

文章编号: 1000-0550(2008) 02-0221-13

胶莱盆地莱阳期原型盆地恢复¹

任凤楼¹ 柳忠泉¹ 邱连贵¹ 韩立国¹ 张岳桥² 曹忠祥³

(1. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司地质科学研究院 山东东营 257015;

2. 南京大学地球科学系 南京 210093; 3. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探项目部 山东东营 257015)

摘要 应用区域地质调查资料、地震剖面解释、钻孔测井资料解释和野外典型剖面的观察,并运用层序地层学原理和方法,对胶莱盆地和沂沭地堑系沉积充填序列进行了描述与对比分析,基本理清了胶莱盆地地层层序格架,并恢复莱阳期胶莱盆地原形。胶莱盆地莱阳期发育两个独立的槽状断陷带:一个沿牟即断裂构造带发育,呈 NNE 向展布,称之为朱吴—即墨断槽带,该断槽带完全受牟即断裂带的控制;另一个沿沭河裂谷带和诸城凹陷发育,总体也呈 NNE 向展布,称为莒县—诸城断槽带。两个断陷槽控制了该期的沉积相及分布。另外,位于胶莱盆地东北角的郭城凹陷可能是一个独立的断陷盆地,其发育受东西两侧断裂控制。平度地区是否存在独立的断陷湖盆,目前尚难确定。苏鲁造山带北部边界断裂(百尺河断裂)的伸展复活主导了胶莱原形盆地的发育。

关键词 胶莱盆地 原型盆地 莱阳组 测井相

第一作者简介 任凤楼 男 1970 年出生 工程师 地质学 E-mail: dzyrf@ sbf. com

中图分类号 P512. 2 P539. 2 文献标识码 A

0 引言

胶莱盆地为一晚中生代的残留盆地,残留盆地整体呈菱形,西界为郯庐断裂带,东部 NNE 向牟即断裂构造带将盆地分割为东、西两部分,东部地区称为海阳凹陷,其基底属于胶南造山带。西部地区由莱阳凹陷、大野头隆起、高密凹陷、诸城凹陷和柴沟隆起等次级构造单元组成(图 1)。盆地南界为五莲断裂带,北界除了平度断裂以外,大部分超覆在胶北隆起之上。地震剖面及重磁资料解释结果显示,盆地内断裂以 NWW 走向为主,其次为东西向,NE 向断层较少。盆地次级构造单元的主边界断裂以东西向为主,如诸城凹陷北缘的百尺河断裂、南缘的五莲断裂,高密凹陷南缘和北缘的胶县断裂和平度断裂,莱阳凹陷南缘的五龙村断裂等。

该盆地经历了近 80 年的地质研究历史和数十年的石油勘探,大量资料表明该地区具有较好的生、储、盖组合条件和丰富的油气显示,但直至目前,油气勘探仍无突破,主要是人们对该地区的油气资源潜力、油气勘探方向等问题的认识尚不清晰。莱阳组既是主要的烃源岩发育层段(水南段),又是重要的储集层,莱阳期(莱阳湖)的原型盆地特征及沉积格局是解决这些关键问题的核心内容。由于地震资料品质

的限制和盆地后期的强烈改造,原型盆地恢复一直是难点,已有学者对该区莱阳期沉积格局及盆地原型进行过研究^[1-4]。但限于资料难以满足油气勘探的要求。本文综合利用了区域地质调查资料、地震剖面解释、钻孔测井资料解释和野外典型剖面的观察,并运用层序地层学原理和方法,对胶莱盆地和沂沭地堑系沉积充填序列进行了描述与对比分析,基本理清了胶莱盆地地层层序格架,并恢复了莱阳期胶莱盆地原形。

本文原型盆地研究的基本思路是:先简要说明莱阳期盆地周缘大地构造环境,即剖析盆地及下伏岩石圈所处的构造环境。例如板块或弧—陆碰撞带以及地体拼贴带周缘常为挤压构造环境,被动大陆边缘或弧后则多为伸展环境;板块或地体之间的相对水平运动可在其邻区形成剪压或式剪张环境。对区域大地构造背景或块体间相对运动方式的了解是确定原型盆地类型的基础。进一步利用地震剖面宏观的分析各凹陷或断层的构造样式,确定主要的控凹断层,初步推测可能沉降—沉积中心,由于该区地震资料品质的限制,利用地震资料来进行原型盆地恢复,只能做到这一步。

其次通过岩相、沉积构造及其组合以及相序分析,恢复原始沉积体系、建立沉积相带的空间分布格架。由于受构造作用不同程度地改造,早期盆地可能

¹ 中国石油化工股份有限公司重大勘探项目(编号: P03007)资助。

收稿日期: 2007-04-23 收修改稿日期: 2007-06-19

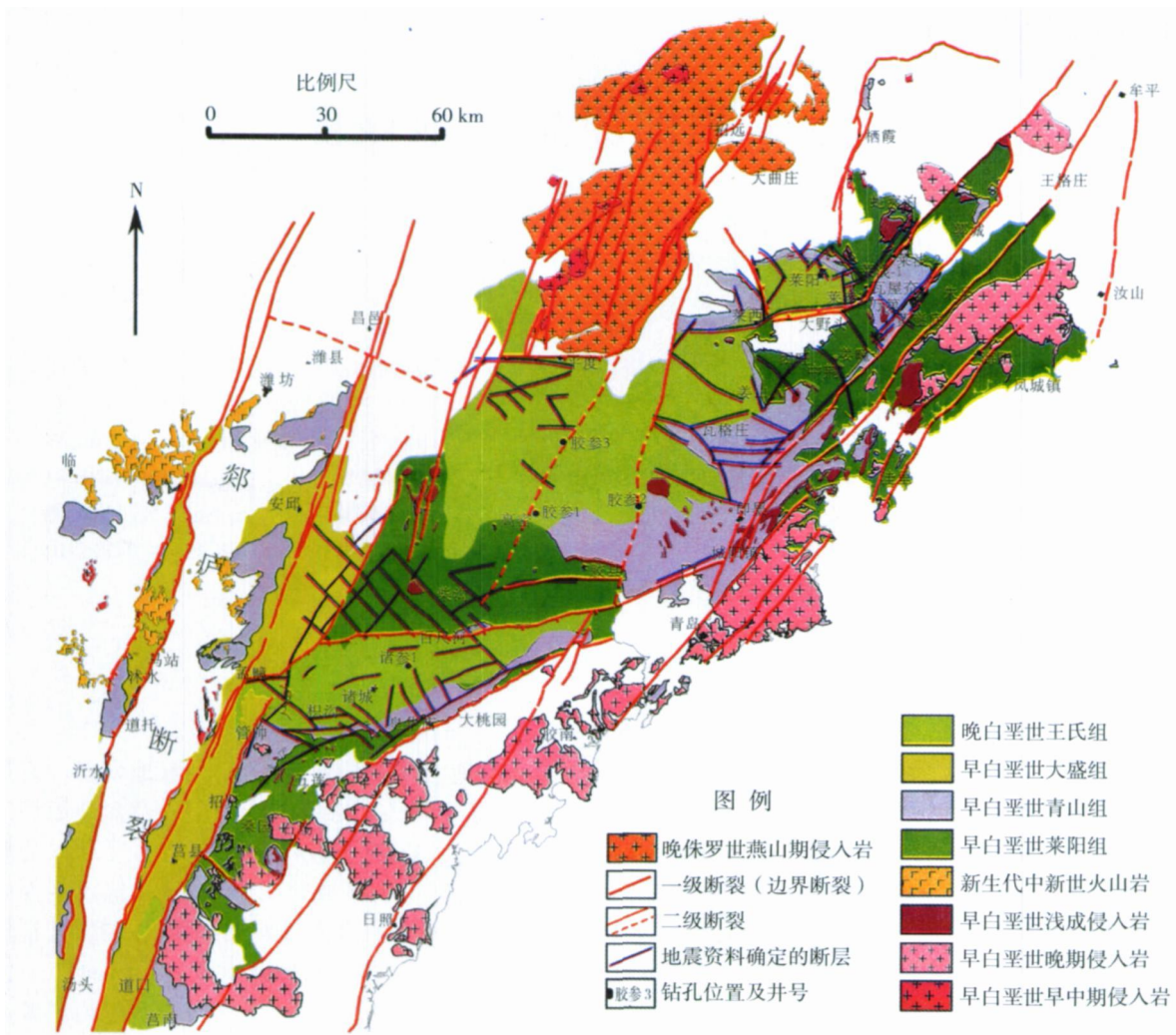


图 1 胶莱盆地区域构造位置及构造单元划分图

Fig 1 Regional structural unit map of Jiaolai Basin

被分割成不同的部分, 内部沉积体系也常残缺不全。因此, 确定不同地区、同一时代沉积岩之间的相互关系, 是恢复原型盆地的重要环节。最后对野外地质露头与钻井资料进行详细的岩相、测井相分析, 进而建立地层层序格架, 在此基础上进行沉积旋回和岩相古地理分析。

1 地层层序及格架

胶莱盆地主要是白垩纪的裂隙和走滑拉分盆地, 人们对地层进行了多年的研究^[5-7], 主要的是关于莱阳组的层位归属, 以前多归于上侏罗统, 后来又认为上部是下白垩统, 下部是上侏罗统, 油气勘探的最新研究表明, 莱阳组应划为下白垩统, 更详细的古生物学研究表明属于早白垩世中期, 在此不详述。

莱阳组是一套河湖相沉积, 该组地层的标准剖面位于莱阳瓦屋乔至修家沟一带。莱阳组分为 6 个段, 自下而上分别命名为: 遣仙庄段 (瓦屋乔段)、止凤庄段 (林寺山段)、马耳山段、水南段、龙王庄段和曲格庄段^[8]。由于莱阳组沉积时期湖盆分割性很强, 所以不同地区发育程度和序列不同。大致分为莱阳—海阳地区、诸城地区和中楼—石场地区。各地区之间莱阳组各段地层对比一直是个难题。图 2 展示了胶莱盆地白垩系莱阳组地层格架 (图 2)。从中可以看到, 早白垩世莱阳组沉积时期, 沂沭裂谷系尚没有形成, 这里曾是一个隆起带, 分隔了鲁东和鲁西沉积区。莱阳组沉积主要发生在鲁东的胶莱盆地。青山组沉积时期, 沂沭构造带发生裂隙, 在盆地及其两侧发育青山组火山岩和大盛组河湖相砂砾岩沉积^[9-10]。

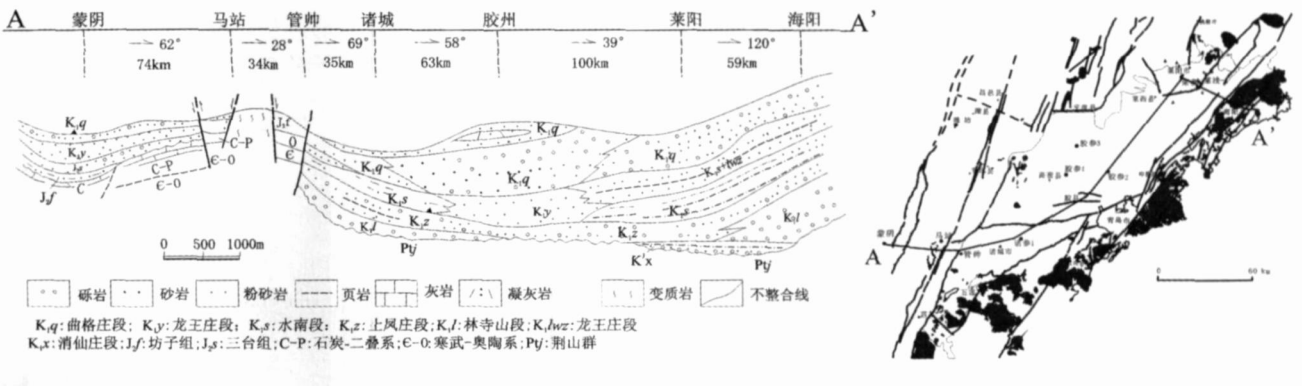


图 2 胶莱盆地白垩纪莱阳组层序地层格架图

Fig 2 Stratigraphic framework of Early Cretaceous of Jiaolai basin

2 胶莱盆地莱阳期原型盆地恢复

2.1 盆地大地构造属性

越来越多的资料表明, 晚侏罗世到早白垩世之交, 中国东部由南北挤压的特提斯构造体制向濒太平洋的拉张机制转换^[10-12], 通常认为, 早白垩世断陷盆地形成的机制是与增厚的造山带发生岩石圈拆沉和重力垮塌密切联系, 至早白垩世青山组沉积时期 (120~105 Ma), 整个中国东部大陆边缘处于类裂谷构造环境, 古太平洋板块向亚洲大陆俯冲诱发的弧后扩张、地幔上隆底辟和岩石圈拆沉作用, 使中国东部增厚的岩石圈发生显著减薄。

任凤楼^[9]通过对胶莱盆地古构造应力场的恢复表明: 早白垩世莱阳期是多向伸展断陷。野外观察资料显示, 莱阳组中有生长正断层发育, 在海阳地区有中基性火山喷发岩发育, 这些特征均指示引张伸展变形环境。但由于断裂变形记录不完整, 在胶莱盆地中没有获得确切的指示莱阳组沉积时期的生长正断层运动矢量。根据莱阳组盆地岩相古地理资料推测, 莱阳组沉积期间的伸展方向可能为 NW-SE 向。因此, 莱阳沉积时期多向的伸展拉张作用主要与苏鲁造

山带碰撞后的应力松弛和构造垮塌作用有关

2.2 地震剖面上揭示的莱阳期构造沉积格局

莱阳凹陷的东界为 NNE 向的东陡山断裂, 南界为 W-E 向五龙村断裂, 西界为 NNW 向的茂芝场断裂 (图 3)。莱阳凹陷是一个南断北超、南陡北缓的不对称箕状盆地。受桃村-东陡山断裂带的影响, 凹陷东部主要发育 NE 向断裂, 以正断和走滑活动为主, 也存在逆冲活动; 受五龙村断裂和莱西断裂控制的凹陷西部, 主要发育 NW 向和 W-E 向断裂, 以正断层为主, 地震剖面上的正断层具有生长性质。早白垩世莱阳期 NNE 向断裂的伸展活动影响, 沉积沉降中心位于莱阳凹陷东部地区。构造恢复结果表明, 莱阳组地层东厚西薄、南厚北薄 (图 3)。此时, 莱阳凹陷南界五龙村断裂可能开始活动, 并控制了莱阳凹陷的发育。

诸城凹陷南界为 NEE 走向的五莲断裂, 北界为近 W-E 走向的百尺河断裂, 西界即为著名的沂沭断裂系, 凹陷平面形态西宽东窄, 剖面形态南浅北深、南缓北陡、南翼宽北翼窄的极不对称的箕状凹陷。由于地震剖面质量较差, 信噪比很低, 深部构造形迹较难识别。但总体上, 与其它凹陷相比, 诸城凹陷内断裂

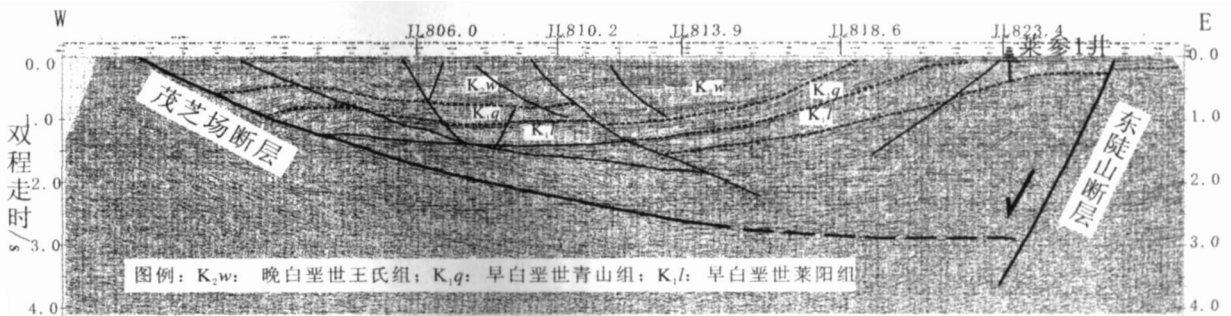


图 3 莱阳凹陷 W-E 向 273.8 地震解释剖面图

Fig. 3. Seismic section interpretation on line 273.8 (W-E) in Laiyang depression

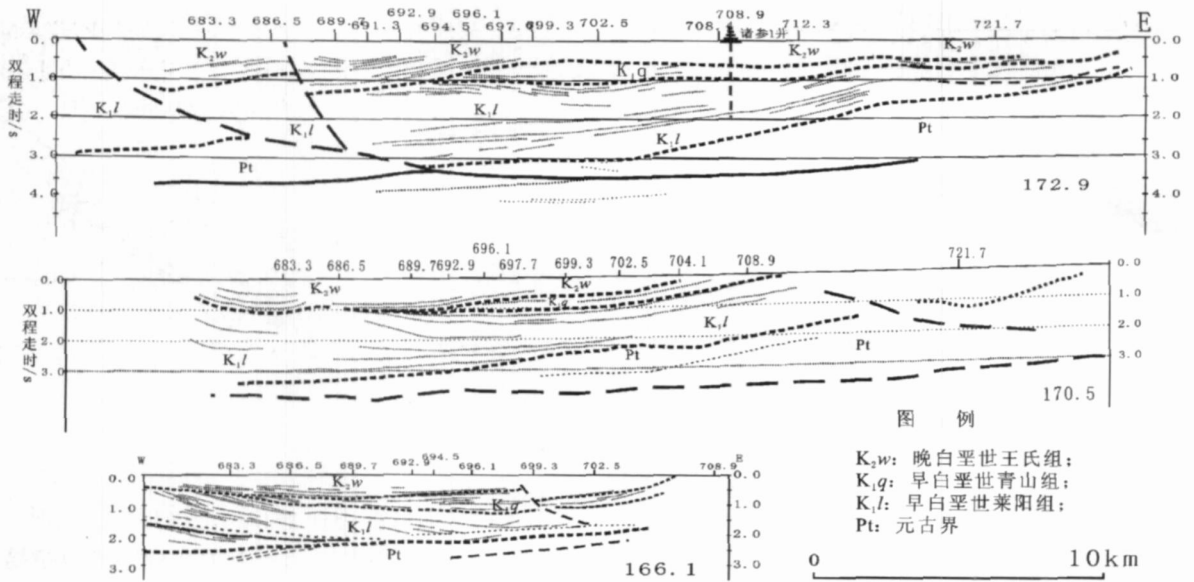


图 4 诸城凹陷东西向地震测线解释剖面

Fig 4 Seismic section interpretation on line 160 9, 166 1, 170 5, 172 9 (W - E) in Zhucheng depression

构造不是很发育,尤其伴随凹陷发育的生长正断层很少见。在东西地震测线上(图 4),我们可以清楚地看到,莱阳组沉积呈现出东浅西深、东薄西厚的特点,反映凹陷原形是一个向西加深的湖盆。在南北测线上,凹陷表现为北断南超、南缓北陡、南浅北深,形态极不对称。凹陷的发育显然受北缘百尺河断裂控制,沉降中心位于凹陷中央偏北一侧。而凹陷南部是一个向北缓倾的斜坡带,莱阳组地层由北向南超覆其上。因此,诸城凹陷原形是一个受北缘断裂控制的不对称箕状断陷盆地。

高密凹陷位于柴沟隆起以北地区,东临牟即断裂构造带,西为沂沭断裂带。莱阳期沉积时期,高密凹陷是一个整体向南缓倾的斜坡带,莱阳组砂砾层由南向北超覆在胶北隆起带上。

2 3 胶莱盆地莱阳组沉积相及旋回

由于胶莱盆地后期改造强烈,各地区沉积特征差异巨大,全面统一对比应该建立在对各区地层沉积特征详细分析的基础上。因此,各区沉积特征的详细分析是非常重要的环节。根据各地沉积特征不同,分别对莱阳—海阳地区和诸城—高密地区进行分析。

2 3 1 莱阳—海阳地区莱阳组各段沉积特征

(1) 曲格庄段

以灰绿色复成分细砾岩、暗紫色含砾粗砂岩为主,夹少量泥页岩,沉积物粒度粗、细相间,颜色也出现灰绿色—暗紫色的韵律性,整体体现出河流的二元

结构,是典型的河流相沉积,其中泥砾很发育(岩性剖面见图 9 10)。砾岩中的砾石排列具有定向性,指示河流方向从北东向南西(210°)。具有含砾粗砂岩夹少量泥页岩,体现河流沉积的粒序变化。

在曲格庄村北公路北侧,可见巨厚块状砂岩与砾岩的接触面,可见明显的冲刷槽;砂岩中的暗紫色泥砾,具定向性;砾岩中各种砾石及泥砾见定向排列,是河流水动力作用的产物。

(2) 龙旺庄段

岩性为黄绿色、紫灰色、中、细、粉砂岩,夹有灰绿色、灰紫色钙质泥岩、页岩,沉积物的粒度、颜色表现出较强的韵律性。常见的沉积构造有:楔状层理、波状层理、泥裂、球枕构造等(图 5),这些沉积特征指示浅湖、滨湖相、三角洲相沉积环境。龙旺庄段中的波痕指示古水流方向,统计表明,当时的水流方向以 NW 向为主。

莱参 1 井测井曲线显示(图 5 6),其自然电位平直,自然伽玛幅值较低,指示湖滨相沉积环境。

(3) 水南段

水南段是胶莱盆地最大湖泛时期,沉积物色调深,粒度细,岩性为灰绿色砂岩与灰黑色泥岩互层,砂岩中波痕发育,泥裂发育,指示沉积环境为湖相。水南段上部含钙质结核的泥岩,表明曾暴露地表的蒸发环境。见泥岩夹砂岩,水南段薄层粉砂质泥岩中的植物化石(图 5);干涉波痕中判断水流方向为 340°。

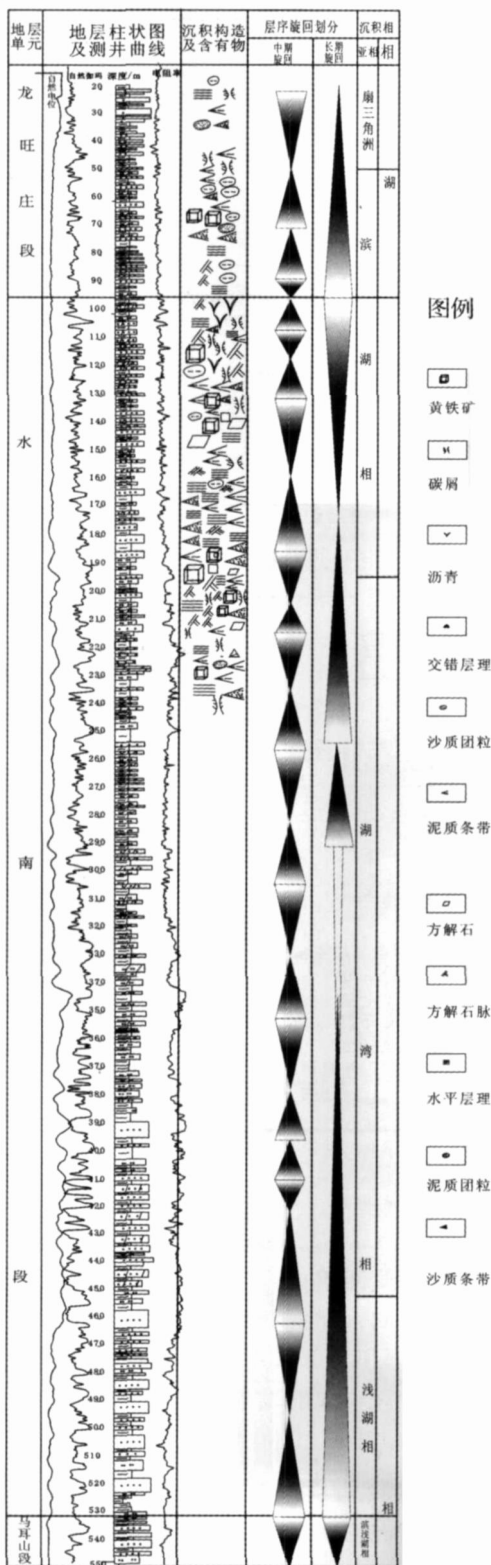


图 5 莱参 1 井测井解释综合图

Fig 5 Log data comprehensive interpretation map of Laican Well 1

在团旺剖面上, 见水南段与基底的接触界线; 水南段为砾岩, 砾石成分以变质岩为主; 属于湖盆边缘的缓坡带沉积; 灰色厚层灰岩指示弱还原环境下的静水湖泊。

在院上村见水南段内发育钙质结核, 沉积环境为滨浅湖; 院上村南沉积环境为浅湖; 同时见紫色砂岩以及泥岩增多, 显示浅湖环境, 院上村南 1 km 水南段地层为页岩与泥岩夹层, 显示为深湖相沉积。

测井资料显示自然电位曲线平直, 自然伽玛曲线摆动较小, 测井资料解释亚相见(图 6)。

(4) 马耳山段

岩性以砂岩、砾岩为主, 夹有钙质页岩。砂岩中具斜层理、变形层理, 上部含植物化石; 同时见土黄色钙质页岩; 青灰色泥页岩与石英细砂岩互层。属于滨浅湖相和三角洲相沉积环境。典型剖面位于朱吴凹陷东北高家南, 地层为紫红色细砂岩, 薄层状, 致密, 为氧化滨湖相沉积(岩性剖面见图 9 10)。莱参 1 井测井资料显示 531~ 550 m 为马耳山段(图 5)。

(5) 止凤庄段

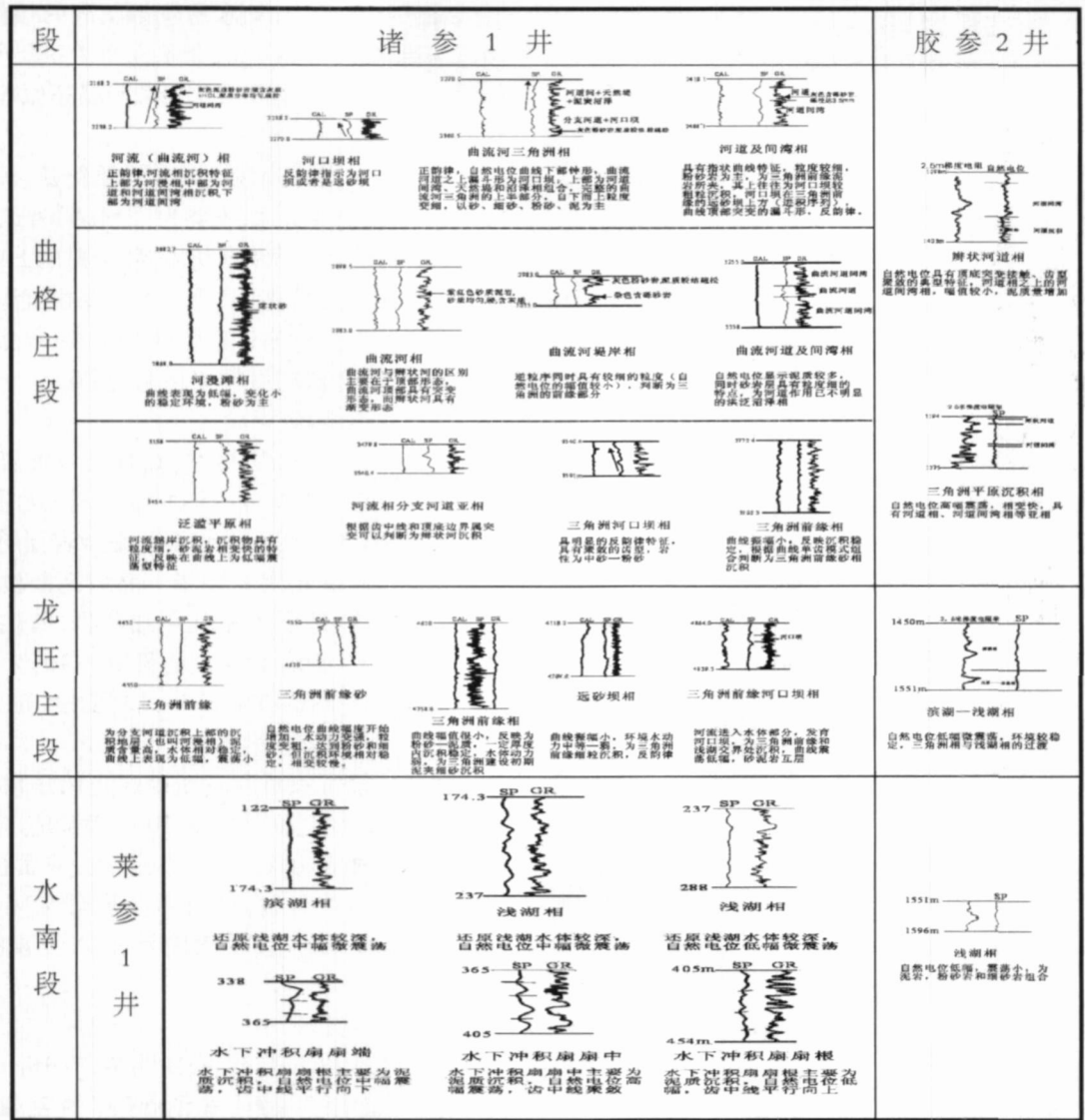
止凤庄段沉积对应诸城地区止凤庄段的下部和林寺山段(岩性剖面见图 9 10), 诸城地区的止凤庄段的沉积和林寺山段沉积为灰紫色、灰黄色巨砾岩、粗砾岩。砾石成分复杂, 有石英岩砾和闪长玢岩砾等, 分选差, 磨圆差, 多为次棱角状, 可见波痕, 泥裂构造。

(6) 道仙庄段

道仙庄段自下而上, 依次为砾石—砂岩—泥、页岩—砂岩, 组成了一个完整的旋回。在瓦屋乔地区环绕分布于荆山群古残丘周围。与下伏荆山群为角度不整合接触, 道仙庄段灰绿色页岩与止凤庄段紫红色细砾岩接触关系为平行不整合(岩性剖面见图 9 10)。

综上所述, 莱阳地区莱阳组沉积类型主要分为: 盆地边缘相沉积区、河流—三角洲相区和盆地湖相沉积区。

盆地边缘相沉积区: 这些盆地边缘相沉积主要分布在莱阳凹陷西北边缘、朱吴洼陷北缘东北部大龙口、扫帚涧一带、海阳凹陷东北缘桃园一带, 产于莱阳组下部地层(止凤庄段)(岩性剖面见图 9、10)。周江羽等^[2]研究表明莱阳凹陷西北边缘发育粗碎屑岩边缘相沉积。



CAL: 井径; SP: 自然电位; GR:自然伽玛; ↑韵律指示; →井壁取心记录

图 6 胶莱盆地莱阳组测井资料解释的沉积相类型

Fig 6 Sedimentary types based on log data in interpretation of Laiyang Formation

湖相沉积区: 在莱阳地区, 发育不同类型的湖相沉积区, 这些沉积物主要分布在盆地内部, 主要产于马耳山段、水南段和龙王庄段。

河流—三角洲相区在莱阳—海阳地区很发育, 尤其在水南段和龙王庄段时期, 有长年河流自南向北、自东向西流入莱阳—海阳凹陷, 形成以含泥砾砂岩、平行层理砂岩和大型交错层理砂岩(边滩)沉积为特征的沉积组合。三角洲相沉积为绿、黄绿色页岩与砂岩互层, 具浪成波痕、微三角洲交错层理和重荷模构造等。

2.3.2 莱阳—海阳地区莱阳组沉积旋回特征

从沉积旋回角度看, 莱阳组地层由两个完整的水

进—水退沉积旋回组成^[3]。下部道仙庄段组成了一完整的沉积旋回, 该时期盆地尚未发育成一个统一的拗陷, 只在南部和北部局部地区形成串珠状凹陷, 湖水是一个浅—深—浅的发展过程, 形成了扇三角洲、风暴和浊流的沉积。上部止风庄段到曲格庄段为另一完整的沉积旋回, 其中, 最大湖进期在水南段沉积期。止风庄时期发生了较大规模的水退, 尤以北部更为强烈, 以干旱—半干旱气候背景下的红层沉积为特征; 马耳山段时期构造运动趋于缓和, 盆地内外地形高差变小, 具高成熟度的稳定浅水沉积; 水南段是盆地发育的鼎盛时期, 气候转为湿热, 湖面水位高, 构造明显控制着沉积, 发育了四大沉积区; 龙旺庄段时期

构造趋向活动, 湖水变浅, 气候向半湿热半干旱方向转化; 曲格庄段时期构造运动增强, 湖水向西南方向退出, 河流相沉积占主导。

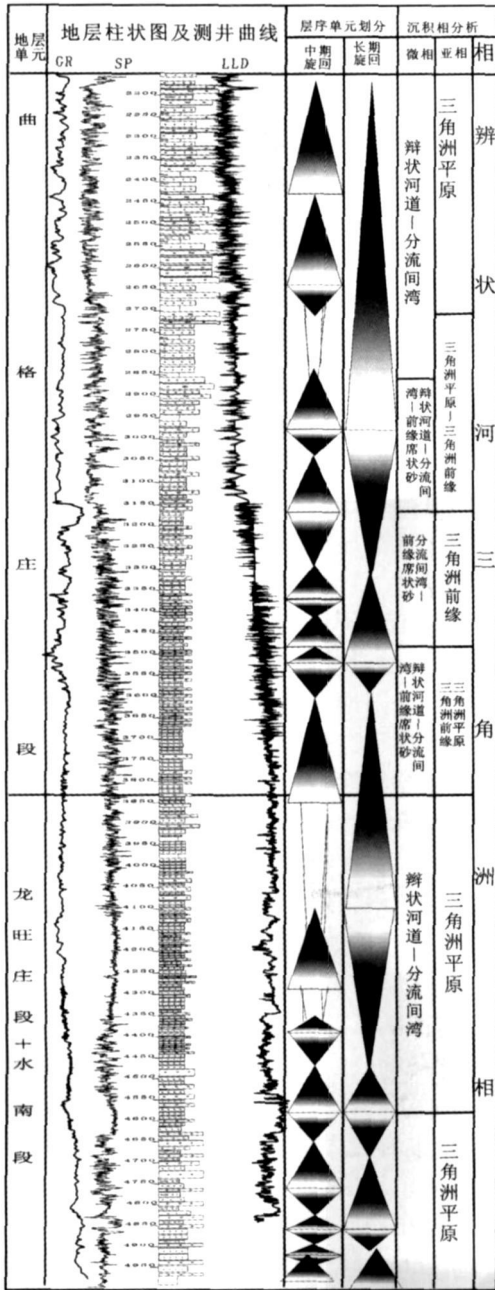
2.3.3 诸城—高密地区莱阳组各段沉积特征

(1) 曲格庄段

根据诸参 1 井测井资料解释, 可以总结诸参 1 井曲格庄组的电性特征 (图 6.7)

下部反映的是三角洲平原—三角洲前缘的过渡相, 测井曲线中幅值, 中等震荡, 时而出现明显的正、反韵律, 表明相变较快; 中部反映河道相及其伴生沉积相, 电测曲线高—中幅, 震荡强, 或者为反映较稳定的小湖盆沉积的微震荡低幅值的曲线特征; 上部反映河道沉积的高幅值, 高震荡型电性曲线特征。曲格庄段的电性特征为下部反韵律, 中部反韵律。上部正韵律反映水体变浅后又变深的过程。

胶参 2 井资料显示 (图 6.8), 曲格庄段地层深度 926~1450 m, 下部自然电位曲线高幅震荡箱状, 锯齿状组合, 反映辫状河道沉积特征, 上部自然电位曲线较平直, 水动力弱, 水体较深, 在本井反映水体加深过程。根据完井报告, 本组岩性主要为安山质层凝灰岩、灰绿色含砾砂岩、细粉砂岩和紫红色泥岩。反映主要为河流相沉积。



图例
 中砂岩 细砂岩 粉砂岩 砂砾岩
 凝灰岩 泥岩 火山岩 含砾砂岩 粗砂岩
 GR: 自然伽玛; SP: 自然电位; LLD: 电阻率

图 7 诸参 1 井测井资料综合解释图

Fig. 7 log data comprehensive interpretation map of Well Zhucan 1

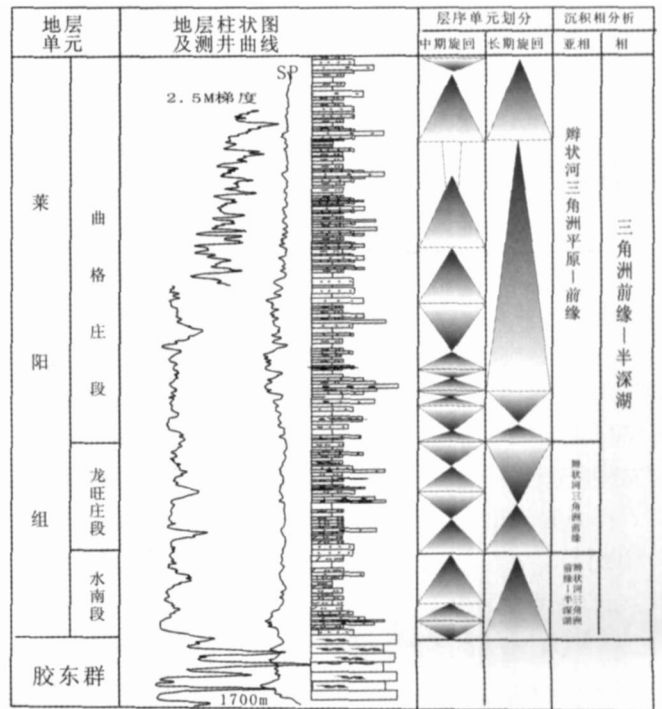


图 8 胶参 2 井测井资料综合解释图

Fig. 8 Log data comprehensive interpretation map of Well Jiaocan 2

地表剖面资料显示 (图 11), 曲格庄段下部地层在许家庄四十里铺—诸城一带为粉砂岩细砂岩夹薄

层砾岩及薄层泥岩页岩互层。柴沟—胶县李家屯一带为砾岩层。中部许家庄四十里铺—诸城一带中厚层砾岩夹砂岩泥岩,柴沟—胶县李家屯一带为砾岩层为主。上部许家庄四十里铺—诸城一带为中粗粒砂岩或薄层砾岩与中砂岩、粉砂岩互层夹泥岩。柴沟地区为细砂岩、粉砂岩互层,胶县李家屯地区为细砂岩、砾岩夹泥岩。整体反映粒度变细。

(2) 龙旺庄段 + 水南段

根据诸参 1 井资料, 4 000 m 以下为龙旺庄段, 为紫色、灰色粉砂岩, 夹砂质泥岩、泥岩。沉积环境为河流相到滨湖相的过渡带, 电测曲线显示自然电位, 曲线幅值较小, 较平直, 显示为三角洲前缘。发育前缘砂, 河口坝, 远砂坝等相 (如图 6 7)。

下部水南段测井资料显示特征为: 自然电位低幅, 震荡小, 为泥岩、粉砂岩和细砂岩组合 (图 6)。该套地层露头为厚层状粗砂岩, 斜层理发育, 向上为薄层状砂岩与泥质粉砂岩互层, 粗砂岩中有变形层理发育, 细纹线理发育, 局部有大的泥砾发育。

(3) 止凤庄段

诸城地区的止凤庄段剖面位于柴沟—胶县龙池 (图 11), 为巨砾岩、粗砾岩、含砾砂岩。分选差, 磨圆差, 多为次棱角状, 可见波痕, 泥裂构造。在上康家岭村北一带, 见复成分砾岩, 沉积环境为湖盆的陡坡带, 冲积扇, 粗砂岩和灰紫色砾岩组成的反韵律, 沉积环境为冲积扇的扇跟。向上以中厚层青灰色砂岩与薄层泥质粉砂岩互层沉积为主, 槽状层理发育, 属于典型的辫状河流相、河漫滩相沉积。

(4) 林寺山段

林寺山段为盆地边缘的冲洪积扇沉积, 发育在盆地演化的早期, 但在盆地演化、湖水超覆的后期沉积范围逐渐向外扩展, 为巨砾岩、粗砾岩, 向盆地内部稍细, 可变为粗砾岩夹含砾砂岩, 至盆地中心相变为止凤庄组。

地表出露于诸城皇华店上康家岭村, 为一套砾石层, 砾石成分以花岗片麻岩, 脉石英, 花岗岩等为主, 分选差, 诸参 1 井没有钻遇这套地层。

综上所述, 诸城—高密地区的莱阳组沉积有 3 类大相: 盆缘冲积扇相、河流相和浅湖—三角洲相。每一类大相可以识别出不同的亚相, 其中河流相包括河道主水道相、河道决口扇相、河漫滩相; 三角洲相可进一步识别出前三角洲相、三角洲前缘砂相 (包括远砂坝, 河口坝); 三角洲平原相 (包括河道相)。深湖相没有见到, 但推测在诸城凹陷中心应该有发育。

盆缘冲积扇相沉积主要分布在诸城凹陷南缘, 沿五莲断裂上盘发育。砾岩具碎屑支撑结构, 并显一定的叠瓦状构造, 砾石倾向主要向南。物源来自胶南隆起的碎屑流在断层下盘快速堆积而成, 并有河流的改造, 属扇砾岩, 向上砾石减少、粒径变为由灰紫色中细砾岩—含砾粉砂岩—平行层理砂岩组成的韵律层, 为冲积扇上的辫状河沉积体系。

2.3.4 诸城—高密地区沉积旋回特征

从上述沉积特征分析可知, 诸城地区莱阳组自下而上: 林寺山段为盆缘冲积扇系统的砾岩层; 止凤庄段为砂泥岩互层、槽状层理发育的浅湖相沉积, 反映水体变深和环境趋于稳定; 水南组和龙旺庄组, 其沉积环境应为湖泊发育高峰期盆地内水体较浅或向湖心输送沉积物的网状河流相; 结合诸参 1 井资料, 诸城—五莲地区曲格庄段下部可能为辫状河沉积, 上部为曲流河沉积, 反映了水体又逐渐变浅的过程。沉积水体是一个逐渐加深又变浅的过程, 总体反映了湖进沉积系统。

2.4 莱阳组沉积期胶莱盆地原形恢复

2.4.1 胶莱盆地东北部莱阳—海阳地区地层格架

莱阳—海阳地区莱阳期盆地原形特征已遭受后期的强烈改造, 尤其是牟即断裂构造带的多次活动、地块之间的差异性隆升和燕山晚期岩浆侵入作用, 改变了莱阳组沉积时期的盆地原貌。为此, 我们通过莱阳—海阳地区各次级单元之间莱阳组地层的对比分析和地层层序格架的建立, 并考虑残留盆地的构造形态, 来恢复当时盆地的原形。

图 9 10 展示了横穿莱阳—海阳地区两条地层柱状剖面图, 图 9 从西到东分别为莱参 1 井、瓦屋芥—修家沟地层剖面、大李格庄—西中荆地层剖面和海阳地区的榆桐庄—黄崖底地层剖面、北倪家—中村地层剖面、桃园砾岩岩舌剖面。通过地层对比, 我们初步建立了莱阳组地层层序格架, 其基本特征如下:

(1) 从东西向地层柱状剖面图上可以看到, 莱阳组沉积时期的沉降中心 (沉积最厚部位) 位于海阳断裂和郭城断裂之间, 对应于牟即断裂构造带中的主体部分, 沉降中心的沉积厚度大于 5 000 m, 沉积物以砂砾岩等碎屑岩为主, 局部夹有中基性和中酸性火山喷发岩。而沉积中心 (暗色泥岩发育部位) 主要位于东陡山断裂以西的莱阳龙王庄一带, 这里的水南段湖相地层最为发育。莱参 1 井资料显示水南段厚 436 m, 暗色泥岩发育是沉积中心的标志, 代表湖水最深的地方。而在莱阳东南部的海阳地区, 沉积物最厚, 但沉

积物以河流相的砂砾岩为主, 几乎不含暗色泥岩, 说明该地区持续沉降, 物源供应充足, 始终保持水体较

浅的状态。沉积中心和沉降中心的空间分离是该区莱阳期盆地发育的最重要特征之一。

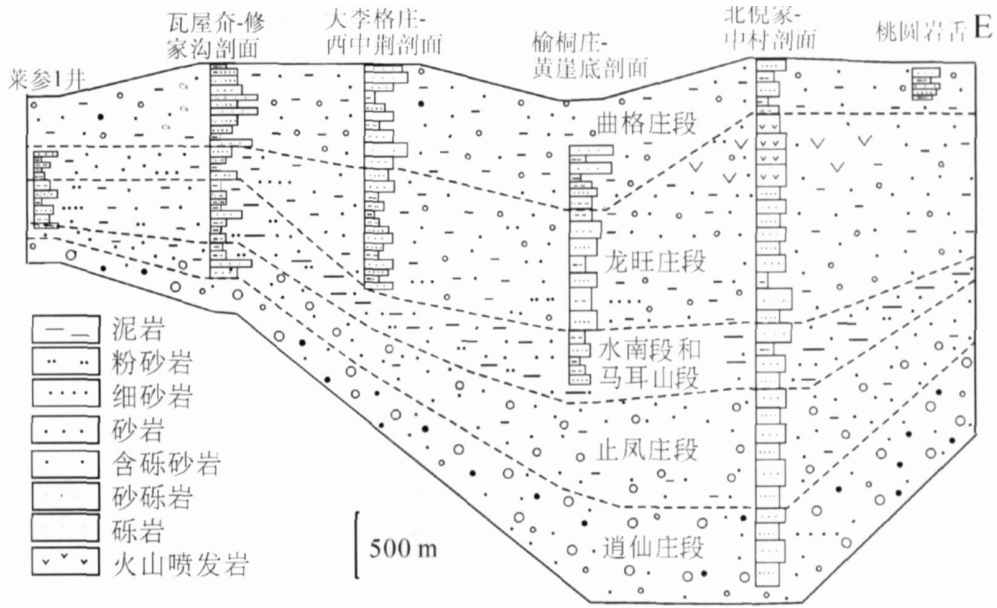


图 9 莱阳—海阳地区早白垩世莱阳组地层层序格架

Fig. 9 Laiyang formation framework of Early Cretaceous of Laiyang-Haiyang Area

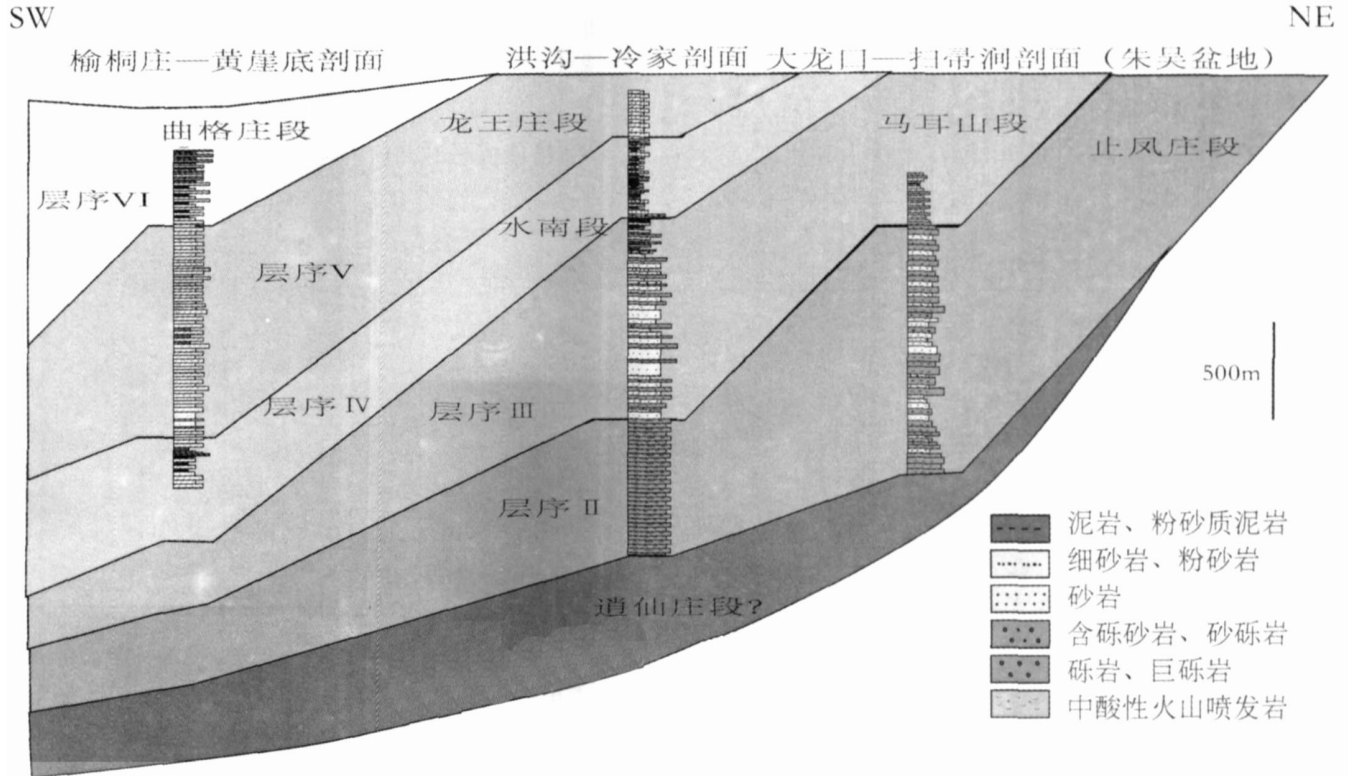


图 10 海阳朱吴—黄崖底一线莱阳组地层层序格架

Fig. 10 Laiyang formation framework of Early Cretaceous of Zhuuu-Huangyadi profile of Haiyang Area

(2) 从形态特征上, 莱阳—海阳地区莱阳期盆地原形可能是一个东陡、西缓的不对称的断陷盆地, 剧烈的沉降作用不仅受控于 NNE 向的牟即断裂带, 同时与盆地基底的性质有关。莱阳地区盆地基底属于胶北地块, 相对比较稳定, 而海阳地区盆地基底属于苏鲁造山带, 相对比较活跃。

(3) 从纵向剖面特征上看(图 10), 盆地沉降中心部位向南西方向倾没, 向北东方向翘起, 东北边缘位于朱吴洼陷以北的胶北隆起区, 这里是主要物源供应区。无论是沉积相带分布特征还是野外古水流测量资料, 均显示当时主要河流方向为东北—南西向。在海阳、乳山地区, 海阳凹陷东北边界受 NW 向正断裂控制, 桃园砾岩舌指示当时该边界带存在强烈的地形高差(图 9)。

上述特征告诉我们, 莱阳—海阳地区在莱阳组沉积时期, 曾经是一个统一的 NNE 向展布的断陷槽, 断陷槽沉降中心地带受牟即断裂带发育, 沿断陷槽中心地带发育湖沟相沉积, 沿断陷槽以西的斜坡地带相对比较稳定, 发育湖湾相、水下三角洲相沉积, 断陷槽以东的斜坡带则发育河流相沉积。

2.4.2 诸城—高密地区地层格架

通过对诸城凹陷南缘地层剖面、位于诸城凹陷的诸参 1 井、位于柴沟隆起的龙池地层剖面、胶县李家屯地层剖面和胶参 2 井资料的综合对比分析(图 11), 并结合诸城凹陷地震剖面解释结果, 建立了胶

莱盆地诸城—高密地区近南北向盆地原形, 其基本特征如下:

(1) 盆地的沉积和沉降中心主要位于现今的诸城凹陷, 向东北延伸部分横跨柴沟隆起。在柴沟隆起部位的龙池地层剖面显示下部发育水南段滨湖相地层, 但在诸参 1 井中仅发育三角洲相或曲流河相沉积, 真正的水南段地层尚未被钻遇。位于柴沟隆起以北的广大地区, 莱阳组地层急剧变薄, 并以河流相为主。由此推断, 莱阳期胶莱盆地是一个不对称、槽状断陷盆地, 断陷槽位于诸城凹陷靠近百尺河断裂带一侧, 该断陷槽以北的地区是一个向南缓倾的斜坡区, 以河流相沉积为主, 湖相沉积不发育。

(2) 根据该盆地原形特征可以推断, 出露于诸城凹陷南缘的莱阳组主要属于龙王庄段和曲格庄段, 并以河流相沉积为主, 盆地中水南段地层可能没有出露地表。这个推断可以用地震剖面解释结果来验证。从地震剖面上可以清楚地看出, 莱阳期诸城凹陷是受北缘百尺河断裂控制的不对称箕状断陷, 莱阳组下部地层(道仙庄段、止凤庄段、马耳山段和水南段)发育在靠近北缘断裂一侧的凹陷中心, 并由北向凹陷的南部斜坡带逐渐超覆。在莱阳—海阳地区, 龙王庄段和曲格庄段沉积时期, 盆地可能已经开始收缩, 但在诸城、高密一带, 这个时期盆地沉积范围一直在扩张, 龙王庄、曲格庄沉积时期盆地范围比水南段沉积时期盆地范围要大。

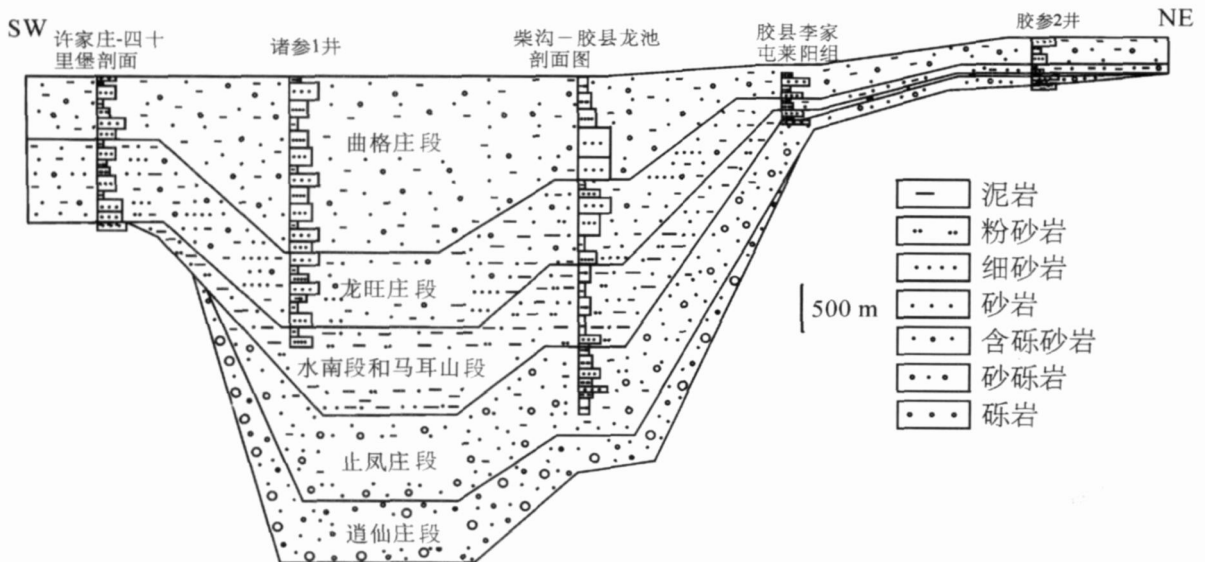


图 11 诸城—高密地区莱阳组地层层序格架与原形盆地形态

Fig 11 Laiyang Formation framework of Early Cretaceous of Zhucheng-Gaomi Area

(3) 根据诸城、柴沟地区莱阳组地层分布特征, 结合地震剖面解释资料和区域重磁资料, 我们推测, 莱阳时期诸城断陷槽向西延伸可能不是终止在昌邑一大店断裂带, 而是终止在安丘—莒县断裂带上, 也即在沭河裂谷带的莒县盆地内, 必然发育莱阳组沉积地层。

(4) 沉积中心和沉降中心在空间上不一致。根据区域地质调查结果, 高密县柴沟—胶县龙池莱阳组实测剖面确定的沉积厚度大于 4 000 m, 诸参 1 井钻遇莱阳组地层大于 2 500 m, 但该地区整体缺乏暗色泥岩, 因此难以确定沉积中心在什么位置。一种可能的解释是, 该地区处在沉积物输送的通道上, 真正的汇水中心在诸参 1 井的以西地区, 如地震剖面所揭示的那样。

2.4.3 中楼—石场地区

在莱阳组沉积晚期, 中楼—石场地区沉降迅速, 成为一个汇水中心。根据地层对比的资料, 在莱阳—海阳作为沉积中心的水南组沉积时期, 在莒县地区只发育河流相粗粒含砾沉积 (林寺山组), 而在莱阳—海阳地区已经抬升, 沉积物为河流相时, 莒县地区开

始下陷成为汇水中心, 沂沭断裂中段石场—中楼一带以浊积岩为主体的莱阳群地层的发现^[13 14]更能说明该地区可能是一个沉降中心。莒县—日照一带在莱阳组马莲坡段 (曲格庄段上部) 灰岩地层中发现戎枝藻化石, 表明这里当时是一个海湾。但我们并不清楚这个海湾与广海之间的联系。古水流资料表明, 诸城凹陷与中楼—石场凹陷之间被 NE 向隆起所隔离, 两者之间似乎没有连通。中楼凹陷西缘北昌邑一大店断裂所切割, 但该断裂不是中楼—石场凹陷的西界, 凹陷真正的西界位于安丘—莒县断裂, 即在莒县裂陷盆地之下肯定发育莱阳组地层。莒县凹陷将当时的中楼—石场凹陷和诸城凹陷联系在一起, 它们共同组成一个深而窄的断陷槽——莒县—诸城断陷槽。

2.4.4 胶莱盆地莱阳期沉积盆地原形

如图 12 所示, 胶莱原形盆地呈 NE 向展布的不规则长方形, 东界为安丘—莒县断裂, 东南边界为五莲断裂和千里岩断裂, 斜跨胶南隆起带, 东北边界也为断层接触, 而西北边界总体是一个超伏边界。从图 12 可以看出, 莱阳组沉积时期, 胶莱盆地发育两个独立的槽状断陷带: 一个沿牟即断裂构造带发育, 呈

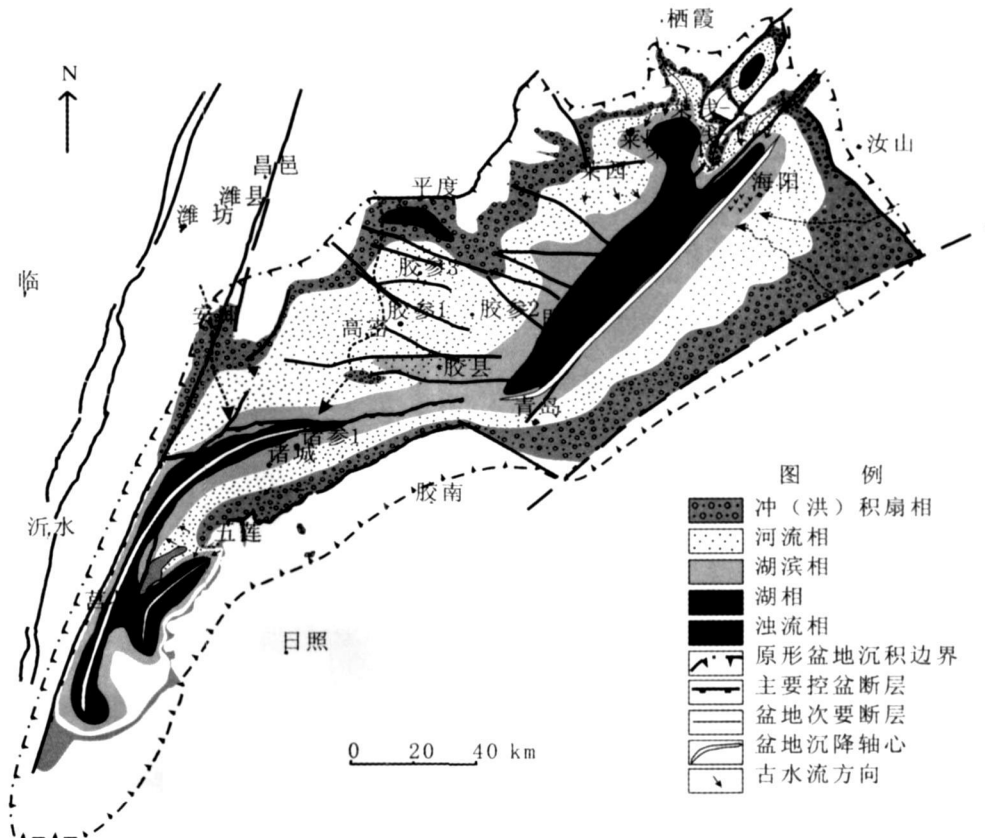


图 12 胶莱盆地莱阳组沉积时期盆地原形与岩相古地理示意图

Fig 12 Laiyang Formation Prototype and paleogeography map

NNE向展布,称之为朱吴—即墨断槽带;另一个沿沭河裂谷带和诸城凹陷发育,总体也呈NNE向展布,称为莒县—诸城断槽带。另外,位于胶莱盆地东北角的郭城凹陷可能是一个独立的断陷盆地,其发育受东西两侧断裂控制。平度地区是否存在独立的断陷湖盆,目前尚难确定。

可以说,两个槽状断陷带主导了胶莱原形盆地的沉积相分布特征。槽状断陷带是湖沟相沉积发育地区,沿断陷槽的纵向流发育,主要的沉积类型包括三角洲、水下扇、湖沟浊积岩和较深湖相。靠近断陷槽的两侧地带,如莱阳地区,则发育局限湖湾相、开阔湖泊相。盆地边缘相主要分布在盆地的周缘,其中西北缘以泥石流、扇面河道沉积、漫流沉积、泥流沉积等为主,而受断裂控制的东南边缘和东北边缘,则发育冲积扇、扇砾岩沉积。位于边缘相与湖滨相之间的宽阔地带,主要发育不同类型的河流相沉积,如曲流河、辫状河等。应当说,这种相带分布是一个相对的概念,随着湖水的进退而发生变化的。当湖水进的时候,湖泊相占据重要的地位,三角洲相沉积非常发育,如水南段沉积时期;而当湖水退出时,河流相沉积占据主导,如曲格庄段沉积时期。

按照这个盆地原形恢复面貌可以看出,苏鲁造山带北部边界断裂的伸展复活主导了胶莱原形盆地的发育。莒县—诸城断槽带西界为郯庐断裂带的安丘—莒县断裂带,北界为百尺河断裂。这两条断裂都是主边界断裂带,它们构成了苏鲁造山带东界和北界。传统认为五莲断裂是主要边界断裂,其实它可能对应于盆地盖层与基底之间的不整合面滑动带^[15]。因此,莒县—诸城断槽带基底大部分是属于苏鲁造山带北带(即胶南隆起带),尤其值得注意的是中楼—石场凹陷,在其形成过程中,它既独立于诸城凹陷,又是莒县—诸城断槽带的组成部分,其发育位置比较特殊。

朱吴—即墨断槽带完全受牟即断裂带的控制,该断裂带是公认的苏鲁造山带西界。位于该断槽带东侧盆地区(相当于海阳凹陷),其基底为苏鲁造山带,东界和北界均受断裂控制,推测有冲(洪)积边缘相沉积发育,在海阳东北地区有良好记录。朱吴—即墨断槽带西北地区属于胶北地块,基底相对稳定,形成了一个向西北超覆不整合带,在盆地边缘有大量的边缘相沉积出露,如在蛇窝泊地区。

参考文献 (References)

1 姜在兴,熊继辉. 胶莱盆地下白垩统莱阳组沉积作用和沉积演化

- [J]. 石油大学学报(自然科学版), 1993, 7(2): 8-16 [Jiang Zaixing Xiong Jhui Sedimentary evolution and sedimentology of lower Cretaceous Laiyang formation in Jiaolai Basin [J]. Journal of the University of Petroleum, 1993, 7(2): 8-16]
- 2 周江羽,李思田,杨士恭,等. 胶莱盆地东北缘中生界粗碎屑岩段的沉积层序及含金性 [J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 140-146 [Zhou Jiangyu Li Sitian Yang Shigong et al. Sedimentary sequence and gold-bearing behavior of Mesozoic coarse clastic member, Northeast border of Jiaolai Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 1998, 16(1): 140-146]
- 3 吴智平,李凌,李伟,等. 胶莱盆地莱阳期原型盆地的沉积格局及有利油气勘探区选择 [J]. 大地构造域成矿学, 2004, 28(3): 330-337 [Wu Zhiping Li Ling Li Wei et al. Sedimentary pattern of prototype basin in the deposition period of Laiyang Formation and the advantageous areas for oil and gas exploration of Jiaolai basin [J]. Geotectonica et Metallogenia 2004, 28(3): 330-337]
- 4 李金良,张岳桥,张宏远. 论胶莱盆地的改造与原型盆地恢复 [J]. 安徽地质, 2005, 15(4): 241-245 [Li Jinliang Zhang Yueqiao Zhang Hongyuan. On reworking of the Jiao-lai basin and restoring of the ancestral basin [J]. Geology of Anhui 2005, 15(4): 241-245]
- 5 李守军,谢传礼. 山东莱阳盆地莱阳组时代讨论 [J]. 地层学杂志, 1997, 21(3): 233-238 [Li Shoujun Xie Chuanli. A discussion on the age of the Laiyang Formation in Laiyang Basin Shandong [J]. Journal of Stratigraphy. 1997, 21(3): 233-238]
- 6 刘明渭,栾恒彦. 山东省侏罗—白垩纪岩石地层清理意见 [J]. 山东地质, 1994, 10(6): 53-69 [Liu Mingwei Luan Hengyan. On the division and correlation of the Jurassic-Cretaceous lithostratigraphic units in Shandong province [J]. Shandong Geology, 1994, 10(6): 53-69]
- 7 刘明渭,张庆玉,宋万千. 山东省白垩纪岩石地层序列与火山岩系地层划分 [J]. 地层学杂志, 2003, 27(3): 247-253 [Liu Mingwei Zhang Qingyu Song Wanqian. Division of the Cretaceous lithostratigraphic and volcanic sequences of Shandong [J]. Journal of Stratigraphy, 2003, 27(3): 247-253]
- 8 陆克政,戴俊生. 胶莱盆地的形成和演化 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1994: 1-174 [Lu Kezheng Dai Junsheng. Evolution of Jiaolai Pull-apart Basin [M]. Dongying Shandong University of House Petroleum Press 1994: 1-174]
- 9 任凤楼,张岳桥,邱连贵,等. 胶莱盆地白垩纪构造应力场与转换机制 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(2): 157-167 [Ren Fenglou Zhang Yueqiao Qiu Lianhui et al. Structural stress field evolution of Jiaolai Basin in the Cretaceous [J]. Geotectonica et Metallogenia 2007, 31(2): 157-167]
- 10 张岳桥,赵越,董树文,等. 中国东部及邻区早白垩世裂陷盆地构造演化阶段 [J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 123-133 [Zhang Yueqiao Zhao Yue Dong Shuwen et al. Tectonic evolution stages of the Early Cretaceous rift basins in Eastern China and adjacent areas and their geodynamic background [J]. Earth Science Frontiers 2004, 11(3): 123-133]
- 11 赵越,杨振宇,马醒华. 东亚大地构造发展的重要转折 [J]. 地质科学, 1994, 29(2): 105-114 [Zhao Yue Yang Zhengyu Ma Xinghua. Geotectonic transition from paleoasian system and paleotethyan

- system to paleopacific active continental margin in Eastem Asia[J]. Chinese Journal of Geology, 1994, 29(2): 105-114]
- 12 赵越, 徐刚, 张拴宏, 等. 燕山运动与东亚构造体制的转变 [J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 319-328[Zhao Yue Xu Gang Zhang Shuanhong *et al*. Yanshanian movement and conversion of tectonic regimes in East Asia[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3): 319-328]
- 13 周建波, 胡克, 申宁华, 等. 沂沭断裂中段莱阳群浊积地层的特征及意义 [J]. 中国区域地质, 1998, 17(4): 353-359[Zhou Jianbo Hu Ke Shen Ninghua *et al*. Study of turbidite strata of the Laiyang group in the central sector of the Yishu fault[J]. Regional Geology of China, 1998, 17(4): 353-359]
- 14 周建波, 胡克, 申宁华, 等. 郯庐断裂中段石场—中楼拉分盆地的确定 [J]. 地质科学, 1999, 34(1): 18-28[Zhou Jianbo Hu Ke Shen Ninghua *et al*. Determination of Shichang-Zhonglou Pull-apart basin in middle section of Tancheng-Lujiang fault[J]. Scientia Geologica Sinica, 1999, 34(1): 18-28]
- 15 张岳桥, 李金良, 柳宗泉, 等. 胶莱盆地深部拆离系统及其区域构造意义 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 504-511[Zhang Yueqiao Li Jinliang Liu Zongquan, *et al*. Detachment systems in deep of Jiaolai basin and their regional tectonic significance[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(4): 504-511]

The Prototype Character of Jiaolai Basin in Cretaceous Laiyang Period

REN Feng-lou¹ LIU Zhong-quan¹ QIU Lian-gu¹ HAN Li-gu¹
ZHANG Yue-qiao² CAO Zhong-xiang³

(1 Institute of Geological Science, Shengli Oil field, SINOPEC, Dongying Shandong 257015)

2 Institute of Geomechanic, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100084

3 Exploration Item Management Department, Shengli Oil Field, Dongying Shandong 257015)

Abstract Laiyang Formation of Jiaolai Basin is the target stratum for oil and gas exploration. By measuring several field sections, log datum, seismic datum, paleo-current direction, the paper indicated that different structural locations have different sedimentary facies. The Authors constructed sedimentary framework of Laiyang formation. Furthermore found two subsidence and deposition center, one is called Zhutu-Jimo sag along NNE direction, controlled by Muping-Jimo fault belt, another is called Juxian-Zhucheng sag also NNE direction, along Shu-river rift and Zhucheng depression. Two sags is a relatively independent sedimentary unit in Laiyang period. The two sags dominated sedimentary framework in Laiyang Formation period, Shuinan member was apex of lake development, mainly was lacustrine facies. While Qugezhuang member, mainly was alluvial deposition. North border fault activity of Suluo region belt controlled the Laiyang Formation deposition.

Key words Jiaolai Basin, Log data, prototype basin, Laiyang Formation