DOI:10.13866/j.azr.2013.04.028

近年来祁连山中段冰川变化①

陈 辉[1,2]， 李忠勤[1,2]， 王璞玉[2]， 周 平[2]， 金 爽[2]
(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/天山冰川站，甘肃 兰州 730000)

摘 要: 基于遥感和实测的方法，对近50 a来祁连山中段，包括黑河流域和北大河流域的冰川变化特征进行了分析。研究表明: 1956—2003年，祁连山中段所研究的910条冰川面积共缩小了21.7%。其中，黑河流域冰川面积缩小了29.6%，北大河流域冰川面积缩小了18.7%。小冰川面积变化较大冰川要大，其对气候变化的敏感性较强。由于祁连山中段东西跨度较大，气候和地形等因素的不同，直接造成了冰川变化的区域差异。近期野外考察发现，位于黑河上游的葫芦沟流域，1956—2010年冰川面积缩小了30.1%，近7 a冰川面积缩小的比率达到前期的近5倍，且其中的十一冰川由于消融严重，已经完全分离成2条独立的冰川。雪冰融水径流是该流域中重要的水源，在稳定河川径流、调节其年际变化和年内分配方面发挥着重要作用。

关键词: 遥感方法; 实测方法; 冰川面积; 葫芦沟流域; 祁连山中段

冰川不仅可以揭示气候变化，还是一种重要的淡水资源，其变化一方面记录了气候变化的相关信息，另一方面，由此导致的融水变化对河川径流丰枯变化具有重要影响。在我国西部干旱区，雪冰融水补给对内陆干旱流域经济社会发展具有重要作用。

祁连山中段的黑河和北大河，是河西走廊雪冰融水补给的地区之一，其中黑河流域是我国干旱区第二大内陆河流域[1-3]。1958年，中国的雪冰研究始于祁连山中段走廊南山北坡的七一冰川[4-5]，并对祁连山地区的现代冰川变化开展了大规模系统研究工作[6-10]。2010年10月，科研人员在黑河上游葫芦沟流域进行了冰川状况和建立代表性冰川长期监测体系的野外考察工作。在详细考察研究之后，选定葫芦沟流域最大的一条冰川为长期观测研究的代表冰川(或参照冰川，国际上称之为reference glacier)。由于考察队员是在“十一”国庆节期间登上该冰川的，因此将其命名为“十一”冰川。该冰川是一个悬冰川和一个山谷冰川的组合，作为代表性冰川来进行观测研究十分理想。本文基于遥感和近期实地观测，对祁连山中段地区冰川过去50 a的变化特征进行了分析，以期为研究该流域冰川径流对河川径流的贡献及其未来变化奠定基础。

1 研究区概况

祁连山(36.5°~39.5°N，93.5°~103°E)由一系列大致平行的NW—SE走向的山脉和谷涧组成。地势西北高、东南低，山系南北两翼极不对称。山系的东段有冷龙岭、达坂山、拉脊山，中段有走廊南山、托勒山、托勒南山、大通山等，西段有大雪山、党河南山、查干鄂博图岭、土尔根达坂山、柴达木山、哈尔科山和宗务隆山等。祁连山区有冰川2 859条，冰川总面积1 972.50 km^2[1]。祁连山东部冰川面积小，多为冰斗冰川，西部面积大，多为山谷冰川。祁连山中段的冰川包括黑河流域和北大河流域的1 078条，其中黑河流域428条，北大河流域650条，总面积420.55 km^2，储量13.67 km^3，其数量和面积分别占整个祁连山的37.7%和21.3%(图1)。

葫芦沟流域(38.2°~38.3°N，99.8°~99.9°E)位于黑河上游地区，为黑河西支—野牛沟河的一级支流，流域呈葫芦状，海拔2 960~4 820 m，流域面积22.5 km^2，共有6条冰川，总面积1.45 km^2，是黑河的产流区和水源涵养区[1]。十一冰川(5Y424B0004)面积0.54 km^2。该区海拔4 200 m

① 收稿日期: 2012-08-09; 修订日期: 2012-09-14
基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体项目(41121001); 实验室自主项目(SKLCS-ZZ-2012-01-01); 国家自然科学基金项目(91025012，41001040，41101066)
作者简介: 陈辉(1980-)，女，博士研究生，主要从事冰川变化及其对水资源影响研究. E-mail: chenhui@lzb.ac.cn

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

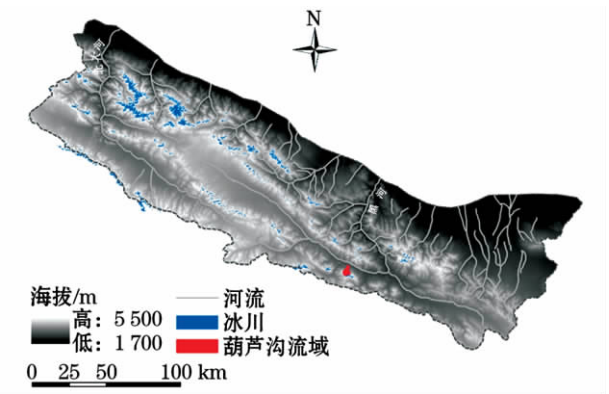

图 1　研究区位置示意图及冰川分布

Fig. 1　Geographical location of the study area and distribution of glaciers

以上为冰川和季节性积雪所覆盖，占流域总面积的 8.4%，是雪冰水资源的主要分布区。流域地形复杂，具有明显的垂直地带性，从高海拔到低海拔依次分布着积雪、冰川、冻土、高山寒漠、高山灌丛、山地草甸及草原。整个流域受大陆性气候影响显著，高寒阴湿、昼夜温差大、气温低、降水相对丰沛，降水量随高程的增高而增加，主要集中在 7—9 月。流域主要由降水、雪冰融水和地下水补给，而雪冰融水是重要的水源，在生态系统演化中扮演着重要角色。

2　数据及方法

研究采用的数据包括遥感影像、地形图、数字高程模型(DEM)和 GPS 野外实测数据，使用遥感和实测相结合的方法开展近 50 a 来祁连山中段的冰川变化分析。研究选用了 10 景 ASTER 遥感影像，其中 9 景摄于 2003 年，1 景摄于 2004 年，分辨率为 15 m。选择的这些影像都是 2000 年以来所有影像中云量、积雪覆盖最少，质量最好的，多为消融期末，缘于该时期雪盖的范围最小，以此可以减少对冰川边界划定的不确定性。50 幅地形图均基于航空像片转绘，其中 40 幅为 1956 年，3 幅为 1957 年，5 幅为 1966 年，2 幅为 1978 年。因此，本研究的时间跨度可视为 1956—2003 年。30 m 分辨率的数字高程模型被用以 ASTER 影像的正射校正，这一过程在 PCI Geomatica 9.1 软件中进行，具体方法详见文献[11－12]。地形校正和配准则使用 ERDAS Imagine 9.0 软件，平均选择了 30～50 个在地形图和影像上明显对应的、可辨识出来的地面控制点。均方根误差(RMSE)在 x 和 y 方向均小于 1 个像元(15 m)，坐标系为 UTM-WGS84。结合该区 30 m 分辨率的 DEM，在 GIS 软件 ArcView 支持下，对不同时期的冰川边界进行了确定。该软件是提取冰川信息的一种非常实用的工具[13]，尤其是当同一个工作人员针对不同格式的影像，如航空像片和 ASTER 遥感影像进行边界提取等[8,14－16]。表碛覆盖是影响冰川边界确定准确性的重要因素[17]，然而祁连山中段冰川几乎无表碛覆盖，因此，该因素暂不考虑。由于影像部分区域具有云量或积雪覆盖，所以，本文重点对祁连山中段 910 条冰川开展研究，包括黑河流域冰川 335 条和北大河流域冰川 575 条。根据 Hall[18]、Silvreio[19]、Ye[20]等的研究，冰川面积和长度提取的总体精度主要与几何配准技术及像元分辨率有关，进行评估后该区冰川长度的不确定性为 ±49.3 m，冰川面积的不确定性为 ±0.005 km^2。2010 年 10 月，对祁连山中段黑河上游葫芦沟流域进行了考察，利用 RTK-GPS(Real Time Kinematic-Global Position System)对该流域范围进行了定位，并对十一冰川进行了详细的末端定位及表面高程测量，取得的实测数据为流域冰川变化研究提供了第一手的野外实测验证资料。

3　结　果

3.1　冰川朝向

根据 2003 年 ASTER 影像解译结果，得到了 1956 年黑河和北大河 910 条冰川在 2003 年(已变为共 879 条，面积 311.02 km^2)的面积、数量和坡向分布特征(图2)。所研究的冰川中，有721条集中

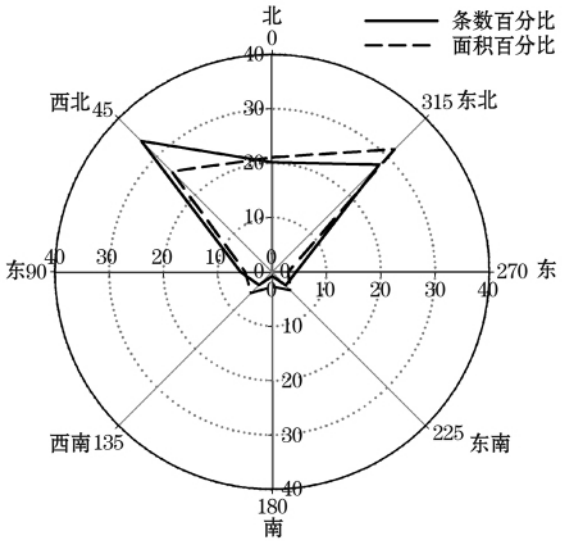

图 2　2003 年祁连山中段不同朝向冰川面积、数量比例分布

Fig. 2　Distribution of area and number of glaciers with different aspects in the central Qilian Mountain in 2003

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分布在西北(NW)、正北(N)和东北(NE)3个方向，面积245.79 km^2，占冰川总面积的79.0%，这与北半球大多区域的冰川朝向分布特征一致[21]。同时，分布在这3个方向的冰川以小冰川为主，面积小于1.0 km^2的冰川占到总数的93.1%。西北(NW)朝向冰川条数所占比例最大(34.0%)，东北(NE)朝向冰川面积所占比例最大(26.1%)。正西(W)、西南(SW)、正南(S)、东南(SE)以及正东(E)朝向的冰川无论条数和面积所占比例相对较小。

3.2 不同等级冰川分布和变化

从表1可以看出，面积小于0.1 km^2、0.1～0.5 km^2和0.5～1.0 km^2的冰川分别占到总条数的15.6%、56.9%和18.0%。因此，小于1.0 km^2的冰川数量和面积分别占总数的90.4%和57.6%，无论是在数量和总面积上均占优势。占总条数9.3%的1.0～5.0 km^2等级的冰川，面积占到总面积的39.0%。该区仅有2条冰川面积大于5.0 km^2，总面积为10.92 km^2。

表1 1956—2003年祁连山中段不同等级冰川面积变化

Tab.1 Change of area of glaciers with different sizes in the central Qilian Mountain during the period from 1956 to 2003

面积等级/km^2	1956年		2003年		冰川变化		
	条数	面积/km^2	条数	面积/km^2	条数	面积/km^2	百分比/%
<0.1	153	10.02	137	5.56	-16	-4.46	-44.5
0.1～0.5	512	126.21	500	86.89	-12	-39.32	-31.2
0.5～1.0	161	110.35	158	86.40	-3	-23.95	-21.7
1.0～5.0	82	138.92	82	121.24	0	-17.68	-12.7
>5.0	2	11.91	2	10.92	0	-0.99	-8.3
合计	910	397.41	879	311.02	-31	-86.39	-21.7

1956—2003年，910条冰川总面积从397.41 km^2缩小到311.02 km^2，缩小了21.7%。有31条冰川完全消失，面积均小于1.0 km^2，其中28条面积小于0.5 km^2。计算得到冰川末端平均后退189 m，即4.0 $m \cdot a^{-1}$。

不同面积等级的冰川变化比率不尽相同。面积小于1.0 km^2的冰川，占总条数和总面积的90.8%和62.0%，在1956—2003年面积缩小了27.5%。相比之下，大于1.0 km^2的冰川，其数量和面积分别占总数的9.2%和38.0%，面积缩小了12.3%。因此，小于1.0 km^2冰川无论在面积和数量上均占优势，1.0 km^2以上的冰川平均面积变化率为2倍以上。

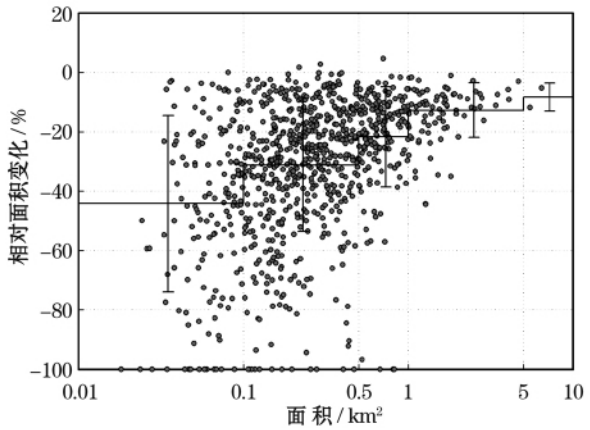

图3 1956—2003年祁连山中段不同等级冰川的面积变化

Fig.3 Change of area of glaciers with different sizes in the central Qilian Mountain during the period of 1956－2003

从图3显示的单条冰川面积的相对变化可以看出，小冰川变化相对较大，大冰川变化相对较小。这种冰川变化幅度和冰川规模与干旱区其他地区变化规律相一致。小冰川的面积变化标准偏差要明显大于大冰川，表明影响其变化的因素较多，其中有3条小冰川面积略有增加。一方面很可能是由于这3条冰川所处的特殊地形环境所致，该处风吹雪积累强烈，另一方面也可能是分析误差所致。

3.3 黑河和北大河冰川变化

从表2可以看出，1956—2003年，黑河流域和北大河流域冰川面积分别缩小了29.6%和18.7%。黑河流域冰川的平均面积为0.32 km^2，较北大河0.50 km^2小很多，而且没有大于5 km^2的冰川，这也是其冰川面积缩小比率大于北大河的主要原因。在消失的31条冰川中，有13条位于黑河流域，占其总条数的3.8%，18条位于北大河流域，占其总数的3.1%。

20世纪50年代以来，祁连山气温明显升高，增幅为0.54～0.92°C，是造成冰川退缩的主要原因。同时，祁连山西部受西风环流影响，降水呈增加趋势，东部受季风影响，降水呈减小趋势[22]。北大河

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　1956—2003 年黑河和北大河不同等级冰川分布和面积变化

Tab. 2　Distribution and area change of glaciers with different sizes in the Heihe River Basin and Beidahe River Basin during the period from 1956 to 2003

流域	面积等级 /km²	1956 年		2003 年		冰川变化		
		条数	面积/km²	条数	面积/km²	条数	面积/km²	百分比/%
黑河流域	<0.1	58	3.82	52	2.03	-6	-1.78	-46.7
	0.1~0.5	218	51.51	211	33.68	-7	-17.84	-34.6
	0.5~1.0	40	26.36	40	19.46	0	-6.90	-26.2
	1.0~5.0	19	27.66	19	21.77	0	-5.89	-21.3
	>5.0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	335	109.35	322	76.94	-13	-32.41	-29.6
北大河流域	<0.1	95	6.21	85	3.53	-10	-2.68	-43.1
	0.1~0.5	294	74.70	289	53.22	-5	-21.48	-28.8
	0.5~1.0	121	84.00	118	66.95	-3	-17.05	-20.3
	1.0~5.0	63	111.26	63	99.46	0	-11.79	-10.6
	>5.0	2	11.91	2	10.92	0	-0.99	-8.3
	合计	575	288.06	557	234.08	18	-53.98	-18.7

流域降水量相对黑河流域较多，同时冰川规模也相对较大，是造成该流域冰川变化比率小的直接原因。

3.4　葫芦沟流域冰川变化

葫芦沟流域共有 6 条冰川，总面积由 1956 年的 1.45 km² 减小到 2010 年的 1.01 km²，54 a 间减少了 30.1%，年平均减少 0.008 km²。一条冰川已消融殆尽。同时还发现，该流域中的一条冰川未被统计到冰川编目中。结合 2003 年 ASTER 遥感影像，该流域冰川 1956—2003 年冰川面积年平均减少了 0.005 km²，2003—2010 年年平均减少了 0.026 km²，是 1956—2003 年的近 5 倍。其中，十一冰川面积由 1956 年的 0.64 km² 缩减为 2010 年的 0.54 km²，共减少了 0.10 km²，缩小率 15.8%，同时冰川末端升高了 50 m，由海拔 4 270 m 上升至 4 320 m。2003—2010 年该冰川的变化速率已增至 1956—2003 年的近 6 倍。由于消融严重，该冰川目前已分离成两个相对独立的冰川(图 4)。

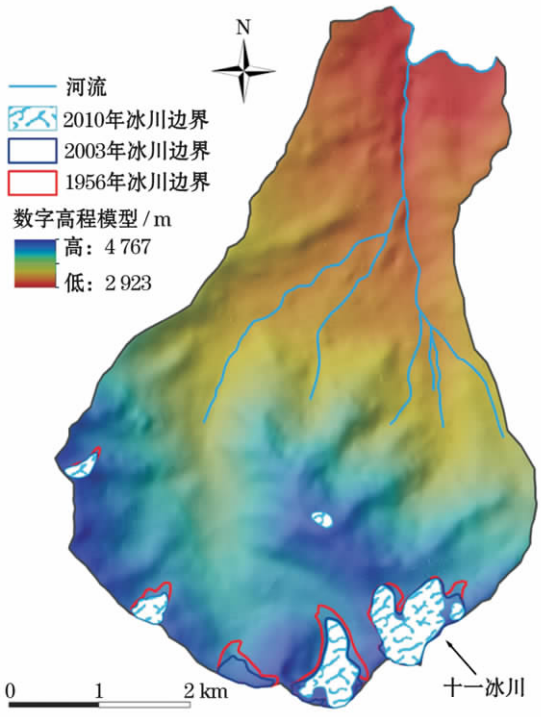

图 4　1956—2010 年葫芦沟流域冰川变化

Fig. 4　Change of glaciers in the Hulugou River Basin during the period from 1956 to 2010

4　结论与讨论

(1) 1956—2003 年，祁连山中段的 910 条冰川面积共缩小了 21.7%。相比之下，小冰川的面积变化速率比大冰川大，表明小冰川对气候变化的敏感性强。近 50 a，黑河流域冰川面积缩小了 29.6%，北大河流域冰川面积缩小 18.7%。野外实测结果显示，黑河上游葫芦沟小流域的冰川，1956—2010 年冰川面积缩小了 30.1%。其中 1956—2003 年，冰川面积年平均减少了 0.005 km²，2003—2010 年年平均减少了 0.026 km²，近 7 a 冰川面积缩小的比率达到前期的近 5 倍，其中十一冰川由于消融严重已经完全分离成两条独立的冰川。

(2) 由于冰川在各流域分布的面积不均匀，雪冰融水对河川径流的贡献各不相同。黑河流域的冰川面积较小，各支流的融水补给率仅为 5% ~ 10%[23-24]。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(3) 黑河流域和北大河流域的冰川以冰斗冰川和小型山谷冰川为主,对气候变化十分敏感。20 世纪 50 年代至今,总面积已减少了 21.7%。

然而,各流域冰川面积和大小组合不一,融水对流域水系在补给量和年内分配的贡献也存在很大差异。要想定量揭示这一贡献,需要开展流域尺度的冰川动力学模式和水文模式耦合研究。而开展这一研究,重要的是获取冰川形态、冰川物质平衡以及冰川区气象、水文等多种参数。未来将重点对葫芦沟流域的十一冰川开展系统的观测研究,旨在通过参照冰川—流域多条冰川的尺度转换,研究在流域尺度冰川变化对水文、水资源的影响。

参考文献(References):

(1) 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国冰川目录Ⅰ. 祁连山区〔M〕. 北京: 科学出版社,1980.〔Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences. Glacier Inventory of China Ⅰ. Qilian Mountains〔M〕. Beijing: Science Press,1980.〕

(2) 中国科学院高山冰雪利用研究队. 祁连山冰川考察报告〔M〕. 北京: 科学出版社,1958.〔Investigation Team on Utilization of Snow and Ice Resources in Mountain Regions, Academia Sinica. Investigations Report of Glaciers in the Qilian Mountains〔M〕. Beijing: Science Press,1958.〕

(3) 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊第 7 号: 祁连山冰川、气候及径流变化监测与寒区水文研究专辑〔M〕. 北京: 科学出版社,1992: 1 – 147.〔Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences. Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences No. 7: The monitoring of Glacier, Climate, Runoff Changes and the Research of Cold Region Hydrology in Qilian Mountains〔M〕. Beijing: Science Press,1992: 1 – 147.〕

(4) 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊第 5 号: 祁连山冰川变化及利用〔M〕. 北京: 科学出版社,1985: 1 – 185.〔Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences. Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences No. 5: Glacier Variations and Utilizations in Qilian Mountains〔M〕. Beijing: Science Press,1985: 1 – 185.〕

(5) Sakai A, Matsuda Y, Fujita K, et al. Hydrological observations at July 1st Glacier in northwest China from 2002 to 2004〔J〕. Bulletin of Glaciological Research,2006,23: 33 – 39.

(6) 王璞玉,李忠勤,高闻宇,等. 气候变化背景下近 50 年来黑河流域冰川资源变化特征分析〔J〕. 资源科学,2011,33(3): 399 – 407.〔Wang Puyu, Li Zhongqin, Gao Wenyu, et al. Glacier changes in the Heihe River Basin over the past 50 years in the context of climate change〔J〕. Resources Science,2011,33(3): 399 – 407.〕

(7) 阳勇,陈仁升,吉喜斌. 近几十年来黑河野牛沟流域的冰川变化〔J〕. 冰川冻土,2007,29(1): 100 – 106.〔Yang Yong, Chen Rensheng, Ji Xibin. Variations of glaciers in the Yeniugou watershed of Heihe River Basin from 1956 to 2003〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2007,29(1): 100 – 106.〕

(8) 颜东海,李忠勤,高闻宇,等. 祁连山北大河流域冰川变化遥感监测〔J〕. 干旱区研究,2012,29(2): 245 – 250.〔Yan Donghai, Li Zhongqin, Gao Wenyu, et al. RS-based monitoring of glacier change in the Beidahe River Basin in the Qilian Mountains〔J〕. Arid Zone Research,2012,29(2): 245 – 250.〕

(9) 蒲健辰,姚檀栋,段克勤,等. 祁连山七一冰川物质平衡的最新观测结果〔J〕. 冰川冻土,2005,27(2): 199 – 204.〔Pu Jianchen, Yao Tandong, Duan Keqin, et al. Mass balance of the Qiyi Glacier in the Qilian Mountains: A new observation〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2005,27(2): 199 – 204.〕

(10) 宋高举,王宁练,陈亮,等. 祁连山近期七一冰川融水径流特征分析〔J〕. 冰川冻土,2008,30(2): 321 – 328.〔Song Gaoju, Wang Ninglian, Chen Liang, et al. Analysis of the recent features of the meltwater runoff from the Qiyi Glacier, Qilian Mountains〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2008,30(2): 321 – 328.〕

(11) Toutin T. DEM from stereo landsat 7 ETM$^+$ data over high relief areas〔J〕. International Journal of Remote Sensing,2002,23(10): 2 133 – 2 139.

(12) Kääb A. Mountain Glaciers and Permafrost Creep. Methodical Research Perspectives from Earth Observation and Geoinformatics Technologies〔D〕. Zurich: University of Zurich,2004: 205.

(13) Raup B, Racoviteanu A, Jodha S, et al. The GLIMS geospatial glacier database: A new tool for studying glacier change〔J〕. Global and Planetary Change,2007,56(1/2): 101 – 110.

(14) Paul F, Kääb A, Maisch M, et al. The new remote-sensing-derived swiss glacier inventory: I. Methods〔J〕. Annals of Glaciology,2002,34: 355 – 361.

(15) 白金中,李忠勤,张明军,等. 1959—2008 年新疆阿尔泰山友谊峰地区冰川变化特征〔J〕. 干旱区地理,2012,35(1): 116 – 124.〔Bai Jinzhong, Li Zhongqin, Zhang Mingjun, et al. Glacier changes in Youyi Area in the Altay Mountains of Xinjiang during 1959 – 2008〔J〕. Arid Land Geography,2012,35(1): 116 – 124.〕

(16) 高闻宇,李忠勤,李开明,等. 基于遥感与 GIS 的库克苏河流域冰川变化研究〔J〕. 干旱区地理,2011,34(2): 252 – 261.〔Gao Wenyu, Li Zhongqin, Li Kaiming, et al. Glacier variation in the Kukesu River Basin during 1963 – 2004〔J〕. Arid Land Geography,2011,34(2): 252 – 261.〕

(17) 宋波,何元庆,庞洪喜,等. 基于遥感和 GIS 的我国季风海洋型冰川区冰碛物覆盖型冰川边界的自动识别〔J〕. 冰川冻土,2007,29(3): 456 – 462.〔Song Bo, He Yuanqing, Pang Hongxi, et al. Identifying antomatically the debris-covered glaciers in China's monsoonal temperate-glacier regions based on remote sensing and GIS〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2007,29(3): 456 – 462.〕

(18) Hall D K, Bayr K, Schfner W, et al. Consideration of the errors inherent in mapping historical glacier positions in Austria from ground and space (1893 – 2001)〔J〕. Remote Sensing of Environment,2003,86: 566 – 577.

(19) Silverio W, Jaquet J M. Glacial cover mapping (1987 – 1996) of

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery〔J〕. Remote Sensing of Environment,2005,95(3):342 - 350.

〔20〕 Ye Q H,Kang S C,Chen F,et al. Monitoring glacier variation on Geladandong mountain,central Tibetan Plateau,from 1969 to 2002 using remote sensing and GIS technologies〔J〕. Journal of Glaciology,2006,52:537 - 545.

〔21〕 Evans I S. Local aspect asymmetry of Mountain Glaciation: A global survey of consistency of favoured directions for glacier numbers and altitudes〔J〕. Geomorphology,2006,73(1/2):166 - 184.

〔22〕 蓝永超,丁永建,康尔泗. 近 50 年来黑河山区汇流区温度及降水变化趋势〔J〕. 高原气象,2004,23(5):723 - 727.〔Lan Yongchao,Ding Yongjian,Kang Ersi. Variations and trends of temperature and precipitation in the mountain drainage basin of the Heihe River in recent 50 years〔J〕. Plateau Meteorology,2004,23(5):723 - 727.〕

〔23〕 杨针娘. 中国冰川水资源〔M〕. 兰州: 甘肃科学技术出版社,1991.〔Yang Zhenniang. Glacier Water Resources in China〔M〕. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press,1991.〕

〔24〕 贺建桥,宋高举,蒋熹,等. 2006 年黑河水系典型流域冰川融水径流与出山径流的关系〔J〕. 中国沙漠,2008,28(6):1 186 - 1 189.〔He Jianqiao,Song Gaoju,Jiang Xi,et al. Relation between glacial meltwater runoff and mountainous runoff in 2006 in four typical river basins of Heihe River water system〔J〕. Journal of Desert Research,2008,28(6):1 186 - 1 189.〕

Change of Glaciers in the Central Qilian Mountain

CHEN Hui[1,2], LI Zhong-qin[1,2], WANG Pu-yu[2], ZHOU Ping[2], JIN Shuang[2]

(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 Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*)

Abstract: Change of glaciers in the central Qilian Mountain in recent 50 years, including the Heihe River Basin and the Beidahe River Basin, was analyzed based on the remote sensing data and field survey. Results indicated that the total area of 910 glaciers investigated was reduced by 21.7% with a reduction rate of 0.002 $km^2 \cdot a^{-1}$ during the period from 1956 to 2003, in which the total area of glaciers was reduced by 29.6% in the Heihe River Basin and 18.7% in the Beidahe River Basin. Reduction rate of the small glaciers was generally higher than that of the large ones, indicating that the small glaciers were more sensitive to climate change than the large ones. There was a regional difference in area change of glaciers due to the different geographical locations of the glaciers, local climate conditions and topographic factors in the central Qilian Mountain. Recent field survey revealed that the total area of glaciers in the Hulugou River Basin located in upper reaches of the Heihe River was reduced by 30.1% during the period from 1956 to 2010, and the reduction of glacier area in recent 7 years was 5 times of that in previous years. Shiyi Glacier located in this region was separated into two independent glaciers due to the serious ablation. Glacier melt runoff is the vital water source and plays an important role in stabilizing stream flow and regulating annual variation and distribution.

Key words: remote sensing; field survey; glacier area; Hulugou River Basin; central Qilian Mountain

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net