中国台湾高山第四纪冰川之确证

崔之久　　杨健夫④　刘耕年　　宋国城㈣　王　鑫④

(　北京大学城市与环境学系，北京 100871；④台湾大学地理系，台北；㈣成功大学地理系，台南)

摘要　查明中国台湾雪山主峰区有 3 套不同时期的冰川遗迹．如冰斗湖、冰坎、大型磨光面和擦痕以及冰碛垄等．分别命名为山庄冰阶(末次冰期早期(44.25 ±3.72) kaBP)、水源冰阶(末次冰期最盛期(18.26 ±1.52) kaBP)、雪山冰阶(末次冰期晚期(10.68 ±0.84) kaBP)，尤其以早期冰川规模大为特征．澄清了学术界近 65 年来对中国台湾山地有无冰川作用的怀疑，为全球变化研究增添新内容．

关键词　**雪山主峰　冰川遗迹　末次冰期**

中国台湾高山有无末次冰期的冰川遗迹，一直是学术界长久争论的问题．日本学者鹿野忠雄[1~6]肯定中国台湾高山存在末次冰期的冰川遗迹．中国台湾地学界有两篇反对存在冰川遗迹的报告[7,8]，但他们也强调，南湖大山上下圈谷的真正成因，还需进一步研究．鹿野忠雄等学者经考察认为，中国台湾只要高度在 3 300 m 以上的高山地带都应该有冰川遗迹，共约有 80 个冰斗，其中以雪山地区最多，有 35 个，高度多在 3 500 m 以上[9]．而南湖大山共有 12 个冰斗，高度也多在 3 300 m 以上．这些冰斗分布的高度与雪线位置密切相关，所以鹿野忠雄认为末次冰期时雪山地区雪线在 3 500 m，南湖大山稍低，也在 3 400 m 附近(图 1)．

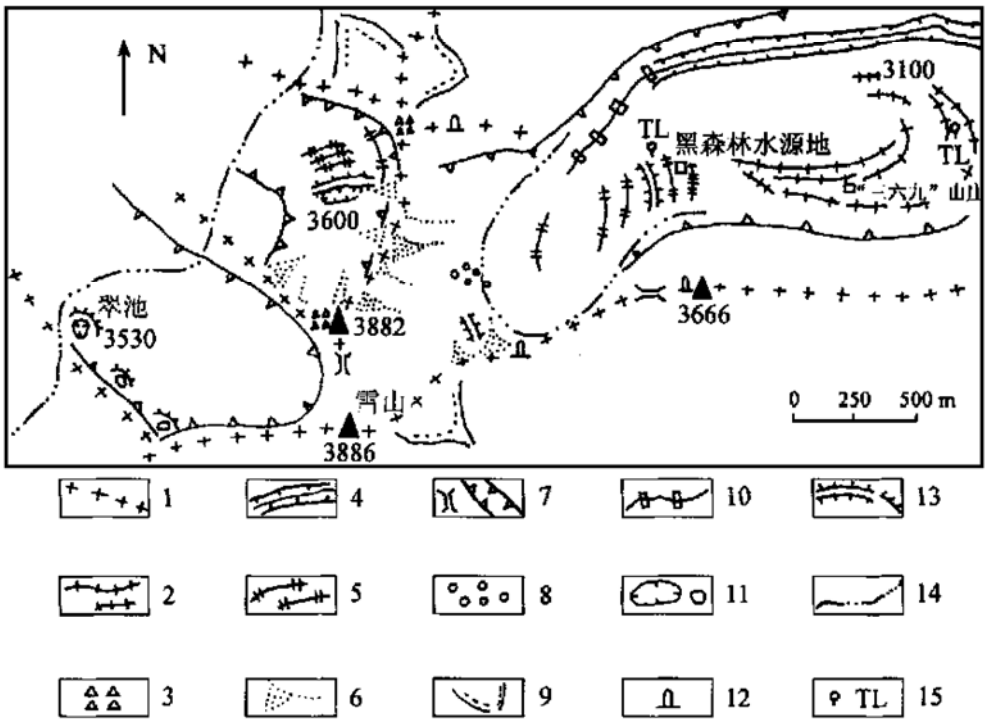


图 1　中国台湾雪山主峰地区末次冰期冰川遗迹分布图

1. 山脊线，2. 冰碛堤(末次冰期早期)，3. 石海，4. 峡谷，5. 冰碛堤(末次冰期)，6. 石流坡及石河，7. 隘口、槽谷，8. 冰碛丘(末次冰期晚期)，9. 雪蚀洼地，10. 河流，跌水，11. 冰蚀洼地，12. 冰缘岩柱，13. 冰坎，14. 现代森林上限，15. 测年样品采集处

何兴等人[10]根据日文文献, 也基本上支持中国台湾高山有第四纪冰川作用的观点, Ono[11]持同样观点. 1998 年夏, 我们现场考察了雪山主峰(3 886 m)地区第四纪冰川作用. 确凿的证据有以下 3 方面: 2 号 U 型谷源头之冰蚀凹地和冰坎; 1 号 U 型谷中部之大型磨光面和擦痕; 1 号 U 型谷上、中、下部之冰碛沉积.

1 冰蚀凹地与冰坎

雪山主峰卫峰(3 882 m)之下北偏西方向的宽大槽谷即我们所称的 2 号 U 型谷, 其源头为一典型的冰蚀洼地(冰斗)和冰坎的组合(见封面图和图 2). 冰斗和冰坎是通过冰川底剪切面的挖掘和搬运(即所谓旋转滑动过程)出现在基岩内的洼地(冰斗)和紧接其下侧的基岩突起(冰坎), 这种地貌形态组合是其他任何外动力过程所无法解释的, 是具有专属性的冰川地貌. 2 号 U 型谷冰蚀洼地低于现冰坎顶面 7 m, 然而洼地内之原始湖相(冰斗湖)沉积已被厚层坡积砾石覆盖, 估计凹地底部和冰坎顶部之高差大于 10 m. 今后应对此冰斗湖相沉积进行钻探, 以获取末次冰期以来(即全新世)连续的古环境记录. 对于同样在南湖大山发现的横亘谷源的冰坎, 有人认为是"崩塌堆积"[7,8], 其实也应为基岩冰坎[1)]. 在雪山主峰 2 号 U 型谷中所见之冰坎因地表寒冻风化基岩有所松动也被误认为是崩塌堆积物, 但现场测量由达见砂岩构成的冰坎处基岩, 其产状为走向 N60°W, 倾向 N25°E, 而冰坎两端出露的基岩也是同产状的达见砂岩, 所以, 此横亘之物是基岩冰坎无疑. 达见砂岩坚硬而富韧性, 经鉴定为中细粒长石石英砂岩[2)]. 主要矿物成分为: 石英 40%～45%, 长石 15%～20%, 岩屑 10%, 但已绢云母化、绿泥石化. 原岩可能是火山岩经低温变质而成. 尤其值得强调的是, 其胶结物为硅质, 系化学溶液再结晶. 故有较强的抗风化能力. 类似的冰坎在雪山主峰地区如原编号围谷 8, 9 等还有多处.



图 2 2 号 U 型谷源头之冰蚀凹地和冰坎

2 大型磨光面和擦痕

1 号 U 型谷中部南侧, 在有"水源"指示牌上方约 200 m, 海拔 3 400 m 处的黑森林中发现

1) 据高雄师范大学地理系齐世铮副教授面告
2) 鉴定人为北京大学地质学系张立正

一大型磨光面 (图 3) . 实际上它也是一个大型冰坎所在. 在登山步道上出露的磨光面面积约 5~ 6 m^2, 只是整个冰坎的很小一部分. 由步道往南侧山坡上去, 可见此冰坎延伸长度70 m以上. 磨光面上暴露中-大型擦痕和更大型的刻槽. 往北侧路边掀起上覆草皮可以看到更为清晰的被保护着的擦痕分布在磨光面上. 此外, 在此处登山步道上还见到带擦痕的冰碛石. 推测此冰坎所在位置可能是“山庄冰阶”时冰斗口(即雪线) 所在(见表 1) .



图 3　1 号 U 型谷黑森林之冰川磨光面和擦痕

表 1　中国台湾雪山末次冰期系

冰阶名称	雪线高度/ m	冰舌高度/ m	冰川类型	冰川长度/ km	AAR 值	年代/ kaBP (TL)	对比[a)]
雪山冰阶	3 700	3 500	冰斗冰川	1. 5	0. 55	10. 68 ±0. 84	末次冰期晚期, 户笃别冰期(日)
水源冰阶	3 500	3 300	冰斗-山谷冰川	3	0. 5	14. 28 ±1. 13 (上) 18. 26 ±1. 52 (下)	末次冰期盛期, 晚孜良卡冰期(俄)
山庄冰阶	3 400	3 100	山谷冰川	4. 5	0. 45	44. 25 ±3. 72	末次冰期早期, 幌知冰期(日) , 早孜良卡冰期(俄)

a) 资料来源于文献[11, 13]

3　冰碛物

在 2 号 U 型谷冰坎外侧可以看到与前述冰蚀洼地和冰坎相对应的数道冰碛堤, 在该谷地东侧坡麓有一条规模较大的侧碛堤. 在 1 号 U 型谷则可以看到 3 套时代不同的与冰蚀地貌相对应的冰碛物. 分述如下:

(1) “三六九”山庄附近的冰碛丘陵带. 此冰碛带自“三六九”山庄以下约 1 km 往上延伸到登雪山主峰步道所经之“避难所”处(有“水源”指示牌附近) , 总长度约 2 km 或更长, 海拔自 3 400~ 3 000 m, 所有冰碛基本集中在 1 号 U 型谷的南侧. 此外, 从“三六九”山庄北望, 可以看见在“三六九”山庄北面为峡谷. 推测当冰川发育时, 因冰川走向呈东北-西南和东西向, 南坡基岩山麓日照强, 冰川融化快, 在冰川与基岩山地之间出现冰侧沟道, 也成为本冰川融水的主要排泄道, 继冰后期抬升下切后, 即成为目前的峡谷. “三六九”山庄附近的丘陵呈顺山谷走向

的条带状或冢状. 岩性组成比较复杂, 有砂岩、板岩、石英砂岩和石英脉等, 有一定磨耗, 风化也比较深, 呈红黄色. 丘陵表面形态舒缓, 顶部不见漂砾. 有趣的是此类冰碛丘陵上多为大片箭竹草地而森林发育欠佳, 所以在视觉上非常醒目(图 4) . 我们根据现场各类冰碛的分布与形态特征并与大陆高山区对比, 认为此套冰碛属末次冰期早期, TL 测年为(44. 25 ±3. 72) ka. 另据孢粉分析资料, 在末次冰期早期距今 6~ 5 万年有一明显寒冷期[12], 故此套冰碛应属末次冰期早期, 我们拟命名为山庄冰阶. 当时冰川长度约 4 km, 雪线 3 400 m.



图 4 “三六九”山庄南侧所见之冰碛垄岗

(2) 黑森林中水源地附近的多道冰碛堤. 分布下限在 3 300 m 左右, 以下即为一系列小瀑布并由此进入峡谷. 往上 4~ 5 道终碛堤可延伸到 3 500 m 左右树线处, 其中包括前述 3 400 m 处的冰坎和磨光面. 各终碛堤高约 15 m, 长 100~ 150 m 左右. 以上各终碛堤皆集中在谷地南侧. 这是两个原因造成的: (1) 1 号 U 型谷是一单斜谷, 北陡南缓, 河床和峡谷偏在北侧, 故使南侧冰碛堤易于保存; (2) 和前述峡谷偏北发育一样, 因 1 号 U 型谷顺东北方向延伸, 当冰川存在时, 由于太阳入射角不同对不同坡向造成差别融化, 南坡坡下(谷地北侧) 的冰川受辐射强而消融强烈, 冰面减薄快, 冰碛物保存少, 不易形成冰碛堤或冰碛堤规模小, 而北坡坡下(谷地南侧) 则相反, 故冰碛堤规模大, 易保存. 此类冰碛堤不但形态清晰, 且有漂砾出露在表面. 尽管有几十厘米的土壤层覆盖和原始森林, 但也掩盖不了其轮廓分明的特征. 此外, 在 2 号 U 型谷之冰蚀洼地和冰坎组合之外侧所见之 3 道终碛及相应的侧碛堤也属同一时期产物. 根据上述海拔高度及形态特征和与相邻地区对比, 我们认为此套冰蚀-冰碛物应属末次冰期盛期. 据黑森林处挖坑采样 TL 测年, 下层(18. 26 ±1. 52) kaBP, 上层(14. 28 ±1. 13) kaBP, 平均(16. 27 ±1. 19) kaBP, 我们拟命名为黑森林冰阶. 当时冰川长度约 3 km, 古雪线 3 500 m, 现代森林上限也恰在此高度.

(3) 1 号 U 型谷树限(3 500 m) 以上, 雪山主峰北部陡坡以下 3 700 m 区间的小型侧碛和冰碛丘陵. 引人注目的是, 谷地北侧自 3 700 m 有两条由巨砾组成的侧碛堤向下延伸到 3 500 m 谷地中心, 长 250 m, 高 3 m 左右. 尽管完全被小灌木覆盖, 但仍可看出它们皆由巨砾组成, 无土壤层覆盖. 南侧也相应有一条较短的侧碛堤与 3 500 m 处之冰碛丘陵相汇合. 特别要指出的是: 其分布的谷底已都在水源冰阶冰坎以下, 故肯定晚于水源冰阶. 另根据其形态特征和分布, 我们推测它们可能属于末次冰期晚冰期(或相当于 Younger Dayas) , 拟命名为雪山冰阶. 当时冰川长度约 1. 5 km, 雪线 3 700 m 左右(见表 1) .

4 对比后的几点认识

(1) 通过对比发现(表 1),末次冰期在中国台湾高山的反映最有特色的是早、晚冰阶的存在, 这与日本 Alps 山的末次冰期系列相似,与东西伯利亚山地也可对应[13], 而与中国大陆内部的情况相去甚远. 已知中国台湾山地现代降水特点是北部冬季降水比南部丰富,降水量达 3 000 m/ a 以上,而中国大陆却是冬季干冷,降水量少. 这一差异使我们认识到虽在同一系统的季风条件下,由于地理位置的差异而造成不同的水热条件,使季风对冰川发育而言却有了不同的区域类型,即存在太平洋沿岸的冬季丰雨型和大陆内部山地的夏季丰雨型. 而由于冬雨型有利于冰川积累,从而使中国台湾和日本高山的末次冰期早期和晚期都突显出来,更敏锐地对气候变化作出了反映. 由于冰川规模上是末次冰期早期最大, AAR 值也比盛期和晚期小 0.5 和 1.0, 同样反映冰斗粒雪盆成冰量大,供给丰富.

(2) 对末次冰期冰川发育大环境的研究已使我们认识到: 由于大陆架出露成陆地,气候干冷,当时太平洋西岸沿海陆架区的降水较今少 15%~ 30%. 但对现有 3 000~ 4 000 mm/ a 降水量的中国台湾山地来说,此种减少不会产生深刻影响,冰川发育仍处在海洋性气候条件下,何况若当时雪线上年均温度保持在- 1~ 3 ℃,同时还有 5 ℃的降温, 也完全符合海洋性冰川发育的条件.

(3) 中国台湾高山在末次冰期时存在冰期环境,在孢粉分析和鱼类研究上也已经得到验证. 刘平妹[14]、王 鑫[15], Tukuda 等人[12] 已指出,在末次冰期早期有过寒冷而干燥的气候,生存于冰期却保存至今的缨花钩吻鲑则更是中国台湾雪山存在冰川作用的重要旁证之一. 缨花钩吻鲑现今只生存在雪霸山地七家湾溪中,因气候转暖已无法入海产卵,但却适应了现时的高山环境而得以保存. 已知中国台湾是此种鱼类在北半球分布的最南界. 雪山主峰地区末次冰期冰川作用的存在,也从正面回答了缨花钩吻鲑在中国台湾存在的原因.

致谢 本文承施雅风院士审阅指正,中国台湾雪霸公园资助野外费用, 特致谢忱. 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49671010) 资助项目.

参 考 文 献

1 鹿野忠雄. 台湾次高山地域地形学观察(一). 地理学评论, 1932, 8: 26~ 32
2 鹿野忠雄. 台湾次高山带冰河地形研究(地 1 报) 1. 地理学评论, 1934, 10(7): 606~ 623
3 鹿野忠雄. 台湾次高山带冰河地形研究(地 1 报) 2. 地理学评论, 1934, 10(8): 688~ 707
4 鹿野忠雄. 台湾次高山带冰河地形研究(地 1 报) 3. 地理学评论, 1934, 10(10): 816~ 838
5 鹿野忠雄. 台湾次高山带冰河地形研究(地 1 报) 4. 地理学评论, 1934, 10(11): 990~ 1017
6 鹿野忠雄. 台湾次高山带冰河地形研究(地 1 报) 5. 地理学评论, 1934, 11(8): 244~ 263
7 詹新甫. 台湾南湖大山冰蚀地形问题之商榷. 中国地质学会会刊, 1960(3): 109~ 111
8 徐铁良. 南湖大山所谓冰川地形之检讨. 地质, 1990, 10(1): 79
9 林朝棨. 台湾地形. 台北: 台湾省文献委员会出版, 1957. 424
10 何 兴, 周尚哲. 台湾山地, 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989. 119~ 125
11 Ono Y. Snowline elevation and eolian dust flux in the Japanese Islands during isotope stages 2 and 4. Quaternary, International, 1997, 37: 45~ 54
12 Tsukada M. Vegetation in sobtropical formosa paleoclima, 1967(3): 49~ 64
13 李吉均. 季风亚洲末次冰期的古冰川遗迹. 第四纪研究, 1992 (4): 332~ 339
14 曾美惠, 刘平妹. 利用对应分析法解决表土和地层花粉间的数值关系, 见: 台湾之第四纪第七次研讨会论文集. 台北, 1998. 18~ 23
15 王 鑫. 从古植物古气候讨论冰河时代的地质作用. 见: 台湾植物资源保育论文集. 台北, 1987. 229~ 238

(1999-07-01 收稿, 1999-09-10 收修改稿)