

团 体 标 准

《连续磁性离子交换水处理技术规范》

编 制 说 明

《连续磁性离子交换水处理设计规范》  
编制组

二〇二一年十月



# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 项目背景.....                    | 3  |
| 1.1 任务来源.....                  | 3  |
| 1.2 编制原则.....                  | 3  |
| 1.3 工作过程.....                  | 3  |
| 2 标准制定的必要性及需求分析.....           | 6  |
| 2.1 标准编制的必要性.....              | 6  |
| 2.2 标准编制的迫切程度.....             | 7  |
| 3 连续磁性离子交换工艺技术分析.....          | 9  |
| 4 标准主要技术内容.....                | 12 |
| 4.1 标准适用范围.....                | 12 |
| 4.2 标准结构框架.....                | 12 |
| 4.3 术语和定义.....                 | 12 |
| 4.4 主要技术内容.....                | 13 |
| 5 国内外相关标准情况.....               | 15 |
| 6 实施本标准的效益分析.....              | 17 |
| 7 标准实施建议.....                  | 18 |
| 8 与现行法律、法规、政策和相关标准的协调性.....    | 19 |
| 9 重要内容的解释和其它应予以说明的事项.....      | 20 |
| 附录一：标准立项论证审查意见情况及对意见的处理情况..... | 21 |

标准名称：连续磁性离子交换水处理设计规范

提出单位：中国水务投资有限公司

起草单位：中国水务投资有限公司、北京中澳澳凯水处理技术设备有限公司、东南大学能源与环境学院、南京市政设计研究院有限责任公司、淮安自来水有限公司、江苏华商企业管理咨询服务有限公司、中国市政工程西北设计研究总院北京分院、北京建筑大学国际化发展研究院。

起草人：汤德勤、刘泽山、朱光灿、孔宇、彭建东、张越、李留成、费相琴、车爱伟、李敬峰、王楚亚、客文皎、成昌良、赵海波、陈韬、贺威、顾祝亮、王韬

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

随着我国经济社会高速发展，水源水质问题日益突出。在饮用水生产过程中，作为主要消毒副产物前体物来源，水源地的有机物污染使制水环节中消毒副产物生成风险大幅升高，对供水安全形成了巨大的挑战。

连续磁性离子交换工艺是采用磁性离子交换树脂，去除水中小分子量溶解性有机物（DOC）和无机污染物（硫酸盐，硝酸盐，磷酸盐、砷酸盐等）的一种新型水处理工艺，已在澳大利亚、欧美等国家得到广泛应用，对水中溶解性有机物、带负电荷污染物均具有显著去除效果，且不受环境温度的影响，能有效控制消毒副产物的生成，并节省絮凝剂投加量，提高常规工艺处理能力。近年来经国内工程实践研究及改进，连续磁性离子交换工艺已逐渐成熟，其处理效果及经济性均能够满足水厂运行要求，可为我国的饮用水深度处理技术提供多样化选择。同时，相关小试研究表明该技术对污水中硝酸根离子的去除效果较好，未来有望应用于受农用化肥污染的地下水和污水领域。

目前连续离子交换水处理工艺尚无现行国家标准或行业标准，因此本项目拟制订团体标准“连续离子交换水处理工艺设计规范”，为用户单位在设计连续离子交换水处理系统时提供统一的技术依据，可以加快连续离子交换技术在国内市场的推广应用，对保障饮水安全，保护生态环境有十分重要的意义。

## 1.2 编制原则

（1）严格按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求起草；

（2）文件应符合国家有关法律法规、强制性标准及相关产业政策要求；

（3）文件要具有科学性、先进性、经济性，切实可行。

本文件的编写，以大量国内外工程实践为基础，在总结淮安自来水有限公司北京路水厂连续磁性离子交换水处理工艺运行情况的基础上，结合前期试验研究结论，以保证该技术的安全性、经济性和可行性。

## 1.3 工作过程

### （1）前期工作

中国水务投资有限公司（以下简称“中国水务”）自2020年5月与中国水利学会接洽，提出编制标准的意向，了解标准立项需准备的材料。

自2020年6月起着手立项申请书和标准初稿的编写工作。期间逐步扩充编制团队的技术力量，联合了东南大学、南京市政设计院组成标准编制组，共同开展立项申请书及标准初稿的编写、修改与完善工作。

### （2）立项申请

2020年9月26日，编制组在淮安北京路水厂召开立项启动会，编制组成员现场调研了连续磁性离子交换水处理工艺的运行情况，后逐段讨论了标准初稿内容、章节设置、参数设定等。为进一步对标准编制的必要性、先进性等进行充分论证，编制组重新分工了立项申请书完善任务。

11月8日，中国水务作为提案单位，正式向水利学会提交立项申请书与标准初稿。

### （3）立项论证审查

12月25日，编制组收到学会通知将于本月28日召开立项论证会。

12月28日水利学会召开了《连续磁性离子交换水处理设计规范》团体标准立项论证会。经过质询与讨论，专家组同意标准立项，并提出以下意见：

- 1、将标准名称修改为《连续磁性离子交换水处理技术导则》；
- 2、饮用水处理与废水处理分别编写；
- 3、增加“检测与控制”章节；
- 4、进一步明确废液处理的技术类型；
- 5、补充树脂性能参数；
- 6、增加本工艺水质和地域的应用条件及去除率。

此外，学会要求编制组会后开展具有磁性离子交换树脂生产能力的厂家情况及市场应用情况调研，并提供调研材料。该份材料已于12月31日提交水利学会。

### （4）标准编制

在标准拟立项公式期满后，为确保后续编制工作顺利开展和有序推进，2021年3月24日，编制组在淮安自来水有限公司召开了《连续磁性离子交换水

处理技术导则》标准编制启动会，会上首先对前期工作进行了梳理与回顾；对立项审查会中提出的专家意见逐条落实；确定了新增参编单位；明确后续编写任务及分工，并制定标准编写计划进度。

在《连续磁性离子交换水处理技术导则》征求意见稿初稿基本形成后，为提升初稿质量，编制组于5月19日召开了内部技术研讨会，重点就初稿整体框架及内容完整性；新增的“检测与控制”章节及部分修订内容的合理性进行内部研讨。会后，编制组成员根据研讨会确定的修改及补充内容，对标准进行分工完善，明确时间节点。本次讨论后修改完善的初稿版本，作为专家咨询会定稿。

2021年6月24日，编制组组织召开了征求意见稿初稿第一次专家咨询会，与会专家就规范的框架结构、章节设置和技术内容等提出了修改意见和建议。会后，编制组成员根据专家意见进行讨论并对规范进行了修改，形成了《连续磁性离子交换水处理技术导则》征求意见稿初稿。

2021年8月22日，编制组组织召开了征求意见稿第二次专家咨询会，与会专家就规范的框架结构、章节设置和技术内容等提出了修改意见和建议。会后，编制组成员根据专家意见进行讨论并对规范进行了修改，形成了《连续磁性离子交换水处理技术导则》征求意见稿。

## 2 标准制定的必要性及需求分析

### 2.1 标准编制的必要性

随着我国经济社会高速发展，水源水质问题日益突出，许多水源地已受到不同程度的有机物污染。在饮用水生产过程中，作为主要消毒副产物前体物来源，水源地的有机物污染使得制水环节中消毒副产物生成风险大幅升高，对供水安全形成了巨大的挑战。

连续磁性离子交换水处理工艺作为一种在国内应用仍处于起步阶段的新型水处理工艺，采用磁性离子交换树脂，对水中小分子溶解性有机物和无机污染物（硫酸盐、硝酸盐、磷酸盐、砷酸盐、溴离子等）均具有良好的去除效果，对 DOC 和 UV<sub>254</sub> 的去除率可达 80%和 95%以上，对溴离子的去除率可达 65%，与混凝沉淀工艺组合时可最大程度地控制 THMs 和 HAAs 等消毒副产物的生成量，节省 60%左右的混凝剂投加量。磁性离子交换树脂与传统的树脂相比拥有较小的粒径和较大的比表面积，能够有效提升后续处理工艺的处理效果，作为预处理单元时能减少后续氯化消毒或臭氧氧化的药剂投加量，并提升出水水质。同时，磁性离子交换树脂的中心含有磁性氧化铁颗粒，有利于树脂的聚合和沉降。该工艺可广泛用于饮用水预处理中。

在当前的饮用水预处理与深度处理技术中，臭氧—生物活性炭技术应用较为广泛。然而，传统的臭氧—生物活性炭工艺受原水水质影响较大，当原水中有机污染较为严重时，该工艺出水中消毒副产物易超标；而当原水中溴离子浓度较高时，该工艺出水中会出现溴酸盐超标的问题。因此，如何有效控制消毒副产物与溴酸盐的生成成为了实际工程应用中的技术难题。此外，臭氧—生物活性炭工艺运行总体能耗较高，经济性较差。与之相比，连续磁性离子交换水处理工艺很好的避免了上述问题，该工艺能够有效去除原水中的消毒副产物前体物和溴离子，从而避免了消毒副产物和溴酸盐的生成，工艺运行效能受原水水质影响较小，出水水质稳定。此外，连续磁性离子交换水处理工艺还具有占地面积小，运行控制简单的优点，具有良好的经济性。



为引进和推广连续磁性离子交换水处理工艺，应当制定相应的《连续磁性离子交换水处理设计规范》作为该技术的规范性文件。本规范拟对连续磁性离子交换水处理工艺的总体要求、树脂选用及再生、工艺流程和主要技术参数、配套设备及构筑物要求等方面提出规范化的设计要求，为该工艺在推广应用的設計工作中提供技术支撑。

本规范所涉及工艺具有显著的技术创新性和市场竞争力，为响应国家对于发展团体标准的要求，本规范拟作为团体标准进行立项工作。

## 2.2 标准编制的迫切程度

目前，连续磁性离子交换水处理工艺已在澳大利亚、欧美等地得到广泛应用。早在 2001 年，澳大利亚 Wanneroo 自来水厂就采用连续磁性离子交换水处理工艺建立了 11 万吨/天的生产线，有效去除了近 90% 的 DOC，同时后续的混凝剂（Al）投加量和消毒剂（氯）投加量分别减少了 40% 和 50%，污泥和消毒副产物的产量分别降低了 40% 和 70%，该工艺取得了良好的运行效能。英国 Yorkshire Water 水务公司在 2009 年和 2010 年采用连续磁性离子交换水处理工艺先后建立了 3 处规模为 6.0 万吨/天、4.5 万吨/天和 6.5 万吨/天的生产线。美国俄亥俄州橡树水厂、佛罗里达州棕榈泉水厂、阿拉巴马州盖德斯登水厂等 14 座水厂也先后采用连续磁性离子交换水处理工艺建设了各自的生产线，规模从 0.75 万吨/天至 9 万吨/天不等。该工艺在国外取得了广泛应用，能够适应地表水、地下水等不同水质特征的原水，运行效果良好。

国内对该工艺的引进相对较晚。淮安市北京路水厂于 2011 年引进该工艺并建成 9 万吨/天的深度处理工程，从 2012 年至今示范工程整体运行稳定，出水水质良好。相比于原工艺，采用连续磁性离子交换水处理工艺后混凝剂投加量降低了 42%，出水耗氧量、浊度、三卤甲烷等指标均下降了 40% 以上。结合国外经验和国内工程实践研究和改进，该工艺与水厂现有水处理工艺相结合，可显著提高出水水质及整体工艺性能和效率。

近年来，随着饮用水水质提升工作的推进，现有的水厂工艺已经进入规模化改造阶段，新技术和新工艺的引入速度加快，这对工艺技术的选择和本土化改造及创新提出了更高的要求。针对不同地区原水水质特征、现有水处理工艺流程、地区经济发展状况等差异，连续磁性离子交换水处理工艺设计应当进行

相应调整，以实现该工艺的本土化改造和与已建成工艺的有机结合，这也需要制定相应的设计规范来保障工艺设计的合理性。

因此，连续磁性离子交换水处理工艺作为一种在国外广泛应用，国内实践证明有效的新型工艺，目前在设计中仍主要参考国外经验，国内暂无系统性的设计规范，故本规范的编制十分迫切。

### 3 连续磁性离子交换工艺技术分析

连续磁性离子交换水处理工艺作为一种新型水处理工艺，其核心是利用磁性离子交换树脂对水中小分子溶解性有机物和无机污染物进行去除，可用于饮用水深度处理中。目前，国内采用的饮用水深度处理技术主要为臭氧—生物活性炭技术和膜分离技术。

**臭氧—生物活性炭技术。**臭氧作为一种强氧化剂，在水中快速分解生成具有强氧化性的羟基自由基，将小分子有机物转化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，也能够将大分子有机物氧化为微生物易利用的醛、酮、酸等中间产物。实际生产中，臭氧还无法将有机物完全转化成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，在预臭氧作用下，分子量小于 3 kDa 的小分子有机物含量增加，导致 AOC 和 BDOC 浓度增加。

臭氧虽能有效分解难降解有机污染物，但臭氧化产物与氯反应会生成三氯硝基甲烷消毒副产物；若原水含有溴离子，臭氧氧化会形成致癌性很高的溴酸盐，可通过减少臭氧投加量、臭氧氧化前加氨等方式控制溴酸盐的生成；臭氧与有机物反应可能生成甲醛、丙酮等有毒有害中间产物。

而生物活性炭技术（BAC）以粒状活性炭为载体，通过富集或人工固定化微生物，在活性炭表面形成生物膜，利用活性炭的吸附作用和微生物及其分泌生物酶的酶促反应作用来去除污染物，同时，生物膜通过生物降解活性炭吸附的部分污染物而再生活性炭，从而大大延长了活性炭的使用周期。由于生物活性炭技术协同了活性炭的吸附作用和微生物的分解氧化作用，微生物可优先降解污染物，降低活性炭的吸附负荷，延长活性炭使用周期，减少活性炭再生频率，提高污染物的处理去除效果效率，降低处理成本。

由于单独采用臭氧氧化存在一系列问题，因此通常与活性炭联用，形成臭氧—生物活性炭技术。臭氧—生物活性炭（ $\text{O}_3$ -BAC）对有机物的去除主要包括三个过程：臭氧氧化、活性炭吸附和生物降解。首先臭氧将有机物氧化为可被生物降解的小分子有机物，然后利用具有巨大比表面积的活性炭颗粒吸附有机物，再通过附着于活性炭上的微生物及其分泌的酶降解有机物。同时，水中的氨氮也可被微生物氧化去除。臭氧分解后产生的氧气能够提高水中的溶解氧，为微生物生长提供必要条件。

通常当原水中有机污染物及氨氮含量较高时，可采用臭氧—生物活性炭技术，

但由于该技术对硝酸盐去除能力较差，出水硝酸盐浓度较高。同时，当原水中溴离子含量较高时，臭氧氧化导致溴酸盐超标问题依然广泛存在。在冬季或高海拔地区，由于低温限制微生物生长，BAC单元通常无法正常达到稳定工作状态。此外，废弃BAC的处置采用焚烧法，且O<sub>3</sub>-BAC工艺整体能耗较高，导致该工艺碳排放量较大，不利于节能减排和碳达峰目标的实现。

**膜分离技术。**膜是具有选择性分离功能的材料，在水处理过程中，利用不同孔径的膜，截留水中大分子物质而使小分子物质通过，此过程称作膜分离。通常按照膜孔径不同，分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜与反渗透膜，其中超滤在饮用水处理中得到了较多应用。研究表明，超滤对总有机碳（TOC）、耗氧量、UV<sub>254</sub>去除率分别仅为20%、30%、40%左右，需与其他技术联用才能制取安全饮用水。

采用膜分离技术时，膜污染是影响工艺单元运行的主要因素之一，与清洗周期、膜使用寿命密切相关。通常需在膜分离前设置预处理单元，以减小膜污染影响。采用该技术的深度处理单元生产成本相对较高。

**连续磁性离子交换技术。**磁性树脂是一类高吸附、快沉降、易再生的离子交换树脂颗粒。磁性树脂与污染物的作用过程主要包括离子交换和再生两个过程。它通过树脂上氯离子和水中负电荷污染物（如：水中小分子溶解性有机物和无机污染物）进行快速交换而从水中去除。饱和的树脂可通过高浓盐水进行再生，即饱和的树脂从净化水体中分离后，与盐水（Cl<sup>-</sup>）作用重新交换获得氯离子活性位点。原水自下而上流过树脂反应区，在反应区中树脂与原水充分接触反应，去除水中小分子溶解性有机物和无机物等污染物，处理后出水进入沉淀分离区，树脂由于具有良好的磁自聚及沉降性能，从而与水进行良好的分离。反应过程中小部分树脂送入再生池进行再生，再生后树脂回流至反应器中循环使用。

针对磁性树脂的小粒径、低密度、流体力学性能优的特点，采用一种连续流内循环树脂离子交换与吸附反应器，适用于该类树脂的离子交换与吸附反应，可以充分发挥该类树脂的优势，并实现树脂反应装置的连续再生运行。连续流内循环树脂装置具有作用速率快、吸附容量高、使用寿命长、制造成本低、易分离与脱附等优势。连续磁性离子交换水处理工艺运行效果良好，进水中COD<sub>Mn</sub>去除率不低于15%。此外，连续磁性离子交换水处理工艺的适应性较强，既适用于以河流、湖泊、水库为原水的饮用水处理工艺，也适用于处理含有小分子有机物、腐殖质类有机物、硝酸盐或溴离子含量较高的原水，在冬季低温条件下，连续磁性离子交换水处理工艺仍能保持较高的处理效率，可广泛应用于饮用水处理领域。

同时，相比于O<sub>3</sub>-BAC工艺，连续磁性离子交换水处理工艺运行能耗可减少1/3，符合国家节能减排和碳达峰的战略。

## 4 标准主要技术内容

### 4.1 标准适用范围

本标准适用于生活饮用水预处理中的连续磁性离子交换水处理设计，应用于生活污水深度处理或电厂化学水处理时可参照使用。

### 4.2 标准结构框架

本标准的主要章节如下：

前言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 技术路线

5 技术要求

6 检测与控制

7 调试与验收

8 安全与运行维护管理

附录 A

附录 B

附录 C

参考文献

本标准规范性引用国家标准 19 条，行业标准 1 条。资料性引用参考文献 3 条。

### 4.3 术语和定义

《连续磁性离子交换水处理设计规范》规定了 11 个术语和定义，如下：

(1) 磁性离子交换树脂 Magnetic ion exchange resin

一种包含弱磁性物质、通过磁性凝聚能够迅速去除饮用水原水和生活污水尾水中的中小分子有机物、硝酸盐、硫酸盐和溴离子等污染物的阴离子交换树脂

(2) 连续磁性离子交换技术 Continuous magnetic ion exchange technique (CMIET)

采用磁性离子交换树脂，不断将使用后的树脂从离子交换反应器排出进行再生，再生树脂不断补充进入离子交换反应器的水处理工艺。

(3) 通水倍数 Bed volume treatment rate (BVTR)

在一个再生周期内树脂处理水量与再生树脂体积之比。

(4) 离子交换反应器 Ion exchange reactor

待处理水与磁性离子交换树脂发生离子交换反应的设备。

(5) 树脂捕捉器 Resin trapper

捕捉截留并重新磁化出水中树脂颗粒,使其回流至离子交换反应器的设备。

(6) 树脂再生罐 Resin regeneration tank

用于树脂的进行再生、抛光和清洗的设备。

(7) 树脂传输罐 Resin transfer tank

用于从离子交换反应器抽出树脂的浓缩和中转的设备。

(8) 树脂分配罐 Resin dispensing tank

当有多个离子交换反应器并联工作时，需将再生后的树脂及传输罐溢流的水或树脂重新分配进入各离子交换反应器中的设备。

(9) 回用盐水罐 Reuse brine tank

对树脂再生过程中，产生的部分含盐量较高，可重复利用的盐水进行收集储存的设备。

(10) 饱和盐水罐 Saturated brine tank

用于制备及储存饱和盐水的设备；

(11) 湿视密度 Wet bulk density

单位质量的干树脂与其在水中沉降后所占的体积之比 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

#### 4.4 主要技术内容

规范涉及的连续磁性离子交换工艺适用于以河流、湖泊、水库为原水的饮用水处理工艺，也适用于处理含有小分子有机物、腐殖质类有机物、硝酸盐或溴离子含量较高的原水，以及冬季或北方地区低温原水。当水厂水源为地下水，或与地下水交换频繁的地表水，以及地表原水受外来引调水影响时，若原水硝酸盐或硫酸盐浓度较高，预处理采用连续磁性离子交换工艺较膜法更具优势。

本工艺对于处理耗氧量为 5-8 mg/L 的原水具有明显优势。工艺进水端宜进行

预处理，进水水质应满足以下要求：高锰酸盐指数 $\leq 10$  mg/L，浊度 $\leq 300$  NTU，颗粒物最大粒径 $\leq 5$  mm，若采用预氧化工艺，则进水中  $\text{KMnO}_4 \leq 0.5$  mg/L，余氯 $\leq 0.5$  mg/L。当进水中带负电荷溶解性有机物分子量在 1000-10000 左右含量较高时，处理效果最佳。

规范明确了本工艺应采用磁性强酸性阴离子交换树脂，交换离子为  $\text{Cl}^-$ 。同时对树脂的性能、预处理方式、工作 pH 范围、树脂再生剂的选用和性能指标提出了要求。

规范提出了本工艺的主要设备构成，包括离子交换系统、树脂再生系统、再生废液处理系统和控制系统共四部分，并给出了各设备的主要工艺参数和设计计算方法。



## 5 国内外相关标准情况

### GB/T 18300-2011 自动控制钠离子交换器技术条件

该标准规定了自动控制钠离子交换器的术语和定义、分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存等要求。标准主要适用于工作压力不大于 0.6Mpa，采用多路阀自动控制的钠离子交换器；不适用于流动床、移动床钠离子交换器，也不适用于非自动控制的钠离子交换器。该技术核心为能够自动启动再生过程，并采用钠盐作为再生剂，用于去除水中钙、镁离子。

### HG/T 3134-2007 流动床离子交换水处理设备技术条件

该标准规定了流动床离子交换水处理设备的术语、分类与命名、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、贮存。标准主要适用于设备主体以不锈钢、硬聚氯乙烯板材制作的流动床设备。该技术核心为使离子交换、再生、清洗等工艺过程完全连续化，即做到进水、出水、树脂再生、清洗和树脂输送完全连续进行。

### HG/T 3135-2009 全自动固定床钠离子交换器

该标准规定了全自动固定床钠离子交换器的定义、分类与型号、技术要求、试验及其方法、验收规则、标志、包装和贮存，以及全自动固定床离子交换器进水水质预处理和出水水质以终端系统要求匹配的原则。标准主要适用于工作压力不大于 0.6Mpa，采用多路阀自动控制的固定床钠离子交换器；不适用于流动床、移动床、浮动床钠离子交换器，也不适用于非自动控制的固定床钠离子交换器。该技术利用钠型阳离子交换树脂实现离子交换。

### HG/T 5169-2017 离子交换技术处理重金属废水技术规范

该标准规定了离子交换技术处理重金属废水系统的术语和定义、污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、劳动安全与职业卫生，以及运行与维护。标准主要适用于离子交换技术处理阳离子态重金属废水，特别是经过适当的化学处理后仍未达到排放标准的废水，可作为环境影响评价、环境保护设施设计与施工、环境建设项目验收和运行管理的技术依据。

### Q/XMSEP001-2019 连续离子交换设备

该标准仅适用于本公司生产的连续离子交换设备，其设备由阀组件、传动装置、树脂柱组成，通过程序控制定时切换阀组件，使与阀组件连接的树脂柱内的填料与物料在一个工艺循环中完成吸附、水洗、解析、解析后水洗、再生、再生

后水洗等工艺过程。

#### Q/NEWSEP001-2019 中试连续离子交换系统

该标准使用与本公司生产的中试连续离子交换系统，系统由一个中心旋转阀、一组传动装置、多个树脂柱组成，通过配备的控制程序

定时旋转中心旋转阀，使与中心旋转阀连接的树脂柱内的填料与物料在一个工艺循环中完成吸附、分段解析，以实现不同组分分离的过程。

#### Q/LXLXLJ001-2019 连续离子交换装置

该标准规定了连续离子交换装置的术语和定义、规格型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。标准主要适用于广泛应用于食品、生物制药、植物提取、工业废水处理、湿法冶金等领域的连续离子交换装置。该装置以离子交换柱为操作单元，运用连续离子交换技术将各离子交换柱与树脂工艺结合，各节点配以电磁阀控制启停的气动阀组，实现离子交换装置的运行。

#### Q/HG/T3134-2007 流动床离子交换水处理设备技术条件

该标准限定了本企业产品满足 SDI 值小于 10 的技术指标。

本标准符合国家有关法律法规、强制性标准及相关产业政策的要求，与上述标准所采用的离子交换树脂、再生方法、主体设备、应用领域等均有所不同。

## 6 实施本标准的效益分析

### 6.1 经济效益

连续磁性离子交换水处理工艺可与水厂常规工艺相结合，有效控制消毒副产物的生成，减少絮凝剂、消毒剂的投加量，能够在提升供水安全的前提下降低制水成本。与臭氧生物活性炭工艺相比，连续磁性离子交换水处理工艺建设总价稍高，但运行成本显著降低，运行费用节省 25%以上，电耗减少 30%以上。此外，该工艺还具有占地面积小，运行控制简单的优点，经济性良好。

### 6.2 社会效益

随着政府和居民对饮水安全的重视程度逐步加深，对消毒副产物的关注度也不断提升，多个省市已出台自来水厂需增加深度处理工艺的硬性要求。而我国需要进行提标改造的饮用水厂基数庞大，亟需优质的饮用水深度处理工艺供其选择。本规范可为相关单位采用连续磁性离子交换水处理工艺进行设计时提供技术支撑，加快该工艺在国内市场的推广应用。该工艺的广泛使用，对保障我国人民群众的饮用水安全具有重要意义。

### 6.3 生态环境效益

连续磁性离子交换水处理工艺对水中小分子溶解性有机物和无机污染物（硫酸盐、硝酸盐、磷酸盐、砷酸盐、溴离子等）具有良好的去除效果。与目前常用的 O<sub>3</sub>-BAC 工艺相比，连续磁性离子交换水处理工艺能够有效避免溴酸盐消毒副产物的问题，对硝酸盐的去除效果也更好，同时在低温条件下也可正常运行，具有显著的优势。

## 7 标准实施建议

建议国内水厂设计、制造、安装、运行等相关单位采用。

## 8 与现行法律、法规、政策和相关标准的协调性

本文件首次制定，与本行业现有的其他标准协调配套，没有冲突。无代替或废止的标准。

## 9 重要内容的解释和其它应予以说明的事项

9.1 磁性离子交换树脂需满足性能连续磁性离子交换工艺的设计应取得水源的全年水质分析资料，并根据烧杯实验数据作为设计依据。

9.2 连续磁性离子交换工艺在处理硝酸盐或硫酸盐时，因废水量较小，综合性能优于双膜法工艺。

9.3 磁性离子交换树脂需满足以下性能：

1、应使用库尔特 LS 320（Coulter LS320）对磁性离子交换树脂颗粒尺寸分析，颗粒尺寸平均值 $\mu\text{m}$ :200-250， $\pm 30$  (SD)；

2、磁性离子交换树脂稳定性：平均直径减少百分率小于 60；

3、磁性离子交换树脂灰份含量应为  $24.2 \pm 0.8\%$ ；

4、磁性离子交换树脂堆积沉淀密度： $\text{Kg}$  干树脂 /  $\text{L}$  沉淀树脂为  $0.22 \pm 0.04$ ；

5、利用丹宁酸检测树脂活性，要求 30 分钟接触后剩余吸收率大于 50%；

6、磁性离子交换树脂沉降率：固体含量按体积比为 20% 时  $\text{M/h}$  大于 12；

7、磁性离子交换树脂磁性，要求 1 分钟沉降后的最终沉降量大于 90%。

9.4 磁性离子交换树脂首次使用前，应按 GB/T 5475 规定的方法进行取样并按 GB/T 5476 规定的方法进行预处理。GB/T 5476 中规定先用  $1\text{mol/LHCl}$  溶液处理 30min，再用  $1\text{mol/LNaCl}$  溶液处理 30min 是针对氢氧型离子交换树脂的预处理，而本工艺采用氯型离子交换树脂，预处理采用饱和氯化钠溶液浸泡 10 分钟即可。

附录一：标准立项论证审查意见情况及对意见的处理情况

| 标准名称 |        | 连续磁性离子交换水处理设计规范         |         |                                   |    |
|------|--------|-------------------------|---------|-----------------------------------|----|
| 起草单位 |        |                         |         |                                   |    |
| 序号   | 标准条款编号 | 意见内容                    | 提出单位/个人 | 处理意见及理由                           | 备注 |
| 1    |        | 将标准名称修改为《连续离子交换水处理技术导则》 | 专家组     | 未采纳，按照批复的结果《连续磁性离子交换水处理技术规范》进行编写。 |    |
| 2    |        | 饮用水处理与废水处理分别编写          | 专家组     | 部分采纳，删去废水处理的相关内容。                 |    |
| 3    |        | 增加“检测与控制”章节             | 专家组     | 已采纳。                              |    |
| 4    |        | 进一步明确废液处理的技术类型          | 专家组     | 已采纳。                              |    |
| 5    |        | 补充树脂的性能参数               | 专家组     | 已采纳。                              |    |
| 6    |        | 增加本工艺水质和地域的应用条件及去除率     | 专家组     | 已采纳。                              |    |

附录二：第一次专家咨询会专家意见及对意见的处理情况

| 导则名称        |         | 连续磁性离子交换水处理设计规范   |         |                                    |               |
|-------------|---------|---|---------|------------------------------------|---------------|
| 起草单位        |         | 中国水务投资有限公司、东南大学、北京中澳澳凯水处理技术设备有限公司、淮安自来水有限公司、南京市政设计院、江苏华商管理公司  |         |                                    |               |
| 阶段          |         | 2021年6月24日 征求意见稿初稿专家咨询会   |         |                                    |               |
| 序号          | 标准条款或编号 | 意见内容  | 提出单位/个人 | 处理意见及理由                            | 备注            |
| 专家咨询会意见     |         |   |         |                                    |               |
| 1           | —       | 针对《规范》的定位和用途进一步优化章节设置，建议增加安装、调试与验收、运行与维护等章节，完善自控相关内容。   | 专家组     | 部分已采纳                              | 未增加安装章节       |
| 2           | —       | 进一步补充设计依据，优化指标范围及相关表述，提升《规范》设计参数弹性。   | 专家组     | 已采纳                                |               |
| 3           | 3       | 依据相关规定进一步规范术语与定义表述。   | 专家组     | 已采纳                                |               |
| 4           | 2       | 补充规范性引用文件。  | 专家组     | 已采纳                                |               |
| 专家及与会代表个人意见 |         |   |         |                                    |               |
| 1           | 标准名称    | 名称建议改成《连续磁性离子交换水处理技术规程》。  | 车爱伟     | 未采纳。仍按照设计规范的要求进行编写。                |               |
| 2           | 目次      | 章节设置建议：总则、术语、系统构成（该技术的系统构成）、工艺设计（应用该技术应选用的一些参数范围，设计要求等内容）、检测和控制设计、安装（一般规定、其中辅助设备的安装要求）、调试验收、运行与维护。  | 车爱伟     | 部分采纳                               | 未设“总则”和“安装”章节 |
| 3           | 1       | 设置“总则”，总则内“节”的设置包括编制目的、原则、适用范围、遵循符合的国家现行的其他规范和标准等。  | 车爱伟     | 未采纳。标准格式按照 GB/T 1.1 进行编排，而非工程建设标准。 |               |
| 4           | 3       | 术语是指本规范新提出的术语，其他规范已有术语不要再定义；  | 车爱伟     | 已采纳                                |               |
| 5           | 原 4     | 技术原则与工艺路线：将文件中原 4 章节内容放置该章节，分为两节：1、一般规定：（即是技术原则）给出该技术路线的选择依据、适用条件、设计的特别要求等内容，将原文件中 4.1 和 4.2 中的内容变为 3.1 节中的“款”，共 5 款，即 5 小条，也可以继续补充相关内容；； 2、增加 3.2 节，交代工艺路线，将 6.1 条内容放置此处；这节介绍的内容为连续磁性离子技术在整个水处理工艺流程中的使用位置，与上下游工艺段的 | 车爱伟     | 已采纳                                |               |



|    |           |   |     |      |                       |
|----|-----------|---|-----|------|-----------------------|
|    |           | 关系；   |     |      |                       |
| 6  | 原 4.1.5   | 建议删减 4.1.5 章节。  | 车爱伟 | 已采纳  |                       |
| 7  | 原 5、6、7、8 | 连续磁性离子交换：将目前的 5、6、7、8 均整合在本章为第四章<br>本章的节设置：<br>4.1 一般规定；<br>4.2 系统组成：这一节介绍连续磁性离子交换整体的系统内容，包括<br>4.2.1 工艺系统的设备组成及要求，<br>4.2.2 附属设备及工艺等<br>4.3 工艺设计：<br>4.3.1 一般规定：本节主要介绍主要设计参数；本节介绍整个系统在水厂整体设计时需要提出的设计要求，可能关联建筑结构等其他工艺的要求，包括文件中的 8.1 内容可放置此处<br>4.3.2 主要工艺设备的计算方法（即原第 7 章内容可放置此处）<br>4.3.3 设备及构筑物材质选择与防腐要求（原第 8 章 8.2，8.3 内容）。 | 车爱伟 | 部分采纳 | 工艺设计章节中分别介绍了各系统的设计要求。 |
| 8  | 原 9       | 请参照国内其他主要标准规范的写法，简化该章节内容，序号调整为 5 章。   | 车爱伟 | 已采纳  |                       |
| 9  | 原 10      | 该安装章节可以去掉，一般规定在所有安装施工的要求里都有，这里没必要阐述，其次，10.3-10.5 这些具体设备安装，因本工艺为工艺包，将来的安装应由供货商来完成，所以没必要写在这里作为规范指导安装。   | 车爱伟 | 已采纳  |                       |
| 10 | 原 11      | 建议将“调试与验收”分为两个节，11.1 调试与试运转，11.2 验收，序号调整为 6。  | 车爱伟 | 已采纳  |                       |
| 11 | 原 12      | 建议名称改为：安全与运行维护管理，节建议：12.1 一般规定，12.2 安全管理，12.3 运行维护管理<br>正文内容对照名称调整顺序并整合，序号调整为 7 章。  | 车爱伟 | 已采纳  |                       |
| 12 | 其他        | 首先要明确编制技术规范的目的和用途，用于技术推广，供设计院选择该技术时使用，那么建议从这个角度重新去设计框架结构和章节设置。  | 车爱伟 | 已采纳  |                       |

|    |    |  |     |     |  |
|----|----|--|-----|-----|--|
| 13 | 其他 | 目前的内容总体偏于设备的具体设计参数和设计要求，更像设备样本解读，要侧重表达该工艺技术在饮用水处理整体流程中的应用环节，其前后的处理工艺，该连续磁性离子交换处理设备的进水要求及出水可达到水质指标。                         | 车爱伟 | 已采纳 |  |
| 14 | 其他 | 可参照《TCECS 636- 2019 磁介质混凝沉淀污水处理技术规范》、《HJ2014-2012 生物滤池法污水处理工程技术规范》、《CECS 265-2009 曝气生物滤池工程技术规范》等国内已发布的属于水处理单个工艺包的设计规程的来编制。 | 车爱伟 | 已采纳 |  |

附录三：第二次专家咨询会专家意见及对意见的处理情况

| 导则名称 |         | 连续磁性离子交换水处理技术设计规范  |         |   |      |
|------|---------|--|---------|---|------|
| 起草单位 |         | 中国水务投资有限公司、东南大学能源与环境学院、北京中澳澳凯水处理技术设备有限公司、淮安自来水有限公司、南京市市政设计研究院有限责任公司、江苏华商企业管理咨询服务股份有限公司、中国市政工程西北设计研究总院北京分院、北京建筑大学国际化发展研究院 |         |   |      |
| 阶段   |         | 2021年8月22日 第二次征求意见稿专家咨询会   |         |   |      |
| 序号   | 标准条款或编号 | 意见内容   | 提出单位/个人 | 处理意见及理由   | 备注   |
| 1    | 目次、前言   | 目录对应后续调整修改，同步可进一步参考国标等通用模式。前言补充完善。   | 专家组     | 已采纳。按照 GB/T 1.1—2020 相关要求进行修改。                      |      |
| 2    | 1       | 本文件适用于生活饮用水处理预处理中的连续磁性离子交换水处理设计。此处是否可增加本规范适用范围的延伸，不仅仅限于生活饮用水预处理。   | 专家组     | 原则采纳。增加注释“应用于生活污水深度处理或电厂化学水处理时，可参照本文件进行设计”。         |      |
| 3    | 3       | 进一步核对各专业术语的表达准确度。同步考虑关键几个对应的简写备注，如 3.1 磁性离子交换树脂 Magnetic ion exchange resin (MIER)。                                      | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 4    | 4       | 技术原则与工艺路线，建议和后续内容对应调整名称，如：一般规定和技术路线。同步核对进水及验收指标是否完善。   | 专家组     | 已采纳。修改为“技术路线”。                                      |      |
| 5    | 4.1.2   | “低于三类地表水源”，三类应该用罗马字母表达。  | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 6    | 4.1.2   | O <sub>3</sub> -BAC 目前使用了缩写，可以改成中文。  | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 7    | 4.1.4   | 表 1：核实水质控制是否合适，考虑增加脱色率等指标，以适应工艺验收要求。   | 专家组     | 未采纳。表 1 中为进水水质要求而非工艺处理出水要求。                         |      |
| 8    | 4.2     | 补充前置和后置的适用条件、范围、优缺点和参数要求。  | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 9    | 5.1.4   | 表 3：增加饱和和 NaCl 溶液浓度、再生时间和周期等。  | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 10   | 5.1.4   | 表 3：建议补充再生剂的相关采用标准。  | 专家组     | 已采纳。  |      |
| 11   | 5.2.1.1 | 图 3：树脂再生系统后的加药线表达不对。   | 专家组     | 已采纳。已修改。  | 现图 4 |
| 12   | 5.3.1   | “一般规定”部分增加适用条件。单体最大处理量的要求？离子交换反应器有没有分组、分格的要求？离子交换反应器对放空的要求？  | 专家组     | 部分采纳，离子交换反应器可采用多点搅拌，除安装运输方便外，对分组、分格没有要求，放空参照传统池体设计。 |      |

|    |         |  |     |   |      |
|----|---------|--|-----|---|------|
| 13 | 5.3.1.1 | 通水倍数 50~1500 范围是否过大？建议增加通过试验确定说明。                            | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 14 | 5.3.1.1 | 通水倍数宜控制在 50~1500。数值需要重新核算以便备选。                               | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 15 | 5.3.1.1 | 通水倍数最低限为 50 倍；建议重新复核该参数。                                     | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 16 | 5.3.2   | 图 4：标注不清晰不规范，未标识进水和出水。图 4 需要规范画出，完善进出口，若有需要请增加剖面或局部图纸。       | 专家组 | 已采纳。  | 现图 5 |
| 17 | 5.3.2.2 | 应给出反应器 D/H（径深比）的取值范围。  | 专家组 | 部分采纳，在 5.3.5.3 中进行了规定。                                      |      |
| 18 | 5.3.2.4 | “提升高度 $H_{11}$ 应不大于 10 倍反应器总高度 H”可以删除。                       | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 19 | 5.3.2.6 | 离子交换反应器出水采用三角溢流堰或孔式集水槽，三角溢流堰负荷不宜超过 $6.5L/(s \cdot m)$ 。建议核对。 | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 20 | 5.3.3   | 鉴于磁性树脂随着时间的运行，会有少量损失；请补充年树脂补充率及补充方式。                         | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 21 | 5.3.3.2 | 树脂再生最后用工艺水清洗，请补充工艺水的水质要求；再生步骤请详述；再生液重复使用方法？                  | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 22 | 5.3.3.2 | “再生罐底部滤网宜选用 316 L 或其他耐腐蚀材料”，建议将“或”后面的内容删除。                   | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 23 | 5.3.3.2 | 建议明确清洗水源并提供清洗时间，水量以及压缩空气等参数的取值范围。                            | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 24 | 5.3.4   | 再生废水的处理建议细化。   | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 25 | 5.3.4   | 再生过程产生的废水宜采用氧化法或膜滤法工艺进行处理。建议增加电化学处理工艺。                       | 专家组 | 未采纳。列出的再生工艺均为成套设备，可以直接选型，电化学处理工艺未形成成套设备。                    |      |
| 26 | 5.3.4   | 建议将再生过程产生的废水，以离子含量的标准区分，明确其处理工艺。                             | 专家组 | 未采纳。废水成分主要是小分子溶解性有机物及氯化钠，电导率为 $30-60ms/cm$ ，已明确处理工艺并有成套处理设备 |      |
| 27 | 5.3.5.4 | 目前 $Q_0$ 在此处和 5.3.5.7 中表达概念不同，需要调整，避免歧义。                     | 专家组 | 已采纳。  |      |
| 28 | 5.3.5.3 | $H_1=0.55D$ ， $H_1$ 应该是个范围。最小多少，有没有上限？                       | 专家组 | 未采纳。考虑在水力、机械搅拌双重作用下，能够形成稳定的树脂床，这个比值是经过多次试验取得。               |      |
| 29 | 5.3.5.4 | “反应器内树脂浓度，按 10%计”建议删除。                                       | 专家组 | 已采纳。删除了“按 10%计”。  |      |
| 30 | 5.3.5.5 | 设计温度，宜取 $20\sim 25^{\circ}C$ ，是否可以删除温度限制？                    | 专家组 | 部分采纳。修改为“压缩空气温度”。   |      |

|    |         |  |     |   |  |
|----|---------|--|-----|---|--|
| 31 | 5.3.6   | 增加再生废水处理系统的防腐要求。                         | 专家组 | 已采纳   |  |
| 32 | 5.3.6.2 | 不锈钢材料应明确牌号。                              | 专家组 | 已采纳。  |  |
| 33 | 6.3     | 过程中手动控制需要保留，建议核对表达方式。                    | 专家组 | 部分采纳，就地电气控制层包含了手动控制。  |  |
| 34 | 7.2     | 应增加机械设备与电气装置满足相关质量要求，且系统进出水满足相关标准。       | 专家组 | 已采纳。增加了“机械设备与电气装置应满足相应的产品质量标准”。系统进出水标准未定（根据全流程出水水质验收，单体的水处理效果不设标准）。 |  |
| 35 | 附录      | 能否增加再生废水处理系统的设备选型表？                      | 专家组 | 已采纳。补充设备选型表。  |  |
| 36 | 附录 A    | 请补充树脂捕捉器的滤芯缝隙（磁性树脂的直径较小，需要对滤芯规格进行详细的规定）。 | 专家组 | 未采纳，磁芯，不涉及过滤。   |  |
| 37 | 附录 A    | 补充树脂捕捉器的过滤精度要求。                          | 专家组 | 未采纳，磁芯，不涉及过滤。   |  |
| 38 | 附录 B    | 补充设备的荷载参数，以便于设计。                         | 专家组 | 已采纳。  |  |