

鄂尔多斯克拉通盆地寒武纪古构造与岩相古地理再认识

张春林^{1,2},张福东^{1,2},朱秋影^{1,2},刘锐娥^{1,2},辛 铭³

(1. 中国石油 勘探开发研究院 廊坊分院,河北 廊坊 065007; 2. 中国石油天然气集团公司 天然气成藏与开发重点实验室,河北 廊坊 065007; 3. 中国石油 青海油田分公司 采油一厂,甘肃 敦煌 816400)

摘要:依据野外露头、钻井和地震等资料,对鄂尔多斯盆地寒武纪古构造和岩相古地理开展研究。厚度图法研究表明,寒武纪的沉积格局与中新元古代的沉积格局具有继承性,古构造整体呈现“三槽二陆一洼”的特征。以此为指导,运用碳酸盐岩沉积学,将鄂尔多斯寒武系划分为滨岸、碳酸盐岩开阔台地、陆棚缓坡和海槽四大沉积体系,编制了5张鄂尔多斯地区寒武纪岩相古地理图。岩相古地理总体特征表现为古陆之外为滨岸,滨岸之外为台地,台地内部有洼地,台地外部为缓坡,缓坡边缘见海槽。鄂尔多斯地区在寒武纪经历了一个完整的海进—海退的演化过程。早寒武世表现为广大地区仍为古陆,仅在西南缘环陆发育了一套滨岸和开阔台地相沉积;中寒武世海侵扩大,古陆面积缩小,并被分割成3个独立的古陆,至张夏期吕梁古陆消失,中东部广大地区表现为广阔的开阔台地相沉积,西南缘为陆棚缓坡和海槽相沉积;晚寒武世,海退开始,鄂尔多斯古陆呈南北向条带状分布于鄂尔多斯中部地区。

关键词:岩相古地理;拗拉槽;古构造;寒武纪;克拉通;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

New understanding of the Cambrian palaeotectonic and lithofacies palaeogeography in the Ordos Craton Basin

Zhang Chunlin^{1,2}, Zhang Fudong^{1,2}, Zhu Qiuying^{1,2}, Liu Ruie^{1,2}, Xin Ming³

(1. Langfang Branch of PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Langfang, Hebei 065007, China;

2. Key Laboratory of Gas Reservoir Formation and Development, CNPC, Langfang, Hebei 065007, China;

3. No. 1 Oil Production Plant, PetroChina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang, Gansu 816400, China)

Abstract: A study was carried out on the Cambrian paleotectonic and lithofacies paleogeography of Ordos craton basin based on relevant outcrops, drilling and seismic data. Isopach showed that the Cambrian sedimentary framework inherited the Meso-Neoproterozoic sedimentary framework and can be described as “three troughs, two lands and one depression”. Based on this understanding and guided by carbonates sedimentology, we divided the Cambrian into four sedimentary systems: the shoreland, the open carbonate platform, the shelf slope and the trough; and compiled 5 lithofacies paleogeographic maps. The overall lithofacies paleogeographic outlook may be described as the following: in the direction from ancient land to sea successively occurring shoreland, platform with depression, ramp and trough. The Ordos area had experienced a complete transgression-regression process in the Cambrian. A massive ancient land still existed in the Early Cambrian with only a set of shoreland and an open platform sedimentary facies around southwestern margin. During the Middle Cambrian, ancient land shrunk and was segmented into three isolated ancient lands along with transgression of sea. After the Luliang ancient land finally disappeared in Zhangxia Stage, the central and eastern part was featured by open platforms and the southwestern part contained mainly shelf slopes and through. During the Later Cambrian, with the beginning of regression of sea, the ancient land wound southnorth-ward in central Ordos area.

Key words: lithofacies palaeogeography, aulacogen, paleotectonic, Cambrian, craton, Ordos Basin

鄂尔多斯盆地包括吕梁山以西,桌子山—贺兰山—六盘山以东,阴山以南至秦岭北麓的广大地区,横

跨陕、甘、宁、蒙、晋5省区,面积 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$,是我国第二大沉积盆地^[1]。盆地是华北地台的一部分,位于

收稿日期:2016-02-18;修订日期:2016-02-17。

第一作者简介:张春林(1979—),男,高级工程师,石油与天然气地质。E-mail:mike_zcl@163.com。

基金项目:国家科技重大专项(2016ZX05007-002);中国石油天然气股份有限公司科技攻关项目(2011B-0602)。

华北克拉通西部。鄂尔多斯盆地下古生界海相地层沉积厚度大、分布广,油气地质成藏条件有利。近年来陆续在下古生界奥陶系发现了多套油气显示^[2-5],引起广大油气工作者对这套地层的关注。但到目前为止,人们仅关注奥陶系的地质研究与油气勘探,而缺乏对寒武系的研究。前人对鄂尔多斯地区寒武系做了一些研究,但受勘探程度限制,以往研究仅局限于盆地周边有限的野外剖面 and 探井资料,地震资料利用率较低且地震资料品质较差。此外,一些学者在研究时已先入为主地认为整个鄂尔多斯地区是一个统一的、平整的块体,其内部没有大的起伏,整个地区在寒武纪属于稳定的克拉通盆地,处于广覆式的陆表海沉积环境^[6-10],盆地内部不发育有利于烃源岩沉积的深水沉积环境,这种观点势必导致油气勘探的迟滞。有些学者通过研究认为中、新生代时期,该地区主体受长期发育的北东向基底断裂影响,中、新元古界发育 3 个大型北东-南西向拗拉槽^[1,11-20],这 3 个拗拉槽是否对寒武纪鄂尔多斯地区主体有影响,其内部是否发育差异性的构造特征以及对寒武纪的沉积是否有影响都值得进一步研究。笔者基于该地区钻遇(或钻穿)寒武系的 80 口探井、16 条野外剖面 and 6 530 km 二维地震测线,重点对寒武系开展了构造特征及沉积特征研究,综合编制了鄂尔多斯地区寒武系的空间分布图和岩相古地理图。

1 地层特征

不同学者依据研究目的需要,对鄂尔多斯地区寒武系均作出不同划分方案。李文厚等依据岩性特征、沉积环境、古生物和古构造背景等因素,将鄂尔多斯地区及邻区划分为中东部、南缘、西缘、贺兰山和河西走廊 5 个不同的沉积分区^[8];陈启林等应用层序地层理论,将寒武系划分为 6 个三级层序^[9];段杰将鄂尔多斯

地区及周缘地区划分为 3 个地层大区 and 9 个地层小区^[21]。由于鄂尔多斯地区寒武系较为复杂,笔者在前人研究成果基础上,通过分析鄂尔多斯不同地区寒武系特征,对寒武系进行重新划分。根据该地区构造演化、古生物特征、岩心、测录井资料及地震数据,对寒武系各组进行整理,自下而上把寒武系划为辛集组、朱砂洞组、馒头组、毛庄组、徐庄组、张夏组 and 三山子组(表 1)。

鄂尔多斯地区缺失与下寒武统筓竹寺阶 and 梅树村阶相对应的沉积,寒武系下部地层与中新元古界呈不整合接触,且在不同区域接触的地层不同。在鄂尔多斯地区西缘 and 南缘,寒武系底部与震旦系接触;在银川-庆阳-铜川一线以东,寒武系底部与蓟县系不整合接触;在乌海-一定边-华池-洛川一线以东,寒武系与长城系不整合接触;在子州-石楼河津一线以东,寒武系底部与太古界不整合接触,缺失整个元古界。由西向东、由南向北与寒武系接触的地层逐渐由震旦系、蓟县系向长城系、太古界变化,下伏地层呈现出由西南向东北逐渐变老的趋势。

下寒武统辛集组 and 朱砂洞组分布局限,沿鄂尔多斯地区西缘与南缘呈“L”型分布,馒头组较下寒武统分布有所扩大,但在鄂尔多斯中东部广大地区仍缺失。中寒武统在下伏馒头组的分布范围上持续向北、东扩大,除西南缘的镇原-崇信地区 and 北部的磴口-杭锦旗-达拉特旗外,全区均有分布,张夏组在全区分布达到最大。上寒武统分布在鄂尔多斯地区东西两侧,大致呈“V”型,沉积厚度减薄,呈现萎缩的特征。

2 古构造格局

本文应用厚度图法对鄂尔多斯地区寒武纪古构造进行恢复,其理论基础是沉积-沉降补偿原理,即在相对稳定的沉降速度和沉积速度下,研究区的古地理环境保持不变,沉积物的堆积厚度与地壳沉降幅度大体

表 1 鄂尔多斯盆地及周缘寒武系地层划分对比
Table 1 Stratigraphic division and correlation of the Cambrian in the Ordos Basin and its periphery

系	统	阶	中东部	南缘	西缘	贺兰山	河西走廊	本文划分
寒武系	上统	凤山阶						
		长山阶	三山子组	三山子组	阿下切亥组	阿下切亥组		三山子组
		崮册阶						
	中统	张夏阶	张夏组	张夏组	张夏组	张夏组	香册群	张夏组
		徐庄阶			胡鲁斯台组	胡鲁斯台组		徐庄组
		毛庄阶	馒头组	馒头线组				毛庄组
		龙王庙阶			陶思沟组	陶思沟组		馒头组
	下统	沧浪铺阶		朱砂洞组	五道淌组	五道淌组	?	朱砂洞组
		筓竹寺阶		辛集组	苏峪口组	苏峪口组		辛集组
		梅树村阶						

相当^[22-24]。基于上述理论,笔者应用野外剖面、钻井资料和地震资料相结合的方法,对16条地震大剖面进行了精细构造解释和地层追踪,结合7条地层对比剖面,编制出鄂尔多斯地区寒武系的厚度图。由此认为,

受中新元古代拗拉槽继承性发育的影响,鄂尔多斯地区寒武系存在构造分异,西缘和南缘均发育向主体地区延伸的北东向与北北东向的拗拉槽,中东部主体地区呈现隆、洼格局,发育台内洼地(图1)。

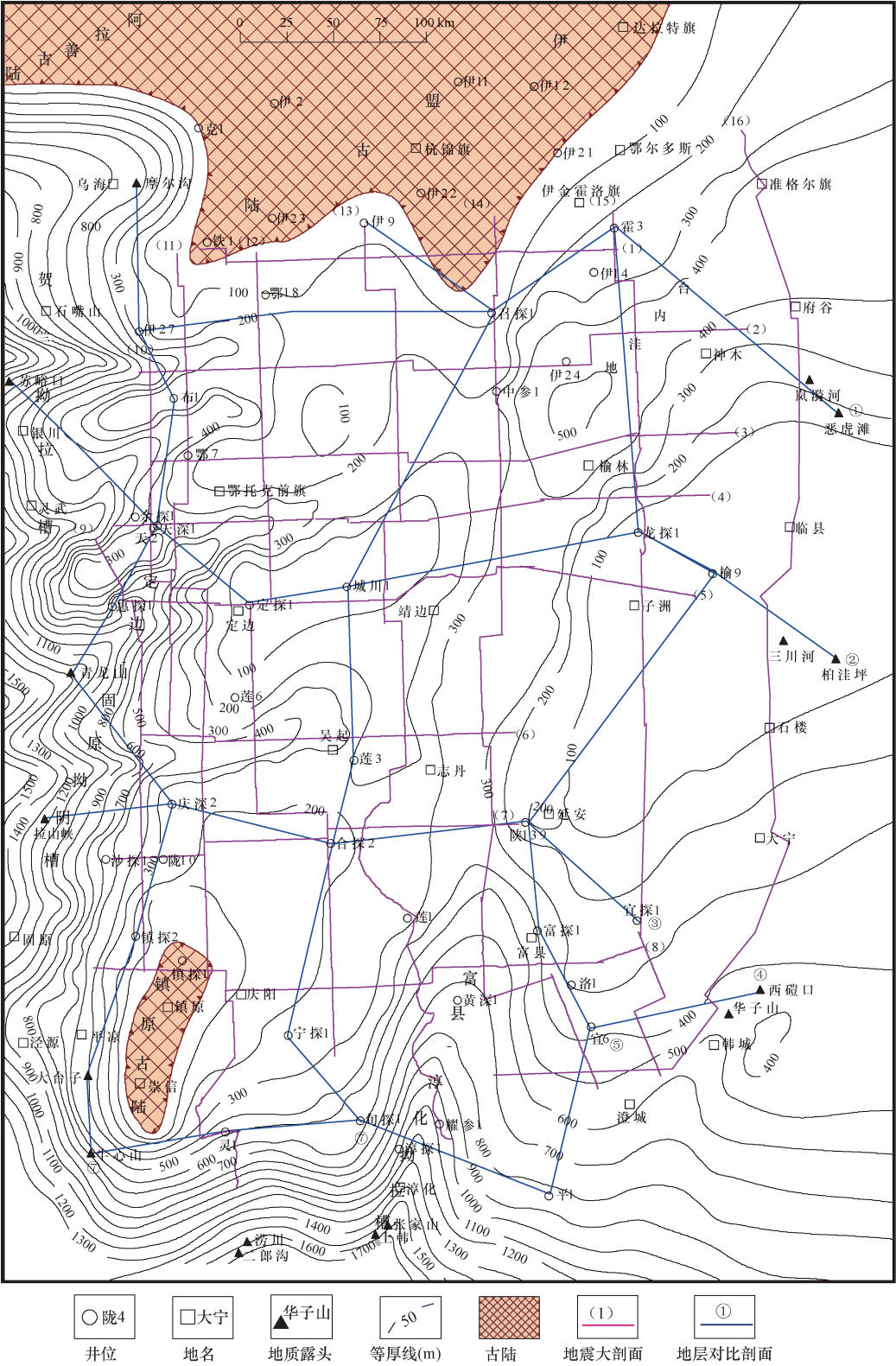


图1 鄂尔多斯盆地寒武系厚度
Fig. 1 Isopach of the Cambrian in the Ordos Basin

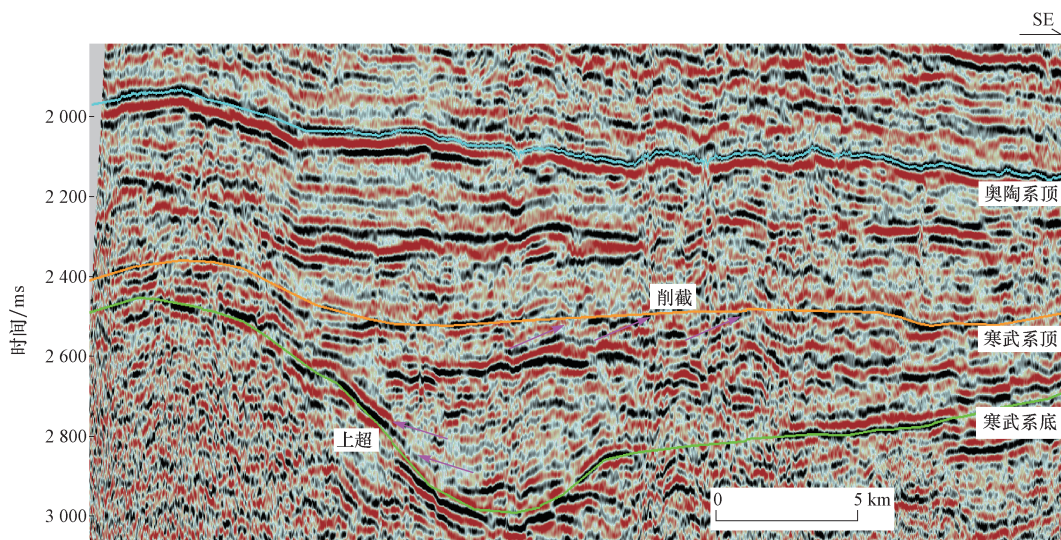


图2 鄂尔多斯盆地西缘定边-固原拗拉槽地震剖面解释

Fig. 2 Seismic cross section of Dingbian-Guyuan aulacogen in the western margin of the Ordos Basin

2.1 拗拉槽

通过对寒武系厚度图的深入剖析,认为鄂尔多斯地区西缘与南缘拗拉槽部位沉积的地层厚度较大,呈狭长楔状由西缘与南缘向中东部主体延伸。依据沉积的岩性特征和构造特征,结合中新元古代拗拉槽特征,由北到南将其命名为贺兰拗拉槽、定边-固原拗拉槽和富县-淳化拗拉槽。在地震剖面上具有明显的反射特征(图2),主要表现为顶平底凹特征,底界面反射特征清晰;寒武系顶部可见由于后期构造抬升造成的削截现象,底部可见沉积时因槽体形态造成的上超现象;槽内因沉积时水体相对稳定,泥质含量相对较高,地震剖面表现为以中-低频、高连续和强振幅反射特征为主。横跨鄂尔多斯地区的南北向地震大剖面表现出西缘地区由北而南发育多个小型拗拉槽,槽体向中东部地区延伸的范围不同,但延伸方向基本呈近北东向和北北东向(图3a);南部向地震大剖面表现为中部地区地层厚度较薄、向南部地区厚度急剧增加,自耀参1-黄深1-陕139井一带应存在一个沉积厚度相对较大的深水拗拉槽沉积,向盆内延伸距离较远(图3b)。除此之外,连井地层对比剖面同样呈现出西缘和南缘的拗拉槽发育部位沉积厚度大,沉积厚度为500~1300 m,局部达1500 m以上,而中东部总体沉积厚度小,沉积厚度为100~400 m。

2.2 地层展布特征

图1明显呈现出寒武系在鄂尔多斯地区呈现分布广泛、厚度差异较大的特征,整体上表现为鄂尔多斯地区的北部和西南部长期发育两个大小不一的古陆——

伊盟古陆和镇原古陆。西缘和南缘呈现拗拉槽沉积特征,沉积厚度大;中东部呈现隆洼相间,沉积厚度小的古地貌格局。在鄂尔多斯西缘和南缘地区拗拉槽发育部位,寒武系的沉积厚度大于500 m,最厚达1500 m以上,而在拗拉槽之间的隆起部位的沉积厚度小于300 m;鄂尔多斯地区中东部的准格尔旗-榆林一带发育台内洼地,沉积厚度大于400 m,而其它部位呈现隆起形态,沉积厚度介于100~300 m。

总体上,鄂尔多斯地区寒武系呈现“三槽”——西缘贺兰拗拉槽、定边-固原拗拉槽和南缘富县-淳化拗拉槽;“二陆”——伊盟古陆和镇原古陆;“一洼”——准格尔旗-榆林洼地。“三槽二陆一洼”造就了鄂尔多斯地区寒武纪古构造的基本格局。此古构造格局对该区寒武纪-奥陶纪的沉积环境具有重要的控制作用。

3 沉积类型及特征

基于鄂尔多斯地区寒武纪古构造格局的研究,依据野外剖面与钻井岩心的岩石学、沉积构造特征及测录井资料与区域地质等资料,将鄂尔多斯寒武系划分为滨岸、碳酸盐岩开阔台地、陆棚缓坡和海槽4种沉积类型(图4)。

3.1 滨岸沉积

滨岸沉积主要分布于下寒武统的辛集组、朱砂洞组和馒头组,高能量的水体对砂体淘洗作用强烈,石英砂岩含量高,分选性和磨圆度较好。岩性主要包括紫红色、浅褐色石英粗砂岩、含砾石英砂岩、含磷砂砾岩

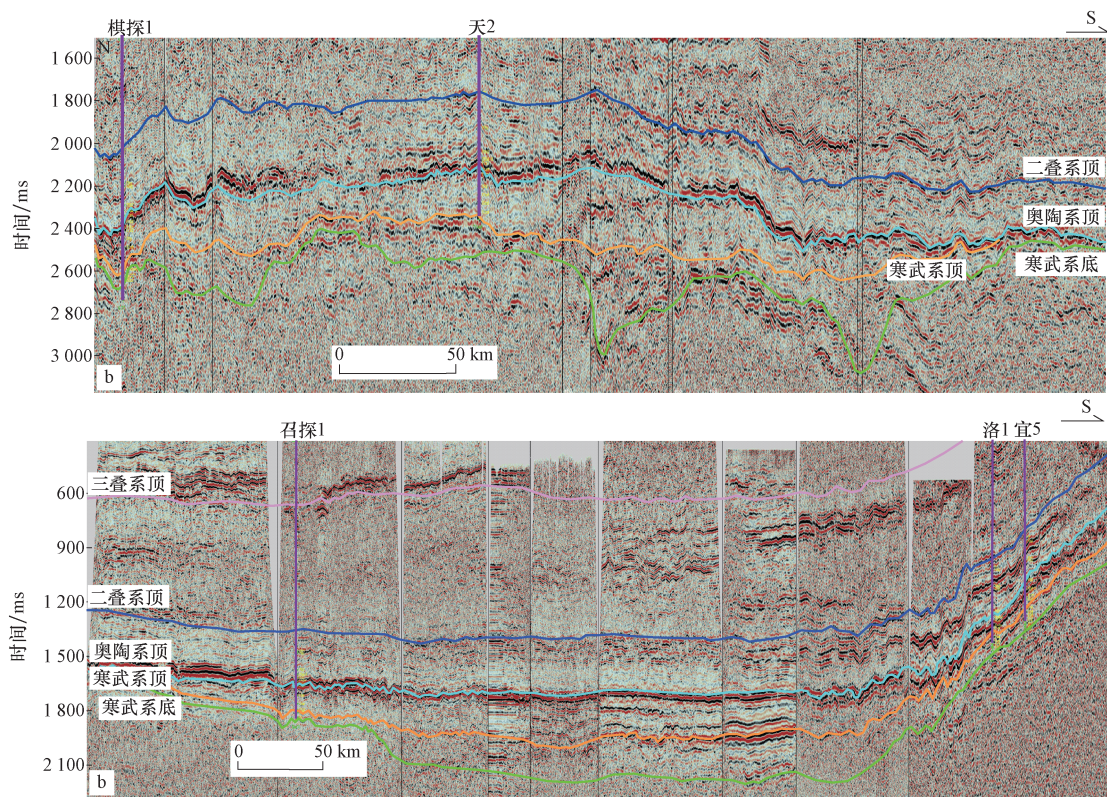


图 3 鄂尔多斯盆地地震大剖面解释[剖面位置见图 1(10),(14)]

Fig.3 Regional seismic cross section interpretation of the Ordos Basin

a. 西缘南北向地震大剖面解释;b. 中部南北向地震大剖面

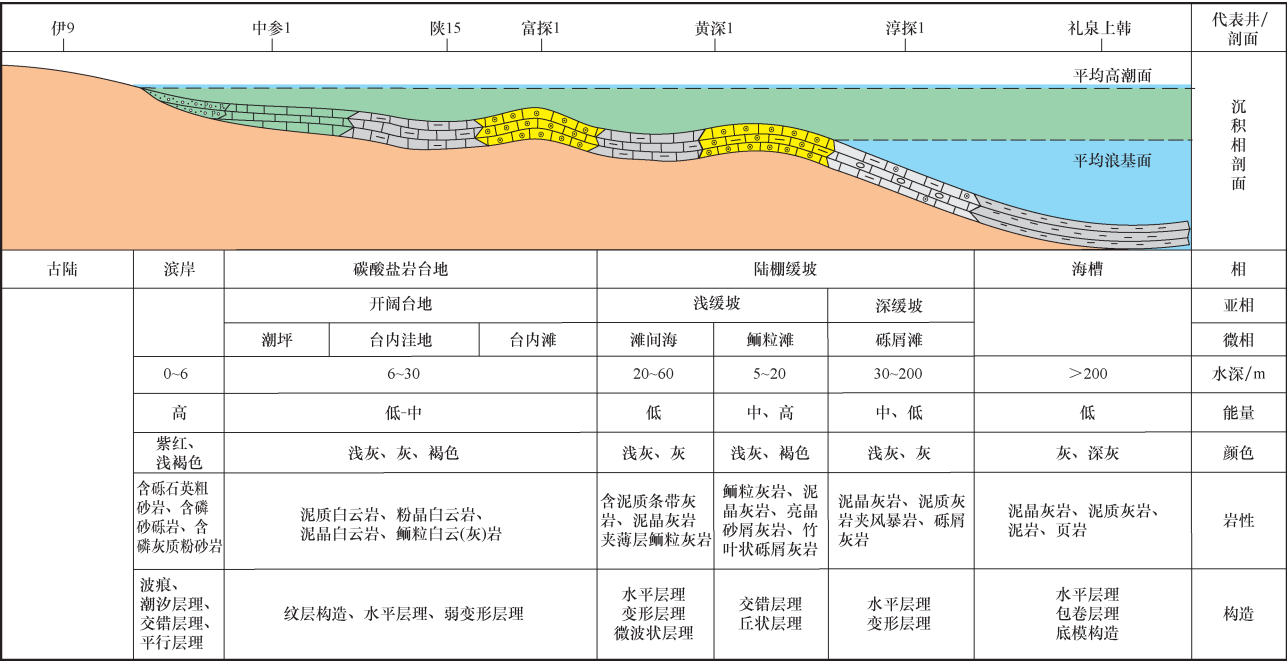


图 4 鄂尔多斯盆地寒武纪沉积相模式

Fig.4 Depositional model of the Cambrian in the Ordos Basin

与含磷灰质粉砂岩等,局部夹泥晶灰岩与白云质灰岩等。发育波痕、透镜状潮汐层理、冲流交错层理、板状交错层理、人字形交错层理及平行层理等,含有三叶虫、腕足类等生物化石。

3.2 碳酸盐岩开阔台地沉积

碳酸盐岩开阔台地沉积在层位上和地域是鄂尔多斯地区较为发育的一个沉积类型,发育层位包括中、上寒武统,主要位于鄂尔多斯中东部地区。在水体相对较浅的近岸地区,岩性以浅灰色鲕粒白云岩、鲕粒灰岩、砾屑白云岩和砂屑白云岩等高能的颗粒碳酸盐岩沉积为主。远离海岸,水体加深,波浪作用减弱,沉积物逐渐过渡为灰色、深灰色的泥晶白云岩、粉晶白云岩、泥质白云岩夹灰褐色、紫灰色的泥页岩等。生物种类较丰富,常见的主要有腕足类、腹足类和藻类等碎屑片状。发育纹层构造、水平层理、交错层理与弱变形层理等构造。依据沉积物特征,可将开阔台地进一步划分为潮坪、台内滩和台内洼地等亚相。

3.3 陆棚缓坡沉积

陆棚缓坡沉积从层位上来说是在鄂尔多斯地区最发育的一个沉积类型,由下寒武统馒头组至上寒武统的层位均发育,且主要呈“L”型分布于鄂尔多斯地区的西缘和南缘。依据古构造特征,认为其为均匀缓坡,由浅海到深海依次划分为浅缓坡和深缓坡。岩性以灰色、深灰色鲕粒灰岩、风暴砾屑灰岩、泥晶灰岩、泥质白云岩和泥质条带灰岩为主,夹薄层灰绿色与紫灰色泥页岩。岩层中常见水平层理、变形层理、沙纹层理、丘状层理和交错层理等。生物种类主要见头足类、腕足类、腹足类和三叶虫等。按沉积物特征,可将陆棚缓坡细分为滩间海、鲕粒滩和砾屑滩。

3.4 海槽沉积

位于陆棚缓坡的外侧,主要发育于鄂尔多斯的西缘贺兰山、定边—固原和南缘的铜川—淳化地区。沉积物主要由深海或半深海沉积和重力流沉积相间组成。岩性主要为灰色厚层状的泥晶灰岩、泥质灰岩、角砾灰岩和厚度较大的薄层状灰绿色泥页岩等,垂向上与陆棚缓坡沉积物共生。岩层中见水平层理、包卷层理和底膜构造。生物化石主要见三叶虫和腕足类等碎片。

4 岩相古地理

由于下寒武统辛集组和朱砂洞组仅局限分布于鄂尔多斯地区的西缘和南缘,厚度较薄,介于10~60m。岩性主要以含磷碎屑岩的滨岸和含砂泥白云岩的陆棚缓坡沉积为主,与前人的研究认识无较大差异,因

此本文把馒头组—三山子组作为岩相古地理的重点研究层位。笔者研究认为鄂尔多斯地区寒武纪岩相古地理总体特征表现为古陆之外为滨岸,滨岸之外为台地,台地内部有洼地,台地外部为缓坡,缓坡边缘见海槽。

4.1 早寒武世馒头期

早寒武世馒头期,相较于辛集期和朱砂洞期,海域范围向北、向东有所扩大,西缘海水由西向东侵入到平罗—同心—青龙山—平凉一带,南部海域范围向北延伸至宁县—黄深1井—澄城—吉县—一线,平面上呈“L”型的沉积。馒头期的沉积范围仅局限于鄂尔多斯西缘和南缘,中东部和北部的地区为古陆,向外地层厚度逐渐增加,介于20~140m,依次发育滨岸、潮坪和陆棚缓坡相沉积(图5a)。

滨岸环境主要环鄂尔多斯古陆的西缘与南缘发育,近岸沉积环境,陆源碎屑物质含量较高。岩性以浅紫红色石英砂岩夹薄层粉砂岩、泥质砂岩和砂质页岩为主,底部含砾(图6a,b)。向外逐渐过渡为潮坪沉积,岩性逐渐变为紫棕色、灰色含砂质白云岩、泥—粉晶白云岩夹薄层灰质泥岩和白云质灰岩。最外侧陆棚缓坡的沉积,岩性以灰绿色、紫灰色、灰色的白云岩、鲕粒灰岩、生屑灰岩和泥质灰岩为主,夹中—薄层的灰绿色、紫灰色泥页岩,灵1井区发育鲕粒滩沉积。

4.2 中寒武世毛庄期

在馒头期沉积的基础上,随着海侵的持续进行,毛庄期沉积范围向中东部主体地区扩大,陆地面积大为缩小,鄂尔多斯古陆被分割成“伊盟古陆”、“吕梁古陆”和“镇原古陆”。鄂尔多斯西缘、南缘与中东部地区厚度差异巨大,中东部地区厚度一般约40m,南缘的铜川—淳化地区发育一个沉积中心,厚度较两侧地层大,最大可达280m以上(图5b)。

沿古陆周围发育条带状潮坪相沉积,底部岩性以灰色白云岩为主,夹浅灰色泥质白云岩和浅红色、灰色粉—细砂岩,中上部岩性为深灰色白云岩与泥质白云岩。古陆之间广阔的海域主要发育开阔台地相沉积,岩性主要为浅灰色、灰色白云岩、泥质白云岩、白云质灰岩夹少量鲕状灰岩与砂质泥岩等,庆深1井区发育台内滩沉积(图6c)。受古构造控制,伊盟古陆和吕梁古陆之间发育台内洼地,水体流动性较弱,环境相对较局限,岩性以灰色泥岩和白云质泥岩为主。鄂尔多斯西缘与南缘仍为呈“L”型沉积的台地缓坡相,相比馒

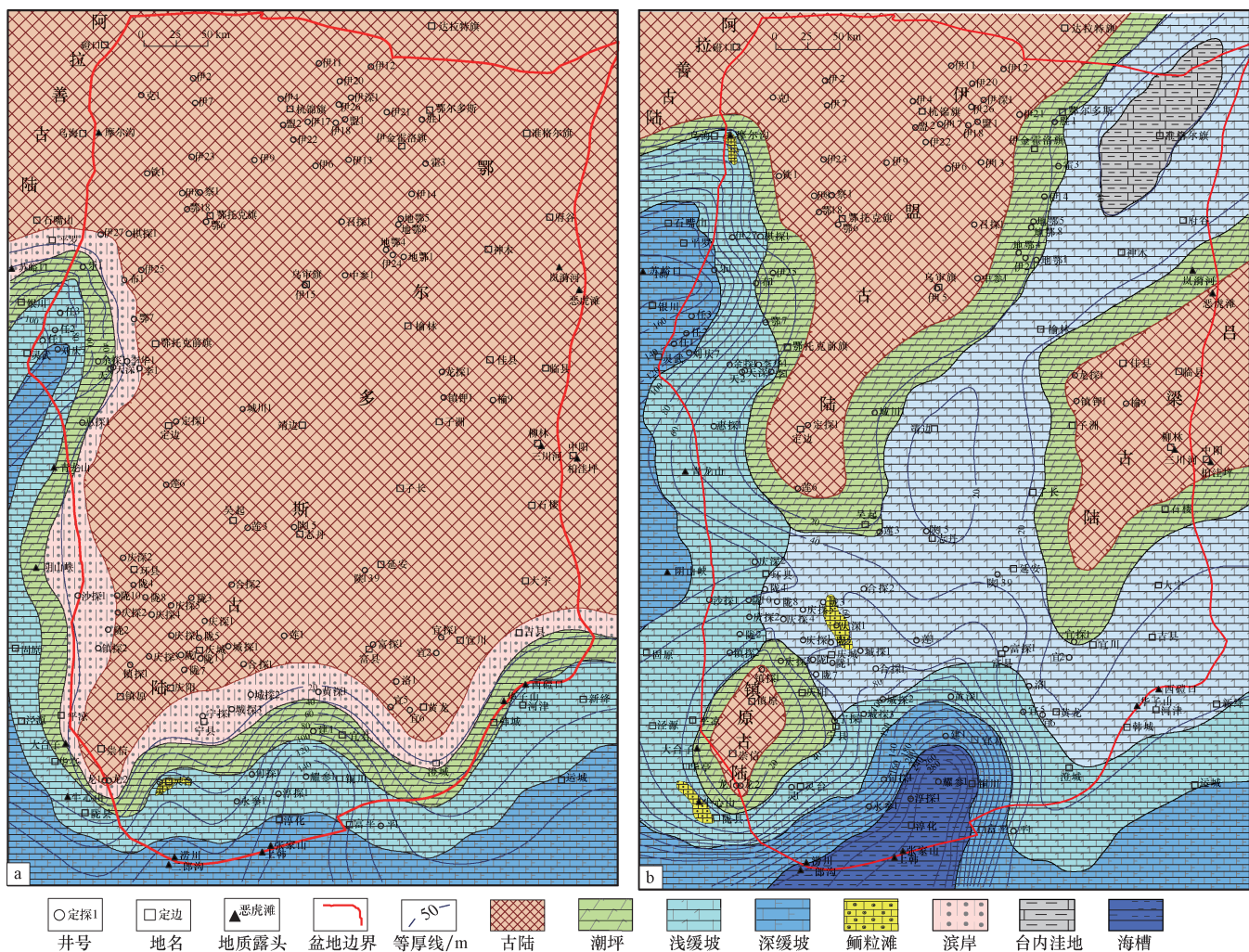


图5 鄂尔多斯盆地早寒武世岩相古地理

Fig. 5 Lithofacies paleogeography of the Early Cambrian, Ordos Basin

a. 馒头期; b. 毛庄期

头期的沉积范围进一步扩大。岩性主要为灰色泥质灰岩、泥质白云岩、泥晶灰岩、粉晶白云岩夹少量鲕粒灰岩以及砂质泥岩等(图6d),乌海摩尔沟和陇县牛心山发育鲕粒滩沉积。铜川—淳化地区为海槽相沉积,岩性主要为灰色、灰绿色粉砂质页岩、页岩夹薄层鲕粒灰岩与砾屑灰岩,局部含硅质白云岩。

4.3 中寒武世徐庄期

随着持续海侵,徐庄期沉积范围在毛庄期基础上进一步扩大,古陆面积明显缩小。中东部地区的地层厚度普遍较薄,介于20~60 m;西缘与南缘地区发育3个沉积中心,西缘石嘴山—银川—同心青龙山地区的沉积厚度介于120~180 m,南缘的铜川—淳化地区沉积厚度介于120~280 m。在鄂尔多斯地区中东部,环古陆周围发育滨岸相和潮坪相沉积,滨岸相主要分布于吕梁古陆周边和伊盟古陆东侧的伊13—

召探1井一带,古陆之间为广阔的开阔台地相沉积,局部地区发育台内洼地相;西缘与南缘地区继续发育陆棚缓坡相和海槽相沉积,且海槽的范围有所扩大(图7a)。

滨岸相沉积的岩性以灰紫色石英砂岩为主,夹灰紫色、灰色的泥岩、砂质泥岩和泥质白云岩等。潮坪相主要沿着伊盟古陆的东南缘分布,岩性主要以灰色的泥晶白云岩、粉晶白云岩和泥质白云岩为主。中东部广泛发育的开阔台地相岩性为厚层灰色白云岩和泥质白云岩,夹薄层鲕粒灰岩、泥质灰岩和泥岩等,代表水深较浅、海水与外海畅通、海水循环能量中等的环境。台内洼地的沉积范围进一步扩大,发育一套以泥岩为主的沉积建造,中、上部为灰色泥质白云岩、白云质泥岩和灰质白云岩;下部为深灰色泥岩、白云质泥岩和灰质泥岩。西缘与南缘的陆棚缓坡相沉积范围进一步向中东部地区扩展。浅缓坡沉积范围内的乌海摩尔沟、

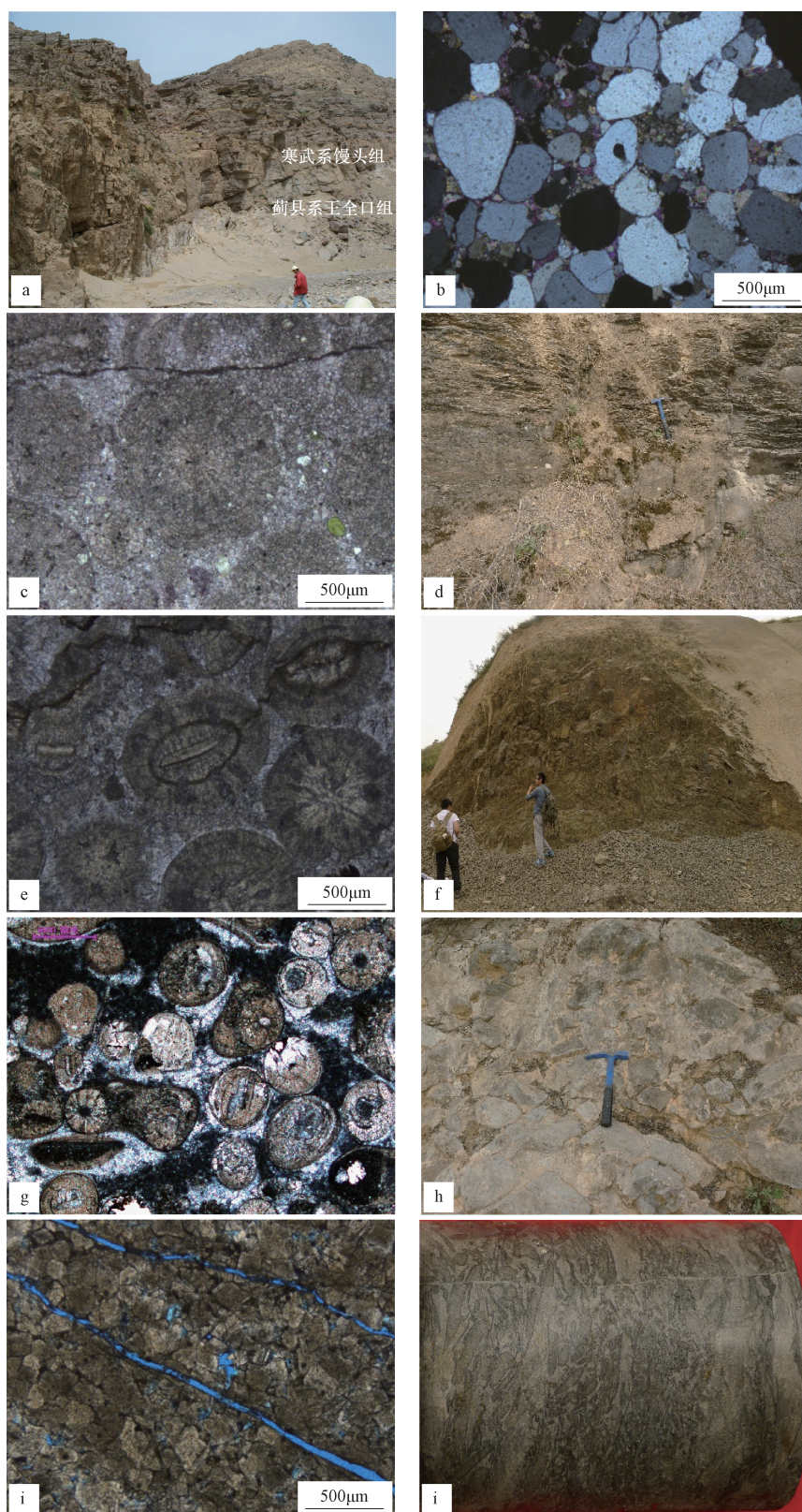


图6 鄂尔多斯盆地寒武系岩石类型

Fig. 6 Rock types of the Cambrian in the Ordos Basin

a. 馒头组与王全口组不整合接触,馒头组岩性为浅紫红色石英砂岩夹薄层粉砂岩、泥质砂岩,底部含砾,乌海摩尔沟剖面;b. 钙质砂岩,宁探1井,馒头组,埋深3 930 m;c. 鲕粒灰岩,庆深1井,毛庄组,埋深4 175 m;d. 灰绿色钙质页岩夹薄板状鲕粒灰岩,岐山二郎沟剖面,毛庄组;e. 鲕粒灰岩,镇探2井,徐庄组,埋深5 220.5 m;f. 灰绿色泥页岩,礼泉上韩剖面,徐庄组;g. 亮晶鲕粒灰岩,乌海摩尔沟剖面,张夏组;h. 灰色角砾状鲕粒灰岩,岐山二郎沟剖面,张夏组;i. 细晶白云岩,发育晶间孔和微裂缝,洛1井,三山子组,埋深3 121.4 m;j. 深灰色竹叶状白云岩,宜2井,三山子组,埋深3 058.6 m

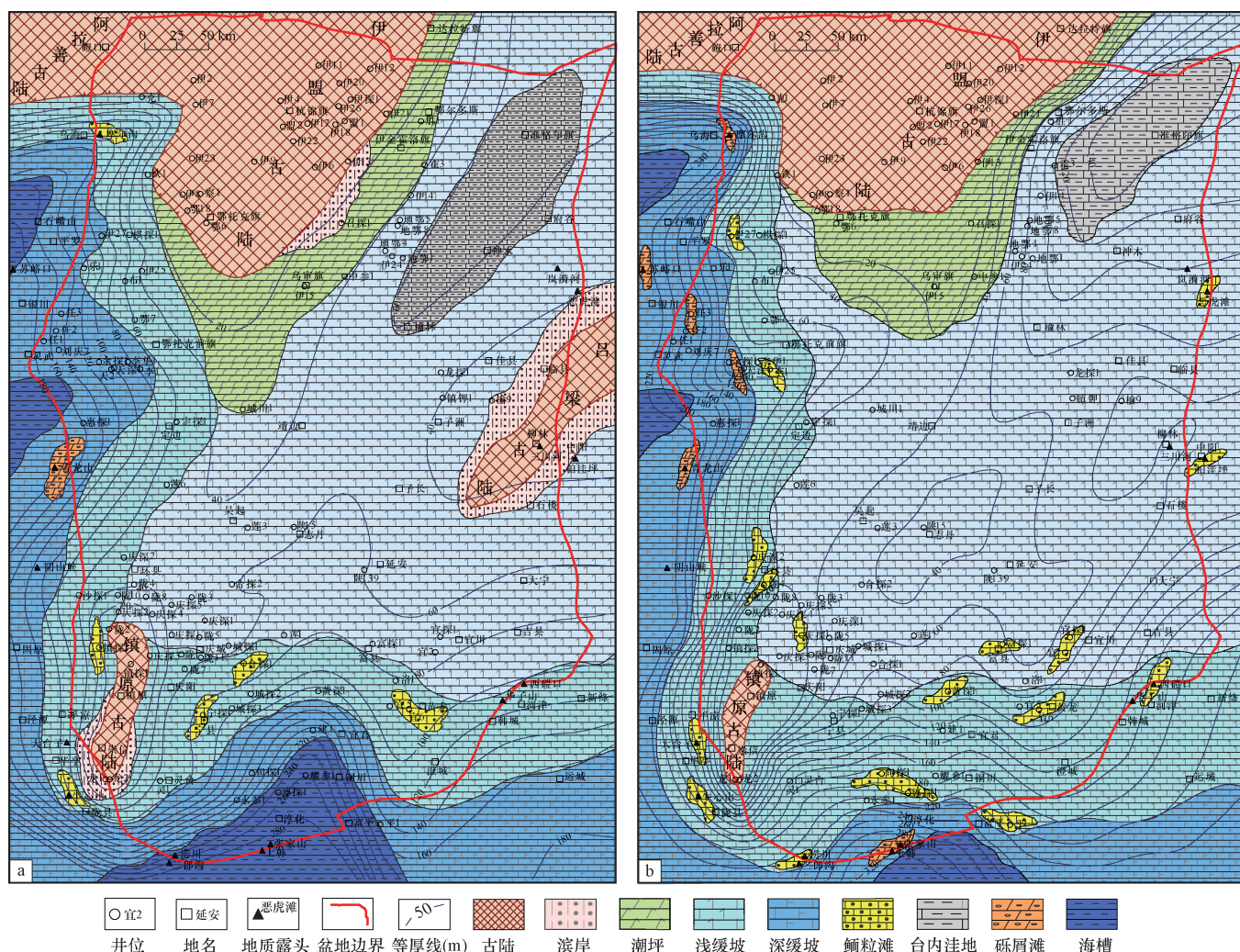


图7 鄂尔多斯中寒武世岩相古地理

Fig. 7 Lithofacies paleogeography of the Middle Cambrian in the Ordos Basin

a. 徐庄期; b. 张夏期

镇探2井、陇县牛心山、宁探1井、合探1井和宜5-宜6井等地区发育鲕粒滩沉积(图6e)。深缓坡沉积范围内的同心青龙山发育砾屑滩沉积,岩性主要为灰色、灰绿色页岩、灰岩、鲕粒灰岩、生屑灰岩和砾屑灰岩,夹薄层深灰色泥质白云岩和含粉砂泥质白云岩等。相较于中东部地区而言,泥质含量增加。岩心观察发现岩层表现出“似断非断,藕断丝连,断而未乱”的现象,体现为水体较深、受重力作用导致滑动的缓坡沉积特征。西缘与南缘海槽相岩性主要为大套的灰绿色、灰色的泥页岩、粉砂质泥岩与灰质泥岩(图6f),夹薄层的鲕粒灰岩和竹叶状灰岩。在岐山二郎沟和礼泉上韩野外剖面中发育斜坡背景下形成的重力垮塌沉积物,岩性特征为大小混杂的角砾灰岩块,具有包卷层理构造,表明上述地区在徐庄期位于海槽两侧斜坡部位。

4.4 中寒武世张夏期

中寒武世张夏期为鄂尔多斯地区的最大海侵期,中东部广大地区为海水所覆盖,伊盟古陆和镇原古陆的范围最小。地层呈现出西缘、南缘、东北部较厚,中部较薄的规律。中部地层厚度为100 m左右,最薄处为志丹—庆城一带,为70 m左右,较大区域均位于盆地西缘的乌海—银川—固原和盆地南缘铜川—淳化地区,厚度最大可达300 m以上。张夏期鄂尔多斯地区主要发育潮坪、开阔台地、陆棚缓坡和海槽相,且全区海水由浑水沉积转为清水沉积为主,气候温暖潮湿,海水能量强,发育大规模的鲕粒滩沉积(图7b)。

潮坪相分布于伊盟古陆的东南侧,岩性以浅灰色的粉晶白云岩与泥质白云岩为主。开阔台地相分布于中东部的广大地区,岩性为鲕粒灰岩、泥粉晶灰岩、白

云岩夹薄层竹叶状灰岩和泥质条带等。本区东北部的台内洼地继承了徐庄期的特征,持续发育。陆棚缓坡相的沉积特征与徐庄期类似,主要区别在于本期发育了大量的鲕粒滩和砾屑滩(图6g,h)。海槽相沉积范围受沉积物填平补齐作用控制,沉积范围相较于徐庄期有所减小。

4.5 晚寒武世三山子期

晚寒武世三山子期,受古祁连洋对华北板块西部俯冲作用,鄂尔多斯地区中西部开始抬升,海退开始,伊盟古陆和镇原古陆连为一体形成鄂尔多斯古陆,呈南北向的条带状分布于中部,致使鄂尔多斯地区呈“凹”字形沉积(图8)。西缘与南缘地区分布3个沉积中心,厚度为80~140 m,东部地区地层厚度整体较薄,厚度小于80 m。三山子期主要发育开阔台地相和陆棚缓坡相。开阔台地相主要分布于东部地区,岩性为浅灰色、灰色泥质白云岩、粉细晶白云岩、竹叶状白

云岩和白云质灰岩(图6i,j)。陆棚缓坡相分布于鄂尔多斯地区西缘和南缘,岩性为灰色、深灰色薄板状或中厚层白云岩、泥质白云岩、灰岩间互成层,且发育竹叶状与鲕粒构造,具斜层理。总体上,三山子期沉积物的主要特征是普遍发育风暴沉积,形成以竹叶状白云岩与竹叶状灰岩组成的沉积建造。

5 结论

1) 应用厚度图法恢复了鄂尔多斯地区寒武纪古构造,全区存在构造分异,整体呈现“三槽二陆一洼”沉积格局,西缘和南缘均发育向盆内延伸的坳拉槽,北部与西南部发育两个大小不一的古陆——伊盟古陆和镇原古陆,中东部准格尔旗—榆林地区发育台内洼地。

2) 以组为单位编制鄂尔多斯地区寒武纪岩相古地理图,全区寒武纪经历了海进—海退的古地理演化过程,早寒武世开始接受海侵,鄂尔多斯广大地区仍未古陆,古陆向外依次发育滨岸相和台地缓坡相;中寒武世海侵范围扩大,古陆被分割、面积逐渐萎缩,潮坪、开阔台地、陆棚缓坡和海槽相发育;晚寒武世海退开始,鄂尔多斯古陆重新出露、范围扩大,发育碳酸盐台地相和陆棚缓坡沉积。

参考文献

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003,3-31.
He Zixin. Evolution and oil-gas of Ordos basin[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,2003.
- [2] 杨华,付金华,魏新善,等. 鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩天然气勘探领域[J]. 石油学报,2011,32(5):733-740.
Yang Hua, Fu Jinhua, Wei Xinshan, et al. Natural gas exploration domains in Ordovician marine carbonates, Ordos Basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2011, 32(5): 733-740.
- [3] 时保宏,刘亚楠,武春英,等. 鄂尔多斯盆地古隆起东侧奥陶系马家沟组中组合成藏地质条件[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(5):610-618.
Shi Baohong, Liu Yanan, Wu Chunying, et al. Geological conditions for hydrocarbon accumulation in middle reservoir-source rock combination of the Ordovician Majiagou Formation on the east side of the paleo-uplift in Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(5): 610-618.
- [4] 王大鹏,陆红梅,陈小亮,等. 海相碳酸盐岩大中型油气田成藏体系及分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(3):363-371.
Wang Dapeng, Lu Hongmei, Chen Xiaoliang, et al. Petroleum accumulation systems and distribution of medium to large marine carbonate fields[J]. Oil & Gas Geology, 2016, 37(3): 363-371.
- [5] 杨华,包洪平. 鄂尔多斯盆地奥陶系中组合成藏特征及勘探启

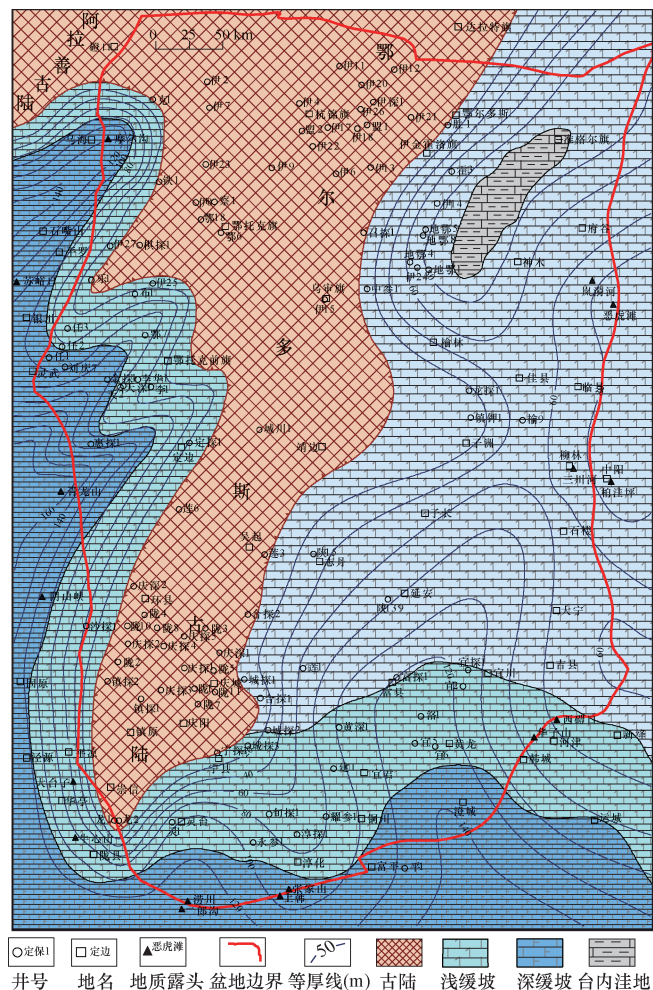


图8 鄂尔多斯寒武世三山子期岩相古地理

Fig. 8 Lithofacies paleogeography of the Sanshanzi period of the Late Cambrian in the Ordos Basin

- 示[J]. 天然气工业, 2011, 31(12): 11–20.
- Yang Hua, Bao Hongping. Characteristics of hydrocarbon accumulation in the middle Ordovician assemblages and their significance for gas exploration in the Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(12): 11–20.
- [6] 冯增召, 陈继新, 张吉森. 鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 26–51.
- Feng Zengzhao, Chen Jixin, Zhang Jisen. Lithofacies Palaeogeography of Early Paleozoic of Ordos, China Platform[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.
- [7] 冯增召, 王英华, 张吉森, 等. 华北地台早古生代岩相古地理[M]. 北京: 地质出版社, 1990, 28–49.
- Feng Zengzhao, Wang Yinghua, Zhang Jisen, et al. Lithofacies Palaeogeography of Early Paleozoic of North China Platform[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.
- [8] 李文厚, 陈强, 李智超, 等. 鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理[J]. 古地理学报, 2012, 14(1): 85–100.
- Li Wenhui, Chen Qiang, Li Zhichao, et al. Lithofacies palaeogeography of the Early Paleozoic in Ordos area[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(1): 85–100.
- [9] 陈启林, 白云来, 黄勇, 等. 鄂尔多斯盆地寒武纪层序岩相古地理[J]. 石油学报, 2012, 33(S.2): 82–94.
- Chen Qilin, Bai Yunlai, Huang Yong, et al. Sequence lithofacies palaeogeography of the Cambrian in Ordos Basin, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 33(S.2): 82–94.
- [10] 翟明国. 华北克拉通的形成演化与成矿作用[J]. 矿床地质, 2010, 29(1): 24–36.
- Zhai Mingguo. Tectonic evolution and metallogenesis of North China Craton[J]. Mineral Deposits, 2010, 29(1): 24–36.
- [11] 马杏垣, 吴正文, 谭迎佳, 等. 华北地台基底构造[J]. 地质学报, 1979, (4): 293–303.
- Ma Xingyuan, Wu Zhengwen, Tan Yingjia, et al. Tectonics of the North China platform basement[J]. Acta Geologica Sinica, 1979, (4): 293–303.
- [12] 孙枢, 从柏林, 李继亮. 豫陕中-晚元古代沉积盆地(一)[J]. 地质科学, 1981, (4): 314–322.
- Sun Shu, Cong Bolin, Li Jiliang. Evolution of Henan-Shanxi sedimentary basin of the Middle and Late Proterozoic age (Part I)[J]. Chinese Journal of Geology, 1981, (4): 314–322.
- [13] 孙枢, 陈志明, 王清晨. 豫陕中-晚元古代沉积盆地(二)[J]. 地质科学, 1982, (1): 5–12.
- Sun Shu, Chen Zhiming, Wang Qingchen. Evolution of Henan-Shanxi sedimentary basin of the Middle and Late Proterozoic age (Part II)[J]. Chinese Journal of Geology, 1982, (1): 5–12.
- [14] 孙国凡, 刘景平. 贺兰坳拉槽与前渊盆地及其演化[J]. 石油与天然气地质, 1983, 4(3): 236–245.
- Sun Guofan, Liu Jingping. Helan Aulacogen and front basin and their evolution[J]. Oil & Gas Geology, 1983, 4(3): 236–245.
- [15] 张杭. 从物探资料看鄂尔多斯盆地基底构造特征[J]. 石油物探, 1983, 22(3): 74–80.
- Zhang Kang. Characteristics of the basement structure of the Ordos Basin[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 1983, 22(3): 74–80.
- [16] 孙国凡, 谢秋元, 刘景平, 等. 鄂尔多斯盆地的演化叠加与含油气性—中国大陆板块内部一个大型盆地原型分析[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(4): 356–367.
- Sun Guofan, Xie Qiuyuan, Liu Jingping, et al. Evolution stacking and hydrocarbon potential of the Ordos Basin—Prototypel analysis of a huge basin in Chinese continental plate[J]. Oil & Gas Geology, 1986, 7(4): 356–367.
- [17] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十二). 长庆油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 23–29.
- Petroleum Geology Compile Group of Changqing Oilfield. Petroleum geology of China: volume 12[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 23–29.
- [18] 田在艺. 裂谷系与含油气盆地[J]. 地球科学进展, 1992, 7(3): 64–68.
- Tian Zaiyi. Rift system and petroliferous basin[J]. Advance in Earth Sciences, 1992, 7(3): 64–68.
- [19] 翟明国, 郭敬辉, 赵太平. 华北克拉通新太古代—古元古代构造演化[J]. 前寒武纪研究进展, 2001b, 24: 17–27.
- Zhai Mingguo, Guo Jinghui, Zhao Taiping. Tectonic evolution of North China Craton in the Neoproterozoic-Paleoproterozoic. Progress in Precambrian Research, 2001b, 24: 17–27.
- [20] 李明, 闫磊, 韩绍阳. 鄂尔多斯盆地基底构造特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(S.3): 38–43.
- Li Ming, Yan Lei, Han Shaoyang. The Basement Tectonic Characteristics in Ordos Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2012, 42(S.3): 38–43.
- [21] 段杰. 鄂尔多斯盆地南缘下古生界碳酸盐岩储层特征研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2009: 10–11.
- Duan Jie. Research for the Lower Paleozoic carbonatite reservoir characteristics in the South of Ordos Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009: 10–11.
- [22] 许化政, 周新科, 高金慧, 等. 华北早中三叠世盆地恢复与古生界生烃[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 329–336.
- Xu Huazheng, Zhou Xinke, Gao Jinhui, et al. Reconstruction of early-Middle Triassic basin in North China and hydrocarbon generation in Paleozoic[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 329–336.
- [23] 久凯, 丁文龙, 李春燕, 等. 含油气盆地古构造恢复方法研究及进展[J]. 岩性油气藏, 2012, 24(1): 13–19.
- Jiu Kai, Ding Wenlong, Li Chunyan, et al. Advances of paleostructure restoration methods for petroliferous basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2012, 24(1): 13–19.
- [24] 李振宏, 胡健民. 鄂尔多斯盆地构造演化与古岩溶储层分布[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 640–655.
- Li Zhenhong, Hu Jianmin. Structural evolution and distribution of paleokarst reservoirs in the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 640–655.