

梁 斌 韩庚辰 马明辉 等 ● 编著

海洋环境监测设计

HAIYANG HUANJING JIANCE SHEJI

 海洋出版社

海洋环境监测设计

梁 斌 韩庚辰 马明辉 等 编著

海洋出版社

2016 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

海洋环境监测设计/梁斌等编著. —北京:海洋出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-5027-9556-6

I. ①海… II. ①梁… III. ①海洋环境-环境监测 IV. ①X834

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 186564 号

责任编辑: 张 荣 安 森

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

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12

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

《海洋环境监测设计》

编 委 会

主 编：梁 斌 韩庚辰 马明辉

副 主 编：洛 昊 李 冕 赵 辉 鲍晨光

编写成员：于春艳 许 妍 兰冬东 许自舟

陶冠峰 隋伟娜 孙淑艳 梁雅惠

朱容娟

前言

海洋在支撑我国经济社会发展中起着至关重要的作用。党的十八大报告中明确指出,“提高海洋资源开发能力,发展海洋经济,保护海洋生态环境,坚决维护国家海洋权益,建设海洋强国。”从我国的现实国情出发,中国特色海洋强国的内涵包括认知海洋、利用海洋、生态海洋、管控海洋、和谐海洋五个方面,其中,探索认知海洋是开发利用和保护海洋的先决条件。海洋环境监测是认知海洋的基本途径和重要手段。

近几十年来,沿海地区进入新一轮海洋开发和区域经济大发展时期,海洋环境保护对国家节能减排、生态建设、经济社会发展、海洋权益维护等的支撑作用和服务效能日益凸显,经济社会和资源环境协调发展、可持续发展的意识深入人心,各级政府和社会各界对海洋环境监测信息的需求大幅增加。海洋环境监测是科学、全面掌握海洋环境状况及变化趋势的基础性工作,更是各级政府履行海洋环境保护职能、开展海洋管理工作的重要抓手。

海洋环境监测的根本目的是准确、及时、全面地反映海洋环境质量现状与发展趋势,为海洋环境监管与保护提供科学依据。我国作为一个拥有约 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 主张管辖海域、 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$ 大陆岸线的海洋大国,开展海洋环境监测工作的难度很大。近 40 年来,我国的海洋环境监测工作从无到有,从独立到联合,从单一到全面,取得了较快的发展。自 1972 年渤海湾污染调查开始,我国海洋环境监测业务体系不断完善,海洋环境监测管理法规和制度初步建立,业务管理不断深化,监测质量与技术水平不断提高,监测领域、内容不断拓展和丰富。但从总体来看,我国的海洋环境监测能力仍旧不能满足海洋环境管理的需求,海洋环境监测缺乏设计方法和优化思路是制约海洋环境监测发展的瓶颈之一。

在海洋环境监测的诸多环节中,监测方案的设计是最为基础和关键一环。海洋环境监测所获取的数据信息能否满足管理需求,很大程度上取决于监测方案设计的科学性和可靠性。科学的设计能保障海洋环境监测数据采集、分析、评价等符合环境管理的需求。目前,虽然国家每年投入大量的人力、物力和财

力开展了多个项目的海洋环境监测，但由于海洋环境监测方案设计方面的研究相对滞后，规范的设计标准和技术方法体系尚未建立，导致监测工作目的不明、对象不清、成效无法考核，过度监测和监测不足同时存在，在一定程度上，造成了宝贵的海洋环境监测资源的浪费。

海洋环境监测设计是一项复杂的系统工程。目前的海洋环境监测项目包括海洋生态环境监测、环境监管监测、公益服务监测和生态环境风险4大类20余项监测内容。监测对象和内容千差万别，认知水平参差不齐，要制定一套完美的海洋环境监测设计技术方法，需要海洋环境学、海洋生态学、海洋动力学以及数学建模等多学科的综合应用。

编者结合多年从事海洋环境监测与评价工作的实践经验，借鉴国内外环境监测设计的相关研究成果，重点针对监测三要素——站位、指标、频率的设计，初步建立了一套适合于我国实际需求的海洋环境监测设计的理论和技术方法体系。本书从各种类型监测项目的共性出发，提出了监测站位、指标、频率的基本设计理念和方法，并分类介绍了一些比较常用的设计方法，客观分析了其方法的优势和限制，以供海洋环境监测方案设计参考。

海洋环境监测设计涉及的学科、领域十分广泛，新的理论、方法和技术手段不断提出，设计理念和方法体系也在随之不断完善，书中所述仅为编者的一孔之见。由于收集资料有限以及专业知识背景的局限，本书中的错误在所难免，也请海洋环境监测领域的专家学者多提宝贵意见！

同时，我们也希望本书的出版能够在海洋环境监测设计领域起到抛砖引玉的作用，让更多的专家学者来研究完善设计理论和方法体系，这对于提升我国的海洋环境监测与评价水平、增强海洋环境监测对海洋环境管理的支撑能力、促进经济和社会可持续发展具有重要意义。

编者

2014年3月15日

目 录

绪论	(1)
第一章 监测站位设计	(6)
第一节 基本概念	(6)
第二节 设计依据	(6)
一、监测目的	(6)
二、样本精度	(7)
三、监测成本	(8)
四、背景信息	(8)
第三节 设计方法	(9)
一、经验判断	(10)
二、简单随机抽样	(10)
三、系统抽样	(12)
四、分层抽样	(15)
五、适应性聚类抽样	(16)
六、排序集抽样	(16)
七、断面抽样	(17)
第四节 设计案例	(20)
一、溢油应急跟踪监测站位设计	(20)
二、渤海水质监测站位优化	(27)
第二章 监测指标设计	(37)
第一节 基本概念	(37)
第二节 设计依据	(40)
第三节 设计方法	(40)
一、确定监测范围	(40)
二、明确信息需求	(40)
三、建立概念模型	(41)
四、选择指标体系	(47)
第四节 设计案例	(48)
一、监测区域划分	(48)
二、基础环境要素指标筛选	(60)
三、环境污染指标筛选	(65)

四、潜在污染风险指标筛选	(66)
五、环境监测指标优化结果	(67)
第三章 监测频率设计	(78)
第一节 基本概念	(78)
第二节 海水水质监测频率设计	(78)
一、设计依据	(78)
二、设计方法	(83)
三、设计案例	(84)
第三节 海洋沉积物质量监测频率设计	(87)
一、设计依据	(88)
二、设计标准	(89)
三、设计案例	(90)
第四节 海洋生物质量监测频率设计	(96)
一、设计依据	(97)
二、设计结果	(99)
第四章 监测站位优化示范与成效评估	(101)
第一节 监测站位设计优化示范	(101)
一、南海区站位设计优化示范	(101)
二、浙江省站位设计优化示范	(103)
第二节 监测站位设计优化成效评估方法与示范	(105)
一、监测站位设计优化成效评估方法	(105)
二、评估示范	(107)
参考文献	(121)
附表 1 随机数表	(127)
附表 2 水质污染指标达标率及指标污染程度排序结果	(129)
附表 3 沉积环境污染指标达标率及指标污染程度排序结果	(146)
附表 4 生物质量污染指标达标率及指标污染程度排序结果	(159)
附表 5 USEPA 水环境优先污染物名单	(172)
附表 6 中国推荐水环境优先污染物名单	(176)
附表 7 CERCLA 优先污染物名单	(178)
附表 8 国外海洋环境监测指标体系	(180)

绪 论

自 1972 年,我国首次开展渤海污染调查以来,历经 40 余年,我国的海洋环境监测从无到有,海洋环境监测业务体系不断完善。目前已建立了由国家、省、市、县 4 级共 232 个海洋监测业务机构组成的海洋监测业务体系;逐渐完善了海洋环境、海洋生态、海洋灾害及污染源监测与评价的技术标准体系;定期开展了以《中国海洋环境状况公报》为代表的海洋环境评价及信息发布工作。海洋环境监测评价信息在发展海洋经济、保护海洋环境、防治海洋生态灾害等诸多方面的作用越来越突出。

环境监测的基本内涵是指通过对影响环境质量因素的代表值的测定,确定环境质量及其变化趋势。因此,环境监测必须要保证的两个基本特性就是代表性和准确性,其“准确性”由一套完整的从样本采集到样本测定的全过程质量控制体系来实现,而“代表性”则需要通过监测设计来实现。

我国的海洋环境监测网建立于 20 世纪 80 年代,由国家海洋局负责组织,沿海省、自治区、直辖市、国务院有关部门和海军等有关单位参加。目前,覆盖管辖海域的海洋环境监测主要由各级海洋职能部门组织实施,组织实施的监测项目包括 4 大类 20 余项。由于不同监测项目关注的海洋环境参数不同,各参数的监测要求也不尽相同,因此在监测方案的规划设计方面无法给出一个统一的、明确的设计要求。从国家层面而言,在年度监测工作指导意见中可以给出监测项目的总体要求,例如监测任务分工、监测项目要求保证的基本站位数量、监测的时间范围、各类介质监测的指标范围等,但到了具体操作实施的单位,由于缺乏一套标准的监测方案设计技术方法体系,通常都是依靠方案制定者的经验和历史延续性等来设置监测站位和指标,监测时间除了考虑历史延续性,还要与海况以及监测单位的具体工作安排等相协调,这样一来,由各实施单位分别设计的监测方案汇总出来的省级、海区级和全国海洋环境监测方案不可避免地缺乏一致性。

海洋环境监测的直接目的是获取环境数据信息,而缺乏统一规划、统一标准的海洋环境监测方案,即使在实施过程中并未暴露出其弊端,但当这些数据信息用于总体评价时,便会发现诸如以下的问题,例如局部海域的站位设计不合理,导致在区域海洋环境质量评价时存在空白“天窗”或局部站位过于密集,浪费监测资源等现象;监测频率和监测时间设计不当,会导致在整个海域总体评价时,找不到一个可以获得全海域数据的时间段;监测指标设计不合理,则可能会导致在反映局部环境问题缺少这些重要的指标参数,等等。这些问题直接影响到海洋环境监测的目的是否能达成,也直接影响到海洋环境管理决策是否科学。从 2014 年开始,国家层面出台的海洋环境监测指导方案中,重新提出了“国控站位”的概念,明确了全海域国控站位的位置和基本监测要求,也是基于统一标准、统一设计的考虑,是海洋环境监测设计工作迈出的重要一步。

一、海洋环境监测

环境监测的目的是通过对影响环境质量因素的代表值的测定,来确定环境质量及其变化趋势。简言之,就是了解环境质量状况。具体目的可归纳为以下四点。

- (1) 根据环境质量标准,评价环境质量。
- (2) 根据污染特点、分布情况和环境条件,追踪寻找污染源、提供污染变化趋势,为实现监督管理、控制污染提供依据。
- (3) 收集本底数据,积累长期监测资料,为研究环境容量、实施总量控制、目标管理、预测预报环境质量提供数据。
- (4) 为保护人类健康、保护环境,合理使用自然资源、制定环境法规、标准、规划等服务。

进行环境监测,是开展一切环境工作的前提和基础。同样,海洋环境环境监测从总体上来讲,也是为了准确、及时、全面地反映海洋环境质量现状及发展趋势,为海洋环境管理和规划等提供科学依据。其直接目的是获取海洋环境质量数据信息,进而通过对数据信息的统计、分析、评价等,得出海洋环境质量时空分布与变化趋势,最终达到为科学制定海洋环境保护、污染物控制等决策提供依据的目的。海洋环境监测具体可归纳为以下几点。

- (1) 海洋环境监测的结果能给出海洋环境质量的基本状况,可以用于海洋环境保护决策的制定以及采取环保措施后海洋环境的变化趋势评估。
- (2) 海洋环境监测的信息应能框定海洋环境问题“热点”区域,对污染海域提出早期预警。
- (3) 通过海洋环境监测,可以深入了解海洋生态系统状况,以及人类活动对其的影响,为评估海洋生态环境现状和趋势、制定合理的海洋生态环境保护对策提供帮助。
- (4) 海洋环境监测可以为公众用海和海产品安全提供相关信息。
- (5) 海洋环境监测数据能为设计、调试和验证海洋环境的定量预测模型服务,这些模型是评价、制定和选择环境管理战略技术的重要基础。
- (6) 海洋环境监测数据可以为制定环境标准提供科学依据。

目前的海洋环境监测项目类型多样,根据近5年来的全国《海洋监测环境工作任务》安排,主要包括4大类20余项监测项目见表1,4大类分别是海洋生态环境监测、海洋环境监管监测、海洋环境风险监测以及公益服务监测,监测目的也各有侧重。监测目的是监测方案设计的重要依据,只有充分满足监测目的要求的方案才是一份合格的监测方案,只有能够保证方案满足目的要求的设计理念和设计方法才是可取的。

二、海洋环境监测设计

海洋环境监测通常包括方案设计、现场采样、样本检测、数据收集、分析综合等过程。总的来说,就是设计—采样—检测—分析,获取信息的过程。海洋环境监测方案设计是其中首要的和关键的一环。

表 1 各类海洋环境监测项目目的一览表

监测项目		监测目的
海洋生态环境监测	海水水质监测	掌握我国管辖海域海水中各主要污染要素分布、污染程度及变化状况
	沉积物监测	掌握我国管辖海域沉积物类型和现状，了解污染物质在海洋沉积物中的分布、污染程度及变化状况
	海洋生物多样性监测	掌握我国管辖海域海洋生物种类、分布、数量及变化状况
	海洋大气监测	掌握我国重点海域大气污染物沉降状况，重点关注渤海大气污染物沉降通量的空间分布
	二氧化碳监测	掌握我国管辖海域海气界面二氧化碳交换通量，了解海洋环境主要调控因子对二氧化碳分压的影响
海洋环境监管监测	陆源污染物排海监测	排污口及邻近海域监测：掌握我国主要陆源入海排污口入海排污状况以及对邻近海域海洋环境的变化和影响，为监督陆源污染物排海提供技术支撑； 入海江河监测：掌握江河入海污染物的种类、入海量及变化趋势； 海洋垃圾监测：掌握我国管辖海域海洋垃圾的种类、数量和来源以及垃圾对海洋生态环境的影响
	海洋倾倒区监测	掌握倾倒物组成成分及其在倾倒海域的迁移扩散过程，了解倾倒区及其邻近海域生态环境和渔业资源变化情况，评估倾倒活动对渔业资源和其他海上活动的影响，在此基础上，科学合理调整海洋倾倒区设置和倾倒许可证的签发
	海洋油气区监测	掌握油气开发活动排海物质排放状况、油气区环境质量状况，评价油气开发活动的环境影响及其潜在风险
	海洋工程项目监测	掌握建设项目施工期和运营期污染物排海状况及对海洋环境的影响
	海洋保护区监测	掌握海洋自然/特别保护区主要保护对象、海洋环境、海洋生物多样性的现状及变化情况，为评估保护区的管理成效和制订保护区管理计划提供依据
海洋生态环境风险监测	海洋生态环境灾害及风险监测预警	海洋溢油：掌握海洋溢油在海洋环境中的残留和漂移变化情况，了解海洋溢油对周边海域海水水质、沉积物、海洋生物以及生态系统和周边海洋功能区的中长期影响； 危险化学品污染：发生危险化学品泄漏排海事故后，掌握其在海洋环境中的残留和漂移变化情况，了解其对周边海域海水、沉积物、海洋生物以及生态系统和周边海洋功能区的影响； 海洋放射性污染：了解沿海核电站周边海域放射环境基本状况及潜在风险，掌握核电开发活动对周边海域海洋环境的影响。掌握日本福岛核泄漏事故对西太平洋及我国管辖海域的影响； 赤潮（绿潮）灾害：掌握我国管辖海域赤潮灾害发生风险，及时发现赤潮灾害，为赤潮应急监测提供基本信息和支持。掌握绿潮灾害发生源头，为绿潮灾害防治工作提供支持； 海水入侵和土壤盐渍化：掌握滨海地区海水入侵和土壤盐渍化现状、成因和环境风险； 重点岸段海岸侵蚀：掌握我国沿海重点岸段海岸侵蚀现状、变化状况、成因和环境风险
	重大海洋污染事件跟踪监测	蓬莱 19-3 溢油事故跟踪监测：掌握蓬莱 19-3 平台溢油在海洋环境中的残留情况，掌握溢油事故对周边海域海水、沉积物、生物体质量以及生态系统的中长期影响； 大连油污染事件跟踪监测：掌握油污染对周边海域海水、沉积物、生物体质量以及生态系统的中长期影响

续表

监测项目		监测目的
公益 服务 监测	海水浴场	掌握海水浴场海洋环境状况，保障沿海社会公众娱乐休闲活动及人体安全健康
	滨海旅游度假区	掌握滨海旅游度假区海洋环境状况及变化趋势，保障沿海社会公众娱乐休闲活动及人体安全健康
	海水增殖区	掌握海水增殖区环境质量现状和变化趋势，关注由海水增殖活动带来的潜在环境风险

科学、系统、合理的监测方案是实现监测工作目的的根本保证，实验室的分析无法弥补方案设计缺陷造成的信息缺失问题。我国海洋环境监测工作虽已发展了数十年，积累了丰富的经验，建立了较完善的测量方法体系，但在监测方案的规划设计方面，还是比较欠缺的，没有系统的理论体系和完整的技术体系。

海洋环境监测是一项公益服务事业，是开发利用海洋、管理海洋和发展海洋事业的基础性工作，应该面向管理、面向社会，适应管理要求、回答环境热点问题。在理论上和技术上可行的监测方案一般应满足下列要求。

- (1) 监测方案目的和目标必须十分明确、具体。
- (2) 监测样本要具有代表性：从站位设置、采样频次和监测指标都要具有代表性，需要论证清楚样本总和是否能够表征总体状况。
- (3) 监测方案必须确立数据质量目标，具有一套相应的质量保证/质量控制程序，以保证监测资料的准确、翔实。
- (4) 监测方案不仅要注重收集数据，更要强化对数据的详细分析和长期评价工作。
- (5) 监测方案应该具备一定的伸缩性，以备后期针对实践中出现的具体情况和问题进行修正。
- (6) 监测方案中必须对监测数据、监测信息的传送程序有一套切实可行的制度，使信息产品的传输类似生产公益定型化、处理方法标准化、软件程序规范化，使社会各界都能分享到监测成果，达到社会效益、环境效益、经济效益的统一。

海洋环境监测方案如果没有精心的规划设计，测量的技术手段再高，也无法提供需要的环境信息。因此，方案的规划设计，是环境监测的首要核心环节，是决定监测成败的关键之一。

海洋环境监测的站位设置需要规划设计。海洋环境监测不同于陆地环境监测，由于受到海况、水深、波浪等客观条件和经费投入等的限制，监测活动只能在有限的空间站位开展，如何利用获得的有限样本数据对整体海域的环境质量的时空分布进行评估，如何保证监测站位数量一定的情况下使站位的空间分布最合理、最大限度地满足监测需求，如何在满足监测目的情况下使监测站位的数量最少，经费投入最小等问题，都是海洋环境监测站位设计需要考虑的。目前，每年度全国海洋环境监测各类监测项目设置的站位总数已经超过 8 000 个，如此众多的站位，如果不经过科学设计，势必会导致监测资源的浪费。

海洋环境监测的采样频率需要规划设计。从监测结果的精确度方面考虑，采样频率越

高,采样次数越多,反映环境质量变化的趋势就越精确,但往往受人力、财力、海况等的限制,无法开展高频监测。目前,我国海水水质监测频率为渤海海域6次/年;黄海、东海、南海近岸海域不少于3次/年,近岸海域以外1~2次/年,南海中南部不少于1次/2年。如果说在渤海海域,监测频次增加导致的工作量和经费投入的增加尚可接受,那么在近岸以外海域和南海、东海等海域,增加监测频次则可能是一个无法完成的任务,但采样次数过少,可能会因代表性差导致不能全面有效反映水质变化情况,所以,有必要对我国海洋环境质量的监测频率和时段进行设计优化,以准确表征海洋环境质量状况和变化趋势。

海洋环境监测的指标需要规划设计。监测指标是能以简单实用的方式反映众多因子导致的复杂的环境变化过程的环境变量,监测指标的重要作用是揭示人为活动的环境影响。我国海域南北纬差超过 37° ,纵跨温带、亚热带与热带,不同海域其自然特征、环境压力、环境质量及环境问题都存在很大的差异,因而,在海洋环境监测指标的选择上要根据区域的自然特征、环境压力、环境问题等进行科学设计。

海洋环境监测设计实际是监测方案的设计,主要是针对监测三要素——站位、指标、频率进行设计,在具体设计时要考虑监测目的、监测范围和监测对象(介质),来分别采用不同的技术方法进行设计。本书所述的海洋环境监测设计主要包括监测站位设计、监测指标设计和监测频率设计。

监测站位设计是空间抽样设计理论在海洋环境监测中的实际应用。监测站位设计的目的是在监测站位数量一定的情况下使站位的空间分布最合理、最大限度地满足监测需求,在满足监测目的情况下使监测站位的数量最少,经济投入最小。空间抽样方法包括经验判断、随机抽样、系统抽样、分层抽样、适应性聚类抽样、排序集抽样、断面抽样等。针对具体的监测项目、监测目的、监测对象,采用不同的抽样方法来进行站位设置,同时,需要对设计结果进行跟踪评估,利用评估结果对站位进行优化调整,最终形成一套科学、费效比高的、满足管理需求的空间站位体系。

监测指标设计是根据明确、具体的监测目的在指标库中筛选指标的过程。不同的监测项目的指标体系会有很大的差别,但监测指标设计的程序与方法大致相似,包括确定监测范围、明确监测目标与环境信息的需求、建立概念模型、确定指标体系、评估指标体系等步骤。指标筛选主要是从获取基础环境信息、环境污染信息和潜在污染风险信息等目的的角度出发,在指标库中筛选相应指标的过程。

监测频率设计是根据监测目的、结果的精确度和成本控制等要求,设计监测次数和监测时段的过程。根据监测目的的需求和精确度要求设定理想的监测频率,再根据成本控制的要求来适当调低频率;监测时段的选择则需要综合考虑监测指标的周期变化规律、历史延续性、采样的难易程度等因素,例如水质监测一般要考虑在丰水期、枯水期和平水期分别开展监测;生物质量监测一般要选择生物成熟期,而避开繁殖期等。

第一章 监测站位设计

第一节 基本概念

监测站位设计是空间抽样设计理论在海洋环境监测中的实际应用，因受到客观条件的限制，监测活动只能在有限的空间站位开展，利用获得的部分数据对整体海域进行估计，如利用监测海域目标变量的平均值，对其时空上的分布规律等进行评估。

监测站位设计的目的是在监测站位数量一定的情况下使站位的空间分布最合理、最大限度地满足监测需求，在满足监测目的情况下使监测站位的数量最少，经济投入最小。

本章中涉及的监测站位设计的基本概念介绍如下。

(1) 监测站位设计(Sampling Design)即监测站位空间布局设计，包括监测站位的空间位置及站位数量的设计。

(2) 总体(Population)我们把要调查的单位的全体称为总体，更确切地说，它是同质的所有观察单位某种观察值的集合。

(3) 个体(Individual)是构成总体的每一单位。

(4) 样本(Sample)是指从总体中抽取的一部分个体。

(5) 抽样(Sampling)从目标总体中抽取一部分个体作为样本，通过观察样本的某一属性或某些属性，依据所获得的数据对总体的数量特征进行具有一定可靠性的统计判断，从而达到认识总体的过程。

(6) 抽样单元(Sampling Unit)在开始抽样之前，需要先把总体划分成一系列互不重叠且能组合成总体的每个部分。一个大的抽样单元可以再被划分为一系列小的抽样单元，最小的抽样单元与每一个个体相对应。在站位设计体系中的每一个抽样单元也称为监测站位(Sampling Site)，具有空间属性，可以用坐标信息进行定位。

第二节 设计依据

海洋生态环境监测站位设计的依据主要有监测目标、样本抽样的设计精度、海洋生态环境监测的投入成本，以及对监测区域的背景信息的掌握程度等。

一、监测目的

海洋生态环境监测项目的种类繁多，从我国目前海洋生态环境监测的项目来看，有海洋环境质量监测、生态监测、污染源监测等多个类别，监测目标也不尽相同。总的来讲，

海洋生态环境监测目标可分为以下几个方面。

- (1) 评价某个或某些海洋生态环境要素在特定区域内的长期变化趋势。
- (2) 确定海洋生态环境是否符合标准或受到排污等人为活动影响。
- (3) 评价人类活动影响和生态环境的相应关系。
- (4) 建立海洋生态环境基线数据集，为未来海洋生态环境评价提供参考。

从海洋环境管理的需求来看，生态环境监测的目标可分为决策性和评估性两类。所谓决策性目标是指通过监测回答决策者关注的是与否的问题，如陆源排污是否导致环境污染或特定海洋功能区是否符合环境标准等。评估性目标是指通过生态环境监测得出管理者关注的某个要素浓度、数量、时空趋势等定量反映生态环境质量、时空趋势、相应关系的结论。

实际上，海洋生态环境监测的目标是综合的、复杂的，如突发性污染事故监测的初期是决策性监测，回答是否对环境产生影响，后期会转为评估性监测，要评价事故的影响范围及程度等。为满足不同的监测目标要求需要选择恰当的监测站位设计方式，以达到满意的结果。

二、样本精度

在现场采样及实验室分析测试精度一定的情况下，海洋生态环境监测精度与样本精度密切相关。样本精度可以用偏性、置信度、灰色区间等统计结果表示，用以衡量监测站位的设计合理程度。

偏性 (bias) 是指样本的统计量 (如特定监测指标的平均值) 与其所代表的总体的真实值之间的差异程度。偏性越小表明站位设计得越合理，相反表明站位设计得不合理，代表性差。图 1-1 表明站位设计的合理性与偏性的关系，图 1-1 (a) 表明站位设计合理，采集的样品反映了监测区域的整体状况。

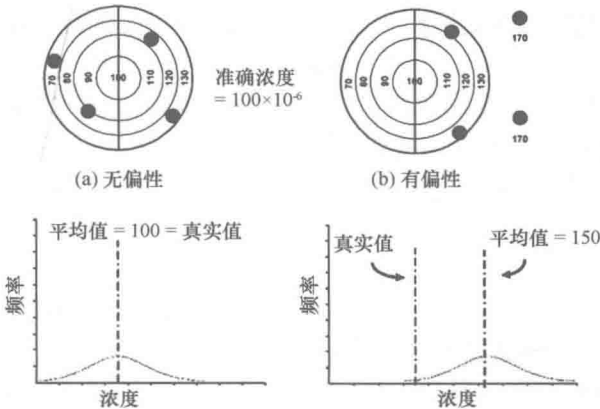


图 1-1 样本精度与偏性
(根据 USEPA 2002 修改)

在使用抽样结果对总体参数作出估计时，由于样本存在随机性，其结论具有不确定

性。因此,采用一种概率的陈述方法,它能反映估计值的可信程度,相应的概率称作置信度,用百分数来表示,如 90%、95%等。置信度越高表明站位设计越合理。

灰色区间是一个海洋管理决策的概念,指在决策中不能保证决策百分之百正确的区域。统计学上指在一定的置信度下估计值的置信区间。置信区间越小,表明站位设计越合理,海洋管理决策的正确性越高。

通常情况下,在其他条件不变时,样本数量越大,样本精度越高,样本数量等于全部的时候,估计值和真实值一致。如图 1-2 所示,在样本数量增加时样本精度随之升高。

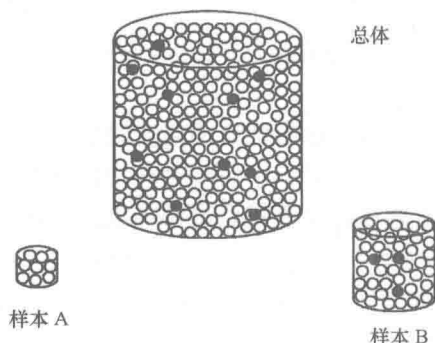


图 1-2 样本数量对采样精度影响示意图
(引自 USEPA 2002)

实际监测站位设计中不可能无限追求样本精度,应遵循在经费投入一定的情况下最大限度提高样本精度,在满足管理决策的精度条件下,减少监测站位数量,降低监测成本。

三、监测成本

监测成本包括样品采集、观测和实验室分析成本等。监测成本可用式 (1-1) 表示:

$$Cost = nC \quad (1-1)$$

式中: $Cost$ 为监测成本; n 为样本数量; C 为每个样本的平均成本。

监测样本的数量主要取决于置信水平 (Z)、误差范围 (h) 和总体标准差 (σ), 样本数量与上述 3 项指标的关系见式 (1-2)。

$$n = \frac{Z^2 \sigma}{h^2} \quad (1-2)$$

结合式 (1-1) 和式 (1-2) 可见, 抽样成本随样本容量直线递增, 抽样误差却只是以样本量增长速度的平方根递减 (图 1-3)。也就是说当样本数量增加到一定个数时, 监测成本增加所得到的监测精度的提升却很小。通常是以满足管理决策需求为依据, 不刻意追求抽样精度, 以便使成本效益最大化。

四、背景信息

监测站位设计需要有丰富的监测区域的背景信息来支撑, 根据各监测任务的目标不同, 需要的信息也会有很大差异, 这里只概括性地介绍与站位设计有关的需要掌握的背景

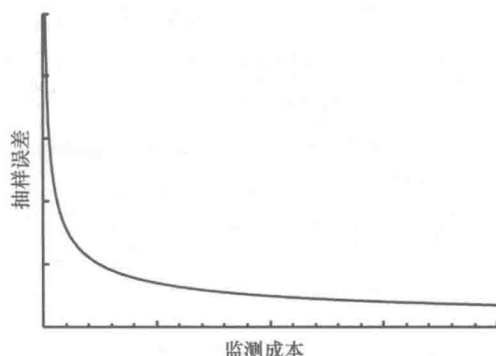


图 1-3 监测成本与抽样误差的相关关系

信息的种类。

背景信息可分为三大类，即环境信息、生物生态信息及人为活动信息。掌握这些信息的目的是了解监测指标在断面、二维空间或三维空间分布上的均匀性或差异性，为选择监测站位空间布局设计方法提供依据。

（一）环境信息

环境信息包括：温度、盐度、溶解氧、水深、透明度、海浪、海流、潮差等水文物理指标，以及污染物指标浓度等的空间分布格局信息；

潮间带类型、沉积物类型与组分、坡度等地质地貌特征；

河口、潟湖、海湾、海峡、珊瑚、海草、红树林等典型生境信息；

海岸侵蚀、海水入侵、海洋赤潮等环境灾害多发区信息。

（二）生物生态信息

生物生态信息包括：种群地理分布、丰度、盖度，以及生物样品现场采样、观测等技术方法信息。

（三）人为活动信息

人为活动信息包括：陆源排污口、河流分布及入海主要污染物排放信息，海域开发利用空间信息等。

第三节 设计方法

在抽样理论和实践的发展过程中，提出了不同的样本抽取规则，并把这些规则系统化的总结为抽样方法。监测站位的空间布局，取决于依据监测目标所使用的抽样方法，即监测站位的设计方法。

本书对海洋生态环境监测站位设计中常用的设计方法及应用实例进行详细论述。这些设计方法主要如下：

（1）经验判断设计（Judgment Sampling Design）。