

周口店遗址骨化石的铀系年代研究*

原思训 陈铁梅 高世君 胡艳秋

(北京大学考古系年代实验室, 北京 100871)

关键词 铀系法测年; 周口店遗址; 骨化石

内 容 提 要

用铀系法测定骨化石样品, 对周口店第一地点年代做了进一步研究。数据表明, 1—3层的年代比目前的有些提法要早一些。二层下部和四层的年代分别为 27 万年和 30 年左右, 出自 H 地点三层上部的 V 号头盖骨年代约为 29 万年。

周口店(北京猿人)遗址是世界上最著名、最重要的古人类遗址之一, 其年代也格外引人注目。已使用过多种测年手段, 并取得了很有意义的成果(赵树森等, 1985)。不过, 由于遗址的延续时间长, 各种测年方法又都有特定的理论基础、年代适用范围、样品要求, 因而测得的数据往往会有这样那样的差距。已有数据主要是勾划出了遗址的年代范围, 尚有许多有待深入研究和澄清的问题。

铀系法是最早应用于本遗址的测年方法, 早在五十年代末苏联契尔登采夫等人就用铀系法测定过第一地点的骨化石(契尔登采夫, 1975)。二十年后赵树森等人又开展了此项工作(赵树森等, 1985), 他们的数据列于表 1。

依据各自的数据, 契尔登采夫认为“样号 1 的年龄范围很大, 在我们看来, 其上限是最可靠的。”赵树森等提出“第 1—3 层的年代范围为 23 万年左右”“第一地点堆积地层顶部骨化石年代为 23—25.6 万年, 同期生活的北京猿人年龄为距今 23 万年左右”“铀系法测定第 8—9 层以下骨化石年龄为大于 30 万年”。另外, 根据特定的假设前提, 即在堆积的整个过程中, 地层中所含水的 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 保持不变, 并且骨化石的 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 也和水中的铀同位素比值一致, 夏明对第一地点各层骨化石年龄作了计算和推论(夏明, 1982)。目前有些论文引用这些资料, 笼统地认为第一地点 1—3 层年代为 23 万年。

铀系法是利用铀衰变系中的 ^{238}U 、 ^{235}U 与它们的子体 ^{230}Th 、 ^{231}Pa 等核素的不平衡程度来测年。不少论文对骨化石的铀系测年原理、问题作过阐述, 我们也在多处作过讨论, 现概述如下:

1. 活着的动物骨骼中含铀量极微, 骨化石中的铀几乎全部是在动物死亡后, 骨骼埋藏和石化过程中随地层中水的活动而迁入的。并且假定在化石得到铀之后, 其中的铀及与测定年代有关的子体核素不再发生迁出和迁入的迁移活动, 即处于封闭状态。许多实

* 国家自然科学基金资助项目。

验结果表明,不少骨化石满足这些假设条件,获得了正确的年龄。

表 1 其它实验室周口店第一地点骨化石²³⁰Th 年代

作者	样品编号	样 品 位	样 品 称	铀含量 (ppm)	²³⁴ U/ ²³⁸ U	²³⁰ Th/ ²³⁴ U	²³⁰ Th 年龄 (万年)	采样人
契尔登采夫 (1975)	1		骨化石		1.11±0.03	0.93±0.08	16—30.0	
	2		骨化石		1.06±0.03	0.75±0.06	13.5±0.2	
赵树森等 (1985)	7801** (34:49.1)	1—3 层	鹿角	22.64±1.04	1.30±0.04	0.96±0.05	25.6 ^{+6.2} _{-4.0}	贾兰坡
	7802 (34:H:7.65)	1—3 层	齿质	26.71±0.72	1.17±0.02	0.91±0.03	23 ^{+3.0} _{-2.3}	贾兰坡
	7805 (35:163:L-4)	6 层	齿质	39.66±1.20	1.11±0.02	0.60±0.02	9.8±0.6	
	7807	7 层	鹿角	44.82±1.70	1.14±0.02	0.59±0.03	9.4±0.8	
	7808 (Loc:1, 37:128,D-5)	8—9 层	齿质	21.79±0.80	1.43±0.04	1.11±0.05	>35	贾兰坡
	7709	10 层	鹿角	21.01±0.64	1.31±0.03	1.03±0.04	34.0 ^{+10.0} _{-6.0}	贾兰坡
	7901	12	牙齿质	40.64±1.22	1.37±0.03	1.02±0.04	31.0 ^{+7.0} _{-5.0}	赵树森
7907	12	犀牛牙 本质	35.25±1.01	1.33±0.03	1.02±0.04	32.0 ^{+8.6} _{-5.3}	黄慰文	

** 此样经北京大学铀系实验室测定获一致结果, Pa 法测为封闭系统。

2. 也有不少事实说明,一些骨化石不满足上述的封闭条件,特别是骨化石中的铀元素可能继续发生迁移,使测定出的年龄失真。又因为在做样品的封闭性检验之前无法判断样品的封闭与否,因此使用未经封闭性检验的骨化石年龄数据作为遗址的年代,有可能发生错误。

3. 利用两种或多种铀系子体核素测定同一样品的年代作互校,被认为是有效的检查样品封闭性的方法。铀系法中的 ²³⁰Th、²³¹Pa 和 ²³¹Pa/²³⁰Th 三种方法中只有两个是独立的,它们间的对比不仅可用来判别样品的封闭性,而且当样品不封闭时,对比它们的表观年龄,还可能给出样品真实年龄的上、下限。

根据前述第 1、2 两点,由于表 1 中的骨化石样品除 7801 样品以外,都只使用了 ²³⁰Th 一种测年方法,未作封闭性检验,它们的 ²³⁰Th 年龄可靠性有待证实。现在看来,显然契尔登采夫的结论与实际差距过大,第一地点的年代不会小到 16 万年。赵树森等人的 ²³⁰Th 年代数据不是随层位的下降而逐渐增大,年龄数据与地层关系不一致,这些都反映了样品 ²³⁰Th 年龄没有经过验证的状况。

至于夏明的计算,只有在能够证明实际情况满足作者的假设前提之后,结果才可能是正确的。而实践说明真实情况往往十分复杂,主要问题在于可能受多种因素作用,各层样品的初始 ²³⁴U/²³⁸U 比值一致的假设不易得到满足,同层样品即使都是封闭样品它们的

表 2 周口店遗址铀系年代

遗址	层位	编号(BKY) (原编号)	样品 物质	铀含量 (ppm)	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{U}$	^{230}Th 法年代 (万年)	$^{231}\text{Pa}/^{232}\text{U}$	^{231}Pa 法年 代(万年)	$^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$	$^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ 年代(万年)	备注
山顶洞	上部	85144 (J11:1933)	鹿颌骨	5.4±0.15	1.36±0.45	0.199±0.17	2.4±0.3	0.630±0.070	4.6±0.9			OXA891AMS ^{14}C 年代 1.320±0.016
		80017 (UC33:41.06)	鹿牙	36.5±1.0	1.26±0.03	0.160±0.006	1.9±0.1					
	下部	80018 (UC.J6.34.11)	鹿牙	4.1±0.4	1.27±0.11	0.176±0.028	2.1±0.4					OXA1246 AMS ^{14}C 年代 2.65±0.45
新洞	第3水 平层	82090	鹿牙	61±2	1.47±0.04	0.844±0.034	17.1 ^{+1.6} -1.4	1.122±0.067				
	第4水 平层	82054	鹿牙	149±3	1.38±0.02	0.661±0.023	11.0±0.6	0.786±0.050	7.2±1.2	0.0392±0.0013	16.0 ^{+1.6} -1.4	
	6-7水 平层	82098-1	鹿牙	51.0±1.5	1.30±0.03	0.831±0.031	17.1 ^{+1.5} -1.3	0.980±0.058	>15	0.0411±0.0016	16.8 ^{+2.6} -1.7	
		82098-2	同上	51.4±1.5	1.26±0.03	0.793±0.029	15.6 ^{+1.3} -1.1	1.044±0.062	>15	0.0474±0.0019	12.5 ^{+1.5} -1.3	
	第7水 平层	82056	鹿牙	56.3±1.8	1.32±0.03	0.706±0.026	12.4±0.8	0.847±0.048	8.8 ^{+1.7} -1.3			
第一 地点	1-3	83001 (34:49.1)	鹿角	21.6±0.7	1.30±0.04	0.959±0.039	25.1 ^{+4.1} -3.1	1.003±0.076	>15	0.0365±0.0023	23.8 ^{+8.8} -3.4	
	2下	85135	骨化石	48.3±1.1	1.152±0.025	0.962±0.031	28.2 ^{+4.7} -3.4	1.035±0.05	>15	0.0424±0.0017	24.4 ^{+4.6} -3.1	
	3	85091 (L11:U6)	马牙	24.3±0.4	1.64±0.03	1.225±0.035		1.388±0.048		0.0313±0.0008	17.3±1.2	
	3	85093 (L13:Y7)	骨化石	50.1±1.1	1.27±0.024	0.896±0.023	20.7 ^{+1.7} -1.5	0.897±0.050	10.6 ^{+3.1} -1.8	0.0357±0.0017	30.2 ^{+∞} -5.2	
	4	85094 (L14:B'6)	马牙	34.1±0.7	1.477±0.027	1.032±0.028	30.0 ⁺⁴ -3	1.041±0.054	>15	0.0312±0.0015	24.9 ^{+5.1} -3.3	
	8-9	85110 (L21'0'6)	犀牛角	26.3±0.6	1.222±0.023	1.010±0.034	34 ⁺⁹ -6	1.021±0.096	>15	0.0376±0.0036	31 ^{+∞} -9	
	10	85120 (L240'9)	骨化石	43.1±0.75	1.527±0.023	1.236±0.084		1.277±0.100		0.0307±0.0009	23 ^{+2.3} -2.0	

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比值也可能相差较大,例如本文表 2 中的 BKY83001 和 BKY85135 就相差 0.15。因而给“模式”使用带来很大困难。

八十年代初我们建成铀系实验室后,立即开始探索用铀系法中的 ^{230}Th 法和 ^{231}Pa 法对照测定骨化石以检验其封闭性,并将一些封闭性样品和 ^{14}C 法作了对比。与此同时开始了周口店遗址年代研究工作,我们较系统地测定了山顶洞、新洞(陈铁梅等, 1984)和第一地点的骨化石样品,结果列于表 2。

我们对表 2 中山顶洞、新洞的多数数据曾做过分析与讨论,对山顶洞数据需要补充两点: ①BKY85144 样品是 85 年测定的,封闭性检验表明该样品不封闭,真实年龄应小于 2.4 万年。我们与牛津大学合作用 AMS ^{14}C 法测定其年代为 1.320 ± 0.016 万年 (Chen and Yuan, 1988),说明铀系法的判断是正确的。②BKY80018 的 ^{230}Th 年龄为 2.1 ± 0.4 万年,但因为样量太少而未用铀系法做封闭性检验,后经 AMS ^{14}C 测定出的年代为 2.65 ± 0.45 万年(陈铁梅等, 1989),和铀系法 ^{230}Th 数据在误差范围内符合,说明该样品封闭。

表 2 的第一地点数据中, BKY83001 样品是赵树森的 7801 样品,我们同时测定了它的 ^{230}Th 年龄和 ^{231}Pa 年龄,两年龄对比结果说明此样品封闭。该样原为贾兰坡先生提供,后经赵树森转来的 1—3 层鹿角,原编号为 34.49.1。据周口店遗址发掘工作的样品编码方法,应系 1934 年第 49 个工作日采集。虽然我们没有十分把握判定其属于 1—3 层中的那一层,但据贾兰坡、黄慰文(1984)合著的《周口店发掘记》中的叙述及扉页中一幅照片的说明推测,它极可能出自二层下部:“1934 年上半年的工作是从 4 月 25 日开始的,一部分人开采第一地点(即北京人遗址)顶部的巨石……”“‘发掘 1—2 层下部’(贾兰坡 1934 年 6 月 17 日摄)”。1934 年第 49 个工作日当为是年 6 月 12 日,和拍摄“发掘 1—2 层下部”的 6 月 17 日十分接近。

BKY85135 样品是原思训 1985 年采集,出土于山顶洞旁残留的第一地点 1—2 层堆积物的下部。其余样品均系袁振新、蔡炳溪提供的 1987 年后新发掘的遗址东段样品。如果单由表 2 中一些样品的 ^{230}Th 年龄看,与地层的关系也不一致,甚至发生倒置。但是经过检验可知,只有 BKY83001、BKY85135、BKY85094 和 BKY85110 封闭,即这四个样品的年代可靠。如若我们对 BKY83001 的层位推论无误,则这四个样品的年代应分别代表二层下部、四层和八—九层的年代,其中四层样品 BKY85094 数据和热释光年代结果一致(裴静娴, 1985)。需要特别指出,铀系法的测年下限通常为 35 万年, BKY85110 的年龄值已达方法的下限。考虑到其所在层位,将这一年龄值看作样品的年龄上限更为合适,确切地说该样品年龄很可能大于 35 万年。

总结我们周口店遗址的工作,骨化石铀系法得到的遗址各地点的年代如下:

山顶洞	下部地层	2 万左右或更可能稍老
新 洞	6—7 水平层	16 万左右
第一地点	2 层下部	27 万左右
	4 层	30 万左右
	8—9 层	大于 35 万年

这些结果与旧石器考古学、古人类学、地层学及古脊椎动物学的研究相符合,也与 ^{14}C 热释光等年代学方法数据相吻合。我们的工作再次表明骨化石的铀系法测年在解决 35

万年以内旧石器时代遗址年代方面的作用及潜力。

BKY83001 和 BKY85135 样品的层位和年龄表明, 看来 1—3 层的年代要比目前的有些提法早几万年, 似乎不宜笼统地将第一地点 1—3 层看作 20 万年或 23 万年左右。根据这两个数据推测, 也许将一层顶部的年代划在 23 万年上下较为合适。

BKY83001、BKY85135 和 BKY85094 三个数据对解决 V 号头盖骨的年代具有重要价值, V 号头骨出自 H 地点的三层上部, 也是第一地点最上部的头骨标本, 刚好在 BKY85135 之下, 其年龄应介于二层下和四层之间, 即 29 万年上、下。

致谢: 衷心感谢袁振新、蔡炳溪先生的帮助。

(1989 年 11 月 22 日收稿)

参 考 文 献

- 陈铁梅、原思训、高世君, 1984。铀子系法测定骨化石年龄的可靠性研究及华北地区主要旧石器地点的铀子系年代序列。人类学学报, 3: 259—269。
- 陈铁梅、R. E. M. Hedges, 袁振新, 1989。周口店山顶洞遗址年代的加速器质谱法再测定与讨论。人类学学报, 8: 216—221。
- 赵树森等, 1985。北京猿人遗址综合研究, 239—240、246—250。科学出版社, 北京。
- 契尔登采夫, 1975。 ^{23}U 及其在地质学中的应用。172—174。原子能出版社, 北京。
- 夏明, 1982。周口店北京猿人洞骨化石铀系年龄数据——混合模式。人类学学报, 1: 191—196。
- 贾兰坡、黄献文, 1984。周口店发掘记。第 112 页。天津科学技术出版社, 天津。
- 裴静娴, 1985。北京猿人综合研究。256—260。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(1): 59—76。

STUDY ON URANIUM SERIES DATING OF FOSSIL BONES AND TEETH FROM ZHOUKOUDIAN SITE

Yuan Sixun Chen Tiemei Gao Shijun Hu Yanqui

(Dating Laboratory, Department of Archaeology, Peking University, Beijing 100871)

Key words Uranium series dating; Fossil bones and teeth; Zhoukoudian Site

Abstract

Fossil bone and tooth samples from Zhoukoudian Loc. 1 were dated with uranium series dating. The data show that the ages of lower part of second and fourth layers were about 270 and 300 ka respectively. The age of V skull excavated from the third layer, Locus H, should be about 290 ka.