

# 污水光催化处理技术在磨思公路服务区改造提升中的应用

莫 茜

云南大昭高速公路投资开发有限公司 云南 昆明 650000

**【摘要】**截止2020年末,我国高速公路里程为16.10万km,沿线服务区(停车区)总量超过4000个。服务区(停车区)作为为驾乘人员提供休息及加油、购物、餐饮、住宿等方便的重要配套设施,随着环保和生态意识的加强,服务区污水处理也越来越受到关注。本文简要介绍了磨思高速公路服务区改造采用的光处理污水技术,希望对养护管理和设计者能提供借鉴与参考作用。

**【关键词】**污水处理;光催化;催化剂

## 引言

高速公路服务区废弃水来源主要是餐厅、公厕、宾馆产生的生活污水以及提供洗车、修车、加油服务时产生的含油废水。鉴于高速公路服务区大都处于远离城市的野外,不能利用城市污水处理系统进行处理排放,其终端排放点大多为农田、池塘、河道等,因此污水需经独立的处理系统处理达到标准后方可排放。根据高速公路服务区的特点,引进污水光催化处理技术,研发应用能将各种污染物降解或消除至无害,且简单适用、处理效果稳定、费用成本低的实用设备,对服务区提质改造和环保提升具有十分重要的现实意义。

## 1 光催化氧化技术

光催化氧化技术是以催化反应时所产生的活性氧(羟基自由基,·OH)作为氧化剂,利用·OH具有的高得电子能力,深度氧化分解有机污染物,使其分解为无毒的无机小分子(如CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O等),同时具有较强的灭杀细菌、病毒能力。同时,介孔光催化材料可以去除污染水中的重金属离子。因此,开发具有活性高、催化性能稳定、适用范围广、价格低廉的高比表面积介孔材料是研究的重点。

### 1.1 污水光催化技术处理的特点与难点

目前,我省高速公路服务区污水处理采用的主要有物理化学法和生物化学法两种,现有方法基本原理几乎是将污染物分离、浓缩,并没有使污染物得到破坏而实现无害化,不可避免地带来废料和二次污染,而且适用范围有限,成本也比较高。设备使用方面,我省采用较多小型污水处理设备,存在着设施庞大、工艺复杂、操作不便、废水处理效果不稳定甚至不能满足要求、运行费用高、维护难度大等方面的问题。

光催化技术以二氧化钛作为催化剂,具有抗光腐蚀、二氧化钛可以重复利用、性能稳定可靠等优点,在云南煤化工、烟草、农副产品深加工、有色金属等重点产业和行业产生领域已经有了初步的应用,并且取得了成功,但现有商用TiO<sub>2</sub>光催化剂的比表面积通常较小,其活性往往满足不了实际需要,尤其在处理污水流量大时需要较长时间停留,处理设备体积较大,可能会导致污染物去除不彻底情况出现。

### 1.2 磨思公路服务区采用的污水光催化处理技术

磨思高速公路服务区污水光催化处理采用了生物模板光催化水处理技术,该技术中使用的是以云南的特有生物资源为模板研发的一种介孔高效复合光催化剂,这种光催化生物模板材料具有非常高的活性指数,且性能非常稳定,具备多种条件下适用可行性。该模板材料在紫外线下的活性大大优于德国生产的紫外光催化剂(Degussa P25),因此,在外加紫外线条件下,可以大大提高降解有机物的能力。

生物模板介孔高效复合光催化剂与传统化学模板相比,具有环境友好、基材来源丰富易得、可重复使用、价格低廉等优点,因此其开发研究及应用是近年来的热点,也彰显出常规化学模板不具备的优势,尤其与采用价格高昂的离子束设备对TiO<sub>2</sub>掺杂氮而实现可见光催化技术相比,更具实际应用价值。

### 2 磨思高速公路服务区采用的污水光催化处理成套设备

磨思高速公路服务区污水光催化处理成套设备采用模块集成的方式。子系统包括光催化处理单元,自动化控制系统,撬装及移动设备。连接部件及管道、泵等各功能组件的生产、组装都在工厂内完成并形成一套集成设备,现场只需完成接口管道及电源的连接即可投入生产。反应设备可实现模块成套化自动运行,设备简单、紧凑,占用空间少,方便地整体迁移,每一个集成块件既可以单独应用又可以多个通过简单连接组合应用,大幅提高了操作及管理的简便和快捷,运行周期可达5-8年的使用寿命,使运行成本大大降低。

该设备具有如下特点:

1) 使用面向用户设计:能够自动控制整套设备的运行与关停。系统能够长期稳定运行,抵抗气候、压力等环境因素的变化。自动控制待处理水的进水速度、温度、液位和时间。自动控制液体药剂的进样速度、浓度、液位和时间,自动检测故障并报警。

2) 撬装和可移动性:能够适应起重和移动设备装卸,能够方便内部设备的装卸和固定,在运输过程中,内部的设备稳固。具有良好的通风能力,在废水处理中产生的气体和热量能够及时散发,不会造成内部的气压

和温度产生明显变化。能够防腐蚀，防锈。

3) 光催化处理模块的灵活性: 模块内部有集液体分流和光催化剂盛放功能于一体的液体分流光催化反应床, 通过分流防止壁流现象发生, 减小进料阻力, 使光催化反应环境更加均匀, 床层盛放光催化剂, 模块内置光源, 床层耐光腐蚀。处理规模按照单个模块的数量可调整, 处理能力不低于 0.4 吨 / 小时。

4) 将“内扩散”应用到“反应器”中, 构造上布流反应器、内扩散反应器和平推流反应器三者结合的光催化反应器, 形成撬装光催化反应水处理设备。

### 3 光催化处理污水的工艺条件

云南山区高速公路服务区污水处理工艺的设计应满足占地面积小、低初期工程投入、高自动化程度、设备维修简便、处理效果稳定等要求。

第一步: 设置调节池。服务区汇集废水受客流量及杂质不均匀性影响, 其流量或污染严重度并非一个恒定值, 因此在水处理工艺装置前设置调节池, 池中应设置防止沉淀和使排放水均匀的设备, 同时也能够调节流量, 并在外面采用水泵(也可以利用地形条件自流)将调节池的水抽入到后续的处理装置中。

第二步: 设置沉淀池。由于高速公路废水中存在一些悬浮颗粒, 为了使之后的生化处理和光催化处理高效稳定, 需要设立沉淀池。将沉淀后的废水再通入带膜砂滤池, 使其通过砂滤层以降低废水浊度, 滤膜中的藻类放出氧气进行氧化作用可以用于降解少量有机物质。

第三步: 将调节后的废水导入厌氧 / 好氧池, 使

中试试验过程中自取水样处理前后检测数据表

样品批次	COD (mg/L)			氨氮 (mg/L)			磷含量 (mg/L)		
	处理前	处理后	去除率 (%)	处理前	处理后	去除率 (%)	处理前	处理后	去除率 (%)
2017.8.6	174.2	13.4	92.3	9.25	1.64	82.3	0.32	0.30	4.3
2017.8.28	159.1	29.9	81.2	7.17	3.61	49.7	0.30	0.27	10.8
2017.10.8	105.1	22.4	78.7	8.60	3.81	55.7	0.32	0.32	1.1
2017.11.10	94.5	49.5	47.7	5.67	2.15	62.1	0.34	0.27	20.2
2017.11.27	142.6	60.0	57.9	7.80	3.62	53.5	0.29	0.28	4.2
2017.12.4	69.0	28.4	58.8	8.38	4.24	49.5	0.31	0.29	5.9
2017.12.28	222.2	69.0	69.0	7.04	3.46	50.9	0.31	0.29	6.5
2018.1.6	129.1	25.4	80.3	5.99	2.63	56.1	0.33	0.28	14.3
2018.1.27	174.2	45.0	74.2	7.95	3.63	54.3	0.34	0.29	14.6

经检测, 经处理后的排放水 COD 低于 100mg/L, 满足《城市污水再生利用农田灌溉用水水质》GB20922-2007 的要求。

### 5 结语

综上所述, 针对目前高速公路服务区多采用城市住宅小区污水处理技术, 形式单一、处理效果差且不稳定、使用寿命短、操作维护管理复杂等特点, 开发引进介孔钛材料光催化处理技术, 能将各种污染物降解或消除至无害, 且处理效果稳定、管理维护方便、使用寿命长、费用成本低的简单适用设备, 对服务区提质改造和环保提升具有十分重要的现实意义。

#### 【参考文献】

[1] 云南大学、云南云路环保科技有限公司. 云南高速公路服务区污水光催化处理技术及工程应用研究科研项目阶段性成果报告. 2018年6月.

废水进行生化处理, 为下一步光催化反应处理做好准备。

第四步: 将生化处理后的废水导入光催化反应器中, 使废水在紫外灯光照射与光催化剂作用下连续发生光催化反应。利用紫外光照射到改性催化剂模板时产生的羟基自由基(-OH), 使污染物深度氧化分解为无毒的无机小分子或是直接降解为二氧化碳、水, 同时消毒、杀菌。

### 4 磨思高速公路服务区污水光催化处理效果分析

通过对磨思高速普洱、那柯里、宁洱服务区(停车区)污水采样于分析, 原来未经任何工艺处理的废水浓度最高, 带有大量悬浮物和有机物, 水体发黑, 有恶臭, 并由大量蝇虫及浮游生物滋生。后来采用生化处理技术后, 基本可以使部分有机物得到氧化分解, 也能够清除排放水中的悬浮物并吞噬少量细菌、有效降低废水浊度, 但生化处理过程对有些有机物难以有效降解, 对于氨氮很难除去, 处治后水的颜色及气味难以达到排放标准, 效果不理想。

引进光催化处理成套设备后, 经过生物模板介孔高效复合光催化剂处理, 排放水中的有机污染物可直接降解为二氧化碳、水, 也可通过深度氧化后形成无色、无味、无毒的无机小分子, 有效去除废水中的氨氮, 同时具有消毒、杀菌作用, 废水脱色除臭处理效果明显。经过处理的排放水水质满足国家排放标准要求, 可用于景观池、绿化灌溉、冲洗等非饮用水需求, 实现排放水重复利用, 也可直接对外排放。

[2] 杨焯鹏等. 光催化技术在处理废水中的规模化应用. 云南大学学报(自然科学版). 2019(3).

[3] 邵俊龙等. 高浓度工业有机废水光催化处理技术. 工业技术创新, 2014(1).

[4] 李德龙. 光催化技术在污水处理方面中的应用分析. 低碳世界. 2014(8).

[5] 高洪涛等. 光催化氧化技术研究进展. 山东化工. 2007(5).