
《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》
(征求意见稿)
编制说明

《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》团体标准编制说明

一、任务来源

城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法项目自 2022 年 10 月起，由浙江工业大学、中国膜工业协会、嘉兴市水务投资集团有限公司等单位共同预研、编制，并于 2024 年 5 月通过中国标准化协会立项论证，正式立项(膜标协委【2024】10 号)。

随着人民对物质文化需要日益增长，相关部门及单位对市政饮用水要求不断提高，江苏省政府提出“供合格水向供优质水转变”、嘉兴市政府提出打造“最优供水城市”的目标，因此具有优异的有机污染物脱除能力和高价态离子的截留能力的纳滤处理工艺得以在市政供水规模应用，其中张家港第四水厂纳滤处理工艺规模达 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，嘉兴贯泾港水厂高达 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。然而，由于纳滤的优异截留能力，原水的钙、铝等难溶性盐结垢会导致过程中膜通量大幅下降，工程中为抑制和分散其结垢，须过滤前在进水中投加阻垢剂，其性能优劣和投加量直接影响了纳滤工艺对药剂的遴选和成本控制及工艺的设计调试和运行维护，因此在工艺设计或生产运行时并序开展针对不同原水水质需求的阻垢剂快速评价方法是诸多药剂厂商和科研单位的重要研究方向。

目前阻垢剂的性能评价方法主要分为静态方法和动态方法。静态方法仅考虑药剂自身阻垢性能，忽视了药剂与膜之间的作用，并且由于饮用水纳滤工程原水的低结垢倾向，各类静态方法均难以直接应用于工程原水，无法满足实际工程的需要；已有的动态试验方法亦存在上述问题，其仅应用于反渗透用阻垢剂评价，适用于循环冷却水、海水淡化等高结垢倾向的原水，若直接用于评价饮用水纳滤工艺阻垢剂性能，则试验周期过长，原水使用量大，同样难以被接受。

因此，本标准研究和规定了一种适用于当地水源水质的快速评价阻垢剂性能的方法，确保在纳滤工程投产前实现药剂的批量筛选和确定最优投加量，从而实现纳滤处理工艺的稳定运行及控制成本；此外，此方法对于我国质量监管部门及厂家开展阻垢剂质量性能的检验，提升阻垢剂产品的整体质量，维护用户的利益具有积极作用。

二、工作简况

2.1 立项计划

该标准任务来源于中国膜工业协会关于《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》团体标准的立项公告(2024 年第 10 号)，《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》符合标准立项条件，批准立项。

2.2 起草单位

本标准主要起草单位：**浙江工业大学**。

2.3 主要工作过程

2.3.1 前期研究

浙江工业大学饮用水工程创新团队自 2022 年起承担了嘉兴市水务投资集团有限公司纳滤系统用阻垢剂的遴选研究工作(项目号或合同编号)，团队致力于贴合实际工程，设计了同时考察真实原水-纳滤系统-药剂三者之间的相互作用的动态试验方法，实现了多种型号阻垢剂性能的快速测定和投加量优选，为本标准的制定提供了充分的试验与工程验证基础。

2.3.2 成立编制组

2023 年 8 月，浙江工业大学饮用水工程创新团队组建标准起草小组，明确各参与单位或人员职责分工、研制计划、时间进度安排等情况。

2.3.3 起草标准初稿

2023 年 9-12 月，起草及调研。起草小组成员在前期研究工作的基础上，同时查阅了大量国内外文献资料，确定了《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》标准的基本内容和思路，量化关键参数，撰写标准与编制说明，严格遵循标准化导则所规定的标准编写要求和格式起草了标准讨论稿。

2.3.4 标准立项申报

2024 年 4-5 月，中国膜工业协会标准化委员会秘书处组织开展团体标准立项申请，并于 5 月 10 日通过立项，立项号 2024T003-ZGM。

2.3.5 意见征求与修改完善

2024 年 4-7 月，标准讨论稿形成后，标准编制小组多次邀请从事科研和推广工作的专家，通过邮件往来、研讨会座谈等形式，听取了相关专家的建议，共汇总反馈意见 4 条，采纳意见 4 条，不采纳意见 0 条，部分采纳 0 条。主要意见包括以下方面：

- (1)增加膜元件与膜组件两种测定装置；
- (2)试验步骤中加入各个装置的对应编号；
- (3)规定预浓缩倍数与膜比通量下降率；
- (4)对部分用语进行精细化修改与完善等。

2024 年 11 月 01 日，标准编制组结合标准征求意见反馈的具体情况，对文本具体内容展开讨论，并就修改过程中发现和可能遇到的问题进行讨论，最终形成标准草案。

三、标准编制原则，确定本标准主要内容

1、标准编制原则

标准兼顾科学性、客观性、合理性、适用性的原则，严格按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则 GB/T 1.1-2020》给出的规则起草。

科学性：标准的制定应建立在充分调研和论证的基础上，各项技术指标的设置应合理有效。

客观性：标准应符合相关法律、法规以及强制性标准要求。标准研制过程应符合标准化

相关法律法规要求。按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则 GB/T 1.1—2020》、《标准化工作指南 GB/T 20000》的系列标准的规定及有关规定进行编制。

合理性：标准应与国家相关政策、法律法规、其他国家标准及行业标准、地方标准在主要内容上协调，不应有冲突。

适用性：标准各项技术指标应具备可复制、可验证，不应产生歧义，便于工作的开展。

2、主要技术要求的依据

《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》主要技术要求的依据如下：

(一)范围

(二)规范性引用文件

(三)术语与定义：本章对术语纳滤、纳滤膜、平板膜、水通量、有效膜面积、回收率进行定义，主要参考依据了 GB/T 20103-2006《膜分离技术 术语》、GB/T 32373-2015《反渗透膜测试方法》、HG/T 5166—2017《反渗透阻垢剂阻垢性能评价方法》。

(四)阻垢剂性能测试试验装置及步骤：本章对预浓缩和纳滤膜组件测试的装置及步骤进行了规定，主要参考实际工程测试经验总结进行编制。

(五)试验结果的表述：本章对纳滤单元产水比通量表示法和试验报告进行了规定，，主要参考实际工程测试经验总结进行编制。

四、主要技术内容

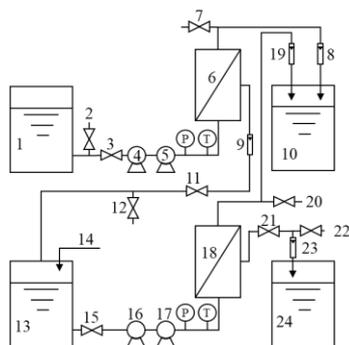
采用反渗透装置对实际原水进行较高倍数的浓缩，以该原水作为纳滤膜元件原水，投加阻垢剂后进行纳滤膜过滤过程，根据纳滤产水通量变化和膜产水水质比较阻垢剂性能和得出最优投加量。

首先，根据纳滤膜过滤过程为产水通量稳定-产水通量加速下降，将膜过程分为高地期和下降期，阻垢剂投加后将对高地期有延长作用。不同的阻垢剂、不同的投加量，其对应最长的高地期也有所不同，因此可根据高地期长短来判断阻垢剂的优劣，并可得出最优投加量。

测试装置根据对纳滤膜组件和膜片测试需求分为两种，详见图 1、图 2：

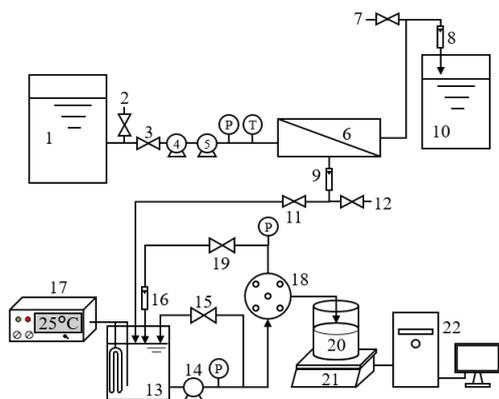
图 1 为采用纳滤膜组件的阻垢剂性能测试装置，主要包括：原水水箱，反渗透膜组件，低压、高压给水变频泵，纳滤膜组件，浓水、产水水箱等。

图 2 为采用纳滤膜片的阻垢剂性能测试装置，该测试装置原水为已经过反渗透装置完成高倍数浓缩的原水，主要包括：原水水槽，进水泵，纳滤膜池，电子天平等。



- | | |
|---------------|---------------|
| 1-反渗透原水箱; | 2-原水取样阀; |
| 3-反渗透原水阀门; | 4-反渗透低压给水变频泵; |
| 5-反渗透高压给水变频泵; | 6-反渗透膜组件; |
| 7-反渗透给水取样阀; | 8-反渗透产水流量计; |
| 9-反渗透浓水流量计; | 10-反渗透产水水箱; |
| 11-浓水调节阀; | 12-反渗透浓水取样阀; |
| 13-纳滤原水箱; | 14-阻垢剂投加; |
| 15-纳滤原水阀门; | 16-纳滤低压变频泵; |
| 17-纳滤低压变频泵; | 18-纳滤膜组件; |
| 19-纳滤产水流量计; | 20-纳滤产水取样阀; |
| 21-纳滤浓水调节阀; | 22-纳滤浓水取样阀; |
| 23-纳滤浓水流量计; | 24-纳滤浓水箱; |
| Ⓣ-温度计; | Ⓟ-压力表。 |

图 1 膜元件测试装置



- | | |
|---------------|---------------|
| 1-反渗透原水箱; | 2-反渗透原水取样阀; |
| 3-反渗透原水阀门; | 4-反渗透低压给水变频泵; |
| 5-反渗透高压给水变频泵; | 6-反渗透膜组件; |
| 7-反渗透给水取样阀; | 8-反渗透产水流量计; |
| 9-反渗透浓水流量计; | 10-反渗透产水水箱; |
| 11-浓水调节阀; | 12-反渗透浓水取样阀; |
| 13-纳滤原水箱; | 14-原水泵; |
| 15-原水流量调节阀; | 16-浓水流量计; |
| 17-温度控制器; | 18-纳滤膜池; |
| 19-浓水流量调节阀; | 20-产水水箱; |
| 21-电子天平; | 22-计算机; |
| Ⓟ-压力表; | Ⓣ-温度计。 |

图 2 膜片测试装置

五、与有关的限行法律、法规和强制性国家、行业标准的关系

经检索发现,《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》无相关现行法律、法规,本标准是针对饮用水纳滤系统用阻垢剂药剂性能进行快速测定的方法标准,相较于国家标准及行业标准如《水处理剂 阻垢性能的测定 碳酸钙沉积法(GBT16632-2019)》、《火电厂用反渗透阻垢剂性能评价实验导则(DL/T 1261-2013)》、《反渗透阻垢剂阻垢性能评价方法(HG/T 5166-2017)》等,本标准具有更强的针对性和可操作性

首先,本标准的针对性体现在试验方法为动态方法,且测试对象为实际饮用水纳滤系统原水及膜组件。相比《水处理剂 阻垢性能的测定 碳酸钙沉积法(GBT16632-2019)》、《火电厂用反渗透阻垢剂性能评价实验导则(DL/T 1261-2013)》等静态试验的标准方法,其试验原水非真实工程原水,未在测试过程中考虑药剂对纳滤组件过滤通量的影响,本标准专注于实际原水并符合工程所用膜元件型号。通过模拟不同浓度阻垢剂投加量对实际纳滤过滤通量的影响情况,使评价更为客观和有针对性。

其次,本标准具有更强的可操作性,相比于国内相似标准如《反渗透阻垢剂阻垢性能评价方法(HG/T 5166-2017)》,其试验测试周期冗长,无法进行多型号与多浓度的阻垢剂性能评价与筛选,且评价方法仅适用于反渗透组件以及循环冷却水、中水等高结垢倾向水体。本标准采用原水预浓缩法,再进行投加阻垢剂的纳滤过滤试验方式,根据膜比通量的下降情况

判断阻垢剂性能与最佳投加量。可使单组测试试验周期缩短至 2h，同时减少了试验期间原水水质波动对药剂评价结果的影响。这为实际操作提供了更具体的指导，使评价者能够更加准确的进行阻垢剂性能评价和最优投加量筛选，确保纳滤工程稳定运行。

六、主要试验(或验证)的分析、综述报告、技术经济论证、预期的经济效果

1、主要试验或验证的分析、综述报告

在国内外各类阻垢剂动态测试方法的研究基础上，本项目针对以往纳滤组件用阻垢剂评价方法的不适应之处，系统性开展了试验验证，编制了适用于城镇供水纳滤组件的《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》，主要体现在为了保证饮用水纳滤系统用阻垢剂性能测试与投加量优选的准确性与可行性，测试方法对实际工程原水依次进行预浓缩及加药后的纳滤组件过滤试验操作，本标准规定以加药后纳滤组件过滤期间的膜比通量变化作为衡量药剂性能的标准，同时纳入纳滤小试装置过滤与纳滤组件过滤两种方式，以供药剂厂商与实际工程选用参考。

基于《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》，项目组以实际饮用水厂原水和水厂实际采用的纳滤膜型号，对 5 种商品阻垢剂进行了药剂性能评价与投加量优化，并考察了阻垢剂对膜污染与膜损伤的直接影响，见下图 1-2:

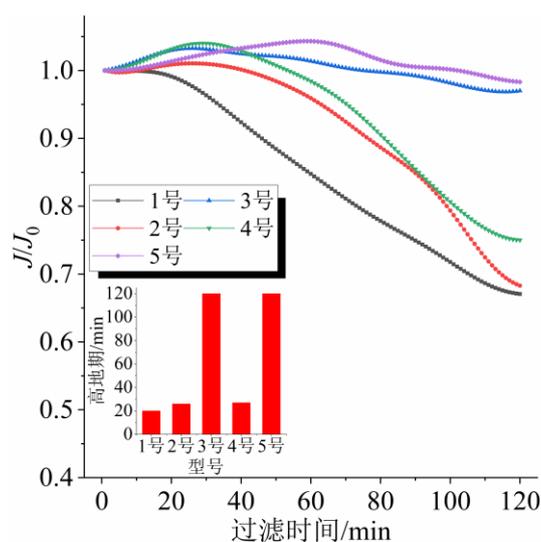


图 1 纳滤单元产水膜比通量与过滤时间关系曲线

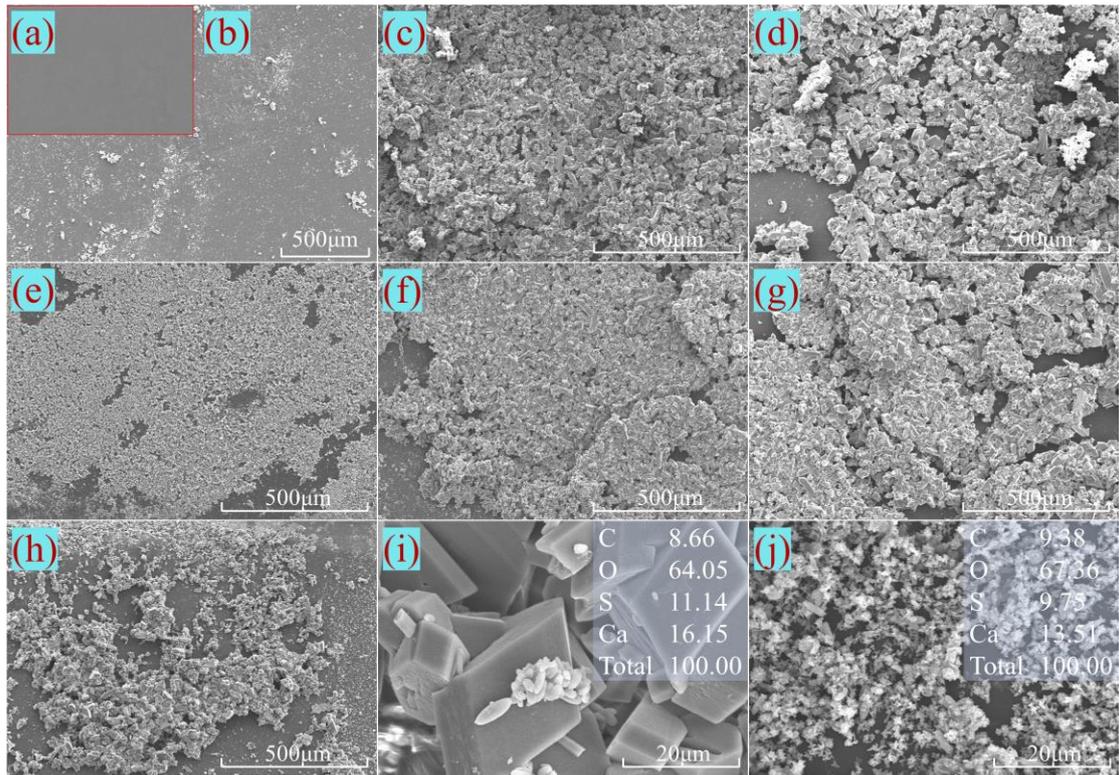


图 2 不同阻垢剂投加量下膜表面形貌: (a) 清洁膜, (b) 清洗后膜片, (c) 不投加, (d) 1 mg L^{-1} , (e) 2 mg L^{-1} , (f) 3 mg L^{-1} , (g) 4 mg L^{-1} , (h) 5 mg L^{-1} , (i) 图(c)放大 25 倍, (j) 图(e)放大 25 倍

(发表于《中国给水排水》)

项目牵头单位浙江工业大学的标准编制成员以通讯作者在国内知名期刊发表学术论文一篇:

颜亚玮, 余文庆, 樊丞越, 刘浩东, 严嘉明, 刘宏远*, 朱方俊 等. 给水处理纳滤膜阻垢剂性能评价[J]. 中国给水排水, 2024, 40(03): 23-30.

2、技术经济论证

基于纳滤技术在饮用水深度处理中的应用深化, 对阻垢剂药剂性能的评价方法提出了更高的要求。结合实际工程中阻垢剂性能测定的既往经验, 从当前纳滤技术的发展应用需要出发制定了本测试方法。本测试方法的目的在于实现对饮用水纳滤系统用的多种阻垢剂开展快速的药剂性能测试, 得出贴合工程实际需要的药剂型号和最优投加量, 为纳滤系统设计与稳定运行提供技术支持。

本标准基于预浓缩原水的动态药剂测试方法在饮用水纳滤工程的全生命周期均具有重要的技术可行性, 主要体现在测试周期可接受、参数采用标准化值、可行性强等方面。首先, 测试周期方面, 单次药剂测定时间缩短至 2h, 即可得出阻垢剂对纳滤过滤通量的影响, 以此实现了对多种药剂的批量测试, 不会对工程施工或工艺运行造成影响。其次, 在参数采用方面, 本标准中药剂测试、评价等术语或参数, 采用国家标准术语作为评价参数, 如《膜分

离技术 术语 GB/T 20103-2006》、《纳滤膜测试方法 GB/T 34242-2017》等。这些标准化参数具有权威性与可比性,为评价提供了科学依据,同时也方便了评价过程的实施与结果的比较。在可行性方面,本标准所采用的测试方法操作过程简单,结果展示清晰,参数均采用标准化值,且试验周期短,因此具有较高的可行性。这意味着本标准可为饮用水纳滤工程以及阻垢剂厂商提供重要的参考依据。

《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》的实施在经济上具有显著的可行性。标准的实施将有效提高阻垢剂选型的准确性。通过统一的评价指标和方法,能够更加客观地评估多种阻垢剂在不同投加量下对纳滤系统的影响,从而饮用水纳滤技术推广、工程设计与工艺运行提供可靠支撑。

3、预期的经济效果

《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》的实施预期将在以下方面带来积极的经济效果。首先,该标准的实施将有助于缓解因阻垢剂性能测试所导致的纳滤系统施工、运行延误。本标准测试中单次测试周期仅需 2h,可在较短的试验周期内完成多型号及浓度的阻垢剂性能测定,这有助于纳滤工程平稳运行、减少能源和资源的浪费。该标准的实施同时也将促进阻垢剂药剂质量的提升。通过引导药剂厂商贴合实际工程开展药剂的测试和对比试验,促进厂商针对性地进行产品研发。预期《城镇供水纳滤膜用阻垢剂性能测试方法》的实施将为阻垢剂产品的开发和应用带来积极的经济效果,同时促进纳滤技术的扩展和深化应用。

七、本标准作为强制性或推荐性标准的建议

为贯彻好本标准,使其有效发挥作用,建议在标准发布后,在行业内部进行宣传和贯彻,并由有关部门组织学习和培训。本标准建议作为推荐性标准。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中无重大分歧意见。

九、贯彻本标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容)

标准起草组组织撰写标准宣贯材料,组织标准宣贯培训,促进标准顺利实施。

十、代替、废止标准的意见

本标准制定过程中无代替、废止标准的意见。

十一、其他(如专利)应予说明的事情

本标准不涉及专利。