

ICS 13.060

团 体 标 准

P

T/CECA 20011—2021

含铁含锰地下水接触氧化法给水处理 技术规程

Technical specification for iron and/or manganese removal with
contact oxidation process for groundwater

2021 - 08 - 25 发布

2021 - 10 - 01 实施



中 国 勘 察 设 计 协 会 发 布

团 体 标 准

**含铁含锰地下水接触氧化法给水处理
技术规程**

Technical specification for iron and/or manganese removal with
contact oxidation process for groundwater

T/CECA 20011—2021

批准部门：中国勘察设计协会

施行日期：2021 年 10 月 1 日

中国建筑工业出版社

2021 北 京

团体标准
含铁含锰地下水接触氧化法给水处理
技术规程

Technical specification for iron and/or manganese removal with
contact oxidation process for groundwater

T/CECA 20011—2021

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
河北鹏润印刷有限公司印刷

*

开本：850毫米×1168毫米 1/32 印张：1 $\frac{1}{8}$ 字数：30千字

2021年9月第一版 2021年9月第一次印刷

定价：**28.00元**

统一书号：15112·37490

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社图书出版中心退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中国勘察设计协会文件

中设协字 [2021] 87 号

中国勘察设计协会关于发布团体标准 《含铁含锰地下水接触氧化法给水 处理技术规程》的公告

现批准《含铁含锰地下水接触氧化法给水处理技术规程》为中国勘察设计协会团体标准，编号为 T/CECA 20011—2021，自 2021 年 10 月 1 日起实施。

本标准在中国勘察设计协会门户网（www.chinaeda.org.cn）公开，并由中国勘察设计协会秘书处委托中国建筑工业出版社出版发行。

中国勘察设计协会

2021 年 8 月 25 日

前 言

根据中国勘察设计协会《关于印发 2019 年度第一批中国勘察设计协会团体标准制修订及相关工作计划的通知》（中设协字[2019] 101 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要内容包括：总则、术语、基本规定、设计、施工与验收、运行与维护。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国勘察设计协会负责管理，由中国勘察设计协会水系统分会负责日常管理，由哈尔滨工业大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至哈尔滨工业大学（地址：黑龙江省哈尔滨市南岗区黄河路 73 号，邮编：150090）。

本规程主编单位：哈尔滨工业大学

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

本规程参编单位：中国城市规划设计研究院

中国城市建设研究院有限公司

上海市政设计研究总院（集团）有限公司

北京市市政工程设计研究总院有限公司

深圳市水务集团有限公司

中国市政工程东北设计研究总院有限公司

本规程主要起草人：李圭白 梁 恒 邹 磊 李树苑

唐小斌 高金良 杜 星 柳 斌

白朗明 镇祥华 孙明建 雷培树

周 兵 李 露 闫 钰 易 娟

刘广奇 王蔚蔚 张 硕 王胜军

鲍任兵

本规程主要审查人：张晓健 郟燕秋 崔福义 厉彦松

王如华 姜应和 邱文心

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
4 设计	5
4.1 工艺流程选择	5
4.2 曝气装置	5
4.3 接触氧化除铁除锰滤池	7
4.4 冲洗及冲洗设施	8
4.5 滤料存储	9
5 施工与验收	10
5.1 施工	10
5.2 验收	10
6 运行与维护	12
本规程用词说明	14
引用标准名录	15
附：条文说明	17

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	4
4	Design	5
4.1	Process Option	5
4.2	Aeration Devices	5
4.3	Iron and Manganese Removal Filter	7
4.4	Washing and Washing Facility	8
4.5	Filtration Media Storage	9
5	Construction and Acceptance	10
5.1	Construction	10
5.2	Acceptance	10
6	Operation and Maintenance	12
	Explanation of Wording in This Standard	14
	Lists of Quoted Standards	15
	Additions; Explanation of Provisions	17

1 总 则

1.0.1 为规范含铁含锰地下水接触氧化法给水处理工程的设计、施工与验收、运行与维护，做到技术先进、安全可靠、经济合理和管理方便，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用接触氧化法处理含铁含锰地下水给水处理工程的新建、扩建或改建工程的设计、施工与验收、运行与维护。

1.0.3 含铁含锰地下水接触氧化法给水处理工程的设计、施工与验收、运行与维护，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 活性滤膜 activated oxide film

在滤料颗粒表面形成的对铁、锰具有催化氧化作用的膜状附着物。

2.0.2 接触氧化法 contact oxidation process

利用活性滤膜去除水中铁、锰的方法。

2.0.3 接触氧化除铁除锰滤池 iron and manganese contact oxidation filter

采用接触氧化法去除地下水中铁、锰等污染物的滤池。

2.0.4 跌水曝气池 cascade aerator

水从堰顶跌落，在与空气的接触中将氧传质到水中，增加溶解氧的曝气装置。

2.0.5 喷水曝气装置 spray aerator

利用喷嘴将水由下向上喷洒，形成水滴，使其与空气中氧充分接触，增加溶解氧的设施。

2.0.6 淋水曝气装置 water sprinkling aerator

利用喷头或穿孔管将水由上向下喷洒，水滴降落过程中进行气、水之间的接触，增加溶解氧的设施。

2.0.7 射流曝气器 venturi aerator

利用负压吸入空气并与水混合，增加溶解氧的设施。

2.0.8 鼓风曝气系统 aeration system

利用鼓风机或空压机将空气通过管道系统和空气扩散装置，在水中形成空气泡，将氧转移传质到水中，增加溶解氧的设施。

2.0.9 接触式曝气塔 packed aeration tower

水从塔顶通过布水器布水，在填料中以薄膜形式流动，与空气充分接触，增加溶解氧的设施。

2.0.10 板条式曝气装置 slat-packed tower aerator

水从塔顶经布水器、板条逐层淋下，使水流在板条上逐层溅开并在板条表面形成一层薄的水膜，增加溶解氧的设施。

2.0.11 叶轮式表面曝气装置 surface aerator impeller

通过装设在水表面叶轮的高速转动使表层水与空气剧烈混合，增加溶解氧的设施。

2.0.12 滤池启动期 filter start-up period

接触氧化滤池从开始运行，到除铁、除锰效果达到稳定状态的过程。

2.0.13 滤池除铁除锰功能恢复 iron and manganese removal function recovery

接触氧化滤池停止运行一段时间后，重新启动，其除铁、除锰功能逐渐恢复到停运前滤池净水效果的过程。

3 基本规定

3.0.1 接触氧化法适用于含铁地下水、含锰地下水、含铁含锰地下水、伴生氨氮含铁含锰地下水。

3.0.2 含铁含锰地下水给水处理工艺流程的选择应根据原水水质特性，通过技术经济比较确定，必要时可通过试验确定，也可根据相似水厂的经验确定。

3.0.3 用于含铁含锰地下水处理的药剂及与水接触的材料应符合国家现行标准《饮用水化学处理剂卫生安全性评价》GB/T 17218、《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219、《水处理用滤料》CJ/T 43 的有关规定。

4 设 计

4.1 工艺流程选择

4.1.1 含铁含锰地下水处理工艺流程，应根据地下水中的铁、锰含量确定，可采用一级接触氧化工艺或二级接触氧化工艺，也可通过试验确定。

4.1.2 一级接触氧化工艺的流程为：原水—曝气—接触氧化—消毒—出水，可适用于以下原水水质条件：

- 1 含铁量为 $0.3\text{mg/L} \sim 5.0\text{mg/L}$ ；
- 2 含锰量为 $0.1\text{mg/L} \sim 0.5\text{mg/L}$ ；
- 3 含铁量为 $0.3\text{mg/L} \sim 5.0\text{mg/L}$ 且含锰量为 $0.1\text{mg/L} \sim 0.5\text{mg/L}$ 。

4.1.3 二级接触氧化工艺的流程为：原水—曝气—接触氧化—(曝气)—接触氧化—消毒—出水，可适用于以下原水水质条件：

- 1 含铁量为 $5.0\text{mg/L} \sim 10\text{mg/L}$ ；
- 2 含锰量为 $0.5\text{mg/L} \sim 1.5\text{mg/L}$ ；
- 3 含铁量为 $5.0\text{mg/L} \sim 10\text{mg/L}$ 且含锰量为 $0.5\text{mg/L} \sim 1.5\text{mg/L}$ ；
- 4 含铁量高于 10mg/L ，含锰量高于 1.5mg/L ，或是含铁量高于 10mg/L 且含锰量高于 1.5mg/L ，宜设置二级曝气；
- 5 含铁含锰地下水中氨氮含量高于 1.0mg/L ，应设置二级曝气。

4.1.4 原水水质条件较为复杂时，应通过试验确定工艺流程。

4.2 曝气装置

4.2.1 应根据原水水质，通过计算和技术经济比较选择曝气装置。可选择的曝气方式或曝气装置通常有：跌水曝气池、淋水曝气装置、喷水曝气装置、射流曝气器、鼓风曝气系统、板条式曝

气装置、接触式曝气塔及叶轮式表面曝气装置等。

4.2.2 当地下水中含铁量不超过 15mg/L，含锰量不超过 1.5mg/L 时，宜采用跌水曝气池、喷淋曝气装置及射流曝气器等曝气方式。

4.2.3 当含铁含锰地下水中伴生氨氮，且需氧量低于 5mg/L 时，宜采用鼓风曝气系统、板条式曝气装置、接触式曝气塔及叶轮式表面曝气装置等曝气方式。

4.2.4 当含铁含锰地下水中伴生氨氮，且需氧量高于 5mg/L 时，应通过计算和试验确定曝气方式。

4.2.5 采用跌水曝气池时，跌水级数宜采用 1 级~3 级，每级跌水高度为 0.5m~1.0m，单堰宽流量宜为 $20\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})\sim 50\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ 。

4.2.6 采用淋水曝气装置（如穿孔管）时，孔眼直径宜采用 4mm~8mm，孔眼流速宜为 1.5m/s~2.5m/s，安装高度宜为 1.5m~2.5m，淋水密度宜采用 $5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 10\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

4.2.7 采用喷水曝气装置时，每 10m^2 集水池面积上宜装设 4 个~6 个喷嘴，喷嘴处的工作水头宜采用 5m~7m。

4.2.8 采用射流曝气器时，其构造应根据射流用水的压力、需气量和出口压力通过计算确定。射流用水可采用全部、部分原水或其他压力水。

4.2.9 鼓风曝气系统一般采用喷嘴式气水混合器和穿孔管式气水混合器。喷嘴式气水混合器一般分散设置于每个滤池前。穿孔管式气水混合器宜设置在数个滤池前集中曝气。

4.2.10 采用鼓风曝气系统时，每立方米水的需气量（以 L/m^3 计）一般为原水二价含铁量（以 mg/L 计）的 2 倍~5 倍。

4.2.11 采用鼓风曝气系统时，宜优先选择鼓风机，且鼓风机应设备用；当采用空压机时，应配置储气罐。曝气管路上应设置防水倒流装置、流量计量装置和流量调节装置。

4.2.12 采用板条式曝气装置时，淋水密度宜为 $5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 10\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，板条层数可采用 4 层~6 层，层间净距宜为

400mm~600mm。板条宽度宜为 200mm~300mm，板条宽度与缝隙宽度比宜为 1:1。

4.2.13 采用接触式曝气塔时，淋水密度宜为 $5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 10\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，填料层数宜采用 1 层~3 层，填料宜采用 30mm~50mm 粒径的焦炭块或矿渣，每层填料厚度宜采用 300mm~400mm，层间净距不宜小于 600mm。

4.2.14 采用叶轮式表面曝气装置时，曝气池停留时间宜为 20min~40min，叶轮直径与池长边或直径之比宜为 1:6~1:8，叶轮外缘线速度宜为 4m/s~6m/s。

4.2.15 曝气装置设在室内时，应设置通风设施，寒冷地区应设置强制通风系统。

4.2.16 曝气构筑物类型应与选定的曝气形式相结合，采用跌水曝气池、淋水曝气装置（如穿孔管）等水力形式的曝气构筑物时，宜设置在滤池构筑物附近。

4.2.17 对曝气设备应采取措施进行降噪、防冻、防水雾。

4.2.18 曝气系统的电气设备应设置报警装置，并满足使用环境的防护等级要求。

4.3 接触氧化除铁除锰滤池

4.3.1 池型可采用重力式滤池或压力式滤罐。大中型水厂一般采用重力式滤池；中小型水厂一般采用压力式滤罐。

4.3.2 滤料宜采用天然锰砂、石英砂、无烟煤及沸石等，宜优先采用天然锰砂滤料。滤料应符合现行行业标准《水处理用滤料》CJ/T 43 的规定。

4.3.3 二级接触氧化工艺用于除铁除锰时，第一级滤池主要用于除铁，滤料宜采用天然锰砂、石英砂、无烟煤粒等；第二级滤池主要用于除锰，滤料宜优先选用天然锰砂。

4.3.4 滤料的设计参数可按表 4.3.4 确定。必要时，可通过试验或参照相似水质条件的水厂运行经验确定。

表 4.3.4 接触氧化除铁除锰滤池滤料层的主要参数

序号	滤料种类	粒径(mm)		不均匀系数		滤层厚度 (mm)
		d_{80}	d_{10}	第一级滤池	第二级滤池	
1	天然锰砂	1.1~1.8	0.7~0.9	$K_{80}>2.0$	$K_{80}<2.0$	800~1200
2	石英砂	0.9~1.1	0.55~0.7	$K_{80}>2.0$	$K_{80}<2.0$	

注：滤料的相对密度为：锰砂 $3.2\text{kg/m}^3 \sim 3.6\text{kg/m}^3$ ；石英砂 $2.50\text{kg/m}^3 \sim 2.70\text{kg/m}^3$ 。

4.3.5 滤池的设计滤速宜为 $5\text{m/h} \sim 7\text{m/h}$ 。

4.3.6 连续运行的滤池个（格）数不宜少于4个（格）。

4.3.7 每个（格）滤池的出水管路上宜设置流量调节装置。

4.3.8 滤池宜设置初滤水排放系统，排放时间宜为 $15\text{min} \sim 30\text{min}$ ，滤速不宜超过正常滤速的 $1/3$ 。

4.3.9 滤池进出水管路和初滤水排放管路上应设置取样口。

4.3.10 压力式滤罐上部的反冲排水漏斗直径不应小于废水排出管管径的2倍；应设压力监测装置；罐顶应设置排气阀；滤罐的上部和下部宜分别设置观察孔、检修孔和滤料取样孔。

4.4 冲洗及冲洗设施

4.4.1 滤池反冲洗应采用水力反冲洗，运行参数可按表 4.4.1 确定：

表 4.4.1 接触氧化除铁除锰滤池的冲洗方式、
冲洗强度、膨胀率和冲洗时间

序号	滤料种类	滤料粒径 (mm)	冲洗方式	冲洗强度 [$\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	膨胀率 (%)	冲洗时间 (min)
1	石英砂	0.5~1.2	水冲洗	10~15	20~30	7~15
2	锰砂	0.6~1.2	水冲洗	12~15	25~30	10~15
3	锰砂	0.6~1.5	水冲洗	13~16	22~25	10~15
4	锰砂	0.6~2.0	水冲洗	15~18	22~25	10~15

4.4.2 滤池反冲洗周期应根据进水负荷和原水水质确定，除铁

滤池及一级除铁除锰滤池的反冲洗周期可采用 24h~48h，除锰滤池的反冲洗周期可采用 48h~72h。

4.4.3 滤池反冲洗高位水箱或水池的容积一般不应小于单个滤池一次反冲洗所需水量的 1.5 倍。

4.4.4 反冲洗系统应安装流量计量装置和流量调节装置。

4.4.5 初滤水应回收，反冲洗废水应采用不同处理工艺处理后回收或排放。

4.4.6 水处理过程中产生的废水和排泥水等均应进行处理处置。

4.5 滤料存储

4.5.1 滤料的储存应注意通风和干燥。

4.5.2 滤料仓库大小应考虑使用滤池所需备用滤料的体积。

4.5.3 废弃滤料堆放点或临时储存室应单独设置，并与新滤料分开存放，应设置废弃滤料渗出液收集和处理设施。

5 施工与验收

5.1 施 工

5.1.1 射流曝气器安装时应保证外喷嘴中心的水平误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内，宜采用铅坠校正；其法兰口至地面的距离不小于 600mm ；应设置防振、防噪措施。

5.1.2 鼓风曝气系统安装完毕后应采用压缩空气反复吹扫数次，将管内的尘土杂物吹净。全池的穿孔管表面高差应控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内，安装时需检验密封圈是否安装到位。

5.1.3 穿孔管应均匀分布于池底，安装时宜预留一定的维修空间。

5.1.4 风机、泵类等机械设备安装应符合《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275的有关规定。

5.1.5 反冲洗管路安装后，应进行一次布水试验，根据结果一次找平；一次布水试验后，应缓慢投加卵石垫层至设计高度，之后进行二次布水试验和找平。

5.1.6 调整滤板平整度及定位后，应清扫干净接缝内尘土及杂物，先填入密封条后用聚合水泥砂浆或无收缩水泥填入接缝，保证接缝严密。

5.1.7 滤池底部应采用高强度、无收缩灌浆料抹面，抹面厚度不小于 30mm 。

5.2 验 收

5.2.1 鼓风曝气系统安装完毕后，清扫池底，在池内放入清水，使水面升到曝气器顶面以上 $250\text{mm}\sim 500\text{mm}$ ，应进行以下检查：

- 1 调整空气扩散器的安装高度；
- 2 检查所有水下接口是否漏气；

3 检查所有空气扩散器上水面是否布满气泡，调整供气量到规定范围。

5.2.2 水质在线监测系统的验收应符合国家现行标准《数据中心综合监控系统工程技术标准》GB/T 51409 和《城镇供水水质在线监测技术标准》CJJ/T 271 的规定。

5.2.3 水泵、风机等设备应按设计要求的最多开启台数作 48h 运转试验，曝气量和机组功率应做测定。

5.2.4 反冲洗布水管路应按设计要求进行各项性能试验，保证布水均匀。合格后方可安装承托层和滤料。

5.2.5 同格滤池滤板水平误差应控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内，各滤池之间水平误差应控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。

6 运行与维护

6.0.1 当采用石英砂、无烟煤或沸石作为滤料时，宜采用以下措施提高除铁除锰滤池在滤池启动期的出水水质：

- 1 降低滤池启动期的滤速和反冲洗强度；
- 2 投加除铁除锰功能成熟的滤料；
- 3 向原水中投加适量的高锰酸钾及其复合盐等氧化剂。

6.0.2 当采用高锰酸钾及其复合盐等强化除锰效果时，宜采用成套投加设备，也可采用临时性投加设备。

6.0.3 滤池停用一段时间后重新启用，宜采取以下措施加速滤池除铁除锰功能恢复：

- 1 适当降低运行初期滤池的滤速和反冲洗强度；
- 2 向原水中投加适量的高锰酸钾及其复合盐等氧化剂。

6.0.4 应定期检查滤池反冲洗废水中的含砂量、滤层高度及表层滤料性质，定期补充滤池滤料至设计高度。

6.0.5 当接触氧化滤池的滤料因使用时间过长而导致出水水质不达标时，应更换滤料。

6.0.6 废弃滤料晾干后宜优先考虑资源化利用。

6.0.7 接触氧化滤池采用间歇运行的，每次停止运行前应对滤池进行冲洗，停运期间应保持滤料层淹没在水中。

6.0.8 接触氧化滤池停止运行前，应对滤池进行冲洗，停运期间应保持滤料层淹没在水中，并定期更换滤池存水。

6.0.9 反冲洗后滤池滤料层表面应保持平整，无凹陷、凸起、积泥和结壳。

6.0.10 滤池反冲洗前宜将滤池液位降至距滤料上表面 200mm~300mm 处，然后开始进行反冲洗。

6.0.11 滤池反冲洗结束后，宜在过滤的前 30min~120min 内降

低滤速运行。

6.0.12 压力式除铁除锰滤罐应每年检查罐体内部结构和滤层高度，并根据滤料流失情况补充滤料。

6.0.13 应定期检查反冲洗配水均匀性。

6.0.14 压力式除铁除锰滤罐采用手动排气时，宜每天排气4次~7次，每次排气时间宜为5min~10min。

6.0.15 接触式曝气塔宜每隔1年~2年进行清理，当原水含铁量较高时宜加大清理频次。

6.0.16 当采用射流曝气装置时，应定期检查泵体的固定和防振以及电机发热情况，每天检查射流口前后压力表的读值。

6.0.17 应建立水质检验制度，配备检验人员和检验设备，应定期对原水、滤池出水和出厂水进行水质检验，主要检测指标包括铁、锰、氨氮、溶解氧及pH值等，其余检测项目与检验频次应符合现行行业标准《城市供水水质标准》CJ/T 206规定。

6.0.18 水厂生产人员应掌握工艺的基本流程、操作参数、水质信息，并做好水质和水量的生产数据记录，以及滤池、曝气和反冲洗等工艺运行参数记录。水质检验记录应真实、完整、清晰并存档。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下都应该这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《饮用水化学处理剂卫生安全性评价》 GB/T 17218
- 2 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》

GB/T 17219

- 3 《数据中心综合监控系统工程技术标准》 GB/T 51409
- 4 《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》 GB 50275
- 5 《城市供水水质标准》 CJ/T 206
- 6 《城镇供水水质在线监测技术标准》 CJJ/T 271
- 7 《固体废物处理处置工程技术导则》 HJ 2035
- 8 《水处理用滤料》 CJ/T 43

团体标准

**含铁含锰地下水接触氧化法给水处理
技术规程**

T/CECA 20011—2021

条文说明

目 次

3	基本规定	19
4	设计	20
4.1	工艺流程选择	20
4.2	曝气装置	22
4.3	接触氧化除铁除锰滤池	26
4.4	冲洗及冲洗设施	28
4.5	滤料存储	29
5	施工与验收	31
5.1	施工	31
5.2	验收	31
6	运行与维护	32

3 基本规定

3.0.1 我国地下水资源分布甚广，受地质、水文、地下水补给和环境污染等因素的影响，不同地区地下水中污染物的组成和含量差异较大。地下水中比较常见的污染物主要有铁、锰、氨氮、浊度和微生物等。我国具有铁锰污染问题地下水中的含铁量多数在 10mg/L 以下，少数超过 20mg/L；地下水中的含锰量多数在 1.5mg/L 以下，少数超过 3mg/L；地下水中伴生含氨氮含量多数在 1.0mg/L 以下，少数超过 2mg/L。根据地下水中铁、锰、氨氮等主要污染物的种类和含量差异，可将具有铁锰问题的地下水分为含铁地下水、含锰地下水、含铁含锰地下水、伴生氨氮含铁含锰地下水。根据上述地下水类型，本规程中对地下水除铁除锰给水处理技术和构筑物形式的适配性做了相应的规定。

3.0.2 由于地下水中的二价铁会污染接触氧化滤池中滤料表面的锰质活性滤膜，而水中的氨氮会显著增加耗氧量，因此设计时应根据原水水质条件、地理地势和经济技术水平来选择地下水除铁除锰水厂的净水工艺和构筑物形式。设计前，应调研地下水水质特性，也可参照水质特性相近的地下水除铁除锰水厂的设计经验，条件允许时可开展现场模拟试验，经技术经济综合比较后确定工艺方案。对于地下水水质条件较为复杂且无水质条件相近的除铁除锰水厂设计经验可借鉴时，应通过试验确定具体的技术方案。

4 设计

4.1 工艺流程选择

4.1.1 水中二价铁的自然氧化速率较低，使其难以在常规水处理过程中完成氧化/沉淀过程，且水中的铵盐、亚硝酸盐以及其他还原性物质也会导致二价铁的氧化速率减慢。例如，佳木斯某含铁地下水经跌水曝气后，水中二价铁要经过一百多小时才能全部被氧化为三价铁；但采用天然锰砂滤层过滤时，只需几分钟时间就能使二价铁全部被氧化为三价铁，并被截留于滤层中。在天然水条件下（通常 pH 值 6.0~7.5）锰难以被溶解氧氧化去除。自然氧化法除锰，要求将水的 pH 值提高到 9.5 以上，为此需对含锰地下水进行碱化处理，从而导致处理后水的 pH 值过高，不满足《生活饮用水卫生标准》GB 5749 要求，所以还要对水进行酸化处理，导致水处理工艺流程复杂，制水成本显著增加。实践证明，含锰地下水曝气后经滤层过滤，能在滤料表面形成具有接触催化作用的活性滤膜，加快锰氧化速度，使二价锰在较低 pH 值条件下就能被溶解氧氧化为二氧化锰而被除去，显著地缩短了滤池的停留时间，经济简便，效果稳定，比较适合我国国情。因此，为了保障地下水中铁、锰的高效快速去除，地下水除铁除锰宜采用接触氧化法，并根据地下水中的铁、锰含量确定采用一级接触氧化工艺或二级接触氧化工艺，必要时通过试验确定。

4.1.2 通常而言，地下水中铁、锰含量超标往往同时发生，而含铁量往往高于含锰量，铁、锰比例一般为 10 : 1，其中铁更易于去除。地下水含铁量不高于 5.0mg/L 且含锰量不高于 0.5mg/L 时，采用一级接触氧化工艺即可满足除铁除锰需求。

4.1.3 当地下水中含铁量为 5.0mg/L ~ 10mg/L 且含锰量为

0.5mg/L~1.5mg/L时,为了避免铁对锰质活性滤膜的活性及其除锰效果的影响,应采用两级接触氧化工艺。若采用一级曝气无法满足锰氧化所需的溶解氧时,可设置二级曝气。

氨氮(NH_4^+-N)的理论氧化当量为 $4.57\text{mgO}_2/\text{mgNH}_4^+-\text{N}$,远远高于二价铁($0.14\text{mgO}_2/\text{mgFe}^{2+}$)和二价锰的氧化当量($0.29\text{mgO}_2/\text{mgMn}^{2+}$),因此当地下水中伴生氨氮时会导致氧消耗量大幅增加而影响二价锰的氧化去除过程。当水中伴生氨氮浓度超过 1.0mg/L 时,应采用二级曝气的接触氧化工艺,即原水—曝气—接触氧化—曝气—接触氧化—消毒—出水。

4.1.4 当含铁含锰地下水的水质条件较为复杂时,如原水的pH值较低,碱度过低或硅酸盐含量较高等,应在采用二级接触氧化工艺的基础上通过试验完善工艺措施。pH值对二价铁的自然氧化反应速度影响较大。但在接触氧化工艺中,由于成熟滤料具有较强的催化作用,能在pH值低于7.0的条件下顺利地完成除铁过程。实践表明,当地下水的pH值大于6.0时,一般对接触氧化除铁过程影响不大。硅酸盐可吸附于铁氢氧化物表面,形成硅铁络合物,污染活性滤膜,导致二价铁的接触催化氧化速率显著下降。溶解性硅酸盐会导致三价铁穿透滤层而使除铁效果变差。有的含铁含锰地下水中溶解性硅酸盐含量较高(大于 30mg/L)或碱度过低[小于 50mg/L (以 CaCO_3 计)],当水的pH值大于7.0时,会生成稳定的三价铁化合物胶体,难以被过滤除去,导致滤池出水三价铁浓度过高甚至超标,这时应采用二级接触氧化工艺。第一级曝气为弱曝气,使曝气后水的pH值小于7.0,水中二价铁不会迅速被自然氧化生成三价铁胶体,而是流入滤层被接触氧化去除;然后再进行第二级曝气,以满足后续除锰除氨氮等过程对溶解氧的需求。如安徽省庐江县小岭硫铁矿地下水水源水中含铁量 4.8mg/L ,含锰量 0.7mg/L ,并含有大量硅酸盐。该厂采用了“淋水曝气—一级天然锰砂接触氧化—二级天然锰砂接触氧化—出水”的二级接触氧化工艺除铁除锰,装置通水两年多,出水水质良好。

4.2 曝气装置

4.2.1 在地下水曝气过程中，空气中的氧气将溶于水中，部分二氧化碳会从水中逸出，引起水的 pH 值升高。地下水的除铁除锰工艺不同，对水的曝气要求也不同。接触氧化法除铁一般要求水的 pH 值不低于 6.0，接触氧化法除锰一般要求水的 pH 值达到 6.5 以上，大多数地下水的 pH 值都高于 6.5，所以曝气的主要目的是增加水中的溶解氧。常见的曝气措施主要有跌水曝气池、淋水曝气装置、喷水曝气装置、射流曝气器、鼓风曝气系统、板条式曝气装置、接触式曝气塔及叶轮式表面曝气装置等。

4.2.2 二价铁的氧化当量为 $0.14\text{mgO}_2/\text{mgFe}^{2+}$ ，二价锰的氧化当量为 $0.29\text{mgO}_2/\text{mgMn}^{2+}$ 。对于地下水除铁除锰，所需溶解氧量并不大。一般水中二价铁不超过 15mg/L ，二价锰不超过 1.5mg/L ，相应地除铁除锰过程对原水中溶解氧的理论需氧量约为 2.58mg/L ，采用跌水曝气池、喷水曝气装置、淋水曝气装置及射流曝气器等曝气方式可满足铁、锰氧化过程中所需的溶解氧量。

4.2.3 当含铁含锰地下水中伴生氨氮时，氨氮 (NH_4^+-N) 的理论氧化当量 ($4.57\text{mgO}_2/\text{mgNH}_4^+-\text{N}$) 显著高于铁锰的氧化当量，当简单曝气装置不能满足要求时，可采用溶氧能力更强的曝气装置 (适用于需氧量低于 5.0mg/L 的情况)，如鼓风曝气系统、板条式曝气装置、接触式曝气塔及叶轮式表面曝气装置等曝气方式。

4.2.4 当含铁含锰地下水中伴生氨氮含量较高时，应根据氨氮 (NH_4^+-N) 的理论氧化当量 ($4.57\text{mgO}_2/\text{mgNH}_4^+-\text{N}$)、二价铁的理论氧化当量 ($0.14\text{mgO}_2/\text{mgFe}^{2+}$) 和二价锰的理论氧化当量 ($0.29\text{mgO}_2/\text{mgMn}^{2+}$) 计算所需的理论需氧量。当需氧量高于 5mg/L 时，应采用两级曝气措施。

4.2.5 跌水曝气的溶氧效果，一般与跌水堰的单宽流量及跌水

高度等因素有关。受水的饱和溶解氧浓度限制，跌水曝气的溶氧效果随着跌水级数和跌水高度增大是有限的。跌水曝气一般能将水中溶解氧浓度提高 $2\text{mg/L} \sim 4\text{mg/L}$ ，对于含铁量低于 10mg/L 的地下水，基本上能满足要求。对于含铁含锰量较高的地下水，可通过适当增大跌水高度或采用多级跌水的方式，进一步提高水中溶解氧含量。实践表明，一级跌水高度在 0.5m 以上，水中溶解氧浓度可达 $4.0\text{mg/L} \sim 4.5\text{mg/L}$ ，三级跌水溶解氧浓度可达 $5.0\text{mg/L} \sim 5.5\text{mg/L}$ ，满足除铁除锰工艺需求。故跌水级数宜为 1 级 \sim 3 级，每级跌水高度宜为 $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ 。此外，当跌水堰单宽流量较小时，跌水水舌真空度较小，吸入空气量少；当跌水堰单宽流量较大时，跌水水舌真空度增大，吸入空气量增加，但水舌变厚，单位水量中溶入的空气量反而有所降低。因此，跌水堰的单宽流量宜为 $20\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h}) \sim 50\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ 。跌水曝气是一种简易曝气装置，比较适宜用于重力式除铁除锰滤池。

4.2.6 目前国内淋水曝气装置多采用穿孔管，通过穿孔管上的小孔使水向下淋洒，实现对水曝气溶氧，具有加工安装简单、曝气效果好等优点。穿孔管常直接设于滤池上，也可单独设置。理论上，孔眼直径越小，水流越分散，曝气效果越好；但孔眼直径太小易堵塞，反而会影响曝气效果。实践表明，孔眼直径以 $4\text{mm} \sim 8\text{mm}$ 为宜，孔眼流速以 $1.5\text{m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ 为宜。为使穿孔管喷水均匀，每根穿孔管的断面积应大于孔眼总面积的 2 倍。当淋水飞程小于 1.5m 时，溶氧效果与淋水飞程呈正相关关系；当淋水飞程大于 1.5m 后溶氧效果增长不明显。因此，淋水装置的安装高度（指淋水出口至集水池水面的距离）宜为 $1.5\text{m} \sim 2.5\text{m}$ 。穿孔管曝气装置比较适宜用于重力式除铁除锰滤池。

4.2.7 喷水曝气装置是用喷嘴将水由下向上喷洒，水在空气中分散成水滴，然后回落至下部的集水池中，实现对水曝气溶氧。一般使用的喷嘴直径宜为 $25\text{mm} \sim 40\text{mm}$ ，喷嘴前的作用水头可采用 $5\text{m} \sim 7\text{m}$ （宜为 7m ），每个喷嘴的出水流量宜为 $17\text{m}^3/\text{h} \sim 40\text{m}^3/\text{h}$ ，每个喷嘴的服务面积宜为 $1.7\text{m}^2 \sim 2.5\text{m}^2$ 。此外，曝气

装置宜设在室外，并要求下部有较大面积的集水池，目前在生产中尚较少应用。

4.2.8 射流曝气器是利用高压水经喷嘴高速喷出，在吸入室中形成负压，空气在压力差作用下进入吸入室，与水在混合管中进行剧烈掺混，将空气粉碎成极小的气泡，实现对水溶氧的作用。射流泵前一般需要 3atm~4atm 的工作压力，常由出厂水供给。气水在管道中的混合时间宜不少于 15s，当管道长度不能满足混合时间的要求时，宜设置气水混合器。原水经射流曝气后，二氧化碳散除率一般不超过 30%，pH 值无明显提高，故射流曝气器适用于含铁含锰量较低，以及对散除二氧化碳和提高 pH 值要求不高的地下水处理。射流泵曝气器常用于压力式除铁除锰滤罐。

4.2.9 在压力式除铁除锰系统中，常在滤池前向水中加入压缩空气，通常压缩空气由空气压缩机供给，当有压缩空气气源时可用管道直接引入，实现对水的曝气溶氧。为了加速曝气溶氧过程，需设置气水混合器。喷嘴式气水混合器的喷嘴口径宜为来水管径的一半，可在喷嘴出口处设置弧形挡板，从而将随水出流的空气破碎成小的气泡，可分散设置于每个除铁滤池前。穿孔式气水混合器通过穿孔管来分布空气，经穿孔管流出而形成的空气泡尺寸不仅与孔眼的直径有关，并且还与孔眼中空气的出流速度有关；孔眼直径可采用 3mm~5mm，孔眼出流空气流速宜为 10m/s~15m/s；孔眼应设于穿孔管下方，以便排除管内积水；穿孔管应便于拆卸、清扫；气水混合器宜设置两个，交替使用。

4.2.11 鼓风曝气一般通过设空压机来实现，通过在管路上设置流量监测装置和流量调节装置实现对水体溶解氧含量的调节，一方面可避免因溶解氧含量过低，导致铁、锰和氨氮去除效果差；另一方面可避免溶氧量过高造成的能源浪费。鼓风曝气系统一般常用于压力式除铁除锰滤罐。

4.2.12 板条式曝气装置的每层板条之间有间隙，水流在板条上溅开形成细小水滴，在板条表面形成水膜，然后由上一层板条跌落至下一层；由于水能以较大的比表面积与空气进行较长时间的

接触，曝气效果较好，曝气后水中溶解氧浓度为 $5\text{mg/L} \sim 7\text{mg/L}$ 。通常板条式曝气装置的板条层数可采用 4 层~6 层，淋水密度宜为 $5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 10\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。由于板条式曝气装置不易为铁质所堵塞，可用于含铁量高的地下水的曝气。

4.2.13 接触式曝气塔是应用较广的曝气装置，用穿孔管在塔顶将含铁含锰地下水均匀分布后，水经填料逐层淋下，并主要以水膜形式在填料中流动，以水滴形式在填料层之间淋下，水下降过程中与空气充分接触而不断进行溶氧，最后汇集于下部的集水池中，水中溶解氧浓度可高达 $7\text{mg/L} \sim 9.5\text{mg/L}$ 。填料粒径一般为 $30\text{mm} \sim 50\text{mm}$ 或 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ，每层填料厚度可为 $300\text{mm} \sim 400\text{mm}$ ，填料可设 1~3 层，层间净距一般不宜小于 600mm 。在我国北方地区，接触式曝气塔一般都设于室内，在冬季由于门窗紧闭，空气流通不畅，曝气效果会受到一定影响。

4.2.14 试验和实践经验表明，叶轮式表面曝气装置不仅能对水进行曝气溶氧，而且还能散除二氧化碳和提高水的 pH 值。运行中可根据地下水水质特性，调节曝气强度。当要求曝气强度高时，叶轮外缘线速度应选用条文中规定的上限，叶轮直径与池长边或直径之比应选用条文中规定数据的下限。经叶轮式表面曝气装置曝气后，水中溶解氧浓度可提升至 $6\text{mg/L} \sim 9\text{mg/L}$ 。

4.2.15 在我国北方，曝气装置一般都设于室内。冬季由于门窗关闭，室内通风不良，会使曝气效果受到一定影响。因水滴飞溅，常使室内地面潮湿和空气湿度较大，有硫化氢和铁锈气味。此外，有些曝气装置在曝气过程中会产生热量和噪声，影响人体健康和工作环境。因此，设计时应考虑通风或强制通风措施。

4.2.16 为便于操作管理，曝气构筑物应与滤池构筑物毗连。曝气装置应尽量靠近滤池，以缩短曝气管长度，确保曝气溶氧效果。

4.2.17 对曝气设备应采取措施进行降噪、防冻、防水雾，以免噪声、低温、潮湿等因素对设备产生影响。鼓风曝气、叶轮式表面曝气等曝气装置是依靠外部输入能量进行曝气，存在停电、损

坏等终止曝气的风险。一旦水厂停电，曝气设备停运，未曝气的含铁含锰水就会进入除铁除锰滤池，对活性滤膜造成污染，影响出水水质。因此宜设置于独立的建筑内，便于快速检修和维护。

4.2.18 当采用依靠外部输入能量的曝气装置（如射流曝气器、鼓风曝气系统、叶轮式表面曝气装置等）进行溶氧曝气时，应设置停电和溶解氧报警装置，以便及时发现故障；同时电气设备应满足使用环境的防护等级要求。

4.3 接触氧化除铁除锰滤池

4.3.1 常见的含铁含锰地下水接触氧化滤池主要分为压力式滤罐和重力式滤池两种，压力式滤罐又分为立式和卧式两种类型。过滤方式的选择通常需要综合考虑设计规模、原水水质特性、经济技术可行性、占地面积、操作维护及当地气候等因素。在大型水厂中采用重力式滤池不仅可以节约初期投资和运行成本，有效地降低除铁除锰工艺的操作和运维，同时便于观测滤池内部结构、反冲洗情况、滤层厚度和运行情况。在中小型地下水除铁除锰水厂中，采用压力式过滤装置，施工安装更为方便，但压力滤池的池体，必须用钢板焊成，所以容量不可能太大。当受地形或地下水水位影响而使重力式滤池在竖向布置上有困难时，可考虑采用压力式滤罐。

4.3.3 对于含铁量低的地下水，由于天然锰砂对铁具有较好的吸附作用，可使滤池过滤初期出水水质较好，宜优先采用天然锰砂滤料。此外，也可采用石英砂、无烟煤、沸石等滤料。实践表明，采用单级接触氧化滤池同步除铁除锰，当水中二价铁浓度过高时，铁会穿透滤层而污染下层的除锰滤料，导致锰氧化速率减小和出水锰浓度不达标。因此，当地下水中含铁量较高时，宜采用两级接触氧化滤池过滤，第一级滤池主要用于除铁，滤料可采用天然锰砂、石英砂、无烟煤、沸石等；第二级滤池主要用于除锰，由于天然锰砂对锰具有很大的吸附容量，是石英砂的几十倍，因此第二级滤池宜优先选用天然锰砂作为滤料，保障出水锰

浓度达标。

4.3.4 滤料是否符合设计要求，对除铁除锰效果的影响很大，除铁除锰滤池希望有更大的填料表面积和曲折的过滤路径。对于单级除铁除锰接触氧化滤池，为减轻二价铁对下层滤料表面锰质活性滤膜的污染，应采用不均匀级配滤料，不均匀系数 K_{80} 宜大于 2.0；对于两级接触氧化除铁除锰滤池，不均匀系数 K_{80} 宜小于 2.0。通常要求天然锰砂粒径宜为 $d_{10}=0.7\text{mm}\sim 0.9\text{mm}$ ， $d_{80}=1.1\text{mm}\sim 1.8\text{mm}$ ；石英砂粒径宜为 $d_{10}=0.55\text{mm}\sim 0.7\text{mm}$ ， $d_{80}=0.9\text{mm}\sim 1.1\text{mm}$ 。滤层厚度较小可能使接触催化氧化反应时间过短，导致出水不达标；滤层厚度较大会导致造价和运行成本增加。据生产经验，滤池滤层厚度建议为 800mm~1200mm。

4.3.5 为了保障接触氧化滤池具有一定的铁、锰催化氧化反应时间，滤池的滤速不宜过大，宜为 5m/h~7m/h。

4.3.6 设计中需要考虑到滤池因冲洗、维修或其他原因而停止过滤时，其他滤池的滤速不宜超过强制滤速。为了保障接触氧化滤池的除铁除锰效果，建议滤池的强制滤速不要超过滤池正常过滤滤速的 25%。因此，为了避免滤池因检修而造成水厂减产，大型水厂设计中连续运行的除铁除锰滤池的个（格）数不应少于 4 个（格）。对于小型除铁、锰水厂，受经济和运维水平的限制，接触氧化滤池的设计个数可根据实际运行情况、供水规律和清水池调节容积确定，但应保障滤池反冲洗与检修时其他滤池滤速在强制滤速范围内。

4.3.8 接触氧化滤池反冲洗结束后，重新开始过滤，由于滤层中残存部分污染物和反冲洗废水，以及反冲洗过程对滤层的扰动和对滤料表面活性滤膜的破坏，导致滤池过滤初期出水水质不佳。试验和实践表明，一般接触氧化滤池反冲洗后重新开始过滤的前 15min~30min 内，滤池出水中的铁、锰含量较高；随着过滤的进行，出水中铁、锰浓度均可达标。因此，为了提高出水水质，设计中可考虑设置滤池初滤水排放管路和初滤水收集回收装置，初滤水排放时间宜为 15min~30min。

4.3.9 为监测接触氧化滤池的运行状况、除铁除锰效果及出水水质，需定期检测滤池进出水中的铁、锰含量，为此规定在滤池的进水管路以及初滤水排放管路上应设置取样口。

4.3.10 除铁除锰滤罐布置时，除考虑其构造尺寸外，还要满足操作和检修要求。为了便于滤罐滤料的填加和补充，以及配水系统管道的清洗、拆卸和维修，应在滤池上部和下部分别设立观察孔、检修孔和滤料取样孔。此外，水中挟带的气泡在滤池顶部与水分离后，会导致滤罐内集气而影响进水，因此应在滤罐的顶部设置自动或手动排气装置，应首选自动阀门，但同时需设置手动阀门。

4.4 冲洗及冲洗设施

4.4.1 接触氧化除铁除锰滤池反冲洗主要是将淤积在滤料间隙中的铁、锰粘泥清洗掉，且不能显著破坏滤料表面的活性滤膜以保障其催化氧化除铁除锰效果。因此，一般不采用扰动剧烈的气冲洗，而只采用水反冲洗，在满足反冲洗效果的前提下应尽量降低反冲洗强度，冲洗强度与膨胀率都应小于地表水的除浊滤池，冲洗延续时间也不宜过长（反冲洗废水由浑稍有变清即可停止）。

4.4.2 反冲洗周期的设置，应结合进出水水质和滤池工况而定，通常原水中铁、锰含量越高，反冲洗周期越短；而铁、锰含量越低，滤池的反冲洗周期越长。反冲洗周期设置过短，会导致反冲洗频繁而破坏滤料表面的活性滤膜，降低除铁除锰效果，同时还会加速滤料的磨损和破坏；反冲洗周期过长，大量铁质和锰质粘泥淤积在滤床内，导致滤床堵塞，产水量下降，且活性滤膜的活性也会有所降低。

4.4.3 滤池一般采用滤后水进行反冲洗。有的水厂将多座滤池成组设置，一座滤池反冲洗时，其反冲洗水由其他滤池的过滤水供给，这样可不单独设置专用的反冲洗水箱，从而简化系统。对于部分小水厂，由于滤池数目较少，滤池反冲洗时其余滤池的产

水量难以满足反冲洗要求，应单独设置反冲洗水箱，水箱的容积一般应大于单个滤池反冲洗所需水量的 1.5 倍。

4.4.4 调研发现，部分水厂的反冲洗管路中未设置流量计量装置和流量调节装置，主要是通过经验、反冲洗泵的额定流量和阀门开启度来控制反冲洗强度，导致反冲洗效果不佳而影响滤池的除铁除锰效果。因此，在设计中应考虑在反冲洗系统中安装流量计量装置和流量调节装置（调节阀门或变频泵），保证每格滤池或每个滤罐单独反冲洗时均可对其流量进行监测和调节。

4.4.5 为了避免水资源浪费，滤池初滤水可直接回收利用。滤池反冲洗废水采取一定的措施处理后，应优先考虑回收利用。滤池反冲洗废水中含有大量的铁质和锰质絮体颗粒物，其对铁、锰具有较好的催化氧化作用，掺混到原水中还有助于提高地下水中铁、锰的去除率。

4.4.6 滤池反冲洗废水、曝气装置清理出的粘泥及含有微生物、有机质、铁和锰等污染物的排泥水，直接排放会影响周围环境。《中华人民共和国水污染防治法》（修订）规定：排放水中的污染物含量不得超过国家或者地方规定的水污染物排放标准和重点水污染物排放总量控制指标。因此，水处理过程中产生的泥水、废水和废弃物等均应参考《固体废物处理处置工程技术导则》HJ 2035 进行处理、处置后方可排放。

4.5 滤料存储

4.5.1 为避免阴暗潮湿环境对滤料的表面性能产生影响，短期内不会使用的滤料应存放在通风和干燥的环境中。

4.5.2 滤料仓库的规划、建设和选取应充分考虑水厂供水规模、近期规划建设、更换和补充滤料用量、通风和干燥等因素，尽量避免因仓库过小而导致滤料储存困难和保存不当，影响水厂的正常运行；也应避免仓库过大而造成浪费。

4.5.3 废弃旧滤料颜色和粒径大小有可能与新滤料相近，因此应将新旧滤料分开储存，避免误用。废弃滤料表面含有较多的有

机物、微生物和铁锰粘泥，为了避免降雨过程中雨水冲刷废弃滤料而造成环境污染，废弃滤料堆放处需要设置基本的避雨设施；同时采取必要的通风和干燥措施。此外，刚从滤池中掏出的滤料含水率较高，为了避免废弃滤料渗出液引起环境污染，应设置废弃滤料渗出液收集和处理措施。

5 施工与验收

5.1 施 工

5.1.6 滤板间应连接牢固，能长期承受冲洗压力，应严格保证不漏水。同时，施工中应注意砂浆不能漏入池内，安装后，要清理干净滤板面砂浆。

5.2 验 收

5.2.5 保证布水均匀，要求单块滤板水平误差应控制在 2mm 以内，单格滤池标高误差应控制在 5mm 以内，并满足《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 规定。

6 运行与维护

6.0.1 当采用石英砂、无烟煤或沸石作为滤料时，为了提高除铁除锰滤池在滤料成熟前的出水水质，在运行操作方面，可以通过降低滤速（可降为设计滤速的 30%~50%）延长含铁含锰水在接触氧化滤池中的停留反应时间，提高铁、锰的去除效果；且由于初期形成的活性滤膜比较脆弱，可通过降低滤池反冲洗强度（以表层滤料开始膨胀为准）达到清洗和保护活性滤膜的作用。当附近有运行稳定的除铁除锰水厂时，可以通过向滤料中均匀掺混一定量的成熟湿砂，强化滤池的除铁除锰效果和促进滤料表面活性滤膜的快速形成。此外，在滤池前投加适量的高锰酸钾及其复合盐可氧化水中的二价铁和二价锰，保障出水水质；同时，还可促进滤料表面活性滤膜的快速形成和滤料的成熟，加速滤池启动，药剂投加量应根据原水水质特性、滤料吸附作用以及药剂氧化性等参数进行严格计算，药剂投加量可采用梯度递减的方式。

6.0.2 由于高锰酸钾及其复合盐等具有较强的氧化性，对构筑物 and 投加设备的要求较高。因此，实际应用中应注意防腐，常采用成套配置与投加设备，也可采用临时投加设备。

6.0.3 滤池停用后，滤料表面活性滤膜的活性降低，除铁除锰效果变差，当滤池再次启动时，若按照设计参数或停止运行前的工况运行，易导致滤池出水中铁、锰含量超标。因此，需要采取一定措施，重新培养滤料表面的活性滤膜，恢复滤池的除铁除锰功能。滤池恢复与滤池启动的措施类似，但其所需的时间会有所缩短。为避免滤料转移，滤池滤料恢复可原位进行。常见的滤池恢复措施主要有降低初期滤速、降低反冲洗强度（以表层滤料开始膨胀为准）或投加适量的高锰酸钾及其复合盐等氧化剂等方式。高锰酸钾的投量应根据水质和水量确定，水质和流量变化较

大时，应及时调整加药量。

6.0.4 滤料在反冲洗过程中会相互摩擦，发生破裂、损坏、流失等问题，破碎后的滤料易穿透承托层或在反冲洗过程中流失，定期监测清水池以及反冲洗废水中的含砂量可有效监测滤料流失情况。此外，承托层和布水器损坏、反冲洗强度过大等也会加速滤料的流失。

滤料流失会导致滤池滤料级配和滤层厚度改变，偏离设计要求，影响滤池的除铁除锰效果。应定期对滤料进行检查，从滤层厚度、滤料级配、反冲洗废水中含砂量以及滤池除铁除锰情况综合评估滤料的流失情况。宜定期（1年~2年）或当滤层厚度低于设计值200mm时，对除铁除锰滤池的滤料进行补充，滤料补充时优先选用成熟滤料；当不具备此条件时，可采用新滤料。当滤料流失量过大致使补充新滤料过多而影响滤池的除铁除锰效果时，可按照6.0.3中的规定加速滤池的启动。

6.0.5 接触氧化滤池运行过程中，由于活性滤膜在滤料颗粒表面逐渐沉积，将产生锈砂的现象。当锈砂粒径变得过粗而使滤床中滤料的总比表面积显著减小后，除铁效果下降，此时应更换滤料。实践表明，除铁除锰滤池的滤料超过使用期限后会表现出明显的老化现象，即滤池阻塞频繁和滤池出水水质变差等问题，应及时更换滤料。对于含铁量高的地下水，滤料使用3年~5年宜进行更换；对于含铁含锰量较低的地下水，滤料的使用年限较长，更换周期宜为6年~10年。

6.0.6 根据国家和地方可持续发展方针，废弃的滤料宜优先考虑资源化利用。接触氧化滤池的废弃滤料（如石英砂和锰砂）在含泥量、密度及强度方面将发生一定变化，可根据《建设用砂》GB/T 14684和《建筑施工土石方工程安全技术规范》JGJ 180相关要求，考虑将废弃滤料用于相关土石方工程和建筑使用。当废弃滤料难以资源化利用时，可考虑填埋，填埋前废弃滤料需经过处理，具体参考《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》GB 50869以及《固体废物处理处置工程技术导则》HJ 2035。

6.0.7 为了避免接触氧化滤池滤料堵塞，当接触氧化滤池采用间断运行时，每次停止运行前应对滤池进行冲洗。同时，为了保证接触氧化滤池滤料表面活性滤膜的除铁除锰活性，滤池停止运行期间应保持滤料层淹没在水中。

6.0.9 滤池反冲洗后，若滤料层表面出现明显的凹陷和凸起，则表明反冲洗系统可能存在布水不均匀，需对反冲洗系统进行检修。此外，当滤池反冲洗强度过低或布水不均匀时，易导致滤床内污染物冲洗不完全，从而致使表层的细小滤料淤结；当滤料层表面观测到积泥或者结壳现象时，需适当增加滤池的反冲洗强度。

6.0.10 为了提高反冲洗的均匀性，并有效地降低反冲洗用水量和反冲洗废水量，充分利用滤池的缓冲容积，同时避免反冲洗过程对滤床的破坏，建议反冲洗前将滤池中液位降低至滤料表面以上 200mm~300mm。

6.0.11 《室外给水设计标准》GB 50013 指出接触氧化滤池的反冲洗强度不宜过大，反冲洗时间也不宜过长，反冲洗排水由浑稍有变清即可停止反冲洗。因此，滤池反冲洗主要是将大部分截留在滤床中的污染物带走，但仍有部分污染物残留在滤床内。在重新运行的初期，由于滤床不稳定，滤床内残余的污染物易穿透滤层，导致过滤初期的出水水质较差。实践表明，滤池反冲洗后，重新开始过滤初期应降低滤速运行，过滤 30min~120min（待滤池出水水质基本稳定）后再逐渐恢复到正常滤速过滤，从而提高过滤初期滤池出水水质。此外，出水管道上应设置流量调节装置。

6.0.12 压力式除铁除锰滤罐是密闭装置，很难观测到滤罐内滤料情况，因此宜定期开罐检查罐体内部结构、滤料层厚度、抽样检测滤料级配及含泥量等参数，以便及时对滤料进行补充和更换，保障滤罐的除铁除锰效果。

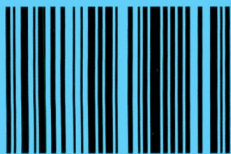
6.0.13 相比于常规的过滤滤池，除铁除锰滤池中产生的铁、锰氧化物，会粘附在滤料表面和淤积在滤料间隙中，导致滤床堵塞

和淤积等问题，尤其是反冲洗配水不均匀的情况下，会加重滤床堵塞情况。因此，应加强滤池反冲洗配水系统检修和维护，并在设计上选择配水均匀性更佳的反冲洗配水系统。

6.0.14 在压力式除铁除锰滤罐中，应在滤罐顶部设置自动排气装置，进水挟带的气泡在滤池顶部与水分离后，经自动排气装置排出。当自动排气阀失灵或排气未及时，会导致滤罐积气而影响滤池正常工作。在使用压力式滤罐除铁除锰时，应根据原水水质特性及曝气量等参数，预估滤罐内气体产生速率，灵活地制定排气方案。在寒冷地区，为了避免池顶自动排气阀被冻坏，应将自动排气阀设置于室内或将其安装在滤罐内部。

6.0.15 接触式曝气塔中的填料因铁质沉积会逐渐堵塞，所以需要定期清洗和更换。当地下水的含铁量为 $3\text{mg/L} \sim 5\text{mg/L}$ 时，填料可 1 年 \sim 3 年清洗或更换一次；当含铁量为 $5\text{mg/L} \sim 10\text{mg/L}$ 时，填料需一年左右清洗或更换一次；当含铁量高于 10mg/L 时，需一年清洗数次。清洗或更换填料是一项十分繁重的劳动，因此接触式曝气塔多用于地下水含铁量不高于 10mg/L 的情况。在设计时应考虑便于装卸填料的措施，如设置装卸口、室内起吊设备等。为方便清理，层间净距一般不宜小于 600mm 。

6.0.16 当采用射流曝气装置时，定期检查压水管、射流泵以及水气混合液管，避免堵塞。此外，由于压力的变化导致泵体产生较强的振动，需要定期（一月或数月）检查泵体的固定、防振以及声响情况，观察电机发热情况，同时每天检查射流口前后压力表的读值，从而明确射流曝气器是否正常工作，相关操作需符合《城镇供水厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 58 规定。



1 5 1 1 2 3 7 4 9 0

统一书号：15112·37490
定 价： 28.00 元