

# 重论真马(*Equus* 属)首次出现可作为第四纪下限的标志

邓 涛 薛 祥 煦

(西北大学地质系, 新生代地质与环境研究所, 陕西西安, 710069)

真马(*Equus* 属)首次出现曾被作为第四纪下限标志, 近年来不断受到怀疑、甚至否定。然而, 根据目前公认的2.5Ma B. P. 的第四纪下限, 则真马在欧亚大陆的首次出现正与此界线吻合, 从欧洲维拉方动物群、中国北方泥河湾地层、南方元谋盆地, 以及其他剖面得到的证据都证明了这一点。真马首次出现事件与2.5Ma B. P. 的许多重大地质事件同时, 如古地磁高斯期与松山期界线, 中国黄土开始堆积、北极冰盖出现、新构造运动第一次强化等。真马首次出现于2.5Ma B. P. 是由于北极冰盖出现所伴随的海平面下降, 导致白令海峡露出水面, 欧亚大陆和北美大陆得以连通, 在北美起源并在进化上取得成功的真马迅速扩散至欧亚大陆等地。因此, 真马首次出现可以作为这些地区第四纪下限的一个显著标志, 尤其是在欧亚大陆。

关键词 真马(*Equus*), 第四纪下限, 第四纪, 2.5Ma B. P., 欧亚大陆

第四纪下限是一个长期争论不休的问题, 许多研究者各自从不同研究领域和剖面地点出发, 划分出不同的界线, 使这个问题变得十分复杂。早在1948年, 第18届国际地质大会建议以意大利卡拉布里阶(Calabrian)(海相)的底作为第四系底界, 同时把与此相当的欧洲维拉方阶(Villafanchian)的底界作为陆相更新统的下限。1982年第11届国际第四纪研究联合会(INQUA)代表大会期间, 上新世/更新世界线分会与国际地质合作计划(IGCP)第41项工作组召开了联席会议, 暂定将意大利卡拉布里亚半岛南部弗得卡(Vrica)层型剖面作为Q/N界线方案向INQUA推荐, 这一界线的年龄约为1.7Ma B. P.。许多研究者认为作出这一决定并不意味着第四纪下限的最终解决和观点统一, 例如, 根据在我国, 尤其是黄土地区的工作, 一个比较公认的看法为第四纪底界应该在绝对年龄值2.5Ma B. P. (Heller *et al.*, 1982; 刘嘉麒等, 1995)。

原先认为维拉方动物群中真马、真牛和真象的出现是一个重要特征, 因此, 以这3种化石的首次出现作为第四纪开始的标志。后来发现这3种动物并不同时出现, 所以又单独把其中的真马首次出现作为第四纪开始的标志。可是又发现维拉方阶与卡拉布里阶并不完全同时, 引起了更多的混乱, 所以许多人认为以真马的出现作为第四纪下限标志是一个错误。

现在大多数人公认2.5Ma B. P. 为第四纪下限, 这条界线确实伴有许多重大地质事件, 如古地磁的高斯期与松山期界线、中国黄土开始初次堆积、北极冰盖出现(Bachman, 1979)、新构造运动第一次强化(朱照宇等, 1994)、人属(*Homo*)中的能人(*H. habilis*)开始出现(Vrba, 1985), 因此, 这一界线是恰当的。Xu(1989)认为, 真马的首次出现标志着约2.5Ma B. P. 的一个重要气候事件, 也许可以代表上新世和更新世界线。把真马的首次出现作为与此界线同时的一个显著事件, 作为陆相第四系下限的一个标志, 尤其是在欧亚大陆上, 理由如下:

## 一、维拉方动物群的证据

在欧洲,维拉方阶最早归入上新统,后来发现在维拉方期气候已变得相当寒冷,至少它的一部分是这样,按照当时以“气候第一次恶化”作为第四纪开始的定义,所以把维拉方阶改归更新统。自1948年以来,维拉方阶一直作为欧洲下更新统的标准地层单位,真马化石并非出现于维拉方阶底部。在欧洲,*Equus*属最早出现的层位是法国 Issoire 附近的 Mt Perrier 剖面上部,以及西班牙 Logvona 的 Villaroya 剖面与维拉方阶中部相当的层位,在这两个剖面的下部地层中都只含三趾马化石。第一次进入欧洲的真马是一种大型的马,即 *Equus bressanus*。在原先所谓的3种早更新世标准化石中,这是侵入欧洲的第二种化石,第一种是最早出现的真牛(*Lep tobos*属),第三种是较晚出现的真象(*Elephas*属),在维拉方期中,真马、真牛和真象并不同时出现(Kurten, 1968)。对于上述3种动物的出现时序,有着不同的看法,Lindsay *et al.* (1980)和 Azzaroli (1983)把真马和真象的出现合称为“象马事件(*Elephant-Equus event*)”。但他们关于这一事件的发生时间存在不同看法:Lindsay 等认为是2.6Ma B. P.; Azzaroli 认为是3.0Ma B. P.。我们认为,真马和真象的起源中心不同,迁徙的路径和时间也有差异,而且真象的概念并非如真马的概念那样明确,仅真象亚科(*Elephatinae*)中就有许多不同的属,它们的出现也有先后,所以,不宜把真象和真马的出现作为一个事件来看待,应该将对真马首次出现的讨论与其他动物的扩散事件区分开来。实际上,关于真马出现于维拉方阶中部的时代,可以从 Azzaroli (1977)的研究中得知。他在重新研究了维拉方阶地层后,将它分为上、中、下3段及6个动物群,其中上、中维拉方阶属下更新统,包括4个动物群,其下界经 K-Ar 法测年为2.5Ma B. P.,大致相当于古地磁的高斯期-松山期界线;下维拉方阶属上新统,包括2个动物群,其下界经 K-Ar 法测年为3.4-3.5Ma B. P.,大致相当于古地磁的吉尔伯特期-高斯期界线。Azzaroli 对维拉方阶的重新划分,结论实际上与 Kurten (1968)的论述是相同的,即在早维拉方期并没有真马出现,*Equus*属在欧洲最早出现是在中维拉方阶(绝对年龄1.9-2.5Ma B. P.)的下部。Bonifay (1990)对法国的维拉方动物群的研究也证明,真马最早出现在 MN16带,而 MN16带在法国 Massif Central 地区的底界年龄为2.47Ma B. P.,因此, Bonifay 在生物事件的排序中将真马的首次出现定在2.47Ma B. P.。以上事实说明,根据以2.5Ma B. P. 作为第四纪底界的定义,则这个界线在欧洲维拉方阶地层中是伴随着真马首次出现的。

## 二、泥河湾地层的证据

1924年巴尔博(G. B. Barbour)首先对泥河湾一带的地层进行了观察,建立了泥河湾层(Nihewan Beds)的地层单位,其后,巴尔博、桑志华(E. Licent)、德日进(P. Teilhard de Chardin)、皮韦托(J. Piveteau)等对泥河湾层及其哺乳动物化石进行了进一步的研究。1948年国际地质大会在确定维拉方阶的底为欧洲陆相更新统下界的同时,建议将泥河湾层之底作为中国更新统的下限,这一建议在1954年得到我国地质工作者的正式肯定和引用。但是,随着研究工作的进展,对泥河湾层产生了许多不同的看法,大体有3种意见: 1) 泥河湾层属下更新统; 2) 泥河湾层由下更新统和中更新统组成; 3) 泥河湾层不仅包含下更新统和中更新统,还有上更新统,而且底部还可能上新统(卫奇等, 1989)。现在我们来探讨泥河湾地层内下更新统的底界问题。

汤英俊等(1983)根据河北蔚县东窑子头剖面建立了东窑子头组及伴生的东窑子头动物群,该动物群的化石包括假河狸(?*Dipoides* sp.)、中国貉(*Nyctereutes* cf. *sinensis*)、变异猞猁(*Lynx variabilis*)、轭齿象(*Zygodon* sp.)、贺风三趾马(*Hipparion* cf. *houfenense*)、副骆驼(*Paracamelus* sp.)、进步古麟(*Palaeotragus progressus*)、蔚县旋角羚(*Antilopriayuxianensis*)、轴鹿(?*Axis* sp.)等,其中贺风三趾马、轭齿象、古麟、旋角羚和假河狸等都是生活于上新世的代表,而对于主要生活于第四纪的猞猁、中国貉、披毛犀、副骆驼等,具有许多原始的特征,如副骆驼,与泥河湾动物群中的巨骆驼(*Paracamelus gigas*)相比,不仅骨骼上的一些形态特征不同,其个体大小也相差很大,距骨比巨骆驼小得多;反而与乌克兰敖德萨附近洞穴堆积中的 *P. alexejevi* 个体大小相似,而 *P. alexejevi* 是上新世的代表。三门马(*Equus sanmeniensis*)、四不像鹿(*Elaphurus*)及中国古野牛(*Bison palaeosinensis*)等典型的第四纪种类在东窑子头动物群中还未曾见到,因此,我们赞成将东窑子头动物群划归上新世。

李毅(1984)在蔚县东窑子头组之上的地层中发现了一些化石,主要包括鬣狗(*Hyaena* sp.)、直隶狼(*Canis chihliensis minor*)、贾氏獾(*Meles chiai*)、狐狸(*Vulpes* sp.)、三门马(*Equus sanmeniensis*)、泥河湾东方鼠(*Orientalomys nihowanicus*)、小拉氏兔(*Ochotona lagrelii minor*)等。这些哺乳动物化石几乎都是泥河湾动物群的主要成员,如三门马、直隶狼、贾氏獾等,与两个小哺乳动物化石泥河湾东方鼠和小拉氏兔的古老性相结合,说明这些化石属泥河湾动物群,这段地层应该代表更新世最早期的沉积(郑绍华,1981),即狭义的泥河湾组。由于这段地层与东窑子头组的上下关系,因此,代表早更新世早期的泥河湾动物群的底界在蔚县剖面中应位于上述泥河湾组与东窑子头组之间,而真马(三门马)的初次出现正与此界线吻合。

吴佩珠等(1995)利用氨基酸测年方法研究了泥河湾层的年龄,尤其是第四纪的下限。在蔚县东窑子头组中,测年样品为骨化石,取自剖面下部的灰白色砂砾岩层,测得其年龄为2.78Ma B. P.。吴佩珠等认为,本区的第四系下限拟划在蔚县剖面东窑子头组之上的泥河湾组底界,其年龄值应为2.5Ma B. P.左右,*Equus*属的三门马正好首次出现于此剖面的泥河湾组底部,因此,真马的首次出现恰好与2.5Ma B. P.的第四系底界吻合。

### 三、元谋盆地的证据

云南元谋盆地一直是中国南方早更新世地层的一个标准地点,其研究历史也象泥河湾地区一样相当早。本世纪二、三十年代,格兰阶(W. Granger)等人在元谋盆地采集了哺乳动物化石,柯尔伯特(E. H. Colbert)在40年代研究了这些化石,将其中的马类化石定名为云南马(*Equus yunnanensis*),并根据云南马个体小以及牙齿上的一些原始特征,认为与缅甸上伊洛瓦底的动物群相当,同时也可与华北早更新世的泥河湾层比较。裴文中(1961)提出含云南马的更新世初期地层还可与印巴次大陆的上西瓦利克的宾久层(Pinjor)、塔特罗特层(Tatrot)对比,地质时代相当于欧洲的维拉方期。1965年发现人类化石后,许多研究者参与了本地区的工作,又提出一些不同的看法。

元谋盆地的化石层包括在原来广义的“元谋组”中,它分为4段,现在的元谋组指的是上部的三、四段,而下部的一、二段称为沙沟组(宗冠福,1996)。李焱贤(1981)认为,来自元谋盆

地的化石可分为两组:剖面下部的一、二段(即沙沟组)包含了晚上新世的森林动物;上面的三、四段(即元谋组)包含有一些新第三纪的残余分子,种的绝灭率也很高,但也包含一些在华北和华南都很普遍的第四纪分子,典型的如真马属的云南马,且大熊猫—剑齿象动物群中的大熊猫和獾等都没出现,时代应为早更新世早期。

沙沟动物群由钱方等(1991)从原来含混的元谋动物群分出,它产于沙沟组。周明镇(1961)最早研究了产自元谋沙沟附近地层中的似法氏大水獾(*Enhydriodon cf. falconeri*),认为时代可相当于含此类化石的印度中西瓦利克的道克派珊层(Dhok Pathan),时代为晚上新世。宗冠福(1996)认为 Dhok Pathan 属中新世晚期,而 *Enhydriodon falconeri* 是产在上西瓦利克的 Tatrot, 时代为上新世晚期。总之,沙沟动物群属上新世晚期无疑,它不含 *Equus* 属化石,其下的小河动物群含池猿(*Laccopithecus sp.*)和平齿三趾马(*Hipparion platyodus*)等化石。钱方等(1991)认为小河动物群与南亚中西瓦利克动物群、中国北方保德动物群和云南禄丰动物群相当,属上新世无疑,而张玉萍等(1978)认为小河动物群也包含在沙沟组中,沙沟组自然都属于上新世。元谋动物群产自元谋组,其中含有丰富的哺乳类化石,上部含著名的元谋人(*Homo erectus yuanmouensis*);动物群中第三纪残余种较多,有泥河湾剑齿虎(*Megantereon cf. nihowanensis*)、爪蹄兽(*Nestoritherium sp.*)、龙川始柱角鹿(*Eostylocerus longchuanensis*)、狍后鹿(*Metacervulus capreolinus*)、细鹿(*Paracervulus attenuatus*)、湖鹿(*Muntiacus lacustris*)、最后枝角鹿(*Cervoceros ultimus*)、纤细原始狍(*Procarceolus stenosis*),在38种哺乳动物中绝灭种占了92%;动物群中还有早更新世的云南马(*Equus yunnanensis*)、元谋狼(*Canis yuanmouensis*)、桑氏鬣狗(*Hyaena licenti*)、类象剑齿象(*Stegodon elephantoides*)、山西轴鹿(*Axis shansius*)、粗面轴鹿(*Axis cf. rugosus*)、云南水鹿(*Rusa yunnanensis*)等;鹿类臼齿上有的残留有新第三纪的古鹿褶(palaeomeryx fold),有与爪哇早更新世相似的斯氏鹿(*Cervus stehlini*);长鼻类如类象剑齿象能与缅甸上伊洛瓦底的象类对比;缺少大熊猫—剑齿象动物群中的典型种类如大熊猫、獾、中国熊、猩猩、猕猴等。以上这些特点已充分说明元谋动物群属早更新世,我们同意元谋动物群为早更新世最早动物群的观点。

元谋动物群之下的沙沟动物群无真马出现,因此元谋动物群中的云南马是首次出现,且最早出现于原“元谋组”第三段,即现在的元谋组底部。根据古地磁测定,松山期与高斯期(M/G)的界线在元谋组底部,年龄为2.48Ma B.P.(钱方等,1991;宗冠福,1996)。如以M/G界线作为第四纪底界,*Equus*属的云南马在元谋剖面正好出现于此界线上,因此真马的出现显然可以作为第四纪底界的一个参照物。

#### 四、其他剖面的证据

晋东南的黄土自老而新分为:老R红土、新R红土、上离石黄土、马兰黄土和全新世黄土,其中老R红土分布在榆社盆地的东部。曹家欣等(1995)在老R红土的底砾层中发现了较多的哺乳动物化石,其中以马的牙齿最多,经鉴定为真马(*Equus sp.*),化石保存完好,无流水搬运痕迹,证明不是再沉积的产物,代表真马出现的真实层位,老R红土之下的榆社群只含三趾马,不含真马。根据古地磁研究(石宁等,1994;Shi, 1994),老R红土形成于2.5-

1. 5Ma B. P., 即老 R 红土的底界为 2.5Ma B. P., 而真马化石正好产于界线之上的底砾层中。

在陕西渭南的游河地区, 含早更新世泥河湾动物群的地层为黄褐色的粗粒沉积, 非正式地被称作“黄三门”, 而含上新世游河动物群的地层为绿色或灰绿色非常细粒的泥岩或泥灰岩, 相应地称作“绿三门”。真马化石首次出现于该区的黄三门中, 其下的绿三门只含三趾马化石(薛祥熙, 1981)。葛同明等(1991)对渭南阎村 W7 孔岩芯样品进行的磁性地层学研究表明, 黄三门记录了松山极性时, 年龄约 2.48–1.60Ma B. P., 绿三门记录了高斯极性时, 年龄约 3.00–2.48Ma B. P.; 朱日祥等(1995)在渭南游河宋家北沟剖面进行的古地磁研究, 也证明 M/G 界线位于三门组(狭义的三门组, 即黄三门)与游河组(即绿三门)的交界面。因此, 游河地区的剖面也说明, 真马的出现恰好位于 2.48Ma B. P. 的 M/G 界线上。

汪洪(1988)在陕西大荔的后河村组中发现了真马(*Equus cf. sanmeniensis*)化石, 该地点的后河村组相当于上述的“黄三门”, 而后河村组之下的地层即为相当于“绿三门”的游河组。根据对后河村组中发现的化石, 尤其是啮齿类化石的对比分析, 发现后河村动物群的地质时代晚于游河动物群, 而早于泥河湾动物群。通过与欧洲哺乳动物群的对比, 可以认为后河村动物群相当于欧洲的 Villanyian 期, 即中维拉方期, Azzaroli(1977)已经证明中维拉方期开始于 2.5Ma B. P., 所以后河村动物群的时代约为 2.5Ma B. P.。徐钦琦(1989)也据此认为真马在华北地区的首次出现是在 2.5Ma B. P.。

## 五、讨论

根据欧洲和中国不同剖面的对比, 按照目前公认的以 2.5Ma B. P. (约相当于古地磁 M/G 界线)作为第四纪的底界, 真马(*Equus* 属)的首次出现恰好与此界线吻合, 因此可以把真马首次出现作为第四纪开始的一个标志, 而这一标志在实际使用中比古地磁或其他测年法更直观并易于野外识别。

真马的首次出现与 2.5Ma B. P. 的界线吻合是否纯属偶然? 事实并非如此。从中新世以来全球气温开始出现冷暖周期性波动, 在局部地方甚至已出现冰期。全球气温在 2.5Ma B. P. 前不久第一次下降到低于今天的温度, 北极冰盖的出现即是其显示(Backman, 1979)。低温导致海水大量结冰, 并引起海平面下降, 白令海峡(Bering Strait)因此得以露出海面, 成为北美与欧亚大陆联通的陆桥(邓涛, 1995), 已经有充分的证据说明白令陆桥的建立及由此而产生的动物交流与气候剧变有关。Repenning(1984)进一步指出, 在 2.5Ma B. P. 前后, 北半球发生了新生代以来大陆冰量的第一次重要聚集, 而在此之前(相当于早维拉方期), 欧洲和北美的气候状况被描述为温暖、湿润, 植被以森林为主体(Bonifay, 1980; Repenning, 1984), 而到 2.5Ma B. P. 左右, 气候从温暖转变为寒冷(Azzaroli, 1983)。根据对东西伯利亚 Kolyma 低地 Krestovka 剖面的研究, 冰楔和永久冻土在该剖面的 Kutuyakh 层上部首次出现, 其年龄经 K-Ar 法测定约 2.5Ma B. P., 与上述大陆冰量的第一次重要聚集相吻合。与此事件相对应的是, 这一时期阿拉斯加的动物群与东西伯利亚的动物群非常相似(Repenning, 1984), 对田鼠化石的研究进一步表明, 之间的相似程度甚至远高于阿拉斯加与美国其他各州之间(Repenning, 1987)。这些事实说明在 2.5Ma B. P. 的气候转寒事件中, 白令陆桥已经开通, 而这一通道是双向的, 即欧亚大陆和北美的动物可以由西往东, 也可以由东往西进行扩散。

Bonifay (1980) 已经证明, 哺乳类地理分布的变化是与气候环境变迁密切相关的。以欧洲为例, 动物群序列与古气候阶段之间存在着很好的对应关系。Repenning (1987) 对晚新生代田鼠在欧洲、亚洲、北美的10次扩散或侵入事件的研究也表明, 这些事件与大气降温或海平面下降相伴随, 这些事件是属于整个全北界的生物扩散事件。

真马在北美出现于早 Blancan 期, 地质年龄为3.5Ma B. P., 最早的真马包括 *Equus pons*, *E. shoshonensis*, *E. simplicidens* 等几个种 (Winans, 1989)。由于欧亚大陆和北美大陆在上述2.5Ma B. P. 的气候转寒事件中得以通过陆桥相联, 在进化上已取得成功的真马迅速向欧亚大陆扩散, 扩散速度非常快。一个先进的物种只要适应某个地区的自然条件, 它的扩散速度非常惊人, 如欧洲人将兔子带到澳大利亚, 仅几十年的时间兔子就大量繁殖并广布澳大利亚各地。因此, 真马在欧亚大陆各地由于扩散而产生的“时间差”是极小以致可以忽略不计的, 也就是说, 我们可以认为真马在欧亚大陆的出现从地质年代尺度上来说是同时的。

最后需要说明, 本文认为真马的首次出现可以作为第四纪底界的一个标志, 但并非认为真马化石是一个可全球对比的标准化石。如上所述, 真马在北美大陆的起源早于2.5Ma B. P., 这实际上也是任何一个物种在其发生中心与分布地区间存在的一个共同特点, 也就是说, 我们不可能找到一种在全球任何地点都首次出现在同一时间的化石。因此, 我们认为可以用真马首次出现作为第四纪下限的一个易于识别、并与公认的2.5Ma B. P. 界线吻合的标志, 尤其是在欧亚大陆。

## 参 考 文 献

- 卫 奇, 谢 飞, 1989. 泥河湾研究论文选编. 北京: 文物出版社, 1- 4.
- 邓 涛, 1995. 新生代陆桥的动物迁移与气候变化. 大自然探索, 14(4): 76- 81.
- 石 宁, 刘皇凤, 陆文松, 1994. 晋东南王宁 R 红土剖面的磁性研究及其形成年代和环境. 第四纪研究, (2): 183- 191.
- 刘嘉麒, 韩家懋, 袁宝印等, 1995. 近年来中国第四纪研究与全球变化. 第四纪研究, (2): 150- 155.
- 汤英俊, 计宏祥, 1983. 河北蔚县上新世- 早更新世的一个过渡哺乳动物群. 古脊椎动物与古人类, 21(3): 245- 254.
- 朱日祥, 岳乐平, 白立新, 1995. 中国第四纪古地磁学研究进展. 第四纪研究, (2): 162- 173.
- 朱照宇, 丁仲礼, 汉景泰, 1994. 新构造活化与气候恶化. 第四纪研究, (1): 56- 66.
- 李焱贤, 1981. 我国南方第四纪哺乳动物群的划分和演变. 古脊椎动物与古人类, 19(1): 67- 76.
- 李 毅, 1984. 河北蔚县大南沟哺乳动物化石及其地层时代. 古脊椎动物与古人类, 22(1): 60- 68.
- 汪 洪, 1988. 陕西大荔一早更新世哺乳动物群. 古脊椎动物学报, 26(1): 59- 72.
- 吴佩珠, 龙天才, 王淑芬, 1995. 泥河湾层的氨基酸年龄测定. 地质科学, 30(2): 159- 165.
- 张玉萍, 尤玉柱, 计宏祥等, 1978. 云南地区新生界及脊椎动物化石. 地层古生物论文集, 第七辑. 北京: 地质出版社, 1- 22.
- 郑绍华, 1981. 泥河湾地层中小哺乳动物的新发现. 古脊椎动物与古人类, 19(4): 348- 358.
- 宗冠福, 1996. 元谋盆地的新第三纪地层. 地层学杂志, 20(2): 138- 145.
- 周明镇, 1961. 元谋水獭化石的发现和滇东晚第三纪哺乳动物化石层的对比. 古脊椎动物与古人类, (2): 164- 167.
- 钱 方, 周国兴等, 1991. 元谋第四纪地质与古人类. 北京: 科学出版社, 1- 184.
- 徐钦琦, 1989. 华北晚新生代哺乳动物的进化事件及其与欧美的对比. 古脊椎动物学报, 27(2): 117- 127.
- 曹家欣, 石 宁, 张建中, 1995. 晋东南黄土. 第四纪研究, (2): 123- 129.
- 葛同明, 樊利民, 徐 行, 1991. 渭南阎村 W7 孔岩芯样品的古地磁学研究. 海洋地质与第四纪地质, 11(4): 59- 77.
- 裴文中, 1961. 云南元谋更新世初期的哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, (1): 16- 30.
- 薛祥煦, 1981. 陕西渭南一早更新世哺乳动物群及其层位. 古脊椎动物与古人类, 19(1): 35- 44.

- Azzaroli A, 1977. The Villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary. *Giornale di Geologia*, **41**(2): 61-79.
- Azzaroli A, 1983. Quaternary mammals and the "end-Villafranchian" dispersal event- a turning point in the history of Eurasia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **44**: 117- 139.
- Backman J, 1979. Pliocene biostratigraphy of DSDP 111 and 116 from the northern Atlantic Ocean and of northern hemisphere glaciation. *Stockholm Contribution in Geology*, **33**: 115- 137.
- Bonifay M F, 1980. Relations entre les donnees isotopiques oceaniques et l'histoire des grandes faunes europeennes plio-pleistocenes. *Quaternary Research*, **14**(2): 251- 262.
- Bonifay M F, 1990. Relations between paleoclimatology and Plio-Pleistocene biostratigraphic data in West European countries. In: Lindsay E H *et al.* eds. European Neogene mammal chronology. New York: Plenum Press, 475- 485.
- Heller F, Liu T S, 1982. Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. *Nature*, **300**: 431- 433.
- Kurten B, 1968. Pleistocene mammals of Europe. London: Weidenfeld and Nicolson, 1- 12.
- Lindsay E H, Opdyke N D, Johnson N M, 1980. Pliocene dispersal of the horse *Equus* and late Cenozoic mammalian dispersal events. *Nature*, **287**: 135- 138.
- Repenning C A, 1984. Quaternary rodent biochronology and its correlation with climatic and magnetic stratigraphies. In: Mahaney W C ed. Correlation of Quaternary chronologies. Norwich: Geo Books Regency House, 105- 118.
- Repenning C A, 1987. Biochronology of the microtine rodents of the United States. In: Woodburne M O ed. Cenozoic mammals of North America. Los Angeles: University of California Press, 236- 268.
- Shi N, 1994. The Late Cenozoic stratigraphy, chronology, palynology and environmental development in the Yushe Basin, North China. *Striae*, **36**: 1- 90.
- Vrba E S, 1985. Ecological and adaptive changes associated with early hominid evolution. In: Delson E ed. Ancestors: the hard evidence. New York: Alan R Liss Inc., 63- 71.
- Winans M C, 1989. A quantitative study of the North American fossil species of the genus *Equus*. In: Prothero D R, Schoch R M eds. The evolution of Perissodactyls. New York: Oxford University Press, 262- 297.
- Xu Q Q, 1989. Late Cenozoic mammalian events in North China. In: Liu G W, Ruyich T, Lin Q L eds. Proceeding of International Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Events. Nanjing: Nanjing University Press, 129- 136.

## Redemonstrating the first appearance of the genus *Equus* as a sign of the lower boundary of the Quaternary

Deng Tao      Xue Xiangxu

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi, 710069)

**Abstract** The first appearance of the genus *Equus* was regarded as the sign of the lower boundary of the Quaternary, but it has been doubted, even negated, in late years. According to the lower boundary of the Quaternary at 2.5 Ma B.P., which is generally accepted at present, however, the first appearance of the genus *Equus* in Eurasia is just right identical with the boundary, which is proved by the evidences from the Villafranchian Fauna in Europe, the Nihewan Beds in North China, the Yuanmou Basin in South China, and other profile sections.

boundary s age is 2.5 Ma B. P. by the potassium-argon dating. In North China, the lower part of the Nihewan Beds is called the Dongyaozitou Formation with a Pliocene fauna; above it, there is the Nihewan Formation with an early Pleistocene fauna. The fossils of *Equus sanmeniensis* are collected from the bottom of the Nihewan Formation and the age of the bottom is 2.5 Ma B. P. by the amino acid dating. In South China, the Yuanmou Formation in the Yuanmou Basin is divided into two parts: the first part includes a Pliocene fauna in Members 1- 2 of the Formation; the second part includes an early Early Pleistocene fauna in Members 3- 4 of the Formation. The fossils of *Equus yunnanensis* occur earliest in Member 3 of the Yuanmou Formation, and the oldest of the member is 2.48 Ma B. P. by the paleomagnetic dating. Some data of the plaeomagnetic dating also proved that the first appearance of the genus *Equus* is at the boundary of Matuyama/ Gauss, 2.48 Ma B. P. in the profile sections of the southeastern Shanxi Province and the Youhe district, Shaanxi Province.

The first appearance of the genus *Equus* was contemporary with many important geological events at about 2.5 Ma B. P., such as the boundary of Matuyama/ Gauss in magnetostratigraphy, the loess accumulation s beginning in China, the appearance of the ice map in the Arctic, and the first strengthening of the neotectonism. The first appearance of the genus *Equus* at the 2.5 Ma B. P. was not a coincidence. The fall of the sea level, which was caused by the appearance of the ice map in the Arctic, made the bottom of the Bering Strait emerge and connect between Eurasia and North America. The genus *Equus*, which originated in North America and succeeded in evolution, spread rapidly into Eurasia and other regions through the landbridge. Therefore, the first appearance of the genus *Equus* can be regarded as an easily recognized sign of the lower boundary of the Quaternary in the regions, especially in Eurasia.

**Key words** genus *Equus*, lower boundary of the Quaternary, Quaternary, 2.5 Ma B. P., Eurasia

## 敬 告 作 者

根据《中华人民共和国著作权法》的精神,本刊编辑部曾于1994年12月刊印“致作者”的声明:作者在向本刊编辑部(不包括私人)寄发稿件之日起6个月内如没有收到退还的原稿或其他通知,即表示本刊已予接受,将择时刊出。在作者寄稿件之日起的6个月内,务请作者勿将同样的或类似稿件再投其他刊物,造成一稿两投或一稿多投;如不能等待,来稿时务请加说明,本刊将予以特殊处理。

鉴于目前尚有极少数作者一稿两投或一稿多投,本刊特此重申上述声明,请予支持、遵守。