

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

周口店上新世及更新世的古气候与地层*

杨子赓

谢又予

(河北地质学院)

(中国科学院地理研究所)

牟昫智

孔昭宸

(兰州大学)

(中国科学院植物研究所)

对北京猿人遗址的综合研究,确定了周口店的上新统及更新统在华北上新生界系统中的位置。从气候地层学原则研究这些地层的归属建立华北区晚新生代以来气候序列,无疑是解决我国新生代地质发展史及古气候史的重要途径。这项研究也将为广大平原,滨海及浅海利用钻孔研究地层提供对比依据。同时还为采用生物地层学原则及气候地层学原则划分同一地层找到了可以相互沟通的桥梁。

一、上新世的古气候与地层

上新统分为上下两部分。下上新统鱼岭组(N_1^1)残留于“唐县期”夷平面上及相应的溶洞中,典型剖面见于鱼岭(第14地点)及上砾石层,系地下河湖相沉积。上上新统东岭子组(N_2^1)是“唐县期”夷平面轻微抬升切割的侵蚀面(“X期”)上形成的堆积物。包括切割鱼岭组的岩溶漏斗中充填的红色粘土及结晶钙华;红色高岭土风化壳;洪积的红色砂、粘土充填的风化砾石层东层。石砾岭子^[1]

鱼岭组的时代,根据所含化石定为早上新世。其依据是在14地点含席提刺鲩(*Matsya hsi-chihi*)、短头鲩鱼(*Barbus brevcephalus*)、四川鲩鱼(*B. szechuanensis*)、云南鲩鱼(*B. cf. yunnanensis*)。并按上述化石的不同比例划出“下鱼层”和“上鱼层”^[2]。在上砾石层“上部石灰华层”含灵猫科(*Verridae*)、原鼯鼠(*Prosiophneus* sp.)、竹鼠(*Rhizomys* sp.)、猪(*Sus* sp.)、鹿(*Cervus* sp.)、蝙蝠(*Myotis* sp.)及一些奇蹄类(*Perissodactyla*)零星化石^[3]。

恢复古气候有赖于对动物化石,孢粉,沉积物的矿物及地球化学特点进行分析。14地点的属四种鱼化石,“下鱼层”以绝灭种 *Matsya hsi-chihi* 及 *Barbus brevcephalus* 为主;“上鱼层”以 *Barbus szechuanensis* 及 *B. cf. yunnanensis* 为主,这两种是现生种,但已迁徙于长江流域以南。现代鲩鱼的分布范围,多在旧大陆的热带及亚热带区域,我国则分布于川、粤、桂、滇、闽、台、海南等地,其生息所需气温不低于北亚热带。哺乳动物化石虽少,但 *Verridae* 及 *Rhizomys* sp. 在我国动物区划中属于东洋界动物群。现生种竹鼠分布于四川,各种灵猫则是华南区林中最活跃的食肉兽。从更新世动物群来看,灵猫科及竹鼠化石也多见于华南。因此,这些化石反映的气候环境无疑应与我国目前亚热带气候相当。

孢粉资料提供了更详尽的气候演变过程。鱼岭组孢粉组合是以落叶阔叶树为主,混有少量亚热带植物的森林草原。其特点是:①禾本植物花粉在多数样品中超过草本植物花粉;②温带落叶

* 根据北京猿人遗址综合研究的成果,经地层组杨子赓、牟昫智;环境组谢又予及孢粉组孔昭宸商讨后撰写。

阔叶植物花粉占优势, 栎 (*Quercus*) 达 20—40%, 其次有桦 (*Betula*)、栗 (*Castanea*)、胡桃 (*Juglans*)、榆 (*Ulmus*) 等; ③含少量亚热带树种花粉, 如: 漆树 (*Rhus*)、五加科 (*Araliaceae*)、枫杨 (*Pterocarya*)、紫树 (*Nyssa*)、山毛榉 (*Fagus*)、罗汉松 (*Podocarpus*)、铁杉 (*Tsuga*)、枫香 (*Liquidamba*)、杉科 (*Taxodiaceae*) 等; ④针叶树中普遍含松 (*Pinus*) 花粉; ⑤草原类型草本植物花粉有时含量很高; ⑥一些样品中有生长于温暖潮湿沙地上的立碗蕨 (*Physcomitrium Pyriforme*) 的孢子, 并且含量较多。根据孢粉谱, 鱼岭组可分为三段。下段 (包括“下鱼层”): 木本植物含量低于草本植物, 草本植物中有大量藜科 (*Chenopodiaceae*)、蒿 (*Artemisia*)。木本植物仅 9—10 属, 以栎为主。除个别样品中有枫香、五加科、漆树花粉外, 普遍缺少亚热带成分。中段: 木本植物达草本植物的 2—3 倍, 属数增至 15—22 属。栎显著减少而亚热带成分增加, 种类及数量均达高峰, 五加科可高达 9.4%, 五加科及杉科植物是我国华中、西南常绿阔叶林区域的优势植物之一。立碗蕨孢子的高峰 (占组合 20—29%) 也出现在这一段。上段 (包括“上鱼层”): 栎树花粉上升到 35%, 亚热带成分仅存漆树。但木本植物仍占优势。这三段孢粉谱所代表的植被带迁移是: 含亚热带成分的落叶阔叶林亚地带 (草原植物及栎为主要建群植物) → 含常绿乔木或灌木的落叶阔叶林地带 → 含亚热带成分的落叶阔叶林亚地带 (栎为主要建群植物)。相应的气候环境的演变是: 半湿润暖温带南部、北亚热带北部气候 → 湿热的亚热带气候 → 湿润的暖温带南部、北亚热带北部气候。

沉积物中重矿物组合为褐铁矿-蓝晶石组合或褐铁矿-白云母组合, 有时较稳定的绿帘石或绿泥石较多, 不稳定矿物角闪石等含量极低, 风化系数 (K) 界于 5.62—7.77 之间, 均说明矿物成熟度极高。粘土矿物下段蒙脱石为主导矿物, 次要矿物有高岭石、伊利石; 上段是高岭石-伊利石组合, 是湿热气候条件下的风化产物。下段所代表的气候比较干燥, 这与孢粉资料所获结论比较吻合。 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比率为 2.71—3.09, 属于亚热带气候条件的富硅铝风化阶段。

上上新统东岭子组沉积于一期新的侵蚀面 (“X 期”) 上, 因此普遍见到与鱼岭组之间的侵蚀接触关系。它所反映的气候环境从孢粉看是含少量亚热带植物的温带落叶阔叶林。栎为建群植物, 桦、栗、榆、胡桃均有相当含量; 亚热带植物有漆树、枫香、铁杉; 还发现少量高山地带的云杉 (*Picea*) 花粉。在快速堆积的砂砾石湿地上 (东岭子砾石层) 则生长了喜温暖的蕨类及藓类如肋毛蕨 (*Ctenitis*)、凤尾蕨 (*Pteris*)、立碗蕨等。因此, 其气候环境具有从北亚热带到暖温带的过渡特点。

在 “X 期” 微切割的丘陵面上及古老谷坡的谷缘, 无论是花岗闪长岩或浅变质砂页岩上, 均残留了红色高岭土风化壳。同一时期洞穴堆积中的红粘土及东岭子砾石层中充填的粘土, 也是以高岭石为主并含伊利石, 有时还有蒙脱石, 蛭石及绿泥石或埃洛石, 与风化壳中粘土成分近似, 代表了相同的湿热气候环境。重矿物组合为褐铁矿-蓝晶石-绿帘石组合或褐铁矿-硬绿泥石组合, 风化系数 (K) 为 3.55—4.97, 角闪石含量增加, 可达 2.75—5.75%, 但仍不失为风化程度较高的湿热阶段产物。而 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比率为 3.09, 亦说明属于富硅铝风化阶段。

在岩溶漏斗中相应地沉积了大量似层状、皮壳状、团块状及网状钙华与红粘土相间, 类似华南的洞穴沉积。

上述分析表明, 本区上新世晚期的古气候条件是半湿润的北亚热带向暖温带过渡气候。

对本区上新统可列表对比如下 (表 1):

二、更新世地层结构及时间标尺

周口店更新统主要分布于洞穴中, 以富含哺乳动物及古人类化石而闻名于世。相应的洞穴堆

表 1 周口店地区上新统对比表

地 层 时 代	地 层 剖 面*				化 石	古 气 候	华北地层及 “地文期”
	鱼 岭 (第14地点)	上砾石层	东岭子	新庄、 实验站			
上上新 统东岭子 组(N ₂ ² -d)	钙质胶 结红土及 结晶钙华	钙质胶 结红土	东岭 子砾石 层	红色 高岭土 风化壳	以温带落叶阔叶树为主, 含 <i>Rhus</i> 、 <i>Tsuga</i> 、 <i>Liguedambar</i> 森林草原 孢粉 组合,或以 <i>Physcomitrium Pyriforme</i> 及藓类为主的组合。	半湿润北亚 热带到暖温带 过渡气候	静 乐 组
下上新 统鱼岭组 (N ₂ ¹ -y)	⑨—⑪ 层, 细砾 粉砂层, “上鱼层”	上部: ⑧层, 钙质胶结 砂层(“上 部石灰华 层”)			<i>Verridae</i> , <i>Prosiphneus</i> sp., <i>Rhizomys</i> sp., <i>Sus</i> sp., <i>Myotis</i> sp., <i>Burbus szechunensis</i> , <i>B. cf.</i> <i>yunnanensis</i> , 以栎为主含 <i>Rhus</i> 的落叶阔叶林组合。	湿润的暖温 带南部, 北亚 热带北部 ⁴ 气候	“x 期”
	⑤—⑧ 层, 细砾 粉砂, 粘 土层	中部: ③—⑦ 层, 砾石 层, 中、 粗砂层			以温带落叶阔叶林为主, 含 <i>Araliaceae</i> , <i>Nyssa</i> , <i>Fagus</i> , <i>Rhus</i> , <i>Pterocarya</i> , <i>Tsuga</i> , <i>Taxodiaceae</i> . <i>Podocarpus</i> 森林孢粉组合。	湿热的亚热 带 ⁴ 气候	保 德 组
	①—④ 层, 细砾 粉砂层, “下鱼层”	下部: ①—② 层, 粉细 砂层			<i>Barbus brevicephalus</i> , <i>Matsya</i> <i>hsichihii</i> , 以栎为主, 含 <i>Liguedambar</i> 或 <i>Araliaceae</i> 的森林—草原组合。 上部含 <i>Rhus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Tsuga</i> 。	向暖湿方向 过渡 半湿润暖温 带南部北亚热 带北部气候	“唐县期”
下伏岩 系	马家沟 灰岩	马家沟 灰岩	花岗 闪长岩、 砂页岩 及灰岩	花岗 闪长岩 及砂页岩			

* 剖面层号及详细描述见《北京猿人遗址综合研究》(待出版)

积却比较零星。主要剖面是猿人洞堆积物, 厚度47.03米。1959年以前揭露了上部1—13层及“底砾石层”(bottom gravel layer)^[4,5,6](新编14层上部), 1978—1980年又揭露了下部14—17层^[1]。这一剖面历时约一百万年, 可以划分为三个组:

下更新统: 包括16—17层, 沿构造裂隙交叉处形成狭窄的垂直溶洞, 其沉积物是灌入洞穴的地下流水或岩溶水面以下的静水沉积, 形成棕黄色含砾粉砂质粗砂及灰色薄层粘土质粉砂。在经历了一个明显的沉积间断以后, 继续沉积了中更新统。

中更新统下部龙骨山组(Q₂¹-l): 包括14—15层, 垂直洞穴继续发育, 在后期洞穴顶部与地表贯通, 使沉积物主要来自龙骨山顶及山坡上, 是从“上砾石层”再搬运来的红色粘土砾石层。砾石风化现象明显。

龙骨山组沉积以后, 洞穴开始扩大成袋状, 堆积了中更新统周口店组(Q₂²-zd)。周口店组包括1、2层至13层, 以洞穴角砾层为主, 兼有流水沉积、片流沉积、化学沉淀的钙质层及人类活动遗留的灰烬层等。洞穴角砾包括洞顶崩塌的巨大岩块及由于机械风化碎裂的小块角砾。

相当于周口店组的洞外地层是“下砾石层”(Lower gravel layer)(包括覆于风化砾石层上的红色土层及红土碎石坡积层)。然而“下砾石层”的底界可能与龙骨山组上部相当。

上更新统洞穴沉积分两个时期,早期以“新洞”沉积为代表,是灰烬层,黄色砂质土、角砾层及钟乳石层组成。含有“新洞人”的牙齿及伴生哺乳动物化石^[7]。晚期以“山顶洞”沉积为代表,含丰富的“山顶洞人”化石及其文化遗迹和伴生哺乳动物化石^[8]。相应的洞外地层除发现 *Palaeoloxodon namanni* 头骨的冲积层外,稍远处有含棕壤型古土壤黄土及“马兰黄土”。

根据多种方法对周口店地区更新统进行年代学研究,获得了相互可以验证和补充的年代值(表2),可以作为划分地层的依据,也是进行古气候研究的时间标尺。

表 2 周口店地区更新世洞穴地层年代研究结果

年龄(万年) 洞内地层		方.法	古地磁 ^[9]	裂变径迹 ^[10]	不平衡铀系 ^[11]	热发光 ^[12,13]	碳 ¹⁴ ^[14]	年龄(万年)
山顶洞	上室堆积						1.047 ± 0.036 1.834 ± 0.041	1.05
	下室堆积				3.3—4.9			4.9
新洞	钟乳石层			9.8 ± 0.5				10
	灰烬层				24—25			25
猿人洞	1—2			23 ^{+3.0} —2.3				23
	3			25.6 ^{+6.7} —4				25
	4				29—31			30
	5							37
	6							40
	7							45
	8—9			>35				50
	10			46.2 ± 4.5				60
	11				52—61			70
	12							80
洞	13							
	14							
	15							
	16							
	17							

三、确定古气候的依据

由于采取多种途径分析古气候,猿人洞各层可以进行较详细的分段。古气候的标志包括下述各项:

(一) 哺乳动物群的变化

猿人洞哺乳动物化石达97种,集中于11层以上。以温带古北界种类为主,多数对气候的适应

幅度较大。有些种类具有一定的气候指示意义。不同学者¹⁾提到南方成分有硕弥猴 (*Macacacrobustus*)、南蝠 (*Ia io*)、豪猪 (*Hystrix cf. subcristata*)、柯氏西藏熊 (*Ursus thibetianus kokeni*)、大熊猫 (*Ailuropoda sp.*)、猎豹 (*Cynailurus sp.*)、纳玛古菱齿象 (*Palaeoloxodon cf. namadicus*)、德氏水牛 (*Bubalus teilhardi*) 等。偏北方的种类曾提到的有复齿旱獭 (*Marmota complicitatis yenshanensis*)、洞熊 (*Ursus cf. spelaeus*) 及比披毛犀原始些的燕山腔齿犀 (*Coelodonta antiquitatis yenshanensis*) 这是一种生活在较凉爽气候条件下的草原犀类, 并不是十分寒冷的代表者^[15]。还有一些争论的种类如狼獾 (*Gulo sp.*)。在动物群中不存在典型的冰期动物。由于周口店的自然地理环境及化石埋藏的洞穴环境, 在同一层位中不同生态类型的动物化石混杂出现, 采用种属百分统计法可以区分出占优势的生态类型出现情况。第 11 层与 10 层林栖动物与草原动物比例相当, 具有凉爽的森林草原环境。8—9 层有 40 个种属, 森林动物占优势, 肉食类发现很多, 还有偏南的 *Hystrix cf. subcristata*、*Bubalus teilhardi* 但同时又有偏北的 *Ursus cf. spelaeus*、*Gulo sp.*、*Coelodonta antiquitatis yenshanensis*, 所以可视为具有过渡性质的特点。第 7 层喜水动物较多。哺乳动物指示最暖的层位是第 5 层, 29 个种属中林栖动物比例很高, 肉食类占一半以上, 并有 *Cynailurus sp.*、*Ailuropoda sp.* 等南方种, 是湿润温暖的森林环境。第 4 层肉食类减少, 草原动物比例高于森林动物, 啮齿类达高峰, 反映出向半干旱的草原方向发展。1—3 层也是半干旱草原环境, 但在哺乳动物群方面出现了明显的变化, 最后斑鬣狗 (*Crocuta crocuta ultima*) 代替了中国短吻鬣狗 (*Hyaena brevirostris sinensis*), 并缺少剑齿虎 (*Machairodus*)、德氏林猯 (*Felis teilhardi*)、洞熊 (*Ursus spelaeus*)。

(二) 孢粉所代表的生境及气候

植物对于环境及气候的反映比动物更为灵敏。但洞穴是半封闭环境, 花粉雨不能畅通无阻地进入, 乔灌木花粉主要是片流及水力冲刷进入洞内的, 而洞口局部生境的蕨类孢子可占较大比例, 因此, 孢粉谱虽不足以反映植被的全貌, 但仍不失为反映气候的良好材料。

通观更新世孢粉资料^[16], 主要是温带落叶阔叶树组成的夏绿林及森林-草原。

下更新统, 具有温带含针叶树的落叶阔叶林-草原植被面貌, 亚热带孑遗仅存杉科花粉。

中更新统龙骨山组, 是暖温带的落叶阔叶林, 并含极丰富的中华卷柏 (*Sellaginella sinensis*) 和少数海金沙 (*Lygodium*) 及喜暖的藓类 (*Bryum caespiticum* L.) 的孢子, 和喜暖的水生植物睡莲 (*Nymphaellum*) 花粉。

中更新统周口店组气候记录比较完整, 总的特点是温带落叶阔叶树组成的夏绿林, 针叶树较少, 云杉、冷杉 (*Abies*) 花粉含量很少, 间断出现, 仅代表远山高处某些阶段存在着云杉、冷杉林。从孢粉谱中可以看到温暖及干凉气候周期性交替。代表温暖湿润气候的是以栎、胡桃、胡桃楸 (*Juglans mandshurica*)、桤木 (*Alnus*)、榆、朴 (*Celtis*)、榉 (*Zelkova*) 等为主组成的温带落叶阔叶林。例如 12 层、8—9 层上部及 6 层。最暖的第 6 层还可以见到黄连木 (*Pistacia*)、山矾 (*Symplocos*) 及苗榆 (*Ostrya*) 花粉^[17, 18]。这些代表暖湿气候的层位相应地发现较多的多种卷柏孢子, 如中华卷柏、园枝卷柏 (*Sellaginella sanguinalenta*)、蔓出卷柏 (*S. davidii*)。8—9 层上部还见到江南各省现存的薄叶卷柏 (*S. delicatula*)、凤尾蕨、海金沙和紫萁 (*Osmunda*) 孢子。第 6 层有分布于长江以南海拔 140—1000 米的翠云草 (*S. uncinata*)。干凉气候的植被以针阔叶混交林-草原植被为主, 偶见远山针叶林的云杉或冷杉花粉混入。典型的半干旱草原或疏林草原植被出现在 4 层及 1—3 层, 这与据动物化石所得结论一致。

1) 据胡长康, 李炎贤等。

晚更新世孢粉组合中,除桦、栎等落叶阔叶树外,松属花粉占一定比例,草本植物中蒿、藜占绝对优势,具有比中新世更为干凉的气候特点。

(三) 堆积物中矿物特征的气候指标

当证明了堆积层中沉积物质基本同源时,可以对比其所含碎屑矿物及粘土矿物特点,并分析其古气候意义。周口店洞穴充填物及河流沉积,都是近源的山坡上风化物质,主要是表层风化及成壤过程的产物。

猿人洞重矿物成分较单一,较集中的重矿物仅十余种,晶形较好,金属矿物及不稳定矿物含量较高,有别于上新统以褐铁矿为主的稳定矿物组合。研究较详细的中更新统,稳定矿物组合与不稳定矿物组合在不同层位交替出现。稳定矿物组合有榍石-褐铁矿-锆石组合(龙骨山组)及褐铁矿-黑色金属矿物-云母、绿帘石组合(周口店组),其风化系数 $K=2.03-3.88$, 低于上新统的 K 值,代表温湿气候环境。不稳定矿物组合见于周口店组10层、8—9层下部、7层、4层等,是角闪石-褐铁矿-绿帘石-云母组合, $K=0.20-0.90$, 代表较凉爽干旱的气候。8—9层上部还发现过渡型重矿物组合, $K=1.64$ 。

轻矿物长英比提供了矿物成熟度另一方面证据。小于1的值出现在12—17层,8—9层上部、6层、5层及4层的个别样品中,最低值0.127—0.671;大于1的值出现在11、10、7、4、3各层及13—15层的个别样品中,一般为1.121—3.215,其变化曲线与重矿物变化同步,也是反映气候变化的一项指标。

洞穴粘土是洞外表生作用形成的粘土矿物冲入洞内形成,具有比较明显的气候意义。属于下更新统的16、17层以高岭石、伊利石为主要粘土矿物,是温暖湿润气候条件下的产物。龙骨山组以伊利石为主,次要矿物中高岭石较多。周口店组除第4层以蒙脱石为主,反映出明显的半干旱气候条件下的草原土壤类型以外,其余均以伊利石为主,但从次要成分中仍可看出气候环境的差异。如较温湿环境的12、13层,高岭石含量仍较多;10—7层高岭石减少,气候向凉爽干燥方向演变;1—3层蒙脱石增加,表明干旱气候有所发展。晚更新统粘土矿物以伊利石为主,蒙脱石显著减少而蛭石、绿泥石有所增加,与马兰黄土及其上发育的褐土的粘土矿物组合近似。

(四) 确定古气候的地球化学指标

洞穴环境并不是封闭系统,次生地球化学变化在不断进行,化学活动性强的盐类的聚散不能成为地质时期气候变化的可用指标。能够应用的只有粘粒($>1\mu$)的硅铝分子比率和 Sr/Ba 比值。例如周口店组的 SiO_2/Al_2O_3 在2.66—5.95之间作有节奏的波动,代表温湿气候的12、13层为2.66—2.99,属硅铝风化阶段;而代表半干旱气候的4层为4.75—5.95,停留在富钙风化阶段。 Sr/Ba 比值介于0.45—1.63,低值所反映的潮湿环境及高值反映的干燥环境与其它各项资料所获结论也十分吻合。

(五) 化学溶蚀与机械风化的交替

这是洞穴中特有的一项气候指标。钟乳石、钙质层有规律地间歇出现及各种溶蚀现象,是地下水活动强烈及气候温暖的标志;小而均匀的灰岩角砾层是半封闭洞穴中强烈机械风化的产物。从钙质层及洞穴角砾层相间所获得的气候交替频率较其它指标所获气候旋迴间隔更短。如暖湿阶段堆积的12、12层,上部夹角砾层,角砾小而均匀,表面新鲜,含量达70%以上,可能是暂短的干凉阶段,类似情况见于6层下部,并从动物及孢粉方向得到证实。反之,一些干凉阶段堆积的厚层洞穴角砾层中却夹钟乳石、钙质层及角砾溶蚀圆化等现象,如10、8—9、1—2层所见。1—2层

角砾层中相间出现五层钙质层，证明气候有更短周期的波动。距今10万年新洞沉积顶部被钟乳石覆盖，是晚更新世地下水积极活动的温暖期。

对洞穴充填物中石英砂粒表面形态进行扫描电镜研究，不仅可判别其搬运动力，而且通过观察具表面溶蚀程度推测古气候状况。从观察统计分析，其变化与地球化学及矿物指标所获结论一致。

四、古气候演变及地层对比问题

（一）上新世及早更新世的气候与环境变迁

上新世本区属亚热带气候，加上地壳运动相对稳定，形成了广泛分布的“唐县期”及“X期”夷平地形，使华北地区的自然地理环境在大范围具有很大的 consistency。例如发育了县地下河湖系统的水平溶洞峰丛地形，山区广布宽谷及山前斜坡，广泛分布着红色高岭土型风化壳，红土层及红土砾石层（东岭子砾石层）等，使华北区上新统对比标志较一致。

本区下更新统仅见一百万年前后的一段。属暖温带湿润、半湿润气候。它虽从上新世亚热带气候演变而来，但极少亚热带孑遗植物，应是经历过严峻的寒冷阶段以后的某一间冰期的代表。尔后地下水下降，在洞穴沉积中留下了明显的侵蚀面。考察地下水下降的原因，可能是气候变干地表径流减少所致。

（二）中、晚更新世气候演变

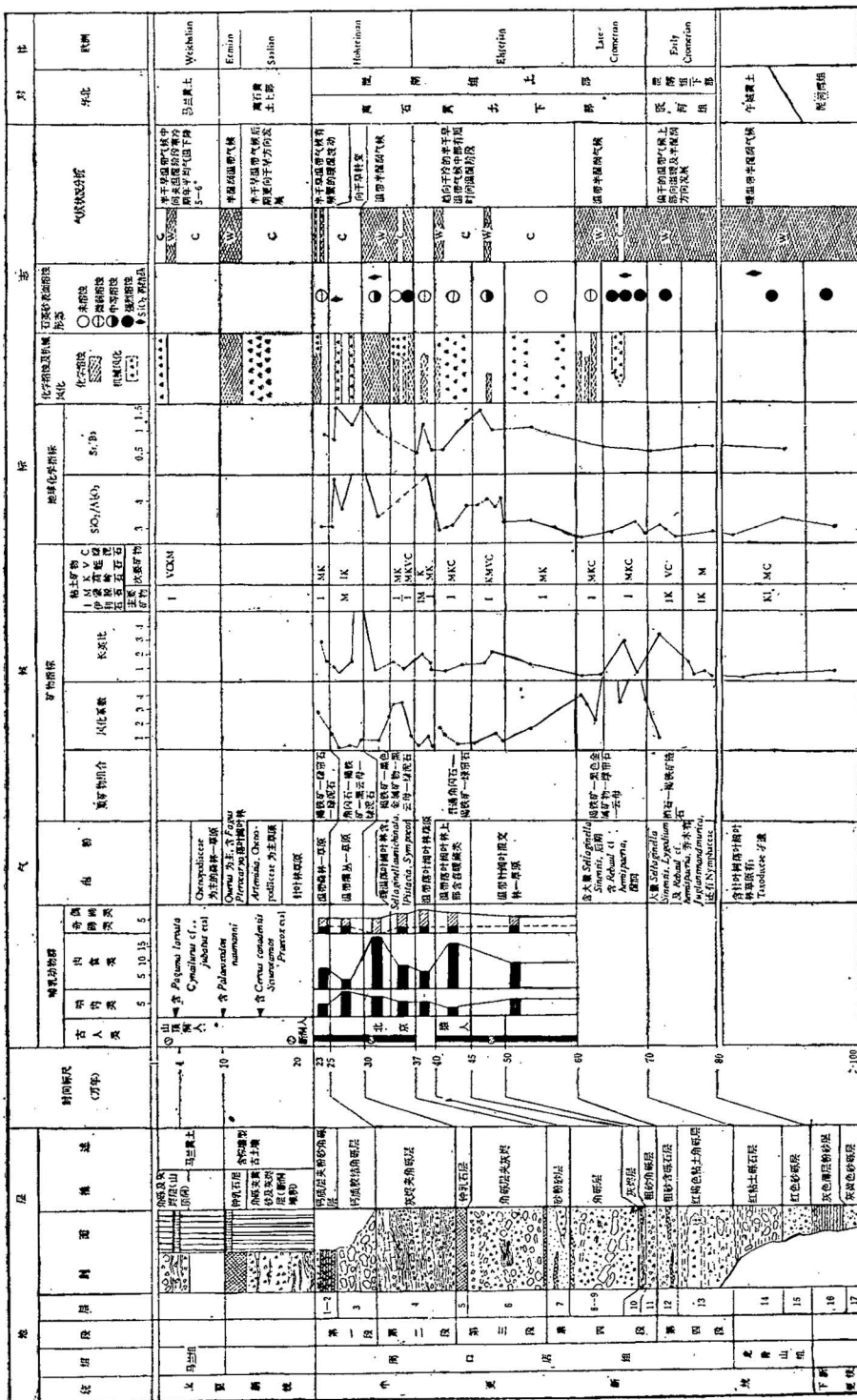
距今80—70万年的中更新世早期（龙骨山组），又是半湿润的暖温带气候（图1）。

中更新统周口店组沉积时总是湿温带气候，按干凉及温暖变化分为五段（图1）：第五段：70—60万年，半湿润温带气候，其间有短时间干凉阶段；第四段：60—37万年，趋向干冷的半干旱温带气候，距今40万年前出现过暂短的温暖期；第三段：37—30万年，偏暖的温带半湿润气候；第二段：30—25万年，气候向干旱方向转变；第一段：25—23万年，半干旱温带气候，后期出现频繁的温湿阶段与之交替。

晚更新世从距今二十余万年的新洞沉积开始，总的特点较中更新世更趋干旱。暖湿期出现于距今10万年左右，地下水再度活跃形成了新洞上部钟乳石层；斋堂、三福村黄土剖面中为第二层棕色古土壤层（布拉克事件）；冲积层中发现了 *Palaeoloxodon naumanni*；相应的孢粉组合是半湿润的针阔叶混交林，桦、栎占优势，还有喜温暖的水青冈、枫杨花粉及喜湿的真藓孢子。随后又是藜科占优势的半干旱凉爽的温带气候。另一次温暖期是约五万年以后的山顶洞下室沉积时期，含有果子狸（*Paguma larvata*）和猎豹（*Cynailurus cf. jubatus*）等温暖气候代表。距今18300年以后的山顶洞上室沉积时期，气候由于冷逐渐变为湿冷，平均气温据氨基酸外消旋反应法测定为 5.6°C — 8.5°C ¹⁾，这与百花山古冰缘石海线（1700米）所作的推测一致，是周口店更新世最寒冷时期。

更新世的气候演变，以温暖和干凉气候期的交替为特点，夏季高温多雨，冬季干寒，反映出东亚季风气候的控制与影响。自早更新世末青藏高原大幅度隆升，已达3000米左右，我国东部也普遍经历了一期新构造运动（三门运动、元谋运动），地形差异增大。中更新世的冰期阶段，海水退出渤海，我国东部大陆度增加，西伯利亚高压活动加强，华北处于干冷强劲的冬季风控制下

1) 周义华等：1979，用氨基酸外消旋反应测定周口店北京猿人地点的地质年龄，油印本。



附图 周口店更新统及气候特征对比图

出现了温带干旱、半干旱气候环境。间冰期阶段，海侵达津京之间固安一带，周口店处于温暖湿润的环境，动物群发展达全盛时代，南方种类植物也向北迁移，沉积物中棕色古土壤层发育。间冰期结束期气候再度向干旱方向转变，草原扩展。晚更新世末期寒冷而干旱的气候在高山顶部(1700米以上)发生了冰缘现象，而十万年左右及五万年以后的温暖期，在华北平原都发生了海侵。

(三) 更新统对比问题

根据年代、古气候及古生物研究，龙骨山组相当于陕西兰田公王岭泄湖组下部。周口店组与泄湖组上部相当，这也与离石黄土下部年代相当。周口店组结束期与陕西洛川黄土剖面第V层古土壤底界相近(热发光年龄22万年左右)，这是离石黄土下部的顶界。上更新统新洞沉积结束于十万年左右，相当于斋堂黄土剖面第二古土壤层(棕色埋藏土层)，这是离石黄土上部顶界。近年来国外有许多学者对这一时期地层进行过年代学研究。如在奥地利，克罗默(Cromerian)温暖期动物群埋藏于布容/松山极性变化界线上的黄土中(Kukla, 1970)，荷兰克罗默层同样是70万年(van Montfrane & Hoesper, 1969)。艾尔斯特晚期(Elster Late stade)的K-Ar年龄为37—40万年。根据等时性对比，龙骨山组及周口店组五段相当于克罗默温暖期；第四段相当于艾尔斯特冰期；一、二、三段相当于霍尔斯坦(Holsteinian)间冰期。艾尔斯特冰期在欧洲是规模不大的冰盖，在西伯利亚没有明显的大陆冰盖冰碛层，而周口店地区则为较长时间的偏冷的温带气候，并在40万年前间有暂短的温暖阶段。晚更新世的两个温暖期，前者相当于埃姆(Eemian)间冰期，后者相当于末次冰期的Stillfried B间冰阶。这一间冰阶表现为全球性的变暖，延续时间也长，我国东部当不例外。

周口店地区中、晚更新世气候旋回的划分，更接近于深海沉积的气候记录。不过现在仅能进行概略的对比。

参 考 文 献

- [1] 杨子廉、牟昀智, 1981, 对周口店地区晚新生代地层的新认识。科学通报, 26卷, 13期, 807—810页。
- [2] 刘宪亭, 1954, 周口店第14地点鱼化石。中国古生物志, 新丙种第14号, 1—17页。
- [3] Pei, W. C., 1931, The age of Choukoutien fossiliferous deposit. Bull. Geol. Soc. China, Vol X, 165—178.
- [4] Teilhard de Chardin, P. & Young, C. C., 1929, Preliminary report on the Chou Kou Tien fossiliferous deposit. Ibid. vol. VII, No1, 173—202.
- [5] Black, D. et al., 1933, Fossil Man in China—the Choukoutien cave deposits With a synopsis of our present knowledge of the Cenozoic. Mem. Geol. Surv. China, S. A. 11, 1—166.
- [6] 贾兰坡, 1959, 中国猿人化石产地1958年发掘报告。古脊椎动物与古人类, 1卷1期, 21—26页。
- [7] 顾玉珉, 1978, 周口店新洞人及其生活环境。古人类论文集, 158—174页, 科学出版社。
- [8] Teilhard de Chardin, P. & Pei, W. C., 1934, New Discoveries in Choukoutien 1933—1934. Bull. Geol. Soc. China, vol VII, No3, 369—394.
- [9] 钱方等, 1980, 周口店猿人洞堆积物磁性地层的研究。科学通报, 25卷, 4期, 192页。
- [10] 郭士伦等, 1980, 裂变径迹测定北京猿人的年代。科学通报, 25卷, 24期, 1137—1139页。
- [11] 赵树森等, 1980, 应用铀系法研究北京猿人年龄。科学通报, 25卷, 4期, 192页。
- [12] 裴静娴, 1980, 热发光年龄测定在“北京人”遗址文化层中的应用。中国第四纪研究, 五卷, 一期, 87—95页。
- [13] 裴静娴, 1980, 周口店洞穴堆积及大同火山烘烤层的热发光年龄。地质科学, 4期, 403—405页。
- [14] 仇士华, 黎兴国, 1980, 山顶洞人生活时期动物化石的 C^{14} 年代测定。科学通报, 25卷, 4期, 191—192页。
- [15] 周本雄, 1979, 周口店第一地点哺乳类化石。古脊椎动物与古人类, 17卷, 3期, 236—258页。
- [16] 孔昭宸等, 1981, 依据孢粉分析讨论北京猿人生活时期及其前后自然环境的演变。科学通报, 26卷, 17期, 1065—1067页。
- [17] 孙孟蓉, 1965, 周口店中国猿人化石的孢子花粉组合。中国第四纪研究, 4卷1期, 84—104页。
- [18] 徐仁, 1965, 中国猿人时代的北京气候环境。中国第四纪研究, 4卷1期, 77—83页。

STUDY OF PALAEO-CLIMATOLOGY AND STRATIGRAPHY OF THE PLIOCENE AND PLEISTOCENE AT ZHOUKOU DIAN

Yang Zigeng

(Hebei College of Geology)

Mu Yunzhi

(Lanzhou University)

Xi Youyu

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Kong Zhaochen

(Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract

Over half a century has elapsed since the researches on the Late Tertiary and Quaternary at Zhoukoudian started. Based on the studies in climat stratigraphy, chronology and palaeontology, the stratigraphic sequence has been determined for the deposits both inside and outside the cave, during the comprehensive research on the site of Peking Man in 1978 & 1979. No doubt, such a study is crucial to reveal the geological development and climatic changes of North China in Late Cenozoic.

The Lower Pliocene series distributed in a large subterranean horizontal cave on the planation plane of the "Tongxiang stage", contains subterranean fluviolacustrine deposits and is denominated the Yuling Formation (N_2^1 -y). It reflects climatic characteristics similar to those of the present humid and hot subtropical zone in China.

The Upper Pliocene series was formed on the slightly dissected erosion surface ("X stage") and is called the Donglingzi Formation (N_2^2 -d). It was formed under climatic conditions similar to those of the present semihumid forest-steppe climate in the north subtropical zone in China.

The stratigraphic sequence of Pliocene series at Zhoukoudian is shown in Table.

The Pleistocene includes mainly cave deposits which in the Peking Man cave was subdivided into 17 layers. The 17th and 16th layers belong to Lower Pleistocene, dated about 1m. y. B. P.; the 15th and 14th layers termed as Lunggushan Formation form the lower part of Middle Pleistocene, and are dated at 700,000 to 800,000 years B. P.; the 13th layer and its overlying sediments termed as Zhoukoudian Formation of Middle Pleistocene, and is dated from 230,000 to 700,000 years B. P.

The Early Pleistocene and the early Mid-Pleistocene epochs had warm-temperate and semihumid climate. Besides, between the Lower and Middle Pleistocene there is a conspicuous erosion surface, that represents a period when the underground water table fell and the run-off decreased. The Zhoukoudian Formation may be divided into five members signifying different climatic characteristics given as

follows.

The fifth member, dated from 700,000 to 600,000 years B. P. is a temperate and semihumid phase, but interrupted by some short-termed cool and arid episodes.

The fourth member dated from 600,000 to 370,000 years B. P., Generally it reflect a semiarid and temperate climate, tending to arid and cold, However a short-termed warm episode appeared at about 400,000 years B. P.

The third member formed from 370,000 to 300,000 years B. P. is a temperate semihumid product, but tending to warm climate.

The second member dated at 300,000 to 250,000 years B. P. reflects a warm and arid climate.

The first member dated 250,000 to 230,000 years B. P. signifies a semihumid and temperate climate with a very short-termed temperate and humid interval of chemical corrosion. There was great change in the mammalian fauna for example, instead of *Hyaena brevirostris sinensis*, appeared the *crocota crocota ultima*.

It can be seen from the preceding account that the Zhoukoudian stage is characterized by a temperate climate with warm and raing summer and cold and arid winter, which is typical of the East-Asian monsoon climate. At the same time, there was evidently an alternation of the humid warm and arid cold phases.

The upper pleistocene is represented by deposits inside the "New cave", "Upper cave", the alluvial deposits containing *Palaeoloxdon naumanni*, the loess with fossil-soil of brown-earth type and Malan loess. and dated at about 200,000 to 10,200 years B. P., There were two humid and warm stages, One at about 100,000 years B. P. the other at about 40,000 years B. P.. Otherwise it was arid and cold.

The stratigraphic sequence and climatic characteristics of the Pleistocene at Zhoukoudian is shown in Fig1.