

# 广州环境科学

GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

第 14 卷 第 4 期

VOL. 14 NO. 4



1999

广州市环境科学学会 主办  
广州中药一厂 协办

目 次

|         |                                                                                                                                                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 管 理 论 坛 | 对广州市开展建设项目环境保护分类管理研究的初步设想 .....<br>..... 吴乾钊等(1)<br>论强化环境执法的监督机制 ..... 王 健(4)<br>广州市控制摩托车排气污染相关政策的分析 ..... 葛 奕等(7)                                                                |
| 综 述     | 恶臭及挥发性有机溶剂废气的治理技术 ..... 梁 红等(11)                                                                                                                                                  |
| 研 究 报 告 | 固定化酪氨酸酶去除水中酚类物质的研究 ..... 安林坤等(16)<br>广州市内环路工程噪声环境影响预测 ..... 王伟德(20)<br>用现代化计算机技术建立广州市环境动态监控和预测决策系统<br>..... 崔 侠等(25)                                                              |
| 环 境 工 程 | 危险废物回转窑焚烧系统的工艺设计 ..... 李穗中等(29)<br>火电烟气脱硫除硝技术介绍(四) ..... 黄谦德等(34)<br>二氧化氯的性质及其在饮用水和废水处理的应用 ..... 彭超英等(38)                                                                         |
| 调 查 研 究 | 广州市餐厅油改气前后的排放对比研究 ..... 王伯光等(42)                                                                                                                                                  |
| 读 者 园 地 | 用掺石灰污泥盆栽狗芽根的实验 ..... 鲍 磊等(45)                                                                                                                                                     |
| 国 外 动 态 | 环境会计(15) 控制有害化学物质会议在内罗比召开(15) 废塑料劣质煤制高浓 H <sub>2</sub><br>(15) 美绿色投资市场达 1 兆美元(24) 环境债务互惠信贷(24) 利用下水道铺光纤<br>通信网(37) 二恶英使儿童牙齿异常(37) 德国实行新环境税(37) 空气代替 CFC 空<br>调(46) 美国环境产业迅速增长(46) |
| 封 面 摄 影 | 广州市环保先进单位<br>——黄埔发电厂                                                                                                                                                              |

## 对广州市开展建设项目 环境保护分类管理研究的初步设想

吴乾钊 夏育民

(广州市环境保护局, 广州 510032)

**摘要** 提出了广州市开展建设项目环境保护控制性分类管理研究的必要性, 并对开展此项研究应遵循的原则、研究的主要内容和要达到的基本目的进行了初步的讨论。

**关键词** 建设项目 分类管理 区域划分 广州市

### 1 引言

随着广州市经济社会的发展, 人们对环境质量提出了越来越高的要求, 环境保护管理也将面临新的挑战。不断深化与完善环境保护管理制度, 是摆在我们面前的一个重要课题。我们试图通过提出建设项目环境保护控制性分类管理的概念, 为进一步开展环境保护管理研究提供新的思路。

### 2 分类管理研究的目的与意义

(1) 国家《建设项目环境保护管理条例》已于1998年11月由国务院颁布实施。《条例》要求严格控制新污染、防止生态破坏, 要求污染防治逐步向源头控制、总量控制和清洁生产转变, 在建设项目的选址、布局 and 规划上把好关, 对建设项目的环境保护实行分类管理。

(2) 《广州市环境保护规划(1996-2010年)》已由市人民政府以穗府[1998]49号文颁布实施。作为我市开展环境保护工作的宏观指导性文件, 《规划》从战略的高度, 规定了广州市未来十年的环境保护目标, 明确了环境规划的基本原则和行动依据。制定控制性的分类管理方案, 是对《规划》进行细化和深化。根据不同地域经济发展的特征和自然地理条件的地区分异特点, 进行建设项目

环境保护分类管理的研究, 通过综合性地划定具有体现经济发展和环境保护客观要求特征的地域, 将广州市的重点发展区域进行分类, 把环境保护规划的宏观目标, 按照已分类的功能地域和具体行业进行分解, 确定不同的建设项目在各功能地域的环境保护要求, 并在此基础上形成在环境保护管理工作中可直接操作的行动方案和项目审批准则, 从而合理利用环境资源, 促进广州市经济社会的发展。

### 3 分类管理研究工作的基本原则

做好分类管理的研究工作, 为广州市环境保护规划的细化和深化以及建设项目的环境管理服务, 需要遵循以下原则:

(1) 贯彻执行国家的法规、标准、环境经济政策、技术政策和产业政策, 遵循经济发展规律和生态规律, 坚持合理开发利用自然资源与保护环境并重, 确保经济效益、社会效益和环境效益的统一。

(2) 在广泛收集广州地区水文、气象、地质地貌、植被等自然地理条件的有关数据和资料的基础上, 分析地区分异特点, 研究地域条件对产业发展布局的约束机制, 划定以指导合理调整产业布局为目的和核心内容的功能地域。



(3) 对广州市污染源的分布特点进行分析和研究, 识别广州市经济社会发展过程中环境污染的制约因素, 合理确定不同地域的环境保护控制要点。

(4) 按照《规划》的规定, 从实现环境保护目标的要求出发, 以产业合理布局和污染物总量控制为重点, 根据国家和省确定的我市污染排放指标, 确定本市各功能地域和各污染源总量分配指标。

## 4 分类管理研究的主要内容

### 4.1 确定分类管理研究的地域分类

地域分类的根本目的是为了在广州市的城市发展过程中, 确定广州市不同类型产业的合理布局。产业项目的不合理布局不仅制约城市经济社会的发展, 而且产生较大的环境损害。从分析不同地域自然地理条件对不同产业发展的承载力出发, 划分不同的环境管理地域, 进而研究合理的产业发展布局 and 环境污染的控制要求, 促进城市的可持续发展。

地域的划分应以自然地理状况、城市化发展特点和环境敏感度为基础, 体现规划发展对环境的要求。地域的划分结果, 应体现同一功能地域环境管理要求的一致性, 不同功能地域环境控制要求的差异性。

确定地域划分的指标是地域划分的重要基础性工作。物理意义明确、易于计算比较的指标可以使地域划分工作程序化、简单化。具体指标的选取既要充分考虑其代表性, 又要体现特定的划分条件要求, 应通过深入细致的分析研究确定。地域划分应充分考虑借助行政区划、环境空气质量功能区划、水环境功能区划和声环境功能区划的结果。

划分后的功能地域应有明确的边界, 可以通过地图和列表、文字描述等直观方法表达。

### 4.2 确定已分类地域的环境控制要点

已分类功能地域的环境控制要点分析应

包括以下几个方面:

(1) 地域的自然地理特点: 要在分析表征气象气候条件、水文特征、地质地貌、行政区划等数据和资料的基础上, 总结归纳各地域经济社会发展的一般性和特异性自然地理条件。

(2) 环境敏感性属性: 要根据该地域所处的环境功能区特点, 分析该地域对经济社会发展特别敏感的环境要素, 分析这些要素对不利扰动变化的承受能力, 判别经济发展对这些要素产生的变化是可逆的还是不可逆的。

(3) 经济社会发展特点: 分析各个分类地域的经济总量及其构成的特点, 在广州市经济社会发展中的地位 and 作用, 产业特点及其内部结构, 重点污染源的分布, 主要城市基础设施、人口及其分布状况等。

(4) 规划发展要求: 广州市经济社会发展规划和城市发展规划对该地域的要求, 包括地域经济社会功能 (包括城市发展功能), 经济总量发展目标, 产业发展目标, 能源发展目标, 控制人口增长的目标, 城市基础设施发展目标如道路交通设施建设、绿地控制以及减轻自然灾害影响的设施等。

(5) 污染排放控制: 根据要限制发展的产业和行业及其产业规模, 确定污染排放方式限制、污染排放总量指标限制、地域内项目微观布局要求、适用的环境排放标准和质量标准、必需的污染控制措施等。

### 4.3 行业及项目分类

(1) 统计分析近五年来, 环境保护管理中审批的主要行业及其项目, 包括行业构成、项目个数、规模, 综合归纳分析行业布局的现状特点和规律。

(2) 分析形成行业及项目布局现状的条件和制约因素, 识别这些制约因素在确定未来行业及项目布局的地位 and 作用。

(3) 根据对行业布局特点和影响因素的分析, 确定各个地域的行业及项目控制名单、



允许排放的污染物种类和数量。

#### 4.4 行业发展污染控制要点

(1) 分析主要行业的技术政策要求、主要污染物, 污染治理的技术水平, 同时对代表行业水平的企业项目进行个案分析, 总结归纳我市行业污染控制规律。

(2) 分析经济社会发展规划对行业发展的要求, 进一步明确广州市的未来发展的优势行业, 支柱产业和优势产业可能的地域分布。

(3) 调查国内各行业的清洁生产情况, 明确广州各行业清洁生产在国内同行业中所处的地位, 全面分析广州市各行业在推进清洁生产过程中的有利条件和制约因素, 以及推进清洁生产对环境因素的依赖关系, 提出广州市各行业清洁生产的总量指标、技术水平的要求等。

(4) 分析研究行业发展及布局的变化趋势, 识别导致这些变化的经济条件和自然环境因素。

(5) 明确国家宏观产业政策指导下的对广州市行业发展的特别限制, 包括环境条件的特别限制。

(6) 提出各地域行业发展的分阶段实施的环境管理和治理措施, 包括各地域的行业发展最佳规模、污染物总量指标限制、污染治理的要求等。

#### 5 预期研究成果

把行业污染控制要求在管理地域上落实,

形成建设项目环境管理的明晰要求。同时通过清洁生产、总量控制、实施青山碧水蓝天工程计划, 严格新污染控制, 促进“一控双达标”。

研究将提出如下成果:

(1) 各管理区域内的建设项目分类管理控制业务指引。作为建设项目环境保护审批的重要依据。

(2) 各功能地域污染物总量现状和总量控制分布图。

(3) 分类管理数据库。通过对数据库中有关数据和资料的管理, 动态地表达各功能地域污染物总量的变化, 为建设项目的环境保护管理服务。

#### 6 结语

以上提出了广州市开展建设项目环境保护控制性分类管理研究的必要性, 并就开展此项研究应遵循的原则、研究的主要内容和预期的研究成果进行了初步探讨, 希望以此抛砖引玉, 进一步开展此项研究。

#### 7 参考文献

- [1] Peter Hillsed. Environmental planning, Management and Technology in Hongkong. Hongkong University Press, 1987: 1 ~ 3, 153 ~ 173
- [2] Basiago, Andrew D. Methods of Defining Sustainability. Sustainable Development, 1995; 3: 109 ~ 119

## Primary Thinking on Region - oriented Environmental Management Research

Wu Qianzhao Xia Yumin

**Abstract** This paper analyses the necessity of carrying out region - oriented environmental management research for pollution control in Guangzhou. The contents and principal concerned with the research are identified in the paper.

**Key words** construction project region - oriented environmental management region classification Guangzhou

## 论强化环境执法的监督机制

王 健

(武汉大学环境法研究所, 武汉 430072)

**摘 要** 我国环境执法的软弱局面一直没有根本改变, 如何通过对环境执法的监督来强化环境执法工作, 文章对此加以论述并提出若干解决的途径。

**关键词** 环境执法 执法检查 行政监察 司法监督 内部监督 社会监督

环境执法是环境行政主体依照环境法律法规的规定, 代表国家行使环境监督管理权力所采取的具有法律效力的行为。环境执法是环境立法和国家管理环境职能得以实现的保障, 是环境行政主体的基本职能。近年来, 随着环境法制建设的不断深入, 环境保护行政主管部门的执法水平和效果都有了很大提高。但工作中存在的问题仍不容忽视, 执法软弱的局面没有根本改变。究其原因, 固然有法律、制度本身的问题以及环境意识淡漠的问题等, 但根本上还在于执法者执法软, 有法不依, 执法不严造成的。环境执法的软弱局面削弱了党和国家的权威, 阻碍着我国持续发展战略的实施, 直接威胁着环境保护目标的实现。因而, 在新形势下, 如何通过建立健全的环境执法的监督约束机制, 强化环境执法力度, 已成为急待研究和解决的课题。本文试就强化环境监督执法机制途径进行分析探讨。

### 1 加强执法检查

环境执法检查作为国家整个执法检查活动的组成部分, 它是指国家权力机关及有关部门以环境法律法规为依据, 对地方各级政府、环保部门以及企事业单位贯彻执行环境保护方针、政策、法律、法规的情况进行自上而下的全面检查的法律监督活动。

开展环境执法检查是为落实党的十四大关于“加强环境保护”的精神, 推动我国环境保护工作而采取的一项重大举措。全国人大环资委和各省、自治区、直辖市人大环资委, 从 1993 年起连续四年分别与国务院环委会和省、自治区、直辖市政府共同在各地进行了大规模环境执法检查, 并召开了淮河流域和太湖流域的水污染防治执法检查现场会。检查期间, 检查团责成地方政府查处以及地方政府依法自行查处的环境违法案件达 6000 余件, 并解决了一批久拖不决, 群众反映强烈的问题。1995 ~ 1996 年间, 全国人大常委会又分别组成以副委员长, 环资委正副主任委员为团长的检查团, 赴京、津、沪和海南、山西、辽宁等省市深入企业、街道, 检查地方政府执行环保法律的情况。国家权力机关直接检查环境执法和实施监督, 标志着中国环境执法监督正在出现新的飞跃, 这种新的机制在客观上增强了环境执法力度, 提高了环境执法质量, 应当长期坚持下去。

### 2 加强行政监察

我国设立的行政监察机关是专门的行政监察督导机关, 当然也包括对各级环境执法机关的监察。按照国家《行政监察法》的规定, “监察机关为行使监察职能和履行职责, 可以检查国家行政机关在遵守和执行法律、

法规和人民政府的决定、命令中的问题。”“有权责令被监察的部门停止违反法律、法规和行政纪律的行为。”“依法作出监察决定或者提出监察决议”。从而在法律上有效地促进行政部门的依法行政和政令通畅。

在国务院《关于环境保护若干问题的决定》中,国务院责令国家环保总局会同监察部等有关部门,监督检查地方政府和国务院有关部门执行环保法律法规的情况,并将检查情况向国务院作出报告。1997 年上半年,国家环保总局和监察部联合组成 6 个检查团,对湖北、重庆、辽宁等 17 个省市贯彻国务院《决定》的情况进行检查,实地检查了 47 个地级市,45 个县和 8 个乡镇以及 272 家企业,责令当地政府处理了一大批环境违法案件。除中央外,部分地方行政监察部门和环保部门也在环境行政监察方面,做了许多有益的探求,并取得了积极效果。山西省监察委员会和省环保局于 1998 年 7 月制定了《违反环境保护法规行政处分办法》,该办法使环境行政监察工作向制度化、规范化和经常化的方向,迈出了新的步伐,受到国家环保总局的充分肯定,值得其他地方学习借鉴。

### 3 加强司法监督

行政执法工作一方面要求有法必依、违法必究,另一方面也要求依法行政。依法行政的要求是严格按照法律法规的规定行使环境监督管理权,把监督管理的行为纳入法制化的轨道,从根本上提高环境监督管理的水平和效能。《行政诉讼法》、《行政处罚法》、《国家赔偿法》已先后颁布实施,不仅从法律上规定所有政府部门都要依法行使职权,而且对违法行政行为承担法律责任。

环境行政诉讼是监督和促进环境行政机关严格执行和实施环境法的重要手段。在我国以往的环境立法和司法实践中,对于环境行政机关严格执法重视不够,我国环境法律法规虽然规定了环境行政机关对环境保护工作进行监督管理的各项职责,但对环境行政

机关是否依法履行这些职责却缺乏相应的法律监督和制约,表现在各项法律法规的“法律责任”一章中极少或没有关于追究环境行政机关责任的规定。

环境行政诉讼可以消除上述弊端,通过司法审查,环境行政机关违法或不当的行政行为就会被撤消或变更,行政失职或不作为也要承担相应的责任。这样,可以加强环境行政机关的责任心,促使它严格执行和实施环境法律、法规。同时,即使发生了行政违法行为,造成了行政相对人或国家经济和财产的损失,也可以通过司法途径得到及时的救济。

针对部分环境行政机关工作人员的严重渎职的行为,应及时移交司法机关处理,新《刑法》第四百零八条规定:“负有环境保护监督管理职责的国家机关工作人员严重不负责任,导致发生重大污染事故,致使公私财产重大损失或者造成人身伤亡的严重后果,处三年以下有期徒刑或拘役。”

### 4 加强内部监督

在环境行政机关内部建立起强有力的执法监督约束机制,是确保依法行政的最直接举措。应在环保部门内部全面推行执法责任制,将具体执法单位、部门的职能,执法任务和权限结合起来,并明确执法尺度和运作程序,以签订责任书的形式,通过各项保障制度和考评制度,保证《执法责任制》各项内容的落实。

深圳市环保局是全国环境行政执法责任制首家试点单位,他们结合当前环保执法监督的薄弱环节,制定了“重大执法事项集体讨论制度”、“环境行政赔偿追偿制度”、“违法行政责任追究制度”、“行政执法评议和考核制度”和“环境行政处罚决定备案制度”,以确保环境行政机关执法工作的合法、规范、有序、高效,防止和纠正超越职权,滥用职权,执法违法和贪赃枉法等行为。

各级环保部门应当定期或不定期地对下



级环保部门、授权组织和委托实施的组织实施的环境执法进行监督检查,发现问题及时督促纠正。

行政复议是环保系统上下级之间的一种执法监督与制约。有复议任务的环保部门,应当认真履行法律赋予的行政复议监督职能,依照行政相对人的申请,对依法引起争议的环境行政处罚或者其他具体环境行政行为进行复查,并作出相应裁决。

向信访部门就环保部门的具体行政行为提出申诉,既是行政相对人自我救济的方式,也是监督环保部门依法行政的一种渠道。各级政府和环保部门要严格按照环境保护信访工作管理的有关制度,认真对待信访工作。

## 5 加强社会监督

环境问题是直接关系到群众切身利益的社会问题。因而加强社会公众对环境执法的监督是强化环境执法工作的群众基础。《宪法》规定:“中华人民共和国的一切权力属于人民”,“人民依照法律规定,通过各种途径和形式,管理国家事务,管理经济和文化事业,管理社会事务。”参与是监督的前提和基础,各级政府和环保部门要保护公众参与的积极性,提供参与的机会,定期向社会发布环境状况公报,增加执法透明度和决策公开化,对于生态或居民生活有重大影响的建设项目,要听取当地居民的意见,召开行政执法公开听证会时,公民有权参加旁听。

《环境保护法》规定:“一切单位和个人

都有保护环境的义务,并有权对污染和破坏环境的单位和个人进行检举和控告。”群众对环境问题的举报和控告是环境执法监督的重要途径,各级环保部门应健全信访制度,设立举报电话并向社会公开,指派专人接待和处理群众的举报和控告,及时查处违法行为,并将查证处理结果及时反馈给举报人和控告人。

舆论监督是社会监督的最有效形式,近几年来,报纸、广播、电视等各种媒体对环境问题作了大量的揭露和剖析,引起了社会各界的普遍关注,形成了有利于环境执法的社会舆论。但同时也对环境执法工作提出了更高的要求,各级环保部门应重视并勇于接受新闻舆论的监督,树立起环保部门依法行政,敢于碰硬的公正执法形象。

国家环保总局在“关于加强环境行政执法工作的若干意见”中,明确提出各级环境保护行政主管部门,必须把履行环境保护工作统一监督管理职能,加强环境执法,严肃查处各种环境违法行为,强化环境执法监督作为环保工作重点。实践证明,只有充分发挥执法检查,行政监察,司法监督,内部监督和社会监督等多种监督机制的作用,不断摸索,加以完善,使之经常化、规范化,才能真正做到对环境执法的监督,使执法工作动力与压力并存,进而“硬化”环境执法,才能把环境保护工作的目标和任务真正落到实处,开创环境保护新局面。

## On the Strengthening of Supervision Mechanism for Environmental Law Enforcement

Wang Jian

**Abstract** The feeble situation of environmental law enforcement in China hasn't been fundamentally changed for long time. How to strengthen the environmental law enforcement by supervision? The problem is discussed in this thesis and several methods to solve it are provided.

**Key words** environmental law enforcement law enforcement inspection administration supervision judicial supervision interior supervision social supervision

# 广州市控制摩托车排气污染相关政策的分析

葛奕 廖芸栋

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510630)

**摘要** 简要分析了广州市控制摩托车排气污染的相关政策, 并在总结经验的基础上, 提出了控制摩托车排气污染的政策改进建议, 为广州市强化对摩托车排气污染的控制相关政策提供参考意见。

**关键词** 控制 摩托车排气污染 政策 广州市

改革开放以来, 伴随广州经济的持续高速发展, 摩托车迅速进入家庭, 成为广州市民重要的私人交通工具, 广州成为中国摩托车迅猛发展的典型城市之一。据统计, 1993年广州市千人拥有摩托车达到61辆; 1996年广州全市摩托车占机动车的71.57%, 市区摩托车占全市摩托车总量的58.54%; 1998年末, 广州市摩托车的家庭拥有率达到24.7%, 位居全国首位。

由于摩托车这种迅猛而不均衡的发展, 给广州的城市交通和管理带来了很大压力, 环境污染等负面影响也不断显现, 摩托车已成为影响广州市大气环境质量的重要污染源之一。虽然广州市政府采取了相应的政策措施, 对摩托车的发展及其带来的环境影响进行控制, 但由于政策和措施力度不够, 摩托车排气污染控制效果并不显著, 摩托车的排气污染控

制问题依然是人们广泛关注的环境热点。

## 1 广州市控制摩托车污染现行政策的分析

### 1.1 对市区摩托车的数量进行控制的“总量控制”政策陷入被动

为了防止市区摩托车数量的恶性膨胀, 广州市从1992年开始实行市区摩托车的定额发牌制度, 原则上按6000辆/年的指标额度进行发放。但实施几年来, 市区摩托车数量限额政策没能发挥应有的调控作用, 有关部门并没有严格执行总量控制计划, 使得实际的市区摩托车增长数量远远超过6000辆/年的计划控制指标, 总量控制政策形同虚设。1994年广州市公安局又发放了所谓的郊区牌(即原广东22牌), 仅此一项市区摩托车的数量就在原有的基础上增加了10万辆。

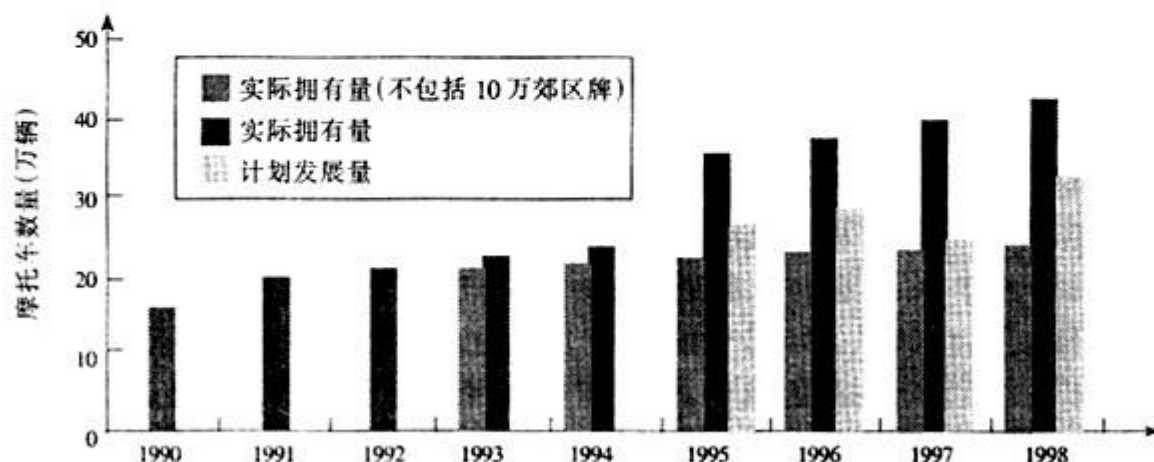


图1 广州市摩托车发展实际状况与计划指之间的比较

鉴于以上对摩托车数量控制的被动局面,1998年3月17日开始,广州市公安局才宣布停止核发广州市区两轮摩托车号牌,停止办理两轮摩托车因遗失或报废而需更新(套牌、补牌)的业务,希望就此广州市区的摩托车数量不再继续增长。

### 1.2 对外地摩托车和郊区、四县级市摩托车实施的交通管制难以奏效

广州市交警部门从1993年开始控制非市区摩托车进入市区,实施局部交通管制,在一定的时间和范围内禁止外地摩托车(含四县级市和原广东22牌摩托车)驶入。以后,广州市公安局又进一步严格了外地摩托车禁入广州市区的时间与范围。但从交通管制政策实施的情况看,效果并不理想,摩托车违章驶入的问题相当突出。据统计,仅1998年10~12月间,市区交警大队平均每月处罚的摩托车违章进入市区禁行范围的个案就有约1.3万宗。

分析摩托车违章进入市区屡禁不止的原因,主要有以下几方面:交通管理执法力度不够,交通处罚太轻;管制区域以不同摩托车车牌类型加以区别,有一定的管理难度(摩托车牌的设置本身就不利于交警辨别处罚);城市交通阻塞、公交运营效率低,使人们不愿放弃摩托车这种快捷的交通方式。关键一点仍在于政策本身就难于操作,给交警监督执法带来困难,力度自然就难以保证。

### 1.3 未形成严格的摩托车排放的标准约束机制

1985年我国颁布了摩托车怠速排放标准在内的《摩托车主要性能指标》(GB5366-1985),要求从1986年开始对摩托车在怠速工况下排放的CO和HC污染物浓度进行控制。1990年国家“防治汽车、摩托车排气污染的技术政策”指出,新生产的汽车、摩托车排气污染物排放标准应由控制怠速工况排放浓度转化为控制多工况的排放总量。1994年3月1日,《摩托车排气污染物排放标准》(GB14621-1993)实施,新标准在GB5366-

1985的基础上,对定型和新生产摩托车引入了工况法测量,对在用摩托车的怠速法测试条件下的排放也提出了更为严格的要求。标准指出,对1996年1月1日起的定型车和新生产车不仅采用怠速法测试,同时还要求采用工况法测试,即对新生产车进行抽检和对新型车进行型式认证测试,提出了更为严格的排放浓度限值。然而,从国家标准在广州市的执行情况看,广州市并没有完全有效地贯彻实施国家的相关标准要求。据有关资料介绍,实际的情况是,对于新摩托车车型缺乏型式认证测试,对于新出厂车也只是进行怠速法的抽检,没有执行工况法测试,而且并未严格执行超标车不准出厂的规定。由于国家缺乏对于新生产(超标)车如何进行处置的相应政策指引(技术控制手段和不得进入市场的强制措施),新生产的超标车没能很好地控制出厂。

## 2 控制摩托车排气污染的相关政策改进建议

(1) 必须严格执行停止市区摩托车发牌、补牌、套牌的规定,严格控制市区摩托车的总量,在此基础上,考虑出台广州市淘汰废旧摩托车的地方性法规(可将20年作为摩托车强制淘汰的年限),对超过使用年限和车况差、污染严重的摩托车强制报废,以逐步削减市区的摩托车总量。与此同时,为避免四个县级市重蹈广州的覆辙,应将四个县级市的摩托车总量控制尽快提到议事日程上来,对全市的摩托车发展加强政策引导和宏观调控。

(2) 严格执行国家标准要求,加强对新车型式认证和新出厂车的检验(怠速法和工况法),严把新车出厂质量关,把排气污染检测结果达标与否作为衡量新车出厂的重要标准,检测不合格者不得出厂,违反的要给予严厉的经济制裁。

(3) 强化摩托车维修行业的规范化管理,建立和完善摩托车的检验和维护保养(L/M)



制度,对经治理和维修排放仍达不到国家标准要求的强制淘汰。

广州目前尚未形成摩托车的定期维修保养制度。现行的摩托车维修和维护保养,主要是针对车辆的安全性、动力性和可靠性,而往往忽略了污染物的排放状况,摩托车维修行业并未真正将排放列入维修和检测内容,绝大多数摩托车修理厂都不拥有排气分析仪。摩托车维修行业规模小、技术水平低、缺乏行业规范的问题相当突出。摩托车维修业发展的管理亟待加强,急需尽快提高整体素质、全面规划和规范化管理水平。

广州市应积极建立和完善摩托车的定期保养制度。加强对摩托车维修行业和摩托车尾气排放年检的规范化管理,对检测不合格者强制维修和治理,对经维修和治理后排放仍达不到国家标准要求的摩托车强制淘汰。由于要以排放是否达标来判断摩托车是否淘汰的标准,因此必须加强有关检测体系和维修保养体系的规范化和法制化管理,保证维修治理水平,保证检测的公平性和公正性,为强制淘汰提供科学有力的技术支持。

(4) 全面调整摩托车进入市区的交通管制政策,进一步扩大摩托车的禁行范围,在城区交通高峰地段和主要干道,全天候禁止各类摩托车通行。禁止摩托车进入公交专用车道,高峰小时控制摩托车进入主要路段,在中心城区限制摩托车停车场的数量,控制摩托车的出行比例等。

(5) 大力发展公共交通,为人们出行提供公交优先选择的便利条件。通过提高公共

交通的运输效率,为人们提供高效便捷舒适的公共交通作为摩托车交通的替代方式,减少摩托车的出行比例。

(6) 制定并切实执行更为严格的摩托车污染物排放标准,推进摩托车工业的发展,促进摩托车行业技术进步,加速摩托车污染防治技术的研究与开发,加快摩托车行业技术改造的步伐,改善摩托车整体的排放状况。

由于摩托车的制造相对较为简单,控制排放的措施较少,也没有汽车的排放控制技术那么成熟,而且国家对摩托车的排气控制采取了相对宽松的政策,使得我国目前摩托车的单车排放系数比轻型汽车还要高(见表1)。我国目前采用的是国际上关于工况法测量的摩托车排放标准体系中最松的欧洲标准体系(最严的台湾,其次是美国)。因此,摩托车的标准化(排气控制)方面还有大量的工作要做。

今后应通过在现行标准的实施过程中逐步掌握中国摩托车的现有排放状况,根据未来环境保护目标的要求和我国摩托车工业技术发展的实际水平,逐步收紧对摩托车的排放标准要求。欧洲、美国和台湾在推进摩托车排放标准控制方面积累了丰富的实践经验,值得借鉴。台湾是摩托车发展迅速而且摩托车带来的环境问题非常突出的典型案例,也是目前世界上对摩托车排放要求最严的地区,其不断加严对摩托车排放的标准控制,大致经历了发展历程(见表2),可以作为广州今后强化摩托车排放标准化控制的参考依据。

表1 欧洲 EEC1979 年摩托车排放标准和 1978 年轻型车排放标准的比较

| 标准类型                    |     | 车型批准      |           | 产品一致性       |           | 备 注                             |
|-------------------------|-----|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------------------------|
| 项 目                     |     | CO, g/km  | HC, g/km  | CO, g/km    | HC, g/km  | (相应的我国标准)                       |
| EC40 摩托车<br>排放标准        | 二冲程 | 16 ~ 40   | 10 ~ 15   | 20 ~ 50     | 13 ~ 21   | 等同于 GB14621 - 93 摩托车<br>排放标准    |
|                         | 四冲程 | 25 ~ 30   | 7 ~ 10    | 30 ~ 60     | 10 ~ 14   |                                 |
| EEC15 (03) 轻型<br>汽车排放标准 |     | 16 ~ 35.3 | 2.7 ~ 4.3 | 19.3 ~ 42.5 | 3.5 ~ 5.6 | 等同于 GB11642.5 - 89 轻型<br>汽车排放标准 |

注:现行的 14761.1-93 各指标严于 GB11642.5-89

表 2

台湾的摩托车排放标准的发展

| 单 位<br>(g/km)                 | 新车型审验<br>(原型车) |                      | 新车型审验 (量<br>产车) 新车检验                          |                      | 备 注                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | CO             | HC + NO <sub>x</sub> | CO                                            | HC + NO <sub>x</sub> |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1984 年 ~ 1988<br>年生产车型        | -              | -                    | 8.8                                           | 6.5                  | 1991 年开始所有摩托车必须安装蒸发控制装置; 1992 年市场上出现了有限数量的电动摩托车产品; 1993.7.1 开始对四冲程摩托车使用二次空气喷射 (secondary air injection), 所有新的二冲程摩托车必须装有催化转化器; 从 1993 年开始积极推进摩托车的 I/M 体系, 经检测的摩托车视排放状况发给蓝卡 (合格)、黄卡 (基本合格), 不合格摩托车不发卡, 并要求进行更换空气过滤装置 (平均费用 20 美元); 1998 年引入定期 I/M 计划。 |
| 1988.1.1 ~ 1991.<br>7.1 生产车型  | 7.3            | 4.4                  | 8.8                                           | 5.5                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1991.7.1 ~ 1998.<br>1.1. 生产车型 | 3.75           | 2.4                  | 4.5                                           | 3.0                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1998.1.1<br>以后生产车型            | 3.5            | 2                    | 达标耐久性 ≥ 20000km<br>(1991 年首次规定的为<br>≥ 6000km) |                      |                                                                                                                                                                                                                                                     |

(7) 改善摩托车发动机的燃烧质量, 提高燃料利用率。积极推进摩托车燃油添加剂产品的开发和应用, 促进摩托车尾气净化装置的研制和推广。

(8) 进一步加强对摩托车的燃料管制。控制燃料含硫量; 对无铅汽油中的 MTBE、烯烃和芳香烃类污染物逐步加以控制; 运用经济手段鼓励使用高质量的无铅汽油; 逐步推进使用燃油添加剂的工作; 着手进行燃料替代 (如电动摩托车) 的研究, 开发清洁能源摩托车; 推广低排放和零排放的摩托车。

(9) 运用经济手段控制摩托车排放。可以考虑制定收摩托车燃油税、对摩托车征收排污费, 在中心城区和交通、商业繁忙地段提高摩托车的停车费等经济政策。

(10) 逐步推行摩托车安装催化转化器。

### 3 参考文献

- [1] 《机动车运行安全技术条件》宣贯教材 (试用). 北京: 中国环境科学出版社, 1997
- [2] 国家环境保护局大气环境管理处. 国外汽车排放污染物标准选篇. 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- [3] 广州市环境保护局. 广州市环境质量报告书 (1996 年度, 1997 年度)
- [4] Michael P. Walsh. Motor Vehicle Pollution Control in China. An Urban Challenge
- [5] Stephen Stares and Liu Zi. Motorization in Chinese Cities. Issues and Actions
- [6] 李巍等. 政策评价研究. 上海环境科学, 1996; 15 (11)
- [7] 广州法制报. 1999 年 3 月

## Evaluation on the Policy for Controlling Motorbike Emission Pollution in Guangzhou

Ge Yi Liao Yundong

**Abstract** This paper analyses the relevant policy for controlling motorbike emission pollution in Guangzhou. Based on the experience conclusion some suggestions for improving these policy are described. These suggestions can be used as policy reference in enforcement of controlling motorbike emission pollution in Guangzhou.

**Key words** control motorbike emission pollution policy Guangzhou

## 恶臭及挥发性有机溶剂废气治理技术

梁 红

(广州大学轻化系, 广州 510091)

叶代启

(华南理工大学造纸与环境工程学院环境科学与工程系, 广州 510640)

肖美兰

(深圳市龙岗区环保科技开发公司, 深圳 518116)

**摘 要** 介绍了恶臭及挥发性有机溶剂 (VOCs) 废气的来源及其对健康的危害, 综述了脱除 VOCs 废气及恶臭的污染治理技术。通过直接燃烧法, 催化燃烧法, 吸附法及其他处理方法的对比分析, 总结了各种方法的优缺点及其适用范围。

**关键词** 恶臭 挥发性有机溶剂 (VOCs) 净化技术

### 1 前言

大气中的碳氢化合物 (HC) 及某些有机类气体和氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 是生成光化学氧化剂的基本物质, 这二者浓度比、气象条件、紫外线照射的强度及氮氧化物浓度都影响到光化学氧化剂的形成。HC 与  $\text{NO}_x$  之比值在 3 以下时, 不会发生光化学氧化剂。光化学氧化剂的浓度是随着这种比值的增加而增加, 浓度比达到 24 时, 光化学氧化剂浓度最高<sup>[1][2]</sup>。降低有机气体及碳氢化合物浓度是减少生成氧化剂的一种方法。所以致力于减少有机类气体是降低光化学氧化剂浓度的捷

径。美国 1990 年通过的空气清洁法修正案已将其列为有毒空气污染物。我国环保有关法规也规定其排放总量及浓度必须达到一定标准。因此, 恶臭及 VOCs 已成为当前迫切需要治理的重要污染物。

### 2 常见发生源及其危害

有机类有害气体的常见发生源, 详见表 1。另外还有汽车等移动发生源。目前在我国尚未得到切实有效的处理。常见挥发性有机化合物环境容许浓度及其对人体的危害见表 2。

表 1 VOCs 常见发生源及其逸散的有机化合物<sup>[2]</sup>

| 发生源     | 主要挥发性有机化合物                           |
|---------|--------------------------------------|
| 电子半导体行业 | 甲苯、丙酮、异丙醇、三氯乙烯、二甲苯、乙二醇醚、乙酸正丁酯、甲基氯仿等  |
| 印刷厂     | 甲苯、甲醇、异丙醇、甲基异丁基酮、醋酸乙酯、四氯化碳、正己烷、苯、丁酮等 |
| 合成皮革厂   | 甲苯、醋酸乙酯、丙酮、二甲基甲酰胺等                   |
| 制药厂     | 异丙醇、甲基异丁基酮、二氯甲烷、丙酮、乙醇、醋酸、丁酯等         |
| 洗衣厂     | 四氯乙烯、氟氯化物等                           |
| 涂料油漆厂   | 甲苯、醋酸乙酯、丙酮、二甲苯、甲基乙基酮、二氯甲烷、甲醇、乙醇、异丙醇等 |
| 橡胶加工厂   | 苯、丁酮、甲苯等                             |
| 食用油加工厂  | 正己烷等                                 |
| 录影录音带厂  | 甲苯、环己酮、甲基乙基酮、甲基异丁基酮等                 |
| 胶粘剂厂    | 甲苯、醋酸乙酯、异丙醇、甲基乙基酮等                   |



表 2 常见挥发性有机化合物环境容许浓度及其对人体的危害<sup>[3]</sup>

| VOCs  | 分子量   | 环境容许浓度(mg/m <sup>3</sup> ) | 爆炸极限(vol%)  | 健 康 危 害                  |
|-------|-------|----------------------------|-------------|--------------------------|
| 甲苯    | 92.1  | 100                        | 1.27 ~ 6.75 | 头痛,目眩,贫血,恶心,肺水肿          |
| 苯     | 78.1  | 5                          | 1.5 ~ 8.0   | 致癌,白血病,呼吸麻痹              |
| 二甲苯   | 106.5 | 100                        | 1.1 ~ 7.0   | 贫血,白血球、红血球减少,皮肤粘膜刺激      |
| 丙酮    | 58.1  | 750                        | 2.5 ~ 12.8  | 眼、皮肤的刺激作用,麻醉,头疼,咳嗽,恶心,昏迷 |
| 甲基乙基酮 | 72.1  | 100                        | 1.8 ~ 11.5  | 粘膜刺激症状,麻醉                |
| 环己酮   | 98.1  | 25                         | 1.4 ~ 9.4   | 吸入、皮肤接触中度毒性              |
| 甲醇    | 32.0  | 200                        | 6.0 ~ 36.5  | 视神经障碍,头痛,呕吐,痉挛,失明        |
| 异丙醇   | 60.1  | 400                        | 2.0 ~ 12.0  | 粘膜的刺激,麻醉                 |
| 乙酸乙酯  | 88.1  | 400                        | 2.5 ~ 9.0   | 弱麻醉作用,皮肤粘膜刺激             |
| 乙酸丁酯  | 116.0 | 150                        | 1.2 ~ 15.0  | 眼的刺激,麻醉                  |
| 二氯甲烷  | 85    | 100                        | 12.0 ~ 22.0 | 麻醉性,致癌                   |
| 三氯乙烷  | 133.5 | 350                        | 8.0 ~ 10.5  | 头痛,疲倦,中枢神经系统衰弱           |
| 一氯甲烷  | 50.5  | 50                         | 10.7 ~ 13.4 | 昏睡、恶心,胃痛,视力障碍            |
| 正己烷   | 86.2  | 50                         | 1.2 ~ 7.5   | 头痛,目眩,呕吐,失神              |
| 四氯化碳  | 153.8 | 5                          |             | 腹痛,恶心,呕吐,致癌              |
| 三氯乙烯  | 131.4 | 100                        |             | 流泪,中枢神经刺激,麻醉             |
| 四氯乙烯  | 165.9 | 50                         |             | 肝障碍,麻醉作用,神经症             |
| 乙醛    | 44.0  | 10                         | 4.1 ~ 55    | 粘膜腐蚀,视觉模糊,肺水肿            |
| 乙醚    | 74.1  | 400                        | 1.9 ~ 48    | 麻醉,神经系统伤害,肝、肾伤害          |
| 乙腈    | 41.1  | 40                         | 4.4 ~ 16    | 头痛,晕眩,呼吸困难,伤害中枢神经        |
| 丙烯腈   | 53.0  | 20                         | 3.0 ~ 17    | 恶心,呕吐,呼吸困难,致癌            |

3 净化处理技术

目前广泛使用及正在研究开发的处理技术有以下几种:

热氧化(热焚烧)、催化氧化(催化燃烧)、冷凝、吸附、吸收、生物过滤、膜分离、紫外光氧化、电晕放电、等离子技术等。这些技术的相互比较及应用场合参见表 3。

表 3 常用 VOCs 处理技术一览

| 处理技术  | 污染源类型            | 适用 VOCs 种类                    | 适用排放速率<br>m <sup>3</sup> /s | 脱除率<br>% | 适用浓度范围<br>mg/m <sup>3</sup>   |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------|-------------------------------|
| 热氧化   | 工厂、储存罐、输送操作、废水处理 | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 | < 10.0(无热回收); > 10.0(有热回收)  | 90 ~ 99  | 20 ~ 1000(无热回收); > 1000(有热回收) |
| 催化氧化  | 工厂、储存罐、输送操作、废水处理 | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 | 无限制                         | 90 ~ 95  | 50 ~ 10000                    |
| 冷凝    | 工厂、储存罐、输送操作      | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 | < 1.0                       | 50 ~ 90  | 5000 ~ 12000                  |
| 吸附    | 工厂、储存罐           | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物     | > 0.7                       | 90 ~ 98  | 20 ~ 20000                    |
| 吸收    | 工厂、储存罐、输送操作      | 醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛            | > 5.0                       | 95 ~ 98  | 1000 ~ 20000                  |
| 生物过滤  | 工厂、废水处理          | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 | 无限制                         | 90       | 500 ~ 2000                    |
| 膜分离   | 工厂、储存罐           | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 |                             | 90       | 0 ~ 1000                      |
| 紫外光氧化 | 工厂               | 烷烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、乙二醇、醚、环氧化物、酮、醛 | 90                          |          |                               |

3.1 直接燃烧法

直接燃烧法是使含有有机类气体的废气送入有火焰的燃烧炉中,使可燃成分燃烧,转化成二氧化碳、水和氮气等无害的气体<sup>[4]</sup>。燃烧条件见表 4。

表 4 直接燃烧法的最佳条件

| 处理的气体种类                 | 停留时间 (S)  | 温度 (℃)                 |
|-------------------------|-----------|------------------------|
| 碳氢化物<br>分解率 90% 以上      | 0.3 ~ 0.5 | 590 ~ 680 <sup>①</sup> |
| 碳氢化物 + CO<br>分解率 90% 以上 | 0.3 ~ 0.5 | 680 ~ 820              |
| 恶 臭                     |           |                        |
| 分解率 50% ~ 90%           | 0.3 ~ 0.5 | 540 ~ 650              |
| 分解率 90% ~ 99%           | 0.3 ~ 0.5 | 580 ~ 700              |
| 分解率 99% 以上              | 0.3 ~ 0.5 | 650 ~ 820              |
| 白烟(液状烟雾)                |           |                        |
| 消除白烟                    | 0.3 ~ 0.5 | 430 ~ 540 <sup>②</sup> |
| 黑烟(煤灰、可燃性粒<br>状物质)      | 0.7 ~ 1.0 | 760 ~ 1100             |

①碳氢化合物中含有许多甲烷、溶纤剂,芳香族(甲苯、二甲苯)等情况下,温度为 760 ~ 820℃。  
②需要注意,白烟消除后,还有发生恶臭二次污染的危险性。

在操作上特别需要注意的是安全(防止爆炸)问题,送进燃烧炉的空气,其中有机类气体的含量必须在爆炸极限浓度的 1/3 ~ 1/4 以下。如果高于此浓度值,必须用空气加以稀释。在混有焦油和粉尘以及能有效地利用废热的场合时,例如需要利用热风干燥和热水等情况下,直接燃烧法是可行的。其特点有:

- (1) 消耗的燃料量较大,必须同时安装有效利用热能装置。
- (2) 需要耐热的设备。
- (3) 含有大量水蒸气的情況下,需要经过水洗冷却,以除掉水蒸气。
- (4) 非燃性气体所占的比例越大,越不经济。
- (5) 有排放 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 和粉尘的危险。
- (6) 需要设置防爆及其它各种安全装置。

3.2 催化燃烧法

各种有机类可燃组分在催化剂的作用下,

可以大大降低其燃烧温度,例如从 700 ~ 800℃降至 150 ~ 200℃,这就是催化燃烧。许多有机化物的起始燃烧温度因化合物种类的不同而不同,就碳氢化合物的起始燃烧温度来看,含碳数目越多,不饱和度越高,起燃温度就越低,甲烷的起燃温度最高。以贵金属为催化剂的燃烧反应为例,甲烷的起始反应温度为 230℃,完全燃烧温度为 400℃,乙烯的起始反应温度和完全燃烧温度分别为 130℃和 300℃(用复合氧化物催化剂时,分别为 170℃和 500℃),苯为 100℃和 350℃。另外,碳氢化物及其他化合物在空气中的最大燃烧速度(cm/s):甲烷为 38.8,乙烷为 40.1,乙烯为 68.3,乙炔为 145,氢为 250,一氧化碳为 45。从这些数据可知,最难燃烧的是甲烷。如果根据这些数据来测定催化燃烧的难易,就可以对催化剂的性能加以比较。

能用催化剂除臭的物质,除大部分是有机化合物外,还有氨、氰氢酸,一氧化碳等,见表 5。适用的行业十分广泛。只需用少量的燃料,在 100 ~ 400℃净化的效果就能符合严格的排放标准,连续进行净化的费用也只有直接燃烧法费用的 30% ~ 40%左右。

表 5 用催化剂能氧化脱臭的物质

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 碳氢化合物 | 苯、甲苯、二甲苯、己烷、苯乙烯等            |
| 酮 类   | 丙酮、甲基乙基酮(MEK)、甲基异丁基酮(MIAK)等 |
| 醇 类   | 甲醇、乙醇、丙醇等                   |
| 醛 类   | 甲醛、乙醛、丙烯醛等                  |
| 羧 酸 类 | 蚁酸、醋酸、丁酸等                   |
| 含氮化合物 | 氨、三中胺、硝基苯、丙烯腈、氰化氢等          |
| 卤素化合物 | 氯苯等                         |
| 含硫化合物 | 甲硫醇、乙硫醇、硫化氢、二甲硫醚            |
| 其它化合物 | 一氧化碳、乙醚、醋酸乙酯、灯油、苯酚、甲酚等      |

催化燃烧净化的特点:

- (1) 反应温度低,燃料费很少。
- (2) 很少产生 NO<sub>x</sub>。
- (3) 安全性高,也可以驱动安全装置。
- (4) 氧的浓度即使低,也可能完全氧化。

(5) 不受水蒸气的影响。

除了这些特征以外, 有的恶臭物质必须采用催化燃烧法。这是因为消除 90% 的恶臭物质时, 只减少臭味的一半, 不除掉 99% 以上就达不到无臭的程度。

### 3.3 吸附法

吸附法是利用吸附剂的表面活性使气态物质在固体表面上浓集的方法。这种方法适用于溶剂的回收和清除。吸附剂可选择活性炭, 它是非极性物质, 不吸附水等极性化合物, 能很好地吸附非极性或极性弱的有机化合物。一般来说, 适合用吸附法处理的是沸点为 25 ~ 160℃ 的气态物质, 但是也能吸附吡啶 (沸点为 259℃) 和樟脑 (200℃ 升华) 这类臭味大的物质<sup>[5][6]</sup>。然而有的物质能在活性炭上发生化学变化或因吸附热促进了这种化学反应而着火, 这种现象在不饱和度高的物质中是最有可能发生的。采用吸附法脱除有机溶剂及恶臭, 有下列这样一些需要注意的事项:

(1) 有的酯能分解。

(2) 在卤素化合物中, 有的虽然能生成卤化氢, 但是也适用于多种卤素化合物。

(3) THF (四氢呋喃) 会生成过氧化物。

(4) 如果有二硫化碳、二氧化碳, 就会生成硫或硫酸。

(5) 不饱和度高的物质, 例如乙炔, 容易因吸附热而使温度升高。

(6) 最好在室温或低于室温下处理气体。此外, 气体中含有焦油、油烟、水滴、粉尘等都是非常不合适的。

要清除有机溶剂或恶臭时, 此种方法对含量在 1ppm 或低于此浓度时是非常有利的, 因此在这种场合下可采用吸附法。如果浓度较高时, 就必须考虑由于吸附热可能会引起爆炸, 所以必须用空气将其稀释到爆炸下限的二分之一以下。要回收溶剂时, 其浓度高于爆炸上限时, 就可以回收。如果活性炭所捕集的成分达到饱和状态时, 就必须进行再

生处理, 所以需要设置两个吸附塔。

吸附法的优点是适用于被吸附物质的浓度非常低以及要回收溶剂的情况。其缺点如前所述, 有各种条件的限制及活性炭的再生等问题。活性炭进行再生时, 必须有不使其发生二次污染的设备。

### 3.4 其它除臭方法

#### 3.4.1 氧化法

强氧化剂如臭氧、氯气、次氯酸钠溶液等, 可用于氧化除臭。这种方法的优点是操作简单, 适用于少量发生恶臭的地方, 同时还兼有杀菌消毒的作用。另一方面, 使用臭氧或氯气时, 恶臭在气流中的含量大体一定时, 不会发生问题, 但是两者配合不平衡时, 就会产生相反的效果, 引起二次污染。因此, 除了要限定使用范围以外, 还存在必须使用耐腐蚀材料装置等问题。

#### 3.4.2 化学试剂处理法

这种方法是用酸或碱除臭, 是其它方法的前处理, 例如适用于含有氯化氢的场合。这种方法的优点是操作简单, 适用于饲养牲畜等行业。然而这种方法在大多情况下都有废液处理的问题, 所以如果没有确定的废液处理方法就不能使用。

#### 3.4.3 其它方法

电晕放电电极法——用一种外圈为正极, 中心轴的金属丝为负极, 在这两极之间加 50 ~ 100KV 电压, 使其带电, 由这种装置收集恶臭成分。这种方法的使用对象虽然有限制, 但是能提高除臭效果, 不过也有管理方面的问题。

中和法、掩蔽法——用物质能中和恶臭成分, 这是一种由于相互抵消的效果而能除臭的方法。另外, 还有用对 - 二氯苯等防臭法, 在其它方法都不适用时可以采用, 但不是根本的除臭方法。除此以外, 还有酶分解法, 但是使用的对象都有限定。



## 4 参考文献

- [1] Edward C. Moretti and Nikhiles Mukhopadhyay. VOC control: Current practices and future trends. Chemical Engineering Progress, 1993; 89 (7): 20 ~ 25
- [2] Edward N. Ruddy and Leigh Ann Carroll. Select the Best VOC control strategy. Chemical Engineering Progress, 1993; 89 (7): 28 ~ 35
- [3] 黄振家. 挥发性有机废气处理技术: 活性炭吸附. 化工 (台湾), 1997; 44 (3): 49 ~ 59
- [4] Jim Chen. Lower operating temperatures oxidize VOCs. Pollution Engineering, 1996, Dec. 01
- [5] Steven H Opperman, Robert C Brown. VOC emission control with polymeric adsorbents and microwave Desorption. Pollution Engineering, 1999; (1)
- [6] Edward M Zdzankiewicz. Choosing detection devices for VOC leak testing. Pollution Engineering, 1998; (7)

## Abatement of Volatile Organic Compounds and Odors

Liang Hong Ye Daiqi Xiao Meilan

**Abstract** The emission sources of various volatile organic compounds (VOCs) and odors as well as their influence to public health has been discussed. Various control technologies such as thermal oxidation, catalytic oxidation and adsorption have been introduced. By comparing catalytic oxidation, direct oxidation, adsorption and other methods, the advantages and disadvantages as well as their application have been discussed.

**Key words** odors VOCs air pollution control catalytic clarification

## 环 境 会 计

日本各企业相继开发设立“环境会计”，将环境对策的费用和节约资源等效果在财务上指标化。如IBM集团公布下属企业环境对策费用和效果；三洋电机和理光制定单独的环境会计基准。过去的会计

方法不能明确反映环境对策是否合算，用环境会计能掌握成效，提高对策的效率，同时也可作为今后投资企业的评价指标。

洪 蔚

## 控制有害化学物质会议在内罗比召开

国际上禁止有害化学物质生产使用的“残留性有机污染物质控制条约”缔结会议在肯尼亚内罗比召开。期待通过PCB、DDT等6种有害物质全废大纲，但发展中国家反对早期废除这些物质在电器制

品的绝缘材料和驱除疟疾等方面使用，认为可以附加条件生产和使用。同意确定有内分泌毒性的4种有害物质早期全废，条约预定在2000年实施。

洪 蔚

## 废塑料劣质煤制高浓 H<sub>2</sub>

日本工业技术院资源环境综合研究所和煤炭综合利用中心共同开发将废塑料、劣质煤高温高压下分解水制高浓度燃料H<sub>2</sub>新技术。

该技术将废塑料、劣质煤和水一起在密闭容器内，在温度约650℃、压力200~600atm，并加入金属盐等特殊催化剂，10分钟左右，在碳素的作用下

使水分解成O<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>。得到H<sub>2</sub>比过去方法多5~10倍，浓度高达80%。H<sub>2</sub>分离后可作为燃料电池等燃料。反应过程中产生的大量CO<sub>2</sub>和SO<sub>x</sub>与水中的金属氧化物结合回收。是不影响环境的H<sub>2</sub>燃料制造法。

洪 蔚

## 固定化酪氨酸酶去除水中酚类物质的研究

安林坤 马林 全军民 黄仲立 古练权  
(中山大学化工学院生化室, 广州 510275)

**摘要** 探讨了一种以酶处理含酚废水的方法。将酪氨酸酶固定化到疏水基团修饰的琼脂珠上, 蛋白吸附率和酶活力回收分别达到了90%和80%。经过固定化酪氨酸酶的处理, 水溶液中的酚类物质被氧化, 最终生成棕色或黑色沉淀, 因而很容易去除。酚类化合物的去除速度为: 邻苯二酚 > 对甲苯酚 > 对氯苯酚 > 苯酚 > 对甲氧基苯酚。

**关键词** 酪氨酸酶 固定化 废水处理

芳香族化合物, 包括酚类物质, 广泛存在于工业废水中, 如煤炭加工业、石油工业、树脂和塑料工业、染料和有机化学工业等<sup>[1]</sup>。酚类化合物都是有毒物质, 有些还是致癌物质, 对人、畜和农作物都有危害。因此从工业废水中除去酚类物质越来越受到人们的关注。我国规定<sup>[2]</sup>, 地面水中酚类化合物最高允许浓度为0.01mg/L。

从工业废水中除去酚类化合物的传统方法有: 溶剂萃取、微生物降解、活性炭吸附和化学氧化等<sup>[3]</sup>。这些方法尽管有效和实用, 但却有诸多的缺点, 如成本高、净化不完全、

产生有毒的副产物, 以及处理的酚类化合物浓度范围有限。因此这就要求发展一种更加快速、便捷、廉价、没有有毒副产物产生的处理方法<sup>[4]</sup>。酪氨酸酶 (EC.1.14.18.1), 又称多酚氧化酶<sup>[1]</sup>, 广泛存在于动物、植物与微生物体内。它可以催化氧化单酚化合物→邻苯二酚类化合物→醌类化合物, 后者在水溶液中不稳定, 经一系列酶催化和非酶催化反应, 自身聚合或与其他物质 (有机胺类化合物等) 聚合反应形成不溶于水的大分子物质而沉淀<sup>[5]</sup>。如图1所示:

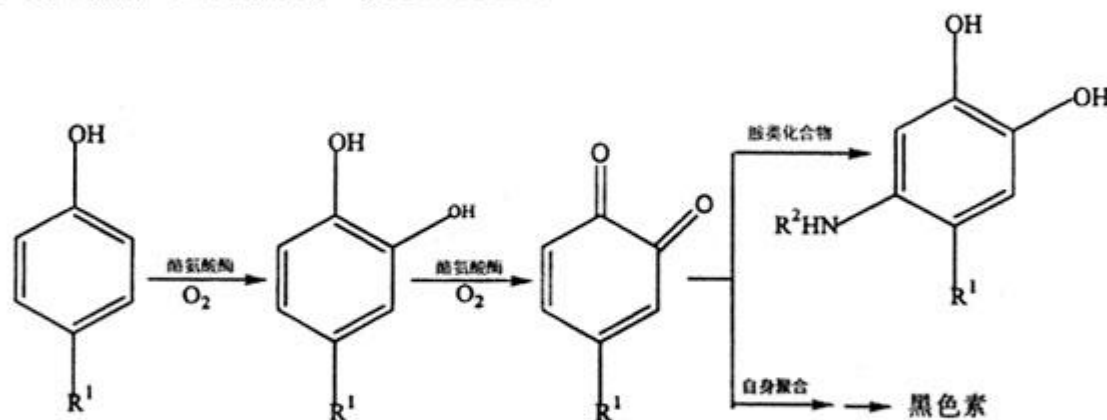


图1 酪氨酸酶催化机理

由于酪氨酸酶广泛存在于微生物、动物和植物体内, 而且酶易于提取, 活力也较高。因此近年来国外众多学者对于酪氨酸酶处理

含酚废水的研究特别关注。实际应用中, Atlow et al<sup>[1]</sup>首次采用液相的酪氨酸酶处理工业废水中的酚类化合物。但是, 液相酶去除水

溶液中的酚类物质存在以下缺点：①酶溶解在溶液中而造成二次污染；②酶与形成的醌反应而失活；③无法重新利用；④处理成本高。因此，Wada et al<sup>[6]</sup>和 Sarkar et al<sup>[7]</sup>分别将酪氨酸酶固定化到阳离子交换树脂和黏土上，进行实验。发现酶的固定化能够有效地防止酶的流失，而且固定化酶可以重复使用，克服了溶液酶的缺点。有关酪氨酸酶处理酚类化合物的研究，国内尚未见报道。

本研究是从马铃薯中提取粗制的酪氨酸酶，并且将其固定化到疏水基团修饰的琼脂珠载体上，固定化酶处理含有酚类化合物的水溶液。结果表明，固定化酶能够很好地催化氧化水溶液中的酚类物质，从而达到从水中除去有毒的酚类化合物的目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

马铃薯为市售新鲜产品。邻苯二酚(AR)购自上海试剂三厂。其它酚类均为市售分析纯，试剂实验前未经纯化。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 酪氨酸酶的提取

将马铃薯洗净并切成小块，加同等重量的 pH 为 6.0、浓度 0.2 mol/L 的磷酸盐缓冲液(含 20 mmol/L 的抗坏血酸)，匀浆后 4℃ 5000 × g 离心 5 min，上清液用饱和度为 55% 的硫酸铵盐析，10000 × g 离心 15 min，沉淀用 pH 为 6.0、浓度 0.1 mol/L 的磷酸盐缓冲溶液溶解。

#### 1.2.2 液相酪氨酸酶活力的测定

25℃下，2.7 mL 的磷酸盐缓冲溶液(0.1 mol/L)，加入 0.2 mL 酶溶液和 0.1 mL 邻苯二酚(20 mmol/L)溶液，测定 390 nm (UV - 160A, SHIMADZU) 处随时间变化的增加值。本文采用酶活力的相对值，即以每分钟内光密度的变化值(OD/min)来比较活力的大小。

#### 1.2.3 固定化酪氨酸酶活力的测定

25℃下，0.1 g 固定化酶悬浮在 2.9 mL 磷酸盐缓冲溶液(0.1 mol/L)中，加入 0.1 mL 的邻苯二酚(20 mmol/L)溶液，震荡培养一定时间，测定溶液在 390 nm (UV - 160A, SHIMADZU) 处随时间变化的增加值。

#### 1.2.4 酶的固定化<sup>[8-9]</sup>

将一定量的湿固定化载体悬浮于磷酸盐缓冲溶液(pH6.0、0.1 mol/L)中；再加入一定量的 NaCl 和酶溶液，室温振荡培养一定时间后，用上述缓冲溶液洗涤 5 次即得固定化的酪氨酸酶。

#### 1.2.5 固定化酪氨酸酶与酚的反应

取一定量的固定化酶悬浮于 4 mL 的磷酸盐缓冲溶液(pH6.0、0.1 mol/L)中，加入 1 mL 酚溶液(4 mmol/L)，室温振荡培养一定时间，用 HPLC 测定溶液中酚的浓度。

#### 1.2.6 酚的检测

高效液相色谱仪：HP1100；色谱柱：BDS C<sub>18</sub> 5 μm 250 × 4.0 mm ID. (大连物化所)；流动相：乙腈：醋酸(0.16%) = 30:70(v:v)；检测波长：270 nm；参比波长：360 nm；流速：0.7 mL/min。

## 2 结果与讨论

### 2.1 各种疏水基团修饰的载体吸附酶的能力

根据酪氨酸酶分子表面性质，选择了不同的疏水基团修饰的载体固定化酪氨酸酶，实验结果见表 1。

表 1 各种疏水基团修饰的载体对固定化酶性能的影响

| 疏水基团   | α-萘胺 | 苯胺   | 苄胺   | 邻甲苯胺 | 正辛胺  |
|--------|------|------|------|------|------|
| 蛋白吸附率% | 100  | 100  | 100  | 54.5 | 89.2 |
| 活力回收%  | 47.3 | 83.7 | 85.6 | 17.8 | 44.3 |

注：1. 每克载体加入 28.5 mg 酶，悬浮于 6 mL 缓冲溶液中培养；2. 磷酸盐缓冲溶液(0.1 mol/L, pH6.0)；3. 温度：25℃；4. 培养时间：5 h。



从表1中可以得出,苯胺和苄胺修饰的琼脂珠载体对酪氨酸酶的吸附率高达100%,固定化后的酶活力回收超过了80%。本实验选用苄胺为修饰剂。

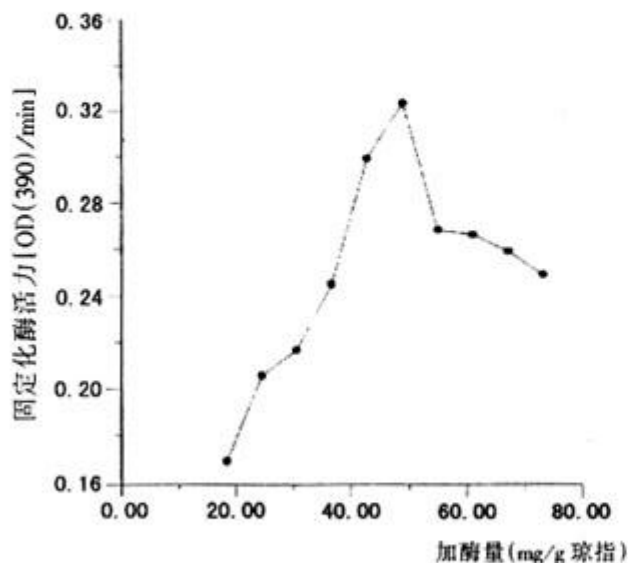


图2 加酶量对固定化酶活力的影响

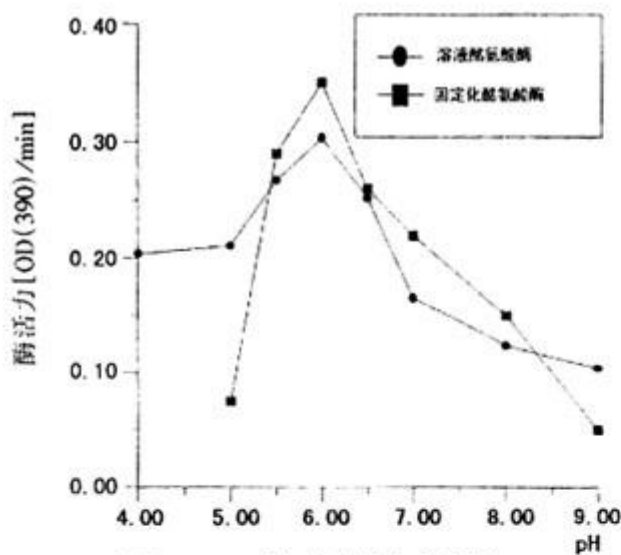


图3 pH值对酶活力的影响

## 2.2 加酶量对固定化酪氨酸酶活力的影响

图2结果显示了加酶量对固定化酶活力的影响。由图可知,苄胺修饰的琼脂珠载体,当其每克载体加酶量为40~45mg时,固定化酶的比活力最高。而且,此时的蛋白吸附率也达到了90%以上。当加入的酶量超过45mg/g载体时,固定化酶的活力反而下降。我们认为,当琼脂珠上吸附过多的酶时,酶在载体表面发生重叠,而相互形成空间位阻效应,致使酶与底物结合速率以及酶与产物的脱离速率下降,表现为固定化酶活力降低。

## 2.3 pH值对酪氨酸酶活力的影响

酶存在于生物体中,具有很高的催化活性。但是它对于所处的微环境也有很高的要求,例如溶液的酸碱性对于酶的活力具有很大的影响。我们测试了在不同的pH值条件下,液相以及固定化酪氨酸酶的相对活力,所得结果如图3。

由图3可知,溶液的pH值对液相和固定化酶的活力有相同的影响,当溶液的pH值为6.0时两种形式的酪氨酸酶的相对活力最高,溶液的pH值无论大于还是小于6.0,酶活力都会显著降低,而且固定化酶活力下降速率更大。因此酪氨酸酶的最佳溶液的pH值为6.0。由于一般的工业含酚废水大多呈偏酸性,因此有利于用酪氨酸酶进行处理。

## 2.4 固定化酪氨酸酶除酚能力

图4显示了固定化酶对不同底物的处理结果。结果表明:固定化酪氨酸酶处理不同酚类化合物的能力是不同的,处理效果为:邻苯二酚>对甲苯酚>对氯苯酚>苯酚>对甲氧基苯酚。

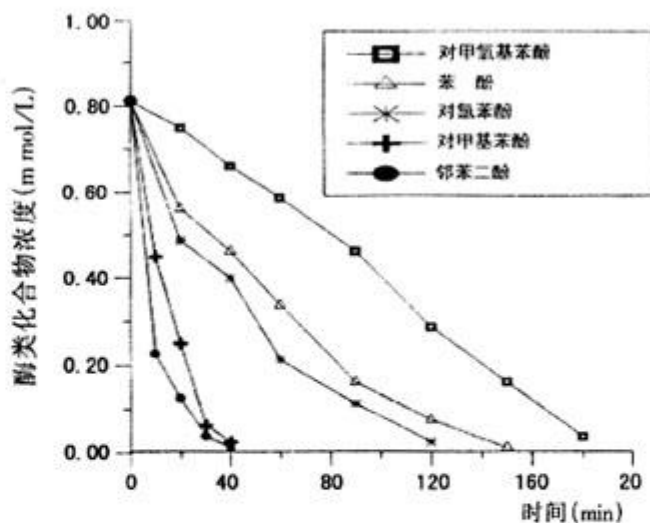


图4 固定化酶处理酚类化合物的能力

酪氨酸酶被固定化到疏水基团修饰的琼脂珠载体上,可以多次使用。实验结果表明,固定化酶在重复使用五次后仍能保持很高的处理能力,其活力仍保持在90%以上,如表2所示。

表 2 固定化酪氨酸酶使用次数  
对固定化酶活力的影响

| 使用次数 | 1     | 2     | 3     | 4    | 5    |
|------|-------|-------|-------|------|------|
| 活力保持 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.7 | 92.4 |

- ①每次使用 20 g 固定化酶 (45 mg 酶/g 载体);  
②100 ml 邻苯二酚溶液 (0.1 mol/L);  
③每次处理时间为 20 min。

在 Wada et al<sup>[6]</sup>和 Sarkar et al<sup>[7]</sup>的实验中,使用蘑菇酪氨酸酶,而且固定化酶的活力回收分别为 16.3% 和 75%;而在本实验中,使用从马铃薯中提取的酪氨酸酶(该酶液在马铃薯淀粉生产工业中属于废弃物),然后将其固定化到廉价易得的琼脂珠载体上,酶固定化后的活力回收超过了 80%,而且固定化方法简单易行,大大降低了固定化酶的成本。经过固定化酶处理的酚类化合物的溶液静置后有棕色沉淀生成,该沉淀是由于酚类化合物被催化氧化成邻苯醌类化合物,而后邻苯醌类化合物自身聚合而成。

总之,我们研究出了一种酶固定化方法,蛋白吸附率和酶活力回收分别达到了 90% 和 80%,固定化酶能够有效地除去水溶液中的酚类化合物,而后产物自身聚合或与其他化合物聚合,生成不溶于水的沉淀,沉淀可经

过滤除去,从而达到净化水的目的。由于能获得廉价的酶源(马铃薯淀粉工业的废弃液含有大量的酪氨酸酶)以及固定化载体廉价、易得,因此有望投入工业生产。

### 3 参考文献

- [1] Atlow S C, Bonadonna - Aporo L, Klibanov A M. Dephenolization of industrial wastewater catalyzed by polyphenol oxidase. *Biotechnology and Bioengineering*, 1984; (26): 599 ~ 603
- [2] 郭安然,唐森本. 环境检测. 冶金工业出版社
- [3] K H Lanouette. *Chem. Eng.* 1977; 84(22): 99
- [4] J Karam, J A Nicell, J. *Chem Tech Biotechnol.* 1997; (69): 141 ~ 53
- [5] Walsh C. *Enzymatic reaction mechanisms*. W H Freeman Cosan Francisco, 1979: 63 ~ 461
- [6] Shiji Wada, Hiroyasu Ichikawa, Kenji Tatsumi. Removal of phenols from wastewater by soluble and immobilized Tyrosinase. *Biotechnology and Bioengineering*, 1993; (42): 854
- [7] Sarkar, J M Leonwicz, A Bollag, J M Immobilization of enzymes on clays and soil, *Soil Biol. Biochem.* 1989; (21): 30 ~ 223
- [8] 程玉华,于振宝,马林. CA1031564A, 1978
- [9] 马林,于振宝,程玉华. *生物化学杂志*, 1991; 7 (6)

## Research on Removal of Phenols in Aqueous Solution by Immobilized Tyrosinase

An Linkun Ma Lin Quan Junmin Huang Zhongli Gu Lianquan

**Abstract** An enzymatic method for removal of phenols from wastewater was investigated. Tyrosinase was immobilized on agar gel decorated by hydrophobic groups, the yield of adsorbed protein and activity remaining is over 90% and 80% respectively. Phenols in wastewater were removed after treatment with potato Tyrosinase immobilized on N - alkyl - agar bead, and brown precipitate were formed. The removal rate of substituted phenols is catechol > p - cresol > p - chlorophenol > phenol > p - methoxyphenol.

**Key words** tyrosinase immobilization treatment of wastewater

## 广州市内环路工程噪声环境影响预测

王伟德

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510620)

**摘 要** 通过对高架道路和地面道路组成的复合道路、双层高架路道路、带有上下匝道的复合道路、互通立交道路等各种类型道路的声场分析, 建立相应的预测模式, 并通过对现有道路交通噪声的类比调查分析, 验证确定各种类型的道路交通噪声预测方法和预测参数。结果表明: 一般情况下, 预测值与实测值误差在  $\pm 2.2\text{dB (A)}$  以内。

**关键词** 交通噪声 影响 预测 环市道路 高架道路

通过对现有道路交通噪声的类比调查, 确定各种类型的道路交通噪声预测方法和预测参数, 并预测了广州市内环路交通噪声可能产生的影响程度。

### 1 预测方法

根据不同预测年各路段的车流量、道路的设计参数以及道路两侧建筑物的分布情况, 分别预测 2000 年和 2010 年不同路段在昼间、夜间和高峰小时三个时段, 交通噪声对道路两侧的影响范围和程度。本文预测值为 2000 年昼间噪声水平<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 道路交通噪声预测模式

本文以美国 (FHWA) 模式作为基本式, 并结合我国具体情况和广州市内环路道路的实际情况作修正, 来预测广州市内环路交通噪声对其沿线周围环境的影响。

FHWA 模式<sup>[2]</sup>:

$$Leq_i = \overline{Leo_i} + 10\lg\left(\frac{N_i}{V_{it}}\right) + 10\lg\left(\frac{15}{r}\right)^{1+a} + \Delta S - 13 \quad (1)$$

车辆类型分为大型车、中型车、小型车和摩托车共四种。各种类型的车辆对同一预测点产生的噪声叠加值 (单一车道)<sup>[1]</sup>:

$$Leq_j = 10\lg \sum_{i=1}^4 10^{0.1Leq_i} \quad (2)$$

对多车道的道路, 各个车道的车辆对同一预测点的噪声叠加值<sup>[1]</sup>:

$$Leq \sum = 10\lg \sum_{j=1}^m 10^{0.1Leq_j} \quad (3)$$

式中:  $m$  为道路的总车道数。

#### 1.2 各种类型道路的声场分析

##### 1.2.1 纯高架道路 (桥) 的声场分析

为尽可能精确地反映高架路建成后道路交通噪声影响情况, 我们采用几何声学的方

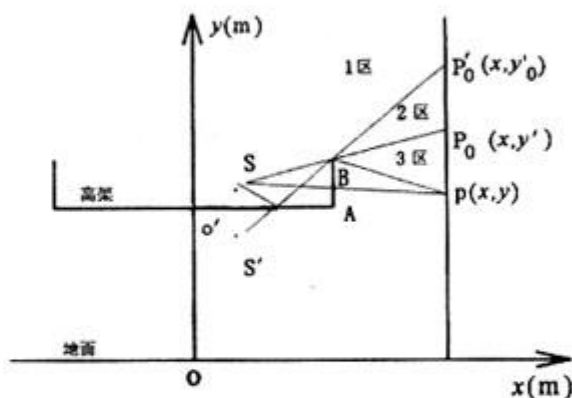


图 1 高架桥声场分布示意图

法来分析高架路两侧附近的声场, 见图 1<sup>[1]</sup>。图 1 中 AB 为高架路护栏或隔声屏障, 高度  $h_1$ ; AO' 为高架路路面的半宽度  $d_1$ ; OO' 为高



高架路面高度  $h_0$ ;  $S$  为声源, 其高度为  $h_s$ ;  $S'$  为声源  $S$  对高架桥面的虚声源。从图中可以看出, 高架路产生的声场分成三个区: 1 区为  $S$  和  $S'$  直达声能量的叠加; 2 区为  $S$  直达声和  $S'$  衍射声的能量叠加; 3 区为  $S$  和  $S'$  衍射声的能量叠加。

a. 当  $y \geq y_0'$  时, 即声场为 1 区, 其声能量叠加值  $Leq_1^{[1]}$ :

$$Leq_1 = 10 \lg(10^{0.1 \cdot Leq_s} + 10^{0.1 \cdot (Leq_{s'})}) \quad (4)$$

b. 当  $y_0 < y < y_0'$  时, 即声场为 2 区, 其声能量叠加值  $Leq_2^{[1]}$ :

$$Leq_2 = 10 \lg(10^{0.1 \cdot Leq_s} + 10^{0.1 \cdot (Leq_{s'} - \Delta L_{A_s})}) \quad (5)$$

c. 当  $y \leq y_0$  时, 即声场为 3 区, 其声能量叠加值  $Leq_3^{[1]}$ :

$$Leq_3 = 10 \lg(10^{0.1 \cdot (Leq_s - \Delta L_{A_s})} + 10^{0.1 \cdot (Leq_{s'} - \Delta L_{A_{s'}})}) \quad (6)$$

式中:  $Leq_s$ ——为声源  $S$  的直达声;

$Leq_{s'}$ ——为声源  $S$  的反射声;

$\Delta L_{A_s}$ ——为护栏对声源  $S$  的插入损失;

$\Delta L_{A_{s'}}$ ——为护栏对虚声源  $S'$  的插入损失。

$$\Delta L_A = \begin{cases} 10 \lg \left[ \frac{3\pi \sqrt{1-t^2}}{4a \operatorname{ctg} \sqrt{\frac{1-t}{1+t}}} \right] & (t \leq 1) \\ 10 \lg \left[ \frac{3\pi \sqrt{t^2-1}}{2 \ln(t + \sqrt{t^2-1})} \right] & (t \geq 1) \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $t = (40 \times f_e \times \delta_0) / 3c$ ;  $f_e$  为道路交通噪声的等效频率, 取 500Hz;  $\delta_0$  为声程差 (m) (如图 1, 3 区中声源  $S$  的声程差  $\delta_0 = SB + BP - SP$ );  $C$  为声速, 取  $C = 340.6 \text{ m/s}$ 。

### 1.2.2 高架道路下地面道路的声场分析

高架路下面的地面道路的声场由于受高架底部对声音的反射, 使得声场变得相对复杂, 这种反射可看作声源的镜像点发出。图 2<sup>[1]</sup>中  $AB$  为高架路护栏或隔声屏障, 高度  $h_1$ ;  $AO'$  为高架路路面的半宽度  $d_1$ ;  $OO'$  为高架路路面高度  $h_0$ ;  $S$  为声源, 其高度为  $h_s$ ;

$S'$  为声源  $S$  对地面的一级镜像;  $S''$ 、 $S'''$  分别为  $S$  与  $S'$  对桥面的一级镜像;  $S''$ 、 $S'''$  的纵坐标分别为  $(h_s - 2h_0)$  和  $(-h_s - 2h_0)$ , 考虑  $S$ 、 $S'$  对桥面的  $n$  次反射的镜像源坐标分别为  $(h_s - 2nh_0)$  和  $(-h_s - 2nh_0)$ 。从图中可以看出, 在  $S$ 、 $S'$  产生的声场中, 由于高架边缘的阻挡, 声场也分成三个区: 1 区为  $S$  和  $S'$  直达声能量的叠加; 2 区为  $S'$  直达声和  $S$  衍射声的能量叠加; 3 区为面衍射声的能量叠加。

考虑到高架路上的车流量比其地面道路的大, 车辆的行驶速度也比其地面道路的大得多, 相应所产生的声源强度比其地面道路的要大, 因此, 在本文中, 认为 3 区范围的声能量只受高架路上车流的影响, 而地面部分的贡献值为 0; 2 区只受  $S$  声源一次地面反射的影响, 即  $S'$  直达声的影响; 1 区为  $S$  和  $S'$  直达声影响。即如下三种情况<sup>[1]</sup>:

a 当  $y \geq y_0'$  时, 即声场为 3 区, 其声能量叠加值  $Leq_1$ :

$$Leq_1 = 0 \quad (8)$$

b 当  $y_0 < y < y_0'$  时, 即声场为 2 区, 其声能量叠加值  $Leq_2$ :

$$Leq_2 = Leq_s \quad (9)$$

c 当  $y \leq y_0$  时, 即声场为 1 区, 其声能量叠加值  $Leq_3$ :

$$Leq_3 = 10 \lg(10^{0.1 \cdot Leq_s} + 10^{0.1 \cdot Leq_{s'}}) \quad (10)$$

式中:  $Leq_s$ ——为声源  $S$  的直达声;

$Leq_{s'}$ ——为声源  $S$  的反射声。

如果考虑对多级镜像源 (即高架底部与地面之间的多次反射), 那么整个空间的声场将是非常复杂。根据日本的 AKINORI FUKUSHIMA 和 KAZUO KOHISHI 对高架复合道路模型实验研究结果, 无论声源处在离接收点较远的车道, 还是较近的车道, 复合道路的总声强较单纯地面道路高, 即高架的反射声对道路边有影响, 声强的增大方向呈水平趋势, 这是由于声强增大的量大部分是由高架底部与地面之间的多次反射的结果, 反射对近场的影响较大。考虑这一因素, 在

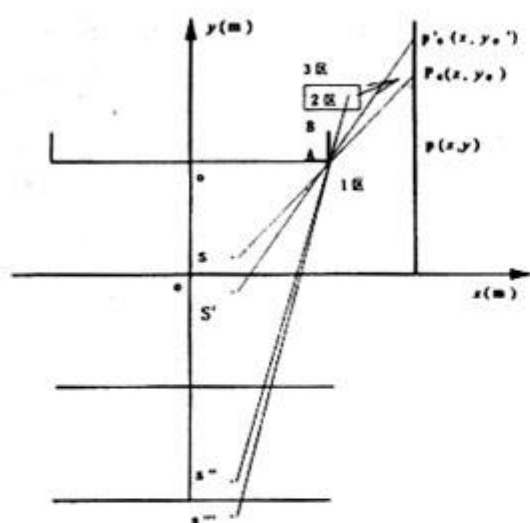


图2 高架桥路下地面道路声场分析

预测中低于高架底部的位置另加 2 ~ 3dB (A)<sup>[1][4]</sup>。

### 1.2.3 高架路和地面道路组成的复合道路的声场分析

对由高架路和地面道路组成的复合道路, 其空间中任一点的交通噪声是由高架部分所产生的交通噪声值和其地面道路所产生的交通噪声之能量叠加。因此, 需按以上分析的方法分别求出这两部分的噪声, 然后进行叠加。

### 1.2.4 双层高架路和地面道路组成的复合道路的声场分析

分别叠加地面道路交通噪声、第二层高架道路交通噪声以及第一层高架道路交通噪声之能量。值得注意的是: 后一种噪声声场分两部分, 即第一层高架道路路面以上和以下两个区域, 路面以上区域的声场类似于高架道路下的地面道路声场, 路面以下的声场由该道路的声源和镜像声源的衍射声及第二层高架路底部的反射声能量叠加而成。双层高架路和地面道路组成复合道路的交通噪声所形成的声场可分为三个部分来分析: 第一部分是地面道路, 其声场分析与上面分析的高架路下面的地面道路的声场一样; 第二部分是第二层高架路, 其声场分析与上面分析的高架道路的声场相同; 第三部分是第一层高架路, 这部分的声场可以分成两个区域, 即第一层高架路路面以下和以上两个区, 其

路面以上区域的声场类似上面分析的高架路下面的地面道路的声场; 路面以下区域的声场由该道路的声源和镜像声源的衍射声以及由第二层高架路底部的反射声的能量叠加而成。预测点处的噪声值由以上三部分的声能量叠加。

### 1.2.5 带有上下匝道的复合道路的声场分析

由于匝道车速较低 ( $v = 25 \sim 30 \text{ km/h}$ ), 车流量较小 (约为主车道流量的  $1/20$ ), 匝道交通噪声低于主车道交通噪声约 10dB (A) 以上, 在预测中可忽略其影响<sup>[1]</sup>。广州市内环路全线共设有匝道 12 处, 匝道的设计车速为  $25 \sim 30 \text{ km/h}$ , 最大纵向坡度为 7%。由于匝道各点高度不同, 匝道车流及车速的变化大, 理论上可由上述进行预测。

### 1.2.6 互通立交的声场分析

互通立交是由多层高架路、地面路、匝道组成的复合结构, 其交通噪声形成的声场极为复杂, 利用以上的分析方法, 分别求出各层道路的车辆在预测点所产生的噪声, 然后进行能量叠加。

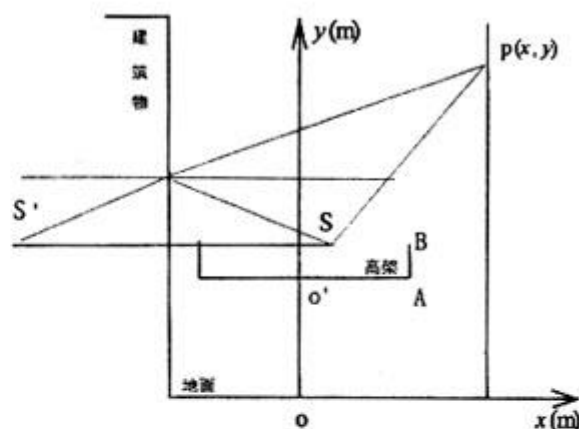


图3 道路两侧建筑物引起的声场变化分析

### 1.2.7 道路两侧建筑物引起的声场变化分析

当道路两侧有建筑物存在时, 特别是当两侧建筑为多层或高层建筑, 且离道路比较近的情况下, 由于声波在其两侧建筑物之间的多次反射作用, 使交通噪声会有相应提高<sup>[5-7]</sup>。预测点处的噪声值还要考虑由于建筑物的反射而产生的反射声能的叠加 (如图 3<sup>[1]</sup>所示), 由于建筑物的反射而使预测点的

声级增大,其增量用 $\Delta S_{\text{反}}$ 表示。

由图 3 中可以看出,声源 S 被建筑物反射而到达 P 点的声波相当于从镜声源 S' 辐射的声波,即 $\overline{S'P} = r'$ , $\overline{SP} = r$ 。对一般的建筑物反射,当 $r'$ 与 $r$ 比较接近时,因反射而引起的声波增量 $\Delta S_{\text{反}} = 10\lg(1 + p)^{[7]}$ ,其中 $p$ 为建筑物反射面的反射系数( $p = 0.4 \sim 1$ )<sup>[7]</sup>;当道路两侧均为密集的多层或高层建筑时,其交通噪声在两侧建筑物之间产生多次反射而引起的增量 $\Delta S_{\text{反}} = 10\lg\left[\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{h^2}{l^2} + \frac{1}{2} \cdot lga}\right]^{[5]}$ ,式中 $h$ 为预测点的高度(m), $l$ 为道路两侧建筑物之距离(m), $\alpha$ 为建筑物反射面的吸声系数。

## 2 结果验证

### 2.1 一般高架道路交通噪声预测值验证

选择小北高架路段实测验证一般高架道路交通噪声预测值,结果误差小于 1dB (A)。

见表 1。

### 2.2 高架路和地面道路组成的复合道路交通噪声预测值验证

选择人民路复合高架段实测结果验证复合道路交通噪声预测值,结果误差小于 1.5dB (A),见表 2。由于人民路复合道路为高架 2 车道、地面 4 车道,路两侧建筑物绝大多数是骑楼式的多层建筑,且几乎都紧贴着高架路,使得高架桥底与两侧建筑物到地面道路空间几乎是一个封闭式的空间,导致地面道路的声场形成一个混响声场,即声场中不仅有直达声,还有经桥底及两侧建筑物的反射和多次反射声波相叠加。导致高架路路面以下的一层测点噪声较大。

### 2.3 双层高架路交通噪声预测值验证

选择东濠涌高架路实测验证该类道路交通噪声预测值,结果误差小于 2.2dB (A)。见表 3。

| 表 1 实测值与预测值比较 Leq dB (A)    |          |     |      |     |       |      |      |       |                                     |
|-----------------------------|----------|-----|------|-----|-------|------|------|-------|-------------------------------------|
| 测点位置                        | 车流量(辆/h) |     |      |     |       | 实测值  | 预测值  | 差值    | 道路参数                                |
|                             | 大型车      | 中型车 | 小型车  | 摩托车 | 混合流量  |      |      |       |                                     |
| 广州市环市东路 310 号五楼(离道路中心线 23m) | 609      | 441 | 1328 | 480 | 2 858 | 76.2 | 77.2 | - 1.0 | 4 车道,宽 15.5m,路面高约 12m,车速 50~60km/h。 |
|                             | 222      | 109 | 442  | 80  | 853   | 71.3 | 71.6 | - 0.3 |                                     |

| 表 2 人民路高架复合道路交通噪声预测值与实测值比较 Leq dB(A) |      |      |      |      |      |       |       |       |                   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------------------|
| 测点位置                                 | 一楼   | 二楼   | 三楼   | 四楼   | 五楼   | 六楼    | 七楼    | 八楼    | 车流量(辆/h)          |
| 实测值                                  | 78.2 | 77.5 | 76.3 | 77.0 | 76.2 | 75.2  | 74.5  | 74.1  | 高架:3 456 地面:1 524 |
| 预测值                                  | 76.9 | 76.0 | 75.0 | 76.5 | 76.0 | 75.8  | 75.2  | 74.9  |                   |
| 差 值                                  | 1.3  | 1.5  | 1.3  | 0.5  | 0.2  | - 0.6 | - 0.7 | - 0.8 |                   |

| 表 3 东濠涌双层高架路交通噪声预测值与实测值比较 Leq dB(A) |      |      |      |      |      |      |                     |                                        |  |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------------------|----------------------------------------|--|
| 测点位置                                | 三楼   | 四楼   | 五楼   | 六楼   | 七楼   | 八楼   | 车流量(辆/h)            | 备 注                                    |  |
| 实测值                                 | 74.5 | 75.0 | 77.7 | 77.3 | 77.2 | 77.1 | 一层:1644;<br>二层:2124 | 测点距路边 5m。高架路面高度分别为 9m 和 16.5m,均为 2 车道。 |  |
| 预测值                                 | 73.3 | 74.8 | 75.5 | 76.3 | 76.6 | 76.4 |                     |                                        |  |
| 差 值                                 | 1.2  | 0.2  | 2.2  | 1.0  | 0.6  | 0.7  |                     |                                        |  |



### 3 结论

通过对各种道路类型的声场分析,建立对应的预测模型,并通过对现有道路交通噪声的类比调查结果,验证了三种典型类型(一般高架道路、高架道路和地面道路组成的复合道路、双层高架道路)的道路交通噪声预测值,结果表明:一般情况下,预测值与实测值误差不高于 $\pm 2.2\text{dB (A)}$ 。说明预测结果是可信、可行的。

### 4 参考文献

- [1] 广州市环境保护科学研究所. 广州市内环路工程环境影响报告书. 1996
- [2] [美] 约翰·劳, 大卫·伍登编, 萧振宣等译.

环境影响分析手册. 北京: 北京科学技术出版社, 1986: 281

- [3] 章力, 郑长聚. 声屏障对交通噪声的 A 计权声插入损失. 同济大学学报, 1989; 17 (2): 265 ~ 271
- [4] Akinori Fukushima Kazuo Konishi. On the Energy Flow a Traffic Noise From The Complex Roads. Inter - noise 87, 北京, 1987: 775
- [5] 中国建筑科学研究院建筑物理研究室主编. 建筑声学设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987: 494 ~ 495
- [6] 国家环境保护局开发监督司编著. 环境影响评价技术原则与方法. 北京: 北京大学出版社, 1992: 464
- [7] 国家环保局监督管理司. 环境影响评价培训教材 (下册). 17 - 16 ~ 17 - 17

## Forecast on the Environmental Noise Influence from Inner Ring Highway Construction in Guangzhou

Wang Weide

**Abstract** A forecast model was established based on the sound field analysis from different kinds of roads, such as compound road consisted by highway and groundroad, double deck highway, compound road with up and down branch and solid - cross. The traffic noise forecast method and data of different kind of road have been certified by similar investigation on existing traffic noise. The results indicate that the deviation between forecast and actual value is within  $\pm 2.2\text{dB (A)}$ .

**Key words** traffic noise influence forecast inner ring highway construction

### 美绿色投资市场达 1 兆美元

美国绿色保护用户利益主义的发展和美国消费者环境危机意识的提高, 产生了生态基金的投资和绿色投资者, 现在美国绿色投资市场规模已达 1 兆美元以上。

洪蔚

### 环境债务互惠信贷

国际自然资源保护组织 (CI) 为缓和中南美发展中国家由于过重债务使自然资源遭到破坏, 实施环境债务互惠信贷 (DNS)。将债务用折价由非政府组织 (NGO)、银行等买入接替债务, 发展中国家用当地通货设立自然保护基金, 使自然资源等到保护。现已在玻利维亚等 30 个国家由 CI 实施 DNS 契约。

洪蔚

## 用现代计算机技术建立 广州市环境动态监控和预测决策系统

崔 侠 俞开衡

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510620)

陈 戈

(中国科学院软件研究所, 北京 100080)

**摘 要** 从现代化计算机技术——“3S”技术、多媒体和可视化技术、决策支持系统技术、Internet 和 Intranet 技术出发, 阐述了这些计算机技术在广州市环境监测和预测中的重要作用, 并介绍了应用它们建立广州市环境动态监控和预测决策系统的先进性和重要性。

**关键词** 3S 技术 多媒体 决策支持系统 环境 应用

### 1 背景

地处改革开放前沿的广州二十多年来, 经济持续快速增长, 取得了令人瞩目的成就, 综合经济实力已跃居全国大城市前列。经济的持续高速发展, 带来了一系列环境问题: 珠江广州河段水环境污染日趋严重, 环境空气质量下降, 生态平衡遭到破坏。这些环境问题不仅影响经济的持续发展, 还会殃及子孙后代。

对经济发展产生的环境问题, “九五”期间正在开展的中挪合作项目《广州空气质量管理与规划系统》和联合国计划开发署(UNDP)援助的《广州氮氧化物污染控制能力建设》项目, 在《广州市环境保护规划》建立的“广州市环境管理信息与决策支持系统”基础上, 进一步扩展了计算机 GIS 技术在环境管理和预测上的应用。

但是, 广州市现有的环境监测网络系统和监测手段, 还停留在少量固定站静态监测的水平上, 远不能满足各级政府对环境决策和管理、环境信息的需求, 对重大的环境污染事故不能及时提供实时监控信息和预测, 造成了重大损失。广州迫切需要应用“3S”等现代计算机技术建立环境动态监控和预测

决策系统, 以满足各级政府对环境信息和管理的需求, 也有利于粤港的环境信息共享。

### 2 技术路线

鉴于环境信息的复杂性、动态性和不确定性, 要求环境管理能够适时掌握经济发展和意外事故引起的环境变化, 对拟采取的建设行为及时作出环境可行性分析。因此, 在广州市环境动态监控和预测决策系统研究中, 主要应采用以下计算机技术:

#### 2.1 3S 技术

3S 技术即地理信息系统技术(GIS)、遥感信息处理技术(RS)、全球卫星定位系统(GPS)。这三大支撑技术为地球与环境科学提供了新一代的观测手段、描述语言和分析管理工具。GIS 是近十年来国际上迅猛发展的一种空间型数据管理技术, 该技术成为融测绘、地理、数据库管理为一体的分析工具; RS 为我们提供了从航空到航天全方位、全时空的地球表层环境信息, 它将成为人们动态监测及分析全球环境变迁的强大工具; GPS 利用围绕地球的 24 颗卫星, 可以在几十米到几厘米的精度上, 满足地球上任意点的定位要求。3S 技术工具各具特色, 在实际工作中

单独使用时各自存在缺陷, GPS 可在瞬间产生目标定位坐标, 却不能给出点的地理属性; RS 可快速获取区域面状信息但又受光谱波段限制, 而且还有众多地物特性不可遥感; GIS 具有较好的查询检索、空间分析计算和综合处理能力, 但数据录入与获取始终是个瓶颈问题。事实上, 许多应用工程项目需要综合地运用这三大技术的特长, 方可形成和提供所需的对地观察、信息处理和分析模拟的能力。

国际上 3S 的研究和应用已开始向集成化方向发展。GPS—RS—GIS 综合集成实际上是以地理数据为中心形成的有机一体化的软件整合系统 (Integration System), 成为带有“眼睛”的定量分析与空间综合同步、多维信息兼容复合的思维工具。

## 2.2 多媒体和可视化技术

多媒体 (Multimedia) 和可视化技术是近几年发展起来的一种新型的具有很大发展潜力的技术, 它集声、图、像、文、通讯等为一体, 并以最直观的方式表达和感知信息; 以形象化、可触摸 (触屏) 的甚至语音对话的人机界面操作信息处理; 将高技术的内核隐涵于“傻瓜”型操作系统的外壳之中, 以简单的人机交互方式来控制流程, 为决策者进行决策提供最好的支持。

GIS 已经可与多媒体技术相结合, 将各类信息, 诸如地图、影像、照片、文字、声音、录像及各类计数数据进行综合管理, 对结果做可视化输出与表达, 为有关管理部门提供决策依据, 成为广州市环境动态监控和预测决策系统建设的核心技术之一。

## 2.3 决策支持系统技术 (DSS)

DSS 是目前计算机技术应用方面继信息系统、预测系统后, 管理信息系统中最活跃的研究领域。DSS 是对定结构化、半定结构化或不定结构化问题方面的知识进行描述、组织, 进而利用它协助人们完成管理决策的支持技术。它综合利用各种数据、信息、知识和特别的模型技术, 辅助决策者作出合理

的科学决策。

## 2.4 Internet 和 Intranet 技术

Internet 和 Intranet 技术为实现信息快速传输和信息共享提供了技术保证。可以向政府部门和社会公众提供环境信息和环境政策法规查询等。

将上述技术集成, 最终形成广州市环境动态监控和预测决策系统。

## 3 系统结构

系统采用上述 4 种计算机技术, 将环境实时动态监测、环境动态预测和有关国民经济发展的空间和非空间数据集成管理, 建立图、像、声、文一体化的环境动态监控和预测决策系统, 为政府和环境管理部门提供及时、准确、动态的环境信息和决策辅助信息。其总体结构如图 1。系统由以下模块组成:

### (1) 环境动态监控模块

建立一套实时的环境动态监控和预测系统, 掌握各种污染源及其扩散规律, 对解决环境问题是至关重要的。长期以来, 环境监控主要靠固定站监测为主, 这样的数据有一定价值, 但不能解决大气和水质的污染扩散的动态监测, 很难建立大气和水质的污染扩散模型, 特别是实时动态监测。诸多环境与环境相关的参数: 如污染物浓度、污染物排放、风向、风速、水流流速、潮汐变化等的获取, 主要是定量数据和正确的空间位置的取得。为了实现环境实时动态监测, 需要建立若干个移动跟踪监测站, 每个监测站配备监测设备、GPS 定位仪、图象记录仪及无线传输设备。在采样的同时, 精确地记录时间和地理坐标, 并对监测区域摄像, 实时的通过无线通讯系统传至环境监控中心, 由计算机进行处理, 输入 GIS 数据库, 通过 GIS 对污染发展趋势在电子地图上进行动态显示。

动态监测站可以在车或船上, 也可以个人携带, 整套设备仪器 2kg 左右 (不包括环



境保护采样设备)。系统采用的技术先进,同时又十分成熟,并已在不同的领域应用。为了保证实时动态采样的精度,最短周期为

0.5s。无线传输在无障碍的情况下,可达20km。保证了多个远距离跟踪监测站同时工作。环境动态监控模块结构如图2。

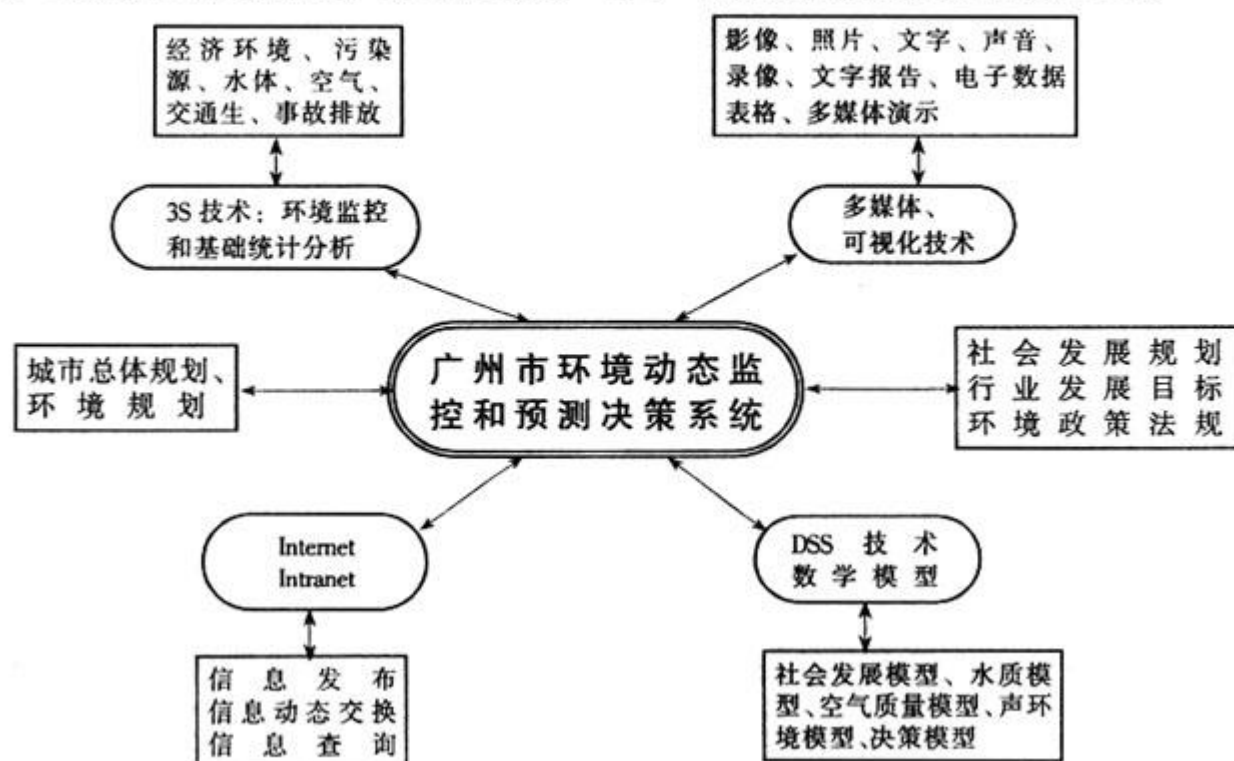


图1 系统总体结构图

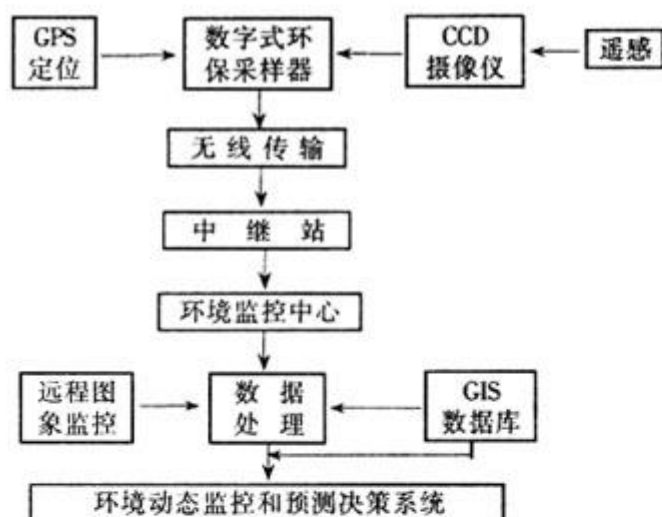


图2 环境决策模块流程图

## (2) 环境信息管理模块

本模块包括广州市社会、经济最新发展的基础数据和由环境动态监控模块得来的实时环境信息——数据库(包括空间数据、非空间数据、法规文件、地图、专题图、监测图像、遥感图像和声音等)。模块的设计可以使管理者随时查阅,检索、修改、录入、删除以上各种基础数据库。并能随时用多媒体进行报表、图像、文件的显示和输出,同时也能满足环境决策模块的调用需要。

本模块提供在 Internet 和 Intranet 网上进行查阅、检索、修改、录入各种基础数据的功能。

## (3) 环境决策模块

该模块包含经济社会发展预测模型、资源需求预测模型,污染源变化预测模型、水质动态模型、空气质量动态模型,污染控制规划模型,污染控制优化模型等模型库及这些模型(同一类模型中由于算法的不同及处理实际的对象的条件不同还可以再分为相互并行的或相互重叠的子模型)的相互关系。该模块将实际的环境管理决策问题进行归纳整理并建立一个解决该决策问题的总模型,它提取所需的基本模型(来自模型库)、所需的数据(来自数据库),进行必要的人机对话达到决策问题的求解、支持用户决策。在集成各部件(数据、模型、人)时需利用这些部件之间的接口,将联接各部件成为有机的整体。

#### 4 系统的功能

(1) 系统的建立对突发性重大环境灾害进行准确的环境质量追踪调查、评估及应急对策的制定。当有突发的环境事故发生时,用GPS和RS能快速探测到事故发生地,并将有关信息迅速输入GIS系统,由GIS和多媒体准确显示出发生地及其附近的地理图件和图象,如饮用水源地及其取水口、危险品仓库、有毒有害废物处置场、行政区划、人口分布、地下管线状况等,DSS对由RS得到的环境灾害信息进行空间模拟分析,进行预警预报,辅助制定防范措施和减灾策略,减少经济损失,避免人群健康的危害,具有重大社会效益。

(2) 系统能够对广州市各种环境资源,如生物资源、大气质量、水资源、土地资源、污染物排放范围等进行实时监测、更新,并能够有效地进行环境统计分析和环境预测预报,支持环境规划和管理实施。

(3) 系统可以及时掌握广州市的环境质量现状并进行动态监测与评价。建立一整套高效、准确的环境监测和评价系统,它不仅能准确、客观、动态、快速、形象地对广州市的环境状况进行调查与评价,而且还能有

效的实现污染趋势预报,为广州市环境管理工作提供全面的服务支持。

(4) 系统可以适时进行广州市环境动态规划。广州市环境规划管理面对不确定因素多,经济发展速度快,开发性强,可预见性难度高的特点,要求环境管理,能够适时掌握经济发展引起的环境变化,能够对拟采取的建设行为及时作出环境可行性分析,能够按照环境规划确定的目标对规划范围的环境保护工作实施全面监控和动态的规模控制。广州市环境动态监控和预测决策系统完全具备这些功能。

#### 5 结论

广州市环境动态监控和预测决策系统充分利用现代化计算机技术,它的建立,可采用人机对话形式对经济社会发展建设行为进行环境风险和决策分析;对突发性的环境事故信息进行快速应急对策分析;按规划确定的目标和任务对广州地区的环境发展进行全面监控和实施动态管理等功能,为实现高效的环境管理,提供现代化技术手段。并使环境污染损失减少到最小,将产生巨大的经济效益。

### Establishment of Environmental Dynamic Supervision and Policy Prediction System in Guangzhou by Using Modern Computer Techniques

Cui Xia Yu Kaiheng Chen Ge

**Abstract** From the point of view of "3S" technique, multi-media and visible technique, policy prediction support system, internet and intranet, the important effect of computer techniques in environmental supervision and policy decision system is introduced. As well as the advantages and importance by using these techniques to establish the environmental supervision and policy prediction system are described.

**Key words** 3S multi-media policy decision support system environment application

# 危险废物回转窑焚烧系统的工艺设计

李穗中 匡胜利

(广州市固体废物管理中心, 广州 510180)

**摘 要** 介绍广州市危险废物回转窑焚烧处理示范工程的规模、工艺流程及主要工艺设备的设计方法。

**关键词** 危险废物 焚烧 回转窑 设计

## 1 前言

广州市年产生危险废物量约 18 万 t (1998 年统计数)<sup>[1]</sup>。近几年来, 面对日益严峻的危险废物处置问题, 广州市正从多个方面加强管理, 并于 1998 年从污染防治基金中拨出专款, 建设首个广州市危险废物无害化焚烧处理环保示范工程。该工程的主要目的是对回转窑焚烧处理危险废物的技术参数进行优化研究, 为广州市大型危险废物焚烧厂的设计、建设、运行积累经验; 同时满足部分企业废物迫切需处理的要求, 改善广州市的投资环境。该工程将于 2000 年初建成使用。本文将对该工程的工艺设计作简单介绍。

## 2 工艺流程的选择

### 2.1 处理对象和规模

根据对广州市危险废物产生情况的调查, 需要焚烧处理的废物主要有: 废矿物油 (HW08)、染料涂料废物 (HW12)、有机树脂类废物 (HW13)、废有机溶剂 (HW42)、废乳化液 (HW09)、精蒸馏残渣/液 (HW11)、废卤化有机溶剂 (HW41)、有机溶剂废物 (HW06)、废药品药物 (HW03) 及含木材防腐剂废物 (HW05) (括号内为该类废物在《国家危险废物名录》内的编号, 基本上与《巴塞尔公约》附件 1 “应加控制的废物类别” 对应)。此外, 还有污水处理的含油污泥、印染污水污泥等。

由于待处理废物的物理、化学性质差别

很大, 为便于摸清在一套焚烧装置上处理不同种类物料的各项技术参数, 示范工程的设计处理能力按供应商可制造的最小尺寸回转窑选定为:

处理固体废物时: 500 kg/h (废物低位热值为 12 558 kJ/kg);

处理液态废物时: 300 kg/h (废物低位热值为 20 930 kJ/kg);

或按废物燃烧放热速率为 6.27 GJ/h 核算投料速率。

### 2.2 工艺选择

危险废物焚烧处理的工艺选择包含两大部分, 一是焚烧系统, 二是烟气处理系统。焚烧系统由废物热分解及烟气高温焚烧即所谓一燃室和二燃室组成。烟气处理系统由热回收、急冷和酸性气体吸收设备组成。

近几年, 欧美大多采用回转窑和二次燃烧流程。美国生态与环境公司 (Ecology & Environment Inc.) 1988 年编写的《沈阳危险废物处置示范工程可行性研究报告》<sup>[2]</sup>对废物热处理的 16 种方法进行了评价, 回转窑被列为最佳选择。认为它可处理各类废物, 操作灵活方便, 故障少。香港衡和化学废料处理有限公司的焚烧装置也选用回转窑——二次燃烧流程。

回转窑焚烧工艺有多种操作方式: 逆流操作、顺流操作、熔渣操作、非熔渣操作。逆流操作有利于提高热利用率, 适于处理水份含量高的废物。熔渣操作是转窑内的温度



在废物熔点以上,特别适宜放射性废物处理,但熔融状物流对炉衬会有化学腐蚀,并由于炉温升降造成物理破损。非熔渣操作是在熔点以下温度运行,是最经济的操作方式。

在危险废物焚烧处理中,烟气处理系统可能是投资和运行费用占总费用比例最大的

项目。根据广州市危险废物的种类、成分和规模,以及国家和地方的环境标准,本设计选用投资和运行管理较经济的热回收及酸性气体净化系统。

### 2.3 设计工艺流程

本设计的工艺流程如图1所示。

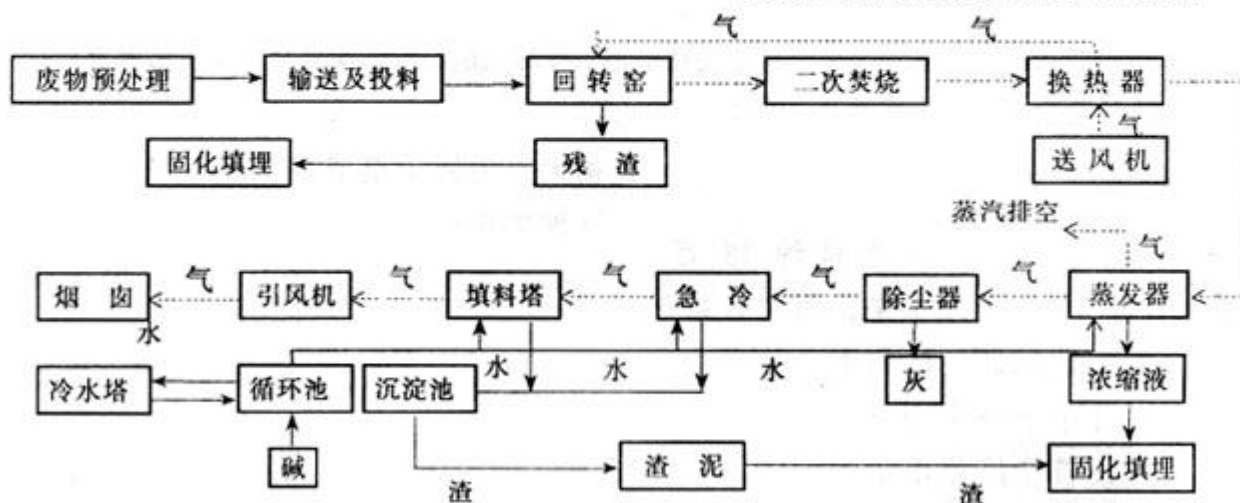


图1 危险废物回转窑焚烧系统工艺流程图

废物经预处理(热值、粘度调配,液体废物脱水、过滤等)后用传送带及推进式加料器进入回转窑窑头。液体废物则喷雾进窑尾或二燃室(视热值、成份而定)。回转窑连续旋转,物料不断翻动、加热、干燥、气化、燃烧,残渣自窑尾落入渣斗,间歇外排。来自鼓风机的燃烧用空气经预热器加热后由窑尾进入,辅助燃烧器亦设在窑尾,需要时燃烧柴油来维持窑内温度(700~800℃)。燃烧过程产生的烟气由窑头排出,进入二次燃烧室高温燃烧,亦使用辅助燃烧器燃烧柴油来维持足够的燃烧温度(1100℃)。二燃室出来的烟气经空气预热器、热虹吸再沸器释出显热,降至400℃左右。经除尘器除尘后自下而上通过急冷塔,与逆流的水接触,降至80℃左右。再进入填料吸收塔,自下而上通过填料塔,与向下喷淋的碱液接触,经过急冷与填料塔的碱液洗涤,气体中含有的微尘和大部分酸性气体被吸收到溶液中,再经气水分离器、引风机和烟囱排入大气。洗涤过程排出的溶液合并流入平流式沉淀池,澄清并调节pH后入循环池,分别用泵送回各塔使用。急冷、填料塔的进水水温通过凉水

塔来降低。吸收过程溶液中盐浓度会积累而影响吸收,为此每日泵送一定数量洗涤液进入热虹吸再沸器,利用烟气余热蒸发浓缩,然后再与灰渣混合,混合时外加固化剂,固化后送去安全填埋。处理过程的燃烧温度、洗涤液pH自动控制。洗涤液沉淀池沉淀物定期人工清理,干化后固化填埋。

## 3 工艺设计

### 3.1 焚烧系统

焚烧处理只有在足够高的温度、气体停留时间和良好的湍流接触、过量氧存在等条件下才能达到完全无害化处理。该过程可以一次性在转窑内完成,也可以分两步:先在转窑内使废物经过干燥、气化、燃烧这一温度较低的过程;分离灰渣后,烟气再在一个固定的炉内高温处理。一次性完成燃烧要求回转窑容积大、耐高温而造价高,运行能耗大。两步燃烧较为合理,灵活性较强。本设计选用两步燃烧操作方式。

#### 3.1.1 回转窑工艺设计

主要参数有炉膛容积热负荷(决定炉窑容积)、物料停留时间(决定窑各项尺寸及电

机功率)、燃烧用空气量(决定风机风量大小)、炉温(决定辅助燃烧器燃烧速率)等。

### 3.1.1.1 炉膛容积热负荷

该参数控制炉内燃烧状况好坏。按工业锅炉的推荐值<sup>[3]</sup>为  $0.83 \sim 1.6 \text{ GJ/m}^3 \cdot \text{h}$ , 而按有害废物焚烧的推荐值<sup>[4]</sup>为  $0.56 \sim 0.94 \text{ GJ/m}^3 \cdot \text{h}$ 。考虑到待处理危险废物的多变性和复杂性, 这里选用下限  $0.56 \text{ GJ/m}^3 \cdot \text{h}$ 。由此按窑单位时间待处理废物的释热量计算窑容积。

### 3.1.1.2 物料停留时间

废物通常含有水份, 它在窑内经历预热、干燥、有机组分气化、着火燃烧过程。物料在窑内停留时间与窑的长径比成正比, 与窑水平倾斜度、转速成反比, 其经验计算式如下<sup>[5][6]</sup>:

$$\theta = \frac{A \cdot L/D}{S \cdot n}$$

式中:  $\theta$ ——物料在窑内停留时间 (min), 这里设定最大值为 120 min;

$L/D$ ——窑长径比, 一般为  $2 \sim 10$ ;

$S$ ——窑斜率, 通常为  $5.2\% \sim 21\%$ ;

$n$ ——窑转速, 通常为  $1 \sim 5 \text{ r.p.m.}$ ;

$A$ ——经验常数, 有害废物推荐值为 0.19; 前苏联推荐窑逆流操作为 0.25, 顺流操作为 0.10, 与物料特性有关。

该式适用于物料在窑内充填系数  $\beta$  (物料在窑内占有容积比) 为  $0.1 \sim 0.15$ 。

传动马达功率可参考下式:

$$N = 0.0013 D^3 L \gamma_{\text{均}} \sigma n_{\text{max}}$$

式中:  $N$ ——马达功率, kW, 实用电机乘以 1.1 ~ 1.3 倍;

$\sigma$ ——功率系数, 在  $\beta = 0.1$  时,  $\sigma = 0.038$ ;  $\beta = 0.15$  时,  $\sigma = 0.053$ ;

$\gamma_{\text{均}}$ ——物料平均密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$n_{\text{max}}$ ——窑最大转速,  $\text{r.p.m.}$ ;

其余符号同前。

从热能利用及动能节省的角度看, 窑选用长径比大些较优。

### 3.1.1.3 燃烧用空气量

废物中可燃物完全燃烧的理论产物主要是  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$ 。所需理论空气量取决于可燃元素含量。通常可借助废物热值来近似计算。废物燃烧理论空气量因对象不同而有不同的推荐公式和数值。例如:

(1) 在工业锅炉计算中<sup>[3]</sup>, 按劣质煤低位热值  $Q_{\text{dw}} < 12500 \text{ KJ/kg}$  时, 该值为:

$$\nabla_0 = 0.238 \frac{Q_{\text{dw}} + 1880}{1000} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

按液体燃料时, 该值为

$$\nabla_0 = 0.263 \frac{Q_{\text{dw}}}{1000} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

(2) 根据实践经验近似计算, 在温度为  $25^\circ\text{C}$ , 许多烃类化合物燃烧产生净热值为  $4.18 \text{ kJ}$  时, 约需理论空气量为  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kg}$ , 即相当于  $3.59 \times 10^{-4} \text{ kg/kJ}$ <sup>[7]</sup>。

(3) 对有害废物而言, 每焚烧放热  $1 \text{ GJ}$  需消耗  $320 \text{ kg}$  空气<sup>[4]</sup>。

本设计推荐废物焚烧用理论空气量为  $320 \text{ kg/GJ}$ 。

空气过量系数按即将颁布的国家危险废物焚烧污染控制标准, 要求烟气含氧浓度为  $6\% \sim 10\%$  (干气)。相当于空气过剩系数  $40\% \sim 91\%$ 。

本设计为确保燃烧完全及抑制副反应, 要求烟气氧含量不小于  $10\%$ , 取空气过剩系数为  $100\% \sim 150\%$ , 可调。实际操作中, 燃烧用空气的可调幅度不太大, 而废物热值的变化幅度可达 5 倍以上。为了便于稳定气流状态, 这里采用供气量基本固定, 根据废物热值及设定的炉膛容积热负荷改变废物投料速率的操作方式运转。

### 3.1.1.4 窑温

回转窑可使废物在适当的温度下燃烧, 达到完全无害化, 是最节省的方式。因此炉温不需要太高。根据实际调查, 在  $700 \sim 800^\circ\text{C}$  已可满足要求。为保证炉子的机械性能, 确定最高温度为  $1000^\circ\text{C}$ 。

### 3.1.2 二次燃烧室

二燃室的设计参数为温度及烟气停留时间。为确保废物燃烧所产生有机副产物 (存

在于烟气中)不会造成环境的二次污染,从转窑出来的烟气在此进一步焚烧处理。本设计按将要颁布的国家危险废物焚烧污染控制标准要求,确定焚烧温度为 $1100^{\circ}\text{C}$ ,最高 $1200^{\circ}\text{C}$ ;烟气在 $1100^{\circ}\text{C}$ 下停留时间大于 $2\text{s}$ ,碳氢化合物的焚毁率达到 $99.99\%$ 。

另外,良好的混合是焚烧反应完全的重要条件。本设计烟气气流速度按经验取值为 $2\sim 3\text{m/s}$ ,在此条件下,炉内气体流动的雷诺数 $\text{Re}\geq 2\times 10^4$ ,呈强湍流状态,炉内混合状态良好。

### 3.2 烟气热回收

从二燃室出来的高温烟气通常会含有腐蚀性强的酸性气体,尤其是 $\text{SO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$ 等,对热交换设备产生腐蚀。因此常用喷雾急冷或喷石灰浆兼收急冷和中和酸性气体的方法对烟气进行初处理,不设烟气热回收。但是,喷石灰浆方式在实际操作中不易掌握,尤其在处理废物多变、成份复杂的情况下,烟气成份、温度变化较大,需要一套复杂的制浆、输送、计量、喷雾装置及后续布袋除尘系统,流程复杂,投资大,维护费用高,不适宜小规模的处理系统。此外,喷雾汽化急冷将成倍增加烟气体积,大大增加后续酸性气吸收系统的投资和运行费。而且,净化过程产生的吸收废液处理也成问题,因为废液中含有从烟气下来的颗粒物,它除了含有重金属外,还可能有二恶英,必须妥善处理。

本设计设置热回收,一方面利用烟气余热预热进炉空气,可降低辅助燃料用量,在废物热值高时,甚至不用燃料,可节省能源,降低运行费;另一方面利用烟气余热蒸发浓缩吸收碱液,浓缩的废碱液与灰渣混合后进行固化填埋,避免了对环境可能的二次污染,可谓一举多得。

#### 3.2.1 空气预热器

按工业锅炉列管式空气预热器设计程序<sup>[3][8]</sup>,主要设计参数为总传热系数、传热温差、烟气及空气流量、进出口温度、传热面积、列管管径管长及排布、流体阻力等。

本设计中烟气走管内,空气走管间。

#### 3.2.2 立式热虹吸再沸器

这是一类外循环式蒸发器,适宜浓缩脏污液体。本设计按工业锅炉的沸腾式省煤器计算列管加热部分的传热系数、传热面积、管径管长及排布、流体阻力等<sup>[3]</sup>,溶液走管内,烟气走管间。加热至沸腾并部分汽化的混合液由列管出来进入蒸发器汽液分离,蒸汽外排,液体通过蒸发器底与加热列管的连通管循环浓缩。蒸发器的主要设计参数为蒸发量与循环量。

### 3.3 烟气净化

本设计的烟气净化系统包括除尘、急冷、碱溶液吸收、汽水分离、引风机和烟囱。选用国内目前先进的技术设备结构、材料及填料,按常规化工单元的经验式进行工艺设计。

#### 3.3.1 除尘器

预计待焚烧的危险废物一般属于灰份含量低、可燃性较好的有机化合物为主,因而烟气中颗粒物含量较低。本设计选用经实践证明性能良好的高效多管旋风除尘器产品。预期可有效分离颗粒大于 $3\mu$ 的尘粒。除下的灰尘在集尘箱内经卸灰器排出。

#### 3.3.2 急冷塔

为了保证烟气中的酸性气体的湿法净化效果和防止二恶英的再合成,本设计设置急冷塔使烟气从 $400^{\circ}\text{C}$ 降至 $80^{\circ}\text{C}$ 以下。采用烟气骤冷避开其旺盛的再合成温度区( $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ )<sup>[10]</sup>,被认为是一个较好的办法。

急冷塔的主要设计参数为进出口烟气及喷洒水的流量与温度设定值、设备结构形式、容积传热系数、烟气流速等。本设计参照类似净化设备取容积传热系数为 $520\sim 615\text{kJ}/\text{m}^3\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$ ,烟气流速取 $2\sim 3.5\text{m/s}$ <sup>[11]</sup>。

#### 3.3.3 填料吸收塔

本工艺以纯碱溶液吸收烟气中的酸性气体,吸收过程伴有化学反应,不可逆,吸收速率受气膜控制。主要设计参数为烟气流量及处理后排放标准、空塔速度、传质系数、填料高度及阻力、气液比、最小喷淋密度、



吸收液 pH 值及浓度等。填料塔是决定烟气是否达标排放的关键设备。除传质系数外,其它项目的计算均较成熟<sup>[9][12][13]</sup>。

废物焚烧产生的酸性气体中主要含有 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、HCl、NO<sub>x</sub>。因此吸收过程有多组分参与化学反应。我国已颁布及将要颁布的大气污染物及焚烧烟气排放限值见表 1。

本设计以去除 SO<sub>2</sub> 为主要对象(因 HCl、HF 吸收反应速度极快),通过实际运行确定各种组份的去除率及达到排放标准的工艺技术条件。具体设计上,以水吸收 SO<sub>2</sub> 的经验气膜体积吸收系数  $k_G a = 0.0994 (W'G)^{0.7}$  进行填料容积估算<sup>[9]</sup>。式中  $k_G a$  为气膜传质体积吸收系数(单位  $\text{kgmol}/\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{atm}$ ),  $W'_G$  为气体空塔重量速度( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ )。求得填料体积即可进行全塔各部分设计。

表 1 国家已颁布及将要颁布的大气污染物及焚烧烟气排放限值 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

| 项目              | GB16297 - 1996 | GB9078 - 1996 二级 | HJ/T-18 - 1996 | 即将颁布 |
|-----------------|----------------|------------------|----------------|------|
| SO <sub>2</sub> | 550            | 850              | 300            | 300  |
| HCl             | 100            | -                | 500            | 70   |
| HF              | 9.0            | 60               | -              | 7.0  |
| NO <sub>x</sub> | 240            | -                | 500            | 500  |
| NH <sub>3</sub> | -              | -                | 70             | -    |
| 汞               | 0.012          | 0.01             | -              | 0.1  |
| 镉               | 0.85           | -                | -              | 0.1  |
| 铅               | 0.7            | 0.1              | -              | 1.0  |
| 烟尘              | 120            | 200              | 250            | 80   |

注: GB16297-1996 为国家大气污染物综合排放标准;  
GB9078-1996 为国家工业窑炉大气污染物排放标准;  
HJ/T-18-1996 为国家环保行业小型焚烧炉(500kg/h 以下)排放标准。  
即将颁布的国家危险废物焚烧污染控制标准中,二恶英仅作为参考标准,限值为  $0.5\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ ,表未列。

## 4 结语

本工程投产初期,将有选择地处理一些物料,进行逐项验证、修改和完善,然后逐步扩大处理物料的范围。我们期望通过本工程的实践,找出适合我国国情的危险废物集中焚烧处理的一整套技术和设备。

## 5 参考文献

- [1] 广州市环保局.广州市环境质量报告书(1998 年度).1999
- [2] 沈阳危险废物处置示范工程可行性研究报告.美国生态与环境公司.1998.12
- [3] 金定安等编.工业锅炉原理.西安交通大学出版社,1995
- [4] 罗杰·巴斯顿等编.有害废物的安全处置.中国环境科学出版社,1993
- [5] 大连工学院.转筒式干燥设备的设计.人民教育出版社,1960
- [6] YEN-HSIUNG KIANG 等著.有害废物的处理技术.中国环境科学出版社,1993
- [7] 丰振明等编.固体废物的处理与处置.高等教育出版社,1998
- [8] 冯俊凯等编.锅炉原理及计算.科学出版社,1998
- [9] 张爱谦等编.化工手册.山东科技出版社,1987
- [10] 竹内正雄.燃烧起源ダイオキシン类の対策技术.环境管理 1997; 33 (11): 24~32
- [11] 重有色金属冶炼设计手册-冶炼烟气收尘通用工程常用数据卷.冶金工业出版社,1989
- [12] 上海医药设计院编.化工工艺设计手册.化学工业出版社,1989
- [13] 王树楹主编.现代填料塔技术指南.中国石化出版社,1998

## Process Design of Incineration Kiln System for Handling Dangerous Wastes

Li Suizhong Kuang Shengli

**Abstract** This paper describes the design method of scope, process flowsheet and main equipment in the model rotating kiln system in Guangzhou in which dangerous wastes are handled.

**Key words** dangerous waste incineration rotating kiln design

## 火电厂烟气脱硫除硝技术介绍 (四)

黄谦德

**摘 要** 介绍了催化法和其他利用化学反应脱硫除硝的方法。催化法虽然费用高,但具有许多优点,预计在城市电厂有良好的应用前景。

**关键词** 烟气脱硫除硝 催化法 选择性

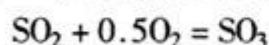
### 1 催化法脱硫

用  $V_2O_5$  作催化剂,使  $SO_2$  氧化成  $SO_3$ ,再制成硫酸,这种工艺在硫酸生产中已广泛应用。电厂烟气含  $SO_2$  浓度较低,单独使用这种技术不经济,故一直未大规模应用。近年来,随着催化法除硝的应用,催化脱硫与其联合使用,使电厂烟气净化技术展现了良好的前景。

传统的硫酸生产“一转一吸”工艺,以  $V_2O_5$  为催化剂,在转化塔中先使  $SO_2$  氧化成  $SO_3$ ,然后在吸收塔中以水或稀硫酸吸收  $SO_3$  产出硫酸。吸收塔的尾气中  $SO_2$  体积浓度仍有 0.2% 左右,污染环境。

70 年代以来,在第一吸收塔后增设第二次转化和吸收,形成“二转二吸”工艺,制酸尾气污染问题基本上得到了解决。

转化塔中  $SO_2$  的氧化反应为



根据 A.B.ГYPBЧЧ 等人利用光谱数据计算的气体自由焓函数  $\Phi^0$ <sup>[1]</sup>,笔者导出在常用操作温度 410 ~ 600℃ 范围内  $SO_2$  氧化反应的平衡常数为

$$\ln K_p = 11535.3T^{-1} - 10.83$$

由平衡气相成分计算可得  $SO_2$  的平衡转化率,如表 1。

生产中一般采用多层催化反应器,废气先经温度较高的床层取其反应速度,然后通过温度较低的床层以提高转化率。

反应器操作空塔气速 1 ~ 2 m/s,大型塔可取更高值。空间速度 6 ~ 22  $S^{-1}$ 。

表 1 不同温度下  $SO_2$  的平衡转化率

| 温度         | ℃ | 410  | 450  | 490  | 530  | 570  | 600  |
|------------|---|------|------|------|------|------|------|
| $SO_2$ 转化率 | % | 97.9 | 96.0 | 93.1 | 88.8 | 83.0 | 77.6 |

国内外大中型硫酸厂已普遍采用二转二吸工艺,改善了环境质量,又增产硫酸。

### 2 烟气除硝

燃烧烟气中的  $NO_x$ ,通常 95% 以上呈 NO 形态存在。燃烧温度越高,NO 所占比率和  $NO_x$  的产出率也越大。

NO 在水中的溶解度很小,故燃烧烟气不宜用溶液吸收法除硝。在生产中,除了低氮燃烧措施外,烟气除硝有下列方法。

#### 2.1 选择性非催化还原 (SNCR)

此法利用化学反应剂将  $NO_x$  还原,属于非催化反应。已用于生产的有两种方法。

##### (1) 热力除硝<sup>[2]</sup>

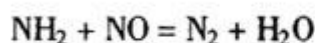
自锅炉燃烧区上方喷射  $NH_3$  气。喷射区温度 870 ~ 1200℃,最佳 950℃。反应时间要求 > 1s。 $NH_3$  气由氨贮罐及蒸发器供应。当  $NH_3: NO_x = 1.5 \sim 2$  时,  $NO_x$  转化率 40% ~ 60%。美国应用此法的燃油或燃气锅炉,排气  $NO_x$  控制  $\leq 61.6 mg/m^3$  (3%  $O_2$ )。

热力除硝无需复杂设置,操作费用也较低。但是  $NO_x$  转化率不高,而且剩余的  $NH_3$

引起污染。

## (2) 喷射尿素水溶液<sup>[3]</sup>

尿素  $C(NH_2)_2O$  在高温下分解成  $NH_3$ , 使 NO 还原:



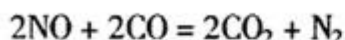
将尿素水溶液均匀喷散在燃烧区上方  $1000 \pm 50^\circ C$  区域内。反应时间要求  $> 0.3s$ 。NOx 转化率 50% ~ 60%, 排放废气中游离  $NH_3$  含量  $< 7.6 mg/m^3$ 。操作费用 500 ~ 800 美元/ $tNO_x$ 。

美国 Nalco Fuel Tech 公司经营此技术业绩显著, 1994 年统计服务机组总容量达到 3102MW, 单机容量 70 ~ 850MW, 燃料包括煤、油和天然气, 喷射尿素系统自动化程度高。该公司对我国电厂锅炉和工业锅炉研究后认为: 喷射尿素溶液除硝对  $\geq 2t/h$  的锅炉则较为困难。

Nalco 公司还拥有同时喷射尿素和石灰的技术, 适用于燃煤锅炉,  $SO_2$  和  $NO_x$  的转化率均为 50% 左右。

## 2.2 非选择催化还原 (NSCR)

通常利用 CO 为气体还原剂将  $NO_x$  还原:



以铂、钯或贱金属为催化剂。它们缺乏选择性, 同样使 CO 与  $O_2$  的反应加速, 导致还原剂耗量增加。

操作温度控制在  $430 \sim 648^\circ C$ , 催化反应器空速  $5.6 \sim 27.8s^{-1}$ ,  $NO_x$  转化率 85% ~ 95%。反应器尾气温度较高, 可安装换热器使进入净化系统的废气预热。若废气中  $NO_x$  初浓度较高, 可串联第二级反应器, 使最终尾气  $NO_x$  达标排放。

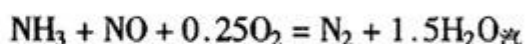
美国一些燃煤或燃气锅炉采用 NSCR, 最大单机容量 300MW<sup>[2]</sup>。

贵金属催化剂价格昂贵, 且其  $Al_2O_3$  载体易与  $SO_x$  反应生成硫酸盐而降低催化剂活性。废气中的粉尘颗粒也会覆盖催化剂表面。因此, NSCR 主要用于燃气或燃烧低硫重油的锅炉。用于燃煤锅炉时, 要求其含硫应低,

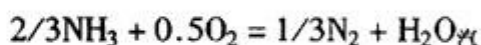
并安装精细除尘器。

## 2.3 选择性催化还原 (SCR)

此法用  $NH_3$  气为还原剂使  $NO_x$  还原。利用气体  $\Phi^\circ$  函数, 在  $180 \sim 380^\circ C$  温度范围内, 反应的平衡常数如下:



$$\ln K_p = 49338.5T^{-1} + 2.01$$



$$\ln K_p = 25614.2T^{-1} + 2.259$$

因此, 理论上这两个反应都可以达到完全。选择性催化剂的作用是使对 NO 还原反应的加速远远超过  $NH_3$  氧化反应的加速, 获得高的 NO 转化率和低的氨耗。

燃烧烟气 SCR 除硝一般以  $V_2O_5$  作催化剂,  $TiO_2$  为载体。近年来国外已使用新的沸石型催化剂, 可在  $357 \sim 580^\circ C$  下操作而保持足够高的活性, 缩短反应时间。

普通钒催化剂的操作温度  $300 \sim 400^\circ C$ , 空间速度  $0.83 \sim 2.8s^{-1}$ ,  $NH_3/NO_x$  摩尔比  $1 \sim 1.2$ 。

SCR 除硝的原则工艺流程如图 1 所示。

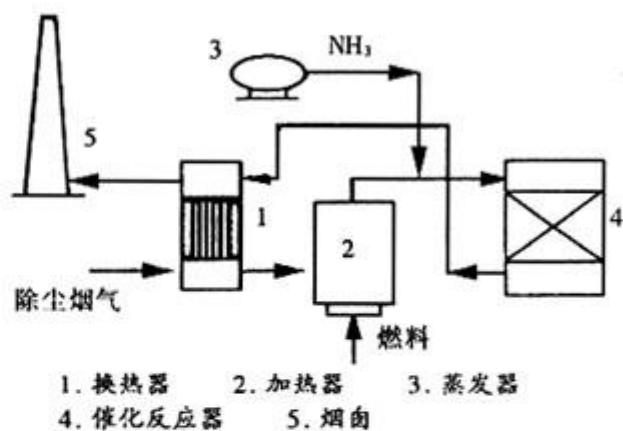


图 1 SCR 除硝工艺流程

美国的燃气和油气两用透平发电机大多数采用 SCR 除硝。据 18 家企业统计<sup>[2]</sup>, 服务机组总容量 700MW, 单机容量 3.3 ~ 99MW。NO 转化率 80% ~ 87%, 最高 97%; 排放尾气含  $NO_x 10.3 \sim 51.3 mg/m^3$  (含 15%  $O_2$ )。据 KRC 公司的资料, 美国两家电厂的 SCR 规模很大, 单机容量 480MW<sup>[4]</sup>。

德国的燃煤或燃油机组已有 9 台较大规



模的 SCR 除硝装置<sup>[5]</sup>, 最大机组烟气  $140 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。Depogas 电厂有 3 台 1.5 MW 燃气机组, 废气管道中喷入 25%  $\text{NH}_3$  的氨水使烟气从  $520^\circ\text{C}$  降至  $430^\circ\text{C}$ , 进入催化反应器。块状催化剂尺寸  $150 \times 150 \times 300 \text{ mm}$ , 逐层堆砌。反应器尺寸  $2000 \times 2000 \times 3000 \text{ mm}$ 。氨水耗量  $25 \sim 30 \text{ L/h}$ , 尾气含  $\text{NO}_x < 462.1 \text{ mg/m}^3$ 。

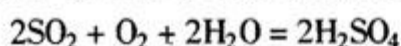
### 3 烟气同时脱硫除硝

在这类烟气净化系统中, 脱硫除硝可在两个主设备中分别完成, 或在一个设备中同时完成。

#### 3.1 氨还原——吸附法<sup>[2]</sup>

德国 H·Krantz 公司 1989 年进行了中间工厂试验, 除尘后的燃煤锅炉烟气进入吸附净化器同时脱硫除硝。

吸附器内装有 2 层活性炭。烟气从吸附器下部进入, 先经下层炭床吸附脱硫:



对  $\text{SO}_2$  的吸附容量为 15%, 饱和后将其放出另行处理。脱硫后的废气混入  $\text{NH}_3$  气并进入上层炭床, 发生与 SCR 相同的过程而除硝,  $\text{NO}$  转化率约 80%。下层炭床放出后, 将上层活性炭转入下层并在上层装入新鲜活性炭。

实验装置  $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ , 吸附器内温度  $100 \sim 120^\circ\text{C}$ , 炭层表观风速  $0.1 \sim 0.15 \text{ m/s}$ , 烟气总停留时间  $10 \sim 20 \text{ s}$ 。操作  $\text{NH}_3/\text{NO}$  摩尔比 1.0, 排放尾气含  $\text{NH}_3 < 7.6 \text{ mg/m}^3$  ( $3\% \text{ O}_2$ )。

#### 3.2 吸收——SCR 联合法<sup>[2]</sup>

德车 Energie und wasserversorgung 电厂在 3 台燃煤机组上安装此联合装置。每台锅炉烟气量为  $(16 \sim 20) \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , 燃煤含硫 1%, 烟气进入吸收洗涤器时含  $\text{SO}_2$  约  $1600 \text{ mg/m}^3$ 。

吸收塔尾气温度为  $70 \sim 75^\circ\text{C}$ , 经加热至  $320^\circ\text{C}$ , 以  $\text{NH}_3/\text{NO}$  摩尔比 0.94 混入  $\text{NH}_3$  气后进入催化反应器。

每台锅炉配 2 台立式催化反应器。每台反应器装催化剂  $43 \text{ m}^3$ , 每层高  $0.4 \text{ m}$ 。进气

中  $\text{SO}_2$   $8 \sim 150 \text{ mg/m}^3$ ;  $\text{NO}_x$   $500 \sim 750 \text{ mg/m}^3$ ; 粉尘  $10 \text{ mg/m}^3$ 。设计  $\text{NO}$  转化率为 92%。SCR 系统总投资  $2800 \times 10^4$  美元 (1986 年), 年运行  $3500 \sim 4000 \text{ h}$ 。

#### 4.3.3 分步催化法 (SNOX)

此法主要由精细除尘、催化脱硫和 SCR 除硝等工序组成。在丹麦 3.5 MW、意大利 Gela 电厂  $10 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$  中试厂完成试验后, 丹麦 Vendsyssel 电厂 305 MW 油煤两用机组安装投产<sup>[6]</sup>。

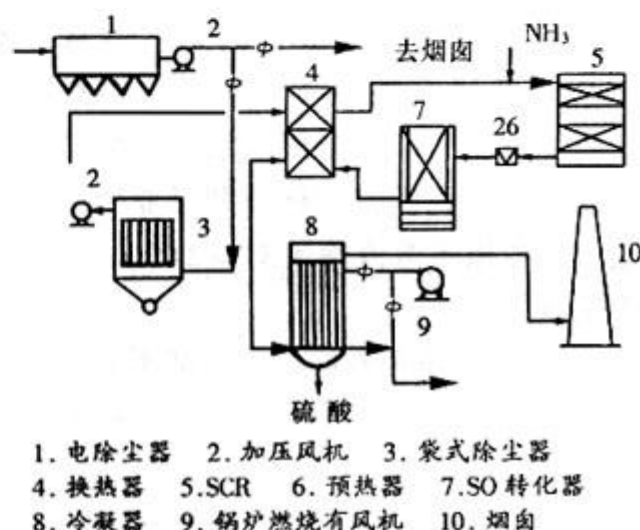


图 2 SNOX 同时脱硫除硝工艺流程

Vendsyssel 电厂的 SNOX 工艺流程如图 2 所示。燃煤含硫 1.6%, 烟气量  $90 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , 除尘至  $< 10 \text{ mg/m}^3$ 。经  $85000 \text{ m}^2$  换热器使 SCR 进气加热到  $385^\circ\text{C}$ 。SCR 尾气用蒸汽预热器稍加升温后进入  $\text{SO}_2$  转化器, 器内 36 盘催化剂。

转化器所得  $\text{SO}_3$  气体, 进入 6 台玻璃列管式冷凝器, 每台换热面积  $4100 \text{ m}^2$ , 排气  $100^\circ\text{C}$ 。此冷凝器还作为锅炉燃烧用空气的第一预热器, 增加了锅炉的热收入。

Vendsyssel 的主要指标: 氨耗  $0.38 \text{ t/h}$ ,  $\text{NO}$  转化率  $> 90\%$ ,  $\text{SO}_2$  转化率 93%, 硫酸产量  $5.2 \text{ t/h}$ 、浓度 95%。净化系统的运行使电厂热效率降低只有 0.2%。

SNOX 的优点是明显的, 将成为城市电厂烟气净化的最佳方式。

## 5 参考文献

- [1] Л.В.Гурвич. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ТОМ I ~ IV, 1978 ~ 1982
- [2] NOx Control technology data. EPA Sourcebook. EPA/600/2-91/029
- [3] Nalco Fuel Tech 公司广州技术介绍会资料. 1994
- [4] Flue gas NOx Control utilizing the SCR Process technology References. KRC UMWELTTECHNIK
- [5] SO<sub>2</sub> and NOx retrofit control technologies handbook EPRI. 1985
- [6] David J. Collins. Initial operating experience of the SNOX Process. ABB Environmental Systems, EPA Research and development.

## The Smoke Desulfer and Denitration Technique in Fuel Power Station (d)

Huang Qiande

**Abstract** Desulfer and denitration technique by catalytic and other chemical process is described. The catalytic process is cost but has many advantages, and can be expected a good prediction in the application in city's power station.

**Key words** Smoke Desulfer and Denitration catalytic process selectivity

## 利用下水道铺光纤通信网

日本 NTT 利用下水道铺设光纤通信网, 可节省挖隧道的费用降低成本。现已在城市铺设 500km 光纤通信网, 除用于通信外还用于泵站营业所操作现场和企业排放口之间的污水处理的通信, 下一步建立城市间通信网, 到 2010 年达 10 万 km。

洪蔚

## 二恶英使儿童牙齿异常

芬兰赫尔辛基大学齿学系萨杜·阿拉儿塞教授在英国《Lancet》杂志发表调查结果认为, 用被二恶英污染母乳哺育成长的儿童牙齿变色和脆弱。阿拉儿塞教授研究组对芬兰 102 个 6~7 岁儿童调查牙齿变色、软化等异常情况原因, 对照这些儿童出生后 4 周母乳中二恶英和 PCB 浓度分析数据, 发现儿童牙齿异常程度与母乳中二恶英浓度成正比, 但与 PCB 没相关性。说明是受该地区二恶英污染的影响。

洪蔚

## 德国实行新环境税

德国实行新环境税是德国税制改革的一环, 对电、气、汽油等能源费课以环境税。新环境税电费 1kW 征收 20 芬尼环境税, 同时提高石油环境税, 汽油 1L 提高 6 芬尼, 灯油提高 4 芬尼。

洪蔚

## 二氧化氯的性质及其在 饮用水和废水处理的应用

彭超英 高孔荣

(华南理工大学食品与生物工程学院, 广州 510641)

银玉容

(广州格林兰环境与资源科技有限公司, 广州 510620)

**摘 要** 介绍了二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )消毒剂的性质及应用范围, 阐述二氧化氯在饮用水处理、医院废水及印染废水处理方面的应用情况。

**关键词** 二氧化氯 氯气 饮用水消毒 废水处理

### 1 前言

自 1820 年漂白粉被应用于饮用水消毒及创伤感染的治疗后, 氯制剂很快遍及各个消毒领域并以它的价格低廉、杀菌力强等特点始终处于消毒的主导地位, 但氯气作为长期使用的杀菌剂, 其负面作用也愈来愈突出, 主要表现在以下几方面: 一是应用于饮用水消毒会产生三卤甲烷<sup>[1,2,11,12,13]</sup>, 三卤甲烷包括三氯甲烷( $\text{CHCl}_3$ —氯仿)、三溴甲烷( $\text{CHBr}_3$ —溴仿)、一溴二氯甲烷( $\text{CHBrCl}_2$ )、一氯二溴甲烷( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ), 以及一碘二氯甲烷( $\text{CHICl}_2$ ), 其中氯仿早已通过动物实验被证明其有毒性和致癌性, 严重地危害着人类的健康; 二是当水的 pH 大于 9 时, 氯气的杀菌作用明显降低<sup>[11]</sup>; 三是由于长期使用该杀菌剂, 细菌产生了抗药性, 使氯气的使用量逐渐增加。液氯消毒的危害性已引起了人们的普遍关注, 而二氧化氯作为一种新型的消毒剂正以其独特的优良性能, 在饮水消毒、工业给水处理、二次给水消毒、游泳池水处理、含酚含氰废水处理 and 医院废水处理、食品消毒保鲜、纸浆纤维的漂白及印染废水的处理等方面, 得到越来越广泛的应用。本文主要介绍二氧化氯的性质及其在饮用水、医

院废水及印染废水处理方面的应用情况。

### 2 二氧化氯的性质

二氧化氯制备方法很多, 基本上都是用氯酸盐为原料, 在酸性条件下还原制得  $\text{ClO}_2$  气体, 然后用水吸收。

二氧化氯是一种黄绿色气体, 具有与氯相似的刺激性气味, 沸点  $11^\circ\text{C}$ , 凝固点  $-59^\circ\text{C}$ , 极不稳定, 气态二氧化氯在空气中的含量高于 10% 时就有可能爆炸, 到目前将二氧化氯液化储存的种种努力都没有成功, 只能在使用现场临时制备。

二氧化氯易溶于水, 溶解度约为氯的 5 倍, 在室温 4 kPa 分压下溶解度为 2.9 g/L。二氧化氯在水中以纯粹的溶解气体存在, 不易发生水解反应, 水溶液在较高温度与光照下会生成  $\text{ClO}_2^-$  与  $\text{ClO}_3^-$ , 因此应在避光低温处存放。二氧化氯溶液浓度在 10 g/L 以下时基本没有爆炸的危险。

二氧化氯在水溶液中离解常数 (K) 很小,  $20^\circ\text{C}$  是为  $1.2 \times 10^{-7}$ , 在水中基本上保持不离解的形式。二氧化氯溶液对光敏感, 即使在黑暗中, 室温下每天离解率为 2% ~ 4%,  $2^\circ\text{C}$  时离解率可降至 1% 以下。



二氧化氯水溶液具有强烈的腐蚀性,只能贮存在玻璃、陶瓷、无塑化剂及填料的聚氯乙烯及铂、钛等耐腐蚀设备。

## 2.1 二氧化氯的氧化作用

### 2.1.1 二氧化氯的氧化性

二氧化氯的氧化性大于氯气,其氧化能力是氯气的 2.63 倍,在水中投加二氧化氯后,经氧化还原作用生成的亚氯酸根离子( $\text{ClO}_2^-$ )也有氧化能力,可以在给水管网中继续降解,使二氧化氯消毒具有一定的持久性<sup>[4]</sup>。

### 2.1.2 二氧化氯对铁、锰的氧化

二氧化氯能够把二价锰氧化成四价锰,使之形成不溶于水的二氧化锰( $\text{MnO}_2$ )。二氧化氯同样也能够把二价的铁氧化成三价的铁,形成氢氧化铁沉淀。所以二氧化氯能通过氧化二价的铁、锰离子,以去除铁、锰离子造成水质的沉淀和着色。

### 2.1.3 二氧化氯对酚的氧化

二氧化氯与酚反应速度很快,生成物为无害的 1,4-苯醌。

### 2.1.4 二氧化氯对硫化物的氧化

二氧化氯将硫化物氧化成硫酸盐,且不会形成胶体状硫而堵塞设备,二氧化氯对硫化物的氧化作用,对工业废水及市政废水的处理十分有利。

### 2.1.5 二氧化氯对氰化物的氧化

二氧化氯氧化氰化物生成氰酸盐、二氧化碳和氮气。

## 2.2 二氧化氯与有机物反应

二氧化氯与腐植酸、富里酸和灰黄霉素等反应都不会生成三卤甲烷,即使在饮用水消毒过程中投加少量的二氧化氯也能有效地抑制三卤甲烷的生成。

## 2.3 二氧化氯与氨反应

二氧化氯不会与氨反应,在含氨的系统中可发挥极好的杀菌作用,对藻类也有很好

的杀灭作用。

## 2.4 二氧化氯的消毒作用

二氧化氯是一种广谱、高效的杀菌消毒剂,对细菌、细菌芽孢、病毒、霉菌孢子、真菌等都有很好的杀灭效果。二氧化氯的杀菌机理有很多解释,大多数学者认为是二氧化氯会附着在细胞壁上,穿过细胞壁与含巯基的酶反应而使细菌死亡。二氧化氯会很快地抑制蛋白质的合成,细胞在与二氧化氯接触几秒钟之后,就不能将用  $\text{C}_{14}$  标记的氨基酸合成蛋白质<sup>[4]</sup>。由于细菌、病毒、真菌都是单细胞的低级生物,其酶系分布于细胞膜的表面,易于受到二氧化氯的攻击而失活,而人和动物细胞,酶系藏于细胞质之中而受到保护系统的保护,二氧化氯难以和酶直接接触,所以二氧化氯对人和动物无害。

二氧化氯不仅具有相当强的杀菌能力,同时也具有相当好的持久性,John. C. Hoff 与 Edwin E. Geldreich 对四种消毒剂在 pH 为 6~9 时对大肠杆菌和病原体的消毒效率及消毒持久性进行比较得出的结果如下:

消毒效率:  $\text{O}_3 > \text{ClO}_2 > \text{Cl}_2 > \text{RNH}_2\text{Cl}$ ; 消毒持久性:  $\text{RNH}_2\text{Cl} > \text{ClO}_2 > \text{Cl}_2 > \text{O}_3$

## 3 二氧化氯在饮用水处理方面的应用<sup>[2,4,5,7,10]</sup>

1944 年,美国的 Niagara Falls 水厂为控制水中由于藻类繁殖所产生的气味,率先使用二氧化氯获得成功。据报道,目前欧洲各国已有数千家水厂应用二氧化氯消毒,美国和加拿大也有几百家水厂使用,仅美国就有 400 多家水厂使用,世界各国在水净化消毒剂中使用二氧化氯的比例越来越大,二氧化氯的应用市场极为广阔,发达国家二氧化氯的需求量以年增长率 5%~7% 的速度递增。使用二氧化氯的目的包括除臭除味、脱色消毒、除铁除锰、控制卤代物的形成等。由于二氧化氯不会与水中的有机物反应生成三卤甲烷,且其消毒作用不受水质酸碱度和氨及

胺类化合物的影响。实践证明,二氧化氯是理想的饮水消毒剂之一,被世界卫生组织定为AI级安全消毒剂,美国环保局已将 $\text{ClO}_2$ 列为替代液氯消毒剂的首选药物。1980年,德国水质净化委员会推荐使用剂量 $0.35\text{mg/L}$ 。根据美国的实践经验证明,用量在 $1\text{mg/L}$ 时,对人体健康无任何损害和影响,在使用过程中产生的亚氯酸盐对人体也无任何影响。

饮用水中使用二氧化氯消毒有以下几个好处:

(1) 不会象氯气那样生成有强致癌性的三氯甲烷等有机卤代物。

(2) 能有效控制藻类的生长<sup>[4]</sup>。

(3) 消毒能力和氧化能力远远超过氯气。相对于氯气,二氧化氯所需投量小,杀菌速度快<sup>[8,11,14,15]</sup>。

(4) 能有效除去水中的色、味。二氧化氯能有效破坏酚、硫化物、氰化物和其它有机物霉臭物质<sup>[2]</sup>。

(5) 使用时不受pH值影响<sup>[3]</sup>。

(6) 与其它消毒剂相比,二氧化氯可在供水管网中保持较长的时间<sup>[4,14]</sup>。

正因为二氧化氯消毒具有一系列的优点,不少国家已开始采用二氧化氯取代氯作为饮用水的消毒剂。我国对二氧化氯的研究起步较晚,与国外先进水平还有较大差距,目前,我国使用二氧化氯消毒剂的水厂还很少,二氧化氯生产设备费用及成本较高。鉴于人们对水质要求的不断提高,我国也会逐步用二氧化氯取代氯作为饮用水消毒剂。

#### 4 二氧化氯在医院废水处理方面的应用

医院污水与生活污水的不同之处在于,医院污水中含有大量的致病菌和病毒,因此,医院污水必须经过严格的消毒处理后才能排放。由于二氧化氯杀灭细菌和病毒的能力远远超过氯气,加上小型的二氧化氯发生器体积小、占地少、操作方便、安全可靠,所以,二氧化氯消毒剂在医院污水处理中应用非常

广泛。在医院污水处理中二氧化氯的投加量视工艺要求而定。一级处理时投加量为 $30\sim 40\text{mg/L}$ ,二级处理时为 $15\sim 20\text{mg/L}$ 。黄君礼等<sup>[3]</sup>进行了这方面的实验研究,实验指出,用二氧化氯处理医院污水时,投加量为 $25\text{mg/L}$ ,作用 $60\text{min}$ 后,污水即可达到GBJ48-1983国家医院污水排放标准和GB8978-1996国家污水综合排放标准的要求。二氧化氯投加量为 $30\text{mg/L}$ ,灭菌 $40\text{min}$ ,医院污水中的非致病菌可全部杀灭,而同样条件下用氯气消毒,则仍有梭状芽孢杆菌属、芽孢杆菌属和八叠球菌属存活。对医院污水中最常见的三种致病菌,志贺氏菌属,沙门氏菌属和大肠杆菌属,二氧化氯投加量 $10\text{mg/L}$ ,灭菌 $40\text{min}$ ,三种致病菌可全部杀灭,而用氯气需 $25\text{mg/L}$ , $40\text{min}$ 才全部杀死。同时二氧化氯对医院污水中COD和 $\text{BOD}_5$ 的去除效果也优于液氯。

#### 5 二氧化氯在印染废水处理方面的应用

印染废水的特点是色度深、水量大、组分复杂,含有染料、浆料、助剂、纤维、果胶、蜡质、无机盐等多种物质,其中尤以染料的污染最为严重。传统的处理方法如生化法、吸附法、物化法等,普遍存在处理投资费用大、运行费用高、处理效果不佳、色度去除困难等缺点。因此,人们一直在寻找新的处理法。陈鸿林等<sup>[6]</sup>用二氧化氯-混凝组合法处理印染废水,废水经处理后pH、色度、 $\text{BOD}_5$ 、 $\text{S}^{2-}$ 分别为7、50、 $6.2\text{mg/L}$ 、 $0.96\text{mg/L}$ 均能达国家标准GB8978-1996的要求,而且工艺简单、操作方便、投资少。王福祥等<sup>[5]</sup>用二氧化氯处理印染废水,废水经二氧化氯氧化后,再投加助凝剂和絮凝剂,使废水的pH、 $\text{COD}_G$ 及色度分别8、130 $\text{mg/L}$ 、40均能达标排放,且设备安全可靠,运行成本低。

二氧化氯在印染废水处理中的主要作用是脱色,二氧化氯的脱色机理是:① $\text{ClO}_2$ 的

分解物对色素中的某些基团有取代作用,对色素分子中结构的双键有加成作用。还可能产生氧化、氯化等作用,从而破坏色素的共轭双键达到消色目的。②  $\text{ClO}_2$  能水解木质素和果胶物质,再与它们的水解物发生氧化、氯化、加成反应。③  $\text{ClO}_2$  能氧化一些有机物生成亚氯酸根和被氧化的有机残留物<sup>[5]</sup>。

## 6 $\text{ClO}_2$ 消毒剂的发展

国外对  $\text{ClO}_2$  的研究相当广泛,其应用及配套工艺也已十分完善,我国对  $\text{ClO}_2$  消毒剂的开发工作已开始。由于二氧化氯在空气中的浓度超过 10%,在水中超过 10 g/L 时具有爆炸的危险,所以,二氧化氯必须在需要使用的地方现场生产。国外已开发出能连续生产高纯度的二氧化氯的发生器,但成本相对于液氯也较高。而目前,国内研制出的一些  $\text{ClO}_2$  发生装置,有的成本过高,有的二氧化氯纯度太低,因此,开发出一种纯度高成本又低的二氧化氯发生器是推广应用二氧化氯的关键环节。

## 7 参考文献

- [1] 沈志恒,吴明月. 饮用水中三卤甲烷及去除方法. 哈尔滨建筑大学学报,1996;29(5):115~117
- [2] 黄君礼,李海波,毛宁. 二氧化氯和液氯消毒饮

用水致突变性的研究. 环境化学,1998;17(4):381~387

- [3] 黄君礼,周丽颖. 二氧化氯处理医院污水的研究. 环境化学,1999;18(1):61~69
- [4] 王永仪,蒋展鹏. 二氧化氯消毒现状与发展. 中国给水排水,1996;12(5):23~25
- [5] 王福祥,包训祥. 二氧化氯在印染废水处理中的应用. 环境导报,1998;(6):17~19
- [6] 陈鸿林,张长寿. 混凝—二氧化氯组合法处理印染废水. 工业水处理,1999;19(2):32~34
- [7] 张志仁,张延方. 二氧化氯消毒及其发生器. 给水排水,1996;25(1):35~37
- [8] 黄君礼,王丽. 二氧化氯对水中细菌的灭菌效果. 中国给水排水,1996;12(3):13~16
- [9] 黄君礼,李海波,王丽. 二氧化氯的发生技术. 环境科学进展,1997;5(2):55~60
- [10] 阮复昌,莫柄禄. 稳定性二氧化氯的简易制备方法. 中国给水排水,1996;12(3):41~42
- [11] 孙怡荣,王宝贞. 饮用水处理中的几种消毒剂. 环境保护科学,1999;25(1):10~12
- [12] 刘佩珠. 二氧化氯生产技术进展. 现代化工,1991;(1):33~35
- [13] 邵志良. 应用二氧化氯消毒饮用水的评价. 环境科学研究,1992;(3)21~25
- [14] John C Hoff, Edwin E Geldreich J AWWA. 1981;73(1)
- [15] Roy L. Wolfe. Environmental Science and Technology. 1990;24(6)

# Property of Chlorine - dioxide and its Application in Drinking Water and Waste Water Treatment

Peng Chaoying   Gao Kongrong   Ying Yurong

**Abstract** In this paper the properties of chlorine dioxide ( $\text{ClO}_2$ ) and its application in drinking water, hospital sewage, print and dyeing wastewater treatment are summarized.

**Key words** chlorine - dioxide   chlorine   drinking water   wastewater   wastewater treatment



## 广州市餐厅油改气前后的排放对比研究

王伯光 李 拓 吴政奇

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510620)

张远航

(北京大学环境科学中心, 北京 100871)

**摘 要** 根据对天河区石牌街少于 200 餐位的餐厅调查结果, 选取了一些有典型代表性的餐厅进行燃烧废气排放监测, 计算了排放因子, 研究了油改气前后污染物排放状况的变化。

**关键词** 餐厅 燃油 燃气 排放因子 广州市

为了调查广州市餐厅废气排放造成的环境污染和燃油改为燃气带来的环境改善, 作者于 1999 年 6 月 20~21 日对天河区石牌街所有少于 200 餐位的餐厅进行了调查, 并选取一些有代表性的餐厅对其废气排放进行监测。在此基础上进行了燃油餐厅和燃气餐厅废气排放因子的初步计算。

### 1 监测点位的选取

现场调查结果表明, 天河区约有少于 200 餐位的餐厅 817 家, 石牌街有 200 多家。其中大多数已经实行了油改气。为了便于对比研究燃料替代带来的环境改善, 考虑燃料类型、炉灶功率、燃料消耗量、废气排放控制措施、通风量及采样环境等, 选取燃油和燃气的餐厅各 3 家为监测研究对象。本文从研究的角度出发, 各检测餐厅以编号表示。1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>为一般废气排放控制和燃烧条件的燃油餐厅, 3<sup>#</sup>为废气排放控制措施较差的燃油餐厅; 4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>为一般废气排放控制和燃烧条件的燃气餐厅, 6<sup>#</sup>为废气排放控制措施较完善的燃气餐厅。由于燃具是厨具公司的批量产品, 具有可比性。

### 2 采样方法、监测项目及分析方法

采用烟道气采样方法, 对各餐厅的火烟

排放口进行 PM、NO<sub>x</sub>、TCH、CO 采样, PM 采取的滤膜孔径为 0.3 $\mu$ m, 采样流量 100 L/min, 采样时间为 30 min。NO<sub>x</sub> 采用吸收液采样, 流量 0.5 L/min, 采样时间 2~5 min。TCH 采用针筒采样, CO 采用双簧球胆采样。采样方法、监测项目和分析方法参见下表 1。

表 1 本次研究的采样方法、监测项目和分析方法

| 监测项目            | 采样方法    | 分析方法             | 最低检出限                  |
|-----------------|---------|------------------|------------------------|
| NO <sub>x</sub> | 吸收管     | 盐酸萘乙二胺分光光度法 (国标) | 0.01 mg/m <sup>3</sup> |
| CO              | 双簧球胆    | 非分散红外            | 1.25 mg/m <sup>3</sup> |
| TCH             | 针筒      | GC/FID           | 0.14 ng                |
| PM              | 烟道气采样方法 | GC/MS            | 0.1 ng                 |

### 3 监测结果分析

调查结果表明, 广州市少于 200 餐位的餐厅一般有 2~6 个炉灶, 2~4 台鼓风机, 排风量较小, 燃料消耗一般为 6~10 kg/h。污染排放控制措施没有全面实行。少数餐厅采用了烟气水喷淋技术。

现场采样可以直接得到不同燃料、不同规模和采取不同排放控制措施的餐厅的火烟排放污染物排放水平, 见表 2。

一般燃烧和排放情况下, 油改气后燃气

餐厅 NO<sub>x</sub> 的排放浓度约为油改气前排放的 1/2, CO 的排放浓度约为 1/3, PM 的排放浓度约为 1/45, TCH 的排放浓度则约为油改气前的 5 倍。

6<sup>#</sup> 代表实行油改气并具有较好的燃烧和排放条件的餐厅。油改气后燃气餐厅 NO<sub>x</sub> 的排放浓度约为燃油餐厅排放的 1/20, CO 的排放浓度约为 1/5, PM 的排放浓度约为 1/45, TCH 的排放浓度则与油改气前的浓度基本相当。

在燃烧和排放条件较差的情况下 (3<sup>#</sup>), 由于火烟排放口没有抽风机, 且该酒店厨房和室内环境空气很差, 造成监测结果偏高。由于燃烧不充分, 燃烧温度低, 造成 NO<sub>x</sub> 的监测结果偏低。

由此可见, 油改气对 NO<sub>x</sub>、CO、PM 的排放都有明显的改善。但是由于目前调查中的大部分燃气餐厅炉灶的燃烧空燃比不理想, 液化气燃烧不完全, 导致大部分燃气餐厅的总碳氢排放较高。如果调节好炉灶的燃烧空燃比, 并采取一定的排放控制措施 (例如, 在火烟排放口采取水喷淋技术), 对 TCH 的控制也会达到好的效果。

另外, 本次研究还详细地分析了颗粒物中的有毒有机物, 对比分析了油改气前后有毒有机物的差别。

餐厅火烟 (燃油或燃气) 颗粒物中共检测多环芳烃类、硝基苯类和酞酸酯类等三大类化合物, 多环芳烃类为 22 种, 硝基苯类为 6 种, 酞酸酯类 7 种。多环芳烃类和硝基苯类均为 “三致” 化合物, 可导致呼吸道癌和皮肤癌等重大疾病的发生, 严重影响人群健康。

与燃油相比, 燃气火烟排放的多环芳烃总量浓度可以减少 2/3; 其中强致癌化合物苯并 (a) 芘、苯并 (b) 荧蒽、苯并 (k) 荧蒽等减少 90% 以上。硝基苯类总量浓度可以减少 3/4, 酞酸酯类总量浓度稍有改善。

通过以上各餐厅火烟排放中污染物浓度的分析可以得到一个初步结论, 油改气能够

明显控制各污染物的排放, 有利于改善广州市的环境空气质量。

表 2 广州市餐厅油改气前后废气排放污染物浓度监测结果 (mg/m<sup>3</sup>)

| 餐厅名      |                  | NO <sub>x</sub> | CO   | TCH   | PM    |
|----------|------------------|-----------------|------|-------|-------|
| 燃油<br>餐厅 | 1 <sup>#</sup>   | 45.05           | 52.3 | 7     | 6.93  |
|          | 2 <sup>#</sup>   | 41.16           | 19.4 | 3     | 2.15  |
|          | * 3 <sup>#</sup> | 6.78            | 1580 | 35.07 | 18.28 |
| 燃气<br>餐厅 | 4 <sup>#</sup>   | 21.41           | -    | 36.22 | -     |
|          | 5 <sup>#</sup>   | 26.39           | 10.2 | 16.88 | -     |
|          | △6 <sup>#</sup>  | 2.48            | 7.52 | 5.1   | 0.1   |

注: \* 燃烧和排放条件较差的餐厅;  
△燃烧和排放条件较好的餐厅

4 排放因子计算

为了进一步研究油改气对改善广州市第三产业废气排放的效果, 需要从不同角度研究燃油餐厅和燃气餐厅的排放因子, 准确计算燃油和燃气餐厅的排放差别。下面分别按燃料重量法和燃料燃值法计算排放因子。

4.1 重量法

在一定的燃烧条件下, 每燃烧 1kg 的燃料所生成污染物的质量即为重量法的排放因子。这是一种较为常用的方法。

根据调查的餐厅燃油或燃气耗量和表 2, 可以计算出广州市餐位少于 200 个的燃油和燃气餐厅的废气中各污染物重量排放因子。见表 3。计算公式如下:

$$E_f = \frac{C_i V_w}{M_f}$$

式中:  $E_f$ ——污染物排放因子, g/kg  
 $C_i$ ——排放口污染物浓度, g/m<sup>3</sup>  
 $V_w$ ——通风量, m<sup>3</sup>/h  
 $M_f$ ——燃料消耗量, kg/h

由表可见, 目前条件下的油改气对 NO<sub>x</sub>、CO、PM 的减少有明显效果, 但是对 TCH 的排放控制不理想。

燃气餐厅比燃油餐厅 TCH 高的可能原因有: (1) 目前大多数以液化气为燃料的小型餐厅鼓风机功率较小, 燃烧条件太差, 炉灶

的空燃比不理想,使得液化气燃烧不充分,故造成燃气餐厅 TCH 排放因子较高。(2)重量排放因子算法忽视了燃气和燃油的燃烧效益,从而用该传统方法计算得到的排放因子没有考虑到经济效益。为了正确评价油改气前后的排放因子,有必要进行燃值排放因子的计算。

4.2 燃值法

为了更加准确地反映燃气和燃油排放的环境经济效益,采用燃值法计算排放因子。完全燃烧单位质量的燃料所产生的污染物,即为燃值法计算的排放因子。柴油的燃值为 46.04 MJ/kg,液化石油气(气态)的燃值为 87.92~100.50 MJ/m<sup>3</sup>。

根据调查的餐厅燃油或燃气耗量、燃值和表 2,可以计算出广州市餐位少于 200 个的燃油和燃气餐厅的废气中各污染物燃值排放因子,见表 3。计算公式如下:

$$E_{f\eta} = \frac{C_i V_w}{M_f \eta}$$

式中:  $E_{f\eta}$ ——污染物排放因子, g/MJ  
 $C_i$ ——排放口污染物浓度, g/m<sup>3</sup>  
 $V_w$ ——通风量, m<sup>3</sup>/h  
 $M_f$ ——燃料消耗量, kg/h  
 $\eta$ ——燃值, MJ/kg(液化气按每 m<sup>3</sup> 计)

根据上述燃值排放因子计算,一般燃烧条件下,油改气后 NO<sub>x</sub> 的排放可减少至油改气前的 1/4, CO 的排放可减少至油改气前的 1/7, PM 的排放可减少至基本为零, TCH 的排放则由于空燃比等燃烧条件不理想,比油改气前增加 1~2 倍。可见即使在一般燃烧条件下,油改气对环境空气的污染也能得到很大改善。

在采取火烟口水喷淋技术和改善燃烧条件后,油改气后 NO<sub>x</sub> 的排放可减少至油改气前的 1/20, CO 的排放可减少至油改气前的 1/7, PM 的排放可减少至基本为零, TCH 的排放可降至比油改气前稍低或更低的程度。

表 3 重量法计算燃油餐厅与燃气餐厅的排放因子

| 排 放 因 子       |        | NO <sub>x</sub> | CO   | TCH  | PM    |
|---------------|--------|-----------------|------|------|-------|
| 重量法<br>(g/kg) | 一般燃油餐厅 | 31.0            | 25.0 | 3.5  | 3.00  |
|               | 一般燃气餐厅 | 18.0            | 8.0  | 20.0 | ≤1.00 |
|               | 良好燃气餐厅 | 2.99            | 7.75 | 6.15 | 0.12  |
| 燃值法<br>(g/MJ) | 一般燃油餐厅 | 0.68            | 0.55 | 0.08 | 0.07  |
|               | 一般燃气餐厅 | 0.18            | 0.08 | 0.2  | 未检出   |
|               | 良好燃气餐厅 | 0.03            | 0.09 | 0.06 | 未检出   |

5 结 论

(1) 监测结果表明,一般排放条件和无排放控制技术情况下,燃油餐厅火烟排放出来的 NO<sub>x</sub>、PM、TCH 和 CO 分别约为: 40、4.5、5.0、35 mg/m<sup>3</sup>; 燃气餐厅则分别约为: 23、0.5、26、10 mg/m<sup>3</sup>。在良好的排放条件和有排放控制技术情况下,燃气餐厅排放污染物浓度分别约为: 20、0.1、10、8 mg/m<sup>3</sup>。

(2) 颗粒物中检测出多环芳烃类、硝基苯和酞酸酯类三类“三致”有毒有机物化合物,其中多环芳烃为 22 种,硝基苯 6 种,酞酸酯 7 种,应该引起人们的注意。油改气后,餐厅排放的多环芳烃总量浓度可以减少到排放前的 1/3,其中强致癌化合物苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽等可以降低至油改气前的 1/10 或更低。硝基苯类总量浓度可以减少至排放前的 1/4,酞酸酯类总量浓度稍有改善。

(3) 排放因子的计算表明,广州市第三产业餐厅执行油改气政策,对 NO<sub>x</sub>、PM 和 CO 等污染的排放控制有明显效果,将有利于改善广州市的环境空气质量。但是,由于目前大多数油改气后的燃气餐厅炉灶的燃烧空燃比不太理想,造成监测到的 TCH 实际排放因子偏高,改善效果不理想。建议今后加强对燃气餐厅的管理和废气排放控制(例如水喷淋技术),改善炉灶的燃烧条件,提高空燃比,这样将有利于控制 TCH 的排放。

(4) 推行油改气政策,改善燃气餐厅的燃烧条件,既节约了能源,又清洁了环境空气,是一种具有环境经济效益的经济可行的燃料技术,值得推广。



## 用掺石灰污泥盆栽狗牙根的实验

鲍磊 鲁艳兵

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

**摘 要** 报导施用污泥和掺加石灰进行狗牙根盆栽对比试验。试验结果表明, 掺加石灰提高微酸性土壤的 pH 值, 可减少植物对重金属的吸收, 降低植物中重金属的含量, 从而寻求解决城市污水处理后污泥利用的途径。

**关键词** 污泥 综合利用 掺加石灰 改性试验

本试验的设想是: 掺加石灰使污泥 pH 值提高, 污泥中的重金属化合物水溶性降低, 从而使植物对它们的吸收下降。

### 1 盆栽实验

供试土壤采自广州郊区赤红壤旱作土, pH 值为 5.3; 供试污泥采自广州市大坦沙污水处理厂的脱水污泥; 供试土壤和污泥的化学成分见表 1; 供试植物为狗牙根 (*Cynodon Dactylon* Per.)。

盆栽实验设计: 用聚乙烯塑料盆, 每盆装土壤 3kg, 设置 7 个处理: 分别投加污泥 0、7.5、15、30、60g/kg 5 个处理 (CK 和处理 1.4) 和加 CaO (分析纯) 将土壤 pH 值分别调到 6.5、7.5, 并施污泥 15g/kg 2 个处理, 每个处理 4 次重复。

盆栽实验在温室进行, 播种 6 天后间苗, 每盆苗下 10 根幼苗, 50 天后第一次收割植物的地上部分, 再过 50 天后第二次收割植物。收割后的植物和土壤样品进行分析测定。

### 2 样品分析测定方法

土壤重金属含量用浓硝酸、高氯酸、氢氟酸消化, ICP-AES 测定; 土壤重金属有效态含量测定用 0.1mol/L HCl 提取, ICP-AES 测定。植物样品重金属用浓硝酸—浓硫酸、

高氯酸消化, ICP-AES 测定。

### 3 施用污泥对植物吸收重金属的影响

施用污泥后, 由于土壤重金属含量大幅增加, 导致植物对重金属的吸收也明显增加, 使植物体内重金属含量增加, 而且增幅大 (表 1)。对第二茬收割的植物样品分析测定结果表明, 第二茬植物重金属含量比第一茬高, 这可能是植物生长的不同阶段随着根系的发育, 导致对重金属吸收的增加, 也可能是污泥中被有机质结合的重金属逐渐释放出来被植物所吸收。

表 1 盆栽植物重金属含量 (mg/kg)

| 处 理 | 第一茬植物 |       |       |       | 第二茬植物  |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
|     | Cd    | Cr    | Ni    | Zn    | Cd     | Cr    | Ni    | Zn    |
| CK  | <0.01 | 0.996 | 3.211 | 76.3  | <0.01  | 1.060 | 4.909 | 143.4 |
| 1   | 0.062 | 1.058 | 5.076 | 223.1 | <0.001 | 1.083 | 5.204 | 194.2 |
| 2   | 0.062 | 1.247 | 6.349 | 278.1 | 0.124  | 1.275 | 9.114 | 336.8 |
| 3   | 0.125 | 1.248 | 8.650 | 277.9 | 0.187  | 1.353 | 15.54 | 487.6 |
| 4   | 0.156 | 1.362 | 12.14 | 347.0 | 0.281  | 1.491 | 24.15 | 633.9 |

### 4 加施石灰对污泥重金属生物有效性的影响

加施石灰后盆栽植物重金属含量及土壤重金属有效态含量见表 2、表 3。由表中可以看出, 加入石灰将土壤的 pH 值从 5.3 提高到

6.5 和 7.5 后, 植物对 Ni、Zn、Cd 的吸收有大幅度的降低。在第一茬收割的植物中, 施入污泥后将 pH 提高到 6.5 和 7.5 的处理植物中, Ni 含量仅为只施污泥不加石灰的 33.3% 和 28.2%, Zn 的含量只占 36.1% 和 19.4%。植物对 Cd 的吸收也有相同的趋势, 但植物对 Cr 的吸收减少的幅度则比较小。由此可见, 接受污泥的酸性土壤, 适当加入石灰将 pH 值提高到中性微碱性, 将会抑制 Ni、Zn、Cd、Cr 等重金属的生物有效性, 减少植物对其吸收。这可能是因为土壤由酸性变成中性或碱性后, 相当一部分的 Ni、Zn、Cd、Cr 将会由离子状态转变成极难溶解的氢氧化物<sup>[5]</sup>, 使植物难于吸收。将植物对重金属的吸收状况与相应土壤重金属有效态含量测定结果(表 3) 进行比较分析, 植物对 Ni 和 Zn 的吸收与土壤 Ni 和 Zn 有效态含量是相适应的, 即加施石灰的土壤 Ni 和 Zn 的有效态含量大幅度降低, 植物对 Ni 和 Zn 的吸收也大大减少, 但 Cd 和 Cr 并未表现出相同的趋势。这表明用 0.1 mol/l HCl 作为提取剂测定的土壤 Ni 和 Zn 的有效态含量作为其生物有效性指标是比较适合的, 但对 Cd 和 Cr 就不一定适

合。

表 2 加施石灰的盆栽植物重金属含量 (mg/kg)

| 处 理             | 第一茬植物 |       |       |       | 第二茬植物 |       |      |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                 | Cd    | Cr    | Ni    | Zn    | Cd    | Cr    | Ni   | Zn    |
| 仅施污泥            | 0.062 | 1.247 | 6.349 | 278.1 | 0.124 | 1.275 | 9.14 | 336.9 |
| 污泥+CaO (pH=6.5) | <0.01 | 1.197 | 2.117 | 100.3 | <0.01 | 1.249 | 1.95 | 81.5  |
| 污泥+CaO (pH=7.5) | <0.01 | 1.049 | 1.790 | 53.9  | <0.01 | 1.150 | 1.92 | 55.8  |

表 3 加施石灰后土壤重金属有效态含量 (mg/kg)

| 处理              | Cd   | Cr   | Ni   | Zn    |
|-----------------|------|------|------|-------|
| 仅施污泥            | 0.02 | 0.63 | 1.83 | 22.41 |
| 污泥+CaO (pH=6.5) | 0.02 | 1.08 | 0.94 | 12.37 |
| 污泥+CaO (pH=7.5) | 0.02 | 0.91 | 0.99 | 12.35 |

4 结果及探讨

狗牙根盆栽实验表明: 施加掺石灰的污泥, 提高土壤的 pH 值, 可使植物对重金属的吸收大为减少。对于不受酸雨或酸性废水侵扰的微酸性土壤来说, 种植非粮食作物和非食用植物是值得探讨的。可以为城市污水厂污泥的综合利用拓宽途径。



空气代替 CFC 空调

日本エヌ・ティ・フアシリテヘーズ、川前制作所和早稻田大学企业与大学协作开发用空气代替 CFC 等作冷冻剂的高效空调系统。关键是采用与除湿剂

等进行吸热除湿的吸附器有关设备组合, 使空气作冷冻剂能达到 CFC 同等的效果。

洪 蔚

美国环境产业迅速增长

美国商务部发表“环境产业报告书”指出, 美国企业从事废弃物处理、污染防治新能源开发等环境产业 1996 年销售总额 1811 亿美元, 比 1994 年上升 5.4%。占国外环境产业市场首位销售额 1718 亿

美元, 至 2000 年环境产业在世界规模销售预见上升 5%, 亚洲、中南美、非洲市场将进一步扩大。

洪 蔚

## 《广州环境科学》1999 年总目录

| 题 目                                       | 作者(年.期.页)     | 题 目                                   | 作者(年.期.页)     |
|-------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| <b>·管理论坛·</b>                             |               | <b>·环境工程·</b>                         |               |
| 全球工业界 ISO14000 环境管理体系认证进展及<br>我国的对策 ..... | 田从华等(99.1.1)  | 广州市内环路工程噪声环境影响预测<br>.....             | 王伟德(99.4.20)  |
| 广州市城市规划的环境保护透视<br>.....                   | 夏育民(99.1.5)   | 用现代化计算机技术建立广州市环境动态监控和<br>预测决策系统 ..... | 崔 侠等(99.4.25) |
| 试论广州市的环境影响评价和环境规划的<br>几个问题 .....          | 夏育民(99.2.1)   | <b>·环境工程·</b>                         |               |
| 生命周期评价 .....                              | 黄先玉等(99.3.1)  | 火电烟气脱硫除硝技术介绍(一)<br>.....              | 黄谦德(99.1.17)  |
| 我国机动车污染物排放标准的发展进程<br>.....                | 葛 奕等(99.3.4)  | 城市污水处理厂节能降耗途径初探<br>.....              | 余建恒等(99.2.23) |
| 关于我国环境标志制度发展的思考<br>.....                  | 钱 茜等(99.3.9)  | 玻璃制品行业高浓度含氟废水处理的新途径<br>.....          | 方益民等(99.2.27) |
| 对广州市开展建设项目环境保护分类管理研究<br>的初步设想 .....       | 吴乾钊等(99.4.1)  | 火电厂烟气脱硫除硝技术介绍(二)<br>.....             | 黄谦德(99.2.29)  |
| 论强化环境执法的监督机制 .....                        | 王 健(99.4.4)   | 火电烟气脱硫除硝技术介绍(三)<br>.....              | 黄谦德(99.3.21)  |
| 广州市控制摩托车排气污染相关政策的分析 .....                 | 葛 奕等(99.4.7)  | 超滤技术及其在制浆造纸工业废水处理中<br>的应用 .....       | 贾凤莲等(99.3.25) |
| <b>·综 述·</b>                              |               | 危险废物回转窑焚烧系统的工艺设计<br>.....             | 李穗中等(99.4.29) |
| 室内空气中挥发性有机物污染研究进展<br>.....                | 刘 刚(99.1.9)   | 火电厂烟气脱硫除硝技术介绍(四)<br>.....             | 黄谦德(99.4.34)  |
| 超滤技术及其在工业废水处理中的应用和开发<br>.....             | 阙秋妮等(99.1.13) | 二氧化氯的性质及其在饮用水和废水处理的<br>应用 .....       | 彭超英等(99.4.38) |
| 植物对金属镉的吸收、分配及其影响因素<br>.....               | 章金鸿等(99.3.28) | <b>·环境监测·</b>                         |               |
| 恶臭及挥发性有机溶剂废气的治理技术<br>.....                | 梁 红等(99.4.11) | 原子荧光光谱法测定地面水微量砷的最佳反应<br>条件的选择 .....   | 谢少涛(99.1.20)  |
| <b>·研究报告·</b>                             |               | 计算机在环境监测质量保证管理中的应用<br>.....           | 郑习健(99.1.22)  |
| 水体沉积物中有机氯农药的定量分析方法研究 .....                | 林 峥等(99.2.5)  | 工业废水中石油类物质测定的硫干扰的探讨<br>.....          | 胡粤辉(99.1.25)  |
| 广州地区环境空气中挥发性有机物分布及其成因研究<br>.....          | 王伯光等(99.2.9)  | 从清洁区看广州市空气污染变化及污染控制对策<br>.....        | 谢 媚等(99.1.28) |
| 污泥热处理灰渣制砖的试验报告 .....                      | 梁俊生等(99.2.13) | 环境监测质量控制方法——质控图的应用<br>.....           | 杨丽华(99.2.16)  |
| 茂名市 SO <sub>2</sub> 大气环境容量研究 .....        | 王树功(99.3.13)  | 广州地区近十年酸雨污染的变化<br>.....               | 黄清凤等(99.2.19) |
| 珠江三角洲某乡镇大气气溶胶中毒害性有机污染<br>物的初步研究 .....     | 罗丽红等(99.3.17) | 激光散射法测量微粒粒径分布<br>.....                | 吴开华等(99.3.33) |
| 固定化酪氨酸酶去除水中酚类物质的研究<br>.....               | 安林坤等(99.4.16) | 扣除空白的回归计算 .....                       | 黄静平等(99.3.35) |



### ·调查研究·

- 用生物检测法鉴定堆放场废铁罐残留物的毒性  
..... 梁永禧等(99.1.32)
- 广州市机动车污染分担率分析  
..... 冯 滨等(99.2.33)
- 广州市机动车排气净化技术应用效果分析  
..... 莫秀贞等(99.3.38)
- 广州市餐厅油改气前后的排放对比研究  
..... 王伯光等(99.4.42)

### ·环境教育·

- 关于广大干部群体的环境教育问题  
..... 丁仲时等(99.3.42)

### ·国外环保·

- 美国加州机动车排放清单模型介绍  
..... 王伯光等(99.1.35)

### ·考察报告·

- 香港的大气污染防治概况 ..... 葛奕等(99.2.37)

### ·读者园地·

- 污染治理设施不正常运转的原因及对策探讨  
..... 刘光明等(99.1.40)
- 混凝法处理城市污水初步试验  
..... 简放陵等(99.1.44)
- 厨房抽油烟机废气净化器 ..... 柯禅拓等(99.1.47)
- 浅论当前排污收费中存在的问题及对策 ..... 郑星原(99.2.40)
- 机动车尾气污染物  $\text{NO}_x$  在主干道水平、垂直  
方向上的浓度分布规律初探 ..... 简颖涛等(99.2.42)
- 增城市水泥行业的污染及治理对策  
..... 黄琛棠(99.2.44)
- 可持续发展的消费方式——清洁生活  
..... 王志刚等(99.2.47)
- 次氯酸钠发生器在电镀废水处理中的应用  
..... 梁胜昌等(99.3.45)
- 地下水质量评价的数据计算方法  
..... 范元中(99.3.46)
- 用掺石灰污泥盆栽狗芽根的实验  
..... 鲍 磊等(99.4.45)

### ·环保知识·

- 环境管理体系的来由及组成 ..... (99.1.4)
- ISO14000 系列标准与 ISO9000 系列标准的异同

- ..... (99.1.4)
- 空气离子与环境 ..... (99.1.43)

### ·国内简讯·

- 广州市 1999 年环境保护工作要点 ..... (99.1.39)
- 广州市环境科学学会召开第五次代表大会  
..... (99.3.44)
- 广州市环境科学学会第五届理事会常务理事名单  
..... (99.3.44)
- 广州市环境科学学会 1997 年优秀学术论文  
..... (99.3.24)
- 广州市环境科学学会 1998 年优秀论文  
..... (99.3.37)

### ·国外动态·

- 英高效汽车尾气净化器 ..... (99.1.4)
- 环境污染导致 1100 万儿童死亡 ..... (99.1.8)
- 世界太阳能发电增加迅速 ..... (99.1.16)
- 无废水生态电镀 ..... (99.1.16)
- 日人工培养白蚁肠内细菌获成功 ..... (99.1.24)
- 拉尼娜使台风姗姗来迟 ..... (99.1.24)
- 奔向 21 世纪的生态生活方式 ..... (99.1.34)
- 英高效汽车尾气净化器 ..... (99.1.39)
- 超导发电机新进展 ..... (99.2.8)
- 防恶臭的硫化氢抑制剂 ..... (99.2.8)
- 灵活的交叉流移动床处理技术 ..... (99.2.22)
- 超微气泡发生技术 ..... (99.2.22)
- 生物净化新微生物 ..... (99.2.22)
- 聚集跟踪太阳光的发电系统 ..... (99.2.32)
- 2100 年地球气温将上升  $2.5^\circ\text{C}$  ..... (99.2.41)
- 日推行太阳能电池新住宅开发计划 ..... (99.3.12)
- 美国全面普查环境激素 ..... (99.3.12)
- 土壤净化汽车排气污染 ..... (99.3.12)
- 简易增强塑料制造技术 ..... (99.3.12)
- 日开发生活垃圾消灭机 ..... (99.3.41)
- 珊瑚吸收  $\text{CO}_2$  可与热带雨林匹敌 ..... (99.3.41)
- 环境会计 ..... (99.4.15)
- 控制有害化学物质会议在内罗比召开 ..... (99.4.15)
- 废塑料劣质煤制高浓  $\text{H}_2$  ..... (99.4.15)
- 美绿色投资市场达 1 兆美元 ..... (99.4.24)
- 环境债务互惠信贷 ..... (99.4.24)
- 利用下水道铺光纤通信网 ..... (99.4.37)
- 二恶英使儿童牙齿异常 ..... (99.4.37)
- 德国实行新环境税 ..... (99.4.37)
- 空气代替 CFC 空调 ..... (99.4.46)
- 美国环境产业迅速增长 ..... (99.4.46)

## CONTENTS

1. Primary Thinking on Region - oriented Environmental Management Research..... *Wu Qianzhao et al*
2. On the Strengthening of Supervision Mechanism for Environmental law enforcement..... *Wang Jian*
3. Evaluation on the Policy for Controlling Motorbike Emission Pollution in Guangzhou..... *Ge Yi et al*
4. Abatement of Volatile Organic Compounds and Odors ..... *Liang Hong et al*
5. Research on Removal of Phenols in Aqueous Solution by Immobilized Tyrosinase ..... *An Linkun et al*
6. Forecast on the Environmental Noise Influence from Inner Ring Highway  
Construction in Guangzhou..... *Wang Weide*
7. Establishment of Environmental Dynamic Supervision and Policy Prediction  
System in Guangzhou by Using Modern Computer Techniques..... *Cui Xia et al*
8. Process Design of Incineration Kiln System for Handling Dangerous Wastes..... *Li Suizhong et al*
9. The Smoke Desulfer and Denitration Technique in Fuel Power Station (d)..... *Huang Qiande*
10. Property of Chlorine - dioxide and its Application in Drinking Water and  
Waste Water Treatment ..... *Peng Chaoying et al*

### 广州环境科学(季刊)

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| 主 办: 广州市环境科学学会   | 地 址: 广州市吉祥路 95 号(邮码 510030) |
| 协 办: 广州中药一厂      | 电 话: (020)83355374          |
| 编 辑: 《广州环境科学》编辑部 | 主 编: 甘海章                    |
| 印 刷: 水利部珠委印刷厂    | 责任编辑: 琚 鸿 蔡梅茜               |