

川东北五宝场构造沙溪庙组储层特征

毛嘉宾 严维理 费怀义 陈卫东 贾昭清

(四川石油管理局地质勘探开发研究院重庆综合研究室)

毛嘉宾等.川东北五宝场构造沙溪庙组储层特征.天然气工业,2007,27(5):8-10.

摘要 五宝场构造中侏罗统沙溪庙组气藏是目前川东北地区在沙溪庙组地层中首先发现的气藏,也是川渝地区低效油气合作开发的重点目标。为此,通过沉积相、物性、横向分布等多方面分析研究,确定沙溪庙组储层具有以下特征:以中砂质粗粒、粗砂质中粒岩屑长石砂岩为主,岩性质纯、性脆;具有低胶结物含量、低成分成熟度、高结构成熟度岩石学特征;储集空间可分为洞穴、孔隙、裂缝和喉道3大类12个亚类,以次生溶孔为主要储集空间;裂缝是油气渗滤的主要通道,储集类型以裂缝—孔隙型为主;孔隙结构特征表现为:分选中等偏低、中低孔隙度中小喉型;加砂压裂对沟通储层、改造储层效果较好;沙二段底部嘉祥寨砂岩储层物性好、横向可追踪,是勘探首选产气层。

关键词 四川盆地 东北 五宝场构造 中侏罗世 储集层 特征 发育 控制

五宝场构造位于四川东北部大巴山构造带西南前缘“五宝场盆地”中央地带(图1)。1999年在渡5井钻至沙溪庙组砂岩见良好气显示,完井获天然气无阻流量 $10.53 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,从而发现五宝场沙溪庙组气藏。2001~2002年间钻探了3口评价井,获气井1口,勘探成功率低^[1]。2005年该区块划为低效油气开发合作区块后,部署了11口开发评价井,已完成测试5口井均获工业气流,天然气单井无阻流量为 $(8.97 \sim 64.90) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,勘探成功率与单井无阻流量都有显著提高,展示了五宝场地区浅层沙溪庙组广阔的勘探前景。

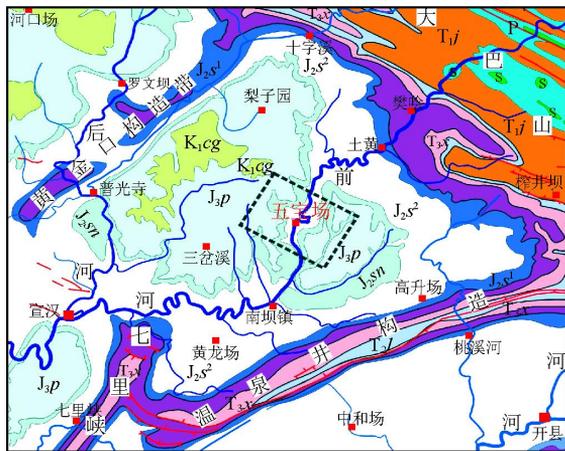


图1 五宝场构造区域地质图

作者简介:毛嘉宾,1964年生,工程师,学士学位;1987年毕业于原西南石油学院石油地质勘查专业,主要从事钻井地质与综合地质研究工作。地址:(400021)重庆市江北区地质勘探开发研究院重庆综合研究室。电话:(023)67321439。E-mail:mjbcq01@163.com

一、储层岩石学特征

五宝场地区地表地层主要是侏罗系沙溪庙组,部分向斜区保存有蓬莱镇组与遂宁组。沙溪庙组岩性主要为紫红、暗紫色泥岩,砂质泥岩夹灰绿色及灰白色砂岩、粉砂岩,厚度1800~2000 m。五宝场地区沙溪庙组主要为泛滥平原—河流相沉积^[1]。以河道心滩与边滩砂体储层物性为最好^[1]。

1. 储层岩石类型

储集岩主要为中砂质粗粒、粗砂质中粒岩屑长石砂岩。化学分析方解石含量为0.01%~20.98%,平均为1.75%;白云石含量为0.92%~6.97%,平均为2.99%;菱美矿含量为0.01%~3.28%,平均为1.10%。黏土、黄铁矿、石英等酸不溶物含量为68.30%~92.04%,平均为86.64%。储层为质纯、性脆、泥质含量低、不含硫酸盐的砂岩。

2. 储层岩石学特征

砂岩陆源碎屑石英含量较高,一般在55.0%~65.0%之间,平均含量大于60%;次为钾长石,一般含量为20%左右,风化程度较深;陆源岩屑以粉砂岩和黏土岩为主,次为喷出岩、千枚岩、石英岩,含量在10%~25%之间。矿物成分成熟度指数为1.77~6.43,平均3.26,反映成分成熟度较低^[3]。

填隙物杂基以黏土为主,少见绿泥石,含量在0.2%~7.0%之间,平均为3.1%。胶结物以方解石和硅质为主,偶见白云石,含量在0.2%~6.0%之间,平均为1.8%。除杂基外,方解石和硅质为最普遍的自生胶结物。

砂岩颗粒形态以次棱—圆状结构为主,分选中等,反映出结构成熟度中等偏高,距物源有一定距离,水动力较强。胶结类型以孔隙接触为主。成岩次生变化明显。

总体上,储层砂岩表现为“低胶结物含量、低成分成熟度、高结构成熟度”的岩石学特征。该类砂岩有利于孔洞和裂缝系统的形成,对储层压裂改造有利^[4]。

二、储集层特征

1. 储集空间特征

根据钻井岩心、薄片、扫描电镜观察,将五宝场沙溪庙组砂岩储层储集空间分为洞穴、孔隙、裂缝3大类12个亚类(表1)。孔隙以次生孔隙为主,由胶结物(或填隙物)及碎屑颗粒溶蚀形成;五宝浅1井、五宝浅2井镜下薄片统计结果表明,粒间溶孔占70.2%,粒径介于0.02~0.75mm不等,主要发育

表1 五宝场沙溪庙组储层储集空间统计表

孔隙类型		主要特征	
洞穴	孔隙性溶洞	沿孔隙溶蚀扩大,多呈条带状分布,洞间连通差	
	裂缝性溶洞	沿裂缝局总溶蚀扩大以及充填物(方解石等)被溶蚀扩大形成	
	砾间溶洞	角砾间被溶蚀扩大的角状洞穴	
孔隙	原生孔隙	粒间孔隙	由岩屑、石英、长石等颗粒支撑形成
		粒内孔隙	岩屑等颗粒内的早期溶孔
		微孔隙	早期粒间孔隙因颗粒次生加大或被胶结与杂基填隙
	次生孔隙	粒内溶孔	岩屑等颗粒内部局部被溶液蚀形成,细小、连通差
		粒间溶孔	石英、长石等颗粒以及石膏、硅质等胶结物与黏土杂基局部被溶解形成,多为不规则港湾状
		超粒大溶孔	由石膏胶结物及碎屑颗粒被溶蚀形成的孔径大于0.5mm的溶蚀孔隙
裂缝	微裂缝	常见于石英等矿物颗粒表面,仅破坏单个颗粒,一般呈细、短状	
	构造张开缝	主要为燕山运动及喜山运动使岩石破坏形成的张开缝,一般呈平整延伸	
	溶蚀缝	原有裂缝被溶蚀扩大形成的张开缝,缝壁不规则	

注:喉道作为连通孔隙或洞穴的狭窄通道,受颗粒组构的控制。

在中砂质粗粒、粗砂质中粒岩屑长石砂岩中,构成该区域的主要储集空间。溶洞发育岩性多为中砂岩及中粗砂岩,细砂岩相对较少;洞径2~8mm;有时洞与缝相穿,形成“串珠”状。

岩心观察裂缝以构造裂缝、溶蚀缝为主,高角度立、斜缝居多,平缝相对较少,充填物多为方解石;薄片观察粒间缝十分发育,并普遍有溶蚀现象,充填物主要见绿泥石环边。裂缝主要发育于粗结构的岩石中,常见有效缝与充填缝并存,储层相对发育处以有效缝为主,反之则以充填缝居多。

储层砂体的洞、缝分布极不均匀。同一砂体纵向上裂缝分布密度差异可达0.86条/m~6.45条/m,溶洞分布密度差异可达1.65个/m~10.32个/m。不同构造部位裂缝发育程度差异较大。如位于构造有利部位五宝浅2-1井测井响应裂缝系统多达5套,该井成为了目前为止测试产能最高的井。而位于构造鞍部偏低部位的五宝浅6井则无裂缝响应特征,产气能力明显变差。

溶洞与裂缝相伴生是五宝场沙溪庙组产气砂体最明显的特征。砂体呈透镜状分布,以沙二段底部嘉祥寨砂岩(储层)横向连续性为最好。

总体上,五宝场沙溪庙组储层以次生孔隙为主要储集空间。裂缝是油气渗滤的主要通道,是高产井的主要控制因素。储集类型以裂缝—孔隙型为主。构造高点、鼻突、断层末端及构造变形部位裂缝较发育^[1],处在这些构造部位的井目前均获较高天然气产能。

2. 储层孔隙结构特征

根据岩心压汞资料,五宝场地区沙溪庙组砂岩储层孔隙结构具有以下特征。

(1)具中、高突破半径和中值孔喉半径。孔隙直径均值在0.576~6.176 μm 之间,平均2.836 μm ,大于3 μm 的样品占33.34%;最大连通孔隙喉道半径在0.077~5.748 μm 之间,平均1.687 μm ,大于1 μm 的样品占38.89%;饱和中值半径在0.01~1.429 μm 之间,平均为0.34 μm ,大于1 μm 的样品占16.67%。

(2)具中低突破压力和中值压力特征。排驱压力在0.131~9.709MPa之间,一般在2MPa以下,大于2MPa的样品仅占5.56%;中值压力变化在0.525~76.34MPa之间,平均11.41MPa,小于10MPa的样品占66.67%。

(3)分选中等偏低,孔隙喉道歪度表现为细偏,孔隙峰度总体表现为尖锐。分选系数在2.031~

3.93之间,平均为3.149;孔隙喉道歪度在-0.17~0.617之间,平均为0.234;孔隙峰度在0.572~7.488之间,平均为1.153,小于0.6的样品仅占11.11%。

综上所述,五宝场地区沙溪庙组储层孔隙结构特征为分选中等—偏低、中低孔隙度的中小喉型。

3. 储层物性特征

储层岩心小岩样分析的孔隙度主要代表基质孔隙度。小岩样岩心孔隙度为1.32%~7.58%,平均为3.44%。总体看,砂岩基质岩块孔隙度为特低孔隙。

柱塞岩样的基质渗透率在 $1.00 \times 10^{-7} \sim 1.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,平均为 $4.07 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$ 。渗透率小于等于 $1 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$ 的样品占63.0%,小于等于 $1 \times 10^{-4} \mu\text{m}^2$ 的样品占25.4%,小于等于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品占10.8%,小于等于 $1 \times 10^{-2} \mu\text{m}^2$ 的样品占0.8%,储层基质渗透性总体较差。

岩心含水饱和度在18.32%~70.09%之间,平均为39.83%。其中含水饱和度小于等于50%的样品占89.8%。

储层基质孔、渗关系一般,但线性关系明显,相关系数 $R=0.6764$ (图2)。

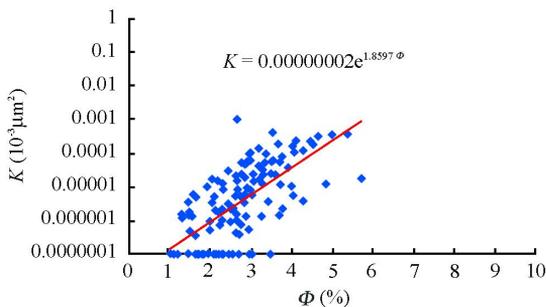


图2 基质孔隙度与渗透率关系

储层基质孔隙度与含水饱和度同样存在较好的相关关系,相关系数 $R=0.7295$ (图3)。

储层基质主要为低孔、低渗型。

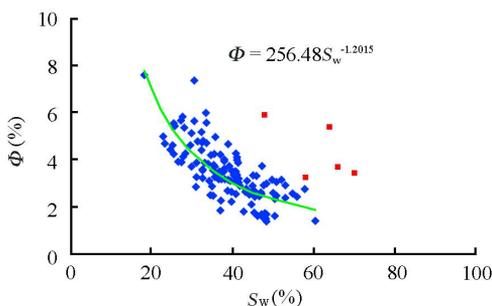


图3 基质孔隙度与含水饱和度关系图

4. 储层分布

现有钻井证实,五宝场沙溪庙组储层纵向上主要分布在沙溪庙组上部(沙二段)。具多产层特征,但分布极不均匀,测井解释单井含气砂体2~12层,钻厚在34~212 m间。横向上以五宝浅4井→五宝浅1-1井→五宝浅5井→五宝浅2-1井一带储层砂体最发育,含气砂体都在11层以上,累计钻厚141~212 m,平均钻厚达180 m,是多期河道砂体叠置的有利含气区带。

三、结束语

(1)五宝场沙溪庙组储集岩主要为中砂质粗粒与粗砂质中粒岩屑长石砂岩,砂体呈透镜状分布。岩化、薄片、扫描电镜、压汞资料表明,砂岩质纯、性脆、泥质含量低、不含硫酸盐;胶结物含量低、成分成熟度低、结构成熟度高;分选中等偏低、中低孔隙度的中小喉型;储层基质为低孔低渗型。

(2)五宝场沙溪庙组砂岩储层储集空间分为洞穴、孔隙、裂缝3大类12个亚类。次生孔隙是主要的储集空间,裂缝是油气渗滤的主要通道,是高产井的主要控制因素,储集类型以裂缝—孔隙型为主。

(3)储层主要分布在沙二段。分布极不均匀,现有井钻遇含气砂岩2~12层不等,钻厚34~212 m。其中沙二段底部嘉祥寨砂岩物性最好,横向分布最稳定,是勘探的首选砂体^[1]。

(4)裂缝发育程度是油气富集与高产的决定性因素。只有裂缝较发育的构造部位与高能边滩、心滩砂体相叠置区,才是高产井位目标。因此,开展沉积微相与裂缝预测研究,弄清各含气砂体横向分布规律与裂缝发育有利区,是提高勘探成功率和单井产能,降低投资风险的重要技术措施。

参 考 文 献

- [1] 严维理,费怀义,等.四川盆地五宝场区块沙溪庙组气藏开发前期评价方案[R].2006.
- [2] 司马立强,等.渡口河地区沙溪庙组储层预测地震资料处理[R].2002.
- [3] 赵澄林,等.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [4] 胡文瑞,赵政璋,吴国干,等.岩性地层油气藏勘探理论与实践培训教材[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [5] 成都地质学院岩石教研室.岩石学简明教程[M].北京:地质出版社,1981.
- [6] 王允诚,孔金祥,等.气藏地质[M].北京:石油工业出版社,2004.

(修改回稿日期 2007-03-21 编辑 居维清)