

胶州湾主要污染物及其生态过程丛书 (7)

# 胶州湾主要污染物砷、锌、氰化物和挥发酚的分布及迁移过程

杨东方 陈 豫◎著

$\text{As}^{3+}$

$\text{Zn}^{2+}$

$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$   
...

$\text{CN}^-$



科学出版社

胶州湾主要污染物及其生态过程丛书

# 胶州湾主要污染物砷、锌、氰化物和挥发酚的分布及迁移过程

杨东方 陈 豫 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书从时空变化等研究砷、锌、氰化物和挥发酚在胶州湾水域的分布和迁移过程。在空间和时间尺度上,通过每年砷、锌、氰化物和挥发酚的数据分析,从含量大小、水平分布、垂直分布和季节分布的角度,研究砷、锌、氰化物和挥发酚在胶州湾水域的来源、分布及迁移状况,揭示它们的时空迁移规律和趋势。这些规律和变化过程为研究砷、锌、氰化物和挥发酚在水体中的迁移提供了理论基础,也为其他重金属和有机物在水体中的迁移研究给予启迪。

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

胶州湾主要污染物砷、锌、氰化物和挥发酚的分布及迁移过程/杨东方,陈豫著. —北京:科学出版社, 2019.5

(胶州湾主要污染物及其生态过程丛书)

ISBN 978-7-03-061157-4

I. ①胶… II. ①杨… ②陈… III. ①黄海—海湾—重金属污染—研究 IV. ①X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 085901 号

责任编辑:马俊孙青 / 责任校对:严娜

责任印制:吴兆东 / 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>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019年5月第一版 开本:B5(720×1000)

2019年5月第一次印刷 印张:12 3/4

字数:257 000

定价:128.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

海洋的潮汐、海流对海洋将所有物质都带来带去，在奔波输送。然而，在海湾的湾口，水流的速度很快，却将一些物质隔离在湾外，不能使这些物质被带到湾内去。这个隔离过程使得湾口外侧和湾口内侧分别出现了物质含量的高值区和低值区。

杨东方

摘自 *The disjunction effect of marine bay mouth to Zn*.  
*Advances in Engineering Research*, 2015, 45: 255-259.

## 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月被中文核心期刊《海洋科学》聘为编委。2005年7月被中文核心期刊《海岸工程》聘为编委。2006年2月被中文核心期刊《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](http://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(排名第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。在2017年10月被AEIC学术交流资讯中心聘为副主席和秘书长。在2018年2月被国家卫生计生委聘为专家。曾参加了国际GLOBEC(全球海洋生态系统动态研

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 (海岸带陆海相互作用研究) 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) 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 426 篇、第一作者的专著 76 部, 授权第一作者的专利 27 项; 作者的其他名次论文 51 篇。2019 年 3 月 2 日中国知网数据查到第一作者的论文 58 篇文章, 一共被引用次数: 1078 次。目前, 正在进行西南喀斯特地区、胶州湾、浮山湾和长江口以及浙江近岸水域的生态学、环境学、经济学、生物地球化学、区域人口健康学和医药学的过程研究。

# 作者发表的本书主要相关文章

## 一、砷

[1]杨东方, 宋文鹏, 陈生涛, 等. 胶州湾水域重金属砷的分布及含量. 海岸工程, 2012, 31(4): 47-55.

[2]杨东方, 赵玉慧, 卜志国, 等. 胶州湾水域重金属砷的分布及迁移. 海洋开发与管理, 2014, 31(1): 109-112.

[3]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. As sources in Jiaozhou Bay waters. Meteorological and Environmental Research, 2014, 5(5): 24-26, 30.

[4]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. The influences of overland runoff, stream flow and marine current on As contents in Jiaozhou Bay waters. Advances in Computer Science Research, 2015: 1605-1608.

[5]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. Aggregation and divergent process of As in the bay mouth Jiaozhou Bay. Advances in Computer Science Research, 2015: 1761-1764.

[6]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. The influences of pollution sources on the vertical distributions of As in Jiaozhou Bay waters. Advances in Computer Science Research, 2015: 1770-1773.

## 二、锌

[1]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wang Fengyou, et al. Contents and sources of Zn in Jiaozhou Bay. Advanced Materials Research, 2015, 1092-1093: 1021-1024.

[2]Yang Dongfang, Chen Shengtao, Li Baolei, et al. Research on the distributions and migrations of Zn in marine bay. Advances in Intelligent Systems Research, 2015: 21-24.

[3]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. Impacts from human activities and natural background to Zn contents in Jiaozhou Bay. Advances in Engineering Research, 2015, 31: 1292-1296.

[4]Yang Dongfang, Yang Danfeng, Wang Fengyou, et al. The disjunction effect of marine bay mouth to Zn. Advances in Engineering Research, 2015, 45: 255-259.

[5]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. The vertical migration characterises of Zn in Jiaozhou Bay. Advances in Engineering Research, 2015, 45:

265-268.

### 三、氰化物

[1]Yang Dongfang, He Xinhui, Gao Jie, et al. Transfer processes of cyanide in Jiaozhou Bay. *Advanced Materials Research*, 2015, 1092-1093: 992-995.

[2]Yang Dongfang, Yang Danfeng, Zhu Sixi, et al. A research on the vertical migration process and background value of cyanide in Jiaozhou Bay. *Advances in Engineering Research*, 2015: 422-426.

[3]Yang Dongfang, He Xinhui, Gao Jie, et al. Pollution level and source of cyanide in Jiaozhou Bay, eastern China. *Materials, Environmental and Biological Engineering*, 2015: 40-43.

[4]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Yang Danfeng, et al. The homogeneity of low cyanide contents in Jiaozhou Bay. *Advances in Engineering Research*, 2015, 45: 427-430.

[5]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Long Mingzhong, et al. The trace input of cyanide to Jiaozhou Bay. *Advances in Engineering Research*, 2015, 45: 260-264.

### 四、挥发酚

[1]Yang Dongfang, He Huazhong, Zhu Sixi, et al. Pollution level of volatile phenols in surface water in a bay in Shandong Province, eastern China. *Materials, Environmental and Biological Engineering*, 2015: 343-346.

[2]Yang Dongfang, He Xinhui, Gao Jie, et al. Vertical distribution and sedimentation of volatile phenols in Jiaozhou Bay. *Materials, Environmental and Biological Engineering*, 2015: 1103-1106.

[3]Yang Dongfang, Wang Fengyou, Zhu Sixi, et al. Vertical distributions and seasonal variations of volatile phenols in Jiaozhou Bay. *Advances in Computer Science Research*, 2015: 1609-1613.

[4]Yang Dongfang, Yang Xiuqin, Wu Yunjie, et al. Sources and source strengths of volatile phenol in Jiaozhou Bay 1983. *Advances in Engineering Research*, 2015, 40: 782-786.

[5]Yang Dongfang, Zhu Sixi, Wu Yunjie, et al. Distribution and divergent process of volatile phenol in bottom waters in Jiaozhou Bay. *Advances in Computer Science Research*, 2015: 1600-1604.



# 前 言

在我国古代，常拿来用作毒药的砒霜就含有砷（As）。As 经常在农业和工业中大量使用，如化肥、除草剂等农业化工产品中就常含有 As。随着工农业的不断发展及人类生产生活水平的进一步提高，各种含 As 废物以各种形式留在陆地表面，造成 As 污染的进一步加剧，然后 As 通过地表径流和河流输送到海洋，对海洋水质产生重要影响。随着农业技术的发展，含 As 农业化工产品长期向环境排放和释放，如在田地里，农民大量使用含 As 的化肥、除草剂和其他农药等农用产品，进一步将 As 向土壤、水体和大气排放。As 经过水循环回归到水体中，通过地表径流和河流的输送，输送到海洋水体表层，然后，经过水体垂直迁移到达海底。在生物富集的作用下，As 的含量在环境中沿着食物链不断增长，给人类和生态环境带来了极大的危害。

锌（Zn）被广泛应用在工农业生产中，在陆地表面和河流输送下，它也引起了海洋水质的变化。Zn 广泛存在于水环境中，一方面，水环境中过量的 Zn 对水生生物有极大的副作用，严重威胁着环境和人体健康；另一方面，水环境中 Zn 的缺少，对水生生物的生长产生了极大的阻碍，对人体健康也有很大的影响。因此，研究近岸海洋水体中 Zn 的分布及季节变化，对 Zn 在水体环境中迁移过程的研究有着重要的意义。

氰化物被广泛应用于纤维合成、医药药品制备、杀虫剂制作、冶金及电镀等行业。环境中的氰化物可以通过呼吸道、消化道或者皮肤进入人体，氰化物的氰基与细胞色素氧化酶的含铁辅基（血红蛋白 A）结合使之不能传递电子，导致整个呼吸链的电子传递无法进行，细胞的氧化代谢过程受阻，造成人体内缺氧，引起急性中毒。因此，对氰化物在环境中的生态过程的研究有重要意义。氰化钾、氰化钠等化合物在工农业生产中被广泛应用，这些化合物在生态传递过程中会泄露到空气里和土壤里，在陆地表面和河流输送下，引起海洋水质变化。高浓度的氰化物具有强毒性，能够通过食物链的传递，对人体健康造成危害。尽管氰化物在水环境中非常少，但也造成了河流和码头的轻微污染，引起海洋水质的变化。研究近海氰化物污染程度和污染源，对保护海洋环境、维持生态可持续发展有重要的帮助。

酚类化合物主要存在于焦化厂、煤气厂、石油炼厂和钢铁厂等的工业废水中。随着工业的迅速发展，这些含酚类化合物的工业废水被大量排放到陆地表面和河

流中。酚类化合物属高毒性物质，严重威胁着环境和人体健康。人体长期饮用被酚污染的水可产生头晕、头痛、精神不安、食欲缺乏、呕吐和腹泻等症状。酚类化合物还在工农业产品中广泛存在，如干馏木材、合成纤维、染料、医药品、香料和农药等许多产品的生产过程中，都很可能产生含有挥发酚的废水，这些废水又最终汇入水体并进入海洋。因此，研究近岸海洋水体中挥发酚的来源及分布特征，对认识和治理挥发酚污染有重要意义。

随着工农业的迅猛发展，世界各国都存在长期地、广泛地和大量地使用含有 As、Zn、氰化物和挥发酚产品的情况。生产、制造和使用这些产品的过程中，向环境排放了大量的 As、Zn、氰化物和挥发酚。无论陆地、海洋，还是大气中都有 As、Zn、氰化物和挥发酚的污染存在。由于 As、Zn、氰化物和挥发酚及其化合物属于剧毒物质，给人类带来了许多疾病，甚至导致人的死亡。然而，As、Zn、氰化物和挥发酚又是我们日常生活中不可缺失的重要元素或化合物，它们被长期大量使用，又因为它们化学性质稳定，不易分解，长期残留于环境中，对环境和人类健康产生了持久的毒害。本书揭示的 As、Zn、氰化物和挥发酚在胶州湾水体中的迁移规律、迁移过程和变化趋势等，为它们的研究提供了理论基础，也为消除和治理它们在环境中的残留提供了一定的理论依据。

本书获得西京学院学术著作出版基金、贵州民族大学博点建设文库、“喀斯特湿地生态监测研究特色重点实验室”（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）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。

有关 As、Zn、氰化物和挥发酚的研究还在进行中，本书仅为阶段性成果的总结，欠妥之处在所难免，恳请读者多多指正。希望读者能和作者一起努力，使祖国的海洋环境学研究、世界海洋环境学研究及地球环境学研究有所发展，作者将甚感欣慰。

在各位同仁和老师的鼓励和帮助下，本书得以出版。作者铭感在心，谨致衷心感谢。

杨东方 陈 豫

2019年1月8日

# 目 录

前言

第 1 章 地表和河流对胶州湾水域 As 含量的影响	1
1.1 背景	1
1.1.1 胶州湾自然环境	1
1.1.2 材料与方法	1
1.2 含量及分布	2
1.2.1 含量大小	2
1.2.2 水平分布	3
1.3 迁移过程	5
1.3.1 水质	5
1.3.2 来源	5
1.3.3 输入过程	6
1.4 结论	7
参考文献	7
第 2 章 胶州湾水域 As 的高沉降区域及规律	8
2.1 背景	8
2.1.1 胶州湾自然环境	8
2.1.2 材料与方法	8
2.2 含量及分布	9
2.2.1 底层含量大小	9
2.2.2 底层水平分布	9
2.3 高沉降区域及规律	11
2.3.1 水质	11
2.3.2 高沉降的地方	11
2.3.3 湾内的迁移过程	11
2.3.4 湾口水域的含量变化	12
2.4 结论	13
参考文献	13

第3章 胶州湾 As 含量的季节变化机制及模型框图	15
3.1 背景	15
3.1.1 胶州湾自然环境	15
3.1.2 材料与方法	15
3.2 As 的分布	16
3.2.1 表底层水体	16
3.2.2 表层季节分布	16
3.2.3 底层季节分布	16
3.2.4 表底层变化范围	17
3.2.5 表底层水平分布趋势	17
3.3 季节变化机制	17
3.3.1 沉降过程	17
3.3.2 季节变化过程	18
3.3.3 季节变化机制	18
3.3.4 变化沉降	19
3.3.5 空间沉降	20
3.4 结论	20
参考文献	21
第4章 As 的迁移模型及计算	23
4.1 背景	23
4.1.1 胶州湾自然环境	23
4.1.2 材料与方法	23
4.2 定义及公式	24
4.2.1 水平物质含量变化的定义及公式	24
4.2.2 垂直物质含量变化的定义及公式	25
4.2.3 表层和底层的水平损失量	25
4.2.4 垂直稀释量和垂直积累量	26
4.2.5 表底层垂直变化	26
4.3 含量的计算	27
4.3.1 物质含量变化	27
4.3.2 含量的水平和垂直变化	27
4.3.3 湾口水域的水平损失量	29
4.3.4 区域沉降	29
4.4 结论	30

参考文献	31
第 5 章 地表和河流及胶州湾都没有受到 As 影响	32
5.1 背景	32
5.1.1 胶州湾自然环境	32
5.1.2 材料与方法	32
5.2 含量及分布	33
5.2.1 含量大小	33
5.2.2 表层水平分布	33
5.3 输入方式	36
5.3.1 水质	36
5.3.2 来源	37
5.3.3 陆地迁移过程	38
5.4 结论	39
参考文献	39
第 6 章 胶州湾表底层的高 As 含量区域具有一致性	41
6.1 背景	41
6.1.1 胶州湾自然环境	41
6.1.2 材料与方法	41
6.2 含量及分布	42
6.2.1 底层含量大小	42
6.2.2 底层水平分布	42
6.3 高含量区域	44
6.3.1 水质	44
6.3.2 高沉降的地方	44
6.3.3 水域迁移过程	44
6.4 结论	45
参考文献	45
第 7 章 胶州湾 As 的重力特性机制及沉降过程	47
7.1 背景	47
7.1.1 胶州湾自然环境	47
7.1.2 材料与方法	47
7.2 表底层分布及变化	48
7.2.1 表底层水体	48
7.2.2 表层季节分布	48

7.2.3	底层季节分布	48
7.2.4	表底层变化范围	49
7.2.5	表底层水平分布趋势	49
7.3	重力特性和机制	49
7.3.1	沉降过程	49
7.3.2	季节变化过程	50
7.3.3	重力特性	50
7.3.4	变化沉降	51
7.3.5	空间沉降	51
7.4	结论	51
	参考文献	52
<b>第 8 章</b>	<b>As 的近岸迁移模型及计算</b>	<b>53</b>
8.1	背景	53
8.1.1	胶州湾自然环境	53
8.1.2	材料与方法	53
8.2	定义及公式	54
8.2.1	水平物质含量变化的定义及公式	54
8.2.2	垂直物质含量变化的定义及公式	54
8.2.3	表层和底层的水平损失量	55
8.2.4	垂直稀释量和垂直积累量	55
8.2.5	表底层垂直变化	56
8.3	含量的计算	56
8.3.1	物质含量变化	56
8.3.2	含量的水平和垂直变化	57
8.3.3	近岸水域的水平损失量	58
8.3.4	区域沉降	59
8.4	结论	60
	参考文献	60
<b>第 9 章</b>	<b>地表、海水和河流对胶州湾水域 As 含量的影响</b>	<b>62</b>
9.1	背景	62
9.1.1	胶州湾自然环境	62
9.1.2	材料与方法	62
9.2	含量及分布	63
9.2.1	含量大小	63

9.2.2 表层水平分布 .....	63
9.3 环境的影响 .....	66
9.3.1 水质 .....	66
9.3.2 来源 .....	66
9.3.3 输入过程 .....	67
9.4 结论 .....	67
参考文献 .....	68
<b>第 10 章 胶州湾湾口水域 As 的聚集和发散过程 .....</b>	<b>69</b>
10.1 背景 .....	69
10.1.1 胶州湾自然环境 .....	69
10.1.2 材料与方法 .....	69
10.2 含量及分布 .....	70
10.2.1 底层含量大小 .....	70
10.2.2 底层水平分布 .....	70
10.3 聚集和发散过程 .....	72
10.3.1 水质 .....	72
10.3.2 湾口水域 .....	72
10.3.3 聚集和发散过程 .....	73
10.4 结论 .....	73
参考文献 .....	74
<b>第 11 章 胶州湾水域 As 来源对垂直分布的影响 .....</b>	<b>75</b>
11.1 背景 .....	75
11.1.1 胶州湾自然环境 .....	75
11.1.2 材料与方法 .....	75
11.2 表底层垂直变化 .....	76
11.2.1 表层季节分布 .....	76
11.2.2 底层季节分布 .....	76
11.2.3 表底层水平分布趋势 .....	76
11.2.4 表底层变化范围 .....	77
11.2.5 表底层垂直变化 .....	77
11.3 来源对垂直分布的影响 .....	78
11.3.1 沉降过程 .....	78
11.3.2 季节变化过程 .....	78
11.3.3 垂直分布 .....	78

11.3.4	区域沉降	79
11.4	结论	80
	参考文献	80
<b>第 12 章</b>	<b>胶州湾水域 Zn 的来源</b>	<b>82</b>
12.1	背景	82
12.1.1	胶州湾自然环境	82
12.1.2	材料与方法	82
12.2	含量及分布	83
12.2.1	含量大小	83
12.2.2	表层水平分布	83
12.3	水质及来源	86
12.3.1	水质	86
12.3.2	来源	86
12.4	结论	87
	参考文献	87
<b>第 13 章</b>	<b>胶州湾水域 Zn 的垂直分布</b>	<b>88</b>
13.1	背景	88
13.1.1	胶州湾自然环境	88
13.1.2	材料与方法	88
13.2	水平及垂直分布	89
13.2.1	底层水平分布	89
13.2.2	季节分布	91
13.2.3	垂直分布	91
13.3	降解过程	92
13.3.1	季节变化过程	92
13.3.2	降解过程	92
13.4	结论	93
	参考文献	93
<b>第 14 章</b>	<b>强烈关注海洋和陆地受到的 Zn 污染</b>	<b>95</b>
14.1	背景	95
14.1.1	胶州湾自然环境	95
14.1.2	材料和方法	95
14.2	含量及分布	96
14.2.1	含量大小	96



14.2.2 表层水平分布 .....	96
14.3 水质及来源 .....	99
14.3.1 水质 .....	99
14.3.2 来源 .....	99
14.4 结论 .....	100
参考文献 .....	101
<b>第 15 章 胶州湾湾口阻拦 Zn 的入侵及隔离性 .....</b>	<b>102</b>
15.1 背景 .....	102
15.1.1 胶州湾自然环境 .....	102
15.1.2 材料与方法 .....	102
15.2 含量及分布 .....	103
15.2.1 底层含量大小 .....	103
15.2.2 底层水平分布 .....	103
15.3 拦阻及隔离 .....	106
15.3.1 水质 .....	106
15.3.2 湾口的阻拦 .....	107
15.3.3 隔离性过程 .....	107
15.4 结论 .....	108
参考文献 .....	108
<b>第 16 章 胶州湾水域 Zn 垂直迁移的特征及过程 .....</b>	<b>109</b>
16.1 背景 .....	109
16.1.1 胶州湾自然环境 .....	109
16.1.2 材料与方法 .....	109
16.2 表底层分布 .....	110
16.2.1 表层季节分布 .....	110
16.2.2 底层季节分布 .....	110
16.2.3 表底层水平分布趋势 .....	110
16.2.4 表底层变化范围 .....	111
16.2.5 表底层垂直变化 .....	111
16.3 垂直迁移特征及过程 .....	112
16.3.1 沉降过程 .....	112
16.3.2 季节变化过程 .....	112
16.3.3 空间沉降 .....	112
16.3.4 变化沉降 .....	113