

2000–2013 年黄河源区阿尼玛卿山冰川区数字高程模型及表面高程变化数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N

蒋宗立¹, 刘时银^{2*}, 郭万钦³



文献 DOI:

DOI: 10.11922/csdata.2018.0046.zh

数据 DOI:

DOI: 10.11922/sciencedb.626

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2018-06-30

开放同评: 2018-08-13

录用日期: 2018-10-08

发表日期: 2018-11-26

1. 湖南科技大学煤炭资源清洁利用与矿山环境保护重点实验室, 湖南湘潭 411201
2. 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明 650091
3. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州 730000

摘要: 阿尼玛卿山集中分布了黄河源区 81.3% 的冰川, 该区域冰川变化对黄河源区气候变化指示及冰川水资源评估具有重要参考意义。应用 2013 年 10 月 31 日的 TanDEM-X/TerraSAR-X 双基站合成孔径雷达数据与 SRTM (Shuttle Radar Topographical Mission) DEM (Digital elevation Model) 进行差分干涉获得了阿尼玛卿山冰川的数字高程模型及近 13 年冰川表面高程平均变化数据。本数据集覆盖黄河源区阿尼玛卿山全部冰川, TanDEM 数字高程模型的水平方向像素大小 10 m、高程相对误差小于 2 m, 冰川表面高程变化数据集水平方向像素大小为 30 m、高程精度为 3.7 m。因雷达图像的阴影与叠掩区域干涉相干度很低, 高程值存在很大的不确定性, 高程及变化数据集剔除了阴影和叠掩等不可靠区域。本数据集是黄河源区冰川变化及冰川水资源评估的重要基础数据, 是后续该区域冰川表面高程变化研究的基础。

关键词: 阿尼玛卿山; TanDEM-X/TerraSAR-X; 数字高程模型; 冰面高程变化

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	2000–2013 年阿尼玛卿山冰川表面高程变化数据集
数据通信作者	刘时银 (liusy@ynu.edu.cn)
数据作者	蒋宗立、刘时银、郭万钦
数据时间范围	2000–2013 年
地理区域	地理范围包括北纬 34°25'50"–34°59'27", 东经 99°17'2"–99°46'37"。
空间分辨率	30 m (高程变化), 10 m (DEM)
数据量	9.75 MB (高程变化), 124 MB (DEM), 462 KB (非叠掩-阴影区域)
数据格式	*.tif, SHAPE
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/626
基金项目	国家自然科学基金 (41471067), 科技部专项项目 (2013FY111400)。

* 论文通信作者

刘时银: shiyin.liu@ynu.edu.cn

数据库（集）组成	数据集由2部分数据组成，其一为数字高程模型数据，其二是冰川表面高程变化数据。数据集共包括3个数据文件，其中：1. DEM.zip是数字高程模型数据，数据量124 MB；2. DDEM.zip是冰川表面高程变化数据数据，数据量9.75 MB，包含tif文件；3. RT.zip是非叠掩-阴影区域，里面包含shapefile文件。
----------	---

引言

冰川因其对气候的敏感性而被广泛作为气候变化的指示器^[1-2]，同时冰川所储存的淡水资源是区域尤其是干旱区不可或缺的固体淡水资源^[3]。二十世纪后半叶以来的全球变暖导致世界各地的冰川大多数处于快速萎缩和剧烈的冰量损失状态，对于干旱半干旱区域水资源造成了巨大的威胁，对冰川物质损失的研究成为了解区域水资源可持续发展的重要手段。由于冰川所在位置的特殊性，以及野外地面实测工作对人力、物力、财力等条件的严苛要求，较难采用传统冰川观测方法进行冰川物质损失的研究，因此采用遥感的方法研究冰川物质平衡的变化成为近年来冰川变化研究的主要手段。

阿尼玛卿山是黄河源区冰川分布集中的区域。根据中国第二次冰川编目^[4]，阿尼玛卿山地区分布有现代冰川 74 条，总面积为 102.68 km²，分别占整个黄河流域冰川条数和面积的 50%和 81.3%。根据前人的研究，阿尼玛卿山地区的冰川在过去几十年间也经历了剧烈的变化，1966-2009 年间，冰川面积总体萎缩了 20%。阿尼玛卿山地区的冰川还有一定的特殊性，及部分冰川数据跃动冰川类型，近几十年间出现过跃动现象^[5]。因此，对该区域冰川变化的研究是了解该区域气候变化及冰川水资源研究的重要基础，同时也为该区域冰川灾害（跃动）后续研究提供基础数据。

本数据集包括 2000 年 1 弧秒(30m) SRTM 数据和 2013 年采用德国宇航局双基站 TerraSAR-X/TanDEM-X 合成孔径雷达干涉测量技术所提取数字高程模型（DEM）进行阿尼玛卿山地区 2000–2013 年间冰量变化研究所获得的成果数据集。相对于基于传统航空摄影测量以及卫星光学大地测量方法获得的 DEM 及其冰量变化数据成果，雷达干涉测量方法精度相对较高，所提取的冰量变化成果也更加可靠，能够为阿尼玛卿山地区冰量变化研究提供精确的参考数据。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据源

本数据集包括 2 种类型的数据成果：①阿尼玛卿山地区 2000 年和 2013 年的冰面高程数据；②利用差分干涉方法生成的 2000–2013 年间阿尼玛卿山地区的冰量变化数据集。其中，2000 年阿尼玛卿山地区冰面高程数据来源于美国航空航天局 National Aeronautics and Space Administration (NASA) 于 2000 年 2 月发射的 SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)，其 1 弧秒版本（空间分辨率为 30 m）于 2015 年面向公众正式发布，可免费获取。2013 年冰面高程数据采用德国空间局提供的双基站 TanDEM-X/TerraSAR-X 合成孔径雷达单视复数据 (<https://tandemx-science.dlr.de/>)，经过差分干涉处理之后获得。2013 年 TanDEM-X/TerraSAR-X 数据的相关信息见表 1。

表 1 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据

日期	主影像	从影像	基线/m	轨道
2013.10.31	TerraSAR-X (TSX)	TanDEM-X (TDX)	-182.59	降轨

2000–2013 年间阿尼玛卿山地区冰面高程变化数据是利用 2013 年 SAR 数据与 2000 年 C 波段 SRTM DEM 间的差分干涉方法进行提取，冰川边界采用中国第二次冰川编目提供的矢量边界^[4]。

1.2 处理方法

数据处理采用 GAMMA 合成孔径雷达干涉测量软件^[6]，使用差分干涉测量方法提取数字高程模型及表面高程变化图。可靠区域的冰川变化需要使用冰川编目边界文件及雷达阴影—叠掩文件进行提取。

主要步骤（见图 1）为：采用 2013 年 10 月 31 日的 TerraSAR-X/TanDEM-X 双基站合成孔径雷达数据与 2000 年 2 月的 SRTM DEM 进行差分干涉测量，对差分相位进行解缠，转换为高程差，对高程差进行整体改正，主要是去除基线误差导致的整体趋势误差，得到优化的高程差，使用冰川边界提取冰川区域的表面高程变化图（2000–2013）；把优化的高程差再添加到配准的 SRTM DEM 上，得到初始 TanDEM，可再次以得到的 TanDEM 作为参考 DEM，重复进行差分干涉，直到差分的高程差足够小，迭代停止，一般迭代 2 次即可，即得到最终优化的数字高程模型（TanDEM）。

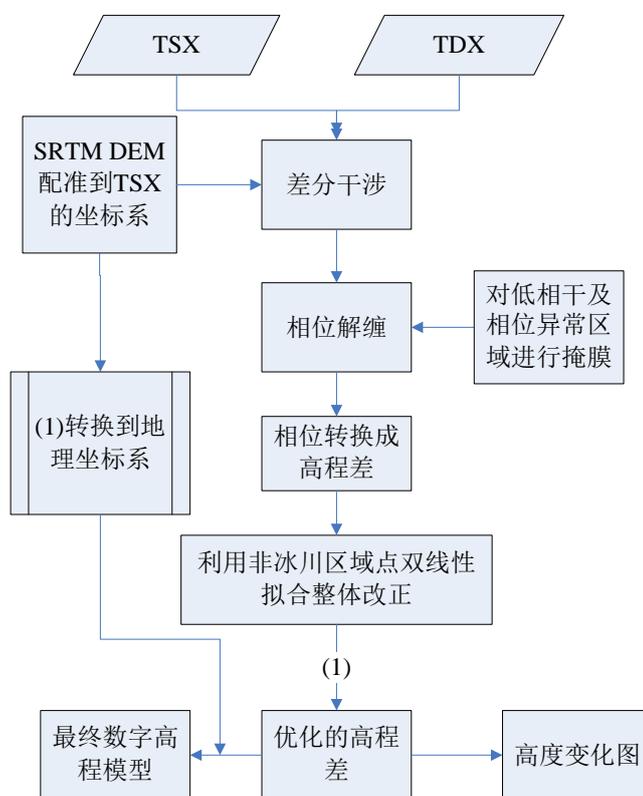


图 1 DEM 及冰川表面高程变化提取流程

2 数据样本描述

第二次冰川编目统计阿尼玛卿山区有冰川 74 条，阿尼玛卿山及周边 DEM 见图 2，2000–2013 年冰川表面高程变化如图 3。

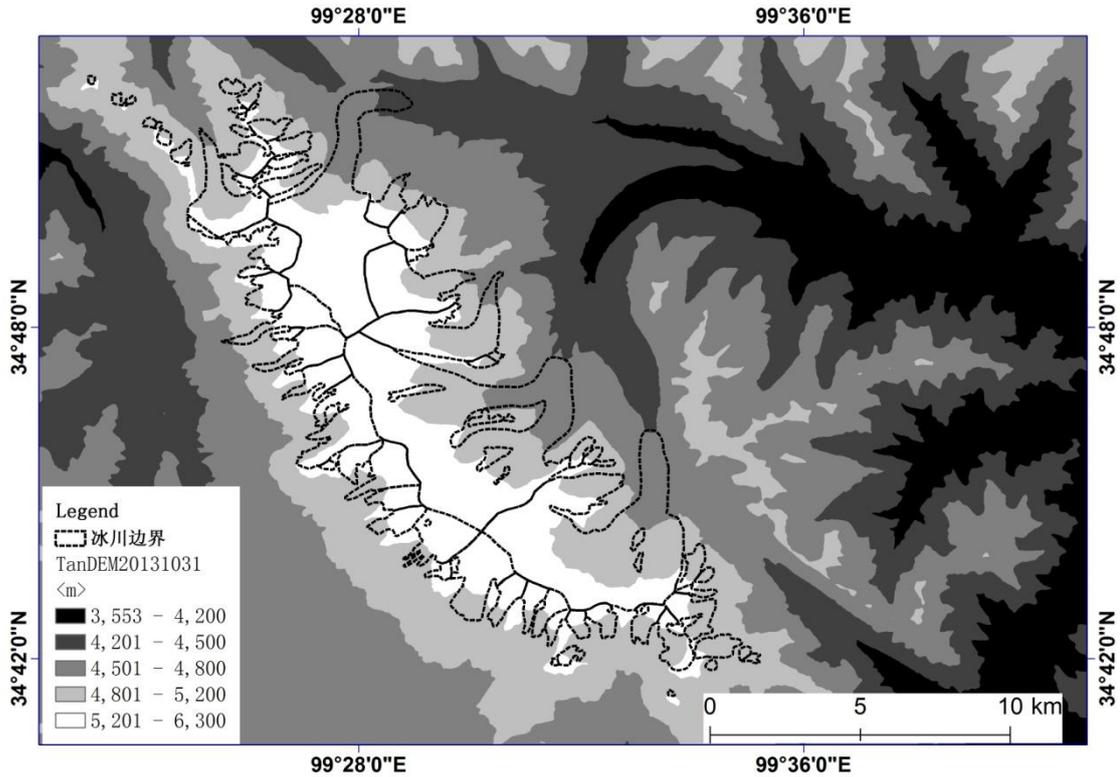


图 2 2013 年 10 月 31 日阿尼玛卿山冰川区及邻近区域数字高程模型

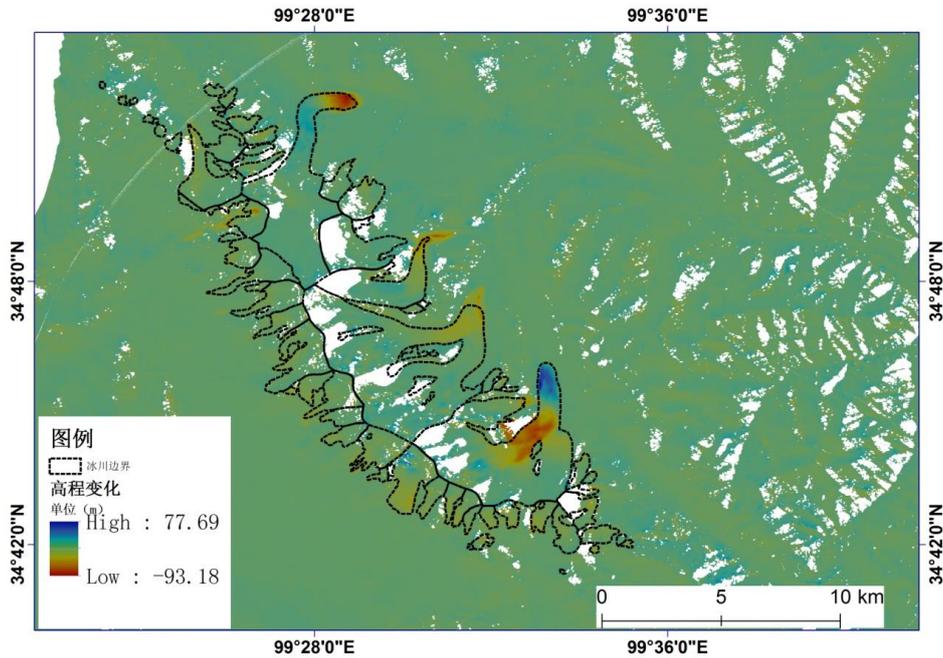


图 3 2000-2013 年阿尼玛卿山冰川表面高程变化图

3 数据质量控制和评估

DEM 覆盖区域与整个 TanDEM-X/TerraSAR-X 图像范围一致，其水平像素大小为 10 m，相对垂直误差小于 2 m，绝对垂直误差为 10 m^[7-8]；从美国国家冰雪数据中心(National Snow and Ice Data

Center, NSIDC)获取的 ICESat-GLAS 激光测高数据, 其中 GLA14 数据产品 (Release 633) 为全球陆地地面高程数据。由于缺乏地面控制点, 将 TerraSAR-X/TanDEM-X 与 SRTM DEM 差分干涉方法获取的数字高程模型与 GLA14 点相比较, 剔除超出 ± 20 m 的异常值, 在非冰川区的平均值与标准偏差为 0.9 ± 11 m, 差值的统计标准偏差为 ± 11 m, 该值小于 1:50000 地形制图标准允许的中误差。总体来说, TanDEM 的误差主要来自下垫面的特性例如植被覆盖、复杂的地形以及处理方法^[8-9]。

冰川表面高程变化数据误差采用对图像覆盖区域的整个非冰川区的样本进行统计, 误差值为标准偏差 ± 3.7 m (图4)。差分的结果存在误差主要原因是SRTM DEM本身有误差, 以及于SAR图像配准精度等使得TanDEM-X/TerraSAR-X与SRTM DEM差分结果存在误差^[8-10]。

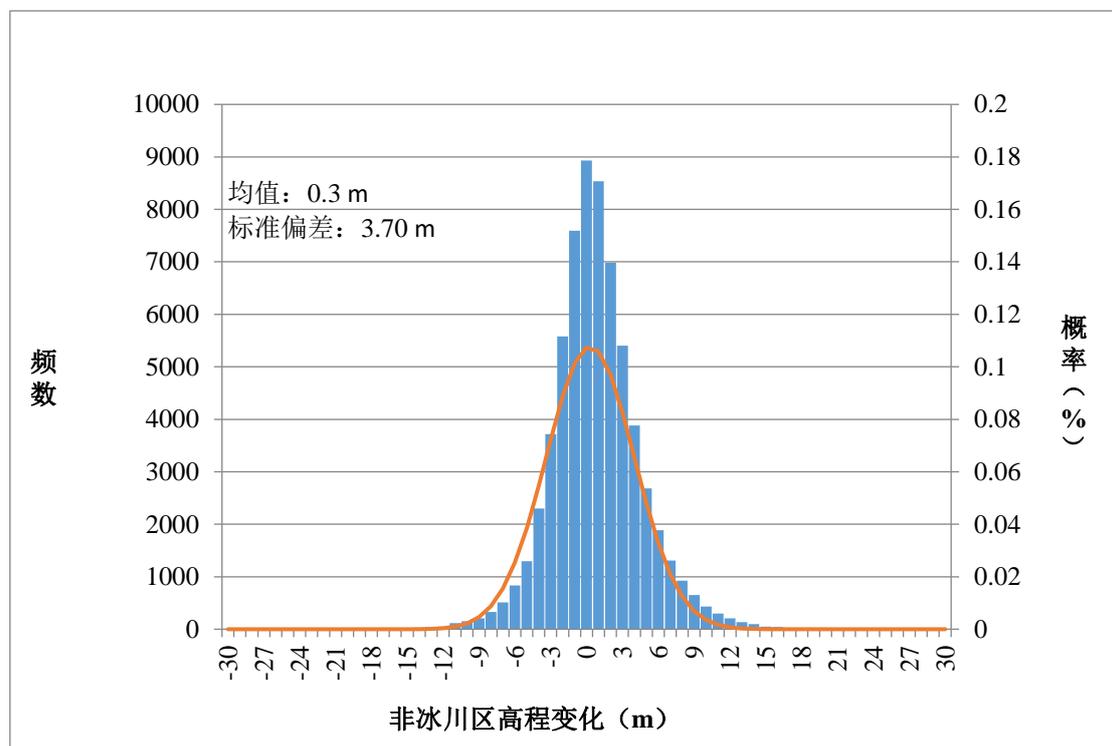


图4 非冰川区高程变化

4 数据价值

本数据集包括数字高程模型及 2013–2000 年之间冰川表面高程变化, 数字高程模型是高精度高空间分辨率的 DEM, 是重要的本底数据。冰川表面高程变化数据可为该区域冰川变化及水资源变化研究提供参考。

5 数据使用方法和建议

本数据集格式为通用的 tif 文件, 通用地理信息处理软件均可读取。坐标系统是 WGS84, 高程基准是 WGS84 椭球, 后续研究使用本数据集中的数字高程模型, 需要与该数字高程模型进行配准。

致 谢

感谢德国空间局(DLR)的 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据科学用户计划(syl_cas_XTI_LAND6642)

提供 SAR 数据；感谢魏俊锋、张震、吴坤鹏博士提出的宝贵意见。

数据作者分工职责

蒋宗立（1975—），男，湖南省泸溪县人，博士，副教授，研究方向为微波遥感技术应用于冰川变化。主要承担工作：数据处理。

刘时银（1963—），男，河南省新县人，博士，研究员，研究方向为冰川变化及冰川水资源变化，主要承担工作：研究思路、质量控制等。

郭万钦（1978—），男，甘肃省定西人，博士，副研究员，研究方向为冰川变化、跃动机理。主要承担工作：数据评价。

参考文献

- [1] 刘时银, 鲁安新, 丁永建, 等. 黄河上游阿尼玛卿山区冰川波动与气候变化[J]. 冰川冻土, 2002, 24(6): 701-707.
- [2] OERLEMANS J. Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records. Science[J]. 2005, 38(29): 674-677.
- [3] DING Y J, MU M, ZHANG J Y, et al. Impacts of Climate Change on the Environment, Economy, and Society of China, in Climate and Environmental Change in China: 1951-2012[M]. Berlin: Springer, 2016: 69-92.
- [4] 刘时银, 姚晓军, 郭万钦, 等. 基于第二次冰川编目的中国冰川现状[J]. 地理学报, 2015, 70(1): 3-16.
- [5] 蒋宗立, 刘时银, 郭万钦, 等. 黄河源区阿尼玛卿山典型冰川表面高程近期变化[J]. 冰川冻土, 2018, 40(2): 231-237.
- [6] GAMMA. GAMMA Remote Sensing and Consulting AG (GAMMA). [EB/OL]. [2018-06-30]. <http://www.gamma-rs.ch>.
- [7] MANAS M, VINEE S, MALAY M. Analysis of the accuracy of Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) height models using International Global Navigation Satellite System Service (IGS) Network[J]. Journal of Earth System Science, 2015, 124(6):1343-1357.
- [8] RIZZOLI P, BRÄUTIGAM B, KRAUS T, et al. Relative height error analysis of TanDEM-X elevation data[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2012, 73: 30-38.
- [9] AVTAR R, YUNUS A P, KRAINES S, et al. Evaluation of DEM generation based on Interferometric SAR using TanDEM-X data in Tokyo[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2015, 83: 166-177.
- [10] NECKEL N, BRAUN A, KROPÁČEK J, et al. Recent mass balance of the Purogangri Ice Cap, central Tibetan Plateau, by means of differential X-band SAR interferometry[J]. The Cryosphere, 2013, 7(5): 1623-1633.

论文引用格式

蒋宗立, 刘时银, 郭万钦. 2000–2013 年黄河源区阿尼玛卿山冰川区数字高程模型及表面高程变化数

数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2018, 3(4). (2018-09-10). DOI: 10.11922/csdata.2018.0046.zh.

数据引用格式

蒋宗立, 刘时银, 郭万钦. 2000–2013 年阿尼玛卿山冰川区数字高程模型及表面高程变化数据集 [DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-06-30). DOI: 10.11922/sciencedb.626.

A dataset of glacier digital elevation models and surface elevation change over Anyêmaqên Mountains, source region of Yellow River from 2000 to 2013

Jiang Zongli¹, Liu Shiyin^{2*}, Guo Wanqin³

1. Key Laboratory for Clean Coal Utilization and Mine Environment Protection, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, P. R. China

2. Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming 650091, P. R. China

3. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Science Lanzhou 730000, P. R. China

*Email: shiyin.liu@ynu.edu.cn

Abstract: Glacier surface elevation changes on Anyêmaqên Mountains(2000–2013) and a digital elevation model (DEM) were obtained by performing differential interferometry on bistatic satellite data TanDEM-X/TerraSAR-X and Shuttle Radar Topographical Mission digital elevation model (SRTM dem). The pixel size of the TanDEM dem is 10 m in horizontal direction, with a relative error of less than 2 m. The pixel size of the of the elevation change dataset is 30 m in horizontal direction, with a relative error of 3.7 m. Unreliable regions in the radar images, which resulted from shadows and layovers, have been removed. The dataset can be a baseline for glacier elevation and volume change studies, and glacier water resources appraisal.

Keywords: Anyemaqen Mountains; TanDEM-X/TerraSAR-X; digital elevation model; glacier surface elevation change

Dataset Profile

Title	A dataset of glacier surface elevation changes in Anyemaqen mountains, source region of Yellow River during 2000 – 2013
Data corresponding author	Liu Shiyin (Shiyin.liu@ynu.edu.cn)
Data authors	Jiang Zongli, Liu Shiyin, Guo Wanqin
Time range	2000–2013
Geographical scope	Longitude& latitude; geographical scope (34°25'50"–34°59'27"N, 99°17'2"–

	99°46'37"E; Located in the Eastern Tibetan Plateau
Data volume	9.75 MB (Elevation change), 124 MB (DEM), 462 KB (non-shadow-layover region)
Data format	*.tif, SHAPE
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/626 >
Sources of funding	NSFC, grant number (41471067); Special Basic Research Project of the Ministry of Science and Technology (2013FY111400).
Datasetcomposition	<p>The dataset consists of 2 subsets in total. It comprises digital elevation models data and glacier elevation change data, totaling 8 data documents. The subsets are recorded as DEM.zip and DDEM.zip:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DEM.zip is made up of digital elevation model data, with a data volume of 124 MB; 2. DDEM.zip is made up of glacier elevation change data, with a data volume of 9.75 MB; 3. RT.zip is made up of non-shadow-layover region data, with a data volume of 462 KB.