

# 兰州地区 1.0 Ma 黄河阶地的发现和 0.8 Ma 阶地形成时代的重新厘定\*

潘保田 苏 怀 胡春生 胡小飞 周 天 李吉均

兰州大学西部环境教育部重点实验室, 地理科学系, 兰州 730000

**摘要** 通过对阶地砾石层上覆风成黄土的地层分析及其磁性地层学研究, 在兰州地区墩洼山黄河阶地和五一山黄河阶地之间发现了一级新的阶地, 其形成时代为 1.0 Ma BP, 记录了兰州地区在这一时期发生的黄河强烈下切事件. 对黄河第四级阶地(T4)上五一山和枣树沟两个黄土剖面的光释光(OSL)和古地磁年代学研究结果表明, 在兰州地区黄河 T4 阶地的形成时代不是以前所认为的 0.6 Ma BP, 而是 0.86 Ma BP, 从而解决了地貌学界对兰州地区是否存在形成时代为 0.8 Ma BP 左右阶地的长期疑问. 兰州地区黄河 1.0 Ma BP 新阶地的发现和 T4 阶地形成时代的重新厘定为黄河流域的地貌演化研究提供了新的资料.

**关键词** 兰州地区 黄河 阶地

兰州地区的黄河阶地以分布广, 级数多, 保存好而备受国内外地貌学家所关注<sup>[1,2]</sup>, 素有“兰州式”阶地之称<sup>[3]</sup>. 自 20 世纪 20 年代以来, 就陆续有不少地貌学家对兰州地区的黄河阶地级数、特征、形成时代进行研究和总结<sup>[4-6]</sup>, 其中许多结论至今仍然是正确的. 因此部分学者曾将兰州地区的黄河阶地研究成果视为“经典”并与其他地区加以对比<sup>[7,8]</sup>. 然而, 过去的研究主要集中在寻找黄河的最高级阶地上, 以推测黄河兰州段诞生的时代<sup>[9]</sup>, 对黄河的低级阶地研究较为粗略, 仅限于对一两个横断面的考察. 事实上, 兰州地区的阶地分布是错综复杂的, 一两个断面的研究很难涵盖兰州地区的所有阶地系列. 除了目前发现的 7 级阶地之外, 兰州地区是否还存在其他时代形成的阶地, 一直成为地貌学家所关注的问题之一.

海底沉积扇<sup>[10]</sup>、黄土<sup>[11,12]</sup>、河流阶地<sup>[13]</sup>、山前磨拉石<sup>[14]</sup>年代学的最新研究表明, 距今 0.8 Ma 前后, 青藏高原及其周边地区经历过一次广泛而强

烈的地面隆升和气候变化事件. 黄河巨型水系的诞生与演化同青藏高原的隆升和全球气候变化密切相关<sup>[15]</sup>. 黄河流域的阶地系列记录了黄河巨水系的演化历史, 是高原隆升和气候变化十分重要的信息载体之一. 然而, 在以往的研究中, 形成时代为 0.8 Ma BP 左右的阶地记录多数发现在黄河的大型支流<sup>[16,17]</sup>, 而在黄河的干流虽有少量报道, 但因缺乏可靠的测年资料<sup>[18]</sup>, 难以令人信服. 尤其在对黄河演化研究较为深入的兰州地区, 一直没有发现形成时代为 0.8 Ma BP 左右的阶地. 这不得不使人们对距今 0.8 Ma 左右发生在青藏高原及其周缘地区的这次气候—构造事件的影响力产生怀疑. 究竟这次事件的影响范围有多大? 0.8 Ma BP 左右形成的阶地在黄河干流是普遍存在还仅是局部特例?

所有上述问题的解决需要有科学的阶地对比方法和精确的年代测定. 在黄土高原地区风成黄土的堆积历史一般早于黄河形成的历史<sup>[19,20]</sup>. 黄河各级阶地的形成时代就是黄河下切阶地地面上并堆积风成

2005-11-11 收稿, 2006-03-09 收修改稿

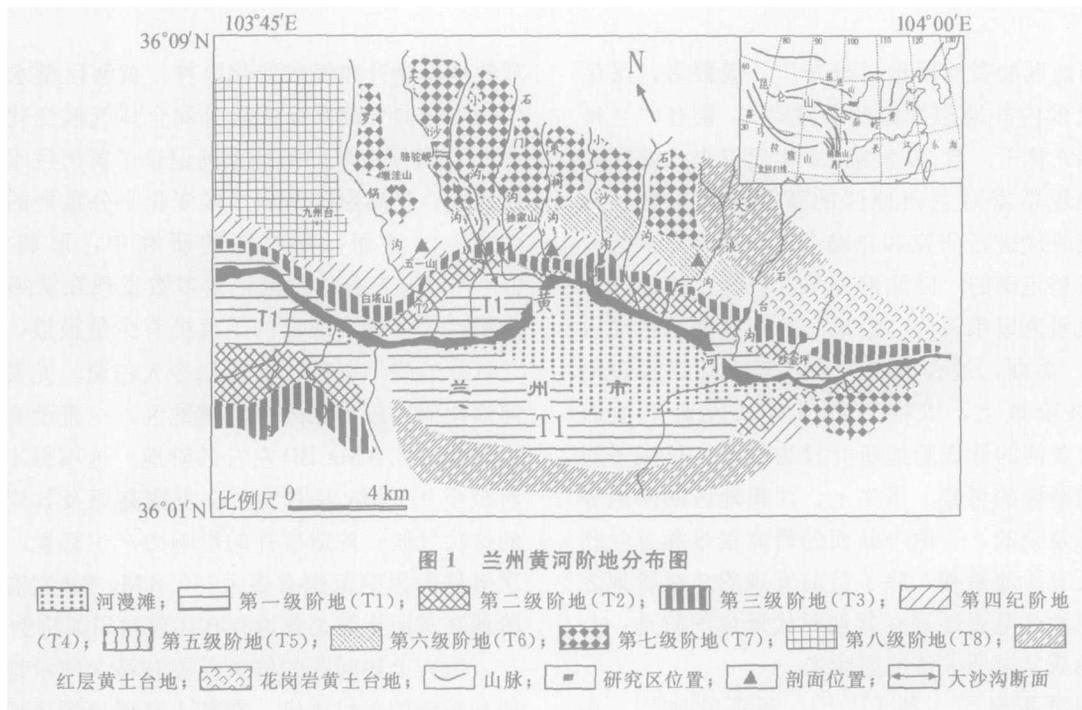
\* 国家重点基础研究发展规划(批准号: 2005CB422001)和国家自然科学基金(批准号: 40471016)资助项目  
E-mail: panbt@lzu.edu.cn

黄土的时代, 因此可以通过风成黄土的底界年龄来确定. 风成黄土堆积的一大特点是黄土—古土壤互层产出, 各个地区的黄土—古土壤序列具有大致相同的形成时代, 不具穿时性<sup>[20]</sup>, 因此, 我们把具有相同黄土—古土壤序列的阶地定为同一时期形成的阶地(同级阶地). 在此基础上结合高精度差分 GPS 定位数据, 黄土磁性地层, 光释光(OSL)年代数据, 我们就可以较为准确地进行阶地划分、对比与形成年代的测定. 以前的研究表明<sup>[21,22]</sup>, 黄土—古土壤序列对比、古地磁、光释光等绝对年代的测定是研究长时间尺度阶地形成年代十分有效的方法之一, 即使在运用过多种测年方法的西欧地区也是如此<sup>[23]</sup>.

## 1 形成时代为 1.0 Ma BP 左右的黄河阶地

过去对兰州地区的黄河阶地研究主要是在九州台附近的罗锅沟断面上进行的<sup>[6]</sup>. 当时的研究认

为, 兰州地区黄河发育 7 级阶地, 五一山阶地(T4)之上是形成时代为 1.2 Ma BP 左右的墩洼山阶地(当时定为 T5), 其间没有发现任何其他时代形成的阶地遗迹. 然而, 最近我们在罗锅沟以东的地区考察发现, 大沙沟以东黄河五一山阶地(T4)之上, 墩洼山阶地之下分布一级宽约 500—1000 m 连绵数公里的基座阶地, 基座为第三系红层. 差分 GPS 高程测量显示, 阶地砾石层顶面在小沟一带拔河 128 m 左右, 介于墩洼山阶地(141 m)和五一山阶地(100 m)之间. 砾石层厚约 3—4 m, 之上是大约 10—20 m 的具有明显水平层理的河漫滩相粉沙层, 再上是厚约 100 m 的风成黄土, 其中古土壤组合在野外可辨出十余层, 其数目同样介于墩洼山阶地(14 层)和五一山阶地(8 层)之间. 因此我们判断该级阶地可能为兰州地区过去没有发现的一级新阶地(图 1, 图 2).



为了获得该级阶地的形成年代, 我们对阶地河漫滩相之上风成黄土进行黄土—古土壤地层序列划分和古地磁测年. 工作剖面选在大浪沟西侧的黄土台地上, 其上部风成黄土厚 100 m, 下部河漫滩相沉积物厚 18 m. 野外地层划分结合实验室粒度分析发现, 风成黄土部分可以划分为 10 个古土壤组合,

最底部一层古土壤为 S10, S10 之下是具有明显水平层理的河漫滩粉沙层. 对该黄土剖面(含河漫滩相物质)下部 46 m 以 1 m 间距, 中部 30 m 以 2 m 间距, 上部 22 m 以 4 m 间距采集古地磁样品 68 组 204 个, 在中国科学院地质与地球物理研究所测量. 测量仪器为美国产 2G—755 超导磁力仪. 在测量样品

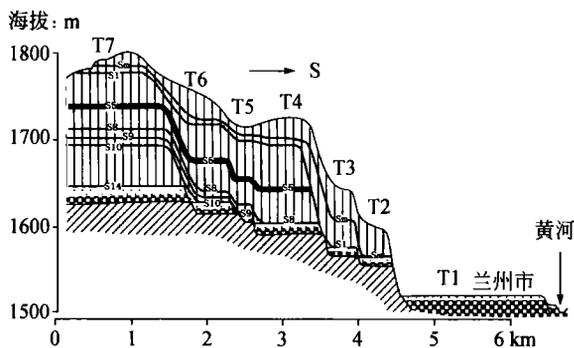


图2 大沙沟断面阶地(断面位置见图1)

黄土-古土壤; 河漫滩粉沙; 砾石层;  
基座; 坡积物

的天然剩余磁化强度(NRM)之后对全部样品进行了系统的退磁及其测量,退磁温度梯次分别为:50,100,150,200,250,300,350,400,450,500,550和580℃.结果表明,大多数风成黄土样品在200℃左右剩磁矢量强度和角度发生了较大的转折,代表黏滞剩磁被除去;在300—400℃以后剩磁强度表现出稳定的原点走向(图3(a)(b)),显示出特征剩磁;当温度升到580℃时,剩磁强度大约90%以上被退去,说明主要载磁矿物为磁铁矿.在所有的河漫滩粉沙样品中,除了部分样品在加热到500℃之后,剩磁方向才表现出较稳定的原点走向外(图3(h)),大多数样品热退磁趋势与风成黄土样品基本一致(图3(g)),既说明了河漫滩样品与风成黄土样品一样其主要载磁矿物仍为磁铁矿(图3(g)(h))又说明两者所受到的风化程度相似.与风成黄土类似,河漫滩粉沙的中值粒径多在10—30 μm之间,并且野外观测发现河漫滩相粉沙层呈水平层理产出,缺少明显的水流上下扰动痕迹,表明河漫滩粉沙堆积时粒度较细(与风成黄土相当),水流较弱,有能够记录古地磁信息变化的可能,剖面中河漫滩部分所记录的古地磁有正有负也证实了这一点.九州台剖面底部河漫滩粉沙(称为水成黄土)的古地磁学研究<sup>[24]</sup>进一步证实,在兰州地区河漫滩粉沙可以作为古地磁测年材料.经逐步系统热退磁后,所有样品数据经Fisher平均求得最后特征剩磁方向,并绘于图4.图4表明,布容/松山(B/M)界面位于距剖面顶部90 m深处,L8中下部.贾拉米诺事件位于剖面深99—103 m处,S10及其下之河

漫滩部分(图4).如果以布容世黄土沉积速率0.115 m/ka来推算,风成黄土底界年龄为0.867 Ma BP.考虑到布容世黄土可能遭受剥蚀的影响,特别是剖面底部已经出现了贾拉米诺事件(在兰州地区贾拉米诺一般出现在S10—S11之间<sup>[25]</sup>),这一年龄肯定偏年青.如果以S10的顶底年龄<sup>[26]</sup>推断,该剖面风成黄土的底界年龄在1.018—1.049 Ma BP之间,该级阶地的形成年代约为1.0 Ma BP.

## 2 黄河 T4 阶地形成时代的厘定

过去的研究认为兰州地区黄河 T4 阶地(五一山阶地)的形成时代为0.6 Ma BP,这是基于对五一山黄土剖面粗略的磁性地层研究结果得到的<sup>[6]</sup>.当时由于技术水平的限制,对厚达100 m的五一山风成黄土剖面仅采集古地磁样品12组,测定结果显示最底部一组样品出现了极性倒转,考虑到样品样本数量太少,遂将最底部一组样品的极性倒转暂时定为S5附近的极性漂移事件,所以该级阶地风成黄土的底界年龄就被定为0.6 Ma BP.然而,最近我们在对五一山黄土剖面的研究中发现作为黄土地层划分的标志层之一的S5(3—4条亚古土壤复合)之下还有3条古土壤,整个黄土剖面至少可以划分出8个古土壤组合.从黄土-古土壤地层系列年代对比上看,该级的形成时代可能在0.8 Ma BP左右.

为了厘定该级阶地的形成时代,我们对五一山剖面重新进行了古地磁定年,对该剖面下部30 m以0.5 m间距,中部30—40 m以1 m间距,上部不等间距采集古地磁样品77组231个.样品测试在兰州大学西部环境教育部重点实验室古地磁实验室进行.测量仪器为美国产2G—765超导磁力仪.天然剩磁(NRM)测定完毕后,对所有样品进行系统热退磁,退磁温度梯次分别为100,150,200,250,300,350,400,450,500,550,580,600℃.结果显示绝大多数样品加热到350—450℃后剩磁强度迅速降低,剩磁方向稳定走向原点,显示原生剩磁(图3(c)(d)).古地磁测定结果表明,剖面底部18 m(含河漫滩)以下全为负极性.B/M界面位于L8黄土层之中(图5).

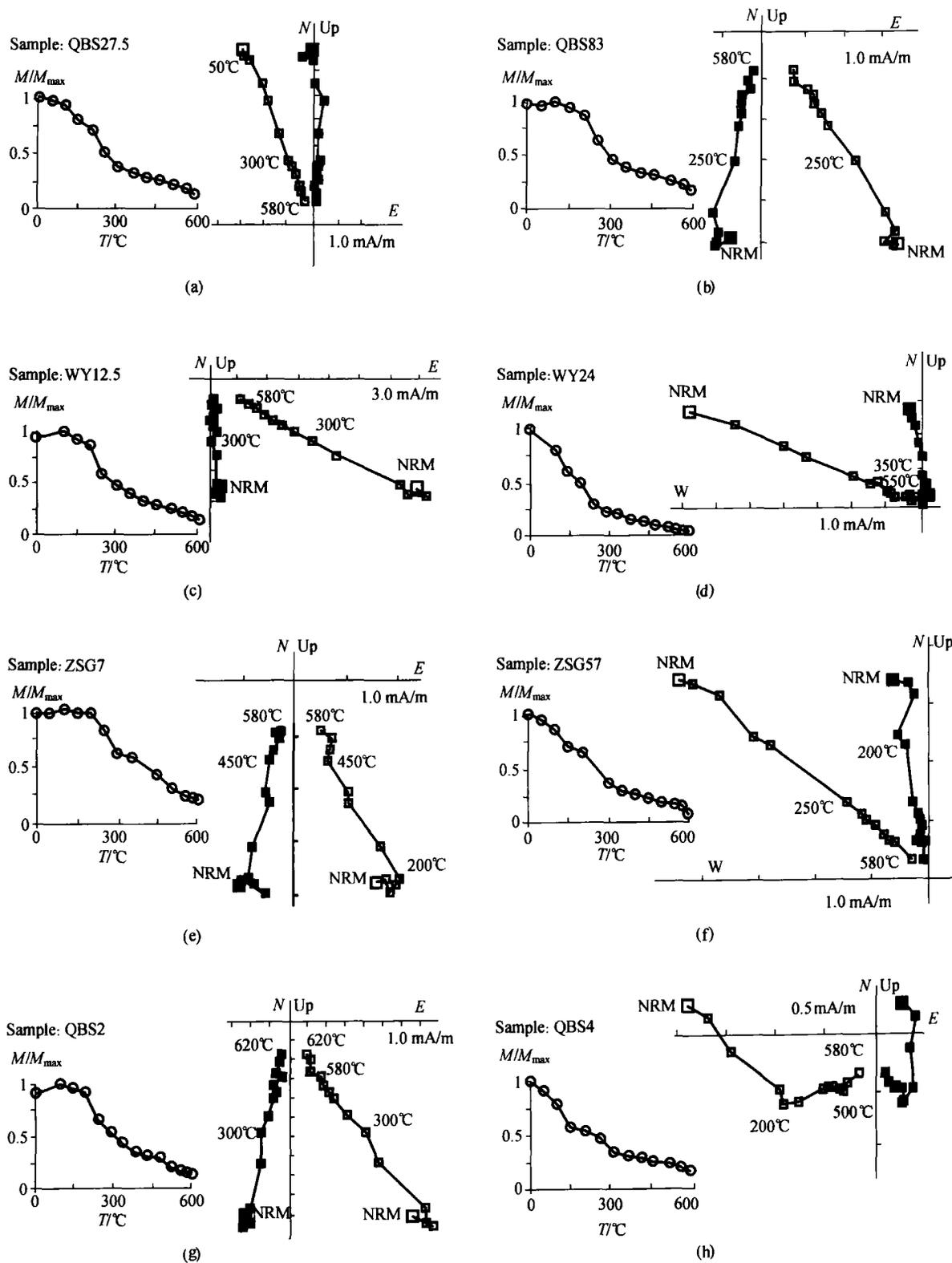


图3 部分代表性黄土样品矢量正交投影与逐步热退磁曲线

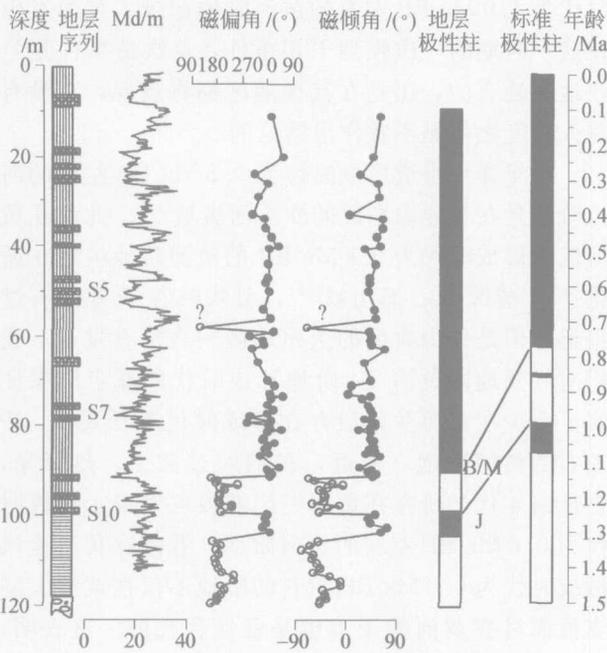


图4 1.0 Ma BP 阶地(T6)大浪沟剖面黄土堆积序列与古地磁年代

黄土; 古土壤; 河漫滩粉沙; 砾石层

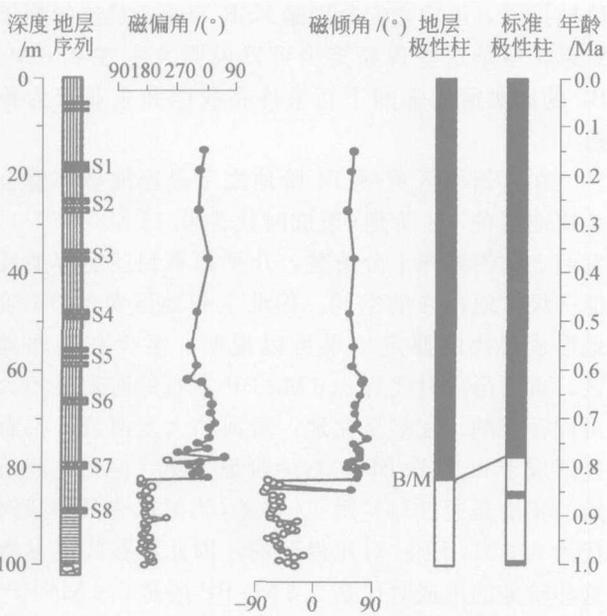


图5 五一山阶地(T4)五一山剖面黄土堆积序列与古地磁年代

黄土; 古土壤; 河漫滩粉沙; 砾石层

虽然在兰州地区的黄河 T4 阶地从上游到下游以砾石层为标志的地貌面是连续分布的, 然而阶地

面上风成黄土堆积的厚度却不一样, 五一山剖面黄土最厚有 100 m, 在它以东的地区要比它薄 20—30 m, 而且在某些相同的古土壤组合中的亚古土壤层数也比五一山剖面少. 尽管在这些黄土剖面中仍然可以划分出 8 个古土壤组合, 但为了进一步确认这些黄土堆积是否与五一山同时代, 我们又对五一山以东的枣树沟黄河 T4 阶地的黄土剖面进行磁性地层学研究. 枣树沟剖面为一人工开挖的露头, 剖面厚 76 m, 底部 6 m 为具有典型水平层理的河漫滩粉沙, 之上为风成黄土. 野外地层划分结合实验室粒度分析结果显示, 剖面风成黄土部分共发育 10 层古土壤, 可合并为 8 个古土壤组合. S0 缺失, 第一层古土壤顶部 OSL 年龄为  $(70.4 \pm 7.6)$  ka BP, 据此判断该层古土壤可能为 S1. 风成黄土最底部为古土壤 S8. 对该剖面下部 16 m 以 0.5 m 间距, 之上以 1 m 间距局部 2 m 间距共采古地磁样品 58 组 174 个. 样品分析结果表明, 绝大多数样品加热到 300—400°C 后, 显示出稳定的原生剩磁(图 3(e)(f)). 古地磁测量结果显示剖面底部 16 m 为负极性, B/M 界面位于 L8 上部(图 6). 因此可以认为枣树沟剖面与五一山剖面的黄土的底界年龄是相同的.

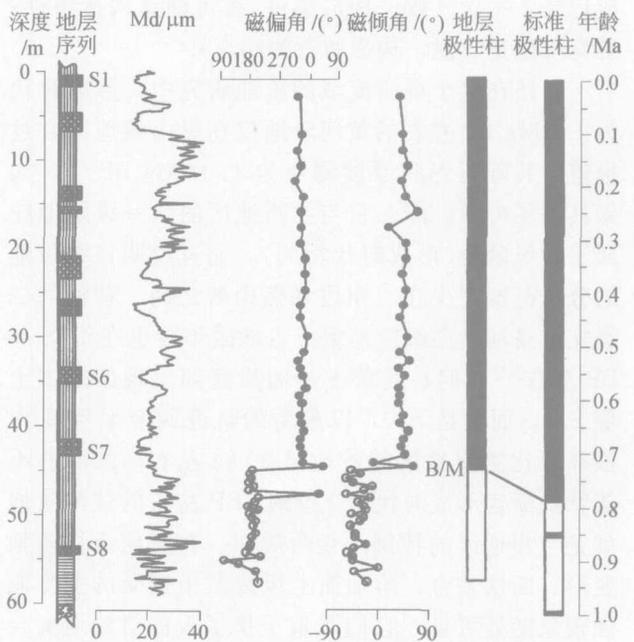


图6 五一山阶地(T4)枣树沟剖面黄土堆积序列与古地磁年代

黄土; 古土壤; 河漫滩粉沙; 砾石层

考虑到上述两个该黄土剖面都存在一定剥蚀作用,以黄土沉积速率来推算剖面黄土的底界年龄可能会有较大的偏差。因此,我们选用古土壤 S8 的底界年龄<sup>[26]</sup>0.865 Ma BP 为该剖面风成黄土的底界年龄, T4 阶地的形成时代为 0.86 Ma BP 而非以前认为的 0.59 Ma BP。事实上,以前的研究已经发现了五一山风成黄土剖面最底部一组古地磁样品出现了极性倒转,只是限于当时的认识特别是古地磁样品太少,没有将这一极性倒转定为 B/M 界面。

### 3 讨论与结论

兰州地区的黄河阶地是研究青藏高原隆升和气候变化最重要的地貌证据之一。青藏高原最近 1.6 Ma 以来阶段性隆升最详细的记录就是从研究兰州黄河阶地中得到<sup>[27]</sup>的。因此,在对兰州阶地研究中的任何进展和突破必将对青藏高原隆升和黄河演化研究起着极为重要的推动作用。

目前,对兰州地区黄河阶地形成过程有两种不同观点:一种是地面间歇性上升形成阶地的观点;另一种是地面持续上升,气候变化控制阶地形成时代的观点。究竟何种观点正确已经超出了本文所涉及的范围,因此,我们姑且认为黄河每级阶地的形成记录了一次气候—构造事件(有可能是构造事件,更有可能是气候,构造两者的结合)。

以往在整个黄河流域的阶地研究中,形成时代为 1.0 Ma BP 左右的黄河阶地仅在黑山峡地区有过报道,其砾石钙膜厚度测年为 1.07 Ma BP<sup>[28]</sup>,如果其测年可靠,那么它与兰州地区的这一级阶地应属于同级阶地(形成时代相同),而且说明该级阶地的分布范围至少在兰州段和黑山峡之间。黄河的二级支流洛河最高级阶地黄土古地磁年龄也在 1.0 Ma BP 左右<sup>[17]</sup>,但是其黄土剖面最底部出现的是古土壤 S11,而不是 S10,以最新的轨道调谐来年龄<sup>[26]</sup>推算要比兰州地区的阶地早 30 ka 左右。然而并不能就此断言形成时代为 1.0 Ma BP 左右的黄河阶地就是兰州地区的特例。众所周知,在黄河流域阶地变形,断层发育,阶地面上风成黄土遭受的强烈剥蚀现象随处可见,它们严重干扰了人们对阶地的合理划分与精确对比。尤其大多数关于黄河阶地的报道都是基于对一两个断面的研究结果,这样就很有可能忽略一些已经存在的阶地系列。兰州地区形成

时代为 1.0 Ma BP 左右的黄河阶地记录了黄河发生在这一个时期的一次强烈下切事件,这次造事件是兰州地区独有的,还是在其他地区都有表现,在没有深入研究之前是不宜作出结论的。

最早详细报道形成时代为 0.8 Ma BP 左右的河流阶地是在祁连山东段的沙沟河流域<sup>[13]</sup>。此前在黄河流域形成时代为 0.8 Ma BP 的黄河阶地虽然在循化<sup>[29]</sup>、靖远<sup>[30]</sup>、黑山峡<sup>[28]</sup>、晋陕峡谷<sup>[18]</sup>等地有过报道,但是作为典型的兰州地区一直没有发现。我们对兰州地区黄河 T4 阶地形成时代的厘定结果证实了至少在黄河兰州段存在形成时代为 0.8 Ma BP 左右的黄河阶地。最近,我们通过黄土,热释光,古地磁年代学研究在黄河三门峡段也发现了形成时代为 0.8 Ma BP 左右的黄河阶地。看来在黄河流域形成时代为 0.8 Ma BP 左右的阶地不仅在黄河大型支流而且在黄河的干流也是普遍存在的。这表明,发生在 0.8 Ma BP 左右的河流强烈下切事件不仅在青藏高原周缘地区有强烈的表现,而且黄河中下游地区也深受其影响。最近几年,在长江流域<sup>[31]</sup>甚至华南珠江流域<sup>[32]</sup>也有形成时代为 0.8 Ma BP 左右的阶地报道,虽然它们分别是 ESR 和裂变径迹的测年结果,但是这些现象至少可以说明发生在 0.8 Ma BP 的这次河流强烈下切事件在我国和东亚极为普遍。

在兰州地区黄河 T4 阶地之下是连绵贯穿整个兰州地区的 T3 阶地(形成时代为 0.15 Ma BP<sup>[6]</sup>),它们之间的界线十分清楚,几乎找不到还能容纳其他一级阶地存在的空间。因此兰州地区黄河 T4 阶地形成时代的厘定结果可以说明,至少在兰州地区,黄河形成时代为 0.6 Ma BP 左右的阶地是不大可能存在的。在临夏盆地,黄河和大夏河过去都有过形成于 0.6 Ma BP 左右的阶地报道,但是这些阶地的年龄是通过与兰州 T4 阶地(当时认为其形成时代为 0.6 Ma BP)对比得到的。因此,在临夏盆地这些阶地的形成时代是 0.8 Ma BP 还是 0.6 Ma BP? 或是其他的时代? 仍需要进一步厘定。

在前人研究的基础上结合我们最新的研究成果,我们对兰州地区的黄河阶地序列进行了补充和修改(表 1)。其中,在大沙沟至小沙沟一带,1.0 Ma BP 阶地之下,五一山阶地(T4)之上还分布一级宽度仅 50 m 左右的阶地(图 1,图 2)。该级阶

地砾石层顶面在小沟一带比 1.0 Ma BP 阶地低 19 m, 比五一山阶地高 9 m, 河漫滩粉沙层之上发育古土壤 S9, 推测其形成时代约为 0.958 Ma BP, 初步命名为黄河第五级阶地(T5)。因此, 我们将形成时代为 1.0 Ma BP 左右的黄河阶地命名为黄河第六级阶地(T6)。以往命名的黄河 T5(1.2 Ma BP), T6(1.4 Ma BP) 和 T7(1.7 Ma BP) 阶地依次更名为 T7, T8 和 T9 阶地, 截至目前, 在兰州地区已经总共发现 9 级黄河阶地。然而, 这并不意味着兰州地区黄河阶地的研究工作就此终结, 黄河究竟在兰州地区发育了几级阶地, 它们的形成时代如何? 将是我们一直努力研究的问题。

表 1 兰州地区黄河阶地形成时代

阶地	阶地类型	砾石层顶拔河高度/m	最底部黄土层	MIS 阶段	形成时代 /Ma BP	青藏高原隆升阶段 <sup>[2]</sup>
T1	堆积	10	S0	1	0.01	
T2	基座	23	Sm	3	0.05	
T3	基座	60	S1	5	0.14	共和运动
<b>T4</b>	<b>基座</b>	<b>99</b>	<b>S8</b>	<b>21</b>	<b>0.86</b>	
<b>T5</b>	<b>基座</b>	<b>108</b>	<b>S9</b>	<b>25</b>	<b>0.96</b>	
<b>T6</b>	<b>基座</b>	<b>127</b>	<b>S10</b>	<b>29</b>	<b>1.0</b>	
T7	基座	140	S14	37	1.2	昆仑—黄河运动
T8	基座	233	S18	45	1.4	
T9	基座	333	S22—26?	70	1.6	青藏运动 C 幕

(根据文献[6,9]等, 黑体部分为本文修正和补充, 阶地砾石层顶拔河高度 T1—T7 的为大小沙沟断面实测数据, T8 为罗锅沟断面实测数据, T9 为深沟断面实测数据)

### 参 考 文 献

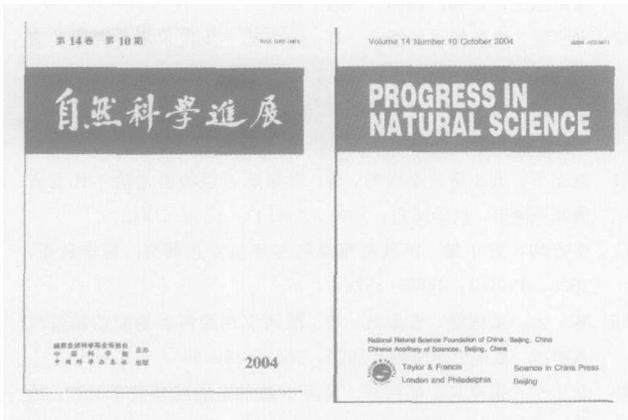
- Burbank D W, Li J J. Age and paleoclimatic significance of the loess of Lanzhou, China. *Nature*, 1985, 316(4): 141—143
- Li J J. The environmental effects of the uplift of Qinghai—Xizang plateau. *Quaternary Science Reviews*, 1991, 10: 479—483
- 黄汲清. 中国新构造运动的几个类型, 见: 中国科学院第一次新构造运动座谈会发言记录. 北京: 科学出版社, 1957, 8—44
- 安特生. 甘肃考古记. 地质专报, 1925, 甲种, 第五号
- 徐叔虞. 陇中西部黄土区黄河及其支流阶地反映的若干问题. 兰州大学学报(自), 1965, 17(1): 116—143
- 潘保田, 李吉均, 朱俊杰, 等. 兰州地区黄河阶地发育与地貌演化. 见: 中国第四纪冰川与环境研究中心、中国第四纪研究会编. 中国西部第四纪冰川与环境. 北京: 科学出版社, 1991, 271—277
- 刘百篥, 刘小凤, 袁道阳, 等. 黄河中上游阶地对青藏高原东北部第四纪构造活动的反映. *地震地质*, 2003, 25(1): 133—145
- 邢成起, 丁国瑜, 卢演涛, 等. 黄河中游河流阶地的对比及阶地系列形成中构造作用的多层次性分析. *中国地震*, 2001, 17(2): 187—201
- 朱俊杰, 曹继秀, 钟 巍, 等. 兰州地区黄河最高级阶地与最老黄土沉积的发现及其古地磁年代学研究. 见: 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究(学术论文集). 北京: 科学出版社, 1994, 77—90
- Einsle G, Ratschbacher L, Wetzel A. The Himalays—Bengal Fan denudation accumulation system during the past 20 Ma. *The Journal of Geology*, 1996, 104(2): 163—184
- 方小敏, 陈富斌, 施雅风. 甘孜黄土与青藏高原冰冻圈演化. *冰川冻土*, 1996, 18(3): 193—200
- 方小敏, 史正涛, 杨胜利, 等. 天山黄土及古尔班通古特沙漠发育及北疆干旱化. *科学通报*, 2002, 47(7): 540—545
- 潘保田, 邬光剑, 王义祥, 等. 祁连山东段沙沟河阶地年代与成因. *科学通报*, 2000, 45(24): 2669—2675
- 赵志军, 方小敏, 李吉均, 等. 酒泉砾石层的古地磁年代与青藏高原隆升. *科学通报*, 2001, 46(14): 1208—1212
- 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究. *科学通报*, 1998, 43(15): 1569—1574
- 陈 云, 童国榜, 曹家栋, 等. 渭河宝鸡段河谷地貌的构造气候响应. *地质力学学报*, 1999, 5(4): 49—56
- 岳乐平, 雷祥义, 屈红军. 黄河中游水系的阶地发育时代. *地质论评*, 1997, 43(2): 186—192
- 潘保田, 李吉均, 曹继秀. 黄河中游的地貌与地文期问题. 兰州大学学报(自), 1994, 30(1): 115—123
- 朱俊杰, 钟 巍, 李吉均, 等. 陇西盆地最古老的风成黄土沉积—兰州烟洞沟剖面. *地理科学*, 1996, 16(4): 365—369
- 刘东生. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985
- Pan B T, Burbank D, Wang Y X, et al. A 900 ka. record of strath terrace formation during glacial-interglacial transitions in northwest China. *Geology*, 2003, 31(11): 957—960
- 潘保田, 王均平, 高红山, 等. 河南扣马黄河最高级阶地古地磁年代及其对黄河贯通时代的指示. *科学通报*, 2005, 50(3): 255—261
- Pierre Antoine, Jean Pierre Lanttridou, Michel Laurent. Long-term fluvial archives in NW France: Response of the Seine and Somme rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes. *Geomorphology*, 2000, 33: 183—184
- 陈发虎, 张维信. 甘青地区的黄土地层学与第四纪冰川问题. 北京: 科学出版社, 1993, 13—35
- 岳乐平, 薛祥煦. 中国黄土古地磁学. 北京: 地质出版社, 1996, 47
- Ding Z L, Derbyshire E, Yang S L, et al. Stacked 2.6-Ma grain size record from Chinese Loess based on five sections and corre-

- lation with the deep-sea  $\delta^{18}\text{O}$  record. *Paleoceanography*, 2002, 17: 5-1-5-21
- 27 李吉均, 方小敏, 马海州, 等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起. *中国科学, D辑*, 1996, 26: 316-322
- 28 邢成起, 尹功明, 丁国瑜, 等. 黄河黑山峡阶地的砾石钙膜厚度与粗碎屑沉积地貌面形成年代的测定. *科学通报*, 2002, 47(3): 167-172
- 29 潘保田, 李吉均, 曹继秀, 等. 化隆盆地地貌演化与黄河发育

- 研究. *山地研究*, 1996, 14(3): 153-158
- 30 朱照宇. 黄河中游河流阶地的形成与水系演化. *地理学报*, 1989, 44(4): 429-439
- 31 Li J J, Xie S Y, Kuang M S. Geomorphic evolution of the Yantze Gorges and the time of their formation. *Geomorphology*, 2001, 41: 125-135
- 32 朱照宇, 周厚云, 欧阳婷萍, 等. 华南红土阶地与中更新世地貌事件. *第四纪研究*, 2002, 22(6): 59

## 2007 年度期刊征订

### 《自然科学进展》、《Progress in Natural Science》



《自然科学进展》(月刊)、《Progress in Natural Science》(月刊)是反映我国自然科学领域基础研究和应用基础研究成果的综合性学术期刊. 刊登具有创造性、高水平、有重要意义的学术论文, 国内外发行. 两刊均为 16 开大开本, 所刊登的论文内容不同.

《Progress in Natural Science》自 1993 年起被 CA (Chemical Abstracts) 收录. 1996 年被 ISI (The Institute for Scientific Information) 收入 SCI Search、Research Alert 和 Current Contents Physical, Chemical & Earth Sciences. 凡刊登在《Progress in Natural Science》

上论文, 全部进入国际互联网检索系统. 该刊海外由 Taylor & Francis Ltd 发行.

《自然科学进展》为中国科技信息情报所信息分析中心、中国科学院中国科学引文数据库和中国生物医学文献光盘数据库等的统计源期刊.

#### 主要栏目

**专题评述** 介绍国内外在某一研究领域的最新研究进展.

**学术论文** 报道具有原始创新性的未发表过的成果.

**研究简讯** 简要、快速报道某一研究工作的主要结论或阶段性成果.

**实验室通讯** 介绍国家重点实验室的研究活动概况和进展.

**学术论坛** 对某一学术观点开展讨论.

全年订阅《自然科学进展》中、英文, 可享受六折优惠.

联系电话: 010-62327204

传 真: 010-62326921

邮 编: 100085

通信地址: 北京海淀区双清路 83 号 国家自然科学基金委员会杂志社

联系人: 刘俐 程宇

E-mail: chengyu@nsfc.gov.cn

银行户名: 国家自然科学基金委员会科学基金杂志社

开户银行: 中国工商银行北京北太平庄支行 帐 号: 0200010009200062483