

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第3期

Vol.33 No.3

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

典型排放源黑碳的稳定碳同位素组成研究 陈颖军,蔡伟伟,黄国培,李军,张干(673)

天山典型冰川区雪冰中碳质气溶胶浓度特征研究 王圣杰,张明军,王飞腾,李忠勤(679)

兰州市夏秋季颗粒物谱分布特征研究 赵素平,余晔,陈晋北,刘娜,何建军(687)

不同交通状况下道路边大气颗粒物数浓度粒径分布特征 杨柳,吴焯,宋少洁,郝吉明(694)

南京市夏季大气气溶胶新粒子生成事件分析 王红磊,朱彬,沈利娟,康汉青,刁一伟(701)

西北干旱区降水中 $\delta^{18}O$ 变化特征及其水汽输送 李小飞,张明军,李亚举,王圣杰,黄小燕,马潜,马雷宁(711)

海南东部河口和近岸海域总溶解态无机砷的分布及季节变化 曹秀红,任景玲,张桂玲,张金娥,杜金洲,朱德弟(720)

大辽河口痕量元素砷的河口混合行为 简慧敏,姚庆祯,于立霞,田琳(727)

渤海湾表层沉积物各形态重金属的分布特征与生态风险评价 徐亚岩,宋金明,李学刚,袁华茂,李宁(732)

青岛近岸表层海水中PAHs的分布特征及物源初步解析 李先国,邓伟,周晓,唐旭利,魏新运,王岩(741)

广西乐业大石围天坑群多环芳烃的干湿沉降 孔祥胜,祁士华,黄保健,张原,李杰(746)

上海宝山区城市土壤铅污染来源的同位素判别 董辰寅,张卫国,王冠,马鸿磊,刘圆,刘莹,叶雷平,俞立中(754)

溶质迁移模型在地下水有机污染源识别中的应用 王树芳,王丽亚,王晓红,林沛,刘久荣,辛宝东,贺国平(760)

地下水污染风险评估中特征污染物量化方法探讨 王俊杰,何江涛,陆燕,刘丽雅,张小亮(771)

用于地下水回灌的再生水预处理工艺研究 高滢滢,张薛,赵璇,赵刚(777)

菲律宾蛤仔养殖对胶州湾沉积物-水界面生源要素迁移的影响 邓可,刘素美,张桂玲,陆小兰,张经(782)

南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,安静(794)

上海都市农业村域地表水非点源氮素的时空分异特征 王楠,毛亮,黄海波,张进忠,周培(802)

不同粒径地表街尘中重金属在径流冲刷中的迁移转化 何小艳,赵洪涛,李叙勇,连宾,王小梅(810)

新型人工湿地对工业区降雨径流的净化研究 何丽君,马邕文,王金泉,李东亚,王艳(817)

改性膨润土应急截留液态有机物的性能及机制 李宇,刘贤君,张兴旺,雷乐成(825)

卵圆卡盾藻香港株过氧化氢产生的影响因素研究 江涛,吴霓,钟艳,江天久(832)

芽孢杆菌B1胞外活性物质对球形棕囊藻的溶藻特性研究 李蕾,赵玲,尹平河(838)

底泥对洋河水库微囊藻和鱼腥藻生长影响的研究 储昭升,张玉宝,金相灿,徐颖,杨红君(844)

新型无极准分子光源深度处理水相中含N-杂环化合物 叶招莲,汪斌,路娟娟,李峰,张仁熙(849)

La/Ce掺杂钛基二氧化铅电极的制备及电催化性能研究 郑辉,戴启洲,王家德,陈建孟(857)

DTT对三苯基甲烷染料脱色的研究 潘涛,刘大伟,任随周,郭俊,孙国萍(866)

pH及络合剂对亚铁活化 $S_2O_8^{2-}$ 氧化去除活性艳蓝的影响研究 张成,王金泉,马邕文,王艳,黄明智,兰明(871)

臭氧降解高浓度腐殖酸动力学 郑可,周少奇,杨梅梅(879)

采用体积信息熵表征颗粒污泥系统稳定性及其稳定机制 李志华,姬晓琴,李胜,谢磊,赵海龙,王晓昌(885)

活性污泥的理化性质与絮凝调理投药量的关系 李婷,王毅力,冯晶,徐萌(889)

不同颗粒龄的好氧颗粒污泥性能的研究 周曼,杨昌柱,濮文虹,罗应东,龚建宇(896)

颗粒粒径与数量对硝化与反硝化过程的影响 李志华,曾金锋,李胜,姬晓琴,王晓昌(903)

氧化沟不同曝气模式对氮磷去除性能的优化与比较 郭昌梓,彭党聪,陈雪梅,王丹(910)

生物沥浸的酸化效应对城市污泥脱水性能的影响 朱海凤,周立祥,王电站(916)

2种不同生物接触氧化工艺性能差异的微生物研究 钱殷,全向春,裴元生,马景赞,陶锬(922)

微生物群落对土壤微生物呼吸速率及其温度敏感性的影响 范分良,黄平容,唐勇军,李兆君,梁永超(932)

干旱沙区人工固沙植被演变过程中土壤有机碳氮储量及其分布特征 贾晓红,李新荣,周玉燕,李元寿(938)

密云水库上游流域土壤有机碳和全氮密度影响因素研究 王淑芳,王效科,欧阳志云(946)

外加营养源作用下微生物黏结剂对土壤团聚体的影响 莫艳华,汤佳,张仁铎,李方舟(952)

低分子量腐殖酸改性蒙脱土对黄曲霉素的吸附作用 姚佳佳,康福星,高彦征(958)

液固比对土壤洗涤去除多环芳烃效果的影响 吴威,姜林,陈家军,彭胜(965)

基于PPI的土地利用优化研究 武晓峰,李婷(971)

若尔盖高原湿地藻类多样性研究 陈曦,刘如钢,王艳芬,张洪勋(979)

3种杀真菌剂对AM真菌侵染和黄芩生长的影响 贺学礼,王平,马丽,孟静静(987)

崇明东滩夏季沉积物厌氧氨氧化菌群落结构与空间分布特征 郑艳玲,侯立军,陆敏,谢冰,刘敏,李勇,赵慧(992)

厌氧条件下2,2',4,4'-四溴联苯醚的微生物降解 卢晓霞,陈超琪,张姝,欧阳,尹力,吴蔚(1000)

重金属对白腐菌降解十溴联苯醚的影响 熊士昌,尹华,彭辉,何宝燕,龙焰,叶锦韶,张娜,彭素芬(1008)

有机农药滴滴涕和毒死蜱生物降解机制的分子模拟研究 林玉珍,曾光明,张娉,陈明,蒋敏,张嘉超,鲁伦慧,刘利锋(1015)

高效木薯渣分解复合菌群RXS的构建及其发酵特性研究 何江,毛忠贵,张庆华,张建华,唐蕾,张宏建(1020)

四环素类抗生素污染畜禽粪便的厌氧消化特征 童子林,刘元璐,胡真虎,袁守军(1028)

上推流厌氧反应器连续干发酵猪粪产沼气试验研究 陈闯,邓良伟,信欣,郑丹,刘刘,孔垂雪(1033)

《环境科学》征稿简则(878) 《环境科学》征订启事(1007) 信息(759, 770, 870, 1027)

大辽河口痕量元素砷的河口混合行为

简慧敏¹, 姚庆祯^{2*}, 于立霞², 田琳²

(1. 山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 青岛 266003; 2. 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100)

摘要: 研究了大辽河口痕量元素砷的河口混合行为. 分别于 2010 年 4、7、11 月从大辽河口采集 20 个站位, 采用氢化物发生原子荧光光谱法测定了溶解态砷的含量, 目的是探讨大辽河口砷的来源及其分布的影响因素. 大辽河口 4、7、11 月砷含量的变化范围分别为 2.98~44.1、1.19~14.6、1.27~12.4 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; 4 月含量最高, 7 月次之, 11 月最低. 不同季节其行为差别很大, 7 月其行为是保守的; 4、11 月在整个盐度范围其行为是非保守的, 但在盐度 1~30、10~30 之间是保守的. 不同季节河流砷的输送通量差异不大, 4 月起通量主要受砷浓度控制, 11 月主要由流量控制, 7 月由两者共同控制. 7 月河口通量主要来自河流的输送, 4、11 月则主要来自河口内部. 同世界上其他河口相比, 大辽河口砷的含量处于较高的水平.

关键词: 大辽河口; 砷; 含量; 行为; 通量

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)03-0727-05

Mixing Behavior of Arsenic in the Daliaohe Estuary

JIAN Hui-min¹, YAO Qing-zheng², YU Li-xia², TIAN Lin²

(1. Technical Center for Inspection and Quarantine of Shandong Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266003, China; 2. Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: Mixing behavior of arsenic in the Daliaohe Estuary was studied. Twenty samples were collected from the Daliaohe Estuary during April, July and November, 2010 and arsenic was determined by HG-AFS. The concentrations of arsenic varied from 2.98-44.1, 1.19-14.6, 1.27-12.4 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in April, July and November. The seasonal variation of arsenic content was significant. In July, the concentration of arsenic was lower than that in April, and higher than that in November. The data indicated that arsenic did not behave conservatively in April and November, but behaved conservatively in July. An important mobilization of dissolved arsenic was observed from the river up to halfway in the estuary in April and November, 2010. Both input flux (from river to estuary) and output flux (from estuary to coastal zone) of dissolved arsenic were calculated from statistical interpretations of the salinity profiles. Concentration of arsenic in the Daliaohe Estuary is higher than large systems, like the Changjiang Estuary and Zhujiang Estuary.

Key words: Daliaohe Estuary; arsenic; concentration; behavior; flux

在陆源砷向海洋的输送中河流占重要贡献, 河流是溶解砷输入海洋的主要来源^[1]. 河口区是陆地径流与海水相互混合的地带, 其中发生的反应直接影响元素入海通量, 因此研究河口化学元素的行为对估计河流向海洋的输入及建立全球生物地球化学循环模型有十分重要的意义.

关于砷在河口的生物地球化学行为也有许多研究报告. 不同河口砷的行为差异很大. 砷在美国东南部的一些河口^[2]、罗纳河口^[3]、泰晤士河口^[4]、长江口^[5,6]、Humber 河口^[7]及 Galway Bay^[8]的行为是保守的. 在黄河口, 枯水期时砷的行为是保守的, 但在丰水期河口中部明显存在砷的迁移^[9,10]. 然而砷在法国的塞纳河口^[11]、Krka 河口^[11]、珠江口^[12]及 Penzé 河口^[13]其行为是非保守的. 对于天然水体中砷的分布, 国外研究较多, 而国内的研究较少, 目前只见过对九龙江口^[1]、黄河口^[9]、长江口^[5,6]、珠江

口^[12]的研究.

对大辽河口的水体污染已经做了大量的研究, 但对于痕量元素砷的分布及其河口行为研究尚未见报道. 本研究主要目标是阐明大辽河口砷的含量及其分布特征, 探讨大辽河口砷的行为及来源, 以期为大辽河口的环境保护与管理提供依据.

1 材料与方法

1.1 调查水域

分别于 2010 年 4 月 25~29 日、2010 年 7 月 1~3 日、2010 年 11 月 1~5 日利用“营 88 号”船在大辽河口海域的 21 个站位采集表层水样, 采样站位

收稿日期: 2011-04-18; 修订日期: 2011-08-02

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07526-003); 山东省自然科学基金项目(ZR2010DM003)

作者简介: 简慧敏(1979~), 女, 硕士, 主要研究方向为环境监测, E-mail: janemy210@yahoo.com.cn

* 通讯联系人, E-mail: qzhyao@ouc.edu.cn

如图 1. 各层水样均采用洁净水桶采集, 样品采集后立即用已处理过的 Satorius 滤器和 $0.45 \mu\text{m}$ 醋酸纤维膜(经稀 HCl 浸泡, Milli-Q 水洗至中性)过滤. 过滤后水样分装于洗净的聚乙烯瓶中, -20°C 冷冻保存.

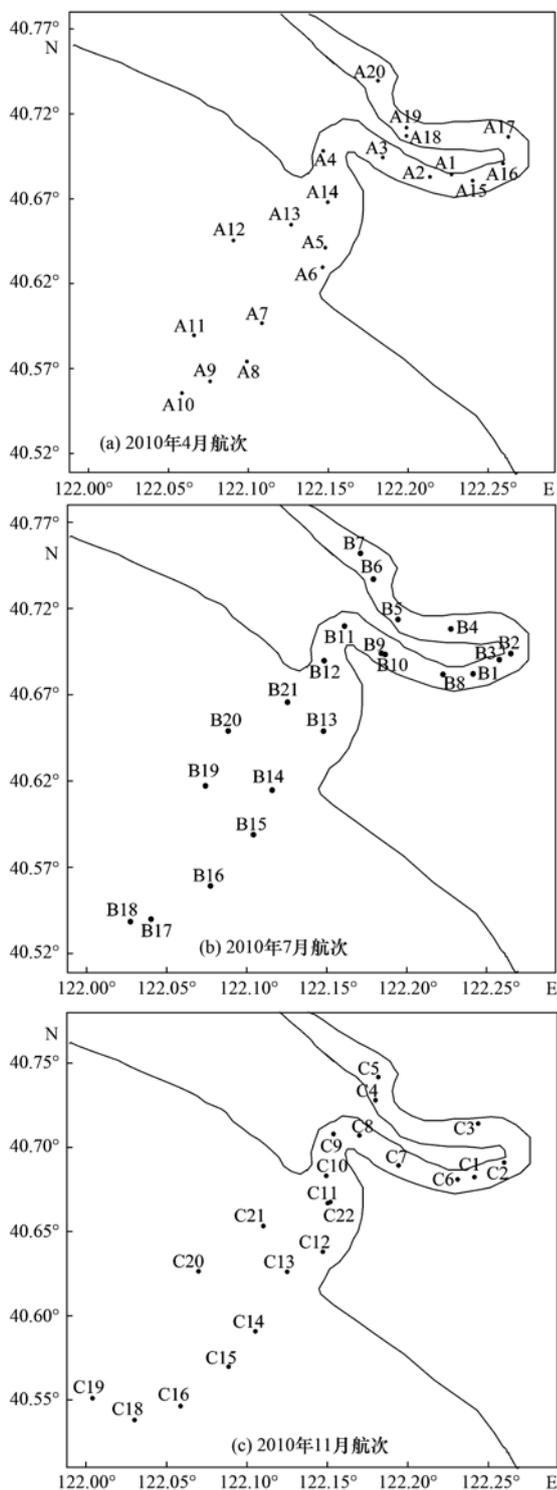


图 1 大辽河口采样站示意图

Fig. 1 Sampling sites in the Daliaohe Estuary

1.2 分析方法

溶解态砷采用氢化物发生原子荧光光谱法测定, 砷的检出限为 $0.03 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 测定精密度优于 5%.

2 结果与分析

2.1 大辽河口砷的含量

2010 年 4 月航次大辽河口砷的含量为 $2.98 \sim 44.1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均含量为 $18.9 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; 2010 年 7 月砷浓度的变化范围为 $1.19 \sim 14.6 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均含量为 $7.37 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; 11 月砷浓度的变化范围为 $1.27 \sim 12.4 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均含量为 $5.78 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

大辽河口砷的季节变化明显, 11 月的浓度最低, 7 月次之, 4 月的浓度最高. 大辽河口砷的这种季节变化可能主要受流量控制, 4、7、11 月大辽河淡水砷的浓度分别为 11.8 、 8.76 、 $3.75 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 其相应流量分别为 38.1 、 69.8 、 $135.0 \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$; 流量大时砷的浓度低, 而流量小时砷的浓度高. 可能是由于砷的来源比较稳定, 流量大时稀释作用强, 其浓度就低.

辽河口砷的含量同世界上其它海区及河口相比处于较高的水平, 其含量显著高于长江口 ($1.34 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[5]、珠江口 ($1.36 \sim 3.09 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[12]、Loire Estuary ($1.46 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[14] 及胶州湾 ($1.42 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[15], 也显著高于大西洋 ($1.18 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0.10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[16]、太平洋 ($1.00 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)^[17] 等.

砷的化合物被大量用于冶金、纺织、化工、燃料等工业生产中, 其工业污染源主要有有机化工、无机化工、石油炼制以及稀土工业. 辽河流域内人类活动强度大, 工业种类齐全, 分布不均衡, 工业最密集的区域在辽河中下游. 据 2008 年环境统计数据, 辽河流域 40 个大类工业行业中, 企业个数 4 672 个, 其中造纸及纸制品业、农副食品加工业、黑色金属冶炼及压延加工业、医药制造业、化学原料及化学制品制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业及其它行业等 7 类行业是重点污染行业^[18]. 辽河口岸也是我国石油、石化工业、芦苇、盐业、水产养殖、渔业的重要生产基地之一, 也是辽宁省农业、水产创汇基地. 因此, 大辽河口高的砷含量主要来自人为活动的输入.

2.2 大辽河口砷的行为

辽河口 3 个航次砷的行为差别很大, 4 月航次砷在整个盐度范围其行为是非保守的, 但在盐度 $10 \sim 30$ 之间是保守的; 7 月航次砷的行为是保守的; 11 月航次与 4 月航次砷行为相似, 在整个盐度范围

其行为是非保守的,但在盐度 3~30 之间是保守的(图 2)。4 月淡水端砷的浓度较低为 $11.8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,随着盐度的增加砷的浓度逐渐升高,至盐度为 9.4 时浓度达到最高,为 $44.1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; 盐度 >10 以后,砷的浓度随着盐度的增加浓度逐渐降低,其行为是保守的,其保守线明显高于理论稀释线; 砷在大辽河口的这种行为与文献[12, 19]中的行为相似。据保守曲线反推到盐度为 0 得到理论上淡水中砷的浓度为 $53.3 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,此浓度明显高于淡水中实际测得的浓度,这说明砷在由河口向外海输送的过程中明显存在其它的添加源。

7 月,砷的行为是保守的,表现为海水对淡水的稀释。在淡水端砷的浓度较高,随着盐度的增加,砷的浓度逐渐降低,海水端砷的浓度最低。

11 月淡水端砷的浓度较低为 $3.75 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,随着盐度的增加砷的浓度逐渐升高,至盐度为 0.6 时浓度达到最高,为 $12.4 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; 盐度 >1 以后,砷的浓度随着盐度的增加浓度逐渐降低,其行为是保守的,其保守线明显高于理论稀释线; 据保守曲线反推到盐度为 0 得到理论上淡水中砷的浓度为 $8.36 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

不同河口砷的行为差别很大,在仍保持原始状态的河口或受人为影响较小的河口砷的行为一般是保守的^[20]。而在污染较为严重的河口砷的分布通常会偏离理论稀释线^[21]。砷的环境生物地球化学的复杂性,使得造成其偏离理论稀释线的原因因不同河口而异。如沉积物的再悬浮引起颗粒物所吸附砷的释放^[9, 22, 23],有机质的降解导致砷的再生^[21, 24],沉积物中砷的硫化物由于氧化环境界面的改变而变得不稳定,加之间隙水砷的扩散,从而使砷由固相转至液相,这些过程都可引起河口中砷对理论稀释线的正偏离。此外人为的输入也会造成水体中砷含量的升高^[26]。河口区砷的清除则主要与颗粒物的吸附,其中尤其是含氧化铁的颗粒物,及生物的活动有关^[27, 28]。大辽河口 4、7 月航次河口内部明显存在着砷的添加,这种分布特点与珠江口^[12]、Scheldt Estuary^[19]一致。人为活动输入不会存在季节差异,因此可排除。4、7 月 SPM 的分布从淡水端随盐度的增加都有一个增加的趋势(图 3),与砷的分布基本一致; 但 4 月航次调查期间风力为 6 级,而高盐度区水深较浅,底沉积物被搅起导致海水端 SPM 浓度较高。而 7 月航次 SPM 随盐度则没有这种分布趋势; 因此, 4、11 月砷的添加主要来自颗粒物的释放。

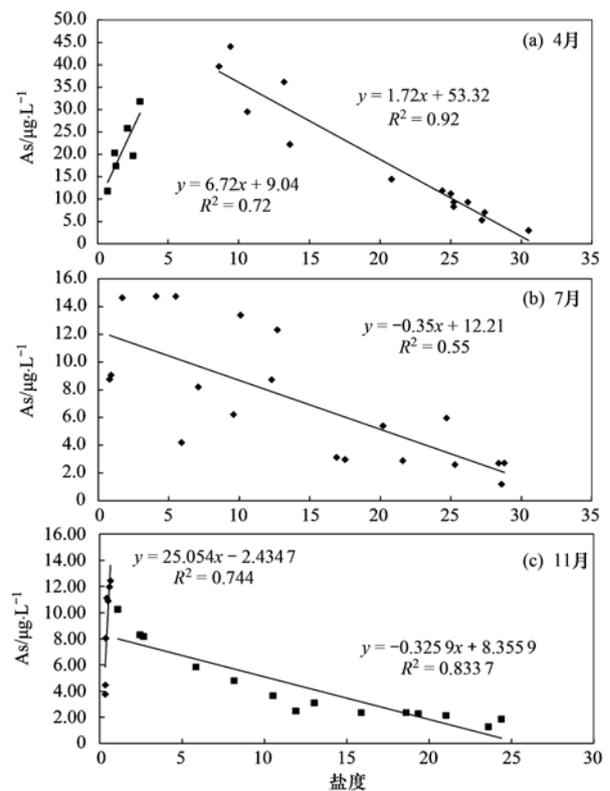


图 2 大辽河口砷与盐度的关系

Fig. 2 Relationship between arsenic and salinity

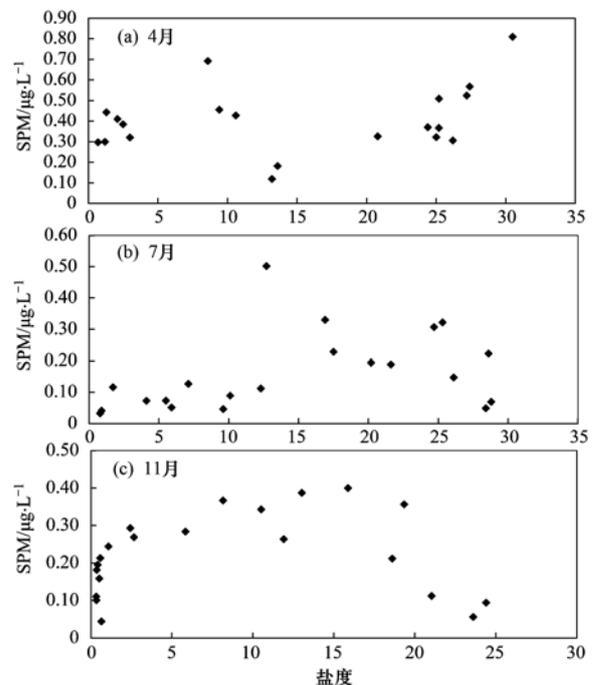


图 3 大辽河口 SPM 与盐度的关系

Fig. 3 Relationship between SPM and salinity

2.3 大辽河口砷的河口通量

在河海混合过程中,盐度通常作为一个保守的

指示性指标. 根据 Boyle^[28]、Officer^[29] 及 Kaul^[30] 等提出的元素河口混合模型, 溶解态元素 X 的流量 R_X 可根据下式计算:

$$R_X = Q_W \left[C_X (S - S_r) \frac{dc_X}{dS} \right] \quad (1)$$

式中, Q_W 代表河流水流量, S_r 为河流端的盐度, c_X 为元素 X 的浓度. 将式(1)求导可得:

$$dR_X/dS = -Q_W (S - S_r) d^2 c_X/dS^2 \quad (2)$$

当元素 X 只由淡-咸水混合过程控制, 即其行为是保守的, 则 $dR_X/dS = 0$, c_X-S 曲线为直线, 据保守曲线反推可得出淡水端物质浓度 $c_{X,0}$, 则根据 $c_{X,0}$ 及河流水流量 Q_W 即可计算出元素 X 的流量.

当元素 X 的行为呈保守性, 则河流的输送流量与由河口向海洋的输送流量是相等的. 但当元素的行为不保守时, 计算所得流量和实际流量会有明显差别. Officer 等^[29] 采用较高盐度区的回归曲线反推

到盐度为 0 时的浓度 c_0 为河水中元素 X 的理论浓度, 河口向外海的输送流量就可以得到 ($F_e = Qc_0$), 而河流的流量可通过实测得到 ($F_r = Qc'_0$), 二者之差为河口内部流量 $F_{in} = Q(c_0 - c'_0)$.

大辽河 2010 年 4、7、11 月的流量分别为 38.1、69.8、135.0 $m^3 \cdot s^{-1}$, 以盐度为 0.7 (4 月)、0.3 (11 月) 时砷的浓度作为大辽河水砷的浓度 (11.8、3.75 $\mu g \cdot L^{-1}$), 那么可计算辽河淡水向辽河口砷的输送流量 $F_r = c_0 Q$ (Q 为河流淡水流量).

从理论上讲若河水与海水仅仅是物理混合, 则根据砷与盐度的相关曲线倒推至盐度为 0 就可计算出淡水的浓度 c , 4、11 月的 c 分别为 53.3、8.36 $\mu g \cdot L^{-1}$, 这样河口流量 $F_{in} = cQ$. 计算出的 F_{in} 和 F_r 列于表 1, 内部循环流量 (F_{in}) 为 F_{in} 与 F_r 之差, 河口内部循环主要包括生物的吸收、沉积物的释放及人为活动的影响.

表 1 大辽河口砷的河口流量

Table 1 Estuarine fluxes of arsenic in the Daliaohe Estuary

| 月份 | $c_0/\mu g \cdot L^{-1}$ | $c/\mu g \cdot L^{-1}$ | $Q/m^3 \cdot s^{-1}$ | F_r | F_e | F_{in} |
|----|--------------------------|------------------------|----------------------|-------|--------|----------|
| 4 | 11.8 | 53.3 | 38.1 | 449.6 | 2030.7 | 1581.1 |
| 7 | 8.76 | 12.2 | 69.8 | 611.5 | 851.6 | 240.1 |
| 11 | 3.75 | 8.36 | 135 | 506.3 | 1128.6 | 622.3 |

大辽河砷的输送流量的季节变化不大, 7 月最高, 11 月次之, 4 月最低; 不同季节流量的控制因素不同, 4 月主要由浓度控制, 11 月主要由流量控制. 4、7、11 月河口内部流量分别占整个河口流量的 77.9%、28.2% 和 55.1%, 说明不同季节砷的来源差别很大, 4、11 月主要来自河口内部, 而 7 月主要来自河流的输送. 根据砷的行为部分的分析, 大辽河口砷的内部流量主要来自吸附在颗粒物上的砷在淡-咸水混合过程中, 由于离子强度的变化而解吸.

3 结论

(1) 大辽河口砷浓度的季节变化较大, 4 月浓度最高, 7 月次之, 11 月最低.

(2) 大辽河口砷的河口行为不同季节差别很大, 4 月、11 月在整个盐度区域其行为是非保守的, 而 7 月航次其行为是保守的.

(3) 大辽河口砷的河流量量的季节变化不大, 4 月主要由浓度控制, 11 月主要由流量控制, 而 7 月由浓度和流量共同控制.

(4) 4 月、11 月大辽河口砷的河口流量主要来自河口内部颗粒物的释放, 而 7 月则主要来自河流的输送.

参考文献:

- [1] 胡明辉, 刘道礼, 杨逸萍. 海洋中砷的双箱模式及地球化学特性[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1988, 27(1): 93-97.
- [2] Froelich P N, Kaul L W, Byrd J T, et al. Arsenic, barium, germanium, tin, dimethylsulfide and nutrient biogeochemistry in Charlotte Harbor, Florida, a phosphorus-enriched estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1985, 20(3): 239-264.
- [3] Elbaz-Poulichet F Ç, Garnier J M, Guan D M, et al. The conservative behaviour of trace metals (Cd, Cu, Ni and Pb) and as in the surface plume of stratified estuaries: example of the Rhône River (France) [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1996, 42(3): 289-310.
- [4] Millward G E, Kitts H J, Ebdon L, et al. Arsenic species in the Humber Plume, U. K. [J]. Continental Shelf Research, 1997, 17(4): 435-454.
- [5] 姚庆祯, 张经. 长江口及邻近海域痕量元素砷、硒的分布特征[J]. 环境科学, 2009, 30(1): 33-38.
- [6] 黄清辉, 马志玮, 李建华, 等. 2006 年春季长江口砷形态分析及其生物有效性[J]. 环境科学, 2008, 29(8): 2131-2136.
- [7] Kitts H J, Millward G E, Morris A W. Arsenic biogeochemistry in the Humber estuary, U. K. [J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 1994, 39(2): 157-172.
- [8] Anninou P, Cave R R. How conservative is arsenic in coastal marine environments? A study in Irish coastal waters [J].

- Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, **82**(3): 515-524.
- [9] Huang W W, Martin J M, Seyler P, *et al.* Distribution and behaviour of arsenic in the Huanghe (Yellow River) estuary and Bohai Sea[J]. Marine Chemistry, 1988, **25**(1): 75-91.
- [10] Zhang J. Geochemistry of arsenic in the Huanghe (Yellow River) and its delta region-a review of available data [J]. Aquatic Geochemistry, 1996, **1**(3): 241-275.
- [11] Xia W P, Zhang H S, Tan J N. Biogeochemical cycles of selenium in Antarctic water [J]. Journal of Environmental Sciences, 1996, **8**(1): 120-126.
- [12] Yao Q Z, Zhang J, Qin X G, *et al.* The behavior of selenium and arsenic in the Zhujiang (Pearl River) Estuary, South China Sea[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2006, **67**(1-2): 170-180.
- [13] Vandenhecke J, Waeles M, Cabon J Y, *et al.* Inorganic arsenic speciation in the waters of the Penzé estuary (NW France): seasonal variations and fluxes to the coastal area[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2010, **90**(4): 221-230.
- [14] Seyler P, Martin J M. Distribution of arsenite and total dissolved arsenic in major French estuaries: dependence on biogeochemical processes and anthropogenic inputs [J]. Marine Chemistry, 1990, **29**: 277-294.
- [15] 肖虹滨, 赵夕旦, 史致丽. 胶州湾中砷(V)还原初步研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 1995, **25**(3): 338-342.
- [16] Robberecht H, Van Griekert R. Selenium in environmental waters: determination, speciation and concentration levels[J]. Talanta, 1982, **29**(10): 823-844.
- [17] Munksgaard N C, Parry D L. Trace metals, arsenic and lead isotopes in dissolved and particulate phases of north Australian coastal and estuarine seawater[J]. Marine Chemistry, 2001, **75**(3): 165-184.
- [18] 韩明霞, 乔琦, 孙启宏. 辽河流域工业行业污染减排潜力实证研究 [J]. 中国人口资源与环境, 2010, **20**(8): 75-79.
- [19] De Gieter M, Elskens M, Baeyens W. Fluxes and major transport routes of Arsenic in the Scheldt estuary [J]. Marine Chemistry, 2005, **95**(1-2): 15-30.
- [20] Seyler P, Martin J M. Arsenic and Selenium in a pristine river-estuarine system: the Krka (Yugoslavia) [J]. Marine Chemistry, 1991, **34**(1-2): 137-151.
- [21] Huang W W, Martin J M, Seyler P, *et al.* Distribution and behaviour of arsenic in the Huanghe (Yellow River) estuary and Bohai Sea[J]. Marine Chemistry, 1988, **25**(1): 75-91.
- [22] Masson M, Schafer J, Blanc G, *et al.* Behavior of arsenic and antimony in the surface freshwater reaches of a highly turbid estuary, the Gironde Estuary, France [J]. Applied Geochemistry, 2009, **24**(9): 1747-1756.
- [23] Chand V, Prasad S, Prasad R. A study of arsenic contamination by graphite furnace atomic absorption spectrometry in the Lami estuary in Fiji [J]. Microchemical Journal, 2011, **97**(2): 160-164.
- [24] Windom H L, Byrd J, Smith R Jr, *et al.* Trace metal-nutrient relationships in estuaries [J]. Marine Chemistry, 1991, **32**(2-4): 177-194.
- [25] Sanders J G. Arsenic geochemistry in Chesapeake Bay: dependence upon anthropogenic inputs and phytoplankton species composition [J]. Marine Chemistry, 1985, **17**(4): 329-340.
- [26] Millward G E, Kitts H J, Ebdon L, *et al.* Arsenic in the Thames plume, U. K. [J]. Marine Environment Research, 1997, **44**(1): 51-67.
- [27] Vandenhecke J, Waeles M, Cabon J Y, *et al.* Inorganic arsenic speciation in the waters of the Penzé estuary (NW France): Seasonal variations and fluxes to the coastal area[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2010, **90**(4): 221-230.
- [28] Boyle E, Collier R, Dengler A T, *et al.* On the chemical mass-balance in estuaries [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1974, **38**(11): 1719-1728.
- [29] Officer C B. Discussion of the behavior of nonconservative dissolved constituents in estuaries [J]. Estuarine and Coastal Marine Science, 1979, **9**: 91-94.
- [30] Kaul L W, Philip N F Jr. Modeling estuarine nutrient geochemistry in a simple system [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1984, **48**(7): 1417-1433.

CONTENTS

| | |
|--|--|
| Stable Carbon Isotope of Black Carbon from Typical Emission Sources in China | CHEN Ying-jun, CAI Wei-wei, HUANG Guo-pei, <i>et al.</i> (673) |
| Characteristics of Carbonaceous Aerosol Concentration in Snow and Ice of Glaciers in Tianshan Mountains | WANG Sheng-jie, ZHANG Ming-jun, WANG Fei-teng, <i>et al.</i> (679) |
| Size Distribution Properties of Atmospheric Aerosol Particles During Summer and Autumn in Lanzhou | ZHAO Su-ping, YU Ye, CHEN Jin-bei, <i>et al.</i> (687) |
| Particle Number Size Distribution near a Major Road with Different Traffic Conditions | YANG Liu, WU Ye, SONG Shao-jie, <i>et al.</i> (694) |
| Atmospheric Particle Formation Events in Nanjing During Summer 2010 | WANG Hong-lei, ZHU Bin, SHEN Li-juan, <i>et al.</i> (701) |
| Characteristics of $\delta^{18}\text{O}$ in Precipitation and Moisture Transports over the Arid Region in Northwest China | LI Xiao-fei, ZHANG Ming-jun, LI Ya-ju, <i>et al.</i> (711) |
| Distributions and Seasonal Variations of Total Dissolved Inorganic Arsenic in the Estuaries and Coastal Area of Eastern Hainan | CAO Xiu-hong, REN Jing-ling, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (720) |
| Mixing Behavior of Arsenic in the Daliaohe Estuary | JIAN Hui-min, YAO Qing-zheng, YU Li-xia, <i>et al.</i> (727) |
| Variation Characteristics and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Surface Sediments of Bohai Bay | XU Ya-yan, SONG Jin-ming, LI Xue-gang, <i>et al.</i> (732) |
| Distribution of PAHs in Surface Seawater of Qingdao Coast Area and Their Preliminary Apportionment | LI Xian-guo, DENG Wei, ZHOU Xiao, <i>et al.</i> (741) |
| Atmospheric Deposition of PAHs in Dashiwei Karst Tiankeng Group in Leye, Guangxi | KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, HUANG Bao-jian, <i>et al.</i> (746) |
| Lead Isotope Signatures and Source Identification in Urban Soil of Baoshan District, Shanghai | DONG Chen-yin, ZHANG Wei-guo, WANG Guan, <i>et al.</i> (754) |
| Solute Transport Modeling Application in Groundwater Organic Contaminant Source Identification | WANG Shu-fang, WANG Li-ya, WANG Xiao-hong, <i>et al.</i> (760) |
| Quantitative Method of Representative Contaminants in Groundwater Pollution Risk Assessment | WANG Jun-jie, HE Jiang-tao, LU Yan, <i>et al.</i> (771) |
| Study on the Advanced Pre-treatments of Reclaimed Water Used for Groundwater Recharge | GAO Yu-tuan, ZHANG Xue, ZHAO Xuan, <i>et al.</i> (777) |
| Influence of <i>Ruditapes philippinarum</i> Aquaculture on Benthic Fluxes of Biogenic Elements in Jiaozhou Bay | DENG Ke, LIU Su-mei, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (782) |
| Influence of Spatial Difference on Water Quality in Jiuxiang River Watershed, Nanjing | HU He-bing, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, <i>et al.</i> (794) |
| Temporal and Spatial Variation of Non-Point Source Nitrogen in Surface Water in Urban Agricultural Region of Shanghai | WANG Nan, MAO Liang, HUANG Hai-bo, <i>et al.</i> (802) |
| Migration and Transformation of Heavy Metals in Street Dusts with Different Particle Sizes During Urban Runoff | HE Xiao-yan, ZHAO Hong-tao, LI Xu-yong, <i>et al.</i> (810) |
| Treatment Studies of Industrial Rainoff With a New Type of Constructed Wetland | HE Li-jun, MA Yong-wen, WAN Jin-quan, <i>et al.</i> (817) |
| Emergent Retention of Organic Liquid by Modified Bentonites: Property and Mechanism | LI Yu, LIU Xian-jun, ZHANG Xing-wang, <i>et al.</i> (825) |
| Production of Peroxide Hydrogen in <i>Chattonella ovata</i> Hong Kong Strain | JIANG Tao, WU Ni, ZHONG Yan, <i>et al.</i> (832) |
| Characteristics Study of Extracellular Active Substance of <i>Bacillus</i> sp. B1 on <i>Phaeocystis globosa</i> | LI Qiang, ZHAO Ling, YIN Ping-he (838) |
| Effects of Sediment on the Growth of <i>Microcystis</i> and <i>Anabaena</i> in Yanghe Reservoir | CHU Zhao-sheng, ZHANG Yu-bao, JIN Xiang-can, <i>et al.</i> (844) |
| New-Type Electroless Excilamp for Advanced Treatment on Nitrogen-Heterocyclic Compounds (NHCs) in Aqueous Solution | YE Zhao-lian, WANG Bin, LU Juan-juan, <i>et al.</i> (849) |
| Preparation and Electro-catalytic Characterization on La/Ce Doped Ti-base Lead Dioxide Electrodes | ZHENG Hui, DAI Qi-zhou, WANG Jia-de, <i>et al.</i> (857) |
| Study on Decolorization of Triphenylmethane Dyes by DTT | PAN Tao, LIU Da-wei, REN Sui-zhou, <i>et al.</i> (866) |
| Influences of pH and Complexing Agents on Degradation of Reactive Brilliant Blue KN-R by Ferrous Activated Persulfate | ZHANG Cheng, WAN Jin-quan, MA Yong-wen, <i>et al.</i> (871) |
| Degradation Kinetics of Ozone Oxidation on High Concentration of Humic Substances | ZHENG Ke, ZHOU Shao-qi, YANG Mei-mei (879) |
| Index of Stability and Its Mechanisms of Aerobic Granular System Using Volume-based Information Entropy | LI Zhi-hua, JI Xiao-qin, LI Sheng, <i>et al.</i> (885) |
| Relationship Between Physicochemical Characteristics of Activated Sludge and Polymer Conditioning Dosage | LI Ting, WANG Yi-li, FENG Jing, <i>et al.</i> (889) |
| Research of Aerobic Granule Characteristics with Different Granule Age | ZHOU Man, YANG Chang-zhu, PU Wen-hong, <i>et al.</i> (896) |
| Effect of Size and Number of Aerobic Granules on Nitrification and Denitrification | LI Zhi-hua, ZENG Jin-feng, LI Sheng, <i>et al.</i> (903) |
| Optimization and Comparison of Nitrogen and Phosphorus Removal by Different Aeration Modes in Oxidation Ditch | GUO Chang-zi, PENG Dang-cong, CHENG Xue-mei, <i>et al.</i> (910) |
| Effect of Acidification on the Dewaterability of Sewage Sludge in Bioleaching | ZHU Hai-feng, ZHOU Li-xiang, WANG Dian-zhan (916) |
| Microbial Ecology Analysis of the Biofilm from Two Biological Contact Oxidation Processes with Different Performance | QIAN Yin, QUAN Xiang-chun, PEI Yuan-sheng, <i>et al.</i> (922) |
| Altered Microbial Communities Change Soil Respiration Rates and Their Temperature Sensitivity | FAN Fen-liang, HUANG Ping-rong, TANG Yong-jun, <i>et al.</i> (932) |
| Storages and Distributed Patterns of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen During the Succession of Artificial Sand-Binding Vegetation in Arid Desert Ecosystem | JIA Xiao-hong, LI Xin-rong, ZHOU Yu-yan, <i>et al.</i> (938) |
| Factors Controlling Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Densities in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China | WANG Shu-fang, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun (946) |
| Impact of Microbial Aggregating Agents on Soil Aggregate Stability Under Addition of Exogenous Nutrients | MO Yan-hua, TANG Jia, ZHANG Ren-duo, <i>et al.</i> (952) |
| Adsorption of Aflatoxin on Montmorillonite Modified by Low-Molecular-Weight Humic Acids | YAO Jia-jia, KANG Fu-xing, GAO Yan-zheng (958) |
| Influence of Operating Parameters on Surfactant-enhanced Washing to Remedy PAHs Contaminated Soil | WU Wei, JIANG Lin, CHEN Jia-jun, <i>et al.</i> (965) |
| Study on the Land Use Optimization Based on PPI | WU Xiao-feng, LI Ting (971) |
| Research on Algal Diversity in Zoige Alpine Wetland | CHEN Xi, LIU Ru-yin, WANG Yan-fen, <i>et al.</i> (979) |
| Effects of Three Fungicides on Arbuscular Mycorrhizal Fungal Infection and Growth of <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi | HE Xue-li, WANG Ping, MA Li, <i>et al.</i> (987) |
| Community Structure and Spatial Distribution of Anaerobic Ammonium Oxidation Bacteria in the Sediments of Chongming Eastern Tidal Flat in Summer | ZHENG Yan-ling, HOU Li-jun, LU Min, <i>et al.</i> (992) |
| Microbial Degradation of 2,2',4,4'-Tetrabrominated Diphenyl Ether Under Anaerobic Condition | LU Xiao-xia, CHEN Chao-qi, ZHANG Shu, <i>et al.</i> (1000) |
| Effect of Heavy Metals on Degradation of BDE-209 by White-rot Fungus | XIONG Shi-chang, YIN Hua, PENG Hui, <i>et al.</i> (1008) |
| Biodegradation Mechanism of DDT and Chlorpyrifos Using Molecular Simulation | LIN Yu-zhen, ZENG Guang-ming, ZHANG Yu, <i>et al.</i> (1015) |
| Construction of a Microbial Consortium RXS with High Degradation Ability for Cassava Residues and Studies on Its Fermentative Characteristics | HE Jiang, MAO Zhong-gui, ZHANG Qing-hua, <i>et al.</i> (1020) |
| Anaerobic Digestion of Animal Manure Contaminated by Tetracyclines | TONG Zi-lin, LIU Yuan-lu, HU Zhen-hu, <i>et al.</i> (1028) |
| Continuous Dry Fermentation of Pig Manure Using Up Plug-Flow Type Anaerobic Reactor | CHEN Chuang, DENG Liang-wei, XIN Xin, <i>et al.</i> (1033) |

《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3月15日 33卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 3 Mar. 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