

北京平原晚第四纪堆积期与史前大洪水^{*}

袁宝印^① 邓成龙^① 吕金波^② 金昌柱^③ 吴玉书^④ PS A

(^①中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; ^②国土资源部北京地质调查所, 北京 102206;
^③中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; ^④中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要 通过北京平原地区东方广场剖面和小红门剖面第四纪地层、年代学、环境变迁、沉积相及孢粉分析等方面的研究发现, 从大约 0.1 MaB.P. ~ 22 000 aB.P., 北京平原地区形成以砂砾石沉积为主的洪积扇, 此后开始进入北京平原形成时期。22 000 ~ 12 000 aB.P., 气候干冷, 永定河水量减少, 平原沉积速率较低。进入冰后期以来, 气候逐渐温暖湿润, 永定河水量增加, 山区风化物被搬运至北京平原堆积下来。沉积以天然堤相、决口扇相为主, 沉积速率大增。8 000 ~ 4 000 aB.P., 沉积速率达到最大, 出现晚第四纪堆积期, 同时洪水频繁, 恰好与传说中的史前大洪水时期相当。3 000 aB.P. 以后, 气候向干冷转化, 永定河水量减少, 人类生产力提高, 抵御洪水能力增强, 洪水给人类造成的威胁相对降低。

关键词 北京平原 沉积速率 堆积期 史前大洪水

1 引言

永定河为海河水系较大的支流, 是塑造北京平原的主要河流。大约 0.1 MaB.P. 左右,

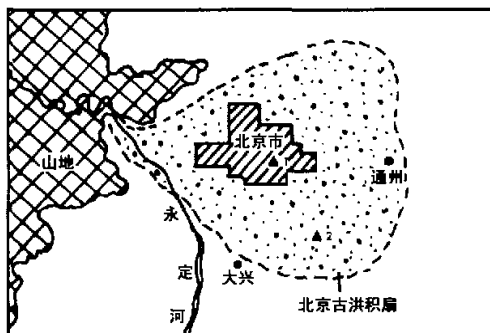


图1 研究剖面位置图

1. 东方广场剖面 2. 小红门剖面

Fig. 1 Location of the research profile

河湾古湖消失时, 在北京山前形成的洪积物。

由于新构造运动引起的溯源侵蚀, 导致北京西北山区的延怀古湖、泥河湾古湖与下游畅通, 原来短小的永定河与桑干河相连接。湖泊泄水过程中携带大量泥沙冲入北京山前地带, 广泛堆积砂砾石层, 形成较大的洪积扇。扇顶位于石景山, 扇缘可达到通州一带, 砂砾层厚度一般 30 ~ 40 m, 可以称之为“北京古洪积扇”^[1]。在王府井东方广场, 洪积扇的砂砾石层顶面位于地面以下约 12 m, 地质年龄大致 25 000 aB.P.^[2], 所以推测它们是延怀古湖、泥

第一作者简介: 袁宝印 男 64岁 研究员 第四纪地质与环境专业 E-mail: ylp168@sina.com

* 国家自然科学基金(批准号: 59890200)重大资助项目

2002-05-22 收稿, 2002-06-15 收修改稿

“北京古洪积扇”的砂砾石层之上一般堆积 10 ~ 15 m 厚的粉细砂、亚砂土、亚粘土等细粒沉积物。近年来,我们对东方广场和小红门剖面(图 1)的研究发现,洪积扇砂砾石层之上的细粒沉积是古永定河不断泛滥形成的河流沉积物。沉积速率显示在 8 000 ~ 4 000 aB.P. 为最旺盛的堆积期,同时伴随着频繁发生的大洪水过程,也许这就是传说中的史前时期大洪水形成的真正原因。

2 东方广场剖面沉积相分析与环境演变记录

北京王府井东方广场兴建过程中,在开挖地基时发现有人类活动遗迹,笔者等参加了该遗址的研究工作。剖面上部为厚 2 m 多的人工堆积,以下为厚 9.57 m 的自然沉积剖面。在剖面深 7.93 m 和 8.85 m 处发现旧石器及其它古人类活动遗迹。对剖面按 5.5 cm 间距采样,进行粒度分析和孢粉分析。

2.1 粒度及沉积相分析

图 2 为东方广场剖面粒度分析的中值粒径和分选系数随深度的变化曲线。根据岩性特征和粒度分析资料(见图 2),可对剖面沉积相从下而上做如下分析:

剖面底部 1) 9.57 ~ 9.35 m 为砂砾石层,砾石磨圆度高,属河床相沉积。钻孔资料显示,东方广场附近,该砂砾层厚约 30 ~ 40 m,在剖面附近挖掘坑中,该砂砾层可见厚度约 5 m。该砂砾层即为“北京古洪积扇”形成初期,延怀古湖和泥河湾古湖的湖水快速下泄时的产物。2) 9.35 ~ 7.81 m,包括了两个由粉砂和亚粘土组成的沉积旋回,粒度较粗,但分选较好,属滨河床相与河漫滩相沉积。3) 7.81 ~ 6.38 m,主要由若干粉砂层和亚粘土层互层组成,每一层都较薄,凡是砂层都比亚粘土层分选好。沉积物颜色偏黄,反映了较强的氧化环境,判断它的是天然堤相沉积。4) 6.38 ~ 4.18 m 是粒度最细的一段,主要由亚粘土、亚砂土组成,有时可见到棕褐色粘土层。这段沉积中可见到发育较好的水平层理,粉砂层少见,而且很薄,亚粘土、亚砂土层中可见到黄色锈斑,有大量根孔发育。粒度直方图为双峰型,反映沉积环境不稳定,水动力条件变化比较大,显示出洪水在河漫滩或平原上运行的特征,所以判断它们为泛滥平原的堆积。5) 4.18 ~ 0.73 m 以较厚的砂层为主,夹有很薄的亚粘土和亚砂土层,具有粒度较粗,分选较好的特点。本段的砂层位于泛滥平原之上,与河床相沉积已无直接联系。粒度组成较粗,厚度较大,往往每个砂层顶部都有一层较细的亚粘土、亚砂土覆盖,反映了一种突然变化的水动力条件,开始水的流速较大,并继之以缓慢水流沉积的细粒层。在河流沉积中具有这种水动力条件的沉积应是决口扇相,每个砂层都是天然堤决口后,洪水的快速堆积。由于水流速度较快,细的颗粒被带走,分选性较好。但洪水很快退走后,平原上的水流变浅,流速减缓,于是沉积了细粒层,该段至少包括了 3 次这样的过程。6) 剖面上部 0.73 ~ 0.27 m,沉积物颗粒较细,外观与黄土相同,底部含有钙质结核。岩性特征显示它们是一个风成黄土堆积层,显示河流改道,本区已脱离河流作用的范围。黄土层之上为人工堆积,最厚处可达 2 m 左右。

2.2 剖面年龄和孢粉分析及沉积速率

对东方广场旧石器遗址剖面进行了古地磁测量、 ^{14}C 和热释光年龄测定以及孢粉分

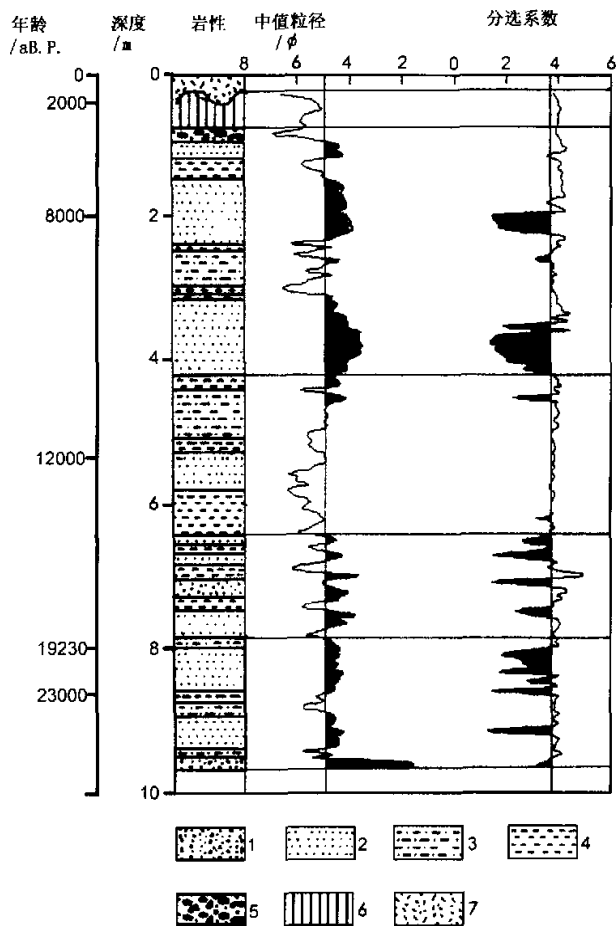


图 2 北京东方广场剖面中值粒径及分选系数变化曲线

1. 砂砾石 2. 砂 3. 亚砂土 4. 亚粘土 5. 钙质结核 6. 黄土 7. 人工堆积

Fig.1 Lithology, median diameter and sorting coefficient in the
Orient Square profile of Beijing

析¹⁾。综合这些测定结果发现:1)剖面底部 9.57 ~ 8.61 m 的孢粉组合中,藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿(*Artemisia*)、莎草科(*Cyperaceae*)花粉占相当比重,木本植物以冷杉(*Abies*)、云杉(*Picea*)为特征,反映气候冷湿。根据年龄测定综合确定深 8.61 m 地质年龄为 23 000 aB.P.,相当于末次冰期盛冰期前的冷湿气候阶段。2)8.61 ~ 4.36 m 以小灌木和草本植物花粉占优势,主要成分为蒿、藜等,反映了干冷的气候,相当于末次冰期盛冰期。在深

1) 古地磁样品由刘培测定,年代学数据由北京大学测定,吴玉书完成孢粉分析

7.92 m测得热释光年龄为 $19\,230 \pm 3\,370$ aB.P.,而在 5.43 ~ 5.36 m 存在一个古地磁极性漂移事件,可以认定其为哥德堡事件,因此确定深 5.36m 的年龄为 12 000 aB.P.。3) 4.36 ~ 0.52 m 含有丰富的花粉,乔木植物花粉占 50% ~ 94.6%,以松(*Pinus*)、桦(*Betula*)为主,反映了暖温带落叶阔叶林环境。北京地区,许多全新世剖面孢粉分析与年龄测定结果显示^[3],这个阶段相当于末次冰期后的升温期和全新世大暖期,其地质年龄大致在 2 300 ~ 10 000aB.P.。在 2.01 m 处发现一个短暂的气候降温事件,草原植被扩大,但气温又很快回升,森林植被得以恢复,该气候事件在北京地区发生在大约 7 700 aB.P. 前后^[3],因此将 2.01 m 确定年龄值为 8 000 aB.P.。4)0.52 ~ 0.25 m 为黄土状土,孢粉组合以小灌木和草本植物占优势,藜、蒿是其主要成分,显示了气候由暖湿向冷干方向发展。

通过孢粉分析,该剖面可以清楚地划分出末次冰期前的冷湿环境、末次冰期的干冷环境以及全新世大暖期的温湿环境 3 个阶段。由于北京地区末次冰期以来的孢粉分析结果已相当详细和具体,能够比较确切地给出每个环境气候阶段的年龄值^[4,5]。本文结合东方广场剖面的¹⁴C 年龄测定、热释光年龄以及相应的磁性地层学研究,大致获得了东方广场剖面 31 层的时间序列(表 1)。

表 1 北京东方广场剖面的时间序列
Table 1 Time sedimentary sequence in the Orient Square profile of Beijing

层号	底面深度/m	年龄/aB.P.	层号	底面深度/m	年龄/aB.P.
2	0.43	2 000	15	5.72	13 017
	0.63	3 000	16	6.38	14 881
3	0.88	3 906	17	6.52	15 276
4	0.95	4 159	18	6.66	15 671
	1.20	5 065	19	6.80	16 067
5	1.40	5 790	20	6.94	16 462
	2.01	8 000	21	7.32	17 521
6	2.28	8 316	22	7.45	17 903
7	2.35	8 400	23	7.81	18 919
8	2.90	9 057	24	7.92	19 230
9	3.00	9 176	25	8.35	21 552
10	3.08	9 278	26	8.61	23 000
11	4.18	10 591	27	8.69	23 696
12	4.36	10 806	28	8.84	25 000
13	5.06	11 642	29	9.24	28 478
14	5.23	11 845	30	9.35	29 435
15	5.36	12 000	31	9.57	31 348

根据表 1 给出的地层厚度及年龄值,得到东方广场剖面沉积速率变化曲线(图 3a)。从图中可以看出,沉积速率变化与气候环境状况存在明显的相关性。

自晚更新世初,泥河湾古湖和延怀古湖出口畅通,大量湖水泄入渤海。在这一过程中,永定河水量必然较现今水量大得多,流速也比现在高得多,于是在出山处形成洪积扇,以砾石沉积为主。到 22 000 aB.P. 左右,河流基本塑造出新的均衡剖面,水量也因湖水泄

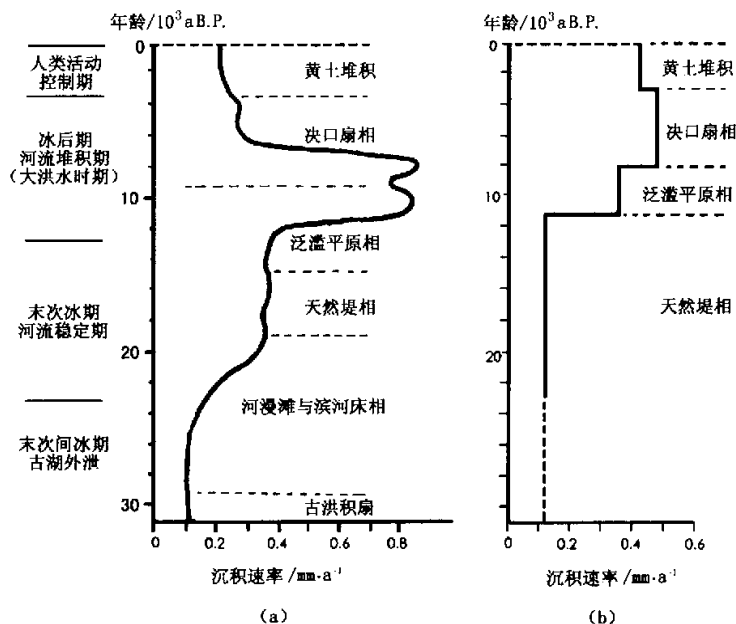


图 3 北京东方广场剖面(a)和小红门剖面(b)沉积速率变化曲线

Fig.3 Curves of accumulative rate in the Orient Square profile and the Xiaohongmen profile of Beijing

干而变小,流速降低,北京古洪积扇砾石层堆积结束,此后永定河在北京平原的堆积速率主要受气候条件的控制;22 000 ~ 12 000 a.B.P.,气候干冷,永定河水量较小,山区物理风化物质大部分堆积在当地,仅有少量进入永定河河水中,于是北京平原的堆积速率相对较小,为 0.34 ~ 0.37 mm/a;12 000 ~ 8 000 a.B.P.,为末次冰期向全新世大暖期过渡阶段,降雨增加,地表径流加大,冰期时山区积累的风化物质大量进入河道被搬运出山,北京平原堆积速率明显加大,达 0.74 ~ 0.87 mm/a;8 000 ~ 4 000 a.B.P.,虽然气候比较湿润,河水流量并未减少,但山区原有风化物质的侵蚀、搬运已达到某种新的平衡状态,使得河水搬运的物质数量明显下降,于是北京平原沉积速率降低,只有 0.28 mm/a;4 000 a.B.P.至现在,剖面为风成黄土沉积,缺乏河流沉积的记录。但从历史记录看,由于人类活动的加剧,永定河快速沉积,两岸筑起人工堤坝,使其成为地上河。

从剖面岩性特征分析北京平原的地貌发育过程。末次冰期以前,是北京古洪积扇形成时期,地面主要由粗大的砾石组成;末次冰期到来时,古洪积扇上已开始出现比较稳定的平原河流,以河漫滩相、滨河床相沉积为主,并逐渐形成天然堤;末次冰期结束,自 12 000 a.B.P.以后气候开始较暖,河水流量大增,上游侵蚀加强,北京平原的堆积速率达到最高,剖面沉积物以泛滥平原沉积为主,现今北京平原的地貌景观已基本定型,气候转型时期的快速堆积使北京平原的永定河成为加积型河流。当全新世大暖期到来时,永定河

水量达到最大,加积型的河道自然显得格外狭小,洪水时河水四溢,剖面上显示出多次决口扇相堆积,它们是大洪水的片断记录。剖面沉积相特征表明,自末次冰期结束,气候转型期开始到 4 000 aB.P.前后是河流泛滥、决口最频繁的时期,也是河流沉积速率最高和较高的时期,不妨称其为“晚第四纪堆积期”。正是这个阶段,太行山东麓山前平原洪水频频发生,可以视其为气候变化影响下出现的大洪水过程,北京平原的沉积特征是这次大洪水过程的良好记录,具有一定的代表性。

3 小红门剖面沉积相分析与环境演变记录

小红门剖面位于北京南郊小红门新华砖厂,深 14.15 m,是“北京古洪积扇”的前缘。晚更新世以来,沉积过程主要受永定河的影响,其顶部同样为风成黄土。根据剖面的岩性特征,采集样品 104 块,分别进行粒度分析和孢粉分析。

3.1 粒度及沉积相分析

首先将粒度中值按深度绘出变化曲线,以粒径中值 5ϕ (0.0312 mm) 为准画一条直线,将变化曲线分为两部分(图 4)。其中 $<5\phi$ 的部分与粉砂层有很好的对应关系, $>5\phi$ 的部分与亚粘土、亚砂土层位相对应。

根据岩性特征和粒度变化分析,将剖面划为 5 个沉积相层段,自下而上为:

第五段(14.15 ~ 11.88 m):剖面粒度最粗的部分,中值粒径最大可达到 0.45 mm ,为中粗砂沉积,砂层分选程度高,磨圆较好。剖面处于“北京古洪积扇”的前缘,水流速度减缓,只能沉积中粗砂粒径的河床沉积,故此推测该段为河床相沉积。

第四段(11.88 ~ 8.26 m):由粉砂、细砂与棕红色粘土和灰褐色亚粘土互层组成。该段的粉砂除比第五段的中粗砂细之外,在剖面上是最粗的沉积,并见有黄色锈斑。粘土和亚粘土层层理不明显,含植物残体、碳屑等。上述特征显示它们不是河床相沉积,也不同于河漫滩相,而是多次洪水过程形成的天然堤相堆积,当洪水在此漫出河床时形成较粗的粉砂沉积,形成氧化条件较好的河边高地,出现黄色锈斑。有时洪水在其它地方溢出河床,本地段的天然堤上也淹没有较浅的洪水,沉积了粘土或亚粘土,因此推测本段为天然堤相沉积。

第三段(8.26 ~ 5.56 m):剖面最细的部分,由粘土、亚粘土组成。具有成土作用现象,见钙

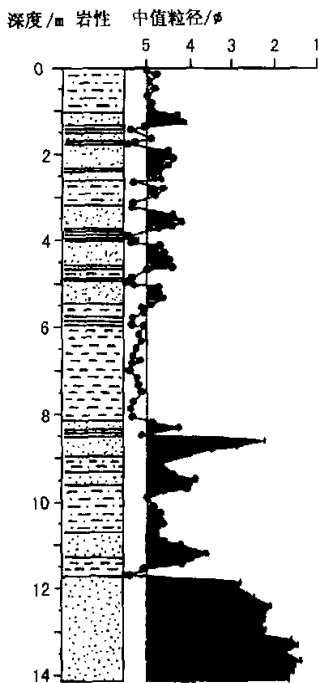


图 4 小红门剖面粒径中值变化曲线

Fig.4 Curve of median diameter in the Xiaohongmen profile of Beijing

质结核沉淀,植物根孔、虫孔较多,属泛滥平原沉积。

第二段(5.56 ~ 1.19 m):以粉砂层为主,夹有一些粘土、亚粘土薄层。本层段的粉砂层出现在泛滥平原沉积之上,粒度又比泛滥平原沉积粗,往往每个粉砂层顶部都覆有较细的亚粘土、粘土层,反映了水动力条件的突然变化,应属决口扇沉积。决口时,较快的水流流过泛滥平原,沉积了比较粗的粉砂。当洪水减退后,水流变浅,速度变缓,沉积较细的亚粘土和粘土。本段共有 7 次这样粗细韵律的变化,反映了至少 7 次决口过程。

第一段(1.19 ~ 0 m):为棕黄色亚砂土,无层理,外观类似黄土,底部见钙质结核,推测此段为风成黄土堆积。由于物质来源于不远处的河滨砂层或附近的砂土,沉积速率较高。

3.2 孢粉分析

小红门剖面的孢粉分析共获得 44 个科属的各类孢粉 17 199 粒,并划分有 5 个孢粉带,其结果可以和东方广场剖面很好的对比,为晚更新世一全新世地层。通过与东方广场和北京地区其它剖面的对比^[6],并根据剖面的孢粉带所估算出地层的时代,小红门剖面自下而上可分为 5 个演化带:

I 带(10.50 ~ 6.32 m):晚更新世中期, > 23 000 aB.P.。以乔木花粉占优势,又以松、桦为主,其次为冷杉、云杉,显示了温凉偏湿的气候环境。

II 带(6.32 ~ 4.84 m):晚更新世晚期,23 000 ~ 11 000 aB.P.。草本花粉明显增加,又以蒿、藜为主,其次为麻黄(*Ephedra*),表明这一时期针阔叶植被被草原类型植被所取代,属于气候干冷阶段。

III 带(4.84 ~ 3.74 m):早全新世,11 000 ~ 9 000 aB.P.。底部草本植物多于木本植物,向上木本植物花粉增多。反映了冰后期气温回升的过程。

IV 带(3.74 ~ 0.99 m):中全新世,9 000 ~ 2 300 aB.P.。木本植物花粉占优势,栎(*Quercus*)、榆(*Ulmus*)、胡桃(*Juglans*)、椴(*Tilia*)等阔叶植物比较多,反映了气候比较温暖的针阔叶林植被,相当于中国北方的全新世大暖期。

V 带(0.99 ~ 0 m):晚全新世,23 000 aB.P. ~ 现在。松—桦—栎花粉带,但蒿、藜、麻黄等草本植物花粉比 IV 带增多,说明植被仍属针阔叶林,但气候偏干,相当于全新世晚期的亚大西洋气候期。

根据上述孢粉分带及其年龄值,计算了小红门剖面沉积速率变化曲线(图 3b),可见小红门地区永定河沉积速率的变化趋势与东方广场剖面相当一致,从而印证了东方广场剖面沉积速率变化具有一定的代表性,应当反映晚第四纪时期北京山前平原的普遍堆积过程。但是,由于小红门剖面比东方广场剖面距山区较远,沉积速率总体上比后者偏低。

4 讨论与结论

东方广场剖面 and 小红门剖面沉积速率变化过程的一致性(见图 3),说明末次冰期结束后,气候转型时期雨量增多,冰期时山地风化物质被大量搬运至山前平原堆积下来。堆积过程必然伴随着洪水与河流泛滥,剖面沉积相特征对此提供了比较清晰的证据。堆积速率最高和较高的时期在 12 000 ~ 4 000 aB.P. 左右,河流泛滥决口最多的时期大致在 8 000 ~ 4 000 aB.P.,而这个阶段正好是末次冰期后,人类文化的大发展时期,农业文明

出现,人类生存更多地依赖于气候环境。频繁的大洪水摧毁了农业生产,众多的先民失去生命,给人类历史留下深刻的印记。在没有文字的时代,他们以口头方式流传着大洪水可怕的形象。在大约 4 000 aB.P.左右,北京地区的农业生产已有一定规模,人类文明由原始社会向奴隶社会转化,社会组织更加严密,生产力已发展到能够组织人力、物力抵御洪水灾害,“大禹治水”就是这个阶段历史事实的概括,大禹只不过是这个时期组织民众抗击洪水的代表人物。

3 000 aB.P.左右,气候开始朝干冷方向转化,河水流量减少,洪水泛滥次数也应有所降低。同时人类社会生产力日渐提高,抵御洪水的能力大为增强,河流两旁筑起堤坝,水利灌溉工程日趋完善,洪水灾害可怕程度逐渐降低。实际上远在大禹治水以前,从 8 000 aB.P.开始,大洪水已盛行于华北山前地区,只不过那时人类活动范围还不够广,洪水给人类造成的灾害相对较小。也可能当时还没有出现领导民众抵御洪水的领袖人物,在人类历史上没有留下痕迹。根据东方广场和小红门两个剖面的晚第四纪北京平原沉积记录以及相应的讨论和思考,可以提出以下基本认识:

(1) 晚更新世初泥河湾古湖和延怀古湖的消失,使大量湖水携带泥砂通过永定河进入北京山前地带,形成“北京古洪积扇”。

(2) 末次冰期时,永定河水量减少,搬运能力下降,大量风化物质积累在山区,北京山前平原堆积速率不高,但奠定了北京平原的雏形。

(3) 末次冰期后气候转型时期和全新世大暖期,永定河水量增加,搬运能力加强,携带大量泥沙堆积于北京平原,可称之为“晚第四纪堆积期”。

(4) “晚第四纪堆积期”北京平原堆积盛行,伴随发生频繁的洪水,“大禹治水”传说只是这一洪水过程末期的人类历史传说。

(5) 人类文字历史时期,一方面气候向干冷转变,河流水量减少,平原堆积速率降低,洪水频率也下降,另一方面人类抵御洪水的能力加强,因此再没有出现“晚第四纪堆积期”时的大洪水。

上述看法只是根据北京平原的沉积记录获得的一些初步认识,如果能对黄河下游开展类似的研究工作,也许会获得更为深刻和确切的结论。

参 考 文 献

- 1 袁宝印,吕金波. 北京平原之形成. 见:卢滨俦,高维明,陈国星等编. 新构造与环境. 北京:地震出版社,2001. 136 ~ 143
- 2 夏正楷,郑公望,岳升阳等. 北京王府井东方广场工地旧石器文化遗址地层和古地貌环境分析. 北京大学学报(自然科学版),1998,34(2/3):387 ~ 391
- 3 周昆叔. 北京环境考古. 第四纪研究,1989,(1):84 ~ 94
- 4 周昆叔,严富华,梁秀龙等. 北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义. 地质科学,1978,(1):57 ~ 64
- 5 施雅风,孔昭宸,王苏民等. 中国全新世大暖期气候与环境的基本特征. 见:施雅风,孔昭宸主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京:海洋出版社,1992. 1 ~ 18
- 6 李华章. 北京地区第四纪研究. 北京:地质出版社,1995. 1 ~ 162

A LATE QUATERNARY ACCUMULATION PERIOD AND THE PREHISTORIC FLOOD IN BEIJING PLAIN

Yuan Baoyin^① Deng Chenglong^① Li Jinbo^② Jin Changzhu^③ Wu Yushu^④

(^①*Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;*

^②*Beijing Geological Survey, The Ministry of Territory and Resource, Beijing 102206;*

^③*Institute of Vertebrate Palaeontology and Palaeoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;*

^④*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)*

Abstract

The Orient Square section and Xiaohongmen section in Beijing were studied in detail, and a accumulation picture of Beijing Plain is obtained. From 0.1 Ma to 22 000 a B.P., an alluvial fan consisting of gravel was formed in front of the Beijing mountain region. After that, Beijing Plain began to enter into its formation stage. From 22 000 a B.P. to 12 000 a B.P., the Beijing climate was dry and cold, so the water quantity of the Yongdinghe River reduced, and then the accumulated rate of Beijing Plain lowered. As a postglacial age came, the Beijing climate became warm and wet, weathering fragments formed in that glacial age were moved from the mountain region into Beijing Plain. The sediments formed are mainly of levee facies and burst fan facies. The accumulated rate obviously increased. From 8 000 a B.P. to 4 000 a B.P., an accumulation period with the maximum accumulation rate came as great flood occurred frequently. This period is just corresponding to the Prehistoric Flood in legend. After 3 000 a B.P., the climate again became dry and cold. At the same time the water quantity of the Yongdinghe River reduced again, but the human productivity raised and the ability for human to resist flood strengthened, although flood threats became relatively lower compared with the Prehistoric Flood.

Key words Beijing plain, accumulate rate, accumulation period, Prehistoric Flood