

秦岭太白山古冰川发育 与黄土高原气候变迁

田泽生 黄春长

(西北大学地理系)

提 要: 本文通过古冰川遗迹的系统分析,揭示了太白山雪线变化和冰川发育过程,将其与黄土高原晚第四纪气候变化模式对比,阐明了太白山雪线变化和冰川发育的时代和时间序列问题。

主题词: 古冰川 黄土高原 气候变迁 秦岭

秦岭主峰太白山海拔3767.2m,是我国东部大陆最高的山峰。在山地海拔3000m以上地区,保存着第四纪冰川遗迹。本世纪20年代以来,国内外许多学者对其作过考察研究^[1-6,9,12],由于高山和寒区测年样品采集很难,难以得到测年数据,虽推论太白山冰川属晚更新世,但仍无法解决反映气候变迁的雪线变动和冰川演变时间序列问题。

作者以为,秦岭山脉作为黄土高原南界,其第四纪气候和雪线变化必然与黄土高原气候变化息息相关。目前,依据多种古气候学手段和测年资料,已经拟定出了较详细的黄土高原晚第四纪以来气候变化模式^[10]。如果能够客观地对太白山冰川冰缘现象进行配套,确定雪线的变化和冰川类型的演变过程,即确定各次雪线的相对年龄,同时找到二者可对比的依据,并将其与黄土高原气候模式对比,则可对太白山晚第四纪冰川冰缘过程的时间序列获得较为确切的认识。当然,这也正是本文的目的所在。

一、太白山冰川冰缘地貌

太白山是由燕山期花岗岩侵入体构成的结晶岩山地。山顶为一古夷平面,NE-SW向延伸约12km,宽百米至数百米,俗称跑马梁(海拔3500m)。各种冰川遗迹主要分布在主峰八仙台和跑马梁(图1)。比较典型的冰川遗迹有冰斗、冰川槽谷、羊背岩、冰溜面、冰擦痕、终碛垄、侧碛堤、冰斗湖、冰蚀湖、角峰和刃脊等。

冰斗和槽谷围绕八仙台放射状摆布(图2,3)。这些冰斗背靠八仙台和跑马梁,冰斗底深陷的洼地多积水成湖,如大爷海、二爷海、三爷海、佛爷池(目前干枯无水);斗口岩槛有羊背岩、冰溜面和冰擦痕,岩槛直下百米进入槽谷,槽谷横剖面呈U字形,长1.5—2.0km,下伸到海拔2900—3050m处,有黄色冰碛构成的终碛垄和侧碛堤。冰碛表层可见到厚0.4m左

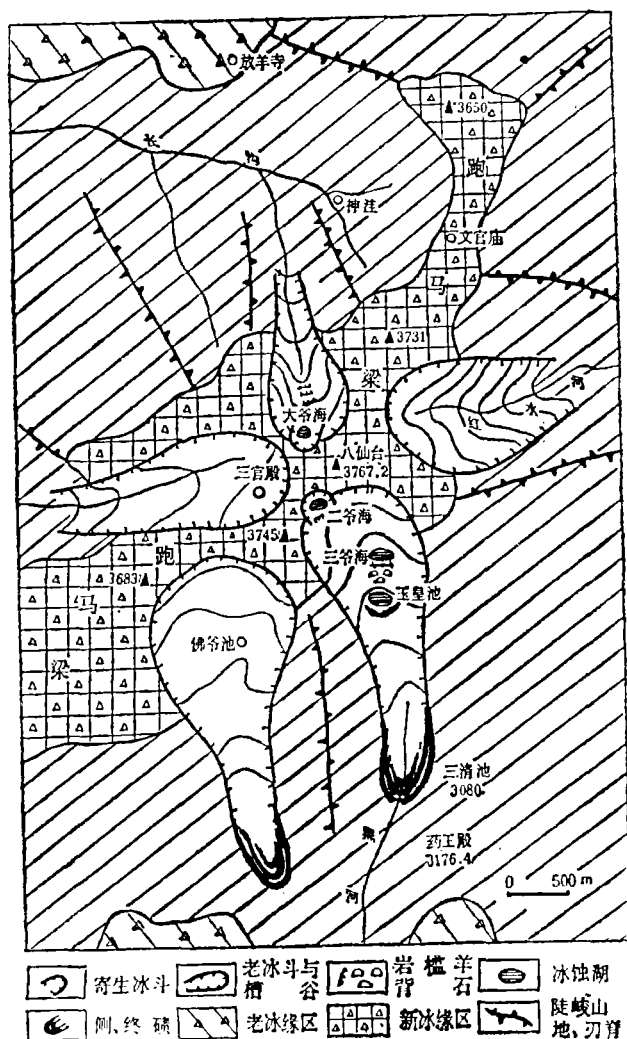


图 1 秦岭太白山冰川冰缘地貌图

The glacial and periglacial remains in Mt. Taibai of the Qinling mountains

右的黄土状亚粘土，终碛垄之下的谷地为V字形河流峡谷。综上所述，冰川发育盛期为冰斗-山谷冰川类型，冰斗底代表雪线高程，为3100—3450m。诸冰斗槽谷中数三爷海-三清池冰斗槽谷之冰蚀、冰碛地貌发育齐全（图4）。三爷海冰斗呈围椅状，底部长400m，宽300m，紧靠着八仙台，后背岩壁高达200m；斗底积水成湖，湖面海拔3488m，湖水深十多米；冰斗口岩槛高约10m，数处表现为羊背石形态，越过岩槛则直下百米进入槽谷，岩槛之下有一群羊背石，长轴走向与槽谷相同，迎冰面光滑呈流线型，背冰面呈阶坎状；槽谷在此处为一近圆形冰盆，底部积水成湖，称玉皇池，水面面积约35000m²，海拔3350m，水深约10m；玉皇池下方槽谷中有垄状冰碛物高出湖面十多米，是冰川退缩过程中停顿期间形成的终碛垄，

这里称之为退磧垄以区别于槽谷末端之大型终磧垄；冰川槽谷长1.6km，宽300—400m，剖面为U形，有明显的谷肩，末端到达三清池，海拔2900—3050m，这里有混杂的黄色冰碛物构成三道垄岗，是为终磧垄，高数十米，与侧磧堤相连。槽谷底部堆积的块砾，由于苔藓地衣覆盖，尚难判定是基磧抑或寒冻风化、重力堆积物。冰碛表层亦见有0.4m的黄土状亚粘土。至于三爷海冰斗后壁上的寄生冰斗二爷海，形态为完美的围椅状，面积仅0.1km²，斗底洼地积水成湖，湖面海拔3650m，湖周块砾密布，但风化较弱。由于该冰斗规模太小，不足以供给其下方三爷海—三清池冰斗槽谷冰流，因而可推断它是较晚时期小型冰斗冰川的遗迹，其雪线高程为3650m。

跑马梁两侧众多峰岭陡峭尖锐，表现为角峰、刃脊地貌。但跑马梁本身和八仙台作为古夷平面，周围冰斗侵蚀后退还不充分，尚未形成角峰、刃脊形态，顶面仍比较平坦。

太白山冰缘地貌现象较多，有石海、石河、石流坡、石环、多边形构造土、冻胀草丘、雪蚀洼地、雪蚀漏斗、寒冻风化岩柱等。石海、石环、多边形构造土集中分布在两级夷平面。跑马梁高夷平面（3500m）石海面积很大（图1），块砾直径1m左右，比较新鲜，似乎为晚近时代的寒冻风化产物。低夷平面以药王殿和放羊寺（2600—3000m）为代表，石海块砾风化强烈，已为云杉、冷杉林覆盖，可知其时代较早。根据现代山地冰缘石海低于雪线350—500m的规律，它应是太白山雪线最低，冰川发育盛期寒冻风化的产物。

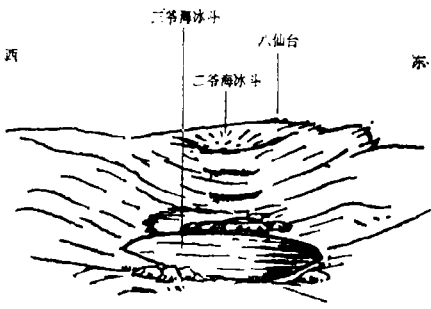


图 2 八仙台南侧的三爷海冰斗和二爷海寄生冰斗

The sanyehai cirque and the ciyehai parasitic cirque on the south slope of Mt. Taibai

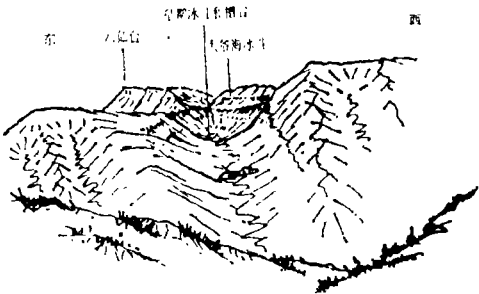


图 3 八仙台北侧长沟源冰斗槽谷和大爷海寄生冰斗

The changgoyan cirque and dayehai parasitic cirque on the north slope of Mt. Taibai

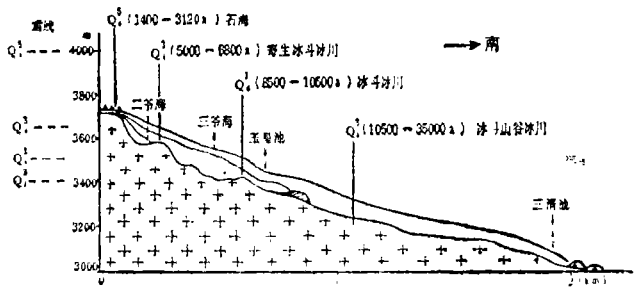


图 4 三爷海—三清池冰斗槽谷和二爷海寄生冰斗纵剖面
The section of the cirque and glacial valley on the south slope of Mt. Taibai

二、太白山雪线变化与冰川发育过程

将前述各种冰缘地貌按其规模、分布规律、风化状况综合分析，进行组合配套，可以确定太白山雪线的变化和冰川发育的过程，即确定各雪线的相对年代。（图5）。

第一阶段：太白山顶冰斗山谷冰川发育，雪线高程3400m，以三爷海、佛爷池、三官殿等冰斗底为代表；冰舌下伸到2900—3050m，冰碛物堆积形成三道终碛垄，位于三清池附近，表明冰川有三次进退波动。此时是太白山冰川发育的主要阶段，即公认的太白冰期，冰川规模最大，围绕八仙台形成五组较大的冰斗和槽谷，槽谷内有基岩（或风化岩块）和侧碛分布。海拔2600—3000m低夷平面形成石海等冰缘地貌。

第二阶段：冰川大规模退缩，冰舌退到海拔3350m处停顿，前端冰碛堆积形成退碛垄，垄内受冰川刨蚀形成冰盆，即现在的玉皇池，推测雪线高程为3500m或稍低。此时，玉皇池以下的冰碛物上开始发育土壤层。

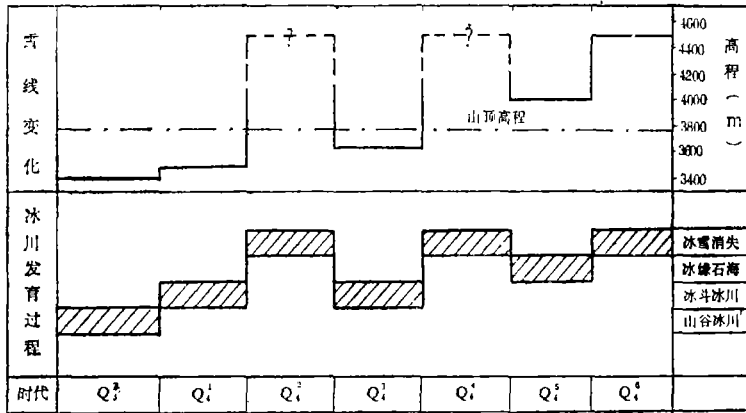


图 5 秦岭太白山雪线变化与冰川发育过程
The snow-line changes and the glacial process
in Mt.taibai of the Qinling mountains

第三阶段：雪线上升脱离山顶，太白山冰川完全消失，无冰川、冰缘地貌和沉积物产生。由于气候转暖，冰碛表面发育了土壤。

第四阶段：雪线下降，主峰八仙台两侧有小型冰斗冰川生成，以大爷海、二爷海冰斗为代表，雪线高程3650m。因这两个冰斗冰川形成在先期大型冰斗的后壁上，故称寄生式冰斗冰川。

第五阶段：雪线再次上升脱离山顶，太白山冰川消失，没有形成冰川、冰缘地貌和沉积物。

第六阶段：雪线略有下降但未触及山顶。跑马梁高夷平面普遍形成石海等冰缘地貌现象。山顶具有“太白积雪六月天”景观。根据山地冰缘石海与雪线之高差关系，推测雪线位于海拔3850—4000m。

第七阶段: 雪线又有所升高, 气候转暖, 太白山夏季无积雪, 推算雪线大约在海拔4500m空中。低夷平面石海经多期风化, 破坏强烈, 并为森林覆盖; 跑马梁高夷平面石海块砾开始受风化影响, 表面苔藓、地衣低等植物繁生。

对太白山雪线和冰川的这个演变过程, 虽然目前尚无精确的测年数据来断代, 但通过我国西部山地的研究成果对比, 亦有助本文推论的正确性。位于秦岭西端的近邻马衔山, 海拔3667.5m, 顶部3600m以上亦是一古老夷平面, 其上大量保留有古冰缘遗迹(高夷平地、突岩、雪蚀洼地、坡缘雪堤和石海、石玫瑰), 和浅薄的小冰帽与冰斗-山谷冰川¹⁾。马衔山冰川的消失年代是根据冰碛物上土壤的发生层次和特征确定土壤形成时代(9600—9800B.P), 从而断定古冰川是末次冰期形成的。太白山三清池终碛和侧碛以及在三官殿槽谷底均见到厚0.4~1m的土壤层, 表层为现代高山草甸土, 其下经孢粉鉴定²⁾木本以铁杉最多, 还有冷杉、松、榧等, 灌木和草本花粉反映以莎草为主的高山灌丛草甸植被, 其情况完全与马衔山相似。我们将太白山第一阶段(太白冰期)定到末次冰期最盛期是可靠的。

三、太白山雪线、冰川演变与黄土高原气候模式对比

根据世界各地古冰川的研究, 距今3.5—1.05万年, 即晚更新世后期, 是威斯康星冰期的最盛期。这时我国西部山地雪线降低, 冰川大幅度前进; 北方38°N以北为广阔的多年冻土带, 并有适应冻土苔原环境的披毛犀-猛犸象动物群生活于此³⁾; 黄土高原干旱寒冷, 马兰黄土堆积, 长城沿线流沙活动, 并侵入黄土高原; 东部海面大幅度降低, 大陆架出露成陆地^[11]。因而可认为太白山冰川发育的主要阶段, 即冰斗山谷冰川形成在这一时期。其后气候转暖, 雪线上升, 冰舌迅速退缩转化为冰斗冰川, 并在玉皇池口停顿, 形成退碛垅。这正好与北方冻土消失, 披毛犀-猛犸象动物群绝迹³⁾, 长城沿线流沙固定, 马兰黄土停止堆积, 东部海平面回升一样, 标志着冰后期开始, 即进入了全新世。这是我们将太白山雪线、冰川演变与黄土高原气候模式对比的重要基础。

地处秦岭北麓的渭南潜河北庄剖面上岩性和孢粉组合的变化, 内蒙、萨拉乌苏滴哨沟湾和岱海瓦匠沟含冻土遗迹地层剖面岩性的变化^[7,8,10,11], 与太白山顶雪线、冰川发育演变遥相呼应, 具有明显的协调一致性(表1, 图6)。

当太白山冰川规模最大, 低夷平面形成冰缘石海之时, 北庄剖面堆积了黑色淤泥(M, 23100±850年)和风成黄土(L₁¹⁾)分别含有云冷杉林和荒漠草原孢粉组合。萨拉乌苏剖面形成冰缘冻土层(27940±600年)和风沙层。二者均反映出气候先为冷湿, 后转变为冷干, 河流干涸断流, 为典型的冰期气候特点, 时代属Q₃。

太白山冰川迅速消融退缩, 冰舌在玉皇池口停顿形成退碛垅时, 北庄剖面堆积了冲积粉沙土层(L₁¹), 表明气温回升, 山地冰雪消融, 使前段干枯的河流又恢复了活力。但气候

1) 刘勇等: 马衔山及毗邻山地晚第四纪冰川与环境, 中国西部第四纪冰川与环境学术会论文, 1989

2) 刘有民等: 秦岭太白冰期探讨, 天津地质矿产所所刊, 第9号, 1984。

3) 周本望: 披毛犀和猛犸象的地理分布, 古生态与有关的气气候问题, 古脊椎与古人类, 16(1), 1978。

表 1 太白山冰川地貌演变及其与黄土高原环境变迁和文化期对比^[10]
A Comparison between the glaciation Process in Mt. Taibai and the environmental changes as well as culture stages in the loess Plateau

时代	太白山雪线和冰川演变	渭南北庄剖面		萨拉乌苏剖面岩性	黄土高原气候特征	黄土高原文化期	距今年代 (年)
		岩 性	孢粉组合				
Q ₄	雪线升空, 冰雪消失	表土层	暖温带南部落叶阔叶林	表土层	暖湿	隋唐以来	0
Q ₅	高夷平面冰缘石海, 雪线3850-4000m	黄土	森林草原	黄土和风成沙	冷干	西周、秦、汉时代	—1400
Q ₄	雪线升空, 冰雪消失	古土壤	暖温带南部落叶阔叶林	黑垆土	暖湿	商周时代龙山文化	—3120
Q ₄	寄生式冰斗冰川, 雪线3650m	黄土	森林草原	风成沙, 冰缘冻土	冷干转冷湿	仰韶文化	—5000
Q ₄	雪线升空, 冰雪消失	古土壤	暖温带南部落叶阔叶林	湖相淤泥	暖湿	大地湾文化 老官台文化	—6800 —8500
Q ₄	冰斗冰川, 雪线3500m	冲积物	干草原	冰缘冻土	冷湿		—10,500
Q ₃	冰斗山谷冰川, 雪线3400, 冰舌3000m	黄土、黑色淤泥	荒漠草原 云冷杉林	风成沙 冰缘冻土	冷湿转冷干	峙峪文化	—35,000

仍不很暖, 因而山顶有冰斗冰川覆盖; 萨拉乌苏风沙停止活动, 湖泊产生, 湖岸出现过冻土层 (9510 ± 110 年); 岱海岸边亦有冻土形成, 这都是冷湿气候的标志, 时代划为Q₄。

随着雪线上升脱离山顶, 太白山冰雪消失, 反映气候转暖。北庄剖面因强烈湿热风化形成了棕壤型古土壤 (S_{0下}, 6960 ± 120 年), 含有暖温带南部落叶阔叶林孢粉组合; 北庄村至史家村之间台地, 该层位含有多处属大地湾-老官台文化的新石器时代遗址。岱海及内蒙广大地区, 地表均形成黑垆土层。萨拉乌苏地区湖泊扩张, 剖面上堆积了湖相淤泥层。均反映此时气候暖湿, 时代划为Q₄。

当着太白山雪线再次下降, 大爷海、二爷海寄生冰斗冰川形成时, 北庄地区堆积了一薄层风成黄土 (L₁, 5605 ± 125 年), 含森林草原孢粉组合。北庄至史家台地该层位含有多处大型仰韶文化遗址。萨拉乌苏地区风沙活动, 湖边形成冻土层。岱海剖面出现沼泽沉积和冻土层。这些都表明当时气候冷干间冷湿, 时代划为Q₄。

此后气候再度转暖湿, 太白山雪线上升脱离山顶, 冰雪消失。北庄剖面又因风化生成一层古土壤 (S_{0上}), 含暖温带南部落叶阔叶林孢粉组合。黄土高原北部和内蒙南部地区地表均形成一层黑垆土 ($5070 \pm 75-3570 \pm 80$ 年), 萨拉乌苏地区流沙也得以固定, 表明为暖湿气候, 时代划为Q₄。

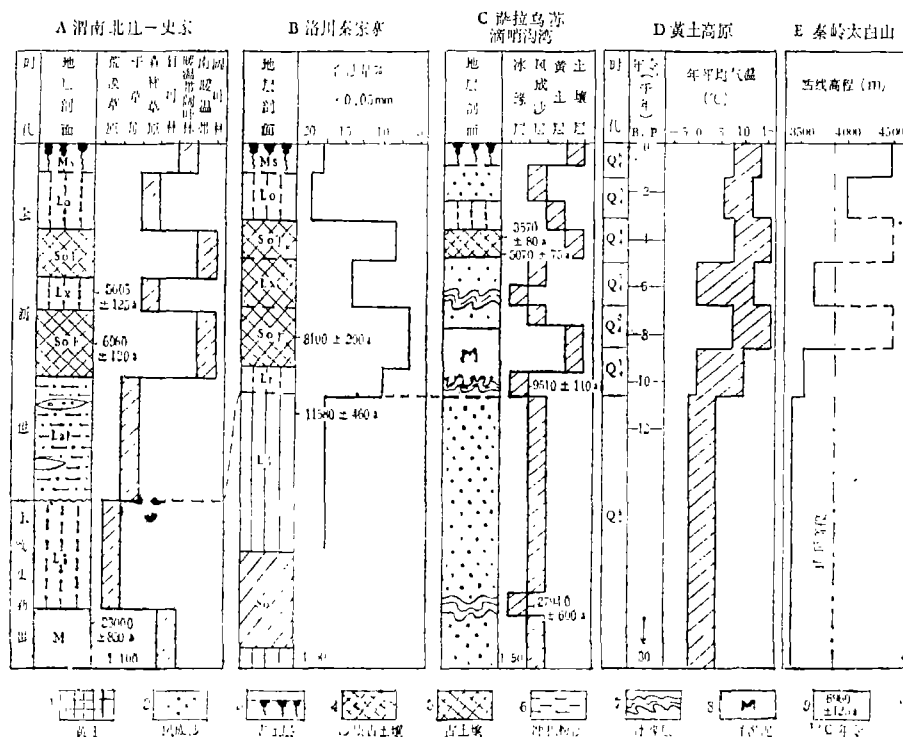


图 6 长白山雪线变化与黄土高原晚第四纪环境和气候变化对比图

The snow-line changes in Mt. Taibai and the climatic changes in the loess plateau

随着气候再次变冷,雪线略有降低,但未触及山顶,太白山夏季出现积雪,跑马梁高夷平面产生冰缘石海等。北庄剖面堆积了风成黄土(L₀),含森林草原孢粉组合。萨拉乌苏剖面和岱海剖面堆积风成沙和黄土,此时相当西周至秦汉时代寒冷期,划为Q₄⁵。

隋唐以来,气候转暖,“太白积雪六月天”景象消失,低夷平面石海块砾严重风化并为针叶林覆盖,跑马梁高夷平面新石海块砾初始风化,表面覆盖苔藓地衣低等植物。黄土高原南部形成落叶阔叶林植被,北部为森林草原和干草原,流水侵蚀作用十分活跃,时代划为 Q_4 。

显然, 太白山雪线变化、冰川演变过程, 与黄土高原气候模式是吻合的, 并与文化分期有对应关系。这样就从气候变迁角度, 解决了太白山雪线变化和冰川发育的时代及时间序列问题 (表 1, 图 6-D, E, 图 4)。我们的结论亦从中国西部的冰川与黄土的研究得到验证。康建成等¹⁾认为中国西部冰川前进与黄土沉积同是冷期气候的产物, 但冷期中潮湿气候有利于冰川前进, 干燥气候与黄土沉积相对应。造成冰川前进与黄土沉积在较大的时间尺度上同期, 在较小的时间尺度上不同步。并将中国西部全新世千年计环境变化分为五个阶段:

1) 康建成等:中国西部全新世环境变化-冰川、黄土与气候。中国西部第四纪冰川与环境学术会议论文, 1989。

①10000~8500B.P冷干、冰进, ②8500~7000B.P, 温凉湿润(早期气候适宜期), ③7000~5500B.P冷干、冰进, ④5500~3000B.P温暖、湿润(晚期气候适宜), ⑤3000B.P至今暖湿。此划分和反映的气候变化与本文表1所列内容是十分吻合的。

参 考 文 献

- [1] 田泽生: 太白山第四纪冰川遗迹的探讨, 西北大学学报, 第3期, 1981年。
- [2] 田泽生: 太白山冰川遗迹再研究, 兰州大学学报(丛刊) VI, 1984年。
- [3] 齐蘊华: 试论东秦岭太白冰川地貌与冰期问题, 中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集, 科学出版社, 1985年。
- [4] 严阵等: 东秦岭第四纪冰川遗迹, 中国第四纪冰川遗迹研究文集, 科学出版社, 1964年。
- [5] 张保升: 太白山冰川地形, 中国第四纪研究, 第1卷, 第2期, 1958年。
- [6] 张耀麟等: 秦岭第四纪冰川, 西北大学25届校庆学术论文集, 西北大学出版, 1963年。
- [7] 张宛莹等: 对岱海地区冰缘分期问题的初步研究, 北京师范大学学报, 第2期, 1987年。
- [8] 周昆叔等: 内蒙萨拉乌苏河冰缘期的划分及其意义, 史前地震与第四纪地质文集, 陕西科学技术出版社, 1982年。
- [9] 威斯曼, H.V: 中国第四纪冰川现象, 中国地质学会志, 16卷, 1937年。
- [10] 黄春长: 渭河流域全新世黄土与环境变迁, 地理研究, 8(1), 1989年。
- [11] 董光荣等: 鄂尔多斯高原晚更新世以来的古冰缘现象及其气候地 层 学 意义, 地 理 研 究, 1(1), 1985年。
- [12] Limpricht, W: Botanische reisen in den hochgebirgen chinas und ost-tibets, repertorium specierum novarum regni vegetabilis, Beihefts, Band XII, p.515, Berlin Dahlem, 1922.

THE GLACIATION PROCESS IN Mt. TAIBAI OF THE QINLING MOUNTAINS AND THE CLIMATIC CHANGES IN THE LOESS PLATEAU

Tian Zesheng Huang Chunchang

(Geography Department of Northwest University)

Subject terms: Glacial process; Chinling mountains; Climatic changes; Loess plateau.

Abstract

The systematic analysis of glacial remains reveals the snowline changes and glaciation process in Mt. Taibai of the Qinling Mountains. By comparing it with the climatic changes of late pleistocene in the Loess plateau, we expose that:

35,000-10,500 year B.P., cirque-mountain valley glacier formed in Mt. Taibai, snow-line was on 3,400m.

10,500-8,500 year B.P., snow-line was on 3,500m, glacier tongue retreated and changed into cirque glacier.

8,500-6,800 year B.P., snow-line rose above the top of Mt. Taibai, snow disappeared in the summer.

6,800-5,000 year B.P., snow-line lowered on 3,600m, parasitical cirque glacier formed.

5,000-3,120 year B.P., snow-line rose again above the top of Mt. Taibai, snow disappeared in summer.

3,120-1,400 year B.P., snow line lowered periglacial rockfield formed on the top of Mt. Taibai.

Last 1,400 year, snow-line has risen to 4,500 m, no snow can be kept in summer on the top of Mt. Taibai.