

油气资源评价中石油运聚系数的 量化分析与预测模型

柳庄小雪, 郑民, 于京都, 张蔚, 易庆

中国石油勘探开发研究院

摘要 石油运聚系数是石油资源成因法评价中的关键参数。为确定我国主要含油气盆地的石油运聚系数取值,从而计算石油资源量,对我国6个盆地54个刻度区进行了解剖,采用构建目标函数的思路,分东部、西部地区建立多元非线性回归方程以构建预测模型,定量研究我国主要盆地石油运聚系数与地质主控因素之间的关系。结果显示:石油的运聚系数主要与烃源岩年龄、储层年龄、盖层以上不整合个数、供烃流线类型、源储年龄差绝对值和储源年龄比等地质参数有较大相关性。验证结果表明:利用多元非线性回归分析建立的统计模型预测效果较为理想,能够减少人为影响因素,可用于定量预测我国主要盆地的石油运聚系数。

关键词 运聚系数;多元非线性回归分析;预测模型;石油;资源评价

中图分类号:TE122.1 **文献标识码**:A

0 前言

石油运聚系数是石油运聚成藏效率的表征参数,也是石油资源成因法评价中的关键参数,一般用百分数来表示石油聚集量(或资源量)与供烃源岩生油量之比^[1]。运聚系数大小受运聚方式决定,并直接影响运聚规模,是石油聚集量、区域石油富集程度的基本判断。因此,石油运聚系数是石油地质评价与资源评价相关联的一项关键参数,该参数的准确求取,对成因法评价中由石油生成量最终确定资源量起到了决定性作用^[2]。

为了能够客观评价并准确求取运聚系数,多位学者曾先后尝试采用多因素综合评价法、多元线性回归统计法、层次分析法等方法计算运聚系数的合理取值^[3-9]。前人的研究提供了较好的研究思路,并在特定盆地中取得了较好的应用效果,但受制于研究目标的局限性、计算方法的线性缺陷,使得运聚系数研究成果在我国主要含油气盆地范围的应用受到限制。

本文借助中国石油第四次油气资源评价与中国石油矿权区“十三五”油气资源评价中6个盆地54个刻度区的解剖成果,按照东部偏裂谷型与西部偏克拉通型2种类型,应用统计学中多元非线性回归方法对54个刻度区的运聚系数进行定量分析,分别建立东部、西部运聚系数预测模型。通过预测结果与实际运聚系数交会对比来看,预测精度达到85%以上,可以满足石油运聚系数预测目的。

1 运聚系数研究现状及应用难点

1.1 运聚系数取值研究现状

运聚系数的定量分析与油气勘探程度有较大关系。低勘探程度区,由于所需的基础参数欠缺,难以开展定量研究,通常采用地质类比法或专家打分法进行综合计算,其结果准确性不高。高勘探程度区,由于油气藏分布规律清楚,运聚系数的定量研究较为方便。宋国奇^[3]采用多因素综合法,结合福克-沃德法,计算济阳坳陷东营凹陷石油运聚系

收稿日期:2019-08-01; 改回日期:2020-09-04; 网络出版日期:2020-11-26

本文受国家重点研发专项课题“超深层及中新元古界油气成藏富集规律与勘探方向”(编号:2017YFC0603106),国家科技重大专项课题“我国含油气盆地深层油气分布规律与资源评价”(编号:2017ZX05008-006)、“‘十三五’全国油气资源评价—中石油矿权区油气资源评价”(编号:2017YQZYPJ0107)资助

第一作者:柳庄小雪,2015年毕业于中国石油大学(北京)地质工程系,2018年获得美国科罗拉多矿业大学硕士学位,现主要从事油气资源评价方面的研究工作。通信地址:100083北京市海淀区学院路20号;E-mail:liuzxx@petrochina.com.cn

通信作者:郑民,2003年毕业于中国地质大学(武汉)石油系,2008年获中国科学院兰州地质研究所理学博士学位,主要从事油气资源战略及石油地质综合研究。通信地址:100083北京市海淀区学院路20号;E-mail:zhenmin@petrochina.com.cn

数。祝厚勤等^[4]利用层次分析法建立苏北盆地高邮凹陷油气运聚单元,定量评价油气成藏体系,计算石油运聚系数。从前人的研究结果来看,一方面其研究区域相对局限在某一特定凹陷,另一方面其评价目标主要以早期的中浅层油气藏为主,对于从全国范围了解石油运聚的特征与规律,并指导深层石油运聚效率研究的作用仍较为局限。

石油运聚系数是在成因上受生、储、盖、运、圈、保等多项地质要素综合影响的参数,在独立系统范围内具有较强的统计规律^[10]。回归分析法主要通过建立统计学模型,分析各主控因素影响运聚系数的方式,定量寻找运聚系数与主控因素之间的关系,减少人为干扰,降低误差。柳广弟等^[5]基于统计学基础,利于线性回归分析建立了石油运聚系数与烃源岩年龄、烃源岩成熟度、圈闭发育程度及上覆地层不整合个数的预测模型;刘成林等^[11]在大量统计分析的基础上,建立了天然气运聚系数与烃源岩年龄、有机碳含量、成藏关键时刻、盖层厚度、盖层埋深、不整合个数、储层年龄间的关系模型;吕一兵等^[12]基于BP神经网络建立了石油运聚系数与烃源岩年龄、烃源岩成熟度、区域不整合个数与圈闭面积系数之间的预测模型;张蔚等^[13]利用回归分析,建立了我国低勘探程度盆地油气运聚系数与主要生烃时间、有效储层百分比、圈闭面积系数以及区域不整合个数的统计模型。基于统计学的多元线性回归分析方法,可以用其反映运聚系数受各主控参数的影响,对运聚系数进行相对可靠的取值运算。

1.2 现有运聚系数预测模型的应用难点

利用模型预测石油运聚系数时,模型预测精度主要受两方面关键要素的影响:一是模型可靠性直接受到建模时选用的地质参数及其取值准确程度的影响;二是建模方法本身是否具有合理的地质意义与数学原理。整体来看,现有模型的应用主要有以下3个难点:

(1) 建模参数“取不到”

对石油运聚系数取值具有显著影响的部分参数在勘探生产实践中无法通过直接测试获得。如运移距离,源控论指出石油以环形分布于生油凹陷周围或邻近的上下地层中,储层距离油源越近,即运移距离越小,石油运聚效率越高,相应运聚系数

越大,石油聚集量越大。但由于石油运移路径是微观的、复杂的,并遭到后期地质作用改造,无法客观测取。此外,部分参数对运聚系数的影响是定性的,在地质参数定量化表征的预测模型中无法直接应用,如供烃流线类型、输导体系类型等。

(2) 建模参数“取不准”

受现有技术或评价区现今地质条件的限制,部分参数难以准确取值,例如有效烃源岩残留烃量。烃源岩生成的油气只有在满足自身储集能力后才能以游离相排出,烃源岩生烃量一定的情况下,烃源岩残留烃规模,就决定了排出烃规模与聚集烃量,从而影响运聚系数的取值。但是,受深层取样困难、残留烃损失等原因导致残留烃量测不准,从而使得用于建模时预测精度降低。

(3) 预测模型“算不准”

基于上述2点原因,现有模型建立时,不得不舍弃部分与运聚系数具有密切关系的地质参数,或选用的地质参数取值误差较大,这导致建立的模型无法准确反映选用的地质参数与运聚系数之间的定量关系,使模型失去普遍代表性,造成预测结果不准确。并且,现有模型或以单一盆地建模,或以全国盆地为整体建模,前者应用范围局限,后者预测的针对性较低,这也使得现有模型的应用效果并不理想。另外,建模选用的数学方法是否适宜,也会影响到预测模型的精度。由于地质参数与运聚系数的关系复杂,前人数数采用的简单线性回归拟合的效果并不理想,更无法实现全国整体性、区域独立性的研究,也无法实现从中浅层向深层超深层的转换、从常规向非常规的转换。当前最为现实的做法是在普遍接受的简单线性模型基础上建立多元非线性回归模型,使预测模型更为精确,适用范围更为广泛。

应用模型预测运聚系数本质上是借助数学工具对地质理论思想的定量表征,其前提是必须满足地质解释的合理性。部分已有模型虽然能够求取一个运聚系数,但模型地质解释的合理性仍有待进一步完善;而且建模主要依靠中浅层刻度区数据,对于深层评价的适用性不高。因此,本文通过对我国东部、西部大量中浅层及深层刻度区数据进行统计分析,建立石油运聚系数与各主控地质参数相关性的预测模型,可用于快速、准确地求取我国各区域中浅层及深层的石油运聚系数。

2 石油运聚系数主控因素分析及预测模型建立

2.1 模型建立的技术思路

石油运聚系数与相关的各项地质参数的非线性特征突出,无法应用多元线性回归或简单的二元非线性回归建立预测模型。本次预测模型的建立,采用构建目标函数的思路进行分析,在构建目标函数的过程中,首先确立原则并从多种地质条件中优选出影响运聚系数的主控因素,利用各主控因素构建目标函数大致结构,并基于回归建模原理细化目标函数模型;最后根据非线性迭代算法理论,分别针对我国东部、西部地区运聚系数进行迭代运算,最终建立多元非线性回归方程预测模型^[14-15]。

2.2 主控因素分析及相关参数优选

2.2.1 主控因素优选原则

石油运聚系数受到多种地质因素交叉复合影响。通过逐个单独拟合烃源岩(图 1a,1b)、储层(图

1c,1d)、盖层(图 1e,1f)等相关地质参数与石油运聚系数的相关关系发现,单个参数难以显著控制运聚系数的取值。因此,在对运聚系数进行定量计算时,需要在与烃源岩条件、保存条件、储层因素和充注因素等有关的几十项基础地质参数中,优选出对运聚系数有直观影响,且取值便捷的主控地质参数,然后对优选的主控参数进行组合分析。

在优选主控地质因素时,主要依据以下 4 项原则:①所选地质参数代表性好,地质意义明确;②所选的地质参数与运聚系数相关性相对清晰,可以客观反映二者之间的数学关系;③所选参数易于获取,获取时方便快捷,应用时能够广泛适用;④取值客观,人为主观干扰程度相对低。综合考虑以上原则及实际情况,选取渤海湾、松辽、依舒地坳一方正断陷、鄂尔多斯、三塘湖、吐哈等共计 6 个盆地 54 个刻度区的解剖成果,筛选出对油气运聚系数起主控作用的 4 项基础地质参数:烃源岩年龄、储层年龄、盖层之上不整合个数、供烃流线类型。

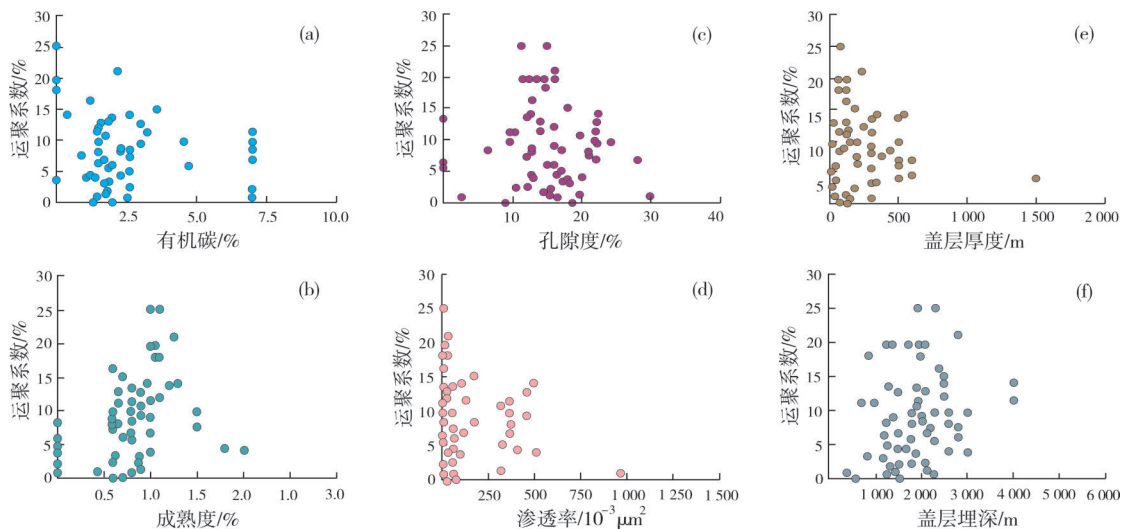


图 1 石油运聚系数与相关单参数拟合对比关系图

Fig. 1 Crossplots of oil migration and accumulation coefficients and related single parameter

2.2.2 主控因素定量参数

烃源岩年龄是控制油气运聚的一项重要条件。石油大量生成的时刻决定了石油从生成到距今所经历的时间长短。通常情况下,烃源岩年龄越大,表明其主要生烃时间距今越久远,那么在一段长时间的地质历史时期,石油散失的可能性就越大。当

地层中石油保存量减少时,其运聚系数通常降低。

储层年龄是另一个影响石油运聚系数的重要因素。储层年龄越老,石油成藏后距今所经历的时代越久,经历后期改造活动的概率增加,构造运动发生的可能性越高。在长期构造破坏的条件下,石油贮存的稳定性会受到影响。储层年龄越大,其成岩演化程度就越高,孔隙度将逐渐减小,不利于油

气汇聚。因此在一个盆地中,储层年龄越大,石油运聚系数越小。

从保存条件上考虑石油运聚系数受到的影响,盖层之上不整合个数直观地表示了油藏所经历的构造运动的次数。在一个盆地中,不整合个数越多,油藏所经历的后期改造越频繁,被破坏的可能性就增加。因此,不整合个数越多,油气运聚系数越小。

2.2.3 主控因素定性标准化参数

供烃流线类型体现了石油运聚系数受充注因素的影响。供烃流线类型包括汇聚流、平行流、发散流和线性流,直观地反映了供烃效率。供烃时油气越集中,石油运聚效率越大,如汇聚流运聚系数

较大;反之,供烃越发散,石油分散范围越广,越不易聚集,如发散流和线性流,运聚系数降低。将汇聚流、平行流、发散流和线性流分别赋值为4、3、2、1,以此量化供烃流线类型,对石油运聚系数进行定量计算。

2.3 数据集合及预测模型建立

2.3.1 建立研究参数基础

基于参数优选研究,依托 54 个刻度区解剖结果,建立与运聚系数相关的地质参数集合,构造上包含了前陆、断陷、克拉通等多种成盆构造动力学类型;层系上涵盖了从新生界古近系至古生界寒武系的相对完整的年代地层序列,将其作为多因素非线性预测模型建立的数据基础(表 1)。

表 1 我国主要盆地刻度区石油运聚系数与相关地质参数表

Table 1 Oil migration and accumulation coefficients and related geological parameters of calibration plays in the major basins of China

盆地名称	刻度区名称	烃源岩层位	储层层位	烃源岩年龄/Ma	储层年龄/Ma	供烃流线类型		盖层之上不整合个数	石油运聚系数/%
						定性	赋值		
渤海湾盆地	高柳刻度区	古近系沙河街组三段	古近系	43	40	汇聚流	4	2	14.06
	欢曙斜坡带刻度区		古近系沙河街组三段	43	43	半汇聚流+平行流	3.75		10.67
	大民屯刻度区	古近系沙河街组四段	古近系沙河街组三段	45.9	43	汇聚流	4	3	9.70
	大民屯凹陷刻度区		古近系	45.9	40				9.70
	雁翎南—西柳刻度区	古近系沙河街组一段、三段、沙河街组四段—孔店组	古近系沙河街组一段、二段+三段	38	38	平行流	3	3	12.00
	南堡 3 号构造刻度区	古近系沙河街组三段	古近系沙河街组一段	43	36	汇聚流	4	2	11.48
	柳泉—曹家务刻度区	古近系沙河街组沙三中亚段、沙四上亚段	古近系沙河街组三段、四段	43	43	平行流	3	3	9.71
	史各庄刻度区	古近系沙河街组一段、三段、沙河街组四段—孔店组	古近系东营组、沙河街组一段	38	37.2	平行流	3	3	8.07
	板桥构造带刻度区	古近系沙河街组三段	古近系沙河街组一段	43	36	汇聚流	4	1	7.50
	歧北中斜坡岩性油气藏刻度区	古近系沙河街组二段、三段	古近系沙河街组二段、三段	42	42	汇聚流	4	2	21.00
	月海构造带刻度区	古近系沙河街组三段	古近系东营组、沙河街组一段	43	37.2	汇聚流+平行流	3.5	2	6.40
	铁匠炉斜坡带刻度区		古近系沙河街组三段	43	43	平行流	3	2	7.30
	欧利坨子—黄沙坨刻度区			43	43	汇聚流	4	3	8.10
	冷家刻度区		古近系沙河街组一段、二段	43	38	平行流+半汇聚流	3.25	2	12.62
松辽盆地	常家围子刻度区	白垩系嫩江组一段、二段	白垩系嫩江组三段、四段	84.5	80	发散流	2	2	9.00
	江桥刻度区	白垩系青山口组	白垩系嫩江组一段、姚家组二段、三段	90	86	平行流	3	3	0.94
	古龙南刻度区		白垩系姚家组一段	90	87	发散流	2		3.09
	敖南刻度区			90	87	半汇聚流	3.85		3.32
	齐家北刻度区		白垩系青山口组二段、三段	90	90	发散流	2		1.70

表1 我国主要盆地刻度区石油运聚系数与相关地质参数表(续表)

Table 1 Oil migration and accumulation coefficients and related geological parameters of calibration plays in the major basins of China (continued)

盆地名称	刻度区名称	烃源岩层位	储层层位	烃源岩年龄/Ma	储层年龄/Ma	供烃流线类型		盖层之上不整合个数	石油运聚系数/%
						定性	赋值		
依舒地堑—方正断陷	兴旺构造带方15井区刻度区	古近系新安村组	古近系宝泉岭组一段	45.8	25	发散流	2	3	11.20
	古近系新安村组		45.8	45.8	11.20				
			作树岗凹陷刻度区	45.8	45.8			2	9.70
鄂尔多斯盆地	延10+富县马岭刻度区	三叠系延长组长7	侏罗系延安组延10、富县组	205	190	汇聚流	4	2	2.13
	延10+富县马坊刻度区			205	190				5.88
	延10+富县盘古梁刻度区			205	190				8.27
	延8+延9马岭刻度区		205	185	1.11				
	延8+延9杨井刻度区		205	185	4.31				
	延8+延9盘古梁刻度区		205	185	4.93				
	延1—延7马岭刻度区		侏罗系延安组延1—延7	205	175				0.79
	延1—延7红井子刻度区		侏罗系延安组延1—延7	205	175				3.70
	长9白257 刻度区	三叠系延长组长9	205	207	线性流	1	4	0.73	
	长9黄39 刻度区		205	207	半汇聚流+平行流	3.75		1.22	
	长8西峰刻度区		205	206	汇聚流	4		6.76	
	长8吴起东刻度区	三叠系延长组长8	205	206	平行流	3	2.38		
	长8新庄刻度区		205	206	汇聚流	4	8.70		
	长6铁边城刻度区	三叠系延长组长6、长7	三叠系延长组长6	205	204	平行流+半汇聚流	3.25	4	9.29
	长6安塞刻度区			205	204	半汇聚流	3.85		8.40
	长6华庆刻度区			205	204	汇聚流	4		11.32
	长4+5坪桥刻度区	三叠系延长组长7、长4+5	三叠系延长组长4+5	205	203	半汇聚+平行流	3.75	4	19.60
	长4+5白豹刻度区			205	203	汇聚流	4		25.00
	长4+5环县刻度区			205	203	半汇聚流+平行流	3.75		19.60
	长4+5堡子湾刻度区			205	203				25.00
	长3南梁刻度区		三叠系延长组长3	205	202	半汇聚流+平行流	3.75		19.60
	长3镇北刻度区			205	202				19.60
	长2化子坪刻度区		三叠系延长组长2	205	200	平行流	3		18.00
	长2耿19 刻度区			205	200				19.60
	长1华池刻度区		三叠系延长组长1	205	198				
	长1耿32刻度区		三叠系延长组长7、长9、长4+5	三叠系延长组长1	205	198	平行流		3
三塘湖盆地	牛东C ₂ k火山岩刻度区	石炭系哈尔加乌组	石炭系卡拉岗组	307	305	汇聚流	4	3	8.42
吐哈盆地	台北凹陷刻度区	侏罗系水西沟群	中上侏罗统、白垩系、第三系	184	137	汇聚流	4	3	2.86
	中侏罗统		184	163	4.60				
			184	163	4.93				
	红南—连木沁刻度区		中上侏罗统、白垩系、第三系	184	137			2	2.38
	神泉—雁木西柳刻度区		中侏罗统、白垩系、第三系	184	137				5.03

2.3.2 引入“中间参数”

在预测模型建立过程中,进一步引入源储年龄差及储源年龄比两项“中间参数”。对于源储年龄差,取其绝对值,该值越大,表明烃源岩与储层之间相距的地质年代越远,则造成油气藏破坏改造的地质事件发生的可能性更高,因此该差值的绝对值被认为与运聚系数呈现一定的负相关特征(图2)。

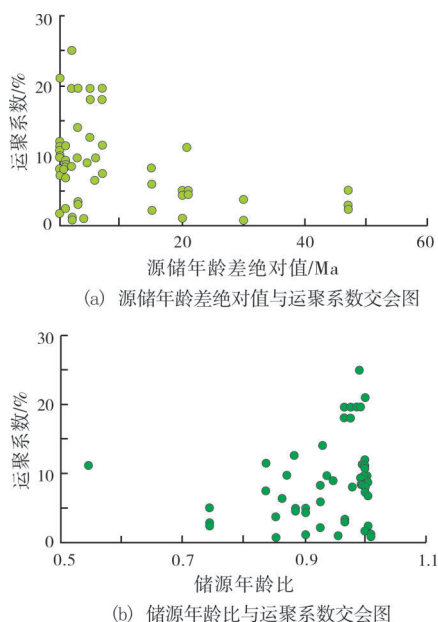


图2 源储年龄参数与运聚系数交会图

Fig. 2 Crossplots of source-reservoir age parameters and oil migration accumulation coefficients

另一方面,储源年龄比在预测模型建立过程中起到对源储年龄差的调节作用。考虑到当烃源岩、储层之间的年龄差值相同,而烃源岩与储层相对年轻时,其地质年龄之比也相对较低,表现为演化时间相对较短,在运聚及保存过程中遭受地质改造或破坏事件作用、发生烃类散失的概率相对较低。因此该比值被认为与运聚系数呈一定的负相关关系(图3)。

2.3.3 分区建立多元非线性预测模型

运聚系数与相关的各项地质条件参数的非线性特征突出,应用简单的二元非线性回归及多元线性回归均无法有效地建立预测模型。而在地质参数多且各参数间相互关联性难以明确的非线性建模条件下,如最小二乘法、logistic回归、逐步回归等方法的应用性受限,因此本次预测模型研究采用了构建目标函数的思路进行分析。

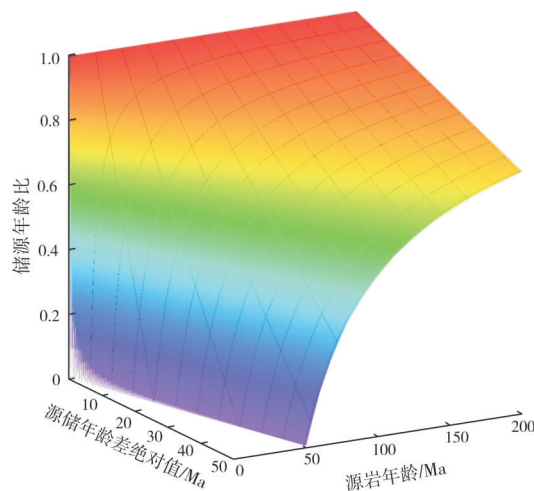


图3 源储年龄差绝对值、储源年龄比与烃源岩年龄关系图

Fig. 3 Crossplots of absolute value of source-reservoir age difference, the age ratio of reservoir to source rock and the source age

首先,建立目标函数大致结构。根据源储年龄差绝对值与运聚系数所呈现的近对数-近幂函数特征的负相关关系,并考虑到储层年龄与烃源岩年龄之比的地质意义,因此模型中包含了基于两项中间参数的指数及幂函数结构。又由于烃源岩年龄与储层年龄分别与有机质演化程度、储层有效性等评价指标相关,因此在预测模型中还应将源、储年龄视为独立参数考虑。此外,其他两项研究参数“盖层之上不整合个数”和“供烃流线类型”为离散赋值式的评价指标,其与石油的运聚成藏具有较强的相关性,因此也应该做为预测模型的一部分体现。由此构建了目标函数的大致结构,如公式(1):

$$y = f_1(\text{源储年龄差绝对值}) + f_2(\text{源储年龄比}) + f_3(\text{烃源岩年龄}) + f_4(\text{储层年龄}) + f_5(\text{盖层以上不整合个数}) + f_6(\text{供烃流线类型}) + C \quad (1)$$

其次,基于回归建模原理来细化目标函数建模。由于无法通过对预测模型各部分的独立结果进行简单相加构建有效的预测模型,因此经过多次尝试,并根据非线性迭代算法的相关理论,分别针对我国东部与西部运聚系数进行迭代计算。最终,我国东部、西部地区石油运聚系数预测模型分别在50次及24次迭代后,残差平方和趋于收敛,表明预测模型结构合理有效,利用回归方程构建的预测模型在一定程度上揭示了基础地质参数对运聚系数的影响方式,可以用于关键参数的预测。我国东部、西部地区石油运聚系数的预测模型分别如公式(2)、公式(3):

$$y = 2.369 \ln(|x_1 - x_2|) - 1.338(|x_1 - x_2|)^{0.833} - 0.234x_1 + 0.353x_2 + 0.02x_3^{4.192} + 1.257x_4 - 43.162(x_1/x_2)^{0.915} + 52.526 \quad (2)$$

$$y = -0.017 \ln(|x_1 - x_2|) + 0.489(|x_1 - x_2|)^{0.420} - 0.055x_1 + 0.1x_2 + 5.046x_3^{-1.050} - 0.588x_4 - 8.188(x_1/x_2)^{11.086} - 2.397 \quad (3)$$

式中, y 为石油运聚系数, %; x_1 为烃源岩年龄, Ma; x_2 为储层年龄, Ma; x_3 为盖层之上不整合个数; x_4 为供烃流线类型, 汇聚流赋值为 4, 平行流赋值为 3, 发散流赋值为 2, 线性流赋值为 1。

3 预测效果验证

为检验所建立预测模型的预测精度, 分别选取我国东部、西部盆地部分中浅层及深层刻度区相关地质参数的数据, 利用预测模型计算其石油运聚系数, 并将预测结果与所选用刻度区解剖结果中的实际运聚系数进行交会分析(图 4)。

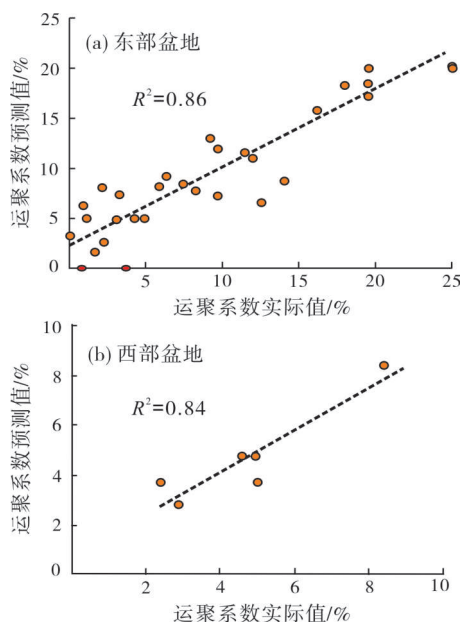


图 4 东部、西部盆地模型预测结果与实际运聚系数交会图
Fig. 4 Crossplots of predictive values and actual values of oil migration and accumulation coefficients in eastern and western basins of China

通过检验来看, 东部盆地模型预测精度 R^2 为 0.86(图 4a), 西部盆地模型预测精度 R^2 为 0.84(图 4b), 模型的平均预测精度达到 0.85, 说明预测值与实际值的吻合程度高, 预测精度较高。同时, 分别开展东部、西部盆地预测模型应用结果与实际运聚系数的回归标准化残差分析(图 5), 东部盆地的预测模型应用结果与实际运聚系数的回归标准化残差较为均匀地分布在基准线的两侧(图 5a); 用于西

部盆地验证的刻度区数据较少, 但其回归标准化残差仍具有沿基准线均匀分布的趋势(图 5b)。这说明模型的预测效果较为稳定。综上所述, 本次研究建立的模型预测精度较高、预测效果较稳定, 可有效地预测我国各区域中浅层及深层石油运聚系数。

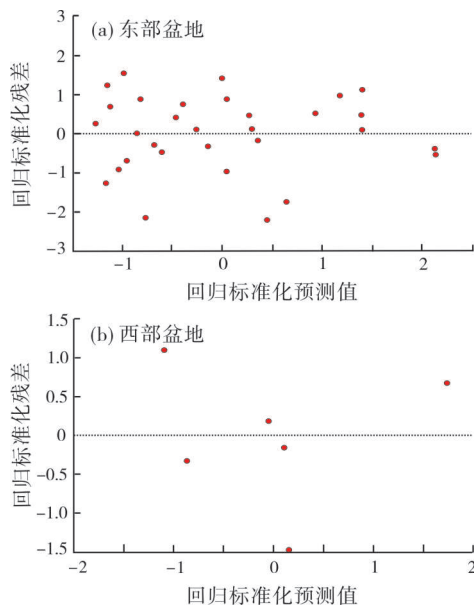


图 5 东部、西部盆地预测模型应用结果与实际运聚系数残差分析图

Fig. 5 Residual analysis charts of predictive results and actual values of oil migration and accumulation coefficients in eastern and western basins of China

4 结论

(1) 石油运聚系数是石油运聚成藏效率的表征参数, 也是石油资源成因法评价中的关键参数。通过多元非线性回归分析建立石油运聚系数预测模型, 可以减少人为影响因素, 较为准确地对我国主要盆地的石油运聚系数进行定量求取, 从而计算石油资源量。这是目前计算运聚系数较有效的途径。

(2) 综合分析我国 6 个盆地 54 个刻度区, 石油运聚系数主要与烃源岩年龄、储层年龄、盖层之上不整合个数、供烃流线类型、源储年龄差绝对值以及储源年龄比这 6 项主控地质参数有较好的相关关系。

(3) 区分东部偏裂谷型盆地、西部偏克拉通型盆地所属刻度区解剖成果, 利用多元非线性回归分析方程分别建立东部、西部盆地石油运聚系数预测模型, 预测结果与刻度区解剖的实际运聚系数较为接近, 预测精度高达 85%, 预测效果良好。

参考文献

- [1] 任来义,王运所,许化政,等.东濮凹陷濮城下第三系含油气系统运聚系数研究[J].石油实验地质,2005,27(3): 245-249.
- [2] 赵旭东,范毓蕙,崔凤文.石油资源评价的统计模拟法[J].石油勘探与开发,1981,18(1): 47-53,38.
- [3] 宋国奇.多因素油气聚集系数的研究方法及其应用[J].石油实验地质,2002,24(2): 168-171.
- [4] 祝厚勤,庞雄奇,姜振学,等.油气聚集系数的研究方法及应用[J].地球科学(中国地质大学学报),2007,32(2): 260-266.
- [5] 柳广弟,赵文智,胡素云,等.油气运聚单元石油运聚系数的预测模型[J].石油勘探与开发,2003,30(5): 53-55.
- [6] 庞雄奇,金之钧,姜振学,等.叠合盆地油气资源评价问题及其研究意义[J].石油勘探与开发,2002,29(1): 9-13.
- [7] 宋振响,陆建林,周卓明,等.常规油气资源评价方法研究进展与发展方向[J].中国石油勘探,2017,22(3): 21-31.
- [8] 郭秋麟,刘继丰,陈宁生,等.三维油气输导体系网格建模与运聚模拟技术[J].石油勘探与开发,2018,45(6): 947-959.
- [9] 张延东,罗小平,刘守川,等.油气资源评价关键参数研究进展[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2011,13(6): 81-84.
- [10] 周海燕,庞雄奇,姜振学,等.石油和天然气运聚效率的主控因素及定量评价[J].石油勘探与开发,2002,29(1): 14-18.
- [11] 刘成林,刘人和,罗霞,等.天然气资源评价重点参数研究[J].沉积学报,2004,22(增刊): 79-83.
- [12] 吕一兵,张涛,吕修祥.基于BP神经网络的石油运聚系数预测模型[J].新疆石油地质,2011,32(6): 653-655.
- [13] 张蔚,刘成林,张道勇,等.油气运聚系数统计模型建立及其在低勘探程度盆地的应用[J].中国石油勘探,2019,24(1): 115-122.
- [14] 武守诚.石油资源地质评价导论[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [15] 柳广弟,胡素云,赵文智.中国主要含油气盆地运聚单元石油资源丰度及其预测模型[J].石油勘探与开发,2006,33(6): 759-761,775.

编辑:黄革萍

Quantitative analysis and prediction model of oil migration and accumulation coefficient in hydrocarbon resources evaluation

LIU Zhuangxiaoxue, ZHENG Min, YU Jingdu, ZHANG Wei, YI Qing

Abstract: Oil migration and accumulation coefficient is a key parameter in the genetic evaluation of petroleum resources. In order to determine the value of migration and accumulation coefficient of main petroliferous basins in China, 54 calibration plays of 6 basins in China were dissected, and a multiple nonlinear regression equation was established in the eastern and western regions to construct the prediction model, and the relationship between the oil migration and accumulation coefficient and the main geological control factors in China's major basins was quantitatively studied. The results show that the migration and accumulation coefficient of oil is mainly related to the absolute value of age of source rock, reservoir age, the number of unconformities above the caprock, the type of hydrocarbon supply streamline, the absolute value of age difference between source rock and reservoir, and the age ratio of reservoir to source rock. The results show that the statistical model established by multivariate nonlinear regression analysis has good prediction effect and can reduce human factors, which can be used to quantitatively predict the oil migration and accumulation coefficient of major basins in China.

Key words: migration and accumulation coefficient; multivariate nonlinear regression analysis; prediction model; oil; resource evaluation

LIU Zhuangxiaoxue, First author: MSc, mainly engaged in oil and gas resource evaluation. Add: PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, No. 20 Xueyuan Rd., Haidian District, Beijing 100083, China

ZHENG Min, Corresponding author: PhD, Senior Engineer, mainly engaged in petroleum geology and resource strategy. Add: PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, No. 20 Xueyuan Rd., Haidian District, Beijing 100083, China