

题目编号：SY-202607

面向北极航道的极端冰海环境感知与船舶气象导航关键技术研究 比赛方案

一、发榜单位

北京全球气象导航技术有限公司

二、题目名称

面向北极航道的极端冰海环境感知与船舶气象导航关键技术研究

三、题目介绍

（一）选题背景

在全球气候变化背景下，北极区域升温速率显著高于全球平均水平，海冰范围、厚度及结构形态呈现出强烈的年际和季节内波动特征。近年来，北极边缘海冰区（MIZ）持续扩大，碎冰、浮冰比例增加，冰—浪相互作用更加频繁，冰区动力环境由传统的稳定封冰状态向高变率、多尺度耦合状态演化。

当前北极航行环境保障仍主要依赖卫星遥感、再分析资料及少量浮标或船舶观测手段，但在冰水界面及近冰区等关键区域，普遍存在观测稀缺、实时性不足、时空代表性有限等问题。在高纬弱通信、极端低温、强风浪与浮冰快速演化等条件下，传统观测装备和预报方法难以实现长期稳定运行，导致冰区环

境关键要素“观测不到、刻画不准、响应不及时”，直接制约航线风险评估、航速损失估计和动态航路规划等气象导航核心能力提升，已成为北极航线运行中的突出技术瓶颈。

（二）项目需求

本选题面向北极航线实际运行场景，聚焦当前航行保障中最具刚性、最迫切的技术需求，目标不是构建完整成熟系统，而是突破关键短板、形成可验证的关键技术与方法。

一是补齐关键环境要素不足的问题。冰水界面附近的波浪特征、海冰运动、碎冰密集度及风场突变等参数，长期缺乏连续、原位和高可信度观测数据，亟需探索可在极端冰海环境中部署和运行的观测与感知方案。

二是缓解冰区风险预报精度问题。现有数值模式和经验方法对冰区波浪、海冰漂移及冰—浪耦合过程的刻画能力有限，导致通航风险预警阈值不稳定、航速损失和风险等级评估偏差较大，亟需发展融合多源观测信息的环境要素反演与短时—中短期预测方法。

三是应对导航决策“时效滞后”问题。在北极高纬度弱通信、间歇回传的客观限制下，从环境数据获取到导航决策生成存在显著延迟，难以及时响应动态变化的冰海风险。亟需探索在边缘端实现多源环境信息融合、风险快速识别与航路动态优化的智能导航决策方法，支撑船舶在有限通信条件下，完成小时级甚至更短时间窗口内的自主航线调整与应急避险。

（三）技术要求

围绕上述需求，本选题鼓励从以下方向开展研究，不要求覆盖完整技术链条：

（1）极端冰海环境感知与观测方法。探索冰-水两栖或近冰区观测节点在低温、结冰、强风浪和浮冰冲击条件下的结构可靠性、供能方式和连续运行能力，重点关注观测可行性与数据稳定获取问题。

（2）冰水界面环境要素反演与预测方法。围绕冰区波浪、海冰漂移、碎冰特征等关键要素，研究多源信息融合的反演与短时预测方法，强调对不确定性的认识和评估。

（3）弱通信条件下的数据处理与融合技术。针对高纬通信受限条件，研究低功耗、低带宽约束下的数据质量控制、特征提取与信息压缩方法，提高观测数据对预报和决策的有效支撑能力。

（4）面向航行应用的风险评估与导航决策方法。探索将环境预测结果转化为风险等级、航段评价或辅助决策信息的方法，服务船舶气象导航和动态航路规划需求。

四、参赛对象

学生赛道：2026年6月1日以前正式注册的国内全日制非成人教育的普通高等学校在校专科生、本科生、硕士和博士研究生（不含在职研究生），以及全日制职业教育本科、高职高专在校学生，可通过学生赛道申报作品参赛。

各赛道参赛对象可以团队或个人形式参赛，每个团队不超过 10 人，每件作品可由不超过 3 名指导教师进行指导。可以跨专业、跨学校、跨单位、跨地域组队，但同一团队所有成员均应符合本赛道相关年龄、身份要求。每件作品只可由 1 所高等院校、科研院所或企业等作为参赛主体提交申报。

五、答题要求

参赛选手应围绕本选题提出的技术需求与应用目标，提交能够体现科研攻关过程与阶段性成果的综合性作品。作品原则上应包含以下一种或多种形式，具体组合由参赛团队根据自身技术路线合理选择：

1. 技术研究报告，提交完整的技术研究报告，系统阐述选题背景理解、技术路线设计、关键技术问题分析、攻关方法与阶段性成果。报告应突出对极端冰海环境观测、边缘智能处理、云端预报与船舶气象导航应用的技术探索与创新性认识，避免简单汇编已有成熟方案。

2. 原型系统或实物样机，鼓励参赛团队提交观测节点原型、关键功能模块样机或系统集成原型，用以验证所提技术方案在极端环境约束下的可行性与工程潜力。实物样机可为实验室级或原理样机，不要求工程定型或批量化水平。

3. 算法模型或程序代码可提交用于多源数据融合、冰区环境预测或航线服务生成的算法模型、程序代码或软件原型。代码可为核心模块或示范性实现，重点体现方法创新、技术思路

与适用性，而非商业化完整系统。

4. 数据样例与验证说明如涉及观测数据处理或预报模型验证，可提交典型数据样例及分析说明，用于支撑技术方案的合理性与可验证性。

六、作品评选标准

（一）设备技术指标评审（权重：50%）

（1）观测节点稳定性与可靠性（20 分）

重点评估设备在极端冰海环境下的工程可靠性与结构安全性，相关指标采用分层赋分方式，并以第三方检验或工程测试报告作为主要依据。

极地环境适应能力（10 分）：围绕设备在低温、冰雪及冰水转换环境下的稳定运行能力进行评价。工作温度范围达到 $-40^{\circ}\text{C} \sim +30^{\circ}\text{C}$ 且通过低温/高低温循环检验，得满分；仅提供设计参数或实验室仿真结果，按 60%–80% 计分；无检验依据的不予满分。

极地持续工作能力（10 分）：以设备在无人值守极地环境下的连续运行能力为核心指标，采用梯度化评分：连续稳定工作 ≥ 1 个月，并提供现场试验或第三方测试报告，得满分；连续工作 15–30 天，得 70%–80%；连续工作 < 15 天，得 50%以下。同时，结合以下工程能力进行综合评估：冰面固定与融冰后漂浮转换能力 抗浮冰冲击、抗冻胀与抗结构疲劳能力。

上述内容以结构设计说明、力学计算书或检验报告为主要

评分依据。

（2）多源环境数据采集精度（15分）

重点评估设备在低信噪比和极端环境条件下，对关键环境要素的观测精度与稳定性，所有指标须具备明确的量化标准。

波浪与海冰观测精度（8分）：波高、波周期测量相对误差 $\leq 5\%$ ，得满分；海冰密集度、漂移速度等参数误差 $\leq 10\%$ ，得满分；误差超出阈值的，按比例扣分。

气象要素测量精度（7分）：风速误差 $\leq 0.5\text{ m/s}$ ，温度误差 $\leq 0.5^\circ\text{C}$ ，气压误差 $\leq 2\text{hPa}$ 。

上述指标需提供传感器标定报告、型式检验或比对测试结果作为评分依据。

（3）数据传输能力与能效水平（15分）

重点考察设备在极低通信带宽与极端低温条件下的数据回传能力和能耗控制水平。

数据压缩与回传能力（8分）：数据压缩率 $\geq 60\%$ 且保证信息完整性，得满分；压缩率 $40\% - 60\%$ ，按比例计分。

低功耗与能源管理能力（7分）：采用梯度化评分：待机功耗 $< 1\text{W}$ 、工作功耗 $< 3\text{W}$ ，并提供测试报告，得满分；仅提供理论设计值或仿真估算的，适当扣分。

（二）算法与智能预报性能评审（权重：50%）

（1）算法创新性与预测准确性（25分）

重点评估模型在极地复杂环境下的预测性能提升与工程可

用性。

预测精度指标（15分）：针对海冰漂移、波浪要素及冰情风险等级等关键变量：预测误差 $\leq 10\%$ ，得满分；误差 $10\% - 15\%$ ，按比例计分；需明确预测对象、时间尺度及评估样本范围。

算法复杂度与可部署性（10分）：采用轻量化机器学习或物理约束模型，完成24小时预报的计算时间 ≤ 1 小时，评审以算法流程图、复杂度分析说明为依据，不要求现场运行。

（2）实时性与边缘计算适配能力（25分）

重点关注算法在边缘计算与有限算力条件下的工程适用性。

实时推理能力（15分）：数据处理与结果输出时间 ≤ 30 分钟，得满分；超出时间阈值按比例扣分。

资源占用水平（10分）：内存占用 $< 2\text{GB}$ ，CPU占用 $< 30\%$ 。

评审以算法部署说明或测试报告为依据。

（三）成果验证与评审依据说明

鉴于评审环节以PPT答辩为主要形式，所有涉及性能指标的内容应配套提交可核查的佐证材料，包括但不限于：第三方检测或型式检验报告、传感器标定与对比测试报告、工程样机试验记录或应用案例说明、算法性能评估报告（含样本说明与评价方法）

七、作品提交时间

2026年5月至9月上旬，各参赛团队选择榜单中的题目开展研发攻关，各高校、企业、科研机构等组织协调机构应组织学生和青年科技工作者参赛，安排专业人员给予指导，为参赛团队提供支持保障。

2026年9月15日前，各参赛团队要向发榜单位完成作品提交，具体要求详见本方案第八点第（二）款，并严格遵照发榜单位明确的提交规范执行。

2026年9月30日前，由发榜单位完成初审，确定入围终审擂台赛的晋级作品和团队。

2026年10月，发榜单位安排专门团队提供帮助和指导，各晋级团队完善作品。

2026年11月，组织终审擂台赛，角逐“擂主”。

八、参赛报名及作品提交方式

（一）报名方式

（1）参赛选手登录“挑战杯”官网 www.tiaozhanbei.net，在“揭榜挂帅”擂台赛报名入口注册账号，登录大赛申报系统在线填写报名信息。报名信息提交后，下载打印系统生成的报名表。

（2）申报人在报名表对应位置加盖所在学校或所在单位公章。

（3）将盖章版报名表扫描件上传至报名系统，等待系统审核。请参赛选手注意查看审核状态，如审核不通过，需重新

提交。

(4) 系统开放报名时间为 2026 年 5 月 30 日—6 月 30 日，逾期后系统将自动关闭报名功能。

(二) 作品提交方式

参赛团队须按照发榜单位要求提交作品材料，作品形式包括但不限于技术研究报告、原型系统或样机、算法模型或程序代码及相关数据样例与说明等。具体提交要求如下：

1. 提交方式

参赛团队应在规定时间内，将作品电子材料打包发送至指定邮箱：伊老师，3319918953@qq.com，邮件主题统一为“题目编号+团队名称+负责人姓名”。如涉及实物样机，可根据发榜单位后续通知采取邮寄或现场展示方式提交。

2. 材料要求

提交内容应完整、规范，包括作品主体材料及必要的说明文件。所有文件应确保格式清晰、内容可读，并符合赛事相关规范要求。

3. 报名表提交要求

参赛团队在提交作品时，须同步提交 1 份经报名系统审核通过并加盖公章的报名表扫描件。报名表信息须与系统填报内容完全一致，如存在不一致情况，将影响作品审核。

4. 其他说明

发榜单位有权根据赛事组织需要，对提交材料形式及要求

进行适当补充说明，并通过官方渠道通知参赛团队。

九、赛事保障

围绕应用场景、数据资源、技术指导和成果转化等方面，为参赛团队提供必要保障，并确保相关措施有效落实。结合赛事进程，适时组织相关技术与经验分享，促进参赛团队对选题背景与技术方向的理解。在条件允许范围内，为参赛团队提供与选题相关的参考资料和信息支持，具体形式根据赛事实施情况统筹安排。根据赛事进展需要，适时邀请相关领域专家开展指导与交流，为参赛团队提供思路性建议和方向性参考。鼓励优秀成果与实际应用需求相结合，对具有发展潜力的研究方向给予持续关注与后续对接机会。建立赛事工作协调机制，做好信息发布、过程沟通与服务支持，保障赛事各阶段工作有序推进。

十、设奖情况及奖励措施

1. 设奖情况

原则上本发榜题目评出 1 个“擂主”，特等奖 5 个，一等奖 5 个，二等奖 5 个，三等奖 5 个。最终授奖数量视作品申报数量和质量情况动态调整。

2. 奖励措施

“擂主”10 万元，特等奖 2 万元/个，一等奖 1 万元/个，二等奖 0.5 万元/个，三等奖 0.2 万元/个。获奖的队伍成员可以优先获取本单位的实习实践机会。

3. 奖金发放方式

比赛结束后，单位比赛专班工作人员与获奖团队取得联系，填写奖金申请表，待获奖团队提供银行卡详细信息后 1 个季度内，将奖金一次性发放至获奖团队提供的银行卡中。

十一、比赛专班联系方式

1. 专家指导团队

顾问专家：刘老师，联系电话：13354050315

顾问专家：吴老师，联系电话：15701001381

负责比赛期间技术指导保障。

2. 赛事服务团队

联络专员：伊老师，联系电话：18645807227

联络专员：李老师，联系电话：13342250612

负责比赛期间组织服务及后期相关赛务协调联络。

3. 联系时间

比赛期间工作日（13:00-17:00）

附：发榜单位简介

北京全球气象导航技术有限公司成立于1993年，是我国较早从事专业气象导航与行业气象服务的技术机构。2022年11月，经中国气象局正式批复同意，公司完成重组并纳入中国气象局业务体系，具备鲜明的官方背景和权威属性，承担着服务国家战略和重大行业需求的重要职责。公司长期服务国家重大工程和重点行业，多项成果获得国家层面高度重视，体现了突出的战略价值和公共服务属性。

公司紧密对接“海洋强国”“冰上丝绸之路”及“国船国导”战略，面向北极航线开发、全球航运安全、海洋工程建设与运行等国家重大需求，持续推进观测—预报—服务一体化的气象导航技术体系建设。在北极航线与极地航运保障领域，依托中国气象局统一组织的极地观测、数值预报和业务服务体系，为我国极地科考、极地航行和极地工程活动提供关键气象与冰情支撑。

公司依托中国气象局“岸—海—空—天”全球综合观测网、全球数值预报模式和高分辨率智能预报系统，融合大数据和人工智能技术，构建了自主可控的全球气象导航服务平台和专业气象服务体系，面向海运、航空、港口及商贸物流等领域提供自主化、智能化、深度融入业务流程的气象服务保障，在提升运行安全、支撑北极航线开发和服务国家重大战略中发挥着不可替代的支撑作用。