

文章编号:0253-9985(1999)04-0283-07

溱潼油气区带评价中的R型因子分析*

刘德良¹,谈迎¹,杨晓勇¹,戴金星²(1.中国科技大学地球和空间科学系、中国科技大学石油天然气研究中心,
安徽合肥 230026; 2.石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:苏北盆地溱潼凹陷区域构造格局,由箕状断陷与其伴生的断隆组成,区内断裂带主要为NEE向和EW向。以此为依据在溱潼凹陷工区范围内划分出14个二级构造单元作为14个样品点,对定性描述的地质条件运用模糊数学方法进行取值,并用加权平均的方法把数据点的值转化为区带的得分值,将R型因子分析方法运用于油气资源的区带评价。为了对参数之间相关性不好的样本总体进行评判,对因子分析得出的主成分进行模糊综合评判,并且引入空白值和标定值的概念,对多层系评判结果的垂向叠加作了探索。给出了14个区带单层系和多层系综合评判结果,最大程度地利用了详查阶段拥有的生储盖运圈保等油气地质资料,为下一步勘探做好选区综合评价工作,并设计出勘探开发总体方案。

关键词:R型因子分析;油气区带;评价;模糊综合评判;空白值;标定值

第一作者简介:刘德良,男,59岁,博士生导师,构造地质与地球化学

中图分类号:P628 **文献标识码:**A

在油气田勘探的详查阶段,已经拥有一定量油气地质条件的资料,对这些资料进行充分的利用,为下一步开发阶段做好选区综合评价是非常关键的一步工作。随着计算机技术广泛的应用,各种数学方法被引入到地质资料的分析处理工作中,使得选区评价工作由传统的定性判断向综合程度更高、定量程度更高的综合评价过渡成为可能。本文利用R型因子分析方法进行油气资源综合评价。

R型因子分析方法是多元统计分析方法的一种^[1-3]。它将样品值矩阵进行线性变换求出矩阵的特征值,从而根据样品诸多变量之间的相关关系得到数目减少后的新因子,用新因子最大信息量地反映样本总体的变化情况。这种方法适用于分析样品数据量大,变量种类繁多的样本总体。目的是减少变量数目,提取出综合因子。本文着重说明工作中运用的对主因子进行模糊综合评判的方法及理论依据。

1 基本地质特征

1.1 油气地质概况

溱潼凹陷是苏北新生代盆地东台拗陷内NEE

走向的负向单元,长轴约70 km,短轴约20 km。凹陷东南部的陡斜坡以北倾的同生断裂带与泰州凸起相接,东、北及西侧以缓斜坡与梁垛低凸起、吴堡-博镇低凸起及江都隆起毗邻,是一个南断北超、南陡北缓、南深北浅的典型的箕状凹陷(图1)。凹陷发育在被多种构造体系复杂化的中生界、古生界基底构造之上,处在受同生断裂带同沉积作用影响的深凹部位。

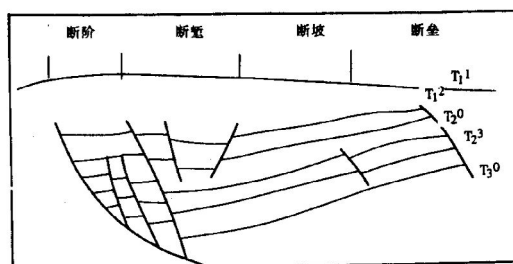


图1 溱潼凹陷S-S'构造剖面示意图

Fig.1 Sketch map showing cross section of S-S' structure in Qingtong Depression

新生界陆相河湖碎屑岩沉积厚达5 800 m,层序完整,划分为3个层系:下第三系(E)、上第三系(N)、第四系(Q),分6个组:泰州组(E_t)、阜宁组(E_{1f})、戴南组(E_{2d})、三垛组(E_{2-1s})、盐城组(N_{2-1y})、东台组(Q_{2d})。下第三系又划分为10个段,即泰一段、泰二段,阜一段、阜二段、阜三段、阜

* 国家“九·五”科技攻关 96-110-01-06-07 专题资助

收稿日期:1999-07-10

四段,戴一段、戴二段,垛一段,垛二段。

新生界下第三系具有完备的成油气地质条件。底为中生代末印支运动不整合面,顶为早第三纪末三垛运动不整合面,中部有古新世末吴堡运动不整合面。以这3个不整合面为界,组成两套含油层系:三垛组、戴南组构成中构造层含油层系,阜宁组、泰州组构成下构造层含油层系,地层厚逾4 000 m,生油岩发育于泰一段至戴一段7个段,累计最大厚度1 800 m,主力生油层为阜二段、阜四段。储层在10个段均有分布,主要层位是泰一段、阜一段、阜三段、戴一段、戴二段、垛一段和垛二段。

1.2 构造特征

溱潼凹陷区域构造格局,由NNW的箕状断陷及其伴生的断隆与NEE向断裂带、EW向断裂带组成(图2)。箕状断陷断阶带由一组NEE向同生断裂构成,界线清楚。深凹带与斜坡带并没有严格的界定,其上由两组破裂结构面相互交切形成网格状。

1.2.1 NNE和NEE向断裂带

在南侧边界同生断裂最为发育,主要由两条NNE向大型北倾正断层组成断阶带,上延至盐城组一段,下切入新生界基底,直接控制着断陷的发生、发育和消亡。深凹部位及东、西两端翘起的斜坡上NEE向断裂不甚发育。北斜坡中部及向西端延展的外斜坡,被一系列的NEE向正断层切割,与斜坡呈同向或反向相交,在南部分布同向断层,北部出现反向断层,大致构成垒状结构。

以NEE向断裂构造带的结构、展布、规模、性质为原则,由南东往北西,可将溱潼凹陷等间距地划分为断阶带、断堑带、断垒带、断坡带4个构造带(图2)。

1.2.2 EW向断裂

下第三系受基底EW向构造带晚期活动的影响,由南向北等间距发育了4条EW向断裂带。每一条断裂带均由张性正断层组成,断面一般北倾,延伸长度从北到南渐减,并呈可连续状展布。EW向断裂带切割NEE向断裂带,造成NEE向断裂右行。

EW向4条断裂由南至北分别为朱庄-扬庄断裂带(南带);储家楼-角墩子断裂带(中南带);丁庄-垛-时堰-戴南-茅山断裂带(中北带);顾庄-唐刘断裂带。由这4条断裂带分隔,可以划分出5个断裂构造区,从南到北分别称为:南断区,中南断区,中

断区,中北断区,北断区(图2)。

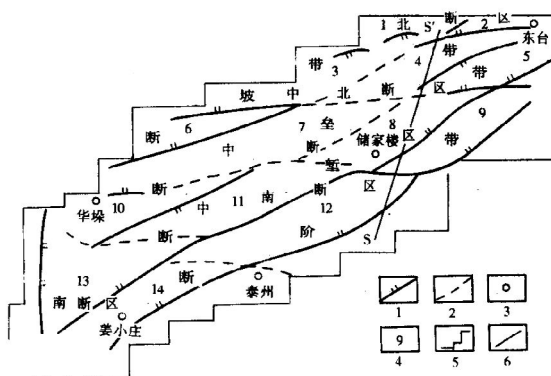


图2 溱潼凹陷构造区带平面示意图

Fig.2 Sketch map of structural belts in Qingtong Depression

1—断裂;2—区带边界;3—地名;4—区带号;

5—工区边界;6—剖面位置

1.2.3 含油气构造区带划分

溱潼凹陷NEE向构造带为Ⅱ级构造单元,经东西向断裂分隔(即4条NEE向断裂带与5个EW向断裂构造区叠起来),在工区范围内划分出14个Ⅲ级含油气构造单元(图2)。

在构造区带划分的基础上,我们以每个区带为一个样品,进行R型因子分析。

2 勘探层评价参数的确定

根据油气地质条件的组合关系^[4],我们选取5个勘探目的层进行评价,即泰一段、阜一段、戴一段、戴二段、垛一段。以油气成藏的基本要素:生、储、盖、圈、运、保6个方面的资料作为区带评价的基础。所用数据均由历年来前人的研究资料归纳整理,限于各勘探层研究程度不一,少量数据靠转换或借代取得。

2.1 生油条件

下第三系的5个层段均发育生油岩,大部分地区均属成熟阶段的有效生油岩。

2.1.1 生油岩厚度

各层段生油岩有机质干酪根类型均为Ⅱ-Ⅲ型,有机碳平均含量0.87%~1.55%,"A"平均值 230×10^{-6} ~ 780×10^{-6} ,烃含量平均值 90×10^{-6} ~ 348×10^{-6} ,差别不是很大。选用各层段生油岩厚度,代表生烃能力。

2.1.2 成熟度分区面积

区内生油岩成熟度可划分为4个阶段:未成熟

阶段,埋深 < 2 000 m, $R_o < 0.5\%$;低成熟阶段,埋深 < 2 700 m, $R_o = 0.5\% \sim 0.8\%$;成熟阶段,埋深 < 4 000 m, $R_o = 1.2\%$;高成熟阶段,埋深 > 4 200 m, $R_o > 1.2\%$ 。由于各层段生油岩有机质类型不同,决定成熟阶段的埋深略有差别。以各深度区带在平面的展布作为相应成熟度分区,在各区带内分别求出属于 A, B, C, D 成熟度的面积,然后以权重数($A = 0, B = 0.50, C = 0.75, D = 1$)加权平均得该区带的平均成熟度分区面积,再除以该区带面积得成熟度评分,公式为

$$\text{成熟度}(\%) = \frac{S_A A + S_B B + S_C C + S_D D}{S_{\text{区带}}} \quad (1)$$

2.1.3 生油量

针对各个勘探目的层,分别配以不同的生油条件。以阜二段、阜四段为主力生油层,其余各层段取总生油量。计算公式为生油量 = $R \times \text{生油岩厚度} \times \text{平均成熟度分区面积}$ 其中 R 为单位体积的生油量(10^4 t/km^3),是本区的经验常数。

表1 成岩相评分表

Table 1 Scores of diagenetic facies

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
压实相(0.25)	0	0	0	0	0	0	0	0	7.74	0	0	0	15.6	0
胶结相(0.25)	0	0	0	0	0	0	0	17.9	7.74	0.85	0	0	11.8	0
溶蚀相(0.75)	0	0	0	56.8	70.0	0	65.7	71.5	0	13.3	33.0	10.3	0	0
充填相(0.25)	0	0	0	0	0	0	0	0	10.3	0	72.0	21.6	0	0
区带面积	0	0	0	56.8	70.0	0	65.7	89.4	25.8	14.2	105.0	32.0	27.4	0
总评分	0	0	0	0.75	0.75	0	0.75	0.65	0.25	0.72	0.41	0.42	0.25	0

相储集性基本相似,因此取溶蚀相为 0.75,其他均为 0.25。

2.3 盖层条件

本区盖层均由泥质岩构成,岩性致密,勘探层上方的盖层单层厚一般 10 ~ 30 m,分布稳定,均为有效盖层;但在斜坡部位盖层变薄其封盖能力会降低。另外,考虑构造运动对各勘探层盖层的影响,将区带的盖层条件分为 5 个等级,分别赋给 1, 0.75, 0.5, 0.25, 0 的隶属度值。

2.4 圈闭条件

用 3 个构造要素来反映构造圈闭的性质。
(1)圈闭类型:以背斜类(包括半背斜)圈闭性为好,断鼻类(包括分割背斜)圈闭性中等,断块类圈闭性最差。在区带内分别量取各类型圈闭面积,然后用面积加权求平均值(与求沉积相方法类似)。
(2)圈闭平均幅度(m):区带内各圈闭高度,用

2.2 储集条件

反映勘探目的层储集层的优劣,包括如下 5 个参数。

- (1)储层厚度(m):各种类型储集岩累计厚度。
- (2)孔隙度(%):每个区带的平均孔隙度值,用孔隙度等值线求算术平均。
- (3)渗透率($10^{-2} \mu\text{m}^2$):每个区带的平均渗透率值,用渗透率等值线求算术平均值。
- (4)沉积相分区面积(km^2):量取各区带储层中各沉积相带的面积,然后用下列公式求出沉积相的评分。

$$D = \sum_i \frac{S_i}{S} D_i \quad (2)$$

其中 S_i 为区带内 i 类沉积相的面积; S 为区带面积; D_i 为 i 类沉积相的评分。

- (5)成岩相分区面积:量取各区带储层中压实、胶结、溶蚀、充填 4 种成岩相面积(表 1),然后用公式(2)求面积加权的平均值。根据已有的储层资料分析,溶蚀相最有利于储层的储集性,而其他 3 种

面积加权求平均值。

- (3)圈闭发育程度:区带内圈闭总面积占区带面积的份额。

2.5 运移条件

一方面强调断裂活动期的断裂对油气的垂向疏导作用,具体分析各区带构造层区域构造位置及断裂发育特征。另一方面,注意断裂停止活动期油气运移聚集的情况,着重考虑构造层油源条件、汇烃面积、供烃方式等制约因素。针对具体勘探层,确定油气运移系数。

2.6 保存条件

- (1)盖层破碎程度:盖层遭受断裂切割是造成油气泄露的一个很重要的因素,求取各区带单位面积内的断裂长度,取倒数作为破碎程度评分(为了和其他参数保持一致)。
- (2)界岩封存性:储集层受断层作用与不同的界

岩接触,根据各断层界岩的条件,分为封闭(1)、条件性封闭(0.5)、不封闭(0)3种属性。取值方法如沉积相,只是用断层的长度加权求区带内平均值。

3 R-型因子分析和模糊综合评判

在进行油气区带评价中,要解决两个方面的问题。首先,在平面上要对每个勘探层作出合理的区带评价,我们把它叫作单层系的模糊综合评判;然后,在单层评价的基础上再进行垂向上多层系的叠合*。

3.1 单层系的模糊综合评判

R型因子分析方法将原始数据矩阵(表2)经过正交旋转,得到方差最大的主因子矩阵(表3),能减少综合评判时参数的数目。但对于参数之间相关性不好的样本总体往往要取4,5个主因子才能使累积方差贡献达70%~80%,也就是说,只能反映样本总体70%~80%的信息量。为了最大程度地反映样本总体,我们在评判中取了6个因子,使累积方差贡献达90%左右,然后以6个主因子为主成份进行模糊综合评判。一般步骤为^[3]:

表2 原始数据
Table 2 Primary data

样品号	生油岩厚度/m			生油岩成熟度/%			生油量/ 10 ⁴ t·km ⁻²	储层 厚度/ m	孔隙度/ %	渗透率/ 10 ⁻³ μm ²	沉积相	成岩相	运移 条件	盖层 条件	保存条件		圈闭条件		
	1	2	3	1	2	3									盖层破 碎程度	界岩 封存性	类型	幅度	发育 程度
1	0	220	60	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	120	20	0	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	230	130	0	0.34	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	56	300	162	0.50	0.60	0.48	136	22	20	500	0.75	0.75	0.25	1	0.030	0.57	0.39	63.57	0.22
5	32	200	160	0.50	0.79	0.56	90	30	19	400	0.75	0.75	1.00	1	0.017	0.60	0.47	73.61	0.14
6	0	270	20	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
7	64	350	240	0.36	0.54	0.38	176	30	20	200	0.74	0.75	0.25	1	0.020	0.32	0.32	63.34	0.08
8	74	280	110	0.54	0.88	1.00	312	44	22	530	0.64	0.65	1.00	1	0.021	0.15	0.41	59.99	0.10
9	40	180	240	0.50	0.89	1.00	0	0	10	200	0.70	0.25	1.00	1	0.058	0	0.31	283.79	0.13
10	58	220	110	0.50	0.17	0.09	127	20	15	150	0.38	0.72	0.25	1	0.061	0.50	0.25	50.00	0.29
11	64	0	240	0.33	0.71	0.65	180	22	13	120	0.45	0.41	0.50	1	0.017	0.62	0.42	57.69	0.10
12	38	180	270	0.50	0.76	0.31	0	20	18	500	0.25	0.42	1.00	1	0.500	0.50	0.25	100.00	0.03
13	24	0	100	0	0.17	0.12	0	15	10	250	0	0.25	0.25	1	0.024	0	0.25	0	0
14	0	0	100	0	0.83	0.12	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	100	100	100	0.50	0.50	0.50	100	100	15	100	0.50	0.50	0.50	0.50	0.020	0.50	0.30	100.00	0.50
17	200	200	100	0.75	0.75	0.75	200	150	20	150	0.75	0.75	0.75	0.75	0.010	0.50	0.50	100.00	0.50

注:15,16,17 为空白值和标定值(下同)

表3 主因子矩阵
Table 3 Matrix of main factors

样品号	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
1	-1.212 5	-0.090 9	-0.120 0	-0.485 7	-0.803 1	-0.582 4
2	-1.248 5	-0.127 8	-0.250 0	-0.198 1	0.105 8	-0.252 7
3	-1.090 2	0.122 0	-0.110 9	-0.799 3	0.724 0	-1.008 3
4	0.813 2	0.014 0	1.485 1	-0.250 5	0.333 5	0.934 2
5	0.880 2	0.470 9	0.515 7	0.008 5	-0.348 7	1.393 9
6	-1.157 7	-0.416 2	0.910 0	0.174 8	1.112 1	0.070 3
7	0.617 6	-0.077 9	1.264 0	-1.154 6	0.694 4	0.023 3
8	1.306 2	0.823 2	0.306 3	-1.994 7	-0.866 7	-1.781 4
9	0.656 8	1.420 8	-2.530 8	-0.732 7	1.620 2	1.488 3
10	0.237 2	-0.797 8	1.265 1	0.629 6	0.484 9	1.085 4
11	0.481 6	-0.029 0	-0.403 9	-0.040 5	-2.058 3	0.679 5
12	0.611 4	2.181 8	0.424 1	2.688 1	0.436 8	-1.407 6
13	-0.608 4	0.327 1	0.075 0	0.317 6	-1.708 7	0.737 5
14	-1.004 4	0.264 2	-0.717 0	0.098 8	-1.218 3	-0.472 0
15	-1.363 3	-0.320 0	-0.416 3	0.211 4	-0.566 8	0.343 9
16	0.567 9	-1.657 6	-0.958 8	1.078 5	0.252 5	0.095 8
17	1.502 5	-2.106 7	-0.980 5	0.448 5	0.200 2	-1.358 7

(1)确定评判对象的因素集。 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;

(2)给出评判集 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$;

* 石油勘探开发研究院地质研究所数学地质组. 石油资源评价的数学地质方法. 1982

(3)对一种因素进行评判,建立每种因素对每种评判结果的模糊集合;

(4)用因素的权重向量与模糊关系矩阵进行复合运算,最后得到综合评判的结果。

下面以溱潼凹陷戴南组二段油藏为例具体说明上述评判过程。

(1)确定评判对象的因素集。我们取 R 型因子分析的正交因子解中方差贡献最大的 6 个因子作为主成份,组成评判对象的因素集, $F = \{F_1, F_2, \dots, F_6\}$ 。对应的方差贡献值组成向量 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_6\}$

(2)建立评判集 $B = \{\text{“油气地质条件好”}\}$

(3)建立各因素对评判结果的模糊集合。首先,根据主成份的参数值(即表 2 的值)对 17 个样品进行倒序排队,形成评分矩阵 $D = \{d_{ij}\}$ (表 4);然后,将评分矩阵 D 转化为模糊矩阵 $R = \{r_{ij}\}$ (表 5)。

表 4 评分矩阵表
Table 4 Score matrix

样品号	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
1	3	7	10	5	15	5
2	2	6	7	6	7	7
3	5	11	8	3	4	4
4	14	10	17	7	10	14
5	15	14	13	9	6	16
6	4	4	14	11	16	9
7	12	8	15	2	13	8
8	16	15	11	1	4	1
9	13	16	1	4	17	17
10	8	3	16	15	12	15
11	9	9	6	8	1	12
12	11	17	12	17	11	2
13	7	13	9	13	2	13
14	6	12	4	10	3	6
15	1	5	5	12	5	11
16	10	2	3	16	9	10
17	17	1	2	14	9	3

表 5 模糊矩阵
Table 5 Fuzzy matrix

样品号	F_{1j}	F_{2j}	F_{3j}	F_{4j}	F_{5j}	F_{6j}
1	0.18	0.41	0.59	0.29	0.88	0.29
2	0.12	0.35	0.41	0.35	0.41	0.41
3	0.29	0.66	0.47	0.18	0.82	0.24
4	0.82	0.59	1	0.41	0.59	0.82
5	0.88	0.82	0.76	0.53	0.35	0.94
6	0.24	0.24	0.82	0.66	0.94	0.53
7	0.71	0.47	0.88	0.12	0.76	0.47
8	0.84	0.88	0.66	0.06	0.24	0.06
9	0.76	0.84	0.06	0.24	1	1
10	0.47	0.18	0.94	0.88	0.71	0.88
11	0.53	0.53	0.35	0.47	0.06	0.71
12	0.66	1	0.71	1	0.66	0.12
13	0.41	0.76	0.53	0.76	0.12	0.76
14	0.35	0.71	0.24	0.59	0.18	0.35
15	0.06	0.29	0.29	0.71	0.29	0.66
16	0.59	0.12	0.18	0.94	0.53	0.54
17	1	0.06	0.12	0.82	0.47	0.18

(4)综合评判。用主成份的方差贡献作为权重系数,加权求和得综合评判集(表 6)。相当于作矩阵乘法 $B = B \times A$ 。

表 6 评判集 B

Table 6 Assessment cluster B

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
评判值	0.27	0.20	0.35	0.71	0.76	0.33	0.60	0.73	0.67
样品号	10	11	12	13	14	15	16	17	
评判值	0.99	0.46	0.66	0.46	0.51	0.17	0.48	0.68	

最后以评判集 B 中的样品 15,16,17 的值将整个样品划为 3 类,得评判结果(表 7)。其中 $b_{15} = 0.17, b_{16} = 0.48, b_{17} = 0.68$ 。以样品 15,16,17 的值为分划值的原因,详见第二部分空白值和标定值的设定。

对于戴二段目的层来说:一类区是下一阶段勘探首选区和重点区,其评判值大于 0.68,反映出综合油气地质条件良好,其中 8 区有戴二段已形成工业规模的储家楼油气田,5 区、4 区也有良好的油气显示,可进一步加大勘探开发投入。二类区评判值小于 0.68,大于 0.48,可作为勘探的预备区。三类区评判值小于 0.48,暂时不进行投资。

表 7 评判结果

Table 7 Assessmental results

分区	样品号
一类区	4,5,8
二类区	7,9,10
三类区	1,2,3,6,11,12,13,14

4 多层系垂向叠合及综合评判

各单层系的评判集合进行垂向叠加时的主要问题是各层段的评判值等价性问题。我们在溱潼地区油气地质条件的综合评价中试用了 3 种方法。

4.1 第一种方法

假设分别取自评判集 B_1, B_2 中的值,如果值相同,则对评价结果有相同影响。在这种假设中,将 5 个评判集叠加求平均,就可以得到总的评判集(表 8)。

实际上,同样是“好” B_1 中的“好”可能比 B_2 中的“好”更有价值,甚至 B_1 中的“中”就能好于 B_2 中的“好”,即各单层的评判集 B_i 中的相同的值往往是不等价的。

表8 综合评判结果表

Table 8 Comprehensive assessment results

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
三垛组 B_1	0.30	0.33	0.41	0.46	0.67	0.36	0.46	0.70	0.79	0.43	0.49	0.66	0.41	0.26	0.33	0.32	0.67
戴南组二段 B_2	0.27	0.26	0.35	0.71	0.76	0.33	0.60	0.73	0.67	0.49	0.46	0.66	0.46	0.37	0.17	0.48	0.68
戴南组一段 B_3	0.31	0.21	0.32	0.73	0.59	0.23	0.57	0.74	0.69	0.49	0.58	0.61	0.48	0.41	0.16	0.64	0.71
阜宁组一段 B_4	0.40	0.48	0.44	0.48	0.47	0.44	0.52	0.63	0.46	0.56	0.56	0.36	0.35	0.46	0.11	0.49	0.66
泰州组 B_5	0.46	0.63	0.46	0.61	0.45	0.36	0.36	0.50	0.67	0.37	0.46	0.56	0.36	0.35	0.25	0.66	0.72
ΣB_i	1.8	1.88	1.98	2.99	2.94	1.72	2.57	3.30	3.28	2.34	2.55	2.85	1.98	1.85	1.02	2.79	3.44
B_g	0.36	0.38	0.40	0.60	0.59	0.34	0.50	0.66	0.66	0.47	0.51	0.57	0.40	0.37	0.20	0.56	0.69

4.2 第二种方法

空白值:指各参数值都为零的值(如表2中样品15的值)。

标定值:指不同单层系中共同设定的具有特定地质意义的值(如表2中样品16,17的值)。

使用时,只须将空白值和标定值参加各层系的

R型因子分析和模糊综合评判。在各评判集中都有空白值的评判值(如表6中的 b_{15})和标定值的评判值(如表6的 b_{16}, b_{17})。

再用标定值的评判值对各评判集 B_i 加权即可得到等价的评判集 B_i ,即将表6中的 B_i 除以各行中的样品17的值就可得到表9。

表9 综合评判集B

Table 9 Comprehensive assessment cluster B

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
三垛组	0.54	0.50	0.62	0.69	1	0.53	0.70	1.06	1.18	0.65	0.73	0.99	0.61	0.39	0.49	0.79	1
戴二段	0.39	0.29	0.50	1.04	1.11	0.48	0.87	1.06	0.97	0.75	0.67	0.96	0.07	0.54	0.25	0.70	1
戴一段	0.43	0.34	0.45	1.03	0.83	0.33	0.81	1.04	0.97	0.69	0.81	0.86	0.57	0.58	0.22	0.89	1
阜一段	0.61	0.73	0.68	0.74	0.71	0.61	0.68	0.80	0.96	0.70	0.84	0.86	0.53	0.70	0.17	0.74	1
泰州组	0.64	0.87	0.64	0.84	0.62	0.50	0.50	0.67	0.92	0.51	0.64	0.78	0.50	0.49	0.84	0.92	1
ΣB	2.61	2.73	2.89	4.34	4.27	2.51	3.56	4.65	5.0	3.26	3.69	4.85	2.88	2.70	1.47	4.09	5
B_i	0.52	0.55	0.58	0.89	0.85	0.50	0.71	0.93	1	0.65	0.74	0.89	0.58	0.54	0.29	0.81	1

最后用样品15,16,17的值将前14个样品划分成3类(表10),得到最终的评判结果。

表10 评判结果

Table 10 Assessment results

分区	样品号
一类区	9
二类区	4,5,8,12
三类区	1,2,3,6,7,10,11,13,14

从6个层段的综合油气地质条件看,9号区是最佳勘探区,其总评判值(B_i)为1,在其草舍地区已形成三垛组工业规模油气田,评判值为1.18,其戴二段、戴一段、阜一段和泰州组都有良好的评判结果,评判值大于0.90,因此,应该加深钻井深度,对其下部层位进行开发。4,5,8,12号区是勘探的二类区,可根据评判结果对各自的最佳目的层加大投入量,并可参考评判结果安排投入的先后顺序。例如,8区好于12区、好于4区、好于5区。

在单层系因子分析中也能运用空白值和标定值。可以使评判更简便,使评判结果更清晰可靠。

标定值可以根据地区的情况设定“好”“中”

“差”的分界值(如表2的样品16,17)。然后将标定值在评判集 $B_i = \{b_{ij}\}$ 中的评判值作为评定分界值。评价的结果参见表6,表7。

4.3 第三种方法

将6个层段的原始数据组成的样本合并为一个总的样本。对总的样本进行R型因子分析,模糊综合评判。最后将评判值分区块进行垂向叠加。

具体的评判方法和单层系的模糊综合评判相似。这种方法虽也能保证叠加时评判值具有等价性,但有许多局限性:(1)如果将每层17个样品合成5层85个样品(纵向合并),这就要求各层段有相同种类和同样数目的参数。由于各层段的勘探程度不同,这一条件很难达到。(2)如果按参数进行合并(横向合并),将5层18种参数的样本合并成一个17个样品90个参数的样本进行分析,将会很繁琐,还需要计算机有一定的内存。

参 考 文 献

- 1 中国科学院地质研究所. 数学地质引论[M]. 北京:地质出版社,1977.120~160

- 2 于志钧, 赵旭东. 石油数学地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984. 169 ~ 190
- 3 黄智辉. 模糊数学原理及其在测井解释中的应用[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1992. 25 ~ 50
- 4 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 天然气地质学概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989. 2 ~ 50

R-FACTOR ANALYSIS ASSESSMENT OF OIL - GAS ZONES IN QINGTONG

Liu Deliang¹ Tan Ying¹ Yang Xiaoyong¹ Dai Jinxing²

(1. Department of Earth and Space Sciences, Reseach Centre of Oil and Gas, China University of Science and Technology, Hefei, Anhui; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing)

Abstract: Regional tectonic framework of Qingtong Depression consists of fault-depression and fault-uplift. The fault zones trend mainly NEE and EW. Fourteen secondary structural units are divided as sample points in the depression. Fuzzy mathematical method is used to get the values of qualitative geological conditions of the depression, then the sample point data could be converted into zonal score values by weighed mean method, and finally use R-factor analysis method to assess regional oil-gas reservoirs. In order to estimate those samples with poor parameter relativity, fuzzy comprehensive assessment is made for the main components derived from the factor analysis. The concept of blank-value and calibrated-value was introduced to stack vertically multi-sequence assessment results.

Key Words: R-factor analysis; oil-gas zone; assessment; fuzzy comprehensive assessment; blank-value; calibrated-value

(上接第 282 页)

5 结论与认识

本研究开发的测井产能评价与预测技术, 提供了从产层识别、产能评价参数确定、产能级别评价, 以及由层到井和由井到层进行产能估计的一整套研究思路, 它可以在多层测试或混合开采的天然气井中评价和预测井的产能, 也可评价和预测单层的产能, 且有较高的吻合率。这套研究思路, 还为我们开拓了一种气层偷速定量评价方法, 其评价结果, 不仅能较直观地回答勘探开发决策者关心的气

井及气层产出能力和开发前景问题, 还能对单井及分层储量计算、有效射孔层位的选取以及老井挖潜层位的确定等提供直接依据。

参 考 文 献

- 1 陈元千. 油气藏工程计算方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990. 23 ~ 28
- 2 曾文冲. 油气藏储层测井评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 335
- 3 顾国兴, 丁进. 利用测井资料预测油层产能的新方法[J]. 江汉石油学院学报, 1993, 15(1): 43 ~ 48
- 4 王碧泉, 陈祖荫. 模式识别[M]. 北京: 地震出版社, 1989. 69 ~ 78

LOG EVALUATION AND PREDICTION OF GAS RESERVOIR PRODUCTIVITY

Xiao Cixun¹ Xiao Chongli Su Yinzi¹ Hu Huawei² Chen Bixao²

(1, Chengdu College of Technology, Chengdu, Sichuan; 2, Well Logging Station of Southwest Petroleum Bureau)

Abstract: Probable productive formations are recognized by log data standardization, log curve automatic layering and establishing recognizing models; the parameters such as effective porosity of the formations, the absolute and effective permeabilities of gas, the index and the coefficient of productivity, and the comprehensive index are calculated. These data are used as evaluation parameters to determine productive formations. The standard model of productivity grade can be obtained by cluster analysis, sublayer productivity grade could be connected to the reservoir productivity (test nonresistance outflow), and then the evaluation and the prediction of reservoir productivity could be realized.

Key words: gas reservoir; log evaluation; productivity prediction; fuzzy cluster