

饶阳凹陷馆陶组物源方向及其地质意义

刘鹏¹, 宋国奇², 张扬³, 周军⁴

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛 266580; 2. 中国石化胜利油田分公司, 山东东营 257000;
3. 中国石油长庆油田分公司第六采油厂, 陕西榆林 718606; 4. 中国石油长庆油田分公司第七采油厂, 陕西延安 717606)

摘要:物源分析对确定沉积盆地物源区位置、沉积物搬运路径和沉积体系具有重要意义,还可以通过物源分析准确预测远景区油气生、储及盖层分布。通过砂岩碎屑组分、重矿物组合、ZTR指数进行分析,利用沉积法对地层沉积厚度以及砂岩含量分布特征进行研究,确定了饶阳凹陷馆陶组的物源方向。结果表明:饶阳凹陷馆陶组存在2个物源区,分别为东北部和西南部物源区,2个物源区的母岩类型都以变质岩为主,并在凹陷中部留路地区汇聚;东北部物源区为长石质岩屑砂岩区,成分成熟度较低,西南部物源区成分成熟度比东北部物源区略有提高,为岩屑质长石砂岩区,双向物源汇聚的留路地区为长石砂岩区。在物源体系的控制下,近源发育辫状河沉积,远源发育曲流河沉积,心滩和边滩砂为有利砂体,物源汇聚的留路地区为有利勘探区。物源方向的确定对研究沉积相展布、有利砂体分布及有利勘探区预测具有重要的意义。

关键词:物源方向 重矿物 碎屑组分 馆陶组 饶阳凹陷

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2013)05-0015-04

饶阳凹陷属于渤海湾盆地冀中坳陷的一个次级构造单元,位于冀中坳陷中部,北接霸县凹陷,南邻新河凸起,东与献县凸起相临,西到高阳低凸起,面积约为6 300 km²。饶阳凹陷作为华北油田的主要勘探区在经历了潜山与古近系的勘探高峰后,勘探程度逐渐增高,勘探难度也日益增大。埋藏较浅、勘探程度较低的新近系逐渐成为新的勘探领域,新近系主力含油层系为馆陶组。前人对饶阳凹陷馆陶组的研究较少,物源体系方面更是缺乏系统研究^[1-5],而物源分析是油气勘探工作的重点之一^[6-8]。在前人研究方法和研究思路^[9-11]的基础上,笔者综合多种方法对饶阳凹陷馆陶组的物源方向进行了研究,并分析了沉积相和砂体的空间展布,预测了油气成藏的有利区域,以期对饶阳凹陷馆陶组油气勘探提供指导。

1 物源方向

在馆陶组沉积时期,饶阳凹陷构造单元主要分为东部洼槽带和西部斜坡带^[1]。对东部洼槽带主要依据轻、重矿物资料进行物源方向研究,而对于缺少轻、重矿物资料的西部斜坡带,采用沉积法对其物源体系进行分析,沉积法主要是根据盆地钻井、

测井、地震等资料,做出某时期的砂岩含量等值线、地层厚度等值线及沉积相展布等相关图件来推测物源区的相对位置^[12-14]。沉积法分析所得结论可对利用轻、重矿物资料分析得出的东部洼槽带物源方向进行验证。

1.1 砂岩碎屑组分分析

碎屑物质在搬运过程中,随着搬运距离的增加,碎屑组分的成分成熟度和结构成熟度均会增大^[9]。因此可以根据石英、长石和岩屑的含量判断沉积物的搬运方向和搬运距离,从而分析物源方向和物源区的大致位置。镜下观察统计显示:饶阳凹陷馆陶组发育长石质岩屑砂岩、岩屑质长石砂岩及长石砂岩。砂岩中长石的含量较高,普遍为30%~40%,平均为33.8%,最高达61.3%。

宏观上,饶阳凹陷东北部石英、长石和岩屑平均含量分别为25.1%,30.1%和44.8%,为长石质岩屑砂岩区;中部的留路地区石英、长石和岩屑平均含量分别为52.5%,38.6%和8.9%,为典型的长石砂岩区;西南部石英、长石和岩屑平均含量分别为41.6%,36.6%和21.8%,为岩屑质长石砂岩区(图1)。从北东和南西2个方向到中部留路地区,碎屑岩成分成熟度呈逐渐增大的趋势。

饶阳凹陷东北部苏40井的石英含量为16.8%,

收稿日期:2013-07-11。

作者简介:刘鹏,男,在读博士研究生,从事油气成藏研究。联系电话:(0546)8717875,E-mail:1018pengliu@163.com。

基金项目:中国石油天然气股份有限公司重点科技攻关项目“冀中坳陷新近系成藏条件研究及勘探方向优选”(2008D-0702-04)。



图1 饶阳凹陷馆陶组砂岩碎屑组分分布及含量变化

岩屑含量达46.5%；往南西方向到文62井，石英含量增至25.1%，岩屑含量减少为45%；再往南西方向经文78、西13、间16井，石英含量逐渐增大，岩屑含量逐渐减少，碎屑岩成分成熟度继续增大，到留路地区的路32井，石英含量达59.6%，岩屑含量仅为11.3%（图1），自北东到南西留路地区碎屑岩成分成熟度不断增大，说明在东北部有一物源区。继续往南西方向，到留楚地区的路10井，石英含量为41.6%，岩屑含量增至22.2%，到皇甫村地区楚26井，石英含量为41.5%，岩屑含量为30%（图1），自中部留路地区到西南部皇甫村地区岩屑含量不断增大，石英含量不断减小，说明留路地区的碎屑岩成分成熟度高于西南部的皇甫村地区，西南部也有一物源区，东北部与西南部的物源向饶阳凹陷中部的留路地区交汇。

1.2 重矿物组合分析

重矿物是判断物源方向及物源性质的重要标志之一，它们之间存在严格的共生关系，其组合是物源变化极为敏感的指示剂^[12-13]。饶阳凹陷馆陶组共鉴定出20多种重矿物，主要为磁铁矿、绿帘石和石榴石，其次为黄铁矿、符岩、赤铁矿和锆石，见少量的楣石、电气石、角闪石、黑云母、绿泥石、金红石和锐钛矿，少数井中还可可见兰晶石、十字石、黝帘石、辉石和独居石等。

磁铁矿含量为3.5%~72.09%，平均为31.32%；绿帘石含量为0~37.28%，平均为17.25%；石榴石含量为3.26%~79.7%，平均为16.87%；黄铁矿含量为0~44.5%，平均为13%；符岩含量为0~17.16%，平均为6.84%；赤铁矿含量为0.65%~10.13%，平均为5.48%；锆石含量为3.46%~9.3%，平均为4.93%。稳定重矿物（锆石、电气石、金红石、锐钛矿、石榴石、十字石、黑云母、磁铁矿）的含量为48.3%~92.8%；不稳定重矿物（绿帘石、楣石、角闪石、黄铁矿、辉石）的含量为7.2%~51.7%。

在馆陶组沉积时期，饶阳凹陷东北部苏40井的重矿物组合为绿帘石—磁铁矿—石榴石，重矿物稳定系数为5.99；到南西向的文62井，重矿物组合为磁铁矿—石榴石—绿帘石，重矿物稳定系数为10.02；再往南西向到西17井，重矿物组合为磁铁矿—石榴石—锆石，重矿物稳定系数为13.21；直到中部留路地区的新留203井，重矿物稳定系数达到最大值，为58，重矿物组合为石榴石—锆石—磁铁矿；再往南西方向重矿物稳定系数逐渐减小，如留路西部的留18—48井重矿物稳定系数为20.35，重矿物组合为石榴石—磁铁矿—绿帘石；到西南部留楚地区的楚17井，重矿物稳定系数减至14.52，重矿物组合为绿帘石—磁铁矿—石榴石。从北东和南西2个方向到留路地区重矿物稳定系数不断增大，说明东北部和西南部各有一物源区，双向物源向留路地区汇聚，这一分析结果与碎屑组分分析法所得结论一致。从富含石榴石和绿帘石的重矿物组合可以推断出这2个物源区都以变质岩为主，磁铁矿来自中性及基性岩浆岩，锆石可能来源于火山岩或者再旋回沉积岩^[14]。

1.3 ZTR 指数分析

ZTR 指数是极稳定重矿物锆石、电气石与金红石的含量，是判别矿物成熟度的指标。一般而言，距离物源区越远，ZTR 指数越大。饶阳凹陷馆陶组 ZTR 指数在平面上具有一定的规律性（图2）：其在东北和西南部较小，在留路地区较大，总体上为0.05~0.10。

饶阳凹陷东北部，ZTR 指数由北东到南西从0.05增大到0.06；再往南西方向到任丘东部，ZTR 指数从北向南由0.05递增至0.08，到留路地区增至0.10，从北东到西南不断增大的 ZTR 指数说明物源来自东北部；反观饶阳凹陷西部及西南部地区，ZTR 指数由西、南西往北东逐渐增大，到留路地区达到最大，因此，可以推断饶阳凹陷馆陶组存在北东和南西双向物源。

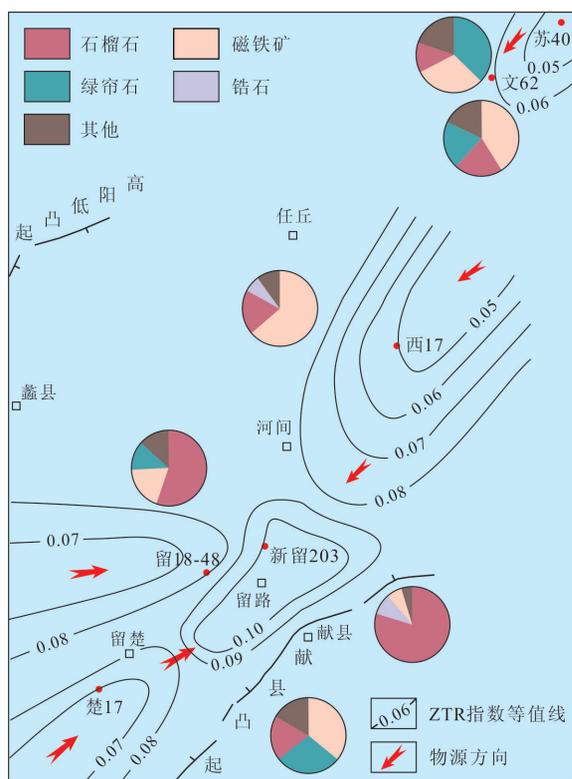


图2 饶阳凹陷馆陶组重矿物组合及ZTR指数等值线

1.4 沉积法分析

1.4.1 地层沉积厚度

饶阳凹陷馆陶组地层厚度变化较大,为200~500 m,总体上呈四周薄、中间厚,东北薄、西南厚的特点(图3)。东部洼槽带沉积厚度高值区呈北东向

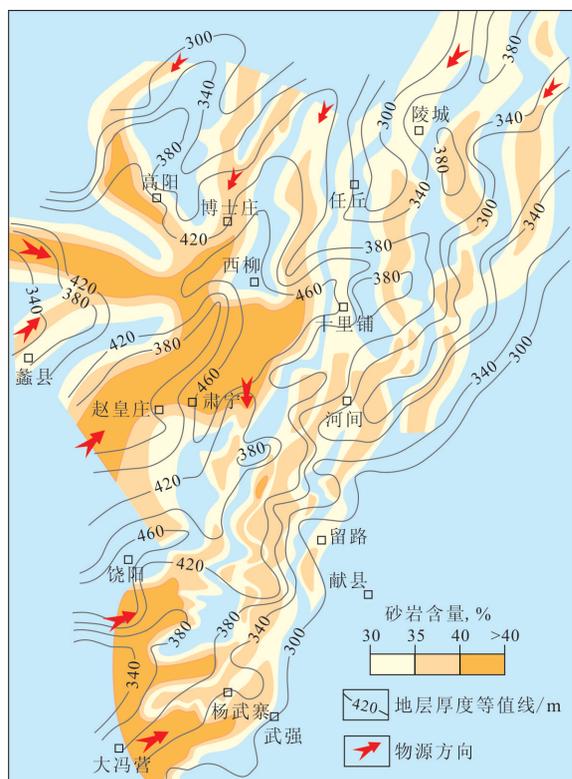


图3 饶阳凹陷馆陶组地层厚度与砂岩含量等值线

带状展布,指示出北东、南西的物源推进方向,与应用重矿物组合分析法得出的结论相符。在西部斜坡带,馆陶组厚度高值区呈北东、东西向粗带状展布,在南西和北东2个方向都有往斜坡带中部西柳地区汇聚的高值带,表明斜坡带受南西与北东双向物源控制,双向物源在西柳地区交汇,形成厚度高值区,西柳地区的高值区又和南部肃宁地区高值区连为一片,向南部留路地区延伸。因此,可推断西部斜坡带存在南西和北东双向物源,双向物源在西柳地区交汇后又向南部留路地区推进。

1.4.2 砂岩含量分布

古物源与沉积砂体具有良好的空间配置关系^[15-16],这是因为在搬运过程中,碎屑物质顺流而下,粒度较粗的砂岩由于缺乏足够的搬运动力首先沉积下来,随着搬运距离的增加,粗粒砂岩的沉积厚度呈现逐渐降低的趋势,因此可以通过分析砂体厚度变化以及展布形态来判断物源方向。在馆陶组沉积时期,饶阳凹陷砂岩普遍发育,砂岩含量较高,为20%~45%。东部洼槽带砂岩含量高值区呈北东向带状展布,其东北部砂岩含量普遍在30%以上,经由任丘、十里铺、河间到西南部的留路地区砂岩含量逐渐变低,高值带逐渐变窄,到留路地区砂岩含量降到20%左右;同样在洼槽带西南部,砂岩含量也很高,达到40%,往北东方向的留路地区,砂岩含量和高值带范围也呈逐渐变小的趋势(图3),说明存在北东和南西双向物源。

在馆陶组沉积时期,西部斜坡带砂岩含量也普遍较大,一般为30%~40%,高值区呈北东、东西向带状展布。在蠡县北部和赵皇庄地区砂岩含量较大,高值带向西柳、肃宁地区延伸,往北到高阳和博士庄地区砂岩含量也较高,高值区呈带状在西柳西部汇聚后向肃宁地区延伸(图3),据此可推断饶阳凹陷西部斜坡带主要存在南西和北东2个方向物源,这2个物源提供的沉积物在斜坡带中部西柳地区汇聚后往东部洼槽带俯冲,在留路地区与洼槽带的双向物源发生汇聚,使得留路地区为各向物源的汇聚区。

2 地质意义

2.1 物源方向影响沉积相空间展布

饶阳凹陷馆陶组发育辫状河和曲流河2种类型沉积相^①。辫状河沉积受控于物源方向分布于东北

①王权,马顺平,左银卿,等.冀中凹陷新近系成藏条件及目标评价优选.华北石油管理局勘探开发研究院,1999.

和西南部的近源区,其沉积物的成分成熟度和结构成熟度都较低,沉积物粒度较粗,砂泥比较高。在远离物源且为物源汇聚区的留路地区主要发育曲流河沉积,其沉积物粒度相对较细,砂泥比适中。此外,由于西南部与东北部物源区物源供给量不同,西南部的辫状河道多呈粗带状,东北部的辫状河道相对较窄。

2.2 物源方向控制有利砂体分布

通过物源方向和母岩类型的综合判断,可以查明盆地内沉积相的展布特征,从而预测有利砂体的分布。物源区的远近直接影响储集体的结构,对储集性能影响较大^[10]。饶阳凹陷馆陶组多期多物源继承性发育的砂体广泛分布,尤其在东北和西南部的辫状河沉积中发育大量叠合连片的心滩砂体,砂体在纵、横向上的连通性都较好,同时大量砾岩、砂砾岩的存在也使其储集物性较好,成为有利砂体;受物源的控制,在远离物源区的饶阳凹陷中部地区发育北东向展布的曲流河道,河道中边滩广泛分布,边滩砂在经历了长距离搬运后,其成分成熟度和结构成熟度都较好,储集物性变好,亦为有利砂体。

2.3 物源方向指示有利勘探区

对于河流相沉积体,河道砂岩的广泛发育致使储集体分布广泛,砂岩的大量沉积导致泥岩匮乏,致使泥岩盖层的厚度和分布成为油气聚集的主控因素,由此推断:辫状河发育区由于缺乏泥岩盖层而不利于成为油气的有利聚集区,而曲流河发育区的砂泥比适中、盖层封堵能力良好,可形成有利的储盖组合,为有利的油气聚集区;同时,在储集物性上,曲流河砂体经历了冲积扇、辫状河等沉积阶段后,搬运距离较远,其成分成熟度和结构成熟度都比辫状河砂体高,使其储集物性更好,也更有利于油气聚集。因此,远离物源区、广泛发育曲流河沉积物且为物源汇聚区的留路地区为饶阳凹陷馆陶组的有利勘探区,这也在实际勘探中得到了验证。

3 结论

在馆陶组沉积时期,饶阳凹陷在东部洼槽带和西部斜坡带主要受东北部和西南部2个物源体系的影响。据重矿物组合可推断东北部和西南部物源区母岩都以变质岩为主。东北部物源区石英含量低,长石、岩屑含量高,成分成熟度较低,为长石质岩屑砂岩区;西南部物源区石英含量相对较高,长石、岩屑含量较少,成分成熟度比东北部物源区略

有提高,为岩屑质长石砂岩区;双向物源汇聚的留路地区具有长石含量高的特点,为长石砂岩区。在东部洼槽带,北东和南西向物源受古地貌控制顺洼槽长轴方向在留路地区汇聚;在西部斜坡带,南西和北东向物源同样受古地貌控制,在斜坡中部西柳地区汇聚后向东部洼槽带俯冲,在留路地区与洼槽带的物源汇聚,留路地区为饶阳凹陷馆陶组双向物源汇聚区。物源方向的确定对研究区沉积相展布、有利砂体分布及有利勘探区预测都具有重要意义。

参考文献:

- [1] 赵利杰,蒋有录,刘华,等.饶阳凹陷烃源岩热演化特征及其与油藏分布的关系[J].油气地质与采收率,2012,19(4):1-4.
- [2] 邹德江,于兴河,梁宏斌,等.饶阳凹陷马西地区沙三中、上亚段层序地层与沉积体系分析[J].天然气地球科学,2008,19(4):487-491.
- [3] 刘永强,刘晓龙.冀中拗陷饶阳凹陷留西地区沙三上亚段层序地层与隐蔽油藏[J].石油与天然气地质,2009,30(6):747-753.
- [4] 纪友亮,杜金虎,赵贤正,等.饶阳凹陷下第三系层序类型及发育模式[J].沉积学报,2007,25(1):1-9.
- [5] 张淑娟,罗永胜,刘大昕.冀中拗陷饶阳凹陷留楚油田古近系东营组沉积微相及油气开发意义[J].古地理学报,2008,10(3):231-239.
- [6] 聂永生,田景春,夏青松,等.鄂尔多斯盆地白豹—姬塬地区上三叠统延长组物源分析[J].油气地质与采收率,2004,11(5):4-8.
- [7] 惠潇,张海峰.鄂尔多斯盆地延长组长6期湖盆中部砂体发育特征[J].地球科学与环境学报,2009,31(1):53-57.
- [8] 徐田武,宋海强,范卫平,等.高邮凹陷晚白垩世泰一段沉积时期物源及沉积定量分析[J].油气地质与采收率,2008,15(6):29-34.
- [9] 赵红格,刘池洋.物源分析方法及研究进展[J].沉积学报,2003,21(3):409-415.
- [10] 张琴,朱筱敏,董艳蕾,等.黄骅拗陷沙一段物源分析及地质意义[J].油气地质与采收率,2009,16(6):8-12.
- [11] 谢风猛,王国光,贾光华,等.东营凹陷王58井区沙四段上亚段纯上5砂组物源方向分析[J].油气地质与采收率,2007,14(3):38-42.
- [12] 李鹏飞,徐伦勋,李建明.鄂尔多斯盆地华庆地区长6期物源分析[J].沉积与特提斯地质,2010,30(2):61-65.
- [13] 苏朝光,仲维苹.准葛尔盆地车排子凸起新近系沙湾组物源分析[J].石油与天然气地质,2010,31(5):648-655.
- [14] 周建,林春明,李艳丽,等.苏北盆地高邮凹陷马家嘴地区古近系戴南组物源分析[J].沉积学报,2010,28(6):1117-1129.
- [15] 罗佳强.东营凹陷博兴洼陷西部沙三段砂岩体的物源及成因分析[J].油气地质与采收率,2001,8(5):10-13.
- [16] 赵俊兴,吕强,李凤杰,等.鄂尔多斯盆地南部延长组长6时期物源状况分析[J].沉积学报,2008,26(4):610-616.