

中国北方晚更新世哺乳动物群 与深海沉积物的对比

尤玉柱 徐钦琦

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

前 言

第四纪以来,全球性冰川的进退、气候的波动、海岸线的变迁,已由许多方面的证据所阐明。晚更新世的大理冰期(即相当欧洲的玉木冰期;北美的威斯康辛冰期)在中国北方地区得到明显的反映。大理冰期持续的时间,一般认为是从75,000年前开始,至10,000年前结束,但在全世界范围内各洲先后也有不同。据研究,这次冰期在其发展的过程中,曾经出现了两个高峰阶段和一个小峰阶段。第一次高峰出现在大约距今60,000年前;第二次高峰出现在距今15,000年至12,000年前;一个小峰约在35,000年前。

当冰期处于高峰阶段的时候,气温显著下降,沿海和部分大陆架暴露,海面降低;在亚间冰期和间冰期,气候骤然回升,海面升高,华北东部地区发生海浸。国内外许多单位通过对海底沉积物所作的古温度测定和对古生物生态学的研究并结合陆相地层中孢子花粉的资料,认为冰期的高峰阶段,地球表面的气温至少比今降低6—8°C;而小峰阶段的气温约比今低2°C左右。

哺乳动物由于进化速度较快和在广大区域内的一致性,使其成为划分更新世地层的必不可少的手段。但是利用哺乳动物化石探讨第四纪以来气候变化的工作一直是很薄弱的。近年来,我国北方地区旧石器时代中、晚期遗址的一系列新发现,以及对这些遗址中哺乳动物群的进一步研究,使我们有可能从哺乳动物化石的角度出发,对更新世晚期的气候作初步的探讨。

动物群剖析

我国北方更新世晚期的哺乳动物群按其先后顺序,可作如下排列(由老到新):丁村哺乳动物群、许家窑哺乳动物群、萨拉乌苏哺乳动物群、峙峪哺乳动物群、山顶洞哺乳动物群和扎赉诺尔哺乳动物群。从这些动物群的组成和对各成员的生活习性的分析,可以看到它们所反映的自然环境和古气候的冷暖变化。下面是对各动物群的剖析。

丁村哺乳动物群 为晚更新世早一阶段的代表,动物群包括26个种,总的面貌属现代类型,但含有若干较原始的种:如德永象(*Palaeoloxodon cf. tokunagai*)、梅氏犀(*Rhinoceros mercki*)、葛氏斑鹿(*Pseudaxis grayi*)等。前者最早见于我国早更新世地层中,它在丁村遗址的出现被视为孑遗种;后两者都是中更新世常见的种,陕西蓝田公王岭和北京

周口店第 1 地点都发现过。丁村哺乳动物群中的绝灭种占 58.3%，各门类之间的比例是：啮齿类 15%；食肉类 19%；长鼻类 12%；奇蹄类 15%；以及偶蹄类 39%。奇蹄类与偶蹄类总数共占 54%，它们的大多数生活于温带—寒温带的草原区和林边开阔地；有的则栖于山地森林中。裴文中特别强调作为分析气候指标之一的象类化石，他认为丁村遗址中象类化石的种类（德永象、纳玛象和印度象）及其丰富的程度，足以说明当时当地气候是比较温和的。这些象类通常喜栖于气候湿热、海拔较低的水边或有水源的阔叶树混交林中。目前，山西襄汾一带年平均气温约 12℃，年较差大于 30℃，年降水不及 500 毫米，这种自然条件显然不适合象类的生存。从象类化石看，丁村人生活的时期，其气温应比现今为高，同时较今湿润。

周明镇对丁村遗址所发现的厚蚌壳的研究，证明其中的大部分种类至今在长江流域一带仍然相当繁盛；相反，它们在华北地区已很少见。刘宪亭对该地鱼类化石的研究也同样认为：丁村人生活时，那里的自然景观应类似现在长江、汉水流域或河南南部地区的情况，气温比今为高（年平均约高 2℃ 左右），雨水也比今丰沛。

根据古人类化石、哺乳动物化石和地层等资料判断，这一遗址的年代约距今 100,000 年左右，属里斯—玉木间冰期。

周昆叔等人曾对丁村剖面作过系统的孢粉分析，提出含丁村人层位之上的含砾砂层中，发现松树花粉骤然减少，而蒿、藜增加，并出现冷杉，说明丁村人之后气候曾一度从温、湿转为干冷。这一含砾砂层中过去曾发现披毛犀骨架正好说明这一点。含披毛犀的层位之上，是晚更新世早期的一层很厚的古土壤，该层古土壤在华北地区许多地点都可以看到，尤其是黄土塬边和河流的过渡地带，它显示气候的暂时回升。

许家窑哺乳动物群 许家窑遗址中的哺乳动物化石相当丰富，但比较破碎，可供鉴定的计有 16 属 20 种，绝灭种占 45%。各门类的比例为：啮齿类 15%；食肉类 10%；奇蹄类 15%；偶蹄类 55%；长鼻类 5%。其中的有蹄类竟占 70% 之多。根据贾兰坡等的研究，认为这一动物群中既有适应森林、灌木和野草丛生的环境，如虎 (*Panthera cf. tigris*)、赤鹿 (*Cervus elaphus*)、鼠兔 (*Ochotona*) 和野猪 (*Sus*) 等；也有适应沙漠、草原和低丘环境的种类，如普氏野马 (*Equus przewalskii*)、蒙古野驴 (*Equus hemionus*)、羚羊 (*Gazella*) 和中华鼯鼠 (*Myospalax fontanieri*)；还有喜栖林边草地的葛氏斑鹿 (*Pseudaxis grayi*)、河套大角鹿 (*Megaloceros ordosianus*) 和原始牛 (*Bos primigenius*)。因此，在许家窑人生活的时候，该处似乎是森林、灌丛和草原相交混的地带，气候干冷、属大陆性。贾兰坡还认为，披毛犀、野马、河套大角鹿、赤鹿和原始牛等都是末次冰期时常见的化石种，因而推测当时的气候应处于一个冰期阶段，即大理冰期。这个结论，与我们对华北更新世晚期各哺乳动物群之间的比较所获得的结果是很吻合的。另外，用放射性碳 14 方法测定，许家窑遗址的年代大于 40,000 年（下界不明）。

我们认为许家窑哺乳动物群晚于丁村，早于萨拉乌苏，年代可能为距今 60,000 年前；它反映一个寒冷的气候条件，正好代表大理冰期的第一个高峰阶段。

萨拉乌苏哺乳动物群 为晚更新世中期具有代表性的一个动物群，包括 34 种哺乳动物化石和 11 种鸟类。哺乳动物化石中的绝灭种占 33%，各门类的比例是：啮齿类 31%；食肉类 10%；奇蹄类 10%；偶蹄类 39%；其他 10%。动物群中占绝对优势的是啮齿类和

有蹄类, 共占 80%, 它们几乎都是干旱或半干旱的种。按祁国琴统计, 在现生种中, 目前仍然生活在那里的有 12 种, 不同时间离开该区的有 7 种, 反映干燥度增加。其中的纳玛象 (*Palaeoloxodon namadicus*)、王氏水牛 (*Bubalus wansjocki*) 和野猪 (*Sus scrofa*) 及虎 (*Panthera*) 是森林或灌丛的栖居者, 喜湿。周明镇认为该地当时是有草原和树林的环境。德日进不同意萨拉乌苏哺乳动物群反映冰期气候, 他说: “萨拉乌苏动物群并非人们所说的‘寒冷动物群’。当时人类生活的河套地区既有沙漠地带提供了羚羊和啮齿类的生活场所, 附近还有大片的草地以养育大的食草动物。在那种情况下气候既可能是变化剧烈的……”不能忽视萨拉乌苏的鸟类化石, 它们是夏来冬去的临时居住者。可以想象, 在具大陆性气候的干旱、半干旱的河套地区, 气温的日较差和年较差是相当大的, 白天气温可以很高, 而夜间则是低的; 夏天可能很热, 但冬天可能很冷。在气候变化剧烈的地区, 同时出现水牛、披毛犀化石是可以理解的, 因为它们可以在很大的范围内进行迁徙。

从上述判断, 萨拉乌苏动物群生活的环境是: 稀树草原地带; 气候略低于现在或相同, 但较今湿些。因此, 我们将这一动物群放在第一个高峰过后的转暖阶段, 年代约距今 36,000—45,000 年前。

峙峪哺乳动物群 峙峪动物群和萨拉乌苏动物群同属晚更新世中期, 但从文化的性质、动物群组成和地层对比, 前者可能稍晚。用烧骨和灰烬进行放射性碳 14 测定, 峙峪遗址的年代为距今 28135 ± 1330 年前。动物群中可直接鉴定到种的有 10 种, 绝灭种占 40%, 全部种属都可在萨拉乌苏动物群中看到, 但不见戈壁环境的种类, 象类也消失, 几乎都是适应沙漠和草原者。

峙峪动物群中的有蹄类从种的比例上看占 70%; 从发现的材料看占 95% 以上。普氏野马、蒙古野驴、普氏羚羊 (*Gazella przewalskii*)、和鹅喉羚 (*Gazella subgutturosa*) 是典型的干旱一半干旱草原环境的适应者。

该遗址中普氏野马和蒙古野驴的数量十分可观, 是峙峪人捕获的主要对象。普氏野马现今还分布在大约北纬 45° 的内蒙、甘肃西北角和新疆的邻近地区。现在分布的界线与化石野马分布地域相比已北移了 10° , 除了人类因素外, 其北移的主要原因是大理冰期以后气候变化所造成的。峙峪地区目前年平均温度为 6.2°C , 而普氏野马从峙峪附近移到现在分布区至少北移了 5° , 据此可推知当时气候要比今为冷。有资料说明, 北京地区地下 7—10 米深的淤泥层据放射性碳 14 测定年代为距今 29,300 年前, 孢粉中以草本为主, 乔木植物中冷杉、云杉约占 48%, 估计那时平均气温约 $4—6^\circ\text{C}$ 左右, 比今天北京年平均数低 $6—8^\circ\text{C}$ 。峙峪动物群可以视为大理冰期一次小峰向亚间冰期过度的阶段。

山顶洞哺乳动物群 是晚更新世晚期的代表, 动物群由 42 个种组成, 绝灭种占 12%。各门类比例为: 啮齿类 25%; 食肉类 43%; 奇蹄类 4%; 偶蹄类 17%; 其他 12%。

山顶洞动物群的特点是食肉类占主要地位, 为各旧石器晚期遗址所不及。它们的大多数属山地森林型, 如果子狸 (*Paguma larvata*) 居住在热带—亚热带的森林里、树洞和岩洞中, 现今则分布于陕南、云、贵、川和沿海各省。猎豹 (*Acinonyx*) 和小蝙蝠 (*Myotis*) 也是热带、亚热带的种。但东北麝子 (*Capreolus manchurius*)、加拿大马鹿 (*Cervus canadensis*) 以及猯 (*Lynx*) 属喜冷动物, 栖于混交林、高山森林草地或林边地带。猪、象 (*Elephas*) 和犀牛 (*Rhinoceros*) 喜温湿; 麝 (*Scaptochirus*)、鼯鼠 (*Myospalax*) 和达呼尔鼠兔 (*Ocha-*

zona daurica) 是典型的草原种类,耐干旱。这一动物群反映的自然环境比较复杂,说明周口店以西的山地为森林景观;平原上属草原,气温与今略同或稍高,夏、冬温度差较大。

山顶洞动物群所代表的是大理冰期中气候温和的时期,是大理冰期中,南方型动物北侵最多的时期。年代距今 18,300 年前。

扎赉诺尔哺乳动物群 为晚更新世末期具有代表性的动物群。就扎赉诺尔地点看,只有包括猛犸象在内的 8 个种。最近,根据黑龙江省博物馆和吉林省博物馆对东北地区猛犸象——披毛犀动物群的整理,发现这一动物群至少包括 22 属 37 种。按姜鹏的统计,吉林省晚更新世地层中出土数量最多的是真猛犸象 (*Mammuthus primigenius*), 占总数的 27.8%; 次为披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis*), 占总数的 16.8%。东北猛犸象——披毛犀动物群主要产于第 I 级阶地的黑土和第 II 级阶地的黄土状土中。

猛犸象分布于北纬 40° 以北至 75° 之间,是寒冷气候条件的适应者,但似乎喜欢潮湿的地区,在我国基本上生活在东北各省。除披毛犀外,与猛犸象共生的还有北方狐 (*Vulpes chiliensis*)、西伯利亚鼬 (*Mustela cf. sibirica*)、猞猁 (*Lynx*)、麝 (*Moschus*)、东北麝子 (*Capreolus manchuricus*)、原始牛 (*Bos primigenius*)、东北野牛 (*Bison exiguus*) 等大北方喜冷动物。它们反映冰期气候。扎赉诺尔地点的放射性碳 14 测定年代为距今 11460 ± 230 年前。

在扎赉诺尔剖面上的砂层有强烈扭曲的现象,这是一种冰川附近或冰缘地带的产物。同样的情况也见于山西天镇张西河村边、阳高许家窑附近第 II 级阶地和河北阳原西水地、红崖等处,它们形成于大理冰期的第二个高峰时期。这一时期猛犸象和披毛犀的向南扩张和大北方喜冷动物的大量出现足以说明大约在 15000 年至 12000 年前是大理冰期中最冷的阶段。

通过上面对晚更新世六个哺乳动物群的分析 and 比较,可看出晚更新世动物群的排列顺序、阶段划分和冷暖变化如下表:

表 1 更新世晚期哺乳动物群的阶段划分与冷暖变化

时 代	哺乳动物群	气 候	
全 新 世	现代哺乳动物群	暖	
晚 更 新 世	扎赉诺尔哺乳动物群	最 冷	
	山顶洞哺乳动物群	暖	
	中 期	峙峪哺乳动物群	偏 冷
		萨拉乌苏哺乳动物群	偏暖、干
	早 期	许家窑哺乳动物群	较 冷
		丁村哺乳动物群	暖

证据的比较

最近十几年来,国内、外许多单位对东海、黄海、渤海大陆架以及大洋进行了大规模的考察、初步摸清了晚更新世时期海平面的变化规律,证实了在距今 127,000 年至 10,000 年

前之间曾有过三次海侵。林景星将第一、三次海侵分别称为白洋淀海侵和沧州海侵,它们分别出现在 70,000—120,000 年前和 22,000—24,400 年前;苍树溪等记录了第二次海侵大约在 40,000 年前,称为献县海侵。三次海侵时间,中国北方地区气候回升,正好与丁村、萨拉乌苏、山顶洞三个哺乳动物群相对应。海侵开始,气候转暖,使南方型的一些哺乳动物随之北上,这是造成华北地区晚更新世动物群复杂化的重要原因。根据数十个 C^{14} 年值表明,与三次海侵相间的三次海退的时间分别出现在 60,000 年前、33,000 年前和 12,000—15,000 年前。最后的一次海退使海平面降至比今低 110—130 米的位置,是大理冰期的最盛阶段。

杉原庄介根据日本在西太平洋取得的大量资料,认为日本与中国大陆之间在晚更新世曾经有陆桥存在,并推定其时间为:中桥(40,000至 80,000 年前之间);新桥 I (约 20,000—30,000 年前之间);新桥 II (10,000—15,000 年前之间)(图 1)。这个推定与我们分析获得的结果非常接近。

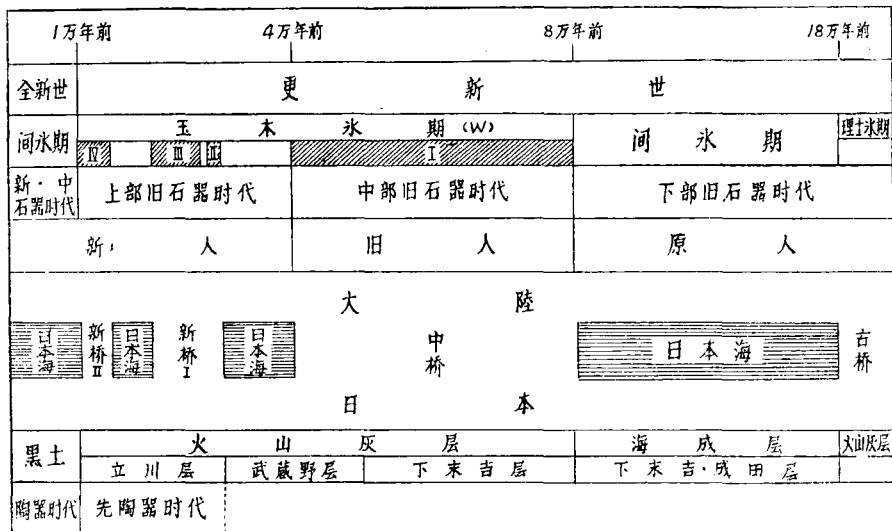


图 1 日本与(中国)大陆之间的陆桥存在时间的推定(依杉原庄介,昭和 49 年)

本文后一作者曾在《地球轨道与气候演变的关系》一文中进行过有关问题的讨论,得到如下的结论:即“北纬 35° 地区天文辐射冬半年总量的多寡大体上可以代表全球平均气温的升降。”图 2 就是过去 127,000 年内这种辐射量的变化曲线。大量的证据是支持这个论点的。如图 3 所示,3A 是海斯等人(1976)所测得的表示过去 127,000 年以来的古温度曲线。图上所注的第 2、4、6 阶段分别代表寒冷期;第 1、3、5 阶段分别代表温暖期。其中第 3 阶段又可分为 C_1 与 C_2 两个亚温暖期;第 5 阶段又可分为 e_1 、 e_2 和 e_3 三个亚温暖期。正如库克拉(1977)所指出的,气候变化是全球性的,因此,由 3A 所表示的古温度曲线与全世界各地所测量获得的古温度曲线都可以对比。据测定,第 5 与第 6 阶段(即 e_3 与 f)之间界线的同位素年龄为 127,000 年前。3B,即辐射量曲线,其中 f 的波谷的年龄恰好也是前 127,000 年。很清楚,3A 和 3B 是可以互相对比的。3C 是林景星(1977)、杉原庄介(1974)所提供的海侵、海退的时间表。林景星认为白洋淀海侵的时间为前 70,000—

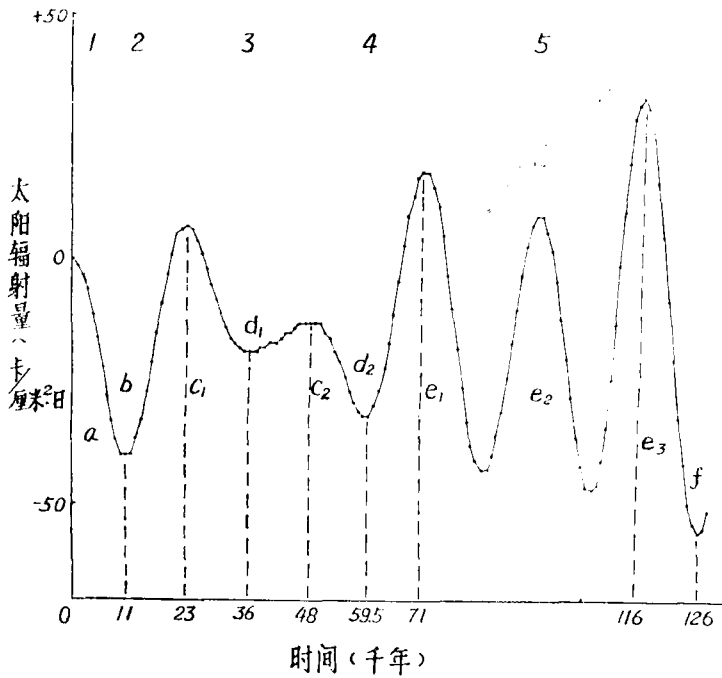


图2 12万年内天文辐射冬半年总量的变化曲线

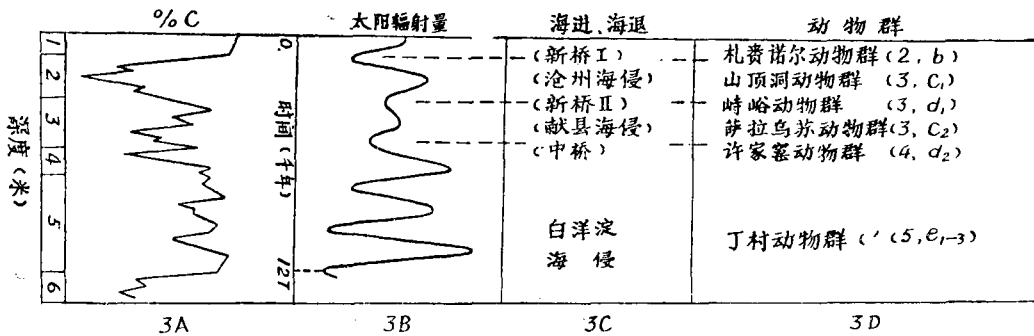


图3 晚更新世(即距今127,000年)以来的辐射量曲线与各种古气候证据对比图

3A, 由 Hays 等(1976)所测得的古温度变化曲线, 第5与第6阶段的界线的同位素年龄为前127,000年。3B, 北纬35°地区天文辐射冬半年总量的变化曲线; 3C, 海进、海退的时间表; 3D, 哺乳动物群的更替情况。(“海进、海退”一栏中, 新桥 I 改为新桥 II; 新桥 II 改为新桥 I)

3A, The variation of the temperature over the last 127,000 years. 3B, The variation of winter insolation at 35°N over the last 127,000 years. 3C, The ages of transgressions and regression.

3D, The variation of mammalian fauna during the late Pleistocene in Northern China.

前120,000年,正好与3B上 e_1 — e_3 的三个波峰相当,按计算,其年龄应为前71,000—前116,000年;沧州海侵的年龄是:前22,000—前24,400年,它又正好与3B上的波峰 c_1 相对应,按计算,其年龄应为前23,000年。杉原庄介认为陆桥出现的时间应与寒冷期相当。他估计中桥出现的时间应介于前40,000—前80,000年间,在3B上, d_2 的波谷的年龄为前60,000年;新桥 I 在前30,000年左右,在3B上 d_1 的波谷的年龄是前36,000年;新桥 II 在前10,000—前15,000年之间,而3B上 b_1 的波谷年龄是前11,000年。可见林、杉原氏

对地质年代的估计是相当准确的,同时这也证明 3B 与 3C 是吻合的。

3D 是本文论述的关于中国北方晚更新世哺乳动物群的更替情况。丁村动物群反映比较温暖的气候条件,估计约距今 100,000 年前,与 3B 中的第 5 阶段(即 c_1-c_3 , 距今 71,000—110,000 年前)相当;许家窑动物群反映比较寒冷的气候条件,可能距今 60,000 年前左右,与 3B 中的第 4 阶段(即 d_2 , 其波谷距今 60,000 年前)相当。萨拉乌苏动物群所代表的气候条件是当时气温略低于或接近于现在,但较今潮湿些,估计距今 45,000 年前左右,与 3B 中的第 3 阶段(即 d_1 , 其波峰距今 48,000 年前)相当。峙峪动物群又一次反映了偏冷的气候条件, C^{14} 年值与 3B 中第 3 阶段的 C_2 (波谷年龄距今 35,000 年前)相当。山顶洞动物群继丁村动物群之后南方型的动物北侵最多的时期,因此它代表一个稍逊于丁村时期的温暖期, C^{14} 年值 18,300 年前,与 3B 中第 3 阶段的 C_1 (其波峰距今 23,000 年前)相当。扎赉诺尔动物群显示中国北方地区出现的猛犸象—披毛犀喜冷动物大举南侵的时期,代表了自 127,000 年内的最冷时期。 C^{14} 年值 11,460 年前,与 3B 中第 2 阶段(即 b, 其波谷年龄为 11,000 年前)相当。

结 论

显而易见, 3A、3B、3C、3D 均可对比。换句话说,无论是海洋的古温度证据,还是海进海退的证据,或是哺乳动物群频繁交替所提供的古气候证据,都说明:晚更新世以来所出现的冷暖变化是全球性的。而这种全球性的平均气温的升降恰好与北纬 35° 地区冬半年天文辐射总量的多寡是相对应的。这种辐射量的变化是由于地球轨道的变化引起的。因此,我们认为地球轨道的变化是世界上气候演变的根本原因。气候有节奏的变化,影响了动物界包括脊椎动物在内的演化、分布与迁徙。从 127,000 年前至现在的曲线变化明显反映出:晚更新世期间三次由暖→冷的交替。当第一个轮迴结束,即大理冰期第一个高峰过后,较古老的孑遗种全部消失。第二个轮迴,即一次小峰冷暖变化较小,对动物群面貌影响不大;第三个轮迴即冰期的最盛期,又有相当数量的种属绝灭。冰期后,全新世开始以来的动物群均为现代种,这也是我们划分更新—全新世地层的重要标志之一。由此可以说明:地球轨道的变化是引起地球上生物界演变的根本原因所在。

(1979 年 12 月 27 日收稿)

参 考 文 献

- 苍树溪等, 1979: 渤海湾西岸中更新世以来古生态、古气候、古地理。古生物学报, Vol. 18, No. 6。
祁国琴, 1975: 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪哺乳动物化石。古脊椎动物与古人类, 13(4)。
林景星, 1977: 华北平原第四纪海进海退现象的初步认识。地质学报, 77(2)。
周明镇, 1979: 中国的古脊椎动物学研究。古脊椎动物与古人类, 17(1)。
周明镇, 1955: 从脊椎动物化石上可能看到的中国化石人类的自然环境。中国人类化石的发现与研究, 科学出版社。
周明镇等, 1959: 东北第四纪哺乳动物化石志。中国科学院古脊椎动物研究所甲种专刊第三号。科学出版社。
贾兰坡等, 1972: 山西峙峪旧石器时代遗址发掘报告。考古学报 72(1)。
贾兰坡等, 1976: 阳高许家窑旧石器时代文化遗址。考古学报 76(2)。
贾兰坡等, 1979: 许家窑旧石器时代文化遗址 1976 年发掘报告。古脊椎动物与古人类, 17(4)。
姜鹏, 1977: 吉林晚更新世哺乳动物化石分布。古脊椎动物与古人类, 15(4)。
徐钦琦, 1979: 关于冰期成因问题的探讨。地质科学, 79(3)。
徐钦琦, 1980: 评米兰柯维奇理论——兼论黄道倾斜 ϵ 变化对气候的影响。中国第四纪研究, 5(1)。

- 徐钦琦, 1980: 地球轨道与气候演变的关系。科学通报, 1980 第 4 期。
- 黄万波: 1979: 北京阜城门一披毛犀化石的发现与晚更新世古气候问题。古脊椎动物与古人类, 17(2)。
- 裴文中等, 1958: 山西襄汾丁村旧石器时代遗址发掘报告。中国科学院古脊椎动物研究所, 甲种专刊第二号。
- 裴文中等, 1964: 萨拉乌苏河系的初步探讨。古脊椎动物与古人类, 8(2)。
- 魏正一, 1964: 松辽平原北部新发现的第四纪动物化石。古脊椎动物与古人类 8(3)。
- 杉原庄介, 1974: 日本先土器时代の研究。昭和 49 年, 讲谈社。
- Allen, Glover M., 1940: The mammals of China and Mongolia. *Nature History of Central Asia*, Vol. XI. part 2.
- Boule, M., Breuil, H., Licent, E. et Teilhard de Chardin, P., 1928: Le paleolithique de la China. *Archives de l'Institut de paleontologie Humaine* (Paris) Men. 4.
- Flint, R. F., 1964: *Glacial and Pleistocene Geology*. New York.
- Hays, J. D., J. Imbrie., N. J. Shackleton, 1976: Variation in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science*, 1976. Vol. 194 No. 4270.
- Kukla, G. J., Pleistocene Land-Sea Correlations I. Europa. *Earth-Science Reviews* 1977 Vol. 13, No. 4.
- Pei, W. C., 1934: The upper cave fauna of Choukoutan. *Pal. Sin.* C, No. 10.

THE LATE PLEISTOCENE MAMMALIAN FAUNAS OF NORTHERN CHINA AND CORRELATION WITH DEEP-SEA SEDIMENTS

You Yuzhu and Xu Qinqi

(Institute of Vertebrate Palaeontology and Palaeoanthropology Academia Sinica)

Summary

It has been known for a long time that the mammalian fauna's composition varies from time to time during the late Pleistocene. In the recent years a lot of mammalian fossil localities and paleolithic sites of the late Pleistocene were found and excavated in Northern China. The deposits include alluvial, lacustrine-alluvial and loess sediments. They make up Terrace II or Terrace III of many rivers there.

It is indisputable that the late Pleistocene is characterized by the frequent changes of the mammalian fauna's composition. They reflect correspondingly the frequent climatic changes. We found there are three warm stages and three cold stages. Dingchun (Tingtsun) Fauna, Salawusu (Sjala-osso-gol) Fauna and the Upper Cave Fauna of Choukoutien correspond to the warm stages, while Xujiayao (Hsuchiyayao) Fauna, Shiyu Fauna and Zhalainoer Fauna correspond to the cold stages.

The relationship between the mammalian faunas and the corresponding climates is as follows:

Age	Mammalian Fauna	Climate	Time (B.P.)
Holocene	Modern Fauna	as present	0—11,000
Upper	Zhalainoer Fauna	the coldest	11,000—15,000
	the Upper Cave Fauna	quite warm	15,000—25,000
Middle	Shiyu Fauna	a bit cold	25,000—35,000
	Salawusu Fauna	a bit warm	35,000—50,000

Lower	Xujiayao Fauna	quite cold	50,000—70,000
	Dingchun Fauna	the warmest	70,000—127,000

The mammalian species are strictly associated with definite climatic conditions. So they are very important for explaining the climate of the past. During the warm stages, the mammals such as *Rhinoceros mercki*, *Bubalus*, *Elephas* (in Dingchun Fauna); *Bubalus*, *Sus*, *Elephas* (in Salawusu Fauna); *Myotis*, *Hystrix*, *Paguma*, *Elephas* (in the Upper Cave Fauna) were living in a forest-grassland environment. During the cold stages, the mammals such as *Coelodonta antiquitatis*, *Mammuthus*, *Lynx*, *Moschus* and *Capreolus* migrated from Eastern Siberia to Northern China.

In his article "Relationship between earth's orbit and climatic changes" (1980), the author said, "the distribution of winter insolation at 35°N is critical to the variation of the mean annual temperature of the world." A lot of facts support this view.

Fig. 3A was provided by Hays et. al. (1976) to show the variation of the temperature over the last 127,000 years. The stages 2,4,6 correspond to the cold stages. So do the stages 1,3,5 the warm stages. Stage 3 was further subdivided by them into two substages labeled e_1 and e_2 . So was Stage 5 into e_1 , e_2 and e_3 . Just as Kukla (1977) said, "Today it is generally recognized that the gross changes of Pleistocene climates were globally synchronous." Therefore the paleotemperature curve in Fig. 3A can be directly correlated with those obtained at different localities. The age of the boundary between Stage 6 and Stage 5 was at about 127,000 years B.P. (Hays, et. al. 1976) Fig. 3B shows the variation of winter insolation at 35°N over the last 127,000 years. As a matter of fact, Fig.3A coincides almost exactly with Fig.3B.

Fig.3C was provided by Lin Ching-husing (1977) and Sosuke Sugihara (1974) to show the ages of transgressions and regressions. It is well-known that transgressions may always take place during the warm stages. Lin Ching-husing (1977) said, "The Baiyangding Transgression took place between 120,000 years B. P. and 70,000 years B.P." This interval can correlate with Stage 5 in Fig.3B. "The Cangshow Transgression took place between 24,000 years B.P. and 22,900 years B.P." This interval can correlate with Substage e_1 of Stage 3 in Fig.3B. It is also well-known that the land bridge connected with China and Japan may have always existed during the cold stages. According to Sosuke Sugihara (1974), the Middle Bridge existed between 80,000 years B.P. and 40,000 years B.P. This interval can correlate with Stage 4 in Fig.3B. The New Bridge I appeared about 30,000 years ago. It can correlate with Substage d_1 of Stage 3 in Fig.3B. The New Bridge II existed between 15,000 years B.P. and 10,000 years B.P. This interval can correlate with Stage 2 in Fig.3B. It seems that the ages of transgressions and regressions can exactly correlate with Fig.3B.

Fig.3D is provided by us to show the variation of the mammalian fauna during the late Pleistocene in Northern China. Dingchun (Tingtsun) Fauna represents the warmest stage during the late Pleistocene. It corresponds to Stage 5 in Fig.3B. Xujiayao (Hsuehiayao) Fauna represents a quite cold stage. It corresponds to Stage 4 in Fig.3B. Salawusu (Sjala-ossogol) Fauna represents a bit warm and dry stage. It corresponds to Substage e of Stage 3 in Fig.3B. Shiyu Fauna represents a bit cold stage. C^{14} dated at $28,135 \pm 1330$ years B.P. It corresponds to Substage d_1 of Stage 3 in Fig.3B. The Upper Cave Fauna represents a quite warm stage. C^{14} dated at $18,340 \pm 410$ years B.P. It corresponds to Substage e_1 of Stage 3 in Fig.3B. Zhalainoer Fauna repre-

sents the coldest stage during the late Pleistocene. C^{14} dated at $11,460 \pm 230$ years B.P. It corresponds to Stage 2 in Fig.3B. As a matter of fact, the climatic changes provided by the variation of the mammalian fauna's composition coincide exactly with the changes of the distribution of winter insolation at $35^{\circ}N$ during the late Pleistocene.

All these facts mentioned above show that the alternation of warm and cold stage took place three times during the late Pleistocene. They were globally synchronous. They were reflected by all the variation of paleotemperature, mammalian fauna, and the sea level. It seems to us that the fundamental cause of the alternation of warm and cold stage is the changes in the earth's orbital geometry, and that the distribution of winter insolation at $35^{\circ}N$ is critical to the variation of the mean annual temperature of the world.