

复合人工湿地处理稠油废水研究

李慧敏¹ 张燕萍¹ 郭书海²

(1. 新疆油田公司勘探开发研究院; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所)

摘 要 针对新疆油田稠油废水的水质特点,结合克拉玛依地区戈壁、荒漠地自然环境特征,研究建立油田废水人工湿地处理技术模式,设计“复合流人工湿地—兼(好)氧组合生物塘—生态滤池”(WPF)复合人工湿地系统,介绍 WPF 系统的工艺流程、结构设计,并进行了经济评估。

关键词 新疆油田 复合人工湿地 稠油废水 生物塘

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2011)01-0019-03

0 引 言

稠油废水具有油水密度差小、乳化严重的特点,污水中有机物成分较为复杂,在新疆油田严酷的自然条件下采用传统的二级生物方法处理该废水,不仅效果差, COD_{Cr} 难以达标,而且工程建设费用和系统运行费用相对较高。人工湿地作为一种新型的污水生态处理工艺受到越来越广泛的重视和应用,但其本身在技术方面对水质及自然环境条件的要求,限制了它在某些领域的应用。

针对新疆油田稠油废水中含有大量难降解物质、可生化性差的特点以及不宜直接采用湿地生物处理的情况,结合地区戈壁、荒漠的自然环境特征,强化湿地内部主要构成要素(基质、植物、微生物),并与传统污水处理工艺有机组合和集成,建立了油田废水湿地处理技术模式,设计了“复合流人工湿地—兼(好)氧组合生物塘—生态滤池”(WPF)复合人工湿地处理系统,以实现对新疆油田稠油废水的达标处理。

1 复合人工湿地(WPF)处理系统模式

1.1 废水水质和水量

根据新疆油田西北缘拟外排的稠油废水水量,确定生态湿地工程设计规模为 3600 m³/d(Q_{平均} = 150 m³/h)。

因油田废水中仅 COD_{Cr} 和石油类两项指标超标,主要针对石油类、COD_{Cr} 以及与生物处理关系较为密切的盐度、总氮、总磷等指标进行了化验分析,预处理(隔油、混凝沉降和过滤等)后的稠油废水水质测定结果见表 1。

表 1 水样水质分析

分析项目	水质
石油类/(mg/L)	40.62~46.52
COD _{Cr} /(mg/L)	402~406
盐度/(mg/L)	5701~5712
氯离子/(mg/L)	2923~3172
TN/(mg/L)	2.38~4.77
TP/(mg/L)	0.37~0.83
pH	8.03

表 1 检测分析结果表明,预处理后的稠油废水 COD_{Cr} 含量仍较高,废水水质偏碱性,碱和盐含量均较高,残余石油类组分乳化严重,氮磷含量较低,可生化性较差, BOD₅ 与 COD_{Cr} 之比小于 0.2。

石油类有机污染物主要为大分子烷烃、芳烃和石油胶质,不饱和烃类和非烃类物质含量较低,污水中主要污染物的类型测定结果表明,碳原子数超过 18 的占 52%,其中分子量超过 300 的占 41%,高分子表面活性剂为其中难以生物降解的物质,对 COD_{Cr} 的贡献率较大。

可见,拟外排的废水中含有大量难降解的污染物,主要为石油类和乳化剂、破乳剂等有机聚合物,污水中生物可利用性碳源少,工程设计中需充分考虑该废水的具体特点,采取针对性措施,加入合适营养剂,强化优势菌的降解作用,从湿地的内部要素到与其他工艺的合理组合进行技术强化。

1.2 稠油废水人工湿地处理技术模式建立

通过对污水中污染物的组成分析、本源微生物的群落分析及室内模拟实验,拟采用 WPF 工艺对油田稠油废水进行处理。WPF(复合流人工湿地 W—兼(好)氧组合生物塘 P—过滤湿地 F)处理系统是一种改良的包括多种生态处理技术的集成工艺,其主要特征是运行上的有序性和互补性,依靠功能协调技术,通过不同的构筑物来实现 WPF 生态功能,处理后出水达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中的二级标准。工艺流程模式见图 1。

设计思路:首先对原污水进行隔油,控制进入系统的污水含油量,同时通过晒水降低污水温度(外排污水温度一般 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$),再进入一级湿地;在一级湿地前端设置生物调整区,提供生物可利用碳源,优化生物处理的营养条件,在土壤—植物系统的联合作用下削减 COD_{Cr} ,提高 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 比值;在一级湿地后端,设计生物塘,通过水深调节,调控溶解氧浓度,提高生物塘的降解效率;最后进入具有过滤功能的二级湿地,去除悬浮物与各种藻类,并通过土壤和植物的双重作用,对污水进行澄清,最终使污水达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》二级标准($\text{COD}_{\text{Cr}}\leq 150\text{ mg/L}$,石油类 $\leq 10\text{ mg/L}$)要求。

2 复合人工湿地处理系统(WPF)设计

2.1 主要构筑物设计

2.1.1 隔油—晒水池

因稠油废水中石油类污染物浓度高,且由管线外输至处理厂区时废水温度较高(45°C 左右),首先设置预处理隔油-晒水池。一是通过自然沉降隔出污水中所含矿物油,去除污水中粒径较大、呈悬浮状态的油粒(一般去除油粒粒径最小可达 $100\sim 150\mu\text{m}$);二是对稠油废水起到晒水作用,降低高温污水对后续人工湿地的冲击作用。隔油池采用普通平流式,主要功能以隔油、沉降和晒水为主,池内设有刮油装置,处理后矿物油削减率 60%,水温降低 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。设计参数:

有效池容为 7000 m^3 ,污水停留时间 2 d;

平面尺寸: $70\text{ m}\times 50\text{ m}$;

有效水深:2.0 m,设计超高保护 0.4 m。

2.1.2 一级湿地

人工湿地对污染物的去除是在一系列复杂的物理、化学和生物反应下共同完成的。其中起主要作用的是基质、水生植物以及微生物。废水从有植物的介质中流过,从而产生过滤、沉淀、吸附等物理作用及污染物与基质间多种形式的化学反应,同时植物生长过程还对污染物有吸收和同化作用,且通过根、茎、叶向水体与基质层供氧,使周围的多种微生物在厌氧、兼氧、好氧等复杂状态下消化降解污染物。

根据新疆油田稠油废水的污染物特性,筛选适合的功能性人工材料作为复合流人工湿地的基质,选择种植耐油、耐盐植物,同时投加适量营养物质和生物菌剂,目的在于通过基质、微生物和植物的协同作用,调整污水中 C、N、P 的合理比例,吸附污水中的大分子污染物,提高污水中可供生物利用的有机物浓度。设计参数:

有效池容: $1\times 10^5\text{ m}^3$,水力停留时间 28 d;

平面尺寸: $750\text{ m}\times 450\text{ m}$;

有效水深:平均 0.3 m。

2.1.3 生物塘

生物塘起调控氧含量与降解污染物作用,一是通过上部好氧及底泥部分厌氧作用,完成一级湿地出水中剩余部分污染物与底部污泥的降解和转化;二是在氧化塘内降低矿化度,为生物提供易于生存的条件;三是通过修建氧化塘扩大工程储存规模,能够为冬季冰封期提供储存空间。整个塘以好氧为主,通过塘内植物与好氧浮游生物对污水中污染物进行强化降解与转化。设计参数:

有效池容: $9\times 10^4\text{ m}^3$,水力停留时间 25 d;

平面尺寸: $450\text{ m}\times 240\text{ m}$;

有效水深为 0.7~1.5 m,平均 1.2 m。

2.1.4 二级湿地(生态滤池)

利用土壤植物系统具有巨大截留、吸附和沉降能力的特点,将悬浮物和增殖的微生物保留在湿地系统中,经微生物的氧化和吸收后最终降解,解决了传统污泥的后续处理问题。生态滤池集沉淀、过滤和降解

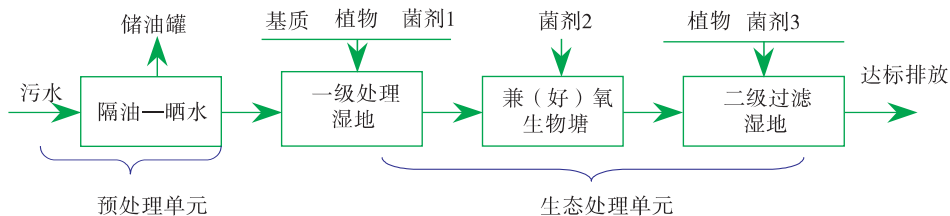


图 1 人工湿地处理系统工艺流程模式

作用为一身,大幅度简化了污水处理流程,并能承受较强的冲击负荷,生态滤池对实现污水的达标起关键作用。设计参数:

有效池容:27000 m³,水力停留时间 7.5 d;

平面尺寸:360 m×240 m;

有效水深:0.3 m;

池数:分成 3 格。

2.1.5 植物隔离带

为防止湿地工程周边土壤出现严重次生盐渍化现象,在工程周边区域引种耐盐碱植物,构建植物生态隔离带。根据油田当地的土壤特性、气候特征及水文条件,选用柽柳、白刺、盐穗木等耐盐植物在场区形成植物隔离带。

2.2 经济分析

工程总投资为 1050.39 万元。

◆ 人工及福利费 设运行管理操作员 3 人,人工费福利费为 14.4 万元/a。

◆ 电费 电耗 2.16 万 kW·h/a,电价 0.48 元/(kW·h),电费 1.04 万元/a。

◆ 水费 用水量为 2 m³/d,自来水价 2.05 元/m³,则水费为 0.08 万元/a。

◆ 维护维修费 按固定投资的 3% 计算,则为 31.5 万元/a。

◆ 运输管理费 2.0 万元/a。

工程年运行费用 49.02 万元,则处理每方污水的成本为 0.38 元,仅为普通活性污泥工艺的 1/4~1/2。

3 结 论

◆ 在新疆油田自然条件严酷的情况下,采用复合人

工湿地系统处理稠油废水是可行的,不仅减小了对环境的危害,同时还有利于当地的生态恢复,具有较好的环境和社会效益。

◆ WPF 生态处理系统,将人工湿地、生物塘、沉淀过滤池等工艺进行组合和集成,依靠功能协调技术,通过设计不同的构筑物实现降解污染物的功能,在运行上的有序性和互补性是稠油废水处理技术的突破,是一种有效的油田稠油废水处理方法,有较好的应用前景。

◆ 人工湿地处理污水的建设和运营成本低廉,仅为普通活性污泥工艺的 1/4~1/2,工艺简单,易于维护,经济效益显著。

参 考 文 献

- [1] 肖恩荣,梁威,吴振斌.污水处理中的人工湿地强化技术研究[J].环境污染治理技术与设备,2006,7(7):118-123.
- [2] 籍国东,孙铁珩,郭书海,等.稠油采出水的人工湿地塘床处理系统设计[J].中国给水排水,2002,18(5):62-64.
- [3] 陈德强,吴振斌,成水平,等.不同湿地组合工艺净化污水效果的比较[J].中国给水排水,2003,19(9):12-15.
- [4] 施春雨,李景新,陈明辉,等.用气浮—生化技术与人工湿地联合工艺处理采油污水[J].油气田环境保护,2004,11(1):24-26.
- [5] 籍国东,孙铁珩,常士俊,等.辽河油田超稠油废水潜流湿地处理系统研究[J].中国环境科学,2001,21(1):85-88.
- [6] 韩文涛,邹丽芳.利用人工湿地处理石油采出水技术的可行性[J].吉林水利,2006,11:1-3.
- [7] 籍国东,孙铁珩,常士俊,等.自由表面流人工湿地处理超稠油废水[J].环境科学,2001,22(4):95-99.

(收稿日期 2010-04-21)

(编辑 王 薇)

“十二五”CO₂ 排放量控制指标

在 2010 年 12 月于北京召开的全国工业和信息化工作会议上获悉,到 2015 年,工业领域单位工业增加值能耗和二氧化碳排放量力争比“十一五”末均降低 16% 左右,单位工业增加值用水量降低 25% 左右,工业固体废物综合利用率提高到 76% 左右。

据介绍,预计 2005~2010 年,单位规模以上工业增加值能耗累计下降超过 25%,工业化学需氧量和二氧化硫排放量分别下降 25% 和 20% 左右;淘汰落后炼铁产能 1.1 亿 t、炼钢 6860 万 t、水泥 3.3 亿 t、焦炭 1 亿 t、造纸 1030 万 t。

工信部有关负责人表示,“十二五”期间,工业发展要以质量和效益为中心,由外延式粗放发展向内涵式集约发展转变,促进绿色低碳、清洁安全发展。初步确定,力争 2015 年,单位工业增加值能耗和二氧化碳排放量比“十一五”末降低 16% 左右,单位工业增加值用水量降低 25% 左右,工业固体废物综合利用率提高到 76% 左右。2011 年,工业领域单位工业增加值能耗和二氧化碳排放量各降低 4%,单位工业增加值用水量下降 5%,工业固体废物综合利用率提高 2.2 个百分点。

(摘编自《中国环境报》2010-12-31)