

西秦岭峡城—晒经滩地区中三叠世碳酸盐台地古斜坡的识别及其古地理意义

牛新生¹, 高远¹, 沈武显²

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

2. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083

摘要 碳酸盐台地斜坡为位于碳酸盐台地和深海盆地之间一个坡折地带, 这一环境中, 重力作用控制了沉积物的沉积和变形, 其研究具有重要的古地理和经济意义。峡城地区中三叠统发现大量碳酸盐碎屑流沉积及同沉积断层和削切构造, 而晒经滩中三叠统古浪堤组复理石中同样有大量碳酸盐碎屑流沉积出现。为探索该区中三叠世的古地理环境特征, 结合室内碳酸盐岩微相分析, 从露头角度对它们进行了识别。对这些沉积物和沉积构造的分析研究表明, 沿西秦岭峡城、晒经滩一线存在一个近 SEE—NWW 向展布的大陆斜坡, 该斜坡在峡城地区主要以深水碳酸盐沉积为主, 向 NWW 方向逐渐过渡为以陆源碎屑沉积为主, 该斜坡向 NNE 为碳酸盐台地沉积, 向 SW 方向则过渡为深海沉积。

关键词 碳酸盐碎屑流; 碳酸盐斜坡; 削切构造

中图分类号 P531

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)03-0070-06

Identification and Paleogeographical Implications of Middle Triassic Carbonate Slope in Xiacheng—Shaijingtang Area, West Qinling Mountains

NIU Xinsheng¹, GAO Yuan¹, SHEN Wuxian²

1. School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. School of Energy Resources, Chinese University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract The carbonate platform slope is a slope break zone between the carbonate platform and the deep-sea basin. The deposition and the deformation of sediments are controlled by gravity. Its study has important palaeogeographical implications and economic significance. A great number of carbonate debris flows, syndepositional faults and truncation structures have been found in Middle Triassic in Xiacheng. Also, carbonate debris flows exist in flyschs of Middle Triassic Gulangdi Formation in Shaijingtang. In order to reconstruct the paleogeographical environment in this area, the carbonate microfacies are analyzed, with identifications and discussions. The analysis on these sediments and sedimentary structures reveals that a continental slope exists from SEE to NWW along Xiacheng—Shaijingtang in Middle Triassic. They are mostly deep-water carbonate sediments in Xiacheng and terrigenous clast in Shaijingtang. This slope is nearly a carbonate platform in NNE, and has a transition to deep-sea sediments in SW.

Keywords carbonate debris flows; carbonate slope; truncation structure

0 引言

碳酸盐台地斜坡为位于碳酸盐台地和深海盆地之间的一个坡折地带, 这一环境中, 沉积物的沉积和变形直接或间接地由重力作用决定。海洋沉积物和岩石的重力移动实例, 见于现在的陆坡和古代的陡峻陆棚边缘^[1]。对碳酸盐台地斜

坡的研究有两方面意义: 一是碳酸盐台地斜坡上的裙沉积和海底扇沉积特别是碳酸盐坡脚裙沉积, 可以为油气成藏提供良好的地质条件^[2-6], 二是对碳酸盐台地斜坡的研究有助于区域古地理、地貌的恢复建立。

近年碳酸盐台地斜坡的研究主要是围绕其沉积模式和

收稿日期: 2009-10-30

作者简介: 牛新生, 博士研究生, 研究方向为碳酸盐岩沉积学, 电子信箱: xsh_niu@foxmail.com

环境展开。1977年, Cook 等的《深水碳酸盐环境》一书开启了碳酸盐台地斜坡研究的新纪元, 标志着碳酸盐沉积学研究由浅水碳酸盐环境向“深、暗、活”的碳酸盐环境进军^[7]; 随后, Mullin 等^[8-9]根据对巴哈马台地斜坡的研究, 识别出了 8 种相模式, 其中碳酸盐坡脚裙模式和碳酸盐斜坡裙模式在古代碳酸盐裙沉积中比较常见; Payros 等^[10]总结了碳酸盐海底扇的沉积特征, 虽然这种模式的实例在地质历史时期极为少见, 却是对碳酸盐台地斜坡研究的必要补充。

西秦岭系指秦岭山系在甘肃的西延部分。该区三叠系的分布区东起陕西凤县以东, 经徽县、洮河流域, 向西延入青海境内^[11], 峡城—晒经滩一线位于该带北部, 秦岭北缘大断裂沿此自西向东通过(图 1(a))。峡城—晒经滩中三叠世碳酸盐台地边缘的陆坡环境中见有重力移动作用产生的大量碳酸盐碎屑流沉积和大型削切构造构造, 本文从露头角度对其进行识别和论述, 结合室内碳酸盐岩微相分析, 旨在探索该区中三叠世的古地理环境特征。

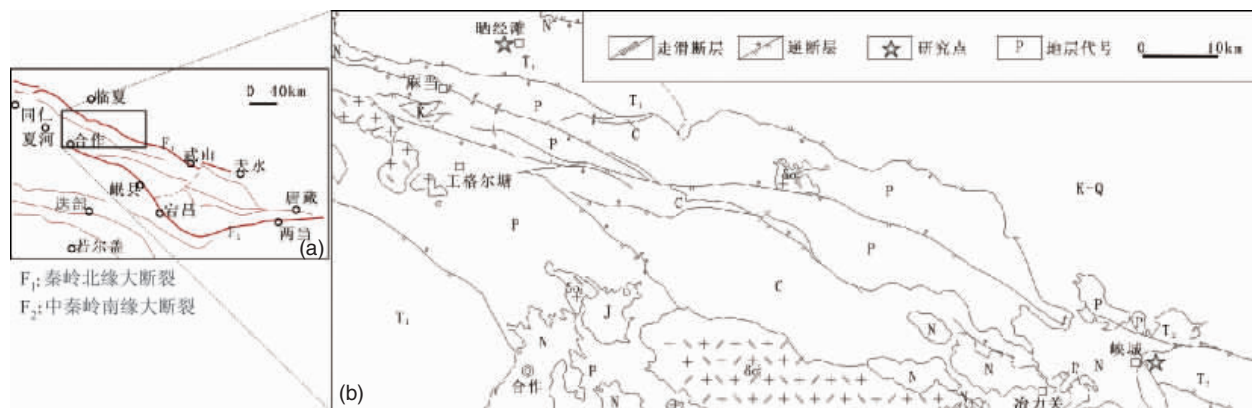


图 1 研究区大地构造位置(a)和地质简图(b)

Fig. 1 Geotectonic location (a) and geological sketch map (b) of the research area

1 研究区地层

本研究分别以峡城的中三叠统碳酸盐建造和晒经滩古浪堤组下段为目标(图 1(b))。

峡城地区中三叠统为一套碎屑岩和碳酸盐建造, 仅有甘肃第一区调队 1971 年研究了峡城附近磨下滩的中三叠统剖面, 碎屑岩以细粒长石石英砂岩为主, 夹粉砂质页岩、粉砂质泥岩和少量灰岩, 碳酸盐建造主要为灰岩, 灰岩沿走向往往相变为灰质角砾岩、砂质灰岩、团块状灰岩, 局部地段相变为钙质砾岩, 其中灰质角砾岩中产 *Aegospiriferina multiplicata* (等准石燕贝), *Spiriferina tsinghaiensis* (青海准石燕贝), 该地层二叠系下部以向北逆冲的断层与二叠系地层接触, 顶部以不整合与新生界相接(临潭 I-48-8 1/20 万区域地质测量报告, 1970)。

晒经滩地区沿临夏至合作公路有很好的出露, 甘肃第一区调队在填制 1:200000 循化幅地质图时在此做过区域调查, 殷鸿福^[12]首次对该剖面进行了研究, 将原定为下三叠统分解为下三叠统隆务河群和中三叠统古浪堤组, 两者之间为整合接触关系, 古浪堤组下段为灰质砾岩、砂岩、板岩互层夹灰岩, 上段为砂岩夹板岩。

2 碳酸盐碎屑流沉积的岩石学特征

本研究于峡城和晒经滩两处发现碳酸盐碎屑流沉积形成的灰质角砾岩, 特征各不相同。

峡城剖面共见有两层灰质角砾岩, 角砾粒径 0.2~30cm 不等, 其分选、磨圆均差, 砾石棱角鲜明(图 2(a)), 颗粒支撑, 灰质杂基充填其间; 砾石主要成分有红色的鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩及暗色的粉晶、微晶灰岩、泥灰岩、粉屑灰岩等。鲕粒灰岩的鲕粒类型主要有表皮鲕、正鲕、复鲕、负鲕等(图 2(b)); 生物碎屑灰岩砾石中见有棘皮类、腹足类等生物碎屑。此外, 角砾岩中含有少量泥岩角砾, 角砾呈黑色, 与角砾岩的红色呈鲜明对比, 粒径超过 40cm(图 2(c))。两层灰质角砾岩分别厚约 4.56、15.6m。局部露头出露有限, 但仍可判断出灰质角砾岩层上下分别与泥灰岩夹页岩地层相接。对灰质角砾岩的成岩作用分析表明, 灰质砾石均系灰岩经破碎搬运在异地再沉积的结果, 而泥灰岩夹页岩地层则代表原地沉积。

晒经滩剖面出露较好并且完整。笔者对其进行了详细地观察测量(图 3), 晒经滩剖面累计厚约 111.49m, 见有多层灰质角砾岩, 灰质砾石一般粒径在 2~4cm 之间, 砾石分选磨圆、均差, 颗粒支撑, 砾石主要岩性有暗色微晶灰岩(图 2(d))、泥灰岩、亮晶鲕粒灰岩(图 2(e))等, 与峡城剖面相似, 晒经滩剖面灰质角砾岩中亦常见有泥质碎屑(图 2(f)), 碎屑粒径一般在 30~40cm 之间。灰质砾岩体多呈透镜体状, 上下与泥质板岩相接, 产出复理石中, 且平行其层面, 灰质角砾岩透镜体厚度一般从 0.2~4m 不等, 沿层面逐渐尖灭。显然, 晒经滩剖面中的复理石地层代表宿主沉积, 为陆源碎屑沉积的结果, 而灰质角砾岩则为异地沉积, 其物源为碳酸盐台地沉积。

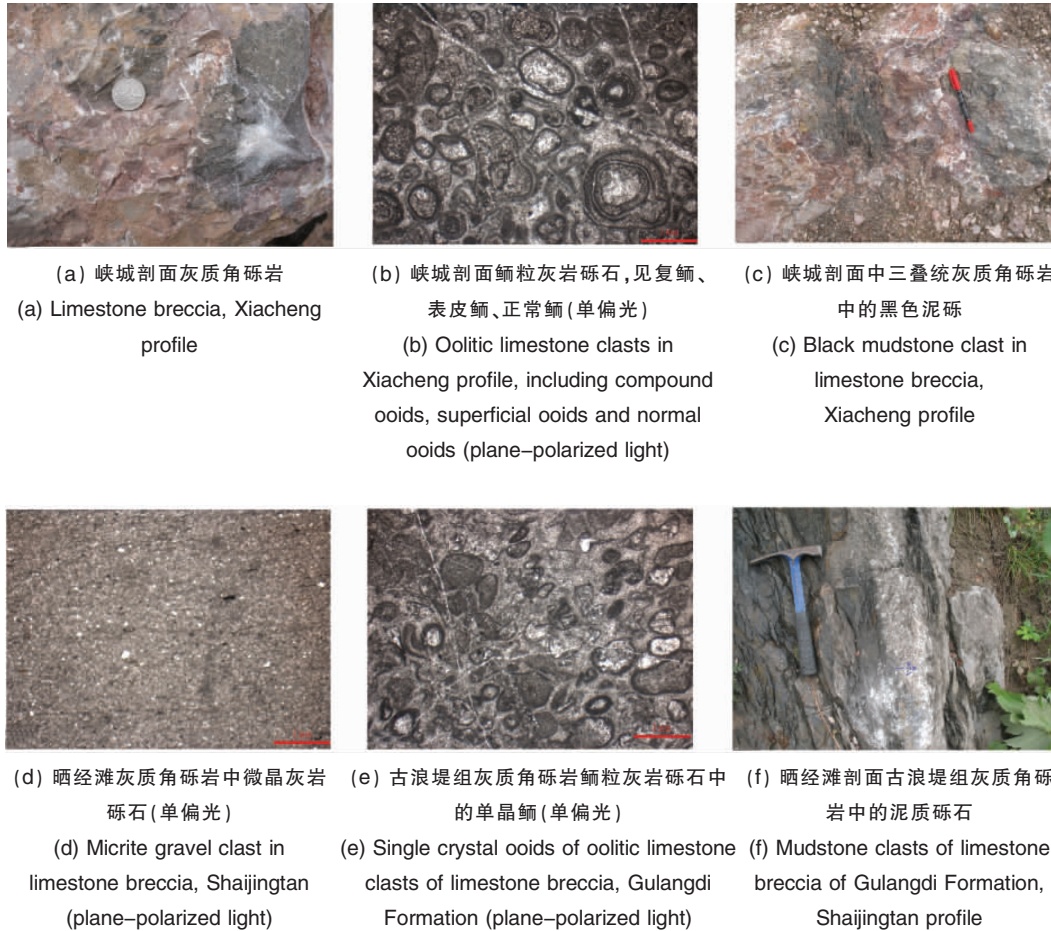


图 2 峡城剖面、晒经滩剖面露头照片和样品显微照片

Fig. 2 Outcrop pictures and specimen microfacies pictures in Xiacheng profile and Shaijingtang profile

3 峡城剖面的同沉积构造特征

在位于峡城剖面下方的崖壁上见有一系列醒目的同沉积构造,主要为同沉积断层和层内削切构造,自北东向东南方向依次为同沉积断层、规模较大的削切构造一处和规模较小的削切构造一处。

崖壁上见 3 条同沉积断层,断层倾角较陡,近垂直切割了崖壁,深达 8m 以上,自北东向南西依次形成小型的地堑和地垒(图 4)。同沉积断层南西侧的较大规模的层内削切构造的主削切面在剖面上延伸超过 30m,倾向南东,且平行于上覆地层,上覆岩层底部为约 1m 厚的泥页岩夹薄层泥灰岩,再向上为青灰色中薄层状灰岩,主削切面下方为两个小型的削切面。这些削切面整体上均为弧形面,若以下伏层面为基准面,削切构造的倾角自北东向南西逐渐减小,最后归于平坦,与下伏未受扰动的地层平行,实际上为一个铲形面,具有地滑和其他滚动重力滑动破裂面的特征,削切面的水平或平行层理通常与碳酸盐之间的页岩层一致。

崖壁上再向南西约 100m 可见一处相对较小的削切构造(图 5),该点可见有 4 个削切面,主削切面上方为中厚层状灰岩,下方为薄层灰岩与页岩互层,向南倾斜,与上部灰岩层面

平行,剖面上延伸约 5m 以上,下方为 3 个铲形特征明显的削切面,3 个削切面叠覆分布在剖面上,与上一点的削切构造不同的是,该点下部 3 个削切面所围限的岩层都有一定程度的变形,第 4 个削切面之上的岩层则没有变形特征,说明该点在地质历史时期,存在有多期次的同沉积构造活动,且后期的活动对先形成的削切面和岩层有一定程度的改造。

层内削切构造多见于碳酸盐台地斜坡环境中,对于削切构造的成因,现在一般认为重力滑动的机制是其合理的解释^[1]。就峡城剖面而言,重力滑动的成因得到下列标志的支持。

1) 构造规模较大,由于露头所限,剖面上所见削切构造一般在 10m 以上,考虑到未被揭露的削切构造部分和根据国内外同类构造特征,用滑动机制解释更有说服力,在细粒碳酸盐和粘土质沉积物为特征的深水陆棚环境中,更是常见此类构造。

2) 铲形削切面是典型滑坡和其他重力滑动构造的特征^[3]。

3) 强烈而规则的削切下伏地层,而下伏地层又无明显的局部水道和不规则侵蚀痕迹,因此用剪切解释比用水流冲刷解释更合理。

4) 上覆充填物和被削切的岩石在岩性上表现出相似性

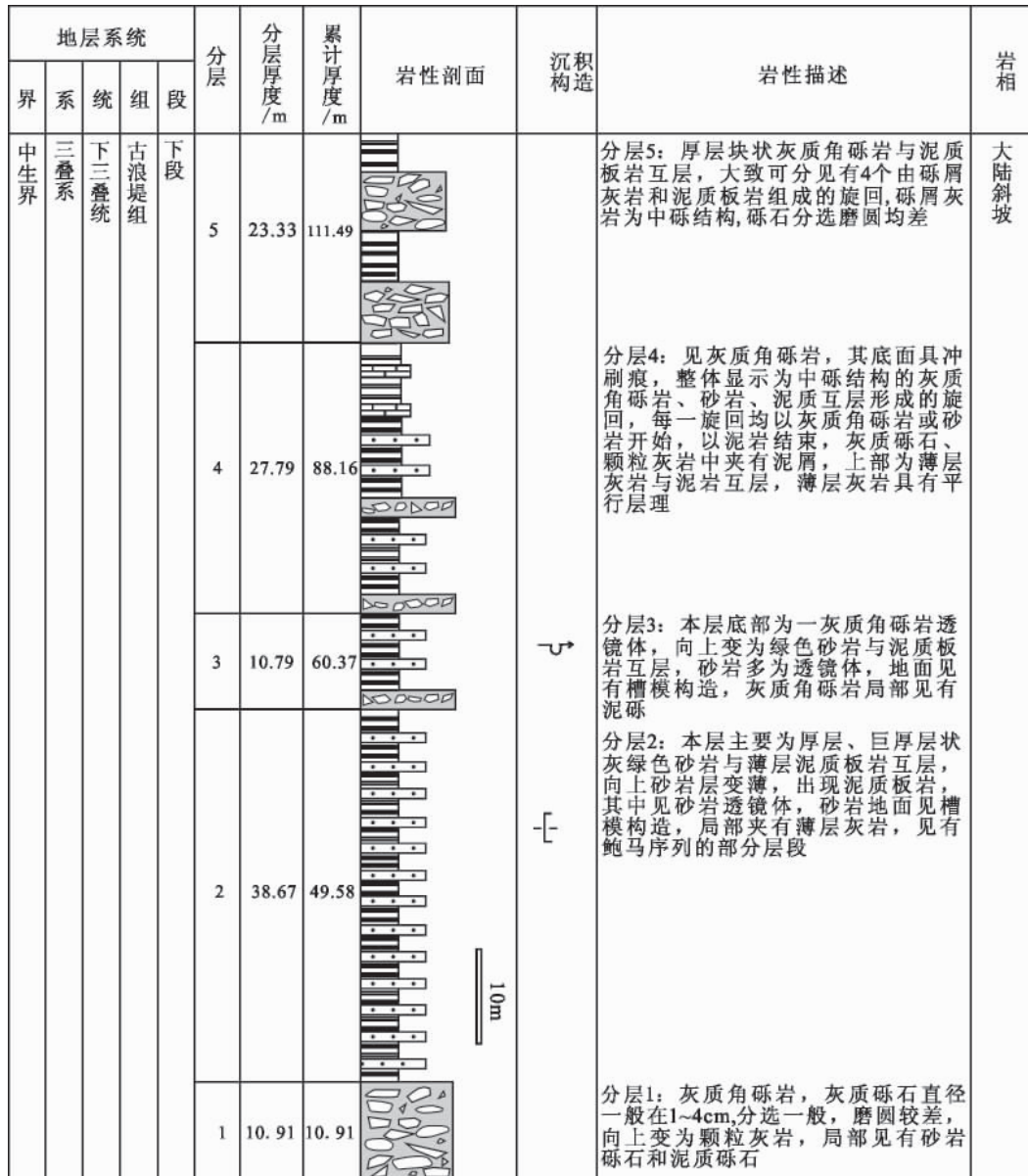


图 3 晒经滩中三叠统古浪堤组下段(局部)实测剖面

Fig. 3 Measured profile diagram of Gulangdi Formation (lower part) of Middle Triassic in Shaijingtan

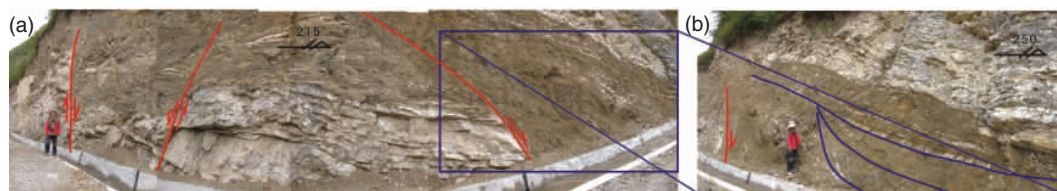


图 4 峡城剖面同生断层和削切构造

Fig. 4 Syndepositional fault and truncation structure of Xiacheng profile

(两者都是薄层状的微晶灰岩、泥灰岩和页岩层)。

5) 现代的类似沉积支持陆棚边缘的重力滑动作用和滑塌作用机制,在现代陆棚附近的沉积中,这两种作用都是常见的。

4 灰碳酸盐碎屑流沉积环境分析

峡城—晒经滩地区的灰质角砾岩作为碎屑流沉积的证据如下。

1) 灰质砾石的粒径一般为数厘米至数十厘米,对其搬运

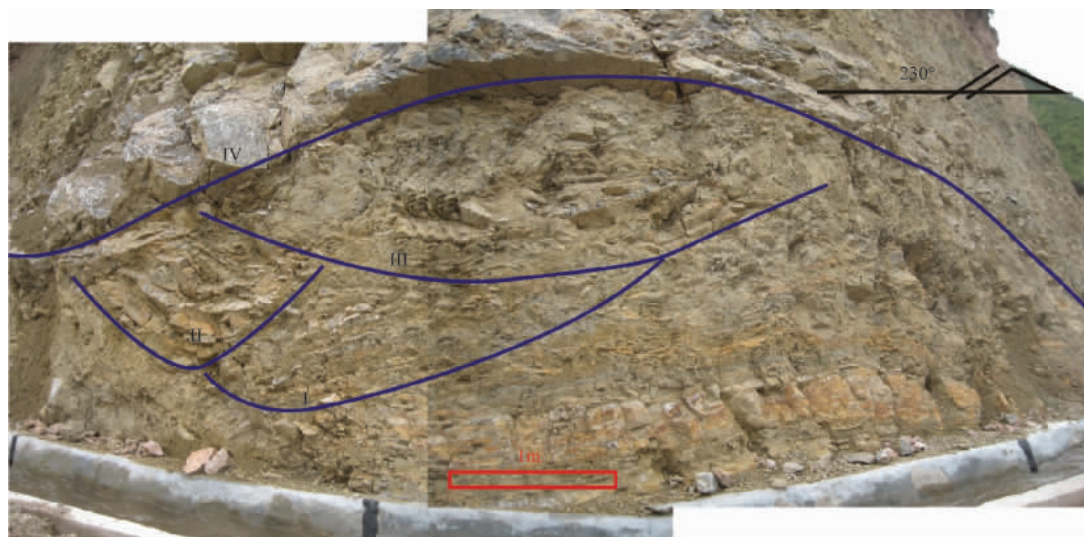


图 5 峡城剖面削切构造

Fig. 5 Truncation structure of Xiacheng profile

需要巨大的能量,浅水区的波浪潮汐难以对其进行搬运,而沿斜坡的重力搬运可以轻而易举地完成。

2) 浅水砾石和深水砾石以不同比例混合出现,而这只可能出现在深水环境中,尤其是深水泥灰岩砾石的出现,碎屑流沉积机制是其成因的合理解释。

3) 灰质砾石大小悬殊、随机分布、没有分选性,多呈块状、无层理、无构造,砾间充填以灰泥和砂级灰屑,以及较大粒径的泥质碎屑,这些特征为深水碎屑流沉积的典型特征。

许多碳酸盐碎屑流沉积研究表明,碳酸盐碎屑流一般形成于台地斜坡环境^[14-18],这是因为碎屑流的形成一般需要原始地形有一定坡度以及诱发运动的触发应力,如同生活断层、地震活动和风暴作用等,这样才能造成碳酸盐碎屑物质的横向位移,在深水碳酸盐斜坡环境中发现浅水异地沉积的碳酸盐岩是很常见的^[15,19-23],而且与台地边缘有关,以碳酸盐裙的形式围绕台地沉积下来。

鉴于灰质砾岩为异地沉积,其沉积环境还可以借助宿主沉积层及其同沉积构造分析。峡城剖面灰质砾岩的宿主沉积为青灰色泥灰岩、微晶灰岩、泥页岩,结合剖面自 NE 向 SW 分布的同沉积断层以及大量的削切构造分析,认为这是台地上斜坡环境的典型产物,此外,根据多组削切构造的铲状形态及其自 NE 向 SW 切割下伏地层的特征,判断该台地斜坡亦是倾向 SE(图 6)。

与峡城剖面不同,晒经滩古浪堤组剖面以砂板岩互层的复理石沉积为主,灰质砾岩为其中透镜状夹层,其成分除灰质砾石外还有裹挟的较大的泥砾,因此判断为典型的碎屑流沉积,结合中厚层状的复理石沉积及相应的槽模、滑塌沉积分析,判断古浪堤组为一套大陆斜坡环境的沉积物,其成分以陆源碎屑为主,考虑到碳酸盐碎屑流沉积的存在,可判断为其沉积过程中有来自碳酸盐台地碎屑沉积物加入(图 6)。

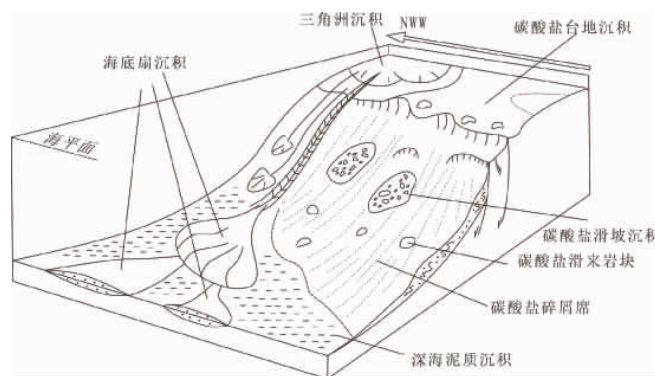


图 6 峡城—晒经滩中三叠统碳酸盐斜坡示意图

Fig. 6 Schematic diagram of Xiacheng—Shaijingtan carbonate slope in Middle Triassic

5 碳酸盐台地斜坡恢复及古地理意义

西秦岭地区在早三叠世—中三叠世早期,整体处于拉张裂陷的环境中^[2],秦岭北缘大断裂则是该裂陷带的北缘,特别重要的是,对秦岭北缘大断裂的研究表明,该断裂中生代以来是一条区域性走滑剪切断裂带,武山以西分段继承、改造前中生代断裂,武山以东为中生代新生断裂,早古生代曾是秦祁昆陆块群中的一条拼合线,晚古生代是北部大陆区与南部裂陷海盆分界,因此是一条经历多阶段长期演化的主要构造单元的边界断裂,而峡城、晒经滩两地正好沿此断裂分布,综合以上沉积、构造特征分析,本文建立了一个西秦岭峡城、晒经滩地区中三叠世的沉积模型(图 6)。研究认为,中三叠世,沿西秦岭峡城、晒经滩一线存在着一个近 SEE—NW 向展布的台地边缘斜坡,该斜坡在峡城地区主要以深水碳酸盐沉积为主,向 NW 方向逐渐过渡为以陆源碎屑沉积为主,该斜坡向 NNE 为碳酸盐台地沉积,向 SSW 方向则过渡为深海沉积。



6 结论

西秦岭峡城—晒经滩发育有碳酸盐碎屑流沉积、削切构造、同沉积断层等沉积物和沉积构造,是典型碳酸盐岩台地斜坡的识别标志。发育于深水性质的宿主沉积层的碳酸盐碎屑流反映了源自台地的碳酸盐碎屑在异地的再沉积活动,同沉积断层和削切构造反映了台地边缘斜坡的张性环境,这与研究区中三叠世整体处于拉张裂陷的构造环境中的特征是一致的,因此推测,西秦岭峡城、晒经滩一线于中三叠世发育有一个近 SEE-NWW 向展布的台地边缘斜坡,以该斜坡为界,区域上向 NNE 为浅水碳酸盐台地环境,向 SSW 方向则过渡为深海环境。

参考文献 (References)

- [1] Davies G R. Turbidites, debris sheets, and truncation structures in upper Paleozoic deep-water carbonates of the Sverdrup Basin, Arctic Archipelago [C]//Cook H E, Enos P. Deep-water Carbonate Environments. Special Publication-SEPM, 1977, 25: 221-247.
- [2] Enos P, Moore C H. Fore-reef slope[C]//Scholle P A, Bebout D G, Moore C H. Carbonate Depositional Environments. Tulsa: AAPG Mem, 1983, 33: 507-538.
- [3] Enos P. Cretaceous debris reservoirs, Poza Rica Field, Veracruz, Mexico [M]//Roehl P O, Choquette P W. Carbonate Petroleum Reservoirs. Berlin: Springer, 1985: 455-469.
- [4] Wright V P, Wilson R C L. A carbonate submarine-fan sequence from the Jurassic of Portugal [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1984, 54: 394-412.
- [5] Saller A H, Barton J W, Barton R E. Slope sedimentation associated with a vertically building shelf, Bone Spring Formation, Mescalero Escarpe Fields, southeastern New Mexico [C]//Crevello P D, Wilson J L, Sarg J F, et al. Controls on Carbonate Platform and Basin Development. Tulsa: SEPM Special Publication, 1989, 44: 275-288.
- [6] Cook H E, Magoon L B, Stanley R G, et al. Carbonate submarine fans and aprons in frontier petroleum region; Carboniferous Calico Bluff Formation, east-central Alaska[C]//AAPG Annual Convention with Division SEPM/EMD/DPA. Tulsa: AAPG Bulletin, 1987, 71(5): 542.
- [7] Cook H E, Enos P. Deep-water carbonate environments [C]. Special Publication-SEPM, 1977, 25: 1-336.
- [8] Mullins H T, Neumann A C. Deep carbonate bank margin structure and sedimentation in the northern Bahamas [C]//Dolyle L J, Pilkey O H, Jr. Geology of Continental Slopes. Tulsa: SEPM Special Publication, 1979, 27: 165-192.
- [9] Mullins H T. Modern carbonate slopes and basins[C]//Cook H E, Hine A C, Mullins H T. Platform Margin and Deep-water Carbonates. Tulsa: SEPM Short Course12, 1983.
- [10] Payros A, Pujalte V. Calciiclastic submarine fans: An integrated overview [J]. *Earth-Science Reviews*, 2008, 86: 203-246.
- [11] 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭早三叠世深水碳酸盐岩沉积演化模式[J]. 中国科学 B 辑, 1994, 24(8): 890-897.
Jin Huijuan, Li Yuci. *Science in China Series B*, 1994, 24(8): 890-897.
- [12] 殷鸿福, 杨逢清, 黄其胜, 等. 秦岭及邻区三叠系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992: 129-137.
Yin Hongfu, Yang Fengqing, Huang Qisheng, et al. Triassic of Qinling orogen and its adjacence area[M]. Wuhan: Publishing House of Chinese Geological University, 1992: 129-137.

- [13] Lewis K B. Slumping on a continental slope inclined at 1 degrees-4 degrees[J]. *Sedimentology*, 1971, 16(1-2): 97-110.
- [14] Cook H E. Ancient carbonate platform margins, slopes and basins[C]//Cook H E, Hine A C, Mullins H T. Platform Margin and Deep-water Carbonates, SEPM Short Course 12, 1983.
- [15] Coniglio M, Dix G R. Carbonate slopes [M]//Walker R G, James N P. Facies Models: Response to Sea-level Changes, Newfoundland: Geological Association of Canada, 1992: 349-374.
- [16] 刘宝珺, 叶红专, 蒲心纯. 黔东、湘西寒武纪碳酸盐重力流沉积[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 235-246.
Liu Baojun, Ye Hongzhuang, Pu Xinchun. *Oil & Gas, Geology*, 1990, 11(3): 235-246.
- [17] 高振中, 彭德堂. 鄂尔多斯盆地南缘铁瓦殿剖面发现大规模重力流沉积[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2006, 28(4): 18-24.
Gao Zhenzhong, Peng Detang. *Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jiangnan Petroleum Institute)*, 2006, 28(4): 18-24.
- [18] 赵永胜, 王多义, 胡志水. 四川盆地西缘早三叠世早期碳酸盐重力流沉积与环境[J]. 沉积学报, 1985, 12(2): 1-9.
Zhao Yongsheng, Wang Duoyi, Hu Zhishui. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1985, 12(2): 1-9.
- [19] Hiscott N P, James N P. Carbonate debris flows, cow Head Group, western Newfoundland [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1985, 55: 735-745.
- [20] Cozzi A. Facies patterns of a tectonically-controlled Upper Triassic platform-slope carbonate depositional system (Carnian Prealps, North-eastern Italy)[J]. *FACIES*, 2002, 47: 151-178.
- [21] Drzewiecki P A, Simo J A. Depositional processes, triggering mechanisms and sediment composition of carbonate gravity flow deposits: Examples from the Late Cretaceous of the south-central Pyrenees, Spain [J]. *Sedimentary Geology*, 2002, 146: 155-189.
- [22] Cook H E, Mullins H T. Basin margin environment [C]//Scholle P A, Bebout D G, Moore C H. Carbonate Depositional Environments. AAPG Mem, 1983, 33: 540-617.
- [23] Tucker M E, Wright V P. Carbonate sedimentology [M]. Oxford: Blackwell, 1990, 271-283.

(责任编辑 吴晓丽)

本期“完词填空”答案

			立					功		
	夕		尽		此	情	可	待	成	追
	阳		斜		时				不	
	西	出	阳	关	无	故	人		遍	
	下				声				皆	泉
					胜				朔	声
天	生	我	材	必	有	用		黑	身	唱
作		夜	半	钟	声	到	客	船		危
之							归	来	煮	白
合	得	来						航	母	