

文章编号: 1000-0550(2003)01-0046-06

新疆叶城晚新生代山前盆地演化与青藏高原北缘的隆升——II 沉积相与沉积盆地演化^①

郑洪波^{1,2} Katherine Butcher³ Chris Powell³

1(同济大学海洋与地球科学学院 上海 200092) 2(中国科学院地球环境研究所 西安 710054)

3(Department of Geology and Geophysics, The University of Western Australia, Australia)

摘要 叶城盆地属于塔里木盆地的西南拗陷,在晚新生代沉积了巨厚的磨拉石建造。盆地的演化具有阶段性,反映了西昆仑山不断的隆升。中新世,盆地的沉积环境为曲流河和辫状河等河湖相环境,到上新世早期变为冲积扇的远端。晚上新世(~ 3.6 Ma)开始,盆地的沉积环境发生了质的变化,沉积物以粗颗粒砾岩为主,沉积环境为干旱气候条件下的冲-洪积扇近端。沉积相的变化,反映了昆仑山在晚上新世有强烈的隆升。

关键词 叶城 晚新生代 沉积相 青藏高原隆升

第一作者简介 郑洪波 男 1965年出生 教授 第四纪地质与过去全球变化

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 前言

在对叶城剖面晚新生代以来地层进行详细的岩石地层和磁性地层学分析基础之上^[1],又进行了砂岩和砾岩的岩石学研究和物源分析^[2],获得了西昆仑山的去顶和剥蚀历史。在此基础之上进行岩相古地理分析,可以探讨晚新生代山前盆地演化的历史,分析盆地演化与青藏高原北缘隆升的关系。

2 叶城剖面的岩相组合

根据各岩相之间的相互关系,可以将岩相划归为岩相组合。也就是说,具有相同或相似的沉积环境和成因联系的岩相在剖面中一起出现,构成一个岩相组合。这种组合分类和划分在分析沉积环境时起重要作用^[3],因为根据 Middleton^[4]的研究,在地层剖面中垂向且整合出现的层序,在横向上则形成于相邻或相近的沉积环境。

在叶城剖面中根据岩性变化共划分出 5 个岩相组合,每一个组合又可划分出几个亚组合。它们的具体特征和沉积环境描述如下。

2.1 曲流河组合 (FA1)

2.1.1 基本特征

泥岩、粉砂岩、页岩及细砂岩透镜体互层产出,组成一套超厚层序,代表了曲流河沉积体系。该组合厚

400 m,位于乌恰群底部。同样的组合也见于莎车的阿尔塔什和皮山的克里阳剖面相同的地层位置,表明这一沉积体系在横向上具有较大的空间展布。

该组合总的特点是,岩性以页岩为主,与细砂岩和泥岩互层。砂岩粒度较细,以似透镜状产出,具有侵蚀底面。透镜体厚 0.3~ 7 m,常具有韵律和斜层理。乌恰群底部的 400 m,也常见具有波纹层理的粉砂岩。该组合的沉积构造包括:砂岩和粉砂岩顶面的舌形波纹和横波纹、泥裂、冲槽印模。古流向为北、北西和西。

该组合可细分为 5 个亚组合 (A-E)(图 1),它们具有相似的岩性组成,只是泥岩和砂岩相互比例不同,或沉积构造有差异。FA1A 具有规律性的薄层的含斜层理的砂岩透镜体。FA1B 以泥岩为主,具有非常特别的团粒结构。FA1C 与 FA1B 相似,但 FA1C 以页岩为主。FA1D 具有较厚的河床相砂岩透镜体,与泥岩和粉砂岩互层。FA1E 包含厚层状具细纹层的细砂岩与少量泥岩和粉砂岩互层。

2.1.2 沉积环境

该组合中具有丰富的细粒物质输入,为一低能量的曲流河体系。从细砂岩透镜体过渡到具有波纹交错层理的粉砂岩再到具有平行纹理的页岩代表了从浅河床到天然堤坝再到漫滩相沉积的演变。FA1A 中的薄层砂岩及相对较厚的漫滩沉积指示了一个高曲流河体系。FA1B 也许指示了一个湖相环境,在此环境中

① 中国科学院“百人计划”,国家杰出青年基金(40025207),国家重点基础研究发展规划项目(G2000078501)和教育部“长江特聘教授”计划资助
收稿日期: 2002-12-26 收修改稿日期: 2003-01-10

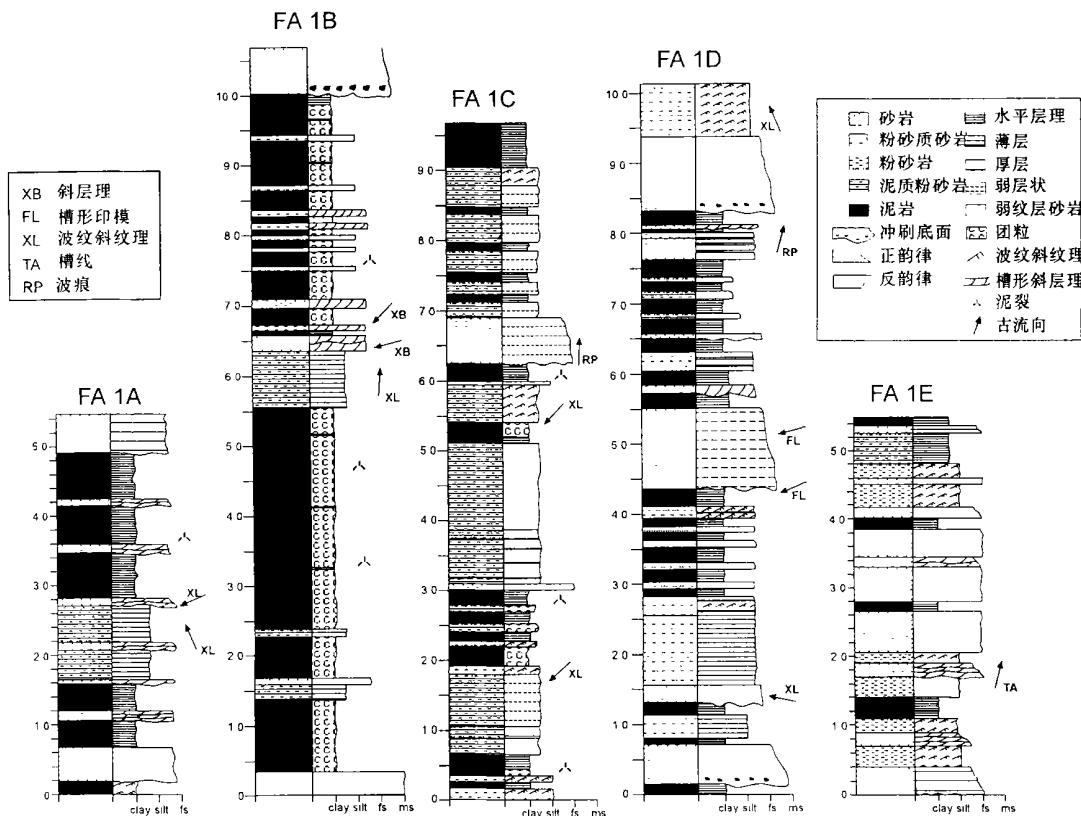


图 1 曲流河体系的沉积相组合 (A- E)。古流向向上为正北。深度为距乌恰群底部界线的实际高度

Fig. 1 Meandering-stream facies associations showing logs of sub-facies A- E. Palaeocurrent orientations have north as vertical

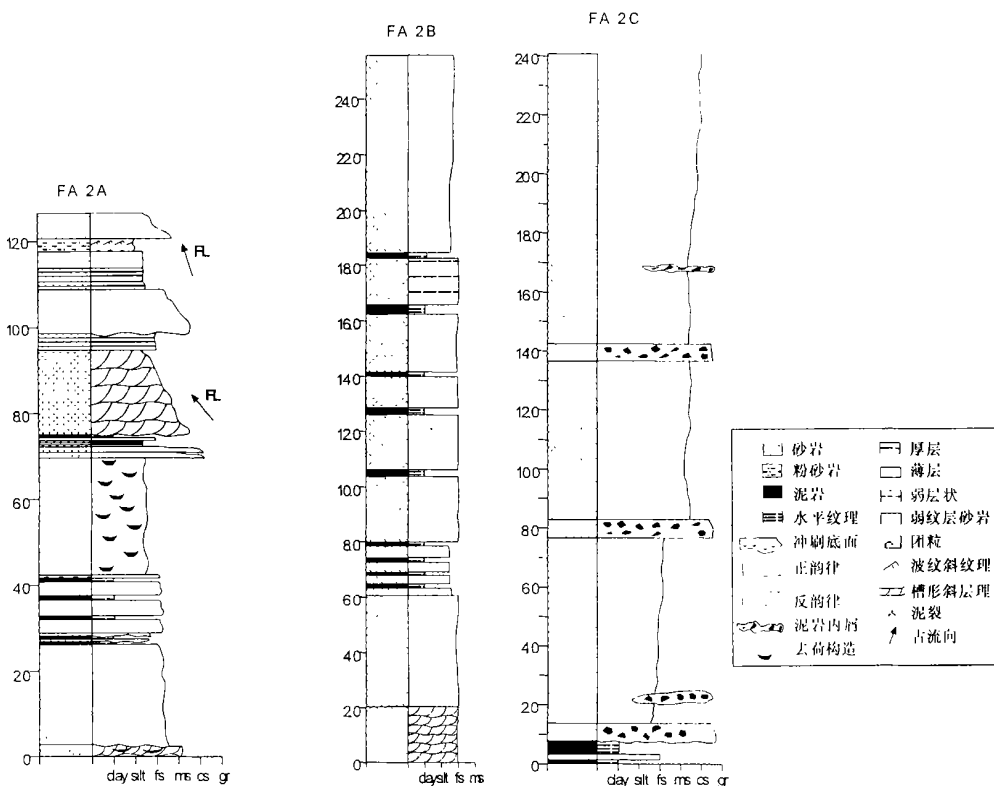


图 2 辫状河流沉积体系的岩相组合。古流向向上为正北

Fig. 2 Braided-stream facies associations showing logs of sub-facies A- E. Palaeocurrent orientations are shown with north as vertical

发性粗粒物质输入。FA1B组合中的泥裂指示了由于蒸发作用导致漫滩上的浅湖常常暴露于空气中。FA1C指示了在冲积平原上,在洪水消退过程中悬浮颗粒在垂向上的加积。FA1D中厚层的河床相砂岩透镜体代表了冲积平原上的主河道沉积,在主河道的漫滩上则有少量细粒物质沉积。FA1D中的大多砂岩透镜体上下均有页岩包裹,指示了河流具有突发和短暂性。另外,透镜体的底部具有冲槽印模和砾状页岩,都表明水流较强,流速较大。FA1E代表了冲积平原上在洪水消退过程中悬浮物的垂向加积

2.2 辫状河流组合 (FA2)

2.2.1 基本特征

这一岩相组合含有厚层的巢状的砂岩体,砂岩体厚度可达 60 m,主要分布于乌恰群的 650~ 1150 m 之间。沉积构造包括波痕、冲槽和动物脚印。根据砂岩体的厚度变化和沉积构造差异,可将该组合分为三个亚组合(图 2)。FA2A以细砂岩层为主,有时过渡到中砂岩透镜体。砂岩透镜体的底面有侵蚀面。页岩和粉砂岩占较小比例。在图 2b 显示,在这一巨厚层的细-中砂体中,含有三层泥岩内屑,底部是一层角砾状泥岩。

FA2C是厚层细砂岩(少量中砂岩),夹薄层页岩,砂岩具有薄层理或无层理,砂岩层之间平行接触

2.2.2 沉积环境

这一岩相组合代表了辫状河流沉积体系。该体系中砂岩占主导地位,而更细的泥岩和页岩较少。FA2A中厚层的砂岩透镜体具有斜层理,代表了河床滞后沉积,其上的细砂岩层和页岩代表了砂坝顶部沉积。砂岩的巨大厚度指示了河床比较稳定,垂向加积时间较长。FA2B代表一次巨大洪水事件的高密度重力流,底部的角砾泥岩代表了高速水流对下伏泥页岩的冲刷。砂岩体中的泥岩内屑,指示了一次大的洪水事件中的三次脉动。FA2C沉积于层流而不是紊流的环境。互层的页岩指示了一个低能量的河道,洪水有节奏地泛滥导致悬浮物间歇性的沉积。流水波痕、舌形波痕和动物脚印均指示了一个能量较低的流水环境

2.3 冲积平原组合 (FA3)

2.3.1 基本特征

这一组合相对稳定,分布厚度较大,自 1150 m 到阿图什底部 50 m,厚 650 m。岩性由泥岩、少量页岩和薄层砂岩组成。砂岩为细到极细,砂岩厚度 0.2~

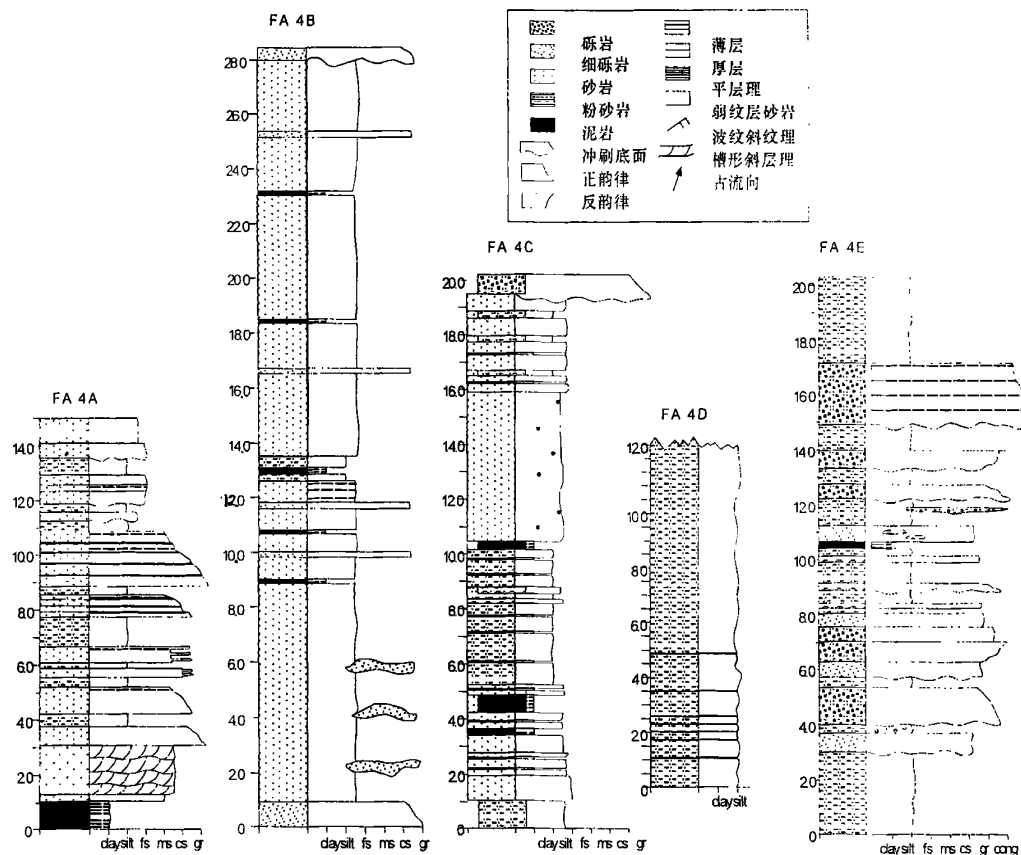


图 3 沉积扇中—远端沉积相组合。古流向向上为正北

Fig. 3 Distal- to mid-alluvial fan associations showing logs of sub-facies A- E. Palaeocurrents orientations are shown with north as vertical

1.5 m,常以冲刷透镜体形式产出。在粉砂质泥岩的顶面偶见泥裂现象。

2.3.2 沉积环境

这一组合代表了冲积泛滥平原沉积环境,在一个泥质为主的环境中间歇性地有粗粒物质的输入。本组合未发现主干河道,所有沉积物均为垂向加积。从乌恰群中下部以厚层河床砂岩为主变迁到上部以漫滩相细粒沉积为主,可能反映了流域的改变,也可能指示了气候的变化。

2.4 冲积扇中-远端组合 (FA4)

2.4.1 基本特征

该组合包括了几乎整个阿图什组,岩性由具有斜层理的中-粗砂岩和细砾岩、粉砂岩及少量页岩互层。在阿图什组上部,岩性变为厚层块状砂岩、细砾岩和块状粉砂岩构成。

2.4.2 沉积环境

这一组合形成于辫状河流的近端或冲积扇的远端。FA4A具有典型的正韵律,为辫状河流环境,有较粗的载荷。FA4B和FA4C形成于冲积扇的较远端。该组合缺少显著的河流冲刷作用(不见河道沉积,不见流水波痕等),砂岩和粉砂岩均无层理和其它沉积构造。研究表明,粉砂岩为风成沉积,指示了一个相对较干旱的环境。

2.5 冲积扇近端组合 (FA5)

2.5.1 基本特征

这一组合包括整个西域组,由厚层中粒、粗粒和巨砾砾岩以及粉砂岩透镜体构成。砾岩平均粒径 15 cm,最粗可达 2.5 m。砾石层厚变化较大,常具有反韵律。粉砂岩透镜体厚度从 10 cm到 30 cm不等,厚的可达数米。

2.5.2 沉积环境

西域砾岩沉积于干旱-半干旱气候条件下的冲-洪积扇的近端,流水分选作用不明显。砾石为棱角状,基质充填,很少有河床相的砾岩出现。砾石的堆积是以泥石流的形式,因而常具有反韵律。经粒度和地球化学分析,认为这些粉砂岩条带为风成黄土^[5]。风成粉砂岩的源区为塔克拉玛干沙漠。粉尘被风吹扬到冲积扇表面低洼处,由于后期沉积物的埋藏而得以保存。以上沉积特征都指示了一个干旱的气候环境。

3 盆地演化

通过岩相古地理分析,发现叶城晚新生代山前盆地的演化具有典型的阶段性特点,这中阶段性的演化是与西昆仑山的隆升密切相关的。盆地的演化可以用示意图(图 5)表示。

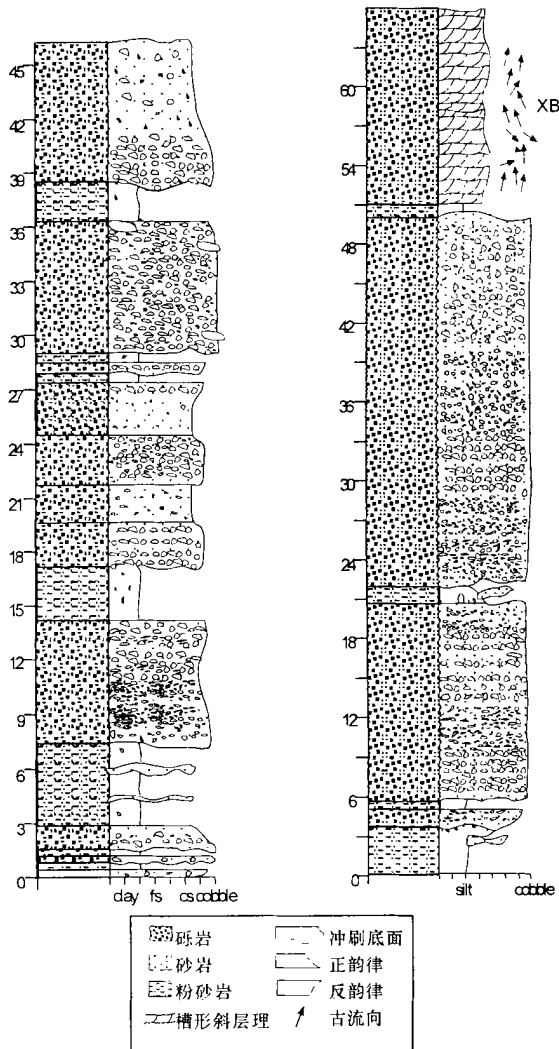


图 4 沉积扇近端沉积相组合。古流向向上为正北
Fig. 4 Proximal alluvial fan associations. Palaeocurrent orientations are shown with north as vertical

始新世海相碳酸盐岩广泛出露于塔里木盆地南缘,例如皮山的克里阳剖面 and 英吉沙的其木干剖面。最后的一次海侵发生于渐新世,海侵范围只限于塔里木盆地西南角。中新世开始,由于受印度板块挤压效应的影响,塔里木盆地全面下沉,结束了断陷、拗陷分割的局面,形成了一个统一的大型拗陷盆地^[6],沉积了一套浅湖相、河流相、三角洲相的红色碎屑岩。到上新世以后,由于周缘山系的不断隆升,盆地封闭,气候干燥,形成今日之戈壁、沙漠和冲-洪积扇沉积等景观。

叶城地区中新世以前的地层没有出露,因而关于中新世以前的盆地演化的讨论,将借鉴其它地区的资料。

(1) 渐新世 (~ 37 Ma- 24 Ma)

在塔里木盆地西南角为一套海相灰岩和钙质页岩,为古特提斯海最后一次海侵的产物,表明此时塔里木盆地西南仍处于海平面位置(图 5)。

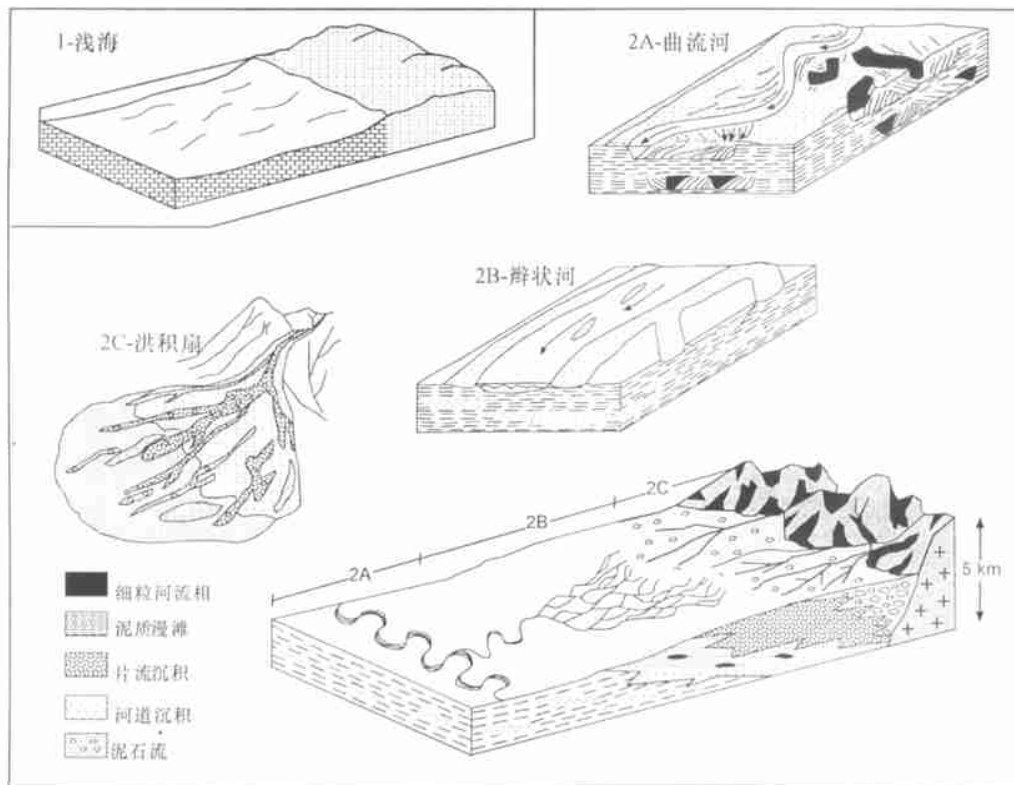


图 5 叶城剖面自渐新世到更新世古地理的演化。(1) 渐新世古特提斯海侵造成塔里木盆地西南的浅海相沉积；(2) 沉积环境自中新世到更新世从曲流河到冲 - 洪积扇近端的演化：A) 中新世的曲流河环境；b) 早上新世的辫状河流域，沉积物以砂岩为主；c) 上新世到更新世的冲 - 洪积扇堆积，沉积方式为泥石流

Fig. 5 Palaeogeographic evolution of the Yecheng section from Oligocene to the Present

(2) 早中新世 - 晚中新世 (~ 24 Ma - 6 Ma)

为乌恰群的沉积时期，岩性以陆相细颗粒河流 / 河湖相为主，沉积作用发生于曲流河和辫状河体系以及它们的漫滩，或者是冲积扇的远端。冲积平原的坡度较缓，一般为 $0.13^{\circ} \sim 1.0^{\circ}$ [7]，古流向指示北和西北。发育西流的主干河道。河床砂岩的厚度指示河道深度有时可达 7 m，平均深 2 m。总之，此时的沉积环境能量较低，因而岩性以泥、细砂和粉砂为主 (图 5)。

(3) 晚中新世 - 早上新世 (~ 6 Ma - 4.5 Ma)

除没有发现大型主干河道外，此时的沉积特征仍近似于乌恰群的沉积环境。沉积作用主要发生于冲积平原，以加积型为主，也有少量曲流沉积，沉积物以粉砂为主，含有少量砂和泥 (图 5)。

(4) 早上新世 (~ 4.5 Ma - 3.6 Ma)

即阿图什组沉积的时期，沉积环境为冲积扇的中 - 远端。薄层的细 - 中粒砾岩主要是以面状或泥石流形式堆积，反映了位于南面的近物源区已有明显的隆起。阿图什组由块状粉砂岩和细砂岩及少量泥岩组成，当时的气候条件应比中新世干旱。其中的粉砂岩为黄土成因，指示了黄土源区，即塔里木盆地，已经处于相对干旱的气候条件。

(5) 晚上新世 (~ 3.6 Ma - 1.8 Ma)

相对于早上新世，该时期沉积环境发生了巨大变化，在短短 1.8 Ma 的时间内，有大约 2.5 km 的粗颗粒砾岩混杂堆积。沉积物来自于西昆仑山，搬运方式为泥石流或面状沉积，沉积作用发生于冲积扇的近端，古坡度 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ [7]。沉积作用常常是间歇性的，在砾石沉积的间歇，风成粉砂则堆积于冲积扇表面的低洼处，并被后期的沉积物覆盖而得以保存。

(6) 更新世以来 (~ 1.8 Ma - 0 Ma)

本区最新的沉积作用与塔里木盆地南缘大规模的隆升同步。水平状的乌苏组砾岩超覆于第四纪以前的地层，之后又被强烈下切，在乌苏组之上或河流高阶地之上则披覆了第四纪黄土堆积。

4 结论

叶城晚新生代山前盆地属于塔里木盆地的西南拗陷，其发展演化与西昆仑山的隆升密切相关。通过对盆地沉积物的岩相古地理分析，认为自中新世以来，盆地的演化经历了从曲流河体系，到辫状河流沉积体系，在到山前冲 - 洪积扇近端体系的演化，反映了从上新世早期 (4.5 Ma)，尤其是中晚期 (3.6 Ma)，昆仑山有快

速剧烈的上升,这一时期的塔里木盆地也经历着强烈的干旱化过程,这些过程与北半球大冰期的开始,东亚季风的演化都有紧密的联系^[8]。

本研究曾得益于与吴锡浩研究员(已故)(中国科学院地质力学研究所)的讨论

参考文献 (References)

- 1 Zheng H, Powell C, An Z, Zhou J Dong G. Pliocene uplift of the northern Tibetan Plateau[J]. *Geology*, 2000, 28(8): 715~ 718
- 2 郑洪波, Butcher K, Powell C. 新疆叶城晚新生代山前盆地演化与青藏高原北缘的隆升— I 地层学与岩石学证据 [J]. *沉积学报*, 2002, 2(20): 274~ 281 [Zheng, H, Butcher, K, Powell, C. Evolution of Neogene foreland basin in Yecheng, Xinjiang, and uplift of northern Tibetan Plateau— I Stratigraphy and petrology [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 2(20): 274~ 281]
- 3 Reading H G. Facies [A]. In: Reading H G, ed. *Sedimentary Environments and Facies* [C]. New York Elsevier, 1978. 4~ 14
- 4 Middleton G V. Johannes Walther's law of the correlation of facies [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 1973, 84 419~ 42
- 5 Zheng H, Powell C, Butcher K, Cao J. Late Neogene aeolian loess deposition in southern Tarim Basin and its palaeoenvironmental significance [J]. *Tectonophysics*, 2003 (in press)
- 6 叶春辉, 黄金仁. 第三系 [A]. 见: 周志毅, 陈丕基主编. 塔里木生物地层和地质演化 [C]. 北京: 科学出版社, 1990. 308~ 338 [Ye C H, Huang J R. Tertiary [A]. In Zhou Z Y, Chen P J, eds. *Biostratigraphy and Geological Evolution of Tarim Basin* [C]. Beijing Science Press, 1990. 308~ 338]
- 7 Schumm S A, Khan H R. Experimental study of channel patterns [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 1972, 83 1755~ 1770
- 8 Qiang X K, Li Z X, Powell C, *et al.* Magnetostratigraphic record of the Late Miocene onset of the East Asian monsoon, and Pliocene uplift of northern Tibet [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 187 83~ 93

Evolution of Neogene Foreland Basin in Yecheng, Xinjiang, and Uplift of Northern Tibetan Plateau— II Facies Analysis

ZHENG Hong-bo^{1,2} BUTCHER Katherine³ POWELL Chris³

1(Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092)

2(Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710054)

3(Tectonic Special Research Centre, The University of Western Australia, Perth)

Abstract The Yecheng foreland basin is a part of the southwest sag of the Tarim Basin and contains late Cenozoic molassic deposits with great thickness. The phased evolution of the basin mirrors the uplift of the Kunlun mountains. The sedimentary environment during the Miocene was characterized by low-gradient meandering rivers, and became distal fan during the Early Pliocene. Significant change in the sedimentary environment occurred in the Late Pliocene, when the deposits were dominated by debris flow material. The basin became a proximal alluvial fan under arid climatic regime. Changes in the sedimentary environment indicate the uplift of the northern Tibetan Plateau since the Late Pliocene.

Key words late Cenozoic, facies, Tibetan Plateau, Yecheng