

塔北中三叠统披覆构造型勘探层油气资源评价

龙胜祥

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北江陵 434100)

塔北沙雅隆起及邻区的中三叠统可划分出披覆构造型勘探层。在统计或估计其勘探目标数、油气藏体积参数、地层温压及油气物理性质变化规律基础上, 应用勘探层法进行油气资源评价。结果表明, 此勘探层油气资源丰富, 勘探前景广阔。

关键词 塔里木盆地 中三叠统 披覆构造 勘探层法 油气资源评价

作者简介 龙胜祥 男 33岁 高级工程师 石油地质

塔里木盆地北部沙雅隆起及邻区广泛发育中三叠统, 近年已陆续在其中钻获工业油气流, 找到阿克库木等多个含油气圈闭, 成为塔北重要勘探目的层之一。本文拟用勘探层法对其进行油气资源评价。

一、勘探层法简介及勘探层概述

(一) 勘探层法及其软件简介

勘探层法之评价对象是勘探层。这里的勘探层不同于我国传统的概念, 它不是一个地层单元, 而是一组具相同或相似沉积环境、油气来源、构造发展史、圈闭机制等诸多地质特征的勘探目标, 这些勘探目标有些可能已被发现为油气藏, 有些则有待进一步勘探证实。

在勘探层定义基础上, 勘探层法形成了两个重要假设: 一是勘探层可看作一相关总体, 其间控制油气藏资源量的主要控制因素(如圈闭面积、储层厚度、孔隙度等)的空间变化规律, 符合正态分布或对数正态分布; 二是油气发现过程可看作从油气藏母体中进行的不放回有偏抽样过程, 即大油气藏往往比小油气藏先发现。

勘探层法之基本思路和评价过程是, 首先在区域地质分析和成藏模式研究基础上, 准确划分出勘探层。当然, 这里的勘探层划分受控于当时当地的勘探研究程度, 随着勘探的进展和研究的深入, 已划分出的勘探层可进一步分解或合并。第二步即是依据前述二假设, 应用油藏工程和概率论原理, 研究勘探层油气储集空间的分布规律、勘探目标的空间展布、所处地质环境及油气存在状态, 兼顾油气来源、运移、聚集与保存条件, 通过一系列统计与处理, 得到油气资源量的概率分布。

在勘探层法计算机系统软件中, 美国地质调查所 R. A. Crovelli 等研制的 FASPUM(石油资源快速评价系统公制通用版)具有运算快速、结果简明之特点, 现已广泛用于北美、西欧、CCOP

收稿日期: 1992-08-12 改回日期: 1992-12-20

本文系在《东亚沉积盆地分析计算机软件的开发和利用》课题研究成果基础上编写的。

成员国油气资源评价中。本文即用此软件对塔北中三叠统披覆构造勘探层进行评价。

(二) 塔北中三叠统披覆构造勘探层概述

塔北三叠系是在海西期古侵蚀面之上沉积的陆相地层。在各类高点上,中三叠统继承了下三叠统披覆体系,广泛发育披覆构造。这类构造在后期可能受挤压而幅度加强,但总的来说其成熟度不高,断层几乎均发育于翼部,大多数构造均能形成一定规模的圈闭,迄今已在其中发现近十个含油气构造,证明是塔北重要的勘探目标。本文将沙雅隆起及邻区的中三叠统披覆构造划分为一个勘探层,北界和东界为储层尖灭线,西界是沙西凸起西缘,南界为沙西凸起和哈拉哈塘凹陷南缘及其以东的现今资料控制边界(图1),包括阿克库勒鼻凸、哈拉哈塘凹陷、沙西凸起中南部及满加尔坳陷北部。

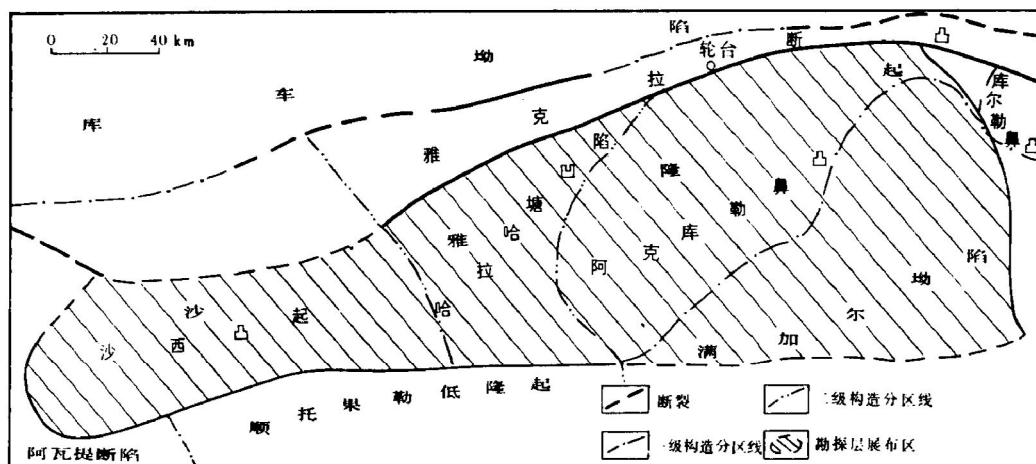


图1 勘探层位置图

勘探层的储集层是河湖、三角洲相砂岩,上覆泥岩是理想的地区性盖层^[1],二者在纵向上形成两个连续式储盖组合^[2]。下组合规模大,分布广,变化稳定;上组合规模小,局限于阿克库勒、满加尔一带。

据康玉柱等分析^{*},该勘探层油气主要来自古生代碳酸盐岩地层,运移通道为T₃不整合面和断裂等,次要来源为三叠系本身。

综合各种地质因素,笔者对该勘探层评价如下(图2):(1)最有利地区包括阿克库勒鼻凸中部及其向东向西延伸区域,披覆构造和断裂发育,储盖层质量佳,十分有利于油气运聚,现已发现多个含油气圈闭;(2)西部储层质量佳,油气运聚条件有利或较有利,但披覆构造不太发育,盖层质量属较好级,为较有利地区;(3)阿克库勒鼻凸南部和哈拉哈塘南部披覆构造发育,盖层质量佳,储层和油气运聚条件均属较好级,故而为有利地区;(4)北部及东部储层质量最好或好,油气运聚条件一般,盖层质量不太好,披覆构造从发育到较发育不等,故亦为较有利地区;(5)满加尔一带盖层质量佳,储层属较好级,构造不十分发育,油气运聚条件不大有利,故此区是较不利地区。

* 地质矿产部西北石油地质局,新疆维吾尔自治区塔里木盆地北部地区油气普查勘探及主要油气田评价,1990,及咨询意见。

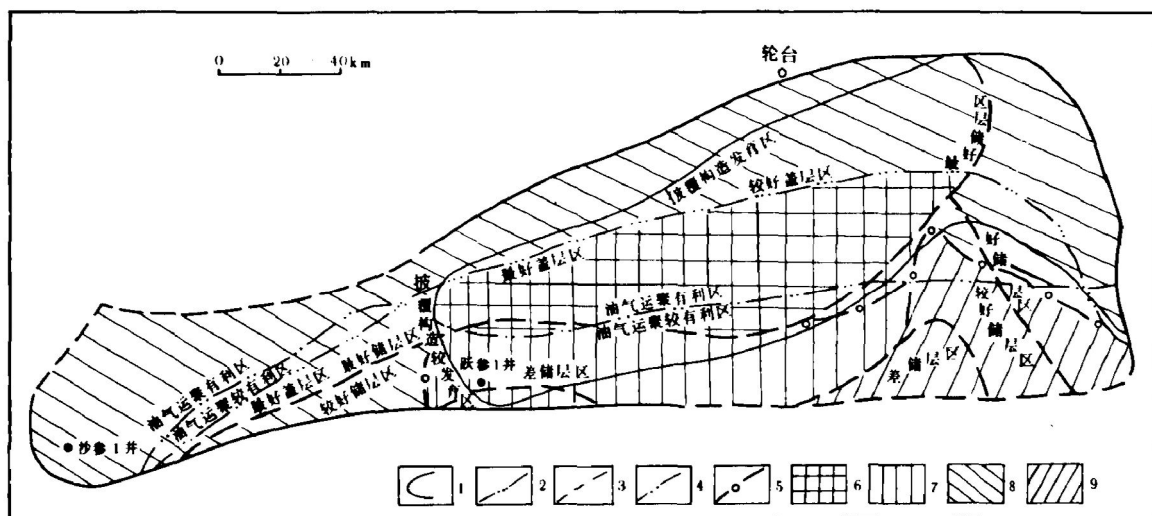


图2 勘探层综合评价图

1—构造评价分区线, 2—盖层评价分区线, 3—储层评价分区线, 4—油气运聚评价分区线, 5—综合评价分区线;
6—最有利区, 7—有利区, 8—较有利区, 9—不大有利区

二、勘探层油气资源评价

(一) 参数取值

1. 基本数据

FASPUM 所需基本数据如表 1。

(1) 勘探层含油气性

由于已获油气, 该勘探层的边缘概率及油气源、油气运移、有利储集相、有利圈闭四因素的存在概率均为 1.0。

(2) 勘探目标含油气性

勘探层内任一勘探目标之含油气性取决于有效圈闭、有效孔隙度、油气聚集是否存在。

所谓有效圈闭系指闭合面积大于或等于下限值的圈闭。关于此下限值, Richard Sinding-Larsen 等^{*}定为 2.4 km^2 。鉴于塔北已发现油气田多为中小型和勘探具有多目标的特点, 笔者认为小于 2.4 km^2 的圈闭亦有勘探意义, 故将圈闭面积下限值取为 1.5 km^2 。中三叠统披覆构造受后期改造作用小, 断裂几乎只发育于翼部, 故此类构造几乎 100% 能形成圈闭, 只有极少数的构造圈闭面积小于 1.5 km^2 , 因而将有效圈闭形成概率赋为 0.90。

有效孔隙度: 莱复生认为, 孔隙度 $< 10\%$ 的砂岩属差的或无价值的储集岩^[3]。因此本文将有效孔隙度下限值取为 10%。笔者统计了勘探层 709 个孔隙度分析数据, 其中只有 32 个数据 $< 10\%$, 占总数的 4.5%。勘探层东南部满加尔一带沉积环境主要为浅湖—半深湖—深湖, 储层物性可能变差; 另外, 各种成岩作用, 诸如压实作用、胶结作用等的影响, 有可能造成局部区域, 特别是埋深较大的北缘储层物性变差, 因此, 将有效孔隙度的存在概率取为 0.90。

* CCOP WGRA 会议文件, 1988

表1 勘探层评价基本数据表

勘探层级因素		概 率		勘探目标级因素				概 率			
油 气 源		1.0		有效圈闭				0.9			
有利的圈闭与运移时间配置		1.0		有效孔隙度				0.9			
油 气 运 移		1.0		油气聚集				0.62			
有利储集相		1.0		含油气概率				0.5022			
边 缘 概 率		1.0									
油 气 藏 参 数	储层岩性			砂岩							
	油气配合比			油				0.9			
				气				0.1			
	概 率 (%)			100	95	75	50	25	5	0	
	圈闭面积 (km ²)			1.5	3.0	6.0	10.0	20.0	40.0	90.0	
	储层厚度 (m)			1.0	65.0	78.0	88.0	100.0	130.0	170.0	
	有效孔隙度 (%)			10.0	15.0	18.5	20.6	23.0	26.0	30.0	
	圈闭充填率 (%)			5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	60.0	80.0	
	含油气饱和度 (%)			40.0	45.0	50.0	60.0	70.0	85.0	100.0	
	储层埋深 (m)			3600	3760	4140	4500	4760	5220	5600	
可钻探勘探目标数				24	27	33	42	56	76	100	

油气聚集：在油气源丰富、圈闭形成时间早、盖层良好的条件下，能否形成油气聚集的关键在于是否发生了有效运移。在油气运移中，断层是主要控制因素之一，这已为勘探实践所证实，据叶德胜^{*}统计，阿克库勒-达里亚地区已钻11个披覆构造中，8个发育断层者均获油气流，而3个不发育断层者只有1个获油气流，说明断层有利于油气运移聚集。目前已对勘探层的16个勘探目标进行了钻探，10个含油气，成功率为62.5%，即含油气概率 $\geq 62.5\%$ 。考虑到钻井定位和工艺方面的因素，以及这些勘探目标未形成有效圈闭的可能性，估计16个勘探目标发生油气聚集的概率在70%左右。以此抽样推测所有勘探目标时，注意到已钻目标多发育断层，未钻目标多不发育断层这一事实，故将概率调整为0.62。

据上三因素存在概率即算得勘探目标含油气概率为0.5022。

(3) 油气藏参数

储层岩性：砂岩。

油气配合比：现今勘探层中只发现油藏，伴生气顶气或溶解气。由于古生代源岩部分已演化至干气阶段，而三叠系含煤，不排除勘探层中存在非伴生气藏的可能性，故将油气配合比取为：油0.9，气0.1。

圈闭面积：由于勘探层展布区勘探程度不高，加之地震波速度横向变化大，难以确定幅度不大的圈闭。笔者统计了11个圈闭的面积，其变化范围为3.1—12.3—85.0 km²，据此将圈闭面积概率分布确定为：100%概率的下限值为1.5 km²，0%概率的值为90.0 km²（比已知最大值稍大，因为不能完全排除今后找到更大圈闭的可能性），50%概率的值为10.0 km²（比已知数据的中位值12.3 km²稍小，因为现在发现的多半是圈闭中较大者，故实际中位值必小

* 叶德胜。咨询材料。

于现今抽样的中位值), 其它值按对数正态模型确定。

储层厚度: 勘探层的储层厚度一般为 60—160 m, 其平面分布见图 3。储量规范规定: 油层有效厚度的起算数为 0.2—0.4 m。本文将下限值稍加提高定为 1.0 m, 因此 100% 概率的储层厚度取值为 1.0 m, 其它概率的取值是根据图 3 按展布面积统计而得。

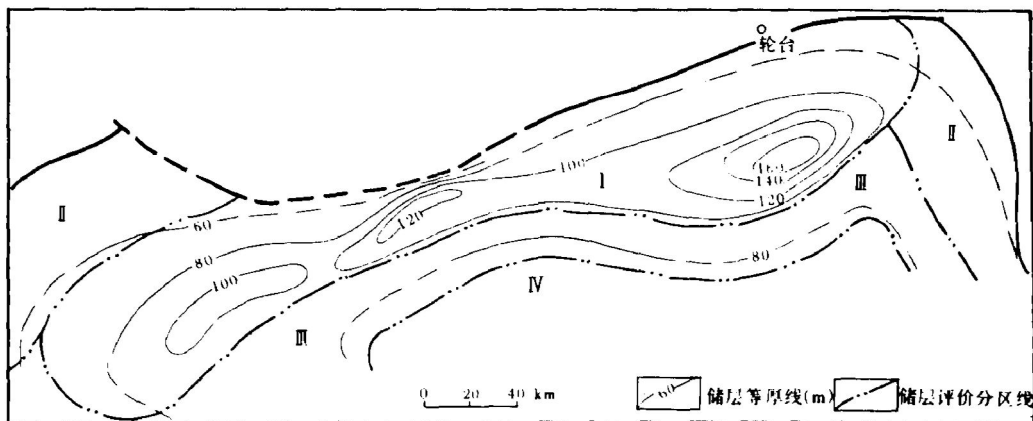


图 3 勘探层储层分布图

I—最好储层区, II—好储层区, III—较好储层区, IV—差储层区

有效孔隙度: 孔隙度实测数据多, 但主要取自十多口井, 为防止这种畸型分布影响统计结果的代表性, 只对每口井的孔隙度平均值和所有实测数据中最大值进行统计, 100% 概率取下限值 10%, 0% 概率取 30% (比实测最大值 28.98% 稍大)。50% 概率取中位数 20.6%, 其它值依对数正态模型内插。

圈闭充填率, 该勘探层中圈闭的充填率较低, 多在 10%—30% 之间。由于数据少, 只能作主观估计: 大率 (100%—25%) 依据上述变化范围作估计, 小概率 (5%、0%) 参考程学福等* 的估计分布进行取值。

含油气饱和度: 只有几个实测和测井数据, 变化范围为 47.10%—65.68%, 大率 (100%—25%) 据此估计取值 (表 1), 小概率 (5%、0%) 参考程学福等** 的估计取值。

埋深: 将三叠系顶面埋深图与上三叠统厚度图叠加即形成中三叠统顶面埋深图 (图 4), 据此图按面积统计勘探层的埋深概率分布。

(4) 可钻探勘探目标数

主要根据披覆构造分布 (图 5) 和勘探程度, 结合各区块具体地质条件取值。现已落实 24 个披覆构造 (图 5 实线), 故 100% 概率取值为 24, 另有 18 个需进一步勘探落实的构造或地震隆起 (图 5 虚线), 将此数与落实构造数 (24) 相加即得到概率为 50% 的勘探目标数 (42)。阿克库勒中部 2600 km² 的长方形区域勘探程度最高, 二维地震密度几乎均达 1×1 km, 局部还作了三维地震, 共发现 13 个披覆构造, 以此披覆构造推测整个勘探层 (展布面积约 27000 km²), 最多只有 135 个披覆构造 (即勘探目标)。但实际上, 由于地质条件发生横向变化, 勘

*, ** 地质矿产部西北石油地质局地质大队, 地质矿产部石油地质中心实验室, 新疆塔里木盆地东北地区油气资源评价及预测, 1990

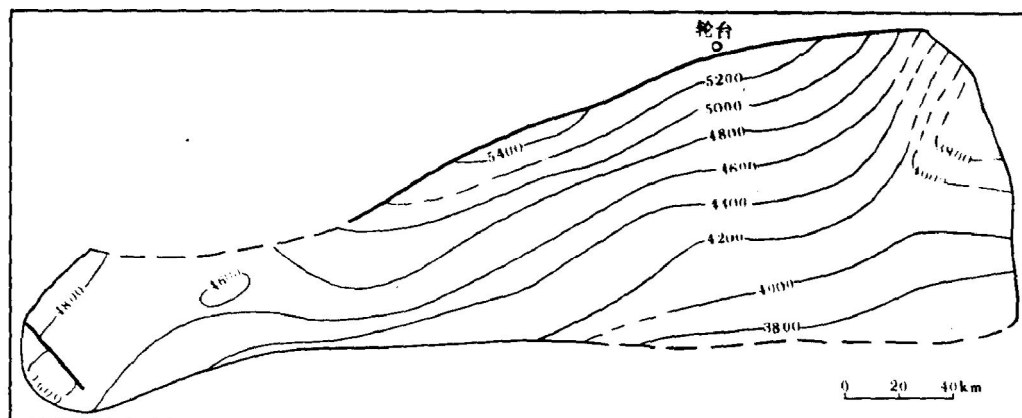


图4 中三叠统顶面埋深图
(原始资料据康玉柱等, 等深线单位: m)

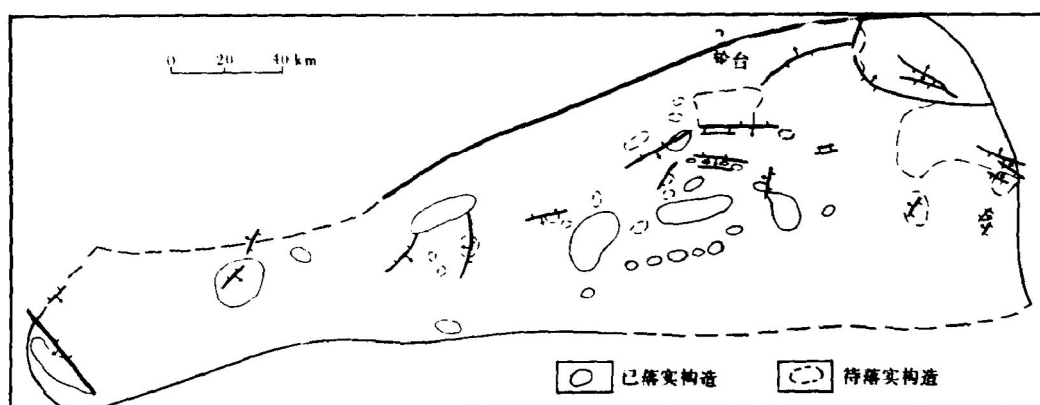


图5 披覆构造分布图
(据康玉柱等, 按叶德胜咨询材料修改)

探层西部、北缘勘探目标密度相对较小, 因此将勘探目标上限值(0%概率下取值)调整为100。其它概率下取值依对数正态模型内插。

2. 附加数据 (表2)

表2 勘探层评价附加数据表

变 量	函 数	A	B	D	A	B	D	A	B	D	A	B
原始地层压力	一段线性	0.1132	1.0									
地 层 温 度	一段线性	0.0211	286.0									
气 油 比	一段线性	0.0	240.0									
石油体积系数	一段线性	0.0	1.60									
天然气压缩系数	四段线性	-0.00021	1.0	700	-0.000247	0.853	1470	0.0000698	0.834	1900	0.000127	0.864

石油底界深度: 7800 m, 原油采收率: 30%, 天然气采收率: 60%

FASPUM 还用到原始地层压力、温度、气油比、石油体积系数及天然气压缩系数五个变量,并规定了分段线性 ($A \times D + B$)、指数 [$A * e^{B \times D}$]、幂 ($A \times D^B$) 和对数 ($A * \ln (B \times D)$) 四种与深度的函数关系供选择。

(1) 原始地层压力: 取一段线性函数, B 是地表力取 1.0×10^5 Pa; A 是压力梯度, 据某井测试资料算得 $A = 0.1132 \times 10^5$ Pa/m。

(2) 地层温度: 取一段线性函数, B 是地表温度, 取 $B = 286$ K; A 为地温梯度, 据某井资料, 扣除地表下恒温层 (均厚 30 m), 则得 $A = 0.0211$ K/m。

(3) 气油比: 据测试资料, 勘探层气油比多在 $50\% - 250 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 间, 而且随深度的变化不明显, 故将此参数定为常数, 取某井实测值 $205 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 转化为 FASPUM 要求的单位则为 $240 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

(4) 石油体积系数: 由某井的气油比 $205 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 、原油密度 $0.8578 \text{ t}/\text{m}^3$ 、天然气相对密度 0.63 、产层温度 105.58°C , 在斯坦丁求饱和石油体积系数的诺谟图上查得石油体积系数为 1.60 。

(5) 天然气压缩系数: 首先依据天然气各组分物理参数理论值、某井实测天然气组分含量及地层温度、压力随深度的函数关系, 引用对比参数法^[1]计算 20 多个深度处的视对比参数, 并在天然气压缩系数 (Z) 与视对比参数关系图上查得 Z 值; 然后, 据这些数据统计出 Z 与深度之函数关系。

(6) 石油底界: K. K. Landes^[2]所作的油气纵向分布与地温的关系显示, 石油消失带的温度为 350°F (约 177°C), 按前述地层温度函数推算石油底界深度为 7800 m 。

(7) 油气采收率: 按储量规范油藏采收率 ($10\% - 50\%$) 和气藏采收率 ($40\% - 95\%$) 的中间值, 取油采收率 30% , 气采收率 60% 。

(二) 计算结果

将表 1、2 中数据输入 FASPUM, 计算结果简要列于表 3, 表明:

表 3 计算结果简表

勘探层含油气概率 100%							
勘探目标: 含油概率 45.20%、含油气概率 50.22%、干井概率 49.78%							
项	目	平均值	95%	75%	50%	25%	5%
勘探层级	油藏数 (个)	20	10	15	19	26	37
	气藏数 (个)	2	0	1	2	3	5
	油可采资源量 (Mt)	100.86	82.543	130.62	179.66	247.20	391.24
	气可采资源量 (Gm ³)	70.951	26.57	43.859	62.115	88.014	145.30
油气藏规模	油藏油资源量 (Mt)	9.6508	1.0215	2.7978	5.6357	11.352	31.094
	油藏气资源量 (Gm ³)	2.3186	0.2452	0.6715	1.3526	2.7245	7.4624
	气藏资源量 (Gm ³)	9.8459	1.0393	2.8484	5.7400	11.567	31.701
勘探目标 风险资源量	油藏风险资源量 (Mt)	4.3665	0.0	0.0	0.0	4.9110	20.114
	伴生气风险资源量 (Gm ³)	1.0480	0.0	0.0	0.0	1.1786	4.8273
	非伴生气风险资源量 (Gm ³)	0.4945	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3753

(1) 勘探层地质条件优越, 油气资源丰富, 石油可采资源量为 82.543—391.24 Mt, 平均值为 200.86 Mt; 天然气可采资源量为 26.57—145.3 Gm³, 平均值为 70.951 Gm³。现今探明油气可采储量比上述低限值还小, 故该勘探层之勘探前景还十分广阔。

(2) 勘探层中可望找到油藏 10—37 个, 平均 20 个; 气藏 0—5 个, 平均 2 个, 迄今在阿克库勒-达里亚地区发现 X 个油藏和含油圈闭。寻找未发现油藏和气藏的有利区域, 是上述地区向西及向南一带, 较有利地区是西部、北部及东部。

(3) 任一未钻的勘探目标之含油气概率为 50.22%, 干井风险为 49.78%, 钻探成功率是比较高的。条件油藏的石油可采资源量为 1.0215—31.094 Mt, 溶解气可采资源量为 0.2452—7.4624 Gm³; 条件气藏之可采资源量为 1.0393—31.701 Gm³。经风险分析, 油藏的风险可采资源量为: 油 4.911 Mt (25% 概率) —20.114 Mt (5% 概率), 伴生气 1.1786 Gm³ (25% 概率) —4.8273 Gm³ (5% 概率下), 气藏的风险可采资源量 0.0 (25% 概率下) —0.3753 Gm³ (5% 概率下)。

结 论

沙雅隆起及邻区中三叠统披覆构造型勘探层油气资源丰富, 勘探前景良好, 其有利地区是阿克库勒-哈拉哈塘的中部和南部, 较有利地区是勘探层西部、北部和东部。应加强对该勘探层, 特别是有利地区的勘探, 力争有更多的发现。

笔者研究中, 曾得到杨登维的指导和康玉柱、刘鹏生、叶德胜、黄福林、熊永旭、杨克明等的帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 高国强等. 塔里木盆地东北地区盖层研究. 见: 贾润胥主编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究 (二). 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 239—246
- 2 叶德胜等. 塔里木盆地东北部储盖组合. 见: 贾润胥主编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究 (二). 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 308—316
- 3 潘钟祥主编. 石油地质学. 北京: 地质出版社, 1986: 44—45
- 4 罗登潭主编. 油层物理. 北京: 地质出版社, 1985: 65—129
- 5 西北大学地质系石油地质教研室编. 石油地质学. 北京: 地质出版社, 1979: 48—57

ASSESSMENT OF HYDROCARBON RESOURCES OF MIDDLE TRIASSIC DRAPE STRUCTURAL PLAY IN NORTHERN TARIM

Long Shengxiang

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, MGMR, Jiangling, Hubei)

Abstract

Middle Triassic in Shaya Uplift and the adjacent area is one of important exploration

targets. Based on the analysis of hydrocarbon-bearing condition, a Middle Triassic drape structural play was identified by adopting play-analysis method. In the calculation and estimation of hydrocarbon-bearing probability of exploration play and exploration prospect, the parameters of oil-gas pools, the number of drillable prospects as well as functional relationship of five geological variations, the above mentioned data and functional relationship were inputted in FASPUM. The result suggests that the play shows wonderful prospects in hydrocarbon exploration, and the amounts of recoverable resources are respectively $0.82543 \times 10^8 - 3.9124 \times 10^8 \text{T}$ and $265.7 \times 10^8 - 1453.0 \times 10^8 \text{m}^3$. Favourable targets for hydrocarbon exploration are the central and southern parts of Ackule-Harahatang area.