



论文

新疆准噶尔盆地北缘夺勒布勒津剖面的地层学及环境意义

叶捷^{①*}, 吴文裕^①, 倪喜军^①, ShunDong BI^③, 孙继敏^④, Jin MENG^{①②}

① 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044;

② Division of Paleontology, American Museum of Natural History, USA;

③ Department of Biology, Indiana University of Pennsylvania, PA 15705, USA;

④ 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

* E-mail: jieye@hotmail.com

收稿日期: 2012-02-08; 接受日期: 2012-06-24

国家自然科学基金(批准号: 40872032)、国家基础研究发展计划项目(编号: 2012CB821904)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号: KZCX2-YW-120, KZCX2-YW-Q09-06)资助

摘要 新疆准噶尔盆地北缘夺勒布勒津台地西侧的索索泉组与上覆哈拉玛盖组为连续堆积地层, 在该地测制的地层剖面, 完善了索索泉组, 并可与铁尔斯哈巴合剖面连接, 组成时间跨度为 25~13.5 Ma 的基本上连续的夺勒布勒津-铁尔斯哈巴合综合剖面. 索索泉组厚约 150 m, 是以风成沉积为主体的地层. 该组堆积始于地磁极性时 C6Cr 顶, 止于 C5Cr, 地质时间约为 24~17 Ma, 跨越了最晚渐新世至早中新世晚期近 7 Ma 的时间. 夺-铁剖面岩性变化明显、含多层哺乳动物化石且古地磁记录较完整, 是目前研究中国北方该时段中陆相哺乳动物年代和气候环境变化的理想剖面. 剖面也为了解现代亚洲风系和风成沉积的形成过程、亚洲中纬度内陆地区的干旱化过程以及这个过程与全球环境变化、青藏高原隆升、副特提斯海的退缩等因素的关系, 提供了新的认识和证据.

关键词准噶尔盆地
夺勒布勒津剖面
索索泉组
哺乳动物地层年代
环境演变

自 1995 年以来中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的新疆课题组持续不断地在新疆准噶尔盆地北缘开展了新生代地层与哺乳动物年代学的研究. 该地区分布有自始新世至晚中新世各个时期的地层^[1,2]. 近年来, 我们报道了乌伦古河以北的铁尔斯哈巴合剖面及乌伦古河以南的顶山盐池剖面. 前一剖面包括了晚渐新世铁尔斯哈巴合组、最晚渐新世至早中新世索索泉组和中中新世早期哈拉玛盖组^[3,4], 后一剖面则包括早中新世索索泉组、中中新世早期哈拉玛盖组和中中新世晚期至晚中新世晚期的顶山盐

池组^[5], 这两个剖面有可能连接成这个地区的从晚渐新世至晚中新世的连续剖面, 这个连续剖面对于研究这个时期中国以至亚洲的哺乳动物年代地层, 研究新生代以来的环境变化有着非同寻常的意义. 然而, 岩石学、古生物学和古地磁综合研究, 表明两剖面中的索索泉组与哈拉玛盖组之间存在沉积间断, 并推断河北剖面中缺失了与古地磁 C5D~C5Br 段相对应的、时间跨度约为一个百万年的地层^[3], 使得这个岩石地层序列存在缺憾.

早在 1996 年, 作者等在铁尔斯哈巴合剖面西南

约 54 km 处、位于乌伦古河南岸的夺勒布勒津台地西侧进行早期地质踏勘时, 实测了剖面 96DL, 该剖面涵括了乌伦古河组、索索泉组和哈拉玛盖组^[2]. 区域内地层对比^[6]表明, 96DL 剖面中的索索泉组顶部地层是已知最晚的索索泉组堆积, 也是目前在该地区野外观察到的索索泉组和哈拉玛盖组之间没有明显沉积间断的唯一剖面(图 1(b)), 所含化石也表现出一定的连续性, 因此该两组地层在夺勒布勒津台地西为整合接触^[6,7]. 由此夺勒布勒津地点的剖面成为建立准噶尔盆地北缘自晚渐新世至晚中新世连续地层剖面, 并进一步开展相关研究的关键地层剖面.

在 96DL 剖面基础上, 作者于 2009 年再次在此测制了索索泉组顶部和哈拉玛盖组地层剖面, 采集了古地磁样品和筛洗采集了以小哺乳动物为主的化石, 在本文中称新测剖面为夺勒布勒津剖面. 这项工作利用磁性地层对比, 进一步证实了夺勒布勒津台地西侧的索索泉组与上覆的哈拉玛盖组堆积的连续性, 它填补了区域上的索索泉组和哈拉玛盖组之间的沉积缺失, 补充和完善了索索泉组, 将乌伦古河以北的铁尔斯哈巴合剖面与以南的顶山盐池剖面连接成一条从晚渐新世至晚中新世的连续地层剖面. 本文将从岩石地层、生物地层和磁性地层学三方面重点介绍夺勒布勒津剖面和完善了的索索泉组. 最后, 作为与文章相关的重要内容, 简介作者对准噶尔盆地北缘晚始新世至晚中新世期间环境演变的认识和证据, 有关的详细研究将另文发表.

1 夺勒布勒津地层剖面

夺勒布勒津剖面位于夺勒布勒津台地西侧, 剖面起点: 46°36.181'N, 87°46.885'E, 位于索索泉组顶部地层中; 剖面终点: 46°33.808'N, 87°47.173'E, 位于台地顶部可可买登段地层中. 整个剖面包括索索泉组顶部地层(厚 32 m), 哈拉玛盖组(厚 37 m), 及可可买登组(厚 17.1 m).

1.1 岩石地层(自上而下)

可可买登组:

31~28 层. 以土黄色河床相为主体的砂砾岩堆积. 厚 17.1 m

哈拉玛盖组:

27~19 层, 浅灰绿色河湖相砂泥岩堆积. 厚 37 m

索索泉组:

18 层, 棕红色泥岩. 断面见不规则的铁锰质团, 顶部渐变为灰绿色. 厚 7.8 m

17~16 层, 浅灰绿色石英中细砂岩, 顶部为灰绿色泥岩, 含哺乳动物化石. 厚 4 m

15~12 层, 红棕色泥质粉砂岩夹砂岩透镜体. 厚 5.8 m

11~10 层, 黄绿色细砂岩, 底部为一层厚 20 cm 的暗褐色砂砾岩, 向上变为粉砂岩, 含小哺乳动物化石. 厚 1.9 m

9~1 层, 红棕色粉砂质泥岩夹黄棕色泥质砂岩. 厚 12.5 m

剖面中的索索泉组仅相当于 1996 年实测剖面(96DL)中索索泉组近顶部地层^[2]. 96DL 剖面始于古近纪乌伦古河组, 止于中中新世可可买登组. 尽管该剖面中的部分索索泉组地层位于低地, 相对覆盖较多, 岩性组合仍能与 2002 年测制的铁尔斯哈巴合剖面^[3]中的索索泉组的各岩性组合段进行较好的对比. 96DL 中的索索泉组近底部地层为红泥岩, 不均匀地夹有含细砾砂层, 并含有相当于铁尔斯哈巴合剖面中索-II 带的哺乳动物化石, 表明 96DL 剖面中缺失了铁尔斯哈巴合剖面中的十余米厚的索索泉组的最早期堆积. 在 96DL 剖面的索索泉组顶部地层中出现的一套夹灰绿色碎屑岩层的红色土状堆积, 应相当于夺勒布勒津新剖面中从第 10 层开始的索索泉组地层. 但该套堆积在乌伦古河以北的索索泉组露头中均缺失. 剖面第 10 层和第 11 层的总厚度不到 2 m, 构成了一个近乎完整的沉积韵律: 底部为厚 20 cm 的暗褐色钙质细砾岩, 砾石成分主要为下部红泥岩中的钙质细结核, 其上为 1.3 m 厚的浅灰绿色粗砂岩, 向上逐渐变细为绿色粉砂岩. 从第 12 层开始是近 6 m 厚的红粘土层, 到第 16 层, 再次出现 3.3 m 厚的浅灰绿色具斜层理的石英中细砂岩, 紧接的第 17 层为 70 cm 厚的灰绿色泥岩; 其上近 8 m 厚的红粘土层, 但接近顶部时渐变为绿泥岩. 从第 19 层开始进入了哈拉玛盖组, 整套地层是以浅灰绿色为主体的河湖相堆积, 再也没有红粘土层出现. 显然该剖面中索索泉组顶部地层与上覆哈拉玛盖组是逐渐过渡的(图 1(b)), 两者为整合接触.

本剖面中的哈拉玛盖组仅厚 37 m, 其中下部以砂岩、砂砾岩为主, 局部夹泥质粉砂岩, 顶部以杂色泥质粉砂岩为主. 可可买登组较厚, 达 17.1 m, 是一

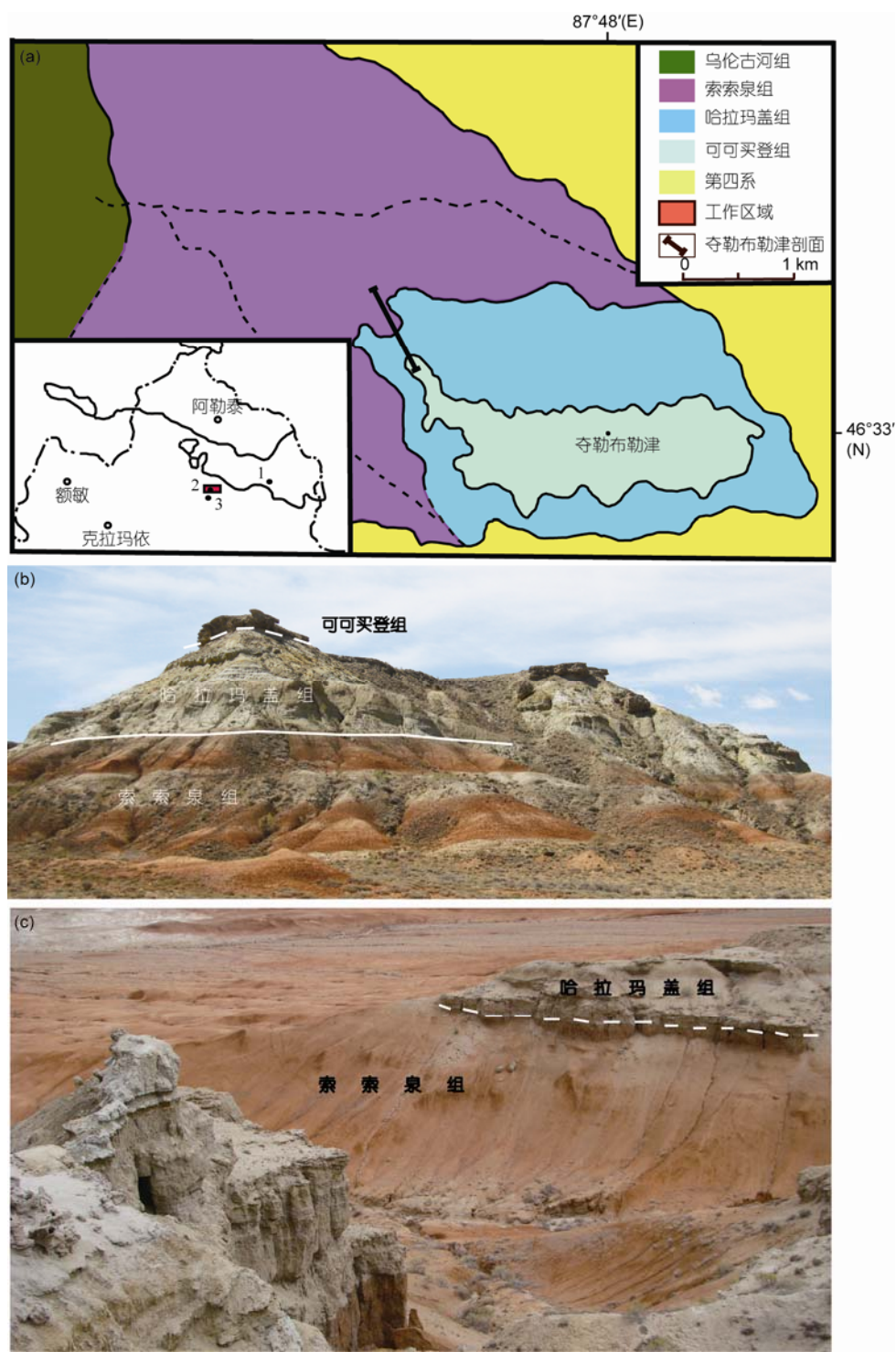


图 1 夺勒布勒津地理位置、地质略图及索索泉组与哈拉玛盖组接触关系

(a) 夺勒布勒津地理位置及工作区地质略图; 1, 铁尔斯哈巴合剖面; 2, 96DL 剖面; 3, 顶山盐池剖面位置. (b) 夺勒布勒津台地西侧的索索泉组与哈拉玛盖组的地层过渡整合关系. (c) 索索泉组与哈拉玛盖组在区域上的平行不整合接触(拍摄于铁尔斯哈巴合剖面东)

套典型的土黄色河床相地层, 其底部为一薄层铁质砂砾岩, 在中上部地层中偶尔可见到不稳定的铁质纹层. 叶捷等认为可可买登组与哈拉玛盖组间为平行不整合接触.

1.2 化石组合及生物地层意义

第 10~11 层(12.5~14.4 m)相当于 96DL 剖面的索索泉组顶部下砂层^[6~8]. 已发现的哺乳动物化石有: *Megacricetodon* sp., *Democricetodon* sp., *Cricetodon* sp., *Aplodontidae* gen. et sp. indet., *Sciuridae* gen. et sp. indet., *Prodryomys* sp., *Heterosminthus* sp., *Talpidae* gen. et sp. indet., *Soricidae* gen. et sp. indet., *Galericinae* gen. et sp. indet., *Alloptox* sp. 等化石. 其中, *Megacricetodon* sp. 和 *Cricetodon* sp. 较哈拉玛盖组的原始, *Cricetodon* sp. 显然较泗洪下草湾组的进步^[9]. *Heterosminthus* sp. 的 m1 和 m2 形态和尺寸均与 *Heterosminthus jucundus* 非常相似, 后者的正型标本产自哈萨克斯坦斋桑盆地的 Sarybulak 组., 时代相当于欧洲陆相哺乳动物分期 MN5-6^[10]. *Alloptox* sp. 的 p3 形态较黑山头地点索索泉组的动物组合中的进步. 该动物组合的时代应该晚于泗洪动物群和黑山头组合, 但早于哈拉玛盖组的动物组合.

第 16 层(20.2~23.5 m)相当于 96DL 剖面的索索泉组顶部上砂层^[6~8]. 2009 年采集的哺乳动物化石有 *Megacricetodon* sp., *Democricetodon* sp., *Alloptox* sp., *Sciuridae* gen. et sp. indet., *Eomyidae* gen. et sp. indet. (?*Ritteneria* sp.), *Sayimys* sp., *Atlantoxerus giganteus*, *Viverra* sp., *Rhinocerotidae* gen. et sp., 以及长鼻类和偶蹄类等化石碎片. 2009 年前研究和发表过的上砂层的动物群分子还有 *Schizogalerix duolebulejinensis*, *Plicalagus junggarensis*, *Atlantoxerus giganteus*, *Atlantoxerus junggarensis*, *Thalassictis chinjiensis*, *Alopecocyon goeriachensis*, *Lagomeryx* sp., 以及 *Eotragus halamagaiensis*^[6~8, 11~13]. 其中 *S. duolebulejinensis*, *P. junggarensis*, *A. giganteus*, *A. junggarensis* 和 *E. halamagaiensis* 都是上覆哈拉玛盖组中的成员, 表现出向哈拉玛盖动物组合过渡的性质.

从第 19 层开始为哈拉玛盖组, 地表有较多的偶蹄类牙齿和大哺乳动物骨片等, 2009 年末筛选出小哺乳动物. 历年来在夺勒布勒津哈拉玛盖组底部采集到的化石大多是铁尔斯哈巴合地区哈拉玛盖组底部的化石组合的成员. 目前已鉴定出哈拉玛盖组底部

哺乳动物化石 40 余种, 其中的 *Platybelodon*, *Zygolophodon*, *Stephanocemas*, *Eotragus*, *Pliopithecus*, *Gobicyon*, *Protalactaga*, *Tachyoryctoides*, *Alloptox* 属的进化水平与宁夏丁家二沟哺乳动物群最为接近^[7]. 丁家二沟哺乳动物群可与前苏联北高加索地区的 *Belomecheskaya* 动物群 (MN6) 对比^[14, 15], *Anchitherium*, *Palaeomeryx* 与欧洲 Sansan 动物群的进化水平相接近^[16], 故哈拉玛盖组底部动物组合大体可以和欧洲陆相哺乳动物分期中的 MN6 对比^[7, 17].

在新剖面的第 29 层可可买登组中发现一块 *Pliopithecus* 属的下颌化石, 也是 2009 年在可可买登组发现的唯一化石. 叶捷等^[7]曾报道过该可可买登组地层中产出有 *Turcocerus kekemaidengensis*, *Dicrocerus grangeri*, *Brachypotherium* sp., *Platybelodon* sp., *Chilotherium* ? sp., *Kubanochoerus* sp., *Castoridae* gen. et sp. indet 等. 该 7 属 7 种化石皆为内蒙古通古尔动物群成员, 因而可大体将该段动物组合与欧洲 MN7+8 对比.

1.3 磁性地层

在整个剖面中共采集古地磁样品 155 块. 可可买登组岩性太粗, 不适合采样, 仅在索索泉组、哈拉玛盖组近底部泥岩夹层和顶部粉砂岩层中采集了样品, 采样间距平均 0.25 m. 样品退磁和剩磁测试, 是在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室的零磁空间中进行, 采用系统热退磁法, 使用超导磁力仪进行剩磁测量. 所获结果表现为图 2 的磁性地层剖面. 这里主要识别剖面下部 40 m 厚的有连续采样的地层段的极性时段. 该段地层以负向极性为主, 其中仅 8.5~9, 9.75~10.25, 29.25~29.75, 30.75, 36.29~39.07 m 的样品为正向. 在与地磁标准极性时带对比时可将 8.5~10.25 m 视为一个混合正向带, 29.25~30.75 m 看作另一个混合正向带. 考虑到 12.5~14.4 和 20.2~24.2 m 所含哺乳动物化石组合进化水平大体相当于欧洲 MN5, 32 m 后出现的哺乳动物化石组合可与欧洲 MN6 对比, 该段地层的堆积时间大致相当于早中新世最晚期-中中新世早期, 即位于地磁标准极性时带 C5E~C5C 的范围之内. 岩性分析表明 0~12.5 m 的岩性组合相当于铁尔斯哈巴合剖面的索索泉组顶部地层段, 综合该段地层的岩性和化石对比及相应的磁性特征, 认为 8.5~10.2 m 可与 C5En 对比, 相当于铁尔斯哈巴合剖面的索索泉组顶部的正向极性时段;

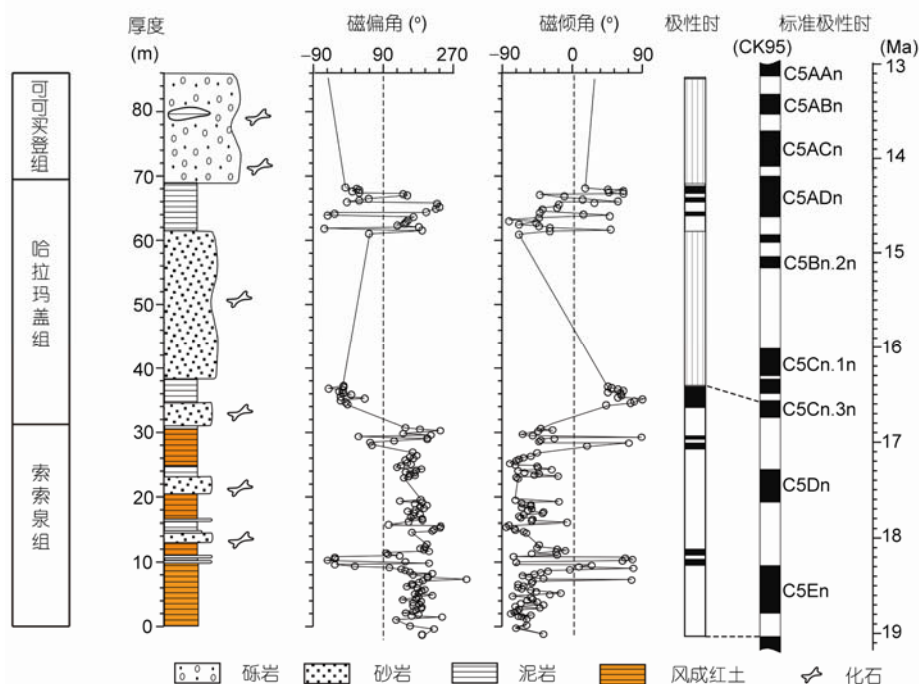


图 2 夺勒布勒津剖面磁性地层

29.25~30.75 m 与 C5Dn 对比, 36.29~39.07 m 与 C5Cn 对比(见图 2)。该对比结果表明, 夺勒布勒津地磁剖面中索索泉组磁性地层与哈拉玛盖组底部磁性地层间无明显的地磁极性时段缺失, 与二组间生物组合的连续性和岩石地层的过渡性吻合。

2 索索泉组地层及其生物年代意义

通过岩石地层、哺乳动物化石和磁性地层的分析对比, 将夺勒布勒津剖面和铁尔斯哈巴合剖面相叠加, 建立了一个从 25 Ma(铁尔斯哈巴合组底)至 13.5 Ma(可可买登组顶, 相当于顶山盐池组底^[18])的大体连续堆积的地层剖面。我们将这个剖面称为夺勒布勒津-铁尔斯哈巴合综合剖面, 简称为夺-铁剖面(D-T)(图 3)。

在夺-铁剖面中, 我们得到了完整的索索泉组, 总厚度约 150 m, 堆积始于地磁极性时 C6Cr 上部, 地质时间略早于 24 Ma, 止于 C5Cr, 地质时间约为 17 Ma。整套地层跨越了最晚渐新世至早中新世晚期近 7 Ma 的时间。索索泉组是准噶尔盆地北缘分布最广的新生代地层, 范围已超过 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 分布于准噶尔北缘不同高程的地理盆地、超覆于不同地层之上,

是盆地中目前所知最早的以风成堆积为主体的地层^[3,18]。索索泉组以层理不发育的块状红粘土堆积为主, 底部地层仅出现在铁尔斯哈巴合地区, 与下伏晚渐新世铁尔斯哈巴合组整合接触, 夹有较密集的砂砾石层, 反映了初期尚不稳定的风成环境。中部为大套泥岩, 砂岩夹层少且分布不均, 风化表面多见细小的碳酸盐结核。顶部仅出露于夺勒布勒津台地西侧, 以两个浅灰绿色碎屑岩夹层为特征, 表明风成堆积结束时段至少曾发生过两次明显的气候波动, 与上覆哈拉玛盖组底部地层呈连续过渡。

工作区内索索泉组的化石地点已达 30 余处。对各地点化石层位及组合分析, 可在索索泉组内划分出 6 个不同时期或层位的小哺乳动物组合带: 铁尔斯哈巴合剖面索索泉组中的 S-I, S-II 和 S-III 带, 黑山头动物组合带 S-h, 南干渠动物组合带 S-n, 和夺勒布勒津剖面的顶部带 S-u。黑山头动物组合和南干渠动物组合分别产自这两个剖面之外的黑山头和南干渠地点的索索泉组地层中。依据动物组合性质可以插入 S-III 带之上、S-u 带之下, 其层位应能与铁尔斯哈巴合剖面中的 105.5~160 m 的索索泉组地层相当。

索索泉组哺乳动物组合 I 带(S-I)是最底部的化石带。化石组合具有晚渐新世动物群性质^[3], 位于

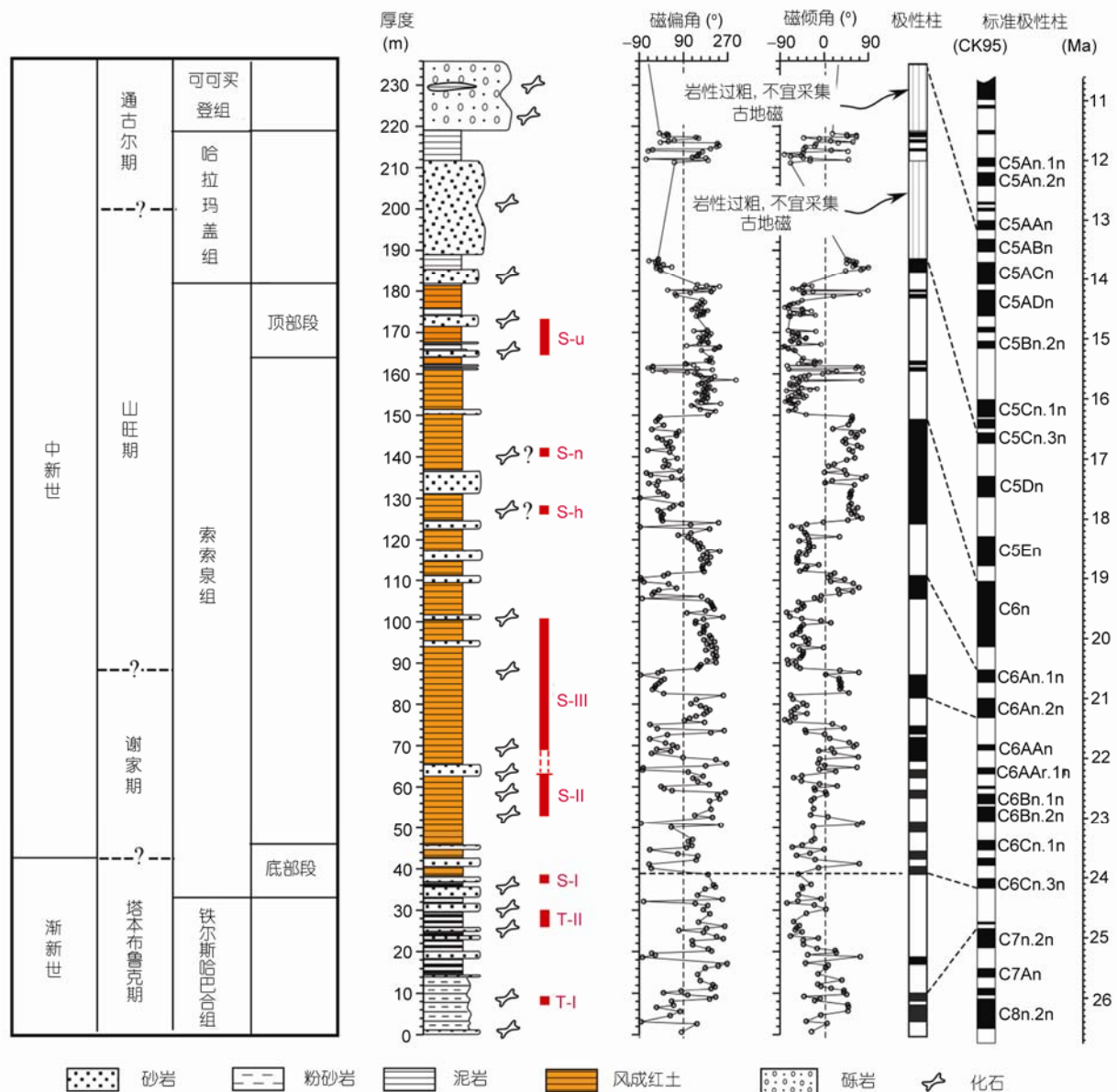


图3 由铁尔斯哈巴剖面与夺勒布勒津剖面合成的夺-铁(D-T)综合剖面
各哺乳动物期界线暂时使用 2002 年中国区域年代地层(地质年代)说明书中相关界线

C6Cr 极性带的近顶部, 大约相当 $23.5 \text{ Ma}^{[19]}$ 。索索泉组哺乳动物组合 II 带(S-II), 具有渐新-中新世的过渡动物群性质^[3], *Democricetodon* 首次出现^[3,20], 时代为早中新世, S-II 位于 C6Br~C6Bn.1r 的极性带, 约 $22.5\sim 21.9 \text{ Ma}^{[19]}$ 。索索泉组哺乳动物组合 III 带(S-III)是索索泉组各带中化石数量最多、门类最丰富的哺乳动物组合带^[3], 位于 C6Bn.1r~C6An.1r 极性时带内, 约 $21.9\sim 20.2 \text{ Ma}^{[19]}$ 。在夺-铁剖面外发现了两个晚于

S-III 的索索泉组化石地点, 暂以产地冠名。黑山头哺乳动物组合(S-h)位于布尔津县城西南约 25 km 处($47^{\circ} 23.143' \text{N}$, $86^{\circ} 47.965' \text{E}$), 是以双柱齿鼠和兔形类占绝对优势的动物群, 共 16 属 16 种, 其中保留了索-III 带中的一些属, 首次出现了 *Alloptox* 和 *Bellatona* 属。Bi 等^[21]依据黑山头的双柱鼠 *Prodistylomys wangae*, *Distylomys burqinensis* 以及其他一些属与甘肃秦安的可对比性, 认为黑山头动物组合可与甘肃 Qinan- I

剖面的 A6 assemblage 对比. A6 assemblage 位于 Qinan-I 剖面的 220 m 处, 在磁性地层剖面中的位置接近 GPTS 的 C6n 的底部, 时代标定为 20 Ma 左右^[22], 故在本文图 3 中暂将其放在了 D-T 剖面中相当于 C6n 极性时段近底部的位置. 南干渠哺乳动物组合(S-n) 位于南干渠伴渠公路 27 km 处 (46°18.358'N; 88°00.993'E), 动物群以跳鼠和仓鼠类占绝对优势, 共 12 属 14 种, 其中的 *Atlantoxerus* sp. 明显较 S-III 带的进步, 与黑山头的相似. *Protalactaga shevyreva* 最早曾发现于哈萨克斯坦斋桑盆地 Batpaksund 地点的 Akzhar 组. 和 Tubek 地点的 Zhaisan 组, 时代为 MN4^[10]; *Heterosminthus mongoliensis*, 的正型标本出自蒙古的 Ulaan Tolgoi^[10], 在 Olon Ovoony Khurem 也有发现^[23], Zazhigin 和 Lopatin^[10]认为时代应为 MN4, Daxner Höck^[23]定为 MN3-5. *Akzharmys mallos* 的正型标本也来自斋桑盆地 Batpaksunde 地点 Akzhar 组^[24]. 因此动物组合的整体面貌与 MN4 相近. 黑山头与南干渠地点的索索泉组都是孤立的露头, 它们在索索泉组中的位置以及它们之间的上下层位关系不清, 有待进一步工作以弄清两组合间的差异的原因, 是不同生态的还是时代的原因, 我们在图 3 中暂将南干渠动物组合置于黑山头动物组合之上, 将来有可能在铁尔斯哈巴合剖面 105.5 m 以上的索索泉组中找到这两个动物组合, 确定精确的层位. 如前所述, 索索泉组顶部哺乳动物组合(S-u)由勒勒津剖面中的第 11, 16 层的化石共同组成, 呈现出向哈拉玛盖动物组合过渡的面貌, 相当于欧洲的哺乳动物分期 MN5. 其相应的磁性地层对比表明该组合位于 C5Dr.2r~C5Dr 范围内, 年代为 17.9~17.6 Ma^[19].

20 世纪 90 年代我国已初步建立了以哺乳动物演化为基础的中国新近纪分期^[25,26]. 实践证明其基本适用于古北区的亚洲大部分地区^[26], 各分期的生物特征明显, 客观反映了哺乳动物的演化阶段, 但期间界线模糊, 不能确定各期之间精确的界线和年代^[26], 关键在于缺乏包含界线在内的连续地层. 近来, 内蒙古发现了许多富含哺乳动物化石的地点, 但因含化石露头孤立、出露剖面较短, 尚未构成相互连续的地层实体; 甘肃秦安出露了 22~6.2 Ma 的几乎连续的风成堆积^[22], 但孟津等^[5]对其剖面中 A4 动物组合与其在磁性地层柱中极性时段的分析, 表明该剖面中有地层缺失, 在秦安剖面中缺失了相当于中中新世气候最佳期的岩石堆积和哺乳动物化石组合. 索索泉

组是以风成为主的堆积, 因此地层连续性较好、岩石中剩余磁性稳定; 另一方面沉积物从 24~16.8 Ma^[19], 延续了约 7 Ma, 并含有多个化石层位, 因而是研究位于这个时段内潜在的谢家、山旺、通古尔期底界、建立其层型的理想地层.

3 夺-铁综合剖面的环境启示

3.1 索索泉组的环境指示

索索泉组地层中红粘土的稀土元素(REE)配分模式和稀有元素成分与黄土高原的风成红粘土极为相似, 证明了粉尘为风成来源^[18]. 黄土型堆积是下风方向的风尘堆积, 常使用其堆积速率(粉尘沉积通量)推测源区干旱程度的变化. 一般而言, 地质时期形成的沉积地层是堆积和剥蚀共同作用的结果. 典型的黄土型堆积是在空气介质中沉积形成, 其成分和结构表明在堆积过程中很少受到水动力的作用, 至少地面水流尚不能作为一种剥蚀营力频繁出现, 表明黄土型堆积地区气候较为干燥. 典型的黄土堆积主要分布在当今的 400 mm 降雨带的附近^[27], 作者推测这既是出于对粉尘源的要求, 也是风成黄土堆积和保存的必要气候条件. 因此我们认为, 典型的黄土型堆积应是半干旱环境的一种指示. 新疆红粘土样品中的锶(Sr)和钕(Nd)同位素显示, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $1/\text{Sr}$ 的值与黄土高原的第三纪红粘土明显不同^[18], 表明当时风尘物源区与黄土高原的不同. 粒径分析也表明准噶尔盆地的风尘沉积粒度更细^[18], 为远源尘埃. 结合新生代特提斯海逐渐向西退却, 自早渐新世哈萨克斯坦的大部分地区已进入干旱的地质证据^[28,29], 我们认为, 准噶尔盆地的晚渐新世末期至中新世的风成沉积是由西风系携带来的中亚沙漠地区的粉尘堆积而成. 由此推断在索索泉组开始堆积不久, 即相当于 C6Cn.3n, CK95: 24 Ma 时, 亚洲地区的现代风系已初步形成^[18], 中亚及中国的西北内陆盆地主要受西风带控制, 而中国东部主要受季风控制, 因此亚洲地区的大尺度地貌格局的雏形已形成, 渐新世末期青藏高原及相应山系可能已隆升到一定的高度, 影响了大气环流格局的改变. 索索泉组中的风成堆积应与青藏高原隆升规模相关. 依据化石记录与磁性地层的相互校准, 索索泉组的风成堆积的初始时间早于甘肃秦安的黄土

堆积.

3.2 准噶尔盆地渐新世以来的环境演变及其机制

Sun 和 Wang^[30]综合分析研究了中国石油勘探和地层研究工作中积累的古植物和岩石地层资料,揭示了中国古近纪和新近纪植被分布和气候模式的不同,推断早中新世时东亚季风已经形成并影响了中国的植被分布,为亚洲季风研究做出了贡献.准噶尔盆地始于 24 Ma 的风成堆积的发现在一定程度上证实了他们的猜测——“作为对亚洲构造变形的应答,东亚季风系可能始于最晚渐新世”^[30].但正如他们在文中特别指出,中国非海相地层的年代精度与分辨率不高,使得气候变化的细节(例如古近纪到新近纪的气候转变的性质和时间等问题)尚无法讨论.准噶尔盆地北缘的综合性地层工作可以从一个地区的具有较精确年龄标定的连续变化的记录补充和深化他们的部分成果.

初步研究结果表明,准噶尔盆地的气候变化与全球气候变化的阶段大体一致(见图 4)。额尔齐斯河流域布尔津剖面中的最晚始新世哺乳动物群以包括巨犀在内的大型低冠齿的奇蹄类为主体,伴生的花粉属于热带亚热带植物^[31]。进入早渐新世,约于 34 Ma 时,转化为以干旱型啮齿类为主体的哺乳动物群,表明气候开始转为干冷^[31],与南极永久性冰盖形成时间一致^[32]。但在夺-铁剖面底部晚渐新世地层中,在 C7r 约 25 Ma 时,巨犀化石重新出现,并在乌伦古河南、北的铁尔斯哈巴合组底部砂砾层中都有发现^[33],应与晚渐新世发生的一次短期的全球温暖波动相关^[32],我们暂称为‘巨犀回迁’生物气候事件。铁尔斯哈巴合组的中上部地层产出大量的小哺乳动物化石^[3],未见大动物化石,表明渐新世末又回复到偏干冷的气候。该剖面的铁尔斯哈巴合组顶部地层岩性向索索泉组逐渐过渡,颜色由黄逐渐变红,两组间化石组合的渐变和继承性,表明风成堆积发生前后的

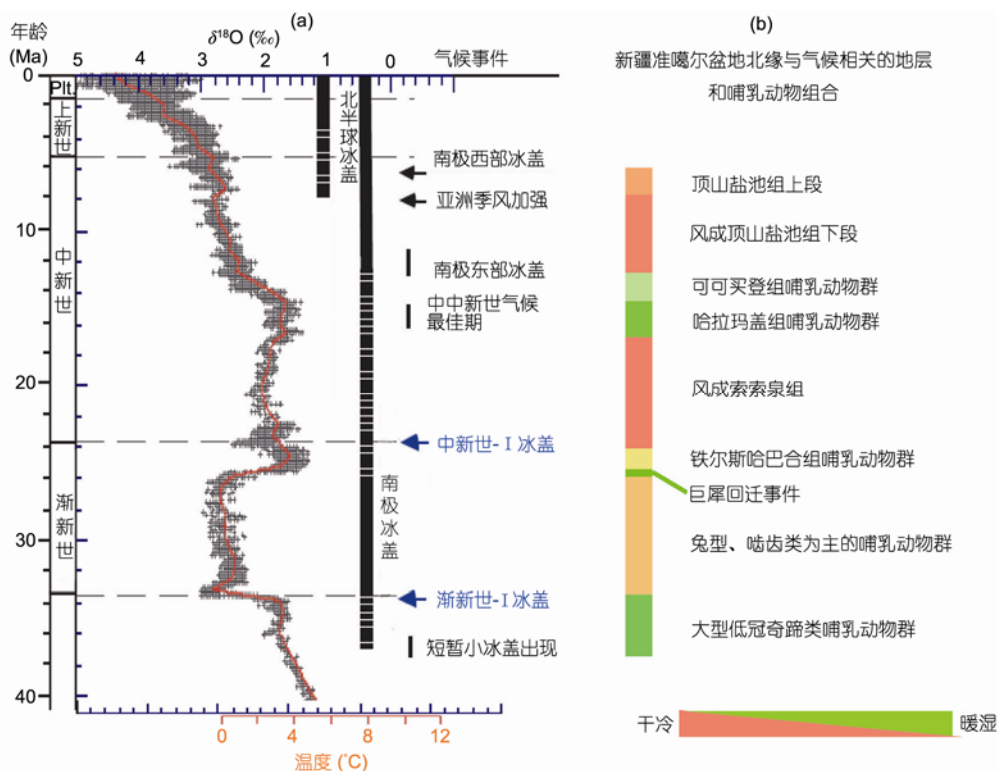


图 4 准噶尔盆地北缘渐新世以来至中新世晚期的环境演变

(a) Zachos 等^[32]全球深海氧同位素记录的部分图示; (b) 地层和哺乳动物组合。准噶尔盆地北缘环境相对变化是根据地层沉积环境和哺乳动物组合恢复, 其中, 风成地层中的哺乳动物化石组合均以小哺乳动物为主体; 哈拉玛盖组哺乳动物群以动物种类繁多繁盛为特征; 可可买登组哺乳动物群以偶蹄类为主, 其齿冠明显较哈拉玛盖组中者高; 顶山盐池组上段大哺乳动物化石重现, 已发现有三趾马、犀及象等化石碎片。

气候是渐变的. 在索索泉组底部, 相当 C6Cn.3n(约 24 Ma)时风成黄土型堆积出现^[18], 延续至大约 16.8 Ma(C5Cr)^[19], 风成堆积终止. 16.8~13.5 Ma 是河湖相哈拉玛盖组和可可买登组堆积期, 哈拉玛盖组堆积期, 是大、小哺乳动物空前繁荣伴有鳄鱼生存的暖湿生态环境^[3,5], 并有上猿出现^[17], 上猿在中国北方的宁夏同心和内蒙古的相应动物群中也有出现^[34,35], 表明当时中国北方出现森林覆盖, 我们可称为‘上猿’生物气候事件, 时间基本与 17~15 Ma 的全球中新世气候最佳期(Mid-Miocene Climatic Optimum)^[32]相符. 可可买登组由土黄色砂砾岩构成, 不同于哈拉玛盖组的灰绿色碎屑岩堆积, 所含化石动物群组成种类明显减少, 以偶蹄类为主, 齿冠较哈拉玛盖组中者增高, 反映环境变干, 但上猿和长鼻类的继续存在表明气候仍维持了一定的温湿度. 顶山盐池剖面展现出约在 13.5 Ma 气候再次干冷, 发生第二次风成堆积: 顶山盐池组^[5,18]. 通过与深海稳定同位素记录所示全

球冰量变化^[32]的对照, 我们认为: 准噶尔盆地北缘乃至亚洲中纬度地带的干旱化始于全球气候变冷的渐新世初期, 进入最晚渐新世, 青藏高原隆升到一定规模时, 干旱化加剧. 在干旱化的过程中随全球气温的波动出现了一些‘逆转温湿’事件, 其中包括了晚渐新世和中中新世的温湿事件^[3,5,30,33]. 我们推论亚洲中纬度地区的干旱化应是全球气候变冷、青藏高原的隆升和新特提斯海的退却共同作用的结果.

4 小结

夺勒布勒津剖面将铁尔斯哈巴合剖面与顶山盐池剖面衔接, 从岩石地层、生物地层和磁性地层方面补充和完善了索索泉组, 并建立了准噶尔盆地北缘从晚渐新世至晚中新世(25~6 Ma)^[18]的连续地层剖面. 这一连续堆积的剖面将成为深入研究这一时段的各类哺乳动物的演化、哺乳动物分期和环境演变的新起点.

致谢 董为、刘丽萍、伍少远、魏涌澎、李强、冯文清、李岩等曾参加新疆准噶尔盆地北缘新生代生物地层考察工作, 在此一并致谢.

参考文献

- 1 叶捷, 吴文裕, 孟津, 等. 新疆乌伦古河流域第三纪哺乳动物地层研究的新成果. 古脊椎动物学报, 2000, 38: 192–202
- 2 Ye J, Meng J, Wu W Y. Oligocene/Miocene beds and faunas from Tietersihabahe in the Northern Junggar Basin of Xinjiang. Bull Am Mus Nat Hist, 2003, 279: 568–585
- 3 孟津, 叶捷, 吴文裕, 等. 准噶尔盆地北缘谢家阶底界——推荐界线层型及生物-年代地层和环境演变意义. 古脊椎动物学报, 2006, 44: 205–236
- 4 张睿, 岳乐平, 王建其. 准噶尔盆地新生代哺乳动物化石的古地磁定年. 科学通报, 2006, 51: 842–847
- 5 孟津, 叶捷, 吴文裕, 等. 新疆准噶尔盆地北缘新近系顶山盐池组及相关地层问题. 古脊椎动物学报, 2008, 46: 90–110
- 6 叶捷, 吴文裕, 孟津. 新疆乌伦古河地区第三系简介. 地层学杂志, 2001, 25: 193–200
- 7 叶捷, 吴文裕, 孟津. 新疆乌伦古河地区第三纪哺乳动物群初析及地层年代确定. 地层学杂志, 2001, 25: 283–287
- 8 吴文裕, 叶捷, 孟津, 等. 新疆准噶尔盆地北缘第三纪地层古生物研究进展. 古脊椎动物学报, 1998, 36: 24–31
- 9 邱铸鼎. 江苏泗洪早中新世下草湾组仓鼠科化石. 古脊椎动物学报, 2010, 48: 27–47
- 10 Zazhigin V S, Lopatin A V. The history of the Dipodoidea (Rodentia, Mammalia) in the Miocene of Asia: 1. *Heterosminthus* (Lophocricetinae). Paleontol J, 2000, 34: 319–332
- 11 王晓鸣, 叶捷, 孟津, 等. 新疆准噶尔盆地北缘中中新世食肉类. 古脊椎动物学报, 1998, 36: 218–243
- 12 吴文裕, 叶捷, 孟津, 等. 新疆准噶尔盆地北缘中中新世兔形类新材料. 古脊椎动物学报, 1998, 36: 319–329
- 13 毕顺东, 吴文裕, 叶捷, 等. 新疆准噶尔盆地北缘中中新世獭类化石. 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. 157–165
- 14 邱占祥, 叶捷, 霍福臣. 记宁夏同心发现的库班猪头骨化石. 古脊椎动物学报, 1988, 26: 1–19
- 15 邱占祥, 邱铸鼎. 中国晚第三纪地方哺乳动物群的排序及其分期. 地层学杂志, 1990, 14: 241–260
- 16 叶捷. 准噶尔盆地北缘中中新世偶蹄类. 古脊椎动物学报, 1989, 27: 37–52
- 17 吴文裕, 孟津, 叶捷. 新疆准噶尔盆地北缘 *Pliopithecus* 的发现. 古脊椎动物学报, 2003, 41: 76–86
- 18 Sun J M, Ye J, Wu W Y, et al. Late Oligocene-Miocene mid-latitude aridification and wind patterns in the Asian interior. Geology, 2010, 38: 515–518

- 19 Gradstein F, Ogg J, Smith A. A Geological Time Scale. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 1–589
- 20 Maridet O, Wu W Y, Ye J, et al. Earliest occurrence of *Democricetodon* in China, in the early Miocene of the Junggar Basin (Xinjiang, China) and comparison with the genus *Spanocricetodon*. 古脊椎动物学报, 2011, 49: 393–405
- 21 Bi S D, Meng J, Wu W Y, et al. New Distylomyid rodents (Mammalia: Rodentia) from the early Miocene Suosuoquan Formation of northern Xinjiang, China. Novitates, 2009, 3663: 1–18
- 22 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
- 23 Daxner-Höck G. New zapodids (Rodentia) from Oligocene-Miocene deposits in Mongolia. Part I. Senckenberg Leth, 2001, 81: 359–389
- 24 Shevyreva N S. A new ctenodactyloid (Rodentia, Mammalia) from the Neogene of the Zaysan Depression (Eastern Kazakhstan). Paleontologicheskii Zhurnal, 1994. 126–131
- 25 全国地层委员会. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书. 北京: 地质出版社, 2002. 1–72
- 26 邱铸鼎, 王晓鸣, 李强. 内蒙古中部新近纪动物群的演替与生物年代. 古脊椎动物学报, 2006, 44: 164–181
- 27 安芷生, 张培震, 王二七, 等. 中新世以来我国季风-干旱环境演化与青藏高原的生长. 第四纪研究, 2006, 26: 678–693
- 28 Schulz H M, Bechtel A, Sachsenhofer R F. The birth of the Paratethys during the Early Oligocene: From Tethys to an ancient Black Sea analogue? Global Planet Change, 2005, 49: 163–176
- 29 Akhmetiev M A, Dodoniv A E, Somikova M V, et al. Kazakhstan and central Asia (plains and foothills) Cenozoic climatic and environmental changes in Russia. In: Velichko A A, Nechaev V P, eds. Cenozoic Climatic and Environmental Changes in Russia. Geol Soc Amer Spec Paper, 2005, 382: 139–161
- 30 Sun X J, Wang P X. How old is Asian monsoon system?—Palaeobotanical records from China. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol, 2005, 222: 181–222
- 31 叶捷, 孟津, 吴文裕, 等. 新疆布尔津盆地晚始新世-早渐新世岩石及生物地层. 古脊椎动物学报, 2005, 43: 49–60
- 32 Zachos J, Pagani M, Sloan L, et al. Trends, rhythms and aberrations in global climate 65 Ma to Present. Science, 2001, 292: 686–693
- 33 叶捷, 孟津, 吴文裕. *Paraceratherium* 在准噶尔盆地北缘的发现及其意义. 古脊椎动物学报, 2003, 41: 220–229
- 34 邱占祥, 关键. 宁夏同心发现的一颗上猿牙齿. 人类学学报, 1986, 5: 201–207
- 35 Harrison T, Delson E, Guan J. A new species of *Pliopithecus* from the middle Miocene of China and its implications for early Catarrhine zoogeography. J Hum Evol, 1991, 21: 329–361