

# Gini 系数在镜质体反射率 量测分析上之应用

孙立中<sup>1,2</sup>, 杨宗霖<sup>3</sup>, 蔡龙玲<sup>3</sup>

(1. 中央大学 地球物理所 环境研究中心, 台湾 中坜;  
2. 南开技术学院 电机系, 台湾 南投; 3. 中央大学 应用地质所, 台湾 中坜)

**摘要:** 该研究主要利用 Gini 系数来探讨镜质体反射率量测上不均性的结果, 由单一煤样之水洗样( $Y_2$ ) 及富集壳质组之样品( $Y_3$ ), 与原始样( $Y_1$ ) 作 Gini 系数的比较。分析显示水洗样  $Y_2$  之镜质体反射率有向平均值集中的情形, 而富集样  $Y_3$  之 Gini 系数则有向平均值两端分布的趋势; 向高值端的部分系受水洗的影响, 而向低值端的发展, 系受壳质组富集的影响。由 Gini 系数特性的研究可推广至已知再沉积材料之镜质体反射率的量测上, 以取得一个可靠之 Gini 系数分布范围, 作为将来分析样品时的参考。

**关键词:** 量测分析; 镜质体反射率; Gini 系数

**中图分类号:** TE135

**文献标识码:** A

镜质体反射率(vitrinite reflectance) 的量测在评估煤级或有机成熟度上有着极为重要的参数指标<sup>[1,2]</sup>, 选择镜质体作为反射率的量测目标, 主要是因其有下列之优良条件<sup>[3,4]</sup>。(1) 在大多数的煤中, 镜质体是占优势的显微组分;(2) 在反射光显微镜下, 镜质体经常显示为均质的情况;(3) 由于镜质体的煤粒通常是较其他显微组分为大, 使得在显微镜下寻找目标物的量测上可获得相当的便利。同时, 镜质体反射率的分布范围较其他显微组分(如壳质组、惰质组) 来得宽广<sup>[5]</sup>, 且具有不可逆性, 故在应用上取得相当的方便性<sup>[1]</sup>。

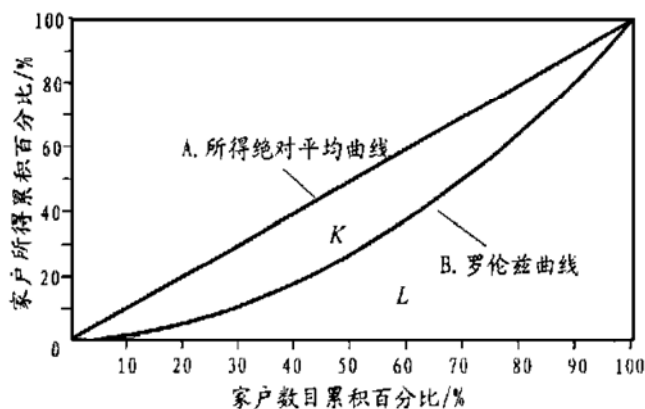
在实验分析上, 依 ASTM(1975) 的需要,<sup>[6]</sup> 需对相同样品作两个光片(pellet) 和量测 100 点(随机量测) 取平均值作为该样品的镜质体反射率值( $\bar{R}_0\%$ ), 再则利用量测所得每点之镜质体反射率作频率分析图, 以了解该样品资料分布的特性。显然镜质体反射率之频率分布, 反应了抛光面上镜质体反射率量测的均匀性问题, 此均匀性的分布可作为理解地质环境特征的依据, 如再沉积的材料可据以评估其均匀分布的程度<sup>[7]</sup>。故本文即利用在经济上常使用的 Gini 系数以辅助处理此一问题, 以便

更有效评估镜质体反射率之频率分布的特征。

## 1 基本原理

镜质体反射率之量测, 系利用反射光显微镜, 将已制备完成的粉煤饼, 放置于镜头下, 透过光度计, 将光源在镜质体上之反射光转换成电子讯号, 以量测其反射光的强度<sup>[3]</sup>。由于镜质体本身具有不等向性(anisotropy), 因此在旋转镜台时, 可量得最大( $R_{\max}\%$ ) 及最小反射率( $R_{\min}\%$ )<sup>[11]</sup>, 一般则可旋转镜台随机量测 100 点后再取平均值而得( $\bar{R}_0\%$ )。Ting(1978) 曾得一经验式:  $R_{\max} = 1.066\bar{R}_0$ 。本文即采随机量测的方式进行, 每一样品分成两个煤粉饼, 对每一煤粉饼进行 100 点的随机量测, 再取其平均值(实际上即每一样品量测共 200 点), 另将每一样品 200 点之随机量测值进行 Gini 系数的计算。

Gini 系数是由意大利的统计学家 Gini CoRoo 于 1912 年提出的, 主要是为了修正 Lorenz(1905) 所提之罗伦兹曲线<sup>[8]</sup>(Lorenz curve)(图 1)。罗伦兹曲线是测定国民所得不均等程度的方法。图 1 中, 横座标是表示所得人口(从低额所得人口起) 累积百分

图1 罗伦兹曲线示意图<sup>[8]</sup>

$K$  为所得绝对平均曲线与罗伦兹曲线所包围的面积;

$L$  为罗伦兹曲线下的面积; Gini 系数  $G = K / (K + L)$

Fig. 1 Schematic map of the Lorenz curve

比, 纵轴则是所得金额的累积百分比, 若所得分布完全平等则两个累积百分比相等, 而分布曲线将通过原点呈  $45^\circ$  线(A 线)。B 线与 A 线所包围的面积则表示其不均的程度, 即面积愈大, 不均程度愈高。Gini 系数即利用  $K$  与  $L$  两个面积的关系给予数值, 衡量其所得均匀的程度, 即 Gini 系数  $G = K / (K + L)$ , 当  $G$  愈近于 0 时, 表示所得分配愈均匀, 而愈近于 1 时, 则分配愈不均的情形。因此在应用上, 可利用 Gini 系数  $G$  值评估煤样在抛光面上随机所量测得镜质体反射率之均匀性。

## 2 实验方法

(1) 利用单一煤样(台湾裕峰煤), 分成原始样  $Y_1$ 、水洗样  $Y_2$  及富集样  $Y_3$ 。其中  $Y_2$  系将煤样直接经蒸馏水清洗晾干而成的; 而  $Y_3$  则是富集壳质组至 40% 的样品, 其方法依孙立中<sup>[9]</sup> 的分离方式进行富集, 即使用  $ZnCl_2$  分离液(比重 1.22) 离心分离壳质组而得之样品(清洗晾干)。

(2) 将  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  样品依 ASTM 和孙立中之方法与程序制作煤粉饼(光片), 抛光及量测镜质体反射率<sup>[8, 10]</sup>。将样品磨碎并通过 20 号筛网; 配置环氧树脂(epoxy) 以树脂剂与硬化剂按 5: 1 的重量比调配。将已过筛网之煤粉与环氧树脂以 4: 1 的体积比混合, 并搅拌均匀, 倒入圆型钢模(每一样品制成两个), 即完成煤粉饼的制作; ④利用特殊之研磨抛光机(BUEHLER Poilmel I Polisher) 进行抛光程序, 主要可分成 6 个阶段进行: 由 240 号、400 号、600 号砂纸及  $1\mu m$ 、 $0.3\mu m$ 、 $0.05\mu m$  的  $Al_2O_3$  研磨粉

溶液研磨<sup>[4, 9, 10]</sup>, 使抛光面呈无刮痕的情形; ④将抛光完成之每一煤样置于反射光显微镜下(光源波长  $\lambda = 546nm$ ; 浸渍油折射率  $n = 1.5180$ ) 随机观察, 并记录镜质体反射率读值 100 个。

(3) 将所得镜质体反射率之结果进行 Gini 系数之计算。

## 3 结果分析与讨论

由  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  所量得之镜质体反射率, 经计算而得 Gini 系数如表 1 所示。 $Y_1$  镜质体反射率之  $\bar{R}_v$  (%) 值为 0.70,  $Y_2$  为 0.73,  $Y_3$  则为 0.74, 若以  $Y_1$  原始样作为参考,  $Y_2$  水洗样之  $\bar{R}_v$  略有升高的情形, 而  $Y_3$  富集壳质组之样品亦略为升高。但依 Hutton and Cook<sup>[11]</sup> 认为壳质组增加, 将使得镜质体反射率下降。而  $Y_3$  的样品系由  $Y_1$  的壳质组 12% 经比重分离而增至 40% 的壳质组样品, 反而得到较  $Y_1$  为高的镜质体反射率平均值, 主要的原因可能是因在水洗的效应所引起, 如  $Y_2$  的情形。然而表 1 中,  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  的 Gini 系数分别为 0.08、0.07、0.11, 显示  $Y_2$  的样品经水洗后镜质体反射率的量测值有较  $Y_1$  更为均匀, 即  $Y_2$  比  $Y_1$  有更多的量测值接近其平均值, 此原因可能因在水洗过程中, 将煤样部分微小颗粒的壳质组给予清除, 使得量测时获得较多高值的测点。 $Y_3$  的 Gini 系数则显示其不均性较  $Y_1$ 、 $Y_2$  更为明显, 此说明在经水洗且富集壳质组的情况下, 其量测值分布于平均值的两端。由于  $Y_3$  在有水洗及富集的情况下, 因而增加了不均性的特征, 正说明了  $Y_3$  朝向低值与高值的分布, 亦显示在富集壳质组的情况下, 低值获得发展, 此与 Hutton and Cook 的结论相似。利用上述 Gini 系数的结果, 可以更明确的说明孙立中等<sup>[12]</sup> 探讨镜质体反射率受抑制的工作。

显然 Gini 系数针对两端点的镜质体反射率有

表 1 煤样组分分析、平均镜质体反射率以及 Gini 系数<sup>[9]</sup>

Table 1 Hydrocarbon component analysis, mean vitrinite reflectance and Gini coefficient of coal samples

	V / %	E / %	I / %	Mm / %	$\bar{R}_v$ / %	Gini
$Y_1$	80.0	12.8	2.6	4.0	0.70	0.08
$Y_2$	78.4	13.2	2.3	6.2	0.73	0.07
$Y_3$	58.3	40.0	1.4	0.1	0.74	0.11

表中 V 为镜质体; E 为壳质组; I 为惰煤素; Mm 为矿物部分

良好的指标效果, 特别对于具有再沉积材料的镜质体反射率的分布均匀程度可给予适当的评估。

## 4 结论与建议

利用 Gini 系数的观念探讨镜质体反射率的频率分布的特征, 可以检测镜质体反射率值在抛光面上的平均分布情形。实验上考虑水洗样  $Y_2$  及富集样  $Y_3$  与原始样  $Y_1$  的比较。由 Gini 系数可知, 水洗样的结果有向平均值集中的情形, 而富集样(富集壳质组)则朝向低值与高值的趋势, 即有向平均值两端偏离的特征。在考虑  $Y_3$  受水洗的过程, 显然  $Y_3$  有朝低值发展的趋势, 由上可知 Gini 系数可说明有效的探讨镜质体反射率量测结果与其平均值集中的情况。Gini 系数可进而针对再沉积材料之镜质体反射率分布的特性作一参数指标, 因此建议在取得大量已证实为再沉积材料的镜质体反射率量测结果后, 分析其 Gini 系数, 可得之系数范围作为日后分析沉积材料来源之参考。

### 参考文献:

[1] Stach E, Mackowsky M-Th, Teichmuller M, Taylor G H, Chandra D, Teichmuller R. Stach's Textbook of Coal Petrology (3rd ed)

[M]. Berlin Stuttgart: Gebruder Borntraeger, 1982. 535.

- [2] Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence: a new approach to oil gas exploration[M]. Berlin: Springer-Verlag, New York: Heidelberg, 1984. 699.
- [3] Davis A. The reflectance of coal[A]. Karr C Jr. Analytical Methods for Coal and Coal Products[M]. New York: Academic Press Inc, 1978. 27- 81.
- [4] Ting F T C. Petrographic techniques in coal analysis[A]. Karr C Jr. Analytical Methods for Coal and Coal Products[M]. New York: Academic Press Inc, 1978. 3- 26.
- [5] Sittler J A. Effects of source material on vitrinite reflectance[D]. West Virginia University, 1979, 103.
- [6] ASTM. Standard D-2797[S]. ASTM Standard Manual (Part 26), 1975. 350- 354.
- [7] 郭政隆. 镜质体反光率在台湾西部油气探勘的应用. 国立台湾大学地质学研究所博士论文, 1997.
- [8] Lorenz M C. Methods of measuring the concentrations of wealth [M]. Publications of American statistical association, 1905, 9. 高叔康. 经济学新辞典[M]. 三民书局出版, 1983.
- [9] 孙立中. 抑制镜质体反射率之量测成因——以分离台湾裕峰煤为例. 国立中央大学地球物理研究所博士论文, 2000.
- [10] 孙立中. 台湾竹苗地区之煤岩学及油气生成研究. 国立中央大学地球物理研究所硕士论文, 1992.
- [11] Hutton A C, Cook A C. Influence of alginite on the reflectance of vitrinite from Joadja, NSW, and some other coals and oil shales containing alginite[J]. Fuel, 1980, 59: 711- 714.
- [12] 孙立中, 蔡龙珩, 杨宗霖. 镜质体反射率受抑制的量测问题. 1989 年度中国地质学会年会, 2000.

## APPLICATION OF GINI COEFFICIENT ON THE ANALYSIS OF VITRINITE REFLECTANCE MEASUREMENT

SUN Li-chung<sup>1,2</sup>, YANG Chung-lin<sup>3</sup>, TSAI Louis L<sup>3</sup>.

- (1. Center of Environmental Studies, Institute of Geophysics, National Central University, Zhongli, Taiwan, China;  
2. Department of Electrical Engineering, Nankai College of Technology & Commerce, Nantou, Taiwan, China;  
3. Institute of Applied Geology, National Central University, Zhong Li, Taiwan, China)

**Abstract:** In order to evaluate the distribution of measured vitrinite reflectance data, Gini coefficient was applied in this study. Three groups of coal samples were prepared for the measurement of vitrinite reflectance, namely the original sample ( $Y_1$ ), water-washed sample ( $Y_2$ ) and exinite-enriched sample ( $Y_3$ ) after density centrifuge separation. Gini coefficients were calculated and compared among them afterwards. The smaller Gini coefficient of  $Y_2$  indicates a better kurtosis in the distribution of vitrinite reflectance, which can be explained by the effect of washing. On the other hand, the larger Gini coefficient of  $Y_3$ , a worse kurtosis in reflectance distribution, can be explained by both water-washing (right shift) and exinite enrichment (left shift). The Gini coefficient is expected to be applied further to sedimentary source and provenance studies in the future.

**Key words:** measurement and analysis; vitrinite reflectance; Gini coefficient