

附件 2

《海水浴场赤潮监测技术规范（征求意见稿）》
编制说明

《海水浴场赤潮监测技术规范》

编制组

2024 年 11 月

项目名称：海水浴场赤潮监测技术规范

项目统一编号：HBSES202401

承担单位：国家海洋环境监测中心、河北省生态环境监测中心、

河北省秦皇岛生态环境监测中心、浙江大学

编制组主要成员：李冬梅、魏君、张玄、韩丽君、朱凌宇、郭海川、

刘慧颖、佟蒙蒙、赵怡聪

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制（修）订的必要性分析.....	1
2.1 相关行业概况.....	1
2.2 海水浴场管理工作需要.....	3
2.3 生态环境部监测业务工作需要.....	3
3 国内外相关研究情况.....	4
3.1 主要国家、地区及国际组织相关研究进展.....	4
3.2 国内相关研究进展.....	7
3.3 本标准与国内相关标准的衔接.....	9
4 标准制定的基本原则.....	10
5 标准主要技术内容.....	10
5.1 适用范围.....	10
5.2 标准结构框架.....	10
5.3 规范性引用文件.....	11
5.4 术语和定义.....	11
5.5 赤潮监测的分类.....	12
5.6 监测点位的布设.....	13
5.7 监测频次和时间.....	13
5.8 监测项目.....	14
5.10 水质分析.....	15
5.11 赤潮生物分析.....	15
5.12 赤潮毒素分析.....	16
6 标准实施建议.....	16
7 主要参考文献.....	17

1 项目背景

1.1 任务来源

为加强海洋生态环境监测标准的技术储备，加快完善海洋生态环境监测标准体系，满足海水浴场生态环境监测业务需求，国家海洋环境监测中心与河北省生态环境监测中心合作向河北省科学技术厅提出《河北省重点海水浴场赤潮监测评价指标体系研究与应用》项目立项申请，于2022年7月获批，任务编号为22373301D。结合科研课题研究，于2023年着手起草制定海水浴场赤潮监测技术规范。2024年11月，河北省环境科学学会发布《关于下达团体标准制修订项目计划的通知》，通知确定将《海水浴场赤潮监测技术规范》团体标准制修订项目列为河北省环境科学学会2024年团体标准修订项目计划，项目编号为HBSSES202401。本标准制修订承担单位为国家海洋环境监测中心，协作单位为河北省生态环境监测中心、河北省秦皇岛生态环境监测中心和浙江大学。

1.2 工作过程

2023年1月至12月，依托《河北省重点海水浴场赤潮监测评价指标体系研究与应用》课题，开展海水浴场赤潮监测技术研究。

2024年1月~3月，《技术规范》编制组基于国内外资料的查阅，掌握了国内外相关研究情况及工作进展，并进行政策需求汇集，开展了标准制订的必要性分析。

2024年4月~2024年6月，确定了标准技术路线及主要研究内容。

2024年7月~2024年11月，编制了《技术规范》的征求意见稿及其编制说明。

2 标准制（修）订的必要性分析

2.1 相关行业概况

我国海域赤潮频发，赤潮毒素污染问题十分突出。2001年至2022年，我国海域发生赤潮年均67次，累计赤潮面积年均11 678 km²[1,2]（图1），赤潮高发海域主要为河口海湾的近岸海域^[3]（图2）。有毒有害赤潮比例居高不下^[1]（图3），大多数赤潮毒素组分在我国近海都能被检出^[4]。2009年~2015年，渤海向河北省海域暴发抑食金球藻褐潮^[5]，每年从5月持续到9月，累计面积11 221 km²，单次最大面积为3 400 km²。2021年冬，南黄海近岸暴发以球形棕囊藻为优势生物的赤潮，持续近两个月，最大面积达630 km²^[6]。2022年，中国东海近岸以原甲藻为优势生物引发的赤潮累计面积最大，为655 km²。2016年~2019年，秦皇岛海域连年发生有毒赤潮，该海域内的贻贝体内赤潮毒素严重超标，导致食用中毒事件频发^[2]；2017年东海海域发生了以链状裸甲藻为优势生物的赤潮，导致当地海产品毒素超标，上百人食用后中毒^[2]。

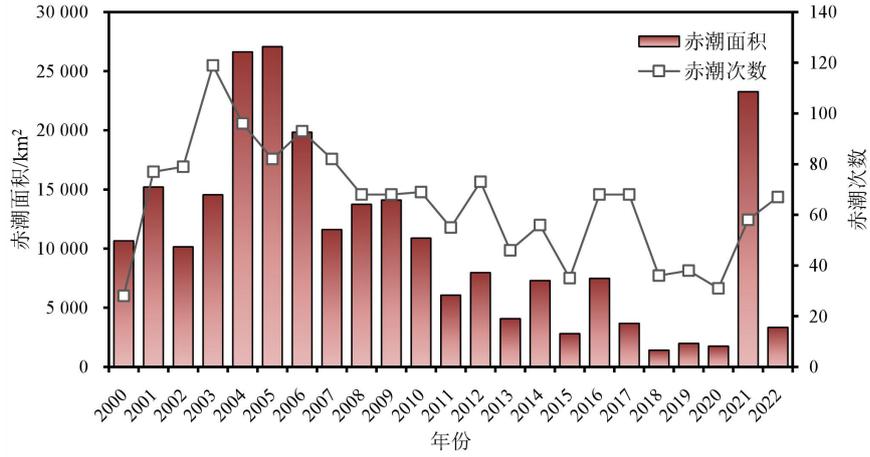


图 1 2001 年~2021 年我国海域赤潮发现次数及累积面积图

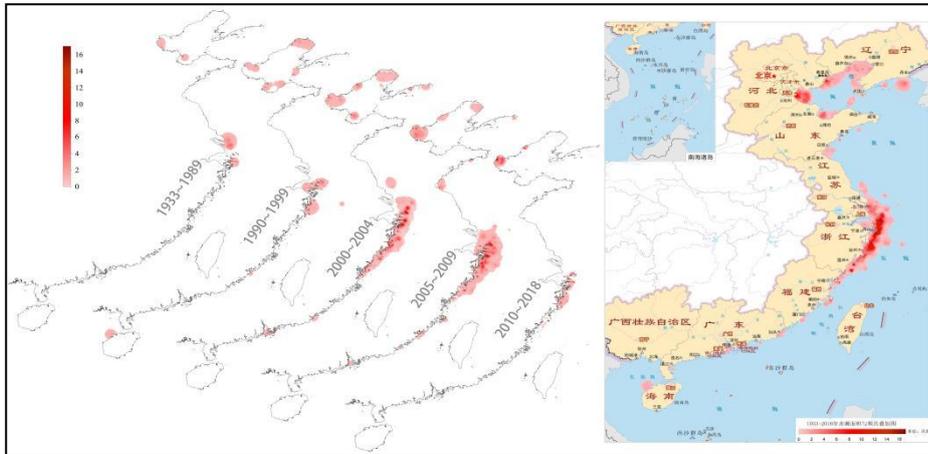


图 2 1933 年~2018 年我国海域赤潮分布叠加图

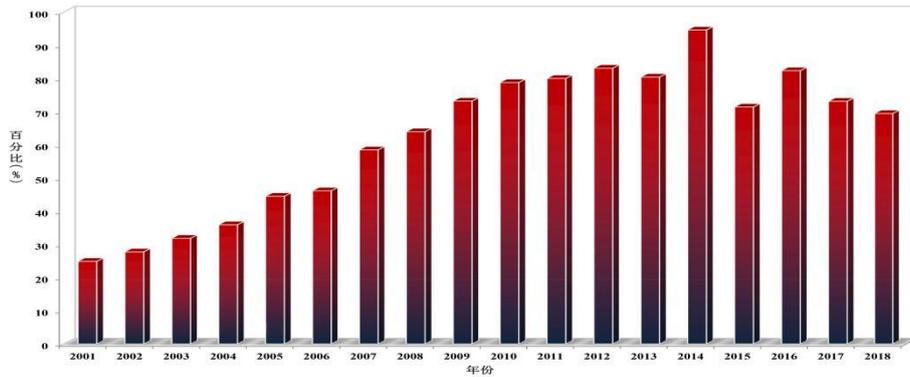


图 3 2001 年~2018 年我国沿岸海域有毒害赤潮比例

2018 机构调整前，国家海洋局负责我国的赤潮灾害监测，积累了大量数据和丰富经验，并已建立赤潮灾害预警和应急管理体系。1990 年，发布《关于加强预防沿岸海域赤潮灾害的通知》，要求沿海各省加强赤潮灾害的防范。2001 年，发布《关于加强海洋赤潮预防控制治理工作的意见》，建立全国赤潮防治体系。2005 年，通过《赤潮灾害应急预案》，并于 2009 年修订。2002 年以《海洋赤潮信息管理暂行规定》为依据，建立了赤潮信息管理体系，确立了国家海洋局-国家海洋局各分局-沿海各省级-沿海各县级统一管理分级负责的

信息管理和发布机制。《海洋赤潮监测技术规程》和《赤潮灾害应急预案》的发布和实施奠定了我国赤潮灾害管理的基础。2018 机构调整后，自然资源部门负责我国的赤潮灾害监测与预警，生态环境部门负责对生态环境质量状况进行调查评价、预警预测。两部门在赤潮灾害监测与环境损害评估等方面的工作存在交叉，但侧重点又有所不同。以海水浴场为例，自然资源部门侧重于海水浴场所在海域赤潮有无发生的监测与预警，生态环境部门则侧重于赤潮是否造成海水浴场环境质量损害和人体健康影响的监测与预警。

2.2 海水浴场管理工作需要

我国赤潮灾害对海水浴场环境已造成严重影响。近岸海域赤潮漂移进入海水浴场是海水浴场赤潮的主要来源，也有少部分是由岸滩水域形成局部赤潮而引发的。赤潮可造成海水浴场亲海品质下降，甚至会危害到人体健康。**赤潮可造成海水浴场水体水色异常。**赤潮可使水体呈现出多种颜色，如红色、褐色、黄绿色等。我国渤海的抑食金球藻赤潮（褐潮）、东海的东海原甲藻赤潮等，使得整个海域水体呈现酱油般的褐色；如梦如幻的“蓝眼泪”荧光海，则是最典型的夜光藻赤潮。赤潮颜色是由赤潮生物的种类所决定的，有些赤潮颜色并不明显，也有些赤潮并不会使水体变色，一般来说甲藻和着色鞭毛藻（棕色藻）赤潮颜色较重。**赤潮可造成海水浴场生态环境质量下降。**赤潮会破坏水质，造成透明度降低、溶解氧降低、pH 升高、COD 增高、氮磷升高等。有的赤潮还会生成大量渣沫漂浮于海面，或者遍布于沙滩上，或者造成大量海洋生物死亡，微生物的分解可直接或间接造成水体发臭。**赤潮可危害人体健康。**赤潮时赤潮生物数量极其庞大，黏附于人体皮肤表面可引发皮肤不适或轻度过敏。有些赤潮会引发赤潮毒素次生污染，通过皮肤接触、呼吸道吸入、食入被污染的海洋生物等途径进入人体而危害人体健康，如皮肤损伤、神经麻痹、腹泻等，严重者可造成死亡。有毒有害的赤潮生物以甲藻和着色鞭毛藻（棕色藻）居多。

自然资源部印发的《赤潮灾害应急预案》（自然资办函〔2021〕1258 号）中依据赤潮面积、赤潮引发身体不适病例数、赤潮对重大活动海域的影响以及赤潮对经济敏感海域的经济损失等将赤潮灾害由高到低分为 I~III 级。通常来说，我国海水浴场海域面积较小，管理上亦无法对病例、经济损失等进行有效评估，即使是赤潮灾害 III 级标准也远远超出了海水浴场赤潮灾害的界定范围，因此《赤潮灾害应急预案》不适用于我国多数海水浴场的赤潮应急，无法满足海水浴场管理的工作需求。海水浴场的管理亟需一个可有效指导应对赤潮灾害的管理依据。

2.3 生态环境部监测业务工作需要

防范生态环境风险，提升公众亲海品质，是“十四五”期间我国海洋生态环境保护的重点工作，海水浴场是我国滨海旅游业的重要场所，是我国最重要的公众亲海空间，也是推进我国“十四五”海洋规划“美丽海湾”建设的重要抓手。提升海水浴场亲海品质，保障海水浴场环境健康，是生态环境部的重点工作之一。

2003 年，生态环境部对我国重点海水浴场开展了生态环境监测业务，至今已发展到了 32 个，全国重点海水浴场环境质量监测和健康评价是生态环境部的一项重点工作，也是《中国海洋质量公报》中的一个重要章节。赤潮可导致海水浴场水色异常，水质下降，严

重影响当地生态环境；赤潮产生的赤潮毒素等次生污染可引起赶海人员出现中毒现象，严重威胁公众健康。2000年至今，我国32个重点海水浴场中的24个海水浴场所在水域发生过赤潮，其中舟山朱家尖浴场、秦皇岛平水桥及老虎石浴场、平潭龙王头浴场和深圳大梅沙浴场内均发生过5次以上赤潮，舟山朱家尖浴场赤潮累计发生次数高达44次，赤潮面积累计12000 km²以上（图4）。我国近岸海域赤潮高发已严重影响了海水浴场的环境质量和公众健康，建立海水浴场赤潮监测规范性标准是生态环境部业务监测的迫切需求。2019年，生态环境部率先在北戴河重点海水浴场开展了赤潮监测业务，立足于浴场环境质量监测与预警，为地方政府开展应急响应以及环境综合治理提供了有力的支撑，为本标准的制定提供了基础保障。

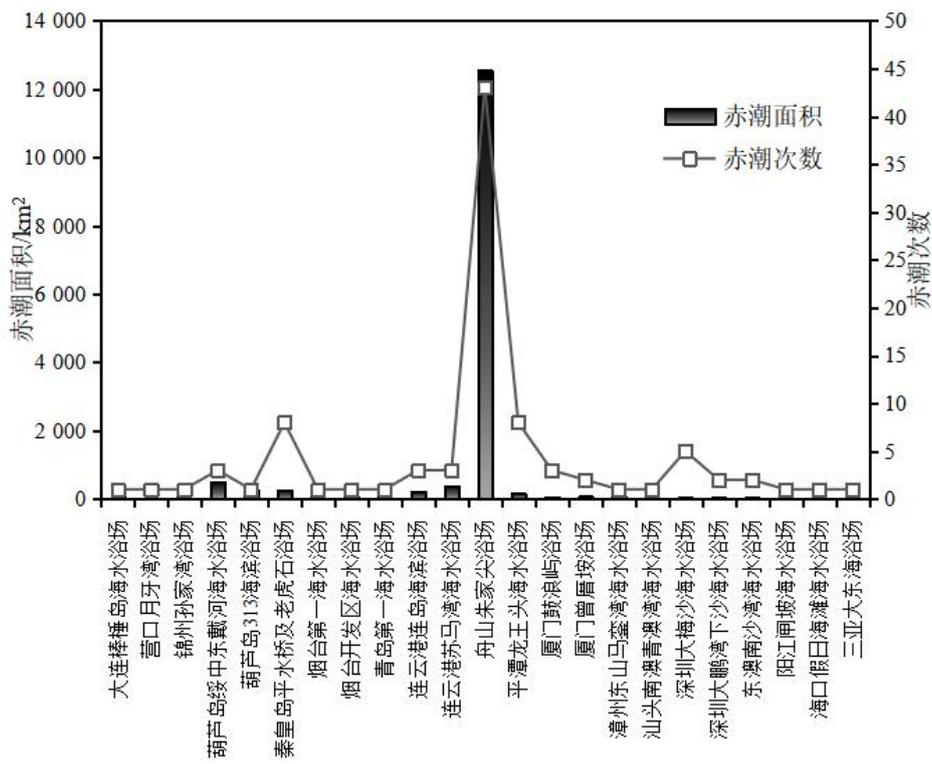


图4 2000年以来我国重点海水浴场赤潮情况统计

3 国内外相关研究情况

3.1 主要国家、地区及国际组织相关研究进展

全球气候变化与全球一体化加剧了赤潮生物全球性的传播与扩展，赤潮暴发的窗口期提前并加大，赤潮频次增加且规模加大^[7]。1985年由抑食金球藻引发的褐潮，首次出现于美国东北部的部分海湾，1997年在南非的萨尔达尼亚湾暴发，2009年在我国渤海近河北省海域暴发。三个地区引发褐潮的赤潮生物均源自相同物种，印证了赤潮全球一体化的传播与扩散。2015年北起美国北部的阿拉斯加、南至墨西哥沿岸暴发了前所未有的大规模拟菱形藻赤潮，海水中的神经性毒素软骨藻酸（Domoic Acid, DA）突破历史记录，导致美国政府长时间禁止商业捕捞太平洋大竹蛭（*Pacific razor clam*）、太平洋黄道蟹（*Rock crab*）、珍宝蟹（*Dungeness crab*）等海洋生物^[8]。2017年美国佛罗里达近海暴发了近十年来持续最久、灾情最严重的短凯伦藻（*Karenia brevis*）赤潮，持续时间达15个月之久^[9]。

1998年，联合国教科文组织（UNESCO）联合海洋研究科学委员会（SCOR）共同发起了有害藻华全球生态与海洋学计划（GEOHAB），带动了全球范围内赤潮的研究。GEOHAB推动国际间合作，通过与全球海洋观测系统（GOOS）、美国的有害藻华生态和海洋研究计划（ECOHAB）、欧洲有害藻华计划（EUROHAB）等各类研究计划互动和合作，调查比较了不同海域的赤潮特征与动态趋势，研究了各种海洋环境中赤潮生物的特征及种群动力学等。2013年GEOHAB计划结束以后，继续开展了全球有害藻华计划（GlobalHAB），该计划旨在改进对水生生态系统中有害藻华的认识水平和预测能力，更好地开展有害藻华的管理和减灾工作。在GlobalHAB计划的支持下，有害藻华研究不断深入，在GEOHAB计划提出的“生物多样性与生物地理分布”、“营养盐与富营养化”、“藻种适应策略”、“生态系统比较研究”及“观测、模拟与预测”等5项内容基础上，GlobalHAB计划又增加了“毒素”、“淡水有害藻华与蓝细菌藻华”、“底栖环境中的有害藻华”、“有害藻华与水产养殖”、“有害藻华与人类和动物健康”、“经济”、“气候变化与有害藻华”等7项内容，将淡水环境中的有害藻华、底栖环境中的有害藻华以及全球气候变化对有害藻华的影响等也作为核心研究方向，并加强了对有害藻华社会经济效应的关注，在“典型有害藻华的生态学与海洋学研究”、“富营养化和气候变化对有害藻华的影响”、“藻毒素与人类健康”、“有害藻华的监测、预警和防控”等方面取得了重要进展。美国也通过与相关的国家和国际倡议（如GEOHAB, IOOS, GOOS, CUAHSI, CLEANER, NEON和ORION）对接，建立和促进与相关国家和国际计划的互动，并根据需要制订国家有害藻华计划。

2019年，美国环境保护署EPA发布了娱乐水域人体健康水质标准，该标准根据现有的藻类对健康影响的数据，给出了娱乐水域中藻毒素的推荐保护值：对于微囊藻毒素，推荐值是8微克/升；对于柱孢藻毒素，推荐值为15微克/升。2021年，WHO发布了娱乐水域水质指南，全面概述了评估赤潮发生风险（包括娱乐用水）和制定有效风险管理策略所需的专业知识^[10]。该指南中的警报级别框架（ALF）根据娱乐水域使用强度给出了水体中高浓度有毒蓝藻生物造成健康风险的评估办法，并提供了视觉评估和实验室分析两种不同的监测方法。

针对底栖有害藻类及其毒素的监测和评价方面所做的工作非常有限。美国州际技术和管理委员会（ITRC）虽然制定了可供参考的基于多种采样方法的监测指南草案，但并没有具体给出在底栖藻华事件期间快速有效监测风险的方法。美国环境保护局（EPA）目前也没有可以与各州和地方机构共享的关于应对底栖有害藻类的通用指南。

赤潮毒素是有害赤潮研究的热点问题。赤潮毒素是由产毒赤潮生物直接生成或经由生物体衍生的天然有机化合物，可直接或间接产生毒性效应。由微藻直接生成的赤潮毒素称为藻毒素，藻毒素经贝类富集衍生的又称为贝类毒素，藻毒素经鱼类富集衍生的又称为鱼毒素。藻毒素在鱼类、贝类中累积，不仅影响海产品品质、危害人类健康，还会破坏养殖业发展，造成巨大的经济损失。据估算，全球因藻毒素造成的中毒人数每年不下2000例，经济损失约40亿美元^[11]。按照毒素化学结构，可以将常见的藻毒素分成氮杂螺环酸（Azaspiracid, AZA, 亦称原多甲藻酸毒素）及其同系物、短凯伦藻毒素（Brevetoxins, BTXs）、环亚胺毒素（Cyclic Imine, CI）、软骨藻酸、大田软海绵酸（Okadaic Acid, OA）

及其同系物、扇贝毒素（Pectenotoxins, PTXs, 亦称蛤毒素）、石房蛤毒素（Saxitoxins, STXs）及其同系物、虾夷扇贝毒素（Yessotoxins, YTXs）等 8 类，此外，岩沙海葵毒素（Palytoxin, PTX）在一些藻类中也有检出。赤潮毒素根据溶解性可分为水溶性毒素和脂溶性毒素。腹泻性贝类毒素、虾夷扇贝毒素、扇贝毒素、原多甲藻酸毒素和环胺类毒素等属于脂溶性毒素。迄今为止，已经从包括甲藻、硅藻、蓝藻等生物中分离出 200 余种毒素^[12]，不同类型的毒素具有不同的致毒机理，造成的危害也不相同^[13]。赤潮毒素主要是通过食入途径危害人体^[14]。2001 年~2015 年间，全球西加毒素（Ciguatoxin）中毒事件超过 3400 起，腹泻性贝类毒素（Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP）超过 1200 起，神经性贝类毒素（Neurotoxic Shellfish Poisoning, NSP）仅在美洲就 17 起，麻痹性贝类毒素（Paralytic Shellfish Poisoning, PSP）超过 400 起，原多甲酸毒素超过 200 起，河豚毒素超过 500 起。但越来越多的报导指出，赤潮毒素也可通过暴露性接触、摄入污染海水以及吸入有毒气溶胶等方式对人体造成伤害^[15]。海洋蓝细菌产生的毒素可引起严重的接触性皮炎，泳衣内积留的藻体就会导致严重的皮肤损伤；短凯伦藻（*Karenia brevis*）赤潮暴发海域，海滩游客、救生员和哮喘患者的呼吸系统明显受到影响，而且通过对急诊和住院患者的访问，调查到胃肠道和神经系统也会受到影响。

国际标准组织的 ISO 20179:2005（Determination of microcystins-Method using solid phase extraction (SPE) and high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet (UV) detection）规定了原水和处理水（如自来水）中微囊藻毒素的检测和定量方法，方法采用了固相萃取预处理和高效液相色谱法-紫外检测法，并对 MCYST-RR, MCYST-YR 和 MCYST-LR 三类微囊藻毒素开展了验证研究，适用于微囊藻毒素的几种结构变体的测定，但由于缺乏商业化标准物质，无法在共洗脱后进行区别鉴定。

国际标准组织的 ISO 22104:2021（Water quality-Determination of microcystins - Method using liquid chromatography and tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)）规定了饮用水和淡水中的 12 种微囊藻毒素及其变体的高效液相色谱串联质谱联用技术的检测及定量方法，测定浓度范围为 0.05~1.6 微克/升。

欧盟、澳大利亚、新西兰、日本和美国等出台了不同毒素的食用国际限量标准^[16]（见表 1），世界卫生组织（World Health Organization, WHO）也给出了麻痹性贝类毒素主要组成石房蛤毒素（STX）的娱乐暴露性人体健康参考值为 30 微克/升^[11]。

表 1 赤潮毒素国际食入安全限量标准

毒素类型	药典	欧盟	欧洲	澳大利亚/新西兰	日本	美国
ASP (mg/kg)	20	20	4.5	20	20	20
PSP(μg STX-2HCl-eq/kg)	800	800	75	800	800	800
DSP(μg OA-eq/kg)	160	160	45	200	160	160
PTX (μg PTX2-eq/kg)	—	160	120	—	—	—
YTX(mg YTX-eq/kg)	—	3.75	3.75	—	—	—
AZA(μg AZA1-eq/kg)	160	160	30	—	160	160
NSP (μg PbTx2-eq/kg)	800	—	—	800	800	800
CFP (μg CTX1B-eq/kg)	—	0	—	—	0.2	0.01

毒素类型	药典	欧盟	欧洲	澳大利亚/新西兰	日本	美国
TTX (mg/kg)	—	—	0.044	—	2	—
CI	—	—	—	—	—	—
PLTX (μg/kg)	—	—	30	—	—	—

注：ASP、PSP、DSP、PTX、YTX、AZA、NSP、CFP、TTX、CI 和 PLTX 分别为失忆性贝类毒素、麻痹性贝类毒素、腹泻性贝类毒素、扇贝毒素、虾夷扇贝毒素、氮杂螺环酸、神经性贝类毒素、加西毒素、河豚毒素、环亚胺毒素和海葵毒素。

3.2 国内相关研究进展

自 20 世纪 80 年代，我国沿海经济高速发展，近岸海域生态环境承受了人类活动带来的巨大压力，赤潮频发且赤潮规模和危害不断增大，20 年间我国有记录的赤潮事件 300 多起，直接经济损失达 10 亿元以上^[2]。进入 21 世纪，我国与全球 GEOHAB 计划接轨，赤潮研究进入快速发展阶段，各种科技项目和业务项目相继开展。科技方面，赤潮生物种群动力学、赤潮发生机理、有毒赤潮产毒效应、赤潮防治等方面研究获得了重要成果^[7]。业务方面，2000 年以来国家海洋局开展了我国海域赤潮监测和预警预报业务；2003 年~2016 年在全国重点海水养殖区增设了赤潮监控区开展养殖环境质量监测业务^[17]；2003 年~至今生态环境部对全国重点海水浴场开展环境监测。2018 年机构调整之后，自然资源部负责赤潮灾害预警和应急业务^[18]，生态环境部负责海洋环境质量监测以及海水浴场生态环境监测。我国赤潮研究与国际并行、局部处于领先水平，在某些方面也更具特色、更具优势。

目前，我国赤潮监测与评价主要依据标准是国家海洋行业标准《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005），该标准规定了海洋赤潮监测的内容、技术要求和方法。

其他关于海水浴场的标准还有海水水质监测标准，如《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）、《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）；关于海水浴场的评价类标准有《海水水质标准》（GB 3097-1997）、《海洋生物质量》（GB 18421-2001）、《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）。

海洋监测分析相关技术方法标准主要有《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2020），以及其他国标和行准。

我国也开展了多次全国赤潮毒素污染的基础调查^[4,19,20,21]。麻痹性贝类毒素在我国近海污染问题已十分突出，基本呈现逐年加剧的趋势，其中我国南海近岸、北黄海、渤海和福建近岸是麻痹性贝类毒素污染较重的海域（图 4），麻痹性贝类毒素主要由亚历山大藻属（*Alexandrium* spp.）和裸甲藻属（*Gymnodinium* spp.）等的一些赤潮生物产生。脂溶性赤潮毒素在我国近海常年可检出。不同的检测方法对腹泻性贝类毒素的检测结果差异较大，采用小鼠生物法检测，我国腹泻性贝类毒素的超标率在 32%左右，而采用液相色谱串联质谱法则超标的仅有 3 起；虾夷扇贝毒素和鳍藻毒素偶有超标现象。可产生脂溶性毒素微藻有鳍藻属（*Dinophysis* spp.）、凸顶藻、具刺膝沟藻（*Gonyaulax spinifera* Dising）、多边舌甲藻（*Lingulodinium polyedrum*）、原甲藻属（*Prorocentrum* spp.）、网状原角藻

(*Protoceratium reticulatum*)、环胺藻属(*Azadinium spp.*)和削瘦伏尔甘藻等。失忆性贝类毒素在我国近海也常有检出,但无超标现象,可产生失忆性贝类毒素的赤潮生物有拟菱形藻等。西加毒素主要分布在我国南海近岸,西加毒素标准物质的匮乏极大限制了西加毒素的调查研究。溶血毒素造成养殖业严重的经济损失,产生溶血毒素的赤潮生物有血红哈卡藻(*Akashiwo sanguinea*)、强壮前沟藻(*Amphidinium carterae*)、多纹膝沟藻(*gonyauax polgramma*)、异帽藻(*Heterocapsa spp.*)、米氏凯伦藻(*Kareniami kmootoi*)、剧毒卡尔藻(*Karlodinium veneficum*)、多环旋沟藻(*Cochlodinium polykrikoides*)、环沟藻属(*Gyrodinium spp.*)、球形棕囊藻(*Phaeoecystis globosa*)、小三毛金藻(*Prymnesium parum*)、赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)、卡盾藻属(*Chattonella spp.*)和纤帽藻等。多种赤潮生物分泌的赤潮毒素兼有溶血毒性。根据文献,溶血毒素主要对鱼类等毒害性较大,对人体健康的影响鲜有报导,但实际监测工作中发现在血红哈卡藻、赤潮异弯藻等赤潮海域,曾多次出现皮肤严重过敏甚至皮肤损伤的多个病例,这说明应提高重视溶血毒素对人体健康影响。

关于我国针对水体藻毒素的监测技术标准,目前仅有针对淡水水域的《水中微囊藻毒素的测定》(GB/T 20466-2006),该标准规定了高效液相色谱法和间接竞争酶联免疫吸附法测定饮用水、湖泊水、河水和地表水中微囊藻毒素(环状七肽)的条件和详细分析步骤。上海市地方标准《水源水中微囊藻毒素测定液相色谱-串联质谱法》(DB/T 1178-2019)规定了水源水中微囊藻毒素浓度的液相色谱-串联质谱测定法,地表水、娱乐用水和城市供水处理各工艺段的水质测定可参照执行。

针对海洋中赤潮毒素的相关监测技术标准目前尚未发布,海水浴场赤潮毒素的检测分析方法主要参考《食品安全国家标准》系列国标中对赤潮毒素的检测方法,如《食品安全国家标准 贝类中失忆性贝类毒素的测定》(GB 5009.198)、《食品安全国家标准 贝类中腹泻性贝类毒素的测定》(GB 5009.212)、《食品安全国家标准 贝类中麻痹性贝类毒素的测定》(GB 5009.213)、《食品安全国家标准 贝类中神经性贝类毒素的测定》(GB 5009.261)和《食品安全国家标准 水产品中西加毒素的测定》(GB 5009.274),该系列标准规范了我国食品行业赤潮毒素的检测技术,规定了酶联免疫吸附法、液相色谱法和液相色谱-串联质谱法等赤潮毒素的检测技术方法。

此外,由于国内赤潮毒素标准品的制备存在技术瓶颈,前期赤潮毒素标准品依赖于进口而又受国际限制,严重制约了我国海水中赤潮毒素的监测技术发展。近年来,国家海洋环境监测中心梁玉波团队突破了赤潮毒素标准品的制备技术瓶颈,实现了赤潮毒素标准品的国产化,进一步推进了我国赤潮毒素监测技术和监测方法的蓬勃发展。

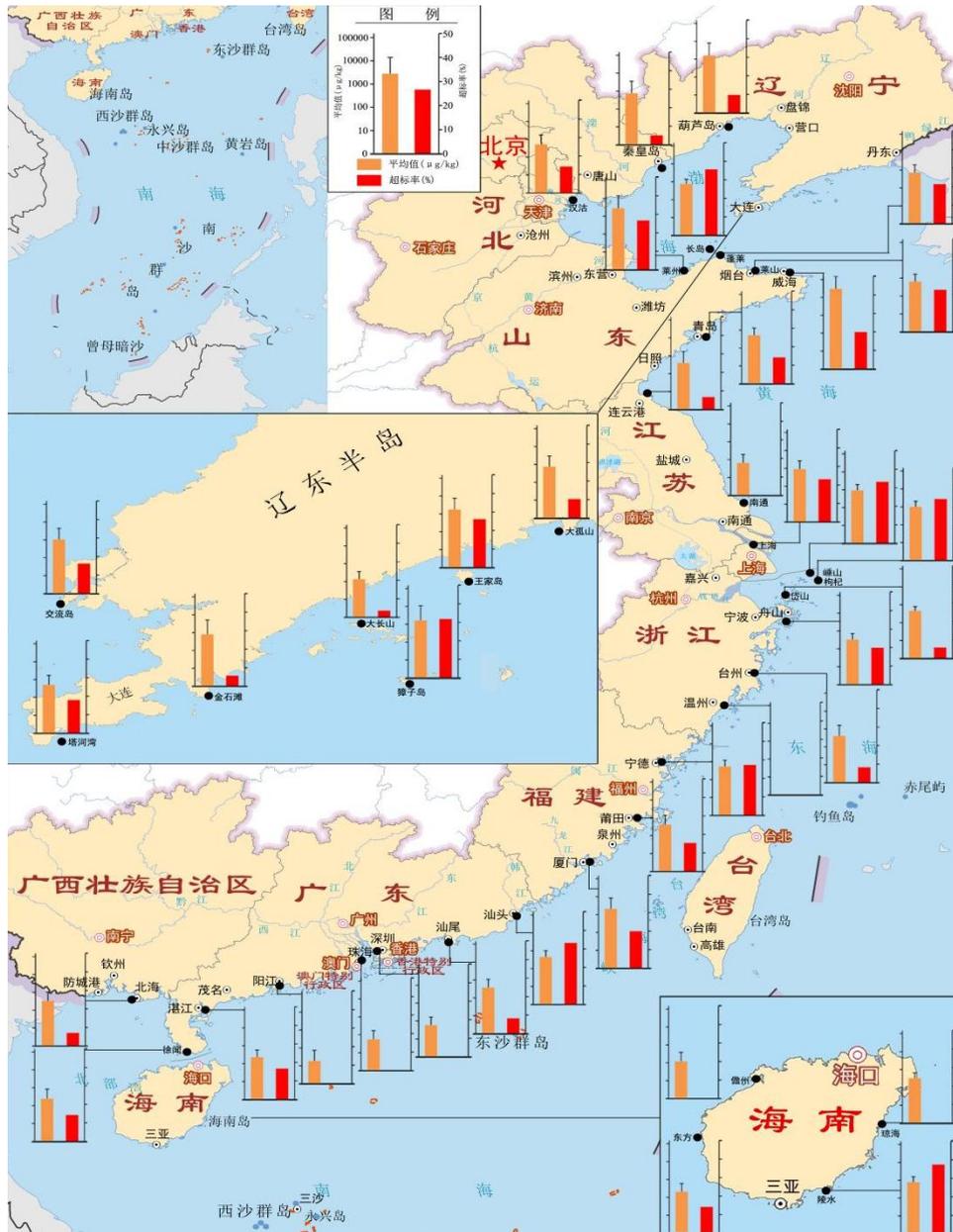


图 4 2013 年~2015 年我国近海麻痹性贝类毒素污染状况分布图

3.3 本标准与国内相关标准的衔接

本标准在综合考虑我国海水浴场赤潮发生所造成的危害及目前全国海水浴场对赤潮的监测现状，开展了海水浴场赤潮监测技术规范的研究。

(1) 本标准中关于海水浴场赤潮的监测与评价方法主要参考了《赤潮监测技术规程》(HY/T 069-2005)、《海洋监测规范》(GB 17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)和《近岸海域环境监测技术规范》(HJ 442-2020)，以及其他国标和行准。

(2) 对于海水浴场水质的监测方法主要参考了《海水浴场监测与评价指南》(HY/T 0276-2020)和《景观娱乐用水水质标准》(GB 12941-91)；水质评价参考了《海水水质标准》(GB 3097-1997)、《海洋生物质量》(GB 18421-2001)、《海水浴场监测与评价

指南》（HY/T 0276-2020）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）。

（3）对于海水浴场赤潮毒素的监测分析方法主要参考了我国 2016 年发布的《食品安全国家标准》系列标准，包含小鼠生物法、酶联免疫吸附法、液相色谱法和液相色谱-串联质谱法等赤潮毒素的检测技术方法。

（4）近年来，国家海洋环境监测中心梁玉波团队突破了赤潮毒素标准品的制备技术瓶颈，实现了赤潮毒素标准品的国产化，有力推进了我国赤潮毒素的监测。

4 标准制定的基本原则

本标准的编制以科学性、适用性和可操作性为基本原则。

（1）科学性原则

本标准立足于保障海水浴场的公众亲海品质，充分考虑了海水浴场的环境质量和人体健康两方面因素，将赤潮监测与海水浴场环境监测进行融合。建立了海水浴场赤潮分级标准，基本涵盖了赤潮对我国海水浴场生态环境和人体健康的主要影响；建立了分级响应监测体系，响应体系包括常规监测-预警监测-应急监测三级监测响应；规定了监测方案和监测技术要求，具有较强的可比性和准确性。内容科学合理，目标明确，职责定位清晰。

（2）适用性

本标准基于国内外法规、标准和指南的充分调研，融合了较先进的国内外科研成果，与国内现行相关监测标准有机衔接，技术方法均采用现有标准。本标准立足于我国海水浴场现状和海水浴场的潮间带水域特征，充分考虑了海水浴场管理需求和海水浴场监测业务需求，具有较强的适用性。

（3）可操作性

本标准基于国内现有的监测技术装备水平以及社会经济承载力，适度选择监测指标和技术分析方法。通过在北戴河以及朱家尖等重点海水浴场现场开展监测方法研究，对监测点位布设、监测频次、监测指标等进行了细化调整，通过了现场的反复实操和验证筛选了响应指标的监测技术和分析方法，具有较强的可操作性。

5 标准主要技术内容

5.1 适用范围

本文件规定了海水浴场赤潮监测的分类，点位布设，频次和时间，监测项目，样品采集、保存和运输，水质、赤潮生物和赤潮毒素分析的技术要求等内容。

本文件适用于海水浴场赤潮监测，其他临岸娱乐休闲海域赤潮监测可参照执行。

5.2 标准结构框架

本标准结构框架包括：适用范围，规范性引用文件，术语和定义，赤潮监测的分类，监测点位的布设，监测频次和时间，监测项目，样品采集、保存和运输，水质分析，赤潮生物分析，赤潮毒素分析。

5.3 规范性引用文件

本标准共引用了 12 个规范性文件。具体如下：

- 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；
- 《食品安全国家标准 贝类中失忆性贝类毒素的测定》（GB 5009.198-2016）；
- 《食品安全国家标准 贝类中腹泻性贝类毒素的测定》（GB 5009.212-2016）；
- 《食品安全国家标准 贝类中麻痹性贝类毒素的测定》（GB 5009.213-2016）；
- 《食品安全国家标准 贝类中神经性贝类毒素的测定》（GB 5009.261-2016）；
- 《食品安全国家标准 水产品中西加毒素的测定》（GB 5009.274-2016）；
- 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》（GB 17378.4-2007）；
- 《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）；
- 《近岸海域环境监测技术规范 第三部分 近岸海域水质监测》（HJ 442.3-2020）；
- 《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）；
- 《海洋微藻中溶血毒素的检测 血细胞法》（HY/T 151-2013）；
- 《贝类 脂溶性海洋生物毒素的检测 液相色谱-串联质谱法》（HY/T 0319-2021）。

5.4 术语和定义

在本标准的适用范围内，对部分专业术语和定义做了部分修订或补充性说明，对本标准中涉及的关键词进行了清晰的解释性说明。

5.4.1 海水浴场

在沿岸海滩及其相邻的海水环境具备完善的基础设施和运营管理制度，可进行游泳、日光浴和其他活动的天然场所。

该定义来源《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2019）。

5.4.2 赤潮

海洋中的一些微藻、原生动物或细菌在一定环境条件下爆发性增殖或聚集达到某一水平，引起水体变色或对海洋中其他生物产生危害的一种海洋生态异常现象。赤潮具有多种颜色。

该定义来源《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）。

5.4.3 赤潮生物

能够大量繁殖并引发赤潮的生物。海水浴场赤潮生物主要包括微微型、微型和小型浮游生物，底栖微藻，中缢虫，蓝细菌等。

该定义主要来源《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）。将原定义中“其中有毒、有害赤潮生物以甲藻居多，其次为硅藻、蓝藻、金藻、隐藻和原生动物等。”修订为“赤潮生物主要包括微微型、微型和小型浮游生物，底栖微藻，中缢虫，蓝细菌等”。基于我国 2000 年以来赤潮优势生物的记录进行修订。

5.4.4 赤潮毒素

由赤潮生物直接产生的具有毒性效应或由生物体富集衍生后产生毒性效应的天然有机化合物。藻类细胞直接产生的赤潮毒素又称之为藻毒素；藻毒素经贝类富集衍生后产生的赤潮毒素又称之为贝类毒素；藻毒素经鱼类富集衍生后产生的赤潮毒素又称之为鱼毒素；主要作用于敏感细胞的细胞膜质部分，能够导致机体红细胞及其他真核细胞裂解的物质称之为溶血毒素。

该定义主要来源《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005），在原定义的基础上结合新研究进展进行了整合，并说明赤潮毒素的来源。本文件将毒素称谓统一整合为了“赤潮毒素”。

5.5 赤潮监测的分类

5.5.1 赤潮灾害对海水浴场的危害

赤潮灾害对海水浴场的危害具体表现如下：

- 水体水色、臭和味异常；
- 水质、沙滩环境质量下降；
- 大量赤潮生物黏附于人体皮肤表面；
- 赤潮毒素可对人体造成接触性皮肤过敏、吸入性中毒、食入性中毒等。

5.5.2 海水浴场赤潮分级及响应

此部分是本标准的核心也是难点。赤潮生物是引发赤潮的内在因素，赤潮生物的存在是发生赤潮的前提，而赤潮细胞数量暴增则是赤潮发生的必要条件；赤潮发生时，对海水浴场的危害取决于发生赤潮生物的种类和细胞数量，不同种类和细胞数量的赤潮生物对海水浴场环境的影响程度不同，有些赤潮对海水浴场不具有影响，而有毒赤潮更主要的是对人体健康的危害性。

采用赤潮程度和浴场环境影响程度两维度的综合判断来确定海水浴场赤潮的级别。当赤潮生物异常升高时，若赤潮细胞数量达到赤潮基准浓度但水色、水质、透明度等尚无异常时定为 I 级，即最低级别；当产毒赤潮生物升高时，无论赤潮细胞数量是否达到赤潮基准浓度，但凡赤潮毒素浓度达到预警限即定为 II 级。I 级~II 级是赤潮生物异常升高，对浴场环境已具备潜在的威胁，但尚未造成浴场环境危害。当赤潮生物持续超过赤潮基准浓度，浴场水体水色、透明度、水质受到影响时，定为 III 级；当有毒赤潮生物异常升高时，无论赤潮细胞数量是否达到赤潮基准浓度，但凡赤潮毒素浓度达到应急限即定为 IV 级。III 级~IV 级是赤潮已对海水浴场造成了危害。其中，透明度限值是依据《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-020）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）；水质指标限值是依据《海水水质》（GB 3097-1997）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）；赤潮毒素的应急限时依据国际食入安全限制和《海洋生物质量》（GB 1842-2001），预警限则是采用了应急限的半值。

5.5.3 三级监测响应体系

根据海水浴场赤潮级别采取三级监测响应。常规监测，海水浴场无赤潮倾向时，监测赤潮生物动态变化；预警监测，海水浴场有赤潮倾向且达到 I~II 级别时，密切关注海水浴场环境与赤潮生物数量变化情况；应急监测，海水浴场赤潮达到 III~IV 级别时，密切关注赤潮发展动向，跟踪监测海水浴场环境与赤潮生物数量变化情况。海水浴场赤潮级别为海水浴场监测，尤其是预警监测和应急监测的启动，提出了明确的指标。

采用环境质量危害性和人体健康危害性两个方面来评定海水浴场赤潮的危害程度，人体健康危害性从高于环境质量危害性。对应 I 级~IV 级的海水浴场赤潮，其危害程度分别对应为低-中低-中高-高。海水浴场赤潮危害程度和浴场环境影响程度为海水浴场管理者提供了切实的指导意义。

5.6 监测方案

监测方案包括监测点位布设、监测项目和监测频率。此部分依据规范性文件为主，同时参考《北戴河旅游旺季生态环境监测方案》《全国海洋生态环境监测工作实施方案》，并依托北戴河海水浴场每日连续监测数据和朱家尖海水浴场监测数据。

5.6.1 监测点位的布设

主要依据《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）。

精细调整如下：

监测断面。一方面，考虑赤潮生物在水中呈现为不均匀分布受水动力影响较大，不同海水浴场水环境特征差异较大，即使相邻的两个海水浴场也可能存在较大差异；另一方面，我国重要海水浴场基本都具有管理属性，且大部分浴场范围内的沙滩长度都小于 1 公里。因此在监测断面布设时，在《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）基础上，常规监测和预警监测调整为“根据海水浴场岸线长度每公里岸线至少布设 1 个监测断面，监测断面应垂直岸线”，应急监测则调整为“在常规监测和预警监测的基础上，每公里岸线长度增加 1 个监测断面”。

监测点位。考虑到海水浴场主要游泳区域为 1 米水深范围内，且大多数情况下水体波动较大而静态水环境情况较少，因此在监测点位布设时，在《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）基础上调整为“每个监测断面至少布设 1 个监测点位，监测点位水深应大于 1 m”。

5.6.2 监测频次和时间

主要依据《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）。

精细调整如下：赤潮生物异常升高是形成赤潮的前提条件，但不是必然条件，赤潮的形成机理较为复杂。海水中赤潮生物由正常存量达到赤潮细胞数量是有一定缓慢过程的，而赤潮生物达到一定基础量之后，形成赤潮或赤潮持续时间是难以预测的。因此，根据北戴河海水浴场连续监测数据的统计分析下，常规监测的监测频率设为“每周至少监测 1 次”，预警监测设为“每日至少监测 1 次”，应急监测为“每日至少监测 2 次”，同时规

定了开展监测的时间宜为“6:00~9:00 或 13:00~15:00”。

5.6.3 监测项目

主要依据《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）、《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）。

精细调整如下：常规监测以监测赤潮生物动态为主，同时观测海水水色、臭和味；预警监测和应急监测则监测赤潮生物、水环境及水质等要素。其中，赤潮生物、赤潮毒素、水色、臭和味依据《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）而筛选；透明度、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐等水质监测项目依据《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020）和《景观娱乐用水水质标准》（GB 12941-91）而筛选。

5.7 样品采集、保存和运输

主要依据《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）、《海水浴场监测与评价指南》（HY/T 0276-2020），对样品采集、保存和运输进行了规范性要求。其中，赤潮生物样品采集详细规定了生物定性和定量样品的采集方法，在参考标准的基础上结合海水浴场临岸浅水体特性进行的改良；赤潮生物样品保存主要基于北戴河实操经验并结合参考标准形成。赤潮毒素样品采集，在依据食品安全系列国标的基础上，细化了生物样品的采集种类范围；赤潮毒素样品保存及运输，在参考标准的基础上结合了北戴河实操经验。

对样品采集的顺序进行了规定，到达采样点位应静候至少 1 min 后开始采集样品，先采集定量样品，后采集定性样品。

5.7.1 定量样品采集

（1）理化监测项目样品的采集按照 HJ 442.3-2020 相关规定实施。

（2）生物监测项目样品的采集用洁净的容器采集水深 10 cm~50 cm 的海水。赤潮生物水样采样量应不少于 500 ml，且不超过样品容器的 4/5；赤潮毒素水样采集量应不少于 1 L。

5.7.2 定性样品采集

生物监测项目样品的采集，持手拖浮游生物网（孔径为 20 μm），在水深 10 cm~50 cm 范围内，以“∞”型缓慢水平拖网 1 min~3 min，垂直起网后用海水在网衣外表面反复冲洗。收集样品至洁净的容器中，样品量应不超过样品容器的 4/5。

5.7.3 样品的保存与运输

（1）理化监测项目样品按照 HJ 442.3 的相关要求保存和运输。

（2）生物监测项目样品的保存和运输：新鲜的赤潮生物样品可在密封、避光的条件下常温运输至实验室，但应在采样后 2 h 内开展分析，否则应在现场固定后运输。

（3）赤潮生物样品的现场固定方法：定量样品采用鲁哥氏碘液固定，加入量为样品体积的 1%左右，密封摇匀后常温避光保存，可保存 3 个月；定性样品采用甲醛溶液固定，加入量为样品体积的 5%左右，密封摇匀后常温保存，可保存 6 个月以上。

(4) 赤潮毒素样品在冷藏条件下运输至实验室，并于 24 h 内开展分析。

5.8 水质分析

水质检测分析方法（详见表 2）主要参考了《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》（GB 17378.4-2007）和《近岸海域环境监测技术规范 第三部分 近岸海域水质监测》（HJ 442.3-2020）等标准。数据分析评价按照《海水水质》（GB 3097-1997）进行水质评价。质量保证和质量控制按照 HJ 442.3 进行质量控制。

表 2 海水浴场水质监测指标分析方法

序号	监测指标	分析方法	分析方法标准号
1	水色	比色法	GB 17378.4
2	臭和味	感官法	GB 17378.4
3	pH值	pH计法	GB 17378.4
4	溶解氧	碘量滴定法	GB 17378.4
5	化学需氧量（COD）	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4
6	氨氮	连续流动比色法 靛酚蓝分光光度法/次溴酸盐氧化法	HJ 442.3 GB 17378.4
7	亚硝酸盐氮	流动分析法 萘乙二胺分光光度法	HY/T 147.1 GB 17378.4
8	硝酸盐氮	流动分析法 镉柱还原法	HY/T 147.1 GB 17378.4
9	活性磷酸盐	连续流动比色法 磷钼蓝分光光度法	HJ 442.3 GB 17378.4

5.9 赤潮生物分析

主要参考了《赤潮监测技术规程》（HY/T 069-2005）和《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-007）。

精细调整如下：考虑海水浴场为临岸浅水体特性，将两个标准进行了融合，并根据北戴河海水浴场监测实操下进一步改良。监测内容为赤潮生物的种类和细胞数量；分析方法则采用 GB 17378.7 浮游植物的处理与分析，水样分析采用直接计数法，用于定量分析水体中的赤潮细胞数量，网样分析采用沉降计数法，用于定性分析水体中的赤潮生物组成；同时明确指出了赤潮基准浓度的确定依据（HY/T 069 附录 B 和表 3）；质量保证与质量控制依据相关标准结合北戴河实操经验形成。

表 3 赤潮生物参考基准浓度

赤潮生物个体大小（ μm ）	赤潮生物参考密度（ $\times 10^4$ 个/L）
<10	>1000
10~29	>100

赤潮生物个体大小 (μm)	赤潮生物参考密度 (×10 ⁴ 个/L)
30~99	>20
100~299	>10
300~1 000	>0.3

5.10 赤潮毒素分析

主要参考了食品安全系列国标、《贝类 脂溶性海洋生物毒素的检测 液相色谱-串联质谱法》(HY/T 0319-2021)和《海洋微藻中溶血毒素的检测 血细胞法》(HY/T 151-2013)。

精细调整如下：监测内容为赤潮毒素类型及其浓度。基于我国赤潮毒素近海污染调查结果，采用贝类生物样品检测麻痹性贝类毒素、脂溶性毒素、失忆性贝类毒素、神经性贝类毒素等可以反映出海域环境的相应毒素污染程度，贝类生物样品宜采集贻贝、牡蛎、蛤；采用鱼类生物样品检测西加鱼毒素反映出其海域环境污染程度，鱼类生物样品宜采集底栖食肉性鱼类；溶血毒素则需采用水样进行检测。分析方法则完全依据相关标准（详见表4），小鼠生物法腹泻性贝类毒素假阳性率太高不建议使用，酶联免疫吸附法可使用商品化的试剂盒以实现快速检测，仪器法可实现定性与定量检测设为仲裁方法。质控要求主要参考了 HJ 442.3-2020。

表 4 赤潮毒素分析方法

序号	监测指标	分析方法	分析方法标准号
1	麻痹性贝类毒素	酶联免疫吸附方法/液相色谱法/液相色谱-串联质谱法	GB 5009.213
2	腹泻性贝类毒素	酶联免疫吸附方法/液相色谱-串联质谱法	GB 5009.212
3	脂溶性贝类毒素	液相色谱-串联质谱法	HY/T 0319
4	神经性贝类毒素	小鼠生物法	GB 5009.261
5	失忆性贝类毒素	酶联免疫吸附方法/液相色谱法/液相色谱-串联质谱法	GB 5009.198
6	西加毒素	液相色谱-串联质谱法	GB 5009.274
7	溶血毒素	血细胞法	HY/T 151

6 标准实施建议

本文件中，赤潮毒素检测技术和限值存在着一定的问题，可作为参考执行。

赤潮毒素检测技术主要为小鼠生物法、酶联免疫吸附法、液相色谱法、液相色谱-串联质谱法，目前我国食品安全系列国标对上述方法进行了技术规范，但其适用范围仅限于指定经济贝类生物并不适用于环境监测，尤其是未涵盖水体、沉积物以及指定生物外的其他海洋生物。由于缺乏海洋环境中赤潮毒素的检测技术标准，赤潮毒素检测目前只能依据食品安全系列国标。因此，本文件被迫采取检测指定生物的赤潮毒素含量，用海域生物残毒来侧面反映浴场水体赤潮毒素污染情况，而非直接对浴场水体中赤潮毒素进行检测。

目前国内外赤潮毒素安全限值主要为食入性安全限值，接触性、吸入性等安全限值尚属于国际研究的前沿。虽然 WHO 指南中提出了 STX 毒素接触性的安全限值，但是我国尚缺乏海水浴场水体中 STX 毒素本底值的数据支撑。因此，本文件暂采用食入性安全限值作为海水浴场赤潮分级的限值依据。

7 主要参考文献

- (1) 中国海洋生态环境状况公报, 2000-2022.
- (2) 中国海洋灾害公报, 2000-2022.
- (3) 《“十二五”中国海洋灾害图集》, 2019, 中国地图出版社.
- (4) 梁玉波, 李冬梅, 姚敬元, 金薇, 宫长宝, 刘仁沿. 2019. 中国近海藻毒素及有毒微藻产毒原因种调查研究进展. 50(3):511-524.
- (5) 梁玉波, 2012. 中国赤潮灾害调查与评价. 海洋出版社.
- (6) Dongmei Li, Yue Xue, Qingshang Song, Fuxu Cui, Yujuan Ma, Mengmeng Tong and Ping-Ping Shen. 2022. First report on large-scale *Phaeocystis globosa* bloom in the southern Yellow Sea, China. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 9: 88489.
- (7) 俞志明, 陈楠生. 2019. 国内外赤潮的发展趋势与研究热点. *海洋与湖沼*, 50(3):474-486
- (8) Mc Cabe R M, Hickey B M, Kudela R M et al, 2016. An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophysical Research Letters*, 43(19): 10366-10376.
- (9) Soto I M, Cambazoglu M K, Boyette A D et al, 2018. Advection of *Karenia brevis* blooms from the Florida panhandle towards Mississippi coastal waters. *Harmful Algae*, 72: 46-64.
- (10) WHO (2021). Guidelines on recreational water quality: Volume1-Coastal and Fresh Waters.
- (11) Brown A R, Lilley M, Shutler J et al, 2019. Assessing risks and mitigating impacts of harmful algal blooms on mariculture and marine fisheries. *Reviews in Aquaculture*.
- (12) Costa Pedro Reis, Sara T. Costa, Ana Catarina Braga, Susana M. Rodrigues, Paulo Vale. 2017. Relevance and challenges in monitoring marine biotoxins in nonbivalve vectors. *Food Control* 76, 24-33.
- (13) Kathi A. Lefebvre, Alison Robertson. 2010. Domoic acid and human exposure risks: A review. *Toxicon*, 56(2):218-230.
- (14) Nicolas Jonathan, Ron L.A.P. Hoogenboom, Peter J.M. Hendriksen, Marcia Boderio, Toine F.H. Bovee, Ivonne M.C.M. Rietjens, Arjen Gerssen. 2017. Marine biotoxins and associated outbreaks following seafood consumption: Prevention and surveillance in the 21st century. *Global Food Security*, 15,11–21.
- (15) WHO (2021). Coastal and Fresh Waters: Harmful algal blooms of WHO guidelines on recreational water quality.

-
- (16) European Union Reference Laboratory for Marine Biotoxins (EURLMB), 2011. EU-harmonised Standard Operating Procedure for Determination of Lipophilic Marine Biotoxins in Molluscs by LCeMS/MS. Version 4, July 2011.
- (17) 全国赤潮监控区养殖环境质量通报, 2003-2016.
- (18) 全国海洋预警监测工作方案, 2019.自然资源部.
- (19) Patrick Lassus, Nicolas Chomérat, Philip Hess, Elizabeth Nézan. 2016. Toxic and harmful microalgae of the world ocean. International society for the study of harmful algae/Intergovernmental oceanographic commission of UNESCO, Denmark. IOC manuals and guides 68.
- (20) Dorantes-Aranda Juan José, Katrina Campbell, Andrew Bradbury, Christopher T. Elli, D. Tim Harwood, Shauna A. Murray, Sarah C. Ugalde, Katrina Wilson, Megan Burgoyne, Gustaaf M. Hallegraeff. 2017. Comparative performance of four immunological test kits for the detection of Paralytic Shellfish Toxins in Tasmanian shellfish. *Toxicon* 125, 110-119.
- (21) Konstantinos Petropoulos et al., 2019. Re-modeling ELISA kits embedded in an automated system suitable for online detection of algal toxins in seawater. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 865-872.