



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目



BOHAI HAIYANG
HUAXUE HUANJING
DIAOCHA YU
YANJIU

渤海海洋化学环境 调查与研究

尹维翰 崔文林 宋文鹏 张友箴 主编



海洋出版社



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目

渤海海洋化学环境 调查与研究

尹维翰 崔文林 宋文鹏 张友麓 主编

海洋出版社

2014年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

渤海海洋化学环境调查与研究/尹维翰等主编. —北京: 海洋出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5027-8892-6

I. ①渤… II. ①尹… III. ①渤海-海洋化学-海洋环境-调查研究-中国 IV. ①P722.4
②P734

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 128905 号



责任编辑: 张 荣

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

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 11.75

字数: 280 千字 定价: 68.00 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

生于斯长于斯的这方水土，系着我的牵挂。亿万斯年里，渤海像母亲一样，养育着这里的生命，庇护着这方土地的文明，她本该是碧海银沙，渔帆点点、渔歌声声。

——宋文鹏 尹维翰

《渤海海洋化学环境调查与研究》

编 委 会

主 编：尹维翰 崔文林 宋文鹏 张友麓

副主编：齐衍萍 张晓理 赵玉慧 杨晓飞 邓春梅

编 委：曲 亮 陈生涛 鞠 莲 秦 洁 吕则和
王 娟 王 兴 李光梅 唐红霞 于子江
郑 琳 温国义 谢 利 张所祥 王鑫平
张洪亮 李继业 曹丽歆 温婷婷 周 青
巩 晓 袁 媛 侯春强 邹 洁 王利明
魏世国 孙晓东 张继民 刘星辰 李保磊
杨海玲 曾小霖 张 翔 赵 强 杜 明
夏有林 高晓慧 杨明华 吴胜青 郑克芳

前言

Foreword

渤海是我国唯一的半封闭型内海。内海是沿海地区经济建设和社会发展的基础与物质条件，在一个国家或区域中具有重要的经济、社会和军事以及外交上的战略地位。内海也是一个脆弱的生态系统，极易遭到污染、破坏和损害。受损和严重污染的内海对沿海地区社会经济和居民人体健康的影响比开阔海域更加严重，周期更长。

由于渤海重要的战略地位和目前面临的严峻形势，如何管好、利用好渤海，发挥渤海最大的经济效益，使渤海成为社会经济发展的引擎，已成为国家的一项重要战略任务。但是，从现有数据看，近 20 年没有组织较大规模的海洋综合调查，最近的污染基线调查也已经是 10 年前的事情了。对于渤海的掌握，尤其是渤海生态环境和资源状况的掌握还停留在 20 世纪 80 年代海岛、海岸带资源调查的资料上，这部分资料还存在着大量的空白，而且受当时调查手段的限制，项目设置和精度上还有很多缺憾。

为此，国家启动了“我国近海海洋综合调查与评价”专项（以下简称“908 专项”），其总体目标是突出“一个主题”，立足“三个服务”，即突出发展海洋经济主题，立足于为国家决策服务、为经济建设服务、为海洋管理服务。总体任务包括三项内容：开展我国近海海洋环境综合调查与综合评价，构建我国近海“数字海洋”信息基础框架。总体计划安排是用 6 年时间完成专项任务，2004 年启动前期工作，2008 年完成外业调查，2009 年完成专项工作。

其中，渤海海洋化学环境调查与研究包括海水化学、海水放射性、沉积物化学、大气化学和生物质量 5 个专业领域的内容。调查历时 167 天，航行为 1.3 万余海里，参加外业调查工作人员为 146 人次，工作 2 690 小时；完成了渤海近海 121 个站位的海水化学、12 个站位的海水放射性、60 个站位的海洋沉积物化学、25 个站位的海洋生物质量及 30 个站位的海洋大气化学调查，为我国近海海洋综合评价、“数字海洋”信息基础框架构建提供了科学、有效的数据支持。

本书的编写旨在展示我国渤海的“家底”，阐明渤海海洋化学要素的环境特征、时空变化特征和海洋环境质量等，揭示渤海目前主要海洋

环境问题，提出最严格的环境保护政策建议；为“数字海洋”的建立提供基础数据和图件，为我国近海的“立法、规划、管理”提供基础数据，为促进我国海洋经济健康、稳定、可持续发展，实施海洋强国2020年阶段性任务、目标和措施提供技术支撑和科学依据。

此书得以完成应该感谢北海区海洋环境质量综合评价项目 [DOMEP (MEA) -01-01] 的后期资助及技术支持；还要感谢国家海洋局人事司房建孟司长，国家海洋局北海分局郭名克副局长、科技处杨建强处长、胡祥总工、姜锡仁处长，国家海洋局北海环境监测中心崔文林主任、孙培艳书记，国家海洋局北海海洋工程勘察研究院李学全主任、刘有刚教授，国家海洋局北海预报中心郭可彩教授。诸位领导和专家给予的大力支持，提供了良好的研究环境，成为了我们科研事业发展的动力引擎。在此书付梓之际，我们诚挚感谢给予了许多热心指点和有益传授的老师和同仁。

由于作者水平有限，书中难免会有疏漏之处，望广大读者批评指正。

CONTENTS

目次

渤海海洋化学环境调查与研究

1 专项概况	(1)
1.1 来源	(1)
1.2 执行情况	(1)
1.3 调查区域与站点分布	(2)
1.4 调查内容和方法	(4)
1.5 完成的工作量及成果	(11)
2 渤海海域环境状况	(12)
2.1 自然与社会环境概况	(12)
2.2 生态环境现状	(13)
2.3 海洋环境研究状况	(13)
3 近海化学要素的环境特征	(16)
3.1 近海海水化学要素的环境特征	(16)
3.2 近海放射性化学要素的环境特征	(17)
3.3 近海大气化学要素的环境特征	(19)
3.4 近海沉积物化学要素的环境特征	(20)
4 渤海海水化学要素时空变化特征	(22)
4.1 溶解氧	(22)
4.2 酸碱度 (pH)	(24)
4.3 总碱度	(30)
4.4 悬浮物	(34)
4.5 硝酸盐	(37)
4.6 亚硝酸盐	(43)
4.7 铵盐	(47)
4.8 活性磷酸盐	(51)
4.9 活性硅酸盐	(55)
4.10 溶解态总氮	(59)
4.11 溶解态总磷	(63)

4.12	总氮	(67)
4.13	总磷	(70)
4.14	总有机碳	(73)
4.15	油类	(75)
4.16	砷	(76)
4.17	总汞	(78)
4.18	铜	(79)
4.19	铅	(81)
4.20	镉	(82)
4.21	锌	(84)
4.22	总铬	(85)
4.23	近岸主要海水化学要素日变化	(87)
5	渤海大气化学要素时空变化特征	(90)
5.1	铜	(90)
5.2	铅	(91)
5.3	镉	(92)
5.4	钒	(93)
5.5	锌	(94)
5.6	铝	(95)
5.7	铁	(96)
5.8	钾	(97)
5.9	钠	(98)
5.10	钙	(99)
5.11	镁	(100)
5.12	铵	(101)
5.13	硫酸盐	(102)
5.14	磷酸盐	(103)
5.15	硝酸盐	(103)
5.16	亚硝酸盐	(104)
5.17	甲基磺酸根	(105)
5.18	二氧化碳	(106)
5.19	氮氧化物	(107)
5.20	甲烷	(108)
5.21	氧化亚氮	(109)
5.22	总碳	(110)
6	渤海沉积物化学要素时空变化特征	(112)
7	渤海放射性化学要素时空变化特征	(121)
7.1	海水放射性	(121)
7.2	沉积物放射性	(126)

7.3 海洋经济生物放射性	(129)
8 渤海海洋经济生物体内污染物残留水平	(130)
8.1 重金属	(130)
8.2 石油烃	(131)
8.3 难降解有机物	(131)
9 渤海海洋环境质量	(133)
9.1 海水化学	(133)
9.2 海洋沉积物	(143)
9.3 海洋大气	(145)
9.4 海洋放射性	(146)
9.5 海洋经济生物质量	(147)
10 渤海主要环境问题	(149)
10.1 营养元素	(149)
10.2 重金属污染	(156)
10.3 温室气体	(159)
11 渤海最严格环境保护政策建议	(166)
11.1 实施最严格的污染防治政策	(166)
11.2 实施最严格的生态保护政策	(168)
11.3 实施最严格的区域限批政策	(169)
11.4 实施最严格的海洋环境风险管理措施	(170)
参考文献	(171)

1 专项概况

本书是在“908专项”(908-01-ST01 水体环境调查)研究成果的基础上编写。“908专项”是由国家海洋局组织实施的我国海洋调查史上涉及学科最多、规模最大、调查要素最多、调查技术最先进的国家重大专项。其总体目标是突出“一个主题”，立足“三个服务”，即突出发展海洋经济主题，立足于为国家决策服务、为经济建设服务、为海洋管理服务。总体任务包括三项内容：开展我国近海海洋环境综合调查与综合评价、构建我国近海“数字海洋”信息基础框架。总体计划安排是用6年时间完成专项任务，2004年启动前期工作，2008年完成外业调查，2009年完成专项工作。

1.1 来源

(渤海) ST01 区块水体环境调查与研究是“908专项”的主要专题之一，其调查研究区域为渤海，主要任务是查明渤海水体环境的基本状况，全面更新基础资料和图件，进一步深化对渤海海洋化学环境要素的时空分布、变化规律、形成机制、制约因素等的认识，为渤海海洋环境综合评价、海洋资源开发利用、海洋管理和环境保护等提供基础依据。

根据《ST01 区块水体环境调查合同书》的总体要求，国家海洋局“908专项”办公室委托国家海洋局北海分局（以下简称分局）承担 ST01 区块水体环境调查与研究，并要求依据《我国近海海洋综合调查与评价专项技术规程》（国家海洋局，2006年2月）等有关技术文件开展实施。

1.2 执行情况

根据国家海洋局“908专项”办公室〔2006〕13号、〔2007〕5号文件精神，国家海洋局北海分局自2006年7月至2007年11月期间，按计划圆满完成 ST01 区块水体环境夏、冬、春和秋季4个航次的全部外业调查任务，获得大量高质量的渤海水体环境基础数据。

针对水体调查具有调查站位密集、调查手段先进、调查项目齐全、调查频次涵盖四季等特点，分局组织精干技术力量，引进国际先进设备，克服时间紧、任务重的困难，合理安排计划进度，按时完成了航前准备工作；视任务情况派出“中国海监17”船、“青渔科08”船以及其他多艘船舶共同开展海上作业；在航次执行过程中，面对调查海域气象条件多变、养殖区分布较多、海底地形复杂等不利因素，以保证安全和数据质量为主线，精心组织、科学安排，顺利实施了夏、冬、春和秋季4个航次的外业调查任务。2009年完成了数据存档与整理工作。2010年完成了资料汇交、报告整编、项目自验收等工作，在全系统质量评估中成为截止到2010年12月唯一获得优秀的单位，并顺利完成了课题的现场和会议验收。

1.3 调查区域与站点分布

“908 专项”渤海 ST01 区块水体环境海洋化学调查与研究项目四航次调查区域为 (38.7370N, 121.1630E) 和 (37.8240N, 120.8690E) 两点连线以西的渤海海域。调查区域在黄河口附近海域, 以岸线为界, 基础调查区域和其他重点调查海域; 以 10 m 等深线为界 (10 m 等深线以下海域, 个别站位除外), 分为渤海基础调查区、辽东湾邻近海域重点调查区、北戴河邻近海域重点调查区、天津邻近海域重点调查区、黄河口邻近海域重点调查区和莱州湾海域重点调查区 (如图 1.1)。

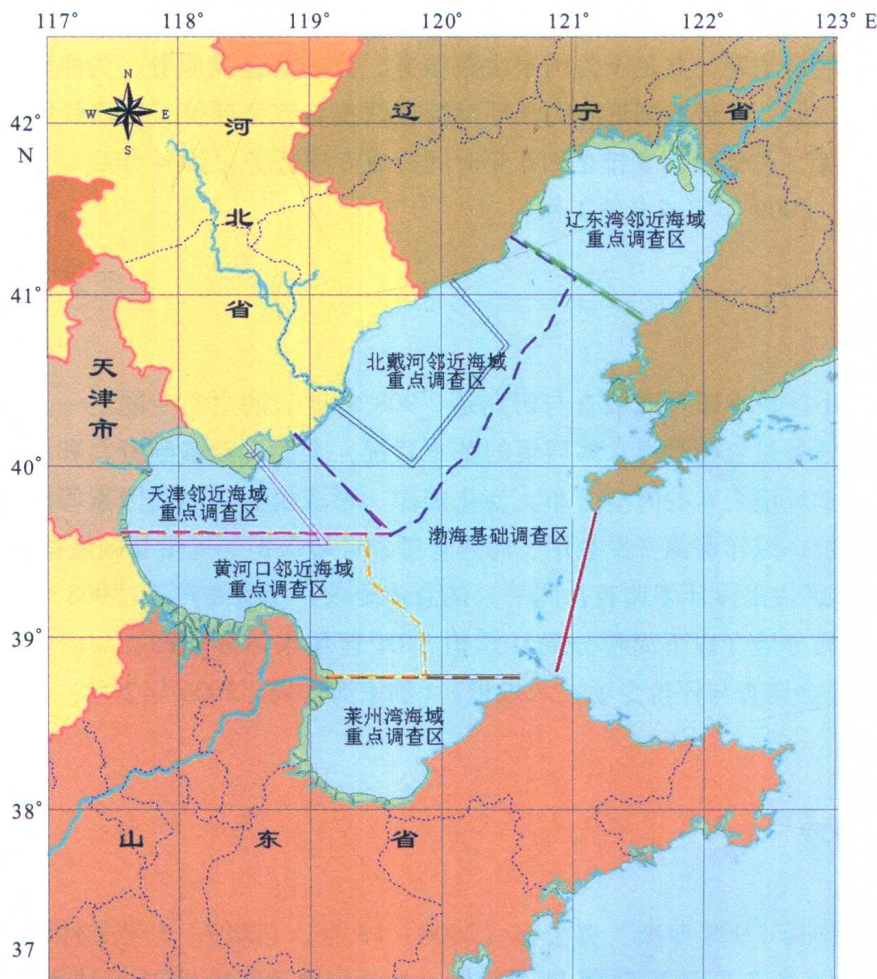


图 1.1 “908 专项”渤海 ST01 区块水体环境调查区域示意图

本次海洋化学调查共设立了 121 个大面观测站, 1 个连续观测站, 共计 31 条断面 (见图 1.2 至图 1.5)。其中, 基础调查区域 28 站, 8 条断面; 重点调查区域中辽东湾邻近海域 12 站, 3 条断面; 北戴河邻近海域 14 站, 3 条断面; 天津邻近海域 9 站, 3 条断面, 黄河口邻近海域 38 站, 9 条断面, 莱州湾海域 20 站, 5 条断面。另外, 在调查区域内有 61 个沉积物化学观测站, 10 个放射性物质观测站, 30 个大气化学观测站。

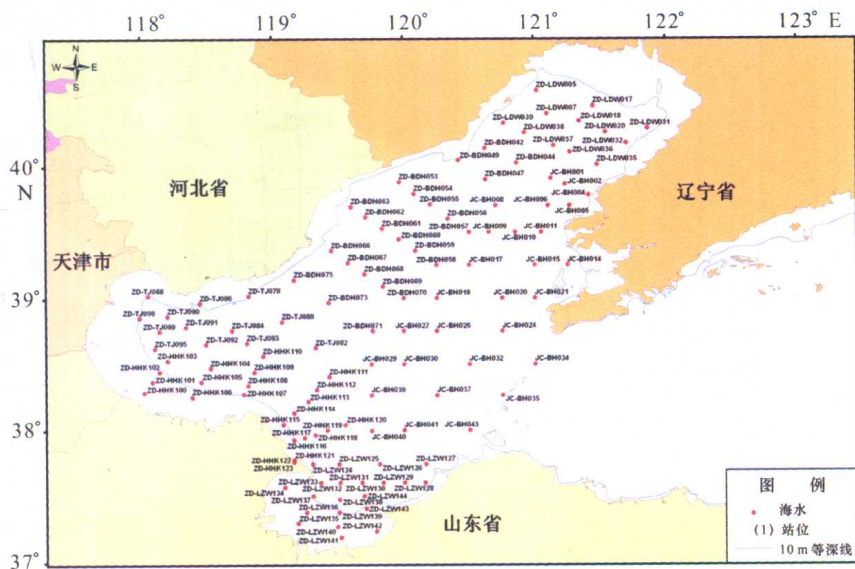


图 1.2 海水化学 (1) 调查站位分布图

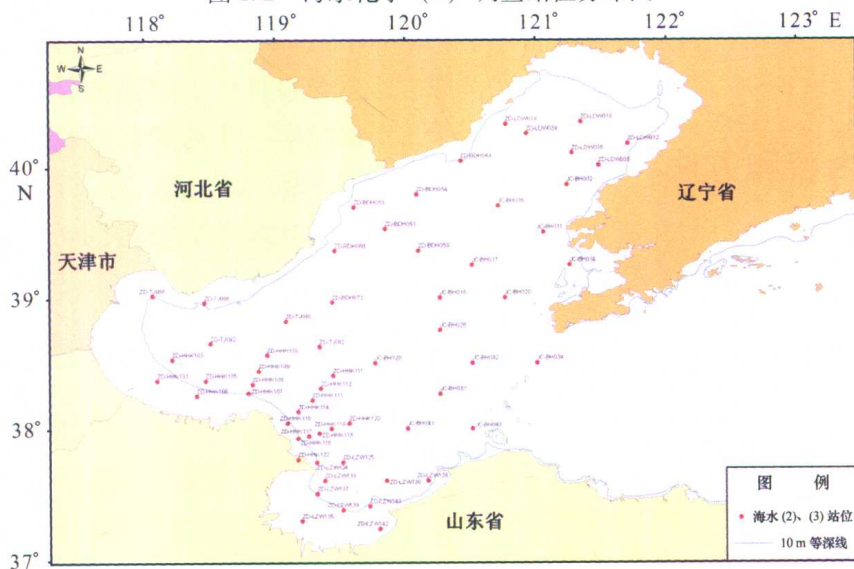


图 1.3 海水化学 (2)、海水化学 (3) 调查站位分布图

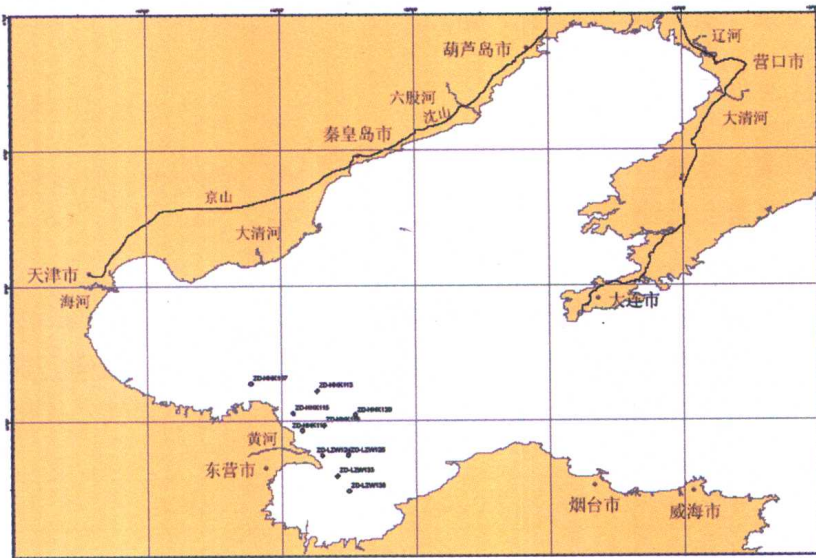


图 1.4 放射性化学调查站位分布图

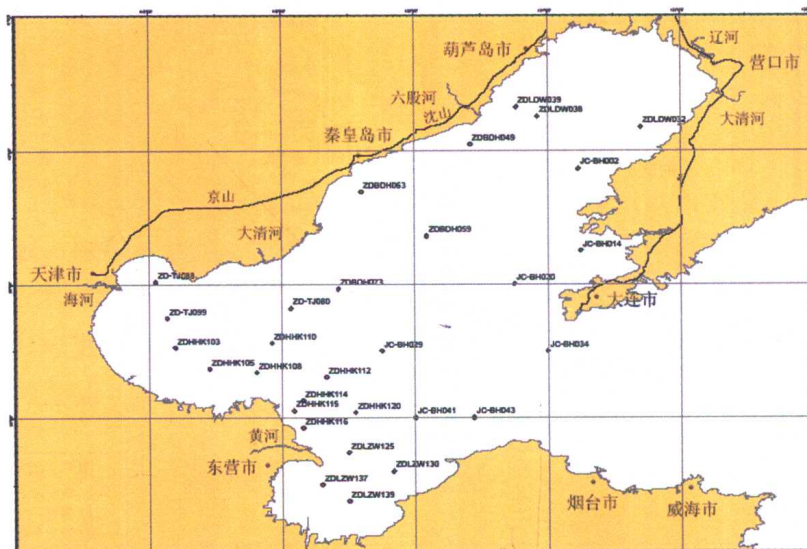


图 1.5 大气化学调查站位分布图

1.4 调查内容和方法

1.4.1 调查项目

1) 海水化学

常规要素：溶解氧、pH、总碱度、悬浮物。

有机污染：总有机碳、油类。

营养盐：总氮、总磷、溶解态氮、溶解态磷、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、活性磷酸盐、活性硅酸盐。

重金属：砷、汞、铜、铅、镉、锌、铬。

2) 海洋放射性化学

海水放射性要素：总铀、²²⁶Ra、⁹⁰Sr、总β、¹³⁷Cs、^{110m}Ag、⁵⁸Co、⁶⁰Co。

沉积物放射性要素：总铀、²³²Th、²²⁶Ra、⁹⁰Sr、总β、¹³⁷Cs、^{110m}Ag、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁴⁰K。

3) 海洋大气化学

总悬浮颗粒物：总悬浮颗粒物的铜、铅、锌、镉、铝、钒、铁、总碳、钾、钠、铵、钙、镁、甲基磺酸盐 (MSA)、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐和磷酸盐；大气二氧化碳，大气甲烷、大气氧化亚氮和氮氧化物。

4) 沉积物化学

硫化物、有机碳、总氮、总磷、Eh、铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷、油类、六六六、α

-666、 β -666、 γ -666、 δ -666、DDT、op-DDT、pp-DDE、pp-DDD、pp-DDT、PCBs、PCB28、PCB52、PCB155、PCB101、PCB112、PCB118、PCB153、PCB138、PCB180、PCB198、PAHs、萘、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、屈、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(e)芘。

5) 生物质量

总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油烃、六六六、 α -666、 β -666、 γ -666、 δ -666、DDT、op-DDT、pp-DDE、pp-DDD、pp-DDT、PCBs、PCB28、PCB52、PCB155、PCB101、PCB112、PCB118、PCB153、PCB138、PCB180、PCB198、PAHs、萘、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、屈、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(e)芘。

1.4.2 采样层次与方法

1) 海水化学、海水放射性物质采样层次

海水化学中溶解氧、pH、总碱度(ALK)、悬浮物、溶解态氮、溶解态磷、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、活性磷酸盐、活性硅酸盐采样层次为表层、10 m层、30 m层、底层。

总有机碳、总氮、总磷采集一半的站位，采样层次为表层、10 m层、30 m层、底层。

油类、重金属(铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷)采集一半的站位，只采集表层水样。

海水放射性物质只采集表层水样。

采样方法采用ALECCTD采水器，海水放射性物质采用水泵直接装桶、固定。

2) 海洋大气化学的采样方式

总悬浮颗粒物，总悬浮颗粒物的铜、铅、锌、镉、铝、钒、铁、总碳、钾、钠、铵、钙、镁、甲基磺酸盐(MSA)、亚硝酸盐、硝酸盐、硫酸盐和磷酸盐采用大气自动采样器采样。大气二氧化碳采用红外二氧化碳分析仪直接采样。大气甲烷和氧化亚氮采用SVF-15管瓶(直径27 mm，高度55 mm，容积17.5 mL)采样。氮氧化物采用多孔玻板吸收瓶采样。

1.4.3 样品测试与分析方法

1) 海水化学样品测试方法

海水化学样品测试方法如表1.1。

表1.1 海水化学样品测试方法

序号	分析项目	分析方法	检出限	规范性引用文件	备注
1	溶解氧	碘量法	0.32 mg/L	GB 17378.4—1998	现场分析
2	pH	pH计法		GB 12763.4	现场分析
3	总碱度	pH计法		GB 12763.4	现场分析
4	悬浮物	重量法	0.2 mg/L	GB 17378.4—1998	
5	总有机碳	仪器法	4.0 μ g/L	国家海洋局发布的规程	

续表

序号	分析项目	分析方法	检出限	规范性引用文件	备注
6	油类	紫外分光光度法	3.5 μg/L	GB 17378.4—1998	现场萃取
7	总氮	过硫酸钾氧化法	3.78 μmol/L	GB 12763.4	现场分析
8	总磷	过硫酸钾氧化法	0.09 μmol/L	GB 12763.4	现场分析
9	溶解态氮	溶解态氮和溶解态磷海水样品过滤处理后,采用总氮和总磷的过硫酸钾氧化法测定			现场分析
10	溶解态磷				
11	硝酸盐	铋镉还原比色法	0.05 μmol/L	GB 12763.4	现场分析
12	亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	0.02 μmol/L	GB 17378.4—1998	现场分析
13	铵盐	次溴酸盐氧化法	0.03 μmol/L	GB 17378.4—1998	现场分析
14	活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	0.02 μmol/L	GB 12763.4	现场分析
15	活性硅酸盐	硅钼黄法	0.45 μmol/L	GB 12763.4	现场分析
16	砷	原子荧光法	0.5 μg/L	国家海洋局发布的规程	
17	汞	原子荧光法	0.007 μg/L	国家海洋局发布的规程	
18	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.2 μg/L	GB 17378.4—1998	
19	铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.03 μg/L	GB 17378.4—1998	
20	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.01 μg/L	GB 17378.4—1998	
21	锌	火焰原子吸收分光光度法	3.1 μg/L	GB 17378.4—1998	
22	总铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.4 μg/L	GB 17378.4—1998	

2) 海洋放射性物质样品测试方法

放射性物质样品测试方法如表 1.2。

表 1.2 海洋放射性物质样品测试方法

序号	分析项目	分析方法	规范性引用文件	备注
1	总铀	TRPO 萃取 - Br - PADAP 分光光度法	《我国近海海洋综合调查与评价专项海洋化学调查技术规程》	
2	⁹⁰ Sr	离子交换 - β 计数法		
3	总 β	铁明矾 - 氯化钡法		
4	⁵⁸ Co	γ 能谱分析法	GB/T 16140—1995	
5	⁶⁰ Co	γ 能谱分析法	GB/T 16140—1995	
6	¹³⁷ Cs	γ 能谱分析法	GB/T 16140—1995	
7	²²⁶ Ra	γ 能谱分析法	GB/T 16140—1995	
8	^{110m} Ag	γ 能谱分析法	GB/T 16140—1995	

3) 海洋大气化学样品测试方法

海洋大气化学样品测试方法如表 1.3。

表 1.3 海洋大气化学样品测试方法

序号	分析项目	分析方法	规范性引用文件	备注
1	总悬浮颗粒物	重量法	《海洋监测规范》	
2	铜	无火焰原子吸收分光光度法	《我国近海海洋综合调查与评价专项海洋化学调查技术规程》	
3	铅			
4	镉			
5	钒			
6	锌	火焰原子吸收分光光度法		
7	铁			
8	铝			
9	甲基磺酸盐	离子色谱法	《我国近海海洋综合调查与评价专项海洋化学调查技术规程》	
10	亚硝酸盐			
11	硝酸盐			
12	硫酸盐			
13	磷酸盐			
14	钠	离子色谱法	《我国近海海洋综合调查与评价专项海洋化学调查技术规程》	
15	铵			
16	钾			
17	镁			
18	钙			
19	总碳	元素分析仪法	《我国近海海洋综合调查与评价专项海洋化学调查技术规程》	
20	二氧化碳	非色散红外法		
21	甲烷	气相色谱法		
22	氧化亚氮	气相色谱法		
23	氮氧化物	盐酸萘乙二胺分光光度法		

注：招标文件中大气化学的营养元素（碳、氮、磷）分别用总碳、亚硝酸盐、硝酸盐、铵、磷酸盐表示。

4) 沉积物化学样品测试方法

海洋沉积物化学样品测试方法见表 1.4。

表 1.4 海洋沉积物化学样品测试方法

序号	分析项目	分析方法	检出限	规范性引用文件	备注
1	硫化物	碘量法	4×10^{-6}	GB 17378.5—1998	
2	有机碳	重铬酸钾氧化-还原滴定法	3×10^{-6}	GB 17378.5—1998	
3	总氮	凯氏滴定法		GB 17378.5—1998	
4	总磷	分光光度法		GB 17378.5—1998	
5	Eh	电位计法		GB 17378.5—1998	
6	油类	紫外分光光度法	3×10^{-6}	GB 17378.5—1998	
7	α -666	气相色谱法	27.1×10^{-12}	GB 17378.5—1998	
8	β -666	气相色谱法	52.1×10^{-12}	GB 17378.5—1998	
9	γ -666	气相色谱法	26.4×10^{-12}	GB 17378.5—1998	
10	δ -666	气相色谱法	23.8×10^{-12}	GB 17378.5—1998	