

氧化沟处理煤矿低浓度生活污水 运行控制技术探讨

周金平¹, 周如禄²

(1. 兖州煤业股份有限公司 济三煤矿, 山东济宁, 272069;
2. 煤炭科学研究总院 杭州环保研究院, 浙江杭州, 311201)

摘要: 本文给出了济三煤矿生活污水水量和水质情况, 以及采用卡鲁塞尔氧化沟处理该低浓度生活污水的工艺流程和特点。详细描述了实际运行过程中培养和驯化适应低浓度生活污水优势菌种的几个步骤, 以及防止和控制污泥膨胀和老化的方法。运行试验结果表明: 采用污泥回流比 150%、控制氧化沟末端溶解氧(DO) 1.5 mg/L, 能取得最佳的 COD_{Cr} 去除率和总氮(TN)去除率, 分别为 76.7% 和 79.8%。

关键词: 氧化沟; 生活污水; 脱氮; 污泥膨胀

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2011)05-0036-04

DISCUSSION ON OPERATION CONTROL TECHNOLOGY OF DOMESTIC WASTEWATER WITH LOW CONCENTRATION BY OXIDATION DITCH IN JISHAN COAL MINE

ZHOU Jin-ping¹, ZHOU Ru-lu²

(1. Jisan coal mine, Yanzhou Coal Mining Company Ltd., Jining 272069, China; 2. Hangzhou Institute for Environmental Protection, China Coal Research Institute, Hangzhou 311201, China)

Abstract: This paper presents the conditions of water quantity and quality of domestic sewage in Jisan coal mine, the process flow diagram and the characteristics to treat the sewage with low concentration by Carrosel oxidation ditch. The paper also describes the steps in detail to cultivate and domesticate dominant bacteria, which could adapt domestic sewage with low concentration, and the methods to prevent and control activated sludge bulking and aging. The results of operating tests indicated that the optimal removal rate of COD_{Cr} of 76.7% and TN of 79.8% could be achieved under return sludge ratio of 150% and DO concentration of 1.5 mg/L at the end of oxidation ditch.

Keywords: oxidation ditch; domestic sewage; nitrogen removal; sludge bulking

济三煤矿位于山东省济宁市任城区, 西邻微山湖, 数量 7 000 人, 生活污水量为 4 500 m³/d 左右, 主要由洗浴污水、办公场所卫生间污水、食堂污水等部分组成, 其中洗浴污水约占 50% 为 2 250 m³/d 左右, 卫生间污水约占 30% 为 1 300 m³/d 左右。济三煤矿生活污水水质和典型的城镇生

活污水水质相比, 有机物含量较低, 一般 COD_{Cr} 80~150 mg/L, BOD_5 30~60 mg/L, $NH_4^+ -N$ 5~10 mg/L, TN 6~15 mg/L, 属于低有机物含量、低 C/N 生活污水。

氧化沟又名氧化渠、连续循环曝气池, 是一种呈封闭状沟渠形的水处理构筑物。氧化沟技术是上个世纪五十年代由荷兰 A. Pasveer 开发的生物

处理法。采用倒伞型表曝机曝气的卡鲁塞尔(Carrousel)氧化沟工艺处理煤矿生活污水,不需要设置初沉池,工艺流程简单、维护方便、剩余污泥量少,在降解有机物的同时,还能够有效地降低污水中氮和磷的含量。

由于济三矿区地处南水北调东线工程重点保护区域内,要求外排水质指标达到《地表水环境质量标准》GB3838-2002中的Ⅲ类水质标准,即 $COD_{Cr} \leq 20 \text{ mg/L}$, $BOD_5 \leq 4 \text{ mg/L}$, 氨氮 $\leq 1 \text{ mg/L}$ 。因此,采用 Carrousel 氧化沟处理济三煤矿生活污

水,必须在运行过程中采取必要的控制技术,培养和驯化能适应低碳源、低营养环境中的优势菌种,控制污泥回流比和氧化沟内的溶解氧(DO),防止和控制污泥膨胀和老化,保持污泥的活性,从而确保出水水质。

1 工艺流程及特点

1.1 工艺流程

济三煤矿生活污水处理规模 4 500 m³/d, 工艺流程如图 1 所示。

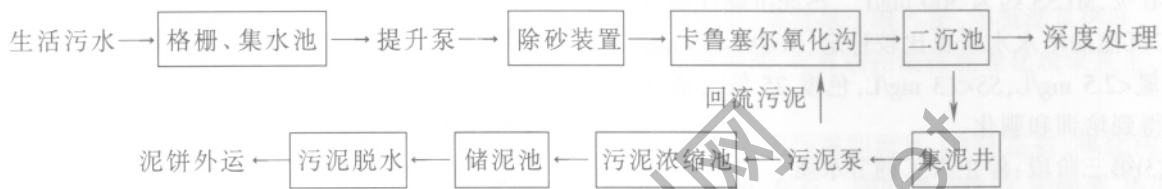


图1 生活污水处理工艺流程

生活污水经格栅拦截漂浮污物后自流进入集水池,集水池内污水经提升泵提升后进入旋流曝气除砂装置,出水自流入卡鲁塞尔氧化沟,氧化沟出水自流进入二沉池,二沉池出水入深度处理系统。二沉池内的污泥靠重力排入集泥井,回流污泥泵将回流污泥提升入氧化沟,剩余污泥泵将剩余污泥提升入污泥浓缩池,浓缩后的污泥入储泥池,储泥池内污泥经池内搅拌机均质后由脱水机房内的螺杆泵打入带式压滤机,压滤后的泥饼外运。

1.2 工艺特点

(1)卡鲁塞尔氧化沟结构简单,利用倒伞型表曝机,可使用较深的水深,减少占地面积。

(2)卡鲁塞尔氧化沟水力停留时间长、泥龄长和循环稀释水量大,污水进入氧化沟即被混合、稀释,能承受水量、水质的冲击负荷,具有较强的耐冲击能力。

(3)剩余污泥量少、性质稳定。由于氧化沟泥龄长,一般为 20~30 d,污泥在沟内已好氧稳定,污泥产量少,运行费用低。

(4)不设初次沉淀池,流程简单,易于实现自动控制,处理效果好,运行管理方便。

2 运行控制技术

2.1 培养和驯化适应低浓生活污水的优势菌种

Carrousel 氧化沟工艺是活性污泥法的一种变型,活性污泥是污水处理的主体。由于济三煤矿生

活污水中有机物浓度低,碳源严重不足,造成氧化沟中活性污泥上由细菌、真菌、藻类、原生动物和其它动物构成的贫瘠型的食物链耐冲击能力差、稳定性差。因此,必须培养和驯化适应低浓生活污水的优势菌种,才能保障出水水质。

(1)第一阶段:保持原城市生活污水的浓度

在生活污水进水量 2 500 m³/d 保持不变的情况下,在氧化沟内投加邹城市污水处理厂的活性污泥作为接种污泥,连续 20 d 并每天加入 50 kg 面粉、20 kg 尿素、10 kg 过磷酸钙,模仿原城市污水的进水水质 COD_{Cr} 约 500 mg/L, NH_4^+-N 约 30 mg/L, SS 约 80 mg/L,色度 70 倍。每天观察氧化沟的生物相,结果发现:原生动物、轮虫类微型动物、木盾纤虫属作为活性污泥法中最易受到影响的指标性生物的活性逐渐将低、数量也逐渐变少,这说明在新的环境中不适者被淘汰的情况正在发生,但累枝虫、木盾纤虫、裂口虫、钟虫等代表活性污泥向好的后生动物的活性、数量基本不变,30 min 污泥沉降比(SV30)基本维持在 10 %左右、混合液悬浮固体浓度(MLSS)约为 800 mg/L,污泥沉降性能良好,二沉池的出水水质也比较好(COD_{Cr} $80 \leq 30 \text{ mg/L}$, $NH_4^+-N < 2 \text{ mg/L}$, $SS < 20 \text{ mg/L}$,色度 20 倍)。

(2)第二阶段:进水浓度逐渐控制在原城市生活污水的浓度的 1/2

每天加入 25 kg 面粉、10 kg 尿素、5 kg 过磷酸钙,进水量由以前的 2 500 m³/d 变为 1 500 m³/d,然后每天逐步增加 50 m³ 污水,持续 20 d 从 1 500 m³/d 递加至 2 500 mm³/d,此阶段连续观察活性污泥的生物相和检测二沉池的出水情况。结果发现主要微生物(菌类和少量的纤毛虫类的微生物)、原生动物和后生动物的活性都有所降低,数量也逐渐减少。但在水量递加至 2 500 mm³/d 以后的 20 d 时间段里,部分细菌、原生动物、后生动物的种类、数量、活性等变化很小,SV30 基本维持在 4~6%,MLSS 约为 500 mg/L,污泥沉降性能良好,二沉池的出水水质也比较稳定(COD_{Cr} <35 mg/L、氨氮<2.5 mg/L,SS<13 mg/L,色度 25 倍),活性污泥得到驯化和驯化。

(3)第三阶段:停止人工调节水质

此阶段进水调为原始进水,不再进行人工调节,营养物质比较贫瘠。为保证驯化的顺利进行,对进水量按设计量的 20%、40%、60%等逐步递加(每十天递加一次)的程序进行培养和驯化。当进水量维持在设计处理水量(4 500 m³/d)20 天后,污泥 SV30 为 3%左右,微生物较活跃,镜检发现有大量纤毛虫出现,如树状聚缩虫、圆筒盖纤虫和小盖纤虫等。随着时间的推移,生物相也有很大的变化,主要原生动物和大量的微型后生动物开始出现。氧化沟中 MLSS 约为 200 mg/L,二沉池的出水水质逐渐变好(COD_{Cr} <25 mg/L、氨氮<2 mg/L,SS<12 mg/L,色度 20 倍),整个氧化沟处理系统趋于稳定。

2.2 活性污泥异常控制技术

(1)污泥膨胀控制技术

济三煤矿生活污水 C/N 比不稳定,平时 C、N 含量都较少,由于丝状菌体储备营养物稀少、表面积大,在稀溶液中争夺营养物质的能力强,更适合于贫瘠环境生长,丝状菌的数量超过菌胶团细菌易导致丝状菌污泥膨胀,发生丝状菌膨胀时,活性污泥沉降性能差,污泥体积指标(SVI)值高,氧化沟表面有细微泡沫,二沉池出水悬浮物增加,导致出水 COD_{Cr} 偏高。

为防止丝状菌污泥膨胀,Carrousel 氧化沟在日常运行过程中根据观察活性污泥性状情况,及时调整运行工况,杜绝丝状菌污泥膨胀现象的发生。当活性污泥絮体在 0.1~0.2 mm 以下,且豆形虫、肾形虫、草履虫、瞬目虫、波豆虫、屋滴虫等成

为优势原生动物的时,就要采取措施,及时制止污泥膨胀的发生。具体做法为:①补 N,尿素或含氮量高的化粪池上清液;②补 P,磷酸钠,尽量使 BOD_5 :N:P 接近 100:5:1;③投加少量混凝剂聚合氯化铝铁。济三煤矿生活污水处理厂运行以来,曾出现过两次膨胀现象,通过适当增加 C、N、P 等营养物质,再配以投加少量聚合氯化铝铁混凝剂,及时抑制了污泥膨胀,出水悬浮物浓度随之下降,从而保证了二沉池的出水水质。

(2)污泥老化控制技术

正常情况下的活性污泥的各项性能指标应控制在一定范围内,当污泥发生解絮,污泥主体下沉速度加快,同时上清液中有大量细小漂泥存在,出水浑浊,出水严重超出正常范围时,应考虑发生了污泥老化。

判断污泥老化最直接的指标是 SVI,反映污泥的疏散程度。老化污泥因泥龄长,积聚过多的代谢物,造成无机成分高,泥粒细小紧密,导致灰分偏高。另外,老化污泥凝聚性差,微小细碎泥粒为轮虫提供大量食料导致轮虫恶性繁殖。另外污泥龄过长是污泥发生老化的又一原因。

济三煤矿生活污水属于营养贫瘠型的污水,该污水保持较长泥龄,处理效果较好,污泥量少;但泥龄太长,易使污泥老化,影响沉淀效果。济三煤矿生活污水处理厂运行以来,污泥龄一般保持在 15~30 d,曾发生过一次污泥老化情况,在二沉池中出现黑色成块的浮泥,通过采取减少曝气量,并用吸泥泵排除二沉池的底部积泥,然后将污泥回流量、排泥量和曝气量都恢复正常运行状况,一周之后二沉池出水恢复了正常。

2.3 污泥回流比关键因子控制技术

济三煤矿的生活污水缺少充足的碳源,而且 C/N 比也不高,这个水质条件不利于脱氮的完成,但通过改变 Carrousel 氧化沟脱氮的关键因子之一污泥回流比,可以实现最佳的脱氮效果。

分别采用 50%、100%、150%、200%、250% 五种污泥回流比进行对比试验,氧化沟水力停留时间(HRT)为 16 h,表曝机变频器为 28 Hz,氧化沟末端溶解氧(DO)控制在 1.5~2.0 mg/L。污泥回流比与氨氮和总氮去除率之间关系见表 1。

从表 1 可以看出,污泥回流比从 50%到 250%以每次 50%的递增时,系统的氨氮去除率和总氮去除率呈现出先增大然后减小的趋势,当回

表 1 污泥回流与氨氮和总氮去除率之间关系

回流比 (%)	进水 NH_4^+-N (mg/L)	出水 NH_4^+-N (mg/L)	NH_4^+-N 去除率 (%)	进水 TN (mg/L)	出水 TN (mg/L)	TN 去除率 (%)
50	6.23	2.25	63.8	7.75	3.02	61.03
100	6.45	1.69	73.8	8.15	3.34	60
150	5.98	1.10	81.6	7.07	1.71	76.0
200	6.15	1.64	73.3	7.20	2.25	68.7
250	6.32	2.30	63.6	7.91	3.55	55.1

流比为 150%时,系统的氨氮去除率和总氮去除率
达到最大,分别为 81.6%和 76%。

2.4 溶解氧(DO)关键因子控制技术

表 2 氧化沟末端 DO 与 和 TN 去除率之间关系

DO (mg/L)	进水 COD_{Cr} (mg/L)	出水 COD_{Cr} (mg/L)	去除率 (%)	进水 TN (mg/L)	出水 TN (mg/L)	TN 去除率 (%)
0.5	113.6	43.5	61.7	7.55	3.12	58.7
1.0	98.4	38.6	60.8	8.20	3.32	60.1
1.5	105.2	24.5	76.7	7.56	1.53	79.8
2.0	85.9	23.8	72.2	7.86	2.42	69.2
2.5	94.6	37.4	60.4	7.44	2.62	64.8

氧化沟 HRT 为 16 h,污泥回流比为 150%,在
氧化沟内生物相不出现大的变动的情况下,通过变
频器改变曝气机的转速从而改变曝气量,以控制氧
化沟末端 DO,分析 的去除效率和脱氮效率,氧化
沟末端 DO_{Cr} 与 和 TN 去除率之间的关系见表 2。

从表 2 可以看出,氧化沟末端的 DO 浓度变
对 和 TN 的去除率影响比较大,当 DO 为 1.5mg/L
时 COD_{Cr} 去除率和 TN 去除率都最佳,分别为
76.7%和 79.8%。

(上接第 60 页)

5 结束语

将专家帮助和故障诊断等人工智能技术应用
于湿式石灰石-石膏法烟气脱硫系统中,可帮助运
行人稳定和优化电厂脱硫设备的运行管理,提
供运行维护水平。其专家帮助和故障诊断系统对
火电厂的智能化发展有着重大的理论意义和广阔
的应用前景。

参考文献

3 结论

(1)采用卡鲁塞尔氧化沟处理济三煤矿低浓
度生活污水,工艺简单,易于实现自动控制,操作
管理方便。

(2)由于济三煤矿生活污水中有机物浓度较
低,C/N 较低,因此,培养和驯化适应低浓度煤矿
生活污水的优势菌种,是保障氧化沟运行稳定的
关键。

(3)通过适当增加原水 C、N、P 营养物质,再
配以投加少量的絮凝剂,可以有效抑制污泥膨胀
现象发生。通过减少曝气量,用吸泥泵排除二沉池
的底部积泥,可有效控制污泥老化现象发生,确保
出水水质。

(4)采用污泥回流比 150%左右、氧化沟末端
 $DO_{1.5}$ mg/L 左右,能取得最佳的去除率 76.7%和
TN 去除率 79.8%。

参考文献

[1]周如禄.氧化沟技术处理煤矿生活污水的应用前景[J].煤矿环境
保护,1992;(2)29-33.
[2]周如禄,孙勇,马广田.卡鲁塞尔氧化沟在兴隆庄煤矿生活污水
处理中的应用[J].能源环境保护,2004(4):24-26.
[3]魏德江,周如禄.煤矿生活污水处理厂自动控制系统设计[J].煤
炭科学技术,2004(7):38-40.
[6]高守有,彭永臻,胡开红等.氧化沟工艺及其生物脱氮原理[J].哈
尔滨商业大学学报,2005(4):435-439
[5]国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4 版.北京:中
国环境科学出版社,2002.
[6]李探微,彭永臻,陈志根等.活性污泥法的生物泡沫的形成和控
制[J].中国给水排水,2001,17(4):73-76.

[1] ZHAO Yi, FU Yan-chun, MA Shuang-chen, HUANG Jian-jun.
Experimental study on the simultaneous desulfurization and denitrifica-
tion by duct injection. Environmental Science,2004,16(4):674-677.
[2] 曾华庭,杨华,马斌,王力著.湿法烟气脱硫系统的安全性及优化.
北京:中国电力出版社,2003
[3] 周至祥,段建中,薛建明编著.火电厂湿法烟气脱硫技术手册.北
京:中国电力出版社,2006
[4] 蔡自兴,[美]约翰·德尔金,龚涛.高级专家系统原理、设计及应
用.北京:科学出版社,2005.2~3
[5] 敖志刚,人工智能与专家系统导论.合肥:中国科技大学出版社.
2002:6-11.