

论南京直立人化石的年代

周春林 汪永进

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

程 海

(美国明尼苏达大学同位素实验室)

刘泽纯

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

摘要

根据南京直立人洞穴钙板方解石的 TMS 测年, 南京直立人化石的年代应早于距今 50 万年。南京猿人洞穴堆积所含哺乳动物化石和孢粉分析, 表明含人类化石的堆积形成于冷期; 哺乳动物化石的比较分析和聚类分析认为含南京直立人化石层可对比于北京猿人洞穴堆积的第 6 层和深海岩芯氧同位素记录的 14 阶段, 从而进一步支持南京直立人化石时代早于 50 万年的 TMS 测年结果。

关键词 南京直立人, 洞穴堆积, TMS 测年, 冰期

人类进化是一种在时间过程中进行的现象, 人类学一般依据人化石的解剖特征来确定其分类位置与生存时代。然而根据相似的解剖性状来推断有共同的进化关系是极其危险的, 解剖上相似性并不一定表明存在进化上的相关性(吴汝康等译, 1995)。中国的一些直立人化石地点存在年代的分歧就是这种矛盾的表现, 如著名的北京猿人遗址以及本文将要讨论的南京汤山直立人化石地点。高精度热电离质谱铀系法(TMS)测定周口店 H 地点压覆在含北京人五号头骨化石的第 3 层之上的第 1—2 层顶钙板平均年代为 414 ± 13 ka B. P. (沈冠军等, 1996), 而不是原来定为的 23 万年(赵树森等, 1985), 将北京猿人的最晚年代推前了近 20 万年。综合 ESR 和铀系测年资料, 南京直立人的年代为距今 35 万年(陈铁梅等, 1996)。作者曾据葫芦洞洞内与小洞含人化石层之上钙板沉积相关的石笋 TMS 年代推测南京直立人的时代为距今 50 万年左右¹⁾。本文将根据小洞内覆于人类化石层之上的钙板层的 TMS 测年、生物化石及气候地层的对比来讨论南京直立人化石的年代。

收稿日期: 1997-09-16

1) 周春林等 南京直立人生存年代及气候地层对比 地层学杂志(待刊)。

1 南京直立人洞穴堆积

1994 年考古发掘将小洞内的堆积分四层, 自上而下: 钙板层, 厚 2—8cm; 棕红色粉砂粘土层, 37—52cm, 发育水平层理; 棕红色粘土化石层, 30—90cm, 含灰岩碎块和风化钙板(即红色砂岩), 化石富集, 发现两具南京直立人头骨和一枚牙化石; 棕红色粘土, 6—20cm, 有较多风化钙板和碎石块(汤山考古发掘队, 1996)。1998 年初夏作者与“南京早期人类遗址综合研究”课题组其他成员进入小洞考察并采集了连续的洞穴堆积样品, 包括 T M S 测年的方解石样品(图 1)。作为这次考察的重要发现之一是小洞洞穴堆积底部的基岩和洞穴顶部的围岩都不是灰岩, 而是紫红色、黄色钙质泥岩。这对研究洞穴的成因、演化及其与人类化石的关系极其重要。

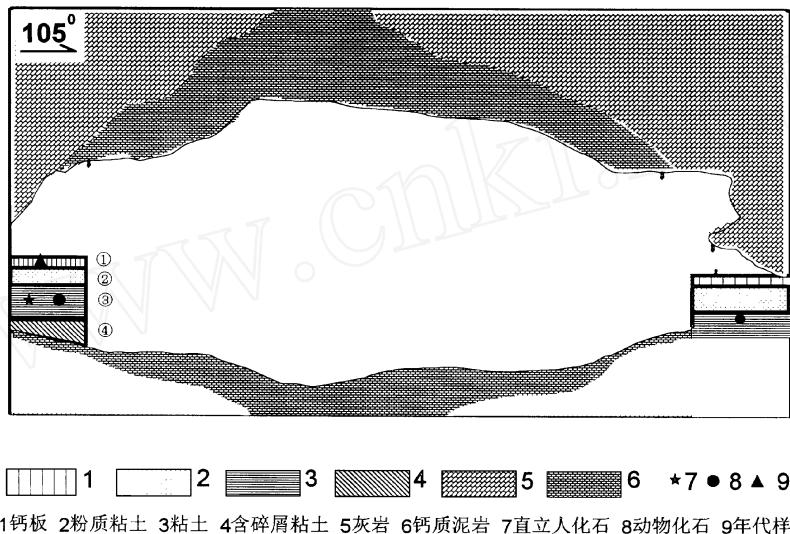


图 1 南京人化石地点小洞堆积剖面

Strata section at Little Cave in Nanjing Man's Site

2 南京直立人化石年代

根据哺乳动物群和哺乳动物种的特点, 徐钦琦等认为与南京直立人伴生的动物群的时代为中更新世中晚期(徐钦琦等, 1993), 汤山考古发掘队认为“南京人动物群”的时代为中更新世中期(汤山考古发掘队, 1996)。陈铁梅等根据小洞钙板和动物牙化石的铀系法和电子自旋共振法(ESR)测年认为 28—38 万年代区间可以作为南京人化石地层年代的估计值。由于 30 万年接近铀系法的最大测年限, 所以侧重于 ESR 测年, 提出南京人年龄为 35 万年左右(陈铁梅等, 1996)。作者曾根据洞穴堆积过程及葫芦洞(大洞)内一石笋核心部位样品的 T M S 年代为 493.6^{+60}_{-43} Ka B P, 考虑到小洞内钙板形成的年代应与石笋最早年代

相当或稍早, 因此推测南京人化石层的年代可能不晚于距今 50 万年。

新的 T M S 测年再一次支持过去的推论。T M S 测年的方解石样品取自覆于人类化石层之上的钙板层。根据实地直接观察, 该钙板与下伏的碎屑堆积物之间接触关系清楚, 钙板与棕红色粉砂粘土的接触面上有明显的多边形钙质胶结粘土相互嵌入, 表明钙板是在下部化石粘土物质堆积之后形成的, 并且洞穴小环境有过明显的干湿变化。经过严格挑选, 选择两块结晶较好、纯净致密的样品送美国明尼苏达大学进行 T M S 测年, 每个样品分别取 3 个样同步测定, 其年代比较一致(表 1)。关于样品预处理、T M S 测年方法和测年精度国内外都有文献论证 (Edwards *et al.*, 1986; 沈冠军等, 1991, 1996), 并得到国内外学者的广泛肯定, 因此, 新的 T M S 测年数据首次直接证实南京直立人化石的年代早于 50 万年。

表 1 南京汤山葫芦洞之小洞钙板方解石 $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 年代测定结果

Isotopic ratios of $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ and ages of calcite of Little Cave in Hulu Cave, Tangshan, Nanjing

Sample Number	^{238}U (ppb)	^{232}Th (ppb)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (measured)	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (activity)	^{230}Th Age * (Ka)
94029-1 (I) **	297.1 ± 0.2	0.016 ± 0.003	1.235 ± 0.002	1.3200 ± 0.0038	$530+ 32/- 27$
94029-1 (II)	251.0 ± 0.1	0.040 ± 0.006	1.244 ± 0.002	1.3324 ± 0.0039	$529+ 32/- 27$
94029-1 (III)	213.6 ± 0.2	0.197 ± 0.005	1.306 ± 0.002	1.4190 ± 0.0073	$529+ 53/- 39$
94029-2 (I)	217.6 ± 0.2	0.048 ± 0.003	1.287 ± 0.002	1.3950 ± 0.0042	$539+ 35/- 29$
94029-2 (II)	167.5 ± 0.1	0.186 ± 0.004	1.287 ± 0.002	1.3920 ± 0.0046	$523+ 32/- 27$
94029-2 (III)	211.1 ± 0.3	0.346 ± 0.009	1.300 ± 0.003	1.4152 ± 0.0048	$561+ 54/- 42$

* 修正的年代假设 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 的初始比值为 4.4 (4.4×10^{-6}), $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 长期平衡的比值取地壳物质的比值 3.8。

** (I)、(II) 和 (III) 是同一样品的不同部分。

3 洞穴堆积的气候地层对比

产南京直立人化石的小洞堆积由钙板层及其下的粘土碎屑层构成, 厚约 1.2m (图 1)。小洞钙板形成的时代在距今 53 万年前后。钙板沉积一般反映较暖湿气候, 《南京人化石地点》报道的唯一氧同位素测定样品即来自该层, 其 $\delta^{18}\text{O}$ 比值为 -7.4‰, 可落于间冰段。钙板之下碎屑物的孢粉分析表明沉积时期气候属温带性质, 温度较现在低 (姜钦华, 1996)。洞内一块动物化石附着粘土的孢粉中木本花粉占 58.8%, 有松、桦、鹅耳枥、榆、栎、胡桃和柳等; 草本占据 22.6%, 有藜科、菊科、蒿和蓼等; 蕨类孢子占 18.5%, 有水龙骨科、蕨属、凤尾蕨和卷柏等。按孢粉比例和针阔叶树花粉比, 当时可能为温带针阔混交林。因此南京汤山地区的气温较现在低 (刘金陵等, 1997)。这一分析与化石层中哺乳动物群组成除剑齿象外均为北方型动物群, 代表冷期的结论是一致的 (徐钦琦等, 1993; 穆西南等, 1993)。

根据哺乳动物种的特点, 以水牛化石在北京猿人洞穴 9—7 层出现, 肿骨鹿下颌骨的肿厚程度接近北京猿人洞穴堆积的中下部, 北京大学考古系和汤山考古发掘队将“南京人动物群”对比于周口店第 1 地点中部第 7—6 层 (1996)。南京人动物群 (简称南京) 与北京周口店第 1 地点第 3 至 11 层 (简称 3 层、4 层...11 层) 哺乳动物化石 (表 2) 的聚类分析表明南京直立人化石层的哺乳动物群与第 1 地点洞穴堆积的第 3 和第 6 层动物群为一类 (图 2), 反映一种偏冷的生态环境。

表2 北京人遗址与南京人化石地点哺乳动物化石地层分布* (据徐钦琦等, 1982)

Mammal fossils distribution in strata of Peking Man's Site and Nanjing Man's Site

种 类	3 层	4 层	5 层	6 层	7 层	8-9 层	10 层	11 层	南京
灵长目 Primates									
<i>Homo erectus</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Macaque robustus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0
食虫目 Insectivora									
<i>Scaptochirus primatus</i>	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Nearctis bohlini</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Crocidura</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
翼手目 Chiroptera									
<i>Rhinolophus pleistocaenicus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Myotis</i> sp. A	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Myotis</i> sp. B	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lasiurus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Miniopterus schreibersii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
兔形目 Lagomorpha									
<i>Ochotona koslowi</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0
啮齿目 Rodentia									
<i>Microtus bobak</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Microtus campbelli</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Castor</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Trogontherium cuvieri</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0
<i>Cricetinus varians</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cricetulus cf. griseus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Apodemus sylvaticus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Mus musculus bieni</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Rattus rattus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gerbillus roborowskii</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Microtus brandtioides</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Microtus epiratticeps</i>	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Myospalax epitingi</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hystrix cf. subcristata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Rhizomys</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
食肉目 Carnivora									
<i>Canis lupus</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Canis lupus variabilis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Canis cyonoides</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nyctereutes sinensis</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cuon cf. alpinus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Vulpes cf. vulgaris</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Vulpes cf. corsac</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	1

种 类	3 层	4 层	5 层	6 层	7 层	8-9 层	10 层	11 层	南京
Canidae gen et sp. indet	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ursus thibetanus kokeni</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0
<i>Ursus arctos</i>	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Ursus cf spelaeus</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Ailuropoda</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mel es cf leucurus</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Lutra melanota</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gulo</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Mustela cf sibirica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mustela</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Hyaena sinensis</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Crocuta ultima</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Machairodus inexpectatus</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	0
<i>Panthera cf tigris</i>	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<i>Panthera cf pardus</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	1
<i>Felis cf teilhardi</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	0
<i>Felis</i> sp. A.	0	0	1	0	0	1	1	1	0
<i>Felis</i> sp. B.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Felis cf microtis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>A cinonyx</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0	0	0
长鼻目 Proboscidea									
<i>Palaeoloxodon cf namadicus</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0
奇蹄目 Perissodactyla									
<i>Dicerorhinus choukoutiensis</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Coelodonta antiquitatis yenshanensis</i>	1	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Equus sanmeniensis</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1
偶蹄目 Artiodactyla									
<i>Sus lydekkeri</i>	1	0	0	0	1	0	1	1	1
<i>Paracervus gigas</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Moschus moschiferus pekinensis</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Procyon lotor grayi</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Megaloceros pachyosteus</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Megaloceros f. labellatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cervus</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gazella</i> sp.	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Spirocerus peei</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ovis cf ammon</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0
<i>Ovis</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bubalus teilhardi</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Bison</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bovidae gen et sp. Indet	0	0	0	0	0	0	1	1	0

* 如果某种化石在该层中出现, 记为 1; 否则记为 0。

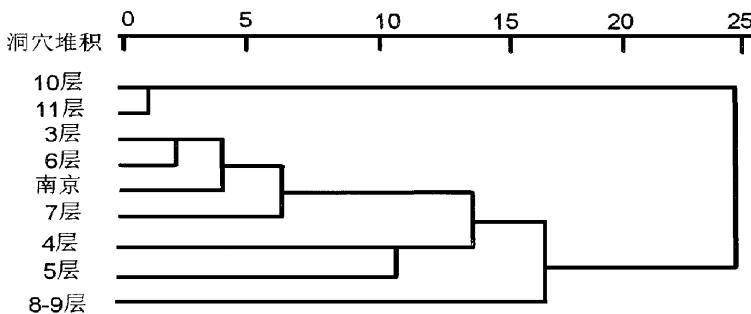


图2 南京人化石层与北京周口店第1地点3—11层哺乳动物化石聚类图

Cluster plot of mammals fossils from Layer 3—11 at Loc 1 in Zhoukoudian, Peking and the Layer containing hominid fossils at Little Cave in Tangshan, Nanjing

由于北京猿人洞穴堆积层顶部最新 TMS 测年将其上部的传统年代推前约 20 万年, 因此有必要重新分析其气候地层。通过对 1—14 层孢粉数据因子分析计算热量因子值, 及堆积层风化系数(石英/长石)、粘土微量元素含量比(Ba/Sr) 等气候代用指标的标准化, 迭加形成一个无量纲的综合气候指标(周春林等, 1997), 定量地描绘出北京猿人洞穴堆积所记录的古气候信息。根据顶部 TMS 测年数据(沈冠军等, 1996) 和 B/M 界线位于第 14 层上部(钱方等, 1985), 划分气候旋回, 并与深海岩芯氧同位素曲线进行对比(图 3)。综合气候曲线不仅与岩性和生物化石反映的古气候环境吻合, 而且在气候旋回的冰期冷段和间冰期暖段内洞穴堆积表现的次级气候波动与深海岩芯氧同位素曲线也可以比较, 并且波动次数具有一定的相似性, 其 3—14 层可对比于深海岩芯 $\delta^8\text{O}$ 曲线 SPECMAP 的第 12—19 阶段(1—2 层为洞顶垮塌以后的堆积, 可能受到后期改造, 故不参与对比)。按新的 TMS 测年和气候地层分析, 结合哺乳动物种的特点和聚类分析的结果, 南京猿人洞穴含人化石层可对比于北京猿人洞穴堆积的第 6 层, 相当于深海岩芯 $\delta^8\text{O}$ 的第 14 段, 从年代学和气候地层学上验证了南京人化石年代早于 50 万年的结论。第 6 层虽是北京猿人洞穴堆积中最厚的角砾层, 但

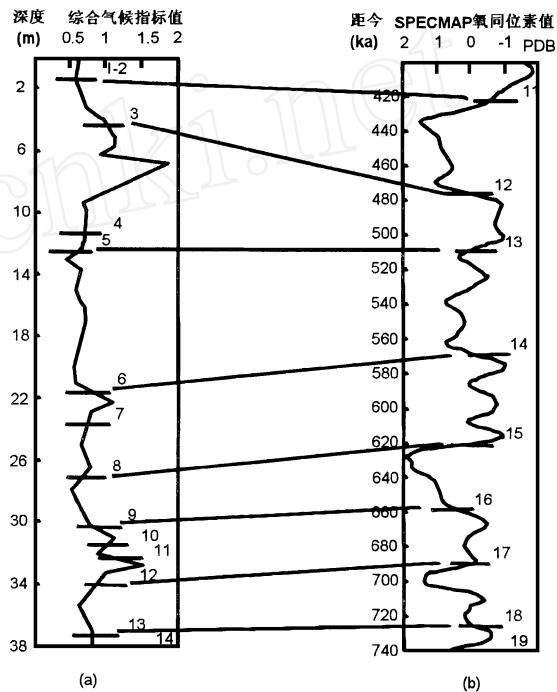


图3 北京猿人洞穴综合气候曲线(a)与深海岩芯氧同位素曲线(b)的对比

Comparison between the curves of synthetic climatic index of deposits in Peking Man's Cave and the oxygen isotope record of deep-sea-core

所含的森林动物化石多于草原动物化石, 气候并非很寒冷; 南京人化石层孢粉组合也反映气候变冷。这一时期相当于中国黄土-古土壤序列中的 S₅₋₂ 古土壤层形成期, 说明当时气候环境并不十分恶劣, 古人类可以在较大的地域范围内生存与繁衍。

4 结果与讨论

根据上述气候地层对比, 南京人化石层属于冰期段堆积, 在年代和气候地层上相当于北京猿人洞穴堆积的第6层; 其上的钙板层可对比于北京猿人洞穴堆积最厚的灰烬 钙板层即第4-5层。南京直立人化石的年代早在50万年。北京猿人洞穴第6层角砾堆积最厚, 达7.12m, 角砾之间有棕褐色灰烬(厚0.75m), 表明北京猿人在气候转冷的环境下居住于洞内并取火御寒。而南京猿人化石层是自然堆积体, 尽管当时气候变冷, 但南京纬度低, 降温幅度并不大, 干暖的气候有利于钙板的形成, 保护了其下的人类化石。

致谢: 感谢中国科学院院长基金(项目编号: 940203)资助。在小洞采样过程中得到南京古生物研究所许汉奎研究员、刘金陵研究员等同志的指导, 陈晔博士、陆从伦、夏应菲、袁林旺、叶春等参加部分野外考察, 南京市文物局和汤山旅游公司也为研究提供许多便利。谨向上述单位和个人表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 北京大学考古系和汤山考古发掘队 1996 南京人化石地点 北京: 文物出版社, 202—203
- 刘金陵, 穆西南, 许汉奎等 1997. 关于南京猿人生存时期的气候环境讨论 地层学杂志, 22 (1): 60—64
- 吴汝康, 吴新智, 林圣龙译 1995. 人类的起源 上海: 上海科学技术出版社
- 沈冠军, 金林红 1991. 北京猿人遗址年代上限再研究 人类学学报, 10 (4): 273—277.
- 沈冠军, 顾德隆, Gahleb B. 1996. 高精度电热质谱铀系法测定北京猿人遗址年代初步结果 人类学学报, 15 (3): 210—217.
- 陈铁梅, 杨全, 胡艳秋 1996. 南京人化石地点年代测定报告 见: 南京市博物馆等编 南京人化石地点 北京: 文物出版社, 254—258
- 周春林, 刘泽纯, 汪永进等 1997. 北京猿人与南京猿人洞穴堆积环境对比 北京: 第七届全国第四纪研讨会论文集
- 钱方, 张景鑫, 殷伟德等 1985. 周口店第一地点西壁及探井堆积物磁性地层的研究 见: 吴汝康等编 北京猿人遗址综合研究 北京: 科学出版社, 251—255
- 姜钦华 1996. 南京汤山葫芦洞洞穴堆积物的孢粉分析及古环境 见: 南京市博物馆等编 南京人化石地点 北京: 文物出版社, 283—285
- 赵树森, 裴静娴, 郭士伦等 1985. 北京猿人遗址年代学的研究 见: 吴汝康等编 北京猿人遗址综合研究 北京: 科学出版社, 239—240
- 徐钦琦, 穆西南, 许汉奎等 1993. 南京汤山溶洞中更新世哺乳动物群的发现及其意义 科学通报, 38 (15): 1403—1406
- Edwards RL, Chen JH, Wasserburg GJ. 1986/87. ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th systematics and the precise measurement of time over past 500000 years Earth Planet Sci Lett, 81: 175—192

D ISCUSSION ON NANJING MAN'S AGE

Zhou Chunlin Wang Yongjin Cheng Hai Liu Zechun
(Geo-Science College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097)

Abstract

Based on the latest U-series dating of flow stone calcite in Nanjing Man Cave (Little Cave) with TMS, the age of Nanjing Man may be older than 500 000 years. The analysis of mammalian, spore and pollen fossils indicate that the deposit containing hominid fossils was formed in the cold (glacial) stage. By the cluster analysis of mammalian fossils in Little Cave and in Peking Man Cave, the layer containing Nanjing Man fossils is correlated with the 6th breccia layer in the Peking Man Cave and the Stages 14 of marine deposits $\delta^{18}\text{O}$. This result approved the new dating by TMS which suggests that the age of Nanjing Man is earlier than 500 000 years ago with more evidence.

Key words Nanjing Man, Cave deposits, U-series dating with TMS, Glaciation

消息与动态

99' 北京国际古人类学学术研讨会圆满结束

为纪念北京猿人第一个头盖骨发现 70 周年,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所在国家自然科学基金和中国科学院南南合作基金的支持下,于 1999 年 10 月 12 日至 16 日在北京举办了 99' 北京国际古人类学学术研讨会暨纪念北京猿人第一个头盖骨发现 70 周年的学术活动。这一活动分两个部分:纪念北京猿人第一个头盖骨发现 70 周年大会和国际古人类学学术研讨会。纪念大会于 12 日上午在人民大会堂举行。中国科学院院长路甬祥院士、国家文物局局长张文彬先生以及联合国教科文组织总干事代表野口升先生在会上作了重要讲话。他们再次强调了北京猿人头骨发现的意义以及周口店北京猿人遗址的重要性。国际学术界的代表,著名国际第四纪地质学家刘东生院士、著名国际古人类学家科盘斯院士、德伦雷教授在会上也作了发言。他们简要回顾了国际古人类学及周口店遗址的研究史及其重要意义,并展望了其未来的发展方向。研讨会于 12 日下午在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所开始并于 16 日圆满结束。来自世界各地 21 个国家 112 位学者参加了这一研讨会,其中外宾 81 人,包括国际著名学者德伦雷夫妇、巴约瑟夫、雅各布、奥特、李隆助等。大家在研讨会上对古人类学及其相关领域的研究成果,尤其是近十年来的成果进行了介绍和交流。研讨会上征集的优秀论文将在近期编辑出版。
(董为)