

基于多源雷达高度计数据的高亚洲湖泊水位变化数据集

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

廖静娟^{1,2*}, 赵云^{1,3}, 陈嘉明^{1,3}

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所数字地球重点实验室, 北京 100094
2. 海南省地球观测重点实验室, 海南三亚 572029
3. 中国科学院大学, 北京 100049



文献 DOI:
10.11922/csdata.2019.0019.zh
数据 DOI:
10.11922/sciencedb.787
文献分类: 地球科学

收稿日期: 2019-06-05
开放同评: 2019-06-17
录用日期: 2019-12-03
发表日期: 2020-03-01

摘要: 湖泊水位是全球环境变化和水资源动态变化的重要指标。高亚洲湖泊众多, 开展湖泊水位变化监测对研究该区域的气候变化和生态环境变化具有重要意义。但高亚洲地区水文站点稀少且站点设置极为不易, 地面观测较为困难。卫星测高技术的发展为湖泊水位变化监测带来机遇, 为此本文利用多源雷达高度计数据和 MODIS 影像数据经湖泊边界提取、水位计算、水位异常值剔除、高斯滤波去噪、高程系统转换等过程, 提取了高亚洲地区 87 个湖泊 2002–2017 年的水位变化数据集。本数据集包括 87 个湖泊的单天水位、月平均水位和年平均水位, 以及 2002–2017 年的水位变化率。本数据集可为监测高亚洲地区湖泊水体动态变化规律、气候和环境变化研究以及水资源管理等提供基础数据支持。

关键词: 湖泊; 水位变化; 高亚洲; 多源雷达高度计

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	基于多源雷达高度计数据的高亚洲湖泊水位变化数据集
数据作者	廖静娟、赵云、陈嘉明
数据通信作者	廖静娟 (liaojj@radi.ac.cn)
数据时间范围	2002–2017年
地理区域	高亚洲, 地理范围为24°40'48"N–45°46'18"N, 61°57'23"E–105°29'38"E, 由喜马拉雅山、兴都库什山、冈底斯山、昆仑山、横断山、祁连山和天山等山脉及帕米尔等高原的高海拔山地与高原地区构成。
数据量	68.8 MB
数据格式	*.xlsx, *.shp
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/787
基金项目	中国科学院国际合作局对外合作重点项目(131C11KYSB20160061); 国家自然科学基金(41871256); 国家发展和改革委员会促进大数据发展重大工程项目(2016-999999-65-01-000696-01)。
数据库(集)组成	数据集由2部分数据组成: 其一为2002–2017年高亚洲区域87个湖泊的水位变化数据集, 由87个文件组成, 压缩为1个数据文件, 文件名为高亚洲湖泊水位.rar, 数据量为0.98 MB; 其二是高亚洲区域87个湖泊2002–2017年水位变化率数据及分布范围, 文件名为高亚洲湖泊水位变化率分布图.rar, 数据量67.8 MB。

* 论文通信作者
廖静娟: liaojj@radi.ac.cn

引言

高亚洲 (High Mountain Asia) 地区位于亚洲中部, 由喜马拉雅山、兴都库什山、冈底斯山、昆仑山、横断山、祁连山和天山等山脉及帕米尔等高原的高海拔山地与高原地区构成; 范围西起兴都库什山脉和天山山脉西端, 东至祁连山脉东南缘—邛崃山东麓—横断山脉, 横跨约 45 个经度; 南自苏莱曼山脉南麓—喜马拉雅山脉南缘—横断山脉南端, 北迄天山山脉北侧阿尔金山和祁连山北缘, 纵贯约 22 个纬度; 海拔 2000–8844 m, 平均海拔 4046 m; 分布在 $61^{\circ}57'23''\text{E}$ – $105^{\circ}29'38''\text{E}$, $24^{\circ}40'48''\text{N}$ – $45^{\circ}46'18''\text{N}$, 面积约为 $3804.98 \times 103 \text{ km}^2$, 约占亚洲陆地总面积的 9.34%。在高亚洲地区, 分布有面积大于 1 km^2 的湖泊 1000 多个, 这些湖泊受人类活动影响较少, 其变化主要受自然因素的驱动, 而湖泊水位是开展全球变化研究和评价湖泊水量的重要指标。因此在该区域开展湖泊水位变化监测对研究该区域的气候变化和生态环境变化具有重要意义。

然而, 由于该区域地处偏远, 环境恶劣, 在地表布设水文站点进行湖泊监测较为困难。卫星测高技术经过 20 余年的应用, 在湖泊水位监测中取得了重要的成果^[1–6]。针对高亚洲地区的湖泊, 前人曾利用激光雷达测高卫星 ICESat-1 监测了青藏高原湖泊 2003–2009 年的水位变化^[7–9], Gao 等^[3]融合 ENVISAT、Jason-1、Jason-2 和 Cryosat-2 雷达高度计数据获取到 51 个青藏高原湖泊 2002–2012 年的水位变化, Hwang 等^[10]利用 T/P 系列雷达高度计数据监测了 23 个青藏高原湖泊 1993–2014 年间的水位变化, Kleinherenbrink 等^[11]和 Jiang 等^[6]则利用 Cryosat-2 SARIn 数据分别监测了青藏高原湖泊 2012–2014 年和 2010–2014 年的水位变化。此外, 还有学者专门针对青藏高原的单个湖泊 (如青海湖、纳木措和扎日南木措等) 进行了长时序的水位变化监测^[5,12–17]。因此, 已有的研究主要针对青藏高原湖泊, 而对于整个高亚洲地区湖泊, 目前还未有完全监测数据, 为此, 我们利用 ENVISAT/RA-2、Jason-2 和 Cryosat-2/SIRAL 等多源雷达高度计的 GDR (Geophysical Data Record) 数据, 获取了 87 个高亚洲湖泊 2002–2017 年的水位变化, 构成了基于多源雷达高度计数据的高亚洲湖泊水位变化数据集, 为开展高亚洲地区的区域环境变化和水资源管理提供数据支持。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集

2002–2017 年高亚洲湖泊水位变化数据集主要基于多源雷达高度计数据融合生成。使用的数据资料包括:

(1) MODIS 植被指数产品 (MOD13Q1)。该产品是美国国家宇航局 (NASA) 提供的空间分辨率为 250 米、时间间隔 16 天的高时相大尺度数据, 包括 EVI、red_reflectance 12 等 12 个波段, 本文采用了归一化植被指数 (NDVI) 波段。利用该产品影像, 提取湖泊的边界。

(2) ENVISAT/RA-2 高度计数据。ENVISAT 是欧空局 (ESA) 于 2002 年 3 月发射的极轨对地观测卫星, 其上携带的 RA-2 是监测内陆水域水位方面应用较广泛的一种高度计数据, 其 GDR 产品采用了 Ocean、Ice-1、Ice-2 和 Sea-Ice 共 4 种重跟踪算法。前人研究表明, 基于 Ice-1 算法的数据最适用于陆地水文应用研究^[18–19], 故本文将采用此数据来提取高亚洲湖泊的水位, 时间跨度为 2002–2010 年。

(3) Cryosat-2/SIRAL 高度计数据。Cryosat-2 卫星工作在 Ku 波段, 主要包括 3 种测量模式: 低

分辨率指向星下点的高度计测量模式 (LRM)、SAR 测量模式和 SAR 干涉测量模式 (SARIn) [20-21]。经过高亚洲的数据为 LRM 测量模式, 最新更新的 GDR 产品中, LRM 模式数据采用了 Refined CFI、UCL 和 Refined OCOG 3 种重跟踪算法。本文采用 2010–2017 年 Cryosat-2/SIRAL LRM 的 GDR 数据。

(4) Jason-2 高度计数据。Jason-2 是由美国 NASA 和法国空间局 (CNES) 2008 年 6 月发射的用于海洋表面地形观测的极轨卫星, 其上携带 Poseidon-3 雷达高度计工作在 Ku 和 C 波段, 重轨周期 10 天。本文使用的 GDR 数据产品时间跨度为 2008–2017 年。

(5) 青海省下社水位站 2001–2012 年 5–10 月的实测水位数据, 该数据用于对所生成的数据集进行精度验证。

(6) Hydroweb 湖泊水位产品数据。Hydroweb 是由法国和俄罗斯共建的一个可提供全球湖泊水位产品的数据中心 (<http://www.LEGOS.obs-mip.fr/soa/hydrologie/HYDROWEB>), 可提供全球 150 个湖泊和水库的水位数据, 由 T/P、GFO、ERS-2、Jason-1、Jason-2 和 ENVISAT 6 种测高数据生成。与本研究对应的高亚洲湖泊在 Hydroweb 数据库中有 10 个湖泊, 本研究对 10 个湖泊提取的水位产品进行了对比 (详见第 3.2 节)。

1.2 数据处理

对高度计的 GDR 数据进行处理, 根据公式 (1), 便获得湖面每个点的高程值 h_{ortho} 。

$$h_{ortho} = h_{alt} - R - \Delta R - h_{geoid} \quad (1)$$

式中, h_{alt} 代表卫星的高度; h_{geoid} 代表大地水准面高程; R 代表雷达高度计到水面的距离; ΔR 代表各项改正值, 这里主要运用了干湿对流层改正、电离层改正、海况偏差和潮汐改正。

然后首先利用 MODIS MOD13Q1 产品的 NDVI 波段, 针对不同湖泊不同时相的影像, 经过实验选取合适的阈值, 在 ENVI 软件环境下, 经过坐标投影转换、批量裁剪、密度分割、栅格矢量转换等处理过程, 获得每个湖泊的矢量边界, 提取每个湖泊 2002–2016 年的湖泊边界。对于边界变化较小, 即小于高度计两个测量点间距离的湖泊, 采用了统一的边界; 而对于湖泊边界变化较大的, 采用相对实时的湖泊边界。其次, 对湖面上所有的 20 Hz 的水位观测点, 先目视解译, 剔除明显的异常水位, 然后与总体水位平均值作差, 再次目视解译剔除明显异常值。对于每一天的数据, 用 3σ 准则剔除异常值后, 将一天中的所有有效水位值取平均作为单天水位。对整体单天水位数据采用高斯滤波法去除噪声, 得到较为干净的单天水位序列, 将单天水位按月取平均得到月平均水位, 按年取平均得到年平均水位。

分别提取 Cryosat-2、Jason-2 和 ENVISAT/RA-2 3 种高度计的水位, 然后对提取的水位进行融合, 得到 2002–2017 年湖泊的水位时间序列。由于 Cryosat-2、Jason-2 和 ENVISAR/RA-2 都是采用了 EGM96 的重力场模型, 因此 3 种数据水位之间不需要进行高程系统的转换, 但是这 3 种数据之间仍然存在着系统偏差, 需要对其进行消除。Jason-2 数据与另外两种数据都有较长时间的重合部分, 故以 Jason-2 数据为基准分别计算 Crysat-2 和 ENVISAR/RA-2 两种数据的结果与 Jason-2 所得水位的平均差值。对单天水位, 根据上一步算出的差值, 将这两种水位结果变换到与 Jason-2 相同的水平上来, 对于有多个水位值的时间点, 将这多个水位值 (2 个或 3 个) 取平均作为该时间点的水位值, 这样便得到由 3 种高度计数据融合而得的单天水位时间序列, 进而得到融合后的月平均水位序列及年平均

水位序列；对获得的年平均水位序列作简单线性回归，得到 2002–2017 年的平均水位变化趋势。研究的技术路线如图 1 所示。

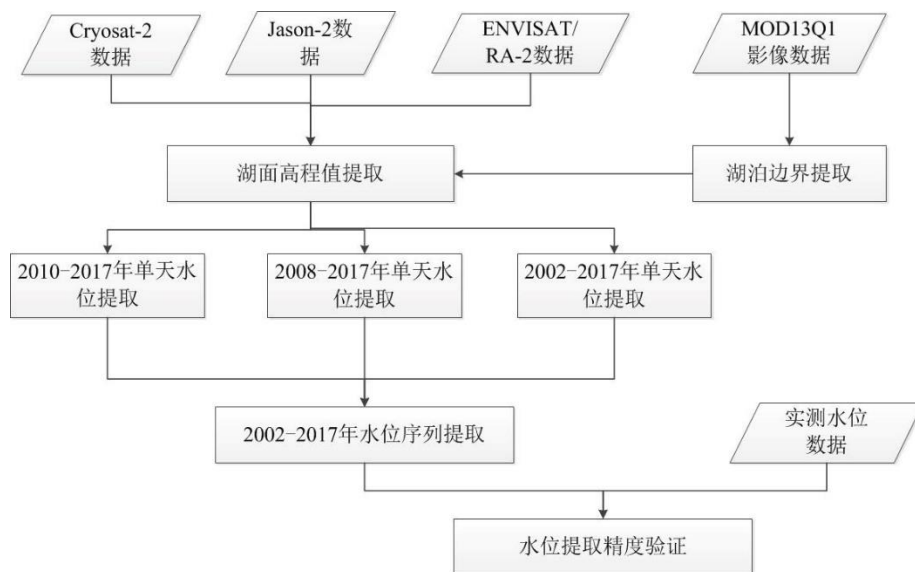


图 1 多源高度计数据湖泊水位序列提取技术路线图

2 数据样本描述

2.1 数据集信息

本数据集为 87 个高亚洲湖泊 2002–2017 年的水位变化序列，每个湖泊水位变化序列数据包括湖泊的单天水位、月平均水位和年平均水位，数据集存储在 Excel 文件中，命名规则为“HMA_湖泊 ID_湖泊名（英文）”。每个湖泊的 2002–2017 年水位年平均变化率采用简单线性回归计算，和湖泊的分布范围一起存贮在 Shape 文件中，全部湖泊的年均变化状况见图 2 及表 1。

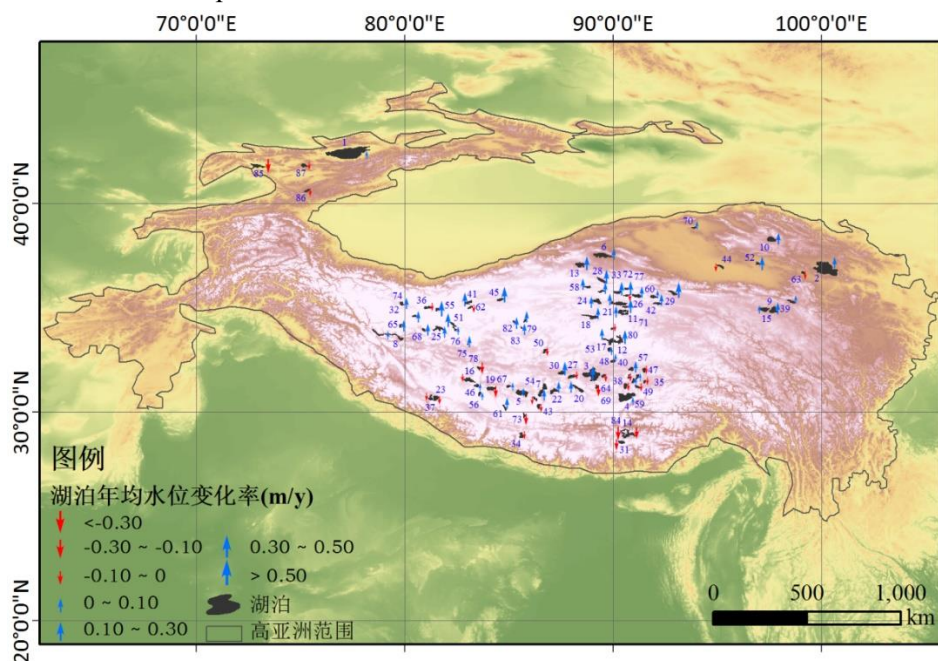


图 2 高亚洲湖泊 2002–2017 年水位年均变化状况图（图中蓝色数字代表湖泊编号）

表 1 高亚洲湖泊 2002–2017 年水位年均变化状况统计表

编号	湖泊名称	年变化率 (m/y)	p 值	编号	湖泊名称	年变化率 (m/y)	p 值
1	伊塞克湖	0.004	0.426	45	羊湖	0.603	<0.001
2	青海湖	0.120	<0.001	46	仁青休布措	0.013	0.117
3	色林措	0.401	<0.001	47	措那	-0.018	0.556
4	纳木措	0.075	0.004	48	其香措	0.049	0.497
5	扎日南木措	0.094	0.001	49	蓬措	0.034	0.657
6	阿雅克库木湖	0.299	<0.001	50	依布茶卡	-0.070	0.232
7	当惹雍措	0.136	<0.001	51	美马措	0.410	<0.001
8	班公措	0.042	0.003	52	托素湖	0.392	<0.001
9	赤布张措	0.119	0.005	53	雅根措	0.076	0.394
10	鄂陵湖	0.143	<0.001	54	姆措丙尼	-0.084	0.176
11	哈拉湖	0.299	<0.001	55	邦达措	0.648	<0.001
12	乌兰乌拉湖	0.464	<0.001	56	帕龙措	0.067	0.234
13	阿其克库勒	0.412	<0.001	57	懂措	0.061	0.084
14	羊卓雍措	-0.106	0.010	58	玉液湖	0.284	0.027
15	扎陵湖	0.066	0.060	59	崩措	-0.001	0.976
16	昂拉仁措	-0.039	0.003	60	卓乃湖	0.036	0.864
17	多尔索洞措	0.298	0.006	61	杰萨措	0.214	0.027
18	多格错仁	0.215	<0.001	62	拜惹布措	-0.029	0.241
19	塔若措	-0.163	<0.001	63	茶卡盐湖	-0.001	0.950
20	格仁措	0.140	0.003	64	班戈措	-0.032	0.408
21	西金乌兰湖	0.267	<0.001	65	泽措	0.159	0.001
22	昂孜措	0.226	<0.001	66	向阳湖	0.246	<0.001
23	玛旁雍措	-0.032	0.006	67	达瓦措	0.084	0.365
24	多格错仁强措	0.165	<0.001	68	结则茶卡	0.187	0.041
25	鲁玛江冬措	0.167	<0.001	69	果忙措	-0.113	0.136
26	可可西里湖	0.276	<0.001	70	苏千湖	0.020	0.103
27	吴如措	-0.040	0.024	71	明镜湖	0.328	0.005
28	鲸鱼湖	0.411	<0.001	72	钦马湖	-0.096	0.020
29	库赛湖	0.721	<0.001	73	打加措	-0.156	0.054
30	达则措	0.375	<0.001	74	龙木措	0.281	0.076
31	普莫雍措	-0.170	0.003	75	查木措	0.121	0.024
32	阿克赛钦湖	0.148	<0.001	76	阿鲁措	0.017	0.797
33	勒斜武担湖	0.336	<0.001	77	太阳湖	0.354	0.173
34	佩枯措	-0.034	0.183	78	仓木措	-0.115	0.893
35	错鄂	-0.057	0.403	79	布若措	0.245	0.013

编号	湖泊名称	年变化率 (m/y)	p 值	编号	湖泊名称	年变化率 (m/y)	p 值
36	郭扎措	-0.037	0.024	80	波涛湖	-0.047	0.320
37	拉昂措	-0.065	0.014	81	达如措	-0.028	0.373
38	巴木措	-0.062	0.381	82	拉雄措	0.238	<0.001
39	冬给措纳湖	0.066	0.017	83	嘉措	0.231	0.001
40	兹格塘措	0.194	<0.001	84	珍措	-0.391	0.045
41	碱水湖	0.340	0.009	85	托克托古尔 水库	-0.377	0.115
42	错仁德加	0.105	0.004	86	Chatyr-Kol 湖	-0.087	0.163
43	许如措	-0.042	0.352	87	Song-Kul 湖	-0.032	0.043
44	达布逊湖	-0.021	0.321				

2.2 数据样本

数据集中每个数据样本包括了每个湖泊的单天水位 (day)、月平均水位 (month) 和年平均水位 (year)，每种水位都可单独成图，得到不同的水位序列。图 3 展示了青海湖的月平均水位序列。

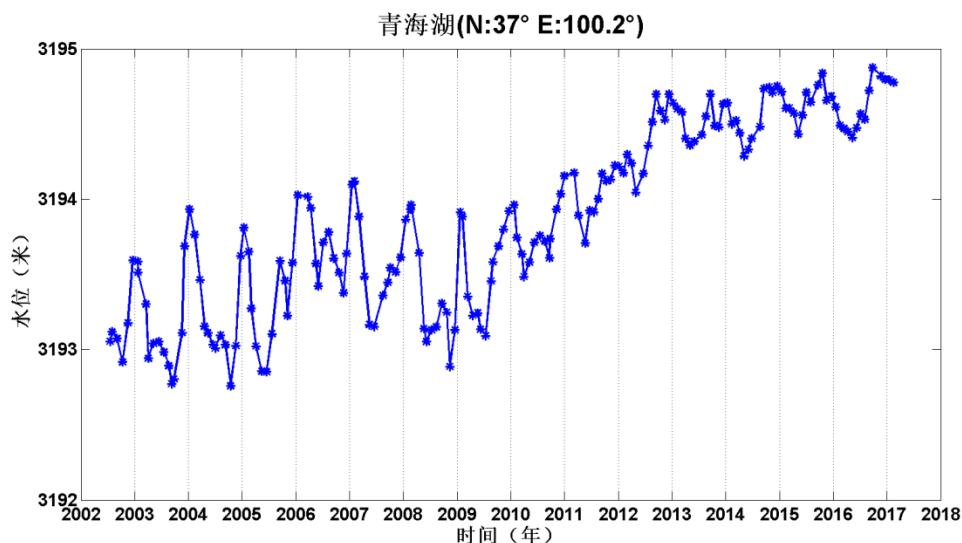


图 3 多源高度计数据提取的青海湖 2002–2017 年月平均水位变化

3 数据质量控制和评估

3.1 数据缺失情况说明

由于高度计卫星在高亚洲地区的过境覆盖的差异，不是所有湖泊都有上述 3 种高度计数据覆盖，其中除编号 12 的乌兰乌拉湖只有 Jason-2 数据覆盖外，其他 86 个湖泊均有 Cryosat-2 数据不同程度的覆盖，ENVISAT/RA-2 数据覆盖了大部分的湖泊，而 Jason-2 数据覆盖的湖泊数量却较少，因此得到的 87 个湖泊的水位序列时间跨度并不都为 2002–2017 年，其中时间跨度最短的为达如措（编号 81）和珍措（编号 84），跨度分别为 2011–2015 年和 2010–2014 年。对于每个湖泊的时间跨度，在数

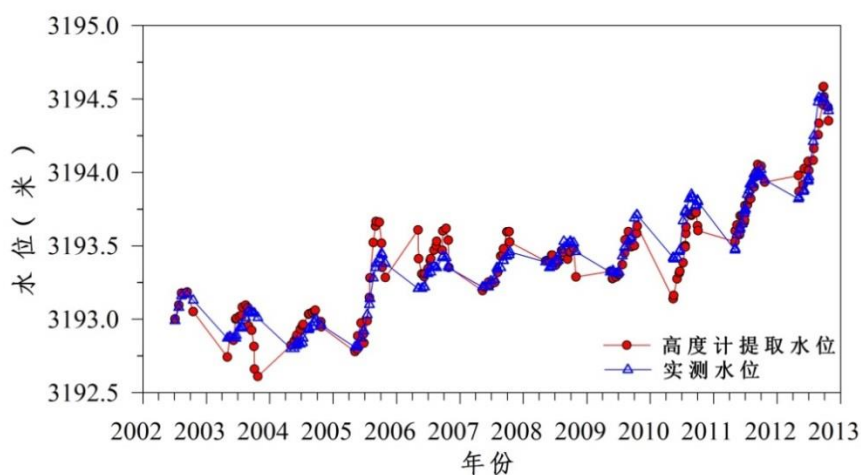
据集中均已清楚显示。

3.2 数据集提取精度验证

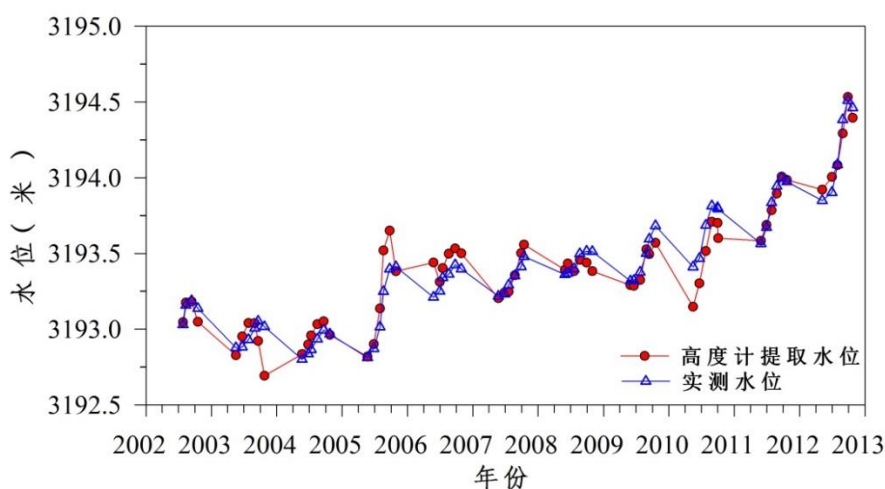
利用获取的青海湖实测水位数据,开展了水位提取精度验证。图4为高度计提取青海湖的单天水位序列、月平均水位序列、年平均水位序列与实测水位的对比图,并计算了它们之间的均方根误差(RMSE)与相关系数(表2)。结果显示,不管是单天水位还是年际水位,两组水位结果的整体变化趋势一致,相关系数达到0.95以上,水位提取精度为0.1 m左右。

表2 高度计提取水位序列与实测水位的对比

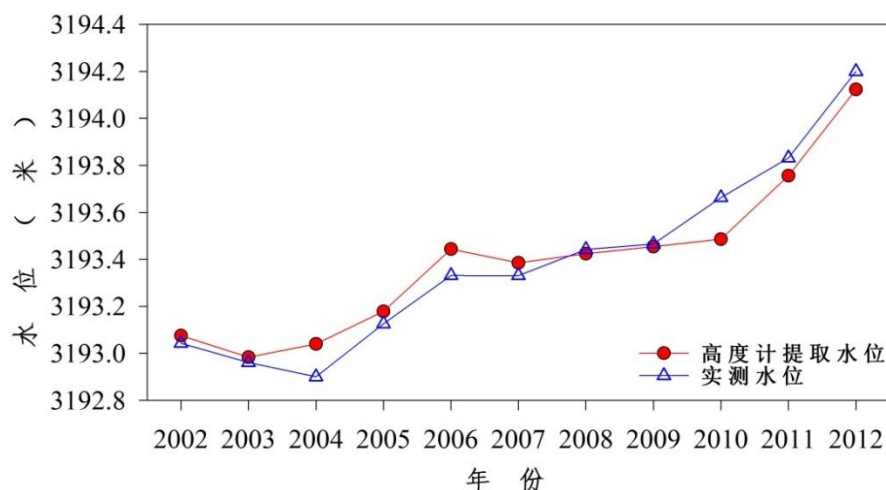
青海湖水位精度验证	均方根误差 (m)	相关系数	参与验证的水位个数
单天水位与实测水位对比	0.119	0.957	168
月均水位与实测水位对比	0.107	0.964	64
年均水位与实测水位对比	0.091	0.978	11



(a) 单天水位对比图



(b) 月平均水位对比图



(c) 年水位对比图

图 4 高度计提取青海湖水位序列与实测水位对比图

3.3 与已有数据产品的对比

本数据集包含的 87 个高亚洲湖泊中，同时期欧洲 Hydroweb 数据库监测了其中 10 个湖泊。为此，我们与其进行了对比（表 3）。结果显示，除赤布张措和托克托古尔水库外，本研究提取的其他湖泊水位与 Hydroweb 水位产品的误差均小于 1 m，说明本研究提取的湖泊水位产品精度较为可信。

表 3 本研究提取的湖泊水位产品与 Hydroweb 水位产品的对比

湖泊名称	相关系数	均方根误差 (m)	对比的水位个数
伊塞克湖	0.71	0.116	145
纳木措	0.92	0.176	30
阿雅克库木湖	0.76	0.360	17
当惹雍措	0.90	0.563	17
赤布张措	-0.53	1.206	8
塔若措	0.75	0.342	9
鲸鱼湖	0.99	0.163	6
达则措	0.99	0.922	19
兹格塘措	0.99	0.109	22
托克托古尔水库	0.80	4.48	13

4 数据使用方法和建议

本数据集包含了高亚洲区域 2002–2017 年 87 个湖泊的水位变化序列及水位年均变化率信息。本数据集可以单独使用，也可结合湖泊面积变化数据，实现对湖泊水量变化的估算。本数据集可服务于地方或国家水文信息监测中心日常监测业务，也可作为关键基础数据用于科学研究，包括高亚洲地区湖泊水体动态变化规律、气候和环境变化研究以及水资源管理等。

致 谢

此研究中用到的高度计数据来源于欧洲航空局 (ESA), MODIS 图像数据来源于美国国家航空航天局 (NASA), 实测水位数据由青海省下社水文站提供, 在此表示衷心感谢!

数据作者分工职责

廖静娟 (1966—), 女, 广西南宁人, 博士, 研究员, 研究方向为微波遥感及应用研究。主要承担工作: 数据集总体设计、质量控制和论文撰写。

赵云 (1991—), 女, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向为雷达对地观测数据处理及应用。主要承担工作: 数据源收集与处理。数据集生产和精度验证。

陈嘉明 (1996—), 男, 江西南昌人, 硕士研究生, 研究方向为星载雷达高度计数据湖泊水位反演。主要承担工作: 数据集整理、精度验证与评估。

参考文献

- [1] MORRIS C S, GILL S K. Evaluation of the TOPEX/Poseidon altimeter system over the Great Lakes[J]. Journal of Geophysical Research Oceans, 1994, 99(C12): 24527-24539.
- [2] BIRKETT C M. The contribution of TOPEX/Poseidon to the global monitoring of climatically sensitive lakes[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 1995, 100(C12): 25179-25204.
- [3] GAO L, LIAO J, SHEN G. Monitoring lake-level changes in the Qinghai-Tibetan Plateau using radar altimeter data (2002-2012)[J]. Journal of Applied Remote Sensing, 2013, 7: 073470.
- [4] 高乐, 廖静娟, 刘焕玲, 等. 卫星雷达测高的应用现状及发展趋势[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 978-983.
- [5] LIAO J, GAO L, WANG X. Numerical simulation and forecasting of water level for Qinghai Lake using multi-altimeter data between 2002 and 2012[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations & Remote Sensing, 2014, 7(7): 609-622.
- [6] JIANG L, NIELSEN K, ANDERSEN O B, et al. Monitoring recent lake level variations on the Tibetan Plateau using Cryosat-2 SARIn mode data[J]. Journal of Hydrology, 2017, 544: 109-124.
- [7] PHAN V H, LINDENBERGH R, MENENTI M. ICESat derived elevation changes of Tibetan lakes between 2003 and 2009[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 17(7): 12-22.
- [8] SONG C, HUANG B, KE L, et al. Seasonal and abrupt changes in the water level of closed lakes on the Tibetan Plateau and implications for climate impacts[J]. Journal of Hydrology, 2014, 514: 131-144.
- [9] ZHANG G, XIE H, KANG S, et al. Monitoring lake level changes on the Tibetan Plateau using ICESat altimetry data (2003-2009)[J]. Remote Sensing of Environment, 2011, 115(7): 1733-1742.
- [10] HWANG C, CHENG Y, HAN J, et al. Multi-Decadal Monitoring of Lake Level Changes in the Qinghai-Tibet Plateau by the TOPEX/Poseidon-Family Altimeters Climate Implication[J]. Remote Sensing, 2016, 8(6). DOI: 10.3390/rs8060446.

- [11] KLEINHERENBRINK M, DITMAR P G, LINDENBERGH R C. Retracking Cryosat data in the SARIn mode and robust lake level extraction[J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 152: 38-50.
- [12] 姜卫平, 褚永海, 李建成, 等. 利用 ENVISAT 测高数据监测青海湖水位变化[J]. 武汉大学学报, 信息科学版. 2008, 33(1): 64-67.
- [13] KROPÁČEK J, BRAUN A, KANG S, et al. Analysis of lake level changes in Nam Co in central Tibet utilizing synergistic satellite altimetry and optical imagery[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 17(7): 3-11.
- [14] WU Y, ZHENG H, ZHANG B, et al. Long-Term Changes of Lake Level and Water Budget in the Nam Co Lake Basin, Central Tibetan Plateau[J]. Journal of Hydrometeorology, 2014, 15(3): 1312-1322.
- [15] 张鑫, 吴艳红, 张鑫. 基于多源卫星测高数据的扎日南木错水位动态变化(1992–2012 年)[J]. 自然资源学报, 2015, 30(7): 1153-1162.
- [16] SONG C, YE Q, CHENG X. Shifts in water-level variation of Namco in the central Tibetan Plateau from ICESat and CryoSat-2 altimetry and station observations[J]. SCIENCE CHINA PRESS, 2015, 60(14): 1287-1297.
- [17] 赵云, 廖静娟, 沈国状, 等. 卫星测高数据监测青海湖水位变化[J]. 遥感学报, 2017, 21(4): 633-644.
- [18] FRAPPART F, CALMANT S, CAUHOPE M, et al., Preliminary results of ENVISAT RA-2-derived water levels validation over the Amazon basin[J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 100(2): 252-264. DOI: 10.1016/j.rse.2005.10.027.
- [19] MEDINA C E, GOMEZ-ENRI J, ALONSO J J et al., Water level fluctuations derived from ENVISAT Radar Altimeter (RA-2) and in-situ measurements in a subtropical waterbody: Lake Izabal (Guatemala) [J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(9): 3604-3617. DOI: 10.1016/j.rse.2008.05.001.
- [20] WINGHAM D J, FRANCIS C R, BAKER S, et al., Cryosat: A mission to determine the fluctuations in Earth's land and marine ice fields [M]. Advances in Space Research. England: ELSEVIER SCIENCE LTD, 2006: 841-871.
- [21] 李建成, 金涛勇. 卫星测高技术及应用若干进展[J]. 测绘地理信息, 2013, 38(4):1-8.

论文引用格式

廖静娟, 赵云, 陈嘉明. 基于多源雷达高度计数据的高亚洲湖泊水位变化数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2020, 5(1). (2019-07-30). DOI: 10.11922/csdata.2019.0019.zh.

数据引用格式

廖静娟, 赵云, 陈嘉明. 基于多源雷达高度计数据的高亚洲湖泊 2002–2017 年水位变化数据集 [DB/OL]. Science Data Bank, 2019. (2019-06-14). DOI: 10.11922/sciencedb.787.

A dataset of lake level changes in High Mountain Asia using multi- altimeter data

Liao Jingjuan^{1,2*}, Zhao Yun^{1,3}, Chen Jiaming^{1,3}

1. Key Laboratory of Digital Earth Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, P. R. China

2. Key Laboratory of Earth Observation, Hainan Sanya 572029, P. R. China

3. University of Chinese Academy of Science; Beijing 100049, P. R. China

*Email: liaojj@radi.ac.cn

Abstract: Lake water levels are important indicators of global environmental changes and dynamics of water resources. High Mountain Asia is a region dotted with lakes, and monitoring lake level changes is important for the research of climate and ecological changes in the region. However, it is extremely difficult to carry out ground measurements of lake levels due to scarce hydrological sites. The development of satellite altimetry technology is conducive to monitoring lake level changes. In this study, a dataset of lake level changes from 2002 to 2017 for 87 lakes in High Mountain Asia was compiled through lake boundary delineation, water level calculation, outlier removal, Gaussian filtering, and elevation system conversion, and developed based on multi-altimeter data and MODIS images. The dataset includes the daily water level, the monthly and annual average water levels, and annual rate of lake level changes for 87 lakes, and can provide fundamental data for monitoring the dynamic lake changes in High Mountain Asia, studying the climate and environmental changes and managing the water resources in this region.

Keywords: lake; water level changes; High Mountain Asia; multi-altimeter

Dataset Profile

Title	A dataset of lake level changes in High Mountain Asia using multi-altimeter data
Data corresponding author	Liao Jingjuan (liaojj@radi.ac.cn)
Data authors	Liao Jingjuan, Zhao Yun, Chen Jiaming
Time range	2002–2017
Geographical scope	High Mountain Asia: 24°40'48"N–45°46'18"N, 61°57'23"E–105°29'38"E; including Himalayas, Hindu Kush Mountains, Gangdese Mountains, Kunlun Mountains, Hengduan Mountains, Qilian Mountains, Tianshan Mountains and plateaus, such as Tibetan and Pamirs.
Data volume	68.8 MB
Data format	*.xlsx, *.shp
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/787 >
Sources of funding	International Partnership Program of Chinese Academy of Sciences (131C11KYSB20160061); National Natural Science Foundation of China (41871256); Major Program for Big Data Development of the National Development and Reform

	Commission (2016-999999-65-01-000696-01).
Dataset composition	The dataset consists of two parts: (1) the lake level changes of 87 lakes in High Mountain Asia (2002-2017), totaling 87 data files (compressed to 0.98MB in one data file); (2) the annual rate of the water level changes of 87 lakes from 2002 to 2017 in High Mountain Asia, archived in shp data format with 67.8 MB.