

内蒙古高特格上新世三趾马化石及其意义¹⁾

庞丽波

(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)

(中国科学院研究生院 北京 100039)

摘要:描述了产自内蒙古高特格上新世地层中的三趾马属化石, 分别归入两个种。下部层位的材料因吻部间颌突较高、犬齿粗壮并在其内侧前后缘形成嵴和沟、下颊齿齿冠较低、双叶较圆以及外中谷很深等特征而归入意外(笨重)三趾马(*Hipparion (Baryhipparion) insperatum* Qiu et al., 1987), 其古地磁年龄为 4.3 Ma; 上部层位的标本因下颊齿高冠、双叶贺风型、外中谷宽浅以及下马刺发育等特征而归入黄河(近)三趾马(*H. (Plesiohipparion) huangheense* Qiu et al., 1987), 其年龄约为 3.9 Ma。在此之前, 这两种三趾马的分布局限, 仅发现于山西榆社和陕西蒲城的上新世地层, 高特格新材料的发现增加了人们对于其地理和地史分布以及特征演化的了解。此外, 还对高特格颊齿标本进行了连续横切, 结果显示, 随着年龄增加 *H. insperatum* 的双叶一直较圆, 下后尖逐渐大于下后附尖, 但外中谷形态并不随磨蚀加深而有大的改变; *H. huangheense* 的双叶稳定、贺风型, 外中谷内端随着磨蚀的加深变得宽圆, 下马刺渐弱而下反马刺逐渐显现, 下内尖逐渐变得圆钝, 其后的凹也逐渐变小。高特格地点相对较低齿冠的 *H. insperatum* 向极高齿冠的 *H. huangheense* 的转变, 指示了内蒙古中部地区在上新世逐步干旱化和草原化的过程。

关键词:内蒙古高特格, 上新世, 三趾马, 颊齿, 古环境

中图法分类号: Q915. 877 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3118(2011)02-0210-13

三趾马在晚中新世由北美扩散到旧大陆(Woodburne and Swisher, 1995), 其演化速度快、分布广泛, 因而在新近纪陆相地层对比、时代划分以及古环境重建上具有重要的指示意义(MacFadden, 1992)。尽管三趾马类的研究历史悠久, 但目前在其种类划分和系统演化等方面仍存在争议。邱占祥等(1987)对中国的三趾马化石进行了系统总结, 其中的意外三趾马(*Hipparion insperatum*)和黄河三趾马(*H. huangheense*)两个新种为上新世特征十分独特的种类, 分别被归入由他们新建的笨重三趾马(*Baryhipparion*)和近三趾马(*Plesiohipparion*)两个亚属中。不过, 由于这两个种材料稀少、分布有限, 人们对于其形态特征变异范围和地层年代一直知之甚少。鉴于此, 本文描述了这两个种的一批新材料。这批三趾马化石产自内蒙古中部地区高特格上新世地层中, 作为该地区新近纪哺乳动物群序列中最年轻的代表(邱铸鼎等, 2006), 高特格动物群出现了一些特有的种类, *H. insperatum* 和 *H. huangheense* 的发现就是其中的一例。

1) 国家自然科学基金重点项目(编号:40730210)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号:KZCX2-YW-120)、科技部科技基础性工作专项(编号:2006FY120300)、国家自然科学基金青年项目(编号:40702004)和全国地层委员会资助。

收稿日期:2010-03-25

高特格位于锡林浩特市西南约 70 km, 呼日查干淖尔湖东北约 33 km 处(图 1), 地层出露厚度约 70 m, 岩性以浅色粉砂岩和砂质泥岩为主(Teilhard de Chardin, 1926a; 李强等, 2003)。1924 年, 法国古生物学家德日进(Pierre Teilhard de Chardin)和桑志华(Emile Licent)最早对高特格地点进行了化石调查, 采集到包括三趾马在内的 14 种哺乳动物化石, 德日进将其中的三趾马材料都归入了 *Hipparion* cf. *H. richthofeni* (Teilhard de Chardin, 1926b)。经过大半个世纪的中断后, 高特格地点于 2000 年被重新发现。在随后的几年中, 采集到大量的哺乳动物化石, 李强等(2003)对 2000 和 2002 年的材料作了初步报道, 包括 7 目 22 科 41 属 46 种。本文描述的三趾马材料是在 2003, 2005 和 2009 年的野外考察中发现的, 其中 *H. insperatum* 产自剖面第 3 层的 DB02-5 点, *H. huangheense* 产自第 5 层顶部的 DB03-2 点(李强, 2006, 图 3)。关于高特格地点详细的研究历史和地层描述参见李强等(2003)和李强(2006)。

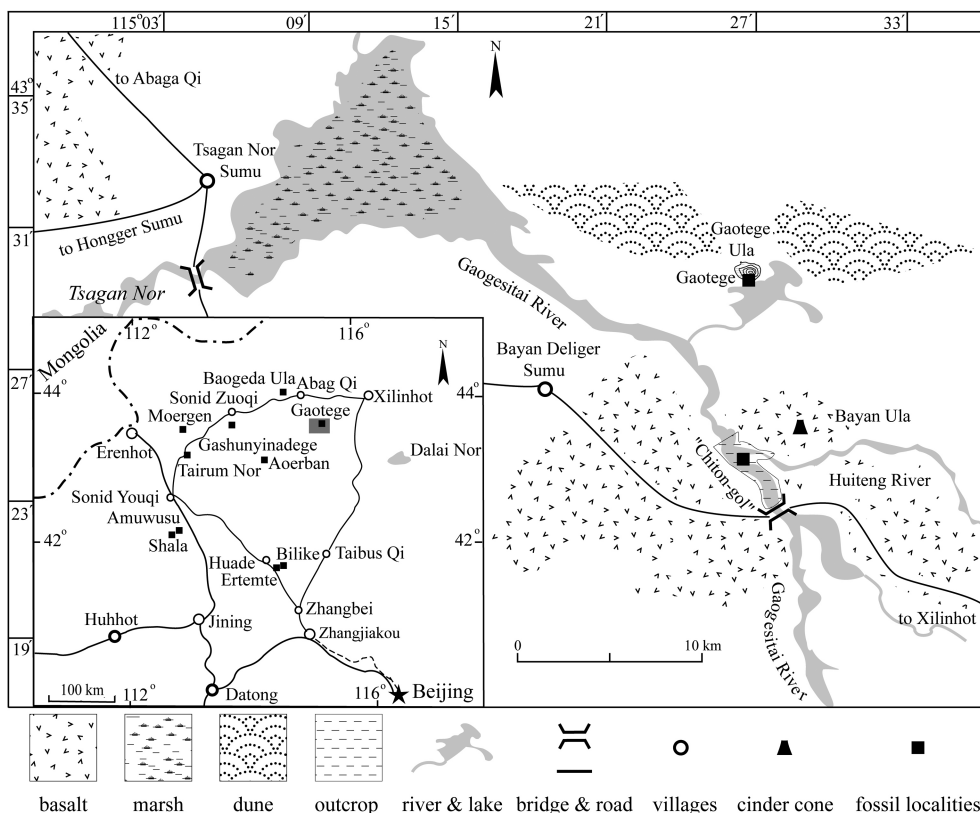


图 1 高特格化石地点的地理位置

Fig. 1 Geographic location of the fossil site Gaotege in Nei Mongol

本文解剖术语依据 Sisson (1953), 测量方法、牙齿冠面术语和三趾马的系统分类依据邱占祥等(1987), 测量数据在文字中采用长×宽格式表示。V 为中国科学院古脊椎动物与古人类研究所化石标本编号, THP 为天津自然博物馆化石编号。

1 化石记述

奇蹄目 *Perissodactyla* Owen, 1848

马科 *Equidae* Gray, 1821

三趾马属 *Hipparion* de Christol, 1832

笨重三趾马亚属 *Baryhipparion* Qiu et al., 1987

意外(笨重)三趾马 *Hipparion* (*Baryhipparion*) *insperatum* Qiu et al., 1987

(图 2,3,5)

正型标本 THP 19009, 雄性老年个体的头骨前半部连下牙床, 产自山西榆社白海(榆社期)。现保存于天津自然博物馆。

材料 IVPP V 16771.1, 属于同一齿列的右 p2-m3; V 16771.2, 一枚左下犬齿; V 16772.1, 一块残破的左侧前颌骨和部分上颌骨, 具 I1-I3 的齿槽和 C; V 16772.2, 一块残破的右侧前颌骨和部分上颌骨, 具 I1-I3 的齿槽和 C, 均为 2005 年王晓鸣等采集于 DB02-5 点。V 16775.1-2, 2 枚下颊齿(1 右 p2, 1 右 m1), 为 2009 年 Rachel Yukimura, 木村由莉和 Gary Takeuchi 采集于地表。

测量 见表 1-2。

描述 上颌: V 16772.1-2 虽然一起出土并且是左右两块, 但它们并不十分对称, 所以可能来自不同的个体。V 16772.1 的吻部保存了约 126.8 mm, 其中 I3-C 之间的齿隙为 30.9 mm; 犬齿粗壮(~16.2 mm× ~11.4 mm), 内侧可见前后缘的翼状嵴和沟的痕迹, 在犬齿齿冠可清楚地看到相对较深的磨蚀痕迹。V 16772.2 具有很高的间颌突, 其吻部保

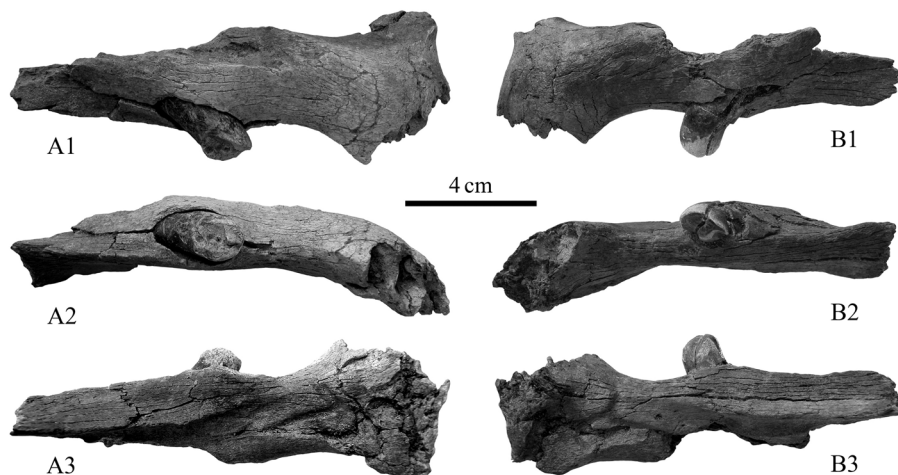


图 2 高特格地点意外三趾马残破前颌骨带犬齿及部分上颌骨的化石

Fig. 2 Broken premaxillae with canines and partial maxillae of *Hipparion insperatum* from Gaotege locality

A. V 16772.2, 残破右侧前颌骨带 C 及部分上颌骨 broken right premaxilla with C and partial maxilla;

B. V 16772.1, 残破左侧前颌骨带 C 及部分上颌骨 broken left premaxilla with C and partial maxilla;

1. 唇面视 labial view; 2. 腹面视 ventral view; 3. 舌面视 lingual view

存长度约 132.5 mm, 其中 I3-C 之间的齿隙为 35.6 mm; 犬齿残破, 牙齿断面 ~ 14.5 mm× ~ 12.4 mm。根据两枚犬齿的形态推测, 这两块材料都是来自雄性个体(图 2)。

下犬齿: 较为粗壮(~ 14.3 mm× ~ 11.7 mm), 尚未磨蚀, 可能属于另一年轻的雄性个体。它内侧的前后缘都形成了翼状嵴, 并且嵴的前后有很深的沟(图 3)。

下颊齿列: 编号 V 16771.1 的 6 枚下颊齿来自同一个体的右下齿列, 发现时下颌骨已经严重粉碎, 只有下颊齿保存下来, 并且部分齿根也较残破。它们的冠高多在 40 ~ 50 mm 之间, p2 除外, 仅有约 35 mm(图 3)。此个体恒齿已出齐, p4 和 m3 的磨蚀程度轻, 根据邱占祥等(1987)的标准, 此个体正处于青年期, 推测其年龄大约为 5 岁。



图 3 高特格地点意外三趾马的下颊齿和犬齿化石

Fig. 3 Lower cheek teeth and canine of *Hipparion insperatum* from Gaotege locality
A-B. V 16771.1, p2-m3 from right to left, A. in occlusal view; B. in labial view;
C-D. V 16771.2, left canine, C. in lingual view; D. in labial view

表 1 意外三趾马下颊齿冠面的测量和比较

Table 1 Occlusal measurements and comparison of lower cheek teeth of *Hipparion insperatum* (mm)

Tooth		Gaotege, Nei Mongol			Yushe, Shanxi		
		V 16771.1 ~ 5 years	V 16775.1 —	V 16775.2 —	THP 19013 12 ~ 15 years	THP 10302 ~ 10 years	V 8204 6 ~ 8 years
p2	L×W	30.8×12.6	—×13.0		32.4×15.8	32.0×15.0	30.5×12.7
	d. k. (I.)	12.1 (39.3)	12.2 (—)		10.0 (30.9)	11.7 (36.6)	12.8 (42.0)
p3	L×W	29.5×14.1			26.7×18.3	27.3×15.5	27.4×13.8
	d. k. (I.)	15.0 (50.8)			16.7 (62.5)	15.2 (55.7)	16.8 (61.3)
p4	L×W	27.4×12.6			26.0×16.5	26.0×15.0	25.9×12.5
	d. k. (I.)	13.4 (48.9)			15.7 (60.4)	13.8 (53.1)	14.1 (54.4)
m1	L×W	28.3×10.9		26.9×11.3	22.0×13.9	23.1×13.0	23.6×11.9
	d. k. (I.)	14.4 (50.9)		13.9 (51.7)	13.0 (59.1)	11.7 (50.6)	13.4 (56.8)
m2	L×W	27.9×8.0			22.3×12.8	22.9×11.2	23.6×10.9
	d. k. (I.)	12.2 (43.7)			11.9 (53.4)	10.5 (45.9)	12.7 (53.8)
m3	L×W	25.8×6.8			27.5×11.8		26.2×10.0
	d. k. (I.)	8.6 (33.3)			11.0 (40.0)		10.5 (40.1)

缩写 Abbreviations: L. length 长; W. width 宽; d. k. length of double knot 双叶长; I. length index of double knot 双叶长指数, I. = d. k. /L; data of THP 19013 and THP 10302 based on Qiu et al., 1987.

表 2 笨重三趾马亚属下颊齿的测量和比较

Table 2 Measurements and comparison of lower cheek teeth of the subgenus *Baryhipparion* (mm)

	p2 L×W	p3 L×W	p4 L×W	m1 L×W	m2 L×W	m3 L×W
<i>H. insperatum</i> V 16771.1	29.7×14.2	26.5×16.7	24.2×17.1	23.4×14.0	23.0×13.0	26.9×11.1
<i>H. insperatum</i> V 8204	29.7×15.4	25.7×16.7	23.7×15.7	22.4×14.4	22.5×12.9	26.4×11.3
<i>H. cf. H. tchikoicum</i> V 8206	27.8×14.7	24.9×15.2	23.6×14.8	21.2×12.3	21.8×11.4	26.0×10.4

缩写 Abbreviations: L. length 长; W. width 宽; measured at 10 mm above root.

该齿列所有颊齿的下原尖和下次尖外壁圆隆,均无下原附尖褶和下次附尖褶。前臼齿的个体明显大于臼齿,双叶更大,双叶颈也更长。前臼齿外中谷深入双叶颈,接近双叶谷底;下前谷与下后谷的形状不对称,下前谷明显宽于下后谷,下原尖内壁凸向舌侧,下次尖内壁在靠近双叶颈的位置有 2-3 个突起;下内尖的前外角较尖长,从 p2 到 p3 逐渐变小,下次小尖弱。在前臼齿中,p2 双叶谷很浅、呈 V 字形,下内尖的内后角尖锐并弯向唇侧,其后的凹很深;p3 和 p4 双叶谷均呈 U 字形,下内尖的内后角圆钝,其后的凹较浅。另外,p2 双叶较圆、较对称,端部弯向唇侧,下后附尖内后角略呈尖角状,下前谷的前壁上有 3 个褶皱;p3 由于磨蚀较浅,其双叶形状较不规则,下前附尖很弱,下前谷前、后壁上各有 1 褶皱;p4 磨蚀最浅,因此双叶较窄长,形状扭曲、不对称,下前谷仅在后壁有 1 褶皱,且较弱。

臼齿明显小于前臼齿,双叶自然显得小一些,双叶颈也短于前臼齿者。臼齿的双叶圆而对称,下后附尖内后角稍呈尖角状;外中谷深入双叶颈,接近双叶谷底;下前谷、下后谷的形状与前臼齿相似,不同之处为下前谷前、后壁各有 1 褶皱,下次尖内壁有一个凸起,几乎与下内尖前外角连在一起而封闭下后谷;下内尖前外角仍较尖,但内后角不明显,其后的凹弧度很小;下次小尖发育。双叶谷浅,m1 和 m2 呈 U 字形,m3 呈 V 字形。另外,m1 的双叶两端弯向唇侧,但在 m2 和 m3 上由于双叶很小,此特征不明显;由于冠面宽度较小,使得 m2 和 m3 外中谷形似喇叭。m3 由于磨蚀尚浅,下前谷、下内谷、下内尖和下次小尖的形态尚不清晰。

V 16775.1-2 的齿根均破损,其中 p2(V 16775.1)的冠面破损,其外中谷深入双叶颈,但未达双叶谷底。除此之外,这两枚下颊齿无论在大小还是形态上都与 V 16771.1 对应位置的下颊齿很相似,这里不再赘述。

比较 高特格材料具有以下特征:吻部很长,其上间颌突很高;雄性犬齿粗壮,内侧前后缘都形成翼状嵴,并且嵴的前后有很深的沟;下颊齿齿冠相对较低(≤50 mm),冠面构造较原始,即其下原尖和下次尖外壁圆隆,下原附尖不发育,双叶为近古马型,双叶谷浅而外中谷很深,甚至在前臼齿上也深入到双叶颈内。上述这些特征都与邱占祥等(1987)建立的 *Baryhipparion* 亚属属征较为一致。

Baryhipparion 亚属目前仅包括 2 个确定的种,即 *H. tchikoicum* Ivaniyev, 1966 和 *H. insperatum* Qiu et al., 1987。*H. tchikoicum* 由 Ivaniyev (1966)最初建立,是一种大型的三趾

马,但是 Ivanijev 并没有在文中给出成年个体齿列的图版,也没有指定正型标本。之后, Zhegallo (1978) 根据自己研究的标本指定了 *H. tchikoicum* 的选型标本,但是却没有给出任何测量数据。然而,从 Zhegallo (1978) 给出的图版可以看出, *H. tchikoicum* 的选型标本下颊齿双叶谷宽浅,呈 U 字形,冠面褶皱丰富,下内尖较长,前外角较尖,甚至和下次尖在前端相连而封闭下后谷。高特格材料虽然在这些形态特征上与 *H. tchikoicum* 接近,但是它们在外中谷特征上却有很大的不同。在高特格材料,外中谷在下前臼齿已经全部深入双叶颈,而在 *H. tchikoicum*, 只有下臼齿的外中谷才深入到双叶颈中。邱占祥等(1987) 描述了榆社的 *Hipparion* cf. *H. tchikoicum* (V 8206), 其外中谷在下前臼齿中不深入双叶颈,在下臼齿中才深入到双叶颈中,其大小也略小于高特格的材料(表 2)。

H. insperatum 是邱占祥等(1987) 确立的一种形态非常特殊的特大型三趾马,其颊齿的构造既原始又特化,该种也是中国已知个体最大的三趾马,之前仅发现于其模式产地山西榆社。高特格材料个体大,非常接近榆社的 *H. insperatum*。根据图版的测量,正型标本 THP 19009 的 I3-C 的齿隙约为 37.5 mm, 高特格 V 16772.1 的 I3-C 的齿隙比正型标本的略小,但 V 16772.2 与正型标本是很接近的。在各个颊齿的尺寸上,除 p2 和 m3 略小于榆社标本外,其余的颊齿高特格标本略大(表 1)。虽然高特格标本在下颊齿双叶谷的形态、冠面褶皱和下内尖的形态特征上与 *H. tchikoicum* 者更接近,但 *H. insperatum* 下颊齿的外中谷比 *H. tchikoicum* 深得多,即使在前臼齿上外中谷也深入双叶颈内,在这一点上高特格的材料显然与 *H. insperatum* 更为一致,而与 *H. tchikoicum* 是不同的。对于三趾马下颊齿而言,外中谷是比双叶谷、冠面褶皱和下内尖形态更重要、更可靠的鉴定特征,越原始的类型其外中谷伸入双叶颈的程度也越深,而双叶谷、冠面褶皱和下内尖的形态相对来说更不稳定,它们可能随着年龄的不同或者个体间的差异而变化很大(见牙齿横切分析)。因此,高特格地点以上材料应该归入 *H. insperatum* 而非 *H. tchikoicum*。

H. insperatum 下颊齿突出的特点为外中谷很深,甚至前臼齿的外中谷都已经深入到双叶颈内。本文描述的材料中,除了 V 16775.1 的 p2 外中谷只是伸入双叶颈,其他所有前臼齿和臼齿的外中谷已经非常接近双叶谷底了。邱占祥等(1987) 描述的正型标本 THP 19009 除了 p2 的外中谷较浅,没有达到双叶颈外,在所有其他下颊齿中外中谷都深入到双叶颈内并接近双叶谷底。在他们描述的另一件 THP 10302 上, p2 外中谷达到前内谷后角, p3-p4 后内谷的前角压住外中谷。显然,本文所描述的材料外中谷深入双叶颈的程度是最大的。

高特格材料与榆社材料在双叶谷、冠面褶皱和下内尖形态上也具有一定差别。在双叶谷的形状上, V 16771.1 和 V 16775 的多数颊齿双叶谷较宽浅,呈 U 形,与 V 8204 相似,只有在 p2 和 m3 上形状才呈 V 形,这和正型标本的 V 字形双叶谷是不一样的。高特格地点材料的下颊齿冠面比榆社地区材料的下颊齿冠面具有更丰富的褶皱。在 V 16771.1 和 V 16775.1-2 上,除了磨蚀较轻的 p4 和 m3, 都可以看到前窝前壁上的褶皱 1-2 个,而榆社材料下颊齿下前谷前壁上或者没有褶或者只有很小的褶皱。在 V 16771.1 和 V 16775.1-2 上还可以清楚地看到下次尖前端的突起,而在榆社材料下颊齿的下次尖上却几乎没有突起。高特格地点材料的下颊齿下内尖的前外角较尖长, V 16771.1 的 m1, m2 和 V 16775.1 的下内尖几乎与下次尖前端的突起相连而封闭下后谷,但是榆社材料下颊齿的

下内尖较圆,前外角很小,下次尖内壁上也没有突起与之相连从而封闭下后谷。

另外,在 V 16772. 1 上可以清楚地看到犬齿上相对较深的磨蚀痕迹,这与邱占祥等(1987)描述的“在颊齿磨蚀很深的老年个体中犬齿也是很少磨蚀的”是不同的。

近三趾马亚属 *Plesiohipparion* Qiu et al., 1987

黄河(近)三趾马 *Hipparion* (*Plesiohipparion*) *huangheense* Qiu et al., 1987

(图 4,5)

选型标本 IVPP V 3104, 左下颌水平支带 p2-m3, 产自陕西蒲城东窑村(榆社期)。由邱占祥等(1987)指定,现保存于中国科学院古脊椎动物与古人类研究所。

材料 IVPP V 16773, 一枚右 p4, 王晓鸣 2003 年采集于 DB03-2 点; V 16774. 1-2, 1 枚右 p2 和 1 枚左 p4, Rachel Yukimura, 木村由莉和 Gary Takeuchi 2009 年采集于地表。

测量 见表 3-4。

描述 全部 3 枚下颊齿的齿冠都非常高(表 3), 磨蚀程度都很轻。根据邱占祥等(1987)的标准,两颗 p4 应都属于青年期的个体, p2 可能亦属于青年期的个体。

表 3 内蒙古高特格地点黄河三趾马下颊齿的测量

Table 3 Measurements of lower cheek teeth of *Hipparion huangheense* from Gaotege, Nei Mongol

(mm)

Specimen No.	L	W	H	L _{1/2}	H. I.
V 16773	22.1	14.1	70.7	24.2	292.1
V 16774. 1	27.1	13.2	49.0	—	—
V 16774. 2	23.6	13.7	60.4	24.1	250.6

缩写 Abbreviations: L. length 长; W. width 宽; H. height 冠高; L_{1/2}. length at half height 冠高 1/2 处的长; H. I. height index, H. I. = H×100/L_{1/2} 冠高指数; measured at 10 mm above root; do not calculate height index for p2 according to Qiu et al. (1987).

表 4 黄河三趾马下颊齿冠面的测量和比较

Table 4 Occlusal measurements and comparison of lower cheek teeth of *Hipparion huangheense*

(mm)

Tooth	Gaotege, Nei Mongol			Pucheng, Shaanxi	Yushe, Shanxi
	V 16773 Subadult	V 16774. 1 ? Subadult	V 16774. 2 Subadult	V 3104 Adult	THP 10097 Adult
p2	L×W d. k. (I.)	28.9×13.2 11.9 (41.2)		31.5×— 16.0 (50.8)	28.8×13.0 14.2 (49.3)
p3	L×W d. k. (I.)			26.4×— 17.1 (64.8)	24.0×13.5 16.0 (66.7)
p4	L×W d. k. (I.)	25.8×11.3 14.5 (56.2)	24.4×11.1 11.8 (48.4)	25.7×15.3 15.7 (61.1)	25.0×13.4 14.6 (58.4)

缩写 Abbreviations: L. length 长; W. width 宽; d. k. length of double knot 双叶长; I. length index of double knot 双叶长指数, I=d. k./L; data of V 3104 and THP 10097 based on Qiu et al., 1987.

p2: 牙齿冠面向牙根方向收缩较弱。下原尖和下次尖外壁平,下原附尖褶和下次附尖褶弱;双叶贺风型,角状明显;双叶谷浅,V 字形;双叶颈略向前倾;外中谷浅,呈喇叭状开口向前外方;下马刺发育;下后谷比下前谷长,但形状均似矩形,下前谷前壁和后壁各有 1 个褶皱,下后谷前壁 3 个褶皱,后壁 1 个褶皱,下后谷前壁上的一个褶皱与下马刺相对;下内尖长,其前外角较尖长,内后角较圆,其后的凹很小,下次小尖弱。

p4: 下原尖和下次尖外壁较平,未见下原附尖褶,下次附尖褶弱;双叶谷宽浅,U 字形;双叶颈略向前倾;下马刺发育;下次小尖较弱。2 枚 p4 中,V 16773 的齿冠更高,冠面大小向牙根方向略有收缩;而 V 16774. 2 的

冠面大小向牙根方向几乎没有收缩。V 16773 双叶贺风型,并沿纵向伸长;V 16774. 2 由于磨蚀浅于 V 16773,双叶形状窄长并沿纵向扭曲。V 16773 的外中谷抵住下后谷前外角,未深入双叶颈,向前外方呈 U 形开口;而 V 16774. 2 的外中谷宽浅,向前外方呈喇叭状开口。V 16773 的下前谷和下后谷比较对称,下原尖和下次尖内壁向内凸,而 V 16774. 2 的下后谷比下前谷稍长,下原尖内壁凸向内侧,但下次尖内壁较平且其上有 5 个突起;V 16773 在下前谷前壁上有 1 个褶皱,下后谷前壁有 3 个褶皱,而 V 16774. 2 在下前谷前壁与下后谷前、后壁各有 1 褶皱。V 16773 的下内尖较圆小,前外角圆钝但内后角很尖,内后角后的凹较大;V 16774. 2 的下内尖较窄长,前外角和内后角较尖,内后角后的凹很深。

比较 高特格材料颊齿高冠,冠面双叶贺风型,双叶谷宽并且双叶沿纵向伸长,外中谷宽浅,开口向前外方,下马刺发育,前内谷和后内谷比较对称,次附尖褶弱。这些特征与邱占祥等(1987)建立的 *Plesiohipparion* 亚属属征较为一致。该亚属目前有 4 个归入种,*H. rocinantis* Hernández-Pacheco, 1921, *H. houfenense* Teilhard de Chardin & Young, 1931, *H. huangheense* Qiu et al., 1987 和 *H. zandaense* Li & Li, 1990。

欧洲的 *H. rocinantis* 的下次附尖褶很明显,下内尖短宽,其后的凹很深而且宽大,与高特格的材料明显不同。因此,在这里不作深入的比较。*H. zandaense* 的下次附尖、下马刺和下反马刺的发育程度都很弱,与本文描述的材料也不相同,因此,高特格的材料也不属于 *H. zandaense*。*H. houfenense* 下原尖和下次尖的内壁较平,外中谷开口后外向;*H. huangheense* 下原尖和下次尖的内壁向内侧比较凸,下马刺非常发达使得外中谷开口前外向,颊齿冠面结构也更复杂一些。高特格标本形态上与 *H. huangheense* 的更为一致,因此归入 *H. huangheense*。

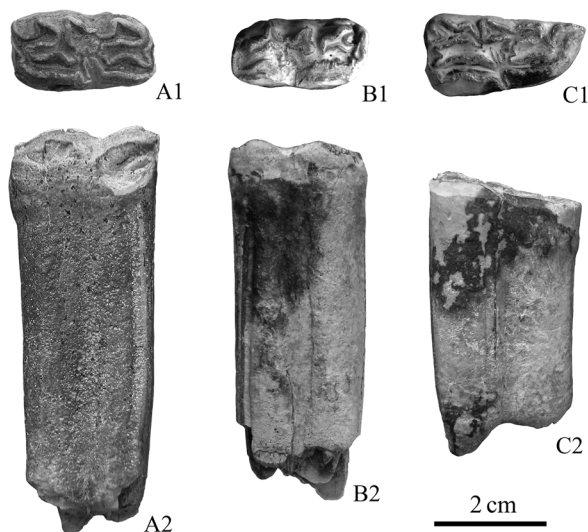


图 4 高特格地点黄河三趾马的下颊齿化石
Fig. 4 Lower cheek teeth of *Hipparion huangheense* from Gaotege locality

A. V 16773, right p4; B. V 16774. 2, left p4;
C. V 16774. 1, right p2; 1. occlusal view; 2. labial view

H. huangheense 属于大型进步的三趾马, 之前仅发现于陕西蒲城和山西榆社 (任炳辉, 1965; 邱占祥等, 1987), 高特格的新材料与原有材料也存在一些细微差别。在邱占祥等 (1987) 描述的 V 3104 和 THP 10097 这两件 *H. huangheense* 标本上, 下颊齿的外中谷内端膨大, 外口收缩显著, 下反马刺明显, 下马刺常呈分叉状。高特格者的外中谷外宽内窄, 即使在 p2 上外中谷的末端也是尖的; 下马刺虽发育, 但下反马刺并不明显, 导致外中谷外口收缩并不明显; 下马刺的分叉并不明显, 仅在 V 16774.2 上有一点痕迹。此外, 高特格者的下前、后谷壁上的褶皱更多一些, 双叶颈前倾的趋势要弱一些。高特格者的 p2 (V 16774.1) 上, 双叶颈没有像在榆社的 V 3104 和 THP 10097 的 p2 上一样倾到下后尖的中间, 而是处于下后尖和下后附尖的中间。

2 下颊齿横切面分析

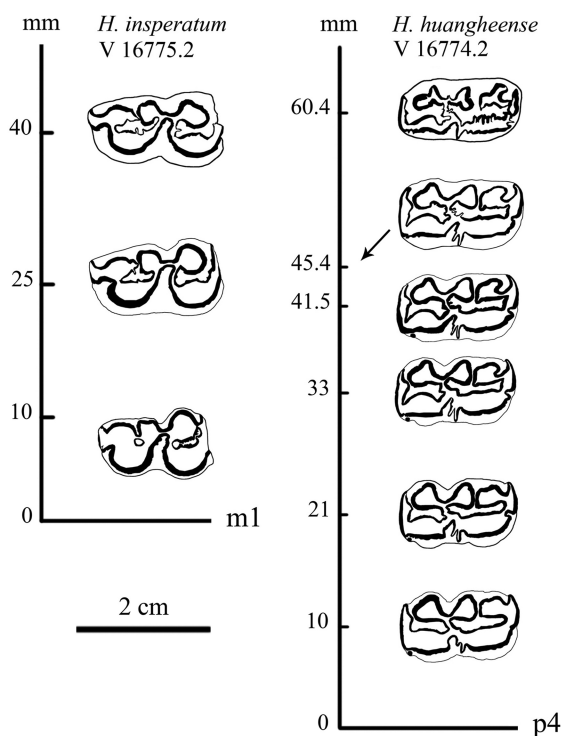


图5 意外三趾马和黄河三趾马的下颊齿横切面, 表明年龄变异

Fig. 5 Cross-sections of m1 of *H. insperatum* and p4 of *H. huangheense*, showing ontogenetic variations

之前发现的 *H. insperatum* 和 *H. huangheense* 材料较少, 其牙齿冠面形态随个体发育的变化尚不清楚, 为此特意挑选高特格 *H. insperatum* 的 m1 和 *H. huangheense* 的 p4 各一枚进行连续横切 (图5), 尝试确定冠面特征与磨蚀程度或年龄之间的关系。

从图5中可以看出, *H. insperatum* 的此枚 m1 冠面特征中明显受磨蚀或年龄变化影响的有: 磨蚀面面积从顶部向根部逐渐变小; 下后尖逐渐大于下后附尖, 双叶向唇侧弯曲的趋势渐渐变弱; 下前谷和下后谷渐渐封闭; 下内尖渐渐变圆, 其前外角由尖变成连接下后附尖从而将下后谷封闭; 下次小尖由强变弱。随着磨蚀的加深, 不受磨蚀或年龄变化影响的特征是: 双叶形状较圆, 下后附尖内后角稍呈尖角状; 双叶谷宽浅, U 字形; 外中谷很深, 接近双叶谷底; 下原尖和下次尖外壁圆隆, 下原附尖不发育。

H. huangheense 的此枚 p4 冠面特征中明显受磨蚀或年龄变化影响的有:

双叶长的比例随着磨蚀加深而加大; 双叶颈前倾的趋势略有增强; 外中谷较浅, 形状在磨蚀最深的阶段变得内端较圆, 并且磨蚀越深下反马刺越明显, 从而显得外中谷的开口处有

收缩;下马刺在磨蚀最初期没有分叉,但稍有加深就变成两个分叉,而在磨蚀的后期,下马刺则有变弱的趋势;下前谷和下后谷的形状也稍有变化,下原尖内壁向内侧凸起得越来越弱,下前、后谷的内壁褶皱越来越少;下前附尖随着磨蚀加深变得越来越明显;下原附尖开始没有,在磨蚀中期以孤立的小尖出现;下内尖渐渐变得较圆钝,其前外角和内后角变得渐渐不明显,内后角后的凹变得越来越小。随着磨蚀的加深,不受磨蚀或年龄变化影响的特征是:磨蚀面面积从顶部向根部几乎没有变小;除了磨蚀最初期比较窄长扭曲,双叶形状稳定,呈贺风型;双叶谷一直较宽,呈 U 字形;下次小尖变化不大。

由切片结果可知,高特格 *H. insperatum* 的外中谷形态几乎不受磨蚀或年龄变化影响,但双叶谷、冠面褶皱和下内尖形态都会随磨蚀或年龄变化而改变,因此,作者认为外中谷更具有鉴定意义。高特格材料在双叶谷、下内尖和下前、后谷的形态及褶皱等特征上与榆社者不同而更接近 *H. tchikoicum* 者,有可能是由于前二者存在年龄差异或它们生存的年代不同造成的。目前看来,高特格 *H. insperatum* 的外中谷深入双叶颈的水平在 *Baryhipparion* 亚属中是最高的,可能也是比较原始的特征。*H. huangheense* 的双叶形态为稳定的贺风型,并且下马刺一直较发育,下次附尖褶弱,下内尖随磨蚀加深由较长变为较圆,其后的凹也明显小于 *H. rocinantis*, 这些特征是 *H. huangheense* 比较可靠的鉴定特征,而其冠面褶皱随磨蚀加深或年龄变化的变化是较大的。

3 讨论

高特格 *H. insperatum* 材料中 V 16771 和 V 16772 采自 DB02-5 点,属剖面的第 3 层。根据古地磁数据计算,DB02-5 的年代大约为 4.34 Ma (徐彦龙等,2007)。之前报道的 *H. insperatum* 材料仅发现于山西榆社盆地的白海和赵庄村的麻则沟组地层中,该组底部年代据古地磁结果约为 3.4 Ma (Flynn et al., 1997)。蒙古 Shamar 地点的 *Hipparion* (*B.*) *tchikoicum* 的地质年代大约为 3.16 ~ 2.68 Ma (Vislobokova et al., 1994)。比较高特格和榆社的 *H. insperatum* 和 Shamar 的 *H. tchikoicum*, 高特格者下前臼齿的外中谷最深,榆社者其次,Shamar 者最浅 (Zhegallo, 1978)。据此推测,榆社 *H. insperatum* 的地质年代应介于高特格和 Shamar 两地点者之间,即在 3.4 ~ 3.16 Ma 之间。

高特格 *H. huangheense* 中的 V 16773 采自 DB03-2 点,位于剖面第 5 层顶部,与下部的 DB03-2 高度上相差约 30 m。根据古地磁结果和沉积速率推算,DB03-2 的年代应晚于 4.072 Ma,大致为 3.9 Ma (徐彦龙等,2007)。之前,*H. huangheense* 的材料仅发现于陕西蒲城和山西榆社。在下颊齿下内尖和下马刺等形态特征上,蒲城的 V 3104 比较接近高特格的 V 16773,榆社的 THP 10097 似乎比它们都稍原始一点,因此蒲城和高特格地点的时代应较接近,榆社者稍早一些。

与下部 DB02-5 的 *H. insperatum* 相比,上部 DB03-2 的 *H. huangheense* 的齿冠明显增高,同是轻微磨蚀的状况下,p4 的高度从前者的 ~ 50 mm (V 16771. 1) 增高到后者的 ~ 70 mm (V 16773)。通常认为,三趾马牙齿的冠高是与其摄取食物的坚硬和粗糙程度正相关的,高特格地点三趾马牙齿冠高的增高可能反映出植被的草原化和环境的干旱化趋势。相似的证据还有小哺乳动物化石,下部层位富含依水而生的河狸类,而且鼯类臼齿低

冠、釉质曲线低、无白垩质;上部层位无任何河狸,而且鼯类臼齿高冠、釉质曲线高、出现白垩质。小哺乳动物组合面貌的改变也指示了高特格古环境的干旱化和草原化趋势(李强, 2006)。Zhang et al. (2009)分析了内蒙古中部地区晚渐新世以来的多种化石草食性哺乳动物以及现生草食性哺乳动物牙釉质中保存的碳、氧同位素,得出该地区早上新世之后气候有变干的趋势,这也与本文的推论是较为一致的。

4 结论

(1) 内蒙古高特格地点发现的三趾马化石分别被鉴定为意外三趾马(*H. insperatum*)和黄河三趾马(*H. huangheense*),这是两种生活在上新世的形态非常特殊的特大型三趾马。之前的*H. insperatum*仅发现于山西榆社地区,而*H. huangheense*仅发现于陕西蒲城和山西榆社地区,高特格标本的发现扩大了这两个种的地理分布范围。

(2) 对*H. insperatum*的m1和*H. huangheense*的p4进行横切观察显示,*H. insperatum*的双叶一直较圆,下后尖渐渐大于下后附尖,外中谷形态并不随着磨蚀而有大的改变;*H. huangheense*的双叶稳定、贺风型,外中谷随着磨蚀的加深,其内端变得宽圆,下马刺渐弱而下反马刺显现,其下内尖逐渐变得圆钝,其后的凹也逐渐变小。

(3) 根据古地磁数据,高特格的*H. insperatum*和*H. huangheense*的地质年龄分别为4.3和~3.9 Ma。相对较低齿冠的*H. insperatum*向极高齿冠的*H. huangheense*的转换反映了高特格地点在上新世时期环境的干旱化和草原化,这与小哺乳动物化石研究和食草类牙齿化石釉质碳、氧稳定同位素分析得出的结论是一致的。

致谢 感谢导师邓涛研究员的指导,感谢邱占祥院士给予的耐心指导并帮助查找、阅读俄文文献,邱铸鼎研究员和李强副研究员在本文写作过程中给予了指导和许多帮助,曾志杰(Zhijie Jack Tseng)修改英文摘要,曹颖和周珊两位老师帮助查找文献,化石采集者和所有野外工作人员付出了辛苦劳动。本文描述的化石由李凤朝师傅修理,下颊齿连续横切由张文定老师和张蜀康操作,笔者在此表示感谢。

FOSSILS OF PLIOCENE HIPPARION (EQUIDAE, PERISSODACTYLA) FROM GAOTEGE LOCALITY, NEI MONGOL AND THEIR IMPLICATIONS

PANG Li-Bo

(Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology,
Chinese Academy of Sciences Beijing 100044 libopang2002@yahoo.com.cn)
(Graduate University of the Chinese Academy of Sciences Beijing 100039)

Key words Gaotege, Nei Mongol; Pliocene; *Hipparion*; cheek teeth; paleoenvironment

Summary

The Gaotege locality is about 70 km southwest of Xilinhot and 33 km northeast of Tsagan Nor in Abag Qi (Banner) of central Nei Mongol (Inner Mongolia). The Pliocene sediments at

Gaotege are about 70 m thick, and were described and divided into 8 beds by Li et al. (2003). In this paper, fossils of two species of *Hipparion* collected from Gaotege are described.

Perissodactyla Owen, 1848

Equidae Gray, 1821

***Hipparion* de Christol, 1832**

***Baryhipparion* Qiu et al., 1987**

***Hipparion* (*Baryhipparion*) *insperatum* Qiu et al., 1987**

(Figs. 2, 3, 5)

Holotype THP 19009, anterior and middle portion of skull with lower jaw, male old individual from Baihai in Yushe, Shanxi, stored in Tianjin Museum of Natural History.

Materials Right p2-m3 (IVPP V 16771.1), one lower left canine (V 16771.2), one broken left premaxilla with canine and partial maxilla (V 16772.1) and one broken right premaxilla with canine and partial maxilla (V 16772.2), one right p2 (V 16775.1) and one right m1 (V 16775.2).

Measurements See Tables 1-2.

Remarks *H. insperatum* is a notable hipparionine species established by Qiu et al. (1987). It is the largest *Hipparion* currently known in China. Materials reported previously were few in number and found only from Yushe, Shanxi. The new materials described here from Gaotege can be identified as *H. insperatum* because they have the typical characters of this species: processus intermaxillaris very prominent, canine robust with well-developed anterior and posterior "wings", comparatively low crown, double knot of lower cheek teeth relatively round, ectoflexid penetrates deeply into the isthmus on premolars, labial wall strongly convex. The most similar species to *H. insperatum* is *H. tchikoicum*, but the ectoflexid in the latter does not penetrate into the isthmus on premolars and the size of the teeth is also smaller than that of *H. insperatum*.

***Plesiohipparion* Qiu et al., 1987**

***Hipparion* (*Plesiohipparion*) *huangheense* Qiu et al., 1987**

(Fig. 4, 5)

Lectotype IVPP V 3104, left lower jaw with p2-m3 from Dongyaocun in Pucheng, Shaanxi, stored in Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences.

Material One right p4 (IVPP V 16773), one right p2 (V 16774.1), one left p4 (V 16774.2).

Measurements See Tables 3-4.

Remarks *H. huangheense* is a large-sized hipparionine species and previously reported materials are all lower jaws or lower teeth. The lower cheek teeth of *H. huangheense* have very prominent characters as described below. The materials collected from Gaotege locality are all lower cheek teeth and hypsodont with slight wear, so they probably belong to young individuals. They are identified as *H. huangheense* based on these diagnostic characters of *H. huangheense*: double knot hofenoid pattern and elongate lengthwise, lingual flexid wide, ectoflexid wide and shallow opening towards anterolateral side, postflexid and preflexid symmetrical, pli caballinid developed, pli hypostylid weak. The most similar species to *H. huangheense* is *H. hofenense*, but its protoconid and hypoconid have flat labial walls, its pli antecaballinid is more developed so that the ectoflexid opens towards posterolateral side.

One m1 (V 16775.2) of *H. insperatum* and one p4 (V 16774.2) of *H. huangheense* have been cut in serial transverse sections and Fig. 5 shows the morphologic characters through

the cross-sections. Through tooth wear, the double knot of *H. insperatum* maintains its roundedness, the metaconid gradually becomes larger than metastylid, but the morphology of the ectoflexid changes little; the double knot of *H. huangheense* maintains the houfenoid form by wearing, the lingual end of the ectoflexid widens, the pli caballinid becomes smaller but pli antecaballinid becomes larger, the shape of the entoconid becomes obtuse and its posterior concavity becomes smaller.

The specimens of *H. insperatum* are collected from the lower bed (Bed 3) which is estimated to be 4.3 Ma and those of *H. huangheense* are collected from the upper bed (Bed 5) which is about 3.9 Ma based on paleomagnetic dating at the Gaotege locality (Xu et al., 2007). The younger species is clearly higher-crowned than the older one. This may be related to their different diets, and the chronological order of their appearance may indicate the process of environment drying and grassland expansion in the Pliocene in central Nei Mongol.

References

- Flynn L J, Wu W Y, Downs W R III, 1997. Dating vertebrate microfaunas in the late Neogene record of northern China. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol*, **133**: 227–242
- Ivanijev L, 1966. The problem of stratigraphic subdivision of Cenozoic redbeds of western Transbaikalia based on paleontologic data. *Izv East-Siberian Div USSR Geogr Soc*, **65**: 82–94 (in Russian)
- Li F L (李凤麟), Li D L (厉大亮), 1990. Latest Miocene *Hipparion* (*Plesiohipparion*) of Zanda Basin. In: Yang Z Y et al. eds. *Paleontology of the Ngari Area, Tibet (Xizang)*. Wuhan: China University of Geosciences Press. 186–193, 228–229, 271–272 (in Chinese with English summary)
- Li Q (李强), 2006. Pliocene rodents from the Gaotege Fauna, Nei Mongol (Inner Mongolia). PhD Dissertation. Beijing: Graduate University of the Chinese Academy of Sciences. 1–111 (in Chinese with English summary)
- Li Q (李强), Wang X M (王晓鸣), Qiu Z D (邱铸鼎), 2003. Pliocene mammalia fauna of Gaotege in Nei Mongol (Inner Mongolia), China. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **41**(2): 104–114
- MacFadden B J, 1992. *Fossil Horses: Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae*. Cambridge: Cambridge University Press. 1–369
- Qiu Z D (邱铸鼎), Wang X M (王晓鸣), Li Q (李强), 2006. Faunal succession and biochronology of the Miocene through Pliocene in Nei Mongol (Inner Mongolia). *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **44**(2): 164–181
- Qiu Z X (邱占祥), Huang W L (黄为龙), Guo Z H (郭志慧), 1987. The Chinese hipparionine fossils. *Palaeont Sin (中国古生物志)*, New Ser C, **25**: 1–250 (in Chinese with English summary)
- Ren B H (任炳辉), 1965. Mammalian fossils from an upper Cenozoic section at Puchen, Shensi. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **9**(3): 298–301 (in Chinese with English summary)
- Sisson S, 1953. *The Anatomy of the Domestic Animals*. Philadelphia: Saunders W B Comp. 1–972
- Teilhard de Chardin P, 1926a. Etude géologique sur la région du Dalai-Noor. *Mém Soc Géol France*, **7**: 1–56
- Teilhard de Chardin P, 1926b. Description de mammifères Tertiaires de Chine et de Mongolie. *Ann Paléont*, **15**: 1–51
- Vislobokova I A, Dmitriyeva E L, Kalmykov N P, 1994. On the mammalian fauna of Udunga, western Transbaykalia. *Paleont J*, **28**: 166–172
- Woodburne M O, Swisher C C III, 1995. Land mammal high-resolution geochronology, intercontinental overland dispersal, sea level, climate, and vicariance. In: Berggren W A, Kent D V, Aubry M-P et al. eds. *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. Soc Sediment Geol Spec Publ, **54**: 335–364
- Xu Y L (徐彦龙), Tong Y B (仝亚博), Li Q (李强) et al., 2007. Magnetostratigraphic dating on the Pliocene mammalian fauna of the Gaotege Section, central Inner Mongolia. *Geol Rev (地质论评)*, **53**(2): 250–260 (in Chinese with English summary)
- Zhang C F, Wang Y, Deng T et al., 2009. C₄ expansion in the central Inner Mongolia during the latest Miocene and Early Pliocene. *Earth Planet Sci Lett*, **287**: 311–319
- Zhegallo V I, 1978. *Hipparionines of Central Asia*. Moscow: Science Press. 1–152 (in Russian)