

贡嘎山区全新世冰川变化 与泥石流发育的关系

郑本兴 马秋华

(中国科学院兰州冰川冻土研究所 兰州 730000)

提 要 贡嘎山区在全新世初期(10 000—7 500a BP),气候渐暖,冰川后退,泥石流发生频次剧增;中期(7 500—4 000a BP),出现高温气候,冰川强烈后退,沉积物则以冰水河流相为主;晚期(<4 000a BP),气候转冷,出现新冰期。嗣后,气候转暖,但有三次明显的冰进过程;400a BP前,气候再度转冷,出现小冰期。大量的泥石流点是出现在气候转暖、冰川退缩的初始阶段。

关键词 贡嘎山区 全新世 冰川变化 泥石流

贡嘎山是青藏高原东部的最高山体,主峰海拔 7 556m。主峰周围共有现代冰川 74 条,冰川面积 255km²。区内长度>10km 的山谷冰川共有 5 条(东坡 4 条,西坡 1 条)。东坡海螺沟冰川末端海拔 2 940m 年¹⁾,比西坡贡巴冰川末端海拔约低 1 000m。第四纪中期以来,这里曾发生过三次冰期,其中末次冰期的遗迹保存最好,并有许多学者^[1-6]先后对此研究过。1990 年对本区的冰川作用与冰川地貌进行了较为全面的考察,从而获得了较为丰富的全新世冰川堆积、河湖相沉积与泥石流堆积的年代资料。这些资料和众多的现有文献资料为系统讨论区内全新世冰川变化与泥石流发育的关系提供了有利条件。

1 末次冰期最盛期的冰川遗迹

末次冰期的冰川刻蚀地貌和冰川堆积地貌(图 1)保存较好。与前数次冰期的冰碛相比,末次冰期冰碛的风化程度和粘土矿物的风化程度有明显区别。

在贡嘎沟,末次冰期的终碛、侧碛分布于海拔 3 400m 处的魏石达以上,贡嘎寺所在的高侧碛的¹⁴C 测年 17 600±200a BP^[5],而魏石达终碛前冰水扇底部淤泥的¹⁴C 测年 15 010±230a BP。由此表明,本区末次冰期最盛期为 20 000—15 000a BP,较之现代冰川长约 7.0km。

在海螺沟,末次冰期的冰碛分布于海拔 1 900—3 000m 处的 U 形谷左岸,高出河床 60—120m,宽约 500m。冰碛台地上生长有云杉、桦树和杜鹃,并被青石板沟沟口和热水沟沟口分成三段。热水沟沟口附近的冰碛夹层淤泥的¹⁴C 测年 24 390±750a BP^[4],热水沟沟口向下游不远的冰碛上泉华盖层的¹⁴C 测年 19 700±300a BP^[5]。这层冰碛一直延伸到一营下游海拔 1 900m 处,显然属末次冰期最盛期的冰川堆积,较之现代冰川长 8.5km。

在燕子沟,末次冰期的冰碛台地分布于药王庙之上游,海拔>2400m(图2)。古冰

1)本文照片见刊末图版 1。

本文收稿日期:1993-02-11,改回收期:1993-08-15。

店子(见图 1)。

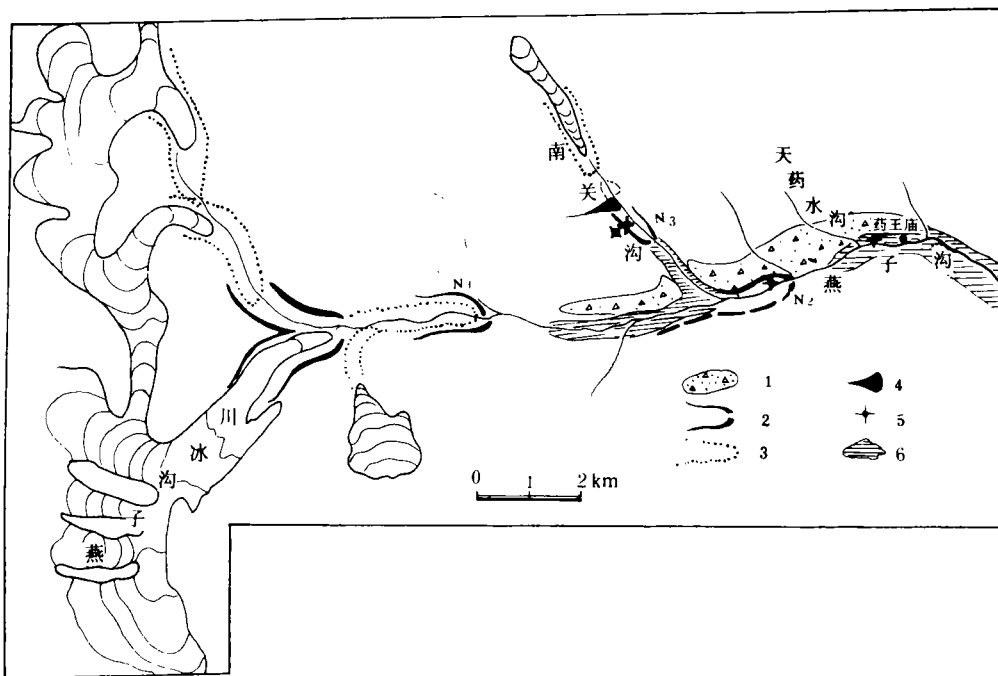


图 2 燕子沟中上游末次冰期以来的冰川遗迹

Fig. 2 The remnant of glacier since last glaciation in the middle-upper reaches of Yanzigou Ravine

1. 末次冰期的冰碛台地; 2. 新冰期冰碛垄; 3. 小冰期冰碛垄; 4. 1989 年泥石流阻塞物; 5. ^{14}C 测年采样点;
6. 冰水阶地。 N_2 为观景台冰进; N_3 为海螺沟冰进

2 全新世冰川变化

2.1 全新世初期—中期的冰川变化

末次冰期晚期,随着全球性气候的变暖,冰川开始退缩。西坡贡嘎沟魏石达终碛前冰水扇下部有层淤泥,其 ^{14}C 测年 $11\,680 \pm 145\text{a BP}$ 。该层之上覆有厚 $> 20\text{m}$ 的冰水和冲洪积沙砾石层。随后冰川后退,在贡嘎沟与莫溪沟相汇处附近(海拔 $3\,500\text{m}$)形成一道终碛,它是末次冰期冰川退缩中的一个气候转冷阶段的产物。在四川稻城冰盖西坡古冰川外缘湖相沉积的 ^{14}C 测年 $8\,010 \pm 150\text{a BP}$ 。据此推测,贡巴冰川在 $8\,000\text{a BP}$ 前可能停顿过,从而形成这道终碛。

海螺沟内古冰川从一营下游向后退缩时,冰川变薄,并伴有阶段性停顿。整个冰碛平台呈阶状。最明显的是:热水沟沟口上游的冰碛台地比二营一带的冰碛台地高出 $> 100\text{m}$ 。燕子沟内天药水沟沟口上下的冰碛台地间的相对高度亦相当明显。磨子河上游末次冰期冰川后退过程中的阶段性则更明显,在猪腰子海上游还有两道冰碛垄。

全新世中期高温期时冰川后通强烈,没有形成明显的终碛垄。大量冰碛物被冰川融水冲走,成为外围冰水阶地中的冰水-泥石流堆积层。

2.2 全新世晚期——新冰期的冰川变化

有人将全新世早期以来的所有冰川终碛都称为新冰期^[7];有人则一贯主张将全新世

相当于海螺沟冰进的新冰期冰碛还见于南关沟内,海拔 3 000m,距现代冰川末端约 2.0km。该剖面高 25m,下部为冰下河道沉积;中上部为冰碛,其中朽木的¹⁴C 测年 780±90a BP;顶部则是泥石流巨砾,其中朽木的¹⁴C 测年 260±65a BP。

贡巴冰川下游海拔 3 600m 处有两道新冰期的终侧碛,均已长有云杉。靠下游的一道终碛顶部海拔 3 615m,高出河床约 80m;靠上游的一道终碛不明显。但在沟谷东岸有明显的两道侧碛,与上述两道终碛相对应。

2.3 小冰期的冰川变化

在海螺沟,小冰期的侧碛内叠在新冰期高侧碛的中下部,冰碛表面长有茂密的沙棘。1930 年 A. Heim 到此考察时,冰川末端位于大岩窝附近,冰川两侧都分布有内外两道侧碛;内侧碛高出冰面 15—20m;较老的外侧碛高出内侧碛 25m^[1]。A. Heim 所谓的外侧碛即相当于这里所述的新冰期侧碛。1990 年在距冰川末端 1.0km 处,小冰期侧碛中采得朽木,其¹⁴C 测年 150±60a BP,可能是与 1930 年所见的内侧碛相应的冰川在 19 世纪中叶小冰期冰进时形成的。在距冰川末端 300m、海拔 2 940m 处,有一长有灌木的冰碛小丘,接近 1966 年冰川末端的位置,可能是 20 世纪 60 年代形成的。在大岩窝下游,有三道相互连接的小冰期冰碛,宽约 300m,其外侧巨石下朽木的¹⁴C 测年 540±70a BP,显然它是小冰期冰碛前的泥石流堆积或崩塌物下的树木。

贡巴冰川小冰期冰碛很新鲜,覆盖在长有杜鹃、云杉的新冰期冰碛之上,末端海拔 3 700m,低于现代冰川 100m。贡巴冰川的多次冰进使冰碛逐次叠加,冰体位置越来越高。大贡巴冰川边缘已高出边缘沟槽>100m。分布于小贡巴冰川末端和大贡巴冰川北侧的四道侧碛,是小冰期多次冰进的产物。新冰期冰川比现代冰川低 300m、长 2km。据此推断,当时大贡巴冰川和小贡巴冰川还在一起,小冰期时才彼此分离。

目前尽管本区尚缺系统的小冰期冰碛绝对年代,但仍可与横断山区树木年轮所反映的气候变化相对比。17 世纪初—60 年代气候偏低,初期年均温低于正常年均温约 1℃,18 世纪 50 年代为一暖期。近 200 多年来,除 19 世纪 30 年代、50 年代及 19 世纪末—20 世纪初均为偏暖期外,年均温多在平均值以下^[10]。另外西藏冰川的研究结果表明,海洋性冰川区降水丰富,气温的变化与冰川的前进和后退关系密切^[8]。因此可以认为:横断山区 17 世纪初—60 年代、18 世纪中期—19 世纪初、19 世纪中叶—90 年代皆是比较明显的气候偏冷期,孕育了小冰期的三次百年尺度的前进变化。20 世纪中叶的偏冷气候使冰川退缩减慢,在冰川末端形成冰碛小丘。1960 年以后,冰川处于强烈的后退阶段,属冰川融水旺盛、冰川泥石流频繁发生期。

3 全新世的冰水阶地与泥石流堆积

在末次冰期和新冰期冰川沉积的同时,于外围谷地中则广泛发育了多级冰水阶地、冰水扇。

在贡嘎山西坡莫溪沟,末次冰期所形成的魏石达终碛内侧明显可见两级冰水阶地,目前已开垦为农田,推测其形成年代为全新世中期—新冰期。

与西坡相比,东坡末次冰期以来的冰水阶地较为发育。著名磨西面台地就是一个冰水和泥石流台地。该台地从新兴至尾端长约 10km,宽 1—2km,高约 120m。目前对磨西面台地的成因和形成年代还没有统一的看法。有的认为,磨西面台地系燕子沟流出的末

次冰期的冰水沉积构成^[1];有的认为,磨西面大坝之生成殊难解释,可能有三种成因:a.冰川形成的底碛,b.气候转暖雪线上升时的洪积,c.山地上升、侵蚀加强生成的冲积层,生成时期相当于雅安层^[11]生成时期;有的认为,磨西面台地下部为冰碛^[2];有的认为,根据磨西河新兴东侧第四级台地的结构和下部的朽木年代确定为全新世早期夹有泥石流堆积的冲积阶地^[4]。

野外考察和文献资料分析结果表明,磨西面台地及其附近的各级阶地与末次冰期后的冰川融水、全新世冰川的进退、山地的上升等因素关系密切。

目前磨西面台地之东侧由于磨西河的堆积和侵蚀下切而呈现四级阶地,在新兴东分别高出河床 5—10, 35, 65 和 85(m)。第四级阶地 T_4 沉积物可分 13 层,包括砾石层、含砾沙层、淤泥层等^[4]。各层砾石直径一般在 5—10 或 10—20(cm),其中下部第一层和中部第七层的最大砾石直径达 40cm,剖面下部高出河床约 30m 处,黑灰色淤泥层中朽木的 ^{14}C 测年 $7\,430 \pm 300 - 7\,420 \pm 90\text{a BP}$ ^[4,12,13]。磨西河柏家山附近,第二级阶地 T_2 底部朽木的 ^{14}C 测年 $2\,356 \pm 95\text{a BP}$ ^[12,13]。磨西面台地之西侧为燕子沟所深切,堆积剖面厚达 120m,燕子沟的数级阶地主要保存在药王庙一带和右岸的蔡阳坪。燕子沟药王庙附近,四级阶地分别高出河床 5—10, 30, 50 和 100(m)。药王庙上游 1km 处, T_2 面以下 4—5m 处砾石层中的朽木 ^{14}C 测年 $1\,490 \pm 70\text{a BP}$,而上游南关沟河坝第一级阶地 T_1 中朽木的 ^{14}C 测年 $730 \pm 30\text{a BP}$ ^[12]。1990 年获得的燕子沟新冰期第二次冰进(观景台冰进)冰碛底部朽木的 ^{14}C 测年 $2\,350 \pm 65 - 2\,170 \pm 11\text{a BP}$,这与柏家山附近 T_2 底部的年代一致。而新冰期的海螺沟冰进在南关沟内的 ^{14}C 测年 $780 \pm 90\text{a BP}$,这则与南关沟沟口外河坝的 T_1 年代一致。

海螺沟内亦分布有四级阶地,沟口处分别高出河床 5—10, 30, 90 和 140(m)。在观瀑亭附近, T_1 (5—10m) 和 T_2 (20—25m) 则分布于末次冰期的冰碛台地旁。 T_1 砾石层中朽木的 ^{14}C 测年 $930 \pm 70\text{a BP}$,砾石具有磨圆特征。 T_2 则由冲积沙砾层构成。阶地中的泥石流堆积和反映气候较暖的腐殖质淤泥层与新冰期的小间冰阶段相对应。其中所夹淤泥层的 ^{14}C 测年 $2\,170 \pm 60 - 1\,200 \pm 70\text{a BP}$,分别相当于新冰期的海螺沟冰进和观景台冰进。

综上所述,本区普遍分布有四级阶地;各级阶地的物质堆积年代分别为: T_4 7 500—4 000,第三级阶地 T_3 4 000—3 000, T_2 3 000—1 200, T_1 1 200—750(a BP)。

4 全新世冰川变化与泥石流发育的关系

全新世初期,末次冰期的冰川因气候转暖而开始退缩,并在谷地中形成高大的冰碛台地或多道终碛垄。在冰川外围的谷地中则形成冰水沉积和冰水-泥石流堆积(相当于磨西面台地 T_4 的下部)。全新世中期,气候更暖,冰川退缩更快,大量冰川融水所挟带的沙砾和巨砾堆积在外围谷地之中形成磨西面台地 T_4 的中上部。全新世晚期—新冰期,因气候转冷,出现了三次明显的冰进阶段,即以千年为周期的三次气候变化,并在冰川外围谷地中先后形成 T_3 , T_2 和 T_1 。

17—19 世纪的小冰期中,气候波动也很明显。树轮分析结果表明,近 400 年来气候的波动周期分别为 11, 22, 30 和 126(a)几种^[10];小冰期的三道终碛垄反映的是百年尺度的气候波动;1930 年至今的冰川变化中反映的是三十年尺度的气候波动。

由于贡嘎山东西两坡的自然环境存在着明显的差异,冰川变化也不尽相同,东坡冰川

末端下伸到林线以下;与西坡相比,东坡冰川进退幅度更为明显.新冰期最盛期时,东坡的冰川比现代冰川长 3—9km,而西坡的冰川则比现代冰川仅长约 2km.小冰期至今,东坡的冰川末端位置变幅 1—3km,而西坡的贡巴冰川则变幅甚小.

近期气候变暖,冰川消融加剧,冰川洪水和冰川泥石流频繁发生.在规模和频次上东坡都超过西坡,因此造成的危害程度亦较明显.1989-07-08 和 07-26,海螺沟冰舌地段观景台西沟发生过冰雪雨水泥石流.1976-08 长草坝 3 号冰川下游,也出现过滑坡、泥石流^[14,15].近年来燕子沟内森林遭到连续砍伐,因木材顺破下滑,而使大量岩块和冰碛砾石堆积在沟谷的坡脚处,成为泥石流固体物质的补给来源.燕子沟最近一次大型泥石流发生于 1989-07-26,1990 年野外考察时查明,此次泥石流属溃坝型泥石流.南关沟是燕子沟左侧一条较大的支沟.南关沟左侧的支沟中因源头山体大面积崩塌而引起泥石流,大量的泥石流物质冲出支沟,堆积在南关沟,形成一高 80—120m 的阻塞坝.于是上游冰川融水被堵成湖.时隔不久,该坝溃决而形成规模较大的泥石流.于燕子沟上通往冰川公园的水泥桥,虽距该坝>10km 也被彻底毁坏.由此可见,气候变化、冰川变化与冰川外围的谷地演化、生态环境的演变之间有着甚为密切的关系.

本区全新世冰川变化与泥石流发育的关系综合对比如表 1.

表 1 贡嘎山区全新世冰川变化与河湖相、泥石流堆积对比

Table 1 Comparison between the glacier variation and fluvial-lacustrine facies and debris flow deposit of Holocene in the Gongga Mountainous Region

地质年代	阶 段	冰 川 作 用 区	冰 水 与 泥 石 流
全新世	现 代	近期冰川强烈消融后退	冰川、洪水、泥石流频发,1989-07 东坡泥石流暴发普遍
	小 冰 期	现代冰川外 1—4 道终碛、侧碛.海螺沟冰川外 1km 处的侧碛 ¹⁴ C 测年 150±60a BP;贡巴冰川侧碛 ¹⁴ C 测年 440±50a BP	现代河漫滩及泥石流堆积 ¹⁴ C 测年 540±70—260±65a BP
	新 冰 期	海螺沟冰进, ¹⁴ C 测年 940±85—780±90a BP;观景台冰进, ¹⁴ C 测年 2 350±65—1 550±85a BP;前观景台冰进, ¹⁴ C 测年 >3 080±80a BP	观瀑亭附近 T ₁ ¹⁴ C 测年 930±70a BP;水海子剖面上部 ¹⁴ C 测年 1 140±60—820±60a BP;观瀑亭附近 T ₂ ¹⁴ C 测年 2 170±60—1 200±70a BP;水海子剖面下部 ¹⁴ C 测年 1 890±65—1 510±65a BP;T ₃ 4 000—3 000a BP
	中 期	高温期	冰川强烈后退
	早 期	冰后期初	磨西面台地 T ₄ 中上部 ¹⁴ C 测年 7 430±300—7 420±90 至 4 000(a BP)
			末次冰期后的冰川逐步后退,猪腰子海以上的 2 道终碛垄
			磨西面台地 T ₄ 下部 ¹⁴ C 测年 7 430±300—7 420±90a BP

参 考 文 献

[1] Hein A. The glaciation and solifluction on Minya Gongkar. *Geographical Journal*, 1936, 87(5): 444—454.

[2] 崔之久. 贡嘎山现代冰川的初步观察. *地理学报*, 1958, 24(3): 318—338.

[3] 范文纪. 贡嘎山的地质构造基础和冰川地貌特征. *成都科技大学学报*, 1982, (3): 19—33.

[4] 李钟武, 陈继良, 胡发德等. 贡嘎山地区地质构造. 见: 中国科学院成都地理研究所. 贡嘎山地理考察. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1983. 4—20.

[5] 李吉均, 宋明琨, 秦大河等. 贡嘎山冰川考察. 见: 孙鸿烈主编. 横断山考察专集(一). 昆明: 云南人民出版社, 1983. 140—153.

[6] 王明龙, 胡发德, 李钟武. 贡嘎山地区第四纪冰期探讨. 见: 高生淮, 郑远昌编. 横断山研究文集. 成都: 四川科学技术出版社, 1989. 50—58.

[7] 康建成, 陈发虎, 沈永平等. 中国西部全新世环境变化——冰川、黄土与气候. 见: 中国第四纪冰川与环境研究

- 中心、中国第四纪研究委员会编. 中国西部第四纪冰川与环境. 北京: 科学出版社, 1991, 131—137.
- [8] 郑本兴. 西藏地区全新世的冰川变化和现代冰川发展趋势. 见: 李吉均, 郑本兴, 杨锡金等编著. 西藏冰川. 北京: 科学出版社, 1986. 277—297.
- [9] 郑本兴. 中国西部末次冰期以来的冰川、环境及其变化. 第四纪研究, 1990, (2): 102—110.
- [10] 吴祥定, 林振耀. 云南小中甸地区树木年轮所表征的气候变化. 见: 孙鸿烈主编. 横断山考察专集(一). 昆明: 云南人民出版社, 1983, 206—213.
- [11] 李承三. 西康泸定磨西面之水利问题. 地质评论, 1939, 4(5): 367—372.
- [12] 刘淑珍, 刘新民, 赵永涛等. 贡嘎山地区地貌特征及地貌发育史. 见: 中国科学院成都地理研究所. 贡嘎山地理考察. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1983, 21—34.
- [13] Chen Fubin, Li Xun, Peng Jiwei *et al.* Quaternary glaciation and neotectonics in western Sichuan Province. In: Liu Tungsheng ed. Highlights of Quaternary Geology in China, Excursion Guidebook XI, XII INQUA, Beijing, China, 1991. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 1991. 1—36.
- [14] 吕儒仁, 高生淮. 贡嘎山海螺沟冰川冰舌地段的泥石流. 冰川冻土, 1992, 14(1): 73—80.
- [15] 吕儒仁. 贡嘎山东坡和北坡的山地灾害. 山地研究, 1991, 9(2): 131—135.

RELATIONSHIP BETWEEN THE GLACIER VARIATION AND THE DEBRIS FLOW DEVELOPMENT OF THE HOLOCENE IN THE GONGGA MOUNTAINOUS REGION

Zheng Benxing Ma Qiuhua

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences

Lanzhou 730000)

Abstract

In the Gongga Mountainous Region, the relationship between the glacier variation and the debris flow development is very close.

In the early Holocene, the climate became warm, the glaciers gradually retreated, and formed the debris flow layer in the lower section of the fourth glaciofluvial terrace (T_4).

In the Hypsithermal period of the middle Holocene (7 500—4 000a BP), the glacier retreated strongly and formed the middle and upper sections of T_4 (7 500 ± 4 000a BP) including some debris flow layers.

In the late Holocene, the climate turned into cold and the Neoglaciation can be divided into 3 stages of the glacier advance: the pre-Guanjingtai glacier advance ($> 3\ 080 \pm 80$ a BP), the Guanjingtai glacier advance ($2\ 350 \pm 65$ — $1\ 530 \pm 80$ a BP) and the Hailougou glacier advance (840 ± 85 — 780 ± 90 a BP). And also the 3 glaciofluvial-debris flow terraces are formed respectively: T_3 4 000—3 000, T_2 3 000—1 200 and T_1 1 200—750(a BP).

The earliest of the Modern Little Ice Age appeared in 400a BP, and there were 3 times of climate waving. Recently, the climate turned into warm, and the debris flow appeared much more.

Key words Gongga Mountainous Region, Holocene, glacier variation, debris flow