

新疆玛纳斯河流域冰川生态系统服务功能价值评估

张宏锋^{1,2}, 欧阳志云^{1,*}, 郑 华¹, 肖 焱¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 广东省环境科学研究院 广州 510045)

摘要: 冰川在干旱区内陆河流域中具有极其重要的生态作用, 为流域发展提供着巨大的服务功能。然而, 在全球气候变暖的影响下, 冰川退缩将导致冰川生态系统服务功能降低。应用 GIS 空间分析技术分析了玛纳斯河流域从 1964 年至 2006 年冰川面积变化, 并评估其生态系统服务功能价值变化。结果表明, 在全球变暖的影响下, 流域冰川生态系统服务功能总价值急剧下降。流域冰川面积从 1964 年 557.1 km² 退缩到 2006 年的 464.1 km², 面积减少了 16.7%。冰川生态系统服务功能价值从 1964 年的 1228.5 × 10⁸ 元下降到 2006 年的 960.1 × 10⁸ 元。冰川退缩改变了流域的水资源分布特征, 导致冰川生态系统服务功能价值下降。在未来的流域发展规划中, 应高度重视冰川变化产生的生态效应。

关键词: 生态系统服务功能; 冰川; 玛纳斯河流域; 气候变化

文章编号: 1000-0933 (2009) 11-5877-05 **中图分类号:** P343.6 **文献标识码:** A

Valuation of glacier ecosystem services in the Manas River Watershed, Xinjiang

ZHANG Hong-Feng^{1,2}, OUYANG Zhi-Yun^{1,*}, ZHENG Hua¹, XIAO Yi¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Guangdong Academy of Environmental Sciences, Guangzhou 510045, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29 (11): 5877~5881

Abstract: The glacier plays an important role in arid inland river basin by providing remarkable ecosystem services for basin development. However, the glacier area decreases rapidly under the influences of global warming, which weakens glacier ecosystem services. The changes of glacier area and glacier ecosystem services from 1964 to 2006 were analyzed. The results show that the value of glacier's ecosystem services decrease rapidly during the period. The glacier area decreases from 557.1 km² in 1964 to 464.1 km² in 2006. The total value of glacier ecosystem services decreases from 1228.5 × 10⁸ yuan in 1964 to 960.1 × 10⁸ yuan in 2006. The glacier ablation alters the distribution of water resources in watershed and results in the decreasing of ecosystem services. The ecological effects of glacier ablation shouldn't be neglected for watershed planning in the future.

Key Words: ecosystem services; glacier ablation; Manas River Watershed; climate change

冰川大约占世界淡水资源总量的 3/4, 相当于全球 60a 的降水^[1]。冰川在西北干旱区被喻为固体水库, 绿洲的摇篮。冰川是西部干旱区重要的水资源, 具有重要的生态系统服务功能, 对维系干旱区脆弱的生态平衡具有重要的意义, 冰川融水对河流尤其是干旱区山地河流的补给对缓解水资源危机具有重要作用。根据我国科学家的研究发现: 近百年来, 中国年平均气温升高了 (0.65 ± 0.15) °C, 比全球平均增温幅度 ((0.6 ± 0.2) °C) 略高。青藏高原和天山冰川将加速退缩, 一些小冰川将消失, 预计到 2050 年我国西北的冰川面积还可能再减少 27%^[2]。冰川的退缩将会对周围的低地产生重大影响。在冰川退缩发生期间, 水源供应量会相

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题资助项目 (2006BAC01A01); 国家基础研究重大项目 (2009CB421105)

收稿日期: 2008-07-17; **修订日期:** 2009-08-08

* 通讯作者 Corresponding author E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

<http://www.ecologica.cn>

应增加。由于冰川融化的季节变长了,河川径流的高流量时期也相应延长。但是,随着冰川面积的持续减少,河流的径流量在达到一个高峰后会发生转折,河流径流量就会显著减小,最终将依靠季节性降水来补充水源。这样,河流水量的变化模式就发生了改变,从而影响到下游的农业灌溉系统^[3]。由于冰川融化,大量融水下泄,产生了滑坡和泥石流,河流的泥沙量也会随着增大,这将给下游的水电站带来不利的影响,同时也会减少水库和农田水利设施的使用寿命^[4~8]。冰川在不同时空尺度的变化势必导致以冰川融水补给为主的河流流量的丰枯变化,从而对流域社会经济发展、生态与环境产生重要的影响。

玛纳斯河流域位于天山北麓,其上游的天山支脉喀拉乌成山、依连哈比尔尕山及比依克山的山结,海拔 5000~5500m,是仅次于天山主峰托木尔峰(海拔 7435.3m)地区的天山第二大高山带山结,其冰川总面积仅次于托木尔峰地区^[9]。在玛纳斯河流域,冰雪融水对河流的补给可以占到河水径流量的 35.3%^[10]。然而在全球变暖影响下,玛纳斯河流域冰川面积急剧退缩,减少了该地区的淡水资源储备,对区域的生态系统服务功能产生了巨大影响。本文以玛纳斯河流域山地生态系统为例,分析了玛纳斯河流域冰川从 1964 年至 2006 年的生态系统服务功能变化,对不同时期冰川的价值进行了估算,进而剖析了冰川变化对于干旱区内陆河流域生态系统服务功能价值的影响,以期为发送干旱区内陆河流域生态系统管理提供参考依据。

1 研究区概况

玛纳斯河流域位于新疆天山北麓中段,地处准噶尔盆地南缘。玛纳斯河上游集水区地理范围 43°27′~45°21′N,85°01′~86°32′E(图 1)。流域上游依连哈比尔尕山最高达 5242.5 m。海拔 3900m(永久雪线)以上的高山和极高山地区为永久冰雪覆盖区域;3200~3900 m 为高山垫状植被和地衣分布区,2300~3200m 为高山草甸;海拔 1650~2850m 山区为云杉林分布区;1000~1650 m 之间为山地草原。年均气温和年降水量随海拔变化不同,在 3900m 以上地区,年均温 < -10℃,年降水量 > 500mm;在 1000~1500m 的低山带,年均温 2~5℃,年降水量 300~450mm^[9]。发源于该流域的玛纳斯河是准噶尔盆地南缘最大的一条融雪型山溪河流。河流由南向北,全长 324km,多年平均径流量为 11.9 ×10⁸ m³。

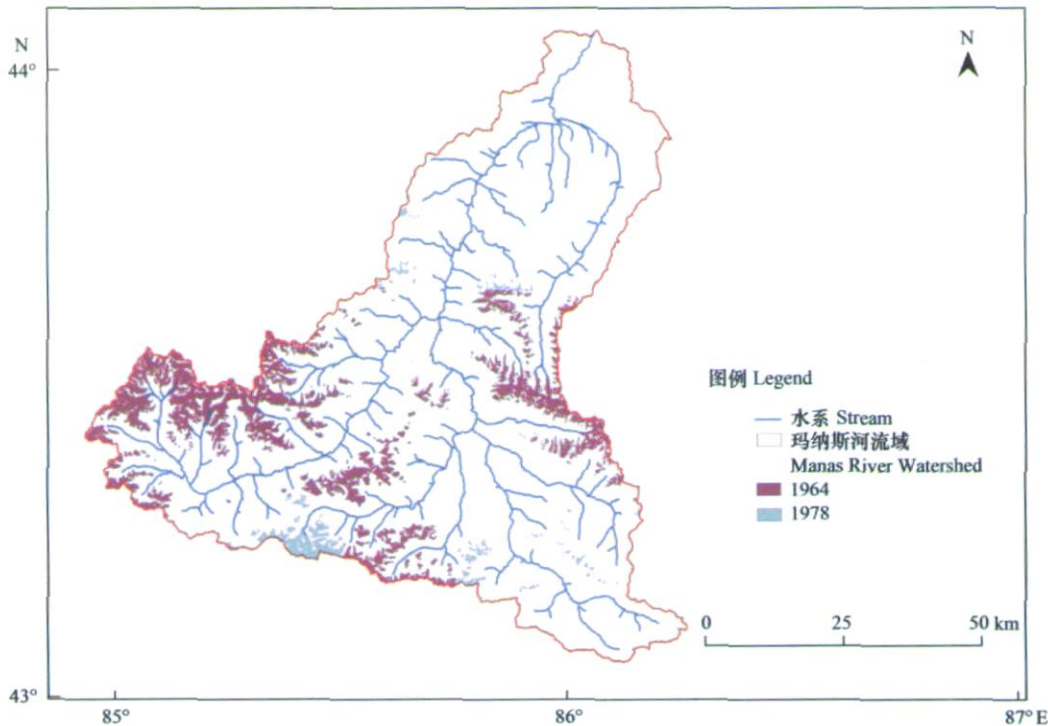


图 1 玛纳斯河流域冰川分布图
Fig 1 The distribution of glacier in the Manas River Watershed

2 研究资料及方法

2.1 资料

本文使用的资料包括 1964 年的 1:50000 地形图以及 2006 年的 TM 遥感影像数据,以及该研究区的数字高程模型 (DEM)。

2.2 冰川面积解译方法

以 1:50000 地形图为参考坐标系,对 2006 年的 landsat 卫星遥感影像进行了几何纠正和重采样。1964 年玛纳斯河流域的冰川面积来源于 1:50000 地形图。玛纳斯河流域 1:50000 地形图的航测时间分别于 1964 年和 1978 年进行。其中 1964 年航测的冰川面积占玛纳斯河流域冰川总面积的 87%, 1978 年航测的冰川面积占流域总面积的 13%。为了便于统一分析,本文的研究区范围是指 1964 年玛纳斯河流域航测区域。

2.3 生态系统服务功能价值评估方法

冰川储量变化应用以下公式^[11]:

$$V = 0.04S^{1.35}$$

式中, V 为冰川储量 (km^3), S 为冰川面积 (km^2)。

冰川水资源调节价值采用替代工程法,以水库建造成本 ($0.67 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$, 1990 年不变价) 来进行价值量评价^[12]。

3 结果分析

3.1 冰川生态系统服务功能

冰川储存着淡水资源,并通过融化补给江河。特别是在西北干旱区,冰川被喻为固体水库,绿洲的摇篮。在塔里木盆地,冰川对河流的补给比例可以达到 30%~80%^[13]。冰川对径流的补给,减小了河流径流的年际差异,具有稳定河川径流的调节作用,对于促进流域社会与经济发展具有重要作用。

冰川的存在不仅为流域平原地区提供巨大的水资源服务,而且具有调节气候的作用。冰川对太阳光线的反射,减少了地表对热量的吸收,使局地气温保持在一个较低的温度。此外,高山区的冰川还具有增水作用。由于冰川下垫面的温度场和湿度场与周围环境的差异,在高山冰川带形成一个冷岛和高湿中心,造成水平湍流加强,并影响内部场的湍流加剧,增加降水过程的发生,从而使降水量增加^[14]。

3.2 玛纳斯河流域冰川面积变化分析

从 1964 年至 2006 年 42a 间,玛纳斯河流域冰川面积从 557.1 km^2 退缩到 2006 年的 464.1 km^2 ,面积减少了 16.7%。根据对不同海拔区域冰川面积变化的分析,低海拔冰川面积与高海拔冰川面积呈现出相反的变化趋势。在海拔低于 4400m 的区域,冰川的面积变化表现为下降趋势;而在海拔高于 4400m 的区域,冰川表现为增加趋势。根据分析,1964~2006 年,在海拔低于 4400m 的区域,冰川面积减少了 22.7%;而在海拔高于 4400m 的区域,冰川面积增加了 14.4% (图 2)。

3.3 玛纳斯河流域冰川生态系统服务功能变化分析

冰川的生态系统服务功能主要表现在水资源调节、气候调节方面。由于冰川对气候的调节作用难以量化,本文仅对冰川的水资源调节功能进行分析。冰川面积越大,其储蓄的水资源越多,其调节水资源的能力就越强。而当冰川退缩、面积变小时,其调节水资源的能力就随之变弱。因此本研究以冰川的水资源储量来评估冰川调控水资源的服务功能和价值。

根据计算,1964 年玛纳斯河流域的冰川储量为 203.73 km^3 ,而在 2006 年玛纳斯河流域的冰川储量缩减到 159.22 km^3 ,下降了 22%。其生态系统服务功能总价值从 1964 年的 $1228.5 \times 10^8 \text{ 元}$ 下降到 2006 年的

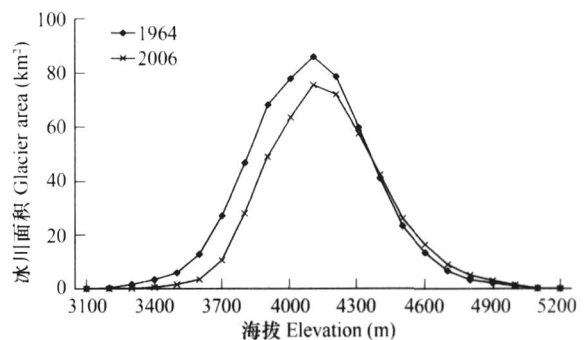


图 2 1964~2006 年玛纳斯河流域冰川面积变化

Fig 2 The glacier area changes from 1964 to 2006 in the Manas River Watershed

960.1 $\times 10^8$ 元。

4 结论与讨论

我国内陆河流域约占国土面积 1/3,由一个个相对独立的内陆河流域组成。内陆地区除了大片沙漠和戈壁无流区外,均以基本的流域或盆地为单位,并且通过河流为纽带,联系着高山冰川、冻土、山前平原的戈壁、绿洲和内陆盆地的沙漠^[15]。在内陆河流域中,平原盆地降水稀少,维系平原绿洲区社会和自然生态系统发展的水资源主要来自于高山区的河川径流,冰川在维持内陆河流域发展方面具有不可替代的作用。

然而在全球变暖的影响下,冰川给人类提供的生态系统服务功能正在不断减少。在天山北坡的玛纳斯河流域,冰川的面积由 1964 年从 557.1 km²退缩到 2006 年的 464.1 km²,其储存的淡水资源也从 1964 年的 1833.6 $\times 10^8$ m³降低到 2006 年的 1432.9 $\times 10^8$ m³,水资源量降低了 22%。冰川的生态系统服务功能总价值从 1964 年的 1228.5 $\times 10^8$ 元降低到 2006 年的 960.1 $\times 10^8$ 元。

冰川在流域上游孕育,而其提供的水源为流域平原绿洲农业发展提供了巨大的服务。冰川的退缩对整个流域的发展具有重大影响。然而,在人类活动和全球变化的双重影响下,冰川具有很大的脆弱性,使冰川为流域提供的生态系统服务功能价值下降。因此,在未来的流域发展规划中,应该将冰川变化产生的生态效应纳入其中,以便应对冰川退缩后期流域径流减少引起的水资源危机。

References:

- [1] Li Z G, Yao T D, Tian L D. Progress in the research on the impact of glacial change on water resources. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23 (1): 1-8.
- [2] Xu Y. The latest scientific facts and research advances of global climate change. *China Meteorological News*, 2007.
- [3] Harrison S. Gbbal warming and Chinese glacier melting. <http://www.chinadialogue.net>, 2006.
- [4] Liu W. Study on the characteristics of huge scale-super high speed-long distance landslide chain in Yigong, Tibet. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2002, 13(3): 9-18.
- [5] Shen Y P, Ding Y J, Liu S Y, *et al*. An increasing glacial lake outburst flood in Yarkant River, Karakorum in past ten years. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(2): 234.
- [6] Liu J S, Wei W S, Huang Y Y, *et al*. Hydrological Response of winter stream flow to climate change and permafrost degradation in Manas Watershed, Tianshan Mountains. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2006, 28(5): 656-662.
- [7] Shen Y P, Wang S D, Wang G Y, *et al*. Response of glacier flash flood to global warming in Tarim River Basin. *Advances in Climate Change Research*, 2006, 2(1): 32-35.
- [8] Shen Y P, Wang G Y, Su H C, *et al*. Hydrological processes responding to climate warming in the upper reaches of Kelan River Basin with snow-dominated of the Altay Mountains region, Xinjiang, China. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, 29(6): 845-853.
- [9] Yuan G Y, Kuchler J, Li J S. Conservation and rational use of the agri-ecosystem resources in the Manas River Valley, Xinjiang of China. *Urumqi: Publishing House of Science. Technique and Sanitation of Xinjiang*, 1995. 1-200.
- [10] Xu S N, Yang J C, Li Y L. Fluctuations of discharge rate of Manas River and its response to climatic changes during the recently 50 years. *Geography and Geo-Information Science*, 2004, 20(6): 65-68.
- [11] Liu S Y, Sun W X, Shen Y P, *et al*. Glacier changes since the Little Ice Age Maximum in the western Qilian Mountains, Northwest China. *Journal of Glaciology*, 2003, 49(164): 117-124.
- [12] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607-613.
- [13] Shen Y P, Liang H. High precipitation in glacial region of high mountains in high Asia: possible cause. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(6): 806-809.
- [14] Hu R J, Jiang F Q, Wang Y J. Assessment on the glacial water resources in Xinjiang, China. *Arid Zone Research*, 2003, 20(3): 187-191.
- [15] Gao Q Z, Li X Y, Wu Y Q, *et al*. Transformation of water resources in the inland River basin of Hexi Region. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(1): 48-54.

参考文献:

- [1] 李治国,姚檀栋,田立德. 国内外冰川变化对水资源影响研究进展. *自然资源学报*, 2008, 23(1): 1~8

<http://www.ecologica.cn>

- [2] 徐影. 全球气候变化的最新科学事实和研究进展. 中国气象报, 2007.
- [4] 刘伟. 西藏易贡巨型超高速远程滑坡地质灾害链特征研析. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(3): 9~18.
- [5] 沈永平, 丁永建, 刘时银, 等. 近期气温变暖叶尔羌河冰湖溃决洪水增加. 冰川冻土, 2004, 26(2): 234.
- [6] 刘景时, 魏文寿, 黄玉英, 等. 天山玛纳斯河冬季径流对暖冬和冻土退化的响应. 冰川冻土, 2006, 28(5): 656~662.
- [7] 沈永平, 王顺德, 王国亚, 等. 塔里木河流域冰川洪水对全球变暖的响应. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 32~35.
- [8] 沈永平, 王国亚, 苏宏超, 等. 新疆阿尔泰山区克兰河上游水文过程对气候变暖的响应. 冰川冻土, 2007, 29(6): 845~853.
- [9] 袁国映, 屈喜乐, 李竞生. 中国新疆玛纳斯河流域农业生态环境资源保护与合理利用研究. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995. 1~200.
- [10] 徐素宁, 杨景春, 李有利. 近 50a 来玛纳斯河流量变化及对气候变化的响应. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6): 65~68.
- [12] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607~613.
- [13] 沈永平, 梁红. 高山冰川区大降水带的成因探讨. 冰川冻土, 2004, 26(6): 806~809.
- [14] 胡汝骥, 姜逢清, 王亚俊. 新疆雪冰水资源的评估. 干旱区研究, 2003, 20(3): 187~191.
- [15] 高前兆, 李小雁, 作彦卿, 等. 河西内陆河流域水资源转化分析. 冰川冻土, 2004, 26(1): 48~54.