

文章编号: 1001-4675(2011)03-0449-06

托木尔峰冰川径流中悬移质粒度特征^{*1}

高文华¹, 李忠勤^{1,2}, 张明军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/天山冰川站, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 利用2008年8月天山托木尔峰青冰滩72号冰川的考察资料,应用数理统计等方法,对该冰川区径流中悬移质粒度特征进行分析。结果表明:冰川径流中悬移质以细颗粒物为主,且各个粒度组分含量变化幅度较大,粒度组成中约68%的颗粒物粒径小于63 μm ,32%的颗粒物粒径大于63 μm ,粒径小于4 μm 颗粒物占1.34%,粒度分布为双峰模式。悬移质各个粒度与含沙量的关系不同,随含沙量的增加,沙粒的贡献量逐渐增大,粉粒和黏粒的贡献量逐渐减小。河流中的悬移质随径流量的增加变化不显著,这种较弱的相关性也表明冰川径流中悬移质主要受泥沙补给来源的控制,雪冰融水的增加能增大河流中沙粒物质的含量,而降水事件的发生能增加河流中粉沙物质的含量。

关键词: 冰川径流; 悬移质; 含沙量; 粒度组成; 青冰滩72号冰川; 托木尔峰

中图分类号: P343.6 **文献标识码:** A

中国内陆地区降水稀少,高山雪冰融水便成为该地区诸河重要的补给水源。因此,对雪冰径流成分的研究,可为干旱区水资源的开发利用和水质水环境的评价提供重要的依据。泥沙是水环境系统中一个基本的物理要素,河流中悬移质粒度特征是泥沙的重要物理特性之一,国内外许多学者对其进行了大量研究。Walling等^[1-4]的研究表明,少沙河流悬沙粒度随径流量和含沙量的增加而减少。中国南方的少沙河流资料也证明了这一关系的存在^[5]。许炯心^[5]、王秀杰^[6]等对北方多沙河流的悬移质粒度的研究结果却并不相同,表现出复杂的关系。许多研究^[7-9]也表明,由于控制河流的动力因子不同,导致河流中悬沙粒度变化出现很大差异。李军等^[7]认为,泥沙来源、底质再悬浮、生物作用和絮凝作用是影响长江口悬浮体粒度变化的主要因素,而许炯心等^[8-9]对黄河支流悬移质粒度研究表明,风水两相作用共同控制悬移质粒度变化。然而,大量的研究均集中在河流中下游,对河源区径流中的悬移质研究极少,特别是人类难以到达的河流发源地、冰川区进行观测取样,对径流中悬移质泥沙进行研究,可以弥补和完善对内陆高海拔径流水质的认识和评价。一些学者^[10-12]对阿克苏地区的水文、气候

以及径流量的变化特征进行了探讨,但对该冰川径流中悬移质粒度特征的研究尚未开展。本文依据2008年8月天山托木尔峰青冰滩72号冰川径流的水样资料,对冰川径流中悬移质粒度特征进行了分析和探讨。

1 研究区概况、样品采集和分析

托木尔峰青冰滩72号冰川(41°45'N,79°54'E)位于新疆阿克苏昆马力克河源地区,该区冰川分布的平均海拔为4 200 m,平均厚度76 m,属于复合型山谷冰川。该区地处西风带,降水主要来自大西洋和北冰洋的潮湿气流补给,其中5~9月降水量约占全年的70%,冷季降水量约占30%。托木尔峰南坡冰川积累区气候严寒,降水丰沛,多年平均降水估计可达1 000 mm以上。山区丰富的降水和雪冰融水共同成为山前河流主要的补给来源^[13-16]。2008年8月在距青冰滩72号冰川末端1 100 m处设立水文断面,进行冰川融水径流观测和采取径流水样工作。水文断面流域控制面积约为8.98 km²,其中冰川面积约为5.4 km²,宽约6 m。水样采集为逐日定时采集,一般用蒸馏水清洗过的塑料瓶直接采集,

* 收稿日期: 2010-04-07; 修订日期: 2010-08-16

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2007CB411501); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-127); 国家自然科学基金项目(40631001, 40571033, 40701035, 40371028, J0630966); 国家基金委创新群体项目(40121101); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-10-0019)资助

作者简介: 高文华(1985-),女,山西阳泉人,硕士研究生,主要从事冰川水文与水化学方面研究。E-mail: gaowenhua-666@163.com

采集好的样品在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷冻状态下储存,直到送至中国科学院冰冻圈科学实验室分析。

在测试分析前数天,将样品取出让其在常温下自然融化,以备分析。所有样品均使用美国 Accusizer 780A 光学粒径检测仪对其悬移质粒度进行测试分析,详细原理见文献[17]。该仪器可测量的粒径范围为 $0.57\sim 400\text{ }\mu\text{m}$ 。采用单离子光学传感技术,通过比较检测的脉冲高度和由一组均质的已知粒径的标准粒子,获得一条标准校正曲线,建立粒子在一个时间段的粒度分布。分析前使样品在室温下自动融化。实验从融化、取样、注样到分析整个过程都在洁净等级设计标准为 100 级的超净工作台内完成,以减少实验误差,实验的分析误差控制在 5% 以内^[17-18]。

2 冰川径流中悬移质特征分析

2.1 冰川径流中悬移质的粒度组成

由表 1 显示,冰川径流中悬移质以细颗粒物为主。中值粒径的变化范围在 $13.78\sim 190.86\text{ }\mu\text{m}$,平均值为 $45.60\text{ }\mu\text{m}$ 。粒径小于 $63\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒物在 $1.26\%\sim 100\%$,粒径小于 $4\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒物在 $0\sim 5.23\%$ 。总体而言,72 号冰川区径流的悬移质中约 68% 的颗粒物粒径小于 $63\text{ }\mu\text{m}$,近 32% 的颗粒物粒径大于 $63\text{ }\mu\text{m}$,粒径小于 $4\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒物占到 1.34%。说明 72 号冰川径流中以粉沙为主,沙粒次之,黏粒含量最少。进一步研究发现,8 月 15 日、25 日和 26 日径流中沙粒含量较高,均超过 60%,而 8 月 6 日径流中沙粒含量为 0。说明消融期间冰川径流中悬移质各个粒度的含量变化幅度较大。

悬移质粒度频率分布图可以更清楚地反映出颗粒物在各个粒度间的组成变化,可以反映河流中基本的悬移质状况,还可以作为示踪物源的有效指标^[19]。径流中悬移质粒度频率分布有多种类型,大体可以分为非典型正态分布和典型非正态分布,其中典型非正态分布多为双峰模式,也有少数多峰模式,反映了径流中悬移质粒度组成的复杂性。图 1 为青冰滩 72 号冰川 8 月经流中悬移质粒度的数量和体积频率分布图,其中散点图的峰值表示其所对应悬移质粒径中颗粒的数量百分比和体积百分比。由图 1 显示,径流中悬移质的粒度颗粒数量频率分布呈下降趋势,即随粒径的增大,悬移质的颗粒数量减少,颗粒数量频率分布较高区多集中在黏粒区。

表 1 2008 年 8 月冰川径流中悬移质粒度特征统计

Tab.1 Grain-size parameters and composition of suspended load in glacier runoff

日期/月-日	$d_{50}/\mu\text{m}$	$>63\mu\text{m}/\%$	$<63\mu\text{m}/\%$	$<4\mu\text{m}/\%$
08-01	69.75	54.81	45.19	0.26
08-02	17.89	10.23	89.77	1.45
08-03	33.48	27.52	72.48	0.93
08-04	59.90	50.05	49.95	0.48
08-05	20.92	16.44	83.57	2.47
08-06	13.78	0.00	100.00	5.23
08-07	19.86	6.72	93.28	2.18
08-08	40.47	19.70	80.30	1.50
08-09	23.44	17.58	82.43	2.06
08-10	35.98	25.55	74.46	1.16
08-11	73.93	57.20	42.81	0.27
08-12	40.77	25.18	74.83	1.14
08-13	27.17	16.27	83.74	1.35
08-14	33.48	14.56	85.44	1.92
08-15	190.86	98.74	1.26	0.00
08-16	35.27	25.66	74.34	1.23
08-17	61.01	50.19	49.81	0.51
08-18	41.25	36.62	63.38	0.89
08-19	20.92	10.02	89.98	2.10
08-20	48.25	41.25	58.75	0.39
08-21	43.46	42.68	57.32	1.25
08-22	24.47	19.80	80.20	2.42
08-23	41.14	26.14	73.86	1.44
08-25	100.24	62.88	37.13	0.59
08-26	85.70	70.18	29.82	0.47
08-27	41.25	38.41	61.59	0.76
08-28	37.16	16.69	83.31	1.14
08-29	23.23	15.66	84.34	2.31
08-30	50.84	41.38	58.63	0.85
08-31	27.62	15.44	84.57	0.74

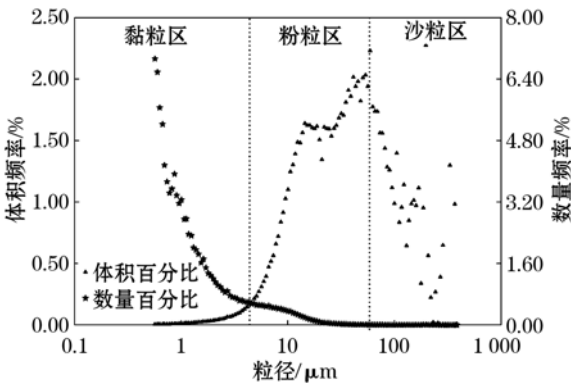


图 1 粒度分布散点图

Fig.1 Grain-size distribution curve

径流中悬移质粒度体积频率分布为双峰模式,峰值对应粒径分别为 $15\text{ }\mu\text{m}$ 和 $45\text{ }\mu\text{m}$,都属于粉沙区。

总体来看,河源区冰川径流中黏粒的数量浓度较高,但其体积比重较低,粉沙的数量浓度不高,但其体积比重较高,而沙粒的数量浓度较低,其体积比重也较小。

2.2 冰川径流中悬移质粒度与含沙量的关系

由图 2 表明,黏粒和粉粒均随含沙量的增加而减小,但两者随含沙量的变化也存在差异,黏粒的百分含量较小,因此其随含沙量增加下降的幅度不是很大,而粉粒随含沙量的增加从最高值约 95% 下降到 30% 左右,下降幅度较大。而且做拟合曲线分析

表明,两者的拟合曲线也不相同,黏粒与含沙量的拟合曲线为乘幂函数曲线,相关系数为 0.97,而粉粒与含沙量的拟合曲线为对数曲线,相关系数为 0.77。沙粒与含沙量的关系与前两者明显不同,其随含沙量的增加而增加,拟合曲线为对数曲线,相关系数为 0.79。表明径流中不同粒度组分对含沙量的贡献并不相同,当含沙量较小时,粉粒的贡献量较大,随着含沙量的增加,沙粒的贡献量越来越大,而粉粒的贡献量越来越小,在这个过程中,黏粒的贡献量始终较小。

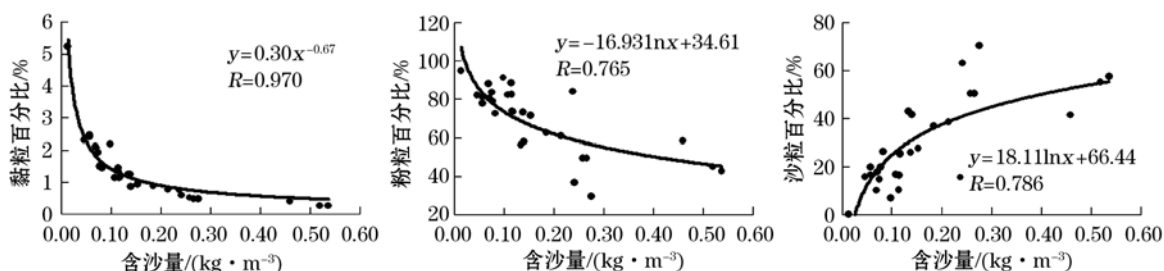


图 2 冰川径流中悬浮体各粒度组分与含沙量的关系

Fig. 2 Relationships of suspended particulate grain-size components to suspended particulate concentration in the Glacier runoff

青冰滩 72 号冰川径流中悬移质粒度与含沙量的这种关系不同于其他学者对河流悬移质与含沙量的关系研究。研究表明^[5],中国一些少沙河流中悬沙粒度与含沙量存在随含沙量的增加而减小的关系。其原因在很多情况下,非汛期基本上无地表径流汇入,悬移质泥沙是由于基流冲刷河床而产生的,因而较粗;进入汛期以后,暴雨径流使土壤受到侵蚀,并随径流进入河道,因而悬移物质的粒度相对较细。便形成了悬沙粒度随含沙量的增加而减小的关系^[5]。而对于高含沙河流,径流中悬沙粒度与含沙量的关系则比较复杂,对于同一站点而言,其悬移质泥沙粒度与含沙量表现出某种双值特性。

因此,不同区域的河流中悬移质粒度与含沙量的关系并不相同,而同一河流不同站点之间径流中悬移质粒度与含沙量的关系也存在差异。由此表明,水流变化与其所携带的泥沙之间存在着复杂的相互作用。有研究认为^[5],水流在自身运动的同时与周围环境发生作用,导致周围环境中的泥沙受到侵蚀而进入运动状态,而不同的河流具有不同的水流特性,导致径流中的悬移质泥沙随含沙量呈正相关;另一方面,泥沙在水流运动过程中,也会发生沉降、再悬浮和再沉降等一系列过程,而这一过程又会导致水流特性发生改变,因此泥沙的运动过程不同,

导致悬移质泥沙粒度随含沙量的大小而变化。总之,水沙两相流之间存在着复杂的相互作用,正是由于这一作用导致径流中悬移质粒度与含沙量的关系也比较复杂。

3 冰川径流中悬移质粒度与流量的关系

由图 3 显示,中值粒径 d_{50} 和粒径小于 $63 \mu\text{m}$ 的颗粒物所占百分比随流量的变化呈现不同的变化趋势。中值粒径 d_{50} 随流量的增加呈增大趋势,而粒径小于 $63 \mu\text{m}$ 的颗粒物百分比随流量的增加呈减小

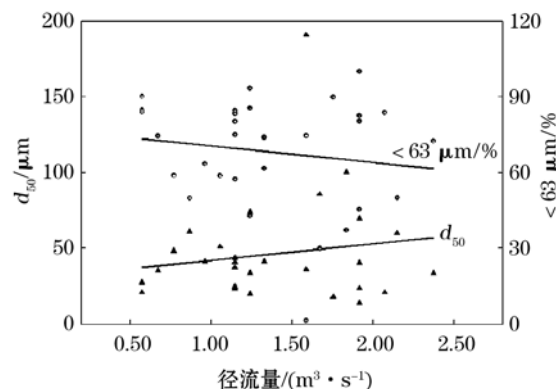


图 3 冰川径流中悬移质各粒度组分与流量的关系

Fig. 3 Relationship between grain-size components of suspended particulate and silt content in glacier runoff

趋势。说明流量增大能增加径流中粒径大于 $63\mu\text{m}$ 颗粒物的含量。然而,从线性拟合关系来看,中值粒径 d_{50} 、粒径小于 $63\mu\text{m}$ 的颗粒物百分比与流量的线性拟合相关系数均不高,没有通过 0.05 的置信度检验。说明冰川径流中悬移质主要受河流颗粒物来源补给的控制,河流的水动力作用对大颗粒物质有影

响,但影响程度并不高。河流悬移质与流量的这种关系在世界其他河流的研究中^[20~21]也有发现。然而,传统的水文学理论认为,随着水量的增大,河流中能携带更大颗粒的物质随水流一起运动。说明不同的河流,其周围环境、河流水量大小以及泥沙补给来源的不同,悬移质随水量的增大呈现不同的变化趋势。

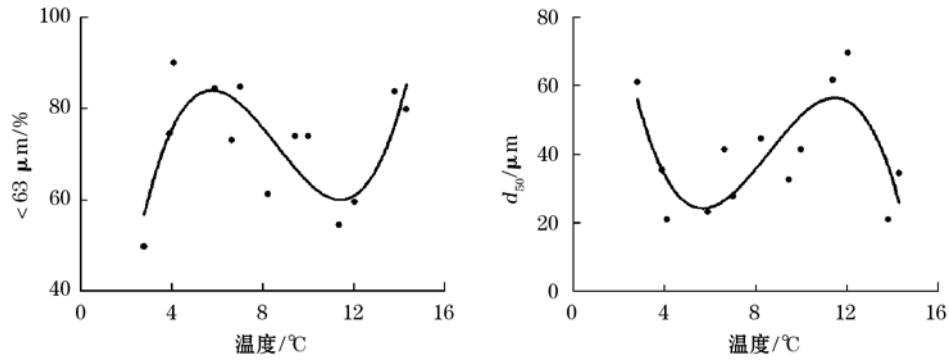


图4 冰川径流中悬移质各粒度组分与温度的关系

Fig.4 Relationship between grain-size components of suspended particulate and temperature of glacier runoff

冰川径流以雪冰融水和大气降水补给为主,因此温度的变化以及突发的大降水,都会对径流中悬移质的粒度造成很大影响。图4是将每一个摄氏度区间的中值粒径 d_{50} 、粒径小于 $63\mu\text{m}$ 颗粒物的百分比和取样时对应的温度取平均值所得,以便更清楚地显示悬移质粒度随温度的变化。由图4显示,中值粒径 d_{50} 和粒径小于 $63\mu\text{m}$ 颗粒物的百分比随温度变化呈现不同的变化趋势。当温度在 $4\sim12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,径流中悬移质的中值粒径 d_{50} 随温度的增加而增大,粒径小于 $63\mu\text{m}$ 颗粒物的百分比随温度的增加而减小,说明温度变化引起的雪冰消融补给径流时,对径流中的大颗粒物质的含量起增加作用。

所占百分比与没有降水时相差不大,然而粒径小于 $63\mu\text{m}$ 的颗粒物所占百分比(71.72%)却比没有降水时要大(66.19%)。说明降水事件的发生对冰川区径流中悬移质粒度粉粒物质的影响较大。

4 结 论

(1) 冰川径流中悬移质粒度较细,悬移质的中值粒径变化幅度较大,粒度组成以粉粒为主,沙粒次之,黏粒含量最少。悬移质粒度数量分布表现为黏粒含量较高,粉粒和沙粒含量较低;粒度体积分布表现为双峰模式,峰值集中在粉粒区,黏粒比重较小,沙粒比重变化幅度较大。

(2) 冰川径流中悬移质不同粒度与含沙量的关系不同,随含沙量的增加,沙粒的贡献量逐渐增大,粉粒和黏粒的贡献量逐渐减小。悬移质各个粒度随含沙量的变化关系与其他地区的研究并不一致,表明河源区冰川径流中悬沙粒度特征的独特性。

(3) 冰川径流中悬移质不同粒度随流量的变化呈不同的变化趋势,流量增加能增大径流中的大颗粒物质含量,然而悬移质泥沙与流量较弱的相关性也表明,河流中悬移质泥沙主要受泥沙补给来源的控制。河源区径流受不同水源补给的影响,对径流中悬移质泥沙的影响也不相同。雪冰融水的增加能增加河流中沙粒物质的含量,而降水事件的发生能

表2 冰川径流中悬移质各粒度组分对降水的响应

Tab.2 Response of grain-size components of suspended particulate in glacier runoff to precipitation

	$d_{50}/\mu\text{m}$	$>63\mu\text{m}/\%$	$<63\mu\text{m}/\%$	$<4\mu\text{m}/\%$
无降水	50.12	33.81	66.19	1.46
有降水	39.20	28.28	71.72	1.06

进一步研究冰川径流区降水量补给径流时,对径流中悬移质各个粒度含量的影响(表2)发现,当有降水事件发生时,冰川径流中悬移质的中值粒径 d_{50} 为 $39.20\mu\text{m}$,明显小于没有降水事件时悬移质的中值粒径 d_{50} ($50.12\mu\text{m}$),粒径小于 $4\mu\text{m}$ 的颗粒物

增加河流中粉沙物质的含量。

致谢:本次野外水文观测和取样是在观测和研究集体努力下共同完成的。谨此对参加本项研究的每一个观测人员以及项目组成员表示衷心感谢。此外,对实验室朱宇漫老师测样时的辛勤劳动和给予的帮助表示感谢。

参考文献(References):

- [1] Walling DE. Suspended sediment properties and their geomorphological significance [C]//Burt T P, Walling E D. Catchment Experiments in Fluvial Geomorphology. Norwich: Geobooks, 1984: 311-344.
- [2] Walling DE, Moorehead PW. Spatial and temporal variation of the particle-size characteristics of fluvial sediment [J]. Geografiska Annaler, 1987, 69(1): 47-59.
- [3] Walling DE, Webb BW. Water quality I. Physical characteristics [C]//P Calow, Petts G. The River Handbook. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992: 48-72.
- [4] Walling DE, Moorehead PW. The particle size characteristics of fluvial sediment: An overview [J]. Hydrobiologia, 1989, 176/177: 125-149.
- [5] 许炯心. 黄河中游支流悬移质粒度与含沙量、流量间的复杂关系 [J]. 地理研究, 2003, 22(1): 39-48. [Xu Jiongxin. Complicated relationships between suspended sediment grain-size, water discharge and sediment concentration in tributaries of middle Yellow River [J]. Geographical Research, 2003, 22(1): 39-48.]
- [6] 王秀杰, 练继建. 近 43 年黄河上游来水来沙变化特点 [J]. 干旱区研究, 2008, 25(3): 342-347. [Wang Xiujie, Lian Jijian. Analysis on the change of stream flow and silt load in the upper reaches of the Yellow River since recent 43 years [J]. Arid Zone Research, 2008, 25(3): 342-347.]
- [7] 李军, 高抒, 曾志刚, 等. 长江口悬浮体粒度特征及其季节性差异 [J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(5): 500-510. [Li Jun, Gao Shu, Zeng Zhigang, et al. Particle-size characteristics and seasonal variability of suspended particulate matters in the Changjiang River estuary [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2003, 34(5): 500-510.]
- [8] 许炯心. 风水两相作用对黄河流域高含沙水流的影响 [J]. 中国科学: D 辑, 2005, 35(9): 899-906. [Xu Jiongxin. The affect of the wind-water two phases on the hyperconcentrated flow of the Yellow River [J]. Science in China: Series D, 2005, 35(9): 899-906.]
- [9] 许炯心. 风水两相作用对黄河支流悬移质粒度特征的影响极其意义 [J]. 自然科学进展, 2005, 15(8): 958-964. [Xu Jiongxin. The affect and significance of the wind-water two phases on the characteristics of the suspended sediment grain-size of the Yellow River [J]. Progress in Natural Science, 2005, 15(8): 958-964.]
- [10] 王建, 丁永建, 刘时银, 等. 新疆阿克苏地区近 40 年气候、水文变化特征分析 [J]. 干旱区研究, 2005, 22(3): 336-340. [Wang Jian, Ding Yongjian, Liu Shiyin, et al. Analysis on the change characteristics of climate conditions in Aksu prefecture, Xinjiang since recent 40 years [J]. Arid Zone Research, 2005, 22(3): 336-340.]
- [11] 高惠芸, 杨青, 梁岩鸿. 新疆阿克苏河流域降水的时空分布 [J]. 干旱区研究, 2008, 25(1): 70-74. [Gao Huiyun, Yang Qing, Liang Yanhong. Spatialtemporal distribution of precipitation in the Aksu River basin, Xinjiang [J]. Arid Zone Research, 2008, 25(1): 70-74.]
- [12] 陈颖, 邓自旺, 史红政. 阿克苏河径流量时间变化特征及成因分析 [J]. 干旱区研究, 2006, 23(1): 21-25. [Chen Ying, Deng Ziwang, Shi Hongzheng. Temporal change of annual runoff volume of the Aksu River, a source stream of the Tarim River [J]. Arid Zone Research, 2006, 23(1): 21-25.]
- [13] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 托木尔峰南麓径流变化的气候因素分析 [J]. 冰川冻土, 2005, 27(2): 269-275. [Xie Changwei, Ding Yongjian, Liu Shiyin, et al. Runoff change on the south slopes of Mount Tuomuer and its response to climatic variation [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(2): 269-275.]
- [14] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 托木尔峰南坡冰川水文特征及其对径流的影响分析 [J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 570-575. [Xie Changwei, Ding Yongjian, Liu Shiyin, et al. Analysis on the glacial hydrological features of the glaciers on the south slope of Mt. Tuomuer and the effects on runoff [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(4): 570-575.]
- [15] 康尔泗, 朱守森, 黄明敏. 托木尔峰地区的冰川水文特性 [C]//中国科学院登山科学考察队. 天山托木尔峰地区的冰川与气象. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985. [Kang Ersi, Zhu Shousen, Huang Minmin. Hydrological characteristics of glaciers in Mt. Tuomuer district [C]//Mountaineering Expedition of Chinese Academy of Science. Glacial and Weather in Mt. Tuomuer District, Tianshan. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1985.]
- [16] 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 melt water runoff from the Qiyi Glacier, Qilian Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(2): 321-328.]
- [17] 朱宇漫, 李忠勤, 尤晓妮. AccuSizer 780A 光学粒径检测仪在冰川微粒研究中的应用 [J]. 现代科学仪器, 2006, 26(3): 81-84. [Zhu Yuman, Li Zhongqin, You Xiaoni. Application in glacier by AccuSizer 780A optical particle sizer [J]. Modern Scientific Instruments, 2006, 26(3): 81-84.]
- [18] 董志文, 李忠勤, 王飞腾, 等. 天山东部冰川积雪中大气粉尘的沉积特征 [J]. 地理学报, 2008, 63(5): 544-552. [Dong Zhiwen, Li Zhongqin, Wang Feiteng, et al. Characteristics of modern atmospheric dust deposition in snow on the glaciers of east Tianshan Mountains, China [J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(5): 544-552.]
- [19] Kurashige Y, Fusejima Y. Source identification of suspended sediment from grain-size distributions I. Application of nonparametric

- statistical tests[J]. Catena, 1997, 31: 39 – 52.
- [20] Walling DE, Owens PN, Waterfall BD, et al. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK[J]. The Science of the Total Environment, 2000, 251/252: 205 – 222.
- [21] Walling DE, Moorehead PW. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment: An overview[J]. Hydrobiologia, 1989, 176/177: 125 – 149.

Study on Particle-size Properties of Suspended Load in Glacier Runoff from the Tomor Peak

GAO Wen-hua¹, LI Zhong-qin^{1, 2}, ZHANG Ming-jun¹

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

2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CSA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on the data of suspended load in Glacier No. 72 runoff at Qingbingtan in the Tomor Peak region, measured in August 2008, in this paper the mathematical statistical method is used to find out the particle size properties of suspended load in glacier runoff. The results show that the suspended load was dominated by fine materials, there was a high fluctuation in the contents of grain-size components of suspended load, the proportions of particles $< 63 \mu\text{m}$, $> 63 \mu\text{m}$ and $< 4 \mu\text{m}$ were 68%, 32% and 1.34% of the total suspended load respectively, and their distribution curves were bimodal. There were different relationships between silt content and grain size of suspended load. With an increase of silt content, sand-sized material increased, but silt-sized and clay-sized materials decreased. There was no significant relationship between particle size parameters and discharge. Such weak correlation reveals that the suspended load of glacier runoff is mainly affected by the sand-silt source regime, ice-snow melt water can increase sand-sized material, and precipitation events can increase the silt-sized material.

Key words: glacier runoff; suspended load; particle size composition; Glacier No. 72; Tomor Peak

更 正

本刊 2011 年 28 卷第 2 期“人类活动对亚洲中部水环境安全的威胁”一文的基金项目应为:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCXZ – YW – GJ04; KZCX2 – EW – 308), 特此更正。