

文章编号: 1000-0240(2009)01-0068-07

贡嘎山海螺沟冰川沉积特征与冰下过程研究

刘耕年, 张跃, 傅海荣, 陈艺鑫, 石磊

(北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

摘要: 贡嘎山海螺沟冰川是典型的海洋性冰川, 粒度分析表明: 冰下融出碛的细粒组分中粉砂占优势, 压碎组分与磨碎组分分界线在 0.5 mm 附近, 说明其经历充分的研磨细化. 与西藏枪勇冰川和天山乌鲁木齐河源冰川的矿物组成和化学成分对比, 海螺沟冰川沉积物经历的化学风化作用更强, 即海洋性冰川冰下化学作用比大陆性冰川活跃. 显微层理构造、正粒序层理和沉积透镜体反映海洋性冰川底部存在周期性沉积机制和明显的流水作用, 显微滞碛是较常见的冰下融出碛类型. 沉积物中显微褶皱和断层等反映海洋性冰川强烈滑动、剪切变形过程机制.

关键词: 海螺沟; 冰川沉积; 冰下过程

中图分类号: P512.4+2 文献标识码: A

0 引言

贡嘎山是我国重要的海洋性冰川发育区^[1-3], 有现代冰川 72 条, 冰川面积 255 km², 主峰海拔 7 514 m, 海螺沟发育在主峰东面, 长 13 km, 面积 25 km². 东坡主要受东南季风的影响降水丰沛, 据观测海螺沟海拔 3 000 m 处年降水量达 1 895.5 mm, 推测其冰川积累区的年降水量可达 3 000 mm. 海螺沟冰川冰舌末端海拔 3 000 m 处, 年平均气温约 4 °C; 其平衡线在 4 900 ~ 5 000 m, 年均气温约 -4.4 °C. 这与我国大陆性冰川区平衡线年均气温 -9 °C 相比明显的高, 降水量也明显大. 前人研究表明海螺沟冰川具有: 冰层温度较高, 冰川末端冰温大多接近融点温度 (0 ~ 0.1 °C), 冰川消融强烈, 冰川运动速度较快; 海拔 3 600 m 冰川主流线上的年平均运动速度 171.35 m, 到海拔 3 000 m 冰川运动速度降至每年 20 m; 1990 年代以来冰川物质负平衡, 末端持续退缩, 年均退缩 15 ~ 20 m^[4].

贡嘎山第四纪冰川遗迹保留较好, 许多学者有过研究. 苏珍等^[5]曾专门撰文进行厘定, 划分出中更新世早期、中更新世晚期、晚更新世三次冰期,

全新世有新冰期和小冰期. 前人成果在冰川学、地貌学、第四纪地质学等方面较为丰硕, 遗憾的是对冰川沉积物的研究尚不深入, 冰川沉积特征与冰下过程机制研究尚缺乏, 难以比较海洋性冰川与大陆性冰川沉积差异. 本文在贡嘎山海螺沟实地考察、采样、室内分析的基础上, 学习前人成果, 拟对冰下融出碛沉积特征进行深入研究, 揭示海洋性冰川沉积特征与冰川底部冰岩界面物理-化学过程.

采样点位于贡嘎山海螺沟冰川末端海拔 3 180 m, 样品为新近从冰下融出, 保持了其冰下沉积时的原始结构构造形迹. 原状样用作沉积结构构造分析, 野外固结、定向. 粒度分析样品取 2 mm 以下粒级, 主要用于探讨冰川底部磨蚀作用特征. 本文采用的冰川沉积分类参见崔之久等^[6]讨论意见.

1 粒度组成

沉积物样品采自新近堆积的冰下融出碛和冰上融出碛细粒部分. 粒度组成和粒度参数见表 1, 粒度频率曲线见图 1. 冰下融出碛的砂 42.87%, 粉砂 51.76%, 粘土 5.38%; 冰上融出碛的砂 46.94%, 粉砂 38.14%, 粘土 14.92%. 一般认为, 机械破碎

收稿日期: 2008-09-07; 修订日期: 2008-11-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(40571014); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2005CB422001)资助

作者简介: 刘耕年(1962—), 男, 山西定襄人, 教授, 1994 年在北京大学获博士学位, 主要从事地貌学与环境变化研究.

E-mail: Liugn@pku.edu.cn

表 1 海螺沟冰川冰下融出碛粒度组成和粒度参数

Table 1 The grain size composition and parameters of the subglacial deposits

样品编号	砂/ %	粉砂/ %	粘土/ %	平均粒径 (Mz)/ Φ	偏态 (SK_1)	峰态 (Kg)	备注
HLG010-1	40.36	48.74	10.90	4.91	-0.10	1.03	冰下融出碛
HLG010-4	35.81	59.77	4.42	4.77	0.12	1.05	冰下融出碛
HLG010-7	54.58	42.95	2.47	4.23	-0.09	1.08	冰下融出碛
HLG010-9	59.76	35.30	4.94	4.03	-0.15	1.08	冰下融出碛
HLG010-9-1	16.55	50.54	32.91	6.56	0.24	1.34	冰上融出碛
HLG010-9-2	77.64	19.79	2.58	3.39	-0.28	1.24	冰上融出碛
HLG010-13	23.82	72.03	4.16	5.13	-0.11	1.11	冰上融出碛
HLG010-16	23.03	42.00	34.97	6.37	0.24	1.00	冰上融出碛
HLG003	93.67	6.33	0.00	2.35	-0.17	1.03	冰上融出碛

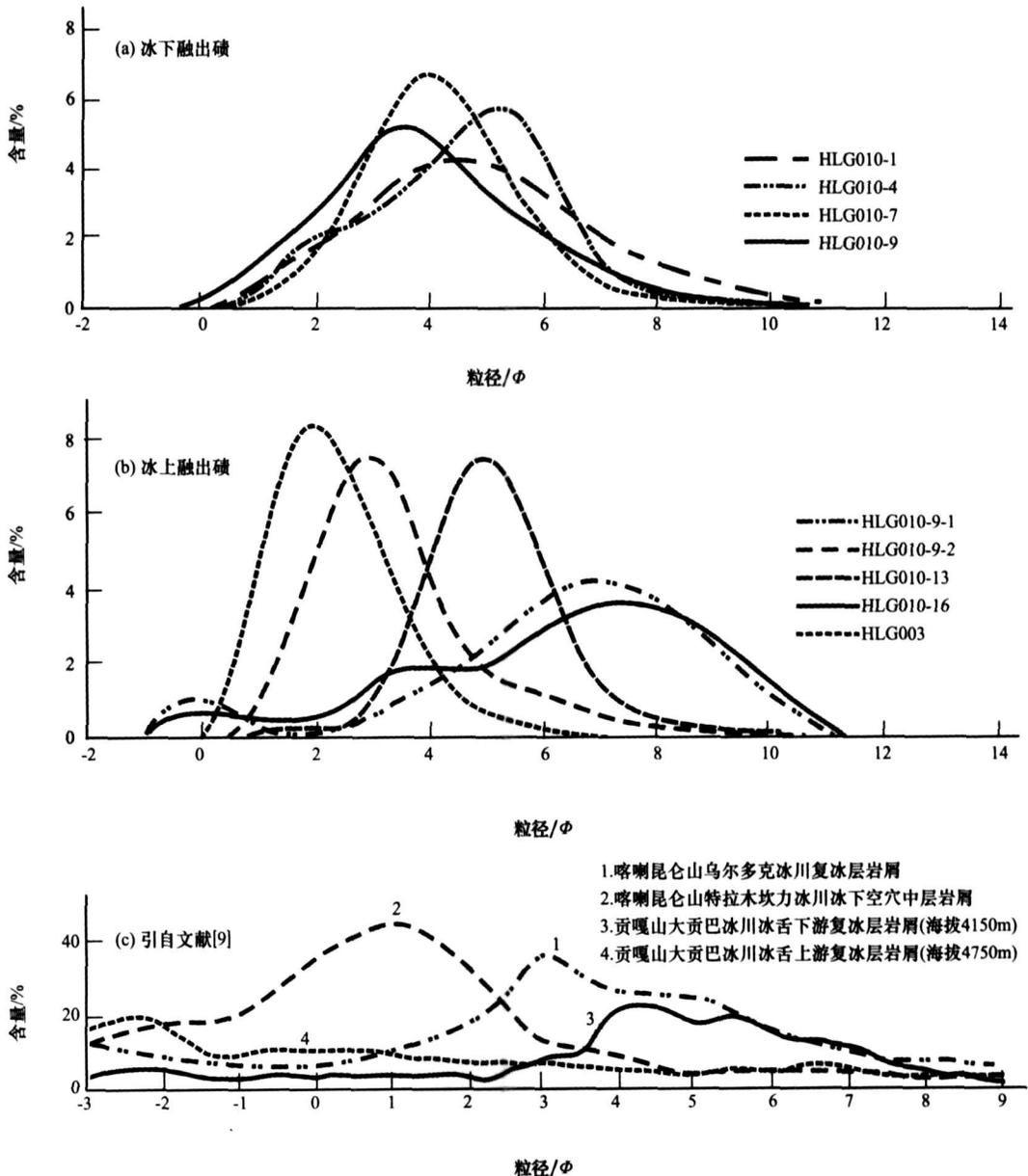


图 1 海螺沟冰川冰下融出碛粒度频率分布曲线

Fig. 1 The grain size distributions of the subglacial deposits (C from Kang 1991)

的极限至粉砂粒级, 因此, 粒度组成反映出冰下融出碛经受了较强的研磨细化, 细粒组分中粉砂已经占优势. 冰上融出碛的粒度组成反映其受融冰流水作用改造, 以及受到冰川槽谷细粒分化物的影响. 冰下融出碛平均粒径 Mz 变化在 $4.03 \sim 4.91 \Phi$, 落在粉砂粒级; 粒度频率曲线为负偏~近对称, 峰态类型为中等型. 冰上融出碛的平均粒径 Mz 变化较大, 在 $2.35 \sim 6.56 \Phi$, 落在粉砂和细砂粒级; 偏态的变化也比较大, 正偏~极负偏; 峰态类型有中等型, 也有窄型.

粒度频率曲线(图 1)表明, 各样品均表现为单峰形态, 冰下融出碛的峰值落在 $2 \sim 6 \Phi$ 之间, 集中在 4Φ 附近; 冰上融出碛峰值变化较大, $1 \sim 8 \Phi$ 都有; 样品 HLG003、HLG010-13 具有较高的单峰.

冰碛物的累积频率曲线反映冰下存在着沉积物运移过程的分异, 大部分冰下融出碛表现为两段直线形态, 冰上融出碛则表现为两段和三段并存的形式. 冰下融出碛的粗截点出现在 1Φ (0.5 mm) 附近, 细截点出现在 6Φ (0.016 mm), 冰上融出碛的 3 个截点分别落在 1Φ (0.5 mm)、 4Φ (0.063 mm) 和 6Φ (0.016 mm). 累积曲线是区分复合成因沉积物的不同动力过程的有效工具, 南极长城站地区松散沉积物的粒度特征的研究中, 运用概率累积曲线对冰碛物粒度所反映的粉碎作用、复合冰川作用以及融出分异过程作出了区分^[7]. Boulton^[8] 认为冰川压碎颗粒一般 $> 1 \Phi$ (0.5 mm), 磨碎颗粒一般 $< 1 \Phi$. 因此, 概率累积曲线 $> 1 \Phi$ 的粗颗粒段为冰下压碎作用产生, 而 $1 \sim 6 \Phi$ 为磨碎作用产生, $< 6 \Phi$ 的细尾有化学风化作用参与. 康建成等^[9-10] 对喀喇昆仑山克勒青河谷冰川和贡嘎山西坡贡巴冰川冰下岩屑的粒度组成研究表明, 粒度频率曲线为单峰型, 认为冰下压碎和磨碎作用的界限在 2Φ . 本文分析结果表明, 海螺沟冰川沉积的压碎组分与磨碎组分界线在 0Φ 稍微粗一些.

表 3 沉积物中矿物物相(矿物组成)分析(%)

Table 3 The minerals composition of the glacial deposits(%)

样品编号	伊利石	高岭石	绿泥石	闪石	石英	钾长石	斜长石	方解石
HLG010-1	64	2	1	4	12	9	6	2
HLG010-8	57	2	2	11	14	5	6	3
HLG010-9	33	2	1	12	14	22	14	2
HLG010-9-1	65	3	2	16	12	4	5	3
HLG010-9-2	22	1	0	18	20	20	16	3
HLG010-16	39	2	2	4	1	35	6	2

2 矿物成分

冰川沉积物中的粘土矿物 X 光衍射结果见表 2, 伊利石含量占 $90\% \sim 95\%$ 以上, 绿泥石 $3\% \sim 4\%$, 高岭石 $2\% \sim 6\%$. 伊利石是粘土矿物生成的最初产物, 海螺沟冰川沉积物伊利石含量高, 表明化学风化尚处初级阶段. 少量绿泥石和高岭石, 说明沉积物中 K、Na、Ca、Mg、Fe 等元素的已经处于初级淋滤阶段. 与西藏枪勇冰川^[11] 和天山乌鲁木齐河源冰川^[12] 沉积物的粘土矿物组成对比(表 2), 海螺沟冰川沉积物的风化作用进行得稍强一些, 反映出海洋性冰川冰下化学作用比大陆性冰川活跃. 对冰川沉积物 $< 0.05 \text{ mm}$ 部分进行了矿物物相分析(表 3), 表明全岩中黏土矿物占有优势, 细颗粒中保留下来的基岩矿物有闪石类、长石类、石英, 另有 $2\% \sim 3\%$ 的沉淀方解石. 间接地说明细颗粒云母(0.05 mm)极易风化成伊利石.

表 2 粘土矿物及其含量(%)

Table 2 The content of the clay minerals in some glacial deposits (%)

样品编号	伊利石	绿泥石	高岭石
HLG010-1	90	4	6
HLG010-9	93	3	4
HLG010-16	95	3	2
枪勇冰川 ^[11]	84	16	—
乌鲁木齐河源冰川 ^[12]	95	5	—

3 沉积物化学成分

冰川沉积的化学成分分析见表 4, HLG010-9c 和 HLG010-16c 为粘土的化学成分. 总的来说, 与基岩相比, 沉积物中 SiO_2 和 Al_2O_3 相对淋失, CaO 和 MgO 相对富集, 其它各元素没有明显变化.

海螺沟冰川沉积物的 $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ 为 3.70, 基

表 4 海螺沟冰川沉积物化学成分分析(%)

Table 4 Chemical compositions of the glacial deposits (%)

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	LOI
HLG010-基岩	63.37	16.44	0.68	8.15	4.10	3.01	0.15	1.21	0.11	0.84	1.84
HLG010-8	56.35	13.82	8.32	7.10	3.39	4.10	0.11	1.87	0.26	0.96	3.68
HLG010-9	60.20	13.66	7.41	6.20	3.21	3.52	0.10	2.12	0.22	0.85	2.45
HLG010-9-1	45.44	15.89	6.58	12.21	5.37	6.49	0.16	1.50	0.15	1.04	5.26
HLG010-9-2	63.91	12.79	7.73	5.10	2.44	2.71	0.09	2.30	0.22	0.79	1.93
HLG010-9c	49.21	15.27	2.55	12.65	5.30	6.44	0.12	0.93	0.23	1.38	5.99
HLG010-16c	43.19	16.34	3.26	15.26	6.71	8.09	0.23	0.97	0.16	1.17	4.73
沉积物平均	53.05	14.63	5.98	9.75	4.40	5.23	0.14	1.62	0.21	1.03	4.00

岩为 3 86, 沉积物中 SiO₂ 略有相对淋失。西藏枪勇冰川基岩和冰川沉积物的 SiO₂/Al₂O₃ 分别是 2.52、1.53, 乌鲁木齐河源冰川基岩和冰川沉积物的 SiO₂/Al₂O₃ 分别是 6.87、3.64^[11-12]。3 个冰川发育区的结果表明, SiO₂/Al₂O₃ 受基岩影响较大。与天山乌鲁木齐河源冰川和枪勇冰川相比, 海螺沟冰川沉积物样品 CaO 含量出现相当大的差异, 基岩样品 HLG010 中 CaO 的含量为 0.68%, 沉积物样品中 CaO 含量为 6.58%~8.32%, 发生明显富集。

4 显微沉积构造特征

冰下融出碛采自贡嘎山海螺沟冰川海拔 3 180 m 的冰蚀基岩面上, 为新近从冰下融出, 保持了冰下沉积时的原始结构构造形迹。野外观测样品呈灰色, 致密块状, 弱固结, 粉砂为主。从采样部位和沉积物宏观沉积特征看, 其沉积类型为冰下融出碛。由于地处亚热带海洋性气候带, 冰川具有海洋性冰川特性, 沉积亚类型当属滞碛和冰下流碛。在野外先用强力胶水固结, 标定上下、南北、冰川流向, 取下的样品小心包裹, 室内定向切片。野外采样 9 组, 室内切片 18 组, 一共观测分析 23 个切片。

冰川显微沉积结构构造形迹是研究冰岩界面过程的重要对象, 一直受到国内外同行重视^[12-15]。沉积物微观特征观测, 颗粒组成与粒度分析结果一致, 以粉砂和砂为主; 颗粒形状以棱角尖锐的不规则形状为主(图 2a, b), 少量云母保持片状形态(图 2c); 具有一定的分选, 反映冰下融出沉积、冰下流水沉积的有层理构造(图 2a), 大多表现递变粒序, 层厚 0.05~0.3 mm, 组成韵律层理, 底部为细砂, 向上递变为粘粒, 反映由底部向上水动力条件逐渐衰减的过程。由于受到上覆冰川静压力, 颗粒紧密

排列, 部分板状和片状颗粒的扁平面平行层面。透镜体(图 2b)常出现在较厚的弱层理沉积部位, 厚 0.3~0.4 mm, 长 1~1.2 mm, 系冰下出现条带状快速流水形成的冲刷-填充构造。显微滞碛(图 2c), 粒状长石、石英和鳞片状云母紧密堆积, 云母的扁平面与冰川表面平行, 垂直冰川压力方向。受到运动冰川挤压, 冰碛物中发育诸多变形构造, 常见的有火焰构造(图 2d), 系富含水分的冰下沉积物受到冰川推挤, 沉积层扰动变形形成, 较粗的沉积物下陷注入下部较细层。典型的冰下挤压变形构造是褶皱构造(图 2e), 表明冰下存在剪切作用。脉状构造(图 2f)为冰川冻融作用之产物, 冰碛中的脉状冰消融后, 携带碎屑的融冰水注入形成。断层构造(图 2g)则是冰川沉积物受到强烈挤压错动造成, 既有正断层, 也有逆断层, 低角度逆断层的出现, 表明冰川末端底部强烈的剪切作用。少量不整合(图 2h)构造说明冰下沉积物受到强烈的扰动, 这种扰动破坏了先前沉积层理构造。海洋性冰川具有更为丰富的沉积构造。

5 讨论和结论

粒度组成反映出冰下融出碛经受了较强的研磨细化, 细粒组分中粉砂已经占优势。冰上融出碛的粒度组成反映其受融冰流水作用改造, 以及受到冰川槽谷细粒分化物的影响。粒度频率曲线表现为单峰形态, 冰下融出碛的峰值落在 2~6 Φ 之间, 集中在 4 Φ 附近; 冰上融出碛峰值变化较大, 1~8 Φ 都有。大部分冰下融出碛表现为两段直线形态, 冰上融出碛则表现为两段和三段并存的形态。冰下融出碛的粗截点出现在 1 Φ (0.5 mm) 附近, 细截点出现在 6 Φ (0.016 mm), 冰上融出碛的 3 个截点分别落在 1 Φ (0.5 mm)、4 Φ (0.063 mm) 和 6 Φ

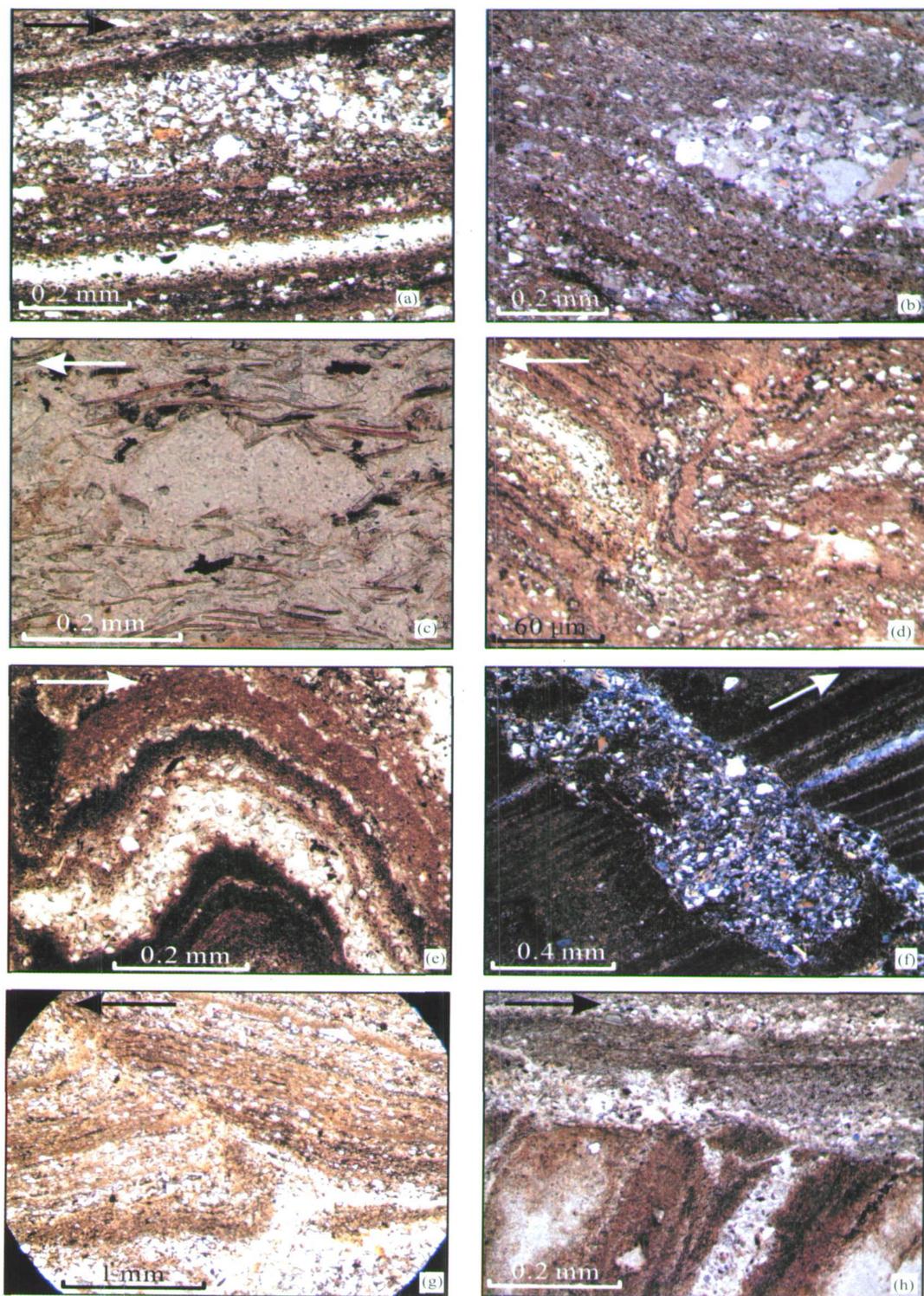


图 2 冰川沉积的显微构造

(箭头指向冰川运动方向; 图(b)为垂直冰川运动方向)

Fig. 2 The micro-structures of the glacial deposits

(Φ 0.16 mm). 压碎组分与磨碎组分界线在 Φ 稍粗一些.

伊利石含量占 90%~95% 以上, 绿泥石 3%~4%, 高岭石 2%~6%, 海螺沟冰川沉积物伊利石

含量高, 表明化学风化尚处初级阶段. 与西藏枪勇冰川和天山乌鲁木齐河源冰川对比, 海螺沟冰川沉积物的风化作用进行得稍强一些, 反映出海洋性冰川冰下化学作用比大陆性冰川活跃. 对比分析,

SiO₂/Al₂O₃ 受基岩影响较大, 海螺沟冰川沉积物 CaO 发生明显富集。

沉积物微观特征观测, 颗粒形状以棱角尖锐的不规则形状为主, 少量云母保持片状形态。反映冰下融出沉积和冰下流水沉积的显微沉积构造有层理构造, 多为具有正粒序韵律层理, 反映每次沉积由粗变细的过程特点, 颗粒紧密排列, 部分板状和片状颗粒的扁平面平行层面, 冰下形成特征十分明显。冰岩界面水膜相对富集会出小股快速流水, 局部形成的冲刷—填充构造透镜体。显微滞积是较常见的冰下融出积类型, 其中粒状长石、石英和鳞片状云母紧密堆积, 云母的扁平面与冰川表面平行, 垂直冰川压力方向。海洋性冰川沉积物中挤压形变形构造常见, 如火焰构造、褶皱构造、脉状构造、断层构造, 以及少量不整合。

致谢: 野外工作得到中国科学院成都山地所贡嘎山生态站的支持, 特别感谢生态站刘巧、陈冰如、李同阳、李伟的帮助; 粒度分析和沉积结构构造微形态分析在北京大学城市与环境学院地貌与环境演化实验室完成; 矿物分析和化学分析在北京大学地球与空间科学学院完成, 在此一并致谢。

参考文献 (References):

- [1] Cui Zhijiu. A preliminary study of the modern glacier of Gongga Mountain [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1958, **24**(3): 318—337. [崔之久. 贡嘎山现代冰川的初步观察[J]. *地理学报*, 1958, **24**(3): 318—337.]
- [2] Su Zhen, Liang Dalan, Hong Ming. Developing conditions, amounts and distributions of glaciers in Gongga Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1993, **15**(4): 551—557. [苏珍, 梁大兰, 洪明. 贡嘎山海洋性冰川发育条件及分布特征[J]. *冰川冻土*, 1993, **15**(4): 551—557.]
- [3] Su Zhen, Song Guoping, Cao Zhentang. Maritime characteristics of Hailuoguo Glacier in the Gongga Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, **23**(S1): 7—15. [苏珍, 宋国平, 曹真堂. 贡嘎山海螺沟冰川的海洋性特征[J]. *冰川冻土*, 1996, **18**(S1): 51—59.]
- [4] Xie Zichu, Su Zhen, Shen Yongping. Mass balance and water exchange of Hailuoguo Glacier in Mount Gongga and Their influence on glacial melt runoff [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, **23**(1): 7—15. [谢自楚, 苏珍, 沈永平. 贡嘎山海螺沟冰川物质平衡、水交换特征及其对径流的影响[J]. *冰川冻土*, 2001, **23**(1): 7—15.]
- [5] Su Zhen, Shi Yafeng, Zheng Benxing. Quaternary glacial remains on the Gongga Mountain and the division of glacial period [J]. *Advances in Earth Sciences*, 2002, **17**(5): 639—647. [苏珍, 施雅风, 郑本兴. 贡嘎山第四纪冰川遗迹及冰期划分[J]. *地球科学进展*, 2002, **17**(5): 639—647.]
- [6] Cui Zhijiu, Ren Binghui, Li Jijun. Discussion of the terms, concepts and translation of the till [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1981, **3**(1): 36—48. [崔之久, 任炳辉, 李吉均. 关于冰碛术语概念和译名的讨论意见[J]. *冰川冻土*, 1981, **3**(1): 36—48.]
- [7] Liu Gengnian, Cui Zhijiu. Grain size analysis and environmental significance of sediments around the Great Wall Station of China in Antarctica [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1997, **19**(1): 30—37. [刘耕年, 崔之久. 南极长城站区松散沉积物的粒度特征及环境意义[J]. *冰川冻土*, 1997, **19**(1): 30—37.]
- [8] Boulton G S. Boulder shapes and grain size distribution of debris as indicators of transport paths through a glacier and till genesis [J]. *Sedimentology*, 1978, **25**(6): 773—799.
- [9] Kang Jiancheng, He Yuanqing. Characteristic at boundary face of ice-bedrock on the upper region of Shaksgam Valley, Karakoram [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1991, **13**(4): 31—335. [康建成, 何元庆. 喀喇昆仑山克勒青河谷冰川冰岩界面特征的初步研究[J]. *冰川冻土*, 1991, **13**(4): 331—335.]
- [10] Kang Jiancheng. Grain-size characteristics of glacial debris, and explanation of the processes of glacial transports and sediments at the Gongba Glaciers in Mt. Gongga [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1987, **9**(1): 61—68. [康建成. 贡嘎山贡巴冰川冰川岩屑的粒度特征及意义[J]. *冰川冻土*, 1987, **9**(1): 61—68.]
- [11] Luo Risheng, Cao Jun, Liu Gengnian. Characteristics of the subglacially-formed debris-rich chemical deposits and subglacial processes of Qiangyong Glacier [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, **13**(4): 455—462. [罗日升, 曹峻, 刘耕年. 西藏枪勇冰川冰下富碎屑化学沉淀特征与冰下过程. *地理学报* [J]. 2003, **58**(5): 757—764.]
- [12] Liu Gengnian, Luo Risheng, Cao Jun, *et al.* Processes and environmental significance of the subglacial chemical deposits in Tianshan Mountains [J]. *Science in China (Series D)*, 2005, **48**(9): 1470—1478.
- [13] Carr S. Micromorphological criteria for discriminating subglacial and glaciomarine sediments: evidence from a contemporary tidewater glacier, Spitsbergen [J]. *Quaternary International*, 2001, **86**: 71—79.
- [14] Meer J J M, Menzies J, Rose J. Subglacial till: the deforming glacier bed [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2003, **22**: 1659—1685.
- [15] Piotrowski J A, Larsen N K, Junge F W. Reflections on soft subglacial beds as a mosaic of deforming and stable spots [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2004, **23**: 993—1000.

Sedimentary Characteristics and Subglacial Processes of the Glacial Deposits in Hailuoguo Glacier, Gongga Mountain

LIU Geng-nian, ZHANG Yue, FU Hai-rong, CHEN Yi-xin, SHI Lei
(College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The Hailuoguo Glacier is a typical maritime type one, and is one of the highly investigated by geoscientist. Based on the analysis of grain size, mineral composition, chemical composition, and sedimentary micro-structures of the glacial deposits of Hailuoguo Glacier, the sedimentary characteristics and subglacial chemical-physical processes of maritime type glacier are discussed in this paper. Grain size analysis indicates that the silt is the predominant component in the subglacial deposits, which show strong abrasion in ice-bedrock interface. Most of the subglacial deposits show two straight lines in grain size accumulative graph, which is the reflection of crushing and abrasion. The transition of crushing fragments and abrasion fragments is around grain size 0.5 mm. In clay composition, illite, chlorite and kaolinite account for 90%~95%, 3%~4% and 2%~6%, respectively, that indicates a primary chemical weathering stage of the glacial deposits. As comparing

with Qiangyong Glacier in Tibet and Glacier No.1 in Tianshan, the glacial deposits in Hailuoguo Glacier show stronger chemical weathering and more active subglacial chemical processes. The micro-structures of the glacial deposits reveal complex sedimentary features. The most common subglacial melt-out structure is stratification with angular fragments, and normal graded bedding. Small scale coarse debris lens indicates the erosion and filled action of subglacial melted water, which is widely spread at ice-bedrock interface under maritime type glacier. Micro lodgment structure is common in the deposits with graininess feldspar and quartz, sheet mica tightly compacted, flat plane of the mica parallel with glacial surface. Structures show strong sliding and shearing of maritime type glacier including flame structure, folded structure, small debris vein, fault in sediments, and a few discordant beddings.

Key words: Hailuoguo Glacier ; glacial deposit ; subglacial process