

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第4期

Vol.33 No.4

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

碳同位素比技术定量估算城市大气 CO ₂ 的来源	刘卫, 位楠楠, 王广华, 姚剑, 曾友石, 范雪波, 耿彦红, 李燕 (1041)
广州大气降水中稳定同位素对 2008 年初华南地区冰雪灾害期间水汽来源的反映	廖聪云, 钟巍, 马巧红, 薛积彬, 尹焕玲, 龙昆 (1050)
北京雾霾天气期间气溶胶光学特性	于兴娜, 李新妹, 登增然登, 德庆央宗, 袁帅 (1057)
白马泉风景区夏季大气 PM _{2.5} 中二次有机物的初步研究	代东决, 李黎, 刘子芳, 赵敏, 冯加良, 赖玮, 曾燕梅, 周宇, 刘露云, 邓仕槐 (1063)
机动车尾气排放 VOCs 源成分谱及其大气反应活性	乔月珍, 王红丽, 黄成, 陈长虹, 苏雷燕, 周敏, 徐骅, 张钢锋, 陈宜然, 李莉, 陈明华, 黄海英 (1071)
法国梧桐叶片氮含量及氮同位素对城市大气湿沉降氮的响应研究	王燕丽, 肖化云, 肖红伟 (1080)
胶州湾及邻近海域表层海水中一氧化氮浓度分布及其影响因素探讨	薛超, 刘春颖, 杨桂朋, 祝陈坚, 张洪海 (1086)
基于不确定性分析的太湖水体多环芳烃的生态风险评价	郭广慧, 吴丰昌, 何宏平, 冯承莲, 张瑞卿, 李会仙 (1091)
流域水质时空分布特征及其影响因素初析	黄金良, 黄亚玲, 李青生, 周增荣, 冯媛, 张祯宇 (1098)
潮白河周丛生物群落元素组成与水质变化的生态计量学关系研究	崔经国, 单保庆, 王帅 (1108)
春季盘溪水质日变化规律及水质评价	张千千, 王效科, 郝丽岭, 逯非, 欧阳志云, 侯培强 (1114)
西南喀斯特流域风化作用季节性变化研究	肖琼, 沈立成, 杨雷, 伍坤宇, 陈展图 (1122)
三峡水库开县消落区水域冬季蓄水期间藻类群落结构与水质评价	郭劲松, 谢丹, 李哲, 陈园, 孙志禹, 陈永柏, 龙曼 (1129)
淀山湖水华高发期浮游植物群落变化特征研究	徐春燕, 杨洁, 马明睿, 胡雪芹, 由文辉 (1136)
三峡库区典型消落带草本植物氮磷养分浸泡释放实验	王建超, 朱波, 汪涛, 易礼军 (1144)
沂蒙山区典型小流域特殊降雨的磷素输出特征	李振伟, 于兴修, 刘前进, 井光花 (1152)
合肥城区地表灰尘氮磷形态分布及生物有效性	李如忠, 周爱佳, 童芳, 李峰, 钱家忠 (1159)
鹤地水库沉积物营养盐及重金属分布和污染特征分析	张华俊, 陈修康, 韩博平, 罗勇, 杨浩文, 曾艳, 陈敬安 (1167)
三门峡库区河流湿地沉积物重金属赋存形态和风险评价	敖亮, 单保庆, 张洪, 唐文忠 (1176)
黄河三角洲滨海湿地表层沉积物重金属区域分布及生态风险评价	刘志杰, 李培英, 张晓龙, 李萍, 朱龙海 (1182)
竺山湾重金属污染底泥环保疏浚深度的推算	姜霞, 王雯雯, 王书航, 金相灿 (1189)
雷州近海、流沙湾和深圳湾沉积物 PAHs 污染特征分析	赵利容, 孙省利, 柯盛 (1198)
中国与印度典型城市道路街尘中多环芳烃与黑碳的对比研究	潘苏红, 张千, 孙亚莉, 解启来 (1204)
三江平原典型灌区井灌地下水中的随水迁移特征	邹元春, 于晓菲, 霍莉莉, 吕宪国, 姜明 (1209)
海水淡化水在既有管网输配的铁释放控制研究	田一梅, 刘扬, 赵鹏, 单金林, 杨所印, 刘伟 (1216)
新生态铁的混凝作用探索	杨雪, 张景成, 关小红 (1221)
饮用水中甲羟孕酮的臭氧氧化降解研究	岳婵媛, 缪恒锋, 任洪艳, 阮文权 (1227)
核壳式磁性碳纳米吸附剂的制备及其对水环境中金霉素的吸附研究	王懿萱, 张娣, 牛红云, 孟昭福, 蔡亚岐 (1234)
络合-超滤耦合工艺去除水中镍离子的研究	秦妹, 邵嘉慧, 何义亮, 李雯玺 (1241)
赤铁矿光助类 Fenton 降解有毒有机污染物	张钰, 顾彦, 杨慧, 何燕, 李瑞萍, 黄应平, 张爱清 (1247)
掺氮 Ta ₂ O ₅ 诱发可见光-类 Fenton 体系降解阿特拉津研究	赵璐, 邓一荣, 杜瑛珣, 傅翔 (1252)
O ₃ /H ₂ O ₂ 降解水中扑灭通效能研究	李绍峰, 孙楚 (1260)
Pr-N 共掺杂 TiO ₂ 光电催化降解孔雀石绿动力学	沙爽, 周少奇, 张小娜, 周晓 (1267)
铜陵相思谷尾矿用于处理酸性矿山排水的实验研究	张楠, 陈天虎, 周跃飞, 黎少杰, 金杰, 王延明 (1272)
聚合铝铁对 A ² /O 系统 EPS 及生物絮凝性能的影响	温沁雪, 刘爱翠, 陈志强, 施汉昌, 吕炳南 (1278)
温度对污水脱氮系统污染物去除效果及氧化亚氮释放的影响	张婷婷, 张建, 杨芳, 谢慧君, 胡振, 李一冉 (1283)
温度对厌氧氨氧化反应器脱氮效能稳定性的影响	李祥, 黄勇, 郑宇慧, 袁怡, 李大鹏, 潘杨, 张春蕾 (1288)
好氧颗粒污泥处理制糖工业废水厌氧出水的除磷特性研究	王硕, 于水利, 时文歆, 暴瑞玲, 衣雪松, 李建政 (1293)
除磷颗粒污泥系统中不同粒径颗粒的理化特性分析	李志华, 张玉蓉, 杨帆, 李胜, 姬晓琴 (1299)
利用氧化亚氮还原酶基因 (nosZ) 评价人工湿地系统中的反硝化菌	王晓君, 陈少华, 张兆基, 肖俊超 (1306)
紫外诱变法提高好氧反硝化菌降解性能的研究	于佳佳, 陈浚, 杨宣, 陈建孟 (1313)
1 株异养硝化菌胞外聚合物的研究	陈哲, 张斌, 湛志强, 邱志刚, 郭迎庆, 李君文, 王景峰 (1318)
氨氮对稀有鮕鲫胚胎及卵黄囊期仔鱼的毒性效应研究	王志坚, 鲁增辉, 石萍 (1323)
多年蔬菜连作对土壤氨氧化微生物群落组成的影响	孟德龙, 杨扬, 伍延正, 吴敏娜, 秦红灵, 朱亦君, 魏文学 (1331)
生物质炭施用对土壤中氯虫苯甲酰胺吸附及消解行为的影响	王廷廷, 余向阳, 沈燕, 张超兰, 刘贤进 (1339)
水稻光合同化碳向土壤有机碳库输入的定量研究: ¹⁴ C连续标记法	聂三安, 周萍, 葛体达, 童成立, 肖和艾, 吴金水, 张杨珠 (1346)
油田污染土壤残油组成与特征参数分析	王坚, 张旭, 李广贺 (1352)
挥发性氯代烃在湿润土壤中的平衡吸附研究	孟凡勇, 刘锐, 小林刚, 万梅, 余素林, 陈吕军 (1361)
田间土壤外源铜镍在小麦中的累积及其毒害研究	黄锦孙, 韦东普, 郭雪雁, 马义兵 (1369)
中国磷消费结构的变化特征及其对环境磷负荷的影响	马敦超, 胡山鹰, 陈定江, 李有润 (1376)
基于 3MRA 模型的填埋场安全填埋废物污染物阈值评估方法与应用研究	袁英, 席北斗, 何小松, 魏自民, 李鸣晓, 姜永海, 苏婧, 安达 (1383)
填埋垃圾初始含水率对渗滤液产量的影响及修正渗滤液产量计算公式	兰吉武, 詹良通, 李育超, 陈云敏 (1389)
生物反应器填埋场中邻苯二甲酸二丁酯的迁移转化	方程冉, 龙於洋, 沈东升 (1397)
岩溶区峰丛洼地植被指数的克里格分析	杨奇勇, 蒋忠诚, 马祖陆, 曹建华, 罗为群, 李文军, 段晓芳 (1404)
《环境科学》征订启事 (1062) 《环境科学》征稿简则 (1107) 信息 (1135, 1215, 1396)	

海水淡化水在既有管网输配的铁释放控制研究

田一梅¹, 刘扬¹, 赵鹏¹, 单金林¹, 杨所印², 刘伟²

(1. 天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072; 2. 天津北疆电厂, 天津 300480)

摘要: 由于具有强腐蚀性, 海水淡化水在既有市政管网输配过程中往往会产生严重的“红水”现象, 主要是由于管网中铁的释放。为了研究控制既有管网中铁释放的有效措施, 对管龄为 30~40 a 的钢管和灰口铸铁管内壁的腐蚀瘤进行分析, 主要组成物质为 Fe_3O_4 和 FeOOH ; 选择腐蚀较严重的钢管进行静态浸泡试验, 重点分析了自来水和淡化水的掺混比、pH 值、碱度、氯离子和硫酸根离子对铁释放的影响, 并以铁浓度为控制量, 初步给出了海水淡化水在既有管网中安全输配所需满足的水质条件: 自来水和淡化水的掺混比 $\geq 2:1$, pH 值在 7.6 以上, 碱度 $> 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

关键词: 海水淡化水; 安全输配; 铁释放; 水质指标; 钢管; 浸泡试验

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)04-1216-05

Research on Controlling Iron Release of Desalted Water Transmitted in Existing Water Distribution System

TIAN Yi-mei¹, LIU Yang¹, ZHAO Peng¹, SHAN Jin-lin¹, YANG Suo-yin², LIU Wei²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Beijiang Power Plant, Tianjin 300480, China)

Abstract: Desalted water, with strong corrosion characteristics, would possibly lead to serious “red water” when transmitted and distributed in existing municipal water distribution network. The main reason for red water phenomenon is iron release in water pipes. In order to study the methods of controlling iron release in existing drinking water distribution pipe, tubercle analysis of steel pipe and cast iron pipe, which have served the distribution system for 30-40 years, was carried out, the main construction materials were Fe_3O_4 and FeOOH ; and immersion experiments were carried in more corrosive pipes. Through changing mixing volume of tap water and desalted water, pH, alkalinity, chloride and sulfate, the influence of different water quality indexes on iron release were mainly analyzed. Meanwhile, based on controlling iron content, water quality conditions were established to meet with the safety distribution of desalted water: volume ratio of potable water and desalted water should be higher than or equal to 2, pH was higher than 7.6, alkalinity was higher than $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Key words: desalted water; safety transmitting; iron release; water quality indexes; steel pipe; immersion experiment

随着淡水资源的日益匮乏, 海水淡化已成为解决全球水资源短缺的重要途径之一^[1], 在国外海水淡化已发展得十分成熟, 已有 80% 的海水淡化水用于饮用水的供给, 解决 1 亿多人口的饮水问题^[2], 而我国的海水淡化事业还处在起步阶段, 未被大规模地用于市政饮用水。

由于海水淡化水的碱度和硬度很低, 一般都小于 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (以碳酸钙计), 在管网的输配过程中常常出现“红水”和“黄水”等现象^[3~5], 国外大多海水淡化水在进入市政管网之前都需经过复杂的后处理^[6~8], 主要通过再矿化和调值等方法, 表 1 是 Lahav 等^[9]总结的不同国家和地区的饮用水在管网中安全输配应满足的水质条件。国内近年来也开展了有关城市供水管网安全输配的研究^[10,11], 但针对海水淡化水在既有管网中安全输配的研究很少^[12]。

本研究结合中国北方城市供水管网的实际情况^[13], 提出采用简捷经济的自来水和海水淡化水掺

混, 并结合调值的方法, 提高海水淡化水安全输配的水质稳定性, 以期工程实践提供参考和科学依据。

1 材料与方法

1.1 管垢分析材料与方法

根据北方某城市开发区供水管网管材组成的实际情况, 选取腐蚀最严重的钢管和灰口铸铁管作为研究对象。利用扫描电镜、X 射线衍射等仪器, 对开发区 A 水厂供水管网中管龄为 30~40 a 的钢管和灰口铸铁管内壁腐蚀瘤进行微观结构、元素组成和化学成分分析。

1.2 静态试验材料与方法

根据管垢内壁的分析结果, 选取腐蚀较严重的

收稿日期: 2011-05-18; 修订日期: 2011-08-18

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07317-005)

作者简介: 田一梅(1959~), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为环境系统优化, E-mail: ymtian_2000@yahoo.com.cn

表 1 软水和腐蚀性水后处理的水质条件¹⁾

Table 1 Water quality condition for post-treatment of soft and corrosive water				
国家或地区	pH 值	碱度 (以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	硬度 (以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	碳酸钙沉淀势
美国	—	>40	>40	4 ~ 10
美国	—	40 ~ 80	40 ~ 80	4 ~ 10
南非	8.2	>50	—	1 ~ 2
南非约翰内斯堡	—	>50	>50	2 ~ 5
南非开普敦	—	>60	>55	—
法国	—	70 ~ 120	0.8 < Ca/Alk < 1.2	LSI > 0
瑞士	7.5 ~ 9.5	>50	50 ~ 150	—
塞浦路斯	6.5 ~ 9.5	>50	—	LSI > 0
世界卫生组织	6.8 ~ 7.3	40	40	4 ~ 10

1)表中数据源自文献[9]

钢管进行静态浸泡试验,管段长 70 ~ 80 cm,管龄 30 ~ 40 a; 浸泡水为以 A 水厂的出水和采用低温多效技术生产的海水淡化水的掺混水,2 种水的主要水质指标见表 2,图 1 为试验装置。



图 1 钢管的试验装置示意
Fig. 1 Experiment device of steel pipe

表 2 试验用自来水和海水淡化水的主要水质指标

Table 2 Main water quality criteria of potable water and desalted water		
监测指标	自来水	海水淡化水
pH	7.6	6.4
碱度(以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	130	10
硬度(以 CaCO ₃ 计)/mg·L ⁻¹	240	10
[SO ₄ ²⁻]/mg·L ⁻¹	95	5
[Cl ⁻]/mg·L ⁻¹	60	4.5
全盐量/mg·L ⁻¹	300	10

比较水质变化对管网中铁释放的影响,将淡化水与自来水的掺混水浸泡于密封的管段中,单因素调节掺混比、pH 值、碱度、氯离子浓度和硫酸根离子浓度等重要水质指标,进行静态的管网浸泡试验,连续监测一定浸泡时间内管段水中的铁含量以及相关 13 项水质指标。

2 结果与讨论

2.1 管垢

通过肉眼观察,钢管内壁的腐蚀结构较灰口铸铁分布广、疏松、且易脱落. 进一步通过 XL-30ESEM 型扫描电子显微镜分析腐蚀瘤各层的微观结构,由管内壁向管中心发展,2 种管材内壁腐蚀瘤都是由多孔疏松层、硬壳层和腐蚀表层组成. 灰口铸铁和钢管内壁腐蚀瘤的硬壳层均呈现出金属氧化物的连续晶态结构,分别呈纤维放射状和清晰紧密的晶面连续结构,如图 2 所示. 图 3 为多孔疏松层结构,都具有孔隙结构和易脱落的特征,钢管内壁腐蚀瘤疏松层的孔隙度要大很多,质地更为疏松易碎,因此更易受水流变化的影响,导致管网中的铁释放. 通过 ISIS300 型 X 射线能谱仪分析腐蚀瘤产物主要由铁的各种氧化物组成,Fe 和 O 元素的平均摩尔含量占总量的 83%,腐蚀瘤表层的 C 元素含量普遍要高于其他各层,主要是由于管网水中天然有机物会附着在腐蚀表层,其他元素如 Al、Si、Ca、Cl、S、K 等含量普遍较少. 通过 2500V/PC 型 X 射线衍射仪分析得到腐蚀瘤表层和多孔疏松层的组成物质为 FeOOH,硬壳层则以 Fe₃O₄ 和 FeOOH 为主.

2.2 管段静态试验

根据 2.1 节的分析结果,选取腐蚀较严重的钢管进行静态浸泡试验,模拟海水淡化水在实际供水管网输配过程中支管中的水质变化.

在复杂的给水管网系统中,影响铁释放的因素主要包括水力运行条件和水质条件,其中水质指标包括 pH 值、碱度、溶解氧浓度、氯离子和硫酸根离子等^[14],本研究通过水质的掺混以及调值等方法来控制给水管段中铁的释放.

2.2.1 淡化水和自来水的掺混比

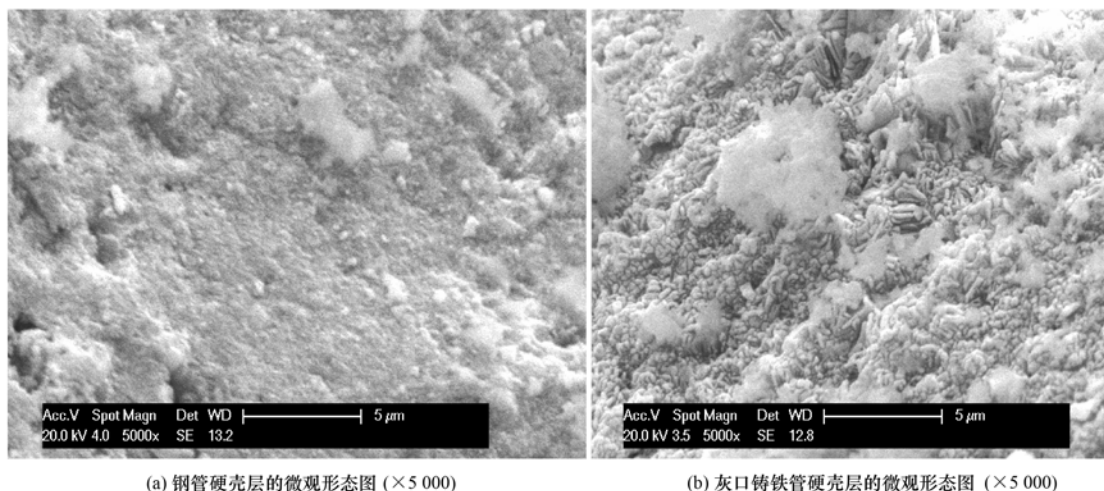
(a) 钢管硬壳层的微观形态图 ($\times 5\,000$)(b) 灰口铸铁管硬壳层的微观形态图 ($\times 5\,000$)

图 2 腐蚀瘤硬壳层微观形态

Fig. 2 Micrograph of shell-like layer of tubercle

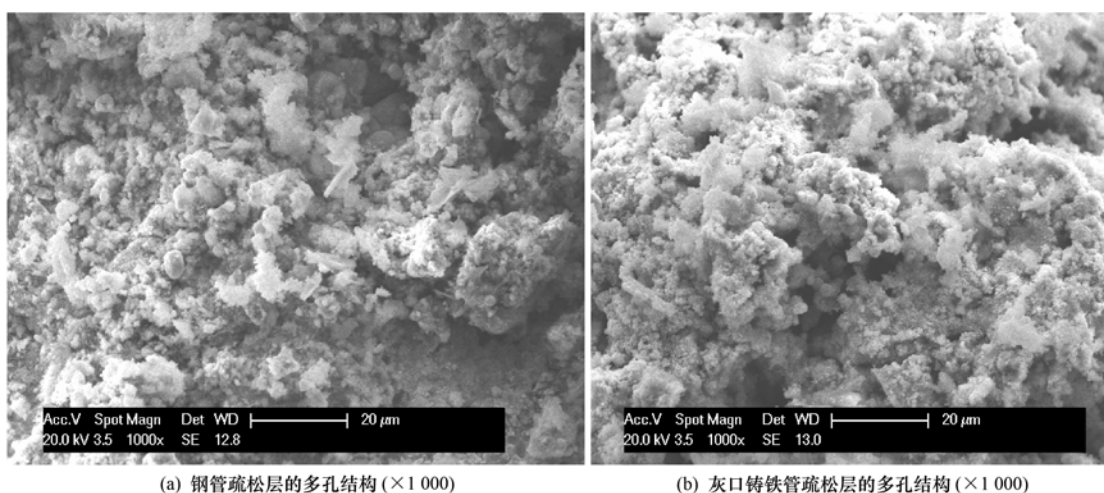
(a) 钢管疏松层的多孔结构 ($\times 1\,000$)(b) 灰口铸铁管疏松层的多孔结构 ($\times 1\,000$)

图 3 腐蚀瘤多孔疏松层微观形态

Fig. 3 Micrograph of porous core layer of tubercle

调节自来水与淡化水的掺混比例(体积比),在密封条件下进行管段浸泡试验,24 h 连续监测浸泡管段中铁的浓度。

由公式(1)计算浸泡管段水中铁的释放速率^[15]:

$$v = \frac{500 \times R \times c}{t} \quad (1)$$

式中, v 为铁释放速率, $\text{mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$; c 为管网水中铁的释放量, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; R 为管段半径, m ; t 为浸泡时间, h 。

计算得到的铁释放速率结果如图 4 所示。

由于模拟过程中溶解氧的控制较为困难,难以与实际管网完全一致,且在试验管段拆卸和搬运过程中不可避免地对部分内壁腐蚀瘤造成损坏,因此铁释放速率的试验模拟值要大于实际值。由图 4 可

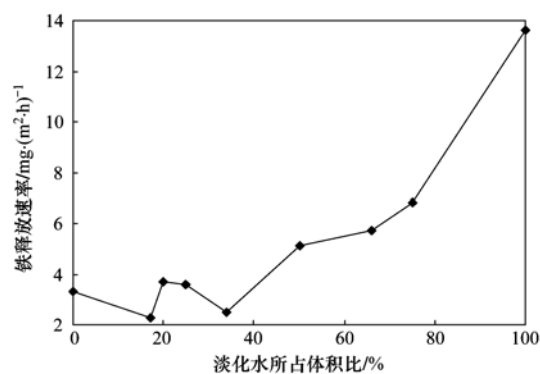
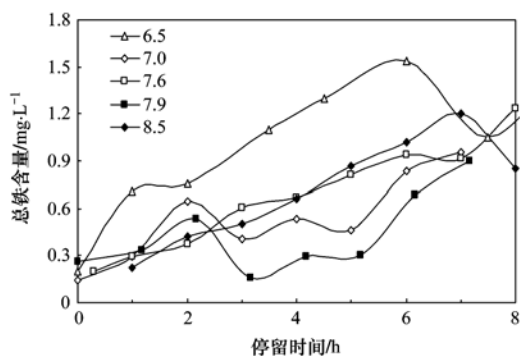


图 4 不同体积掺混比条件下的铁释放速率

Fig. 4 Variation of iron release rate on different volume blending ratios

知,当淡化水体积所占体积比 $< 50\%$ 时,铁的释放速率在 $4 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$ 以下波动,而当淡化水所占比例 $\geq 50\%$ 时,铁的释放速率随淡化水比例的增加迅速

速增大,纯淡化水在管段中浸泡时铁的释放速率最大,高达 $14 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$, 是其他掺混比条件下铁释放速率的 2~7 倍之多. 因此,可认为当自来水: 淡化水 $\geq 2: 1$ 时,能够较好地控制腐蚀管段中铁的释放速率.



2.2.2 pH 值和碱度

(1) pH 值

根据 GB 5749-2006 中对饮用水 pH 值的控制要求,通过投加 NaOH 和 HCl 溶液调节 pH 值. 图 5 为铁释放随 pH 值的变化.

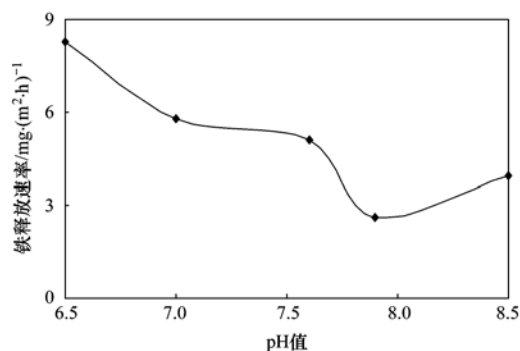
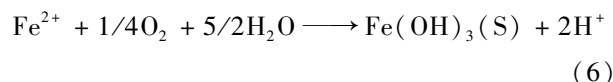
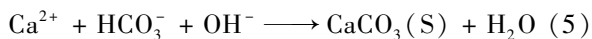


图 5 不同 pH 值铁含量和铁释放速率的变化

Fig. 5 Variation of iron content and iron release rate on different pH

铁的释放速率随 pH 值的增加基本呈下降趋势, pH = 6.5 时,铁的释放速率最大,当 pH 值增加至 8 时,铁的释放速率减小了 2 倍左右.

pH 值的增加之所以能抑制管段中的铁释放,其主要原因可能与管段中的腐蚀电化学反应有关,给水管段中可能的阴极反应有 2 个,如式(2)和(3)所示,当 pH 值增大,2 个反应都会受到抑制,从而阳极反应[式(4)]亚铁离子的释放也会受到抑制;同时增大 pH 值会促进保护层的形成,反应如式(5)和(6)所示;此外,氢氧化铁和碳酸亚铁等铁化合物的溶解度会随 pH 值的增加而降低,可能导致铁释放量的减少^[16].



因此,若要控制浸泡管段水中铁释放速率在较小范围[$< 4 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}$],需控制 pH 值在 7.7~8.5 之间.

(2) 碱度

饮用水一般都呈弱碱性,即只存在重碳酸盐碱度,因此,选择投加碳酸氢钠固体和盐酸调节浸泡管段水的重碳酸盐碱度(以 CaCO_3 计),分别调至 68、100、130、183 和 215 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,试验结果见图 6.

随着碱度的增加,铁释放速率呈下降趋势,当碱度由 130 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 提高至 215 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,铁的释放速率迅速降低了 50%,分析原因主要是由于碱度的提高能促进钝化层、碳酸钙和碳酸亚铁沉淀物质的生成,对铁的释放起到有效的抑制作用;同时提高碱度会导致 pH 值的增大,亦会抑制铁的释放. 因此,

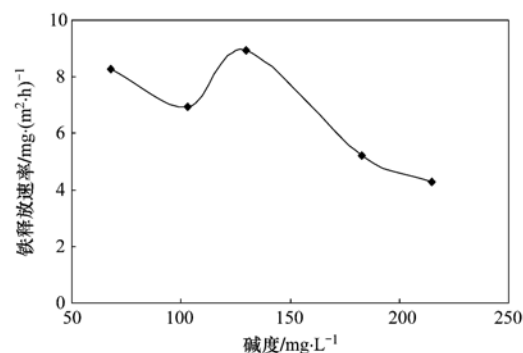
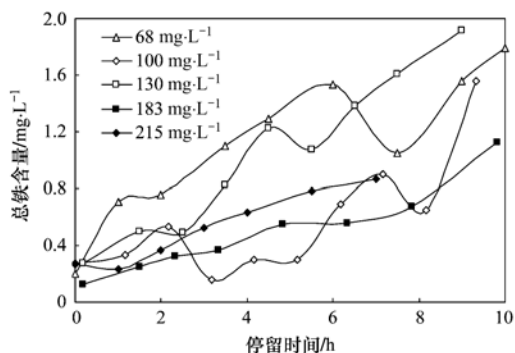
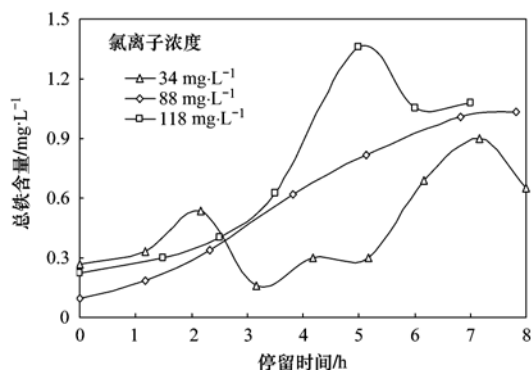


图 6 不同碱度下铁含量及铁释放速率的变化

Fig. 6 Variation of iron content and iron release rate on different alkalinity

要有效控制管网中铁的释放,有必要控制水中的碱度至 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上。

2.2.3 氯离子和硫酸根离子



通过加入 NaCl 固体和 Na_2SO_4 来调节氯离子和硫酸根离子的浓度,不同氯离子和硫酸根离子浓度下铁含量变化如图 7。

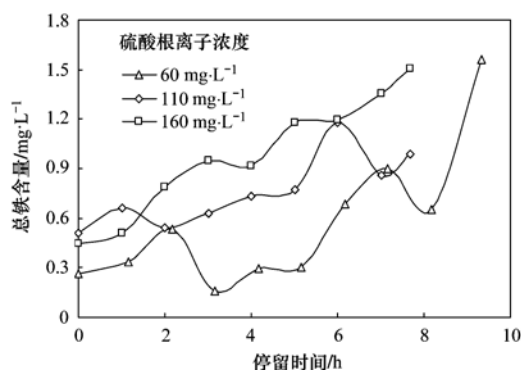
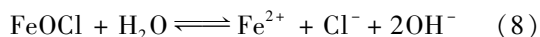
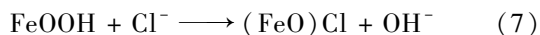


图 7 不同 $[\text{Cl}^-]$ 和 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 下铁含量变化

Fig. 7 Variation of iron content on different $[\text{Cl}^-]$ and $[\text{SO}_4^{2-}]$

氯离子和硫酸根离子浓度升高会导致铁释放量的增加,可能的原因有 2 点:其一,由于氯离子和硫酸根离子对 $\text{Fe}(\text{III})$ 释放反应起到催化的作用,与管垢中的 FeOOH 发生式(7)和(8)的反应,氯离子和硫酸根离子能够取代钝化层金属离子内相互连接的氢键,从而破坏钝化层,生成溶解态的亚铁离子;其二,氯离子浓度的提高会增加水中的离子强度,增大离子的迁移速率,进而促进铁的释放。



3 结论

(1) 给水管段内壁腐蚀瘤主要以铁的氧化物为主;其结构分为 3 层:腐蚀表层、硬壳层和多孔疏松层,硬壳层呈连续晶面结构,以 Fe_3O_4 和 FeOOH 为主,表层和疏松层结构疏松易脱落,主要组成物质为 FeOOH 。

(2) 管网中铁的释放与浸泡时间和水质指标密切相关,铁的释放与 pH 值、碱度呈负相关关系,与氯离子和硫酸根离子浓度呈正相关关系。

(3) 要控制市政管网中铁的释放速率,需要满足以下水质条件:自来水和淡化水的掺混比 $\geq 2:1$, pH 值在 7.6 以上,碱度 $> 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,氯离子和硫酸根离子的浓度越低越有利于对铁释放的控制。

参考文献:

[1] Service R F. Desalination freshens up [J]. Science, 2006, **313** (5790): 1088-1090.
[2] 葛云红,刘艳辉,赵河立,等.海水淡化水进入市政管网需考虑和解决的问题[J].中国给水排水,2009, **25**(8): 84-87.

[3] Birnhack L, Penn R, Lahav O. Quality criteria for desalinated water and introduction of a novel, cost effective and advantageous post treatment process [J]. Desalination, 2008, **221**(1-3): 70-83.
[4] 潘海洋.海水淡化水厂供水的黄水现象及应对措施[J].中国给水排水,2008, **24**(12): 90-92.
[5] Benjamin M, Sontheimer H. Internal corrosion of water distribution system [M]. (2nd ed.). The USA: American Water Works Association Research Foundation, 1996.
[6] Clement J A, Hayes M E, Sarin P, et al. Development of red water control strategies [M]. The USA: American Water Works Association Research Foundation, 2002.
[7] Shams El Din A M. Three strategies for combating the corrosive of steel pipes carrying desalinated potable water [J]. Desalination, 2009, **238**(1-3): 166-173.
[8] Melidis P, Sanozidou M, Mandusa A, et al. Corrosion control by using indirect methods [J]. Desalination, 2007, **213**(1-3): 152-158.
[9] Lahav O, Birnhack L. Quality criteria for desalinated water following post-treatment [J]. Desalination, 2007, **207**(1-3): 286-303.
[10] 许仕荣,方伟,徐洪福.城市供水系统的水质化学稳定性变化规律研究[J].中国给水排水,2007, **23**(11): 5-8.
[11] 张晓健,牛璋彬.给水管网中铁稳定性问题及其研究进展[J].中国给水排水,2006, **22**(2): 13-16.
[12] 骆碧君,刘志强,郑毅,等.海水淡化水在既有管网中的水质变化研究[J].中国给水排水,2009, **25**(23): 57-60.
[13] 徐冰峰,胡越峰,杨泽.常用给水管网的选材分析[J].有色金属设计,2004, **31**(1): 60-63.
[14] Sarin P, Bebee J, Beckett M A, et al. Mechanism of release of iron from corroded iron/steel pipes in water distribution systems [J]. Corrosion & Materials, 2001, **26**(3): S1-4.
[15] 牛璋彬,王洋,张晓健,等.给水管网中铁释放现象的影响因素研究[J].环境科学,2007, **28**(10): 2270-2274.
[16] Snoeyink V L, Jenkins D, 著.蒋展鹏,刘希曾,译.水化学[M].北京:中国建筑工业出版社,1990.

CONTENTS

Quantitative Estimation Source of Urban Atmospheric CO ₂ by Carbon Isotope Composition	LIU Wei, WEI Nan-nan, WANG Guang-hua, <i>et al.</i> (1041)
Moisture Sources of Guangzhou During the Freezing Disaster Period in 2008 Indicated by the Stable Isotopes of Precipitation	LIAO Cong-yun, ZHONG Wei, MA Qiao-hong, <i>et al.</i> (1050)
Optical Properties of Aerosol During Haze-Fog Episodes in Beijing	YU Xing-na, LI Xin-mei, DENG Zen-grandeng, <i>et al.</i> (1057)
Secondary Organic Tracers in Summer PM _{2.5} Aerosols from Baima Spring Scenic Area, Yaan, Sichuan Province	DAI Dong-jue, LI Li, LIU Zi-fang, <i>et al.</i> (1063)
Source Profile and Chemical Reactivity of Volatile Organic Compounds from Vehicle Exhaust	QIAO Yue-zhen, WANG Hong-li, HUANG Cheng, <i>et al.</i> (1071)
<i>Platanus orientalis</i> Foliar N% and δ ¹⁵ N Responses to Nitrogen of Atmospheric Wet Deposition in Urban Area	WANG Yan-li, XIAO Hua-yun, XIAO Hong-wei (1080)
Distribution and Controlling Factors of Nitric Oxide Concentrations in Surface Seawater of Jiaozhou Bay and Adjacent Waters	XUE Chao, LIU Chun-ying, YANG Gui-peng, <i>et al.</i> (1086)
Uncertainty Characterization Approaches for Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Taihu Lake	GUO Guang-hui, WU Feng-chang, HE Hong-ping, <i>et al.</i> (1091)
Preliminary Analysis of Spatiotemporal Variation of Water Quality and Its Influencing Factors in the Jiulong River Watershed	HUANG Jin-liang, HUANG Ya-ling, LI Qing-sheng, <i>et al.</i> (1098)
Ecological Stoichiometric Relationships of Periphyton Community Elemental Composition and Variations of Water Quality in the Chaobai River	 CUI Jing-guo, SHAN Bao-qing, WANG Shuai (1108)
Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality of Panxi River in Spring	ZHANG Qian-qian, WANG Xiao-ke, HAO Li-ling, <i>et al.</i> (1114)
Weathering Seasonal Variations in Karst Valley in Southwest China	XIAO Qiong, SHEN Li-cheng, YANG Lei, <i>et al.</i> (1122)
Algal Community Structure and Water Quality Assessment on Drawdown Area of Kaixian Waters in Three Gorges Reservoir During Winter Storage Period	 GUO Jing-song, XIE Dan, LI Zhe, <i>et al.</i> (1129)
Characteristics of Phytoplankton Community Changes in Dianshan Lake During Peak Period of Algal Blooms	XU Chun-yan, YANG Jie, MA Ming-rui, <i>et al.</i> (1136)
Nitrogen and Phosphorus Release from Herbaceous Vegetation Under Simulated Inundation Experiment of Water-Level Fluctuation Zone in the Three Gorges Reservoir Area	 WANG Jian-chao, ZHU Bo, WANG Tao, <i>et al.</i> (1144)
Output Characteristics of Non-point Phosphorus from a Typical Small Watershed in Yimeng Mountainous Area Under the Special Rainfall	LI Zhen-wei, YU Xing-xiu, LIU Qian-jin, <i>et al.</i> (1152)
Distribution and Bioavailability of Nitrogen and Phosphorus Species in the Urban Dusts from Hefei City	LI Ru-zhong, ZHOU Ai-jia, TONG Fang, <i>et al.</i> (1159)
Distribution and Pollution Characteristics of Nutrients and Heavy Metals in Sediments of Hedi Reservoir	ZHANG Hua-jun, CHEN Xiu-kang, HAN Bo-ping, <i>et al.</i> (1167)
Heavy Metals Distribution and Risk Assessment of Sediments in the Riverine Wetland of Sanmenxia Reservoir	AO Liang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong, <i>et al.</i> (1176)
Regional Distribution and Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in Surface Sediments from Coastal Wetlands of the Yellow River Delta	 LIU Zhi-jie, LI Pei-ying, ZHANG Xiao-long, <i>et al.</i> (1182)
Calculation of Environmental Dredging Depth of Heavy Metal Polluted Sediments in Zhushan Bay of Taihu Lake	JIANG Xia, WANG Wen-wen, WANG Shu-hang, <i>et al.</i> (1189)
Characteristics of PAHs Pollution in Sediments from Leizhou Coastal Marine Area, Liusha Bay and Shenzhen Bay	ZHAO Li-rong, SUN Sheng-li, KE Sheng (1198)
Distribution Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Black Carbon in Road Dusts from Typical Cities of China and India	PAN Su-hong, ZHANG Gan, SUN Ya-li, <i>et al.</i> (1204)
Waterborne Iron Migration by Groundwater Irrigation Pumping in a Typical Irrigation District of Sanjiang Plain	ZOU Yuan-chun, YU Xiao-fei, HUO Li-li, <i>et al.</i> (1209)
Research on Controlling Iron Release of Desalted Water Transmitted in Existing Water Distribution System	TIAN Yi-mei, LIU Yang, ZHAO Peng, <i>et al.</i> (1216)
Exploration of Newly-Formed Ferric as the Coagulant	YANG Xue, ZHANG Jing-cheng, GUAN Xiao-hong (1221)
Degradation of Medroxyprogesterone in Drinking Water by Ozone Oxidation	YUE Chan-yuan, MIAO Heng-feng, REN Hong-yan, <i>et al.</i> (1227)
Synthesis of Core/Shell Structured Magnetic Carbon Nanoparticles and Its Adsorption Ability to Chlortetracycline in Aquatic Environment	 WANG Yi-xuan, ZHANG Di, NIU Hong-yun, <i>et al.</i> (1234)
Removal of Nickel from Aqueous Solutions Using Complexation-Ultrafiltration Process	QIN Shu, SHAO Jia-hui, HE Yi-liang, <i>et al.</i> (1241)
Degradation of Organic Pollutants by Photo-Fenton-Like System with Hematite	ZHANG Yu, GU Yan, YANG Hui, <i>et al.</i> (1247)
Study on the Degradation of Atrazine in Photo-Fenton-Like System Under Visible Light Irradiation Promoted by N-doped Ta ₂ O ₅	ZHAO Lu, DENG Yi-rong, DU Ying-xun, <i>et al.</i> (1252)
Degradation of Prometon by O ₃ /H ₂ O ₂	LI Shao-feng, SUN Chu (1260)
Photoelectrocatalytic Degradation Kinetics of Malachite Green by Pr-N Co-doped TiO ₂ Photocatalyst	SHA Shuang, ZHOU Shao-qi, ZHANG Xiao-na, <i>et al.</i> (1267)
Experimental Study on Acid Mine Drainage Treatment Using Mine Tailings of Xiangsi Valley, Tongling, China	ZHANG Nan, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (1272)
Effect of Polymeric Aluminum-iron on EPS and Bio-flocculation in A ² /O System	WEN Qin-xue, LIU Ai-cui, CHEN Zhi-qiang, <i>et al.</i> (1278)
Effect of Temperature on Pollutant Removal and Nitrous Oxide Emission of Wastewater Nitrogen Removal System	ZHANG Ting-ting, ZHANG Jian, YANG Fang, <i>et al.</i> (1283)
Effect of Temperature on Stability of Nitrogen Removal in the ANAMMOX Reactor	LI Xiang, HUANG Yong, ZHENG Yu-hui, <i>et al.</i> (1288)
Phosphorus Removal Characteristics by Aerobic Granules in Normal Molasses Wastewater After Anaerobic Treatment	WANG Shuo, YU Shui-li, SHI Wen-xin, <i>et al.</i> (1293)
Physicochemical Characteristics of Granules with Different Size in a Granular Sludge System for Phosphorus Removal	LI Zhi-hua, ZHANG Yu-rong, YANG Fan, <i>et al.</i> (1299)
Denitrifying Bacteria of Constructed Wetland System Based on Nitrous Oxide Reductase Gene (<i>nosZ</i>)	WANG Xiao-jun, CHEN Shao-hua, ZHANG Zhao-ji, <i>et al.</i> (1306)
Improving Degradation Ability of an Aerobic Denitrifier by Ultraviolet Mutagenesis	YU Jia-jia, CHEN Jun, YANG Xuan, <i>et al.</i> (1313)
Characteristics of the Extracellular Polymeric Substances of a Heterotrophic Nitrifying Bacterium Strain	CHEN Zhe, ZHANG Bin, SEN Zhi-qiang, <i>et al.</i> (1318)
Study on Toxic Effects of Ammonia on Embryonic and Yolk-sac Stage Larvae of Rare minnow	WANG Zhi-jian, LU Zeng-hui, SHI Ping (1323)
Effects of Continuous Cropping of Vegetables on Ammonia Oxidizers Community Structure	MENG De-long, YANG Yang, WU Yan-zheng, <i>et al.</i> (1331)
Impact of Biochar Amendment on the Sorption and Dissipation of Chlorantraniliprole in Soils	WANG Ting-ting, YU Xiang-yang, SHEN Yan, <i>et al.</i> (1339)
Quantifying Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Photo-assimilated Carbon Input into Soil Organic Carbon Pools Following Continuous ¹⁴ C Labeling	NIE San-an, ZHOU Ping, GE Ti-da, <i>et al.</i> (1346)
Compositions and Diagnostic Ratios of Heavily Degraded Crude Oil Residues in Contaminated Soil in Oilfields	WANG Jian, ZHANG Xu, LI Guang-he (1352)
Study on Equilibrium Adsorption of Volatile Chlorinated Hydrocarbons on Humid Soils	MENG Fan-yong, LIU Rui, Kobayashi Takeshi, <i>et al.</i> (1361)
Toxicity and Accumulation of Copper and Nickel in Wheat Plants Cropped on Alkaline and Acidic Field Soils	HUANG Jin-sun, WEI Dong-pu, GUO Xue-yan, <i>et al.</i> (1369)
Change Traits of Phosphorous Consumption Structure in China and Their Effects on Environmental Phosphorous Loads	MA Dun-chao, HU Shan-ying, CHEN Ding-jiang, <i>et al.</i> (1376)
Research Based on 3MRA Model About the Risk Assessment Methods and Applications of the Landfill Waste	YUAN Ying, XI Bei-dou, HE Xiao-song, <i>et al.</i> (1383)
Impacts of Initial Moisture Content of MSW Waste on Leachate Generation and Modified Formula for Predicting Leachate Generation	LAN Ji-wu, ZHAN Liang-tong, LI Yu-chao, <i>et al.</i> (1389)
Transformation of Dibutyl Phthalate in Bioreactor Landfill	FANG Cheng-ran, LONG Yu-yang, SHEN Dong-sheng (1397)
Kriging Analysis of Vegetation Index Depression in Peak Cluster Karst Area	YANG Qi-yong, JIANG Zhong-cheng, MA Zu-lu, <i>et al.</i> (1404)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年4月15日 33卷 第4期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 4 Apr. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科学出版社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street , Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科学出版社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian) , P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行