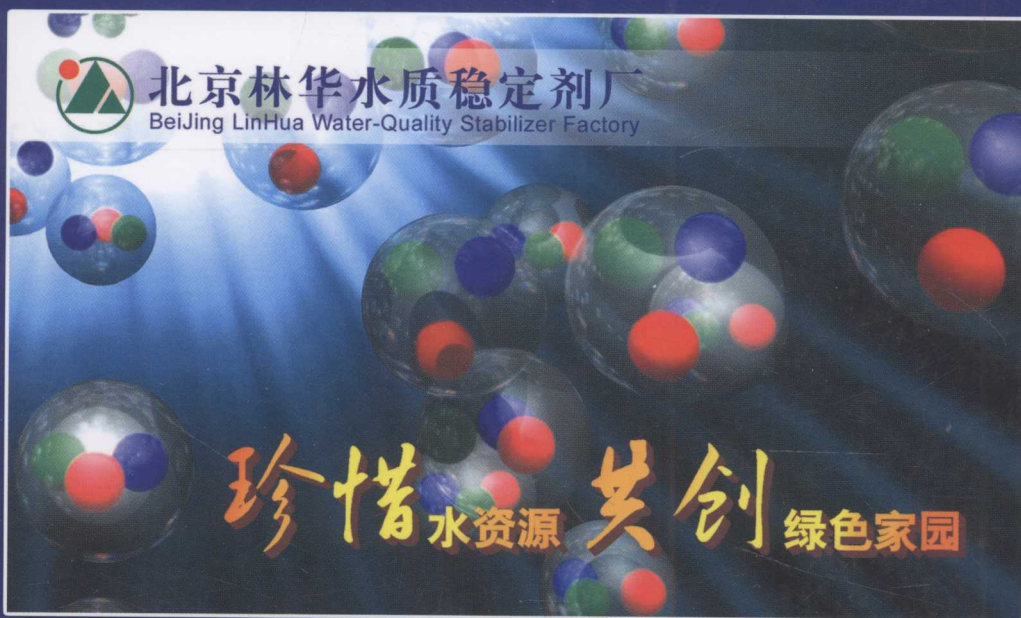


工业水处理技术

(第十四册)

李本高 王建军 傅晓萍 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

(第十四册)

湖北工业大学图书馆



01331194



中國石化出版社

内 容 提 要

本书为《工业水处理技术》第十四册，集中介绍水处理技术有关内容，是众多从事水处理技术和管理人员近几年来研发成果和经验的总结。主要内容包括：循环水处理技术，污水回用技术，化学水处理技术，污水污泥处理技术，海水利用，水处理药剂，水处理设备，工业水管理等。本书可供从事水处理工作的技术管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业水处理技术. 第14册 / 李本高, 王建军, 傅晓萍
主编. —北京: 中国石化出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-5114-1778-7

I. ①工… II. ①李… ②王… ③傅… III. ①工业用水 - 水处理 IV. ①TQ085

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 212355 号

未经本社书面授权，本书任何部分不得被复制、抄袭，或者以任何形式或任何方式传播。版权所有，侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 28.75 印张 708 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

定价: 85.00 元

前 言

水是自然界分布很广的物质，是一切生命的源泉。水是基础性的自然资源 and 战略性的经济资源，水资源的可持续利用，是经济和社会可持续发展极为重要的保证。因此，世界各国都十分重视水的问题，都在强化水资源管理，积极倡导节约用水工作。

全球水总储量的 96.5% 为海水，淡水储量约占水总储量的 2.53%，其中 88% 为固态，其余 12% 大部分为地下水，实际上可供人类生活和生产取用的淡水储量仅为水总储量的 0.014%。随着世界人口快速增加、工业迅猛发展、水体污染日趋严重以及世界水资源在时空上分布不均等因素影响，近些年来世界不同地区频繁出现“水荒”、“水危机”、“水贫困”、“水难民”，甚至“水战争”。水资源短缺已经成为 21 世纪全球面临的最大挑战之一。

我国平均水资源总量约占全球的 5.8%，居世界第 6 位，但人均年水资源占有量仅为 2300m^3 ，居世界第 109 位，曾被联合国列为世界上 13 个贫水国之一。可见，我国的水资源并不丰富。事实上，近些年来水危机已经严重地制约了我国一些地区的经济发展。因此，必须坚持“开源与节流并重、节流优先、治污为本、科学开源和综合利用”的原则，做好城市供水、工业用水、节水和水污染防治工作。以此为主旨，自 2000 年以来，中国石油化工集团公司加大了对节水减排工作的支持和管理力度，开展了卓有成效的工作。

为进一步加强水处理技术信息交流，自 1995 年以来中国石油化工集团公司水处理技术服务中心先后组织编写，并由中国石化出版社出版发行了《石化工业水处理技术进展》《水处理药剂及材料实用手册》《水处理工艺与运行管理实用手册》《现代工业水处理技术与应用》《石油石化工业用水节水实用技术》《冷却水处理技术和管理问答》《工业用水与节水管理知识问答》等丛书和《工业水处理技术》(第一册到第十三册)等。

本书为《工业水处理技术》第十四册，系中国石化第十二届水处理技术研讨会论文集。本次研讨会共征集科技论文 95 篇。主要内容如下：

(1) 循环水处理技术：高浓缩倍数运行技术、加酸运行技术、环保型配方、新型杀生剂、黏泥剥离清洗剂、自动控制和在线监测技术、泄漏物料检测及处理技术、水质分析方法与仪器、提高循环水处理效果的技术和经验等；

(2) 污水处理回用技术：清污分流分治技术、适度处理回用技术、深度处理回用技术、膜分离应用技术、分质回用技术、提高污水处理效果和降低处理

成本的技术和经验等；

(3) 凝结水回收利用技术：回收技术与器具、除油除铁技术与设备、热能回收技术、提高凝结水回收利用率和技术的经验和经验等；

(4) 节水减排技术：热联合技术、串级利用技术、空气冷却技术；

(5) 节能降耗技术：循环水减量技术、水泵节能技术、风机节能技术等；

(6) 水处理设施；

(7) 工业水管理经验及分析测试。

本书论文内容丰富、信息广泛、技术新颖、实用性较强，这是众多从事水处理技术和管理人员近几年来研发成果和经验的总结，会对广大水处理工作者和管理人员具有较好的参考价值。在此，向本书积极投稿的论文作者们表示谢意！

本书由李永存主审。

限于水平和经验以及时间仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

专论

生物载体与废水生物脱氮的关系 李本高 翟 炜 桑军强 (1)

给水处理

利用双膜技术处理污染地下水 刘俊萍 赵雪峰 (7)

超声波对工业用水杀菌消毒效果的研究 徐伟宁 (12)

新建气分装置水系统配套方案的确定 姜 革 (16)

循环水处理

浅析合成氨循环水铜腐蚀超标的原因 梁宗忠 魏宗琴 张玉芳 (19)

塔河分公司循环水水质情况浅析 邓欣艳 (23)

循环冷却水系统浊度升高的原因分析与对策 李 清 (27)

循环水系统微生物影响因素及

控制 丛玉清 刘云峰 曾 征 李林峰 童兴胜 李 峰 苗丽君 湛风华 (32)

循环水中 316L 不锈钢点蚀的氯离子浓度阈值研究 谢文州 郇和生 杨 玉 (36)

物料泄漏对循环水的影响及处理对策 宋爽英 周 晴 (40)

炼油循环水系统工艺物料泄漏快速定位技术 牛进龙 (46)

乙烯装置换热器泄漏故障分析与处理 孙洪利 刘 明 (51)

炼油及化工装置物料泄漏对循环水的影响及处理 王 贵 (59)

工业循环水运行监测与控制 张晓燕 周 杰 (65)

循环水冬季运行存在的问题及处理 何永江 罗绍俊 陈志新 樊明蓓 (73)

乙烯二公司循环水系统运行总结 侯 云 (77)

塔池底分隔工艺运行应用 鲁雅秋 (84)

循环冷却水系统在线化学清洗预膜 边 清 孙波涛 汪素卿 (88)

循环水几项技术改造工作总结与探讨 邓林胜 (92)

循环水系统现状普查及解决方案 韩 政 (97)

以节水减排为目标的循环冷却水“保健型”管理 徐悦妹 (105)

加强循环水管理 节约水资源 何建平 李爱学 何冬叶 (111)

污水污泥处理

加强污水场运行管理和技术改造 确保污水达标

排放 尤洪坤 刘长路 程致燕 葛嫚丽 (114)

炼油含盐污水处理系统结垢原因及解决对策 纪 轩 贺 苹 (121)

炼油废水生化系统运行分析及探讨 李述良 (126)

O₃/BAF 组合工艺处理炼油废水二沉池出水试验研究 唐安中 付存库 (132)

- 催化氧化法处理反渗透浓水 高峰 李本高 马欣 桑军强(139)
- FCBR 用于催化剂生产高氨氮废水处理的
研究 桑军强 高峰 张超 张莉 崔龙鹏 马欣(143)
- A/O 工艺处理煤气化及配套装置生产废水的案例分析 邓林胜(151)
- MBR 污水处理技术在石化行业的应用及工程设计 张春宇(156)
- Fenton 氧化处理丁苯橡胶污水技术的
研究 潘咸峰 邹宗海 黄斌 王建娜 刘婷婷 徐先刚 张广(161)
- 水解酸化及其工业应用 郝格格 马建录(166)
- (1) 臭氧催化氧化与内循环 BAF 组合工艺在高浓度难降解
工业废水中的应用探讨 张柯 乐淑荣 唐新亮(169)
- (7) 炼油污水氨氮超标问题的分析及解决 吴云涛(172)
- (51) SSF 悬浮污泥净化装置在石化废水处理中的应用 周生(178)
- (81) 炼油厂上游含油污水排放对标分析 闫萍(184)
- 物化法处理垃圾渗滤液的研究进展 孙友 张超 李本高(188)
- (91) 乙烯废碱液采用化学法处理的工业应用 刘超(194)
- (85) 石化碱渣生物氧化处理中试
研究 王建 陈怡 凌二锁 张柯 许爱猛 肖维良 唐新亮 陈建军(197)
- 污泥浓缩脱水一体机运行情况 林殿滨 张文婷(200)
- (55) 炼油厂废油泥处理技术的探讨 张耀君(206)
- 污水回用**
(04) 浅析炼油污水深度处理及回用技术 米治宇(209)
- (84) 高硫油炼油厂污水回用于循环冷却水系统的工业试验研究 徐庆轶(216)
- (12) 膜生物反应器处理后的化纤污水回用循环水技术研究及
(92) 应用 王金华 李本高 傅晓萍 任士杰(220)
- (20) 污水回用在循环水系统的应用 杜林琳(225)
- (87) 加酸提高污水回用循环水系统浓缩倍数的实验研究 李清(228)
- (77) 炼油污水深度处理回用技术研究与应用 米治宇 宋晓辉(233)
- (48) 浅谈茂名乙烯循环水回用污水的体会 叶永荣(238)
- (88) 石化污水回用双膜处理运行管理经验总结 任秀芹(242)
- (50) 污水回用反渗透膜维护和清洗 闻富(248)
- (70) 增加生化设施提高 1# 污水水质和回用量 赵新(254)
- (201) 制氢净化水回用后循环水系统出现的水质问题及
(111) 分析 王湘 杨军文 晏小平 彭明勇 徐国平(261)
- 炼油厂循环水装置反冲洗水回用研究与
应用 杨岳 刘光利 周霞 李常青 江岩 巫树锋 王军(265)
- (41) 砂滤池反洗水低耗高效回收利用 熊梦辉(269)
- (151) 净水厂反冲洗排泥水的回收及利用 李全国(274)
- 节水减排**
(521) 优化水资源利用 打造天津石化“零新鲜水”消耗 许红星 王玉祥(278)

循环水系统节能节水改造关键技术汇集	乔志青(282)
某石化企业节水减排现状分析	罗先桃(287)
浅析合理控制循环水浓缩倍数 实现节水减排	覃华锋 黄华丽(290)
旁滤池节水装置在循环水系统的应用	刘晓峰(295)
节能降耗	
利用水源热泵技术回收污水余热	王卫华 谭克锋(299)
济南炼化气分 - MTBE 装置低温热利用运行	
分析	胡 伟 刘加伟 邵建海 牟万里(303)
循环水系统水轮机节能改造	张海东(306)
循环水设备节能改造的研究与应用	丁均胜(310)
凝结水回收利用	
浅谈蒸汽冷凝水回收利用及余热制冷技术	何 京(316)
化肥厂尿素 202C 壳侧凝结水腐蚀问题分析与	
对策	虞永清 初同辉 王清国 王子瑜(320)
蒸汽凝结水密闭回收改造在哈尔滨石化公司的应用	夏 炎(325)
化学水制备	
反渗透制化学水处理	
工艺	刘云峰 司艳霞 丛玉清 李峰 童兴胜 冯少军 李建萍(330)
炼油达标污水经膜法处理用于除盐水制备的问题探讨	王景爱(336)
热电厂水平衡测试及节水分析	吕文杰(341)
RO 浓水干化技术的试验及应用展望	蔡永亮 林殿滨(345)
水处理药剂	
环保型无磷水处理剂的研究与应用	傅晓萍 李本高 余正齐 叶永荣(349)
我部循环冷却水系统成功应用无磷药剂	徐悦妹(354)
新型磷酸阻垢缓蚀剂 SEDMP 的性能评定	郦和生 谢文州(359)
缓蚀阻垢剂 NJ-213C 在循环水系统中的应用	张清华(363)
S^{2-} 对循环水常用缓蚀、阻垢及杀菌剂性能的影响	王亭 郦和生(367)
改性马来酸酐、丙烯酸共聚物 GAO-607 的性能	
研究	高庆丰 张 伟 周 革 梅柏良 管敏锋(371)
新型复合杀菌取代氯气在炼油一循的应用	吴小芳(374)
生物增效剂在水处理中的应用	魏银桥 朱翠 张远 李卓军 司建辉(379)
OW-11 反相破乳剂在电脱盐污水处理中的	
应用	钱文英 杨丽芳 张四清 徐 岩 崔正军(382)
水处理设施	
茂名石化化工系统裂解水冷器泄漏问题探究	王 红 李桂英 解凤花(387)
以双冷却塔水流为动力的水轮机应用	何玉梅 李小梅(391)
降低腐蚀速率 提高水冷器使用	
寿命	杨春风 翟清华 江 伟 周 洋 姜晓艳 李爱学 方 丽(395)

SO ₄ ²⁻ 对304不锈钢在含氯循环水中腐蚀的影响	秦会敏 郦和生 谢文州 杨 玉(398)
水处理设备仪器	
高效流砂过滤装置在污水回用中的应用	王 丽(401)
哈尔滨石化公司污水处理场气浮设施腐蚀原因分析及解决对策	夏 炎(405)
美国地球公司的溶气气浮技术在炼油污水处理中的应用	赵 斌(409)
叶轮切削技术在循环水场的应用	窦传杰 付永平(414)
MBR应用及膜的维护保养	闻 富(418)
海水供水系统电解防污技术分析	崔庆德(424)
相关仪在地下管网测漏中的优势	刘 毅(427)
工业水管理	
推行问题管理 提高循环水水务管理水平	陈长顺 刘雪峰(430)
浅谈“三从严”搞好水质的体会	叶永荣(435)
分析测试	
TCS-100A水分分析仪的调试及应用	沈 辉(439)
其他	
生物净化法在A-4820池废气处理中的应用	李暖菲(442)
厂家简介	
北京林华水质稳定剂厂简介	(447)
茂名众和国颂精细化工有限公司简介	(449)

生物载体与废水生物脱氮的关系

李本高 翟 炜 桑军强

(中国石化石油化工科学研究院, 北京 100083)

【摘要】 研究生物载体与废水生物脱氮的关系对开发高效载体, 大幅提高生物脱氮效率具有重要意义。采用现代分析手段研究了火山岩、陶粒、沸石、活性炭和麦饭石五种材料的结构特征, 利用 BAF 方法考察了这些载体表面形成的生物膜特性、生物量和脱氮效果, 结果显示载体结构与脱氮效果和效率直接相关, 载体比表面积越大, $1 \sim 20 \mu\text{m}$ 孔径比例越高, 负载的生物量越大, 脱氮效果越好、效率越高。

1 前 言

提高废水生物脱氮效果和效率, 一直是国内外研究和开发热点^[1]。废水生物脱氮技术诞生 100 多年来, 因具有良好的处理效果、较低的运行成本和彻底的脱氮作用而得到广泛应用, 并在不断发展, 如 1953 年 Pasveer 在活性污泥法基础上开发成功的氧化沟工艺^[2-4], 1962 年 Ludzack 和 Ettinger 将缺氧和好氧两个反应置于同一反应器开发的 Ludzack - Ettinger 工艺, 20 世纪 70 年的 A/O (anaerobic/aerobic) 工艺, 80 年代的 SBR (Sequencing Batch Reactor) 工艺, 90 年代的 SHARON (Single reactor for High activity Ammonia Removal Over Nitrite) 工艺^[5]、ANAMMOX (Anaerobic Ammonium Oxidation) 工艺^[6] 和 OLAND (Oxygen Limited Autotrophic Nitrification Denitrification) 工艺^[7], 使生物脱氮效果得到不断提高; 与此同时, 对提高生物脱氮效率也进行了较深入研究, 如 1893 年出现的生物滤池技术^[8], 20 世纪 60 年代的生物转盘技术^[9] 和生物接触氧化技术^[10], 70 年代的生物流化床技术^[11], 80 年代的曝气生物滤池技术^[12], 显示出生物反应器内形成生物膜表面积不断扩大, 单位体积的生物量不断增加, 处理效率不断提高的趋势。但是, 100 多年来废水生物脱氮技术虽在不断进步, 但未取得突破性的进展, 脱氮效率总体仍不高, 反应器体积庞大。因此, 研究生物载体结构特性与生物负载量和处理效率的关系, 对开发具有更大表面积的新型生物载体, 大幅提高脱氮效率, 促进技术突破性进步具有重大意义。

2 试 验 方 法

生物载体: 火山岩、陶粒、沸石、活性炭、麦饭石。

试验水质: 在北京自来水中加入葡萄糖和氯化铵, 使 COD 和氨氮质量浓度分别达到

2000mg/L 和 250mg/L，同时加入适量 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} ，用 NaHCO_3 调节 pH 值。采用《水和污水监测分析方法(第四版)》^[6] 标准方法分析水质。

试验装置：曝气生物滤池(Biological Aerated Filter，简称 BAF)，分别以火山岩、陶粒、沸石、活性炭与麦饭石为填料，生物滤池高 3m、内径 90mm、外径 100mm、有效容积 18L、滤料层高 2m。在生物滤池壁垂直方向上设取样口、进水口、出水口、反冲洗出水口，底部安装微孔曝气头，利用转子流量计控制曝气量。试验污水从生物滤池底部进入 BAF，经底部曝气，气水同向，通过滤料层，由滤池上部出水口排出，每 2 天反冲洗一次。

3 结果与讨论

3.1 生物载体结构特征

火山岩、生物陶粒、沸石、活性炭和麦饭石五种生物载体的物化特征如表 1 所示，结果显示：载体的外型大小基本相同，粒径均为 3~5mm。密度不同，活性炭的密度最小，仅为 0.60~1.00g/cm³，低于水的密度；麦饭石的密度最大，达到 2.55g/cm³，五种载体的密度大小顺序为活性炭<火山岩<陶粒<沸石<麦饭石。孔隙率不同，活性炭的孔隙率最大，达到 96.3%；火山岩空隙率最小，仅为 28.6%，五种载体的空隙率大小排序为活性炭>沸石>麦饭石>陶粒>火山岩，如表 1 所示。

表 1 不同载体物化特征

项目	活性炭	沸石	陶粒	火山岩	麦饭石
粒径/mm	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5
密度/(g/cm ³)	0.60~1.00	1.80~2.20	1.56	1.40	2.55
孔隙率/%	96.3	>50.0	33.9	28.6	>40.0

压汞法分析生物载体内孔孔径分布结果如表 2 和表 3。表 2 结果显示，火山岩、陶粒、沸石、活性炭和麦饭石五种生物载体的最可几孔径不同，沸石的最可几孔径最大，达到 16.05μm，大于一般微生物 1μm 的直径，微生物可以进入内孔；陶粒的最可几孔径最小，仅为 0.24μm，小于一般微生物，微生物难以进入内孔；比表面积也明显不同，陶粒最大，达到 2.58m²/g；麦饭石最小，仅为 0.04m²/g。

表 2 不同载体内孔孔径及比表面积

载体名称	最可几孔径/μm	平均孔径/μm	中值孔径/μm	比孔容/(cm ³ /g)	比表面积/(m ² /g)
火山岩	9.23	0.45	1.14	0.05	0.41
陶粒	0.24	0.43	0.53	0.28	2.58
沸石	16.05	0.96	2.64	0.003	0.01
活性炭	3.21	0.62	1.59	0.41	2.46
麦饭石	5.83	1.07	1.07	0.02	0.04

表 3 结果表明，五种载体的孔体积分布也明显不同，孔径小于 1μm 的孔体积占孔总体积的比例分别为 18.3%、58.8%、14.1%、35.9% 和 26.4%，陶粒的最大，沸石的最小。由于微生物直径一般在 1μm 左右，因而内孔直径小于 1μm 的内孔表面一般不能形成生物

膜，因此，内孔直径大于1μm 的孔体积所占比例越高，越有利于微生物形成相应的生物膜。

表 3 不同载体孔体积分布

孔径范围/μm	占孔总体积比例/%				
	火山岩	陶粒	沸石	活性炭	麦饭石
<1	18.3	58.8	14.1	35.9	26.4
1~5	7.8	14.7	8.7	51.8	24.8
5~10	5.3	11.4	0.2	4.4	19.4
10~20	5.9	13.5	19.7	4.6	6.9
20~159.1	62.7	1.6	57.3	3.2	22.4

3.2 不同载体的脱氮效果

生物脱氮主要是利用硝化菌对氨氮的氧化作用，将氨氮转化为高价态的硝态氮和亚硝态氮。图 1 分别是以火山岩、陶粒、沸石、活性炭和麦饭石五种材料为生物载体的 BAF 脱氮结果，废水经过 BAF 处理后，出水氨氮质量浓度均从进水的 250mg/L 降低到 130mg/L 以下，表现出良好的脱氮效果，平均脱氮率分别为 54.5%、45.9%、95.0%、54.9% 和 55.8%，其中沸石的脱氮效果最好，出水氨氮小于 10mg/L。主要原因是在不同载体表面形成的生物膜含有大量的硝化菌，废水中的氨氮通过硝化菌作用转化为高价态的硝态氮和亚硝态氮，从而使出水氨氮降低到 130mg/L 以下；沸石除了表面形成的生物膜具有去除氨氮作用外，自身还具有较强的阳离子交换作用，与废水中 NH₄⁺ 发生离子交换，使氨氮进一步降低。

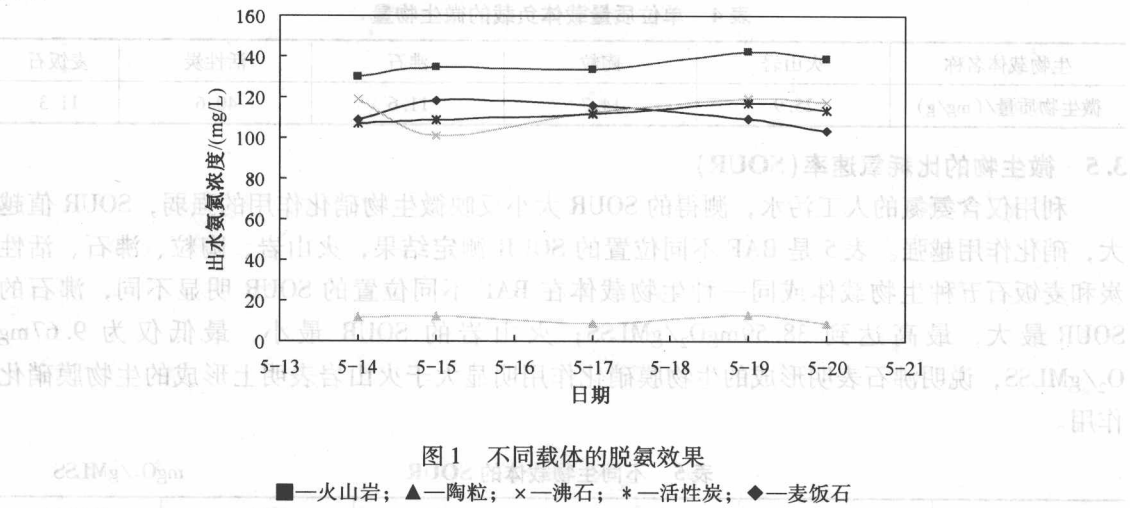


图 1 不同载体的脱氮效果

3.3 不同载体的脱氮效果

生物脱氮主要依靠硝化菌和反硝化菌作用，将废水中的氨氮转化为氮气，从而实现脱氮。以不同材料为生物载体的 BAF 脱氮(TN)效果见图 2，分别以火山岩、陶粒、活性炭与麦饭石四种材料为生物载体的出水 TN 在 150 ~ 180mg/L 之间，脱氮率分别为 35.6%、31.1%、38.2%和 26.6%；以沸石为生物载体的出水 TN 小于 10mg/L，平均脱氮率高达 96.0%，脱氮效果十分优异。主要原因在于：在五种载体表面形成的生物膜，靠近富氧的水体一侧区域含有大量的硝化菌，主要发生硝化反应，将氨态氮转化为硝态氮；靠近缺氧的基

体一侧区域和孔道内含有大量的反硝化菌，主要发生反硝化反应，将氨态氮和硝态氮转化为氮气，从而实现脱氮。沸石同时还具有较强的阳离子交换作用，从而使脱氮效果得到进一步提高。

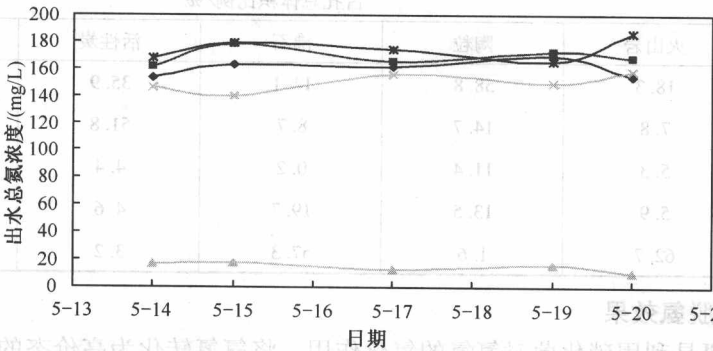


图2 不同载体的脱氮效果

■—火山岩；▲—陶粒；×—沸石；*—活性炭；◆—麦饭石

3.4 不同载体负载的生物量

表4是五种载体负载生物量的测定结果，不同生物载体负载的生物量各不相同，活性炭负载的生物量最多，达到40.6mg/g；火山岩次之，为25.9mg/g，其他三种生物载体负载的生物量较少，均在11.3~14.7mg/g之间，说明载体结构和表面特征与负载的生物量直接相关。

表4 单位质量载体负载的微生物量

生物载体名称	火山岩	陶粒	沸石	活性炭	麦饭石
微生物质量/(mg/g)	25.9	14.7	11.6	40.6	11.3

3.5 微生物的比耗氧速率(SOUR)

利用仅含氨氮的人工污水，测得的SOUR大小反映微生物硝化作用的强弱，SOUR值越大，硝化作用越强。表5是BAF不同位置的SOUR测定结果，火山岩、陶粒、沸石、活性炭和麦饭石五种生物载体或同一种生物载体在BAF不同位置的SOUR明显不同，沸石的SOUR最大，最高达到38.59mgO₂/gMLSS；火山岩的SOUR最小，最低仅为9.67mgO₂/gMLSS，说明沸石表明形成的生物膜硝化作用明显大于火山岩表明上形成的生物膜硝化作用。

表5 不同生物载体的SOUR

取样位置/m	mgO ₂ /gMLSS				
	火山岩	陶粒	沸石	活性炭	麦饭石
0.2	9.67	25.21	31.25	11.25	16.25
0.5	13.78	30.68	38.59	18.36	21.38
0.8	15.62	36.13	36.43	14.83	24.11
1.1	20.39	35.21	30.18	16.52	28.54
1.4	16.85	31.25	28.59	20.59	24.36
1.7	13.22	28.14	29.61	15.32	19.83

3.6 载体结构与脱氮关系

表6是不同生物载体结构特征、生物负载量和污水处理效果的试验结果,结果显示:载体负载的生物量与载体比表面积和孔径大小直接相关,当载体孔径适于微生物生长时,负载的生物量随比表面积增大而增加,如火山岩与沸石,两者孔径分布相似,分别为20~159.1 μm 和10~159.1 μm ;比表面积不同,分别为0.41 m^2/g 和0.01 m^2/g ;因而负载的生物量不同,分别为25.9 mg/g 和11.6 mg/g ,火山岩负载的生物量是沸石的2.23倍;当比表面积相同时,负载的生物量随孔径分布不同而不同,如陶粒与活性炭,比表面积非常接近,均为2.5 m^2/g 左右;孔径分布不同,分别为小于1 μm 和在1~20 μm 之间;负载的生物量不同,分别为14.7 mg/g 和40.6 mg/g ,陶粒负载的生物量仅是活性炭的36%。从表6还可以看出,载体的脱氨氮效果与负载的生物量直接相关,生物量越多,效果越好,如活性炭和麦饭石两种材料,活性炭负载的生物量为40.6 mg/g ,脱氨氮率和脱TN率分别达到82.2%和73.7%;麦饭石负载的生物量为11.3 mg/g ,脱氨氮率和脱TN率仅为64.5%和50.1%,说明载体结构是影响生物脱氨氮效果的关键因素,要提高生物方法脱氨氮效果和效率,应选择孔径在1~20 μm 、比表面尽可能大的材料作为生物载体。

表6 不同生物载体结构特性和脱氮性能比较

项 目	火山岩	陶粒	沸石	活性炭	麦饭石
比表面积/(m^2/g)	0.41	2.58	0.01	2.46	0.04
孔径分布范围/ μm	20.0~159.1	<1.0	10.0~159.1	1.0~20.0	较分散
微生物负载质量/(mg/g)	25.9	14.7	11.6	40.6	11.3
氨氮脱除率/%	74.8	72.9	73.3	82.2	64.5
TN脱除率/%	55.4	53.9	66.2	73.7	50.1

4 结 论

(1) 不同载体结构特征不同。密度大小顺序为活性炭<火山岩<陶粒<沸石<麦饭石,空隙率大小顺序为活性炭>沸石>麦饭石>陶粒>火山岩;沸石最可几孔径最大、达到16.05 μm ,陶粒最可几孔径最小、仅为0.24 μm ;孔径大于1 μm 的孔体积占孔总体积比例,活性炭的最大,达到85.9%,陶粒的最小,仅为41.2%。

(2) 不同载体的脱氮效果不同。沸石的脱氨效果和脱总氮效果最好,可将出水氨氮和TN从250 mg/L 降低到10 mg/L 以下,脱氨氮率达到95%、脱TN率达到96%,其他四种载体的脱氮效果基本相当。

(3) 不同载体负载的生物量和SOUR不同。活性炭负载的生物量最多,达到40.6 mg/g ,火山岩次之,为25.9 mg/g ,其他三种载体负载的生物量较少,均在11.3~14.7 mg/g 之间。沸石作载体的SOUR最大,最高达到38.59 $\text{mgO}_2/\text{gMLSS}$;火山岩的SOUR最小,最低仅为9.67 $\text{mgO}_2/\text{gMLSS}$;

(4) 载体结构决定负载的生物量,生物量决定脱氮效果。当载体孔径适于微生物时,负载的生物量随比表面积增大而增加;当比表面积相同时,负载的生物量随孔径分布不同而不同;载体负载的生物量越多,脱氨和脱氮效果越好;要提高生物方法脱氮效果,载体孔径应

为 $1 \sim 20 \mu\text{m}$, 比表面尽可能大。

参 考 文 献

- 1 翟伟. 大孔生物载体应用于高氨氮废水的研究[D]. 北京: 石油化工科学研究院硕士学位论文, 2010.
- 2 Heide. Principals and development of the oxidation ditch Process[J]. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, 1991.
- 3 Van der Graaf J H J M. European water Pollution Control, 1992, 12(4).
- 4 Rittmann B E and Langeland W E. Water Pollution Fed, 1985, 57(4).
- 5 Hellinga C, Sehellens A A J C, Mulder J W, et al. Water Science Tech, 1998, 37(9): 135 ~ 142.
- 6 Mulder A, Van de Graaf AA, Robertson LA. FEMS Microbiology Ecology, 1995, 16(3): 177 ~ 184.
- 7 Schmidt L, Sliemers O, Schxnd M, et al. FEMS Microbiology, 2002, 13(19): 1 ~ 7.
- 8 Turk O, Mavinic D. Water Res, 1989, 2(11): 1383 ~ 1388.
- 9 Rittman B E, Mclarty P L. Environmental biotechnology: principles and applications[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002. 541 ~ 456.
- 10 ZHANG Jie (张杰), CAO Kailang (曹开朗). China Water and Wastewater (中国给水排水), 2001, 17(3): 20 ~ 21.
- 11 邓洪权, 蒋琪英. 中国给水排水, 2003, 19(8): 48 ~ 49.
- 12 Kim K S, Cho K M, Choi H, et al. Wat Sci Tech, 2000, 42(3 ~ 4): 199 ~ 206.

NO.0	0A.2	10.0	82.2	14.0	(g/m^3) 比表面
填充物	0.02 ~ 0.1	1.021 ~ 0.01	0.1	1.021 ~ 0.02	(m^2/g) 比表面
6.11	0.04	0.11	1.11	0.02	(g/m^3) 比表面
2.46	0.08	0.02	0.02	0.02	(g/m^3) 比表面
1.02	0.02	0.02	0.02	0.02	(g/m^3) 比表面

参 考 文 献

- 1 翟伟. 大孔生物载体应用于高氨氮废水的研究[D]. 北京: 石油化工科学研究院硕士学位论文, 2010.
- 2 Heide. Principals and development of the oxidation ditch Process[J]. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, 1991.
- 3 Van der Graaf J H J M. European water Pollution Control, 1992, 12(4).
- 4 Rittmann B E and Langeland W E. Water Pollution Fed, 1985, 57(4).
- 5 Hellinga C, Sehellens A A J C, Mulder J W, et al. Water Science Tech, 1998, 37(9): 135 ~ 142.
- 6 Mulder A, Van de Graaf AA, Robertson LA. FEMS Microbiology Ecology, 1995, 16(3): 177 ~ 184.
- 7 Schmidt L, Sliemers O, Schxnd M, et al. FEMS Microbiology, 2002, 13(19): 1 ~ 7.
- 8 Turk O, Mavinic D. Water Res, 1989, 2(11): 1383 ~ 1388.
- 9 Rittman B E, Mclarty P L. Environmental biotechnology: principles and applications[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002. 541 ~ 456.
- 10 ZHANG Jie (张杰), CAO Kailang (曹开朗). China Water and Wastewater (中国给水排水), 2001, 17(3): 20 ~ 21.
- 11 邓洪权, 蒋琪英. 中国给水排水, 2003, 19(8): 48 ~ 49.
- 12 Kim K S, Cho K M, Choi H, et al. Wat Sci Tech, 2000, 42(3 ~ 4): 199 ~ 206.

利用双膜技术处理污染地下水

刘俊萍 赵雪峰

(中国石化齐鲁分公司供排水厂, 淄博 255410)

【摘要】 为了防止受到污染的堆泉水扩散至大型水源地, 利用超滤、反渗透膜处理受到污染的地下水, 送至热电厂用作锅炉补水, 取得了良好的经济、环境和社会效益。

1 前言

由于历史原因, 堆泉水源受到有机物和盐类的污染, 为防止污染扩散至大型水源地, 齐鲁石化公司应淄博市政府要求, 强采 $800\text{m}^3/\text{h}$, 送入污水处理场处理。2005 年 11 月合成树脂产品结构调整技术改造, 乙烯污水回用堆泉 1[#]、2[#]井强排水回收利用工程建设投用, 处理规模为 $220\text{m}^3/\text{h}$, 经预处理、超滤和反渗透处理后达到锅炉用水指标, 装置产水供给热电厂用于锅炉补水。

2 装置介绍

2.1 工艺流程

如图 1, 受污染地下水经原水池由原水泵提升至多介质过滤器, 通过其进水管投加高效絮凝剂, 采用微絮凝过滤方式, 使水中部分悬浮物、有机物、细菌、油和胶体变成微絮体等在无烟煤和石英砂滤层中截留而去除, 再经超滤进一步去除大分子有机物、胶体、细菌等, 确保出水满足反渗透的进水要求, 即 $\text{SDI} \leq 3.0$ 、浊度 $\leq 0.5\text{NTU}$ 。

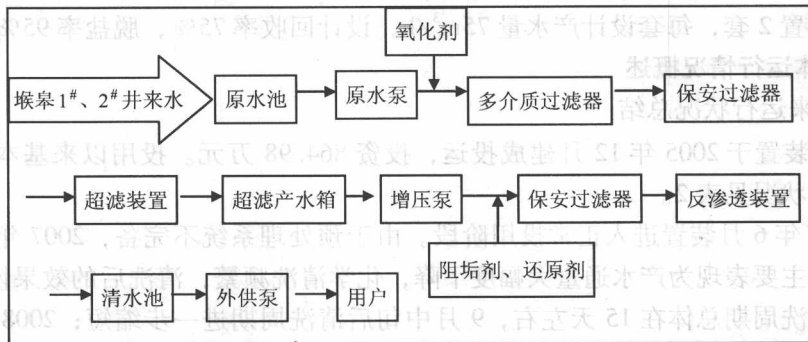


图 1 处理污染地下水工艺流程

超滤产水进入超滤产水箱，再经增压泵提升进入反渗透装置，去除 95% 以上的溶解固体(TDS)、硬度等。针对原水的特点，在多介质过滤器前投加絮凝剂、氧化剂，在反渗透的进水中投加还原剂、阻垢剂。絮凝剂用于使水中的细小悬浮物、胶体、部分有机物等形成絮状体，在多介质过滤器中给予去除；氧化剂用于杀灭水中的细菌和微生物；还原剂用于还原进入反渗透的水中的氧化性物质，保护反渗透膜不被氧化；阻垢剂用于防止反渗透膜结垢。

2.2 设计主要技术参数

(1) 设计进出水水质

表 1 设计依据原水水质指标及设计出水指标

设计时依据原水指标			设计出水指标		
项 目	单 位	平 均	项 目	单 位	出水水质
总碱度	mmol/L	5.66	总碱度	mmol/L	≤ 0.2
永硬	mmol/L	5.63	永硬	mmol/L	≤ 0.2
总硬	mmol/L	11.31	总硬	mmol/L	≤ 0.4
COD _{Mn}	mg/L	5	COD _{Mn}	mg/L	≤ 0.5
含油量	mg/L	4.65(紫外法)	含油量	mg/L	≤ 0.1
SO ₄ ²⁻	mg/L	130.47	SO ₄ ²⁻	mg/L	≤ 4
Cl ⁻	mg/L	165	Cl ⁻	mg/L	≤ 5
SiO ₃ ²⁻	mg/L	17	SiO ₃ ²⁻	mg/L	≤ 0.5
Ca ²⁺	mg/L	178.95	Ca ²⁺	mg/L	≤ 6
Mg ²⁺	mg/L	32.62	Mg ²⁺	mg/L	≤ 1
Na ⁺	mg/L	23	Na ⁺	mg/L	≤ 1
NH ₄ ⁺	mg/L	1.12	NH ₄ ⁺	mg/L	≤ 0.1
Fe ³⁺	mg/L	1.43	Fe ³⁺	mg/L	≤ 0.1
电导率	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1366.67	电导率	$\mu\text{S}/\text{cm}$	≤ 50.00
溶固	mg/L	855.5	溶固	mg/L	≤ 35

(2) 主要单元技术参数

多介质装置 3 套，每套设计处理量 72m³/h；

超滤装置 2 套，每套设计处理量 108m³/h，设计回收率 92%；

反渗透装置 2 套，每套设计产水量 75m³/h，设计回收率 75%，脱盐率 95% 以上。

2.3 装置总体运行情况概述

2.3.1 投用以来运行状况总结

2[#]回用水装置于 2005 年 12 月建成投运，投资 864.98 万元。投用以来基本可以分为四个阶段，运行状况见表 2。

(1) 2006 年 6 月装置进入正常投用阶段。由于预处理系统不完备，2007 年 1 月超滤系统严重污堵，主要表现为产水通量大幅度下降，化学清洗频繁，清洗后的效果恢复差，5 月份以后化学清洗周期总体在 15 天左右，9 月中旬后清洗周期进一步缩短；2008 年 6 月更换为抗污染超滤膜，已运行 4 年，化学清洗周期在 1~2 个月，最长达到接近 4 个月，主要是清洗后恢复状况良好。