

川东北元坝地区隐蔽气藏的勘探突破及其意义

胡东风

中国石化勘探南方分公司

胡东风.川东北元坝地区隐蔽气藏的勘探突破及其意义.天然气工业,2010,30(8):9-12.

摘要 隐蔽油气藏识别难度大,其勘探面临很大的挑战,但通过转变油气勘探思路,中国石化勘探南方分公司在四川盆地东北部元坝地区深层二叠系、三叠系礁滩相隐蔽油气藏勘探中获得了突破,分析其成功经验对于四川盆地隐蔽性油气藏的勘探工作具有指导意义。为此,归纳总结了发现元坝隐蔽圈闭采用的技术手段:①应用层序地层学理论指导沉积相研究;②应用地震沉积学原理指导沉积微相解释;③通过地震相转换为沉积相的地震沉积学解释,为储层预测奠定基础等。同时,分析了该区深层碳酸盐岩礁滩相岩性圈闭具备的成藏有利条件:烃源条件好,具有良好的侧向遮挡条件,油气配置关系良好,油气运聚保存条件好。最后,阐述了该区隐蔽气藏取得勘探突破的重要意义。

关键词 川东北 元坝地区 二叠纪—三叠纪 碳酸盐岩 台缘礁滩相带 隐蔽性油气藏 层序地层学 地震沉积学

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.08.003

中国石化勘探南方分公司川东北元坝勘探区块位于四川苍溪、阆中、巴中和旺苍等县市,油气勘查面积为3 251 km²。该区块早期勘探进展不大,自2002年以来,在普光气田勘探成功的启示下,转变油气勘探思路,在隐蔽油气藏的勘探理论指导下,应用层序地层学和地震沉积学原理,通过加强区域基础地质研究,应用二维、三维高精度地震勘探技术,加强隐蔽性圈闭油气评价,发现了深层二叠、三叠系台缘礁滩相带岩性圈闭目标。2006年部署在元坝地区构造低部位的岩性圈闭的第一口预探井——元坝X井在长兴组顶部钻获一套溶孔白云岩储层,长兴组中上部发育礁灰岩;储层主要发育晶间孔和晶间溶孔,发育裂缝;在长兴组(斜深7 330.7~7 367.6 m段)酸压测试获日产50.3×10⁴ m³的天然气流,天然气中甲烷含量为86.23%,硫化氢含量为7.18%,地层压力为常压。元坝X井首钻取得突破后,甩开部署的一批井均获成功,大型气藏特征已基本落实。勘探成果进一步证实了元坝地区隐蔽性油气成藏特征。川东北元坝地区油气勘探的突破,对进一步认识四川盆地油气成藏富集规律,应用隐蔽性油气藏勘探的技术方法,加强四川盆地油气勘探工作具有指导意义。

1 区域概况

1.1 地质特征

元坝地区位于四川盆地川中构造北斜坡与九龙山和通南巴构造带向南倾末端的过渡带,主体处于区域构造的较低部位;北西发现了九龙山典型构造圈闭,北东及南面分别发育通南巴高构造带和川中高陡构造带;区内纵向以三叠系嘉陵江组厚层膏盐岩滑脱层为界,发育上、下2套构造层。上构造层断层较发育,局部构造成排成带展布,下构造层为海相地层,构造平缓,向南、向西北和东北方向逐步抬高;地层埋藏深,二叠系埋深介于6 500~7 800 m,断层不发育。

1.2 勘探概况

对于四川盆地二叠、三叠系长兴组—飞仙关组礁滩的勘探可谓历经坎坷^[1]。20世纪70年代原四川石油管理局在建南地区发现了第一个长兴组的生物礁气藏以后,由于对鲕粒滩、生物礁的地质分布规律和气藏成藏规律认识不清楚,一直以来未有新的发现和突破。传言称“专层布井打不到,不打又碰到”^[1]。但是长兴组—飞仙关组一直无法作为四川盆地油气接替生产层系。2002年以后,通过创新勘探思路,预测了环开

作者简介:胡东风,1964年生,高级工程师;1985年毕业于原西南石油学院,获学士学位;现任中国石化勘探南方分公司副总地质师兼勘探处处长;主要从事油气勘探综合研究及主持勘探部署工作。地址:(610041)四川省成都市二环路南四段9号。电话:(028)85164620,13981957658。E-mail:kmhdf@sina.com.cn

江—梁平陆棚周缘发育台缘生物礁和鲕滩有利相带,确定了一批边缘相带大中型气藏勘探的礁、滩目标,有效地指导了川东北地区礁、滩气藏的勘探工作^[1],发现了普光大气田。研究表明,普光气田具有构造—岩性复合圈闭成藏特征,而元坝地区则是完全没有构造圈闭背景的勘探区块,是否值得冒险勘探呢?

2 元坝地区隐蔽圈闭的发现及成藏分析

元坝地区深层海相由于构造平缓,背斜及断层均不发育,与普光、罗家寨等气田的构造演化具有明显的差异^[2],对寻找构造圈闭不利。元坝地区是否发育有利的岩性圈闭目标,能否形成油气的运聚成藏,这是能否在该区找到大型油气田的关键因素。

2.1 应用层序地层学理论指导沉积相研究

层序地层学的作用就是在层序格架中寻找最有利于储层发育的体系域及沉积微相^[3]。元坝地区东侧普光气田的发现揭示川东北地区海相烃源条件好,发育二叠系、志留系多套烃源岩,油气保存条件好,控制圈闭成藏的主要因素是储层的发育及侧向遮挡条件。开江—梁平陆棚至台地方向的台缘是优质碳酸盐岩储层发育的有利地区,受普光气田勘探成功的启示,应加强陆棚西侧露头区地质调查和覆盖区沉积相带预测研究。

2.1.1 区域沉积微相研究确定有利储层发育区带

2006 年通过露头区地质调查在开江—梁平陆棚西侧沿江油—广元发现二叠、三叠系台缘沉积相典型沉积特征和鲕滩白云岩储层。

江油二郎庙剖面飞仙关组厚 258.4 m,飞二段下亚段(厚 33.59 m)发育浅灰—灰白色厚层块状溶孔亮晶鲕粒灰岩夹同色厚层块状溶孔亮晶豆粒鲕粒灰岩,岩石中溶孔发育,部分被沥青及稠油充填,大部分未被充填;飞二段上亚段(厚 14.48 m)发育浅灰—灰白色厚层块状溶孔残余鲕粒细—中晶白云岩,白云岩呈炉渣状或蜂窝状,含沥青及稠油,对比分析认为台缘浅滩相沉积。往东北至广元地区二叠、三叠系相变为典型陆棚深水区沉积。露头区研究揭示陆棚西侧具有台缘沉积背景并发育鲕粒白云岩储层。

2.1.2 通过区域地震大剖面解释建立沉积演化格局

晚二叠世吴家坪组沉积时期,在川东北地区整体下沉的背景下,古地理面貌出现分化,元坝地区吴家坪早期为碳酸盐岩缓坡沉积,吴家坪晚期初步具有台地、斜坡、陆棚的沉积格局,在长兴期元坝地区东部下沉速度快,沉降幅度大,成为深水区,沉积大隆组硅质岩^[4];西部地区沉降幅度小,为碳酸盐岩开阔台地相沉积,在

台地与陆棚间发育台地边缘及斜坡沉积。通过对地震老资料的复查解释,在元坝地区发现了与普光气田类似的二叠系地震异常现象,分析认为可能属台缘礁滩相^[5]。

2.2 应用地震沉积学原理指导沉积微相解释

2.2.1 实施高精度二、三维地震,提高储层预测精度

在区域地质研究的基础上,为了提高相带落实和储层预测精度,元坝地区迅速实施了高精度二、三维地震,深层资料品质明显提高,为元坝深层碳酸盐岩相带的落实和储层的描述提供了重要的资料支撑。通过钻井、测井、区域地质和地震资料相结合,采用地震相描述技术、属性分析技术、古地貌恢复技术、精细切片技术等综合方法,落实了元坝地区二叠、三叠系沉积微相展布及沉积演化规律。表明礁滩沉积相带的地震特征十分典型,由西南向东北由台地相—台缘相—斜坡陆棚相展布,总体呈北西—南东向展布(图 1)。预测台地与斜坡之间的台缘相带是储层发育的有利地区。

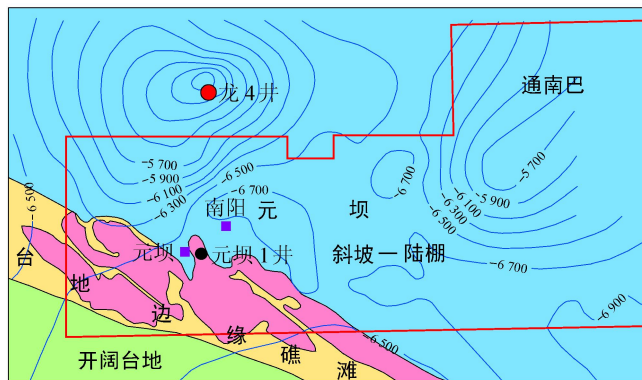


图 1 元坝地区长兴组礁滩储层预测图

2.2.2 元坝典型地震相特征

通过精细解释,应用地震沉积学(实际上就是地震地层学中的地震相转换为沉积相的原理^[6-7])解释出了元坝长兴组发育 7 类典型地震相。①生物礁地震相:具有明显的“底平顶凸”丘状外形、内部空白或杂乱反射结构、两翼同相轴中断、上超特征;②礁后浅滩地震相:具有低频、中强变振幅、微幅蚯蚓状复波、亚平行反射结构特征;③礁间浅滩地震相:具有低幅度丘状外形、中强振幅、低频、复波特征;④礁间水道:具有低频、单轴强振幅、连续性好特征;⑤礁后潟湖:具有底部短轴强振幅、上部空白弱反射特征;⑥礁间潮道:具有中弱振幅、杂乱复波特征;⑦礁前斜坡;⑧陆棚深水(图 2)。张延充等也总结了泛梁平—开江古海槽的地震相预测方法^[8]。

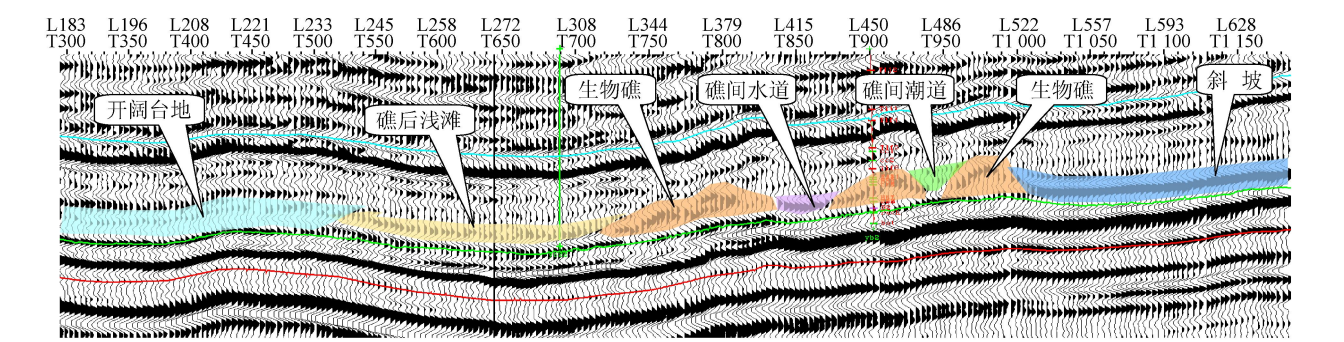


图 2 地震沉积微相解释剖面图

2.3 储层预测

通过地震相转换为沉积相的地震沉积学的解释,为储层预测奠定了基础。

研究表明川东北二叠、三叠系台缘相带是礁滩储层发育的有利地区,对比分析元坝地区与普光气田具有相似的储层响应特征,针对该区相带控制储层发育、相变快及层间低速泥灰岩可能的影响,勘探南方分公司发展形成一套“相控三步法”储层预测技术,较好地解决了储层预测的关键问题,完成了该区深层碳酸盐岩储层预测。预测沿台缘相带储层叠合连片发育,储层展布规律性强,往台地和斜坡方向储层逐渐变薄至尖灭,台地区和斜坡区储层不发育,台缘相带内储层具有非均质性,主要受沉积微相的控制。后期钻探证实了地震沉积学的解释、预测成果,表明该区长兴组储层主要发育礁滩复合体、礁后浅滩和礁滩过渡带 3 种类型,优质储层主要发育在礁和礁后浅滩地区,实钻厚度为 50~120 m,物性较好(以Ⅱ、Ⅲ类储层为主),通过流体预测和实钻揭示,具有整体含气、局部富集高产的特征。

2.4 圈闭成藏分析

除上述通过层序地层学、地震地层学理论解释并预测了储层发育的地区(图 1),元坝地区深层碳酸盐岩礁滩岩性圈闭的隐蔽性气藏在成藏方面还具备以下有利条件。

2.4.1 烃源条件好

根据研究元坝地区天然气气源主要来自二叠系龙潭组(吴家坪组)烃源岩,该套烃源岩主要发育于开江—梁平—陆棚区,厚度介于 20~140 m,有机碳含量超过 3%,部分达 8%,类型为偏腐泥混合型,生烃强度变化在 $(100\sim1\,000)\times 10^4\text{ t/km}^2$,具有丰度高、类型好、厚度大的特点,而且二叠系台缘相带储层紧邻生烃灶,有利于烃源岩初次排出的烃类进入储层。

2.4.2 具有良好的侧向遮挡条件

岩性变化是元坝圈闭油气侧向遮挡的关键因素,研究表明,元坝圈闭向西南上倾方向发育一种侧向接

触关系:①台缘储渗体与台地致密岩性体形成接触;②礁滩相带向上倾方向发育礁间低能相致密岩性体形成遮挡。通过三维地震精细解释,相变线展布清楚,纵向上区域飞一段泥灰岩构成了气藏的直接盖层,从而使该区台缘储渗体具备了良好的油气运聚成藏条件。

2.4.3 油气配置关系良好

元坝地区岩性圈闭形成早,油气配置关系良好。研究表明圈闭的成藏演化主要经历古油藏形成、原油裂解成气藏及后期构造抬升 3 个阶段(图 3)。

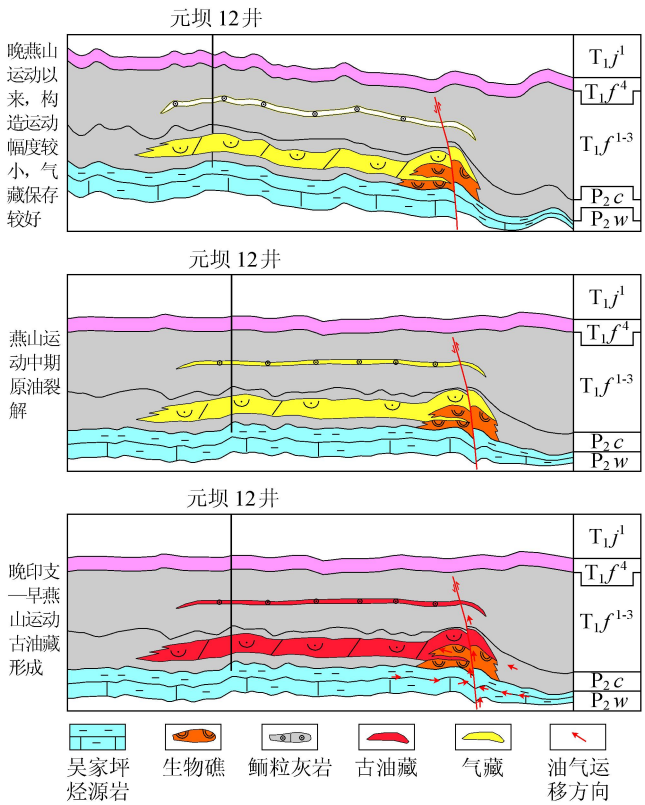


图 3 元坝地区岩性圈闭成藏演化示意图

2.4.4 油气运聚保存条件好

构造研究表明,元坝西南台缘礁滩储渗体长期处于构造斜坡带上,后期构造以升降运动为主,利于油气

的多期大面积运聚,且后期构造变形弱,油气保存条件好。

3 对勘探实践的意义

元坝地区二叠、三叠系礁滩相隐蔽油气藏勘探的突破不仅仅是该区块获得油气勘探效益的成功,而且是一次根据现代先进的石油地质理论指导,勇于创新、善于探索的成功实践活动,是勘探主动从构造圈闭气藏走向低部位的非构造圈闭寻找隐蔽性油气藏的尝试,总结其理论对勘探实践的意义如下。

3.1 勘探工作需要不断解放思想,坚持探索

解放思想,开拓创新是油气勘探永恒的主旋律,四川盆地几十年的勘探史充分说明了创新的重要性。早期川东高陡构造的突破,川西致密砂岩气藏的突破,普光气田和元坝气田的相继突破等,都是解放思想、坚持创新和勇于探索的成果。四川盆地由于经历了多期构造运动,油气运聚成藏模式和油气富集规律具有复杂性,油气勘探具有极大的挑战性,如果不解放思想,因循守旧,依靠已有的经验,解决不了复杂油气的勘探问题,也发现不了新的、难以发现的隐蔽性油气资源。元坝地区深层隐蔽性油气勘探在早期勘探前景评价不明朗的情况下,没有因循守旧、没有放弃,而是积极应用先进的寻找隐蔽性油气藏的理论——层序地层学、地震沉积学等指导,加强基础油气地质研究,创新油气认识,评价提出岩性圈闭有利成藏目标,发现了元坝地区深层隐蔽性油气资源。

3.2 技术创新和有效集成是隐蔽性油气勘探的助推器

元坝地区深层隐蔽性油气勘探是新技术、新方法创新与集成有效运用的成功实践。该区目标埋藏深介于6 500~7 800 m,高分辨地震采集处理解释一体化攻关技术提高了深层地质目标的成像精度;层序地层理论、地震沉积相精细解释技术、相控储层预测技术等应用提高了隐蔽圈闭描述精度,为勘探部署提供了科学依据;超深井钻井工艺技术、空气钻井技术、深层酸压改造技术等的应用,实现安全有效钻井获得天然气流,保障了油气的发现。目前方兴未艾的页岩气的勘探开发热潮也是基于水平井、丛式井、大型水力压裂和提高采收率等各种新技术、新方法来以经济获益的成本开采天然气,同样证明了新技术和新方法应用的重要性。

3.3 加强油气资源评价,拓宽勘探领域

多年的油气资源评价研究和勘探实践表明,四川盆地油气资源丰富,进一步勘探潜力大。盆地具有多

套良好的烃源岩,保存条件十分优越,从下至上、从老到新广泛发育多样性储层,发育多样性油气成藏富集模式,形成了广泛的勘探领域。四川盆地前期勘探总体是以构造圈闭目标为主,取得了一批重要发现,但此类勘探目标的勘探程度较高。四川盆地经历了多期构造运动,不同时期大型隆起的斜坡带、坳陷上倾方向和有利沉积相带是寻找隐蔽性油气藏(包括岩性圈闭、地层圈闭等)的有利地区。重视隐蔽性油气资源是形势发展的需要。

3.4 加强隐蔽性圈闭目标识别技术研究

隐蔽性圈闭识别难度大,需要加强以沉积为重点的基础地质研究工作,开展针对性的编图工作,指导勘探选区选带;需要加强以储层评价为核心的高精度二、三维地震采集处理解释,建立适用的解释技术方法,落实有利相带的储层和圈闭要素。要结合地质特点发展针对性的评价技术方法。提高圈闭识别能力,提高油气勘探效益。

致谢:文中的许多认识都是与中国石化勘探南方分公司研究院多位科研人员一起研究、讨论形成的,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 王一刚,洪海涛,夏茂龙,等.四川盆地二叠、三叠系环海槽礁、滩富气带勘探[J].天然气工业,2008,28(1):22-27.
- [2] 马永生,傅强,郭彤楼,等.川东北地区普光气田长兴—飞仙关气藏成藏模式与成藏过程[J].石油实验地质,2005,27(5):455-460.
- [3] SANGREE J B, VAIL P R, MITCHUM R M. A summary of exploration applications of sequence stratigraphy [C]// Eleventh Annual Research Conference Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Houston, Texas, GCSSEPM, 1990.
- [4] 陈宗清.四川盆地长兴组生物礁气藏及天然气勘探[J].石油勘探与开发,2008,35(2):148-156,163.
- [5] 刘划一,张静.四川盆地东北部长兴组—飞仙关组气藏形成条件研究[J].天然气勘探与开发,2001,24(2):30-38.
- [6] PAYTON C E.地震地层学[M].牛毓荃,徐怀大,译.北京:石油工业出版社,1980.
- [7] ZENG Hongliu, TUCKER F HENTZ. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, offshore Louisiana[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(2): 153-174.
- [8] 张延充,杨爱国,梅燕,等.泛开江—梁平海槽及勘探有利相带地震预测[J].天然气工业,2009,29(10):28-30.