

天山北麓黄土发育特征及形成年代

吕红华¹, 李有利¹, 南 峰², 司苏沛¹

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2 中国高等教育出版社, 北京 100029)

摘要: 对天山北麓黄土年代的认识还存在一定分歧。文章在对天山北麓河流阶地进行划分的基础上, 通过分析黄土分布与地貌单元(河流阶地与冲积扇)的依附关系, 同时结合黄土—古土壤序列分析与 ESR 测年, 初步确定天山北麓地貌面上覆盖的最老黄土年代为 0.54 Ma B.P., 这为分析黄土所赋含的环境信息提供时间标尺。

关键词: 河流阶地; 冲积扇; 黄土; 古土壤序列; 天山北麓

中图分类号: P642.13+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2008)03-0375-05

20 世纪 60~70 年代, 刘东生^[1,2]、周廷儒^[3]等就曾对天山北麓的黄土做过一些研究, 对黄土的特征和分布、成因与时代, 都作了概略的阐述, 认为天山北麓的黄土年代属晚更新世。张云林^[4]进一步研究后认为, 天山北麓的黄土可分为现代黄土(全新世黄土)、新黄土(晚更新世黄土)和老黄土(中更新世黄土), 之后的研究^[5]则认为还存在早更新世古黄土。近来的研究表明^[6], 天山北麓黄土的底界年龄为 0.80 Ma。由张培震等^[7]给出的北天山山前河流 II 级阶地(最高级阶地)的形成年龄推断, 其上覆黄土的下限年龄不大于 0.12 Ma 而根据最近的研究给出的塔西河 III 级阶地的形成时间推断的上覆黄土的年龄则更晚, 为 0.03 Ma^[8]。可见, 关于天山北麓黄土发育年代的认识还存在一定分歧。以往研究已经表明^[8-18], 河流阶地与黄土发育之间存在相互关联。基于此, 本文在完成北天山山前河流阶地划分与对比的基础上, 通过分析黄土分布与阶地、冲积扇的关系, 并结合黄土—古土壤序列的对比以及 ESR 测年, 尝试给出天山北麓黄土的发育年代。

1 研究区概况

天山北麓发育三排逆断裂—褶皱带, 由南向北分别为山麓背斜带(包括齐古背斜、南安集海背斜等)、吐谷鲁—玛纳斯—霍尔果斯逆断裂—背斜带、安集海—哈拉安德—独山子逆断裂—背斜带

(图 1)。这三排逆断裂—褶皱带形成时间从南向北由老到新^[10,19]。此外, 在第三排逆断裂—褶皱带西北的乌苏附近发育了一个形成时代更新、隆起幅度更小的西湖隆起。南北流向的河流如塔西河、玛纳斯河、金钩河、安集海河以及奎屯河等横切这三排逆断裂—褶皱带(图 1), 发育多期冲积扇与多级河流阶地。野外考察发现, 天山北麓黄土的分布基本上以第三排逆断裂—褶皱带为北界, 南至准噶尔南缘断裂和云杉林带, 与天山北麓主要河流的高阶地与早期冲积扇存在明显的依附关系。因此, 弄清河流阶地级序及其与黄土分布的关系, 对解决天山北麓黄土的年代问题有重要意义。

2 天山北麓河流阶地序列

2006 年 7~8 月间, 笔者进行了为期 45 d 的野外考察, 期间对天山北麓的塔西河、玛纳斯河、金钩河、安集海河和奎屯河等主要河流的阶地进行了野外测量和研究, 内容包括阶地砾石层的沉积特征、阶地地面的延展度(纵向延续性和横向宽度)、阶地地面的拔河高度以及阶地上覆黄土的特征等。

通过全面考察, 确定天山北麓共发育 7 级河流阶地, 其中 T₇ 阶地为最高级阶地, 以前未曾有报道, 该级阶地在玛纳斯背斜北翼早卡子沟东岸和金钩河出山口东岸发育, 并以早卡子沟阶地最典型; T₆ 阶地则在天山北麓河流流域广泛发育, 上覆厚层黄土, 地表发育小冲沟, 呈波状起伏, 经过分析,

收稿日期: 2007-05-26 修订日期: 2007-09-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(天山北麓河流地貌对构造运动和气候变化的响应, 40571013)资助。

作者简介: 吕红华(1978-), 男, 湖南澧县人, 博士研究生, 主要从事构造地貌与环境演变、沉积地质等方面的研究。E-mail: hly2008@

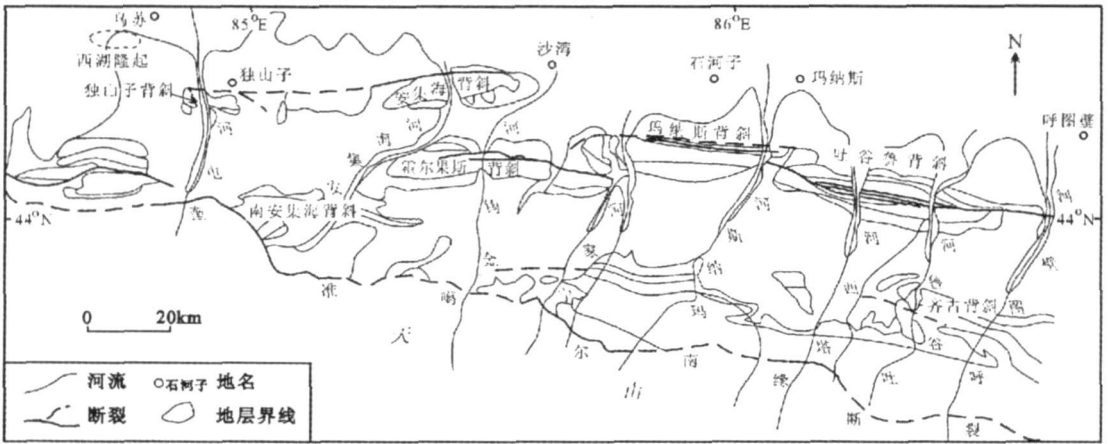


图 1 天山北麓构造简图 (据张培震等^[7]修改)

Fig 1 The general geological map in the north flank of Tianshan Mountains

认为该级阶地与张培震等^[7]确定的 III 级阶地为同一级阶地; T₅ 阶地发育同样广泛, 但阶地面平坦、宽阔, 阶地发育特征表明其与张培震等^[7]确定的 II 级阶地同级。T₇、T₆ 和 T₅ 三级阶地均侧向过渡为二期冲积扇。野外考察还发现, 天山北麓黄土主要分布在上述三级阶地地面以及对应冲积扇的扇面上, 以 T₆ 阶地地面 (及对应冲积扇扇面) 上分布最广泛, 本文仅对这三级阶地发育特征作进一步阐述。

2.1 T₇ 阶地

T₇ 阶地在玛纳斯背斜北翼旱卡子沟东岸和金钩河出山口东岸发育, 以玛纳斯河东岸旱卡子沟阶地最典型 (图 2 a b)。阶地类型为覆盖基座阶地,

拔河 153 m 阶地砾石层较厚, 砾石大小不一, 分选差, 磨圆次棱角一次圆。在阶地砾石层之上覆盖厚层黄土堆积。野外考察发现, T₇ 阶地地面在旱卡子沟东侧过渡为二期冲积扇, 延展性好。由于受后期流水作用改造, 阶地面 (冲积扇扇面) 上冲沟发育, 呈波状起伏, 指示其形成的时间较早。

2.2 T₆ 阶地

T₆ 阶地 在天山北麓河流阶地中发育程度最好, 阶地拔河高度在不同流域以及背斜两翼有相当差别。在河流出山口附近拔河高度达到最大, 金钩河 T₆ 阶地在国防公路桥附近达 268 m 玛纳斯河 T₆ 阶地在红沟煤矿拔河 240 m 往下游方向 T₆ 阶

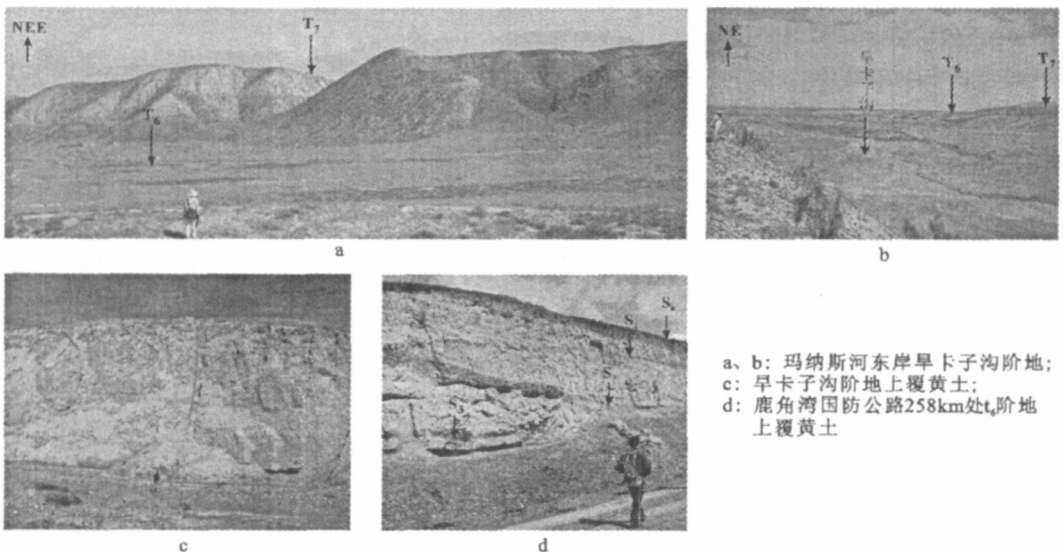


图 2 天山北麓河流阶地与上覆黄土

Fig 2 Photos showing the terraces and the loess profile along the north flank of Tianshan Mountains

地拔河逐渐减小,但在背斜核部阶地拔河高度明显增大,如塔西河水文站南 1 km 处 T₆ 拔河 159 m,玛纳斯河红山嘴 T₆ 阶地拔河 105 m。阶地拔河高度沿河道的规律性变化表明阶地发育与变形明显受逆断裂—褶皱带控制,在褶皱段阶地类型均表现为基座阶地。同 T₇ 阶地一样, T₆ 阶地面呈波状起伏,但与 T₇ 阶地面相比,起伏幅度要稍小。该级阶地由褶皱段向南北两侧均过渡为一期冲积扇,经分析认为,该期冲积扇与张培震等^[7] 确定的第 I 期冲积扇为同一期。同 T₇ 阶地一样, T₆ 阶地也具有典型的“二元”结构,下部为冲洪积砾石层,砾石分选差,磨圆程度较好。阶地上覆厚层黄土。若论天山北麓各级阶地上覆黄土的分布范围,以该级阶地上覆黄土的分布最为广泛。

2.3 T₅ 阶地

T₅ 阶地在天山北麓广泛发育,其最大特点就是阶地面宽阔平坦,基本没有冲沟发育,这表明其形成时间较晚。各河 T₅ 阶地在越过背斜后均与张培震等^[7] 确定的第 II 期冲积扇连为一体。T₅ 阶地在金钩河两岸发育,不过两岸发育程度有差异,河西岸阶地面要比河东岸宽许多,尤其在泥火山一带,阶地面宽可达 1 000 m,东岸则由于受到侵蚀而变得不连续。在金钩河水文站北, T₅ 阶地便过渡为第 II 期冲积扇。塔西河 T₅ 阶地则主要在河东岸发育,西岸的 T₅ 阶地由于侵蚀基本没有保留下来。该级阶地在塔西河水文站北与第 II 期冲积扇呈过渡关系。北天山山前的 T₅ 阶地具备典型的“二元”结构,下部为厚层的砾石堆积,上覆厚 1~2 m 的粉砂。据 Molina 等^[20] 的研究, T₅ 阶地形成时间可能晚于 0.02 Ma B.P.

3 天山北麓黄土

3.1 黄土发育特征

天山北麓黄土的分布与河流阶地及冲积扇存在明显的依附关系(见图 2)。根据 T₇、T₆ 阶地的相对年龄判断, T₇ 阶地上覆黄土为天山北麓年代最老的黄土, T₆ 阶地上覆黄土年代稍晚。

T₇ 阶地上覆黄土以玛纳斯河东岸早卡子沟剖面最为典型(见图 2c)。剖面厚约 20 m,底部呈黄褐色—深棕色,中上部呈浅黄色或灰黄色;黄土结构较紧密、坚实。该黄土剖面分层性较差,古土壤发育较弱,除了在底部可确认有古土壤发育外,其他层位未能辨别。野外还发现在剖面中几个层位

有少量钙质结核。尽管剖面中古土壤发育较弱,但黄土磁化率曲线却显示剖面中有几个磁化率高值层位,而且磁化率高值层位也基本与含钙质结核的层位一致(图 3)。经与黄土高原洛川黄土剖面^[21] 磁化率曲线对比分析,按黄土高原的惯例,把早卡子沟 T₇ 阶地黄土剖面中的磁化率高值层位分别标记为 S₁、S₂、S₃、S₄ 和 S₅。

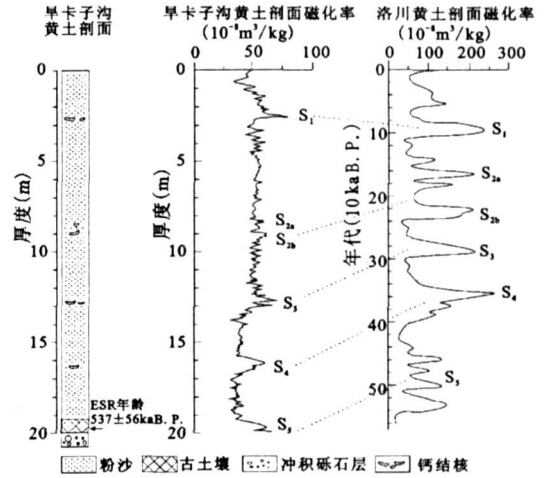


图 3 早卡子沟 T₇ 黄土剖面与洛川剖面^[21] 磁化率对比
Fig. 3 Comparison of the magnetic susceptibility of the loess at Hankaiziou in the north piedmont of Tian Shan Mountains with that at Luochuan^[21]

T₆ 阶地上覆黄土则以鹿角湾黄土剖面为代表,其位于安集海河支流头道沟出山口东岸、鹿角湾国防公路 258 km 处。该剖面厚将近 8 m,可明显识别出 4 个古土壤层(见图 2 d 图 4)。黄土层呈浅棕色或灰黄色,外观较均匀,质地较致密。古土壤层颜色明显要深,呈棕色或棕黄色,与黄土过渡带见少量小的钙质结核。剖面顶部为黑垆土,层较薄,厚度在 10~15 cm 间,其下的古土壤稍厚,约 20 cm。剖面下部古土壤层分别厚约 30 cm 和 40 cm,中间为一层厚约 2.0 m 的黄土。图 4 表明,表明鹿角湾剖面中存在 3 个磁化率值相对较高的层位,对应于剖面下部的 3 个古土壤层。与黄土高原东北缘武威黄羊镇剖面^[22] 同时期磁化率曲线的对比结果显示(图 4),鹿角湾剖面中磁化率较高的古土壤层分别对应于黄土高原的 S₂、S₃。按黄土高原惯例,将鹿角湾黄土剖面中由上往下的 4 层古土壤依次标记为 S₁、S₂、S₃、S₄。

相对于黄土高原的黄土,天山北麓的黄土发育不典型,具体表现在:古土壤层不发育;钙质结核

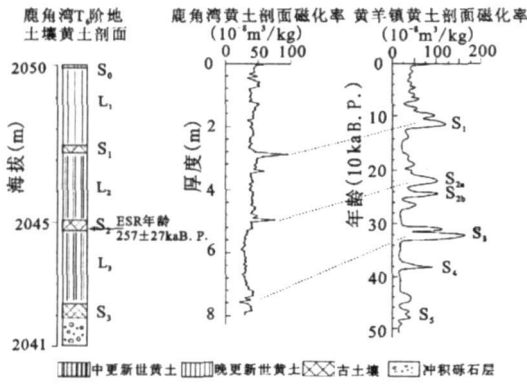


图 4 鹿角湾 T₆阶地黄土剖面与黄羊镇剖面^[22]磁化率对比

Fig. 4 Comparison of the magnetic susceptibility of the loess at Lujiawan in the north Piedmont of Tianshan Mountains with that at Huangyang Town^[22]

较少;磁化率绝对值明显要低(见图 3和图 4),波动相对要小,天山北麓黄土磁化率绝对值波动为约 50个单位,而黄土高原上则达到 200个单位。天

山北麓黄土这一发育特征可能缘于相对于黄土高原更加干燥的气候。

3.2 黄土形成年代

尽管黄土—古土壤序列分析为确定天山北麓黄土的年代提供了有力依据,但由于天山北麓黄土发育特征没有黄土高原典型,从而在对比分析过程中就可能存在一定程度的不确定性。考虑到现在各测年方法的测年范围和对样品的要求,选用电子自旋(顺磁)共振测年法(ESR)来进一步确定天山北麓黄土的发育年代。

野外 ESR样品均用壁厚为 1.1 mm、直径为 5 mm、长 20 mm 的金属管在地层新鲜面上钻取,然后用闭光袋密封。采样剖面周围均未发现放射性矿床和其他放射性污染。样品分别采于 T₇和 T₆阶地上覆黄土的古土壤层中(图 3、图 4)。样品的测试工作在中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室完成(表 1)。

表 1 天山北麓黄土 ESR 年代样品的年剂量、古剂量及 ESR 年龄

Table 1 Calculated value of annual doses, equivalent doses and ESR ages

室内编号	野外编号	采样部位	样品物质	古剂量 (Gy)	年剂量 (Gy/ka)	年龄 (ka)
6574	LuW. 1	鹿角湾 T ₆ 阶地上覆黄土的第 3 层古土壤	粉砂质粘土	869±90	3.37	257±27
6575	HKZG ₂	早卡子沟 T ₇ 阶地上覆黄土底部古土壤层	粉砂质粘土	1854±195	3.45	537±56

从测试数据可以看出,早卡子沟 T₇阶地上覆黄土底部的古土壤层年龄为约 0.54 Ma,表明该古土壤层与黄土高原 S₃基本同期,同时也说明图 3 所示黄土—古土壤序列的对比分析可信,这也因此确定天山北麓时代最老黄土的时代为中更新世,而非文献^[9]所确定的早更新世。鹿角湾 T₆阶地上覆黄土剖面中第 3 层古土壤的 ESR 年龄为 0.26 Ma,表明此古土壤层与黄土高原 S₃同期,从而说明图 4 所示黄土—古土壤序列的对比分析可信。根据黄土高原 S₃古土壤层发育时代,确定出天山北麓 T₆阶地上覆黄土的底界年龄为约 0.30 Ma。

4 结 论

黄土研究对认识中国西北干旱区的形成演化过程具有十分重要的意义,可靠的年代数据则是其分析的前提与基础。鉴于测年技术手段的限制,对北疆黄土年代的认识一直存在争论,从而限制了对北疆黄土环境意义的深入分析。根据地貌接触关系确定地貌体与相关沉积的相对年代,同时结合黄土—古土壤序列对比的综合分析方法为解决年代问

题提供了另一途径。本文尝试利用了这一方法,同时结合 ESR 测年,对天山北麓黄土的形成年代提出了不同的看法。通过详细的野外考察,本文认为天山北麓主要河流发育 7 级阶地,黄土分布则与地貌单元(河流阶地与冲积扇)存在明显的依附关系,年代相对老的黄土分布在 T₇阶地上,而 T₆阶地上覆黄土分布要广泛得多。黄土—古土壤序列对比分析与黄土 ESR 年龄均表明天山北麓最老黄土年龄约为 0.54 Ma,这一年代数据也为充分提取天山北麓黄土所赋含的环境信息提供了依据。

致谢:中国地震局地质研究所的陈杰研究员、尹功明研究员为 ESR 年龄的测定给予了热心的指导与帮助,北京大学城市与环境学院的王红亚教授为磁化率的测试提供了方便,参加野外工作的还有西南大学的刘运明博士,北京大学城市与环境学院的赵洪壮、钱麟、谢越等,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] 刘东生. 中国黄土堆积[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
 [2] 刘东生, 张宗古. 中国黄土[J]. 地质学报, 1962, 42(1): 1~

- 14
- [3] 周廷儒. 新疆第四纪陆相沉积的主要类型及其和地貌气候发展的关系 [J]. 地理学报, 1963, 29(2): 109~129
- [4] 张云林. 天山北麓的黄土堆积 [J]. 新疆地质, 1981, 42(1): 21~39
- [5] 张鸿义, 王焕章, 韩淑媿等. 天山北麓的黄土层与古气候 [C]. //新疆大学. 干旱区新疆第四纪研究论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985: 95~106
- [6] 方小敏, 史正涛, 杨胜利等. 天山黄土和古尔班通古特沙漠发育及北疆干旱化 [J]. 科学通报, 2002, 47(7): 540~545
- [7] 张培震, 邓起东, 徐锡伟等. 天山北麓玛纳斯活动逆断裂—褶皱带的变形特征与构造演化 [C]. //活动断裂研究编辑委员会. 活动断裂研究 (III). 北京: 地震出版社, 1994: 8~32
- [8] 袁庆东, 郭召杰, 张志诚等. 天山北缘河流阶地形成及构造变形定量分析 [J]. 地质学报, 2006, 80(2): 210~216
- [9] 赵景波, 黄春长. 陕西黄土高原晚更新世环境变化 [J]. 地理科学, 1999, 19(6): 565~569
- [10] 邓起东, 冯先岳, 张培震等. 天山活动构造 [M]. 北京: 地震出版社, 2000: 339.
- [11] 李有利, 史兴民, 傅建利等. 山西南部 1.2 Ma B.P. 的地貌转型事件 [J]. 地理科学, 2004, 24(3): 292~297
- [12] 黄镇国, 张伟强. 中国热带第四纪板块构造的地貌效应 [J]. 地理科学, 2004, 24(3): 286~291
- [13] 高红山, 潘保田, 邬光剑等. 祁连山东段河流阶地的形成时代与机制探讨 [J]. 地理科学, 2005, 25(2): 197~202
- [14] 杨东, 方小敏, 彭子成等. 陇西六盘山黄土及最近 1.8 Ma B.P. 以来的构造运动与气候变化 [J]. 地理科学, 2006, 26(2): 192~198
- [15] 胥勤勤, 杨达源, 葛兆帅等. 金沙江三堆子—东德河段阶地研究 [J]. 地理科学, 2006, 26(5): 609~615.
- [16] 胡春生, 潘保田, 高红山等. 最近 150 ka 河西地区河流阶地的成因分析 [J]. 地理科学, 2006, 26(5): 603~608
- [17] 许刘兵, 周尚哲. 河流阶地形成过程及其驱动机制再研究 [J]. 地理科学, 2007, 27(5): 672~677.
- [18] 胡小飞, 潘保田, 苏怀等. 宛川河阶地的年代与下切机制 [J]. 地理科学, 2007, 27(6): 808~813.
- [19] 方世虎, 贾承造, 郭召杰等. 准噶尔盆地南缘前陆冲断带形成时间的初步厘定 [J]. 地学前沿, 2005, 12(3): 66
- [20] Mohar P, Brown E T, Burchfiel B C et al. Quaternary climate change and the formation of river terraces across growing anticlines on the north flank of the Tien Shan, China [J]. Journal of Geology, 1994, 102: 583~602.
- [21] Lu H Y, Liu X D, Zhang F Q et al. Astronomical calibration of loess-paleosol deposits at Luochuan, central Chinese Loess Plateau [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1999, 154: 237~246
- [22] 吴海斌, 郭正堂, 方小敏等. 250 ka B.P. 前后中国北方干旱区扩张及其成因 [J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1341~1346

Character and Age of Loess along North Piedmont of Tianshan Mountains

LIU HongHua¹, LI YouLi¹, NAN Feng², SI SuPei¹

(1. College of Urban and Environmental Science, Peking University, Beijing 100871;

2. China Higher Education Press, Beijing 100029)

Abstract: The loess is of importance to understand the progress of environmental evolution in Northwest China, which should be based on the reliable age. Because of the limit of the dating means, the conclusions on the age of loess along the north flank of the Tianshan Mountains are controversial, which makes it difficult to understand the environmental implication of the loess. Loess-paleosol series and the dating method based on the structure of geomorphologic complex make it possible to date the geomorphologic complex and the related deposits. This study aims at giving the age of the loess along the north flank of the Tianshan Mountains. Based on the detailed field work, seven fluvial terraces have been identified along major river channels, and the distribution of loess is thought to be related with these terraces and corresponding alluvial fans. The oldest loess in the north Piedmont of the Tianshan Mountains is distributed on the highest terrace T₇, and the younger loess on the T₆ is more extensive. Loess-paleosol series and the ESR age indicate that the age of the oldest loess in the north Piedmont of the Tianshan Mountains is 0.54 Ma.

Key words: fluvial terrace, alluvial fan, loess-paleosol series, north flank of Tianshan Mountains