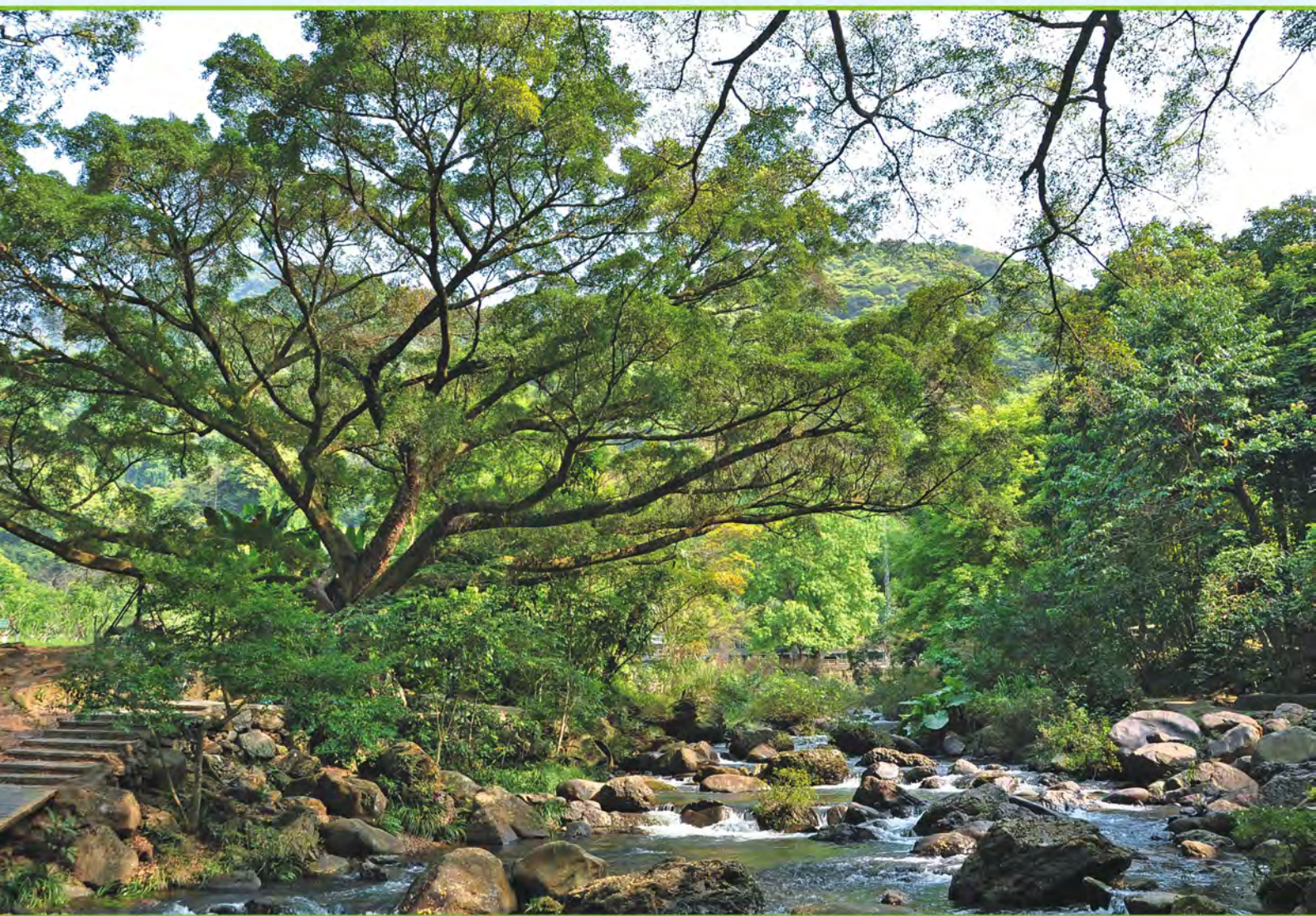


GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

Vol.27 No.2

# 广州环境科学

第二十七卷 第二期



广州市环境科学学会 主办

2

2012



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 甘海章

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: gzhjks@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

### 环境质量与评价

近岸海域水环境预测中几个关键技术问题的探讨

..... 罗家海 (1)

广州市主要河涌沉积物重金属污染状况调查

..... 周树杰, 古 健, 黄卓尔 (4)

广州市典型乡镇饮用水水源地环境评估研究

..... 宋惠莹, 董天明, 辛东平 (7)

高速公路危险品运输环境风险评价及预防对策探讨

——以广州市花莞高速公路为例 ..... 吴敏馨, 孙 群 (9)

### 环境监测与分析

地表水中微量黄磷测定若干问题的讨论

..... 冯小红, 曾维东 (13)

铜试剂亚铜光度法测定水中丁基黄原酸的干扰试验

..... 陆春霞, 邓海韬, 岑慧贤 (15)

气提溶剂萃取-傅立叶红外光谱法测定水中油

..... 李 莹, 杨志红, 黄卓尔 (16)

广州市部分医用X射线机防护现状监测与防护对策

..... 李锦林, 梅 茜, 胡迪琴, 等 (18)

### 机动车污染与防治

广州市2010年道路机动车排放清单研究

..... 姚欣灿, 黄如娜, 农加进, 等 (20)

广州市在用机动车排气复测相关问题探讨

..... 梁 冰 (25)

### 环境工程

人工湿地处理技术研究概况及其在农村面源污染治理中的应用

..... 廖庆玉, 卢 彦, 章金鸿 (29)

模拟人工湿地对生活污水中脱氮除磷的研究

..... 刘金苓, 卢 彦, 章金鸿, 等 (35)

白石嶂钨矿清洁选矿的思路

..... 董 盈, 熊振章, 刘元宝 (39)

### 环境管理

广州亚运会辐射环境监测保障体系建立与应用

..... 李锦林, 胡迪琴, 马卫江, 等 (43)

“十一五”期间广州市环境统计工作中若干问题的探讨

..... 曾俊宁, 李 莹 (46)

### 封面摄影

石门绿韵

戴晓虹

## 近岸海域水环境预测中几个关键技术问题的探讨

罗家海

(广州市环境保护科学研究院, 广州 510620)

**摘 要** 海洋是受纳水体中位置最低的区域, 只能受纳污染物而很难向外界转移出去。进入海洋中的污染物是造成海洋环境污染的根本原因。海洋环境污染主要反映在水质的污染上。因此, 在海洋工程环境影响评价中, 海洋水质预测非常重要, 它的准确性和可靠性直接影响到海洋污染控制的科学决策。文章根据海洋环境及其污染的特点, 针对海洋水质预测时所涉及到的几个关键的技术问题, 提出一些具体的处理方法, 以供进一步的研究和探讨。

**关键词** 海域 水质 预测 探讨

在地球上海洋是受纳水体中位置最低的区域, 只能受纳来自近岸的排污及陆地径流所携带的污染物质, 而这些污染物质无法再从海洋中转移出去。海洋具有综合性和复杂性, 不仅将海洋水环境、海洋沉积物环境、海洋水文动力环境、海洋地质环境和海洋生态环境集为一体, 是一个综合性很强的研究区域, 而且是生物多样性、物理化学变化十分复杂的区域。随着工农业生产的迅猛发展, 城市人口向沿海城市集中, 大量的生产和生活废水直接或间接排入附近海域, 污染物大大超过了海湾和近岸海域的自净能力, 以至海洋生态环境遭到了破坏和退化。

在海洋环境保护研究中, 海洋水质预测非常重要, 它的准确性和可靠性直接影响到海洋污染控制的科学决策。本文根据在海洋水质预测中所遇到的几个关键技术问题提出一些处理方法, 以供进一步研究和探讨。

### 1 关于预测源强确定及其技术处理问题

在海洋工程环境影响评价水质预测中污染源源强的确定至关重要, 它是模型计算的基础。一般地说, 单个建设项目环境影响预测中污染源强的确定相对容易些, 可以在项目的工程分析中根据物料衡算法、类比法、资料复算法等方法确定<sup>[1]</sup>。但是在区域环境质量的水质预测或者水环境容量计算中, 污染源源强确定就比较困难。除了考虑点源之外, 还要考虑面源以及大气沉降源和沉积物的释放源等。在

点源方面, 重点要考虑入海河口、混排口、直排口和市政下水口等入海点源; 在面源(非点源)方面, 重点要考虑由地面径流及其携带污染物, 以及其它非点源的源汇项。面源污染源强往往是比较难确定的, 通常可以通过估算暴雨径流量和水体污染物浓度来确定携带污染物的量, 或者估算入海通量。据有关研究, 珠江口入海通量(碳质生化需氧量、总氮和总磷通量)约为河口区外源输入量的 10.3%~92.5%<sup>[2]</sup>。可见面源所占比重很大, 在水质环境质量预测时必须考虑面源的影响。同样, 如果要计算区域的环境容量时, 面源影响的因素也要考虑, 通常须留有 40%~50% 的余地。此外, 作为近岸海域污染源, 大气沉降源和沉积物释放源也是一个不可忽略的污染源。如在关注近岸重金属污染和水体富营养化问题时, 大气沉降源中氮和磷就成为一个十分重要的污染源, 要估计这部分源强通常采用前人的研究成果来类比确定。有研究表明, 在近中国海域, 大气尘土沉降量最大可占河流输送的 38%, 这是十分可观的。可以预料, 大气是陆源物质向开阔大洋输送的重要通道<sup>[3]</sup>; 沉积物释放源主要是在物质交换过程释放的氮、磷等营养盐, 但这个过程通常很难估算, 研究表明沉积物中 90% 的有机碳、80% 的生物硅可再循环, 一般是通过经验公式确定。另外, 污染源强的确定还要结合海域环境现状污染因子。目前常关心的主要污染因子有: 氮、磷、化学需氧量和石油类 4 种, 因此营养盐、有机物应是污染源核算的重点。

## 2 关于预测数学模型的选定与验证技术处理问题

### 2.1 数学模型的选用

海洋环境预测数学模型主要有潮流动力和水质模型。数学模型的选定是水环境预测的关键,也是预测工作的核心。一般而言,在进行环境影响评价时通常是选择较成熟模型,或者容易被接受的模型,如环评导则推荐的数学模型。但选用数学模型时要注意模型的应用条件,如实际情况不能很好满足模型的应用条件而又拟采用时,要对模型进行修正并验证<sup>[4]</sup>,这

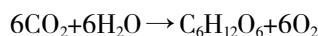
就需要对模型进行大量的验证工作。

模型的好坏在于能否很好的模拟该区域内的潮流状况,能够将误差减小到预定范围,而并不在于该模型考虑的因素有多少、是不是复杂<sup>[5]</sup>。在海洋环境影响评价预测中所采用的潮流动力模型,通常有二维模型和三维模型<sup>[6]</sup>。对于近岸海域或海湾地区,属宽浅型水域,即水平尺度远大于垂直尺度,且潮混合较强,垂向要素分布较均匀,可以用二维模型来近似描述潮流的三维运动,而且在大多数情况下,已经能满足环评工作的要求。

二维数学模型的一般形式为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fv - \frac{g}{C^2} \cdot \frac{\sqrt{u^2+v^2}}{H} u + \frac{\tau_{sx}}{\rho H} + A_x \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fu - \frac{g}{C^2} \cdot \frac{\sqrt{u^2+v^2}}{H} v + \frac{\tau_{sy}}{\rho H} + A_y \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial(HP)}{\partial t} + \frac{\partial(HPu)}{\partial x} + \frac{\partial(HPv)}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left( HD_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( HD_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) &= HS \end{aligned}$$

在海洋工程环境研究中,水质模型的完整性须要进一步修正。通常所采用水质模型只是考虑一次污染物,但预测结果往往与实际相差很大。实际上,生物活动对海水中氧的影响很大,海洋植物在光合作用中产生氧气。



相反,在呼吸作用中消耗氧气,海水中的氧气消耗除生物呼吸作用外,主要由于有机物的分解而消耗,从而使得海水中生化需氧量(BOD)和化学需氧量(COD)等有机物污染也在不断地变化。如果考虑二次化学反应,则可以修正水质预测的误差,使预测结果更加准确。不过,计算的精度主要取决于计算的目的要求,一般的环境管理只须计算浓度变化范围,在这种情况下不必要考虑二次反应项。

### 2.2 模型的验证

模型的验证通常的做法是首先验证潮流动力学模型,然后再验证浓度输运模型。

#### 2.2.1 潮流动力学模型验证中技术关键

在验证潮流动力学模型时,通常有3种方法,即潮波或潮位验证、潮流验证,以及潮位和潮流同时验证。其中,潮波系统验证是以计算结果绘出同潮时线和等振幅线,与实测资料的分析结果相比较,或与前

人的工作成果相比较,以此判断模型计算是否与实际相符;潮位验证则是将验证点上的计算潮位过程曲线与实测潮位过程曲线对比来判断;潮流验证则是将实测与计算的潮流流速流向过程曲线对比来进行验证,或者是验证计算与实测的潮流玫瑰图,主要验证最大流的大小、方向、发生时刻,对旋转流验证旋转方向等。

在实际工作中,普遍采用潮位验证的方法,主要因为潮位资料比较容易获得。而潮流验证要求全面验证流速、流向和发生时刻。在资料利用方面也很关键,通常要求采用1个月的资料。根据调和分析研究表明,1个月的资料和1a的资料比较,误差在5%左右;而1周的资料和1a的资料比较,误差达到10%以上。此外,在实际工作中也可以采用实测资料直接验证,不过由于实测值通常比输入边界输入值大,这种验证会导致结果存在很大的误差,主要是因为动力学方程在动边界的上强迫水位是经调和分析后的有限分潮输入,而未经调和分析的实测资料是一个无限多分潮的组合,同时存在着许多瞬时干扰因素,因此计算值往往会比实际值小。

#### 2.2.2 浓度输运模型验证的技术关键

相比之下,浓度输运模型验证的精确度没有潮流动力学模型高,主要原因是水质浓度往往伴随着复杂

生物、化学的反应。浓度输运模型验证通常简单的一种做法是将计算域内水质监测点上的计算浓度值与水质监测值对比;另一种做法是用实测浓度等值线分布与计算浓度等值线分布对比,以此来验证计算结果的好坏。不管是哪种方法,在验证时关键要注意:一是在有滩涂而采用变边界模型计算浓度值时,应该进行高潮时验证;二是在采用固定边界模型计算浓度时,应该进行潮周期平均值验证,即将潮周期内各时刻浓度值平均与多次水质监测数据的平均值来对比,验证结果更能接近实际。此外还要注意到综合系数的验证,即在建立各主要排污口 COD 输入量和水质 COD 之间的响应关系时,要以水质 COD 数据为依据,对综合系数进行调整和校验。水质 COD 监测数据是生物、化学、物理、动力等过程的综合反映,因此,建立的浓度模型实际上包含了化学、生物、物理等自净过程。也就是说,在模型的验证调试中所得到的削减系数实际上是一个综合系数,有生物降解、化学反应、物理沉降等过程,因此只作综合验证可以满足要求。

### 3 关于计算范围的技术处理

在近岸海域水环境预测中,常常要遇到模拟范围较大的海域,计算域范围的确定十分关键,如果计算范围选择不正确,往往不能反映真实的结果。例如,要模拟海湾或开阔海域的流场时,计算域范围要远大于研究海域,以便能消除开边界误差对研究海域的影响,较好地再现研究海域的水位场和流场,如海湾的最大边界一般要选到湾口处,尽可能减少开边界的长度。对于其中的局部研究范围,则可以通过细化网格,利用大网格套小网格的方法,通过大网格的计算结果作为细化网格的边界输入条件,驱动细网格海域的模拟计算。除此之外,有时计算域还要根据水界观测数

据获取的难易来确定合理的计算范围,如果水界观测比较困难,则计算范围可以扩大到比较容易的地方,如果计算范围太小则不能涵盖质点迁移的范围,计算结果就会失真,因此计算范围的选择对计算结果影响很大,应当根据实际情况进行选择 and 确定。

### 4 结语与讨论

(1) 在海洋环境预测中虽然方法较为成熟,但在实际研究过程中往往还会遇到许多不确定的因素,影响预测计算的结果。同时由于海洋环境系统是一个非常复杂的系统,涉及海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境和海洋生态环境等方方面面,造成海洋水质预测工作的难度,因此,必须在实际工作中不断研究和探索,使预测结果更加接近实际。

(2) 由于海洋范围广阔,实际工作要做到计算的精确性,往往投入很大,建议建立海洋环境模拟资料共享数据库,以便在计算时能利用同一种资料输入,对输出结果能够相互验证。

### 5 参考文献

- [1] 国家环境保护总局环境工程评估中心. 环境影响评价技术方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005:22-23.
- [2] 胡嘉镗,李适宇,耿兵绪,等. 珠江三角洲河网与河口区 CBOD 及 TN 和 TP 通量的模拟[J]. 水利学报,2012,43(1):51-59.
- [3] 刘昌岭. 黄海水域大气气溶胶特征及重金属的大气输入量研究[J]. 海洋环境科学,1998,17(4):1-6.
- [4] 国家环境保护总局环境工程评估中心. 环境影响评价技术导则与标准[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005:29.
- [5] 严世强,熊德琪. 潮流数值模拟研究进展[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2002,21(3):263-268.
- [6] 李孟国,曹祖德. 海岸河口潮流数值模拟的研究与进展[J]. 海洋学报,1999,21(1):111-125.

## Discussion on Several Key Techniques of Water Environment Quality Prediction in Near-shore Marine Areas

Luo jiahai

**Abstract** The ocean is the lowest region of receiving waters, which can hardly transfer the pollutant away while receiving it. This is the root cause of sea environmental pollution. The ocean environmental pollution is mainly reflected in water quality pollution. So seawater quality prediction is very important in sea engineering environmental impact. The veracity and reliability of prediction will directly influence the controlling of sea pollution. According to the feature of sea environment and several key technical problems in the prediction, this paper shows some methods of concrete operation for more study.

**Key words** marine areas water quality prediction problem

# 广州市主要河涌沉积物重金属污染状况调查

周树杰 古 健 黄卓尔  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 对广州市 12 条主要河涌沉积物中重金属的污染情况进行了较为系统的调研。通过沉积物重金属浸出实验、全量分析,结合农用污泥标准、浸出毒性判断和潜在生态危害分析等对河涌沉积物重金属污染程度进行评价,为河涌沉积物污染治理提供基础数据。

**关键词** 河涌沉积物 重金属污染 农用污泥 浸出毒性 潜在生态危害

河涌沉积物(底质)是矿物、岩石、土壤的自然侵蚀产物,同时也包含了废(污)水排出物沉积及生物活动物质之间物理、化学反应等过程的产物。河涌底质指的是所调查的河涌水体底部的表层沉积物质。广州市河涌的底质中重金属污染比较严重,李明光<sup>[1]</sup>等研究得出河涌底质 Cd 超标最为严重, Ni、Zn 的污染也较为严重, Hg、Cu 污染再次之,内梅罗综合指数评价表明广州市河涌底质重金属污染多处于中或重污染水平。广州市政府按照“集约化清淤、无害化处理、资源化利用”原则集中处置河涌清淤的底质<sup>[2]</sup>,为防止二次污染需要对底质中污染物的沉积情况进行摸查及评价其毒性。但近年来对此方面研究较少而且一般只注重底质中重金属含量,没有对底质进行浸出的毒性进行分析及潜在生态危害进行调查。本文主要对广州市河涌底质进行重金属污染调查,分别开展全量分析、浸出毒性分析和潜在生态危害分析,评价河涌底质作为农用污泥是否存在潜在的生态环境风险,对于科学的指导河涌治理工作具有重大的意义。

## 1 调查与分析工作概况

### 1.1 河涌的选取

根据河涌地理位置及水质监测结果,在各区中选取重金属污染较为严重或列入政府重点整治的具有代表性的 12 条河涌进行调查研究。采集河涌底质的样品按照《水和废水监测分析方法》第四版要求进行保存与处理。采样位置选择为河涌日常监测的对应位

置的中泓。各河涌具体的名称和所属的区域见表 1。

表 1 重点河涌底质监测点位

编号	所在区域	河涌名称	选取理由
1	荔湾区	大沙河	重点整治河涌,水质中锌、氟化物超标
2		河沙涌	水质中汞超标
3		花地河	重点整治河涌
4	萝岗区	沙步涌	水质中铅超标
5	白云区	烂桩坑	水质中铜超标
6		榕溪村涌	水质中氟化物超标
7		新街河	水质中汞超标,排入西部水源的主要河流
8	黄埔区	石井河	重点整治河涌,排入西部水源的主要河流
9		双岗涌	水质中汞超标
10		饺剪涌	水质中铅超标
11		新洲涌	水质中锌和氟化物超标
12	海珠区	康乐涌	位于小印染厂较集中的区域,污染严重

### 1.2 采样方法与分析项目

采样使用掘斗状采样器,在对应的位置对河涌底质进行采集,采样量大约为 1 kg,样品用塑料袋封装保存。

监测分析项目主要参考《危险废物鉴别标准》(GB 5085-1985)和《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284-1984)选取。具体项目见表 2。

表 2 河涌底质监测分析项目

分析类别	分析项目
浸出毒性鉴别	pH 值、Hg、Pb、Cd、TCr、Cr <sup>6+</sup> 、Cu、Zn、Be、Ba、Ni、As、无机氟化物(不包括氟化钙)、氰化物(以 CN <sup>-</sup> 计)
全量分析	pH 值、Hg、Pb、Cd、TCr、Cu、Zn、Ni、As、B、氰化物(以 CN <sup>-</sup> 计)

1.3 评价方法

为评价河涌底质的污染情况、污泥利用的环境风险,选取《农用污泥中污染物控制标准》(GB

4284-1984) 评价受重金属污染的河涌底质污泥能否作为农用污泥使用,采取《危险废物鉴别标准》(GB 5085-1996) 评价污泥在如果作为农用污泥是否会在酸雨的冲浸下污染物迁移污染地下水或地表径流,采用潜在生态风险指数对河涌底质的重金属污染进行综合评价。

2 结果评价

2.1 浸出毒性鉴别

监测结果显示,12 条河涌底质的浸出毒性项目测定均没有出现超标现象。具体监测数据见表 3。

表 3 河涌底质浸出毒性监测结果 mg/L(pH 值为无量纲,砷、汞为 ug/L)

河涌名称	pH 值	砷	氟化物	汞	锌	铜	氰化物	镉	镍	铬	铅	六价铬
大沙河	7.38	4.88	0.556	0.009L	0.005L	0.033	0.001L	0.002L	0.017	0.05L	0.05L	0.004L
河沙涌	7.51	4.7	0.017 7	0.017 7	0.005L	0.033	0.001L	0.002L	0.01L	0.05L	0.05L	0.004L
花地河	7.29	6.48	0.822	0.009L	0.02	0.033	0.001L	0.002L	0.02	0.05L	0.05L	0.004L
沙步涌	7.47	3.6	0.423	0.009L	0.008	0.054	0.001L	0.002L	0.01L	0.05L	0.05L	0.004L
烂桩坑	7.33	6.55	0.651	0.031 1	0.169	0.266	0.001L	0.002L	0.023	0.05L	0.05L	0.004L
榕溪村涌	7.29	4.4	1.54	0.198	0.029	0.045	0.006	0.002L	0.052	0.05L	0.05L	0.004L
新街河	7.16	7.51	0.348	0.009L	0.063	0.094	0.002	0.002L	0.029	0.05L	0.05L	0.004L
石井河	7.24	14.9	0.703	0.090 7	0.025	0.037	0.001L	0.002L	0.037	0.05L	0.05L	0.004L
双岗涌	7.44	4.18	0.44	0.009L	0.005L	0.029	0.001L	0.002L	0.01L	0.05L	0.05L	0.004L
新洲涌	7.2	8.56	1.12	0.134	0.19	0.602	0.001L	0.002L	0.052	0.05L	0.05L	0.004L
饺剪涌	7.23	11.2	0.676	0.014 7	0.145	0.356	0.001L	0.002L	0.017	0.05L	0.05L	0.004L
康乐涌	7.4	6.24	0.65	0.117	0.011	0.033	0.001L	0.002L	0.015	0.05L	0.05L	0.004L
标准值	≤2.0 或 ≥12.5	1 500	50	50	50	50	1.0	0.3	10	10	3	1.5

注:未检出表达方式为“方法检出限+L”

2.2 全量分析结果

全量分析结果显示,对照《农用污泥中污染物控制标准》(土壤 pH 值 < 6.5),12 条重点河涌的底质有 7 条不符合农用污泥回用标准,占 58.3%(见图 1)。各重金属污染物中以铜、锌出现的超标几率最高,12 条河涌中分别有 7 条河涌的铜和 6 条河涌的锌出现超标,分别占 58.3%和 50.0%(见图 2)。其中沙步涌的铜超标最严重,超标倍数达 6.3 倍,其次为花地河及榕溪村涌的锌,超标倍数分别为 2.5 和 2.3 倍。而超标的河涌中又以荔湾区的花地河及白云区的榕溪村涌污染最为严重,9 个监测项目中有 5 个项目超标。12 条

河涌中只有大沙河、河沙涌、烂桩涌、新街河、饺剪涌这 5 条河涌的底质没有出现超标,能达到农用污泥的要求。各河涌的各项超标率见表 4。

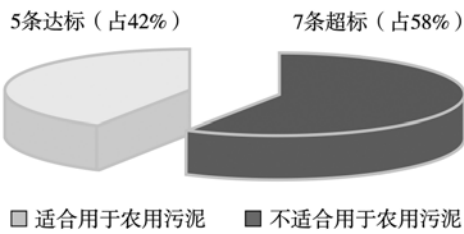


图 1 河涌污泥重金属全量分析统计

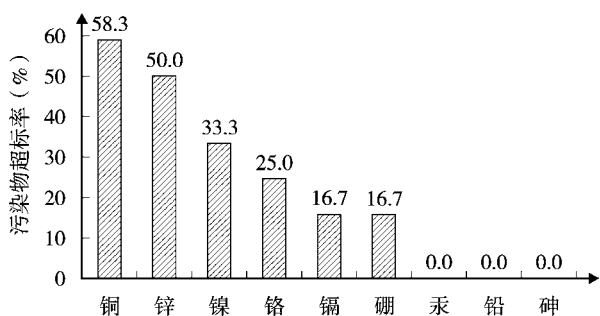


图2 河涌底质重金属污染物超标几率统计

表4 河涌底质监测项目超标倍数统计

河涌名称	汞	镉	铜	锌	镍	铬	铅	砷	硼	评价结果
花地河	0	0	1.7	2.5	1.0	0.003	0	0	0.2	超标
沙步涌	0	0.6	6.3	1.3	0	0	0	0	0	超标
榕溪村涌	0	0	1.8	2.3	1.7	0.7	0	0	0.4	超标
石井河	0	0	0.4	0.2	1.3	0	0	0	0	超标
双岗涌	0	0	0.5	1.4	0	0	0	0	0	超标
新洲涌	0	0	1.5	0	0.7	0.1	0	0	0	超标
康乐涌	0	1.3	0.2	1.3	0	0	0	0	0	超标
大沙河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	达标
河沙涌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	达标
新街河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	达标
烂桩涌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	达标
绞剪涌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	达标
标准	5	5	250	500	100	600	300	75	150	—

备注：以农用污泥中污染物控制标准(土壤 pH 值 < 6.5)评价数据。

### 2.3 潜在生态风险指数评价

选用瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数法进行河涌底质的生态危害评价<sup>[3-4]</sup>。此指数集中反映了河涌底质的重金属含量、种类、定性水盘及生态对重金属污染的敏感性<sup>[5]</sup>。计算公式为

$$E_r^i = T_r^i C_f^i$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i C_r^i C_{if} = \sum_{i=1}^n T_r^i C_i / C_n^i \quad (1)$$

式中： $C_f^i$ ——底质中第  $i$  种重金属的富集系数 ( $C_f^i = C_i / C_n^i$ )；

$C_i$ ——底质中第  $i$  种重金属的实测浓度值；

$C_n^i$ ——第  $i$  种重金属的背景浓度值，本次评价参考值采用工业化以前重金

属最高背景值；

$T_r^i$ ——第  $i$  种重金属的毒性系数，主要反映重金属的毒性水平和生物对重金属污染的敏感程度。

各重金属的毒性系数及最高背景值见表 5。当  $E_r^i < 40$  或  $RI < 150$  时为轻微生态危害； $40 < E_r^i < 80$  或  $150 < RI < 300$  为中等生态危害； $80 < E_r^i < 160$  或  $300 < RI < 600$  为强生态危害； $160 < E_r^i < 320$  或  $RI > 600$  为生态危害很强； $E_r^i > 320$  为生态危害极强。各河涌的潜在生态风险系数及生态污染见表 6。

表5 重金属毒性系数( $T_r^i$ )及工业化前重金属最高背景值( $C_n^i$ )

	汞	镉	铜	锌	铅	砷
重金属毒性系数( $T_r^i$ )	40	30	5	1	5	10
重金属最高背景值( $C_n^i$ mg/kg)	0.25	0.5	30	80	25	15

表6 河涌底质潜在生态风险系数( $E_r^i$ )及生态污染程度

河涌名称	汞	镉	铜	锌	铅	砷	RI	污染程度
康乐涌	16	696	51	14	24	20	821	极强
沙步涌	54	488	305	14	30	13	904	极强
榕溪村涌	12	245	115	20	39	17	448	强
花地河	53	255	112	22	44	32	518	强
大沙河	69	50	17	4	17	13	170	中等
石井河	46	128	60	8	24	23	290	中等
双岗涌	66	67	63	15	40	13	264	中等
新洲涌	23	18	106	3	15	24	189	中等
绞剪涌	64	40	12	3	16	24	158	中等
河沙涌	42	27	11	3	16	9	107	轻微
烂桩坑	83	0	27	3	16	16	145	轻微
新街河	87	4	6	1	9	14	122	轻微

### 3 小结

广州市主要河涌沉积物的重金属污染情况比较复杂。调查的河涌约 58% 不能达到《农用污泥中污染物控制标准》(土壤 pH 值 < 6.5) 的标准,各重金属污染物中以铜、锌出现的超标几率最高。在酸雨的沉浸中,所有的河涌均没有超标现象。但是从潜在生态风险系数显示,所选的 12 条重点河涌的污染程度除烂桩坑和新街河是轻微污染外,其余均为中等污染及以上,表明对于能够用作农用污泥的河涌底质还

(下转第 17 页)



广州市典型乡镇饮用水水源地环境评估研究

宋惠莹 董天明 辛东平  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 文章从水源地环境禀赋、污染状况、环境监管以及环境风险,对广州市典型乡镇饮用水水源地环境现状进行调查评估,并提出保障乡镇饮用水水源水质的对策和建议,为水源地环境管理提供技术支持。

**关键词** 典型乡镇 饮用水水源地 环境评估 广州市

饮用水安全关系到广大人民群众健康、生命安全和 社会和谐稳定,保障饮用水安全是环保工作的首要任务。随着城市饮用水水源地保护工作的日益完善,乡镇乃至农村地区饮用水水源地的保护工作也日益重视并逐步开展。2009 年,广州市开展了典型乡镇饮用水水源地基础环境调查与评估工作,科学调查和综合评估广州市典型乡镇饮用水水源地基础环境状况,把调查评估与推进水源地环境管理相结合,为政府和环保管理部门对今后进一步加强农村地区环保工作提供科学依据和决策参考。

1 广州市典型乡镇饮用水水源地水质调查概述

典型乡镇饮用水水源地调查范围为广州市境内每个有乡镇饮用水水源地的区、县级市,共调查了 46 个乡镇集中式饮用水源地,筛选出 6 个典型乡镇饮用水水源地进行全面调查、评估,占全市乡镇集中式水源地的 13%。其中,地表水型 5 个,占详查总数的 83%,地下水型 1 个,占详查总数的 17%。详查地表水型水源地中,河流型、湖库型分别有 3 个、2 个,占地表水型水源地的 60%和 40%。

全市典型乡镇水源地服务人口和实际取水量分别占全部乡镇集中式饮用水水源地服务人口和实际取水量的 13.15%和 11.32%(见表 1)。

表 1 广州市乡镇集中式饮用水水源地基本信息汇总表

水源地类型		全部乡镇集中式饮用水水源地			典型乡镇集中式饮用水水源地			
		水源地个数	服务人口 (万人)	实际取水量 (万 m³/a)	水源地个数	服务人口 (万人)	实际取水量 (万 m³/a)	污染事故次数
地表水型	河流型	35	254.37	32 767.96	3	29.12	3 337.6	1
	湖库型	7	15.57	933.4	2	3.97	434	0
地下水型		4	4.49	148.8	1	3	60	0
合 计		46	274.43	33 850.16	6	36.09	3 831.6	1

2 典型乡镇集中式饮用水水源地环境质量

2.1 调查时间和评价方法

2.1.1 调查时间

调查基准年为 2008 年。有常规监测断面的乡镇水源地以 2008 年的水质监测数据进行评价,无常规监

测的乡镇水源地在 2009 年 6 月进行了补充监测评价。

2.1.2 评价方法和标准

地表水水质评价采用单因子评价法,地下水型水源地水质评价采用年均值单项组分评价和综合评价两种方法,湖泊(水库)富营养化评价采用综合营养状态指数法。执行《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)和《地下水质量标准》(GB/T 14848-93)。

2.2 水质评价结果

6 个典型乡镇水源地中, 仅 2 个水源地水质达到《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准, 符合国家规定的集中式饮用水水源地水质要求。不达标水源地包

括河流型(2 个)、湖库型(1 个)、地下水型(1 个) 3 种类型。河流型水源地主要超标项目为挥发酚、石油类、铁和粪大肠菌群, 湖库型水源地主要超标项目为总氮和汞, 地下水型水源地主要超标项目为总大肠菌群和氨氮(见表 2)。

表 2 广州市典型乡镇集中式饮用水水源地水环境质量统计

水源地 类 型	水源地 个 数	达标水源 地 个 数	达标水源地 服 务 人 口 (万人)	超标水源地个数				超标水源地服务人口(万人)			
				毒理学 指 标	物理和一般 化 学 指 标	生物 指标	合计	毒理学 指 标	物理和一般 化 学 指 标	生物 指标	合计
河流型	3	1	8.02	0	2	2	2	0	21.10	21.10	21.10
湖库型	2	1	3.65	0	1	1	1	0	0.32	0	0.32
地下水	1	0	0	0	1	1	1	0	3.00	3.00	3.00
合 计	6	2	11.67	0	4	4	4	0	24.42	24.10	24.42

3 典型乡镇集中式饮用水水源地环境问题评估

3.1 环境禀赋评估

6 个典型乡镇饮用水水源地中, 有 2 个环境禀赋较差, 其中 1 个为地表水型, 1 个为地下水型。对于环境禀赋较差的地表水型, 要加强对于上游地区污染源的整治工作, 提高上游来水水质; 对于地下水型水源地, 主要问题是地下水型水源地多为潜水, 容易受到污染。应根据地质条件加大水井深度, 由潜水层取水改为承压层取水。

3.2 污染状况评估

3.2.1 环境质量评估

全市乡镇集中式饮用水水源地水质状况较差。6 个典型乡镇集中式饮用水水源地仅 2 个水源地水质达到《地表水环境质量标准》或《地下水环境质量标准》Ⅲ类标准(达标率 33%), 4 个不达标水源地包括河流型。

3.2.2 污染源评估

6 个典型乡镇饮用水水源地保护区内, 1 个水源地存在排污口, 5 个水源地不存在工业和生活排污口。河流型水源地主要受到生活污水、工业废水排放和农业面源影响, 主要是镇级污水处理厂建设滞后, 生活污水未经处理直接排放, 部分保护区内存在工业污染源和畜禽养殖排污口, 环境监管力度不够, 部分水源地受到上游来水水质影响。湖库型水源地主要受到生活污水排放影响, 部分水库周边存在或出

现过非法经营饮食, 这些档口直接将污水入库污染水源。地下型水源地主要受到生活污水和地质的影响, 导致个别指标异常。

3.3 环境监管评估

由于乡镇水源地分布广泛、保护资金和人手缺乏、管理体系不完善等多种原因, 全市范围内乡镇饮用水水源地环境监管力度普遍不足。大部分乡镇水源地仍未按规范划定水源保护区, 部分水源地保护区内仍存在排污口, 绝大部分水源地均没有开展常规监测, 没有编制应急预案等。

3.4 环境风险评估

3.4.1 污染源风险评估

6 个典型乡镇饮用水水源地中, 1 个水源地一级保护区内存在违法建设项目, 占 16.5%; 1 个水源地二级保护区内有污染企业, 占 16.5%; 6 个水源地保护区内均没有危险品仓储和运输。部分水源地内有畜禽养殖业、网箱养鱼、排污口等, 对水源地存在潜在威胁。

3.4.2 水源地水质风险评估

4 个(66.5%)典型乡镇水源地水质存在风险, 水质不能稳定达标。其中河流型 2 个(50%)、水库型 1 个(25%)、地下水型 1 个(25%)。

4 对策建议

4.1 开展乡镇水源地污染综合防治

全面开展乡镇水源地保护区划分工作, 按规范

# 高速公路危险品运输环境风险评价及预防对策探讨 ——以广州市花莞高速公路为例

吴敏馨<sup>1</sup> 孙 群<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>广州市环境监测中心站, 广州 510030; <sup>2</sup>广州市环境保护科学研究院, 广州 510620)

**摘 要** 文章以广州市花莞高速公路为例,根据危险品车辆发生交通事故的概率估算,对高速公路危险品运输环境风险作评价分析,并针对可能存在的危险因素,从工程、管理两方面提出预防措施和事故应急预案。

**关键词** 高速公路 概率 危险品 环境风险评价

突发性交通事故是危及人民生命财产安全,危害社会的恶性事故。而运输危险品的车辆发生车辆撞击、倾覆等交通事故,可能发生危险品的泄漏等环境污染事故,产生直接和潜在的环境危害,对人群健康产生危害。因此,相关管理部门对此十分重视。尽最大可能杜绝此类事故的发生。

由于公路运输危险品种类较多,其危险程度不一,因而交通事故的严重性及危险程度也相差很大。就危险品运输车辆而言,主要是引起爆炸而可能导致毒气泄露、损坏桥梁等建筑物。而最大的危害应该是当危险品运输车辆通过桥梁时出现翻车坠入河中导致运送的固态或液态危险品如汽油、农药、化学品等泄漏而污染河流水质,对此类环境风险事故的防范尤为重要。本文以广州市花都至东莞高速公路(下简称为花莞高速)为例,进行危险品运输污染风险分析实例研究。

## 1 风险事故源分析

高速公路建成通车后的主要环境风险因素有:运载易燃易爆品的火灾爆炸和运载有毒有害化学品的泄漏。一般来说,危险品包括:爆炸品、压缩气体、易燃液体、易燃固体(包括易自燃物、遇水放出易燃物)、氧化物和有机过氧化物、有毒物质和感染性物质、放射性物质、腐蚀品、杂类危险物质等 9 类。

### 1.1 易燃易爆品的火灾爆炸

运载易燃易爆品的机动车发生交通事故或易燃易爆品泄漏遇明火,导致火灾爆炸事故发生,可能带来

空气污染等严重的环境风险后果。

### 1.2 有毒有害化学品的泄漏

运载有毒有害化学品(特别是挥发性有毒有害物品)的机动车在高速公路桥梁及附近发生交通事故,出现泄漏,加上高速公路桥梁的空间局限性,则可能造成地表水体污染、空气污染等较为严重的环境风险后果。

## 2 环境风险评价

花莞高速公路全长约 63.5 km,由西向东横跨流溪河、仙村涌、西福河和增江 4 条河流。4 条河流的水域功能主要是饮用、灌溉及航运。在这 4 条河流上都将建设大型桥梁,桥长分别为 1 500 m、4 700 m、810 m 和 1 100 m。

### 2.1 花莞高速各桥梁危险品运输车辆发生风险事故概率

主要考虑车辆在经过敏感路段发生交通事故后,对花莞高速敏感路段产生破坏性污染的可能性。

根据调查资料,结合预测交通量对敏感路段出现交通事故的概率进行估算,对这些区域产生破坏性污染的可能性进行评价,并对潜在的污染风险提出合理的预防措施,以保证货物运输对沿线环境敏感点的安全。预测模式采用下列经验公式:

$$P = Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \quad (1)$$

式中: $P$ ——预测危险品发生风险事故的概率,次/a;

$Q_1$ ——公路交通事故平均发生率,次/(百万辆·km);  
 $Q_2$ ——预测交通量,百万辆/a;  
 $Q_3$ ——全线里程,km;  
 $Q_4$ ——重要路段占全线里程的比例,%;  
 $Q_5$ ——危险品运载比例,%;  
 $Q_6$ ——货车占交通量的比例,%。  
交通事故概率  $Q_1$  取广东省广深高速公路重特

大事故平均值,为 0.008 次/(百万辆·km)。各敏感路段长度情况,花莞高速货车比例及危险品运载比例及各敏感路段车流量见表 1~表 3。

从表 4 可知,花莞高速各敏感路段发生事故的危险品运输事故概率很低。其中,流溪河大桥发生危险品运输事故的概率 2015 年为  $1.70 \times 10^{-5}$  次、2020 年为  $3.14 \times 10^{-5}$  次、2030 年为  $4.12 \times 10^{-5}$  次,危险品运输车辆发生事故的非常小。

表 1 各敏感路段长度情况

序号	中心桩号	桥名	桥梁长度 (m)	桥面宽度 (m)	桥面面积 (m <sup>2</sup> )	备 注
1	K2+880	流溪河大桥	1 500	32	48 000	跨越流溪河,二级水源保护区
2	K53+950	仙 村 大 桥	4 700	32	150 400	上跨广深铁路、仙村收费站、仙村涌以及广园路,二级水源保护区
3	K57+405	西 福 大 桥	810	32	25 920	跨越西福河,二级水源保护区
4	K60+750	增 江 大 桥	1 100	32	35 200	跨越增江,二级水源保护区
合计		—	—	—	259 520	—

表 2 花莞高速货车比例及危险品运载比例

路段	年份	货车 比例 (%)	危险品 车比例 (‰)
西延分叉~龙塘互通	2015 年	29.73	0.1
	2020 年	29.39	0.1
	2030 年	29.10	0.1
仙村互通~六村互通	2015 年	29.73	0.1
	2020 年	29.39	0.1
	2030 年	29.10	0.1
六村互通~王浦互通	2015 年	29.73	0.1
	2020 年	29.39	0.1
	2030 年	29.10	0.1

表 3 各敏感路段车流量 辆/d

特征年	流溪河大桥	仙村大桥	西福大桥	增江大桥
2015 年	23 377	25 230	25 230	25 230
2020 年	43 157	45 662	45 662	31 916
2030 年	56 691	41 508	41 508	39 079

表 4 各敏感路段发生事故的危险品运输事故概率  $\times 10^{-5}$ 次

特征年	流溪河大桥	仙村大桥	西福大桥	增江大桥
2015 年	1.70	1.83	1.83	1.83
2020 年	3.14	3.32	3.32	2.32
2030 年	4.12	3.02	3.02	2.84

2.2 事故风险评价

花莞高速所跨水域大桥有流溪河大桥、仙村大桥、西福大桥和增江大桥,其中流溪河大桥所跨水域为二级水源保护区,所跨水域下游约 7.5~9 km 处有自来水厂吸水口,流溪河大桥断面上游 500 m 处有人和镇自来水厂吸水口。

如果发生事故,其对环境的污染和破坏是非常

严重的。因此应加强流溪河大桥、仙村大桥、西福大桥和增江大桥的防撞栏设计,并采取危险品事故污染风险减缓措施和应急措施。

3 环境风险控制和应急措施

3.1 工程措施

(1) 各跨河大桥的桥面雨水不得直接排入所跨



水体中,各桥面雨水经收集后排入水源保护区以外的支流。

(2) 完善交通事故防范设计:在敏感路段设计封闭完善的排水系统,将桥面径流引入路基排水沟,以防止运输的危险品泄漏物进入河流水体。

(3) 加强大桥防撞栏等结构的强度设计,避免车辆翻入河内,总体设计中必须考虑在桥面建设 2 道防撞加固设计,建设两道防护栏,一道为水泥,高出桥面 80 cm,另一道为不锈钢,从而最大限度避免车辆发生事故时冲入河道。

(4) 各大桥要设计完善的桥面径流收集系统,采用专用管道将桥面雨水径流收集后引至桥两侧的沉淀池,沉淀池需兼有沉淀、隔油和蓄毒作用,一旦发生危险品泄漏的情况,可将泄漏的危险品引入事故应急池中进行处置。

(5) 安装交通监控系统、设置完善通信系统和警示标志。

### 3.2 管理措施

(1) 强化有关危险品运输法规的教育和培训。

(2) 加强区域内危险品运输管理。

(3) 充分发挥收费站、路政及公路巡警的监督、检查及管理功能。

(4) 危险品泄漏污染事故应急应纳入地方政府事故应急体系。

(5) 建立完善的水质监测及其通讯系统。当事故发生时,能迅速采取一定的调控措施,防止人民生活、生活受到影响。

(6) 建立经验丰富的应急队伍。

(7) 制定应急计划。

(8) 建立完整的安全管理体系。

### 3.3 危险品泄漏事故及处置措施

(1) 如在桥梁上发生危险品泄漏事故,应通知河流沿岸群众停止用水,确保人畜安全。

(2) 进入泄漏现场进行处理时,应注意安全防护。

(3) 泄漏源控制。采用合适的材料和技术手段堵住泄漏处。

(4) 泄漏物处理。采用围堤堵截、稀释与覆盖、收容(集)等方法,将收集的泄漏物运至废物处理场所处置。

### 3.4 水污染环境风险事故应急预案

风险事故应急救援原则:快速反应、统一指挥、分级负责和社会救援相结合。高速公路事故应急预案的基本程序框图可以表述如图 1。

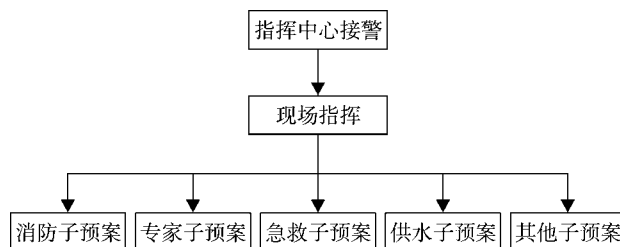


图 1 花莞高速风险事故应急预案的基本程序框架图

应急预案包括以下内容:

(1) 确定应急计划区。

(2) 成立总指挥中心。

(3) 及时的预警发布。

(4) 现场指挥方案。

(5) 配备事故应急设备。

(6) 供水应急子预案。

就花莞高速而言,重点在供水应急子预案。在流溪河大桥、仙村大桥、西福大桥和增江大桥发生车辆倾覆事故,导致危险化学品进入河道中时,除急救、消防、化学专家组、环境监测技术部门等需要启动应急预案外,还需要通知下游水厂等暂停取水,封闭取水口,确保水源的安全。根据经验,各用水单位,特别是水厂,均应制定取水口水质污染的应急预案,一旦花莞高速发生污染水体事故,应第一时间通知用水单位,启动相应的应急子预案。子预案大致框架可参考图 2。

## 4 结语

高速公路在运营过程中,由危险品运输事故造成的各种风险具有一定的潜在危险性。根据预测,花莞高速公路发生危险品运输事故的概率是非常小的。公路管理部门要做好应急措施和方案,首先在工程、管理等多方面落实防范措施,如在各敏感河段大桥两侧设置沉淀池等,以降低化学品或消防废水进入水体的几率。其次,公路管理部门要制定应急方案,配备应急设备,强化供水应急子预案,营运期间若桥梁发生化学危险品泄漏事件,事故处理按应急方案进行实施,在最大限度上减轻事故对社会环境和自然环境产生的影响。

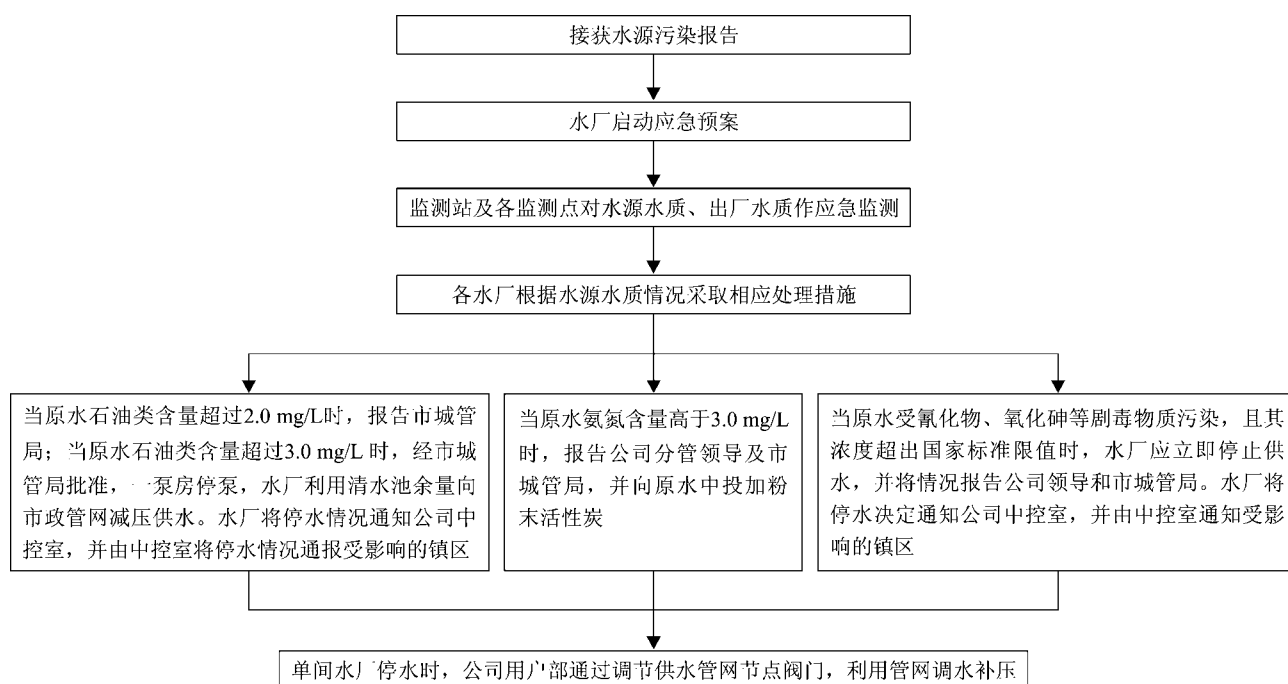


图2 饮用水源突发事件应急预案

## 5 参考文献

- [1] 吴均. 浅析高速公路交通安全影响因素及对策[J]. 科技资讯, 2006(9):35-36.
- [2] 杨云峰, 赵剑强. 公路建设项目水环境风险评价方法[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2006, 26(3):84-86.
- [3] 赵剑强. 公路交通与环境保护[M]. 北京:人民交通出版社, 2002.
- [4] 陈红, 梁立杰, 杨彩霞. 可持续发展的公路建设生态观[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2004, 24(1):69-71.
- [5] 高会英, 蒋工亮, 周福荣, 等. 高速公路危险品运输环境风险评价及预防对策[J]. 交通与运输, 2010(H12):111-114.
- [6] Zografos K G, Androutsopoulos K N A Heuristic Algorithm for Solving Hazardous Materials Distribution Problems[J]. Euro-Peak Journal of Operational Research, 2004, 152(2):507-519.
- [7] Hamed M M, Bedient P B. On the performance of computational methods for the assessment of risk from ground-water contamination[J]. Ground Water, 1997, 35(4):638-646.
- [8] 温可. 高速公路危险品运输污染风险浅析[J]. 交通环保, 2003, 24(S1):182-184.

## Environmental Risk Assessment and Prevention Countermeasures for Highway Transport of Dangerous Goods —Guangzhou Hua-Guan expressway as an example

Wu Minxin Sun Qun

**Abstract** The environmental risk in the management of dangerous goods transportation on highway has been assessed according to the accidents probability in the transportation of dangerous goods, by taking the Guangzhou Hua-Guan expressway as an example. Based on the analysis of possible risk factors, prevention measures are suggested for the dangerous goods transportation on highway.

**Key words** highway probability dangerous goods environmental risk

## 地表水中微量黄磷测定若干问题的讨论

冯小红 曾维东

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 文章应用环己烷萃取地表水中微量黄磷,用溴水消解处理有机相将黄磷定量转化为磷酸盐,然后应用钼锑抗分光光度法测定磷酸盐(以磷酸盐标准溶液制作校准曲线),对方法中的空白控制、萃取回收率、氧化转化率、测量精密度等问题进行探讨。实验表明,该方法可定量测定地表水中微量黄磷,具有试剂易得、操作简单的优点。

**关键词** 黄磷 地表水 分光光度法 磷酸盐

黄磷是地表水,特别是集中式生活饮用水地表水源地水质监测中的重要项目。目前测定地表水中微量黄磷,主要采用萃取/消解/分光光度法<sup>[1]</sup>,应用环己烷萃取分离水中微量黄磷,用溴水将有机相中黄磷氧化为磷酸盐而转入水相,然后应用钼锑抗分光光度法测定磷酸盐含量(GB/T 11893-1989)<sup>[2]</sup>。黄磷属剧毒物质,燃点低,在空气中能自燃,其保存、运输等安全要求高,市面上鲜有黄磷标准物质销售。笔者应用磷酸盐标准溶液制作校准曲线,对地表水微量黄磷萃取检测中空白控制、氧化转化率、萃取回收率、检测精密度等分析特性进行测评。

### 1 仪器和试剂

721 型分光光度计,50 mL 具塞比色管,2 000 mL 分液漏斗,电热恒温水浴。

黄磷标准溶液:在 50 mL 容量瓶中加入约 20 mL 环己烷,盖紧瓶塞,用分析天平准确称量后加入一小块黄磷再准确称量,用环己烷溶解并定容,得到准确浓度的黄磷标准储备溶液。定量吸取黄磷标准储备溶液,用环己烷稀释配制黄磷标准使用液 $[\rho(\text{P})=10 \mu\text{g/mL}]$ 。

磷酸盐标准溶液:磷酸盐标准储备溶液 $[\rho(\text{P})=500 \text{ mg/L}]$ ,用高纯水稀释后配制磷酸盐标准使用溶液 $[\rho(\text{P})=2 \mu\text{g/mL}]$ 。

环己烷、溴水、10%抗坏血酸溶液、钼酸盐溶液等试剂,按《生活饮用水水质卫生规范》<sup>[1]</sup>中黄磷检测方法配制。所用试剂均为分析纯或以上级纯度,实验用水为高纯水。

### 2 样品检测

#### 2.1 样品的萃取

取 1 000 mL 地表水样品置于 2 000 mL 分液漏斗中,每次用 5 mL 环己烷萃取 2 次,合并环己烷有机相并用高纯水洗涤,有机相转移到 50 mL 具塞比色管中待消解处理。

#### 2.2 有机相样品的消解

向盛有环己烷相的比色管中加入 1 mL 溴水,将比色管开盖,置于沸水浴中消解处理至呈淡黄色;取出并冷却至室温,定容至 50 mL 待测。

#### 2.3 光度法检测与校准

使用磷酸盐标准使用液 $[\rho(\text{P})=2 \mu\text{g/mL}]$ ,配制含磷(以 P 计)0、1、2、6、10、20  $\mu\text{g}$  的标准系列样品,定容 50 mL。

向标准系列和各消解样品中分别加入 1 mL 10% 抗坏血酸溶液,混匀;30 s 后加 2 mL 钼酸盐溶液,充分混匀,放置显色 15 min。

用高纯水作参比,用 10 mm 比色皿,于 700 nm 波长处测量吸光度。

### 3 空白控制

非矿区地表水中黄磷的含量一般很低,而磷酸盐含量较高,应用环己烷萃取地表水样中微量黄磷,控制磷酸盐对有机相的污染是重要的质量控制工作。

取黄磷含量未检出的地表水样 1 000 mL 置于

分液漏斗,加入磷酸盐标准溶液调节磷酸盐浓度为 20、50、80 mg/L,每次用 5 mL 环己烷萃取 2 次,合并环己烷相后每次用 50 mL 高纯水洗涤分液漏斗及有机相 2 次,消解有机相样品检测磷含量。结果表明,有机相没出现磷残留现象,萃取空白得到有效控制。

#### 4 有机萃取相黄磷的定量转化

光度法测定水中微量黄磷的分析过程,关键步骤是萃取有机相中的黄磷必须定量转化为磷酸盐。

在系列 50 mL 比色管中,分别使用磷酸盐和黄磷标准溶液配制校准系列,总磷含量(以 P 计)为 0、2.5、5、10、20、40、80 mg,黄磷标准系列经过溴水氧化处理后与磷酸盐标准系列同步显色和比色测定,2 个标准系列的吸光度检测结果见表 1。结果表明,2 个标准系列所得响应校准曲线高度吻合,说明有机相中黄磷可被溴水定量氧化为磷酸盐,而作为定量分析用的校准曲线,两者没有差异,磷酸盐标准系列完全可用于定量校准水样中黄磷的萃取/消解/比色测量结果。

表 1 磷酸盐与黄磷标准系列吸光度比较

磷总量( $\mu\text{g}$ )	黄磷吸光度(Abs)	磷酸盐吸光度(Abs)
0	0.001	0
2.5	0.024	0.023
5.0	0.046	0.045
10.0	0.106	0.105
20.0	0.196	0.195
40.0	0.372	0.374
80.0	0.745	0.746
a	0.003	0.003
b	0.009 27	0.009 30
r	0.999 7	0.999 8

#### 5 水中黄磷的萃取回收率

取 1 000 mL 黄磷未检出地表水样于分液漏斗中,加入 1 mL 浓度为 10  $\mu\text{g/mL}$ (以 P 计)的黄磷标准溶液,进行 6 次平行萃取/消解/比色测定,用磷酸盐标准曲线校准测量结果,回收测量结果见表 2。水中黄磷的萃取回收率在 92.5%~95.6%范围,满足定量分析要求。

表 2 黄磷萃取回收测量结果  $\mu\text{g}$ ,以 P 计

序 号	黄磷加标量	黄磷检出量	萃取回收率(%)
1	10.0	9.36	93.6
2	10.0	9.27	92.7
3	10.0	9.56	95.6
4	10.0	9.25	92.5
5	10.0	9.47	94.7
6	10.0	9.26	92.6

#### 6 测定结果的精密度

配制黄磷浓度为 5  $\mu\text{g/L}$  的地表水样,平行 8 次取 1 000 mL 水样进行萃取/消解/比色测定,检测结果均值为 4.6  $\mu\text{g/L}$ (RSD=4.7%),符合定量分析要求。

#### 7 小结

应用“环己烷萃取/溴水消解/钼锑抗分光光度法”,采用磷酸盐标准溶液制作校准曲线,可定量测定地表水中微量黄磷,具有试剂易得、操作简单的优点。

#### 8 参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 生活饮用水水质卫生规范(卫法监发[2001]161号)[S]. 2001.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. GB/T 11893-1989 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法[S]. 1989.

## Discussion on the Determination of Yellow Phosphorus in Surface Water by Spectrophotometry

Feng Xiaohong Zeng Weidong

**Abstract** The trace quantity of yellow phosphorus was extracted from surface water by cyclohexane, then converted into Phosphate with bromine water, and finally determined by spectrophotometry, and the calibration curve was made with Phosphate standard solution. The reagent blank control, extraction recovery, oxidation efficiency and determination precision were discussed in this article.

**Key words** yellow phosphorus surface water spectrophotometry phosphate



## 铜试剂亚铜光度法测定水中丁基黄原酸的干扰试验

陆春霞 邓海韬 岑慧贤  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 铜试剂亚铜分光光度法常被用于测定地表水中丁基黄原酸,但影响因素较多。文章就温度和共存离子对丁基黄原酸显色反应的影响进行了试验。结果表明,温度升高会导致丁基黄原酸的吸光度显著下降,共存离子 Fe、Pb 和 Cd 呈现抑制作用,而 Ni 和 Se 则基本没有抑制作用。

**关键词** 丁基黄原酸 分光光度法 温度 共存离子

丁基黄原酸盐俗称黄药,广泛应用于有色金属选矿工艺。浮选有色金属矿的矿尾排放水及黄药生产废水均含有较高浓度的丁基黄原酸。由于其恶臭和毒性,丁基黄原酸的扩散污染给地表水体、饮用水源地、农林牧渔等带来不同程度的危害,威胁人群健康和生态安全。目前主要应用国标铜试剂亚铜分光光度法(GB/T 5750.8-2006)测定水中丁基黄原酸,但该方法易受温度、共存离子等影响,干扰因素较多。本文就相关干扰因素进行讨论。

### 1 仪器与试剂

722 型可见-紫外分光光度计,3 cm 比色皿;1 000 mL 分液漏斗,10 mL 具塞比色管。

丁基黄原酸标准溶液:称取 0.027 8 g 丁基黄原酸钾( $C_4H_9OSSK$ ,90%),置于 250 mL 容量瓶中,加适量氢氧化钠溶液,溶解后定容,得到丁基黄原酸标准储备液 [ $c(C_4H_9OCSSH)=100 \mu g/mL$ ];吸取 10 mL 丁基黄原酸标准储备溶液稀释至 100 mL,得到含量为  $10 \mu g/mL$  的丁基黄原酸标准使用溶液(临用时配制)。使用符合国家标准和分析纯试剂和去离子水。

### 2 样品分析

取 500 mL 水样,按国标方法进行萃取处理和显色测定。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 温度的影响

丁基黄原酸浓度为  $0.08 \text{ mg/L}$ ,  $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$  条件下测得的吸光度分别为 0.412、0.248、0.159 Abs;不同温度条件下制作的校准曲线比较见图 1( $Y_{20}=0.00953+0.00994X$ ,  $r=0.996$ ;  $Y_{25}=0.00199+0.00677X$ ,  $r=0.996$ ;  $Y_{30}=0.000478+0.00352X$ ,  $r=0.998$ )。结果表明,温度对丁基黄原酸的测定有显著影响,温度升高吸光度下降,高温不利于丁基黄原酸的比色测定。温度控制非常重要,在  $20^\circ\text{C}$  条件下所得校准曲线较为理想。

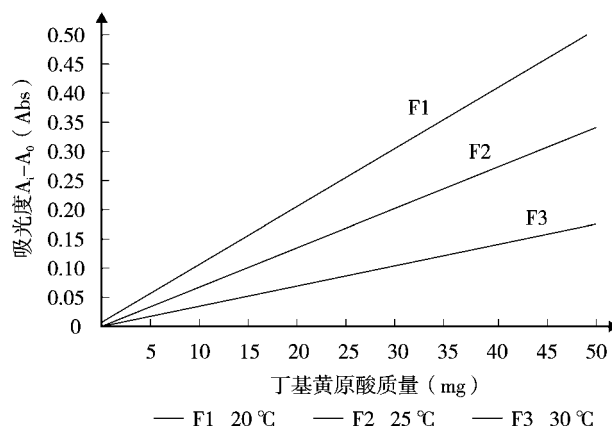


图 1 不同温度条件下的校准曲线

#### 3.2 共存离子的干扰

选取 Fe、Pb、Cd、Se 和 Ni 等金属离子,试验共存

## 气提溶剂萃取－傅立叶红外光谱法测定水中油

李 莹 杨志红 黄卓尔  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 文章应用气提溶剂萃取法萃取水中油类物质,与传统手工分液漏斗溶剂萃取操作相比,两者在回收率和精密度方面没有显著性差异,但气提溶剂萃取效率高、速度快,可同时处理多个样品,有利提高工作效率。

**关键词** 气提溶剂萃取 石油类 红外光谱

漂浮于水面的油类污染物严重影响水体与空气的界面传质过程,降低水体复氧能力,而吸附于悬浮物及分散于水面下的油类可被微生物分解而消耗水体溶解氧,对水质产生重要影响,根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)和《污水综合排放标准》(GB 8978-1996),石油类和动植物油是水质监测的必测项目。按照《水质 石油类和动植物油类的测定 红外分光光度法》(HJ 637-2012)要求,使用四氯化碳萃取水中油类组分,然后应用红外分光光度法检测有机相中油类含量。然而,水中油类物质的传统手工溶剂萃取,操作烦琐、耗时长、容器清洗困难,样品处理效率低下,分析人员接触四氯化碳的机会较多,职业风险较大。本文应用气提溶剂萃取法萃取水样中油类物质,可同时快速萃取多个样品,显著提高工作效率,降低人员职业风险。

### 1 气提溶剂萃取工作原理

在玻璃萃取容器的底部布设气头,通入空气产生细小气泡,四氯化碳溶剂被气泡分散为溶剂小珠,气泡内富含四氯化碳气体,这样水样内同时存在两种萃取相(有机液相和有机气相),随着四氯化碳气泡和溶剂小珠在水样中滚动,水中油类物质经历 2 种传质萃取过程。一方面,水中油类物质直接被四氯化碳溶剂小珠萃取,另一方面,富含四氯化碳的空气小泡其气/液界面具有良好的油质聚集特性,水中油类物质被气/液界面富集,气泡破损后被界面富集的油类转移到有机溶剂相,完成相转移过程。气提溶剂萃取涉及三相混合体,有机气泡流/有机溶剂

小珠滚动萃取,油类物质相转移效率高、速度快。

### 2 仪器和试剂

傅立叶红外光谱仪(PE 公司, Spectrum 100),配 4 cm 石英比色皿;气提溶剂萃取样品瓶(1 200 mL,广州市思优实验设备有限公司),100 mL 具塞锥形瓶;四氯化碳,无水硫酸钠。

### 3 水样采集与萃取处理

使用气提溶剂萃取瓶作为样品容器采集 1 000 mL 地表水水样,加入盐酸酸化至  $\text{pH} \leq 2$ 。

向气提溶剂萃取瓶中的水样加入 25 mL 四氯化碳,插入布气头并连接上空气压缩机通入空气,气提萃取 2 min。分出有机萃取液,转移至已加入 5 g 无水硫酸钠的具塞锥形瓶中,摇动数次脱水后用四氯化碳定容 25 mL 待测。

### 4 结果与讨论

取 24 份 1 000 mL 地表水样品(石油类和动植物油均未检出),其中 12 份水样加入 500  $\mu\text{g}$  石油类标准溶液,另外 12 份水样加入 50  $\mu\text{g}$  石油类标准溶液,分别配得浓度为 0.5 mg/L 和 0.05 mg/L 的含石油类水样品。向各水样加入 25 mL 四氯化碳溶剂,分别用手工萃取法(2 000 mL 分液漏斗)和气提萃取法(1 200 mL 气提萃取瓶)对水样进行萃取处理,红外法测量测定有机相中石油类含量。计算石油类检测回收率,结果列于表 1 和表 2。

表 1 和表 2 结果表明,2 种萃取方法所测得石

表 1 高浓度水样回收率结果比较(油加标浓度 0.5 mg/L)

编号	手工萃取		气提萃取	
	测得值 (mg/L)	回收率 (%)	测得值 (mg/L)	回收率 (%)
1	0.453	91	0.438	88
2	0.483	97	0.457	91
3	0.504	101	0.484	97
4	0.448	90	0.424	85
5	0.470	94	0.511	102
6	0.439	88	0.467	93
平均值		93.5		92.7
RSD(%)		5.3		6.8

表 2 低浓度水样回收率结果比较(油加标浓度 0.05 mg/L)

编号	手工萃取		气提萃取	
	测得值 (mg/L)	回收率 (%)	测得值 (mg/L)	回收率 (%)
1	0.046 3	92	0.043 8	88
2	0.049 2	98	0.050 3	101
3	0.044 4	89	0.048 3	97
4	0.050 7	101	0.047 2	94
5	0.040 9	82	0.041 5	83
6	0.048 0	96	0.042 3	85
平均值		93.0		91.3
RSD(%)		7.6		7.8

油类的加标回收率在 82%~102%范围,回收率平均值相近(91.3%~93.5%范围),均符合油类分析实验室质量控制要求;2 种萃取方法所得检测结果没有显著性差异,检测结果均为可靠。

与传统手工萃取法比较,气提溶剂萃取操作更为简单、安全(不存在溶剂放气问题),萃取瓶可直接用作样品容器,减少样品转移环节。气提萃取水中油类物质,萃取效率更高,人员更安全,值得推广应用。

Determination of Oil in Water by FT-IR after Gas Stripping Solvent Extraction

Li ying Yang Zhihong Huang Zhuoer

**Abstract** A gas stripping solvent extraction procedure has been used to extract the oil from water, and compared with the manual extraction. There are not significant differences between the procedures, but the efficiency of the gas stripping solvent extraction is higher than the manual extraction.

**Key words** gas stripping solvent extraction petroleum infrared spectrometry

(上接第 6 页)

是存在一定的生态污染危险。数据表明河涌清淤对于河涌的生态恢复具有重要意义,但是对淤泥的处理工作必须防止二次污染和生态污染。

4 参考文献

[1] 李明光,钟继洪,李淑仪,等.广州市河涌底质污染现状调查与评价[J].广州环境科学,2005,20(4):1-4.  
[2] 万金柱.广州市河涌底质及污染评价研究[J].山西建筑,2010,36(21):162-163.

[3] 贾振邦,邓宝山,王清平,等.应用沉积学原理评价太子河支流主要重金属污染及潜在生态危害[J].环境科学,1991,12(3):79-84.  
[4] Lars Hakanson. An ecological risk index for aquatic pollution control:a sedimentological approach[J]. Water Res,1980,14: 975-1001.  
[5] 黄先飞,秦樊鑫,胡继伟,等.红枫湖沉积物中重金属污染特征与生态危害风险评价[J].环境科学研究,2008,21(2): 18-22.

Heavy Metal Pollution of River Sediment in Guangzhou

Zhou Shujie Gu Jian Huang zhuoer

**Abstract** The heavy metal pollution of sediment in 12 major rivers in Guangzhou have been investigated by leaching experiments and complete analysis, and the results were discussed on leaching toxicity and potential ecological risk of heavy metal pollution, in comparison with the standard of agricultural sludge.

**Key words** river sediment heavy metal pollution agricultural sludge leaching toxicity potential ecological risk

## 广州市部分医用 X 射线机防护现状监测与防护对策

李锦林 梅 茜 胡迪琴 郑丝雨  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 对广州市 274 台Ⅲ类射线装置验收监测结果进行统计分析。结果表明,监测的Ⅲ类射线装置辐射防护均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求,但不同类型射线机均存在一定程度的漏射线现象,应引起关注。针对 X 射线放射工作场所放射防护存在问题,提出改进措施,为环境主管部门对射线装置的管理提供科学依据。

**关键词** X 射线机 辐射防护 监测 对策

为了更好的贯彻执行国务院《放射性同位素与射线装置防护条例》,避免医用诊断 X 射线对公众及放射工作人员造成超剂量照射的损害,2008 年开始,陆续开展对广州市医用 X 射线应用项目进行验收监测,并对其中 274 台Ⅲ类射线装置监测结果进行统计分析,探讨 X 射线放射工作场所放射防护中存在的问题,指导应用单位进行有效整改,促进核技术应用项目的健康发展,同时也为环境主管部门对射线装置的管理提供科学依据,保障放射性工作人员和公众的健康与安全。

### 1 监测对象和方法

#### 1.1 监测对象

广州市 274 台Ⅲ类射线装置,其中牙科机 24 台、X 射线诊断机 225 台和 CT 诊断机 25 台。

#### 1.2 监测仪器

DM-01 和 6150X- $\gamma$  剂量率仪,监测仪器均通过国家法定计量单位校准。

#### 1.3 监测布点

监测点位主要布设在工作人员操作位,防护门、防护墙、观察窗、邻室、走廊、楼上、楼下等,每个测点监测 10 次,取平均值作为该点的测量值。

#### 1.4 监测与评价依据

##### 1.4.1 监测方法

根据《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)、《医用 X 射线诊断卫生防护监测规

范》(GBZ 138-2002)进行监测。

##### 1.4.2 评价方法

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ 130-2002)和《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GB/T 180-2006)进行评价。

##### 1.4.3 剂量估算

参照《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)中剂量估算公式进行公众、职业剂量估算,估算公式如下:

$$H_e = D_r \cdot K \cdot t \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

式中: $H_e$ ——有效剂量当量, mSv/a;

$D_r$ —— $\gamma$  辐射空气吸收剂量率增量,取测点增量最大值进行估算, nGy/h;

$K$ ——有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值,取 0.7;

$t$ ——环境中停留时间(工作人员按日工作 8 h,月工作 22 d 计算,取 2 112 h;公众居留因子以 0.2 计)。

### 2 结果与分析

#### 2.1 不同类型医用 X 射线机房监测结果

由表 1~表 3 可见,不同类型的射线机的监测点位都存在漏射线情况,其机房周围辐射水平由高至低为 CT 诊断机机房>X 射线诊断机机房>牙科机机房,但均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)要求。



表 1 牙科机机房周围环境辐射水平监测结果

监测点 位 置	监测点 位 数	开机-关机 范 围 (nSv/h)	差值 平均 $\bar{x} \pm s$	年有效剂量当量 (mSv/a)	
				职业人员	公众
操作位	19	0~29	10±9	0~0.043	0~0.009
观察窗	15	0~44	12±12	0~0.065	0~0.013
操作室防护门	5	0~17	7±7	0~0.025	0~0.005
主防护门	27	0~35	12±9	0~0.052	0~0.010
邻室、走廊	11	0~23	7±7	0~0.034	0~0.007
楼上、楼下	4	2~8	4±3	0~0.012	0~0.002

表 2 X 射线诊断机机房周围环境辐射水平监测结果

监测点 位 置	监测点 位 数	开机-关机 范 围 (nSv/h)	差值 平均 $\bar{x} \pm s$	年有效剂量当量 (mSv/a)	
				职业人员	公众
操作位	216	0~96	10±12	0~0.142	0~0.028
观察窗	208	0~276	14±25	0~0.408	0~0.082
操作室防护门	157	0~96	14±15	0~0.142	0~0.028
主防护门	206	0~99	16±17	0~0.146	0~0.029
邻室、走廊	182	0~118	14±19	0~0.174	0~0.035
楼上、楼下	18	0~18	7±7	0~0.027	0~0.005

表 3 CT 诊断机机房周围环境辐射水平监测结果

监测点 位 置	监测点 位 数	开机-关机 范 围 (nSv/h)	差值 平均 $\bar{x} \pm s$	年有效剂量当量 (mSv/a)	
				职业人员	公众
操作位	25	2~53	13±12	0~0.075	0~0.015
观察窗	25	0~63	17±18	0~0.093	0~0.019
操作室防护门	23	1~73	16±17	0~0.106	0~0.021
主防护门	25	1~275	33±57	0~0.407	0~0.081
邻室、走廊	18	0~26	12±8	0~0.038	0~0.008
楼上、楼下	3	7~30	15±13	0~0.034	0~0.007

2.2 X 射线机周围辐射水平的分布状况

根据表 1 ~ 表 3, 牙科机机房周围辐射水平由高至低为主防护门、观察窗 > 操作位 > 操作室防护

门、邻室、走廊 > 楼上、楼下; X 射线诊断机机房周围辐射水平由高至低为主防护门 > 观察窗、操作室防护门、邻室、走廊 > 操作位 > 楼上、楼下; CT 诊断机房周围辐射水平由高至低为主防护门 > 观察窗 > 操作室防护门 > 楼上、楼下 > 操作位 > 邻室、走廊; 不同类型的射线机的辐射水平平均值最大值均出现在主防护门; 牙科机和 X 射线诊断机机房周围辐射水平开机和关机最大差值出现在观察窗位置, CT 诊断机房周围辐射水平开机和关机最大差值出现在主防护门处。

2.3 剂量估算分析

根据表 1 ~ 表 3 中不同类型射线机以测点最大值估算职业人员和公众年附加有效剂量当量显示, X 射线诊断机 > CT 诊断机 > 牙科机致工作人员和公众所受年附加剂量当量, 但均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中剂量限值要求。

3 结论

3.1 大部分射线机防护设计、施工规范, 防护效果良好

广州市新建的射线装置项目进行严格的许可审批和环保“三同时”制度, 当前广州市大多数医用射线机房防护设计和施工均由专业公司负责, 普遍使用了铅板、铅玻璃、硫酸钡等防护材料, 放射防护效果都较好。

3.2 射线机机房门和观察窗是防护重点

根据不同类型的射线机机房周围辐射水平的统计结果, 机房防护门和观察窗是防护重点, 应确实按照《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ 130-2002) 和《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GB/T 180-2006) 进行防护, 对于 CT 机房的楼上楼下的防护也应该防护到位。

3.3 防护措施老化或施工密封不到位是造成部分机房漏射线的主因

由于施工质量不合格和随着使用时间的推移防护措施老化等原因, 部分医院医用 X 射线机房的防护墙与防护玻璃、防护墙与机房防护门间隙等增大导致漏射线增大, 这也是医院的辐射防护的薄弱环节。

## 广州市 2010 年道路机动车排放清单研究

姚欣灿<sup>1</sup> 黄如娜<sup>1</sup> 农加进<sup>1</sup> 张少君<sup>2</sup> 周 昱<sup>2</sup> 吴 烨<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>广州市环境监测中心站, 广州 510030; <sup>2</sup>清华大学环境学院, 北京 100084)

**摘 要** 随着居民收入水平的持续增长,近年来广州市机动车保有量快速增加,与此同时广州市也采取了多项措施来控制机动车排放。文章调研了广州市 2010 年机动车保有量、行驶里程和平均行驶速度,利用 MOBILE-China 和 PART5-China 模型计算分车型车队综合排放因子。在此基础上建立了广州市 2010 年机动车排放清单,CO、THC、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub> 总量分别为 33.2 万 t、5.91 万 t、6.09 万 t 和 3 350 t。

**关键词** 机动车排放 排放因子模型 排放清单 广州

伴随着中国经济的持续高速发展和城市化进程的深化,城市机动车保有量也持续上升<sup>[1-3]</sup>。随之而来的交通拥堵、空气污染和石油消耗也越来越引起人们的重视<sup>[4]</sup>。广州作为中国南方最大的城市,在 2010 年 11 月成功举办了第 16 届亚运会。在亚运会筹备工作期间,从 2001 年到 2009 年广州市市区道路长度的年增长率平均为 3.4%,道路面积的年增长率平均为 7.8%。2010 年,广州市市区城市道路长度达到 5 619 km,道路面积达到 98.82 km<sup>2</sup>。随着城市化加快,机动车保有量也迅速增加<sup>[5]</sup>。2010 年底机动车总量达到 215 万辆<sup>[6]</sup>。广州市机动车排放导致的空气质量恶化的问题,也变得越来越突出。因此,建立广州市道路机动车排放清单并分析排气污染趋势及现状,具有非常重要的意义。为了控制机动车排气污染,广州市采取了提前实施新车国Ⅲ标准及配套油品升级,升级在用车检测维修(I/M)制度,淘汰高排放车,推广使用 LPG 出租车和 LPG 公交车,实施环保标志管理及区域限行管理,市区摩托车限行等一系列措施。本文主要基于 MOBIEL-China 和 PART5-China 模型,在调研广州市机动车保有量和活动水平的基础上,建立了 2010 年广州市道路机动车排放清单。

### 1 研究方法

在本研究中,广州市机动车排放清单是通过基于宏观统计数据的方法建立,各车型的机动车排放量由机动车排放因子、保有量和活动水平计算得到<sup>[7]</sup>,

如公式(1):

$$Q_{p,i} = \sum_p (EF_{p,i} \times VKT_p \times S_p) \times 10^{-6} \quad (1)$$

式中: $Q_{p,i}$ ——机动车车型  $p$  的污染物  $i$  的年排放量,t;

$EF_{p,i}$ ——机动车车型  $p$  的污染物  $i$  的综合排放因子,g/km;

$VKT_p$ ——机动车车型  $p$  的年均形式里程,km;

$S_p$ ——机动车车型  $p$  的保有量。

#### 1.1 机动车保有量调研

根据广州市统计年鉴,广州市 2005~2010 年的机动车保有量(不含三轮货车、低速货车和其他专业作业车辆)如图 1。其中,汽车保有量在 2005~2010 年的年均增长率为 15.3%;由于摩托车的限行措施,摩托车(含普通摩托车和轻便摩托车)保有量从 2005 年的 101 万辆锐减到 2010 年的 54 万辆;小型客车的保有量迅速上升,并成为了广州市机动车保有量最大的车型。广州市私人小客车保有量在 2005~2010 年间年均增长率为 22%,比北京和上海的同期水平要高<sup>[8]</sup>。

为了获得模型计算所需要的分年份车型保有量数据,考虑到模型年份跟机动车排放标准对应相关,本文结合广州市机动车排放标准的实施时间表(见表 1),并利用广州市机动车环保标志管理系统提供的截至 2010 年 10 月的机动车分车型、燃料、登记年份的保有量信息(外扩到 2010 年年底),并将其视同为广州道路实际行驶车辆,对机动车的类型进行细分。

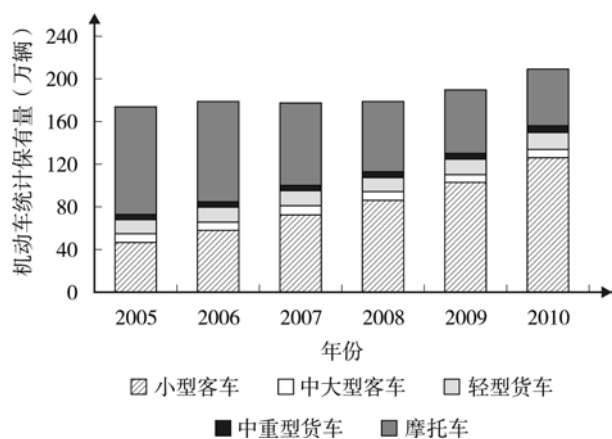


图 1 广州市道路机动车统计保有量变化趋势

表 1 广州市机动车新车排放标准实施时间表

新车排放标准	汽 油 轻型车	汽 油 重型车	柴 油 重型车	摩托车
国 I	2000 年 7 月	2004 年 1 月	2001 年 9 月	2004 年 1 月
国 II	2005 年 7 月	2004 年 9 月	2004 年 9 月	2006 年 1 月
国 III	2006 年 9 月	—	2006 年 9 月	—
国 IV	2010 年 9 月	—	—	—

从 2003 年起,广州市开始在出租车和公交车车队中推广使用液化石油气(LPG)燃料,其中出租车的 LPG 替代在 2006 年基本完成。根据统计资料显示,2010 年 LPG 出租车和 LPG 公交车分别有 18 003 辆和 7 884 辆,分别占运营车队的 93%和 72%;非 LPG 公共运营车辆主要在广州中心城区以外运营。

1.2 机动车年均行驶里程和平均行驶速度调研

机动车年均行驶里程是计算机动车排放的重要参数。相关研究团队在广州对机动车年均行驶里程进行了调研,通过对 4S 店、出租车公司、公交车公司和货运公司及私家车车主进行了调查,收集了超过 2 万个样本,其中机动车行驶里程的保有量见表 2。

本文利用清华大学对机动车燃油经济性研究结论<sup>[9]</sup>和广州市分车型保有量及活动水平调研结果数据,计算了亚运会前广州市机动车汽油消耗量,并跟实际车用消耗量进行比较。校核结果显示,2009 年车用汽油计算消耗量和实际消耗量差别在 5%以内,说明该模型在调研基础上所取的活动水平参数是符合广州市实际情况的。Huo et al.(2011)<sup>[10]</sup> 研究显示,中国城市机动车活动水平呈现出以下规律:轻型乘用车近年来随保有量增加而年均行驶里程下

降,而公交车、出租车则随着城市公共交通发展而年均行驶里程上升。考虑到广州市在 2010 年亚运会期间采取了临时交通管理措施,其中对非运营车辆根据车牌尾号实施单双号限行。根据实际道路车流监测数据结果显示,采取临时措施期间和限行期间日交通流量平均减少 20%,其中小型客车减少 33%,而公交车上升 5%,出租车上升 17%<sup>[11]</sup>。因此,本文根据临时交通管理措施的实施天数(含亚运会前 2 次限行措施演练,共 54 d),在调查结果的基础上,对 2010 年广州市机动车年均行驶里程进行了估计,结果见表 2。

表 2 广州市分车型年均行驶里程调研结果

车 型	调 查 样本数	2009 年年均行驶 里程 调查结果 (万 km)	2010 年年均行驶 里程 估算结果 (万 km)
小型客车	11 119	2.00	1.85
中型客车	269	2.50	2.40
重型客车	751	5.80	5.60
轻型货车	2 670	2.40	2.30
中型货车	1 437	3.50	3.40
重型货车	1 102	5.00	4.85
摩托车	3 820	0.50	0.45
出租车	500	12.0	12.6
公交车	500	7.20	7.30

对 2009 年 10 辆广州市的出租车通过 GPS 记录收集的共 15.5 万 s 的速度信息的统计结果显示:10 辆车的平均速度分布在 20~23 km/h,车队的平均行驶速度为 22 km/h。同年,对从广州市交委获取的通过 GPS 记录的 6 辆公交车共超过了 9.3 万 s 的行驶工况数据统计后发现:6 辆公交车分布在 6 条不同的线路上,被认为代表了广州典型的城市公交车线路;其平均行驶速度分布在 15~22 km/h,车队的平均行驶速度为 18 km/h。为此,本文将广州市 2009 年城市非公交车和公交车的平均行驶速度分别取为 22、18 km/h。广州市交通发展年度报告(2010 年)显示,由于众多道路建设工程在亚运会前陆续完工,加上亚运会交通管理措施的实施,广州市 2010 年道路拥堵情况较 2009 年有了很大改善。其中,核心区高峰小时主干道和次干道的平均车速比 2009 年提高了 18%,快速路

则提高了近 30%<sup>[9]</sup>。因此,综合考虑各种因素后,本研究模型计算中使用的广州市 2010 年城市非公交车平均速度为 26 km/h,公交车平均车速为 22 km/h。

1.3 机动车排放因子模拟

机动车排放模型是国际上计算机动车排放因子的常用方法。清华大学从 1997 年起,根据中美排放控制水平的差异的对比等分析,基于美国环保署(U.S.EPA)开发的 MOBILE-5b 和 PART-5b 模型,结合中国实际情况通过对模型参数进行了改进和修正,开发了 MOBILE-China 和 PART5-China 模型,具有 14a 的研究应用经验<sup>[12-14]</sup>,并运用模型对北京、广州和上海等地排放因子清单建立和污染控制决策支持做出了实际贡献,特别是 2008 年直接服务于北京奥运会空气质量保障工作中<sup>[15-20]</sup>。为此,本文车辆排放因子的测算将基于 MOBILE-China 和 PART5-China 模型。

此外,为了更好反映广州市污染排放特征,本文通过多途径收集相关测试数据并对模型进行修正。通过收集超过 1 000 辆小型客车的简易瞬态工况法(IG195)测试数据,对模型在不同排放标准的排放水平及随里程劣化等重要参数提供了参考作用<sup>[21-23]</sup>;通过利用 VMAS 检测线,搜集了 40 辆 LPG 出租车和 20 辆汽油出租车的气态污染物(CO、THC 和 NO<sub>x</sub>)IG195 排放检测数据,其排放因子的比例见表 3;参考了广东工业大学相关研究团队开展的城市公交车实际道路的车载排放测试(PEMS)及其相关研究<sup>[23]</sup>,收集了 6 辆 LPG 公交车和 2 辆柴油公交车的气态污染物排放因子数据,其比例如表 4。在小型客车和大型客车中,将分别考虑这部分使用 LPG 的车辆排放。

表 3 LPG 出租车与汽油出租车在 IG195 测试下的排放因子比例

污 染 物	CO	THC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
LPG 出租车对汽油出租车 排放因子比例	0.46	1.19	0.76	1*

\* 假设 LPG 出租车的颗粒物排放水平和汽油出租车相当。

表 4 LPG 公交车与柴油公交车在 PEMS 测试下的排放因子比例

污 染 物	CO	THC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
LPG 公交车对柴油公交车 排放因子比例	0.11	0.46	1.46	0.1*

\* 假设 LPG 公交车的颗粒物排放水平是柴油公交车的 0.1 倍。

2 结果与讨论

2.1 广州市 2010 年机动车车队排放因子

根据以上介绍的模型输入信息,基于 MOBILE-China 和 PART5-China 模型计算的广州市 2010 年分车型车队综合排放因子如表 5。

表 5 广州市 2010 年分车型车队综合排放因子 g/km

车辆类型	CO	THC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
小型客车 *	9.94	1.66	0.85	0.02
中型客车	23.61	3.15	2.32	0.15
大型客车 **	8.82	1.57	10.96	0.50
轻型货车 ***	7.00	1.19	2.67	0.19
中型货车	6.68	1.47	7.06	0.67
重型货车	5.91	1.51	9.15	0.70
摩 托 车	4.98	2.60	0.04	0.02

注: \* 含年鉴统计中的微型客车和出租车; \*\* 含公交车;  
\*\*\* 含年鉴统计中的微型货车。

2.2 广州市 2010 年机动车分车型排放量

根据上述的保有量、活动水平和排放因子,可以建立 2010 年广州市机动车排放清单。2010 年广州市道路机动车排放的 CO、THC、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub> 总量分别为 33.2 万 t、5.91 万 t、6.09 万 t 和 3 350 t。其中,分车型排放分担率如图 2。

根据模型计算结果,2010 年广州市机动车污染物分车型排放分担率显示,对于 CO,小型客车是最大排放源,约占 74%,并且随着小型客车保有量的持续快速增加,排放分担率还有可能进一步增加。对于 THC,随着小型客车保有量增加和广州市针对市区内摩托车的限行控制措施,小型客车成为是最重要排放源,约占 69%,而摩托车对 THC 的排放贡献约占 10%,并且对于 THC 今后小型客车的排放分担率会增加,而摩托车的排放分担率会降低。对于 NO<sub>x</sub>,重型货车、轻型货车、大型客车和 LPG 公交车仍然是重要的排放源,其中大型客车 NO<sub>x</sub> 排放贡献约占 32%,货车 NO<sub>x</sub> 排放贡献约占 33%;但由于小型客车在机动车总保有量中占较大比例,其排放贡献也达到了 32%。对于颗粒物(PM<sub>10</sub>),货车排放贡献超过了 50%,大型客车排放贡献达 28%。

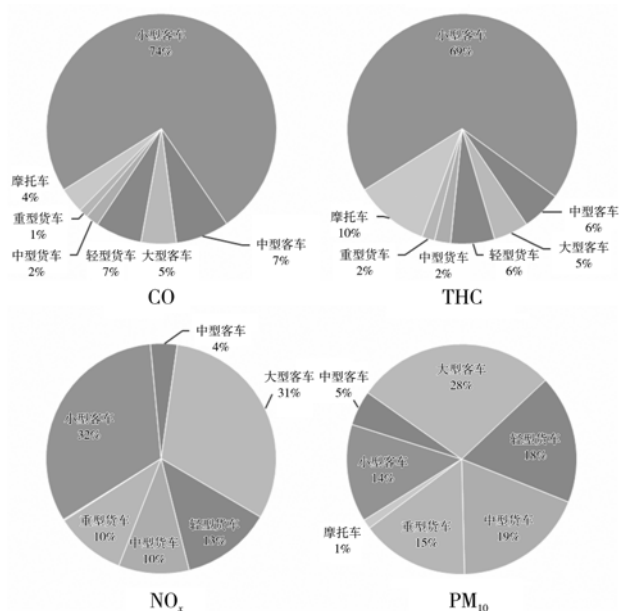


图 2 广州市 2010 年道路机动车排放量车型分担率

### 3 结论

基于 MOBILE-China 模型和 PART5-China 模型计算的排放因子,建立了 2010 广州市机动车排放清单。广州市 2010 年机动车 CO、THC、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub> 的排放总量分别为 33.2 万 t、5.91 万 t、6.09 万 t 和 3 350 t。其中小型客车是 CO 和 THC 的主要污染源,车型分担率分别为 74%和 69%,并且对 NO<sub>x</sub> 也有 32%的排放贡献,而货车和大型客车仍然是 NO<sub>x</sub> 重要的排放源。对于 PM<sub>10</sub>,货车和大型客车是主要的污染源。建议后续研究可以在对中心城区车流活动水平、车型构成进行调研,结合交通流数据对中心城区的排放情况进行更细致研究。

### 4 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局.“十一五”经济社会发展成就系列报告[EB/OL]. [2011-03-01].
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 中国机动车污染防治年报(2010)[EB/OL]. [2010-11-04].
- [3] 中华人民共和国国家统计局. 2010 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. [2011-02-28].
- [4] 郝吉明,傅立新,贺克斌,等. 城市机动车排放污染控制——国际经验分析与中国的研究成果[M]. 北京:中国环境科学出版社,2000.
- [5] 广州市交通规划研究所. 2010 年广州市城市交通运行报告[EB/OL]. [2011-07-21].
- [6] 广州市统计局,国家统计局广州调查队. 广州统计年鉴 2009[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [7] Wang H K, Fu L X, Zhou Y, et al. Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005. Environmental Pollution, 2010, 158(2): 394-400.
- [8] 中国新闻网. 广州中心城区缓解交通拥堵方案讨论稿出台[OL]. [2011-01-09].
- [9] 林博鸿. 典型区域车用能源消耗和二氧化碳排放现状与趋势分析[D]. 北京:清华大学,2010.
- [10] Huo H, Zhang Q, He K B, et al. Vehicle-use intensity in China: Current status and future trend. Energy Policy, 2012, 43(4): 6-16.
- [11] 清华大学,广州市环境监测中心站. 机动车第一次限行演练排放削减及空气质量效果初评估[R]. 北京:清华大学,2010.
- [12] 傅立新,贺克斌,何东全,等. MOBILE 汽车源排放因子计算模式研究[J]. 环境科学学报,1997,17(4):474-479.
- [13] 何东全,郝吉明,贺克斌,等. 应用模式计算机动车排放因子[J]. 环境科学,1998,19(3):7-10.
- [14] 胡京南,郝吉明,傅立新,等. 机动车排放车载实验及模型模拟研究[J]. 环境科学,2004,25(3):20-25.
- [15] Wang H K, Fu L X, Lin X, et al. A bottom-up methodology to estimate vehicle emissions for the Beijing urban area[J]. Science of the Total Environment, 2009, 407(6): 1947-1953.
- [16] 郝吉明,吴烨,傅立新,等. 北京市机动车污染分担率的研究[J]. 环境科学,2001,22(5):1-6.
- [17] 郝吉明,贺克斌,傅立新. 北京奥运期间措施实施后效果评估[D]. 北京:北京市环境保护局,2008.
- [18] Wu Y, Wang R J, Zhou Y, et al. On-Road Vehicle Emission Control in Beijing: Past, Present, and Future[J]. Environmental Science and Technology, 2011, 45(1): 147-153.
- [19] Zhou Y, Wu Y, Yang L, et al. The impact of transportation control measures on emission reductions during the 2008 Olympic Games in Beijing, China[J]. Atmospheric Environment, 2010, 44(3): 285-293.
- [20] 周昱. 基于交通流的城市机动车排放模型研究[D]. 北京:清华大学,2010.
- [21] 农加进,双菊荣. 机动车双怠速法与简易瞬态工况法尾气检测对比分析[J]. 环境工程,2010,29(增刊):280-284.
- [22] 蔡锐彬,陈丹青,孙国斌,等. 采用 VMAS 系统检测分析汽车排放物的研究[J]. 车用发动机,2003(3):39-42.
- [23] 彭美春,蔡妙甜,吴晓伟,等. 大型 LPG 公交车运行工况与排放特性的试验研究[J]. 汽车工程,2011,33(11):942-946.

## Vehicle Emission Inventory of Guangzhou in 2010

Yao Xincan Nong Jiajin Huang Runa Zhang Shaojun Zhou Yu Wu Ye

**Abstract** As the economy in Guangzhou has been sustained growth in the past decade, the amount of vehicles has been increased, and a series of policies and strategies have been implemented to control vehicle exhaust pollution. In this study, we surveyed the vehicle population, annual activity and average speed of motor vehicles in Guangzhou. Emission factors by vehicle category were developed using MOBILE-China and PART5-China model. A vehicle emission inventory was established for Guangzhou. The annual vehicle CO, HC, NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub> emission of Guangzhou in 2010 were 333,000 tons, 59,900 tons, 65,600 tons and 3,310 tons, respectively.

**Key words** vehicle emission emission factor model emission inventory Guangzhou

(上接第 15 页)

离子对比色测定丁基黄原酸的干扰。试验结果显示,地表水样中 Se 和 Ni 对丁基黄原酸的测定没有显著干扰,但 Fe、Pb 和 Cd 对丁基黄原酸的测定均有抑制作用(见图 2 ~ 图 4),而且呈现出相似的规律性,即随着共存离子含量增加,吸光度快速下降,然后抑制趋于平缓,吸光度不再随共存离子含量增加而变化。结果表明,抑制趋于平缓的最低浓度分别为  $c_{Fe}=0.2 \text{ mg/L}$ ,  $c_{Pb}=0.05 \text{ mg/L}$  和  $c_{Cd}=0.008 \text{ mg/L}$ ,显然 Cd 的抑制作用最为显著。

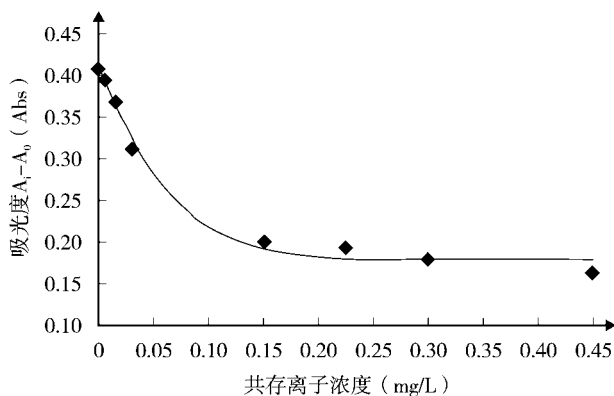


图 2 Fe 对丁基黄原酸显色的影响

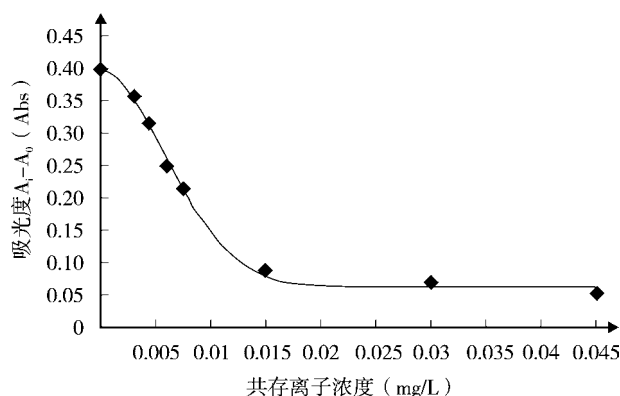


图 3 Pb 对丁基黄原酸显色的影响

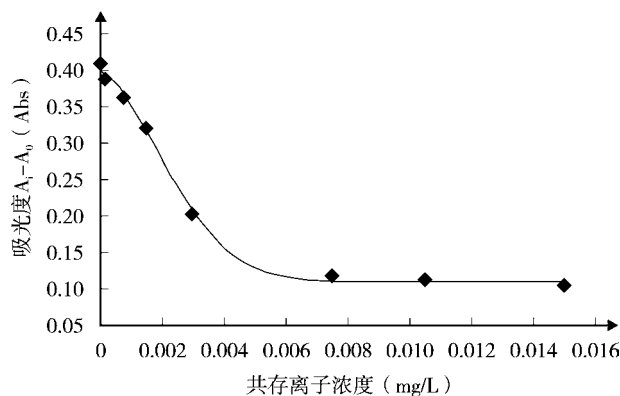


图 4 Cd 对丁基黄原酸显色的影响

## Interferences in the Determination of Butyl Xanthic Acid in Water by Spectrophotometry

Lu Chunxia Deng Haitao Cen Huixian

**Abstract** The butyl xanthic acid in water is usually determined by spectrophotometry with the cuprous diethyl dithiocarbamate, however, it may be interfered by some factors. The interferences from temperature and coexisting ions were studied. The results show that, higher temperature would reduce the absorbance, and the measurement would be inhibited by the coexisting ions of iron, lead, and cadmium, but no interference from nickel and selenium.

**Key words** butyl xanthic acid spectrophotometry temperature coexisting ions



## 广州市在用机动车排气复测相关问题探讨

梁 冰

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 介绍了广州市在用机动车复测工作情况和工作程序,分析了机动车排气复测工作中存在的问题,提出了解决问题的建议和方法。

**关键词** 机动车 排气复测 广州市

机动车排气复测是指按照国家和地方管理要求对各种日常监管中(如排气抽检、排气定期检验等)发现的超标车辆,经维护维修与治理后再按有关规定和要求进行的一种排气检测工作,旨在保证超标车辆的排气治理效果与达标行驶。排气复测在机动车排气监管工作中十分重要,是保证机动车达标行驶的关键性环节。

### 1 广州市机动车排气复测模式、程序与排气检测方法

#### 1.1 复测模式

广州于 1996 年开始实施机动车排气道路抽检工作,作为其配套管理措施,复测工作也同时开展。随着广州市机动车排气监管工作的发展,广州市复测工作领域已逐步扩展到道路抽检超标车辆、停放地抽检超标车辆、被举报冒黑烟车辆和排气定期检验车辆等几个方面。

目前,广州排气定期检验超标车辆的复测由 58 个承担机动车排气定期检验工作的检测机构负责,其中 46 个排气检测机构承担由公安车辆管理部门负责的安全审验中的排气检验与复测工作,12 个排气检测机构承担由交通部门负责的营运车辆综合性能审验中的排气检验与复测工作。安全审验与综合性能审验两项工作完全独立,也即安全审验检测机构只负责安全检验时的排气检测和复测工作,综合性能检测机构只负责营运车辆综合性能检验时的排气检测和复测工作,相互间不允许交叉检测,安全检验与综合性能检验的排气检验数据不互认。

道路与停放地抽检超标车辆及被举报冒黑烟车辆的复测由环保部门在全市设置的 8 个复测点负责,复测人员由市与区县两级环保部门派出,其中广州市环境监测中心站(以下简称中心站)负责市中心区 3 个复测点的复测工作,其它 5 个复测点则分别由番禺、萝岗、增城、从化、花都环保部门各自负责设置在其辖区内复测点的复测工作。道路与停放地抽检超标车辆及被举报冒黑烟车辆的复测不指定复测点,复测数据全市复测点互认,由中心站统一汇总和上报,并由中心站负责对区县环保部门的复测工作进行技术指导。

#### 1.2 复测程序

超标车辆或被举报冒黑烟车辆经维护维修与治理后,根据所属类别(如定期检验、抽检或被举报冒黑烟车辆)按规定到相应复测点或检测机构进行复测。定期检验、抽检与冒黑烟车辆的复测程序见图 1、图 2。

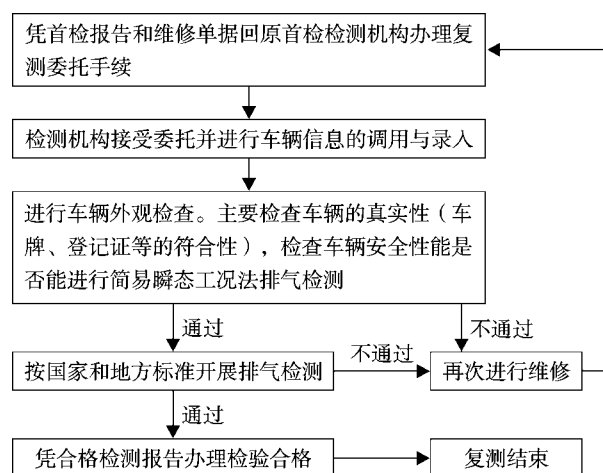


图 1 定期检验超标车辆复测流程

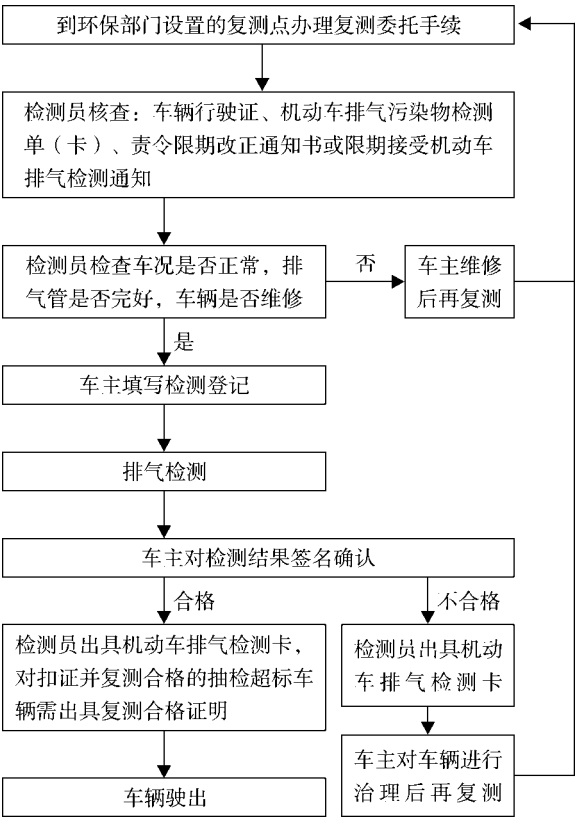


图 2 抽检与黑烟超标车辆复测流程

2.3 复测所采用检测方法

目前，广州复测所采用的排气检测方法与超标车辆抽检所采用的检测方法相同，被举报冒黑烟车辆的复测则采用了自由加速烟度法进行复测。各种不同类型超标车辆所采用的复测方法见表 1。

表 1 广州市机动车排气复测方法

超 标 车 辆 类 别		复 测 部 门	检 测 方 法
定期检验	普通汽车	排气定期检验机构	简易瞬态法
	点燃式轻型汽车		双怠速法
	全时四轮驱动		双怠速法
	点燃式重型汽车		加载减速法
	普通汽车		加载减速法
压燃式汽车	全时四轮驱动、紧密型多轴驱动及额定功率超过 450 kw 的特重型车辆	排气定期检验机构	自由加速烟度法
道路与车辆停放地抽检	点燃式汽车	环保部门设置的复测点	双怠速法
	压燃式汽车		自由加速烟度法
被举报冒黑烟车辆		环保部门设置的复测点	自由加速烟度法

说明：1. 对于 2001 年 10 月 1 日前上牌且采用自由加速烟度法进行排气检测车辆，采用滤纸烟度法进行排气检测；  
2. 对于 2001 年 10 月 1 日后上牌且采用自由加速烟度法进行排气检测车辆，采用不透光烟度法进行排气检测。

2 广州市近年机动车排气复测情况

2.1 定期检验复测情况

广州市全面实施简易工况法排气检测前，由于机动车排气定期检验仅作为安全检验中的一个单项项目，排气定期检验管理处于不稳定状态，且所采用的检测方法易于作弊，使排气检测的首检合格率均达到了 99% 以上。2011 年 6 月实施简易工况法排气定期检验后，依靠环保部门建立的机动车排放监督管理系统逐步将排气定期检验纳入了正规化和规范化管理，排气定期检验发挥了较好的作用。广州实施简易工况法排气定期检验工作一年时间的数据表明，排气定期检验的首检合格率约为 82%，首次复测的合格率约为 76%，多次复测后排气定期检验的总合格率接近 99%，说明简易工况法的实施有效促进了排气定期检验超标车辆的排气维修与治理，进一步提升了广州市机动车排气监管工作能力与水平。

图 3 是广州市某月排气定期检验各类车辆的首检合格率情况。由图可以看出，通过简易工况法的实施和排气定期复测管理，促使了接近 20% 的超标车辆进行了排气治理，有效的减少了机动车的污染物排放。

2.2 抽检超标车辆与被举报冒黑烟车复测情况

图 4 是近年广州市机动车排气复测数量情况。从图 4 可以看出，2006 年被举报冒黑烟车和抽检超标车的复测数量均较多，而 2007 年则被举报冒黑烟车的复测数量明显下降，其后几年的数量则处于逐步稳定状况。出现上述情况的原因是复测工作量与

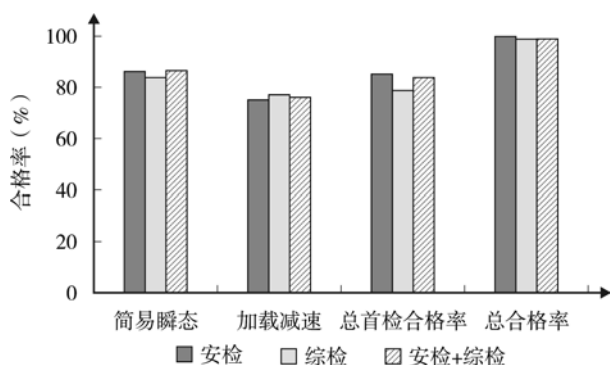


图3 广州某月排气定期检验首检合格率情况

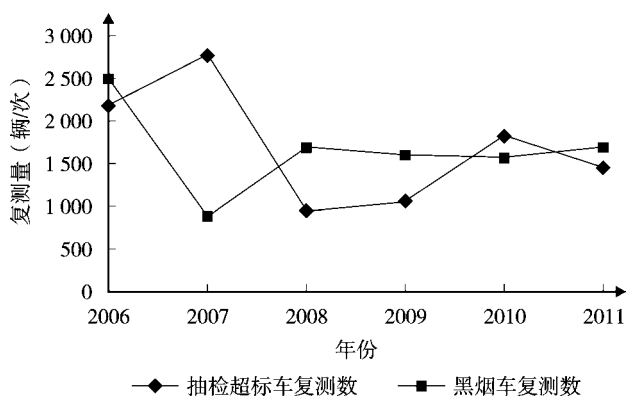


图4 广州市机动车排气复测量情况

抽检超标车辆和被举报冒黑烟车辆的数量有关。一般来讲,抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆越多,则复测数量也将越多。另外,复测数量还与抽检超标车辆及被举报冒黑烟车辆是否按规定履行排气治理并按要求完成排气复测工作有关,即与这些车辆的复测比例有关。

图5为近年来抽检超标车的复测比率情况。从图5中可看出,近年广州市超标车辆的复测比例处于波动状况,这是因为2006年广州市的机动车排气监管手段不强。当时环保部门还没有有效的制约手段,导致只有不到30%的超标车辆前来复测,复测比例极低;2007和2008年广州市环保部门采取了对不按规定履行排气复测的超标车辆与被举报冒黑烟车辆进行行政起诉方式后形成了一定震慑力,抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆的复测比例得到了较好提高,2008年达到了70%左右。但由于行政起诉成本高,法院无法应对众多的案件处理,致使这一措施无法有效坚持下去,2009年和2010年超标车辆的复测比例又降到了50%左右。2011年广州市采

取简易工况法进行排气定期检验后,机动车排气监管能力和水平得到了全面提升,抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆的复测比例又开始回升。图4复测比例的变化情况,在一定程度上反映了监管措施的有效性对机动车排气监管工作的影响程度。

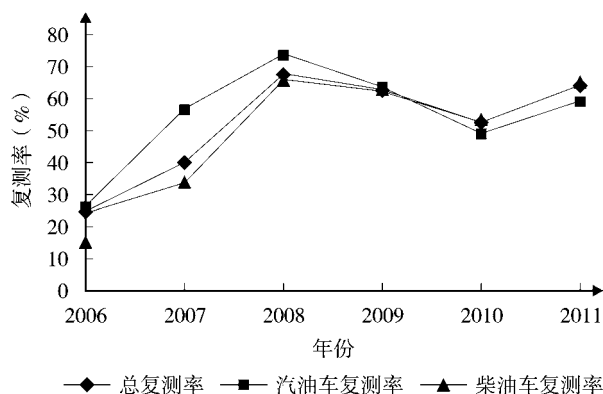


图5 近年抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆复测率情况

### 2.3 抽检超标车辆与被举报冒黑烟车复测合格率情况

道路抽检、停放地抽检及被举报冒黑烟车等与定期检验情况不同,所抽查的是在道路上正常行驶车辆,基本能表征车辆的实际排放状况,即车主没办法临时作弊,因此,抽检车辆的超标率较高。图6是2006~2011年道路抽检、停放地抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆首次复测合格率情况。从图6可以看出,自2008年起首次复测合格率呈逐年上升趋势,这是因为广州市近年通过各项机动车排放控制措施的实施,促进了排气维修工作的进步和车主环保意识的提高。另外通过鼓励老旧车辆的淘汰,新车比例的增加,使得广州市高排放车辆的比例不断缩小,超标车辆相对较新和较好。图6中所示,2007年抽检超标车辆首次复测合格率产生了一个低谷,可能是因广州刚于2006年下半年正式开始实施点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(GB18285-2005)和《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法》(GB3847-2005)两个新的在用车标准,检测方法由怠速法和滤纸自由加速烟度法过渡到双怠速法和不透光烟度法,许多维修企业对相应工况下的排气维修技术不熟悉所致。

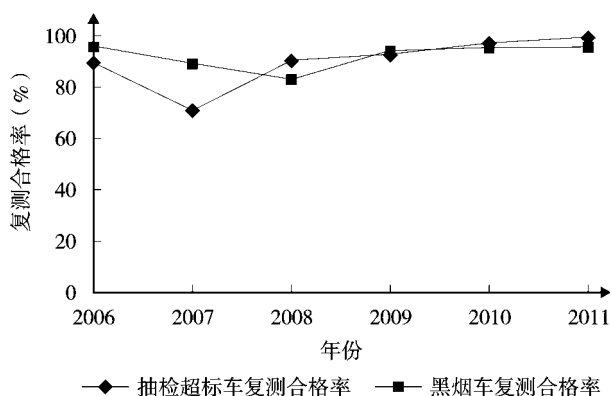


图6 近年广州市抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆复测合格率情况

### 3 机动车排气复测工作存在的问题

(1) 经济利益驱使与不正当竞争导致排气定期检验的复测工作仍不够规范。

广州全面实施简易工况法排气定期检验后,在公安车辆管理部门和交通运输管理部门的支持与配合下,将排气检验工作作为安全定期检验和营运车辆综合性能检验的一项强制检验内容纳入其统一管理,即排气合格作为安全检验和营运车辆检验合格的必要条件,使过去定期检验中管理不到位的排气检验发挥了真正作用,也为广州市机动车排气污染各项措施逐步落实创造了良好条件。然而,目前广州市在用车排气定期检验工作采取的是社会化运营模式,虽环保部门采取了一系列措施加强排气检测的监管工作,但限于目前信息化监管水平较低,仍无法避免防止个别检测机构为获取更多的经济效益,采取不正当的竞争手段,协助车主进行检测作弊,导致排气定期检验工作常有不规范操作问题的出现。

(2) 环保部门缺乏有效制约手段,导致相当部分抽检超标车辆和被举报冒黑烟车辆不按规定完成维护治理和复测工作。

由于2004年实施《中华人民共和国道路交通安全法》,自2005年开始,广州市公安交警部门不再对道路超标车辆暂扣行驶证,而环保部门又没有有效手段制约超标车辆在道路上的行驶。虽采取了对超标车辆车主进行行政起诉等措施,但面对众多的超标车辆车主,行政诉讼成本太高,法院难以应付,其法律手段作用收效不明显,致使机动车道路排气抽检执法工作效力不能较好地发挥,许多超标车辆车主对环保部门发出的处罚通知单不予理睬,不按规

定进行复测。图4所示的近年抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆复测比例情况,说明广州每年都有相当一部分抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆没有按政府要求履行排气治理和完成排气复测工作。

(3) 信息化水平低,导致抽检超标车辆和被举报冒黑烟车辆复测数据利用率较低。

随着信息技术的不断发展,人们的生活、工作等各个方面都离不开信息技术。人们既可以通过信息化手段实现对各种数据的管理,挖掘出更多、更细和更有用的各种信息,使之更好、更有效地为日常工作与管理服务,提高管理工作效率,也能利用信息化技术规范各种工作行为。

近年随着机动车排气监管工作的发展,广州市也加强了机动车排气监管工作的信息化建设,建设了黑烟举报系统、标志管理系统、高排放车数据库系统及主要用于机动车排气定期检验的机动车排放监督管理系统,在道路和停放地抽检方面,也建立了专用的排气检测系统,使广州市机动车的排气监管能力和水平得到了良好提高。然而,作为机动车排气抽检执法工作重要环节的复测工作,目前仍采用较原始的手段,采样与记录仍为手工操作,造成对复测数据的分析与管理困难,既影响与其它监管措施协同管理,也不利于复测管理和检测质量保证的监控,数据利用率低。

### 4 建议

(1) 强化信息化建设,促进复测工作的规范化管理。

机动车排气监管信息化建设方面,广州应同步加强复测工作的信息化建设,结合定期检验、道路抽检、停放地抽检、被举报冒黑烟车管理以及环保标志管理等工作,建立起全市的复测管理系统,应将这些工作通过信息化建设有机结合,以进一步提高广州市机动车排气监管总体信息化管理水平。复测系统的建设应包括中心管理子系统和检测终端子系统,中心管理子系统应具备复测管理能力,具备与其它机动车排气管理系统链接能力。检测终端子系统应具备按标准要求规范化检测业务流程,具备防作弊等能力,以保证检测工作的公正、规范与有效。

(2) 结合标志管理和排气定期检验工作,强化抽检超标车辆与被举报冒黑烟车辆的监管,促进复测率的提高。

# 人工湿地处理技术研究概况及其在农村面源污染治理中的应用\*

廖庆玉 卢彦 章金鸿  
(广州市环境保护科学研究院, 广州 510620)

**摘 要** 人工湿地处理技术适合我国国情, 尤其适合广大农村、中小城市的污水处理, 同时该技术作为传统污水处理技术的替代和补充工艺越来越受到重视。文章较详细的介绍了人工湿地的由来、发展状况、工艺类型、去污机理以及在国内外的应用和研究进展, 分析了人工湿地在农村面源污染治理中的应用前景, 以及在大规模推广中面临的挑战。

**关键词** 人工湿地 污水处理 农村面源污染 研究进展

随着国家对工业污水排放引起点源污染的重视, 农业面源污染和农村生活污水污染已逐渐成为河流水体富营养化的主要来源。水体氮磷含量偏高, 引起藻类大量生长, 造成大量水生植物和鱼类死亡。由于面源污染具有分布面广, 排放量多且随机性强的特点, 治理难度较大。人工湿地是一种新兴的污水处理技术, 以其为基础的生态工程技术费用低廉、实用有效, 氮磷去除率高, 非常适合在农村面源污染治理上推广应用。

## 1 人工湿地的定义、类型和特点

### 1.1 人工湿地的定义

湿地是地球上具有多种功能的独特生态系统, 它不仅为人类提供大量食物、原料和资源, 而且在维持生态平衡、保持生物多样性以及调节气候、涵养水源、蓄洪防旱、降解污染物等方面均有重要作用, 被称为“地球之肾”<sup>[1]</sup>。

人工湿地是一种在自然湿地降解污水基础上发展起来的由人工建造和监督控制的污水处理生态工程技术, 利用自然生态系统中的物理、化学和生物三重协同作用来实现对污水的净化<sup>[2]</sup>。人工湿地又叫构筑湿地、构建湿地。一般认为, 人工湿地是从生态学原理出发, 模仿自然生态系统, 人为地将土壤、沙、石等材料按一定比例组合成基质, 并栽种经过选择的耐污植物, 培育多种微生物, 组成类似于自然湿地的新型污水净化系统。

### 1.2 人工湿地的类型和特点

人工湿地按照湿地中主要高等植物的类别可分为浮水植物系统、挺水植物系统和沉水植物系统。沉水植物系统主要应用领域在于初级处理和二级处理后的深度处理, 更多应用于水体生态修复和受污染地表水的净化。浮水植物系统主要用于去除氮、磷和提高传统稳定塘效率。目前, 一般所说的人工湿地植物系统都是指挺水植物系统。以水流方式分, 人工湿地处理系统可主要分为表面流和潜流人工湿地两类<sup>[3]</sup>。

#### 1.2.1 表面流湿地

表面流湿地, 又称自由表面流湿地, 通常由一个或者几个池体或渠道组成, 池体或渠道间设隔墙分隔, 有时底部亦铺设防水材料以防止污水下渗, 保护地下水。池中一般填有土壤、砂或者其它合适的介质材料供水生植物固定根系。水流缓慢, 通常以水平流的流态流经各个处理单元。

#### 1.2.2 潜流湿地

潜流湿地同样由一个或者几个池体或渠道组成, 池体或渠道间设隔墙, 有时需在底部铺设防水材料以防止污水下渗。池中往往填有大量的碎石、卵石、砂或者土壤等多孔介质材料; 基质表面栽种植物。污水在介质间渗流, 水面低于介质表面, 呈潜流状态。

潜流湿地又分水平流和垂直流湿地两种。水平流就是污水从一端进入湿地, 以水平流动的方式经过湿地中的基质孔隙, 从另一端流出。污水在基质间流动的过程中, 污染物质在植物、微生物以及基质的

\* 国家水专项科研项目: 快速发展区农村污水控制模式研究及示范工程(2009ZX07211-005-05)

收稿日期: 2012-03-20, 修改稿收到日期: 2012-06-02

共同作用下,通过一系列复杂的物理、化学以及生物作用得以去除。垂直流湿地是在水平流湿地之后发展起来的,由于其系统内部的充氧更充分,有利于好氧微生物的生长和硝化反应的进行,因此对氮、磷的去除率较高。垂直流人工湿地又可分为下行流人工湿地和上行流人工湿地两类。其中常见的是下行流湿地,污水从湿地表面流入,从上到下流经湿地基质层,从湿地底部流出。上行流人工湿地则与之相反,污水从湿地底部流入,从顶部流出。

## 2 人工湿地处理技术的发展概况

采用湿地改善水质并非是一个新发明。当人们开始排放污水时,湿地就开始用于净化污水。污水通常直接或间接流入洼地,若当时没有湿地,污水的排放也会很快导致湿地的形成。人工湿地这个词出现较晚,但此概念却很古老,古代中国和埃及就已会使用此法,但最早公开的报道见诸于澳大利亚 Brian Mackey 于 1904 年发表的一篇文章<sup>[4]</sup>。

### 2.1 国外发展概况

1953 年,德国的 Seidel 在其研究工作中发现芦苇能去除大量有机物和无机物。Seidel 通过进一步实验发现,一些污水中的细菌(大肠菌、肠球菌、沙门氏菌等)在通过种植的芦苇时消失,且芦苇及其他高大植物能从水中吸收重金属和碳水化合物。进入 20 世纪 60 年代,这些实验室观察被推广至许多大规模实验,用以处理工业废水、江河水、地面径流和生活污水<sup>[5]</sup>。

Seidel 的工作刺激了德国在这方面的研究。20 世纪 60 年代中期,Seidel 与 Kichuth 合作并由 Kickuth 在 20 世纪 60 年代中期开发了“根区法”。此根区法由一种有芦苇的矩形池子组成。土壤经选择含有钙、铁、铝添加剂,以改善土壤结构和对磷的沉淀性能。水以地下潜流水平流过芦苇根区。污水流过芦苇床时,有机物降解,N 被硝化、反硝化,P 与 Ca、Fe、Al 共沉淀积累于土壤中。水面保持在地面水平,在池子进口、出口进行布水和收集。此法的问题在于土壤渗透能力并非如 Kickuth 预测的那样随时间而增大,且芦苇传氧至根的能力也通常被认为比 Kickuth 声称的要少<sup>[6]</sup>。

在北美,由于观察到自然湿地的同化能力,在 20 世纪 70 年代开始对不同设计的人工湿地进行实

验。大部分初期工作都使用自然湿地处理污水,不久就表现出生物种类组成、生物种群结构、功能及湿地总体价值的显著变化,预示了人工湿地具有应用的巨大潜力。

自德国 1974 年首先建造人工湿地以来,该工艺已在欧洲得到推广应用,在美国和加拿大等国也得到迅速发展。目前欧洲已有数以百计的人工湿地投入废水处理运行,这种人工湿地的规模差别很大,最小的仅为一家一户排放的废水处理,大的可以处理千人以上村镇排放的污水。随着研究的深入和工艺的改进,人工湿地系统独特的净化效果已不断为人们所认识,目前已成为一种较为完备和独立的污水处理技术,并在世界范围内被广泛应用,处理的对象也扩大到生活污水、矿山废水、农场废水等。在欧洲、美国、加拿大等地,人工湿地的应用已达到相当规模。在北美已经建成 650 个自然的或者人工的湿地,欧洲现在已有超过 5 000 个潜流型人工湿地用于污水处理。

### 2.2 国内发展概况

我国对于污水生物处理的研究从 20 世纪 50、60 年代就已经开始。“七五”期间对人工湿地开展了多方面的研究。1990 年在北京昌平建成人工湿地污水处理系统。该系统采用自由水面人工湿地,处理 500 t/d 的生活污水和工业废水,占地面积为 2 hm<sup>2</sup>,水力负荷 4.7 cm/d。BOD<sub>5</sub> 负荷为 59 kg/(hm<sup>2</sup>·d),取得了较好的效果<sup>[7]</sup>。

自 20 世纪 90 年代起,深圳雁田、四川成都活水公园、天津等地也先后建立了人工湿地系统,对人工湿地处理污水规律及其机制逆行了比较系统的研究;中国环境科学研究院研究了人工湿地控制农业区径流污染的效果;中国科学院沈阳应用生态研究所研究了人工湿地系统处理石油废水的效果,目前湿地处理的对象已经扩大到生活污水、农业面源污染、矿山废水、农场废水等,研究日趋广泛。

## 3 人工湿地除污机理

### 3.1 悬浮污染物去除机理

悬浮污染物在人工湿地中去除的基本机理是拦截、吸附、絮凝和胶体颗粒的沉淀<sup>[8]</sup>。大量植物根系和饱和状态的基质,使悬浮污染物通过在基质和根区表面的重力沉淀、截留和吸附等作用被分离去除。



### 3.2 溶解污染物去除机理

污水中的溶解污染物是通过植物根系的吸收和吸附以及植物根际周围和土壤基质中微生物的分解代谢作用最终被降解去除。根际微生物和根际分泌物在其中起到了重要的作用。根际微生物不仅能够降解吸收污染物质,而且其分泌的酶类也能够降解污染物质<sup>[9]</sup>。而根际分泌物不仅能为根际微生物提供能源,提高微生物对污染物的降解效率,而且其分泌的酶类对污染物也有直接降解作用<sup>[10]</sup>。

### 3.3 氮去除机理

水中氮的去除转化包括很多过程,其中一部分氮可以被湿地中的植物吸收通过收割得以去除。另外,基质也可通过一些物理和化学的途径去除污水中一部分氮。但是氮主要还是在微生物作用下通过硝化、反硝化反应来去除的<sup>[11]</sup>。植物根际复氧效率对处理效果有很大影响。有实验表明水面以下的植物部分以及附着其上和池壁上的藻类、微型植物通过光合作用产生的氧直接释放到水体能明显引起氧增,而水面以上植物部分光合作用向根部水体输氧的作用并不明显<sup>[12]</sup>。

### 3.4 磷去除机理

磷的去除有很多途径:污水中一部分磷可被植物直接吸收,通过收割得以去除;一部分磷被基质通过吸附或离子交换作用去除;一部分磷作为微生物正常代谢所需要物质被磷细菌转化成溶解性无机磷,有利于植物吸收;还有一部分磷被聚磷菌过量聚磷作用去除<sup>[11]</sup>。

### 3.5 对重金属的去除机理

湿地中金属的去除机理包括离子交换、与湿地中的基质螯合,或转化为不溶性物质沉淀<sup>[13]</sup>,主要过程包括不溶性重金属随悬浮颗粒沉淀、溶解性重金属与基质和沉积物的离子交换和络合作用、溶解性重金属以难溶性化合物的形式沉淀或者植物对溶解性重金属的吸收作用。湿地中的植物在修复金属污染的过程中有着重要的作用,包括植物本身的作用以及植物根际分泌物的作用。植物本身作用包括三种类型:植物稳定、植物挥发和植物吸收<sup>[14]</sup>。而根际分泌物在重金属污染的修复中的作用包括活化重金属元素,使其转化为植物可吸收态;改变金属的化学性质,从而改变其生物有效性和生物毒性;和重金属

形成稳定的螯合体,起到固定和钝化作用,进而降低其危害性<sup>[13]</sup>。

## 4 影响人工湿地处理效果的因素

### 4.1 植物

在人工湿地处理系统中,水生植物是重要有机组成部分,湿地中的植物不仅可以和基质一起过滤、截流水中悬浮物,还可吸收水中某些污染物质包括重金属从而将其去除。另外,由于植物对氧的输送、扩散等作用,可以在根部形成好氧区域,而对于氧扩散不到的区域会形成厌氧区域<sup>[12]</sup>。这些区域的存在是湿地具有良好脱氮除磷效果的原因之一。植物还能固定污染区,防止污染源进一步扩散;由于植物根系的穿透作用,增强了介质的疏松度,从而加强和维持介质的水力传输能力<sup>[11]</sup>。

### 4.2 基质

基质是人工湿地重要组成部分,对于去除污染物,特别是磷素污染物有着重要的作用。它的净化功能包括:①基质中植物根系吸收、转化、降解和生物合成作用;②基质中微生物降解、转化和生物固定化作用;③基质胶体及其复合体的络合和沉淀作用;④基质离子交换作用;⑤基质机械阻留作用。不同基质为植物和微生物提供的生存环境不同,从而影响水处理的效果<sup>[15]</sup>。

### 4.3 温度

人工湿地的净化作用主要是通过微生物的分解代谢和植物的作用完成的,这些作用受温度影响很大。另外,温度会影响水中溶解氧含量,从而影响好氧生物降解过程。在较低的温度条件下,污水净化的效果较差,甚至会造成湿地停止工作。这也是造成人工湿地水处理技术在寒冷地区难以推广的重要原因<sup>[16]</sup>。

### 4.4 溶解氧

人工湿地系统中,溶解氧有着重要的作用,表现在有机物、氮和磷的去除与溶解氧有密切关系。湿地中氧的来源有大气复氧、植物光合作用产生的氧气的传输、水面下植物以及根际附着的微型植物光合作用向根区释放氧气等过程。在扩散作用下在空间和时间上形成的好氧厌氧交替分布有利于脱氮除磷<sup>[11]</sup>。

### 4.5 水力停留时间

水力停留时间影响湿地对总氮和总磷等的去除效果。在一定范围内,随着停留时间延长,氮磷去除效果会成指数提高<sup>[17]</sup>;然而,当停留时间超过一定的范围后,处理效果会下降,同时可能存在污染物重新释放或者发生可逆反应过程<sup>[18]</sup>。因此,水力停留时间对于湿地设计非常重要。时间过短达不到好的处理效果甚至不达标;时间较长会提高处理效果,但过长是一种浪费,甚至会使湿地由污染物的“汇”地变为“源”头。

综上所述,建立人工湿地水处理单元时应充分考虑各个影响因素,争取有效的降低这些因素的影响,这样才能充分有效的利用人工湿地的污水净化功能。

## 5 人工湿地水处理技术存在的问题和改进方案

### 5.1 温度问题

温度影响包括低温时生物活性下降和植物的死亡;对于表面流和竖流湿地,低温时表面会结冰,冰层覆盖不仅阻碍了大气的复氧过程,使生化水平降低,而且冰层的存在减少了有效水深,从而缩短了停留时间,进而对处理效果产生影响。因此,低温会导致处理效果的显著降低。目前,湿地中温度带来的问题还没有完全解决,但可以采取一些措施适当的降低温度带来的影响。首先,在工艺上可以采用潜流人工湿地;其次,可以采用适当的保温措施,在该工艺中覆盖表面的表层土以及植物的落叶可以起到一定的保温效果,而且没有表面结冰问题,因此受温度的影响较小<sup>[19]</sup>;最后,可以加强前处理单元,以减轻湿地的处理负荷,这种方法可以适当降低温度对处理效果的影响<sup>[20]</sup>。

### 5.2 占地面积问题

人工湿地净化的机理与特点使其与传统的污水处理工艺相比较需要较大的占地面积,一般认为大约是传统污水处理工艺的2~3倍左右。土地资源对于很多城市来说是非常宝贵的,这就为应用该技术带来了很大的障碍。由于自身处理过程的特殊性,人工湿地技术在占地上的问题很难完全解决。但可以采取适当的措施以减少占用有效的土地资源。首先,选址时要考虑到环境、经济效益综合最优化和规模化的因素,为了不占用宝贵的市区土地资源,可将工程选址在市郊区域,这样做还能减轻风沙等对市区的影响和破坏。另外,可采用组合工艺,以提高效率,

减少占地面积。

### 5.3 堵塞问题

随着时间推移,湿地中部分营养物质会逐渐积累,湿地中的微生物也相应繁殖,再加上植物的腐败,若维护不当,很容易产生淤积、阻塞现象。这种现象不仅会影响水的流速,而且会影响水的复氧,从而影响到微生物的活性进而影响到处理效果。解决办法:选择适当的填料最好是多孔质轻不易板结的便宜材质,采用合适的操作工艺,可以通过一定的间歇进水来恢复湿地的渗透速率,选择适当的植物密度并及时维护<sup>[21]</sup>。

## 6 人工湿地在我国推广瓶颈

人工湿地虽然是一项适合我国国情、具有广阔应用前景的水处理技术,但在10a前我国的推广使用进程却相当缓慢,究其原因主要有如下几个方面<sup>[3]</sup>。

(1) 未能对人工湿地中相关的生物学、水力学、化学过程等具有全面、细致的了解和掌握,“黑箱”现象依然存在。

(2) 各种类型湿地的构建尚缺乏完整的设计资料和规范,没有统一的标准。

(3) 湿地水力负荷有限,导致湿地占地面积较大,与常规污水处理工艺相比较,人工湿地占地面积至少要大一倍,使其在用地紧张或者地价较高的地方难以推广。

(4) 合适湿地系统工艺的选择。人工湿地首先是在国外兴起和广泛应用的,由于湿地净化效率受气候、土壤、污水特性和植物种类等多因素的影响,若不分析地照搬到国内是不可取的,在某些情况下,也许能立即缓解威胁公众健康的污染问题,但却不能长期高效、合理地运转。

(5) 随着湿地运行时间的延长,部分营养物质会逐渐积累,湿地中的微生物相应地繁殖,如果维护不当,很容易产生淤积、阻塞现象,使水力传导性、湿地处理效果和运行寿命降低;随着污水处理过程的不断运行,数年后基质的吸附能力会趋于饱和,也会影响湿地的处理效果。因此,有关维护、修复和管理的问题,需要进一步加强研究。

(6) 水生植物和微生物的生存需要一定的水来维持,因此人工湿地难以抵抗干旱气候。

(7) 一些设计建造或者维护管理不合理的潜流

湿地会造成表面集水;而表面流湿地有较大的水面,会造成大量蚊蝇滋生,威胁湿地周边人群的健康。而且,由于人工湿地存在一定的缺氧区和厌氧区,某些厌氧反应产物(如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ )不可避免地会扩散到空气中,造成臭味扩散。

(8) 存在湿地植物病虫害、火灾以及自身生长周期等问题。

在研究和应用过程中还会不断出现一些问题,这些问题是人工湿地在我国推广的瓶颈。

## 7 结语

人工湿地水处理技术是一门新兴技术,与传统处理技术相比有很多优势,但这项技术目前仍然不够完善,需要进一步研究和探索。在农村生活污水治理推广上,今后应根据各地农村实际环境,加强人工湿地自身结构方面的改进,同时开发组合工艺,包括不同湿地类型组合、不同基质组合、不同植物组合以及湿地与其它工艺的组合,因地制宜,在进一步降低处理成本的同时,增加处理效率,增加运营稳定性。

## 8 参考文献

- [1] 黄进良,蔡述明. 湿地分类探讨 - 中国湿地研究[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1995.
- [2] 国家环境保护局科技标准司. 城市污水土地处理技术指南[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997.
- [3] 吴振斌,成水平,贺锋,等. 复合垂直流人工湿地[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [4] Cooper P F, Boon A G. The use of phragmites for wastewater treatment by the root zone method. In: Reddy K R, Smith W H. Aquatic plants for water treatment and resource recovery[J]. Magnolia Publishing Orlando, 1987, 153-174.
- [5] Seidel, Käthe. Abbau von Bacterium coli durch höhere Wasserpflanzen[J]. Naturwiss, 1964, 51: 395.
- [6] Seidel K. Reinigung von Gewässern durch höhere pflanzen[J]. Deutsche Naturwiss, 1996, 12: 297-298.
- [7] 胡康萍,许振成,朱彤,等. 人工湿地污水处理系统初步研究[J]. 上海环境科学, 1991, 10(9): 41-46.
- [8] Fried A, McKeen S, Sewell S, et al. Photochemistry of formaldehyde during the 1993 Tropospheric OH Photochemistry Experiment[J]. Journal of Geophysical Research, 1997, 102: 6283-6296.
- [9] Muller J, Brasseur G. Sources of upper tropospheric HOx: A three-dimensional study[J]. Journal of Geophysical Research, 1999, 104: 1705-1715.
- [10] Warneke C, de Gouw J A, Goldan P D, et al. Comparison of daytime and nighttime oxidation of biogenic and anthropogenic VOCs along the New England coast in summer during New England Air Quality Study 2002[J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2004, 109 (D10): Art.No. D10309.
- [11] Riemer D, Pos W, Milne P, et al. Observations of nonmethane hydrocarbons and oxygenated volatile organic compounds at a rural site in the southeastern United States[J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 28111-28128.
- [12] Duane M, Poma B, Rembges D, et al. Isoprene and its degradation products as strong ozone precursors in Insubria, Northern Italy[J]. Atmospheric Environment, 2002, 36: 3867-3879.
- [13] Goldan P D, Kuster W C, Williams E, et al. Nonmethane hydrocarbon and oxy hydrocarbon measurements during the 2002 New England Air Quality Study[J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2004, 109(D21): Art. No. D21309.
- [14] Grosjean D, Grosjean E, Moreria L F L. Speciated ambient carbonyls in Rio de Janeiro, Brazil[J]. Environ.Sci.Technol., 2002, 36: 1389-1395.
- [15] Kean A J, Grosjean E, Grosjean D. On-road measurement of carbonyls in California light-duty vehicle emissions[J]. Environ.Sci.Technol., 2001, 35: 4198-4204.
- [16] Spaulding R S, Schade G W, Goldstein A H, et al. Characterization of secondary atmospheric photooxidation products: Evidence for biogenic and anthropogenic sources[J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2003, 108(D8): Art. No. D002478.
- [17] Apel E C, Riemer D D, Hills A, et al. Measurement and interpretation of isoprene fluxes and isoprene methacrolein and methyl vinyl ketone mixing ratios at the PROPHET site during the 1998 Intensive[J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 2002, 107(D3): Art.No.4034.
- [18] Ho K F, Lee S C, Louie P K. Seasonal variation of carbonyl compound concentrations in urban area of Hong Kong[J]. Atmospheric Environment, 2002, 36: 1259-1265.
- [19] Grosjean D, Grosjean E, Gertler A. On-road emissions of carbonyls from light-duty and heavy-duty vehicles[J]. Environ.Sci.Technol., 2001, 35: 45-53.
- [20] McDonald J, Zielinska B, Fujita E, et al. Fine particle and gaseous emission rates from residential wood combustion[J]. Environ.Sci.Technol., 2000, 34: 2080-2091.
- [21] Kuster W C, Jobson B T, Karl T, et al. Intercomparison of volatile organic carbon measurement techniques and data at La Porte during the TexAQs2000 Air Quality Study[J]. Environ. Sci. Technol., 2004, 38(1): 221-228.

## Constructed Wetland Treatment and Its Application to Rural Non-point Source Pollution Control

Liao Qingyu Lu Yan Zhang Jinhong

**Abstract** The constructed wetland has extremely ecological and environmental benefits, suitable for sewage treatment in rural area, small and medium cities in China. The development history and mechanism of constructed wetland, and its application and advances were reviewed. The application prospects in pollution control of plane source in rural areas and the probability of large-scale implementation were discussed.

**Key words** constructed wetland sewage treatment research advances rural non-point source pollution

+++++  
(上接第 28 页)

随着简易工况法的实施,广州市已逐步建立了较完善的 I/M 体系,在广州市公安车辆管理部门与交通部门的支持下,通过环保标志管理和简易工况法排气定期检验工作的实施,使过去环保部门想做没法做、想管管不了的工作已能良好顺利开展。复测工作也可以利用这一有利条件,通过建立抽检超标与被举报冒黑烟车辆数据库,将不按规定履行排气复测的车辆纳入黑名单管理,并采取立法或政府公告等形式,在标志换发和排气定期检验时把关,强制其按规定执行,促使这些违法排放车辆按规定进行排气治理和复测,以提高超标车辆和被举报冒黑烟的复测比例。

(3) 加强质量控制与管理,进一步促进复测工作的规范化,保证复测数据的公正与有效。

广州市道路抽检、停放地抽检和被举报冒黑烟车辆的执法管理工作的处罚环节为复测,即在规定治理期限内没有取得复测合格证明的超标车辆将被按规定给予处罚。复测是整个抽检执法工作至关重要的环节,直接关系到超标车辆是否被处罚,关系到车主的切身利益。因此,日常工作中应从检测人员、

仪器操作使用、标准物质与仪器校准、检测流程、数据记录等各个方面加强质量控制与管理,以保证复测数据的准确与有效,保证排气执法工作的公正与权威性。

(4) 加强复测机构与复测人员培训,全面提高为民服务的意识。

复测工作是面对广大超标车辆的车主,车主不能在规定的排气治理有效期内经复测达标,根据《广州市机动车排气污染防治规定》,会面临 1 000~2 000 元的罚款。因此,复测时有些车主可能会向复测人员咨询排气维修及排气执法方面的问题,也可能出现一些车主因多次复测仍不达标进行吵闹情况,此时就要求检测人员应具备有一定的技术业务水平,需要了解排气维护与治理方面的知识,更应具备为车主服务的意识。管理部门应加强复测人员的技术、业务和服务意识方面的培训,要求复测人员认真、耐心地回答车主提出的问题,向车主解释机动车排气执法工作的目的与意义,并善意提醒车主加强车辆的日常维护保养工作。

## Problems in the Re-monitoring of Vehicle Exhaust on Guangzhou

Liang Bing

**Abstract** The procedures in the re-monitoring of vehicle exhaust in Guangzhou were introduced, and the problems in re-monitoring were analyzed, and measures were suggested to improve the monitoring.

**Key words** vehicle exhaust monitoring Guangzhou

## 模拟人工湿地对生活污水中脱氮除磷的研究\*

刘金苓 卢彦 章金鸿 黄华 李睿 廖庆玉 刘韵达 潘丽仙

(广州市环境保护科学研究院, 广州 510620)

**摘 要** 通过室内模拟人工湿地,研究了风车草、梭鱼草和香蒲组合技术对生活污水中氮磷的去除效应及其去除效率与水力停留时间(HRT)的变化规律。本试验用水为生活污水,氨氮 20.09 mg/L, TN 25.12 mg/L,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  3.933 mg/L, TP 5.89 mg/L,  $\text{COD}_\text{Cr}$  92.3 mg/L,  $\text{BOD}_5$  24.7 mg/L。研究结果表明,各种处理对氮磷的去除效率随着停留时间的延长而增加,其中梭鱼草 + 香蒲和梭鱼草 + 风车草 2 种处理对氮、磷的去除效率最好, HRT 为 6 d 时,对总氮和氨氮的去除率达到 90% 和 91%,对总磷和磷酸盐的去除效率达到 84% 和 82%, HRT 为 12 d 时,对总氮和氨氮的去除效率达到 92% 和 95%,对总磷和磷酸盐的去除效率达到 90%。考虑野外运营,认为 HRT 6 d 为最佳。

**关键词** 模拟人工湿地 植物 脱氮除磷 去除效率 水力停留时间(HRT)

人工湿地作为废水处理的一种设施,可有效去除废水中的悬浮物、有机物、氮、磷和重金属等,由于其具有污染物去除能力强、耐冲击负荷能力强、开发和维护费用少、效果好等优点,同时具有美化环境、缓解温室效应的功效,在国内外得到广泛应用<sup>[1-7]</sup>。人工湿地一般由透水性的基质、水生植物、微生物及水体等部分组成,各部分相互作用,构成一个复杂的生态系统,通过过滤、吸附、沉淀、植物吸收、微生物降解等途径来实现污染物质的高效分解与净化。

植物是人工湿地系统的重要组成部分,它直接或者间接地影响人工湿地系统对污水的净化效果,因此在人工湿地污水处理工程中扮演着重要角色。国内外学者研究表明<sup>[8-11]</sup>,湿地植物存在与否对人工湿地系统氮、磷去除具有很大的影响,有湿地植物的人工湿地系统去除率要明显好于无湿地植物系统。本试验选择 3 种华南地区常见的挺水植物:风车草、梭鱼草和香蒲,研究植物组合技术对生活污水中氮磷的去除效应及其去除效率与水力停留时间(HRT)的变化规律,为构建有效的人工湿地处理系统,将废水处理、废水利用和环境美化结合起来,探索一条废水处理新途径提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验在广州市环境保护科学研究院温室内进行。模拟人工湿地装置采用 PVC 箱(长 80 cm,宽 60 cm,高 80 cm),湿地基质采用增城市小楼镇竹坑村稻田土壤,基质层高度为 10 cm。湿地植物采用风车草、梭鱼草和香蒲。模拟人工湿地测试前先运行 1 个月,以让植物正常生长、培养根际微生物。

#### 1.2 处理设置

试验共设计 4 个处理和一个对照,分别为 A:梭鱼草 + 风车草(梭鱼草 3 株、风车草 3 株);B:梭鱼草 + 香蒲(梭鱼草 3 株、香蒲 3 株);C:梭鱼草 + 风车草 + 香蒲(梭鱼草 2 株、风车草 2 株、香蒲 2 株);D:风车草 + 香蒲(风车草 3 株、香蒲 3 株);CK:无植物。每处理重复 3 次。

#### 1.3 试验水质及运行方式

试验用污水取自广州大学城生活污水泵站,本试验用污水水质为氨氮 20.09 mg/L, TN 25.12 mg/L,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  3.933 mg/L, TP 5.89 mg/L,  $\text{COD}_\text{Cr}$  92.3 mg/L,  $\text{BOD}_5$  24.7 mg/L。模拟人工湿地每次进污水 40 L,水流方式为模拟表面流,试验期间每 3d 取水样进行测定,直至出水水质稳定为止,采用 3 次重复平均值进行计算。

#### 1.4 分析测定

采用紫外分光光度计测定 TN、TP、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  和氨

\* 国家水专项科研项目:快速发展区农村污水控制模式研究及示范工程(2009ZX07211-005-05)

收稿日期:2012-03-20,修改稿收到日期:2012-06-02

氮,测定方法均按照《水和废水监测分析方法》(第四版)进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 模拟人工湿地对总氮和氨氮的去除效应

模拟人工湿地对生活污水中总氮和氨氮的去除效率见图1和图2。由图1和图2可知,各处理对总氮和氨氮的去除率随HRT的延长而增加,其中梭鱼草+风车草和梭鱼草+香蒲对总氮和氨氮的去除效果最好,HRT为3d时,总氮的去除率为89%和90%,氨氮的去除率为89%和90%;HRT为6d时,总氮的去除率为90%和91%,氨氮的去除率为91%和93%;HRT为12d时,5个处理总氮和氨氮的去除率均达到92%和95%,但与HRT为6d时的污染物去除效率相比已经变化不大了。湿地系统中氮的去除基质是多样的,包括挥发、硝化/反硝化、植物摄取和基质吸附<sup>[12-14]</sup>。许多研究表明,微生物的硝化与反硝化是脱氮的主要途径。因此,HRT越长,微生物硝化与反硝化进行得越完善,脱氮效果越好,即使CK处理在HRT足够长(本试验为12d)时,也能达到较好的脱氮效果,但是,HRT越长,考虑野外运营,投资成本及工程占地也就越高,HRT增加1倍,工程占地也相应增加约1倍,对于土地资源紧张的农村地区较难满足用地需求。同时,不同的植物组合的模拟人工湿地脱氮效果不同。植物对脱氮效果的影响有诸多原因,除了植物直接吸收作用外,通过其他作用对脱氮效果的改善作用更大<sup>[15-16]</sup>,如根系附着大量微生物,并增强和维持介质的水力传输;植物为根区好氧微生物输送氧气,促进硝化细菌的生长,达到脱氮的目的。

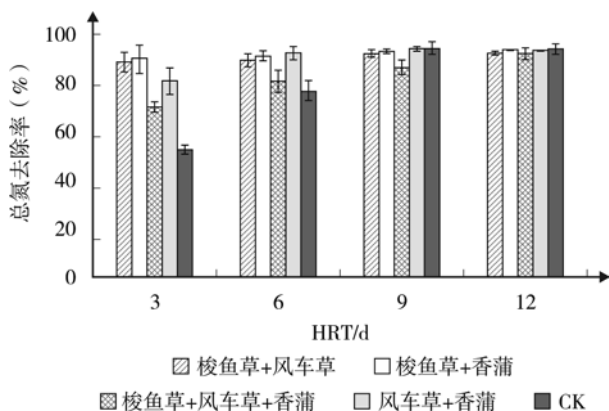


图1 人工湿地对总氮的去除效率

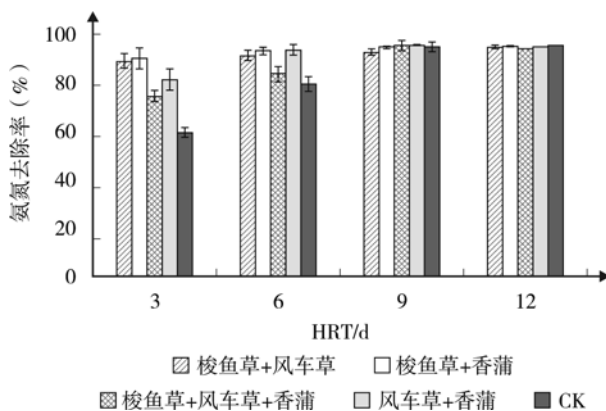


图2 人工湿地对氨氮的去除效率

### 2.2 模拟人工湿地系统对总磷和磷酸盐的去除效应

模拟人工湿地对生活污水中总磷和磷酸盐的去除效率见图3和图4。由图3和图4可知,各处理对总磷和磷酸盐的去除率随HRT的延长而增加,其中梭鱼草+风车草和梭鱼草+香蒲对总磷和磷酸盐的去除效果最好,HRT为3d时,总磷的去除率为77%和76%,磷酸盐的去除率为76%和73%;HRT为6d时,总磷的去除率为84%和85%,磷酸盐的去除率为82%和84%;HRT为12d时,5个处理总磷和磷酸盐的去除率均达到90%。

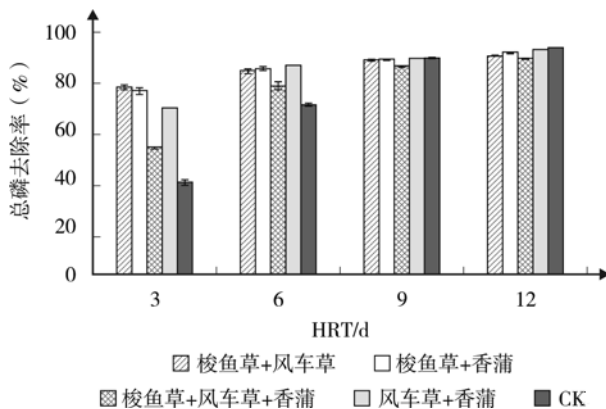


图3 人工湿地对总磷的去除效率

人工湿地系统中磷的去除过程由填料的物理化学作用、植物的摄取和微生物的同化作用共同完成<sup>[17]</sup>,而其中广泛认同的主要去除机制是填料对磷的物化吸收和化学沉降作用。本试验用普通的稻田土壤为填料,填料对磷的去除能力相对有限,因此HRT足够长(本试验为12d)时,各处理对总磷和磷酸盐的去除效率达到一致。由图3和图4可知,各处理对总磷和磷酸盐的去除率不同,这种现象说明植物在湿地处



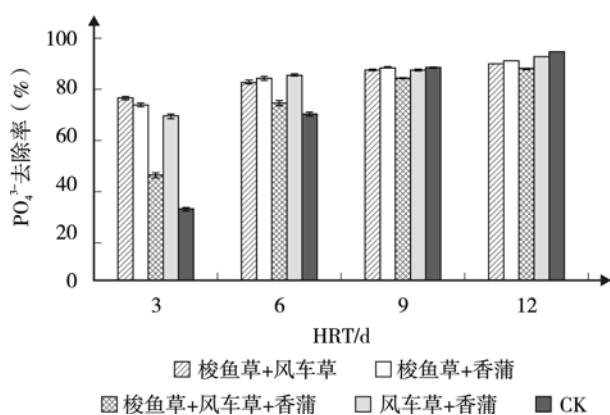


图4 人工湿地对磷酸盐的去除效率

理中也起着重要的作用,虽然湿地植物本身摄取磷的量有限,磷的去除主要考虑吸附沉降作用,但植物根系及附近微生物的降解吸收作用可大大增强湿地介质的拦截吸收功能,整体上改善了磷的去除效果。

### 3 结论

(1) 室内模拟人工湿地对生活污水中 N、P 的去除率随着 HRT 的延长而增加,不同植物组合的室内模拟湿地脱氮除磷的效果是不同的,其中梭鱼草+香蒲和梭鱼草+风车草 2 种植物组合处理对氮、磷的去除效率最好,HRT 为 6 d 时,对总氮和氨氮的去除率达到 90%和 91%,对总磷和磷酸盐的去除效率达到 84%和 82%,HRT 为 12 d 时,对总氮和氨氮的去除效率达到 92%和 95%,对总磷和磷酸盐的去除效率达到 90%。

(2) 根据本试验模拟人工湿地对生活污水氮磷去除效率与水力停留时间(HRT)的变化规律,考虑野外工程运营(HRT 越长,投资成本及工程占地也就越高;HRT 增加 1 倍,工程占地也相应增加约 1 倍,对于土地资源紧张的农村地区较难满足用地需求),建议停留时间 6 d 最佳,梭鱼草+香蒲和梭鱼草+风车草 2 种植物组合处理对总氮和总磷的去除效应均达到 3.14 kgN/(hm<sup>2</sup>·d)和 0.69 kgP/(hm<sup>2</sup>·d)。人工湿地的污水性质和工艺差别会影响总氮和总磷的去除效应,如陈进军等研究结果表明“好氧塘-水葫芦湿地-苦草湿地”组成的分段式表面流人工湿地的总氮和总磷的去除效应为 0.03~0.04 kgN/(hm<sup>2</sup>·d)和 0.01 kgP/(hm<sup>2</sup>·d)左右<sup>[18]</sup>。相比之下本研究的去除效率较高。

### 4 参考文献

[1] Dierberg F E, Debusk T A, Jackson S D, et al. Submerged

aquatic vegetation based treatment wetlands for removing phosphorus from agricultural runoff: response to hydraulic and nutrient loading[J]. Water Research, 2002, 36(6): 1409-1422.

- [2] Williams J B, Zambrano D, Ford M G, et al. Constructed wetlands for wastewater treatment in Colombia[J]. Wat. Sci. Tech., 1999, 40(3): 217-223.
- [3] Shutes R B E. Artificial wetlands and water quality improvement[J]. Environment International, 2001, 26: 441-447.
- [4] Neralla SN, Weaver SN, Lesikar B J, et al. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetland[J]. Bioresource Technology, 2000, 75: 19-25.
- [5] 宋志文, 郭本华, 韩潇源, 等. 潜流型人工湿地污水处理系统及其应用[J]. 工业用水与废水, 2003, 34(6): 5-8.
- [6] 梁继东, 周启星, 孙铁珩. 人工湿地污水处理系统研究及性能改进分析[J]. 生态学杂志, 2003, 22(2): 49-55.
- [7] 籍国东, 倪晋仁. 人工湿地废水生态处理系统的作用机制[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(6): 71-75.
- [8] Cooper P. The design and performance of a nitrifying vertical flowered bed treatment system[J]. Water Sci Technol, 1997, 35(5): 215-221.
- [9] 吴振斌, 况琪军. 人工湿地植物研究[J]. 湖泊科学, 2002, 14(2): 179-184.
- [10] 袁东海, 任全进, 高士祥, 等. 几种湿地植物净化生活污水 COD、总氮效果比较[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2337-2341.
- [11] 李林锋, 年跃刚, 蒋高明. 植物吸收在人工湿地脱氮除磷中的贡献[J]. 环境科学研究, 2009, 22(3): 337-342.
- [12] Zhang J, Zhou Q, He R. Mechanism of nitrogen and phosphorus removal in freewater surface constructed wetland[J]. Ecology and Environment, 2004, 13(1): 98-101.
- [13] 梁威, 吴振斌. 人工湿地对污水中氮磷的去除机制研究进展[J]. 环境科学动态, 2000(3): 32-37.
- [14] 卢少勇, 金相灿, 余刚. 人工湿地的氮去除机理[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2670-2677.
- [15] Gersberg R M, Eldkins V. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetland[J]. Water Research, 1988, 20(3): 363-368.
- [16] 张荣社, 周琪, 张建, 等. 潜流构造湿地去除农田排水中的氮的研究[J]. 环境科学, 2003, 24(1): 113-116.
- [17] Bubba M D, Arias C A I, Brix H. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm[J]. Water Research, 2003, 37(14): 3390-3400.
- [18] 陈进军, 郑翀, 郑少奎. 表面流人工湿地中水生植被的净化效应与组合系统净化效果[J]. 环境科学学报, 2008, 28(10): 2029-2035.

## Purifying Effects on Nitrogen and Phosphorous in an Artificial Wetland

Liu Jinling Lu yan Huang Hua Li Rui Liao Qingyu Liu Yunda Pan Lixian

**Abstract** Artificial wetlands were set up in a greenhouse, and the purifying effects on nitrogen and phosphorous were studied with wastewater containing  $\text{NH}_3\text{-N}$  20.09 mg/L, TN 25.12 mg/L,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  3.933 mg/L, TP 5.89 mg/L,  $\text{COD}_\text{Cr}$  92.3 mg/L,  $\text{BOD}_5$  24.7 mg/L. The results showed that the purifying effects were higher as time passed, and the purifying effects on nitrogen and phosphorous in the wetland cultivated with *Pontederia cordata* & *Typhae latifolia* and with *Pontederia cordata* and *Cyperus alternifolius* were higher than normal. When HRT was 6 days, the removal of total nitrogen, ammonium, total phosphorous, and phosphate were 90%, 91%, 82%, and 84%, respectively, and were 92%, 95%, 90%, and 90%, respectively, when HRT was 12 days.

**Key words** simulation of artificial wetland plant purifying effect of nitrogen and phosphorous

(上接第 19 页)

### 4 建议

#### 4.1 从源头控制,严格执行放射性许可制度和放射防护环保“三同时”制度

《中华人民共和国放射性污染防治法》明文规定:新建、改建、扩建放射工作场所的放射防护设施,应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。环保主管部门可以通过许可发证,把“三同时”、体检、培训、监督、监测等各个环节有机地联系起来,经过严格的环保手续,对符合条件的单位准予办理许可证,对不具备条件的单位,主动帮助指导其改进,在其符合国家有关规定的要求后给予发证,通过许可证制度,把医用 X 射线单位置于严格的法制管理之下,从而保证其规范运行。

#### 4.2 加强日常监督检查,提高监督覆盖率

对许可证发放单位定期进行执法检查是监督应用单位落实国家相关规定的重要措施,也是推动放射防护工作的重要措施,对放射防护设施不到位或不落实相关要求的,监督部门要坚定地给予纠正,必要时可以处罚。

#### 4.3 大力宣传辐射防护法律法规,提高工作人员及公众的防护意识

只有应用主体认识到自身的职责,才能在思想上、行动上重视本单位的放射防护工作,才能保证放射工作人员的定期体检、防护知识培训、个人剂量监测等工作的贯彻落实。另一方面,在对放射工作人员及公众的宣传教育,使他们了解射线的危害及防护知识,增加自我保护意识。

## Monitoring and Protection Countermeasures for Medical X-ray Machines in Guangzhou

Li Jinlin Mei Qian Hu Diqin Zheng Siyu

**Abstract** The monitoring results for 274 III X-ray medical devices in Guangzhou were analyzed. The results show that the devices conform to the requirements of "basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources" (GB-18871-2002). However, a few of X-ray machines in different types still have ray leakage in a certain extent, and improvement measures are suggested to solve the radiation problem in X-ray workplace.

**Key words** X-ray machine radiation protection monitoring measures

## 白石嶂钼矿清洁选矿的思路

董 盈<sup>1</sup> 熊振章<sup>2</sup> 刘元宝<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 黑龙江省区域地质调查所, 哈尔滨 150080; <sup>2</sup> 广东盛大投资有限公司, 广州 510060;

<sup>3</sup> 广东万山农业科技有限责任公司, 广州 510060)

**摘 要** 文章分析了钼尾矿环境污染和安全隐患的严重现状以及钼尾矿的资源价值, 介绍了尾矿治理的相关技术, 本着源头治理、完全资源化和争取最大效益的清洁生产理念, 结合白石嶂钼矿的实际提出了实行清洁无尾选矿的思路和工艺流程。

**关键词** 钼尾矿 资源化 清洁选矿 白石嶂

近年相继发生的尾矿污染和泥石流灾难, 证实末端治理无能为力。环境压力倒逼工艺变革。清洁选矿的研究表明, 清洁工艺的建立不一定吃掉企业的利润, 不一定是全套高新技术的采用。关键是源头治理和大资源理念的建立, 加上系统的工作方法, 在一两项新技术带动下对已有技术正确筛选与合理组合, 取得效益、资源和环境的共赢并非可望不可及。

白石嶂钼矿是广东省目前开采的唯一独立型钼矿, 矿山保有钼金属储量 8 万 t, 远景储量超过 10 万 t, 钨接近 1 万 t, 现有日处理矿石 3 000 t 选矿生产能力, 5 a 内将扩大到年处理矿石 500 万 t 的规模。因为钼矿石的入选品位只有 0.114, 以选矿回收率 85% 计算, 每 465 t 矿石选出 1 t 含钼 45% 的钼精矿产品, 实际上由于回收率偏低 (根据生产统计, 2011 年平均回收率不到 80%), 平均每 500 t 矿石才能选出 1 t 精矿, 抛弃的尾矿几乎与矿石等量。

白石嶂钼矿复产以来, 根据建设绿色矿山的规划, 对选矿工艺进行了一系列改造工作, 采用了不含有毒有害成分的浮选药剂以减轻水污染, 建立了干式抛尾工艺使选矿用水全部回收利用, 探讨了钼尾矿制造建材、陶瓷的可能性, 并与万山农业科技有限责任公司合作进行了钼尾矿制造土壤调理剂的研发, 为尾矿资源化利用和进一步实现清洁选矿奠定了基础。

### 1 尾矿对环境的污染和其资源价值

#### 1.1 环境污染和安全隐患

##### 1.1.1 尾矿对水污染

钼选矿时加入的多种浮选剂, 如煤油、黄药、黑药、硫化物、氰化物等, 在选矿尾砂沉积过程中相互间及与尾矿间发生物理化学反应, 渗入基础土壤经过复杂的变化, 形成对饮用水和灌溉有害的成分。尾矿库多在山区溪流源头, 尾砂含水高达 30% 以上, 即使封库以后, 随降水径流或进入地下水潜流, 对下游水质的影响都是持续、长期和难以根治的, 尤其是在降水量很大的南方地区。

##### 1.1.2 尾矿对矿区及下游生态环境的破坏

建尾矿库及配套的截流溢流沟渠、道路等占用耕地和林地, 破坏自然植被, 封库复垦或植树种草等处理后, 与原有生态系统的融合也需要几十年的时间。矿区河流泥沙和有害物的增加, 大大减少了水生生物的族群种类, 某些冷水山溪特有的珍稀鱼类已经趋向灭绝; 鱼类繁殖洄游路线被切断, 对中下游河水生态也构成威胁。

##### 1.1.3 尾矿对周边农村的影响

矿山所在多为偏远农村, 未能完全摆脱贫困, 一些农村劳动力进入矿山就业, 促进了部分农民的脱贫, 村乡集体也得到不同程度的收益, 但环境污染, 土地流失和生态破坏却使本就严峻的“三农”问题整体上更趋恶化。

##### 1.1.4 尾矿库的安全隐患

尾矿库对矿区和下游的最大威胁, 还在于尾矿坝溃塌造成泥石流灾害。山洪、地震、冰冻、管涌都可能造成漫坝溃坝。一旦溃坝, 库内以百万吨计的尾沙将形成泥石流狂泻而下, 将会吞噬掉下游的村镇、农田、公路、桥梁甚至选矿企业自身。

据世界重大灾害的统计,尾矿库灾害排第 18 位。山西襄汾“9·8”尾矿坝溃坝特重大事故伤亡惨重,震惊世界。令人忧患的是,即使按照现行标准结束使用并完成封库和复植的尾矿库,也难保证在地震、特大暴雨发生时不被引发泥石流灾害。黑龙江省宁安县曾因暴雨冲垮一日伪时期旧尾矿库,引发泥石流吞没乡村小学,超过百名师生遇难。

1.2 巨大而宝贵的资源

巨大的尾矿数量构成了对生态环境和安全的巨大威胁,尾矿里边既有未选出的钼,也有其它金属元素如钨、锰、锌、铜、铁、稀土,也有钾、钙、镁、硅、铝等非金属矿物,蕴藏着巨大的资源财富。

1.2.1 白石嶂钼尾矿质与量的分析

(1) 化学成分分析结果如表 1。

表 1 白石嶂钼尾矿化学成分分析

成分	含量(%)	成分	含量(%)	成分	含量(%)	成分	含量(mg/kg)	农用控制标准
K <sub>2</sub> O	3.4	MnO	0.16	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.95	Pb	8.7	≤50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	Cl	0.01	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.54	As	3.6	≤10
CaO	0.64	Na <sub>2</sub> O	1.65	F	0.36	Cr	10	≤50
MgO	0.24	ZnO	0.01	TiO <sub>2</sub>	0.46	Hg	未见	≤5
SiO <sub>2</sub>	78.35	Rb <sub>2</sub> O	0.02	BaO	0.02	Cd	未见	≤10
SO <sub>3</sub>	0.11	ZrO <sub>2</sub>	0.01					
MoO <sub>3</sub>	0.01							
农作物营养元素				无害成分		有害重金属元素		

(2) 矿物组成直接关系到可能回收矿产品的种类和数量,“\*”表示可以单独作为矿物选出的组分,钾长石虽不能单独选出,但在里边的氧化钾和二氧化硅都可以成为优质肥料,如表 2。

表 2 白石嶂尾矿矿物组成及相对含量

矿物名称	含量(%)	矿物名称	含量(%)	矿物名称	含量(%)
辉钼矿	0.006 6	钾长石	15.040 9	黑钨矿	0.016 8
黄铁矿	0.204 8	菱铁矿	2.585 7	白钨矿	0.042
黄铜矿	0.045	角闪石	0.608 9	金红石	0.315 7
闪锌矿	0.025 1	萤石	1.118 8	锆石	0.029 6
辉铋矿	0.010 4	方解石	0.219 1	独居石	0.041 5
石英	47.222 7*	黄玉	1.920 8	磷灰石	0.096 8
白云母	24.851 1*	赤铁矿	1.362 3	磷钇石	0.009 6
黑云母	4.100 4*	硬锰矿	0.128 1	合计	100

(3) 尾矿中辉钼矿主要残留在 +140 目粗尾砂中,加强磨矿细度使之充分解离仍可部分选出。例如选矿试验中磨矿到 D80≤200 目,回收率超过 90%,

尾矿含钼大约 0.001%(不包括氧化态钼);但实际生产中却因为尾矿沉降和筑坝需要不得不放宽磨矿粒度,保留一定比例的粗砂。从而造成回收率损失。表 3 是河南栾川某钼矿对尾矿钼残留的统计,指出了主要的回收率损失所在。

表 3 栾川某钼矿尾矿全粒度残留钼分布

粒度范围(目)	矿分布(%)	钼品位(%)	钼分布(%)
原矿	100	0.085	100
80	25.65	0.024	7.242
80~140	19.13	0.009	2.025
140~200	6.21	0.007	0.511
200~250	6.69	0.007	0.551
250~325	8.33	0.008	0.784
325~400	2.58	0.006	0.182
400	28.42	0.009	3.009
尾矿残留	—	—	14.12
选矿收率	—	—	85.88

+140 目粗砂占尾矿总量 44.78%, 含钨量占原矿总钨量 9.267%, 成为回收率损失的主体。

显然, 若能不考虑尾矿沉降和筑坝, 全部磨至 -140 目, 残钨降到 0.01% 以下, 可少丢掉 8.827 个百分点, 将回收率提高到 94.7%, 但必须解决好尾矿的出路。可见, 不论对环境还是企业的经济效益, 尾矿资源化都是清洁选矿工艺的关键所在。

## 2 尾矿资源化技术简介

### 2.1 选取回收伴生矿物

严格意义的尾矿资源化, 不应包括伴生矿物回收, 这里从矿业现状出发, 一并讨论。

#### 2.1.1 建立广义大矿物的概念

广义大矿物概念相对于只包括主要的目标矿物或同类矿物而将其他组分统统视为渣石、杂质或曰尾矿的狭义的矿物概念。建立大矿物概念即是要突破品种的、行业的局限, 把矿床中一切有用的、需要从自然界取得的资源都考虑在矿物的概念之内, 想办法回收, 使矿尽其用。有色金属矿中的黑色金属、金属矿中的非金属、工业原料矿中的农用原料都要列入采选目标之中。极而言之, 沙石粘土也是矿物, 采砂挖土也是采矿, 也会占用土地, 也会破坏生态环境。《金属尾矿综合利用专项规划(2010-2015 年)》中提出的全部矿物的回收率大于 80%, 使用的应该就是大矿物的概念。

#### 2.1.2 白石埠钨矿中的伴生矿物与回收

(1) 钨是白石埠矿床经济价值仅次于钨的有色金属矿物, 已在矿山采选规划之中, 要解决的是工艺问题而非观念和技术。

(2) 可以作为矿产品选出的还有云母(25%)、石英(47%)、长石(15%), 云母可以用浮选的方法选出, 石英用反浮选将长石、高岭土等分离提纯, 各以 80% 回收率计, 已占尾矿总量 50% 以上, 其作用无论对尾矿减量化还是对矿山经济效益都不可小视。

### 2.2 几种尾矿资源化技术及在钨尾矿治理中的应用

#### 2.2.1 作路基、造地

尾矿配混粘土、沙石、石灰(三合土)作路基材料, 技术上全无问题, 但如果运输较远, 成本高出太多, 一般难为工程接受, 除非工程恰在附近, 所以实用的例子比较少见。造地相当于异地建尾矿库, 由于不能直接耕作, 须另覆耕作层, 资源和环境意义相当

于尾矿库复垦。

#### 2.2.2 作水泥原料

以尾矿代替水泥原料中的粘土作硅质来源, 优于一般粘土, 有利于提高质量。近年耕地保护力度越来越强, 无偿取土早已不再, 买土难且价格远超过利用尾矿, 所以在辽宁锦西、河北涿源都有实际应用。遗憾的是尾矿中残留的钨等微量元素白白浪费, 委实令人痛惜。

#### 2.2.3 制造建材类产品

有些尾矿材质可以或精选后用来制造砖瓦以及附加值更高的瓷砖等建筑陶瓷产品, 许多矿山都做过相应的考察和试验, 据了解多因交通运输问题而否决。过高的运输成本使得产品很难在建材业内竞争, 白石埠钨矿也委托相关院校做了试验, 未能实行的原因与各地相同。

#### 2.2.4 尾矿农用

钨尾矿超细的组分可以用于改良沙化土壤, 也可以代替高岭土作复混肥的黏合剂。钨尾矿一般含二氧化硅 60%~70%, 配以白云石可以通过煅烧活化制造土壤调理剂(又称中微量元素矿质肥), 而无法选出的钨(一般不低于 100 mg/kg)、铜、铁、锌、锰等微量植物营养元素都在其中得以利用, 能够充分实现它的资源价值。在河北涿源、河南栾川都已经成功进行了工业试验和田间肥效试验。白石埠钨尾矿制造的改良酸性土壤的土壤调理剂, 经过广东省农业科学院土壤肥料研究所试验肥效显著, 在消纳尾矿数量和实现资源价值上有明显的优势, 技术已经相当成熟。

## 3 白石埠钨矿清洁选矿的思路与工艺

### 3.1 思路

清洁选矿的基本思路是实现无尾选矿。提高钨、钨回收率, 回收伴生矿物, 尾矿农用制造土壤调理剂。

#### 3.1.1 精细分级提高钨回收率

尾矿多次精细分级, 粗粒再磨再选, 保证抛尾 -140 目, 钨回收率将提高 5% 以上。可以采用 150 mm 旋流器, 粗重相底流返回再磨再选, 轻细相溢流排出。

#### 3.1.2 回收伴生矿

回收钨, 从 -140 目细尾浮选出云母精矿, 剩余为石英钾长石和高岭土等粘土矿物, 采用反浮选, 选出石英精矿。

#### 3.1.3 固液分离

用陶瓷过滤器固液分离,选矿水循环利用,大约总量 50%的尾矿用来制造土壤调理剂。

### 3.2 钼尾矿中微量元素土壤调理剂的开发

万方集团万山农业科技有限责任公司与白石嶂钼矿合作研发,用钼尾矿配以白云石和矿化剂,煅烧成新的硅酸盐(复盐)矿物,活化后制成改良酸性土壤的土壤调理剂,有优良的改良酸性土壤的功能,又能提供钙、镁、硅及钼、铁、铜、锌等中微量元素营养,是一种集土壤调理剂和中微量元素肥料于一体的新型土壤调理剂。根据广东省农业科学院土壤肥料研究所和梅州市农业局两年田间试验报告,在 pH 值 5 左右的酸性土壤(水稻土和赤红壤)中每亩施用 50~150 kg 钼尾矿制造的土壤调理剂,土壤 pH 值提高 0.5~1 个单位,铝毒害完全消失;作物抗病、抗低温、抗倒伏等抗灾稳产性能显著提高;水稻增产 5%~10%,二造作物迟菜心、花生、红薯、马铃薯、烟叶等分别增产 15%~28%,品质也有所改善。

我国南方有 5 000 万  $\text{hm}^2$ (广东省占 300 万  $\text{hm}^2$ )酸性土壤需要改良,对土壤调理剂和中微量元素肥料需求量大而迫切,有很好的开发前景;每吨土壤调理剂能够用掉 0.5 t 钼尾矿,是现有尾矿资源化利用最能体现资源价值和最有消纳能力的利用途径。

### 3.3 清洁选矿工艺流程

一般选矿工艺流程如图 1 所示。

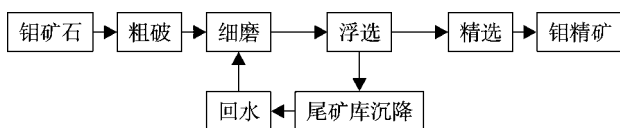


图1 一般选矿工艺流程

显然,伴生矿物和尾矿中可用资源的抛弃,不仅浪费了巨大的财富,而且加重了环境负担,增加了灾害的隐患。如果主要的伴生矿物都能达到工信部“十二五”规划要求,以 80%的回收率选出,剩余的一半尾矿用来制造土壤调理剂,选矿人追求的无尾选矿便可能成为现实。图 2 给出了理想的无尾选矿清洁工艺流程。

## 4 企业、社会、环境三位一体的价值共赢

作为负责任的企业、有良心的企业家,在实现企业经济效益的同时必须把社会效益和环境效益并

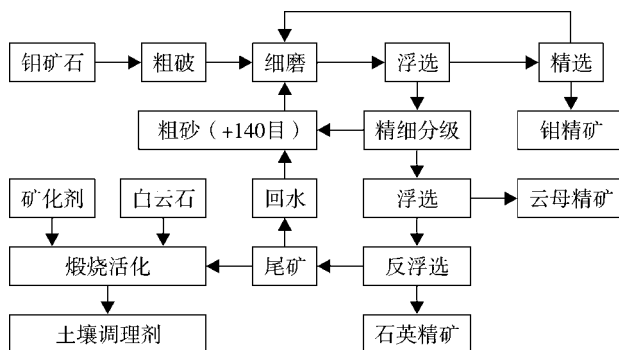


图2 理想的钼矿清洁无尾选矿工艺流程

重,树立先进理念、采用先进技术、通过工艺革新、实现清洁生产,把全部矿石原料都变成产品服务于生产生活中;将污染防止于发生之始,将灾害消弭于形成之前;使企业、社会、环境得到最大的效益。试将清洁选矿的效益简单估算,便可以发现三位一体的共赢是完全可能的。

### 4.1 社会效益

- (1) 增加就业,有利于矿区整体脱贫;
- (2) 反哺农业,增产、提高化肥利用率、减少化肥施用量、抗灾、增加投入产出比、提高土壤可持续生产力。

### 4.2 环境效益

- (1) 避免尾矿库占地和对生态环境的破坏;
- (2) 消除水体污染源;
- (3) 根绝泥石流等地质灾害;
- (4) 减轻化学肥料造成的农业面源污染。

### 4.3 经济效益

(1) 回收率提高 5%~10%,虽然钼精矿产品只增加不到 10%,但成本增幅极小,增加产值几乎全是利润;

(2) 云母精矿,假设单价 500 元/t(低价),但产量是钼精矿的 100 倍,产值是当下钼精矿产值的一半,增加的成本不到钼选矿的 1/5;

(3) 石英矿,假设只有 100 元/t(比河沙高点),产量是钼精矿的 200 倍,产值也有钼精矿的 1/5;

(4) 土壤调理剂,出厂价 500 元/t,利润 100 元/t,50 万 t 的规划产量,2.5 亿元产值,5 000 万元利润,已经可以与主产品钼精矿相比了。

清洁选矿是现代矿山的需要,是矿山的责任,是



# 广州亚运会辐射环境监测保障体系建立与应用

李锦林 胡迪琴 马卫江 郑丝雨  
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 文章分析了广州亚运会辐射环境安全面临的困难和压力, 介绍了广州亚运会辐射环境监测保障体系的组成和实施, 并对应用效果进行了分析, 为以后举办大型国际活动提供辐射环境监测保障经验借鉴。

**关键词** 广州亚运会 辐射 环境监测 保障体系

举办大型国际活动是一个国家和城市在国际舞台中向世界展示自我的一个重要机会。由于大型国际活动对环境质量都有严格的要求, 因此, 城市环境质量状况是关系到能否成功举办大型国际活动的关键因素。辐射环境安全关系到群众健康和社会稳定, 基于辐射环境的敏感性和特殊性, 辐射环境质量保障是整个环境质量保障的重要组成部分。为此, 我们通过广泛调查研究, 充分借鉴北京奥运成功经验, 结合广州市实际, 建立了广州亚运会辐射环境监测保障体系, 并成功运用于亚运期间的辐射监测保障, 为广州亚运会期间辐射环境安全提供了强有力的技术支撑。

## 1 广州亚运会辐射环境安全面临的压力和困境

### 1.1 核技术应用单位多、管理水平参差不齐

随着科学技术的进步和经济的高速发展, 核技术愈来愈广泛地应用于工业、医疗、科研等领域, 根据 2010 年统计, 广州市共有核技术应用单位 440 家, 各类放射源共 810 枚, 各类射线装置 1 575 台, 这些核技术应用单位的管理水平参差不齐, 给亚运会辐射环境安全保障带来很大的困难。

### 1.2 亚运场馆、酒店多且分布广

根据广州市亚组委提供的广州亚运会场馆、酒店共计 159 个, 分布在全市 12 个区, 其中竞赛场馆 53 个、非竞赛场馆 9 个、亚运训练场馆 37 个和亚运接待酒店 60 个, 数量多、分布不均匀使得广州亚运

辐射环境安全监测保障遇到空前压力。

### 1.3 核与辐射恐怖威胁不可忽视

2010 年 4 月, 胡锦涛主席在核安全峰会上指出: “国际安全形势复杂多变, 核安全问题日益引起国际社会关注, 主要是非传统安全问题凸显、核恐怖主义潜在威胁不容忽视、核材料流失和非法贩运风险上升”。随着我国周边安全环境变化, 国际恐怖主义、民族分裂势力、宗教极端势力和偏执个人制造核与辐射恐怖威胁形势日趋严峻, 我国面临的核与辐射恐怖威胁呈现源头多、范围广、防范难的特点。

## 2 科学论证, 建立确实可行的辐射环境监测保障体系

为了满足亚运会期间辐射环境安全监测保障目标要求, 广州市环境监测部门通过充分调研和论证, 以“竞赛场馆为中心, 周边环境为重点”的基本监测模式, 建立亚运期间的辐射环境安全监测保障体系, 主要包括监测环节和保障环节, 辐射环境监测保障体系架构见图 1。

## 3 亚运会辐射环境监测保障体系的应用

### 3.1 竞赛、训练场馆和接待酒店辐射本底调查

为了有效应对亚运会期间可能针对广州赛区亚运场馆酒店的辐射事件, 准确把握重点目标正常情况下的环境辐射本底基础数据, 更好地服务亚运会期间突发辐射事件的处置工作, 全市环境监测部门组织了对亚运广州赛区竞赛、训练场馆和接待酒店

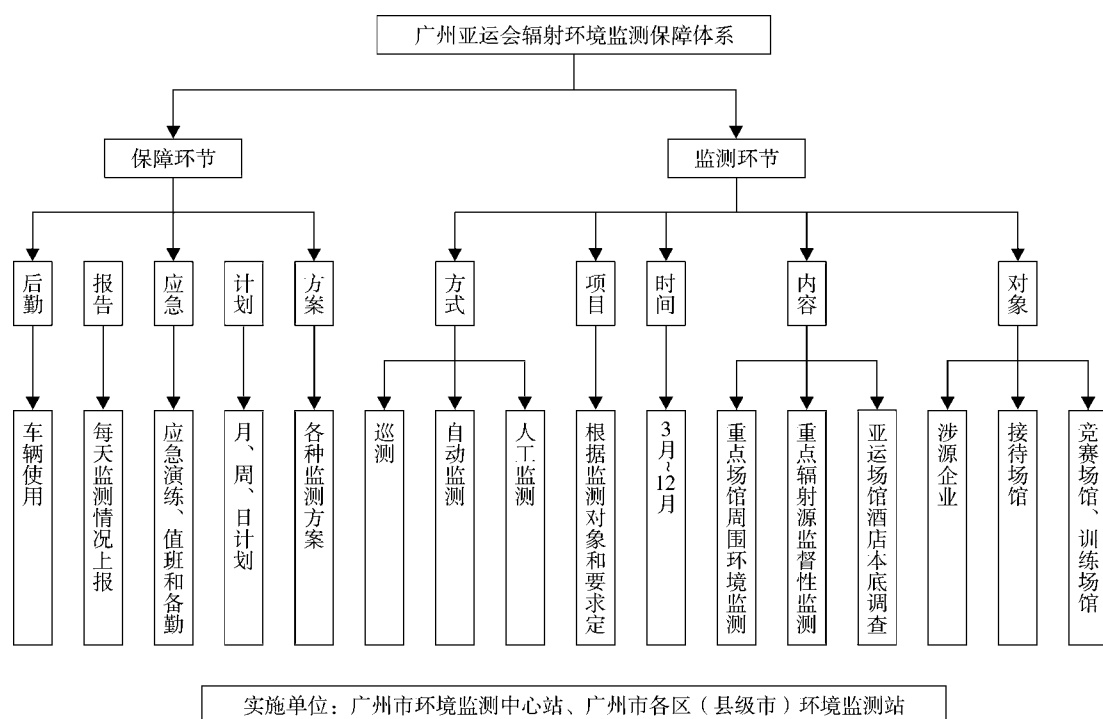


图1 广州辐射环境监测保障体系架构

的环境辐射本底调查监测工作。主要包括竞赛场馆53个、非竞赛场馆9个、亚运训练场馆37个和亚运接待酒店60个,监测布点覆盖场馆不同区域,监测项目为 $\gamma$ 辐射剂量率。监测结果表明,所有测点 $\gamma$ 辐射剂量率范围为0.072~0.328  $\mu\text{Sv/h}$ ,均值和标准差分别为 $0.171 \pm 0.04 \mu\text{Sv/h}$ ,均属于环境正常水平,未发现异常点。

### 3.2 辐射重点源监督性监测

为了防止放射源丢失等意外事故,环境监测部门在亚运会前期对全市放射性乙级工作场所、I、II、III类放射源核技术和伴生放射性冶炼企业进行监督性监测工作,监测项目包括 $\gamma$ 辐射剂量率,废水 $\alpha$ 、 $\beta$ 总放射性,工作场所 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染,核素分析等,摸清涉源单位在销售、使用各个环节重点薄弱环节,并针对这些薄弱要求涉源单位进行改进,最大程度防止放射源使用过程中出现意外事故。

### 2.3 建立辐射自动监测系统和巡测相结合的监测模式

为了监控亚运会场馆周边的辐射环境变化情况以及对辐射环境变化情况进行预警,确保亚运辐射环境安全,根据亚运会场馆的分布规律,在场馆群周边

设立了以5个辐射自动站为基础的辐射自动监测系统,监测内容为5 min环境 $\gamma$ 辐射剂量率均值,24 h监控环境 $\gamma$ 辐射剂量率的变化,并能对异常情况进行短信报警。为监控亚运场馆周边的辐射环境状况,每天通过设定好辐射车巡测路线,对重点亚运场馆群进行辐射巡测,作为对辐射自动监测的有效补充,与辐射自动监测形成点线面的辐射监测保障。监测结果表明,亚运广州赛区重点场馆周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率均属于正常环境本底波动水平。

### 2.4 建立市区应急监测联动机制

为迅速有效应对广州亚运会期间突发性辐射事故,广州市环境监测部门专门制定了亚运会辐射应急监测方案,市和区(县级市)级环境监测站根据应急监测方案,有针对性对不同的突发性辐射事故进行应急演练,并形成了战斗力;在亚运会期间,制定详细的值班、备勤方案,市和区(县级市)级环境监测站严格按照“值一备一”的方式执行亚运会期间应急值班备勤。

### 2.5 制定及时高效的监测数据报告程序

亚运期间辐射环境监测主要是辐射自动监测和每天的巡测,每天的监测结果在规定的时间内向市

环保局报告。为此,我们制定了严格的数据结果报送程序,提前做好了监测、监测报告编制、报告审核、报告报送等各环节人员的安排,并在亚运前期,对结果报送各环节进行测试,不断改进,确保亚运会期间数据按时上报。亚运会保障期间共向市环保局和相关职能部门报送辐射环境监测简报 40 期。

### 3 广州亚运会辐射环境监测保障体系实施效果

亚运会辐射监测保障体系提供了大量的监测数据,这些数据都应用于亚运会辐射环境的监测保障工作。各项监测结果均及时报送到市环保局和相关的职能部门。经过亚运会的检验,亚运会辐射环境监测保障体系顺利完成了辐射环境的监测保障任务,满足了各级部门的要求,为亚运会辐射环境的保障提供了强有力的技术支撑。

## Establishment and Application of Radiation Environment Security Monitoring System for Guangzhou Asian Games

*Li Jinlin Hu Diqin Ma Weijiang Zheng Siyu*

**Abstract** The difficulties and pressures of radiation environment safety in Guangzhou Asian Games are analyzed, and the component and implementation of radiation environmental monitoring security system for Guangzhou Asian Games are analyzed, in order to provide experiences for other large-scale international activities.

**Key words** Guangzhou Asian Games radiation monitoring security system establishment application

+++++  
(上接第 42 页)

当代人的任务,不能只管眼前发展和建设而将破坏了的的环境留给后人治理,不能寄希望于(推脱于)后人有了技术与能力再回收这些扔掉的资源、再治理污染了的环境、再面对灭顶之灾的抢救。

### 5 参考文献

- [1] 张夫道. 固废资源化与农业再利用[M]. 北京:中国农业出版社,2012.
- [2] 董坚. 综合治理钨选矿尾砂生产优质硅肥[J]. 中国钨业, 2007,31(4):38-42.

- [3] 工业和信息化部,科学技术部,国土资源部,国家安全生产监督管理总局. 金属尾矿综合利用专项规划(2009-2015 年) [EB/OL]. [2010-04-19].

- [4] 工业和信息化部. 金属尾矿综合利用先进适用技术目录 [EB/OL]. [2010-12-03].

- [5] 林玉山,张卫. 尾矿库地质灾害与危险性评估[J]. 桂林工学院学报,2006,26(4):486-490.

## Cleaning Mineral Separation of Molybdenum Ore in Bai-Shi-Zhang

*Dong Ying Xiong Zhenzhang Liu Yuanbao*

**Abstract** The environmental pollution from molybdenum tailings, the hidden danger, and the resource value of molybdenum tailings have been analyzed. The techniques for the treatment of molybdenum tailings, and cleaner production are discussed for Bai-Shi-Zhang molybdenum ore.

**Key words** molybdenum ore resource cleaning mineral separation Bai-Shi-Zhang

# “十一五”期间广州市环境统计工作中若干问题的探讨

曾俊宁 李莹

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 文章简述了“十一五”期间广州市环境统计工作的概况,在前人论述的基础上补充探讨“十一五”期间广州市环境统计工作中存在的问题,并提出相应建议。

**关键词** 环境统计 十一五 建议 广州市

## 1 “十一五”期间广州市环境统计工作情况

根据国家统计局网站的定义,我国环境统计制度为国家统计调查制度的一部分,涉及的内容包括水环境、海洋环境、大气环境、固体废物、生态环境、自然灾害、环境污染治理投资、城市环境、农村环境等方面。

“十一五”期间,广州市的环境数据统计工作主要是按国家环境保护部和广东省环境保护厅的要求,对被纳入国控的重点工业企业、火电企业进行季度污染物排放量统计;对被纳入统计范围的工业企业、火电企业、危险废物集中处理厂、城市污水处理厂、医院等单位进行年度污染物排放量统计。其数据是广州市环境保护局开展环境保护和环境管理工作的重要依据,也是广州市开展城考、责考、创模、创文明、总量减排等工作的重要数据支持。此外,环境统计工作还包括年度专业报表等报表的统计与上报。

## 2 环境统计工作存在的问题

2009 年,曾有人对当时广州市环境统计工作存在的问题做过分析<sup>[1]</sup>,提出了一系列包括数据时效性较差、不能为环境管理提供及时的服务、缺乏可靠的质量控制体系、数据质量不高、数据综合分析和开发利用薄弱等问题。这些问题至今为止都还没能得到有效地解决。除上述问题外,环境统计工作还存在其他方面的问题。

### 2.1 环境统计工作缺乏法律法规的支撑

目前,环境统计中使用的法律依据仅为《中华人民共和国统计法》、《中华人民共和国环境保护法》、

《广东省统计管理条例》、《广东省环境保护条例》中的个别条款,为环境统计工作专用的法律法规仍属空白,这必然导致环境统计在工作开展方面缺乏有效的法律条款的支持和保护。

### 2.2 各级领导、主管部门不重视,环境统计力量呈越往下层越薄弱

市本级和县区级的环保部门,由于编制所限,多数没有固定环境统计机构和专职的环境统计工作人员。广州市环保局在污染物排放总量控制处中仅设一人专职负责全市的环境统计工作,广州市 10 个区和 2 个县级市环保局仅有 2 个区设有相应的部门和人员负责环境统计工作。各级部门的环境统计人员还存在流动性大、队伍不稳定的问题,从区县级到市本级的环境统计岗位,每年都出现更换环境统计人员的现象,从而导致工作的延续性差。而且由于环境统计工作不受重视,相关人员的业务培训十分少。“十一五”期间,基本都只在每年省环保厅或者市环保局组织的年度工作布置会议上同时进行一些最新报表制度的宣贯。同时,环境统计人员所使用办公设备的基本都是部门中最老旧的,环境统计工作所需的办公硬件条件如台式计算机、手提电脑、移动硬盘等也得不到有效保障。这点在 2011 年初国家环保部为全国地级以上市所有的区和县级市环境统计人员统一配备的办公设备到位后才有所改善。上述因素都导致广州市环境统计力量薄弱、工作难以正常有效地开展。

### 2.3 统计手段过于单一,统计方法过于繁琐,统计工作效率低下

每年,广东省环境保护厅均在当年的12月末甚至次年的1月才下发年度环境统计工作的相关文件,其中包括年度环境统计综合报表工作与年度环境统计专业报表工作。其要求广州市提交年度统计数据的期限往往只有2~3个月,时间十分紧迫。

目前,广州市环境统计综合报表工作沿用的工作方法是寄发纸质报表由企业填报,企业上报报表后再由市、区、县级市环保局分别进行数据录入,各区、县级市环保局经过数据初审后,再由市环保局进行全市数据的汇总和各种相关审核,最后上报省环保厅。在统计报表的填报阶段,因存在公众假期较多、企业因春节生产不正常、企业填报人员水平参差不齐等原因,报表中经常出现企业填报数据错误、缺失等情况,且难以及时、有效地和企业进行沟通修正。市、区、县级市环保局在报表数据完整性检查、录入后,需各自进行逻辑性校验、合理性校验、合理性检查等审核。待全市数据汇总后再进行相同步骤的集中审核。在此期间,数据审核与数据修正反复多次进行,需耗费大量的时间。这些繁琐的工作步骤、低效的工作方法导致市本级环境统计人员每年均难以在限期内很好得完成全市的年度环境统计工作。

### 3 对环境统计工作的建议

2011年的环境统计工作是“十二五”环境统计工作的开篇之作,其统计范围已由“十一五”期间以工业源统计为主体的单一统计体系,发展成为合并污染源普查中的农业源后的复合统计体系。其统计范围更为广阔,统计工作任务也更为繁重。因此,更应建立完善的统计制度和有效的统计方法。

除了为环境统计工作成立专门的统计机构、建立统计团队、建立环境统计季报制度、建立会审制度、加强监测保证外<sup>[1]</sup>,对广州市的环境统计工作提出以下建议。

#### 3.1 建立地方的专用环境统计法规制度或统计数据管理制度

很多发达国家,例如德国<sup>[2]</sup>,已建立专门的环境统计法律,每一项调查均有法律做依据,依法进行。广州市环保局曾在2010年初草拟过相关的数据管理制度,但因种种原因此制度最终搁置没有实施。建立起专用的数据管理制度,不但能规范环境统计工作的开展,理顺、改善目前较混乱的工作局面,而

且能有效的保障环境统计工作不受其他因素的干扰,正常地开展。

#### 3.2 加大各级主管部门对环境统计工作的重视程度

无论是在市本级还是在各区、县级市环保系统中,环境统计长期以来都是弱势岗位,但每年广州市的城考、责考、创模、创文明、总量减排等工作却需要环境统计提供最有力的数据支持。因此,各级主管部门机构需认清环境统计工作的重要性,加大对环境统计工作的重视程度,保证各级环境统计岗位有持证的专业统计人员和足额的工作经费,避免存在无证、流动性大的非专业临时统计人员,定期举办环境统计工作业务培训,满足统计人员在统计工作中的各项硬件要求。

#### 3.3 充分利用在线监测数据,建立企业的网上数据申报平台

广州市环境统计数据的收集、上报过程繁琐的步骤令统计工作的效率低下。因此,建立方便、实用的数据申报、审核平台十分必要。目前,许多国控重点工业企业已建立起在线监测设施,充分利用在线监测数据有助于环境统计数据采集效率的提高。另外,应建立数据申报信息平台,使企业通过网络在平台上直接填报数据,以便环境统计人员及时掌握数据,判断数据的真实性、有效性。广州市环保局曾在2009年与2010年的全市年度环境统计工作期间使用过基于国家环境统计软件开发的环境统计数据采集网络系统,当时仅限于市本级与各区县环保局统计人员使用,但已使2009年与2010年统计工作中数据汇总、审核与修正的效率大为提高。

#### 3.4 加强统计部门与数据提供部门的沟通与交流,提高数据的准确性、时效性

环境统计工作是一个数据采集、汇总的工作。所需数据的来源,对外牵涉多个政府职能部门,对内涉及到多个职能部室、直属单位,因此,要及时掌握数据的变化情况,必须加强与数据提供部门的沟通和交流。

### 4 参考文献

- [1] 陈桂浓. 广州市环境统计工作现状分析及建议[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(2): 55-57.
- [2] 陈默. 德国环境统计概述及启示[J]. 中国环保产业, 2005(8): 44-46.

## Problems in the Environmental Statistics for "the Eleventh Five-Year Period" in Guangzhou

Zeng Junning Li ying

**Abstract** The environmental statistics for "the Eleventh Five-Year Period" in Guangzhou was introduced, and the existing problems were discussed, and suggestions were made.

**Key words** environmental statistic the Eleventh Five-Year Period suggestion Guangzhou

(上接第8页)

划定饮用水源保护范围和地理界线,设置保护区标志。依法取缔水源保护区内的违法建设项目和工业企业,清除排污口,加强水源地周边污染隐患的排查和监督管理,杜绝偷排、漏排及事故性排污对饮用水源水质的威胁。加强水源地上游跨界交界断面的水质管理,对上游超标河段进行综合整治,确保上游来水水质不影响水源水质安全。加强饮用水源保护区水土流失的生态保护工作。调整水源地所在区域的产业结构和布局。

建立或完善农村污水截排系统,铺设管道收集居民分散污水,建设小型污水处理装置,将居民分散的生活污水处理达标后排放。通过坑、塘、沟渠、池等径流拦蓄及消解降污工程措施,减少径流冲刷和土壤流失,通过生物系统拦截净化污染物,减少地表径流污染物向水源排放,有效控制农田径流污染。建设生活垃圾收集设施,防止固废污染地下水源。大力发展生态农业,控制水源保护区内的农药、化肥使用量,防止农业生产使用农药化肥对饮用水源造成污染。进行湖库河岸带植被修复,构建水源地生态隔离屏障,通过其过滤、缓冲功能,吸附和转移来自面源的污染物、营养物,改善水源水质。

### 4.2 完善水源地环境管理体系和工作机制

建立水源地环境管理专门机构,创建饮用水源保护部门联动和协商机制,明确政府各部门职责和

任务,形成“专门机构,专人负责,多部门齐抓共管”的良好格局。建立环保目标考核责任制度,实行镇长负责制,将乡镇饮用水源保护工作纳入乡镇党政领导干部环保实绩考核,并形成评估考核长效机制。研究建立水源地保护建设的财政投入保障机制。建立并完善饮用水水源地风险管理机制,编制乡镇水源地应急预案,积极开展饮用水安全保障隐患排查工作,建立健全饮用水源污染防治应急预案,推进应急(备用)饮用水源建设,有效保障饮用水源安全。

### 4.3 研究制定水源地环境政策

研究制定水源地保护的生态补偿制度,进一步加大对乡镇饮用水源地环境保护的财政扶持,改善当地生活条件的同时进一步提高当地保护水源地的积极性。逐步建立“以奖促治”的水源地环境保护政策,实施水源地保护特殊信贷和税收政策。

### 4.4 加强舆论监督、鼓励公众参与

针对乡镇饮用水水源地环境保护较弱、民众保护意识较差的实际情况,建议加强饮用水水源地保护宣传教育,研究促进乡镇饮用水水源地保护的公众监督的对策,推动饮用水水源地保护工作转变成社会参与、人人有责的全民行动。一是搞好普法教育,进一步强化全社会的水忧患意识和水法治意识,营造一个良好的法治环境;二是建立完善的公众参与机制;三是建立环境保护社会监督管理制。

## Study on Environmental Assessment of Drinking Water Sources in Typical Township of Guangzhou City

Song Huiying Dong Tianming Xin Dongping

**Abstract** This paper presents the environmental status of drinking water sources in typical township of Guangzhou with the assessment of pollution, monitoring and risk. This paper also puts forward the countermeasures and suggestions to protect the drinking water sources quality in rural area, and provides technical support for environmental management.

**Key words** typical township drinking water sources environmental assessment Guangzhou



## CONTENTS

Discussion on Several Key Techniques of Water Environment Quality Prediction in Near-shore Marine Areas .....	<i>Luo jiahai</i> ( 1 )
Heavy Metal Pollution of River Sediment in Guangzhou .....	<i>Zhou Shujie, Gu Jian, Huang zhaoer</i> ( 4 )
Study on Environmental Assessment of Drinking Water Sources in Typical Township of Guangzhou City .....	<i>Song Huiying, Dong Tianming, Xin Dongping</i> ( 7 )
Environmental Risk Assessment and Prevention Countermeasures for Highway Transport of Dangerous Goods ——Guangzhou Hua-Guan expressway as an example .....	<i>Wu Minxin, Sun Qun</i> ( 9 )
Discussion on the Determination of Yellow Phosphorus in Surface Water by Spectrophotometry .....	<i>Feng Xiaohong, Zeng Weidong</i> (13)
Interferences in the Determination of Butyl Xanthic Acid in Water by Spectrophotometry .....	<i>Lu Chunxia, Deng Haitao, Cen Huixian</i> (15)
Determination of Oil in Water by FT-IR after Gas Stripping Solvent Extraction .....	<i>Li ying, Yang Zhihong, Huang Zhuoer</i> (16)
Monitoring and Protection Countermeasures for Medical X-ray Machines in Guangzhou .....	<i>Li Jinlin, Mei Qian, Hu Diqin, et al</i> (18)
Vehicle Emission Inventory of Guangzhou in 2010 .....	<i>Yao Xincan, Huang Runa, Nong Jiajin, et al</i> (20)
Problems in the Re-monitoring of Vehicle Exhaust on Guangzhou .....	<i>Liang Bing</i> (25)
Constructed Wetland Treatment and Its Application to Rural Non-point Source Pollution Control .....	<i>Liao Qingyu, Lu Yan, Zhang Jinhong</i> (29)
Purifying Effects on Nitrogen and Phosphorous in an Artificial Wetland .....	<i>Liu Jinling, Lu yan, Zhang Jinhong, et al</i> (35)
Cleaning Mineral Separation of Molybdenum Ore in Bai-Shi-Zhang .....	<i>Dong Ying, Xiong Zhenzhang, Liu Yuanbao</i> (39)
Establishment and Application of Radiation Environment Security Monitoring System for Guangzhou Asian Games .....	<i>Li Jinlin, Hu Diqin, Ma Weijiang, et al</i> (43)
Problems in the Environmental Statistics for "the Eleventh Five-Year Period" in Guangzhou .....	<i>Zeng Junning Li ying</i> (46)