海洋生态监测 NQI 体系现状及发展研究

袁玲玲，高占科，石超英，王爱军

（国家海洋标准计量中心　天津　300112）

摘要：建立统一的监测标准、有效的仪器量值保障手段，对机构监测能力进行认证认可，构建系统的海洋质量基础设施，是保障海洋监测数据质量的国际通行做法。文章从海洋监测标准、仪器设备计量检测、海洋行业资质认定等方面深入分析了我国海洋生态监测 NQI 体系的发展情况，分析了海洋生态监测目标和方式的转变及监测技术的发展状况，指出了海洋生态监测 NQI 体系面临的挑战以及今后的研究重点和发展方向。

关键词：海洋生态监测；海洋质量基础设施；海洋标准化；海洋计量；资质认定

中图分类号：X835；X196；P714　**文献标志码：**A　**文章编号：**1005-9857（2025）12-0085-07

Research on the Current Status and Development of NQI Systems for Marine Ecological Monitoring

YUAN Lingling，GAO Zhanke，SHI Chaoying，WANG Aijun

（National Center of Oceanographic Standards and Metrology，Tianjin 300112，China）

Abstract：Establishing unified monitoring standards，effective metrological assurance for instruments，and accreditation and certification of institutional monitoring capabilities，as well as constructing a systematic marine quality infrastructure，constitute internationally accepted practices for ensuring the quality of marine monitoring data. This paper conducts an in-depth analysis of the development of China's NQI system for marine ecological monitoring from the perspectives of marine monitoring standards，metrological testing of instruments and equipment，and accreditation in the marine sector. It further analyzes the transformation of monitoring objectives and approaches in marine ecological monitoring，as well as the development status of monitoring technologies，and identifies the challenges faced by the marine ecological monitoring NQI system，along with its future research priorities and development directions.

Keywords：Marine ecological monitoring，Marine ecological monitoring quality infrastructure（NQI），Oceanic standardization，Marine metrology，Accreditation

收稿日期：2025-08-12；**修订日期：**2025-12-22

基金项目：国家重点研发计划项目“海洋监测质量基础设施关键共性技术研究和集成示范”（2023YFF0611800）.

作者简介：袁玲玲，正高级工程师，博士，研究方向为海洋标准化及质量基础设施

通信作者：高占科，正高级工程师，硕士，研究方向为海洋计量及质量基础设施

0 引言

国家质量基础设施（National Quality Infrastructure，NQI）概念最早由德国联邦物理技术研究院（PTB）于 2002 年提出，由国际贸易中心于 2005 年正式向国际发布，随即获得了国际社会的认可。2007 年，《解决全球质量问题的终极答案：国家质量基础设施》强调，要获得高水平的国家质量基础设施，需要在计量、标准、检测、认可、认证等若干相互关联的环节实现协调一致[1-4]。自此，国家质量基础设施的概念和内涵得以基本确立。2012 年，联合国工业发展组织联合其他国际、国家组织，共同将 NQI 概念和相关项目推广到非洲、美洲、亚洲的多个国家。我国也正式引入 NQI 概念，在 2012 年 1 月 11 日召开的国务院常务会议部署质量提升工作时，该概念首次被明确提及。2014 年，国家质量监督检验检疫总局提出 NQI 专项计划，此后我国的 NQI 建设及各项相关工作有序开展，其重要性也逐步凸显[5]。在 NQI 的各要素中，计量是检验检测、认证认可的基准；标准是检验检测、认证认可的依据，也是计量的重要价值体现；而检验检测、认证认可是推动计量溯源水平提升和标准实施的重要手段[6]。具体而言，计量解决精准测量的问题，质量要求由标准规范统一，标准执行需要通过检验检测和认证认可来验证。计量、标准、检验检测和认证认可三者是质量的支柱，作为一个完整的技术链条，相互依存、互相促进，共同支撑行业高质量发展。

在人类活动和气候变化的双重压力下，当前我国海洋生态安全总体形势不容乐观，海洋生态系统趋于退化，生物多样性持续降低，赤潮、绿潮等生态灾害多发。准确、可靠、高质量的海洋监测数据是制定海洋生态保护政策、促进海洋防灾减灾的重要基础[7]。因此，相关国际组织、国际海洋监测计划及各发达国家均高度重视海洋监测数据质量，通过统一的监测方法标准、有效的仪器量值保障手段，以及对监测机构和仪器设备进行认证等措施[8]，系统构建海洋质量基础设施，已成为保障海洋监测数据质量的国际通行做法。我国自引入“国家质量基础设施”概念以来，在海洋监测领域已建立起较为完善的运行保障体系，在海洋监测标准制定、仪器设备计量检测、海洋行业资质认定等领域协同推进，共同保障监测数据质量。

1 海洋生态监测 NQI 体系发展现状

原国家海洋局就很重视标准和计量工作，建立了相对完善的海洋标准体系、计量体系和检验检测体系，并出台了《海洋标准化管理办法》《海洋计量工作管理办法》《关于加强海洋质量管理的指导意见》等系列文件，从制度层面保障了海洋监测标准、计量、检验检测和认证认可的有序发展。机构改革以后，自然资源部也很重视海洋生态监测标准、计量和检验检测工作。《“十四五”海洋经济发展规划》等政策文件，对海洋标准、计量和检验检测工作做出具体部署，要求加强海洋生态预警监测、生态保护修复等标准计量能力建设；《全国海洋生态预警监测总体方案（2021—2025 年）》明确将新仪器新设备计量技术研究、标准物质研制、标准体系建设、质量管理规范建设作为“十四五”期间海洋生态预警监测的重点任务，从规划层面为海洋生态监测标准、计量和质量工作指明了方向。

1.1 海洋生态监测标准的现状

2018 年原国家海洋局机构改革以后，自然资源部聚焦海洋生态预警监测，牵头组织制定海洋生态预警监测相关标准。围绕生态预警监测业务化工作体系，从海洋生态趋势性监测、典型海洋生态系统现状调查与预警、海洋生态灾害预警监测、监测能力建设与质量控制、海洋生态成果产品标准五个方面构建海洋生态预警监测标准体系。

1.1.1 海洋生态趋势性监测标准

海洋生态趋势性监测标准的研制历史最久，数量也最多，基本涵盖了目前海洋业务监测主要工作内容。该类标准包含《海洋监测规范》《海洋调查规范》《海洋监测技术规程》《近岸海洋生态健康评价指南》《海洋环境放射性核素监测技术规程》等 40 余项，为海洋生态监测工作提供了明确的方法指引和执行依据，是目前开展海洋生态预警监测的主要依据。此外，生态环境部还组织制定了《近岸海

域环境监测技术规范》等一系列标准，主要规定了近岸海域水质、沉积物、生物、入海河流、排海污染物等监测要求，这些标准所采用的监测方法仍以《海洋调查规范》《海洋监测规范》中规定的方法为主。表 1 列出了常用的海洋生态趋势性监测的国家标准和行业标准。

表 1　海洋生态趋势性监测标准

Table 1　Standards for trend monitoring of marine ecology

标准名称	标准号	标准名称	标准号
《海洋监测规范 第 1 部分：总则》	GB 17378.1—2007	《海水中溶解有机碳的测定 非色散红外吸收法》	HY/T 150—2013
《海洋监测规范 第 2 部分：数据处理与分析质量控制》	GB 17378.2—2007	《海水、沉积物中致突变性的测定鼠伤寒沙门氏菌 / 哺乳动物微粒体酶试验》	HY/T 153—2013
《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》	GB 17378.3—2007	《海水浴场监测与评价指南》	HY/T 0276—2019
《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》	GB 17378.4—2007	《近岸海洋生态健康评价指南》	GB/T 42631—2023
《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》	GB 17378.5—2007	《海洋生态环境水下有缆在线监测系统技术要求》	GB/T 42632—2023
《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》	GB 17378.6—2007	《近岸海域环境监测技术规范》（第 1 部分—第 10 部分）	HJ 442—2020
《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》	GB 17378.7—2007	《海湾水交换能力评价技术规程》	GB/T 42417—2023
《海洋监测技术规程 第 1 部分：海水》	HY/T 147.1—2013	《海洋沉积物和生物体中铁、锰、镍、钾、钠、钙、镁的测定 原子吸收分光光度法》	HY/T 206—2016
《海洋监测技术规程 第 2 部分：沉积物》	HY/T 147.2—2013	《海洋沉积物与海洋生物体中重金属分析前处理微波消解法》	HY/T 132—2010
《海洋监测技术规程 第 3 部分：生物体》	HY/T 147.3—2013	《海洋微微型光合浮游生物的测定 流式细胞测定法》	GB/T 30737—2014
《海洋监测技术规程 第 4 部分：海洋大气》	HY/T 147.4—2013	《海洋底栖动物种群生态修复监测和效果评估技术指南》	GB/T 42642—2023
《海洋监测技术规程 第 5 部分：海洋生态》	HY/T 147.5—2013	《贻贝监测技术规程》	HY/T 079—2005
《海洋监测技术规程 第 6 部分：海洋水文、气象与海冰》	HY/T 147.6—2013	《海洋生物质量监测技术规程》	HY/T 078—2005
《海洋监测技术规程 第 7 部分：卫星遥感技术方法》	HY/T 147.7—2013	《海洋环境放射性核素监测技术规程》	HY/T 235—2018
《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》	HY/T 215—2017	《海水中钌 -106 的分析方法　γ 能谱法》	GB/T 42256—2022

1.1.2　海洋生态系统现状调查与预警监测标准

针对我国海洋典型生态系统现状，原国家海洋局于 2005 年发布实施了《滨海湿地生态监测技术规程》《红树林生态监测技术规程》《珊瑚礁生态监测技术规程》《海草床生态监测技术规程》《海湾生态监测技术规程》《河口生态系统监测技术规程》六项行业标准，系统规定了 6 类海洋生态系统的监测内容、监测项目和具体要素、仪器设备要求、样品处理和检测方法、数据处理和质量控制要求等。为完善海洋生态系统现状调查标准体系，自然资源部组织编制并发布了《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》系列标准，系统规定了红树林、珊瑚礁、盐沼、海草床、牡蛎礁、砂质海岸、河口、海湾、泥质海岸、海藻场等海岸带生态系统现状调查和评估的技术方法。

1.1.3　其他海洋生态监测标准

海洋生态灾害预警监测标准有《海洋生态损害评估技术导则》《赤潮灾害处理技术指南》《绿潮生态调查与监测技术规范》等 12 项标准，主要针对赤潮、绿潮灾害的生态调查、监测、评价、风险区划、预报及损害评价制定。监测能力建设标准有《海洋环境监测浮标运行维护管理技术指南》《海洋环境监测实验室信息管理系统建设导则》《近岸海域水质浮标实时监测技术规范》《船载海洋生态环境在线监测系统技术要求》四项行业标准和《海洋生态监测站建设指南》一项团体标准，规定了海洋生态监测站、浮标、在线监测系统、实验室管理系统建设、运行、维护的技术要求。在监测数据管理和质量控制标准方面，已发布《海洋生态预警监测数据集质量控制技术规

程》《海洋环境监测数据量统计规范》等 8 项标准，规定了海洋生态预警监测数据格式、数据汇交和统计、数据质控等技术要求。海洋生态成果产品标准较少，仅有《海洋环境监测数据量统计规范》《海洋保护区生态保护补偿评估技术导则》两项标准。

1.2 海洋生态监测计量技术现状

基于海洋环境不可复现的特点，对监测设备进行计量检校是保障测量结果准确可靠的必要手段。我国对海洋监测仪器设备的量值溯源有明确的规定。《海洋观测预报管理条例》（国务院令第 615 号）规定："海洋观测计量器具应当依法经计量检定合格。未经检定、检定不合格或者超过检定周期的计量器具，不得用于海洋观测。对不具备检定条件的海洋观测计量器具，应当通过校准保证量值溯源。"《海洋计量管理办法》规定："在用海洋专用计量器具必须进行量值溯源。"我国自 20 世纪 60 年代开展海洋专用量值仪器量值传递研究，1984 年，由国家计量总局批复成立海洋计量站及青岛、上海、广州分站，代表国家计量行政主管部门开展计量管理、检定和监督工作。2012 年，国家质量监督检验检疫总局批准成立全国海洋专用计量器具计量技术委员会，负责组织制定海洋计量技术规范，到目前基本建立了相对健全的海洋计量工作体系。

1.2.1 计量检测装置

常规实验室标准计量应在可控的实验环境下，由具备资质的实验人员依据现行有效的计量技术规范，使用配有计量器具或有证标准物质的计量装置进行。因此，研建计量装置，制定计量技术规范，研制有证标准物质是计量能力建设和技术研究的重点[9]。针对海洋特殊量值，国家海洋标准计量中心自主研发海洋温度、盐度、深度、波浪、潮位、气温、气压、湿度、雨量、风速、风向、pH、浊度、营养盐、溶解氧、叶绿素共 16 项海洋专用计量装置，青岛、上海、广州分站建有海流计量装置。其中，海洋温度校准装置的计量校准范围为 −2 ～ 40℃（MPE ± 0.002 ℃），海水盐度计量装置的计量校准范围为 2 ～ 42 psi（MPE ± 0.001 psi），海洋深度检定装置的计量检定校准范围为 0.05 ～ 100 MPa，准确度等级为 0.005 级，均达到国际先进水平[10]。

1.2.2 计量技术规范

计量技术规范由国务院计量行政部门组织制定并实施，是规定计量活动具体技术要求的权威性文件，主要内容为计量器具的计量性能要求、检定 / 校准方法、测量数据处理方法、量值传递 / 溯源方法、测量不确定度评定等具体技术要求，是开展计量器具管理、计量检定 / 校准工作及实验室能力认可的重要技术依据和操作指南。目前，我国现行有效的海洋专用计量技术规范共计 22 项。其中，检定规程 16 项，主要为常用盐度计、验潮仪、波浪浮标、海水浊度计、温盐深测量仪、海流计、海洋测风仪等仪器设备的检定规程；校准规范 6 项，包括海水营养盐测量仪、pH 测量仪、温盐测量仪、溶解氧测量仪、海洋资料浮标传感器等的校准规范。随着各类新型海洋仪器设备在海洋监测领域的广泛应用，近几年我国已开展了 20 余项新型仪器设备计量技术规范的研制工作，包括海水叶绿素 a 传感器荧光性能计量测试规范、海水二氧化碳测量仪（传感器）校准规范、海水总碱度分析仪校准规范、海水有色可溶性有机物传感器荧光性能测试规范等，为新型海洋监测仪器设备的精准应用提供了计量保障。

1.2.3 标准物质

标准物质是具有足够均匀性和稳定特性的物质，其特性值需通过计量学有效方法测定，能溯源至国际基本单位，并给出测量不确定度。因此，有证标准物质可作为计量标准，用于校准测量仪器和开展量值溯源工作[11]，这也是标准物质与标准样品的主要区别。早期海洋标准物质主要为海洋环境成分分析标准物质，如海洋沉积物成分分析标准物质、南 / 北极海洋沉积物成分分析标准物质、黄海海洋沉积物成分分析标准物质、近海海洋沉积物成分分析标准物质、中国标准海水、中国一级标准海水等标准物质。因淡水基体中营养盐、pH、溶解氧的测量结果与海水基体存在电位差，海洋监测仪器需用海水基体标准物质开展计量校准。基于该需求，近几年我国开始研制海水基体标准物质。截至目前，已获证的有海水活性磷酸盐标准物质、低盐度海水中汞标准物质、海水 COD_{Mn} 标准物质、海水

中硒成分分析标准物质、海水 pH_T 标准物质（盐度 35/25）、海水中铜 / 铅 / 镉 / 铬 / 锌标准溶液等 22 种；尚处于研制阶段的有海水中总碱度、海水中溶解二氧化碳等标准物质。

1.3　海洋生态监测认证认可现状

目前，我国监测实验室认证认可主要有实验室认可（CNAS）和资质认定（CMA）两种。实验室认可（CNAS）是由中国合格评定国家认可委员会依据国际标准 ISO/IEC 17025 开展的自愿性认可，代表实验室的技术能力与管理体系达到国际水平，其报告可在国际实验室认可合作组织成员国间互认。资质认定是依据《中华人民共和国计量法》设立的强制性认证，通过认定的第三方检测机构方可对外出具报告。海洋生态监测行业主管部门主要采用资质认定（CMA）制度对监测实验室进行管理，以确保监测数据的质量。如自然资源部 2022 年出台《关于加强海洋生态预警监测质量管理工作的通知》，明确要求从事海洋生态预警监测工作的机构必须取得资质认定（CMA 认证）；生态环境部和国家市场监督管理总局于 2018 年联合印发《检验检测机构资质认定生态环境监测机构评审补充要求》，规定从事生态环境监测的机构除需满足资质认定通用要求外，还应满足生态环境机构资质认定的特殊要求。

现阶段，实验室资质认定实行分级管理。部委直属机构资质认定由国家市场监管总局审批管理，地方及企业资质认定由省级市场监督管理部门审批。目前，获得国家级资质认定的海洋监测机构共有 58 家，认定内容主要为海洋水文气象观测，水质、沉积物、生物监测，海洋底质调查，海洋地形地貌测量等。2023 年，国家计量认证海洋评审组尝试开展盐沼（植物群落）、海草床（海草群落）、珊瑚礁（珊瑚）、红树林（红树群落）、鸟类（鸟类观测）五个生态监测项目的资质认定。海洋资质认定的依据主要为现行有效的海洋调查、监测国家标准和行业标准，依据团体标准开展的资质认定仍在探索中。

2　海洋生态监测 NQI 体系面临的挑战

标准为海洋生态监测提供规范、统一的方法，计量确保监测数据准确可靠，实验室认证认可保障机构运行按照标准要求执行，海洋生态监测 NQI 体系是保障海洋生态监测质量的基石[12]。随着监测目标的变化和新技术的创新发展，海洋生态监测的监测要素、监测方式、监测技术都发生了深刻变化。海洋生态监测技术的发展，必然对标准、计量技术和认证认可提出新的挑战。

2.1　基于生态系统监测的 NQI 体系亟须建立

最初海洋监测要素主要为水文、气象、水质、底质和生物等，随着海洋监测从环境质量监测转变为生态环境质量监测，监测项目和内容不断拓展，当前监测要素除了常规的水文、气象、水质、沉积物、生物要素以外，还包括生物多样性、生物群落、栖息环境、碳储量、自然及人为威胁因素、遗传信息要素监测等[12]。基于水文、气象、底质、沉积物、生物等监测要素建立的标准、计量和认证认可体系已不能适应当前海洋生态监测的需要，如何开展基于生态系统的海洋生态监测 NQI 体系研究是当前面临的重要课题。例如，生物群落监测、物种鉴别目前仍以显微镜观察计数或人工观察为主，监测人员的专业水平起着决定性作用。如何标准化和准确计量有待进一步研究和探讨。

2.2　自动在线监测对常规实验室计量提出了新的挑战

目前，海洋生态监测模式已从传统的“外业取样—实验室分析”逐步向自动在线监测转变。依托浮标、海上平台、船舶、水下潜标、无人船等多种监测载体，开展定点或走航连续监测已经实现业务化运行，监测参数包括盐度、pH、溶解氧、浊度、叶绿素、营养盐、石油类等近 20 项[13]。自动在线监测的精确度和灵敏度逐步提高，监测时长、深度、广度不断发展，如中国科学院海洋研究所研发的海气交互剖面浮标系统已能实现大气—海气界面—水下 1 000 m 剖面同步观测。传统的通过在实验室建立计量标准装置进行计量检定校准的方式，已明显难以适应自动在线监测技术的发展需求。在线计量、深远海原位计量、基于大数据的智能计量成为当前海洋计量发展亟须突破的关键技术。

2.3　新技术广泛应用提出海洋生态监测 NQI 体系研究新课题

eDNA、无人机遥感、人工智能等新技术在海

洋生态监测领域得到广泛应用。eDNA 技术通过直接提取环境样本中的 DNA 片段并开展高通量测序，将测序结果与已知物种基因数据库进行比对，从而识别与样本中的 DNA 片段相匹配的物种，以确定目标区域生物种类及其数量分布特征。无人机遥感技术可实现对海洋生物（鲸类、海龟和海鸟），以及红树林、海草床等生态系统群落种类分布格局、碳汇和碳通量参数、温排水温升范围、海面溢油实时动态的监测。智能浮标集成 AI 图像识别与光谱传感技术可实现海面漂浮物自动识别与叶绿素浓度检测[14]。随着新技术的应用，监测结果不再以单要素、单一量值的形式呈现。面对多要素、多源异构监测数据，如何进行标准化和准确计量，进而实现认证认可，成为海洋生态监测 NQI 体系面临的新课题。

3 结语

我国已建立较为完善的海洋生态监测 NQI 体系，主要体现在 3 个方面：一是围绕海洋生态预警监测业务化工作体系，从海洋生态趋势性监测、典型海洋生态系统现状调查与预警、海洋生态灾害预警监测、监测能力建设与质量控制、海洋生态成果产品标准五个方面构建了相对健全的海洋生态预警监测标准体系；二是通过研建计量装置、研究计量技术规范、研制标准物质，建立起基本覆盖海洋生态监测要素的量值溯源体系；三是引入资质认定（CMA）制度，对从事海洋生态监测的机构进行管理，认定范围基本覆盖海洋生态监测的所有项目。海洋监测标准化、仪器设备计量检定校准、海洋行业资质认定三者协同推进，共同保障海洋生态监测数据质量准确可靠。

随着海洋生态监测的发展，面对监测项目的不断拓展，监测方式由实验室分析向在线自动监测转变，新的监测技术得到广泛应用。开展新技术标准研究，加强在线计量和原位计量技术研发，研制新的标准物质，探索现场监测、人工观测资质认定的可行性，是当前及未来一个时期内海洋生态监测 NQI 体系的研究重点和发展方向。

参考文献（References）：

[1] 陈岳飞，邓树新．国家质量基础设施（NQI）融合发展的制约因素[J]．中国检验检测，2021(1)：6-8.
CHEN Yuefei，DENG Shuxin．Constraining factors for the integrated development of National Quality Infrastructure(NQI)[J]．China Inspection Body & Laboratory，2021(1)：6-8.

[2] 孟邹清，宋佳蕊．NQI 体系建设与实践：以我国功能安全 NQI 体系建设为例[J]．中国仪器仪表，2025(4)：22-25.
MENG Zouqing，SONG Jiarui．Construction and practice of the NQI system：example of China's NQI system of functional safety[J]．China Instrumentation，2025(4)：22-25.

[3] 孙俊娟，翟洪霞．NQI 支撑新一代信息技术高质量发展的动力分析[J]．质量技术基础，2021，583(5)：181-184.
SUN Junjuan，ZHAI Hongxia．Analysis on NQI supporting high-quality development of the new generation of information technology[J]．Quality Technology Foundation，2021，583(5)：181-184.

[4] 王颖婕，路正南．美国 NQI 发展及对中国的启示研究[J]．现代管理科学，2018(1)：27-29.
WANG Yingjie，LU Zhengnan．Research on the development of the US National Quality Infrastructure(NQI) and its enlightenment for China[J]．Modern Management Science，2018(1)：27-29.

[5] 罗伟，彭建飞．国家质量基础设施（NQI）在可降解塑料领域应用分析[J]．广东化工，2023，50(22)：55-56.
LUO Wei，PENG Jianfei．Analysis of the application of National Quality Infrastructure(NQI) in the field of degradable plastics[J]．Guangdong Chemical Industry．2023，50(22)：55-56.

[6] 牛晨晖，孙睿，曹庆伟，等．国家 NQI 体系及其在风电行业的应用进展[J]．质量基础设施，2022(7)：216-230.
NIU Chenhui，SUN Rui，CAO Qingwei，et al．National NQI system and its application progress in wind power industry[J]．National Quality Infrastructure，2022(7)：216-230.

[7] 梁培威．海洋生态环境监测的质量控制和质量保证分析[J]．清洗世界，2024，40(12)：187-189.
LIANG Peiwei．Analysis on quality control and quality assurance of marine ecological environment monitoring[J]．Cleaning World，2024，40(12)：187-189.

［8］ 王英，冯旭文，赵维三，等．德国的海洋科学调查研究与标准计量［J］．东海海洋，2004，22(4)：58-61．
WANG Ying，FENG Xuwen，ZHAO Weisan，et al．The relationship between standards metrology and research of ocean science in Germany［J］．Donghai Marine Science，2004，22(4)：58-61．

［9］ 边鸣秋．科技创新提升海洋计量基础能力实证分析［J］．海洋开发与管理，2017，34(4)：66-69．
BIAN Mingqiu．The promotion of technology innovation on marine metrology capacity［J］．Ocean Development and Management，2017，34(4)：66-69．

［10］ 王宝森，姜秋，高占科．海洋计量工作现状分析与发展建议［J］．海洋开发与管理，2016，33(2)：91-94．
WANG Baoseng，JIANG Qiu，GAO Zhanke．Analysis on the current situation and development suggestions of marine metrology work［J］．Ocean Development and Management，2016，33(2)：91-94．

［11］ 王爱军，高占科．计量在海洋生态环境监测中的保障作用［J］．计量管理，2017(8)：63-66．
WANG Aijun，GAO Zhanke．The guarantee role of metrology in marine ecological environment monitoring［J］．Metrology Management，2017(8)：63-66．

［12］ 张玉芝．水质检测中的标准物质制备与应用［J］．全面腐蚀控制，2025，39(5)：290-292．
ZHANG Yuzhi．Preparation and application of standard substances in water quality testing［J］．Total Corrosion Control，2025，39(5)：290-292．

［13］ 孙艺，赵冬梅，周超，等．智能监测技术在海洋监测中的应用与实践［J］．绿色科技，2024，210(5)：74-75．
SUN Yi，ZHAO Dongmei，ZHOU Chao，et al，Application and practice of intelligent monitoring technology in marine ecological monitoring［J］．Green Technology，2024，210(5)：74-75．

［14］ 谢会芹，吴雨航，马郡镁，等．智能融合技术赋能环渤海地区海洋生态监测研究［J］．青岛远洋船员职业学院学报，2025，46(2)：30-37．
XIE Huiqin，WU Yuhang，MA Junmei，et al．Research on the application of intelligent fusion technology in marine ecological monitoring around the Bohai Rim［J］．Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College，2025，46(2)：30-37．