

doi: 10.13866/j.azr.2015.03.04

近 50 a 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川变化分析^①

姚红兵¹, 李忠勤^{1,2}, 王璞玉², 怀保娟², 张 慧¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川观测试验站, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 乌鲁木齐河源 1 号冰川是我国监测时间最长、资料最为完备的一条冰川。1962 年以来, 采用 5 种观测方法共开展过 9 次地形图测量和 3 次乌鲁木齐河源区的航空摄影测量。通过对乌鲁木齐河源 1 号冰川已有观测数据的分析, 结合 2012 年最新观测资料对该冰川近 50 a 的变化特征进行了深入研究。结果发现, 乌鲁木齐河源 1 号冰川 1962 年和 1980 年的面积数据存在偏差。对原始测图重新数字化后, 得到 1962 年和 1980 年该冰川面积分别为 1.91 km² 和 1.86 km²。2012 年采用 GPS-RTK 测量技术, 对乌鲁木齐河源 1 号冰川进行详细的地形测绘和末端变化观测, 结果显示, 冰川面积为 1.59 km², 其中东支和西支面积分别为 1.02 km² 和 0.57 km²。近 50 a 来, 该冰川退缩率为 16.8%。冰川整体处于消融状态, 但冰面消融程度存在显著差异。冰面坡度 10° 区域消融最为强烈。东支南北坡退缩普遍较强, 西支北坡退缩快, 东北坡面积有所增加, 消融速度加快主要受气温和地形共同影响。

关键词: 1 号冰川; 数字测图; 面积变化; 坡度; 乌鲁木齐河

在全球变暖的大背景下, 冰冻圈是对气候系统影响最直接和最敏感的圈层, 冰冻圈是气候系统多圈层相互作用的核心纽带, 冰冻圈过程及其对气候变化的响应机理研究是未来冰冻圈研究的重点, 监测不同类型的冰川, 通过冰川动力学模型与气候变化的相互联系, 分析冰川变化与气候变化之间的定量关系是冰冻圈研究的一部分^[1-3]。冰川物质平衡、冰川制图、冰川运动速度、冰舌末端变化等作为冰川常规观测项目, 为冰川建模提供了参数^[4]。随着全球气候变暖, 山谷冰川消融速度正在加快^[5-6]。乌鲁木齐河源 1 号冰川(简称 1 号冰川)是我国定位观测研究时间最长的、资料最为完备的一条冰川。从最初的平板仪测图, 到目前的数字化测图(GPS 测量), 在不同时期采用不同测量方法完成 1 号冰川地形图测绘, 因仪器和人为原因在测量过程中存在一定的误差, 尤根祥^①在 1986 年使用比较先进的 ML-FI 型电子求积仪, 量测了 1986 年 8 月测绘的《乌鲁木齐河源 1 号和 2 号冰川图》, 得到 1962 年、1973 年、1980 年和 1986 年的面积分别为 1.90 km²、1.89 km²、1.88 km² 和 1.86 km²。与原量测结果有偏差, 本文综合已有研究, 对数据误差进行了评估和

校正。并在此基础上, 结合 2012 年 GPS-RTK 测量结果, 对 1 号冰川近 50 a 来的变化进行了分析研究。

1 研究区概况

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川(43°06′N, 86°49′E)位于我国的天山中段(图 1), 是一条山谷冰川, 距乌鲁木齐市约 130 km, 由东西两支冰川组成(1993 年 1 号冰川分离)。1986 年发现东西支冰川补给区和海拔高度各不相同, 只是在冰川末端处汇流形成统一冰舌, 由于西支冰川地形高, 西支冰舌末端坡向偏南接受的太阳辐射多, 西支冰舌末端已高出东支冰面形成数十米冰坎, 已为完全独立的两支冰川, 故本文以 1 号冰川 1986 年东西支边界为分割线, 将 1 号冰川分为东、西支两条冰川。

1 号冰川共开展过 9 次地形制图测量: 建站初期草绘了 1 号冰川地形图, 但随着实验项目的增多和深入, 草绘的方法已不能满足研究需要。1962 年用平板仪测量方法绘制成 1:10 000 乌鲁木齐河源冰川地形图, 该图准确地反映了冰川的形态, 为中国

^① 收稿日期: 2014-10-28; 修订日期: 2015-01-22

基金项目: 国家重大科学研究计划项目(超级 973 项目)(2013CBA01801); 国家自然科学基金(41471058, 41301069); 国家自然科学基金创新研究群体项目(41121001); 博士后科学基金(2014T70948) 特别资助

作者简介: 姚红兵(1984-) 男, 硕士研究生, 主要从事天山地区冰川测绘与制图方面研究。E-mail: soldier_yao@126.com

^① 尤根祥. 天山冰川站年报. 兰州: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所.

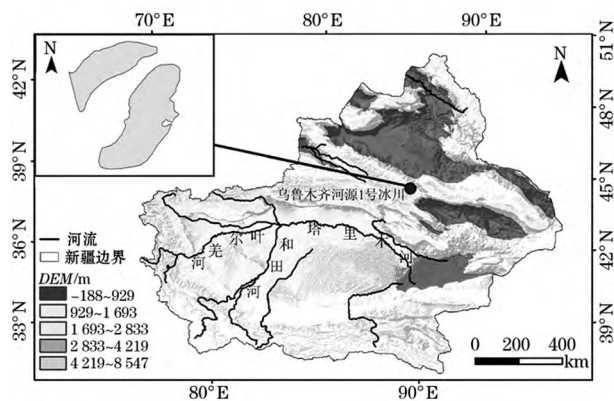


图 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川位置

Fig. 1 Location of Urumqi Glacier No. 1

冰川研究奠定了可靠的基础,在我国冰川研究中具有十分重要的意义。对 1 号冰川开展了 4 次大比例尺测图(1973 年、1980 年、1986 年和 1994 年),分别由王文颖、孙作哲、尤根祥、井哲帆等用地面立体摄影测量方法成图。选择 1986 年测绘的 1 号和 2 号冰川图,保存完整,由于其使用的控制点和 1962 年、1973 年、1980 年测图时使用的相同,所以,在 1986 年测绘的乌鲁木齐河源 1 号和 2 号冰川图中绘出以上 3 a 的冰川边界。2001 年,利用 GPS 测量方法对 1 号冰川进行 1:5 000 的地形图测绘。2006 年,利用全站仪对 1 号冰川进行面积测绘。2008 年,王国亚^[7]采用 RTK 技术对 1 号冰川进行了 1:5 000 的地形图测量,分析冰川面积变化对物质平衡计算的影响。此外,1964 年、1992 年和 2000 年由天山冰川观测试验站主持,对乌鲁木齐河流域冰川进行了 1:50 000 航空摄影测量,并获得该流域每条冰川的长度、面积和冰储量变化的详细资料^[8]。

2 数据与方法

2.1 数据源

本文使用 1962 年 10 月由中国科学院地理研究所冰川冻土研究室用平板仪测量方法绘制的 1:10 000 天山乌鲁木齐河源冰川地形图; 1986 年 8 月利用地面立体摄影测量方法测绘的 1 号冰川图; 2012 年 8 月根据 GPS-RTK 测量的冰川表面三维坐标信息绘制出的 1 号冰川地形图^[8-11]。

2.2 方法

2012 年 9 月,中国科学院天山冰川观测实验站对 1 号冰川进行了 1:5 000 的冰川地形图测绘,使用 3 台合众思壮 E650 型 GPS 接收机, E650-RTK

定位精度能够达到厘米级,满足冰川地形图测量要求。控制点采用曹敏 2009 年观测冰川运动速度的控制点,坐标系统为 WGS84 坐标基准,在数据处理时将其转化为北京 54 坐标系。采用 RTK 测量技术获取了冰川的三维坐标数据。由于 9 月冰川正处于消融期,在冰川顶部无法获得实测数据的地方,根据 2012 年 8 月的一幅高清影像数据提取冰川边界。冰川地形图编绘方法采用等高线法^[10-11],结合 GBT 7929-1995 版图绘制出乌鲁木齐河源 1 号冰川地形图。RTK 测量技术动态定位精度指标为:平面测量为 $\pm 1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} \cdot D$,高程测量为 $\pm 2 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} \cdot D$ (D 为距离 km)。

数字化地形图是采用多余观测的方法,对其结果求平均得到冰川面积数据(表 1): ① 得出 1962 年的面积为 1.91 km^2 ,与尤根祥 1986 年量测的 1962 年面积数据相差 0.01 km^2 ,说明 1 号冰川 1962 年量测的面积确实偏大; ② 1973 年数字化面积比尤根祥 1986 年量测的 1973 年面积偏大,与原量测面积接近,笔者认为 1973 年面积为 1.87 km^2 ; ③ 数字化后得到 1986 年的面积为 1.84 km^2 ,与原量测的面积一致,笔者认为 1986 年的面积为 1.84 km^2 较为准确。数字化后 1980 年的面积应为 1.86 km^2 ,与尤根祥 1986 年量测的数据相差 0.02 km^2 。2012 年测绘 1 号冰川地形图中 1 号冰川的总面积为 1.59 km^2 ,东支为 1.02 km^2 ,西支为 0.57 km^2 。

表 1 1 号冰川面积变化

Tab. 1 The area variation of Urumqi Glacier No. 1

时 间	测量方法	比例尺	量测面积/ km^2		
			原量测	尤根祥量测	数字化量测(本文)
1962-10	平板仪测量方法	1:10 000	1.95	1.90	1.91
1964-10	航空摄影测量	1:10 000	1.94		
1973-08	地面立体摄影测量	1:10 000	1.87	1.89	1.87
1980-08	地面立体摄影测量	1:5 000	1.84	1.88	1.86
1986-08	地面立体摄影测量	1:5 000	1.84	1.86	1.84
1992-06	航空摄影测量	1:5 000	1.83		
1994-08	地面立体摄影测量	1:5 000	1.74		
2000-08	航空摄影测量	1:5 000	1.73		
2001-08	GPS 测量技术	1:5 000	1.71		
2006-06	全站仪数字测图	1:5 000	1.68		
2008-08	GPS-RTK 测量技术	1:5 000	1.65		
2012-09	GPS-RTK 测量技术	1:5 000	1.59 (本文)		

3 面积变化

根据修正后的面积数据,发现 1 号冰川在过去

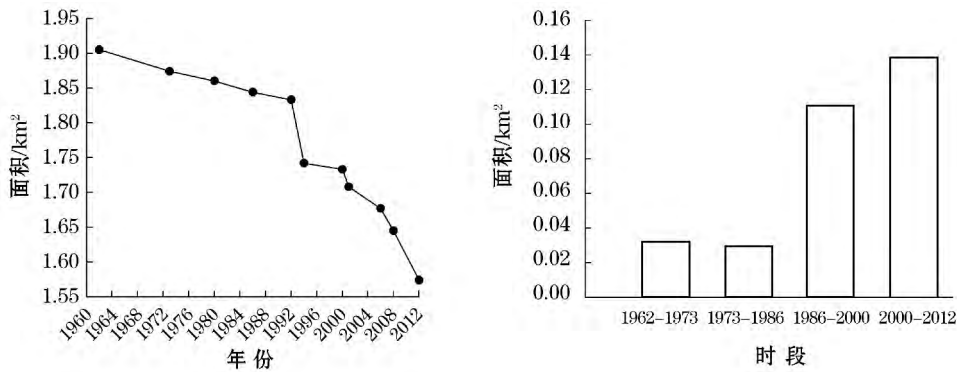


图2 1962—2012年1号冰川面积变化

Fig. 2 Area variation of Urumqi Glacier No. 1 from 1962 to 2012

的50 a中消融了 0.32 km^2 , 退缩率为16.8%, 平均每年减少约 0.01 km^2 , 消融速度高于中国天山冰川面积的缩小率11.5%⁽⁶⁾。由图2可知, 1号冰川以1992年为基点呈显著变化, 1962—1992年消融了 0.07 km^2 (3.8%), 1992—2012年消融了 0.24 km^2 , 是1962—1992年的4倍。

3.1 冰川面积变化与高程关系

根据1962年、1986年矢量化地形图和2012年新测地形图, 以50 m为分类间隔, 将高程分为16个梯度进行面积统计, 得到1号冰川面积变化的趋势图(图3)。1962—2012年在3685~4085 m这8个海拔梯度冰川面积减少了 0.38 km^2 , 冰川消融主要在这8个海拔带, 尤其在3685~3935 m这5个海拔梯度内冰川面积减少了 0.28 km^2 , 占退缩总面积88.7%。从图3可以看出, 1962年和1986年1号冰川在3885~3935 m和4035~4085 m这2个梯度内出现2个峰值, 主要原因是1号冰川东支在海拔3885~3935 m所占的面积大, 西支主要集中在海拔4035~4085 m梯度区间。随着西支冰川冰舌退缩, 冰川末端高程升高为3785 m, 2012年西支冰川

面积的峰值上升到4035~4085 m。由于冰川表面高程消融, 使得冰川面积在海拔4085 m以上有增加趋势, 反映了整体冰川处于消融状态, 只是因位置的不同消融的快慢程度不同⁽¹²⁾。

3.2 冰川坡度、坡向变化

利用ArcGIS 10将数字化后的1962年、1986年地形图和2012年的新测地形图做坡度分析, 以 10° 为间隔分9个等级, 从1962—2012年在 $0^\circ \sim 10^\circ$ 和 $30^\circ \sim 40^\circ$ 之间面积减少最快, 分别为 0.19 km^2 和 0.17 km^2 , 研究发现冰川退缩的坡地和强烈消融的地带坡度都在 10° 左右。以 45° 为单位将1号冰川划分为8个坡向, 从图4中可以看出, 1号冰川面积主要集中在北、东北、东和西北4个坡向, 1962—2012年在西北、北、东、东南这4个坡向面积分别减少了 0.07 km^2 、 0.13 km^2 、 0.11 km^2 、 0.07 km^2 , 唯有东北坡面积增加了 0.13 km^2 。1号冰川东支所占的面积集中在西北、北、东北、东这4个坡向上, 从1986—2012年这4个坡向上面积减少了 0.04 km^2 、 0.06 km^2 、 0.02 km^2 、 0.04 km^2 , 其他坡向所占的面积较少, 减少也不明显。1号冰川西支所占的面积

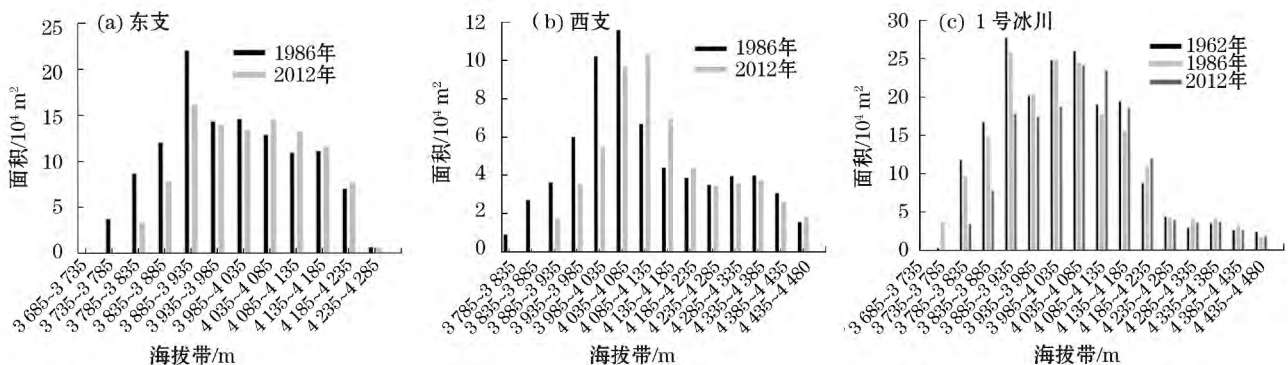


图3 1962年、1986年和2012年1号冰川面积与海拔的分布

Fig. 3 Area and elevation distribution of Urumqi Glacier No. 1 in 1962, 1986, 2012

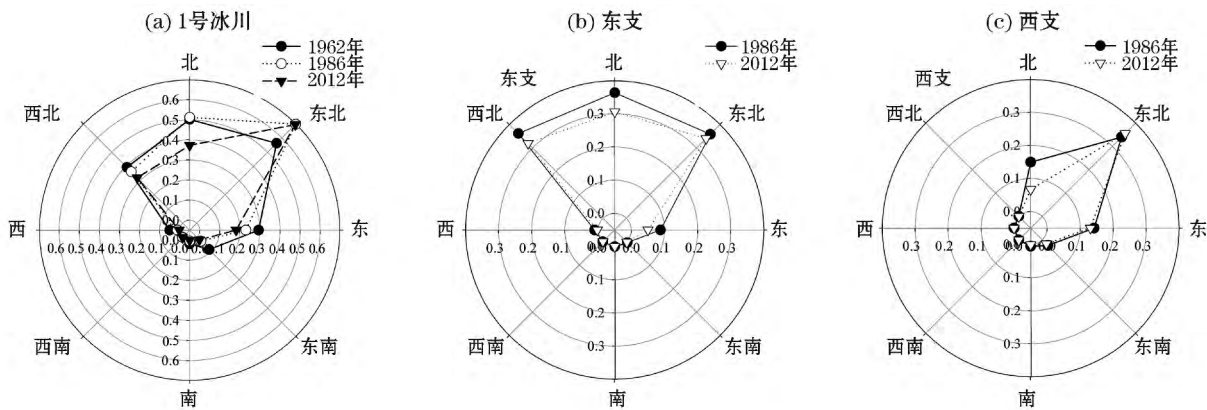


图 4 1962 年、1986 年和 2012 年 1 号冰川面积与坡向分布
Fig. 4 Area and slope aspect distribution of Urumqi Glacier No. 1 in 1962 , 1986 , 2012

集中在北、东北、东这 3 个坡向上,从 1986—2012 年北坡向减少比较明显,为 0.08 km^2 。

3.3 1 号冰川末端变化

1996—2010 年 1 号冰川东支冰舌年平均退缩了 3.38 m ,而西支冰舌年平均退缩了 6.00 m ,接近东支退缩速度的 2 倍(表 2)。在相同的气候条件下,东西支退缩的差异主要由于地貌差异所致^[12-13]。西支面积小,受气候影响更敏感,西支冰川补给少。根据 1986 年地形图坡向分析发现,1 号冰川西支末端主要为东南和南方向,东西支分离后冰舌的朝向使西支冰舌末端接受太阳辐射增多。2012 年 5 月在 1 号冰川东、西支的冰舌分别布设了 9 个和 5 个点,2012 年 9 月测量时东支保留了 7 个点,平均退缩了 7.76 m 。西支保留了 3 个点(4.30 m 、 5.00 m 和 3.20 m),平均退缩了 4.16 m 。

表 2 1 号冰川东、西支冰舌末端变化
Tab. 2 The change of glacier tongue in East and West branch of Urumqi Glacier No. 1

时段	东支冰舌/m	西支冰舌/m
1996-09—1997-09	-3.65	-4.08
1997-09—1998-08	-3.47	-4.47
1998-08-28—1999-08-30	-3.41	-4.85
1999-08-30—2000-08-16	-3.40	-6.92
2000-08-16—2001-08-30	-3.10	-6.95
2001-08-30—2002-08-26	-3.10	-6.25
2002-08-26—2003-08-23	-3.10	-6.10
2003-08-23—2004-08-22	-3.23	-6.28
2004-08-22—2005-08-21	-3.11	-6.15
2005-08-21—2006-08-20	-3.14	-6.20
2006-08-19—2007-08-20	-3.57	-6.39
2007-08-20—2008-06-20	-3.65	-6.43
2008-06-24—2009-08-15	-3.68	-6.47
2009-08-15—2010-08-20	-3.69	-6.50
年平均值	-3.38	-6.00

2012 年夏季 1 号冰川西支消融呈减慢的趋势。这与 2012 年地形图坡向分析结果一致,西支末端的朝向发生改变,由原来的朝南和东南变为向东方向。同时,随着西支末端后退,冰川东南方向有山体遮挡,造成西支冰川末端退缩减慢。

4 讨论

已有研究^[4,12,14]对 1 号冰川进行了系统的观测,积累了详细的冰川物质平衡、平衡线高度及冰川末端位置变化的逐年观测,结果表明该冰川一直处于持续退缩状态,这与本文根据 2012 年观测数据分析的结果具有一致性。

根据康尔泗^[15]对高亚洲地区 12 条冰川平衡线(ELA)和夏季气温关系分析,夏季平均气温升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,冰川平衡线升高 $100\sim 160\text{ m}$,如保持平衡线不变,需要固态降水的增加幅度在 40% 以上,甚至需增加约 1 倍。

根据大西沟 1959—2009 年降水和气温实测资料,将气温数据分为春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)、冬季(12 月至次年 2 月)和年平均气温及年降水量进行分析,由图 5 可以看出,研究区气温和降水升高明显。近 50 a 来,1 号冰川年平均气温的升高趋势明显,增温幅度为 $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$,高于全球平均升温率 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ ^[16],年降水量亦呈上升趋势,平均增加 $21.34\text{ mm}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 。显然,在气候变化背景下,虽然降水量增加,但冰川对气温的敏感性强。

随着该区域气温升高,雪线上升,冰川融水量持续增加,固态降水增加对冰川的补给无法弥补冰川消融所带来的物质损失。

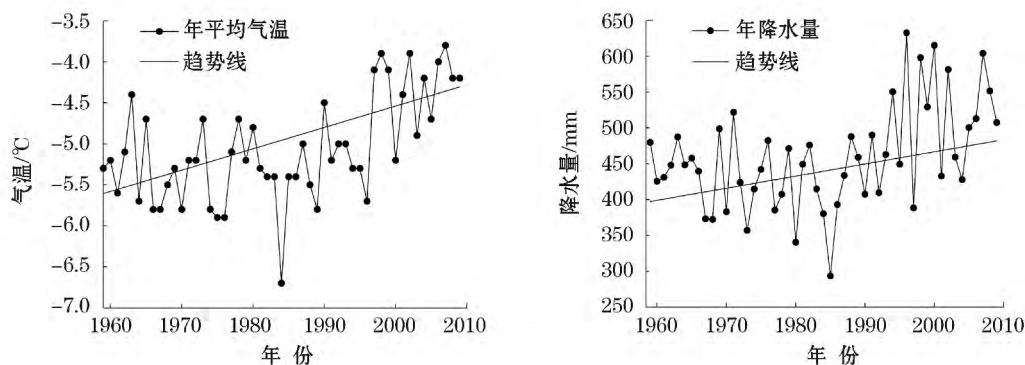


图5 近50 a 乌鲁木齐河源1号冰川大西沟气象站气温与降水的变化

Fig. 5 Temperature and precipitation change of Urumqi Glacier No. 1 at Daxigou meteorological observation station in recent 50 years

5 结语

本文利用1号冰川已有的测绘资料,将两幅不同时期的地形图作为数据源,数字化后,1号冰川1962年和1980年的冰川面积分别为 1.91 km^2 和 1.86 km^2 ,通过修正后的1号冰川面积的消融速度在加快,在过去的50 a中消融了 0.32 km^2 ,冰川退缩率为16.8%,平均每年减少约 0.01 km^2 。1号冰川在1962—1992年处于缓慢退缩状态,1992—1994年发生快速退缩,1994年后退缩的速度加快。

对1号冰川东、西支比较发现,西支退缩速度比东支慢,可能因西支冰舌末端海拔比东支高,受温度影响弱。西支冰舌末端的坡向朝南,接受的太阳辐射多。随着西支末端的退缩,西支冰川末端坡度增大,山谷冰川坡度大时,对气候敏感性减弱。

综合以上结论,1号冰川东支主要以冰舌退缩速度加快、表面高程降低、冰川西北位置有表碛覆盖的地方主要以面积变小为主。1号冰川西支因冰川末端变陡,冰舌末端坡向改变,主要以冰舌末端东南侧容易发生崩塌导致冰舌后退,表面消融引起冰川表面高程降低,冰川末端坡度将会前进。

致谢:本研究依据中国科学院天山冰川观测实验站几代工作者探索成果而来,在此对他们的辛勤工作表示感谢。

参考文献(References):

- (1) 秦大河,丁永建.冰川圈变化及其研究—现状、趋势及关键问题(J).气候变化研究进展,2009,5(4):187-195. (Qin Dahe, Ding Yongjian. Cryospheric changes and their impacts: Present, trends and key issues(J). Advance in Climate Change Research, 2009, 5(4): 187-195.)
- (2) 李忠勤.天山乌鲁木齐河源1号冰川近期研究与应用(M).北京:气象出版社,2011. (Li Zhongqin. Progress and Application of Research on Glacier No. 1 at Headwaters of Urumqi River, Tianshan, China (M). Beijing: China Meteorological Press, 2011.)
- (3) 张明军,王圣杰,李忠勤,等.近50年气候变化背景下中国冰川面积状况分析(J).地理学报,2011,66(9):1155-1165. (Zhang Mingjun, Wang Shengjie, Li Zhongqin, et al. Variation of glacier area in China against the Warming in the past 50 years (J). Acta Geographica Sinica, 2011, 66(9): 1155-1165.)
- (4) 李忠勤,韩添丁,井哲帆,等.乌鲁木齐河源去气候变化和1号冰川40年观测事实(J).冰川冻土,2003,25(2):117-123. (Li Zhongqin, Han Tianding, Jing Zhefan, et al. A summary of 40-year observed variation facts of climate and Glacier No. 1 at headwater of Urumqi River, Tianshan, China (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(2): 117-123.)
- (5) 怀保娟,李忠勤,孙美平,等.多种遥感分类方法提取冰川边界探讨:以喀纳斯河源地区为例(J).干旱区研究,2013,30(2):372-377. (Huai Baojuan, Li Zhongqin, Sun Meiping, et al. Discussion on RS methods for glacier outline detection: A case study in headwaters of the Kanas River (J). Arid Zone Research, 2013, 30(2): 372-377.)
- (6) 王圣杰,张明军,李忠勤,等.近50年来中国天山冰川面积变化对气候的响应(J).地理学报,2011,66(1):38-46. (Wang Shengjie, Zhang Mingjun, Li Zhongqin, et al. Response of glacier area variation to climate change in Chinese Tianshan Mountains in the past 50 years (J). Acta Geographica Sinica, 2011, 66(1): 38-46.)
- (7) 王国亚,沈永平.天山乌鲁木齐河源1号冰川面积变化对物质平衡计算的影响(J).冰川冻土,2011,33(1):1-7. (Wang Guoya, Shen Yongping. The effect of change in glacierized area on the calculation of mass balance in the glacier No. 1 at the headwaters of river. (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(1): 1-7.)
- (8) 陈建明,刘潮海.重复航空摄影测量方法在乌鲁木齐河流域冰川变化监测中的应用(J).冰川冻土,1996,18(4):331-336. (Chen Jianming, Liu Chaohai. Application of the repeated aerial photogrammetry to monitoring glacier variation in the drainage area of the Urumqi River (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 1996, 18(4): 331-336.)

- (9) 王文颖, 陈建明. 珠穆朗玛峰地区和喀喇昆仑山巴托拉冰川地面立体摄影测量与制图 (J). 冰川冻土, 1980, 2(4): 22–28. (Wang Wenyin, Chen Jianming. The terrestrial stereophotogrammetric surveying and mapping in the region of mount qomolangma and the batura glacier in karakoram (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 1980, 2(4): 22–28.)
- (10) 陈建明, 米德生. 在大比例尺图上冰川地貌的表示法探讨 (J). 冰川冻土, 1985, 7(4): 361–365. (Chen Jianming, Mi Desheng. Some views on presentation of glacial landforms on large scale map (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 1985, 7(4): 361–365.)
- (11) 米德生, 罗祥瑞. 利用陆地卫星象片量测冰川变化 (J). 冰川冻土, 1983, 5(1): 71–78. (Mi Desheng, Luo Xiangrui. Variations of the glaciers detected from landsat mass images (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 1983, 5(1): 71–78.)
- (12) 王璞玉, 李忠勤, 李慧林. 气候变暖背景下典型冰川储量变化及其特征分析: 以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例 (J). 自然资源学报, 2011, 26(7): 1 189–1 198. (Wang Puyu, Li Zhongqin, Li Huilin. Ice volume changes and their characteristics for representative glacier against the background of climatic warming (J). Journal of Natural resources, 2011, 26(7): 1 189–1 198.)
- (13) 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 冰川消融对气候变化的响应: 以乌鲁木齐河源 1 号冰川为例 (J). 冰川冻土, 2007, 29(3): 333–342. (Li Zhongqin, Shen Yongping, Wang Feiteng, et al. Response of glacier melting to climate change—take Urumqi Glacier No. 1 as an example (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 2007, 29(3): 333–342.)
- (14) 李珊珊, 张明军, 李忠勤, 等. 1960—2009 年中国天山现代冰川末端变化特征 (J). 干旱区研究, 2013, 30(2): 378–384. (Li Shanshan, Zhang Mingjun, Li Zhongqin, et al. Variation of glacier terminuses in the Tianshan Mountains, China, during the period of 1960–2009 (J). Arid Zone Research, 2013, 30(2): 378–384.)
- (15) 康尔泗. 高亚洲冰冻圈能量平衡特征和物质平衡变化计算研究 (J). 冰川冻土, 1996, 18(增刊 1): 12–22. (Kang Ersi. Characteristics of energy balance and computation on the mass balance change of the High-Asia cryosphere (J). Journal of Glaciology and Geocryology, 1996, 18(Suppl. 1): 12–22.)
- (16) IPCC. The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on the Climate Change (M). Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 1–996.

Area Variation Analysis of Urumqi Glacier No. 1 in Past 50 Decades

YAO Hong-bing¹, LI Zhong-qin^{1,2}, WANG Pu-yu², HUAI Bao-juan², ZHANG Hui¹

(1. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences/Tianshan Glaciological Station, Cold and Arid Region Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: In the context of global warming, cryosphere is the impact on the climate system, the Urumqi Glacier No. 1 (referred to as the Glacier No. 1). Cryosphere is the core of the climate system more spheres of interaction, has the longest glacier monitoring. Cryosphere processes and the response mechanism of climate change research is the focus of future cryosphere research. Cryosphere process monitoring of the different types of glaciers, associated with climate change by glacier dynamics model, analyzing the quantitative relationship between the glacier change and climate change is a part of the cryosphere research. Since 1962, it has been carried out using five kinds of methods and nine times of topographic map surveying and three times of aerial photogrammetry in Urumqi Glacier No. 1. Combined with previous studies, we have found that the presence of the Glacier No. 1 in 1962 and 1980 the area were 1.86 km² and 1.91 km² after original digitized. The GPS-RTK data in 2012 was used for the Glacier No. 1 measurement and a detailed topographic mapping, the results showed that area of Glacier No. 1 was 1.59 km², with east and west branch area was 1.02 km² and 0.57 km², respectively. The glacier area for nearly 50 years substantially reduced, withdrawal rate of 16.8%. Analysis of the relationship between Glacier No. 1 area variation with elevation, aspect, slope, and found Glacier No. 1 overall were shrinking, and shrinking speed were different; strong ablation slope at around 10°, and surface absorbed solar radiation the amount is more than 2 times the horizontal plane. The north-south slope of east branch generally has a strong retreat trend, and the north slope of west branch shrink fast, as a whole, east branch retreat faster than the west branch; and mainly by the combined effect of temperature and terrain.

Key words: Glacier No. 1; digital mapping; area variation; gradient; Urumqi River