

# 北京西山古山洪堆积<sup>\*</sup> ——马兰砾石形成环境及年代

卢演伟<sup>①②</sup> 魏兰英<sup>③</sup> 尹金辉<sup>①</sup> P53 A  
尹功明<sup>①</sup> 赵 华<sup>④</sup>

(①中国地震局地质研究所,中国地震局新构造年代学开放实验室,北京 100029;②中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室,西安 710075;③中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;  
④中国地质科学院水文地质环境地质研究所,石家庄 050061)

**摘要** 在北京西山永定河支流清水河流域构成马兰台、燕家台、梁家台和青龙涧小台等台地的砾石堆积物可称之为马兰砾石。其岩性、岩相、地形和地貌等方面都不同程度地显示出山洪泥石流沉积的特征。释光和<sup>14</sup>C 测年结果表明,马兰砾石形成于约 30 ka B.P. 至约 13 ka B.P., 覆盖在马兰砾石之上的全新世复合古土壤发育于约 8 ka B.P. 至约 2.5 ka B.P.. 马兰砾石上部及上覆古土壤的植物硅酸体组合反映,马兰砾石堆积时期研究区可能发育着以藜科、蒿属等草本植物为主的干旱 - 半干旱草原植被;而全新世古土壤发育时期出现了森林或草原 - 森林植被。马兰台、燕家台、梁家台和青龙涧小台等台地应是末次冰期盛冰阶冰缘气候环境中暴雨山洪事件的稀性泥石流产物。

**主题词** 马兰砾石年代 冰缘环境 古山洪泥石流堆积 全新世古土壤与环境

从 20 世纪 20 年代以来对北京西山清水河流域的地文期<sup>[1, 2]</sup>、地貌类型(尤其河流阶地)和第四纪沉积类型(特别是砾石堆积)及其分布<sup>[3, 4]</sup>、黄土 - 古土壤序列及其年代<sup>[5-7]</sup>、冰缘现象<sup>[8, 9]</sup>以及古人类遗址<sup>[10]</sup>等等,都已有不少的研究。源于此地的“清水侵蚀 - 马兰堆积”、“马兰阶地”、“马兰黄土”等的概念和术语在地学文献中已被广泛引用,曾对我国第四纪地质及地貌研究产生了极有意义的影响,从一方面反映了清水河流域存在一系列有魅力的第四纪地质和地貌现象,对它们的研究有助于揭示北京西山地区第四纪地质环境演化。清水河流域分布着马兰台、燕家台、梁家台和青龙涧小台等规模不大但很有特色的台地。本文根据构成这些台地的砾石堆积物及其上覆全新世古土壤的野外观测、取样和年龄测定等资料,研究构成台地的砾石堆积物的年代、形成环境和水动力条件以及环境变迁,从而阐明这些台地的形成和演变过程。这也许有助于认识和评估北京西山地区现代环境和地质灾害。

第一作者简介:卢演伟 男 63岁 研究员 第四纪地质学与新构造学专业 E-mail: ych.lu@263.net

\* 国家自然科学基金(批准号:40072058 和 49894170 - 06)资助项目

2003-08-14 收稿,2003-08-29 收修改稿

1) 郝守刚,马学平. 北京斋堂东胡林人遗址的全新世黄土剖面. 1997

## 1 马兰砾石堆积的基本特征

清水河流域,尤其斋堂盆地及其附近不同地貌部位和不同时代的砾石沉积物曾被划分为“唐县砾石层”、“斋堂砾石层”和“马兰砾石层”<sup>[3]</sup>。本文所指的“马兰砾石”是构成马兰台、燕家台、梁家台和青龙洞小台等台地的砾石堆积物,它们有一系列共同的特征:

- (1) 分布在清水河支沟与清水河交汇处喇叭状的支沟槽谷内。
- (2) 地貌形态上兼有冲积扇和冲积锥的特征,平面上呈扇形或窄扇形的台地,一侧或两侧发育现代冲沟,如马兰台东、西两侧均为冲沟切割,台面较为完整,横向呈中部上凸,纵向从后缘向前缘倾斜,坡度约4°~6°,前缘呈陡坡或陡坎,如马兰台前缘陡坎高约30 m 青龙洞小台前缘高约30 m。这些地貌形态可能有后期侵蚀和人类活动的因素。
- (3) 马兰砾石的砾石成分显著地因地而异,而在一个台地内砾石成分又都比较单一,均与各个台地上游和支沟两侧出露的基岩一致。例如,在马兰台砾石的主要成分为紫色和灰色砂页岩及砂质板岩,其次是火山角砾岩;在青龙洞小台砾石主要为灰岩,含少量黄色砂页岩;在燕家台和梁家台砾石几乎都是灰岩或硅质灰岩和泥质灰岩。这些表明,各个台地的马兰砾石来源于各个台地后缘支流流域内的基岩。这一点从马兰砾石的砾石倾斜方向与支流方向基本一致(图1)也得到说明。

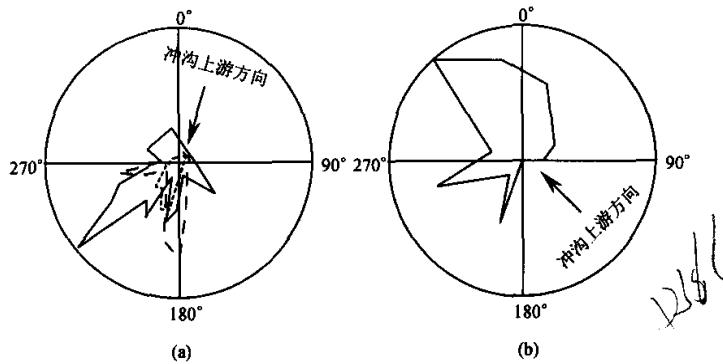


图1 马兰砾石的砾石倾向方位统计值与支流方向

(a) 马兰台 (b) 青龙洞小台

短虚线、长虚线和实线表示不同统计地点

Fig. 1 The gravel dips of the Malan gravel accumulation compared with drainage orientation (arrow) in the Malan tableland (a) and the Qinglongjian tableland (b)

- (4) 各个台地从后缘到前缘,即从上游到下游,马兰砾石堆积物的砾石大小和形状、堆积厚度和沉积结构都变化显著。以马兰台的马兰砾石堆积为例,在后缘砾石堆积厚度小于10 m,剖面上可见直径大于1 m的漂砾,多数砾石直径都在50~70 cm,呈棱角状或次棱角状,杂乱堆积(图2),偶见黄褐色砂土透镜体;而到约1.5 km距离之外的前缘砾石堆积厚度可达约61 m,其中上部约30 m呈陡坎和陡坡出露,下部31 m被埋藏<sup>[1]</sup>,砾石直径以

<sup>[1]</sup> 北京市规划局勘测处. 西斋堂水库工程地质勘察报告. 1970

3~5 cm 为主,偶见大于 10 cm 的,多数呈次棱角状,少数为次圆状,具有明显的层状结构,发育粗砂小砾或黄土状砂砾夹层和透镜体,显示出水下类三角洲沉积的一些特点。

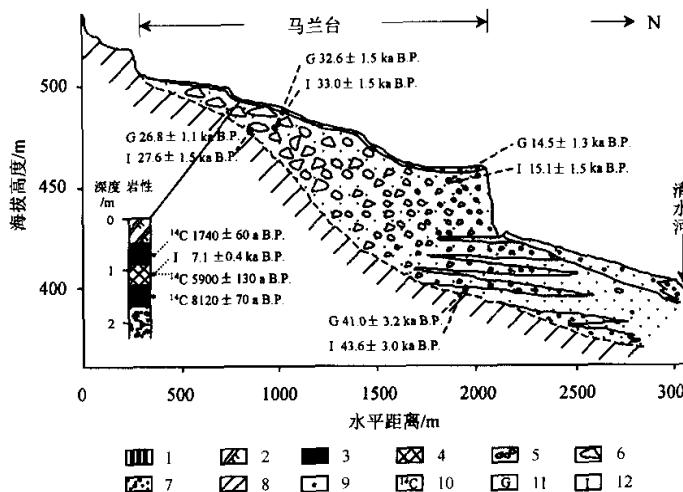


图 2 马兰台的马兰砾石堆积纵剖面及马兰砾石之上古土壤剖面(左下角)以及释光和<sup>14</sup>C 测年值

1. 全新世古土壤 2. 耕作层 3. 红棕色古土壤 4. 浅灰色古土壤 5. 卵砾石 6. 漂砾  
7. 砂砾及砂层 8. 基岩 9. 取样点 10. <sup>14</sup>C 测年 11. 绿光释光测年 12. 红外释光测年

Fig. 2 A vertical section of the Malan gravel in Malan tableland and a diagram of the Holocene paleosol overlaid the Malan gravel accumulation, as well showing luminescence and radiocarbon dates of sampling points

此外,在马兰砾石堆积中存在少量大小不等的黄土团块,并在砾石堆积底部局部残存黄土状砂土以及黄土状粗砂小砾夹层。

## 2 马兰砾石堆积的年代

在马兰台、燕家台、梁家台和青龙洞小台等台地马兰砾石之上都无黄土覆盖,而在不少地点可见马兰砾石之上有 1 m 多厚的全新世古土壤和现代耕作层。同时,马兰砾石几乎都直接覆盖在基岩之上,其间未见有典型的黄土地层。然而,马兰砾石堆积中仍有少量含砾的黄土状细砂粉砂夹层或透镜体。为此,我们在对马兰砾石之上的全新世古土壤<sup>14</sup>C 测年的同时,开展了马兰砾石中黄土状细砂粉砂夹层或透镜体的释光测年,以便为确定砾石堆积年代提供基础资料。

释光测年的样品采集于马兰台中部东侧边缘马兰砾石底部基岩面上残留的含小砾的黄土状粉-细砂层(ZT-21)、马兰台中部挖煤坑道揭露的马兰砾石下部(ZT-09)和中部含黄土状土团块的含砾细-粉砂夹层(ZT-06)、马兰台砾石顶部约 4 m 深的黄土状细-粉砂夹层(ZT-13)以及马兰台中部马兰砾石之上全新世古土壤(ZT-07)。对于这 5 个样品,都运用细颗粒(4~11 μm)多测片附加和再生相结合的澳大利亚滑移技术<sup>[10]</sup>测定

表1 北京西山清水河流域马兰砾石的红外释光(IRSL)和绿光释光(GLSL)测年结果

Table 1 Luminescence and radioactivity data from fine grain ( $4 \sim 11 \mu\text{m}$ ) fraction in the intercalary strata of the Malan gravel accumulation and Holocene soil from the Malan tableland

野外号	实验号	样品	取样地点	含水量 /%	U $/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	Th $/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	K /%	$\alpha$ 系数	环境剂量率 $/\text{Gy} \cdot \text{ka}^{-1}$	古剂量 /Gy	释光年龄 <sup>*</sup> /ka B.P.
马兰台砾石											
ZT-07	97023GL	黄土状土	上覆古土壤 (深1.8 m)	16 ± 2	2.63 ± 0.03	7.97 ± 0.15	1.86 ± 0.01	0.08 ± 0.01	4.33 ± 0.14	30.9 ± 1.4	7.1 ± 0.4
马兰台砾石											
ZT-13	ZTS13IR	细-粉砂	顶部(深4 m)	18 ± 3	2.16 ± 0.02	10.14 ± 1.50	1.83 ± 0.02	0.08 ± 0.01	4.34 ± 0.20	55.5 ± 5.9	15.1 ± 1.5
	ZTS13GL		细-粉砂夹层					0.06 ± 0.01	4.07 ± 0.19	59.0 ± 4.6	14.5 ± 1.3
马兰台砾石											
ZT-06	97022IR	细-粉砂	中部(深9 m)	10 ± 2	2.25 ± 0.03	8.34 ± 0.20	2.43 ± 0.02	0.08 ± 0.01	4.81 ± 0.13	132.6 ± 4.0	27.6 ± 1.5
	97022GL		细-粉砂夹层					0.10 ± 0.01	5.06 ± 0.13	135.0 ± 4.0	26.8 ± 1.1
马兰台砾石											
ZT-09	97024IR	细-粉砂	下部(深21 m)黄	10 ± 2	1.86 ± 0.02	6.73 ± 0.20	2.05 ± 0.02	0.08 ± 0.01	4.00 ± 0.10	132.0 ± 4.5	33.0 ± 1.4
	97024GL		土状细-粉砂夹层					0.10 ± 0.01	4.20 ± 0.11	137.0 ± 5.0	32.6 ± 1.5
马兰台砾石											
ZT-21	ZTS21IR	粉-细砂	底部(深53 m)	16 ± 2	2.46 ± 0.02	13.24 ± 0.80	2.18 ± 0.02	0.06 ± 0.01	4.90 ± 0.20	214.0 ± 12.0	43.0 ± 3.0
	ZTS21GL		残留黄土状土					0.05 ± 0.01	4.74 ± 0.20	193.0 ± 13.0	41.0 ± 3.2

\* ZT-06, 07 和 09 号样的细颗粒( $4 \sim 11 \mu\text{m}$ )IRSL 和 GLSL 测年由赵华和卢演伟在中国地震局地质研究所光释光实验室完成的; ZT-13 和 ZT-21 两个样品的测年由卢演伟、魏兰英和 J.R. Prescott 在 Adelaide 大学物理系释光实验室完成。

各个样品红外释光(IRSL)和绿光释光(GLSL)的等效剂量(De)和 $\alpha$ 辐射产生释光的有效系数(a),并通过样品的铀、钍和钾含量以及含水量测定来计算环境剂量率。具体的实验程序和技术与卢演伟等<sup>[1]</sup>的相似。这5个样品的IRSL和GLSL(即Post-IR)测年结果列于表1和图2。

在马兰台中部马兰砾石之上覆盖着厚约1.2 m的含碎石的褐土型古土壤及其厚约0.5 m现代耕作层。在古土壤探坑剖面上埋深1.5, 1.1和0.7 m处采集了3个样品,由中国地震局地质研究所<sup>14</sup>C测年实验室完成了各个样品有机碳的<sup>14</sup>C测年,其<sup>14</sup>C年龄值如表2和图2所示。

表2 马兰台中部马兰砾石之上古土壤样品<sup>14</sup>C测年结果

Table 2 Soil organic matter <sup>14</sup>C dates of the Holocene soils from the Malan tableland

野外号	实验号	样品	采样位置/m	<sup>14</sup> C年龄/a B.P.
ZT01	SG-3234	古土壤	距地表0.7	1 740 $\pm$ 60
ZT03	SG-3235	古土壤	距地表1.1	5 900 $\pm$ 130
ZT04	SG-3274	古土壤	距地表1.5	8 120 $\pm$ 70

从表2、表1和图2可看出,马兰砾石之上的全新世古土壤底部样品(ZT-04)有机组分<sup>14</sup>C年龄为8 120  $\pm$  70 a B.P.而马兰台砾石顶部深约4 m的黄土状细-粉砂夹层(ZT-13)的红外释光(IRSL)年龄为15.1  $\pm$  1.5 ka B.P.、绿光释光(GLSL)年龄为14.5  $\pm$  1.3 ka B.P.。这表明,马兰砾石之上的土壤至迟在约8.1 ka B.P.已开始发育,而马兰砾石堆积结束的时间至晚在约8.1 ka B.P.但不会早于15 ka B.P.。当考虑到:1)近地表的古土壤中有机碳有可能受到后期动、植物活动产生的新碳污染,其<sup>14</sup>C年龄可能偏年轻;2)砾石堆积与古土壤发育之间存在间断;3)马兰砾石堆积后台地表面上的坡面沉积作用等因素,马兰砾石堆积可能结束于约11~13 ka B.P.。

马兰砾石底部基岩面上残留的黄土状粉-细砂样品(ZT-21)的红外释光年龄为43.0  $\pm$  3.0 ka B.P.,绿光释光年龄为41.0  $\pm$  3.2 ka B.P.。砾石堆积下部含黄土状土团块的细-粉砂夹层样品(ZT-09)和中部细-粉砂夹层样品(ZT-06)红外释光年龄分别为33.0  $\pm$  1.4 ka B.P.和27.6  $\pm$  1.5 ka B.P.,绿光释光年龄分别为32.6  $\pm$  1.5 ka B.P.和26.8  $\pm$  1.1 ka B.P.。从这些释光测年值出发,并考虑到这些样品可能由于快速堆积而光晒退可能不够充分,释光年龄测定值有可能偏大,可以比较肯定地认为,马兰砾石堆积开始于约30 ka B.P.前后。这样,马兰砾石堆积与我国黄土-古土壤序列中马兰黄土上部(L<sub>1-1</sub>)<sup>[6]</sup>同为末次冰期末次冰阶(约30 ka B.P.至约13 ka B.P.)的产物。

### 3 讨论:马兰砾石堆积环境及环境变迁

#### 3.1 马兰砾石堆积的动力条件和环境

前述马兰砾石堆积的各项特征表明,马兰砾石是高能环境下的快速堆积物。可认为它们是清水河支流暴发山洪时,各条支流携带大量砂砾的山洪在将要汇入清水河的地段由于纵坡度变小、槽谷变宽及清水河洪水顶托,而山洪流速迅速减小、卸载、堆积形成的稀性泥石流堆积物或水石流堆积物。在这些堆积台地前缘一方面由于清水河洪水的顶托和

冲积作用,另一方面支流洪水流速减缓,从而出现了沉积层理清晰,并有粗砂小砾夹层或透镜体的水下类三角洲沉积结构。这一点在马兰台前缘尤其明显。马兰砾石堆积是北京西山地区古暴雨山洪泥石流事件的一种地质记录。类似的事件在现代也时有发生。研究区现在为半干旱气候,多年平均降水量为580 mm<sup>1)</sup>,降水多集中于6~9月,常以暴雨或大暴雨的形式出现。根据斋堂水文站记载,1956年8月3日一次大暴雨在30分钟内降水量达222 mm;1950年清水河一次大洪水冲毁梯田1 900余亩<sup>2)</sup>,黄岭西村河道淤高约3 m,斋堂滩地几乎全部被冲光<sup>3)</sup>。

各个台地,尤其在台地的中、后部,马兰砾石堆积物中砾石表面都很干净,很少见有泥质包裹;同时,这些杂乱堆积的砾石之间常见架空结构,并主要由粗砂和小砾石充填,很少见到泥质或泥砂质充填物和泥砂质夹层或透镜体。这些沉积特征显示,携带马兰砾石堆积物的山洪并不太黏稠,含泥质和泥砂质成分不高,似乎可称它们为稀性泥石流堆积或水石流堆积。这也在相当程度上反映了,在当时各个马兰砾石堆积体的物质来源区土状覆盖物可能不多,化学风化作用可能不很强烈,然而却存在着大量的物理风化产生的大小岩块和碎石。根据野外调查和利用1:5万地形图初步估计了各个台地相关支沟流域的汇水面积和马兰砾石堆积量(表3)。各个台地马兰砾石堆积的物源区都不大,6~15 km<sup>2</sup>左右,而马兰砾石堆积的体积却达(420~1 600)×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>左右,说明当时各个物源区地表有着很丰富的碎石、块石等物料。已有的研究表明,晚更新世晚期研究区处于冰缘气候环境,寒冻风化作用强烈,产生了大量的碎石和块石。

表3 台地汇水面积和砾石堆积量统计表

Table 3 The estimates of the source area and the volume of the Malan gravel accumulation in four tablelands along Qingshui River valley

台地名称	汇水面积/km <sup>2</sup>	台面纵向长/m	台面横向宽/m	最大厚度/m	马兰砾石堆积量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	汇水区内剥蚀厚度/m	基岩岩性
马兰台	约15	约1 800	约400	61	1 652	1.15	紫色或灰绿色 粉砂或砂岩
燕家台(西 龙门洞)	约11	约800	约400	约45	720	0.69	硅质石灰岩
梁家台	约6	约700	约500	40	423	0.77	灰岩和少 量火成岩
青龙洞 小台	约10	约1 800	约300	64	1 440	1.52	灰岩为主,少量 夹灰色砂岩

### 3.2 马兰砾石堆积及其上覆古土壤形成气候环境

马兰砾石堆积主要发生在末次冰期的盛冰阶。由于马兰砾石主要由粗砂砾石组成,细粒物质,特别是细粒夹层或透镜体少见,难以从中提取系统的气候环境及其变化的替代性指标。在马兰台中部深逾2 m的探坑剖面见马兰砾石上部有一些黄土状细粒夹层,其上发育了全新世古土壤和现代耕作层,如图2左下角所示。边部约5 m深的塌陷坑剖面

1) 据三家店水文站1921~1964年的资料

2) 1亩=666.6 m<sup>2</sup>

3) 李尚谦等.西斋堂水库勘测报告简要说明.1970

上也有类似现象。对这两个剖面不同层位采集了19个样品,由吕厚远研究员完成植物硅酸体鉴定分析。其中从马兰砾石上部黄土状细粒夹层采集的8个样品植物硅酸体含量稀少,几乎都是干旱类型的团块型硅酸体,未作统计分析。两个剖面的其余11个样品植物硅酸体含量比较丰富,类型也较多,分析统计结果如图3和图4所示。

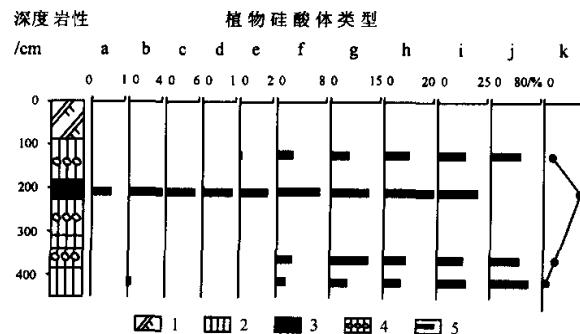


图3 马兰台东南部马兰砾石堆积上部和全新世古土壤剖面植物硅酸体组合变化图式

(植物硅酸体组合图式由吕厚远提供)

1. 耕作层 2. 黄土状土含砾细砂土 3. 古土壤 4. 黄土状土夹碎石 5. 植物硅酸体百分含量
- a. 阔叶型 b. 哑铃型 c. 短鞍型 d. 齿型 e. 帽型 f. 扇型 g. 方型  
h. 棒型 i. 尖型 j. 团块型 k. 湿润型与干冷型的比值

Fig.3 The percentage diagram of phytoliths from Holocene soils and the upper of Malan gravel at southeastern Malan tableland

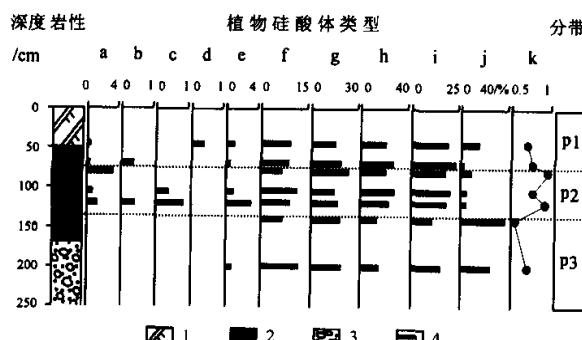


图4 马兰台中部全新世古土壤及其下伏马兰砾石剖面植物硅酸体组合变化图式

(植物硅酸体组合图式由吕厚远提供)

1. 耕作层 2. 古土壤 3. 砂砾石 4. 植物硅酸体百分含量  
a~k. 同图3

Fig.4 The percentage diagram of phytoliths from Holocene soils and the upper of Malan gravel at central Malan tableland

### 3.2.1 马兰砾石堆积的气候环境

取自马兰砾石堆积塌陷坑剖面上部两层砂砾质黄土状土的两个样品(见图3下部)植物硅酸体组合比较相似,以干旱类型的团块型(主要来自藜科、蒿属等植物)硅酸体占优势,含量达到40%以上,禾本科植物硅酸体类型中以相对寒冷的棒型和尖型为主,没有发现木本植物硅酸体,暖湿型的与冷干型的植物硅酸体的比值相当低,呈现出气候相对干冷时期所具有的干旱-半干旱的藜科、蒿属等植物为主的草地植被类型。这一点在马兰台中部探坑剖面全新世古土壤下伏的砾石顶部黄土状含砂砾夹层的样品的植物硅酸体组合(见图4)也很明显。因此,马兰砾石堆积时期研究区的气候应是相当干冷的,发育干旱-半干旱的藜科、蒿属等植物为主的草地植被类型,至少马兰砾石堆积晚期是如此。

崔之久等曾提出<sup>[12]</sup>,在晚更新世晚期华北地区不连续多年冻土或岛状冻土区的南界和北方针叶林分布的南界在39°~40°N附近。北京西山清水河流域正位于这一界线附近,晚更新世晚期,亦即马兰砾石堆积时期,处于冰缘气候环境。郭旭东等<sup>[8,9]</sup>曾在清水河流域观察到多种类型的古冰缘现象,包括相当多的晚更新世晚期的冻土融冻作用的地质记录,并估计清水河上游东灵山当时的年均气温比现在的低约7.5℃<sup>[9]</sup>。

以上研究说明,马兰砾石堆积时期,即约30 ka B.P.至约13 ka B.P.,清水河流域处于相当干冷的冰缘气候环境,各支流流域内低山丘陵的基岩受到强烈的寒冻风化作用,产生着大量的碎石、岩块,为山洪泥石流的产生创造了物质条件,也就为马兰砾石堆积提供着丰富的物源。

### 3.2.2 全新世古土壤形成的气候环境

马兰台中部全新世古土壤由3层组成(见图2左下角),上部0.4 m呈红棕色,发育良好的团粒结构,质地黏重,干时坚硬,不含碎石;中部0.4 m浅灰色,比较疏松,含少量砂砾,团粒结构不很明显;下部0.4 m为红棕色,团粒结构显著,质地较粗,含少量砂砾,底部见相当数量的棱角状的小砾石(直径3~5 cm)。这些显示,该古土壤为多重发生的复合土壤,上部和下部具有森林或草地-森林型土壤特征,而中部则表现出草原或稀树草原土壤的性质。

根据该剖面7个样品的植物硅酸体分析统计结果(见图4),约2 m厚的剖面上植物硅酸体组合变化可以分为3段:1)砾石堆积顶部和古土壤底部2个样品(P3组合带)具有相似的植物硅酸体组合特征,团快型硅酸体在20%~30%左右,其它为禾本科植物硅酸体,扇形和方型含量都10%~20%左右,表明当时研究区可能生长着以禾本科、藜科、蒿属等植物为主的干旱-半干旱草地类型;2)古土壤3个样品(P2组合带)植物硅酸体组合中团块型的含量减少,禾本科植物硅酸体类型含量增加,并含有一定数量的阔叶木本植物硅酸体,与我国现代土壤中植物硅酸体组合分布特征相比,该组合反映了温带-温暖带的森林草地植被类型;3)古土壤顶部及上覆沉积物2个样品(P1组合带)寒冷型植物硅酸体含量相对增加,但与P3带相比,气候条件相对温暖湿润。

## 4 结论

综上所述,获得以下初步认识:

(1) 在北京西山清水河流域构成马兰台、燕家台、梁家台和青龙洞小台地的马兰

砾石堆积开始于约 30 ka B.P., 结束于约 13 ka B.P.; 它们是在相对干冷的冰缘气候环境中事件性的山洪泥石流产物, 属于稀性泥石流或水石流堆积物。

(2) 研究区从约 30 ka B.P. 以来气候环境经历了非常显著的变化, 约 30 ka B.P. 至约 13 ka B.P. 为干冷的冰缘气候环境, 发育干冷草地植被, 寒冻风化作用强烈; 从约 13 ka B.P. 至约 8 ka B.P. 可能仍为比较干冷的草地或森林-草地环境; 在约 8 ka B.P. 至约 2.5 ka B.P. 前后处于比现今温暖湿润的森林或草原-森林环境, 其间可能有些冷暖和干湿变化; 从约 2.5 ka B.P. 以来又转变为相对干冷的森林-草原或稀树草原环境。

**致谢** 吕厚远研究员完成全部样品的植物硅酸体分析和统计结果。法国 N. Fedoroff 教授和郭正堂研究员曾与笔者一起对马兰台上全新世古土壤剖面进行野外观察, 并提供了帮助和建议。澳大利亚 K. H. Wyrwoll 博士亦曾参与马兰砾石堆积的野外观察, 并对沉积相和沉积动力的分析提供了十分有益的帮助和建议。在此一并致意衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 Andersson J G. Topographical and archaeological studies in the Far East. *The Museum of Far Eastern Antiquities (Aestetika Samlingarna)*, Stockholm, Bulletin, 1939, 11: 7 ~ 22
- 2 叶良辅. 北京西山地质志. 地质专报甲种本, 1号, 1920
- 3 赵希涛, 李容全. 北京斋堂地区第四纪沉积与地层. 中国科学院地质研究所集刊(第2号). 北京: 科学出版社, 1988. 112 ~ 122
- 4 傅先兰, 傅金沫, 李容全. 北京西山清水期侵蚀及其地貌环境演变. 北京师范大学学报(自然科学版), 1998, 34(1): 119 ~ 123
- 5 刘东生等. 黄土的物质成分和结构. 北京: 科学出版社, 1966. 9 ~ 22
- 6 安芷生, 卢演伟. 华北晚更新世马兰期气候地层划分. 科学通报, 1984, 29(4): 228 ~ 231
- 7 Lu Yanchou, Prescott J R, Robertson G B et al. Thermoluminescence dating of the Malan loess at Zhaotang, China. *Geology*, 1987, 15: 603 ~ 605
- 8 郭旭东, 严富华, 金增信. 北京西山的冰缘期和更新世自然环境. 冰川冻土, 1991, 13(2): 159 ~ 167
- 9 郭旭东, 严富华, 张乃娴. 东灵山若干冰缘现象的初步观察. 地质科学, 1992, (1): 100 ~ 101
- 10 Prescott J R, Robertson G B. Sediment dating by luminescence: A review. *Radiation Measurements*, 1997, 27(5/6): 893 ~ 922
- 11 Lu Yanchou, Prescott J R, Zhao Hua et al. Optical dating of colluvial deposits from Xiyangfang, China, and the relation to palaeo-earthquake events. *Quaternary Science Reviews*, 2002, 21: 1 087 ~ 1 097
- 12 崔之久, 谢又予. 论我国东北、华北晚更新世晚期多年冻土南界与冰缘环境. 地理学报, 1984, 58(2): 165 ~ 176

## DATES AND ENVIRONMENTS OF THE MALAN GRAVEL FORMATION AS THE TERRANT DEBRIS DEPOSITS ALONG QINGSHUI RIVER IN WESTERN HILLS, BEIJING

Lu Yanchou<sup>①②</sup> Wei Lanying<sup>③</sup> Yin Jinhui<sup>①</sup> Yin Gongming<sup>①</sup> Zhao Hua<sup>④</sup>  
 (① Institute of Geology, China Seismological Bureau; Laboratory of Neotectonic Chronology, Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029; ② State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075; ③ Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029; ④ Institute of Hydrogeology and Environment Geology, CAGS, Shijiazhuang 050061)

### Abstract

There are a series of the tablelands of marked relief, such as Malan tableland, Yanjia tableland, Liangjia tableland and Qinglongjianxiao tableland, in the reach of Qingshui River. These tablelands, located at tributary mouths joined Qingshui River, have been mainly composed of the gravel accumulates which are referred as the Malan gravel formation in this paper. According to the statistic data of the lithographic properties, deposition structures and topographic relief, the Malan gravel formation can be recognized as the rapid deposits transported by sub-viscous debris flow in high energy circumstance when torrent events occurred in the tributaries of Qingshui River.

IRSL (Infrared stimulated luminescence) and GLSL (Green light stimulated luminescence) dating of five samples collected from the remain of loess-like sand sediments underling the Malan gravel, thin loess-like sand interbeds near bottom, middle and top of the Malan gravel formation respectively, were undertaken by the fine grain multiple aliquot added dose and regenerative method. On the basis of IRSL and GLSL dates of the five samples, as will as  $^{14}\text{C}$  ages of three samples taken from the Holocene polygenetic soils overlying the Malan gravel formation, the beginning age of the Malan gravel accumulation is estimated as about 30 ka B.P., and the end age as 13 ka B.P. to 11 ka B.P. The Holocene polygenetic soils were developed during a period from about 8 ka B.P. to about 2.5 ka B.P.

The phytoliths assembles of nineteen samples from the upper part of the Malan gravel formation and the Holocene paleosols at two sections in the Malan tableland reveal that the arid and semi-arid steppe vegetation with the dominant components of *Artemisia* and *Chenopodiaceae* could be developed in the periglacial environment during the Malan gravel deposition. There are several kinds of periglacial phenomena, such as a periglacial involution, congelifold, ice wedges, and so on, presented in the late period of Late Pleitocene in the reach of Qingshui River<sup>[8,9]</sup>. However, the relative warm-moist forest-steppe or grass-forest vegetation took place in the epochs as the Holocene polygenetic soils formed.

**Key words** age of the Malan gravel, periglacial environment, paleao-torrent debris flow, Holocene polygenetic soils and environment