

台湾野柳微地貌成因分析

赵松龄

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 为扩大对中国东部存在低海拔古冰川遗迹的认识, 作者参加了第十六届海峡两岸地形学研讨会, 于2015年9月2日到达台北。地质旅行的第一天参观了野柳地区的微地貌。经实地考察, 作者确认野柳微地貌属于低海拔冰川成因。成群的圆形洼坑, 就是大陆上常见的冰臼。野柳冰臼群的发现, 表明中国台湾北部和中国大陆一样, 最后冰期时期, 曾发育低海拔冰川, 留下了广为分布的古冰川活动遗迹。

关键词: 湾流; 黑潮; 野柳; 古冰川; 中国台湾

中图分类号: X144 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)06-0072-05

doi: 10.11759/hyxx20150928002

1 野柳概况

野柳风景区位于中国台湾省基隆市西北方约15 km, 系一伸入海中的岬角(大屯山系), 长约1700 m。受造山运动的影响, 深埋海底的沉积岩上升, 产生了附近海岸的单面山、海蚀崖、海蚀洞和冰臼等微地貌。

和中国大陆相似, 中国台湾北部在末次冰期时期, 曾发育低海拔冰川, 部分地区被古冰川覆盖。从野柳地区所保存的冰臼群、“烛台石”来看, 当地的冰层融化甚快, 留下了多种类型的冰臼和溶蚀盘等奇特景观。

烛台石的“烛火”其实是岩层里坚硬的球形结核, 因处在旋转流的中心, 而露出锥形顶部, 冰川融水沿其边缘旋转, 由于结核外围有一带坚硬的环圈, 便顺此环圈向下侵蚀、切割, 形成圆锥状外形。

由冰川融水的旋转流形成的冰臼群可称为原生地貌。这些冰臼在形成时, 要高于冰期时的海面。进入全新世以来, 洋面大约上升了130 m, 野柳和台湾其它地区一样也在上升。从实际效果来看, 海面上升速度要大于当地地壳上升量。所以, 现在野柳地区处在海面附近, 经常受到波浪侵蚀、岩石风化及地壳运动等作用, 造就了海蚀洞沟、烛状石、蕈状岩、豆腐石、蜂窝石等次生地貌。值得注意的是, 野柳的基本微地貌类型均与圆形有关。

2 野柳一带低海拔冰川形成原因分析

北半球的两大洋流系统——湾流与黑潮, 它们

对我国东部低海拔型古冰川的形成与发育产生了重要的影响。冰期时期湾流带来的大量水汽, 在北美洲形成了劳伦泰德冰原、格陵兰和冰岛冰原; 在欧亚大陆发育了斯堪迪纳维亚冰原(图1); 冰原厚度多在3~4 km, 边缘地区也有数百米厚。从宏观来看, 冰期时期的北冰洋, 好似巨大的“冰盆”, 它有两大大缺口, 其一位于斯堪迪纳维亚冰原的左侧, 那里是北大西洋地区; 其二位于斯堪迪纳维亚冰原的右侧, 相当于俄罗斯境内的勒拿河以东地区。这两个地区才是北冰洋冷空气爆发南下的通道, 在运行过程中又会受到科氏力的影响, 而不断向右偏转, 位于斯堪迪纳维亚冰原左侧的冷空气, 沿着劳伦泰德大冰原东侧南下, 使大冰原的东部更向南移动到大烟山附近。

从亚洲的情况来看, 在斯堪迪纳维亚冰原的东部, 相当于冰原逐渐尖灭处, 才有可能冰期时期寒潮, 频繁爆发南下的路径(图2)。从该处南下的寒潮路径, 把北冰洋寒冷的气流, 直接输送到我国东部的低山丘陵区, 这就是我国东部地区, 能形成低海拔山地冰川的原因。从实际调查的资料来看, 自大兴安岭南端的大青山, 经北京北部的燕山、西部的太行山; 再转向东部的泰山、鲁山、峰山、崂山; 再向南的江苏省的云台山、浙江省的天目山、安徽省的天柱山、江西省的庐山、福建省白云山等, 都发育良

收稿日期: 2015-09-28; 修回日期: 2016-01-12

作者简介: 赵松龄(1936-), 男, 江苏连云港人, 研究员, 主要研究海洋地质学, E-mail: zsling1936@163.com

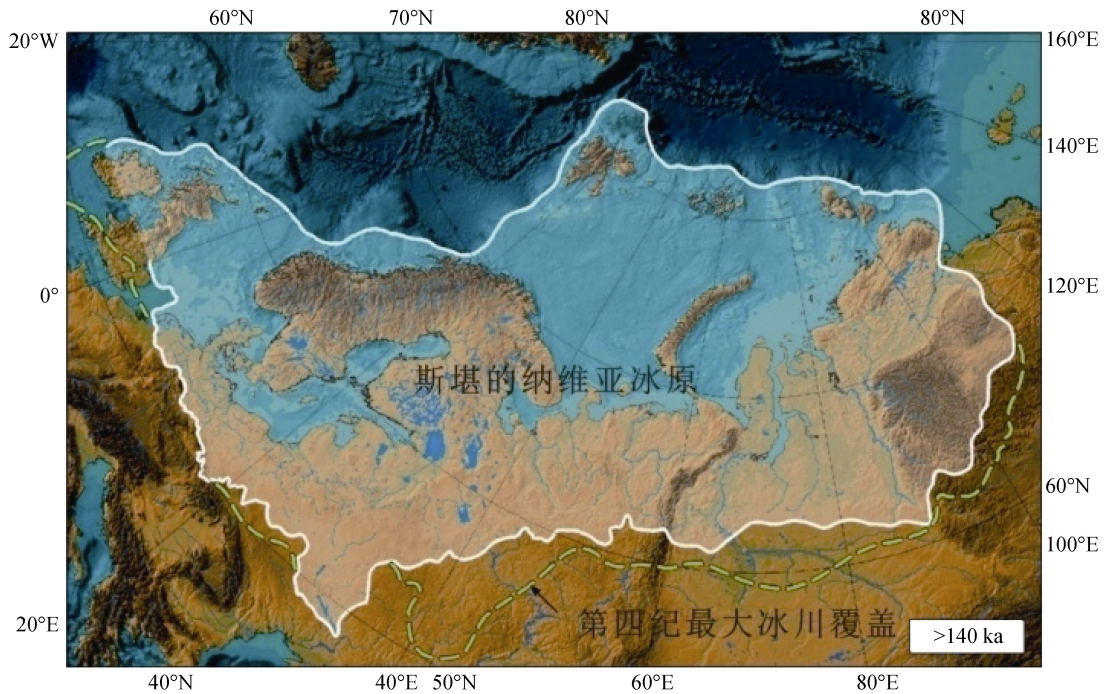


图 1 斯堪迪纳维亚冰原(原图据 Ancient World History)

Fig. 1 Cover area of Scandinavians ice sheet (ancient world history)



图 2 冰期/现代寒潮路径转换示意图

Fig. 2 Map of transport paths of cold wave in glacial and modern periods

好的冰蚀地貌和冰积地貌以及冰消期形成的冰臼群等等。位于台湾最北部的野柳地区，在冰期时期，它和大陆相连，那里又是台湾地区最先接受寒潮入侵的迎风面，首当其冲地受到低温气流的影响，再与黑潮带来的水汽相遇，就会导致大面积低海拔古冰

川环境的形成。

如果南下的冷空气吹向太平洋，就会降低水温，而不利于台风的形成，所以冰期时期入侵台湾的台风是非常有限的。

冰期时期由南海暖流和黑潮带来水汽与寒潮带

来的低温相结合,就形成了广为分布的固态降水,有利于在中国东部大面积低海拔型冰川的形成,它与高海拔的青藏高原冰川群一起,共同构成华南“冰冻弧”。由此可见,该“冰冻弧”系由两部分组成,其一为以青藏高原为主体的自然梯度型冰川群(属于高雪线冰川);其二为东部低海拔、低雪线形成的冰川群,两者共同构成了亚洲南部“冰冻弧”(华南冰冻弧的出现与南海暖流、黑潮带来的水汽有关)。在北部冰盆和南部“冰冻弧”之间就形成了沙漠-黄土堆积群,在寒潮南下的通道上,就容易形成低海拔的古冰川分布区。由此可见,冰期时期,频繁的寒潮活动是我国东部低海拔型冰川形成的直接原因。

3 国内外对冰臼成因的研究

在冰臼形成的自然因素中,最值得关注的观点莫过于冰川融水说。为了探索冰臼的形成过程,亚历山大^[1]在实验室进行了下述实验,实验(1):在直径8英寸的玻璃圆柱中,涡旋速度达到了80~100 r/min,只有极细砂从底部被托起了几英寸。因此可以看出在漩涡坑中,当深度超过了直径,只有极少数的物质能被移走。亚历山大又使用一个大的玻璃烧杯和一些起到“磨蚀作用”的大理石碎块(或者小扁豆),以观察水的流动。或许水中还可以添加一些食用色素可以更鲜明地表现水在仿真“冰臼”中的流动形式,如图3a所示:亚历山大的实验利用玻璃烧杯和插入水中的一根水管。环流模式用黑色箭头来表示,水流通过中心的涡流流出。后来摩根^[2]又做了类似的实验,如图3b所示,实验(2):外业草图的冰臼形态和假定水循环。水从右边进入、向下流入螺旋凹槽,然后围绕中心的突起基岩循环几次,从冰臼的中间射出(好像白色的箭头)。这说明水在冰臼内部循环呈螺旋状的,水体也从冰臼中间通道排出。他们还发现,喷射

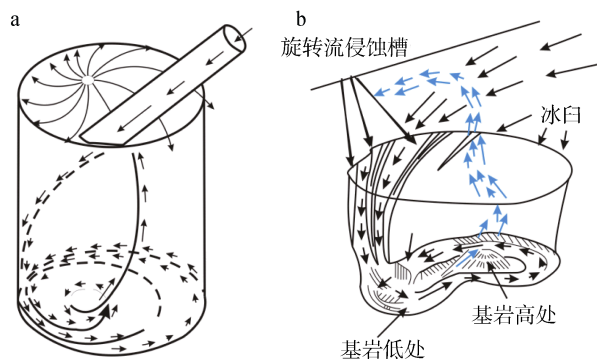


图3 冰臼形成模拟试验^[1](a)与形成过程^[2](b)示意图
Fig. 3 Map of a moulin formation

器垂直的时候产生的水流是直线的不是旋转的,他得出结论这种类型的水流能产生瀑布下的水潭。他发现只有水流以某种角度射进冰臼壁的时候,才能在冰臼中产生旋转的水流,沿冰臼壁螺旋式下降,在底部旋转,在中部重新上升,由于受重力的影响,只有极细小的颗粒才能被上升流托起。

两位研究者的实验表明,水中的碎石在磨损岩石表面中起到工具作用。碎石在旋转过程中,不仅自身被磨损与磨圆,而且还会对旋转洞穴周边的基岩(包括漂砾)产生明显的磨损作用。落入冰臼中的巨砾如不能阻塞冰臼口,而会落入冰臼中,成为新的工具。根据摩根的研究,冰臼的底部应当有一螺旋锥状的凸起,他将其称为基岩高处(本文将其称为螺旋锥)。

通过上述的实验证明,只有以某种角度向下流的水体,才能产生螺旋状水流,以快速旋转流的形式侵蚀冰层,并带着从冰层中获得的大小冰碛物,不停地向下钻进,最终到达更大的冰碛物上,或者基岩上,经过数年或几十、几百年、甚至更长期的冲蚀,终于形成了各种各样的、千奇百怪的冰臼。由于旋转流的钻进,所以冰臼的内壁带有明显的螺纹,2006年, Mikolajczyk^[3]也绘出了冰臼形成过程的示意图^[3],见图4。左图为冰层下,旋转流的初始阶段;中图为旋转流的发展阶段,右图为旋转流的加深与完善阶级,这时冰臼已经形成。实际上,在冰消期到来之际,这三个阶段是同时存在的,所以在冰臼发育区,可以同时看到处于不同发育阶段的冰臼,在外观上显得坑坑洼洼、支离破碎。在第三阶段,也会出现基岩高处,本文将其称为螺旋锥。

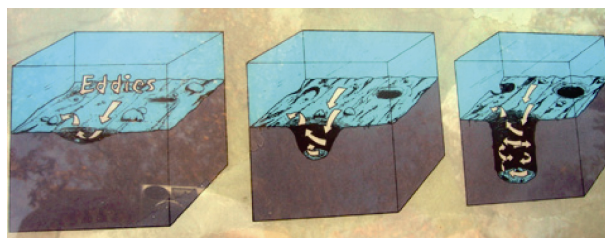


图4 冰臼形成过程的示意图^[3]
Fig. 4 Map of a moulin formation^[3]

令人感到惊奇的是,在北京燕山的冰臼中,就保存着螺旋锥地貌。北京市延庆县大庄科乡的白龙潭发现了巨型“冰臼”,最大口径为12 m,最深为18 m,由坚硬的花岗岩石组成。图5为正在清理中的巨型冰臼;图6为带有螺旋锥的冰臼底部。该冰臼的发现

再次证明冰臼系由冰川融水形成的旋转流侵蚀而成，中部的突起表明中部为能量的减弱区。



图 5 正在清理中的巨型冰臼^[4]
Fig. 5 Mega-moulin under cleaning



图 6 带有“螺旋锥”的冰臼底部^[4]
Fig. 6 Bottom of a moulin with spiral-cone shape^[4]

我国关于冰臼的发现是在 20 世纪 70 年代，当时也仅仅是在黄山、庐山和西藏等地有过零星的记录，世界上也仅有北欧、北美、南极等地进行过研究，国内最初对冰臼的研究是源自于西方，而最初翻译的名称就是冰臼。韩同林于 1997 年开始对冰臼进行系统研究^[5]。自那时以来，众多的研究者，在我国许多低海拔山地均发现了冰臼，如崂山、峰山、沂山、蒙山、福建白云山等地^[6-7]。

4 台湾野柳的冰臼

4.1 岩性均一地区成群存在的圆形冰臼

这类冰臼的形成表明当地的岩性比较均一，就不易形成“螺旋锥”。冰川在消融时，同时存在许多圆形冰洞(图 7)，这种情况在大陆上的许多山区也都存在。



图 7 野柳成群出现的冰臼
Fig. 7 Moulin group in Yeliu area, Taiwan

4.2 双层岩性地区成群存在的圆形冰臼

由于表层含有比较坚硬的岩层，当众多冰臼同时出现的时候，处于旋转中心的坚硬岩层，可以被保护起来，而旋转中心以外的坚硬岩层可以被冲刷掉，于是就形成了许多“螺旋锥”体，见图 8。每一“螺旋锥”体代表一个冰臼，这时属于原生微地貌。而后在风暴、海浪以及其他因素的侵蚀所发生的变异，属于次生微地貌形态。



图 8 成群“螺旋锥”体的变化
Fig. 8 Group of spiral-coned microgeomorphology

5 结论

- 1) 冰期时期“湾流活动”间接影响了亚洲的气候变化；
- 2) 冰期时期寒潮路径东移、南下，冷空气通过黄海和东海陆架，直达野柳地区；
- 3) 黑潮与南海暖流带来大量水汽，有利于固态降水的形成；
- 4) 进入太平洋的冷空气，会降低大洋水温，不利于台风的形成；
- 5) 台湾山地冰期时期发育了低海拔的冰川，野

柳一带为冰消期形成的冰臼群分布区。

参考文献:

- [1] Alexander H S. Pothole erosion[J]. *Journal of Geology*, 1932, 40(4): 305-337.
- [2] Alan M. Glacial potholes at Rockwood[J]. *the Grand Strategy Newsletter*, 2002, 7(4): 1-3.
- [3] Mikolajczyk J. Presence of potholes and their formation at Interstate Park [EB/OL]. [2006-12-11]. <http://people.uwec.edu/jolhm/interstate2006/potholes.htm>.
- [4] 科技人民网. 延庆惊现神秘巨坑, 宽 20 米深 18 米学名“冰臼”[EB/OL]. [2010-09-28]. <http://scitech.people.com.cn/GB/12838018.html>. Scitech. People.com.cn. Mysterious giant pit of Yanqin County, Beijing, China [EB/OL]. [2010-09-28]. <http://scitech.people.com.cn/GB/12838018.html>.
- [5] 韩同林. 发现冰臼[M]. 北京: 华夏出版社, 2004: 1-189. Han Tonglin. *Moulin Discovery*[M]. Beijing: Huaxia Publishing Houses, 2004: 1-189.
- [6] 徐兴永, 于洪军. 冰消期地貌[M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 1-235. Xu Xingyong, Yu Hongjun. *Deglacial Geomorphology*[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012: 1-235.
- [7] 赵松龄. 中国东部低海拔型古冰川遗迹[M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 1-392. Zhao Songling. *Low-latitude glacial relics in the Eastern China*[M]. Beijing: China Ocean Press, 2010: 1-392.

Analysis of the cause of Yehliu microgeomorphology, Taiwan

ZHAO Song-ling

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Sep.28, 2015

Key words: gulf stream; the Kuroshio; Yeliu area; ancient glaciers; Taiwan

Abstract: To understand paleoglaciation in Eastern China from a spatial perspective, the author participated in the 16th Cross-Strait Symposium on topography in September, 2015. Through a field investigation in the Yeliu area, Taiwan Island, the author confirmed that microgeomorphology with grouped Moulin in the Yeliu area belongs to the low-latitude-type glaciation. The finding indicates that glaciation occurred in the last glacial period both in Eastern China and northern Taiwan Island, leaving broadly distributed glacial relics.

(本文编辑: 刘珊珊)