

松辽盆地滨北地区岩性油气藏有利区预测

马中振^{1,2} 庞雄奇^{1,2}

(1.教育部“天然气成藏机理”重点实验室·中国石油大学 2.中国石油大学盆地与油藏研究中心·北京)

马中振等.松辽盆地滨北地区岩性油气藏有利区预测.天然气工业,2007,27(8):44-47.

摘要 松辽盆地滨北地区是指松辽盆地滨州铁路线以北的广大地区,是大庆油田重要的储量接替区。大量的研究表明,该区下白垩统青山口组一段是岩性油气藏的有利发育层段。在沉积环境分析、砂体百分含量分布和构造背景综合分析的基础上,认为乌裕尔凹陷和黑鱼泡凹陷的交界区为青一段岩性圈闭的有利发育区。再结合该区主力烃源岩层排烃强度、成藏体系、成藏门限以及储层物性的研究,明确指出克山依龙背斜带南部和黑鱼泡凹陷中北部为青一段岩性油气藏的有利发育区。

关键词 松辽盆地 滨北地区 早白垩世 岩性油气藏 储集层 预测 勘探区

滨北地区指松辽盆地滨州铁路线以北、嫩江以西的广大地区,勘探面积 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,是大庆油田重要的储量接替区。该地区共可划分为:中央坳陷区、北部倾没区和东北隆起区等3个一级构造和13个二级构造单元(见图1)。滨北地区主体部位共钻探101口井,其中发现1口工业气流井、2口低产气流井、15口井试气见微量气,16口井见油气显示。除在滨州铁路线附近发现一些小型油气藏外,基本没有取得突破性进展。数字地震仅完成大剖面 $2 \times 4 \text{ km}$ 、 $4 \times 8 \text{ km}$ 测网的普查、概查,属中、低勘探程度地区。

体横向连续性较差;②构造坡折带广泛发育;③生排烃量大,而且排烃主要集中在黑鱼泡凹陷和乌裕尔凹陷^[1,2]。由于多年来针对构造圈闭的勘探成效不大,根据“互补论”原理^[3],推断应有较好的岩性油气藏勘探前景。因此有必要对岩性油气藏有利发育区进行预测,为油气勘探指明方向。

一、岩性圈闭有利发育区预测

1.根据沉积环境预测岩性圈闭有利发育区

国内外大量研究资料表明:岩性圈闭的形成与分布与沉积环境有着密切的关系^[4]。我国陆相湖盆中发育的大量岩性地层圈闭也与沉积环境关系密切^[5]。

松辽盆地为陆相湖泊三角洲沉积,在横、纵向上都具有相变快、岩性不稳定的特点,尤其是砂泥岩薄互层和混层发育,为岩性圈闭的形成奠定了基础^[6]。

陆相盆地沉积体系类型宏观上控制了隐蔽油气藏类型和空间展布。对松辽盆地北部岩性油气藏形成机制及主控因素的研究表明,三角洲前缘及河道是滨北地区形成岩性油藏的主要相带^[7]。

2.根据砂岩百分比确定岩性圈闭有利发育区

砂体能否形成岩性圈闭进而储集油气,与砂体的形态、大小和叠置方式等有关。砂岩百分比作为砂体叠置程度的评价参数,可以用来评价砂体形成岩性尖灭的总体难易程度。一般认为砂岩百分比小

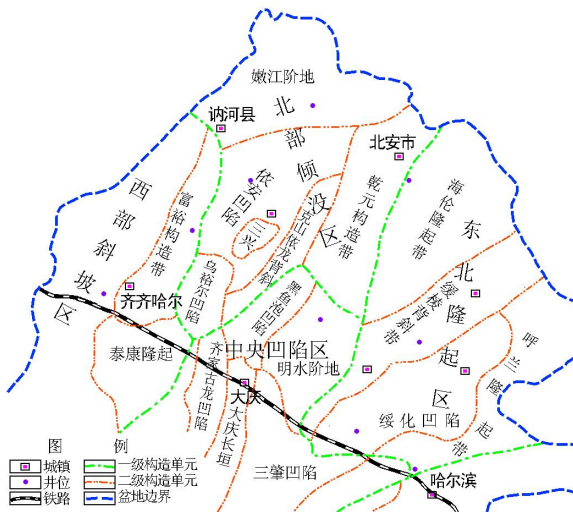


图1 松辽盆地滨北地区构造分区图

前人研究表明,该地区具有以下特点:①砂

作者简介:马中振,1980年生,地质资源与地质工程专业博士研究生;研究方向为油气成藏机理与分布规律。地址:(102249)北京市昌平区。电话:(010)89733569。E-mail:mazz1980@163.com

于30%时,砂体是孤立的,很有可能形成;砂岩百分比在30%~50%之间时应做具体分析,有可能形成;而砂岩百分比大于50%则难以形成岩性圈闭、储集油气^[8]。岩性圈闭发育区并不是砂岩百分含量最高的地区,也不是次高值区,而是次高值区向构造上倾方向低值区的过渡地带,因为砂岩百分含量向上倾方向的降低,必然会导致单砂体向上倾方向的减薄、尖灭和物性变差,从而容易形成岩性圈闭。

3. 构造背景综合分析确定岩性圈闭有利发育区

坡折带在海相盆地和断陷湖盆中都发育,并对地层层序和沉积作用起重要的控制作用,这一观点已得到普遍接受^[9]。

构造坡折带^[10]是指由同沉积构造长期活动引起的沉积斜坡明显突变的地带。对渤海湾盆地的研究表明,断陷湖盆中存在的构造坡折带制约着盆地可容纳空间的变化,对层序的发育、沉积体系域及砂体的分布起着重要的控制作用^[11]。坡折带是砂岩厚度和砂岩层数的加厚带,沿坡折带走向的碎屑体系供给部位可找到加厚的储集砂岩体。应用坡折带勘探理论可以指导寻找隐蔽油气藏^[12]。

在沉积环境分析、砂体百分含量分布和构造背景综合分析的基础上,将三者进行叠合预测,认为3个条件都满足的区带为岩性圈闭Ⅰ类发育区,满足其中2个条件的为岩性圈闭Ⅱ类发育区,而其他地区形成岩性圈闭的可能性则较小。

二、岩性油气藏有利发育区预测

岩性油气藏是含油气盆地勘探中后期油气勘探的重要目标,在预测岩性圈闭有利发育区的基础上,就有必要对预测的岩性圈闭的含油气性进行预测。

1. 根据有效烃源岩的排烃强度预测

油气分布与烃源岩密切相关,特别是高效烃源岩体对形成油气藏至关重要。所谓高效烃源岩体是指具有较高产烃率的烃源岩体。其供烃数量与丰度自然成为决定砂体能否形成岩性油气藏及其油气充满程度的重要因素。即使具备其他要素而且条件优越,但只要缺乏有效的烃源就不可能成藏。实际上“源控论”观点特别强调了烃源从宏观上对油气藏分布的控制作用^[13]。“场环论”也认为油气藏的分布从根本上由生烃洼陷控制,如东营凹陷各油田的呈环状、半环状围绕生烃洼陷分布^[14]。

隋风贵等^[15]在东营凹陷岩性油气藏进行研究后发现,砂体的油气充满度与排烃强度密切相关;并且认为位于排烃强度大于 $20 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 内的砂砾

岩体易于形成油气藏。李丕龙、庞雄奇等^[16]在对济阳坳陷砂体含油气性分析中发现:在济阳坳陷新近系中,被有效烃源岩包裹的圈闭,其含油气性好于与烃源岩呈侧向接触的岩性圈闭,同样被烃源岩包裹的圈闭,离有效烃源岩中心的距离越近,圈闭含油气性越好,反之越差。而且有效排烃范围内砂岩透镜体油气藏充满度与包裹砂体的烃源岩的排烃强度具有明显的正相关性,即排烃强度较高区域的砂岩透镜体油气藏含油气性一般较好;圈闭围岩的烃源岩排烃强度较低,含油气性相对较差。傅广等^[7]在研究松辽盆地北部岩性油气藏形成机制及主控因素后认为,松辽盆地等陆相盆地其陆相运载层物性变化较大,油气难以长距离运移,即使岩性圈闭有断层通道,油气也主要沿断层垂向运移,侧向运移距离仍然很短;并且认为岩性圈闭是否位于烃源区内是能否成藏的关键,只有位于烃源区内的岩性圈闭才能就近捕集油气,否则圈闭条件再好也难以成藏。

2. 根据成藏门限理论确定

由于含油气系统概念在我国应用存在的许多制约因素,金之钧、庞雄奇等于2001年提出了“油气成藏体系”的概念。

油气成藏体系是地表以下油气成藏的自然体系,它包括了形成油气藏的一切必要元素(要素),如烃源体、输导体和圈闭以及这些元素之间有效的配置结构,必须具备这样的结构,即能够产生任何单一元素所不具备的功能——形成油气藏。

油气排出源岩后,首先要满足源岩与第一套区域盖层之间储层滞留油气损耗烃量(Q_{rs})及盖前排失烃量(Q_{bc})的需要时才能开始运移,而运移烃量在满足了运聚系统内水溶流失烃量(Q_w)、扩散烃量(Q_d)和围岩吸附烃量(Q_b)后才能开始聚集成藏,把油气开始聚集的临界地质条件称为成藏门限,即:

$$Q_p \begin{cases} < Q_m & \text{未进成藏门限} \\ = Q_m & \text{处在成藏门限} \\ > Q_m & \text{已进成藏门限} \end{cases}$$

式中: Q_p 为生烃量, Q_m 为油气排出源岩后的损耗烃总量。

可见只有当一个成藏体系进入成藏门限之后,该体系内部的构造或岩性圈闭才有可能聚集油气,形成油气藏。没有进入成藏门限的成藏体系内是不能形成油气藏的。据此,可对一个地区进行成藏体系划分。

3. 根据储集层综合评价确定

油源充足的情况下,岩性圈闭的成藏效果主要

受储集物性的影响。研究表明,砂体的驱替效率指数大于 15% 且位于排烃强度大于 $20 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 内的砂砾岩体易于形成充满度较高的油气藏,而厚度小于 2 m、孔隙度小于 12% 的砂体则不利于成藏。该方法已成功地应用于东营凹陷深陷期砂砾岩扇体的油气勘探实践,并取得了较好的效果,对陆相断陷盆地深陷期岩性油藏的勘探具指导意义^[15]。

在源岩排烃强度分析,成藏体系划分、成藏门限研究,以及储集层孔渗条件综合评价的基础之上,将三者叠合进行预测,3 个条件均满足的区域内发育的岩性圈闭成藏条件最好,满足其中 2 个条件的区域为岩性圈闭成藏的较有利区。

三、滨北地区青一段岩性圈闭有利发育区预测

青一段是滨北地区的主力源岩层也是本地区最主要的区域性盖层,综合分析滨北各层段的成藏条件及见油气显示情况,认为本段是该地区最有利的岩性油气藏发育区。

青一段沉积时湖面上升,滨北地区大部为半深湖相及深湖相沉积。由该段沉积相分析结果可知,来自西部、北部和东北部的 3 条水系带来大量沉积物质,在乌裕尔凹陷、黑鱼泡凹陷北部和克山依龙背斜带南部沉积发育 3 个大型三角洲沉积体系,并且 3 个三角洲体系前缘联合成片,三角洲前缘为该地区岩性圈闭有利发育区^[7],从林深 2 井的测井和录井资料可以看出,三角洲—滑塌浊积岩形成的薄砂体发育,有利于岩性圈闭的形成,同时 3 个三角洲交汇的区域砂岩百分比较低(小于 50%,大部分区域小于 30%),砂岩厚度分布图上,3 个三角洲前缘区有 4 个砂岩厚度高值区(三兴背斜南部、黑鱼泡凹陷西部、明水阶地西南部、乌裕尔南部),砂岩厚度由高值中心 30 m 向四周迅速减薄至 10 m。由于三角洲前缘部位存在的斜坡地形,沉积物常发生滑塌作用并被搬运到较深水湖区形成滑塌浊积岩。综合分析认为 4 个砂岩厚度高值区为滑塌浊积岩发育区。根据陈世悦^[17]对该地区的研究,确定了乌尔逊凹陷西北部和环黑鱼泡凹陷两条坡折带,综合分析沉积相、砂岩百分比和构造因素,确定出青一段岩性圈闭有利发育区:黑鱼泡凹陷与克山依龙背斜带交接地区和明水阶地西部地区为 I 类岩性圈闭发育区;乌裕尔凹陷与黑鱼泡凹陷交接地区、黑鱼泡凹陷中部地区为 II 类岩性圈闭发育区。

四、青一段岩性油气藏有利发育区综合预测

1. 青一段源岩的生排烃特征

青一段是滨北地区的主要生烃层系,烃源岩主要为暗色泥岩,其分布高值区位于黑鱼泡南部和明水阶地南部交界处,最大厚度为 70 m。运用“生烃潜力法”^[18]研究排烃特征后认为青一段生烃中心位于黑鱼泡凹陷,此外除乌裕尔凹陷南部有少量烃排出外,北部倾没区及东部隆起区基本没有烃类流体排出。

2. 青一段成藏体系划分及成藏门限研究

根据成藏体系划分的方法和原则(金之钧,1997),滨北地区可划分为 3 个成藏体系(见图 2)。采用成藏门限理论(庞雄奇,1995,2000)对 3 个成藏体系分别进行了研究,其中成藏体系 I 没有进入成藏门限,在该体系内不能形成油气藏;成藏体系 II 和成藏体系 III 均进入成藏门限,其可供聚集烃量分别为 $12.66 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $6.17 \times 10^8 \text{ t}$,后两个成藏体系内的岩性圈闭成藏条件较好(见图 2)。



图 2 青一段岩性油气藏有利发育区预测图

3. 青一段储层综合评价

根据原中国石油天然气总公司碎屑岩储层分类标准,结合滨北地区储层特点,将其分为两种类型,即有利储层和较有利储层,它们一般为不同沉积环境,对应不同储集岩相^[19]。

青一段沉积时发生了大规模的海侵事件,湖盆面积迅速扩大。自北向南发育冲积扇—河流—三角洲—湖泊沉积体系,在林甸—黑鱼泡形成大规模三角洲复合体。有利储层主要分布在乌裕尔、黑鱼泡

南部、齐齐哈尔以东,主要为三角洲前缘及少量滨浅湖相的沉积,砂体厚度在20~30 m,砂岩百分含量为30%~70%,孔隙度大于20%同时渗透率大于 $50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。较有利储层分布在乌裕尔凹陷北部、拜泉—明水地区及有利储层周边地区,主要为曲流河道及三角洲平原沉积,砂体厚度为30~70 m,砂岩百分含量为40%~80%,孔隙度在15%以上同时渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

4.青一段岩性油气藏有利发育区预测

在青一段源岩排烃强度分析,成藏体系划分和成藏门限研究和储层综合评价的基础之上,将三者叠合进行预测,综合青一段岩性圈闭有利发育预测的结果,得到滨北地区青一段岩性油气藏有利发育区预测图(见图2)。

(1) I类岩性油气藏发育区

黑鱼泡凹陷西北部与克山依龙背斜交接地区:青一段发育三角洲前缘砂体,有利于岩性圈闭的形成;同时坡折带发育,有利于岩性圈闭发育;砂岩百分含量在10%~30%之间,亦为岩性圈闭有利发育区。同时位于青一段排烃范围和有利成藏体系内。

(2) II类岩性油气藏发育区

3个二级构造带(乌裕尔凹陷、黑鱼泡凹陷和克山依龙背斜带)交界部、乌裕尔凹陷南部、黑鱼泡凹陷中东部地区;3个地区青一段为三角洲前缘相沉积,位于构造坡折带上或附近,砂岩百分含量为10%~30%,有小部分地区大于30%但小于50%,岩性圈闭评价为较有利级别,此外这3个地区处于排烃凹陷的次中心—边缘地带,均位于有利成藏体系内。

(3) III类岩性油气藏发育区

乌裕尔凹陷东南部和黑鱼泡凹陷构造边界地区:三角洲前缘和半深湖地区,位于构造坡折带边缘,砂岩百分含量为10%~50%,大部分地区在30%以下,处于排烃凹陷的边缘地区,但均位于有利成藏体系内,储层物性评价较I类和II类有利区差,综合评价为III类岩性油气藏发育区。

参 考 文 献

[1] 方祖康,庞雄奇.松辽盆地滨北地区早期评价[D].大庆:大庆石油学院,1994.
[2] 卢双舫.松辽盆地滨北地区烃源岩条件研究与资源评价

[D].大庆石油学院,2004:48-60.

- [3] 杜金虎,易士威,张以明,等.二连盆地隐蔽油藏勘探[M].北京:石油工业出版社,2003:74-83.
[4] 孙龙德.东营凹陷中央隆起带沉积体系及隐蔽油气藏[J].新疆石油地质,2000,21(2):123-127.
[5] 李丕龙.断陷盆地油气聚集模式及其动力学特征[J].石油大学学报:自然科学版,2000,24(4):26-28.
[6] 雷茂盛,王文革,李春柏.松辽盆地岩性圈闭形成机理及识别方法[J].大庆石油地质与开发,1999,18(3):7-9.
[7] 傅广,张云峰,杜春国.松辽盆地北部岩性油藏形成机制及主控因素[J].石油勘探与开发,2002,29(5):22-24.
[8] 胡宗全.砂体连通性评价在隐蔽圈闭预测中的应用[J].新疆石油地质,2003,24(2):167-170.
[9] 王英民,刘豪,李立诚,等.准噶尔大型拗陷湖盆坡折带的类型和分布特征[J].地球科学:中国地质大学学报,2002,27(6):683-688.
[10] 林畅松,刘景彦,张燕梅.沉积盆地动力学与模拟研究[J].地学前缘,1988,5:119-125.
[11] 陈广军,宋国奇,王永诗,等.斜坡带低位扇砂岩体岩性油气藏勘探方法——以埕岛潜山披覆构造东部斜坡带为例[J].石油学报,2002,23(3):34-38.
[12] 张善文,王英民,李群.应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J].石油勘探与开发,2003,30(3):5-7.
[13] 胡朝元.生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论[J].石油学报,1982,3(2):9-13.
[14] 刘兴材,钱凯,吴世祥.东营凹陷油气场环对应分布论[J].石油与天然气地质,1996,17(3):185-189.
[15] 隋凤贵,罗佳强,曹建军.应用排烃强度预测深陷期砂砾岩扇体的含油性[J].石油实验地质,2004,26(1):47-52.
[16] 李丕龙,庞雄奇,陈冬霞,等.济阳拗陷砂岩透镜体油藏成因机理与模式[J].中国科学:D辑,2004,34(增刊):143-151.
[17] 陈世悦,纪友亮.松辽盆地滨北地区层序地层学研究与非构造圈闭预测[R].2004.
[18] 周杰,庞雄奇.一种生、排烃量计算方法探讨与应用[J].石油勘探与开发,2002,29(1):24-27.
[19] 金奎励.论砂岩储集岩相[M].北京:石油工业出版社,2000,2(2):11-17.

(修改回稿日期 2007-04-11 编辑 居维清)