

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第12期

Vol.33 No.12

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

特别策划:再生水灌溉利用生态风险研究专题

序	陈卫平 (4069)
再生水灌溉利用的生态风险研究进展	陈卫平, 张炜铃, 潘能, 焦文涛 (4070)
绿地再生水灌溉土壤微生物量碳及酶活性效应研究	潘能, 侯振安, 陈卫平, 焦文涛, 彭驰, 刘文 (4081)
绿地再生水灌溉土壤盐度累积及风险分析	潘能, 陈卫平, 焦文涛, 赵忠明, 侯振安 (4088)
再生水灌溉对土壤性质及重金属垂直分布的影响	赵忠明, 陈卫平, 焦文涛, 王美娥 (4094)
模型模拟再生水灌溉对土壤水盐运动的影响	吕斯丹, 陈卫平, 王美娥 (4100)
模型模拟土壤性质和植被种类对再生水灌溉水盐运移的影响	吕斯丹, 陈卫平, 王美娥 (4108)
再生水灌溉农田土壤镉累积规律模拟研究	赵忠明, 陈卫平, 焦文涛, 王美娥 (4115)
再生水灌溉土壤人工合成麝香累积模型模拟	王美娥, 陈卫平, 焦文涛 (4121)
城市绿化草坪再生水灌溉对地下水水质影响研究	王巧环, 陈卫平, 王效科, 任玉芬, 张烨 (4127)
北京市再生水的公众认知度评估	张炜铃, 陈卫平, 焦文涛 (4133)

研究报告

北京地区臭氧时空分布特征的飞机探测研究	陈鹏飞, 张蕾, 权建农, 高扬, 黄梦宇 (4141)
世博会期间上海市大气挥发性有机物排放强度及污染源研究	王红丽, 陈长虹, 黄海英, 王倩, 陈宜然, 黄成, 李莉, 张钢锋, 陈明华, 楼晟荣, 乔利平 (4151)
贡嘎山本底站大气中 VOCs 的研究	张军科, 王跃思, 吴方堃, 孙杰 (4159)
区域大气环境风险源识别与危险性评估	张晓春, 陈卫平, 马春, 詹水芬, 焦文涛 (4167)
稻草烟中正构烷烃和正构脂肪酸的碳同位素	刘刚, 孙丽娜, 李久海, 徐慧 (4173)
汽油轿车 NEDC 循环超细颗粒物排放特性	胡志远, 李金, 谭丕强, 楼狄明 (4181)
城市道路绿化带不同植物叶片附尘对大气污染的磁学响应	隆茜, 周菊珍, 孟颖, 达良俊 (4188)
闽江口养殖塘水-大气界面温室气体通量日进程特征	杨平, 仝川, 何清华, 黄佳芳 (4194)
模拟增温对冬小麦-大豆轮作农田土壤呼吸的影响	刘艳, 陈书涛, 胡正华, 任景全, 沈小帅 (4205)
广西大石围天坑中多环芳烃的大气传输与分异	孔祥胜, 祁士华, 孙莺, 黄保健 (4212)
松花江流域冰封期水体中多环芳烃的污染特征研究	马万里, 刘丽艳, 齐虹, 白杨, 沈吉敏, 陈忠林, 李一凡 (4220)
温州城市河流中多环芳烃的污染特征及其来源	周婕成, 陈振楼, 毕春娟, 吕金刚, 许世远, 潘琪 (4226)
温州城市河流河岸带土壤中 PAHs 的污染特征与来源	周婕成, 毕春娟, 陈振楼, 王璐, 许世远, 潘琪 (4237)
辽河水系沉积物中 PAHs 的分布特征及风险评估	武江越, 刘征涛, 周俊丽, 高富 (4244)
某炼油厂退役场地土壤与浅层地下水酚类污染特征研究	裴芳, 罗泽娇, 彭进进, 祁士华 (4251)
某大型焦化企业污染场地中多环芳烃空间分布的分异性特征	刘庚, 郭观林, 南锋, 魏文侠, 李发生, 毕如田 (4256)
太原市污灌区有机氯农药垂直分布特征及源解析	廖小平, 张彩香, 赵旭, 向青清, 李佳乐 (4263)
上海市崇明岛农田土壤中多环芳烃分布和生态风险评价	吕金刚, 毕春娟, 陈振楼, 周婕成, 韩景超 (4270)
近 50 年来深圳湾红树林湿地 Hg、Cu 累积及其生态危害评价	李瑞利, 柴民伟, 邱国玉, 贺蓓 (4276)
北运河源头区沙河水库沉积物重金属污染特征研究	张伟, 张洪, 单保庆 (4284)
太湖表层沉积物重金属赋存形态分析及污染特征	秦延文, 张雷, 郑丙辉, 曹伟 (4291)
典型季风型温冰川消融期融水化学日变化特征	朱国锋, 蒲焘, 何元庆, 王培震, 张建龙, 张宁宁, 辛惠娟 (4300)
螺-草水质净化系统氮素环境归趋的实验研究	周露洪, 谷孝鸿, 曾庆飞, 毛志刚, 高华梅, 孙明波 (4307)
固定化果胶酶抑制铜绿微囊藻生长研究	沈清清, 彭谦, 赖泳红, 纪开燕, 韩秀林 (4316)
采用膜污染指数评估天然有机物在低压超滤膜中的污染行为	肖萍, 肖峰, 赵锦辉, 秦潼, 王东升, 冯金荣, 许光 (4322)
水体中甲基汞光化学降解特征研究	孙荣国, 毛雯, 马明, 张成, 王定勇 (4329)
土霉素在乙酸水溶液中的臭氧氧化降解研究	李时银, 李小荣, 朱怡苹, 朱江鹏, 王国祥 (4335)
酰胺咪唑光降解效能与机制及其影响因素研究	陈超, 赵倩, 封莉, 张立秋 (4340)
利用 FeS 去除水中硝基苯的试验研究	王夏琳, 李睿华 (4346)
地下污水管线泄漏原位自动监测模拟实验研究	郭磊, 贾永刚, 付腾飞, 刘晓磊, 赵战坤 (4352)
表面活性剂改性沸石对水中酚类化合物吸附性能研究	谢杰, 王哲, 吴德意, 李春杰 (4361)
抗生素类制药废水厌氧消化产物急性毒性的检测	季军远, 邢雅娟, 郑平 (4367)
废砖块作为人工湿地填料的除磷能力研究	王振, 刘超翔, 李鹏宇, 董健, 刘琳, 朱葛夫 (4373)
基于生物沸石复合滤料的间歇式脱氮水处理	庆承松, 鲍韬, 陈天虎, 陈冬, 谢晶晶 (4380)
硝酸盐对厌氧生物膜和颗粒污泥的同时产甲烷反硝化性能影响研究	钟晨宇, 叶杰旭, 李若愚, 陈胜, 孙德智 (4387)
水平电场作用下活性污泥的脱水研究	季雪元, 王毅力, 冯晶 (4393)
多重环境因子对氟胺磺隆在土壤中降解的影响	宋宁慧, 单正军, 石利利, 郭敏, 许静, 孔德洋 (4400)
碱后处理对互花米草沼渣理化特性的影响研究	陈广银, 郑正, 常志州, 王海芹, 叶小梅 (4406)
含砷废渣高温烧结过程砷的矿物相结构变化与环境释放行为	王兴润, 农泽喜, 王琪 (4412)
国家大气污染物排放标准体系研究	江梅, 张国宁, 张明慧, 邹兰, 魏玉霞, 任春 (4417)
环境基准向环境标准转化的机制探讨	毕岑岑, 王铁宇, 吕永龙 (4422)
对“有毒重金属”实施 2 种总量控制监管方式的利害分析	傅国伟 (4428)
《环境科学》第 33 卷(2012 年)总目录	(4434)
《环境科学》征订启事(4099)	
《环境科学》征稿简则(4166)	
信息(4180, 4219, 4225, 4275)	
专辑征稿通知(4172)	

区域大气环境风险源识别与危险性评估

张晓春^{1,2}, 陈卫平^{1*}, 马春², 詹水芬², 焦文涛¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘要: 区域大气环境风险源的有效识别与危险性评估对区域大气环境风险评价和区域大气环境污染防治具有重要意义。为构建区域大气环境风险源识别与危险性快速评估的方法, 本研究将系统安全工程学中的经典半定量方法可能性-暴露-后果评估法(LEC法)与管理咨询工程中的经典定量方法德尔菲(Delphi)法相结合, 应用于区域大气环境风险源识别与危险性评估, 给出了大气环境事故发生的可能性 L 、风险源暴露于大气环境的频繁程度 E 、发生大气环境事故后风险源的不可控程度 C 和风险源的危险程度 D 的量化评估的分值标准。将该方法应用于我国北方某大型煤炭港口的案例评估, 评估结果表明, 大规模煤炭露天储存场所中存在的风险源和堆料机、装船机、取料机作业过程中产生的风险源是该港口区域的主要大气环境风险源。评估结果有效性检验表明, 区域大气环境风险源的特征和危害程度与实际情况较为符合。风险源的快速有效识别与评估可为区域大气环境风险评价和区域大气环境污染防治提供重要的参考。

关键词: 风险源; 环境风险; 大气环境; 区域环境; LEC法; 德尔菲法

中图分类号: X820.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2012)12-4167-06

Regional Atmospheric Environment Risk Source Identification and Assessment

ZHANG Xiao-chun^{1,2}, CHEN Wei-ping¹, MA Chun², ZHAN Shui-fen², JIAO Wen-tao¹

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Ministry of Transport, Tianjin 300456, China)

Abstract: Identification and assessment for atmospheric environment risk source plays an important role in regional atmospheric risk assessment and regional atmospheric pollution prevention and control. The likelihood exposure and consequence assessment method (LEC method) and the Delphi method were employed to build a fast and effective method for identification and assessment of regional atmospheric environment risk sources. This method was applied to the case study of a large coal transportation port in North China. The assessment results showed that the risk characteristics and the harm degree of regional atmospheric environment risk source were in line with the actual situation. Fast and effective identification and assessment of risk source has laid an important foundation for the regional atmospheric environmental risk assessment and regional atmospheric pollution prevention and control.

Key words: risk sources; environment risk; atmospheric environment; regional environment; LEC assessment method; Delphi analysis

随着城市化进程的加快和社会经济的快速发展以及随之而来的能源、资源需求量的增加, 环境污染问题越来越突出^[1-7]。近年来, 中国发生重特大突发环境事件的客观风险不断增加, 事件防范和处置难度明显加大^[8,9]。中国主要大气污染物排放负荷巨大, 以大气颗粒物等特征的区域性复合型大气污染日益突出, 污染防治任务十分艰巨^[9-11]。大气环境风险评估和综合防治成为环境保护研究的热点^[12]。

为有效开展重点区域大气污染防治工作, 从污染根源上防治危害人民身体健康的突出环境问题, 有必要在总结实践经验的基础上, 整理出一套快速、有效评估大气环境风险的方法^[9,13,14]。风险源的识别与评估是进行风险评估的重要基础和前提^[15]。

风险源是指对生态、环境产生不利影响的一种或多种化学的、物理的或生物的风险来源^[16]。目

前, 大气环境污染问题的研究主要集中于城市和敏感区域^[17]。现有的国内外研究多集中于环境风险源已经对环境产生影响后, 采用源解析等方法追踪溯源, 进行环境风险源的分析^[8-25]。而一旦环境风险源已经对环境产生影响, 其影响往往难以控制和消除^[26,27]。在对环境产生影响前进行风险源的识别及其危险程度的评估将有助于采取有效措施控制环境事故的发生^[26,28]。然而, 目前区域大气环境风险源通用的快速、有效评估的方法和手段仍不完善, 甚至极其缺乏^[29,30]。

收稿日期: 2012-06-25; 修订日期: 2012-07-31

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(TKS120103, TKS120203)

作者简介: 张晓春(1982~), 男, 博士研究生, 工程师, 主要研究方向为区域环境风险评估及管理及大气环境工程, E-mail: jtbzxc@163.com

* 通讯联系人, E-mail: wpchen@cees.ac.cn

本研究将系统安全工程学中的经典半定量方法可能性-暴露-后果评估法(likelihood exposure and consequence assessment, LEC)与管理咨询工程中的经典定量方法德尔非法相结合,应用于区域大气环境风险源识别与危险性评估中,构建了快速有效的区域大气环境风险源识别与危险性评估方法,并给出了量化评估的分值标准.将评估方法应用于我国北方某大型沿海港口大气颗粒物污染风险源及其危险性的案例评估中,对评估结果的有效性进行了检验,并在风险源评估的基础上分析了主要风险源的空间分布和主要控制对象.结果表明各风险源的分布特征和危害性等级与实际情况较为符合.区域大气环境风险源识别与危险性快速评估方法的构建为区域环境风险管理和区域污染综合防治提供了有力手段.

1 材料与方法

1.1 评估方法

LEC 评价法是对具有潜在危险性作业环境中的危险源进行半定量的安全评价方法^[31,32].在系统安全工程中,该方法采用与系统风险率相关的三方面指标值之积来评价系统中人员伤亡风险大小^[33].在本研究中,引入 LEC 法进行区域大气环境风险源危险性的评估.风险源危险性为:

$$D_i = L_i E_i C_i \quad (1)$$

式中, D_i 为第 i 项风险源的危险性评估值, L_i 为第 i 项风险源发生大气环境事故的可能性大小; E_i 为第 i 项风险源暴露于大气环境的频繁程度; C_i 为发生大气环境事故后第 i 项风险源的不可控程度.

D 值越大,说明该系统危险性大,需要增加安全措施,或改变发生大气环境事故的可能性,或减少风险源暴露于大气环境中的频繁程度,或减轻发生大气环境事故后风险源的不可控程度,直至调整到允许范围内.

对这三方面分别进行客观的科学计算,得到准确的数据,是相当繁琐甚至可能是无法实现的过程^[33,34].为了简化评价过程,满足快速评估的要求,可采取半定量计值法,即根据以往经验或专家评估,分别对这三方面划分不同的等级,并赋值^[31].其中,大气环境事故发生的可能性 L (表 1)、风险源暴露于大气环境的频繁程度 E (表 2)量化标准可借鉴系统安全工程中的经典划分标准^[31,32].发生大气环境事故后风险源的不可控程度 C (表 3)和风险源的危险程度 D (表 4)量化标准为在参考系统安全工程

的基础上通过 Delphi 法第一轮专家咨询确定,第一轮共计咨询环境与安全领域专家 7 位.

表 1 大气环境事故发生的可能性(L)

Table 1 Likelihood of atmospheric environment accidents (L)

量化 L 值	大气环境事故发生的可能性
10.0	完全可以预料
6.0	相当可能
3.0	可能,但不经常
1.0	可能性小,完全意外
0.5	很不可能,可以设想
0.2	极不可能
0.1	实际不可能

表 2 风险源暴露于大气环境的频繁程度(E)

Table 2 Exposure frequency of risk source in atmospheric environment (E)

量化 E 值	暴露于大气环境的频繁程度
10.0	连续暴露
6.0	每天工作时间内暴露
3.0	每周一次暴露
2.0	每月一次暴露
1.0	每年几次暴露或偶然暴露
0.5	非常罕见暴露

表 3 发生大气环境事故后风险源的不可控程度(C)

Table 3 Consequence uncontrollability of risk source after an atmospheric environmental accident (C)

量化 C 值	发生事故后风险源的不可控程度
100.0	基本不可控
50.0	可以控制,但不易实现
20.0	在一定条件或范围内可以控制
10.0	容易控制
1.0	极容易控制

表 4 风险源的危险程度(D)

Table 4 Degree of risk for different risk sources (D)

量化 D 值	风险等级	标识色	危险程度
> 320	I 级	红色	高度危险,要立即采取措施控制
160 ~ 320	II 级	橙色	显著危险,需要采取措施控制
20 ~ 160	III 级	黄色	一般危险,需要注意
< 20	IV 级	绿色	稍有危险,可以接受

进行区域大气环境风险源识别与危险性评估时,首先按工艺流程或空间分布分析风险来源的各个环节,进行评估子项的划分.然后采用 Delphi 法第二轮专家评估,咨询相关领域专家或研究人员 9 位(不包括第一轮中接受咨询的 7 位专家),对系统各子项或各环节进行评估.

1.2 研究案例概况

研究案例为我国北方某大型煤炭港口,该港口现有煤炭专业泊位 21 个,设计年通过能力 1.93 ×

10^9 t; 可接卸 2.0×10^4 t 超长列车, 单机最高卸车能力 $7.2 \times 10^3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$, 最高装船能力 $9.25 \times 10^3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$; 拥有煤炭露天存储大型专用堆场, 堆场最大储存量为 1.04×10^7 t. 该港作为世界最大的煤炭输出港和

我国“北煤南运”大通道的主枢纽港, 担负着东南沿海电煤运输以及国家外贸煤炭出口的主要任务, 港口年输出煤炭占全国沿海港口下水煤炭总量的近 50%. 其主要工艺环节见图 1.

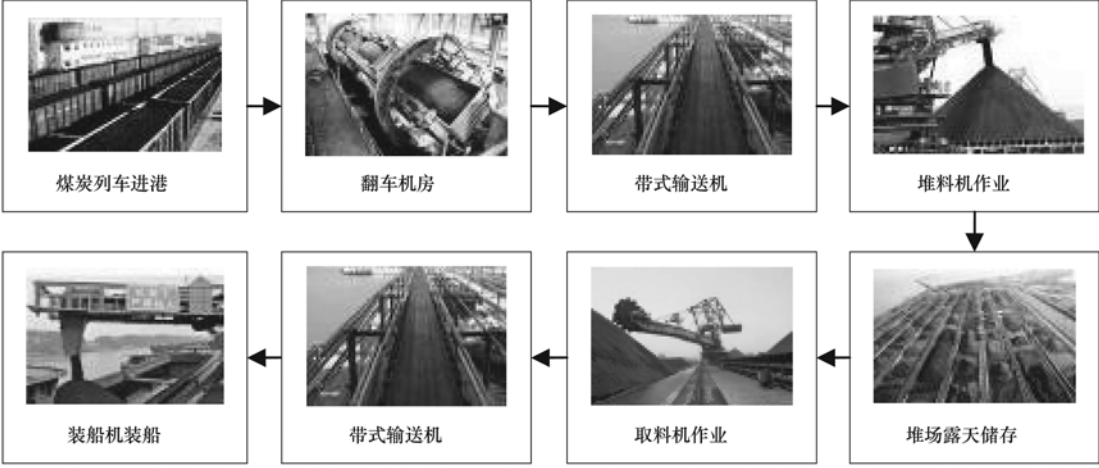


图 1 煤炭港口主要工艺环节
Fig. 1 Main steps of the process at the coal port

1.3 数据来源与分析

案例概况数据来源于文献[35].

评估数据通过 Delphi 法确定, 对各专家所打分进行计算得出各环节分值. 计算如下:

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (2)$$

式中, S_i 为第 i 项指标评估值的平均数; S_{ij} 为 n 位专家中第 j 位专家对第 i 项指标的评估值. 该式适用于 Delphi 法第一轮专家咨询中 C 值、 D 值量化标准的分析和第二轮中 L 值、 E 值、 C 值的评估.

案例港口作业模块空间分布数据来源于 GeoEye ([www. geoeye. com/CorpSite](http://www.geoeye.com/CorpSite)). 风险源空间分布数据叠加通过 ArcGIS v9.3 软件完成.

2 案例评估

2.1 工艺环节分析和风险源识别

从工艺流程(图 1)辨识, 该港口煤炭作业存储过程中的主要风险源为煤炭列车进港、翻车机房、带式输送机、堆料机作业、堆场露天储存、取料机作业和装船机装船过程中存在和产生的风险源.

2.2 风险源危险性评估

采用德尔菲法和 LEC 法对煤炭港口主要风险源的危险程度进行评估(表 5).

通过评估发现, 在煤炭列车进港、翻车机房、带式输送机、堆料机作业、堆场露天储存、取料机作业、装船机装船各工艺环节风险源中, 引起大气

环境事故发生可能性最高的风险源是煤炭堆场露天储存, 其次是堆料机作业、取料机作业和装船机装船; 风险源暴露于大气环境的频繁程度最高的是堆场露天储存, 其次是堆料机作业、取料机作业和装船机装船; 发生大气环境事故后风险源的不可控程度最高的是堆场露天储存, 其次是翻车机房、带式输送机和堆料机作业.

表 5 煤炭港口风险源危险程度评估
Table 5 Risk assessment of coal port risk sources

工艺环节	L 值	E 值	C 值	D 值	风险等级
煤炭列车进港	1.3	2.7	5.0	17.9	Ⅳ级
翻车机房	0.5	0.8	10.3	4.4	Ⅳ级
带式输送机	2.1	2.2	10.3	48.5	Ⅲ级
堆料机作业	4.3	6.9	9.2	275.3	Ⅱ级
堆场露天储存	7.3	7.8	54.4	3 105.3	Ⅰ级
取料机作业	4.1	6.0	8.1	200.1	Ⅱ级
装船机装船	4.0	5.7	9.1	206.5	Ⅱ级

可以看出煤炭堆场露天储存具有最高的大气环境事故发生的可能性, 事故相当可能, 甚至完全可以预料得到; 其风险源暴露于大气环境的频繁程度最高, 几乎呈连续暴露状态; 其发生大气环境事故后风险源的不可控程度也最高, 基本为可以控制但难于实现的状态. 因此从大气环境风险源分析角度来讲, 煤炭堆场露天储存具有最高的风险等级, 其危险程度分值为 3 105.3, 等级为 Ⅰ级, 呈高度危险状态, 要立即采取措施控制风险.

堆料机作业、装船机装船和取料机作业具有相

对较高的大气环境事故发生的可能性,暴露于大气环境的频繁程度和发生大气环境事故后风险源的不可控程度。堆料机作业、装船机装船和取料机作业 L 值分别为 4.3、4.0 和 4.1,存在发生大气环境事故的可能; E 值分别为 6.9、5.7 和 6.0,其风险源处于每天工作时间内暴露于大气环境的状态; C 值分别为 9.2、9.1 和 8.1,其大气环境风险源引发大气环境事故后风险源的容易控制。总体上,堆料机作业、装船机装船和取料机作业的风险源具有显著危险,需要采取措施控制风险,其 D 值分别为 275.3、206.5 和 200.1,风险等级为 II 级。

虽然带式输送机的大气环境风险源具有相对较高的发生大气环境事故后风险源不可控程度(C 值为 10.3),但其综合评估为 III 级风险等级,总体上具有一般危险,需要注意。

煤炭列车进港和翻车机房所存在的大气环境风险源评估为 IV 级风险源,属于稍有危险,可以接受的大气环境风险源类型。

因此,总体评估表明,堆场露天储存过程中存在的风险源最高为 I 级风险,堆料机作业、装船机装船和取料机作业过程中存在的风险为 II 级风险。此三者为煤炭港口的主要风险源类型。

2.3 评估结果有效性检验

对煤炭露天存储的研究表明,煤炭露天存储场是区域大气污染的主要污染源^[34,36,37]。港口大型煤堆场煤炭露天储存存在的主要问题之一就是煤尘颗粒物对大气环境的影响^[38,39]。

研究也表明,除煤炭露天堆场外,堆料机作业、装船机装船和取料机作业的过程也是大气环境污染的另一个主要来源^[37,40]。

2.4 风险源空间分布和主要控制对象

从煤炭港口某作业模块风险源空间分布(图 2),可以看出煤炭露天储存区域风险源占有主要的空间分布。

其次为堆料机作业、装船机装船和取料机作业风险源,这是因为虽然堆料机作业、装船机装船和取料机作业风险源相对而言为点状风险源,但堆料机作业、装船机装船和取料机作业具有沿轨道进行动态作业的特点,相应风险源随之移动,形成诸多动态风险源,具有一定的空间占有量。

再次为带式输送机。最后为进港煤炭列车和翻车机房。

从区域大气环境风险源识别、风险源特点与危险性评估结果来看,煤炭港口的的主要大气环境风险

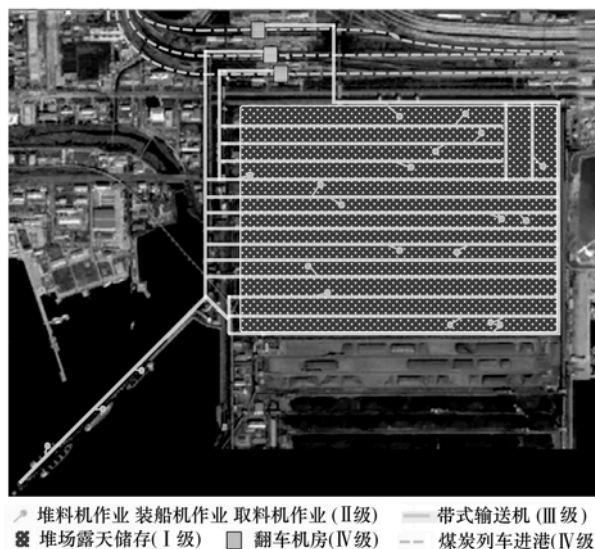


图 2 煤炭港口某作业单元风险源空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of risk sources in an operating unit of the coal port

源为:①堆场露天储存区域中存在的大气环境风险源;②堆料机作业、装船机装船和取料机作业过程中产生的大气环境风险源。这两大部分应成为煤炭港口大气环境风险源控制的主要对象。

3 结论

(1)本研究基于系统安全工程和管理咨询工程的理念,将可能性-暴露-后果评估法与德尔菲法相结合,应用于区域大气环境风险源识别与危险性评估,构建了区域大气环境风险源识别与危险性快速评估的方法。该方法通过评估大气环境事故发生的可能性、风险源暴露于大气环境的频繁程度、发生大气环境事故后风险源的不可控程度对风险源危险程度进行综合评判。

(2)本研究给出了量化评估的分值标准,并将评估方法应用于我国北方某大型沿海港口大气颗粒物污染风险源及其危险性的案例评估中,案例评估在工艺环节分析和风险源识别的基础上,采用本研究提出的大气环境风险评估方法对该港口大气环境风险源进行了评估,对评估结果的有效性进行了验证,并在风险源评估的基础上分析了主要风险源的空间分布和主要控制对象。

(3)案例评估结果表明,各种风险源的分布特征和危害性等级与实际情况较为符合。风险源的快速、有效识别与评估为区域大气环境风险评价和区域大气环境污染防治奠定了重要的分析基础。

参考文献:

- [1] Eisenbud M. Environmental protection in the city of New York; urban pollution control presents problems of great technical, legal, and political complexity[J]. *Science*, 1970, **170**(3959): 706-712.
- [2] Sun M. China faces environmental challenge: a new book and recent chinese publications cite massive deforestation, expanding deserts and heavy pollution of land, water, and air[J]. *Science*, 1983, **221**(4617): 1271-1272.
- [3] Ezzell C. More money needed to beat pollution[J]. *Nature*, 1988, **335**(6189): 390.
- [4] Perera F P, Hemminki K, Gryzbowska E, *et al.* Molecular and genetic damage in humans from environmental pollution in Poland[J]. *Nature*, 1992, **360**(6401): 256-258.
- [5] Macilwain C. Risk: a suitable case for analysis? [J]. *Nature*, 1996, **380**(6569): 10-11.
- [6] Liu J G, Diamond J. China's environment in a globalizing world[J]. *Nature*, 2005, **435**(7046): 1179-1186.
- [7] Qiu J. Special report China's green accounting system on shaky ground[J]. *Nature*, 2007, **448**(7153): 518-519.
- [8] Qiu J. China takes stock of environment[J]. *Nature*, 2010, doi: 10.1038/news. 2010. 68.
- [9] 环境保护部. 重点区域大气污染防治规划(2011-2015 年)[R]. 北京: 中华人民共和国环境保护部, 2012.
- [10] Swinbanks D. Beijing media join attack on air pollution[J]. *Nature*, 1998, **392**(6679): 853.
- [11] Zhang Q, He K B, Huo H. Policy: cleaning China's air[J]. *Nature*, 2012, **484**(7393): 161-162.
- [12] Stokstad E. Panel: EPA proposal for air pollution short on science[J]. *Science*, 2008, **319**(5860): 146.
- [13] Stokstad E. New particulate rules are anything but fine, say scientists[J]. *Science*, 2006, **311**(5757): 27.
- [14] Rappaport S M, Smith M T. Environment and disease risks[J]. *Science*, 2010, **330**(6003): 460-461.
- [15] Chen T, Liu X M, Zhu M Z, *et al.* Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional area of Hangzhou, China[J]. *Environmental Pollution*, 2008, **151**(1): 67-78.
- [16] Calow P P. Handbook of environmental risk assessment and management[M]. New York: John Wiley and Sons, 1998.
- [17] Parrish D D, Zhu T. Clean air for megacities[J]. *Science*, 2009, **326**(5953): 674-675.
- [18] Stonea E, Schauer J, Quraishi T, *et al.* Chemical characterization and source apportionment of fine and coarse particulate matter in Lahore, Pakistan [J]. *Atmospheric Environment*, 2010, **44**(8): 1062-1070.
- [19] Warda T J, Palmerb C P, Noonana C W. Fine particulate matter source apportionment following a large woodstove change out program in Libby, Montana[J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2010, **60**(6): 688-693.
- [20] 周裕敏, 郝郑平, 王海林. 北京地区城乡结合部大气挥发性有机物污染及来源分析[J]. *环境科学*, 2011, **32**(12): 3560-3565.
- [21] 刘子锐, 王跃思, 刘全, 等. 鼎湖山秋季大气细粒子及其二次无机组分的污染特征及来源[J]. *环境科学*, 2011, **32**(11): 3160-3166.
- [22] Friend A J, Ayoko G A, Jayaratne E R, *et al.* Source apportionment of ultrafine and fine particle concentrations in Brisbane, Australia[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2012, **19**(7): 2942-2950.
- [23] Gianinia M F D, Fischera A, Gehrig R, *et al.* Comparative source apportionment of PM₁₀ in Switzerland for 2008/2009 and 1998/1999 by positive matrix factorisation [J]. *Atmospheric Environment*, 2012, **54**: 149-158.
- [24] Shah M H, Shaheen N, Nazir R. Assessment of the trace elements level in urban atmospheric particulate matter and source apportionment in Islamabad, Pakistan[J]. *Atmospheric Pollution Research*, 2012, **3**: 39-45.
- [25] Wang Y G, Hopke P K, Xia X Y, *et al.* Source apportionment of airborne particulate matter using inorganic and organic species as tracers[J]. *Atmospheric Environment*, 2012, **55**: 525-532.
- [26] Earle T C, Siegrist M. On the relation between trust and fairness in environmental risk management[J]. *Risk Analysis*, 2008, **28**(5): 1395-1414.
- [27] Ellis B J, Figueredo A J, Brumbach B H, *et al.* Fundamental dimensions of environmental risk: the impact of harsh versus unpredictable environments on the evolution and development of life history strategies[J]. *Human Nature*, 2009, **20**(2): 204-268.
- [28] Tehankova L. Risk identification-basic stage in risk management [J]. *Environmental Management and Health*, 2002, **13**(3): 290-297.
- [29] Sharfman M P, Fernando C. Environmental risk management and the cost of capital[J]. *Strategic Management Journal*, 2008, **29**(6): 569-592.
- [30] Argyropoulos G, Samara C. Development and application of a robotic chemical mass balance model for source apportionment of atmospheric particulate matter[J]. *Environmental Modelling and Software*, 2011, **26**(4): 469-481.
- [31] Roland H E, Moriarty B. System safety engineering and management[M]. New York: Wiley Interscience, 1990.
- [32] Chu M J, Li X R, Lu J Z, *et al.* The system safety analysis method contrast analysis[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2012, **170-173**: 492-495.
- [33] Fowler D, Pierce R. Safety engineering-a perspective on systems engineering[J]. *Achieving Systems Safety*, 2012, 115-136, doi: 10.1007/978-1-4471-2494-8_10.
- [34] Gautam S, Patra A K, Prusty B K. Opencast mines: a subject to major concern for human health [J]. *International Research Journal of Geology and Mining*, 2012, **2**(2): 25-31.
- [35] 中国港口协会. 中国港口年鉴[M]. 北京: 中国港口杂志社, 2011.
- [36] 丛晓春, 张光玉, 詹水芬. 露天煤尘污染扩散运动的数值计算[J]. *煤炭学报*, 2007, **32**(11): 1138-1141.

- [37] Jangam S V, Karthikeyan M, Mujumdar A S. A critical assessment of industrial coal drying technologies: role of energy, emissions, risk and sustainability [J]. *Drying Technology*, 2011, **29**(4): 395-407.
- [38] 王丹, 张亚敏, 王传瑜, 等. 煤炭堆场防风抑尘集成技术的应用[J]. *环境科学与技术*, 2010, (S1): 34-41.
- [39] Zhang X C, Chen W P, Ma C, *et al.* Modeling the effect of humidity on the threshold friction velocity of coal particles[J]. *Atmospheric Environment*, 2012, **56**: 154-160.
- [40] Zhan S F, Ma C, Zhang X C, *et al.* Evaluating dust emission risk for coal energy handling of large stacker on wind tunnel[J]. *Energy Procedia*, 2011, **11**: 3054-3059.

第二届挥发性有机污染物(VOCs)检测分析、减排控制、 环境政策研究专辑征稿通知

挥发性有机物污染对生态、环境、健康产生了重要的影响,从国家层面上 VOCs 已经被列为重点控制的污染物,对挥发性有机污染物的减排与控制有着迫切的需求,有关挥发性有机污染的研究已经引起政府、地方、企业和科研人员密切的关注。

为了支持国家挥发性有机污染减排与控制,更好地促进与提高有关我国挥发性有机污染的科学研究的科学研究,《环境科学》2011 年出版“挥发性有机污染物(VOCs)检测分析、减排控制、环境政策研究”专辑(中国科学院生态环境研究中心郝郑平研究员为专辑的特邀主编)。专辑出版后,引起了极大地反响和关注。

这一年多以来,我国挥发性有机污染的科学研究的科学研究取得了一定进步与发展,不断有作者和相关部门希望能继续此专辑的编辑。为了继续支持我国未来 VOCs 减排和控制,进一步促进我国挥发性有机污染 VOCs 研究的发展和深入,《环境科学》计划 2013 年出版第二届挥发性有机污染物(VOCs)检测分析、减排控制、环境政策研究专辑(非增刊),邀请中国科学院生态环境研究中心郝郑平研究员为本专辑特邀主编,并开展挥发性有机污染 VOCs 研究优秀论文评选。现诚挚邀请国内外挥发性有机污染 VOCs 研究领域的专家、学者、技术人员踊跃投稿。

征文范围

- 1) 挥发性有机污染(VOCs)的监测与分析
- 2) 挥发性有机污染(VOCs)的排放与特征
- 3) 挥发性有机污染(VOCs)的控制与过程
- 4) 挥发性有机污染(VOCs)的控制技术与设备
- 5) 挥发性有机污染(VOCs)的反应与转化
- 6) 挥发性有机污染(VOCs)的减排模式与政策
- 7) 挥发性有机污染(VOCs) 的其它研究内容

征文要求

- 1) 稿件参考《环境科学》已发表论文格式,文章以 Word 文档为附件发送至:hjkx@rcees.ac.cn,电子邮件主题为“VOCs 专辑+文章题目”。《环境科学》已发表文章范文可在网站 www.hjkx.ac.cn 首页点击下载。
- 2) 稿件参考文献后须注明通讯联系人和第一作者详细邮政地址,邮编,电话,手机,电子信箱等。
- 3) 只接受中文投稿文章;综述类文章,导师应为第一作者,不接受第一作者为学生的综述类投稿。
- 4) 特别说明:本专辑不是增刊,而是在《环境科学》2013 年下半年正刊上刊出。

重要日期

论文投稿截止日期:2013 年 7 月 1 日

联系方式

联系人:李老师

地址:北京市海淀区双清路 18 号生态中心《环境科学》编辑部

邮编:100085

电话:010-62941102

传真:010-62849343

E-mail:hjkx@rcees.ac.cn

CONTENTS

Preface	CHEN Wei-ping (4069)
Ecological Risks of Reclaimed Water Irrigation: A Review	CHEN Wei-ping, ZHANG Wei-ling, PAN Neng, <i>et al.</i> (4070)
Study on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass Carbon in Greenland Irrigated with Reclaimed Water	PAN Neng, HOU Zhen-an, CHEN Wei-ping, <i>et al.</i> (4081)
Soil Salinity in Greenland Irrigated with Reclaimed Water and Risk Assessment	PAN Neng, CHEN Wei-ping, JIAO Wen-tao, <i>et al.</i> (4088)
Effect of Reclaimed Water Irrigation on Soil Properties and Vertical Distribution of Heavy Metal	ZHAO Zhong-ming, CHEN Wei-ping, JIAO Wen-tao, <i>et al.</i> (4094)
Simulation of Effect of Irrigation with Reclaimed Water on Soil Water-Salt Movement by ENVIRO-GRO Model	LÜ Si-dan, CHEN Wei-ping, WANG Mei-e (4100)
Simulation of Effects of Soil Properties and Plants on Soil Water-salt Movement with Reclaimed Water Irrigation by ENVIRO-GRO Model	LÜ Si-dan, CHEN Wei-ping, WANG Mei-e (4108)
Modeling the Cd Accumulation in Agricultural Soil Irrigated with Reclaimed Water	ZHAO Zhong-ming, CHEN Wei-ping, JIAO Wen-tao, <i>et al.</i> (4115)
Model Simulation of the Transportation, Transformation and Accumulation of Synthetic Musk in Soils Input Through Recycle Water Irrigation	WANG Mei-e, CHEN Wei-ping, JIAO Wen-tao (4121)
Impacts of Reclaimed Water Irrigation of Urban Lawn on Groundwater Quality	WANG Qiao-huan, CHEN Wei-ping, WANG Xiao-ke, <i>et al.</i> (4127)
Public Awareness Assessment of Water Reuse in Beijing	ZHANG Wei-ling, CHEN Wei-ping, JIAO Wen-tao (4133)
Temporal and Spatial Distribution of Ozone Concentration by Aircraft Sounding over Beijing	CHEN Peng-fei, ZHANG Qiang, QUAN Jian-nong, <i>et al.</i> (4141)
Emission Strength and Source Apportionment of Volatile Organic Compounds in Shanghai During 2010 EXPO	WANG Hong-li, CHEN Chang-hong, HUANG Hai-ying, <i>et al.</i> (4151)
Study on Atmospheric VOCs in Gongga Mountain Base Station	ZHANG Jun-he, WANG Yue-si, WU Fang-kun, <i>et al.</i> (4159)
Regional Atmospheric Environment Risk Source Identification and Assessment	ZHANG Xiao-chun, CHEN Wei-ping, MA Chun, <i>et al.</i> (4167)
Carbon Isotopic Compositions of <i>n</i> -Alkanes and <i>n</i> -Alkanoic Acids in the Smoke from Combustion of Rice Straw	LIU Gang, SUN Li-na, LI Jiu-hai, <i>et al.</i> (4173)
Research on NEDC Ultrafine Particle Emission Characters of a Port Fuel Injection Gasoline Car	HU Zhi-yuan, LI Jin, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (4181)
Magnetic Response of Street Tree Leaves to Particulate Pollution in Shanghai	LONG Qian, ZHOU Ju-zhen, MENG Jie, <i>et al.</i> (4188)
Diurnal Variations of Greenhouse Gas Fluxes at the Water-Air Interface of Aquaculture Ponds in the Min River Estuary	YANG Ping, TONG Chuan, HE Qing-hua, <i>et al.</i> (4194)
Effects of Simulated Warming on Soil Respiration in a Cropland Under Winter Wheat-Soybean Rotation	LIU Yan, CHEN Shu-tao, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (4205)
Transport and Differentiation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Air from Dashiwei Karst Sinkholes in Guangxi, China	KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, SUN Qian, <i>et al.</i> (4212)
Pollution Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water of Songhua River Basin During the Icebound Season	MA Wan-li, LIU Li-yan, QI Hong, <i>et al.</i> (4220)
Pollution Characteristics and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Urban Rivers of Wenzhou City	ZHOU Jie-cheng, CHEN Zhen-lou, BI Chun-juan, <i>et al.</i> (4226)
Pollution Characteristics and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Riparian Soils Along Urban Rivers of Wenzhou City	ZHOU Jie-cheng, BI Chun-juan, CHEN Zhen-lou, <i>et al.</i> (4237)
Spatial Distribution and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Partial Surface Sediments of Liaohe River	WU Jiang-yue, LIU Zheng-tao, ZHOU Jun-li, <i>et al.</i> (4244)
Phenols Pollutants in Soil and Shallow Groundwater of a Retired Refinery Site	PEI Fang, LUO Ze-jiao, PENG Jin-jin, <i>et al.</i> (4251)
Heterogeneous Characteristic of PAHs' Spatial Distribution in a Large Coking Site of China	LIU Geng, GUO Guan-lin, NAN Feng, <i>et al.</i> (4256)
Vertical Distribution and Source Analysis of Organochlorine Pesticides in Sewage Irrigation Area, Taiyuan City	LIAO Xiao-ping, ZHANG Cai-xiang, ZHAO Xu, <i>et al.</i> (4263)
Distribution and Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Agricultural Soil of the Chongming Island in Shanghai	LÜ Jin-gang, BI Chun-juan, CHEN Zhen-lou, <i>et al.</i> (4270)
Mercury and Copper Accumulation During Last Fifty Years and Their Potential Ecological Risk Assessment in Sediment of Mangrove Wetland of Shenzhen, China	LI Rui-li, CHAI Min-wei, QIU Guo-yu, <i>et al.</i> (4276)
Characteristics of Heavy Metal Pollution in the Sediments from Shahe Reservoir, the Upper Reach of the North Canal River	ZHANG Wei, ZHANG Hong, SHAN Bao-qing (4284)
Speciation and Pollution Characteristics of Heavy Metals in the Sediment of Taihu Lake	QIN Yan-wen, ZHANG Lei, ZHENG Bing-hui, <i>et al.</i> (4291)
Chemical Composition and Daily Variation of Melt Water During Ablation Season in Monsoonal Temperate Glacier Region: A Case Study of Baishui Glacier No. 1	ZHU Guo-feng, PU Tao, HE Yuan-qing, <i>et al.</i> (4300)
Experimental Study on the Environmental Fate of Nitrogen in Snail-Macrophyte Ecosystem for Water Purification	ZHOU Lu-hong, GU Xiao-hong, ZENG Qing-fei, <i>et al.</i> (4307)
Growth Inhibition Effect of Immobilized Pectinase on <i>Microcystis aeruginosa</i>	SHEN Qing-qing, PENG Qian, LAI Yong-hong, <i>et al.</i> (4316)
A Novel Approach of Using Fouling Index to Evaluate NOM Fouling Behavior During Low Pressure Ultrafiltration Process	XIAO Ping, XIAO Feng, ZHAO Jing-hui, <i>et al.</i> (4322)
Characteristics of Monomethylmercury Photodegradation in Water Body	SUN Rong-guo, MAO Wen, MA Ming, <i>et al.</i> (4329)
Degradation of Oxytetracycline with Ozonation in Acetic Acid Solvent	LI Shi-yin, LI Xiao-rong, ZHU Yi-ping, <i>et al.</i> (4335)
Photodegradation Performance and Mechanisms of Carbamazepine and Its Impact Factors	CHEN Chao, ZHAO Qian, FENG Li, <i>et al.</i> (4340)
Investigation of Nitrobenzene Removal by Iron Sulfide (FeS)	WANG Xia-lin, LI Rui-hua (4346)
Experimental Research on <i>In-Situ</i> Auto-Monitoring for Underground Sewage Pipeline Leakage	GUO Lei, JIA Yong-gang, FU Teng-fei, <i>et al.</i> (4352)
Adsorption of Phenol Chemicals by Surfactant-Modified Zeolites	XIE Jie, WANG Zhe, WU De-yi, <i>et al.</i> (4361)
Acute Toxicity of Antibiotics and Anaerobic Digestion Intermediates in Pharmaceutical Wastewaters	JI Jun-yuan, XING Ya-juan, ZHENG Ping (4367)
Study on Phosphorus Removal Capability of Constructed Wetlands Filled with Broken Bricks	WANG Zhen, LIU Chao-xiang, LI Peng-yu, <i>et al.</i> (4373)
Denitrification Water Treatment with Zeolite Composite Filter by Intermittent Operation	QING Cheng-song, BAO Tao, CHEN Tian-hu, <i>et al.</i> (4380)
Influence of Nitrate on the Simultaneous Methanogenesis and Denitrification Reaction of Anaerobic Biofilm and Granular Sludge	ZHONG Chen-yu, YE Jie-xu, LI Ruoyu, <i>et al.</i> (4387)
Study on Dewatering of Activated Sludge Under Applied Electric Field	JI Xue-yuan, WANG Yi-li, FENG Jing (4393)
Effects of Multiple Environmental Factors on Trifluorsulfuron-methyl Degradation in Soils	SONG Ning-hui, SHAN Zheng-jun, SHI Li-li, <i>et al.</i> (4400)
Effect of Alkaline Post-Treatment on Physicochemical Property of Digested <i>Spartina alterniflora</i>	CHEN Guang-yin, ZHENG Zheng, CHANG Zhi-zhou, <i>et al.</i> (4406)
Structural Changes in Mineral Phases and Environmental Release Behavior of Arsenic During Sintering of Arsenic-containing Waste	WANG Xing-run, NONG Ze-xi, WANG Qi (4412)
Study on Emission Standard System of Air Pollutants	JIANG Mei, ZHANG Guo-ning, ZHANG Ming-hui, <i>et al.</i> (4417)
Mechanism for Transformation of Environmental Criteria into Environmental Standards in China	BI Cen-cen, WANG Tie-yu, LÜ Yong-long (4422)
Effect Analysis on the Two Total Load Control Methods for Poisonous Heavy Metals	FU Guo-wei (4428)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年12月15日 33卷 第12期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 12 Dec. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行