

# 用因子分析研究蒲白矿区 控制含煤沉积的主要地质因素

陕西蒲白矿务局综合技术处 刘连环

渭北煤田蒲白矿区石炭二叠纪含煤地层，含煤 6~11 层，其中较稳定者由下而上依次为 10、6、5、4 及 3 号煤层，唯 3 号煤层属下二叠统山西组。本文研究的是煤系基底奥陶系石灰岩（简称奥灰）至 3 号煤层顶板之间这段主要含煤岩系，一般厚 30~40m。

多年来的采掘实践表明，对含煤地层的分布特征，尤其是厚度变化作深入研究是十分必要的，而这一问题首先涉及对控制含煤沉积的主要地质因素的分析。

含煤地层是成煤时期多种地质作用综合影响的产物，但在诸多因素中必定有一种或两种起主导作用，含煤岩系的特征往往是由这一两种因素所控制。本文通过白水、白堤两井田 196 个钻孔、6 个参数变量的因子分析，试对这一问题进行探讨。

## 1 因子分析方法及计算

### 1.1 变量

经筛选，以下 6 个变量基本可以表征蒲白矿区含煤沉积特征：

$X_1$ —奥灰至 5 号煤层间距；

$X_2$ —5 号煤层底板  $K_3$  砂岩厚度；

$X_3$ —奥灰至 5 号煤层间砂泥岩比；

$X_4$ —3 号煤层厚度；

$X_5$ —10 号煤层厚度；

$X_6$ —5 号煤层厚度。

### 1.2 原始资料矩阵(略)

### 1.3 计算

由原始资料矩阵计算得各变量之间的相关系数矩阵  $R$  如表 1。查相关系数表得表 2。

由表 1 可见， $X_2$  与  $X_3$  间的相关系数  $R_{23}=0.7116$ ， $X_1$  与  $X_5$  间的相关系数  $R_{15}=0.4570$ ，均属显著正相关。

由方程  $|R - \lambda I| = 0$

求相关系数矩阵  $R$  的特征值  $\lambda_i$  和特征向量  $U_{ij}$  ( $i, j=1, 2, \dots, 5, 6$ )。

矩阵  $R$  的特征方程  $|R - \lambda I| =$

表 1

变量	1	2	3	4	5	6
1	1.0000	0.1122	0.1057	0.1746	0.4570	0.2141
2	0.1122	1.0000	0.7116	0.0985	-0.0135	0.0838
3	0.1057	0.7116	1.0000	0.0623	-0.0377	0.0546
4	0.1746	0.0985	0.0623	1.0000	0.2514	0.2303
5	0.4570	-0.0135	-0.0377	0.2514	1.0000	0.2121
6	0.2141	0.0838	0.0546	0.2303	0.2121	1.0000

注：变量数 = 6 样品数 = 196

雅可比迭代精度  $E=0.000001$ ；

方差极大正交旋转精度  $EE=0.000001$ ；

表 2

自由度	5% 水平				1% 水平			
	变量总数				变量总数			
	2	3	4	5	2	3	4	5
150	0.159	0.198	0.225	0.247	0.208	0.241	0.270	0.290
200	0.138	0.172	0.196	0.215	0.181	0.212	0.234	0.253

$1 - \lambda$	0.1122	0.1057	0.1746	0.4570	0.2141
0.1122	$1 - \lambda$	0.7116	0.0985	- 0.0135	0.0838
0.1057	0.7116	$1 - \lambda$	0.0623	- 0.0377	0.0546
0.1746	0.0985	0.0623	$1 - \lambda$	0.2514	0.2303
0.4570	- 0.0135	- 0.0377	0.2514	$1 - \lambda$	0.2121
0.2141	0.0838	0.0546	0.2303	0.2121	$1 - \lambda$

解方程得 6 个特征值, 按其数值大小依次为  $\lambda_1 = 1.9149$ ,  $\lambda_2 = 1.6036$ ,  $\lambda_3 = 0.9020$ ,  $\lambda_4 = 0.7760$ ,  $\lambda_5 = 0.5164$ ,  $\lambda_6 = 0.2870$ 。特征值百分比如表 3 所示。由表 3 可见,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$  这 4 个特征值的累计百分比已达 86.61%, 因此, 选用前 4 个主因子  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  已足够代表整个数据的变化。

据相关系数矩阵  $R$ , 求相应于特征值  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ ,  $\lambda_5$  及  $\lambda_6$  的特征向量  $U_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 6$ )。则特征向量矩阵  $U$  为

$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{14}$	$U_{15}$	$U_{16}$	变量	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$U_{21}$	$U_{22}$	$U_{23}$	$U_{24}$	$U_{25}$	$U_{26}$	$X_1$	0.4461	- 0.3127	- 0.5010	0.0920	0.6658	0.0194
$U_{31}$	$U_{32}$	$U_{33}$	$U_{34}$	$U_{35}$	$U_{36}$	$X_2$	0.4627	0.5240	- 0.0265	- 0.0158	- 0.1023	0.7071
$U_{41}$	$U_{42}$	$U_{43}$	$U_{44}$	$U_{45}$	$U_{46}$	$X_3$	0.4411	0.5458	- 0.0676	- 0.0045	- 0.0689	- 0.7058
$U_{51}$	$U_{52}$	$U_{53}$	$U_{54}$	$U_{55}$	$U_{56}$	$X_4$	0.3568	- 0.2345	0.5789	- 0.6704	0.1798	- 0.0270
$U_{61}$	$U_{62}$	$U_{63}$	$U_{64}$	$U_{65}$	$U_{66}$	$X_5$	0.3771	- 0.4651	- 0.3440	- 0.1238	- 0.7123	- 0.0208
						$X_6$	0.3503	- 0.2416	0.5388	0.7256	- 0.0425	- 0.0200

#### 1.4 求因子载荷矩阵

取 4 个主因子, 计算得因子载荷矩阵  $A$  为

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} \end{vmatrix}$$

表 3

No	特征值 $CH$	比例值 $LR$	累计比例值
1	1.9149	0.3192	0.3192
2	1.6036	0.2673	0.5864
3	0.9020	0.1503	0.7368
4	0.7760	0.1293	0.8661
5	0.5164	0.0861	0.9522
6	0.2870	0.0478	1.0000

即 变 量	因 子			
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
$X_1$	0.6174	-0.3960	-0.4758	0.0810
$X_2$	0.6403	0.6635	-0.0252	-0.0139
$X_3$	0.6105	0.6912	-0.0642	-0.0040
$X_4$	0.4938	-0.2970	0.5498	-0.5906
$X_5$	0.5218	-0.5890	-0.3267	-0.1091
$X_6$	0.4848	-0.3060	0.5117	0.6392
方差贡献	1.9150	1.6036	0.9020	0.7761
方差贡献累计(%)	36.85	67.71	85.07	100.00

### 1.5 方差极大旋转

由矩阵  $A$  可以看出, 主因子  $F_1$ 、 $F_2$  的因子载荷都比较分散, 尤其是  $F_1$ , 几乎所有 6 个变量均具较高载荷, 很难看出哪个变量能更确切地代表主因子的地质意义。为此, 对因子载荷矩阵  $A$  进行最大旋转, 使每个因子载荷的平方按列向 1 或 0 两极分化。

第 1 次旋转方差值  $V A_1 = 0.09842166$ ;

第 2 次旋转方差值  $V A_2 = 0.6633494$ ;

第 3 次旋转方差值  $V A_3 = 0.6647798$ ;

第 4 次旋转方差值  $V A_4 = 0.6647816$ ;

则方差极大正交旋转矩阵  $B$  为

因子载荷	因 子			
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
$X_1$	0.9811	0.1460	-0.0254	0.1246
$X_2$	0.0280	0.9968	0.0602	0.0447
$X_3$	0.0175	0.9997	0.0092	0.0113
$X_4$	0.1354	0.0563	0.9831	0.1099
$X_5$	0.9611	-0.1045	0.2444	0.0748
$X_6$	0.1379	0.0386	0.1091	0.9837

经 4 次旋转后, 载荷平方方差由  $V A_1 = 0.09842166$  增至  $V A_4 = 0.6647816$ , 即:

$$V A_4 > V A_3 > V A_2 > V A_1$$

当取  $\varepsilon = 10^{-6}$  时,  $|V A_3 - V A_4| < \varepsilon$ ;

这样, 因子载荷矩阵  $A$  被简化成简单的方差极大正交旋转矩阵  $B$ 。

由  $B$  可以看出, 因子  $F_1$  中,  $X_1$  具最大载荷, 达 0.9811, 次为  $X_5$ , 达 0.9611, 其余载荷趋近于 0。由于  $X_1$  与  $X_5$  间显著正相关 ( $R_{15} = 0.4570$ ), 所以  $X_1$  与  $X_5$  均可作为  $F_1$  的代表变量。由于奥灰表面至 5 号煤层间距明显受奥灰表面古地形的严重影响, 而“10 号煤层无论在成煤范围、煤层厚度、赋存形态以及煤质优劣等均受奥灰古岩溶的直接控制”。<sup>①</sup> 所

<sup>①</sup> 刘绍忱: 古岩溶构造聚煤特征之探讨, 《陕西煤炭科学技术》, 1985, 2。

以,  $F_1$  主要代表煤系基底古地形影响。

因子  $F_2$  中,  $X_2$  与  $X_3$  的因子载荷分别高达 0.9968 及 0.9997,  $X_2$  与  $X_3$  间的相关系数  $R_{23}=0.7116$ , 所以,  $X_2$ 、 $X_3$  可同时作为  $F_2$  的代表变量。煤田地质学的研究表明: “同沉积褶皱是伴随含煤岩系的沉积过程发育而成, ……沉降较快, 沉积厚度较大的向斜部位沉积速度快, 沉积物常为流水条件下的粗碎屑物; 沉降较慢、沉积厚度小的背斜顶部沉积物常为静水条件下的细碎屑物”<sup>(3)</sup>, 即同沉积向斜中砂岩厚度较大, 砂泥岩比较高; 同沉积背斜则情况相反。由此可见,  $X_2$  及  $X_3$  说明  $F_2$  主要代表聚煤期古构造作用。

变量的统计信息来源于方差, 显然, 方差越大, 提供的信息越多, 其重要性也就越大,  $F_1$  及  $F_2$  的方差贡献累计达 67.71%, 其中  $F_1$  为 36.85%,  $F_2$  为 30.86%。由此说明蒲白矿区控制含煤沉积的主要地质因素, 首先是奥灰表面古地形, 其次是同沉积构造作用。最能确切反映古地形的是奥灰至 5 号煤层的间距 ( $X_1$ ) 及 10 号煤层厚度 ( $X_5$ ); 最能确切反映聚煤期古构造作用的是奥灰至 5 号煤层间砂泥岩比 ( $X_3$ ) 及 5 号煤层底板  $K_3$  砂岩厚度 ( $X_2$ )。苏联对沙马尔斯卡娅井田煤层小断裂带的成功预测, 就是利用了  $X_2$  及  $X_3$  这两个参数<sup>(4)</sup>。

\* \* \* \*

承蒙煤炭科学研究院西安分院地质所高级工程师门桂珍等帮助电算, 特致感谢。

## 参考文献

- [1]王学仁:《地质数据的多变量统计分析》,科学出版社,1982。
- [2]煤炭科学研究院地质研究所等:《数学地质基础与方法》,煤炭工业出版社,1981。
- [3]杨起等:《中国煤田地质学》,煤炭工业出版社,1979。
- [4] Пимоненко, Л. И.: Прогноз зон Мелкоамплитудных Нарушений на Поле Шахты «Самарская», Уголь Украины, 1987, №12.

(上接 31 页)

## 4 结语

通过对无烟煤级的焦作演马庄井田的中、小断层影响煤质变化特征的研究, 可以得出, 在某一井田, 构造形态及断层性质已确定的前提下, 用煤质变化特征研究和预测中、小断层是完全可能的。

从对演马庄井田中、小断层影响煤质变化特征的研究可得出如下结论:

a. 无烟煤级, 用煤的机械强度指标表征断层的影响最灵敏。

b. 断层上、下盘煤的强度值距断层面距离的变化特征均为距断层面近强度低, 反之则逐渐增高, 只是曲线形状不同, 上盘煤呈渐近线形, 下盘煤呈 S 形。对剪性断

层, 下盘煤受应力的作用, 破裂影响范围要大于上盘煤, 反映了下盘煤受的应力比上盘煤要大, 且持续时间长, 应力衰减慢。

c. 煤的强度值与距断层面距离呈正相关关系, 与断层断距大小呈负相关关系, 故可用同一尺度  $L$  (距断层面垂直距离), 与  $H$  (断距大小) 之比值做为比较和区分不同断距断层的影响程度, 进而可将断裂带划分为三个区作为断层预测的标志。在此基础上, 再进一步深入研究定量化预测断层。

## 参考文献

- (1) 煤炭科学研究院煤化验研究所:《煤质化验手册》,煤炭工业出版社,1979。
- (2) 中国矿业学院瓦斯组编:《煤和瓦斯突出的防治》,煤炭工业出版社,1979。