

# 第四纪中华乳齿象属 (*Sinomastodon*, Gomphotheriidae) 头骨化石在中国的首次发现

王元<sup>①②\*</sup>, 金昌柱<sup>①</sup>, 邓成龙<sup>③</sup>, 魏光飏<sup>④</sup>, 严亚玲<sup>①</sup>

① 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 脊椎动物进化系统学重点实验室, 北京 100044;

② Department of Geosciences and Don Sundquist Center of Excellence in Paleontology, East Tennessee State University, Johnson City, Tennessee, 37614, USA;

③ 中国科学院地质与地球物理研究所, 岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029;

④ 重庆中国三峡博物馆三峡古人类研究所, 重庆 400015

\* 联系人, E-mail: xiaowangyuan@ivpp.ac.cn

2012-04-06 收稿, 2012-09-26 接受, 2013-02-06 网络版发表

中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-159)、中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-03)、国家自然科学基金(41072013, 41202017, J0930007)、中国地质调查局项目(1212011220519, 1212011120118)和中国科学院脊椎动物进化系统学重点实验室开放课题基金(2011LESV007)资助

**摘要** 本文记述了产自安徽繁昌人字洞遗址早更新世早期的江南中华乳齿象(新种) *Sinomastodon jiangnanensis* sp. nov.. 中华乳齿象属是迄今旧大陆发现的唯一短颌嵌齿象, 化石主要产于我国, 时代从早上新世至更新世。以前发现于我国更新统的材料只是一些单个牙齿, 现人字洞发现了完整的头骨、下颌骨及臼齿列等材料, 这是中华乳齿象头骨化石在我国第四系地层中的首次发现。新种以真象型的头骨、短颌、下门齿缺失及结构相对简单的丘型齿等特征区别于其他嵌齿象类, 应归入中华乳齿象属。新种依颅顶上凸、颧弓升高及关节突高、冠状突位置靠前等特征显然进步于上新世的属型种 *S. intermedius* 和 *S. hanjiangensis*, 而臼齿齿谷中无白垩质充填又较更新世的 *S. yangziensis* 和泰国的 *Sinomastodon* sp. nov. 显得原始, 这反映了中华乳齿象从上新世向更新世演化在形态特征上的过渡性。依动物群分析, 江南中华乳齿象在长江以南的出现及其由北向南的扩散很可能与第四纪早期我国东部地区一次明显的降温事件有一定的耦合关系。

## 关键词

嵌齿象科  
中华乳齿象属  
安徽人字洞  
早更新世早期

嵌齿象科(Gomphotheriidae)是乳齿象类进化的主干类型, 其分布广、属种多, 从早中新世一直延续到更新世末, 分布于除南极洲和大洋洲以外的所有大陆地区, 在时空上可谓长鼻类中演化最为成功的一个类群<sup>[1]</sup>。嵌齿象科的早期成员都是长颌, 后期在旧大陆和新大陆也演化出了较进步的短颌类型, 本文所研究的中华乳齿象属(*Sinomastodon*)是迄今旧大陆发现的嵌齿象科(三棱齿象)成员中唯一的短颌代表<sup>[1]</sup>。中华乳齿象属由德国学者 Tobien 等人<sup>[2]</sup>以山西

榆社盆地早上新世的 *Mastodon intermedius*, Teilhard and Trassaert, 1937<sup>[3]</sup>为属型种建立的, 化石主要产于我国, 时代从早上新世至更新世。目前确定的有3种。早上新世的中间中华乳齿象(*S. intermedius*, 属型种)只发现于山西榆社盆地(图1, 地点1), 材料包括了下颌骨及臼齿<sup>[2-4]</sup>; 晚上新世的汉江中华乳齿象(*S. hanjiangensis*)发现于陕西汉中盆地及横断山区(图1, 地点2~6), 材料包括了头骨、下颌骨、臼齿及头后骨骼<sup>[5-10]</sup>, 这是中华乳齿象头骨和头后骨骼化石的首次

**引用格式:** 王元, 金昌柱, 邓成龙, 等. 第四纪中华乳齿象属(*Sinomastodon*, Gomphotheriidae)头骨化石在中国的首次发现. 科学通报, 2013, 58: 931-939

**英文版见:** Wang Y, Jin C Z, Deng C L, et al. The first *Sinomastodon* (Gomphotheriidae, Proboscidea) skull from the Quaternary in China. Chin Sci Bull, 2012, 57: 4716-4724, doi: 10.1007/s11434-012-5519-y

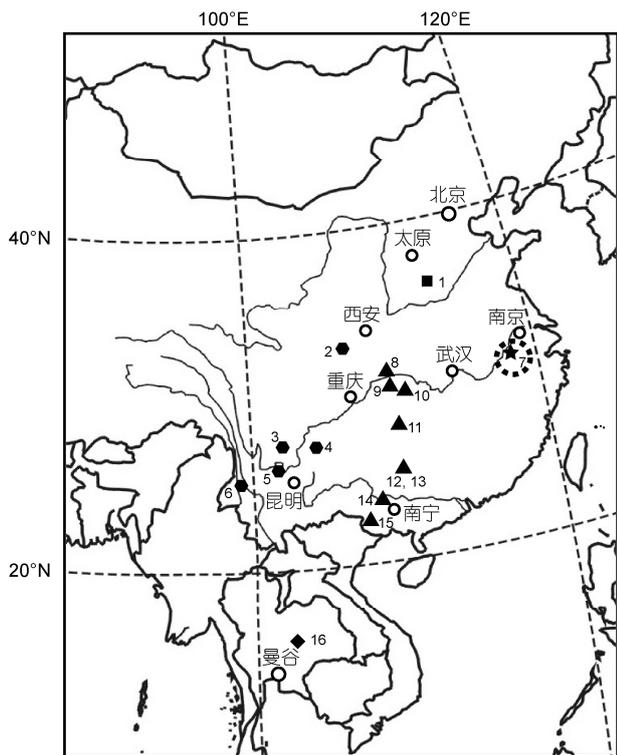


图1 中华乳齿象主要化石点分布图

■早上新世(*S. intermedius*): 1 山西榆社盆地<sup>[2-4]</sup>; ●晚上新世(*S. hanjiangensis*): 2 陕西汉中盆地<sup>[5,6]</sup>, 3 四川盐源<sup>[7,8]</sup>, 4 云南昭通<sup>[10]</sup>, 5 云南永仁<sup>[9]</sup>, 6 云南保山<sup>[8]</sup>; ★早更新世最早期(*S. jiangnanensis* sp. nov.): 7 安徽人字洞; ▲早更新世(*S. yangziensis*): 8 重庆巫山龙骨坡<sup>[11,14]</sup>, 9 湖北建始龙骨洞<sup>[17,18]</sup>, 10 湖北五峰<sup>[13,21]</sup>, 11 湖南保靖洞泡山<sup>[19]</sup>, 12 广西柳州巨猿洞<sup>[15]</sup>, 13 广西柳州笔架山<sup>[20]</sup>, 14 广西武鸣叫山<sup>[22]</sup>, 15 广西崇左三合大洞<sup>[16]</sup>; ◆中更新世 (*Sinomastodon* sp. nov.): 16 泰国北部<sup>[23]</sup>

发现, 揭示了该属真象型脑壳、乳齿象型颊齿的基本特征; 归入扬子中华乳齿象(*S. yangziensis*)的材料是产自我国南方早更新世洞穴和裂隙堆积中的一些乳齿象类单个牙齿<sup>[11-22]</sup>(图1, 地点8~15)。此外, Thasod等人<sup>[23]</sup>最近在泰国北部的河流二级阶地的冲积物中亦发现了一些新的中华乳齿象臼齿化石(图1, 地点16), 定为 *Sinomastodon* sp. B, 其时代可能为中更新世。

安徽繁昌人字洞古人类活动遗址位于我国中东部的江南地区, 处于我国现代南、北动物地理区系的交替过渡地带(图1, 地点7)。该遗址发现于1998年, 之后经过多次系统发掘, 出土了属种丰富的哺乳动物化石及数量较多的旧石器、骨器等文化遗存。经过系统研究和综合分析, 人字洞动物群在第四纪动物群中具有较古老的性质, 它比巫山龙骨坡动物群、广

西柳城“巨猿洞”动物群显得更原始, 其地质时代应为早更新世早期<sup>[24,25]</sup>。初步的磁性地层学定年结果显示(详细结果将另文发表), 人字洞富含化石的上部堆积单元第3~7层为一正极性带, 结合生物年代学结果以及沉积物的快速堆积等性质, 我们认为人字洞动物群产出的正极性带相当于持续时间较短的Reunion 正极性亚时, 因此, 产中华乳齿象层位的年代为距今2.14~2.15 Ma。

人字洞动物群中引人注目的是完整的嵌齿象类头骨、下颌骨、臼齿及头后骨骼化石的发现。其中, 臼齿材料(M3/m3)经初步报道被归入扬子中华乳齿象<sup>[24]</sup>。人字洞的材料是第四纪中华乳齿象属头骨化石在中国的首次发现, 它的系统研究对于探讨中华乳齿象在第四纪的演化、扩散及相关的环境背景有重要的意义。

本文研究标本采用的头骨测量方法参考 Ferretti<sup>[26]</sup>、Lister<sup>[27]</sup>和 Tassy<sup>[28]</sup>(图2(a)), 下颌骨测量方法参考 Ferretti<sup>[26]</sup>和同号文<sup>[29]</sup>(图2(b)), 臼齿构造术语参考 Tassy<sup>[28]</sup>(图3)。

## 1 系统描述

长鼻目 Proboscidea Illiger, 1811

象形亚目 Elephantiformes Tassy, 1988

嵌齿象超科 Gomphotherioidea Hay, 1922

嵌齿象科 Gomphotheriidae Hay, 1922

中华乳齿象亚科 *Sinomastodontinae*

subfam. nov.

中华乳齿象属 *Sinomastodon* Tobien, Chen

and Li, 1986

属型种 *Sinomastodon intermedius* (Teilhard and Trassaert, 1937)

其他归入种 *Sinomastodon hanjiangensis* Tang and Zong, 1987; *Sinomastodon jiangnanensis* sp. nov.; *Sinomastodon yangziensis* (Chow, 1959); *Sinomastodon* sp. nov.

地质时代 早上新世-中更新世(?)

属征(修订) 一种中-大型的嵌齿象类。真象型的头骨和下颌骨。脑颅的长度较 *Gomphotherium* 等典型的嵌齿象明显缩短, 眼眶较靠前, 前颌骨收缩, 臼齿槽稍向前下方延伸; 下颌联合部短, 上面具短的凹槽, 角突浑圆。上门齿横切面基本呈圆形, 微向上弯曲, 无釉质条带, 下门齿终生缺失。丘型臼齿, 中沟发育; 中间颊齿(DP4/dp4, M1/m1, M2/m2)发育3个齿脊, M3发育5~6个齿脊, m3发育5~8个齿脊; 主齿

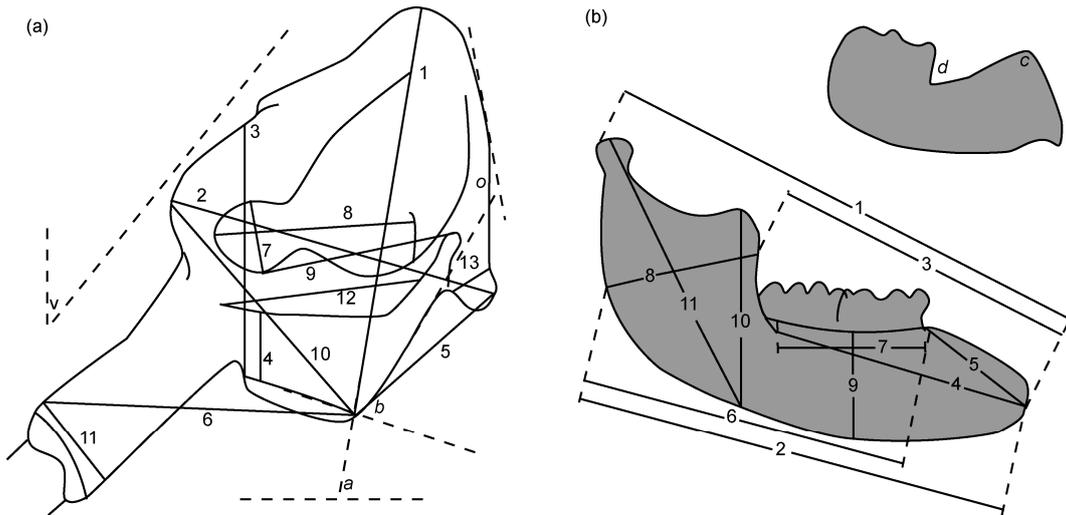


图2 中华乳齿象头骨和下颌骨测量  
(a) 头骨; (b) 下颌骨. 测量值见表1和2

表1 江南中华乳齿象(新种)头骨(IVPP V 18221)测量(单位: mm)<sup>a)</sup>

测量项	1	2	3	4	5	6	7	8	9
头骨	394	227	241	115	277	291	65 (ca.)	234 (ca.)	287 (ca.)
测量项	10	11	12	13	14	15	16	17	
头骨	242	88	276 (ca.)	74 (ca.)	70°	35°	115°	35°	

a) 测量项依图2 (a): 1, 脑颅高度(从颅顶到翼突); 2, 脑颅长度(从眶前突到枕髁); 3, 面部高度(在第一磨牙前端测量); 4, 上颌在颧突之下的高度; 5, 颅基长度(从翼突到枕髁); 6, 面部长度(从吻部前端到翼突); 7, 眼眶高度; 8, 眶颧窝长(从鳞骨前缘到眼眶前缘); 9, 颅中部长(从眼眶下缘到外耳道开口); 10, 颅中部高(从翼突到眼眶背缘); 11, 门齿槽的背腹侧直径; 12, 颧弓长度; 13, 枕髁的最大长度; 14, 脑颅的背腹侧与水平线的夹角( $\angle a$ ); 15, 臼齿槽与枕髁的夹角( $\angle b$ ); 16, 枕骨与基底颅面的夹角( $\angle o$ ); 17, 门齿槽与垂直线的夹角( $\angle v$ ). ca., 估计值

表2 江南中华乳齿象(新种)下颌骨(IVPP V 18221)测量(单位: mm)<sup>a)</sup>

测量项	1	2	3	4	5	6	7
下颌骨	556 (ca.)	486	347	264	116	398	162
测量项	8	9	10	11	12	13	
下颌骨	240	115	333	416 (ca.)	120°	90°	

a) 测量项依图2 (b): 1, 髁突与下齿槽点之间的最大距离; 2, 下颌尾部角点与下齿槽点之间的距离; 3, 上升支前缘与下齿槽点之间的最大距离; 4, 上升支前缘与下齿槽点之间的距离; 5, 第一磨牙前缘与下齿槽点之间的距离; 6, 下颌尾部角点与第一磨牙前缘之间的距离; 7, 上升支前缘与第一磨牙前缘之间的距离; 8, 下颌尾部角点与上升支前缘之间的距离; 9, 齿列之下颌体的高度; 10, 上升支的垂直高度; 11, 上升支与髁突之间的最大高度; 12, 下颌体前缘与齿窝上沿的夹角( $\angle c$ ); 13, 下颌体与下颌支前缘的夹角( $\angle d$ ). ca., 估计值

柱发育前、后中心小尖, 磨蚀后出现“三叶式”图案, 副齿柱脊状, 在进步类型中“次三叶式”图案及齿谷谷底的白垩质出现, 臼齿的前齿带存在, 后齿带和两侧齿带逐渐弱化. 后蹄缺失第一跗骨.

**江南中华乳齿象(新种) *Sinomastodon jiangnanensis* sp. nov.** (图4, 5)

**同物异名** *Sinomastodon yangziensis* (Chow, 1959), 金昌柱等, 2009 (图4.87)<sup>[24]</sup>.

**正型标本** 1 件基本完整的青年个体的头骨及下颌骨带左右 DP4/dp4 和 M1/m1 (IVPP V 18221).

**副型标本** 1 件右 M3 (V14011. 2), 1 件右 m3 (V14011. 3).

**归入材料** 7 件成年个体的上门齿残段 (V18221. 11~17), 1 件左 M3 (V18222. 01), 2 件 M2 (V18222. 02, 03), 2 件 M1 (V18222. 04, 05), 1 件左 m3 (V18222. 06), 1 件右 m2 (V18222. 07), 1 件右 m1

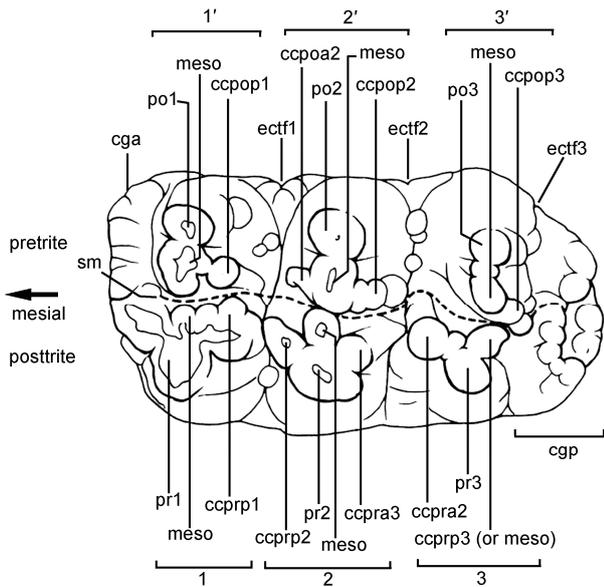


图3 嵌齿象类(左 M2)颊齿冠面构造术语

引自 Tassy<sup>[28]</sup>. 1, 2, 3: 第 1, 2, 3 脊主齿柱; 1', 2', 3': 第 1, 2, 3 脊副齿柱; ccpoa: 副齿柱前中心小尖; cccpop: 副齿柱后中心小尖; ccpra: 主齿柱前中心小尖; ccprp: 主齿柱后中心小尖; cga: 前齿带; cgp: 后齿带; ectf: 齿脊外谷; meso: 主齿柱或副齿柱的中附锥; po: 副齿柱主尖; pr: 主齿柱主尖; sm: 中沟

(V18222. 08), 1 件残破左 m1 (V18222. 09), 1 件残破左 m2 (V18222. 10).

**产地和层位** 安徽繁昌人字洞上部堆积单元第 3~7 层.

**地质时代** 早更新世早期(距今 2.14~2.15 Ma).

**种名由来** Jiangnan 为江南的汉语拼音, 指化石产于长江以南.

**种的特征** 体型较中间种、汉江种和扬子种大. 颅顶明显上凸, 枕骨区和额骨区变短, 颧弓位置升高, 上颌骨在垂直方向上变长, 前颌骨相对于前额和颅顶变得更陡峭. 短喙, 关节突较高, 冠状突位置靠前, 水平支明显深. M3 发育 5 个齿脊, m3 发育 5 个齿脊及一个单独的后跟座, 主齿柱的后中心小尖发育成单独的乳突, 齿谷中无白垩质充填; 臼齿的前齿带发育, 两侧及后齿带明显弱化.

**标本测量** 见表 1~3, 因头骨压扁, 部分测量数据为估计值.

**描述**

**头骨.** 挤压较为严重. 侧面视: 头骨短而高, 顶骨明显增高, 颅顶在垂直方向上约位于颧骨的后缘. 枕骨区和额骨区变短, 枕面后缘较为陡直. 外鼻

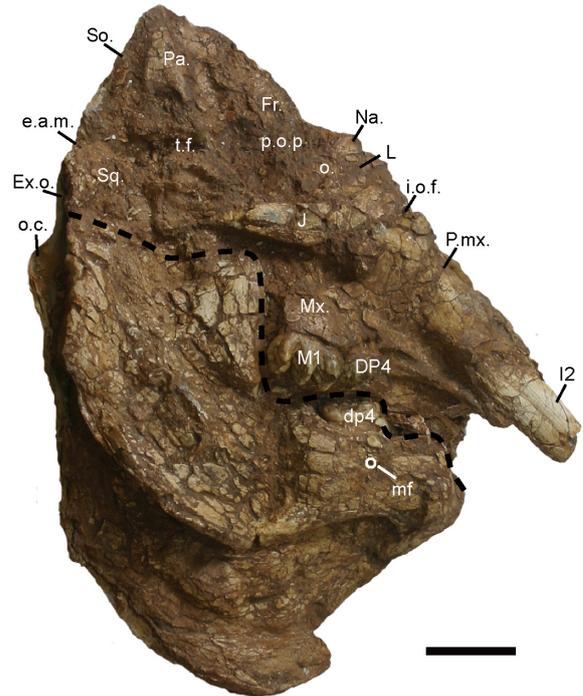


图4 江南中华乳齿象(新种)头骨及下颌骨(正型标本, V 18221): 右侧面

e.a.m., 外耳道; Ex.o., 外枕骨; Fr., 额骨; i.o.f., 眶下孔; J, 颧骨; L, 泪骨; mf, 颞孔; Mx., 上颌骨; Na., 鼻骨; o., 眼眶; o.c., 枕髁; P.mx., 前颌骨; p.o.p., 眶后突; Pa., 顶骨; So, 上枕骨; Sq., 鳞骨; t.f., 颞窝. 比例尺: 10 cm

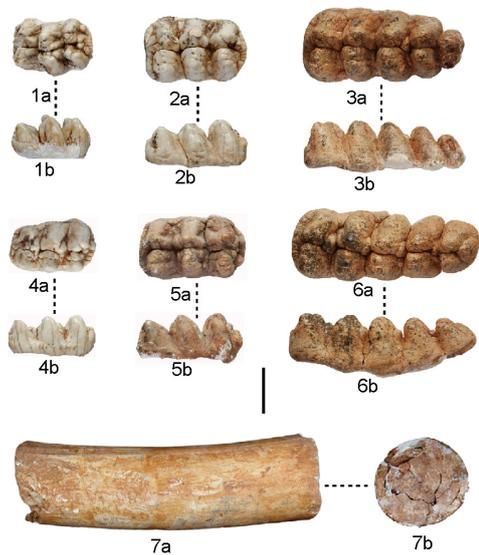


图5 江南中华乳齿象(新种)臼齿及门齿

1, 右 M1 (V18222. 04); 2, 右 M2 (V18222. 02); 3, 右 M3 (V14011. 02); 4, 右 m1 (V18222. 08); 5, 右 m2 (V18222. 07); 6, 右 m3 (V14011. 03): 1a~6a 冠面, 1b~3b 唇侧, 4b~6b 舌侧; 7, 上门齿残段 (V18221. 11): 7a 侧面, 7b 横断面. 比例尺: 5 cm

表3 江南中华乳齿象(新种)臼齿测量(单位: mm) <sup>a)</sup>

	标本号	L	W	H	W1	W2	W3	W4	W5	跟座宽度
右 M3	V14011.02	176.1	83.1	64.1	83.1	82.6	79.6	69.5	44.3	10.8
左 M3	V18222.01	-	83.4	62.8	83.4	82.3	76.8	65.3	-	-
右 M2	V18222.02	112.5	74.6	47.2	74.6	72.6	70.5	-	-	-
左 M2	V18222.03	114.2	72.2	47.4	70.3	72.2	71.8	-	-	-
右 M1	V18222.04	87.3	60.1	43.3	58.1	60.1	59.1	-	-	-
左 M1	V18222.05	86.2	60.4	34.8	59.8	60.4	60.3	-	-	-
右 m3	V14011.03	204.5	80.1	60.6	78.7	80.1	75.4	70.6	59.1	24.9
左 m3	V18222.06	201.6	80.6	60.2	80.5	80.6	75.9	72.1	62.1	19.8
右 m2	V18222.07	117.6	69.1	57.3	67.4	69.1	68.8	-	-	44.1
右 m1	V18222.08	95.2	60.2	47.3	49.6	56.6	60.2	-	-	31.2
左 m1	V18222.09	-	60.8	48.4	-	57.5	60.8	-	-	29.7
左 m2	V18222.10	-	64.6	42.1	-	-	64.6	-	-	36.6

a) 上臼齿的高度在唇侧测量, 而下臼齿的高度在舌侧测量, W1 指第一齿脊的宽度

孔的上缘位于眼眶中部正上方, 泪骨几乎完全位于眼眶前缘, 眼眶后缘约位于 DP4 后缘的正上方, 眶后突较粗壮. 颧窝较大, 呈前后向的凹槽状. 颧弓明显发育, 相对位置较高, 上颌骨在垂直方向上变长. 臼齿槽稍向前下方延伸, M1 刚开始使用. 仅发育一个眶下孔, 眶上孔缺失. 前颌骨粗壮, 向前下方弯曲. 门齿槽延伸的方向大致与前额面平行. 枕髁大而圆润.

**下颌骨.** 与头骨咬合在一起. 侧面视: 水平支向下加深, 上升支微向后倾斜, 其前后边缘大致平行, 关节突位置较高, 冠状突较为靠前, 下颌体前缘中度平缓, 下后部的角突明显并稍向外突出, 下颌联合部明显短, 无向前突出的吻突发育, 下门齿缺失, 颧孔位于 dp4 前缘之下.

**门齿.** 从保存的残缺门齿分析, 上门齿微弯, 无釉质条带, 横切面基本呈圆形, 横径略大于上下径, 直径最小约为 85 mm, 最大约为 110 mm.

**臼齿.** 丘型齿, 中沟明显, 谷底无白垩质, 前齿带发育, 主、副齿柱基本平行且与中沟正交, M1/m1, M2/m2 三脊, 主齿柱一侧发育“三叶式”图案, 副齿柱“次三叶式”图案基本不发育, 外谷在齿脊之间的谷口均存在, 舌唇侧及后齿带明显弱化.

**M1/M2.** 冠面呈前后基本等宽的长方形; 主齿柱一侧的中附锥和前、后中心小尖都非常发育, 尤其是第三齿脊的后中心小尖呈乳突状; 副齿柱一侧的中附锥与主尖大小相当, 前、后中心小尖缺失或很弱, 仅第三齿脊的后中心小尖发育成乳突状; 后跟座由小的锯齿状齿带构成.

**M3.** 由 5 个齿脊和弱的后跟座构成, 冠面从前向后逐渐变窄; 在前四个齿脊, 主齿柱一侧的中附锥和前中心小尖都非常发育, 后中心小尖呈孤立的乳突并向副齿柱一侧膨胀, 副齿柱一侧的中附锥发育为若干个小锥, 前、后中心小尖基本不发育, 第五齿脊明显窄于前面四个, 结构简单, 仅由两个主尖构成; 后跟座由小的乳突组成, 依附于第五齿脊的后壁, 发育程度明显弱于 m3 的后跟座.

**m1/m2.** 冠面 m1 呈前窄后宽、m2 呈前后基本等宽的长方形; 主齿柱一侧的中附锥和前中心小尖发育, 后中心小尖呈孤立的乳突; 副齿柱一侧的中附锥发育, 分裂成若干小锥, 前、后中心小尖基本缺失, 仅 m2 第二齿脊的前、后中心小尖中等发育; m2 的第三齿脊与后跟座之间的主、副齿柱每侧均发育了一个小乳突; 后跟座由小的锯齿状齿带构成.

**m3.** 由 5 个齿脊和后跟座构成, 冠面从前向后逐渐变窄, 中沟稍向唇侧弯曲; 在前四个齿脊, 主齿柱一侧中附锥的发育程度与主尖相当, 但比主尖稍靠前, 前中心小尖发育成脊状, 后中心小尖在后壁发育成孤立的乳突, 大小与主尖相当, 并明显向副齿柱一侧膨胀, 副齿柱一侧的中附锥非常发育, 在前两个齿脊明显比主尖大、分裂为若干小锥, 在第三、四个齿脊成单一的锥形、与主尖大小相当, 副齿柱一侧的前、后中心小尖均不发育, 但在第三、四个齿脊后壁的谷底各发育一个小乳突; 第五齿脊明显窄于前四个, 结构简单, 主、副齿柱均由一个大的主尖和一个小的中附锥组成; 后跟座由大的单个齿尖组成, 依附于第五齿脊的后壁.

## 2 比较与讨论

根据最新的分类系统<sup>[1]</sup>, 嵌齿象科的早期成员都是长颌类, 如嵌齿象亚科(*Gomphotheriinae*)、扁齿象亚科(*Amebelodontinae*)、豕棱齿象亚科(*Choerolophodontinae*)和喙嘴象亚科(*Rhynchotheriinae*)。后期也演化出了较进步的短颌类, 如新大陆的居维叶亚科(*Cuvieroninae*), 包括了居维叶象(*Cuvieronius*)、剑乳齿象(*Stegomastodon*)及栉乳齿象(*Haplomastodon*)3个有效属; 旧大陆的短颌嵌齿象迄今只发现了中华乳齿象一属, 鉴于其头骨、下颌骨形态与长颌嵌齿象的巨大差异, 并在地理分布上与美洲的居维叶亚科相区别, 本文建议将中华乳齿象提升为亚科, 即建立中华乳齿象亚科(*Sinomastodontinae* subfam. nov.)。

人字洞的材料依颅顶高、脑颅的长度缩短、上颌骨变深及齿槽区向下延伸较为陡峭、眼眶位置靠前、缺失眶上孔及下颌联合部短、下门齿缺失等特征与真象类的头骨及下颌骨较相似, 显示出较为进步的特点。而长颌嵌齿象如 *Gomphotherium*<sup>[30]</sup>, *Choerolophodon*<sup>[31]</sup>和 *Platybelodon*<sup>[32]</sup>等种类其颅部和面部低平、枕骨和额骨发育且前后延伸、前颌骨前后较长及下门齿发育等特征明显比人字洞标本原始。

北美的 *Rhynchotherium*<sup>[33]</sup>头骨的颅顶微隆起、脑颅的长度开始缩短及下颌联合部已明显缩短, 它显示了长颌嵌齿象与短颌嵌齿象之间的过渡特征, 但 *Rhynchotherium* 的下门齿依然发育, 这表明它比人字洞标本原始。

为了说明人字洞中华乳齿象的进化程度, 本文采用了6个头骨和下颌骨的量化指标(见表4)。相关种类测量数据的对比表明, 人字洞的头骨和下颌骨在形态特征上与中华乳齿象中间种<sup>[2]</sup>、汉江种<sup>[6]</sup>及美洲的短颌嵌齿象 *Cuvieroninae* (以 *Haplomastodon* 为代表)最为接近, 它们都具有典型的嵌齿象(以

*Gomphotherium* 为代表)与真象(以 *Mammuthus* 为代表)之间的过渡特征。但在进化程度上人字洞标本又比 *Haplomastodon* 及 *Mammuthus* 原始, 例如, 人字洞中华乳齿象头骨的臼齿槽的延伸方向均稍微向前下方, 而真象类臼齿槽的延伸方向明显向前上方。

与 *Gomphotherium*<sup>[30]</sup>显著向下弯曲的上门齿和美洲的 *Stegomastodon/Haplomastodon*<sup>[33]</sup>强烈向上弯曲上门齿都不同, 人字洞的上门齿的形态与上新世汉江中华乳齿象相似, 为向两侧上方微弯。

在白齿方面, *Gomphotherium*<sup>[2,30,34]</sup>和北美的 *Rhynchotherium*<sup>[32]</sup>依前臼齿发育、M3/m3 发育4个齿脊、舌唇侧齿带明显发育、主副齿柱的中附锥相对弱化等特征较人字洞的标本原始。 *Anancus*<sup>[13]</sup>依中间颊齿发育至少4个齿脊、M3/m3 发育的齿脊数明显多、主副齿柱交错排列等特征则较人字洞的标本进步。

人字洞的头骨和下颌骨虽然与美洲的短颌嵌齿象 *Cuvieroninae* 相似, 但后者的臼齿谷底明显有白垩质填充、主副齿柱的中附锥相对更孤立<sup>[33]</sup>, 部分进步类型如 *Stegomastodon* 的 M3/m3 发育6个齿脊、副齿柱上出现明显的“次三叶型”图案并发育“褶型齿”(即臼齿的釉质层呈褶皱)<sup>[35]</sup>而与人字洞的标本不同。

人字洞的嵌齿象类标本依具真象型的头骨和下颌骨, M1/m1 和 M2/m2 为三脊, M3/m3 发育5个齿脊, 臼齿丘型, 中沟存在, 主齿柱发育前后中心小尖并磨蚀后出现“三叶式”图案, 副齿柱脊状, 谷底无白垩质等特征无疑是 *Sinomastodon*。

人字洞的头骨和下颌骨依颅顶更加上凸、枕骨区明显收缩、颧弓位置升高、上颌骨在垂直方向上变长及关节突上升、冠状突向前延伸、水平支向下加深等特征它比中华乳齿象中间种<sup>[2]</sup>和汉江种<sup>[6]</sup>显得进步。

在白齿方面, 依据最有鉴定意义的 m3 的齿冠大小判断(图6), 人字洞标本的个体要大于上新世的两中中华乳齿象。在 M3/m3 的齿脊数上, 人字洞标本

表4 江南中华乳齿象(新种)与相关种类头骨和下颌测量项的比较<sup>a)</sup>

测量项	<i>Sinomastodon jiangnanensis</i> sp. nov.	<i>S. intermedius</i> <sup>[2]</sup>	<i>S. hanjiangensis</i> <sup>[6]</sup>	<i>Haplomastodon</i> <sup>[26]</sup>	<i>Gomphotherium</i> <sup>[30]</sup>	<i>Mammuthus</i> <sup>[27]</sup>
头骨	∠a	70°	—	65°	75°	<60°
	∠b	35°	—	30°	45°	<30°
	∠o	115°	—	100°	95°	<90°
	∠v	35°	—	40°	40°	>45°
下颌	∠c	120°	140°	145°	130°	>145°
	∠d	90°	100°	95°	95°	>120°

a) 测量项依图2, 测量项解释见表1和2

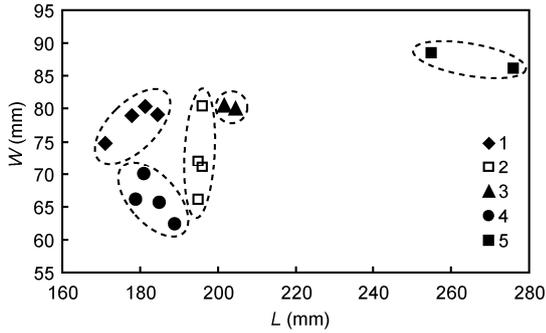


图 6 中华乳齿象 m3 测量比较

1, *Sinomastodon intermedius*<sup>[2-4]</sup>; 2, *S. hanjiangensis*<sup>[6,9]</sup>; 3, *S. jiangnanensis* sp. nov.; 4, *S. yangziensis*<sup>[14-16]</sup>; 5, *Sinomastodon* sp. nov.<sup>[23]</sup>

与汉江种的相当(M3有5个齿脊, m3有5个齿脊加一小跟座), 比中间种(m3有5个齿脊)的进步. 此外, 人字洞标本臼齿主齿柱的后中心小尖发育成大的乳突并明显向副齿柱一侧膨胀, 副齿柱的中附锥分裂为更多小锥, 谷底虽无白垩质但发育了釉质小乳突, M1/m1 和 M2/m2 副齿柱的后斜脊更发育, 两侧齿带退化等特征较中间种和汉江种进步.

扬子中华乳齿象依个体明显小(图 6), 齿冠狭长, M3有5个齿脊、但后跟座已分为2个乳突, m3有5~6个齿脊, 主齿柱的中附锥相对更发育, 谷底发育少量白垩质, 副齿柱的后斜脊更发育, 前齿带明显弱化, 两侧齿带不发育等特征比人字洞的臼齿显得进步.

至于泰国北部的中华乳齿象<sup>[23]</sup>显然个体大(图 6)、齿冠明显狭长、谷底发育白垩质、前齿带弱化、M3/m3的齿脊数显著增加(m3可发育8个齿脊)、副齿柱的后中心小尖更加发育等特征明显比人字洞的臼齿进步得多, 是迄今发现的形态特征最进步的中华乳齿象, 它很可能是该属的另一新种(*Saegusa* 和 *Thasod*, 个人交流), 这里暂修订为 *Sinomastodon* sp. nov., 系统研究成果将另文发表.

综上所述, 人字洞发现的嵌齿象类的头骨、下颌骨和完整臼齿列在形态特征上比上新世的中间中华乳齿象和汉江中华乳齿象显得进步, 又较早更新世的扬子中华乳齿象原始, 它有别于中华乳齿象其他种类, 应为一新种, 定名为江南中华乳齿象 *Sinomastodon jiangnanensis* sp. nov..

### 3 江南中华乳齿象的成种、扩散及环境背景

根据现有资料, 中华乳齿象主要分布于我国, 它北起榆社盆地, 南至广西崇左, 西起云南保山, 东至

安徽繁昌, 晚期进步类型扩散至泰国等东南亚地区(图 1), 时代上从早上新世延续至中更新世(?).

早上新世-更新世期间, 中华乳齿象在我国至少经历了4次成种事件(SSE: *Sinomastodon* Speciation Event), 分别导致了中间中华乳齿象(SSE1)、汉江中华乳齿象(SSE2)、江南中华乳齿象(SSE3)和扬子中华乳齿象(SSE4)的出现. 上新世的中华乳齿象主要发现于山西和陕西, 在横断山区亦有零星分布. 属型种 *S. intermedius* 发现于山西榆社盆地的高庄组, 地质时代为早上新世(距今 5.3~3.4 Ma)<sup>[12,36]</sup>; *S. hanjiangensis* 产自陕西汉中盆地的杨家湾组<sup>[6]</sup>和川滇横断山区的沙沟组<sup>[12]</sup>, 层位可对应于麻则沟组, 时代为晚上新世(距今 3.4~2.6 Ma)<sup>[36]</sup>. 第四纪以来, 中华乳齿象化石都分布于长江以南地区, 甚至被认为是东洋界的典型分子. 这里重点讨论江南中华乳齿象(SSE3)的成种、扩散及环境背景.

南海深海沉积<sup>[37]</sup>和黄土沉积序列<sup>[38]</sup>的研究表明, 早更新世初期(距今 2.58~2.14 Ma)确实发生了重大的环境变化事件, 全球气候转寒, 北半球发生了新生代以来大陆冰量的第一次重要聚集, 北极冰盖出现, 白令陆桥开通<sup>[39]</sup>; 2.58 Ma 以来, 东亚地区气候波动的幅度变大, 形成了更为强大的冬季风和较高的大陆干燥度, 并出现了代表干冷冬季风环境的黄土堆积及以硬草为主的植被. 上述变化很可能与青藏高原的剧烈隆起有关<sup>[40]</sup>.

陆生哺乳动物的演化与扩散在很大程度上受到气候与生态环境变化的影响和制约. 与早更新世初期上述气候转型事件相对应的是生物事件 6 (距今 2.58 Ma)<sup>[41]</sup>, 它标志着人字洞动物群、龙担动物群或后河村动物群开始出现, 古生物学家称之为真马的最低层位事件(the *Equus eisenmannae* LSD)<sup>[42,43]</sup>, 因为北美的真马从此传入欧亚大陆.

依据动物群的分析, 长江以南发现的人字洞动物群代表了半干旱半湿润的暖温带森林草原环境, 动物群中北方动物占有较大的优势, 而且大量出现华北区常见的草原性动物, 这足以说明, 当时在我国境内第四纪早期有一次很明显的降温事件, 促使北方动物大规模南迁<sup>[24]</sup>. 虽然没和其他新近纪原始种类一样绝灭, 但因为受到这次明显降温事件的驱使, 中华乳齿象可能从我国北方南迁至中东部的江南地区(动物地理区系的南北过渡带), 并形成了新的种类(*S. jiangnanensis* sp. nov.).

在我国北方及横断山区,与人字洞动物群同期或者稍晚的甘肃东乡龙担动物群<sup>[43]</sup>、河北阳原泥河湾动物群(狭义)<sup>[44,45]</sup>及云南“元谋人”动物群<sup>[24]</sup>中未出现中华乳齿象或其他三棱齿象类的踪影,表明三棱齿象很可能于上新世末就已经在我国北方和横断山区销声匿迹.这与该时期气候转寒密切相关.依动物群性质分析,甘肃龙担动物群是产出于代表干冷冬季风环境的黄土堆积之中<sup>[43]</sup>,河北阳原泥河湾动物群(狭义)代表温和偏干冷的森林草原环境<sup>[24]</sup>,而云南“元谋人”动物群则代表着暖温带针阔混交林的稀树草原<sup>[24]</sup>;前两者的自然环境显然不适于中华乳齿象生活,而后者缺失中华乳齿象除了气候的因素,还可能与剑齿象的繁盛有关.

有趣的是,江南中华乳齿象的出现与另外两种长鼻类——猛犸象属中的南方象(*Mammuthus meridionalis*)<sup>[46]</sup>和剑齿象属中的华南象(*Stegodon huana-nensis*)<sup>[47]</sup>有很大的同步性,即在第四纪初期(距今2.58 Ma),南方象在我国北方出现,而剑齿象和中华乳齿象则自北向南迁移并分别成种.这3种长鼻类演

化的同步性是否有必然的联系以及有着怎样的联系?还有待于以后的深入研究.

## 4 结论

(1) 安徽人字洞早更新世早期的江南中华乳齿象(新种) *Sinomastodon jiangnanensis* sp. nov.的演化水平比上新世的 *S. intermedius* 和 *S. hanjiangensis* 明显进步,但比更新世的 *S. yangziensis* 和 *Sinomastodon* sp. nov.显得原始,反映了中华乳齿象从新近纪向第四纪演化在形态特征上的过渡性.

(2) 人字洞的中华乳齿象是该属头骨化石在我国第四系地层中的首次发现.位于长江以南的安徽人字洞动物群具有南北动物区系过渡带的特点,动物群中北方动物占有较大比例表明第四纪早期我国东部地区有一次明显的降温事件,这导致了中华乳齿象从华北扩散至江南地区,并产生了新的种类.

(3) 中华乳齿象是迄今旧大陆发现的唯一的短颌嵌齿象,本文提议新建中华乳齿象亚科(*Sinomastodontinae* subfam. nov.),包括中华乳齿象一属.

**致谢** 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所郑家坚研究员和陈冠芳研究员评阅本文初稿并提出了宝贵的修改意见,与李传夔研究员、徐钦琦研究员、王乃文研究员、倪喜军研究员、王士骥博士、Saegusa H 博士及 Thasod Y 博士进行了有益的讨论,孙文书先生修理部分化石,吴光中先生帮忙拍照,对于上述各位一并表示诚挚的谢意.

## 参考文献

- Shoshani J, Tassy P. Advances in proboscidean taxonomy & classification, anatomy & physiology, and ecology & behavior. *Quat Int*, 2005, 126-128: 5-20
- Tobien H, Chen G F, Li Y Q. Mastodonts (Proboscidea, Mammalia) from the late Neogene and early Pleistocene of the People's Republic of China, Part 1. *Mainz Geowiss Mitt*, 1986, 15: 119-181
- Teilhard de Chardin P, Trassaert M. The proboscideans of South-Eastern Shanxi. *Pal Sin Ser C*, 1937, 13: 1-58
- 张席褀. 山西东南部榆社盆地乳齿象类化石的新材料. *古脊椎动物与古人类*, 1964, 8: 33-38
- 汤英俊, 宗冠福, 雷遇鲁, 等. 陕西汉中地区上新世哺乳类化石及其地层意义. *古脊椎动物与古人类*, 1987, 25: 222-235
- 宗冠福, 汤英俊, 雷遇鲁, 等. 汉江中国乳齿象. 北京: 北京科学技术出版社, 1989. 1-84
- 宗冠福. 四川盐源盆地哺乳类化石及其意义. *古脊椎动物学报*, 1987, 25: 137-145
- 宗冠福, 陈万勇, 黄学诗, 等. 横断山地区晚新生代哺乳动物及其生活环境. 北京: 海洋出版社, 1996. 1-279
- 张兴永. 云南永仁更新世初期哺乳动物化石. *古脊椎动物与古人类*, 1980, 18: 45-51
- 周明镇, 张玉萍, 尤玉柱. 云南几种乳齿象化石记述. *地层古生物论文集*, 1978, 7: 67-84
- 周明镇. 华南象类化石的新发现. *古生物学报*, 1959, 7: 251-258
- 陈冠芳. 中国上新世和更新世早、中期的中华乳齿象. 见: 王元青, 邓涛, 编. 第七届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 1999. 179-187
- 周明镇, 张玉萍. 中国的象化石. 北京: 科学出版社, 1974. 1-74
- 黄万波, 方其仁. 巫山猿人遗址. 北京: 海洋出版社, 1991. 1-230
- 裴文中. 广西柳城巨猿洞及其他山洞之食肉目、长鼻目和啮齿目化石. *中国科学院古脊椎动物与古人类研究所集刊*, 1987, 18: 5-119

- 16 金昌柱, 秦大公, 潘文石, 等. 广西崇左三合大洞新发现的巨猿动物群及其性质. 科学通报, 2009, 54: 765-773
- 17 陈冠芳. 长鼻目. 见: 郑绍华, 编. 建始人遗址. 北京: 科学出版社, 2004. 181-184
- 18 许春华, 韩康信, 王令红. 鄂西巨猿化石及共生的动物群. 古脊椎动物与古人类, 1974, 12: 293-306
- 19 王令红, 林玉芬, 袁家荣, 等. 湖南省西北部新发现的哺乳动物化石及其意义. 古脊椎动物与古人类, 1982, 20: 350-358
- 20 韩德芬, 许春华, 易光远. 广西柳州笔架山第四纪哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, 1975, 13: 250-256
- 21 裴文中. 湖北五峰三棱齿象化石. 古脊椎动物与古人类, 1965, 9: 209-216
- 22 赵仲如. 广西武鸣叫山的哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, 1980, 18: 299-303
- 23 Thasod Y, Ratanasthien B. New Proboscideans, *Sinomastodon* (Proboscidea, Mammalia) from Thailand. In: Wannakao L, Srisuk K, Youngme W, eds. The Proceeding of the International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina, 2005. 594-599
- 24 金昌柱, 刘金毅. 安徽繁昌人字洞——早期古人类活动遗址. 北京: 科学出版社, 2009. 1-439
- 25 王元, 金昌柱, 魏光飏. 长毛鼠(*Diplothrix*, Muridae)化石在日本琉球群岛以外的首次发现. 科学通报, 2010, 55: 497-503
- 26 Ferretti M P. Anatomy of *Haplotastodon chimborazi* (Mammalia, Proboscidea) from the late Pleistocene of Ecuador and its bearing on the phylogeny and systematics of South American gomphotheres. Geodiversitas, 2010, 32: 663-721
- 27 Lister A. Evolution and taxonomy of Eurasian mammoths. In: Shoshani J, Tassy P, eds. Evolution and Palaeoecology of Elephants and Their Relatives. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press, 1996. 203-213
- 28 Tassy P. Les Elephantoides Miocènes du Plateau du Potwar, Groups de Siwalik, Pakistan. IIe partie: choerolophodontes et gomphothères. Ann Paléontol, 1983, 69: 235-297
- 29 同号文. 河北蔚县大南沟晚更新世草原猛犸象. 第四纪研究, 2010, 30: 307-318
- 30 Gohlich U B. Elephantoida (Proboscidea, Mammalia) Aus Dem Mittel-Und Obermiozan Der Oberen Susswassermolasse Sueddeutschlands: Odontologie Und Osteologie. Munchen: Muchner Geowiss, 1998. 1-245
- 31 王士骥, 邓涛. 豕脊齿象属 (*Choerolophodon*) 头骨化石在中国的发现. 中国科学: 地球科学, 2011, 41: 425-436
- 32 Osborn H F. Proboscidea. New York: The Am Mus Nat Hist Press, 1936. 1-802
- 33 Ferretti M P. A review of South American gomphotheres. New Mexico Nat Hist Sci Mus Bull, 2008, 44: 381-391
- 34 Gohlich U B. Order Proboscidea. In: Rossner G E, Heissig K, eds. The Miocene Land mammals of Europe. Munchen: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1999. 157-168
- 35 Prado J L, Alberdi M T. A cladistic analysis among trilophodont gomphotheres (Mammalian, Proboscidea) with special attention to the south American genera. Paleontology, 2008, 51: 903-915
- 36 Deng T. Chinese Neogene Mammal biochronology. Vertebr PalAsia, 2006, 44: 143-163
- 37 汪品先, 赵泉鸿, 翦知潜, 等. 南海三千万年的深海记录. 科学通报, 2003, 48: 2206-2215
- 38 Guo Z T, Ruddiman W F, Hao Q Z, et al. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China. Nature, 2002, 416: 159-163
- 39 邓涛, 薛祥煦. 中国的真马化石及其生活环境. 北京: 海洋出版社, 1999. 1-153
- 40 An Z S, Kutzbach J E, Prell W L, et al. Evolution of Asian monsoon and phased uplift of the Himalaya-Tibetan Plateau since late Miocene times. Nature, 2001, 411: 62-66
- 41 Repenning C A. Quaternary rodent biochronology and its correlation with climatic and magnetic stratigraphies. In: Mahaney W C, ed. Correlation of Quaternary Chronologies. Norwich: Geobooks, 1984. 105-118
- 42 刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表. 第四纪研究, 2000, 20: 108-128
- 43 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
- 44 Teilhard de Chardin P, Piveteau J. Les mammifères de Nihowan (Chine). Ann Paléont, 1930, 14: 1-134
- 45 邱占祥. 泥河湾哺乳动物群与中国第四纪下限. 第四纪研究, 2000, 20: 142-154
- 46 魏光飏, 胡松梅, 余克服, 等. 草原猛犸象(*Mammuthus trogontherii*)新材料及猛犸象的起源与演化模式探讨. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 715-723
- 47 陈冠芳. 中国新生代晚期的剑齿象(剑齿象科, 长鼻目)及其扩散事件. 古脊椎动物学报, 2011, 49: 377-392