

水质管理

—— 水环境中污染物的 迁移和归宿

(澳) B·T·哈特 编著



中国环境科学出版社

水质管理

——水环境中污染物的迁移和归宿

[澳] B. T. 哈特 著
张立成 陈皓等 译

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书系统地阐述了水中悬浮颗粒物表面特性和组成,迁移和沉积过程及其对水生生态系统中污染物迁移和转化的作用。生态环境效应,水—沉积物及其相伴的污染物的相互作用和归宿。可供环境科技,环境管理,环境教学,水质管理,水环境调查、监测方面的科技人员和大专院校师生阅读参考。

Barry T. Hart

WATER QUALITY MANAGEMENT

The Role of particulate Matter in the Transport and
Fate of Pollutants

WATER STUDIES CENTRE

CHISHOLM INSTITUTE OF TECHNOLOGY MELBOURNE, 1986

水质管理 —— 水环境中污染物的迁移和归宿

[澳]B. T. 哈特 著

张立成 陈皓 等 译

责任编辑 李静华

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

北京昌平兴华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年4月第 一 版 开本 787 × 1092 1/32

1991年4月第一次印刷 印张 8 1/2 插页 2

印数 1—2 700 字数 200千字

ISBN-80010-762-0/X · 411

定价:4.60元

原著序言

奇泽姆理工学院水研究中心,始建于1976年,目的是通过三方面学术活动建成条件良好的澳大利亚水科学研究中心。这三方面的学术活动是:提供研究和咨询;培养研究生;组织有关的短期训练班和讨论会。近年来,该中心组织了连续的系列专题讨论会,目的在于研讨水质管理方面当前的重大问题。

第一届专题讨论会举办于1981年2月,题目是“水质管理:监控和水流扩散”,会议论述了两个重要问题:需要实施各自不同的监控监督计划和系统调查计划;以及污染物扩散成非点源污染方面的问题。这个专题讨论会的论文摘要已由本水研究中心公开出版。

本书是1983年12月第二届水研究中心水质管理专题讨论会的成果,会议题目是“颗粒物在污染物输送和归宿中的作用”。专题讨论会的目的是回顾在澳大利亚和海外有关颗粒物的四个重要研究领域中的认识,即:

1. 颗粒物获取各种污染物(特别是重金属、养分和毒性有机物)的机制。
2. 流水系统中颗粒物输送和沉降机制的最新认识。
3. 颗粒物对河流中生物群落的影响。
4. 与污染物结合的颗粒物的生物有效性。

我们感到非常荣幸,加拿大国家水研究所环境污染部主任R·阿伦(Rod Allen)博士,接受了我们的邀请,在这个讨论

会上首席发言。R·阿伦博士就专题讨论题目提交了两篇论文,第一篇是“毒性金属和有机物质的迁移和埋藏”,第二篇是“毒性有机物质的生物有效性(化学—物理—生物循环)”。在文章中他通过大量事例 研究讨论了在加拿大污染是如何发生,以及解决和清除污染的补救办法。在每个研究实例中,悬浮颗粒物在毒性组分的输送、埋藏和再循环过程中都是重要的。

T·戴维斯(Tom Davis)和他的同事对这次专题讨论会的组织非常出色,我对他们表示衷心感谢,同时我感谢 L·罗伯逊(Liz Robertoson)和 H·戴利(Helen Daly)帮助编辑本文集。我也非常感谢奇译姆理工学院访问者委员会为阿伦博士来访澳大利亚提供部分资金。

B. T. 哈特

序

1986年11月我们中国科学院水环境污染及其控制小组一行6人访问了澳大利亚奇泽姆理工学院水研究中心。10多年来,该中心在哈特博士的领导下,对河流水污染成因,水体中污染物的形态、迁移转化、归宿和其生物效应,以及水质调查、监测、管理研究都取得卓有成效的进展。本书就是在访问该中心时B. T. 哈特主任赠送的可贵资料之一。

当今人类面临着环境问题更大的挑战,污染引发的环境质量下降和生态破坏不断困扰着人们,其中水污染和其控制成为大众关心。由于不少污染物的水环境行为,它们在水环境中的运动规律、归宿和生物效应尚不清楚,因此在很大程度上影响着水污染的控制、水资源的合理开发利用和管理,特别是影响着已遭污染水体治理的有效性、效益的持久性、饮用的安全性和再开发利用的合理性。现在普遍认为,弄清楚水体悬浮颗粒物在污染物迁移、归宿中的作用,水及沉积物间的相互作用,以及与污染物结合的颗粒物的生物效应是控制水体污染、保护水源、丰富和发展水环境科学的焦点之一。而本书在这些方面提供了新的认识、新思路和研究成果,其内容简明,深入浅出。撰写本书各章节的作者,不少是国际上多年从事水环境科学研究的知名专家。本书的出版可供水环境科学教学和研 究、水污染控制和管理人员参考,我们也希望我国环境科学技术工作者在预防、治理和控制水污染,进行水资源开发和保护,以及确定水环境科学研究方向时从中得到有益的启示。

本书内容涉及环境科学的专业较多,限于译校者专业知识和外文水平,译校不妥之处在所难免,敬希读者不吝指正。

章 申

1989. 11

译者前言

环境问题包括环境污染和环境保护两个相关连的方面,是当代世界各国人们十分关注的问题,特别是进入 80 年代以来,世界经济发展较快,工业和技术水平的迅猛提高,日以万计新化合物的合成,人类对自然环境的影响日趋明显。环境异常现象的出现,已成为关系人类前途、命运的大事,环境保护也已成为我国的一项基本国策,世界许多国家在这方面也给予很大的重视。

但是人类对全球性环境质量的变化及其最后结局,仍难以捉摸,环境污染对全球自然环境稳定性的威胁尚难做出确切的判断,这是因为人类对进入环境中的污染物,特别那些量大并对环境有明显影响的全球性污染物,在自然环境中的迁移、转化、归宿及其对环境和生态效应的危害性还远未弄明白,关键是对进入环境中污染物的归宿尚不清楚,因此弄清其归宿,已成为 80 年代以来环境科学领域探讨的重要课题之一。研讨这一问题的国际会议已举行了四次,1990 年 8 月将在瑞典热普撒拉大学城举行第五次国际会议。在美国、澳大利亚等国也都召开了数次这样的专门研讨会议。有关水中污染物的归宿问题的研究取得了一定的进展,一般的看法认为弄清悬浮颗粒物、水及沉积物的相互作用是解决污染物行为和归宿问题的钥匙。本书较系统地论述了这些方面的内容,我们认为本书对环境科学领域的研究人员启发思路方面颇有裨益,这也是我们翻译这本书的目的。

这本书原版是在 1986 年出版的,是在澳大利亚墨尔本举行的水及沉积物相互作用会议的论文集锦,主要章节由这些

方面的知名权威撰写,并附有大量重要研究论文著作目录。主编 B·T·哈 特是澳大利亚水环境生态化学研究最著名的专家之一,有关水及沉积物环境化学研究著作颇多,在这方面的研究颇有造诣。A. 阿伦是加拿大陆地水研究所环境污染部主任,1988 年世界大河环境研究会议主席。本书集中阐述了沉积物在有机污染迁移转化和埋藏中的作用。

译 者

1989. 11

目 录

第一章	水生生态系统中颗粒物对污染物 迁移和掩埋的作用	R · J · 阿伦(1)
第二章	水生生态系统中悬浮物对污染物的生物有效 性、再循环和生物富集作用	R · J · 阿伦(72)
第三章	河流中颗粒物质的 迁移和沉积过程	G · 皮克普(124)
第四章	悬浮颗粒物质的组成 及其表面特性	R · 贝克特(148)
第五章	养分通过颗粒物的输送	P · 卡伦(189)
第六章	河流的悬浮颗粒物 和生物群落	I · C · 坎贝尔(200)
第七章	淡水贻贝 <i>Velesunio ambiguus</i> 用作颗粒物重 金属生物监测指示物的研究 ...	K · F · 沃克(234)
第八章	a. 与颗粒物结合的重金属 对海藻的有效性	T · M · 佛罗伦斯(250)
	b. 颗粒物对河流无脊椎 动物的影响	J · D · 布莱斯(258)
	c. 与颗粒物结合的营养物质的 生物有效性	I · 史莫斯(261)

第一章 水生生态系统中颗粒物对 污染物迁移和掩埋的作用

R·J·阿伦

加拿大陆地水研究中心国家水研究所

一、摘 要

本文研讨了水生生态系统中颗粒物在污染物(如有毒重金属和有毒有机化合物)的迁移和掩埋中的作用。1978年以前关于悬浮颗粒物化学方面的讨论,当时大部分资料仅限于磷和它的形态方面,至于对河床沉积物的研究,主要集中在有毒重金属方面,而对于有毒有机物的研讨资料很少。最近5年,在搞清水生生态系统中重金属的形态方面,取得了显著的进展。对应用沉积物的颗粒物选择性连续分离提取技术的研究,很大地促进了这一领域的发展。在查明被颗粒物吸附的有毒有机化合物方面也取得了相当的进展。本文对这方面最近的进展也做了评论。颗粒和液相污染物化学研究的进展,主要依赖高速离心机和大容量液体分离器的运用。有关这个领域

的进展,已做过评述。本文用两个加拿大的实例——尼亚加拉河和安大略湖水系的有毒金属和有机物质,特别是后者,以及英吉利-贡河水系汞和甲基汞,来阐明关于污染物迁移及其在水环境生态系统中的掩埋作用的重要原理。

二、前 言

前一时期有关河流沉积物在污染物迁移中作用的评述指出,大部分工作集中在磷的研究上(Allan, 1979)。有毒重金属的研究资料比较贫乏,且主要集中在悬浮物和表层沉积物金属总浓度的研究上。关于有毒有机化合物的资料也主要集中在表层沉积物的研究上。以前的研究认为,沉积物是磷,可能是重金属和疏水的有毒有机物质的一个主要迁移介质。为探讨重金属颗粒物,有机污染颗粒物,在水生态系中的重要作用,对这方面,已进行了相当广泛的研究。

从 1978 年以来的 5 年,可以看出在弄清这些过程方面已有了相当的进展。本章将介绍这方面的进展情况,并对以下领域进行讨论:

(1)颗粒物质的基本特征,特别是在制约有毒重金属和有机物质结合方面的作用;

(2)有机化合物的基本特征,特别是在控制同颗粒物结合方面的作用;

(3)颗粒物作为有毒重金属和有机污染物迁移介质的的重要性;

(4)在河流水系沉积物中有毒重金属和有机质的掩埋作用。

本文论述的有关颗粒物质在污染物归宿方面所起的作

用,这些资料过去一直是缺乏的。

三、资料来源

尽管最近 5 年研究有相当大的进展,但关于污染的颗粒物相互作用研究的资料,出版的仍甚少,部分原因是进行污染物研究要付出很高的代价。特别是对有机污染物的研究,很少的实验室有足够的资金购置所需要的贵重设备,象色质联机、高性能液相色谱、气相色谱与原子吸收联用机。此外,为采集到足够数量适合的样品,需要组织生产新的工具设备,制做或改进河床沉积物岩心样采样工具,进行毛孔水的测定和野外离心或液相分离萃取设备的研制。生物研究工作涉及到弄明污染物的归宿是很费力的,因为需采大量的样品,并且在分析之前要费力进行物理性的分离。

第二个原因可能是大部分有关污染的资料对于理论研究是不可取的,但很适用于监测的目的。这些资料通常被存储在大的计算机磁盘中,除非水质有问题或超标,否则很少应用。因为这些资料收集的目的,主要用于超标分析,很少在科学杂志上刊登。最近有几份杂志强调重视多学科的联系,看来污染监测资料有可能出版。

关于颗粒物在污染物归宿中的作用,最近有四位加拿大学者(Mackay 1982; Leppard 1983; Allan 1983; Nriagu 和 Simmons 1984),对已出版的资料做了评述。这四位科学家中有三位属加拿大陆地水研究中心(CCIW)。这也不奇怪,因为加拿大陆地水研究中心是北美最大的淡水研究所,可能在西方国家中也是最大的。这个中心位于劳伦琴海盆和五大湖边,这里有世界上最大的单一来源的淡水,也可能存在比地球上任何

其他淡水水体更大的有毒金属和有机化合物的污染源。该研究中心距尼亚加拉河仅 50km,该河输送着大量的有毒重金属和 400 多种有机化合物,其中大量的成分需要查清。

另外五个重要资料来源是贝克(1980)、福斯特纳和威特曼(1981)、斯莱(1982)、戈特曼(1983)、萨勒蒙斯和福斯特纳(1984)的著作。此外,还有五次有意义的国际会议,提供了有关环境重金属的资料(Hutchinson, 1975; Perry, 1979; Ernst, 1981; Muller, 1983)。1983 和 1984 年举行了几次小型的专门会议,重点讨论水系颗粒物在污染物归宿中的重要性。国际联合委员会在密歇根的布卢姆菲尔德山曾资助举办过一个很小的会议(有意识地限制参加人数),讨论五大湖污染的颗粒物的迁移和归宿。这次会议主要是对美国国内的工作进行评论。包括对大气颗粒物的沉降,采样器具和研究结果的解释发生了公开的争论,没有再讨论其他问题。美国的基础资料在实验室领域,吸附作用的测定和动力学问题以及在污染生态系统中底栖生物混合过程上的研究,有很强的说服力。加拿大的资料以尼亚加拉河和安大略湖污染物的迁移、掩埋和再悬浮为主,范围更广泛。此外,1983 年 12 月在澳大利亚奇泽姆理工学院举行了一个专门讨论水生生态系统中颗粒物质在污染物归宿中作用的讨论会。

四、颗粒物与污染物归宿

颗粒物质在有毒重金属和有机质污染物的物理迁移、化学形态和它们的生物学归宿方面都起主要作用。污染物迁移有三种介质是重要的:水、沉积物和生物体。水通常是基本介质,但有毒重金属和很多可测出的有机化合物,常与悬浮颗粒

和水底沉积物紧密结合,这种现象在春汛和暴雨径流时期更显著。在悬浮物中的污染物比过滤水中的污染物更容易被测出,颗粒物常常是有毒金属的主要迁移介质,特别是当悬浮物负荷量高时更是如此。

在水生生态系统中河底沉积物是污染物的最初富集池。河底沉积物的再悬浮和其他过程,生物体对河底沉积物中污染物的直接吸取作用,生物的扰动,同上覆水重新建立平衡,可能延长水底沉积物中的污染物的生物有效性时间周期(见第二章)。要模拟水生生态系统中有毒重金属和疏水有机化合物的归宿,了解以下过程的速率是必须的:

- (1)沉积作用;
- (2)沉积物的再悬浮作用;
- (3)沉积物和水的分配率(和系数)。

然而,这些速率通常依赖于一定的场所,因为它们依赖于流体动力、淡水生物和沉积物的数量和类型。对各种水系淡水生物学的认识 and 了解,可能如同了解一定环境状况下,特殊的化学性质一样的重要。

一般说来,悬浮颗粒物污染物的浓度比水相中的浓度高。这些颗粒物的组成影响污染物迁移的形态或分离作用,进而影响生物有效性。在水生系统中,不管是生物的还是非生物性的颗粒,对有毒重金属和有机污染物的迁移和归宿都起着主要作用。有些小河流在春汛或瞬时出现的暴雨径流时,悬浮物的负荷量有较大的增加。在加拿大,由于融雪或春汛而产生的悬浮物负荷量的增加,通常有很高的矿物成分,因此,在春汛迁移的重金属成分不是生物很有效的。在春汛迁移的疏水有机化合物污染物,主要同颗粒物非矿物部分相结合,这一部分可能都是生物潜在有效的。在夏季,悬浮物质常常是大量的同

污染物相结合的有机成分(非生物和生物的),通常是生物更有效的。

在河流中颗粒物的类型和数量是控制有毒污染物液相分配的两个重要因素。一些加拿大的河流,象普拉雷地区的北萨斯喀彻温河,悬浮颗粒物的浓度很高。相反,象尼亚加拉河悬浮物的浓度相对很低。但是,悬浮物的总量,后者大大超过前者,因为这两条河的年平均流量相差很大。在评价颗粒物对污染物迁移转化作用时,这种情况必须加以考虑。

如果要完全弄清楚污染物的迁移和归宿,必须弄清楚河流的流量,颗粒物的浓度和化学形态的内在联系。

湖泊悬浮颗粒物(非生物的和生物性的),决定于:

- (1)由河流输送进入湖泊的悬浮物量;
- (2)湖泊的营养状况;
- (3)湖泊沉积物的沉积作用速率;
- (4)悬浮颗粒物的再悬浮过程。

当河流进入湖泊时,在靠近入口的地方(常常是在水下三角洲),大量携带物很快沉积下来。对这些地方的沉积物钻孔可以反映污染携带物的历史变化。通过对湖泊表层沉积物的全面取样,也可以揭示主要沉积湖盆污染物的分布状况和最终的归宿。然而,同污染物结合的颗粒物的沉淀,并不意味着它们已从系统中排除,因为在许多浅的湖泊中,这些物质重新悬浮作用是非常广泛的,甚至在大湖中重新悬浮作用也能导致形成一个浓积层(高混浊度)。

伊迪等(1983)提出了一个有毒污染物迁移归宿的理论模式,包括有毒污染物的吸附和分离,颗粒物的迁移和固定,湖泊沉积物早期的成矿作用,沉积物的相互作用,水下生物体的作用图 1-1。在这个模式中,颗粒物存在于三度空间。在一些

作用过程中(即 2、4、8、10、12、13、14 和 15),颗粒物起着重要作用。为了更好的弄明影响颗粒的作用因素,伊迪等(1983 年),也曾提出了必须检验的一些假设(列于表 1-1)。

表 1-1 为了弄清大湖有毒有机污染物迁移、掩埋、再循环和生物积累过程的假设

过程	假 设
迁移	一些合成有机化合污染物的分配比与化合物的溶解度成正比,并可由一个平衡方程表示
	平衡分配系数与颗粒浓度成反比
埋藏	在水柱中颗粒残留时间少于一年 埋入深层沉积物是一些有机污染物的重要排出过程 沉淀是不同污染物从水体中排除的主要机制
再循环	在非分层时期,污染的颗粒进入沉积汇水盆地,受暴雨径流的控制
	污染的颗粒物下移运动是以“浊层”过程为主
	再悬浮作用:在分层时期,使大量污染物进入变温层
	再悬浮作用:在非分层时期使水体中污染物的半衰期有很大的增加
	上涌运动输入大量与沉积物结合的污染物,进入变温层
	新沉积的沉积物生物扰动伴随再悬浮作用使不同有机污染物在水体中残留时间有很大的增加
生物富集作用	水底生物体直接从沉积物、孔隙水获得大量有机污染物
	捕食河底生物的鱼,身体中含有少量的污染物
	浮游动物,水底生物和鱼通过它们的鳃吸附作用取得的不同污染物,超过身体中总数的50%

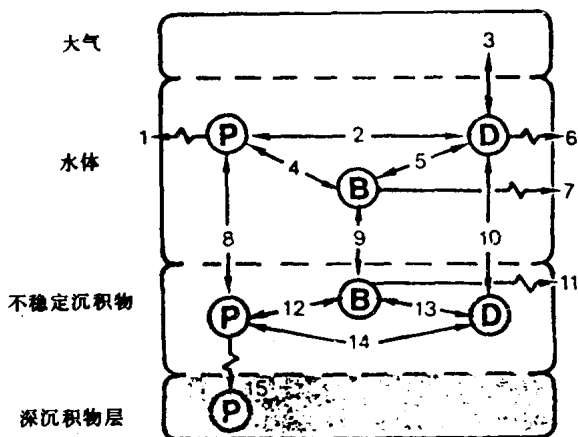


图1-1 在水体生态系中有毒污染物理论模型

P——颗粒相；D——溶解相；B——缩短的食物链。过程由带箭头的数字表示；1和6为光合作用；1和14为吸附作用；3为空气和水的交换作用；4为食物场和粪球产生；5为过滤；7和11为生物分解作用；8为固相和再悬浮作用；9为食物链动因；10为平流和扩散混合；12和13为水底生物-沉积物相互作用；15为埋藏和生物扰动(伊迪等,1983)。

五、同颗粒物结合的有毒重金属形态

颗粒物质是由多种矿物,铁、锰氧化物包裹在一起的有机固体以及有机物组成的复杂混合物。有毒重金属(和有机物),能通过数种方式,包括物理和化学吸附、离子交换,吸附在铁、锰氧化物上,吸附在有机质上(佛斯特、斯隆,1983),同颗粒物结合在一起。沉积物上的主要吸附点位是铁和锰的氢氧化物,因为它们有高的类质同相取代作用。有些金属如铜、钴、镍和锌趋向同锰结合,砷趋向同铁结合,至少是进入铁锰结核中。另一个主要吸附介质是有机物质,在水体中的有机物质很可