

文章编号: 1672-9854(2007)-02-0008-09

鄂尔多斯盆地中部前石炭纪岩溶古地貌恢复

何江¹, 沈昭国¹, 方少仙¹, 侯方浩¹,
傅锁堂², 徐黎明², 马振芳², 阎荣辉²

(1 西南石油大学; 2 中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司)



何江

摘 要 鄂尔多斯盆地中部以碳酸盐岩为主夹蒸发岩的奥陶系马家沟组, 经 130 余百万年的风化剥蚀及淋滤作用, 风化壳古岩溶发育。在认识研究古地质图的基础上, 选取马家沟组五段四亚段一小层底部的凝灰岩为标志层, 完成了盆地中部前石炭纪岩溶古地貌图。自西向东, 研究区可划分为四个岩溶古地貌单元或区块: 岩溶高地、岩溶台地(坪)、岩溶盆地、岩溶台地与岩溶沟槽相间区块。岩溶高地地层向西翘倾, 岩溶剥蚀面自西向东地层由老到新呈有序分布, 西北角有 7 口井的地层已剥蚀至马五₄¹ 以下, 最西缘陕 56 井残顶已为马五₅ 地层。岩溶台地是现今马家沟组天然气的主产区, 地势相对较低且平缓, 并在多个小层发育岩溶溶洞建造岩。

关键词 前石炭纪; 马家沟组; 岩溶古地貌; 地貌单元; 古地貌图; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

何江 1981 年生, 2004 年毕业于西南石油大学, 现为该校在读硕士研究生。通讯地址: 610500 四川省成都市西南石油大学资源与环境学院; 电话: (028)83033171

油气勘探成果证明, 世界许多含油气盆地均发育有碳酸盐岩古风化壳含油气层(体)。据统计, 世界油气的 20% ~ 30% 与不整合面有关^[1], 且主要与古风化壳有关。鄂尔多斯盆地是我国第二大含气盆地, 气藏主要发育在奥陶系顶部古风化壳内。中奥陶世末, 华北地块因晚加里东运动整体抬升, 后经历了 130 余百万年的沉积间断, 盆地主体缺失晚奥陶世至早石炭世的沉积。中奥陶统马家沟组顶部由于经受了长期的岩溶作用, 风化壳及溶蚀孔、洞、缝发育, 并伴有印支期和燕山期裂隙, 成为鄂尔多斯盆地下古生界的主要天然气储、产层。

岩溶古地貌是岩溶作用与各类地质作用相综合的结果, 而其形态本身又是岩溶发育与否的重要控制因素之一。因此, 恢复前石炭系即奥陶系顶岩溶古地貌形态, 对于整个盆地的奥陶系马家沟组油气勘探工作具有十分重要的意义。前人对鄂尔多斯盆地前石炭纪岩溶古地貌的恢复, 多采用上石炭统太

原组顶与中奥陶统马家沟组顶间的残余地层沉积厚度来反演, 但由于太原组与下伏中石炭统本溪组间、与上覆下二叠统山西组间均为沉积间断假整合接触关系, 因而今日所见太原组顶与马家沟组间的残存厚度同原沉积的厚度并不一致。笔者以构造地质演化背景为主线, 在编绘古地质图的基础上, 选取马家沟组五段四亚段一小层(马五₄¹)底部的凝灰岩为标志层, 恢复鄂尔多斯盆地中部前石炭纪岩溶古地貌图, 这样既保证了制图的等时性, 又使古岩溶地貌分布更精细更符合实际, 对古地貌单元的统一划分命名也因此更为系统合理。

1 构造演化背景

根据现今构造及演化历史, 鄂尔多斯盆地可划分为六个一级构造单元。盆地中部是陕北(或伊陕)斜坡, 向东为晋西挠褶带, 向西依次为天环坳陷、西缘逆冲带, 北部为伊盟隆起, 南面为渭北隆起。

收稿日期: 2006-07-28

基金项目: 四川重点学科建设项目(编号: SZD0414)

研究区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡内主体位置,北起乌审旗,南至永宁,东起子洲,西至安边,面积约 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1)。在研究区的东、西两侧发育有两个醒目的中奥陶世古构造,即东侧的陕北拗陷和西侧的中央古隆起,该隆起亦称“L”型裂谷脊。

早古生代,鄂尔多斯盆地南北受加里东地槽控制,西部为贺兰裂谷,中奥陶世马家沟期因贺兰裂谷沉降扩张引起的均衡作用,导致盆地西缘裂谷肩部翘升,发育一醒目的正向构造单元,即中央古隆起(图 2)。相应地在其东侧因均衡调节而伴生一边侧拗陷,即陕北拗陷。二者相互协调,在中奥陶世至前石炭纪长期并存,不仅控制了华北海和祁连海在鄂尔多斯盆地区域的海域范围和演变关系,并且也决定了奥陶纪岩相古地理格局^[2]。研究区西邻中央古隆起,东侧与陕北拗陷交界(图 1,图 2)。

华北地台在中奥陶统马家沟组沉积后受全球性构造事件(即晚加里东运动)影响而整体抬升,经历了 130 余百万年的沉积间断,此为控制鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳储层形成的主要因素。

奥陶纪与石炭纪之间发生的全球性构造事件,华北地台必然受到影响。区域填图资料表明,华北地台中奥陶统峰峰组(在鄂尔多斯盆地也划分为马家沟组六段,下文均称之为马六段)与上覆的中石炭统本溪组间为小角度不整合关系,具有南北两侧

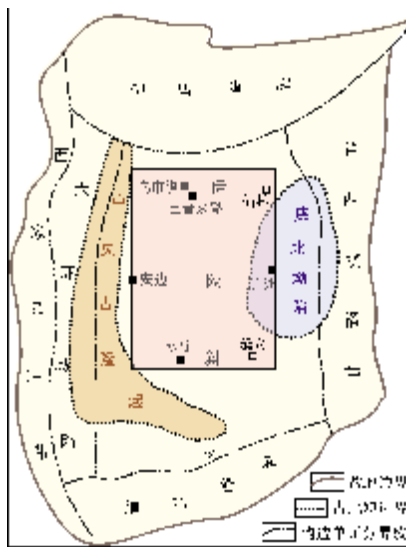


图 1 鄂尔多斯盆地构造单元分区及研究区位置

对称性。说明造成这种接触关系的原因是与全球性地壳运动有关的区域性基底变形。这一变形在华北地区表现为中心部位下弯及相应边缘凸起的凹面式抬升^[3]。王鸿祯认为,华北板块“中奥陶世后分别自北向南和由南而北的大规模俯冲,使华北陆表海遭受南北两面的挤压而抬升为陆”^[4]。刘本培亦认为,“南北两侧洋壳相向的俯冲作用与华北板块中奥陶世后的整体抬升有密切关系”^[5] 116~125。

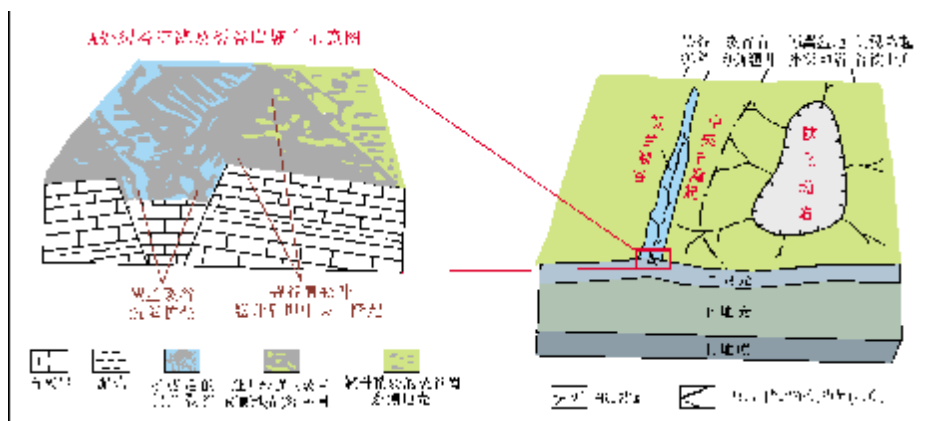


图 2 鄂尔多斯盆地早古生代裂谷发育过程中裂谷肩的均衡翘升及补偿性侧盆地形成模式

上述区域性基底变形反映在华北地台马六段的分布规律上(图 3)。该图显示,马六段残余厚度(残厚)大于 200 m 的地区位于昔阳—邯郸之间,在太原及靠近黄河东岸的山西中阳县等地马六段残厚都超过 100 m,向北到偏关、恒山,向南在黄河北侧

地区马六段残厚为 0 m,已被完全剥蚀。图中马六段等厚线的长轴指向延安和子洲之间,这与鄂尔多斯盆地井下资料马六段保存区的实际情况完全吻合,这印证了华北地台受晚加里东运动的影响发生了基底变形和凹面式抬升。这种凹面式抬升,使得在南

北两侧变形较强、抬升幅度较大、剥蚀强烈,而中部变形较弱、抬升幅度较小、遭受剥蚀的程度较弱,特别是轴线部位可能仅发生纵向抬升。这样,在南北两侧变形较强部位马家沟组与上覆中石炭统间不整合接触的角度较大,向中部不整合接触的角度逐渐递减,轴线部位表现为假整合接触关系。

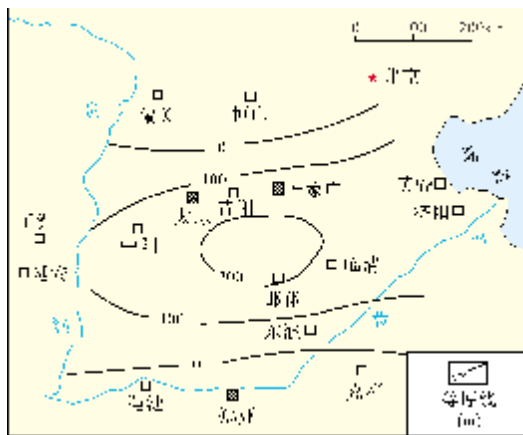


图3 华北地台中奥陶统马家沟组六段(峰峰组)残余厚度等厚线图^[3]

鄂尔多斯盆地作为华北地台的西缘部分,必将遭受同样的基底变形,但也有它自身的特殊性。盆地南面的秦岭板块向北北东碰撞挤压趋向关闭,使其南缘亦有所凸起;北面的中亚—蒙古板块向南南东碰撞挤压,使盆地基底稍发生活化;西侧贺兰裂谷在古特提斯板块向北的推挤作用下,沿早期形成的断裂重新拉开形成碰撞谷,导致西侧裂谷肩(原中央古隆起)又有翘升。同样,在地壳均衡补偿作用下,盆地中东部马家沟沉积期即已存在的补偿拗陷盆地处又再度发育了近南北向的拗陷,但与之同时,因受到东面华北地台主体抬升的挤压,致使形成的补偿拗陷盆地位置较马家沟期形成的要向西偏移,面积亦略有收缩,即中奥陶世—早石炭世沉积间断期间,鄂尔多斯盆地在北、西、南三面凸起、中心部位下凹的背景下经受了向东开口的马蹄形抬升。

2 盆地中部奥陶系顶马五₅亚段—马六段古地质图

中奥陶世,鄂尔多斯盆地中东部沉积了一套碳酸盐岩为主夹蒸发岩的地层,称之为马家沟组。马家沟组沉积期经历了三次海进—海退旋回,在纵

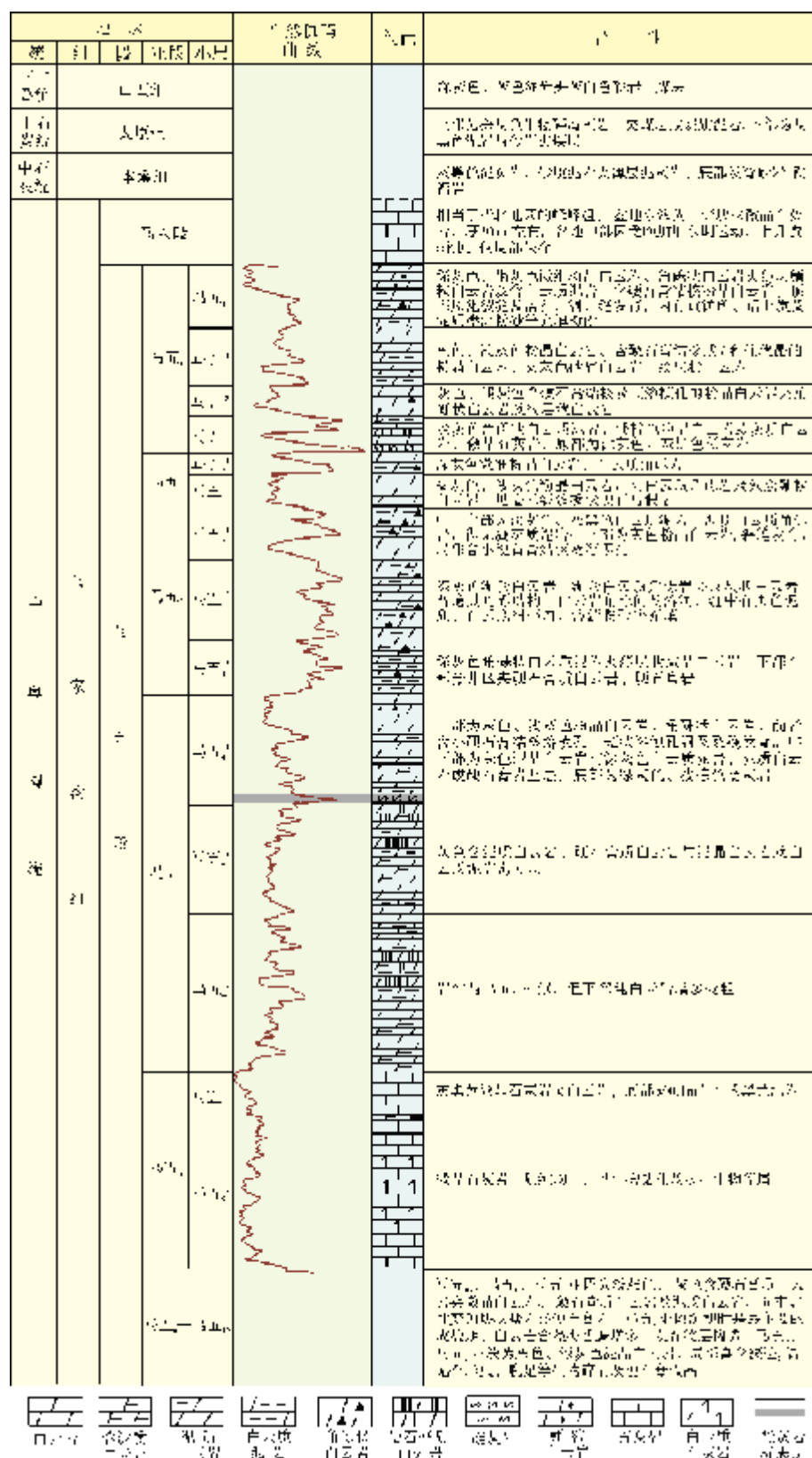
向上构成了马家沟组的六个岩性段。马一、马三、马五段以白云岩、硬石膏岩和石盐岩为主,偶夹少量石灰岩,马五段为风化壳发育的储层段,又分为若干个亚段和小层(图4),马二、马四、马六段为石灰岩和白云岩,在补偿拗陷盆地还有硬石膏岩产出^[2]。

将区内399口井的奥陶系分层数据,按地层自下而上的顺序,勾绘出奥陶系马五₅亚段以上各小层和马六段的地层分布范围,然后在计算机上将各小层的地层分布图叠加,编绘成奥陶系顶马五₅亚段—马六段古地质图(图5),这是笔者认识研究区岩溶古地貌并对其编图的基础。

在古地质图上,研究区北部巴音来登向南至永宁的南北向长方形区块内,马家沟组顶部地层保存较全,马五₁残余地层成互相分隔的岛链状,局部有马六段覆盖的小高地。与之相对应,在东部的神12井区、子洲井区及老君殿井区、东南角的延深1井区也有马五₁地层保存。有意义的是这三个井区的展布方向亦是南北向的,而且子洲井区的部分井马五₁地层之上有马六段地层分布,延深1井有17m厚的马六段地层保存。在上述两个南北向的马五₁地层分布带之间,为呈南北向展布的沟槽状地层缺失带,被剥蚀地层最深可达马五₃,亦即说挟持在这两个南北向马五₁和马六段地层展布带之间存在一个南北向的剥蚀大沟槽。在马五₁岛链状地层分布区西侧,出露的地层由新至老作有序分布,西北角的查汗特洛亥地区已剥蚀至马五₆和马五₇地层,再向西到定边地区已成马四段地层出露区,表明西侧为抬升剥蚀区。

从所完成的古地质图(图5)上可以明显看出存在4个岩溶古地貌区块的雏形:

- (1) 桃利庙—靖边—永宁以西地区,马五₁亚段地层破坏严重,仅零星分布;
- (2) 巴音来登向南至永宁的长方形区块,风化壳表面出露层位以马五₁为主,稳定、连片分布;
- (3) 小纪汉—榆70井—艾好茆—子长的近南北向沟槽状地层缺失区,风化壳表面出露层位以马五₄、马五₅为主,在沟槽状缺失带的中心部位出露层位最深可达马五₃;
- (4) 余兴庄—艾好茆—子长以东地区,马家沟组顶部层位保存较全区与近南东方向的沟槽状地层缺失带相间出现。



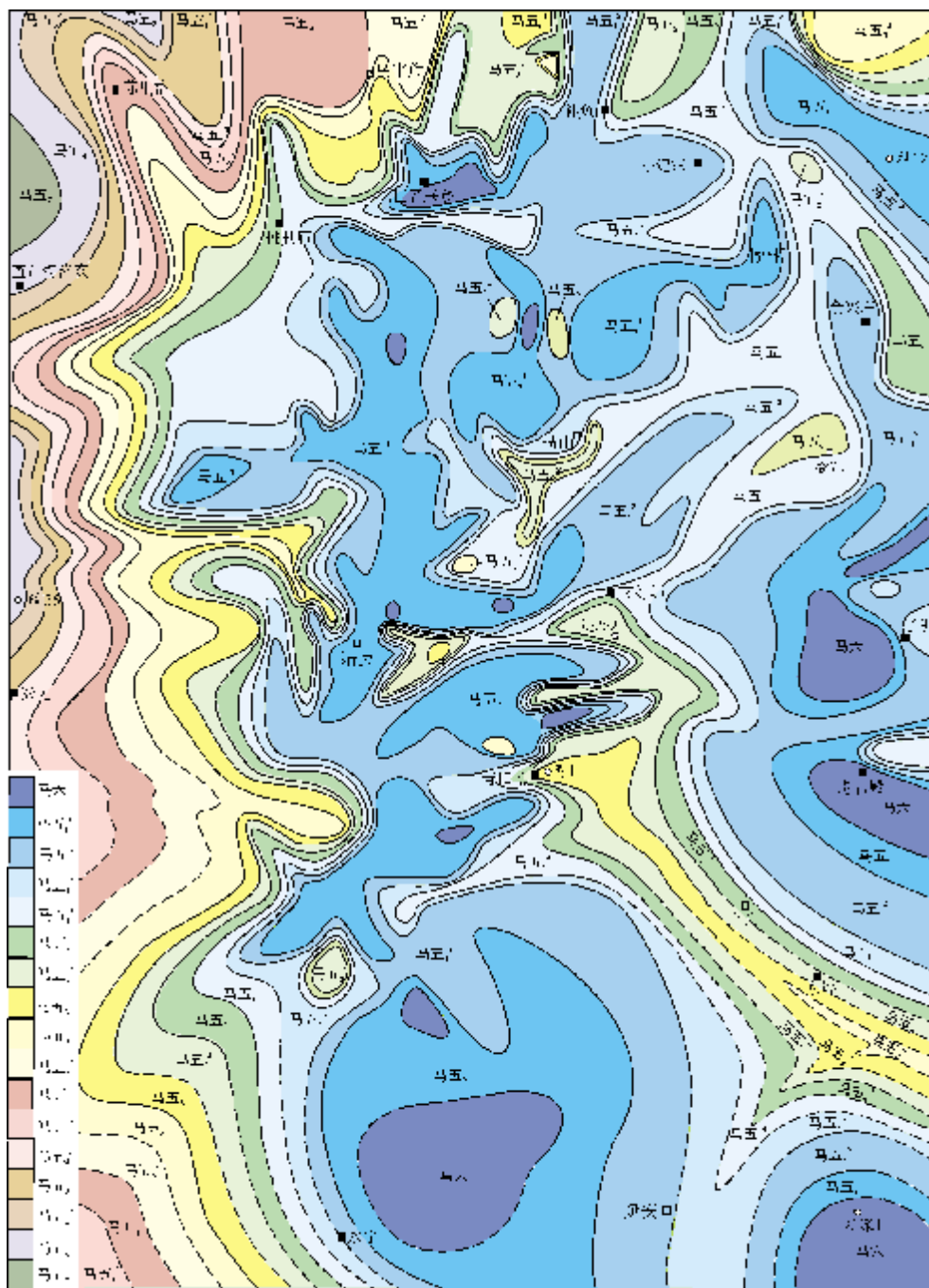


图5 鄂尔多斯盆地中部奥陶系顶马五₅亚段—马六段古地质图

3 盆地中部前石炭纪岩溶古地貌图

3.1 选择作图基准面

恢复风化壳岩溶古地貌形态,重要的是需找到一个在全区范围内稳定分布并且等时的标志层为

作图的基准面。

前人对鄂尔多斯盆地前石炭纪岩溶古地貌已作了许多工作,郑聪斌、马振芳等编制的岩溶古地貌图是本文的主要参考依据^[6]。他们所采用的标志层是上石炭统太原组顶部的东大窑石灰岩与其下的6号煤层段,并用该标志层与下伏奥陶系顶之间

厚度的镜像关系作图。但据华北地区石炭系—二叠系的标准剖面——山西太原西山剖面^{[5]160-161},中石炭统本溪组 and 上石炭统太原组均为海陆交互相沉积,是脉动式的海侵和海退(海侵为主,否则不可能有沉积)过程中穿时的沉积体系。东大窑石灰岩与其下的6号煤层段也均为穿时沉积,加上本溪组与太原组间及太原组与下二叠统山西组间均为沉积间断假整合接触关系,盆地内各井点的风化剥蚀程度可以不同,因此今日所见的石炭系厚度与原沉积的厚度是不一致的。

基于对晚加里东期后鄂尔多斯盆地的构造演化及古地质图的认识,笔者选取了马五₄¹底部火山降落灰型含晶屑、石屑的玻屑尘屑凝灰岩层底作为对比标志层来编绘岩溶古地貌图。因为它是等时的,并且大面积地覆盖鄂尔多斯盆地,特别是中部地区。

该凝灰岩层在横向上分布十分稳定,除西北角个别井已被剥蚀外,在研究区50 000余平方千米的范围内均有分布,在全区域可追踪对比。由于凝灰岩成层性强,与上下地层水平接触,界限清晰,厚度稳定,电性上具有高伽玛、高时差、低密度、低电阻率、大井径等特征,在测井曲线上形成突出的“异常层”,极易辨认,特征明显,无疑是相当理想的作图标志层。

3.2 岩溶古地貌图的编制

在古地质图的认识基础上,根据研究区399口井奥陶系马五₄¹底以上地层的残余厚度勾画出等值线图。以构造演化背景为指导,进一步划分出岩溶古地貌区块界限的范围,编制出岩溶古地貌图(图6)。

研究区西侧“L”型裂谷脊于晚奥陶世后再度隆升,马家沟组随之又一次翘升,而且越向西边,翘升幅度越大,在古地质图上表现为被剥蚀出露的地层亦越老,向东边翘升幅度递减,出露的地层逐渐变新,于是在马五₄¹以上地层残厚等值线图上,越向西侧,残厚等值线数值是逐渐减少的。我们用马五₄¹以上地层残厚划分岩溶古地貌的办法在东西两侧需要用镜面反映的观念来认识,即在西侧,马五₄¹以上地层残厚越小,即当时翘升得越高,剥蚀强度越大,地层出露带亦越老;而在东侧,马五₄¹以上地层残厚越小,表明地势越低,岩溶水多在此处汇聚,地层遭向下侵蚀的幅度越大。

4 岩溶古地貌区块特征

鄂尔多斯盆地为一南北向的矩形盆地,中奥陶世后一直到海西期,在受到自北向南和由南向北的大规模俯冲、挤压以及西缘裂谷肩再次翘升的影响下,古地质图上表现为在北、西、南三面由边缘向中心其地层由老至新呈有序展布。这就是为什么马五₄¹地层呈南北向长条形岛链状残存、向北仅存于乌审旗之南的巴音来登井区、向南止于永宁井区的原因。与此同时西侧裂谷肩再次隆起,隆起叠加的幅度较马家沟沉积期更高,研究区西侧的地层受到较强的剥蚀。为了取得均衡,研究区中东部原马家沟期发育的补偿拗陷盆地亦再次活动发生凹陷。裂谷肩与补偿盆地间形成平缓的过渡地带,即今日巴音来登至永宁间马五₄¹地层的岛链状分布区。研究区东部由于受黄河以东华北地台抬升的影响,在榆林、子洲以东翘升,原马家沟期发育的补偿盆地东西方向略有收缩,被压缩成南北向,轴线大致位于小纪汉—艾好茆—子长,拗陷盆地的中心大致在青阳岔—子长地区,这也正是鄂尔多斯盆地中东部的中心地区,其四周高处的地表径流必将向拗陷盆地地区,特别是向中心地区汇聚,因而成为古岩溶最强烈的地区。来自四周的地表径流汇聚到补偿拗陷盆地后,除对下部地层发生岩溶作用外,必须有泄出区(口)。从古构造和马六段地层分布(图5)看,它不可能向东流向山西黄河以东,因华北地台的主体部分仍为不断抬升;也不可能流向北面的伊蒙古陆和西边再次翘起的裂谷肩方向,补偿拗陷盆地内汇聚的地表水将沿着青阳岔—永坪方向,在研究区东南部形成规模较大的深切沟槽,流向尚未关闭的秦岭海槽。

鉴于研究区岩溶古地貌的分布趋势,可划分出4个岩溶古地貌单元,即岩溶高地、岩溶台地(坪)、岩溶盆地以及岩溶台地与岩溶沟槽相间区块(图7)。

4.1 岩溶高地

岩溶高地位于再次隆升的裂谷肩的东侧斜坡区,古地势整体较高,由西向东倾斜,以接受侵蚀、溶蚀为主。位于桃利庙—靖边—永宁以西,北面由桃利庙向东北转向补兔以北地区,即马五₄¹凝灰岩层底以上地层残厚的50m边界线以西和以北地区。马五₄¹地层破坏严重,零星分布(图6)。

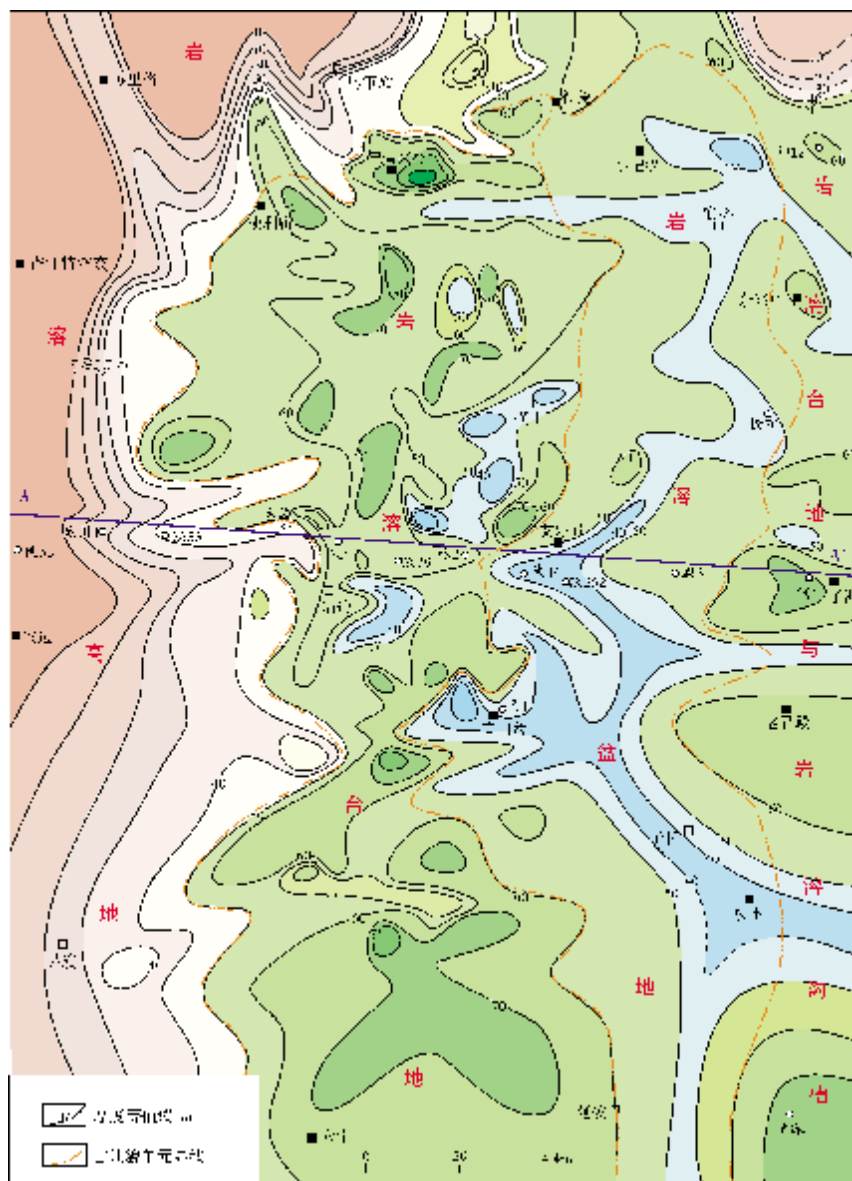


图6 鄂尔多斯盆地中部前石炭系岩溶古地貌图

根据奥陶系风化壳马五₄底凝灰岩标志层为等时面作图。厚度等值线指马五₄底以上地层的残余厚度

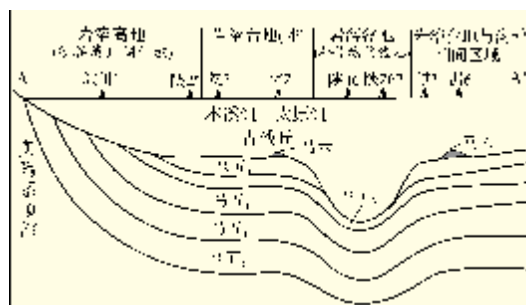


图7 鄂尔多斯盆地中部岩溶古地貌横剖面示意图

A—A' 剖面位置见图6

岩溶剥蚀面由西向东地层由老到新呈有序分布,它是由裂谷肩的再度隆升,导致其东侧斜坡地层向西翘倾所致,研究区最西缘陕56井残顶已为马五₇地层。同时从古地质图(图5)看出,研究区西北部地层出露带宽度小,由北向南出露的宽度渐增,说明西北角受到西边贺兰碰撞谷和北面中亚—蒙古板块向东南碰撞挤压的双重作用下,马家沟组地层形变较大,即形变后的地层倾角较大,翘升也较高,相应地遭剥蚀而出露的地层也最老。研究区西

北角有 7 口井的地层已剥蚀至马五₄¹以下。向南面,仅受贺兰碰撞谷的单向挤压作用,地层形变角度相对较小,因此,地层的剥蚀出露宽度也相对增大。

4.2 岩溶台地(坪)

岩溶台地区块是现今马家沟组天然气的主产区,地势相对较低,且比较平缓,位于岩溶高地与岩溶盆地之间。东部以马五₄¹底以上地层残厚 60 m 边界线为界;西部大致以马五₄¹底以上地层残厚 50 m 边界线为界,形成一略向西凸出的南北向矩形区块。风化壳表面出露层位以马五₁¹、马五₁²为主。能够大面积较好地保存所述地层只有一种可能性,即当时这一矩形区块内的地层是几乎水平的。

该岩溶台地区块的地层应该是水平的或近于水平的,证据之一是,在东西方向 70~120 km 的平距内,同一小层地层的海拔高差仅 10 m 左右。另一个更有力的依据是:该区块中多个小层的相似部位均发育岩溶溶洞建造岩。最明显的为马五₁⁴小层,顶部多发育有岩溶溶洞建造岩,仅规模略有差别。类似的,在马五₁⁴小层的中下部和近底部亦较普遍发育岩溶溶洞建造岩。更有甚者,在马五₃³小层除顶部和底部原岩保存外,大部分地层都发育为岩溶溶洞建造岩,而且均表现为若干期塌积岩和冲积岩的叠置层。此外,在马五₃²中—上部亦普遍发育两层岩溶溶洞建造岩。这一现象说明,马家沟组地层风化剥蚀期是脉动式抬升的(以抬升为主,间或下降),并经历了干、湿气候的变化,由于地层是水平或近于水平的,产生岩溶的活动潜流带潜水面在相对较长的一段时间分别停滞在马五₁⁴顶部及马五₁⁴中部和近底部层位,且多期(或反复)停滞在马五₃³大部分层位。在这样的条件下形成了同层位大面积展布的岩溶溶洞建造岩。

4.3 岩溶盆地

岩溶盆地地势较低,岩溶水多在此汇聚,位于岩溶台地区块以东,大致在余兴庄—榆 70 井—永坪以西,为马五₄¹底以上地层残厚小于 60 m 边界线以内的区块。在西面“L”型裂谷肩再次翘升、东面山西以东的华北地台凹面式抬升的背景下,原马家沟期曾存在的补偿拗陷盆地也再次活动。由于受东西两侧相对挤压,因此补偿拗陷盆地也大致成南北走向,

但其规模,特别是东西方向宽度较原有的要小,仅大致位于马家沟期拗陷盆地的中西部。另一方面,晚奥陶世后再次发育起来的补偿拗陷盆地的中心大致位于艾好崾—永坪地区,也是盆地宽度最大、拗陷深度最大的地区。来自四周的地表径流汇聚于该补偿盆地内,除一部分向下伏地层渗流发生岩溶作用外,需要有外泄通道,由于西面和西南面为“L”型翘升的裂谷肩分布带,北面为伊蒙古陆,东面为山西隆升区,因此只能向东南部的子长—永坪一带不断深切的溶蚀主沟槽汇聚(图 6)。

4.4 岩溶台地与岩溶沟槽相间区块

岩溶台地与岩溶沟槽相间区块位于研究区最东部边缘,由于东侧华北地台主体抬升,古地势稍高,该区块由东向西倾斜,在神 12 井区、子洲井区和延深 1 井区均保存马五₁亚段,后两井区还存在马六段,向研究区以东,马六段分布区不断扩大,地层厚度也不断增加,因此该区块可以看作是山西岩溶台地的西缘部分。由山西向西汇聚到补偿拗陷盆地的地表径流将该区块马五₁亚段和马六段剥蚀并切割为残剩的孤立台地。

5 结 论

(1)晚加里东期,鄂尔多斯盆地中部受全球构造事件的影响发生基底变形,北、西、南三面凸起,中心部位下凹,呈向东开口的马蹄形抬升。

(2)从古地质图上看,研究区西部地层受到较强的剥蚀,岩溶剥蚀面由西向东地层由老到新呈有序分布,研究区最西缘陕 56 井残顶已为马五₇地层;中部地层保存较全,呈南北向长条形岛链状分布;中东部为呈南北向展布的沟槽状地层缺失带,被剥蚀地层最深可达马五₃²;东部地层保存较全区与近南东方向的沟槽状地层缺失带相间出现。

(3)马五₄¹底部凝灰岩层大面积地覆盖鄂尔多斯盆地区,是理想的等时对比标志层。

(4)研究区共可划分出 4 个岩溶古地貌单元,即岩溶高地、岩溶台地(坪)、岩溶盆地以及岩溶台地与岩溶沟槽相间区块。岩溶高地古地势整体较高,由西向东倾斜,以接受侵蚀、溶蚀为主;岩溶台地地势相对较低,且比较平缓;岩溶盆地地势较低,岩溶水多在此汇聚;岩溶台地与岩溶沟槽相间区块古地势稍高,由东向西倾斜。

参 考 文 献

- [1] Fritz R D, Wilson J L, Yorewicz D A. Paleokarst Related Hydrocarbon Reservoirs [C]. New Orleans:SEMP CoreWorkshop, 1993.
- [2] 侯方浩,方少仙,董兆雄,等. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境与岩相发育特征 [J]. 沉积学报,2003,21(1): 106-112.
- [3] 刘波,王英华,钱祥麟. 华北奥陶系两个不整合面的成因与相关区域性储层预测 [J]. 沉积学报,1997,15(1):25-30.
- [4] 中国地质科学院地质研究所,武汉地质学院. 中国古地理图集 [M]. 北京:地图出版社,1985:22-23.
- [5] 刘本培,全秋琦. 地史学教程 [M]. 北京:地质出版社,2001.
- [6] 夏日元,唐健生,关碧珠,等. 鄂尔多斯盆地奥陶系古岩溶地貌及天然气富集特征 [J]. 石油与天然气地质,1999,20(2): 133-136.

编辑:吴厚松

Restoration of Pre-Carboniferous Palaeokarst Landform in Central Ordos Basin

He Jiang, Shen Zhaoguo, Fang Shaoxian, Hou Fanghao,
Fu Suotang, Xu Liming, Ma Zhenfang, Yan Ronghui

Abstract: Weathering crust palaeokarst develops in Middle Ordovician Majiagou carbonate rock and some evaporates in central Ordos Basin. On the basis of understanding the palaeo-geologic maps, and choosing the tuff from the first bottom bed of the Sub-member 4 in Majiagou Member 5 as the guide bed, mapping of the Pre-carboniferous palaeokarst landform in central Ordos Basin is finished. The research area can be divided into 4 palaeokarst landform units from west to east: a) karst highland; b) karst platform (level platform); c) karst basin; and d) karst platform and karst grooves. Strata of the karst highland tilt westwards and the eroded karst face shows well-ordered distribution from old to young in geological age from west to east. The karst platform, in which formational rock of karst caves commonly develop within many thin beds, relieves gently and is relatively low and flat in topography and it is now the major production area of gas from Majiagou Formation.

Key words: Pre-carboniferous; Majiagou Formation; Palaeokarsts Landform; Landform unit; Palaeolandform map; Ordos Basin

He Jiang: male, Master degree in progress. Add: Resource and Environment Faculty of Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, 610500 China