

doi:10.19509/j.cnki.dzkq.2018.0117

赵迎冬,张永超,王全利,等.南堡凹陷物源体系发育特征与优质储层形成[J].地质科技情报,2018,37(1):128-134.

南堡凹陷物源体系发育特征与优质储层形成

赵迎冬,张永超,王全利,王建伟,刁帆,杜景霞,周贺

(中国石油冀东油田公司勘探开发研究院,河北唐山063004)

摘要:通过岩石成分、矿物组分、重矿物组合特征将南堡凹陷物源体系在平面上划分为5个:西南部物源体系、正南部物源体系、西北部物源体系、东北部物源体系、东部物源体系。不同物源体系孔隙度与渗透率分布规律的对比表明,储层物性最好的是来自西南部物源体系的储层,以中高孔中高渗为主,平均孔隙度为19.26%,平均渗透率为 $205.75 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,其次是来自正南部物源体系的储层,以中低孔中高渗为主,平均孔隙度为13.59%,平均渗透率为 $123.44 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。根据薄片观察、流体包裹体均一温度分布特征,分析出研究区储层成岩作用演化序列,并将南堡凹陷成岩体系分为6类,其中正南部物源体系下的沙一段与西南部物源体系下的东三段到沙三段成岩体系物性最好;成岩体系的形成与物源有关,分选好、杂基含量少的物源体系抗压能力强,压实作用相对较弱,有利于孔隙保存,并使溶蚀作用增强,物性得以改善,成岩后期也能形成优质储层。

关键词:南堡凹陷;物源体系;碎屑矿物;重矿物;储层物性;成岩体系

中图分类号:P618.130.2

文献标志码:A

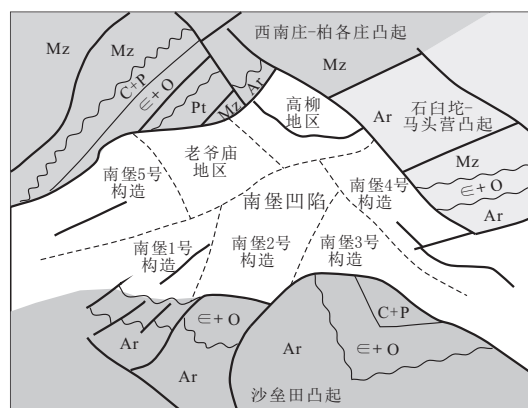
文章编号:1000-7849(2018)01-0128-07

南堡凹陷是一个小凹陷,但也是一个地质条件复杂的老探区,随着南堡凹陷浅层领域油气勘探程度的增高,中深层领域成为下一步主要勘探方向,因此分析南部物源将对南堡凹陷滩海地区中深层勘探具有十分重要的指导意义。近几年随着对南堡凹陷物源工作的不断投入,南部物源区已被钻井证实存在,也在南堡3号构造PG2井获得工业油流突破,前人对该南部物源进行了探讨,分析了成因机制^[1]。然而对比整个凹陷,其仍然缺乏整体的物源分析,使南部物源的优质特征体现不明显。因此,笔者将从整体出发,分析整个南堡凹陷物源体系的分布及演化,并对储层的形成过程进行对比分析,以揭示南部地区深层优质储层的形成过程。

1 区域地质概况

南堡凹陷隶属渤海湾盆地,位于黄骅坳陷北部,面积1 932 km²,地跨海陆,是在华北地台基底上,经中、新生代构造运动而发育起来的断陷盆地。南堡凹陷经历了古近纪断陷和新近纪坳陷2个阶段,新生代以来凹陷内由老至新依次沉积了沙河街组(Es)、东营组(Ed)、馆陶组(Ng)、明化镇组(Nm)、第四系(Q),主体为陆相断陷湖盆沉积体系。其中

沙河街组与东营组是南堡凹陷主要的生油层与中深层岩性勘探层,而馆陶组与明化镇组为浅层油气产层,目前已进入高勘探程度阶段。南堡凹陷周围存在3个主要凸起(图1),沙垒田凸起位于南堡凹陷南部,以沙北断裂与南堡凹陷相接,石白坨—马头营凸起西侧与南堡凹陷相邻,西南庄—柏各庄凸起



—断层线 ~~~不整合线 ——地层界线 ---构造单元分界线
Mz.中生界;C+P.石炭系+二叠系;E+O.寒武系+奥陶系;Pt.元古宇;Ar.太古宇

图1 南堡凹陷区域地质特征与母岩区背景

Fig.1 Geological feature and parent rocks background of Nanpu Sag

收稿日期:2016-12-14

编辑:禹华珍

基金项目:国家科技重大专项“南堡凹陷油气富集规律与增储领域”(2016ZX05006-006)

作者简介:赵迎冬(1985—),男,工程师,主要从事石油勘探的研究及相关生产工作。E-mail:Zhaoyingdong2015@petrochina.com.

于南堡凹陷东北部,这些凸起是南堡凹陷新生界主要的沉积物源供给区。凹陷内可进一步划分为7个构造单元,分别为南堡1号构造、南堡2号构造、南堡3号构造、南堡4号构造、南堡5号构造、老爷庙地区和高柳地区。

2 物源体系发育与演化

2.1 物源体系分析

2.1.1 母岩区背景

南堡凹陷平面上可以识别出3种构造背景下的母岩区^[1]:南部为稳定华北陆块物源区,即沙垒田凸起区,母岩主要为太古宙花岗岩,沉积物主要进入南堡1号、2号、3号构造区;东部与南部相似,母岩以太古宙花岗岩为主,即石臼坨—马头营凸起区,沉积物主要进入南堡4号构造与高柳地区;北部为来自构造活动趋于稳定的燕山隆起带物源区,即西南庄—柏各庄凸起区,母岩包括中—古生界沉积岩、岩浆岩和古生界变质岩等,沉积物主要进入南堡5号构

造、老爷庙地区、高柳地区(图1)。因此3种母岩背景下的沉积凹陷也应具有多方向的物源供给。

2.1.2 碎屑矿物分析

陆源碎屑沉积物的碎屑颗粒来自于母岩经剥蚀至破碎的产物,碎屑物质随流水搬运其成分成熟度和结构成熟度增高,颗粒逐渐变小,不稳定组分减少^[2]。因此可利用碎屑矿物组分变化特征判断物源体系,而碎屑矿物成熟度可间接判断物源区远近,通过对盆地内沉积碎屑矿物组分的对比分析,则可以判断物源区个数及供源范围。通过对南堡凹陷碎屑矿物的分析,平面上整体可划分为4个物源区(图2):①南堡1号和2号构造,碎屑矿物中长石含量低,岩屑组成以火成岩岩屑为主,少量变质岩岩屑;②以南堡3号构造为主的南部地区,碎屑矿物中长石含量高,岩屑组成以变质岩岩屑为主;③南堡4号构造,碎屑矿物以石英为主,只含少量岩屑;④包括南堡5号构造、老爷庙地区和高柳地区的西北部地区,岩屑组成以火成岩岩屑为主。

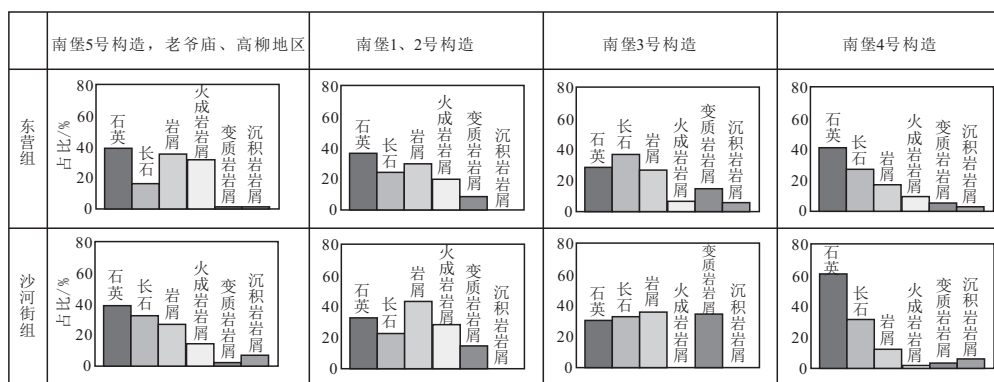


图2 南堡凹陷碎屑矿物分布特征

Fig.2 Distribution characteristics of detrital minerals in Nanpu Sag

2.1.3 重矿物特征分析

重矿物是指沉积岩中密度大于 2.86 g/cm^3 的透明或者不透明的矿物,其含量一般较少,不超过1%。陆源碎屑岩中的重矿物因其相对耐风化、稳定性强而能够保存较多的母岩信息^[3]。因此重矿物组合是识别物源区特征的重要方法之一,目前运用十分广泛^[4-6]。通过对比南堡凹陷内各个构造单元的重矿物组合特点,在平面上可以识别出5个物源区(图3):①南堡1号、2号构造,表现为铁矿类,以含有磁铁矿、赤褐铁矿为特征,东营组含少量钛铁矿;②南堡3号构造,以含有大量白钛石以及少量磁铁矿为特征;③南堡4号构造,表现为石榴石含量明显高于锆石,沙河街组含有大量白钛石,而东营组含部分磁铁矿、赤褐铁矿、钛铁矿;④南堡5号构造,沙河街组含少量金红石与电气石以及钛铁矿,东营组以含白钛石为特征;⑤高柳地区及老爷庙地区,石榴石

含量高于锆石,并含大量磁铁矿。

纵向上,东营组与沙河街组之间存在较明显的差异,表现为南堡1号、2号、5号构造在东营组沉积时期锆石含量明显减少,石榴石含量增加,南堡3号、4号构造在东营组沉积时期白钛石含量减少明显,而老爷庙地区东营组和沙河街组沉积时期重矿物含量变化则不明显。这说明南堡凹陷除北部高柳、老爷庙地区外,其余物源体系在广大南部地区的沙河街组沉积时期至东营组沉积时期普遍具有不继承性。

2.2 物源体系展布特征

南堡凹陷沉积特征复杂多样,综合母岩区背景、碎屑矿物组成、重矿物组合特征,重矿物 ZTR 数据等资料可将南堡凹陷在古近系沉积时期物源体系分五大类,分别是西南部物源体系、正南部物源体系、西北部物源体系、中—东北部物源体系和东部物源体系(图4)。

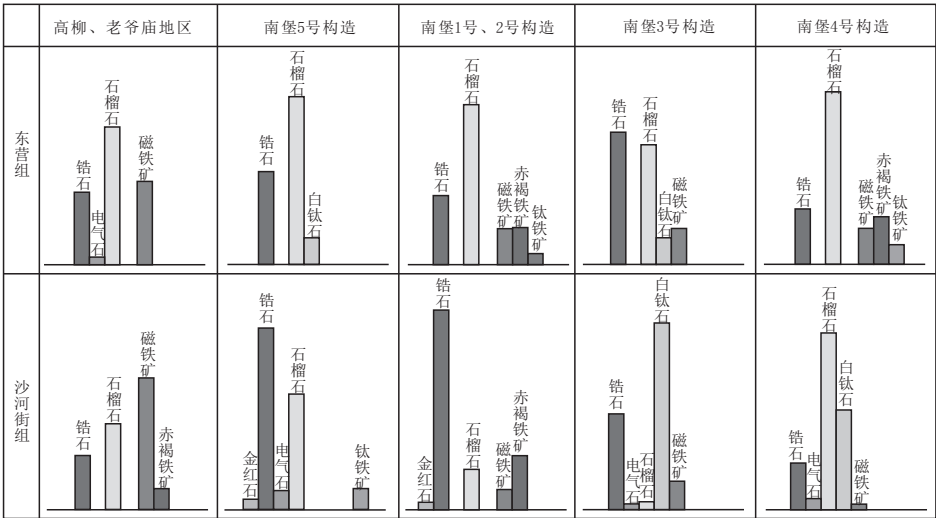


图3 南堡凹陷重矿物含量分布特征

Fig.3 Concentration distribution of heavy minerals in Nanpu Sag

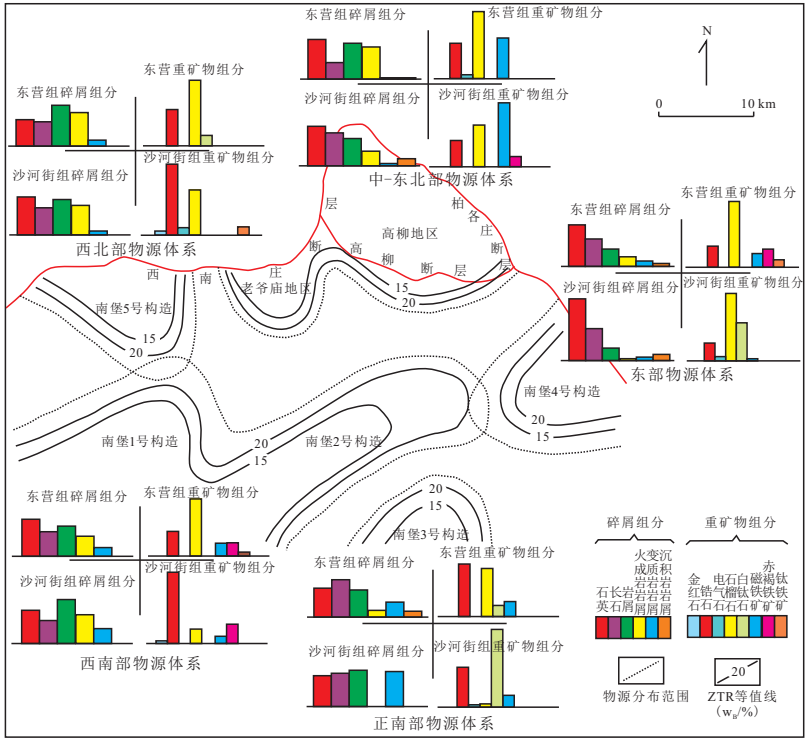


图4 南堡凹陷物源体系平面展布特征

Fig.4 Distribution characteristics of provenance system in plain in Nanpu Sag

2.2.2.1 西南部物源体系

主要分布于南堡1号、2号构造,沙河街组重矿物以含量极高的锆石和少量石榴石为特点,含少量磁铁矿与赤褐铁矿,岩屑含量高,组分以火成岩岩屑为主,其次为变质岩岩屑。东营组稳定透明重矿物中锆石含量明显减少,石榴石含量明显增加,铁矿物成分稳定,说明两时期物源不一致。通过进一步的分析发现,此物源体系下东营组沉积时期的重矿物组合特征与沧县隆起相似,都表现为锆石+石榴石

+磁铁矿+赤褐铁的组合^[7],说明西南部物源在东营组沉积时期受西部的沧县隆起物源区控制,如其石英含量较高,岩屑含量较低,因此该物源的沉积物成熟度较高。

2.2.2.2 正南部物源体系

主要分布于南堡3号构造,沙河街组特点明显,首先表现为含量极高的白钛石,说明沉积物可能由沉积岩母岩再搬运而来,其次为锆石,岩屑以变质岩岩屑为主,说明离物源区较近。东营组变质岩岩屑、

白钛石含量明显减少,锆石和石榴石含量增加,岩屑组成多变,说明该物源体系沉积物搬运距离增大。该物源体系在2个时期都明显有别于西南部物源体系,以近物源区为特征,如其岩屑含量高、石英含量低。

2.2.3 西北部物源体系

主要分布于南堡5号构造,沙河街组锆石含量明显高于石榴石,含少量电气石和金红石,表现为近物源的特征,岩屑组成为火成岩岩屑最多,含少量沉积岩岩屑。东营组稳定重矿物铁矿物有所变化,锆石含量降低,石榴石含量增高,变化趋势与西南部物源体系相似,有可能是南堡5号构造在东营组沉积时期受西北部 and 西南部物源体系混源影响所致。

2.2.4 中—东北部物源体系

主要分布于高柳地区—老爷庙地区,沙河街组含火山岩岩屑,重矿物组分中含有较多铁的氧化物,主要为磁铁矿,少量的赤褐铁矿,锆石和石榴石含量较高,表现为主体岩浆岩供给。东营组物源矿物组分变化不大,仍以锆石、石榴石为主,含较多的磁铁矿,岩屑以火成岩岩屑为主,说明该物源体系在2个时期具有继承性。

2.2.5 东部物源体系

主要分布于南堡4号构造,特点明显,矿物组分石英、长石、岩屑依次减少,火成岩岩屑、变质岩岩屑、沉积岩岩屑都有一定分布。沙河街组重矿物特征与其他物源体系明显不同,见较多的白钛石,石榴石含量最高,锆石含量较少。东营组重矿物则含有较多的铁矿物,包括磁铁矿、赤褐铁矿和钛铁矿,不含白钛石,该重矿物特征与南堡1号、2号构造的东营组相似,说明东营组沉积时期,西南部物源体系也进入南堡4号构造而形成混源。

2.3 物源体系演化特征

南堡凹陷古近系物源体系的演化可分为以下3个阶段:

(1)沙三段沉积时期,盆地初始裂陷,构造活动较强,北、东、南部3个地区隆起形成3个方向的物源供给区,成为5个物源体系的雏形,沉积物搬运距离较近,铁矿物与不稳定重矿物含量较高。如东北部物源体系在形成初期表现出重矿物具有相对较高的铁矿物(磁铁矿、赤褐铁矿、钛铁矿)含量的特征,且见较

多的不稳定重矿物(绿帘石、绿泥石、黑云母、辉石)。

(2)在沙二段到沙一段沉积时期,由于构造活动减弱,各物源体系中稳定透明重矿物(金红石、锆石、电气石、石榴石、白钛石)占比增加,5个物源体系也逐渐稳定成型。

(3)东营组沉积时期,盆地整体趋于稳定,构造活动很弱,全区均表现出稳定重矿物中锆石含量降低、石榴石含量增高,不稳定重矿物(绿帘石、绿泥石、黑云母、辉石)极少见的特征。东营组沉积后期西部沧县隆起区物源体系成为西南部物源体系主体而进入南堡凹陷,沉积于南堡凹陷中—南部南堡1、2、4、5号构造,成为该时期南堡凹陷最主要物源体系。

而凹陷北部陡坡带物源演化明显受断裂体系的控制,如在边界断裂活动强度和古隆起的双重控制下,砂砾岩体遵循沟扇对应关系并沿断裂低幅度区注入而形成物源口^[8-10],从而改变北部物源体系中的矿物组合特征,但整体上北部物源体系在各时期变化不大。

3 不同物源体系下的储层物性特征

对南堡凹陷整体进行了孔隙度、渗透率统计分析,其古近系储层孔隙度主要集中区间为5%~25%,平均为16.16%,渗透率主要集中区间为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 $118.61 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以中低孔—低渗、特低渗储层为主。南堡凹陷不同物源体系下的孔隙度、渗透率结果如表1所示。

(1)西北部物源体系 储层孔隙度主要集中区间为10%~25%,平均为15.86%,以中低孔储层为主;平均渗透率为 $21.68 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以特低渗和超低渗储层为主。

(2)中—东北部物源体系 储层孔隙度主要集中区间为5%~20%,平均为14.86%,以中低孔储层为主;平均渗透率为 $89.69 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以特低渗和超低渗储层为主。

(3)西南部物源体系 储层孔隙度主要集中区间为10%~25%,平均为19.26%,以中高孔储层为主;平均渗透率为 $205.75 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以中高渗和特低渗储层为主。

表1 南堡凹陷古近系来自不同物源体系的储层物性统计

Table 1 Different provenance systems with different reservoir properties in the Paleogene of Nanpu Sag

物源体系		西南部物源体系	正南部物源体系	西北部物源体系	中—东北部物源体系	东部物源体系
孔隙度/%	范围	10~25	10~20	10~25	5~20	10~20
	平均	19.26	13.59	15.86	14.86	15.34
渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	范围	2~450	0.5~320	0.05~50	0.1~240	0.05~50
	平均	205.75	123.44	21.68	89.69	28.73

(4)正南部物源体系 储层孔隙度主要集中在区间为 10%~20%,平均为 13.59%,以中低孔储层为主;平均渗透率为 $123.44 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以中高渗储层和超低渗储层为主。

(5)东部物源体系 储层孔隙度主要集中在区间为 10%~20%,平均为 15.34%,以中低孔储层为主;平均渗透率为 $28.73 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以特低渗和超低渗储层为主。

通过不同物源体系孔隙度与渗透率分布规律的对比发现,储层物性中最好的是来自西南部物源体系的储层,以中高孔中高渗为主,其次是来自正南部物源体系的储层,物性以中低孔中高渗为主,同时正南部物源区储层物性整体上要优于西北部物源区与东北部物源区。这主要是因为:首先,正南部物源区沉积物母岩多为太古宙花岗岩,岩屑以变质岩岩屑为主,其刚性颗粒含量高,有利于粒间孔隙的保留^[1];而相对来说西北部物源区沉积物母岩复杂,岩屑以岩浆岩岩屑为主,塑性强,容易因机械压实作用而破坏孔隙,导致储层物性降低。其次,正南部物源区处于构造缓坡带,发育辫状河三角洲,沉积水动力条件较强,所形成的分流河道与河口坝等沉积微相的分选、磨圆较好,杂基含量少,有利于地层酸性流体的流动,因此在后续成岩作用中对储层的改造作用增强,产生大量次生孔隙而形成优质储层^[11-12]。最后,正南部物源区多处于南堡凹陷洼陷中心,生烃作用形成的超压环境也能有效辅助改善正南部物源区的储层物性。

4 优质储层形成过程

通过薄片观察、流体包裹体均一温度分布特征,推断研究区储层成岩作用演化序列为:压实作用/岩屑和长石等颗粒溶蚀→早期碳酸盐胶结→长石溶解/高岭石沉淀/石英加大/碳酸盐胶结物溶蚀→油气充注→石英及其加大边溶解/晚期碳酸盐胶结→黄铁矿胶结(图 5)。

储层的发育一般会经历多个阶段的成岩环境演化过程,形成多种阶段成岩产物。为了更直观地反映储层成岩过程,引入成岩体系的概念:成岩体系是指同一岩石、同一成岩演化体系控制的,成因上有联系的成岩相组合。因此,成岩体系是以成岩演化序列为约束,在成岩相的基础上进行划分,通过分析成岩体系可以直观有效地指导和认识储层的发育形成过程,分析储层孔隙结构成因及孔隙演化规律^[13-15]。在成岩演化序列的基础上将整个南堡凹陷成岩体系分为以下 6 类(图 6)。

I 类:弱压实—强溶解—弱胶结成岩体系,属早

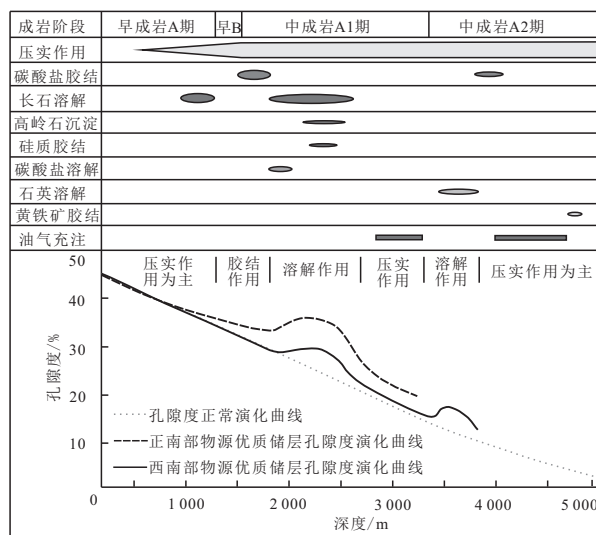


图 5 南堡凹陷储层成岩演化序列与孔隙度变化过程

Fig. 5 Change process of porosity and the evolutionary sequence of reservoir in Nanpu Sag

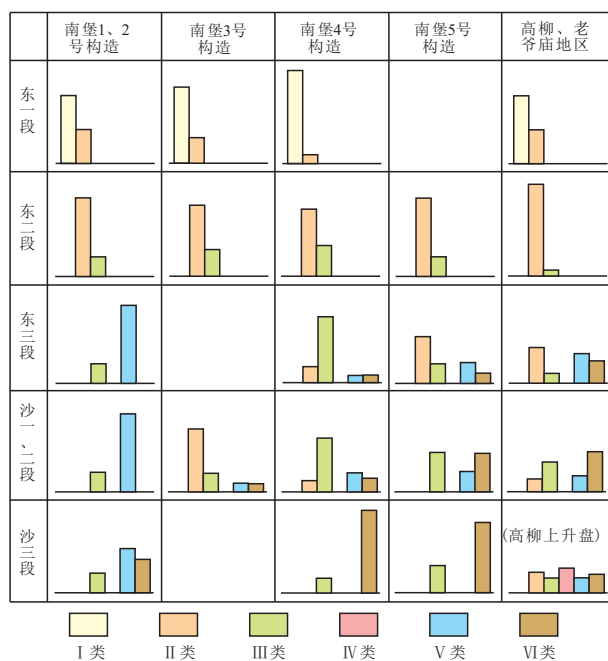


图 6 南堡凹陷成岩体系类型与分布特征

Fig. 6 Types and distribution characteristics of diagenetic system in Nanpu Sag

成岩 B 期,储层岩性主要为细砂岩—中砂岩—含砾砂岩,其分选较好,杂基含量低;压实作用弱,颗粒以点、线一点接触为主,长石溶蚀作用强烈,碳酸盐胶结作用弱;储集空间以原生孔隙为主,次生孔隙发育,孔隙结构好,以中高孔—中高渗储层为主。

II 类:中等压实—强溶解—弱胶结成岩体系,属中成岩 A₁ 期,储层岩性主要为粉砂岩—细砂岩—中粗砂岩—含砾砂岩,其分选中等,杂基含量低;压

实作用中等,颗粒以点—线接触为主,长石溶蚀作用强烈,碳酸盐胶结作用弱;储集空间为原生孔隙和次生孔隙混合发育,孔隙结构中等,以中低孔—中低渗储层为主。

Ⅲ类:中等压实—弱溶解—强胶结成岩体系,属中成岩 A_1 期,储层岩性主要为钙质砂岩—钙质砂砾岩,其分选中等,杂基含量低;压实作用中等,颗粒以点—线、线—点接触为主,长石溶蚀作用弱,碳酸盐胶结作用强烈;储集空间以少量次生孔隙为主,孔隙结构极差,以超低孔—超低渗储层为主。

Ⅳ类:中等压实—强溶解—强胶结成岩体系,属中成岩 A_1 期,储层岩性主要为细砂岩—中粗砂岩—含砾砂岩,其分选中等,杂基含量低;压实作用中等,颗粒以点—线、线—点接触为主,长石溶蚀作用强烈,碳酸盐胶结作用中—弱;储集空间以次生孔隙为主,原生孔隙局部发育,孔隙结构中等,以中低孔—中低渗储层为主。

Ⅴ类:强压实—强溶解—弱胶结成岩体系,属中成岩 A_2 期,储层岩性主要为细砂岩—中粗砂岩—含砾砂岩,其分选中等偏好,杂基含量低;压实作用强烈,颗粒以线、线—凹凸接触为主,长石溶蚀作用强烈,碳酸盐胶结作用弱;储集空间以次生孔隙为主,孔隙结构一般,以低孔—中低渗储层为主。

Ⅵ类:强压实—弱溶解—弱胶结成岩体系,属中成岩 A_2 期,储层岩性主要为泥质砂岩—粉砂岩—细砂岩—中粗砂岩—含砾砂岩,其分选较差,杂基含量中等偏多;压实作用强烈,颗粒以线、线—凹凸接触为主,长石溶蚀作用弱,碳酸盐胶结作用弱;储集空间以微量次生孔隙和微孔隙为主,孔隙结构极差,以超低孔—超低渗储层为主。

6类成岩体系中,Ⅰ类成岩体系处于成岩期早期,主要分布在东一段,储层物性好,在全区物源体系中均有分布;Ⅱ类成岩体系处在成岩期中期,储层物性较好,主要分布在东二、三段以及南堡3号构造沙一段,说明沙一段沉积时期正南部物源体系具有明显优势,保留了较多Ⅱ类成岩体系;Ⅲ类成岩体系处在成岩期中期,储层物性差,在全区东二段至沙三段均有分布;Ⅳ类成岩体系处在成岩期中期,储层物性较好,但分布局限,只在高柳地区上升盘沙三段中见少量分布;Ⅴ类成岩体系与Ⅵ类成岩体系都处于成岩中晚期,但Ⅴ类成岩体系孔渗特征明显好于Ⅵ类成岩体系,并且主要分布在南堡1、2号构造的东三段到沙三段,说明整体上西南部物源体系储层改造作用强,易形成Ⅴ类成岩体系。

通常来说成岩体系是随着埋深的增加与成岩作用的增强而演化的,受成岩作用的控制,而成岩作用又与物源体系相关,因此可以说成岩体系的差异受

物源体系影响。如正南部物源沉积物,其高刚性颗粒含量物源特征使其沉积区南堡3号构造在沙一段成岩过程中压实作用减弱,保留了大量Ⅱ类成岩体系,因此残留了较多原生孔隙,保持了较高的孔渗结构(图5)。而接受西南部物源体系的沉积区南堡1、2号构造,其物源沉积物分选好、杂基含量少,使溶蚀作用增强,形成大量次生孔隙,以改造作用强的Ⅴ类成岩体系为主,因此即使在成岩后期也能形成优质储层(图5)。

综合以上分析,南部物源的供给是形成南堡凹陷中深层优质储层的主要因素,其中正南部物源由于粒度等优势只经历了早中期成岩阶段,其优质储层形成过程为:以刚性颗粒为主的沉积物→压实作用(弱)→原生孔隙残留→岩屑和长石等颗粒溶蚀作用(强)→次生孔隙形成→优质储层;西南部物源优质储层的形成过程为:分选、磨圆良好的沉积物→压实作用(强)→岩屑和长石等颗粒溶蚀作用(强)→次生孔隙形成→早期碳酸盐胶结作用→碳酸盐胶结物溶蚀(强)→孔隙结构改善→良好储层。

5 结 论

(1)南堡凹陷在古近系沉积时期分5类物源体系,其中储层物性最好的是来自西南部物源体系的储层,以中高孔中高渗为主,其次是来自正南部物源体系的储层,物性以中低孔中高渗为主。物性特征与原始沉积物组构、沉积微相分布、后期超压作用等因素有关。

(2)南堡凹陷成岩体系可分为6类,其中正南部物源体系沙一段以Ⅱ类成岩体系为主,成岩作用弱,储层物性较好,而西南部物源体系东三段—沙三段以Ⅴ类成岩体系为主,其储层改造作用强,储层物性较好。成岩体系的形成与物源体系有关,物源碎屑中刚性颗粒含量高,粒度较粗(中砂岩级别以上),杂基含量低,分选好的砂体,抗压能力强,压实作用相对较弱,有利于孔隙保存,并且成岩过程中溶蚀作用的增强,有利于储层物性的改善,即使在成岩后期也能形成优质的储层。

参考文献:

- [1] 董月霞,杨赏,陈蕾,等.渤海湾盆地辫状河三角洲沉积与深部储集层特征:以南堡凹陷南部古近系沙一段为例[J].石油勘探与开发,2014,41(4):385-392.
- [2] 李艳丽,林春明,岳信东,等.白音查干凹陷桑合地区早白垩世都红木组一段沉积演化及物源研究[J].中国地质,2009,36(1):214-228.
- [3] 刘嵘,董月霞,谭靖,等.沉积岩中稳定重砂矿物的成岩蚀变特征及其指示意义[J].地质科技情报,2007,26(6):10-16.
- [4] 董月霞,张宁,周海民,等.南堡凹陷油田古近系碎屑重矿物的

- 物源和构造意义[J].地质科技情报,2008,27(5):7-13.
- [5] 宋春晖,孙淑荣,方小敏,等.酒西盆地晚新生代沉积物重矿物分析与高原北部隆升[J].沉积学报,2002,20(4):552-559.
- [6] 操应长,宋玲,王健,等.重矿物资料在沉积物物源分析中的应用:以涪西南凹陷古近系流三段下亚段为例[J].沉积学报,2011,29(5):835-841.
- [7] 白云凤,王振升,韦阿娟,等.黄骅坳陷东营组重矿物时空展布特征及物源体系分析[J].大庆石油地质与开发,2008,27(2):39-42.
- [8] 姜华,王建波,张磊,等.南堡凹陷西南庄断层分段活动性及其对沉积的控制作用[J].沉积学报,2010,28(6):4-10.
- [9] 章惠,孙思敏,季汉成,等.南堡凹陷边界断层分段特征及其对沉积体系的控制作用[J].油气地质与采收率,2016,23(3):20-25.
- [10] 王华,姜华,林正良,等.南堡凹陷东营组同沉积构造活动性与沉积格局的配置关系研究[J].地球科学与环境学报,2011,33(1):70-77.
- [11] 王思琦,鲜本忠,万锦峰,等.南堡凹陷滩海地区东营组和沙河街组一段储层特征及其成因机制[J].东北石油大学学报,2015,39(4):54-62.
- [12] 李晓艳.南堡凹陷古近系中深层碎屑岩优质储层成因机制研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2014.
- [13] 冯艳红,向芳,王元君,等.渤中凹陷石南斜坡区古近系中深层优质储层形成机理[J].断块油气田,2012,19(4):418-422.
- [14] 孟元林,高建军,刘德来,等.渤海湾盆地西部凹陷南段成岩相分析与优质储层预测[J].沉积学报,2006,24(2):185-191.
- [15] 朱敏敏,王英国,钟大康,等.济阳坳陷古近系储层孔隙类型与次生孔隙成因[J].地质学报,2007,7(2):197-204.

Characteristics of Distribution of Provenance System and Formation of the High Quality Reservoir in Nanpu Sag

Zhao Yingdong, Zhang Yongchao, Wang Quanli, Wang Jianwei, Diao Fan, Du Jingxia, Zhou He

(Research Institute of Exploration and Development, Jidong Oilfield Company,
PetroChina, Tangshan Hebei 063004, China)

Abstract: Based on the research of rock composition, mineral components and heavy mineral assemblages, we divide the provenance system into five areas on the plane of Nanpu Sag. The provenance might come from southwest, south, northwest, northeast and east. According to the comparison of the distribution of porosity and permeability, we find that the physical properties of reservoirs in the area of the southwest provenance system are the best, in which the pore structure mainly consists of medium-high porosity, medium-high permeability, with an average porosity of 19.26% and average permeability of $205.75 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. The second area in the physical characteristics is the south provenance system, having medium-low porosity and medium-high permeability, with an average porosity of 13.59% and average permeability of $123.44 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. The evolutionary sequence of diagenesis in the sag is discussed by the homogeneity temperature of fluid inclusion and thin section observation in the reservoir. In addition, the diagenetic system is divided into six categories, with the best property ones being the Es_1 in south provenance system and $\text{Ed}_3 - \text{Es}_3$ in southwest provenance system. These analyses lead to the conclusion that some relation should exist between the formation of diagenetic system and the provenance system. The study suggests that the provenance system with good sorting and few matrix content is difficult to be compacted, and has good conservation of reservoir space and reforming the reservoir physical property. So this is a favorable reservoir area to form high quality reservoirs in the later diagenesis.

Key words: Nanpu Sag; provenance system; detrital mineral; heavy mineral; reservoir physical property; diagenetic system