

胶州湾主要污染物及其生态过程丛书 (5)

胶州湾镉的分布及迁移过程

杨东方 苗振清 陈 豫◎著

Cd



非
外
借



科学出版社

胶州湾主要污染物及其生态过程丛书

胶州湾镉的分布及迁移过程

杨东方 苗振清 陈 豫 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书从时空变化来研究镉(Cd)在胶州湾水域的分布迁移过程。在空间尺度上,通过每年含量数据分析,从含量的大小、水平分布、垂直分布、区域分布、结构分布角度,揭示Cd的空间迁移规律。在时间尺度上,通过五年的数据探讨,揭示其迁移过程 and 变化趋势。书中还通过比较分析同类物质在水体中的分布迁移过程研究,提出物质含量均匀性理论、环境动态理论、水平损失量理论、水域垂直迁移理论和水域迁移趋势理论等。这些过程、规律和理论不仅为研究Cd在水体中的迁移提供了理论依据,也为其他物质在水体中的分布和迁移研究提供了启迪。

本书适合海洋地质学、物理海洋学、环境学、化学、生物地球化学、海湾生态学和河口生态学的有关科学工作者参考,适合高等院校相关专业师生作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

胶州湾镉的分布及迁移过程/杨东方,苗振清,陈豫著.—北京:科学出版社,2018.5

(胶州湾主要污染物及其生态过程丛书)

ISBN 978-7-03-055056-9

I. ①胶… II. ①杨… ②苗… ③陈… III. ①黄海—海湾—镉—重有色金属—污染—研究 IV. ①X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 266817 号

责任编辑:马 俊 / 责任校对:郑金红

责任印制:张 伟 / 封面设计:刘新新

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 5 月第一次印刷 印张: 13 1/2

字数: 272 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

人类不要既危害了地球上的其他生命，反过来又危害到自身的生命。人类要适应赖以生存的地球，要顺应大自然的规律，才能够健康可持续地生活。

杨东方

摘自《胶州湾水域六六六的分布及迁移过程》

海洋出版社，2011

作者简介



杨东方 1984年毕业于延安大学数学系(学士);1989年毕业于大连理工大学应用数学研究所(硕士),研究方向:Lenard方程唯 n 极限环的充分条件、微分方程在经济管理生物方面的应用。

1999年毕业于中国科学院青岛海洋研究所(博士),研究方向:营养盐硅、光和水温对浮游植物生长的影响,专业为海洋生物学和生态学;同年在青岛海洋大学,化学化工学院和环境科学与工程研究院做博士后研究工作,研究方向:胶州湾浮游植物的生长过程的定量化初步研究。2001年出站后到上海水产大学工作,主要从事海洋生态学、生物学和数学等学科教学以及海洋生态学和生物地球化学领域的研究。2001年被国家海洋局北海分局监测中心聘为教授级高级工程师,2002年被青岛海洋局一所聘为研究员。

2004年6月被核心期刊《海洋科学》聘为编委。2005年7月被核心期刊《海岸工程》聘为编委。2006年2月被核心期刊《山地学报》聘为编委。2006年11月被温州医学院聘为教授。2007年11月被中国科学院生态环境研究中心聘为研究员。2008年4月被浙江海洋学院聘为教授。2009年8月被中国地理学会聘为环境变化专业委员会委员。2009年11月,《中国期刊高被引指数》总结了2008年度学科高被引作者:海洋学(总被引频次/被引文章数)杨东方(12/5)(www.ebiotrade.com)。2010年,山东卫视对《胶州湾浮游植物的生态变化过程与地球生态系统的补充机制》和《海湾生态学》给予了书评(新书天天荐,齐鲁网视频中心)。2010年获得浙江省高等学校科研成果奖三等奖(第1名),成果名“浮游植物的生态与地球生态系统的机制”。2011年12月,被核心期刊《林业世界》聘为编委。2011年12月,被新成立的浙江海洋学院生物地球化学研究所聘为该所所长。2012年11月,被国家海洋局闽东海洋环境监测中心站聘为项目办主任。2013年3月,被陕西理工学院聘为汉江学者。2013年11月,被贵州民族大学聘为教授。2014年10月,被中国海洋学会聘为军事海洋学专业委员会委员。2015年11月,被陕西国际商贸学院聘为教授。2016年8月,被西京学院聘为教授。曾参加了国际GLOBEC(全球海洋生态系统研究)研究计划中由十八个国家和地区联合进行的南海考察(海上历时三个月),以及国际LOICZ(沿岸带陆海相互

作用研究) 研究计划中在黄海东海的考察及国际 JGOFS (全球海洋通量联合研究) 研究计划中在黄海东海的考察。多次参加了青岛胶州湾, 烟台近海的海上调查及获取数据工作。参加了胶州湾等水域的生态系统动态过程和持续发展等课题的研究。

发表第一作者的论文 266 篇, 第一作者的专著和编著 67 部, 授权第一作者的专利 17 项; 其他名次论文 48 篇。截至 2017 年 1 月 27 日, 第一作者的论文 58 篇, 一共被引用次数: 950 次。目前, 正在进行西南喀斯特地区、胶州湾、浮山湾和长江口及浙江近岸水域的生态、环境、经济、生物地球化学过程的研究。

作者发表的本书主要相关文章

[1]杨东方, 陈豫, 王虹, 等. 胶州湾水体镉的迁移过程和本底值结构. 海岸工程, 2010, 29(4): 73-82.

[2]杨东方, 陈豫, 常彦祥, 等. 胶州湾水体镉的分布及来源. 海岸工程, 2013, 32(3): 68-78.

[3]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. The distribution and content of Cadmium in Jiaozhou Bay. Applied Mechanics and Materials, 2014, 644-650: 5325-5328.

[4]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Wu Youfu, et al. The structure of environmental background value of Cadmium in Jiaozhou Bay waters. Applied Mechanics and Materials, 2014, 644-650: 5329-5312.

[5]Yang Dongfang, Chen Shengtao, Li Baolei, et al. Research on the vertical distribution of Cadmium in Jiaozhou Bay waters. Proceedings of the 2015 international symposium on computers and informatics, 2015: 2667-2674.

[6]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Yang Xiuqin, et al. Pollution level and Sources of Cd in Jiaozhou Bay. Materials Engineering and Information Technology Application, 2015: 558-561.

[7]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. Distribution and aggregation process of Cd in Jiaozhou Bay. Advances in Computer Science Research, 2015, 2352: 194-197.

[8]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Sun Zhaohui, et al. Research on vertical distribution and settling process of Cd in Jiaozhou bay. Advances in Engineering Research, 2015, 40: 776-781.

[9]Yang Dongfang, Yang Danfeng, Zhu Sixi, et al. Spatial-temporal variations of Cd in Jiaozhou Bay. Advances in Engineering Research, 2016, Part B: 403-407.

[10]Yang Dongfang, Yang Xiuqin, Wang Ming, et al. The slight impacts of marine current to Cd contents in bottom waters in Jiaozhou Bay. Advances in Engineering Research, 2016, Part B: 412-415.

[11]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. Homogeneity of Cd contents in Jiaozhou Bay waters. Advances in Engineering Research, 2016, 65: 298-302.

[12]Yang Dongfang, Qu Xiancheng, Chen Yu, et al. Sedimentation mechanism of Cd in Jiaozhou Bay waters. Advances in Engineering Research, 2016, Part D: 993-997.

[13]Yang Dongfang, Yang Danfeng, Zhu Sixi, et al. Sedimentation process and

vertical distribution of Cd in Jiaozhou Bay. *Advances in Engineering Research*, 2016, Part D: 998-1002.

[14]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Zhikang, et al. Spatial-temporal changes of Cd in Jiaozhou Bay. *Computer Life*, 2016, 4(5): 446-450.

[15]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. The influence of marine current to Cd in Jiaozhou Bay. *World Scientific Research Journal*, 2016, 2(1): 38-42.

前 言

随着工农业的发展，在许多领域重金属镉（Cd）得到广泛应用。含 Cd 类产品或工艺众多，包括杀虫剂、电池、农药、半导体材料、电焊、聚氯乙烯（PVC）、电视机、计算机、照相材料、光电材料、杀菌剂、颜料、涂层等。Cd 产品已遍及工业、农业、国防、交通运输和人们日常生活的各个领域。因此，在日常生活中处处都离不开 Cd 产品。

镉是具有延展性的、质地柔软的、带蓝色光泽的银白金属元素，具有电离势较高、不易氧化的特点，金属 Cd 主要从硫化物的锌矿石中提取，工业主要用于制造抗腐蚀、耐磨、易熔的特殊合金材料，以及电镀材料及塑料生产的过程等。人类在生产和冶炼含 Cd 产品的过程中，向大气、陆地和大海大量排放 Cd，使得空气、土壤、地表、河流等地方都有 Cd 残留，而且经过地表水和地下水将 Cd 的残留汇集到河流中，最后迁移到海洋水体中。

镉在地壳中的含量比锌少得多，常常少量存于锌矿中。由于金属 Cd 比锌更易挥发，因此在使用高温冶炼锌时，它比锌更早逸出，避开了人们的觉察。大气排放 Cd 包含火山爆发、风力扬尘、森林火灾、植物排放等自然过程。大气沉降输送 Cd 到陆地地表和海洋表面，到了地面的 Cd 再经过地表水被带到海洋水体中。在自然界，海底火山喷发将地壳深处的重金属及其化合物带出地壳，经过海洋水流的作用，重金属及其化合物被注入海洋。随着海上交通发展，海上的船舰数量在不断增加，在船舰上，有大量的涂层、电镀和颜料，这些物质中又含有大量的 Cd，当船舰在海上行驶和停靠码头时，就会给水域带来 Cd。

镉经过陆地迁移过程、大气迁移过程和海洋迁移过程，进入海洋，绝大部分经过重力沉降、生物沉降、化学作用等，迅速由水相转入固相，最终转入沉积物。从 5 月开始，海洋生物大量繁殖，数量迅速增加，到 8 月，形成高峰，且由于浮游生物的繁殖活动，悬浮颗粒物表面形成胶体，此时的吸附力最强，吸附了大量的 Cd，大量的 Cd 随着悬浮颗粒物迅速沉降到海底。这样，在春季、夏季和秋季，Cd 输入到海洋，颗粒物质和生物体将 Cd 从表层带到底层。因此，由于外海海流的输送、河流的输送、近岸岛尖端的输送、大气沉降的输送、地表径流的输送和船舶码头的输送，造成了 Cd 进入海洋水体，在水体效应的作用下，进入海底沉积物中。

世界各个国家,尤其是发达国家的发展,大都经过了工农业的迅猛发展和城市化的不断扩展。在此过程中,造成了 Cd 在工业废水和生活污水中存在,也在人类经常使用的产品中存在。由于 Cd 及其化合物属于有毒物质,给人类和其他动物带来了许多疾病,甚至导致了死亡。

镉主要通过呼吸道和消化道进入人体,导致人类免疫、生殖、神经等系统受到损害。Cd 在人体中富集和积蓄,潜伏期可长达 10~30 年。Cd 主要累积在肝、肾、胰腺、甲状腺和骨骼中,并不会自然消失,经过数年甚至数十年慢性积累后,人体将会出现显著的 Cd 中毒症状,如产生贫血、高血压、神经痛、骨质松软、肾炎和分泌失调等病症,影响人的正常活动。

镉在我们日常生活中是不可缺失的重要化合物,由于长期大量使用,长期残留于环境中,不易降解,在生物体内累积,通过食物链传递构成对人类和生态系统潜在的危害。因此,研究水体中 Cd 的迁移规律,对了解 Cd 对环境造成持久性的污染有着非常重要的意义。本书揭示了 Cd 在水体中的迁移规律、迁移过程和变化趋势以及形成的理论等,为 Cd 等各种物质的研究提供了理论基础,也为消除 Cd 等各种物质在环境中的残留及治理 Cd 等各种物质的环境污染提供科学理论依据。

本书在西京学院学术著作出版基金、贵州民族大学博士点建设文库、“贵州喀斯特湿地资源及特征研究”(TZJF-2011 年-44 号)项目、“喀斯特湿地生态监测研究重点实验室”(黔教合 KY 字[2012] 003 号)项目、贵州民族大学引进人才科研项目([2014]02)、土地利用和气候变化对乌江径流的影响研究(黔教合 KY 字[2014] 266 号)、威宁草海浮游植物功能群与环境因子关系(黔科合 LH 字[2014] 7376 号)、“铬胁迫下人工湿地植物多样性对生态系统功能的影响机制研究”(国家自然科学基金项目 31560107)以及国家海洋局北海环境监测中心主任科研基金——长江口、胶州湾、浮山湾及其附近海域的生态变化过程(05EMC16)的共同资助下完成。

杨东方

2017 年 5 月 8 日

目 录

前言

第 1 章 胶州湾水域镉的来源变化过程	1
1.1 背景	1
1.1.1 胶州湾自然环境	1
1.1.2 数据来源与方法	1
1.2 水平分布	2
1.2.1 含量大小	2
1.2.2 表层水平分布	2
1.3 来源变化过程	4
1.3.1 水质	4
1.3.2 来源变化过程	5
1.3.3 来源的状况	6
1.4 结论	6
参考文献	7
第 2 章 胶州湾水域镉均匀性的往复变化过程	9
2.1 背景	9
2.1.1 胶州湾自然环境	9
2.1.2 数据来源与方法	9
2.2 水平分布	10
2.2.1 表层水平分布	10
2.2.2 含量的高值	11
2.2.3 含量的变化范围	12
2.3 均匀性变化过程	12
2.3.1 均匀性	12
2.3.2 空间的均匀性分布	13
2.3.3 时间的均匀性变化	14
2.3.4 物质含量的均匀分布	15
2.4 结论	16

参考文献	17
第3章 镉含量的环境动态值及结构模型	18
3.1 背景	18
3.1.1 胶州湾自然环境	18
3.1.2 数据来源与方法	18
3.2 环境动态值的定义及结构模型	19
3.2.1 表层含量大小	19
3.2.2 来源及含量高值	19
3.2.3 空间的均匀性分布	19
3.2.4 环境本底值的结构	20
3.3 环境动态值的计算	20
3.3.1 基础本底值	20
3.3.2 环境本底值	21
3.3.3 环境动态值及其结构	21
3.4 结论	22
参考文献	22
第4章 胶州湾水域镉含量的沉降过程及机制	23
4.1 背景	23
4.1.1 胶州湾自然环境	23
4.1.2 数据来源与方法	23
4.2 底层分布	24
4.2.1 底层含量大小	24
4.2.2 底层水平分布	24
4.3 沉降过程及机制	26
4.3.1 水质	26
4.3.2 迁移过程	27
4.3.3 沉降机制	27
4.4 结论	28
参考文献	28
第5章 胶州湾水域镉含量的动态沉降变化过程	30
5.1 背景	30
5.1.1 胶州湾自然环境	30
5.1.2 数据来源与方法	30

5.2 垂直分布.....	31
5.2.1 表底层水平分布趋势.....	31
5.2.2 表底层变化范围.....	31
5.2.3 表底层垂直变化.....	32
5.3 动态沉降变化过程.....	32
5.3.1 沉降机制.....	32
5.3.2 水体的效应.....	33
5.3.3 损失和积累.....	33
5.3.4 动态沉降过程.....	34
5.4 结论.....	35
参考文献.....	36
第 6 章 三种不同类型的镉含量水平损失速度模式.....	37
6.1 背景.....	37
6.1.1 胶州湾自然环境.....	37
6.1.2 数据来源与方法.....	37
6.2 水平损失速度模型.....	38
6.2.1 站位的距离.....	38
6.2.2 来源变化过程.....	39
6.2.3 水平损失速度模型.....	39
6.2.4 水平损失速度计算值.....	39
6.2.5 单位的简化.....	40
6.3 水平损失速度模型的应用.....	40
6.3.1 水平含量的计算.....	40
6.3.2 水平含量的变化.....	40
6.4 结论.....	41
参考文献.....	42
第 7 章 胶州湾水体镉的分布及迁移过程.....	43
7.1 背景.....	43
7.1.1 胶州湾自然环境.....	43
7.1.2 数据来源与方法.....	43
7.2 水平分布.....	44
7.2.1 含量大小.....	44
7.2.2 表层水平分布.....	44

7.2.3	表层季节变化	47
7.2.4	底层水平分布	47
7.2.5	底层季节变化	47
7.2.6	垂直分布	47
7.3	迁移过程	50
7.3.1	水质	50
7.3.2	来源	50
7.3.3	来源的迁移过程	51
7.3.4	环境本底值的结构	51
7.3.5	水域的迁移过程	52
7.3.6	水底的迁移过程	52
7.4	结论	53
	参考文献	54
第 8 章	水体镉的环境本底值的结构	55
8.1	背景	55
8.1.1	胶州湾自然环境	55
8.1.2	数据来源与方法	55
8.2	本底值	57
8.2.1	环境本底值	57
8.2.2	基础本底值	57
8.3	结构及应用	57
8.3.1	环境本底值的结构	57
8.3.2	输入量及方式	59
8.4	结论	59
	参考文献	59
第 9 章	胶州湾水体镉的来源及输入方式	61
9.1	背景	61
9.1.1	胶州湾自然环境	61
9.1.2	数据来源与方法	61
9.2	水平分布	63
9.2.1	含量大小	63
9.2.2	表层水平分布	63
9.2.3	表层季节变化	63

9.2.4 底层水平分布	65
9.2.5 底层季节变化	65
9.2.6 垂直分布	66
9.3 来源及输入方式	66
9.3.1 水质	66
9.3.2 来源	67
9.4 结论	67
参考文献	68
第 10 章 胶州湾水体镉的无污染	69
10.1 背景	69
10.1.1 胶州湾自然环境	69
10.1.2 数据来源与方法	69
10.2 水平分布	70
10.2.1 含量大小	70
10.2.2 表层水平分布	70
10.3 镉的无污染	73
10.3.1 水质	73
10.3.2 来源	73
10.4 结论	74
参考文献	74
第 11 章 胶州湾水域镉的垂直变化过程	75
11.1 背景	75
11.1.1 胶州湾自然环境	75
11.1.2 数据来源与方法	75
11.2 水平分布	76
11.2.1 底层水平分布	76
11.2.2 季节分布	78
11.2.3 垂直分布	78
11.3 垂直变化过程	79
11.3.1 季节变化过程	79
11.3.2 陆地迁移过程	79
11.3.3 水域的迁移过程	79
11.4 结论	80

参考文献	80
第 12 章 胶州湾水体镉的不同来源及污染程度	81
12.1 背景	81
12.1.1 胶州湾自然环境	81
12.1.2 数据来源与方法	81
12.2 水平分布	82
12.2.1 含量大小	82
12.2.2 表层水平分布	82
12.3 不同来源及污染程度	84
12.3.1 水质	84
12.3.2 来源	85
12.4 结论	86
参考文献	86
第 13 章 胶州湾水域镉的底层分布及聚集过程	87
13.1 背景	87
13.1.1 胶州湾自然环境	87
13.1.2 数据来源与方法	87
13.2 底层水平分布	88
13.2.1 底层含量大小	88
13.2.2 底层水平分布	88
13.3 聚集过程	90
13.3.1 底层水质	90
13.3.2 聚集过程	91
13.4 结论	92
参考文献	92
第 14 章 胶州湾水域镉的垂直分布及沉降过程	93
14.1 背景	93
14.1.1 胶州湾自然环境	93
14.1.2 数据来源与方法	93
14.2 垂直分布	94
14.2.1 表层季节分布	94
14.2.2 底层季节分布	94
14.2.3 表底层水平分布趋势	94

14.2.4 表底层变化范围	95
14.2.5 表底层垂直变化	95
14.3 沉降过程	96
14.3.1 季节变化过程	96
14.3.2 沉降过程	96
14.4 结论	98
参考文献	99
第 15 章 胶州湾水域镉含量的年份变化	100
15.1 背景	100
15.1.1 胶州湾自然环境	100
15.1.2 数据来源与方法	100
15.2 镉的含量	103
15.2.1 含量大小	103
15.2.2 年份变化	107
15.2.3 季节变化	108
15.3 镉的年份变化	109
15.3.1 水质	109
15.3.2 含量变化	109
15.4 结论	110
参考文献	111
第 16 章 胶州湾水域镉来源变化过程	112
16.1 背景	112
16.1.1 胶州湾自然环境	112
16.1.2 数据来源与方法	113
16.2 水平分布	113
16.2.1 1979 年 5 月、8 月和 11 月水平分布	113
16.2.2 1980 年 6 月、7 月和 9 月水平分布	114
16.2.3 1981 年 4 月、8 月和 11 月水平分布	114
16.2.4 1982 年 4 月、6 月、7 月和 10 月水平分布	115
16.2.5 1983 年 5 月、9 月和 10 月水平分布	116
16.3 镉的来源	117
16.3.1 来源的位置	117
16.3.2 来源的范围	119