

北京人时代的气候

徐钦琦 欧阳连

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

关键词 古气候; 周口店第一地点; 哺乳动物群

内 容 提 要

根据同位素年龄的测定,在距今46万年到23万年期间,北京人曾在周口店地区居住。这段时间相当于海洋的 O^18 的第12—8阶段。对周口店第一地点的第3—10层的各哺乳动物群,我们利用聚类分析等数理统计方法进行了分析和对比。第5层和第8—9层的哺乳动物群分别代表温暖期,它们相当于 O^18 的第9和第11阶段;而第3层、第6—7层和第10层的哺乳动物群则分别代表寒冷期,它们相当于第8、第10和第12阶段。

周口店第一地点是著名的北京人化石的产地。遗址中含化石的堆积厚达40余米,自上而下分为13层。它们的年龄见表1。周口店哺乳动物群约有100种,是世界上最丰富的中更新世的哺乳动物群之一。据统计,其中约70个种是有层位记录的(表2)。

表1 北京人遗址各层的年龄

层 号	年 龄	来 源
1—3	距今 23—25.6 万年	赵树森等 (1980)
7	距今 37—40 万年	钱方等 (1980)
8—9	距今 42 万年	赵树森等 (1980)
10	距今 46 万年	郭士伦等 (1980)

前人对周口店哺乳动物群曾进行过很多研究。贾兰坡(1978)、李炎贤和计宏祥(1980)等根据这些层中哺乳动物群的变化,对北京人时代气候演变的问题进行了探讨。鉴于第12—13层材料太少,很难下结论;第1—2层原为含化石的角砾岩,中间夹有砂土和钟乳石的混合层,厚约4米(贾兰坡,1959)。可是在现今的第一地点剖面上,它们已不复存在,只是在山顶洞附近尚有少许残留物而已。所以,本文着重讨论第3—10层的哺乳动物群(即与北京人共生的动物群)的变化及其相应的气候演变的问题。

在70年代,国外对第四纪古气候的研究有了新的突破。据Emiliani, Shackleton, Kukla, Berggren等研究,在最近的73万年内共有8个完整的冰川旋回(B-I)或19个同位素 O^18 阶段(其中奇数阶段代表温暖期或间冰期,偶数阶段代表寒冷期或冰期)。这些旋回或阶段在我国北方的黄土地区表现得很清楚(图1)。

根据沉积物的年龄(表1),第3层相当于 O^18 的第8阶段,而第10层则相当于第12阶段。据卡尔克和周本雄(1961)研究,在此期间不存在任何真实的“间断”,所以北京人在周

表 2 北京人遗址哺乳动物化石地层分布表

种 类	层 次								
	3	4	5	6	7	8—9	10	11	
灵长目 PRIMATES									
北京人 <i>Homo erectus pekinensis</i>	+	+	+	+		+	+	+	
硕弥猴 <i>Macaca robustus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
食虫目 INSECTIVORA									
原始麝鼯 <i>Scaptochirus primitivus</i>		+	+				+	+	
步氏水鼯 <i>Neomys bohlini</i>		+					+	+	
鼯鼠 <i>Crocidura</i> sp.		+							
翼手目 CHIROPTERA									
更新菊头蝠 <i>Rhinolophus pleistocaenicus</i>							+		
鼠耳蝠(未定种甲) <i>Myotis</i> sp. A							+		
鼠耳蝠(未定种乙) <i>Myotis</i> sp. B							+		
南蝠 <i>Laio</i>							+		
长翼蝠 <i>Miniopterus schreibersii</i>							+		
兔形目 LAGOMORPHA									
柯氏鼠兔 <i>Ochotona koslowi</i>		+						+	
啮齿目 RODENTIA									
蒙古旱獭 <i>Marmota bobak</i>								+	
复齿旱獭 <i>Marmota complidens</i>						+		+	
河狸 <i>Castor</i> sp.					?				
居氏大河狸 <i>Trogontherium cueneri</i>			+	+	+	+			
古仓鼠 <i>Cricetinus varians</i>		+	+						
纹背仓鼠 <i>Cricetulus cf. griseus</i>							+	+	
小林姬鼠 <i>Apodemus sylvaticus</i>							+	+	
卞氏鼠 <i>Mus musculus bieni</i>							+	+	
黑鼠 <i>Rattus rattus</i>		+	+				+	+	
野原鼠 <i>Gerbillus roborowskii</i>		+					+	+	
似布氏田鼠 <i>Microtus brandtioides</i>		+	+				+	+	
简田鼠 <i>Microtus epiraticeps</i>		+	+				+	+	
大丁氏鼯鼠 <i>Myospalax epiungi</i>									
豪猪 <i>Hystrix cf. subcristata</i>							+		
竹鼠 <i>Rhizomys</i> sp.	+								
食肉目 CARNIVORA									
狼 <i>Canis lupus</i>	+		+				+		
变种狼 <i>Canis lupus variabilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
豺狼 <i>Canis cyonoides</i>							+		
中国貉 <i>Nyctereutes sinensis</i>	+		+	+	+	+	+	+	
豺 <i>Cuon antiquus</i>							+		
赤狐 <i>Vulpes cf. vulpes</i>							+	+	
沙狐 <i>Vulpes cf. corsac</i>	+		+	+			+		
犬科(种、属名未定) <i>Canidae</i> gen. et sp. indet.							+		
柯氏中国黑熊 <i>Ursus thibetanus kokeni</i>	+	+	+	+			+		
棕熊 <i>Ursus arctos</i>	+	+	+	+			+	+	
洞熊 <i>Ursus cf. spelaeus</i>							+	+	
? 大熊猫? <i>Ailuropoda</i> sp.			+						
獾 <i>Meles cf. leucurus</i>	+		+	+			+		

续表 2

种 类	层 次	3	4	5	6	7	8-9	10	11
水獭 <i>Lutra melina</i>						+			
狼獾 <i>Gulo</i> sp.							?		
黄鼬 <i>Mustela</i> cf. <i>sibirica</i>				+					
鼬属 <i>Mustela</i> sp.								+	+
中国鬣狗 <i>Hyaena sinensis</i>		+		+	+	+	+	+	+
最后斑鬣狗 <i>Crocuta ultima</i>		+							
剑齿虎 <i>Machairodus inexpectatus</i>				+			+	+	+
虎 <i>Panthera</i> cf. <i>tigris</i>		+		+	+	+	+		
豹 <i>Panthera</i> cf. <i>pardus</i>				+			+	+	+
德氏狸 <i>Felis teilhardi</i>				+			+	+	+
猫属(未定种甲) <i>Felis</i> sp. A.				+			+		
猫属(未定种乙) <i>Felis</i> sp. B.						+			
野狸 <i>Felis</i> cf. <i>microtis</i>				+			+		
猎豹 <i>Actinonyx</i> sp.				+					
长鼻目 PROBOSCIDEA									
纳玛古菱齿象 <i>Palaeoloxodon</i> cf. <i>namadicus</i>			+				+		
奇蹄目 PERISSODACTYLA									
周口店双角犀 <i>Dicerorhinus choukoutienensis</i>		+	+		+	+	+	+	+
燕山犀 <i>Coelodonta antiquitatus yenshanensis</i>		+	?				+	+	
三门马 <i>Equus sanmeniensis</i>		+	+		+	+	+	+	+
偶蹄目 ARTIODACTYLA									
李氏野猪 <i>Sus lydekkeri</i>		+				+		+	+
巨副驼 <i>Paracamelus gigas</i>									?
北京麝 <i>Moschus moschiferus pekinensis</i>			+	+	+	+			
葛氏斑鹿 <i>Pseudaxis grayi</i>		+		+	+	+	+	+	+
肿骨鹿 <i>Megaceros pachyosteus</i>		+	+	+	+	+	+	+	
扁角鹿 <i>Megaceros flabellatus</i>									+
鹿属 <i>Cervus</i> sp.		+							
羚羊 <i>Gazella</i> sp.		+		+	?				
裴氏转角羚羊 <i>Spirocerus peii</i>							+		
盘羊 <i>Ovis</i> cf. <i>ammon</i>				+	+	+	+		
盘羊属 <i>Ovis</i> sp.			+						
德氏水牛 <i>Bubalus teilhardi</i>						+	+		
野牛 <i>Bison</i> sp.			+						
牛科(种、属名未定) Bovidae gen. et sp. indet.								+	+

周口店地区居住的时期相当于 O¹⁸ 的第 12—8 阶段,即他们至少经历了 3 次寒冷期(相当于第 12、10、8 阶段)和 2 次温暖期(相当于第 11、9 阶段)。气候变化是全球性的,为了使周口店丰富的哺乳动物群所反映出来的气候波动能与国外从深海沉积物中测得的氧同位素记录作比较,其中就存在一个怎样把古生物的资料转换成曲线的形式表示出来的问题。加之周口店哺乳动物群数量丰富,研究的程度又高,为解决上述问题提供了物质基础。因此我们选择这个地点,采用聚类分析等数理统计手段,做了这一方面工作的探索。

表 2 是根据卡尔克、周本雄(1961)和贾兰坡(1978)等的资料作出的。表 2 内 70 个化石种分别代表 70 个指标,令 1 表示该种的存在,0 代表该种的缺失。

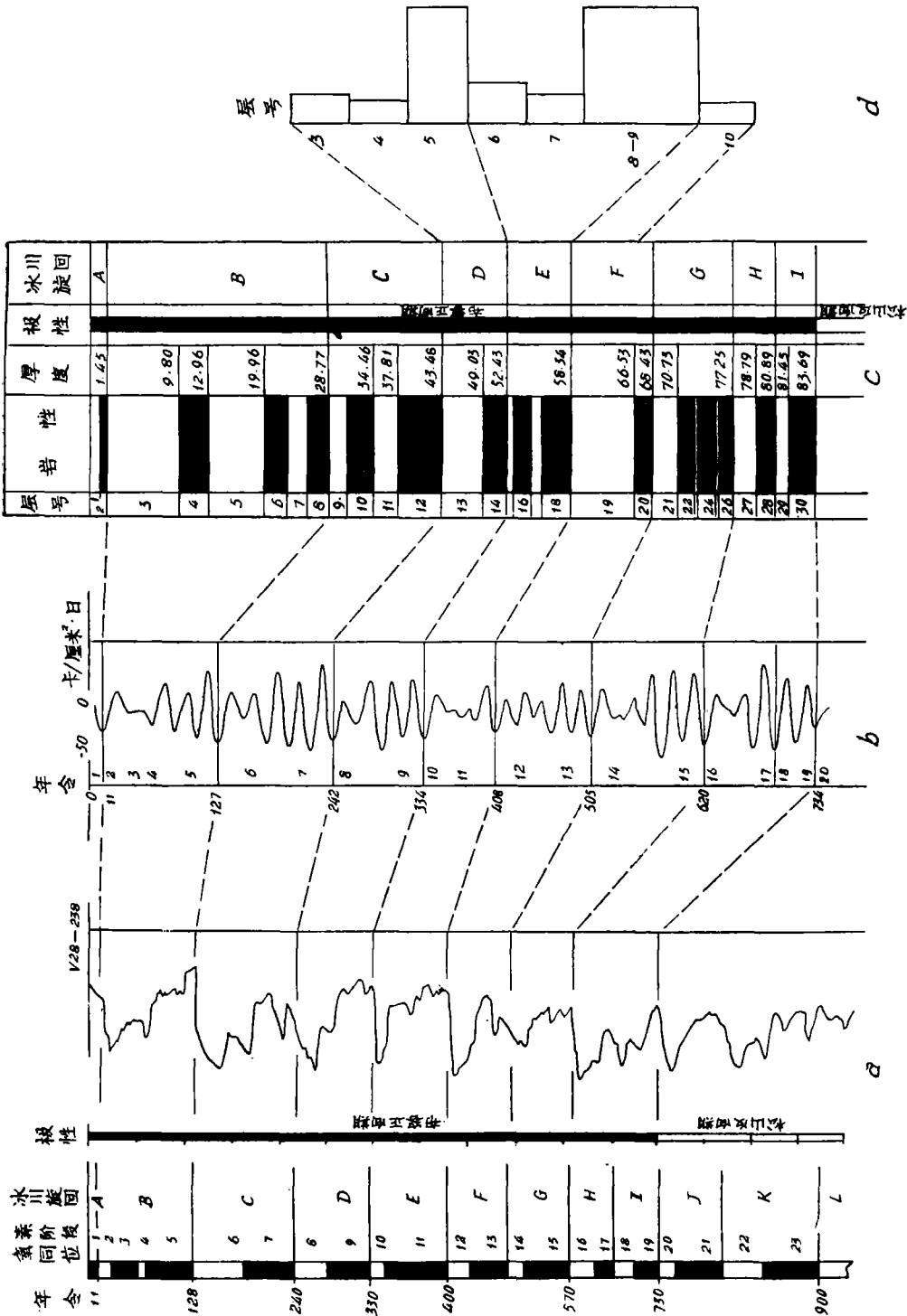


图 1 a. 标准的深海沉积物的氧同位素记录。Key oxygen-isotope record (Modified from Kukla, 1977).
 b. 73 万年以来北纬 35° 地区天文辐射冬半年总量的变化曲线。Amounts of solar insolation available in the winter half year at latitude 35°N covering the past 734, 500 years, in comparison with the one of 1950 A.D. (Modified from Xu Qinqi, 1980)
 c. 陕西洛川黄土的柱状剖面图。Stratigraphy of the Luochuan sequence, Shaanxi. Layer 12 is called as the first "Three Red Bands" and corresponds to O¹ Stage 7. Layers 22—26 are called as the second "Three Red Bands" and may be correlated to O¹ Stage 15.
 d. 北京人时代气候波动概况。The respective average distances between each layer of Loc.1 and the first group (i.e. Layers 5, 8—9) according to Table 3. Layers 5, 8—9 represent two warm stages respectively and Layers 3—4, 6—7, 10 represent three cold stages separately.

由下列公式求出周口店第一地点的第3—11层中各层哺乳动物群之间的距离系数:

$$d_{ik} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^V (x_{ij} - x_{kj})^2}{V}}$$

式中 i 或 k 为第3、4、5、6、7、8—9、10、11等层中的任何2个哺乳动物群。

j 为1,2,3,……,70个化石种。

$V = 70$ 。

d_{ik} 表示第 i 层哺乳动物群与第 k 层哺乳动物群之间的距离系数。

计算结果见表3。

表3 周口店第一地点第3—11层中各层哺乳动物群之间的距离系数。

3	0								
4	.63	0							
5	.59	.64	0						
6	.39	.55	.51	0					
7	.52	.63	.64	.39	0				
8—9	.63	.78	.64	.58	.67	0			
10	.62	.62	.70	.62	.64	.71	0		
11	.69	.66	.74	.66	.64	.77	.30	0	
	3	4	5	6	7	8—9	10	11	

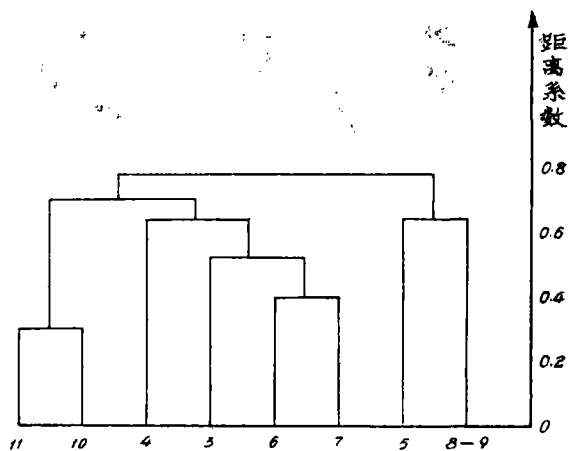


图2 根据聚类分析远邻联接法所得的枝状图

Dendrogram of the results of a cluster analysis (complete linkage) for the Zhoukoudian sequence (i.e. Layers 3—11)

两个哺乳动物群之间的距离系数越小,表示两者的性质越接近。古生物学的研究告诉我们:两个哺乳动物群的性质之所以比较接近是因为它们具有比较多的共同的属种,而这主要是因为两者的生态条件比较接近,或是因为两者的地质时代比较接近。

根据表3的数据对这8个哺乳动物群按远邻联接法作出枝状图,如图2。

由图2可知,第5、8—9层的2个哺乳动物群属于一类,而其余的则属于另一类。其中第4、10、11层的3个哺乳动物群与第5、8—9层的哺乳动物群之间的距离系数较大,表示这两类之间的差异也较大。由以上的分析可以知道,同一类内各哺乳动物群之间的相似性实际上并不完全反映它们地质时代的比较接近。例如第5层与第8—9层;第4层与第10或11层之间的地质时代还是相距比较远的。所以它们的彼此接近实质上是反映了它们生态条件的比较近似。同样,第4层与第5层,第8—9层与第10层的地质时代虽然很接近,但它们彼此之间的距离系数却相当大。所以它们之间较大的距离系数实质上是反映了它们生态条件差异的比较悬殊。

李炎贤和计宏祥(1980)对这些哺乳动物群的生态条件进行了分析。他们指出,第

8—9 层共 37—38 个种类, 森林动物占优势, 肉食类发现多, 啮齿类少, 草原啮齿类未见。说明这时的气候是温暖湿润的。第 5 层共 29 个种类, 林栖动物比例高, 肉食类占一半以上, 有喜水或近水的种类。联系到这一层的岩性为钟乳石层, 它亦反映当时的气候是温湿的。这两层在图 2 中恰好属于一类。所以它们反映了当时的气候比较温暖湿润, 无疑应代表温暖期。当时周口店周围呈现以森林为主体的生态环境。他们又指出, 第 11 层(在此层中未发现北京人化石) 共有 28—29 个种类, 草原与林栖动物的比例是 55:45。第 10 层共 28 种, 草原与森林动物的比例接近。第 4 层发现的哺乳动物有 20 或 21 个种类, 肉食类减少, 啮齿类比例最高, 草原动物的比例增大并超过森林动物。这三层在图 2 上也比较接近。因此它们反映了当时的气候相对地较为干凉, 无疑应代表寒冷期。当时周口店周围的森林面积缩小, 而草原面积扩大的生态环境。至于第 3、6、7 等层中的哺乳动物群实质上是介于上述森林型和草原型之间的过渡类型。其中第 3 层与第 4、10、11 等层比较接近, 即偏向于草原型的生态环境; 而第 6、7 层则与第 5、8—9 层这一类比较接近, 即偏向于森林类型的生态环境。这一切也与李炎贤和计宏祥(1980)的分析相吻合。可见, 由聚类分析法所得到的结果大体上是支持李炎贤和计宏祥(1980)对周口店哺乳动物群所作的生态分析的。

李炎贤和计宏祥(1980)又指出, 第 5、8—9 层的哺乳动物群所反映的气候都是“温暖湿润”的。它们无疑应代表温暖期(或间冰期)。因此分别计算各层哺乳动物群与它们的距离系数的平均数, 然后以时间顺序为横坐标, 以求得的各层与第 5、8—9 层的距离系数的平均数为纵坐标, 我们就得到了北京人时代气候波动的概况(图 3, 1d)

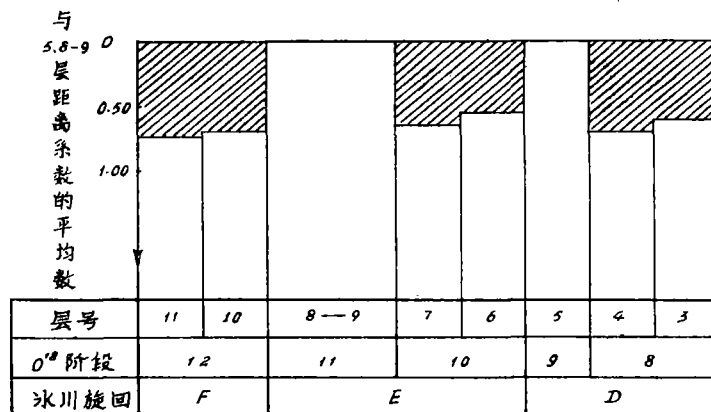


图 3 北京人时代气候波动概况(各层哺乳动物群与第 5、8—9 等层的距离系数的平均数)

Average of distances between each layer and Layer 5 and those between each layer and Layers 8—9 according to Table 3. Layers 5, 8—9 represent two warm stages respectively and Layers 3—4, 6—7, 10—11 represent three cold stages separately

图 4 表示各层所含哺乳动物群的化石种数的变化情况。一般认为, 种的数量多寡的变化反映了气候暖凉的变化。将图 4 与图 3 比较, 我们可以看到: 两者是相似的。即第 5 层和第 8—9 层分别代表 2 次温暖期; 而第 3—4 层, 第 6—7 层和第 10—11 层则分别代表 3 次寒冷期。

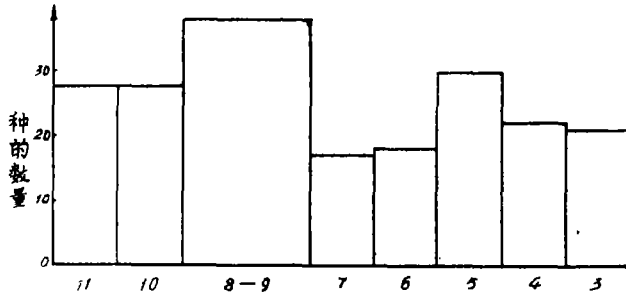


图 4 周口店第一地点的第 3—11 层中哺乳动物群的化石种数量的变化
Specific diversity in Layers 3—11 of Loc. 1.

根据图 1, 我们可以得到如下认识: 在与北京人共生的几个动物群的层位中, 第 3—4 层可与 O^{18} 的第 8 阶段相对比, 而第 5 层则相当于第 9 阶段。第 3—5 层代表一个完整的冰川旋回, 相当于冰川旋回 D。第 6—7 层可与第 10 阶段相对比, 而第 8—9 层则相当于第 11 阶段。第 6—9 层代表又一个完整的冰川旋回, 相当于冰川旋回 E。第 10 层可与第 12 阶段相对比, 相当于冰川旋回 F 的晚期。所以, 根据对第 3—10 层中哺乳动物群进行聚类分析所得到的气候波动与海洋的氧同位素记录是吻合的, 也与中国北方黄土地区所反映的气候波动状况相一致。也就是说, 北京人在周口店居住期间包括 3 次寒冷期(或冰期)和 2 次温暖期(或间冰期)。

有人以为冰期(或寒冷期)的来临意味着世界各地都是冰川, 这是错误的。事实上第四纪的各次冰期的表现并不相同。有的冰期较冷, 冰川复盖面积相对较大; 有的冰期不太冷, 冰川复盖面积相对较小。据 Flint (1971) 统计, 在第四纪, 冰川复盖面积最大可达 44.32×10^6 平方公里, 约占全世界陆地面积的 30%。所以, 即使在冰川范围最大的冰期时, 世界上依然有 70% 的陆地上是不存在冰川的。有人以为当冰期(或寒冷期)来临时, 世界各地一律都非常寒冷, 这也是一种误解。与北京人共生的哺乳动物群否定了这种见解。在周口店哺乳动物群中, 一般认为喜冷的属种有复齿旱獭 (*Marmota complicitens*)、蒙古旱獭 (*Marmota bobak*)、鼠兔 (*Ochotona koslowi*)、狼獾 (*Gulo*)、洞熊 (*Ursus cf. spelaeus*)、燕山犀 (*Coelodonta antiquitatis yenshanensis*) 等, 如表 2 所示, 它们并不是只集中在代表 3 次寒冷期的第 4 层, 第 6—7 层和第 10—11 层中, 它们也出现在代表温暖期的第 8—9 层中。而一般认为喜暖的属种, 如硕弥猴 (*Macaca robustus*)、竹鼠 (*Rhizomys*)、豪猪 (*Hystrix subcristata*)、猎豹 (*Acinonyx*)、柯氏中国熊 (*Ursus thibetanus kokeni*)、纳玛古稜齿象 (*Palaeoloxodon cf. namadicus*)、德氏水牛 (*Bubalus teilhardi*) 等属种也并不是只集中在代表两次温暖期的第 5 层和第 8—9 层中, 它们也出现在代表寒冷期的第 3—4 层、第 6—7 层和第 10—11 层中。这些喜冷和喜暖的动物共生的事实说明: 北京人时代的三次寒冷期(或冰期)并不非常冷, 而两次温暖期(或间冰期)也并不十分热。看来, 北京人时代的气候大体上和今日华北的气候相近似。

根据对周口店第一地点哺乳动物群的分析, 人们普遍认为: 北京人的时代相当于欧洲的 Holstein 间冰期。据 Kukla (1977) 研究, Holstein 间冰期相当于冰川旋回的 E—F。如前所述, 周口店哺乳动物群的时代相当于 O^{18} 的第 12—8 阶段, 即冰川旋回的 D—F 的

晚期。可见上述欧亚哺乳动物群的对比大体上是正确的。据 Kukla (1977) 研究, 德国北方 Holstein 间冰期的海相软体动物化石和有孔虫化石指示了一种冷或凉的生态环境, 与今日欧洲北部的北海相类似, 也就是说, Holstein 间冰期的气候与现代气候相接近。这和我们的观点(即北京人时代的气候和今日华北气候相近似)是吻合的。所以中国与欧洲的气候变迁状况也是颇为一致的。总之, 从第 8—12 阶段, 或在冰川旋回 D—F 期间, 在周口店地区既没有发现十分热的温暖期, 也没有发现非常冷的寒冷期。

本文的前一作者徐钦琦(1980)曾指出:“北纬 35° 地区天文辐射冬半年总量的多寡大体上可以代表全球各地平均气温的升降。”从图 16 上可以知道, 在第 8—12 阶段中, 代表温暖期的第 9 和第 11 阶段的诸峰并不很高, 它们明显地低于第 7 或第 15 阶段的波峰, 所以这两次温暖期的气候不可能十分热。正是因为这个缘故, 由第 5 层和第 8—9 层所代表的两次温暖期的气候不是十分热的。同样, 在图 16 上的第 8、10、12 阶段的诸波谷也都不很低, 因此这三次寒冷期的气候也不可能非常冷。正是因为这个缘故, 由第 3—4 层、第 6—7 层和第 10 层所代表的三次寒冷期的气候也不是非常冷的。所以我们认为, 全球性的气候变迁看来是受辐射量曲线的控制的。

本文在写作过程中, 蒙贾兰坡教授亲切鼓励和指导, 我所的李炎贤、计宏祥、黄慰文、刘时藩等同志和澳大利亚的 J. Hope 博士审阅了本文的初稿, 提出了许多宝贵的意见。陈瑄同志为本文清绘了插图。北京市计算中心的黄玉珍同志帮助我们计算数据。作者谨向他们表示衷心的感谢。

(1981 年 4 月 9 日收稿)

参 考 文 献

- 中国科学院地质研究所, 1977: 数学地质引论。地质出版社, 66—85。
- 卡尔克、周本雄, 1961: 周口店第一地点下部各层的地层、古生物学观察及第一地点的时代。古脊椎动物与古人类, 第 3 期, 212—240。
- 刘后一, 1973: 北京人地点的马化石。古脊椎动物与古人类, 第 11 卷, 第 1 期, 86—97。
- 邱中郎等, 1973: 周口店新发现的北京猿人化石及文化遗物。古脊椎动物与古人类, 第 11 卷, 第 2 期, 109—131。
- 李炎贤、计宏祥, 1980: 从哺乳动物化石来探讨北京猿人生活环境的变迁。科学通报, 第 23 期, 1087—1088。
- 周明镇, 1955: 从脊椎动物化石上可能看到的中国化石人类生活的自然环境。中国人类化石的发现与研究, 科学出版社, 19—38。
- 周本雄, 1978: 披毛犀和猛犸象的地理分布。古脊椎动物与古人类, 第 16 卷, 第 1 期, 47—59。
- 周本雄, 1979: 周口店第一地点的犀类化石。古脊椎动物与古人类, 第 17 卷, 第 3 期, 236—258。
- 科瓦斯基, 1963: 周口店第一地点蝙蝠动物群的新材料。古脊椎动物与古人类, 第 7 卷, 第 2 期, 144—150。
- 赵资奎等, 1960: 中国猿人化石产地 1959 年发掘报告。古脊椎动物与古人类, 第 2 卷, 第 1 期, 30—32。
- 赵资奎等, 1961: 中国猿人化石产地 1960 年发掘报告。古脊椎动物与古人类, 第 4 期, 374—379。
- 赵树森等, 1980: 应用铀系法研究北京猿人年龄。科学通报, 第 4 期, 192。
- 裴文中, 1960: 中国原始人类的生活环境。古脊椎动物与古人类, 第 2 卷, 第 1 期, 40—44。
- 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, 第 1 卷, 第 1 期, 41—46。
- 贾兰坡等, 1959: 周口店附近新发现的哺乳动物化石地点。古脊椎动物与古人类, 第 1 卷, 第 1 期, 47—52。
- 贾兰坡, 1978: 北京人时代周口店附近一带的气候。地层学杂志, 第 2 卷, 第 1 期, 53—56。
- 徐钦琦, 1980: 地球轨道与气候演变的关系。科学通报, 第 4 期, 180—182。
- 徐钦琦, 1980: 气候演变的周期性与黄道倾斜的关系。古脊椎动物与古人类, 第 18 卷, 第 4 期, 334—343。
- 徐钦琦等, 1981: 陕西洛川的黄土与深海沉积物的对比。科学通报(印刷中)。
- 郭士伦等, 1980: 裂变径迹法测定北京猿人的年代。科学通报, 第 24 期, 1137—1139。
- 钱方等, 1980: 周口店猿人洞堆积物磁性地层的研究。科学通报, 第 4 期, 192。
- Berggren, W.A., et al., 1980: Towards a Quaternary Time Scale. *Quaternary Research*, Vol. 13, No. 3. p. 277—302.
- Kukla, G.J., 1977: Pleistocene Land-Sea Correlations I. Europa, *Earth-Science Reviews*, Vol. 13, No. 4. p. 307—374.
- Shackleton, N.J., and N.D. Opdyke, 1973: Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28—238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 10³ Years and 10⁶ Years Scale. *Quaternary Research*, Vol. 3, No. 1. p.39—55.

CLIMATIC CHANGES DURING PEKING MAN'S TIME

Xu Qinqi Ouyang Lian

(*Institute of Vertebrate Palaeontology and Palaeoanthropology, Academia Sinica*)

Key words palaeoclimate; Choukoutien Loc. 1; mammalian faunas

Summary

The fossiliferous deposits at Choukoutien, Loc. 1, where Peking Man lived, are some 40 metres in thickness, and may be divided into 13 layers from top to bottom. Their dates are summarized in Table 1. According to the dates, Layer 3 would be correlated with Stage 8 in the record of deep-sea sediments and Layer 10 would correspond to Stage 12. Just as Kahlke and Chow Benschun (1961) said, "There is no real break in the continuity of the record as well as in the composition of the fauna." So the Peking Man once experienced three cold stages (i.e. Stages 12, 10, 8) and two warm stages (i.e. Stages 11, 9). Fossil fauna lists of the different layers of Loc. 1 (vertebrate) were given by Kahlke *et al* (1961) and Chia Lan-po (1978) (Table 2). In order to correlate the Choukoutien sequence associated with *Homo erectus pekinensis* (i.e. Layers 3—10) with the O¹⁸ record of deep-sea sediments (Fig. 1a), we have used cluster analysis and other mathematical techniques. As a consequence, there are two groups in Layers 3—11. The first group is composed of Layers 5, 8—9. The other layers belong to the second group (Fig. 2). In comparison with Layers 3, 6, 7, Layers 11, 10, 4 have longer distance from the first group (i.e. Layers 5, 8—9) (Fig. 3 or Fig. 1d). Li Yanxian and Ji Hongxiang (1980) held that Layers 8—9 (38 forms including ostrich) are characterized by forest animals, with an abundance of Carnivora, a scarcity of Rodentia and an absence of grassland Rodentia. This suggests that the climate was warm and humid at the time. They also said that Layer 5 contained 29 forms, but still with more forest animals than grassland ones. Carnivora are abundant. In addition there is an aquatic species in the fossil list (i.e. *Trogotherium cuvieri*). The rich finds have been made in the calcareous tufas or travertines. Lithological and palaeontological evidences suggest that the climate was warm and damp at the time. These layers are exactly the same as the first group in Fig. 2. They show a forest landscape. Li *et al* (1980) held that Layer 11 contained 29 forms excluding *Homo erectus pekinensis*, of which the ratio of grassland animals to forest animals is 55:45. In Layer 10 were recognized 28 forms (including ostrich), here the grassland animals are predominant over forest ones. They pointed out that Layer 4 gives 21 forms, including ostrich in it. Here Carnivora decreases while Rodentia increases in number. There are more grassland fossil animals than forest ones in Layer 4 with aridadapted fossil animals as the predominant forms. Just as mentioned above, the average distances between Layers 11, 10, 4 and the first group are much longer than those of the others (Fig. 3). Layers 11, 10, 4 show a predominantly grassland landscape, though there was some forest in the Choukoutien area then. The other layers in Fig. 2 consists essen-

tially of intermediate types. Layers 3 is close to Layers 11, 10, 4 and shows a grassland-forest landscape as Li *et al* (1980) said. Layers 6—7 are close to the first group in Fig. 2. Li *et al* (1980) held that in Layers 5—9 forest animals exceed grassland animals and aquatic animals outnumber arid-adapted animals. Therefore the result of cluster analysis supports the view of Li Yanxian and Ji Hongxiang (1980).

According to Table 3 we calculate average of distances between each layer and Layer 5 and those between each layer and Layers 8—9. Thus we get Fig.3 (or Fig. 1d). Obviously, Layers 3—4 correspond to O¹⁸ Stage 8 and Layer 5 to Stage 9. So Layers 3—5 represent a completed glacial cycle, that is cycle D. Layers 6—7 would be correlated with Stage 10 and Layers 8—9 with Stage 11. So Layers 6—9 correspond to another completed glacial cycle, that is cycle E. Layer 10 would be correlated with Stage 12 or the late part of glacial cycle F. Therefore Peking Man's time includes at least three cold stages, i.e. Layers 3—4, 6—7, 10; and two warm stages, i.e. Layers 5, and 8—9. Peking Man's time corresponds to glacial cycles D-F. On Palaeontological evidence, the Peking Man's time would correspond to Holstein in Europe, i.e. glacial cycles E-F (Kukla, 1977). Therefore the correlation of the Asian fauna with the European fauna is roughly correct.

Marmota bobak, *M. complicitens*, *Ochotona*, *Gulo*, *Ursus spelaeus* and *Coelodonta* etc. are generally recognized as glacial elements. They are reported both from Layers 4, 6—7, 10—11 which represent the cold stages and from Layers 8—9 which represent the warm stage. *Macaca*, *Rhizomys*, *Hystrix*, *Acinonyx*, *Ursus thibetanus*, *Palaeoloxodon namadicus* and *Bubalus* etc. are generally recognized as interglacial elements, Under similar circumstances, they occur both in Layers 5, 8—9 which indicate warm climate and in Layers 3—4, 6—7, 10—11 which represent cold climate. The coexistence of the glacial elements with the interglacial elements in Choukoutien sequence indicates that the climate of the three cold stages was not very cold and the climate of two warm stages was not very warm during Peking Man's time. Therefore the climate during Peking Man's time as a whole was similar to that of North China today. Kukla (1977) said, "Marine molluscs and foraminifers of Holstein epicontinental seas point to relatively chilly waters, similar to those of the present North Sea." Therefore the climatic changes of Asia was the same as Europe then.

The senior author Xu Qinqi (1980) held that the distribution of winter insolation at 35°N (Fig. 1b) is critical to the variation of the mean annual temperature of the world. In Fig. 1b the warm peaks in Stages 9, 11 are not very high and they are obviously lower than those in Stage 7 or 15. So the climate would not be very warm during Stage 9 or 11. This is the fundamental cause why the climate of the two warm stages during Peking Man's time was not very warm. On an equal basis, the cold valleys in Stages 8, 10, 12 are not very low. So the climate would not be very cold during these stages. This is the fundamental cause why the climate of the three cold stages during Peking Man's time was not very cold.