

山东聊城煤矿区太原组 沉积环境与主采煤层的灰色预测

张鸿升 许建国^① 邓寅生

(焦作矿业学院)

叶育青 李向阳 王树庄 董仁果

(山东地矿局第二地质队)

提要 本文应用沉积学与测井学理论,对山东聊城煤矿区太原组的沉积环境进行了研究,认为太原组是以陆源碎屑潮坪及泻湖为主体的海退沉积与潮下带海进沉积所组成的多旋回沉积体系,主采煤层 M_9 、 M_{10} 形成于泻湖泥滩沼泽化环境。在分析 M_9 、 M_{10} 煤聚煤特点的基础上,运用灰色系统理论,建立了 M_9 、 M_{10} 煤 GM (1, 1) 灰色数学模型,并对煤厚进行了灰色预测。

关键词 沉积环境 测井相 主采煤层 灰色模型 灰色预测

第一作者简介 张鸿升 男 49岁 副教授 应用地球物理学

一、概述

聊城矿区地处鲁西隆起西北缘,为华北石炭—二叠纪聚煤盆地的一部分。据钻孔揭露,区内地层由老到新依次为:奥陶系中统马家沟组 (O_{2m})、石炭系中统本溪组 (C_{2b}) 和上统太原组 (C_{3t})、二叠系下统山西组 (P_{1s})、下石盒子组 (P_{1x}) 和上统上石盒子组 (P_{2sh})。太原组为本区主要含煤地层之一,该组共含煤六层,自下而上编号分别为 M_{10} 、 M_9 、 M_8 、 M_7 、 M_6 和 M_5 ,其中, M_{10} 、 M_9 为主要可采煤层。

区内断裂构造发育,褶皱次之,北北东向和北北西向两组断裂控制着本区含煤地层的空间展布。

二、太原组的地质—地球物理特征

1.太原组的沉积特征

太原组整合沉积于本溪组之上,厚度 131.60—169.91m,平均 149.64m。自下而上可划分为五个沉积旋回。岩石大类及其丰度为:陆源沉积岩 83.87%,内源沉积岩 10.65%,生物源沉积岩 5.46%。岩石类型主要为砂岩、粉砂岩、泥岩、灰岩和煤层(见图1)。

^①本文执笔者

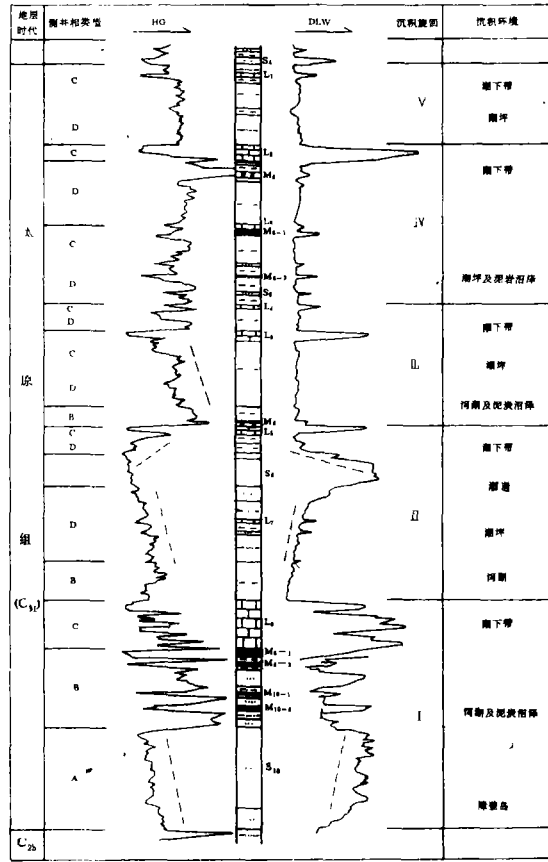


图1 聊城煤矿区太原组垂直层序测井相及沉积环境

Fig.1 The vertical sequence, well-logging facies and sedimentary environment of Taiyuan Group, Liaocheng Coalfield.

砂岩 太原组共发育五层砂岩，自下而上编号为 S₁₀、S₈、S₇、S₆、S₅。其中 S₁₀ 和 S₈ 砂岩厚度较大。岩性为中—细粒长石石英杂砂岩、长石石英砂岩，长石含量较高，可达 24%、黑云母，3%，钙质胶结，分选磨圆中等—较好。砂岩中发育的主要层理类型有：冲积交错层理、潮汐层理、槽状交错层理。

泥岩 呈灰黑—黑色，一般含有炭质、粉砂和植物化石碎片，发育水平层理、脉状层理、缓波状层理，反映沉积时水动力条件较弱。泥岩中可见到浸染状、脉状黄铁矿及鲕状、结核状菱铁矿，为还原—弱还原环境的产物。

灰岩 太原组含灰岩 3—7 层，其中 L₂、L₄、L₆、L₈，厚度较大，稳定性较好，代表大规模的海侵。各层灰岩岩性相似，为含生物碎屑泥晶灰岩和生物碎屑泥晶灰岩，含动物化石碎片。

2.太原组的物性特征、测井响应及测井相的建立

统计结果表明，太原组的物性有以下特征：

(1) 灰岩的电阻率最高, $\rho_{sw}^{max} = 84\Omega \cdot m$; 密度最大, HGG 测井值普遍偏低, $J_{\gamma\gamma}^{min} = 8\gamma / mc$ 。

(2) 泥岩的电阻率最低, 例如 L_8 灰岩的上覆泥岩, DLW 的测井值仅 $5.8\Omega \cdot m$, 显然与泥岩地层水中的高矿化度有关; 而泥岩井段的 HG 测井值则最高, $J_{\gamma}^{min} = 34.8\gamma$ 。

(3) 各层砂岩的电阻率电位较低, 变化范围为 $5.5-41.5\Omega \cdot m$, 说明受海洋影响强烈, DZW 曲线在 S_{10} 砂岩井段异常反映明显, 达 $9.5-18mV$, 指示该砂岩沉积时, 砂泥比较高, 渗透性较好的特征。

(4) 各煤层中, M_9 电阻率最高, 密度最大。DLW 测井值可达 $54\Omega \cdot m$; 而 \bar{J}_{γ} 只有 $184.9\gamma / mc$; 沿井轴向上, 具有 ρ_{sw} 减小和 $J_{\gamma\gamma}$ 增大的趋势。

太原组具有指相意义的 DLW、HG 测井响应见图 1 所示。按不同井段测井曲线携带的地质信息, 将其划分为 A、B、C、D、E 五种测井相, 从而建立以图 1 为代表的太原组垂直测井相序, 为沉积环境的解释和沉积历史的恢复创造条件。

A 型 中高阻、低伽玛、小齿峰倒圣诞树形测井相。沿井轴向上, DLW 测井值逐渐增大, HG 测井值则逐渐减小, 反映沉积能量由弱到强和砂岩的逆粒序结构。变化不大的齿边, 说明沉积物经过反复冲洗、砂泥比较高的特点。

B 型 低阻、高伽玛平稳少变状 (或夹中阻、低伽玛多峰状) 测井相。揭示沉积物是在水动力条件相对较弱、碎屑颗粒较细、泥质含量较高的环境中形成的; 而多峰状的中阻、低伽玛, 则是泥炭沼泽中烟煤的物性表征。

C 型 高阻、低伽玛大起大落单一多峰异常组合测井相。反映碳酸盐岩沉积。 L_8 井段上的 ρ_{sw} 低以及与其对应的 J_{γ} 高, 说明在灰岩沉积时, 地壳振荡, 导致灰岩中夹杂着泥岩薄层。

D 型 低阻小尖峰、中—低伽玛多齿边向上微扩型测井相。系潮坪环境随海水的小幅度进退, 砂坪和泥坪交替出现。

E 型 底界突变, 顶界渐变的中—高阻、低—中伽玛多齿峰、向上急收松塔形测井相。反映沉积能量由强到弱、沉积物由粗到细的正粒序结构。突变的底界 DLW 曲线, 说明由下部流动体制到上部流动体制的突变, 一般对下伏沉积物有冲刷作用。

二、太原组的沉积环境

1. 本区晚石炭世的海陆格局

聊城矿区同华北地台其它地区一样, 在奥陶纪之后, 一直处于上升状态, 早石炭世仍未接受沉积, 经长期风化夷平作用, 形成近准平原化的低地, 至中晚石炭世, 地壳开始缓慢沉降, 接受海陆过渡相沉积。在晚石炭世, 华北地台的海陆总体格局为, 海洋位于东南方向, 海水由东南向西北方向发生海侵。尽管受到华北地台海陆总体格局的制约, 然而, 由于岸线弯曲, 本区海陆位置却有其自身的特点, 在太原期, 海洋位于本区西和西南方向, 在海退的总背景下, 海水由西和西南方向向东及东北方向发生数次海侵, 致使本区太原组是以陆源碎屑潮坪、泻湖为主体的海退沉积与潮下带海进沉积所组成的多旋回沉积体系。

确定本区海陆格局的依据有:

(1) 太原组灰岩层数, 在矿区西南及西部较多, 一般为 6-7 层, 向东北及东逐渐减

少, 至 ZK13 孔仅发育 3 层 (见图 2)。

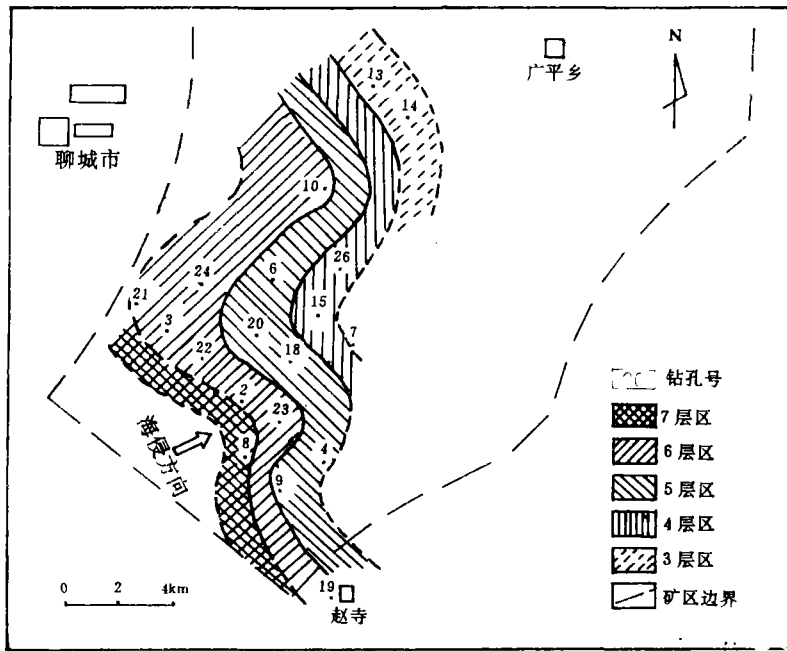


图 2 太原组灰岩层数分区图

Fig.2 The distribution of limestone beds in Taiyuan Formation

(2) 本区太原组灰岩总厚度具有向东及东北方向变薄的规律。如 ZK9 孔为 19.75m, 而 ZK18 孔为 16.05m。

(3) 太原组地层总厚度也有向东及东北方向变薄的趋势。如 ZK19、ZK3、ZK10 孔, 厚度分别为 169.91、160.75、152.50m, 而 ZK8 孔仅为 131.60m。

(4) 在西、西南部灰分产率一般小于 20%, 而东、东北部一般大于 20%。

(5) 邻区淄博的古流向为 190° 。

2. 太原组的沉积环境类型

对沉积相与测井相标志的研究表明, 太原组有障壁岛、泻湖、潮道、潮坪及潮下带 (含风暴沉积) 等环境类型 (见图 1)。

障壁岛 障壁岛沉积以 S_{10} 砂岩为代表。岩性为灰、暗灰色细、中粒长石石英砂岩和粉砂岩。呈逆粒序, 发育小型楔状、槽状交错层理和冲洗交错层理, 分选较好, 圆度较高, 硅质胶结, 含细小云母片。砂体呈东西向或北西向条带状展布。与上覆泻湖相构成海退相序。DLW 和 HG 曲线表现为中高值、低伽玛、小齿峰倒圣诞树形测井相。反映水动力条件由弱到强、沉积物经反复冲洗、结构成熟度和成分成熟度均较高的特点。

泻湖 泻湖沉积位于第 I 旋回 M_9 、 M_{10} 煤底板、第 II 旋回底部和第 III 旋回底部。岩性为灰黑、黑色泥岩、粉砂质泥岩。发育水平层理、韵律层理及缓波状层理, 富含浸染状、脉状黄铁矿, 含菱铁矿结核, 含少量动植物化石。在剖面上, 与下伏障壁岛及上覆潮坪相构

成海退相序。测井曲线表现为低阻、高伽玛平稳少变状测井相。反映泻湖环境水动力条件较弱, 在同生或早期成岩阶段, 介质为还原—弱还原条件。

潮道 潮道沉积以 S_8 砂岩为代表。下部岩性为灰—灰绿色中粒长石石英砂岩, 上部变细, 为细砂岩与粉砂岩或泥岩的互层。砂岩为钙质胶结, 发育槽状、板状交错层理。砂体呈北北东向条带状展布, 与岸线近于垂直, 剖面上呈透镜状。测井曲线表现为底界突变、顶界渐变的中—高阻、低—中伽玛多齿峰向上急收松塔形测井相。反映潮道环境水动力条件由强到弱、潮水进退频繁的特点。

潮坪 潮坪沉积发育于第 II、III、IV、V 旋回中。岩性为灰—青灰色细砂岩、粉砂岩、黑灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩。在细砂岩中, 发育小型人字形交错层理, 显示潮汐水流的双向性, 为砂坪沉积; 在粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩中, 发育波状、透镜状、脉状层理, 反映潮汐水流的脉动性, 为混合坪沉积; 在粉砂质泥岩和泥岩中, 可见到缓波状、透镜状层理, 含有丰富, 完整的植物化石, 可见到垂直虫孔 *Scolithos* 相, 为泥坪沉积。测井曲线表现为低阻小尖峰, 中—低伽玛多齿边向上微扩型测井相。

潮下带 (含风暴沉积) 潮下带沉积发育于各旋回顶部, 位于潮坪或泻湖沉积之上。岩性为灰—暗灰色含生物碎屑泥晶灰岩和生物碎屑泥晶灰岩, 含有各种腕足、瓣鳃动物化石碎片, 可见波状、缓波状层理, 在 L_8 灰岩中夹有 3—4 层泥岩。测井曲线上表现为高阻、低伽玛大起大落单峰—多峰状测井相, 反映潮下带环境具有较高的水动力条件。

L_8 灰岩上部可见到 5cm 厚的动物化石碎屑滞积层, 层内主要为腕足、瓣鳃动物化石碎屑, 显示下粗上细的粒序层理, 对下伏沉积物具有冲刷作用。滞积层之上依次出现丘状、缓波状交错层理, 反映为风暴事件沉积。 筑

3. 本区太原组沉积环境的特点

研究表明, 本区太原组的沉积环境具有以下特点:

1. 本区太原组属过渡环境的沉积;
2. 在过渡环境中, 又是以潮坪、泻湖环境为主体的海退型沉积与潮下带环境的海进型沉积的交织与多次更替;
3. 在时间上, 整个太原期, 海退与海进表现了明显的周期性与节奏性; 而在空间上, 则反映为显著的多旋回结构特征;
4. 海洋的作用因海退而逐渐弱化, 而大陆的影响则缓慢增强。
5. 本区的煤层是泻湖或潮坪环境基础上泥炭沼泽化的产物。

四、本区太原组主采煤层的聚煤规律与成煤灰色预测

根据沉积环境分析可知, 在聊城矿区太原组中, C_{10} 、 C_9 和 C_8 为泻湖泥炭沼泽化成煤; 而 C_7 、 C_6 和 C_5 则为潮坪泥炭沼泽化成煤。由于 C_{10} 、 C_9 形成时, 气候温暖潮湿, 植物繁茂, 地壳沉降与沉积速度均衡, 泥炭沼泽持续时间较长, 故形成厚度较大, 分布较稳定的主采煤层, 其余为部分可采或不可采煤层。

1. 主采煤层的聚煤规律与定性预测

1. C_9 煤: C_9 煤厚 1.45—3.24m, 平均 2.63m。常有两个分层, 即 C_{9-1} 、 C_{9-2} 。厚度前者稍大, 但二者均大于最小可采厚度, 系稳定主采煤层。其厚煤带位于本区西南地段, 即

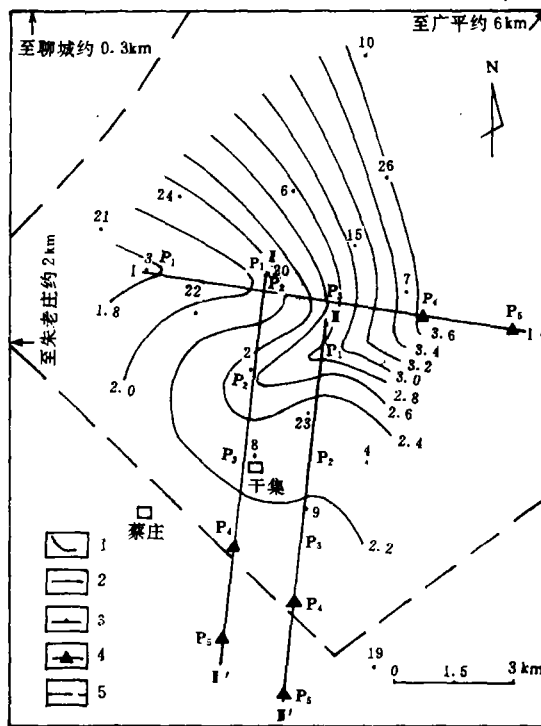
ZK24、ZK3、ZK2 和 ZK8 一带，平面上呈北西向环带状分布，与古海岸线大体平行。灰分产率为 7.27—60.00%，平均值为 19.28%，向陆（北东方向）其灰分增高、煤厚变薄。

据 C_9 煤的成煤环境及聚煤特征，可作如下的定性预测：在本区西南，从 ZK3—ZK22—ZK2 孔至朱老庄—蔡庄附近，煤厚在 3m 左右；往东到 ZK4—ZK7 孔一带，煤厚大于 2m；继续向东，煤层将逐渐变薄，在数公里范围内，估计大于最小可采厚度，向北至广平一带，煤厚逐渐减小，但仍可采。

2. C_{10} 煤： M_{10} 煤厚 1.76—3.70m，平均 2.44m，分为 M_{10-1} 、 M_{10-2} 两个分层，一般 M_{10-2} 较厚，二者均大于最小可采煤厚，且稳定可采。小于 2m 的薄煤带位于本区西南 ZK3 与南部的 ZK9 孔地段：向北东、向北厚度增大，至 ZK10 孔可达 3.70m；厚煤带总体展布方向呈北西向。灰分产率为 13.79—52.82%、均值为 26.89%，具有向陆增高之特点。

根据对 M_{10} 煤成煤环境及聚煤特点的分析，可作定性预测如下：从 ZK3—ZK9 孔一线往西南方向，在一定范围之内，煤厚一般小于 2m；从 ZK10—ZK26—ZK7 孔一线向东及北东方向，在数公里范围内、煤层厚度较大，一般在 3m 左右。

2.主采煤层的 GM (1, 1) 灰模及煤厚预测



1.煤厚等值线 2.煤厚预测线 3.已知煤厚点 4.预测煤厚点 5.矿区边界

图3 M_{10} 煤层厚度等值线及预测线布置图

Fig. 3 The isopach map of the tenth coal seam and the locates of thickness priding lines

根据本区太原组的成煤环境, 可对主采煤层的煤厚变化作出定性预测。为提高研究程度, 笔者进一步应用灰色系统理论, 对主采煤层建立了 GM (1, 1) 灰色预测模型, 并用有关灰模对煤厚变化进行了定量预测。

具体步骤是:

1. 根据聊城勘探区钻孔位置, 选定 I—I'、II—II' 和 III—III' 三条预测线 (图 3)。由测井资料对各预测线上有关钻孔中主采煤层所解释的煤厚, 形成原始序列 $\{h^{(0)}(i)\}$;

2. 作 AGO (Accumulated generating operation) 生成

$$h^{(1)}(i) = \sum_{j=1}^i h^{(0)}(j) \quad (1)$$

因煤厚非负, 故一次累加生成数据序列 $\{h^{(1)}(i)\}$ 接近指数规律变化, 设满足一元一阶常微分方程

$$\frac{dh^{(1)}}{dt} + ah^{(1)} = u \quad (2)$$

式中 t 为时间, a 、 u 为待辨识参数。其解为

$$h^{(1)}(t) = [h^{(1)}(t_0) - \frac{u}{a}]e^{-a(t-t_0)} + \frac{u}{a} \quad (3)$$

式中 t_0 为初始时刻。对于按等间隔分布上的钻孔煤厚离散值而言, 可表示为

$$h^{(1)}(k+1) = [h^{(1)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (4)$$

3. 确定数据矩阵 B 、 Y

$$B = \begin{Bmatrix} -\frac{1}{2}(h^{(1)}(2) + h^{(1)}(1)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(h^{(1)}(3) + h^{(1)}(2)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(h^{(1)}(N) + h^{(1)}(N-1)) & 1 \end{Bmatrix}, \quad Y = \begin{Bmatrix} h^{(0)}(2) \\ h^{(0)}(3) \\ \vdots \\ h^{(0)}(N) \end{Bmatrix}$$

4. 求参数列 $U = \begin{Bmatrix} a \\ u \end{Bmatrix}$ 的估计值 $\hat{U} = \begin{Bmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{Bmatrix}$, 建立 GM (1, 1) 灰模, 并进行精度检验—

残差检验。依各煤分层在相应预测线上煤厚一次累加生成序列, 按 $\hat{U} = \begin{Bmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{Bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 分别计算参数 \hat{a} 、 \hat{u} , 代入④式, 可建立各煤分层在相应预测线上的灰色预测模型

$$\hat{h}^{(1)}(K+1) = [h^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}}]e^{-\hat{a}K} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \quad (5)$$

当 $K=1, 2, \dots, N-1$ 时, 由式⑤算得原序列一次累加的拟合值; 当 $K>N$ 时, $\hat{h}^{(1)}(K+1)$ 为一次累加序列的预测值。

按上述方法, 聊城矿区太原组主采煤层 M_{9-1} 、 M_{9-2} 、 M_{10-1} 、 M_{10-2} 在 I—I'、II—II'、

III—III'的GM(1,1)灰模分别是:

$$\begin{aligned}
 M_{9-1} & \begin{cases} \text{I - I}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -13.45394 \cdot \exp(-0.17544i) + 15.62394 \\ \text{II - II}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = 7046437 \cdot \exp[(2.980232 \times 10^{-7})i] - 7046435 \\ \text{III - III}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -17.25773 \cdot \exp(-0.14612i) + 19.07773 \end{cases} \\
 M_{9-2} & \begin{cases} \text{I - I}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -3.72966 \cdot \exp(-0.32402i) + 4.79966 \\ \text{II - II}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -19.95981 \cdot \exp(-0.05138i) + 20.99981 \\ \text{III - III}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = 0.10756 \cdot \exp(-1.01124i) + 0.64244 \end{cases} \\
 M_{10-1} & \begin{cases} \text{I - I}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = 19.76335 \cdot \exp(0.03822i) - 19.16335 \\ \text{II - II}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = 17.27978 \cdot \exp(0.04082i) - 16.50978 \\ \text{III - III}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -4.94082 \cdot \exp(-(-0.16901i) + 5.74082 \end{cases} \\
 M_{10-2} & \begin{cases} \text{I - I}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = 3.37788 \cdot \exp(0.31438i) - 2.21788 \\ \text{II - II}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -15.31239 \cdot \exp(-0.12121i) + 16.57239 \\ \text{III - III}' & \hat{h}^{(1)}(i+1) = -10.66672 \cdot \exp(-0.16216i) + 12.39672 \end{cases}
 \end{aligned}$$

5.由 $\{h^{(1)}(i)\}$ 是一次累加生成序列, 为还原为原始数据序列, 需进行后减运算, 即相减生成:

$$\Delta h^{(1)}(i) = h^{(1)}(i) - h^{(1)}(i-1) = h^{(0)}(i)$$

类似地有 $\hat{h}^{(0)}(i) = \hat{h}^{(1)}(i) - \hat{h}^{(1)}(i-1) \quad (i \geq 2)$

当 $i=2, 3, \dots, N$ 时, 得原序列 $\{h^{(0)}(i)\}$ 的拟合序列, 即 $\{\hat{h}^{(0)}(i)\}$, 当 $i > N$ 时, 则为预测序列。

表1就是本区主采煤层煤厚实测值, GM(1,1)对原序列计算的拟合值与煤厚预测值

表1 山东聊城矿区太原组主采煤层煤厚实测值、GM(1,1)模型拟合值与预测值

Table 1 Measured, GM(1,1) simulated and predicted thickness of main coal seams in Taiyuan Formation of Liaocheng Coalfield, Shandong

| 主采煤层 | I - I'线 | | | | | II - II'线 | | | | | III - III'线 | | | | |
|-------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------|
| | GM(1,1)拟合值 钻孔实测煤厚 | | | GM(1,1) 预测值 | | GM(1,1)拟合值 钻孔实测煤厚 | | | GM(1,1) 预测值 | | GM(1,1)拟合值 钻孔实测煤厚 | | | GM(1,1) 预测值 | |
| | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P |
| M ₉₋₁ | $\frac{2.17}{2.17}$ | $\frac{2.16}{2.17}$ | $\frac{1.82}{1.82}$ | 1.52 | 1.28 | $\frac{2.17}{2.17}$ | $\frac{1.93}{2.10}$ | $\frac{2.09}{2.10}$ | 2.09 | 0.72 | $\frac{1.82}{1.82}$ | $\frac{2.35}{2.35}$ | $\frac{2.03}{2.03}$ | 1.75 | 1.51 |
| M ₉₋₂ | $\frac{1.07}{1.07}$ | $\frac{1.03}{1.04}$ | $\frac{0.75}{0.75}$ | 0.54 | 0.39 | $\frac{1.04}{1.04}$ | $\frac{1.00}{1.00}$ | $\frac{0.95}{0.95}$ | 0.90 | 0.86 | $\frac{0.75}{1.75}$ | $\frac{0.19}{0.22}$ | $\frac{0.52}{0.67}$ | 1.42 | |
| M ₁₀₋₁ | $\frac{0.60}{0.60}$ | $\frac{0.77}{0.77}$ | $\frac{0.80}{0.80}$ | 0.83 | 0.86 | $\frac{0.77}{0.77}$ | $\frac{0.72}{0.72}$ | $\frac{0.75}{0.75}$ | 0.78 | 0.81 | $\frac{0.80}{0.80}$ | $\frac{0.77}{0.77}$ | $\frac{0.65}{0.65}$ | 0.55 | 0.46 |
| M ₁₀₋₂ | $\frac{1.16}{1.16}$ | $\frac{1.25}{1.25}$ | $\frac{1.71}{1.73}$ | 2.34 | 3.20 | $\frac{1.26}{1.26}$ | $\frac{1.75}{1.75}$ | $\frac{1.55}{1.55}$ | 1.37 | 1.22 | $\frac{1.73}{1.73}$ | $\frac{1.60}{1.60}$ | $\frac{1.36}{1.36}$ | 1.17 | 0.98 |

(P表示各线上的点, 见图4, 煤厚以米为单位)

比较表1中各煤层在不同钻孔中煤厚实测值与拟合值, 可对拟合情况作出统计 (占

2)。

表 2 山东聊城矿区太原组主采煤层 GM (1, 1) 模型拟合情况

Table 2 Results of GM(1, 1) simulation of main coal seams in Taiyuan Formation of Liaocheng coal field, Shandong

| 主采煤层 | 建模个数 | 原序列点数 | 误差绝对值 (IEI) 分布 | | | | | | | | max E | E 的均值 |
|-------------------|------|-------|----------------|----------|---------|----------|------------|----------|---------|----------|-------|-------|
| | | | 0 | 所占百分比(%) | <0.1的点数 | 所占百分比(%) | 0.1-0.2的点数 | 所占百分比(%) | >0.2的点数 | 所占百分比(%) | | |
| M ₉₋₁ | 3 | 9 | 6 | 66.66 | 2 | 22.22 | 1 | 11.12 | 0 | 0 | 0.17 | 0.021 |
| M ₉₋₂ | 3 | 9 | 6 | 66.66 | 2 | 22.22 | 1 | 11.12 | 0 | 0 | 0.15 | 0.021 |
| M ₁₀₋₁ | 3 | 9 | 9 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.000 |
| M ₁₀₋₂ | 3 | 9 | 7 | 77.77 | 2 | 22.23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0.003 |
| 汇总 | 12 | 36 | 28 | 77.77 | 6 | 16.67 | 2 | 5.56 | 0 | 0 | 0.17 | 0.011 |

分析表 2 可以看出: ①对 M₁₀₋₁ 煤所建立的三个 GM (1, 1) 灰模精度最高, 各拟合点上的拟合值均等于原始实测煤厚。②M₉₋₁ 煤在 II-Ⅱ' 线上用 GM (1, 1) 模型计算的拟合误差最大值为 0.17m, 在进行煤厚预测时, 规定其误差不得大于 0.2m, 显而易见, 拟合误差满足精度要求。③因合点误差从整体上来说较小, |E| = 0.011, 说明所建模型可以用来进行煤厚预测。

由各预测模型计算的主采煤层煤厚预测值 (见表 1 和图 4) 还可以提出: ①沿 I—I' 线向东, 即沿钻孔 3、20、18 向东, 在预测间距的为 2.24km 的两个预测点上, M₉ 的厚度 (即 M₉₋₁ 与 M₉₋₂ 煤厚之和) 分别为 2.06m 和 1.67m; 而 M₁₀ 的厚度则分别为 3.17m 和 4.06m, 说明煤厚变化不大, 稳定可采。②沿 II-Ⅱ' 向南, 即沿钻孔 20、2、8 向南, 在间距的为 2.2km 的两个预测点上, M₉ 分别为 2.99m 和 1.58m; 而 M₁₀ 则分别为 2.15m 和 2.03m。③沿 III-Ⅲ' 向南, 即沿 18.23 和 9 号孔向南, 在间距为 2.38km 的第一预测点上, M₉ 为 3.17m; 而 M₁₀ 在间距为 2.38km 和 2.24km 的第一、第二预测点上, 则分别为 1.70m 和 1.44m。

研究表明, 根据沉积环境分析的煤厚所作的定性预测与运用灰色建模所作的煤厚定量预测, 其结果是基本一致的。

本文系《山东阳谷—茌平煤田聊城煤矿区石炭二叠系沉积环境聚煤特点研究》课题成果的一部分, 在研究和撰写论文过程中, 葛宝勋教授曾提出许多宝贵意见, 在此深表谢意。

收稿日期: 1991 年 6 月 26 日

参 考 文 献

- (1) 邓聚龙, 1986, 灰色预测与决策, 华中工学院出版社, 125-134页。
(2) 刘宝君, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社, 406-417页。
(3) 黄智辉等, 1983, 现代煤田测井技术, 武汉地质学院出版, 试用教材, 186-215页, 222-243页

**Sedimentary Environment and Gray Forecast
of the Main Workable Coal Seams in Taiyuan
Formation, Liaocheng Coal Field, Shandong****Zhang Hongsheng · Xu Jianguo · Deng Yinsheng**

(Jiaozuo Mining College, Henan)

Ye Yuqing · Li Xiangyang · Wang Shuzhuang · Dong Renguo

(The 2nd Geological Bridage of Shandong Gology and Mineral Resources Bureau)

Abstract

Liaocheng coal field situates in the northwestern margin of western Shandong uplift, is an unit of Carboniferous-Permian coal-bearing basin of Northern China.

Taiyuan Formation, one of the main coal-bearing stratum, composed of sandstone, siltstone, mudstone, limestone and coal seams, can be divided into five complete sedimentary cycles, and 6 coal seams were found in the formation, they are the fifth to the tenth coal seams, among them, the ninth and the tenth are main workable ones.

Conventional geophysical logging have been made of all the boreholes, the logs obtained mainly are apparant resistivity, spontaneous potential, natural gamma-ray logging and so on. For the research of sedimentary environment, apparent resistivity and natural gamma-ray log were used as principles.

Based on the study of sedimentology and well logging, the authors discussed the sedimentary characters and geophisic feature, then divide the log into five facies (expresed as A, B, C, D and E), and concluded that the sedimentary environment of Taiyuan Formation was tranzitional, including barrier island, lagon, tidal flat, subtidal zone and peat swamp etc. The ninth and tenth coal seams were the products of swamping lagoon.

A ccording to the study of sedimentary envirenment, the authors discussed the accumulative characteristics of the ninth and tenth coal seams and quatitatively pridicted their thickness, and then a gray mathematical model GM (1, 1) was established to quantitatively pridict the thickness of the two coal seams. The results of qualitative and quantitative pridict are bascally coincident.