

北京猿人洞穴堆积反映的古气候 变化及气候地层上的对比

刘泽纯
(南京地理研究所)

关键词 古气候变化;北京猿人洞;气候地层学

内 容 提 要

周口店第一地点洞穴堆积厚达40余米,可划分为17层。它们分别由角砾层与非角砾层(灰烬层、泥砂层以及钟乳石层)等组成。其中角砾层代表冰期、寒冷期或氧同位素的偶数阶段;非角砾层则代表间冰期、温暖期或氧同位素的奇数阶段。它们表明:在中更新世时,周口店地区气候的冷暖变化是明显的,而且气候的大陆性程度有逐渐加强的趋势。第一地点、新洞以及山顶洞等地的沉积物与洞外堆积、陕西洛川的黄土以及深海沉积物等均可进行气候地层学上的对比。

北京人遗址——周口店第1地点洞穴(图1),堆积物厚度逾40米,可能早在百万年前就开始沉积了。猿人居住的时间延续数十万年,从各方面说它都是研究第四纪古环境及人类起源的重要地点。关于北京猿人生活时期的古气候环境,各家从不同角度进行过较深入的研讨,并存在不少分歧。由于岩溶本身也是一个气候指标,因此我们拟从岩溶洞穴堆积的物质及其充填发展的过程,来对当时的古气候条件进行一些定性分析,描绘出它的古气候曲线,并同全球性冰期旋迴、洞外的阶地和华北的黄土地层等作一初步对比,以供进一步研究。

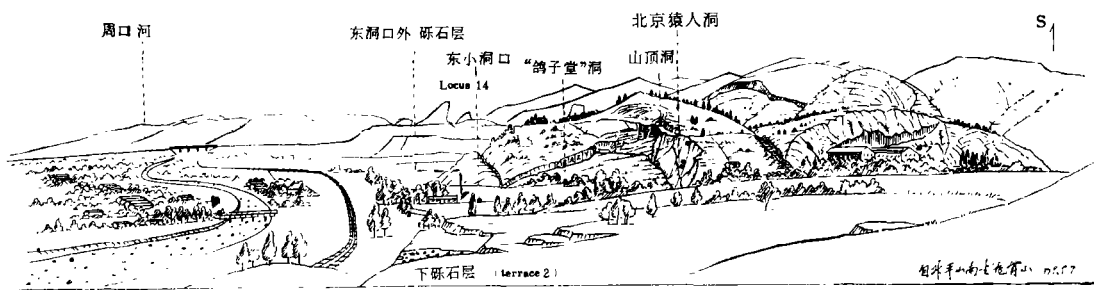


图1 北京猿人化石产地龙骨山素描(金瑾乐绘)

Sketch map of Longgu Shan where Peking Man fossils were discovered

一、对北京猿人生活时期古气候分析的认识

1. 哺乳动物方面

周明镇等从哺乳动物群的组成曾指出,周口店附近地区存在多样性的生态环境,北京猿人生活时期为间冰期温湿气候或非正常的温带气候。贾兰坡对有层位记录的化石(占20%)统计,提出北京猿人洞的堆积,从下往上第⑬层含喜冷动物;⑪和⑫层喜冷种多于喜暖种;⑧—⑨层两者相近,气候向转暖过渡;⑦层和⑥层喜暖种占优势;⑤层喜冷种略增,但在④层中少见,故喜暖成分又增多,是整个洞穴堆积最温暖时期;顶部①—③层喜暖者仍多于喜冷的(贾兰坡,1978)。周本雄则统计两种犀化石,其中周口店双角犀适应间冰期草原环境,主要分布在①—④和⑥—⑫层,燕山犀适应较凉爽气候,见于①—②层和⑧—⑨层。因此认为,⑬层属于冰期或冰阶段(⑫—⑬层),向上逐渐地转入间冰期(⑪—⑨层),而后达到间冰期最盛(⑧—⑤层),出现了华南生活的南蝠(8层),豪猪和水牛(8—9层)、大熊猫和猎豹(5层)等(周本雄,1979)。

李炎贤等从动物群的生态特征上认为,北京猿人生活时期是温带气候,与今天华北接近,但稍暖和湿润,只其间气候有多次波动,特别中段较为温湿。即⑪—⑩层草原动物多于森林种,是温带气候;⑨—⑤层则相反,且偏南的较多,故温暖湿润;④—①层草原种类相对又增加,转为温带半干旱气候,其中④层偏南方的多,③—①层喜旱的则多于喜湿的(李炎贤等,1981)。

因此哺乳动物群分析较为一致的意见是:第⑧层温湿,④层也比较暖,但趋向干。对各层冷暖程度及转变的界线有分歧,或甚至有相反的结论(如⑤层),这可能是由于受统计材料限制或对某些动物的生态有不同看法所致。不过这种分析与洞穴堆积物的特征是比较一致的(见后)。

2. 孢粉组合方面

过去从一块肿骨鹿标本粘附的土中得到132粒花粉,有云杉(6%)、松(33%)和桦(28%)等,认为是处在北方针叶林和草原之间的植被,气候比今日寒冷。徐仁等系统分析的结果是,地面下40—36米(即原底砾层,今称⑭层),花粉贫乏,草本多,有阴地蕨等,接近于“高山冻原”环境。33—20.5米(⑩—⑧—⑨层)为针、阔混交林夹草原,气温近于今天;但在29.1—27.8米处(⑧—⑨层底部)出现相当数量耐寒的冷杉和桦属花粉;25.6—23.1米(⑧—⑨层中部)它们北退,为针阔混交林;22.6—20.5米处(⑧—⑨层中上部)松属又出现,柏科和桦属增加;而在20.5—18.9米(⑧—⑨层上部)乔木多,突然增加了榛和山矾属,属于阔叶林,是猿人洞堆积中最温暖时期。再向上,18.1—14.0米(⑦—⑥层)山地又为针阔混交林,草本和灌木增多,至地面下9.4米仍为针阔混交林,但缺冷杉,草原面积扩大(徐仁,1965;孙孟蓉,1965)。

孔昭宸等最近又系统采样,分析结果是⑫层以下为针阔混交林;⑪层偏凉,远山为针叶林;至⑧—⑨层上部转为温带落叶阔叶林;⑦—⑥层林中夹草原;④层是针阔混交林;③层只见松和冷杉少量花粉;②层又是落叶阔叶夹草原或针阔混交林,偏干;①层稍偏冷。因

此基本上为温带气候,但有一定的波动,其中②—④层是一种生长在石灰岩区的温带森林草原,与现代无大差别,应是温暖偏干的间冰期气候(孔昭宸等,1981)。不过这次分析在原底砾层位置未确定有高山苔原植被成分,同过去的分析有出入,这也许是在采样的具体部位上还有差别。

但如果将动物群和孢粉分析的结果加以比较,可以看出基本上还是吻合的。例如第⑧层(即⑧—⑨层上部)孢粉为阔叶林,出现山矾属喜暖成份(徐),或者为落叶阔叶林(孔);哺乳动物则在⑧—⑤层缺少燕山犀,有不少华南种(周),或者主要是林栖动物,气候温湿(李),或者是喜暖种增加,在向温暖过渡(贾)。第④层哺乳动物反映的可能是最温暖时期(贾),缺燕山犀,或者偏南方的多些(李);孢粉上则为温暖而偏干的间冰期气候(孔)。当然矛盾地方也不少,可能有多种原因。不过,在一块鹿化石标本上就能得到如此多的偏北方森林的花粉,这一方面说明洞穴堆积比较复杂,同时也反映了猿人洞穴堆积时期气候是有过相当明显的冷暖和干湿波动的。

3. 沉积物方面

最近对猿人洞堆积物的成分、地球化学、粘土矿物和土的微结构等进行了分析。但由于洞穴堆积物不规则,一个地区因受岩性等影响可以同时存在不同类型的风化和土壤层,而由各种途径沉积到洞穴里的物质可以产自不同时代的地层或风化土壤层剖面的不同层次,加之某些分析还存在着多解性,所以意见也不一致。但已做的分析中较为一致的是:第⑮层以下粘土矿物组合以高岭石和伊利石为主;⑭—⑥层以伊利石为主;⑦层上部和④层以蒙托石为主;③—①层又以伊利石为主。所反映的气候条件,从原底砾层⑮向上都属于温带气候,并逐渐偏向干旱;⑭层以下比较暖湿。其中④层和⑦层上部以蒙托石为主也显示气候上有明显的温暖波动。在欧洲洞穴地层中蒙托石都属于温暖的间冰期沉积。此外,根据重矿物组分,⑭和⑬层重组分稳定指数低,反映气候偏冷;⑬层顶部升高,似又偏暖;⑫—⑧层的中部又下降而偏冷;⑧—⑥层顶部向上则明显升高,说明气候转暖;③层有所下降(沈丽琪等,1981)。这与生物化石的分析还是可以比较的。

二、猿人洞堆积物反映的古气候变化及与全球性冰期旋回的对比

1. 岩溶洞穴堆积物的气候意义

岩溶地貌(喀斯特)具有明显的地带性,可以作为地质历史上气候变化的一个标志。岩溶洞穴堆积物在一定程度上也受气候条件制约。如我国南方广西和云贵高原上峰林特别发育,洞穴中沉积大规模钟乳石,姿态万千,引人入胜,但石灰岩角砾稀少,碎屑物质主要是粘土和砂土;北方温带地区洞穴堆积物中碎屑物质比较多。据考察,即使在青藏高原和天山等高寒山地,在石灰岩山地属于上新世或第四纪间冰期的洞穴堆积,由于当时气候温暖,也几乎不含石灰岩角砾碎块¹⁾。在欧洲和北美等地的许多岩溶洞穴堆积中,灰岩角砾总是同冰期或冰期阶段相关联,而钟乳石类化学沉积和风化土层则多与间冰期环境有关。

1) 崔之久: 1979。有关冰缘现象与周口店地区中、晚更新世气候变化。北京猿人第一头盖骨发现五十周年纪念会论文摘要汇编之二。

黄万波等在江西乐平和万年县调查的许多石灰岩洞穴中,绝大多数都有灰岩角砾堆积,不受洞穴高程的限制,因此,也认为它们与气候变化有关系,而不能用构造(地震)来解释(黄万波等,1963)。在江苏溧水县神仙洞堆积层中发现,两个不同时期的洞穴和裂隙之堆积和阻塞,含角砾层的沉积在孢粉组合上都表现为偏冷的环境,而钟乳石层(或钙板层)所在的层位,则趋向变暖(刘泽纯,1979)。所以,古气候变化对于靠近地面或有开口的洞穴,在堆积物性质上是有反映的。

在洞穴发育过程中,因为地质构造影响及地下水活动的改变,在一定的发展阶段上于某一部位产生一定量的灰岩角砾,是一种正常的自然现象。它们主要来源于洞顶的崩塌和洞壁的崩落。石灰岩角砾按其同石灰岩层的关系可以分成:岩块(Block)、岩板(Slab)和岩屑(Chip)。前二种多由洞顶崩垮产生的,每个角砾具有1—2个以上的层面,直径大,从1—2米至10多米,边缘一般比较平直,代表节理面,其方向与沿节理或构造破碎带溶蚀的通道一致。岩屑角砾的形状则不规则,直径小,以洞壁物理风化崩落的为主。据法国南部和美国一些洞穴测量,这种因冻裂物理风化产生的角砾大多在10厘米左右(Miskovsky, 1976)。在十分凛烈的冰期气候下,它们的直径还会更粗大些。

根据周口店龙骨山几个洞穴堆积层测量(50—100块角砾),从中更新世开始洞穴堆积中角砾层比较发育,其中第15地点洞已崩毁,所堆积的角砾与北京猿人洞鸽子堂段第⑥层的巨大角砾比较相似,长径44—54%集中在12厘米以上,大的超过1—2米,多为岩块和岩板,角砾堆架,砾间砂泥等细粒物质不多,具有许多小的穴隙。这是洞顶大规模崩毁形成的,局部地方可以看出它们与基岩之间的滑断或折裂联系。而猿人洞内第⑧—⑩层、山顶洞和新洞口的角砾层,直径在12厘米以下者分别占75%、70%和80%,其中6厘米以下者又都达到55%以上。因此主要是岩屑角砾,砾间填满了细粒泥土,显然是由洞壁和顶部物理风化崩解而来的。

在猿人洞堆积层中,这种岩屑角砾十分发育,特别集中在第⑬、⑩、⑧和③层中,加起来有18米厚(洞穴西壁保留剖面)。角砾层之间是不含或含稀少角砾的灰层,粉砂土层或钟乳石层。代表洞壁稳定,物理风化减弱时期的堆积。这样多层重复出现的角砾层难以用洞穴发育的岩性构造或地震来解释,在一定程度上反映了古气候的变化,可以同生物化石分析及全球性冰期旋迴进行比较。

2. 猿人洞堆积物与其他气候指标比较

把上述猿人洞堆积层的变化与生物化石分析结果比较,一些层位是相当一致的。如第⑧—⑩层角砾厚度达到6米,哺乳动物群反映气候向温暖转变,孢粉组合,其下部为针阔混交林,有相当数量耐寒乔木,向上部转变为阔叶林,于顶部出现亚热带成分山矾属。在沉积物上可以看出,其中下部4米厚的灰岩角砾比较粗大,平均 20×5 厘米¹⁾,砾间充填着粉砂和亚粘土;上部2米厚的角砾比较小些,平均 17×8 厘米,充填物多为棕色粉砂土;特别在顶部不仅有10—18厘米厚的不连续的灰层,而且发育10厘米厚的钟乳石层,表明气候显著地趋向温暖。

1) 据周口店北京猿人综合研究地层组剖面资料,角砾大小可能未划方量计,似乎偏大。

第④层是厚的灰烬层(约6米),角砾少。哺乳动物群反映气候温暖,或温而偏干。孢粉组合为针阔混交林,为温暖偏干的间冰期环境。沉积物则表明,当时洞壁稳定,很适合于北京人生活,形成了最厚的灰烬层。热发光测年在29—31万年前(裴静娴,1979)。在猿人洞顶部H地点与山顶洞隔开的洞壁上,有层贴附的钟乳石层,与①—②层产状水平的钙板层呈“斜切”关系(图2),轴系测年距今31万年(赵树森等,1980)。我们考虑,它同猿人洞内⑤层钟乳石层和④层灰烬可能都是气候转暖时期,岩溶化得到了一定程度复活的标志。

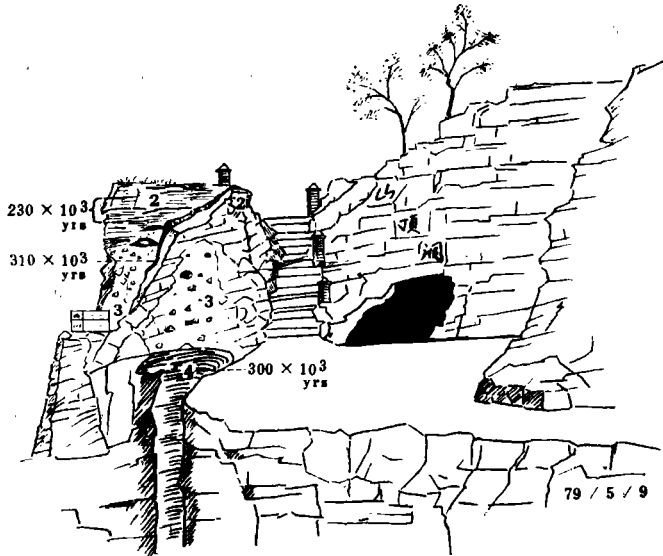


图2 H地点洞穴堆积和洞壁钟乳石层(金瑾乐绘)

Deposits and travertine on the wall of the cave at the Locus H

第③层角砾也很发育,厚度约有3米。哺乳动物群由这层向上喜旱成分增多,有燕山犀;孢粉组合该层只见少量的松和冷杉,表明气候变冷。而在其上面的①—②层孢粉组合又转为阔叶林夹草原或针阔混交林,其堆积物也相应地转变为棕红色砂土夹钟乳石层(有5个钙板层),说明气候比较温暖。

此外,值得注意的是,如果把龙骨山上猿人洞等洞穴地层用各种方法测得的年龄,与深海岩心 V₂₈₋₂₃₈ 的 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线 (Miskovsky, 1976) 进行比较,可以看出,猿人洞堆积的非角砾层都可以落在氧同位素曲线编号中奇数所代表的间冰期段,而角砾层则大致落在偶数所代表的冰期段上。例如,据赵树森、郭士伦、钱方和裴静娴等测量的年代,①—②层为23—25.6万年,可与 $\delta^{18}\text{O}$ 7段(19.5—25.1万年)对比;④层是29—33万年和H地点洞壁上的钟乳石层31万年,可与 $\delta^{18}\text{O}$ 9段(29.7—34.7万年)对应;甚至新洞内的钟乳石层 9.8 ± 0.5 万年和其顶部的石笋7.5—6.8万年,也可以落到 $\delta^{18}\text{O}$ 5段(7.5—12.5万年)。而⑧—⑨层角砾层是42.5万年,则接近于 $\delta^{18}\text{O}$ 12段(44—47万年)。山顶洞内的角砾层1.8万年(C^{14})和4万年左右(热发光测年),则可以同 $\delta^{18}\text{O}$ 2段(1.3—3.2万年)对比。由此可见,猿人洞的堆积层在发展上与全球性气候波动是有联系的。

根据洞穴堆积物的沉积特征所可能反映的古气候变化,并参考古生物和孢粉等的研

究成果,按杨子庚等新近测绘的西洞壁地质剖面,可以初步定性地描绘北京猿人洞穴堆积时期的古气候曲线,如图 3 所示。在曲线上,从距今 70—23 万年间大致有 4—5 个冰期旋迴的气候变化(每个旋迴包括温暖的间冰期和相对变冷的冰期)。由此可以看出,在同世界其他地区的气候地层或冰期年表进行对比时,如果只将猿人洞穴地层与欧洲冰期对比,指其相当于民德-里斯间冰期;或包括民德冰期的冰阶段(即副期或亚期);或甚至向前对比到群志-民德间冰期;虽然在动物群和年代上能够联系起来,可是在气候地层的序列上不容易协调。这个现象也说明,欧洲经典冰期模式本身存在一定的局限性。

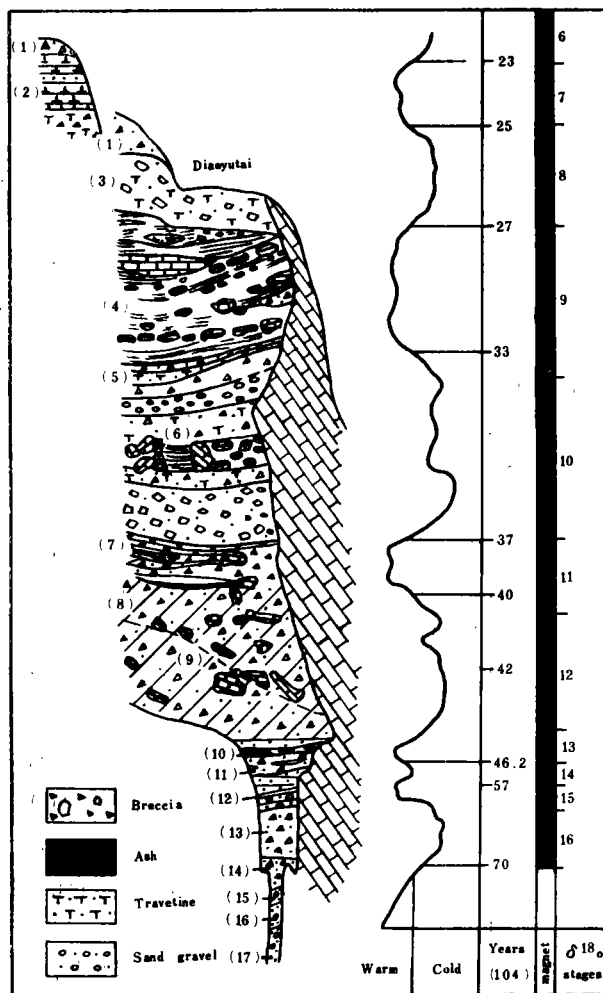


图 3 北京猿人洞堆积记录的古气候曲线
Palaeoclimatic curve reflected by Peking Man Cave deposits

其次,在周口店,洞穴堆积还反映出第四纪气候变动具有一定的方向性,即早期洞穴堆积角砾层不发育,说明气候比较温湿。如第 14 地点(上新世鱼化石产地)的洞穴堆积物主要是半胶结的粉细砂层;第 12 地点和其他早更新世的岩溶洞穴和裂隙堆积中,也主要为砂砾层和红粘土层;北京猿人洞下部 15 层以下也是粉细砂和粘土层,角砾稀少。只是在 14

层以上,尤其从⑭层起,才发育有明显的石灰岩角砾层。这是在布容正极期内出现的。这个时期(即距今70万年来),几乎各个洞穴和裂隙都发育一定数量的角砾层(除新洞周围所处地质和地貌条件不同以外)。这似乎表明,周口店地区第四纪来古气候的发展,从中更新世起大陆性程度在加强。这一点与刘东生等分析中国黄土地层的古气候旋迴所得到的结果是一致的(刘东生等,1980)。

三、猿人洞堆积与洞外阶地的联系及与其他气候地层的对比

1. 洞穴内外沉积的联系

猿人洞堆积从⑭层向下划分到⑰层,海拔高度已达88米至80米左右,尚未见底(现代河床在75—80米)。其物质来源明显地受周口河影响。

猿人洞是一个大的垂直型溶洞。其下部通道所以被阻塞,停滞了岩溶化,而转为充填过程,是由于古周口河水泛滥进洞沉积造成的。因此洞内的砂层重矿物组合、石英颗粒表面形态和所含的微量元素等与周口河的沉积是一致的¹⁾(任美镔等,1981)。

在猿人洞外,古代周口河的沉积有东洞口坡上残留的砂砾石层,标高约93米;北京地质勘探研究所附近基座阶地上的砾石层,标高约101米。这两处砾石层有一定的风化,其粘土矿物组合以高岭石和伊利石为主,与⑭和⑰层一致。因此很有可能,当古周口河沉积这二处砾石层时,河水也溢入洞中沉积了⑭层以下的物质。但在洞穴中由于洞底通道分叉,不可能一次全部阻塞起来,还会发生冲刷,沉积的粉细砂层有不均匀沉陷,所以猿人洞下部沉积层在不同部位差异较大,并产生倾斜。

下砾石层位置在上述两处砾石层之间,标高约85—87米,砾石粗大的多,其粘土矿物组合以伊利石(下部)和伊利石与高岭石(上部)为主,磁性地层上晚于⑭—⑰层。在阶地级数上,下砾石层构成二级阶地,因而上述的两处砾石层则有可能属于三级阶地。

洞内⑭层主要由红粘土和砾石组成。砾石比较大,一般在5—15厘米,大者可达35厘米,磨圆比较好,不具层理。其重矿物组合及石英颗粒的微量元素与上砾石层一致。因此,它是由上砾石层供给的。其粘土块中聚积大量红色光性粘土,可能来源于洞外红壤型土层²⁾,孢粉则以附近石灰岩山坡生长之温带蕨类植物为主。不过⑭层堆积时,洞底高程仍在90米以下,低处不过85米左右。在下砾石层沉积时古周口河水可以泛滥到洞内。所以在这个层中也能分析到与下砾石层一致的重矿物组合。然而它的粗大砾石要由古周口河水以推移质形式搬运到洞中,在动力上是难以实现的。

此外,洞内⑭层是含细砾砂层,骨化石冲磨得滚圆,重矿物组合与下砾石层相同。这层以上还有砂层沉积,如⑰层即是一个在洞中分布范围较大的粉细砂层。不过一般说⑭层往上所见的砂层比较薄,或只为局部夹层,不一定是由河水进到洞内沉积的。这说明古周口河水泛滥进洞的机遇已在减少,因为洞底逐步填高了。如果说⑰层中的粉细砂层还具有古周口河水沉积的性质,那么可能是在特大洪水期,因为这个砂层的标高已经达到

1) 王雪瑜, 1979. 周口店洞穴沉积砂层的沉积学研究, 北京猿人第一头盖骨发现五十周年纪念会论文摘要汇编。

2) 唐克丽, 1979. 北京猿人遗址地区古土壤的微结构特征及其形成环境的探讨, 北京猿人第一头盖骨发现五十周年纪念会论文摘要汇编。

105米左右,高出当时周口河的砾石边滩约有10米。所以,下砾石层(不包括上迭的坡积性沉积层)与洞内堆积层的联系,或许至多对比到第⑦层,即不超过38万年前(钱方等,1980)。但它同⑩层以下,即距今46.2万年前的沉积层联系的更为密切些。所以⑩层以下堆积层中 CaCO_3 含量特别低(6—0.24%)¹⁾。这在岩溶洞穴堆积中是不多的;同时,⑫和⑬层中的石灰岩角砾表面多被溶蚀成网状,这都是由于洞外河水溢进洞穴,浸洗的结果。

2. 与其他气候地层的对比

猿人洞堆积层从⑬层开始发育石灰岩角砾。⑬层下部0.7米和上部0.3米为粘土含角砾,石英长石风化系数高,显得气候比较温湿²⁾;中部是1.9米厚的角砾层,其重矿物组分的稳定系数相当低,反映气候比较偏冷。⑫层主要是含砾砂层,厚度约1.5米,紧靠洞壁部分发育钟乳石层,或者被钙质胶结起来,角砾量少(只占10%),孢粉组合为针阔混交林,温暖而偏湿,这些同双角犀化石的存在是一致的。⑪层为粗砂角砾层,厚0.8米,角砾长径10厘米左右,孢粉组合是远山生长的针叶林,气候偏凉,哺乳动物草原成分偏多。在沉积上其中锶钡含量甚高(见本页注2),风化系数低,重矿组分稳定系数也低,都显示偏冷的环境。⑩层是厚约0.5米的灰层和棕黄色粉砂土,并有两个薄层钙板(厚6—7厘米),只下部含有角砾。孢粉组合是向阔叶林过渡的植被。其年代按裂变径迹测量为46.2万年,可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 12段(44—47.2万年),可能属于向冰期过渡;热发光测年是52—61万年,则相当于 $\delta^{18}\text{O}$ 15段(54.2—59.2万年),应属间冰期。

在深海岩心记录到的古气候曲线上, $\delta^{18}\text{O}$ 13—16段(47.2—62.7万年)之间冷暖波动的幅度不算大,所以在洞穴堆积物上反映的也不十分明显。根据沉积特征和年代,我们考虑⑬层明显的角砾堆积,可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 16段比较高的冷峰,或相当于洛川黄土剖面 L_{12} 黄土层。 L_{12} 只经过弱成壤作用,反映沉积时期气候较干冷。⑫层可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 15段或 S_{12} 古土壤层。⑪层堆积时气候趋冷,可对比于14段,或者是 L_{11} 经中等成壤的黄土层。⑩层则可以对比于13段或 S_{11} 。 L_{11} 为一般干冷环境,而 S_{11} 和 S_{12} 是干性森林草原褐土,说明气候波动的比较平缓。所以⑩层的哺乳动物群和孢粉组合都显示了过渡的性质。

第⑧—⑨层角砾堆积所反映的古气候环境前面已述。按年代它可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 12段,或 L_{10} 黄土层。这个黄土层是经过强烈成壤作用的,在它上面发育的 S_9 古土壤层于顶部出现磁性漂移³⁾,可能相当于日本琵琶湖E极性事件,而这个事件在猿人洞⑦层中有显示,年代在距今38万年前。这样,⑧—⑨层的顶部(或即8层)和⑦层就可以对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 11段和 S_9 古土壤层。 S_9 是褐土型古土壤层,所以陕北黄土高原在 L_{10} 沉积时气候不怎么干冷,到 S_9 发育时期又为草原和干森林环境,而朝向华北大平原的西山东麓周口店地区,当⑧—⑨层堆积时可以是森林环境,因而所含哺乳动物群以林栖类为主。所发育的角砾层也比其他角砾层中细粒泥土含量高(占到20—30%),白云质灰岩角砾都风化破碎,细小者几乎成粉状。

1) 王珏等,1979。周口店北京猿人生活环境的初步认识。北京猿人第一头盖骨发现五十周年纪念会论文摘要汇编。

2) 谢又予等,1979。周口店“北京人”生活时期的沉积环境。同上。

3) 卢演侑等,1978。黄土—古土壤系列与第四纪冰期旋回的探讨。地球化学研究所。

⑥层角砾粗大、且十分集中,厚度超过7米,并有粗细变化,大致可划分三小层粗大角砾层和三小层细些的角砾层。这种堆积反映物理风化盛行,按层序似乎应当对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 10段和 L_9 。 L_9 属于弱成壤黄土层,10段的峰值也比较高,因此同这个角砾层的发育还是一致的。

⑤层是厚的钟乳石层,厚度可达45厘米。在其中发现过华南动物群成分大熊猫和猎豹。在它上面的④层又是厚的灰烬层,均稀少角砾。这两层沉积反映气候比较温暖,可以对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 9段和黄土剖面 S_8-S_6 层。(见上页注3) $\delta^{18}\text{O}$ 9段是一个比较长的间冰期(29.7—34.7万年),暖峰显著,并具有小的气候波动。在④层中两个亚层(4₋₄和4₋₅)热发光测年即为29和31万年,说明④和⑤层沉积延续的时间也是比较长的。

3. 关于猿人洞堆积第③层的对比

北京猿人洞穴堆积的上部第③层是又一个角砾发育的层,厚度约有3米,依层序可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 8段(25.1—29.7万年)。铀系法测年用③—①层的鹿角化石为25万年左右,牙化石是距今23万年左右,未进行细分。同洛川黄土剖面对比,可相当于 L_6 厚层黄土沉积期。这层黄土也是经受弱成壤作用的,形成的环境比较干冷。在③层中孢粉只有少数松和冷杉等,因此与角砾层的形成也是一致的。从猿人洞充填发展来看,⑥层粗大角砾岩块之堆积,说明当洞顶大规模地崩垮之后,残留的洞顶和岩檐在这个时期又进行了强烈的物理风化和崩毁。在鸽子堂西面在第③层的下部发掘到的巨大岩块,长达12米,南北向横亘于洞中(贾兰坡,1964)。在过去发掘记录的平面图上,第六水平层中大的岩块也较多,其中猿人洞中段有一个岩块面积达25—30平方米,直压在④层灰烬层上,并有崩落的石钟乳。不过这些岩块分布零散,不像是洞顶整体崩毁产生的。

另外,值得注意的是,这个角砾层在钓鱼台附近还可以分为二层,其间是侵蚀接触。其下层为胶结坚实的角砾层,填以浅棕红色亚粘土,局部含有因溶蚀而圆化的灰岩角砾。这种角砾长径在20厘米以下,面上满布溶蚀纹,在钓鱼台南面和H地点之下南裂隙部位均有,局部可占40%左右。上层似为坡积性的角砾层,厚的地方约有2米,外表具风化现象,有白色钙皮和斑点。在过去发掘记录中,指出③层之上是上钟乳石层(可能相当于H地点的①—②层),厚度1—2米,分布不连续,面积大的有20平方米。在这个钟乳石层上还有一层角砾,为黄白色,含钙质结核和斑皮,角砾的表面多有风化和白色外壳(贾兰坡,1964)。因此上述钓鱼台附近③层角砾层中的上层角砾与此岩性相似,有可能是覆盖在②层钟乳石层之上的一个角砾层。

在猿人洞顶侧H地点①—②层中含有5个钟乳石层,角砾不发育,反映当时气候偏暖。其年代如果按23万年计,则可以对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 7段(19.5—25.1万年),或者 S_5 。 S_5 是黄土剖面中普遍存在的一个厚的古土壤层,属于棕褐土,厚度有5米左右(刘东生等,1980),热发光测年在21万年前。按此对比,在上钟乳石层之上的角砾层①则可以对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 6段(12—19.5万年),或者是 L_5 黄土层。这层黄土已经属于离石黄土的上部。

另外,在龙骨山南坡新洞内,堆积有多层钟乳石夹黄红色砂土,厚度2—3米,在顶面上发育石笋,反映沉积时期气候较温暖,前面已述。据铀系测年可以同 $\delta^{18}\text{O}$ 5段对比,或者相当于 S_4-S_2 层。这个时期大致相当于一般所指经典冰期的R-W间冰期。山顶洞在含

北京人化石的层沉积之后,发生长期的冲刷,并沉积了古石笋,一直到距今4万年和1.8万年前,该洞穴溶蚀发展而使洞壁出露薄层石灰岩;并在气候转冷下,有利于物理风化时,再又堆填角砾,从而使洞底通道再度堵塞,最后角砾层几乎将洞室填满。这个角砾层可对比于 $\delta^{18}\text{O}$ 2 段或马兰黄土层。

根据以上分析,可以将北京猿人化石产地的洞穴地层列一对比简表(表1)。

表1 龙骨山各洞穴地层年代对比

洞穴	洞穴堆积	古地磁	阶地	黄土	$\delta^{18}\text{O}$ 段 (103 年)	
山顶洞	角砾	布容世	二级阶地 (下砾石层)	马	1 13.0	
				S ₀	L ₁	2 32.0
				S ₁	S ₁	
新洞	钟乳石			S ₄	黄土上部	5 75.0
						128
新洞口 第15地点	角砾 (1)			L ₅	黄土下部	6 195
	(2)			S ₅		7 251
	(3)			L ₆		8 297
	(4)			S ₆		9
	(5)			S ₈		347
	(6)			L ₉		367
	(7)			S ₉		440
	(8)			L ₁₀		472
	(9)			S ₁₀		502
	(10)			L ₁₁		
	(11)			S ₁₁		
	(12)			L ₁₂		627
	(13)					706
	(14)					
	(15)					
	(16)					
	(17)	松山世	三级阶地	午城黄土		

显然,以上所讨论的各个层中还可以进行细的划分。这不仅表现在角砾大小和数量上,其风化程度、泥与角砾的比例均有差别;角砾层内还夹有非角砾层,灰烬层和其他细粒沉积层中也夹角砾层。这些都可能反映短周期的古气候波动。在孢粉组合上也有所显示。今后在资料进一步积累,测年更细,或其他气候地层层位有所变动时,应作进一步的研究和对比。

(1981年7月27日收稿)

参 考 文 献

- 孔昭宸等,1981。依据孢粉分析资料讨论周口店地区中国猿人时期自然环境的变迁。科学通报,26: 1065。
 任美镛等,1981。北京周口店洞穴发育及其与古人类生活的关系。中国科学,(3): 330—336。
 孙孟蓉,1965。周口店中国猿人化石层孢粉组合。中国第四纪研究,4: 84—104。
 孙殿卿等,1961。大冰期时期中国的冰川遗迹。地质学报,41: 1—10。
 刘东生等,1980。中国黄土的古气候记录及其反映的古气候变化。国际交流地质学术论文集,(5): 77—82,地质出版社。
 刘泽纯,1979。岩溶洞穴堆积与第四纪冰期气候。科学通报,24: 889—892。

- 刘椿等, 1977. “北京人”化石产地洞穴堆积物的古地磁学研究. *地质科学*, (1): 26—33.
- 陈万勇, 1981. “北京人”遗址的底砾石层和附近上、下砾石层、象化石层位形成时期的自然环境. *古脊椎动物与古人类*, **19**: 55—66.
- 李炎贤等, 1981. 从哺乳动物化石来探讨北京猿人生活环境的变迁. *科学通报*, **26**: 170—172.
- 沈丽琪等, 1981. “北京人”遗址洞穴碎屑堆积的矿物组分特征及其意义. *地质科学*, (1): 60—66.
- 周本雄, 1979. 周口店第一地点的犀类化石. *古脊椎动物与古人类*, **17**: 236—258.
- 周明镇, 1955. 从脊椎动物化石上可能看到的中国化石人类生活的自然环境. *科学通报*, (1): 15—22.
- 徐仁, 1965. 中国猿人时代的北京气候环境. *中国第四纪研究*, **4**: 77—83.
- 郭士伦等, 1980. 用裂变径迹测定北京人年代. *科学通报*, **25**: 384.
- 贾兰坡, 1964. 中国猿人及其文化, 14—44, 中华书局.
- 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**: 53—56.
- 钱方等, 1980. 周口店猿人洞西壁及探井堆积物磁性地层的研究. *科学通报*, **25**: 192.
- 黄万波, 1960. 中国猿人洞穴的堆积. *古脊椎动物与古人类*, **2**: 9—21.
- 黄万波等, 1963. 江西乐平“大熊猫—剑齿象”化石及其洞穴堆积. *古脊椎动物与古人类*, **7**: 182—189.
- 裴文中, 1960. 中国原始人类的生活环境. *古脊椎动物与古人类*, **2**: 9—21.
- 裴静娴, 1979. “北京人”遗址灰烬物质热发光年龄及其地质意义. *科学通报*, **24**: 849.
- 赵树森等, 1980. 应用铀系法研究“北京人”年代. *科学通报*, **25**: 192.
- Kurtén, B., 1959. New evidence on the age of Peking Man. *Vert. Palaeontol.*, **3**: 173—175.
- Miskovsky, J. C., 1976. Les remplissages de grottes et abris sous roche. *La préhistoire Française*, T. 1, 202—226.
- Nicholas, J. D., & N. D. Opdyke, 1972. Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volume on a 10⁵ year and 10⁶ year scale. *Quaternary research*, **3**: 39—55.

THE PALAEOCLIMATIC CHANGES INFERRED FROM PEKING MAN CAVE DEPOSITS IN COMPARISON WITH THE CLIMATIC SEQUENCE OF OTHER FORMATIONS

Liu Zechun

(*Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica*)

Key words Palaeoclimatic changes; Peking Man Cave; Climatic stratigraphy

Summary

The deposits in the Peking Man Cave are more than 40 m thick (the bottom of the cave has not been reached yet). They constitute 17 layers of limestone breccia and non-breccia (sand, silt, clay, travertine and ash). According to studies on detailed geological sections, sedimentology, various datings of animal fossils and pollens, it is evident that those layers can be correlated with the changes in the climate of glacial cycles in deep sea sediments. The cold climate inferred by breccia layers is identical with that of the glacial represented by the uneven numbers of the $\delta^{18}\text{O}$ curve of the deep-sea core and the warm climate inferred by non-breccia layers is identical with that of the interglacial represented by the even numbers. The cave deposits at Zhoukoudian, Beijing, show that the climatic variations of the Quarternary in China adhered to a certain orientation. In other words, from the Middle Pleistocene on, the climatic variations became obvious and the continental climate intensified. Based on the principles of the development of limestone caves, a comparison between the cave deposits and the sediments outside the cave and the data of absolute datings, the deposits in the Upper Cave, the New Cave and the Peking Man Cave can be correlated to the terraces outside the caves, China's loess sections and the $\delta^{18}\text{O}$ stages of the deep-sea core. According to climatic stratigraphy, the 17th-15th layers of the Peking Man Cave may be correlated to the sediments of the third terrace outside the cave, while the 14th-7th layers with the second terrace, or lower gravel layer, were formed in the same period, the deposits of the Peking Man Cave, the New Cave and the Upper Cave may be correlated to the L_1 — L_{12} of the loess section in Luochun, Shanxi province, or $\delta^{18}\text{O}$ 16—2 stages of the deep-sea core V_{28-238}