

# 多功能智能生态感知航标系统

韩尼才 徐健恒 戴振宇

宁波航标处

**摘要:** 针对海洋生态管理的智能化、信息化等发展需求,以航标为感知基础,利用北斗卫星网络/GPRS/4G/5G、人工智能、信息分析处理等技术,搭载多种智能传感设备,实现对海洋生态数据的实时分析监测,有效推动智能航保建设和航标多功能转型升级,实现污染水域和沿海片区生态系统监测管理。生态感知航标是传统航标的改造升级,是航标智能化、数字化的具体实践,有助于推动海洋生态数据库发展。

**关键词:** 多功能航标; 海洋生态数据库; 水域污染;

## 引言

随着我国经济发展重心进一步向沿海转移,沿海地区经济社会发展与海洋环境保护的矛盾日益凸显,海洋生态环境压力变得越来越大,资源环境承载力也在不断下降,环境和生态问题日益突出<sup>[1]</sup>。以生态环境领域数字化改革为牵引,加强海洋生态环境执法和监测能力建设,推进海洋生态环境领域数字化转型。《十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》中提出:拓展入海污染物排放总量控制范围,保障入海河流断面水质,加快构建现代化海洋生态环境治理体系。

目前过度渔业开发和环境污染造成生态结构和生物多样性被破坏,沿岸海水失去了自我净化能力等问题。以航标为感知基础开发生态数据库,开发航标的海洋生态数据管理检测功能,推进构建“多维感知、高效协同、智能处置、优质服务”的现代化、智能化、全要素水上“大交管”是未来航标智能化建设努力方向,有助于推进航标功能的转型升级,推进中国沿海水域生态保护。

针对我国水域生态环境监测范围大、监测手段单一、传统航标功能简单等特点<sup>[2]</sup>,以航标为感知基础,结合北斗卫星网络/GPRS/4G/5G等信息传输技术、人工智能、数据分析与处理技术等,搭载多普勒测流仪器、垂直式 ADCP、波浪传感器、泥沙传感器、多参数水质分析仪和重金属在线分析仪等智能传感设备,监测近岸海域和湖泊等区域的水文、水质参数及其他生态参数和气象等参数,构建航标水域的海洋生态数据库,实现对污染水域和沿海片区生态系统监测管理。

## 1. 多功能智能生态感知航标系统设计

### 1.1 总体架构设计

以航标为设备感知终端,搭载多普勒测流仪器、垂直式 ADCP、波浪传感器、泥沙传感器、多参数水质分析仪和重金属在线分析仪等智能传感设备,采集水文、水质参数及其他生态参数,利用北斗卫星网络/GPRS/4G/5G 等信息传输技术,构建生态数据实时传输网络,结合人工智能数据分析与处理技术,构建生态航标智能数据感知模块,实现沿海海洋生态系统的智能健康监测(图1为多功能智能生态感知航标示意图)。

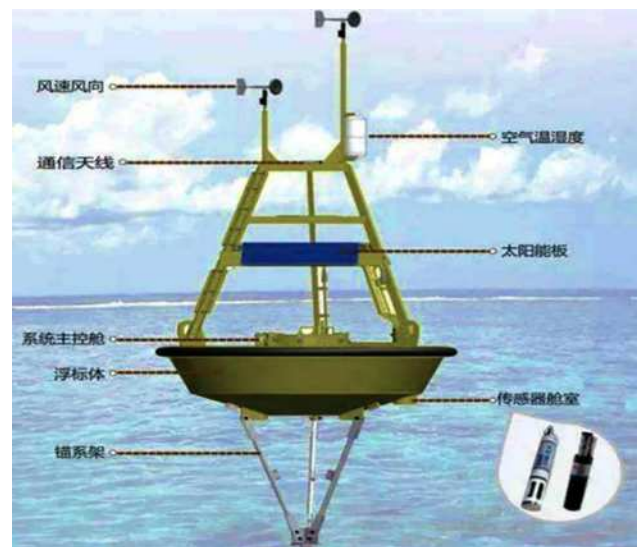


图1 多功能智能生态感知航标示意图

### 1.2 硬件构成

针对海洋生态环境监测参数多、数据量大、数据真实

性要求高等特点，搭载多普勒测流仪器、垂直式 ADCP、波浪传感器、泥沙传感器、多参数水质分析仪和重金属在线分析仪等智能传感设备，实时动态监测海域水文、水质参数及

其他生态参数，实现近岸海域和湖泊等区域生态环境状况的全天候、长期连续地定点剖面监测（表 1 为航标搭载设备具体技术参数）。

表 1 设备技术参数

编号	搭载仪器设备或系统	参考技术参数
1	声学多普勒流速仪	流速量程：0~10m/s； 流速分辨率：0.001m/s； 流速精度：0.001m/s（流速 ≤5m/s 时）； 0.02m/s 或实际峰值速度的 0.3%（采用较大值）（流速 >5m/s 时）； 超声波水位：量程 6.5m；
2	多参数水质分析仪	低 COD 测量范围：0.0~150.0mg/L； 总磷测量范围：0.000~1.000mg/L； 高 COD 测量范围：150.0~1500mg/L； 总氮测量范围：0.000~30.00mg/L； 氨氮测量范围：0.000~4.000mg/L；
3	营养盐分析仪	温度范围：1~35℃； 能量消耗：1.5 瓦； 范围：0~100 μ M； 检测限：0.02 μ M；
4	重金属在线分析仪	准确度：±10% 或 ±0.1mg/L
5	一体式气象仪	气象
6	波浪传感器	XeosBRIZO 波浪传感器
7	泥沙（浊度）传感器	测量范围：泥沙含量 0~5kg/m <sup>3</sup> 、0~50kg/m <sup>3</sup> 、0~120kg/m <sup>3</sup> ； 精度：泥沙含量小于 5%； 液位测量范围：0~1500mm； 精度：±5mm； 分辨力：1mm；
8	航标结构及附件等	1 套
9	集成数据采集模块	1 套
10	岸站系统	包含电脑，大屏，展示系统等
11	数据传输模块	1 套
12	数据处理系统	制定开发
13	配套锚链等	实际使用情况计算

航标搭载设备具体监测参数如下：

(1) 声学多普勒测流仪器（ADCP）与航标系统结合进行流量测验，解决某些地区无法进行测船测流和安装固定声学多普勒剖面流量计（H-ADCP）测流的难题。

(2) 垂直式 ADCP、波浪传感器、泥沙传感器监测水温、流速、流向、波潮、波周期、波高盐度、浊度等水文参数。

(3) 多参数水质分析仪和重金属在线分析仪监测 CDOM、COD、BOD、叶绿素、氨氮、磷酸盐、pH、浊度、硝氮、溶解氧、重金属等水质参数。

(4) 营养盐分析仪监测氨氮、正磷酸盐、总磷、亚硝氮、总氮等营养参数。

(5) 可预留扩展接口，其他参数监测依据实时监测任务需求及实际投放靶区水域特点定制。

### 1.3 生态航标传感模块

生态航标传感模块集成气象站、温度检测、波浪、流速、声纳、水质检测以及水养探测等传感器，测量海上风速风向、

温湿度、气压、洋流流速与流向、波浪及水质多参数（包括温度、盐度、溶解氧、pH 值、浊度、叶绿素等）等各种生态数据。

生态航标传感模块具体构成见图 2。

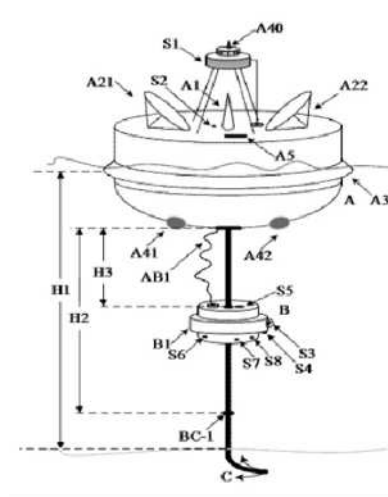


图 2 生态航标传感模块构成框图

生态航标上的检测器有：温度传感器、酸碱度传感器、一体式气象仪、氨氮传感器、多普勒流速传感器、声纳探测传感器、溶解氧传感器叶绿素 a 探测传感器、蓝绿藻探测传感器、营养盐传感器、波浪传感器、电导率传感器、泥沙（浊度）传感器。（表 2 为生态航标传感模块表，其具体安装位置见图 3）。

表 2 生态航标传感模块表

名称	用途
S1	气象站模块，其集成有风速（S1A）、风向（S1C）、气压（S1D）传感器模块
S2	母体航标舱体温度检测传感器
S3	波浪传感器、流速传感器
S4	声纳探测模块
S5	水质检测模块，其集成有温度（S5A）、酸碱度（S5B）嘉，溶解氧（S5C）、电导率（S5D）、浊度（S5E）传感器模块
S6	子体舱体温度检测传感器
S7	水养探测模块，叶绿素 a(S7A) 及蓝绿藻(S7B) 探测传感器
S8	水质氨氮检测模块，其集成有营养盐（S8A）及氨氮 NH3（S8B）传感器模块

#### 1.4 生态航标支持辅助模块

生态航标支持辅助模块集成安装无线采集、传输系统与太阳能供电系统，通过北斗卫星网络 /GPRS/4G/5G 将数据信息上报到管理中心站，实现污染水域和沿海片区生态数据智能监测（图 3 为生态航标支持辅助模块示意图）。



图 3 生态航标支持辅助模块示意图

数据采集系统：包含嵌入式数据采集器、高精度三轴加速度计、高精度三系统 GNSS 模块、4G/5G/北斗通信模块。

数据采集器可扩展集成：温度湿度、风速风向、气压、多参数水质传感器包括油污实时监测传感器等。

岸站系统：实时监控航标运行状态、姿态信息、位置信息和各模块工作状态等。

数据传输系统：4G/5G/北斗通信系统。

数据处理系统：通过提取原始采集的 GNSS 卫星的伪距、

高精度的姿态数据、载波相位数据和海洋环境数据，实现对航标所在海域的瞬时海面高、波浪、潮位数据的统计、分析和计算，实现智能监测与分析海洋环境。

## 2. 多功能智能生态感知航标系统应用分析

### 2.1 研发成本

多功能智能生态感知航标系统以航标为感知基础，搭载气象、水质等多种感知终端，采用 4G、5G、北斗通信系统等多种信息传输手段，传感模块采用加装湿度、温度、叶绿素等多种技术相对成熟的传感器，降低了系统的整体研发成本，提升了感知能力和感知层次（表 3 为成本预算表）。

表 3 成本预算表

名称	预算 / 万元	名称	预算 / 万元
一体式气象仪	2.5	电导率传感器	0.1
声学多普勒流速仪	1.45	名称	0.1
航标结构及附件等	3.8	温度传感器	0.1
集成数据采集模块	1.0	溶解氧传感器	0.3
岸站系统	35.0	氨氮传感器	0.4
数据传输模块	1.0	叶绿素传感器	0.9
数据处理系统	8.5	蓝绿藻传感器	1.2
多参数水质分析仪	2	营养盐传感器	0.8
营养盐分析仪	2	波浪传感器	0.7
多普勒流速传感器	0.7	浊度传感器	3.5
声纳探测传感器	2	总计	67.35

其他成本：岸站系统为 5G 特制，可以使用普通 4G 网络基站，也可考虑在 5G 多功能航标上运用。数据处理系统技术架构成熟，相关数据处理手段可以多次重复利用。航标结构及附件总体批量生产，成本较低。综上，多功能智能生态感知航标系统预计费用可节省近 30 万元，具有较大的利润空间。

### 2.2 传统航标简要说明

航标是助航标志的简称，指标示航道方向、界限与碍航物的标志，包括过河标、沿岸标、导标、过渡导标、首尾导标、侧面标、左右通航标、示位标、泛滥标和桥涵标等。是帮助引导船舶航行、定位和标示碍航物与表示警告的人工标志。随着行业长期发展，行业本身已形成固有模式和管理体系，同时存在功能单一和亟需产业数字革新的发展问题。



传统航标示意图



多功能航标示意图

### 2.3 航标在数字化、智能化等数据建设方面的发展优势:

1) 容易结合改造。航标结构容易加装各种检测设备,自有的太阳能电池板也能解决能源电力问题,同时海上定位可靠性高,经得起考验,极大地降低了“新型多功能航标”的生产成本。

2) 充分利用资源优势。航标具有分布海域广,数量众多特点,可以实现数据的全面采集分析,监控管理的无死角监测,信号发射全方位输出,只要数据足量,就可能实现生态反演进而助力海洋环境清洁发展建设,实现集信息化、智能化为一体的“海上大交管”。

3) 专业管理团队。航标行业本身拥有航标员、船员以及船舶器材等专业管理团队和物质力量,为集“监控、检测,数据采集,信号输出”为一体的“多功能航标”维护管理提供了坚强保障。

综上:航标在数据采集,信号发射,管理监控方面有着得天独厚的优势,在“水上大交管”“一流航海保障”智能化、信息化,一体化建设实现方面有着巨大发展机会。因此,凡是有管理监测、信号发射、数据采集功能的科技产品,都可以在航标这个感知基础上运用,就像是海面安置的一个智能终端机器人,最终集成一个大系统软件,大数据分析库,实现航标的功能转化和系统升级,将是智能航保多功能航标的最终追求。

比如:

1 信号发射:5G+ 多功能航标或者航标基站建设,都是未来智能化发展必须的信号条件源。甚至可以和电信公司合作,开发海上网络信号市场。

2 管理监测:开发航标油污监测功能和温室气体数据检测功能,和“海洋牧场”“深远海养殖”等新兴产业结合,通过航标对其进行监控管理,就像航标“电子围栏”一样。

3 数据采集:将航标与海洋生态浮标结合,采集气象数据和水质数据,使航标行业引领兼顾气象局、海洋局和渔业需求等气象水质监测功能。形成海洋生态数据库,进行海洋生态反演,实现海洋环境清洁。

#### 2.4 升级形成多功能智能生态感知航标系统产品优势

将传统航标与生态浮标功能结合,升级改造成全新系统,本系统符合《中国海区水上助航标志》(GB4696-2016)有国家标准的要求,具有以下优势:

(1) 海洋生态监测和各项数据采集是海洋强国发展战略要求,为智能化、数字化“海上大交管”和海洋数据库建立打下航保基础。

(2) 多功能航标达到当前和未来一段时间的最高规格发展,在多功能航标领域模块将遥遥领先于同行业水平,成为行业翘楚。

(3) 智能生态航标采用的相关研发技术已完全成熟,以现有普通航标为基础进行改造研发智能生态航标,极大程度上节省了研发成本。

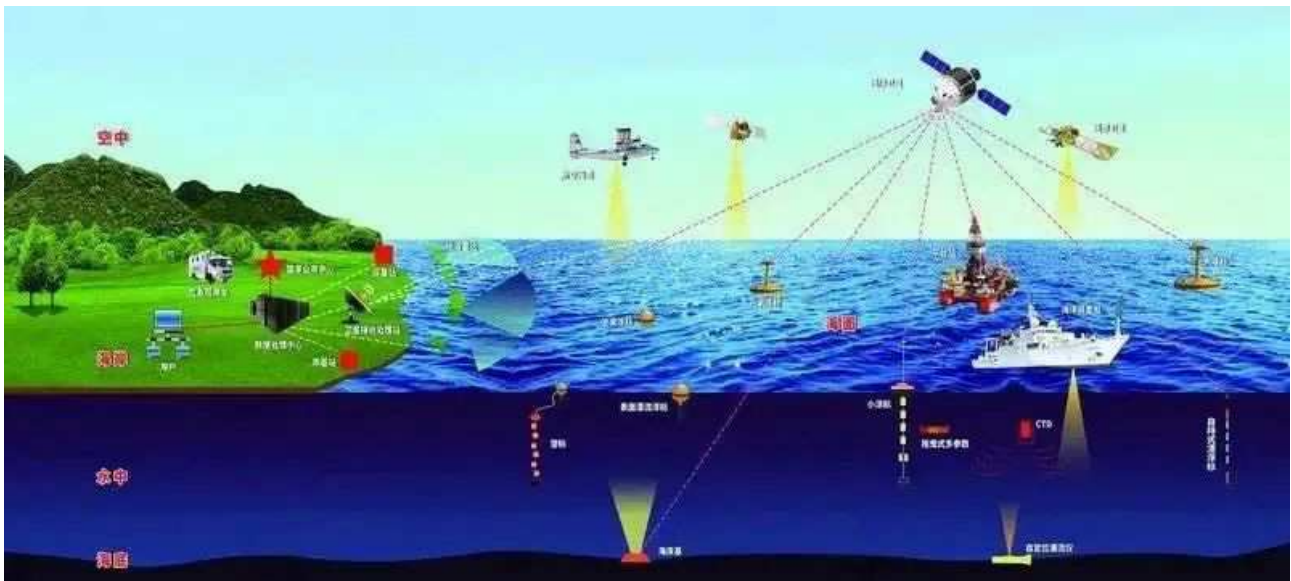


图4 多功能航标系统模拟图

### 2.5 应用前景

通过建设多功能智能生态感知航标系统,推进海洋数据库构建,促进海洋生态环境监测的动态化、智能化,为保护海洋环境提供强有力的支撑<sup>[3-5]</sup>,具体应用前景有以下两点:

#### (1) 构建海洋气象数据库

以航标为感知基础建立海洋生态数据库,通过对重点水域,特殊片区的大量丰富数据采集、建模分析,为相关行业提供的生态数据支持,做好科学研判,设计海洋环境保护的最优方案。利用构建的海洋数据库可以综合分析PH值、溶解氧、电导率、叶绿素、蓝绿藻、浊度等水质信息,实现水质检测,并根据检测结果,实现对海水富营养化、漏油、工业污水排放,大量生活垃圾入海、海洋生物宜居性等的判断。

#### (2) 构建海洋水质数据库

构建海洋水质数据库,利用大数据技术,分析海洋污染、浑浊不堪的成因,实现对海洋环境的监测与预测、海洋环境中的异常情况预警,为沿海城市海洋观测、海洋运输、水产养殖和防灾减灾等工作提供可靠数据支撑,保护海洋环境以及海洋生物安全。

### 3. 结论

针对海洋环境监测中监测范围大、监测手段单一等问题,以航标为感知基础,结合多种智能感知设备与传输技术

设计了多功能智能生态感知航标,旨在将生态航标科技成果转化运用于传统航标,优势互补,进而采集海洋环境与生态数据,是未来海洋数据库建立的有效探索<sup>[6-7]</sup>。有以下几个方面成果:

(1) 多功能智能生态感知航标搭载多普勒测流仪器、垂直式 ADCP、波浪传感器、泥沙传感器、多参数水质分析仪和重金属在线分析仪等智能传感设备,整合北斗卫星网络/GPRS/4G/5G 等信息传输、数据分析与处理等技术,技术体系较为成熟,技术方案设计完全可行,研发成本较低。

(2) “多功能航标”可在重点水域和部分海区专用,满足发展特殊需要和提升行业自身影响力,研究内容具有节省研发成本、实现科技效益最大以及各自行业突破发展的战略意义和前瞻性。

(3) 生态感知航标是传统航标的改造升级,已通过宁波航标处组织的技术审查,已申请安装生态航标的项目,获得多功能航标的开发权和冠名权,符合《中国海区水上助航标志》(GB4696-2016)的国家标准,是航标智能化,数字化的又一具体实践,对未来海洋大数据库发展极具探索意义。

### 参考文献

[1] 本刊编辑部. 以重点海域生态环境保护促进海洋环境质量持续提升[J]. 环境保护, 2022,50(Z2):5. DOI:10.14026/j.cnki.0253-9705.2022.z.014.

- [2] 杨艳, 陈璇, 刘晓光. 三种插值方法在中国海域海浪数据处理中的应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2016, 33(04): 46-49. DOI: 10.19441/j.cnki.issn1006-009x.2016.04.011.
- [3] 张上赐. 基于监测数据库的海洋结构损伤预警研究[D]. 大连理工大学, 2021. DOI: 10.26991/d.cnki.gdllu.2021.003045.
- [4] 张茂秀. 极区海洋环境信息融合算法及数据库构建技术研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2021. DOI: 10.27060/d.cnki.ghbcu.2021.001599.
- [5] 牛红光, 陆毅, 陈超, 贾俊涛, 孙万民. 数字海洋环境信息应用保障系统设计与实现[J]. 海洋测绘, 2018, 38(04): 75-79.
- [6] 吴勇剑, 张永. 海洋生态环境监测数据管理研究[J]. 粘接, 2021, 46(05): 80-84.
- [7] 苗莉莉. 大数据视域下的海洋生态环境数据库建设[J]. 数码世界, 2019(03): 166-167.
- [8] 卜志国. 海洋生态环境监测系统数据集成与应用研究[D]. 中国海洋大学, 2010.
- [9] 孙红尧, 李红卫, 李维运. 海洋环境非金属材料航标技术的应用[J/OL]. 水利水运工程学报: 1-10[2022-10-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1613.TV.20220406.0956.009.html>
- [10] 李成明. 基于三维视景的厦门港水域航标助航关键技术研究[D]. 集美大学, 2021. DOI: 10.27720/d.cnki.gjmdx.2021.000251.
- [11] 李龙飞. 中国海洋环境保护现状及其智能化趋势[J]. 浙江海洋大学学报(人文科学版), 2020, 37(06): 8-12.
- [12] 张灿, 陈虹, 王传珺, 孟庆辉, 赵建华. 我国海洋生态环境监测工作的发展及展望[J]. 环境保护, 2021, 49(12): 39-42. DOI: 10.14026/j.cnki.0253-9705.2021.12.010.