

文章编号: 1673-1719 (2006) 04-0154-07

## 近 30 a 青藏高原气候与冰川变化中的两种特殊现象

施雅风<sup>1,2</sup>, 刘时银<sup>1,3</sup>, 上官冬辉<sup>1</sup>, 李栋梁<sup>1</sup>, 叶柏生<sup>1</sup>, 沈永平<sup>1</sup>

(1 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 3 中国科学院 青藏高原研究所, 北京 100085)

**摘要:** 近 30 a 全球强烈变暖, 水循环加快, 冰川也加剧退缩。青藏高原以其特殊的地理位置与下垫面, 既对全球变暖有正常的反应, 也出现了异常特殊现象。这种特殊现象已发现两处: 1) 青藏高原北部偏西冰芯记录降温 0.6℃, 相应的冰川退缩微弱, 融水径流降低; 2) 青藏高原东南部以岗日嘎布山区为代表, 出现较多的冰川前进, 可能指示降水量有较大的增加。上述事实指示气候变化与冰川响应的复杂性。

**关键词:** 全球变暖; 青藏高原北部; 降温; 冰川退缩; 青藏高原东南部; 冰川前进

**中图分类号:** P343.6 **文献标识码:** A

### 1 引言: 对中国冰川退缩趋势的不同认识

自 19 世纪末小冰期结束以来, 全球波动性变暖, 近 30 a 尤为剧烈。Houghton *et al.*<sup>[1]</sup> 在 IPCC 第 3 次评估报告中指出 (图 1a), 1860 年以来全球平均变暖 0.6℃, 由图 1a 曲线可见, 20 世纪 70 年代至 90 年代, 急剧升温 0.5℃, 在纬度带 40°~70°N 变暖最为显著。在此变暖趋势带动下, 全球冰川也呈现强烈的退缩趋势, 中国西部也不例外。据王绍武等<sup>[2]</sup> 所编的 1880—2000 年温度变化曲线 (图 1b), 中国西部升温达 1.2℃, 为全球平均升温值的 2 倍, 其中还分 2 个时段的升温 (20 世纪 20—50 年代, 70—90 年代) 与 2 个时段的降温 (19 世纪 80 年代至 20 世纪 20 年代, 20 世纪 60—70 年代)。

自小冰期盛时至 20 世纪 60—70 年代, 中国西部冰川区 5 个地点温度平均上升 1.3℃, 变化幅度为

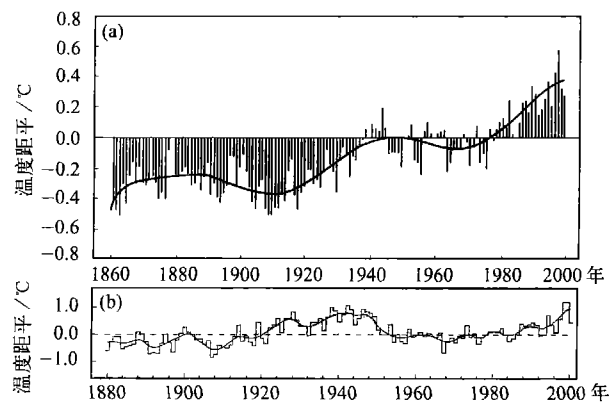


图 1 近 140 a 全球平均温度变化<sup>[1]</sup> (a) 和中国西部过去 120 a 的温度变化 (b)<sup>[2]</sup>

Fig. 1 Variations of average surface temperature for the past 140 years in the global<sup>[1]</sup> (a) and for the 120 years in western China<sup>[2]</sup> (b)

0.6~2.0℃<sup>[3]</sup>, 冰川退缩 21% 左右<sup>[4]</sup>。根据新近完成的中国冰川目录<sup>[5]</sup>, 依据 20 世纪 50 年代末至 80

收稿日期: 2006-01-20; 修订日期: 2006-04-03

基金项目: 中国科学院知识创新工程主要方向项目 (KZCX3-SW-345); 国家自然科学基金项目 (40371026); 国家自然科学基金重大科学计划项目 (90202013) 资助

作者简介: 施雅风 (1919-), 男, 中国科学院资深院士, 主要从事冰冻圈与全球变化研究. E-mail: yfshi@lzb.ac.cn

年代初的航空相片校核航测地形图(1:5万或1:10万)逐条冰川量算统计,并应用冰雷达抽样测定冰川厚度,计算冰川储量后得知,中国冰川总数为46 377条,面积59 425 km<sup>2</sup>,冰储量5 600 km<sup>3</sup>。

近30 a来全球气候变暖加剧,增强了冰川消融后退趋势,不同地区的降水有增有减,导致冰川积累量也起了相当变化。冰川学者面临的一项重要任务,就是如何正确推算近年的冰川退缩量及其对水资源和海平面变化的影响。由于缺乏新的航测资料,研究者只能应用多种来源的遥感影像上所示的冰川范围与已出版的冰川目录比较。从远距离遥感影像上量算冰川范围的精确性显然低于航测资料,而不同研究者判读方法也有相当差别,目前展开这样研究的冰川区也比较少。在这样的基础上来推算全国范围内近数十年的冰川变化量,不同研究者的结果出入很大。姚檀栋等<sup>[6]</sup>提出近似的推算方法,认为20世纪80年代在测定的612条冰川中退缩冰川已占90%,前进冰川只占有10%,而到90年代为退缩冰川占95%,前进冰川只占5%,推算近似的冰川储量减少约为452.77~486.94 km<sup>3</sup>。此后,刘时银等<sup>[4]</sup>通过对1 700多条冰川近期变化的遥感分析,认为有80.8%的冰川在退缩或消失,尚有19.2%呈前进状态。他们申明受遥感数据精度限制,大量变化幅度较小的冰川其进退状态难以确定,其推算的冰川面积减少率为4%~5%。Ding *et al.*<sup>[7]</sup>和Liu *et al.*<sup>[8]</sup>应用1999-2000年的Landsat TM/ETM和Terra ASTER影像与20世纪50-80年代地形图上的冰川进行比较,经过较仔细的几何校正,总共监测了中国西部5 020条冰川,总面积为14 424.4 km<sup>2</sup>,为上述冰川目录<sup>[5]</sup>统计总面积的24%。获知上述40 a左右时间内,冰川退缩了654.3 km<sup>2</sup>,约占监测面积的4.5%。最终结果,可能要等待依托遥感资料与实际观测资料相结合的第二次中国冰川编目的成果。

实际气候变化与冰川响应情况是很复杂的,特别是中国西部,在荒无人烟的高山与荒漠地区缺乏气象台站,经常观测的冰川也只是很少几处,把握不准的未知现象和因素很多。本文提出青藏高原气候与冰川变化中的两种值得注意的特殊现象并作了分析。

## 2 青藏高原北部的降温带与相关的冰川变化及融水减少现象

青藏高原北部是指昆仑山西段和中段及羌塘高原北部。昆仑山被称为亚洲脊柱,最高峰海拔7 160 m,有很宽展的海拔6 000 m以上的山脊区,有利于冰川发育。据中国冰川目录<sup>[5]</sup>,昆仑山西段和中段的冰川平衡线海拔4 800~6 200 m间,共有冰川12 136 km<sup>2</sup>;羌塘高原北部有若干孤立分散、海拔超过6 000 m的山体和分布其间的咸水湖盆,这个区域冰川面积只有1 500 km<sup>2</sup>,平衡线海拔在5 300~6 100 m。上述两相邻地区气候严寒干燥,推算平衡线上的平均温度与夏季温度分别低于-10℃与-1℃,年降水量在200~500 mm间,冰川属于极大陆型(extremely continental type)或极地型(polar type)<sup>[3]</sup>。蒲建辰等<sup>[9]</sup>对上述地区中的12个分散山区自19世纪小冰期结束至20世纪中期冰川变化作了统计,得出冰川面积自1 485 km<sup>2</sup>减至1 406 km<sup>2</sup>,即减少5.3%,其间温度上升估算为1~2℃<sup>[3]</sup>。

据青藏高原北部可可西里山区马兰冰帽(35°50'N,90°40'E,海拔6 056 m)上冰芯钻孔氧同位素分析,Wang *et al.*<sup>[10]</sup>得出20世纪夏半年温度上升1.2℃,从他们绘制的温度变化曲线上(图2),可看出70年代末至80年代温度突然下降了0.6℃,降温延续到90年代。

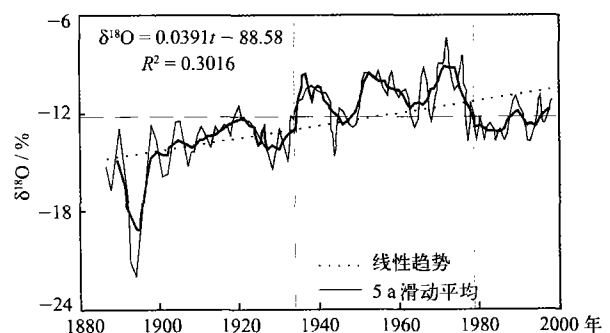


图2 马兰冰帽冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录揭示的20世纪夏半年升温趋势与80-90年代温度下降<sup>[10]</sup>

Fig. 2 The general increasing trend of the summer half-year air temperature over the 20th century and the cooling period in the 1980s-1990s revealed by  $\delta^{18}\text{O}$  in the Malan ice core from the Tibetan Plateau<sup>[10]</sup>

表1 青藏高原北部4个代表区的冰川变化  
Table 1 Glacier variations in the north Tibetan Plateau

地点	时间	冰川条数 /条	冰川面积 / km <sup>2</sup>	冰川面积变化		前进冰川		研究者
				/ km <sup>2</sup>	/ %	/ 条	/ %	
玉龙喀什流域	1971-2001	387	1 776.96	-4.94	-0.3	3	0.8	上官冬辉等 <sup>[15]</sup>
新青峰	1971-2001	64	419.9	-7.38	-1.8	16	25	刘时银等 <sup>[16]</sup>
马兰山	1976-1998	65	81.48	+0.98	+1.2	38	59	刘时银等 <sup>[16]</sup>
各拉丹冬峰	1969-2000	253	915.7	-15.7	-1.6	1	0.4	鲁安新等 <sup>[17]</sup>
总计		756	3 194.04	-26.44	-0.8	58	7.7	

新疆东南部昆仑山北麓若羌站的探空记录揭示<sup>[11]</sup>, 大气中0℃层高度在20世纪70-90年代也呈波动下降, 降幅达到100 m左右, 即与降温0.6℃相当, 如图3所示。

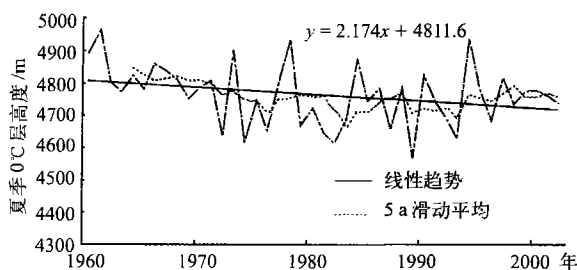


图3 探空记录所示昆仑山北麓若羌站0℃层高度变化<sup>[11]</sup>  
Fig. 3 Change in the radiosonde altitude of 0°C at Ruoqiang station in the north slope of the Kunlun Mountains<sup>[11]</sup>

关于1951-2000年间温度变化的研究, 任国玉等<sup>[12]</sup>所编的中国大陆气温趋势图上清楚指示, 帕米尔与黄河源等地区年平均气温变化为0~-0.2℃降温趋势, 降温最剧烈的地区出现于川南滇北金沙江附近, 降幅为-0.4~-0.6℃。在四季温度变化中, 导致冰川强烈消融的夏季气温, 在新疆南部与青藏高原北缘偏中地区有一个-0.4~-0.6℃以上的降温系数区<sup>[12]</sup>, 在年代际变化上, 黄河上游U形拐弯处的外斯(34° 17' N, 101° 35' E) 20世纪80年代比60、70年代分别偏低了1.5℃、1.8℃<sup>[13]</sup>。长江源区的沱沱河80年代中期一度出现3℃以上的降温, 但以后至90年代迅即恢复到略高于70年代的水平。新疆南部的降温主要出现于80年代早期, 区域性降温达

4℃左右, 1986年后逐渐恢复到70年代的水平, 但整体上南疆90年代高于1961-1991年均值0.4℃<sup>[14]</sup>。降温区是局部的, 可能从黄河上游经藏北与南疆至帕米尔存在一条不连续的降温带。为什么20世纪80、90年代全球大部分地区强烈升温, 而上述地区出现降温, 其原因还不清楚, 有待研究。同一时期, 新疆南部降水有所增加, 1961-1990年平均降水55.5 mm, 但80年代增至64.3 mm, 90年代增至69.4 mm, 绝对差值不大, 相对差值较高<sup>[14]</sup>。这种降水增加趋势, 如可能向南向西延伸到西昆仑山与帕米尔无记录的冰川区, 有助于抑制消融, 助长冰川运动, 但具体情况不明。

上述记录可以确切说明, 青藏高原北部以至新疆部分地区在20世纪末期存在一个降温区, 在降温区内冰川的消融必然减弱, 导致冰川后退减弱, 融水减少, 甚至部分冰川前进。

已有几位研究者<sup>[15-17]</sup>应用2000年前后的卫星影像(Landsat TM与ETM)与70年代地形图上冰川范围进行比较, 得出青藏高原北部4个冰川区冰川后退幅度很小, 甚至出现多条冰川在前进的现象, 如表1所示。

表1所示青藏高原北部4个地点756条冰川总面积3 194.04 km<sup>2</sup>范围内, 自1970年前后至2000年前后, 约30 a内冰川萎缩了26.4 km<sup>2</sup>, 只相当总数的0.8%。其中还出现58条前进冰川, 相当冰川总数的7%, 特别是降温最显著的马兰冰芯所在的马兰山区冰川, 65条冰川中有38条呈前进状态。和田河上游的玉龙喀什河流域冰川数量最多, 达1 777 km<sup>2</sup>, 冰

表2 昆仑山北坡西段与帕米尔部分河流近年径流量变化

Table 2 Recent variation in discharge of rivers from north slope of West Kunlun and the Pamirs Mountains

河流	流域面积 / km <sup>2</sup>	冰川面积 / km <sup>2</sup>	平均径流量 / (m <sup>3</sup> /s)		径流量变化 /%	统计者
			1951-1979 年	1980-2000 年		
克孜河	9 753	1 451	31.02	28.71	-7.3	叶柏生
喀喇喀什河	50 248	2 557	69.03	66.06	-4.4	叶柏生
玉龙喀什河	14 575	2 958	72.58	65.91	-9.2	叶柏生
克里雅河	7 538	1 357	22.22	21.99	-1.1	叶柏生
总计	82 114	8 323	194.85	182.67	-6.2	叶柏生

川萎缩相对值仅0.3%。冰川数量居第二位的各拉丹冬峰在长江河源,是唐古拉山的一部分,肯定是极大陆型冰川。严格地讲,这个山区已不属于青藏高原北部降温区,但冰川面积萎缩只有1.6%,与其他3个山区是一致的。

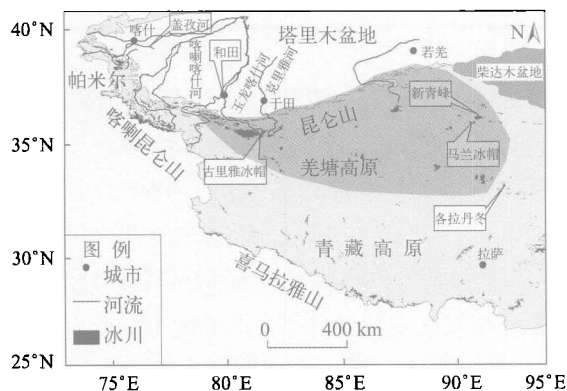


图4 青藏高原北部降温带及有关冰川与河川示意图  
Fig. 4 Sketch map of air temperature dropping zone in the northern Tibetan Plateau, glaciers and rivers in context

从昆仑山区发源流入新疆塔里木盆地的主要河流均受到冰川融水补给的影响,昆仑山北坡西段河流的融水占河川径流中的比例可达60%左右<sup>[18]</sup>,冰川融水的增减会直接影响河川径流量的丰枯。新疆大部分地区气候都显著变暖,降水量与冰川融水量增加,因此,在有实测流量变化的26条河流中,16条河川平均径流量近年显著增加,1987-2000年径流量比1956-1980年增加5%~40%<sup>[19]</sup>,但是昆

仑山西段北坡的克里雅河、玉龙喀什河、喀喇喀什河与帕米尔的克孜河(图4),近年径流量出现了减少趋势(表2)。

由表2可见,4条河流的冰川面积在1 300~3 000 km<sup>2</sup>间,冰川融水在河川径流补给中占优势。1980-2000年平均径流量比1951-1979年下降了6.2%,其中玉龙喀什河下降最多,达9.2%;其次为克孜河,下降了7.3%。克孜河流域位于帕米尔高原的东部,除汇集公格尔与慕士塔格山西坡冰川融水外,还汇集了帕米尔北部山势较低但降水丰富且雪线均较低的冰川融水。河川径流的显著降低可能指示了一个降温区的存在,但这个降温区与前述马兰冰芯、若羌探空资料指示降温区按文献[12]的图示是不相连的。表2中克里雅河径流的降低值最小,仅为1.1%,此河源自著名的古里雅冰帽北坡,冰帽上海拔6 200 m处1992年采取的冰芯 $\delta^{18}O$ 记录与积累率变化资料指示1975-1992年间有较微弱降温和较强的降水增加<sup>[20]</sup>。这可能是克里雅河径流量减少较小的原因所在。

综上所述,从马兰冰帽至克孜河源冰川区,东西相距超过1 200 km,确实存在一个可能不连续的降温带。这个降温带可能向东断续扩展至黄河上游,最显著的降温出现于马兰冰芯记录,20世纪70年代末至80年代,夏半年温度下降0.6℃左右,古里雅冰芯记录有较弱的响应。这个降温带是导致青藏高原北部可能连续至帕米尔部分山区冰川萎缩程度小于1%,以及该地区流注塔里木地区河川径流下降6%左右的主要原因。

表3 岗日嘎布山与邻近山区若干冰川的长度变化  
Table 3 Change in glacier length and area in the Gangrigabu Mountains and adjacent areas, Southeast Qinghai-Tibetan Plateau

冰川名称	长度 / km	面积 / km <sup>2</sup>	时间	长度变化 / m	面积变化 / km <sup>2</sup>	资料来源
那隆	32.5	191.4	1980-2001	-1534	-2.23	文献 [22]
阿扎	16.7	13.75	1920-1930	前进伸长		文献 [21]
			1933-1980	-995		文献 [22]
			1980-2001	-1627	-0.44	
50282B0099	7.7	21.55	1980-2001	-920		文献 [22]
50822B0123	6.1	22.81	1980-2001	+1762	+0.40	文献 [22]
50282B0136	4.5	12.68	1980-2001	+1117	+0.51	文献 [22]
梅里雪山明永冰川	11.7	12.55	1932-1959	-2000 (约数)		文献 [23]
			1959-1971	+830 ~ 930		
			1971-1982	+70		
			1982-1998	+280		
			1998-2002	-30		文献 [24]
玉龙雪山白水1号冰川	2.5	1.7	19世纪-1957	-1250		
			1957-1992	+800		文献 [24]
			1992-2002	-250		

### 3 青藏高原东南部较多的冰川前进及其可能原因

青藏高原东南部在南亚季风影响下,降水丰沛,冰川区积累和消融都很强,冰川温度也比较高,冰川运动以底部滑动为主,速度较大。在雅鲁藏布江呈U型大拐弯处东北侧的岗日嘎布山区(30°N, 95°30'E),最高峰海拔6610m,正处于季风水汽北上通道的位置上(图5)。由波密境内的古乡冰川上的积雪年层与降水梯度推测,冰川区年降水量可达2500~3000mm<sup>[21]</sup>。由西藏水文水资源局2004年编制的多年平均径流等值线图可见<sup>①</sup>,雅鲁藏布江大拐弯沿东北侧即岗日嘎布山区年径流深达1400~2500mm,推测的年降水量为2000~3000mm,这里冰川平衡线降至海拔4700m左右,远低于同纬度珠穆朗玛峰北坡的海拔6000m<sup>[18]</sup>。据中国冰川目录可知这个山区共有冰川1320条,总面积2655km<sup>2</sup>,冰储量260km<sup>3</sup>。应用1999年Landsat TM与2001年

CBERS卫星影像经过几何校正与1980年航测地形图进行比较, Liu *et al.*<sup>[22]</sup>监测了88条冰川,总面积797.78km<sup>2</sup>,其中有52条冰川(占59%)后退,36条冰川(占41%)在前进。后退与前进冰川面积变化的平衡结果为20a间冰川面积只减少2km<sup>2</sup>,即0.25%。在气候变暖条件下,退缩比率如此之小,前进冰川如此之多,殊令人感到意外。

表3给出了岗日嘎布山与邻近山区冰川的长度变化,由表可见,所列7条冰川均位于28°~30°N, 95°~101°30'E范围内,即受到来自印度洋的季风降水影响。上文和表3所示前进冰川的高比率和冰川长度大幅度的变动,显然不能单纯用温度升高来解释。据邻近的察隅(海拔2331m, 28°40'N, 97°15'E)和波密(海拔2737m, 29°50'N, 95°50'E)二站气象记录,1960-2002年夏季平均温度上升了0.3~0.5℃,显然将加剧消融,会使冰川普遍衰退。但出乎意料的是出现了上文所述的若干前进冰川,虽然是波动性的,但前进幅度不小,这表明降水量必然有

① 西藏自治区水文水资源局. 西藏自治区水资源调查评价报告(初稿). 2004

相当大的变化。在王绍武等<sup>[2]</sup>主编的《中国西部环境特征及其演变》专著所载1951—1999年降水量变化趋势图上显示,本区降水存在10%的增长趋势,西藏水文水资源局统计的年际降水量变化指出<sup>①</sup>,波密的降水最大年(1 152 mm)为最小年(608 mm)的1.9倍,察隅最大年(1 171 mm)为最小年(546 mm)的2.1倍。上述降水量变化如果也适用于高山冰川区,则降水量或冰川积累量的变化肯定会对冰川进退产生重大的影响。据Houghton *et al.*<sup>[1]</sup>报告,挪威西部近年出现较多的冰川前进,极可能是由于降水量增加的结果。因此,我们设想青藏高原东南部主要是岗日嘎布山出现较多前进冰川与较大的前进值,这也反映出由于近年降水量有较大增加的缘故。由于高山区地形变化大,不同冰川的积累增加值也有较大的出入,而冰川运动的响应也不太一样,因此出现进退变化的多样性。

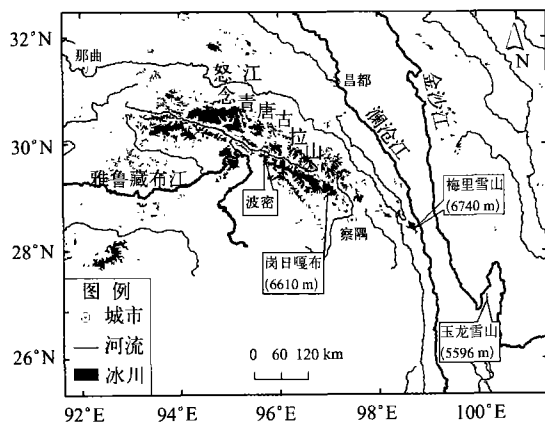


图5 青藏高原东南部岗日嘎布山、玉龙雪山等分布图  
Fig. 5 Sketch map showing the location of the Gangrigabu Range, the Yulongxueshan Mountain and so on over the southeastern Tibetan Plateau

#### 4 结论与讨论

本文所述近20~30 a间青藏高原西北部出现的降温现象及其导致的冰川退缩微弱与河川径流减少,和青藏高原东南部南亚季风强降雨区即岗日嘎布山等山区,出现较多冰川前进和冰川面积减少微弱现象,可能由于高降水量不均匀地增加的结果。这两

种特殊现象指示了青藏高原气候与冰川变化的复杂性。过去某些研究如Shi *et al.*<sup>[3]</sup>、姚檀栋等<sup>[6]</sup>衡量青藏高原的冰川变化主要考虑了与全球变暖一致的温度升高因素,而忽视了实际已存在局部降温与显著的降水变化因素。由于高山冰川区气象台站极其稀少,降水量资料更难于取得,它被忽视也不足为奇。但这个重要的而情况又不明的因素,在研究中被忽视就会对冰川变化的总体估计和对未来情景的预估产生严重的不利影响。因此,今后研究必须力求全面掌握情况,谨慎推断结果。■

#### 参考文献

- [1] Houghton J T, Ding Y H, Grigs D J, *et al.* Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001: 101-181.
- [2] 王绍武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变 [M] // 秦大河. 中国西部环境演变评估 (第1卷). 北京: 科学出版社, 2002: 51.
- [3] Shi Yafeng, Liu Shiyin. Estimation on the response of glaciers in China to the global warming in the 21st century [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45 (7): 668-672.
- [4] 刘时银. 中国西部冰川变化及趋势 [M] // 施雅风, 刘潮海, 王宗太, 等. 简明中国冰川目录. 上海: 上海科普出版社, 2005: 171-176.
- [5] 施雅风, 刘潮海, 王宗太, 等. 简明中国冰川目录 [M]. 上海: 上海科普出版社, 2005: 1-194.
- [6] 姚檀栋, 刘时银, 蒲建辰, 等. 高亚洲冰川的近期退缩及其对西北水资源的影响 [J]. 中国科学 (D辑), 2004, 34 (6): 535-543.
- [7] Ding Yongjian, Liu Shiyin, Li Jing, *et al.* The retreat of glaciers in response to recent climate warming in western China [J]. Annals of Glaciology, 2006, 43: in press.
- [8] Liu Shiyin, Ding Yongjian, Shangguan Donghui, *et al.* Glacier retreat as a result of climate change due to warming and increased precipitation in the Tarim River Basin, Northwest China [J]. Annals of Glaciology, 2006, 43: in press.
- [9] 蒲建辰, 姚檀栋, 王宁练, 等. 近百年青藏高原冰川的进退变化 [J]. 冰川冻土, 2004, 26 (5): 517-521.
- [10] Wang Ninglian, Yao Tandong, Pu Jianchen, *et al.* Variations in air temperature during past 100 years revealed by delta 180 in the Malan ice core from the Tibetan Plateau [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48 (19): 2134-2138.

- [11] 张广兴, 杨莲梅, 杨青. 新疆 43 a 来夏季 0℃ 层高度变化与突变分析 [J]. 冰川冻土, 2005, 27 (3): 376-378.
- [12] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近 54 年中国地面气温变化 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10 (4): 717-727.
- [13] 李栋梁. 中国西北地区年平均的气候特征及异常研究 [C]// 刘晓东. 中国西北地区气候变化及其相关问题的研究. 兰州: 兰州大学出版社, 1993: 18-25.
- [14] 董文杰, 封国林, 韦志刚. 陆-气相互作用对我国气候变化的影响 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 18-65.
- [15] 上官冬辉, 刘时银, 丁永建, 等. 玉龙喀什河源区 32 年来冰川变化遥感监测 [J]. 地理学报, 2004, 59 (6): 855-862.
- [16] 刘时银, 上官冬辉, 丁永建, 等. 基于 RS 与 GIS 的冰川变化研究—青藏高原北侧新青峰与马兰冰帽变化的再评估 [J]. 冰川冻土, 2004, 26 (3): 244-252.
- [17] 鲁安新, 姚檀栋, 刘时银, 等. 青藏高原各拉丹冬地区冰川变化遥感研究 [J]. 冰川冻土, 2002, 24 (5): 559-562.
- [18] 施雅风, 黄茂桓, 姚檀栋, 等. 中国冰川与环境—现在、过去和未来 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 190-233.
- [19] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 1-164.
- [20] Yao Tandong, Jiao Keqin, Tian Lide, *et al.* Climatic variations since the Little Ice Age recorded by the Guliya ice core [J]. *Science in China (Series D)*, 1995, 39: 588-596.
- [21] 李吉均, 苏珍. 横断山区冰川 [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [22] Liu Shiyin, Shangguan Donghui, Ding Yongjian, *et al.* Glacier variations since the early 20th century in the Gangrigabu Range southeast Tibetan Plateau [J]. *Annals of Glaciology*, 2006, 43: in press.
- [23] 郑本兴, 赵希涛, 李铁松, 等. 梅里雪山明永冰川的特征与变化 [J]. 冰川冻土, 1999, 21 (2): 145-150.
- [24] He Yuanqing, Zhang Zhonglin, Theakstone W, *et al.* Change features of the climate and glaciers in China's monsoonal temperature glacier region [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108 (D 17, 4530) ACL: 1-7.

## Two Peculiar Phenomena of Climatic and Glacial Variations in the Tibetan Plateau

SHI Yafeng<sup>1,2</sup>, LIU Shiyin<sup>1,3</sup>, SHANGGUAN Donghui<sup>1</sup>,  
LI Dongliang<sup>1</sup>, YE Baisheng<sup>1</sup>, SHEN Yongping<sup>1</sup>

(1 *Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gausu 730000, China*; 2 *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing Jiangsu 210008, China*; 3 *Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China*)

**Abstract:** Glaciers in western China are one of the key elements driving changes of water resources because glacierized regions form the formation areas of many large river systems in the region. Influenced by global/regional warming changes in climate, many glaciers have been retreating. In contrast with the intensive warming and glacier shrinkage both in global and in High Asia during recent 30 years, however, two peculiar phenomena have occurred in the Tibetan Plateau: 1) the temperature dropping about 0.6℃ in the northern Tibetan Plateau with very small glacier decrease rate and melt water reduction, and 2) considerable number of glaciers has been advancing in the southeastern Tibetan Plateau with the increase of high precipitation. These facts indicate the complexity of climate change and glacier dynamic response to it. Furthermore, remote sensing technique is imperatively required in monitoring glacier changes in more regions to derive regional characteristics of these changes.

**Key words:** global warming; the northern Tibetan Plateau; temperature dropping; glacier shrinking; the southeastern Tibetan Plateau; glacier advancing