

环境中重金属研究文集

《环境中重金属研究文集》编辑组 编

科学出版社

85年11月1日

955
45

环境中重金属研究文集

《环境中重金属研究文集》编辑组 编

科学出版社

1988

内 容 简 介

本文集系由中国地理学会、中国环境科学学会环境地球化学与污染化学地理专业委员会、中国地质学会水文地质专业委员会召开的“环境中重金属学术讨论会”选出的有代表性的论文编辑而成,集中反映了从保护环境和人体健康出发,对重金属在环境中的含量水平、分布规律、存在形态、迁移转化规律、生物效应和对人体健康的影响等方面的近期研究成果。文集内容涉及面较广并有一定的深度,可供从事环境保护、环境化学、化学地理、环境地球化学、环境医学等有关科学的科技人员参考。

环境中重金属研究文集

《环境中重金属研究文集》编辑组 编

责任编辑 刘卓澄

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年7月第一版 开本:787×1092 1/16

1988年7月第一次印刷 印张:16

印数:0001—1,370 字数:365,000

ISBN 7-03-000421-3/X·2

定价: 6.20 元

前 言

环境中重金属研究是七十年代以来发展起来的一个由地学、生物学、化学、环境科学、农学、医学等相互交叉、融合渗透的活跃领域。环境中有一部分重金属是生物所必需的微量元素,另有一些重金属则表现为环境污染物,具有很大的危害性。因此,重金属在环境中的含量水平、分布规律、存在形态、迁移转化、生物效应和对人体健康影响,以及防治对策都引起人们的广泛关注,它们对国民经济建设、区域开发、人类生存的环境质量都具有重要的意义。国外在这方面的研究相当活跃,学术交流频繁,有许多出版物。近十多年来,关于环境中重金属的国际学术讨论会已召开四次,不仅规模较大,而且内容丰富,提交会议论文多达二百余篇,涉及理、工、农、医等许多领域。

建国以来,我国环境中的重金属研究,由微量元素、稀有分散元素逐渐扩展到重金属污染元素的研究工作上,取得了较大的进展,在国民经济建设和环境保护中起到了积极的作用。特别是七十年代以来,从环境保护和人体健康出发,环境中重金属的研究,已形成多层次、多目标的科研体系,为了促进这方面的研究深入发展,交流环境中重金属研究成果和经验,使我国环境中重金属研究工作在若干主要领域尽快赶超世界先进水平,在四个现代化建设中发挥更大的作用。1985年10月26日至29日,中国地理学会、中国环境科学学会、环境地球化学与污染化学地理专业委员会以及中国地质学会水文地质专业委员会,在湖南省长沙市联合召开了“环境中重金属学术讨论会”。会议得到湖南省环境科学学会的大力支持。

出席会议的有中国科学院、中国医学科学院、高等院校、地质矿产部、城乡建设环境保护部和国家海洋局所属的有关研究单位的代表共120余人,会议收到学术论文110多篇,内容广泛,涉及化学地理、环境地球化学、环境化学、生物地球化学、环境水文地质、环境医学和环境保护等环境中重金属研究的各主要研究领域。

为了进行学术交流,会议决定选编出版《环境中重金属研究文集》,并委托中国科学院地理研究所和北京师范大学环境科学研究所派人组成编辑组,由章申、张立成、许嘉琳、薛纪瑜同志参加具体的编辑工作。

在编辑过程中曾得到刘培桐、唐永鑫、翟宁枢先生的指导,中国科学院地理研究所给予很多支持和帮助,在论文选编初步完成后,曾请有关专家对所收文章进行了认真审阅,提出了不少宝贵意见,对此,深表感谢。

由于编者水平有限,难免有疏忽和错误之处,谨希读者批评指正。

章申

1986年4月

目 录

前言	(v)
重金属的水环境分类及其容量的探讨	唐永鑫 (1)
北京大气中的重金属	汪安璞等 (8)
土壤重金属和矿物组分的关系	章 申等 (14)
黄河中游土壤锌、铜、铁、锰、钼、硼含量分布与迁移及其生态环境效应	余存祖等 (27)
暖温带地理景观中铜、锌的表生地球化学特征	应卫明等 (39)
华南地区自然土壤中若干重金属元素的化学地理特征	曾水泉 (51)
蓟县天然锰矿带对周围水体影响的初步研究	洪继华、王庭健 (59)
红壤胶体对镉的吸附与解吸	陈怀满 (68)
矿山开发中重金属元素的地球化学的影响分析	王华东、王 健 (75)
砷与几种重金属在地球化学异常区内土壤-作物系统中的迁移特征	 许嘉琳 I. Thornton (80)
腐殖酸及土壤某些组分对硒 (IV) 的吸附解吸作用	彭 安、徐朗秋 (89)
安徽古牛降自然保护区土壤背景值研究	潘宝林、吴有正 (98)
洞庭湖水系水环境中微量元素的地球化学特征	曾北危、李 健 (105)
京津唐地区河水与沉积物中重金属元素的环境背景值	唐以剑等 (122)
铬在我国不同地带河流水体中的自然背景值	王立军等 (129)
北江韶关市江段中砷的存在形态研究	吴群河 (139)
水口山矿区康家溪河流沉积物中金属的形态及其地球化学特征	张立成等 (152)
信江中游河水、悬浮物、底泥中 Cu, Pb, Zn 元素的形态分布特征	薛纪渝 (161)
湘江沉积物表面上铜、镉形态对江水的贡献	章蕙珠等 (167)
湘江悬浮沉积物对重金属的吸附、解吸动力学研究	金相灿等 (182)
湖泊滞流期污染物质迁移转化规律的研究	王子健等 (195)
我国五大连池地区矿泉水的元素组成	李岫霞等 (204)
上海市地下水中重金属研究	贾 琇、李勤奋 (209)
环境中金属有机化合物的形态分析	戴树桂等 (217)
人肺组织中金属元素的分析与质控	王耐芬等 (233)
人体生物材料中的重金属	岳 麟 (240)

CONTENTS

Foreword	(v)
The Aquatic Environmental Classification and Capacity of Heavy Metals.....	
..... Tang Yongluan (7)	
Heavy Metals in Atmospheric Airborne Particles in Beijing ... Wang Anpu et al. (13)	
The Relationship Between Heavy Metals and Mineral Components in Soil	
.....Zhang Shen et al. (26)	
Content, Distribution and Migration of Zn, Cu, Fe,Mn,Mo, B in the Soil and Their Effects on the Ecoenvironment in the Middle Reaches of the Hu- anghe River.....	Yu Cunzu et al. (38)
The Characteristic of Landscape Geochemistry for Cu, Zn in Geographical Landscape of Native Warm Extratropical Belt.....	Ying weimin et al. (50)
Chemical Geographic Characteristics of Several Heavy Metals in Natural soil in South China.....	Zeng Shuiquan (58)
A Preliminary Study on the Influence of the Natural Manganese-mine Belt on the Water Bodies in Jixian County, Hebei Province.....	Hong Jihua et al. (67)
Adsorption and Desorption of Cadmium in the Colloid of Red Soil	
..... Chen Huaiman (74)	
The Geochemical Effects of Heavy Metals in Mining.....	Wang Huadong et al. (79)
The Migration Characteristics of As and Associated Heavy Metals of Soil-plant System in Geochemical Anomalous Area.....	Xu Jialin and Iain Thornton (88)
Adsorption and Desorption of Selenium (IV) on Humic Acid and Some Soil Components.....	Peng An et al. (97)
Environmental Background Values of the Soil of the Guniujiang Mountain Area, Anhui Province.....	Pan Baoling et al. (104)
Geochemical Characters of Trace Elements in the Aquatic Environment of Dongting Lake Systems	Zeng Beiwei et al. (121)
Environment Background Value of Heavy Metal in River Water and Sedime- nts in Beijing-Tianjin-Tangshan Area	Tang Yijian et al. (128)
Natural Background Values of Chromium in the Rivers of the Different Zones in China.....	Wang Lijun et al. (138)
Distribution and Species of Arsenic in the Water and Sediments of the Beiji- ang River	Wu Qunhe (151)
The Species and Geochemical Characteristics of Metals in the Kangjia Rivulet of Shuikou Shan.....	Zhang Licheng et al. (160)

Distribution of Various Species of Cu, Pb, Zn in Water Suspended Substance and Bottom Mud in the Middle Reaches of the Xinjiang River.....	Xue Jiyu (166)
Study on the Contribution of Each Bonding State of Cu and Cd in Sediments to the Xiangjiang River Water.....	Zhang Huizhu et al. (181)
Study on the Kinetics of Adsorption and Desorption of Heavy Metals on Su- spension-sediments from the Xiangjiang River	Jin Xiangcan et al. (194)
The Migration and Transformation Pattern of Pollutants During Stagnation Period in Lakes	Wang Zijian et al. (203)
The Study on Elemental Composition of Mineral Water From Wudalianchi Area	Li Xiuxia et al. (208)
The Study on Heavy Metals in Ground Water of Shanghai...	Jia Xiu Li Qinfen (216)
Species of Organometallic Compounds in the Environment ...	Dai Shugui et al. (232)
The Analysis of Metallic Elements in the Lung Tissue of Human Body and It's Quality Control	Wang Naifen et al. (239)
Metals in Human Biological Material.....	Yue Lin (246)

重金属的水环境分类及其容量的探讨

唐 永 奎

(中山大学环境科学研究所)

一、前 言

自从日本出现由镉引起的骨痛病和由汞形成的水俣病以后,各国十分重视重金属对环境的影响,希望工业废水中重金属不排入天然水体中,要求达到“零排放”。十余年来,我国环境保护工作者和科研工作者也十分重视金属在环境中的活动,曾对东北第二松花江中汞的迁移转化做过较系统的研究,对北京蓟运河也进行过类似研究,特别在有色金属之乡——湖南省,对湘江流域中的多种重金属(铜、铅、锌、镉和砷¹⁾、硒²⁾等)进行过较长期,相当系统的研究。对北京、南京等城市与东北、湖南和粤北部分地区土壤及河流的环境(水、悬浮物和底泥)进行了重金属背景值的调查研究。我国沿海港湾和近海海域的水体也多次做过重金属的调查。江、河、湖、海中水生生物与沿海渔民头发中重金属含量也有所测定,在这些大量调查研究中,产生了争论。焦点是自然水体是否存在重金属的容量。

二、重金属水环境的分类

在环境科学中常注意的重金属,计有汞、镉、镍、铬、钒、砷、硒、铁、锰、铜、锌、铅等。

重金属及其化合物与有机化合物在水体迁移转化过程中的差异,在于重金属及其化合物只发生形态变化,不会消失,它们还是累积性毒物。有机化合物在水体中会发生化学分解和生物降解,可使复杂有机化合物分解为简单化合物,有毒物质转变为无毒物质。因此,在自然水体中,有接纳有机物的容量。对此点争议不大,但对重金属容量却有很大分歧。作者认为具体问题须具体分析。从环境科学来看,有些重金属可以认为在水体中存在较大容量,另一些重金属,容量很小,在讨论这问题之前应探讨重金属的水环境的分类。

在环境科学中,曾引用过重金属的地球化学分类。这种分类建筑在成矿规律上。用于分析环境问题在许多方面难以自圆其说。环境科学发展到现阶段,须建立本学科的重金属分类系统。作者试从下列几方面来分析:

(1) 研究环境科学最终目的在于保护广大人民的健康,重金属环境分类,首先须从人体发育过程中,判定哪些重金属是必需的元素,哪些属于有害元素。

根据现在科学发展水平,已知铁、锰、铜和锌等是必需的元素,其他许多重金属多为有害元素。

1), 2) 砷和硒是过渡元素、类金属,在环境科学中将它与重金属一起调查研究。

不过环境中必需元素过多或过少,在人体健康上,也会有反映。

各种重金属对人体的危害,与重金属在人体内累积的部位及其和人体组成物质发生各种化学和生物化学作用有关。

根据日本骨痛病病因的调查和分析资料,肯定由于食用了含镉的米,镉在骨骼中累积的结果。根据米和人体组织分析数据,除镉含量高外,含锌和铅均高,但锌和铅在骨痛病形成中没有发现有明显影响,可能未于与骨骼中钙的代谢。

日本曾出现的水俣病,就是由于二甲基汞在鱼体累积,然后随鱼制品进入人体,在神经系统中引起病变。铅也能进入神经系统。

其他重金属如镉、砷等,进入人体内,多在肝和脾脏中储积。

(2) 重金属以一定形态,从不同途径进入人体,建立重金属环境分类,须研究重金属在水环境中存在的形态及其转化。

重金属各种化合物在水中溶解度不大,水中含量很低,从十亿分之几计(ppb)。水体中重金属绝大部分沉入底泥中。底泥中含量比水中含量大3个数量级,以百万分之一计(ppm)。水体中存在多种物质体系,水化学条件经常在变化,特别在垂直方向,自水面至底泥之间变化尤为明显,重金属在水和底泥间,发生价态和形态上的变化。

铜、铅、锌和镉的化合物的溶解部分,以阳离子形式存在。其氢氧化合物、碳酸盐、硫酸盐和硫化物,在水体中相互转化。下沉底泥里,易转变为难溶性化合物。砷、铬、硒的化合物溶解部分以阴离子态存在,在水体中易发生价态变化。这些重金属以离子态随水和悬浮物转入食物链中。须特别提到的:汞和砷在底泥中发生甲基化作用,形成有机态汞或砷,即形成可溶性二甲基化合物转入食物链中。

在水体中重金属形态的变化有多种情况,如铅、锌、铜等在底泥中,易转变为“不可逆性”的难溶性化合物,退出水体中物质生物循环;汞、砷这类元素,进入底泥中后,又会转为可溶性化合物,更易转入食物链中,最后在人体内累积,对人体健康形成很大危害。看来重金属在水环境中存在着稳定性问题。

根据重金属水环境稳定性可将重金属大致分为三类:

- (1) 水环境稳定元素——铅、锌、铜等;
- (2) 水环境较稳定元素——镉、铬、硒等;
- (3) 水环境不稳定元素——汞、砷等。

三、水环境稳定性

重金属在水环境中的环境稳定性是决定重金属水环境容量的核心问题。

美国水环境工作者认为水体包括水、悬浮物和1厘米厚的表面底泥。我国环境工作者多年来认为水体包括水、悬浮物(悬沙和胶体)、底泥和水生生物。作者认为水体是一个有机整体,应包括其组成的各个部分,研究各种物质在其中迁移转化和元素在水环境中的稳定性。重金属水环境稳定性不是纯化学概念,而是环境科学中的一个概念。根据《中华人民共和国环境保护法》(试用本)第二条规定:

“中华人民共和国环境保护法的任务,是保证在社会主义现代化建设中,合理地利用自然环境,防治环境污染和生态破坏,为人民造成清洁适宜的生活和劳动环境,保护人民

健康,促进经济发展”。环境科学研究最终目的在于保护人民健康。重金属水环境稳定性是指重金属在水体中是否容易通过某种渠道转入人体,危害人民健康。如果不容易转入人体,认为该元素具有水环境稳定性,否则,认为不稳定。

重金属进入水体以后,可通过水、悬浮物和食物链进入人体中。根据国内外研究的结果,重金属可溶态是呈离子态存在水中的,含量甚少,以十亿分之几计。在悬浮物上的略高,占水体中重金属总量 10—40%。绝大部分存在底泥中,底泥中重金属含量以百万分之几计,比水中含量,多 3 个数量级,常占水体重金属总量 60—90% 以上。

根据对广州市自来水厂 15 年水质资料分析,水厂进水口的水,含各种重金属,通过沉淀池以后,水中重金属几乎全部沉淀,自来水几乎测不出重金属。直接饮用河水的农村,一般也经过水池沉淀后再行饮用。可见重金属直接由水和悬浮物进入人体,几率甚少。何况水和悬浮物含重金属极低。重金属进入人体是通过食物链,随动植物食品进入。

我们对广东省沿海水生生物的研究,在珠江口海滩分布区,垂下式饲养蚝(养牡蛎)与水泥砧上寄养蚝的重金属含量比较,前者铜、铅、锌的含量比后者低 1 个数量级,镉的含量比后者低 1 至 2 个数量级。广东省沿海鱼类重金属含量一般与日本沿海和地中海沿海相近,与底栖生物比较,其重金属含量,低半个至 1 个数量级。这也表明由水进入水生生物中的重金属远比由底泥进入的少,即底泥进入生物体的重金属几率大。不过,在底泥中重金属绝大部分是残渣态,为难溶性化合物,生物无法利用。只有可溶态和易溶态化合物,才能被生物吸收。定义这类化合物为生物可吸态。底泥中重金属的残渣态和可吸态的相对含量,不同重金属不同。

根据现有对水体中重金属形态研究的资料,底泥中各种重金属可吸态相对含量大小顺序为:

镉>铬>锌>铜>铅

湖南环境保护研究所等单位对湘江株州段底泥中重金属形态的研究,可吸态相对含量,镉占 17—85%,铜占 4—9%,铅占 1—3%。从广东省珠江口海滩上寄养蚝(放养在水泥砧上)对重金属富集系数也反映上述底泥中重金属可吸态相对含量的顺序。镉在蚝中富集系数很高,为 318,000,是锌的 3 倍,铜的 30 倍,铅的 100 倍,铬的富集系数为铜的 5 倍。

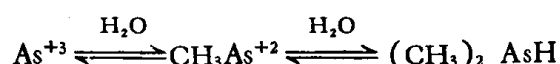
重金属在底泥中水环境稳定性的顺序与上述可吸态顺序刚刚相反,即

铅>铜>锌>铬>镉

重金属除直接随水和悬浮物进入水生生物体内外,最重要是通过食物链(网)。即从浮游生物到贝类到虾类和鱼类,随着营养水平级别的提高,富集系数愈来愈大。低级和高级营养水平者重金属富集系数相差倍数,以万倍、甚至几十万倍计。重金属化合物,在食物链(网)中的传递,在环境科学研究中有重要意义。

已知汞和砷以二甲基化合物在食物链(网)中传递,其甲基化过程是在底泥中进行的。

我们对珠江水系的北江韶关段砷的形态的研究表明,砷在底泥中多成难溶态硫化物存在。底泥中残渣态含量为 5.54—18.4ppm,占底泥中砷总浓度 11.1—30.30%。悬浮物中残渣态为 0.001—0.63ppb,占悬浮物砷的浓度 0.17—33.1%。底泥中砷的可溶性和难溶性化合物在嫌氧细菌作用下,如短蒂霉 (*Scopulariopsis brevicaulis*) 和甲烷细菌 (*Methanobacterium*) 作用,发生甲基化作用:



北江韶关段底泥中甲基砷和二甲基砷含量分别为几个至 10ppm, 占底泥中砷总浓度 5%。悬浮物中甲基砷和二甲基砷含量比底泥中含量小 4 至 5 个数量级。汞在水体中转化, 有类似砷的反应。

从上述分析, 汞和砷在水环境中是不稳定的。

四、重金属的水环境容量

环境容量目前是我国环境界中一个争论问题, 特别对重金属水环境容量的看法, 分歧更大。

对这样问题需从自然规律和经济规律进行客观分析。

污染物进入水体中, 会发生扩散稀释、沉淀和降解等过程, 从而污染物浓度不断降低, 有毒物质转化为无毒物质。此过程通称自净过程。污水处理场的处理过程就是模仿自然水体的这样自净过程。自然水体对易降解有机物有一定自净能力, 即有容纳一定量有机物能力。这是可以理解的。

重金属系保守物质, 不能降解, 而且是累积性毒物。水体对重金属是否有容量, 人们表示怀疑。不过, 重金属及其化合物在水体中会发生形态和价态的变化。由易溶性化合物转变为难溶性化合物, 由生物可吸态转变生物不可利用残渣态。这些转化当然也会向相反方向进行。究竟主要向哪个方向转化, 不同重金属不同, 在不同水环境条件有差异。依此, 提出了重金属的水环境稳定性的概念。也会得出这样结论: 重金属水环境容量是客观存在的, 不同重金属容量不一样。何况, 自然水体中普遍存在重金属, 而重金属在水体中又不断发生形态变化。水中的含量甚少, 集中在底泥中, 一般以残渣态存在。可见, 在水体环境中, 对重金属有一定容纳能力。容纳能力大小决定于重金属在水体中稳定性。重金属水体环境容量大小顺序:

铅>铜>锌>铬>镉>砷>汞

具体确定重金属水体环境容量, 须研究在悬浮物上的和固体颗粒态的重金属及其化合物沉降速率、重金属及其化合物在底泥中转化为残渣态的速率, 又从残渣态转化为生物可吸态的速率。

研究水环境容量, 特别是重金属水环境容量有现实意义。我国属于发展中国家, 科学技术还不先进, 建设资金还不雄厚。在环境保护上, 合理地利用环境容量是完全必要的。

怎样估算重金属水环境容量? 由于水中重金属含量甚少, 悬浮物中的重金属通过沉淀池易于除去, 显然, 饮水不是重金属进入人体主要途径, 而是通过食物链, 在动、植物食品中高度富集后, 再进入人体中。因此, 确定重金属水环境容量的关键在于查明重金属在水体中存在的形态及其转化, 特别生物可吸态在水体中存在的形态及其数量。

水体中重金属生物可吸态量 ($C_{\text{水*}}$), 包括水、悬浮物和底泥中重金属生物可吸态量, 分别以 $C_{\text{水}}$ 、 $C_{\text{悬}}$ 和 $C_{\text{泥}}$ 表示, 即

$$C_{\text{水*}} = C_{\text{水}} + C_{\text{悬}} + C_{\text{泥}} \quad (1)$$

三者相比, 底泥中含量远大于水和悬浮物中含量:

$$C_{\text{泥}} \gg C_{\text{悬}} \gg C_{\text{水}}$$

看来,重金属水环境容量决定于底泥容纳重金属的能力。其容量大小,决定于底泥中重金属的生物可吸态的含量。依此来确定底泥重金属最高容许含量的基准,并以此来制定水质标准。

如果利用引起鱼类致死或半致死的重金属生物可吸态浓度制定的基准,用来确定渔业重金属水质标准是可行的,但还不能用来制定环境质量标准。由于制定重金属水环境质量标准,主要目的在于保护人民健康。重金属通过食物链富集后,随动、植物食品进入人体。因此,在确定制定标准的基准时,需做下列研究工作:

(1) 查明水体的生态系统中的食物链(网),其首端和鱼、虾、贝、藻之间的关系,特别是查明其间的主要营养环节。

(2) 采集食物链(网)中首端、主要营养环节和鱼、虾、贝、藻中的重金属含量。它们之间营养关系是随机过程。利用这类大量分析数据,采用概率统计方法,建立食物链中重金属含量之间的关系。

(3) 在室内建立生态生理模拟试验,求出重金属在食物链中转移速率与累积速率和累积量,动、植物食品重金属含量和人体中重金属累积量之间的定量关系。从而建立重金属在食物链中转移模式、重金属在水生生物中累积模式以及重金属通过食物在人体中累积模式。

通过这样一些研究,以现有食品卫生标准作为分析和衡量动、植物食品中重金属含量的基础。从而确定水体中重金属生物可吸态含量达到怎样水平有可能引起鱼、虾、贝、藻中重金属含量接近和达到食品卫生标准。以此为基准,测定水体重金属生物可吸态浓度标准,其中包括重金属水质标准、悬浮物标准和底泥标准。在国家公布的水环境质量标准中已列有重金属指标,还需补充制定悬浮物和底泥中重金属浓度标准。水体中重金属生物可吸态浓度也可定义为水体重金属总浓度减去残渣态浓度。单位以百万分之一(ppm)或十亿分之一(ppb)表示。

重金属水体环境容量系指重金属生物可吸态水体环境容量($W_{\text{水}}$),其单位以克计,即

$$W_{\text{水}} = V_{\text{水}} \times C_{\text{水0}} + Q_{\text{悬}} \times C_{\text{悬0}} + Q_{\text{泥}} \times C_{\text{泥0}} \quad (2)$$

其中 $V_{\text{水}}$ 为水体中水的体积, $C_{\text{水0}}$ 为水中重金属生物可吸态基准(或标准); $Q_{\text{悬}}$ 和 $Q_{\text{泥}}$ 分别为水体中悬浮物和底泥的重量(公斤), $C_{\text{悬0}}$ 和 $C_{\text{泥0}}$ 分别为悬浮物和底泥中生物可吸态含量的基准(或标准)。依此可制定地方工业废水中重金属排放标准。

根据我国目前环境科学发展水平以及从事环境工作者的经验,重金属水体环境容量计算必须简便易行。可以近似计算:由于泥底中重金属生物可吸态含量远比水和悬浮物中的多,又由于底泥中各种重金属的生物可吸态含量占总量的百分比在一定水体(江河、湖、海和地下水)中处于稳定状态。因此,在水体水质基准(或标准)中,重金属生物可吸态指标可换为重金属总量。计算重金属水环境容量更为简便,(2)式可简化为,

$$W_{\text{水}} = Q_{\text{泥}}(C_{\text{金0}} \times \varphi) \quad (3)$$

上式中 $C_{\text{金0}}$ 为水环境质量基准(或标准)中重金属总浓度, φ 为重金属生物可吸态含量占总量的百分比。地方排放标准亦可以重金属总量计。

五、水环境中重金属的控制

重金属在水环境中不会消失,它们是累积性毒物,必须严加控制。但要求工厂和矿山排出废水中重金属达到“零”排放,这是不现实的,也没有必要。重金属本来在环境中广泛分布。

根据重金属在环境中活动和变化的特点,对进入环境中的重金属,可采用下列途径加以控制:

(1) 重金属及其化合物可溶态甚少,绝大部分以颗粒态或在悬浮物上呈吸附态和交换态存在废水中。工厂和矿山首先应将废水排入沉淀池,加絮凝剂,促使重金属及其化合物沉积,使其达到排放标准。

(2) 随着环境条件的变化,重金属会发生多种多样的形态的变化,如果转化为不可逆的难溶性化合物,成为残渣态,重金属会退出生物循环,可避免在生物体内累积。因此,符合排放标准的废水,再通过土壤、水系统进行处理,加速重金属变为残渣态过程,降低其活动能力。

(3) 不同重金属在水环境中存在形态不同,其形态转化不一,特别是其生物可吸态含量差异甚大。对重金属控制不能一概而论,应分别对待,铅这类重金属,90%,甚至100%以残渣态存在底泥中,水环境容量大,控制可适当放宽;汞和砷进入底泥中后,又会转化更活泼的二甲基化合物,易转入食物链,在生物体内累积,控制应从严。

参 考 文 献

- [1] 唐永奎: 珠江口海域污染物迁移扩散和转化基本规律的探讨,海洋环境科学,第2卷第1期,1983年。
- [2] 唐永奎: 环境质量及其评价和预测,科学出版社,1980年。

THE AQUATIC ENVIRONMENTAL CLASSIFICATION AND CAPACITY OF HEAVY METALS

Tang Yongluan

(Environmental Science Institute of Zhongshan University)

ABSTRACT

In this paper, three problems have been: discussed the aquatic environmental stability, classification and capacity of heavy metals.

The order of the aquatic environmental stability of heavy metals is as follows:

$Pb > Cu > Zn > Cr > Cd > As > Hg$.

According to aquatic environmental stability, the heavy metals are divided into the following three groups:

1. Environmental stable element—Pb, Zn, Cu, etc.
2. Environmental middle-stable element—Cd, Cr, etc.
3. Environmental unstable element—Hg, As, etc.

The magnitude of aquatic environmental capacity of heavy metals is as the following order:

$Pb > Cu > Zn > Cr > Cd > As > Hg$.

北京大气中的重金属

汪安璞 黄衍初 杨淑兰 马慈光 李 民

(中国科学院环境化学所)

大气中的重金属主要集中在固体颗粒中,各种重金属在颗粒物中的富集状况及其含量,随其来源及在环境中的迁移、变化而使其化学组成有很大的不同。大气颗粒物会直接进入人体的呼吸系统。某些有毒有害的重金属元素被血液吸收而危害健康。颗粒物中的重金属沉降、转移进入水体或土壤,也会因污染而造成生态影响。因此,研究大气颗粒物的化学组成。特别是一些重金属的含量,富集状况、时空变化规律,及其来源等问题,对防止重金属的环境污染有其现实意义。

一、实验方法——采样与分析方法

我们在北京按不同功能区在八个地点(首都钢铁公司(下面称首钢)、焦化厂、北辛安、东单、有色金属研究总院、环境化学研究所(简称环化所)、中关村、怀柔)从1980年开始至1983年按季度,并每周一次连续24小时在东单、北辛安和怀柔三个点同步采样。采样器用标准大容量采样器及飘尘($< 10\mu\text{m}$ 颗粒物的)采样器。还有大容量分级采样器(分五级、粒度范围为:第1级 $> 7.0\mu\text{m}$,第2级 $3.3-7.0\mu\text{m}$,第3级 $2.0-3.3\mu\text{m}$,第4级 $1.1-2.0\mu\text{m}$,第5级 $< 1.1\mu\text{m}$)。所有采样器均系日本柴田化学器械公司产品。滤膜用国产1号测尘滤膜及石英滤膜(Whatman QM-A)。

所得颗粒物样品用X射线荧光光谱、等离子体发射光谱及原子吸收等方法分析了Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Co, Ni, V, Cd和Cr等重金属元素的含量。

二、结果与讨论

1. 某些重金属在大气颗粒物中的浓度分布特征

北京地区大气中重金属的分布,在不同地区,不同季节的浓度水平有较大的差异。我们对各地区颗粒物中重金属元素相对浓度随地区与季节变化的趋势作了探讨。我们用相对浓度(即颗粒物中某些重金属X的浓度对其中Fe浓度的比值)来进行各地点不同时间中的浓度变化比较。图1中分别示出了首钢、东单和怀柔三个完全不同的典型地点,大气中某些元素相对浓度的地区与季节的变化。

从图中可以看出, Pb, Zn, Mn, Ti等重金属元素的相对浓度在各地点均比其它元素(Si, Ca, S和K)要低,相对浓度在0.1处把它们划分为两组。这表明北京大气颗粒物中这两类元素(重金属与非重金属元素)之间的浓度分配是明显不同的。但首钢多数重金属元素的相对浓度接近0.1,东单在0.1—0.01之间;而怀柔在0.01上下。这表明三个不同

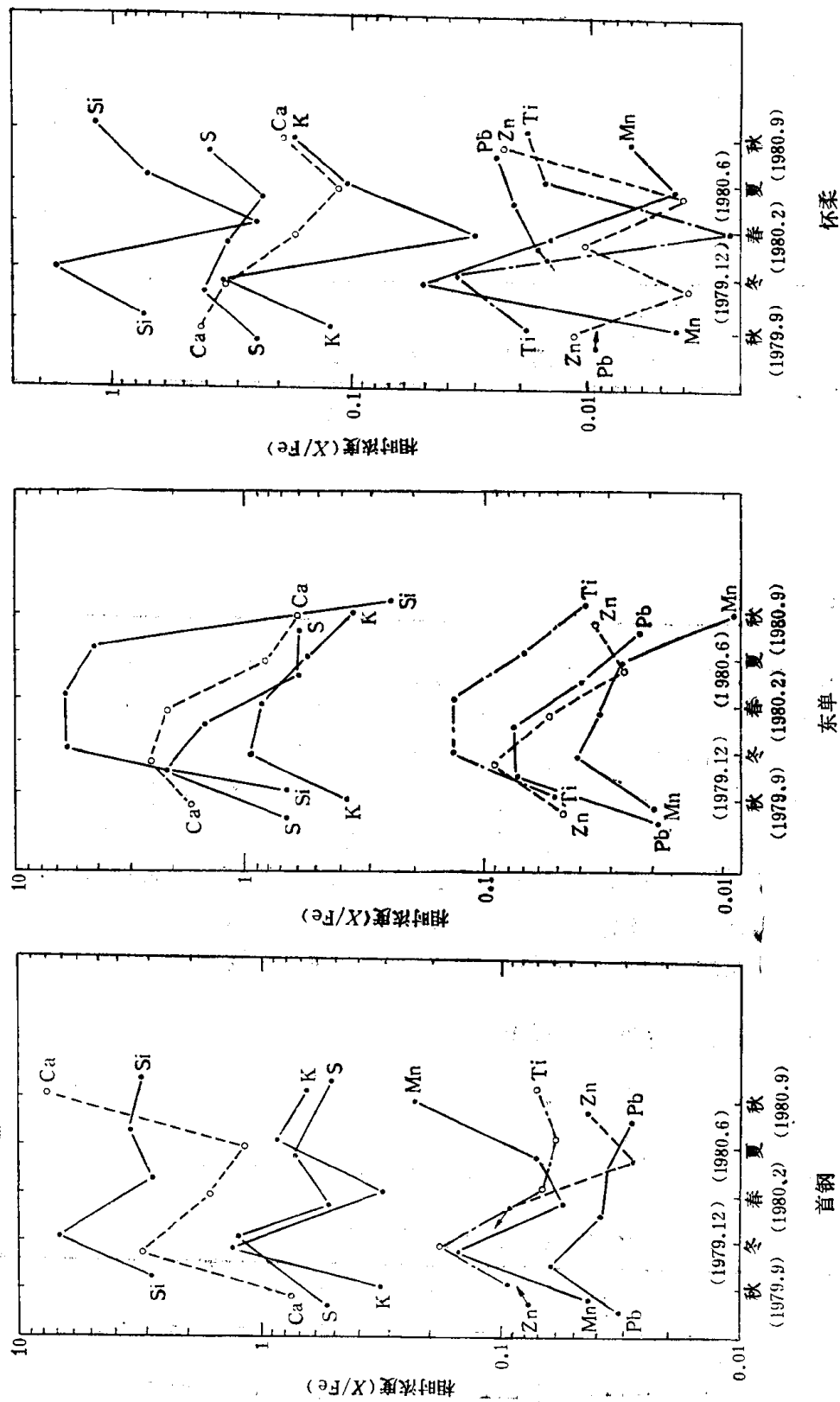


图 1 大气颗粒物中元素的相对浓度与季节变化

表 1 东单交通路口的汽车流通量

日 期	总辆数(辆)*	流通量(辆/时)
1979年3月9日	6314	1579
1979年9月19日	5716	1429
1979年12月7日	5150	1288
1980年2月28日	4765	1191
1980年6月13日	3944	986
1980年9月11日	4429	1107
平 均	5053	1263

* 9:00—13:00 通过的车辆数。

表 2 大气颗粒物中某些重金属的浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地 点	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn
首 钢	52.5	2.5	0.16	0.67	0.74
东 单	12.5	0.82	0.11	0.73	0.80
中关村	23.0	0.60	0.15	0.48	0.45
环化所	9.2	0.31	0.08	0.48	0.41
怀 柔	2.4	0.26	0.04	0.29	0.26

地点的污染程度是不同的。在不同季节中,元素的相对浓度都是冬季最高,夏季最低;这种趋势与1980年以来所得的结果是一致的^[1-3],这可能与冬季北京采暖燃煤排放物中某些重金属元素的增加有关。但是,不同功能区重金属元素浓度之间也有所差别。如东单Pb的相对浓度在各季节均比首钢的要高;相反,首钢Mn的相对浓度均高于东单(首钢Fe的浓度比东单要高3倍多)。这反映了东单交通频繁,由此而造成Pb污染的可能性较大。我们于1979年9月至1980年测定了东单交通路口的汽车流通量(列于表1中),表明每小时平均约有1千多辆。首钢是冶炼钢铁的工业地区,因此Fe, Mn在颗粒物中的含量比东单等其他地区要高得多(见表2)。这正反映了不同功能区的污染特征。

2. 重金属在颗粒物中浓度的逐年变化

从1980年至1983年北京地区若干地点所得大气颗粒物中某些重金属的平均浓度列于表3中。

从表中结果可知,颗粒物中Fe, Mn, Pb在1982年与1983年其浓度有下降趋势,其

表 3 大气颗粒物中某些重金属浓度的逐年变化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年 份	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	V	Ni	Cr
1980	0.11	0.56	0.56	16.8	0.71	0.021	0.024	0.031
1981	0.15	0.59	0.41	17.3	0.59	<0.05	<0.03	<0.07
1982*	0.12	0.41	0.65	9.38	0.39	—	—	—
1983	0.12	0.33	0.67	10.6	0.32	<0.05	<0.03	<0.04

* 1982年为7月至12月半年中的平均值,其他各年均为全年平均值。