

文章编号: 1006-6616 (2002) 02-0165-08

中更新世中晚期以来汾河流域地貌 阶段性发育及成因分析

胡小猛¹, 傅建利², 李有利², 马志正³, 杨景春²

(1. 上海师范大学城市与旅游学院, 上海 200234;

2. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871;

3. 山西师范大学地理系, 山西临汾 041004)

摘要: 汾河流域中系列断陷盆地在第四纪期间的阶段性演化历史一直不甚清楚。最近作者在野外调查中发现: 在流域中的太原、临汾等几个构造盆地的周边地带, 普遍发育了三级冲湖积台地。根据三级台地的沉积结构特征和利用黄土古土壤序列定年法、古地磁定年法及 TL 测年法对三级台地的年代研究结果, 发现自中更新世中晚期以来, 汾河流域系列盆地中都曾同时发生过三次大幅度的湖退和三次湖进过程; 其中三次湖退开始的时间分别为 0.76MaB.P.、0.55MaB.P.、0.13MaB.P.; 由湖退而产生的三个低湖面阶段分别对应着 S_8 、 S_5 、 S_1 古土壤发育时期。从引起湖盆大幅度收缩的原因看, 构造运动是根本因素, 三级冲湖积台地的形成是对区域三次构造抬升的地貌响应。

关键词: 冲湖积台地; 黄土古土壤系列; 古地磁法; TL 测年法

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

0 引言

汾河流域是我国第四纪研究程度较高的区域之一, 早在 20 世纪初就有一批中外学者在这一地区从事构造、地层等方面的研究工作^[1~4]。尤其是 20 世纪五十、六十年代以来, 随着国民经济建设的开展, 为了本区的工程建设和资源开发需要, 对这一流域的第四纪研究也全面展开^[5~8]。这些研究工作的成果极大地丰富了人们对汾河流域第四纪问题的认识。但由于受当时学科研究手段的限制, 特别是第四纪定年手段的限制, 这些认识有的还是粗线条的, 如对流域河湖阶地序列的年龄、流域河流和湖泊演化的阶段性以及流域河流地貌发育与构造运动的关系等问题就比较模糊^[9]。而这几个问题的澄清对进一步认识汾河流域乃至整个山西地堑系的新构造运动历史, 对中国北方地区东西部新构造运动对比等方面都将是十分有意义的。李吉均等^[10]、崔之久等^[11]对青藏高原隆升过程的研究表明, 第四纪中晚期以来, 青藏高原曾在 0.80MaB.P.、

收稿日期: 2002-01-07

基金项目: 国家自然科学基金 (批准号: 40071016)

作者简介: 胡小猛 (1965-), 男, 博士, 主要从事地貌与第四纪研究。E-mail: hxm@shtu.edu.cn

0.60MaB.P.、0.15MaB.P. 发生过三次强烈的构造抬升。作为青藏高原的外围地区,山西地堑系有没有受到上述构造隆起的影响,本文的研究也会给出这个问题一个初步答案,并引深我们对青藏高原隆升影响我国地貌发育这一问题的认识。

1 研究方法

在对汾河流域河湖地貌阶段性发育特征的研究过程中,确定地貌体或沉积体的年代一直是个恼人的问题。因为传统的 TL、 ^{14}C 等方法的测年时间范围十分有限,只能对较年轻的地貌体或沉积物进行定年,无法直接测定时代稍老的地貌体或沉积物。但利用覆盖在地貌体或沉积物之上的黄土古土壤序列,我们可以间接地确定这些地貌沉积体的形成年代。

黄土高原上的黄土沉积记录了陆地上两百多万年的气候变化历史^[12,13]。一方面黄土古土壤序列反应了东亚季风气候的变化^[14];另一方面它可成为一种定年的工具,象深海氧同位素记录可确定深海沉积物的年龄一样确定陆地上的一些地貌沉积体的年代。

汾河流域的河湖地貌体及冲积层之上一般都覆盖着厚度不一、层序不同的黄土古土壤层。正常情况下,形成时代早的地貌沉积体之上覆盖的黄土古土壤层的厚度大、层序多;形成时代晚的地貌沉积体之上覆盖的黄土古土壤层的厚度小、层序少。任何地貌沉积体一旦出露到气下,由于风成黄土堆积过程的连续性,在其地貌面上都会马上覆盖黄土沉积层。其中与地貌沉积体直接接触的那层黄土古土壤层,其年龄与地貌沉积体脱离水域环境的时间相近,从而也就指示着该地貌沉积体的形成年代。利用这种方法确定一些老的地貌沉积体的年龄,其误差可在 10,000~40,000a 之内^[15]。由于黄土古土壤层的发育不存在穿时性问题^[16],因此黄土古土壤序列就可以作为一个区域时间标尺来标定不同地段地貌沉积体的形成时代。在野外工作中,认识并确定上覆地貌沉积体的黄土古土壤层层序,尤其是最老黄土古土壤层层序,是确定一些地貌沉积体年代的关键。

另外,在本文的研究过程中,还利用了古地磁、TL 等测年方法来帮助确定地貌体、沉积物的年龄及上覆地貌沉积体的黄土古土壤序列。

2 野外实测剖面及剖面分析

汾河流域的系列断陷盆地如太原盆地、临汾盆地等,在第四纪期间都曾发生过多次湖退湖进或河湖环境交替的变化^[9]。在盆地的边缘,这种湖退湖进或河湖环境交替的变化往往会在沉积上产生相变,产生河湖相地层与黄土古土壤层呈互层分布的现象;在地貌上也形成了系列冲湖积台地。分析盆地边缘这种沉积相的变化及冲湖积台地沉积结构特征,便可以重建盆地及汾河流域地貌的演化历史过程。

2.1 太原盆地

太原盆地中在介休市东南面的盆地边缘分布着一个台地——张壁台地。沟谷切割台地后,揭示出了台地内部的沉积结构(图1)。

从沟谷的上游至下游,揭露出的剖面中一共出现了三期湖相沉积层。每一期湖相沉积层之上都覆盖有厚度不同、层序不一的黄土古土壤层,反映了它们出露气下的时代有先后之分。根据野外观察,每一期湖相沉积层与上覆黄土古土壤层之间的相变是渐变过渡的、没有侵蚀面的出现,也就是说该地的沉积虽然经过了多次由水下-气下的沉积环境转变,但沉积基本上是连续的。野

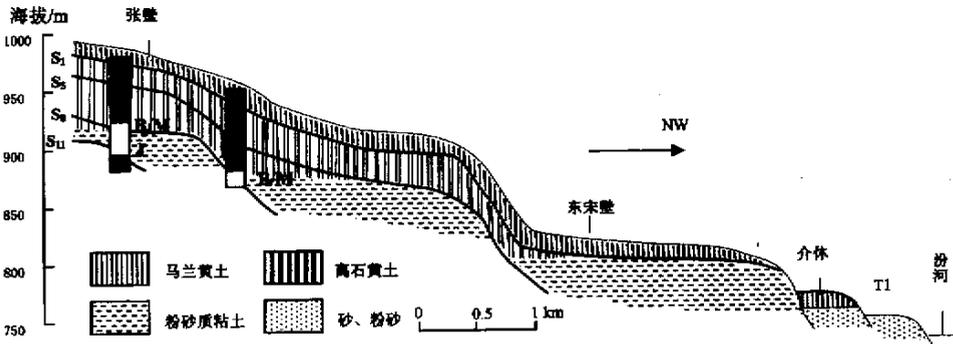


图 1 介休东南张壁台地地貌沉积剖面

Fig.1 The section showing the landform and sediment of Zhangbi platform, southeastern Jiexiu city

外观察同时也发现，最早一期湖相层为一呈灰绿色及杂色的粘土或粉砂质粘土层，其出露的高度最高，是该剖面中揭示出的最高一级湖积台地。覆在其上的黄土古土壤层中见有 8 条明显的红色古土壤条带，其中直接覆盖在湖相层上的是第 8 条古土壤层。在湖相层的下部还下伏着另一更老的古土壤。野外工作中，从这一最老的古土壤层开始，向上经湖相层至上部黄土古土壤层，一共采集了 31 个古地磁样品（在初步确定的地磁界面处，采样密度较大，为 40cm 间距）。样品在室内经地矿部地质力学研究所古地磁实验室测定，B/M 界限位于第 8 与第 7 条古土壤之间的黄土层中（表 1）。根据文献 [16] 揭示的古地磁极性界面在黄土地层中的分布特征推定：第 8 条古土壤层为 S_8 。

表 1 张壁剖面中第一期湖相沉积层及其上下黄土古土壤古地磁数据

Table 1 Paleomagnetic data of the first stage lacustrine sediment and its downward and upward loess-paleosol in the Zhangbi section

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
矢量													
D	76°	32°	4°	27°	341°	10°	198°	86°	145°	305°	66°	65°	333°
I	64°	28°	64°	-53°	-32°	72°	-61°	60°	77°	66°	61°	64°	54°

注：13 个数据为该剖面下半部古地磁结果。其中 1、2 号样品取自湖相层下部的古土壤；3、4、5 号样品取自湖相层；6、7 号样取自第八条古土壤中；8~13 号样取自剖面上部的直到 S_5 的黄土古土壤中（因 S_5 是典型的标志层）

第二期灰绿色湖侵沉积层之上覆盖了 5 条古土壤层，直接上覆在湖相沉积层之上的第 5 条古土壤为 S_5 （ S_5 古土壤层的特征是最显著的，是黄土沉积中的一重要标志层）。而在这级台地的后缘，在湖相沉积层之下，还下伏着另一老于 S_5 的古土壤层。同样采用古地磁方法分析，结果表明这层古土壤也是 S_8 。这一期湖相层构成了剖面中的第二级湖积台地。

最晚一期湖相沉积层的出露高度最低，构成了剖面中最低一级湖积台地，其上上覆了 S_1 及其以来的黄土古土壤层。台地的后缘，在湖相沉积层的下部下伏着 S_5 古土壤层。

由张壁剖面的分析可知：在 S_8 发育以前，太原盆地是一个湖泊大发展时期，是研究时段内的第一次湖侵时期，形成了剖面中揭示出的最早一期湖相沉积层。对应于 S_8 古土壤发育时期是一个湖退阶段，由于湖泊的后退，气下发育的 S_8 古土壤层超覆在早期湖相层之上。

至 S_8 发育晚期，盆地中又开始出现新的一次湖泊扩张，湖水淹没了部分原先出露气下的 S_8

古土壤层。这次湖侵一直持续到 S_5 的早期,湖侵期间形成的湖积层构成了第二级台地。而 S_5 发育期间却是盆地中的又一大幅湖退时期,由于湖面缩小,湖相沉积层暴露气下, S_5 古土壤层广泛覆盖在这一期湖相层之上。

至 S_5 晚期,盆地中开始了第三次湖侵,湖水淹没了盆地周遍部分 S_5 古土壤。这次湖侵一直持续到 S_1 的早期,期间形成的湖积物构成了盆地中最低一级湖积台地。至 S_1 古土壤开始发育时,盆地中出现了第三次大幅湖退,湖积物大面积出露气下,在其之上堆积覆盖了 S_1 及其以来的黄土古土壤层。

2.2 临汾盆地

临汾盆地位于汾河流域的下游,由两个凹陷——临汾凹陷、河津凹陷组成。在第四纪期间,这两个凹陷也经历了多次的湖泊收缩、扩张,或者河湖环境交替的变化。这种变化在地貌上、沉积上都留下了大量踪迹。

临汾凹陷的东部,从最东侧的浮山台地至汾河漫滩,地形上呈几级阶梯状下降。对应于不同高度的台地,台地脱离水下环境的时间是不一样的(图2)。

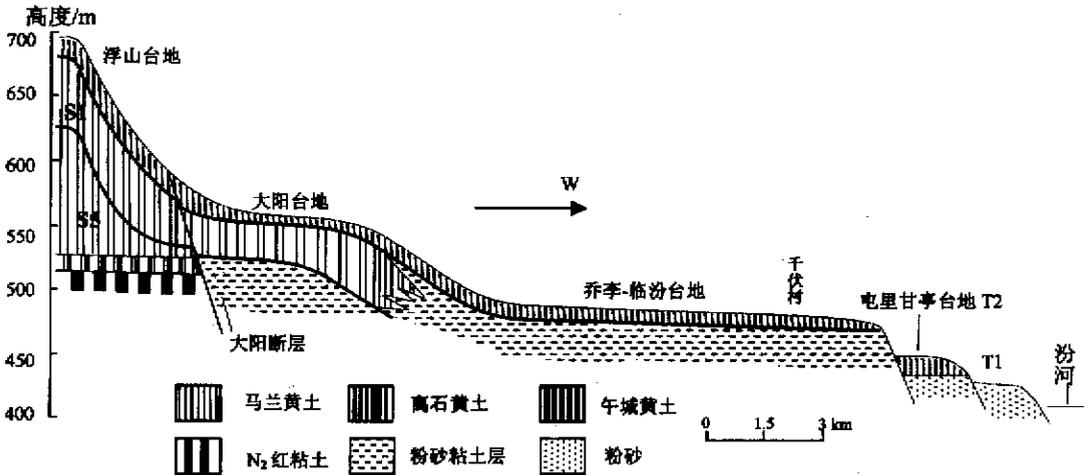


图2 浮山台地-大阳-临汾-汾河漫滩地貌沉积剖面

Fig.2 The section demonstrating the landform and sediment from Fushan platform, Dayang Town, Linfen City to the floodplain of Fen River

以大阳断层为界,以东的浮山台地至少自上新世以来,就一直处于气下状态,接受着风成堆积,没有受到湖水的侵扰;以西,第四纪期间普遍受到多次湖退湖进的影响,形成了大范围的湖相沉积层。

大阳台地是凹陷中最高一级湖积台地。在灰绿色水平层理发育的湖相沉积层之上直接覆盖着 S_5 及其以来的黄土古土壤层,厚度达 30m。在台地的前缘, S_5 古土壤层的产状明显地向下一级乔李-临汾台地倾斜,且出现后期湖相层超覆 S_5 的现象。

乔李-临汾台地比大阳台地低约 70m,但在东西宽度上可达 14km。在灰黄色及杂色湖相沉积层之上堆积了愈 15m 厚的黄土古土壤层,直接上覆湖相层的是一深发育古土壤层。野外对上覆的黄土古土壤层进行了系统磁化率取样及 TL 测年^①,结果显示,该黄土古土壤层是 S_1 及其以来

① TL 测定由北京大学城市与环境学系热释光实验室完成。

的堆积 (图 3)。

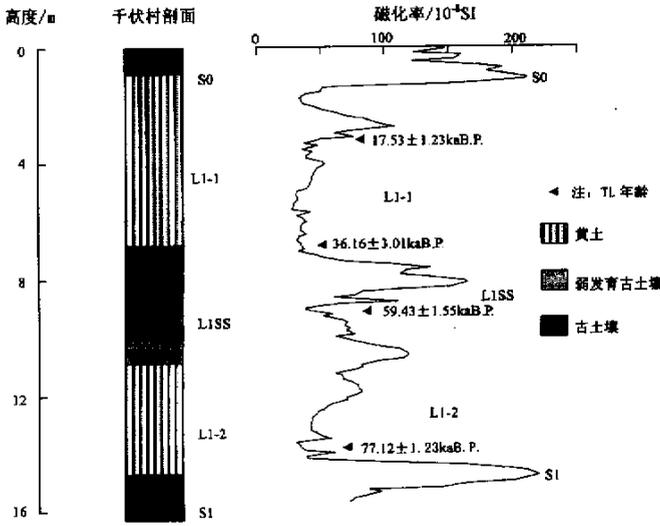


图 3 千伏村剖面

Fig.3 The sedimentary section near Qianfu village

河津凹陷是一近东西向的断陷盆地，从凹陷南侧的峨眉台地至汾河岸边，地形也是由几级台地组成，呈几级阶梯状下降（图 4）。从最高的高村-角杯台地、万荣-通化台地至最低一级的万安-翟店台地，上覆湖相或河湖相沉积层的黄土古土壤序列是不同的（该凹陷中的水下沉积物除湖相层外，还包括有一定厚度的典型冲积砂砾石层）。

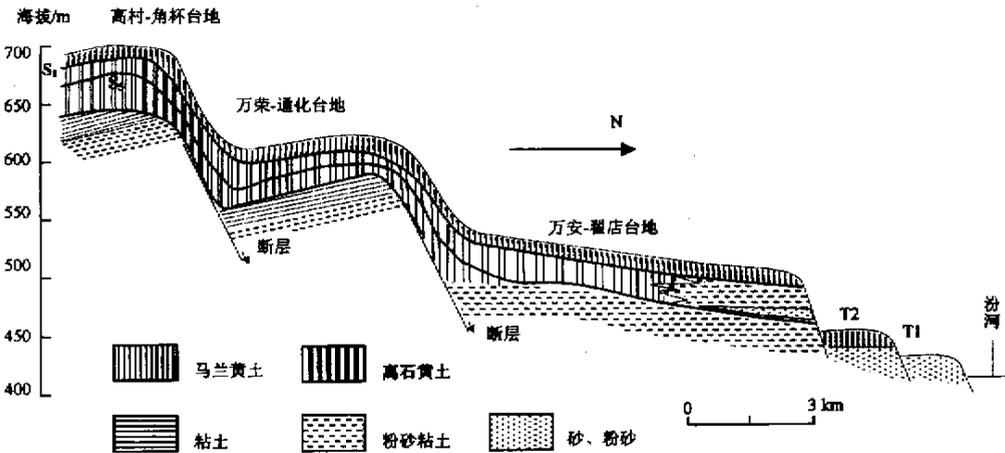


图 4 高村-万荣-翟店-汾河河岸地貌沉积横剖面

Fig.4 The cross section revealing the landform and sediment from Gaocun , Wanrong , Zhaidian to the bank of Fen River

高村-角杯台地和万荣-通化台地上，河湖相地层之上都直接覆盖着 S₀ 及其以来的系列黄土古土壤层。这两台地实际上是同一台地，由于后期的断层活动才在高度上分解成两个次级台地。

万安-翟店台地是一宽度在 8km~80km 的宽广台地。根据沉积结构的差异,该台地实际可分上下两段两个部分,上半段:沉积特征是河湖相地层之上直接覆盖着 S_5 及其以来的黄土古土壤层。 S_5 古土壤的分布向台地下游可延伸到台地的下半段,直至现代汾河的岸边。下半段的沉积特征是:以 S_5 为界,以下为湖相粘土亚粘土沉积,以上为河湖相互层沉积;河湖相地层之上覆盖着 S_1 及其以来的黄土古土壤层。上下半段间的过渡区域,沉积特征表现为 S_5 以来的黄土古土壤层与河湖相沉积层呈锯齿状互层分布。

综合分析临汾凹陷、河津凹陷中的地貌沉积特征,我们发现自中更新世中晚期以来,盆地中河湖地貌发育的历史与太原盆地是一致的: S_8 、 S_5 、 S_1 古土壤发育时期是盆地中三个大的湖退阶段,古土壤层覆盖了早期河湖相地层; S_8 以前、 S_8 的晚期至 S_5 的早期、 S_5 的晚期至 S_1 的早期是盆地中的三个湖侵时期,湖侵产生的河湖相沉积超覆在部分古土壤层之上。

3 地貌沉积阶段性发育的成因分析

对于一内陆湖盆的变动来讲,构造和气候是两个主要影响因素。在构造稳定时期,湿润多雨的气候会产生较大的入湖径流,引起湖泊的扩张;而干旱时期则相反,会引起湖泊的缩小。构造的下沉一般有助于湖泊蓄水扩张;而构造的抬升导致湖水外泄,会产生湖面后退。由上述几个剖面的分析揭示,在时间上,汾河流域中的系列断陷盆地自中更新世中晚期以来出现的三次大幅度湖泊后退,正分别对应着 S_8 、 S_5 、 S_1 古土壤的发育时期,气候湿润。因此,这三次湖退事件的发生不可能是气候因素造成的,只能归结于区域构造抬升,且抬升导致湖水外泻远大于湿润气候所产生的湖泊扩张作用。三次构造抬升分别开始于 S_8 、 S_5 、 S_1 古土壤发育之时。

这三次区域构造抬升是根据湖盆演化特征分析出来的,实际上在各大盆地周边的山间沟谷及汾河上游河段上,在 S_8 早期、 S_5 早期、 S_1 早期也都发育了系列基座阶地,如太原盆地两侧山地中的文峪沟(文水县城西北 8km 处)、龙凤沟谷中(介休东北 4km 处)以及汾河上游静乐河段上都出现有 S_8 、 S_5 或 S_1 古土壤层直接覆盖在基座阶地之上的现象。山地沟谷中的系列基座阶地的形成不仅说明了这三次区域构造抬升运动的存在,而且还说明这三次构造抬升所波及的范围并不仅仅只限于流域中的几个盆地区域。

根据刘东生^[12]、刘嘉麒等的研究^[17], S_8 、 S_5 及 S_1 古土壤开始发育的时间分别为 0.76MaB.P.、0.55MaB.P.、0.13MaB.P.,也即是说汾河流域大约于 0.76MaB.P.、0.55MaB.P.、0.13MaB.P. 曾发生过三次强烈的构造抬升运动。

4 结论及问题

由汾河流域中太原盆地、临汾盆地第四纪中晚期以来发育的三级河湖相台地的沉积结构特征,结合上覆河湖相地层的黄土古土壤序列分析,依据不同黄土古土壤层序的年龄及 TL 测年年龄,我们对流域地貌演化得到如下的三点认识:

(1) 自中更新世中晚期以来,汾河流域系列盆地中曾发生过三次大幅度的湖退和三次湖侵,其中三次湖退分别发生在 S_8 、 S_5 、 S_1 古土壤发育时期。

(2) 三次大幅度湖退是在三次构造抬升运动的影响下才发生的。根据上覆台地的最老黄土古土壤层的年代推断,这三次构造抬升分别开始于 0.76MaB.P.、0.55MaB.P.、0.13MaB.P.。

(3) 同黄河上游青藏高原区的构造隆升对比,流域中三次构造抬升似乎与青藏高原自中更新

世以来发生的黄河-昆仑运动、共和运动在时间上是近乎一致的。这种近乎一致是否隐示着两地区在构造运动和地貌发育上的因果联系，还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Baarbour G B , et al . The Taiku deposits and problem of the Pleistocene climate [J] . Bull . Geol . Soci . China , 1931 , (10) : 23 ~ 26 .
- [2] Teihard de chardin P , et al . The late Cenozoic formations of S . E . in Shanxi [J] . Bull . Geol . Soci . China , 1933 , (12) : 15 ~ 17 .
- [3] Licent E , et al . The Pleiocene lacustrine series in Central Shanxi [J] . Bull . Geol . Soci . China , 1935 , (14) : 14 ~ 16 .
- [4] 冯景兰 . 陕西中部及山西之地堑地层时代之约略估算 [J] . 地质学会志 , 1932 , (11) : 8 ~ 11 .
- [5] 贾兰坡 . 山西襄汾县丁村人类化石及旧石器发掘简报 [J] . 科学通报 , 1995 , (1) : 23 ~ 26 .
- [6] 郭令智 , 夏树芳 . 汾河流域之地质和地貌 [J] . 南京大学学报 (自然科学版) , 1956 , (5) : 32 ~ 37 .
- [7] 杨景春 , 等 . 关于“丁村组”的几个问题 [J] . 地层学杂志 . 1979 , 13 (3) : 194 ~ 199 .
- [8] 杨景春 . 汾河南段河流阶地与新构造运动 [A] . 见 : 地壳构造与地壳应力文集 [C] , 北京 : 地质出版社 , 1987 . 44 ~ 48 .
- [9] 王乃梁 , 杨景春 , 夏正楷 , 等 . 山西地堑系新生代沉积与构造地貌 [M] . 北京 : 科学出版社 , 1996 .
- [10] 李吉均 , 方小敏 , 马海洲 , 等 . 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起 [J] . 中国科学 (D 辑) , 1996 , 26 (4) : 316 ~ 322 .
- [11] 崔之久 , 伍永秋 , 刘更年 , 等 . 关于“昆仑-黄河运动” [J] . 中国科学 (D 辑) , 1998 , 28 (1) : 53 ~ 59 .
- [12] 刘东生 , 等 . 黄土与环境 [M] . 北京 : 科学出版社 , 1985 .
- [13] Kukla G J , An Z S . Loess Stratigraphy in Central China [J] . Palaeogeography , Palaeoclimatology , Palaeoecology , 1989 , (72) : 203 ~ 223 .
- [14] An Z S , Kukla G J , Porter S C . and Xiao J . Magnetic suseptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of Central China during the last 130 , 000 years [J] . Quaternary Research , 1991 , (36) : 29 ~ 36 .
- [15] Porter S C . , An Z S , Zheng H B . Cyclic Quaternary alluviation and terracing in a non-glaciated drainage basin on the north flank of the Qingling Shan , Central China [J] . Quaternary Research , 1992 , (38) : 157 ~ 169 .
- [16] 岳乐平 , 薛祥熙 . 中国黄土古地磁学 [M] . 北京 : 地质出版社 , 1995 .
- [17] 刘嘉麒 , 陈铁梅 , 聂高众 . 渭南黄土剖面的年龄测定及十五年来高分辨率时间序列的建立 [J] . 第四纪研究 , 1994 , (3) : 193 ~ 200 .

THE ANALYSIS ON THE DEVELOPMENT OF ALLUVIAL AND LAKE LANDFORM IN FEN RIVER DRAINAGE BASINS

HU Xiao-meng¹, FU Jian-li², LI You-li², MA Zhi-zheng³, YANG Jing-chun²

(1. *Urban and Tourism School, Shanghai Normal University, Shanghai 200234;*

2. *Urban and Environmental Department, Peking University Beijing 100871;*

3. *Geography Department, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004*)

Abstract : It has been unclear how the landform in Fen River drainage developed in Quaternary until now. This paper reveals that there exist three alluvial or lake terraces in the edges of Fen River drainage basins since the middle-late Pleistocene. There are a succession of loess-paleosol unites accumulated on these terraces. The ages of these terraces can be inferred by studying the stratigraphy of the overlying loess/paleosol, particularly the superjacent loess/paleosol on it. The facts acquired in the fieldwork show that three terraces formed when paleosols began to develop, whereas the paleoclimate became warm and wet. Using paleomagnetism, loess/paleosol series, thermoluminescence to date the terraces, we find that these terraces emerged in consistent with the formation of S_8 , S_5 and S_1 in time, while the basins were experiencing three low-stands of lake-level. The ages of three terraces in Fen River drainage basins are about 0.76MaB.P., 0.55MaB.P. and 0.13MaB.P. respectively. Taking all the facts into account, we draw the conclusions: 1) It is three tectonic uplifts that results in the formation of three alluvial or lake terraces, or three low-stands of lake-level in the drainage. 2) It seems reasonable that the three uplifts of Tibet plateau caused the changes of Fen River drainage basins.

Key words : alluvial or lake terraces; loess/paleosol series; paleomagnetism; thermoluminescence