

CAST 工艺处理城市污水原理及设计

陈克玲, 詹 键

(中国市政工程中南设计研究院, 武汉 430010)

摘 要:介绍了 CAST 工艺在湖州市东郊污水处理厂应用的情况。结合该厂水质、水量等特点, 分析了 CAST 工艺的原理及 CAST 工艺池型、曝气系统、撇水系统、混合液回流、污泥排放系统的选择与设计, 并总结了该工艺的优点及应用中的注意事项。

关键词:CAST 工艺; 池型; 曝气; 撇水; 回流; 排放

中图分类号: X1830.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2004)04-0071-03

湖州市东郊污水处理厂日处理污水 3 万 m^3 , 经工艺方案比较和论证, 决定采用 CAST 工艺。该处理厂已于 2001 年底建成, 它是目前我国已建成的最早应用 CAST 工艺处理城市污水的污水处理厂之一。该工程设计获 2003 年湖北省勘察设计“四优”奖二等奖。

1 CAST 工艺介绍

1.1 基本构造及原理

本工艺前置了一道“生物选择区”, 形成浓度梯度; 中间设厌氧区, 可使磷释放; 后设主反应区, 主反应区去除 BOD_5 和脱氮外, 另有一部分污泥回流至生物选择区, 污泥回流量约为进水量的 20% 左右。见图 1。

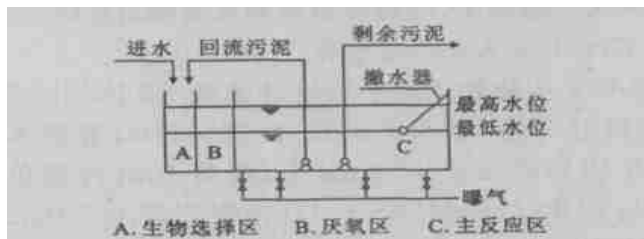


图 1 CAST 工艺基本构造

CAST 系统构造较简单, 在传统 SBR 工艺基础上只增加二道隔墙将选择区、厌氧区及主反应区分隔, 污水连续进入生物池前部的选择区, 在该区内污水中的大部分可溶性 BOD 被活性污泥微生物吸附, 并一起从选择区进入厌氧区放磷后, 通过厌氧区与主反应区隔墙下部的孔口以低速进入主反应区。

(1) CAST 工艺具有除磷脱氮功能。捕获选择器采用厌氧运行方式, 进水中溶解性 BOD_5 能在起始反应阶段迅速被聚磷菌所吸附吸收并转化成 PHB (聚羟基丁酸), 这一环境条件使聚磷菌在微生物生存竞争中占优势并得以大量繁殖, 从而实现了生物活性的选

择性要求和防止了丝状菌繁殖的污泥膨胀问题。聚磷菌在好氧条件下 (主反应区处于曝气顺序时) 发生 PHB 的降解和磷的贪婪吸收, 形成聚磷污泥, 通过剩余污泥排放实现污水中磷的去除。CAST 系统中通过可变容积的曝气和非曝气顺序, 结合生物选择区吸收储存溶解性 BOD_5 和磷的释放, 上述反应不断重复进行, 从而提高了生物除磷效果。

(2) CAST 工艺可以同步进行硝化和反硝化。氮硝化在生物絮体外进行, 污水中的有机氮、蛋白氮等, 在好氧条件下首先被氨化菌转化为氨氮, 尔后在硝化菌的作用下变成硝酸盐氮, 此阶段称为好氧硝化。在较高浓度梯度的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 可渗入絮体内部, 据资料介绍^[1-2], CAST 工艺系统中, 溶解氧浓度在 $0 \sim 2 \text{mg/L}$ 之间, 约有 50% 时间溶解氧接近于零, 30% 在 1mg/L 左右, 20% 在 2mg/L , 由于主反应区耗氧速度较快而溶解氧含量又不高, 因此低溶解氧难渗入絮体内, 这样, 就在微生物絮体中形成了微反应区 (微缺氧环境), 使絮体内部发生反硝化作用, 由反硝化菌作用, 并有外加碳源提供能量, 使硝酸盐氮还原成氮气从污水中逸出, 此阶段称为缺氧反硝化。因此 CAST 系统中出现曝气状态下的反硝化, 使硝化/反硝化同时发生, 这就无需专设缺氧区和内回流系统。污泥中少量硝态氮可在选择器中得到反硝化, 由于 CAST 系统的脱硝主要通过硝化/反硝化作用, 且回流比很小 (20%), 选择器中反硝化量与整个系统相比是微不足道的, 一般情况下对磷的释放无影响。

1.2 运行方式

CAST 工艺是一种循环式活性污泥法, 整个工艺为一间歇式反应器, 在此反应器中, 活性污泥法过程按曝气和非曝气阶段重复, 将生物反应过程和泥水分离过程结合在一个池子中进行, 其运行模式与传统 SBR 法类似, 有进水、反应、沉淀和出水及必要的闲置等五个阶段组成。从进水至出水结束作为一个周期, 每一

作者简介: 陈克玲 (1970 -), 女, 高级工程师, 环境工程硕士, 主要从事市政污水处理的设计及研究工作。

过程均按所需的设定时间进行切换操作。CAST 系统每一周期的循环操作过程见图 2。

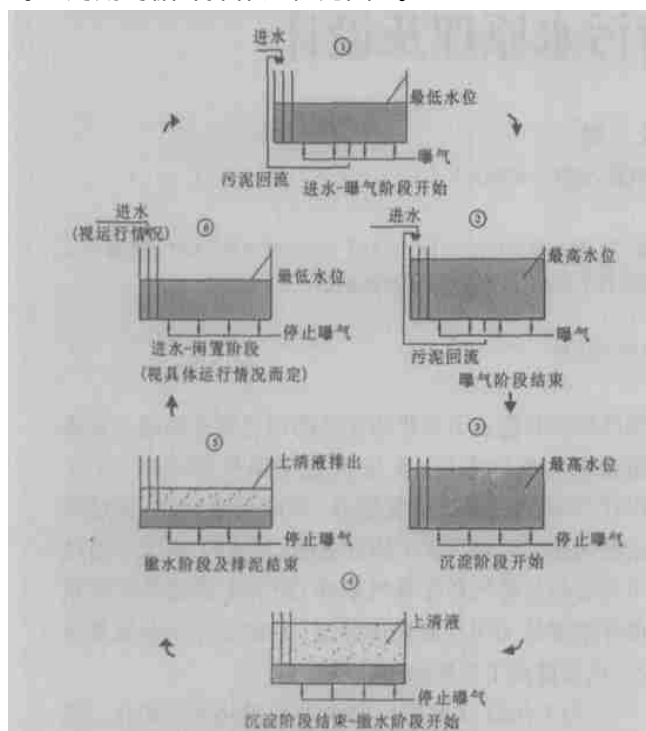


图 2 CAST 系统的循环操作过程

(1) 进水段: CAST 进水首先在生物选择区中与源自上一周期沉淀段的污泥混合,大量的来水在该段内形成较大的基质浓差梯度,通过渗透酶使来水中的 BOD 在高浓度污泥条件下很快地被利用,形成良好的缺氧/厌氧环境。通过调节进水段的反应模式(进水时间、进水量、缺氧/厌氧反应时间)进行有效的生物脱氮、除磷。充水之后,在反应时段中进行曝气。微生物反复在缺氧/好氧的环境下,有效地抑制了好氧性丝状菌的生长,避免了污泥膨胀。

(2) 曝气段: 进水段的污水在足够的曝气条件下进行充分的好氧除碳和生物硝化。

(3) 沉淀段: 不进水、不曝气、不回流,使污水混合液获得一个静止的絮凝沉淀环境。

(4) 撇水段: 不进水、不曝气、不回流,通过浮动撇水器将上清液排出,当液面降至最低控制水位时,排水停止。重复上一周期过程,如此周而复始。

(5) 闲置段: 进水、不曝气、不回流,视具体运行情况而定,可作为整个 CAST 运行系统调节。

CAST 系统一般至少设 2 个池子,以使整个系统能接纳连续的进水;在设有 4 个 CAST 池子的系统中,通过选择各个池子的循环过程可以产生连续的进出水。

2 湖州市东郊污水处理厂简介

2.1 处理规模及进出水水质

东郊污水处理厂设计处理城市污水量 $3 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, 占地 3.46 hm^2 。进水水质的主要指标为: COD 400 mg/L , BOD_5 200 mg/L , SS 250 mg/L , $\text{NH}_3 - \text{N}$ 30 mg/L , TP 3.0 mg/L ;出水水质要求为: COD 60 mg/L , BOD_5 20 mg/L , SS 20 mg/L , $\text{NH}_3 - \text{N}$ 15 mg/L , 磷酸盐 0.5 mg/L 。

2.2 处理工艺流程

东郊污水处理厂工艺流程见图 3。

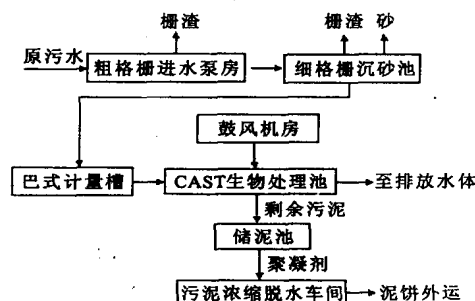


图 3 东郊污水处理厂工艺流程图

原污水进入粗格栅间,在此拦截污水中漂浮物,由污水泵提升经细格栅进一步去除水中杂质,进入沉砂池去除砂粒,然后进入 CAST 池,经曝气、沉淀分离,澄清液排入水体。预留化学除磷设施用地,远期视工程实际需要决定是否增加化学除磷工艺。剩余污泥经污泥泵送至储泥池,经机械浓缩脱水处理后泥饼外运。

2.3 CAST 池主要工艺参数

CAST 生物处理池平均设计流量 $1250 \text{ m}^3/\text{h}$,分 3 组,单组分 2 座,单座平面尺寸 $42 \times 17 \text{ m}$;有效水深 5 m ;平均污泥浓度 3500 mg/L ;泥龄 20 d ;污泥负荷 $0.06 \text{ kg BOD}_5/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$;污泥产率 $0.78 \text{ kg SS}/(\text{kg BOD}_5 \cdot \text{d})$;日循环 6 周期,每周运行 4 h ,单周期时间分配为:进水 0.5 h 、曝气 1.5 h 、静沉 1.0 h 、撇水 1.0 h ;最高水深 5 m ,最低水深 3.7 m ,排水比 0.34 ;需氧率 $1.59 \text{ kg O}_2/(\text{kg BOD}_5 \cdot \text{d})$,微孔曝气头单座 1456 只;单座设撇水器 1 只,撇水能力 $935 \text{ m}^3/\text{h}$;单座生物池设回流污泥泵 1 台,单台流量 $85 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 5 m ;单座生物池设剩余污泥泵 1 台,单台流量 $20 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 10 m 。

3 CAST 工艺设计特点

3.1 池型的设计

CAST 反应器通常设计成矩形,且一组至少有二池组成。处理城市污水时,CAST 反应器由生物选择器、厌氧区和主反应区组成,其容积比一般为 $1:5:30$,具体可根据水质和“模块”实验加以确定。

CAST 反应器储水容积是指池子最低水位至最高

水位之间的容积,由于实践上在污水厂运行期间往往缺乏进水流量过程线,为安全起见,CAST 储水容积按污水厂最大时设计进水流量计算。CAST 储水容积所占 CAST 总容积的比例取决于池子形状、污泥沉降性能、撇水器的构造等,一般 CAST 储水容积所占 CAST 总容积的比例不超过 40 %为宜。

CAST 反应器生物选择器、厌氧区和主反应区池间连通采用池壁开洞方式。生物选择器与厌氧区池间连通采用池壁上部开洞,厌氧区和主反应区池间连通采用池壁下部开洞,目的使 CAST 反应器进水流态稳定,不易形成水流死角。

湖州市东郊污水处理厂 CAST 反应器共分 3 组,每组 2 池,单池净尺寸为长 ×宽 ×高 = 42m ×17m ×

6m,有效水深 5m。

3.2 撇水系统的选择和设计

CAST 反应器出水由撇水系统排出,撇水器规格选择按撇水时间(通常为 1h)及储水容积计算,若考虑一定闲置时间,同时考虑设计安全,有工程亦将撇水时间缩短为 45min,另 15min 作为闲置时间,同时撇水器撇水量相应增大。

对撇水系统要求其在撇水过程中,避免将沉淀污泥或可能漂浮在池子表面的浮渣随着出水撇出系统。见表 1。当然,撇水器的设计和选择需与专业咨询公司或生产厂家联合进行。

湖州市东郊污水处理厂采用旋转式撇水器,每池设一台,共 6 台,单台撇水量 935m³/h。

表 1 撇水器的工作原理及特点比较表

	浮筒式撇水器	旋转式撇水器	套筒式撇水器	虹吸式撇水器
负荷		20 ~ 32L/ (m ·s)	10 ~ 12L/ (m ·s)	1.5 ~ 2.0L/ (m ·s)
撇水范围 H	1.2 ~ 2.5m	1.1 ~ 2.4m	0.8 ~ 1.2m	0.4 ~ 0.6m
工作原理	通过浮筒上的出水口将水引至池外	经过一个旋转臂上出水堰将水引至池外	由可升降的堰槽(Y部类似于可伸缩天线)引出管将水引至池外	利用电磁阀排掉 U 型管与虹吸口之间的空气,通过 U 型管将水引至池外
控制形式	气动(可编程控制)	PCL 控制电动螺杆	钢丝绳卷扬或丝杆升降	电磁阀(可编程控制)
主要优点	动作可靠、滹水深度大、自动化程度高	运行可靠、负荷大、滹水深度大	滹水负荷量大,深度适中	无运转部件、动作可靠、成本低

3.3 曝气系统的选择和设计

由于 CAST 工艺是变容积反应器,故不宜采用表曝机,而采用池底曝气设备。目前 CAST 工艺常用曝气设备是微孔曝气器和射流曝气机。微孔曝气器目前常采用膜片式微孔曝气器,动力效率高,应用效果好。射流曝气机曝气时,水泵和风机同时工作,水和空气混合后由喷嘴喷出,释放微小气泡,达到曝气和混合的目的,见表 2。

表 2 曝气设备比较表

	微孔曝气器	射流曝气机
组成	微孔曝气器、风机及相配套风管	风机、水泵和喷嘴
氧利用率	20 % ~ 30 %	25 % ~ 35 %
适用水深	可至 8m	可至 8m
堵塞	不易堵塞	不易堵塞
维护	鼓风机维护较复杂,曝气器堵塞需停池检修	需对水、气加压,系统设备较复杂,施工及维修不便。

湖州市东郊污水处理厂设鼓风机房 1 座,机房内设 4 台鼓风机,正常运行时,3 用 1 备,单机风量 57.5 m³/min,风压 5.88mH₂O,功率 90kW。鼓风机可根据生物池溶解氧浓度通过鼓风机导叶片来自动调节风

量。CAST 反应池共 6 池,单池设有曝气头 1456 只。

3.4 混合液回流及污泥排放系统的设计

混合液回流在进水/曝气、沉淀和闲置阶段进行,撇水阶段停止混合液回流,混合液回流量约为进水量的 20 %左右。剩余污泥排放在沉淀结束后立即进行,剩余污泥量计算同连续流活性污泥法,排泥方式采用间歇排泥,单次排泥时间约 15min。

湖州市东郊污水处理厂 CAST 反应池共 6 池,单座生物池设混合液回流污泥泵 1 台,单台流量 85m³/h,扬程 5m;剩余污泥泵 1 台,单台流量 20m³/h,扬程 10m。混合液回流污泥泵及剩余污泥泵设置在主反应区约中部处靠近池壁。

4 结语

CAST 工艺具有独特的优点:

(1) CAST 工艺与传统活性污泥法相比较,最重要的特征是不设独立的初沉池和二沉池,活性污泥始终保持在一个池子中完成生物反应和泥水分离过程。因此无需设置如传统活性污泥法中污泥回流装置(回流比一般为 100 %),降低前置反硝化系统中的内回流
(下转第 83 页)



合理的种植密度,并进行树种的优化配置;造林后,还必须加强抚育管理,防止人为破坏,定期进行补苗,直至成林。

2.2.3 丰富食物链

将基围鱼塘纳入保护区的经营管理体系中,加强对基围鱼塘的整顿、恢复与建设,定期向鱼塘投放鱼苗,借鉴香港米埔的经验,由政府补偿保护区内鸟类食鱼造成的损失。通过这一措施,可促进淡水湿地生态系统的优化,增加食物链的级数和食物网的复杂程度,提高生态系统的抗干扰能力,为鸟类提供更多的食物来源,从而改善鸟类的生境,提高鸟类数量。

2.2.4 基于景观格局原理的规划措施

运用景观生态学的原理,对区域景观生态系统甚至整个城市景观生态系统进行景观生态规划与设计,设置合理的绿色廊道(即生态走廊)和节点,提高区域景观生态系统的连通度,利于红树林保护区生态系统与市区内各生态系统之间的物种交流、能量流动与信息传递,从而有效改善红树林生态系统的稳定性和完整性,改善鸟类的生境,促进鸟类数量的增加。同时,做好周边生态系统的管理,改善红树林生态系统的区域支持系统。

3 结语

红树林生态系统往往具有独特的生态结构与功能、丰富的生物多样性和巨大的生态作用,对退化的红树林生态系统进行恢复与重建必将引起普遍的重视。对深圳市红树林生态系统而言,恢复重建应该与保护并重。同时,笔者认为有待加强以下几方面的研究:(1)红树林生态系统健康评价与退化程度的定量化评价;(2)红树林生态系统的生态恢复技术及其实践;(3)红树林退化与工程建设项目的因果关系以及工程相关部门在红树林生态恢复中应承担的责任等。

[参考文献]

- [1] 章家恩,徐琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报,1999,10(1):109-113.
- [2] 崔保山,刘兴土. 湿地恢复研究综述[J]. 地球科学进展,1999,14(4):358-364.
- [3] 黄志霖,傅伯杰,陈利顶. 恢复生态学与黄土高原生态系统的恢复与重建问题[J]. 2002,16(3):122-125.
- [4] 罗澍,黄远峰,黄毅华. 深圳滨海大道工程的生态影响与生态补偿[J]. 中国环境监测,2000,16(3):47-50.

(收稿:2003-05-19;修回:2003-07-21)

(上接第73页)

比(传统活性污泥法内回流比可达300%左右,而CAST工艺内回流比仅为20%),从而可降低工程投资,同时设备种类少,维护管理简单,检修费用低,取消污泥回流和较少的污泥内回流,降低了日常运行电费。

(2) 根据进水水质及出水水质要求调整运行周期和时序,在曝气期内设置非曝气阶段(捕获选择器和厌氧区),可形成厌氧、缺氧和好氧交替状态,实现除磷脱氮功能,运转灵活。

(3) 采用矩形池结构,生物池间共用隔墙,可节省土建费用和工程建设用地。

(4) CAST工艺除具备SBR一般的特点外,还具备推流式特点,有基质浓度梯度和较高的污泥负荷可控制丝状菌造成的污泥膨胀,同时也具备完全混合法的特点——耐冲击负荷、适应水质变化。

CAST工艺虽有许多优点,在选择该工艺时应该考虑以下问题:

(1) CAST系统的微生物种群结构与常规活性污泥法不同,菌群主要由硝化菌、反硝化菌、聚磷菌和异氧型好氧菌组成。由于对非稳态CAST系统中微生物种群之间的复杂的生存竞争和生态平衡关系至今尚不甚了解,CAST工艺理论只是从工艺过程进行一些分析探讨,待今后研究工作中加以逐步明确。

(2) 与连续流污水处理工艺相比,设备的闲置率较高。设备数量较多,设备投资较高。采用撇水器出水、风量调节阀调节等,使得CAST系统的正常运行对设备要求较高。

(3) 处理水量较大时,应充分考虑该工艺的复杂性。由于工艺运行、结构受沉降缝和抗浮等因素的限制,生物处理池的体积每格不宜超过1万 m^3 。当水量增加时,处理单元数也会增加,致使配水、出水、污泥回流和剩余污泥排放等设备随着单元数而增加,大大的提高了实际运行的复杂程度。从自动控制方面看,3万 m^3/d 处理规模的污水厂氧化沟工艺的I/O数量只需1000点,而该工艺为3000点以上,随着处理单元数量增加,其控制量也将成倍增加。所以,该工艺在规模较大处理厂应用时,应全面进行考虑。

综上所述,CAST工艺更适用于中小型污水处理厂,在一定的范围内,可以替代其它活性污泥法,有独特的优点,并具有较强的竞争力。

[参考文献]

- [1] 邱慎初. 循环式活性污泥法(CAST)[M]. 北京:国家城市给水排水工程技术研究中心,2001,(1):1-40.
- [2] 汪大翠,雷乐成. 水处理新技术及工程设计[M]. 北京:环境科学与工程出版中心,2001,156-210.

(收稿:2003-06-04;修回:2003-11-05)

cussed. Results showed that compound ferrous coagulant was worth applying for its cost effectiveness.

Key words: pickling waste liquor; compound ferrous coagulant; performance; application

Experimental Study on Treatment of Mixed Wastewater from an Automobile Manufactory by Catalyzed Ozonation

J IN La-hua , HUANG Bao-yuan

(Department of Environmental Engineering ,
Jinan University , Guangzhou 510632)

Abstract: Based on the elementary principles of ozone oxidation , lab experiments was made to determine degradation rate and final removal percentage of organic pollutants and cyanides in mixed wastewater from an automobile manufactory by method of ozonation catalyzed with Fe^{2+} , Cu^{2+} , H_2O_2 and $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$. Results showed that the combined technology of $\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$ can effectively remove organic pollutants and cyanides from wastewater , and water quality of effluent can satisfy the first grade of National Criteria.

Key words: ozonation; mixed wastewater; wastewater treatment

Application of Coagulate-biological Contact Oxidizing to Tan Wastewater Treatment

ZHOU Shu-kui , XU Shi-rong , ZOU Hong-zhe

(College of Civil Engineering , Hunan University , Changsha 410082)

Abstract: The process to treat wastewater of a tan works was improved based on analysis of its characteristics by method of coagulate-biological contact oxidizing. The operation proved that the technology is a simple , least cost-effective method for tan wastewater treatment.

Key words: tan wastewater; coagulate; biological contact oxidizing; synthetic filter; application

Pilot-scale Study on Membrane Bioreactor for Wastewater Reuse

ZHANG Yun-xia , XING Guo-ping , ZHU Wen-ting ,
SUN Bao-sheng , ZHAO Xin-hua

(School of Environment Science and Engineering ,
Tianjin University , Tianjin 300072)

Abstract: A pilot-scale study on treatment of bathing wastewater from a university dormitory was carried out using a combined process of biological contact oxidization and membrane bioreactor. Results showed that removal efficiency of SS , color , COD_{Cr} , LAS and $\text{NH}_3 - \text{H}$ was 99 % , 95 % , 90 % , 95 % and 95 % respectively with contact time of 5h. The combined process prospective in wastewater reclamation has some characteristics of stable performance , simple operation and easy management , and effluent can meet discharge criteria.

Key words: bathing wastewater; biological contact oxidization;

membrane bioreactor

Selection of Complex Flocculant for Refinery Wastewater Treatment

YAN Jia-bao¹ , XIA Ming-gui² , YU Feng²

(1. Wuhan University of Science and Technology ,
Wuhan 430081 ;

2. Wuhan Petrochemical Works , Wuhan 430080)

Abstract: Flocculant for refinery wastewater treatment was selected by experiments. Results showed that the selected organic high molecule flocculants (PAM or HL - 704) combined with inorganic flocculant PAC remarkably increase removal efficiency of oil and COD. The complex flocculants have advantages of stronger adaptability and lower dosage than any flocculant used individually.

Key words: refinery wastewater; flocculant; selection

Practice on CAST Process for Municipal Wastewater Treatment

CHEN Ke-ling , ZHAN Jian

(Central South Municipal Engineering Design Institute ,
Wuhan 430010)

Abstract: Application of CAST process to a wastewater treatment plant was introduced , and theory of CAST process , design of tank structure , aeration system , water discharge system , mixed water return system and sludge discharge system were described. Advantages and attentions were also summarized.

Key words: CAST process; tank structure; aeration; water discharge; return; discharge

Nanostructure Design of Harmful Gas Decontaminate Material

Zhang Zhi-jie , SU Da-gen

(College of Material , South China University of Technology ,
Guangzhou 510640)

Abstract: The design of nanostructure and processing of Ti-pillared montmorillonites was been described in this paper. The material has excellent harmful gas decontaminate function because of its TiO_2 nanometer particle and huge surface area.

Key words: photocatalysis; nanostructure; pillared clay; harmful gas decontaminate

Industrial Experiment on Treatment of Tail Gas of Methyl Mercaptan by Chlorine Oxidation Process

XU Ning , MENG Qing-jian , HAO Li-yong ,

CHEN Xiao-quan , WU Kai-rong

(School of Engineering , Taishan Medical College ,
Tai 'an 271000)

Abstract: A new technique to deal with methyl mercaptan by chlorine oxidation was introduced. Industrial experiment proved that the technique is simple operational , cost effective and better than