

文章编号: 1005-0523(2006)04-0027-03

管材对管网水质影响的一些探讨

卢普平¹, 童祯恭²

(1. 南昌铁路局新余房产给水生活段, 江西 南昌 338000; 2. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 供水管网的水质的变化情况与所选用的管材关系密切, 文章对供水管网的二大管材(金属管与非金属管)从水力条件、卫生条件及经济等方面进行了比较, 得出了推荐性建议. 对各种管材的综合性能进行比较后, 指出球墨铸铁管是今后供水管材的发展方向.

关键词: 管材; 水质; 管网

中图分类号: TH163

文献标识码: A

净水厂的出厂水一般都能达到卫生部规定的“水质标准”, 但用户端水质则经常满足不了. 根据对国内 45 个城市调研函件结果^[1]: 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%, 以上数据表明水质发生恶化. 影响管网水质变化的因素很多, 其中供水管网的管材情况是关键因素之一. 因从水厂出来的水要经过复杂庞大的管网才能传送到用户, 自来水流经的管线长度可由数十公里至数百公里, 水在管网内部可流动数小时乃至数天时间. 这说明水在管网中有足够时间与管壁表面进行充分接触并进行相互之间的反应, 如管壁向水中渗漏出一些化学物质等.

管网是供水系统的重要环节, 作为管道首先它必须满足以下几个条件: 水力条件好, 供水管道的内壁不结垢、光滑、管路畅通, 才能降低水头损失, 确保服务水头. 其次是考虑其经济性, 管网的建设费用通常占供水系统建设费用的 50%~70%, 因此必须通过技术经济分析, 恰当选用管材及设备进行管网的合理运行. 第三是从水质卫生上考虑, 要求管道内壁既要耐腐蚀性, 又不会向水中析出有害物质. 而管网上附属设施如: 各种阀门、消火栓等各种设备的完好是保证管网运行畅通、避免污染的前提. 管材选择是技术经济比较的结果, 对于水中碳酸钙(镁)的结垢, 水中溶解性铁离子氧化对管道的腐蚀、结垢, 以及一些生物性的堵塞等状态, 往

往是选择管材另一方面重要因素.

供水管网管材主要分两大类^[2]: 金属管材及非金属管材. 目前常用的金属管主要有: 钢管、镀锌管、铸铁管. 非金属管主要有: 混凝土管系列, 塑料管材及复合管. 供水管网管材的选择主要从以下几个方面来考虑:

1 管材水力条件的比较

主要是对金属管与非金属管比较. 设金属管的管壁粗糙系数为 m_1 , 非金属管的管壁粗糙系数为 m_2 , 管流为均匀流, 则

$$Q = AC(Ri)^{0.5}$$

式中谢才系数采用曼宁公式 $C = 1/n R^{1/6}$, 代入得 $Q = k/n D^{8/3} i^{0.5}$, $k = (\pi/4) \times (1/4^{2/3})$

式中: Q —流量;

A —管道的过水断面面积, 对于圆管, $A = \pi/4 D^2$;

C —谢才阻力系数;

i —水力坡度;

n —管道的粗糙系数;

R —水力半径, 对于圆管 $R = D/4$.

D —管径;

因为 $m_1 > m_2$, 则:

(1) 当管道输水流量、水头损失一致时, 有 $D_2/D_1 = (n_2/n_1)^{3/8} < 1$, 即非金属管所需管径更小;

收稿日期: 2005-12-17

作者简介: 卢普平(1972-), 男, 江西赣州人, 工程师.

(2) 当管内径、水头损失一致时,有 $Q_2/Q_1 = n_1/n_2 > 1$, 即非金属管所输送的流量更大;

(3) 当管内径、输水流量一致时,有 $i_2/i_1 = (n_2/n_1)^2 < 1$, 即非金属管的水损更小。

由此可知,从水力条件上来说,非金属管比金属管要好,但非金属管有其应用上的不足之处,如耐压程度不够,塑料容易变形老化,寿命短,抗气候环境条件能力较差等。

2 卫生条件方面的比较

作为输送饮用水的管材应该是无毒的,这是选用管材最基本的要求。目前主要依据国家技术监督局与卫生部联合发布的(GB/T17219-1998)“生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准”,标准提出了管材及内衬材料浸泡水后的卫生要求。

2.1 金属管材

1) 腐蚀问题

水对金属管道内壁腐蚀形成的结垢,其形成机理主要有三种解释^[3]。一种叫做氧化理论,即因水中碳酸作用,铁变成碳酸亚铁,接着再被水中的氧所氧化,成为氢氧化铁;其二称为过氧化理论,即铁先与水化合为氢氧化亚铁,产生的氢和水中的氧化合成双氧水,而后氢氧化亚铁和双氧水化合生成氢氧化铁。第三种理论是微腐蚀电池理论,因金属本身含有许多杂质,金属和杂质之间存在着电位差,在水的介质中形成了无数微腐蚀电池,从而发生电化学腐蚀。

在配水管网末端管道管径小,且流速低时,锈蚀会加剧。在铸铁和球墨铁表面上,杂质所占比例为杂质在钢表面的15.5倍(或更多),这对金属表面所发生的腐蚀反应有重要的影响。由于管道内锈垢的存在(其厚度和管道使用的年数有关,它随时间的增加不断扩大,结垢层是细菌繁生的场所,形成了“生物膜”。有关部门^[4]对结垢管道中流出的水质进行化验发现多达28种细菌和16种金属元素,水质直接影响了人们的身体健康),自来水不是沿着管壁流动而是沿着垢层在流动,它们的存在不仅降低了管道的有效过水面积,当管网中水的流速发生剧变或在其他因素的影响下,厚而不规则的锈垢将从管网中排出,并且对供水水质构成污染。

2) 生物性堵塞问题

一般供水都经过净化、消毒,在管网中一般是没有产生有机物和繁殖生物的可能,但是嗜铁细菌是一种特殊的化学营养菌类,它依靠铁盐的氧化,能在有机物含量极少的清洁水中,顺利地利用细菌本身生存过程中产生的能量生存,就这样嗜铁细菌附着在管内壁后,在生存过程中吸收亚铁盐,排出氢氧化铁,因而形成凸起物,从而使管径变小。

2.2 非金属管材

主要是考虑部分污染物质的析出问题,如水泥管对机械损坏的热震动十分敏感,小的裂缝能自发地与插入的腐蚀产物形成碱性物质,并从水泥中浸出,塑料在水中可能发生溶解反应,使化学物质从塑料中浸出,渗入水中的可能是

溶解反应产物、没反应的组份或杂质,还有在塑料管中,聚合物及基质树脂分子也可能被链断裂、氧化及取代反应等因素所改变,从而使管的性质发生不可逆的变化,埋在土壤中的塑料管,土壤中所含的污染物(如甲醇、甲苯和除草剂)可通过其管壁而渗入管内,质量浓度为千分之几克/升的芳香烃已经在饮用水中发现,所有这些都会造成水质污染。

水泥砂浆衬里是国内外最常见的给水管道内衬涂料,它可有效地防止管网内壁腐蚀,并阻止“红水”现象的产生,但它的存在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,这种不良影响是由于砂浆衬里的腐蚀或软化、水的碱化作用所引起的。

一般而言,非腐蚀性管材(如PVC)主要由管材的特性影响细菌的再生长,而水的特征(温度、起源、BDOC、残余溶解氧)对细菌的再生长影响较小;但对于腐蚀性管材,由于腐蚀沉积物保护细菌被余氯杀死,故减少腐蚀也能减少细菌,对于相同孔隙度和粗糙度的管材(如PE、PVC)似乎有相同密度的固着细菌,温度、电导率、自由性余氯、总余氯、DOC、BDOC等对生物膜都有不同的影响。

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,而对于非金属管材也有相应的问题,如石棉水泥管中,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,因此,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,但是新材料必须经过严格的测试(包括毒物学及微生物学测试),才有可能得到应用。

综合比较而言,目前供水管网中使用量最多的管材是铸铁管,而球墨铸铁管又是其中的主流方向之一。

3 球墨铸铁管

球墨铸铁管在国外已有几十年的应用历史了,国内虽然起步较晚,但开发应用的速度较快,相应的规范标准和生产规模也日趋完善,目前,在输配水管道中国内外普遍使用球墨铸铁管,表1是球墨管和其他几种管材的综合性能比较,从中可知,球墨铸铁管的诸多优点决定其有良好的应用前景。

表1 各种管材性能比较

性能参数	球墨铸铁管	灰铸铁管	钢管	PE管
抗拉强度/MPa	≥420	150~260	≥400	80
抗弯强度/MPa	≥590	200~360	≥400	≥350
布氏硬度(HB)	≤230	≤230	≤140	≤9
伸长率/%	≥7	0	≥18	≥15

使用寿命	20~200	20~160	40~160	50
国外使用率	>90%	<5%	<5%	
抗腐蚀性	优良	良	良	优
抗震抗陷力	优良	差	良	差

3.1 球墨铸铁的特点

主要从以下几方面分析球墨管的特点^[5]:

1) 卫生性能方面

球墨铸铁管内衬了水泥砂浆,管内输水符合卫生要求;若输送水的水质不稳定,则砂浆内表面应刷涂卫生级树脂保护,从而并不比非金属材料差。

2) 安全性能方面

(1) 球墨铸铁管不仅能承受高的内压(可承受内水压力超过2.0Mpa以上,比非金属材料强),而且能承受较高的外部荷载;

(2) 不仅抗震性能好,而且水密性能好;

(3) 不仅耐冲击,而且耐腐蚀性能良好;

(4) 球墨铸铁管系延伸率、刚度、抗拉强度均较大的金属管道,承受土壤静荷载及地面动荷载的能力通常比其它管材强。且球墨铸铁管比化学管材及钢管使用寿命长。

3) 施工性能方面

(1) 柔性接口技术不仅施工方便,而且适应能力强;

(2) 劳动强度低,对基础处理和回填要求不是很高;

(3) 安装方便,球墨铸铁管的管件规格齐全,能适应各种安装需要,比非金属材料解决起来方便。

4) 维修管理方面

(1) 优异的耐腐性能减轻了维修管理负担;

(2) 良好的水密性能降低了漏水率;

(3) 球墨铸铁管系柔性接口,拆装方便、承受局部沉降的能力好,它比非金属材料维修难度小。

5) 经济性能方面

虽然球墨铸铁管每吨的单价比灰铸铁管高出很多,但因其管壁较薄,所以大管径300mm以上时,球墨管价格接近甚至低于灰铸铁管,且管径愈大,价格愈低。

3.2 应用

1) 国内情况

现国内球墨铸铁管的生产能力达100万吨/年,口径从DN100~DN2200mm,我国球墨铸铁管铸造技术已赶上及达到国际较好水平。管材、管件除满足国内需求外,还有一定量的出口。目前城市供水管网中,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。如台北市在1996年敷设3412km管道中,球墨铸铁管占84.82%。

2) 国外情况

各国对管材的使用有其不同的习惯与特点。例如^[6],美国在大口径的管材多用钢套筒预应力钢筋混凝土管,其次是钢管、球墨铸铁管;小口径管以塑料管占很大比重。在美国的不同地区,其管材分布也不相同,例如无衬里普通混凝土管在东北地区占62%,在中西部占57%;钢管在东北地区

占10%,西部地区占14%;无衬里石棉水泥管,在西部地区占到45%。日本^[7]以球墨铸铁管为主,日本在2000年输配水系统中的管材统计显示:球墨铸铁管的安装长度达281848km,占管道总长度的51.9%。德国也以球墨铸铁管为主,很少用钢管,也不用预应力钢筋混凝土管,但还有用石棉水泥管的地方。在英国,建筑给水管(\leq DN50),99%的材料为MDPE,目前的趋势是利用铜管。小口径(DN51~300)输配水系统中,80%的新建管道为塑料管(10%为PE100,50%为PE80,20%为PVC-U和MOPVC),超过15%为球墨铸铁管。中等口径范围的输配水管道(DN350~800)几乎全部采用球墨铸铁管。大口径主干管根据应用环境,分别采用钢管、球墨铸铁管、预应力混凝

土管、钢筒混凝土管,以及玻璃钢夹砂管。

数据说明球墨铸铁管是城市供水管网的主要管材。在国外DN50~2900mm之间均有球墨铸铁管的产品,在国内DN100~2200mm之间也有球墨铸铁管的产品。但考虑到铸造难度、相对价格以及相应管件的配套及施工等问题,在国内各城市供水管网中,球墨铸铁管目前宜适用于DN300~1200mm之内。

4 结束语

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。水在管内流动的过程中,由于腐蚀等原因,往往形成管内腐蚀、沉淀及结垢的情况,由于腐蚀等作用生成的各类沉积物形成结垢层。它们的厚度和管道使用的年数有关,随着时间的延续不断增加,管道有效截面积不断缩小。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。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。

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。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。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“饮水水质标准”。这对保障人民身体健康,促进社会经济的持续稳定发展有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 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,2000,275~280.

平台.学生在实验室设置的条件下自主选择实验内容、时间和仪器,实现了教学资源优化配置,加强了实验室的管理,从而提升了课堂实验的功效,提高了教学效率和教学质量.

参考文献:

- [1] 段家,等.美国高校物理实验教学和管理情况考察报告[J].大学物理,2004,(3):42-45.
[2] 徐萍萍等.基于 Internet 开放式实验教学管理信息系统的开发[J].实验技术与管理,2004(6):126-128.

- [3] 吴小林等.基于 Delphi 的多层数据库应用系统连接技术的研究[J].华东交通大学学报,2005(1):66-70.
[4] 李存斌.ASP 高级编程及其项目应用开发[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
[5] (英)TMS(国际)有限公司著.Microsoft Visual Basic 6.0 高级编程[M].北京:北京大学出版社,1992.

Design of General and Open Experiment Comprehensive Management System

AI JIAN-feng, RENCAI-gui

(School of Natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: It describes the design techniques of general and open experiment comprehensive management system based on internet, it also gives the emphasis on the realization of the booking, management of experiment items and system configuration.

Key words: versatility; management system; teaching pattern

(上接第 29 页)

- [2] 何维华.供水管网的管材综述[J].中国水星网,2003.
www.waterchina.com
[3] 汪光焘.城市供水行业 2000 年技术进步发展规划[M].中国建筑工业出版社,1993.
[4] 李欣,王郁萍,赵洪宾.给水管道材质对供水水质的影响[J].哈尔滨工业大学学报,2001(10):54~57.
[5] 魏小惠.球墨铸铁管的特点分析及其应用[J].南京市

政,2003(2):21-22.

- [6] Water Quality & Treatment. A handbook of community water supplies(Fifth edition). McGraw-Hill, Inc., 1999.
[7] 日本水道协会水道统计编纂专门委员会.水道统计之经年分析(平成 12 年度)[J].水道协会杂志,2002, 71(8): 29-67.

Analysis of the Pipeline Material on Influence of Water Quality in the Water Distribution Network

LU Pu-ping¹, TONG Zhen-gong²,

(1. Xinyu Railway Water Supply Department, Xinyu 338000; 2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The water quality in water distribution network is in close relation with pipelines. In this text, the metal pipe and the nonmetal pipe in the water distribution system are compared from hydraulic conditions, sanitary condition and economic condition in detail and some recommendations are suggested. Also, the corresponding prospects to the ductile cast iron pipe in the water supply network are put forward.

Key words: pipeline material; water quality; water distribution network