

盐家地区沙四上亚段砂砾体微观特性及物性影响因素分析

徐冠华 中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院

【摘要】东营凹陷北带盐家砂砾体沙四上亚段储层岩石成分复杂,储层具有非均质性。本文通过对岩心观察、单偏光薄片分析、铸体薄片、物性分析等技术手段,对研究区储层的主要岩石微观特征、物性特征、储集空间类型和影响物性因素进行分析,阐明了盐家砂砾体的微观特征,明确了不同井区岩石组分、物性、储集空间的差异性,结合成岩作用的研究,明确该区储层物性主要受物源及成岩作用影响。总体分析认为,储集空间类型以次生孔隙为主,溶蚀作用对储层物性起控制作用。

【关键词】砂砾岩体;物性;次生孔隙;碳酸盐矿物

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.03.044

前言

近岸水下扇砂砾岩紧邻生油中心分布,是良好的油气聚集场所,但非均质性较强,决定了其油气成藏极具复杂性,极大地影响了勘探效果。东营凹陷北带沙四段盐家地区近岸水下扇砂砾岩油气勘探取得了重大突破,本文分析了东营凹陷北带沙四段近岸水下扇砂砾岩微观、物性特征,并探讨了影响近岸水下扇砂砾岩体物性的因素,对于该区近岸水下扇砂砾岩有效储层物性预测、指导下一步油气勘探具有重要意义。

一、地质概况

盐家地区地理位置位于山东省东营市垦利县西张乡,构造上位于东营凹陷北带东段,自西向东发育盐16古冲沟、盐家鼻状构造、盐18古冲沟,鼻状凸起与鞍部沟谷相间,东西排列,近南北走向延伸。盐16古冲沟、盐18古冲沟分别发育了盐22、永920砂砾岩油藏,砂砾岩体北部靠扇根侧向封堵,南部靠岩性尖灭,东西两侧不同次砂砾岩体错层尖灭,扇主体构造高部位已证实具有良好的含油性。位于两个古冲沟之间的盐222块同样发育砂砾岩体,构造形态是两个鼻状构造之间的鞍部,其砂砾岩体顶面构造为向西、南、东三个方向抬升,鞍部最大埋深4400m;钻探已证实古冲沟之间的低部位也含油,储集物性较好。本文探讨了盐16古冲沟内(代表井盐22、盐22-22等)与古冲沟间(代表井盐222、盐227等)砂砾岩储层的差异性,明确了影响储层物性因素。

二、储层微观特性

1. 岩石成分变化特征

盐家地区的砂砾体岩性的类型主要有:砾岩、砂砾岩、巨砂岩、粗砂岩、中砂岩、不等粒砂岩等。储层以含砾或砾质砂岩或者含砂砾岩为主,占储层岩性的

60%。镜下薄片鉴定显示,长石的含量含量较高,砂岩大部分为长石砂岩、少量为岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩,说明成分成熟度都是比较低。说明盐家地区很靠近物源区,物源以片麻岩为主。此外岩石致密,分选较差,磨圆度以次棱角状为主,颗粒支撑,点一线接触,岩石的结构成熟度比较低。

砂岩矿物碎屑主要为石英、钾长石、斜长石。相比较来说盐222等井和盐22等井含量差异较大。盐222井区石英含量普遍比较低为20%~33%,平均为26%;长石含量为35%~50%,平均含量为44%;岩屑含量为20%~50%,平均含量为30%。盐22井区石英含量为18%~39%,平均含量为31%;长石含量为30%~40%,平均含量为35%;岩屑含量为26%~49%,平均含量为34%。说明这两个井区岩石的成分成熟度很低。岩屑含量较高,主要为结晶岩、石英岩、喷出岩、泥质岩屑、碳酸盐岩屑等,说明物源的类型比较多,但片麻岩岩屑含量普遍较高,这和岩心观察的结果较为一致。此外镜下鉴定沉积岩岩屑碳酸盐岩屑远远高于黏土矿物。对比来看,盐222等井区石英含量低于盐22井区,长石的含量高于盐22-22井区,说明盐222明显区别于盐22井区,具有混源的特征。

镜下鉴定显示这两个地区填隙物和孔隙类型差别不大,颗粒之间的充填物以胶结物为主。杂基主要为黏土矿物,且含量与碳酸盐胶结物相比较低。盐22-22井区黏土杂基的含量在0.5%~6%,均值为2.15%,盐222井区的含量为0.5%~6%,均值为2.65%。胶结物有碳酸盐矿物、高岭石、石英的自生加大、黄铁矿等。主要胶结矿物为白云石和含铁白云石,其余胶结矿物零星分布出现,胶结类型为孔隙式胶结。盐22-22井区碳酸盐矿物

胶结物的含量在0.5%~25%，均值为6.82%，盐222井区的含量为1%~8%，均值为4.47%。比较来说靠近沉积岩物源区的盐22井区碳酸盐胶结物含量高，黏土杂基少。

2. 物性特征

物性分析表明，盐22井区的孔隙度分布范围2.2%~16.5%，平均值为8.5%。盐222井区的孔隙度分布范围1.5%~14.4%，平均值为6.5%，说明盐22井区的孔隙度略高于盐222井区。盐22井区的孔隙度分布范围0.08mD~278 mD，平均值为5.12 mD。盐222地区的孔隙度分布范围0.04mD~145mD，平均值为4.21mD。明显盐22井区的渗透率也要好于盐222井。

3. 镜下孔隙类型

通过铸体薄片观察，孔隙的类型主要为次生溶蚀孔隙，原生孔隙含量较少，被压实作用和胶结作用所破坏。下面将分别描述各种孔隙特征。

次生孔隙，主要为粒间溶孔和颗粒溶孔，在砂岩和砾岩中普遍发育，见少量的粒内缝。本区的次生孔隙主要是长石和碳酸盐矿物溶蚀产生的。其微观识别标志主要有：胶结物部分溶解、漂浮的颗粒、粒内孔、颗粒上的破裂缝等。在岩层沉积到一定深度之后，地下流体对粒间充填物进行溶蚀。粒间溶孔是白云石或含铁白云石受酸的作用而产生的。这种溶蚀作用，不仅有利于储集空间的产生，对流体的运移通道也产生积极的影响。粒间孔隙产生之后，流体对颗粒继续溶孔，本区镜下观察到的颗粒溶孔是长石矿物或者碳酸盐矿物溶解造成，沿颗粒的解离、裂隙和其他薄弱部位发生造成的孔隙。相对来说碳酸盐矿物比长石更容易遭受溶蚀作用，因此在镜下更容易见到碳酸盐矿物产生的次生孔隙。

三、影响物性因素

镜下鉴定表明，该区主要发育次生孔隙，说明成岩作用是影响储层物性主要因素。在沉积物沉积之后的成岩作用过程中，原始的沉积因素中的长石、碳酸盐矿物的含量和成岩中的压实、胶结和溶解作用对后来的储集空间的产生都有影响。黏土矿物尽管含量也较高，但是主要以岩屑的形式存在，在粒间充填物含量太低，所以可以不予考虑。其中压实作用和胶结作用都是降低物性的因素，长石、碳酸盐矿物以及溶解作用能够增加储层的物性，这几个方面相互影响，由此构成了本地区影响物性的复杂的因素，下面详细分析物性影响因素。

1. 压实作用与胶结作用

一般来说储集层物性随埋深变化的研究，无论哪个地区、何种相带、何种岩石类型，无论是否处于次生孔

隙发育段，随着埋藏深度增加，储集层的孔隙度和渗透率都不断下降，只是在不同地区、不同深度段、不同地质背景条件下的下降速度不同而已，早期压实影响较大，后期较小。这一现象说明，压实作用对储集层性质的影响是绝对的、永恒的。根据钟大康等人的研究在东营凹陷北部陡坡带，相同岩性条件下碳酸盐胶结程度越高，压实减孔率越低，而在比较相同碳酸盐胶结程度下不同岩性的压实减孔率发现，岩性对压实作用影响很小。根绝黄思静等人的总结研究，白云石（包括含铁白云石等）的形成可以在成岩早期，较低的温度条件下形成，此时白云石胶结物很少占据由长石等骨架溶形成的次生孔隙，说明白云石的沉淀作用是在有效压实作用之前，尽管在整体上，白云石胶结物占据了大量的粒间孔隙体积，但是由于是在较早成岩作用阶段沉淀，使得岩石的机械强度和抗压实能力有了改变，从而使岩石在深埋藏条件下，仍具有较高的空隙度。盐家地区的物性随深度的变化也有这现象。根据镜下观察，在盐家地区的胶结作用以白云石（包括含铁白云石等）胶结为主，极少量的石英次生加大和自生黏土矿物胶结。碳酸盐胶结强弱与成岩演化程度有密切关系：早成岩B阶段主要为方解石胶结，随埋深增加，成岩程度增高，晚期出现铁方解石和铁白云石胶结，晚期碳酸盐胶结物叠加在早期碳酸盐胶结物之上，使岩石变得更加致密。

从对储集层物性的影响大小来看，碳酸盐胶结作用最重要，它使孔隙度和渗透率大为降低。颗粒接触方式以点——线作用为主，极少的凹凸接触。说明颗粒之间的压力并没有使原生矿物发生压溶作用，矿物之间的胶结物能够抵消一部分压力。盐家地区的物性能稍微显示随深度的增加而减小，但是并没有完全按照这一变化，在某些深度段孔渗性能异常升高，这说明岩石在后期的成岩演化有重要的影响。成岩作用中的机械压实作用有砂岩孔隙的演化有基本的作用。但是很明显在本地区不再是具有决定性的作用。

2. 溶蚀作用和长石、碳酸盐矿物

在本区根据前面分析，在经历压实作用之后，后期的次生变化能够影响岩石孔隙的主要碎屑组分有长石和沉积岩岩屑中的碳酸盐矿物，以及在后期成岩作用中胶结作用产生的碳酸盐胶结物。据Boles对美国加利福尼亚南部和得克萨斯州中新世盆地的研究，认为斜长石是形成次生孔隙的重要产物，斜长石沿解理面比垂直解理面的溶解快2-3倍，溶解后析出高岭石和形成石英的此生加大。而据黄思静等研究在长石反应过程中，反应前后

净减少的固相体积分数为14.3%，其余溶蚀部分被析出的高岭石和石英充填。而据史基安引用Siebert研究，认为长石的充填一般不能增加砂岩储层的渗透率。而碳酸盐矿物基本上在酸的作用下很容易溶解，而产生较高的物性。一般来说在次生反应中，碳酸盐矿物较长石矿物更容易发生。在本地区碳酸盐含量变化对物性的影响反映出这一现象。

统计表明，大部分储层的物性基本表现出随碳酸盐矿物的含量的增加而减少，但是也有一些点并不服从这个规律。对于不满足该规律的物性，统计表明物性很差（ $k < 10\%$ 、 $\phi < 1\text{mD}$ ），镜下表明该类储层发育原生孔隙，也见少量长石溶蚀孔隙。说明碳酸盐含量对物性起着主要作用。另外镜下鉴定表明物源又决定了碳酸盐矿物分布，可以说物源因素对物性有较大影响。

综上所述，物源和成岩作用对物性起其控制作用。区域上沉积物中碳酸盐岩屑的含量高低控制井区物性的好坏。

四、结论

第一，盐家砂砾体的结构成熟度和成分成熟度都是比较低，砂岩大部分为长石砂岩、少量为岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩。而且盐家地区很靠近物源区，物源以片麻岩为主，盐22井区更靠近沉积岩物源区，盐222井区明显更具有混源特征。

第二，盐22井区的物性特征要好于盐222井区。

第三，岩石的储集空间为原生孔隙和长石、碳酸盐矿物后期溶蚀形成的次生孔隙。其中次生溶蚀孔隙占主要地位，原生孔隙含量较少，被压实作用和胶结作用所破坏。

第四，本区的物性主要受物源和成岩作用两大因素的控制，其中距离碳酸盐含量越高，储层物性越差。

参考文献：

- [1]李斌, 孟自芳, 李相博, 等.靖安油田上三叠统长6储层成岩作用研究[J].沉积学报, 2005, 23(4):574~583.
- [2]黄思静, 黄可可, 冯文立, 等.成岩过程中长石、高岭石、伊利石之间的物质交换与次生孔隙的形成:来自鄂尔多斯盆地上古生界和川西凹陷三叠系须家河组的研究[J].地球化学, 2009, 38(5):498-506.
- [3]钟大康, 朱筱敏, 张枝焕, 等.东营凹陷古近系砂岩储集层物性控制因素评价[J].石油勘探与开发, 2003, 30(3):95~98.
- [4]杨晓宁, 陈洪德, 寿建峰, 等.碎屑岩次生孔隙形成机制[J].大庆石油学院院报, 2004, 28(1):4~6.
- [5]夏景生, 钟建华, 高祥成.丰深1地区沙四段砂砾岩体的储层特征及影响因素[J].江汉石油学院学报, 2007, 29(3):199~201.
- [6]史基安, 晋慧娟, 薛莲花.长石砂岩中长石溶解作用发育机理及其影响因素分析[J].沉积学报, 1994, 12(3):67~74.
- [7]黄洁, 朱如凯, 侯读杰, 等.深部碎屑岩储层次生孔隙发育机理研究进展[J].地质科技情报, 2007, 26(6):76~82.
- [8]黄思静, 张萌, 朱世全, 等.砂岩孔隙成因对孔隙度/渗透率关系的控制作用[J].成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(6):648~653.
- [9]苗建宇, 祝总祺, 刘文荣, 等.济阳拗陷下第三系温度、压力与深部储层次生孔隙的关系[J].石油学报, 2000, 21(3):36~40.
- [10]黄思静, 侯中键.地下孔隙度和渗透率在空间和时间上的变化及影响因素[J].沉积学报, 2001, 19(2):224-230.
- [11]黄思静, 黄培培, 王庆东, 等.胶结作用在深埋藏砂岩孔隙保存中的意义[J].岩性油气藏, 2007, 19(3):7~13.
- [12]鄢继华, 陈世悦, 姜在兴, 等.东营凹陷北部陡坡带近岸水下扇沉积特征[J].石油大学学报(自然科学版), 2005, 29(1):12~21.
- [13]张萌, 田景春.“近岸水下扇”的命名、特征及其储集性[J].岩相古地理, 1999, 19(4):42-52.
- [14]隋风贵, 操应长, 刘惠民, 等.东营凹陷北带东部古近系近岸水下扇储集物性演化及其油气成藏模式[J].地质学报, 2010, 84(2):246-256.
- [15]王勇, 钟建华, 马锋, 等.济阳拗陷陡坡带深层砂砾岩体次生孔隙成因机制探讨[J].地质学报, 2008, 82(8):1152-1159.
- [16]许晓明, 刘震, 谢启超, 张善文, 赵阳, 蔡进功.渤海湾盆地济阳拗陷异常高压特征分析[J].石油实验地质, 2006, 28(4):345~351.
- [17]田景春, 付东钧.近岸水下扇砂砾岩体的储集性研究[J].成都理工学院学报, 2001, 28(4):366~370.