

文章编号:1672-058X(2012)11-0093-06

# 给水管道管材对水质的影响及防腐措施\*

廖伟伶

(四川大学 建筑与环境学院,成都 610225)

**摘要:**介绍了给水管网中各类管材材质对水质的影响。这些影响包括有机物与无机物的溶出、生长环的生长难易程度、余氯衰减、管道涂层材料脱落产生的杂质及浓度的增加等,并指出提高出厂水水质和稳定性,更新供水管道系统和维护旧供水管道系统等相关防治措施。

**关键词:**给水管网、管材现状、管材、水质、防治措施

**中图分类号:**TU993

**文献标志码:**A

近年来,随着人民生活水平的逐渐提高,国内相关规范对管道管材的质量要求越来越严,有关部门对管道管材技术的发展非常重视,并投入大量的资金进行开发和研究。规范指出:给水系统所采用的管材,应符合现行产品标准的要求。正确选择管道管材对于系统的正常运行及水质的达标有深远的意义。例如,水中碳酸作用所引起的结垢,过氧化理论下形成的铁锈对管道的腐蚀,还有生物性堵塞等情况,都是选择管道管材的重要影响因素<sup>[1]</sup>。

## 1 对给水管材的要求

目前给水管网中所用的管道材料种类较多,但是在一定的应用环境与条件下有其最佳选择,如果选择得当,将会带来好的技术经济效果,工程技术人员对此应该引起足够的重视和注意<sup>[2]</sup>。

筛选给水管道管材的条件:具备一定的抗外载荷能力;能承受所需内压;长期输水后,内壁仍然光滑,能继续保持很好的输水能力;与水接触后不会发生反应并产生有毒有害物质;耐腐蚀,使用寿命长;可就地取材,造价低;安装方便,维修简单<sup>[3]</sup>。

但由于多方面的原因,在实际工程中,给水管材一直难以完全达到上述要求。给水管道基本上以选用金属材料管道为主。因此,常有管道腐蚀结垢、堵塞的现象,管内的水质卫生状况也缺乏有效的监督保障。

## 2 给水管道管材现状

目前,在给水管网中,我国输配水管网应用的主要管材为球墨铸铁管、环氧树脂涂衬球墨铸铁管、不锈钢管、玻璃钢管和塑料管等。此 5 种管材的基本情况如下。

(1) 球墨铸铁管。在对原铁成分的严格精选基础上,将镁和镁合金等碱土金属加入到溶化了的铁水中,使铁中石墨呈球状<sup>[3]</sup>。其特点是强度高、韧性大(在压环试验中将压环的直径压扁到直径的 50% 时,环两侧

收稿日期:2012-05-07;修回日期:2012-06-04.

\* 基金项目:重庆市教委科研项目(090703).

作者简介:廖伟伶(1991-),女,重庆石柱人,从事给排水工程研究.

管壁上都没有发生裂纹)、耐热性能好(除广泛用于给排水管网中,还广泛用于热力管道),具有较强的抗腐蚀能力(其腐蚀速度只有钢管的  $1/5 \sim 1/3$ )且管壁厚度只有灰铁的  $2/3$ ,因此可以大量节省钢铁。此外,球墨铸铁管使用年限也优于钢管和灰铁管。

(2) 环氧树脂涂衬球墨铸铁管。使用环氧树脂可以克服管道腐蚀所引起的水质感官问题。无毒环氧树脂材料是一种新型的给水设施内部防腐涂料,它使得球墨铸铁管在原有优点基础上增加了干燥快、耐老化、抗冲击等优异性能。目前,我国城市给水工程中使用环氧树脂涂衬球墨铸铁管的比重在不断上升。

(3) 不锈钢管。不锈钢管被称为“21 世纪真正的绿色管材”。不锈钢管具有卓越的力学性能,超群的耐磨损性能,优异的耐腐蚀性能(能经受高达  $30 \text{ m/s}$  的高速水流冲蚀),抗拉强度大(是镀锌管的 2 倍,铜管的  $3 \sim 4$  倍,PPR 管的  $8 \sim 10$  倍),而且具有良好的延展性和韧性。不锈钢管可以在  $-270 \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$  的温度下长期安全工作,无论高温还是低温,都不会析出有害物质,材料性能十分稳定。保温性能极佳(是铜管的 24 倍)且它的高强度极大地降低了受外力影响漏水的可能性,显著降低了水的渗漏率,使水资源得到有效的保护和利用。另外,实验数据表明,不锈钢管的使用寿命可达 100 年,寿命周期内几乎不需要维修,避免了管道更换的费用和麻烦,运行费用低,综合使用成本(以 50 年使用寿命计算)仅为镀锌管的  $1/2$ 、优质的 PPR 管的  $1/4$ ,铜管的  $1/2$ 。

(4) 玻璃钢管。玻璃钢管是一种性能优异的新型复合材料管材,它具有其他传统管材(金属管材、混凝土管、塑料管)无法比拟的优越性能。玻璃钢管具有优良的耐水、耐腐蚀性能,力学性能好,比强度高(管道的拉伸强度低于钢,高于球墨铸铁管,而比强度大约是钢管的 3 倍、球墨铸铁管的 10 倍),耐温性能好,重量轻,运输、安装方便,接口灵活、安全性高,维护费用低(因为其耐腐、耐磨和抗冻抗污等性能,所以工程不需要进行防锈、防污、绝缘、保温等措施和检修且对地埋管无需作阻极保护,可节约工程维护费用),卫生安全,使用寿命长。

(5) 塑料管。目前中国的市政管材市场,塑料管道正在稳步发展,PE 管、PP-R 管、UPVC 管都占有一席之地,其中 PE 管强劲的发展势头最令人瞩目。PE 化学中文名为聚乙烯,是一种热塑性塑料,可多次加工成型。给水管道一般采用高密度聚乙烯,高密度聚乙烯密度  $950 \text{ kg/m}^3$  较 UPVC 为轻,软化温度  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  较 UPVC 管为高。其柔韧性、抗冲击能力均高于 UPVC 管,连接方式优于 UPVC 管,基本上可保证连接处不泄露(属本体连接)<sup>[4]</sup>。PE 管耐腐蚀性能强,输送水不产生污染,可保证水质稳定。PE 管可进行弹性敷设,不受施工现场地形变化的影响<sup>[2]</sup>。PE 管具有良好的耐水锤压力的能力,大大提高了供水的安全可靠性。

## 3 管道管材对供水水质的影响

### 3.1 金属管材对水质的影响

我国现有水管网的管材一般采用钢管、铸铁管,当出厂水具有腐蚀性时或管道使用年限过长时,管道内壁就会腐蚀结垢,另外微生物的繁殖也会导致管道内壁结垢。锈蚀物中含有大量的铁、铅、锌和各种细菌及藻类,当管道内水流速度、方向或水压发生突变时,就会造成短时间的水质恶化,出现铁、锰、色度、浊度和细菌等指标值的大幅度上升。有研究表明,对于未作防腐处理的金属管道,当年限超过  $5 \sim 10$  年时,污垢就已达到了恶化水质的程度,对于防腐处理较差的金属管道, $3 \sim 5$  年就开始出现腐蚀现象,管道使用年限越长,腐蚀越严重,水质情况越糟糕。

使用金属作为给水管材料会对水质构成二次污染。一般来讲,供水水质在进入城市管网管道之前,都能达到国家标准。但因其不是纯净水,普遍含有某些金属元素、化合物以及微生物<sup>[4]</sup>。当水在管道中流动的时候,由于化学物的分解,管道涂层材料的脱落,余氯衰减等原因,使得水和管内壁的材质发生化学作用。同时,水中残留的细菌也可能再度繁殖,使得管内水质出现变化。由此可见,管道材料的选取对于供水水质

的影响是非凡的。为了更好地确定材料对于水质的影响程度,做出以下分析。

### 3.1.1 色谱—质谱联机定性检测

在色谱—质谱联机定性检测下各类管材水与出厂水比较如下:

在出厂水中,一共检测出了 54 种有机物。其中包含 14 种疑似为有害物质的有机物,包括对人和动物有不同程度毒性的 6 种苯系有机物。

铸铁管流出的水中的有机物种类是最多的,共 105 种,比出厂水多了 51 种有机物;其次是环氧树脂涂衬的铸铁管水中有有机物增加了 36 种;再次是不锈钢管水中的有机物,共 88 种,与出厂水相比增加了 34 种;最后是玻璃钢管,新增有机物 28 种。铸铁管中之所以会新增 51 种有机物,是因为铸铁管内壁腐蚀严重,在水中发生的各类反应变得更加复杂剧烈,从而使得水中有机物种类大幅提高。且发现新增有机物中有 12 种有害物质。

环氧树脂涂衬的铸铁管因为有了这一防护层,使得铸铁管的防腐蚀能力大大提高,水中发生的物理、化学、生物、微生物反应速度降低,相应生成的有机物种类随之减少。由此可见,对铸铁管进行防腐措施后,管内有机物种类和有害物质的数量都得到了减少,起到了改善管道内水质的作用。因为不锈钢管水中的有机物主要来源于出厂水中本来存在的有机物在管中发生物理、化学、生物及微生物反应所生成的产物。所以,由此可以证明不锈钢管材质对供水水质几乎无影响。

而玻璃管材是以上管材中性能最好的,但我国实际工程中,很少运用玻璃钢管。

由上述的色谱—质谱联机定性检测实验得出结论:不锈钢管对供水水质的影响最小,通过不锈钢管的水质是最佳的。

### 3.1.2 扫描电镜观察

通过对城市供水管道实际应用的管材进行了扫描电镜观察,得出结果:球墨铸铁管内壁腐蚀很厚,且腐蚀物较疏松,有许多空洞和缝隙,大量的微生物可藏匿孔洞里而避免消毒剂的杀灭作用;环氧树脂涂衬球墨铸铁管内壁腐蚀较厚,也有许多孔洞和缝隙;不锈钢管内壁几乎没有腐蚀,也没有附着管道沉淀物。

综上所述,管材的腐蚀程度依次为:不锈钢 < 环氧树脂涂衬球墨铸铁管 < 球墨铸铁管,说明:不锈钢管防腐蚀性能最佳。

### 3.1.3 管材对细菌再生长的影响

管道内微生物的生长情况也对供水水质有着极大的影响。对于研究球墨铸铁管、环氧树脂涂衬球墨铸铁管和不锈钢管 3 种材质对管内微生物的影响如下:

球墨铸铁管容易腐蚀,导致管壁粗糙度增加,为微生物创造了吸附于管壁的有利条件,并提供了微生物大量生长繁殖的场所。所以管壁细菌密度最大的是球墨铸铁管。

环氧树脂涂衬球墨铸铁管虽然不易腐蚀,但由于管壁长时间与水接触,会有部分涂层脱落,管壁仍然会产生一定程度的腐蚀;同时,由于大部分涂衬材料均由高分子有机物合成,在与水接触的过程中,会向水中释放一些可生物降解的有机物质。所以涂衬的球墨铸铁管管壁细菌密度也较大。

由于不锈钢管内壁光滑,并且不易腐蚀,不利于细菌黏附;同时,不锈钢管不能向水中释放可生物降解有机物。所以不锈钢管内壁细菌密度最小。

结论:不锈钢管内壁细菌密度最小,供水水质几乎不会受到细菌影响而被污染。

### 3.1.4 管材对管道的余氯衰减的影响

我国水厂中以液氯为主要消毒剂来维持给水管网中的消毒作用。因此,给水管网中余氯衰减度与供水水质有很大的关系。余氯衰减越快,水质越差,相反,余氯衰减越慢,水质越好。而管道材质则是对给水管网中余氯衰减产生影响的主要因素。

若管材化学稳定性良好、表面光滑,则管壁不易产生腐蚀、沉积,也不利于微生物的生长。这样,在管壁上极少量的腐蚀产物、沉积物以及抑制微生物生长所消耗的余氯量甚微。相反,管壁粗糙、化学稳定性弱均

易形成腐蚀、沉积物聚集并促进微生物的生长繁殖,微生物的繁殖又能促进腐蚀。在这种情况下氯的衰减速度加快,氯的消耗量增加。当管内氯消耗殆尽,微生物便可继续大量繁殖,促进管道内壁腐蚀结垢,造成恶性循环。

实验表明,管材对管内余氯的影响顺序为:钢管 > 球墨铸铁管 > 环氧树脂涂衬球墨铸铁管及钢。表明:运用环氧树脂涂衬,可有效降低管网水中余氯衰减速度,对保证管网水质稳定性具有重要意义<sup>[1]</sup>。

### 3.2 塑料管对水质的影响

塑料管材对水质的主要影响在于其在使用过程中可浸出化学物质而将管内水质污染。目前,我国市政给水工程中广泛运用的塑料管是 PE 管,由于 PE 管材质无毒,耐腐蚀性能强,因此可以放心使用。

## 4 防治措施

现行城市供水水质标准要求:水中不得含有致病微生物;水中所含化学物质和放射性物质不得危害人体健康;水的感官性状良好。但由各种原因引起的管道内壁腐蚀结垢都将使供水水质受到“二次污染”,无法达到城市供水水质标准。所以,如何保证供水水质成为关键。

### 4.1 提高出厂水水质和稳定性

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,即在水出厂前投加稳定剂,把 pH 值调整至 7~8.5,提高水的稳定性。

### 4.2 更新供水管道系统

新敷设的管道可采用给水塑料管、玻璃钢管、环氧树脂涂衬球墨铸铁管等。

### 4.3 维护旧供水管道系统

#### 4.3.1 管道清垢

对于旧管道,管道防腐成为关键。但是,重新敷设管道对城市破坏较大,而且费用不菲。目前比较成熟的免开挖管道修复技术除了能保证管道的使用寿命外,还减少了对城区的破坏,成本也较低,是解决供水管道腐蚀问题的行之有效的新技术。主要的技术方法有:

(1) 高压射流法。利用 5~30 MPa 的高压水,靠喷水向后射出所产生向前的反作用力,推动运动,使其管内结垢脱落、打碎,随水流排掉。此种方法适用于中、小管道,一般采用的高压胶管长度为 50~70 m<sup>[5]</sup>。

(2) 机械清洗。若管壁内形成了坚硬的结垢,仅用水冲洗的方法是难以解决的,这时就需要采用机械刮除。对于小口径水管的结垢刮除,是由切削环、刮管环和钢丝刷组成,用钢丝绳在管内使其来回拖动,先由切削环在水管内壁结垢上刻划深痕,然后刮管环把管垢刮下,最后用钢丝刷刷净<sup>[6]</sup>。口径 500~1 200 mm 的管道可用锤击式电动刮管机。它是用电动机带动链轮旋转,用链轮上的榔头锤击管壁来达到清除管道内壁结垢的一种机器,它通过地面自动控制台操纵,能在地下管道内自动行走,进行刮管。

(3) 弹性冲管器法。利用充气的专用工具来刮掉管道内壁附着物。使用弹性冲管器清洗管道,可针对软硬不同的锈蚀、结垢,选用不同形式的清管器,既可除掉管道内的锈蚀结垢物,也能对新管道通水前进行清除,并且节水、高效。弹性冲管器法适用于 DN100 以上的各种口径管道除垢工作,一次清管长度可由几十米到几千米,只要管道直径没有改变,可以通过任何角度的弯管和阀门(除蝶阀外),进行长距离清管。清管时施工停水时间短,一般 100 m 的管道,只需一天就可以清洗干净且恢复供水。弱点是目前国内还没有与其配套的衬里技术<sup>[4]</sup>,另外,除锈效果也不是很好。

(4) 空气脉冲法。这种方法利用气水混合物不断变换压力使管道内壁附着物脱落,这是一种特别适合于城市供水管道内壁除锈的方法<sup>[4]</sup>。

(5) 酸洗法。将一定浓度的盐酸或硫酸溶液放进水管内,浸泡 14~18 h 以去除碳酸盐和铁锈等积垢,

再用清水冲洗干净,直到出水不含溶解的沉淀物和酸为止。由于酸溶液也会侵蚀管壁,所以加酸时应同时加入缓蚀剂,以保护管壁少受酸的侵蚀<sup>[7]</sup>。

(6) 脱脂法。将金属管壁上的油脂去除称为脱脂法。有溶剂法、碱液法、乳剂法、电解法等。表面处理的质量标准应达到清除氧化皮、锈蚀层、油脂和污垢,并在表面形成适宜的粗糙度(40~50 μm),表面处理达到工业级(Sa2 级),以露出金属光泽为宜<sup>[3]</sup>。

除锈是管道翻新的基础。另外,从实际项目的成功经验来看,单纯利用一种方法的效果是不太理想的。故应该对管道内壁结垢成分进行研究后,才能找出一种有效的方法。

#### 4.3.2 管壁防腐涂料

旧管道清洗结垢后应在管内涂衬防腐涂料不仅可以使旧管道恢复原有输水能力,还能延长管道的使用寿命。这项工作是非常必要的。没有进行涂衬的管道,通水后的腐蚀速度非常快。

(1) 水泥砂浆衬里。水泥砂浆衬里依靠自身结合力和管壁支托结构的组合,结构牢靠,其粗糙系数比金属管小,除了对管壁能起到物理性能保障外,还能起到防腐的的化学性能<sup>[4]</sup>。涂层厚度为 3~5 mm,水泥砂浆用 M50 硅酸盐水泥或矿渣水泥和石英砂,按水泥:砂:水=1:1:(0.37~0.4)的比例搅合而成。

(2) 环氧树脂涂衬法。环氧树脂具有耐磨性、柔软性、紧密性,使用环氧树脂和硬化剂混合后的反应型树脂,可以形成快速、坚固、耐用的涂膜<sup>[6]</sup>。环氧树脂的涂层厚度达到 0.5~1 mm,便可满足防腐要求。使用硬性环氧树脂涂衬后,经过 2 h 的养护,清洗排水后便可使管道投入使用<sup>[4]</sup>。

(3) 内衬软管。内衬软管即在旧管内衬套管,该法改变了旧管的结垢,形成了“管中有管”的防腐形式,防腐效果非常好,但造价比较高,材料需要进口,目前大量推广有一定困难。

消除水管内积垢和加衬涂料的方法,对恢复输水能力的效果很明显,所需费用仅为新埋管线的 1/12~1/10,还有利于保证管网的水质<sup>[5]</sup>。

## 5 结 语

给水管道中腐蚀程度地加深,必将导致供水水质受到污染。因此,目前迫切需要用新的管材(涂层)去装备新铺管线以及更新已有管线。现广泛使用的管材中,金属管材环氧树脂涂衬球墨铸铁管和塑料管 PE 管是表现比较好的,另外,不锈钢管是值得大力推广的。加强对给水管道的管理,及时解决管内腐蚀问题,才可以有效改善供水水质并延长管道的使用寿命。

### 参考文献:

- [1] 赵鸿宾,李欣,赵明. 给水管道卫生学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008
- [2] 赵新华,刘洪波. 输配水工程[M]. 北京:化学工业出版社,2006
- [3] 邢丽贞. 市政管道施工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004
- [4] 张奎,张志刚. 给水排水管道系统[M]. 北京:机械工业出版社,2007
- [5] 蒋柱武,黄天寅. 给排水管道工程[M]. 上海:同济大学出版社,2011
- [6] 汪翔. 给水排水管网工程[M]. 北京:化学工业出版社,2006
- [7] 严熙世,刘遂庆. 给水排水管网系统[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002

# The Effect of Water-supply Pipeline Materials on Water Quality and Their Corrosion-prevention Measures

**LIAO Wei-ling**

(School of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** The influence of the quality of all kinds of pipeline materials of water-supply on water quality is introduced, the influence includes the dissolution of organic and inorganic matters, the degree of the difficulty of the growth of growth ring, chlorine residue decay, the impurities from coating materials come-off of the pipeline and their concentration increase and so on, and therefore the measures such as improving the water quality and stability of undertaken water, renewing water-supply pipeline system and maintaining old water-supply pipeline system are put forward.

**Key words:** water-supply pipeline network; pipeline material status; pipeline material; water quality; prevention measure

责任编辑:田 静

(上接第 78 页)

## Research on Mountainous Urban Construction Land Expansion Based on RS and GIS ——Taking Nanan District of Chongqing as an Example

**JIAO Huan, QIN Qiu, ZHAO Chuan, HOU Zong-lin, LUO Juan**

(School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University,  
Chongqing 400067, China)

**Abstract:** With continuously economic development and constant growth of global population, the shortage of construction land is more and more serious, and the research on mountainous urban construction land expansion plays an important role in further development of the cities. By using 8 periods Landsat-TM data during 1978-2010, through calculating landscape isolation, fractal dimension, dynamic degree, expansion index, barycenter and so on of construction land, quantitative research is conducted on construction land expansion process in Nanan District in 32 years, and the result indicates that construction land expansion in Nanan District keeps relatively high speed, that urban land-use structure is more compact, that construction land pattern is inclined to standardized development, that construction land stability is more and more strong and that its barycenter transfers toward southeast direction from west of Nanan District. This research result is of important reference significance to urban construction and planning of Nanan District.

**Key words:** construction land; urban expansion; mountainous city; RS and GIS

责任编辑:李翠薇