

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.17.008

二次供水系统中铜绿假单胞菌的潜在风险

芮继承¹, 张立尖², 赵一赢¹, 黄鑫¹

(1. 上海大学 环境与化学工程学院, 上海 200444; 2. 上海市供水管理处, 上海 200081)

摘要: 针对居民二次供水系统的水质安全问题,经调查发现二次供水中存在铜绿假单胞菌暴发的潜在风险。对二次供水系统中铜绿假单胞菌的检出情况进行了分析,并探究了余氯、浊度、耗氧量、温度等因素对铜绿假单胞菌检出率的影响。结果表明,余氯、浊度和温度影响铜绿假单胞菌的检出;耗氧量对铜绿假单胞菌的检出无明显影响。研究结果可为《生活饮用水卫生标准》增加铜绿假单胞菌检测项目提供理论依据。

关键词: 二次供水; 铜绿假单胞菌; 水质安全

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)17-0045-06

Potential Risks of *Pseudomonas Aeruginosa* in Secondary Water Supply System

RUI Ji-cheng¹, ZHANG Li-jian², ZHAO Yi-ying¹, HUANG Xin¹

(1. School of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. Shanghai Municipal Water Supply Administration, Shanghai 200081, China)

Abstract: Secondary water supply system has a potential risk of *Pseudomonas aeruginosa* outbreak, which endangers the water quality safety of residential secondary water supply system. The detection of *Pseudomonas aeruginosa* in the secondary water supply system was analyzed, and the effects of factors such as residual chlorine, turbidity, oxygen consumption and temperature on detection rate of *Pseudomonas aeruginosa* were explored. Residual chlorine, turbidity and temperature affected the detection of *Pseudomonas aeruginosa*, whereas oxygen consumption had no significant effect on the detection of *Pseudomonas aeruginosa*. This paper provides a theoretical basis for the addition of *Pseudomonas aeruginosa* testing items in *Standards for Drinking Water Quality*.

Key words: secondary water supply; *Pseudomonas aeruginosa*; water quality safety

饮用水安全事关民生,一直以来受到广泛关注。民众对高质量饮用水的需求不断增长,20世纪90年代,上海市某居住小区首次出现管道直饮水,而后直饮水系统在其他城市也陆续得到发展^[1-4]。2003年深圳市开展直饮水试点,规划提出到2025年全面推广直饮水入户,在全国率先实现公共场所直饮水全覆盖。上海市最新的供水规划中提出,在2035年建

成“节水优先、安全优质、智慧低碳、服务高效”的供水系统,供水水质对标同期世界发达国家水平。

随着直饮水系统的推广,饮用水的微生物安全性尤其要更加受到重视^[5]。目前,自来水厂采用游离氯、氯胺等进行消毒,通过管网输水至用户水龙头,在此过程中水质受到管道腐蚀、长时间停留在屋顶水箱和地下水池中的影响,水中致病菌暴发的可

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51678351); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07207005-03)

通信作者: 黄鑫 E-mail: huangxin2008@shu.edu.cn

能性显著增加^[6-9]。人类致病菌是对全球饮用水供应系统日益严重的威胁^[10],冠状病毒2019-nCoV于2020年初暴发^[11-12],公共卫生安全得到空前重视。

铜绿假单胞菌是一种常见的条件致病菌,经常在医院水中检出,在水源水、饮用水和管网水中的检出也时有发生^[13-15]。在不利的环境条件下,铜绿假单胞菌会进入非可培养状态(VBNC);在适宜的条件下,其又可重新恢复活性。居民长期饮用含有铜绿假单胞菌的水,会产生腹泻等症状,影响身体健康^[16-17]。

目前《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》(GB 8537—2018)和《食品安全国家标准 包装饮用水》(GB 19298—2014)对铜绿假单胞菌的检出进行了规定,但《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)暂未增加铜绿假单胞菌指标。因此,在当前大规模推广市政直饮水系统的背景下,很有必要开展相关调查。2018年9月—2019年10月,笔者在华东某市供水系统(含二次供水)中开展铜绿假单胞菌的分布调查,通过水质指标的关联分析,找出影响铜绿假单胞菌分布的关键因素,以期为进一步的风险管控奠定基础。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

本次采样点信息见表1。

表1 华东某市采样点信息

Tab.1 Information of sampling points in a city of East China

| 小区编号 | 二次供水方式 | 小区建造年份 | 与水厂距离/km | 采样地点 |
|------|-----------|--------|----------|-----------------|
| A | 地下水池和屋顶水箱 | 1999年 | 6.2 | 物业办公室 |
| B | 地下水池和屋顶水箱 | 2006年 | 8.0 | 小区卫生间、地下水池、屋顶水箱 |
| C | 地下水池和屋顶水箱 | 2016年 | 7.2 | 小区超市、地下水池、屋顶水箱 |
| D | 地下水池和屋顶水箱 | 2016年 | 6.8 | 物业办公室、地下水池 |
| E | 地下水池和屋顶水箱 | 2014年 | 5.2 | 小区卫生间、地下水池、屋顶水箱 |
| F | 无负压供水 | 2005年 | 7.0 | 地下泵房、屋顶水箱 |

采样点主要分布在华东某市的6个小区,二次供水方式主要为地下水池、屋顶水箱供水和无负压

直接供水等;与水厂的距离为5.2~8.0 km;选择的小区包括20世纪90年代建造的1个、21世纪初建造的2个、2010年后新建的3个。

1.2 检测项目与方法

本次调查共采集样品59个,检测项目有余氯、浊度、耗氧量和铜绿假单胞菌。采样过程中,水龙头先放水2 min左右,避免沉渍于管道的附着物影响检测结果。余氯采用DPD比色法测定,浊度采用便携式浊度仪测定,耗氧量采用高锰酸钾法测定,铜绿假单胞菌按照《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》(GB 8538—2016)测定。同期部分样品(占总量的20.3%)送检至上海市疾控中心进行平行对照。使用R语言和Rstudio软件对以上指标进行统计分析。

1.3 主要试剂

铜绿假单胞菌标准菌株[CMCC(B)10104]冻干粉、荧光假单胞菌(ATCC13525)冻干粉、CN琼脂培养基、绿脓菌素测定用培养基、乙酰胺肉汤、金氏B培养基、氧化酶试剂、纳氏试剂均购自环凯生物科技有限公司。菌株经琼脂液体培养基在36℃进行复苏培养。铜绿假单胞菌标准菌株为铜绿假单胞菌的阳性对照,荧光假单胞菌为阴性对照。

2 结果与分析

2.1 水质基本情况

二次供水系统的水质基本情况如下:浊度为0.07~0.36 NTU,均值为(0.13±0.004) NTU;余氯为0~1.14 mg/L,均值为(0.80±0.05) mg/L;耗氧量为1.36~1.73 mg/L,均值为(1.60±0.05) mg/L;温度为7.5~32.9℃。其中浊度和耗氧量的检测结果均满足生活饮用水的标准,余氯检出合格率大于96.6%,说明采集的样品基本满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的规定。本次铜绿假单胞菌的检出率为8.5%。李涛等人^[18]调查成都市生活饮用水中铜绿假单胞菌的污染状况,发现二次供水中铜绿假单胞菌的检出率为6.4%,大于管网水的0.4%。陈聪等人^[19]调查中小学校饮用水中铜绿假单胞菌的污染状况,发现饮用水中铜绿假单胞菌的检出率为16.98%,经过饮水机的检出率为31.03%,未经过饮水机的检出率为6.9%。本次检出率与文献接近。

在二次供水系统的水质满足《生活饮用水卫生

标准》(GB 5749—2006)的前提下,本次调查仍检出铜绿假单胞菌,说明铜绿假单胞菌可能长期生存于市政供水系统中。针对某水源水库初步采样,发现水源水中铜绿假单胞菌丰度较高,达到50 CFU/250 mL以上(见图1)。部分研究发现^[20-21],水源水(包括地下水源水、饮用水厂水源水)等都能检出铜绿假单胞菌。

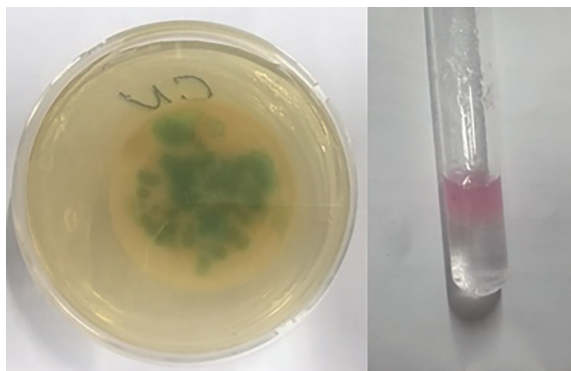


图1 水源水中铜绿假单胞菌的检测和绿脓菌素验证试验

Fig.1 Detection of *Pseudomonas aeruginosa* in source water and verification test of pyocyanin

铜绿假单胞菌在医院供水系统中时有检出,一般认为其通过被污染的水源水和水龙头附近的气溶胶传播,研究表明检出的铜绿假单胞菌的基因类型在医院与在自来水中相同^[22-23]。本次调查结果说明,市政供水系统中铜绿假单胞菌的存在可能较为广泛,二次供水中检出的铜绿假单胞菌有可能来自水源水。原因是在进行水处理的过程中,铜绿假单胞菌未被完全杀灭或者处于VBNC状态,在适宜的条件下即可复苏,使得在二次供水中检出铜绿假单胞菌。虽然二次供水水质基本满足生活饮用水的标准,但在水中仍能检出铜绿假单胞菌,说明市政供水系统中存在铜绿假单胞菌暴发的潜在风险。因此,需在现有的饮用水卫生标准中,增加针对铜绿假单胞菌的检测项目,以保障居民的用水安全,满足高质量供水的需求。

2.2 不同因素对铜绿假单胞菌检出的影响

进一步分析数据发现,余氯和浊度与铜绿假单胞菌的检出均有良好的相关性,其中余氯与铜绿假单胞菌的检出率呈负相关关系($R^2=0.84$, $p<0.05$),浊度与铜绿假单胞菌的检出率呈正相关关系($R^2=0.96$, $p<0.05$);而耗氧量与铜绿假单胞菌的检出率无明显的相关关系,同时发现温度影响铜绿假单胞

菌的检出,说明余氯、浊度及温度是影响铜绿假单胞菌分布的关键因素。

2.2.1 余氯对铜绿假单胞菌检出率的影响

本次调查中二次供水样品的余氯为0~1.14 mg/L,均值为 (0.8 ± 0.05) mg/L。《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)规定出厂水中余氯应不低于0.3 mg/L,管网末梢余氯应不低于0.05 mg/L;上海市《生活饮用水水质标准》(DB 31/T 1091—2018)规定出厂水中余氯应不低于0.5 mg/L,管网末梢余氯应不低于0.05 mg/L。由于测定值中小于0.05 mg/L的数据点较少,因此将0.1 mg/L作为最低划分限值,与0.3 mg/L(出厂水余氯限值)、0.8 mg/L(测定均值)等一起划分出相应区间,评估各个余氯区间中铜绿假单胞菌检出率的不同与变化趋势。

图2为余氯对铜绿假单胞菌检出率的影响。

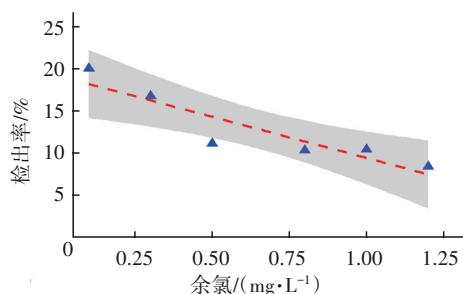


图2 余氯对铜绿假单胞菌检出率的影响

Fig.2 Effect of residual chlorine on the detection rate of *Pseudomonas aeruginosa*

由图2可知余氯与铜绿假单胞菌的检出率之间呈显著的负相关性($p<0.05$)。当余氯为0.1 mg/L时,铜绿假单胞菌的检出率为20.0%;当余氯为0.3 mg/L时,铜绿假单胞菌的检出率为16.7%;当余氯为1.2 mg/L时,铜绿假单胞菌的检出率为8.4%。随着余氯浓度的降低,铜绿假单胞菌的检出率逐渐上升,同时发现检出地点多在地下水池和屋顶水箱,因此需要十分注意水力停留时间较长的二次供水环节。普遍认为,维持高余氯可以抑制异养菌的繁殖^[24-26]。随着管网中余氯的减少,菌落总数逐渐增多,二者呈负相关的关系^[27]。

2.2.2 浊度对铜绿假单胞菌检出率的影响

二次供水样品的浊度为0.07~0.36 NTU,均值为 (0.13 ± 0.004) NTU。《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)规定出厂水中浊度应不高于1 NTU,上海市《生活饮用水水质标准》(DB 31/T 1091—2018)

规定出厂水中浊度应不高于0.5 NTU,二次供水样品的浊度均满足相应规范的要求。因此在均值附近平均划分数据区间并进行统计分析,评估浊度对铜绿假单胞菌检出率的影响。

图3为浊度对铜绿假单胞菌检出率的影响,可知浊度与铜绿假单胞菌的检出率呈较好的正相关性($p<0.05$)。随着浊度的增加,铜绿假单胞菌的检出率也逐渐上升,当浊度为0.10 NTU时,铜绿假单胞菌的检出率为8.1%;当浊度为0.18 NTU时,铜绿假单胞菌的检出率为22.2%。由于水中浊度的增加,提高了铜绿假单胞菌附着的可能性,导致其在适宜的条件下增殖,从而暴发。王晓丹等人^[28]研究配水管网中细菌活性的影响因素发现,随着浊度的增加,细菌总数也逐渐增多,并且呈良好的正相关关系。也有一些研究发现^[29],浊度与疾病的发生存在正相关关系。因此当监测到出水中的浊度增加时,要十分注意水质的变化情况。

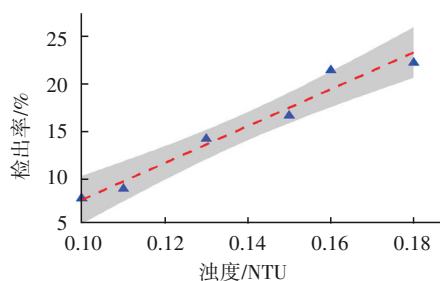


图3 浊度对铜绿假单胞菌检出率的影响

Fig.3 Effect of turbidity on the detection rate of *Pseudomonas aeruginosa*

图4为余氯和浊度的联合分布对铜绿假单胞菌的影响散点图。

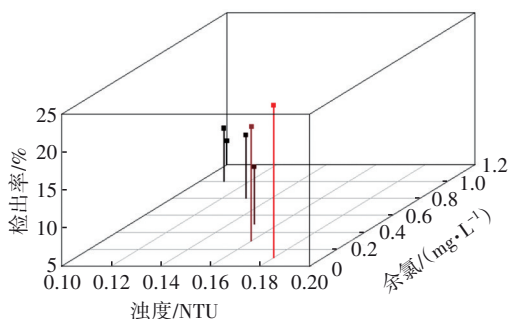


图4 余氯和浊度对铜绿假单胞菌检出率的影响

Fig.4 Effects of residual chlorine and turbidity on the detection rate of *Pseudomonas aeruginosa*

由图4可知,当浊度为0.1 NTU、余氯为1.2 mg/L时,铜绿假单胞菌的检出率为8.1%;当浊度为

0.18 NTU、余氯为0.1 mg/L时,铜绿假单胞菌的检出率为25.0%。因此,当水中浊度较高、余氯较低时,铜绿假单胞菌的污染风险显著增加。

2.2.3 温度对铜绿假单胞菌检出率的影响

温度与铜绿假单胞菌的检出率无明显的线性关系。表2为不同时间铜绿假单胞菌的检出情况,可知铜绿假单胞菌的检出多发生在夏秋季节。铜绿假单胞菌生长的最适温度为25~42℃,较高的温度有利于诱发处于VBNC状态铜绿假单胞菌的复活。周浩等人^[30]的研究发现,在秋季铜绿假单胞菌的检出率最高,说明温度影响铜绿假单胞菌的生长和繁殖,这与本次调研结果基本一致,说明铜绿假单胞菌的检出与温度有关。因此,在夏秋季节更应加强对市政供水水质的监测。同期部分样品(占总量的20.3%)送检至上海市疾控中心作为对照,检出结果与本实验室结果一致。

表2 不同时间铜绿假单胞菌的检出情况

Tab.2 Detection of *Pseudomonas aeruginosa* in different time

| 采样时间 | 检出样品数/个 | 样品数/个 | 检出率/% |
|-------------|---------|-------|-------|
| 2018年9月—12月 | 2 | 16 | 12.5 |
| 2019年1月—3月 | 0 | 12 | 0.0 |
| 2019年4月—6月 | 0 | 8 | 0.0 |
| 2019年7月—10月 | 3 | 23 | 13.0 |
| 合计 | 5 | 59 | 8.5 |

3 结论

调查华东某市供水管网水质,发现二次供水系统中铜绿假单胞菌的检出率为8.5%。铜绿假单胞菌易在水力停留时间较长的地点,如屋顶水箱和地下水池中出现。铜绿假单胞菌的检出与浊度呈正相关,与余氯呈负相关。随着余氯的减少和浊度的增加,铜绿假单胞菌的检出率提高。铜绿假单胞菌的检出与温度有关,夏秋季节温度较高时易检出。在推广直饮水的大背景下,建议在现有《生活饮用水卫生标准》中增加铜绿假单胞菌的检测项目,以满足居民对高品质用水的需求。

参考文献:

[1] 项丽萍,沈龙宝,张惠娣.上海市闵行区居住小区管道直饮水供水卫生现状及对策探讨[J].上海预防医学杂志,2005,17(6):288-290.

XIANG Liping, SHEN Longbao, ZHANG Huidi.

- Discussion on the sanitary status and countermeasures of direct drinking water supply by pipeline in residential quarters of Minhang District, Shanghai [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2005, 17(6): 288-290 (in Chinese).
- [2] 李培超, 毕文婕, 丁金焕. 我国直饮水应用现状概述 [J]. 疾病监测与控制, 2017, 11(4): 283-285.
LI Peichao, BI Wenjie, DING Jinhuan. Discuss direct drinking water application status on in China [J]. Journal of Diseases Monitor & Control, 2017, 11(4): 283-285 (in Chinese).
- [3] 陈新, 丁堂堂, 于在升. 我国管道直饮水现状的调研报告 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(9): 32-34.
CHEN Xin, DING Tangtang, YU Zaisheng. Investigation on the current status of drinking water directly taken from supply pipe [J]. China Water & Wastewater, 2001, 17(9): 32-34 (in Chinese).
- [4] 于洁. 东营安居小区管道直饮水工程建设及运行经验总结 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(16): 6-8.
YU Jie. Summary of experience in construction and operation of pipeline direct drinking water project in Dongying Comfortable Housing Areas [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(16): 6-8 (in Chinese).
- [5] DAWSON D J, SARTORY D P. Microbiological safety of water [J]. British Medical Bulletin, 2000, 56(1): 74-83.
- [6] PREST E I, FREDERIK H, VAN LOOSDRECHT M C M, et al. Biological stability of drinking water: controlling factors, methods, and challenges [J]. Frontiers in Microbiology, 2016, 7(45): 1-24.
- [7] NABEELA F, AZIZULLAH A, BIBI R, et al. Microbial contamination of drinking water in Pakistan—a review [J]. Environmental Science & Pollution Research, 2014, 21(24): 13929-13942.
- [8] ASHBOLT N J. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems [J]. Current Environmental Health Reports, 2015, 2(1): 95-106.
- [9] 陈素素. 给水管网末端水龙头中条件致病菌的风险与控制 [D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2020.
CHEN Susu. Studies on Risk and Controlling of Opportunistic Pathogenic Bacteria in Tap Water in Drinking Water Distribution System [D]. Hangzhou: Hangzhou Dianzi University, 2020 (in Chinese).
- [10] BRETTAR I, HOFLE M G. Molecular assessment of bacterial pathogens—a contribution to drinking water safety [J]. Current Opinion in Biotechnology, 2008, 19(3): 274-280.
- [11] GUAN W J, NI Z Y, HU Y, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China [J]. Journal of Integrative Medicine, 2020, 382: 1708-1720.
- [12] FWCA B, SY A, KHK A, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster [J]. The Lancet, 2020, 395(10223): 514-523.
- [13] MENA K D, GERBA C P. Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water [J]. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 2009, 201: 71-115.
- [14] 黄智峰, 黄鑫, 张立尖. 饮用水中铜绿假单胞菌污染的研究进展 [J]. 给水排水, 2019, 45(10): 134-139, 144.
HUANG Zhifeng, HUANG Xin, ZHANG Lijian. Research progress of *Pseudomonas aeruginosa* contamination in drinking water [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(10): 134-139, 144 (in Chinese).
- [15] BEDARD E, CHARRON D, LALANCETTE C, et al. Recovery of *Pseudomonas aeruginosa* culturability following copper- and chlorine-induced stress [J]. FEMS Microbiology Letters, 2014, 356(2): 226-234.
- [16] ZHANG S, YE C, LIN H, et al. UV disinfection induces a VBNC state in *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Environmental Science and Technology, 2015, 49(3): 1721-1728.
- [17] KHAN N H, AHSAN M, TAYLOR W D, et al. Culturability and survival of marine, freshwater and clinical *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Microbes & Environments, 2010, 25(4): 266-274.
- [18] 李涛, 李佳. 成都市生活饮用水中铜绿假单胞菌的污染调查 [J]. 环境与健康杂志, 2014, 31(4): 349-350.
LI Tao, LI Jia. Investigation on the pollution of *Pseudomonas aeruginosa* in drinking water in Chengdu [J]. Journal of Environment and Health, 2014, 31(4): 349-350 (in Chinese).
- [19] 陈聪, 袁佳春, 许明佳, 等. 金山区中小学校学生饮用水铜绿假单胞菌污染状况调查 [J]. 中国卫生检验杂志, 2018, 28(5): 603-605.
CHEN Cong, YUAN Jiachun, XU Mingjia, et al. Investigation of *Pseudomonas aeruginosa* contamination in drinking water in primary and middle school students

- in Jinshan District [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2018, 28 (5): 603-605 (in Chinese).
- [20] GOH S G, SAEIDI N, GU X, *et al.* Occurrence of microbial indicators, pathogenic bacteria and viruses in tropical surface waters subject to contrasting land use [J]. Water Research, 2019, 150: 200-215.
- [21] NASREEN M, SARKER A, MALEK M A, *et al.* Prevalence and resistance pattern of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from surface water [J]. Advances in Microbiology, 2015, 5(1): 74-81.
- [22] BAGHAL A F, NIKAEEN M, MIRHENDI H. Rapid monitoring of *Pseudomonas aeruginosa* in hospital water systems: a key priority in prevention of nosocomial infection [J]. FEMS Microbiology Letters, 2013, 343 (1): 77-81.
- [23] LOVERDAY H P, WILSON J A, KERR K, *et al.* Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: a rapid systematic review [J]. Journal of Hospital Infection, 2014, 86(1): 7-15.
- [24] LIU X, WANG J, LIU T, *et al.* Effects of assimilable organic carbon and free chlorine on bacterial growth in drinking water [J]. PLoS ONE, 2015, 10 (6): e0128825.
- [25] 吴卿, 赵新华. 饮用水细菌总数及相关指标关系 [J]. 中国公共卫生, 2006, 22(3): 280-281.
- WU Qing, ZHAO Xinhua. Study on HPC and some physical and chemical parameters in drinking water [J]. Chinese Journal of Public Health, 2006, 22(3): 280-281 (in Chinese).
- [26] BISHANKHA S, JOSHI T P, JOSHI D R, *et al.* Assessment of microbial quality of chlorinated drinking tap water and susceptibility of gram negative bacterial isolates towards chlorine [J]. Nepal Academy of Science & Technology, 2012, 13(1): 173-178.
- [27] CHOWDHURY S. Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2012, 184 (10): 6087-6137.
- [28] 王晓丹, 赵新华. 配水管网细菌活性影响因素 [J]. 环境科学, 2017, 38(2): 622-628.
- WANG Xiaodan, ZHAO Xinhua. Influencing factors of bacterial activity in water distribution networks [J]. Environmental Science, 2017, 38 (2): 622-628 (in Chinese).
- [29] ROOS A J D, GURIAN P L, ROBINSON L F, *et al.* Review of epidemiological studies of drinking-water turbidity in relation to acute gastrointestinal illness [J]. Environmental Health Perspectives, 2017, 125 (8): 086003.
- [30] 周浩, 张洪伟, 朱文斌, 等. 2015~2018年成都市包装饮用水中铜绿假单胞菌污染情况分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 6586-6589.
- ZHOU Hao, ZHANG Hongwei, ZHU Wenbin, *et al.* Situation analysis of *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water in Chengdu from 2015 to 2018 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(24): 6586-6589 (in Chinese).
-
- 作者简介: 芮继承 (1997-), 男, 安徽芜湖人, 硕士, 助理工程师, 研究方向为饮用水处理理论与技术及水系统与水规划。
- E-mail: ruijicheng@shu.edu.cn
- 收稿日期: 2020-04-30
- 修回日期: 2020-06-11

(编辑: 沈靖怡)

珍惜资源, 保护环境, 建设美丽中国