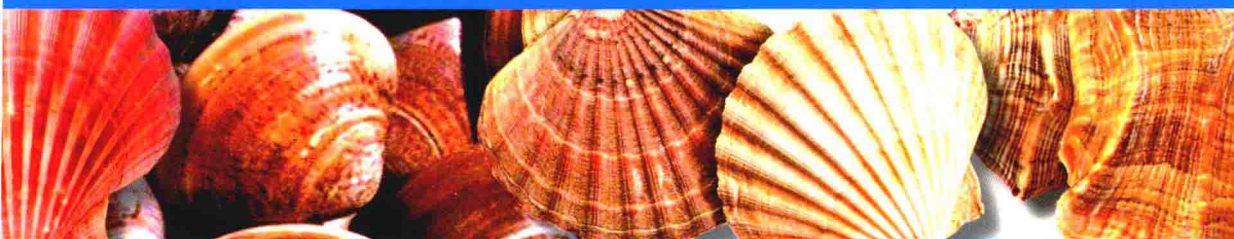


*HUANGBOHAI ZHONGDIAN HAIYU
BEILEI YANGZHI HUANJING ANQUAN PINGJIA
JIQI JIANKONG TIXI*

黄渤海重点海域贝类养殖环境 安全评价及其监控体系



张利民 主编



海洋出版社

黄渤海重点海域贝类养殖环境 安全评价及其监控体系

张利民 主编

海洋出版社

2014年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

黄渤海重点海域贝类养殖环境安全评价及其监控体系/张利民主编. —北京: 海洋出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8674 - 8

I. ①黄… II. ①张… III. ①黄海 - 海域 - 海水养殖 - 贝类养殖 - 环境生态评价
②渤海 - 海域 - 海水养殖 - 贝类养殖 - 环境生态评价③黄海 - 海域 - 海水养殖 - 贝类养殖
- 生态环境 - 环境监测④渤海 - 海域 - 海水养殖 - 贝类养殖 - 生态环境 - 环境监测
IV. ①S968. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 234754 号

责任编辑: 杨传霞

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

中煤涿州制图印刷厂北京分厂印刷 新华书店发行所经销

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 25.75

字数: 610 千字 定价: 138.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《黄渤海重点海域贝类养殖环境 安全评价及其监控体系》 编委会

主 编：张利民

副 主 编：马建新 孙丕喜 孙福新 李鲁晶

编写人员：宋秀凯 王 颖 刘爱英 徐艳东

刘丽娟 马元庆 徐英江 夏 涛

景福涛 吴志宏 刘义豪 王茂剑

宫向红 孙玉增 李 晓 田秀慧

姜会超 苏 博 徐宗法 白艳艳

李 斌 孙 珊 任利华 张焕君

汤宪春 李 凡 刘天红 靳 洋

王宗兴 孙元芹 姜 芳 孙国华

任传博 邢红艳 秦华伟 谷伟丽

姜向阳 刘慧慧 孙 伟 陶慧敏

李佳蕙 张收元 郝林华 刘元进

刘小静

前言

我国是世界最大的贝类养殖国，年产量占世界贝类总产量的 70% 以上，目前已形成规模养殖的经济贝类有近 20 种，贝类增养殖已经成为水产养殖业的支柱之一。2010 年全国海水养殖贝类产量达 $1\,108.2 \times 10^4$ t，约占全国海水养殖总产量的 75%。黄渤海海域北起辽东湾，南至长江口北岸启东嘴，海域总面积约 45.7×10^4 km²，沿岸分布有辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省等省市，是我国最重要的海水贝类养殖主产区。2010 年黄渤海养殖贝类产量约 579.3×10^4 t，占全国海水养殖贝类总产量的 52.3%，占该区域海水养殖总产量的 78.2%。其中，扇贝、蛤、贻贝产量分别占全国各自养殖总产量的 93.8%、75.9% 和 60.6%，海水贝类养殖已成为该区域出口创汇和增加渔民收入的重要经济来源。

海水贝类具有高蛋白、低脂肪和富含微量元素等特点，是人类蛋白质的重要来源之一，深受消费者的喜爱。近年来，随着黄渤海经济圈经济的迅猛发展和海洋工程的快速建设，近岸海域污染加剧，生态环境脆弱，水体富营养化和氮磷比例失衡，赤潮和绿潮频发，海上溢油事件时有发生，渔业资源衰退，海洋经济生物种质退化，生物多样性降低。由于贝类具有非选择性滤食的习性，生活区域比较固定，主动逃避能力弱，生长过程中极易受外界环境影响，导致贝类体内重金属、微生物、贝毒等含量超标，影响贝类质量。贝类产品质量下降，已严重影响了我国贝类产品出口创汇和产品声誉，每年由此造成的经济损失达数十亿元。人们食用受污染贝类会对健康造成严重危害，甚至导致死亡。贝类养殖环境不断恶化和贝类产品质量下降已成为制约我国海水贝类养殖业健康和可持续发展的关键因素之一。

目前，我国尚未建立系统的水产贝类养殖环境安全评价和监控技术体系，缺乏统一的贝类养殖海域开放和封闭管理制度，缺少相应的监测预警指标、手段和管理办法，没有充分发挥海洋环境监测与评价对海洋经济可持续协调发展的辅助决策作用。广大海水养殖业户和海洋环境管理部门迫切需要相关养殖海域环境安全评价与监控方面的实用技术，以解决贝类养殖生产中的环境和产品质量监控问题。

“黄渤海重点海域贝类养殖环境安全评价及其监控体系技术研究”始于 2008 年 7 月，先后完成了烟台四十里湾、莱州金城湾和荣成桑沟湾等黄渤海重点贝类养殖海域现场监测工作，总航程近 6 000 海里，共获取水质数据 40 000 余个，沉积物数据 6 000 余个，养殖生物数据近 4 000 个。现场监测项目包括

海水、沉积物、生物生态（浮游植物、浮游动物、底栖生物、养殖贝类）三大类共71个参数。着重研究、识别黄渤海重点贝类养殖海域水环境、沉积物环境及养殖贝类体内的主要污染因子，分析主要污染因子时空变化规律，判断重金属、石油类、微生物、氨基脲、农药、多氯联苯等环境因子对养殖贝类质量的影响，开展甲基汞、铅、镉等5种不同重金属在栉孔扇贝、太平洋牡蛎和文蛤体内的富集与代谢规律研究，分析污染因子在养殖贝类体内的富集效应，提出了适养品种可行性建议，建立了重金属在扇贝、牡蛎和文蛤体内转移模型。以文蛤为对象提出受氨基脲污染贝类的净化方式和净化时间；初步探讨了饵料藻类对氨基脲富集代谢规律以及氨基脲在沉积物中的吸附等温线；估算氨基脲在海水和沉积物中的预警值。开发了基于紫外线为消毒源的室内贝类净化技术，利用现有的海水鱼工厂化水处理设备和鱼类养殖池等设施进行贝类净化试验，增强了成果的可操作性，降低了净化成本。构建了黄渤海山东沿岸贝类养殖区安全分类标准体系，并进行了初步的示范与应用。依据该研究成果，编制了地方标准《贝类养殖区安全分类规范》（DB37/T2069-2012），在黄渤海首次提出利用养殖用水体中粪大肠菌群含量作为贝类养殖区划型依据。开发了“黄渤海贝类养殖环境评价和监控系统”软件，建立了贝类养殖环境安全监控技术体系，对贝类养殖环境、养殖过程、产品质量及销售流通等环节进行全程监控。

本书的编写和出版得到“海洋公益性行业科研专项（200805031）”和“水生动物营养与饲料泰山学者岗位”等项目的资助，在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中参考和引用了有关专家、学者的大量文献，并尽可能在文后列出，但由于篇幅所限，还有一小部分引用文献未在文后列出，敬请原作者谅解。

在本课题调查与研究工作中，可能有考虑不到、设计不周的地方，加之水平和条件的限制，本书难免存在缺点和错误，为了帮助我们提高今后的研究和工作水平，诚恳地希望专家和读者给予批评指正。

张利民
2013年12月

目次

第1章 重点海域贝类养殖环境现状	(1)
1.1 自然环境与社会经济状况	(1)
1.2 四十里湾贝类养殖环境现状	(5)
1.3 金城湾贝类养殖环境现状	(15)
1.4 桑沟湾贝类养殖环境现状	(22)
第2章 重点海域海洋生物环境状况	(31)
2.1 四十里湾海洋生物环境状况	(31)
2.2 金城湾海洋生物环境状况	(44)
2.3 桑沟湾海洋生物环境状况	(57)
第3章 重点养殖生物的生物体质量	(69)
3.1 栉孔扇贝	(69)
3.2 牡蛎	(89)
3.3 文蛤	(107)
第4章 典型污染物对经济养殖生物毒理学效应	(125)
4.1 氨基脒的生物毒理学效应	(125)
4.2 丁基锡的生物毒理学效应	(132)
4.3 重金属对海洋贝类的生物毒理学效应	(133)
第5章 养殖生态环境安全评价与生态风险评价	(147)
5.1 贝类养殖环境安全评价	(147)
5.2 表层海水和沉积物中 HCHs、DDTs 的分布与生态风险评价	(177)
5.3 丁基锡生态风险与水产品健康风险评价	(188)
第6章 重点海域贝类体内的净化技术与环境安全监控技术	(202)
6.1 贝类体内微生物净化消除技术	(202)
6.2 养殖贝类安全监控技术体系构建	(232)
6.3 贝类养殖环境安全监控风险预警软件开发	(247)
6.4 贝类养殖海域安全分类标准及应用示范	(266)
附图 黄渤海重点海域环境因子平面分布图	(271)
附图 A:四十里湾海洋环境因子平面分布图	(271)
附图 B:金城湾海洋环境因子平面分布图	(321)
附图 C:桑沟湾海洋环境因子平面分布图	(372)
参考文献	(399)

第 1 章 重点海域贝类养殖环境现状

1.1 自然环境与社会经济状况

1.1.1 烟台四十里湾贝类养殖区

1.1.1.1 自然环境概况

(1) 地理位置

烟台市海岸线长达 909 km，濒临黄渤海，有大小基岩岛屿 63 个。其中，四十里湾位于烟台市北部海域（图 1.1），西北与芝罘湾相连，东邻养马岛，北面为湾口，毗邻北黄海，其间散布有崆峒岛群，水深多为 8~10 m。夏季水温较高，平均 23.3~27.4℃；至 10 月上旬，平均水温在 20℃左右；冬季水温 2.5~3.0℃。潮流为正规半日潮流，平均潮差 1.66 m。沿岸入海河流有逛荡河、马家河、辛安河和小鱼鸟河，其中辛安河最长，达 48.5 km，洪峰径流量可达 1 160 m³/s。小鱼鸟河平时干涸，其下游几乎成为纳污河，污染严重。汇入四十里湾的陆源污染物主要包括工业废水、生活污水和农业排水。其中，工业废水主要是通过小鱼鸟河、辛安河、逛荡河、马家河和烟台大学入海口入海，生活污水主要是经小鱼鸟河和烟台大学入海口入海。

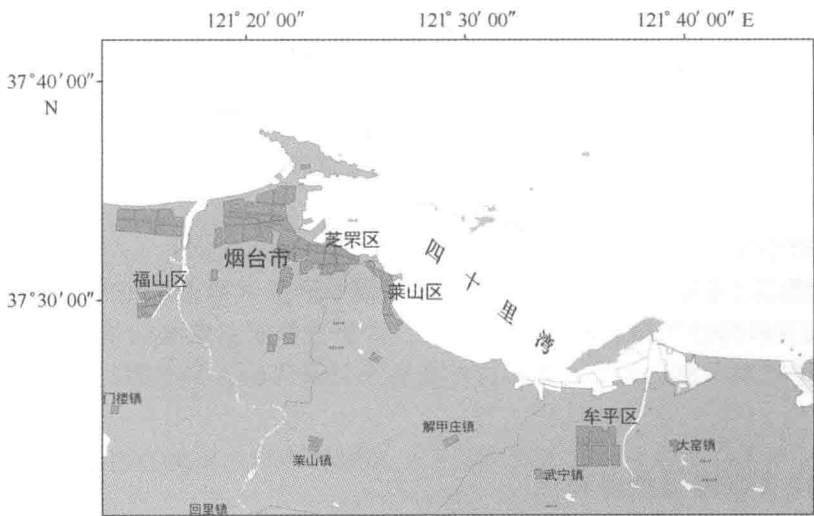


图 1.1 四十里湾地理位置

(2) 气候气象

烟台地区多年年平均气温 12.0℃。1 月气温最低，多年月平均气温 -1.5℃；8 月气温

最高，多年月平均气温 24.5℃。

多年年平均降水量 495.8 mm；降水多集中在 6 月至 9 月；多年年平均降水日数 80.2 d；多年年平均降雪日数 20.6 d。

全年常风向为 SSE 向，频率为 11%，盛行于夏季，其次为 NNW，频率为 10%；强风向为 NW 向，盛行于冬季。多年年平均风速 5.6 m/s，最大风速为 40 m/s。月平均风速 11 月最大，为 6.6 m/s；9 月最小，为 4.5 m/s。

多年年平均雾日数为 27 天。春、夏两季雾日较多，雾一般在夜间至早晨形成和发展，日出后减弱或消散。烟台四十里湾海域年平均蒸发量 2 001.1 mm；最大年蒸发量 2 341.9 mm（1961 年），最小年蒸发量 1 520.1 mm（1952 年）；月平均蒸发量 4 月至 7 月最大，冬季 3 个月蒸发量最小。

（3）水文条件

烟台市域内河网发达，中小河流众多，长度在 5 km 以上的河流有 121 条，其中流域面积在 300 km² 以上的河有五龙河、大沽河、大沽夹河、王河、界河、黄水河和辛安河 7 条。其特点是河床比降大，源短流急，暴涨暴落，属季风雨源型河流。

1.1.1.2 社会经济概况

（1）人口与经济

2009 年全年生产总值 3 728.7 亿元，同比增长 13.5%；地方财政收入 189.1 亿元，增长 13.8%。人均国民生产总值 54 012 元，增长 13.1%。高新技术产业产值 3 771 亿元，占规模以上工业比重 42%。全市主营业务收入过 10 亿元、利税过亿元的企业超过 100 户。全市固定资产投资 2 222 亿元，增长 25.1%。全市社会消费品零售额 1 220 亿元，增长 19.2%。全年外贸进出口总额 342.9 亿美元，下降 2.1%。其中，出口 198.3 亿美元，下降 3.9%，降幅低于全国、全省 10 个百分点以上，在首批 14 个沿海开放城市中降幅最低。全市实际使用外资 10.9 亿美元，增长 2.6%；注册外资 17.2 亿美元，增长 2.8%。全年接待海内外游客 2 803 万人次，实现旅游总收入 273.7 亿元，分别增长 17.7% 和 19.8%。全年完成地方一般预算收入 166.17 亿元，增长 18%。

（2）港口与码头

区内港口资源丰富，烟台港是我国北方的主要枢纽港，八角北部近海是条件良好的深水大港预留区。

（3）养殖概况

四十里湾海水养殖历史悠久，是我国北方最早开展浅海养殖的海域之一，自 20 世纪 40 年代就开展海带和裙带菜的养殖实验。目前，养殖对象有贻贝、栉孔扇贝、海湾扇贝、太平洋牡蛎和褶牡蛎等，养殖方式主要为浮筏养殖，是我国北方典型的海水养殖区之一。

1.1.2 莱州金城湾贝类养殖区

1.1.2.1 自然环境概况

金城湾贝类养殖区位于山东半岛莱州湾畔（见图 1.2），濒临渤海，地处莱州市金城镇石虎嘴以北海区，养殖面积 1 750 hm²。金城湾海水养殖历史悠久，是我国北方最早开展浅海海产养殖的海域之一。目前主要养殖海湾扇贝和刺参，其中海湾扇贝养殖面积约

800 hm²。海岸线约 35 km，属于狭窄的海成堆积沙岸，底质以泥沙和沙为主，野生贝类以菲律宾蛤仔、扁玉螺、脉红螺、毛蚶等为主。平均水深 7 m，水温 -2.0~27.4℃，年平均气温 12.4℃，平均日照 2 669 h，积温 3 800~4 000℃。气候属暖温带季风气候，春夏以南风为主，水质清澈，秋冬受北风影响大，水质浑浊，属正规半日潮。汇入金城湾的河流只有朱桥河 1 条，全长 22 km，流域面积 176.8 km²，上游河床宽约 50 m，下游河床宽约 100 m，属季节性河流。

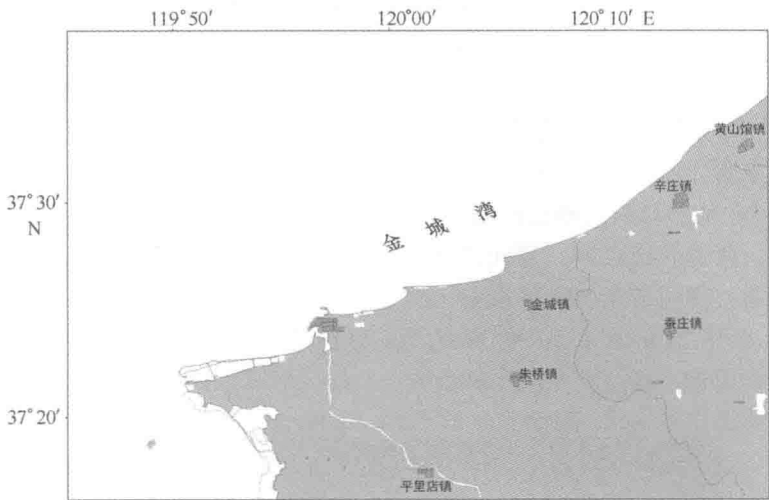


图 1.2 金城湾地理位置

1.1.2.2 社会经济概况

莱州市位于胶东半岛莱州湾畔，总面积 110 km²，辖 38 个行政村，总人口 3.81 万人，其中沿海村庄 18 个，渔业人口 1.67 万人；地理位置优越，交通条件便利，206 国道、文三路和大莱龙铁路纵横穿越全境。2008 年国民生产总值约 19 亿元，地方财政收入约 5 000 万元，农民人均纯收入约 8 000 元。盛产海湾扇贝、刺参、三疣梭子蟹、对虾等数十种海珍品，先后被授予“中国海湾扇贝之乡”、“全国海湾扇贝第一镇”等国家级荣誉称号。

莱州市气候宜人、土壤肥沃，生产的优质苹果以个大、味美、色艳、营养丰富而驰名中外，是烟台苹果的生产区之一。金城镇耕地面积 2 600 hm²，优质果园面积 1 900 hm²，从业人员 1.5 万人，品种以优系红富士为主，约占总面积的 80% 以上。到目前为止，全市优系红富士面积已发展到 500 多公顷，年产量达到 2 000 多万千克，成为莱州市最大的红富士生产基地。

莱州市金城镇拥有全国乡镇之首的黄金储量，是国家重要的黄金生产基地，自 20 世纪 70 年代初，先后建起了新城、焦家两处省属大型金矿，望儿山、金城两处市属大型金矿等企业，年产黄金约 38 万两，约占山东省黄金总产量的 1/4。金城镇素有“金山银海天府宝地、能人贤士钟灵之乡”之美誉，堪称是渤海湾金项链上的一颗明珠。

1.1.3 桑沟湾贝类养殖区

1.1.3.1 自然环境概况

桑沟湾为荣成市最大的港湾，位于荣成东部沿海（图 1.3），北、西、南三面为陆地环抱，湾口朝东，以褚岛头与兔子石南北对峙，属于半封闭式港湾，南北口长 11.5 km，东西宽 7.5 km，湾内水域面积 $1.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，底质类型为基岩、砂砾、中细沙、粉沙及泥质粉沙五类。潮汐类型为不正规半日潮，平均大潮差 1.47 m，平均小潮差 0.57 m，平均大潮流速 24 cm/s。湾底地势平坦，由西向东逐渐倾斜，坡度较小，平均水深 7~8 m，最大水深 15~17 m；潮间带平均宽 200 m，北岸潮间宽平均 40 m 左右，滩涂面积 76 hm^2 ，蜊江码头以东主要为岩礁底质，以西至斜口流为沙滩；西岸潮间带平均宽 700 m 左右，滩涂面积 650 hm^2 ，从斜口流至崂山虾场为沙滩，从崂山虾场西到八河水库为泥沙滩；南岸以林家流为界，西为岩礁底质，潮间带宽 150 m，滩涂面积 137 hm^2 ，东至褚岛头为岩礁及泥沙混合底质，潮间带宽 500 m 左右，滩涂面积约计 220 hm^2 。2010 年，桑沟湾养殖面积 6 500 hm^2 ，产量 $24 \times 10^4 \text{ t}$ ，产值 36 亿元，分别占全市养殖总面积、总产量和总产值的 30.7%、41.2% 和 56.3%。

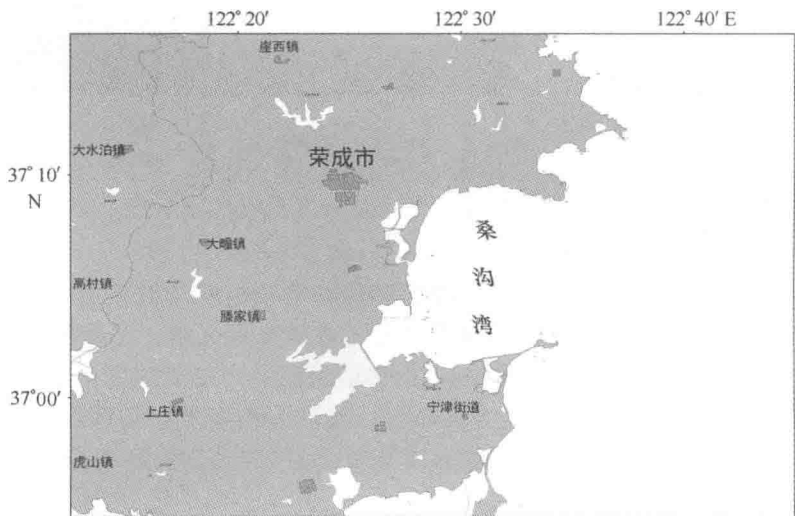


图 1.3 桑沟湾地理位置

1.1.3.2 社会经济概况

该湾沿岸较大河流有桑干河、崖头河、沽河、小落河等，年径流量为 $1.68 \times 10^8 \sim 2.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；年输沙量约 $17.07 \times 10^4 \text{ t}$ 。该湾水域广阔，水流畅通，水质肥沃，自然资源十分丰富，是荣成市最大的海水增养殖区。桑沟湾是我国著名的海珍品和大型藻类养殖基地，养殖面积 60 km^2 。扇贝、鲍鱼、海参、对虾、牡蛎、海带、裙带菜、石花菜和紫菜等增养殖业成果卓著。目前该湾水域面积已被全部利用起来，并将养殖水域延伸到湾口以外，形成了筏式养殖、网箱养殖、底播增殖、区域放流、潮间带围海建塘养殖、滩涂养殖、土池养殖等多种养殖方式并举的新格局，增养殖品种主要有海带、裙带菜、羊栖菜、鲍鱼、魁蚶、虾夷扇贝、栉孔扇贝、海湾扇贝、贻贝、牡蛎、江瑶、毛蚶、泥蚶、杂色

蛤、对虾、梭子蟹、刺参、牙鲆鱼、石鲷鱼、星鲷、大菱鲆、鲈鱼、黑鲷、真鲷、黑鲷、鲈鱼、六线鱼、马面鲀、河豚、美国红鱼等，其中，海带 3 000 hm²，扇贝 1 700 hm²，滩贝 1 100 hm²，对虾 260 hm²，牡蛎 1 300 hm²，鲍鱼 5 000 万粒，刺参 1 000 万头，网箱养殖各种鱼类 500 万尾。

近年来，为了加强桑沟湾的保护和合理利用，根据桑沟湾内初级生产力状况，提出了“721”湾内养殖结构调整工程，即总养殖面积中藻类品种占 70%，滤食性贝类品种占 20%，投食性品种占 10%。

1.2 四十里湾贝类养殖环境现状

1.2.1 水环境

1.2.1.1 无机氮

表层无机氮月均范围 0.045 4 ~ 0.500 mg/L，年均 0.216 mg/L，其中，2009 年年均 0.187 mg/L，变化范围 0.045 4 ~ 0.308 mg/L，最高值出现在 12 月，最低值出现在 10 月；2010 年年均 0.244 mg/L，变化范围 0.081 4 ~ 0.500 mg/L，较 2009 年稍微偏高，最高值出现在 12 月，最低值出现在 7 月，见图 1.4。

底层无机氮月均范围 0.022 1 ~ 0.496 mg/L，年均 0.217 mg/L。其中，2009 年年均 0.187 mg/L，变化范围 0.044 0 ~ 0.308 mg/L，最高值出现在 11 月，最低值出现在 10 月；2010 年年均 0.247 mg/L，变化范围 0.022 1 ~ 0.049 6 mg/L，较 2009 年稍微偏低，最高值出现在 12 月，最低值出现在 7 月，见图 1.4。

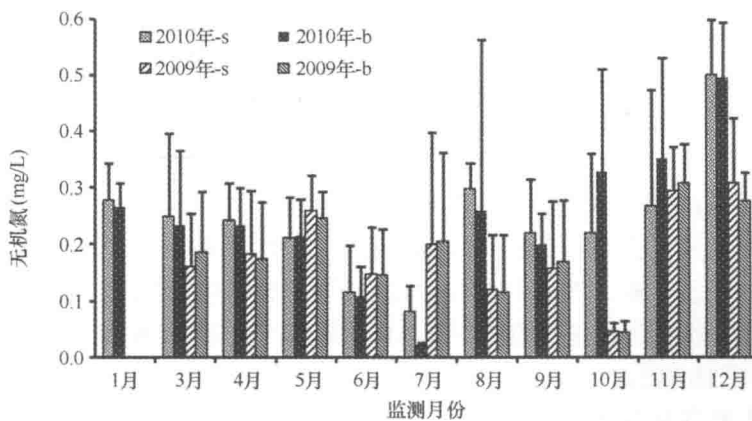


图 1.4 四十里湾无机氮年际分布

注：s 代表表层，b 代表底层，下同

1.2.1.2 活性磷酸盐

表层活性磷酸盐月均范围 0.001 89 ~ 0.021 2 mg/L，年均 0.007 51 mg/L。其中，2009 年年均 0.006 77 mg/L，变化范围 0.001 89 ~ 0.011 2 mg/L，最高值出现在 12 月，最低值出现在 7 月；2010 年年均 0.008 24 mg/L，变化范围 0.002 56 ~ 0.021 2 mg/L，较 2009 年

稍微偏高，最高值出现在1月，最低值出现在5月，见图1.5。

底层活性磷酸盐月均范围0.001 91~0.020 5 mg/L，年均0.006 93 mg/L，其中，2009年年均0.005 87 mg/L，变化范围0.002 22~0.009 98 mg/L，最高值出现在4月，最低值出现在7月；2010年年均0.008 00 mg/L，变化范围0.001 91~0.020 5 mg/L，较2009年有所增高，最高值出现在1月，最低值出现在6月，见图1.5。

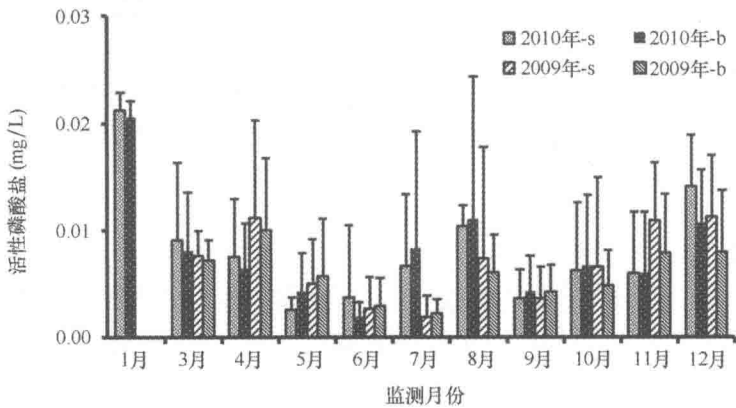


图1.5 四十里湾活性磷酸盐年际分布

1.2.1.3 总氮、溶解态氮

表层总氮月均范围0.416~0.989 mg/L，年均0.647 mg/L，其中，2009年年均0.604 mg/L，变化范围0.416~0.989 mg/L，最高值出现在10月，最低值出现在9月；2010年年均0.690 mg/L，变化范围0.582~0.839 mg/L，较2009年稍微偏高，最高值出现在12月，最低值出现在3月，见图1.6a。

底层总氮月均范围0.410~1.01 mg/L，年均0.645 mg/L，其中，2009年年均0.602 mg/L，变化范围0.410~1.01 mg/L，最高值出现在10月，最低值出现在9月；2010年年均0.687 mg/L，变化范围0.577~0.917 mg/L，较2009年稍微偏高，最高值出现在12月，最低值出现在3月，见图1.6a。

表层溶解态氮月均范围0.227~0.630 mg/L，年均0.401 mg/L，其中，2009年年均0.365 mg/L，变化范围0.227~0.558 mg/L，最高值出现在12月，最低值出现在6月；2010年年均0.436 mg/L，变化范围0.353~0.630 mg/L，较2009年稍微偏高，最高值出现在12月，最低值出现在7月，见图1.6b。

底层溶解态氮月均范围0.198~0.624 mg/L，年均0.396 mg/L，其中，2009年年均0.367 mg/L，变化范围0.198~0.598 mg/L，最高值出现在12月，最低值出现在6月；2010年年均0.426 mg/L，变化范围0.305~0.624 mg/L，较2009年稍微偏高，最高值出现在12月，最低值出现在6月，见图1.6b。

1.2.1.4 总磷、溶解态磷

表层总磷月均范围0.011 7~0.051 4 mg/L，年均0.030 2 mg/L，其中，2009年年均0.024 2 mg/L，变化范围0.011 7~0.051 4 mg/L，最高值出现在10月，最低值出现在7月；2010年年均0.036 2 mg/L，变化范围0.029 9~0.048 3 mg/L，较2009年稍微偏高，

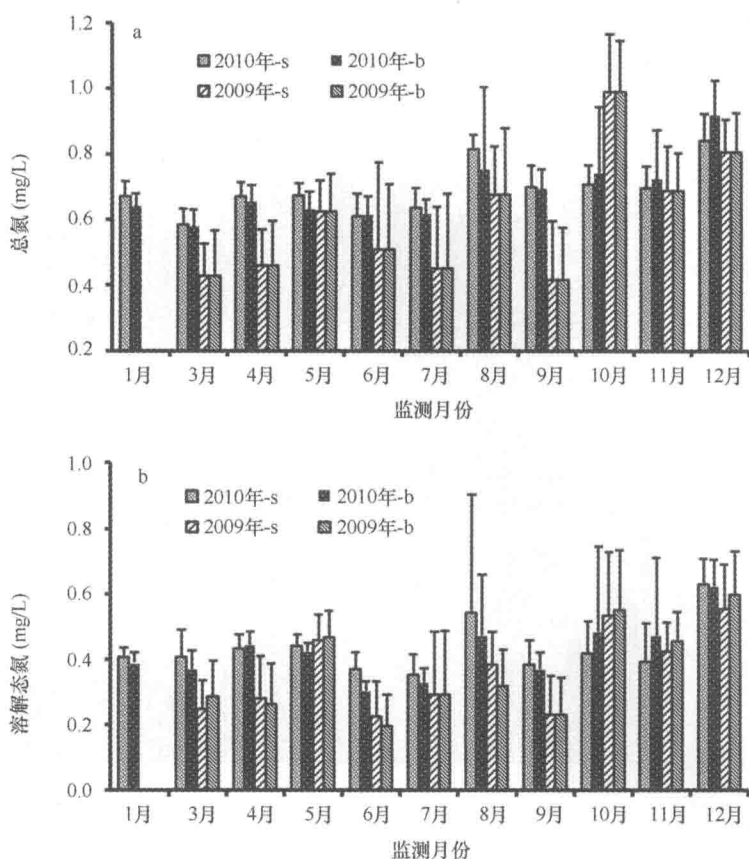


图 1.6 四十里湾总氮、溶解态氮年际分布

最高值出现在 8 月，最低值出现在 4 月，见图 1.7a。

底层总磷月均范围 0.013 5 ~ 0.053 6 mg/L，年均 0.030 5 mg/L。其中，2009 年年均 0.024 7 mg/L，变化范围 0.013 5 ~ 0.053 6 mg/L，最高值出现在 10 月，最低值出现在 9 月；2010 年年均 0.036 3 mg/L，变化范围 0.293 ~ 0.484 mg/L，较 2009 年明显偏高，最高值出现在 8 月，最低值出现在 10 月，见图 1.7a。

表层溶解态磷月均范围 0.007 ~ 0.031 5 mg/L，年均 0.018 5 mg/L。其中，2009 年年均 0.014 0 mg/L，变化范围 0.007 ~ 0.021 mg/L，最高值出现在 8 月，最低值出现在 9 月；2010 年年均 0.023 0 mg/L，变化范围 0.019 4 ~ 0.031 5 mg/L，较 2009 年明显偏高，最高值出现在 8 月，最低值出现在 10 月，见图 1.7b。

底层溶解态磷月均范围 0.008 1 ~ 0.031 3 mg/L，年均 0.018 3 mg/L。其中，2009 年年均 0.014 1 mg/L，变化范围 0.008 1 ~ 0.022 5 mg/L，最高值出现在 8 月，最低值出现在 9 月；2010 年年均 0.022 4 mg/L，变化范围 0.017 0 ~ 0.031 3 mg/L，较 2009 年明显偏高，最高值出现在 1 月，最低值出现在 3 月，见图 1.7b。

1.2.1.5 化学需氧量

表层化学需氧量月均范围 0.44 ~ 2.23 mg/L，年均 1.46 mg/L。其中，2009 年年均 1.17 mg/L，变化范围 0.44 ~ 2.23 mg/L，最高值出现在 8 月，最低值出现在 12 月；2010 年年

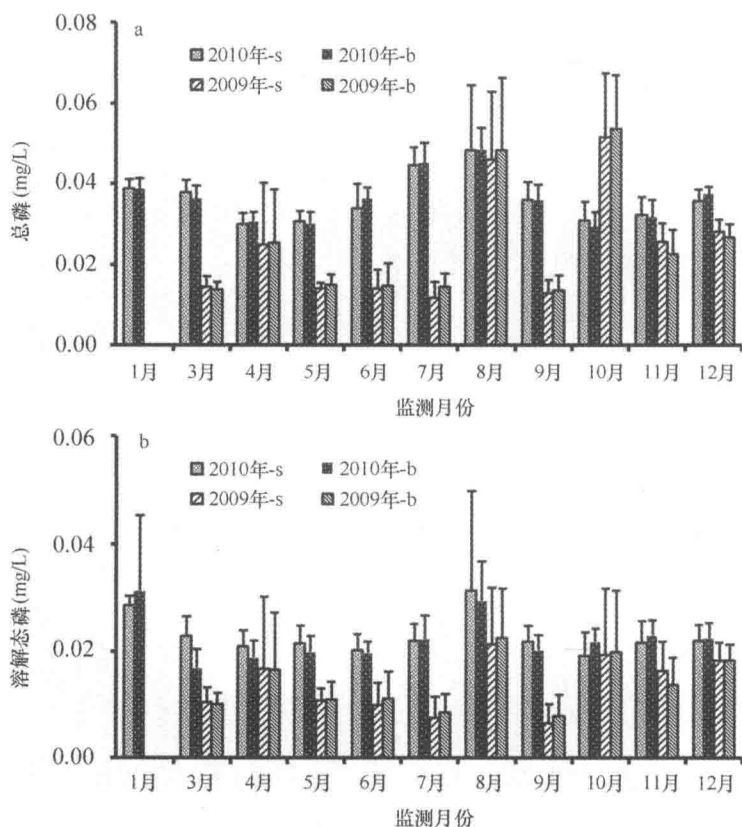


图 1.7 四十里湾总磷、溶解态磷年际分布

均 1.15 mg/L, 变化范围 0.96 ~ 1.50 mg/L, 较 2009 年稍微偏低, 最高值出现在 8 月, 最低值出现在 12 月, 见图 1.8。

底层化学需氧量月均范围 0.45 ~ 1.41 mg/L, 年均 1.03 mg/L。其中, 2009 年年均 1.04 mg/L, 变化范围 0.45 ~ 1.41 mg/L, 最高值出现在 8 月, 最低值出现在 12 月; 2010 年年均 1.01 mg/L, 变化范围 0.86 ~ 1.24 mg/L, 较 2009 年稍微偏低, 最高值出现在 9 月, 最低值出现在 3 月, 见图 1.8。

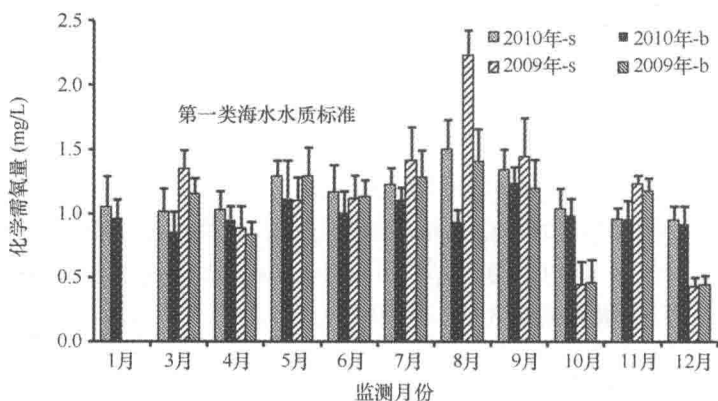


图 1.8 四十里湾化学需氧量年际分布

1.2.1.6 持久性有机污染物

六六六含量平均值范围0.006 42 ~0.010 3 $\mu\text{g/L}$ ，年均0.008 73 $\mu\text{g/L}$ ，最低值出现在2009年3月，最高值出现在2010年8月。其中2009年年均0.008 12 $\mu\text{g/L}$ ，变化范围0.006 42 ~0.009 65 $\mu\text{g/L}$ ；2010年年均0.009 35 $\mu\text{g/L}$ ，变化范围0.008 83 ~0.010 3 $\mu\text{g/L}$ ，见图1.9。

滴滴涕、马拉硫磷、乐果、甲基对硫磷、多氯联苯和阴离子表面活性剂均未检出。

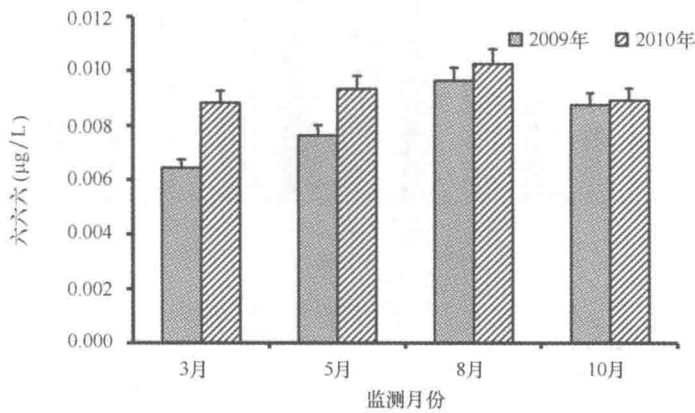


图1.9 四十里湾六六六年际分布

1.2.1.7 氨基脒

氨基脒含量月均值范围0.014 5 ~0.042 4 $\mu\text{g/L}$ ，年均0.024 8 $\mu\text{g/L}$ 。其中，2009年年均0.016 9 $\mu\text{g/L}$ ，变化范围0.014 5 ~0.019 5 $\mu\text{g/L}$ ，最高值出现在12月，最低值出现在3月；2010年年均0.031 9 $\mu\text{g/L}$ ，变化范围0.018 4 ~0.042 4 $\mu\text{g/L}$ ，较2009年含量明显偏高，最高值出现在8月，最低值出现在5月，见图1.10。

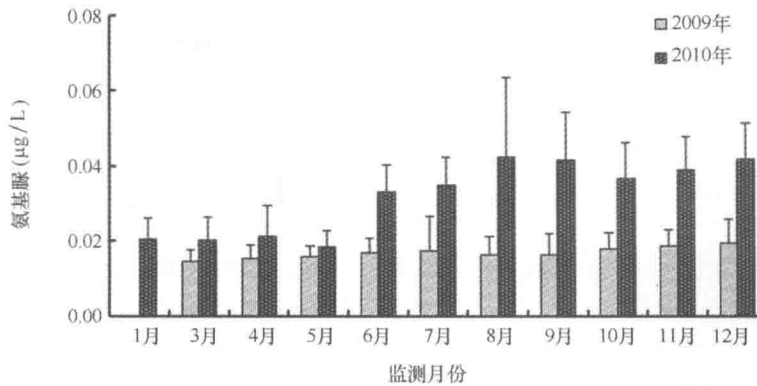


图1.10 四十里湾氨基脒年际分布

1.2.1.8 有机锡

有机锡含量月均值范围0.050 5 ~0.076 6 $\mu\text{g/L}$ ，年均0.064 3 $\mu\text{g/L}$ ，其中，2009年年均0.064 0 $\mu\text{g/L}$ ，变化范围0.050 5 ~0.073 4 $\mu\text{g/L}$ ，最高值出现在9月，最低值出现在3月

月；2010 年年均 $0.0646\text{ }\mu\text{g/L}$ ，变化范围 $0.0591\sim0.0766\text{ }\mu\text{g/L}$ ，与 2009 年含量基本一致，最高值出现在 8 月，最低值出现在 1 月，见图 1.11。

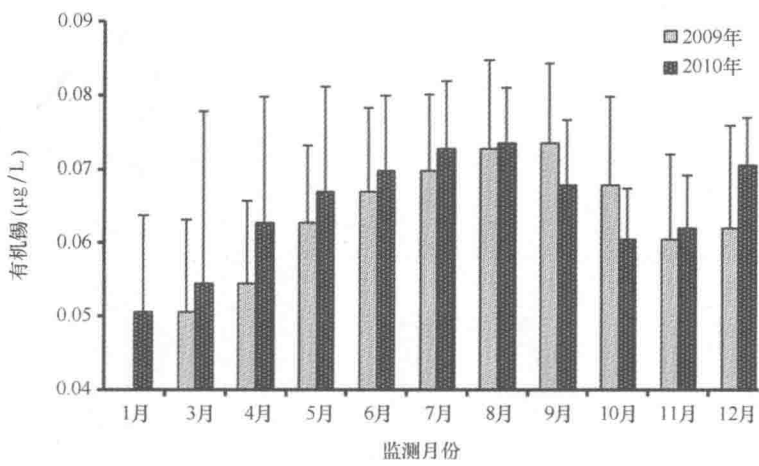


图 1.11 四十里湾有机锡年际分布

1.2.1.9 温度

表层水温月均值范围 $4.0^{\circ}\text{C}\sim25.1^{\circ}\text{C}$ ，其中，2009 年年均 15.2°C ，最高值出现在 8 月，最低值出现在 3 月（2 月未监测，下同）；2010 年年均 14.7°C ，较 2009 年稍微偏低，最高值出现在 9 月。

1.2.1.10 pH

表层 pH 月均范围 $8.03\sim8.24$ ，年均 8.13，其中，2009 年年均 8.15，最高值出现在 4 月，最低值出现在 8 月；2010 年年均 8.13，最高值出现在 4 月，最低值出现在 8 月。

底层 pH 月均范围 $7.88\sim8.26$ ，年均 8.12，其中 2009 年年均 8.11，最高值出现在 3 月和 4 月，最低值出现在 8 月；2010 年年均 8.12，最高值出现在 3 月，最低值出现在 8 月。

1.2.1.11 盐度

表层盐度月均范围 $29.143\sim31.834$ ，年均 31.133，其中，2009 年年均 31.269，最高值出现在 12 月，最低值出现在 8 月；2010 年年均 30.996，最高值出现在 5 月，最低值出现在 8 月。

底层盐度月均范围 $30.447\sim31.817$ ，年均 31.216，其中，2009 年年均 31.326，最高值出现在 12 月，最低值出现在 10 月；2010 年年均 31.106，最高值出现在 5 月，最低值出现在 8 月。

1.2.1.12 溶解氧

表层溶解氧月均范围 $6.67\sim11.8\text{ mg/L}$ ，年均 8.72 mg/L ，其中，2009 年年均 8.70 mg/L ，最高值出现在 12 月，最低值出现在 9 月；2010 年年均 8.73 mg/L ，最高值出现在 1 月，最低值出现在 9 月。

底层溶解氧月均范围 $5.66\sim11.8\text{ mg/L}$ ，年均 8.22 mg/L ，其中，2009 年年均 8.24 mg/L ，最高值出现在 12 月，最低值出现在 8 月；2010 年年均 8.19 mg/L ，最高值出