

北京平原 30,000 年来的古地理演变

赵 希 涛

孙 秀 萍

(中国科学院地质研究所, 北京)

(北京师范大学地理系)

张 英 礼

黄 兴 根

(国家地震局地震地质大队, 北京)

摘 要

本文根据地貌、沉积层序、动植物化石及其所反映的古气候, 以及 ^{14}C 年代测定结果, 将北京平原地区晚第四纪地层划分为六个层段, 并较详细地记述了 30,000 年来本区古地理演变的历史及各地理要素之间的相互作用。

长期以来, 北京平原地区的第四纪地质与古地理研究, 一直得到人们的重视, 并取得了长足的进展^[1-2]。20 年来, 作者对北京的地貌、沉积地层及其年代, 以及地壳运动等方面做了较多的联系生产的研究工作, 取得了较丰富的实际资料。本文从地理环境是一个有机的整体, 各因素互相影响、互相制约、对立统一, 和现今的地理环境是历史发展的必然结果等观点出发, 分析与综合了本区 30,000 年来古地理各主要组成部分的演变历史及其相互作用。

一、地貌类型

北京平原位于华北大平原的西北缘, 西、北及东北三面分别为太行山、军都山和燕山及其支脉所环绕。北京平原是由从这些山脉流出的永定河、潮白河、温榆河、拒马河、大石河及洹河等大小河流及支沟联合作用堆积而形成的。从山麓到平原, 北京平原可以分成如下几个地貌类型(图 1)。

1. 残丘

在北京西山、北山向山前平原的延伸部分, 有一系列海拔 50—200 m 的基岩残丘。它们的面积一般仅几平方公里至十几平方公里。由于长期风化剥蚀, 故山顶圆浑, 山坡平缓, 有基岩风化壳发育与坡积碎石及黄土状物质堆积。

2. 坡积裙

在基岩山地向平原过渡的山麓地带, 广泛分布着第四纪不同时期形成的坡积裙, 有全新世碎石与细土, 晚更新世类黄土夹碎石, 中更新世微红色类黄土夹碎石, 局部地区坡积物下还有残留的基岩风化壳。在某些地势较平坦地段, 有时能保存不甚典型的灰黄色马兰黄土及浅棕黄色含埋藏土壤层的离石黄土。

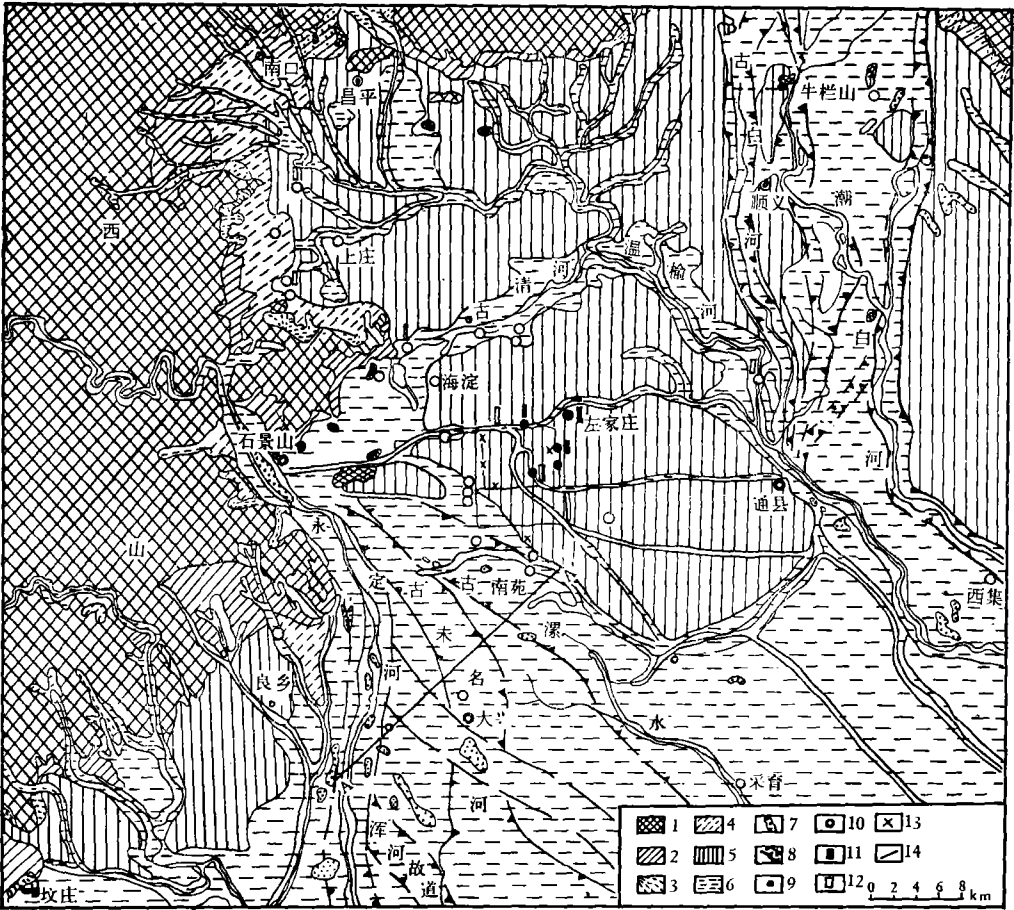


图 1 北京平原地貌类型图

1. 基岩山地与残丘； 2. 洪积台地； 3. 洪积扇； 4. 洪积扇缘洼地； 5. 冲积台地； 6. 冲积平原；
7. 沙丘与沙地； 8. 古河道； 9. 晚更新世 ¹⁴C 样品地点； 10. 全新世 ¹⁴C 样品地点； 11. 晚更新世孢粉地点； 12. 全新世孢粉地点； 13. 晚更新世哺乳动物化石地点； 14. 图 2 剖面线。

3. 洪积台地、洪积扇及其前缘洼地

在由山地流向平原的小河与沟谷出口处，广泛发育着上新世以来形成的几级洪积台地与近代洪积扇。如在南口虎峪地区，不仅发育有中、晚更新世形成的两级洪积台地，全新世早中期与现代两期洪积扇，甚至还有龙虎台、红泥沟等处成片的全新世洪积扇的残余堆积物。晚更新世时期形成的洪积台地，几乎分布于所有山麓小河与沟谷出口处。这些台地在近山部分大多由粗大的砂砾石夹少量黄土状物质组成。砾石分选、磨圆较差，离山愈远，砾石变细，分选、磨圆变好，砾石层厚度变薄，砂土物质厚度加大。近代洪积扇往往包括全新世早中期与晚期两期，也有的是全新世以来一直连续发育的一期。在近山麓地带，全新世晚期发育的洪积扇表面因经常受洪水影响故植被不发育，而全新世早中期发育的洪积扇表面，已多被农业利用。在近代洪积扇前缘的地下水溢出带，以粘性土为主，地面低洼，地层中往往发育泥炭或有机质淤泥。

4. 冲积台地

永定河、潮白河、温榆河等较大河流，是构成北京平原沉积物的主要输送者。这些河流大

多由西北流向东南,少数由北向南或东北向西南,形成了大小不等的一系列冲积扇. 这些冲积扇互相连接,形成了面积达数千平方公里的冲积平原. 地层中所含动、植物化石及 ^{14}C 样品的年代测定结果,证明它们是晚更新世晚期形成的. 由于后期河流的下切与侧蚀,这些冲积扇已变成冲积台地. 北京平原的主要冲积台地有永定河冲积台地、潮白河冲积台地和温榆河冲积台地. 此外,还有拒马河、大石河、洹河等冲积台地,但面积较小.

5. 古河道

本文所指的古河道,系指古代的永定河、潮白河等河的河道,现已迁走或只留下一些与宽广谷地很不相称的断头小河者,它们往往连水系也发生了变化(图 1, 2)^[22].

6. 冲积平原

在北京城区以南与东南,永定河、温榆河与潮白河以及它们的古河道,在切过冲积台地之后,将其沉积物在台地外围堆积下来,联合形成了宽广的近代冲积平原. 该冲积平原西北部顶点为永定河出山口处石景山附近. 在东北部,该冲积平原与相当宽广的潮白河谷地连为一体. 该平原向东南方向展开,前缘界线已伸出北京市. 该平原地表低平 ($<1\text{‰}$),河道曲折,故河道易于变迁,洪水泛滥后,形成若干沙丘与洼地,其中沙丘呈长条状分布,多达 6—7 条.

在上述堆积地貌类型中,除面积十分有限的上新世及中更新世洪积物与残坡积物所组成的地貌类型以外,其它地貌类型均可归属于如下两大地貌面:(1)晚更新世晚期的洪积台地与冲积台地;(2)全新世洪积扇及其前缘洼地、冲积平原、古河道及现代河谷. 由于前一地貌面

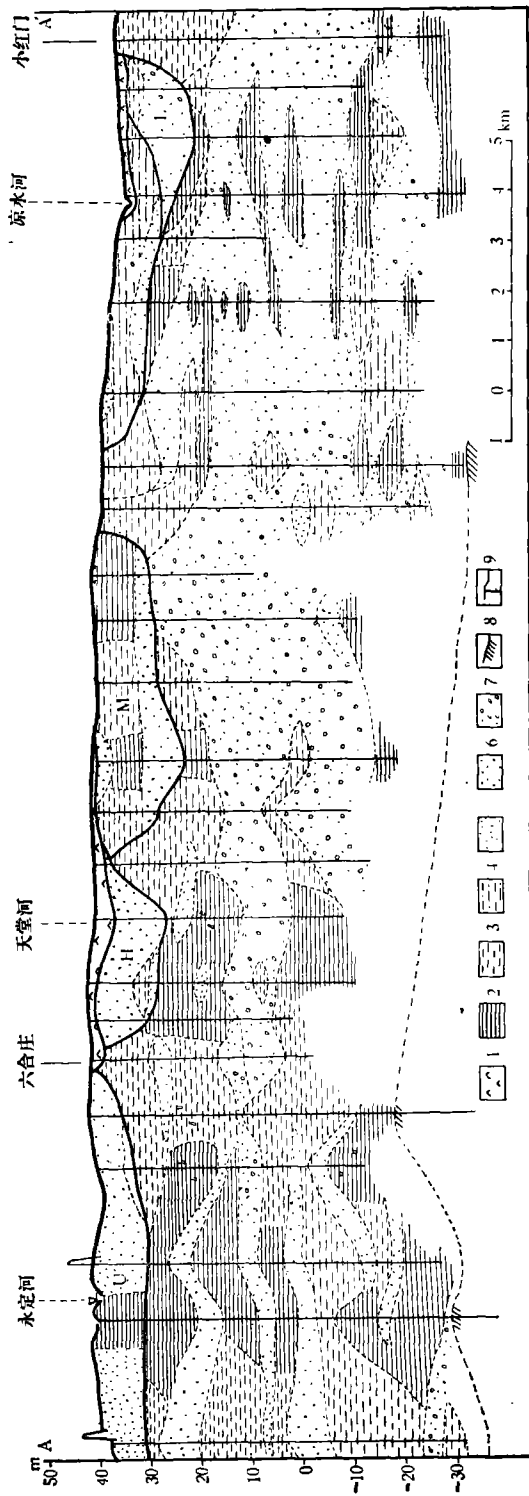


图 2 六合庄—小红门地质剖面图

1. 人工填土; 2. 粘土; 3. 亚粘土; 4. 亚砂土; 5. 粉砂; 6. 砂; 7. 砂砾; 8. 基岩; 9. 钻孔; U. 永定河; H. 浑河故道; M. 古未名河; L. 古凉水.

坡度较大,故与后一地貌面的高差由山麓向平原逐渐减少,最后终于倾伏于后者之下。

二、地 层 年 代

根据组成不同地貌类型的沉积物的岩性特征与层序,各沉积地层中所含丰富的哺乳动物与其它动植物化石^[22,81]及孢粉(图 3),特别是在地层中所采集的大量 ¹⁴C 样品的年代测定结果(表 1),现将北京平原晚第四纪地层划分为六个层段。

1. 第一段(距今 30,000—23,000 年)

分布于洪积台地与冲积台地的下部。如在永定河冲积台地,该段地层位于地面之下大约 8—12 m 左右,沉积物以河流相砂砾石为主,有时夹灰色粘性土。本层中所发现的哺乳动物化石均属晚更新世披毛犀(*Coelodonta antiquitatis*)—猛犸象(*Mammuthus primigenius*)动物群的主要成员^[22]。孢粉分析表明,当时古植被为以云杉(*Picea*)、冷杉(*Abies*)为主的针叶林,如太

表 1 北京平原 ¹⁴C 样品年代测定结果

地貌类型	编 号	地 点 与 层 位	试 料	¹⁴ C 年代* (距今计年)	文 献
冲 积 台 地	ZK578	通县平壤,地下 60 m	炭屑	>40,000	[15]
	CG 40	东城区雅宝路地下 12 m	木头	>32,000	[22,6]
	ZK237	北京饭店,地下 13 m	木头	29,300±1,350	[11]
	CG35	北京饭店,地下 13 m	木头	26,020±490	[10]
	ZK610	安定门,地下 6.35—6.48 m	淤泥	21,330±500	[15]
	ZK782B	安定门,地下 6—6.3 m	亚砂土	22,460±1,200	本文
	ZK782A	安定门,地下 5.5—5.68 m	亚粘土	24,400±1,200	本文
	ZK104	太阳宫,地下 4—4.2 m	淤泥	19,210±320	本文
	ZK889	东直门,地下 5 m	木头	17,070±300	本文
	ZK575	清河洼里,地下 1.7—2 m	淤泥	15,390±1,200	[15]
洪 积 扇 及 其 前 缘 洼 地	ZK606	房山长沟坟庄,地下 12—12.2 m	泥炭	22,700±1,200	[15]
	ZK595	坟庄,地下 8.52—8.7 m	泥炭	17,900±600	[15]
	ZK594	坟庄,地下 7.7—7.75 m	泥炭	13,100±200	[15]
	ZK593	坟庄,地下 6.84—6.89 m	泥炭	11,850±200	[15]
	ZK513	坟庄,地下 4.5—5 m	泥炭	10,750±150	[15]
	ZK592	坟庄,地下 4.74—4.79 m	泥炭	10,120±150	[15]
	ZK512	海淀高里掌,地下 4.65—5.8 m	泥炭	9,930±150	[15]
	ZK574	高里掌,地下 3—3.6 m	泥炭	8,980±120	[15]
	ZK605	高里掌,地下 2.6 m	泥炭	3,410±110	[15]
	GC255	海淀前沙涧,地下 2.5 m	泥炭	2,700±140	1)
	GC254	前沙涧,地下 2 m	泥炭	1,400±100	1)
	CG119	海淀辛力屯,地下 1.9—2.2 m	泥炭	1,750±150	[15]

表 1 (续)

地貌类型	编 号	地 点 与 层 位	试 料	¹⁴ C年代* (距今计年)	文 献
古 河 道	ZK214	海淀上庄,地下 5 m	木头	9,530±230	本文
	BK77040	清河仓营,地下 4 m	木头	7,220±110	[16]
	ZK511	清河洼里,地表	淤泥	5,460±100	[15]
	CG197	平谷韩屯,地下 1.8—2.2 m	淤泥	5,280±105	[15]
	CG196	韩屯,地下 0.8—1.2 m	淤泥	2,280±105	[15]
		通县尹各庄,地下 1.7 m	木头	4,990±120	[7]
	CG210	顺义西府北,地下 1.8—2.6 m	泥炭	4,730±115	[15]
	CG209	西府北,地下 1.4—1.8 m	泥炭	3,490±110	[15]
	ZK615	朝阳垡头,地下 4.5—5.05 m	淤泥	4,685±100	[22,15]
	ZK614	右安门鹅凤营,地下 4.3—4.7 m	淤泥	4,530±90	[22,15]
	CG208	怀柔桃山,地下 5.8—6.2 m	泥炭	4,510±110	[15]
	CG207	桃山,地下 5.2—5.6 m	泥炭	3,530±110	[15]
	ZK613	左安门首都洗染厂,地下 7—7.8 m	淤泥	4,420±90	[22,15]
	ZK596	丰台老庄户,地下 4.8—5 m	泥炭	4,340±90	[15]
	ZK611	广安门二热电站,地下 4.30—4.7 m	淤泥	3,595±100	[22,15]
	ZK508	海淀玉泉山南,地下 4 m	泥炭	3,170±130	[15]
	CG203	顺义下坡村,地下 5.7—7.5 m	泥炭	2,710±105	[15]
	CG202	下坡村,地下 4.9—5.7 m	泥炭	2,530±100	[15]
	ZK509	海淀肖家河,地下 1.85—4.41 m	泥炭	2,125±90	[15]
	CG214	平谷东高村,地下 4—4.5 m	淤泥	2,110±95	[15]
	CG201	平谷普贤屯,地下 4.3—5.1 m	淤泥	1,725±105	[15]
	CG200	普贤屯,地下 3.5—4.3 m	淤泥	1,410±95	[15]
	BK77047	二热电站,地下 5 m	木头	1,620±90	[16]
	BK77048	永定门外大红门,地下 5 m	木头	1,420±85	[16]
	BK75053	紫竹院公园,地下 6.5 m	木头	1,390±80	2)
	BK77045	西便门白云观,地下 5.5—6 m	木头	1,290±85	[16]
冲 积 平 原	CG-	大兴县城北,地下 3.2—4 m	钙质结核	9,895±125	本文
	BK77046	通县西集,地下 15.5—16 m	木头	8,250±125	[16]
		大兴采育,地下 5.6 m	木头	8,120±177	3)
	ZK658	通县小甸屯,地下 5.05—5.2 m	淤泥	7,290±130	[11]
	ZK616	南苑,地下 7.8—8.4 m	淤泥	4,245±90	[15]

* ^{14}C 半衰期多为 5,730 年,其中编号为 GC 者为 5,568 年.

1) 中国科学院地球化学研究所, ^{14}C 年代数据汇编, 1979.

2) 北京大学历史系考古专业 ^{14}C 实验室测定.

3) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 ^{14}C 实验室测定。

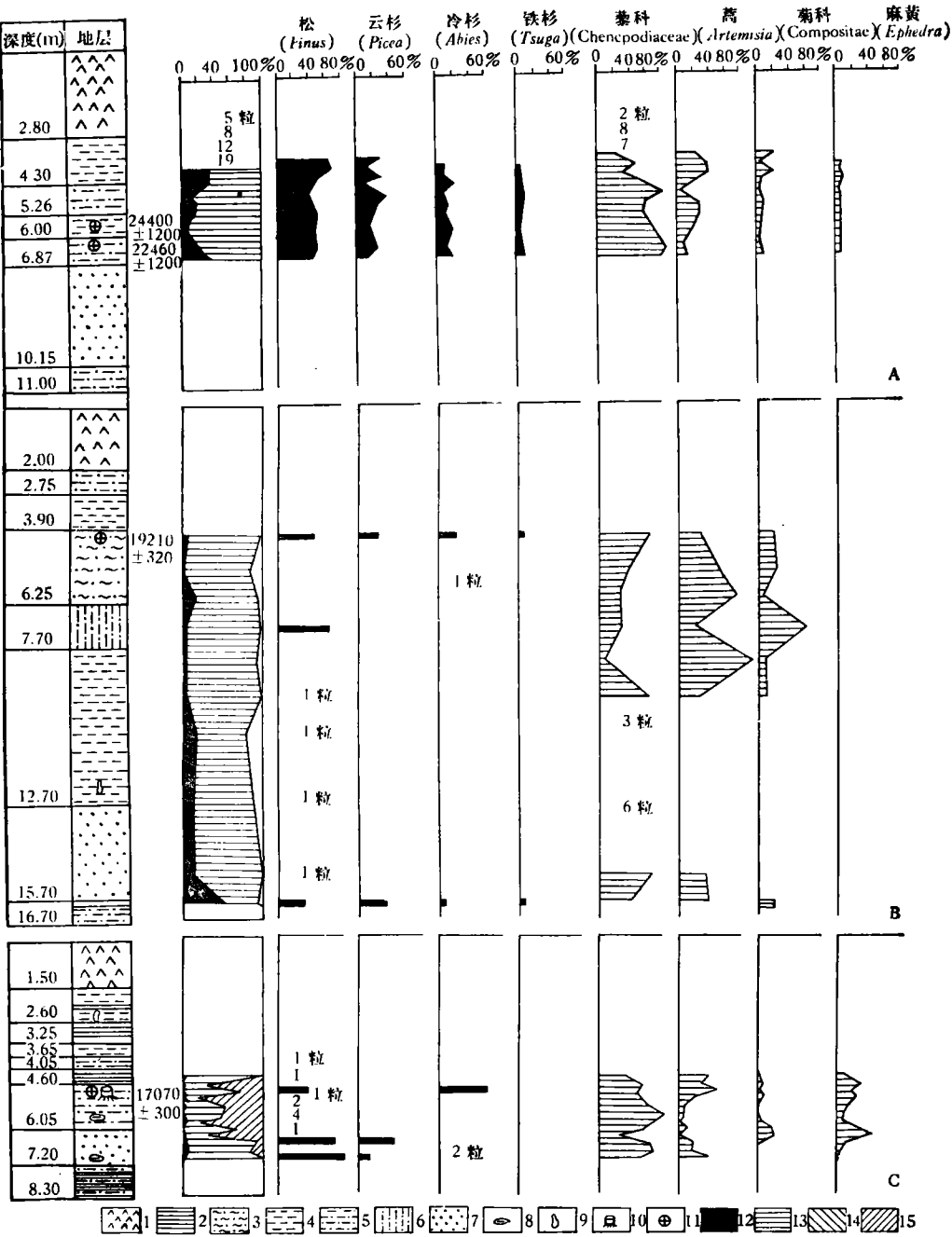


图 3 北京安定门(A) 太阳宫(B) 和东直门(C) 三剖面的孢粉谱

1. 填土； 2. 粘土； 3. 淤泥； 4. 亚粘土； 5. 亚砂土； 6. 黄土状土； 7. 砂； 8. 粘土砾石；
9. 钙质结核； 10. 木头； 11. ¹⁴C 样品； 12. 木本花粉； 13. 草本花粉； 14. 孢子； 15. 藻类。

阳宫剖面 10 m 处(图 3) 及乐新居剖面 8.19—11.63 m 段^[9]。

2. 第二段(距今 23,000—15,000 年)

分布于洪积台地与冲积台地表层, 及洪积扇前缘洼地全新统下伏地层的下部。 在永定河

冲积台地,为地表至深 8 m 左右,沉积物以河湖相亚砂土、亚粘土和粘土为主,植被为草原以至荒漠草原,如安定门与太阳宫剖面,为以藜 (*Cenopodiaceae*)、蒿 (*Artemisia*) 为主的草原;东直门与积水潭剖面,为以蒿、藜为主的草原;乐新居剖面,为以蒿、菊 (*Compositae*) 为主的草原等(图 3)^[9]。这些剖面中,均含有少量的松 (*Pinus*)、云杉等木本植物花粉。

3. 第三段(距今 15,000—10,000 年)

主要见于洪积扇前缘洼地全新统下伏地层的上部。在坟庄剖面地表下 4.7—7.7 m 处,沉积物主要是沼泽相泥炭、淤泥层,植被为以云杉、落叶松 (*Larix*) 为主的针叶林及椴 (*Tilia*)、桦 (*Betula*)、栎 (*Quercus*) 为主的落叶阔叶林^[17]。

4. 第四段(距今 10,000—7,500 年)

分布于洪积扇及其前缘洼地、古河道及冲积平原的下部。地层埋藏深度随地貌部位而变化,在洪积扇前缘洼地,一般仅 2—6 m,在古河道或冲积平原,一般为 6—12 m 或更多。沉积物以河流相砂、亚砂土、亚粘土为主,夹沼泽相泥炭层或有机质淤泥层。孢粉分析表明,当时植被已由落叶阔叶林退缩,再次被以蒿、菊为主的草原所代替,山区或山麓仍有松及云杉、冷杉等组成的针叶林^[17,19]。

5. 第五段(距今 7,500—2,500 年)

分布于洪积扇及其前缘洼地、古河道和现代河道及冲积平原的近地表部分。除近山口段沉积物较粗外,粒度一般较细,以亚砂土、亚粘土与粘土为主。在洪积扇前缘洼地及古河道中,沼泽相泥炭、淤泥层十分发育,有的成为良好的泥炭矿层。孢粉分析表明,当时植被为以栎、榆 (*Ulmus*) 及松为主的落叶阔叶林或针阔混交林,特别在前半期,阔叶树种占优势,末期

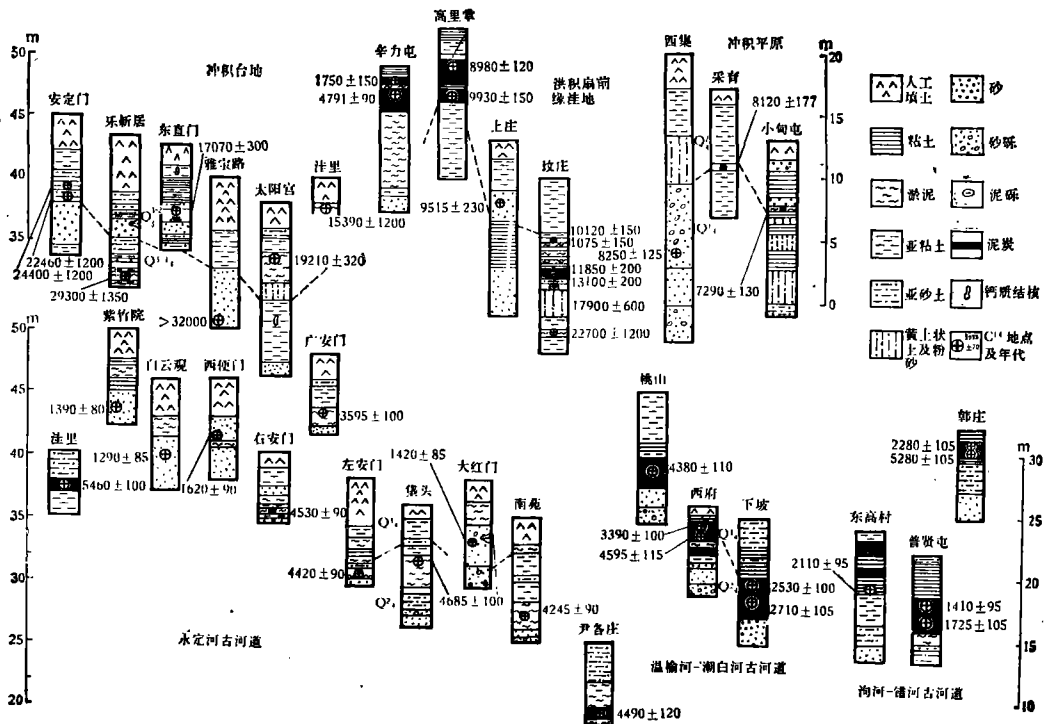


图 4 北京平原晚第四纪地层剖面对比图

松属增加^[17,19]。

6. 第六段(距今 2,500 年以来)

分布于洪积扇及其前缘洼地、古河道、现代河道及冲积平原的表层。沉积物以砂砾、砂、亚砂土、亚粘土为主, 离山愈远, 粒度愈小。泥炭层很少, 仅见于该段地层下部。孢粉分析表明, 植被为以松为主的针叶林或针阔混交林, 蒿、藜、菊等草本植物比重明显增加^[19]。

至此, 可将组成北京平原的若干典型沉积剖面进行对比(图 4)。

三、古地理演变

根据上述资料, 现将北京平原 30,000 年来的古地理演变的历史及其机制简要叙述如下(图 5):

1. 距今 30,000—23,000 年时期

为晚玉木冰期的前期, 气候冷湿。在北京平原及邻近山区, 覆盖着以云杉、冷杉为主的针叶林, 并有披毛犀、猛犸象等喜冷动物生长其间。对比含云杉、冷杉等针叶林孢粉地点与现今同类植被分布地点的海拔高度与生态环境, 可知当时年平均气温约比现今北京平原年平均气温 11.8℃ 低约 7—8℃。由于水量充足, 植被覆盖率较高, 故泥沙来量较少而河流的搬运能力较强, 故二者处于相对平衡状态。因此, 在近万年的时间内, 仅在现今冲积台地上堆积了厚约 4 米的沉积层, 且多为粗大的砂砾沉积, 细土物质较少。

2. 距今 23,000—15,000 年时期

为晚玉木冰期最盛期, 气候寒冷而干燥。本区植被为以蒿、藜为主的草原, 局部时段甚至为荒漠草原, 仅在邻近山区有零星针叶植物生长。动物群仍为猛犸象—披毛犀动物群, 但化石数量不及上一时期多。由于气候干冷, 植被稀疏, 故机械风化与寒冻风化十分强烈, 在四周山区产生了大量的碎石物质, 也从广大西北内陆地区吹来较多的尘土物质——黄土, 加之当时河流量减少, 故河流的搬运能力远不足以搬走进入河流的泥沙, 从而产生了旺盛的堆积作用。在这近万年的河流加积时期, 不仅在北京山区形成了著名的马兰砾石层上部, 并在后期的河流切割下形成了著名的气候阶地——马兰阶地^[23-25], 而且在平原上形成了一系列洪积扇和宽广的冲积扇的主体。在永定河冲积扇, 其上部 8 m 左右为此时期形成。从冲积扇表面坡度达 2‰, 远较现今冲积平原为大的情况看, 当时的堆积作用相当旺盛。尽管当时海平面大幅度下降, 在 15,000 年前达 -150—-160 m 之多^[26], 但因当时海岸线推进到黄海大陆架的外缘, 与本区直线距离远达 1,000 km 以上, 故基面的下降并未对本区河流的活动带来明显的影响。

3. 距今 15,000—10,000 年时期

为晚玉木冰期晚期, 气候转暖, 冰消作用迅速进行, 湿度增大。北京平原及邻近山区重新覆盖以松、云杉、冷杉为主的针叶林或森林草原。由于风化岩屑来源减少, 河流的径流量增加, 加之海面下降所引起的溯源侵蚀的影响已到达本区(尽管当时海面已由 15,000 年前的一 150—-160 m 迅速回升到 10,000 年前的一 30—-40 m), 因此, 河流的搬运能力开始超过来沙量, 从而发生了大规模的侵蚀作用。上一时期形成的洪积扇与冲积扇被河流深深切割达 10—20 m 或更多, 从而变成了洪积台地与冲积台地。这些新形成的河流, 就是前述的古河道。在这一侵蚀作用为主的时期, 堆积作用仅在河流与沟谷出山口附近的近代洪积扇及其前缘洼地所在部位上进行, 局部积水洼地处有少量泥炭层发育。

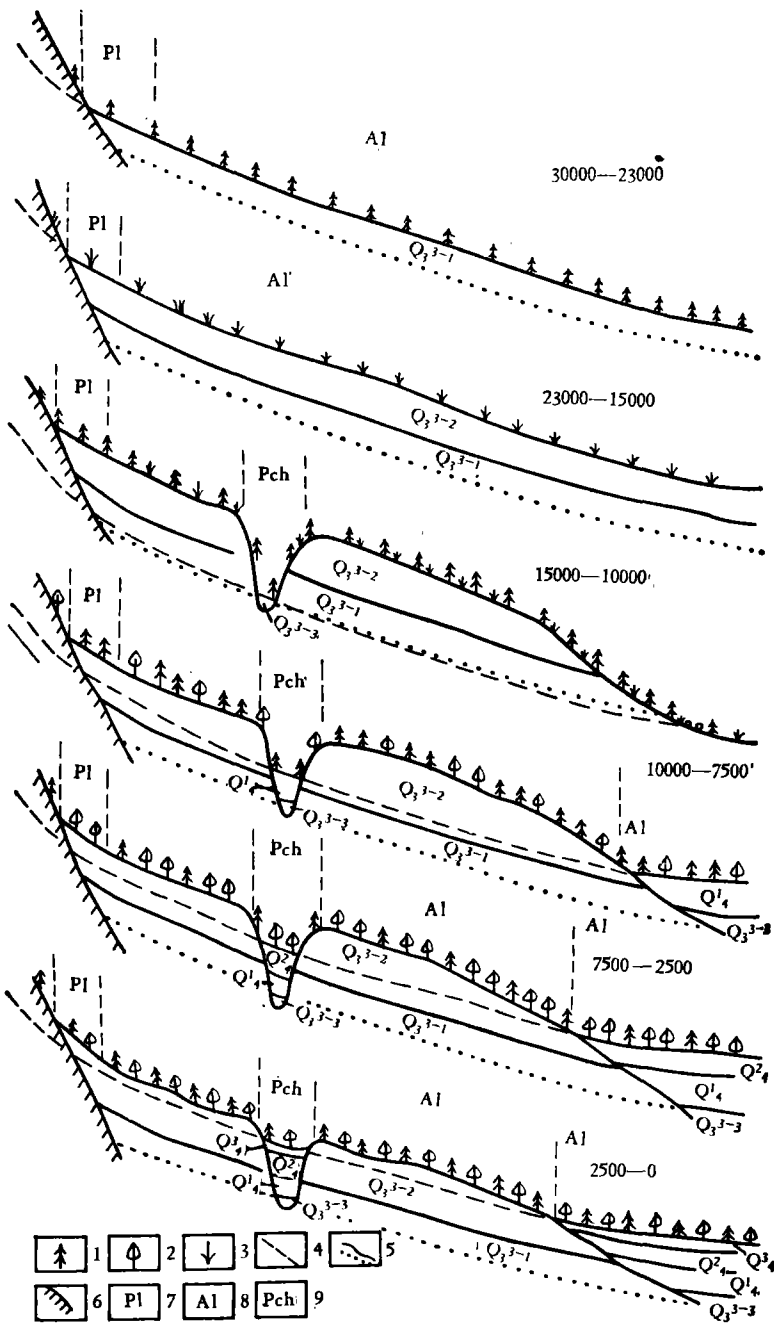


图 5 北京平原 30,000 年来古地理演变示意图

1. 针叶树; 2. 落叶阔叶树; 3. 草本植物; 4. 河流纵剖面; 5. 地层界线; 6. 山区;
7. 洪积扇与洪积台地; 8. 冲积平原与冲积台地; 9. 古河道。

4. 距今 10,000—7,500 年时期

全球性冰川作用已经消退,本区气候也已回暖。在温和与较湿润的气候下,本区生长着以松为主的针叶林或针阔混交林,有时有以蒿、藜、菊为主的草原。当时海面已从 -30—-40 m

处回升到现今海面附近¹⁾。河流的来沙量与它的搬运能力在新的条件下达到了新的平衡,在冲积台地中下切的河流已形成了稳定的河道,并堆积着河床与河漫滩相沉积,在牛轭湖与洪积扇前缘洼地中发育了较多的泥炭层。在冲积台地外围,近代冲积平原已开始形成。

5. 距今 7,500—2,500 年时期

气候温暖潮湿,特别前半期最为适宜,故称“气候最宜时期”。在暖湿的气候下,本区植被繁茂,生长着栎、桦、落叶松等落叶阔叶林或针阔混交林,河流水量丰沛,水网密布。海面波动在现今海面上下^[27]。侵蚀基面的上升使河床相应抬高。在本区,近代洪积扇、冲积台地中的河流与冲积平原继续发育,河流比降的减少有利于曲流的发育。在气候、水、植被等条件都相当适宜的条件下,泥炭层在河流的牛轭湖及洪积扇前缘洼地中普遍发育。

6. 距今 25,00 年以来时期

气候较上一时期凉爽和稍干。本区植被为以松为主的针阔混交林。泥炭层的发育因气候变干,水域面积缩小,特别是人类活动的影响而逐渐停止。海平面在微波动中总体略有下降^[26]。在潮白河这类泥沙来源不十分充足而其流经地区地壳在总体下沉中具有相对微弱抬升的地段,河流保持稳定,甚至略有下切,故在河谷中形成了3—5 m的一级河流阶地。而在泥沙来量巨大的永定河,特别是历史时期人类的生产活动与战争对上游山区植被的破坏,使水土流失现象日益严重,故上游来沙量剧增,而基面的微小下降又不足以带走全部来沙,故永定河冲积台地上的一系列河流日渐淤塞,改道。十七世纪初,永定河改走今道,1698年筑堤并命名。短短的300年左右,永定河已成地上河。永定河泛滥的泥沙,不仅与潮白河、温榆河一北运河等共同形成了北京东南面广大冲积平原,且其决口时堆积在平原上的泥沙,还常常改造成沙丘。因此,在研究地理环境变迁时,不仅要看到各自然因素的相互影响,相互制约,而且要看到人类活动的巨大影响。

四、结 论

从以上古地理演变的历史与原因分析中可以看出:

1. 全球性气候变化是北京平原古地理变迁的主因,同时,本区所处的地理位置(暖温带山前平原,离海有一定距离等),以及地壳总体下沉中相对稳定或微微抬升等原因,使本区古地理变迁既与全球性变迁史大体一致,同时又有不同于其他地区的特点。

2. 自然环境各要素是彼此联系,相互制约的,同处于一个有机的整体之中。气候冷暖、干湿的变化,影响植被的发育与风化作用,并通过河流量、泥沙来量影响河流的侵蚀、搬运与堆积,进而影响地貌的发育。冰期、间冰期的气候变迁造成了全球性海面的升降。随着侵蚀基面的变化,也间接影响河流的侵蚀与堆积。必须指出,人类活动不仅直接改变地理面貌,而且通过植被等因素的变化,给自然环境带来重大的影响,应引起足够的重视。

李华章、朱祖希和焦振兴分别参加过永定河古河道与晚第四纪地层研究,严富华、孔昭宸、杜乃秋及降廷梅协取分析孢粉样品,中国社会科学院考古所与国家地震局地质所¹⁴C实验室协取测定¹⁴C样品的年代,在此一并致谢!

1) 有的文献根据金鱼胡同鲸骨“化石”的发现,推论古或早全新世海侵曾波及北京^[13,14],作者另有专文讨论北京平原是否遭受全新世海侵问题。

参 考 文 献

- [1] 叶良辅,北京西山地质志,地质专报甲种一号,1920.
- [2] 侯仁之,北京大学学报(自然科学),1955,1: 139—165.
- [3] 胡长康,古脊椎动物与古人类,1(1959),41—42.
- [4] 周昆叔,中国第四纪研究,4(1965),1: 128—140.
- [5] 张青松等,地理集刊 10 号(地貌),1976,71—82.
- [6] 中国科学院地质研究所 ^{14}C 实验室,地质科学,1974,4: 383—384.
- [7] 北京市区域地层表编写组,华北地区区域地层表北京市分册,地质出版社,1977.
- [8] 贾兰坡,古脊椎动物与古人类,15(1977),2: 150—156.
- [9] 周昆叔等,地质科学,1978,1: 57—64.
- [10] 国家地震局地质研究所 ^{14}C 实验室,地质科学,1978,4: 383—388.
- [11] 中国社会科学院考古研究所实验室,考古,1979,1: 89—94.
- [12] 黄万波,古脊椎动物与古人类,17(1979),2: 172—174.
- [13] 陈方吉,中国科学,1979,9: 900—907.
- [14] 黄万波等,自然杂志,3(1980),1: 75.
- [15] 中国社会科学院考古研究所 ^{14}C 实验室、国家地震局地质研究所 ^{14}C 实验室,地质科学,1980,2: 201—202.
- [16] 原思训等,地震地质,2(1980),3: 73—78.
- [17] 孔昭宸等,植物学报,22(1980),330—338.
- [18] 张子斌等,地质科学,1981,3: 259—268.
- [19] 严富华等,地震地质,3(1981),3: 51—56.
- [20] 孔昭宸等,植物学报,24(1982),172—181.
- [21] 王乃梁等,第三届全国第四纪学术会议论文集,科学出版社,1982,179—183.
- [22] 孙秀萍等,科学通报,27(1982),16: 1004—1007.
- [23] Andersson, J. G., *Topographical and Archaeological Studies in Far East*, The Museum of Far Eastern Antiquities (Aestasiatiska Samligarna), Stockholm Bulletin, 1939, 11: 7—22.
- [24] 王乃梁,地理,1965,5.
- [25] 赵希涛等,地质科学,1981,1: 47—54.
- [26] 赵希涛等,海洋学报,1(1979),2: 269—281.
- [27] Zhao Xitao & Zhang Jingwen, *Quaternary Geology and Environment of China*, China Ocean Press, 1982, 155—160.