

伊通地堑油气资源的定量评价

李 伟 李明诚 李广东^①

(中国地质大学, 北京 100083)

伊通地堑自 1987 年以来钻井百余口, 但用传统方法计算出的资源量与实际勘探结果相差太大。作者利用自己所建立的模拟方法, 对本区重新进行了生、排烃和最大聚集量模拟。根据模拟结果, 本区已发现的资源量与最大聚集量之比仅为 10%。造成这种情况的原因主要是由于本区沉积物近物源、分选差, 使得聚集层与泥岩之间的物性差很小, 导致区域性盖层或直接盖层缺乏以及二次运移空间太大, 大量油气被吸附或散失在地层之中而难以聚集。

关键词 伊通地堑 聚集量模拟 资源量评价 储盖层的相对性

第一作者简介 李伟 男 26 岁 博士 石油地质

1987 年中国在伊通地堑发现了长春油气田, 首次证明了陆相的地堑型盆地也能有工业性的油气聚集(高荫清等, 1990)。自此以后, 几年内在该区钻井百余口, 但至今无重大发现, 而且用常规的方法(如有机碳法、热模拟法、蒂索法)计算生烃量、再类比出的资源量大多在 $4 \times 10^8 \sim 6 \times 10^8 \text{t}$ (田世澄等, 1990), 与实际勘探结果相差甚大。本文的目的是利用新的、不同于传统的方法对该区资源量进行模拟, 以达到验证和对比以前的计算结果, 并从区域地质背景条件上分析和解释该区油气资源的特征及今后的勘探方向。

1 伊通地堑的石油地质特征

伊通地堑位于吉林省东部, 呈北东向展布, 长约 140km, 宽约 10~20km, 面积约 2200km², 属郯庐断裂带的北延部分, 是中国新生代较典型的双断式地堑型盆地(段忠中等, 1990; 丁正言等, 1993)。其西北边界断层陡立, 延伸较平直, 是控制盆地发育的主要走滑断层; 东南边界断层落差较西北边小。新生代沉积西北厚、东南薄, 地层产状倾向西北。伊通地堑自西南向东北呈凹凸相间的构造格局, 主要有莫里青、鹿乡、新安堡、波泥河等四个凹陷和伊丹、五星、万昌等三个凸起(图 1)(韩广玲等, 1988)。

伊通地堑南北狭长, 东西很窄, 而物源来自东西两边的隆起区, 所以近物源、分选差、相带窄是该区沉积最大的特征。再加上地堑南北两段、东西两侧的构造活动在时空上的不均匀性, 使本区各凹陷地层无论在分布上和厚度上都有较大分异。

本区发育有下第三系双阳组(E_{2s})奢岭组(E_{2sh})和永吉组(E_{2y})、万昌组(E_{3w})、齐家组(E_{3q}), 上第三系岔路河组(N_{1c})和第四系(Q)地层(见表 1)(魏得恩等, 1990; 康伟力等, 1990)。其中双阳组、奢岭组和永吉组为其三套生油层系, 生油母质以陆源高等植物为主, 缺

^① 参加工作的还有魏得恩、景成杰、姜红等

乏水生浮游生物,干酪根以 I_B 和 II 型为主。据一千多个样品统计,该区的地化指标如表 2 所示。

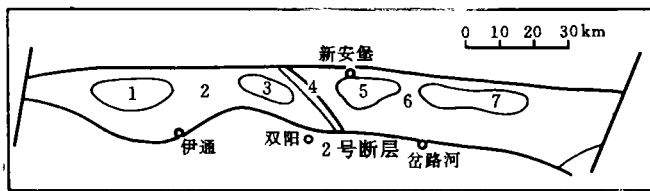


图 1 伊通地堑构造单元划分

1. 莫里青凹陷; 2. 伊丹凸起; 3. 鹿乡凹陷; 4. 五星凸起; 5. 新安堡凹陷; 6. 万昌凸起; 7. 波泥河凹陷

表 1 伊通地堑地层简表

系	统	组	厚度 (m)	地质年龄 (Ma)	岩性简述
上第三系	中新统	岔路河	0~839	23.7	灰绿色泥岩与杂色砂砾岩互层
下第三系	渐新统	齐家	0~581	28.2	灰绿色泥岩夹薄层粉砂泥质粉砂岩
		万昌	0~1211	36.6	灰绿色泥岩与厚层砂砾岩互层
	始新统	永吉	600~1400	42	灰、灰黑色泥岩夹砂质岩
		奢岭	400~640	50.5	灰黑与黑色泥岩
		双阳	600	57.8	灰黑、黑色泥岩夹厚层砂砾岩,底部为砂砾岩
基岩				花岗岩	

表 2 伊通地堑各生油岩有机地球化学综合特征表

层位	有机碳含量 (%)	氯仿沥青含量 ("A"%)	总烃含量 (Hc%)	"A"/Toc	"Hc"/Toc	干酪根类型	门限深度 (m)
永吉组	0.678~1.216	0.023~0.041	0.015~0.023	2.045~6.026	1.255~3.381	I _B -II	1900~2400
奢岭组	0.978~1.338	0.028~0.127	0.020~0.086	2.859~9.478	2.014~6.448	偶见	
双阳组	0.787~1.378	0.071~0.102	0.043~0.054	7.337~9.839	3.919~6.411	II _A -I	

砂岩是本区主要的储集岩,较好的储集层段是双一段底部砂砾岩体、双二段的砂砾岩体、奢岭组的砂岩、永三段的砂岩以及万昌组底部的砂砾岩。各组段砂岩储集物性见表 3。

泥质岩是本区的主要盖层,其封闭机制主要是毛细管封闭。各组段盖岩的物性见表4。

本区的圈闭类型按其成因可分为构造和地层、岩性两大类。在构造圈闭中以与断层活动有关的圈闭为主。在地层岩性圈闭中可能有与地层上倾尖灭和岩性变化有关的圈闭(周景田,1988)。

本区的油气显示不论在平面上还是剖面上其分布都非常广泛,例如在68口钻井中有65口井都有油气显示,大部分属萤光级,剖面上的油气显示井段最长可达2000m(周景田,1988)。而本区油气最大特点是油轻气重,所产原油的密度大部分低于0.85,属轻质油,还有部分凝析油。而天然气中甲烷的含量一般只有60%,而重烃气体可高达40%(韩广玲等,1988)。

表3 伊通地堑各组段砂岩储集物性简表

物 性		双一段	双二段	奢岭组	永吉组
孔隙度(%)	范围	3~15	4~20	2~23	4~23
	均值	8.3	12.7	13.0	10.7
渗透率($10^{-6}\mu\text{m}^2$)	范围	0.01~351	0.01~2562	0.02~112	0.02~98.5
	均值	60.51	486.43	39.30	20.67

表4 伊通地堑各组段盖岩物性简表

组 段	孔隙度(%)		渗透率($10^{-6}\mu\text{m}^2$)		突破压力(MPa)		中值半径(μm)	
	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值
永吉组	1~19.1	10.0	0.001~ 4.68	1.97	0.05~ 10	2.86	0.006 ~1.2	0.609
奢岭组	2.5~ 10.4	6.1	0.0074~ 66.1	8.16	0.01~2	0.97	0.03~ 6.0	0.787
双阳组	1.0~9.1	4.8	0.0012~ 5.8	1.11	0.05~9	1.61	0.007~ 1.2	0.127

2 模拟原理和参数

资源量的定量评价实际上就是油气聚集量的模拟。传统上聚集量的计算只能用类比法和圈闭法求取,现在作者已建立了聚集量模拟系统,主要依据是油气生成以后就要发生运移,在运移过程中就要散失。当运移量大于散失量则可能有聚集量;反之则无油气的聚集。聚集量的模拟就是定量地研究这两个过程的动平衡关系。该模型的最大特点,对石油来说,是根据生、排动平衡的溢流型排油原理,先直接求出排油量,再根据地化资料直接求出未排油

量,两者之和即为生油量(李明诚,1994)。它避免了传统地化和类比方法在地质模型和数学模型上的一些问题,自1986年以来在很多地区应用这种模型均获得满意而合理的结果(李明诚,1994;1988),目前已成为一种模拟排油量和生油量的新方法(图2)(李明诚、李伟,1995)。对天然气来说,由于很难实测得源岩中未排出的气量,因此只能用传统的有机碳视生气率法首先求出生气量,再根据地下温度、压力、孔隙度、溶解度,确定出地下天然气的运移相态,然后将各相态的排气量加起来即得总排气量(李明诚,1994)。由于聚集量是在生、排烃量的基础上才能进行,因此这种聚集量的地质模型是一种全新的思路和方法(图3)(李明诚、李伟,1995)。

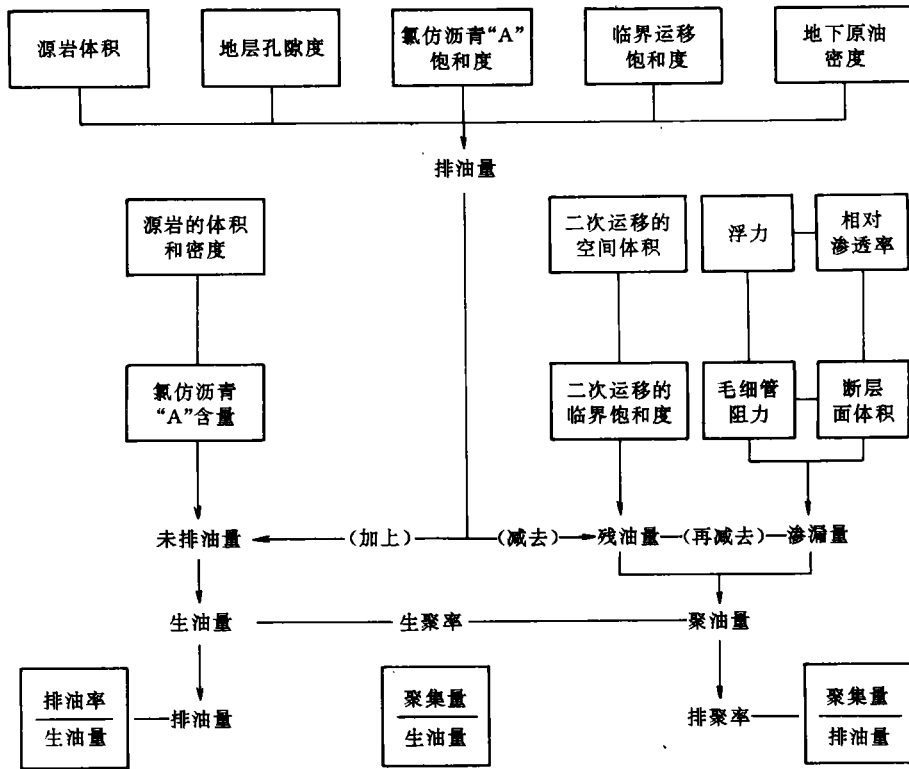


图2 石油聚集量模拟原理

通过收集和研伊通地堑的构造(地堑的演化、断层的发育)、沉积(地层分布、沉积相带、砂泥岩的比例)、有机地化(有机碳、氯仿沥青“A”、总烃含量、干酪根类型、热演化程度)、钻井(地层分层、埋深、声波时差、油气显示和砂泥岩物性)及地震剖面等资料,编绘了地层等厚图、生油岩等厚图、各层底界埋深图、各层的氯仿沥青“A”曲线、孔隙度曲线、氯仿沥青“A”饱和度曲线等,再根据油气显示和油气分布上限确定出二次运移空间和油气渗漏的边界。在此基础上,模拟出生烃量、排烃量和各种散失量,最后得到油气的最大聚集量。

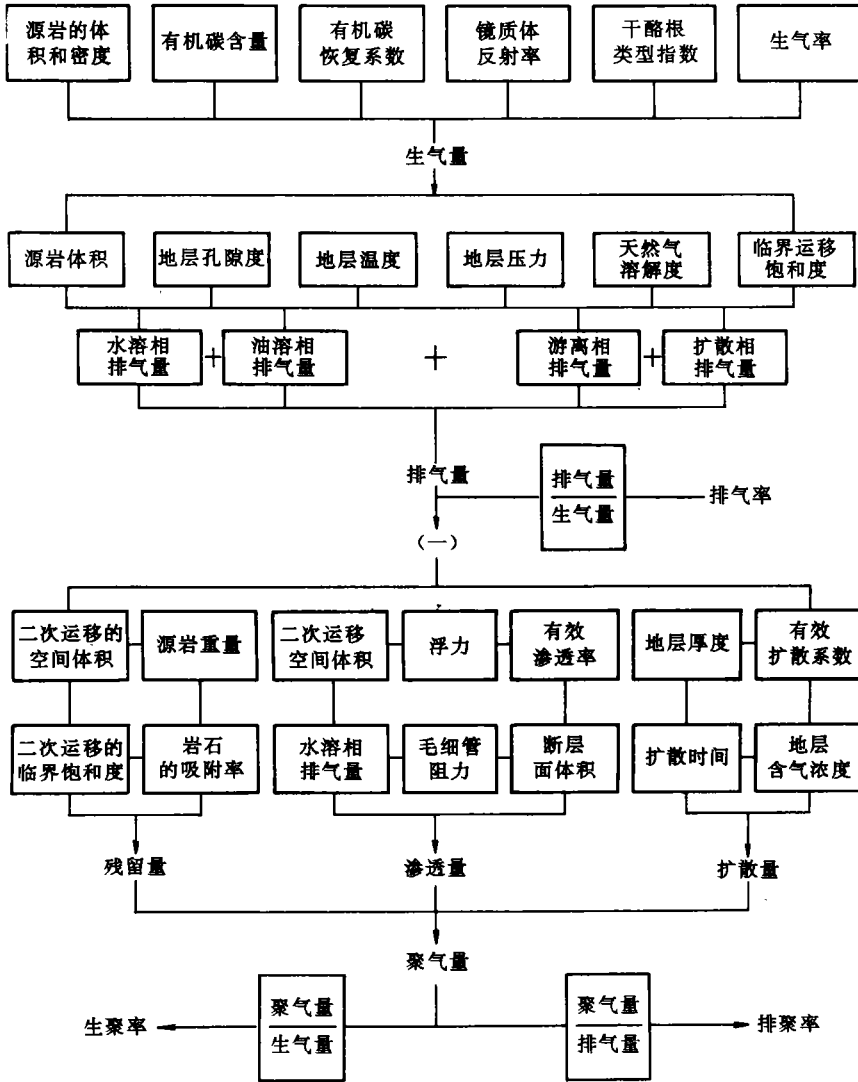


图 3 天然气聚集量模拟原理

3 模拟结果及其地质解释

聚集量模拟结果:石油最大聚集量为 $1.8 \times 10^8 \text{t}$, 天然气最大聚集量为 $1500 \times 10^8 \text{m}^3$; 综合评价见图 4。这一结果与前人计算的资源量 $4 \times 10^8 \sim 6 \times 10^8 \text{t}$ 相差甚远。造成这一差距的原因首先是模拟方法和根据不同。如前所述, 作者的新方法回避了传统方法在地质模型上的问题, 是比较科学的; 而且还得到如下地质认识, 做为这一模拟结果的解释和验证。

3.1 油气二次运移空间大

本区泥岩含砂量普遍高达 20%, 而砂岩中的含泥量也在 10% 以上(孙永传等, 1990), 结果造成砂泥岩的物性差值小。例如渗透率, 若以砂岩最小值 ($10^{-2} \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$) 与泥岩最大值

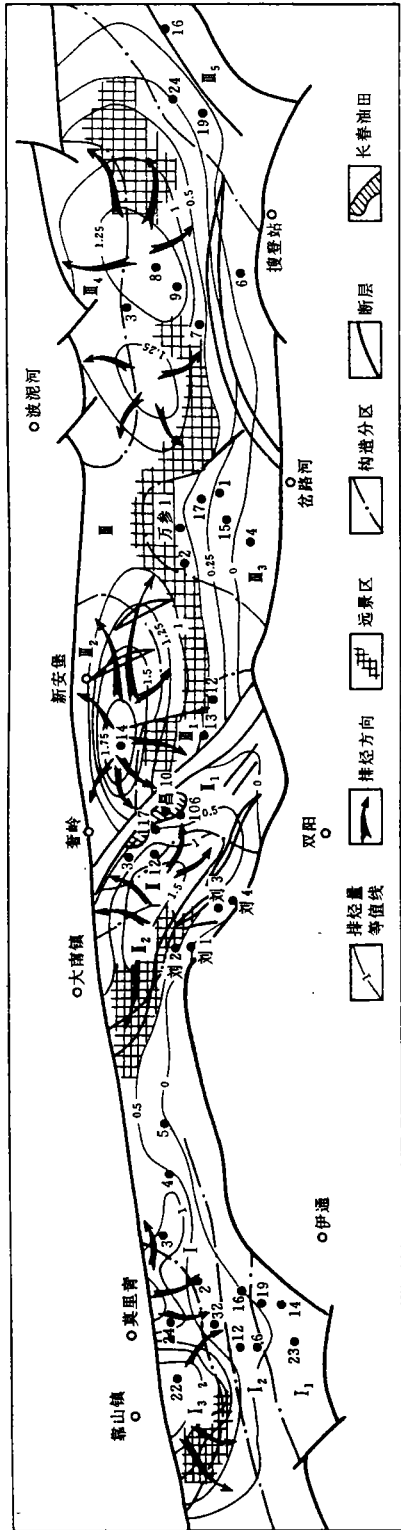


图 4 鄂通地堑型排烃量及勒尔逊烃源预测

($5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)配置,只差一个数量级;若砂岩最大值($11.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)与泥岩最小值($6.5 \times 10^{-6} \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)相配置,可相差 6 个数量级。对比油气很富集的辽河西部凹陷,两者的渗透率相差在 10 个数量级以上(李明诚、李伟等,1993)。根据毛细管封闭机制和储盖的相对性,可见砂、泥岩物性差异性越大封盖条件越好,油气富集的可能性也就越大,反之则相反。此外,砂、泥岩物性差异性越小,也必然导致二次运移的通道空间越大,而这一空间的大小直接关系到油气的散失量、运移量,以及最终的聚集量。显然,二次运移空间越小,对油气的聚集越有利,反之则越不利。根据研究,本区油气的二次运移空间约占整个非生油输导层空间的 45%,而辽河西部凹陷则只约占 25%(李明诚、李伟等,1993),这是本区油气显示广泛而油气却难以聚集的重要原因。

3.2 油气散失多

本区所产的凝析油、轻质油以及重烃气体,主要与陆源母质有关,并非全是过成熟的产物。这种母质具有相当的生油和生气能力,致使油气在地下相互溶解,并广泛呈气溶相和油溶相运移,运移相态的转变和运移组份的分异也是本区油轻气重的主要原因。由于甲烷气体较其它重烃气体易于运移,使其在浅处相对富集,而在构造高部位或长期抬升地区则优先散失,而这些部位和地区也正是目前产油气或油气显示最多的地方,因此可以说本区油轻、气重的现象也反映了油气大量散失的情况。

3.3 构造圈闭少

本区虽然是地堑型盆地,但除了周边发育的边界断层和地堑内的 2 号断层外,其它明显可见的断层不多。本区唯一发现的油气田即在 2 号断层的上升盘上,而继承性的古隆起如万昌隆起、伊丹凸起,大多发育在盆地边缘,而缺乏一般断陷盆地中常有的凹中隆构造带,而这正是断陷盆地中油气富集的主要地区,虽然还可能有与地层尖灭和岩性变化有关的地层和岩性圈闭,但这些圈闭毕竟难于勘探,这也是本区油气难于富集的重要原因。

3.4 勘探至今未发现新的油气藏

本区自 1987 年发现长春油气田后至今钻井百余口,三维地震复盖全区,但再无新的发现和突破。这一勘探的事实也说明本区油气藏资源并不如以前计算的那么丰富。

4 结 论

4.1 油气保存条件是资源量评价的关键

通过定量模拟得知本区的总生油量约为 $48 \times 10^8 \text{t}$,而排油量约为 $12 \times 10^8 \text{t}$,排油率平均为 25%,而最大的石油聚集量仅为 $1.8 \times 10^8 \text{t}$;天然气的总生气量约为 $3 \times 10^4 \times 10^8 \text{m}^3$ 最大的聚集量仅为 $1500 \times 10^8 \text{m}^3$,说明油气大部分散失或分散残留在地层之中,可见生烃量的多少只是资源量评价的基础,而油气的保存条件则是评价的关键因素。

4.2 砂泥岩的物性比和二次运移空间又是决定保存条件好坏的重要参数

根据毛细管封闭机制和储盖层的相对性,作者就砂、泥岩的渗透率进行了相对性的比较,结果发现本区仅相差 6~7 个数量级,而渤海湾盆地产油气较多的西部凹陷可达 10 个数量级以上。可见,差异性越大,封盖条件越好。此外,砂、泥岩物性相差越小必然导致二次运移空间大。本区的二次运移空间约占输导层的 45%,而西部凹陷只约占 25%。显然二次运移空间越大将使油气更多地分散和残留在地层之中而难以聚集,因此它们是决定保存条件好坏的重要参数。

4.3 加强非构造圈闭的研究与勘探是本区今后寻找油气的方向

本区是狭长型的地堑盆地,与渤海湾盆地的含油气凹陷相比,缺乏各种成因的背斜和凹中隆构造,除边界断层外,地堑中断层并不发育,因此与断层有关的圈闭也并不多见。而本区相带窄、岩性变化快,加上地层抬升和剥蚀,岩性和地层圈闭肯定是大量存在的,因此应在加强研究的基础上重点勘探。

4.4 地质构造特征是控制本区含油气远景的根本条件

本区地堑型的构造特征不仅决定了北东走向狭长型的外貌,致使两侧近物源、分选差、砂泥混杂,造成砂、泥物性差异小,二次运移空间大,保存条件差,而且也决定了在狭长型地堑中缺乏各种背斜和凹中隆构造,致使构造圈闭不发育,可见本区的含油气远景从根本上说是受控于地质构造条件。

(收稿日期:1995 年 1 月 27 日)

参 考 文 献

- 1 Li Mingcheng. Characteristics and quantitative modelling of natural gas migration in a clastic rock series. *Org. Geochem.*, 1994(3/4):352~355
- 2 李明诚. 石油与天然气运移(第二版). 北京:石油工业出版社,1994
- 3 Li Mingcheng. A new method for quantitative simulating hydrocarbon expulsion and its application. *China Oil and Gas*, 1994(4):28~32
- 4 李明诚,李伟. 油气聚集量模拟的研究. 石油勘探与开发,1995(6):6~12

(下转 56 页)

