# 入海河口生态预警监测站设立意义浅析

王刚[1,3,4]，刘占峰[2]，张春艳[1,4]，张甲波[1,4]

（1.河北省海洋地质资源调查中心　秦皇岛　066001；
2.河北省自然资源厅　石家庄　050051；3.天津大学　天津　300072；
4.河北省海洋岸线生态修复与智慧海洋监测工程研究中心　秦皇岛　066001）

**摘要**：入海河口是河流和海洋生态系统的过渡带，陆源生态敏感因素入海将极大地影响近岸海域的生态状况。因此，入海生态敏感因素监测是海岸带生态保护和生态防灾减灾的重要基础，也是促进海洋经济可持续发展的关键一环。然而，当前我国入海河口生态预警监测系统的建立尚处于起步阶段，与发达国家之间还存在较大差距。文章从入海河口生态状况对海域生态系统健康的影响入手，总结了国内外入海河口海洋生态预警监测技术的发展历程、建设情况和应用方向，探讨了建设入海河口生态预警监测站的生态意义和系统发展方向。

**关键词**：入海河口；在线监测；陆海统筹；预警监测

**中图分类号**：P714　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2022)11－0023－05

# Analysis on the Significance of the Establishment of the Ecological Early Warning Monitoring Station in the Estuary of the Sea

WANG Gang[1,3,4], LIU Zhanfeng[2], ZHANG Chunyan[1,4], ZHANG Jiabo[1,4]

(1. Marine Geological Resources Survey Center of Hebei Province, Qinhuangdao 066001, China; 2. Natural Resources Department of Hebei Province, Shijiazhuang 050051, China; 3. Tianjin University, Tianjin 300072, China; 4. Hebei Ocean Shoreline Ecological Restoration and Smart Ocean Monitoring Engineering Research Center, Qinhuangdao 066001, China)

**Abstract**: The estuary is the transition zone between the river and the marine ecosystem. The terrestrial ecological sensitive factors entering the sea will greatly affect the ecological status of the coastal waters. Therefore, monitoring of ecologically sensitive factors entering the sea is an important basis for coastal ecological protection and ecological disaster prevention and mitigation, and is also a key part of promoting the sustainable development of the marine economy. However, the establishment of the ecological early warning and monitoring system for the estuary in China is still in its infancy, and there is still a big gap between it and developed countries. This paper started with the impact of the ecological status of the estuary on the health of the

**收稿日期**：2022-03-20；**修订日期**：2022-10-12

**基金项目**：河北省重点研发计划项目“陆源入海污染物智能预警监测及示范应用”(21373302D)；国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项项目(2019YFC1407905).

**作者简介**：王刚，工程师，硕士，研究方向为海岸工程环境与海洋生态预警与修复领域

marine ecosystem, summarized the development process, construction and application direction of the marine ecological early warning and monitoring technology in the estuary at home and abroad, and deeply discussed the ecological significance of building ecological early warning monitoring stations in the estuary and system development direction.

**Keywords**: Estuary, Online monitoring, Coordination of land and sea, Early warning and monitoring

## 0 引言

海洋对我国的政治、文化、国防和经济发展都有极其重要的意义。当前,我国生态文明建设正处于压力叠加、负重前行的关键期,必须坚定不移地走生态优先、绿色发展之路。在人类活动和气候变化的双重压力下,我国海洋生态安全总体形势不容乐观。海岸带地区受高强度开发干扰显著,海洋生态问题存量较多,入海污染物总量依然很大,赤潮、绿潮等生态灾害多发,生态保护任务仍然复杂艰巨[1],最终对海洋发展造成不利影响,并对人民生命和财产的安全带来严重危害。海洋生态问题已经成为限制海洋强国之路建设的难点问题[2],因而亟须建设一套装备先进、全天候的海洋监测与预警体系[3]。

设立入海河口生态预警监测站,不仅能够实现生态敏感因子的连续、高频、原位的监测,更能够为揭示陆源生态因子与近海生态互作机制和建立超前预警体系打下坚实基础。因此,本研究通过综述国内外入海河口海洋生态预警监测技术的发展历程、建设情况和应用方向,以期为提升我国海洋生态监测预警能力提供借鉴。

## 1 入海河口生态状况对海洋生态系统健康状况的影响

河口是陆源污染物入海的重点区域。据统计,我国海洋污染物约有 80%以上来自陆源,其中绝大部分来自河口输入[4]。这些陆源污染通过促使海水富营养化从而引发海湾、内湾、潟湖和城市密集海岸等生态敏感区域内赤潮和绿潮等生态灾害的发生[5-6]。例如,受长江等河流输入的影响,东海海区无机氮和无机磷含量超过国家一类海水水质标准,是该区域内赤潮频发的原因之一[7]。而国外的长期监测也表明,1992—2000 年,每年有大约 1.38 亿 kg 和 760 万 kg 的氮磷排入波罗的海是导致该区域每年发生绿潮现象的主因[8]。另一方面,河口污染带来的富营养化问题也是近海水母暴发的重要因素之一。Riisgard、Lucas 和 Makabe 等[9-11]研究发现,海洋富营养化、小型浮游动物、人工构造物增加等因素都可能造成水母暴发,近海区域性水母暴发可能是局地生境特征、环境变化和人类活动等共同作用的结果。由此可见,河口区域的生态要素对海洋生态灾害的发生起着重要影响作用。

因此,河口区域是我国业务化生态预警监测体系重点布局区域。近岸海域发生赤潮、绿潮等海洋生态灾害时,通过追溯重要影响生态因子由河口入海的过程,对开展生态敏感因子预警监测、海洋灾害预警预报有着指导意义,也是防止和消除海洋生态灾害,减少生态损害的重要监测手段。

## 2 国内外入海河口海洋预警监测站发展与建设情况

### 2.1 国外入海河口生态预警监测站发展与建设情况

国外在入海河口生态预警监测方面起步较早,最早从水质连续监测技术开始。在 20 世纪 70 年代,随着计算机技术和通信技术的发展,国外海洋监测体系尤其是自动监测系统发展迅速,许多已实现产业化并进入业务化运行阶段。

到 20 世纪 80 年代初,美国就发展了岸基海洋自动观测网(C-MAN),该观测网共有 48 个站,其中包含 9 个近海平台、13 个岸基监测站、8 个大型导航浮标和 1 个锚系浮标,不仅实现了入海河口及近岸海域实时自动监测,还实现了部分生态预警技术或产品向公共服务领域的延伸[12]。20 世纪 90 年代之前,多瑙河流域生态恶化事故时有发生,并对黑海近岸海域造成影响,因此在多瑙河流域及入海口

建设了多瑙河流域事故预警系统(DAEWS)。该系统包括数据收集处理系统、有毒有害物质数据库及预警模块，在突发生态事件的预警和处置中发挥了重要作用，有效地避免了对下游的生态影响[13]。

当前，国外许多国家同时布局海洋生态监测预警计划，如挪威开展的 SEAWATCH 计划，采用 OCEANOR 公司研制的海洋生态监测和数据存储、处理信息系统，包含数据的采集、分析处理、预警预报及信息分发模块，实现了河口和海域的数据监测、分析处理及预警预报。其技术已日趋成熟并走向商品化，在欧洲的北海和东南亚地区得到广泛应用[14]。

在系统的管理方面，欧美国家采取大区制，将大范围采集的数据传输到监测中心，便于数据的统一管理和预警联动。发达国家入海河流监测预警技术和管理经验为我国实现在线监测预警提供了宝贵经验，具有一定的参考价值。

### 2.2　国内入海河口生态预警监测站发展与建设情况

我国入海河口监测技术与发达海洋国家相比尚有较大差距，作为海洋科学和技术的一部分，预警监测技术水平落后于先进海洋国家 10～15 年。发展初期，由于国内自主研发的一些监测设备缺乏成果的标准化鉴定机制，一直无法进入市场。但随着改革开放的发展，我国对海洋预警监测给予了高度重视，经过 30 余年的建设和发展，海洋生态监测技术得到了长足的进步，已初步建立了由岸基站、浮标、调查监测船、卫星遥感和航空遥感组成的立体监测网，而国产化海洋监测设备在此过程中也逐步得到应用。

当前，我国已经在广西、河北、山东、上海、广东和辽宁等沿海省(自治区、直辖市)逐步建立了生态预警监测体系。广西自 2013 年 11 月开始在沿海重要入海河流、沿海重大工业排污口、港湾和赤潮多发区等重点敏感区域布设了 16 套海洋水质生态监测浮标，并建设完成浮标系统数据接收控制中心，基本实现污染物排放情况和海洋生态变化情况的实时监控，做到对赤潮、溢油等污染事故的预警预报[15]。河北省自 2014 年开展主要入海河口生态预警在线监测能力建设工作，目前已分别在石河、戴河、洋河、人造河等共 17 个入海河口建设完成生态预警在线监测系统，并建成生态预警在线监测运营管理中心，实现了水质五参数、营养盐、COD 等 21 项海洋生态灾害关键关联因子和参考关联因子的连续、自动、快速监测。在此基础上，运用“互联网＋”、大数据、人工智能等先进技术，初步建成了服务本省海洋生态预警监测工作的海洋大数据平台，为北戴河邻近海域生态灾害监测、预警和海洋防灾减灾提供了技术支撑和决策依据。

山东省建立了包括 15 个海洋站、近 10 个浮标、2 套地波雷达的立体监测网，形成覆盖近岸到远海不同层面的海洋立体观测网，为业务化海洋观测预报、防灾减灾等提供实时的综合海洋环境观测资料[16]。上海市建设了由岸基自动监测站、预警浮标、海床基等自动观测系统和岸站接收系统组成的海洋灾害预警系统，监测数据实时发送至岸站接收系统，建立了近海海洋生态灾害数字基础信息库和应急支持决策系统[3]。广东省入海河口生态预警在线监测系统建设主要集中在深圳市，目前建设有入海河口在线监测站 20 座。2014 年，深圳市海洋局在深圳河口建设了第一座生态预警在线监测试点站，2020 年在大沙河、福永河等 19 条入海河口新建成 19 座生态预警监测站。

2015 年，国家海洋环境监测中心在辽河建设了 1 座入海污染岸基在线监测试点站。2017—2018 年，国家海洋局北海分局在渤海海域入海河口建设了 10 余座陆源入海污染在线监测岸基站，国家海洋局南海分局在广州、广西、海南、珠海、中山先后建设了 6 座陆源入海污染在线监测岸基站。

综上所述，我国已经在多个沿海省(自治区、直辖市)初步建立了入海河口海洋预警监测体系，其中河北省北戴河海域和深圳市海域已经实现了该体系的区域性大规模业务化应用，为我国后续海洋预警监测站的建设打下了坚实基础并积累了宝贵经验。

## 3　入海河口海洋生态预警在线监测站初步应用

入海河口海洋生态预警在线监测站作为一种

连续、实时、高效的河口、海湾生态预警监测手段近年来得到了有效发展和应用。目前应用方向主要包括生态灾害诱发因子入海通量监控以及联合其他海洋监测手段开展的近岸海域生态过程机理研究及海洋生态灾害预警监测等功能，为有效保护重要、敏感和脆弱河口及海湾海洋生态系统提供基础数据支持，为海洋行政管理部门提供辅助决策支撑。

### 3.1 生态灾害诱发因子入海通量监控

入海河口海洋生态预警在线监测站最直接的应用是对河流入海的营养盐的监测。一方面，入海河口生态预警在线监测站能够对入海流量与诱发因子浓度进行实时同步监测，得到生态灾害诱发因子连续通量数据，明确营养盐等生态灾害诱发因子入海通量变化特征，为近岸海域生态灾害诱发因子溯源分析和预防生态灾害的发生提供依据；另一方面，入海河口生态预警在线监测站获得的高时间分辨率和高精度的营养盐监测数据能够提供更为精准的营养盐入海通量数据，这些数据与行政区域、功能区划等的结合，能够为指导海洋行政管理部门对各区域的生态灾害诱发因子进行总量控制[17]，以及制定入海诱发因子总量控制制度提供重要支撑。

### 3.2 近岸海洋生态过程机理研究

在完成海洋监测的基础上，通过对入海河口生态灾害诱因数据的进一步分析，研究河口生态灾害诱因与生态灾害的相互作用关系。现阶段已有部分学者将入海河口生态预警在线监测数据、浮标监测数据及近岸海域监测结果与小波分析和系统动力学方法相结合，借助于计算机及仿真技术提取监测数据的主要信息，对有限的量化数据、各参数间的因果关系、特定的结构进行推算，最终获得河、海水水质关键因子之间的关联性及其主要影响因子的变化趋势，阐明入海河流污染输入对近岸海域海洋生态的影响。

### 3.3 海洋生态灾害预警

入海河口海洋生态预警在线监测站建设应用的最终目标，是通过将入海河流污染数据与生态灾害发生机理相结合，构建出基于入海污染物在线监测的海洋生态灾害、污染事故超前预测体系。该体系的建立能够对有可能发生的海洋灾害、污染事故问题发出预警信息，有助于在海洋灾害、污染事故尚未发生的时候，采取有效的措施，尽量减少海洋灾害、污染事故对生态或者人类造成的伤害[18]。目前，在赤潮、绿潮、水母和病原菌等生物灾害的预测预警方面相对欠缺。这与生物预测的复杂性有关，海洋生物灾害的发生往往是有多个因子的交互作用，其诱导的主因还往往存在多变性，例如病原菌的污染源既可能来源于陆源的输入，也可能来源于海底沉积物重悬浮的再释放过程。因此，对近海生物类生态灾害的预测预警工作应该建立在多要素、高频率、大区域的生态要素数据的采集上，而入海河口海洋生态预警在线监测站的建设是数据采集的基础。

## 4 未来前景

入海河口生态预警监测体系通过对河口生态进行在线监测，结合海洋生态状况和水动力条件，可实现海洋生态灾害以及突发性污染事故的及时预警，通过采取有效处置措施，从而避免海洋生态灾害和突发污染事故对海洋生态和人民财产造成的巨大损失，同时也是河口、海湾等典型生态系统监控的重要手段。总之，入海河口海洋生态预警监测是我国海洋生态预警监测体系的重要组成部分，将为我国海洋生态文明建设发挥重要作用。

### 4.1 “岸-海-空-天”立体化监测系统的重要组成部分

多种技术手段的综合应用，是进行海洋生态监测的有效手段。未来，建立基于“岸-海-空-天”的立体化监测系统将成为新的趋势。该手段通过综合运用卫星遥感监测、航空遥感监测和地面站点监测等多种生态监测手段，建立更加全面准确数据支持的立体生态监测感知体系，能够更为全面地掌握近岸海域生态基本特征。其中河口岸基在线监测站是“岸-海-空-天”立体化监测系统的基础，对于摸清河口生态状况具有重要意义，是研究陆地生态系统和海洋生态系统的纽带，可直接服务于海洋综合立体化生态监测体系，为海洋生态安全和海洋经济可持续发展提供保障。

### 4.2 典型生态系统长效预警监测的重要手段

入海河口生态预警监测体系是重要河口、海湾

岸基生态监测站的重要组成，应用原位在线等技术手段，对关键生境指标、关键威胁要素开展连续、自动、快速监测，获取长时序、科学、准确的监测数据，对于掌握重要河口等典型生态系统的现状与演变趋势具有重要支撑作用。根据典型生态系统面临威胁的严重与迫切程度，以及生态系统的脆弱性，建立重要河口等典型生态系统预警体系，发布典型生态系统预警产品，为生态保护和修复决策提供有力支撑，不断提升生态系统质量和稳定性。

### 4.3　近岸海域生态灾害预警监测的关键

基于海洋生态灾害频发、突发性海洋生态事故时有发生的现状，海洋生态监测预警的基础性支撑作用逐渐凸显，成为引领和推动海洋生态治理体系和治理能力现代化的中坚力量。入海河口生态预警在线监测系统通过采集多要素、高频率、大区域的生态要素浓度数据，运用“互联网＋”、大数据、人工智能等先进技术，研究海洋生态灾害诱发因子的变化趋势和入海通量关系，构建基于入海污染物在线监测的海洋生态灾害超前预测体系，及时预警赤潮、绿潮等海洋生态灾害暴发种类、规模、影响范围和危害，为海洋防灾减灾和海洋生态安全保障提供决策支持。

### 4.4　河口、海湾生态系统固碳增汇研究的重要手段

河口是陆地和海洋交互作用最强烈的区域，河口区域水体中携带的磷、氮、碳、硅等营养物质丰富，初级生产力明显高于陆架区域和深海区，是全球碳循环的重要组成部分[19]。入海河口生态预警监测体系可作为海岸带一体化蓝碳综合观测网的重要组成部分，其获取的营养盐、盐度、流量等要素数据，能够对深入研究水盐平衡、微生物固碳水平、营养盐调控、固碳植物筛选等固碳增汇过程起到重要作用[20]，为人工增汇措施的建立打下基础。

## 参考文献


[1] 自然资源部办公厅.自然资源部办公厅关于建立健全海洋生态预警监测体系的通知[Z].2021.

[2] 许婷婷.浅谈我国海洋生态环境预警机制[J].科技创新与应用，2017(7)：169.

[3] 陶卫国，方今.上海近岸海域预警监测系统建设探讨[J].声学与电子工程，2020(2)：19－21.

[4] 刘静，刘录三，郑丙辉.入海河口区水环境管理问题与对策[J].环境科学研究，2017，30(5)：645－653.

[5] FLETCHER R L. The occurrence of “green tides”：A review. In：Schramm W，Nienhuis P H，editors. Marine benthic vegetation：recent changes and the effects of eutrophication[J]. Berlin：Springer-Verlag，1996：7－43.

[6] PEDERSEN M F，BORUM J. Nutrient control of estuarine macroalgae：Growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake[J]. Mar Ecol-Prog Ser，2010(1)：5－9.

[7] 韩秀荣，王修林，孙霞，等.东海近海海域营养盐分布特征及其与赤潮发生关系的初步研究[J].应用生态学报，2003(7)：1097－1101.

[8] LAPPALAINEN A，PONNI J. Eutrophication and recreational fishing on the Finnish coast of the Gulf of Finland：A mail survey[J]. Fisheries Manag Ecol，2000(7)：323－335.

[9] RIISGARD H U，HOFFMANN E. From fish to jellyfish in the eutrophicated limfjorden (Denmark) [J]. Estuaries and Coasts，2012，35：701－713.

[10] LUCAS C H，GRAHAM W M，WIDMER C. Jellyfish life histories：Role of polyps in forming and maintaining Scyphomedusa Populations. Advances in Marine Biology[M]. Amsterdam，the Netherlands：Elsevier Ltd，2012.

[11] MAKABE R，FURUKAWA R，TAKAO M，et al. Marine artificial structures as amplifiers of *Aurelia aurita* s.l. blooms：A case study of a newly installed floating pier[J]. J Oceanogr，2014，70：447－455.

[12] LENN S M，BOICOURT W，PARKER B，et al. Operational observation networks or ports，a large estuary and an open shelf[J]. Oceanography，2000，13：12－23.

[13] PINTER G G. The Danube accident emergency warning system technology[J]. 1999，40(10)：27－33.

[14] 卜志国.海洋生态环境监测系统数据集成与应用研究[D].青岛：中国海洋大学，2010.

[15] 李斌，刘保良，魏春雷.广西海洋水质水文浮标在线监测数据的应用与研究[J].科技资讯，2018，16(20)：108－111.

[16] 吴玲娟，高松，刘爱超，等.山东省海洋灾害观测预警系统[J].防灾科技学院学报，2015，17(2)：61－69.

[17] 王飞飞，钱灵颖，丁升，等.基于陆海统筹的九龙江-厦门湾海岸生态过渡带综合监测体系构建[J].生态学报，2021，41(11)：4271－4277.

[18] 孙艺.天津市海洋生态环境预警机制的创新路径分析[J].资源节约与环保，2020(4)：142.

[19] 刘志媛.黄河口碳的输运特征及通量[D].青岛：中国海洋大学，2014.

[20] 章海波，骆永明，刘兴华，等.海岸带蓝碳研究及其展望[J].中国科学，2015，45(11)：1641－1648.