



中国环境科学学会 学术年会

论文集

2010【第四卷】

中国环境科学学会 编



中国环境科学出版社

中国环境科学学会学术年会

论文集

(2010)

第四卷

中国环境科学学会 编

中国环境科学出版社

· 北 京 ·

目 录

(第四卷)

Fe-Bir 型锰氧化物的制备及其 CO 催化氧化性能的研究	叶 青 赵 俊 李冬辉 等(3297)
城市铂族金属污染研究	李晓林 杨永兴 朱 燕 等(3300)
沈阳城区春节期间大气细颗粒物元素的浓度变化及其来源	洪 也 周德平 马雁军 等(3306)
氧化钙固硫反应的量子化学研究	何正泉 石从云 刘兴重 等(3316)
我国烧结烟气脱硫现状及其发展趋势	孙鹏辉 廖洪强 宋存义 等(3321)
火电厂烟气脱硝技术现状与发展趋势	邢 军 马 骏(3326)
活性焦烟气脱硫/脱硝工艺在火电及钢铁行业中的应用	谢 浩 朴桂林(3329)
SCR 烟气脱硝液氨系统关键设备的仿真	孙克勤 沈 凯 徐海涛 等(3335)
锅炉烟气脱硫工程的环境监理实践	丁真真 王文东 高 榕 等(3342)
针对烟气净化工程实际,基于具体的湿法烟气脱硫技术进行 细节完善的思考与研究	张志仁 吕 菲 王子剑(3347)
燃煤电厂应对气候变化及碳减排工程技术与创新	孙明超 张慧娟 郭家秀 等(3352)
循环流化床粉煤灰用于烟气脱硫的研究	彭 蕾 刘心中(3356)
石灰石/石膏湿法脱硫系统异常分析与故障处理	杨俊果 丁禄彦 霍 鹏(3362)
济南市可持续发展状况评价	石敬华 潘 光 李恒庆 等(3373)
节能减排高效脱硫脱氮除尘除雾一体化工艺	宁海泽(3378)
滤筒除尘器将更新换代袋式除尘器	梅 谦 杨振坤 杨国亮 等(3386)
相对湿度对烟气脱硫及烟气监测的影响	李恒庆 潘 光 由希华 等(3391)
烟气脱硝技术及在我国的应用	潘 光 李恒庆 由希华 等(3394)
湿式镁法脱硫技术治理烧结机烟气的优势	朱 彤 刘延令 王 俩 等(3399)
CEMS 烟气在线监测系统的组成与维护	张 良 张 玮 曹亚明(3402)
氮氧化物排放控制原理及新技术	李俊华 陈 亮 常化振 等(3406)
燃煤电厂烟气二氧化碳减排技术分析	姜雨泽(3411)
活性炭选择性催化还原 NO _x 的研究	汪小蕾 朴桂林 谢 浩 等(3416)
关于我国水泥行业氮氧化物排放和监测的思考	薄以匀 胡学毅(3421)
有机废气的净化处理技术	邢巍巍 宋国华(3428)
城市机动车尾气排放控制研究	曲艳敏 徐 鹤(3432)
简易瞬态工况条件下轻型汽油车的排放特性	农加进 双菊荣 陈彦宁(3436)
机组碳排放指标计算方法及节能发电调度策略	刘进雄 刘涤尘(3441)
建筑物下洗对烟塔排烟最大地面落地浓度的影响对比分析	周 阳 黄浩云 李志强(3448)
垃圾飞灰与煤灰混合后的灰熔融特性试验研究	别如山 卢 杰(3451)
纳米纤维基“夹心”式超净化材料的研制及其产业化技术	刘太奇 张淑敏 吕 丹 等(3456)
湖南衡山地区一次酸雨过程气象条件的数值模拟研究	樊 琦 范绍佳 易建平 等(3460)
大气细颗粒物污染对动脉粥样硬化影响的流行病学证据	王菲菲 丁明玉 刘芳盈(3469)
气动雾化吸收 NO _x 可行性研究	段广杰 李登新(3472)
内蒙古呼和浩特市沙尘天气变化规律及防治对策	李红丽 谷 雨 董 智(3481)
三、固体废物污染防治	
我国城市垃圾填埋气资源化利用现状及前景研究	杜 娟(3487)
我国电子废弃物回收处理系统及相关法律法规建设分析	王红梅 于云江 刘 茜(3493)

我国城市生活有机垃圾处理技术分析与发展	徐晓燕(3498)
四川省电子废弃物处理现状及对策建议	朱天开(3501)
医疗废物处置现状及技术探讨	刘波 廖洪强 王忠卫 等(3504)
固体废物的辐射处理	刘秀华 邓义 何小波(3507)
我国金属矿山固体废物污染及其对策分析	龙涛 杨小聪(3512)
新疆农业、加工业固体废弃物循环利用研究	张殿宇 朱斌 程启明(3515)
浅谈城市生活垃圾资源化和无害化处理技术	李金生 罗清威 樊占国(3519)
关于下一代资源节约型、环境友好型 MSW 焚烧发电技术的探讨	全浩(3523)
广东固体废物分类管理的探索与实践	许冠英 罗庆明 温雪峰 等(3529)
生活垃圾污染防治规划的重点及策略论析	陈海滨 周靖承 张黎(3533)
关于电子垃圾的初步研究	雷丽 罗清威 樊占国(3537)
建立固体废物回收监控体系探讨	郭燕 刘伟 王燕(3540)
电子废物的危害与污染防治对策的探讨	樊旭 高山(3543)
钢铁行业受污染滤料的原位再生技术应用研究	李鹏斐 李宪平(3547)
地震建筑垃圾资源化利用实验研究	邱慈长 王清远 何东(3551)
电解铝固体废弃物的环境危害及处理技术研究现状	申士富 王金玲 牛庆仁 等(3557)
钢铁行业用后耐火材料回收利用技术概况	赛音巴特尔 余广炜 冯向鹏 等(3564)
选矿技术在城市固体废弃物资源化中的应用	刘书杰 李晔 申士富 等(3569)
马坑铁矿铁尾矿资源综合利用技术研究	叶力佳 陈宁清 余祖芳 等(3572)
锌冶炼铁钒渣的回收利用	王海北 蒋开喜 刘三平 等(3577)
旋风炉高温熔融垃圾焚烧飞灰中试研究	别如山(3583)
一项新型垃圾衍生燃料(RDF)制备工艺系统	周斌 雷建国(3587)
医疗垃圾的热解特性实验研究	焦永刚 马长捷 郝长生(3594)
基于市场供给 A 模型的手机废弃量预测研究	高颖楠 徐鹤 卢现军(3597)
新型电解装置回收电子废弃物中铜的研究	王哲 高郁杰 丁辉 等(3602)
中铝河南分公司赤泥中金属成分分析	董学芝 李德亮 李东 等(3607)
剩余活性污泥完全资源化利用微生物技术的研究	孙村民 李强 王聪 等(3610)
生活污水经蚯蚓生物处理床消解后的性质变化特征研究	赵海涛 庄明明 徐轶群 等(3615)
利用爆炸冲击波作用提高污泥脱水率试验探索	杨军 陈大勇(3621)
污泥资源化利用技术研究进展	李冰 郑涛 王梅(3624)
活性污泥利用甘蔗渣进行发酵产氢的特性	焦安英 李永峰 刘琨(3627)
污水处理厂污泥对 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 吸附性能的研究	加紫薇 廖力 朱维琴 等(3631)
底物浓度对连续流发酵制氢系统的影响	韩伟 李永峰 刘晓辉 等(3638)
白腐菌对城市污泥堆肥效率及木质纤维素降解的影响	隆梦佳 鲁娟 胡承孝 等(3643)
医疗污水处理系统中污泥处理工程实践	韩婷婷(3649)
电镀污泥与酸洗废液协同铁氧体化研究	陈丹 侯钧(3651)
两种活性污泥工艺在污泥减量中的应用研究	高春娣 袁金萍 王丽 等(3655)
牛仔布加工印染污泥资源化途径研究	何国伟 刘灵辉 朱孟德 等(3662)
完全混合反应器条件下亚硝化到 CANON 过程的启动	钟玉鸣 王丽娇 贾晓珊(3667)
胞外聚合物(EPS)构成的影响因素分析	曹秀芹 赵自玲(3672)
畜禽废弃物治理技术及其评价	王济民 刘春芳 胡向东(3678)
典型二次电池生命周期评价模型与应用	陈妍 郁亚娟(3684)
四、噪声污染防治	
湖南省城市声环境质量状况与变化分析	许晶 肖金 廖岳华(3691)
声环境质量评价的探讨——两个典型室内声环境质量问题个案分析	卢庆普(3695)
北京市黄标车停驶措施对市区道路交通噪声的影响分析	徐辉 徐谦 刘嘉林(3699)

我国环境噪声标准体系建设现状与发展规划探讨	秦 勤 段传波 朱妍妍(3705)
创造和谐环境 控制噪声污染	张 颂(3710)
谈对新环境噪声标准的认识	王 毅 徐 辉(3713)
铁道列车通行数量与铁路边界噪声控制关系的研究	韩明爽 李 钢 张佐男(3717)
低噪声设备的辐射声压级测试	牛 锋 许 欢 何龙标 等(3723)
给居民一个宁静的生活环境	梅 谦 杨兴博 杨振坤(3725)
基于小波变换的煤矿井下噪声源判定	程根银 余生晨 陈绍杰 等(3730)
从乐山市噪声污染现状,谈噪声污染控制	汤一凡 姜茂林 张喜长(3736)
城市轨道交通噪声试验研究	朱妍妍 段传波 柳至和 等(3740)
五、重金属污染防治	
作物初级废弃物不同处置的重金属生态风险预警评价	宋成军 张玉华 刘东生 等(3745)
江河湖库底泥重金属污染治理新技术	邢海涛 项铁丽(3750)
浅谈垃圾焚烧飞灰熔融过程中重金属的迁移特性	钟秀萍 王俊坚(3756)
酸雨对污泥土地利用中重金属铜的环境效应影响研究	付新梅 俞 珊 李云飞 等(3761)
土壤重金属污染生物修复技术研究	吕晓龙(3765)
加压氨浸法回收废线路板中的铜、锌和镍	王 猛 曹宏斌 张 懿(3768)
南方强降雨带矿区流域水体重金属污染特征	
——以德兴铜矿铜污染为例	胡春华 周文斌 王毛兰 等(3774)
铬渣治理新法综述	李先荣 张国庆 陈 宁 等(3779)
汞污染的危害及其环境标准	解 军 程 磊(3785)
碱浸电解法制备金属锌粉新技术的工业化应用	刘 清 招国栋 赵由才(3789)
燃煤电厂汞排放治理技术	李艳松 孙明超 郭家秀 等(3794)
不同重金属复合污染效应与土壤酶活性关系研究	张笑归 刘树庆 杨志新 等(3797)
山西省小店污灌区重金属垂直分布特征及形态分析	郑伟林 罗泽娇 张沙沙 等(3803)
城郊菜地土壤和蔬菜重金属污染状况研究	李录久 吴萍萍 杨自保 等(3810)
污泥焚烧过程重金属迁移行为的研究进展	陈宗良 李润东 李彦龙 等(3814)
油页岩废渣场适生植物筛选及对重金属的净化研究	孔国辉 黄 娟 刘世忠 等(3818)
重金属 Pb、Cd 污染对土壤酶活性的影响	黄占斌 张 彤 彭丽成 等(3824)
石家庄市大气颗粒物中重金属铅污染的研究	康富华(3829)
六、土壤污染防治	
浙江省土壤污染状况调查样品库的建设与规范研究	周 斌 于海燕(3835)
土壤次生盐渍化及其对设施农业可持续发展的影响	姜忠廷(3839)
土壤污染及防治措施探讨	陈 超(3844)
UV-B 辐射增强下施氮对大麦土壤微生物量碳、氮的影响	姜运生 程焕友 王恩眷 等(3849)
土壤重金属污染与植物修复技术	曲向荣(3855)
黄土高原北部多沙粗沙区土壤侵蚀敏感性变化评价	刘 琳 刘雪华(3858)
土壤柴油污染的检测与修复	刘乃瑞 周 波 沙 宇(3867)
保水剂对土壤氮素损失的影响及其环境效应	杜建军 王新爱 苟春林(3871)
铅锌冶炼废渣对土壤酶活性影响的试验研究	顾尚义 王 展(3876)
土壤化学农药污染与生物修复技术	曲向荣(3880)
土壤中十溴联苯醚的厌氧、好氧降解研究	邹梦遥 冉 勇(3883)
土壤宏基因组中六六六脱卤素酶基因(linA 和 linB)的克隆及表达	张 衡 万 华 刘思璐 等(3890)
石油烃污染土壤的堆制及其根际修复	王震宇 许 颖(3895)
电子垃圾拆解地区不同深度土壤中邻苯二甲酸酯分布特征研究	刘文莉 张崇邦 张 珍(3901)
有机物料与尿素混施土壤后 NH ₃ 和 CO ₂ 的释放规律研究	吴景贵 南 阳 孙晓楠 等(3906)
生物刺激法原位修复油污土壤与钻井岩屑的现场试验研究	陈 宇 王 胜 李 辉 等(3915)

- 成都平原蔬菜基地耕作层土壤酸化与作物速效养分系统 严小娟 赵 婷 操 飞 等(3921)
- 稀土矿矿山环境治理与土地复垦——以赣南“龙南模式”为例 陈建国 李志萌(3928)
- 交替灌溉施肥对夏玉米土壤 N_2O 排放的影响 韩 坤 张继涛 上官宇先 等(3933)
- 基于 GIS 的大连市土壤环境中铅元素含量分布研究 刘秀洋 林长清(3941)

第九章 环境保护相关领域研究进展

- 固体生物质燃料产业发展途径研究 马龙波 张大红 刘祖军(3946)
- 环境友好的生物质能——生物柴油 王鑫磊(3951)
- 低碳新能源微藻生物柴油现状与创新 卢碧林(3955)
- 反烧式固定床生物质气化试验研究 丁杨惠勤 朱跃钊 廖传华 等(3960)
- 国内外生物质制甲醇的研究现状及展望 解庆龙(3965)
- 秸秆汽化技术及其利用 徐庆元 宋宝增 王华锋 等(3968)
- 洱海北部畜禽粪便沼气资源化潜力分析 贾丽娟 宁 平 瞿广飞 等(3974)
- 基于生产实践的木质能源综合利用方式探讨 李文龙 栗胜基(3978)
- 对秸秆进行物质与能量梯级利用的方法、效益及政策建议 于爱华(3981)
- 浅谈生物质能——沼气 王 威 罗清威 樊占国(3985)
- 有机溶剂气体变温吸附净化回收工艺及工程应用 羌 宁 王红玉(3988)
- 不同环境材料对土壤磷肥的淋溶效应研究 王晓茜 黄占斌 李文颖 等(3994)
- 嗜酸氧化亚铁硫杆菌在环境工程领域的应用现状 朱艳彬 时启立 杨钱华 等(3999)
- 农药残留生物降解工程菌的构建、表达及其全细胞的应用 宋文丽 杨继建 张 衡 等(4002)
- 膨润土和腐殖质对毒死蜱和三唑磷的吸附及影响因素 朱丽娟 张 维 赵 蓉 等(4009)
- 一株高效好氧反硝化菌的选育、鉴定及其脱氮特性 曾庆梅 司文攻 李志强 等(4015)
- 贵金属 Ir 在富含氧硫含水条件下同时催化去除碳颗粒和 NO_x 杨 荣 朱荣淑 郭明新 等(4024)
- 六钛酸钾晶须预富集 ICP-AES 法测定环境样品中 $Hg(II)$ 徐婉珍 吴向阳 黄卫红 等(4029)
- L 分布函数在“0.6 测量法”中的应用 王万里 刘耀林 蔡述明 等(4033)
- 混凝动力学的发展历程 赵宗升 章双霜 柴 峰 等(4039)
- 海洋石油污染的现状与防治对策 刘慧杰 张虎山(4047)
- 我国非木质林产品开发利用现状与对策分析 杨春玉(4052)
- 用废弃香蕉树制取活性炭的工艺研究 彭绍洪 李春娟 朱秀莲 等(4056)
- 活性炭纤维吸附回收油气的研究 柴春玲 焦婷婷 迟广俊 等(4060)
- 多环芳烃检测技术研究进展 刘 艳 张经华 林金明(4065)
- 二安替比林甲烷分光光度法测定环保型钛合金阳极
氧化工艺槽液中的钛离子 曾小岚 徐 栩 曹彦荣(4068)
- 汽车行业萧条为能源转换提供契机——从日本混合动力市场兴旺展望未来 大野木升司(4072)
- 水煤浆清洁燃料和水煤浆锅炉新技术的引进、创新及推广应用研究 张建国 卢政旗 黎光南 等(4076)
- 浅析水煤浆技术及其应用 朱志军 许建军 杨 威(4082)
- 膜接触器捕集 CO_2 技术的开发 陆建刚 刘 聪 张 慧 等(4086)
- 沉积物和生物样品中持久性有机物的分析 曲 健 解天民(4090)
- TD-SCDMA 基站电磁辐射场强预测研究 李 军 黄 欣(4096)
- 高效产氢菌种 *Biohydrogenbacterium R3* sp. nov. 连续流厌氧发酵
生物制氢的研究 陈 红 李永峰 徐菁利 等(4099)
- 氧传递速率对脱硫菌 *Pseudomonas delafieldii* R-8 生长和脱硫的影响 林 星 魏雪团 徐 林 等(4104)
- 化学武器的销毁进展与日本遗弃化学武器的处理 夏治强 王曼琳 赵 钦(4111)
- 篁竹草厌氧发酵产气特性及结构变化研究 罗 艳 陈广银 罗兴章 等(4115)
- 铜绿假单胞菌降解氯氰菊酯的特性及其动力学研究 徐小芳 刘幽燕 周茂钟 等(4119)

二氧化碳制冷循环的应用	高新华 高 云(4123)
活性气雾空气消毒技术	王唯琴 刘志农 崔 燕 等(4128)
木醋液的性质及应用研究进展	吴 昊 韩晓颖(4132)
全氟化合物的毒理学研究进展	季宇彬 吴 昊 郎 朗(4135)
全热交换器所采用的吸附材料与空气污染物发生交叉 污染之相关性研究	児玉昭雄 岡野浩志 金伟力(4140)
GFP 标记对广谱拮抗菌 B96 - II 的影响	郝变青 马利平 乔雄梧(4143)
UV/Fenton/柠檬酸体系光催化氧化孔雀石绿研究	李松田 高 航 薛景娇 等(4146)
侧进式搅拌器混合过程的 CFD 模拟	方 键 凌 祥 桑芝富 等(4149)
大型海藻浒苔水热液化提取生物油	周 东 张 良 张士成 等(4156)
核事故危害预测预警数值模拟	黄顺祥 李慧敏 符天保(4160)
水葫芦低温液化制取生物油的试验研究	张 良 周 东 张士成 等(4165)
水体多效唑残留对挺水植物生物量及生理特性的影响	王庆海 李瑞华 李建洪(4168)
液—液—固流化床反应器中氧传递速率和柴油生物脱硫研究	林 星 罗明芳(4173)
表面活性剂在环境保护中的应用及前景	金东青(4181)
焊接车间污染源放散与控制的研究	刘秋新 张琳琳(4184)
硝基苯对微生物活性的影响及其降解菌的筛选	战培荣 陈中祥 赵彩霞(4191)
油页岩渣制备陶粒及其对 Cu^{2+} 吸附性能实验分析	郭 立(4196)
EM 技术在优质无公害烤烟生产中的应用展望	邵孝侯 刘 钰 于 静 等(4201)
地热技术在温室降温中的应用研究	张晓文(4204)
二氧化硅膜分离正己烷/氮气的研究	钟 璟 陈 燕 黄维秋 等(4209)
负载型 LaCoO_3 催化剂性能与结构研究	明彩兵 叶代启(4213)
脉冲电晕等离子体降解有毒气体研究	李战国 胡 真 曹 鹏(4219)
葡萄糖条件下厌氧氨氧化微生物利用硝酸盐作电子受体的反应特性	王丽娇 钟玉鸣 贾晓珊(4223)
酸雨、 Cd^{2+} 和敌杀死复合污染对小白菜营养品质的影响	颜丙花 唐美珍 罗 琳 等(4228)
微生物电解池降解芳香烃类化合物的研究	许炉生 吴伟勇(4233)
有机溴污染物及稳定溴同位素研究进展	郑 华 梁重山(4240)
高性能竹质活性炭制备方法的热重试验分析	赵晓媛 朴桂林 谢 浩 等(4243)
纳米材料的毒理学安全性研究进展	宋云扬 余 涛 李艳军(4248)
新型生物材料细菌纤维素在环境领域中的应用进展	朱艳彬 夏 露 李 珊 等(4252)
海胆毒物代谢酶分子生物学数据库的构建和应用	郝大程 李金洋 穆 军 等(4256)
牛粪好氧堆肥中纤维素分解菌的分离及堆肥效果研究	孙俊丽 刘克锋 王顺利 等(4263)
曝气器的孔隙运动——弹跳孔、工字组合孔	邢旭明(4269)
我国道路交通污染及其对职业人群健康影响	王菲菲 刘芳盈 丁明玉 等(4273)
阿维菌素类药物胁迫对非靶标昆虫家蚕的毒理学效应	朱九生 王 静 高海燕 等(4278)
苯酚降解菌 TX1 的分离鉴定及其降解特性	邱凌峰 吴芳芳 姚 尧(4283)
城市旅游中的公共自行车租赁系统分析	高 莹(4290)
丛枝菌根真菌从土壤环境中吸收不同氮素并向寄主植物运转的机制	金海如(4294)
环境生物地球化学异常有关地方病区的同步辐射研究	沈建华 李玉兰 林 俊 等(4298)
禁食引起小鼠多组织神经吸收增加及其机制研究	鞠晶昀 陈 刚(4302)
利用渗透汽化膜分离燃料乙醇的研究进展	张文毓 马鸿志 高 明 等(4307)
强化尤美肝泰的人工配合饲料对加州鲈生长及品质的影响	干 钢 金 成 张高立 等(4312)
树脂型包膜尿素氮素和氨挥发特征研究	刘俊松 黄丽娜(4318)
新型抗蒸腾剂对玉米的节水增产效应	闫玉敏 黄占斌 杨玉姣 等(4322)
一溴代烷烃在 234nm 及 267nm 的光解动力学研究	朱荣淑 董文艺 张 冰(4326)
有机磷水解酶的表达和纯化	谭 烽 兰文升 杨 超 等(4331)

绿色责任:生态文明背景下媒体组织的新使命	李 鸣(4335)
草浆碱回收白泥高效碳化制碳酸钙填料技术及其应用	潘桂华 陈金山 李望南(4338)
湿地植物芦竹生物炭的制备及特性表征研究	王震宇 郑 浩 李锋民(4341)
舟山渔场及附近海域浮游动物指示种的研究	朱根海 徐汉祥 陈全震 等(4347)
铜、镉胁迫下施硫对冬小麦碳氮运转和籽粒产量的影响	朱云集 夏来坤 郭天财 等(4353)
抑菌剂 K1、K2 与植物青枯菌(<i>Ralstonia solanacearum</i>)的剂量-效应 关系研究	赵志峰 刘义新 王阿楠 等(4358)
放射源销售过程中应注意的辐射安全问题	张 晶(4363)

Fe - Bir 型锰氧化物的制备及其 CO 催化氧化性能的研究

叶 青 赵 俊 李冬辉 赵建生 程水源 康天放

(北京工业大学环境与能源工程学院环境科学系 北京 100124)

摘 要 通过氧化还原方法制备出具有层状结构的锰氧化物 K - Bir, 再以 K - Bir 为模板, 通过湿插入法合成铁负载型催化剂, 并运用 XRD 对其物相结构进行分析, 以 CO 氧化反应为模型对 Fe - Bir 催化活性进行了测试。结果表明, 负载 Fe 后, Fe - Bir 保持 K - Bir 的层状结构, Fe - Bir 催化剂的 CO 催化氧化活性明显增强, 这可能与 Fe 的加入增强了 Bir 的氧化还原性能, 从而提高了 Fe - Bir 催化剂的催化氧化性能。

关键词 铁 锰氧化物 CO 催化氧化

一氧化碳(CO)是所有大气污染物中数量最大, 分布最广的一种。主要来源于含碳物质的不完全燃烧。CO 气体易燃、易爆, 有毒有害, 对环境和人体健康都有极大的危害, 寻求合理有效的 CO 去除途径具有重要的现实意义。催化燃烧技术因其操作简单, 成本低廉, 效率较高而成为去除 CO 的有效方法之一。

锰氧化物是一种微孔或介孔结构的过渡金属氧化物。以锰氧化物为载体所制备催化剂催化 CO 氧化反应的研究也已有不少报道。Xu 等^[1]采用水热法制备了 α - MnO_2 和 β - MnO_2 并进一步以其为模板利用湿插入法制 Ag/α - MnO_2 和 Ag/β - MnO_2 , 评价了所制催化剂的 CO 催化氧化性能, 结果表明 α - MnO_2 的催化活性高于 β - MnO_2 , 掺 Ag 后的催化剂活性高于掺杂前。Wang 等^[2]以 MnO_x 为载体尿素为沉淀剂采用沉淀沉积法制备了 $\text{Au} - \text{Mn}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Au} - \text{MnO}_2$ 、 $\text{Au} - \text{Mn}_3\text{O}_4$ 等金负载型氧化锰催化剂, 评价了产物的 CO 催化氧化性能, 结果表明 $\text{Au} - \text{Mn}_2\text{O}_3$ 催化性能最佳。Birnessite 锰氧化物是一种二维层状锰氧化物。相邻片层间夹有一定量的阳离子(如 Na^+ 、 K^+ 等)和水分子。其特殊的片层结构利于发生层间离子交换反应, 生成新型负载层状锰氧化物, 本文以 Birnessite 型层状锰氧化物为载体, 通过湿插入法制的铁负载型催化剂, 并通过 CO 催化氧化反应对催化剂的催化性能进行了研究。

一、实验部分

(一) 试剂与原料

合成用的 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 KOH 、 KMnO_4 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 均为分析纯试剂; 洗涤用水为去离子水。

(二) 催化剂的制备

K - Bir 的制备采用已有的氧化还原法, 将一定量的乙醇和 KOH 混合, 再加入 KMnO_4 溶液中, 持续搅拌、老化, 产物用去离子蒸馏水冲洗至中性, 得到钾型层状锰氧化物, 记为 K - Bir。K - Bir 与一定浓度的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 溶液, 室温下搅拌, 冲洗、过滤、干燥, 再以 $1^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率程序升温至 200°C , 保温 2h, 得到铁负载型层状锰氧化物, 记为 Fe - Bir。

(三) 催化剂的表征

XRD 测试采用日本理学公司 D/MAX - 3C 型 X 射线衍射仪, 测试条件: Cu 靶 $\text{K}\alpha$ 线; 电压 35 kV; 电流 35mA; 扫描范围 $10^\circ \sim 80^\circ (2\theta)$; 扫描速度 $3^\circ/\text{min}$ 。

(四) 催化活性评价

催化剂活性评价在微型固定床反应器(内径为 6mm)中进行, 反应气为 CO, 载气为 H_2 、

空气为平衡气。床层反应温度通过反应管中热电偶测试,温控仪显示。检测部分为日本株式会社岛津制作所 GC-14C 气相色谱仪,采用热导检测器;数据分析部分为浙江大学 N-2000 双通道色谱工作站。

二、结果与讨论

(一) XRD 谱图分析

由图 1 可知 K 型层状锰氧化物 K-Bir 的 XRD 特征谱峰 $2\theta = 12.5^\circ$ 和 $2\theta = 25^\circ$ 处清晰可见,这与文献 [3] 报道一致。Fe-Bir 在 $2\theta = 12.5^\circ$ 处出现 Birnessite 的特征峰,这表明在所制的催化剂仍保持载体的层状结构。与 K-Bir 相比较 Fe-Bir 中 Birnessite 的峰形减弱并且宽化,并出现了 Mn_2O_3 的特征峰。这表明在升温过程中 Birnessite 型锰氧化物会逐渐转换为 Mn_2O_3 ,这是由于 Birnessite 型锰氧化物本身的亚稳态结构所造成的。Birnessite 的二维片层结构是由共边的 MnO_6 八面体结构单元组成,其中多为 $\text{Mn(IV)}\text{O}_6$ 但也含有一定量的 $\text{Mn(III)}\text{O}_6$ 和 $\text{Mn(II)}\text{O}_6$ 。片层结构上每隔 6 个锰氧八面体 MnO_6 就有一个空位,同时还存有晶格缺陷以及同晶置换现象即 Mn(II) 或 Mn(III) 置换 Mn(IV) 。这一特性决定了不同价态锰之间的容易发生相互转变(主要是 Mn^{2+} 和 Mn^{4+}),形成多种中间价态的锰。

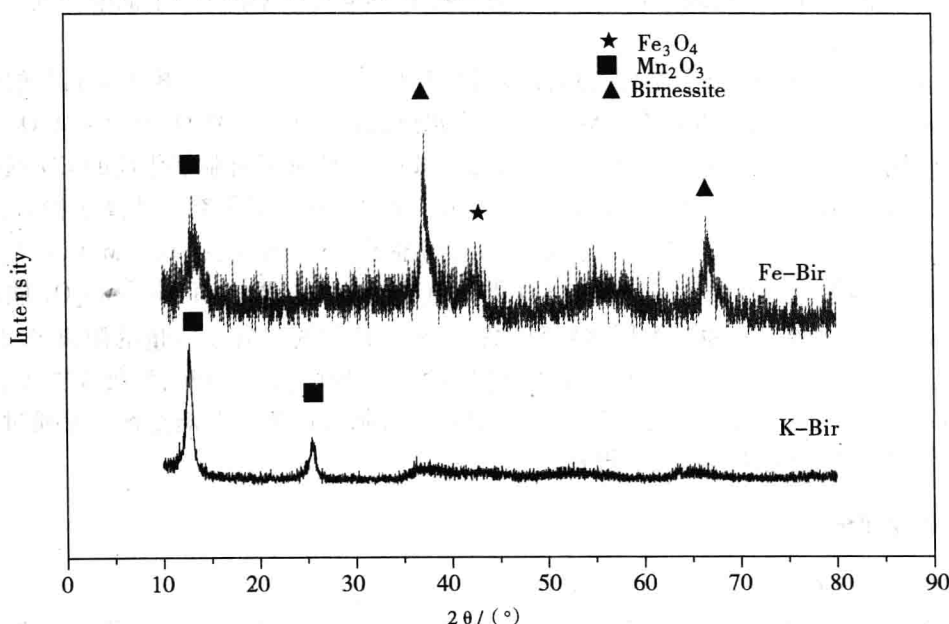


图 1 K-Bir 和 Fe-Bir XRD 谱图

(二) 催化活性评价

图 2 为 K-Bir 和 Fe-Bir 催化剂对 CO 氧化反应的催化活性随温度的变化关系图,从图中可以看出,较 K-Bir 而言 Fe-Bir 对 CO 具有更好的催化性能,掺入 Fe 后 CO 的完全转化时的温度大大降低。在起始阶段(转化率 10% 处) Fe-Bir 和 K-Bir 两催化剂的转化速率差别不大。随着温度的升高,催化剂的活性都逐步增强,但 Fe-Bir 的增长速率远远大于 K-Bir,转化率 50% 处两者已有明显差别,Fe-Bir 存在条件下 150°C 左右 CO 转化率即可达到 50%,K-Bir 存在时达到相同转化率时温度为 260°C 左右。当反应温度达到 210°C 左右时,Fe-Bir 对 CO 的转化率已达到 100%,而 K-Bir 却低于 50%,K-Bir 存在下直到 400°C 左右 CO 才转化完全。这一评价结果表明 Fe 的引入对 CO 的氧化反应产生了助催作用,加强了 Fe 与载体间的相互作用,提高了 Fe-Bir 的氧化还原性能,从而具有较好的 CO 的催化氧化性能。

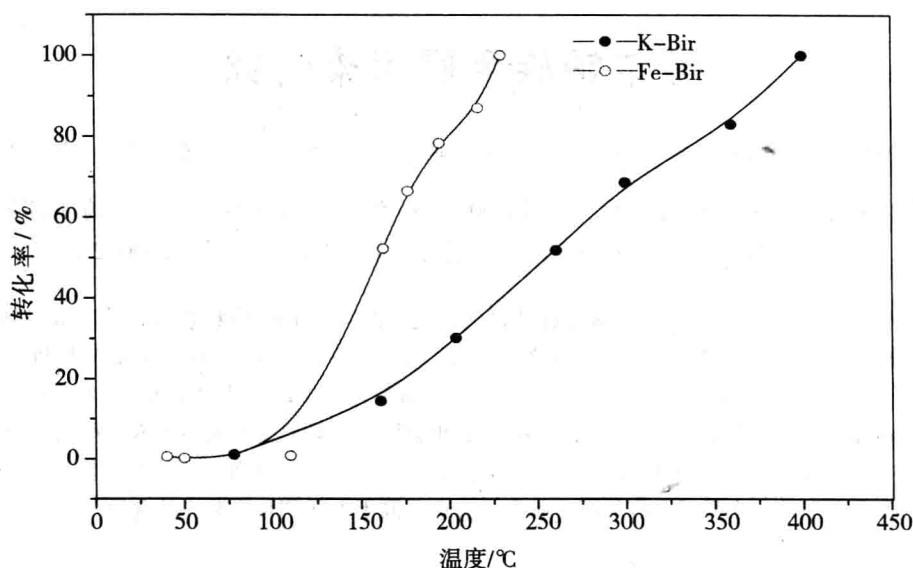


图2 CO 氧化反应的催化活性图

三、结 论

以 K-Bir 为模板采用离子交换法合成的 Fe 负载型 Birnessite 催化剂, XRD 结果表明 Fe-Bir 仍具有二维层状结构。以 CO 催化氧化反应为模型对所制样品的催化活性进行了测试, 结果表明铁离子的引入加强了铁离子与载体间的相互作用, 提高了 Fe-Bir 的氧化还原性能, 从而具有较好的 CO 的催化氧化性能。

参考文献

- [1] Run Xu, Xun Wang, Dingsheng Wang, Kebin Zhou, Yadong Li. Surface structure effects in nanocrystal MnO_2 and Ag/MnO_2 catalytic oxidation of CO [J]. Journal of Catalysis, 2006, 237: 426-430.
- [2] Lu-Cun Wang, Qian Liu, Xin-Song Huang, Yong-Mei Liu, et al. Gold nanoparticles supported on manganese oxides for low-temperature CO oxidation [J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2009, 88: 204-212.
- [3] Lihui Liu, Qi Feng, K. Yanagisawa. Characterization of birnessite-type sodium manganese oxides prepared by hydrothermal reaction process [J]. Journal of Materials Science Letters, 2000, 19: 2047-2050.

城市铂族金属污染研究

李晓林¹ 杨永兴¹ 朱燕¹ 高松² 李玉兰¹ 徐崎³ 谈明光¹ 李燕¹

(1. 中国科学院上海应用物理研究所 上海 800-204 信箱 201800; 2. 上海市环境监测中心 上海 200030; 3. 上海市普陀区环境监测站 上海 200062)

摘要 利用微波消解、电感耦合等离子体质谱法测定上海大气 PM₁₀ 颗粒物和城区降尘中 Pt 浓度, 通过数学校正法, 能消除 Hf 对 Pt 分析带来的干扰。结果表明: 上海市中心区大气中 Pt ($1.69 \pm 0.93 \text{ pg/m}^3$) 的污染是明显的; 上海城区降尘中 Pt 最小含量为 6.2 ng/g , 最大含量为 381.4 ng/g , 平均含量 37.3 ng/g 。富集因子计算表明上海空气颗粒物和降尘 Pt 含量已受到人为因素的影响。空气颗粒物和降尘中 Pt 含量与交通流量有密切关系, 交通流量越大, Pt 含量越高。与世界其它城市相比, 上海市 Pt 污染明显较小, 上海城区道路降尘中 Pt 含量明显高于大气 PM₁₀ 颗粒中的含量。

为减轻汽车尾气排放对大气的污染, 含贵金属铂 (Pt)、钯 (Pd)、铑 (Rh) 的三元催化转换器被广泛安装在汽车上。在使用过程中, 三元催化剂能有效地将机动车尾气中的 CO、NO_x 和碳氢化合物转化成无毒或低毒的 CO₂、N₂、H₂O, 虽然这种催化转换器在净化空气方面功不可没, 但在使用过程中由于机械磨损、化学反应等原因会排放出铂族元素 (PGE) 的微粒^[1]。虽然金属态的铂元素是生物惰性的, 但是水溶性的铂化合物则具有生物活性, 已有研究表明, 汽车尾气中有 10% 左右的铂可溶于生理盐水, 也有研究证实 Pt 在环境中会发生复杂的转化, 这就可能形成有害人体健康的物质, 而相关的研究已经表明水溶性铂会对人体健康产生危害, 如 Barefoot 在铂的生物活性老鼠实验中发现铂能够与血浆中的蛋白结合, 研究表明铂的化合物具有致突变效应, 张澍也论述了含铂颗粒物对人体健康有急慢性毒性、致敏性和致癌作用。因此, 随着含 Pt 气溶胶被吸入人体, 部分 Pt 势必会被进入人体代谢过程, 对人体产生潜在的危害。人体从环境中接触致癌物, 平均潜伏期为 15~20 年, 如水俣病 (汞中毒) 和骨痛病 (镉中毒) 从发现症状到发现污染根源分别用了 15 年和 57 年。所以有必要及时关注 Pt 这种重金属污染。最近欧美科学家已经对土壤、冰雪、大气气溶胶中贵金属污染开展了一系列研究, 而在我国相关研究还没有开展。上海作为我国的特大型城市, 人口密集, 交通密度大, 汽车尾气污染相对严重, 而且于 2002 年 8 月开始实施欧洲 II 号标准, 这意味着大量含铂、钯、铑的三元催化转换器已在汽车上安装使用。铂族元素在环境中会不断积累, 所以有必要测定其在大气环境中的含量, 以了解其对环境的污染程度。本工作首次评价了上海市大气 PM₁₀ 颗粒物和降尘中铂元素污染状况。

一、材料与方 法

(一) 样品采集

颗粒物采样: 实验用 PM₁₀-2 型可吸入颗粒物采样器采集 PM₁₀ 样品, 样品收集在聚四氟乙烯 (PTFE, $\phi=90 \text{ mm}$) 膜上。每个样品采样时间为两周左右, 为防止采样过程中采样器流量的变化以及停电等造成的采样体积误差, 将一煤气表与采样仪连接, 通过采样始末煤气表流量计数可以计算采样体积。样品采自 4 个采样点: 上海应用物理研究所 (郊区清洁对照点), 普陀区 (居民住宅和交通混合区), 钢铁研究所 (工业区) 和人民广场 (市中心交通密集区)。人民广场采样时间为 2003 年 12 月至 2005 年 12 月, 4 个采样点同时采样共采集四套样品, 采样时间分别为 2005 年 1 月, 2005 年 3 月, 2006 年 1 月, 2006 年 3 月。

降尘采样: 实验采集了上海城区 11 个行政区中不同交通干道附近的 20 个道路降尘, 采样时

间为2008年1月,采样频率为1个月,是一个月内的连续累积采样(上海2008年1月份上中旬平均气温为2.2℃,下旬平均气温为0.7~1.6℃)。道路降尘是在道路两侧高3~5m高度采集的降尘样品,上海市降尘监测采用国家统一制定的监测技术标准^[11],通过装有水溶液的集尘桶,收集空气中自然沉降的颗粒物(包括干沉降和湿沉降)。

(二) 样品分析

1. 仪器与试剂 X-7型电感耦合等离子体质谱仪(美国热电公司);Ethos-320高压密闭微波消解系统(Milestone公司);A-10型Mili-Q超纯水装置(美国,Millipore公司);EH20A Plus电热板(Lab Tech);HNO₃(67%)、HF(40%)、HCl(37%)均为超纯级;In和Ir内标(国家标准物质,1000mg/L);Pt单元素标准溶液(国家标准物质,1000mg/L);Hf单元素标准溶液(国家标准物质,1000mg/L);BCR-723 PGEs国际标准参考物质(欧盟联合研究中心标准物质测试研究所,比利时)。整个实验过程中没有特别说明所用的酸均为高纯酸,水为超纯水。

2. 采集到的空气颗粒和道路降尘经处理后置于干燥器中。测定时,称取样品于PTFE消解罐中。另外用一空的PTFE消解罐做过程空白,用两步微波消解法进行消解,样品放入PTFE消解罐中后,加入混酸(2mlH₂O+3mlHF+3mlHNO₃),设定消解步骤进行微波消解,20min时间温度从室温升到180℃,保持5min,再从180℃升到190℃,在190℃保持10min。消解结束后冷却,取出样品。在电热板上蒸发至近干(约3h)。再加入混酸(1mlHNO₃+3mlHCl+4mlH₂O),进行微波消解。25min时间温度从室温升到190℃,并在190℃保持20min。消解结束后冷却,取出样品。在电热板上蒸发近干后,加1mlHCl再蒸发近干,重复3次。最后用0.8mol/LHCl溶液定容到10ml。对X-7型电感耦合等离子体质谱仪工作参数优化后,用In和Ir的混合内标进行测定。

(三) 质量保证

179Hf在离子化过程中产生的复合离子179Hf16O,其m/z与195Pt的m/z相同,179Hf16O和195Pt产生谱峰重叠,因此Hf是Pt元素测定的谱干扰元素^[4]。一般采用数学校正法来消除Hf的干扰。

$$C_{\text{Pt}} = C_{\text{Pt},s} - C_{\text{Hf},s} \cdot R_{\text{HfO/Hf}}$$

式中: C_{Pt} 表示样品中Pt的真实浓度; $C_{\text{Pt},s}$ 表示测得的样品中Pt浓度; $C_{\text{Hf},s}$ 表示样品中Hf的浓度; $R_{\text{HfO/Hf}}$ 表示样品中HfO与Hf的比值。通过数学校正法,能很好地消除Hf带来的干扰。实验采用PGEs国际标准参考物质BCR-723,验证分析方法的准确性。BCR-723中Pt测量平均值为78.9ng/g($n=6$),标准值为81.3(3.3ng/g),测量值在标准值的误差范围内,说明实验所用分析方法是可靠的^[2]。

二、结果与讨论

(一) 上海大气颗粒物PM₁₀中Pt元素含量变化趋势

对2003年12月到2004年12月两年间在上海市中心区人民广场采集的46个PM₁₀样品做了Pt元素分析,其含量的变化见图1。从Pt的分析结果可以看出,Pt含量最高值为4.64pg/m³,而最低值为0.43pg/m³,其平均值为1.69pg/m³。虽然测得的数值中有个别值波动较大,但是在2003年12月到2005年12月两年间,上海市中心城区PM₁₀中Pt含量并没有明显增加,从线性拟合可以看出,气溶胶中Pt含量增长趋势不显著。机动车尾气中排放出的Pt附着在大气颗粒物中,而大气颗粒物的浓度受风和降雨等气象条件影响,风和降雨作用会导致大气中的Pt随颗粒物扩散与沉降,从而延缓了其在大气气溶胶中的积累。因此,铂元素在大气环境中的积累是缓慢的,短时期内大气中Pt元素含量并没有明显增高。Zereini等人研究了德国奥芬巴赫和法兰克福两城市1988—1998年来气

溶胶中 Pt 含量,发现 Pt 含量由 1988 年不到 $10\text{pg}/\text{m}^3$ 增至 1998 年的 $100\text{pg}/\text{m}^3$ 左右。由此也可以看出,虽然大气中的 Pt 在短时期内积累不明显,但随着长期大量使用含 Pt 催化转换器, Pt 在大气中的积累将会变得明显。因此,有必要关注这种潜在的重金属污染。

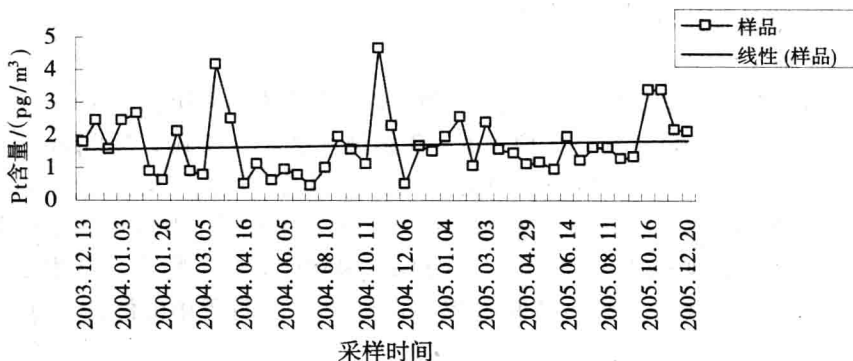


图1 上海市人民广场大气气溶胶中 Pt 含量的变化

(二) 大气 PM_{10} 中 Pt 含量在不同季节的变化

从人民广场 2004 年和 2005 年 1—12 月份 PM_{10} 中 Pt 平均含量值可以看出, Pt 含量在不同季节有所变化 (图 2): 5—9 月份 Pt 浓度明显偏低, 且波动较小, 即在夏秋两季偏低, 而在冬春季含量偏高, 且波动较大。本次工作我们同时监测了人民广场 2004 年至 2005 年大气中 PM_{10} 颗粒物的月平均浓度 (图 3)。比较图 3 和图 2, 可以看出 2004 年和 2005 年 PM_{10} 的月平均浓度变化也是夏秋两季偏低, 而冬春季偏高, 与 Pt 月平均浓度变化呈现一致性。另外殷小雯通过对上海市 2002 年以来 PM_{10} 颗粒物浓度变化研究也证实上海市大气 PM_{10} 浓度有同样的季节性变化的特征 (殷小雯, 2005)。大气中 Pt 浓度变化与大气中颗粒物浓度变化一致, 其原因可能与 Pt 在大气中存在状态有关。这些含 Pt 微颗粒进入大气后, 在空气中的滞留与其他空气颗粒物一样受气象条件影响。杨书申等研究了中国典型城市 (包括上海) 2004 年大气颗粒物浓度与气象条件的关系, 证明降雨是导致颗粒物浓度降低的主要原因。上海市近 30 年的气象统计资料表明, 上海地区夏秋两季雨量明显高于春冬季节 (中国气象科学数据共享服务网), 上海地区这种气候特征决定了上述颗粒物浓度变化趋势。

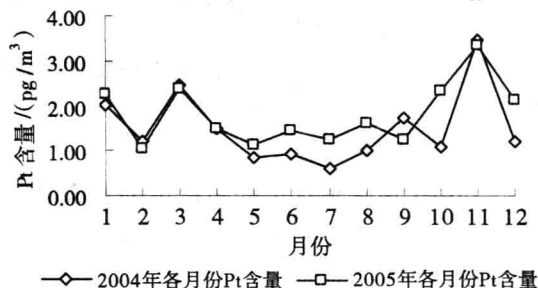


图2 上海市人民广场 PM_{10} 中 2004 年、2005 年各月份 Pt 平均含量变化

(三) 上海市不同采样点大气 PM_{10} 中 Pt 含量的变化

图 4 为上海市四个采样点 4 次同时采集的 4 套样品中 Pt 元素平均含量 (采样时间分别为 2005 年 1 月, 2005 年 3 月, 2006 年 1 月, 2006 年 3 月), 可以看出大气气溶胶中 Pt 含量因采样点的不同而不同。其中上海应用物理研究所采样点位于上海市郊区, 远离公路, 四周为农田, 四百亩所区多被树林覆盖, 受交通条件影响

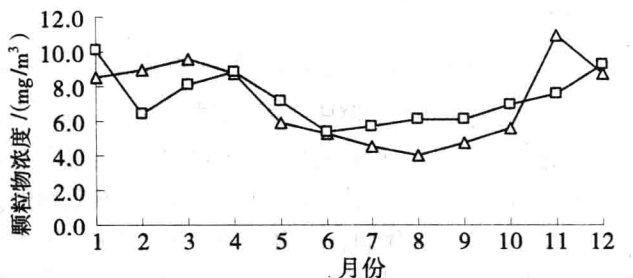


图3 上海市人民广场 2004 年、2005 年各月份 PM_{10} 浓度变化

小,是清洁对照点,其 Pt 含量最低,为 $0.58\text{pg}/\text{m}^3$,可以视为背景值。普陀区采样点位于居民生活和交通混合区,交通密度较大, Pt 含量为 $1.28\text{pg}/\text{m}^3$ 。人民广场采样点位于上海市中心区,交通密度最大,其 Pt 含量为 $1.59\text{pg}/\text{m}^3$,比背景值高出近 3 倍,同背景值比较,上海市中心区大气气溶胶中 Pt 的污染是明显的。钢铁研究所采样点位于宝山钢铁工业

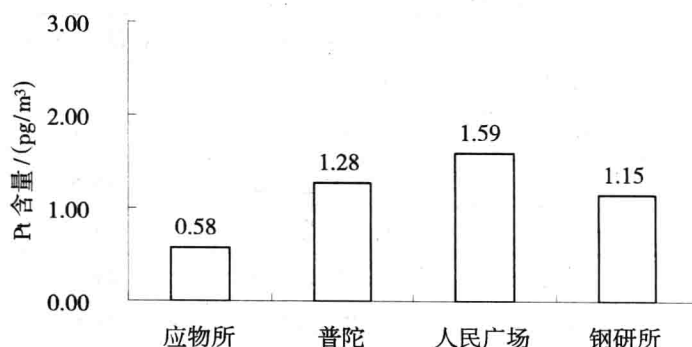


图 4 不同采样点气溶胶中 Pt 含量

区,距公路较远,其 Pt 含量为 $1.15\text{pg}/\text{m}^3$,高于应用物理所。这说明钢铁工业不是大气中 Pt 污染的主要排放源。Ely 等人研究了美国不同道路旁表层土壤中铂族元素含量,结果表明随采样点离道路垂直距离越远, Pt 含量下降趋势越明显; S. Rauch 等人分别用碰撞采样器和低流量采样器同时采集瑞典哥德堡市不同交通条件下气溶胶样品,对碰撞采样器采集的 PM_{10} 分析结果表明,在交通高密度区 Pt 平均含量为 $14.1\text{pg}/\text{m}^3$,而在交通低密度区 Pt 平均含量为 $2.1\text{pg}/\text{m}^3$;对低流量采样器采集样品分析结果表明,在交通高密度区 Pt 平均含量为 $28\text{pg}/\text{m}^3$,而在交通低密度区 Pt 平均含量为 $3.6\text{pg}/\text{m}^3$,郊区则为 $1.4\text{pg}/\text{m}^3$ 。我们的研究与国外的研究都表明,大气气溶胶中 Pt 含量与交通密度紧密相关,说明汽车尾气是大气中 Pt 污染的主要排放源。

(四) 上海市城区降尘 Pt 含量及与交通流量关系

研究表明,影响 PGEs 在街道降尘中浓度的主要因素有交通流量、地质条件、环状交叉路口的类型等,其中起决定性作用的是交通流量。根据有关调查数据分析,上海市各交通干道的车流量空间分布并不均衡,所以 Pt 在各点的含量也不尽相同。由表 1 可见,降尘中 Pt 含量范围为 $6.2 \sim 318.4\text{ng}/\text{g}$,采样点 4、7、9、11、13、16、17、18、19、20 位于上海市区内环线附近,后 6 个采样点附近有高架桥或立交桥,其 Pt 含量明显于其他采样点。如位于点 18 立交桥附近的采样点,其 Pt 含量达 $43.9\text{ng}/\text{g}$ 。据报道,上海市内环以内的南北高架桥和延安高架桥车流量最高。结果表明内环以内降尘 Pt 含量明显高于其他地方。由图 2 可见,位于延安高架桥附近的 13 号采样点及位于南北高架桥附近的 17、19、20 号采样点的降尘样品其 Pt 含量明显较其他地方。采样点 20 处于南北高架桥和延安高架桥的交叉路口附近,车流量更大,此处降尘中 Pt 含量达 $318.4\text{ng}/\text{g}$ 。

表 1 Pt 含量分析结果

样品编号	采样点位置	Pt 含量/ (ng/g)	Ti 含量/ ($\mu\text{g}/\text{g}$)	EF
1	卢湾区打浦路	6.2	2530	18.8
2	杨浦区杨树浦路	7.6	2465	23.7
3	卢湾区中山南一路	9.3	3247	22
4	普陀区中山北路	9.4	2170	33.2
5	长宁区天山路	11.2	2801	30.7
6	闸北区共和新路	12.9	2886	34.3
7	浦东新区龙阳路	13.9	3494	30.5
8	闵行区七莘路	16.1	3128	39.5

样品编号	采样点位置	Pt 含量/ (ng/g)	Ti 含量/ ($\mu\text{g/g}$)	EF
9	徐汇区中山西路	16.4	2891	43.5
10	普陀区武宁路	16.8	3453	37.3
11	虹口区大连西路	18.8	2835	50.9
12	浦东区沪南公路	23.7	3392	53.6
13	长宁区中山西路	24.7	2847	66.6
14	徐汇区康平路	25.6	2713	72.4
15	徐汇区沪闵路	28.2	2878	75.2
16	黄浦区中山南路	29.1	3298	67.7
17	黄浦区西藏南路	40.2	3462	89.1
18	虹口区中山北二路	43.9	2356	143
19	闸北区中山北路	72.8	2659	210.1
20	静安区北京路	318.4	2351	1039.4

(五) 上海市道路降尘中 Pt 含量与世界其他城市的比较

在我国, 由于使用三元催化转换器的时间较短, PGEs 的环境污染近年才被认识^[3]。上海大气可吸入颗粒物中 Pt 元素的污染状况与特征研究表明, 上海市大气 PM_{10} 中 Pt 元素的污染是明显的, 三元催化转换器是上海大气铂污染的来源。WANG. X 等研究了徐州城市路旁表层土壤中的 Pt 和 Pd 的污染, 结果表明路旁表层土壤中的 Pt 和 Pd 主要来自汽车尾气排放。WANG. J 等研究了北京市高速环路旁道路降尘 (直接从地面采样) 中 Pt、Pd、Rh 的分布, 结果显示, Pt、Pd、Rh 的污染是十分显著的。

与世界其他城市相比较 (表 2), 上海城市降尘 Pt 浓度处于较低水平。WANG. J 等研究的北京地区不同交通流量地区 Pt 浓度为 $3.96 \sim 356.3 \text{ ng/g}$, 这个范围和本实验测得的 Pt 含量是一致的, 但北京地区道路降尘中 Pt 平均含量为 97.6 ng/g , 明显高于上海。北京比上海早实行欧 II 标准, 而且北京机动车数量已经超过了 300 万辆, 上海机动车数量则在 200 万辆左右, 因此北京的机动车尾气排放明显大于上海。同欧美国家城市相比, 上海城市降尘铂污染程度明显较低 (表 2), 如在英国的 Sheffield 道路降尘中 Pt 含量为 $27 \sim 408 \text{ ng/g}$, 平均值为 146 ng/g , 远比上海要高。

表 2 世界各地道路降尘中 Pt 含量比较

单位: ng/g

城 市	范围	平均值	文献
谢菲尔德 (英国)	27 ~ 408	146	[21]
北京 (中国)	3.96 ~ 356.3	97.16	[19]
奥卢 (芬兰)		71.9	[22]
比亚维斯托克 (波兰)	34.2 ~ 110.9	101.9	[8]
珀斯 (澳大利亚)	30 ~ 420	53.84	[17]
卡尔斯鲁厄 (德国)	100 ~ 300		[23]
马德里 (西班牙)	31 ~ 2252	317	[7]
伦敦 (英国)	101.6 ~ 764.2		[24]
上海 (中国)	6.2 ~ 381.4	37.3	This study

(六) 道路降尘和大气 PM_{10} 中 Pt 含量的比较

机动车尾气排放的含铂颗粒物除一部分随降尘沉降外,还有一部分会滞留在空气中污染大气环境。研究结果表明上海市 PM_{10} 中, Pt 的平均含量为 21.8 ng/g, 远低于本研究测得的上海城区道路降尘中 Pt 平均含量 37.3 ng/g。这表明在城市环境中降尘可能是 PGEs 污染的最主要媒介, 街道路面可能是 PGEs 污染的主要场所。由于下雨, PGEs 污染物又会随降尘进入土壤和水体中沉淀富集。同 PM_{10} 大气颗粒物相比, 降尘中含有较多的粗颗粒。道路降尘中 Pt 含量高于 PM_{10} 颗粒, 提示机动车尾气排放的铂元素可能主要富集在较粗的颗粒中。国外机动车排放实验表明, 汽车尾气排放的含 Pt 颗粒物, 粒径大于 $10\mu m$ 占 60% ~ 67%, 粒径在 $3.1 \sim 10\mu m$ 约占 21%, 粒径小于 $3.1\mu m$ 的约占 13%^[1], 这个与本研究结果是吻合的。

三、结 论

1. 上海大气 PM_{10} 中个别样品铂元素含量值之间的波动较大, 但是从线性拟合关系看出其整体增长趋势不大, PM_{10} 中 Pt 含量随季节性变化, 夏秋偏低, 春冬偏高, 与 PM_{10} 颗粒物浓度变化趋势相同, 而两者均受上海地区特殊的气候特征所影响。
2. 上海大气 PM_{10} 和降尘中 Pt 的含量和车流量有着密切的关系。车流量越大, 降尘中 Pt 含量越高。
3. 与欧美国家相比, 上海大气 PM_{10} 和降尘中铂元素污染相对较轻。
4. 道路降尘中 Pt 含量高于 PM_{10} 颗粒, 提示机动车尾气排放的铂元素可能主要富集在粗颗粒中。

参考文献

- [1] Fathi Zereini, Friedrich Alt, Eds. Anthropogenic Platinum - Group Element Emissions. Springer, 1999.
- [2] Sutherland. R. A. Platinum - group element concentrations in BCR - 723: A quantitative review of published analyses. [J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 582: 201 - 207.
- [3] WANG. J, ZHU. R. H, SHI. Y. Z. Distribution of platinum group elements in road dust in the Beijing metropolitan area, China. [J]. Environmental Sciences, 2007, 19: 29 - 34.