

## 卫星遥感海冰监测系统在海冰监测中的应用

淳于江蕊

辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 沈阳 110086

**[摘要]**随着全球气候的变化,海冰的监测和研究对于理解气候系统、保护生态环境以及确保海上航行安全具有日益重要的意义。海冰是极地地区独特的气候现象,其动态变化直接关系到全球海洋循环和气候系统的稳定性。为了实现海冰的全面监测,卫星遥感技术作为一种高效且全天候的监测手段,不仅成为关键的工具,更是推动海冰研究进展的引擎。

**[关键词]**卫星遥感;海冰;监测系统

DOI: 10.33142/ec.v7i2.11097

中图分类号: P731

文献标识码: A

### The Application of Satellite Remote Sensing Sea Ice Monitoring System in Sea Ice Monitoring

CHUNYU Jiangrui

Liaoning Natural Resources Affairs Service Center, Shenyang, Liaoning, 110086, China

**Abstract:** With the changing global climate, monitoring and studying sea ice is of increasing significance for understanding the climate system, protecting the ecological environment, and ensuring maritime navigation safety. Sea ice is a unique climate phenomenon in polar regions, and its dynamic changes directly affect the stability of the global ocean cycle and climate system. In order to achieve comprehensive monitoring of sea ice, satellite remote sensing technology, as an efficient and all-weather monitoring method, has not only become a key tool, but also an engine to promote the progress of sea ice research.

**Keywords:** satellite remote sensing; sea ice; monitoring system

#### 引言

传统的海冰监测方法往往受制于地理环境、气象条件和人力资源等限制,难以提供全球性、实时性的海冰信息。而卫星遥感技术通过搭载各类传感器的卫星,能够获取高分辨率、全球范围的海冰监测数据,实现对海冰的准确识别、动态监测以及变化趋势的分析。这种全新的监测手段为科学家、政策制定者和海洋管理者提供了宝贵的信息资源,助力于更深入地理解海冰与气候、环境的关系,从而更好地应对气候变化带来的挑战。

#### 1 海冰监测的重要性

海冰是地球上极地地区特有的地貌要素,其分布和变化对气候、海洋循环以及生态系统均产生显著的影响。首先,海冰在全球能量平衡中扮演着关键角色,通过反射太阳辐射,调节地球表面温度,影响气候模式和天气系统。其次,海冰对海洋环流有着重要的调控作用,影响着全球海洋热量的分布和传递。此外,海冰还是众多极地动植物的栖息地和繁衍场所,其消长变化直接关系到极地生态系统的平衡和生物多样性。因此,建立高效准确的海冰监测系统,不仅有助于更好地理解地球气候系统的运行机制,还能为全球环境变化的监测与管理提供重要依据。

#### 2 卫星遥感在海冰监测中的优势

卫星遥感在海冰监测中具有显著的优势,卫星遥感传感器能够提供高分辨率的影像数据,使得对海冰的细微变化和不同类型的准确识别成为可能,为科学研究和监测工

作提供了更为详细的信息。卫星具有全球覆盖的能力,能够监测到极地地区以及远离陆地的海域,使得对于广大且偏远地区的海冰监测变得更为全面。卫星遥感系统具备实时监测的能力,能够提供及时的海冰变化信息,对于紧急事件的响应和决策制定提供了重要支持<sup>[1]</sup>。卫星遥感技术无需直接接触海冰,避免了人工采样可能对环境造成的影响,同时能够在极端气候和复杂地形条件下进行监测,为海冰研究提供了一种高效、安全且全面的手段。

#### 3 卫星遥感海冰监测系统简介

##### 3.1 卫星遥感监测海冰的能力

卫星遥感通过可见光、红外和微波等不同波段的传感器,卫星遥感系统能够捕捉海冰表面的反射、辐射和散射特征,实现对海冰在不同光谱范围内的全面监测。卫星遥感系统的高时空分辨率对于监测海冰的分布、形态和厚度等关键参数具有重要意义。卫星遥感不受地理位置和气象条件的限制,实现了全天候、全时段的监测,为及时获取海冰动态提供了关键支持。卫星遥感系统的全球覆盖能力使其能够监测到极地地区和远离陆地的广大海域,为全球范围内海冰变化提供全面的数据。总之,卫星遥感监测海冰的能力在提供全球性、高时空分辨率的数据方面处于领先地位,为深入了解和应对气候变化、海洋变化等全球性问题提供了关键数据支持。

##### 3.2 数据源

卫星遥感海冰监测系统的数据源涵盖多种卫星传感

器获得的多光谱、高光谱以及合成孔径雷达（SAR）等多源数据，为系统提供了丰富而多维的信息，从而实现对海冰特性的全面监测。首先，多光谱数据通过记录不同波长的电磁辐射，使得卫星能够捕捉到海冰的表面反射特征，从而实现对海冰类型和分布的精确识别。其次，高光谱数据在更多波段范围内进行观测，能够提供更为细致的光谱信息，对不同海冰特征的辨识和分类提供更全面的依据。SAR 数据能够穿透云层和降雨，提供高分辨率的海冰覆盖信息，对海冰的形态、厚度和运动等进行高效监测。SAR 还可用于获取海冰表面的粗糙度和形态特征，为海冰性质的详细分析提供了重要数据。

### 3.3 卫星遥感海冰监测系统

#### 3.3.1 数据管理模块

数据管理模块在卫星遥感海冰监测系统负责对获取的海冰监测数据进行有效的存储、管理和检索。数据管理模块通过建立规范的数据库结构，对海冰监测数据进行分类和组织，以便更高效地进行存储和检索，有助于用户迅速获取特定时间、地点和参数的海冰数据，提高了数据的利用率。数据管理模块注重数据的备份和保护，通过定期的数据备份和存档机制，系统能够应对意外故障或数据丢失的情况，保障监测数据的持久性和完整性。数据管理模块还注重数据的元数据记录，包括数据采集时间、地理坐标、传感器参数等信息，为用户提供了获取数据背后的关键背景，增加了数据的可信度和可追溯性。

#### 3.3.2 数据预处理模块

数据预处理模块在卫星遥感海冰监测系统对原始获取的海冰监测数据进行一系列的处理和优化，以提高数据的质量和可用性。数据预处理模块进行辐射校准，通过校正传感器接收到的辐射量，消除因大气吸收、散射等因素引起的误差，确保获取的海冰数据具有更高的精确性。数据预处理模块执行大气校正，考虑大气组分对传感器信号的影响，将其影响降至最低，有助于消除大气引起的干扰，提高海冰监测数据在不同天气条件下的一致性和稳定性。在预处理过程中，还进行了数据去噪处理，通过采用合适的滤波算法或信号处理技术，削弱或去除数据中的噪声，提高数据的清晰度和可辨识度<sup>[2]</sup>。此外，数据预处理模块还进行了影像几何校正，对数据进行几何矫正，消除由于卫星姿态、地形等因素引起的形变，确保海冰监测结果的空间准确性。

#### 3.3.3 海冰识别模块

海冰识别模块是卫星遥感海冰监测系统中的核心组件，负责从预处理过的数据中提取关键特征，进行海冰的自动识别和分类。首先，海冰识别模块采用先进的图像处理技术，通过对预处理后的数据进行分割和特征提取，捕捉海冰表面的不同形态和颜色特征。包括海冰的纹理、边缘信息以及与周围环境的对比度等。通过综合这些特征，系统能够进行初步的海冰区域划分和分类。模块引入机器

学习和深度学习算法，通过训练模型，使其能够自动识别不同海冰类型，提高识别的准确性和效率。海冰识别模块还充分考虑海冰与其他地物的混淆问题，通过引入上下文信息和多源数据融合，提高识别的精度。包括考虑海冰与水体、陆地等地物的边界情况，以及充分利用多传感器的综合信息。最终，该模块输出准确的海冰分布图和分类结果，为进一步的海冰动态监测、气候研究和生态保护提供了关键的数据支持。海冰识别模块的精密设计和高效算法使得卫星遥感系统能够应对复杂的海冰环境，为科学研究和实际应用提供了可靠的工具。

#### 3.3.4 海冰识别订正模块

海冰识别订正模块在卫星遥感海冰监测系统中起着关键的作用，其任务是对初步识别的海冰结果进行验证和修正，以提高识别的准确性和可信度。首先，海冰识别订正模块利用地面真实观测数据或已有的高质量海冰数据集进行验证，通过与实地观测结果进行比对，系统能够发现潜在的识别错误或缺陷，有助于建立模型的可靠性，提高整个系统对海冰的识别精度。其次，模块引入专业领域知识和经验，对可能出现的误判情况进行辨别和修正。例如，考虑到不同季节和地区的海冰特性差异，通过合理的参数调整和规则制定，提高模块对多样化海冰场景的适应性。此外，海冰识别订正模块还利用时序数据，对连续观测时间内的海冰变化进行分析。通过考虑海冰的动态变化特征，模块能够更准确地识别海冰的边界、形状以及运动状况，进一步提高识别的准确性。最终，海冰识别订正模块输出经过验证和修正的海冰识别结果，为用户提供更为可信的监测成果。通过在系统中引入这一订正模块，卫星遥感海冰监测系统能够有效应对各类干扰因素，提供更为精准和可靠的海冰监测信息。

#### 3.3.5 成果制作模块

成果制作模块在卫星遥感海冰监测系统中具有关键作用，其任务是将经过数据处理和识别的海冰监测结果转化为可视化的图像或报告，以使用户直观理解和有效利用。成果制作模块将海冰识别模块输出的数据进行整合和组织，生成图像或地图，直观呈现海冰的空间分布、类型和密度等信息，通过采用不同的可视化手段，如色彩编码、等值线图，使用户能够一目了然地了解海冰的状态和演变趋势<sup>[3]</sup>。模块可以生成时间序列图，反映海冰在不同时间点的变化情况，有助于观察海冰的季节性变化、年际变化等动态特征，为长期监测和分析提供便利。成果制作模块还能够输出报告文档，详细描述海冰的监测结果、特征和趋势，为科研人员、决策者和其他相关利益方提供了详尽的信息，支持他们在气候变化、生态保护和资源管理等方面做出决策。

## 4 卫星遥感海冰监测系统优化策略

### 4.1 数据质量优化

确保高质量的监测数据是保证系统准确性和可信度

的基础。首先,数据质量优化模块致力于处理和纠正海冰监测数据中的潜在误差,包括传感器误差、大气校正不准确以及地表反射率的变化等。通过引入质量评估指标和标准,系统能够自动检测和标记可能存在问题的数据点,例如异常值或不连续的数据,有助于及时发现和处理潜在的数据异常,提高监测数据的整体可靠性。数据质量优化还涉及到对数据的时空一致性检查,包括检测不同时间、不同传感器或不同波段数据之间的一致性,确保整个监测数据集在时空上的协调和一致。在海冰监测中,由于云覆盖或其他原因,数据可能存在缺失情况。系统会利用插值方法或融合多源数据的策略来填充这些缺失值,以确保监测结果的完整性和全面性。总之,数据质量优化是卫星遥感海冰监测系统的关键步骤,通过纠正误差、评估质量、保障时空一致性和处理缺失值等手段,确保监测数据具有高质量和高可靠性,为科学研究和决策提供了可信的基础。

#### 4.2 算法性能提升

算法性能提升是卫星遥感海冰监测系统持续发展的关键方向之一。该模块的目标是通过引入更为先进的算法和技术,提高海冰识别、分类和订正的准确性、效率和适用性。首先,针对海冰识别模块,算法性能提升可以包括引入深度学习技术,通过卷积神经网络(CNN)等模型进行更复杂的特征学习,从而提高系统对海冰多样性的适应能力。此外,集成多源数据和多模态信息,如结合可见光和微波数据,能够提升海冰特征的综合识别能力,尤其在极端气候和复杂地形条件下,使监测系统更为健壮。其次,对于海冰识别订正模块,算法性能提升包括引入更为智能化的算法和模型。例如,基于强化学习的方法,可以使系统更灵活地调整参数和策略,自适应地纠正不同环境下可能存在的误差。此外,引入地物信息和环境背景数据,对复杂地貌和变化较大的区域进行更加精准的订正,提升系统在不同场景下的稳健性。算法性能提升还可以包括实时性的优化。通过优化算法的计算效率和运行速度,使系统能够更快速地处理大量数据,提高监测的实时性和响应能力,对于应对紧急情况、支持应急响应和决策制定具有重要意义。

#### 4.3 多源数据融合

多源数据融合在卫星遥感海冰监测系统中是优化策略的关键组成部分,旨在通过整合来自不同卫星传感器、波段或平台的数据,提高监测系统对海冰的全面理解和精确描述。多源数据融合可以弥补单一传感器或波段的局限性。通过整合可见光、红外、和合成孔径雷达(SAR)等不同波段的数据,系统能够获取更全面、多层次的海冰信息,同时减轻某一传感器受气象条件、云层遮挡等因素的限制。多源数据融合有助于提高数据的时空分辨率。不同卫星和传感器的观测周期和分辨率不同,通过融合这些数据,系统能够生成更高时空分辨率的海冰监测结果,实现

对小尺度和瞬时变化的更为敏感的监测。多源数据融合还可以通过考虑不同传感器之间的互补性,提高监测的准确性和可信度。例如,可见光传感器对于冰雪表面的反射较为敏感,而SAR传感器则能够穿透云层和夜晚观测,提供全天候监测。通过引入多源数据,系统能够在一定程度上消除单一数据源可能存在的误差和缺陷,提高监测结果的可靠性和稳健性。总之,多源数据融合是卫星遥感海冰监测系统优化策略中的关键环节,通过整合不同数据源,提高了系统对海冰的综合感知能力,为更全面、准确的海冰监测提供了有力支持。

#### 4.4 实时监测与预警机制

实时监测与预警机制是卫星遥感海冰监测系统的重要优化策略之一。该机制的目标在于提高系统对海冰动态变化的实时感知能力,以及及时预警可能对海洋航行、渔业等产生影响的海冰事件。实时监测机制通过采用高频率、实时更新的卫星数据,使系统能够更迅速地捕捉到海冰的变化趋势,对于监测快速发展的海冰事件,特别是在极端气象条件下海冰的急剧变化具有重要意义。通过优化算法和模型,系统能够更高效地进行海冰识别、分类和订正,从而加速监测结果的生成,有助于提高监测的实时性和响应能力,使监测系统更适应紧急情况和实时应用的需要。通过设定监测指标和阈值,系统能够在检测到海冰异常情况时自动触发预警机制,对于航运、渔业和海洋资源管理等领域的决策制定具有重要意义。实时监测与预警机制还需与相关部门和利益相关者建立有效的信息传递和沟通机制。及时将监测结果和预警信息传达给相关决策者、海事管理机构和渔民等,使其能够采取及时的措施来应对潜在的海冰风险。

#### 5 结语

卫星遥感海冰监测系统不仅为科学研究提供了重要数据支持,也在海域管理、气象预测、资源开发等方面具有广泛的应用前景。通过不断优化技术和完善系统,我们将更好地理解海冰的动态变化,为维护海洋环境、保障交通安全以及推动气候研究等领域的发展作出更大贡献。

#### [参考文献]

- [1]谢涛,赵立.海冰密集度卫星遥感反演研究进展[J].海洋科学进展,2022,40(03):351-366.
  - [2]李安忠,赵楷宾,王在峰,等.基于卫星遥感监测的渤海海域海冰冰情年际变化分析[J].中国水运(下半月),2022,22(10):70-72.
  - [3]张鹏飞.基于海洋1号C/D卫星的辽东湾海冰遥感监测[J].测绘与空间地理信息,2022,45(11):89-91.
- 作者简介:淳于江蕊(1982.8—),毕业院校:武汉大学,所学专业:信息工程,当前就职单位:辽宁省自然资源事务服务中心,职务:工程师,职称级别:专技八级。