

上海市地方标准
《给水厂生产废水回用通用技术要求》
编制说明

地方标准起草小组

二〇二四年七月

目 录

一、工作情况	1
1、任务来源	1
2、制定的目的和意义	1
3、标准研究、起草过程	2
(1) 成立标准制订组	2
(2) 编制《工作大纲》	3
(3) 开展标准制订工作	3
(4) 形成标准征求意见稿和编制说明	3
二、标准编制原则	3
三、标准组成部分及其主要内容	4
1、范围	4
2、规范性引用文件	4
3、术语和定义	5
4、基本要求	9
5、水质要求	11
(1) 水质指标分类及限值	11
(a) 控制指标	11
(b) 参考指标	17
(2) 水质检验要求	23
6、技术与管理要求	24
7、附录 A	27
8、附录 B	27
四、与现行法律、法规和强制性国家标准的关系	27
五、重大意见分歧的处理经过和依据	28
六、宣贯及实施建议	28
七、其他应当说明的事项	28

一、工作情况

1、任务来源

为提高上海给水厂水资源节约利用水平，2023年8月，上海市市场监督管理局下发《关于下达2023年度第一批上海市地方标准制修订项目计划的通知》（沪市监标技〔2023〕385号），下达了《给水厂生产废水回用通用技术要求》制订任务。本标准由上海市水务局提出并归口管理，由上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司和上海市供水调度监测中心共同牵头，同济大学、上海城投水务（集团）有限公司、上海市自来水奉贤有限公司共同参与标准制订工作。

2、制定的目的和意义

自党的十八大以来，“创新、协调、绿色、开放、共享”的理念已经成为我国解决发展问题的基础和关键，生态文明建设成为基本国策，节水工作的重要性更加凸显。习近平总书记高度重视节水工作，多次就节水问题发表重要讲话，并明确提出了“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水方针。2019年4月国家发展改革委、水利部联合印发了《国家节水行动方案》，提出到2035年，全国用水总量严格控制在7000亿立方米以内，水资源节约和循环利用达到世界先进水平的发展目标。为深入贯彻十六字治水方针，落实国家节水行动方案，根据《上海市水系统治理“十四五”规划》，上海市将深入推进全社会和全领域节约用水，落实水资源刚性约束制度，加强水资源和节水监督考核，重视供水行业给水厂生产废水的回用与处置。

给水厂生产废水指自来水的水质净化过程中，为保证各生产单元正常运行将产生的废物随水排出而消耗的一部分水量。生产废水主要产生于常规处理工艺的沉淀池、澄清池的排泥水和砂滤池反冲洗水、初滤水，以及深度处理工艺的炭滤池反冲洗水、初滤水和膜处理过程

中的物理或化学清洗水、浓水等。给水厂通过生产废水的合理回用可以为落实“节水优先”和“节能降耗”战略，保障饮用水水质安全提供助力。在给水厂生产废水回用存在巨大需求的情况下，我国目前还没有生产废水回用专门的技术标准或法规，在供水企业操作层面上缺乏具体的指导，因此有必要通过研究和应用总结，编制上海市给水厂生产废水回用技术标准，为给水厂实现生产废水回用提供规范化指导。

此外，世界银行于2023年3月发布了新一轮营商环境评估体系 Business Ready (B-READY)，随后于2023年5月公布的《B-READY Manual and Guide》和《B-READY Methodology Handbook》中明确提出将“是否有关键绩效指标来监测供水的环境可持续性（例如，水处理中污泥的处置，废水的再利用百分比等）”作为监控公用事业服务供应质量、可靠性和可持续性的关键绩效指标之一。随后上海市水务局印发《坚持对标改革提升供排水服务持续优化营商环境工作方案》的通知》（沪水务〔2024〕150号），也把进一步规范本市自来水厂生产废水回用运行与管理，做好自来水厂生产废水的回用工作，作为保障供水可持续发展的重要举措。因此标准的编制对于上海市进一步提高供水可持续性和优化营商环境具有重要意义。

3、标准研究、起草过程

（1）成立标准制订组

2023年8月，本标准获得立项批准后，上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司积极开展启动准备工作，邀请行业单位代表、专家讨论研究成立了标准起草小组，由上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司和上海市供水调度监测中心共同牵头，同济大学、上海城投水务（集团）有限公司、上海市自来水奉贤有限公司共同参与开展标准制订工作。

(2) 编制《工作大纲》

起草小组通过总结既有研究成果和收集分析相关资料，起草标准编制《工作大纲》，明确标准制订的工作计划、进度安排和制订人员及分工等。2023年9月21日，由上海市水务局主持召开了上海市地方标准《给水厂生产废水回用通用技术要求》编制工作大纲（以下简称“工作大纲”）专家审查会，形成《工作大纲》。

(3) 开展标准制订工作

根据《工作大纲》，标准起草小组于2023年10月开始调研国内外相关标准、文献，梳理前期与上海给水厂生产废水回用相关的研究成果，并在供水调度监测中心的主持下向全市供水企业发放《关于开展自来水厂回用水情况调查的通知》（沪供水监〔2024〕4号），对全市给水厂生产废水相关资料开展调研分析。此外，标准制订组于2024年3月12日赴北京市自来水集团开展考察和交流，调研北京市第九水厂关于生产废水回用的宝贵经验。在此基础上提出了标准的初步框架，确定了标准的主要内容。

2024年3月至5月，制订组召开了多次内部讨论会，对标准内容做了进一步的完善，并于6月组织专家咨询会，邀请水司代表以及行业内知名专家对标准编制情况进行咨询，听取专家意见

(4) 形成标准征求意见稿和编制说明

2024年6月至7月，在充分吸纳多次专家意见的基础上，编写完成了《给水厂生产废水回用通用技术要求（征求意见稿）》及编制说明初稿。

二、标准编制原则

1、科学性原则。在标准制订过程中，对上海市给水厂生产废水产生与处置现状、国内生产废水回用经验及国内外标准、文献等进行了广泛调研，尽量做到科学、严谨，保证标准制订技术内容的科学性。

2、协调性原则。本标准制订过程中，充分考虑已有标准的规定，与GB 55026《城市给水工程项目规范》、GB 50013《室外给水设计标准》、CJJ 58《城镇供水厂运行、维护及安全技术规程》等对生产废水处置、回用的要求协调一致。

3、适用性原则。标准制订充分考虑本市给水厂净水工艺及污泥系统现状及发展实际，提高标准制订各项技术内容的可操作性，满足标准的适用性要求。

三、标准组成部分及其主要内容

本标准分为七个部分，主要内容如下：

1、范围

介绍本标准规定的主要内容以及本标准所适用的领域。本标准规定的主要内容是给水厂生产废水回用的基本要求、水质要求、技术要求与管理要求。本标准适用的领域是上海市给水厂生产废水回流至净水工艺流程中用于自来水生产的运行管理。

2、规范性引用文件

本标准引用了7个国标、1个行标和1个地标，分别是：

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 5750（所有部分）生活饮用水标准检验方法

GB/T 17218 饮用水化学处理剂卫生安全性评价

GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

GB 50013 室外给水设计标准

GB 55026 城市给水工程项目规范

CJJ 58 城镇供水厂运行、维护及安全技术规程

DB31/T 1091 生活饮用水水质标准

3、术语和定义

对“给水厂生产废水”、“直接回用”和“处理后回用”进行了定义。

根据对全市40家水厂的调研，截至2024年1月31日，共有常规处理工艺水厂8家，深度处理工艺水厂32家。嘉定水厂、航头水厂、居家桥水厂、陆家嘴水厂、长桥水厂、闸北水厂、城镇水厂、吴淞水厂采用常规处理工艺，杨树浦水厂部分采用常规处理工艺，闵行水厂（一、二、三期）、松江一水厂和松江二水厂采用“前炭后砂”深度处理工艺，青浦三水厂采用“臭氧活性炭-浸没式超滤”深度处理工艺，闵行水厂（四期）部分和罗泾水厂采用“臭氧活性炭-压力式超滤”深度处理工艺，闵行水厂（四期）部分采用“纳滤”深度处理工艺，其余水厂基本均采用“前砂后炭”臭氧活性炭深度处理工艺。

给水厂生产废水主要指给水厂生产过程中为保证正常运行而产生的废水，主要包括混凝沉淀（或澄清）池排泥水、砂滤池反冲洗废水及初滤水、炭滤池反冲洗废水及初滤水、膜冲洗废水、膜处理浓水、污泥脱水分离水等各工艺单元产生的弃水，如图1~6所示，此外还有少量净水构筑物清洗（或消毒）用水、臭氧系统循环冷却水、水质监测排放水、水处理剂储液池清洗排放水等设施设备维护产生的排放水。图2~6中生产废水名称有数字上标的表示该种生产废水在不同水厂中处置路径有所不同。因深度处理工艺水厂产生的生产废水种类包含了常规处理工艺水厂产生的所有种类，且根据《上海市实施水厂深度处

理工程规划》，2025年全市水厂深度处理率将达到100%，因此未专门展示常规处理工艺水厂的生产废水现状。

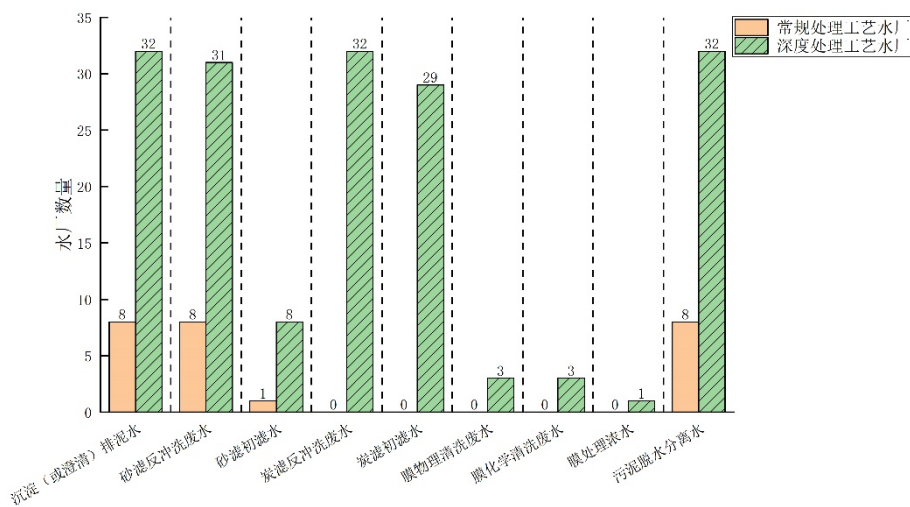


图1 全市水厂生产废水种类及数量统计汇总

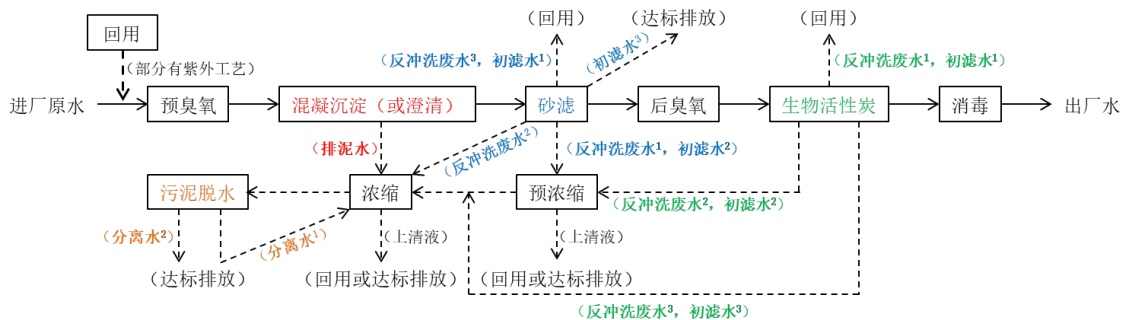


图2 “前砂后炭”深度处理工艺水厂生产废水现状

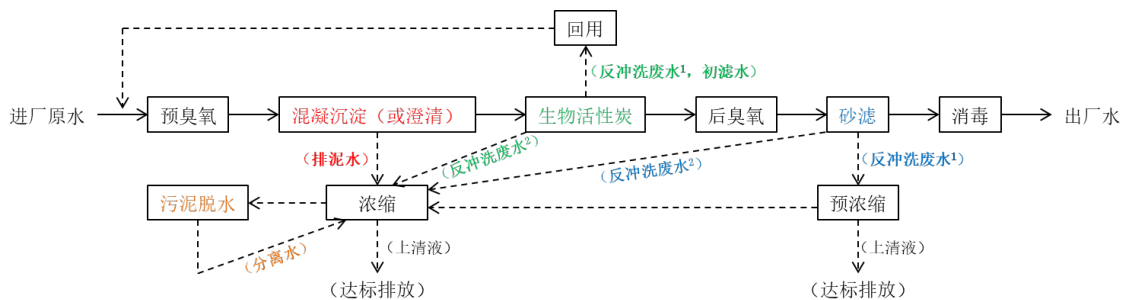


图3 “前炭后砂”深度处理工艺水厂生产废水现状

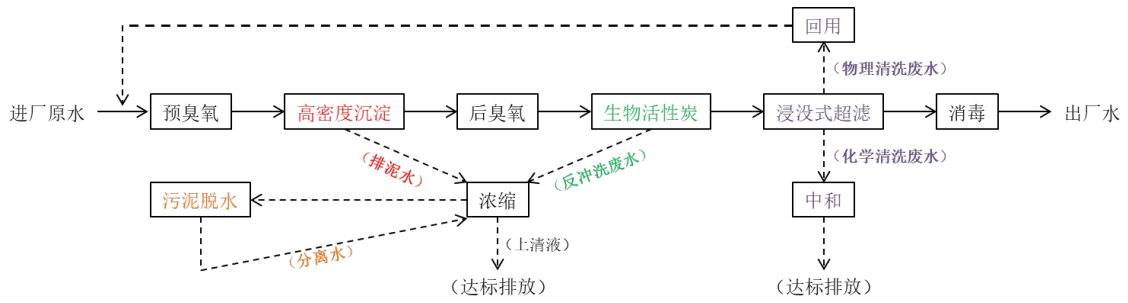


图4 “臭氧活性炭-浸没式超滤”深度处理工艺水厂生产废水现状

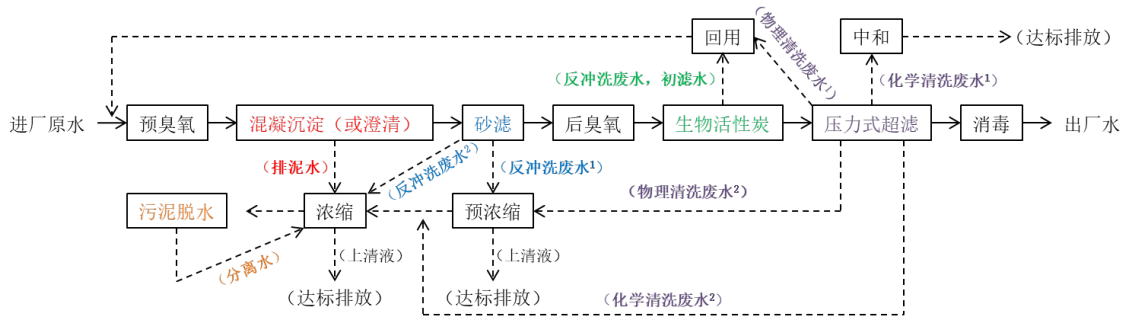


图5 “臭氧活性炭-压力式超滤”深度处理工艺水厂生产废水现状

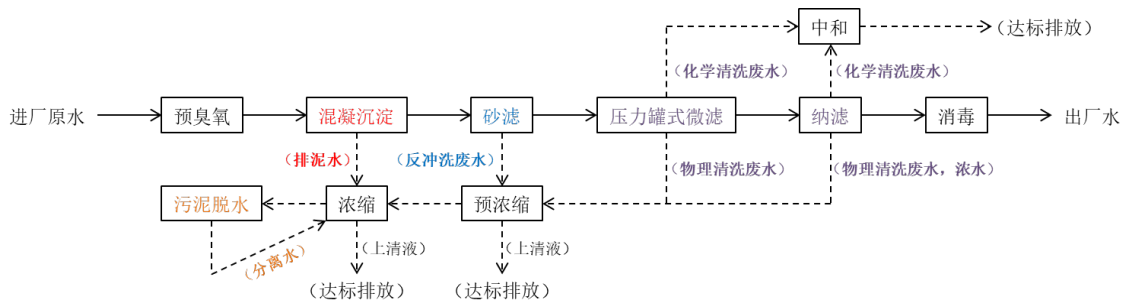
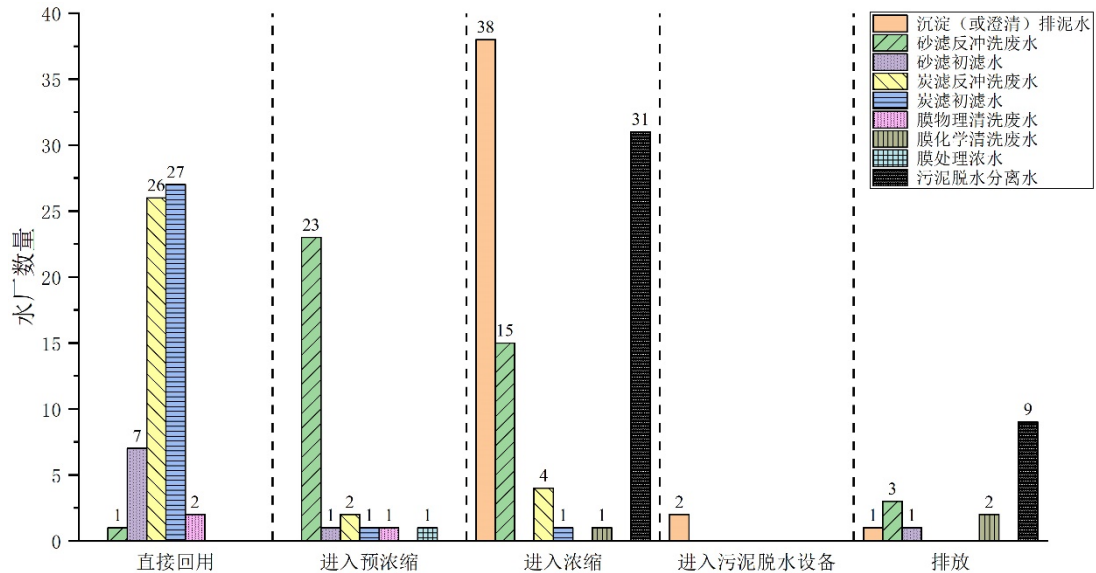


图6 “纳滤”深度处理工艺水厂生产废水现状

上海各水厂生产废水的处置路径主要包括直接回用、进入预浓缩、进入浓缩、进入污泥脱水设备或排放，截至2024年1月31日的统计汇总结果如图7所示。目前不经过处理直接回用并进行净化处理的生产废水主要有砂滤反冲洗废水、砂滤初滤水、炭滤反冲洗废水、炭滤初滤水和膜物理清洗废水，且对以上生产废水实施直接回用的水厂在拥

有同类型生产废水的水厂中占比分别为2.6%、77.8%、81.3%、93.1%和66.7%。各类型生产废水实施直接回用的水厂清单如表1所示。



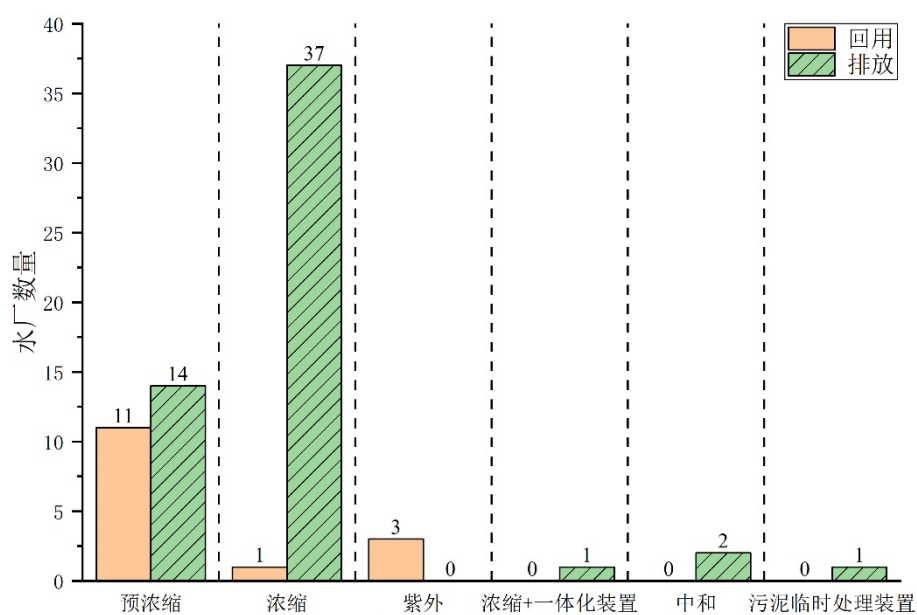
注：1、对沉淀（或澄清）排泥水，南市水厂不同产线可能进入污泥脱水设备或浓缩池；对砂滤反冲洗废水，徐泾和金山海川水厂不同产线可能进入预浓缩或浓缩，杨树浦水厂不同产线可能排放或进入浓缩，会存在重复计数。
2、排放包括直接排放，纳管排放或污泥临时处理装置、一体化装置、中和水池等处理后排放，图中数据不作区分。

图7 各水厂生产废水处置路径统计汇总

表1 各类生产废水实施直接回用的水厂清单

生产废水种类	实施直接回用的水厂清单
砂滤反冲洗废水	嘉北水厂
砂滤初滤水	安亭水厂、嘉北水厂、永胜水厂、小昆山水厂、金海水厂、杨树浦水厂、南市水厂
炭滤反冲洗废水	堡镇水厂、陈家镇水厂、城桥水厂、崇西水厂、奉贤第一水厂、奉贤第二水厂、奉贤第三水厂、安亭水厂、嘉北水厂、永胜水厂、临港水厂、南汇北水厂、惠南水厂、青浦第二水厂、小昆山水厂、松江第二水厂、星火中法、月浦水厂、杨树浦水厂、徐泾水厂、泰和水厂、南市水厂、闵行水厂、罗泾水厂、金山海川、长兴水厂
炭滤初滤水	堡镇水厂、陈家镇水厂、城桥水厂、崇西水厂、奉贤第一水厂、奉贤第二水厂、奉贤第三水厂、安亭水厂、嘉北水厂、永胜水厂、临港水厂、南汇北水厂、惠南水厂、青浦第二水厂、车墩水厂、小昆山水厂、星火中法、金海水厂、临江水厂、月浦水厂、杨树浦水厂、徐泾水厂、泰和水厂、南市水厂、闵行水厂、金山海川、长兴水厂
膜物理清洗废水	青浦第三水厂、罗泾水厂

上海各水厂对生产废水的处理方式主要包括预浓缩、浓缩、紫外、浓缩+一体化装置、中和、污泥临时处理装置等方式，截至2024年1月31日的统计汇总结果如图8所示。其中有11家水厂预浓缩处理后上清液实施回用，有1家水厂浓缩处理后上清液实施回用，有3家水厂回用前会经过紫外装置处理。各类型生产废水实施处理后回用的水厂清单如表2所示。



注：1、对预浓缩上清液，泰和水厂、月浦水厂可能回用，也可能排放，会存在重复计数。
2、排放包括直接排放，纳管排放等方式，图中数据不作区分。

图8 各水厂生产废水处理方式统计汇总

表2 各类生产废水实施处理后回用的水厂清单

生产废水处理方式	实施处理后回用的水厂清单
预浓缩	奉贤第一水厂、安亭水厂、永胜水厂、临港水厂、南汇北水厂、惠南水厂、金海水厂、凌桥水厂、长桥水厂、月浦水厂、泰和水厂
浓缩	小昆山水厂 ^a
紫外	奉贤第一水厂、南汇北水厂、惠南水厂
^a 小昆山水厂浓缩池主要接收絮凝反应池排泥水和砂滤反冲洗废水，不接收沉淀排泥水	

4、基本要求

对水厂实施生产废水应遵循的原则性基本要求进行了规定。

水厂生产废水回用应在确保安全的前提下进行。依据GB 50013中10.7.1条规定，生产废水经技术经济比较后可直接回用、弃用或经过处理后回用，并且不应影响水厂出水水质。对于出厂水质，GB 55026中5.1.1条规定，给水厂出水水质不得低于现行国家标准GB 5749《生活饮用水卫生标准》的有关规定，同时应留有必要的安全冗余度。对于上海的水厂，出水水质除应符合国标规定，还应符合上海市DB31/T 1091的规定。此外，根据《上海市水务局关于加强自来水厂制水过程回用水管理的通知》（沪水务〔2013〕1015号），回用水要加强检测，如果微生物指标、贾第鞭毛虫、隐孢子虫、耗氧量、氨氮指标大于进水原水，或部分指标超出地表水III类标准则禁止回用。

膜化学清洗废水含有较高浓度的酸、碱、氧化剂或非氧化性杀菌剂等，一般应通过还原、中和等适当处理后达标排放或外运至专门的处理机构进行处置。**污泥脱水分离水**水质较差，根据制订组前期调研结果，其高锰酸盐指数有较大概率超出GB 3838 III类限值（6mg/L），氨氮有较大概率超出GB 3838 V类限值（2.0mg/L），丙烯酰胺最高检出浓度接近GB 3838限值（0.0005mg/L）的2倍，且砷、铁、锰等金属含量与水厂其他类型生产废水相比也较高。这两种生产废水如果实施回用，对水厂出水水质造成不利影响的风险较高，基于以上考量，对膜化学清洗废水和污泥脱水分离水做出不应回用的规定。目前上海给水厂对**沉淀（或澄清）排泥水**的主要处理方式是浓缩，根据制订组前期调研结果，浓缩处理后上清液的氨氮、有机物含量、致病微生物丰度等都相对较高，但多数指标与其他开展回用的生产废水差别不大，因此标准中给出不宜回用的规定，如沉淀（或澄清）排泥水实施浓缩处理后上清液回用，应密切关注水质，确保出厂水的水质安全。此外，

在标准形成征求意见稿的专家咨询过程中，部分行业专家也提出了要慎重考虑**沉淀（或澄清）排泥水**回用的建议。

5、水质要求

对水厂实施生产废水回用应符合的水质限值及检验要求进行了规定。

（1）水质指标分类及限值

水质指标的选取主要参考了《地表水环境质量标准》(GB 3838)、美国《Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual》(EPA 816-R-02-014)以及上海各水厂对回用水池的水质监测项目。依据选取水质指标在水厂水质净化过程中的可去除性及超标后的危害，将他们分为**控制指标**和**参考指标**两类。

（a）控制指标

将控制指标低于限值作为水厂实施生产废水回用的必要条件。如某种生产废水有控制指标不符合限值要求时，不应直接回用宜实施处理后回用，如处理后仍有控制指标不符合限值要求则不应回用。这类指标选取的原则主要为：①上海给水厂生产废水存在超标可能性；②在上海现有的水厂工艺条件下，如有超标情况发生，该指标或受其影响的其他部分指标在出厂水中超标风险提高，或可能对水厂的运行管理造成较不利影响；③该类指标不宜过多，且应具有成熟的水质采集、保存和检验方法，水厂或水司开展较高频率的水质检验具有可操作性。基于以上原则，标准选取高锰酸盐指数、总有机碳、氨、叶绿素a（藻类暴发情况发生时）、2-甲基异莰醇（藻类暴发情况发生时）、土臭素（藻类暴发情况发生时）、丙烯酰胺和锑作为生产废水回用的控制指标。

高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 主要反映水中能被高锰酸钾氧化的还原性物质的含量, 总有机碳 (TOC) 主要以碳浓度的方式反映水中有机物含量, 二者均是水厂常用的有机物综合指标, 可一定程度上反映水中有机物含量的多少。2023年全市水厂出厂水的COD_{Mn}为0.7~2.1mg/L (DB31/T 1091的限值为2mg/L, 原水COD_{Mn} > 4mg/L时限值放宽至3mg/L), TOC为0.98~2.98mg/L (DB31/T 1091的限值为3mg/L), 出厂水中有机物综合指标的最高值已接近DB31/T 1091限值。此外有机物含量对出厂水中消毒副产物指标也有较大影响, 2023年全市水厂出厂水的三卤甲烷为0.01~0.48 (DB31/T 1091的限值为0.5), 其最高值也已接近DB31/T 1091限值。实施回用的生产废水如有有机物含量过高, 则可能导致出厂水COD_{Mn}、TOC和三卤甲烷的超标风险高, 对供水安全产生不利影响, 因此标准将生产废水的COD_{Mn}和TOC列为控制指标。全市部分水司2023年对实施回用废水的COD_{Mn}检测结果如表3所示, 回用水的COD_{Mn}为0.80~5.20, 均未超过GB3838 III类限值 (6mg/L), 因此生产废水的COD_{Mn}限值定为6mg/L。目前上海水司对回用水的TOC检测结果积累较少, 根据制订组前期部分科研项目的采样检测结果, 回用水的TOC约为2.0~7.7mg/L, 而2023年进厂原水的TOC约为4.27~8.02mg/L, 参照了进厂原水的TOC数据, 生产废水的TOC限值定为8mg/L。

表3 全市部分水司2023年回用水COD_{Mn}检测结果汇总

水司	COD _{Mn} (mg/L)	
	MIN	MAX
城投水务制水分公司	0.80	4.17
奉贤自来水	1.48	5.20
浦东威立雅	1.14	4.69
南汇自来水	1.27	2.76
嘉定自来水	0.84	1.33
青浦自来水	0.96	3.92

临港自来水	1.77	3.93
崇明自来水	1.80	4.40
松江西部自来水	1.13	2.32

氨氮是地表水环境质量评价较为关注的指标，可一定程度反映未经处理或处理过的城市生活污水和工业废水、各种渗滤液和地表径流对地表水环境的影响，且其对于给水厂进水pH及消毒环节加氯量有重要影响，因此氨是各水司对回用水较为关注的一类一般化学指标。全市部分水司2023年对实施回用废水的氨检测结果如表4所示，氨在回用水中的浓度范围是n. d. ~0.97mg/L，其中氨最高检出值未超过GB3838的III类限值（1.0mg/L）但已经较为接近，因此将氨列入控制指标管理，限值定为1.0mg/L。

表4 全市部分水司2023年回用水氨的检测结果汇总

水司	氨	
	MIN	MAX
城投水务制水分公司	0.02	0.26
奉贤自来水	0.04	0.97
浦东威立雅	0.09	0.55
南汇自来水	n. d.	0.071
嘉定自来水	n. d.	0.49
青浦自来水	0.03	0.48
临港自来水	0.06	0.43
崇明自来水	0.08	0.11
松江西部自来水	n. d.	0.09

上海青草沙水库、陈行水库等长江水源水库地处长江下游，氮、磷等外源营养负荷高，加之存在水源水库水体流动性较差、库容较小等问题，容易出现季节性的藻类局部增殖现象；金泽水库的太浦河取水口位于开放式、流动性、多功能水域，氮、磷等外源营养负荷高，东太湖来水水质波动大，金泽水库取水口也存在季节性的藻类增殖问题。藻类过度繁殖期间，通过预加氯、预臭氧等工艺杀灭或有效抑制活性的藻细胞或其残体会随着水厂沉淀（或澄清）排泥、砂滤反冲洗

等过程进入生产废水系统中，如藻密度含量过高的生产废水回用到水厂净水工艺，可能引起水厂絮凝效果下降、砂滤池堵塞等运行问题和浊度、微囊藻毒素-LR、消毒副产物等超标风险增加，因此与藻细胞密度相关的指标应作为控制指标进行管理。**藻细胞密度计数**的测定可以较直观地反映水中藻类情况，但其检测较为复杂且并非GB 5749和DB31/T 1091规定的水质指标，目前水司层面检测能力建设覆盖不足，因此采用**藻细胞密度计数**作为控制指标在实际应用中存在困难。通常**叶绿素a**与藻细胞密度计数存在一定的相关性且检测难度相对较低，在实际生产中也常用叶绿素a检测结果间接反应水中藻密度情况，因此将**叶绿素a**纳入限制性指标用以表征生产废水**藻细胞密度**。根据2023全年青草沙水库藻细胞计数和叶绿素a检测结果，藻细胞计数以10为底的对数与叶绿素a的Spearman相关系数为0.40，表明二者存在中等程度相关性。使用RBF核函数的支持向量回归对二者进行回归分析，结果如图9所示，通过回归分析预测藻细胞计数为 1×10^8 cell/L时叶绿素a的值约为 $27.14 \mu\text{g/L}$ ，因此暂定叶绿素a的标准限值为 $30 \mu\text{g/L}$ 。

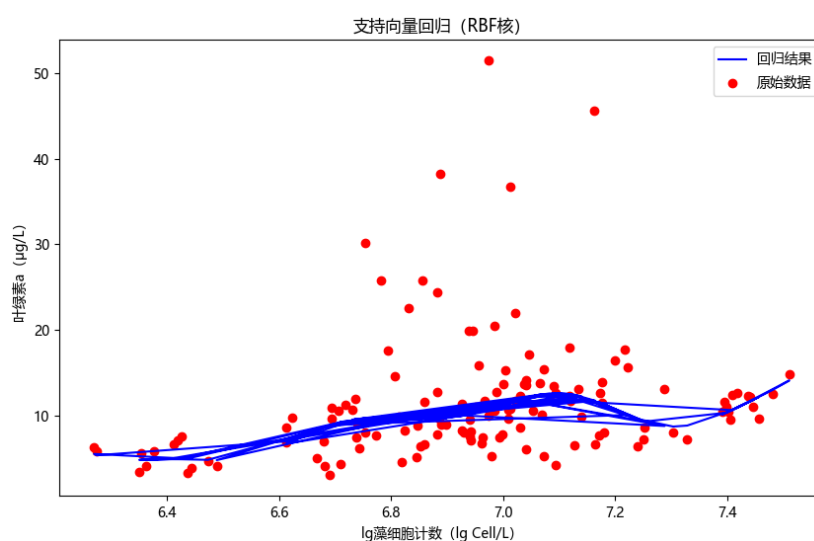


图9 藻细胞计数以10为底的对数与叶绿素a的支持向量回归结果

此外，藻类、放线菌和部分真菌代谢过程中产生的萜类化合物2-甲基异莰醇和土臭素是上海水源水常见的两类藻源性致嗅物质，其在水体中的浓度也与水体中藻类含量有一定的正相关，藻类暴发时，由于这两种致嗅物质嗅阈值较低（10ng/L），可能会导致饮用水产生人极为敏感的臭味。2023年全市水厂出厂水的2-甲基异莰醇和土臭素浓度分别为<1~7.6ng/L和<1~5.3ng/L(DB31/T 1091的限值为10ng/L)，标准将藻类暴发情况发生时生产废水的2-甲基异莰醇和土臭素浓度列为控制指标，对于防范藻密度含量过高引起的运行和水质问题有重要意义。根据长期跟踪监测，上海水源水中2-甲基异莰醇和土臭素浓度分别约为<1~16.5ng/L和<1~6.1ng/L；根据制订组前期部分科研项目的采样检测结果，回用水中2-甲基异莰醇和土臭素浓度分别约为<1~17.2ng/L和<1~24.8ng/L。而水厂常规处理工艺和深度处理工艺对两类致嗅物质的去除率分别约为7%~23%和72%~100%，常规处理工艺对两种致嗅物质去除效果有限，深度处理工艺去除效果较好。考虑到生产废水实施回用时流量不超过原水进厂流量的10%，因此将生产废水两种致嗅物质的限值定为其出厂水限值的10倍，即100ng/L。

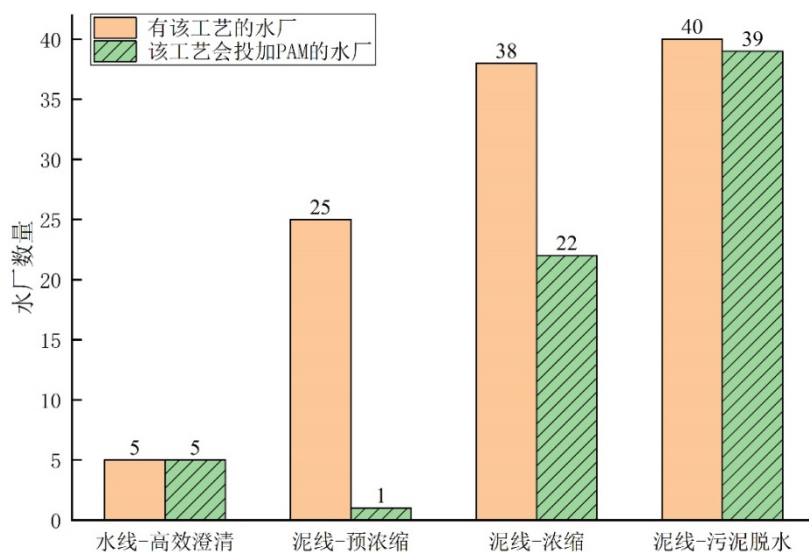


图10 各水厂PAM使用情况统计汇总

聚丙烯酰胺（PAM）是目前水厂常用的一种高分子助凝剂，截至2024年1月31日，PAM在上海水厂中的使用情况统计汇总如图10所示。

杨树浦水厂、南市水厂、青浦三水厂、金海水厂和临江水厂有高效澄清（高密度沉淀或高速沉淀等）净水工艺，在该类工艺会投加PAM。在排泥水处理系统中，目前只有闸北水厂在预浓缩时投加PAM，其他有预浓缩工艺的水厂均不在预浓缩阶段投加PAM。在浓缩和污泥脱水工艺投加PAM的水厂较多，分别在拥有该类型工艺的水厂中占比57.9%和97.5%。PAM是由丙烯酰胺聚合而成，因此PAM产品中会含有一定量的丙烯酰胺单体。丙烯酰胺具有神经毒性、生殖毒性、遗传毒性、免疫毒性及潜在致癌性（2A类致癌物），在GB3838和GB5749中的限值均为0.0005mg/L。考虑到丙烯酰胺对健康的危害性且PAM在生产废水处理过程中使用的普遍性，因此将丙烯酰胺单体作为控制指标且规定了适用条件，并将其限值定为0.0005mg/L，仅在生产废水直接回用且净水工艺流程中投加PAM，或生产废水处理回用且净水工艺或废水处理过程中投加PAM时，将丙烯酰胺列为控制指标。

金泽水库取自太浦河来水，取水口位于开放式、流动性、多功能水域。因地区产业结构特点，太浦河流域集聚了众多纺织、印染企业，这些企业的生产废水经处理后会排入太浦河流域，锑会作为特征污染物会一起进入，给下游的饮用水源地带来潜在的环境风险。锑及其化合物的毒性大小取决于锑的形态，通常不同价态的无机锑化合物毒性大小顺序为： $Sb(0) > Sb(III) > Sb(V)$ ，有机锑化合物的毒性一般小于无机锑化合物。锑可引起腹痛、呕吐、脱水、肌肉痛、抽筋、尿血、无尿及尿毒等急性中毒症状，并可能导致肝硬化、肌肉坏死、肾炎、胰腺炎等。此外，三氧化二锑属于2B类致癌物。在GB3838和GB5749中锑的限值均为0.005mg/L。上海水厂除纳滤外的其他现有工艺对锑的

去除率都不高，因此如果来水中锑的浓度超出限值，则其在出厂水中也会有较高的超标风险。因此，对采用金泽水库原水的给水厂，锑作为控制指标管理，且限值定为0.005mg/L。

(b) 参考指标

参考指标作为控制指标的补充，与控制指标共同作为水厂实施生产废水回用的充分条件，水质同时符合控制指标和参考指标限值要求的生产废水可实施直接回用。如某种生产废水有参考指标不符合参考限值要求时，尽管不能作为判断其不可回用的直接依据，但这些指标在出厂水中超出GB5749和DB31/T 1091限值的风险是提高的，因此在相应指标检验结果重新符合参考限值要求前，应密切关注其在回用水和出厂水中的水质情况。这类指标选取的原则主要为：①上海给水厂生产废水存在超标可能性；②在上海现有的水厂工艺条件下，如有超标情况发生，该指标或受其影响的其他部分指标在出厂水中可能存在超标风险，或可能对水厂的运行管理造成一定影响；③具有成熟的水质采集、保存和检验方法。

上海各水厂实施生产废水回用时对生物安全性是非常关注的，全市部分水司2023年对实施回用废水的微生物指标检测结果如表5所示，此外浦东威立雅水厂还对回用水的贾第鞭毛虫和隐孢子虫进行了跟踪检测，结果均为未检出。2023年上海各水厂进厂原水的粪大肠菌群检测值为 $10 \sim > 24196$ 个/L，贾第鞭毛虫和隐孢子虫均未检出。回用的生产废水从粪大肠菌群和两虫指标检测结果看与原水基本相当，并未明显地差于进厂原水，考虑到水厂现有的臭氧、消毒等工艺对致病微生物均有较强的灭活效率，因此标准未将微生物指标列为控制指标管理。GB3838中的微生物指标为粪大肠菌群（即耐热大肠菌群），III类限值为10000个/L，但由于大肠埃希氏菌对粪便污染比耐热大肠菌

群具有更强的指示性，其卫生学意义也要大于耐热大肠菌群，且目前实验室耐热大肠菌群和大肠埃希氏菌的检测能力已基本相当，因此现行的GB5749中已删除了耐热大肠菌群指标，只要求当出厂水检出总大肠菌群时，应进一步检验大肠埃希氏菌。为了能给水厂控制出厂水水质提供更直观的指导，本标准选取大肠埃希氏菌作为参考指标，限值选取参照了GB3838中粪大肠菌群的III类限值，同时考虑到生产废水实施回用时流量不超过原水进厂流量的10%，因此将生产废水中大肠埃希氏菌的参考限值定为GB3838中粪大肠菌群的III类限值的10倍，即10000 MPN/100mL（或CFU/100mL）。

表5 全市部分水司2023年回用水微生物指标检测结果汇总

水司	总大肠菌群 (MPN/100mL)		粪大肠菌群 (个/L)		大肠埃希氏菌 (MPN/100mL)		菌落总数 (CFU/mL)	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
城投水务制水分公司	n. d.	2419						
奉贤自来水	n. d.	4479.6	n. d.	688			100	1000
浦东威立雅			n. d.	24000				
南汇自来水	n. d.	657	n. d.		n. d.		1	260
嘉定自来水			n. d.	1554				
青浦自来水			n. d.	6200				
临港自来水			n. d.	31			72	340
崇明自来水			n. d.					
松江西部自来水	1		n. d.				10	

一般化学指标主要选取了pH、铝、铁和锰列入参考指标。进厂原水pH值对水厂混凝沉淀控铝和消毒工艺效果均有一定的影响，因此参考GB3838给出了pH为6~9的参考限值范围，当实施回用的生产废水pH超出该范围时应及时排查原因并关注是否会对后续混凝、消毒等工艺产生影响。

根据2017~2023年的原水水质检测结果，上海水源中铁、锰浓度分别约0.06~1.8mg/L、<0.01~0.13mg/L，其最高检出值会超过GB3838限值（铁、锰限值分别为0.3mg/L、0.1mg/L）。出厂水中铁、锰超标则可能引起水的色度问题，并影响其在配水管网中的稳定性。铁、锰会随着沉淀或砂滤工艺从水中去除，因此在排泥水、滤池反冲洗废水等中的浓度可能较高，如实施回用的生产废水中浓度较高的话可能会有随着回用逐渐累积的问题。因此，铁、锰也是各水司对回用水较为关注的金属指标。全市部分水司2023年对实施回用废水的铁、锰检测结果如表6所示。铁、锰在回用水浓度范围分别为n. d. ~0.552mg/L、n. d. ~0.239mg/L，最高浓度尽管超过GB3838限值，但其浓度水平与原水基本将近。2023年全市水厂出厂水的铁、锰均低于检出限，因此未将铁、锰列入控制指标，且其参考限值参照GB3838分别定为0.3mg/L和0.1mg/L。

表6 全市部分水司2023年回用水氨、铁、锰的检测结果汇总

水司	铁		锰	
	MIN	MAX	MIN	MAX
城投水务制水分公司	n. d.	0.12	n. d.	0.08
奉贤自来水	n. d.	0.435	n. d.	0.239
浦东威立雅	n. d.	0.097	n. d.	0.044
南汇自来水	0.028	0.552	0.003	0.017
嘉定自来水	n. d.	0.12	n. d.	
青浦自来水	n. d.	0.20	n. d.	0.18
临港自来水	n. d.	0.04	n. d.	0.01
崇明自来水	n. d.	0.311	0.001	0.015
松江西部自来水	0.01	0.07	0.01	0.04

上海水源地由于存在季节性的藻类局部增殖现象，当藻类爆发时会消耗水中的二氧化碳和碳酸盐，导致pH升高，进而会促进四羟基合铝酸根离子在混凝沉淀工艺段的生成，最终导致出厂水中总铝浓度升高。2023年全市水厂出厂水的铝为<0.01~0.17mg/L（DB31/T 1091的

限值为0.2mg/L)，在进厂原水pH升高时存在一定的超标风险。目前上海水司对回用水的铝含量检测结果积累较少，浦东威立雅的跟踪结果为0.04~0.54mg/L，南汇自来水的跟踪结果为0.26~1.72mg/L，而根据制订组前期部分科研项目的采样检测结果，回用水的铝含量约为<0.01~1.57mg/L。目前GB3838没有铝的限值可供参考，因此在限值选取时除考量上海生产废水现状，还参考了美国EPA发布的FINAL AQUATIC LIFE AMBIENT WATER QUALITY CRITERIA FOR ALUMINUM 2018（EPA-822-R-18-001）计算方法，根据上海水源水特征，输入相关水质指标pH范围为8~9，总硬度范围为150~200mg/L，溶解性总有机碳范围为4~8mg/L，得到可供参考的地表水中铝的浓度限值为1.1~2.0mg/L，最终铝的参考限值暂定为2.0mg/L。

重金属是地表水和饮用水中非常关注的一类毒理指标，来自进厂原水中的重金属离子会随着沉淀或砂滤工艺从水中去除，因此在排泥水、滤池反冲洗废水等生产废水中，因存在浓缩效应可能浓度较高，同时在生产废水调蓄及处理过程中，如停留时间过长可能会产生重金属的厌氧溶解现象，此时如实施回用则可能将重金属重新引入净水工艺中，导致重金属发生累积富集，对出厂水水质带来不利影响。制订组首先对GB3838、GB5749和DB31/T 1091共同关注的重金属类毒理指标限值进行梳理，同时参考美国EPA发布的National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table（以下简称“美国地表水”）和日本环境省发布的“水質汚濁に係る環境基準-人の健康の保護に関する環境基準”（以下简称“日本地表水”），结果如表7所示。同时统计2023年重金属类毒理指标在全市水源水、出厂水和部分水司实施回用的生产废水中的最高检出浓度，结果如表8所示。选取出厂水中最高检出浓度超过GB5749和DB31/T 1091限值的

最低值（以下简称“最低值a”）20%的指标，或尽管出厂水中最高检出浓度未超过最低值a的20%，但原水或实施回用的生产废水中最高检出浓度超过GB3838 III类、美国地表水和日本地表水限值的最低值（以下简称“最低值b”）20%的指标作为参考指标，以观察其在生产废水实施回用过程中是否会因富集效应产生超标风险。满足以上条件的重金属类毒理指标包括砷、铬（六价）、铅、汞、镉、镍、铊，其中镉、镍、铊分别仅有单次检测结果符合以上条件，结果代表性不足，因此这三个指标暂不列为参考指标管理。各指标参考限值取最低值b，但当最低值b低于最低值a时参考限值取最低值a。因此，砷、铬（六价）、铅、汞参考限值分别定为0.01mg/L、0.05 mg/L、0.01 mg/L、0.0001mg/L。

表7 重点关注的重金属类毒理指标限值汇总（单位：mg/L）

指标	GB3838 III类限值	美国地表水限值	日本地表水限值	GB5749限值	DB31/T 1091限值
砷	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
镉	0.005	0.005	0.003	0.005	0.003
六价铬	0.05	0.1（总铬）	0.02	0.05	0.05
铅	0.05	-	0.01	0.01	0.01
汞	0.0001	0.0003（甲基汞）	0.0005	0.001	0.0001
硒	0.01	0.17	0.01	0.01	0.01
钼	0.07	-	-	0.07	0.07
铍	0.002	-	-	0.002	0.002
硼	0.5	-	1.0	1.0	0.5
镍	0.02	0.61	-	0.02	0.02
钡	0.7	1.0	-	0.7	0.7
铊	0.0001	-	-	0.0001	0.0001

表8 2023年重金属类毒理指标的最高检出浓度汇总（单位：mg/L）

指标	水源水	奉贤自来水	浦东威立雅	南汇自来水	临港自来水	崇明自来水	出厂水
砷	0.0032	0.0041	0.0041	0.00195	0.004	0.0026	0.0019
镉	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
六价铬	0.022	0.016	0.01	0.017	0.01	n. d.	n. d.

指标	水源水	奉贤 自来水	浦东 威立雅	南汇 自来水	临港 自来水	崇明 自来水	出厂水
铅	0.002	0.004	0.0002	0.002	n. d.	n. d.	0.0002
汞	0.00004	0.00027	n. d.	0.00217	0.00004	0.0001	0.00004
硒	0.0004	0.0008	0.00135	0.0002	0.0004	0.0005	0.0004
钼	0.01					0.0021	0.01
铍	n. d.					n. d.	n. d.
硼	0.1					0.0347	0.2
镍	n. d.					0.0365	0.0011
钡	0.07					0.0432	0.09
铊	n. d.					0.00007	n. d.

根据EPA 816-R-02-014, 美国水厂中砂滤反冲洗废水等生产废水的三卤甲烷总量及三卤甲烷生成势均高于原水。根据制订组前期研究, 炭滤反冲洗废水、膜物理清洗废水以及生产废水经预浓缩、浓缩处理后的上清液, 其三卤甲烷生成势均低于进厂原水, 约为原水的20%~60%, 砂滤反冲洗废水三卤甲烷生成势可能略高于进厂原水, 但V型滤池气水反冲洗初期的废水一般也不超过进厂原水的1.5~2.0倍。至于三卤甲烷总量, 根据《上海市供水调度监测中心关于印发青草沙、陈行、金泽水源地应急药剂(次氯酸钠、粉炭)投加技术规程的通知》(沪供水监〔2018〕93号), 当原水中含藻量足以影响水厂正常运行或足以使出厂水水质降低时, 会在水源水输送过程中或进入水厂常规处理工艺前投加一定量的次氯酸钠, 在这种情况下进厂原水及部分生产废水中可能都会含有一定量的三卤甲烷类消毒副产物。根据制订组前期部分科研项目的采样检测结果, 回用水的三卤甲烷含量约为3.2~58.4 $\mu\text{g/L}$, 主要检出项为三氯甲烷, 部分生产废水会有少量二氯一溴甲烷检出。三卤甲烷总量限值的选定主要参考了美国EPA的National Primary Drinking Water Regulations (限值0.08mg/L)、欧盟的DIRECTIVE (EU) 2020/2184 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2020 on the quality of water

intended for human consumption (限值0.1mg/L) 和日本厚生劳动省的水質基準項目と基準値 (限值0.1mg/L) , 最后暂定为0.1mg/L。

(2) 水质检验要求

水质检验频率的规定主要考量指标对生产废水回用管理的重要性及水厂、水司检测能力覆盖问题。控制指标中高锰酸盐指数为水厂出厂水中每日检验不少于一次的指标, 水厂即具备检验能力; 叶绿素a、2-甲基异莰醇和土臭素在藻类暴发情况发生时才作为控制指标管理和检测, 这三项指标在藻类暴发时期可能存在较大波动, 且其检测对水厂明确藻类暴发的严重程度及暴发情况是否已结束具有较大的指导意义, 因此这四项指标检验频率定为每周一次。其余控制指标及目前上海多数水司已对回用水进行每月一次检验的氨、铝、铁、锰等4项一般化学指标, 频率定为每月一次, 而其余参考指标应保证每半年检验一次, 便于对生产废水水质状况开展定期评估, 并为后续标准可能的修订完善工作积累生产数据。

推荐有条件的水厂设置在线仪表对生产废水进行管理, 主要参照了《城市给水工程项目规范》(GB 55026-2022), 第2.2.17条, 水源、给水厂站和管网应设置保障供水安全和满足工艺要求的在线监测仪表, 并应按规定对仪表进行检定和校准, 留存记录。以及《城镇供水厂运行、维护及安全技术规程》(CJJ 58-2009), 第2.6条, 城镇供水厂应设置一定数量的水质在线监测仪表并根据经济发展水平选择配置其他水质在线仪表, 以便及时发现问题采取措施, 指导水厂运行优化。尽管在线监测仪表对水质的检验精度可能达不到化验室检测的水平, 但能以较小的时间间隔获取连续的水质数据, 能帮助水厂更及时地发现水质问题。为鼓励有条件的水厂设置在线仪表, 在标准中

也规定了如安装相应的在线监测仪表，可适当降低对应指标的水质检验频率。

对生产废水回用进行管理时，水质采样点的设置主要考虑到两种情形：第一种是部分实施回用的生产废水产生后会直接通过管道（有时设置单独的调节池）回用至净水工艺中，第二种是部分或全部实施回用的生产废水在回用至净水工艺前，会进入统一的调节池（或称回收池、回用水池等）中混合。对于第一种情形，标准规定每一种单独回用的生产废水都应至少设置一个水质采样点；而对于第二种情形，由于不同生产废水会进入调节池中混合后回用，因此可对混合后的水进行水质采样，而不需要对混合前的每种生产废水都分别进行单独的水质采样。

6、技术与管理要求

（1）技术要求

参照《室外给水设计标准》（GB 50013-2018），第10.7.1条，“水厂排泥水中初滤水可直接回用至混合设施前，滤池、炭吸附池反冲洗废水及浓缩池上清液根据排泥水水质，经技术经济比较后可直接回用、弃用或经过处理后回用，当采用直接回用时，应回流到水厂最前端处理设施前，当采用处理后回用时，根据处理后的水质可回流至混凝沉淀（澄清）、滤池、颗粒活性炭吸附池或经消毒后直接进入清水池”。根据编制组现场调研结果，北京市第九水厂会将部分滤池反冲洗废水和浓缩处理后的上清液经浸没式超滤膜处理后回用至三期的活性炭滤池。但由于目前上海水厂对生产废水主要采取预浓缩、浓缩及紫外处理后回用，其水质相比浸没式超滤出水较差，因此标准建议即使处理后仍宜回用至最前端处理设施前，如处理后回用至给水厂混合设施之后，处理后的水质不应差于回用点处不实施回用时的水质。

同时标准中规定了生产废水回用前的滞留时间不宜超过24h，也是为了防止生产废水因过度滞留而发生厌氧反应等而产生水质恶化，对供水安全带来不利影响。

参照《室外给水设计标准》(GB 50013-2018)，第10.7.1和10.7.3条，回用水量应尽可能在24h内均匀、连续，避免集中时段回流对水厂稳定运行带来的不利影响，在回流管路上安装流量计，也是为了对回用流量精确计量，实现对回流比的合理控制和生产废水回用水量的记录、统计和存档。根据上海各水厂提供的2023年生产废水流量情况（部分数据为估算）计算，砂滤反冲洗废水及初滤水、炭滤反冲洗废水及初滤水、膜物理清洗废水的水量之和与进厂水量的比例，青浦三水厂比例约12.1%~13.8%（其中膜物理清洗废水占比平均约9.6%），罗泾水厂比例为8.7%~10.8%（其中膜物理清洗废水占比平均约7.0%），其余流量数据反馈较全的水厂比例为1.8%~6.6%。因为膜清洗废水占原水比例较高且水质相对较好，因此标准提出有膜物理清洗废水的水厂，累计回用水量可适当提高至不超过累计进厂水量的14%，其余水厂设定日累计回用水量不应超过日累计进厂水量的7%，同时为了防止水厂在一天中的几个小时内进行集中回用，规定了小时累计回用水量不宜超过小时累计进厂水量的10%。

参照《室外给水设计标准》(GB 50013-2018)，第10.7.4条，用于生产废水回用的水泵台数不应少于2台，并应设置备用泵，以保证在单台水泵发生故障时生产废水回用不受影响。同时建议回流泵设置变频调速装置，可根据水厂实际流量对回用水量进行合理控制，保障水厂在各种运行流量下均能稳定运行。

参照《城市给水工程项目规范》(GB 55026-2022)，第2.2.6条和5.5条，供水厂生产工艺中选用的各种净水药剂以及与水接触的设

施、设备、材料、药剂，应执行索证和验收制度，且必须满足卫生安全要求，不应导致出厂水的感官性状和一般化学指标以及毒理指标不符合生活饮用水卫生要求，因此标准规定了生产废水处理回用时，处理过程涉及的药剂及仪器设备等应符合GB/T 17218、GB/T 17219要求。

(2) 管理要求

参照《城市给水工程项目规范》(GB 55026-2022)，第5.3.6条，采用疫区水源地原水的水厂和位于疫区的水厂不得将沉淀池排泥水和滤池反冲洗水回用到处理工艺系统中。因此标准中对于疫情发生时不应直接回用进行了规定。

生产废水回用时的生物安全性应当引起水厂足够的重视，因此标准鼓励水厂在回用时可根据自身条件，加测贾第鞭毛虫、隐孢子虫、藻细胞计数、菌落总数、异养菌平板计数、致病微生物、微型动物等，以加强对生产废水回用过程的生物风险管理。两虫是EPA 816-R-02-014中强调美国砂滤冲洗废水等回用时应重点关注的指标，但由于两虫在上海原水和出厂水中并无检出，因此未将两虫列入控制指标或参考指标，但如果两虫检出时直接回用可能会造成两虫的繁殖和累积风险，因此不建议两虫出现时实施直接回用。滤池尤其生物活性炭滤池如管理不善则可能发生微型动物的泄露，如泄露较严重则可能造成水质问题，并引发居民的水质投诉。而当这种较严重的微型动物泄漏事件发生时，滤池的反冲洗废水及初滤水中无脊椎动物浓度可能都会较高，因此不建议在此时对这部分生产废水实施直接回用。

参照《城镇供水厂运行、维护及安全技术规程》(CJJ58-2009)，第2.9.1条的规定，城镇供水厂应建立完善水质预警系统，制定水源和供水突发事件应急预案，并定期进行应急演练，当出现突发事件时

水厂应尽快上报并迅速采取有效的处理措施。回用水水质发生突变、水源水质大幅度波动、设备电气故障等均是水厂常见的潜在风险源，在回用水相关的应急预案中应设有相应的应对措施，以尽快恢复正常。应急预案应当包括应急管理工作机制，预警信息的监测、分析、报告、通报制度，应急处理技术和应急处理工作方案，预防措施，应急设施、设备及其他物资和技术的储备与调度，应急处理专业队伍的建设和培训等内容。

7、附录 A

附录A主要提供了上海市一种典型给水厂净水工艺实施生产废水直接回用或处理后回用的示例图，方便对标准中提到的直接回用与处理后回用两种回用方式的理解。

8、附录 B

附录B主要提供了给水厂生产废水回用时推荐采用的水质检验方法，如本标准发布实施后方法来源所列标准有更新且适用范围相同的，应执行更新后的标准；经适用性确认可靠也可采用其他等效检验方法。

四、与现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准制订严格执行GB/T 1.1-2020《标准工作导则第1部分：标准的结构和编写规则》的规定。本标准严格遵守我国相关法律法规，引用了GB 5749《生活饮用水卫生标准》、GB/T 5750《生活饮用水标准检验方法》、GB/T 17218《饮用水化学处理剂卫生安全性评价》、GB/T 17219《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》、GB 50013《室外给水设计标准》、GB 55026《城市给水工程项目规范》等国家标准和DB31/T 1091《生活饮用水水质标准》的相关规定。本标准规定的相关要求与现行法律法规、标准协调一致。

五、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准在制订过程中并无重大分歧。

六、宣贯及实施建议

本标准修订颁布实施后，（1）建议上海市水务局引导辖区内各水司加强标准实施应用；（2）建议上海市水务局、上海市节约用水促进中心、上海市供水调度监测中心、上海市供水行业协会等相关单位、协会及学会联合标准制订组成员单位开展本文件应用实施的宣贯。组织各相关单位开展集中宣贯培训，对全市供水企业与水厂运维相关的管理人员、技术人员等开展宣贯与培训、解读与指导，对本标准进行解读与答疑，确保供水系统相关人员了解标准的内容和相关原理、原则；（3）建议对供水企业运行、节水、减碳管理进行评估时，引用本文件作为评估的依据。

七、其他应当说明的事项

无。

《给水厂生产废水回用通用技术要求》地方标准起草小组

二〇二四年八月