

景泰老虎山活动断裂地区的第四纪地层的划分与对比研究

刘百箴 吕太乙 袁道阳

刘小凤 何文贵 刘建生

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 老虎山地区的第四系以山麓洪积与山区河流阶地沉积为主,¹⁴C法、TL法和扩散方程法测定的近40个年代样品表明: I级阶地为全新统,阶地形成年龄为4086±100a—4578±60a; II级阶地为晚更新世晚期沉积,阶地形成年龄为23Ka; III级阶地为晚更新世早中期沉积,阶地形成年龄为72Ka; IV级阶地和V级阶地为中更新世沉积,其阶地形成年龄分别为217±35Ka和378±60Ka;早更新统仅在局部出露,可能属早更新世早期的沉积。

通过与兰州九洲台黄土剖面对比,发现I—V级阶地的形成年龄与标准剖面中的S₀、S_m^{*}、S_m、S₂、S₄等层古土壤形成年龄相一致。这说明河流层状地貌的形成,除了与构造抬升有关外,还与全球冷暖交替的大气候背景有着十分密切的内在联系。

关键词: 老虎山断裂 第四纪地层 九洲台黄土剖面 古土壤 阶地

1 前言

在活动断裂填图研究中,第四纪地层划分是重要的基础研究之一。它不仅决定了填图单元的确立,而且直接影响到断层滑动速率的可靠性以及断层滑动量在空间上和时间上的分布特征。为了深入进行第四纪地层的划分,不断引进第四纪地质学研究的最新成果是十分重要的。在景泰老虎山活动断裂大比例尺地质填图中,我们对此作了尝试。

2 第四纪地层简述

2.1 下更新统

岩性单一,在各地变化不大,为一套胶结坚硬的灰色厚层状砾岩,夹有薄层透镜状砂砾岩、砂质泥岩,为钙泥质胶结,磨圆度及分选性很差,砾石成分较复杂,以灰绿色变质岩为主。粒径以0.5—2cm为主,其次为2—5cm。厚度近山处大,在大石头可达1470m,远离山前厚度变小,如在喜集水附近降为不足20m。常不整合于上新统及更古老地层之上。本层经历过构造变动,在山前与下古生代地层呈断层接触,其倾角可达60°—80°,远离断层则趋于水平,其分布的最大高度已高出喜集水盆地600m以上。在平面上,主要分布在喜集水盆地以西及其周边。这表明喜集水拉分盆地是在早更新世晚期以后形成的,推测其底部应有下更新

统存在。

2.2 中上更新统和全新统

以冲洪积阶地堆积为主,在少数断陷盆地中有盆地型堆积,全新统中除阶地堆积外,坡积及小型洼地的淤积也很普遍。由于老虎山第四纪的上升,通常Ⅲ级以上阶地为基座阶地,Ⅰ、Ⅱ级多为堆积阶地(图1)。

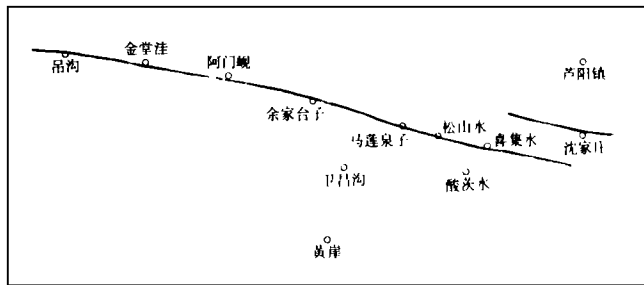


图1 老虎山地区阶地剖面位置图

Fig. 1 The distribution of terrace profiles in Laohushan area.

(1) 酸茨水剖面

剖面可见到4级阶地:

Ⅳ级阶地,拔河45m,下部为角砾岩,中部为砾石层与黄色砂砾层互层,夹有多层黄色砂质粘土薄层,厚约10m。

Ⅲ级阶地,拔河25m,下部灰色角砾岩,钙质胶结,上部灰色角砾状冲洪积碎石层,没有黄土覆盖,全层厚约5m。

Ⅱ级阶地,拔河10m,底部胶结

砂砾层,上部为松散冲洪积砾石层,厚约5m。

Ⅰ级阶地,拔河2—3m,为松散冲洪积砾石层。

以上4级阶地均为基座阶地,底部均不整合于二迭系砂岩之上,并分别在各级顶部采热释光样品。

其年代分别为:Ⅳ:TL 21.7 ± 3.5 万年;

Ⅲ:TL 7.2 ± 1.30 万年;

Ⅱ:TL 7.0 ± 1.0 万年。

(2) 马莲泉子剖面

存在5级冲洪积阶地:

Ⅴ级阶地,为基座阶地,阶地面高出沟底80m以上,为厚30m的洪积砂砾石层,在中上部砂砾石层距顶部约20m处的中细砂层中采得TL样品,经测定,其年代为: 37.8 ± 6.0 万年。

Ⅲ级阶地,拔河40m,其顶部为黄土,厚2—3m。黄土下部为洪积砂砾石层,厚约40m,在其顶部与黄土交界处采得TL样品(H-16),经测年代为: 10.1 ± 1.0 万年。底部为早更新世倾斜砾岩层。与上覆地层呈不整合接触。

Ⅱ级阶地,拔河8—10m。其上部为含砾黄土,厚约2m,在其底部采得TL样品。年代为 3.2 ± 0.7 万年。下部为洪积砾石层,厚3m。基座为早更新世倾斜的砾岩层,与上覆地层呈不整合接触。

Ⅰ级阶地,拔河4m。上部为含砾黄土,其下部微具土壤化,厚约1m,底部采得 ^{14}C 样品。经测试年代为 $4130 \pm 60\text{a}$,BP。下部为洪积砾石层,厚3m,未见底。

(3) 卫昌沟——黄崖剖面

位于老虎山南麓山前地带,可见7级阶地。Ⅰ—Ⅲ级为河谷阶地,属嵌入式内迭阶地。Ⅳ级以上属洪积阶地,均为基座阶地;堆积有洪积砾石,厚度通常小于10m。洪积砾石分选性

差,棱角状和次棱角状,半胶结,往往底部胶结较好;其上未见黄土,部分地区有黄土状亚砂土,厚度小于0.5m。

(4) 芦阳剖面

位于寺滩——芦阳盆地东端芦阳附近,可见5级阶地,I、II级为内迭阶地,属沟谷冲洪积阶地。III级以上均为基座阶地。多为上新统构成的基座,属洪积阶地。各级阶地剖面如下:

V级阶地,上部为黄土状亚砂土,厚0.2m,中部为砂砾石,磨圆分选差,厚1.8m,底部为角砾岩,下部稍细,粒径0.5—3cm居多;上部稍粗,以1—5cm居多,砾石为棱角状、次棱角状,钙质胶结,胶结好,厚11.8m。

IV级阶地,上部为厚黄土状亚砂土,厚0.2m,中部为砂砾石,厚1m,底部为角砾岩,厚5.8m。

III级阶地(Q¹₃),上部为黄土状亚砂土,厚0.2m,中部为砂砾石,厚1.8m,底部为角砾石,厚6m。

II级阶地(Q²₃),上部为黄土状亚砂土,其下为砂砾石层。

(5) 松山水剖面

位于松山水I级阶地上,剖面上部为含碎石黄土坡积层,其底部¹⁴C年代为4086±100年,厚约1m。下部为次生黄土,无层理,厚度大于2m。在其中部采得¹⁴C样品,定年为6970±130年。

(6) 沈家滩I级阶地探槽剖面

该剖面自上至下可分为5层,岩性依次为:砂砾层,次棱角状分选差,厚0.35m;含砾细砂质黄土,厚0.25m;砾石层,砾石的分选及圆度差,厚0.3m;含细砾砂土层,厚0.2m;土黄色黄土,未见底,厚0.5m。

(7) 阿门峴剖面

位于山坡上,剖面总厚度约2m。自上而下可分为10层,岩性依次为:腐植土层,底部¹⁴C年代为2300±70年;黄土层,顶部¹⁴C年代为4390±85年;土灰色粘土,表面风化强烈;土黄色黄土;黑色炭质土;灰绿色细砂土;黑色炭质土,夹棱角状小角砾;灰白色砂土层,顶部为紫红色;黑色炭质土,夹小的棱角状角砾;紫红色上新统含砂质粘土。

整套地层分选差,砾石呈棱角状,基本物质多来自附近的断层破碎带,因此属于坡积层。

(8) 余家台子探槽剖面(¹⁴C年代据才树华)

自上至下分为5层,岩性依次为:地表耕土层,底部¹⁴C年代为1900±80aBP;含少许砾石的黄土层,内含两层木炭,上木炭层具明显的扰动现象,下层呈水平状,其¹⁴C年代为3180±50a BP;黄土层;灰绿色中粗粒变质岩砾石层,纯净不含土,平均粒径2—3cm,最大粒径达10cm,地层倾斜与上部黄土层呈断层接触;灰绿色,白色变质岩砾石层,中细粒略具层理,地层倾斜,产状为25°∠32°,剖面中上面三层为断层谷局部凹地堆积。下面两层为坡积,年代尚不可知,该剖面表现出沿断裂局部沉积环境的复杂性。

3 第四纪地层划分与对比

自1955年Emiliani, C.^[1]创立了深海钻孔氧同位素分段方法以来,国际第四纪气候演化历史的研究已经取得了世人瞩目的进展,西赤道太平洋V₂₈₋₂₃₈与V₂₈₋₂₃₉钻孔氧同位素曲

线和分段已被公认为第四纪上半部气候变化的标准曲线和冰期分段。近年来,极地冰岩芯从另一方面揭示了全球的变化。在黄土研究方面,特别是中国黄土对第四纪气候记录的详细和准确程度完全可与深海沉积物和极地冰岩芯相媲美,甚至在某些方面超过了它们^[2]。近十年来,中国学者对黄土的研究进展很快,同样也取得了世界公认的成就,陕西洛川黄土剖面已成为世界第四纪气候演变历史方面的标准剖面之一^{[3][4]}。七十年代末以来国内许多学者对兰州地区的黄土进行了大量的研究^{[5]-[9]}。通过他们的研究,目前已建立了详细完整的从早更新世到全新世的古地磁年代剖面,并且同南极东方站冰岩芯的同位素曲线及深海钻孔 V_{28-238} 和 V_{28-239} 的氧同位素剖面进行了细致的对比。结果三者所记录的第四纪气候变化历史是极为相似的。这充分说明兰州黄土研究在恢复第四纪气候演变历史、第四纪地层划分及第四纪地貌研究方面同样具有世界性标准剖面的意义。

老虎山地区位于陇西盆地北部,该盆地是黄河流出青藏高原后的第一个大型盆地,新构造运动时期以来,一直保持为一个统一活动的新构造单元。因此,研究详尽的兰州黄土剖面自然成为我们进行第四纪地层对比最理想的标准剖面。

为了进行地层对比,足够的年代学资料是必要的。我们先后在该地区测定了19个同位素碳年代样品(^{14}C)和11个热释光年代样品(TL),还对某些可靠的阶地前缘斜坡用扩散方程计算了其形成年代。这样就可以利用多种方法,相互印证,取得较为可靠的年代数据。

3.1 全新世地层对比

由于微地貌环境差异的影响,工作区内全新世地层的物质成分和岩相相当零碎复杂,大体可分为:冲积相,为河床堆积和I级阶地堆积;洪积相,为低级洪积扇堆积;坡积相和小型封闭、半封闭状态的淤积相。

松山水剖面为I级侵蚀阶地,基座为黄土,其顶部年龄为 $4086 \pm 100a. B. P.$,其上覆盖了现代坡积层;马莲泉子I级阶地砾石层的古土壤底部年龄为 $4130 \pm 60a. B. P.$;吊沟为I级阶地,覆盖砾石层底部年龄为 $4578 \pm 60a. B. P.$ 。四娘娘庙剖面为坡积物剖面,其向南延伸大体与I级阶地相当,其坡积砾石层上覆盖了一层古土壤,由于样品是采于砾石层顶部的地震裂缝充填楔内的古土壤,年代为 $5290 \pm 80a. B. P.$,可能略偏老一些;阿门岷多坝沟剖面为I级阶地,覆盖砾石层顶部的古土壤底部年龄为 $6030 \pm 10a. B. P.$;我们以往在沈家庄工作时获得I级阶地剖面,其下部有约10cm厚的古土壤层,其年代为 $12920 \pm 350a. B. P.$;砾石层顶部覆盖的古土壤底部年代为 $9360 \pm 75a. B. P.$ (图2)。

由上述资料可以看出,该区的I级阶地的堆积开始于全新世早期,约 $13000a. B. P.$,多数阶地面开始下切的时代,即阶地的形成时代为 $4100a. B. P.$ — $4600a. B. P.$,西段(四娘娘庙以西)的阶地年龄可能略老一些,约为 $5300a. B. P.$ — $6000a. B. P.$ 。

综合各剖面 and 古土壤年代可以发现,本区全新世主要有6个古土壤年代数据,即:13000年、9100—9400年、7700年、6300年、3600—4600年、1300—2300年。它们均可称为全新世黑垆土,其中土壤化作用最明显、分布最普遍的时期是3500—4600年和1300—2300年,在所做的样品中3500—4600年的样品最多,共获得7个样品,而集中于I级阶地顶部覆盖的古土壤层底部的样品年代就有5个,集中于 4086 ± 100 年与 4578 ± 60 年之间,充分说明本区I级阶地的形成年代为 4086 ± 100 年— 4578 ± 60 年。而1300—2300年的土壤多为现代的表层土壤底部。

与兰州全新世标准剖面对比,本区1300—2300年的3个古土壤层、6030—7700年的2

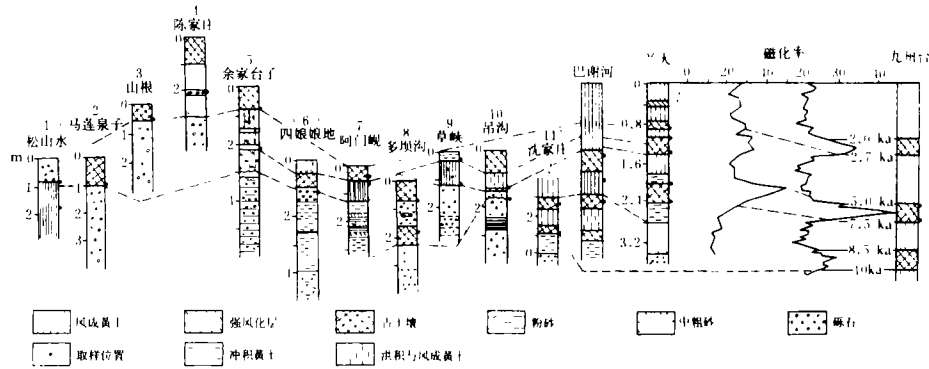


图2. 老虎山地区全新世地层对比图(标准剖面据陈发虎、李吉均,1991)

Fig. 2 Comparison of Holocene strata in Laohushan area.

个古土壤层及 9098—12900 年的 2 个古土壤层完全可与九洲台剖面的上、中、下 3 个古土壤层(即 2000—2700 年, 5000—7500 年, 8500—10000 年)相对应。而本区剖面中最普遍的 3540—4578 年的古土壤层则完全可与兰大剖面 3070—4115 年的相对应(图 2)。究其原因, 可能是“兰大”的剖面与我们的剖面均位于 I 级阶地, 它们的环境是相似的, 而九洲台在中晚全新世时, 已成为高山山顶, 土壤化的条件差, 土壤化作用较弱, 因而缺失了这一时期的古土壤。

3.2 更新世地层对比

3.2.1 早更新世早期

景泰老虎山地区的早更新世地层如前所述, 是一套胶结坚硬的洪积砾岩层, 厚度最大可达 1000m 以上。通常大家都认为相当于兰州的“五泉砾岩层”。但兰州五泉砾岩的位置远低于黄河最高的第Ⅶ级阶地, 从岩相及构造变动来看, 应当早于第Ⅶ级阶地的时代。兰州的第Ⅶ级阶地是最近才发现的, 其时代为距今 150 万年(据兰州大学张林源、曹继秀, 1992, 口述)。这样看来五泉砾岩的时代应为早更新世早期。因此, 我们将老虎山前的这套砾岩层的年代定为早更新世早期。

3.2.2 中更新世—晚更新世

景泰、老虎山地区分布最广泛的是一系列冲洪积阶地, 通常出现 I—V 级阶地, 近老虎山等高山区有Ⅵ、Ⅶ级阶地的存在, 现将各级阶地的时代做如下讨论。

3.2.2.1 Ⅱ级阶地

通常拔河 10m 左右, 为堆积阶地, 也有部分基座阶地, 沿断层线附近共取得了 8 个年代样品。

(1) 煤洼山剖面, 顶部为加积的 0.2m 厚的风成黄土, 其底部 TL 年龄为 <1 万年, 砾石层顶部的 TL 年龄为 2.8 ± 0.5 万年, 真正的阶地年龄应比 2.8 万年稍年轻些。

(2) 老庄沟剖面, 下部为含砾冲积黄土, 其顶部 TL 年龄为 2.5 ± 0.4 万年。上部覆盖了坡积层, 其底部 TL 年龄为 2.3 ± 0.2 万年。

(3) 马莲泉子剖面, Ⅱ级阶地二元结构上层含砾黄土底部的 TL 年龄为 3.2 ± 0.7 万年。

(4) 酸茨水, Ⅱ级阶地的 TL 样品年代为 7 ± 1.0 万年, 明显偏老, 因为同一处Ⅱ级阶地的 TL 年代为 7.2 万年。

(5)老虎沟口,Ⅱ级阶地,砾石层上覆盖的砂土层底部¹⁴C年龄为20700±195年。

(6)红沟Ⅱ级阶地前缘与Ⅰ级阶地后缘为一断层控制,测其剖面,用扩散方程计算,当扩散系数取0.7和0.5时,其年龄分别为1.86万年和2.6万年。

(7)独山子,Ⅲ级阶地前缘陡坡,用扩散方程计算,当K取0.7和0.5时其年龄分别为1.55万年和2.17万年;

(8)马家台子Ⅲ级阶地的年龄,当K=0.7和0.5时为2.1万年和3万年。

以上年龄的总平均值约为距今2.3万年。可定为晚更新世晚期。

3.2.2.2 Ⅲ级阶地

通常拔河20—30m,共取得5个年代数据。

(1)酸茨水Ⅲ级阶地TL年代为7.2±1.3万年;

(2)马莲泉子Ⅲ级阶地TL年代为10.1±1.0万年;

(3)红沟口Ⅲ级阶地前缘坡剖面,用扩散方程计算为3.27—4.58万年;

(4)喜集水Ⅲ级阶地前缘用扩散方程测年代为4.46—6.24万年;

(5)煤洼山Ⅲ级阶地前缘斜坡的扩散方程测年代为4.43—6.20万年。

参考扩散方程的年龄,我们认为用酸茨水的7.2万年代表Ⅲ级阶地的年龄较合适。因此,Ⅲ级阶地的时代定为晚更新世早期。

3.2.2.3 Ⅳ级阶地

仅在酸茨水测得1个TL年代,为距今21.7±3.5万年,暂定Ⅳ级阶地为中更新世晚期。

3.2.2.4 Ⅴ级阶地

仅在马莲泉子Ⅴ级阶地砾石层上部采得TL样品,定年为37.8±6.0万年。故暂定Ⅴ级阶地为中更新世中期。

将景泰老虎山地区的阶地与兰州黄河阶地进行对比,有如下特点(图3):

(1)老虎山的Ⅰ级阶地比兰州的略晚2000年;

(2)老虎山的Ⅱ、Ⅲ级阶地的形成时代相当于兰州的Ⅱ级阶地形成时代,老虎山Ⅳ、Ⅴ级阶地的形成时代均晚于兰州的Ⅳ级阶地形成时代,这表明老虎山地区的隆升次数比整个陇西盆地大区域要频繁得多。

(3)老虎山各级阶地的形成时代与九洲台黄土中古土壤的形成时代完全可以对应。并且与高磁化率期和南极冰岩芯反映的温湿时期一一对应,如:老虎山Ⅰ级阶地和Ⅱ、Ⅲ级阶地,分别对应着7390年和2.1—7.4万的高磁化率期,和冰芯同位素的A、C、奇数阶段,对应着古土壤S₀和S₁。Ⅳ级阶地和Ⅴ级阶地则分别对应着古土壤S₂和S₃,和深海同位素曲线的7、11奇数暖期。

4 结论

(1)老虎山地区的Ⅰ级阶地的年龄为距今4100—4600年,各剖面中的古土壤形成年代为1300—2300年,6030—7700年,和9098—12900年,完全可与兰州的九洲台的标准剖面进行对比。

(2)老虎山地区的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级阶地的形成年代分别为2.3万年、7.2万年、21.7万年

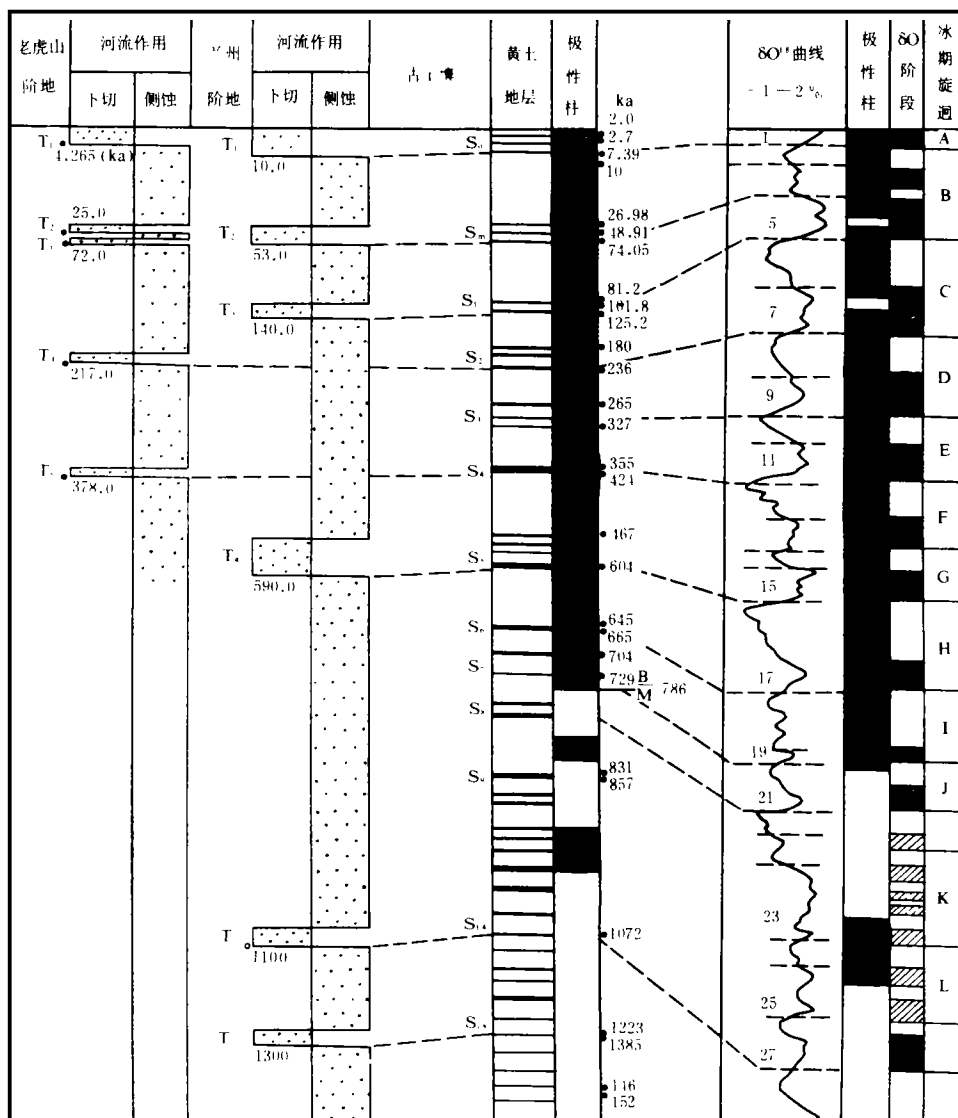


图3 老虎山地区第四纪综合剖面对比图(标准剖面,据潘保田、李吉均,1991).

Fig. 3 Comparison of Quaternary composite sections in Laohushan area.

和 37.8 万年. 这些年代分别与九洲台剖面中的 S_m^* 、 S_m^* 、 S_2 和 S_4 古土壤年龄完全可以对比. 需要指出 IV、V 级阶地的年代都只有一个 TL 样品, 且 TL 年代超过 10 万年就难以判断其准确程度. 因此, 其测年结果还有待进一步与区域性资料及其它新的年代样品的定年结果进行对比研究.

(3) 上述情况表明阶地的形成除了与构造抬升有密切关系外, 与全球的气候变化同样也有十分密切的关系.

通常冰期的水以冰雪形式聚集于雪线以上, 气候是干冷的, 河流流量较小. 因而河水负荷大, 下切能力弱, 以侧蚀拓宽河道为主. 这时地壳抬升, 日益增大的势能往往被储存起来. 当气候转入温暖的间冰期时, 雪线上升, 雨量充沛, 气候湿润, 河水流量大增, 其负荷减小, 下

切能力增大,河流以下切为主,地壳抬升连同冰期储存的势能一起释放出来,从而形成新的阶地。因而阶地的形成年龄通常是由冷向暖转化的交替时期。阶地的形成是地壳抬升和气候变化联合作用的结果。

本文为国家地震局合同项目(85—02—1)资助,¹⁴C样品系由兰州大学地理系曹继秀、张宇田测定,TL样品系由成都地质学院要全泰测定,在此深表谢意。

(本文1993年9月15日收到)

参考文献

- 1 Emiliani, C. : Pleistocene temperature. *J. Geology*, 1955, 63: 538—578
- 2 Kukla, G. , et al. : Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility, *Geology*, 1987, 16: 811—814
- 3 刘东生等:《黄土与环境》,科学出版社,1985
- 4 王永焱:中国黄土区第四纪古气候变化,《中国科学》(B辑),1987,(10):1099—1106
- 5 王永焱:《黄土与第四纪地质》,陕西人民出版社,1982,20—49
- 6 陈发虎、李吉均等:兰州黄土研究,《中国西部第四纪冰川与环境》,科学出版社1991,120—130
- 7 潘保田、李吉均等:兰州地区黄河阶地发育与地貌演化,《中国西部第四纪冰川与环境》,科学出版社,1991,271—276
- 8 Li Jijun, et al. : Late Quaternary monsoon patterns on the loess plateau of China, *Earth Surface Processes and Landforms*, 1988, 13: 125—135
- 9 Li Jijun, et al. : Beiyuan loess profile near Linxia City and climatic record of late Pleistocene. In: Zhang Linyuan (Editor-in-chief), Lanzhou Field Workshop on Loess Geomorphological Process and Hazards, *Journal of Lanzhou University*, 1989, 94—100

STUDY ON THE DIVISION AND CORRELATION OF QUATERNARY STRATA
IN LAOHUSHAN ACTIVE FAULT AREA, JINGTAI COUNTY, GANSU

Liu Baichi, Lu Taiyi, Yuan Daoyang,

Liu Xiaofeng, He Wengui and Liu Jiansheng

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

The Quaternary strata in Laohushan area are mainly the torrential diluvium and river terrace deposits, the ages of nearly 40 samples determined by ^{14}C , TL and diffusion equation methods indicate that: the first terrace formed in Holocene, its age is about $4086 \pm 100\text{a}$ — $4578 \pm 60\text{a}$; the second terrace formed in late period of Late-Pleistocene, its age is about 23ka; the third terrace formed in early period of Late-Pleistocene, its age is about 72ka; the fourth and fifth terraces formed in Middle-Pleistocene, their ages are about $217 \pm 35\text{ka}$ and $378 \pm 60\text{ka}$, respectively. The deposits of Early-Pleistocene distribute only in some areas, perhaps formed in the early period of Early-Pleistocene.

By comparison with the loess profile at Jiuzhoutai of Lanzhou, the ages of I — V terraces are compatible with the ages of S_0 , S_m^* , S_m^* , S_2 , S_4 paleosoils in the standard profiles. The research results indicate that the formation of stratified landforms of rivers is associated with the tectonic movement, meanwhile, has a very closely inner relation to the global cold-warm alternation climate environment.

Key words: Laohushan fault. Quaternary stratum. Jiuzhoutai loess profile.
Paleosoil, Terrace