

沉积岩微区形貌及成分定量研究的图像分析仪方法^①

师育新 陈志祥 史基安

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

提 要 本文介绍了利用 IELTZ TASA-plus 型图像分析仪进行沉积岩微区形貌及成分定量分析的方法, 如沉积岩粒度分析、矿物(或组分)定量测量、面孔率及微裂隙的定量测量等, 并与其它方法作了比较。研究表明, 该方法具有快速、精确和统计信息量大等优点, 但对于许多岩矿样品来说, 灰度自动检测比较困难, 而需要结合操作者的地质学知识和经验通过光笔装置进行半自动测量。最后对图像仪在地质学中的应用前景作了分析。

关键词 微区形貌及成分 图像分析 检定 光笔

第一作者简介 师育新 女 32 岁 助理研究员 沉积学与矿物学

室内对沉积岩显微结构和成分的观察、统计乃至沉积岩成因与分布规律的分析, 是沉积岩分类命名、岩相古地理和沉积环境分析以及岩石储集性研究等必不可少的工作环节。过去这一工作仅限于显微镜下的定性观察、描述和人工测量、计算, 定量结果误差大, 工作效率低。形成于本世纪 70 年代的图像分析仪, 融显微技术、计算机技术和电子技术为一体, 为岩石矿物的微区形貌和成分的快速和精确定量分析提供了可能的手段。目前国内外专门用于地质学研究的图像分析仪为数尚少。作者近年来一直从事用 TAS-plus 型图像分析仪进行岩矿显微图像定量分析的研究工作, 本文便是在此工作基础上, 对图像仪在沉积学定量测试中应用的若干方面进行了讨论, 并对图像仪在地质学中的应用现状和发展趋势做了分析。

1 仪器及其测量功能

本文的工作是在联邦德国莱兹公司生产的 TAS-plus 型图像分析仪上进行的, 该机是一台通用型仪器, 具有自动和半自动图像分析功能。主要由三大部分组成:

- 1) 输入外围设备 光学显微镜、TV 摄像机;
- 2) 中心处理设备;
- 3) 输出设备 PDP-1 型微机, 彩色显示器, FX-80+ 点阵式打印机。

其基本工作原理是计算机图像处理技术, 它是将摄像机摄取的信息, 通过模数 (A/D)

① 中国科学院兰州地质研究所所长基金资助项目。

收稿日期: 1995-09-15

转换存入灰度存储器,同时经数模(D/A)转换送到监视器(Monitor),程序存储器存储图像处理子程序;光笔与键盘实现处理相的输入;图像处理器完成图像的分割、提取与修改。

TAS-plus 仪的主要测试参数有:物相面积、周长、个数、平面等效直径、平均弦长、12个方向的 Feret 直径和投影长度、测试框面积、形状因子、最大长度、透射光或反射光密度值、重心位置以及各参数的分布状态等,各测量参数的定义见表 1。

2 图像分析仪在沉积岩微区形貌及成分定量分析中的应用

利用 TAS-plus 仪对沉积岩进行定量分析,首要的也是关键的一点,是对被测组分(component)的正确识别和确认。首先要选定合适的检测门限值。TAS-plus 仪设有四个门限,可区分 100 个灰度级。在 0—99 之间有两个可自由调节的活动门限,以控制门限的位置与宽度。设栏过程又叫做“标白”处理,对 TAS-plus 仪则是一个“标绿”的过程。这一过程叫检定,经过检定的信号则是待测物相的信号,其它不必要的信号都丢弃掉。待测物信号便被送进数字分析器装置进行处理和分析。由于岩矿样品中矿物光学性质和结构的复杂性,往往同一种矿物或组分有着不同的亮度(即灰度),而不同的矿物或组分却可能有相同的亮度。这就为检定带来了困难。要解决这一问题,可以在样品制备过程中加以处理,如染色、铸体等,或在显微镜上加滤光片等办法,还可用图像处理器进行各种图像处理。另外,TAS-plus 设有光笔装置,在自动检定困难的情况下,发挥人的智能,对待测物相进行提取、圈定边界。

表 1 TAS-plus 图像仪测量参数及定义

Table 1 Measurement parameters of the TAS-plus Image Analysis System and their definitions

测量参数	定 义
点 点 数	计 点
周 长	测量边界象点的总个数
平均弦长	第 n 条扫描线与图像相截点的平均值 $L_n = \frac{n}{N}$, N:与图像相截的扫描线数目
水平投影	测量水平扫描线与图像相截的数目
垂直投影	测量垂直扫描线与图像下侧边界相截的数目
面 面 积	测量二进制图像所包含的象点总数,经放大倍数校正系数换算后,即为图像面积 $A = \sum_{i=1}^n A_i$
形状系数	形状因子 $SF = \frac{4\pi A}{L}$ A:被测物相面积;L:被测物相周长
平均光密度	测量图像中每个象点面积的平均光密度

用 TAS-plus 仪进行沉积岩定量分析,另一项重要的工作是编写分析软件,以执行各种测量项目。TAS-plus 所用的计算机编程语言为 TASIC 语言,它是 LEITZ 公司专门开发用于图像分析的语言,可用 200 多个指令语句编成程序,实现分析过程的全自动控制。

TAS-plus 仪在沉积岩定量研究中的应用主要有以下几个方面。

2.1 沉积岩粒度分析

对沉积岩矿物的颗粒度以及它的各种特征参数进行研究,可为岩石分类命名、岩相古地

理分析、岩石物理性质研究等提供依据。

用 TAS-plus 仪进行粒度分析时,采用光笔装置进行半自动测量,由人操作光笔在监视器上确认检测对象,这时要注意摒弃重矿物,片状轻矿物以及次生加大部分等不反映正常水动力条件的颗粒(图版 5);对于溶蚀、机械等因素引起的颗粒破碎,也要恢复其原貌测量(图版 6),用直线线段测量法测量颗粒的最大视直径并进行分类。一般测量颗粒数不少于 500 个,粒级范围为:0φ—5φ,级差 0.25φ。粒度参数采用矩法计算^[1],公式如下:

$$\text{平均值 } \bar{X}_\varphi = \frac{\sum fm}{100 m}$$

$$\text{标准偏差 } \sigma_\varphi = \sqrt{\frac{\sum f (m - \bar{X}_\varphi)^2}{100}}$$

$$\text{偏 度 } S_{K_\varphi} = \frac{\sum f (m - \bar{X}_\varphi)^3}{100 \sigma_\varphi^3}$$

$$\text{峰 度 } K_\varphi = \frac{\sum f (m - \bar{X}_\varphi)^4}{100 \sigma_\varphi^4}$$

对同一块样品的平行实验表明,三次重复测定的概率曲线一致,粒度参数精度良好(图 1,表 2)。对 10 个样品重复测定的粒度参数值的最大偏离值: $\bar{X}_\varphi < 0.09$, $\delta < 0.38$, $S_{K_\varphi} < 0.3$, $K_\varphi < 0.32$, 平均偏离值 $\bar{X}_\varphi = 0.04$, $\delta = 0.08$, $S_{K_\varphi} = 0.11$, $K_\varphi = 0.19$ 。

TAS-plus 图像仪与筛析法粒度分析的对比实验结果显示,当样品的成分较单一,次生加大及溶蚀现象较弱,分选、磨圆较好时,两种方法有较好的对比性,表现在概率曲线上,曲线形态一致,但不重合,与 Friedman(1962)^[2]揭示的筛析法与薄片法粒度分析的关系式相符: $D = 0.3815 + 0.9027d$

其中:D是相当于筛析的直径,d是薄片内测定的视直径。

相反,那些胶结致密,颗粒溶蚀严重,具有次生加大现象的样品对比则不太好。笔者认为,这些样品在做筛析法分析时可能由于机械破碎影响了分析精度,而图像分析却能够避免上述影响,如图版 5、6 可观察到石英的次生加大边和颗粒破碎情况,在分析时可按照

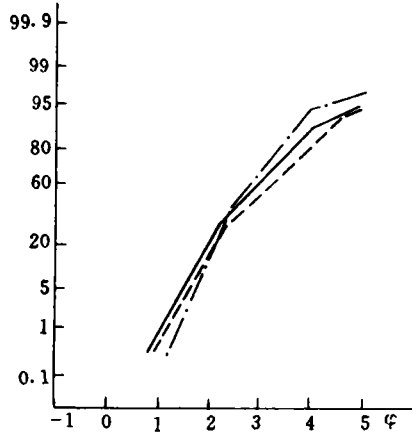


图 1 图像仪重复测定概率累计曲线
Fig. 1 Probability cumulative curves by the Image Analysis System multiple measurement

表 2 图像仪平行实验粒度参数及与颗粒计数器法的对比

Table 2 Comparison between parameters of grain size measured multiply by Image Analysis System and the grain counter method

样号	测量仪器	粒度参数				
		\bar{X}_φ	σ_φ	S_{K_φ}	K_φ	
KK-37	TAS-plus 图像仪	1	1.478	0.484	0.942	4.579
		2	1.557	0.436	0.817	4.274
		3	1.498	0.466	0.757	4.213
	WDJ 颗粒计数器	1.516	4.050	0.986	5.305	
KK-47	TAS-plus 图像仪	1	2.331	0.453	0.006	3.352
		2	2.311	0.445	0.227	3.055
		3	2.354	0.455	0.089	2.895
	WDJ 颗粒计数器	2.130	0.350	-0.200	3.096	
428-9	TAS-plus 图像仪	1	3.414	0.772	0.819	2.517
		2	3.030	1.055	0.809	3.555
		3	3.351	0.996	0.799	3.986
	WDJ 颗粒计数器	1.475	1.336	1.944	4.315	

注:表中 1、2、3 为图像仪重复测定次数

原颗粒的形状测量。

与同是薄片粒度分析的 WDJ 颗粒计数器法对比^[3], 在杂基校正植相同, 粒度参数采用同样计算公式的条件下, 两种方法所绘出的概率曲线吻合较好, 参数对比良好(表 2)。

2.2 矿物(或组分)定量

主要对各类物质含量进行统计。

- ① 点计法: 含量 = 该类物质所占点数 / 总点数
- ② 线计法: 含量 = 该类物质所占长度 / 总线长
- ③ 面计法: 含量 = 该类物质所占面积 / 视域总面积

表 3 是用 TAS-plus 仪测量砂岩(储层)泥质成分含量的一个实例, 为了检验测量的可靠性, 同时还列出了用粘土分离法求得的泥质含量。

用图像仪测得的是泥质成分在二维空间上所占的面积百分比, 而分离法求得的是重量百分比。由表 3 看出, 两种方法测得的结果具有较好的可比性。也就是说, 我们可以通过岩矿切片上物相的相对面积来估计此相在岩石中的相对份数, 为岩石命名等提供依据。

2.3 铸体薄片测量及碎屑颗粒分布测量

主要测量孔隙径、孔隙面积、碎屑颗粒大小及分布等。

孔隙径和碎屑颗粒分布可选择最大长度或平面等效直径。等效直径 $D=2(A/\pi)^{\frac{1}{2}}$ 。分级标准和分级间隔可根据实测数据的大小和实际需要通过对人机对话灵活给定, 并可做出分布直方图和分布参数。

面孔率 = 孔隙面积 / 视域面积 × 视域数 × 100%

图版 1 中白色的为石英颗粒, 灰色的为孔隙。图版 2 中亮色部分即为经过检定的孔隙, 与图版 1 对比可看出它较好的反映了孔隙原貌。

2.4 微裂隙测量

主要对各种裂隙的长度、宽度和面积进行测量, 以得出裂隙率、面密度、线密度等。

微裂隙的定量是在抛光片上进行。在抛光面上裂隙径一般与背景有较明显的反差(图版 3), 只需通过图像处理即可得到较准确的待测信号(图版 4)。表 4 为微裂隙定量的一个应用实例。对构造裂隙的性质和分布规律进行研究, 在探讨油气的运移和聚集条件中具有重要意义。为了了解塔里木盆地雅克拉气田下古生界储集层的微裂隙发育情况, 在柯坪地区采集了一些定向标本。用 TAS-plus 仪测定了其裂隙平均宽度、裂隙总长度和裂隙密度。并据此计算出了裂隙率。

另外, 图像仪还可进行颗粒方位、裂隙方位测量, 矿物颗粒的形态测量, 砂岩磨圆度测量等。

由于沉积岩(特别是碎屑岩)样品的不均匀性, 在进行上述微区形貌定量时, 为了保证测量结果的可靠性, 首先在显微镜下进行观察, 选定几个有代表性的区域, 在测量时每一区域内根据具体情况设置测量视域数(可事先在程序中设定, 也可在测量过程中通过人机对话实现)。测量结束后, 计算机将自动给出上述各测量视域的平均值、最小值、最大值、

表 3 由 TAS-plus 仪测定的砂岩中泥质含量

Table 3 Mud content in sandstones measured by the TAS-plus Image Analysis System

样品号	岩性	泥质成分含量(%)	
		图像仪法	分离法
9401	细粒砂岩	6.0	9.5
9402	中粒砂岩	6.2	6.4
9403	泥质粉砂岩	7.0	14.0
9404	细粒砂岩	7.4	7.4
9405	细粒砂岩	6.2	5.2
9406	中粒砂岩	6.2	7.2
9407	细粒砂岩	6.0	5.3

标准偏差等,并绘制数据分布直方图,由显示屏或打印机将上述结果输出。

表4 图像仪测定的显微裂隙参数值

Table 4 Parameters of micro-fractures measured by the TAS-plus Image Analysis System

样品号	时代、岩性	标本方向	标本面积 (mm ²)	裂隙平均有效宽度(μm)	裂隙总长度 (mm)	裂隙密度 (L/m)	裂隙度 (%)
T01	O ₁ 灰岩	平行层面	2052	18.33	543	298	0.34
		东西方向	3300	21.12	456	216	0.29
		南北方向	3420	14.48	588	269	0.25
T02	O ₁ 白云岩	平行层面	3102	29.00	166	84	0.16
		东西方向	2608.5	20.22	66	39	0.05
		南北方向	3632	13.50	47	20	0.02
T03	O ₁ 灰岩	平行层面	3078	74.70	124	68.2	0.30
		东西方向	2800	0.82	216	121	0.01
		南北方向	2820	38.30	70	39	0.09
T04	Є 泥灰岩	平行层面	2600	8.60	136	82.1	0.05
		东西方向	3600	25.60	222	96.8	0.16
		南北方向	3200	24.80	104	50	0.08
T05	Z ₁ 中砂岩	平行层面	2838	420.60	127	70.3	
		东西方向	2632	83.40	147	67	
		南北方向	2806	21.60	23	12.8	0.02
T06	Z ₁ 灰岩	平行层面	4312	141.60	52	18	0.17
		南北方向	3724	173.20	74	31	0.34

3 结 论

1) 图像分析仪在沉积学研究中的应用,使得对岩矿微区形貌及成分的研究,由原来的显微镜下定性观察和分析,向定量化方向发展。TAS-plus 仪在沉积学显微定量研究中,已为科研工作提供了大量有效的实验数据。

2) TAS-plus 图像仪精度高,能获得大量人眼远不能比的信息量,其记录和存储不受时间变化影响。可分析大面积和大量样品,使我们能充分估计样品中信息分布的不均匀性,估计取样误差。速度快,测量灵活、自动,分析测试软件可根据不同目的灵活编写。

3) 由于岩矿样品(光片、薄片)中,矿物成分和结构的复杂性,往往同种矿物(或物相)具有不同的灰度电平,而不同的矿物(物相)却有着相同的灰度电平;这就为自动检测带来了困难。在大多数情况下,对岩矿的显微定量,都要采用光笔装置,且有赖于使用者在地质学中的知识和经验对被测对象加以识别和区分;有时还必须在样品制备上下功夫。即使如此,也还有一些样品难以定量测试。

4) 关于图像仪在地质学研究中的应用前景问题。笔者认为,图像分析仪在地质学中的使用历史很短,国内使用单位也不多。许多研究还限于实验室阶段。对于样品的制作、信息输入的标准化、规范化问题尚需进一步统一。就目前已生产使用的图像分析系统而言,普遍存在着价钱昂贵,操作复杂,对某些图像的处理并非十分有效。因此,要求发展更有效的应用软件,以增加机器的灵活性。这也是目前图像分析技术在岩矿定量中尚未普及的原因之一。要进一步开展这项研究,一方面要对分析仪器进行完善和改进,如开发和普及中低档仪器;另一方面在现有的仪器上挖潜力,提高使用率,开发新指标。目前已经出现的彩色图像仪,使得岩矿的检定相对于黑白图像仪要容易得多。近年来国内研制成功的描绘式显微图像分析系统⁽³⁾,可在专家识别下不经电视转换和图像处理直接送入计算机,使专家和计算机之间充分交互,为岩矿显微定量分析提供了简便快速而实用的方法⁽⁴⁾。总之,随着技术的改进和普及,图像分析仪势必成为岩矿定量测试的重要手段之一。

致谢:本项研究工作得到了本所朱莲芳、雷怀彦、马宝林、刘文彬等各位老师和同事的帮助和支持。胜利油田地质科学研究所的于少文工程师在粒度分析程序的设计中给予了很大的帮助。在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 刘宝珺. 沉积岩石学. 地质出版社, 1980.
- [2] 刘岫峰等. 沉积岩实验室研究方法. 地质出版社, 1990.
- [3] 刘岫峰. 显微镜光片和薄片微机分析系统. 矿物岩石, 1991, 11(1): 86—91.
- [4] 朱莲芳等. 三种粒度分析方法的比较. 沉积学报, 1990, 8(2): 127—133.

Quantitative Analysis on the Microfeatures and Composition of Sedimentary Rocks by Image Analysis System

Shi Yuxin Chen Zhixiang and Shi Ji'an

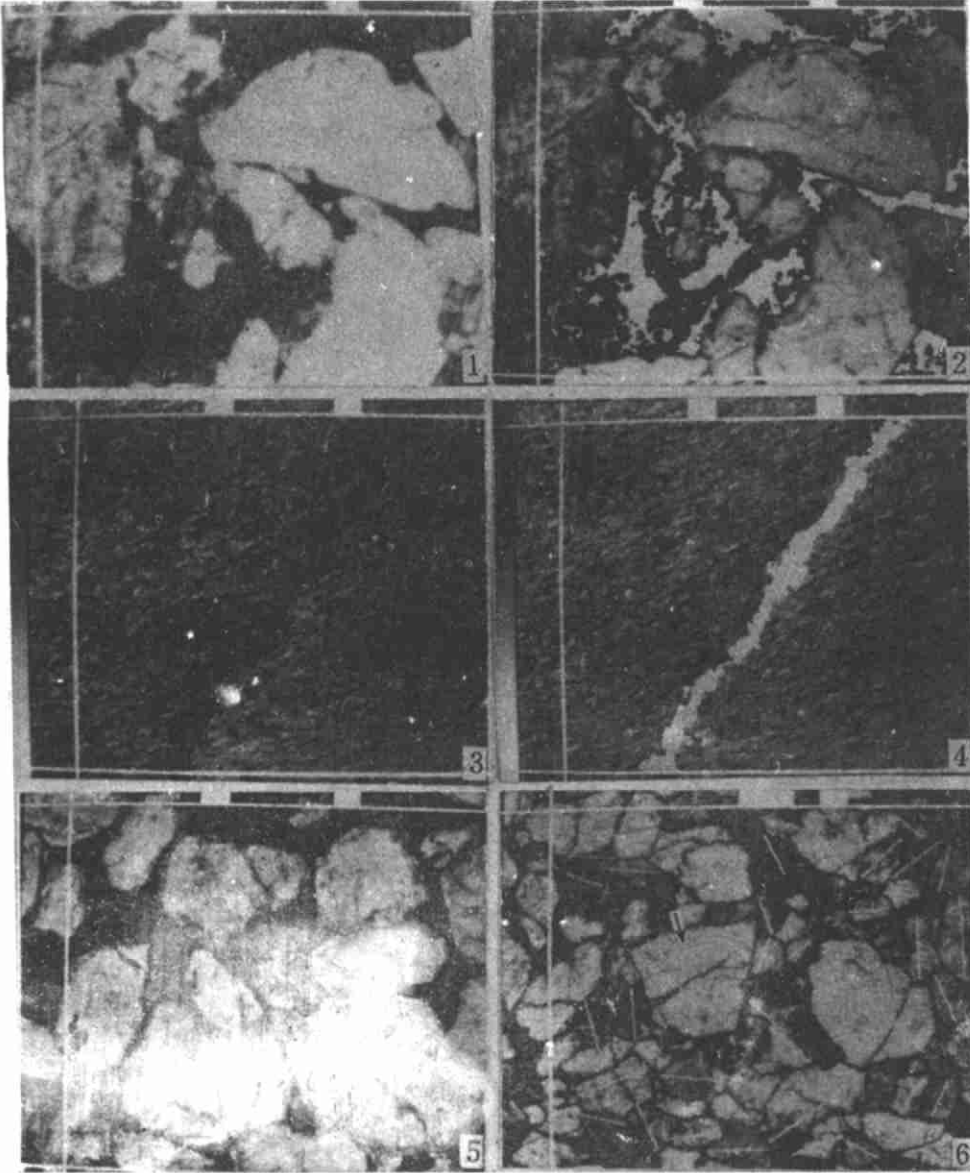
(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

This paper introduces the application of the Image Analysis System (IAS) for the quantitative determination of microfeatures and composition of sedimentary rocks, such as mineral composition, percent of pores, morphologic features of fracture, and grain-size analysis. The results are compared with those through other methods. The authors agree that the IAS is faster, more accurate and with large statistic information. But, for most samples, the gray-level automatic detection of IAS seems difficult to be carried out. In this case, the semi-automatic determination is conducted by using the light-pen, and the operator must have geologic knowledge and experience. At last, comments are made on the prospect of the IAS used in ge-

ology.

Key words: microfeatures and composition of sedimentary rocks, image analysis, detection, tightpen



图版说明 1. 石英砂岩的孔隙,在图像仪显示屏上孔隙呈灰色,亮度均匀,因而与颗粒能够区别,透射光 $\times 188$ 。 2. 经过“标域处理”后的孔隙,图中亮色部分即为检定后的待测孔隙,透射光 $\times 188$ 。 3. 在图像仪监视器上的显微裂隙原貌,黑色为裂隙,反射光 $\times 188$ 。 4. 经过检定后的裂隙,图中亮色部分为待测裂隙,,反射光 $\times 188$ 。 5. 粒度分析样品图,箭头所指为在图像仪监视器上观察到的石英次生加大现象,,反射光 $\times 188$ 。 6. 粒度分析实测过程,亮线表示由光笔在屏幕上确定的实测颗粒视直径,箭头所指为颗粒破碎现象。