

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2017.03.017

安徽东至华龙洞洞穴发育与古人类生存环境

李潇丽¹, 董哲², 裴树文³, 王晓敏^{3,4}, 吴秀杰³, 刘武³

(1. 北京自然博物馆, 北京 100050; 2. 安徽省文物考古研究所, 合肥 230061;

3. 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; 4. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:安徽东至华龙洞是 2006 年新发现的一处重要的中更新世古人类遗址, 因出土直立人头盖骨化石和相关石制品及哺乳动物化石而为学术界所关注。对华龙洞遗址的区域地质与洞穴发育特征进行解析, 对堆积物蕴含的哺乳动物群、黏土矿物和氧化物等进行分析和测试, 结果表明, 华龙洞位于扬子地层区内, 处在下扬子地层分区和江南地层分区过渡地带。遗址发育于下古生界中寒武统团山组条带状微晶灰岩系内, 周边地貌以低山-丘陵-湖泊平原为主。洞穴发育初期由沿围岩裂隙运移的裂隙水引起, 溶蚀方式以垂直渗流为主, 后期逐渐转为水平流向的溶蚀方式。洞口开口方向为南偏西, 洞内堆积物较少, 洞外为一岩溶洼地, 其间富含以下部角砾层和上覆红色黏土为主的堆积物, 堆积营力主要为重力作用。遗址形成于北亚热带季风气候区北缘, 总体为温暖湿润环境, 堆积物充填早期气候相对晚期较为干凉, 后期逐渐转为相对温暖湿润环境, 动植物资源繁盛, 有利于古人类生存、活动。华龙洞古人类生存环境的研究对揭示长江下游中更新世古人类适应行为与生存环境具有重要意义。

关键词:直立人; 洞穴发育; 生存环境; 中更新世; 华龙洞

中图分类号: P532

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2017)03-0169-11

近年来, 有关早期人类演化及其行为模式的阶段性变化, 尤其是更新世环境变化对古人类体质特征和古人类技术演化的影响, 逐渐成为国际古人类学和第四纪地质学研究领域关注的热点^[1-3]。然而, 环境因素对古人类迁徙、扩散的影响, 以及对早期技术演化过程中的作用机制尚不清楚, 国内开展的工作还比较局限。长江下游区域地处我国大地构造单元第三级阶梯的核心区段, 地貌特征自西向东由低山、丘陵逐渐过渡为湖泊平原; 气候处在北亚热带湿润气候区北缘。第四纪以来, 尤其是中更新世以后, 山脉的抬升和河流的发育, 冰期与间冰期气候的波动, 形成了低山-丘陵-湖泊平原-河流纵横的独特自然环境, 为古人类的扩散、演化和技术发展提供了适宜的条件^[4,5]。自 1954 年在江苏泗洪下草湾发现一段晚更新世人类右侧股骨化石^[6]以后, 1960 至 70 年代在江苏、浙江和江西又陆续发现零星的人类化石和旧石器地点^[7]。进入 20 世纪 80 年代以后, 随着安徽和县直立人^[8,9]、巢县早期智人^[10,11]和南京汤山直立人^[12,13]的发现(图 1), 该区域成为研究中国华南更新世古人类演化以及人类对自然环境适应

的一个关键地区。近年来, 安徽东至华龙洞直立人化石的发现使该遗址备受学术界所关注。

华龙洞遗址位于长江下游偏西地带, 地处安徽和江西交界处, 地理位置为安徽省池州市东至县尧渡镇汪村庞汪组, 地理位置为 30°06'34.1" N、116°56'54.2" E, 海拔约 40 m(图 1)。2004 年 5 月, 安徽省博物馆郑龙亭对东至县尧渡镇一带进行田野调查, 在汪村华龙洞发现了第四纪哺乳动物化石, 推测时代大致为中更新世。2006 年 7—9 月, 安徽省文物考古研究所韩立刚等对华龙洞进行了发掘, 出土 1 枚人类牙齿和 2 件头骨残片化石、100 余件石制品、20 余件骨器以及大量动物化石^[14,15]。2013 年 12 月, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所(以下简称中科院古脊椎所)刘武、同号文等对华龙洞进行考察并初步观测了在华龙洞发现的动物化石和人类化石, 动物骨骼中牛(*Bos*)占绝大部分, 鹿(*Cervus*)次之, 其他动物有剑齿象(*Stegodon*)、犀牛(*Rhinocerotidae*)、獾(*Tapirus*)、熊(*Ursus*)、野猪(*Sus scrofa*)、虎(*Panthera*)、豪猪(*Hystrix* sp.)、巴氏大熊猫(*Ailuropoda baconi*)和麂(*Muntiacus* sp.)等, 小型食肉类等仅有少量牙齿, 而牛和鹿从骨头到趾骨的所有解剖部位都有留存, 多为中国南方中更新世常见的种类, 哺乳动物化石组合属于典型的南方大熊猫-剑齿象动物群; 对人类化石的初步研究显示, 其可能代表着生活在更新世中期的东亚直

基金项目:北京市自然科学基金项目(8163047);国家自然科学基金重点基金项目(41630102)

作者简介:李潇丽(1969—),女,副研究员,主要从事第四纪地质学研究, E-mail:lixiaoli2002@sohu.com

收稿日期:2017-01-07;改回日期:2017-02-25. 文凤英编辑

立人^[16]。2014—2016 年秋,中科院古脊椎所和安徽省文物考古研究所在东至县文广新局的配合下联合对该遗址进行连续三年的系统发掘,出土包括古人类头盖骨化石、石制品和大量哺乳动物化石等遗物上万件,目前研究工作集中在人类化石、石制品、动物化石和年代等方面。华龙洞遗址地貌部位清楚,地层剖面保存完好,主体堆积物被钙质胶结,文化层保留了遗址形成后的原始状态,其洞穴发育及埋藏环境信息对探讨当时古人类的生活环境和对遗址的开发利用过程具有非常重要的科学价值。本文结合以往发掘积累的资料以及对洞穴围岩及堆积物的测试与分析,阐释洞穴地貌特征、洞穴发育和堆积物形成以及环境变化过程,进一步复原古人类活动的背景。

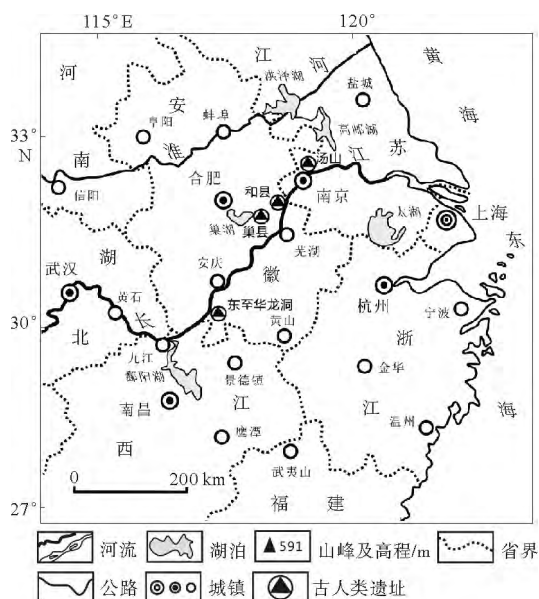


图 1 安徽东至华龙洞遗址地理位置

Fig. 1 Geographical location of Hualongdong site

1 遗址区域地质、地貌与洞穴发育

1.1 区域地质与地貌

1.1.1 区域地质

华龙洞遗址所处大地构造单元属扬子地台区,西北为秦祁昆地槽东南缘。周边地层属于华南大区扬子地层区内,处于下扬子地层分区和江南地层分区过渡地带。地层主要出露青白口系、震旦系、古生界和新生界地层^[17,18]。青白口系地层(Qn)广泛分布于遗址东南部,为一套半深海沉积的浅变质碎屑岩系。震旦系地层主要分布在遗址的东部和东南部区域,下震旦系(Z₁)主要为一套潮坪环境下的碎屑岩沉积,上震旦系(Z₂)则为一套滨海至浅海相的碳

酸盐岩夹泥岩和硅质岩岩系。古生代地层主要出露寒武系、下奥陶统和下志留统,其中中一下寒武统(Є₁₋₂)主要分布在遗址周边,呈北东-南西向展布,主要为一套深海至浅海相的碳酸盐岩系;上寒武统(Є₃)主要为一套浅海相碳酸盐岩系。下奥陶统(O₁)和下志留统(S₁)则分布在遗址北侧和西北侧,其中下奥陶统面积较小,呈北东-南西向分布,主要为一套浅海相-陆棚相黏土岩和碎屑岩岩系。新生界地层角度不整合于上述地层之上,主要出露古近系(E₁)和第四系(Q),前者出露在遗址西北方,主要为陆相碎屑岩沉积;第四系则出露于遗址西部、西北部和东部的尧渡河两岸,主要为山间河流两岸冲积的砂砾石沉积和山区向平原过渡的黏土堆积(图 2)^[19]。

该地区地质历史时期经历多期构造演化,前震旦纪为准地台基底形成阶段,震旦纪至古生代为准地台阶段,中生代至第四纪受构造抬升的影响逐渐转变为大陆边缘活动阶段。经雪峰、印支、燕山等构造运动后,形成了一个以尧渡镇—石台连线为界的南部华夏构造系和北部的淮阳山字型构造系,西南-东北走向的江南断裂带和近南北向的东至断裂分布在遗址东南部(图 2)。受上述断裂的影响,次级褶皱与断裂在岩层内发育,为岩溶的发育提供了便利条件。华龙洞发育在中寒武统团山组内,岩性主要以条带状微晶灰岩、白云质灰岩为主。遗址北靠灰岩山系,堆积物保存在洞穴的口外,外形为一四周较高、中间较低、深度超过 4 m 的近圆形岩溶洼地。围岩内发育多级岩溶裂隙,大气降水和岩溶水沿裂隙向下渗流,为堆积物充填的主要营力。在遗址充填过程中,不断有周边大小不等的灰岩角砾和围岩坍塌,使得洞口外岩溶洼地保留丰富的堆积物。

1.1.2 地貌特征

华龙洞一带地处长江右岸支流尧渡河左岸,总体地势为海拔 30~300 m 的中低山向长江下游湖泊平原过渡地带。遗址北靠石灰岩山系,向西北则过渡为湖泊平原区,东南方向为山区。受历史时期构造的影响,遗址西侧为一南北向断裂,遗址南侧发育一条北西南东向的断裂(图 2),沿断裂发育一条近东西向的山间溪流,遗址堆积物高出平原溪流水面约 5~8 m。遗址周边属北亚热带季风气候区北缘,年平均气温 16.9℃,年均降雨量约 1 554 mm,雨热同期,日照充分,雨量充沛。受构造侵蚀、风化和岩溶的影响,遗址东南方向周边可见溶原—丘峰与岩丘、低山丘陵地貌,小型山间盆地发育;遗址西北为丘陵并过渡为湖泊平原,10 km 外即为长江。

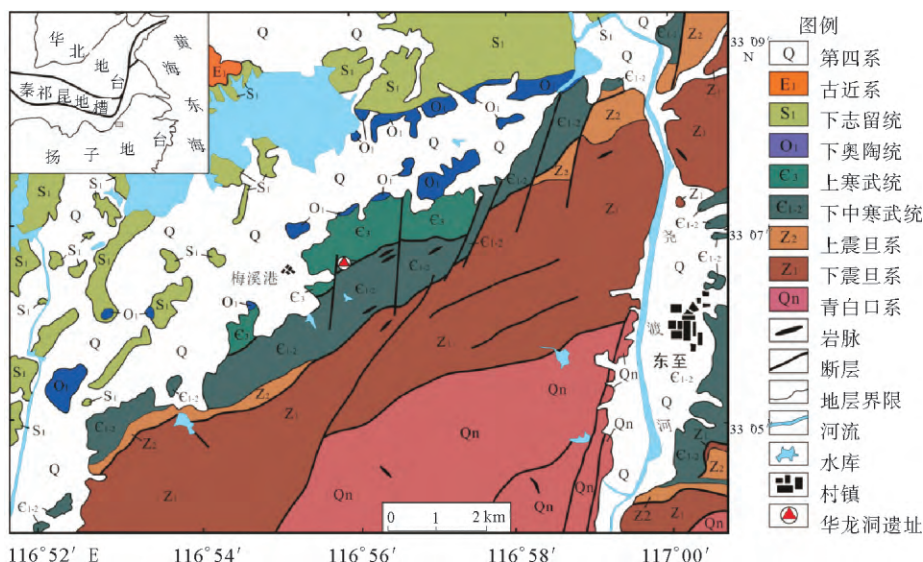


图 2 华龙洞遗址地质简图

Fig. 2 A geological sketch map of Hualongdong site

1.2 洞穴发育与堆积物特点

1.2.1 围岩特征及洞穴发育

华龙洞发育于下古生界中寒武统条带状微晶灰岩和白云质灰岩岩系中。洞穴为一开口朝南偏西的小型洞穴,开口方向约 200°~220°,洞内呈南西-北东向延伸,目前的洞口高约 30~60 cm,宽约 1.0~1.5 m,洞口外为一面积超过 100 m² 的岩溶洼地堆积区。堆积物外围即为一条山间小溪自东向西流经遗址南部边缘后流入湖泊平原区,遗址西边(下游)约 100 m 即为庞汪村。为探明华龙洞洞穴围岩特点,在洞穴周边采集 2 块碳酸盐岩手标本(编号 HLD-W1 和 HLD-W2)并进行岩矿鉴定,具体结果见表 1。

岩石鉴定结果显示华龙洞围岩为一套滨浅海台地边缘相碳酸盐岩系。洞穴围岩主要为微晶灰岩,内部裂隙存在大量后期充填条带;受构造运动的影响,层内发育水平—近水平状节理,提高了岩石的透水性,为岩溶发育提供了便利条件。华龙洞一带的碳酸盐岩系,受更新世早期地壳间歇性抬升的影响,早期形成的古溶原已经不见,推测在岩溶发育时期,遇潮湿降雨天气,山体的岩溶水以垂直渗流的方式沿裂隙运移,在华龙洞洞穴内转为水平运移为主,沿洞口流出并停留在洞外岩溶洼地,胶结周边坍塌以重力作用搬运而来的堆积物。目前洞穴内的岩溶已经停止发育,但若遇大雨仍有裂隙水溢出,水流流入洞外 5 m 以下的山间溪流。华龙洞一带地处北亚热带季风气候,自更新世以来这里雨水充足,动植物繁盛,为华龙洞的发育和堆积物充填创造了条件,也为古人类的生存繁衍提供了难得的家园。

1.2.2 堆积物特征与年代

华龙洞遗址保存人类化石和遗物的堆积物大部分位于洞口外的岩溶洼地,洞穴内有少量堆积,目前尚未发掘,主要发掘均在洞口外进行。该遗址于 2006 年曾进行过发掘,2014—2016 年又经过三年的系统发掘,目前遗址堆积物剖面自上而下依次为(图 3):

1. 褐灰—灰红色粉砂质黏土层,结构疏松,根系发育,层内夹灰岩角砾和灰白色钙质胶结物,层内含动物化石碎屑,局部有后期人为扰乱现象。不整合覆盖于下伏地层之上 厚 0.2~0.5 m
2. 棕红—灰红色黏土,结构致密,黏性大,层内黑色铁锰质浸染现象发育。可见灰岩角砾和白色钙质胶结物零星分布于层内。层内偶见棕黄色火山岩角砾,磨圆呈次棱角状,风化较为严重。层内含少量动物化石,较为破碎,石化程度较轻。与下伏地层过渡接触 厚 0.3~2.5 m
3. 褐黄—棕灰色角砾层,内含丰富的钙质黏土。角砾为灰岩,磨圆中等,以次棱角至次圆状为主,无分选,部分角砾外围常被风化溶蚀成粉末状,胶结程度差别较大。层内可见大量灰白色钙质胶结物。层内出土丰富的动物化石、石制品等。与下伏地层过渡接触 厚 1.0~1.5 m
4. 棕灰—棕褐色角砾层,钙质胶结坚硬,层内偶见棕黄色火山岩角砾,灰岩角砾无分选和磨圆。本层黏土极少,角砾之间几乎全被钙质胶结物胶结在一起,个别部位可见次生方解石碎屑。本层出土丰富的动物化石、人类化石和石制品等遗物。未见底 厚度 > 2.0 m



图 3 华龙洞遗址 2016 年发掘地层剖面图
(左:北壁,右:南壁;比例尺长度为 1 m)

Fig. 3 Depositional section of Hualongdong site in 2016
(left: north wall; right: south wall. Scale=1 m)

考虑到人类化石、石制品和动物化石等遗物主要分布在堆积物的第 3—4 层,均为固结的胶结物,因此,作者采集 6 块胶结物手标本进行岩矿鉴定,其中第 3 层 2 块(编号 HLD-③-1 和 HLD-③-2),第 4 层 4 块(编号 HLD-④-1、HLD-④-2、HLD-④-3 和 HLD-④-4)。胶结物镜下鉴定结果(表 1)显示,第 3—4 层堆积物均为固结的胶结物,外来成分极少,成因属近源-原地固结浅埋藏而成,重力作用为堆积的主要营力,岩溶水参与固结,未受到后期的破坏和扰乱,堆积物保留了沉积时期的原生状态。

2006 年在对遗址发掘期间,南京师范大学沈冠军教授曾利用铀系法对遗址进行过初步的测年,得出测年结果约为 400 kaBP,但测年材料与人工制品是否同一时代尚不清楚^[15]。中科院古脊椎所刘武研究员和同号文研究员等通过人类化石形状和哺乳动物化石组合判断,遗址堆积大致形成于中更新世^[16]。在近年来的发掘过程中,中国科学院地球环境研究所的蔡演军研究员采用铀系法对堆积物内的胶结物进行年代测定,初步结果显示遗址形成于 380 kaBP。总之,就目前的工作来看,遗址的年代大致为中更新世。

2 环境指标分析

我们在 2015 年发掘剖面上,自上而下以 10 cm 为间隔采集测试样品,采用黏土矿物和氧化物等指标,并结合哺乳动物化石信息,探讨洞口外堆积物充填过程与所蕴含的古环境信息。

2.1 黏土矿物

黏土矿物在各种类型的沉积物和沉积岩中都有分布,其形成和分布受气候和环境条件的影响,因

此,堆积物中黏土矿物组合的变化,可以作为古气候变迁的重要指标之一^[20,21]。作者利用 Panalytical X'Pert PRO MPD 型号 X 射线衍射仪,依据 SY/T5163-2010《沉积岩黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法》进行样品的黏土矿物 X 衍射分析,分析结果见表 2。

华龙洞堆积物的黏土矿物主要为高岭石-绿泥石-伊利石和伊蒙混层组合,以伊利石和伊蒙混层为主要黏土矿物,未鉴别出蒙脱石矿物。相关研究表明,蒙脱石在温带半湿润区沉积物中的含量较高,高含量的蒙脱石常与比较寒冷的气候联系在一起,其含量随气候变暖而减少^[22],伊利石和绿泥石一般代表比较干冷的气候,而高岭石一般是温暖湿润的气候条件下富集^[23]。关于伊利石和伊/蒙混层矿物,研究显示,当气候发生变化时,伊利石和伊/蒙混层含量的变化趋势相反,当气候转为潮湿,水分条件优越时伊/蒙混层含量增多^[24]。华龙洞堆积物黏土矿物组合中缺乏蒙脱石,且绿泥石含量较低,表明其处于相对温暖的气候条件下,相对较低的高岭石含量表明堆积物形成气候并不是太热,符合其地理位置处于北亚热带北部的气候特点。从伊利石和伊/蒙混层含量的变化来看,它们的变化趋势呈反相关关系,当水分条件恶劣或者相对较干时,部分或绝大部分伊/蒙混层将会转变为伊利石^[25],因此,从华龙洞堆积物中伊/蒙混层一直表现为较高的含量值推测,堆积物形成时气候是比较温暖湿润的。

2.2 氧化物

沉积物中氧化物含量与一个地区的气候条件具有一定的关系,尤其是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 和 TiO_2 对气候的反映比较敏感,常作为反映第四纪沉积物的气候替代性指标被运用于洞穴堆积中^[26,27]。沉积物中 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 在气候温暖湿润的条件下相对富集,而 SiO_2 和 FeO 则多在相对寒冷和干旱气候条件下富集; TiO_2 属稳定氧化物,不易淋滤流失,在温暖湿润的气候条件下含量较高^[28]。在湿热的气候条件下,由于氧化作用强,铁以高价的形式存在,而在干冷的气候条件下,铁一般以低价铁(亚铁)的形式存在,所以沉积物中不同价态铁的含量可指示气候的温湿条件。由于 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 FeO 呈负相关,故常采用 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 和 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 作为反映气候温暖湿润和相对干凉的替代性指标,并用 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值来推算沉积物沉积时的年均古温度,其古温度推算公式^[27,29]如下:

$$t = T + T \times M/m$$

表2 华龙洞堆积物黏土矿物分析结果

Table 2 The results of clay minerals analysis in sediments at Hualongdong cave

层位	样品编号	深度/cm	黏土矿物类型及其百分含量/%					
			高岭石(K)	绿泥石(C)	伊利石(It)	伊蒙混层(I/S)	蒙脱石(S)	混层比(%S)
1	HLD1-1	10	10	9	31	50	—	7
	HLD1-2	20	6	7	14	73	—	—
	HLD1-3	30	6	5	30	60	—	—
	HLD1-4	40	5	6	20	69	—	6
2	HLD2-1	50	4	4	48	44	—	5
	HLD2-2	60	2	3	29	66	—	—
	HLD2-3	70	4	3	34	59	—	—
	HLD2-4	80	3	3	54	40	—	—
	HLD2-5	90	4	4	36	56	—	6
	HLD2-6	100	3	6	34	57	—	8
	HLD2-7	110	8	6	21	65	—	8
	HLD2-8	120	7	7	21	65	—	—
	HLD2-9	130	10	9	25	56	—	—
	HLD2-10	140	7	9	24	60	—	—
3	HLD3-1	150	7	7	24	62	—	—
	HLD3-2	160	10	10	29	51	—	5
	HLD3-3	170	8	9	13	70	—	—
	HLD3-4	180	6	7	22	65	—	5
4	HLD4-1	190	8	11	34	47	—	7
	HLD4-2	200	7	6	30	57	—	7
	HLD4-3	210	6	8	32	54	—	5
	HLD4-4	220	8	10	42	40	—	5
	HLD4-5	230	9	10	23	58	—	—
	HLD4-6	240	7	7	51	35	—	—

注：“—”表示“没有”。

式中, t —推算的古温度;

T —某地区现今年均温度;

M —某样品 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值与该剖面各点平均值之差;

m —各测点样品 Fe^{3+}/Fe^{2+} 平均值。

作者利用帕纳科 Axios mAX X 射线荧光光谱仪,采用 GB/T14506.14-2010《硅酸盐岩石化学分析方法第 14 部分:氧化亚铁量测定》和 GB/T14506.28-2010《硅酸盐岩石化学分析方法第 28 部分:14 个主次成分量测定》,对堆积物的样品进行了氧化物主、次元素含量测试,结果见表 3。

在华龙洞堆积物剖面中, TiO_2 的平均值达到 0.62%,明显大于处于温带的北京周口店田园洞 0.17%^[30] 的含量,略小于湖北郧西白龙洞堆积物 0.97%^[27] 的含量,而与出土北亚热带的湖北建始龙

骨洞堆积物 0.62%^[31] 一致,表明气候相对温暖湿润。剖面上部(第 1—2 层)属松散的黏土堆积物,其 SiO_2 和 FeO 的含量平均值分别为 48.10% 和 0.99%,较下部(第 3—4 层)平均值 24.90% 和 0.52% 要相对高一些,而剖面上部 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的平均含量分别为 16.56% 和 7.22%,高于剖面下部 6.65% 和 2.78% 的平均含量; SiO_2/Al_2O_3 和 SiO_2/Fe_2O_3 的数值,上部堆积相对于下部堆积较低。因此,上部堆积物形成时气候相对比下部要温暖湿润一些。从通过推算公式得出的不同层位的古温度来看,除去顶部扰乱层的 2 个异常值和第 4 层的一个异常值(-10.25 °C),第 3—4 层的古温度平均值达到了 12.02 °C,相对于上部松散堆积物平均 19.87 °C 来说要低。总的来看,剖面氧化物测试显示该堆积物总体处于温暖湿润环境,上部较下部要

表 3 华龙洞堆积物指示性氧化物分析及古气温

Table 3 The oxides analysis and the estimated paleo-temperature of the sediments at Hualongdong cave

层位	样品 编号	深度/cm	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	TiO ₂ /%	Fe ₂ O ₃ /%	FeO /%	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	推算古 温度/℃
1	1-1	10	49.42	16.04	0.85	7.31	2.17	3.08	6.76	3.37	-3.07
	1-2	20	47.41	16.17	0.81	7.29	2.11	2.93	6.50	3.45	-2.15
	1-3	30	59.37	13.12	0.85	6.17	1.22	4.53	9.62	5.06	9.24
	1-4	40	49.47	14.79	0.79	6.56	0.99	3.34	7.54	6.63	15.05
2	2-1	50	48.20	16.48	0.79	7.08	0.54	2.92	6.81	13.11	24.33
	2-2	60	43.22	15.84	0.70	6.88	0.50	2.73	6.28	13.76	24.77
	2-3	70	45.83	15.87	0.74	6.79	0.79	2.89	6.75	8.59	19.35
	2-4	80	36.85	14.43	0.61	6.13	0.48	2.55	6.01	12.77	24.07
	2-5	90	44.29	19.63	0.71	8.47	0.94	2.26	5.23	9.01	20.01
	2-6	100	40.57	16.95	0.66	7.24	0.75	2.39	5.60	9.65	20.93
	2-7	110	50.52	18.82	0.83	8.04	0.85	2.68	6.28	9.46	20.67
	2-8	120	52.07	18.06	0.86	7.77	0.72	2.88	6.70	10.79	22.29
	2-9	130	54.03	17.95	0.90	7.78	1.00	3.01	6.94	7.78	17.83
	2-10	140	52.21	17.65	0.86	7.58	0.86	2.96	6.89	8.81	19.71
3	3-1	150	27.90	8.42	0.47	3.63	0.55	3.31	7.69	6.60	14.98
	3-2	160	30.31	9.16	0.51	3.86	0.53	3.31	7.85	7.28	16.74
	3-3	170	30.07	8.70	0.50	3.65	0.53	3.46	8.24	6.89	15.76
	3-4	180	26.70	6.21	0.39	2.56	0.59	4.30	10.43	4.34	5.17
4	4-1	190	13.72	4.24	0.24	1.80	0.37	3.24	7.62	4.86	8.27
	4-2	200	11.21	3.44	0.20	1.41	0.50	3.26	7.95	2.82	-10.25
	4-3	210	25.68	6.69	0.39	2.79	0.69	3.84	9.20	4.04	3.08
	4-4	220	31.83	6.58	0.41	2.76	0.46	4.84	11.53	6.00	13.10
	4-5	230	22.41	5.89	0.35	2.39	0.45	3.80	9.38	5.31	10.41
	4-6	240	29.20	7.12	0.45	2.98	0.50	4.10	9.80	5.96	12.96

相对温暖湿润些。

2.3 哺乳动物群

相对于环境替代性指标揭示堆积物气候变化来说,与古人类化石及石制品伴生的哺乳动物群则在一定程度上可以反映古人类活动时期的古环境状况^[32]。华龙洞遗址的动物化石类别丰富,中科院古脊椎所黄万波研究员和同号文研究员对历次发掘出土的化石标本进行了初步鉴定,发现有鸟类、爬行类和哺乳动物的遗骸,总体属于我国华南大熊猫—剑齿象动物群(*Ailuropoda-Stegodon* fauna)成员。这其中,哺乳动物共计 34 种,可归入 8 目,分别为食虫目、翼手目、啮齿目、灵长目、食肉目、长鼻目、奇蹄目和偶蹄目。目前已确定的灭绝种类有东方剑齿象(*Stegodon orientalis*)、华南巨貘(*Megatapirus au-*

gustus)、巴氏大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca baconi*)、李氏野猪(*Sus lydekkeri*)和谷氏大额牛(*Bibos gaurusgrangeri*)共 5 种。该遗址出土的化石类别虽然多样,但所发现的完整化石非常少,其中最常见的仍是哺乳动物牙齿化石。在牙齿化石中,偶蹄类的大型牛科动物占主导地位,中型鹿类次之。

在华龙洞动物群中,有一些类别对环境的指示性较强,如龟类指示淡水水体的存在,鼯鼠(*Sorex* sp.)有些为半水栖或穴居,大足鼠耳蝠(*Myotis ricketti*)因喜食鱼类而常居近水,竹鼠(*Rhizomys sinensis*)和豪猪(*Hystrix* sp.)的存在表明周围有竹林分布,华南巨貘一般不会离开湿热的灌丛和草地^[33-36]。概括地讲,以大熊猫—剑齿象为代表的中国南方动物群中的主要成员都生活在暖湿的森林环境中^[37],如爪哇豺(*Cuon alpinus javanicus*)、巴氏

大熊猫、猪獾(*Arctonyx collaris rostratus*)、黑熊(*Ursus thibetanus*)、虎(*Panthera tigris*)、犀牛(*Dicerorhinus sumatrensis*)、猕猴(*Macaca* sp.)和麂(*Muntiacus* sp.)等等,它们的生存都离不开茂密的森林。还有一些动物则主要在林间山地活动,如大额头牛(*Bibos gaurusgrangeri*)等。除此之外,华龙洞动物群中也出现了一些能够适应凉爽气候的动物类型,如布氏毛足田鼠(*Lasiopodomys brandti*)、梅花鹿(*Cervus nippon*)等等。总的来说,华龙洞动物群所体现的生境较广泛,既有林地也有草地,其间应分布着不少水体;植被类型有森林、竹林和草原。从气候环境方面来看,温暖湿润和凉爽干燥的气候特征可能在本地交替出现,这应该与华龙洞处在中国北亚热带山区和湖泊平原过渡区的特殊地理位置有关。

3 结论

华龙洞地处扬子地台区,发育于中寒武统碳酸盐岩系内,堆积物主要分布在洞口外的岩溶洼地内,洞穴发育早期溶蚀由沿围岩的垂直裂隙水引起,后期以水平渗流为溶蚀的主要方式。洞穴堆积物主要为角砾层和红色黏土,重力作用是沉积物充填的主要营力,哺乳动物群和相关环境替代指标显示洞穴堆积形成于温暖湿润的气候环境,下部堆积物较上部要相对干凉些,上部则相对温暖湿润些。华龙洞古人类当时是在气候较为温暖湿润、植被生态较好、森林-竹林-草原和水体丰富的区域进行着石制品打制、狩猎和采集等生产活动。

相关研究表明,在早更新世后期至中更新世,环境变化的幅度增大,气候总体上表现为冰期时更加寒冷,间冰期时更加温暖,夏季风气候显著增强且冬、夏季风的反差增大,这种增大的间冰期效应为早期人类开始由中低纬度的热带亚热带地区,迁徙至中高纬度的温带和内陆干旱—半干旱地区,由海拔较低迁徙至海拔较高的地区,并穿越撒哈拉沙漠提供了环境条件^[38]。环境变化加速了人类的扩散和演化,至中更新世,人类开始逐渐占据非洲和欧亚大陆,在各地留下丰富的文化遗存^[39,40]。我国境内古人类活动信息在中更新世逐渐增多,其中在长江下游就有包括安徽东至直立人、和县直立人、巢县早期智人和南京汤山直立人的发现(图1),此外,包括“水阳江旧石器地点群”等大批中晚更新世沿江旧石器遗址群相继在该区域内被发现、发掘和研究^[5],该区域成为研究中国华南中—晚更新世古人类演化以

及人类对自然环境适应的一个关键地区。华龙洞遗址地处长江下游,地貌特征自西向东由低山、丘陵逐渐过渡为湖泊平原,气候处在北亚热带湿润气候。遗址洞穴发育和古人类生存环境的研究对深入探讨遗址成因、古人类对遗址利用过程和行为方式,以及揭示中更新世长江下游环境演变、古人类对自然环境的适应能力等,均具有重要意义。

致谢:岩石矿物样品的前期磨制处理在北京久仁矿产品加工部进行,室内鉴定在中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室进行;样品的黏土矿物和氧化物测试在核工业北京地质研究院分析测试研究中心进行;中国科学院古脊椎动物与古人类研究所黄万波研究员和同号文研究员提供化石名单,作者特致谢意。

参考文献(References)

- [1] Potts R. Evolution and climate variability[J]. *Science*, 1996, 273(5277): 922-923.
- [2] Potts R. Hominin evolution in settings of strong environmental variability[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2013, 73: 1-13.
- [3] Winder I C, Devès M H, King G C P, et al. Evolution and dispersal of the genus *Homo*: A landscape approach[J]. *Journal of Human Evolution*, 2015, 87: 48-65.
- [4] 郑龙亭, 徐繁. 安徽旧石器时代[C]//邓涛, 王原. 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2001: 255-262. [ZHENG Longting, XU Fan. The paleolithic age of Anhui[C]//DENG Tao, WANG Yuan. Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology. Beijing: China Ocean Press, 2001: 255-262.]
- [5] 房迎三. 长江下游地区的旧石器时代考古[M]//吕遵谔. 中国考古学研究的世纪回顾—旧石器时代考古卷[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 392-408. [FANG Yingsan. The Paleolithic archaeology of the lower reach of the Yangtze River[M]//LV Zen'e. Centuries Retrospect on the Chinese Archaeology-Paleolithic Age Issue. Beijing: Science Press, 2004: 392-408.]
- [6] 杨鍾健. 记安徽泗洪县下草湾发现的巨河狸化石并在五河县戚咀发现的哺乳类动物化石[J]. *古生物学报*, 1955, 3(1): 55-66. [YOUNG Chungchien. On a new Trogontherium from Hsiatsaohwan, Shihhungshien and with notes on the mammalian remains from Chi-Tsu, Wuhohsien, Anhwei[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1955, 3(1): 55-66.]
- [7] 杨怀仁, 徐馨, 杨达源. 长江中下游环境变迁与地生态系统[M]. 南京: 河海大学出版社, 1995. [YANG Huairan, XU Xin, YANG Dayuan. Environmental Change and Land Ecosystem of the Middle to Lower Reaches of the Yangtze River[M]. Nanjing: Hohai University Press, 1995.]
- [8] 黄万波, 方笃生, 叶永相. 安徽和县龙潭洞发现的猿人头盖骨

- 的观察[J]. 科学通报, 1981, 26(24): 1508-1510. [HUANG Wanbo, FANG Dusheng, YE Yongxiang. Preliminary observation on a fossil Hominid skull found in Longtan cave in Hexian County, Anhui Province[J]. Chinese Science Bulletin, 1981, 26(12): 1116-1120.]
- [9] 黄万波, 方笃生, 叶永相. 安徽和县猿人化石及有关问题的初步研究[J]. 古脊椎动物与古人类, 1982, 20(3): 248-256. [HUANG Wanbo, FANG Dusheng, YE Yongxiang. Preliminary study on the fossil hominid skull and fauna of Hexian, Anhui[J]. Vertebrata Palasiatica, 1982, 20(3): 248-256.]
- [10] 许春华, 张银运, 陈才弟, 等. 安徽巢县发现的人类枕骨化石和哺乳动物化石[J]. 人类学学报, 1984, 3(3): 202-209. [XU Chunhua, ZHANG Yinyun, CHEN Caidi, et al. Human occipital bone and mammalian fossils from Chaoxian, Anhui[J]. Acta Anthropologica Sinica, 1984, 3(3): 202-209.]
- [11] 许春华, 张银运, 方笃生. 安徽巢县人类化石地点的新材料[J]. 人类学学报, 1986, 5(4): 305-310. [XU Chunhua, ZHANG Yinyun, FANG Dusheng. Human fossil newly discovered at Chaoxian, Anhui[J]. Acta Anthropologica Sinica, 1986, 5(4): 305-310.]
- [12] 穆西南, 许汉奎, 穆道成, 等. 南京汤山古人类化石的发现及其意义[J]. 古生物学报, 1993, 32(4): 393-399. [MU X西南, XU Hankui, MU Daocheng et al. Discovery of *Homo erectus* remains from Tangshan, Nanjing and its significance[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1993, 32(4): 393-399.]
- [13] 陈琪, 汪永进, 刘泽纯, 等. 南京汤山猿人洞穴石笋的铀系年龄[J]. 人类学学报, 1998, 17(3): 171-176. [CHEN Qi, WANG Yongjin, LIU Zechun, et al. U-series dating of stalagmite samples from Hulu cave in Nanjing, Jiangsu Province, China[J]. Acta Anthropologica Sinica, 1998, 17(3): 171-176.]
- [14] 陈胜前, 罗虎. 安徽东至县华龙洞旧石器时代遗址发掘简报[J]. 考古, 2012(4): 7-13. [CHEN Shengqian, LUO Hu. The excavation of Hualong cave site of paleolithic age in Dongzhi County, Anhui[J]. Archaeology, 2012(4): 7-13.]
- [15] 董哲, 战世佳. 安徽东至县华龙洞旧石器时代遗址出土石制品研究[J]. 东南文化, 2015(6): 63-71. [DONG Zhe, ZHAN Shijia. A study of stone artifacts unearthed from the Hualongdong Paleolithic site in Dongzhi County, Anhui Province[J]. Southeast Culture, 2015(6): 63-71.]
- [16] 宫希成, 郑龙亭, 邢松, 等. 安徽东至华龙洞出土的人类化石[J]. 人类学学报, 2014, 33(4): 427-436. [GONG Xicheng, ZHENG Longting, XING Song, et al. Human fossils found from Hualong Cave, Dongzhi County, Anhui Province[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2014, 33(4): 427-436.]
- [17] 安徽省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究(34): 安徽省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. [Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province. A Comparative Study of Multiple Classification on the Strata in China (34)-Lithostratigraphy of Anhui[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.]
- [18] 都洵, 张永康. 全国地层多重划分对比研究(30)-东南区区域地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998. [DU Xun, ZHANG Yongkang. A Comparative Study of Multiple Classification on the Strata in China (30)-Regional Stratigraphy of Southeast Area[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1998.]
- [19] 安徽省地矿局区调队. 香隅坂幅(H-50-66-D)、张溪镇幅(H-50-67-A)、东至县幅(H-50-66-C) 1/5 万区域地质调查报告: 地质部分[R]. 安徽省地矿局区调队, 1991: 1-139. [Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province. Report of regional geological survey on 1/50000 scale of Xiangyuban (H-50-66-D), Zhangxizhen (H-50-67-A), and Dongzhixian (H-50-66-C) map sheets[R]. Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province, 1991: 1-139.]
- [20] 蓝先洪. 黏土矿物作为古气候指标矿物的探讨[J]. 地质科技情报, 1990, 9(4): 31-35. [LAN Xianhong. Clay minerals as an index of Paleoclimate[J]. Geological Science and Technology Information, 1990, 9(4): 31-35.]
- [21] 陈涛, 王河锦, 张祖青, 等. 浅谈利用黏土矿物重建古气候[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(2): 309-316. [CHEN Tao, WANG Hejin, ZHANG Zuqing, et al. An approach to Paleoclimate-reconstruction by clay minerals[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2005, 41(2): 309-316.]
- [22] 隆浩, 王晨华, 刘勇平, 等. 黏土矿物在过去环境变化研究中的应用[J]. 盐湖研究, 2007, 15(2): 21-25, 29. [LONG Hao, WANG Chenhua, LIU Yongping, et al. Application of clay minerals in Paleoenvironment research[J]. Journal of Salt Lake Research, 2007, 15(2): 21-25, 29.]
- [23] Blaise B. Clay-mineral assemblages from Late Quaternary deposits on Vancouver Island, Southwestern British Columbia, Canada[J]. Quaternary Research, 1989, 31(1): 41-56.
- [24] 朱大岗, 孟宪刚, 赵希涛, 等. 西藏纳木错晚更新世以来湖面变化和湖相沉积中黏土矿物显示的环境信息[J]. 地质力学学报, 2004, 10(4): 300-309. [ZHU Dagang, MENG Xiangang, ZHAO Xitao, et al. Lake-level change of Nam CO, Tibet, since the Late Pleistocene and environment information of clay minerals in lacustrine deposits[J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10(4): 300-309.]
- [25] Yemane K, Kahr G, Kelts K. Imprints of post-glacial climates and palaeogeography in the detrital clay mineral assemblages of an Upper Permian fluviolacustrine Gondwana deposit from northern Malawi[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1996, 125(1-4): 27-49.
- [26] 赵志中, 何培元. 神农架第四纪冰期与环境[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-81. [ZHAO Zhizhong, HE Peiyuan. Quaternary Glacial Stage and Environment[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 1-81.]
- [27] 李潇丽, 武仙竹, 裴树文. 湖北郧西白龙洞洞穴发育与古人类生存环境探讨[J]. 第四纪研究, 2012, 32(2): 199-208. [LI Xiaoli, WU Xianzhu, PEI Shuwen. Preliminary study on the cave development and environmental background of Hominin occupation at Bailong cave, Hubei Province[J]. Quater-

- nary Sciences, 2012, 32(2): 199-208.]
- [28] 戎秋涛, 翁焕新. 环境地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1-345. [RONG Qiutao, WENG Huanxin. Environmental Geo-Chemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 1-345.]
- [29] 周延兴. 论沧州沿海地区第四纪沉积物的 Fe^{3+}/Fe^{2+} 垂直变化周期性及其应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(2): 103-110. [ZHOU Yanxing. The periodicity of vertical variation of the Fe^{3+}/Fe^{2+} ratio in the Quaternary sediments and its application in the Cangzhou coastal area, Hebei Province[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1984, 4(2): 103-110.]
- [30] 李潇丽, 张双权, 魏明瑞, 等. 周口店田园洞 MIS3 阶段古人类生存环境[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009, 29(3): 133-140. [LI Xiaoli, ZHANG Shuangquan, WEI Mingrui, et al. Environmental background of human occupation at Zhoukoudian Tianyuan cave[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2009, 29(3): 133-140.]
- [31] 程捷, 郑绍华, 高振纪, 等. 鄂西地区早期人类和巨猿生存环境研究[J]. 地质学报, 2006, 80(4): 473-480. [CHENG Jie, ZHENG Shaohua, GAO Zhenji, et al. Natural environment during the living period of the Early human and Gigantic Ape in west Hubei[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(4): 473-480.]
- [32] 吴汝康, 吴新智, 张森水. 中国远古人类[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 277-391. [WU Rukang, WU Xinzhi, ZHANG Senshui. Early Humankind in China[M]. Beijing: Science Press, 1989: 277-391.]
- [33] 蒋志刚. 中国哺乳动物多样性及地理分布[M]. 北京: 科学出版社, 2015. [JIANG Zhigang. China's Mammal Diversity and Geographic Distribution[M]. Beijing: Science Press, 2015.]
- [34] 马杰, Jones G, 梁冰, 等. 食鱼蝙蝠——大足鼠耳蝠初报[J]. 动物学杂志, 2003, 38(3): 93-95. [MA Jie, Jones G, LIANG Bing, et al. Biology of the big-footed bat, *Myotis ricketti*[M]. Chinese Journal of Zoology, 2003, 38(3): 93-95.]
- [35] 同号文, 徐繁. 中国第四纪獭类的来源与系统演化问题[C]//邓涛, 王原. 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2001: 133-141. [TONG Haowen, XU Fan. On the origin and evolution of quaternary *Tapirs* in China[C]//DENG Tao, WANG Yuan. Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology. Beijing: China Ocean Press, 2001: 133-141.]
- [36] 张荣祖. 中国哺乳动物分布[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. [ZHANG Rongzu. Distribution of Mammalian Species in China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997.]
- [37] 金昌柱, 郑家坚, 王元, 等. 中国南方早更新世主要哺乳动物群层序对比和动物地理[J]. 人类学学报, 2008, 27(4): 304-317. [JIN Changzhu, ZHENG Jiajian, WANG Yuan, et al. The stratigraphic distribution and zoogeography of the Early Pleistocene mammalian fauna from South China[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2008, 27(4): 304-317.]
- [38] 刘东生, 丁仲礼. 季风区古环境演化的相似性与人类演化[J]. 第四纪研究, 1999, 19(4): 289-298. [LIU Dongsheng, DING Zhongli. Comparison of Plio-Pleistocene climatic changes in different monsoonal regions and implications for human evolution[J]. Quaternary Sciences, 1999, 19(4): 289-298.]
- [39] 侯亚梅, 黄慰文. 东亚和早期人类第一次大迁徙浪潮[J]. 人类学学报, 1998, 17(4): 293-309. [HOU Yamei, HUANG Weiwen. East Asia and the first migration tide of early man[J]. Acta Anthropologica Sinica, 1998, 17(4): 293-309.]
- [40] Larick R, Ciochon R L. The African emergence and early Asian dispersals of the genus *Homo*[J]. American Scientist, 1996, 84(6): 538-551.

CAVE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL BACKGROUND FOR HOMININ OCCUPATION AT HUALONGDONG CAVE, DONGZHI, ANHUI PROVINCE

LI Xiaoli¹, DONG Zhe², PEI Shuwen³, WANG Xiaomin^{3,4}, WU Xiujie³, LIU Wu³

(1. Beijing Museum of Natural History, Beijing 100050; 2. Institute of Archaeology and Cultural Relics of Anhui Province, Hefei 230061;
3. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human origins, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: The Hualongdong cave, located in Pangwang village, Yaodu town, Dongzhi County of Anhui Province at latitude 30°06'34.1" N and longitude 116°56'54.2" E, and 40 m above sea level, was discovered in 2006, where unearthed *Homo erectus* skulls, stone artifacts, and large number of animal fossils. The cave bears great significance on the study of human evolution, lithic technology, and adaptive behaviors of human in South China and has therefore raised great attentions from the public and scholars. Preliminary U-series dating and study of mammalian fauna assemblages indicate that early hominin colonized the site most probably in Middle Pleistocene. This paper devotes our work on regional geology, cave development and mammalian fauna, and analyzing data of clay minerals and oxides from sediments.

The cave, as part of the Yangtze stratigraphic region, is geologically situated in the transitional zone between the stratigraphic subzones of the Lower Yangtze and the South of Yangtze. The cave is developed in the stripped micrite limestone of the Tushan Formation, Middle Cambrian. The site and its adjacent area are dominated by low mountains, gentle hills and lake plains. The cave is formed by the movement and dissolution of fracture water along the vertical fissures in the early stage, and then by horizontal water movement later on for further karst development. The entrance of the cave opens to the southwest with few deposits in the cave, while a karst depression was developed outside the cave. Due to the collapse of the stone outside the current entrance of the cave, abundant sediments including breccia and red clay are deposited within the depression, with a total thickness of more than 4 m. Gravity is the predominate agent of deposition. Human fossils, stone artifacts, and animal remains are recovered from the layers 3 and 4 at the lower part of the section, with a total thickness more than 2 m.

In order to reconstruct the environmental background and the impact of human activities, systematic analysis of the mammalian fauna, clay minerals as well as oxides from sediments have been carried out by the authors. It is inferred that the climate and environment were warm and humid then to some extent, and favorable for human survive, as a typical climate background on the north margin of the north subtropical zone. It should be noted that human fossils, stone artifacts, and mammalian fossils are mainly distributed in the layer 3 and 4 of breccia or the lower part of the section, of which the environment was relatively cooler and drier than the environment of the upper part of the section. The climate and environment were optimal to flourish of grass, bamboo grove, and forest, as well as animals, which might lead to the intensified occupation of early hominins during the period while the layers 3 and 4 was formed in Middle Pleistocene. In brief, for study of human occupation of the region during Middle Pleistocene, the Hualongdong cave may provide significant information.

Key words: *Homo erectus*; cave development; living environment; Middle Pleistocene; Hualongdong cave