

卫星测高在陆地湖泊水位变化监测中的应用

王芮 郁鑫

乌鲁木齐气象卫星地面站

DOI:10.12238/gmsm.v7i7.1905

[摘要] 卫星测高技术作为一种重要的遥感工具,为陆地湖泊水位变化监测提供了高效且准确的手段。近年来,随着技术的发展,卫星测高被广泛应用于全球湖泊动态监测,揭示了气候变化和人类活动对湖泊水位的深远影响。本研究总结了卫星测高技术的基本原理、数据获取方式及其在湖泊水位监测中的应用,并探讨了数据处理与分析方法的重要性,以为水资源管理和生态保护提供科学依据和决策支持。

[关键词] 卫星测高; 湖泊水位; 水资源管理; 气候变化

中图分类号: P641.8 文献标识码: A

Application of satellite altimetry in monitoring water level changes in terrestrial lakes

Rui Wang Xin Yu

Urumqi Weather Satellite Ground Station

[Abstract] Satellite altimetry technology, as an important remote sensing tool, provides an efficient and accurate means for monitoring water level changes in terrestrial lakes. In recent years, with the development of technology, satellite altimetry has been widely used in global lake dynamic monitoring, revealing the profound impact of climate change and human activities on lake water level. This study summarized the basic principle of satellite altimetry technology, data acquisition methods and its application in lake level monitoring, and discussed the importance of data processing and analysis methods, in order to provide scientific basis and decision support for water resources management and ecological protection.

[Key words] satellite altimetry; Lake water level; Water resource management; climate change

引言

湖泊作为地球表面重要的淡水资源,对于生态系统平衡和人类生存具有至关重要的作用。近年来,全球气候变化和人类的过度开发使得湖泊水位波动显著,这种变化对生态安全和水资源管理带来了巨大挑战。传统地面监测方法的局限性亟需新的技术手段来补充和改进。卫星测高技术因其全球覆盖、高精度和连续监测能力,逐渐成为湖泊水位变化研究的核心工具。通过对湖泊水位的长时间序列数据进行深入分析,可以揭示其对气候因素和人类活动响应的复杂机制。研究卫星测高技术在湖泊水位监测中的应用,不仅有助于提高对水文变化的预测能力,还为制定科学合理的水资源管理政策提供了支持,为应对未来气候变化和保障水安全奠定了坚实基础。

1 卫星测高技术原理

1.1 卫星测高的基本原理

卫星测高技术是一种通过测量卫星到地表的距离来确定水位高程的方法,这个过程依赖于从卫星发射的微波脉冲,在撞击湖泊水面后返回接收器所需的时间。任务的核心在于利用电磁

波在空间和大气中的传播特性,结合精确的时间测量,实现高精度的水位监测。发射和接收过程中的各种因素,例如大气折射、地球几何以及卫星轨道误差,都需要精细校正,这使得卫星测高成为一个极为复杂又精准的过程。而且,这项技术能够跨越地理和政治的界限,对全球湖泊实施实时监测,并提供一致且客观的数据。面对气候变化和极端天气,全球湖泊的水位动态需要广泛而准确的信息来洞悉和应对,而卫星测高正是满足这种需求的关键工具。它不仅为科学研究提供重要支持,也在各国水资源管理中发挥着越来越重要的作用。

1.2 卫星测高的数据获取方式

卫星测高的数据获取方式主要依赖于卫星搭载的雷达高度计,这种高度计通过向地表发射微波脉冲并接收其反射信号来测量卫星与地表之间的距离,这种技术不仅精准,还可以在短时间内覆盖广阔的地理区域,从而实现全球范围内的水体监测。数据的获取过程相当复杂,因为卫星轨道的变化、大气层的折射效应和地球自转等因素都会对信号传播产生影响。因此,测高数据需要经过复杂的校正和处理,以确保高精度的测量结果。这种方

式的一个突出优点是其全天候的监测能力,能够在不同的天气条件下正常工作,无论是晴天还是多云天气,卫星测高的微波信号都可以穿透大气层,稳定地捕捉湖泊水位变化。在全球气候变化加剧的背景下,卫星测高提供的数据不仅帮助理解水文变化,还为科学研究和政策制定提供了坚实的基础^[1]。

2 卫星测高在湖泊水位监测中的应用

2.1 湖泊水位变化的长期监测与趋势分析

卫星测高技术对于湖泊水位变化的长期监测和趋势分析具有重要意义,这种技术让科学家们能够不受地域限制地获取长时间序列的数据,从而更准确地识别湖泊水位变化的长期趋势。在过去的几十年中,全球气候变化和人类活动使得湖泊水位动态更加复杂,而卫星测高数据为研究这些变化提供了宝贵的时间序列依据。通过对这些数据进行分析,科学家们可以揭示出湖泊水位的上升或下降趋势,并探究背后的驱动因素。这不仅帮助预测未来的水资源可用性,还为生态系统保护提供了有力的数据支持^[2]。这项技术能够跨越地球上最偏远的区域,确保了即使人类难以到达的湖泊也在持续监测中。通过卫星测高,研究人员得以识别全球湖泊水位变化中那些潜在威胁和机遇,进而在政策制定和环境保护中发挥重要作用。

2.2 湖泊水位变化的区域特征与空间分布

湖泊水位变化在不同区域展现出独特的特征与空间分布,这是卫星测高应用的一个重要方面,不同的气候、地形和人类活动模式会使湖泊水位变化的模式在区域上呈现差异。例如,在干旱地区,湖泊水位的变化对气候条件极为敏感,可能出现显著波动,这对当地生态系统和水资源管理提出了挑战。而在高山或高纬度地区,湖泊水位变化更可能与冰雪融化和降水季节分布紧密关联,反映了复杂的水文过程。卫星测高技术的优势在于能够为这些变化提供高精度和高分辨率的空间数据,以地球尺度监测湖泊水位的空间分布及其时间动态。对这些数据的深入分析,不仅揭示了区域间的水位变化模式,还为水资源调度和管理决策提供了科学依据。这些区域特征和空间分布的识别,帮助人们更好地理解湖泊在全球气候系统中的角色,并为区域生态环境保护提供战略支持,使卫星测高技术成为全球水资源监测与管理的重要工具^[3]。

2.3 湖泊水位变化对生态环境和人类活动的影响评估

湖泊水位变化对生态环境和人类活动的影响常常具有深远的意义,是卫星测高在水文监测中不可或缺的一部分。当湖泊水位下降时,可能导致生态系统的连锁反应。栖息于湖泊的水生植物和动物面临生存空间的挑战,影响栖息地的稳定性,可能引发物种减少甚至消失。水位的波动还能改变湖泊周边的湿地环境,进而影响当地的生物多样性和生态平衡。对人类活动来说,水位变化直接影响到农业灌溉、渔业和饮用水供给等关键领域,水位下降可能导致水资源短缺,而上涨可能引发洪涝风险。卫星测高数据为评估这些影响提供了可靠依据,帮助识别潜在的风险和脆弱点。了解湖泊水位的实时动态和趋势,可以为决策者提供有力支持,以应对可能的经济影响和环境挑战^[4]。这些数

据不仅是科学研究的基础,也为保证人类和生态系统的和谐共存铺设了坚实的技术保障,使其在可持续发展中扮演越来越重要的角色。

3 数据处理与分析方法

3.1 数据预处理

在卫星测高应用中,数据预处理是关键的一步,直接影响后续分析的精度与可靠性。卫星测高数据往往受多种因素干扰,包括大气效应、仪器误差、地形起伏等。因此,在进行数据分析前,必须进行精细的预处理,以确保得到准确的水位信息。数据预处理通常涉及对粗数据进行去噪处理,校正系统误差,过滤不符合标准的异常值。像大气延迟修正、轨道参数调整等步骤尤为重要,确保数据能真实反映湖泊水位的变化情况。这一步骤的复杂性和精度要求很高,因为哪怕是微小的误差,积累起来也可能影响对长期趋势的判断。此外,预处理不仅仅是一个技术环节,它实际上奠定了整个数据分析的基础。高质量的预处理能够为后续的时空分析提供可靠的数据支持,帮助科学家揭示湖泊水位的精细变化。这一过程体现了科技的严谨,也为环境监测的准确性提供了有力保障^[5]。

3.2 湖泊水位提取方法

当卫星轨道经过湖泊时,反射的雷达信号被用来测量水位,但这个过程复杂且充满挑战,因为信号质量会受到多种因素的影响,包括湖水表面的风浪、湖岸地形以及植被覆盖等。为了准确提取水位,必须综合利用一系列算法和模型。通常,信号回波的波形分析是水位提取的核心。不仅需要识别有效的水面回波,还需要排除干扰信号,这要求高效的去噪和滤波技术。这类算法需要根据不同湖泊的特性进行调整,以确保提取结果的可靠性和准确性。在一些情况下,还需结合多源数据,如光学遥感影像和地理信息系统数据,以提高水位信息的精度。提取方法的不断进步,不仅提高了数据的使用价值,也揭示了湖泊变化的微妙之处,为科学研究和水资源管理提供了坚实的基础。

3.3 水位变化趋势分析方法

分析湖泊水位的变化趋势是理解水资源动态的重要手段,卫星测高技术为此提供了前所未有的细致和全面的数据支持,在这样一个复杂的系统中,传统的线性回归模型依然具有重要的地位和作用,能够快速识别整体的上升或下降趋势。而自然环境的非线性特征往往更为复杂。为了捕捉到这些复杂的动态变化,研究者们开始转向更加复杂的方法,如时间序列分析和频谱分析。这些方法能够揭示水位变化中的周期性和异常波动。除了这些经典方法,机器学习和深度学习技术的引入,为趋势分析注入了新的活力。这些技术能够自动从大数据中识别出潜在的模式和规律,使得分析结果更为精准。尤其在面对多变量交织的气候数据时,机器学习算法体现出其在识别复杂相互关系方面的优势。然而,数据分析仅仅是问题的一部分。对趋势的科学解释同样重要。气候变化、降水变动以及人类活动等因素都可能成为水位变化的驱动力,而通过结合地理空间数据和气象数据,可以更全面地理解这些变化背后的机制^[6]。

3.4 精度评估与验证方法

监测湖泊水位的准确性依赖于多层次的验证过程。地面测量数据作为参考标准,在验证中发挥了关键作用,把卫星数据与这些基准数据对比,能够识别出潜在的误差和不一致性,这种对比并不总是简单直观,因而需要细致的数据校正与分析。另一种方式涉及多卫星数据的交叉验证,不同卫星的独立观测提供了互相验证的可能性,增加了数据的可信度。在这过程中,统计方法如均方根误差(RMSE)和均方误差(MSE)常被用来量化误差,这些统计指标帮助科学家深入理解数据的精度局限并优化数据处理流程。科技的进步引入了更先进的算法,例如机器学习方法已经被用来自动检测和校正错误,这些工具能够处理大规模数据集并发现传统方法可能忽略的模式和系统偏差。这样的创新不仅仅提升了数据精度,也带来了新的思路和方法,为精度改善提供了动力。成功的精度评估不只关系到技术参数,它具备深远的现实意义:在对水资源管理、生态平衡评估以及防灾减灾中,精确的数据能带来更具前瞻性的决策。精准的测量结果是科学探索与实际应用之间的桥梁,不断提高的精度水平是科技向社会贡献力量的体现,也是对科学伦理的实践。

4 结语

卫星测高技术在地湖泊水位变化监测中的应用展现出其不可替代的优势。从全球到区域尺度,该技术提供了详尽的湖泊水位动态,为理解气候变化及其对生态系统的影响开拓了新途径。在处理复杂的水文数据和增强湖泊管理的科学性方面,卫星

测高具有显著成效。面对未来的环境挑战,该技术将继续推动水文科学的发展,助力人类全民共享可持续的水资源。此外,进一步提高数据处理技术和算法精度将有助于更准确地捕捉湖泊系统的细微变化,为生态系统保护和资源管理的决策者提供更为强大的支撑。

[参考文献]

- [1]李景刚,李纪人,阮宏勋,等.Jason-2卫星测高数据在陆地水域水位变化监测中的应用——以南洞庭湖为例[J].自然资源学报,2010,25(03):502-510.
- [2]高永刚.利用卫星测高进行陆地湖泊水位变化监测[D].河海大学,2006:12-15.
- [3]高永刚,郭金运,岳建平.卫星测高在陆地湖泊水位变化监测中的应用[J].测绘科学,2008,33(06):73-75+29.
- [4]杜斌.宽刈幅卫星测高监测内陆湖泊水位与河流流量研究[J].测绘学报,2023,52(12):2227.
- [5]孙明智,刘新,汪海洪,等.多源卫星测高数据监测拉昂错1992年—2020年水位变化[J].遥感学报,2022,26(01):126-137.
- [6]李国元,唐新明.高分七号卫星激光测高数据大型湖泊水位测量精度评估[J].遥感学报,2022,26(01):138-147.

作者简介:

王芮(1998—),女,汉族,新疆维吾尔自治区人,硕士,助理工程师,研究方向:卫星测高数据。