,有计划地对输配水系统进行冲洗。

管网冲洗的综合性强,必须对制定冲洗计划,发布停水公告,隔离管网,关闭用户进水阀门,通过前适量排水等一系列操作进行规定,并在实际工作中严格执行。

(2) 冲洗方法的选择

管网结构、管径、管道内壁腐蚀、颗粒物沉降量、微生物附生状况、冲洗耗水量、成本分析等都是确定冲洗方法的重要依据。

气、水混合冲洗法和高压射流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。所用设备简单,操作方便,成本比较低,宜在处理一般水质问题(如高浑浊度)时采用。

对部分管道内壁锈蚀严重的,可改用弹性冲管器法(Poly-pig清洗法)。Poly-pig清管器在压力水的驱动下向前运行,通过清管器和管壁之间产生的摩擦力将锈垢刮下来,并使锈蚀

随清管器和管壁之间的高速水流流出。

调查发现,小口径管道结垢程度较大口径严重。常用水流反复冲洗并对冲洗效果进行评价,如果收效不大,应考虑改造。

大中口径管道的冲洗可配合刮管衬里工作进行。刮管衬里耗资大,施工期长,但能大幅度降低输水电耗,延长管道使用寿命,因而可在有条件的地方开展。

(3) 冲洗参数的选择

管道冲洗长度 外加气流和水流只能局部提高水流紊乱度,冲洗管线过长,则下游冲洗不彻底。因此,每次冲洗管线长度应控制在1km内。长管线的冲洗可逐段进行。Poly pig清管法冲洗则没这方面的限制。

冲洗水的流速 冲洗水流速越快,沉积物的去除效果越好。但在老城区等管网区,管道结构强度较差,必须适当控制水流速度,保证系统运行的安全可靠。

合理的流速应在综合考虑管径、管材、管龄、水质问题的性质和严重程度等的基础上确定。实际操作时,可根据冲洗效果选择流速。

冲洗持续时间 冲洗往往消耗大量的水。在保证冲洗效果的前提下,缩短冲洗时间可减少用水量,节约成本。

一般在流出水的浑浊度下降到设定值后停止冲洗操作,在此过程中,应连续监测流出水的浑浊度。

冲洗过程中的出厂水水质控制 冲洗使附生微生物再次悬浮进入水体,也使生物膜内层的微生物暴露出来。应在冲洗过程中提高出厂水的消毒剂投加量,杀灭这些微生物,防止它们再次粘附生长。

采取调pH值、投加缓蚀剂等措施,降低出厂水的腐蚀性,促进管道内壁保护膜的形成,延缓管道腐蚀进程。

冲洗结束是新的沉降和腐蚀过程的开始。

只有对出厂水进行稳定性调节,降低出厂水浑浊度,彻底杀灭水中微生物等才是保证管网水质,减少冲洗频次的根本途径。

三、建立冲洗效果评价体系

将冲洗目标以水质参数的形式表示出来,在冲洗前后和冲洗过程中对这些参数进行监测,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。

1. 选择冲洗效果评价指标的原则

一般在现场检测用于冲洗效果评价的水质指标,因而这些指标必须容易检测。用于冲洗效果评价的水质指标必须能准确、灵敏地反映水质状况。这就要求所选水质指标具有良好的代表性,而且检测方法成熟,精度高。

2. 评价冲洗效果的常用水质指标

有关冲洗效果的评价标准很模糊。根据Chadderton等对美国281个自来水公司的调查,39%的自来水根据肉眼观察浊度变化判断冲洗效果,另外分别有34%、14%和12%的自来水公司根据用户投诉次数减少、现场和实验室检测结果评价冲洗效果^[5]。

一般情况下,浑浊度、余氯和臭味可作为冲洗效果评价的现场检测指标。输配水系统运行状况恶化后,管网水的浑浊度增加,游离余氯水平下降,散发异臭异味,冲洗能消除这些异常现象。结束冲洗后,浑浊度、游离余氯恢复到控制值且水体不再散发异臭异味。则冲洗取得了预期效果。

为了调查产生水质问题的原因,可在冲洗过程中采集水样进行实验室分析,根据特征参数判断在管道内发生的生物及物化过程。

细菌总数(22℃)、铁细菌、硫酸盐还原菌、铁、锰、锌、铝、铅、铜、悬浮性总固体和氯仿等有机物含量可作为实验室分析的重要水质指标。细菌学指标和有机物含量反映微生物产生的破

坏、铁、锰、锌等金属元素的含量则指示管道内壁的生物和电化学腐蚀程度,而物理沉降过程由悬浮性总固体含量体现。通过这些指标的检测和相对重要性分析,确定引起水质下降的主要因素,采取相应防治和冲洗措施,控制水质问题的发生。

化学污染发生后应立即发布停止用水通告并组织冲洗,对污染物浓度进行连续监测,将污染彻底冲洗干净后恢复正常供水。

3. 用于冲洗效果评价的水样采集

一般在冲洗前、冲洗过程中和冲洗后 3 个时期采集水样进行检测。通过对比分析冲洗前和冲洗后水样的水质对冲洗效果作出评价,冲洗过程中采样监测则为确定冲洗持续时间等提供指导。对冲洗过程中采集的水样进行实验室分析还有助于了解管网水质下降的原因。

大部分自来水公司都由消火栓采样。如果养护不当,消火栓易发生腐蚀,流出水水质差。可在水质问题高发区选择一个代表性消火栓,采取经常冲洗等措施,使之保持良好状态,确保流出水能真实反映管网水质状况。定期从固定消火栓取水检测,必须在水质尚未恶化到用户投诉前开展冲洗工作。

冲洗过程中,按设定时间间隔(如 5min)测浊度与余氯。在浊度最高时采集用于实验室分析的水样。浊度降至控制值后停止冲洗。

监测应在冲洗结束后持续一段时间。根据水质稳定状况调整冲洗技术,提高冲洗效果。

4. 建立用于冲洗效果评价的水质数据库

在美国,各自来水公司主要根据用户投诉冲洗管网,但仍有近 33% 的自来水公司根据水质变化制订冲洗计划。国内,用户还不大习惯投诉,因而水质监测对开展管网冲洗工作起主要指导作用。

管网水质数据库是在长期监测基础上建立起来的。通过数据库可了解某个管网点水质在

几年、十几年乃至几十年内的变化,根据其变化趋势决定冲洗方式和频次,判断冲洗是否有效,在冲洗无效的情况下,采取刮管衬里或更新改造等措施。

管网水质数据库的结构应根据冲洗工艺,冲洗过程中的检测项目等设计,必须保证数据在长时间跨度上的可比性。

四、结论

管网水质问题很多,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,因而应有计划地周期性开展。

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。

很多自来水公司对所属管网进行了不同程度的冲洗,作为输配水系统维护的一项重要内容,这方面的工作应进一步加强,使之逐步规范化、制度化。

参考文献

- [1] Singley J. E. and Ting-ye Lee, Pipe loop system augments corrosion studies, AWWA, 1984, (8): 76 ~ 88.
- [2] Mackenthun K. M. and L. E. Keup, Biological problems encountered in water supplies, AWWA, 1970, (8): 520 ~ 525.
- [3] Trulear M. G. and W. Characklis, Dynamics of biofilm process, J. Wat. Pollut. Control Fed. 1982, 54: 1288 ~ 1301.
- [4] Le Chevallier M. W., et al, Disinfecting biofilms in a model distribution system, AWWA, 1990, (7): 87 ~ 99.
- [5] Chadderton R. A., et al, Planning a distribution system flushing program, AWWA, 1993, (7): 89 ~ 94.

○作者通讯处: 410007 长沙市人民中路 279 号

长沙市自来水公司技术处

电话: (0731) 5197183

收稿日期: 1998-1-13