

GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCE

Vol.28 No.1

广州环境科学

第二十八卷 第一期



广州市环境科学学会 主办

1

2013

首届穗版内部资料优秀奖
《中文科技期刊数据库》入编期刊
《中国知识资源总库》入编期刊
《华艺线上图书馆》入编期刊

《广州环境科学》编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任 傅家谟
副 主 任 甘海章 赖光赐
委 员 王作新 刘攸弘 齐雨藻
朱锡海 陈成章 汪晋三
李萍萍 余国扬 吴政奇
吴乾钊 林锦河 骆世明
姚继业 曾凡棠 彭绍盛
主 编 罗家海
责任编辑 刘攸弘 辛东平 杨 华
黄润潮 黄卓尔 琚 鸿

主管单位 广州市环境保护局
主办单位 广州市环境科学学会
编辑出版 《广州环境科学》编辑部
地 址 广州市吉祥路 95 号
邮政编码 510030
电 话 (020)83355374
E-mail: gzhjkx@126.com
印 刷 广州市天河彩佳印刷厂

广东省连续性内部资料出版物
登记证粤内登字 A 第 10070 号

内部资料 · 免费交流

目 次

环境教育

对创建节能减排示范家庭实践模式的探讨
..... 陈表香 (1)

环境生态

广州市典型地下空间空气质量调查初探
..... 胡迪琴, 魏鸿辉, 黎映雯, 等 (5)

红树林湿地微生物对主要污染物的净化作用
..... 刘慧杰, 张虎山, 田 蕴, 等 (9)

新型生物除臭剂在垃圾渗滤液除臭效果评估
..... 李南华, 胡子全, 赵海泉, 等 (18)

排污收费中双寡头的博弈及政府的调控模型
..... 郑佩娜, 周李锋, 张虎山 (20)

大气环境及污染防治

浅谈箱式空气质量自动监测移动子站的建设与应用
..... 苏 协 (25)

二氧化硫日均值时间序列的傅立叶级数模型
..... 林耀光 (31)

集合最优插值同化在珠三角空气质量模拟中的初步应用
..... 张金谱 (34)

环境监测与分析

石墨炉原子吸收法测定高盐样品中铅基体改进剂的研究
..... 赵彦龙, 梁永津, 刘胜玉, 等 (41)

环境监测站仪器设备期间核查的探讨
..... 李 瑾, 孙 伟 (44)

红外分光光度法测定餐饮业油烟的研究
..... 李松涛 (47)

动态信息与简讯

直辖市及省会城市空气质量 广州名列第五 (24)

荔湾区绿色创建收获省级基地 (29)

珠三角空气质量持续改善——2006 年以来多种空气污染物浓度明显下降
..... (43)

封面摄影

油菜花开 戴晓虹

对创建节能减排示范家庭实践模式的探讨

陈表香

(广州市荔湾区广雅小学, 广州 510170)

摘要 文章针对青少年和家庭对节能减排全民行动的重要性明显认识不够的现状,并根据本校的实际情况,提出创建节能减排示范家庭的实践模式,对其实践的基本思路、内容、方法、主要观点和预期成果及其价值进行了有益的探讨。

关键词 创建 节能减排 示范家庭 模式

我国以高耗能、高污染企业为重心的节能减排工作正在各地强力推进。随着《节能减排全民行动实施方案》的进一步贯彻落实,中央及地方政府部门也在倡导机关、企业等单位开展绿色创建活动,各地的学校、社区、宾馆、医院等单位也积极投入到节能减排的热潮中去^[1]。

相比之下,家庭对节能减排的重要性明显认识不够,“说的很响,做的有限”的现实问题比较普遍。在家庭生活中,人们为了生活水平的全方位提高,对于“节能减排”爱理不理,毫无紧迫感。这种局面,除了生活水平提高的因素,节能意识不强也是一个重要原因。然而,家庭是社会的细胞,也是推动节能减排的基础和重要依靠力量^[2]。

为此,我们确定了“小手牵大手,节能减排迈步行”的研究策略,开展学校—家庭合作创建节能减排示范家庭实践模式的探究,期望能通过“学校引导—孩子建言—家庭实践—示范家庭—事迹宣传—全面参与”的工作步骤,尽快形成学校主导、示范家庭行动、全体家庭广泛参与的良好局面,从而大力推动节能减排全民行动的开展。

1 实践模式的基本思路

1.1 实践模式的研究目标与思路

从总体上来说,就是通过学校引导学生、学校联系家庭,学生带动家庭成员积极行动,创建节能减排示范家庭,进一步推动学生广泛参加家庭与社区节能减排行动,有效培养青少年和家庭参与全民节能减排行动的自觉意识。至于怎样解决家庭节能减排

这一目标,具体来说,要深入探究如何通过学校有效的教育与熏陶,在创建上采取试点推进的策略,培养小学生的家庭节能减排的意识和技能,切实解决家庭节能减排“为什么”、“做什么”和“怎么做”的问题。

1.2 实践的基本思路

(1) 因地制宜,扬长避短。尝试通过本校中草药人工湿地科普园的建设、投入使用,重点引导学生深入探究湿地文化,帮助学生掌握并能初步应用人工湿地这一种以生态处理水污染为主的科学技术,将节能减排的教育思想以人工湿地的实践,具体落实到小学生这个人群当中,从小激发学生对环境保护、生态保护和可持续发展的使命感。同时,通过多种途径,影响到家庭。

(2) 深入探讨如何结合家庭节能减排行动,进一步培养小学生的创新能力,包括专题研究能力及动手实践能力。力争能在教师和学生中涌现更多科学实用的家庭节能减排创新作品,从而进一步扩大本校“绿色科技教育”品牌的社会影响。

(3) 深入探讨如何实现“小手牵大手,节能减排迈步行”,也就是如何通过有效的机制,保障试点家庭持久的参与热情。

(4) 通过试点家庭提供的实验数据,为全国家庭节能减排行动提供更具体、更现实可靠的建议书。

(5) 深入探究如何发挥节能减排示范家庭的引领作用、辐射作用,带动本校、本社区、本地区更多的家庭,积极参与家庭节能减排行动。

2 探究的主要内容

以创设和谐社会为契机,以建设绿色生态文明为宣传背景,以绿色科技教育品牌学校建设为依托,以可持续发展教育为核心内容,以学生为桥梁,以多年的家校合作经验为基础,以校园中草药人工湿地科普园等为实例模型,通过节能减排示范家庭创建活动,深度推进节能减排教育,通过示范家庭以点带面,在全校师生中积极落实全国关于“学习行动、创建行动、监督行动、建言行动”的具体要求。

2.1 编制《家庭节能减排行动指南》

根据地域特点,选取若干专题,编制《广州地区家庭节能减排行动指南》,组织学生、家庭进行深入浅出、演练结合的专题学习,注重实践指导,逐步形成本土文化。

2.2 建成校园人工湿地科普园,开展实践活动

采纳先进的生态环保科技,还原湿地生态景观;建立湿地科普基地。使“湿地科普园”成为融生态环保、地貌气象、湿地物种、科技教育的综合园地,为学生开展节能减排体验实践活动提供科学的环境。

2.3 组织相关节能减排拓展活动

在创建节能减排示范家庭的同时,还将组织“广雅小学节能减排创新作品大赛”“广雅小学节能减排金点子大赛”“广雅小学节能减排拍脑袋发明”“广雅小学节能减排生活绘画大赛”等相关的拓展活动,进一步唤起全体学生热爱科学、保护环境意识;进一步唤起学生关注生活,肩负责任的情感。同时,通过加大宣传力度,力争相关活动成为学校的教育品牌,成为区的贯名活动,使节能减排行动推广到整个荔湾教育系统。

2.4 评选家庭节能减排小设计师

无论学生的家庭是否入选试点家庭,为了在不同程度上对家庭造成积极的影响,学校将开展家庭节能减排小设计师的评选活动。通过评选这个切入口,进一步提升学生、家庭的节能减排意识。

2.5 家校合作,创建节能减排示范家庭

在调查研究、实地考察、互动访谈、意见征集等基础上,选定符合要求的家庭作为试点,开展节能减排示范家庭创建行动,通过各种措施,例如采用专利产品节水器进行节约水资源,争取试点家庭一年内

在节水、节能、减少垃圾排放、绿色购物、绿色出行等方面均能达到国家的相关指标,在第二年继续减少的行动目标,并积极申报广东地区、全国的节能减排示范家庭。具体指标为:

(1) 思想意识层面。家庭成员深刻理解家庭节能减排的社会意义,高度认同家庭节能减排行动,在社会生活和家庭生活中自觉选择节能减排的方式方法。

(2) 行动层面。一年中,通过坚持实践,家庭节能减排达到一定的量化指标(以全国的指标为参考,根据本土化的实际情况进行必要的调整)。

(3) 社会影响层面。能够在一定程度上带动亲邻、影响社区,辐射全校家庭,并对广州的家庭节能减排行动进行合理化建言。

(4) 创新能力层面。家庭成员能够对生活用品进行节能减排方面的创新(能产生意念或能制作实物模型)。

2.6 征集家庭节能减排建议书

试点家庭根据实践反思,结合实验数据和实验过程中的现实问题,撰写家庭节能减排建议书,为全国家庭节能减排行动提供更具体、更现实可靠的建议和评估标准。

2.7 建立家庭节能减排电子论坛

借助信息技术手段,通过在互联网上电子论坛为家庭节能减排行动提供更充分的舆论支持和信息支持。

2.8 组织节能减排示范家庭经验报告会

借助推广节能减排示范家庭的实践经验,组织报告会,引领更多的家庭参与行动。

3 探究的方法

(1) 文献搜集。围绕课题,通过查阅有关的图书、报刊,或通过广播、电视、网络等媒体搜集有关的资料加以分析、比较、综合,进行判断、推理,进而提出关于家庭节能减排行动的看法、见解,得出符合实际的结论,为课题申报、论证、编制《广州地区家庭节能减排行动指南》等奠定基础。

(2) 实地考察。围绕课题,深入家庭实地进行调查研究,搜集有关试点家庭在生活方面能耗和排放方面的现实情况、历史状况的材料,在调查研究的基础上,进行理性的分析,然后写出调查报告。

(3) 合理假想。在以上各项研究探讨的基础上,假设在这些有利环境或不利环境的因素有所改变(或一成不变)的情况下,通过家庭节能减排行动,我们的社会在若干年之后将会怎样,进行假想,由此产生具有一定科学意义的参考数据。

(4) 问卷调查。对师生及家长进行问卷调查,掌握不同人员对家庭节能减排行动了解、认知、态度、期望,为针对性地设计实施方案提供客观实践数据和案例依据。

(5) 行为研究。通过学生长期自我监督为主、学校定期访问调查为辅的方式,对试点家庭采取设计-实践-反思-实践-总结的过程的实录,观察试点家庭在活动中的变化(包括观念、意识、行为、态度、情感、价值观),学生在活动中主动学习、实践探索、大胆创新的发展轨迹。

(6) 科学研究。结合实验研究和观察研究,在实验和观察活动中,探索不同环境下家庭节能减排行动的共性与特性。

4 探讨的主要观点

4.1 可以落实科学发展观

今天的少年儿童就是明天的生产者,创造者,如果我们从基础教育开始起步,培养小学生的节能减排意识,那么,这一种意识必将影响着他们今后在生产中、创造中的态度和行为,他们将更多的考虑到要将满足当代人同后代人生存与发展的需要紧密结合起来,从面向未来、代价公平的高度思考并制定有关经济、社会和环境发展方面的决策。节能减排行动,其实就是尊重地球生态系统,树立“只有一个地球”的观念的具体化要求,在家庭生活中践行节能减排,做到生产发展、生活富裕与生态良好并重,构建人与自然和谐的社会环境,这样,建设绿色未来才会充满希望^[3]。

4.2 有利于活动的循序渐进

首先创建节能减排示范家庭,目前来说,没有系统的、具体的经验可以参考,家长的心理底线、学生在家庭中的“发言权”到底如何,也没有具体的答案,所以,创建节能减排示范家庭不是一蹴而就的,需要家校之间一定时间的合作磨合、过渡,需要耐心的指引,宽容的态度,理性的追求态度,需要共同的探索、不断的反思。其次,结合学校校情,我们尽可能全面

参与,但节能减排示范家庭项目作为重点参与项目,校本课程建设、特色校园建设、减能减排家庭建设、节能减排优秀宣传队伍建设和节能减排监督岗建设可以循序渐进地推进。

4.3 有效地提升全员水平

首先,节能减排示范家庭行动,尽管在创建上采取试点推进的策略,但是,在教育和宣传上,应落实全员提升原则,将培养青少年的节能减排意识及技能作为其基本目的,引导学生深入家庭生活、校园生活、广泛接触相关信息,积极参与体验实践,从中感受家庭节能减排行动的重大意义。其次,在论证和实施过程中,我们要十分注意发动全校师生员工从不同层面、角度参与到行动中来,发挥主体积极性和创造性,要定期组织学生总结反思行动中的感受、领悟、体会。

4.4 深入领悟可持续发展观

首先,这个项目名为:“节能减排与可持续发展学校——社会行动”,因此,首要的就是“节能减排”,而从学校可持续发展的角度出发,我们要认真研究学校和社会节能减排的内容,同时也要认识到,“可持续发展学校”的外延还有环境保护、德育教育、课程教学、生态校园、学校教育发展等多个内容^[4]。以往已有的成果和正在开展的内容不要放弃,而应要科学安排,齐头并进。其次,不同的年龄段,学生都有不同的心理特征和行为能力,不同的家庭都有不同的参与能力,因此,小学生及其家庭参与节能减排行动,必须遵循可持续发展原则,针对不同的年龄段,确定不同的行动指标,以确保学生、家庭保持持久的热情和兴趣,确保观念、意识、行为、态度、情感、价值观的可持续发展。

5 预期成果及其价值

5.1 预期成果

5.1.1 理论成果

通过对本项目的研究,提升参与项目活动师生、家长的理论水平,加深对节能减排的认识,总结出相关的经验心得,撰写相关论文。

5.1.2 文本成果

- (1) 项目研究报告和工作报告;
- (2) 相关的研究论文;
- (3) 编制《广州地区家庭节能减排行动指南》;

(4) 学校节能减排金的点子集。

5.1.3 教育成果

加深师生对节能减排意义的认识, 师生的绿色科技素养得到整体提升, 带动社区及更多的小学开展节能减排活动, 并可: ① 评选小学的“创建节能减排示范家庭”; ② 评选小学的“创建家庭节能减排优秀红领巾监督岗”; ③ 评选小学的“家庭节能减排优秀设计师”。

5.1.4 其他成果

- (1) 小学的节能减排创新作品;
- (2) 小学的节能减排发明作品;
- (3) 小学的节能减排生活绘画作品;
- (4) 小学的节能减排生活动漫作品;
- (5) 现场会音像资料。

5.2 成果的价值

5.2.1 社会和环境效益

5.2.1.1 理论价值

(1) 能实践多元文化教育。通过创建节能减排示范家庭, 可以创造性地实践多元化教育。第一是内容多元化, 即从纵向看, 能融合传统与现代文化, 从横向看, 能融合东方与西方文化; 第二是形式多元化, 包括存在形式多样化, 如有物质的、制度的、精神的。活动形式多样化, 如课堂文化、课外文化。活动方式多样化, 如课堂教学、社团活动、社会实践、研究性学习、校园节日等。

(2) 能实现新课程倡导的理念。即加强了课程与社会发展、科技进步以及学生生活的联系, 能创建富有个性化的课程制度和学校文化。

5.2.1.2 实际的应用价值

(1) 利用家校合作的无形资源, 通过各种方式, 使节能减排真正走进家庭生活、学校生活, 既节约了经济支出, 产生一定的经济效益, 又能与教育教学活动联系起来, 形成丰富的、现实的教育资源、课程资源。

(2) 能带动课程改革、学术研究、环境建设等学校各方面的发展, 能创造丰富多彩的文化活动, 愉悦身心, 让学生快乐发展。

(3) 建成校园中草药人工湿地科普园, 能唤起学生保护环境, 保护文化遗产的意识, 唤起珍爱生命, 培育爱心的情感。

(4) 能带动社会前进, 促进精神文明的发展。

(5) 能延续绿色奥运所倡导的精神, 并落实到

人们的现实生活中, 从而推动环境保护工作的进一步发展。

5.2.2 本课题实际应用价值

当前, 人们的节能减排行动意识正在萌芽和发展当中, 如何在创建节能减排示范家庭的过程中走出一条可行之路, 这也是教育工作者们正在思考和实践的问题^[5]。本研究项目以小学生带动家庭为切入点, 深入开展节能减排教育行动, 将为此提供十分重要的参考。另一方面, 作为具备节能减排意识的学生, 这一行动意识, 会直接影响着他们当前的生活态度、消费态度, 将来的生产态度, 这对于保护生态平衡、提倡绿色生活来说, 非常有现实意义和推广价值。

5.2.3 本课题理论创新程度

本课题探讨的创新之处就是一方面能结合社会需求、时代特点以及当前的人才需求进行选题, 并把研究重点放在“家庭节能减排行动”上, 有一定的现实意义和创新精神; 另一方面把研究的关注点放在如何搭建家校合作的桥梁上, 并明确提出学生是关键, “小手牵大手”是当前推进本行动的最佳状态, 从而把研究与培养相结合, 具体落实到小学生这个人群当中, 这是一个颇具特色的观点。

5.2.4 其他

通过项目的实践研究, 达到预期的校园、家庭节能减排目的, 并以此带动师生、家庭、社区从自我做起, 从现在做起, 从点滴做起, 树立节约资源、减少污染的生态意识, 养成健康理性、和谐文明的生活方式, 培养保护环境、人人有责的道德情操。

此外, 建造校园中草药人工湿地科普园、试点家庭应用节水、节能的相关设备等。这些设施的建设与应用, 也提供了节能的相关知识。

6 结语

对许多人来说, 节能减排不算是一个十分生疏的概念。然而, 回归到老百姓家庭生活中, 切实作出实际的行动, 是一个颇感虚泛的课题; 如何监管, 并且获得准确、真实的数据, 这又是个棘手的难题。

(1) 广雅小学通过开展创建节能减排示范家庭实践的探讨, 结合时代特点、地域特色以及当前的社会需求, 通过学校引导学生, 学校联系家庭, 学生带动家庭成员积极行动, 创建节能减排示范家庭, 进一步推动学生广泛参加家庭与社区节能减排行动, 有效培养参与全民节能减排行动的自觉意识, 具有

(下转第 17 页)

广州市典型地下空间空气质量调查初探

胡迪琴 魏鸿辉 黎映雯 李锦林 张松川 马卫江 熊春妮
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

摘要 对广州市部分地下商场、地下停车场、防空洞等典型地下空间空气环境质量进行调查监测,结果表明,选测的地下商场、地下停车场空气 TVOC 浓度普遍超过参考标准值,甲醛仅个别测点出现超标,其余项目均未超标;防空洞室内氡浓度普遍较高,是地下商场、地下停车场的 30 多倍,最大值高出 100 多倍。地下空间污染物主要来源于装修材料、经营商品类型、人员流量、机动车、地下岩层等,通风不良是造成地下空间污染物聚集升高的主要原因。

关键词 地下空间 空气质量 室内氡 调查

近年来随着人口迅速膨胀,城市化进程的日益加快,一些经济发达的大中城市,为解决用地紧张、交通拥挤、环境污染等问题,对地下空间进行了相当规模的开发利用,启用和建设了大量的地下人防工程,开设地下商场、停车场等。世界上很多国家都在开发地下空间,它已经成为城市的发展方向。但是,地下空间也确实存在环境隐患和管理缺失,主要问题集中在空气不流通、污染物聚集,空气质量可能超标;环境湿度大、微生物滋生和监管不到位等几个方面^[1-5]。

为了解城市地下空间空气质量状况,2010 年我们在广州市开展典型地下空间空气质量调查抽测,为改善城市地下空间环境质量,保障地下空间活动人群的安全与健康提供技术支撑。

1 监测与方法

1.1 监测对象

在广州市选择典型地下空间开展空气质量抽测,根据地下空间的使用功能和广州市地下空间利用的实际情况,选定以下三种类型的典型地下空间开展监测,具体为地下商场(中山五路某商业广场地下商场、吉祥路某地下商场)、地下停车场(中山五路某商业广场地下停车场、中山五路某商业城地下停车场)、防空洞(广州市某防空工程)。

1.2 监测项目及时间

根据地下空间的使用功能和地下空间的污染物

来源选择监测项目。地下商场是广大市民休闲购物的场所,人流较多,监测项目主要考虑商场装修材料、经营商品类型和人类活动带来的,与人体健康密切相关的污染物,选测的监测项目包括甲醛、苯、总挥发性有机化合物(TVOC)、氡、二氧化碳、一氧化碳等 6 项;地下停车场除了监测上述 6 项指标外,还增加机动车特征污染物二氧化氮;防空洞人流较少,通风不良,主要关注放射性氡浓度水平。

为了监测结果的代表性,地下商场和地下停车场选择在白天正常营业时段进行监测,防空洞选择在白天人员巡查时段进行监测。

1.3 监测方法与评价依据

目前我国尚无统一的地下空间环境质量监测评价标准,本次调查参照执行《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002)、《地下建筑氡及其子体控制标准》(GBZ 116-2002)。

2 结果与讨论

2.1 地下空间基本情况

通过现场实地调查和资料收集,可见,本次选测的地下商场和停车场均处于广州市闹市区,人流较多,地下空间均采用机械通风;防空洞广州市某防空工程指挥所及其与地面的通道(03 工程)亦采用机械通风,通风情况良好,而连片工程无人区则通风较差,具体见表 1。

表1 选测的5个典型地下空间基本情况

地下空间类型	单位名称	面积	通风状况	装修材料	备注
地下商场	中山五路某商业广场地下商场	4 035 m ²	机械鲜风量: 2.7 万 m ³ /h,良好	地砖、铁架、玻璃石膏板等	B1、B2 两层
	吉祥路某地下商场	32 000 m ²	机械通风,良好	钢化玻璃、石膏板、防火板等	—
地下停车场	中山五路某商业广场地下停车场	7 495 m ²	机械鲜风量: 6.69 万 m ³ /h,良好	混凝土墙面、地面	封闭式,B3、B4 两层共 137 个车位
	中山五路某商业城地下停车场	5 000 m ²	良好	混凝土墙面、地面	封闭式,B3、B4 两层共 294 个车位
防空洞	指挥所	约 30 000 m ²	机械通风,良好	地板砖、墙砖、人造板、涂料等	—
	广州市某防空工程 03 工程		机械通风,良好	地板砖、墙砖	指挥所与地面通道
	连片工程		自然通风,较差	混泥土墙、泥地	无人区

2.2 地下空间空气质量监测结果分析

2.2.1 地下商场空气质量监测结果分析

地下商场空气质量监测结果列于表2。可见,选测的中山五路某商业广场地下商场、吉祥路某地下

商场空气 TVOC 有超过半数的测点出现超标, 超标倍数在 1.5~3.7 的范围。其中,吉祥路某地下商场所有测点 TVOC 均超标, 最大超标值出现在吉祥路某地下商场负三层西北面 BW341 铺;中山五路某商业广场地下商场仅 1 个测点出现超标。

表2 选测的地下商场空气空气质量监测结果

单位名称	监测点位	监测结果					
		氡 Bq/m ³	一氧化碳 mg/m ³	二氧化碳 %	甲醛 mg/m ³	苯 mg/m ³	TVOC mg/m ³
中山五路某商业广场 地下商场	负二层西面 B203 铺	27.0	3.2	0.10	0.068	0.008	0.338
	负二层南面 B213 铺	19.4	2.0	0.10	0.056	0.009	0.391
	负二层中间 B208 铺	21.8	2.8	0.10	0.046	0.014	1.50
	负二层北面 B201 铺	21.8	1.9	0.08	0.038	0.008	0.462
	负二层东面 B215 铺	16.4	0.8	0.09	0.031	0.014	0.602
	平均值	21.3	2.1	0.09	0.048	0.011	0.659
吉祥路某地下商场	负二层东面 E2086 铺	—	1.0	0.08	0.070	0.076	1.92
	负二层西面 BW205B 铺	—	0.8	0.08	0.074	0.073	2.08
	负三层西南面 BW307 铺	—	1.0	0.07	0.076	0.054	1.22
	负三层西北面 BW341 铺	—	1.1	0.08	0.066	0.091	2.80
	负三层东面 BE313A 铺	21.3	1.0	0.10	0.090	0.087	2.50
	负二层东面 E2D006A 铺	10.9	—	—	—	—	—
	负三层西面 BW322 铺	35.6	—	—	—	—	—
	负三层西三中庭	32.8	—	—	—	—	—
	负二层西面 W2170AB 铺	16.4	—	—	—	—	—
	负三层东面 BE309A 铺	16.4	—	—	—	—	—
平均值	22.2	1.0	0.08	0.075	0.076	2.10	
参照标准	800	10	0.1	0.10	0.11	0.6	

地下商场空气氡、甲醛、苯、一氧化碳均低于参照的国家标准值,二氧化碳浓度则接近参照标准值未超标。

吉祥路某地下商场空气有机污染物均高于中山五路某商业广场地下商场。究其原因,可能是吉祥路某主要经营皮袋、衣服,而皮袋、衣服均会散发甲醛等有机污染物;同时,作为公元前地铁站的主要出入口,该地下商场人流较集中,通风不良会造成污染物聚集,出现超标。

2.2.2 地下停车场空气质量监测结果分析

地下停车场空气质量监测结果列于表 3。可见,选测的中山五路某商业广场地下停车场、中山五路某商业城地下停车场空气 TVOC、甲醛出现超过参考标准值。其中,TVOC 有超过半数的测点超标,超标倍数在 0.7~3.2 的范围;其中,中山五路某商业城地下停车场所有测点总挥发性有机化合物(TVOC)均超标,最大超标值出现在中山五路某商业城地下停车场负四层西面;中山五路某商业广场地下停车场仅 1 个测点出现超标。甲醛仅中山五路某商业城地下停车场 1 个测点略高于参考标准值。

表 3 选测的地下停车场空气空气质量监测结果

单位名称	监测点位	监测结果						
		氡 Bq/m ³	二氧化氮 mg/m ³	一氧化碳 mg/m ³	二氧化碳 %	甲醛 mg/m ³	苯 mg/m ³	TVOC mg/m ³
中山五路某商业广场 地下停车场	负四层西面	—	0.071	2.8	0.08	0.072	0.009	0.342
	负四层南面	16.4	0.105	3.3	0.07	0.056	0.008	0.396
	负四层东面	21.8	0.121	3.0	0.08	0.047	0.014	1.04
	负四层北面	—	0.054	2.6	0.07	0.036	0.010	0.481
	负四层中部	16.4	0.040	1.3	0.07	0.036	0.013	0.532
	负四层出口	14.8	—	—	—	—	—	—
	负四层鲜风机房	23.4	—	—	—	—	—	—
	平均值	18.6	0.078	2.6	0.07	0.049	0.011	0.558
中山五路某商业城 地下停车场	负三层西面	16.4	0.171	1.1	0.08	0.071	0.058	1.64
	负三层东面	16.4	0.052	1.0	0.08	0.076	0.053	1.80
	负四层中部	21.8	0.144	0.9	0.08	0.088	0.050	1.10
	负四层西面	21.8	0.177	1.1	0.08	0.064	0.066	2.50
	负四层东面	—	0.228	1.0	0.08	0.116	0.076	2.20
	负四层东面办公室	58.4	—	—	—	—	—	—
	负四层空调机房	35.8	—	—	—	—	—	—
平均值	28.4	0.154	1.0	0.08	0.083	0.061	1.85	
参照标准		800	0.24	10	0.1	0.10	0.11	0.6

地下停车场空气氡、苯、一氧化碳、二氧化碳、二氧化氮均低于参考标准值。

中山五路某商业城地下停车场空气有机污染物、二氧化氮均高于中山五路某商业广场地下停车场。二氧化氮是机动车尾气特征污染物,机动车发动机亦会蒸发排放有机污染物;中山五路某商业城地下停车场停车量是中山五路某商业广场地下停车场的两倍,机动车停放量大,加上通风不良,是造成中山五路某商业城地下停车场空气污染物聚集升高的原因。

2.2.3 防空洞放射性氡浓度分析

防空洞放射性氡监测结果列于表 4。可见,广州市某防空工程室内氡浓度在 112.3~2 856.3 Bq/m³ 范围,无机械通风设施的连片工程无人区氡浓度显著高于通风相对良好的指挥所和 03 工程区域,连片工程有 4 个测点的氡浓度高于参考标准值,最高超标 2.6 倍。指挥所和 03 工程区域氡浓度未出现超标,但其氡浓度明显高于选测的地下商场和地下停车场,是后者的 30 多倍。

表4 广州市某防空工程(防空洞)放射性氡监测结果

单位名称	监测点位	氡监测结果 Bq/m ³	
指挥所	指挥大厅	112.3	
	电视监控室	348.1	
	休息室	198.5	
	防空报警发放室	137.0	
03工程	03通道金印口	431.3	
	抽水房	120.0	
	市委停车场	278.5	
广州市某 防空工程	五米跨	436.8	
	无电区1	544.4	
	塌方点	802.6	
	连片工程	反帝一路	671.6
		反帝三路	2 856.3
		东风三路	2 200.4
		东风二路	887.3
参考标准	800		

氡是地球表面下的铀在自然蜕变的过程中放出的无色无臭的放射性气体。地下建筑物中氡气主要也来源于围岩和建筑材料,其析出量取决于围岩性质及核素含量,而部分氡是由地下水从其它地域带来的。防空洞墙体、地面密封欠佳,通风不良是造成氡浓度富集升高的主要原因^[9-10]。

3 结论

(1) 选测的地下商场、地下停车场空气 TVOC 浓度普遍超过参考标准值,甲醛仅个别测点出现超标,其余项目均未超标;吉祥路某地下商场、中山五路某商业城地下停车场空气 TVOC 超标较明显。

(2) 选测的防空洞广州市某防空工程室内氡浓度普遍较高,是地下商场、地下停车场的 30 多倍,最大值高出 100 多倍。无机械通风设施的连片工程无人区氡浓度明显高于通风相对较好的指挥所和 03 工程区域,连片工程有 4 个测点的氡浓度高于参考标准值。

(3) 地下空间污染物主要来源于装修材料、经营商品类型、人员流量、机动车、地下岩层等,通风不良是造成地下空间污染物聚集升高的主要原因。

4 改善地下空间空气质量对策建议

针对地下空间空气质量存在问题,特提出如下工作建议:

4.1 严格按国家现行规范、标准进行地下空间工程设计

目前地下空间空气质量不佳,与工程设计不尽合理,未能严格执行国家现行规范、标准有很大关系。设计的失误,现行规范、标准的不够完善也是原因之一。因此,在执行现行规范、标准的同时还必须结合工程实际慎重选定设计参数、计算方法和切实可行的技术措施。

4.2 加强监管,制定专门的地下空间环境管理规定

鉴于地下空间采光差、通风不良等特殊性质,为了保障人民群众的身体与健康,有必要制定专门的地下空间环境管理规定,加强日常监督管理,确保通风措施落到实处。通风措施包括设计、调试和运行管理等几方面的内容。

新风量的取值应符合卫生学标准,不能随意降低标准。通风空调设备施工安装完毕必须进行全面的测试和调整,按施工验收规程进行验收,务必使其满足工程的使用要求。转入正常运行管理阶段后,应加强岗位责任制,定期定点定人进行室内微气候和卫生学监测。

4.3 全面开展地下空间空气质量调查,提出整改建议

地下空间是城市发展的方向,目前我国地下空间的空气环境质量尚无权威的数据发布,所了解接触的仅是一些科研、社会机构、大学院校的零星调查数据。为了全面摸清我国地下空间的空气环境质量状况,为进一步改善地下空间空气质量提供技术支撑,建议相关职能部门全面开展地下空间空气质量调查工作,及时发布信息,并针对存在问题提出整改建议。

5 参考文献

- [1] 闫育梅,王军玲,刘小玉.公共地下车库空气质量调查与评价[J].环境保护,2003(8):38-43.
- [2] 古剑清.地下汽车库空气质量的调查与预防性卫生监督探讨[J].华南预防医学,2002,28(6):46-49.
- [3] 李世红.乌市红旗路地下街空气中细菌总数初步调查[J].干旱环境监测,1991,5(1):60-61.

(下转第 46 页)

红树林湿地微生物对主要污染物的净化作用

刘慧杰¹ 张虎山¹ 田 蕴² 郑天凌² 杨彩云²

(¹中国人民解放军广州军区环境监测站, 广州 510507; ²近海海洋环境科学国家重点实验室(厦门大学), 福建 厦门 361005)

摘 要 红树林湿地是介于海洋和陆地之间的生态系统,具有特殊的结构和功能,但近年来,污染和破坏日趋严重。湿地生态系统中的微生物,种类多、数量大,在物质循环、生态平衡及环境净化等方面担当着重要的角色,在有机污染物降解或转化方面潜能巨大。开发红树林湿地中的微生物资源,可在污染物净化、环境保护等方面发挥重要作用。

关键词 红树林湿地 微生物 污染物 净化

1 红树林湿地概况及其分布特征

1.1 红树林湿地概况

1971 年 2 月 2 日在伊朗的拉姆萨尔(RAMSAR)签署了一个全球性政府间的湿地保护公约《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》),它是当时针对一种特定生态系统的自然保护全球性公约。根据 Ramsar 会议制定的《湿地公约》,湿地是指“不问其为天然或人工、长久或暂时之沼泽地、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水水体者。包括低潮时水深不超过 6 m 的水域”。它是地球上陆地与水体的过渡地带,是具有特殊结构与功能的生态系统,主要包括海岸地带地区的珊瑚滩和海草床、滩涂、红树林、河口、河流、淡水沼泽、沼泽森林、湖泊、盐沼及盐湖。

红树林是热带和亚热带海湾河口泥滩盐渍化沼泽上的盐生森林植物群落,由于红树林是生长在海岸潮汐到达而干湿交迭的潮间带,故有人也称它为海岸盐生沼泽植被。红树林主要由红树科的常绿种类组成,主要树种有秋茄,桐花树、白骨壤、木榄、红海榄、海莲、尖瓣海莲、无瓣海桑、海欖雌等。全世界红树植物种类有 24 科 30 属 83 种(或变种),其中东方群系 72 种,西方群系 14 种,两区重叠 2 种。中国的种类属于红树科^[1]。

红树林生存的物质基础首先是沉积物。红树林海岸的沉积物可由河流从陆地携带来的泥沙,也可由海浪冲击海岸所剥蚀下来的陆源物质,还可用浪

潮掀动浅海底再搬运来的物质,但都是从红树林生态系统外搬运进来的,称为外源性沉积物。这些沉积物随海岸地貌、河流、波浪、潮汐性质不同在适合的地段沉积下来,成为红树植物定居的原始基质。经河流、海潮搬运、分选、堆积起来的沉积物,只有在生物因子作用下才能发育成土壤,作为主要的成土因子之一,红树林对土壤的形成和发育具有十分重要的作用。

红树林群落与其所在的生境相互联系相互作用构成了红树林生态系,是陆地向海洋过渡的特殊类型,处于海洋与陆地的动态交界面,周期性遭受海水浸淹的潮间带环境使其在结构和功能上具有既不同于陆地生态系统又不同于海洋生态系统的特性,兼有海洋和陆地的性质却又与二者不同,形成了独特的性质。它们不仅结构复杂,功能独特,而且也具有防浪护岸、维持海岸生物多样性和渔业资源、净化水质、美化环境等多种生态功能。

1.2 红树林湿地的分布

最新统计全球红树林面积约为 1 700 万 hm^2 ,分别占全球森林总面积 37.79 亿 hm^2 的 4.7‰和热带雨林面积 19.35 亿 hm^2 的 9.2‰。世界上红树林面积最大的国家是巴西、印度尼西亚和澳大利亚,分别拥有 250、217、116 万 hm^2 的红树林。世界面积最大的红树林位于孟加拉湾,面积达 100 万 hm^2 ,其次为非洲的尼罗河三角洲,面积为 70 万 hm^2 ,中国红树林面积约占世界红树林面积的 1.3‰^[2]。

我国红树林主要分布在海南、广东、广西、福建、

浙江、香港、澳门和台湾等东南沿海 8 省区海岸,属于东方类群,共有红树植物 12 科 15 属 27 种,占全球红树植物种数的 37%。红树林自然分布北界为福建北部的福鼎市(27°20'N),20 世纪 50 年代秋茄被成功地向北引种到浙江,目前人工引种的北界在浙江乐清县乐清湾内(28°25'N)^[3]。根据全国各地发表的论文数据综合统计,我国现有红树林 15 122 hm²。从行政区划上看,海南、广东和广西 3 省区是我国红树林的主要分布区,3 地区红树林面积合计达

14 303 hm²,占我国红树林总面积的 94.58%。我国现有的红树林面积小,分布零散,连片面积在万亩左右的红树林不多。近年来,由于经济迅速发展,大面积的红树林或被围垦成农田,或被围海造地,或被开挖成鱼塘或鱼池,红树林受到严重的威胁破坏,面积急剧减少,由此引起海岸带生态环境恶化,造成巨大经济损失,危害海岸带居民的安居乐业。我国从上世纪 80 年代初期就开始进行红树林自然保护区的建设,现在已建设成为许多红树林自然保护区(见表 1)。

表 1 我国主要红树林湿地自然保护区资源分布^[4]

名称	地点	面积(hm ²)	成立时间	级别	种类数
东寨港红树林自然保护区	海南琼山	1 733	1980	省级	19
			1986	国家级	
清澜港红树林自然保护区	海南文昌	2 000	1981	省级	21
三亚河口红树林自然保护区	海南三亚	187	1990	市级	17
青梅港红树林自然保护区	海南三亚	63	1989	市级	14
北仑河口红树林自然保护区	广西防城	1 207	1990	省级	9
			2000	国家级	
山口红树林生态自然保护区	广西合浦	730	1990	国家级	9
湛江红树林自然保护区	广东湛江	933	1991	省级	
			12 423	1997	
福田红树林鸟类自然保护区	广东深圳	111	1984	省级	7
			1988	国家级	
米埔红树林鸟类自然保护区	香港米埔	85	1975	省级	9
			1995	国家级	
漳江口红树林自然保护区	福建云霄	170	1998	省级	6
			2003	国家级	
九龙江口红树林自然保护区	福建龙海	67	1988	省级	5
淡水河口红树林自然保护区	台湾台北	50	1986	省级	1
关渡自然保护区	台湾台北	19	1988	市级	1

2 红树林湿地的污染状况

近年来随着沿海地带社会经济迅猛发展和人口、资源、环境压力的不断增大,位于河口海岸开发前沿地带的红树林受到生态破坏性开发活动的普遍且严重的破坏,河口海岸资源可持续利用和环境健康面临极大的威胁。全球红树林呈现持续萎缩的趋势,覆盖红树林的海岸长度从 1980 年的 198 000 km 下降为 1990 年的 157 630 km,现今仅余 146 530 km。在我国海岸线最长、红树林分布面积最大的广东省,1956 年、1986 年和 90 年代初的红树林面积分别为 21 273、3 526、3 813 hm²,最高减少了将近 85%^[5]。

当前威胁红树林的主要因素为:①人口增长产生的压力,这是其它威胁产生的根源;②发展水产养殖,建设养殖塘;③木材和薪材需求进行采伐;④因城市与农业发展进行围垦造陆;⑤生活污水及工业废水排放造成的水污染^[5]。目前,红树林湿地的污染主要集中在重金属、富营养化、油和有机化学物质污染、电子垃圾污染等方面。

2.1 重金属污染

采矿等工业废水的排放,是海湾河口红树林区的重金属如汞、铅、铬、锌、铜等的主要来源^[6]。通常情况下红树植物主要通过根部吸收水体中的重金属,

并使之在根和茎组织中富集和固定,降低水体中重金属污染程度,避免向重金属富集能力较低的叶片输送。但是过量的重金属累积则会对红树植物根系的生长和呼吸作用产生胁迫,不仅使根系组织细胞遭到破坏而失去生长和固定重金属的能力,还使无法固定的重金属元素随蒸腾液流进入叶片,加速叶片的老化和重金属元素的迁移输出,对无脊椎动物、鱼类和鸟类等消费者产生不良影响^[7]。

2.2 富营养化

造成红树林区水体富营养化的主要原因是各类污水排放或污水灌溉,特别是 N、P 化合物含量较高的污水影响最为显著。轻度富营养化的污水对红树林群落和红树植物生物量的增长有一定的促进作用^[8],但是如果污水中含有过量的碳水化合物、蛋白质、油脂、纤维素等有机物质,就易引起微生物和藻类的过度生长和繁殖,大量消耗水体和沉积物中的溶解氧。当溶解氧耗尽后,有机物在厌氧条件下分解,释放出甲烷、硫化氢、氨等,对红树植物的呼吸根和幼苗的正常发育产生阻滞作用,甚至导致幼苗的窒息死亡。

2.3 油污染

河口和近海的油品污染对红树植物的伤害,主要表现在堵塞呼吸根或支持根的皮孔,造成氧气供应不足窒息,损伤根部的细胞膜,进而削弱根细胞的排盐功能,阻断根细胞内离子的传输,并使呼吸根内组织因氧气供应不足窒息而坏死^[9]。附着在植物表皮和叶片上的黑色油膜增加红树植物对日光的吸收,引起高温,造成植物表皮组织的灼伤坏死。轻质油品中由于含有较大量的低分子量芳烃组分,对红树植物的幼苗具有明显的急性致毒效应,可引起红树植物储藏于胚芽中的养分流失,导致幼苗的迅速死亡^[10]。

2.4 有机化学品污染

城市径流和农田溢流是红树林湿地中有机化学品污染物的主要来源。农药和芳烃类污染物会吸附在悬浮颗粒物表面,并随水体迁移到红树生长区,由于在厌氧的条件下降解缓慢,大部分污染物以沉降方式储存在沉积物中,通过生物富集作用迁移进入红树植物体内,并逐渐在以红树植物为食源的鱼虾和软体动物体内累积^[11]。

多环芳烃做为环境中一类重要的持久性有机污染物(POPs),具有致癌、致畸、致突变效应,它主要

来源于工业生产(如焦炭、碳黑和煤焦油的生产,原油及其衍生物的精炼和分馏等)和生活排放,以及各种矿物质燃料(如煤、石油、天然气等)、木材及其它碳氢化合物的不完全燃烧。红树林海岸区潮间带流域及沿海城市工业农业的迅猛发展以及港湾码头驳岸的繁荣航运,对陆海交汇的红树林湿地有广纳多环芳烃污染物的现实与潜在的影响,使之可能成为多环芳烃的吸收和累积的场所。

2.5 电子垃圾污染

随着我国经济的快速发展和消费能力的提高,电子废弃物已成为我国数量增长最快的一种固体污染物,电子废弃物又称电子垃圾,主要包括多种废旧电脑电子通讯设备电视机电冰箱等废旧家电,及被淘汰的精密电子仪器仪表等。由于电子废弃物中含有大量有毒有害物质,对人们的生活构成潜在威胁。这些固体废弃物在含有大量铅、镉、六价铬、多溴联苯醚(PBDEs)、多氯联苯(PCBs)等多种有害物质。在我国雷州半岛的红树林已检测出大量的重金属污染,Cr、Cu、Ni、Pb、Zn 和 Hg,其中 Ni 的平均浓度高于 ERM(effects range mean)^[7]。这些重金属易积聚在红树植物的根和叶中,不同红树植物对重金属的积累有不同的选择性^[6]。PCBs 是人工合成的一类含氯芳香化合物,具有热稳定性和绝缘性,主要用在变压器电容器和油漆等电子产品上。同样红树林也同样受到 PCBs 的污染。Tam 等^[12]研究了香港红树林 10 个站位的 PCBs 浓度,它们都存在着 PCBs 污染,浓度范围为 0.5~5.8 ng/g 沉积物,且主要来源于人为污染。

3 红树林湿地中的微生物资源

红树林生态系统中分布着数量极其庞大、种类繁多的微生物,它们在物质循环、能量流动、生态平衡及环境净化等方面担当着重要的角色。其高速度的繁殖、代谢的多样性、遗传变异性使它们的酶体系能够以最快的速度适应外界环境的变化,能在各种不同的自然环境中生长,具有降解或转化有机污染物的巨大潜能。红树林中的土壤微生物与系统内的其他因素共同作用,使得地处河口海岸潮间带的红树林在减少滨海地区的污染、净化水域环境、减少污染物在水域生态系统食物网中的积累上有着重要作用。

3.1 红树林湿地中的微生物

红树林区土壤微生物是有机质无机化的主要分

解者,无机化的产物又重新为生态系统利用,构成一条以红树植物开端的食物链。微生物的多样性是生物多样性的组成部份,红树林土壤微生物长期适应潮间带的盐生环境,形成了红树林区特有的微生物类型,对红树林区土壤微生物资源的开发和利用和进行系统的研究具有重要的理论和现实意义。

红树林土壤环境中微生物以细菌和真菌为主,占微生物资源总量的91%^[13],细菌类以芽孢杆菌为优势属,不同地区的红树林土壤细菌的种类具有一定的相似性。Shome等从印度南 Andman 红树林土壤中分离到芽孢杆菌,节杆菌,假单胞菌,黄单胞菌等,其中芽孢杆菌占土壤细菌的50%^[14]。细菌在红树林生态系统中被认为在碳源等营养物质的循环,氮源的固定方面发挥重要作用。

3.2 红树林湿地微生物的分布规律

目前对红树林区微生物数量和分布的时空变化仅仅是一些初步研究。结果表明,红树林土壤中细菌、放线菌、丝状真菌数量的总体规律为:土壤细菌数量在3大类群土壤微生物中占有绝对优势,达 $10^6\sim 10^7$ cfu/g;放线菌数量为 $0.7\times 10^3\sim 19.0\times 10^3$ cfu/g,真菌数量为 $0.5\times 10^2\sim 5.2\times 10^2$ cfu/g。土壤pH值、含水量、全磷量、全钾量显著影响细菌的数量,土壤pH值、有机质含量、有效钾含量明显影响放线菌数量,而土壤pH值、全钾的含量显著影响真菌的数量;土壤pH值是影响微生物数量的主要因子^[15]。阿拉伯湾红树林1993~1994年间的细菌群落(anoxigenic phototrophs (AP), oxygenic phototrophs (OP), organotrophs (OT), total coliforms (TC), faecal coliforms (FC) and haloalkaliphiles (HA))的分布规律为:靠近陆地的土壤中OT, AP, TC, 和FC数量明显高于各类在靠近海洋的土壤中数量,而HA数量却在靠近海洋的土壤中占优势,推测可能来源于海洋,由上升流带入。OT, AP被认为是红树林的土著菌,TC和FC被认为是来源于陆地污水管道的释放^[16]。

3.3 红树林湿地微生物的多样性

红树林生态环境是世界上最富有多样性,生产力最高的海洋生态环境之一,具有丰富的微生物资源并具有生态多样性。红树林独特的生态系统和丰富的生物多样性引起了国内、外学者的广泛关注。印度学者研究了西海岸红树根际内生菌的多样性情况,发现这些真菌包括了土壤、海水和淡水的各种真菌类型^[17],

表明红树林这一陆地和海洋的交接处为生物多样性丰富并集中了陆地和海洋微生物的种类。Sengupta等从不同种类红树林沉积物、根际及根表分离出的固氮菌分别归属于固氮螺菌属(*Azospirillum*)、固氮菌属(*Azotobacter*)、根瘤菌属(*Rhizobium*)、梭菌属(*Clostridium*)和克雷伯氏菌属(*Klebsiella*)^[18]。Gina Holguin等研究了在红树林生态系统中参与营养转运的微生物,他们主要是固氮菌,溶磷菌,硫酸盐还原菌,无氧光细菌,产甲烷菌,以及各种真菌^[19]。

20世纪40年代以来,人们一直采用分离培养的方法来研究微生物的多样性,而事实上,一些微生物经常处于“活的非可培养状态”(VBNC),通过实验室人工培养方法已经分离和描述的微生物物种数量仅占估计数量的1%~5%,而其余95%~99%的微生物类群仍然未被分离和认识^[20]。因而这种方法只能反映极少数微生物的信息,并不能全面地分析微生物的多样性,从而埋没了大量的具有应用价值的微生物资源。自1985年Pace等利用核酸序列的测序来研究微生物的进化问题,加之近年来基因组学的兴起和现代分子生物技术的成熟,可以绕过培养的手段来研究微生物的多样性,使得微生物多样性的研究进入了一个崭新的阶段。采用聚合酶链式反应(PCR)、16S rDNA序列分析以及18S rDNA等现代分子生物学技术在基因水平上研究微生物多样性,可以克服微生物培养技术的限制,能够对样品进行比较客观的分析,较精确地揭示微生物的多样性。近年来,两种新技术的出现——宏基因组技术和稳定同位素技术为研究未培养微生物提供了新的思路^[21]。

早期采用传统的平板分离、培养方法研究红树林区土壤中细菌、放线菌、真菌3大类微生物的数量及种类。结果表明,细菌占绝对优势,而芽孢杆菌属数量上又在细菌中占绝对优势。如印度南 Andaman 红树林表面沉积物的细菌区系中,芽孢杆菌属的数量占细菌总数的50%^[14]。从土壤中能分离到链霉菌、小单胞菌、链轮丝菌、链孢囊菌、小多胞菌、红球菌、诺卡氏菌和游动放线菌等属,小单胞菌和链霉菌属是红树林土壤放线菌的主要属,只是区域不同,数量上的优势属不同^[22]。土壤中丝状真菌中最常见的属为:木霉、青霉、曲霉、镰孢菌,数量上以半知菌占大多数,子囊菌和接合菌较少,鞭毛菌则更稀少^[23]。

近年来,世界各地红树林土壤中新的微生物物种不断被揭示,尤其是红树植物根际的微生物资源倍受

重视。日本红树林土壤分离得到的一株 *Gordonia rhizosphaera* sp. Nov. 未呈报道^[24]。采用表型特征、化学分类、遗传学的方法, 鉴定分离于日本红树林根际周围的三株细菌 *Agromyces luteolus* sp. Nov., *Agromyces rhizosphaerae* sp. Nov., *Agromyces bracchium* sp. Nov. 的 16S rRNA 基因序列, 进化特征均与甲烷八叠球菌属 (genus *Methanosarcina*) 相近, 序列同源率为 94%~97%, 却与本属的其它物种明显不同^[25]。荷兰红树林沉积物中分离到一株 *Methanosarcina semesiae* sp. nov. 能利用 dimethylsulfide, 呈不规则球状, 无运动性, 经鉴定其进化特征亦与甲烷八叠球菌相近^[26]。从印度西海岸的红树林土壤中分离得到的一株浅褐色 *Marichromatium indicum* sp. nov., 经表型、生理生化、及 16S rRNA 基因序列分析, 被认为是新的菌种^[27]。研究日本红树林土壤放线菌的分布时, 得到一株 *Asanoa iriomotensis* sp. nov.^[28]。世界各地科学家的研究结果证实红树林土壤中存在许多未知的微生物, 有待人类不断发现和开发利用。

4 红树林湿地微生物对环境污染的响应

红树林生境的特殊性与高度复杂性造就了极为丰富的微生物多样性, 微生物的比表面积大, 基质亲和能力强, 能分泌各种胞外酶分解颗粒有机物, 而且能利用比其他生物种类更多的电子供体与电子受体, 具有高度的代谢活性与丰富代谢多样性。同时, 对应于各种环境压力, 微生物通过转化、转导等方式塑造了比其它生物更为丰富的遗传多样性, 使其成为压力响应最为迅速, 最为敏感的生物类群, 微生物对环境污染的响应主要表现在微生物群落结构和胞外酶活性变化等方面。

4.1 微生物群落结构的研究

dos Santos 等^[29] 对红树林微生态系统进行溢油模拟实验, 通过 16S rDNA 高通量测序技术监测油污前后红树林沉积物的微生物群落结构变化, 结果表明 Gammaproteobacteria 和 Deltaproteobacteria 是污染前后的优势菌。dos Santos 等^[30] 应用 DGGE 的方法研究不同浓度原油对红树林氨氧化细菌的影响, 结果表明 5% 原油浓度中氨氧化细菌群落结构与其他浓度有明显差别。王岳坤等^[31] 应用变性梯度凝胶电泳 (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis, DGGE) 和分子克隆技术分析了红树林沉积物微生物

16S rDNA V3 片段的群落结构, 发现地域因素和红树品种都是影响细菌群落结构变化的因素。

在本实验室前期的研究中, 我们采集了九龙江口红树林不同季节、不同站位的沉积物样品, 利用 DGGE 技术分别研究了它们群落结构的变化规律, 结果表明每个站位样品均存在着丰富的微生物种类 (图 1), 红树林区细菌多样性高于非红树林区, 这可能与红树林区及其不同站位的有机质含量存在差异有关^[32]。

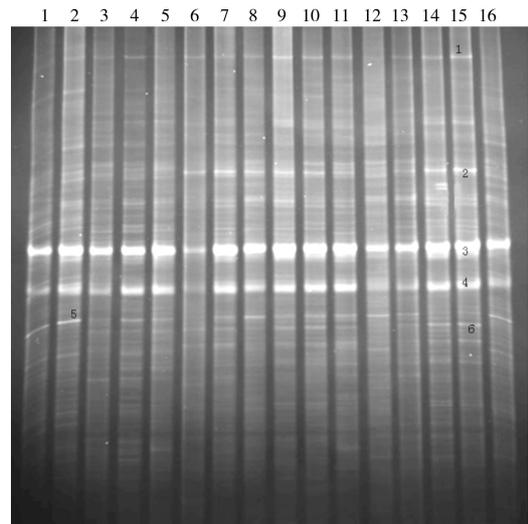


图 1 红树林沉积物不同站位细菌的 DGGE 指纹图谱

4.2 胞外酶活性的研究

胞外酶 (extracellular enzyme) 是指在细胞内合成后穿过细胞质膜的酶, 它们有些镶嵌在质膜上, 有些存在于质膜空间, 有些则完全脱离其产生者, 扩散到环境中。细菌、真菌、湿地物种的植物根系都能够合成胞外酶并释放到细胞外。胞外酶的种类繁多, 与碳循环有关的酶有葡萄糖苷酶、乳糖酶、几丁质酶等; 与氮循环有关的酶有反硝化酶、蛋白酶、脲酶等; 与磷循环有关的酶有磷酸酶 (包括磷酸单酯酶和磷酸二酯酶); 与硫循环有关的酶有硫酸酯酶; 此外还有与其它物质氧化有关的酶如多酚氧化酶, 过氧化氢酶, 过氧化物酶等。

红树林生态系统具有丰富的有机质, 它们主要来源于潮滩植物的凋落物和外源性有机物的输入, 因此湿地土壤或沉积物中存在大量的高分子量的有机物, 这些大量的高分子有机物只有通过胞外酶的作用分解为低分子量的化合物时才能被运输到细胞

内进行氧化并作为能量来源或身体的组成部分。本实验室 Liu 等^[33]应用荧光模拟底物技术对福建省九龙江口红树林 α -、 β -葡萄糖苷酶活性进行了研究,结果发现这些胞外酶与有机碳、有机质和细菌丰度呈正相关。因此,胞外酶活性的大小影响着湿地生态系统的功能,常常作为湿地物质的分解循环过程很重要的指标。胞外酶的水解作用普遍被认为是有机物质整个分解过程中的限制性步骤,常常作为湿地微生物对环境有机物响应的重要指标。

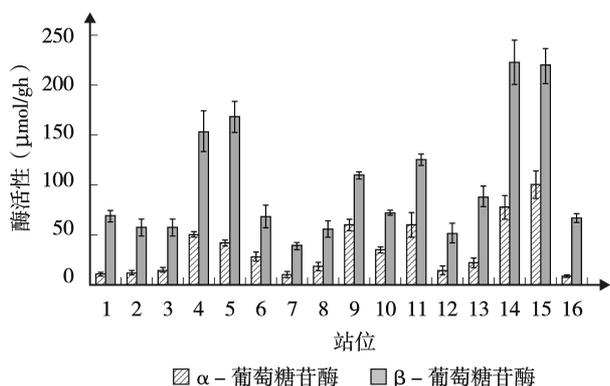


图2 红树林不同站位沉积物样品 α -葡萄糖苷酶和 β -葡萄糖苷酶的活性比较

土壤酶活性作为土壤肥力的标志之一,也在一定程度上反映了微生物的代谢情况。张银龙等^[34]研究了红树林土壤蛋白酶、转化酶、脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶等6种酶活性的时空变化及土壤样品风干和贮存对酶活性的影响,研究表明,红树林土壤6种酶活性都比相应的无红树林生长的土壤高;4种水解酶类(蛋白酶、脲酶、转化酶和酸性磷酸酶)活性随土壤深度的加深而降低。随着土壤剖面的深度增加,酶活性逐渐降低,季节变化规律因酶而异。风干土壤测得的酸性磷酸酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶活性比自然湿土显著降低,风干土贮存1个月使转化酶活性降低。

5 红树林湿地微生物对污染物的分解净化作用

红树林位于河口入海处,是阻止陆地污染向海洋生态系统扩散的一道坚固的大门,是海洋污染净化工程的重要参与者,而红树林微生物则是肩负这一重要使命不可替代的“特种兵”。红树林污染生态学的研究早在20世纪70年代就开始了,而直到90年代微生物在红树林污染生态中扮演的角色才逐渐引起

人们的关注。

红树林湿地能够通过物理、化学及生物作用对各种有机物进行净化,可净化生活污水、牲畜废水和养殖水体中的N和P,污水的重金属和石油,特别是沉积物中的PAHs,这些有毒有害物质可以通过微生物的降解作用得到去除。

在微生物对污染物的降解研究中,人们已发现红树林微生物在处理沿海排放的城市废水上起了很大作用,它们可能将废水中的重金属离子吸附固定,并利用废水中的营养物质,从而达到净化废水的目的。在对农药降解方面,经测定,红树林土壤微生物对甲胺磷具有较强的降解能力,某些细菌的降解率高达70%以上。在滨海油污的净化处理上,利用红树林微生物对海岸工业油污、船舶油污、原油泄漏等进行处理也收到了巨大的功效。首先表现为它们对石油有降解作用,且对柴油呈现有较强的降解力,其降解率是同潮带无红树林土壤微生物的2~3倍。庄铁诚等研究发现红树林微生物对柴油的降解一个月内可达60%以上^[35]。

红树林土壤中存在着丰富的PAHs(Fl、Phe和Pyr的混合物)的降解细菌,本实验室前期研究表明^[36,37],不同的红树林沉积物PAHs降解菌的数量高达 $10^4\sim 10^5$ cfu/g沉积物(表2),分离得到了53株PAHs降解菌^[38],它们对等有机物污染有显著的清除作用。红树林沉积物中PAHs的含量正由于人类的污染的原因呈逐渐升高的趋势,而微生物降解被认为是从污染沉积物中去除PAHs的最佳途径。无论单个或混合PAHs的降解菌均能对PAHs起到较好的生物降解作用,环境因子对混合菌的降解能力的影响较小,如:高盐度对混合菌的降解菲的能力影响很小,但却抑制单种菌对菲的降解能力,葡萄糖的加入可减小盐度的影响作用^[39]。而PAHs的可生物降解性与所含苯环数密切相关,经富集后的细菌组优先选择降解低分子量的PAHs,苯环的数量越多越难降解。在对PAHs的典型代表——菲被细菌在富集培养基或者在红树林表层沉积物中的降解实验中,通过对土壤的盐度、起始的非浓度和葡萄糖浓度对生物降解能力的影响研究,结果表明富集的细菌能利用菲作为唯一碳源生长,从而能降解PAHs化合物,且细菌生长和菲的降解率呈明显的正相关。Tian等^[36]在红树林的不同站位对PAHs浓度及其降解菌的丰度进行了测定,结果表明,红树林区存在着不同的PAHs污

染,且有大量地 PAHs 降解菌,其数量级高达 10^5 cfu/g 沉积物,这些降解菌经驯化后对 PAHs 有较好地降解效果。该实验室前期研究还表明红树林沉积物中还存在着高分子量多环芳烃 BaP 的降解菌,它们能以 BaP 做为唯一的碳源和能源进行代谢,当 BaP 浓度为 20 mg/L 时,培养 63 d 后 32.85% 的 BaP 被代谢,提示红树林微生物在 BaP 污染环境生物修复中有重要的作用。此外,红树林土壤微生物对邻苯二甲酸酯^[40]、二甲基对苯二酸盐(DMT)、吡啶、pentacyclic triterpen 等有机物几乎能完全降解。

表 2 红树林沉积物各站位不同 PAHs 降解菌数量 cfu/g

站位	菲降解菌	芘降解菌	荧 蒽降解菌	苯并芘降解菌	混合 PAHs 降解菌
1	1.08×10^5	8.25×10^4	1.07×10^5	1.40×10^5	1.10×10^5
2	5.85×10^4	3.10×10^4	5.25×10^4	5.25×10^4	2.75×10^4
3	6.45×10^5	6.97×10^5	5.29×10^5	7.26×10^5	5.75×10^5
4	1.52×10^5	2.15×10^5	1.67×10^5	2.24×10^5	3.93×10^5
5	4.64×10^5	4.68×10^5	5.80×10^5	4.86×10^5	4.50×10^5
6	1.24×10^5	2.07×10^5	2.61×10^5	3.94×10^5	5.27×10^5
7	3.67×10^5	2.47×10^5	3.94×10^5	3.05×10^5	3.13×10^5
8	3.26×10^5	3.20×10^5	1.89×10^5	1.81×10^5	3.13×10^5
9	3.61×10^5	3.09×10^5	3.49×10^5	3.59×10^5	3.25×10^5
10	2.76×10^5	3.58×10^5	2.16×10^5	2.26×10^5	2.08×10^5
11	3.08×10^5	6.02×10^5	4.57×10^5	4.57×10^5	6.54×10^5
12	2.72×10^5	1.40×10^5	1.61×10^5	2.40×10^5	2.65×10^5
13	5.77×10^5	4.09×10^5	3.76×10^5	4.49×10^5	4.04×10^5
14	2.67×10^5	3.01×10^5	2.54×10^5	3.26×10^5	6.61×10^5
15	7.80×10^5	4.75×10^5	3.40×10^5	2.03×10^5	1.98×10^5
16	4.14×10^5	4.36×10^5	2.58×10^5	4.34×10^5	4.94×10^5
平均	3.44×10^5	3.31×10^5	2.93×10^5	3.25×10^5	3.70×10^5

红树林土壤微生物在环境污染的治理与修复中发挥着多重功效。然而,现阶段该领域红树林微生物的研究还主要集中在各种降解菌的分离、筛选及特性研究,仍然停留在纯培养条件下微生物细胞个体研究水平。由于传统研究方法等因素的限制,至今人们对红树林微生物对陆地、海洋污染的分解净化机制与过程的系统了解仍较为有限。

6 展望

红树林也是典型的环境脆弱带,极易受到人类活动的干扰,任何物理、化学、生物因子的变化都会给湿地生态系统功能带来影响。近年来,红树林生态系

统受到不同程度的破坏。如何保护和合理开发利用红树林湿地成为摆在人们面前的重要问题,今后仍需要从以下几个方面对红树林生态系统进行深入研究。

(1) 继续加强红树林湿地微生物多样性的研究。传统的培养法与现代的分子生物学技术相结合,可以克服微生物纯培养的限制瓶颈,较精确地揭示微生物种类和遗传的多样性。主要包括基因组文库、RFLP(限制酶切片长度多态性)、T-RFLP(限制性酶切末端片段长度多态性)、FISH(荧光原位杂交)等技术。另外也可以改进不同的微生物培养策略,如加富培养、稀释培养、分散培养、混合培养、模拟自然条件培养等策略。

(2) 继续挖掘红树林湿地功能微生物资源。生境特殊的红树林环境必然蕴藏着功能独特的微生物,开发利用这些微生物资源具有广泛的前景。微生物资源的挖掘与利用主要包括宏基因组、稳定同位素和构建基因工程菌等方法。

(3) 利用红树林微生物,在污染物去除和环境保护等方面充分发挥重要作用。由于红树林沉积物中的颗粒细和缺氧环境等因素使之成为了环境污染广泛吸收和累积的场所。资料研究表明,在污染严重的环境可以更容易得到降解微生物,将它们引入同类污染的环境中,通常能提高污染物的去除速率。提示我们可以利用红树林中的微生物,经过分离和驯化,将有助于在环境污染物的去除和环境保护等方面发挥重要的作用。

7 参考文献

- [1] 吕彩霞. 中国红树林保护与合理利用规划[M]. 北京:海洋出版社,2002.
- [2] 王文卿,王瑁. 中国红树林[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [3] 郑坚,陈秋夏,王金旺,等. 浙江滨海红树林湿地现状及区域功能调查研究初报[J]. 浙江农业科学,2011(2):291-295.
- [4] 丁绍莲. 我国红树林自然保护区旅游发展动力机制理论探讨[J]. 生态经济,2007(1):118-122.
- [5] 彭逸生,周炎武,陈桂珠. 红树林湿地恢复研究进展[J]. 生态学报,2008,28(2):786-797.
- [6] Nazli MF, Hashim NR. Heavy Metal Concentrations in an Important Mangrove Species, *Sonneratia caseolaris*, in Peninsular Malaysia[J]. Environment Asia, 2010, 3(1):50-55.
- [7] Tang YJ, Fang ZQ, Yu SX. Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in the surface sediments of mangrove swamps from coastal sites along the

- Leizhou Peninsula, South China[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2008, 27(1):42-53.
- [8] Chen RG, Twilley RR. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86(1):37-51.
- [9] Sun HM, Tian WJ. A Review of Impacts of Oil Pollution on Coastal Wetland Ecosystem[J]. *Advanced Materials Research*, 2012, 356-360:2551-2554.
- [10] Duke NC, Burns KA, Swannell RPJ, et al. Dispersant use and a bioremediation strategy as alternate means of reducing impacts of large oil spills on mangroves: The Gladstone field trials[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2000, 41(7-12):403-412.
- [11] Adeyemo OK, Ubiogoro OE. Ecotoxicological assessment for polycyclic aromatic hydrocarbon in aquatic systems of oil producing communities in delta state, nigeria[J]. *Journal of Fisheries Science*, 2012, 6(1):53-62.
- [12] Tam NF, Yao MW. Concentrations of PCBs in coastal mangrove sediments of Hong Kong[J]. *Mar Pollut Bull*, 2002, 44(7):642-651.
- [13] Alongi DM. Bacterial productivity and microbial biomass in tropical mangrove sediments[J]. *Microbial Ecology*, 1988, 15(1):59-79.
- [14] Shome R, Shome BR, Mandal AB, et al. Bacterial flora in mangroves of Andaman. Part 1: Isolation, identification and antibiogram studies[J]. *Indian J. Mar. Sci*, 1995, 24:97-98.
- [15] 王岳坤, 洪葵. 红树林土壤因子对土壤微生物数量的影响[J]. *热带作物学报*, 2005, 26(3):109-114.
- [16] Al-Sayed HA, Ghanem EH, Saleh KM. Bacterial community and some physico-chemical characteristics in a subtropical mangrove environment in Bahrain[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2005, 50(2):147-155.
- [17] Ananda K, Sridhar KR. Diversity of endophytic fungi in the roots of mangrove species on the west coast of India[J]. *Can J Microbiol*, 2002, 48(10):871-878.
- [18] Sengupta A, Chaudhuri S. Halotolerant rhizobium strains from mangrove swamps of the Ganges River Delta. *Indian J. Microbiol*, 1990, 30(4):483-484.
- [19] Holguin G, Vazquez P, Bashan Y. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 33(4):265-278.
- [20] Piel J. Approaches to Capturing and Designing Biologically Active Small Molecules Produced by Uncultured Microbes[J]. *Microbiology*, 2011, 65:431-453.
- [21] 刘慧杰, 田蕴, 熊小京, 等. 未培养微生物研究的两种新技术及其寻找功能基因的应用[J]. *华侨大学学报(自然科学版)*, 2008, 29(2):177-183.
- [22] Sahu MK, Murugan M, Sivakumar K, et al. Occurrence and distribution of actinomycetes in marine environs and their antagonistic activity against bacteria that is pathogenic to shrimps[J]. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 2007, 59(3):155-161.
- [23] 林鹏, 张瑜斌, 邓爱英, 等. 九龙江口红树林土壤微生物的类群及抗菌活性[J]. *海洋学报(中文版)*, 2005, 27(3):133-141.
- [24] Takeuchi M, Hatano K. *Gordonia rhizosphaera* sp. nov., isolated from the mangrove rhizosphere[J]. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1998, 48:907-912.
- [25] Takeuchi M, Hatano K. *Agromyces luteolus* sp. nov., *Agromyces rhizosphaera* sp. nov. and *Agromyces brachium* sp. nov., from the mangrove rhizosphere[J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2001, 51:1529-1537.
- [26] Lyimo TJ, Pol A, den Camp HJM, et al. *Methanosarcina semesiae* sp. nov., a dimethylsulfide-utilizing methanogen from mangrove sediment[J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2000, 50:171-178.
- [27] Arunasri K, Sasikala C, Ramana CV, et al. *Marichromatium indicum* sp. nov., a novel purple sulfur gammaproteobacterium from mangrove soil of Goa, India[J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2005, 55:673-679.
- [28] Tamura T, Sakane T. *Asanoa iriomotensis* sp. nov., isolated from mangrove soil[J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2005, 55:725-727.
- [29] dos Santos HF, Cury JC, do Carmo FL, et al. Mangrove Bacterial Diversity and the Impact of Oil contamination Revealed by Pyrosequencing: Bacterial Proxies for Oil Pollution[J]. *Plos One*, 2011, 6(1):e16943.
- [30] dos Santos ACF, Marques ELS, Gross E, et al. Detection by denaturing gradient gel electrophoresis of ammonia-oxidizing bacteria in microcosms of crude oil-contaminated mangrove sediments[J]. *Genetics and Molecular Research*, 2012, 11(1):190-201.
- [31] 王岳坤, 洪葵. 红树林土壤细菌群落 16S rDNA V3 片段 PCR 产物的 DGGE 分析[J]. *微生物学报*, 2005, 45(2):201-204.
- [32] 刘慧杰, 杨彩云, 田蕴, 等. 基于 PCR-DGGE技术的红树林区微生物群落结构研究[J]. *微生物学报*, 2010, 50(7):923-930.
- [33] Liu H, Tian Y, Zheng T, et al. Studies of glucosidase activities from surface sediments in mangrove swamp[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2008, 367(2):111-117.
- [34] 张银龙, 林鹏. 秋茄红树林土壤酶活性时空动态[J]. *厦门*

- 大学学报(自然科学版),1999,38(1):129-136.
- [35] 庄铁诚,林鹏. 红树林下土壤微生物对柴油的降解[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1995,34(3):442-446.
- [36] Tian Y,Liu HJ,Zheng TL,et al. PAHs contamination and bacterial communities in mangrove surface sediments of the Jiulong River Estuary, China[J]. Mar Pollut Bull,2008,57(6-12):707-715.
- [37] Tian Y,Luo YR,Zheng TL,et al. Contamination and potential biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in mangrove sediments of Xiamen, China[J]. Mar Pollut Bull,2008,56(6):1184-1191.
- [38] Liu HJ,Yang CY,Tian Y,et al. Using population dynamics analysis by DGGE to design the bacterial consortium isolated from mangrove sediments for biodegradation of PAHs[J]. International Biodeterioration & Biodegradation,2011,65:269-275.
- [39] Yu KSH,Wong AHY,Yau KWY,et al. Natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in mangrove sediments[J]. Marine Pollution Bulletin,2005,51(8-12):1071-1077.
- [40] Luo ZH,Pang KL,Wu YR,et al. Degradation of Phthalate Esters by *Fusarium* sp. DMT-5-3 and *Trichosporon* sp. DMI-5-1 Isolated from Mangrove Sediments[J]. Biology of Marine Fungi,2012,53:299-328.

Purification of Main Pollutants in Mangrove Swamp by Microorganism

Liu Huijie Yang Caiyun Tian Yun Lin Guanhui Zheng Tianling

Abstract Mangrove swamp is an ecosystem with special structure and functions, located between the marine and land. However, in recent years, more and more serious pollution and spoilage have happened in mangrove ecosystem. The abundance of microbial genus in mangrove may play important roles in material cycle, ecological balance, and environmental purification, and is a good resource for the degradation of various pollutants in mangrove wetland.

Key words mangrove swamp microbe pollutants purification

(上接第 4 页)

一定的社会意义。

(2) 应用人工湿地这一种以生态处理水污染为主的科学技术,教授给小学生,将节能减排的教育思想以人工湿地的实践,具体落实到小学生当中,从小激发学生对环境保护、科技节能、生态保护和可持续发展的使命感,具有一定的现实意义。

(3) 这一项目必然会影响到家庭,结合家庭应用先进节能科技产品,进一步培养小学生的认识 and 创新能力,包括专题研究能力及动手实践能力,力争在学校中涌现更多科学实用的家庭节能减排创新作品,这将会进一步扩大学校“绿色科技教育”品牌的社会影响。

(4) 他们通过有效的机制,保障试点家庭持久参与的热情,将会为更多的学校提供有价值的参考。通过试点家庭提供的实验数据,将为全国家庭节能

减排行动提出更具体、更现实可靠的建议书,有效发挥节能减排示范家庭的引领和辐射作用,可带动本校、本社区、本地区更多的家庭,积极参与家庭节能减排的行动。

7 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 节能减排全民行动实施方案[EB/OL].
- [2] 孙云晓. 体验成长——青少年民宿地球村报告[M]. 天津:天津教育出版社,2002.
- [3] 国家环境保护总局宣传教育中心. 环境教育教师指南——小学环境教育活动实例篇[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [4] 李建平. EPD 教育在中国[N]. 中国教育报,2003-04-27(4).
- [5] 罗明东、李舜、李志平. 区域教育可持续发展研究[M]. 北京:科学出版社,2005.

On the Model Family of Energy-Saving and Emission-Reduction

Chen Biaoxiang

Abstract Over the situation that the teen-agers and families do not attach importance to the national action on energy-saving and emission-reduction, a model family of energy-saving and emission-reduction is discussed.

Key words establishment energy-saving and emission-reduction model family

新型生物除臭剂在垃圾渗滤液除臭效果评估

李南华¹ 胡子全¹ 赵海泉² 沈超¹ 李春燕¹

(¹江苏碧程环保设备有限公司, 江苏 宜兴 214214; ²安徽农业大学, 合肥 230036)

摘要 垃圾渗滤液是垃圾填埋恶臭的主要来源,对其进行预处理是控制恶臭的主要方法之一。文章对一种新型生物除臭剂处理垃圾渗滤液的除臭效果进行评价。实验室条件下, NH₃ 和异味的去除率分别为 26.1% 和 59.7%; 渗滤液处理调节池下风口空气中氨气和硫化氢的浓度分别为 1.35 和 0.048 mg/m³, 恶臭排放控制满足国家二级标准要求。

关键词 生物除臭剂 垃圾渗滤液 嗅阈值

恶臭作为大气污染公害之一, 在全球范围内受到了各国广泛重视, 国内外研究学者对恶臭治理技术进行长期的研究与探索。在不同恶臭源中, 垃圾填埋场恶臭处理是目前研究的难点和热点。垃圾填埋过程中所产生的种类繁多, 成分复杂垃圾渗滤液, 含有较高浓度的氨气、硫化氢、甲烷等多种成分的恶臭气体, 对周边的环境造成极大的污染, 严重影响人们的正常生活^[1]。如何有效控制垃圾渗滤所产生的恶臭, 关键对垃圾渗滤液源头调节池的恶臭和污泥恶臭处理, 然而目前还没有开发出能够广泛应用于垃圾渗滤液恶臭处理的技术^[2]。因此, 本文作者根据垃圾渗滤液产生臭味的特点, 采用新型复合微生物除臭剂从垃圾处理填埋和垃圾渗滤处理不同阶段投加使用, 探索复合微生物菌剂对垃圾渗滤液臭味去除效果, 以待提高生化处理垃圾渗滤液的效率和质量, 为除臭剂推广使用和垃圾渗滤除臭工程治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

新型复合微生物除臭剂来源: 江苏碧程环保设备有限公司。

1.2 实验设计

1.2.1 实验室内检测

采集垃圾渗滤液于实验室密封容器内, 新型生物除臭剂按垃圾渗滤液 10% 添加量加入到盛有新鲜垃圾渗滤液 250 mL 的于锥形瓶 (500 mL) 中, 于

28 °C, 转速为 180 r/min 的恒温振荡培养 3 d, 然后恒温静止培养 2 d, 每 12 h 测定垃圾渗滤液氨氮数值的, 测定方法采用 HJ-537-2009 水质 - 氨氮的测定 蒸馏 - 中和滴定法。同时, 每天采用嗅阈值法测定恶臭嗅阈值。

垃圾渗滤液的嗅阈值的测定, 采用美国颁布的《水质检测方法中的嗅阈值测定方法》(2000 年), 即用无臭水稀释水样, 直至闻出最低可辨别臭气的浓度 (嗅阈浓度), 用其表示臭气的阈限, 水样稀释到刚好闻出臭味的稀释倍数成为嗅阈值^[3]。

$$\text{嗅阈值} = \frac{\text{水样体积(mL)} + \text{无臭水样体积(mL)}}{\text{水样体积(mL)}}$$

1.2.2 垃圾渗滤液周围恶臭气体检测和水质特征检测

浙江某垃圾渗滤液处理厂, 垃圾渗滤液调节池是开放式的, 有着强烈的恶臭气味, 表 1 是该垃圾渗滤液的水质特征。新型生物除臭剂与垃圾渗滤液按照 1:500 比例喷洒到垃圾渗滤液调节池, 在调节池风口选择 3 个位置采集恶臭气体样品带回实验室检测。臭气采样方案依据 GB 16297-1996 大气污染物综合排放标准附录 C 和 GB 14554-1993 恶臭污染物排放标准执行, 氨气浓度依据 HJ 534-2009 空气质量氨的测定次氯酸钠 - 水杨酸分光光度法, 硫化氢依据 GB/T 11742-1989 居民区大气中硫化氢卫生检验标准方法亚甲蓝分光光度法^[4]。

表 1 垃圾处理厂垃圾渗滤水质特征 mg/L, pH 值除外

COD	BOD	NH ₃ -N	颜色	SS	pH 值	嗅阈值
3 236	1 126	680	暗褐色	546	6.8	625

2 结果与讨论

2.1 实验室检测新型复合微生物除臭剂对垃圾渗滤液处理效果

垃圾渗滤液中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量较高,是产生臭味和影响垃圾渗滤液可生化性的重要原因^[5]。因此,对垃圾渗滤液中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除,是新型复合微生物除臭剂功效最为突出的特征。从垃圾渗滤液现场采集回来的渗滤液中添加 10% 复合微生物除臭剂,在实验室培养条件下,其 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化趋势如下图 1 所示,由图 1 可以看出在 28 °C 培养条件下,培养初期垃圾渗滤液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变换较慢,在 12 h 之后, $\text{NH}_3\text{-N}$ 出现快速的下降,表明复合微生物制剂消耗部分 $\text{NH}_3\text{-N}$ 转化为其他成分,后期对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的降解趋势逐渐平缓,最后培养 102 h,垃圾渗滤液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的最终含量为 473.21 mg/L,降解率为 26.11%。

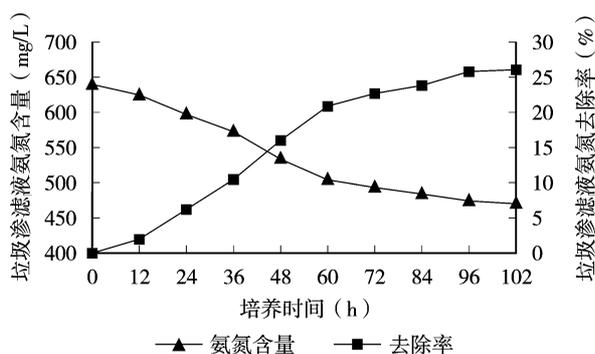


图 1 复合微生物除臭剂对垃圾渗滤液氨态氮去除效果

垃圾渗滤液中产生异味的物质种类较多,除了产生氨气,还有硫化氢、烃类等异味物质,嗅阈值较高是其主要的特点,也是评定垃圾处理厂的重要指标^[6]。挑选实验室嗅觉敏感且实验前不吃异味食物的 6 个人测试,效果选择 4 个人以上闻不出异味而定。在实验室对垃圾渗滤液去除一个效果如图 2 所示。由图 2 可以看出,垃圾渗滤液初始嗅阈值为 885,在初期培养阶段,嗅阈值降低很慢,主要由于细菌初期的生长阶段,在培养第 1 d 后,菌剂中的优势菌种达到对数生长期,开始快速降解垃圾渗滤液中的氨态氮和有机质及其他异味物质,随着菌群的生长和营养物质的限制,嗅阈值的降低幅度逐渐减小,培养 5 d 后,嗅阈值达到 357,新型微生物除臭剂对垃圾渗滤液异味去除率达到 59.67%。

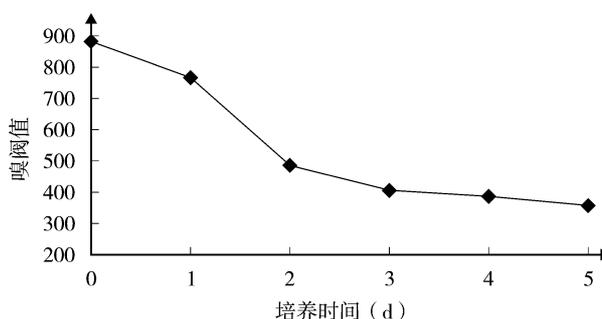


图 2 新型微生物除臭剂对垃圾渗滤液异味去除效果

2.2 现场测定新型生物除臭剂对垃圾渗滤液处理效果

垃圾渗滤液处理过程中,调节池恶臭是填埋场恶臭的最为主要的组成部分之一,其成分主要是厌氧微生物对有机质降解所产生的恶臭气体,而氨气和硫化氢是最为主要的部分,也是判断恶臭排放标准的主要指标^[7]。通过把新型复合微生物除臭剂喷洒在调节池中,在不同时间段检测垃圾渗滤液调节池旁空气中氨气和硫化氢的标准,分别在调节池的下风口距离调节池 10 m 处采集恶臭气体,选择 3 个采样点,计算出平均值,结果如图 3 所示。

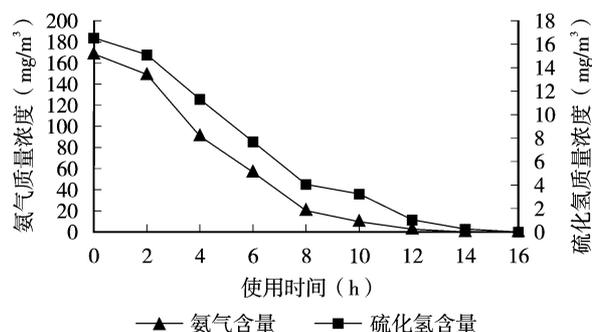


图 3 新型微生物除臭剂对垃圾渗滤液主要恶臭气体去除效果

实验检测得出在未使用新型生物除臭剂时,氨气的浓度为 184.25 mg/m³,硫化氢的浓度为 15.24 mg/m³,喷洒生物除臭剂 2~8 d,氨气和硫化氢得到充分的降解,随后降解速度逐渐减少,在使用 15 d,调节池周围空气中氨气的质量浓度达到 1.35 mg/m³,硫化氢的质量浓度达到 0.048 mg/m³,符合国家恶臭污染物厂界标准质的二级标准(新扩改建)。

3 小结

(1) 新型研制的生物除臭剂在垃圾渗滤液调节池喷洒使用,提高垃圾渗滤液中生物系统对氨态氮和有机质的降解,减少了氨气、硫化氢等恶臭气体的产生。

(下转第 30 页)

排污收费中双寡头的博弈及政府的调控模型

郑佩娜 周李锋 张虎山
(广州军区环境监测站, 广州 510507)

摘要 文章基于完全信息的古诺博弈模型,探讨了在现行的排污收费制度下,寡头垄断竞争市场中两企业的最优产量和最优污染物处理量,并分析了提高排污费标准对不同产污系数企业的影响。同时从政府的宏观调控出发,建立了政府参与博弈的动态两阶段的斯坦克尔伯格(Stackelberg)博弈模型,分析了不同区域环境容量对排污收费标准的影响。

关键词 排污收费 寡头垄断 博弈

随着理论研究不断深入,博弈论应用领域不断拓展。Hardin(1968)^[1]以博弈论为工具,证明了“公共地”的悲剧。Catherine L Kling^[2]利用博弈论分析了企业、政府之间关于污染排放的收费和惩罚问题,建立了政府关于排污权的收费机制设计模型。M.Walls 和 K.Palmer^[3]通过企业、公众、政府函数模型的建立,政府环境政策的设计,分析了政府环境政策实施的原则和评价标准。在国内,将博弈论应用于区域可持续发展也获得了一定的成就。俞勇军^[4]以博弈论为工具,对可持续发展机制进行了探讨;叶民强,林峰^[5]利用博弈论分析了区域人口资源环境冲突,研究了区域代际代内资源环境分配的公平性、区域可持续发展能力建设及制度激励设计等。

排污收费是我国现行的一项重要经济政策,国内外有不少学者基于污染削减费用模型^[6,7]、计量经济学模型^[8]、环境政策总成本^[9]等,研究了污染企业的最优化行为和政府的收费标准。肖江文^[10,11]基于完全信息博弈理论,阐述了寡头垄断市场的排污收费古诺模型,并建立了具有政府宏观调控机制的博弈模型,并对调控效果进行了分析。但在分析中肖江文假设两企业都按相同比例产生一定量的污染物,本文认为不同企业在生产相同产品时,产生污染物的数量会有很大差别,特别是水利发电和燃煤火力发电在生产相同产品时产生的污染量是完全不同的,只征收排污费而未征收生态补偿费会影响企业生产的公平性。本文结合 2003 年新的排污收费标准实施后对火电企业排污成本的影响^[12,13],考虑寡头垄断竞争市场下企业不同的产污系数和区域不同的

环境容量对企业最优行为的影响及政府的调控。

1 库诺特(Cournot)双寡头垄断竞争模型^[14]

1.1 假设

考虑一个双寡头市场,其中两个企业生产无差异的商品。逆需求函数假定为线性形式,不妨设为 $P=a-(q_1+q_2)$, $a \geq (q_1+q_2)$, 其中 p 为市场价格, $q_i(i=1,2)$ 为企业 i 的产量,产出成本取线性,且记企业 i 的边际生产成本为 c_i ^[7,8]。假定生产过程中产生污染,且污染物的数量与产出水平 q_i 线性相关,记为 $a_i q_i$,其中 a_i 为企业 i 的产污系数,两企业各不相同,企业 i 的污染物处理量为 $\beta_i a_i q_i$, $\beta_i \in [0,1]$,则企业 i 的总排污量为 $a_i q_i(1-\beta_i)$,污染治理成本为 $\frac{1}{2} \gamma_1(a_i q_i \beta_i)^2$,排污量的收费系数为 k 。在模型中,参与人是各排污企业,策略是选择产量和污染物处理量,企业收益函数为各企业的利润函数。

1.2 模型

在两个参与者标准式博弈中,企业 1 和企业 2 的收益函数可表达为:

$$\begin{aligned} u_1(q_1, q_2, \beta_1, \beta_2) &= q_1 [a - (q_1 + q_2)] - c_1 q_1 \\ &\quad - \frac{1}{2} \gamma_1 (\beta_1 a_1 q_1)^2 - a_1 q_1 (1 - \beta_1) k \\ u_2(q_1, q_2, \beta_1, \beta_2) &= q_2 [a - (q_1 + q_2)] - c_2 q_2 \\ &\quad - \frac{1}{2} \gamma_2 (\beta_2 a_2 q_2)^2 - a_2 q_2 (1 - \beta_2) k \end{aligned} \quad \text{式(1-1)}$$

由利润最大化条件,对每个变量求一阶偏导得:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u_1}{\partial q_1} &= a - 2q_1 - q_2 - c_1 - \gamma_1 \beta_1^2 \alpha_1^2 q_1 - \alpha_1(1 - \beta_1)k = 0 \\ \frac{\partial u_1}{\partial \beta_1} &= -\gamma_1 \beta_1 \alpha_1^2 q_1^2 + \alpha_1 q_1 k = 0 \\ \frac{\partial u_2}{\partial q_2} &= a - 2q_2 - q_1 - c_2 - \gamma_2 \beta_2^2 \alpha_2^2 q_2 - \alpha_2(1 - \beta_2)k = 0 \\ \frac{\partial u_2}{\partial \beta_2} &= -\gamma_2 \beta_2 \alpha_2^2 q_2^2 + \alpha_2 q_2 k = 0\end{aligned}\quad \text{式(1-2)}$$

求解以上方程组得到企业的最优产量和最优处理比例 $q_1^*, q_2^*, \beta_1^*, \beta_2^*$:

$$\begin{aligned}q_1^* &= \frac{a - 2c_1 + c_2 - (2\alpha_1 - \alpha_2)k}{3} \\ q_2^* &= \frac{a - 2c_2 + c_1 - (2\alpha_2 - \alpha_1)k}{3} \\ \beta_1^* &= \frac{3k}{\gamma_1 \alpha_1 [a - 2c_1 + c_2 - (2\alpha_2 - \alpha_1)k]} \\ \beta_2^* &= \frac{3k}{\gamma_2 \alpha_2 [a - 2c_2 + c_1 - (2\alpha_1 - \alpha_2)k]}\end{aligned}\quad \text{式(1-3)}$$

1.3 结论

假设总有 $a - 2c_1 + c_2 - (2\alpha_1 - \alpha_2)k > 0$ 和 $a - 2c_2 + c_1 - (2\alpha_2 - \alpha_1)k > 0$, 分析上式可以得出以下结论:

(1) 企业的最优产量 q_1^*, q_2^* 与污染物处理成本 γ_1, γ_2 无关。

(2) 企业的最优产量随着其单位生产成本上升而下降, 随其竞争对手单位生产成本上升而上升, 随其产污系数的增大而下降, 而随竞争对手的产污系数的增大而上升。

(3) 企业的最优产量与排污收费的关系受企业单位产品产污系数相对大小的影响。 $\frac{dq_1^*}{dk} = \frac{-2\alpha_1 + \alpha_2}{3}$,

$\frac{dq_2^*}{dk} = \frac{-2\alpha_2 + \alpha_1}{3}$, 即产量与排污收费的关系不但受自身单位产品污染物产生水平 α_1 的影响, 还受到对手单位产品污染物产生水平 α_2 的影响。如果 $\alpha_1 < \frac{1}{2}\alpha_2$,

则 $\frac{dq_1^*}{dk} > 0$, $\frac{dq_2^*}{dk} < -\frac{1}{2}\alpha_2 < 0$, 即排污收费标准升高对企业 1 很有利, 企业 1 的产量将随排污收费标准的升高而升高, 而企业 2 的产量明显下降, 因为排污收费对企业 2 成本的影响大于企业 1; 如果 $\alpha_1 = \frac{1}{2}\alpha_2$, 则 $\frac{dq_1^*}{dk} = 0$ 即排污收费制度对企业 1 的产量没有影响, 此时企业 2 的 $\frac{dq_1^*}{dk} = -\frac{1}{2}\alpha_2$, 即企业 2 的最优产

量随排污收费标准的升高而降低, 因为企业 2 产生的污染物较多, 排污收费制度增加了它的边际生产成本; $2\alpha_2 > \alpha_1 > \frac{1}{2}\alpha_2$ 时, $\frac{dq_1^*}{dk} < 0$, $\frac{dq_2^*}{dk} < 0$, 排污收费标准的提高, 对企业 1 和企业 2 都不利, 它们的边际生产成本的升高都导致了产量的降低; $\alpha_1 = 2\alpha_2$ 时, 随着排污收费标准的提高, 企业 1 产量大幅减少而企业 2 产量保持不变; $\alpha_1 > 2\alpha_2$ 时, 企业 2 的产量随排污收费标准的升高而升高, 企业 1 的产量急剧下降。下面, 用表格的形式表示排污收费标准提高对不同产污系数企业产量的影响。

表 1 产污系数和排污费标准对企业最优产量的影响

产污系数关系	q_1^* 相对 k 升高的变化	q_2^* 相对 k 升高变化
$\alpha_1 < \frac{1}{2}\alpha_2$	↑	↓
$\alpha_1 = \frac{1}{2}\alpha_2$	—	↓
$2\alpha_2 > \alpha_1 > \frac{1}{2}\alpha_2$	↓	↓
$\alpha_1 = 2\alpha_2$	↓	—
$\alpha_1 > 2\alpha_2$	↓	↑

由上表可以看出, 排污收费标准的提高, 将使产品更加集中于技术先进, 排污系数小的企业。一般情况下, 排污系数是企业生产技术水平和和管理水平的函数, 所以这种集中是公平合理的。但对于某些行业, 因为生产的原理不同, 产生的环境影响不同, 而只对排污收费规定的因子收费, 对其它环境影响缺乏有效的经济调控, 这样提高的市场集中程度可能就有失公平。如电力市场, 因为水利发电影响的主要是生态因子, 而我国目前还未对这种影响收取费用; 而燃煤电厂因为产生了大量的二氧化硫、氮氧化物、烟尘等污染物, 而新的排污收费制度提高了收费标准, 使火电行业承受了沉重的污染物处理费和排污费负担。如果水电行业为企业 1, 火电行业为企业 2, 而相对于排污收费制度而言, $\alpha_1 < \frac{1}{2}\alpha_2$, 所以电力市场将集中于水电行业。

(4) 两企业最优污染物处理量为 $\alpha_1 \beta_1^* q_1^* = \frac{k}{\gamma_1}$ 和 $\alpha_2 \beta_2^* q_2^* = \frac{k}{\gamma_2}$, 最优处理量与生产成本无关, 只与政府收费标准和企业处理成本有关。政府收费标准越高, 企业污染物处理成本越低, 企业的最优处理量越大。两企业的最优排污量分别为 $e_1 = (1 - \beta_1^*) \alpha_1 q_1^* =$

$$\frac{[a-2c_1+c_2-(2\alpha_1-\alpha_2)]\alpha_1\gamma_1-3k}{3\gamma_1} e_2=(1-\beta_2^*)\alpha_2q_2^* =$$

$$\frac{[a-2c_2+c_1-(2\alpha_2-\alpha_1)]\alpha_2\gamma_2-3k}{3\gamma_2}$$
, 即企业的排污量与收费标准、生产成本、产污系数和污染物的处理技术相关。收费标准和处理成本越高,企业排污量越少;

(5) 由于 $\frac{du_i^*}{dk} < 0 (i=1, 2)$, 提高收费标准会降低企业的利润, 同时, 在企业选择了最优产量后, 市场上该产品的价格为:

$$p=a-(q_1+q_2)$$

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{d(q_1^*+q_2^*)}{dk}$$

$$= -\frac{1}{3} \frac{d[2a-c_1-c_2-(\alpha_1+\alpha_2)k]}{dk},$$

$$= -\frac{1}{3}(\alpha_1+\alpha_2) > 0$$

即提高收费标准将使企业产品的市场价格提高。同时还有:

$$\frac{d}{dt} \int_0^{q_1+q_2} [a-q-(a-q_1^*-q_2^*)] dq$$

$$= (q_1^*+q_2^*) \frac{d(q_1^*+q_2^*)}{dt}$$

$$= \frac{(\alpha_1+\alpha_2)(q_1^*+q_2^*)}{3} < 0$$

提高排污收费标准会使该产品消费的消费者剩余减少。如果将排污收费看成一种税收的话, 在提高收费标准后市场产品价格升高, 消费者剩余减少, 是一种税负转嫁现象, 即企业运用其在市场上的力量, 将提高收费后新增成本的一部分甚至全部转嫁给消费者。如新排污收费标准实施后, 火电企业增加了脱硫电价, 把排污费部分或者全部转嫁给了消费者。

2 政府参与下的斯坦克尔伯格(Stackelberg)动态博弈

企业之间的库诺特(Cournot)双寡头垄断竞争模型考虑的是排污收费标准给定的情况下, 企业根据自己和对手的生产成本、污染物处理成本等决定自己的最优产量。本节讨论政府作为一个参与人参与博弈, 进一步讨论企业产出对政府收费的反向制约关系。完整的政府调控行为应包括以下两方面的内容: 政府向被调控对象(此处为各企业)发出调控信号, 被调控对象理性的对调控作出最优反应; 政府在预测出被调控对象的各种可能的反应后, 确定最

优控制策略以获得最优的调控效果。这是一个两阶段的动态博弈模型, 政府是博弈活动的前行动者, 各寡头企业是后行动者, 从而体现出了政府在各企业平等竞争基础上运用经济政策来影响企业生产决策行动的调控思想。

政府的收益函数为社会总收益, 它分两种情况: ① 区域内企业的排污量未超出环境容量, 假设政府的收益函数由两部分组成: 一是企业的利润总和, 二是政府排污收费的收入; ② 区域内企业的排污量已超出区域的环境容量, 政府的收益函数由三部分组成: 一是企业的利润总和, 二是政府排污收费的收入; 三是政府支出的污染治理费。政府的目标是使社会效益最大化。

2.1 企业排污总量在区域的环境容量内

企业的收益函数如式(1-1), 政府的收益函数为:

$$u_g = \sum_{i=1}^2 u_i + \sum_{i=1}^2 [(1-\beta_i)\alpha_i q_i k]$$

$$= \left[a - \sum_{i=1}^2 q_i \right] \sum_{i=1}^2 q_i - \sum_{i=1}^2 (c_i q_i) - \sum_{i=1}^2 \frac{\gamma_i \alpha_i^2 \beta_i^2 q_i^2}{2},$$

$$s.t. \sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)\alpha_i q_i < E \quad \text{式(2-1)}$$

对于上述两阶段的动态博弈过程, 可以使用逆向归纳法求解这个博弈的子博弈精练纳什均衡。根据逆向归纳法的思路, 首先考虑给定 t 的情况下, 各企业的最优选择, 即先求第二阶段的解。这种情况与上节相同, 纳什均衡解如式(1-3)所示。

对于第一阶段的模型, 因为政府预测到各企业的上述最优选择, 故将式(1-3)代入式(2-1), 并根据利润最大化的一阶条件, 令 $\frac{du_g}{dk} = 0$, 从而求得:

$$k^* = \frac{\gamma_1 \gamma_2 [(\alpha_1 + \alpha_2)a + (4\alpha_1 - 5\alpha_2)c_1 + (4\alpha_2 - 5\alpha_1)c_2]}{2(\alpha_1 + \alpha_2)^2 \gamma_1 \gamma_2 + 9(\gamma_1 + \gamma_2)} \quad \text{式(2-2)}$$

可以看出, 排污收费标准 k 与两企业的生产成本、排污系数、污染物处理成本密切相关。由于 k 值已比较复杂, 在代入式(1-3), 会使相应的 q_i^* 和 β_i^* 更复杂。假设政府只关心平均信息, 设两企业的排污系数为 1, 则:

$$k^* = -\frac{\gamma_1 \gamma_2 (2a - c_1 - c_2)}{8\gamma_1 \gamma_2 + 9(\gamma_1 + \gamma_2)} \quad \text{式(2-3)}$$

这样得到子博弈精练纳什均衡解

$$q_1^* = \frac{\gamma_1 \gamma_2 (2a - 5c_1 + 3c_2) + 3(\gamma_1 + \gamma_2)(a - 2c_1 + c_2)}{8\gamma_1 \gamma_2 + 9\gamma_1 + 9\gamma_2}$$

$$\begin{aligned}
 q_2^* &= \frac{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_2+3c_1)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)}{8\gamma_1\gamma_2+9\gamma_1+9\gamma_2} \\
 \beta_1^* &= \frac{\gamma_2(2a-c_1-c_2)}{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_1+3c_2)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)} \\
 \beta_2^* &= \frac{\gamma_1(2a-c_1-c_2)}{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_2+3c_1)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)} \\
 k^* &= \frac{\gamma_1\gamma_2(2a-c_1-c_2)}{8\gamma_1\gamma_2+9(\gamma_1+\gamma_2)} \quad \text{式(2-4)}
 \end{aligned}$$

根据以上 5 个等式,可以从两企业的边际生产成本、污染物处理成本和模型参数 a 确定各企业的最优产量、污染物最优处理比例和政府的排污收费标准。

如果进一步简化,设两企业边际生产成本和污染物处理成本函数相同,记 $c_1=c_2=c$, $\gamma_1=\gamma_2=\gamma$,则上式可以简化为:

$$\begin{aligned}
 q_1^* &= q_2^* = \frac{(a-c)(\gamma+3)}{4\gamma+9} \\
 \beta_1^* &= \beta_2^* = \frac{1}{\gamma+3} \\
 k^* &= \frac{\gamma(a-c)}{4\gamma+9} \quad \text{式(2-5)}
 \end{aligned}$$

由以上分析得出:

- (1) 最优产量随企业边际生产成本 c 和污染物处理成本系数 γ 上升而下降;
- (2) 污染物最优处理比例与企业边际生产成本 c 无关,随污染物处理成本函数系数 γ 上升而下降;
- (3) 政府最优排污收费标准随企业边际生产成本 c 上升而下降,而随污染物处理成本函数系数 γ 上升而上升。

2.2 企业的排污总量超出区域的环境容量

如果企业的排污量超出区域的环境容量,则政府还要投资处理污染物,所以政府的收益函数为:

$$\begin{aligned}
 u_g &= \sum_{i=1}^2 u_i + \sum_{i=1}^2 [(1-\beta_i)\alpha_i q_i k] - \gamma_3 \left(\sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)\alpha_i q_i - E \right) \\
 &= \left[a - \sum_{i=1}^2 q_i \right] \sum_{i=1}^2 q_i - \sum_{i=1}^2 (c_i q_i) - \sum_{i=1}^2 \frac{\gamma_i \alpha_i^2 \beta_i^2 q_i^2}{2} \\
 &\quad - \gamma_3 [\sum (1-\beta_i)\alpha_i q_i - E], \\
 \text{s.t.} \quad &\sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)\alpha_i q_i \geq E \quad \text{式(2-6)}
 \end{aligned}$$

考虑两企业的排污系数相同而且为 1,则上式可以简化为:

$$u_g = \sum_{i=1}^2 u_i + \sum_{i=1}^2 [(1-\beta_i)q_i k] - \gamma_3 \left(\sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)q_i - E \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[a - \sum_{i=1}^2 q_i \right] \sum_{i=1}^2 q_i - \sum_{i=1}^2 (c_i q_i) - \sum_{i=1}^2 \frac{\gamma_i \beta_i^2 q_i^2}{2} \\
 &\quad - \gamma_3 \left[\sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)q_i - E \right], \\
 \text{s.t.} \quad &\sum_{i=1}^2 (1-\beta_i)\alpha_i q_i \geq E \quad \text{式(2-7)}
 \end{aligned}$$

令 $\frac{du_g}{dk} = 0$,可以求得式

$$\begin{aligned}
 q_1^* &= \frac{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_1+3c_2)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_1+c_2)-3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{8\gamma_1\gamma_2+9\gamma_1+9\gamma_2} \\
 q_2^* &= \frac{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_2+3c_1)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)-3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{8\gamma_1\gamma_2+9\gamma_1+9\gamma_2} \\
 \beta_1^* &= \frac{\gamma_2(2a-c_1-c_2)+3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_1+3c_2)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)-3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)} \\
 \beta_2^* &= \frac{\gamma_1(2a-c_1-c_2)+3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{\gamma_1\gamma_2(2a-5c_2+3c_1)+3(\gamma_1+\gamma_2)(a-2c_2+c_1)-3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)} \\
 k^* &= \frac{\gamma_1\gamma_2(2a-c_1-c_2)+3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{8\gamma_1\gamma_2+9(\gamma_1+\gamma_2)} \quad \text{式(2-8)}
 \end{aligned}$$

比较式(2-4)与式(2-8),可以得出结论:

- (1) 由于政府考虑了治理成本,所以最优收费标准增加了 $\frac{3\gamma_3(2\gamma_1\gamma_2+\gamma_1+\gamma_2)}{8\gamma_1\gamma_2+9(\gamma_1+\gamma_2)}$,该值与政府的治理成本、两企业的治理成本有关,特别是与政府的治理成本成正比;
- (2) 由于政府排污收费标准的升高,两企业的生产成本增大,产量下降;最优处理率上升;
- (3) 因为我国目前很多地方的水体质量和空气质量都达不到国家标准,区域的排污量已超出了区域的环境容量,考虑了政府治理成本的排污收费标准,是更贴近我国目前实际情况的收费标准。

3 结论与讨论

(1) 在寡头垄断市场经济和现行的排污收费制度条件下,企业的最优产量随其单位生产成本上升而下降,随其竞争对手单位生产成本上升而上升,随自身产污系数的增大而下降,而随竞争对手的产污系数的增大而上升。企业的最优产量与排污收费的关系受企业单位产品产污系数相对大小的影响,排污收费标准的提高,将使产品的市场占有率更加集中于技术先进,排污系数小的企业。一般情况下,排污系数是企业生产技术水平和管理水平的函数,所以这种集中是公平合理的。但对于某些行业,因为生产的原理不同,产生的环境影响不同,而只对排污收费规定的因子收费,对其它环境影响缺乏有效的监督机

制,这样提高的市场集中程度可能就有失公平。

(2)从政府参与博弈,实现有效调控的角度看,在排污量小于等于区域环境容量时,政府最优排污收费标准随企业边际生产成本 c 上升而下降,而随污染物处理成本函数系数 γ 上升而上升;在排污量大于区域环境容量时,最优收费标准与政府、企业的治理成本有关,特别是与政府的治理成本成正比。

(3)由于区域的环境容量不同,污染引起的损失不同,不管从企业的角度或者从政府的角度,标准都应该不同。我国目前的排污收费标准全国统一,但在实际推行中经济欠发达地区政府的执行力度不够,这与当地的环境容量还有富余,政府严格执行标准不能获得最优的经济效益有关。建议排污收费增加区域综合调整系数,平衡不同发展水平,不同环境容量地区的收费标准。

4 参考文献

- [1] Hardin G. The tragedy of the commons[J]. Science, 1968, 162(1):243-248.
- [2] Catherine L Kling, Jinhua Zhao. On the Long-Run Efficiency of Auctioned vs Free Permits[J]. Economics Letters, 2000(69): 235-238.
- [3] Walls Margaret, Palmer Karen. Upstream Pollution, Downstream

Waste Disposal, and the Design of Comprehensive Environment Polices[J]. Journal of Environment Economics and Management, 2001(41):94-108.

- [4] 俞勇军. 可持续发展实现机制的博弈论的探讨[J]. 南京化工大学学报(社科版), 2001(3):65-68.
- [5] 叶民强, 林峰. 区域人口、资源与环境公平性的问题博弈论分析[J]. 上海财经大学学报, 2001(5):10-15.
- [6] Raymond S Hartman, David Wheeler. The Cost of Air Pollution Abatements[R]. Policy Research Working Paper, 1994.
- [7] 王金南. 排污收费理论学[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1997.
- [8] Randall Bluffstone. Are the Cost of Pollution Abatement Lower in Central and Eastern Europe Evidence from Lithuania[R]. Working Paper, 1999.
- [9] Daniel H Cole, Peter Z Grossman. Toward a Total-Cost Approach to Environmental Instruments Choice[R]. Draft-June 23, 2001.
- [10] 肖江文, 严浩, 赵勇, 等. 寡头垄断市场排污收费的政府调控模型[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(3):1-4.
- [11] 肖江文, 赵勇, 罗云峰, 等. 寡头垄断条件下的排污权交易博弈模型[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 4:28-32.
- [12] 何海青. 新排污收费条例对燃煤电厂的影响探析[J]. 能源环境保护, 2004, 18(2):53-55.
- [13] 景月菊. 新的排污收费制度对燃煤电厂经济效益的影响[J]. 山西电力, 2005(5):7-9.
- [14] 张维迎, 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社, 2004.

The Game Theory Models of Two Oligarchs and the Government Regulation on Pollution Charge

Zheng Peina Chen Xingeng Wu Junliang Niu Hongyu Zhang Yinbo

Abstract A Cournot model for pollution charge of two oligarchs in a duopoly market is built for optimizing output and pollutants treatment, and the impact by increasing charge to the different coefficient pollutant firms is analyzed. A Stachelberg model with government joining is built, and the influence of different area environmental capability to the criterion of pollution charge is discussed.

Key words pollution charge duopoly game theory

直辖市及省会城市空气质量 广州名列第五

(南都讯 记者靳颖姝、实习生詹纯玉)昨天,著名民间环保组织“自然之友”公布了《中国环境发展报告(2013)》,在31个省会及直辖市2012年空气质量排名中广州市名列第五。全年空气最好3个城市为海口、昆明、拉萨;最差的3个城市分别为乌鲁木齐、北京、兰州。报告还建议,我国亟待建立重金属污染健康风险预警机制,从源头上杜绝重大环境事件的发生。

空气质量前3位:海口、昆明、拉萨

《中国环境发展报告(2013)》是由“自然之友”连续第八年主持编撰的中国环境绿皮书,目前已由社会科学文献出版社

正式出版。新发布的年度环境报告首先对全国省会及直辖市城市去年的空气质量进行了排名,数据来自环保部每日发布的重点城市空气质量日报。在31个省会及直辖市空气质量排名中,空气质量最好的3个城市为海口、昆明、拉萨。广州市的空气质量排名位于第五位,比上一年其在排行榜中位置倒退一名。据统计,广州市2008年排名第七位,2009年排第六位,2010年和2011年均均为第四位。而空气质量排倒数的3个城市分别为乌鲁木齐、北京、兰州。

摘自《南方都市报》2013-4-12(AA20)

浅谈箱式空气质量自动监测移动子站的建设与应用

苏 协

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

摘 要 空气质量自动监测箱式移动子站, 在 2010 年广州亚运会空气质量保障工作中发挥重要作用, 其后在流动监测工作中继续正常运行。实践证明, 空气质量自动监测箱式移动子站是一种成熟可靠的移动式空气质量自动监测模式, 值得推广应用。

关键词 箱式移动子站 空气质量 自动监测 应用

广州市 2010 年成功举办亚运会。根据亚组委要求, 亚运会主要场馆在亚运会期间都要实施空气质量监控。而亚运会设立的山地自行车、高尔夫球、马术、水上赛艇等比赛场馆, 其所在地都还没有空气质量监测点位, 因而采用“箱式空气质量自动监测移动子站”监测方式, 以实现亚运会主要场馆的空气质量监控, 是可行和必要的。且在实现“绿色亚运”目标后, 该类“箱式空气质量自动监测移动子站”即可迁移安装到所在区(市)环保部门规划拟定的监测点位上, 继续开展空气质量监测工作, 为环境管理服务。

1 箱式移动子站建设

1.1 设计要求

1.1.1 建筑设计要求

要符合《民用建筑设计通则》(GB 50352-2005)和《建筑设计防火规范》(GB 50016-2006)要求。见图 1、图 2, 站房 3 660 mm × 2 440 mm × 2 280 mm (长 × 宽 × 高); 仪器室 3 000 mm × 2 440 mm × 2 280 mm (长 × 宽 × 高); 空调外机室 2 440 mm × 660 mm × 2 280 mm (长 × 宽 × 高)。除门外, 站房的 4 个外墙、屋面、地面均为内外层钢板、中间夹层为 100 mm 厚阻燃保温泡沫板。仪器室地面为复合木地板。站房除仪器室地面外, 其余见光面全部喷涂防锈漆二度、白色纯酸漆二度。在站房的 4 个角位各设置 1 个可调整高度达 500 mm 的支撑基座, 确保箱式站房的水平和防止室外水倒流入站房内。在站房屋面对应仪器采样管口位置, 焊接采样管套管。采样管套管与站

房屋面钢板之间、采样管套管与采样管之间要求水密。在墙脚适合位置, 开仪器余气排孔。

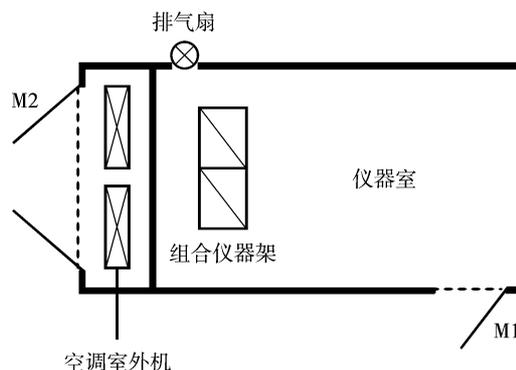


图 1 站房平面示意

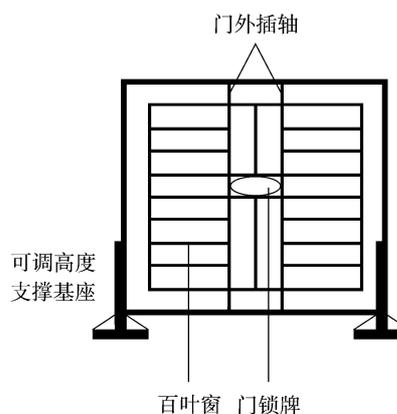


图 2 M2 及站房侧立面示意

1.1.2 钢结构设计要求

要符合《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)和《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)要求。见图 3、

图4,站房地面钢框架用12号槽钢(120 mm×53 mm×5)、L50 mm×50 mm×5角钢、L40 mm×40 mm×4角钢焊接成型。站房屋面、各立面钢框架用L100 mm×100 mm×10角钢、L50 mm×50 mm×5角钢、L40 mm×40 mm×4角钢焊接成型。站房的屋面和外墙的内外层、M1门均用3 mm厚钢板焊接成型,仪器室地面内外层用4 mm厚钢板焊接成型。可调高度支撑基座用12 mm厚钢板、1条Φ36 mm×750 mm支撑螺杆焊接成型。带加强肋垫块用12 mm厚钢板焊接成型,并与站房焊接,在面板正中间开一个Φ42 mm园孔,用于穿过Φ36 mm支撑螺杆,通过强肋垫块上下各一个Φ36 mm螺栓来调整站房高度和固定站房。

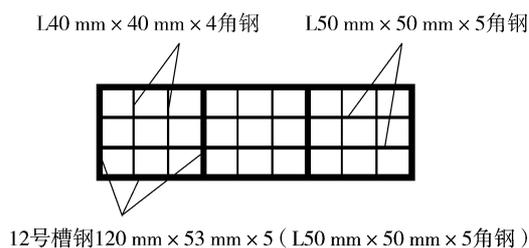


图3 站房地面(屋面、正立面)钢框架示意

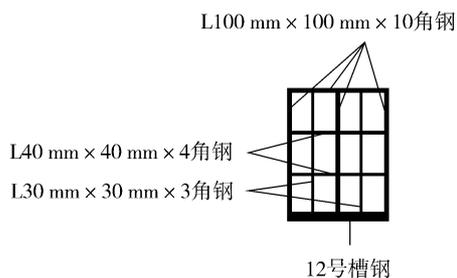


图4 站房侧立面钢框架示意

1.1.3 电气设计要求

要符合《民用建筑电气设计规范》(JGJ/T 16-92)、《低压配电设计规范》(GB 50054-95)、《通用设备配电设计规范》(GB 50055-93)、《建筑设计防火规范》(GB 50016-2006)要求。见图5,强电电源用5×10 mm²电缆从外电房引入站房内380 VAC配电箱。配电箱分照明(A1)、排气扇及插座(A2)、稳压电源及仪器(A3)、空调机(A4、A5)共5个回路配电,尽量使三相电源负载平衡。为确保子站的用电安全,根据现场土质情况,需在站房外设置1至2个接地地极,将接地线重复接地。

1.1.4 防雷设计要求

要符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010、《建筑物电子信息系统防雷设计规范》(GB 50343-

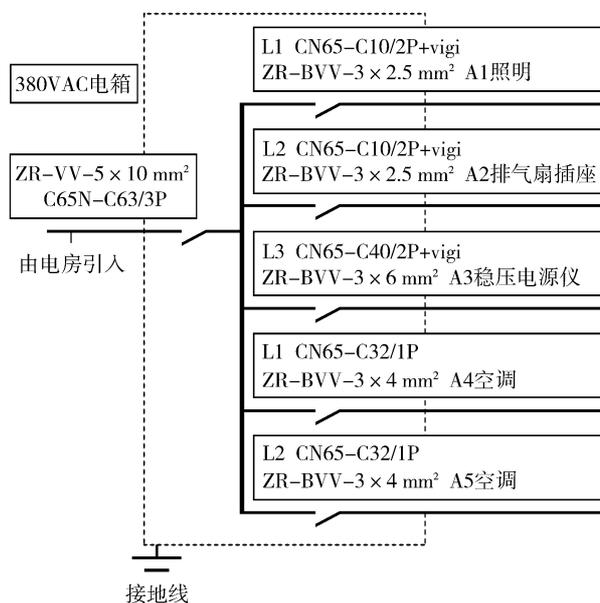


图5 配电系统示意

2004)要求。依据《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010,子站站房的防雷级别为三类,滚球半径设置接闪器。见图6,在站房内380 VAC配电箱处安装三相B+C电源电涌保护器,作为站房三相总配电电源的防闪电感应措施的第一、第二级防护(主要参数:最大放电电流 I_{max} :100 KA,电压保护等级 $U_p \leq 2.5$ KV,响应时间 $T_a \leq 25$ ns,并联安装)。在每个仪器架安装单相电源防闪电感应插座,作为第三级防护(主要参数:标称放电电流 I_n :5 KA,电压保护等级 $U_p \leq 1.5$ KV,响应时间 $T_a \leq 25$ ns,并联安装)。见图7,在站房电话线进线接口处串接一套RJ11电话线电涌保护器,作为电话和ADSL数据传输线路的防闪电感应防护(产品主要参数:RJ45端口,标称放电电流 I_n :5 KA)。在站房安装一个等电位接地汇流排,将各设备外壳、仪器架、电涌保护器各用16 mm²多股铜芯电缆做接闪线连接至等电位接地汇流排。用35 mm²多股铜芯电缆做接闪线,将等电位接地汇流排与辅助地网可靠连接。见图8,在距离站房>1 m位置,架设一支高度8 m独立不锈钢接闪杆(避雷针)。接闪杆(避雷针)从高到低分别用Φ16 mm、长度2 m不锈钢半球顶园钢,用Φ32 mm、壁厚 ≥ 2.5 mm、长度2 m不锈钢管,Φ63 mm、壁厚 ≥ 2.5 mm、长度2 000 mm不锈钢管,Φ100 mm、壁厚 ≥ 2.5 mm、长度2 000 mm不锈钢管满焊拼接,利用不锈钢接闪杆本身做引下线。接闪杆(避雷针)基础用C20、500 mm×500 mm×800 mm(长×宽×深)混凝土。沿站房四周敷设环形闭合人工辅助接闪网,接闪网与站房距离>1 m,接

闪网总长度 > 35 m, 每隔 5 m 埋设 1 条 L50 mm × 50 mm × 5 × 2 500 mm (长) 镀锌角钢作为垂直接地极。地极之间的水平接地体、站房与接闪杆(避雷针)和接闪网之间的连接体, 均用 4 mm × 40 mm 不锈钢板连接。所有外露连接体, 穿 PVC 管敷设。

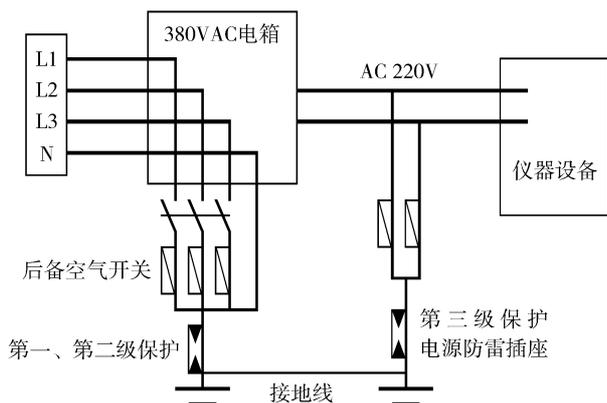


图6 交流电源系统保护示意

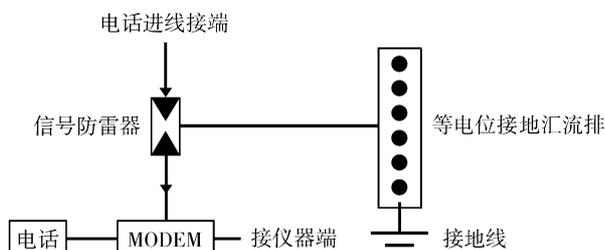
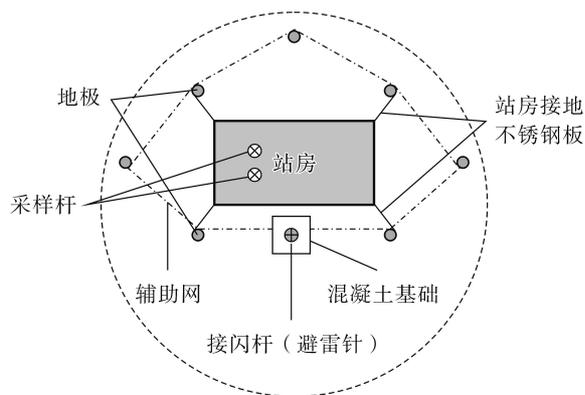


图7 信号系统保护示意



避雷针在4 m高处的保护范围半径7.1 m

图8 防闪电措施示意

1.2 施工要求

1.2.1 钢结构施工要求

要符合《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205-2001)要求。检查各类钢材、焊条、防锈漆的型号和技术指标是否符合设计和规范要求, 是否具备

出厂合格证书。检查各型材焊接的焊缝宽度、厚度、总长度是否符合设计和规范要求, 是否均匀饱满、是否有漏焊和沙眼, 各型材是否平整和垂直, 焊渣是否完全清除。外板焊缝、采样杆套管与站房屋面板焊缝需做水密测试。在站房底边水平的前提下, 检查各面的平整度和垂直度是否符合验收规范要求。

1.2.2 建筑装饰施工要求

要符合《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300-2001)要求。检查阻燃保温泡沫板、复合木地板、纯酸漆的型号和技术指标是否符合设计和规范要求, 是否具备出厂合格证书。检查阻燃保温泡沫板、复合木地板的安装是否符合设计和规范要求, 是否密实牢固、是否平整和紧贴、接缝是否紧密一致, 表面是否有缺损, 平整度是否符合验收规范要求。

1.2.3 电气安装施工要求

要符合《建筑电气安装工程施工质量验收规范》(GB 50303-2002)要求。检查电缆管、电缆、线槽、电线、电箱、开关、插座、日光灯、排气扇的型号和技术指标是否符合设计和规范要求, 是否具备出厂合格证书, 安装是否符合设计和规范要求, 是否平直牢固。检查电缆、电线结线是否牢固可靠, 是否有漏接和错接。对各分回路电路、总电路进行量表检测和通电测试, 检查漏电开关性能, 检测接地电阻值是否 $\leq 2 \Omega$, 检测“零地电压”是否 $\leq 2 \text{ V}$ 。按相关操作规程安装、测试空调机。

1.2.4 防雷安装施工要求

要符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010、《建筑物电子信息系统防雷设计规范》(GB 50343-2004)、《通信、计算机、监测监控、网络机房设置防雷接地技术规范指导意见》要求。检查电涌保护器、防闪电感应插座、接地汇流排、接闪线、地极、水平接地体、连接体、接闪杆(避雷针)的型号和技术指标是否符合设计和规范要求, 是否具备出厂合格证书, 安装是否符合设计和规范要求, 是否牢固可靠, 是否有漏接和错接, 外露连接体是否穿 PVC 管敷设。

请具备资质的防雷检验单位对防闪电措施进行检验, 检验合格后由该检验单位出具合格报告。主要检验防闪电措施是否符合规范要求, 检测接地电阻值是否 $\leq 2 \Omega$ 。

1.2.5 站房运输和安装及迁移施工要求

用吊车、货车将站房运送到现场安装。在起吊站房前必须检查吊车的支承是否可靠, 吊索是否稳固。在站房初步吊离地面后, 吊车必须进行负重摇曳、升

降、转臂等测试。检查站房在货车上的稳固措施和安
全措施。站房现场吊装就位后,检查调整4个支撑基
座,将站房调整水平。安装站房外强弱电、防闪电设



图9 站房安装就位

施。站房的迁移施工参照站房的运输和安装要求完
成。站房安装就位图片见图9,站房运输及迁移过程
图片见图10。



图10 站房运输及迁移过程

1.3 仪器设备安装调试运行要求

1.3.1 监测仪器、设备设施就位

根据《环境空气质量标准》(GB 3095-1996)及
工作要求,监测项目配置:氮氧化物、二氧化硫、可吸
入颗粒物(PM₁₀或PM_{2.5})、臭氧、一氧化碳和气象六
参数等项目的监测仪器。配套仪器设备包括:ADSL
通信线路安装(或使用3G无线网卡)、仪器机柜、所
需的标准气体、减压阀及安装附件、气体采样系统专
用气体采样管、配套抽气风机及4个进口三通电磁阀
、交流参数稳压电源。配套基础设施包括:带来电
自启动挂式空调、办公桌椅等物品。

1.3.2 系统调试及运行

各监测项目仪器和设备安装要符合《环境空气
质量自动监测技术规范》(HJ/T 193-2005)要求,无线
数据传输发射天线靠排气扇附近安装,仪器余气排
孔需用玻璃胶内外封填。子站监测系统试运行要求:
完成仪器预热及泄漏检查、零气源和多元气体校准
仪测试、各分析仪器的测试、动态校准仪流量检查、
臭氧准确度检查、零点漂移测试和各种校准标定工
作。子站正常运行要求:仪器室环境条件达到恒温
25℃±2℃、恒湿30~70±10%RH,子站监测系统完
成试运行并进入运行状态,数据传输系统正常。监测
数据通过工控机的自动采集处理系统和传输系统,
实现与广州市环境空气质量监测系统中心控制室实
时联网。子站系统工作展示示意图见图11。

2 箱式移动子站应用

2.1 完成2010年广州亚运会4个场馆的空气监 测工作任务

为番禺区大夫山公园山地自行车赛场、花都区
九龙湖高尔夫球赛场、从化市马术赛场、白云区省船
艇训练基地水上赛艇赛场建设的“箱式空气质量自
动监测移动子站”,于2010年6月建成并投入运行,
从亚运前、亚运期间至2011年4月,站房水平、水
密,未曾出现室外水渗漏和倒流入站房内现象;站
房结构及支撑稳固;电气设施符合使用要求;防闪
电系统保护作用符合要求,未曾出现仪器设备设施
受闪电损坏现象;保温隔热效果良好,仪器室环境
条件符合要求;各监测项目仪器和设备设施运行正
常;数据传输系统使用正常,按国家相关标准规范
要求,连续、自动开展环境空气质量监测工作,圆满地
完成了任务。

2.2 站房迁移到从化中学继续运行使用的成功例子

完成亚运会运动场馆空气监测工作任务后,位
于从化市马术赛场的“箱式空气质量自动监测移动
子站”迁移到从化中学,按相应的要求作重新安装,
子站内所配置的各项监测项目仪器和辅助设备就
位,再作系统的全面调试和校准,投入正常运行,监
测数据收集、传输正常,继续为环境管理服务。

2.3 箱式移动子站与固定监测子站的比较

实践证明,箱式空气质量自动监测移动子站的
监测作用与固定监测子站相同。但由于其结构形
式的不同,可根据工作需要,将仪器设备设施、站房及

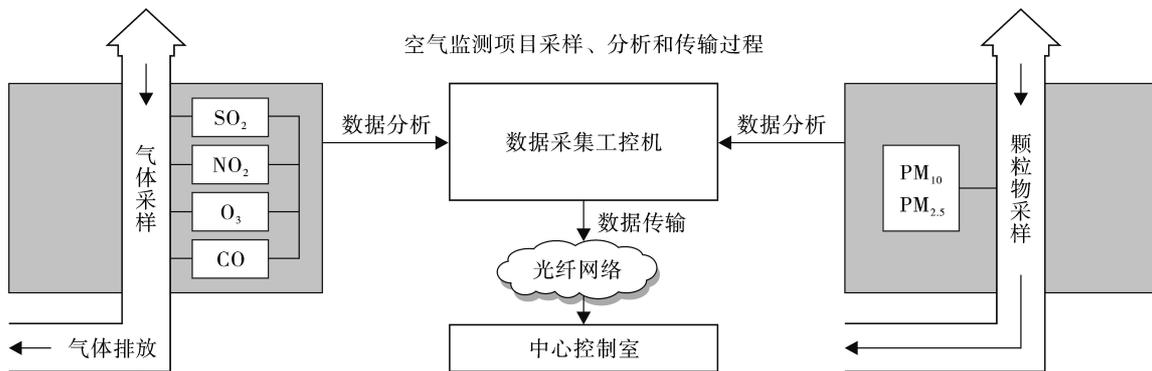


图 11 子站系统工作示意

其外强弱电和防闪电设施拆卸,通过用吊车、货车将其迁移并重新安装到需要的地点,继续开展环境空气质量监测工作。因此,其与固定监测子站相比,具有其灵活机动性和可重复使用性。

3 结语

“箱式空气质量自动监测移动子站”配置相关监

测项目仪器设备,可开展对空气中各种污染物的连续自动监测,是可移动和重复使用的空气质量监测设施;也可作为灵活的增设站;或在发生紧急污染事故时,作为机动的临时站;或在设置固定监测站点前,先对所在地空气质量状况作实际的选点监测调查,以最终确定固定站的位置。这是一个成功的建设与应用实例,可供有同类需求的部门作参照。

Box-type Moving Station for Air Quality Auto-Monitoring

Su Xie

Abstract The box-type moving station for air quality auto-monitoring has played an important role in the air quality ensure for Asia Games in Guangzhou 2010, and still worked normally during the later stage. The box-type moving station is a mature and reliable tool for air quality auto-monitoring, and is worthy of popularization and application.

Key words box-type moving station air quality auto-monitoring application

荔湾区绿色创建收获省级基地

新年伊始,广州市京水水务有限公司举行了“广东省环境教育基地”揭牌仪式。该基地是以“水文化科普教育展厅”和“环保走廊”为主要内容的广东首批环境教育基地,是荔湾区在绿色创建工作中的又一突破,也为荔湾区开展全民环境教育提供一个很好的平台。

多媒体现场让观众身临其境

人们在现场看到,“水文化科普教育展厅”坐落在西朗污水处理厂办公大楼,占地面积约有 500 m²,设有环保课堂、电子触摸屏、展板等。展厅以“水环境治理、水资源开发利用及水处理知识普及”为主线,生动地介绍了水与人类的密切关系,可利用淡水资源的紧缺,日益严重的水污染现状以及中国、广州市控制水污染、保护水环境、开发水资源所做的工作和取得的成就,还介绍了污水处理、再生水利用等技术。展厅还专门为小朋友们制作了《治水先锋》、《西朗清流》、《小水滴奇遇记》等动画。同时还依托厂区,设置了“环保走廊”参观路线,

参观者沿线走完全过程,可以实地体验污水处理的整个过程,加深对水资源利用的理解和节水观念。

人们在现场亲身体验这些图文并茂的展览,仿真模型的展示,声、光、电多媒体技术的播放和实际生产现场,还有专职讲解员的解说及极具趣味性的互动活动等,对增强节约水资源、保护水环境的意识的确很有帮助。有关负责人介绍,展厅对社会各界开放,只要提前预约,市民都可以来免费参观;展厅建成以来,已先后接待各界群众 5 000 多人次,开展各类培训 50 余次,培训人数达 8 000 余人次,取得了较好的社会效果。

“创绿”宣传将有三大动作

据介绍,荔湾区一直有创绿工作的传统,经过多年来的实践和总结,荔湾区始终坚持化整为零、以点带面的创建思路,摸索出一套“一标准、二协调、三管理、四参与、多模式”的创建经验,有效地带动了全区的绿色社区创建工作,使城区面貌和辖区环境质量得到切实改善。此次荔湾区环保局成功

将辖区内的广州市京水水务有限公司创建成首批“广东省环境教育基地”。为今后广大学生和市民进行水环境保护科普教育提供了一个理想场所。

据了解,截止到2012年底,该区共有国家级绿色社区2个(占全市2/7)、省级绿色社区22个(占全市1/3)、市级绿色社区57个(占全市1/6)、区级172个;国际生态学校3所(占全市1/2)、国家级绿色学校5所、省级绿色学校32所,市级绿色学校83所,实现公办学校“全区一片绿”。

荔湾区环保局局长郭泽果表示,荔湾区环保宣传将有三大动作:一是策划以社区为主体的“寻找环保达人”活动;策划以学校为主体的“环保模型制作大赛”,与国家、省、市环保宣教中心合作开展环保主题活动;二是打造一支高水平的生态宣传主力军,成立“环保宣讲团”,有组织、有计划、有效率地开展各种生态宣传活动;三是联合社会、高校、民间环保组织,构建“大生态宣传组织”统一战线,实现有机合作、资源共享。在绿色社区创建工作的基础上,充分调动社区居民齐创共建低碳社区和生态社区示范点。

企业投资建环境教育基地

据了解,日处理能力为20万t的西朗污水处理厂由广州市京水水务有限公司负责运营,该公司负责维护保养污水处理厂及与之相配套的40km污水管线、4座污水抽升泵站。西朗污水处理厂承担整个芳村地区的生活污水处理,现在处理厂基本满负荷运行,每天处理生活污水25万t左右,是广州市第4大污水处理厂。今后随着芳村地区的发展,该污水处理厂还将继续扩建。该公司自成立以来,凭借雄厚的技术和管理实力、高素质的人才优势,保证西朗污水处理厂出水水质高达标率排放,取得了国家环境保护总局颁发的“环境污染治理设施生活污水甲级、工业废水甲级运营资质”。最重要的是在获得显著业绩和经济效益的同时,该公司还不忘自己的社会责任,结合自身实际,积极对中小学生等开展环境教育工作。2010年,公司投资了70万元,在西朗污水厂内建设了以“水文化科普教育展厅”和“环保走廊”为主要内容的水文化科普教育基地。

(李晓白 崔伟)

(上接第19页)

(2) 垃圾渗滤液调节池旁空气中氨气和硫化氢的质量浓度与气温和水面蒸发量相关^④,所测的氨气和硫化氢的质量浓度受到气温和蒸发量的影响。

(3) 在调节池的下风口测定空气中的氨气和硫化氢的质量浓度,氨气的质量浓度为1.35 mg/m³,硫化氢的质量浓度为0.048 mg/m³《恶臭污染物排放标准 GB 14554-93》二级新改扩建标准,极大的改善垃圾渗滤液处理厂的恶臭环境。

4 参考文献

- [1] 罗永华,方向平,曹渭,等.微生物除臭剂消除垃圾压缩中恶臭的效果评估[J].微生物学杂志,2004,24(5):103-105.
- [2] 黄皇,黄长缨,谢冰.城市生活垃圾填埋场恶臭气体污染

控制方法[J].环境卫生工程,2010,18(4):7-10.

- [3] 鲁艳英,金亮,王瑾,等.EM菌组成鉴定及其消除垃圾渗滤液恶臭研究[J].环境科学与技术,2009,32(8):62-63.
- [4] 王艳秋,付双立,韩东辉.六里屯垃圾填埋场调节池生物滤池除臭工程研究[J].绿色科技,2011,9:111-112.
- [5] 纪华,夏立江,王进安.垃圾填埋场硫化氢恶臭污染变化的成因研究[J].生态环境,2004,13(2):173-176.
- [6] 崔玉雪.用于填埋场臭气控制的微生物除臭剂开发与除臭机理研究[D].华东师范大学,2011.
- [7] 吴旭辉,李铁民,马溪萍.复合微生物菌群处理垃圾渗滤液影响因素分析[J].中国公共卫生,2006,22(12):1477-1478.
- [8] MUEZZINOGLU A, SPONZA D, KOKEN I, et al. Hydrogen sulfide and odor control in Izmir Bay[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2000, 123: 245-257.

The Assessment of Malodor Removal from Landfill Leachate By a new Biological Deodorant

Li Nanhua Hu Ziquan Zhao Haiquan Shen Chao Li Chunyan

Abstract The leachate of regulating tank is the main source of malodor caused by municipal landfill. Pretreatment on it is the main method to control the malodor. The effects of a new biological deodorant on the leachate treatment were tested in the lab and municipal landfill. The removal efficiency of NH₃-N, peculiar smell in the leachate were 26.1% and 59.7% in the lab, respectively. In the leachate treatment, the concentrations of NH₃ and H₂S in the air at downwind side of regulating tank were 1.35 and 0.048 mg/m³, respectively. The Standard of malodor removal was the second level of national standard.

Key words biological deodorants landfill leachate malodor removal

二氧化硫日均值时间序列的傅立叶级数模型

林耀光

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

摘要 文章运用傅立叶级数展开方法, 提出一种生成傅立叶级数的模型, 并用模型计算广州市 2004~2007 年二氧化硫日均值时间序列的傅立叶级数模型, 得到二氧化硫浓度存在 23、47 d 等变化周期, 并对后续的时间二氧化硫浓度进行预测。

关键词 SO₂ 时间序列 傅立叶级数模型 周期 预测

环境空气中污染物的浓度随时间在一定的范围内波动, 其特点有: 1 d 之内浓度变化十分显著, 且浓度不会出现负值。因此使用日均值的波动来描述污染物浓度的变化是合理的。为了更能反映一个地区的污染物的时间周期变化, 本文使用广州市 2004~2007 年的全市二氧化硫日均值进行研究分析。

1 傅立叶级数模型

1.1 模型架构

对于时间序列为:

$$g(x) = x_0, x_1, x_2, x_3, \dots$$

其傅立叶级数展开的一般式为:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) + a_0$$

考虑到 $x_i \geq 0$, 且 $\sin(x) = \cos(\frac{\pi}{2} - x)$, 傅立叶级数的模型调整为:

$$f(x) = \sum_{m=1}^i h_m \left(\sin \left(\frac{2\pi(x+d)}{n} \right) + 1 \right) + c \quad (1)$$

式中, 共有 i 项 \sin 函数和 1 个常数项:

x ——自然数时间数列, $|0, 1, 2, 3, \dots|$;

h —— \sin 函数的峰高;

n —— \sin 函数的周期;

d ——相位偏移, $0 \leq d < x$;

c ——常数, 在环境空气的实例中表现为本底值, $c \geq 0$ 。

1.2 谱分析

对于每一项 \sin 函数, 设:

$$s(x) = h \left(\sin \left(\frac{2\pi(x+d)}{n} \right) + 1 \right)$$

$$\text{与 } g(x) \text{ 数列的残差为: } Q = \sum_{x=0}^{len-1} |s(x) - g(x)|, len$$

为 $s(x)$ 、 $g(x)$ 的个数。

考虑到 $a-b$ 的平方数的运算时间比 $a-b$ 的绝对值多 30%~50%, 本文采用以绝对值的方式计算残差, 以节省运算时间。

对于给定一个周期 n , 在 $h_0 \leq h \leq h_1$ 之间, 步长为 Δ , d 为 $0 \sim n-1$ 之间的自然数, 总可得到一个最小的残差值, 记为: $Q(n)_{\min}$ 。

在需要计算的周期的范围内, 得到一组最小残差数列:

$$Q(1)_{\min}, Q(2)_{\min}, Q(3)_{\min}, \dots$$

以 n 为横坐标, $Q(n)_{\min}$ 为纵坐标, 得到最小残差分布图谱。

选取一组显著的残差负峰对应的 $\{n_i\}$ 值作时间序列的变化周期。

1.3 周期匹配

将 $\{n_i\}$ 代入式(1), 改变对应 \sin 函数的峰值 h 及常数项 c , 求得 $g(x)$ 与 $f(x)$ 之间的残差, 最小残差对应的 $\{n_i\}$ 、 $\{h_i\}$ 、 $\{d_i\}$ 和 c 构成式(1)的系数项和常数项。

这时, 式(1)就是时间序列的傅立叶级数模型。

2 实例

本文采用广州市环境空气中二氧化硫的日均值为时间序列, 时间在 2004 年 1 月 1 日至 2007 年 3 月

31日(表1)。在广州市的环境空气监测点中,有9个监测点属于国控点,采用连续自动监测技术24h不间断进行采样分析,本文采用的二氧化硫日均值是全市9个测点日均值的平均值,这使得数据有更好的代表性,也避免了因数据缺失带来的问题。

表1 二氧化硫日均值时间序列

日期	x	$g(x)$
2004.1.1	0	0.057
2004.1.2	1	0.068
2004.1.3	2	0.049
...
2007.3.31	1 185	0.109

2.1 谱分析

按照 $s(x)=h\left(\sin\left(\frac{2\pi(x+d)}{n}\right)+1\right)$, 设 $n=20, h=0.0366, d=12$, 残差 $Q(n, h, d)$ 的计算如表2:

表2 时间序列的残差计算

x	$g(x)$	$s(x)$	$ s(x)-g(x) $
0	0.057	0.014 84	0.042 16
1	0.068	0.006 88	0.061 12
2	0.049	0.001 76	0.047 24
...
1 185	0.109	0.006 88	0.102 12

$$Q(20, 0.0366, 12) = \sum_{x=0}^{1185} |s(x) - g(x)| = 48.636$$

经过遍历计算,周期为20的sin函数的最小残差 $Q(20)_{\min} = 48.636$

图1是周期4~350的最小残差图谱,从中选取了6个最小残差负峰值,其周期 n 、峰高 h 、偏移 d 值见表3。

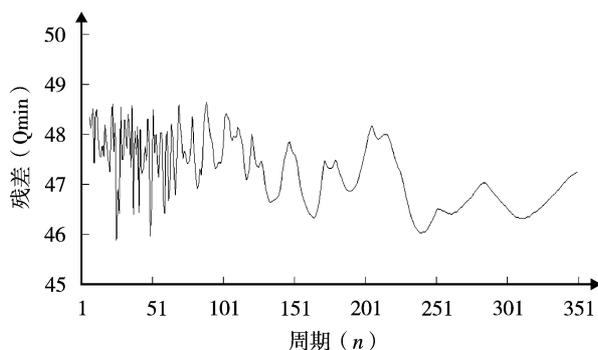


图1 最小残差图谱

表3 主要周期及其参数

主要周期	n	h	d
n_1	23	0.04	21
n_2	47	0.038	3
n_3	132	0.038	96
n_4	163	0.037	60
n_5	239	0.04	103
n_6	310	0.039	248

2.2 周期匹配与建立模型

根据傅立叶级数模型

$$f(x) = \sum_{m=1}^6 h_m \left(\sin\left(\frac{2\pi(x+d)}{n}\right) + 1 \right) + c$$

峰值 h_m 的遍历范围为 0~0.04, 步长 0.000 1; 常数 c 的遍历范围为 0~0.02; 偏移 d 不做遍历。逐一计算 $g(x)$ 与 $f(x)$ 之间的残差, 取最小残差对于 n, h, d, c 值为模型的系数项和常数项。周期匹配的结果见表4。

表4 傅立叶级数模型的系数与常数

主要周期	n	h	d	$c=0.014$
n_1	23	0.005 5	21	
n_2	47	0.006 9	3	
n_3	132	0.006 6	96	
n_4	163	0.059	60	
n_5	239	0.076	103	
n_6	310	0.057	248	

利用解得的傅立叶级数模型,图2是2007年1月1日~3月31日计算的结果。其波动曲线由6条sin曲线与本底值0.014叠加而成。

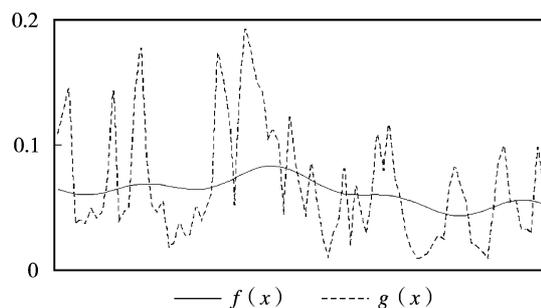


图2 2007年1月1日~3月31日二氧化硫的实测值 $g(x)$ 和模型计算值 $f(x)$

2.3 周期分析

经过计算分析,广州市环境空气中二氧化硫浓度

变化有 23、47、132、163、239、310 d 的变化周期。从最小残差图谱看,23 d 与 47 d 的周期变化最明显,从 \sin 函数的峰值看,239 d 的贡献最特出。

2.4 模型的预测应用

傅立叶级数模型的每一个函数项都是 \sin 函数,

对应一个周期,用作预测计算比普通的线性函数合理。表 5 是广州市 2007 年 6 月二氧化硫的实测值和预测值。预测值的月平均值为 0.061 6,与实测值的月平均值 0.058 相比,偏差 6.2%。这次对 2 个月二氧化硫浓度的预测结果让人满意。

表 5 广州市 2007 年 6 月二氧化硫的实测值和预测值

日期	x	实测值 $g(x)$	预测值 $f(x)$	$g(x)-f(x)$	日期	x	实测值 $g(x)$	预测值 $f(x)$	$g(x)-f(x)$
2007.6.1	1 247	0.045	0.046 962	-0.001 96	2007.6.16	1 262	0.082	0.040 977	0.041 023
2007.6.2	1 248	0.040	0.047 637	-0.007 64	2007.6.17	1 263	0.073	0.041 978	0.031 022
2007.6.3	1 249	0.077	0.048 075	0.028 925	2007.6.18	1 264	0.063	0.043 428	0.019 572
2007.6.4	1 250	0.063	0.048 225	0.014 775	2007.6.19	1 265	0.040	0.045 275	-0.005 27
2007.6.5	1 251	0.093	0.048 061	0.044 939	2007.6.20	1 266	0.049	0.047 438	0.001 562
2007.6.6	1 252	0.085	0.047 583	0.037 417	2007.6.21	1 267	0.048	0.049 817	-0.001 82
2007.6.7	1 253	0.077	0.046 823	0.030 177	2007.6.22	1 268	0.052	0.052 293	-0.000 29
2007.6.8	1 254	0.069	0.045 837	0.023 163	2007.6.23	1 269	0.048	0.054 738	-0.006 74
2007.6.9	1 255	0.081	0.044 703	0.036 297	2007.6.24	1 270	0.047	0.057 028	-0.010 03
2007.6.10	1 256	0.050	0.043 519	0.006 481	2007.6.25	1 271	0.041	0.059 045	-0.018 04
2007.6.11	1 257	0.069	0.042 39	0.026 61	2007.6.26	1 272	0.033	0.060 688	-0.027 69
2007.6.12	1 258	0.091	0.041 424	0.049 576	2007.6.27	1 273	0.031	0.061 88	-0.030 88
2007.6.13	1 259	0.089	0.040 723	0.048 277	2007.6.28	1 274	0.033	0.062 571	-0.029 57
2007.6.14	1 260	0.043	0.040 375	0.002 625	2007.6.29	1 275	0.031	0.062 744	-0.031 74
2007.6.15	1 261	0.064	0.040 446	0.023 554	2007.6.30	1 276	0.029	0.062 414	-0.033 41
平均值							0.058	0.061 623	-0.003 62

3 结束语

本实例的计算程序由作者本人编制,基于 Ruby 1.9.3 平台运行。感谢松本行弘等自由软件作者的无私奉献。

本文中二氧化硫的浓度单位均为: mg/m^3 。

4 参考文献

- [1] 卢崇飞,高慧璇,叶文虎. 环境数理统计学应用及程序[M]. 北京:高等教育出版社,1988.
- [2] Peter Cooper. Ruby 从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

Fourier Model for the Time Series of SO_2 Daily Average Concentrations

Lin Yaoguang

Abstract Based on the Fourier series, a Fourier model was established for the time series of SO_2 daily average concentrations during 2004–2007 in Guangzhou. Two change cycles of 23 days and 47 days were found, and used for forecast calculation of SO_2 daily average concentrations.

Key words SO_2 time series fourier model time cycle forecast calculation

集合最优插值同化在珠三角空气质量模拟中的初步应用

张金谱

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

摘要 数据同化是提升空气质量数值模拟准确度的一种有效途径, 能够把模拟值与观测值结合起来, 从而得到大气状态的最优估计。本研究着重探讨集合最优插值(EnOI)同化方法对 MM5-STEM 空气质量模式污染物浓度初始场的修正能力, 为集合同化方法在珠三角空气质量数值模拟中的应用奠定基础。结果表明, EnOI 在 NO₂、SO₂ 及 PM₁₀ 的同化试验中均取得较好的效果, 检验站点均方根误差(RMSE)的平均下降比例分别可达 33.2%、32.2%和 42.4%, RMSE 值下降的站点占检验站点总数的比例分别为 86.4%、84.1%和 90.9%, 表明该方法能够有效地应用在珠三角空气质量模拟中, 为模式提供与实际更为接近的初始场。

关键词 MM5 STEM 珠三角 空气质量 数值模拟 数据同化 EnOI

随着经济发展, 人类活动向大气环境排放的污染物越来越多, 化学成分也越来越复杂, 使得大气污染成为世界上许多城市面临的最严重的环境问题之一。近年来空气质量问题逐渐成为公众关注的焦点, 从而对空气质量进行预报的需求也日益迫切^[1]。在计算机技术和数值计算技术飞速发展的今天, 使用空气质量数值模式进行空气质量预报由于具备完善的理论基础、合理的模式设计和定时定量的预报结果, 逐渐成为空气质量预报的主要发展趋势^[2]。如今, 空气质量数值模式已经发展到第三代, 其在模拟大气污染物反应、输送和清除过程方面的能力有了长足发展, 但化学过程的复杂性、多尺度耦合的影响及污染物排放源的不确定性等因素仍然给模拟准确度的进一步提高带来巨大挑战^[3-4]。

提高空气质量数值模式模拟能力的一种途径是数据同化, 数据同化作为把观测和模式的信息结合起来以获得大气状态的最优估计的一种客观方法, 能够在数值模拟中为模式提供较优的初始场^[5-6], 最终改善模拟质量。目前的大气化学资料来源广泛, 随着越来越多可用的大气化学观测资料出现, 数据同化在空气质量数值模式中应用的前景将越来越广阔^[4]。

数据同化技术早在 20 世纪 60 年代就在气象上得到应用^[7], 随后发展到海洋领域, 而针对大气化学资料的同化研究则是从 90 年代才开始的^[8]。目前国际流行的同化方法主要是四维变分同化(4DVAR)

和集合卡尔曼滤波(EnKF)^[9], 但较难的编程实现和过大的计算量分别使这两种方法的应用受到限制, Evensen^[9]提出集合最优插值(EnOI)可作为 EnKF 的次优实现, 能够在大大节省计算量的同时保持一定的有效性。万莉颖^[10]在海洋模式 HYCOM 的同化试验中对 EnKF 与 EnOI 的进行比较, 得出 EnKF 相对 EnOI 改变不是非常明显的结论。因而在计算能力受到制约的情况下, 以 EnOI 进行同化试验是可以接受的替代方案。

与其他主流同化方法相比, 国际上针对 EnOI 同化方法的应用研究相对较少, 且多在海洋模式中进行^[11-14]; 国内的相关研究同样限于海洋领域, 更是尚处于初步探讨阶段^[10, 15-18], 不够深入; 而国内对 EnOI 在空气质量数值模式中的应用研究就更加缺乏, 基于此研究现状, 本文旨在探讨 EnOI 同化方法在珠三角空气质量数值模拟中应用的可行性, 着重研究 EnOI 对 MM5-STEM^[9]模式污染物浓度初始场的修正能力, 为 EnOI 同化方法在珠三角空气质量数值模拟的应用奠定基础。

1 集合最优插值同化方法(EnOI)

背景误差协方差矩阵(下称“B 矩阵”)的确是数据同化中的关键, EnKF 引入集合的概念得到 B 矩阵, 实现简单, 容易编程, 但计算量仍然巨大。Evensen 称 EnOI 为 EnKF 的次优实现, 计算量可大

大节省。EnOI 同样引入了集合的概念,区别在于集合样本不通过参数扰动生成,而是从模式长期运行的模拟结果中选取,B 矩阵通过这些样本计算而得,但不随模式积分更新,因此仍然是静态的。

Evensen^[9] 给出的 EnOI 同化更新公式如下:

$$\psi^{\alpha} = \psi + \alpha A' A'^T H^T (\alpha H A' A'^T H^T + \gamma \gamma^T)^{-1} (d - H\psi) \quad (1)$$

其中 ψ^{α} 表示同化后的分析场; ψ 表示模式模拟的背景场; d 表示观测场; H 为线性观测算子,表示从模式空间到观测空间的转换,通常是用某种插值方法把模拟值插值到观测站点的位置上; $d - H\psi$ 表示观测增量; α 为经验系数,用于调整样本误差与观测误差的比例;另外:

$$A = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_N) \in R^{n \times N} \quad (2)$$

$$\bar{A} = A 1_N \quad (3)$$

$$A' = A - \bar{A} = A(I - 1_N) \quad (4)$$

$$\gamma = (\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_N) \in R^{n \times N} \quad (5)$$

公式(2)中 N 是集合样本数, n 是模式状态向量数;

公式(3)中 \bar{A} 是集合样本均值矩阵, 1_N 代表每个元素均为 $1/N$ 的 $N \times N$ 阶矩阵;

公式(4)中 A' 是集合样本扰动增量矩阵;

公式(5)中 γ 是观测误差经过扰动后组成的矩阵。

本研究中所用的 EnOI 方法以公式(1)~公式(4)为基础,因本研究不考虑模式积分的步骤,为了计算方便,本研究中的同化试验均没有对观测值进行扰动,故对于 $\gamma \gamma^T$ 直接使用观测误差协方差矩阵(下称“R 矩阵”)代替,观测误差包含了观测资料的代表性误差,在缺乏观测仪器信息的情况下,通常把观测误差定义为观测值的 0.1 倍。

由于集合样本数量的有限性以及各种理想条件一般难以达到,故原始的 B 矩阵会包含许多虚假相关,特别是两个相距较远的格点的虚假相关很容易造成同化结果的不合理。为防止这一现象,通常采取一些数学方法对格点间的相关性作局地化约束。本研究采用了简单的高斯分布函数(参看公式(6)),规定了模式格点相关性随距离增大而减小的特征,其中的 r 为格点或站点间的距离; L 称为局地化尺度或水平相关尺度, L 越大则表示同化站点能够影响到的范围越大。

$$\rho = e^{-\frac{r^2}{L^2}} \quad (6)$$

最终,公式(1)改写成以下形式:

$$\psi^{\alpha} = \psi + \alpha (\rho \cdot A' A'^T) H^T [\alpha H (\rho \cdot A' A'^T) H^T + \gamma \gamma^T]^{-1} (d - H\psi) \quad (7)$$

2 所用模式及资料

本研究所采用的 MM5-STEM 空气质量模型系统包括气象条件模拟及化学传输、转化模拟等模块,其中多尺度、多界面空气质量模型系统 STEM(Sulfur Transport and dEposition Model) 是模式系统的核心模块,它可以模拟气态、气溶胶等多种污染物的输送和转化过程^[20-23]。STEM 已经应用于珠江三角洲及东亚地区污染物输送和转化特征的研究^[19,24-25],并在多项国际大型野外观测计划(TRACE-P)中被用作预报模式,包括光化学反应、气溶胶、沉降等,所用化学反应机理为 SAPRC99^[26],通过在线 TUV 模块进行光解率的计算^[27],能够较好地模拟区域空气质量的演变。

本研究所采用的污染源排放清单由华南理工大学郑君瑜课题组提供^[28-33],观测资料来源于广东省环境监测中心及广州市环境监测中心,包括珠三角地区合共 57 个污染物观测站点 2010 年 11 月的 NO_2 、 SO_2 及 PM_{10} 月均浓度值数据。57 个站点中的 13 个为粤港珠三角区域空气监控网络^[34] 站点(见图 1 同化站点),分别为广州麓湖(LH),广州万顷沙(WQS),广州天湖(TH),深圳荔园(LY),惠州金果湾(JGW),惠州下埔(XB),东莞豪岗小学(HG),佛山惠景城(HJC),佛山金桔咀(JJJ),肇庆城中(CZ),中山紫马岭(ZML),珠海唐家(TJ),江门东湖(DH);其余 44 个站点为珠三角城市省控站点(见图 1 检验站点)。

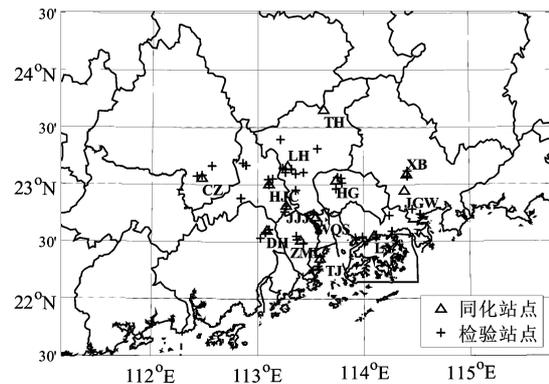


图 1 粤港珠三角区域空气监控网络站点(同化站点)及珠三角省控站点(检验站点)位置示意

3 同化试验

本研究旨在研究集合最优插值法在珠三角空气质量数值模拟中修正模式初始场的效果,了解该方法在不同参数设置下对模式初始场的修正能力,主要针

对3种污染物 NO_2 、 SO_2 和 PM_{10} 作地面层(二维)的同化试验。

试验方式为对2010年11月的 NO_2 、 SO_2 和 PM_{10} 月均浓度进行同化,通过比较同化前后模拟值的均方差误差RMSE来检验同化效果。对于进入同化系统观测站点的代表性问题,考虑到粤港珠三角区域空气监控网络^[34]在设计站点布局时已经得到一定的科学论证,该监控网络的站点已在长期业务运行中被用以代表整个珠三角的空气质量整体水平,故本研究直接以粤港珠三角区域空气监控网络位于广东省境内的13个站点作为进入同化系统的观测站点(下称“同化站点”,见图1),而把珠三角区域内的其他44个省控站点作为独立检验站点(下称“检验站点”,见图1),大量检验站点的设置可以避免由于某个站点的影响而导致对整体同化效果错误分析,这也是本研究区别于前人研究^[35]的一个特点。

4.1 局地化尺度和经验系数对同化效果的影响

在实际应用中,尤其是在大气污染物观测站点分布密度较低情况下,若局地化尺度设置得太小,大部分区域将得不到更新,也达不到对数据的有效利用;若局地化尺度设置得太大,每个观测点都对较大的区域产生影响,则可能会造成不合理分析增量,反而降低同化效果。因而可能存在一个合适的局地化尺度,在这个尺度下同化效果将达到最优。

为了探讨不同局地化尺度对同化效果的影响,笔者分别测试了局地化尺度为10~100 km(间隔10 km)的 NO_2 、 SO_2 和 PM_{10} 的月均值同化实验,同时考虑不同 α 的影响。此处的 α 取值从 2^{-3} ~ 2^3 ,间隔为2倍,分别考查13个同化站点及44个检验站点的平均RMSE值以检验同化效果。

在本小节的同化试验中,不同污染物的集合样本分别由各自污染物2010年1月、4月、7月、11月4个月的120个日均浓度模拟值组成,以代表全年各个季节的状态,EnOI的同化计算过程参照公式(1)~公式(7)。假设观测误差为浓度量值的0.1倍,各站点的观测误差平方作为R矩阵的对角线元素;同时假设不同站点的观测不相关,设置R矩阵的非对角线元素为零。

本小节结论为(图表略):对于 NO_2 ,检验站点出现最小RMSE时L和 α 的组合为 $\alpha=0.5, L=100$ km;对于 SO_2 ,检验站点出现最小RMSE时L和 α 的组合为 $\alpha=4, L=20$ km;对于 PM_{10} ,检验站点出现最小

RMSE时L和 α 的组合为 $\alpha=8, L=40$ km。

4.2 不同污染物的集合最优插值同化试验

本小节进行了 NO_2 、 SO_2 和 PM_{10} 在取四季污染物浓度日均值集合样本的EnOI法同化试验,不同污染物L和 α 的设置采取4.1节中检验站点最小RMSE值对应的L和 α 组合,其余参数设置同4.1。

(1) NO_2

图2~图5分别从不同角度展示了 NO_2 的同化结果。同化站点(图2)经过同化后RMSE值均有不同程度的下降,平均下降 $16.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$,各站点的RMSE值下降范围在 $2.1\sim 31.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间;RMSE值下降比例在11.9%~98.4%之间,最高为广州天湖站,最低为中山紫马岭站。虽然从集合样本中得到的中山紫马岭站的背景误差大于广州天湖站,但由于广州天湖站的 NO_2 观测值平均仅为 $9.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$,而中山紫马岭站则为 $67.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$,按照取观测值的0.1倍为观测误差的假设,广州天湖站对观测值的信任程度远大于中山紫马岭站,从而造成两者RMSE值下降比例的显著差异。

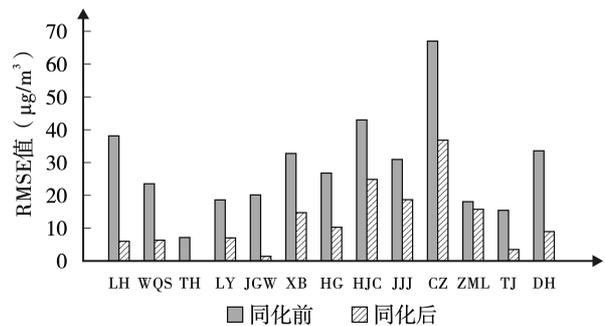


图2 同化站点 NO_2 同化前后RMSE值对比

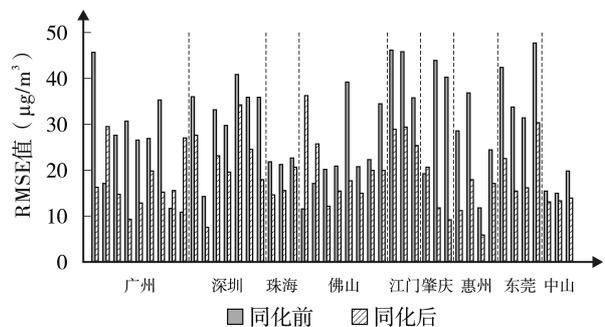
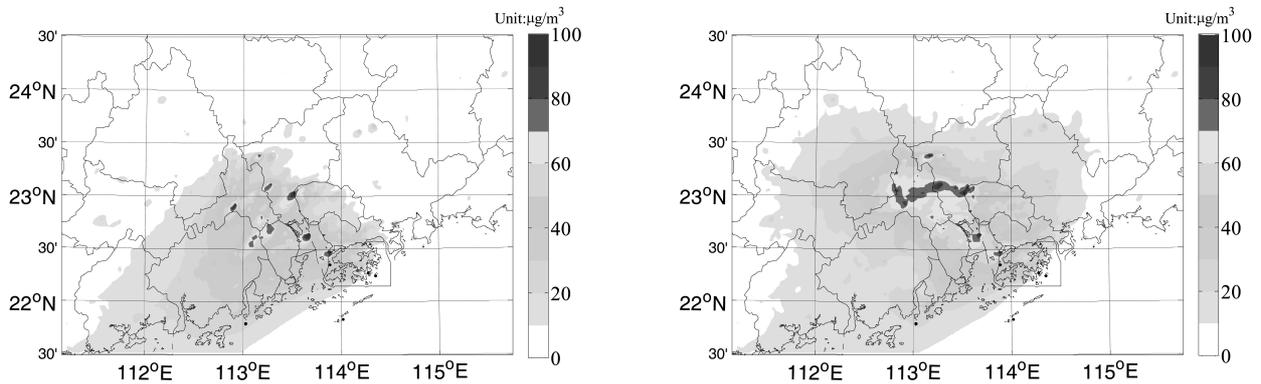


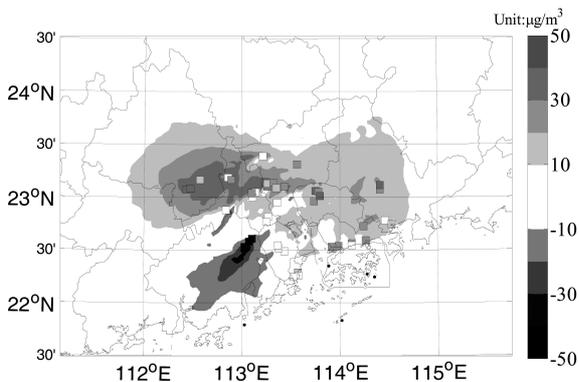
图3 检验站点 NO_2 同化前后RMSE值对比

44个检验站点中(图3),除广州(市5中、花都师范、番禺中心)、佛山(三水云东海、南海气象局)及肇庆(坑口)的6个站点表现出同化后RMSE值反

图 4 NO₂ 同化前后月均浓度分布(左:同化前;右:同化后)

而上升的趋势外,其余站点的 RMSE 值均有不同程度的下降,说明同化效果较好。其中肇庆睦岗站表现出最大的 RMSE 下降值 32.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;肇庆七星岩站则表现出最大的 RMSE 下降比例 76.7%。

图 5 给出了整个模拟区域内平均分析增量与各检验站点的平均模拟误差的对比,可以看出,由于 L 被设置为较大的 100 km,分析增量超过 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的覆盖范围也较大,包括肇庆、佛山、广州、东莞、惠州和深圳的大部分区域。大多数站点的分析增量均与其模拟误差有较好的吻合,尤其是肇庆地区的模拟低估与江门地区的模拟高估都得到了较好的修正。

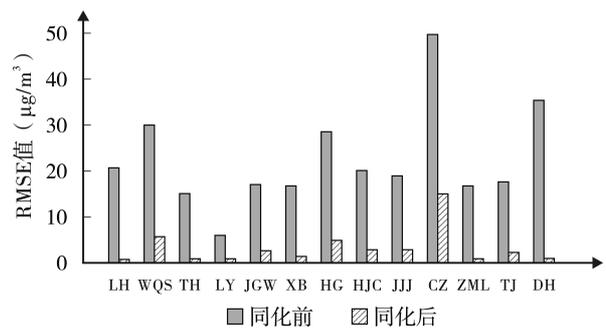
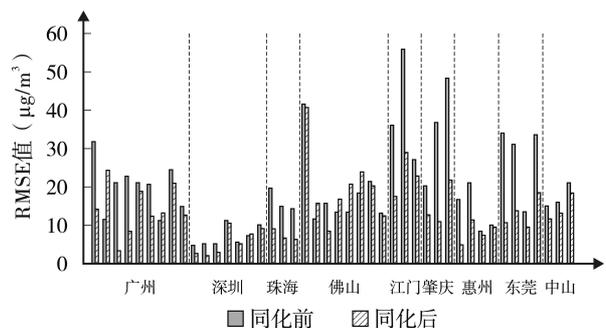
图 5 检验站点 NO₂ 同化分析增量与模式误差对比

(2) SO₂

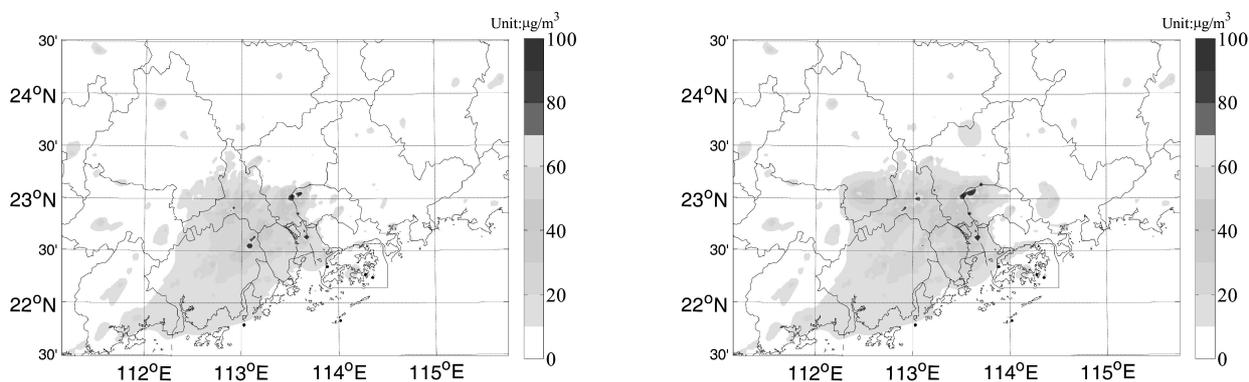
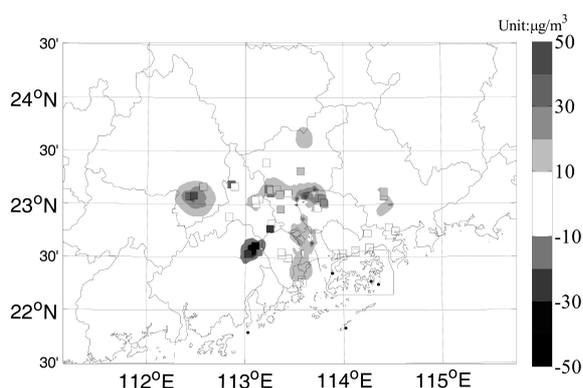
图 6~图 9 分别从不同角度展示了 SO₂ 的同化结果。同化站点(图 6)经过同化后 RMSE 值均有不同程度的下降,平均下降 19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,各站点的 RMSE 值下降范围在 5.3~34.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间, RMSE 值下降比例在 69.9%~97.8%之间。因为对 SO₂ 的同化设置了相对较大的 α ,故 SO₂ 同化站点的 RMSE 值下降比例整体上高于 NO₂。

在 44 个检验站点中(图 7),有 7 个站点表现出同化后 RMSE 值变大的结果,分别位于广州(市 5 中,

市 86 中),佛山(南海气象局、湾梁、华材职中、容桂街道办)和深圳(盐田)。其余站点中,江门北街站表现出最大的 RMSE 下降值 26.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;广州市监测站则表现出最大的 RMSE 下降比例 83.2%。

图 6 同站站点 SO₂ 同化前后 RMSE 值对比图 7 检验站点 SO₂ 同化前后 RMSE 值对比

从图 9 可见,分析增量绝对值较大值仅分布在肇庆、江门及广州与东莞交界处,量值超过 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的区域也仅在部分同化站点附近出现。这是由于 L 被设置为较小的 20 km,以致同化站点的影响范围较小;同时因为 SO₂ 在许多同化站点中均模拟较好,故产生的分析增量不大。除了佛山的几个站点,其余大多数站点的分析增量较好地修正了各自的模拟误差。

图8 SO₂同化前后月均浓度分布(左:同化前;右:同化后)图9 检验站点SO₂同化分析增量与模式误差对比

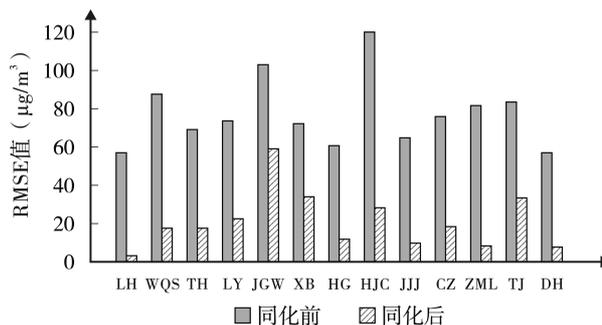
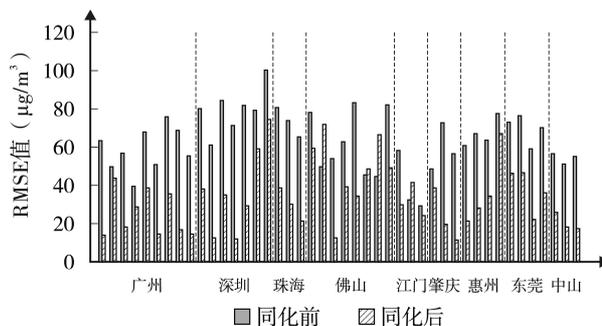
(3) PM₁₀

图10~图13分别从不同角度展示了PM₁₀的同化结果。同化站点(图10)经过同化后RMSE值均有不同程度的下降,平均下降56.9 μg/m³,各站点的RMSE值下降范围在37.8~92.2 μg/m³之间,RMSE值下降比例在42.6%~94.2%之间。虽然对PM₁₀的同化设置了最大的 α ,但PM₁₀同化站点的RMSE值下降比例整体上并不及SO₂,这是由于PM₁₀的观测值较大,从而人为假设的观测误差较大,导致同化结果较不信任观测值的缘故。

44个检验站点(图11)绝大多数站点的RMSE值均在同化后有较大降幅,其中深圳南油站表现出最大的RMSE下降值59.1 μg/m³及最大的RMSE下降比例82.8%。仅4个站点表现出同化后RMSE值变大的结果,分别为位于佛山(南海气象局、容桂街道办、高明孔堂)和江门(北街)。

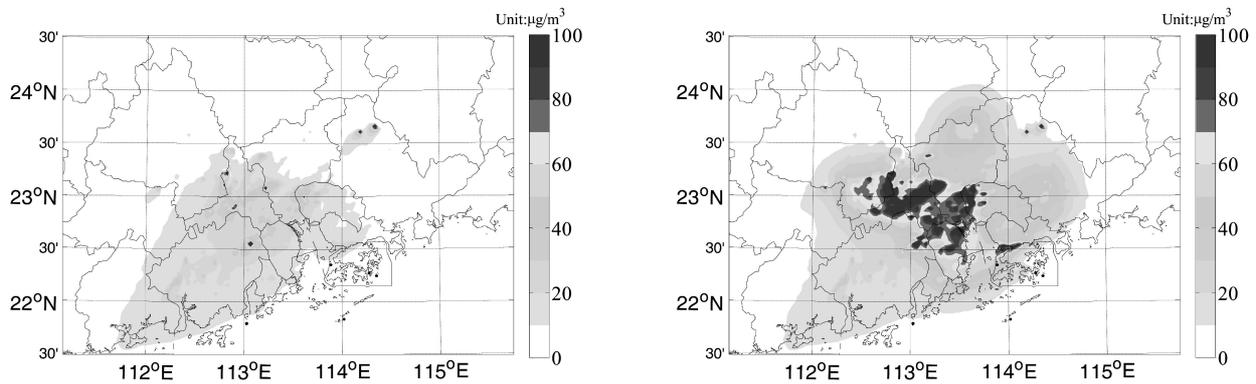
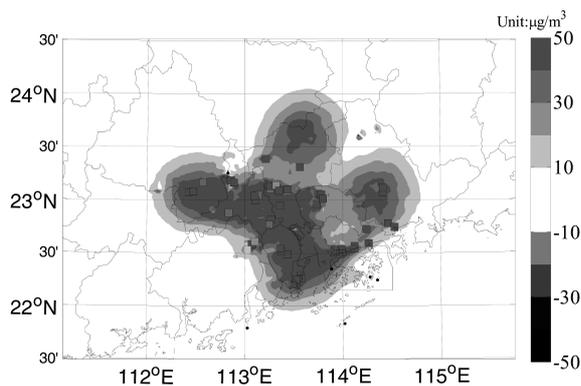
从图13可见,分析增量较大值基本覆盖了除江门以外的珠三角区域,表明在L=40 km的设置下珠三角区域的大部分地区都能够得到观测值的同化;分析增量基本为正,没有出现小于-10 μg/m³的较

大的分析增量区域,反映了模式PM₁₀源清单整体低估的特征。

图10 同站站点PM₁₀同化前后RMSE值对比图11 检验站点PM₁₀同化前后RMSE值对比

5 结论

本研究就集合最优插值同化方法(EnOI)在珠三角空气质量模拟中修正不同污染物初始场的应用进行了探讨,主要结论为:EnOI在NO₂、SO₂及PM₁₀的同化试验中均取得较好的效果,检验站点均方根误差(RMSE)的平均下降比例分别可达33.2%、32.2%和42.4%,RMSE值下降的站点占检验站点总数的比例分别为86.4%、84.1%和90.9%。表明该方法能够有效地应用在珠三角空气质量模拟中,为模式提

图 12 PM_{10} 同化前后月均浓度分布(左:同化前;右:同化后)图 13 检验站点 PM_{10} 同化分析增量与模式误差对比

供与实际更为接近的初始场。

本研究中只是把同化方法应用在污染物浓度的初始场修正上而没有在模式运行中进行更新;而由于数据的限制,本研究仅进行了二维(地面)的同化试验,也未对 O_3 和 $PM_{2.5}$ 进行 EnOI 的同化应用研究。进一步的工作将针对上述不足,把 O_3 和 $PM_{2.5}$ 列入同化研究对象,并尝试在模式动态运行中探讨 EnOI 的同化效果。另外,因 EnOI 采用静态样本而存在天然缺陷,只适合于在计算量受到限制的情况下作为 EnKF 的次优方法实施,EnKF 与 4DVAR 等方法仍然是数据同化的主流方向,故本研究可视作 EnKF 在珠三角空气质量模拟中开展的基础工作。

6 参考文献

- [1] 聂邦胜. 国内外常用的空气质量模式介绍[J]. 海洋技术, 2008, 27(1): 118-121, 132.
- [2] 房小怡, 蒋维楣, 吴润, 等. 城市空气质量数值预报模式系统及其应用[J]. 环境科学学报, 2004, 24(1): 111-115.
- [3] 白晓平, 李红, 方栋等. 资料同化在空气质量预报中的应用[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 66-73.
- [4] Carmichael G R, Sandu A, Chai T, et al. Predicting air quality: Improvements through advanced methods to integrate models and measurements[J]. Journal of Computational Physics, 2008, 227(7): 3540-3571.
- [5] 王自发, 谢付莹, 王喜全, 等. 嵌套网格空气质量预报模式系统的发展与应用[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 778-790.
- [6] Constantinescu E M, Sandu A, Chai T, et al. Ensemble-based chemical data assimilation. I: General approach[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2007, 133(626): 1229-1243.
- [7] Charney J G, Halem M, Jastrow R. Use of incomplete historical data to infer the present state of the atmosphere[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 1969, 26: 1160-1163.
- [8] Austin J. Toward the four dimensional assimilation of stratospheric chemical constituents[J]. Journal of Geophysical Research, 1992, 97(D2): 2569-2588.
- [9] Evensen G. The ensemble Kalman filter: Theoretical formulation and practical implementation[J]. Ocean dynamics, 2003, 53(4): 343-367.
- [10] 万莉颖. 集合同化方法在太平洋海洋高度计资料同化中的应用研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(大气物理研究所), 2006.
- [11] Oke P R, Schiller A, Griffin D A, et al. Ensemble data assimilation for an eddy-resolving ocean model of the Australian region[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2005, 131(613): 3301-3311.
- [12] Oke P R, Brassington G B, Griffin D A, et al. Ocean data assimilation: a case for ensemble optimal interpolation[J]. Australian Meteorological and Oceanographic Journal, 2010, 59: 67-76.
- [13] Oke P R, Allen J S, Miller R N, et al. Assimilation of surface velocity data into a primitive equation coastal ocean model[J]. Journal of Geophysical Research, 2002, 107(10.1029)
- [14] Counillon F, Bertino L. Ensemble Optimal Interpolation: multivariate properties in the Gulf of Mexico[J]. Tellus A, 2009, 61(2): 296-308.

- [15] 叶冬,谢基平. 基于集合最优插值方法的南海北部海区的数据同化试验[J]. 海洋通报, 2011, 30(4): 377-386, 396.
- [16] 闫长香,朱江. 集合最优插值中的样本选取[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(4): 452-458.
- [17] 万莉颖,陈建新. 一个简单的集合最优插值方法在太平洋高度计资料同化中的应用[J]. 海洋预报, 2011, 28(3): 1-7.
- [18] Wan L, Bertino L, Zhu J. Assimilating Altimetry Data into a HYCOM Model of the Pacific: Ensemble Optimal Interpolation versus Ensemble Kalman Filter[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2010, 27(4): 753-765.
- [19] Wang X, Carmichael G, Chen D, et al. Impacts of different emission sources on air quality during March 2001 in the Pearl River Delta (PRD) region[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39(29): 5227-5241.
- [20] Tang Y, Carmichael G R, Uno I, et al. Impacts of aerosols and clouds on photolysis frequencies and photochemistry during TRACE-P, part II: three-dimensional study using a regional chemical transport model[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108: 8822.
- [21] Tang Y, Carmichael G R, Uno I, et al. Influences of biomass burning during the Transport and Chemical Evolution Over the Pacific (TRACE-P) experiment identified by the regional chemical transport model[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108: 8824.
- [22] Carmichael G R, Tang Y, Kurata G, et al. Evaluating regional emission estimates using the TRACE-P observations[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108(8810): 10-1029.
- [23] Carmichael G R, Tang Y, Kurata G, et al. Regional-scale chemical transport modeling in support of intensive field experiments: Overview and analysis of the TRACE-P observations[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108: 8823.
- [24] Wang X M, Tang Y H, Carmichael G. A modeling study on regional air pollutions transport patterns over the pearl river delta in the fall season[J]. Modern Physics Letters B, 2005, 19(29): 1735-1738.
- [25] Wang X M, Lin W S, Yang L M, et al. A numerical study of influences of urban landuse change on ozone distribution over the Pearl River Delta region, China[J]. Tellus B, 2007, 59(3): 633-641.
- [26] Carter W P L. Documentation of the SAPRC-99 chemical mechanism for VOC reactivity assessment[J]. Contract, 2000, 92(329): 95-308.
- [27] Madronich S, Flocke S. The role of solar radiation in atmospheric chemistry[J]. Handbook of Environmental Chemistry, 1999: 1-26.
- [28] Zheng J, Zhang L, Che W, et al. A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region, China and its uncertainty assessment[J]. Atmospheric Environment, 2009, 43(32): 5112-5122.
- [29] 郑君瑜, 郑卓云, 王兆礼, 等. 珠江三角洲天然源 VOCs 排放量估算及时空分布特征[J]. 中国环境科学, 2009, 29(4): 345-350.
- [30] 郑君瑜, 张礼俊, 钟流举, 等. 珠江三角洲大气面源排放清单及空间分布特征[J]. 中国环境科学, 2009, 29(5): 455-460.
- [31] 余宇帆, 卢清, 郑君瑜, 等. 珠江三角洲地区重点 VOC 排放行业的排放清单[J]. 中国环境科学, 2011, 31(2): 195-201.
- [32] 车汶蔚, 郑君瑜, 钟流举. 珠江三角洲机动车污染物排放特征及分担率[J]. 环境科学研究, 2009, 22(4): 456-461.
- [33] 尹沙沙. 珠江三角洲人为源氨排放清单及其对颗粒物形成贡献的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [34] 张远航, 钟流举. 区域大气复合污染的立体观测及污染过程[R]. 北京: 北京大学, 广东省环境监测中心站, 2008.
- [35] 崔应杰, 王自发, 朱江, 等. 空气质量数值模式预报中资料同化的初步研究[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(5): 616-626.

Preliminary Application of Ensemble Optimal Interpolation Data Assimilation Method on Air Quality Numerical Modeling in Pearl River Delta

Zhang Jinpu

Abstract Data assimilation is an effective way to improve the accuracy of the air quality numerical model, by combining simulation and observation to produce an optimal analysis state of the atmosphere. This paper mainly evaluated the ability of Ensemble Optimal Interpolation Data Assimilation Method (EnOI) to modify the initial concentration field in MM5-STEM air quality numerical model, which was expected to lay a foundation for the further application of ensemble data assimilation methods in air quality modeling in PRD. The results showed that: EnOI had a good performance in the data assimilation experiments of NO_2 , SO_2 and PM_{10} , with RMSE decreasing percentage of 33.2%, 32.2% and 42.4%, respectively, and the proportion of verification stations that have decreasing RMSE were 86.4%, 84.1% and 90.9%, respectively, which proved that EnOI can be effectively applied in air quality modeling in PRD, by providing an initial concentration field more close to the true situation.

Key words MM5 STEM pearl river delta region air quality numerical modeling data assimilation EnOI

石墨炉原子吸收法测定高盐样品中铅基体改进剂的研究

赵彦龙 梁永津 刘胜玉 林君铿
(珠江流域水环境监测中心, 广州 510611)

摘要 以高盐水样加标 0.01 mg/L 为试样, 对磷酸二氢铵及硝酸铵这两种基体改进剂的加入量及升温程序选择试验表明, 在线加入 20 μ L 5 g/L 的硝酸铵比 5 g/L 的磷酸二氢铵更适合高盐基体样品中铅的测定。

关键词 铅 高盐基体 石墨炉原子吸收法 化学改进剂

铅是对环境危害较大的重金属元素之一, 以石墨炉原子吸收光谱法测定地表水中的铅^[1], 灵敏度较高, 但高盐基体的干扰常对分析结果的准确性带来影响。在样品中加入基体改进剂是消除基体干扰的常用方法, 而如何确定基体改进剂的加入量, 如何设定方法的升温程序是分析工作者经常遇到的问题^[2], 本文以加入磷酸二氢铵和硝酸铵这两种基体改进剂测定铅为例, 对基体改进剂的加入量及升温程序进行了深入探讨。

1 材料和方法

1.1 仪器及工作条件

仪器为 Thermo Sollar M6 系列火焰 / 石墨炉原子吸收光谱仪, GF95 石墨炉, FS95 自动进样器, 该进样器具有自动稀释功能, 能自动加入基体改进剂; 以氩气为保护气; 背景扣除采用塞曼方式; 铅空心阴极灯及普通石墨管(购自 Thermo 公司)。仪器的工作条件见表 1。

表 1 仪器工作条件

灯电流 mA	波长 nm	光谱带宽 nm	测定 方式	背景 扣除	进样体积 μ L
7.5	283.3	0.5	峰面积	塞曼	20

1.2 试剂

标准储备液: 500 mg/L 铅标准储备液(GBW08619), 使用时逐级稀释。

基体改进剂: 磷酸二氢铵(北京化学试剂公司,

优级纯), 硝酸铵(北京化学试剂公司, 优级纯), 配制浓度分别 10、5、2 g/L。

基体匹配试验样品: 加标量为 0.01 mg/L 铅高盐基体水样, 水样盐度为 8.72‰。

1.3 方法

采用仪器自动在线加入基体改进剂及自动稀释方法, 进样体积及基体改进剂加入体积均为 20 μ L。以 10、5、2 g/L 的磷酸二氢铵及硝酸铵分别作灰化原子化曲线, 见图 1。

2 结果与讨论

2.1 磷酸二氢铵基体改进剂加入量及升温程序分析

干扰石墨炉原子吸收法分析的最常见物质是 KCl、NaCl、CaCl₂ 等金属氯化物, 这类物质在样品中普遍存在, 它们的熔沸点一般较高(表 2), 超过易挥发性元素铅的熔沸点。加入基体改进剂后, 使基体形成易挥发性化合物, 在干燥或灰化阶段驱除, 从而避免待测元素的挥发^[3]; 或降低待测元素的挥发性以防止干燥或灰化过程中的损失。加入磷酸二氢铵的机理是, 在灰化阶段磷酸二氢铵受热分解产生 H₂ 与 Cl⁻ 形成 HCl 挥发, 同时形成还原性的氛围从而减少 Pb 与 Cl⁻ 形成氯化铅损失。

表 2 常见氯化物和氯化铅的熔沸点 $^{\circ}$ C

化合物	熔点	沸点	化合物	熔点	沸点
KCl	776	1 500	CaCl ₂	772	1 600
NaCl	801	1 413	PbCl ₂	501	950

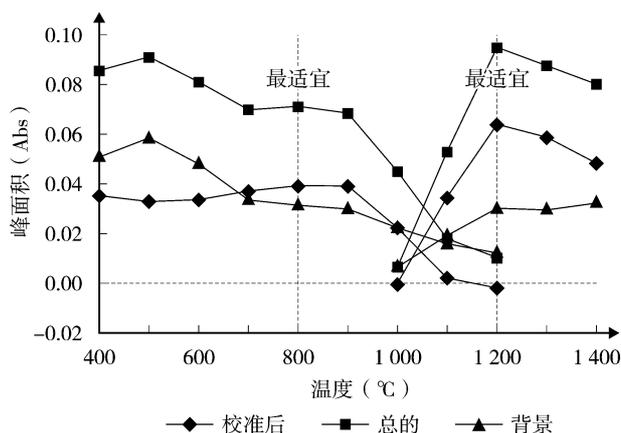
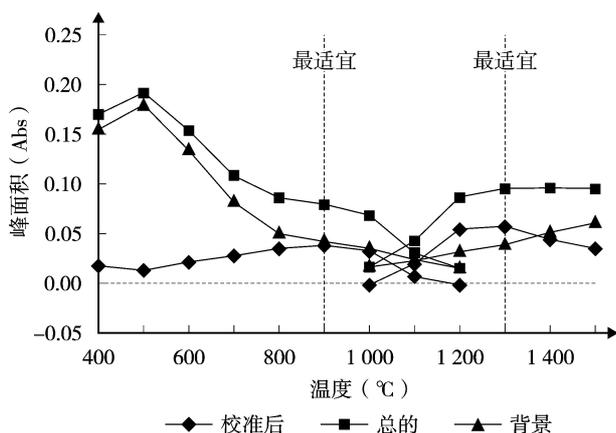


图1 加入 10 g/L(左图)和加入 2 g/L(右图)的磷酸二氢铵所得的灰化原子化

从试验结果看,加入 20 μL 5 g/L 的磷酸二氢铵后其灰化原子化温度最佳(图 2),灰化温度为 900 °C,原子化温度为 1 200 °C,原子化吸光度(Abs)为 0.105。而加入 20 μL 10 g/L 及 2 g/L 的磷酸二氢铵后,其原子化吸光度(Abs)均小于 0.100。可见在线加入 20 μL 磷酸二氢铵基体改进剂的情况下,5 g/L 浓度的磷酸二氢铵是较适宜的浓度。

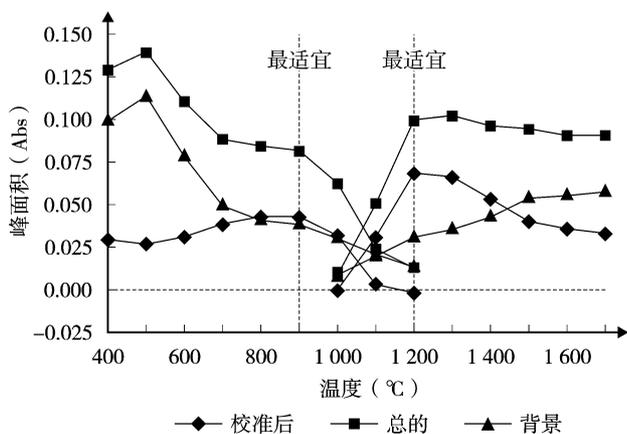
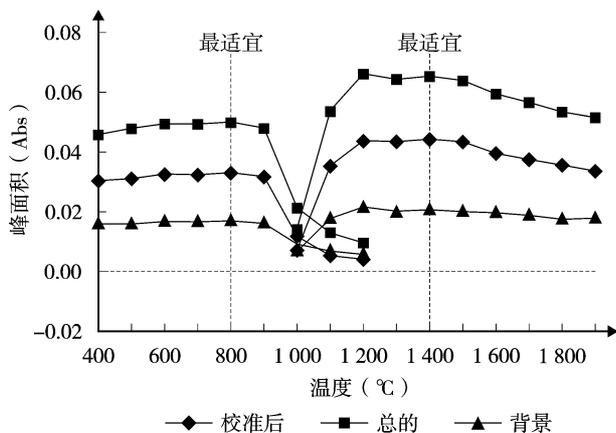
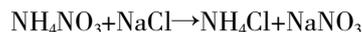


图2 加入 5 g/L 的磷酸二氢铵所得的灰化原子化图



2.2 硝酸铵基体改进剂加入量及升温程序分析

加入硝酸铵基体改进剂的作用是使高盐基体中的氯化钠等与硝酸铵反应生成易挥发的硝酸钠、氯化铵,使之在铅原子之前挥发,从而减少铅的损失。在石墨炉内发生下述化学反应:



加入硝酸铵后的反应产物熔沸点见表 3。

化合物	熔点	沸点	化合物	熔点	沸点
NaCl	801	1 413	NaNO ₃	307	380 (分解)
NH ₄ NO ₃	170	210 (分解)	NH ₄ Cl	易挥发,加热 至 350°C 升华	520

从试验结果看,加入 20 μL 5 g/L 的硝酸铵后其灰化原子化温度最佳(图 3),灰化温度为 900 °C,原子化温度为 1 200 °C,原子化吸光度(Abs)为 0.120。

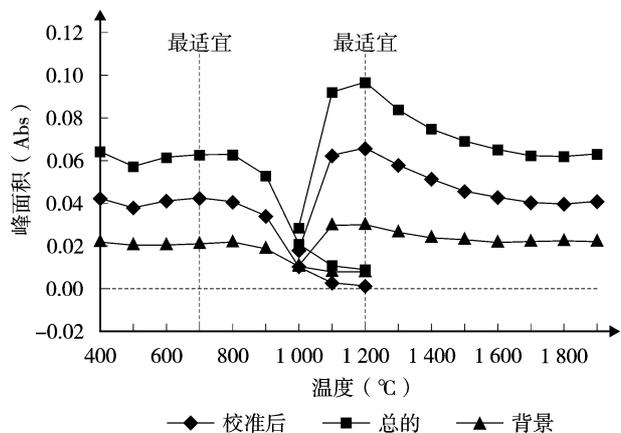


图3 加入 10 g/L(左图)和加入 2 g/L(右图)的硝酸铵所得的灰化原子化

而加入 20 μL 10 g/L 及 2 g/L 的硝酸铵后,其原子化吸光度(Abs)均小于 0.120,而加入 20 μL 10 g/L 的硝酸铵比加入 2 g/L 硝酸铵的原子化吸光度更低。可见在线加入 20 μL 硝酸铵基体改进剂的情况下,5 g/L 浓度的硝酸铵是较适宜的浓度。

2.2 磷酸二氢铵和硝酸铵基体的效果分析

磷酸二氢铵和硝酸铵均为常见的基体改进剂,但本试验结果表明,加入 20 μL 5 g/L 浓度的硝酸铵时的原子化吸光度为 0.12,而加入 5 g/L 浓度的磷酸二氢铵时的原子化吸光度为 0.105(图 4)。因此,加入 20 μL 5 g/L 浓度的硝酸铵比 5 g/L 浓度的磷酸二氢铵效果更好。

3 结论

试验结果表明,加入 20 μL 5 g/L 的硝酸铵比 5 g/L 的磷酸二氢铵效果更好,更适合高盐基体样品中铅的测定,其灰化温度可选择 900 $^{\circ}\text{C}$,原子化温度选择 1200 $^{\circ}\text{C}$ 为宜。

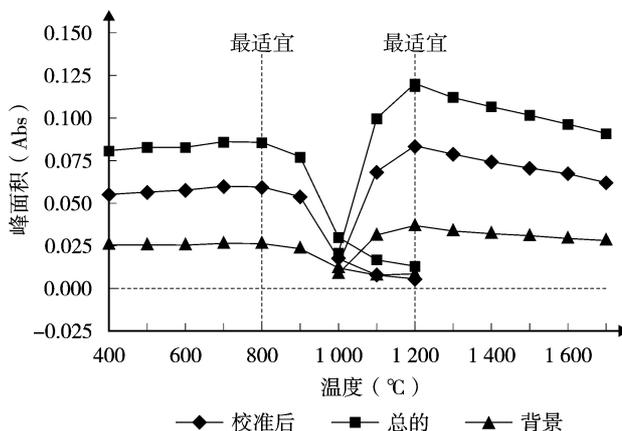


图 4 加入 5 g/L 的硝酸铵所得的灰化原子化

4 参考文献

- [1] 李昌厚. 原子吸收分光光度计仪器及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 张钦龙, 余辉菊. 电热原子吸收光谱法直接测定尿中锰[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 115(8): 1006-1010.
- [3] 俞琳. AA3511G 石墨炉原子吸收光谱仪测定铅[J]. 浙江预防医学, 2005, 17(1): 79.

Selection of Chemical Modifier for Determination of Lead in High Salt Samples with Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

Zhao Yanlong Liang Yongjin Liu Shengyu Lin Junkeng

Abstract Abstract By using high salt water spiked with 0.01 mg/L of Pb as samples, adjusting the quantities of ammonium dihydrogen phosphate and ammonium nitrate as chemical modifier and selecting the temperature programming, it was demonstrated that, determination of lead in high salt samples by the online addition of 20 μL 5 g/L of ammonium dihydrogen phosphate is superior to 5 g/L of ammonium dihydrogen phosphate.

Key words lead high salt matrix graphite furnace atomic absorption spectrometry chemical modifier

珠三角空气质量持续改善

——2006 年以来多种空气污染物浓度明显下降

据新华社香港电(记者 赵博)香港特区政府环境保护署昨日与广东省环境保护厅共同发布粤港珠江三角洲区域空气质量监控网络 2012 年的监测结果报告。数值显示,监控网络自 2006 年启动至今,区内多种空气污染物浓度均已明显下降,反映珠三角区域的空气质量近年持续改善。

与 2006 年相比,监控网络在 2012 年录得的二氧化硫、二氧化氮及可吸入颗粒物的年均值分别下降 62%、17% 和 24%,区域空气质量指数符合国家环境空气质量二级水平的全年日数比例从 68% 增至 84%。

香港特区政府表示,能够在经济持续增长的情况下有效改善空气质量,除了较为有利的气象因素外,与粤港两地持

续推行的大气污染减排措施有密切关系。

香港方面,近年实施的主要减排措施包括:收紧发电厂的排放总量上限,为发电厂安装脱硫及脱硝设施,收紧车用燃料标准至欧盟五期,收紧工商业用柴油的含硫量,为所有加油站安装油气回收系统,以及推动更换老旧柴油商用车辆等。

珠江三角洲区域空气质量监控网络是粤港环保合作的重要成果之一,由 16 个分布于珠江三角洲地区的空气质量自动监测子站组成。其中 13 个位于珠三角经济区内,3 个位于香港的荃湾、东涌及塔门。

摘自《广州日报》2013-04-30(A3)

环境监测站仪器设备期间核查的探讨

李 瑾 孙 伟

(高邮市环境监测站, 江苏 高邮 225600)

摘 要 根据监测站仪器设备的性能和使用情况,从实验室期间核查仪器设备的选择、核查方法、核查核查常用的判断准则、核查间隔以及期间核查管理体系等方面详细阐述实验室仪器设备的期间核查。

关键词 环境监测 仪器设备 期间核查

《检测和校准实验室能力的通用要求》(GB/T 27025-2008)中规定:当需要利用期间核查以保持设备校准状态的可信度时,应按照规定程序进行^[1]。期间核查就是对在用的计量标准装置、检测设备在两次检定/校准周期之间进行检查,以保持其检定/校准状态具有良好的置信度,防止其发生偏离而影响检验结果的准确性,并减少由此造成的追溯工作量^[2]。期间核查是维持实验室监测结果可信度所必需的措施,也是保证实验室监测结果公正性、有效性、科学性、客观性的措施之一,对保障环境监测工作可持续发展意义重大。本文就环境监测站仪器设备如何进行期间核查进行探讨,以期能更加科学合理、简单方便的开展此项工作。

1 期间核查仪器设备的选择

对环境监测站来说,并不是所有的仪器设备都要进行期间核查,而是根据仪器设备的稳定性,使用频率,使用环境或对监测数据有怀疑时,才需要对仪器设备进行期间核查。需要进行期间核查的设备选择原则主要有:① 主要或重要检测设备;不够稳定、易漂移、易老化且使用频繁的检测设备;经常携带到现场进行检验、校验的设备;运行过程中有可疑现象发生的仪器设备^[3]。② 监测方法规定的要求或仪器本身的要求,有些方法规定了一些必须的期间核查的要求,有些方法中的规定则是推荐性的。③ 必须具备相应的核查标准和实施条件,对于一些没有核查标准且监测方法没有要求的仪器设备,可以不实施期间核查。④ 成本和风险的均衡。期间核查可以

提高监测质量,降低出错的风险,但并不能完全排除风险。期间核查的实施及其频次应结合环境监测机构自身的特点,寻求成本和风险的平衡点。一般而言,信誉度较高、规模较大的环境监测机构实施的期间核查覆盖范围广、频次高。此外,通常一次期间核查的费用比一次检定或校准的费用低,如果一次(必须的)期间核查的费用超过委托外单位检定或校准的费用,则可采用委托外单位检定或校准的方式^[4]。

2 期间核查方法

按照要求,期间核查应在仪器设备的两次校准之间,使用简单实用的校准方法进行。因此,确定适当某仪器设备的核查方法很重要,实验室根据仪器设备的特点,从经济性、实用性、可靠性和可行性等多方面综合考虑来选择期间核查的方法。一般情况下有以下几种:

2.1 标准物质的验证

核查可以用校准的某些方法进行^[5]。标准物质包括各种标准样品和标准仪器,在使用标准物质核查时应注意所用的标准物质的量值能够溯源,并且有效。对 pH 计、离子计、电导率仪等可采用定值溶液进行核查,噪声监测仪使用声级校准器核查,气体监测仪采用标准气体进行核查,气体采样器采用标准流量计核查等。

2.2 一定时间内稳定的样品

并不是所有的仪器设备都能找到标准物质来进行期间核查,也不是一定要用标准物质才能进行期

间核查。当某一样品的参数性能能够在一定的时间内稳定,并且该参数能够被该仪器设备重复测得,完全可以用来作为核查标准。

2.3 对保留样品量值重新分析

有一些样品的性能(物理的或化学的)很稳定,不要求有保证的参考值,也可以用此类保留样品作为期间核查的核查标准。如无校准源的放射性监测仪器可使用特定样品核查,氧气测定仪可直接使用环境空气核查。

2.4 使用不同的监测方法进行比对

同一样品可用不同的监测方法进行对仪器设备的核查。如对溶解氧仪可与碘量法进行比对,一些在线监测的仪器可与常规方法进行比对等。

2.5 仪器设备之间的比对

有多台相同或相似的仪器,可以与另一台相同或更高精度的仪器进行比对,也可以与外部实验室进行相同或相类似仪器的比对。噪声监测仪、烟气黑度仪、风速仪等。

2.6 使用仪器附带校准设备核查

有些仪器设备自带校准设备,有的带有自动校准系统,可以用来核查。如电子天平往往带有一个标准砝码,并且能够自校准。

2.7 参与能力验证或其它实验室之间的比对

通过市、省、国家级实验室能力验证,来确定特定项目的检测能力,从而追溯到所用的仪器设备运行质量。

对于仪器设备期间核查的核查标准,有些设备可能具备以上几种核查标准,而有些设备可能只能用上述几种中的一种,实际操作时要根据自身的特点和能力,选定其中的一种使得期间核查工作相对简便而且有效。

3 期间核查常用的判断准则^[5]

在实施期间核查检查时,要根据选用的核查标准和方法确定判断准则。下面介绍几种常见的判断准则。

3.1 以标准物质为核查标准

其判定准则为: $|X-A| \leq \sqrt{U_{lab}^2 + U_r^2}$ 此式成立为合格

式中: X ——本次检查时测得值;

A ——标准值(标准证书给出);

U_{lab} ——实验室测量不确定度;

U_r ——标准物质定值测量不确定(标准证书给出)。

3.2 以监督样或留样作为核查标准

对同一仪器进行的两组测量,其判断准则为:

$$E_n = \left| \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{2} U_{lab}} \right| \leq 1 \text{ 此式成立为合格}$$

式中: x_2 ——本次测得值;

x_1 ——上次测得值;

U_{lab} ——实验室测量不确定。

3.3 以不同的监测方法为核查标准

其判定准则为: $\frac{|x_1 - x_2|}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}} \leq 1$ 此式成立为合格

式中: x_1, x_2 ——不同的监测方法检查时测得值;

U_1, U_2 ——不同的监测方法实验室测量不确定度。

3.4 采用两台相同仪器设备比对的结果进行判定

选择一台性能稳定,具有满足标准物量值分辨力的仪器设备作为核查标准,其判断准则为:

$$|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2} \text{ 此式成立为合格}$$

式中: y_1, y_2 ——分别为两台仪器设备的测定值;

U_1, U_2 ——分别为两台仪器设备测量不确定度。

3.5 采用多台同类仪器设备比对的结果进行判定

使用了3台或更多具有相同准确度等级的仪器设备对同一稳定的被测对象进行测量,其判断准则为:

$$|y - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} \times U \text{ 此式成立为合格}$$

式中: y ——被测仪器设备的测定值;

\bar{y} ——多台仪器设备的测定值的平均值;

U ——被测仪器设备的测量不确定度。

4 确定期间核查间隔

期间核查间隔应当依据仪器的使用频次,不确定度的临界程度,稳定性来确定。相关部门应在两次检定(校准)周期的中期安排期间核查。若仪器设备稳定性很好,期间核查的频次以一、二次为宜;若仪器设备稳定性较差、使用频率比较高或仪器设备已

接近寿命期,应增加核查的次数;在日常监测过程中,对分析结果有怀疑或对纠纷仲裁情况下的监测也可根据实际状况随时实施核查。

5 确保期间核查管理体系持续有效

每个单位应根据实际情况,每年年初编制期间核查计划,其内容应包括核查的仪器设备名称、型号、编号、主要技术参数、溯源方式、检定/校准周期、检定/校准单位、核查时间、核查方法、核查间隔、核查内容、核查人员等内容。

在实施核查过程中,要有核查记录,内容要完整,有可追溯性。

6 结语

期间核查的目的是使监测和校准的仪器设备保持在合格状态,确保提供的监测和校准结果准确可

靠,因此,环境监测仪器设备的期间核查工作是一项日常的质量管理工作,在实际工作中,应该严格按照相关流程及规定,根据实际情况,选择合适的方法对仪器设备进行期间核查。

7 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 27025-2008 检验和校准实验室的能力的通用要求[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 刘彩云,崔祥柱,谢东. 关于实验室仪器设备的期核查[J]. 现代测量与实验室管理,2008,15(2):53-54.
- [3] 刘亚民,刘庆. 浅谈“中间核查”/“运行检查”的理解与实施[J]. 现代计量测试,2001,(5):43-45.
- [4] 任一力. 环境监测仪器设备的期间核查[J]. 环境监测管理,2005,17(5):3-41.
- [5] 刘丽霞. 实验室仪器的期间核查[J]. 分析实验室,2009,12(28):70-72.

On the Periodical Checking of Instruments and Equipments in Environmental Monitoring Station

Li Jin Sun Wei

Abstract According to performance and service conditions of instrument and equipment in environmental monitoring station, periodical checking was elaborated, in terms of instrument selection, examine method, common inspect criterion, inspect interval, and management system of the periodical checking.

Key words environmental monitoring instrument and equipment periodical check

(上接第8页)

- [4] 杨娟娟,官庆超,陈跃,等. 山东省地下商场氡浓度的监测结果与分析[J]. 中国辐射卫生,2000,9(1):18-19.
- [5] 冯文如,钟巍,江思力,等. 广州地铁室内空气质量管理因素的探讨[J]. 热带医学杂志,2005,5(2):214-215.
- [6] 王燕,李晓燕,郑宝山,等. 我国六省人防工程氡浓度调查

及影响因素初探[J]. 地球与环境,2004,32(3-4):63-66.

- [7] 孟繁卿,刘成,王建华,等. 郑州部分地下人防工程内氡及其子体浓度与剂量估算[J]. 中国辐射卫生,1995,4(2):87-89.

Air Quality Monitoring in Underground Area of Guangzhou

Hu Diqin Wei Honghui Li Yinwen Li Jinlin Zhang Songchun Ma Weijiang Xiong Chunni

Abstract The air quality in underground area has been monitored, including underground market, underground parking area, and air-raid shelter. The results show that, in the underground market, and underground parking area, the concentration of TVOC in air is higher than the value of the reference standard, and formaldehyde is high in some points, while the concentration of radon in air-raid shelter is 30~100 times higher than that in underground market, and under parking area. The pollutants in the underground air are mainly from decoration materials, goods, vehicles, rock, and customers. The accumulation of pollutants in underground space is mainly caused by poor ventilation.

Key words underground area air quality indoor radon investigation

红外分光光度法测定餐饮业油烟的研究

李松涛

(广州市海珠区环境监测站, 广州 510240)

摘要 餐饮业油烟不但污染空气,而且危害人体健康。文章对经活性炭、静电设施治理后的某餐饮店油烟进行采样和分析,旨在为油烟治理提供理论依据。结果表明,治理后的油烟浓度为 1.70 mg/m^3 , 低于 2.0 mg/m^3 的最高允许排放浓度,符合饮食行业油烟排放标准。

关键词 油烟 红外分光光度法 活性炭吸附 静电设施

油烟是指食用油或食物在烹饪过程中挥发的油脂、有机质及其加热、高温分解或裂解的产物。饮食业油烟是大气中挥发性有机物(VOCS)和 PM_{10} 的主要来源之一。饮食业油烟如果直接排放到大气中,会对人体健康造成极大的危害,能损伤呼吸道黏膜,影响机体的细胞免疫、削弱细胞功能和抗肿瘤效应等,从而降低人体免疫功能,甚至引起癌症^[1-5]。

随着我国第三产业的迅猛发展,餐饮业如雨后春笋般涌现,在繁荣城市经济的同时,也带来了严重的空气污染,油烟中的异味使得居民的投诉呈逐年上升趋势。本文选取的研究对象即为一家餐饮业排放的油烟,由于之前属于无组织排放,对附近居民的生活造成很大影响,遭到多次投诉,后按照环境保护部门的要求,对油烟排放做出整改,加装活性炭吸附和油烟静电处理设施,并由专用通道将烟气引至楼顶天窗排放,经采样和分析检测,达到国家规定排放标准。

1 油烟治理工艺

污染空气→收集罩→进风口→格栅→静电装

置→活性炭吸附→格栅→出风口

2 实验部分

2.1 仪器和试剂

傅里叶红外测油仪(360-FT-IT,美国热电公司);微电脑烟尘平行采样仪(TH-880F,武汉天虹仪表有限公司);AS 系列超声波振动仪(AS3120);比色管;四氯化碳(AR,广州化学试剂厂)。

2.2 实验方法

用等速采样法抽取油烟排气筒内的气体,将油烟吸附在油烟雾采集头内,采样时间为 10 min,平行采 5 个样,最后计算平均值。将收集了油烟的采集滤芯至于带盖的聚四氟乙烯

套筒中,回实验室后用四氯化碳作溶剂进行超声清洗,移入比色管中定容,用红外分光光度法测定油烟的含量。

3 结果与讨论

采样记录与分析结果见表 1~表 4。

表 1 油烟采样各参数

采样序号	烟道直径 (cm)	烟气动压 (Pa)	烟气静压 (Pa)	烟气全压 (Pa)	烟气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	标况体积 (L)	烟气流速 (m/s)	烟气流量 (m^3/h)
1	88 × 50	128	-297	-207	23	325.12	12.33	17 147
2	88 × 50	113	-289	-208	28	302.94	11.71	16 737
3	88 × 50	125	-285	-197	29	317.14	12.29	17 507
4	88 × 50	127	-275	-186	29	319.72	12.40	19 462
5	88 × 50	133	-284	-190	26	328.75	12.61	18 127

表2 参数测定

	烟气流速(平均) (m/s)	排气筒高度 (m)	测点内经 (cm)	大气压力 (Kpa)	烟气流量(平均) (m ³ /h)	炉灶个数 (个)	测点温度(平均) (℃)	烟气含湿量 (%)
测定值	12.26	63	64	101.16	17 832	8	27	4.50

表3 红外分光光度法油烟分析

分析编号	标干采样体积 V (L)	滤筒清洗定容体积 V_0 (mL)	样品浓度 $C_{\text{溶液}}$ (mg/L)	灶头数 n	实测油烟排放浓度 $C_{\text{测}}$ (mg/m ³)	烟气流量 $Q_{\text{测}}$
1	325.12	25	22.072	8	1.70	17 147
2	302.94	25	20.184	8	1.67	16 737
3	317.14	25	18.547	8	1.46	17 507
4	319.72	25	20.677	8	1.62	19 642
5	328.75	25	15.814	8	1.20	18 127

备注: 测定波长, 2 930 cm⁻¹, 2 960 cm⁻¹, 3 030 cm⁻¹; 参比溶液: 四氯化碳; 比色皿: 1 cm; 回归方程: $a=0.128, b=0.637, r=0.999 5$;
 $C_{\text{测}}=C_{\text{溶}} \times V_0/V \times D$ (D 为稀释倍数, 本文为 1)。

表4 排放油烟浓度

分析编号	基准风量油烟排放浓度 $C_{\text{基}}$ (mg/m ³)
1	1.82
2	1.74
3	1.60
4	1.98
5	1.36

备注: $C_{\text{基}}=C_{\text{测}} \times Q_{\text{测}}/n \times q_{\text{基}}$; $Q_{\text{测}}$ 为实测排风量 m³/h; $q_{\text{基}}$ 为单个灶头基准排风量, 大、中、小型均为 2 000 m³/h。

由表 4 测出的 5 个平行样的排放浓度计算可知, 平均排放油烟浓度为 1.70 mg/m³, 低于饮食业油烟排放标准(试行)(GB 18483-2001)规定的 2.0 mg/m³, 说明该油烟治理工艺切实有效, 能做为治理餐饮业油烟污染的一种可行方法。

4 小结

本文探讨了红外分光光度法测定餐饮业油烟的案例, 对所选用的油烟治理工艺进行了验证, 结果表明, 治理后的油烟排放浓度为 1.70 mg/m³, 符合相关要求规定, 证明该工艺有效可用, 对解决当前的油烟污染问题有一定的借鉴意义。

5 参考文献

- [1] 王京. 餐饮业油烟污染危害及控制策略[J]. 贵州化工, 2011, 6(2): 54-55.
- [2] 段玉环, 谢超颖. 餐饮业油烟污染及治理技术浅议[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(11): 67-69.
- [3] 张秀东, 刘有智. 餐饮业油烟污染净化技术发展与研究现状[J]. 工业安全与环保, 2010, 36(4): 32-33.
- [4] 邓任伟. 国内餐饮业油烟污染现状分析及其防治对策探讨[J]. 北方环境, 2011, 23(5): 110-112.
- [5] 高晋乐. 鞍山市餐饮业油烟污染问题分析及管理建议[J]. 绿色科技, 2011, 5: 24-25.

Research of Determine Catering Oil Fume with Infrared Spectrophotometry

Li Songtao

Abstract Cooking fume not only pollute the air, but also endanger human health. In this paper, we analysis the fume which is repaired by activated carbon and static facilities, Aims to provide a theoretical basis for the fumes governance. The results show that. The smoke concentration is 1.70 mg/m³ after the treatment, which is less than the maximum emission concentration of 2.0 mg/m³, in line with the catering industry fume emission standards.

Key words catering oil fume infrared spectrophotometry activated carbon adsorption static facilities

CONTENTS

On the Model Family of Energy-Saving and Emission-Reduction	<i>Chen Biaoxiang</i> (1)
Air Quality Monitoring in Underground Area of Guangzhou	<i>Hu Diqin, Wei Honghui, Li Yinwen, et al</i> (5)
Purification of Main Pollutants in Mangrove Swamp by Microorganism	<i>Liu Huijie, Yang Caiyun, Tian Yun, et al</i> (9)
The Assessment of Malodor Removal from Landfill Leachate By a new Biological Deodorant	<i>Li Nanhua, Hu Ziquan, Zhao Haiquan, et al</i> (18)
The Game Theory Models of Two Oligarchs and the Government Regulation on Pollution Charge	<i>Zheng Peina, Chen Xingeng, Wu Junliang, et al</i> (20)
Box-type Moving Station for Air Quality Auto-Monitoring	<i>Su Xie</i> (25)
Fourier Model for the Time Series of SO ₂ Daily Average Concentrations	<i>Lin Yaoguang</i> (31)
Preliminary Application of Ensemble Optimal Interpolation DataAssimilation Method on Air Quality Numerical Modeling in Pearl River Delta	<i>Zhang Jinpu</i> (34)
Selection of Chemical Modifier for Determination of Lead in High Salt Samples with Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry	<i>Zhao Yanlong, Liang Yongjin, Liu Shengyu, et al</i> (41)
On the Periodical Checking of Instruments and Equipments in Environmental Monitoring Station	<i>Li Jin Sun Wei</i> (44)
Research of Determine Catering Oil Fume with Infrared Spectrophotometry	<i>Li Songtao</i> (47)