

童俊. 基于水质投诉溯源的二次供水 HACCP 体系构建与实践[J]. 净水技术, 2026, 45(1): 53–62.

TONG J. HACCP system establishment and practice in secondary water supply based on water quality complaint traceability [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(1): 53–62.

基于水质投诉溯源的二次供水 HACCP 体系构建与实践

童俊*

(上海市供水调度监测中心, 上海 200080)

摘要 【目的】 针对用户水质投诉中二次供水占比超 75% (含已改造系统) 的现象, 本文旨在解析二次供水水质风险环节并提出针对性解决方案。【方法】 以上海典型二次供水场景为研究对象, 引入危害分析与关键控制点 (HACCP) 体系, 通过以下流程展开研究: 二次供水环节系统构成与流程解析、主要危害因素与显著风险点分析、关键控制点 (CCPs) 确定、控制指标及关键限值建立、CCPs 的监控体系构建与纠正措施设计。【结果】 识别出影响水质的 5 大关键控制点: 水泵房材质、水箱 (池) 环境/材质、水箱 (池) 水质、设施运维规范性、用户室内管道/水龙头材质与环境。针对二次供水环节投诉占比最高的水黄水浑水有黄沙、异味、红虫及水有颜色等 4 类典型水质投诉案例, 开展风险成因、关键控制环节和控制措施分析, 提出 HACCP 实施路径; 建立实时浑浊度/余氯监控阈值 (如浑浊度 ≤ 0.5 NTU、余氯 ≥ 0.15 mg/L), 制定二次供水水龄控制在 24 h、水箱 (池) 清洗周期 ≤ 180 d 等量化标准。提出 HACCP 体系实施建议: 对二次供水现状开展全面评估、关注二次供水环节之前的流程、建立二次供水智慧化管理平台、完善多部门协作机制、加强科普等。【结论】 HACCP 体系为二次供水管理中水质投诉提供标准化控制框架, 为末端水质长效保障提供技术支撑。

关键词 危害分析与关键控制点 (HACCP) 二次供水系统 过程控制 水质投诉 水质管理

中图分类号: TU991 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-0177(2026)01-0053-10

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.01.007

HACCP System Establishment and Practice in Secondary Water Supply Based on Water Quality Complaint Traceability

TONG Jun*

(Shanghai Municipal Monitor Center of Water Supply, Shanghai 200080, China)

Abstract [Objective] In response to the phenomenon that secondary water supply accounts for over 75% of user water quality complaints (including reconstruction systems), this paper aims to analyze the water quality risk links in secondary water supply and propose targeted solutions. [Methods] Taking typical secondary water supply scenarios in Shanghai as research objects, the hazard analysis and critical control points (HACCP) system was adopted. The research was conducted through the following procedures: system composition and process analysis of the secondary water supply link, analysis of major hazard factors and significant risk points, determination of critical control points (CCPs), establishment of control indicators and critical limits, construction of a monitoring system for CCPs and design of corrective measures. [Results] Five key control points affecting water quality were identified, namely: material of pump rooms, environment/material of water tanks (pools), water quality of water tanks (pools), standardization of facility operation and maintenance, and material and surrounding environment of user indoor pipes/faucets. For the four typical water quality complaint cases with the highest proportion of complaints in the secondary water supply process, namely yellowish and turbid water with sediment, objectionable taste/odor, red worms and coloured water, an analysis of the risk causes, key control links and control measures was carried out, and the HACCP implementation path was proposed: establishing real-time turbidity/residual chlorine monitoring thresholds (e.g. turbidity ≤ 0.5 NTU, residual chlorine ≥ 0.15 mg/L), and formulating quantitative standards such as controlling the water age of secondary water supply within 24 hours and setting the cleaning cycle of water tanks (reservoirs) to ≤ 180

[收稿日期] 2025-07-06

[基金项目] 上海市 2019 年度“科技创新行动计划”(19DZ1204402)

[通信作者] 童俊(1970—), 女, 正高级工程师, 主要从事水质监测、水质管理与水处理工艺研究等工作, E-mail: juntong700@sohu.com。

days. Furthermore, recommendations for the implementation of the HACCP system were put forward: conducting a comprehensive assessment of the current status of secondary water supply, emphasizing the processes preceding secondary water supply links, constructing an intelligent management platform for secondary water supply, improving the multi-departmental collaborative mechanism, and enhancing scientific popularization efforts. [Conclusion] HACCP system provides a standardized control framework for addressing water quality complaints in secondary water supply management and offers robust technical support for the long-term guarantee of terminal water quality.

Keywords hazard analysis and critical control point (HACCP) secondary water supply system process control water quality complaint water quality management

国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)^[1]明确末梢水为出厂水经输配水管网输送至用户水龙头的水,二次供水作为供水环节的“最后一公里”,其水质管理对确保末梢水安全至关重要。据上海房管部门统计,截至2024年底,上海市居民住宅二次供水面积约8.1亿m²,20世纪竣工的二次供水设施面积约为2.5亿m²,水箱(池)数量为12万个。自2007年,政府积极推进二次供水设施改造,启动中心城区居民小区二次供水设施改造工作。供水企业自2014年底开始逐步接管二次供水小区,截至2024年12月底,累计接管面积3.2亿m²,约占全市居民住宅面积的42%。

上海市疾病预防控制中心长期以来对本市二次供水(龙头水)开展水质监测,按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),每季度对250多个样品开展39项指标监测,二次供水的合格率为100%^[2],说明上海市二次供水水质处于较高的水平。但用户投诉时有发生,本市供水管理部门分析用户投诉情况,结果显示:二次供水占比为65.65%~87.46%^[3],其中部分是已经改造过的二次供水系统,因此探索影响二次供水水质的因素和解决方案十分必要。

作为1套成熟的风险管理框架,危害分析与关键控制点(HACCP)^[4]通过严谨的危害分析识别潜在风险,据此确立关键控制点(CCPs),设定并监控关键限值(CLs),并建立相应的控制措施与纠偏行动,以系统性保障目标产品的安全。其在供水系统中的具体应用实践始于20世纪90年代^[5-6],王兵等^[7]将HACCP应用于二次供水卫生安全管理,近年来,上海市供水行业探索将HACCP方法应用于水源地^[8]、水厂^[9-10],上海城投水务(集团)有限公司对所辖中区供水管理所瞿溪站按照HACCP体系要求进行第三方认证。本文从末端水质保障的角度,探索HACCP体系在二次供水水质日常管理中

的应用。

为聚焦二次供水的流程与风险,本文假定进入小区水泵房的自来水合格率为100%,以上海二次供水为例,基于《二次供水设施卫生规范》(GB 17051—1997)^[11],采用HACCP方法,系统识别了影响二次供水水质的核心风险因素,科学设置了CCPs,明确界定了相应的CLs并制定了纠偏措施,旨在通过强化全过程管理,切实保障二次供水水质安全。

1 HACCP体系的建立过程

1.1 材料准备

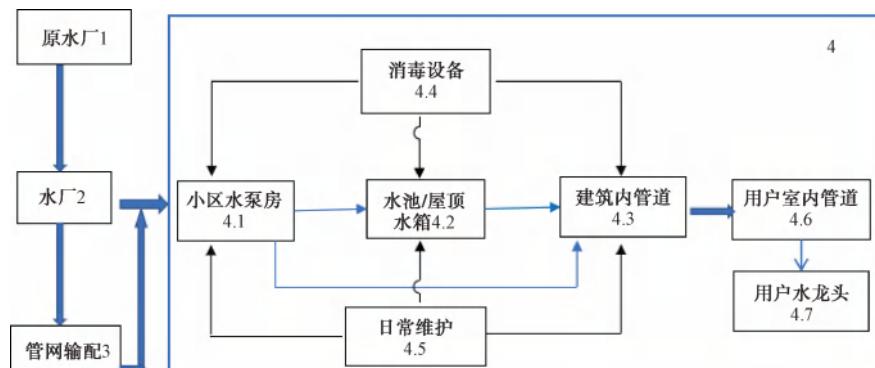
在正式实施HACCP体系前,首要任务是组建一个专业的危害分析小组。该小组应由对二次供水系统具备深入理解的技术骨干构成,成员涵盖公司总经理、生产经理,以及供水运行调度、水质检测、仪表维护、档案管理等关键岗位的代表。

1.2 二次供水流程描述

目前,上海主要的供水模式有市政管道直接供水、屋顶水箱供水、低位水池和屋顶水箱联合供水、水池和变频联合供水、市政管网叠压供水(无负压供水)等5种方式。其中,水池-水箱联合供水的模式占比最高,作为本文的研究对象。二次供水系统主要包括小区水泵房、水池/屋顶水箱、消毒设备、建筑内管道、用户室内管道和用户水龙头。二次供水系统流程图如图1所示。

1.3 显著风险点的识别

针对二次供水流程的各环节,本研究分析了历史水质监测数据、运行维护日志及用户水质投诉记录,系统性地从生物性、化学性和物理性3个维度,评估了各环节潜在的危害引入风险。采用半定量风险评估方法,依据表1^[12]制定的评分标准,对识别出的各项危害的发生可能性和危害严重性分别进行赋值。进而计算风险系数(RS)(RS=可能性评分×危害性评分)。基于预设风险接受水平,将RS≥6



注：1~4 分别代表供水系统原水、水厂、管网输配、二次供水 4 大环节；蓝色方框代表 4、二次供水；方框里 4.1~4.7 代表二次供水系统中的各节点。

图 1 二次供水系统流程

Fig. 1 Flow of Secondary Water Supply System

表 1 可能性和危害性评分标准

Tab. 1 Scoring Standard for Possibility and Hazardness

评分	可能性评分标准	危害性评分标准
1	极难发生,1年以内不发生	轻微影响,二次供水8项中1项感官和一般化学指标超标
2	难发生,0.5~1年发生1次	一般影响,二次供水8项中2项感官和一般化学指标超标
3	较难发生,3~6个月发生1次	较严重,二次供水8项中3项感官和一般化学指标超标
4	容易发生,1~3个月发生1次	严重,二次供水8项中4项以上感官和一般化学指标超标
5	经常发生,1个月发生不止1次	非常严重,二次供水8项中任1项以上微生物指标超标或毒理指标超标

的危害判定为显著风险点。三次供水过程危害分析/显著风险点分析如表2所示。

表2 二次供水过程危害分析/显著风险点分析

Tab. 2 Analysis of Hazardness/Significant Risk Points of Secondary Water Supply System

二次供水		本环节引入或增加的危害			RS	本环节控制措施	是否为显著危害
各节点	危害类型	具体危害	危害来源				
4. 1	生物性	虫害、致病菌	管道损坏和维修时带入	5(1×5)	规范维修操作		否
	化学性	异味	水泵选用材质不合格	9(3×3)	材料符合食品级要求、产品具备涉水卫生批件		是
	物理性	异物杂质	管道损坏和维修时带入	6(2×3)	规范维修操作		否
4. 2	生物性	致病菌、细菌繁殖	环境引入、水龄过长、余氯降低	10(2×5)	保持环境整洁、溢流孔、透气孔设置防虫网；降低水龄		是
	化学性	有机物、重金属	相关材质不合格	10(2×5)	材料符合食品级要求、产品具备涉水卫生批件		是
	物理性	异物杂质、浑浊度 升高	环境引入、水箱内衬脱落；生消水箱合用	8(2×4)	规范水箱(池)清洗工作，佩戴食品级工作衣；定期巡检和修补水箱；生消给水系统分开设置，独立供水，单独计量		是
4. 3	生物性	虫害、致病菌	管道破损或管道维修时带入	5(1×5)	定期进行维护，做好防冻措施；验收前进行水质检测		否
	化学性	有机物、重金属	相关材质不合格和滞留水未排放	4(1×4)	材料符合食品级要求、产品具备涉水卫生批件；定期排放滞留水		否
	物理性	异物杂质	管道破损	3(1×3)	定期进行维护，做好防冻措施		否
4. 4	生物性	计量不够	施工过程引入	5(1×5)	规范设备更新工作；验收前进行水质检测		否

(续表2)

二次供水 各节点	本环节引入或增加的危害			RS	本环节控制措施	是否为 显著危害
	危害类型	具体危害	危害来源			
	化学性	有机物、重金属	材质不合格	6(2×3)	材料符合食品级要求、产品具备涉水产品卫生许可批件	否
	物理性	设备材质与消毒剂质量	材质不合格	3(1×3)	规范设备更新工作; 验收消毒设备材质与消毒剂质量	否
4.5	生物性	虫害、致病菌	施工过程引入, 水箱(池)清洗消毒使用的消毒剂有效氯含量不足或投加不足	10(2×5)	保持外部环境卫生; 水箱溢流孔、透气孔设置防虫网罩; 按规范进行清洗、消毒作业	是
	化学性	有机物、重金属和油漆味	材质不合格	10(2×5)	使用符合食品级要求、具备省级以上涉水产品卫生许可批件的产品	是
	物理性	毛发等异物杂质、水箱(池)清洗过程引入, 水箱内衬材料脱落	(池)内部材料脱落	2(1×2)	严格按规范进行清洗消毒作业, 穿戴食品级工作服套装及安全帽; 水箱(池)清洗前及时修补水箱	否
4.7	生物性	虫害、致病菌、红虫	用水条件差或者滞留水未排放, 用户自加过滤网	10(2×5)	保持用水环境; 及时排放滞留水; 及时清洗过滤网	是
	化学性	有机物、重金属	相关材质不合格或者错接管道	10(2×5)	材料符合食品级要求、产品具备涉水产品卫生许可批件	是
	物理性	异物杂质	管道或者水龙头破损	4(1×4)	定期进行维护, 做好防冻措施	否

注:本文基于《二次供水设施卫生规范》(GB 17051—1997),该标准对消毒设备安装暂无要求,4.4 对其成效不作讨论。

由表2可知,二次供水供应环节中,小区水泵房(材质)、水箱(池)(环境材质、水龄与生消合用)、日常维护(规范化)、用户(室内管道与水龙头材质、用水习惯)等是影响二次供水水质的显著因素。

1.4 确定 CCPs

显著风险点识别完成后,分析小组应用CCPs判别树进行判定。判别树的核心在于评估:针对特定显著风险,是否存在1个环节,通过实施控制措施,能够有效降低、消除该风险或将该控制在可接受的范围内。根据判别树的逻辑路径,分析小组判定各显著风险点是否应作为CCPs。

HACCP小组根据危害分析所提供的显著危害与控制措施之间的关系,识别针对每种显著危害控制的适当步骤,以确定CCPs,确保所有显著危害得到有效控制,并制定CCPs方案表。

CCPs判别树如图2所示,二次供水CCPs判断结果如表3所示。

由表3可知,典型二次供水有5项CCPs,分别是水泵房CCP1(水泵房材质)、CCP2[水箱(池)环境、材质]、CCP3[水箱(池)水质]、CCP4(日常维护)、CCP5(用户室内管道/水龙头材质和环境)。

1.5 关键限值确立

针对表3所列CCPs,依据质量标准、技

术规程及相关文献,制定对应的CLs,如表4所示。

1.6 CCPs 的监控体系与纠正措施

明确CLs后,需依据现有技术条件设计指标的监控方案。综合二次供水运行管理规范、技术规程及历史运行数据,制定超出CLs阈值的纠正措施,并同步建立配套的记录与验证程序,如表5所示。在二次供水运行过程中,当监控指标持续处于限值范围内时,判定系统运行状态正常;若监测值触及阈值,须立即启动纠正程序,直至指标恢复至安全可控范围。

2 讨论与分析

2.1 HACCP体系实施示例1——以红虫为例

下面以本市二次供水投诉中红虫为典型案例,分析HACCP体系的实施过程。在2次案例中,相关人员从用户投诉家中水龙头出现红虫,根据多用户投诉和单用户投诉判断CCPs分别是表5中“CCP2水箱(池)环境、材质”和“CCP5用户”,启动对应纠偏措施,查找原因,将事件影响降至最低,同时反思经验教训,将此类案例形成处置流程,用于将来的投诉案例。二次供水HACCP体系实施效果评估如表6所示。HACCP框架凭借CLs阈值实现风

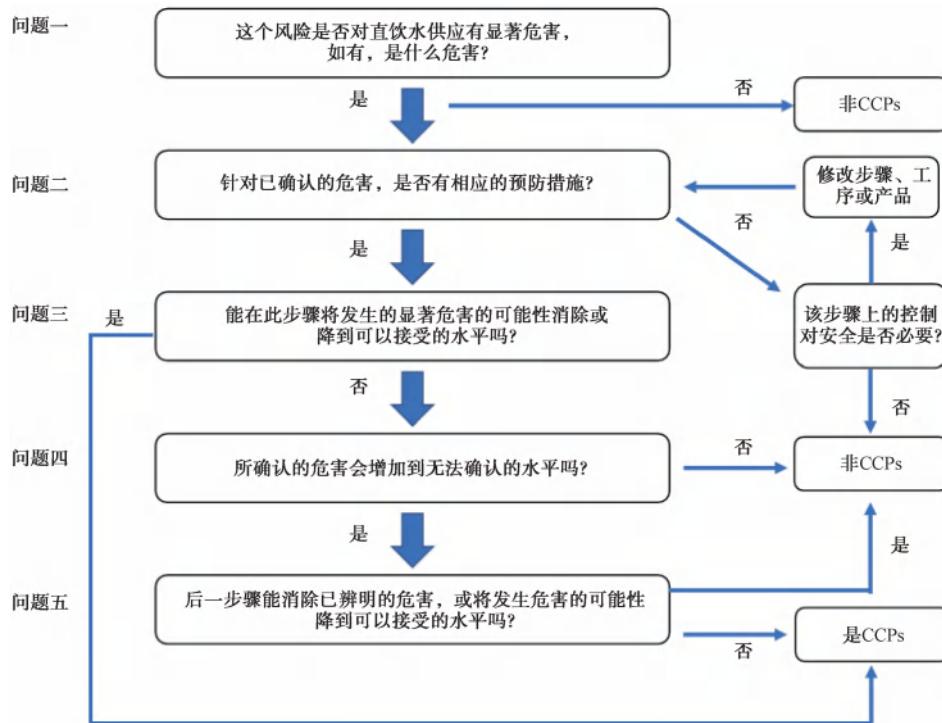


图 2 CCPs 判别决策树

Fig. 2 Decision Tree of CCPs Determination

表 3 二次供水 CCPs 判断结果

Tab. 3 Judgment Results of CCPs for Secondary Water Supply System

二次供水节点	显著危害	问题 1	问题 2	问题 3	问题 4	问题 5	是否为 CCPs
4. 1	异味	是	是	是	—	—	是
4. 2	红虫	是	是	是	—	—	是
	水箱(池)生锈	是	是	是	—	—	是
	水箱(池)浑浊	是	是	是	—	—	是
	水有异味	是	是	是	—	—	是
4. 7	红虫或异味	是	是	是	—	—	是

表 4 二次供水系统 CLs 的制定

Tab. 4 Formulation of CLs for Secondary Water Supply System

CCPs	CLs	选择 CLs 的依据
CCP1 水泵房材质	相关材料满足食品级要求	316L 不锈钢管材的余氯衰减较慢, 其次是球墨铸铁管 ^[13] ; 《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》(GB/T 17219—1998); 《上海市居民住宅二次供水设施改造工程技术标准》(DB31 SW/Z 026—2022)
CCP2 水箱(池) 环境、材质	相关材料满足食品级要求; 水箱应为封闭式结构, 通气管道设置空气过滤装置; 现有钢筋混凝土水箱应作内衬, 且一次性喷涂厚度大于 1 mm	选择余氯衰减较小的 316L 不锈钢管材, 其次是球墨铸铁管 ^[13] ; 《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》(GB/T 17219—1998); 《上海市居民住宅二次供水设施改造工程技术标准》(DB31 SW/Z 026—2022)

(续表4)

CCPs	CLs	选择 CLs 的依据
CCP3 水箱(池)水质	浑浊度小于 0.5 NTU; 用户水龙头水余氯质量浓度大于 0.15 mg/L; 水龄控制在 24 h; 生消分离改造	《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2025) ^[14] ; 余氯≥0.15 mg/L 时, 97.55% 样本细菌总数达标 ^[15] ; 《新建居民住宅饮用水高品质入户工程技术规程》 ^[16] 生消合用问题及解决对策文献 ^[17]
CCP4 日常维护	水箱及附属设备维护周期小于 180 d; 恢复使用前清洗和消毒水箱; 清洗完成后进行水质检验	《上海市住宅二次供水技术标准》(DG/TJ 08—2065—2020); 《生活饮用水卫生管理规范》(DB31/T 804—2014)
CCP5 用户	更换用户室内立管或用水龙头材质, 确认管道未错接到热水器或抽水马桶; 用户水龙头滤网更换或拆除	《住宅户内饮用水系统建造及使用指南》(T/SWSTA 0004—2020)

表 5 二次供水监控系统和纠偏措施

Tab. 5 Secondary Water Supply Monitoring System and Corrective Measures

CCPs	监控措施		纠偏措施	记录	验证
	方法	频率			
CCP1 水泵房材质	人工检测	验收前	316L 不锈钢管材的余氯衰减较慢, 其次是球墨铸铁管	材料验收记录表	人工复核材料材质
CCP2 水箱(池)环境、材质	人工检测	验收前	选择余氯衰减较慢的管材, 首选 316L 不锈钢, 其次是聚氯乙烯(PVC)管、球墨铸铁管和聚乙烯(PE)管(316L < PVC < 球墨铸铁管 < PE 管)	材料验收记录表	人工复核材料材质
		定期	对水箱(池)破损进行修复; 采用食品级材料进行内衬	水箱(池)修复记录表	定期复核水箱(池)结构
		定期	重新喷涂水箱(池)内衬	施工记录表	人工复核水箱(池)结构
CCP3 水箱(池)水质	人工在线	定期	余氯发生偏离时, 对水箱(池)的水进行排放, 导入新鲜的饮用水, 直至检验合格	水箱(池)取样检测记录	检测浑浊度、余氯; 通过数据制定风险点水龄控制方案
	人工	实时			
	人工	验收前	生消合用要加装止回阀; 生消合用系统改造独立设置		
CCP4 日常维护	人工检测	定期	每半年对水箱(池)进行清洗、消毒	维护记录	人工复核水质
		定期	投诉较多时立即进行清洗、消毒	维护记录	人工复核水质
		验收前	维护后进行水质检测, 达标后方可验收	水质检验记录; 验收记录	人工复核水质
CCP5 用户	人工检测	验收前	更换用户室内立管或用水龙头材质; 用户水龙头滤网更换或拆除	维护记录	人工复核水质

表 6 二次供水 HACCP 体系实施效果评估

Tab. 6 Effectiveness Evaluation of HACCP System Implementation in Secondary Water Supply

事件案例	屋顶水箱引起的水质投诉红虫案例分析	个别用户水龙头引起的水质投诉红虫案例分析
确认标志	用户来电反映水质异常, 自来水中有关虫。经检测, 龙头水余氯、菌落总数未达标	用户来电反映水质异常, 自来水中有关虫
影响程度	同一小区 3~6 层多户反映自来水有红虫	家中自来水有红虫
CCPs	屋顶水箱 CCP2	用户水龙头 CCP5
具体纠偏措施	清洗水箱; 水泵房出水管安装水质在线仪表监测浑浊度、余氯; 停用部分水箱; 在用水箱降低浮球高度, 控制进水量	清洗过滤器的过滤网和排污口, 并对室内管道进行了冲洗

(续表6)

事件案例	屋顶水箱引起的水质投诉红虫案例分析	个别用户水龙头引起的水质投诉红虫案例分析
原因分析	红虫发生时间上处于天气较热的春夏季,水温逐步升高,余氯衰减快,适于红虫的生长; 水箱存在缝隙,落水口没有网罩,摇蚊可以直接进入水箱产卵; 从该小区用水量的情况看,每月用水量较小,每户平均只有 5 t, 12 户 1 个水箱,每月 60 t, 每天只有 2 t。而水箱设计为 12.5 t, 水的周转率低停留时间过长,造成水箱余氯偏低,易于摇蚊幼虫的生长	该用户家用前置过滤器使用近一年半时间,从未对过滤器的过滤网和排污口进行过清洗; 该家用前置过滤器安装在厨房水龙头下面位置,周边卫生环境较差
经验教训	确定是水箱供水问题还是居民室内管道问题; 如果是水箱问题,清洗水箱必不可少,同时观察水箱盖是否有缝隙,水箱内衬是否有脱落,考虑适当降低水箱水位,并检查周边水箱是否存在红虫,一并解决问题,避免其他居民再次来电; 对于多次重复发生红虫事件的水箱,在水箱之间有连通管道的条件下,考虑停用部分水箱供水,同时尽量降低水箱内水位,安排专人专时检查水箱水位及水箱余氯; 针对大面积反复发生红虫事件的小区,对不同房屋结构,采取不同的办法调整水位,同时对街坊管道进行排摸,确保从根源上解决红虫问题	家用前置过滤器需要定期对其过滤网和排污口进行清洗; 保持家用前置过滤器安装环境干净、整洁,无积水、潮湿、发霉现象

险早期识别,其预案化纠正措施显著提升了应急处置的系统性与规范性。

2.2 HACCP 体系实施案例分析 2——以典型水质投诉为例

用户水质投诉主要集中于感官问题,与水质指标风险区别的是,引发感官风险的成因多样化,输配水和二次供水环节由于管材、施工、管理、使用等,均有可能导致感官风险的产生。针对终端用户的投诉,供水企业一般在二次供水环节上寻

找原因及对策,但实际运行经验显示可能是受多个环节影响,因此要综合考虑各影响因素,下面针对投诉占比最大的水黄水浑水有黄沙、异味和有颜色等水质风险案例,分析风险成因,查找关键控制环节,提出控制措施。

2.2.1 水黄水浑水有黄沙

产生的危害是影响水质,并造成用户感官上的不满。水黄水浑水有黄沙 HACCP 实施计划表,如表 7 所示。

表 7 水黄水浑水有黄沙 HACCP 实施计划
Tab. 7 HACCP Implementation Plans for Yellowish/Turbid Water with Sediment

风险成因	关键控制环节	控制措施
施工、超载、沉降等原因导致爆管事件;	输配环节施工	强化施工的规范性、提高施工人员的施工质量;管道施工后规范化进行冲洗和水质检测
调度需要,闸门开关引发水锤,扰动沉积物	输配环节运行管理	优化调度模式,减少闸门频繁开关
设施和设备老化或材料问题	输配和二次供水环节设施和设备	检查并更换老旧的管道和设施设备;应用高标准的管道和二次供水设施设备,提高安装质量
非法接入、生消合用等引发倒流污染	二次供水环节设计施工	加强行政执法,减少非法接入;强化施工的规范性、提高施工人员的施工质量;加装止回阀;生消独立设置
水箱(池)清洗不彻底、操作不规范	二次供水环节运行管理	定期规范清洗水箱(池)并进行水质检测
用户终端使用不当原因	用户	解释说明;结合用户投诉进行科普和指导

2.2.2 水有红虫

产生的危害是微生物风险,造成用户感官上的不满。水有红虫的 HACCP 实施计划表,如表 8 所示。

2.2.3 水有异味

产生的危害是影响水质,并造成用户感官上的

不满。水有异味 HACCP 实施计划表如表 9 所示。

2.2.4 水有颜色

产生的危害是影响水质,并造成用户感官上的不满。水有颜色 HACCP 实施表如表 10 所示。

2.3 HACCP 体系实施建议

基于上海二次供水 HACCP 体系建立过程中的

表 8 水有红虫 HACCP 实施计划

Tab. 8 HACCP Implementation Plan for Red Worm Contamination in Water

风险成因	关键控制环节	控制措施
水厂构筑物敞开,蚊蝇产卵水厂滤池穿透	水厂环节	应急措施,加大投氯量进行灭杀;滤池上方铺设防蚊网
市政管道破损	输配环节设计施工	检测和控制输配管网的余氯;减少管网漏损,防止管网破损处进入虫卵
输配管网和二次供水存在死水区,虫卵孵化	输配环节运行管理	现有枝状管网改造,减少末端死水区
余氯量不足	二次供水环节设施和设备	优化二次供水水箱(池)的内部构造,底部设排水阀,避免存在死水区;建筑内管网减少死水区;加强对水箱(池)等二次供水设施的清洗及运维管理
二次供水水箱(池)密封不当、二次供水水箱(池)清洗不到位、水泵房管理不当	二次供水环节设施运行维护管理	加强对水箱(池)等二次供水设施的日常管理;检查密封性;强化水箱(池)清洗的效果;加强水泵房的清洁卫生,定期清洗并消毒水槽、下水道等

表 9 水有异味 HACCP 实施计划

Tab. 9 HACCP Implementation Plans for Objectionable Taste/Odor in Water

风险成因	关键控制环节	控制措施
藻类引发的嗅味;水源突发污染引发的嗅味	原水	加强对上游来水突发污染的监测,取水口暂停取水避免突发污染物侵入;原水输送过程投加粉末活性炭;原水输送过程中的预氧化
	水厂	全面深度处理,去除藻类、上游来水突发污染产生的致嗅物质;精准投加次氯酸钠
设备设施材质原因附着的管道微生物引发的嗅味	输配环节设计施工	选用高标准的管材和设施;修复和施工中使用高标准的内衬材料和其他材料;施工后强化管道冲洗和水质检测;施工的规范化操作。
余氯引发的氯味	输配环节运行维护	多级加氯,精准控制余氯
施工原因、涂料等材料引发的嗅味	二次供水环节设施和设备	加强对水箱(池)等二次供水设施的管理;使用高标准管材和设备
水箱(池)管理不当造成异味嗅味	二次供水环节目常维护	加强水箱(池)的定期清洗效果和水质检测
用户水龙头包裹纱布或净水器	用户	定期更换净水器耗材;解释说明

表 10 水有颜色 HACCP 实施计划

Tab. 10 HACCP Implementation Plan for Coloured Water

风险成因	关键控制环节	控制措施
藻类原因	原水	原水输送过程投加粉末活性炭;原水输送过程中的预氧化措施
	水厂	全面深度处理,去除藻类、上游来水突发污染产生的致嗅物质;消毒剂的精准投加
设备设施材质不佳导致金属析出,如铁锈水;施工原因	输配环节与二次供水环节设计施工、用户室内管道	强化施工质量、施工规范性管理;选用高标准的管材和设备设施
使用蓝洁灵原因	用户室内管道	解释说明;洁具进水安装止回阀;科普

实践、应用案例及管理经验,建议在二次供水管理中应用该体系时:

(1)要对二次供水现状开展全面评估,纠偏措施要与二次供水各环节特征相符合。比如产生红虫有多重因素,2.1 案例的 CCPs 分别是屋顶水箱和居民家中水龙头的使用保养;

(2)关注二次供水环节之前的流程。本文以进

入水泵房前的自来水合格率为 100% 为例。实际上,受长距离管网输配影响,老旧管网的管材、管龄以及流速、管网施工等进入水泵房(4.1)的水质也受一定影响。二次供水作为供水的“最后一公里”,要靠从水源-水厂-输配管网等各个环节的水质保障和足够的冗余,目前部分区域水厂、输配管网和二次供水分属不同的企业,需要各企业把好各自的产

品质量关;

(3) 建立二次供水智慧化管理平台。截至 2024 年底,上海市设置了 452 个二次供水水质在线监测点,实时监测二次供水水质,同时设置了 6 700 余个人工采样点,将这些监测数据纳入智慧化管理平台。对于夏季余氯较低的水箱(池),采取管网中途补氯、减小水箱的容积降低水龄、末端增加消毒设施等多重措施,有效控制二次供水余氯;

(4) 完善多部门协作机制,为实施纠偏措施保驾护航。截至 2024 年底,本市还有 58% 的二次供水设施由物业管理,供水企业负责红线外管网水的水质。物业和供水管理部门需建立高效沟通机制,确保在风险发生前能实时、准确地获取管网、二次供水水质等关键信息,事故发生后制定的纠偏措施多数具有跨部门属性,需相关部门协同完成,比如水浑水黄投诉,需要摸排是红线外还是居民小区内的问题。因此,建立完善的多部门联动机制,是保障纠偏措施有效落地的关键所在。需要各部门分工协作建立全流程的 HACCP,保障末端水质;

(5) 加强科普。加强用户的用水知识科普,建立用户信心,建议室内管道和水龙头要采用较好的不锈钢材质,保持水龙头周边环境清洁,经常清洗过滤器末端装置,拆除水龙头纱布;

(6) 本文基于《二次供水设施卫生规范》(GB 17051—1997)探讨 HACCP 在上海市二次供水管理体系中的应用,《二次供水设施卫生规范》(GB 17051—2025)^[18]于 2025 年 5 月发布,2026 年 6 月 1 日实施,该标准提升了二次供水的管理要求,如机房卫生、水箱(池)卫生及消毒设备的卫生要求,更加精细化,需要结合各个环节持续更新 HACCP 体系。

3 结语

本文以上海二次供水系统为研究对象,探讨 HACCP 体系在二次供水管理中的应用。研究系统梳理了供水环节,识别了显著风险点与 CCPs,建立了监控指标和 CLs,并制定了纠偏措施,从而完整呈现了 HACCP 的实施过程。基于典型投诉案例分析,进一步提出了 HACCP 体系优化应用的建议。本研究不仅为 HACCP 体系应用于二次供水管理提供了实践方法,也为其精细化管理贡献新思路。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.生活饮用水卫生标准: GB 5749—2022 [S]. 北京:中国标准出版社, 2022.
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Standards for drinking water quality: GB 5749—2022 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [2] 上海市卫生健康委. 二次供水(用户水龙头水)水质监测信息 [EB/OL]. (2025-06-18) [2025-07-08]. <https://wsjkw.sh.gov.cn/ecgsyhsltsszjcx/index.html>.
Shanghai Municipal Health Commission. Monitoring information on secondary water supply quality (user tap water) [EB/OL]. (2025-06-18) [2025-07-08]. <https://wsjkw.sh.gov.cn/ecgsyhsltsszjcx/index.html>.
- [3] 钱静汝,陈国光,朱慧峰. 上海市出厂水、管网水、二次供水水质情况及二次供水改造的设想与建议 [J]. 给水排水, 2016, 42(12): 15-19.
QIAN J R, CHEN G G, ZHU H F. Water quality of finished water, distribution system water, and secondary water supply in Shanghai: Proposals and considerations for secondary water supply renovation [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(12): 15-19.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准委员会. 危害分析与关键控制点(HACCP)体系及其应用指南: GB/T 19538—2004 [S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, National Standardization Administration of the People's Republic of China. Hazard analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application: GB/T 19538—2004 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [5] HAVELAAR A H. Application of HACCP to drinking water supply [J]. Food Control, 1994, 5(3): 145-152.
- [6] 李洪兴,陶勇,付彦分. HACCP 体系在公共供水管理中的应用 [J]. 国外医学: 卫生学分册, 2004, 31(5): 317-320.
LI H X, TAO Y, FU Y F. Application of HACCP system in public water supply management [J]. Foreign Medicine: Health Books, 2004, 31(5): 317-320.
- [7] 王兵,王霖邦,胡刚,等. 危害分析关键控制点技术在二次供水卫生安全管理中的应用 [J]. 环境与健康杂志, 2017, 34(8): 718-723.
WANG B, WANG L B, HU G, et al. Application of hazard analysis and critical control point technology in the hygiene and safety management of secondary water supply [J]. Journal of Environment and Health, 2017, 34(8): 718-723.
- [8] 顾晨. HACCP 体系在上海水源地管理中的创新与应用 [J].

- 净水技术, 2023, 42(7): 1–7.
- GU C. Innovation and Application of HACCP System in Shanghai water source management [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(7): 1–7.
- [9] 刘明坤, 俞莉峰, 钱庆玲, 等. 基于 HACCP 原理的出厂水水质管理[J]. 净水技术, 2022, 41(10): 49–55, 138.
- LIU M K, YU L F, QIAN Q L, et al. Water quality management of finished water based on the HACCP principle [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(10): 49–55, 138.
- [10] 李柱. 水厂 HACCP 体系的关键控制点确定及在臭氧投加控制中的应用实践[J]. 净水技术, 2024, 43(10): 72–76, 93.
- LI Z. Application practice of CCPs determination and ozone dosing control in HACCP system of WTP [J]. Water Purification Technology, 2024, 43(10): 72–76, 93.
- [11] 国家技术监督局, 中华人民共和国卫生部. 二次供水设施卫生规范: GB17051—1997 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- State Bureau of Technical Supervision, Ministry of Health of the People's Republic of China. Hygienic specification for facilities of secondary water supply: GB 17051—1997 [S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.
- [12] 张明德, 刘新立, 周雅珍. 城市供水系统风险评估: 理论、方法与案例[M]. 北京: 经济科学出版社, 2012.
- ZHANG M D, LIU X L, ZHOU Y Z. Risk assessment of urban water supply system: Theory, method and case [M]. Beijing: Economic Science Press, 2012.
- [13] 王雪峰, 李辰晨, 张骏鹏. 基于水质提升的二次供水改造及效果评估[J]. 给水排水, 2022, 48(s1): 931–935, 941.
- WANG X F, LI C C, ZHANG J P. Effect evaluation of secondary water supply renovation aiming at water quality improvement [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48 (s1): 931–935, 941.
- [14] 上海市市场监督管理局. 生活饮用水水质标准: DB 31/T 1091—2025 [S/OL]. <https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed? id = 2E8D555B43ACD483E06397BE0A0AA892>.
- Shanghai Administration for Market Regulation. Standards for drinking water quality: DB 31/T 1091—2025 [S/OL]. <https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed? id = 2E8D555B43ACD483E06397BE0A0AA892>.
- [15] 张骏鹏, 王一廉. 基于季节规律和二次供水模式的饮用水水质安全风险[J]. 净水技术, 2023, 42(1): 69–74, 152.
- ZHANG J P, WANG Y L. Water quality safety risks of different secondary water supply systems in different seasons [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(1): 69–74, 152.
- [16] 上海市水务局. 新建居民住宅饮用水高品质入户工程技术规程: 沪水务〔2022〕1034号 [EB/OL]. (2022-12-02) [2025-07-06]. <https://www.shanghai.gov.cn/gwk/search/content/91308beffdc944819a78b01d9c669195>.
- Shanghai Water Authority. Technical specification for high-quality engineering construction of residence drinking water system: Shanghai Water Affairs [2022] No. 1034 [EB/OL]. (2022-12-02) [2025-07-06]. <https://www.shanghai.gov.cn/gwk/search/content/91308beffdc944819a78b01d9c669195>.
- [17] 尧桂龙. 老旧住宅小区高品质饮用水建设中生消用问题及解决对策[J]. 建筑给水, 2023, 11(2): 108–115.
- YAO G L. Research on the problems and countermeasures of combined water for living and fire protection water supply in the construction of high-quality drinking water in old residential quarters [J]. Building Water Conservation, 2023, 11(2): 108–115.
- [18] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 二次供水设施卫生规范: GB 17051—2025 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2025.
- State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Hygienic specification for facilities of secondary water supply: GB 17051—2025 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2025.

(上接第 34 页)

- [62] KASIM K, LEVALLOIS P, JOHNSON K C, et al. Chlorination disinfection by-products in drinking water and the risk of adult leukemia in Canada [J]. American Journal of Epidemiology, 2006, 163(2): 116–126.
- [63] KUKKULA M, LÖFROTH G. Chlorinated drinking water and pancreatic cancer: A population-based case-control study [J]. European Journal of Public Health, 1997, 7(3): 297–301.
- [64] DO M T, BIRKETT N J, JOHNSON K C, et al. Chlorination disinfection by-products and pancreatic cancer risk [J]. Environmental Health Perspectives, 2005, 113(4): 418–424.
- [65] 李纪宾, 邹小农. 全球癌症流行现状及环境致癌因素解析 [J]. 环境卫生学杂志, 2023, 3(11): 795–803.
- LI J B, ZOU X N. Global cancer epidemic status and its environmental carcinogenic factors [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2023, 3(11): 795–803.
- [66] 洪涵璐, 赵伟, 尹金宝. 饮用水消毒副产物基因毒性与致癌性研究进展 [J]. 环境监控与预警, 2020, 5(12): 36–48.
- HONG H L, ZHAO W, YI J B. A review on the genotoxicity and carcinogenicity of disinfection by-products in drinking water [J]. Environmental Monitoring and Forewarning, 2020, 5(12): 36–48.