

图像分析在京西窑坡组沉积环境 分析中的应用^{*}

俞 平 利

(华侨大学材料物理化学研究所, 泉州 362011)

摘要 用 IBAS2000 图像分析系统, 对京西口儿村剖面窑坡组的粉砂-粗砂级陆源碎屑作岩组份与粒度标志的定量统计分析. 应用于沉积环境分析中, 发现窑坡组属沉积盆地边缘的湖泊相沉积类型, 沉积环境较稳定, 水动力较弱, 为良好的成煤环境.

关键词 图像分析, 沉积岩, 岩组份, 粒度分析, 沉积环境

分类号 P 585

早侏罗世窑坡组是北京地区主要的含煤地层, 对窑坡组沉积环境的研究有助于煤田地质工作. 本文选择北京西山早侏罗世窑坡组口儿村剖面为研究对象, 以西德产 IBAS2000 图像分析系统为主要测试分析手段, 采用图像分析法获取相关信息, 从岩性、结构构造、粒度特征等多方面入手, 进行沉积环境分析.

1 图像分析

从野外资料看, 口儿村剖面中窑坡组真厚 232 米, 下伏南大岭组, 岩性以玄武岩为主, 二者为平行不整合关系; 上覆龙门组, 岩性以砂岩、砂砾岩为主, 二者呈平行不整合接触, 冲刷面清晰. 窑坡组以粉砂岩、砂岩为主要岩性, 其中粉砂岩占 51%, 中细砂岩 33%, 粗砂岩 7%, 另有粉砂质泥岩、薄煤层等; 从中选取具代表性的岩矿标本, 作如下分析.

1.1 岩组份分析

岩组份分析的结果如表 1 所示. (1) 砂砾岩与粗砂岩. 呈灰黄色或褐色, 碎屑 90%, 由石英、长石、岩屑组成. 砾石成分复杂, 包含石英岩、花岗岩、变粒岩及片麻岩等. 岩性由下向上从砂砾岩渐变为粗砂岩, 粒度由大变小. (2) 中细粒砂岩. 灰色、灰黑色为主, 中厚层状; 碎屑 > 80%, 主要由石英、长石、岩屑组成; 杂基含量高(20%), 空隙式、空隙-接触式胶结. 碎屑中, 长石含量与粒度有关, 中砂岩中 15% ~ 30%, 细砂岩中含 10% ~ 15%; 岩屑含量高, 多数 > 40%, 组分复杂, 包含粉砂岩、泥质岩、片石、变粒岩、板岩、千枚岩、石英岩、硅质岩、火山岩、酸性浅成岩、炭屑等. 因此, 岩石应定名为长石岩屑砂岩. (3) 粉砂岩. 多呈灰黑色、黑色, 中厚层状; 粉砂成分由石英、长石、岩屑、炭屑组成. 其中长石含量 > 45%, 高至 70%. 岩屑成分复

杂,以沉积岩、变质岩为主,如泥岩、泥质板岩、千枚岩、硅质岩、粉砂岩、云母片岩、炭质板岩、炭屑等.

表1 岩性组分表

样号	岩石名称	碎屑含量/(%)	碎屑组成/(%)				填隙物含量/(%)	填隙物组成/(%)		
			石英	岩屑	长石	炭屑		泥质	炭质	硅质
K 29	粗粒岩屑长石砂岩	90	40	27	33	10	8	2		
K 14	中粒长石岩屑杂砂岩	90	45	40	10	10	6	2		
K 16	中粒长石岩屑砂岩	85	40~45	40	12	2	15	12		
K 21	中粒长石岩屑杂砂岩	82	35	45	15		18	10	5	
K 22-1	中粒岩屑长石杂砂岩	80	45	20	30		20	0.15	1~2	
K 27	中粒长石岩屑砂岩	85	30	55	15		15	0.8	4	
K 31	中粒岩屑长石砂岩	85	30	35~40	30		15	15	少量 少量	
K 37	中粒长石岩屑砂岩	85	25	55	15		15	6	5	
K 44	中粒岩屑长石砂岩	80	50	20	30		20	13		
K 19	细粒岩屑砂岩	90	40	50	10		10	5	5	
K 23	泥质细粒长石岩屑杂砂岩	75	40	45	10		25	20		
K 26-1	细粒长石岩屑杂砂岩	82	35	45	15		18	8	5	
K 36	细粒含炭质长石岩屑砂岩	85	25	55	15	5	15		15 10	
K 38	细粒长石岩屑砂岩	85	25	60	12	2	15	10		
K 40	细粒长石岩屑砂岩	85	30	50	15		15	10	5	
K 17	细砂质岩屑粉砂岩	80	40	50	10		20	13	2	
K 18	岩屑粉砂岩	80	40	50	7~8		20	12		
K 20	含炭质岩屑细粉砂岩	90	35	55			10	4	6	
K 24	炭泥质岩屑粉砂岩	70	25	65	< 2	5	30	炭泥质为主		
K 26	炭泥质岩屑粉砂岩	70	20	70	5	3	30	14	16	
K 28	泥质岩屑粉砂岩	65~70	45	45	5		35~30	> 25	少量	
K 33	含炭泥质岩屑粉砂岩	75	25	70	5		25	15	10	
K 41	含炭泥质长石岩屑粉砂岩	82	35	45	15	3	18	炭泥质为主		
K 43	炭泥质长石岩屑粉砂岩	55	35~40	45	10~15	5	45	炭、泥质为主		
K 45	炭泥质长石岩屑粉砂岩	70~75	35	40	15	10	25~30	炭、泥质为主		

以上结果表明,沉积岩结构、成分成熟度较低,反映陆源碎屑岩性多样,搬运距离较短,沉积速度快.长石的大量存在说明当时地壳运动较强,地形较陡且剥蚀快,堆积快.长石与粒度的关系符合同等水动力条件下,长石较石英、岩屑易碎易损失的规律,表明各岩层中的长石来自同一物源区.泥岩、粉砂岩、泥质粉砂岩中含炭量很高,有时可达20%,说明炭质来源丰富,并在弱还原-还原条件下迅速埋藏.

1.2 层理类型分析

(1)中细粒砂岩.层理不发育,偶见小型交错层理(板状、楔状)、槽状交错层理及平行近平行层理.(2)粉砂岩.层理构造发育,常见水平层理、水平波状层理、小型交错层理、小型槽状层理、微型波状层理、微细韵律层等.(3)在泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩中发育水平层理.

由层理类型分析可见,沉积时水动力条件变化频繁,形成多种层理,从单向水流较强水动力条件至静水环境、静水弱波浪运动均有出现.

1.3 沉积岩粒度分析

沉积岩粒度分析中,测定个体粒径(D_{\max})下限 0.031 3 mm, 上限 2.00 mm, 转换为 Φ 值, $\Phi = -\log_2 D_{\max}$. 粒度参数计算公式为 $\bar{X}_\Phi = \sum f m/n$, $\delta_\Phi = (\sum f (m - \bar{X}_\Phi)^2 / 100)^{1/2}$, $S_{K\Phi} = \sum f (m - \bar{X}_\Phi)^3 / 100 \delta_\Phi^3$, $K_\Phi = \sum f (m - \bar{X}_\Phi)^4 / 100 \delta_\Phi^4$. 式中 \bar{X}_Φ 代表粒径平均值; δ_Φ 代表标准偏差; $S_{K\Phi}$ 代表偏度值; K_Φ 代表峰度值; f 代表每个粒级中频率; m 代表每个粒级的中间值, 以 Φ 值表示; n 样品颗粒总数, 以百分数表示时, $n = 100$.

粒度参数分级标准如表 2. 实验所得粒度参数如表 3.

表 2 粒度参数分级标准

分选系数分级标准 ^①		偏度分级 ^②		峰度分级 ^③	
分选程度	分选系数值	偏 度	偏度值	峰 度	峰度值
极好	< 0.35	很负偏	- 1.0 ~ - 0.3	很平坦	< 0.67
好	0.35 ~ 0.50	负偏	- 0.3 ~ - 0.1	平坦	0.67 ~ 0.90
较好	0.50 ~ 0.71	近对称	- 0.1 ~ 0.1	中等(近正态)	0.90 ~ 1.11
中等	0.71 ~ 1	正偏	0.1 ~ 0.3	尖锐	1.11 ~ 1.56
差	1 ~ 2	很正偏	0.3 ~ 1.0	很尖锐	1.56 ~ 3.00
很差	2 ~ 4			非常尖锐	> 3.00
极差	> 4				

①根据福克·沃德(1957)方案; ②、③根据郑浚茂(1982)《陆源碎屑沉积环境的粒度标志》

表 3 粒度参数表

序号	样号	岩石名称	\bar{X}_Φ	S_0	$S_{K\Phi}$	K_Φ	C	M	$Pl(\%)$
1	K14	中粒长石岩屑杂砂岩	2.35	0.71	- 0.04	2.46	0.75	2.35	16
2	K16	中粒长石岩屑砂岩	2.82	0.80	- 0.22	2.20	1.25	2.85	8
3	K17	细砂岩屑粉砂岩	4.19	0.39	0.24	2.92	3.10	4.10	16
4	K18	岩屑粉砂岩	4.53	0.42	1.60	5.42	3.20	4.51	38
5	K19	细粒岩屑砂岩	3.26	0.57	- 0.02	2.85	1.85	3.23	15
6	K21	中粒长石岩屑杂砂岩	2.84	0.70	- 0.17	3.05	1.30	2.80	18
7	K22-1	中粒岩屑长石杂砂岩	2.10	0.84	- 0.24	2.77	0.38	2.05	16
8	K23	泥质细粒长石岩屑杂砂岩	3.68	0.49	0.04	2.67	2.5	3.60	20
9	K24	炭泥质岩屑粉砂岩	4.42	0.42	1.13	4.29	3.1	4.4	32
10	K26	炭泥质岩屑粉砂岩	4.57	0.34	1.36	4.66	3.31	4.55	30
11	K26-1	细粒长石岩屑杂砂岩	3.17	0.68	0.03	2.76	1.65	3.23	18
12	K27	中粒长石岩屑砂岩	3.09	0.84	- 0.25	2.47	1.40	3.20	15
13	K28	泥质岩屑粉砂岩	4.55	0.30	1.00	3.90	3.63	4.50	> 50
14	K29	粗粒岩屑长石砂岩	1.35	0.85	- 0.46	2.75	- 0.40	1.21	8
15	K31	中粒长石岩屑砂岩	2.09	0.79	- 0.62	3.12	0.62	1.95	8
16	K33	含炭泥质岩屑粉砂岩	4.43	0.37	0.82	3.36	3.33	4.35	25
17	K36	含炭质细粒长石岩屑砂岩	2.99	0.72	- 0.20	2.66	1.45	2.98	13
18	K37	中粒长石岩屑砂岩	2.29	0.71	- 0.02	2.96	0.60	2.20	10
19	K38	细粒长石岩屑砂岩	3.74	0.68	0.40	2.54	2.13	3.75	15
20	K40	细粒长石岩屑砂岩	2.55	0.61	- 0.23	2.81	1.20	2.45	15
21	K41	含炭泥质长石岩屑粉砂岩	4.16	0.52	0.58	2.82	2.75	4.15	20
22	K43	炭泥质长石岩屑粉砂岩	4.53	0.36	1.17	4.52	3.45	4.5	35

续表 3

序号	样号	岩石名称	\bar{X}_ϕ	S_0	$S_{K\phi}$	K_ϕ	C	M	$P/(\%)$
23	K44	中粒岩屑长石砂岩	2.13	0.78	-0.38	2.73	0.60	2.10	15
24	K45	炭泥质长石岩屑粉砂岩	4.50	0.36	1.01	3.81	3.40	4.50	26

测定结果表明, 窑坡组碎屑岩粒度平均值变化大, 粒度范围宽, 反映出水流速度变化较频繁, 水动力变化范围大. 碎屑分选系数在 0.30~0.85 之间变化. 其中粉砂岩 0.30~0.52, 分选极好~好; 细砂岩 0.49~0.72, 分选较好; 中粗粒砂岩 0.70~0.85, 分选中等.

粒度分布偏度摆动范围极大, 从很正偏至很负偏均有出现, 峰态很尖锐~非常尖锐, 反映出粗细组分常混合沉积. 粗细尾部的沉积多少是由水动力强弱决定的; 水动力的变化也使粒度分布不呈正态, 偏度时正时负; 粗细尾部的沉积又使峰态尖锐化. 粒度概率曲线中, 陆源碎屑沉积以跳跃总体为主, 悬浮与牵引总体次之时, 水动力相对较强; 当表现为单一悬浮总体时, 水动力弱. 中细砂岩正态分布图中的多峰曲线, 反映多个次总体的直接混合, 为迅速沉积所至; 粉砂岩的单峰曲线峰态尖锐, 为悬浮质沉积为主的静水环境(图 1).

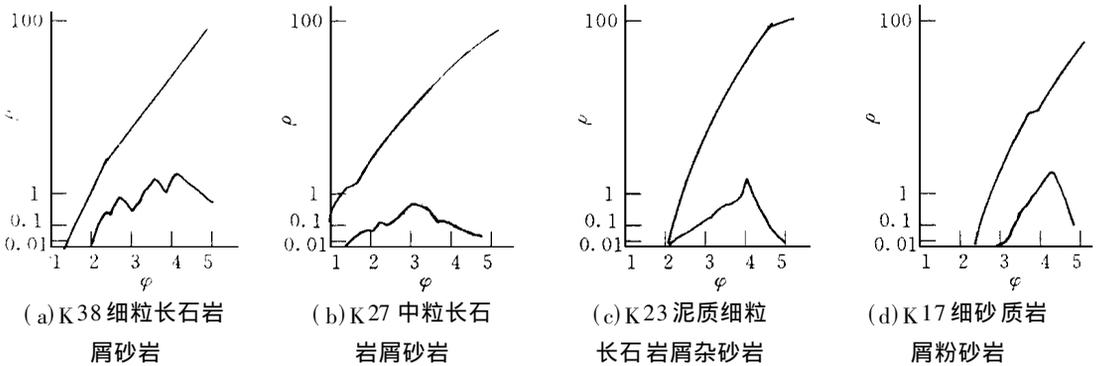


图 1 沉积岩粒度概率曲线及正态分布曲线

$C-M$ 图解(图 2)显示陆源碎屑沉积的 C 值与 M 值成比例关系, QR 段发育, $C-M$ 图形平行 $C=M$ 基线, 属递变悬浮沉积. 碎屑沉积物从中细粒砂岩至粉砂岩均以跳跃与悬浮方式搬运, 基本无滚动颗粒, 表明水动力总体较弱.

2 环境分析

汇总以上成果, 结合野外实际资料, 绘制成口儿村窑坡组地层及其沉积环境综合柱状图(图略). 据图分析, 口儿村窑坡组由 4 个大的沉积旋组成, 每个大旋均包含若干小旋. 总体上, 它以浅湖、滨湖及湖泊三角洲沉积为特征. 结合岩性特征、结构构造, 可概括为: 口儿村窑坡组距

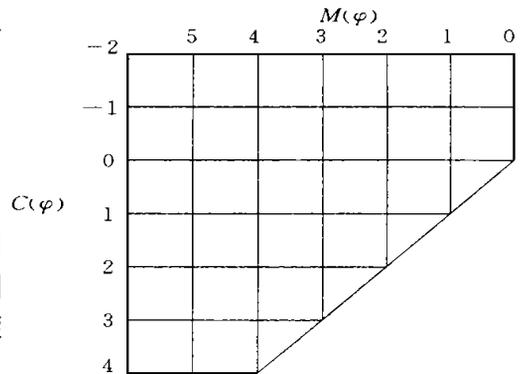


图 2 $C-M$ 图解

离物源较近, 物源区岩性多样, 物质供应充足, 在弱还原-还原条件下迅速埋藏, 属沉积盆地边缘的湖泊相沉积类型; 沉积环境较稳定, 水动力较弱, 发育水平层理、交错层理, 利于泥炭质沉积, 有利于成煤; 而泥炭质含量丰富, 显示了当时气候温暖潮湿, 利于植物生长.

3 讨论

(1) 采用 IBA S2000 图像分析系统为测试手段, 简单、方便、迅速, 测试结果精度高, 应用效果好。(2) 沉积岩组分复杂, 在显微图像转换成灰度图像后, 出现如下现象: 不同组分具相似灰度图像, 如石英与长石; 同一组分又具有多种灰度, 如岩屑、多晶石英等; 还出现测定个体重叠现象。因此, 应采取半自动方式, 由人工识别、确定测定个体, 再由系统自动测定并计算, 才能得到较客观、准确的信息。(3) 在沉积岩样品中, 石英矿物常有次生加大现象, 岩屑经次生变化后与杂基很难识别。因此, 应该镜下观察与灰度图像相对照, 去除石英次生加大边缘, 辨识岩屑轮廓, 以使粒径测定准确可靠。(4) 为了使定量统计能客观地反映岩矿组分与粒度特征, 对每一个测定单位—岩石薄片, 采取多个视域全面测定, 每个薄片测定 400~500 个值。每个视域均选用全屏幕两点间距法, 以人机对话方式借助鼠标对图像进行选点取样, 以两点连线测量粒度参数。(5) 粒度分析中, 最大视直径 D_{\max} 与 Φ 值转换公式为 $\Phi = -\log_2 D_{\max}$ 。考虑到 $> 5\Phi$ 的杂基及统计截尾会影响粒度累积曲线而使细尾部提高, 导致分不出“悬浮总体”而使曲线形态严重歪曲, 因此应作杂基校正来解决此问题。方法是在偏光显微镜下人工估算杂基总百分含量 P , 以原累计频率各乘以 $(100 - P)$, 并重绘校正曲线, 使细尾反映明显。(6) 室内图像分析资料应结合野外实际资料, 才能较好地解释沉积环境的特征与变化规律。

参 考 文 献

- 1 陈基娘. 图像分析在地质学中的应用. 北京: 中国地质大学出版社, 1992. 1~190
- 2 刘宝君, 曾允莘. 岩相古地理基础和工作方法. 北京: 地质出版社, 1985. 1~200
- 3 郑浚茂. 陆源碎屑沉积环境的粒度特征. 武汉: 中国地质大学出版社, 1982. 1~115
- 4 Friedman G M. Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology*, 1979, 26: 5~10

Applying Image Analysis to Sedimentary Environment of Yaopo Formation Lies West of Beijing

Yu Pingli

(Inst. of Mater. Phys. Chem., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract By applying IBAS 2000 image analysis system to the silts of Yaopo formation on Kour village profile lies west of Beijing, a quantitative statistical analysis is made on petromineral constituents and grain size mark of these terrigenous fragments of coarse sand order. As shown by applying the system to sedimentary environment there, Yaopo formation belongs to the sedimentation type of lacustrine facies lies in the border of sedimentary basin. It is a good coal-forming environment with fairly stable sedimentary environment and fairly weak water power.

Keywords image analysis, sedimentary rock, petromineral constituents, grain size analysis, sedimentary environment