

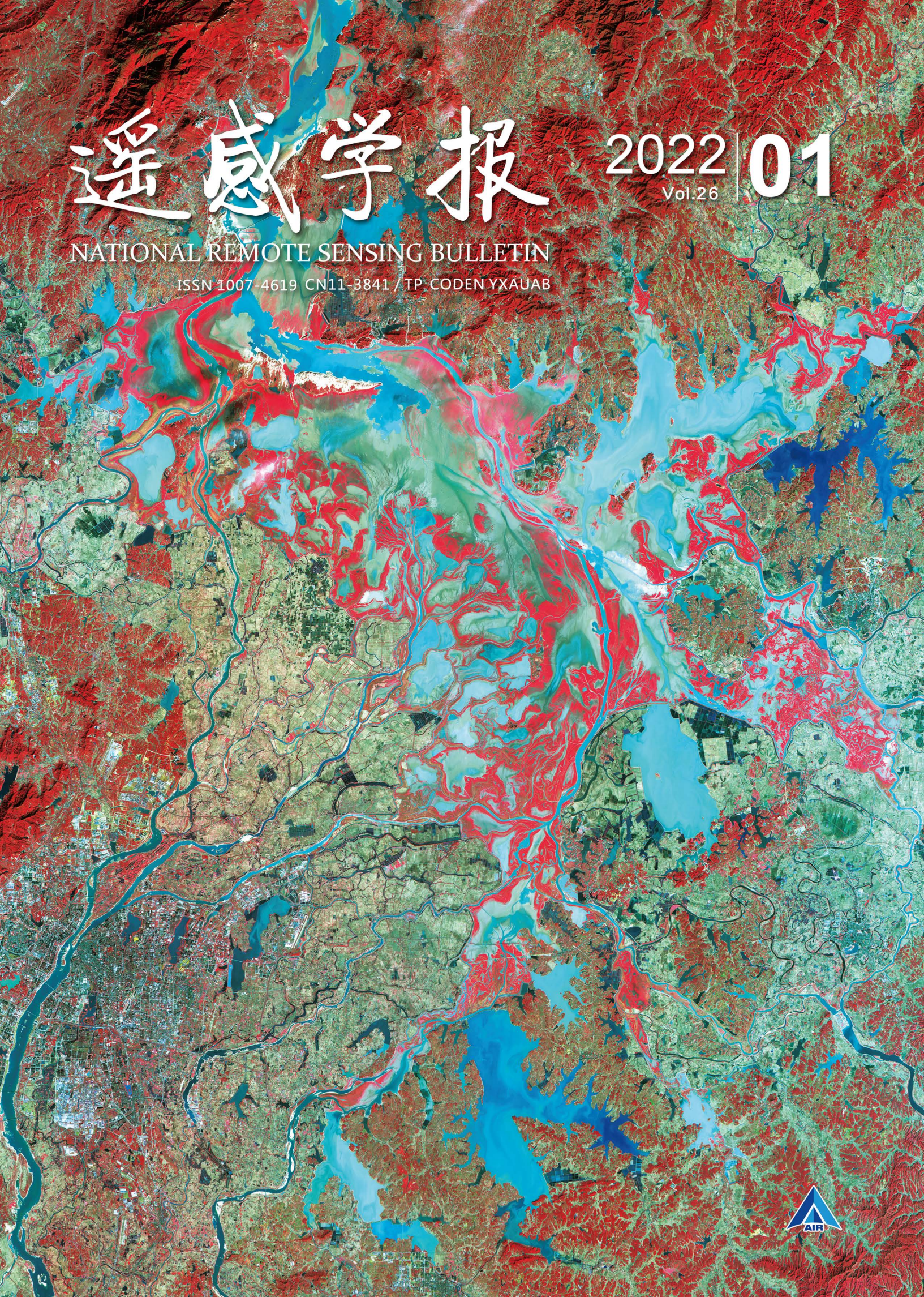
遥感学报

2022 | 01

Vol.26

NATIONAL REMOTE SENSING BULLETIN

ISSN 1007-4619 CN11-3841 / TP CODEN YXAUAB



百种中国杰出学术期刊

遥感学报

Yaogan Xuebao

第 26 卷 第 1 期 2022 年 1 月

目 次

湖泊遥感专刊

序言 郭华东 (1)

湖泊遥感专刊简介 段洪涛,李俊生,冯炼 (2)

综述

湖泊遥感研究进展与展望 段洪涛,曹志刚,沈明,马金戈,齐天赐 (3)

基于水体光学分类的二类水体水环境参数遥感监测进展 李云梅,赵焕,毕顺,吕恒 (19)

内陆水体藻蓝蛋白遥感反演研究进展 吕丽丽,宋开山,刘阁,温志丹,尚盈辛,李思佳 (32)

湖泊碳循环研究中遥感技术的机遇与挑战 黄昌春,姚凌,李俊生,周成虎,郭宇龙,李云梅 (49)

浅水湖泊水生植被遥感监测研究进展 罗菊花,杨井志成,段洪涛,陆莉蓉,孙喆,辛逸豪 (68)

湖泊营养状态遥感评价及其表征参数反演算法研究进展 周博天,张雅燕,施坤 (77)

中国湖泊分布与变化:全国尺度遥感监测研究进展与新编目 张闻松,宋春桥 (92)

湖泊水文

基于卫星雷达测高技术湖库动态监测理论、方法和研究进展 姜丽光,刘俊,张星星 (104)

青藏高原湖泊面积、水位与水量变化遥感监测研究进展 张国庆,王蒙蒙,周陶,陈文锋 (115)

多源卫星测高数据监测拉昂错 1992 年—2020 年水位变化
..... 孙明智,刘新,汪海洪,袁佳佳,李成名,郭金运 (126)

高分七号卫星激光测高数据大型湖泊水位测量精度评估 李国元,唐新明 (138)

无/缺水地形数据的高原堰塞湖水量遥感估算 朱长明,张新,方晖,王伟胜 (148)

湖泊水环境

Sentinel-3 OLCI 数据的内陆湖泊有机悬浮物浓度遥感估算
..... 仲苏珂,吕恒,杨子谦,李杨杨,许佳峰,苗松 (155)

资源一号02D高光谱影像内陆水体叶绿素a浓度反演 刘瑶, 李俊生, 肖晨超, 张方方, 王胜蕾 (168)

多源高分辨率卫星影像监测黑臭水体的适用性研究
 王茹, 申茜, 彭红春, 姚月, 李俊生, 汪明秀, 史佳睿, 徐雯婷 (179)

湖冰遥感

青藏高原纳木错湖冰物候变化遥感监测与模拟 吴艳红, 郭立男, 范兰馨, 文梦宣, 迟皓婧, 张兵 (193)

1979年—2019年兴凯湖湖冰物候变化的被动微波遥感监测 柯长青, 蔡宇, 肖瑶 (201)

科学仪器

天空光遮挡法水体光谱测量便携版漂浮式光学浮标研发与应用
 田礼乔, 李森, 孙相晗, 孙兆华, 宋庆君 (211)

数据集论文

2000年—2020年中国大型湖泊月平均透明度遥感监测数据集
 刘东, 张民, 曹志刚, 沈明, 齐天赐, 马金戈, 段洪涛 (221)

2002年—2018年太湖水体溶解二氧化碳浓度卫星遥感数据集
 齐天赐, 段洪涛, 曹志刚, 沈明, 肖启涛, 刘东, 马金戈 (231)

专刊主编:

段洪涛 中国科学院南京地理与湖泊研究所
 西北大学城市与环境学院

李俊生 中国科学院空天信息创新研究院

冯 炼 南方科技大学环境科学与工程学院

本期责任编辑:边钊

《遥感学报》网络版:www.ygxb.ac.cn

《遥感学报》官网、微信公众号、直播、视频号



官网



微信公众号



梧桐会B站



视频号

NATIONAL REMOTE SENSING BULLETIN

(Vol. 26 No.1 January, 2022)

CONTENTS

Special Issue of Lake Remote Sensing

Reviews

- Review of lake remote sensing research
..... *DUAN Hongtao, CAO Zhigang, SHEN Ming, MA Jinge, QI Tianci* (17)
- Research progress of remote sensing monitoring of case II water environmental parameters based on
water optical classification *LI Yunmei, ZHAO Huan, BI Shun, LYU Heng* (30)
- Advances in remote sensing of phycocyanin for inland waters
..... *LYU Lili, SONG Kaishan, LIU Ge, WEN Zhidan, SHANG Yingxin, LI Sijia* (48)
- Remote sensing technology in the study of lake carbon cycle: Opportunities and challenges
..... *HUANG Changchun, YAO Ling, LI Junsheng, ZHOU Chenghu, GUO Yulong, LI Yunmei* (67)
- Research progress of aquatic vegetation remote sensing in shallow lakes
..... *LUO Juhua, YANG Jingzhicheng, DUAN Hongtao, LU Lirong, SUN Zhe, XIN Yihao* (76)
- Research progress on remote sensing assessment of lake nutrient status and retrieval algorithms of
characteristic parameters *ZHOU Botian, ZHANG Yayan, SHI Kun* (91)
- Spatial distribution and dynamics of lakes in China: Progress in remote sensing monitoring at national scale and
new inventory of the maximum lake extent and change trajectory ... *ZHANG Wensong, SONG Chunqiao* (103)

Lake Hydrology

- Monitoring lakes and reservoirs using satellite radar altimetry: Theory, methods, and progresses
..... *JIANG Liguang, LIU Jun, ZHANG Xingxing* (113)
- Progress in remote sensing monitoring of lake area, water level, and volume changes on the Tibetan Plateau
..... *ZHANG Guoqing, WANG Mengmeng, ZHOU Tao, CHEN Wenfeng* (125)
- Monitoring lake level change in La-ang Co from 1992 to 2020 using multi-altimeter data
..... *SUN Mingzhi, LIU Xin, WANG Haihong, YUAN Jiajia, LI Chengming, GUO Jinyun* (137)
- Accuracy evaluation of large lake water level measurement based on GF-7 laser altimetry data
..... *LI Guoyuan, TANG Xinming* (147)
- Dammed lake water volume estimation by satellite imagery and digital elevation model under unknown
underwater terrain scenario *ZHU Changming, ZHANG Xin, FANG Hui, WANG Weisheng* (154)

Lake Water Environment

- Remote sensing estimation method of organic suspended matter concentration in inland lakes based on Sentinel-3
OLCI data *ZHONG Suke, LYU Heng, YANG Ziqian, LI Yangyang, XU Jiafeng, MIAO Song* (166)

Inland water chlorophyll-a retrieval based on ZY-1 02D satellite hyperspectral observations
..... *LIU Yao, LI Junsheng, XIAO Chenchao, ZHANG Fangfang, WANG Shenglei* (178)

Study on the applicability of multi-source high-resolution satellite images for monitoring black and
odorous water body *WANG Ru,*
SHEN Qian, PENG Hongchun, YAO Yue, LI Junsheng, WANG Mingxiu, SHI Jiarui, XU Wenting (192)

Lake Ice Remote Sensing

Lake ice phenology of the Nam Co at Tibetan Plateau: Remote sensing and modelling
..... *WU Yanhong, GUO Linan, FAN Lanxin, WEN Mengxuan, CHI Haojing, ZHANG Bing* (200)

Monitoring ice phenology variations in Khanka Lake based on passive remote sensing data from 1979 to 2019
..... *KE Changqing, CAI Yu, XIAO Yao* (209)

Scientific Instruments

Development and application of a portable floating optical buoy based on the skylight-blocked approach
..... *TIAN Liqiao, LI Sen, SUN Xianghan, SUN Zhaohua, SONG Qingjun* (219)

Data Articles

Monthly mean remote sensing water transparency dataset of large lakes in China during 2000—2020
..... *LIU Dong, ZHANG Min, CAO Zhigang, SHEN Ming, QI Tianxi, MA Jingge, DUAN Hongtao* (230)

Monthly average satellite-estimated dataset of Lake Taihu's dissolved carbon dioxide concentration from 2002 to
2018 ... *QI Tianci, DUAN Hongtao, CAO Zhigang, SHEN Ming, XIAO Qitao, LIU Dong, MA Jingge* (242)

无/缺水下地形数据的高原堰塞湖水量遥感估算

朱长明¹, 张新^{2,5}, 方晖^{3,4}, 王伟胜^{3,4}

1. 江苏师范大学 地理测绘与城乡规划学院, 徐州 221116;

2. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

3. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011;

4. 中国科学院中亚生态与环境研究中心, 乌鲁木齐 830011;

5. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 水量遥感动态监测对于高原堰塞湖风险评估、预报预警和处置决策等具有重要意义。针对高原无资料或缺资料区, 充分利用空天遥感技术, 文章提出了一种无/缺水下地形数据的高原堰塞湖水量遥感定量估算方法。该方法首先通过遥感水域面积提取, 获取堰塞湖淹没空间范围; 进而采用不规则复杂多边形中线定位算法, 确定堰塞湖中心线位置; 然后基于河道中心特定点高程信息, 结合局部河道比降估算, 生成堰塞湖水下地形河道中线约束因子; 再根据河道边坡高程信息和水下地形约束因子自适应拟合出局部堰塞河道的水下未知地形; 最后通过三维曲面离散积分实现堰塞湖水量遥感动态定量估算。实验以东帕米尔高原的萨雷兹堰塞湖为研究区, 展开遥感水量调查与局部验证研究, 结果表明: 萨雷兹堰塞湖当前水域面积约为89.09 km², 水量约为162.49亿m³; 这一结果与专家预估的水资源量155—165亿m³基本吻合。经局部模拟实验精度对比验证, 模拟结果与实际数据动态误差总体控制在10%以内, 相关系数达到0.95 ($P < 0.01$, 双尾), 进一步证明了算法的鲁棒性和估算结果的可信度。为无/缺水下地形数据的高原堰塞湖水量遥感估算提供了一种有效的方法, 实现了水下地形未知的高原堰塞湖水量遥感快速反演与定量测算。

关键词: 堰塞湖, 水量估算, 水下地形, 水文遥感, 萨雷兹湖

引用格式: 朱长明, 张新, 方晖, 王伟胜. 2022. 无/缺水下地形数据的高原堰塞湖水量遥感估算. 遥感学报, 26(1): 148–154

Zhu C M, Zhang X, Fang H and Wang W S. 2022. Dammed lake water volume estimation by satellite imagery and digital elevation model under unknown underwater terrain scenario. National Remote Sensing Bulletin, 26(1): 148–154 [DOI: 10.11834/jrs.20221211]

1 引言

堰塞湖蓄水量是决定堰塞湖溃决风险大小的最为关键性因子(黄艳等, 2019; 王杨科等, 2013; 谢建丽, 2013)。通常来说堰塞湖蓄水量越多安全性威胁越大, 溃决洪水冲击力越危险, 带来的自然灾害越严重(匡尚富等, 2008; 刘宁等, 2016; 吕杰堂等, 2002)。因此, 实时监测高原堰塞湖库区蓄水量动态对于堰塞湖的险情评估、灾害推演、安全管理以及降险处置决策等均具有重要的意义(匡尚富等, 2008; 刘宁等, 2016)。传统的湖泊水量计算主要有测绘学方法和水力学方法, 分别

基于图上地形量测和基于实地水文观测模拟(曹波, 2006; 甘拯等, 2017; 米鸿燕等, 2007; 童思陈和周建军, 2003)。具体计算方法上可以概括为两大类: (1) 直接计算静库容代替总库容, 相关算法有网格法、等高线法以及横断面法等(高圣益和李成国, 2007; 米鸿燕等, 2007); (2) 基于简化河槽形态和实测数据, 采用水文动力学模型计算总库容, 这种算法包括了动库容和静库容(Furnans和Austin, 2008; 秦惠承, 1983; 许海军和陈守煜, 2002)。图上测量要求有较为详细的湖泊地形资料, 水文动力学模型则需参数较多、计算耗时较长, 时效性较差; 导致了传统水量监测

收稿日期: 2021-04-15; 预印本: 2021-09-26

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2021YFB1407004); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

第一作者简介: 朱长明, 1983年生, 男, 副教授, 研究方向为遥感信息智能提取, 水文水资源遥感以及干旱区生态环境遥感。E-mail: zhuchangming@jsnu.edu.cn

通信作者简介: 张新, 1974年生, 男, 研究员, 研究方向为生态安全遥感、数字海洋。E-mail: zhangxin@radi.ac.cn

技术手段通常难以满足应急抢险救灾的时效性需求。所以堰塞湖水量准实时快速精准监测一直是堰塞湖风险评估中的一个技术难点。

随着空间对地观测信息技术的发展，水量遥感定量估算与动态监测已经成为水文遥感研究的重要内容，在应急、抢险和救灾中彰显了突出的技术优势（陈晓玲等，2008；黄诗峰等，2013；谢建丽，2013；朱长明等，2015）。目前水量遥感计算模型主要有统计经验模型和物理量测模型两大类。统计经验模型是通过实测数据建立水位面积库容曲线，再根据实时遥测面积或者水位信息估算出湖泊水量（Zhang等，2014；Duan和Bastiaanssen，2013）。如：吕杰堂等（2002）通过湖泊的面积和库容的关系计算了西藏易贡滑坡堰塞湖库容；田雨等（2017）利用实地水文统计数据，建立水库面积—库容模型，完成雪野水库库容量的测算；Duan和Bastiaanssen（2013）通过库容曲线协同测高卫星和遥感影像反演出动库容。而物理量测模型是通过实时遥感数据匹配高精度的水下地形数据，直接从地形图上定量计算出湖泊水量（蔡青等，2012；曹波，2006；刘东和李艳，2012）。但是，从现有的文献来看目前水量遥感计算模型主要是面向湖盆水下地形数据或者库容曲线已知的情况。然而，针对高原无/缺资料区突发性地质灾害形成的堰塞湖，可用基础资料异常匮乏，基本上没有详细的水下地形数据；加上应急处置的紧迫性、区域地质环境的复杂性和现场监测的困难性，很难在较短时间内获取得到高精度的水下地形数据，这给水量遥感定量动态监测带来了挑战。故，如何在缺少水下地形数据的情况下，快速准确地获取堰塞湖水量数据是需亟待解决的技术难题。

为此，本文提出了一种无/缺水地形数据的高原堰塞湖水量遥感快速定量测算方法，实现了水下地形特征数据不完备的高原地区堰塞湖水量遥感测算问题，为无水下地形数据的高原堰塞湖水量遥感快速估算提供了一种有效的方法。

2 研究区与数据源

2.1 研究区介绍

实验选取帕米尔高原百年堰塞湖—萨雷兹堰塞

湖为主要研究区（图1），地处帕米尔高原东部穆尔加布河谷， $38^{\circ}10'N$ — $38^{\circ}20'N$ ， $72^{\circ}30'E$ — $73^{\circ}10'E$ ，形成于1911年的一场强烈地震。由于地震引起巨大山体滑坡，堵塞了东西走向的穆尔加布河道，水位快速上升形成了高原堰塞湖。其中乌索伊大坝就是滑坡体堆积形成的天然坝体。

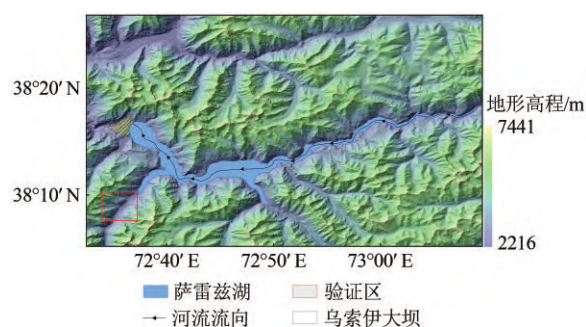


图1 研究区

Fig. 1 Study area

萨雷兹堰塞湖集水面积超过 16000 km^2 ，水域淹没面积约 80 km^2 ，长度约 60 km ，平均宽度约 1.44 km ，最深处超过了 500 m ，不断上升的水位严重威胁着下游的重要基础设施和数百万群众的生命财产安全（杨立信，2008a；Ischuk，2011）。萨雷兹湖安全问题及风险监测引起了当地政府和国际社会的广泛关注，一旦溃决或引发洪水必将是一场空前生态大灾难，曾被英国《焦点》杂志列为全球十大潜伏的致命性自然灾害（杨立信，2008b）。但是，区域交通可达性差、地质环境恶劣，实地地形测量和水文信息采集非常困难，详细的水下地形资料缺乏，导致堰塞湖水量动态监测和风险评估技术难度较大。本文试图通过空天遥感信息技术完成水下地形数据未知的萨雷兹湖水资源量定量估算，为萨雷兹湖风险监测和预报预警提供技术支撑。

2.2 数据源选择

实验地面高程数据主要来源于美国NASA和日本METI共同发布的先进星载热发射和反射辐射仪全球数字高程模型ASTER GDEM V003（Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model），数据获取时间是2000年—2009年，空间分辨率为 30 m ，经多次校正，正式发布于2019-08（数据下载：<https://cmr.earthdata.nasa.gov/search/concepts/C1299783579->

LPDAAC_ECS.html [2021-04-15]); 堰塞湖水域面积监测主要采用了美国陆地资源卫星 Landsat 系列遥感数据。堰塞坝区高精度数据来自中国科学院新疆生态与地理研究所的无人机倾斜航拍数据, 数据获取时间: 2017-07-30—31。由于涉及湖泊水域面积计算和体积估算, 将数据统一转换为阿尔伯斯等积圆锥投影。

3 堰塞湖水量遥感快速估算方法

无/缺水下水地形数据的高原堰塞湖水量遥感定量估算方法技术流程见图2。整体技术流程包括水域淹没面积提取、多边形中线确定、特定点河道高程获取、局部河道比降计算、水下地形拟合和三维曲面离散积分等6个模块。

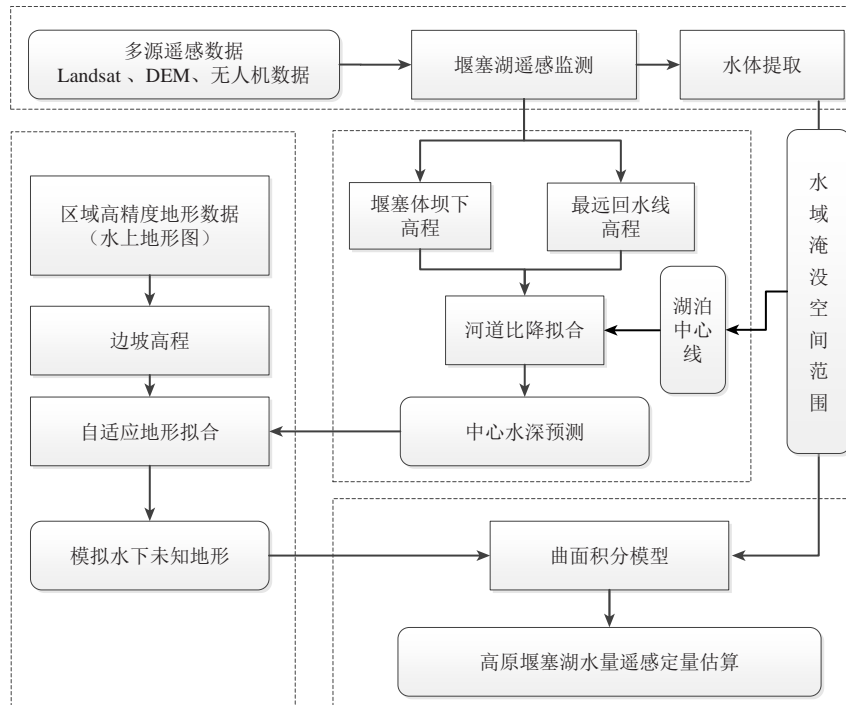


图2 无水下地形的堰塞湖水量遥感估算方法流程

Fig. 2 Flow chart for dammed lake water volume estimation at underwater topographic data unknown

首先是基于光学遥感的提取水域淹没面积, 获取堰塞湖水域分布和坝体以及最远回水线位置; 然后, 通过泰森多边形 *Delaunay* 准则计算到河岸两边离散点距离相等的点集, 标识出河道中心线; 进而, 根据坝前高程、最远回水位的河道中心高程估算河道局部比降系数, 并据此推算出分段河道中心点高程, 作为水下地形模拟的约束因子; 通过左右边坡的高程信息并结合河床中心线高程约束因子构建河道已知高程集合; 在此基础上进一步通过地形拟合自适应模拟出堰塞湖水下未知地形; 最后, 结合实时淹没面积通过三维曲面离散积分快速计算堰塞湖蓄水量。

$$V_w = \int (H_w - H_b) ds \quad (1)$$

式中, V_w 为湖泊总蓄水量, H_w 为湖泊水面高程, H_b 为湖泊水低高程, ds 为微分单元面积。对于空

间栅格数据来说, 离散曲面积分可以进一步表示为式 (2)。

$$V_w = \sum_{i=1}^n (H_{w_i} - H_{b_i}) \cdot P_i \quad (2)$$

式中, n 为堰塞湖淹没的所有水域像元总数量, P_i 为单个像元面积, H_{w_i} 为第 i 个像元的湖面水位高程, H_{b_i} 为第 i 个像元的水下地形高程。

其中, 河道的局部比降系数估算, 由于数据有限, 采用了线性拟合的方法。根据坝体下的河床高程和最远回水位置河床高程, 拟合局部河道的比降系数, 计算公式具体为

$$S = \frac{A - B}{D(AB)} \quad (3)$$

式中, S 为河道的局部比降系数, A 为坝体下的河床高程, B 为最远回水位置河床高程, $D()$ 为两点的距离。

4 方法验证与评估

为验证算法的有效性和定量估算结果的真实可信性。文章选取了穆尔加布河支流已知地形的河道作为实验验证区，见图1中的标注。假设河道被堰塞，模拟水位上涨到3450 m，根据水上地形和该段河道的比降，按照文中的方法去预测水下地形，结果见图3。从图3的DEM晕渲图上看，模拟结果基本能够很好地呈现出堰塞河道水下地形。进一步量化评估模拟水下地形的精度，表1从定量统计的角度，将模拟数据与真实数据进行了对比。真实数据和模拟数据的各项定量统计指标（如：均值、方差、值域范围等）吻合度较高，相关系数达到0.95以上，误差均值约1.29 m。

图4显示了不同的淹没水位堰塞湖水量统计计算模拟，绘制了两种情况的库容曲线。其中真实库容曲线是通过真实地形数据测算，模拟库容曲线是用文中模拟水下地形方法估算。从库容曲线的结果对比来看：本文中的方法基本上能够精确

地反演出堰塞湖的库容量，模拟值与真实值在各个水位段上均保持高度一致，相关系数达到了95% ($P < 0.01$)，最大误差控制在10%范围之内，证明了该算法的有效性和估算结果的可信度。

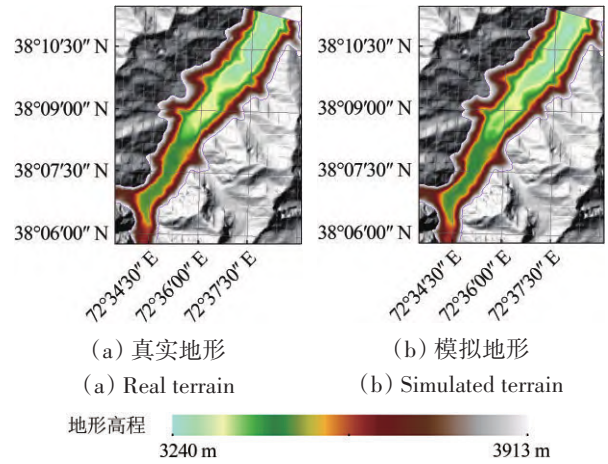


图3 局部区域水下地形模拟对比验证实验
Fig. 3 Comparison between simulated underwater terrain with measured values

表1 模拟数据与参考数据相关统计量对比

	均值/m	标准差/m	最大值/m	最小值/m	误差均值/m	相关系数/m
参考数据	3476.94	139.98	3884.00	3262.04	1.29	$R=0.95$
模拟数据	3477.65	137.72	3880.07	3258.01		

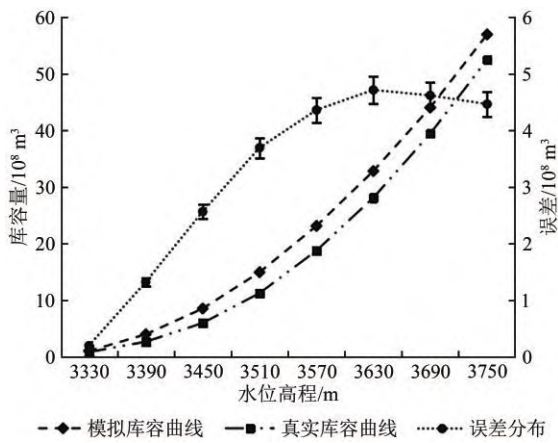


图4 模拟库容与真实库容比较
Fig. 4 Comparison between simulated volume and actual volume

深处在河流下游距离乌索伊大坝前的一段距离处，最深处湖底高程约为2750 m左右。结合2018年夏季的卫星遥感影像水域掩模面积，当前坝前水位约为3268 m，由此可以得知萨雷兹湖最深处水深已经愈520 m。

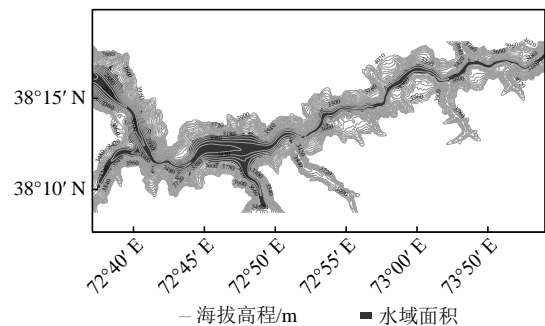


图5 萨雷兹堰塞湖水下地形模拟图
Fig. 5 Simulation underwater terrain of Sarez lake

5 方法的应用

5.1 萨雷兹湖水量估算

根据上述方法首先模拟出萨雷兹堰塞湖的水下未知地形（图5）。从水下地形模拟图上可以看出，整个萨雷兹湖湖盆呈现东高西低的趋势；最

根据这一模拟水下数字地形高程模型数据，结合水域淹没空间范围，通过离散曲面积分计算得到萨雷兹湖当前的蓄水量约为162.49亿 m^3 。这一计算结果与现有的文献资料估测水量数据（最

大水深超过 500 m, 蓄水量约为 155—165 亿 m^3) 基本吻合 (杨立信, 2008a)。

5.2 水量动态变化分析

基于研究区域 1972 年以来的 Landsat 存档遥感数据, 从中挑选了质量较高的遥感影像, 提取了 1972 年—2018 年萨雷兹湖的水域淹没面积分布。在此基础上, 结合模拟的水下地形数据, 采取曲面积分的方法定量计算了萨雷兹湖的水资源库容量, 并绘制萨雷兹湖的面积—水位—库容关系曲线, 见图 6。

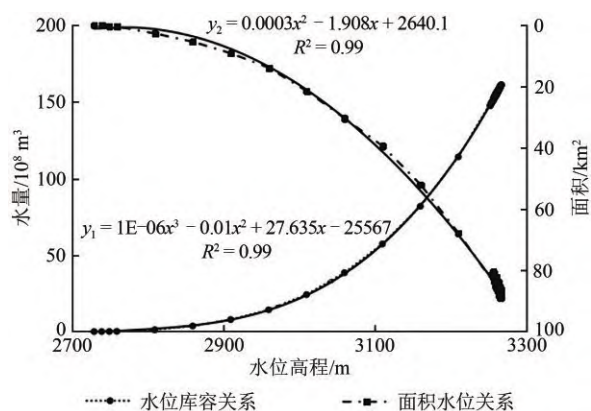


图 6 萨雷兹湖水位—面积—库容模型

Fig. 6 Water level—area—storage capacity model of Sarez Lake

6 结论

本文提出了一种无/缺水地形资料的高原堰塞湖水量遥感快速估算方法, 该方法能够快速估算高原堰塞湖水量, 算法精度较高技术通用性强, 初步实现了水下地形数据未知的高原堰塞湖水量遥感估算过程中的变量特征不完备难题, 为无/缺资料区高原堰塞湖水量遥感快速监测提供了一种可行的技术方法, 应用前景较为广阔。研究得到以下结论:

(1) 无/缺水地形数据的高原堰塞湖水量遥感估算方法减少了遥感水量估算对水下实测地形数据的依赖, 为水下地形难以获取的高原堰塞湖水量遥感定量估算提供了可行的方法;

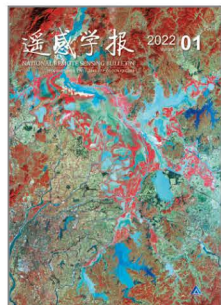
(2) 无/缺水地形数据的高原堰塞湖水量遥感定量估算有效规避了传统水文学算法中静态库容和动库容纠缠, 降低了计算成本提高了信息获取时效性, 可适应快速应急响应监测要求。

实时动态水量遥感监测是防治堰塞湖次生灾

害发生过程中的一个技术难点。文章虽基本实现了无/缺水地形数据的高原堰塞湖水量遥感定量估算方法; 但本算法模型仍然有需要改进和完善的地方。例如: 淹没面积提取可以考虑采用更高精度的卫星数据源如 GF-1/2、GF-3 等, 边坡高程受 GDEM 数据的精度影响, 可以进一步考虑无人机高精度三维立体测图数据。另外需要指出的是由于文中受数据获取的限制, 对河流的比降系数采取了线性估算, 但对于大区域来说可能会对模拟精度有直接的影响。随着可利用遥测数据源增多, 未来可以考虑多点采样的非线性比降拟合模型。例如: 机载激光测深系统和无人船水下测量相结合, 对水下地形分段抽样测量加密, 可进一步提高预测模型的精度。

参考文献 (References)

- Cai Q, Huang L, Liang J, Li X D, Long Y, Xiao Y, Liu K B, Xie G X and Zeng G M. 2012. Estimation of the water volume of the Dongting Lake with TERRA/MODIS data. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 39(4): 64-69 (蔡青, 黄璐, 梁婕, 李晓东, 龙勇, 肖义, 刘卡波, 谢更新, 曾光明. 2012. 基于 MODIS 遥感影像数据的洞庭湖蓄水量估算. *湖南大学学报(自然科学版)*, 39(4): 64-69) [DOI: 10.3969/j.issn.1674-2974.2012.04.012]
- Cao B. 2006. Research on Reservoir Dynamic Capacity Based on Remote Sensing and DEM. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology (曹波. 2006. 基于遥感图像和 DEM 测定水库库容的方法研究. 武汉: 华中科技大学)
- Chen X L, Lu J Z, Cai X B, Li H and Yin S J. 2008. Geomatics-based method research on capacity calculation of Quake Lake. *Journal of Remote Sensing*, 12(6): 885-892 (陈晓玲, 陆建忠, 蔡晓斌, 李辉, 殷守敬. 2008. 基于空间信息技术的堰塞湖库容分析方法研究. *遥感学报*, 12(6): 885-892)
- Duan Z and Bastiaanssen W G M. 2013. Estimating water volume variations in lakes and reservoirs from four operational satellite altimetry databases and satellite imagery data. *Remote Sensing of Environment*, 134: 403-416 [DOI: 10.1016/j.rse.2013.03.010]
- Furnans J and Austin B. 2008. Hydrographic survey methods for determining reservoir volume. *Environmental Modelling and Software*, 23(2): 139-146 [DOI: 10.1016/j.envsoft.2007.05.011]
- Gan Z, Zhong L and He X G. 2017. V-shaped reservoir capacity calculation based on fitting of underwater terrain. *Yangtze River*, 48(22): 89-92 (甘拯, 钟良, 何秀国. 2017. 基于水下地形拟合的 V 型河道库容计算方法. *人民长江*, 48(22): 89-92)
- Gao S Y and Li C G. 2007. Research for survey technology of reservoir capacity. *Yangtze River*, 38(10): 98-99 (高圣益, 李成国. 2007. 水库库容测量技术研究. *人民长江*, 38(10): 97-99) [DOI:



特别鸣谢:



INTERNATIONAL RESEARCH CENTER OF BIG DATA
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
可持续发展大数据国际研究中心



SDGSAT-1
可持续发展科学卫星

封面说明

About the Cover

可持续发展科学卫星1号鄱阳湖遥感影像

SDGSAT-1 satellite image of Poyang Lake

封面图片是可持续发展科学卫星1号 (SDGSAT-1) 多谱段成像仪于2021年11月12日获取的鄱阳湖彩色合成影像。图像显示鄱阳湖位于枯水期, 逐渐出露的湖滨带孕育了繁茂的湿地植被; 蝶形湖星罗棋布且呈现不同颜色, 体现了水体不同的浑浊程度与营养状况。SDGSAT-1 卫星于2021年11月5日成功发射, 是全球首颗专门服务于联合国2030年可持续发展议程的科学卫星, 是可持续发展大数据国际研究中心规划的首发星, 由中国科学院“地球大数据科学工程”先导专项研制。

The cover image is a color composite image of Poyang Lake obtained by SDGSAT-1 multispectral imager on November 12, 2021. The image was collected in the dry season, where the exposed floodplain favored the growth of wetland vegetation; various sub-lakes (or butterfly-shaped lakes) are dotted with distinct colors, reflecting their different turbidity and trophic status. SDGSAT-1 satellite was successfully launched on November 5, 2021. It is the world's first scientific satellite dedicated to serving the U.N. 2030 Agenda for Sustainable Development. The satellite mission was initiated by the International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, specially developed by the "Big Earth Data Science Engineering Project" of the Chinese Academy of Sciences.

遥感学报

NATIONAL REMOTE SENSING BULLETIN

YAOGAN XUEBAO (月刊 1997年创刊)

第26卷 第1期 2022年1月25日

(Monthly, Published since 1997)

Vol.26 No.1 January 25, 2022

主管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主办	中国科学院空天信息创新研究院	Sponsored	by	Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences
主编	吴一戎	Editor in Chief		WU Yirong
编辑	《遥感学报》编辑部 北京市海淀区北四环西路19号 邮编: 100190 电话: 86-10-58887052 http://www.ygxb.ac.cn E-mail: nrsb@aircas.ac.cn	Edited	by	Editorial Office of National Remote Sensing Bulletin Add: P.O.Box 2702, Beijing 100190, China Tel: 86-10-58887052 http://www.ygxb.ac.cn E-mail: nrsb@aircas.ac.cn
出版	科学出版社	Published	by	Science Press
印刷装订	北京科信印刷有限公司	Printed	by	Beijing Kexin Printing Co. Ltd.
总发行	科学出版社 北京东黄城根北街16号 国内邮发代号: 82-324 邮政编码: 100717 电话: 86-10-64017032 淘宝店铺名称: 中科期刊	Distributed	by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: 86-10-64017032 Taobao: Zhongke Journal
国外发行	中国国际图书贸易总公司 北京 399 信箱 邮政编码: 100044 国外发行代号: BM 1002	Overseas distributed	by	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399, Beijing 100044, China

中国标准连续出版物号: ISSN 1007-4619

CN 11-3841/TP

CODEN YXAUAB

eISSN 2095-9494

定价: 70.00元



官网



微站



淘宝



B站

ISSN 1007-4619



9 771007 461224

0 1 >