

Study on Application of Two-Stage Bio-Contact Oxidation Technology in Municipal Wastewater Treatment in Extreme Cold Altiplano Areas

CUI Hai-wei, SUN Ji-chao, WANG Jin-cui, ZHANG Yu-xi, ZHANG Ying, HUANG Guan-xing,
LIU Jing-tao, CHEN Xi, ZHANG Yuan-jing, XIANG Xiao-ping, JING Ji-hong
(The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology Cags, Shijiazhuang 050061, China)
pangzi_cui@163.com

Abstract: Following the introduction of the wastewater and correlated project's characteristic, and the problems we should be observing when choosing the Extreme Cold Altiplano Areas' wastewater treatment Technology, we gave some suggestion against key design parameters. The Two-stage Bio-contact Oxidation Technology has been applied in wastewater treatment works in north suburb of Dongsheng Area, E'erdusi City. The applying result indicated: if average values of COD、BOD₅ and SS are 483.2mg/L、244.4mg/L and 258.4mg/L respectively when the inflow wastewater lasted 10 days, outflow water's average values are 57.1mg/L、23.8mg/L and 26.5mg/L at about 12°C, and removal rates of contamination are up to 88.2%、90.3% and 89.7% respectively, from which we can see that this technology's application gain very preferable effect. This successful project provided use for reference for other same style wastewater treatment works for future.

Keywords: Two-stage Bio-contact Oxidation Technology; Extreme Cold Altiplano Areas; Municipal wastewater; Filling

二段生物接触氧化工艺在高寒地区处理市政污水的应用研究

崔海炜, 孙继朝, 王金翠, 张玉玺, 张英, 黄冠星, 刘景涛,
陈玺, 张媛静, 向小平, 荆继红
(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061)
pangzi_cui@163.com

摘要: 介绍了高原寒冷地区(以下简称高寒地区)的污水特点和工程特点, 指出在高寒地区污水处理工艺选择应注意的问题, 并对关键设计参数提出了参考建议, 最后结合二段生物接触氧化工艺特点在鄂尔多斯市东胜区北郊污水处理厂进行工程应用, 结果表明: 污水温度在 12°C 左右, 连续 10 天进水 COD、BOD₅ 和 SS 平均值分别为 483.2mg/L、244.4mg/L 和 258.4mg/L 情况下, 出水水质平均分别为 57.1mg/L、23.8mg/L 和 26.5mg/L, 污染物平均去除率分别达到 88.2%、90.3% 和 89.7%, 取得了较好的运行效果, 同时工程的成功实施也为今后其他同类污水处理厂的建设提供了参考和借鉴。

关键词: 二段生物接触氧化工艺、高寒地区、市政污水、填料

高寒地区冰冻季节寒冷, 污水温度低, 生物活性不够; 同时高原地区气压较低, 空气稀薄含氧量低, 好氧微生物氧源不足。这就要求在高寒地区污水处理工艺选择中, 不仅要考虑水质水量

波动对工艺的影响, 更要考虑污水温度及大气供氧能力对工艺的影响, 在设计时应采取适当的技术措施, 保证高寒地区市政污水厂更加简便稳定的运行。

1 高寒地区污水特点

(1) 水质复杂。该地区毛纺织企业很发达, 排

基金项目: 中国地质科学院水文地质环境地质研究所基本科研业务费专项经费资助 (SK200902)。

入市政下水道的洗毛废水较多,污水中含有大量的羊毛、羊绒、羊毛油脂等,特别是大量的羊毛、羊绒会在处理构筑物中集存,影响系统处理能力,严重时破坏整个处理系统的运行。高寒地区蔬菜种植较少,价格较贵,再加上环境寒冷,人体需要热量较多,因此居民多以肉食为主,同时居民用水量相对较小,洗浴用水少,且地下水位较深,部分污水在市政管网中渗出,故水质较差,含油多,水质复杂。

(2)水温低。污水管道中的水温是受外界气温影响的,低温地区污水普遍较高温地区污水温低,一般低温地区市政污水温度在 12°C 左右,少数会低于 8°C 。水温是影响污水处理厂活性污泥中微生物个体生长繁殖、新陈代谢及生物种群分布和数量的重要生态因子,低温会导致污泥中生物数量减少、活性降低、有机物分解能力减弱,从而影响污水处理厂对污染物质的降解效果^[1, 2]。因此,低温条件下污水处理厂的调试和运行始终是城市污水处理中的一个难题。

(3)含氧量低。海拔越高空气越稀薄,同体积空气所含各种气体的有效量都会相应减少,这样空气中氧含量低,溶解进入水中的氧气就更少了;而且海拔越高气压越低,而氧的转移受气压的影响,气压降低,氧分压也随之下降,这样气液界面与液相主体之间的氧饱和差就下降,这样氧转移进污水的能力就越差,因此高原地区污水含氧量低。

(4)水量变化大。该区属于小城市,居民用水较集中于早晚,且该地区冬季昼短夜长,所以白天的污水排放较集中且水质较复杂,而夜间污水量较少且水质较清洁,因此昼夜水量水质变化较大,易对污水处理系统产生水质水量冲击。

2 高寒地区工程特点

2.1 工艺选择要点

高原低温条件下污水处理厂工艺选择应慎重,所选工艺建议满足以下条件:

(1)寒冷时节厂区设备检修维护非常困难,工艺选择时应优先选择设备较少或者设备能够集中放置于设备间或管廊中的工艺,慎选过多设备安装在污水中的工艺。

(2)低温下微生物降解有机物能力明显下降,所以在工艺选择中应优先选择生化池内高生物量、低污泥负荷的污水处理工艺,以保证生化池

维持较高的生物量。

(3)高寒地区冬季市政污水水量水质波动较大,选择工艺应具有很好的抗冲击负荷能力。

(4)高原地区供氧方式的选择非常关键,高原地区气压低,空气缺氧,机械曝气方式很难保证有效的供氧能力,应慎选采用机械曝气供氧的工艺,推荐采用鼓风曝气的工艺,以保证供氧能力。

(5)高寒地区生物膜法处理污水比活性污泥法更稳定,效果更理想,在工艺选择时宜优先考虑生物膜法工艺。

2.2 参数选择要点

由于特殊的气候条件,高寒地区市政污水厂设计中设计参数的确定必须慎重,主要参数建议符合以下要求:

(1)适当降低污水处理构筑物有机负荷和表面负荷设计参数。

(2)池体设计应满足保温要求,建议有效池体尽量设于地下。

(3)池型设计应适当减小池体的平面面积,适当加大池体竖向尺寸。

(4)为保障生化池较高的生物量,应适当增加污泥回流系统。

(5)供氧方式采用鼓风曝气,适当加大鼓风机供氧参数,必要时可以考虑对鼓风机进风加温,以提高污水温度。

(6)所有设备及管阀宜设置于设备间或管廊中,否则部分设备及管阀必须考虑保温措施,以防低温破坏污水处理系统正常运行,而且会增加设备检修维护的难度。

(7)所有设备操作平台和构筑物通道宜采用带孔眼或网格板体,不宜采用水泥或钢等平板,以保证冰冻时节设备操作或通行安全。

3 二段生物接触氧化工艺特点

(1)生物活性高。曝气装置设在填料下面,不仅供氧充足,而且对生物膜起到了扰动作用,加速了生物膜的更新,使生物膜活性提高。

(2)容积负荷高,处理时间短,占地面积少。本工艺污泥浓度可高达 $10\text{--}20\text{g/l}$,因此大大提高了容积负荷,使污水处理工艺更趋高效,节约了投资和占地面积。

(3)抗负荷冲击能力强。本工艺有很好的抗冲击负荷能力,对COD负荷变化适应能力非常强,在接近2倍最大负荷的原水冲击下,出水COD仍

然达标^[3]。

(4)动力消耗低。由于接触氧化池填充了填料，增加了氧、微生物、有机质的传质效率，从而降低能耗。

(5)无污泥膨胀现象。好氧池中通常生长一定量丝状菌，它具有氧化分解有机物能力强而沉淀性能差的特点。在活性污泥工艺中，丝状菌的大量繁殖，可导致污泥膨胀，对系统处理效果影响较大，甚至使处理系统遭到破坏。而生物接触氧化工艺中微生物是固着生长的，从而避免了丝状菌随水流失和污泥膨胀现象，并充分利用丝状菌较强的氧化能力，提高了系统处理效率。

(6)污泥产量低。针对本工艺，笔者认为污泥产量少的原因主要有以下几点：污泥浓度高，生物量大，参与净化反应的微生物多样化；生物的食物链长且复杂，生物种类繁多，能够存活世代时间较长的微生物，优势种属微生物的功能得到充分发挥；生物活性高，传质效率高；溶解氧浓度较高，强化内源分解。

(7)运行维护简单。本工艺本身需要的设备较少，且生化池主要设备及管阀全部设置在管廊中，在方便集中管理的同时又方便检修维护。

4 工程实例

4.1 工程概况

鄂尔多斯市东胜区是鄂尔多斯市政府所在

地，位于鄂尔多斯高原中东部，北纬 39° 49' 和东经 110° 00' 交汇点附近，总面积 2517km²，总人口 26.5 万。市区地势西高东低，平均海拔 1460m。鄂尔多斯市东胜区属温带大陆性气候，主要受西北环流与极地冷空气影响，年平均气温 5.5° C，属于比较典型的高寒地区。

东胜区城市建设已初具规模，各项基础设施基本配套齐全。现有北郊污水处理厂一座，处理能力 2 万 m³/d，预留 1 万 m³/d 处理能力的空地，但是随着东胜区经济的飞速发展，用水量的不断增加，城市建设已经超过了规划，为更好的解决东胜城区污水处理问题，结合东胜区主管部门的建议，确定改建原有 2 万 m³/d，再扩建 2 万 m³/d，使该污水处理厂建设规模达到 4 万 m³/d。改扩建工程于 2005 年 5 月开工，2007 年 10 月进入调试运行，目前正在申请相关环保部门的验收。

4.2 设计污水水质水量

污水(其中 40%为生活污水，60%为工业废水)通过市政管网汇流进入污水处理厂，目前水量已接近 4 万 m³/d，接近满负荷运行。

该市市政污水中有机物污染浓度较高，实测 BOD₅ 在 210~260mg/L，COD 在 360~510mg/L，属于较高污染污水。出水水质要满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 二级标准要求^[4]。原水及设计出水水质见表 1。

表 1 原水及设计出水水质情况一览表

Tab 1 Water quality schedule of untreated reclaimed water and treated reclaimed water

项 目	COD(mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	pH	TP(mg/L)
原水水质	≤510	≤260	≤280	≤60	6~9	≤6
设计出水水质	≤100	≤30	≤30	≤25	6~9	≤3

4.3 工艺流程及主要构筑物设计参数

4.3.1 工艺流程

鄂城市污水处理厂由预处理、生化处理、污

泥处理、配套设施等四部分组成。其工艺流程见图 1：

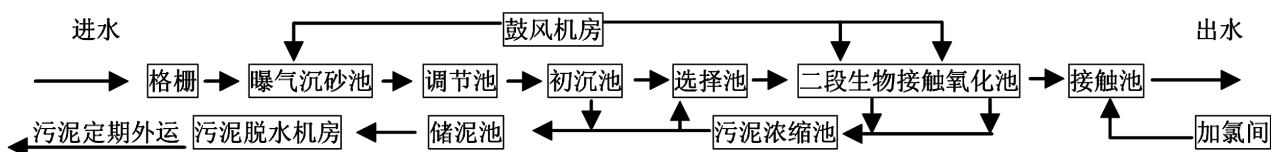


图 1 污水及污泥处理工艺流程

Fig 1 The Process of Treat Wastewater and Sludge

4.3.2 设计参数

考虑到低温对微生物净化效果的影响，工程设计时适当降低了一氧池和二氧池的设计负荷和接触沉淀池的水力负荷。具体设计参数如下：

一氧池容积负荷 2.47kgBOD/(m³·d)，接触

时间 1.0h；一沉池上升流速 5.5m/h，水力停留时间 1.3h；二氧池容积负荷 1.16kgBOD/(m³·d)，接触时间 1.1h；二沉池上升流速 3.2m/h，水力停留时间 2.2h。主要构筑物设计参数见表 2。

表 2 主要构筑物设计参数
Table 2 Main structures in the design parameters

所属部分	项目	规格尺寸(LXBXH)/m	数量/座
预处理部分	格栅	5.0X1.5X3.0	2
	曝气沉砂池	10.75X1.81X4.5	2
	隔油池	10.75X1.00X2.0	2
	调节池	20.70X15.85X7.70	1
	初沉池	D=20	3
生物处理部分	选择池	24.80X8.10X7.15	3
	生化组合池	32.00X25.60X7.15	3
	接触池	17.20X12.50X4.00	1
污泥处理部分	污泥浓缩池	D=8	2
	储泥池	9.00X6.00X2.00	2

氧化池填料是本工艺的技术核心，填料性能的优劣直接影响生化池的净化效能，本工程采用的填料是强化炉渣和聚丙烯立体网状组合填料，其填料性能指标分别见表 3 和表 4。组合池采用

穿孔曝气管曝气和反冲洗，采用阀门调节进风量。组合池每部分采用配水渠进行布水，采用三角堰进行收水。

表 3 强化炉渣生物填料技术参数表
Table 3 Techno-parameters of solidated slag bio-filling

测试项目	范围	平均值	测试项目	范围	平均值
有效粒径 (mm)	20~80		SiO ₂ (%)	41.09~54.74	43.81
堆积密度 (kg/m ³)	450~889	700	Al ₂ O ₃ (%)	12.54~40.04	27.91
空隙率 (%)	48~60	52	Fe ₂ O ₃ (%)	1.33~20.06	9.72
比表面积 (m ² /m ³)	60~200	130	GaO (%)	0.57~6.80	3.32
极轴比	1.1~1.3	1.2	MgO (%)	10.39~1.50	0.82
抗压强度 (Kg)	50~100	70	TiO (%)	0.94~1.62	1.41
磨损率 (%)	1~3	2	SO ₃ (%)	0.03~0.45	0.21

表 4 立体网状填料特征参数一览表
Table 4 Schedule of three-dimension web-like media's characteristic parameters

测试项目	范围		
比表面积 (m ² /m ³)	250~300	重量 (Kg/m ³)	20~25
实际尺寸 (cm)	20×20×100	挂膜后重 (Kg/m ³)	60~80
比重 (g/cm ³)	0.95	拉伸强度 (MP)	≥17
堆积密度 (根/m ³)	25	连续耐热温度 (°C)	100
孔隙率 (%)	75~85	脆化温度 (°C)	-50
抗压强度 (kg/cm ²)	10		

4.4 运行效果分析

污水处理厂在调试阶段进行观测, 结果见表4, 污水温度在 12℃ 左右, 连续 10 天进水 COD、BOD₅ 和 SS 平均值分别为 483.2mg/L、244.4mg/L 和 258.4mg/L 情况下, 出水水质平均分别为

57.1mg/L、23.8mg/L 和 26.5mg/L, 污染物平均去除率分别达到 88.2%、90.3%和 89.7%, 出水水质稳定且全部达到或优于国家《污水综合排放标准》(GB8978—1996) 二级标准要求。

表 5 污水厂进出水水质
Table 5 Design influent and effluent water quality of WWTP

项目	平均值			国标值 (mg/L)
	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	
COD _{Cr}	483.2	57.1	88.2	120
BOD ₅	244.4	23.8	90.3	30
SS	258.4	26.5	89.7	30

在低温条件下, 该污水厂取得了较好的污染物去除效果, 主要是该污水厂在设计和调试阶段就充分考虑了水质、水量变化特点和海拔、温度对生物处理的影响因素, 并相应采取了适当的技术措施:

- (1) 污水处理厂处理工艺采用接触氧化工艺;
- (2) 增加调节池进行水质水量调节, 减少对后续处理单元的负荷冲击;
- (3) 采用鼓风机曝气式供气方式, 同时提高鼓风机进风温度, 将冷空气温度加热至 8~12℃, 以提高曝气池水温, 这样可使曝气池水温在最冷月份保持在 8℃ 以上;
- (4) 充分利用当地的有利地形, 将主要构筑物建于地下, 只留超高部分于地面;
- (5) 增加池深, 减少平面散热面积;
- (6) 增加填料厚度, 使池内保持高生物量;
- (7) 组合池所有设备全部安装在管廊中;
- (8) 所有设备操作平台和构筑物通道采用带网格板体;
- (9) 调试阶段采用了生物强化的先异步后同步复合培菌法, 即向池中投加工程菌剂与剩余污泥, 并定期投加粪便水提供生物体生长繁殖所需的营养, 进行初期污泥的培养, 然后连续进水、微量曝气, 同步完成生物膜的快速生长发育。该方法可有效提高生物膜的形成速度和污染物的去除能力, 实现污水处理厂的快速启动。

5 结语

目前, 对低温市政污水处理的工艺技术研究较少, 低温污水厂的设计与运行缺乏经验。因此,

加大对低温污水处理工艺的研究力度, 积累工程设计和运行经验非常必要。鄂尔多斯市东胜区北郊污水处理厂在工艺选择中认真分析高寒地区的气候特点, 在设计过程中通过合理的参数选择和技术措施, 克服了高寒地区特殊环境对污水处理厂带来的不利影响, 出水水质达到或优于相关标准, 因此本污水处理厂采用二段生物接触氧化工艺是合理可行的, 这从实践上说明本工艺处理高寒地区污水是可行的和有效的, 同时也为今后其他同类污水处理厂的建设提供了参考和借鉴。

References(参考文献)

- [1] Mahara I, Elefsiniotis P. The role of HRT and low temperature on the acid-phase anaerobic digestion of municipal and industrial wastewaters. *Bioresource Technology*, 2001, 76: 191-197.
- [2] lvarez J A, Ruiz I, Gómez M, et al. Start-up alternatives and performance of an UASB pilot plant treating diluted municipal wastewater at low temperature. *Bioresource Technology*, 2006, 97: 1640-1649.
- [3] CUI Hai-wei, Wu Chang-cheng, YANG hong-mei. Character study for two stage biological attached treatment process in reclaimed water reuse. *Chinese Journal of Environmental Engineering*[J], 2009, 1(3): 123-126. 崔海伟, 武长城, 杨红梅. 二段生物接触氧化工艺在中水会用中的特性研究. *环境工程学报*, 2009, 1(3): 123-126.
- [4] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, General Administration of Supervision, Inspector of the People's Republic of China. *Integrated wastewater discharge standard, GB8978—1996* 国家环境保护局, 国家技术监督局. *污水综合排放标准, GB8978—1996*.