

周口店北京猿人洞骨化石铀系年龄数据——混合模式

夏 明

(中国科学院地质研究所)

关键词 铀系法定年;混合模式;骨化石;北京猿人

内 容 提 要

铀系混合模式得出北京猿人在第一地点生活的年代是距今50万年到23万年。通过周口店猿人洞堆积物骨化石中 $\text{Th}^{230}/\text{U}^{234}$ 和 $\text{U}^{234}/\text{U}^{238}$ 的测定,建立铀系混合模式,给出下列年龄值:第1-3层距今23万年,6-7层距今35万年,8-9层大于40万年,12层距今50万年前或更早。一些中间层位的 $\text{Th}^{230}/\text{U}^{234}$ 比值测定年龄偏低,可能是近20万年以来铀发生迁移造成的。

周口店北京猿人化石产地是世界上材料最丰富的早期人类遗址之一。应用现代地质年代学方法综合研究,系统测定猿人洞堆积物的形成和北京猿人生活的年代始于1976年。

作为同位素年代学的一种方法,铀系方法也进行了探索性的研究。它的优点是可以直接测定与猿人栖息有关动物化石的年龄,进而作出某些地质推断,但也必须说明,骨化石是铀系方法测定年龄的一种困难对象。在这方面,各国学者至今获得满意的成果不多(契尔登采夫1975, Hansen等1970, Szabo 1973、1979, Cherdyintsev 1974)。

本文根据铀系方法测定猿人洞骨化石年龄数据,建立了混合模式,讨论了某些层位年龄数据偏低的原因。

一、猿人洞骨化石铀系年龄数据

周口店位于北京西南,约50公里。发现北京猿人的洞穴是发育在奥陶纪石灰岩背斜中的一个狭长溶洞,东西方向长约100米,南北宽2.5—40米不等,洞内堆积物厚达40多米,向北东方向倾斜10至30度。由上至下分十三层,骨化石取于上、中和下部(图1),主要是动物牙齿。X射线衍射分析¹⁾表明,骨化石主要成分是磷灰石,有些含有方解石(图2)。因此在进行化学分离时,要特别注意大量磷存在的影响²⁾,实验程序参见文献(夏明等,

1) 周景良、李家驹分析的。

2) 刘明林:骨化石中微量铀、钍的分离。

地层时代	发掘层号	柱状图	取得位置	岩 性	孢粉组合	粘土矿物组合 1)	古脊椎动物群化石 喜暖喜冷组合 5)	地 层 年 代 学 方 法 (万年)								
								铀系	裂变径迹	热发光	氨基酸	古地磁				
								2)	3)	4)	6)	7)				
中 更 新 世	1-2	4	○	含化石角砾岩, 夹有砂土和石钟乳的混合层	针叶—阔叶混交林及草原	伊利石为主	喜暖 喜冷	23				22-23				
	3	3	○	含化石角砾岩												37
	4	6	○	含化石灰土层 上部 白灰色灰层 下部 偏红色灰层	以阔叶林为主	蒙脱石多, 伊利石, 高岭土不少			29-31			27-32				
	5	7	○	含化石硬灰岩 石钟乳												
	6	5	○	含化石砾岩, 胶结坚硬											35.5	
	7	2	○	深灰色细砂岩												
	8-9	6	○	含化石角砾岩, 内夹有灰土层	针叶—阔叶混交林及草原				≥40			39	37-40			
	10	2	○	红色土层和薄层灰层												46.2
	早 更 新 世	11	2	○	含化石角砾岩	针叶及草原						46	30-46			
		12	2	○	红色砂层	针叶和阔叶	伊利石为主 有高岭土和蛭石		≥50				70			
		13	2	○	泥砂层含有角砾											

图 1 北京猿人洞堆积物的地层、年代学和古气候特征

Fig. 1 Stratigraphic, geochronological and paleoclimatical characteristics of the deposits in Peking Man cave

- 1) 任美镛等, 1981
- 2) 李任伟等, 1979
- 3) 郭士伦等, 1980
- 4) 贾兰坡, 1959
- 5) 贾兰坡, 1978
- 6) 裴静娴等, 1979
- 7) 钱方等, 1980

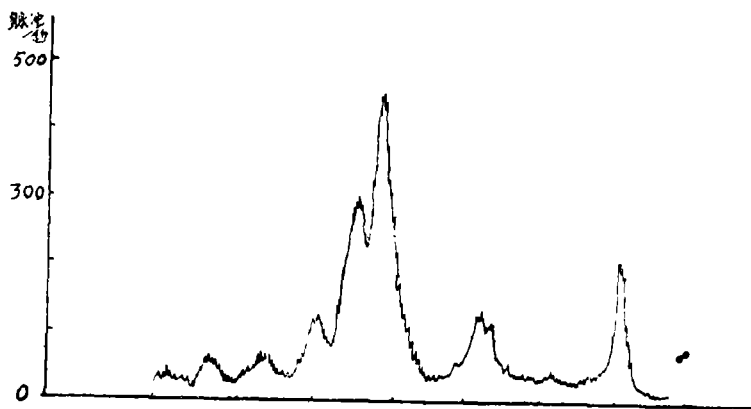


图 2 第 10 层骨化石的 X 射线衍射分析(磷灰石)

Fig. 2 X-ray diffraction analyses of fossil bones from the 10th Layer (apatite)

1979)。

应用 Th^{230}/U^{234} 方法测试的年龄数据列入表 1。

从这些骨化石分析数据不难看出:

表 1 周口店猿人洞各层位的分析数据

层位	样品名称	U ppm	U^{234}/U^{238}	Th^{230}/U^{234}	年龄 $\times 10^3$ 年
1—3 层	齿质	26.70 ± 0.76	1.17 ± 0.02	0.91 ± 0.03	230^{+30}_{-23}
6 层	齿质	39.66 ± 1.20	1.11 ± 0.02	0.60 ± 0.02	98 ± 6
重复	齿质	40.29 ± 1.28	1.13 ± 0.02	0.74 ± 0.04	138 ± 15
7 层	鹿角	44.82 ± 1.70	1.12 ± 0.02	0.59 ± 0.03	94 ± 8
8—9 层	齿质	21.67 ± 0.73	1.43 ± 0.04	1.09 ± 0.05	~ 400
10 层	鹿角	21.01 ± 0.64	1.31 ± 0.03	1.03 ± 0.04	340^{+100}_{-60}
12 层	马齿质	40.64 ± 1.22	1.36 ± 0.02	1.02 ± 0.04	310^{+70}_{-50}

补充数据

第 10 层	鹿角	铀含量	29.3ppm	$U^{234}/U^{238} = 1.34$
第 11 层	犀牛腿骨	铀含量	23.8ppm	$U^{234}/U^{238} = 1.38$
第 12 层	犀牛牙齿	铀含量	35.25ppm	$U^{234}/U^{238} = 1.33$

1. 骨化石铀含量较高,没有 Th^{232} , 可以应用 Th^{230}/U^{234} 方法计算骨化石的年龄值。
2. 猿人洞堆积物 1—3 层骨化石年龄大于 6—7 层, 8—9 层年龄值大于 10—12 层, 与地层矛盾。
3. 猿人洞堆积物骨化石中铀同位素比值 1—7 层比下部 8—13 层还小, 也是不正常的现象。
4. 猿人洞堆积物年龄值较大, Th^{230}/U^{234} 方法对于下部已不甚适用了。

这些情况表明,已不能用传统方式讨论周口店骨化石铀系年龄数据,必须进一步建立假定前提,给出比较可信赖的年龄模式,必须解释矛盾和不正常现象,必须对骨化石这种对象做出恰如其份的应有的评价。

二、混合模式的前提与结果

猿人洞 1—3 层骨化石中铀同位素从 1.17 降至 7 层的 1.12, 8—9 层中的 1.43 降到 12 层的 1.35 (见表 1) 是有规律的,反映出周口店北京猿人洞堆积物沉积环境的改变。

8—9 层以下的洞穴堆积物是在当时具有较高铀同位素比值的水系环境中形成的,可能与周口河相通,7 层以上水系铀同位素比值较低,以第 7 层砂岩为界。如果确认表 1 中第 1—3 层和 8—9 层年龄数据较为可靠,根据其铀同位素比值,应用铀同位素衰变公式,可以推算出 1—7 层水系和 8—13 层水系初始铀同位素比值,相应为 1.32 和 2.30。在周口店龙骨山附近地区寻找的水源中测得: 姜子水(机井、自流水)为 1.86 ± 0.07 , 马跑泉(古泉水)为 1.63 ± 0.08 。可以推测,存在初始铀同位素比值为 1.32 和 2.30 是可能的。

上述假定,即猿人洞堆积物地层是在两个具有不同初始铀同位素比值的水系中形成,成立的话,再假定铀同位素在洞穴堆积地层没有发生过迁移,铀同位从上到下层如此有规律变化,可以证明这一点,那么通过 Th^{230}/U^{234} 和 U^{234}/U^{238} 两对比值可建立混合模式,恢复猿人洞堆积地层的时间序列,判断北京猿人生活的年代。

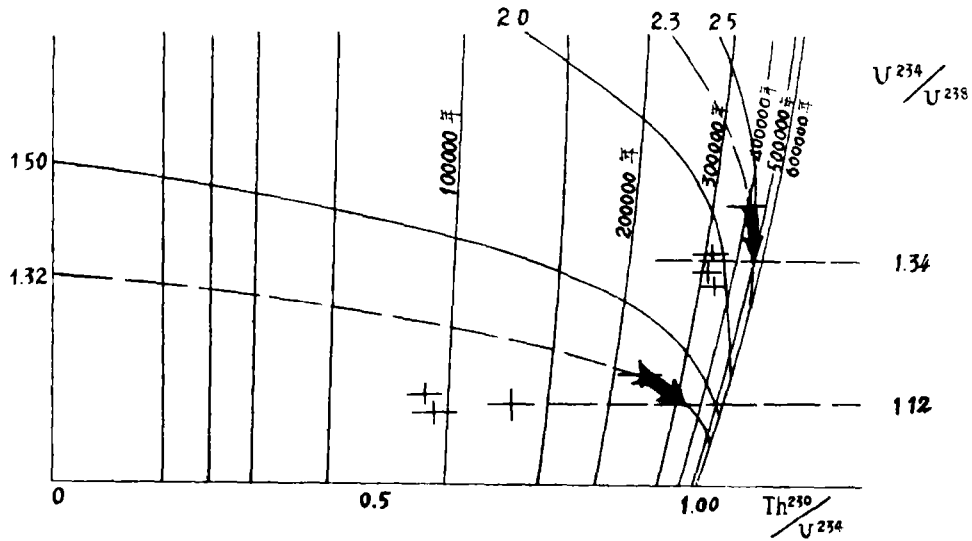


图 3 北京猿人洞骨化石的铀系混合模式

Fig. 3 Mixing model of uranium-series method for bones from Peking Man cave

图 3 表示了混合模式的演化。1—3 层骨化石年龄为 23 万年，6—7 层骨化石年龄由于铀的迁移而偏低，根据铀同位素衰变，其间隔年龄大约为 12.5 万年，也就是说，6—7 层的年龄值应为 35—36 万年(图中箭头所示)，同理，12 层的骨化石年龄值，按混合模式推算，应为 50 万年或多一些。混合模式给出周口店北京猿人洞年龄的数据结果列在表 2 中。

表 2 周口店猿人洞铀系混合模式的年龄

层 位	U^{230}/U^{234}		U^{234}/U^{238}		混合模式年龄值 $\times 10^3$ 年
	Th^{230}/U^{234} 比值	年龄 $\times 10^3$ 年	U^{234}/U^{238} 比值	间隔年龄 $\times 10^3$ 年	
1—3 层	0.91	230	1.17		230
6—7 层			1.12	125	355
8—9 层	1.09	~400	1.43		≥ 400
12 层			1.34	80	≥ 500

铀系混合模式给出“北京人”生活年代大约至今四十几万年以前。

三、铀系年龄数据偏低的讨论

表 1 列举的年龄数据出现了上老下新的不正常现象，可能是由于铀元素从表层向下迁移造成的。

骨化石(包括牙齿在内)中没有 Th^{232} 表明，对于钍元素，这种对象处于化学封闭体系，也表明没有外来的 Th^{230} 。因此， Th^{230}/U^{234} 比值变低很可能是外来 U^{234} 的附加。

在堆积地层中，后期水的淋滤作用提供了围岩介质中铀再度被骨化石吸附的可能性。在干旱气候条件或者围岩致密的环境中，铀在骨化石停留时间要小于总的流经时间，化石难以吸收铀。1-3层胶洁坚硬、致密，8-9层骨化石取于灰烬和粘土的夹层之中，铀再度被

骨化石吸收可能性较小,也许是这两层骨化石年龄数据较为可靠的证据。相反,气候潮湿,胶结疏松,为铀再度被骨化石吸附提供了条件。

测试数据表明,年龄值偏低的数据,铀含量较高。6-7层比1-3层和12层比8-9层相应高0.6-1倍。铀含量增高,必然使带有一定铀同位素比值的 U^{234} 增多, Th^{230}/U^{234} 比值偏低,年龄值下降。

图4展示出6-7层和12层骨化石中铀元素的相对富集和长时间的积累。很明显,再度吸铀元素过程是发生在骨化石矿化之后很久,并延续了相当长的时期。只有在这种情

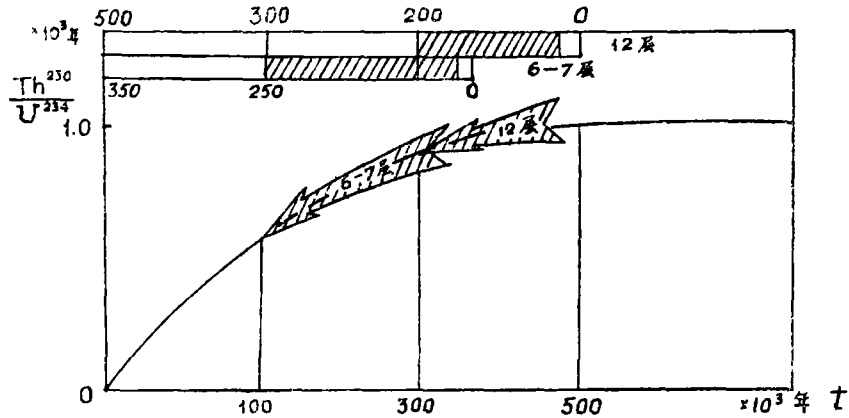


图4 铀的累积和 Th^{230}/U^{234} 年龄的变化

Fig. 4 Uranium accumulation and Th^{230}/U^{234} -age change

况下,才能使骨化石中 Th^{230}/U^{234} 发生畸变,严重地影响年龄值。

如果说,混合模式给出6-7层和12层堆积物的年龄相应为35和50(或多一些)万年,而实测的仅为10和30万年,那么, U^{234} 积累过程可能是发生在至今1—20(25)万年以内,也就是说,是猿人洞基本充填完毕以后发生的事件。

四、结 语

通过周口店北京猿人洞堆积物中骨化石铀系年代学的研究,可以得出下列几点结论:

1. 骨化石(包括牙齿)不是铀系方法测定年龄的良好对象,对于 Th^{230}/U^{234} 方法测定的年龄数据要十分谨慎。用铀系方法测定骨化石年龄,扩大在考古学中的应用,需要做很细致的研究工作,包括骨化石样品的适应性,假定前提、模式以及地质地球化学环境。在有其他年代学方法的数据和地层的对比之下,才具有参考价值。

2. 猿人洞堆积物,以第7层砂岩为界,大约在35万年以前,上部和下部堆积物是在不同铀同位素比值的水系中形成的,反映出不同的物质来源和沉积环境。

3. 混合模式给出猿人洞1-3层堆积物年龄为至今23万年以前,6-7层为35-36万年以前,8-9层大约至今40多万年以前,12层约为50多万年以前。这些数据与古地磁、裂变径迹、热发光和氨基酸的数据十分接近(表1),故铀系方法混合模式的数据可做参考。

4. 从60万年前至20万年这一段地质时期,周口店地区反映的古气候(图1),可能经

历多次冷暖旋迴,最明显的是距今 30 万年前左右(即第 4-5 层),曾有过潮湿温暖的古气候景观。

致谢: 周口店骨化石样品由古脊椎动物与古人类研究所黄慰文提供, 化学分析由刘明林、张承惠完成, 电沉积制片是赵树森作的, 周秀云和马志邦完成了 α 谱测试和数据处理, 在此一并致谢。

(1982 年 5 月 5 日收稿)

参 考 文 献

- 任美铎、刘泽纯, 1981: 北京猿人洞发育与古人类的关系。中国科学, (3), 330—336。
 李任伟、林大兴, 1979: 我国“北京人”“蓝田人”和“元谋人”产地骨化石中氨基酸的地球化学, 地质科学, (1), 56—61。
 郭士伦、周书华、孟武等, 1980: 用裂变径迹法测定北京猿人年代, 科学通报, 25(8), 384。
 契尔登采夫, 1975: U^{234} 及其在地质学中的应用, 原子能出版社, 258 页。
 夏明、赵树森、王守信等, 1979: 铀系方法鉴定国际标准样结果, 中国科学 (8), 792—799。
 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(1), 21—26。
 贾兰坡, 1978: 北京人时代周口店附近一带的气候, 地层学杂志, 2(1), 53—56。
 裴静娴、孙建中, 1979: “北京人”遗址灰炬物质热发光年龄及其地质意义, 科学通报, 24(18), 849。
 钱方、张景鑫、殷伟德等, 1980: 周口店猿人洞堆积物磁性地层的研究, 科学通报, 25(4), 192。
 Cherdyintsev, V. V., 1974: *Geokhronologia S.S.S.R.*, 3, 25—29, Leningrad.
 Hansen, R. O., Begg E. L., 1970: Age of Quaternary sediments and soils in the Sacramento area, California by U. Pa series dating of vertebrate fossils, *Earth. Planet. Sci. Letter*, (8), 411—419。
 Szabo, B. J., Stalker, A. M., Churcher, C. S., 1973: Uranium-series ages of some Quaternary deposits near Medicine Hat, Alberta, Canada, *Can. J. Earth Sci.*, (10), 1464—1469。
 Szabo, B. J., 1979: Dating Fossil Bone from Carnelia, NE Orange Free State, South Africa, *J. Archaeol. Sci.* (6), 1—3。

URANIUM-SERIES DATING OF FOSSIL BONES FROM PEKING MAN CAVE—MIXING MODEL

Xia Ming

(*Institute of Geology, Academia Sinica*)

Key words Uranium-series dating; Mixing model; Fossil bone; Peking Man

Abstract

A mixing model of uranium-series method based on Th^{230}/U^{234} and U^{234}/U^{238} ratios for the sediment of Peking Man cave is discussed here. The resulting ages of fossil bones collected at the Loc. 1 are determined as follows: about 230×10^3 yr B.P. for the 1st-3rd layers, 350×10^3 yr B.P. for the 6th-7th, over 400×10^3 yr B.P. for the 8th-9th, and more than 500×10^3 yr B.P. for the 12th.

In an attempt to explain the discordant isotopic ratios of a suite of bone samples from Peking Man cave, the author is of the opinion that the paleohydrological conditions in the environment changed during the last 200×10^3 yr, so did the migration processes of uranium concentrations. Hence fossil bones for uranium-series method have indeed commanded much attention.