

文章编号: 1008-2786-(2016)2-129-05

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000109

运用地貌垂直地带性理论判别庐山第四纪冰川有无

张信宝

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 四川 成都 610041)

摘 要: 庐山东约 300 km 的浙西千里岗山,海拔 1 523 m,高于庐山 1 474 m,山顶出露岩层为夹粉砂质泥岩的岩屑石英砂岩的志留系上统唐家坞组,岩性软弱。以赣北庐山为代表的中国东部第四纪冰川问题,是我国地质、地理学界争议最大、认识最分歧的重大问题,“庐山第四纪冰川”认识分歧的重要原因是山地侵蚀地貌形态和相应堆积物的多解性。依据地貌垂直地带性理论,软弱岩层的分布高程,不可能超过冰川地貌带上限,也就是说,没有达到冰川地貌带的高度。为此,通过“跳出庐山看庐山”,判别庐山第四纪冰川的有无。认为,千里岗山与包括庐山在内的邻近地区的同高程山地的高度无第四纪冰川发育。

关键词: 地貌垂直地带性; 岩性; 赣北庐山; 浙西千里岗山; 第四纪冰川

中图分类号: P931

文献标志码: A

李四光先生 1931 年在庐山发现第四纪冰川遗迹,1937 年完成《冰期之庐山》专著(1947 年发表)之后,江西庐山被认为是中国第四纪冰川的标准地点^[1]。《冰期之庐山》详细论述了庐山的多种地形和沉积物并给予冰川解释,划分出鄱阳、大姑和庐山冰期。庐山第四纪冰川为国内外一些学者所承认和应用,但也有一些学者表示怀疑和反对^[2-12]。施雅风先生指出“以庐山为代表的中国东部第四纪冰川问题,是我国地质、地理争议最大、认识最分歧的重大问题,有必要认真求得解决”^[5]。

李四光先生主要根据冰川侵蚀地貌和相应的堆积物,确定庐山第四纪冰川。许多学者对《冰期之庐山》一文中的冰蚀地形,如冰斗、U 形谷、悬谷、冰川擦痕等提出了异议^[2-12]。任美镔先生认为,庐山的侵蚀地貌同地质构造和岩性有密切的关系。许多学者认为,庐山的麓大面积分布的泥砾堆积,并非“大姑冰期的冰泛沉积”,而是泥石流堆积。不同学者对庐山疑似冰川地貌和沉积的不同解释是造成“庐山第四纪冰川”认识分歧的重要原因^[9]。

笔者在青藏高原东缘横断山山地地貌垂直地带

性的研究中发现,由于抗寒冻侵蚀能力的差异,冰川地貌带中只有抗寒冻侵蚀能力强的花岗岩和石灰岩等坚硬岩层的分布,没有抗寒冻侵蚀能力差的软弱岩层分布^[13-15]。本文依据地貌垂直地带性理论,通过分析庐山周边地区软弱岩层分布的最高高程,判别庐山第四纪冰川的有无。

1 高寒山地的地貌垂直地带性

地处青藏高原东缘的横断山山地地貌垂直地带性明显,可分为冰川地貌带、冰缘地貌带和流水地貌带(图 1)。相应的主导侵蚀方式分别是冰川侵蚀、融冻侵蚀和流水侵蚀^[13-15]。以川西北为例,冰川地貌带,海拔 4 200 m 以上。其中海拔 5 200 m 以上为高山冰雪带,山地现代冰川发育,冰川舌向下深延到 4 600 m;海拔 4 200 ~ 5 200 m 是对应于高山寒带的疏草带,山地古冰斗、角峰、冰川湖、冰碛物等古冰川遗迹比比皆是,表明曾有第四纪古冰川发育。冰缘地貌带对应于高山亚寒带的灌丛草甸带,为海拔 3 800 ~ 4 200 m 的川西北高原山原面。该带多年冻

收稿日期(Received date): 2015-10-11; 改回日期(Accepted): 2015-10-19。

作者简介(Biography): 张信宝(1946-),男,江苏镇江人,博士生导师,现从事地质地貌研究。[Zhang Xinbao (1946-), male, was born in Zhenjiang, Jiangsu province, professor, mainly engaged in research of geomorphology.] E-mail: zxbao@imde.ac.cn

土发育,地面丘状起伏,丘坡较缓,多 $<20^{\circ}$,坡地融冻土发育;河谷下切较浅,谷底较宽阔平坦,堆积有巨厚的冰水沉积。海拔3 800 m以下的流水地貌带,对应于亚高山寒温带暗针叶林。

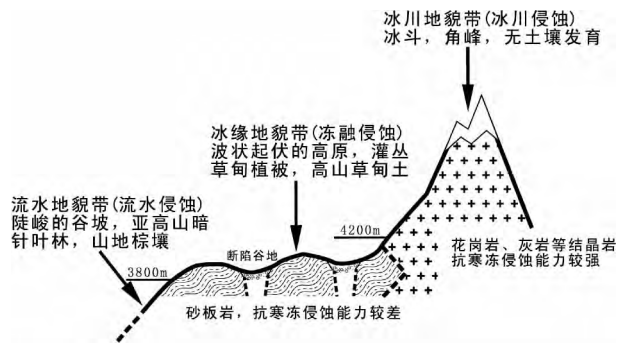


图1 川西北高原地貌垂直分带示意图
Fig.1 Sketch map of the morphologic vertical zoning of northwest of Sichuan plateau

2 高寒山地岩石分布规律

川西北高原的高山山地,无论是发育现代冰川的海拔5 200 m以上的极高山山地,还是曾经发育过第四纪古冰川的海拔4 200~5 200 m的高山山地,出露岩层均为花岗岩、花岗片麻岩和石灰岩等抗寒冻侵蚀强的坚硬岩类;广大山原面的出露岩层主要为三叠系砂板岩等抗寒冻侵蚀弱的非坚硬岩类。冰缘地貌带丘状起伏的山原面,是地面隆升到冰缘带高度后,构造隆升和以融冻土溜为主的地面剥夷竞争平衡的产物。在长期稳定的气候条件下,斜坡变形以融冻土溜为主的坡地形态往往处于稳定态(steady state),即构造隆升速率(U)和地面剥夷速率(D)相等, $U=D$ 。融冻土溜剥夷速率的极限值,是融冻夷平面形成的最大容许构造隆升速率^[14-15],称为岩石的融冻剥夷阈值(T),坚硬和非坚硬岩层差异很大。砂板岩等非坚硬岩层,风化碎屑颗粒细,含水量较高,岩土强度低,岩石的融冻剥夷阈值高,多高于高原构造隆升速率(U), $T>U$;花岗岩和石灰岩等结晶岩坚硬岩层,风化碎屑颗粒粗,含水量低,岩土强度高,岩石的融冻剥夷阈值低,多低于高原构造隆升速率, $T<U$ 。在隆升与夷平的竞争中,结晶岩等坚硬岩石分布区,隆升往往战胜夷平,地面高程可以超过冰缘地貌带的上限,形成耸立的冰川雪山;砂板岩、泥岩等软弱岩石分布区,隆升不可能战胜夷平,地面高程不超过冰缘地貌带的上限,往往

形成丘状起伏的高原面。高原面与冰川山地的巨大高程差异,是在构造抬升背景下的岩层差异侵蚀的结果。青藏高原及周边地区发育有现代冰川山地,出露岩层也均为花岗岩、花岗片麻岩和大理岩等坚硬岩类,很好地验证了以上的解释。部分现代冰川山地的岩石类型见表1。

表1 青藏高原及周边地区部分现代冰川山地^[15]和我国东部地区部分古冰川山地*的岩石类型^[16-18]

Tab.1 Parts of rock types from the modern glacier mountain on the Tibet plateau and the neighbor places and the eastern China

山地名称	冰川面积 /km ²	最高海拔 /m	岩石类型	经/纬度
贡嘎山	360	7 556	花岗岩	29°41'N/102°54'E
雪宝顶	2.4	5 588	石灰岩	32°40'N/103°50'E
玉龙雪山	22.1	5 596	花岗岩	27°08'N/100°18'E
梅里雪山	152.8	6 740	花岗岩	28°24'N/98°36'E
珠穆朗玛峰	772	8 848	大理岩	28°06'N/86°48'E
各拉丹东峰	750	6 621	花岗岩	33°30'N/91°00'E
希夏邦马峰	552	8 012	花岗岩	28°24'N/85°42'E
南加巴瓦峰	150	7 756	花岗岩、片麻岩	29°48'N/95°00'E
年宝玉则	8.2	5 369	花岗岩	33°20'N/100°15'E
四姑娘山	0.8	6 250	花岗岩	31°08'N/102°15'E
太白山 ^[16]		3 673	花岗岩	34°06'N/107°53'E
长白山 ^[17]		2 749	粗面岩	42°03'N/127°47'E
玉山 ^{[18]*}		3 952	变质石英砂岩	28°46'N/118°10'E

3 千里岗山的出露岩层与庐山第四纪冰川的有无

赣北庐山海拔1 474 m,出露地层为坚硬的前震旦纪流纹岩,依据地貌垂直地带性理论,此类岩层可以分布于不同的垂直地貌带。庐山的“冰蚀地形”,如冰斗、“U”形谷、悬谷、冰川擦痕等,争议很大^[2-12]。笔者认为,山地侵蚀地貌形态和相应堆积物存在多解性,有时难以确定其成因,是否可以另辟蹊径,“跳出庐山看庐山”,解决庐山是否存在第四纪冰川的世纪之争。

庐山东约300 km的千里岗山为天目山脉的一支,位于浙西淳安县境内,新安江水库南岸,山脉走向NNW向,为东南低山丘陵区常见的砂页岩侵蚀山地地貌(图2)。白马乡以西的千里岗山西部山地海拔较高,山脊高程多介于1 400~1 500 m,主要

山峰为磨心尖主峰海拔 1 523 m (N29°17′, E199°19′), 略高于庐山, 和主峰西侧的白石尖峰(1 453.7 m)、东侧的两个无名峰(1 517.1 m, 1 455 m) (图 2)。千里岗山南侧谷地海拔 420 m, 岭谷高差 1 000 m 左右, 南坡较陡, 平均坡度; 千里岗山向北, 地势平缓, 山地逐渐过渡为低山、丘陵, 直至新安江水库。

千里岗山一带为加里东地槽区, 奥陶系和志留系为海相碎屑岩和碳酸盐岩的地槽相沉积; 加里东运动后褶皱成陆, 上古生界为地台相沉积, 石炭系下统为含煤砂页岩, 中统和上统为纯碳酸盐岩。白马乡以西的千里岗山位于 NWW 向大角老坞-郭住向斜的北翼, 千里岗山南侧的谷地为向斜的核部, 千里岗山山脊南侧有一纵向断层分布。千里岗山主体出露地层为断层两侧的志留系上统唐家坞组 (S_3t); 向北, 出露地层依次变老, 分别为志留系中统 (S_2) 和下统 (S_1)、奥陶系上统 (O_3) 和中下统 (O_{1+2}); 断层以南, 出露地层依次变新, 分别为石炭系下统 (C_1)、中统 (C_2) 和上统 (C_3)。向斜核部出露地层为石炭系中统黄龙组 (C_{2h}) 和上统船山组 (C_{3c})。断层两侧的地层均倾向东南, 产状较陡, 倾角 50°左右, 近向斜核部地层的产状较缓, 倾角 20°左右 (图 3)。

千里岗山主体出露岩层为志留系上统唐家坞组 (S_3t)。据浙江省区域地质志^[19], 唐家坞组以灰绿

色厚层-块状中至细粒岩屑石英砂岩为主, 夹中至薄层粉砂质泥岩, 局部为紫红色砂岩, 下部夹一层厚度 2.5~5.5 m 灰绿色凝灰岩, 厚度 670~1 300 m。唐家坞组砂页岩系地层为软弱岩层, 依据地貌垂直地带性理论, 分布高程不可能超过冰川地貌带上限, 也就是说, 第四纪以来不可能发育过冰川。

赣北庐山的高程和纬度与浙西千里岗山相近, 相距不足 300 km。根据地貌垂直地带性理论, 既然浙西千里岗山无第四纪冰川发育, 赣北庐山也应无第四纪冰川发育, 流水侵蚀应该是庐山第四纪以来地貌演化的主要动力学机制。

4 结 语

庐山主体出露岩层为坚硬的前震旦纪流纹岩, 既可以分布于冰川地貌带, 也可以分布于冰缘地貌带和流水地貌带。东约 300 km 的浙西千里岗山, 高程和庐山相近, 出露岩层为志留系上统唐家坞组, 为夹粉砂质泥岩的岩屑石英砂岩, 岩性软弱。依据地貌垂直地带性理论, 千里岗山分布高程不可能超过冰川地貌带上限, 包括庐山在内的相邻地区的同海拔的山地, 第四纪以来不可能发育过冰川。

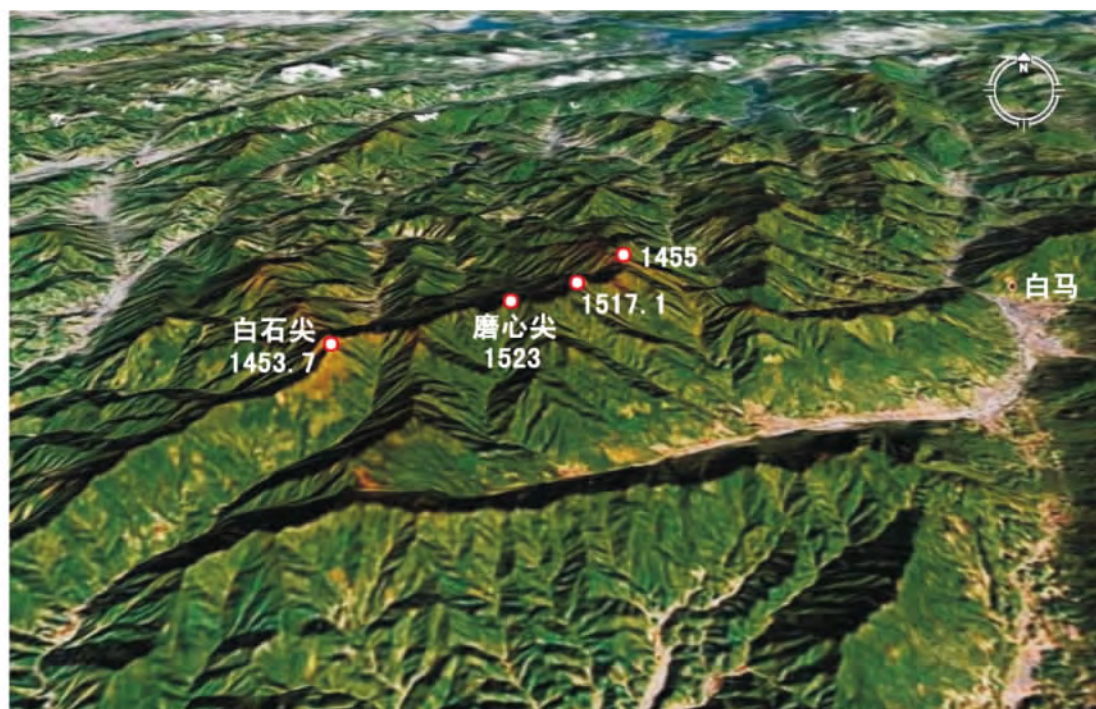
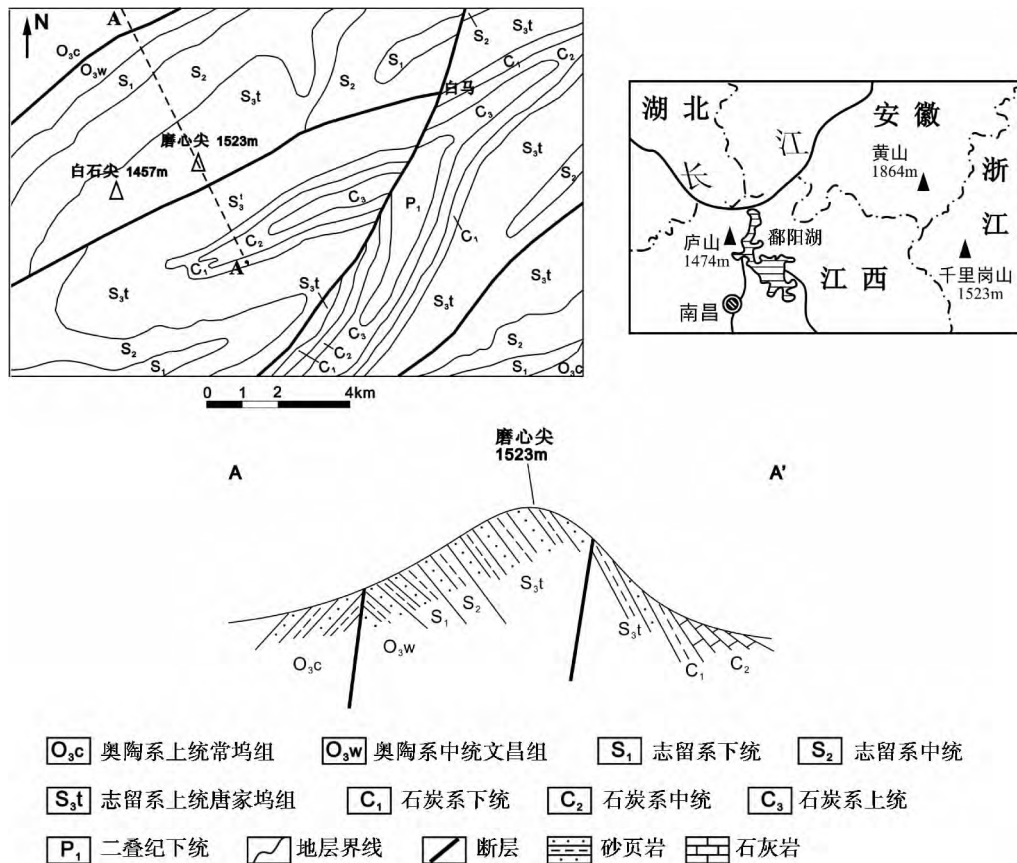


图 2 浙西千里岗山磨心尖主峰一带的卫星遥感照片 (据 Google Earth)

Fig. 2 Remote sense photographs of the grinding apical peak of the qianligang mountain in the west of Zhejiang province (by Google Earth)



注：该图依据屯溪幅地质图(1/20万)和浙江省区域地质志附图(1/50万)绘制。

图3 浙西千里岗山地地质略图

Fig.3 Geological sketch map of Qianligang Mountain in the west of Zhejiang province

参考文献 (References)

- [1] 李四光. 冰期之庐山[M]. 前中央研究院地质研究所乙种, 第二号, 1947. [Li Siguang. Quaternary Glaciations in Lushan Area, Central China[M]. Academia Sinica, Monography of the Institute of Geology, Series B, II, Nanking. 1947.]
- [2] 孙殿卿, 杨怀仁. 大冰期时期中国的冰川遗迹[J]. 地质学报, 1961, 41(3/4): 233-244 [Sun Dianqing, Yang Huaren. Glacial relics in China during the period of the great ice age[J]. Journal of Geology, 1961, 41(3/4): 233-244]
- [3] 孙殿卿, 何培元. 近20年来中国第四纪冰川研究的进展[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1994, 19(6): 838-844 [Sun Dianqing, He Peiyuan. On advancement in study of Quaternary Glaciation in recent 20 years [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 1994, 19(6): 838-844]
- [4] 任美镔. 庐山地形的初步研究[J]. 地理学报, 1953, 19(1): 61-73 [Ren Meie. Preliminary study on the terrain of Mount Lu[J]. Journal of Geography, 1953, 19(1): 61-73]
- [5] 施雅风. 庐山真的有第四纪冰川吗? [J]. 自然辩证法通讯, 1981, 2: 41-45 [Shi Yafeng. Does Mount Lu really have Quaternary glaciers? [J]. Journal of Dialectics of Nature, 1981, 2: 41-45]
- [6] 徐馨, 沈志达, 何才华. 对长江中下游第四纪冰川发育的新认识[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 1999, 17(1): 1-6 [Xu Xin, Shen Zhida, He Caihua. A new idea to Quaternary Glaciation in the middle and lower reaches of the Changjiang River[J]. Journal of Guizhou Normal University: Natural Science, 1999, 17(1): 1-6]
- [7] 黄培华. 关于长江以南地区第四纪冰川遗迹问题[J]. 科学通报, 1963, 10: 29-33 [Huang Peihua. Problems on whether the quaternary glacial remains in the south of the Yangtze River[J]. Science Bulletin, 1963, 10: 29-33]
- [8] 周廷儒. 近30年中国第四纪古地理研究的进展[J]. 地理学报, 1979, 4: 279-292 [Zhou Tingru. Progress of Quaternary ancient geography in China in recent 30 years [J]. Journal of Geography, 1979, 4: 279-292]
- [9] 任美镔, 刘泽纯, 王富葆. 对庐山第四纪冰川问题的几点意见[J]. 自然辩证法通讯, 1982, 2: 37-39 [Ren Meie, Liu Zechun, Wang Fubao. Several opinions on the Quaternary glacier in Mount Lu[J]. Journal of Dialectics of Nature, 1982, 2: 37-39]
- [10] 施雅风, 李吉均. 80年代以来中国冰川学和第四纪冰川研究的新进展[J]. 冰川冻土, 1994, 16(1): 1-14 [Shi Yafeng, Li Jijun. New progress on the glaciological and Quaternary Glaciation research in China since the 1980s [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1994, 16(1): 1-14]
- [11] 李吉均, 舒强, 周尚哲, 等. 中国第四纪冰川研究的回顾与展

- 望[J]. 冰川冻土, 2004, 26(3): 235 – 243 [Li Jijun, Shu Qiang, Zhou Shangzhe, et al. Review and prospects of Quaternary Glaciation research in China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26(3): 235 – 243]
- [12] Derbyshire J. A History of Glacial Stratigraphy in China[J]. Quaternary Science Reviews, 1987, 6: 301 – 314
- [13] 张信宝, 周立平, 汪阳春, 等. 地带性与非地带性夷平面[J]. 第四纪研究, 2007, 27(1): 93 – 99 [Zhang Xinbao, Zhou Liping, Wang Yangchun, et al. Zonal and non-zonal planation surfaces [J]. Quaternary Sciences, 2007, 27(1): 93 – 99]
- [14] 张信宝, 吴积善, 汪阳春, 等. 川西北高原的地貌垂直地带性与寒冻夷平面[J]. 山地学报, 2006, 24(5): 607 – 611 [The vertical zone and the cold frozen zone in the Northwest Sichuan Plateau [J]. Mountain Research, 2006, 24(5): 607 – 611]
- [15] Zhang Xinbao, He Xiubin, Wang Yangchun, et al. Planation surfaces on the Tibet Plateau, China [J]. Journal of Mountain Sciences, 2008(5): 310 – 317
- [16] 夏正楷. 太白山古冰川地貌与地质构造[J]. 冰川冻土, 1990, 12(2): 155 – 160 [Xia Zhengkai, The ancient glacial relief and faulting tectonics in the Taibaishan Qinling Mts [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1990, 12(2): 155 – 160]
- [17] 肖荣寰, 胡俭彬. 东北地区末次冰期以来气候地貌的若干特征[J]. 冰川冻土, 1988, 10(2): 125 – 134 [Xiao Ronghuan, Hu Junbin. Some characteristics of the climatic landform in the Northeast China since the glacial Epoch [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1988, 10(2): 125 – 134]
- [18] Cui Zhijiu, Yang Jianfu, Liu Gengnian, et al. Discovery of Quaternary glacial evidence of Snow Mountain in Taiwan, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(6): 565 – 571
- [19] 中华人民共和国地质矿产部. 地质专报, 一 区域地质, 第十一号 浙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 688 [Ministry of Geology and Mineral Resources of the People's Republic of China. Geological special report, one regional geology, the eleventh, Regional geology of Zhejiang Province [M]. Beijing: Geological Press, 1989: 688]

Discrimination of Quaternary Glaciation in the Lushan Mountain of East China by Using Vertical Geomorphology Zone Theory

ZHANG Xinbao

(Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610014, China)

Abstract: Quaternary glaciation in the low mountain-hill regions of East China, represented by Lushan Mountain in North Jiangxi, is one of the most controversy and divergent issues in geology and geography in China, because of multiple explanations of the erosive landforms and the relative deposits. The issue on the quaternary glaciation in the Lushan Mountain is discriminated by using a way of “Out of Mount Lu to see Mount Lu”. Qianligang Mountain in West Zhejiang, 300 km east to the Lushan Mountain, has an elevation of 1 523 m, which is higher than 1 474 m of the later. Clastic rocks of the Tangjiawu Group of Upper Silurian, such as sandstone, siltstone and mudstones are outcropped at the peak of Qianligang Mountain. According to vertical geomorphology zone theory, the highest distribution elevation of those types of soft rocks is limited to the upper elevation of the periglacial zone, in other words, don't reach to the elevation of the glacial zone. Therefore, Qianligang Mountain and the other mountains with similar or less elevations including Lushan Mountain have no glaciations.

Key words: vertical geomorphology zone; lithology; Lushan Mountain in North Jiangxi; Qianligang Mountain in West Zhejiang; Quaternary glaciation