

秦岭太白山北麓砾石层的成因 及第四纪古冰川问题^{*}

徐建辉 谢又予

(中国科学院 地理研究所)
(国家计划委员会)

提 要: 以直接发源于太白山北麓的几套砾石层为研究对象, 从野外沉积特征和沉积物理化分析入手, 对砾石层的成因作出解释, 并为恢复该区第四纪古气候的演变过程及中国东部古冰川研究提供了依据。

主题词: 秦岭太白山 第四纪 冰川 古气候

秦岭主峰太白山以其重要的地理位置成为中国东部古冰川研究的重点地区之一。目前, 多数学者对于该区晚更新世末次冰期的冰川作用持肯定意见, 并命名为“太白冰期”^{[1-3]1)}。但是对此之前是否存在冰川作用意见不一。本文以直接发源于太白山北麓的几套砾石层为研究对象, 从野外沉积特征和理化指标方面对其成因进行解释, 进而讨论该区第四纪古气候演变和古冰川问题。

一、砾石层的沉积特征

分布于石头河、坝王河、黑峪河河谷、出山口及附近山麓地带的第四纪砾石层, 根据其风代程度及上覆黄土的时代可作以下分类:

1. 极强风化砾石层 出露于石头河流域河流凹岸的个别部位和山前洪积台地前缘, 构成山区河流的四级阶地和山前洪积台地(图1)。此砾石层断续分布于基岩之上, 其厚度变化较大。砾石以花岗岩类为主, 粒经大者1—2米, 小者10厘米, 一般0.5米, 磨圆度为圆级。砾石间呈点接触关系, 无明显排列方向。砾石和充填物均完全风化, 二者在硬度上已无差别, 砾石只具轮廓已无法单独取出, 故剖面开成后整齐如墙, 其充填物中重矿物的风化系数几近于零。文献^[4]认为此砾石层为山麓洪积物。

2. 强风化砾石层 此砾石层广泛分布在山区河流第四级阶地上。在石头河中游温家山、栎树垭、箭沟口、火烧滩等处覆盖在极强风化砾石层组成的阶地基座上, 海拔高度为780—840米(包括黄土厚度), 高出石头河现代河床(703米)80—140米。在坝王河流域直

本文1985年9月16日收到。1986年3月18日收到修改稿。

^{*} 本文为中国东部古冰川研究科学基金项目成果之一。参加野外考察的有北京大学崔之久、夏正楷, 西北大学田泽生, 中国科学院冰川研究所马秋华、何元庆等。在野外考察和本文写作中曾得到上述各位的帮助。参加实验室工作的有本所吴淑安、李凤新、高满江等, 在此一并致谢。

1) 齐鑫华: 太白山古冰川遗迹与冰期问题, 陕西师范大学地理专辑, 1980年。

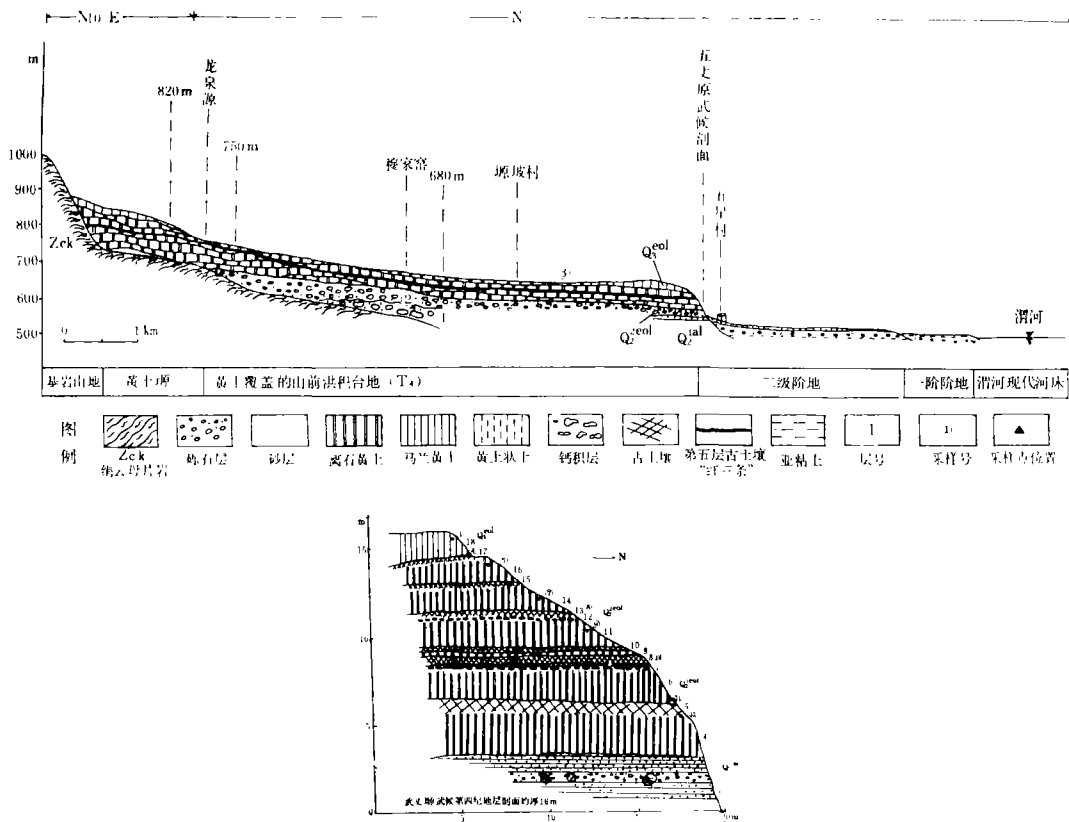


图 1 五丈塬—渭河综合地貌第四纪示象剖面

A landform and Quaternary profile of Wuchangyuan-River Wei.

五丈塬武侯剖面地层由下至上描述如下:

1. 黄绿色砂层, 水平层理清晰, 厚 1 米。
2. 深灰色细砾层, 未风化, 发育小型交错层理, 厚 0.8 米。
3. 灰色砂层, 厚 1 米。
4. 淡红棕色亚粘土, 厚 2 米。
5. 浅红棕色古土壤层, 厚近 1 米, 土壤层顶面近水平。
6. 浅红棕色亚粘土, 厚 1.5 米。
7. 钙板层, 下部为钙质结核层, 厚 0.4 米。
- 8—10. 深红棕色古土壤层, 土壤层近水平, 厚 1.5 米。此为“红三条”标志层, 为离石黄土上下部分界。
11. 浅褐红色亚粘土, 厚 2 米。
12. 钙结核层, 厚 0.2 米。
13. 浅棕红色古土壤, 顶面倾斜, 厚 0.4 米。
14. 浅褐红色亚粘土, 厚 1.8 米。
15. 浅棕红色古土壤, 顶面略倾斜, 厚 0.4 米。
16. 浅褐黄色亚粘土, 厚 1.5 米。
17. 棕红色古土壤层, 顶面有较大倾斜, 厚 0.3 米。
18. 浅棕黄色亚粘土, 厚 2 米。

接覆盖于基岩之上而未见与极强风化砾石层接触(图 2)。该层中砾石虽保持原有形状, 但已彻底风化, 敲击即碎, 充填物呈棕红色, 充填物中重矿物的风化系数为 1—1.5。砾石磨圆度为极圆—圆级, 砾石具定向排列, 倾向上游, 剖面中可见小型砂透镜体和斜层理。砾石层上覆厚层红色土, 夹多层棕红色古土壤条带, 剖面中可见三层连续的古土壤层(图 1)。

这套黄土覆盖的强风化砾石层出山后形成山前第四级洪积台地, 海拔约 750 米, 高出渭

区的新构造抬升相适应;中更新世河流作用旺盛,形成了厚达十几米的河流相沉积物;晚更新世初期其规模较中更新世为小;晚更新世晚期以急流洪流作用为主,显示山区洪流沉积特征。

二、砾石层的理化特征

鉴于对强风化砾石层和弱风化砾石层尚有冰川、冰水之不同解释,认为它们分别属于中更新世初期大股冰期和晚更新世初期斗母宫冰期¹⁾,我们采集了坝王河高庙-营头段和石头河流域这几套砾石层样品约七十余块,下面从沉积物理化分析的角度进一步探讨其成因和沉积环境。

(一) 沉积物粒度特征及其成因

本区沉积物的粒度组成偏粗,其中强风化砾石层的充填物为中细砂质粗砂、中值粒径变化在0.25—0.35毫米(0.75—1.36 ϕ),粒径变幅较小。弱风化砾石层充填物粒径为0.25—0.75毫米(0.57—2 ϕ),粒径变幅较大,物质组成粗细交替,反映当时水流状态不稳定;未风化砾石层中值粒径在0.5—0.75毫米(0.4—1 ϕ),粒径变粗,推测当时水流搬运能力加强。据文献[6]述及,在以粒度参数作为解释沉积物成因的标志时,菲克特鲍尔(Fichtbauer)曾作过下列划分:河流沉积的分选系数大部分大于1.2,不稳定河流的分选系数大于1.3,而冰川沉积为5.48。本区的分选系数多为1.5—3,属不稳定河流沉积。姚檀栋指出²⁾,大陆冰盖沉积标准差的取值范围是2.9—5.0,平均值3.7。山谷冰川的标准差值最小为

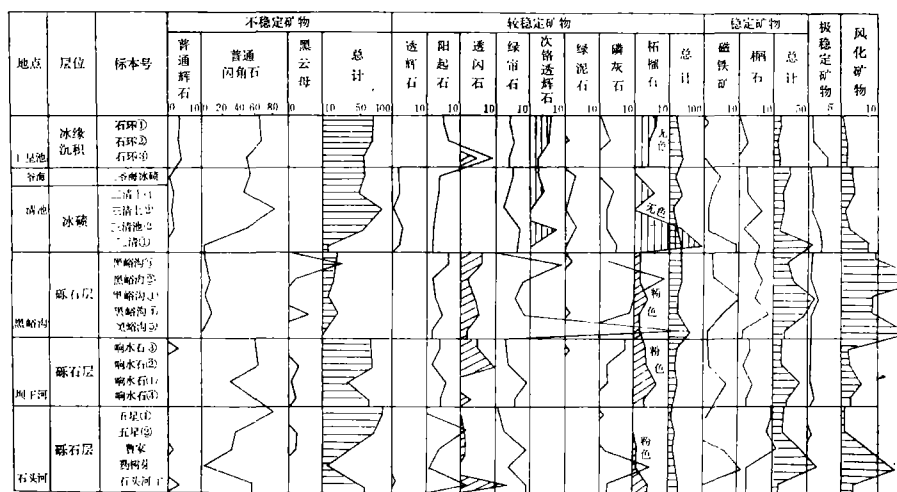


图 3 太白山地区沉积物重矿物组合图谱

A diagram of heavy mineral in the area of Tai Bai Mountain.

1) 齐嘉华:太白山古冰川遗迹与冰期问题,陕西师范大学地理专辑,1980年。

2) 姚檀栋:冰积物的一些粒度特征及其意义,冰川冰缘学术讨论会文集, P122, 1982年。

3.0, 最大为5.5, 平均值为4.4。本区沉积物标准差值分布在0.5—1.8之间, 一般为1.0—1.5, 远较冰碛物低。本区沉积物的频率曲线为正态分布的高峰双峰式, 在粗砂级(0—1 ϕ)出现最高峰值, 达15—20%。山区河流沉积常呈现这种形态。据张林源等研究²⁾, 冰碛物以粉砂级为主, 粒度频率曲线往往在4—6 ϕ 出现最高峰值, 达15%。对比可知, 本区沉积物的粒度参数及概率曲线展形十分接近河流沉积而与冰碛物差别较大。

(二) 重矿物特征及其物源区

山上冰碛物、冰缘沉积和山下砾石层充填物的重矿物分析结果见图3。

山上样品采自太白山南坡海拔3060、3080、3350、3480米不同高度晚更新世冰碛垅及现代冰缘沉积中。物质来源为拔仙台周围的混合花岗岩, 其重矿物组合有如下特征。1. 以不稳定矿物为主要成分, 60%左右的大量角闪石及2—5%的少量辉石。2. 以无色柘榴石、透辉石、次钙透辉石等为特征矿物。3. 几无黑云母, 风化矿物含量低, 占7%。

山下砾石层重矿物组合特征为: 1. 以不稳定矿物为主, 其普通角闪石含量变化较大, 占40—80%, 辅以少量辉石, 少量黑云母。2. 稳定矿物、风化矿物含量增加。3. 以粉色柘榴石、透闪石为特征矿物。4. 有较多的绿帘石、磷灰石、磁铁矿、及少量兰晶石、十字石等变质岩矿物。

山上山下沉积物的重矿物组合均以花岗岩类矿物为主, 普通角闪石占绝对优势, 这是因为燕山期花岗岩是太白山的主体。山下沉积物的重矿物组合明显地比山上样品成分复杂, 表现在稳定矿物、风化矿物含量增加和变质岩矿物的混入。变质岩矿物的来源主要应为山麓地带的下宽坪群绢云母片岩等近缘物质。这一点与冰碛物不同, 冰川堆积区应基本保持冰川形成区的矿物组合。

从特征矿物种类可以看出, 山上3000米以上不同高度冰碛物中均有无色柘榴石、透辉石、次钙透辉石等特征矿物, 而山下几套砾石层的样品均以粉色柘榴石、透闪石等为特征矿物。说明晚更新世的冰碛物未达到北坡山麓地带, 这一点也可作为太白山冰期冰川作用限于3000米以上的一个旁证。

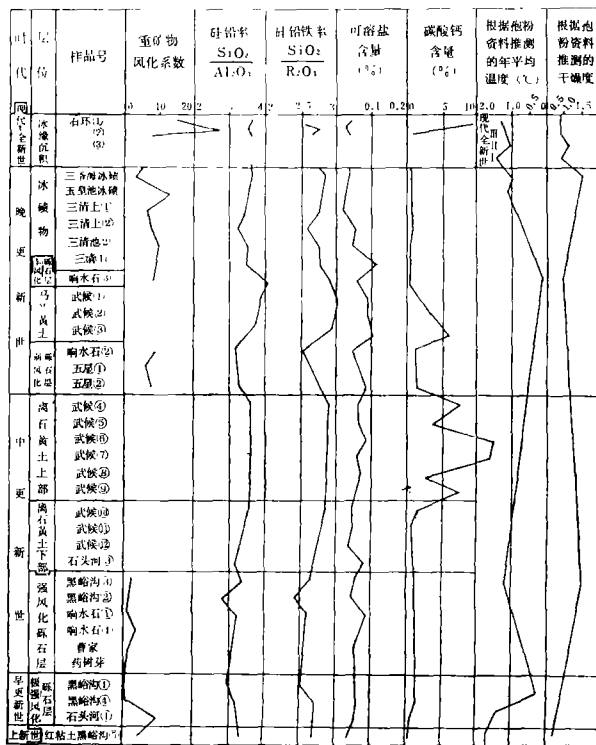


图4 太白山地区沉积特征图谱

A diagram of sedimentary characters of the area of Tai Bai Mountain.

1) 张林源、牟昀智：庐山地区混杂沉积的特征和成因，冰川冰缘学术讨论会文集，1982年。

(三) 化学特征及水热状况

本区沉积物的粘土矿物组合、粘粒的硅铝率、硅铝铁率、可溶盐含量、碳酸钙含量等指标均与当地现代土壤值相近^[7],属褐土类,其所需的年均温为11—14°C,年降水量500—700毫米,属暖温带半湿润气候区。

图4可见,早更新世到中更新世晚期,硅铝率逐渐增高,从3.1—4,硅铝铁率从2.0—3.0,到晚更新世晚期未风化砾石层沉积时达最高值(4)。根据土壤学研究,硅铝率和硅铝铁率随着气候变冷而升高,如海南岛其值均为1点多,长江流域为2点多,黄河流域和关中一带硅铝率为3点多,硅铝铁率2.5—2.8,新疆天山一带硅铝率为5.7—6.7,硅铝铁率4—5。^[7]在天山现代冰川样品中硅铝率可达8.66¹⁾本区沉积物中硅铝率的变化反映了第四纪气候变化的二个特点:1.气候逐渐变冷,至晚更新世晚期达到最低值;2.气候变化的幅度并不大,始终与温带气候环境相适应。晚更新世末期至现代,硅铝率逐渐降低,与冰后期气候逐渐转暖相吻合。

沉积物中可溶盐含量在0.1%以下,属非盐渍化土,说明气候干湿变化的幅度也不大。但在湿润的背景上也有相对干旱的时段,表现在碳酸钙含量的变化上,该值从早更新世至中更新世的砾石层和黄土沉积中均为1%,中更新世晚期离石黄土上部堆积时从3—7—13%,中更新世晚期达最高值,说明当时的气候最干燥,此后晚更新世晚期至今,碳酸钙含量又低于1%,湿度再次变大。

李文漪认为^[4]:汾渭盆地更新世早期和晚期各有一个气温相对较低,湿度较高的时期,更新世中期有一个气温较高而较干旱的时期。全新世气候转为温暖半湿润。本区各套砾石层和黄土堆积的理化指标所反映的气候变化与孢粉分析的结果基本上是吻合的,特别是中更新世以来对应性更好。更新世中期的气温较高且较干旱的时期即离石黄土堆积期,沉积物中碳酸钙含量相应增加,至离石黄土上部堆积时达最高值,碳酸钙含量达13%,硅铝率为3.2—3.5,相当于武功一带的现代土壤值。可见当时的温度与今相当,但较现代干燥。晚更新世晚期的气温降低和湿度增高,在山上冰碛物和山下未风化砾石层中均有反映,其硅铝率高于武功一带的现代土壤值,说明当时的气温低于现代,而碳酸钙含量为1%左右,比中一晚更新世黄土中碳酸钙含量明显降低,说明当时湿度偏高。孢粉资料反映的更新世初期气候湿冷,在沉积物指标中反映不明显。

综合上述分析可以推断太白山地区第四纪沉积环境及古气候的演变过程。

早更新世随着秦岭的大幅度抬升,山麓地带形成山前洪积裙,由上新世湿热气候变得较温凉。

中更新世秦岭进一步抬升,沉积了厚层的河流相砂砾石,气候条件仍潮湿偏暖。此后气候变干,砾石层上堆积厚层老黄土,是第四纪中最干燥的时期,为温带半干旱气候。

晚更新世以来,气候变冷偏干,河流规模变小,河谷中弱风化砾石层形成,在塬区离石黄土上部堆积马兰黄土。此后气候进一步恶化,晚更新世晚期,河谷中未风化砾石层形成,气候变冷变湿,进入第四纪以来最为湿冷的时期。此时太白山顶发育了冰川,其冰碛物分布

1) 谢又予,庐山古冰川何在,冰川冰缘学术会文集,1982年。

在太白山南坡3000米以上的高度, 北坡相应高度上尚未采到当时冰碛物样品, 而难以进行沉积学分析, 但与太白冰期相对应的气候变化, 可在渭河支流北庄村浊水河二级阶地孢粉谱中找到[4]。该剖面下部为砂砾石层, 其孢粉组合反映一般疏林草原环境, 为温和半干旱气候, 中部灰黑色粘土层中含大量云杉花粉、球果、树木等, 反映沉积时是以云杉为主的针阔叶混交林植被, 代表半湿润的寒温带气候, 上部黄土层中孢粉为森林草原类型, 反映其环境略带温和干燥。该剖面中部灰褐色粘土层中孢粉的时代, 据中国科学院地质研究所 ^{14}C 年代测定为 $21,300 \pm 850$ 年, 属晚更新世晚期, 即末次冰期最盛期, 当时中国北方河谷平原区广泛出现云杉, 冷杉孢粉组合[8]。周昆叔等根据孢粉分析推算出渭南地区当时的最低年均温为 4.7°C [8], 而现在为 13°C , 比当时高 8° 左右, 因此才有可能在太白山一定高度上形成冰川, 该期冰川发育的规模为: 雪线高度3300—3400米, 冰碛物分布下限达3000米左右[3], 当时的古冰缘作用下限约在2500米。

距今一万年来, 进入冰后期, 本区河谷形成一级阶地及现代河床沉积。

综上所述, 对本区砾石层的成因和第四纪古冰川问题得出如下看法:

1. 根据野外考察和沉积物分析结果, 本区几套源于太白山分布于现代河流下游河谷阶地及山麓地带的砾石层为山麓洪积和山区河流沉积, 是渭河南侧支流沉积物。根据沉积特征和区域对比判断, 早更新世秦岭北麓形成山麓洪积物; 中更新世早期渭河沉积规模较大, 支流主流同步下切, 形成第四级阶地, 但主、支流沉积有所区别, 主流为河流冲积相, 支流为山区河流洪冲积相; 晚更新世河流规模变小, 代之以急流洪流沉积。

2. 砾石层中充填物的化学、粘土、盐分各项指标均与本区现代土壤值相当, 具暖温带半湿润气候特征, 说明本区第四纪以来始终处于温带气候条件下, 但不同时代水热状况有所不同, 理化指标指示晚更新世晚期即末次冰期时最为湿冷, 考察证明当时太白山3000米以上曾经发育过冰川, 但其规模未达山麓地带。

3. 晚更新世气候恶化是一个长期的过程, 而太白冰期发生在晚更新世晚期, 在此之前是否存在更老的冰川作用, 仍有待研究。从山下不同时期砾石层的理化指标看, 其温湿条件均不利于冰川存在, 且河流下游及山麓地带也未发现冰碛物的充分证据, 因而认为更老的冰川作用规模应不超过太白冰期, 更不会到达山麓地带。

参 考 文 献

- (1) 张保升: 太白山古冰川地形, 中国第四纪研究, 1(2), 1958年。
- (2) 严阵: 东秦岭第四纪冰川遗迹, 中国第四纪冰川遗迹研究文集, 1964年。
- (3) 田泽生: 太白山第四纪冰川遗迹探讨, 西北大学学报, 第3期, 1981年。
- (4) 中国科学院地理研究所渭河组: 渭河下游河流地貌, 第一章, 科学出版社, 1983年。
- (5) 卢演侑等: 约70万年以来黄土高原自然环境变化系例探讨, 科学通报, 24(5), 1979年。
- (6) 成都地质学院陕北队: 沉积岩(物)粒度分析及其应用, 地质出版社, 1976年。
- (7) 中国自然地理——土壤地理, 科学出版社, 1981年。
- (8) 周昆叔: 距今两万年至三万年间中国北方河谷平原区云杉、冷杉植被分布的意义, 第四纪孢粉分析与古环境, 科学出版社, 1984年。

ON THE ORIGIN OF GRAVELS AND QUATERNARY GLACIES AT THE NORTH FOOT OF TAI BAI MOUNTAIN IN QINLING

Xu Jianhui Xie Youyu

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State
Planning Commission of The People's Republic of China)

Subject Indexing: Tai Bai mountain, Quaternary period, Glacier

Abstract

This Paper deals with several gravels by studying their sedimentary characters in field and physioal-chemical targets in laboratory. Based on area contrast, these gravels belong to Early pleistocene, Middle pleistocene, Late pleistocene and Holocene sediments respectively. We consider the origins of these gravels are the diluvium from the north slope of Tai Bai Mountain and the branch sediments of the south side of River wei, and not glacial or fluio-glacial deposits as suggested by some geologists. Being similar to the modern soil targets in the valley of River Wei, the physical-chemical targets of sediments show that these gravels are the outcomes of the warm and semi-humid climate environment. The ancient glacier never arrived at the foot area of Tai Bai Mountain during the Quaternary epoch.

启 事

本刊1986年尚有部分存书，欲补订者请继续到科学出版社发行处办理补订。

开户银行：中国工商银行东四分理处

帐号 4601184