

文章编号: 0253-9985(2000)02-0144-04

天然气成藏模式与勘探方法

——以川西天然气藏为例

谢泽华

(西南石油局第二地质大队, 四川自贡 643013)

摘要: 天然气与石油的成藏机理差异较大, 因此不能盲目套用石油的成藏机理, 研究天然气。“分散气储, 超压运移, 储集体成藏, 多级补给”是天然气成藏的普遍模式。在天然气勘探中, 尤其应重视储集体的发育情况, 扭张性裂隙发育区易形成天然气储集体。由于天然气主要分布于储集体中, 所以在钻孔设计上应采用多侧向水平井, 施工中采用欠平衡钻进。

关键词: 天然气; 成藏模式; 储集体; 水平井

作者简介: 谢泽华, 男, 53岁, 高级工程师, 石油地质与构造地质

中图分类号: TE132 文献标识码: A

1 成藏模式

1.1 储集体

天然气可以呈分散状储于岩石中, 形成分散状气储。川西地区的致密砂岩储气就是典型例子。储集天然气的岩石不仅仅限于某个孔渗条件特别好的地层, 而是一个独特的、复杂的地质块体。尹凤岭等^{*}称这种地质块体为储集体, 并给予了定义:“储集体是一个具备有效储集空间和渗滤通道, 不受岩性和层界控制, 为不同性质的边界条件所封闭的孔喉-裂缝网络系统所组成的富含油气的地质块体”。我们认为储集体由三大要素构成: (1) 不同岩性的岩石; (2) 不同的地层; (3) 这些岩石和地层被裂隙所切割和穿插。储集体气藏是非层状的, 跨地层的, 其外形是不规则的。它是一个带“枝杈”的、形态怪异的地质体。所谓“枝杈”即穿插并突出于储气岩体之外的裂隙, 所谓怪异是指它的形态不确定性。储集体的实质内容是储集空间和运输通道。储集空间由具有一定孔隙率的岩石充当, 该部分叫储气岩体; 运输通道则由构造裂隙充当, 该部分可叫“枝”。因此, 储集体的形成受两个因素控制: 第一是沉积作用; 第二是构造作用。可以说, 有储气岩体的地方不一定有储集体, 而有构造裂隙的地方才有储集体。在各种各样的破裂变形中, 最有利

于形成天然气储集体的裂隙是扭张性裂隙(在新华夏系构造中, 这一组裂隙被称为大义山式构造)^[1]。

1.2 运移与圈闭

石油的成藏运移是以水平运移为主, 而天然气的成藏运移, 只当其为水溶相态或油溶相态时才是以水平运移为主, 在气态(或叫游离态)时则以垂向运移为主。实际上, 垂向运移是天然气的主要运移方式, 异源型气藏和次生气藏的普遍存在就有力地证明了这一点。川西气藏普遍存在的超压现象表明气的运移是从高压区向低压区注入式的运移。在一般情况下, 地下深处的地应力高于浅处的地应力, 横向上同深度内的应力变化很小, 故而垂向上的压力梯度是最大的。当这个方向的运移通道存在时, 天然气必然沿此压力梯度最大的方向运移, 因此天然气的运移以垂向运移为主。这样, 背斜圈闭、断层圈闭、岩性圈闭等对石油聚集成藏起着决定性作用的圈闭, 在天然气成藏中就失去了优越性, 因为它们的聚油作用是依赖于石油的水平运移特性实现的。但天然气是垂向运移, 气源在下面, 气的补给方向是由下而上, 这时处于它的运移路径上的储气岩体才具有聚气作用。从这个意义上讲, 储集体的聚气作用与背斜、断层等圈闭的聚气作用是等价的。由于天然气几乎没有横向运移, 所以也就没有高点控气的条件。川西天然气勘探的实践早已证明构造高点并非是高产气区。若要说储集体与背斜等圈闭相比谁更优先, 得看谁离气源近, 储集体因有裂隙的切割和输导作用, 所以它们离气

* 西南石油局研究院, 四川盆地川西坳陷中段致密砂岩领域天然气成藏条件研究, 1992

收稿日期: 1999-10-18

源往往会更近,因而在聚气作用上反而更胜一筹。另外,由于储集体在数量上众多(裂隙总是多于背斜),因此非背斜区的储集体圈闭在天然气成藏中将占有更重要的地位,对于次生气藏和异源型气藏的形成,储集体圈闭更有重要意义。

1.3 多级补给

由于储集体在垂向上离气源有远有近,所以当气藏形成后,处于垂向上相互关联的储集体之间,仍有一种动态补给关系:即其中某一个储集体气藏因开采或逸散而产生压力下降时,其邻近的储集体中的气将向它作补充运移,从而形成多级补给。我们把深部的叫高级气藏,也称一级气藏,把浅部的叫低级气藏,也可依次称为二级气藏,三级气藏等。气的补给方向是由高级气藏补给低级气藏。

1.4 多级气藏模式

早期生成的天然气,呈分散状态保存于气源附近的岩石中,形成分散状气储。在地应力的作用下形成孔隙流体超压^[2],这种超压,在深处高,在浅处低,因此压力降低的方向是由深处指向浅处,这就决定了天然气的主要运移方式是垂向运移(图1)。

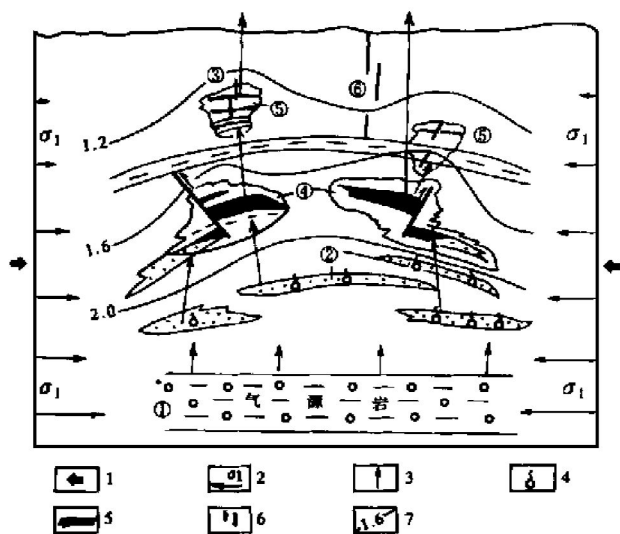


图1 天然气储集体多级气藏模式

Fig. 1 Multi-grade gas pool model of natural gas reservoirs

1—构造挤压力;2—最大主应力方向,箭头长度示相对大小;3—气运移方向;4—分散状气;5—气藏;6—扭张性裂隙;7—超压等值线
①—气源岩;②—分散气储;③—超压顶界局部上凸;④—压-张型储集体;⑤—扭张型储集体;⑥—通天裂隙超压顶界局部下凹

在这种超压的驱动下,原来呈分散状的天然气便沿构造裂隙和超压流体突破的裂缝向上运移,进入到储集体中成藏。由于裂缝的切割作用,使超压顶界面产生局部上凸或下凹,呈不规则球面。超压顶界上凸的地方是保存条件好的地方,因而是找气有利的地方。在成藏之后,处于上下位置关系的气藏间

仍然保持着一种动态平衡补给关系,构成多级气藏。天然气成藏过程可概括为:分散气储,超压运移,储集体成藏,多级补给。这就是我们所说的“储集体多级气藏”模式(图2)。

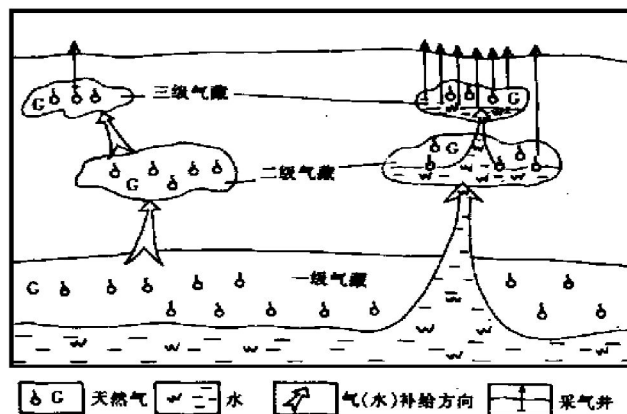


图2 天然气多级气藏补给模式

Fig. 2 Supply model of multi-grade gas pools

2 多级气藏模式的意义

2.1 释除天然气找矿上的困惑

利用该成藏模式可以较为合理地解释目前找气勘探中遇到的矛盾。

2.1.1 产能与物性

由于天然气储集成藏是由储集体来实现的,而储集体的产能又是由其中的裂隙所决定的,即一个气井的产能高低与是否打到裂隙有关,打到裂隙的就高产,未打到裂隙的就低产或无产。储集体中的裂隙一般都发育在较致密而硬脆的岩层中,在孔隙度好而较疏松的岩层中不发育,因此,物性不好的地层反而能高产,而物性好的地层却不能高产。这在川西新场蓬莱镇组(J_{3p})气藏的勘探实践中表现很突出。如浅2井、浅3井等未打到裂隙的井,只能获得 $2 \times 10^3 \sim 3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ 的基础产能,但浅1井、浅5井等打到裂隙的井却获得了日产上万方的产能。须家河组的气藏更明显,打到裂隙的井日产可达数十万方,而未打到裂隙的井则基本无产。

须指出的是:关于产层问题,我们在天然气找矿上目前还存在一个误区。我们总是习惯上把产出天然气的地层叫做“气层”,并把该地层的岩性作为气藏的类型性定语,如砂岩气藏、碳酸岩气藏。因此,当我们在致密砂岩里打出天然气时,就把它叫做“致密砂岩气藏”。照此类推,在泥岩里打出天然气时也就该把它叫做“泥岩气藏”了,只是这种叫法很别扭,才没有那样叫。事实上,这混淆了“产”

和“储”的区别。在石油成藏中,油总是产于储层里,产层与储层是一回事,人们那样叫倒也相安无事。但对气藏而言,这就不是一回事了,产气的地层不一定是储气的地层,而储气的地层不一定是能高产气的地层。因此切不可按产气层位的岩性来定气藏类型。根据储集体的地质内涵,我们只有在弄清了其储气岩体的岩性时,才能把它叫做“XX岩气藏”,但这样分类似乎已没有什么意义了,因为决定气井产能的已不是储气岩体,而是裂隙。所以我们认为储集体气藏的分类应按其中起控制作用的裂隙的力学性质来命名更为合适,例如:“扭张型储集体气藏”,“压-张型储集体气藏”等。

储集体由储气岩体和裂隙构成,起储的作用,其封闭作用是由其周围的连续变形区来承担的,因此,天然气的“生、储、盖组合”在储集体气藏里就不能体现,因而气藏不再有固定的生、储、盖组合。

“气层”的层位,实际上只是气缝的位置,是由裂隙与钻孔的交切位置决定的,并不由沉积地层的层序来决定。所以“气层”也就没有稳定的层位。

2.1.2 定容气藏

由于储集体中裂隙是成群成带分布的,它不仅在横向上将相邻储集体联通,而且能在垂向上将上下被隔离的储集体联通,因此在一个地区的各相邻储集体之间往往会建立起一种动态平衡联系:即当某储集体因开采而产生气藏压力下降时,其附近储集体中的气或液体将会流过来补充。而各储集体气藏可因其离气源的远近不同,产生成分上的分异,例如,离气源近的、深的储集体气藏会含更多的凝析油和硫化氢;远的、浅的储集体气藏会少含或不含凝析油和硫化氢。这样,当流动补充发生后,就会造成气藏成分的现代混和,从而造成气藏开采过程中天然气成分的改变。这就是为什么新场蓬莱镇组气藏随着开采时间的推移,逐步出现了水、凝析油和硫化氢的原因。

2.2 勘探开发

新场蓬莱镇组(J_3p)气藏本是一个无边、底水的气藏,但现在见了水,该怎样对待?

据对水样分析获得的6种阳离子特征图案研究*,这些水来自三叠系须家河组(J_3xj)和雷口坡组(T_2l),并且有随开采时间的增加,水量逐渐增大,产出的卤水来自地层层位越老的现象。

根据储集体多级气藏理论,浅部的储集体气藏是低级气藏,它本身虽然无边、底水,但由于它与深部的高级气藏间存在多级补给关系,所以当它受到开采而压力下降时,深部的高级气藏将向它进行补充,而本区深部气藏往往含有原生封闭地层水,该地层水与天然气之间原来有一水平界面,但当上部气藏开采过速时,下部气藏天然气必沿裂隙向上部气藏作快速运移补充,从而造成裂隙附近局部压力速降,产生对下方水的抽吸作用,造成地层水的“锥状”上涌,打破气水的水平界面状态(图2),把深部的水吸入浅部气藏,使浅部本来无水的气藏也开始产水。这种现象若不加以控制,锥状上涌的水将演变成水塞,阻断高级气藏对低级气藏天然气的补给,产生“水塞气”现象,使浅部气藏早期水淹,气藏寿命缩短。因此,对这种无边、底水气藏见水的现象不可听之任之,而应在开采速度上加以适当控制,避免水塞的形成。

3 勘探方法

由于天然气与石油有着不同的成藏机制,所以针对天然气的勘探与开发也就应与原来勘探石油的方法有所不同。

根据储集体多级气藏模式,天然气成藏不是只存在于某些高孔渗率的地层中,也不只是存在于背斜等构造圈闭里,而是普遍存在于储集体里。而气井的产能主要取决于穿插切割于储集体中的裂隙,不取决于集体中的储气岩体。因此,天然气的找矿勘探过程,就应是寻找和查明储集体的过程,开发天然气的过程就是钻获储集体中的裂隙的过程。

(1) 利用TM遥感图像解译出本区的最新扭动构造体系,找出其中的扭张性裂隙发育带,作为首期突破的目标。

(2) 利用地震物探手段解释本区储集体的平面分布状况和深度以及层位。

(3) 利用化探资料,圈出保存条件好的有利地区。

(4) 将上述3项成果综合分析,选出勘探靶区,上钻验证。由于钻探的目标是储集体中的裂隙,为了增大钻获扭张性裂隙的机会,钻孔应设计为多侧向水平钻井。由于储集体属双重介质气藏,其裂隙极易受钻井泥浆污染阻塞,所以钻井施工中应采用欠平衡钻进^[2]。

(5) 在钻井过程中,还应采用物探测井及地下

* 西南石油局地质二大队,川西坳陷孝泉-新场-合兴场地区侏罗系气藏地层水赋存规律及开发对策,1997

水水化学分析等手段,对储集体进行随钻判别和解释。

4 结论

(1) 天然气与石油在成藏机理上差异很大,因而应针对天然气来研究天然气,不可盲目借用石油成藏理论加以套用。

(2) “分散气储,超压运移,储集体成藏,多级补给”这一天然气成藏模式表达了天然气的成藏机理。

(3) 扭张性裂隙是最有利于形成天然气储集体

的构造裂隙,具有独特的构造特征。

(4) 在钻孔设计上应采用多侧向水平钻井,在钻井施工中应采用欠平衡钻进。

本文在写作过程中,得到林传律高级工程师、赵泽君工程师的热情帮助,在此表示感谢!

参 考 文 献

- 1 谢泽华. 表层脱底褶皱的试验研究[J]. 四川地质学报, 1989, 9(4): 1~7
- 2 Vozniak J. Under-balanced drilling sees advances[J]. Amer Oil Gas Rep, 1997, 40(7): 59~62

POOL-FORMING MODELS AND EXPLORATION METHOD OF NATURAL GAS —— TAKE WEST SICHUAN GAS POOLS AS AN EXAMPLE

Xie Zehua

(The Second Geological Brigade of Southwest Petroleum Bureau, Zigong, Sichuan)

Abstract: Gas pool-forming mechanism differs greatly from oil pool-forming mechanism. Separate reservation, superpressure migration, reservoir-formed pool and multi-grade supply is the popular gas pool-forming model. Transtensional fracture developed area is favourable for the formation of gas reservoirs. To explore gas resources, one should adopt multi-lateral horizontal well in drilling planning and unbalance drilling in operation.

Key Words: natural gas; pool-forming model; reservoir; horizontal well

(上接第143页)

DIAGENESIS AND PORE EVOLUTION OF LOWER Es3 VOLCANIC ROCKS IN OULITUOZI REGION

Qiu Longwei¹ Jiang Zaixing¹ Xi Qingfu²

(1. Department of Petroleum Resources, Petroleum University, Dongying, Shandong; 2. Geological Research Institute, Jidong Petroleum Exploration and Development Co, Tangshan, Hebei)

Abstract: The volcanic rocks of the Lower Es3 in Oulituozi region are mainly volcanoclastic rock, basalt and trachyte. The volcanic rock diagenesis and reservoir space evolution are studied. It is considered that, different deposition stages have different paleo-geothermal gradients, and different diagenetic stages correspond to different depths. Thick volcanic rocks from Sha1 member to present are in the early diagenetic B-stage; the reservoir spaces are generally fissure primary porosity and fissure compound porosity, and are poorly preserved; the volcanic rocks in the lower part are mainly well-developed fissure secondary porosity.

Key Words: Oulituozi; volcanic rock; diagenesis; pore evolution