

岩性地层油气藏勘探理论与技术研究

潘 焱¹, 韦龙明¹, 谭思哲²

(1 桂林理工大学地球科学学院; 2 中海石油有限公司上海分公司)

1 岩性油气藏勘探现状

随着中国陆上主要含油气盆地逐渐进入高成熟气勘探阶段, 今后发现大中型构造圈闭的可能性越来越小, 岩性地层油气藏逐步成为增储上产和寻找油气勘探接替领域的重要目标。近年来中国陆上含油气盆地的勘探实践在很大程度上也证明了这一点, 在今后相当长一个时期内, 岩性地层油气藏将是我国陆上最现实、最有潜力的油气勘探领域。

近 10 来, 国内在鄂尔多斯、松辽、渤海湾、二连、塔里木、准葛尔等盆地, 陆续发现了一批亿吨级规模的岩性地层油气藏, 成为近几年增储上产的主要领域, 成功的实现了油气勘探从以构造勘探为主的阶段到岩性地层油气藏与构造油气藏勘探并重的历史转变, 部分含油气盆地岩性地层油气藏已成为近年储量增长的主体。截至目前, 国内不少盆地陆续发现了一定规模的岩性地层油气藏, 显示了岩性地层油气藏良好的勘探苗头。中国石油第三次资源评价表明, 中油七大盆地剩余石油地质资源总量 179.2×10^8 吨, 其中岩性地层油气藏 91.3×10^8 吨, 占剩余石油地质资源总量 51%, 因此, 岩性地层油气藏有着广阔的油气勘探前景。

2 岩性地层圈闭的形成条件

2.1 岩性地层油气藏的分类

油气藏的分类方案很多。一般认为, 油气藏的主要分类依据应该是圈闭的成因。圈闭成因不同, 油气藏的类型和特点当然也不同, 其分布规律也不同。因此, 用圈闭成因进行油气藏分类, 能充分反映各种油气藏的形成条件, 充分反映各种油气藏之间的区别和联系, 科学地预测一个新地区可能出现的油气藏类型, 对不同类型的油气藏采取不同的勘探方法及不同的勘探开发部署方案。

岩性地层圈闭油气藏是非构造圈闭油气藏的主要类型, 它是由于岩石的岩性或物性发生变化而形成的油气藏。长期以来, 人们对其分类各有见解, 胡见义等人(1986)将岩性圈闭形成的基本要素高度概括为三条线(岩性尖灭线、地层超覆线和构造等高线)和三个面(地层不整合面、顶底板面和断层面)的有机配置, 并对非构造油气藏圈闭进行了详细的分类(表略)。笔者认为, 根据圈闭的定义, 主要应强调储层的成因类型、油气的遮挡条件两个因素, 同时分类应有利于成藏模式的总结, 便于形成有效的勘探思路并用于指导勘探。胡见义的分类在实际工作中具有很强的可操作性, 本文主要采用胡见义的分类方案。

2.2 不同类型岩性地层圈闭形成条件

2.2.1 岩性圈闭形成的条件

岩性圈闭是在沉积和成岩作用下, 因相带变化使储集岩体的岩性或物性发生变化, 被非渗透性所围限或侧向遮挡而形成的圈闭。岩性圈闭主要包括岩性上倾尖灭圈闭、岩性透镜体圈闭、古河道砂岩充填圈闭、裂缝、层间缝圈闭、生物礁圈闭、储层物性封闭圈闭(图略)。

(1) 岩性上倾尖灭圈闭 储集层沿上倾方向发生尖灭或岩性侧变, 并被非渗透层所围限而形成可遮挡油气运移的圈闭。这类圈闭的储层往往穿插、尖灭在生油层或致密岩性体中。具有充足的油源和良好的储盖组合条件, 其上倾方向最易形成岩性油气藏。

(2) 岩性透镜体圈闭 岩性透镜体圈闭系指各种透镜状、条带状或不规则状渗透性储层被非渗透性岩层包围。储集体以不同成因的砂体透镜体为主, 最有利的是三角洲远端砂、滨岸坝砂、滩砂和水下浊积砂体。

(3) 古河道砂岩充填圈闭 河谷、下切谷、各类水道内充填砂体被沟道间非渗透岩性封堵而形成的圈闭。在沉积过程中, 河流水系切割下伏地层而形成河道和峡谷, 同时堆积砾岩、砂砾岩、砂岩等碎屑物质形成良好储集层, 其上一一般为泛滥平原粉砂岩或泥岩沉积, 构成良好的储盖组合和侧向遮挡条件。

(4) 裂缝、层间缝圈闭 裂缝、层间缝圈闭系指在成岩作用、成岩后生作用和构造力作用下, 各种致密和性脆的岩层形成曾间裂隙或局部裂缝, 成为油气的储集空间和渗滤通道, 形成裂隙、曾间缝型岩性圈闭。

(5) 生物礁圈闭 生物礁圈闭系指被非渗透性层包围或侧向遮挡的生物礁储集岩体所形成的圈闭。

(6) 储层物性封闭圈闭 储层物性封闭圈闭系指在成岩作用如压实、胶结、硅化、白云岩化、沉淀、结晶、交代等作用下, 是岩石物性发生变化, 而形成的物性封闭圈闭。

2.2.2 地层圈闭形成的条件

地层圈闭系指在构造运动引起的沉积间断、剥蚀或超覆沉积等作用下, 储集体沿地层不整合面或侵蚀面被非渗透性岩层围限或遮挡而形成的圈闭类型。地层圈闭主要包括地层超覆圈闭、地层不整合圈闭和古潜山圈闭(图略)。

(1) 地层超覆圈闭

水体渐进时, 水盆逐渐扩大, 沿着沉积拗陷边缘部分的侵蚀面沉积了孔隙性砂岩, 分选较好, 储集性质也好; 随着水盆继续扩大, 水体加深, 在砂岩之上超覆沉积了非渗透泥岩, 其结果形成地层超覆圈闭。

(2) 地层不整合圈闭

由于构造运动使古隆起带储层遭受不同程度剥蚀, 后期被非渗透岩层覆盖, 当不整合线与储层顶部构造等深线相交时, 形成不整合遮挡圈闭。

(3) 古潜山圈闭

是指与不整合面起伏有关而形成的古地貌圈闭。圈闭受不整合、断层和非渗透层等因素的控制。不整合面是形成圈闭的基础, 其次为断层和非渗透性隔层。

3 岩性地层油气藏的勘探技术

3.1 勘探面临的难题

岩性地层油气藏最大的特点是目标具有隐蔽性、识别难度大, 需要行之有效的技术保证被发现。对国外 166 个岩性地层圈闭的统计发现, 由于偶然因素 (包括针对深部目标或基于不正确的地质模型) 而发现的占 21%; 非常规方法为 12%; 基于岩性地层圈闭模型的占 14%; 地震异常为 33%, 其它地质分析和测井占 20%, 由此可见, 基于岩性地层圈闭理论和技术发现的岩性地层圈闭所占比例还不是很低, 岩性地层油藏的勘探成功率更是很低。岩性地层油气藏勘探面临两大瓶颈难题:

- (1) 岩性地层油气藏的分布和成藏规律认识不深, 缺乏理论指导。
- (2) 缺乏系统化的方法来识别岩性地层圈闭并判断其有效性。
- (3) 不同类型盆地岩性地层核心勘探理论尚未形成, 核心勘探技术尚待完善

3.1 勘探思路

随着油气藏勘探逐步开展, 含油气盆地各个勘探阶段所面临勘探对象的转变, 即通过油气藏勘探所采用的勘探思路和技术方法也逐步发生变化。岩性地层油气藏勘探的核心工作是进行精细沉积储层解释, 加强沉积微相研究、落实砂体空间展布形态。构造研究找背景, 沉积研究找砂体, 构造背景与沉积砂体综合研究预测隐蔽油气藏有利成藏区。勘探思路为:

- (1) 开展区域层序地层学和沉积体系研究, 奠定坚实的地质背景基础。
- (2) 开展岩性地层圈闭主控因素与形成条件研究, 确定有利层位和地区。
- (3) 开展重点地区重点层系的高精度层序地层和砂体预测研究, 预测有利圈闭。
- (4) 开展油气成藏规律和成藏条件研究, 预测有利油气藏。

3.3 勘探技术

陆相盆地岩性圈闭本身的特点决定了岩性地层油气藏勘探需要配套一系列具有针对性的实用技术做支撑, 使岩性油气藏的勘探活动从以往盲目的偶尔发现转向有意识、有思路、有方法、有成效的系统勘探活动。近年来在中国陆上进行的油气勘探实践在这一方面已经取得了良好的成效。而岩性地层圈闭形成的地质背景、圈闭成藏机制和岩性圈闭本身的赋存特点, 决定了从地质角度宏观评价并结合地球物理技术的综合描述技术无疑是描述岩性圈闭和进行岩性油气藏勘探的有效方法^[6]。

目前通常所用的岩性地层油气藏勘探方法如下:

- (1) 层序地层学方法: 通过层序地层研究, 建立层序等时格架, 通过地层对比, 确定岩性圈闭、地层圈闭等的区域位置, 为下一步目标勘探在纵向上和横向上指明了区域勘探方向。通过等时地层格架控制下沉积微相的研究, 认识砂体的成因规律, 研究砂体的有利分布相带, 圈定砂岩分布的区域位置, 对岩性地层油气藏做出高精度的预测。层序地层学方法是隐蔽性油藏区域勘探目前最有效的方法。
- (2) 储层预测技术是在地质理论 (主要是沉积相理论) 和地质认识的指导下, 充分利用多种测井信息、地震信息, 实现测井信息引导、地震信息约束、地质模型 (或认识) 的控制, 从粗略到精细逐步深入、逐级控制的储层预测, 从而逐步降低多解性, 对油气储层的空间展布和几何形态进行宏观描述、达到精细预测与描述储层的目的, 其技术的关键是地震反演。
- (3) 地震属性研究方法: 从大量的、丰富的三维地震数据中, 拾取隐藏在数据中的有关地层岩性、储层物性和流体信息, 定性预测岩相、岩性或含油性, 揭示储层分布特征。
- (4) 成岩作用的研究方法: 有些次生地层圈闭, 其油气的聚与成岩作用造成的次生孔隙发育有关, 通过研究次生孔隙的成岩作用特分成岩阶段和成岩序列、研究各种地质因素对成岩作用的影响, 来综合生孔隙的发育地带, 就可以判断成岩圈闭的存在;
- (5) 地层压力研究方法: 有些隐蔽性油气藏与地层压力的分如水动力圈闭、异常地层压力封闭圈闭、裂缝性油气藏等, 通过钻井和拟方法合理地预测地层中压力分布, 就可以预测圈闭。

尽管各种新技术的进步日新月异, 尽管每一种新的技术对于特殊地应用良好, 但是地质情况千变万化, 不同的地质情况需要不同的思路和段去解决, 更何况至今为止, 还没有比较成熟的勘探思路去解决任何一性油气藏的问题。隐蔽性油气藏的勘探方法还在探索之中, 技术和方法也正抑制了各油田勘探的步伐。

4 结束语

隐蔽油气藏的研究尽管正处于大规模勘探时期, 但是在许多方面还不是特别成熟, 大家都在不断探索和创新之中前进。由于隐蔽性油气藏的种类很多, 不同类型或不同地区隐蔽性油气藏的成藏地质条件千变万化, 应当加强对岩性地层油气藏地质理论体系的研究, 开阔思路, 根据其特点, 灵活有机地组合应用先进的方法和勘探手段, 进行岩性地层油气藏勘探。