

# 塔若错水域变化数据集（1975–2020）的研发

曾 林, 牛晓俊\*, 李 林

西藏自治区气候中心, 拉萨 850000

**摘 要:** 在全球变化大背景下, 青藏高原地区的气候变化幅度与强度都高于全球平均水平。湖泊作为地表水蓄积量的重要组成部分, 对气候波动较为敏感。塔若错位于青藏高原腹地中国西藏自治区日喀则市仲巴县境内, 地理位置于  $31^{\circ}03'N$ – $31^{\circ}13'N$ ,  $83^{\circ}55'E$ – $84^{\circ}20'E$  之间, 冈底斯山北麓, 湖面海拔约 4,566 m, 面积约 486 km<sup>2</sup>。受气候“暖湿化”影响, 近 50 年 (1975–2020) 来, 塔若错水位上升, 水域面积扩张。作者利用 1975–2020 年间有关图件、Landsat 系列和 GF 系列等卫星遥感影像资料, 研发了塔若错湖泊矢量边界和面积, 完成了塔若错水域变化数据集 (1975–2020 年)。该数据集包括 1975、1977、1988、1990、1996、2000–2020 年共 26 期塔若错的矢量边界和面积数据。数据空间分辨率为 30 m, 数据集存储格式为.shp 格式, 数据量为 768 KB (压缩为 1 个文件, 531 KB)。1975–2020 年塔若错水域面积经历了先减小后增大的过程, 水域扩张主要分布在塔若错东部和西南部区域。

**关键词:** 青藏高原; 塔若错; 湖泊面积; 长时间序列

**DOI:** <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.01.10>

**数据可用性声明:**

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.09.V1>.

## 1 前言

在全球变化大背景下, 青藏高原的气候变化幅度与强度都高于全球平均水平<sup>[1]</sup>, 平均每十年上升 0.3–0.4 °C<sup>[2]</sup>, 被誉为全球气候变化的“驱动机”与“放大器”<sup>[3]</sup>。湖泊作为地表水蓄积量的重要组成部分, 受气候变化影响较为明显<sup>[4]</sup>, 对气候变化波动较为敏感, 对揭示全球变化及区域响应特征有重要意义<sup>[5,6]</sup>。青藏高原作为中国湖泊分布最为密集的区域之一, 有 1,000 多个咸淡水湖泊面积超过 1.0 km<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。有资料显示过去十年诞生了全球有记录以来最温暖的七个年份<sup>[8]</sup>, 气候变暖引发冰川加速消融、冻土层消融等水资源变化, 引发了对青藏高原湖泊的广泛关注<sup>[9]</sup>。青藏高原地区地广人稀、气候恶劣、交通设施落后等因素影响, 大多数湖泊远离了人类活动的干扰影响, 依然保持原始天然状态, 其面积和水量变化主要是对自然界环境因素变化的响应<sup>[10]</sup>, 较经济发达区和人口密集区分布的湖泊能

收稿日期: 2021-01-26; 修订日期: 2021-03-08; 出版日期: 2021-03-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2019QZKK0105-06); 国家自然科学基金 (41165002); 西藏自治区 (XZ202001ZY0023N)

\*通讯作者: 牛晓俊, 西藏自治区气候中心, niuxj2014@126.com

数据引用方式: [1] 曾林, 牛晓俊, 李林. 塔若错水域变化数据集(1975–2020)的研发 [J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(1): 73–78. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.01.10>.

[2] 曾林, 牛晓俊, 李林. 塔若错水域变化数据集(1975–2020) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.09.V1>.

更清晰描述湖泊对区域气候变化的响应特征。鉴于此，建立塔若错湖泊面积长时间序列数据集，对研究全球变化背景下区域气候和响应有重要的科学意义，为研究气候变化和区域响应提供科学参考。

塔若错位于青藏高原西南部冈底斯山北坡，中国西藏自治区日喀则市仲巴县境内，地理位置位于 31°03'N–31°13'N，83°55'E–84°20'E 之间。湖泊水位海拔约为 4,566 m，最大水深约为 132 m<sup>[11]</sup>。塔若错流域面积为 487.6 km<sup>2</sup>，集水区域面积为 6,929.4 km<sup>2</sup><sup>[12]</sup>。主要补给源为布多河，来源于南部冈底斯山脉的冰川融水<sup>[13]</sup>。流域位于高寒半干旱地区，年平均降水量约 200 mm，年平均气温 0–2 °C<sup>[12]</sup>。植被类型主要为高寒草原和高山草甸<sup>[14]</sup>。

2 数据集元数据简介

《塔若错水域变化数据集（1975–2020）》<sup>[15]</sup>的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《塔若错水域变化数据集（1975–2020）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	塔若错水域变化数据集（1975–2020）
数据集短名	TaroCo_1975-2020
作者信息	曾林, 西藏自治区气候中心, 979952727@qq.com 牛晓俊, 西藏自治区气候中心, niuxj2014@126.com 李林, 西藏自治区气候中心, 493710564@qq.com
数据年代	1975–2020
时间分辨率	2000 年前为约 6 年，2000 年后为每年
空间分辨率	30 m
数据格式	.shp
数据量	768 KB（压缩后 531 KB）
数据集组成	1975、1977、1988、1990、1996、2000–2020 年共 26 期塔若错的矢量边界和面积数据
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2019QZKK0105-06）；国家自然科学基金（41165002）；西藏自治区（XZ202001ZY0023N）
数据计算环境	PIE Basic 6.0 试用版，ArcGIS 10.4 试用版
出版与共享服务平台	《全球变化数据学报（中英文）》编辑部 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[16]</sup>
数据和论文检索系统	DOI, DCI, CSCD, WDS/ISC, GEOSS, China GEOSS, Crossref

3 数据研发方法

3.1 基础数据

青藏高原湖泊受降水量、冰川融水和蒸发量的年内变化而呈明显波动，湖泊面积存在明显的年内变化，故数据集构建中选取的影像资料主要集中在年内湖泊面积相对稳定的每年 10–11 月份。所选遥感影像质量良好，湖泊区域均无云分布或云量小于 5%。原始数据资料包括 1975 年的 1 : 10 万的地形图作为参考，从地理空间数据云<sup>1</sup>获取的 ASTER GDEM 30 m 分辨率数字高程数据（DEM），1977 年的 Landsat MSS 数据（条带号：153，行编号：38），1988、1990、1996、2008–2011 年的 Landsat TM 数据（条带号：142，行编号：38），2000–2007、2012 年的 Landsat ETM+数据（条带号：142，行编号：38），和中国资源卫星应用中心<sup>2</sup>获取的 2013–2020 年 GF1-WFV 等卫星影像资料（表 2）。

表 2 《塔若错水域变化数据集（1975–2020）》基础数据来源简表

数据类型	描 述
DEM	ASTER GDEM 数据由日本 METI 和美国 NASA 联合研制，其基于“先进星载热发射和反辐射计(ASTER)”数据计算生成。从地理空间数据云获取，分辨率为 30 m
地形图	1975 年地形图数据，分辨率为 1 : 10 万
Landsat MSS	包括 1977 年 5 月 15 日（条带号：153，行编号：38）数据，从地理空间数据云获取，分辨率为 60 m
Landsat TM	包括 1988 年 12 月 6 日、1990 年 6 月 3 日、1996 年 10 月 9 日、2008 年 11 月 11 日、2009 年 10 月 13 日、2010 年 10 月 16 日、2011 年 11 月 4 日（条带号：142，行编号：38）数据，从地理空间数据云获取，分辨率为 30 m
Landsat ETM+	包括 2000 年 10 月 28 日、2001 年 10 月 30 日、2002 年 12 月 5 日、2003 年 10 月 21 日、2004 年 11 月 24 日、2005 年 11 月 11 日、2006 年 10 月 13 日、2007 年 11 月 17 日、2012 年 11 月 14 日（条带号：142，行编号：38）数据，从地理空间数据云获取，分辨率为 30 m
GF1-WFV	包括 2013 年 11 月 12 日（WFV3）、2014 年 11 月 15 日（WFV3）、2015 年 11 月 2 日（WFV1）、2016 年 11 月 5 日（WFV2）、2017 年 9 月 13 日（WFV3）、2018 年 11 月 22 日（WFV4）、2019 年 11 月 13 日（WFV2）、2020 年 11 月 12 日（WFV）数据，从中国资源卫星应用中心获取，空间分辨率 16 m

3.2 研发流程

从地理空间数据云下载的 Landsat 系列数据已经过几何校正、地理配准等处理，利用航天宏图公司研发的 PIE 遥感处理软件对 Landsat 系列数据进行波段合成为真彩色影像，再结合 DEM 对 GF1-WFV 卫星数据进行正射校正，以 Landsat 数据为参考影像对 GF1-WFV 数据进行几何校正、地理配准等预处理。在 ArcGIS 软件中对全部遥感影像进行投影转换，统一转换为 CGCS2000 坐标系，再进行湖泊边界的遥感解译提取、矢量编辑、面积计算和

<sup>1</sup> 地理空间数据云. <http://www.gscloud.cn>.  
<sup>2</sup> 中国资源卫星应用中心. <http://www.cresda.com>.

制图等工作。湖泊边界的提取由专业技术人员在 ArcGIS 软件中目视解译，并对解译结果进行相互交叉检查修正，做到湖泊边界解译结果尽可能准确，计算得到不同年份的湖泊水域面积，建立湖泊水域空间数据库。

4 数据结果

4.1 数据集组成

塔若错湖泊面积时间序列数据集（1975–2020）包括 1975、1977、1988、1990、1996、2000–2020 年共 26 期塔若错的矢量数据（.shp），数据由一个面要素构成，除必要字段外还包含了湖泊水域字段（Area，单位为 km<sup>2</sup>）。

4.2 数据结果

塔若错水域面积从 1975–2020 年经历了先减小后增大的过程（图 1），1975–1996 年水域面积从 482.37 km<sup>2</sup> 减小至 470.11 km<sup>2</sup>，随后开始逐步增长至 2020 年的 493.51 km<sup>2</sup>。2000–2020 年塔若错水域面积数据为连续数据，分析其水域面积变化趋势为平均每年增大 0.54 km<sup>2</sup>，湖水域面积变化趋势显著性 *t* 检验结果值为 3.479，通过了 0.005 显著性检验（*t* = 3.135）。

表 3 塔若错湖泊历年水域面积（km<sup>2</sup>）

年份	面积	年份	面积
1975	482.37	2008	487.91
1977	482.38	2009	486.86
1988	482.00	2010	483.09
1990	480.93	2011	485.07
1996	470.11	2012	483.72
2000	477.90	2013	485.28
2001	480.72	2014	484.66
2002	479.68	2015	482.21
2003	479.45	2016	482.67
2004	479.99	2017	485.22
2005	480.18	2018	489.86
2006	482.15	2019	492.41
2007	483.22	2020	493.51

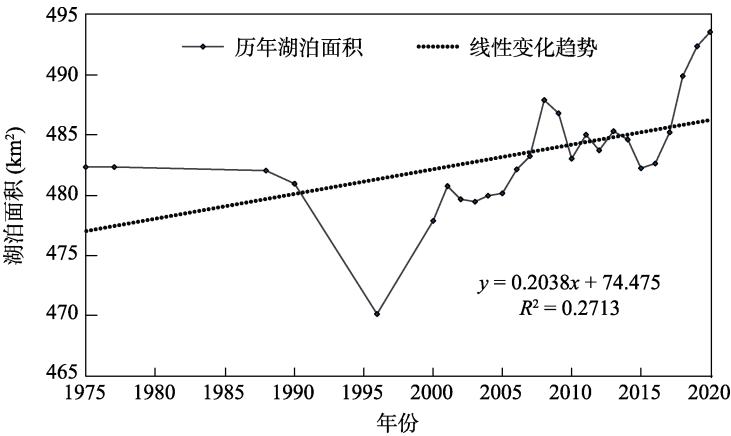


图 1 塔若错水域面积变化图

塔若错水域边界空间变化图（图 2）可以看出，在 2010 年之前，水域面积增大和边界扩张主要位于塔若错东部区域，2010 年之后水域面积增大和边界扩张主要位于塔若错西南部区域。

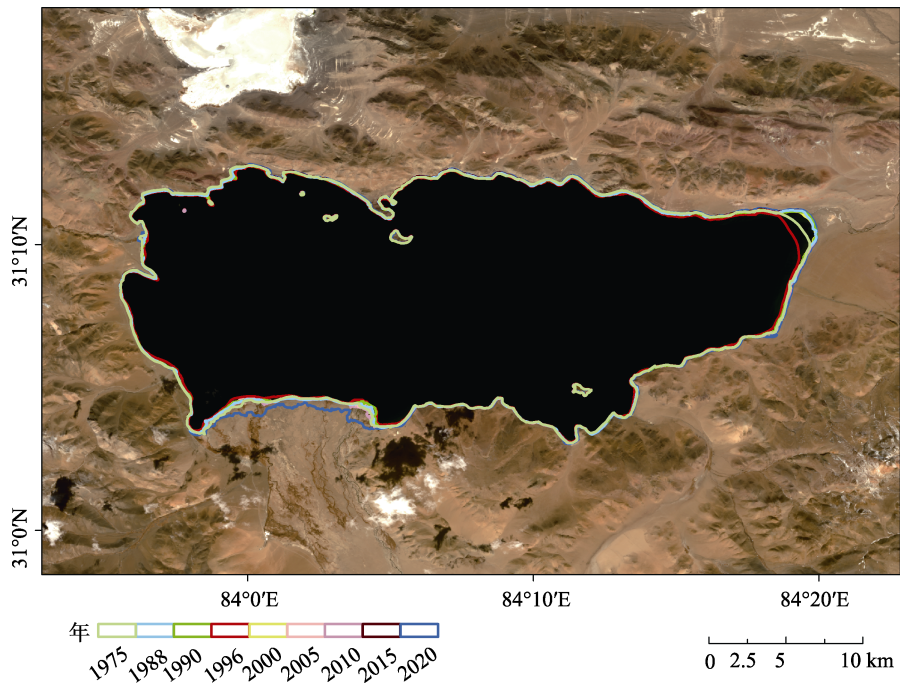


图 2 塔若错水域边界空间变化图

5 讨论和总结

湖泊作为地表水体蓄积的重要组成部分，受气候变化影响显著，对气候的波动变化较为敏感，对揭示陆表水循环对气候变化的响应机制具有重要的科学意义，湖泊水域面积能清晰展示湖泊水量变化动态变化特征。本数据集基于 1975-2020 年的 60 m 分辨率的 Landsat MSS、30 m 分辨率的 Landsat TM/ETM+和 16 m 分辨率的 GF1-WFV 影像资料，通过正射校正、几何校正、图像配准和投影变换等预处理后，目视解译得到近 50 年共 26 期塔若错水域边界矢量数据，并通过添加水域面积字段（Area）获得每期塔若错水域面积，影像分辨率不同，对湖泊水域边界解译的精度有影响，误差不尽相同。从数据结果来看，数据集对塔若错水域面积及变化进行了较好的描述，1975–2020 年塔若错水域面积经历了先减小后增大的过程，水域扩张主要分布在塔若错东部和西南部区域。本数据集构建了较长时间序列的塔若错面积变化和空间变化矢量数据，为塔若错变化的相关研究和应对气候变化提供支撑，对揭示气候变化下区域响应特征有重要意义，也可作为评估生态环境变化和应对气候变化的参考依据。

作者分工：牛晓俊对数据集的开发做了总体设计；牛晓俊和曾林采集和处理了 Landsat（MSS、TM、ETM+、OLI\_TRIS）和高分系列卫星（GF1-WFV、GF6-WFV）遥感影像数据；李林设计了模型和算法；曾林撰写了数据论文等。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

## 参考文献

- [1] Xu, B. Q., Cao, J. J., James, H., *et al.* Black soot and the survival of Tibetan glaciers [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(52): 22114–22118.
- [2] 陈德亮, 徐柏青, 姚檀栋等. 青藏高原环境变化科学评估: 过去、现在与未来[J]. *科学通报*, 2015, 60: 3025–3035.
- [3] 潘保田, 李吉均. 青藏高原: 全球气候变化的驱动力与放大器——Ⅲ. 青藏高原隆起对气候变化的影响[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 1996, 32(1): 108–115.
- [4] Qiao, B. J., Zhu, L. P., Yang, R. M. Temporal-spatial differences in lake water storage changes and their links to climate change throughout the Tibetan Plateau [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 222: 232–243.
- [5] Liu, J. S., Wang, S. Y., Yu, S. M., *et al.* Climate warming and growth of high-elevation inland lakes on the Tibetan Plateau [J]. *Global and Planetary Change*, 2009, 67: 209–217.
- [6] Zhang, G. Q., Yao, T. D., Chen, W. F., *et al.* Regional differences of lake evolution across China during 1960s–2015 and its natural and anthropogenic causes [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 221: 386–404.
- [7] Ma, R. H., Yang, G. S., Duan, H. T., *et al.* China's lakes at present: number, area and spatial distribution [J]. *Science China Earth Sciences*, 2011, 54(2): 283–289.
- [8] Jiang, L. G., Karina, N., Ole, B., *et al.* A bigger picture of how the Tibetan lakes change over the past decade revealed by CryoSat-2 altimetry [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2020, 125(23): e2020JD033161.
- [9] Zhang, G. Q., Yao, T. D., Xie, H. J., *et al.* Response of Tibetan Plateau's lakes to climate changes: trend, pattern, and mechanisms [J]. *Earth-Science Reviews*, 2020, 208: 103269.
- [10] 姚晓军, 刘时银, 李龙等. 近 40 年可可西里地区湖泊时空变化特征[J]. *地理学报*, 2013, 68(7): 886–896.
- [11] Guo, Y., Zhu, L. P., Frenzel, P., *et al.* Holocene lake level fluctuations and environmental changes at Taro Co, southwestern Tibet, based on ostracod-inferred water depth reconstruction [J]. *The Holocene*, 2016, 26(1): 29–43.
- [12] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 402.
- [13] 郑绵平, 向军, 魏新俊等. 青藏高原盐湖[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1989: 9–10.
- [14] Ma, Q. F., Zhu, L. P., Lu, X. M., *et al.* Pollen-inferred Holocene vegetation and climate histories in Taro Co, southwestern Tibetan Plateau [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59(31): 4101–4114.
- [15] 曾林, 牛晓俊, 李林. 塔若错水域变化数据集(1975–2020) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.01.09.V1>.
- [16] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).