

# 剪切作用对有机质光学各向异性体发育的控制

钟建华

(石油大学石油资源科学系资源所)

**摘要** 湘西泸阳县白沙镇西不远处发育一条含大量凝析油的超浅成脆韧性剪切带。该剪切带中发育了一种光学各向异性体,  $R_{0,\min} = 0.34 - 0.81\%$ ;  $R_{0,\text{incl}} = 1.01 - 1.84\%$ ;  $R_{0,\max} = 2.52 - 3.20\%$ , 最大双反射率可达  $87\%$ 。研究表明, 光学各向异性椭球体的  $R_{0,\max}$  轴的分布与 S 面理一致, 表明了剪切应力对有机质光学各向异性的发育具有一定的影响和控制。

**关键词** 剪切 光学各向异性 光性椭球体  $R_{0,\max}$

## 0 引言

在有机岩石学上通常用镜质体反射率来表征有机质的成熟度。研究表明, 随着煤化作用加深, 镜质体表现出一轴晶负光性。在垂直层理的光片上, 平行层理的方向反射率最大, 垂直层理的方向反射率最小; 在平行层理的光片上反射率是各向相同的。随着煤化作用的加深, 到了无烟煤阶段镜质体的光性则表现出二轴晶光性体特征<sup>[1]</sup>, 但是, 如果煤层受到了构造应力, 尤其是剪切应力的作用, 煤的二轴晶光性可以提前出现。如澳大利亚悉尼盆地南部的达科斯佛来特煤矿的晚二叠世布里煤层, 其  $R_{0,\max} \leq 1.47\%$ , 处于中挥发烟煤阶段, 但已开始出现了二轴晶负光性, 其 CBPSIS 上的双反射率可达  $0.1\%$ <sup>[2]</sup>。此种现象在世界其它地方也有报道<sup>[3-5]</sup>。我们在对湘西沅麻盆地南缘的二叠纪煤进行研究时, 也发现了应力导致镜质组发育了强烈的光学各向异性<sup>[6]</sup>。有些学者认为, 当某种组分的各向异性大于与其共生的镜质组的各向异性时才能称为各向异性体。鉴于白沙含油瘤状灰岩中沥青的总体成熟度不同 ( $R_0 < 0.72\%$ ), 还未呈现光学各向异性, 而剪切微细条带中的沥青则具有强烈光学各向异性, 故将其称为光学或光性各向异性体。研究发现, 各向异性体的反射率椭球体的发育与剪切作用有一定关系。

## 1 白沙含油超浅成脆韧性剪切带

白沙位于湖南省泸阳县境内。白沙含油超浅成脆韧性剪切带发育在二叠纪的茅口瘤状灰

1997年 4月 24日收稿; 1997年 6月 10日修改稿。

石油大学资助重点课题部分成果。

岩中,瘤状灰岩明显地可以分为两个组成部分:结核和皮壳。结核新鲜时呈灰黑色,风化后呈灰褐色,形态多样:蝌蚪状、眼球状、板片状、条带状、瘤状及碎块状。结核表面常有摩擦镜面和擦痕。皮壳是具有层片结构的物质,新鲜时呈黑色略深于结核,厚度变化大,介于不足一厘米至十几、二十厘米之间,矿物组成、化学成分及结构、构造均不同于结核。

皮壳中常常发育许多剪切构造(图版 1),如 S-C面理(图 1a, 1b)、方解石鱼(图 1c)、核幔构造、方解石 e 双晶、方解石波状消光等(图版 2);还有钙质糜棱岩,甚至超糜棱岩微细条带,表明白沙含油瘤状灰岩曾发生韧性剪切。

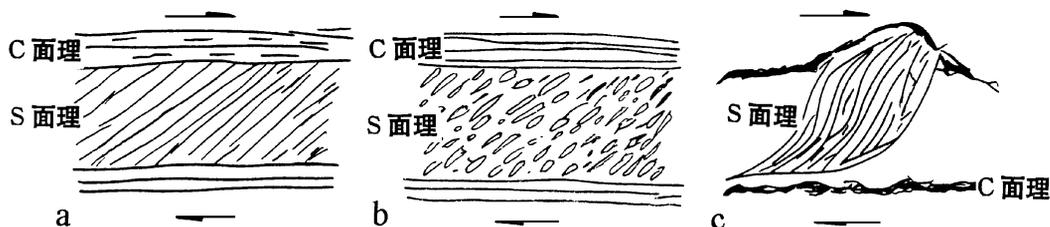


图 1 白沙含油瘤状灰岩中的显微剪切构造

Fig. 1 Micro-shear structures in the Baisha oil-bearing nodular limestone.

a. S-C面理; b. S-C面理,沿 S面理方向有被拉长成动态重结晶方解石; c. 方解石鱼,沿 c面理方向有液态烃

对白沙含油瘤状灰岩孔隙裂隙中的次生石英和方解石进行了包裹体测温,获得了石英的均一温度在  $70-75^{\circ}\text{C}$  之间,方解石的均一温度在  $89-95^{\circ}\text{C}$  之间。白沙含油瘤状灰岩中的沥青呈不定形状,其反射率( $R_0$ )介于  $0.69-0.72\%$  之间,拟合成镜质体反射率( $R_0$ )在  $0.83-0.85\%$  之间<sup>[6]</sup>,通过 Karwail 图解可以获得有效最高热演化温度在  $60-80^{\circ}\text{C}$  之间;从 Tobin 近期建立的镜质体反射率与温度之间的关系,可以获得最高热演化温度不超过  $95^{\circ}\text{C}$ 。从上述两个方面所获得的温度资料可知,白沙含油瘤状灰岩是在不超过  $95^{\circ}\text{C}$  条件下发生脆韧性剪切的。据此古温度估算古埋藏深度,得到白沙含油瘤状灰岩是在深度不超过  $3000\text{m}$  条件下发生脆韧性剪切的,也就是说白沙含油脆韧性剪切带是一条超浅成脆韧性剪切带。

## 2 白沙超浅成脆韧性剪切带中的各向异性体

白沙超浅成脆韧性剪切带中发育了许多各向异性体,这些各向异性体主要产在强烈剪切的皮壳中。下面简要介绍其主要特点。

### 2.1 各向异性体的反射色与透射色

油浸反射单偏光下一般的有机组分呈深灰色,而各向异性体则呈黄白色与深灰和灰黑色混杂的颜色(图版 3);油浸正交偏光下一般的有机组分呈黑色,而各向异性体则呈黄白色夹黑色(图版 4)。在透射光下各向异性体呈棕黑色,而一般的有机组分则呈棕红色。

### 2.2 各向异性体的形态

总的来说,各向异性体整体上没有什么固定的形态,多呈碎片状,少数呈条带状。无论是碎片状或条带状,其中大多有许多椭球状各向异性体,常常密集排列在一起构成条带或其它不规则形态。

### 2.3 各向异性体的大小

各向异性体一般比较小,条带状者宽度多在  $0.5-1\text{mm}$  以下,长度一般不超过  $6-8\text{mm}$

碎片状者直径多在 1.0mm 以下。椭球状者直径介于 0.01—0.1mm 之间。

## 2.4 各向异性体的产出特征

各向异性体的四周一般都是重结晶的石英或方解石,没有一般的有机质或未重结晶的碳酸盐或其它矿物。从这一点可以看出,各向异性体是在一种比较特殊的微环境中形成的。

## 2.5 各向异性体的反射率及双反射率

白沙含油瘤状灰岩中的各向异性体的反射率测量结果见表 1

表 1 各向异性体的反射率、双反射率

Table 1 Reflectance and bireflectance values of the anisotropites

参 数 样 品	反 射 率 (%)			双 反 射 率 (%)
	$R_{0, \min}$	$R_{0, \text{med}}$	$R_{0, \max}$	
B-1	$\frac{0.34-0.76}{0.57}$	$\frac{1.01-1.73}{1.55}$	$\frac{2.54-3.20}{3.08}$	81
B-2	$\frac{0.40-0.81}{0.55}$	$\frac{1.09-1.84}{1.60}$	$\frac{2.52-3.17}{2.91}$	81

从表 1 可以看出,各向异性体的  $R_{0, \min} = 0.34-0.81\%$ ;  $R_{0, \text{med}} = 1.01-1.84\%$ ;  $R_{0, \max} = 2.52-3.20\%$ ; 平均双反射率为 81%。

## 2.6 各向异性体反射率椭球体的空间分布

测试表明,各向异性体反射率的分布具有一定规律性,主要表现在  $R_{0, \max}$  一般顺 S 面理分布,如图 2 所示。这一点可能反映了剪切应力对各向异性体反射率椭球体的发育具有一定的影响和控制。

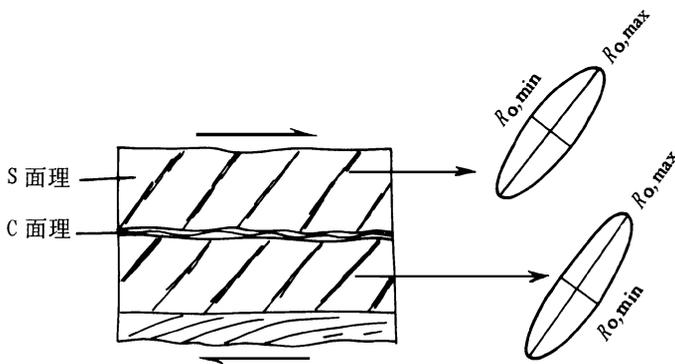


图 2 各向异性体反射率椭球体的空间位态

Fig. 2 Space location map of the reflectance ellipsoid body of the anisotropites

与德国西北部闵斯特 1 号孔相类比,在约 3000m 的同一深度,白沙含油脆韧性剪切带中的各向异性体与闵斯特 1 号孔中的各向异性体具有比较相近的  $R_{0, \max}$ , 但  $R_{0, \min}$  则更小,双反射率更大<sup>[5]</sup>。即便是与 3500m 深的剪切带上的各向异性体相比,白沙含油脆韧性剪切带上的各向异性体  $R_{0, \max}$  要小 1% 左右,但双反射率则相对较大,各向异性更强。这也表明了白沙含油脆韧性剪切带所受的剪切作用(或沥青遭受岩浆热液作用而

熔融的升温率)较大。

在强烈的压应力作用下,处在热演化过程中的有机质受热作用,释放出  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$  等发生芳构化,芳香聚片响应应力发生定向排列,形成光学各向异性(图 3a)。有机质继续受热和应力作用,释放出  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$  等,芳香聚片的排列更趋向一致,光学异性进一步加强(图 3b),出

现各向异性体中的反射率椭球体的  $R_{0,max}$  平行 S 面理分布的规律。但由于流动变形,各向异性体的芳香聚片受到扰动,使得部分芳香聚片的排列方向出现“异常”,呈现出视  $R_{0,min}$  与  $R_{0,max}$  平行的现象,类似于方解石应力作用形成的  $e$  双晶结构

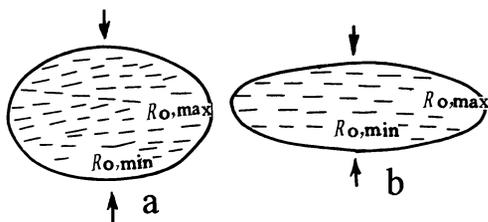


图 3 光学各向异性发育示意图

Fig. 3 Sketch of the optical anisotropy development

### 参 考 文 献

- 1 Cook A C, Murchison D G and Scott E, A British meta-anthracitic coal of Devonian age. *Geol. Jour.*, 1972, 8(1): 83-94.
- 2 Hevia V and Virgos J M, The rank and anisotropy of anthracites: the indicating surface of reflectivity in uniaxial and biaxial substances. *Jour Microsc.*, 1977, 109(1): 23-28.
- 3 Cook A C, Murchison D G and Scott E, Optically biaxial anthracitic vitrinites. *Fuel*, 1972, 51(2): 180-184.
- 4 Stone I J and Cook A C, The influence of some tectonic structures upon vitrinite reflectance. *The Journal of Geology*, 1979, 87(5): 497-508.
- 5 Stach E and Mackowsky M T H et al, *Stach's textbook of coal petrology*. 1982, Berlin.
- 6 钟建华, 易改危, 湘西沅麻盆地古应力史分析. *湘潭矿业学院学报*, 1997, 12(1): 36-42

### 图 版 说 明

1. 剪切形成的反“S”构造,反“S”构造的中部被剪裂,并被沥青充填,两端出现“膝折”。透射光  $\times 120$
2. 方解石  $e$  双晶。透射光  $\times 120$
3. 各向异性体,水平方向(S面理方向)为  $R_{0,max}$  方向,但夹杂了少量  $R_{0,min}$  条带。正交偏光,油浸,  $\times 300$
4. 各向异性体,正交偏光,油浸  $\times 300$

# THE INFLUENCE AND CONTROL OF SHEARING ON THE DEVELOPMENT OF THE OPTICAL ANISOTROPY OF ORGANIC MATTER

Zhong Jianhua

*(Resource Institute, Department of Petroleum Resource Science, University of Petroleum)*

**Abstract** Not far from western Baisha town of Luyan county in western Hunan, there is a shallow oil-bearing brittle-ductile shear zone, in which the organic matter has striking optical anisotropy, with  $R_{o, \min}$  values ranging from 0.34% to 0.81%,  $R_{o, \text{med}}$  values from 1.01% to 1.84%, and  $R_{o, \max}$  values from 2.52% to 3.20%, and the maximum bireflectance amounting to 87%, the  $R_{o, \max}$  axis of the optical anisotropy ellipsoid being paralalled to S foliation. The shear stress is considered to have an influence and control on the development of optical anisotropy of the organic matter.

**Key words** shear, optical anisotropy, optical ellipsoid body,  $R_{o, \max}$

## 作者简介

钟建华,男,1957年生。1994年1月毕业于中国科学院大地构造研究所,获理学博士学位;1995年12月在西北大学地质系完成博士后站工作。通讯地址:山东东营石油大学石油资源科学系资源所。邮政编码:257062