

北京猿人遗址年代上限再研究

沈 冠 军 金 林 红

(贵州大学化学系, 贵阳 550025)

关键词 北京猿人遗址; 钙板; 铀系年代

内 容 提 要

本文报道了取于北京猿人遗址第1—2层的二个钙板样的铀系年龄。下列实验证据支持数据的可信度: 二个样品的定年结果在误差范围内一致且 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 值均接近平衡; BZC-3样三次 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年龄测定获一致结果; $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 和 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 二法对照的结果表明BZC-3样构成封闭体系。基于BZC-3样三次平行分析所得同位素比值的加权平均值, 提出北京猿人遗址的上限年龄应为 42 ± 1 万年。

一、前 言

位于北京市房山县周口店的北京猿人遗址, 是世界上发现遗物最丰富的旧石器时代早期遗址之一。1977—1979年, 国内有关研究单位用铀不平衡系、裂变径迹、热释发光、古地磁等法测定了该遗址堆积物的年代。综合这几种方法的结果, 赵树森、裴静娴等(1985)提出: 底部第13层为70万年; 出土人类化石的最低层位第10层约50万年; 最上部的1—3层为23万年。这些年代数据已广为引用, 常成为相关学科立论的重要依据。

23万年这一年代上限出自骨化石的铀系年龄。铀系定年要求样品对铀及其子体构成封闭体系, 但动物化石常不能满足这一至关重要的条件。周口店部分骨化石样有 ^{230}Th 年龄与地层顺序相矛盾及 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 显著大于平衡值的现象(赵树森、夏明等, 1985; 原思训等, 1991), 应是这些样品曾发生铀次生迁移的结果。

基于同一原理而又相互独立的二种铀系定年法的对照, 应能为判断样品是否构成封闭体系提供依据。原思训等(1991)平行测定了北京猿人遗址骨化石样的 ^{230}Th 和 ^{231}Pa 年龄。在剔除了二种铀系年龄差异显著的样品后, 定年结果与地层顺序之间呈现了较好的一致性。根据骨化石二法一致的铀系年龄, 作者们认为不宜笼统地将猿人遗址1—3层看作23万年, 而应将第一层顶部的年代划在23万年左右, 出土第五号头盖骨的第三层上部则应为29万年上下。

对于二种铀系年龄的一致能否保证数据真实, Chen Tiemei and Yuan Sixun(1988)认为尚有待讨论。实际上, 二种铀系年龄的一致只是样品构成封闭体系的必要而非充分的条件。国内外已发表的数据表明, 相当一部分骨化石样经历了难于用单一模式描述的铀次生迁移。以14个北京猿人遗址骨化石样为例, 其中三个(7805、7807、85093)有铀的后期加入, 另二个(85091、85120)则发生了铀的淋滤析出(赵树森、夏明等, 1985; 原思训

等,1991)。似不能排除同一样品随埋藏地点微环境的演变先后经历二种铀迁移机制而铀钍同位素比表现为封闭体系的可能。此外,限于测量所能达到的精度,二种铀系法的对照不能鉴别那些发生了少量铀迁移的样品(Shen Guanjun, 1985)。加之部分数据的精度不够高,有关样品封闭性能的讨论似不可避免有实验误差的掺杂。据此我们认为:二法一致的铀系年龄,可信度应优于单一的 ^{230}Th 法定年结果。但二种铀系年龄的一致尚不足于保证数据的真实。周口店第一地点的年代上限因此有进一步研究的必要。

近年来,在数万到数十万年这一测年技术的“盲段”,钟乳石铀系年龄可信度的研究有所进展。笔者(1987)曾改进了 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 法的分析程序,将该法应用于含铀量不特别低的钟乳石样。两种铀系年龄相互印证的结果表明,纯净致密、结晶良好的钟乳石样的铀系年龄有较高的可信度。

本文报道了取于周口店第一地点1—2层中的二个钙板样的 ^{230}Th 年龄及其中一样的 ^{227}Th 年龄,并提出北京猿人遗址的上限年龄应为42(范围37—53)万年左右。

二、样品位置及层位意义

遗址现存1—2层堆积物位于南裂隙顶部、山顶洞旁的H地点,红褐色砂质粘土中发育五层钙板,其中最上部第一层钙板的中间部分纯度颇高、比较致密、无明显风化迹象。BZC-2与BZC-3均取于此,BZC-2呈黄棕色,结晶细微,BZC-3为乳白色,可看到大颗方解石晶体。

钙板本身并非文化遗物,用这类物质测定遗址的年代,样品与遗物必须有明确的沉积顺序关系。现场观察可清楚地看到:这些钙板水平纹理清楚,上、下与堆积物良好整合,表明它们是原地生成的,具明确的层位意义;夹生钙板的堆积物叠压于出土北京猿人五号头骨化石的第3层之上,即这些钙板无疑后于五号头骨化石形成。任美镛等(1985)曾对猿人遗址作了系统的沉积学研究,认为H地点曾可能有一小洞穴,“…后来被侵蚀破坏,现已看不到单独的洞穴形态,而成为猿人洞穴的一部分,并为猿人洞穴堆积的上部地层所填埋”。由此现存H地点的堆积物应属“猿人洞穴堆积的上部地层”,这二个钙板样应可代表周口店第一地点所有堆积物的上限年龄。

三、结果及讨论

^{230}Th 法的铀钍同位素强度比及年代结果于表1中给出。

BZC-2的 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 值为6.7,这是由于该样纯度稍差及特别低的铀含量造成的。但由于样品的年龄很大,初始 ^{230}Th 在几个半衰期后已所剩无几,对年代结果的干扰不大,如按 $(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th})_t = 1$ 或2进行“修正”,该样的年龄将分别为35.1或33.4万年。BZC-3的 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 值为32—56,碎屑物质对该样铀系年龄的贡献可忽略。

BZC-2.3的 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 值均已接近平衡。在这种情况下,由于同位素比与年代结果间的非线性关系,须有高精度的同位素比方可给出确定的年代值。BZC-3样纯净致密、结晶良好,其铀系年龄应有较高的可信度。对该样我们用多次平行分析的办法,以尽可能

降低统计误差并消除偶然误差的干扰。这一样品的 ^{230}Th 年龄已测定了三次(样品未粉碎混匀), 所得结果在 $\pm 1\sigma$ 的误差范围内吻合。将这三组分析数据作加权平均处理, 所得 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 值的相对误差为 1.3%, 由此算得的 42 ± 1 万年, 应最接近于样品的实际年龄。

一般认为 ^{230}Th 法测年不能超出 35 万年, 上述数据似已超越此极限。但实际上, 铀系法的测年范围受制于样品的封闭性和同位素强度比的测量精度。就实验技术而言, 与 35 万年这一限值对应的铀钍同位素比的相对测量误差为约 3%。由于近年来 α 谱仪分辨率、稳定性的提高及化学分析程序的改进, 使测量精度好于 3% 已不再十分困难。另一方面, 钟乳石作为年代信息载体的可信度有深入研究的良好前景: 我们已积累了一百多个钟乳石样的铀系年龄数据, 尚未发现有与地层顺序矛盾的; 其中数十个古老钟乳石样的 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 均在误差范围内为平衡值; 已有二十多个二种铀系年龄对照的数据, 其中相对纯净致密、结晶良好的样品都给出了二法一致的结果。因此提高数据精度以拓展钟乳石铀系年代的应用范围于 35 万年以外是有可能的。

从表 1 所列数据我们还可导出年代数据可信的讨论: 同一层位多个样品的结果在误差范围内一致、同一样品不同部分的结果一致及铀钍同位素比接近平衡值, 都是支持样品在生成后保持为封闭体系的证据, 因随机无序的风化过程极少有可能产生一致有序的结果。此外, 同一样品多次分析的结果一致, 说明了与计数统计误差相比分析程序无重要的随机误差, 这也是结果可信的必要条件之一。

表 1 北京猿人遗址 1—2 层钙板样 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 法定年结果

原样编号	实验室编号	铀含量 (ppm)	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	^{230}Th 年龄 (千年)
BZC-2	9008	0.072	6.7	1.112 ± 0.020	1.000 ± 0.029	$368 \pm \begin{smallmatrix} 207 \\ 68 \end{smallmatrix}$
BZC-3	8943	0.12	32.4	1.223 ± 0.027	1.036 ± 0.027	$392 \pm \begin{smallmatrix} 211 \\ 71 \end{smallmatrix}$
	9023	0.11	41.5	1.167 ± 0.019	1.049 ± 0.025	>382
	9045	0.10	56.0	1.146 ± 0.017	1.016 ± 0.021	$383 \pm \begin{smallmatrix} 132 \\ 58 \end{smallmatrix}$
	加权平均			1.168 ± 0.020	1.031 ± 0.013	$421 \pm \begin{smallmatrix} 110 \\ 54 \end{smallmatrix}$

表 2 北京猿人遗址 BZC-3 样 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 法定年结果

$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$	^{227}Th 年龄(千年)
53.4	1.171 ± 0.015	0.094 ± 0.0012	$332 \pm \begin{smallmatrix} 212 \\ 70 \end{smallmatrix}$

为进一步验证所得结果的可信度, 我们测定了 BZC-3 样的 ^{227}Th 年龄, 所得结果 (33 ± 2 万年, 详见表 2) 与 ^{230}Th 法的在误差范围内一致。表明在现有数据精度的条件下, 可认为该样对铀及其子体构成封闭体系。BZC-3 含铀约 0.1ppm, 测得的 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 值 $\pm 1\sigma$ 相对误差为 3.3%。此数据是将 ^{227}Th 法应用于低铀含量钟乳石样的最新尝试。

综上所述,因样品有明确的层位意义、二个样品的铀系年龄一致、BZC-3 三次平行分析获一致结果及该样的二种铀系年龄一致,本文给出的年代结果应有较高的可信度。我们认为,暂以 BZC-3 的最可几年龄 42 ± 1 万年代表北京猿人遗址的年代上限,可能是合理的。

已有一猿人遗址 1—2 层钙板样铀系年龄的报道(张寿越等,1985),该样的 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1.26 \pm 0.07$ 、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} = 0.96 \pm 0.06$,由此算得的年龄应为 26 ± 1 万年。此结果与本文数据间无统计学意义上的差异。与判断为封闭体系的骨化石样相比,单个骨化石样与本文钙板样结果间的差异不很显著。但如将它们作为一整体,则可看到这些应先于钙板样更老的骨化石样 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 值偏小、 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 值偏大的明显倾向,应是这些“封闭”样品中仍有少量铀后期加入的证据。

被普遍接受的观点认为,北京猿人作为一个群体,在周口店第一地点生活了 20 以至 40 多万年。由于年代上限的前移,并考虑到第 10 层裂变径迹年龄 (46.2 ± 4.5 万年,郭士伦等,1980)应有较高的可信度,遗址堆积过程可能没有原认为的那样长。这一假设似可得到古人类学研究的支 持,因为“北京猿人的诸多头骨虽出自不同层位,但它们在形态上有高度的同一性”(董兴仁,1989)。需指出的是,由于援用的年代结果均带有相当大的误差,在同位素年代学的意义上,目前尚难于对遗址的堆积过程作更细致的区分。

应用于旧石器时代中、早期遗址的诸多定年法,其可信度及适用范围都尚在研究过程中。国内外大多数这个时期的遗址都缺乏可靠的年代数据,加上人类化石资料的残缺不全,晚期直立人和早期智人阶段人类化石的类型划分始终是古人类学家们争论的热点。由于北京猿人是公认的典型直立人,其年代上限的新证据有可能导致若干疑点的澄清。如因北京人的上限年龄比原认为的大得多,应有助于解释大荔人与北京猿人五号头骨之间“年代接近”但形态差异颇大的矛盾。

人类对客观世界的认识是不断深化的。北京猿人遗址年代上限的“钙板说”尚需接受多方面的检验,这一课题本身也还有深入研究的必要。应在提高仪器的分辨率及稳定性、提高化学回收率、降低实验室本底等方面作进一步的努力,以使 α 能谱测量 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 的误差可靠地降至 2% 以下。最新发展起来的质谱法铀系定年,已可将铀钍同位素比的测量误差降至约千分之二(Edwards *et al.*, 1987),意味着如一样品的实际年龄为 42 万年,统计误差引起的结果误差只约 ± 1 万年,亦即仅就实验技术而言,已可将铀系法的应用范围推至五、六十万年以至更远。周口店第一地点第 4、5、7、8、10 等层堆积物中均有钙板发育(杨子赓等,1985),因此用铀系法更精确地测定猿人遗址的年代上限以至下部诸层的年代是有可能的。这将对古人类、旧石器时代考古、古生物、古气候等学科有特别重要的意义,同时也是对钟乳石铀系年龄可信度的严峻考验。

致谢:本实验室 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 定年法由国家教委优秀年轻教师基金资助建立,吴新智、赵树森、黄慰文先生提供了有益的建议,袁振新,蔡炳溪先生协助采样,于此致谢

(1990 年 12 月 5 日收稿)

参 考 文 献

- 任美镛等, 1985. 周口店洞穴发育及其与古人类生活的关系. 《北京猿人遗址综合研究》, 155—184. 科学出版社, 北京.
- 杨子骥等, 1985. 周口店地区晚新生代地层研究. 《北京猿人遗址综合研究》, 47—49. 科学出版社, 北京.
- 张寿越、赵树森、何宇斌, 1985. 中国大陆东部洞穴沉积物的 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代及古环境研究. 地球科学, 10(1): 65—72.
- 沈冠军, 1987. $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 法的应用及钟乳石铀系年龄的可信度. 科学通报, 32(3): 200—203.
- 赵树森、夏明等, 1985. 应用铀系法研究北京猿人年代. 《北京猿人遗址综合研究》, 246—250. 科学出版社, 北京.
- 赵树森、裴静娴等, 1985. 北京猿人遗址年代学的研究. 《北京猿人遗址综合研究》, 239—240. 科学出版社, 北京.
- 原思训、陈铁梅、高世君等, 1991. 周口店遗址骨化石的铀系年代研究. 人类学学报, 10: 189—193.
- 郭士伦等, 1980. 用裂变径迹法测定北京猿人年代. 科学通报, 25(8): 384.
- 董兴仁, 1989. 中国的直立人. 《中国远古人类》, 9—22. 科学出版社, 北京.
- CHEN Tiemei and YUAN Sixun, 1988. Uranium-series dating of bones and teeth from Chinese Palaeolithic sites. *Archaeometry*, 30: 59—76.
- Edwards, R. L, J. H. Chen, T. L. Ku and G. J. Wasserburg, 1987. Precise timing of the last interglacial period from mass spectrometric determination of thorium-230 in corals. *Science*, 236: 1547—1553.
- Shen Guanjun, 1985. Datation des planchers stalagmitiques de sites Acheuléens en Europe par les méthodes des déséquilibres des familles de l'uranium et contribution méthodologique. Thèse de doctorat d'état, l'Univ. Paris VI.

RESTUDY OF THE UPPER AGE LIMIT OF BEIJING MAN SITE

Shen Guanjun Jin Linhong

(Department of Chemistry, Guizhou University, Guiyang 550025)

Key words Beijing Man Site; Travertin layer; U-series age

Abstract

This paper presents the U-series dating of two calcite samples taken from a travertin layer interstratified in 1—2 layer at Locality 1 of Beijing Man Site. The reliability of the obtained results is supported by following evidences: The results of two samples are consistent within the statistical error of $\pm 1\sigma$ and their $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ratios all near to equilibrium; Three parallel $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age determinations of BZC-3 give consistent results; Concordance between $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ ages indicates a closed system of BZC-3. Based on the weighted mean of isotopic ratios of three $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ analyses of BZC-3, the upper age limit of Beijing Man Site should be $(42 \pm \frac{1}{5}) \times 10^4$ years.