

第四纪以来中国北方出现过的喜暖动物及其古环境意义

同号文*

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044)

摘要 经过长期演化, 中国动物地理格局才形成了现今大致以淮河-秦岭-横断山-喜马拉雅山一线为界线的两大动物区系, 该线以北属于古北界, 以南属于东洋界. 中国北方第四纪的化石点有数百个之多, 而其中有 60 多处含东洋界分子, 其动物类别有 20 多个属种, 其中以豪猪、猕猴、古菱齿象、额鼻角犀和水牛等属种最为常见. 在第四纪, 东洋界动物大量出现于华北地区, 有三种解释: 其一是动物群随气候波动或季节变化自南而北的迁徙; 其二是这些动物原本就起源于北方, 只是后来由于环境变化而退缩到了东洋界; 其三是这些动物本来不是真正的喜热动物. 研究表明, 这些出现于北方地区的东洋界动物很少发现于黄土堆积中, 并且含有这些化石的地点绝大多数都落在我国现代气候分区的暖温带范围内; 在化石组合方面, 这些喜暖动物很少与耐寒动物共生. 由此看来, 这些化石总体上是反映较温暖的气候条件, 但并非很炎热. 因为这些曾经出现在北方地区的东洋界分子, 不是真正热带动物, 而是分布范围较广的东洋界分子, 其中一些如今仍然生存于淮河以北; 此外, 至今在北方地区并未发现过真正热带动物记录, 例如鳞甲类、原猴类(懒猴和眼镜猴)和类人猿(巨猿、猩猩及长臂猿)等. 在整个第四纪, 尽管晚更新世时间跨度很短, 但在此期间喜暖动物在北方地区出现的频次却很高, 分布范围也最广, 这说明晚更新世的气候最为动荡.

关键词 哺乳动物 东洋界 中国北方 第四纪 古环境

我国正位于古北界和东洋界两大动物地理区系的交界处. 对现生动物而言, 北方地区属于古北区, 南方地区属于东洋区(界), 尽管两大区有一定的交流和穿插, 但南北两大区系的特征还是相当分明. 不过在更新世, 这种动物地理格局却与现今有一定的不同. 在此期间, 北方地区曾出现过大量喜暖动物, 但具体有多少个属种以及这些属种在时空分布上有什么规律, 这些动物在北方的出现究竟代表怎样的古环境或大的地质事件等问题, 至今悬而未决. 本文试

图就上述问题进行初步探讨.

关于中国南方和北方第四纪动物区系的具体分界线, 存在不同方案. 有作者将其划在长江-秦岭一线^[1]; 而另有人将其划在淮河-秦岭-横断山-喜马拉雅山一线, 大致在北亚热带和暖温带之间^[2], 后来也有将上述两观点兼收并蓄的, 认为两大区系大体以淮河-秦岭-横断山一带分开, 但长江的存在在一定程度上控制了某些更新世哺乳动物在我国南、北方的交流与扩散^[3].

鉴于第二方案被普遍用于我国自然地理区域划分中,并且与很多自然现象相吻合,例如气候带和干湿度等,因此本文采用该方案,即以秦岭-淮河一线为界线,以北的地点为北方动物群,以南的为东洋界。鉴于从更新世以来,我国东部地区两大动物区系间有过频繁交流和穿插,本文作者也同意前人的观点^[4],将秦-巴山区及长江与淮河之间的平原地区划分为南北动物群的过渡带。

1 我国北方地区第四纪出现过的喜暖动物种类

在欧洲,猕猴、古象(古菱齿象类)、梅氏犀、河马和水牛等被认为是代表更新世中期温暖环境的动物^[5]。我国北方地区曾出现过不少反映温暖环境的东洋界动物,例如南蝠、马蹄蝠、猕猴、金丝猴、岩松鼠、沟齿鼯鼠、竹鼠、豪猪、大熊猫、猪獾、果子狸、猎豹、剑齿象、古菱齿象、亚洲象、爪兽、獬、额鼻角犀、赤鹿、獐、水鹿、水牛和鬣羚等(表1)。东洋界动物的界定主要参照文献^[2]。在以上动物中,以豪猪、猕猴、

古菱齿象、额鼻角犀和水牛等分布最为广泛(表1)。除个别属种外,以上大部分属种的特征还是很明确的,较易于鉴别。现择其重要属种讨论如下:

蹄蝠是东洋型种类,但在晚更新世却出现于周口店地区的第3地点^[6]和东岭子洞^[7]。南蝠为东洋界的南中国型^[2],发现于华北的化石记录很少,只见于周口店地区^[8]。其实,此类动物的化石在华南也不多见。

除马铁菊头蝠(*Rhinolophus ferrumequinum*)之外,菊头蝠属下的其他现生种都是东洋型的,马铁菊头蝠分布十分广泛,在周口店地区和辽东半岛的晚更新世地层较为常见,在周口店还见有一个化石种——更新菊头蝠(*Rhinolophus pleistocaenicus*)。

蝙蝠类动物主要生活在洞穴或者树林及竹林中,目前我国的翼手类主要分布于南方,黄河以北只有极少属种,因此在黄土堆积及荒漠地区就少见其踪迹。

北方地区的猕猴化石主要发现于周口店地区和辽东半岛^[9,10],其分布仍然在暖温带范围之内。本区

表1 第四纪曾出现于北方地区的东洋界动物种类及出现频次

属种	出现频次				
	早更新世	中更新世	晚更新世	新石器与历史时期	现代
南蝠 <i>Ia io</i>	-	2	-	-	-
蹄蝠 <i>Hipposideros</i>	-	-	2	-	-
菊头蝠 <i>Rhinolophus</i>	-	2	5	-	*
猕猴 <i>Macaca</i>	3	11	4	5	*
仰鼻猴 <i>Rhinopithecus</i>	1	?1	-	1	-
沟齿鼯鼠 <i>Aeretes</i>	-	-	2	-	*
竹鼠 <i>Rhizomys</i>	-	2	-	4	-
豪猪 <i>Hystrix</i>	7	10	6	1	*
大熊猫 <i>Ailuropoda</i>	1	?2	-	1	-
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	-	2	1	1	*
果子狸 <i>Paguma larvata</i>	-	-	2	-	*
猎豹 <i>Acinonyx</i> 及 <i>Sivapanthera</i>	2	4	3	-	-
剑齿象 <i>Stegodon</i>	4	10	-	-	-
古菱齿象 <i>Palaeoloxodon</i>	19	12	28	-	-
亚洲象 <i>Elephas maximus</i>	?1	?2	?3	3	-
黄昏爪兽 <i>Hesperotherium</i>	5	-	-	-	-
巨獬 <i>Megatapirus</i>	1	2	-	-	-
獬 <i>Tapirus</i>	1	-	-	1	-
额鼻角犀 <i>Dicerorhinus</i>	5	14	5	1	-
赤鹿 <i>Muntiacus muntjak</i>	3	2	1	2	-
獐 <i>Hydropotes</i>	-	6	4	5	-
水鹿 <i>Cervus unicolor</i>	-	2	1	1	-
水牛 <i>Bubalus</i>	1	13	14	3	-
鬣羚 <i>Capricornis</i>	1	-	2	1	-
总计	55	99	83	30	6

-示无记录; *示现在仍存在于北方

域内的猕猴化石几乎毫无例外地都是发现于洞穴堆积中。值得说明的是,甘肃东乡龙担下更新统中发现的猕猴化石^[11],是迄今发现的惟一保存在黄土中的猕猴类。在几十年前,北京地区尚有野生猕猴居群生存,目前我国最靠北的猕猴自然居群已向南退至河南济源一带的太行山里。

金丝猴不能算是典型的东洋界分子,因为其现今的分布范围处于南北过渡带。但这类动物在北方地区很少发现,只见于陕西蓝田公王岭^[12]和宝鸡^[13]及河南新安^[14]。尽管金丝猴的头骨还是很有特征的,但从牙齿来说,很容易将其与猕猴混淆。从其分布来看,至今未越过黄河,可以将其视为喜暖动物。

猩猩是典型的东洋界动物,在长江以北尚未发现过其可靠踪迹。周本雄^[15]曾经报道过河南安阳小南海的猩猩化石,后来被重新定为智人^[16]。

沟齿鼯鼠是我国独有的属种,现生的只有一种(*Aeretes melanopterus*),模式种产地在北京以东的河北省兴隆县,该种在现代动物地理划分方案中被作为东洋界分子。其最早的化石发现于早更新世早期的巫山龙骨坡,直到更新世晚期才迁徙到北京及周边地区^[17,18],即使北京地区,仍然在暖温带范围之内。该属种特征十分明显,以其具有沟槽的宽大门齿为特征。

竹鼠以竹根为主食,因而其分布有其局限性;现今的竹鼠分布止于暖温带的南界。从其化石分布来看,竹鼠也应当算是可靠的南方种类。在北方,其化石见于河南巩县^[19]和蓝田锡水洞^[20],以及关中的 3 处新石器时代遗址^[21]和河南安阳殷墟遗址。关于周口店第一地点的竹鼠化石,现在仍存疑问。在讨论北京猿人时期古环境的有关文章中,曾不止一次地提到北京猿人地点动物群中有竹鼠。本文笔者也查阅了有关原始文献,在Young^[22]关于第一地点小哺乳动物群的专著中,的确提到过竹鼠,但该材料不是来自第一地点,而是来自顶盖堆积(属于上新世)。除此之外,再未见有其它原始文献提到过第一地点有竹鼠。在卡尔克和周本雄^[23]及胡长康^[24]等关于第一地点动物群组成及产出层位的文章中,也都未提到竹鼠。由此看来,周口店第一地点竹鼠化石应当是不存在的。

豪猪曾频繁出现于我国北方的第四纪地层,更新世地层就有 20 多处^[25],且主要是中更新统。豪猪化石主要发现于洞穴堆积中,只有泥河湾、公王岭及

渑池等地点例外。豪猪的牙齿很特别,容易辨识;并且其化石主要是牙齿,因此此类动物在属一级的鉴定一般不会出错。但关于陈家窝的豪猪尚存疑问,因为在该地点并没有化石本身发现,只是从其他动物骨骼上保留的咬痕判断,齿痕宽度为 3.5 mm^[26]。笔者曾对周口店田园洞豪猪牙齿进行过测量研究,下门齿的宽度在 4.5~6.5 mm^[25],明显大于陈家窝的齿痕宽度;此外,经笔者对田园洞动物骨骼上的啮齿类咬痕研究,发现不仅豪猪啃咬骨头,其它啮齿类也啃咬动物残骸。由此看来,陈家窝的齿痕是否由豪猪留下的还有待进一步考证。从目前来看,黄土堆积中未发现过可靠的豪猪化石。

中国黑熊(或称西藏黑熊)曾经是华南大熊猫-剑齿象动物群的典型代表种,因此被认为是南方成分^[23]。现今黑熊确实也主要生存于南方,但在东北地区也有小范围分布。因此,黑熊是否能算是真正的喜暖动物还值得商榷。

大熊猫现在分布的最北界到了秦岭北坡的陕西周至县,但到了冬天,就迁徙到了南坡。严格说来,大熊猫应当算是东洋界动物,其化石记录曾十分广泛地出现于我国南方第四纪各化石地点,甚至包括东南亚地区,但其确凿的化石记录在北方只有 1 处,就是蓝田公王岭。周口店的大熊猫尚不能肯定,但也未尝不可能,因为有南方分子水牛和豪猪存在^[23]。山西平陆中更新世的两颗大熊猫牙齿(V5779),只有测量数据^[27],未见图片及描述,而今其标本也下落不明。因此,在黄河以北是否真正出现过大熊猫还有待进一步考证。

猪獾现在可以生活在北方,但其化石地点主要发现于南方,一直到更新世末期才首次出现于周口店田园洞^[18,28]。猪獾的上M1 明显与狗獾的不同,主要表现在较为窄长。此外,其腭骨向后延伸较远,即鼻后孔位置更靠后。两者的下m1 及下颌骨特征也有显著差异^[29]。由于该种动物迁徙到北方的时代较晚,其在北方的化石点很少。

果子狸与猪獾情况相似,也是在更新世末期的末次间冰阶出现于周口店地区^[17,18,28]。此类动物现今仍生活于北京周边地区,其化石在北方地区的发现十分有限。

猎豹不能咆哮,因此,不属于大型猫科动物。其实,在头骨结构方面也有明显的自身特点,其隆凸的

头骨额部尤为特征,此外,吻部短、鼻骨侧面轮廓为直线或稍微凹陷、犬齿小、犬齿沟缺失或弱、牙齿窄、额骨宽等也是其头骨的重要特征^[30,31]。猎豹的上P4在大中型食肉动物中是很特别的,主要在于其内齿尖(原尖)很不发育,并且位置偏后,其次是下臼齿具有强大的前后附尖。现代猎豹只生活于非洲和西南亚及中东地区,其所处的环境无疑是温暖的,但在更新世时,猎豹却在我国北方时常出现。泥河湾曾发现一件完整的更新猎豹下颌骨^[32]。山顶洞的猎豹化石材料本来很好,有一件带头骨和下颌的完整骨架(但标本运去了南京),后来裴文中研究的只是一件上P4^[17]。这些都表明,在更新世我国北方有猎豹存在是毫无疑问的。但我国东北地区的猎豹化石(例如庙后山、金牛山、古龙山和小孤山等地点)还有待进一步确认,因为除金牛山的材料被鉴定为鬃猎豹(相似种)(*Acinonyx cf. jubatus*)并附有图片外^[33],其余地点的材料都较零碎,只能作为猎豹属未定种处理。关于我国猎豹类动物化石的分类,目前较流行的观点是将早期的归入西瓦猎豹属(*Sivapanthera*),例如发现于甘肃龙担的临夏西瓦猎豹(*Sivapanthera linxiaensis*)^[11]和公王岭等地点的更新西瓦猎豹(*Sivapanthera pleistocaenica*)。尽管泥河湾的猎豹与现生种类很相似,但我国明确归入现生猎豹种(*Acinonyx jubatus*)的化石从晚更新世才开始出现^[34],且主要分布在周口店地区,甚至也多次出现在辽东地区^[35]。鉴于目前还缺乏有关猎豹化石种的古生态资料,本文只讨论被归入现生种的化石地点。

在我国北方发现的第四纪剑齿象化石,主要在黄河中上游地区^[36],在甘肃东南部的西秦岭两侧也曾发现过几处剑齿象化石点,该地区可被视为秦岭过渡带的延伸。剑齿象应当是比古菱齿象更能反映湿热气候的动物,因为其齿冠较低,以嫩叶和嫩枝为食。此外,剑齿象曾经主要出现在我国南方的大熊猫-剑齿象动物群和东南亚及南亚地区,在我国北方其出现的频次远低于古菱齿象。从这些方面可以推测剑齿象比古菱齿象更喜湿热。但值得指出的是,剑齿象属下种类很多,出现在我国北方地区的早更新世剑齿象,除陕西蓝田地区的之外,一般都是体形很大且比较原始的早期类型,例如师氏剑齿象(*Stegodon zdanskyi*)和黄河剑齿象(*Stegodon huanghoensis*)^[37],它们是否与常见于南方地区或较晚的剑齿象适应同

样的生态环境尚有待进一步研究。

梅氏犀-古菱齿象化石群是古北区内典型的间冰期动物^[23]。适应温带气候,生活在草原或森林里,在欧洲是间冰期常见动物,最初出现于Günz-Mindel间冰期(或称其为Cromer间冰期)^[5]。在欧洲中部和北部,古菱齿象化石的出现总是与间冰期堆积有关,而在猛犸象为主的冰期堆积物中缺失(Lister教授通信告知)。到目前为止,在我国很少在黄土地层中发现古菱齿象化石。这从另一方面又证实了古菱齿象是生活在较为温暖和湿润的气候条件下。

从上新世晚期到更新世晚期,中国广大地区,除西藏和东北北部尚未见报道外,其余各省区都有古菱齿象化石的发现^[38]。此外,在北方地区,古菱齿象还时常与披毛犀共生^[39]。从这一方面来说,古菱齿象不应当算是很典型的喜热动物。据不完全统计,在北方的第四纪古菱齿象化石点有60余处,除辽宁南部一例和新疆两例外,其分布仍然以暖温带为主,在晚更新世古菱齿象化石在北京地区很普遍。需要说明的是,关于古菱齿象的分类问题一直有争议。前几年,多数人主张将古菱齿象作为亚洲象属下的一个亚属,即*Elephas (Palaeoloxodon)*,而近一年来有又人提出恢复*Palaeoloxodon*的属级分类地位。

亚洲象化石在我国北方的分布情况目前还不是很清楚。裴文中^[40]曾将丁村的一些长鼻类定为亚洲象,但后来张席禔^[41]将其归到了古菱齿象,原因是其“齿型较窄和齿板排列疏松”。后来,发现于河北阳原丁家堡水库全新统的象牙材料又被归入亚洲象^[42]。到目前为止,这批材料在分类上尚未见有争议。在3000多年前,亚洲象分布到如此靠北的地方(暖温带的最北端)实在是个谜。此外,在河南安阳殷墟遗址也发现过亚洲象,由于其时代为历史时期,且埋藏在人类文化遗址中,很有可能是自外搬运而来^[43],并非本地的野生居群。

爪兽是一类适应密林环境的绝灭动物,它的牙齿是很进步的丘形-新月形齿,上下颊齿的切刃可以切割,而内侧的丘形齿尖则进行研磨,这类动物只适合吃嫩叶和嫩枝,而不适应干草和坚硬食物^[11,44]。由此看来,爪兽也应当是生活在较温暖地区的动物。我国第四纪爪兽主要有一个属种,即中国黄昏爪兽(*Hesperotherium sinense*),它在我国北方只出现在早更新世的极少地点,例如泥河湾、天镇、公王岭和临

猗等. 我国的爪兽化石, 是此类动物在地球上的最晚记录.

我国更新世的额鼻角犀, 除发现于山西的云簇犀外, 其余的均被归入梅氏犀(*Dicerorhinus mercki*) (或称基什贝尔格犀*Dicerorhinus kirchbergensis*), 该种被认为是最大的额鼻角犀类^[45], 具有长的四肢和高的头, 前臼齿高冠, 臼齿亚高冠, 说明它是以吃嫩叶为生的. 但强烈凹陷的四肢关节, 说明它是在封闭的森林(落叶林)区生活的^[46]. 而今惟一现存的额鼻角犀——苏门答腊犀(*Dicerorhinus sumatrensis*)就是生活于密林中, 其颊齿的齿冠高度指数和前臼齿列的相对长度在所有犀类动物中都是最低的^[47], 为较典型的食嫩叶型的喜热动物. 关于从前臼齿列长/臼齿列长比值来推断犀类动物食性的问题, 笔者不完全赞同Palmqvist等^[47]的观点, 他们认为食草的犀类是通过增大前臼齿列的长度来达到增大牙齿研磨面积的, 而食嫩叶的犀类却没这个必要, 其下前臼齿列的长度相对臼齿列来说明显较短. 但这一规律并不是绝对的, 例如板齿犀和披毛犀, 都是典型的生活于干冷草原的食草动物, 但其前臼齿列却并不发育, 尤其是板齿犀, 每侧只有两枚前臼齿, 是所有犀科动物中齿式最简单的. 笔者认为, 齿冠高度才是判断动物食性的最可靠指标.

Janis^[48]认为獬类总体上是半水生的, 适应于潮湿的热带森林环境, 分布范围从海平面至海拔 4000 m 的高度, 在其生境中, 尚无食树叶的反刍类偶蹄动物. 其食物主要包括树叶、嫩芽、小树枝以及水生植物等, 同时也食果实及种子. Simpson^[49]曾经指出, 在北美洲, 所有上新世以后的獬类都分布在大陆性冰川以南湿润的中温地区(mesothermal area). Janis^[48]还提出在亚洲地区华南巨獬(*Megatapirus augustus*)可能占据着类似于河马的生态环境. 这一推论正好与我国缺乏第四纪河马化石记录的事实不谋而合. 关于獬类化石所代表的古环境意义, 目前出现了一些不同意见, 在北美洲目前已发现了大约 168 处第四纪獬类化石地点^[50], 其中很多地点都远离现生獬类的分布区域. 因此, Graham^[50]提出獬不总是代表温暖环境, 獬类动物的分布并不受温度的控制. 但另有人认为亚洲的獬类动物有不同的适应, 主要生活于密林到密林边缘^[51]. 根据獬类化石在我国的出现情况, 笔者认为它仍然是代表湿热环境的动物, 并且是华南地区大

熊猫-剑齿象动物群最典型的代表. 我国第四纪的獬类化石主要分布在南方地区^[52], 在北方地区只有蓝田公王岭的化石记录和安阳殷墟遗址的马来獬(*Tapirus indicus*)亚化石记录.

獬是一类小型鹿科动物, 在牙齿及骨骼方面, 与其最接近的是麝, 两者体形都较小、无角、雄性个体均有獠牙. 但獬比麝稍大、上臼齿的中附尖更发育、獠牙比麝的短而粗壮; 此外, 獬有发育的泪凹, 而麝无, 獬的下颌骨在颞孔前有凹陷, 而麝无, 麝的颞孔更靠前. 目前所报道的发现于北方地区的獬类化石有必要进一步核实. 现生獬只分布于淮河以南地区.

水鹿以其特有的角而区别于其它属种, 角表面粗糙、眉枝位置高、眉枝与主枝夹角为锐角. 现生水鹿主要分布于华南地区, 但在四川西北部也有野生居群. 该种在北方的最靠北的化石点是庙后山, 但该记录后来曾受到过质疑. 至于常见于北方地区早、中更新世的秀丽黑鹿(*Cervus elegans*)是否也与水鹿有着同样的环境适应, 现在还不清楚.

野生水牛(*Bubalus arnee*)在我国只存在于西藏东南部的很小范围^[53], 但家养水牛(*Bubalus bubalis*)却在我国的淮河以南地区普遍存在. 在更新世水牛曾在我国中东部地区多处发现, 在北方地区发现了大约 27 处水牛化石及亚化石地点^[54,55]. 但与古菱齿象一样, 到目前为止, 尚未在黄土地层中发现过水牛化石^[56], 这也反映了水牛代表较为温暖和湿润的气候条件. 如何解释我国北方地区在史前曾出现过的水牛, 目前有三种观点: 一是气候变迁说, 认为当时北方有过比现今温暖的时期; 二是迁徙说, 认为北方的水牛都是夏季由南而北的迁徙; 第三种观点认为当时的水牛是耐寒的, 因为在我国东北地区也发现了不少可靠的水牛化石, 并且其中有些甚至与猛犸象和披毛犀在同一遗址和/或同一地层中出土^[57]. 北方地区发现的水牛化石, 基本都是绝灭种, 这无疑对其所代表的古环境意义增加了不确定因素. 但总体来说更多人认为和现生水牛一样, 化石水牛也是一类温暖、湿润环境下的喜水动物^[55].

就目前已报道的水牛化石地点, 萨拉乌苏^[58]是我国最靠西北的一个. 尽管在甘肃的庆阳龙骨沟也有过水牛的报道, 但由于只是单个牙齿, 其鉴定还有待进一步核实. 在地处东北腹地的黑龙江省肇源县发现的王氏水牛, 保存十分完整, 不仅有头骨, 而且

有完整骨架,其时代距今 2.5 万年左右^[57],这个时间段正值末次间冰阶的末期。哈尔滨阎家岗的水牛化石,尽管只有一件残破的角心,但足以说明水牛的存在。全新世的水牛亚化石记录有两处,一是北京东郊三河县不老淀^[59];二是河南安阳殷墟^[43]。两者都被认为是驯养的,因为其与其它家养动物共存。但贾兰坡等^[60]却认为 Andersson 当年所推断的三河县不老淀的水牛层位有误,应当来自层位稍靠下的泥炭层,年代为 5000~2000 a。

卡尔克和周本雄^[23]认为原始牛(*Bos primigenius*)也是欧洲间冰期常见的动物。但在我国,原始牛化石也存在于黄土堆积中。因此,笔者认为不能将其视为真正的喜暖动物。

斑鬣狗是一种适应草原地带的动物。尽管现生斑鬣狗只生活于热带地区,但第四纪的化石斑鬣狗在古北区却广泛分布,它并不一定代表炎热气候,因为这类动物曾经分布到我国东北地区并且在不少化石点中与猛犸象共生。Kahlke^[61]认为,最后斑鬣狗(*Crocota crocuta ultima*)和洞鬣狗(*Crocota crocuta spelaea*)都是适应温带至寒温带的环境,但绝不是极地型动物,它们耐寒能力是有限的。它们之所以能散布到如此之北的地区,很可能当时它们有冬眠的习性,因为在欧亚大陆北部的鬣狗化石主要发现于洞穴之中。

2 东洋界种类在我国北方的出现规律

2.1 产出东洋界动物化石的地点

据不完全统计,我国北方第四纪的化石点有数百个之多,而其中只有 60 余处化石及亚化石地点含有喜暖动物(图 1, 2), 古菱齿象化石地点也有 60 余处(图 3) (有些古菱齿象化石与其它东洋界动物共存)。这些化石地点主要发现于北京周口店地区、辽东半岛和陕西蓝田地区。河南滏池(产猕猴和豪猪)、新安(产金丝猴)和巩县(产竹鼠)等地点,由于其确切地点及层位不能肯定而未将其列入图 1 和 2。此外,有些动物群由不同化石点的材料所组成,例如山西临猗^[65]、屯留^[66]和陕西涝池河^[67]等动物群,此类地点也未包括在图 1 和 2。

北京周口店地区是东洋界动物在华北地区出现最为频繁的地点,有 10 余种东洋界动物曾长期生存于该地区的各个地点,例如猕猴、豪猪、额鼻角犀和

水牛等。笔者认为在我国东部地区,不存在足以阻隔动物迁徙的地理障碍,华南-华北动物群的分界线是动态的,它是随气候波动而不断变化的^[54]。

由于我国北方第四纪化石地点众多、研究历史悠久,本文很难涉猎所有文献。因此,有些化石地点可能被遗漏。

2.2 与地质背景及堆积物类型的关系

从地质构造单元看,我国北方地区的东洋界动物主要分布在华北地区,只有极少例外,例如出现在黑龙江的梅氏犀、水牛和新疆乌鲁木齐的古菱齿象等(图 2, 3)。

从堆积类型看,我国北方发现的东洋界动物化石主要来自洞穴堆积,其主要位置位于北京房山区周口店、辽东半岛及太行山区等。但长鼻类、水牛等动物则主要发现于河湖相堆积中。湖泊相主要发现于泥河湾盆地及丁村。泥河湾是典型的湖泊环境,有大量的蚌类动物发现。但不论从种类还是从化石数量来说,在该盆地发现的东洋界动物都较周口店地区的为少。

黄土堆积是我国第四纪的主要堆积类型之一,并且具有鲜明的古环境意义。关于我国的黄土堆积所反映的古环境,早在 20 世纪 60 年代刘东生先生^[56]就讨论过,他认为我国的黄土是干燥或半干燥气候的指示物,代表草原环境,其动物群以干旱草原型为主,例如旱獭、跳鼠、仓鼠、沙鼠、鼯鼠、熊、獾、狐、豹、三趾马、三门马、野驴、野马、披毛犀、大角鹿、斑鹿、豹、骆驼、转角羚羊、普氏羚羊、鹅喉羚、原始牛、野牛及鸵鸟等,其中数鼯鼠最为常见,大型哺乳动物相对较少。中国黄土堆积中的动物群几乎不含东洋界分子;但在黄土地区却发现了一些东洋界动物的化石,例如剑齿象、古菱齿象、犀牛及水牛等,不过这些化石一般主要发现于河湖相沉积中^[56,68]。关于在黄土区所发现的水牛化石,尚存诸多疑问,至少到目前为止,未直接从黄土堆积中发现过水牛化石。河南滏池附近发现的水牛化石是出自红色土的最下部,也有可能为午城黄土^[55]。

但在陕西蓝田地区的更新世黄土动物群中,却极其罕见地含有诸多东洋界动物,例如金丝猴、豪猪、大熊猫、猎豹、剑齿象、古菱齿象、爪兽、貉、额鼻角犀、毛冠鹿及鬣羚等。此外,近年来发现于甘肃东乡龙胆的早更新世黄土堆积中的动物群,也含

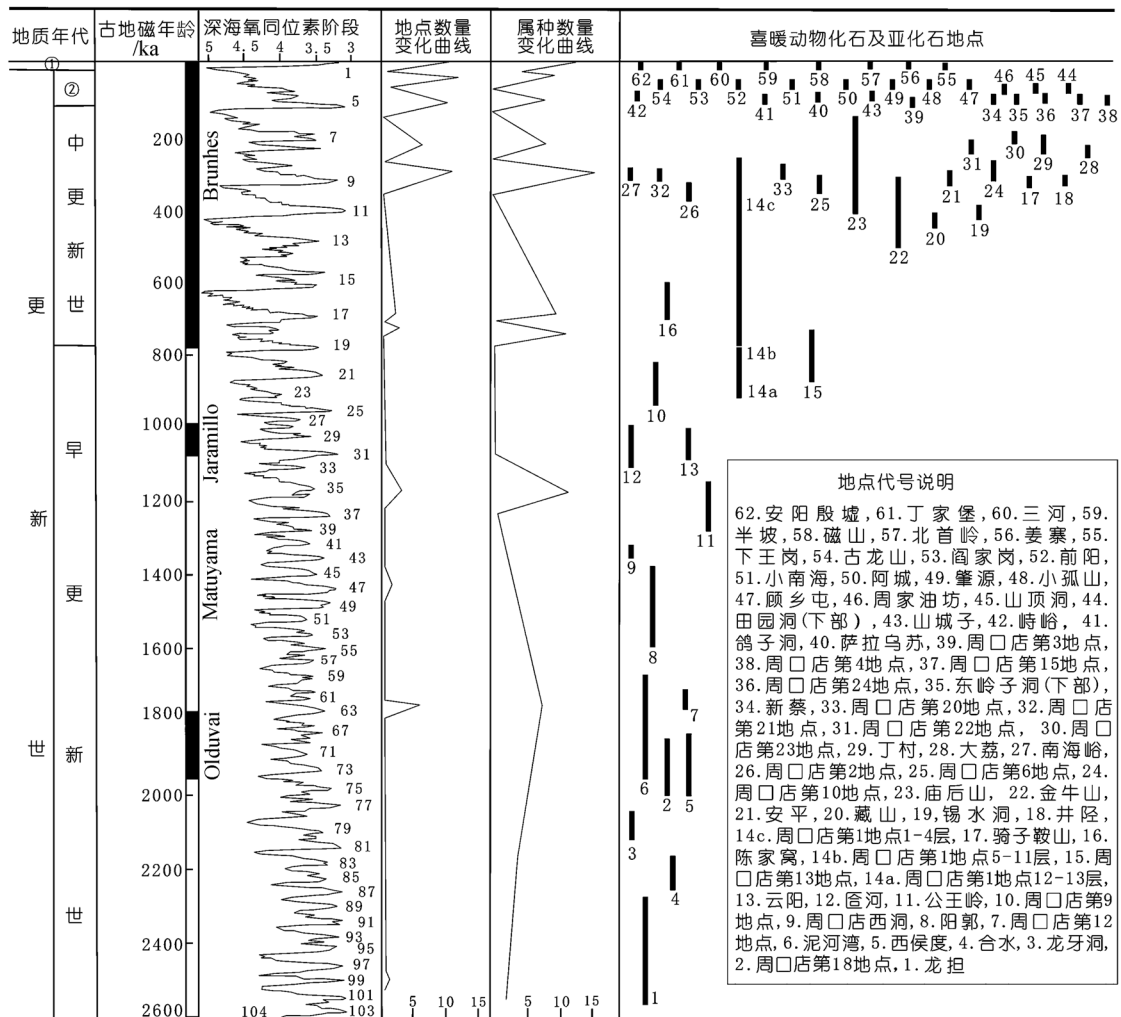


图 1 中国北方喜暖动物化石产地及其在地史分布中的数量变化

①全新世, ②晚更新世; 深海氧同位素及古地磁年表依据文献[62]; 地质年代表依据文献[63]

有猕猴等东洋界动物 [111]。就公王岭动物群组成分析, 在距今约 1.15 Ma 时该地区是相当暖热, 多雨湿润, 近山坡具有大片森林, 林外有灌丛草地。但是, 这样的分析结论与许多非生物指标所指示的化石产出层 L15 为干冷气候条件的沉积相矛盾 [69]。尽管有上述例外, 但总体来说, 黄土堆积中的喜暖动物仍然是不多见的。再说, 以上几个含喜暖动物化石的黄土堆积地点都位于黄土高原周边, 而非腹地, 并且阳郭动物群是产在肉红色石质黄土中。这些都表明以上几个含东洋界动物化石的黄土堆积可能与典型黄土的成因有差别。

2.3 与化石组合的关系

在北方出现的喜暖动物, 很少与真正的耐寒动

物共存。第四纪后期, 随着末次冰期的到来, 在古北区北部出现了以雪兔、狼獾、猞猁、北极狐、棕熊、洞熊、北极熊、驯鹿、驼鹿、麝牛、野牛等为主体的耐寒动物组合, 其中有些分子也曾经出现于我国东北地区的猛犸象动物群中, 例如棕熊、洞熊、猞猁、猛犸象、驯鹿、驼鹿及野牛等, 但这些动物在我国分布主要是限于东北地区 [39], 其与东洋界动物很少共存。在东北腹地发现的王氏水牛可能有与猛犸象和披毛犀同一遗址甚至同一层位产出的情况 [57], 水牛在整个东北地区只发现于 7 个地点, 其中在榆树、古龙山、小孤山及阎家岗等动物群中同时有猛犸象和水牛这两种动物, 但两者也不一定是同层位产出。

在周口店发现的复齿早獾、蒙古早獾、狼獾、洞熊、猞猁、披毛犀和牛羊等 [23] 过去认为是耐寒型动

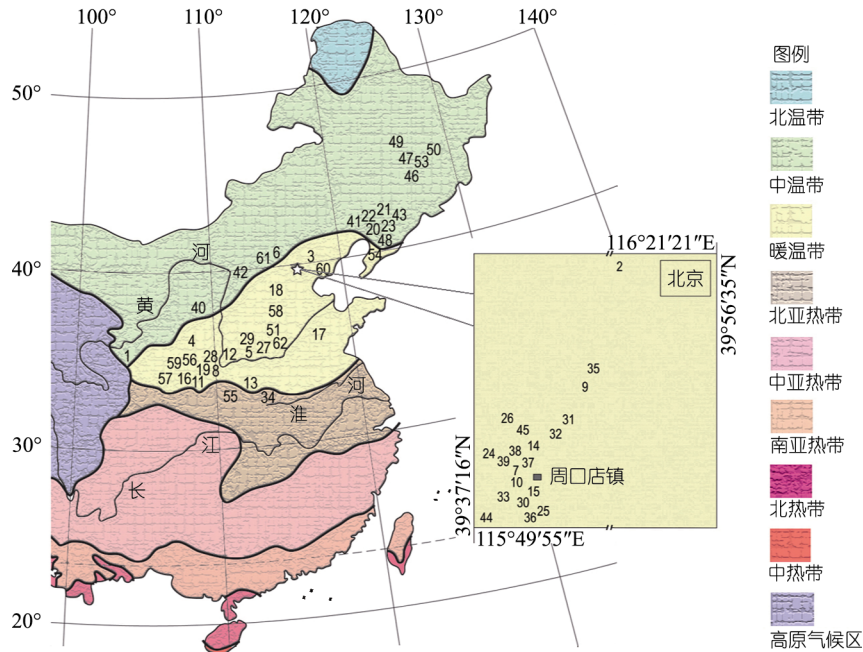


图 2 中国北方第四纪含喜暖动物化石地点分布(未包括只含古菱齿象一个喜暖种类的地点)及与现代气候区划的对比
 图中地点号与图 1 中的对应; 气候分区方案依据《中国气候图集》^[64]

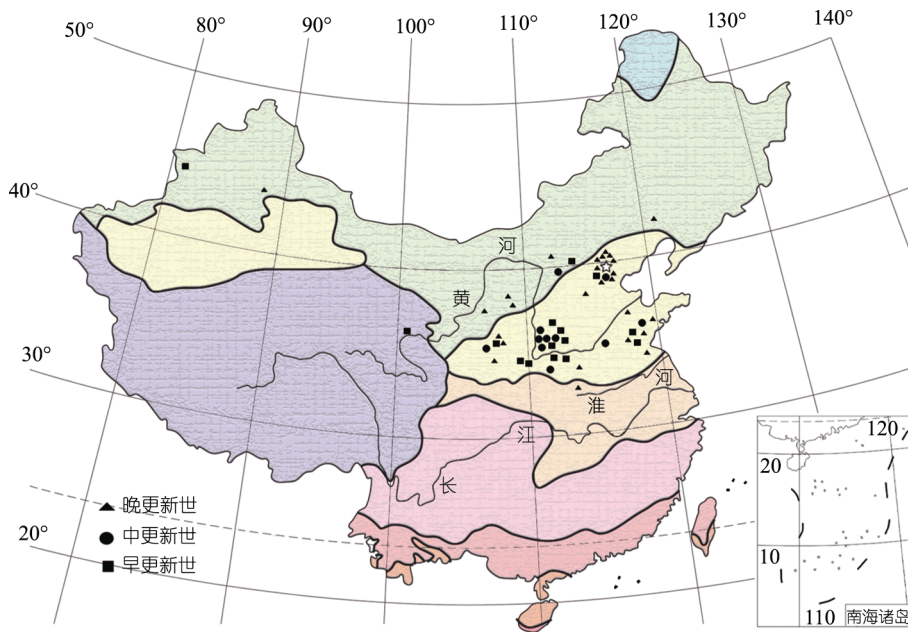


图 3 中国北方第四纪古菱齿象化石点分布图(自然地理分带图例见图 2)

物, 而今这些种类有的在分类上有了变更, 有的其耐寒性后来受到质疑. 总之, 在周口店地区未发现典型的耐寒动物.

2.4 与地质时代及古气候分期的关系

从大的古气候分期来看, 我国北方含东洋界动

物化石点的地质时代大多数与间冰期和/或间冰阶相对应. 尽管个别种类及地点所对应的地质时代与大的古气候分期不协调, 例如富含东洋界种类的周口店第 1 地点的主体堆积及蓝田公主岭地点就分别与里斯和贡兹冰期对应, 东北地区出现的水牛有些也是在冰期阶段, 但最新研究表明, 周口店第 1 地点的

部分堆积(10~12 层)所对应的时代是黄土序列中的 S5(0.62~0.48 Ma), 代表温暖气候, 而蓝田公王岭动物群是在比黄土层 L15 稍早的温暖时期形成的^[34]. 这说明即使在冰期里也存在较为温暖的亚阶段. 其实, 深海氧同位素的 PDB 值曲线所反映的古温度变化也证明了这一点. 事实上, 在早、中更新世动物群中, 很少有耐寒种类, 其原因有二: 一是当时确实是全球性气温较高; 二是这些时期的动物绝大多数是绝灭种, 难以对其古生态特征做出确切推断. 大部分哺乳动物现生种都是在中更新世中期之后才陆续出现的^[5].

从图 1 看出, 北方地区含喜暖动物化石的早更新世地点数目较少, 只有 11 个地点, 但含有的动物种类却最多, 有 16 个属种. 尽管中、晚更新世的时间段远小于早更新世, 但含喜暖动物的化石点却更多, 中更新世地点有 22 个, 晚更新世有 21 个, 说明在中、晚更新世期间气候波动之频繁, 正好与其它方面的古气候证据相吻合. 例如, 由黄土-古土壤序列得出的古气候振荡周期表明, 从 0.8 Ma 以来的气候振荡幅度很大^[70]. 不仅如此, 晚更新世气候波动也最频繁, 尽管时间跨度小, 但喜暖动物出现的频次却很高, 分布范围也最广, 尤其是在东北腹地发现的几个含喜暖动物化石的地点都是晚更新世的, 这就给晚更新世古气候解释带来困难. 众所周知, 晚更新世的黄土分布最广^[56], 晚更新世的冰期动物组合也最为特征^[39], 而现在又发现晚更新世的喜暖动物化石点分布最广泛, 这些不同现象交织在一起, 只能用古气候的频繁波动来解释了, 即晚更新世的气候是最为动荡的. 这个结论与晚更新世频繁而剧烈的海平面升降也很吻合^[71]. 此外, 目前有很多证据表明在末次间冰阶的某些阶段, 其温暖程度不亚于间冰期. 例如, 喜暖动物在更新世晚期的末次盛冰期之前有一次哺乳动物北迁活动, 其中有沟齿鼯鼠、猪獾、果子狸和鬣羚等动物从南方迁徙到了华北平原的北缘^[18,28]. 在冰后期, 也有过动物的北迁事件发生, 在距今 6000 a (即我国的仰韶文化期), 曾有一个明显的升温事件, 在该事件中, 有不少喜暖动物向北方扩散^[72](图 1).

2.5 与现代气候分带的对应关系

从自然地理特征来说, 北方地区的喜暖动物化石主要分布于华北区和辽东半岛附近, 亦即我国现代自然地理区划中的暖温带, 并且主要限于现今暖温带湿润气候带范围内(图 2), 即暖温带落叶阔叶林

区域, 其南界与暖温带的南界或北亚热带的北界大致一致, 而北界与暖温带的北界基本一致^[73]. 只有少数例外, 例如东北腹地和西北地区的一些化石点, 但这些超出华北区的化石点, 只出产额鼻角犀、水牛及古菱齿象等大型和/或特大型动物, 而猕猴、豪猪、竹鼠、猪獾及猎豹等中小型动物在中国北方的分布几乎只限于华北区. 此外, 剑齿象也只限于华北区(甘肃合水也算是在当今暖温带范围的边缘地带).

2.6 与现代动物地理区系的对应关系

更新世出现在北方的东洋界分子, 其化石点位置主要分布于现在动物地理区划中的华北区^[74](图 2). 现代华北区动物群在组成方面, 特有或主要分布于本区的华北型种类很少. 华北区既是南、北动物, 也是季风区与蒙新区动物相互混杂的地带^[2]. 由此看来, 在过去, 华北地区动物群的性质与现今的也有着极大相似之处.

3 古环境意义讨论

大量东洋界动物曾经出现于我国北方地区, 有几种可能的解释. 其一是当时在北方地区确实存在过比现今较为温暖的时期, 从而引发了动物自南而北的多次迁徙. 有各种非生物指标表明, 从新近纪末期以来, 全球气候总体上是逐渐变冷; 其二是由动物的季节性迁徙所致, 例如大熊猫在秦岭南北坡之间的季节性迁徙. 还有现代非洲大草原上的角马和斑马等哺乳动物, 为了躲避旱季, 每年都要迁徙 1600 多公里, 该距离正好与我国现代暖温带南界到北界的直线距离相若. 其三是出现在北方的这些东洋界动物并非真正的温暖型, 它们也能适应温带较为凉爽的气候条件, 而今在北方地区只所以消失, 可能是由于人类活动的影响所致, 例如豪猪和猕猴都有较广的环境适应, 猕猴是现在除人类之外分布最靠北的灵长类动物. 其四是这些动物最初是来自北美或起源于我国北方地区, 到后来分布范围逐渐缩小, 最后退缩到了东洋界, 例如猎豹、爪兽、额鼻角犀、古菱齿象和早期的剑齿象等. 此外, 还有水牛, 时代较早和较原始的短角水牛、德氏水牛和丁氏水牛等都是发现于华北^[75~77]. 前人研究表明, 我国现生哺乳动物区系明显的区域分化, 是在晚第三纪-更新世发生的, 其总的趋势是北方动物的南迁, 南方动物的南撤^[2,3].

以上四种可能性似乎都有发生的理由,这就使得通过化石来解释古环境的问题变得复杂起来。但笔者认为随气候和季节变化而迁徙的可能性最大,因为在我国东部地区并不存在足以阻隔动物交流的天然障碍,这就使动物迁徙随时都有发生的可能^[54,78]。

尽管东洋界动物在北方地区的出现有各种解释,其所反映的古环境意义尚不能完全肯定,但目前惟一可以确认的是,这些东洋界分子极少出现于黄土堆积中,这从另一方面证明了我国北方地区出现的东洋界动物的确代表较温暖湿润的气候环境,因为黄土是在干冷草原环境下形成的。但在北方地区发现的东洋界动物,又主要是分布范围较广的种类,其中有些种类现今仍存在于古北区与东洋区的过渡地带,甚至在北方地区还有残存,而真正耐热的东洋界分子却无一发现于北方地区,例如化石巨猿、猩猩、长臂猿、叶猴、懒猴及鳞甲目动物等。华南动物群中最常见的大熊猫和獾的化石记录在北方也很不肯定。此外,从动物分类方面来讲,在我国北方出现频次最高的喜暖动物,主要是些已经绝灭的种类,例如化石猕猴类、古菱齿象、额鼻角犀及水牛等,而真正的东洋界动物的现生种出现在华北的频次并不高。这些事实又进一步表明,更新世时尽管在中国北方出现过温暖气候,但其程度是有限的,绝未达到热带和亚热带的程度。有人认为在我国东部地区早更新世时热带的北界曾经延伸至长江以北,亚热带北界到了现今的中温带地区^[2],但哺乳动物化石的分布与上述推断并不吻合。

关于通过哺乳动物化石来推断古环境的问题,今后还大有工作可做。首先是对那些已绝灭动物的古生态特征还了解不够;此外,对已经确认的喜暖动物化石的动物群时代还需进一步做测年工作;只有在正确的时间框架中,才能合理解释这些喜暖动物何以曾经出现在如此靠北的地方。

4 结论

(1) 发现于中国北方地区的东洋界分子,主要是适应范围较广的种类,最常见的有猕猴、豪猪、古菱齿象、额鼻角犀和水牛等;(2) 北方地区出现的东洋界分子,主要发现于洞穴和河湖相堆积,极少发现于黄土中;(3) 这些东洋界分子极少与耐寒动物共生;(4) 北方地区出现的东洋界动物,其时代主要与间冰期和/或间冰阶对应;(5) 出现在中国北方地区的喜暖动物化石点主要分布在现代气候类型区划的暖温带和

动物地理区划的华北区;(6) 这些东洋界分子,绝大多数都能反映过去在中国北方确曾出现过较为温暖的时期,但其温暖程度很有限。

致谢 在写作过程中,作者曾向邱占祥院士和魏正一教授及 A. Lister 教授等请教过有关问题,他们使作者获益匪浅。文中插图底图由许勇先生清绘。笔者在此对他们表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 裴文中. 中国第四纪哺乳动物群的地理分布. 古脊椎动物学报, 1957, 1: 19—24
- 2 张荣祖. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 1999. 1—502
- 3 邱铸鼎, 李传夔. 中国哺乳动物区系的演变与青藏高原的抬升. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(9): 845—854
- 4 薛祥煦, 张云翔. 中国第四纪哺乳动物地理区划. 兽类学报, 1994, 14(1): 15—23
- 5 Kurtén B. Pleistocene Mammals of Europe. London: Weidenfeld and Nicolson, 1968. 1—317
- 6 Pei W C. On the mammalian remains from locality 3 at Choukoutien. *Palaeont Sin*, Ser C, 1936, 7(5): 1—108
- 7 程捷, 曹伯勋, 田明中, 等. 周口店新发现的第四纪哺乳动物群及其环境变迁研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 1—114
- 8 科瓦尔斯基 K, 李传夔. 周口店第一地点蝙蝠动物群的新材料. 古脊椎动物与古人类, 1963, (2): 144—150
- 9 张镇洪. 辽宁地区远古人类及其文化的初步研究. 古脊椎动物与古人类, 1981, 19(2): 184—192
- 10 张镇洪, 邹宝库, 张利凯. 辽阳安平化石哺乳动物群的发现. 古脊椎动物与古人类, 1980, 18(2): 154—162
- 11 邱占祥, 邓涛, 王伴月. 甘肃东乡龙担早更新世哺乳动物群. 中国古生物志, 新丙种 27 号. 北京: 科学出版社, 2004. 1—198
- 12 顾玉珉, Jablonski N G. 陕西蓝田公王岭“蓝田伟猴”化石的再研究. 人类学学报, 1989, 8(4): 343—346
- 13 胡松梅, 李保国. 中国宝鸡关桃园新石器遗址中发现的金丝猴头骨及其意义. 兽类学报, 2006, 26(4): 417—420
- 14 顾玉珉, 胡长康. 河南新安金丝猴颅骨化石. 古脊椎动物学报, 1991, 29(1): 55—58
- 15 周本雄. 河南安阳小南海旧石器时代洞穴遗址脊椎动物化石的研究. 考古学报, 1965, (1): 29—50
- 16 周国兴. 中国古人类的历史与现状. 北京自然博物馆研究报告, 2001, 59: 65—81
- 17 Pei W C. The Upper Cave Fauna of Choukoutien. *Palaeont Sin*, New Ser C, 1940, (10): 1—84
- 18 同号文, 尚虹, 张双权, 等. 周口店田园洞古人类化石点地层学研究及与山顶洞的对比. 人类学学报, 2006, 25(1): 68—81
- 19 Young C C. Fossile Nagetiere aus Nord-China. *Palaeont Sin*, Ser C, 1927, 5(3): 1—82
- 20 李传令, 薛祥煦. 陕西蓝田锡水洞啮齿动物群的性质与时代. 古脊椎动物学报, 1996, 34(2): 156—162

- 21 李有恒, 韩德芬. 陕西西安半坡新石器时代遗址中之兽类骨骼. 古脊椎动物与古人类, 1959, 1(4): 173—186
- 22 Young C C. On the Insectivora, Chiroptera, Rodentia and primates other than *Sinanthropus* from Locality 1 at Choukoutien. *Palaeont Sin*, Ser C, 1934, 8(3): 1—139
- 23 卡尔克, 周本雄. 周口店第一地点下部各层的地层、古生物学观察及第一地点的时代. 古脊椎动物与古人类, 1961, (3): 212—240
- 24 胡长康. 周口店第一地点哺乳动物化石研究的历史及进展. 见: 吴汝康, 任美镠, 编. 北京猿人遗址综合研究. 北京: 科学出版社, 1985. 107—113
- 25 同号文. 周口店田园洞古人类化石点的无颈鬃豪猪(*Hystrix subcristata*). 古脊椎动物学报, 2005, 43(2): 135—150
- 26 周明镇, 李传夔. 陕西蓝田陈家窝中更新世哺乳动物化石补记. 古脊椎动物与古人类, 1965, 9(4): 377—393
- 27 王将克. 关于大熊猫种的划分、地史分布及其演化历史的探讨. 动物学报, 1974, 20(2): 191—201
- 28 同号文, 尚虹, 张双权, 等. 周口店田园洞古人类遗址的发现. 科学通报, 2004, 49(9): 893—897
- 29 同号文, 刘金毅, 张双权. 周口店田园洞大中型哺乳动物记述. 人类学学报, 2004, 23(3): 213—223
- 30 O'Regan H J. Defining cheetahs, a multivariate analysis of skull shape in big cats. *Mammal Rev*, 2002, 32(1): 58—62[DOI]
- 31 Sims M E. Identification of Mid-size cat skulls. Identification Guides for Wildlife Law Enforcement, No. 7, USFWS, National Fish and Wildlife Forensics Laboratory, Ashland, OR, 2005. 1—4
- 32 Teilhard de Chardin P, Piveteau J. Les Mammifères Fossiles de Nihowan (Chine). *Ann de Paleont*, 1930, 19: 1—134
- 33 郑绍华, 韩德芬. 哺乳类化石. 见: 张森水, 编. (1978 年发掘) 旧石器遗址综合研究. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所集刊, 1993, (19): 43—127
- 34 Qiu Z X. Quaternary environmental changes and evolution of large mammals in North China. *Vert PalAsiat*, 2006, 44(2): 109—132
- 35 傅仁义. 东北地区第四纪哺乳动物群的时代及其特征. 见: 邓涛, 王原, 主编. 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. 167—176
- 36 宗冠福. 中国的剑齿象化石新材料及剑齿象系统分类的回顾. 古脊椎动物学报, 1995, 33(3): 216—230
- 37 黄河象研究小组, 著. 黄河象. 北京: 科学出版社, 1975. 1—46
- 38 张玉萍, 宗冠福. 中国的古菱齿象属. 古脊椎动物与古人类, 1983, 21(4): 301—312
- 39 同号文. 从化石组合探讨披毛犀所反映的古环境. 人类学学报, 2004, 23(增刊): 306—314
- 40 裴文中. 哺乳动物化石的研究. 见: 裴文中, 主编. 山西襄汾县丁村旧石器时代遗址发掘报告. 科学出版社, 1958. 21—74
- 41 张席提. 中国纳玛象化石新材料的研究及纳玛象系统分类的初步探讨. 古脊椎动物与古人类, 1964, 8(3): 269—287
- 42 贾兰坡, 卫奇. 桑干河阳原县丁家堡水库全新统中的动物化石. 古脊椎动物与古人类, 1980, 18(4): 327—333
- 43 Teilhard de Chardin P, Young C C. On the Mammalian Remains from the Archaeological Site of Anyang. *Palaeont Sin*, Ser C, 1936, 12(1): 1—78
- 44 Borissiak A. The chalicotheres as a biological type. *Am J Sci*, 1945, 243: 667—679
- 45 Guérin C. Les Rhinocéros (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène Terminal au Pléistocène Supérieur en Europe Occidentale. Comparaison avec les Espèces Actuelles. *Docum Lab Géol Lyon*, 1980, 79 (3 fasc), 1—1185
- 46 Fortelius M. Ecological aspects of dental functional morphology in the Plio-Pleistocene rhinoceros of Europe. In: Kurten, B, ed. *Teeth: Form, Function, and Evolution*. New York: Columbia University Press, 1982. 163—181
- 47 Palmqvist P, Grocke D R, Arribas A, et al. Paleocological reconstruction of a lower Pleistocene large mammal community using biogeochemical ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, Sr:Zn) and ecomorphological approaches. *Paleobiology*, 2003, 29(2): 205—229[DOI]
- 48 Janis C. Tapirs as living fossils. In: Eldredge N, Stanley S V, eds. *Living Fossils*. New York: Springer-Verlag, 1984. 80—86
- 49 Simpson G G. Notes on Pleistocene and recent tapirs. *Bull Amer Mus Nat Hist*, 1945, 86(2): 33—82
- 50 Graham R W. Pleistocene tapir from Hill Top Cave, Trigg County, Kentucky, and a review of Plio-Pleistocene tapirs of north America and their paleoecology. In: Schubert B W, Mead J I, Graham R W, eds. *Ice Age Cave Faunas of North America*. Bloomington: Indiana University Press, 2003. 87—118
- 51 William K O, Petrides G A. Browser use, feeding behavior, and management of the Malayan tapir. *J Wildl Manage*, 1980, 44: 489—494[DOI]
- 52 同号文, 徐繁. 中国第四纪猿类的来源与系统演化问题. 见: 邓涛, 王原, 主编. 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
- 53 王应祥. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版社, 2003. 1—394
- 54 Tong H W, Composition des faunes de mammifères quaternaires en Chine selon un gradient Nord-Sud. *L'Anthropologie*, 2006, 110(5): 870—887
- 55 薛祥煦, 李晓晨. 陕西水牛化石及中国化石水牛的地理分布和种系发生. 古脊椎动物学报, 2000, 38(3): 218—231
- 56 刘东生等著. 中国的黄土堆积. 北京: 科学出版社, 1965. 1—244
- 57 魏正一. 两万年前的水牛. 大自然, 2000, 4: 4—5
- 58 Boule M, Breuil H, Licent E, et al. Le Paléolithique de la Chine. *Arch Inst Paléont Hum*, Mem 4, Paris, 1928. 1—138
- 59 Andersson J G. Essays on the Cenozoic of North China. *Mem Geol Surv China*, Ser A, 1923, (3): 84—92
- 60 贾兰坡, 李有恒, 袁振新, 等. 北京东郊泥炭层中的动物遗骸和角质工具. 古脊椎动物与古人类, 1977, 15(2): 150—156
- 61 Kahlke R D. The history of the origin, evolution and dispersal of the Late Pleistocene *Mammuthus-Coelodonta* faunal complex in Eurasia (Large mammals). *Rapid City: Fenske Companies*, 1999. 1—219

- 62 Lisiecki E L, Raymo M E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 2005, 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071[DOI]
- 63 章森桂, 严惠君, 编. “国际地层表”与 GSSP. *地层学杂志*, 2005, 29(2): 188—204
- 64 中央气象局. 中国气候图集. 地图出版社, 1966
- 65 汤英俊, 宗冠福, 徐钦琦. 山西临猗早更新世地层及哺乳动物群. *古脊椎动物与古人类*, 1983, 21(1): 77—86
- 66 宗冠福, 汤英俊, 徐钦琦, 等. 山西屯留西村早更新世地层. *古脊椎动物与古人类*, 1982, 20(3): 236—247
- 67 计宏祥. 陕西蓝田涝池河中更新世哺乳动物化石. *古脊椎动物与古人类*, 1976, 14(1): 59—66
- 68 刘东生, 袁宝印, 高福清, 等. 中国黄土区第四纪脊椎动物. *中国第四纪研究*, 1985, 6(1): 126—136
- 69 薛祥煦, 张云翔, 岳乐平. 从哺乳动物化石看中国黄土高原红黏土-黄土系列的气候环境演变. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2006, 36(4): 359—369
- 70 刘东生, 丁仲礼. 中国黄土研究新进展(二)古气候与全球变化. *第四纪研究*, 1990, (1): 1—9
- 71 Chappel J, Shackleton N J. Oxygen isotopes and sea level. *Nature*, 1986, 324: 137—140
- 72 祁国琴. 中国全新世哺乳动物群. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 编. 参加第十三届国际第四纪大会论文选. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 55—60
- 73 吴征镒, 主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 1—1382
- 74 张荣祖, 主编. 中国哺乳动物分布. 北京: 中国林业出版社, 1997. 1—280
- 75 Young C C. On the *Artiodactyla* from the *Sinanthropus* Site at Choukoutien. *Palaeont Sin, Ser C*, 1932, 8(2): 1—100
- 76 Young C C. New finds of fossil *Bubalus* in China. *Bull Geol Soc China*, 1936, 15(4): 505—516
- 77 周明镇, 徐余瑄. 河南孟县一新种水牛化石. *古生物学报*, 1957, 5(3): 457—465
- 78 Zhang R Z. Geological events and mammalian distribution in China. *Acta Zool Sin*, 2002, 48(2): 141—153