

基于 GIS 技术全球气候变化背景下湖泊质量变化与地震活动相关性研究——以易贡湖为例

扎西卓玛¹ 贡秋卓玛¹ 久美多吉¹ 李家存²

1.西藏自治区地震局, 中国·西藏 拉萨 850000

2.首都师范大学, 中国·北京 100089

摘要:以中国西南地区的易贡湖为研究对象, 基于 GIS 技术对其进行了高分辨率的湖泊质量变化与地震活动的相关性分析。研究结果表明: 近 50 年来, 易贡湖的平均水体面积从 189.04km² 逐渐减小至 145.03km²; 易贡湖水体面积变化与地震活动具有较强的相关性, 从 2014—2023 年, 易贡湖的面积数据、同期气象数据和地震数据; 易贡湖水体面积变化与地震活动在时间上具有同步性, 但是其空间分布上并不是完全同步的。

关键词: GIS 技术; 全球气候变化; 易贡湖泊质量变化; 地震活动

Research on the Correlation between Lake Quality Changes and Seismic Activity under the Global Climate Change Background Based on GIS Technology — Taking Yigong Lake as an Example

Zaxi Zhuoma¹ Gongqiu Zhuoma¹ Jiumei Duoji¹ Jiacun Li²

1. Seismological Bureau of Xizang Autonomous Region, Lasa, Xizang, 850000, China

2. Capital Normal University, Beijing, 100089, China

Abstract: Taking Yigong Lake in southwestern China as the research object, a high-resolution correlation analysis between lake quality changes and seismic activity was conducted based on GIS technology. The research results show that in the past 50 years, the average water area of Yigong Lake has gradually decreased from 189.04km² to 145.03km²; There is a strong correlation between changes in the water area of Yigong Lake and seismic activity. From 2014 to 2023, the area data, meteorological data, and seismic data of Yigong Lake were collected; The change in water area of Yigong Lake is synchronous with seismic activity in time, but its spatial distribution is not completely synchronous.

Keywords: GIS technology; global climate change; changes in the quality of Yigong Lake; seismic activity

0 前言

全球气候变化是当今世界的热点问题之一, 许多学者对其进行了研究, 主要集中在全球气候变化对社会经济及自然环境等方面的影响。湖泊作为地球上最重要的淡水资源之一, 其质量变化与地震活动密切相关。例如, 湖泊水体面积减少、湖泊水位上升等。但以往的研究多集中在湖泊水体面积变化对地震活动的影响上, 而对湖泊质量变化与地震活动之间的关系研究较少。因此, 论文选取中国西南地区的易贡湖作为研究对象, 以卫星遥感影像数据和地质勘察资料为数据源, 结合 GIS 技术对易贡湖水体面积变化与地震活动之间的相关性进行分析。

1 GIS 技术概述

1.1 GIS 技术的定义与特点

地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS), 是以计算机技术为核心的信息系统, 它集传统的数学、计算机科学、地理科学、空间分析技术以及现代通信、

信息处理等技术于一体, 具有强大的空间数据分析功能和空间信息显示功能。它将现实世界中各种地理信息 (包括自然地理和人文地理) 用空间数据加以描述和管理, 并能对其进行分析、计算、显示、查询、检索和预测。在现实社会中, 地理信息系统可应用于人口分析, 经济管理, 灾害预警等方面的研究。

1.2 GIS 技术在地质研究中的应用

在地质研究中, GIS 技术能够在数据库的支持下对各种不同类型的信息进行管理, 包括地质构造、沉积环境、水文地质条件等。具体来说, GIS 技术能够对数据进行存储、查询、编辑等操作, 还能够对数据进行分类、统计、分析, 并且对数据进行分析与建模。同时, GIS 技术能够对数据进行空间分析以及可视化操作, 包括图形的显示、查询和统计等。对于地质研究来说, GIS 技术主要用于管理与查询各种地质资料数据以及空间分布数据, 还能够对空间分布的一些规律进行研究与分析。

2 易贡湖的地理背景与地质特征

2.1 易贡湖的地理位置

易贡湖位于中国西藏自治区波密县易贡乡（见图 1），地处青藏高原东南部，北纬约 29°30′，东经约 94°30′。该湖位于念青唐古拉山脉南麓，是一个高山冰碛湖，海拔高达 4900 米，湖面面积随季节变化显著。易贡湖周围环境复杂，四周被高山环绕，湖泊东北侧有易贡藏布河流出，形成独特的自然生态系统。湖泊周围植被丰富，以高山草甸和灌木为主，是众多珍稀鸟类和野生动物的栖息地，具有重要的生态价值。



图 1 易贡湖位置图

2.2 气候变化对湖泊面积变化的贡献评估

为了评估气候变化对易贡湖面积变化的贡献，我们进一步分析了年平均气温和年平均降水量与湖泊面积变化的关系。图 2 为 2014—2023 年易贡乡年平均气温变化图，10 年间易贡乡平均气温保持相对平稳，由此可以推测易贡乡湖泊面积呈线性增长与局地气温两者可能不存在显著的相关性。

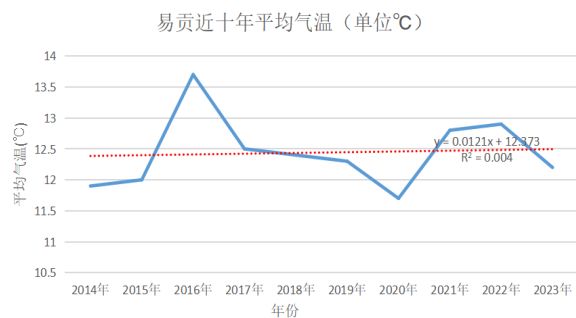


图 2 2014—2023 年易贡乡年均气温

图 3 为 2014—2023 年易贡乡年均降水量变化情况，10 年间易贡乡平均降水量以“先降低后持续升高”的整体上升趋势，对比发现其确实与湖泊面积具有一定相似性。因此研究表明，降水量与湖泊面积变化的相关性确实存在，当然，湖泊面积上升是多种因素共同作用的结果，除了降水量外，冰川融化等因素也在其中扮演重要角色。

通过相关性分析，我们发现湖泊面积与年降水量之间存在显著的正相关关系，而与年平均气温的关系则相对较弱。这表明，降水量的变化对易贡湖面积的影响更为直接和显著。降水量的增加可以带来更多的水源补给，使得湖泊面

积扩大；相反，降水量的减少则会导致湖泊面积缩小。而年平均气温的变化虽然也会对湖泊面积产生影响，但其影响程度相对较小，且可能受到其他因素的干扰。

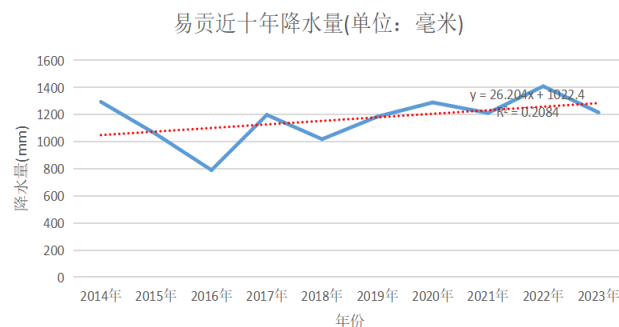


图 3 2014—2023 年青藏高原地区年均降水量

2.3 湖泊面积变化的分布情况

图 4 为易贡湖面积在 2014—2018 年间的叠加分析结果，从中可以看出易贡湖面积在 2014—2018 年期间湖面减少的面积为 0.178km²，增加的面积为 0.003km²。就整体情况来看，其面积呈现出缩小趋势。面积减少的较大的湖泊主要分布在湖泊的中北部，有少量面积增长分布在湖泊中部。

经观测分析可知，在各时间段的数据对比中，变化最为显著的当属 2016—2017 年这一区间。湖泊面积发生了较大变化，其减小幅度达到了 0.14 平方公里。与此同时，对应这一年限的年平均气温变化在十年间呈现出最大的变化量，变化值为 1.2℃。不仅如此，同样在这一年限内，降水量的变化量也是十年间最大的，达到了 404.7 毫升。综合以上各项数据的表现可以充分说明，在 2016—2017 这一年间，湖泊面积是同时受到气温以及降水这两个因素影响的。

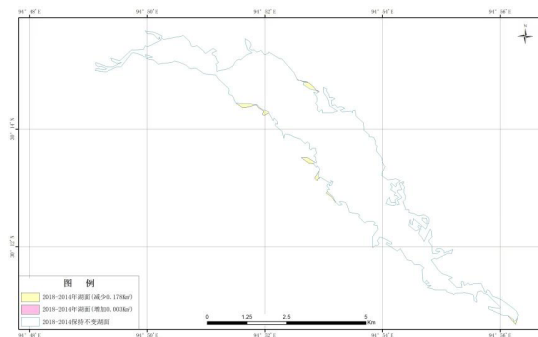


图 4 易贡湖 2018—2014 年湖泊面积变化图

图 5 为易贡湖面积在 2019—2023 年间的叠加分析结果，从图中可以看出，湖面呈现出增加面积大于减少面积的变化态势。其中，增加的面积为 8.575km²，全区均有增长；减少的面积为 1.648km²，且分布于湖中部。值得着重关注的是，在对各时间段进行细致对比的过程中发现了一系列颇具关联性的数据特征。其中，湖泊面积的最大变化出现在 2020—2021 年，其面积呈现出显著的增大态势，增大值高达 6.89 平方公里。与之紧密对应的是，该年限的年平均气

温变化在十年间达到了最大变化量,为 1.1°C 。正是由于这一年气温的显著变化,使得湖泊面积在该时段受到较大影响而出现明显增大。

同时,我们还注意到该时段对应年限的年平均降水量情况,其在五年间呈现出特殊的变化态势,在 2020—2021 年时是变化最小的年份,降水量减少了 77.8 毫升,而到了随后的 2021—2022 年则成为五年间变化最大的年份,降水量增加了 197.2 毫升。这表明,因 2020—2021 年间湖泊面积受气温影响而增大,进而对后续的降水量产生了连锁反应,导致降水量出现了相应的变化。

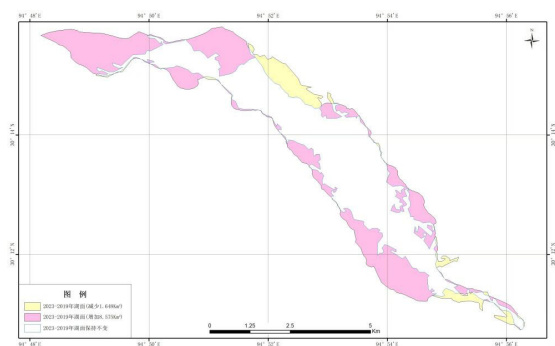


图 5 易贡湖 2019—2023 年湖泊面积变化图

3 地震活动与湖泊质量变化的相关性研究

3.1 地震活动的分析

收集易贡地区 2010 年至 2020 年之间的 $M \geq 2.0$ 历史地震事件的相关要素数据,利用西藏地震台网观测目录进行分析,研究地震活动特征,并结合前人资料对易贡地区的地质构造,断裂带总结分析。将着重研究气象要素和地震序列的周期对应关系和异常点要素分析,对异常点进行具体分析,结合历史背景影响因素整体分析,最后得出气象要素与地震的相关性。

3.2 地震活动对湖泊质量的影响

湖泊的质量是决定地震活动的重要因素,而地震活动又是影响湖泊质量的重要因素之一,两者之间存在一定的联系。因为地震活动会对湖泊产生影响,主要体现在两个方面。第一,地震活动会引起地下岩层发生位移,而一旦出现位移,那么就会对地表的水环境造成影响。第二,地震活动会导致一些区域内的水文环境发生变化,进而对湖泊质量产生影响。

3.3 易贡湖地震活动与湖泊质量变化的相关性研究内容和方法

①收集易贡湖面积和水位数据:以长时间序列的湖泊面积和水位数据集为基础,收集和分析 2020—2015、2015—2010 每五年为一周期的数据集。②收集易贡湖气象要素数据:按照湖泊面积和水位数据时间节点,收集年平均气温平均年降水量,分析气象要素趋势与湖泊面积和水位有何关系,进一步分析面积和水位数据。③收集易贡湖地震事件数据:收集与湖泊面积和水位相对应年份的地震数据,通

过经 3 纬度差、地震频率、震级等参数的分析,探索地震活动是否受气象要素的影响,是否与气象时空变化有关联,为未来防灾减灾做基础支撑。④面积分析方法:采用一元线性回归法确定青藏高原地区湖泊面积的整体变化趋势。在此基础上使用叠加分析方法获得湖泊的面积变化空间分布情况。为了进一步了解该地区湖泊面积变化趋势在空间上的分布,我们通过一元回归模型对湖泊面积的变化进行了分析,使用最小二乘法对湖泊面积的变化进行了拟合。⑤分析地震活动与气象要素的关系:着重研究周期对应关系和异常点要素分析,结合历史背景影响因素为地震发生前的防灾准备预留更多的时间,为地震预警系统的建立可能性。

4 研究结果与分析

4.1 易贡湖地震活动与湖泊质量变化的相关性分析

论文以易贡湖为例,统计了 2014—2023 年湖泊质量变化与地震活动的相关关系。由图 6 可知,易贡湖的地震次数与湖泊质量变化呈正相关关系,即湖泊质量的增加会促进地震活动的增多。原因是:易贡湖地区地处云贵高原北部边缘地带,地形地貌复杂,地表植被覆盖较少,并且部分区域存在山体滑坡等地质灾害;近年来由于全球气候变暖导致冰川融化速度加快,使得冰川融水携带的泥沙和冰湖沉积物逐渐淤积在湖泊中,导致易贡湖水位降低。

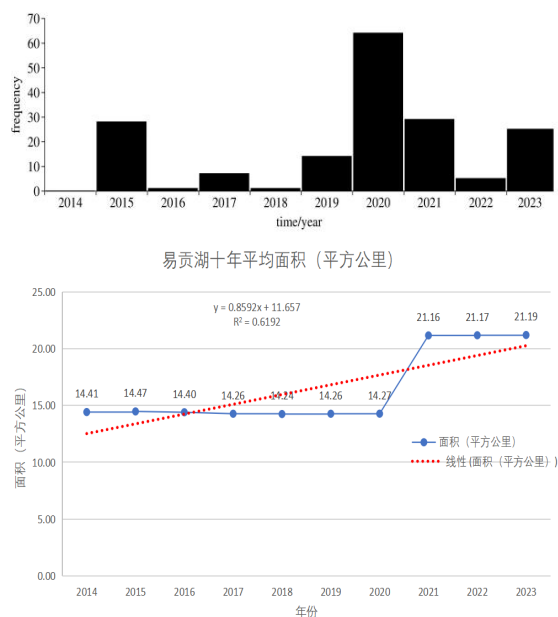


图 6 2014—2023 年地震频度图、年易贡湖面积变化趋势图

4.2 气象变化与湖泊面积之间的关系分析

基于对湖泊面积变化的监测,论文选择了 2014—2023 的气象数据(气温、降雨量、蒸发量、相对湿度和风速),以分析不同时期气象要素与湖泊面积之间的关系。可以看到,对于五个月的时间,湖泊面积与温度呈正相关,而与降雨量、蒸发量和相对湿度呈负相关。同时,从图中还可以看出,湖泊面积与风速之间存在显著的相关性。对于不同时

期的气象要素(气温、降雨量和蒸发量)分析结果表明:随着气候的逐渐变暖,湖泊面积总体上呈减少趋势。而对于不同时期的风速分析表明:随着气温和降水量的增加,风速也随之增加;而对于不同时期的相对湿度分析表明:随着温度和降水量的增加,相对湿度也随之增加。

4.3 地震活动与湖泊面积变化的周期对应关系

论文收集了波密县易贡乡在 2014 至 2023 年期间,震级达到 $M \geq 2.0$ 的地震样本,这些样本共计涵盖了 174 次历史地震资料。除了周期对应关系外,我们还需要关注气象要素对地震活动与湖泊质量变化之间的异常点要素关系。这些异常点可能揭示了地震活动对湖泊质量变化的特殊影响。根据西藏地震台测定,2020 年易贡乡共发生 $M \geq 2.0$ 的地震 67 次(见图 7)。从图 8 中可以看到,地震频度和强度最高的月份为七月和八月,最高震级为 2020 年 7 月 19 日的 M4.5 级地震。在七月地震频度变高之前,六月有小震发生。

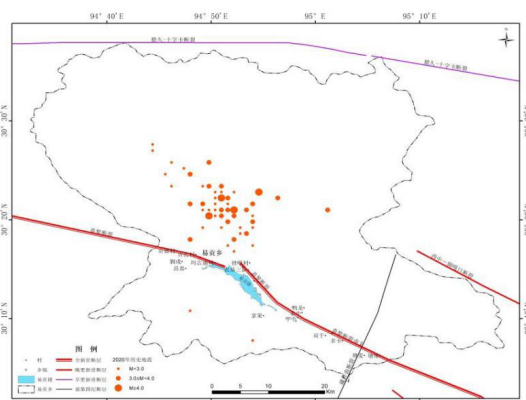


图 7 2020 年易贡乡地震分布图

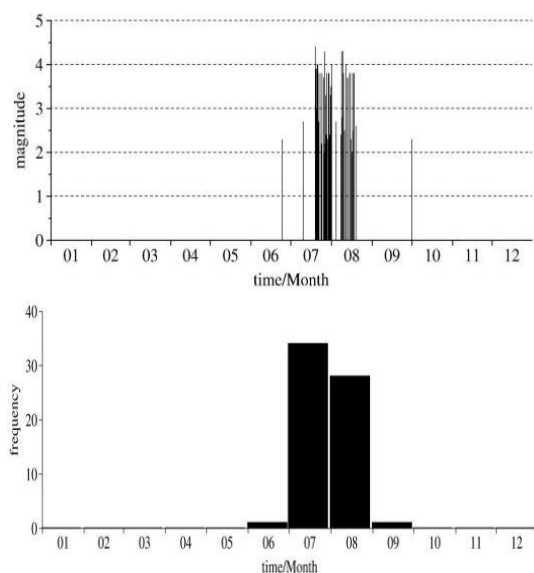


图 8 2020 年易贡乡地震 MT 图和频度图

此外,通过图 9 对降水量的观察发现,五月至六月的降水量上升了 123 毫升,(五月降水量为 192.3 毫升,六月降水量为 315.3 毫升)是全年上升最多的月份。六月降水量达

到峰值。从这一现象可以判断,降水量在一定程度上对地震活动有触发作用(拉巴平措,美朵,次穷拉姆等 2015)。

同时分析,在九月降水量下降量最多为 87.6 毫升(九月 150.3 毫升,十月 62.7 毫升)期间。此阶段刚好地震频度和强度迅速下降,进一步论证了地震活动与降水量的相关性。

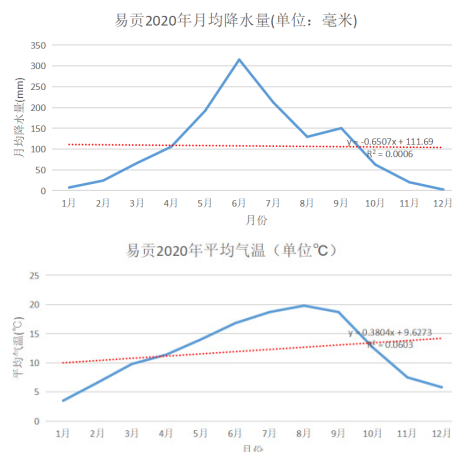


图 9 2020 年易贡乡月平均降水量和气温

5 结语

论文通过利用 GIS 技术对易贡湖的水体面积变化与地震活动进行了相关性分析,发现易贡湖的水体面积变化与地震活动具有较强的相关性,且从 2014—2023 年,易贡湖的水体面积变化与地震活动在时间上具有同步性,但是其空间分布上并不是完全同步的。这说明易贡湖在时间和空间上均存在一定程度的变化。这种变化可能与全球气候变化有关,也可能与人类活动有关。在全球气候变化背景下,为了有效地保护湖泊资源,我们必须注意湖泊质量的变化。

参考文献:

- [1] 苟爱萍,周嘉慧.气候变化背景下道路脆弱性评估研究综述[J].应用技术学报,2024,24(2):229-238+258.
- [2] 庄春义,唐琦,冀前锋,等.藏东南易贡湖历史水面形态重构及演化过程分析[J].水电能源科学,2023,41(7):27-31.
- [3] 李梦圆,蒋海昆,宋金,等.西藏波密的地震活动及季节性降雨的触发作用[J].地震地质,2022,44(3):625-648.
- [4] 杨清,陈伟,王俊,等.气候变暖背景下安徽省地震时空特征与气象因子关系研究[J].安徽农学通报,2022,28(3):169-172.
- [5] 蒋海昆,宋金,王锦红,等.西藏波密地震活动及季节性降雨的触发作用[C]//中国地震学会地震流体专业委员会2021年学术年会论文摘要[出版者不详],2021:1.
- [6] 曹丽,王华.波密县近30a气候变化特征[J].南方农业,2014,8(33):186-188.
- [7] 李妍,张勇,孟亮.汶川地震活动期间气象异常的初探[C]//国家安安全地球物理丛书(九)——防灾减灾与国家安全.西安地图出版社,2013:6.
- [8] 拉巴平措,美朵,次穷拉姆,次仁巴宗,扎西卓玛.藏东地区地震活动特征及成因分析,地震科学进展,2024,54(10):721-729. DOI: 10.19987/j.dzxxjz.2024-012