

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 刘连珂

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 λ_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， λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_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。

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

据相关系数矩阵 R ，求相应于特征值 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 及 λ_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}
U_{21}	U_{22}	U_{23}	U_{24}	U_{25}	U_{26}
U_{31}	U_{32}	U_{33}	U_{34}	U_{35}	U_{36}
U_{41}	U_{42}	U_{43}	U_{44}	U_{45}	U_{46}
U_{51}	U_{52}	U_{53}	U_{54}	U_{55}	U_{56}
U_{61}	U_{62}	U_{63}	U_{64}	U_{65}	U_{66}

变量	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	0.4461	-0.3127	-0.5010	0.0920	0.6658	0.0194
X_2	0.4627	0.5240	-0.0265	-0.0158	-0.1023	0.7071
X_3	0.4411	0.5458	-0.0676	-0.0045	-0.0689	-0.7058
X_4	0.3568	-0.2345	0.5789	-0.6704	0.1798	-0.0270
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

$A=$

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}

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”。^① 所

①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”⁽³⁾, 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⁽⁴⁾。

* * * *

承蒙煤炭科学研究总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», Угль Украины, 1987, No12.

(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, 再进一步深入研究量化预测断层。

参考文献

- (1) 煤炭科学研究院煤化学研究所:《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。