

盖层对油气聚集的控制作用

付 广 付晓飞 吕延防

(大庆石油学院 黑龙江安达 151400)

摘 要 通过对盖层与烃源岩之间时空匹配关系的分析,认为当盖层空间展布面积大于烃源岩分布面积时其对油气的聚集与保存才是有利的,否则是不利的。盖层的空间发育部位控制着不同类型油气聚集团闭的形成,在斜坡区、古隆起顶部、凹陷中心和古隆起上方受盖层控制分别形成地层超覆、基岩风化壳、砂岩透镜体和受背斜控制的各种类型圈闭。盖层的毛细管封闭能力、压力封闭能力和烃浓度封闭能力的形成时期只有与烃源岩的大量排烃期分别合理匹配时,才能有效地封闭住烃源岩排出的与之对应的不同相态的油气,否则造成大量油气散失。

关键词 盖层 油气 聚集 空间展布 形成时期 圈闭

随着盖层研究的深入,人们逐渐认识到,盖层对油气聚集所起的封盖作用,不仅仅取决于其微观封闭能力的强弱,而且在很大程度上取决于其空间展布面积与烃源岩圈闭范围的相对大小以及其封闭能力形成时期与烃源岩大量排烃期的相对早晚。只有盖层与烃源岩二者之间在时空上有机匹配,盖层才能有效地封闭住烃源岩排出的大量油气,才能有利于油气大规模地聚集成藏。反之,盖层难以封闭住烃源岩排出的大量油气,也就不能使油气大规模聚集成藏。因此,研究盖层与烃源岩在时空间的匹配关系,对于研究盖层对油气聚集的控制作用具有重要意义。

1 盖层空间展布对油气聚集的控制

1.1 盖层与烃源岩之间的空间分布关系控制着油气聚集数量的大小

大量的研究表明,盖层对油气聚集的作用不仅仅是在于其作为油气藏形成的重要组成部分,而更重要的是在于其作为一个盆地或凹陷的区域性保护层,阻止着油气的大面积散失,使油气保存在其下的地层中得以聚集成藏。由此看出,盖层这种对油气的保护作用的效果应取决于其空间展布面积与烃源岩分布面积的相对大小,如果盖层的空间展布面积大于烃源岩的分布面积,且覆盖了整个盆地或凹陷时,盖层对烃源岩排出油气的保存效果最好,如图1a所示。如果盖层的空间展布面积大于烃源岩的分布面积,但不能覆盖整个盆地或凹陷,这种情况下,盖层也可封闭住烃源岩排出的大量油气,但效果明显不如第一种情况,油气或多或少地要发生逸散,如图1b所示。如果盖层空间分布面积小于烃源岩的分布面积,盖层对烃源岩排出的大量油气就不能进行有效封闭,造成大量油气通过无盖层处的散失,如图1c所示。

收稿日期:1999-08-17

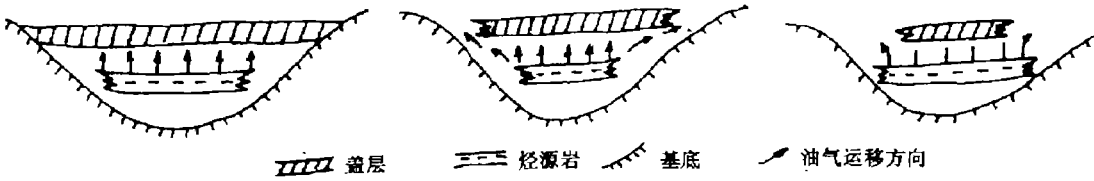


图 1 盖层与烃源岩之间空间分布关系示意图

- a. 盖层分布面积大于烃源岩分布面积，且盖层覆盖整个盆地或凹陷
- b. 盖层分布面积大于烃源岩分布面积，但不能覆盖整个盆地或凹陷
- c. 盖层分布面积小于烃源岩分布面积

例如，松辽盆地，从下至上分布着登二段，泉一、二段，青山口组和嫩一、二段四套盖层，其中登二段泥岩盖层分布面积最小，仅仅分布于盆地北中部地区。泉一、二段泥岩盖层分布虽然较登二段面积大，但仍小于青山口组和嫩一、二段，青山口组和嫩一、二段几乎分布于整个盆地北部。该盆地从下至上分布有侏罗系、登二段、青山口组和嫩一、二段四套烃源岩，它们生成排出的油气分别被上述四套盖层所封盖。由于该盆地北部四套盖层与之四套烃源岩空间分布关系的不同，它们对其生成油气的控制作用也就不同。根据童晓光等研究^[1]，该盆地嫩江组封闭的石油(包括其自身内部)约占全盆地已探明石油储量的 77.9%，青山口组封闭的石油(包括其自身内部)约占全盆地 22.2%，泉一、二段和登二段二套盖层之下至今尚未提交石油储量，仅仅获得数口工业流井，这除了有其它方面的原因之外，盖层的空间展布面积的相对大小在此起到了重要的控制作用。

再如四川盆地西部几套盖层与油气分布的关系，由图 2 中可以看出，区域性盖层分布面积较大的 T₃X³、T₃X⁴、和 J₃h 封闭住的油气数量明显多于分布面积相对较小的 T₃X⁵ 封闭住的油气，这也说明了上述结论的正确性。

1.2 盖层空间发育部位控制着不同类型油气聚集圈闭的形成

盖层对油气聚集的控制作用除了上述区域保护作用外，

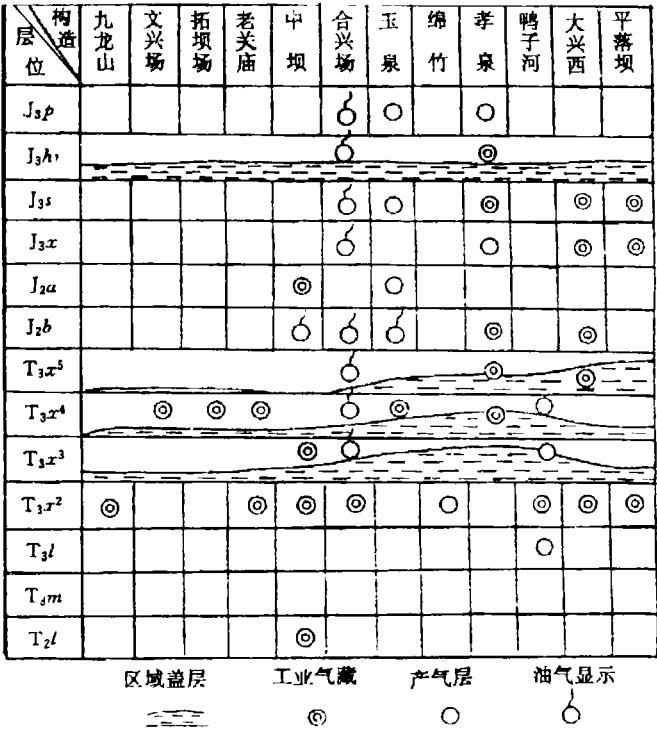


图 2 川西凹陷各个局部构造的含气储盖组合
(据张义纲, 1994)

它作为构成圈闭的组成要素对油气的聚集还起着直接的封闭作用。然而, 由于盖层在发育于盆地或凹陷空间中的不同部位, 所以受它所控制形成的油气聚集的圈闭类型也就不同。归纳起来主要有以下几种类型。

1.2.1 斜坡区受超覆泥岩盖层控制形成的地层超覆圈闭

由于盆地或凹陷的不断下沉, 水体不断加深, 水进, 细粒沉积物的分布范围不断向盆地或凹陷四周加大, 在盆地或凹陷的斜坡区形成超覆现象, 如图 3a 所示。受这些超覆泥岩层的控制, 在盆地或凹陷的边部就形成了地层超覆圈闭, 它们往往是盆地或凹陷中心的烃源岩所生成和排出的油气进行侧向运移、聚集的有利场所。这样, 就可形成地层超覆油气藏。例如松辽盆地北部昌德东侏罗系地层超覆气藏(芳深 7 井)。

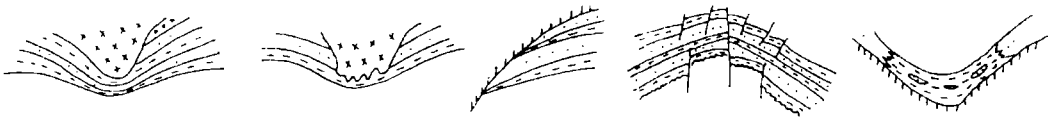


图 3 盖层空间发育部位对不同类型油气聚集圈闭的控制作用

a. 斜坡区受超覆泥岩盖层控制形成的地层超覆圈闭 b. 受直接覆盖于古隆起之上盖层控制形成的基岩风化壳圈闭 c. 受古隆起之上披覆盖层控制形成的背斜圈闭 d. 受古隆起及断裂控制形成的各种类型圈闭 e. 受凹陷中心厚层泥岩盖层控制形成的砂岩透镜体圈闭

1.2.2 受直接覆盖于古隆起之上盖层控制形成的基岩风化壳圈闭

由于盆地或凹陷的进一步下降, 水体加深, 使古隆起淹没于水下, 造成细粒的泥质沉积物直接覆于古隆起之上, 与古隆起顶部发育的基岩风化壳配合形成了风化壳圈闭, 如图 3b 所示。它是古隆起两侧凹陷烃源岩所生成和排出油气沿不整合面侧向运移再垂向运移聚集的有利场所。在这里, 可形成基岩风化壳油气藏。例如松辽盆地昌 401 井、昌 102 井、二深 1 井、汪 902~汪 9-12 井和肇深 1 井基岩风化壳气藏皆为登二段泥岩盖层直接覆盖于基岩风化壳之上形成的。

1.2.3 受古隆起之上披覆盖层控制形成的各种类型圈闭构造

随着盆地或凹陷的不断下降, 古隆起逐渐被淹埋。受古隆起及差异压实作用的影响, 泥岩盖层披覆于古隆起之上, 形成背斜圈闭或构造一岩性圈闭, 如图 3c 所示。如果受后期构造运动改造及断裂活动的影响, 还可以在古隆起上方形成断层一岩性圈闭和断块圈闭构造, 它们是凹陷中心烃源岩生成排出的油气通过断层向上运移聚集的有利场所, 如图 3d 所示, 可形成各种类型的油气藏。例如松辽盆地汪家屯构造泉一段背斜气藏、昌德构造登娄库组背斜气藏、汪家屯构造登娄库组断块气藏、三站构造泉二段断鼻气藏、薄荷台构造登娄库组断鼻气藏、四

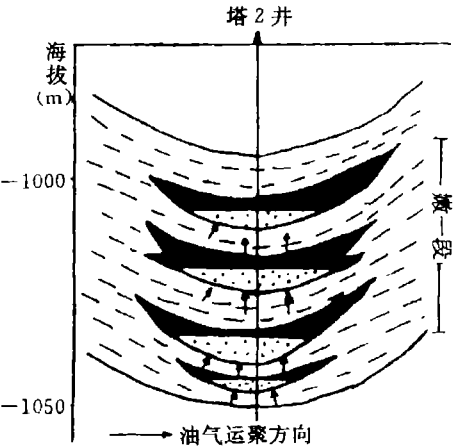


图 4 塔 2 井嫩一段砂岩透镜体油藏剖面图

站构造登一段岩性一构造气藏、昌五构造登娄库组砂岩性一断层气藏。

1.2.4 受盆地或与凹陷中心厚层泥岩盖层控制的砂透镜体圈闭

在盆地或与凹陷中心处,由于水体深,水动力弱,沉积物以泥岩为主,厚度大,但储集层不发育,仅仅会发育浊流带来的一些砂岩透镜体沉积。在这种条件下,受其盖层的控制只能形成砂岩透镜体圈闭,如图 3e 所示,可形成砂岩透镜体油藏。例如松辽盆地西部塔 2 井区萨零组透镜体砂岩位于下白垩统嫩江组一段的一套湖相暗色泥岩中,如图 4 所示,该套泥岩连续厚度达数百米,富含有机质,有机碳含量为 2.402%,氯仿沥青“A”为 0.1762%,总烃为 0.146%。有机质类型以 I 型干酪根为主,其演化已达到了成熟阶段(R_o 为 1.0%)。在明水组末期开始进入排油门限,其生成的石油,首先进入其内的砂岩透镜体中,被其四周的泥岩所封闭,塔 2 井的钻探已获工业油流。由此可以看出,此例子属于典型的受凹陷中心厚层泥岩盖层控制的砂岩透镜体圈闭成藏的例子。

2 盖层封闭能力形成时期对油气聚集的控制

由上可知,盖层的空间展布面积大小对油气聚集与保存起到了非常重要的控制作用。然而,油气的大规模成藏除了受盖层空间展布面积大小的制约外,还要受到盖层封闭能力的形成时期与烃源岩的大量排烃期的匹配关系的制约。盖层封闭能力形成时期只有与烃源岩大量排烃期合理匹配,才能有效地封闭油气;否则,盖层难以封闭住烃源岩排出的大量油气。

2.1 毛细管封闭能力形成时期对游离相油气聚集的控制作用

毛细管封闭是盖层最普遍的封闭机理,它主要是通过其排替压力对游离相油气形成的封闭作用^[2]。虽然泥质沉积物一开始就具有毛细管封闭能力,但是由于刚刚沉积的泥质沉积物压实成岩程度低,孔隙度和渗透率高,排替压力低,毛细管封闭能力弱,难以对工业油气流形成封闭。只有当其压实成岩达到了一定阶段(据阿·阿·哈宁研究,其渗透率低于 $10^{-4} \mu m^2$,对应排替压力约为 $0.5 \mu Pa^{[3]}$)后,开始具毛细管封闭能力^[2]。

盖层毛细管封闭能力形成时期只有早于或与烃源岩的大量排烃期同期,其才能封闭住烃源岩排出的大量游离相油气,否则,盖层依靠毛细管所能封闭住的烃源岩排出的游离相气量的大小则取决于二者时间差的大小,二者时间差越小,盖层依靠毛细管所能封闭住烃源岩排出的游离相油气的量越大;反之则越小。

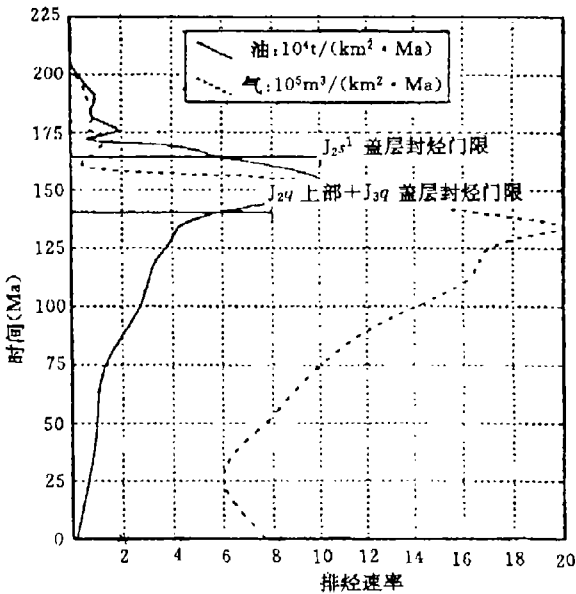


图 5 吐哈盆地丘东凹陷盖层封闭能力形成时期与源岩排烃期的匹配关系(据姜振学,1998)

图 5 是吐哈盆地丘东凹陷三间房组下部和七克台组十齐古组两套区域盖层毛细管封闭能力形成时期与八道湾组源岩排烃期的匹配关系图。由图 5 中可以看出,三间房组下部泥岩盖层毛细管封闭能力形成时期早于八道湾组源岩的大量排烃期,可以有效地封闭住八道湾组源岩排出的大量油气。七克台组十齐古组泥岩盖层的毛细管封闭能力形成时期略晚于八道湾组的大量排油期,早于八道湾组的大量排气期,可以封闭住八道湾组排出的大量天然气和部分油,封闭油气的有效性较三间房组泥岩差。该凹陷盖层较好的封闭有效性是该区能找到一批油气藏的重要地质条件之一。

2.2 压力封闭能力形成时期对游离相和水溶相油气聚集的控制作用

压力封闭与毛细管封闭不同,它只能存在于特定的泥岩盖层中,即欠压实具有异常孔隙流体压力的泥岩盖层中,而且也只能存在于泥岩压实成岩演化的特定阶段,它不仅可以对游离相油气进行封闭,而且还可以对水溶相油气进行封闭,对油气聚集成藏具有重要封盖作用,其封闭能力形成时期可据文献[2]中的方法来确定。

与上同理,盖层的压力封闭能力形成时期只有与烃源岩排烃期合理匹配,才能封闭住烃源岩排出的大量游离相和水溶相油气;否则盖层依靠压力能封闭住的烃源岩排出的游离相和水溶相油气量的大小则取决于二者时间差的大小,二者时间差越小,盖层依靠压力封闭住烃源岩排出的游离相和水溶相油气的量越大;反之则越小。

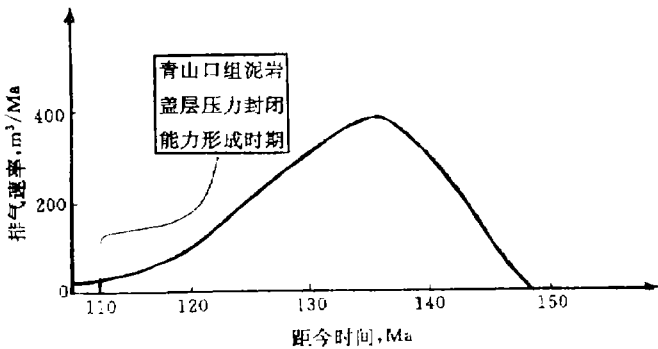


图 6 三肇凹陷侏罗系排气速率随时间变化关系图

图 6 是松辽盆地北部青山口组泥岩盖层压力封闭能力形成时期与侏罗系气源岩排气期的匹配关系图。由图 6 中可以看出,青山口组泥岩盖层压力封闭能力形成时期明显晚于侏罗系气源岩的大量排气期,表明其压力封闭的有效性差,这可能也就是该区为什么其它成藏条件均较好,但却只能找到一批中小型气田的一个重要原因。

2.3 烃浓度封闭能力形成时期对扩散相天然气聚集的控制作用

烃浓度封闭与压力封闭一样,也只能存在于特定的泥岩盖层中,即具有生烃能力的泥岩盖层中,它只能对扩散相天然气形成封闭,而不能对游离相和水溶相天然气进行封闭。其封闭能力的形成主要受其中有机质演化成烃作用的制约,只有当其开始生烃后,其内孔隙水方可饱和,烃浓度封闭作用才能形成[2]。

与上同理,盖层的烃浓度封闭能力形成时期只有与烃源岩的大量排气期合理匹配,才能封闭住烃源岩排出的大量扩散相天然气;否则盖层依靠烃浓度所能封闭住的烃源岩排出的扩散相天然气量的大小则取决于二者时间差的大小,二者时间差越小,盖层依靠烃浓度所能封闭住烃源岩排出的扩散相天然气的量越大;反之则越小。

根据文献[2]可知,松辽盆地三肇凹陷青山口组盖层烃浓度封闭能力形成于嫩三段沉积末期,晚于侏罗系气源岩的大量排气期(登娄库组沉积末期),烃浓度封闭有效性差,造成侏

罗系气源岩排出的呈分子扩散相天然气的大量散失,如图 7 所示,累积可达到 $1.96 \times 10^{12} \text{m}^3$,约占总生气量($11.96 \times 10^{12} \text{m}^3$)的 16.38%。

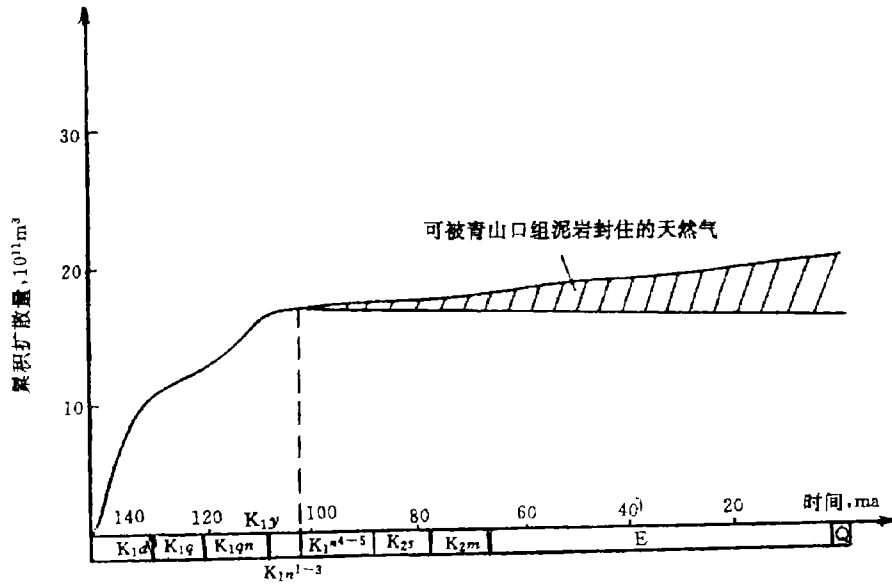


图 7 三肇凹陷侏罗系天然气扩散损失量随时间变化图

综合上述分析可以看出,盖层封闭能力形成时期对油气的聚集与保存起到了重要的控制作用。

3 结论

(1)盖层与烃源岩之间空间分布面积的相对大小控制着油气聚集数量的大小。盖层空间展布面积大于烃源岩的分布面积,且分布于整个盆地或凹陷,封闭油气的效果最好;盖层空间展布面积大于烃源岩的分布面积,但并非全盆地分布,封闭油气的效果相对变差;盖层空间展布面积小于烃源岩的分布面积,封闭油气效果最差。

(2)盖层发育部位控制着不同类型油气聚集团闭的形成。斜坡区受超覆泥岩盖层控制形成地层超覆圈闭;受直接覆盖与古隆起之上盖层控制形成基岩风化壳圈闭;受古隆起之上披覆盖层控制形成各种类型的圈闭构造;受盆地或凹陷厚层泥岩盖层控制形成砂岩透镜体圈闭。

(3)盖层毛细管封闭能力形成时期只有与烃源岩大量排烃期合理匹配,才能封闭住烃源岩排出的大量游离相油气;盖层压力封闭能力形成时期只有与烃源岩大量排烃期合理匹配,才能封闭住烃源岩排出的大量游离相和水溶相油气;盖层烃浓度封闭能力形成时期只有与烃源岩大量排烃期合理匹配,才能封闭住烃源岩排出的大量扩散相天然气。

参 考 文 献

1 童晓光,牛嘉玉. 区域盖层在油气聚集中的作用. 石油勘探与开发,1989,16(4):1~8.
2 吕延防,付广,高大岭,等著. 油气藏封盖研究. 北京:石油工业出版社,1996. 56~63.
3 庞雄奇,付广,万龙贵,等著. 盖层封闭油气性综合定量评价. 北京:地质出版社,1993. 51~55.