

JGT型光笔式图像分析仪 在沉积岩研究应用中若干问题的探讨

刘岫峰 李之权 何本源 黄克南 杨应章 陈玉林
(成都地质学院) (鄂豫湘赣石油勘探开发研究院) (陕西省地质局) (贵州省地质局)

六十年代兴起的自动图像分析技术引起了地质学家的重视,并逐步把它引进到岩矿测试中来,为岩矿自动测试和数据处理提供了新手段。在目前各种图像分析仪中,电视图像分析的使用最为普遍。

实践证明,在电视图像分析仪中,图像转换和图像数据处理均有了充分的技术保证,但普遍应用的图像灰度电平自动检测技术(灰度自动检测)在矿物检测方面却遇到很大困难。因为它仅依靠不同矿物之间的亮度差(反差)这种单一特征通过视像管靶面所产生的图像信号电平(灰度电平)的差别去检测矿物,但矿物种类繁多,大多数矿物之间的反差甚小,并且大部分矿物为非均质体,其反差又随方向而变化,在此情况下,即使运用复杂、精细的样品处理技术,灰度电平自动检测也收效甚微,且耗去大量的样品制备时间和费用。应当指出,灰度自动检测也并非完全排除人的干预能“自动”完成全部检测过程,相反,它仍然是靠有经验的地质学家去识别测量对象(矿物、结构形态等)并确定检测的正确与否。

为了克服灰度自动检测对多数矿物检测无效的缺陷,JGT型图像分析仪专门设置了光笔检测器,光笔根据在荧光屏上肉眼所能识别的矿物特征由人操作光笔直接去检测矿物并同时确认检测效果,光笔把识别,检测与确认三个过程统一起来。因此,JGT型仪器所具有的特点是,采用光笔这一特殊部件把肉眼识别和自动测量这两个过程有机的联系起来,由于直接启用光笔,省去了灰度检测和图像编辑所耗费的大量复杂电路,简化了仪器结构,提高了稳定性和可靠性,适宜于普及和推广。小型、简便、价廉是80年代图像分析仪发展的新方向。

本文拟对JGT型及其他类型(如Leitz TAS)图像分析仪光笔检测测量在岩矿工作中应用的若干问题进行初步探讨,至于灰度自动检测的应用,国内外已做了不少工作,本文不再涉及。

一、直线测量

直线线段长度测量主要用于粒度分析,线计法矿物定量、周长测量等。

1. 准确度和精度

用微尺测量了JGT型和TAS¹⁾型图像分析仪光笔检测的准确度和精度,其结果列于表1。微尺的直读值是0.1000毫米、0.5000毫米和0.6000毫米。

表1的数据表明测定的最大相对误差²⁾为2.2%,标准差为0.0065,两台仪器的精度和准确度在同一数量级上,证明光笔检测准确可靠。

表1 微尺长度测定数据

Table 1 Data measured by the length of micrometer (mm)

测定次序	TAS*		JGT**	
	0.1000	0.6000	0.1000	0.5000
1	0.09731	0.6031	0.1065	0.5910
2	0.09726	0.5966	0.0980	0.5034
3	0.09726	0.5966	0.0924	0.5078
4	0.09726	0.5966	0.1078	0.4934
5	0.1037	0.5901	0.0928	0.4935
6	0.09078	0.5966	0.1078	0.4961
7	0.1005	0.5933	0.0963	0.4930
8	0.09731	0.5966	0.1068	0.4977
9	0.09407	0.5966	0.1067	0.4978
10	0.1038	0.5966	0.1063	0.5005
平均值	0.0979	0.5963	0.1021	0.4984
标准差	0.0040	0.0032	0.0065	0.0050
相对误差	2.1%	0.62%	2.2%	0.32%

* 毫米,西安电镜研究所黄云清测

** 毫米,摘自宋天锐等的JGT仪器测试报告。

2. 薄片粒度分析和孔径分布测量

用图像分析仪进行线长分级能够使地质学家大量而快速的获得有关岩矿样品的粒度或孔径分布信息。光笔测量粒度分布的可靠性对比如下:

1) 同人工对比 表2列出了五个砂岩样品的粒度分布参数,即平均值(\bar{X})标准差(σ)偏度(SK)尖度(K)。图1绘出了部分样品的粒度分布曲线,其中水1418号样品,提供样品、人工测定和JGT测定均非同一人,避免了主观因素对测量的干扰。图2绘出了两种测定数据偏离值的分布。偏离值的平均值和标准差列于表1。

2) 光笔重复测定的精度 该类测定部分数据列于表3并绘于图2C,表4列出了精度计算值和Rogers的研究与总结的数据。

上述两项对比表明:粒度分布曲线一致,分布参数精度良好,从偏离值的平均值和标准差来看,光笔精度较人工略高些。光笔和人工重测中均发现,当计测颗粒数相同时,粒度分布标准差(σ)越大,复测偏离值越大,当 $\sigma > 0.95-1.0$ 时,偏离值可达 $0.26-0.27\phi$,即 $\sigma > 1.0$ 时,分析精度随分选性变差而降低。光笔对薄片可以很方便的

1) 西德Leitz厂1979年9月产品。

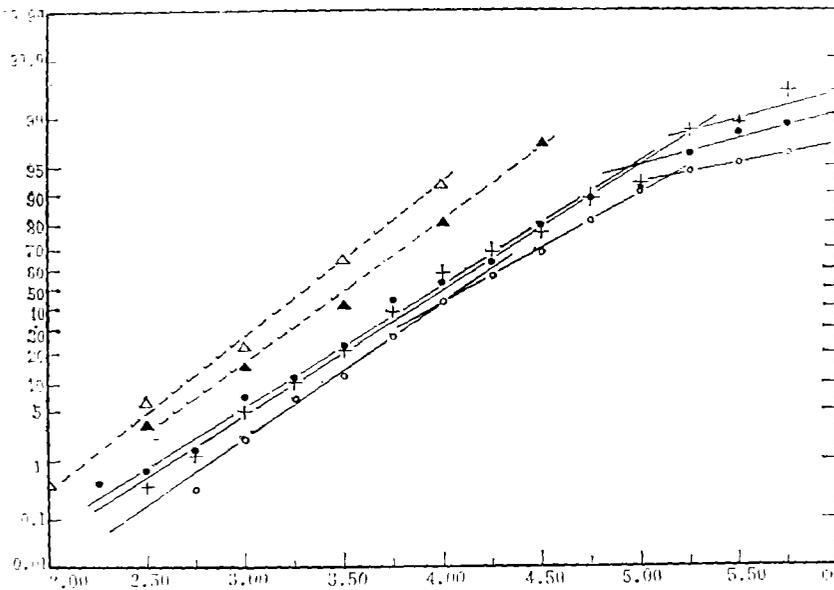
2) 本文中相对误差均指光笔测定值相对于人工直读或人工测量值而言。

表2 同一样品(共五个)用不同的仪器测定的粒度分布参数对比(矩法计算)

Table 2 Comparison of grain size distribution parameters (moment value) measured by different instruments but with the same 5 samples

样品编号	显微镜测尺测定					Leitz TAS* 图像分析仪测定					JGT图像分析仪测定**					
	λ	σ	SK	K	λ	σ	SK	K	λ	σ	SK	K	λ	σ	SK	K
Sc 1.16	2.1738	0.8328	0.7855	3.2518	2.1658	0.8125	0.8703	3.3260	2.0238	0.7669	1.5409	3.1704				
Sc 1.7	2.1750	0.5074	0.6421	3.9385	2.1921	0.5701	0.5170	3.7726	2.4825	0.6622	0.9365	4.2854				
帮708	—	—	—	—	1.4600	0.6202	1.0626	4.2951	1.6063	0.8601	1.8808	7.4081				
钟315	2.7482	0.7103	1.1752	5.5364	2.6738	0.6318	0.5756	3.6712	3.0800	0.7793	1.0271	4.4288				
长50	2.8710	0.7379	0.5275	2.7693	2.8200	0.6587	0.3192	2.6791	3.1338	0.8542	0.7991	3.7783				

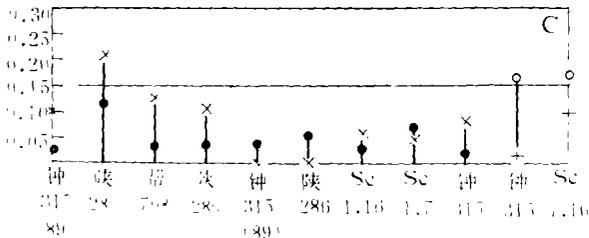
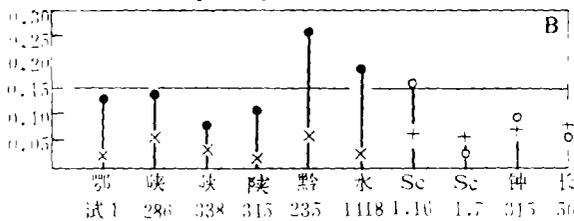
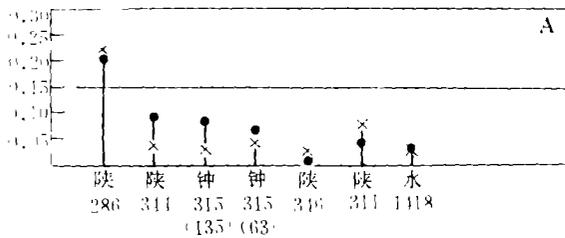
• 西安电瓷研究所黄云清测定
 •• 摘自宋天银等的测试报告



• + 刘学琦两次显微镜测定。冯永国JGT光笔测定 ▲△Rogers的12号筛复测曲线

图1 水1418(原样号综260)号的粒度分布

Figure 1 Grain size distribution curves of Sui 1418 measured by different methods and instruments



A.人工 B.人工—光笔 C.光笔 •○平均值离值(ϕ) ×+标准差离值
○+系TAS测定值

图2 重复测定的粒度分布参数偏离值(绝对值)分布

Figure 2 Multiple measurement of the deviations (absolute value) of grain size distribution parameters (on the abscissa is the sample number)

表3 JGT型仪器重复测定数据对比表(矩法计算)

Table 3 Comparison of the data (moment value) from multiple measurements by JGT type instrument

样品编号	第一次测定				第二次测定				第三次测定
	x	σ	SK	K	x	σ	SK	K	
Sc 1.16	2.1831	0.5879	1.2798	5.4691	2.0475	0.7090	1.0366	4.1965	即表2中的 JGT测定数据
Sc 1.7	2.4165	0.6087	1.5208	9.0121	2.4138	0.6088	1.2859	6.5340	
钟315	3.2045	0.6854	0.6854	5.1078	2.9051	0.7793	0.5229	3.2234	
长50	3.3269	0.7564	0.7821	3.5637	3.1725	0.8542	0.6117	3.4204	
峨169	2.9363	0.8855	0.6538	2.8907	2.9488	0.8146	0.5278	3.2313	
选4	4.4213	1.0019	-0.210	2.4227	4.4588	1.1413	-0.423	2.4867	

* 除峨169和选4号样外,其余4个样品第一次和第二次测定相隔4个月。

表4 粒度分析重复测定时参数偏离值(绝对值 ϕ)Table 4 Deviations of parameters of grain size analysis from duplicate measurements (absolute value ϕ)

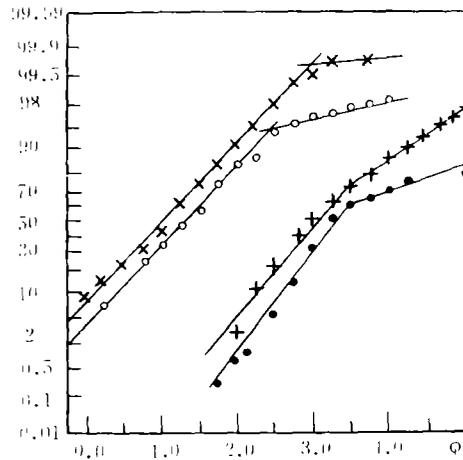
粒度分布平均值的偏离值							
资料来源	Rogers		本		文		
操作人组合	不同人		同一人	不同人	同一人	不同人	
测定方法及 仪器组合	方法相同	方法不同	显微镜法,但显微镜不 相同		方法同,均用光笔,但 仪器不同		方法不同,光 笔、显微镜
一般范围	0.1—0.2	<0.25	<0.1	<0.2	<0.1	<0.16	<0.19
平均值	—	—	0.053	0.072	0.04	0.061	0.12
标准差	0.07*	—	0.032	0.059	0.03	0.052	0.066
粒度分布标准差的偏离值							
一般范围	0.1—0.2	<0.2	0.15	0.22	0.13	<0.2	<0.15
平均值	—	—	0.068	0.088	0.06	0.071	0.047
标准差	—	—	0.067	0.077	0.04	0.058	0.023

*Rogers引用Friedman的薄片分析数据

进行“全面积”测定,避免线法或带法抽样误差,适应大薄片或分选差的样品测定。

(3)光笔测定同筛析的对比 测定表明两种分析方法所求出的粒度分布之间存在着系统偏差,其偏差的分布规律同Friedman的经典性研究所揭示的规律相同(图3)。

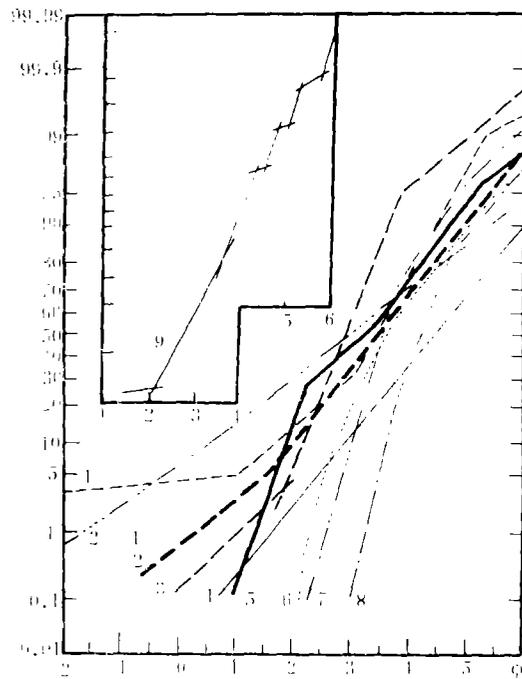
(4)地质效果 用光笔测定了选矿砂,凝灰岩及各种沉积环境中形成的砂岩,结果表明这些不同成因的样品,其粒度分布迥然不同,各种样品的粒度分布曲线绘于图4。



Friedman: ×薄片○筛析 本文: +光笔·筛析

图3 光笔测定同筛析对比

Figure 3 Comparison of Light-pen measurement with sieve-grain size



1.冰碛岩 贵州省下震旦统南沱组 2.凝灰岩 浙江省白垩系(据李世麟) 2-1.同上 3.石英砂岩 陕西省震旦亚界长城系高山河组(海滩) 4.矿砂 人工破碎 5.石英砂岩 地层同3(海滩上的网状河) 6.浊积岩 贵州省板溪群 7.粉砂岩 湖北省第三系(湖滨河口沙坝) 8.等深积岩 西藏自治区侏罗系(珠穆朗玛峰地区,据王成善) 9.冰碛岩 陕西省震旦系罗圈组

图4 各种类型岩矿样品的粒度分布曲线

Figure 4 Curve of grain size distribution of sandstones, tuffs and crushed iron-ore

以上各项对比表明光笔粒度分析数据准确稳定、可靠。光笔粒度分析效率较人工高约10倍(包括测量和全部计算工作)。

3. 直线测量的其他应用

孔径分布、线测法矿物定量、周长测量等实质上都是直线测量,其准确度和精确度均由直线测量的质量决定,只要光笔长度测量有足够的准确度和精度,在合理抽样的情况下,上述各项测量数据均可满足要求。表5列出了相应的对比数据。

表5 直线法光笔检测同其他方法的矿物定量对比(%)

Table 5 Quantitative comparison of mineral line measurement by Light-pen and other methods (%)

样品名称	测定项目	人工测量	灰度检测	灰度检测*	光笔检测
矿砂	金属矿物	6.4	5.0	7.2	7.12
辉长岩	斜长石	56	53	—	54.1
岩屑砂岩	岩屑	44.2	45.1	—	43.5
铁质粉砂岩	石英碎屑	43.9	45.0	—	46.1
凝灰岩	玻璃质	—	35	—	38.2

*用TAS由西安电瓷研究所黄云清测定

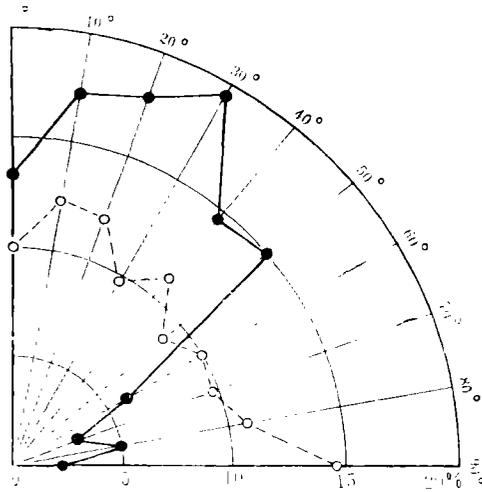
二、角度测量系统

角度测量系统主要用于岩矿样品中颗粒轴向方位和耐火材料中物相平衡二面角的测定。过去有各种各样的颗粒轴向方位测量方法,但是都很繁琐,而对图像分析法则较为迅速,可同粒度分析同时进行,也可单独测定,并可用电子计算机进行地质校正。表6和图5中列出了角度测量对比。同人工相比,光笔测定偏离值为正负 2° (小于 45° 时)和正负 4° (45° — 90° 时)。

表6 人工-光笔角度测量对比

Table 6 Comparison of angle measurement: by manuel and Light-pen

人工测定	光笔测定	相对误差	标准差	备注
0°	0.5°	—	—	一次测量
15°	15.45°	3.0%	1.05	四次测量平均
37°	30.43°	1.4%	1.04	同上
45°	44.60°	0.9%	1.52	同上
61°	61.5°	1.7%	—	一次测量
75°	75.8°	1.1%	—	同上
90°	89.7°	0.3%	—	同上



• Sc1·16号样 ○江汉试1号样
(横坐标相当于薄片长边, 未做地质校正)

图5 砂岩的颗粒长轴方位分布

Figure 5 Distribution of orientation of grain long diameter for different sandstones

光笔测定轴向方位的效率较人工高20倍以上。同其他方法相比, 样品不需特殊处理。

三、面积测量系统

光笔测量面积所依据的数学模型就是微积分学中的格林公式, 即一个平面区域上的二重积分可以通过该区域边界曲线L的曲线积分来表达。根据格林公式导出的求任意封闭图形面积A的公式是:

$$A = \frac{1}{2} \oint_L xdy - ydx$$

显然, 当 $\Delta x \rightarrow 0$ 和 $\Delta y \rightarrow 0$ 时, 则

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \lim_{\substack{\Delta x_i \rightarrow 0 \\ \Delta y_i \rightarrow 0}} \sum_{i=0}^{\infty} -y_i \Delta x_i + x_i \Delta y_i \\ &= \frac{1}{2} \lim_{\substack{\Delta x_i \rightarrow 0 \\ \Delta y_i \rightarrow 0}} \sum_{i=0}^{\infty} -y_i(x_i - x_{i-1}) + x_i(y_i - y_{i-1}) \\ &= \frac{1}{2} \lim_{\substack{\Delta x_i \rightarrow 0 \\ \Delta y_i \rightarrow 0}} \sum_{i=0}^{\infty} x_{i-1} y_i - x_i y_{i-1} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n x_{i-1} y_i - x_i y_{i-1}$$

上式表明, 可用任意图形的边界 L 上的坐标系列 (x_i, y_i) ($i=0, 1, 2, \dots, n$) 的算术运算逼近该曲线 L 围成的任意面积 A 。当坐标点取的足够密集(即 n 足够大)时, 上式的精确度在实际应用中是足够的。

表 7 列出了根据格林公式导出的逼近法面积计算公式测定的数据, 对比表明光笔测定的面积值有足够的精确度, 可以满足岩矿测试和地质工作要求。

表 7 不规则图形的面积测量对比(毫米²)

Table 7 Comparison of area measurement for irregular figures(mm²)

测定方法	图 形 I		图 形 II	
	测定次序	面 积	测定次序	面 积
光	1	4831	1	8874.5
	2	4806	2	8889.5
	3	4811	3	8904.5
	4		4	9104.5
	平均值	4816	平均值	8943.3
笔	标准差	10.8	标准差	93.7
	相对误差	0.12%	相对误差	0.63%
人 工	(方格法测) 4810		(方格法测) 9000.0	

光笔逼近法主要用于精密的矿物定量和孔隙测量, 表 8 中列出了部分实测结果。在孔隙测量中的一个突出问题仍是孔隙识别问题, 虽然在样品中压铸了红色有机玻璃, 但红色在黑白电视荧光屏上却成肉眼难于识别的“灰色”, 使光笔难于准确检测。此问题尚待进一步研究, 例如可用彩色电视系统和反光显微镜系统等。

表 8 逼近法面积测量的矿物含量和石灰岩面孔率(%)

Table 8 Area-measurement of mineral content and porosity in thin sections of limestone (by approximation method %)

样品名称	测定项目	人 工	光 笔	备 注
橄榄岩	橄榄石	38.9	39.3	
凝灰岩	晶 屑	15	18	其余矿物含量略
岩屑砂岩	石英碎屑	20.6	18.5	
矿 砂	金属矿物	29.1	28.7	
石灰岩	孔 隙	24.87	25.97	单视域三次测定平均

四、砂岩主要结构系数处理系统

本文按宋天锐给出的圆度定义和标准图版用肉眼识别圆度级,由光笔执行分级计数。圆度识别标志列于表9。对于一个有经验的岩石学工作者识别圆度并无难处,但在仪器中却省去了庞大而复杂的图形识别系统。

根据拟定的计算程序计算了各种样品,数据均接近于宋天锐的标准数据,例如河北省昌平县震旦亚界长城系白云质石英砂岩的主要结构系数是107.698,为超成熟的海相砂岩,这同综合环境分析的结论相符合。

表9 圆度识别标志表
Table 9 Marks of distinguishing roundness

等级	标志	直线角	直边	不对称	凸凹边	对称	圆弧边	图形号
0		√	√	√	√	×	×	0
1		√	√	√	×	×	×	1
2		少	※		×	少	※	2
3		×	少	少	×	√	√	3
4		×	×	×	×	√	√	4

√表示占100%至优势(>80%) ×表示无 *表示约各占一半 少,表示少量<20%。

光笔检测能力接近于显微镜下肉眼对矿物的识别能力,可以克服灰度自动检测对多数矿物无效的弱点。在薄片粒度分析、颗粒轴向方位测量、矿物定量及孔隙测量、砂岩主要结构系数测量等方面均可达到或略高于人工测量精度,但效率较人工高,而成本低。JGT型仪器的独特设计是光笔直接检测图像信息,结构合理,操作简便,宜于普及。

承蒙宋天锐和黄家宽、王衍琦、李保庆、王宜生、田跃等组成测试组测试了JGT仪器并提出了测试报告,刘宝珺、曾允孚、李汉瑜审查了初稿,在此表示谢意。

(收稿日期:1982年3月28日)

参 考 文 献

- [1] 成都地质学院图像分析仪研制组,(1977)TX-2型图像分析仪的原理及应用,地质实验,第五辑。
- [2] 刘岫峰、胡启宇(1979)用TX-2型图像分析仪对岩石和矿砂进行矿物定量分析,地质实验,第10辑。
- [3] 同济大学数学教研室,(1978)高等数学,人民教育出版社。
- [4] 陈传璋、金福临等,(1962)数学分析(下册),上海科学技术出版社。
- [5] 宋天锐,(1979)薄片计算砂岩“主要结构系数”的新公式,地质论评,第25卷,第一期。
- [6] 中国地质科学院天津地质矿产研究所,(1980)中国震旦亚界,天津科学技术出版社。

- [7] Zussman, J., (1977) *Physical Methods in Determinative Mineralogy*, Academic Press
- [8] Barbery, G., (1979) *Liberation Analysis with the help of Image Analysis Theory Application*, XIII, *International Mineral Processing Congress*, Preparing of Papers, V. 1, Warsaw
- [9] *The Microscope*, (1980) V. 28, Third/Fourth Quarter, (News Items)
- [10] *The Microscope*, (1981) V. 29, First Quarter, (News Items)
- [11] Rogers, J.J.W., (1965) *Reproducibility and Significance of Measurements of Sedimentary Size Distributions*, *Jour. Sedim. Petrol.*, V.35, N.3
- [12] Friedman, G. M. and Sanders, J. E., (1978) *Principles of Sedimentology*, John Wiley & Sons
- [13] Garver, R. E., (1971) *Procedures in Sedimentary Petrology*, Wiley-Interscience

STUDY ON THE APPLICATION OF JGT TYPE LIGHT-PEN IMAGE ANALYSER TO THE DETERMINATION OF SEDIMENTARY ROCKS

Liu Xiufeng Li Zhiquan He Benyuan
Huang Kenan Yang Yingzhang Chen Yulin
(Chengdu College of Geology)

Abstract

The most difficulty in the determination of sedimentary rocks with Image Analyser lies in that Gradation Level Automatic Detection may be ineffective for most minerals. And this difficulty can be conquered by using Light-pen to detect directly minerals. The accuracy and precision of the measurements of line, angle and area with JGT and Leitz TAS have been investigated by each Light-pen in detail. The systematic comparison has been made between the results from the Light-pen and the data by manual measurements. The Lightpen measurement shows that the results coincide with the data obtained carefully by the skilled investigators. The results of a typical set of measurements are given in Table 1:

The mathematical model of the area measured by L. P. is

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n Y_i X_{i+1} - X_i Y_{i+1} \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$

1. Grain size analysis; Analysis for a variety of sandstones, tuffs and cr-

Table 1

Results	Length of Micrometer		Angle		Area	
	0.1000mm	0.5000mm	45°	90°	9000mm ²	4810mm ²
Mean	0.9799mm	0.4984mm	44.6°	89.7°	8943.3mm ²	4816mm ²
Standard deviation	0.0040	0.0050	1.52	—	93.7	10.8
Relative error (%)	2.1	0.32	0.9	0.3	0.63	0.12

ushed iron-ores in sand grade shows that plots of grain size distribution obtained from Light-pen are the same as those obtained by manual operation. To compare Light-pen with the manual, the deviation of grain size distribution mean (\bar{x}) on an average is 0.12ϕ , whereas the mean of deviation for the standard deviation (σ) is 0.066 . Parameters of grain size distribution are more reproducible in repeated measurements by L. P. in such determinations. The deviation for \bar{x} is 0.061ϕ and for σ is 0.071 on an average. With the same number of grains counted in both cases, the greater σ is, the greater the value of deviation of \bar{x} will be. As $\sigma > 0.95 \sim 1.00$, then the deviations is greater than $0.25 \sim 0.27\phi$ for \bar{x} (different investigators use the same method but with different apparatus).

2. The precision of measurement for grain orientation in rock is $\pm 2^\circ$ (when 45°) or $\pm 4^\circ$ (when $45^\circ \sim 90^\circ$). The measurement of grain size and that of grain orientation can be done simultaneously or separately.

3. In the quantification of minerals (or pores) in rock or ore the Point-counting, Line-measuring and Area-measuring procedures can be used and the precision can be obtained as by manual measurement. Typical data are shown in Table 2.

Table 2

Sample	Selected Mineral	Manual (%)	Light-pen (%)
Crushed sand	metallic mineral	29.1	28.7
Tuff	crystal fragment	15	18
Lithic sandstone	quartz fragment	20.6	18.5
Dunite	olivine	38.9	39.3

4. All the measurements and calculations of "Predominant Textural Coefficient" of sandstone are performed by Light-pen Image Analyser with the exception of discriminating the roundness. The data obtained by Image Analyser approach to Song Tianrui's standard data so that the same geological conclusions

can be derived.

JGT type instrument, a miniature and low cost Image Analyser, is easily operated and can be widely used. It is a new tendency to make use of that type in the 1980's.