

古人类遗址湖北郧西黄龙洞的铀系年代

涂 华¹, 沈冠军¹, 武仙竹²

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097; 2. 重庆师范大学历史与文博学院, 重庆 400047)

摘要: 湖北郧西黄龙洞为近年来发现的晚期智人遗址。本文报道该地点具明确层位意义的洞穴次生碳酸盐岩和骨化石样铀系测年的结果。含文化堆积下伏一局部钙板的年代为约 100ka BP, 其中部偏上一局部钙板为约 77ka BP, 表层钙板形成于 27—57ka BP 间。人类化石和石制品出土于文化堆积的底部, 其年代应在 57—100ka BP, 并很可能在 77—100ka BP 间。与人牙化石同层的四枚犀牛牙化石在 35—72ka BP 间, 与基于次生碳酸盐岩的年代框架没有冲突。本文结果为中国现代人类的早期出现和距今 40—100ka BP 间有人类活动提供了有力证据。

关键词: 黄龙洞; 铀系年代; 洞穴次生碳酸盐岩; 现代人起源

中图法分类号: Q981.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3193 (2011) 03-0327-07

1 引言

黄龙洞位于湖北省郧西县香口镇李师关村, 地理坐标 110°13'04"E, 33°07'43"N (图 1)。此大型管状洞穴发育于上震旦系陡山沱组细晶灰岩和泥灰岩内, 洞体长约 400 m, 洞口朝向东北, 海拔 601 m, 高出邻近的汉水二级支流大水河河床约 8 m。

2004 年 5 月, 在为配合高速公路建设进行的文物调查中, 本文第三作者在黄龙洞内发现哺乳动物化石。同年武仙竹等^[1]对该地点进行了二次发掘。2006 年中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、湖北省文物考古研究所和郧西县文化局组织了第三次发掘^[2]。三次发掘共发现 7 枚人类牙齿化石、30 余件石制品、6 件骨制工具、一些其他古人类活动证据和大量动物化石。武仙竹等^[2]认为出土的“动物群组合具备更新世中、晚期的时代特点, 总体面貌表现出大熊猫-剑齿象动物群特征”。刘武等^[3]和 Liu *et al.* ^[4]认为“黄龙洞人类牙齿总体特征与现代人接近, 同时也保留部分可能属于更新世晚期人类的特点”。

中国地质科学院岩溶地质研究所测定了一枚与人牙化石同层位犀牛牙齿的铀系年代, 结果为 95 ± 12 ka BP。美国明尼苏达大学程海博士在被认为与人牙同层的石笋上提取了两个样品, 采用质谱法测得铀系年代分别为 103.7 ± 1.6 ka BP 和 103.1 ± 1.3 ka BP。中国地震局地质研究所测定了一犀牛牙齿化石的 ESR 年代, 为 44 ± 5 ka BP^[1]。武仙竹等^[1]据此认为该地点“古人类的时代介于距今 103—44ka BP 之间, 有可能为距今 100ka BP 左右”, Liu

收稿日期: 2010-03-26; 定稿日期: 2010-09-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (课题号 40873042)

作者简介: 涂 华 (1987—), 男, 江西南康人, 南京师范大学地理科学学院硕士研究生, 从事第四纪年代的学习和研究。

通讯作者: 沈冠军, E-mail: gjshen@njnu.edu.cn

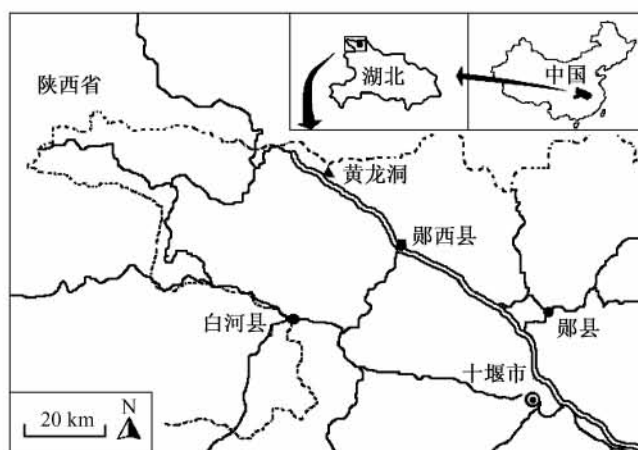


图 1 黄龙洞地理位置图

Fig. 1 The location of Huanglong Cave

et al.^[4] 则持更谨慎的观点,认为应引入 AMS ^{14}C 测年以判断铀系和 ESR 测年何者更接近于真实。

由于铀迁移模式的不确定性,骨化石不是测定铀系年代的理想材料^[5],这也在很大程度上制约了牙珐琅质 ESR 年代的可信度,上述牙化石的铀系和 ESR 测年结果因此只宜作为地层年代的参考。纯净致密、结晶良好、无明显风化迹象次生碳酸盐岩的铀系年代有较高可信度^[6-8],但上述石笋样品与人类化石的层位关系似不甚明确^[1]。黄龙洞确切的年代位置因此尚需进一步的研究。

2009 年 5 月,我们实地考察了黄龙洞。洞内堆积物多被表层钙板覆盖,多处也有局部钙板发育。钙板水平纹理清晰,边缘形态自然,应为原地生成,可为堆积提供可信的年代界限。虽总体性状不甚理想,但这些钙板含相当纯净致密、有望测得可信铀系年代的亚层。我们从这些钙板亚层采集了多个测年样品,并选取了数枚与人牙化石同层的犀牙化石,本文报道了用经典的 alpha 能谱法^[9]测定的铀系年代,并探讨其对人类演化的意义。

2 地层与样品

发掘者将洞穴堆积自上而下划分为 5 层:1) 表层钙板;2) 粉砂质黏土-砂砾层;3) 红色粉砂质黏土层(含化石和石制品);4) 石灰岩风化物堆积层;5) 棕红色粉砂质黏土层^[1]。

人牙化石和文化遗物主要出土于距现洞口约 100m 的一区^[2]。该区表层钙板上有大型石笋,从生长纹理分析,表层钙板和石笋实际上是同时发育的。该处第 2 堆积层基本缺失,表层钙板叠压的为第 3 堆积层。人类化石、石制品和绝大部分动物化石都发现于此层,其中人类化石和石制品出土于底部。再往下是石灰岩风化物堆积层,因未发现化石和文化遗物,发掘只进行到该层约 0.5m 深处,未见底(图 2)。

本文测年样品采自一区两个保留有堆积的剖面,分别称为剖面 A 和剖面 B(图 2)。剖面 A 表层钙板厚约 10cm,由多个亚层组成,HLD-6 采自其下部一个纯度较高、厚约 3cm 的亚层。该处第 3 堆积层厚约 50cm,其底部与第 4 堆积层交界处有一局部发育的钙板,厚约 8cm。钙板

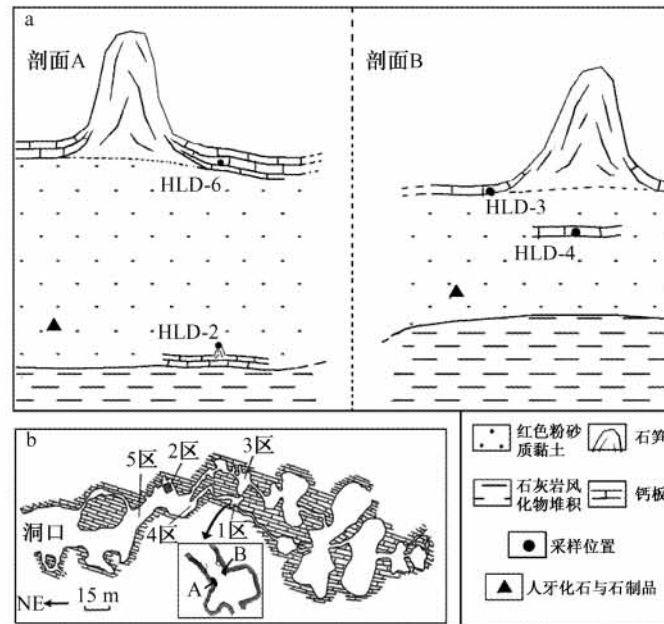


图 2 黄龙洞遗址地层采样剖面图 (图 2b, 依引文 [10] 改绘)

Fig. 2 a. Sketch showing locations of the dated samples from cross-section A and B;
b. Plane figure showing locations of the two cross-sections inside the cave system
(modified from ref. [10]).

上有一个直径约 6cm 的盘状小石笋, 取为 HLD-2。剖面 B 上, 由石笋延伸出来的表层钙板厚约 3.5cm, 取为 HLD-3。此处第 3 堆积层厚约 30cm, 与剖面 A 相比有明显收缩。在堆积中上部距表层钙板约 6cm 处发现一局部钙板, 厚约 1cm, 纯度尚可, 取为 HLD-4。

3 结果与讨论

3.1 次生碳酸盐岩铀系测年结果

碳酸盐岩样经过细致剔选, 以尽可能去除碎屑物质污染和疏松多孔的部分。采用经典的 α 能谱法, 我们分析了 4 个钙板样品, 其 U-Th 同位素比和年代结果列于表 1。其中 2 个样品的 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 值小于 20, 应考虑碎屑物质携带的初始 ^{230}Th 引起的误差。设 $(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th})_0 = 1$ 和 2, “修正”后的年代也列于表 1。

采自第 3 堆积层底部 HLD-2 的年代为 $100 \pm 7 \text{ka BP}$, 与已有石笋样质谱铀系年代在误差范围内一致。这一石笋因此很可能与本文 HLD-2 一样, 位于文化堆积的底部。从沉积顺序判断, HLD-2 应代表文化堆积的最大年代, 人类在黄龙洞生活的年代因此应不早于 100ka BP。

采自剖面 A 表层钙板下部亚层的 HLD-6 为 $27 \pm 1 \text{ka BP}$, 而采自剖面 B 表层钙板的 HLD-3 修正后年代为约 57ka BP, 两者差异显著。这表明洞内不同地段表层钙板不在同一时间形成。表层钙板代表下伏堆积的最小年代, 在没有更多的测年数据前, 暂将这一界限定在 57ka BP, 应是合理的。

表 1 黄龙洞次生碳酸盐岩样 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代测定结果¹⁾Tab. 1 Isotopic ratios and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age results of speleothem samples from Huanglong Cave

样品编号	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 (ka)	修正值 (ka) ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$) ₀ = 1	修正值 (ka) ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$) ₀ = 2
HLD-2	0.16	24	1.451 ± 0.060	0.626 ± 0.024	100 ₋₆ ⁺⁷		
HLD-6	0.38	25	1.407 ± 0.041	0.222 ± 0.010	27 ± 1		
HLD-3	0.22	9.8	1.311 ± 0.060	0.442 ± 0.022	62 ± 4	57	52
HLD-4	0.16	16	1.520 ± 0.053	0.542 ± 0.019	81 ± 4	77	74

1) 表中同位素比均为放射性强度比, ^{230}Th 和 ^{234}U 的半衰期分别为 75, 380 和 244, 600 a, 误差为 $\pm 1\sigma$

位于剖面 B 第 3 堆积层中部偏上的 HLD-4 为约 77ka BP。发掘者认为人牙化石和石制品出土于该堆积层底部, 即应在 HLD-4 之下。据此, 黄龙洞人类遗物的年代无疑应在 57—100ka BP 间, 并很可能在 77—100ka BP 间。

3.2 骨化石铀系测年结果

骨化石从总体上对铀及其子体不构成封闭体系, 只在某些特定场合方可提供有意义的年代信息。纵观多年来我们和国内外同行实验室积累的洞穴地点骨化石样品测年数据, 与有明确层位意义的钙板相比, 骨化石铀系年代以偏年轻为主要倾向^[11]。我们分析了四个犀牙本质样, 其铀系年代在约 35—72ka BP 间, 列于表 2。考虑到洞穴地点骨化石铀系年代一般小于实际年代, 这一年代范围与基于次生碳酸盐岩的年代框架没有冲突。

表 2 黄龙洞骨化石样 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代测定结果Tab. 2 Isotopic ratios and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age results of fossil samples from Huanglong Cave

样品编号	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 (ka)
5103	6.8	84	1.361 ± 0.019	0.336 ± 0.010	44 ± 2
5104	7.5	88	1.731 ± 0.040	0.504 ± 0.015	72 ± 3
5105	2.6	38	1.380 ± 0.048	0.400 ± 0.022	54 ± 4
5106	9.7	46	1.455 ± 0.054	0.277 ± 0.012	35 ± 2

3.3 讨论

现代人类起源的时间和地点是当今古人类学研究和争议的热点之一。两种主要假说: “多地区连续演化”^[12,13] 和 “非洲起源”^[14,15], 已激烈争论了近 20 年。基于人类化石的新发现、新的测年数据和近年来分子生物学的研究成果, 近年来后一假说渐居主导地位^[16—20]。

中国已发现 40 多个晚更新世人类化石地点, 应是研究现代人类起源和演化的关键地区之一。但我国发现的人类化石大多残破, 其中相当一部分非考古发掘所得, 出土位置难以确定到无可争议的地步。中国重要晚期智人化石原多被定在 30ka BP 以内, 目前国内外学术界普遍接受我国最早的晚期智人化石, 是 ^{14}C 日历年龄为 39—41ka BP 的周口店田园洞人^[21], 明显晚于非洲^[16,17]。我国并缺少有确实年代依据的 40—100ka BP 间的人类化石。“非洲起源说”的支持者们援用这一时间缺环, 认为由于冰期的到来, 当地的早期人类在约 100ka BP 前就已消失。在长达数万年的时间内, 这一地区一直是“荒无人烟”的, 直到距今 18—60ka BP 间来自非洲的现代人才从东南亚进入中国南方, 并随后向华北扩散^[22—24]。次生碳酸盐岩铀系测年的结果表明, 现代人类在 ~100ka BP 或更早就已在中华大地生息繁衍^[25,26], 但由于种种原因, 这些年代学证据尚未被相关学界普遍接受。

黄龙洞人牙化石和石制品在系统的考古发掘过程中发现,确信无疑地出土于第 3 堆积层的底部。尽管只发现了人牙,但深入细致的研究表明,这些化石应归属早期现代人类^[3]。发掘者认为该地点“堆积物结构简单,自然分层较清楚”^[1],若据此认为不同地段的堆积有很好的一致性,则位于文化堆积层底部的人牙化石和石制品年代应在 77—100ka BP 之间。这支持现代人类在印度尼西亚 Toba 火山大爆发(74ka BP)前即已生活在亚洲^[27],而不支持基于线粒体分子时钟得出的现代人类在 55—70ka BP 后方走出非洲的结论^[28]。即使考虑到测年样品的采集与考古发掘未能同步进行,而洞穴堆积常无很好的一致性,用取自表层钙板年代较大的 HLD-3 (57ka BP) 代表人类遗物留有余地的最小年代,该地点出土的晚期智人化石亦显著早于田园洞人。本文结果也是在距今 40—100ka BP 间中国境内或至少华南地区有人类居住的有力证据。

在 ¹⁴C 测年范围以外,人类化石的年代常难以被准确测定。次生碳酸盐岩铀系年代有较高的可信度,但因其本身非文化遗物,多数情况下只能为测年对象提供相对宽泛的年代界限。得益于在堆积中夹生的钙板薄层,本文将黄龙洞人类化石框定在 77—100ka BP 跨度较小的年代范围里,类似地点在我国并不多见。黄龙洞人类遗物丰富,洞内仍有大量堆积保留,有发现更多人类化石和相关材料的可能。倘能充分利用上述两个有利条件,再度组织对该地点的系统发掘,并同步采集测年样品,有可能给出远古人类在黄龙洞生活的更为确切的年代界限。这将对澄清现代人类在我国起源和演化的诸多疑点具有重要意义。

致谢: 现场考察获郧西县文物管理所大力支持,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所刘武研究员参与考察并提供有关背景资料和建议,王红分析文中骨化石的铀系年代。

参考文献:

- [1] 武仙竹, 刘武, 高星, 等. 湖北郧西黄龙洞更新世晚期古人类遗址 [J]. 科学通报, 2006, 51 (16): 1929-1935.
- [2] 武仙竹, 吴秀杰, 陈明惠, 等. 湖北郧西黄龙洞古人类遗址 2006 年发掘报告 [J]. 人类学学报, 2007, 26 (3): 193-205.
- [3] 刘武, 武仙竹, 吴秀杰. 湖北郧西黄龙洞更新世晚期人类牙齿 [J]. 人类学学报, 2009, 28 (2): 113-129.
- [4] Liu W, Wu XZ, Pei SW, *et al.* Huanglong Cave: A Late Pleistocene human fossil site in Hubei Province, China [J]. Quaternary International, 2010, 211: 29-41.
- [5] Shen GJ. U-series dating of fossil bones: results from Chinese sites and discussions on its reliability [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1996, 15: 303-313.
- [6] Ludwig KR, Renne PR. Geochronology on the Paleoanthropological time scale [J]. Evolutionary Anthropology, 2000, 9: 101-110.
- [7] Schwarcz HP. Uranium-series dating and the origin of modern man [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 1992, 337: 131-137.
- [8] Shen GJ. ²²⁷Th/²³⁰Th dating method, methodology and application to Chinese speleothem samples [J]. Quaternary Science Review, 1996, 15: 699-707.
- [9] Ivanovich M, Harmon RS. Uranium-series disequilibrium: Application to earth, marine, and environmental sciences (2nd edition) [M]. Oxford: Clarendon Press, 1992, 1-901.
- [10] 武仙竹. 郧西人——黄龙洞遗址发掘报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2006, 1-271.
- [11] 沈冠军. 洞穴地点骨化石铀系年龄可信度的讨论 [J]. 第四纪研究, 2007, 27 (04): 539-545.
- [12] Wolpoff MH, Hawks J, Frayer DW, *et al.* Modern human ancestry at the peripheries: A test of the replacement theory [J]. Science, 2001, 291: 293-297.

- [13] Wolpoff MH, Wu XZ, Throne A. Modern *Homo sapiens*: a general theory of hominid evolution involving the fossil evidence from East Asia [A]. In: Smith F, Pencer F, eds. The Origins of Modern Humans [M], New York: Alan R Liss, 1984, 411-483.
- [14] Stringer CB. Modern human origins progress and prospects [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, 2002, 357: 563-579.
- [15] White TD, Asfaw B, DeGusta D, et al. Pleistocene *Homo sapiens* from Middle Awash, Ethiopia [J]. Nature, 2003, 423: 742-747.
- [16] Clark JD, Beyene Y, WoldeGabriel G, et al. Stratigraphic, chronological and behavioural contexts of Pleistocene *Homo Sapiens* from Middle Awash, Ethiopia [J]. Nature, 2003, 423: 747-752.
- [17] Medougall L, Brown HF, Fleagle GJ. Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia [J]. Nature, 2005, 433: 733-736.
- [18] Grine FE, Bailey RM, Harvati K, et al. Late Pleistocene Human skull from Hofmeyr, South Africa, and modern human origins [J]. Science, 2007, 315: 226-229.
- [19] Ke YH, Su B, Song XF, et al. African origin of modern humans in East Asia; a tale of 12000 Y chromosomes [J]. Science, 2001, 292: 1151-1153.
- [20] Oppenheimer S. The great arc of dispersal of modern humans; Africa to Australia [J]. Quaternary International, 2009, 202: 2-13.
- [21] Shang H, Tong HW, Zhang SQ, et al. An early modern human from Tianyuan Cave, Zhoukoudian, China [J]. PNAS, 2007, 104: 6575-6578.
- [22] Stringer CB. The dates of Eden [J]. Nature, 1988, 331: 565-566.
- [23] Jin L, Su B. Natives or immigrants: modern human origin in East Asia [J]. Nature Reviews Genetics, 2000, 1: 126-133.
- [24] Su B, Xiao J, Underhill P, et al. Y-chromosome evidence for a northward migration of modern humans into Eastern Asia during the Last Ice Age [J]. The American Journal of Human Genetics, 1999, 65 (6): 1718-1724.
- [25] 沈冠军. 中国现代人类起源: 来自南方化石地点的年代学证据 [J]. 地学前缘, 2004, 11 (2): 543-548.
- [26] Shen GJ, Wang W, Wang Q, et al. U-Series dating of Liujiang hominid site in Guangxi, Southern China [J]. Journal of Human Evolution, 2002, 43: 817-829.
- [27] Petraglia M, Korisettar R, Boivin N, et al. Middle Paleolithic assemblages from the Indian subcontinent before and after the Toba Super-Eruption [J]. Science, 2009, 317: 114-116.
- [28] Soares P, Ermini L, Thomson N, et al. Correcting for purifying selection: An improved human mitochondrial molecular clock [J]. The American Journal of Human Genetics, 2009, 84: 740-759.

U-series Dating of Huanglong Cave, a Paleolithic Site at Yunxi, Hubei Province

TU Hua¹, SHEN Guan-jun¹, WU Xian-zhu²

(1. College of Geographical Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097;

2. College of History & Museology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047)

Abstract: Huanglong Cave is located at Yunxi County, Hubei Province in central China. Three excavations between 2004 and 2006 lead to the discovery of seven human teeth, dozens of stone and bone artifacts and other evidence of hominin activities. The mammalian fossils represent the Middle-Late Pleistocene “Ailuropoda-Stegodon” fauna commonly found in southern China. Judging by morphological and metric features, the human teeth should be classified as modern *Homo sapiens*. The deposits inside the cave are divided into five layers. All of the hominin teeth and artifacts, and most of the mammalian fossils were unearthed from the deposits of Layer 3 at Region I located *ca.* 100m from the cave entrance and intercalated by flowstone layers, from which four relatively pure and dense calcite samples were taken. Here we report the results of U-series dating of these samples with conventional α spectrometry. A small stalagmite that developed on a flowstone layer beneath Layer 3 gives an age of ~ 100 ka BP. A thin flowstone layer intercalated in the upper part of the deposits dates to ~ 77 ka BP. Two calcite samples taken from the capping flowstone indicate its formation between 57—27ka BP. This paper reports also the U-series dates on four rhinoceros teeth that fall within the range 35—72ka BP, which is consistent with dates on speleothem samples. The excavators claimed that the deposits inside the cave exhibit a relatively simple and consistent stratigraphic sequence. If so, the human teeth and stone artifacts, recovered from the lowest section of Layer 3, should be bracketed in the range of 100 and 77ka BP. This conclusion is in support of a much earlier presence of modern *H. sapiens* in Asia than previously thought, in particular before the Younger Toba eruption at 74ka BP. Even considering the fact that the samples for dating were not collected during the excavations and that generally the stratigraphy of cave deposits tends to be quite complicated, the human fossils from Huanglong Cave should be emplaced before the formation of capping flowstone at 57ka BP, much older than the fossils from Tianyuan Cave at Zhoukoudian, which is widely accepted as the oldest representative of modern *H. sapiens* in China. The results of this paper indicate that humans lived in China in the so-called “temporal gap” of 100—40ka BP.

Key words: Huanglong Cave; U-series; Speleothem; Anatomically modern *Homo sapiens*