

# 海洋生态环境 监测技术方法培训教材

海洋环境监测评价质量保证与  
质量控制分册

姚子伟 主编

海洋生态环境监测技术方法培训教材

海洋环境监测评价  
质量保证与质量控制分册

姚子伟 主编

海洋出版社

2018年·北京

## 内 容 简 介

海洋环境监测评价质量保证与质量控制是确保所获得的环境监测数据详细、准确的重要保证。书作为海洋生态环境监测技术方法培训教材之一的质量保证与质量控制分册,主要介绍了海洋监测全过程质量保证与质量控制要求、数据处理与常用统计方法、实验室质量控制、海洋环境监测数据质量评估、标准物质简介、实验室信息管理系统。作者重要的基本概念出发,重点介绍实际工作中涉及的重要公式、仪器等,具有较强的针对性。

本书作为海洋生态环境监测技术方法培训教材,主要供海洋生态环境监测从业人员选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

海洋生态环境监测技术方法培训教材. 海洋环境监测评价质量保证与质量控制分册/姚子伟主编. —北京:海洋出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5210-0201-0

I. ①海… II. ①姚… III. ①海洋环境—生态环境—海洋监测—技术培训—教材②海洋环境—生态环境—海洋监测—质量管理—技术培训—教材 IV. ①P71

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第218881号

责任编辑:张鹤凌 钱晓彬

发行部:010-62132549

责任印制:赵麟苏

总编室:010-62114335

出版发行:海洋出版社

编辑室:010-62100961

网 址:www.oceanpress.com.cn

承 印:北京朝阳印刷厂有限责任公司

地 址:北京市海淀区大慧寺路8号

版 次:2018年9月第1版

邮 编:100081

印 次:2018年11月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.50

字 数:250千字

定 价:68.00元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者,邮件发至hyjccb@sina.com

## 编写委员会

主任：关道明

副主任：霍传林 韩庚辰 王菊英 张志锋

委员：王卫平 姚子伟 王震 樊景凤

李宏俊 陈伟斌 赵骞 赵建华

孟庆辉

# 序

海洋生态环境监测工作是海洋管理乃至整个海洋事业发展的重要基础性工作。从 20 世纪 70 年代初开始渤海和北黄海污染调查至今，我国海洋生态环境业务化监测工作已经走过了近半个世纪的历程，并先后开展了两次全国海洋污染基线调查。监测对象从最初的海洋污染要素发展到目前海洋环境和生态要素并重；监测手段从单一的船舶定点采样监测发展到浮标、卫星、雷达、飞机等综合技术运用的立体化监测和自动化监测，并注重水下滑翔机、水下机器人、无人船和无人机等高新技术的引入；监测范围也已覆盖我国全部管辖海域，并延伸至大洋和极地周边海域。

进入中国特色社会主义新时代以来，我国生态文明建设达到前所未有的高度，“绿水青山就是金山银山”的理念深入人心。当前，“坚决打好污染防治攻坚战，推动我国生态文明建设迈上新台阶”是海洋生态环境保护从业人员的首要任务。新发展理念和渤海综合治理攻坚战对海洋生态环境保护工作提出了更高的要求，全面系统的掌握海洋生态环境监测技术方法，是每个海洋生态环境监测从业人员的专业要求和事业目标。

海洋化学监测是评价海洋环境质量的基础，可以分析海洋污染状况和明确污染来源；海洋生物多样性监测是海洋生态监测的重要内容，可以评价生态系统健康状况；海洋动力过程监测是认知海洋的基础监测，可以摸清污染物在海水中的迁移、转化规律；海洋遥感监测是海洋生态环境宏观监测认知手段，可以解决常规监测方法不易解决的许多问题；海洋监测全过程质量保证与质量控制技术是海洋环境监测最基础性的管理和技术工作，能够确保海洋监测数据具有准确性、可靠性、可比性、完整性和公正性。



国家海洋环境监测中心组织编写的海洋生态环境监测技术方法培训教材,包括化学、生物、动力、遥感、质控5个分册,能够为海洋生态环境监测工作技术人员提供较为全面的辅导,有效推动新时期我国海洋生态环境监测工作的技术进步,服务建设监测技术本领高强的海洋生态环境保护铁军。化学分册包括海水样品的采集、处理和贮存方法,溶解气体、海水成分、耗氧物质、pH、碳循环参数、营养盐、重金属、石油类、持久性有机污染物、放射性核素的分析测定以及海洋环境在线监测技术等内容;生物分册包括海洋浮游植物、海洋浮游动物、大型底栖生物和游泳动物的概述、监测方法及分类鉴定特征等内容;动力分册包括海水水深、水温、水色、盐度以及海流、海浪、海面风监测等内容;遥感分册包括海洋遥感基础知识,海洋光学要素、海洋气溶胶、海洋水色水温、近岸海洋生态系统、入海排污扩散、赤潮绿潮、海上溢油以及海岸线的卫星遥感监测方法等内容;质控分册包括海洋监测的质控要求、数据处理方法、实验室质量控制要求、数据质量评估方法以及标准物质和实验室信息管理系统简介等内容。

教材在编写过程中得到了生态环境部海洋生态环境司(原国家海洋局生态环境保护司)相关领导的大力支持;中国海洋大学、上海海洋大学、大连海洋大学、辽宁省海洋水产科学研究院以及原国家海洋局海洋减灾中心、各海洋研究所和各海区环境监测中心有关专家学者对教材进行了技术审查,并提出了宝贵修改意见,在此谨表诚挚谢意。

海洋生态环境监测工作是海洋生态环境保护事业的基础,期待在我们这一代海洋生态环境保护工作者和全社会的共同努力下,未来的海洋能够海碧水清、鱼虾成群。

国家海洋环境监测中心

2018年9月

# 前 言

国家海洋环境监测中心在总结长期以来海洋生态环境监测质量数据质量评估、海洋环境监测全过程质量保证与质量控制研究成果和工作经验的基础上，汇集整理国内外有关海洋环境监测质量控制与质量保证的权威资料，组织编写了《海洋环境监测评价质量保证与质量控制分册》，是《海洋生态环境监测技术方法培训教材》的系列教材之一。

《海洋环境监测评价质量保证与质量控制分册》全书共分6章。第1章为海洋监测全过程质量保证与质量控制要求，主要介绍了海洋监测全过程质量保证与质量控制的基本概念、方法原理、主要任务以及技术手段。描述了现场质控样的制备以及评价方法；定义了实验室分析中的校准曲线、检出限、空白、实验室质控样等易出错或混淆等术语。海洋监测全过程质量保证与质量控制技术是海洋环境监测中一项最基础性的管理和技术工作，是对海洋监测活动进行全面的质量保证与质量控制，是确保海洋监测数据具有准确性、可靠性、可比性、完整性和公正性的管理行为和技术活动，是海洋监测工作者必须掌握的一门基础性科学技术。第2章为数据处理与常用统计方法，主要对数据处理和常用统计方法的基本概念、方法原理、技术手段以及应用实例作了概述，对数据处理过程中的有效数字、可疑值判定及处理方式进行了规定。数据处理与常用统计方法属于海洋环境监测数据处理和分析中的基础知识之一，是海洋环境监测分析工作者理应掌握的一门科学知识。第3章为实验室质量控制，主要对实验室质量控制技术的概念、技术方法以及应用实例作了概述。实验室质量控制包括实验室内质量控制（内部控制）和实验室之间质量控制（外部控制）。其中实验室内质量控制是保证实验室提供可靠分析结果的关键，也是保证实验室

间质量控制顺利进行的基础。第4章为海洋环境监测数据质量评估，主要对海洋环境监测数据质量评估技术方法、原理和流程以及应用事例进行了概述。海洋环境监测数据质量评估是确保海洋环境监测数据质量优劣不可或缺的技术方法之一，是海洋监测分析人员尤其是海洋监测数据质量评价人员必须掌握的基本知识和技能。掌握本章内容，对于提高海洋环境监测数据质量，确保海洋环境质量评价的代表性和客观性，具有重要作用。第5章为标准物质简介，主要对标准物质的概念、分类、管理、应用作用以及发展状况进行了概述。海洋环境监测用标准物质是具有一种或多种足够均匀和很好确定了特性值，用以校准仪器、评价测量方法或给材料赋值的材料或物质，是海洋环境监测数据产生过程中不可或缺的物质材料之一。掌握本章的内容，对于精准溯源海洋监测数据，提高其数据质量，具有重要支持作用。第6章为实验室信息管理系统（LIMS）简介，鉴于我国基层海洋环境监测实验室（或中心站）大多尚未启用LIMS，仅有少数海区级监测中心实验室实施了LIMS的现状，主要对LIMS的定义与起源、LIMS模型、LIMS原理与功能等内容进行了科普知识的宣贯和诠释，以便于更多海洋监测一线人员和质控管理人员阅读和学习，旨在为我国海洋监测实验室普及LIMS，提高工作效率，规范实验室管理，而提供技术支持。

本书针对第2章、第3章和第4章中的抽象的数理统计概念和繁琐的计算公式，更多地采用了形象化的实例或案例予以说明，这不但便于初学者学习，而且对于从事多年海洋监测工作的科技人员亦是不可缺少的技术资料。另外，在全书各章之后，附有4~5道思考题，更有利于引领和促使初学者思考和研读本书，从而更好地提升和普及海洋监测人员的质量保证与质量控制知识，提高监测水平，推进海洋监测事业可持续快速发展。

《海洋环境监测评价质量保证与质量控制分册》由姚子伟组织编写。其中，第1章、第2章、第3章由徐恒振、姚子伟编写，第4章由于涛编写，第5章由王艳洁编写，第6章由赵仕兰编写。全书由徐恒



振统稿。本书在编写过程中得到生态环境部海洋生态环境司（原国家海洋局生态环境保护司）领导的大力支持；原国家海洋局海洋减灾中心石晓勇研究员、中国海洋大学李铁教授、原国家海洋局东海环境监测中心秦晓光高级工程师、原国家海洋局南海环境监测中心陈畅曙高级工程师和原国家海洋局第三海洋研究所黄德坤高级工程师提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢！海洋出版社钱晓彬编辑等人辛勤、耐心、细致的工作为本书增色添彩，在此一并谢忱。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

# 目 录

第 1 章 海洋监测全过程质量保证与质量控制要求 .....	1
1.1 海洋监测全过程质量保证与质量控制概述 .....	1
1.1.1 监测质量管理体系 .....	7
1.1.2 质量保证 .....	7
1.1.3 质量控制 .....	12
1.1.4 监测结果的质量控制 .....	21
1.2 样品采集、保存和运输的质量保证与质量控制 .....	22
1.2.1 采样站位的布设和采样频率 .....	22
1.2.2 海水样品的采集 .....	24
1.2.3 沉积物样品的采集 .....	29
1.2.4 生物样品的采集 .....	31
1.2.5 样品的保存 .....	33
1.2.6 样品的运输 .....	34
1.3 分析测试的质量保证与质量控制 .....	35
1.3.1 玻璃器皿等实验用具的质量保证 .....	35
1.3.2 分析仪器的校准及其质量保证 .....	36
1.3.3 试剂、水和有机溶剂的质量保证 .....	36
1.3.4 海水样品前处理的质量保证与质量控制 .....	36
1.3.5 生物或沉积物样品提取的质量保证与质量控制 .....	37
1.3.6 分析测试中的质量控制与质量保证要求 .....	37
1.3.7 分析测试中的质量控制样 .....	38
1.4 海洋监测资料处理中的质量保证与质量控制 .....	41
1.4.1 海洋监测资料形式 .....	41
1.4.2 海洋监测资料的载体形式 .....	41



1.4.3	海洋监测报表的制作要求	41
1.4.4	海洋监测数据的统计检验	41
1.4.5	海洋监测资料的整理与检查	42
1.4.6	监测数据的相关性比较	42
1.4.7	监测数据的三级审核	42
1.4.8	海洋监测资料的管理	43
	思考题	43
	参考文献	43
<b>第2章</b>	<b>数据处理与常用统计方法</b>	<b>44</b>
2.1	有效数字及其运算规则	44
2.1.1	有效数字和有效位数	44
2.1.2	数字舍入规则	46
2.1.3	有效数字运算规则	47
2.1.4	海洋环境监测中有效数字的取舍及规定	48
2.2	误差分析	56
2.2.1	随机误差	56
2.2.2	算术平均值	58
2.2.3	测定的标准差	59
2.2.4	测定的极限误差	60
2.2.5	系统误差	63
2.2.6	粗大误差	66
2.3	平均值、中位数和精密度的表示方法	69
2.3.1	平均值	69
2.3.2	中位数	71
2.3.3	精密度的表示方法	72
2.4	偶然误差的分布特征	75
2.4.1	偶然误差的分布	76
2.4.2	偶然误差分布的性质	78
2.4.3	$t$ -分布	82
2.4.4	$F$ -分布	83

2.4.5 平均值的精密度 .....	85
2.5 可疑值取舍和均值检验 .....	86
2.5.1 统计检验 .....	87
2.5.2 可疑值的取舍 .....	88
2.5.3 平均值的比较 .....	94
思考题 .....	100
参考文献 .....	100
<b>第3章 实验室质量控制 .....</b>	<b>101</b>
3.1 实验室内质量控制 .....	101
3.1.1 质量控制基础实验 .....	102
3.1.2 质量控制图 .....	119
3.1.3 实验室内部常规监测质量控制 .....	133
3.1.4 其他质量控制方法 .....	136
3.2 实验室间质量控制 .....	137
3.2.1 统一分析方法 .....	137
3.2.2 实验室质量考核 .....	138
3.2.3 实验室误差检验——尤登 (Rouden) 氏算法 .....	140
3.2.4 质量控制水样的制备与校正 .....	143
3.2.5 实验室之间的协同监测试验 .....	145
思考题 .....	149
参考文献 .....	149
<b>第4章 海洋环境监测数据质量评估 .....</b>	<b>150</b>
4.1 相关统计学基础 .....	150
4.1.1 统计总体和总体单元 .....	150
4.1.2 总体的样本 .....	151
4.1.3 显著性检验 .....	151
4.1.4 稳健统计技术 .....	154
4.2 数据质量评估指标和含义 .....	155
4.2.1 准确性 .....	155
4.2.2 精密性 .....	157

4.2.3	可比性	159
4.2.4	完整性	162
4.2.5	代表性	162
4.3	用于数据质量评估的试验设计和方法	170
4.3.1	准确性和精密性的评估试验和评估方法	170
4.3.2	可比性的评估试验和评估方法	172
4.3.3	完整性的评估内容	173
4.3.4	代表性的评估方法	173
4.4	数据质量评估程序和管理	175
4.4.1	数据产生单位的质量评估程序和内容	175
4.4.2	数据汇集单位的质量评估程序和内容	176
4.4.3	数据质量评估报告管理	177
	思考题	177
	参考文献	177
<b>第5章</b>	<b>标准物质</b>	<b>178</b>
5.1	标准物质概述	178
5.1.1	定义	178
5.1.2	相关术语	179
5.1.3	标准物质的特性及要求	181
5.1.4	标准物质的分级	181
5.1.5	标准物质的分类	184
5.1.6	标准物质的编号及证书	185
5.2	标准物质的作用与应用	187
5.2.1	验收、校准分析仪器	188
5.2.2	实验室的能力验证	188
5.2.3	工作标准溶液的核校	189
5.2.4	质量监控	189
5.2.5	测量不确定度的评定	189
5.2.6	对外技术交流	190
5.2.7	标准物质使用的注意事项	190

5.3 标准物质的发展状况 .....	192
5.3.1 国外状况 .....	192
5.3.2 国内状况 .....	193
5.4 标准物质的管理 .....	194
5.4.1 建立规范各类台账记录 .....	194
5.4.2 验收和验证 .....	195
5.4.3 标识 .....	195
5.4.4 标准物质的储存 .....	195
5.4.5 配制记录 .....	196
5.4.6 定期核查标准物质参数 .....	196
5.4.7 期间核查 .....	196
5.4.8 管理台账 .....	197
5.4.9 使用登记 .....	197
思考题 .....	198
参考文献 .....	198
<b>第6章 实验室信息管理系统 .....</b>	<b>199</b>
6.1 LIMS 的定义与起源 .....	199
6.1.1 LIMS 的定义 .....	199
6.1.2 LIMS 的起源 .....	201
6.2 LIMS 的模型、原理与功能 .....	206
6.2.1 LIMS 的概念模型 .....	207
6.2.2 LIMS 的功能及分级 .....	208
6.2.3 LIMS 的基本功能与特征 .....	210
6.2.4 LIMS 的高级功能与特征 .....	216
6.3 LIMS 实施前期工作指南 .....	219
6.3.1 LIMS 工程可行性分析 .....	219
6.3.2 需求评估 .....	222
6.4 LIMS 产品选型 .....	228
6.4.1 质量保证的实验室类型 .....	228
6.4.2 质量保证实验室的基本要素 .....	231



6.5 LIMS 计划实施 .....	238
6.5.1 LIMS 成功实施的策略 .....	238
6.5.2 LIMS 实施的类型 .....	239
6.5.3 LIMS 硬件安装实施要点 .....	240
6.5.4 LIMS 软件安装实施要点 .....	241
思考题 .....	245
参考文献 .....	245

# 第 1 章 海洋监测全过程质量保证与质量控制要求

本章简要介绍了海洋监测全过程质量保证与质量控制的基本概念、方法原理、主要任务以及技术手段。海洋监测全过程质量保证与质量控制技术是海洋环境监测中一项最基础的管理和技术工作。海洋监测全过程质量保证与质量控制是对海洋监测活动进行全面的质量保证与质量控制，确保海洋监测数据具有准确性、可靠性、可比性、完整性和公正性的管理行为和技术活动，是海洋监测工作者必须掌握的一门基础性科学技术。

## 1.1 海洋监测全过程质量保证与质量控制概述

海洋监测全过程质量保证与质量控制是指监测质量计划、样品采集，样品的储存与运输，实验用品、水、试剂和有机溶剂，样品前处理，分析测试，样品测定中仪器的校准和海洋监测资料处理中的质量保证与质量控制等活动的总和。

海洋监测全过程质量保证的主要内容，就是对海洋监测全过程中的各项技术环节进行质量控制。包括在合同评审、方案制订、站位布设、现场环境监测、样品的采集、样品前处理、样品检测分析、数据审核、环境影响评价和检测报告的编制各环节中，质量控制工作都要贯穿其中。依据《实验室资质认定评审准则》等的要求，建立健全质量管理体系，开展海洋监测的质量控制工作，完善全过程的质量保证工作，加强海洋监测全过程质量控制管理，提高监测人员的质量意识和业务水平，加大全过程监测质控工作力度，强化现场样品的采





集、保存、运输及实验室分析检测和数据处理与审核的全过程质量控制，确保监测数据的准确性和可靠性，为环境规划、环境管理、污染防治提供科学依据。

海洋监测质量保证是海洋监测的一项十分重要的技术管理工作。海洋监测质量保证是对整个海洋监测过程的全面质量管理。海洋监测质量控制是海洋监测工作中的重要组成部分，是为达到海洋监测质量要求所采取的一切技术活动（如采样、实验室分析测试等），是监测过程的控制方法，是海洋监测质量保证的一部分，是保证海洋监测数据质量的主要措施之一。

从质量保证和质量控制的角度出发，为了使监测数据能够准确地反映水环境质量的现状，预测污染的发展趋势，要求环境监测数据具有“五性”，即代表性、准确性、精密性、可比性和完整性。环境监测结果的“五性”反映了对监测工作的质量要求（刘现明等，2000）。

#### 1) 代表性

代表性样品是指在具有代表性的时间、地点，并按规定的采样要求采集到有效的样品。其样品必须能反映海水总体的真实状况，监测数据能真实代表某污染物在海水中的存在状态和海水状况。任何污染物在海水中的分布不可能是十分均匀的，因此要使监测数据如实反映环境质量现状和污染源的排放情况，必须充分考虑到所测污染物的时空分布。首先要优化布设采样点位，使所采集的水样应具有代表性。

水质监测站网规划（监测断面、站位的设置，监测频次、采样时间及监测方式的确定）、样品采集（采样方法、采样技术及人员操作等）、样品保存及运输等过程，决定着监测数据对整个监测区域水质总体的代表性，简称区域总体代表性或监测数据的代表性。

监测数据对现场采集样品的代表性，关键在于样品的稳定性，现场采集样品至实验室检测期间待测组分基本稳定不变，决定于样品的保存及运输过程。现场采集的样品对监测站位瞬时水体的代表性（或称样品采集的代表性），决定于采样点的布设、样品的采集方法、采样技术及人员操作等。监测数据对监测站位瞬时海水的代表性，决定于现场采集的样品对监测站位瞬时水体的代表性和监测数据对现场样品采集的代表性。监测站位的瞬时水体对监测站位的时段水体总体的代表性，即为在代表性时间内监测站位的瞬时水体对监测站位时段