

廖 晶,龚建明,何拥军,等. 马克兰增生楔地层层序及发育过程[J]. 海洋地质前沿,2019,35(4):69-72.
DOI:10.16028/j.1009-2722.2019.04008

马克兰增生楔地层层序及发育过程

廖 晶^{1,2},龚建明^{1,2},何拥军^{1,2},岳保静^{1,2},孟 明^{1,3}
(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071;2 青岛海洋科学与技术试点国家实验室
海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室,青岛 266071;3 中国地质调查局中国地质科学院,北京 100037)

1 地质背景

马克兰增生楔位于阿拉伯海北部,处在欧亚板块、阿拉伯板块、印度板块交汇处,东西长约 800 km,南北宽约 400 km,是阿拉伯板块向北俯

冲到欧亚板块之下的产物(图 1),其板块汇率速率为 4.0 cm/a,西部 3.65 cm/a、东部 4.2 cm/a、中部 1.95 cm/a,最大沉积厚度在 7 000 m 以上。阿拉伯板块和欧亚板块的碰撞始于白垩纪。马克兰增生楔从渐新世开始发育,中更新世以来其近岸部分经历了隆升和伸展断陷阶段,但水下

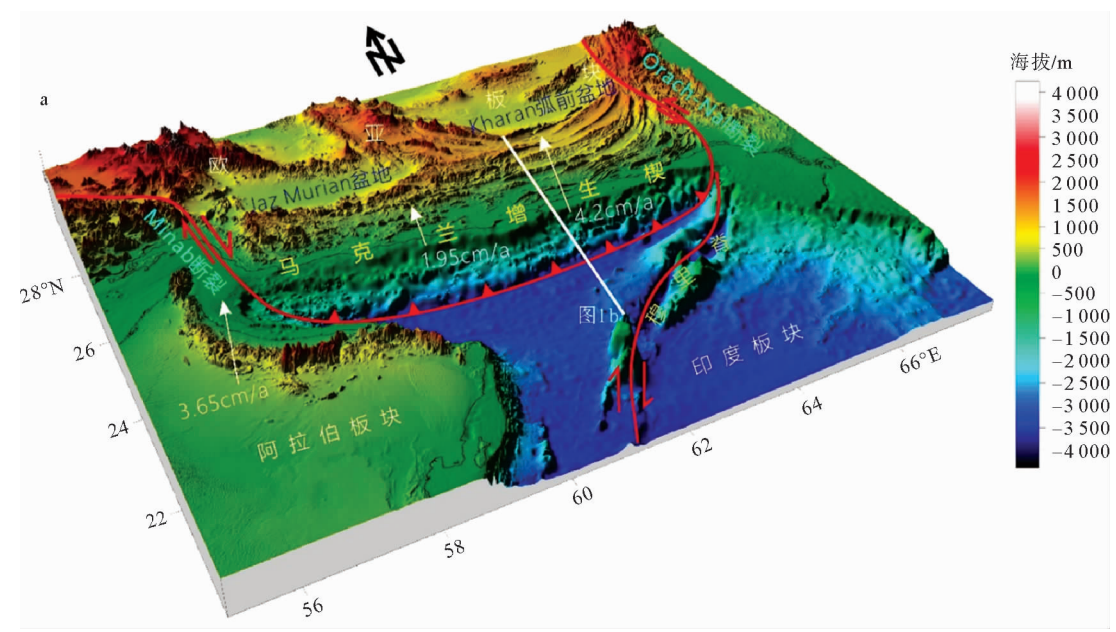


图 1 马克兰增生楔大地构造单元图
Fig. 1 Sketch map of geotectonic elements in Makran accretionary prism

收稿日期:2019-01-23
基金项目:国家重点研发计划(2018YFC0310000);地质调查项目“阿拉伯海天然气水合物资源调查”(DD20190581);国家自然科学基金(41406080)
作者简介:廖 晶(1984—),男,硕士,高级工程师,主要从事构造地质及天然气水合物成藏方面的研究工作. E-mail: qdliaojing@gmail.com

部分则一直保持加积,增生楔后缘发生构造抬升,为增生前缘提供物质基础。
根据巴基斯坦陆域资料建立了马克兰增生楔渐新世以来的地层格架(图 2),总的来说渐新世以来马克兰增生楔为一套深海浊积岩—深水相泥岩—滨浅海相砂泥岩的沉积序列。

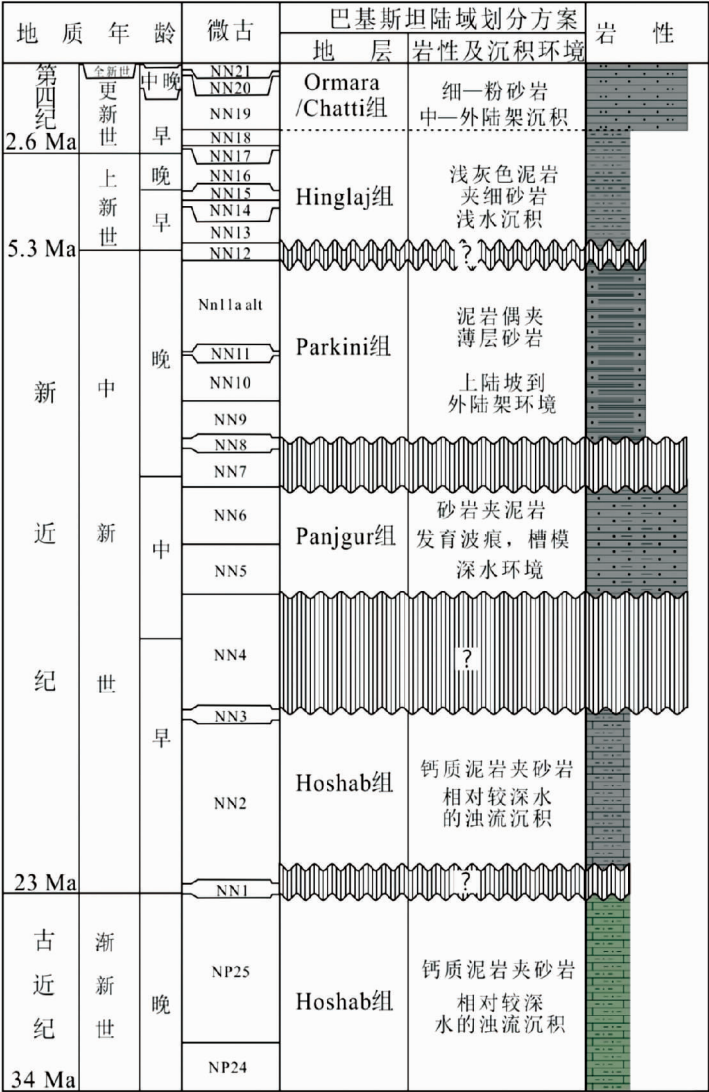


图 2 马克兰增生楔陆域新生代以来的地层格架

Fig. 2 Stratigraphic framework of the Makran accretionary prism since Cenozoic

2 地层结构与发育过程

马克兰增生楔具有沉积速率高, 沉积厚度大, 南部逆冲断裂和紧闭背斜发育, 构造活动向北逐渐减弱的特征。根据该海域最新地震资料, 将马克兰增生楔海域新生界划分为 3 套层序(图 3)。

层序 I 整体呈楔状, 北厚南薄, 为典型陆架—陆坡沉积, 表现为沉积物不断前积, 大陆坡折往南迁移(图 4), 且大陆坡折在南移过程中出现 4 次

海进海退旋回, 受限于地震剖面垂向分辨率、缺少钻孔资料, 无法对这些旋回进行精细定年。在上陆坡位置发育众多海底滑坡和海底峡谷, 表明①该区物源供给充足; ②陆架坡折向海推进速度较快、沉积物尚处于不稳定状态; ③海底峡谷内主要为浊流沉积, 沉积物以这种方式被搬运到深海; ④非海底峡谷处多为半远洋泥质沉积, 由于该海区生产力较高, 总体来说浅表层沉积有机质含量较高。层序 I 对应陆域上新世—第四纪以来沉积(Hinglaj-Ormara 组沉积), 在陆域为细粉砂质沉积, 在海域随着沉积相变逐渐过渡为泥质沉积。

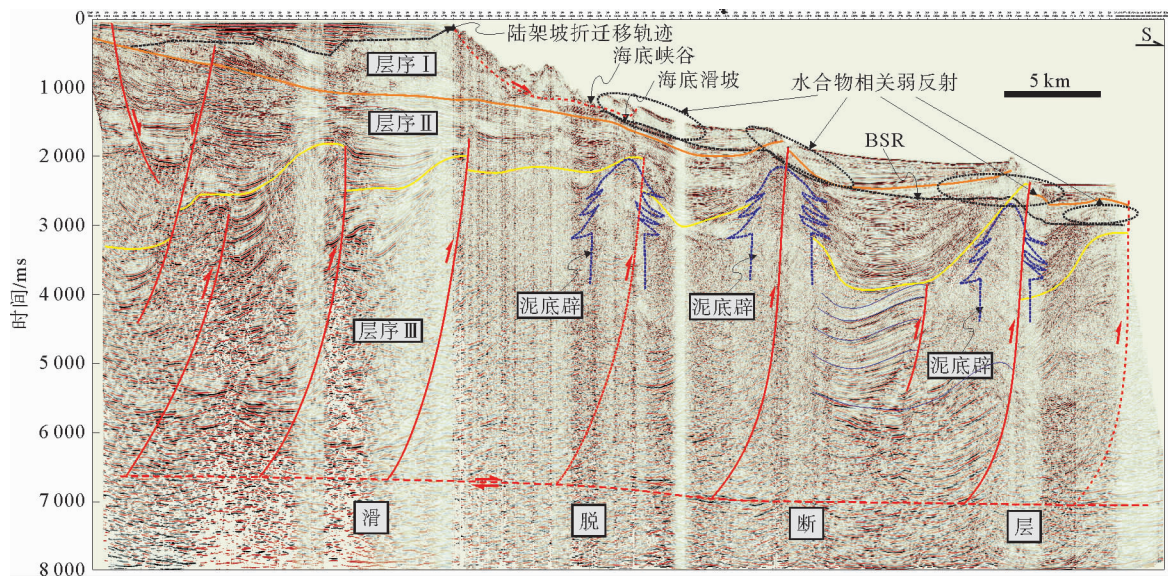


图 3 马克兰增生楔典型剖面图

Fig. 3 Typical cross section of the Makran accretionary prism

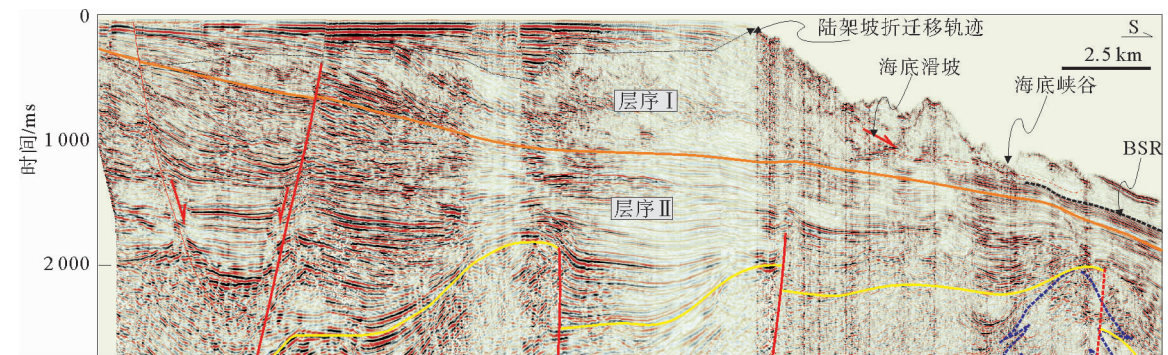


图 4 层序 I—II 精细解释图

Fig. 4 Detailed interpretation section of sequences I—II

层序 II 表现为一套背驮式沉积,即多个背驮式洼陷沉积相连,这些洼陷一般南北宽 5~10 km,东西长可达 100 km。洼陷间以深部逆冲断层为界,层序 II 地层在陆架区总体近水平,陆坡区层序 II 顶界整体南倾,受下伏逆冲断层影响次级洼陷中部沉积厚度远大于边缘沉积,表明逆冲断层、泥底辟与层序 II 同沉积发育,最大沉积厚度 >7 km,该套地层反射振幅明显大于层序 I,表明层序 II 较层序 I 更粗,结合陆域地质资料推测为粉砂质沉积。该剖面层序 II 北部发育 2 条正断层,与晚期巨厚沉积物重力负载有关。层序 II 对应陆域晚中新统 Parkini 组。

层序 III 上部地层反射强,下部地层反射弱,与上部马克兰砂一下部喜马拉雅泥质沉积相吻合。

受逆冲断层影响,内幕反射混杂,反映了喜马拉雅泥岩层在逆冲推覆作用下发生塑性流变,进入马克兰砂段,沿逆冲断层上拱形成泥底辟构造,泥底辟头部刺穿层序 II 底界,泥底辟侧翼则与相邻地层呈指状接触关系,侧翼沉积反射强度稍大于邻近地层,反映了深部源岩与浅部沉积物的岩性差异。所有逆断层均收敛于深部滑脱断层,这些逆冲断层在北部被层序 I、II 深埋,在南部则出露海底,原因可能有 2 个:①北部物源供给充足,南部相对水深,供给相对不足;②马克兰海沟不断向南扩展,北部由于远离挤压核心区导致其断层活动性减弱,新生的逆冲断层不断在南部形成(层序 III 对应巴基斯坦陆域渐新世—中中新世 Hoshab-Panjgur 组沉积)。

3 讨论

(1) 马克兰增生楔海域新生代以来的构造演化模式

根据前人资料,结合本区地震资料解释成果,3 套层序分别对应发育时间为:层序 I 为 0~5.3 Ma,层序 II 为 5.3~11.6 Ma,层序 III 为 11.6~34 Ma。

34~5.3 Ma 海岸线较现今更靠北,海沟也更靠北发育,层序 III 中的逆冲断层较平缓,层序 II 主要为发育在逆冲断裂间的背驮式沉积,这些背驮式沉积越靠北厚度越大,推测在北部陆域发育了陆架坡折,在后期的构造抬升中可能被剥蚀(图 5a)。自 5.3 Ma 以来,研究区北部逐渐抬升露出海面,层序 I 开始发育,陆架坡折快速向海推进,逆冲断层不断被深埋,同时,逆冲断层前沿不断向

南扩展,海沟南移。由于北部快速隆升,南北部的构造高差变大,使得早期巨厚沉积发生重力失稳,开始形成重力滑脱正断层(图 5b)。这些正断层在伊朗海域表现较为明显。随后俯冲前缘断层持续南移,后缘正断层也不断发育,后缘逆断层逐渐变得陡立(图 5c)。在某些背斜核部泥火山会冲出地表,表明深部物质向浅层运移正在不断进行。

(2) 马克兰增生楔水合物潜力巨大

值得注意的是本区 BSR 的广泛发育,已经开展了多个国际航次调查。本区 BSR 为清晰连续的强反射,在上陆坡处 BSR 埋深小于层序 I 底界。中下陆坡段 BSR 埋深大于层序 I 底界。本区 BSR 出现在水深 850 m 左右,BSR 在构造高位大角度斜切地层,在背驮式盆地处近平行或小角度相交。BSR 以上层位出现多处反射强度偏弱现象,在构造脊部更为明显(图 3),反映了沉积物被水合物胶结后,内部波阻抗差异变小,使得整体反射偏弱。BSR 之下反射振幅显著增强(图 3),反映了水合物稳定域之下游离气大量聚集,在 BSR 处形成强阻抗差界面,证明了该区水合物的良好潜力。如前文所述,逆冲断层和泥底辟、泥火山作为沟通深部与浅部的运移通道,在水合物的成藏过程中起到了关键作用。

4 结论

(1) 马克兰增生楔海域新生代以来沉积可分为 3 套地层层序,分别对应卷入逆冲断层体系的下部层序 III,以背驮式沉积为主要特征的中部层序 II,以持续前积为特征的浅部层序 I。

(2) 该区的发育过程主要表现为俯冲前缘持续南移,北部逆冲断层逐渐陡立且被逐渐深埋,北部不断抬升并发育重力滑脱断层。

(3) 该区 BSR 分布广泛,水合物资源潜力巨大,逆冲断层和泥底辟、泥火山在水合物形成过程中起到了关键作用。

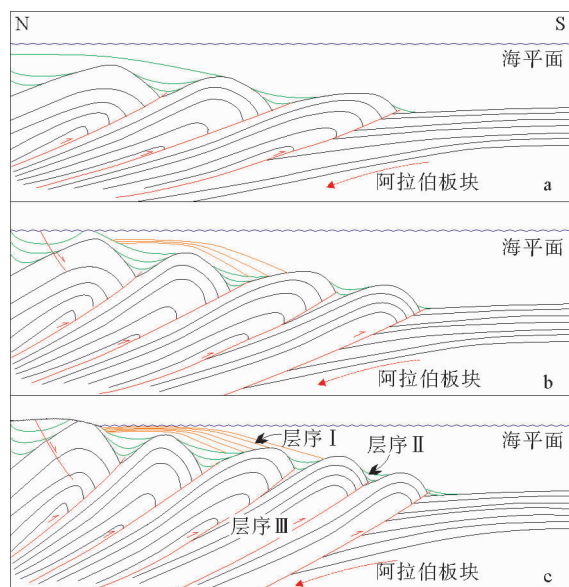


图 5 马克兰增生楔新生代以来构造演化模式图

Fig. 5 Conceptual model of tectonic evolution of Makran accretionary prism since Cenozoic