

# 云南景谷盆地第三系Polypodiisporites 化石颜色变化与有机质成熟度的关系

李元美 夏开华

(滇黔桂石油地质科学研究所, 昆明)

Polypodiisporites化石在云南新生代地层中广泛分布, 找到了它的颜色变化与有机质成熟度的关系, 就可以直接利用它来推测石油的形成与演化, 找油找气的有利范围和层位。

在同一样品中, Polypodiisporites化石的颜色比不同类型的孢粉统计出的颜色暗一级左右, 而它们共同所经受过的古地温是相同的。在景谷盆地第三纪地层中, Polypodiisporites化石的颜色为黄—桔黄色的层段, 颜色指数为2.6—3.0, 有机质镜质体反射率为0.42%, 古地温小于60℃, 有机质未成熟。Polypodiisporites化石的颜色为棕—黑色的层段, 颜色指数为3.5—5.9, 镜质体反射率为0.58—0.8%, 古地温在60—110℃, 有机质已成熟, 生油潜力最大。

本文还讨论了孢粉化石的颜色与有机质含量多少的关系。

## 一、前言

景谷盆地位于云南省西南部, 面积约100km<sup>2</sup>, 东经100°38′—100°45′, 北纬23°22′—23°35′。盆地内第三系陆相沉积发育, 最厚达2000多米, 有机质保存完好, 孢粉化石极为丰富, 又含有石油, 是云南研究孢粉化石颜色变化与有机质成熟度关系的有利地区。笔者系统研究了该盆地露头剖面及钻井干酪根样品150余块, 对其孢粉的颜色变化进行研究, 特别详细研究了常见于云南新生代地层中的Polypodiisporites化石的颜色变化与有机质成熟度的关系。Polypodiisporites在云南新生代地层中广泛分布、找到了它的颜色变化与有机质成熟度的关系, 就可以直接统计出它的颜色来推测沉积物中有机质曾经过的最高古地温及有机质的成熟度, 石油的形式与演化, 找油找气的有利范围与层位。这对云南新生代地层的石油勘探具有很大的价值。

## 二、景谷盆地Polypodiisporites化石颜色与不同类型孢粉 颜色的关系

赵传本(1981)、朱神照(1983)等的研究已说明孢粉化石的颜色除了受埋藏深度的影响外, 沉积环境、岩性特征、孢粉本身外壁厚薄、纹饰发育不发育、属种类型等, 对孢粉化石的颜色也都有影响。对于红色岩层中的孢粉颜色为灰白色, 这是由于氧化沉积环境所制。氧化沉积环境中的有机质生油潜力微小, 石油勘探工作者对此不感兴趣, 而还原沉

积环境中的有机质的成熟度,与那些因素有关,关系如何?这是石油勘探者或最需要了解的问题。为了更进一步的讨论这些问题,笔者专门选择了同一剖面上相同岩性、不同岩性中的孢粉化石及同属孢子和不同类型的孢粉颜色进行研究。孢粉颜色指数和主色的确定是按照我国石油部的标准进行的。Polypodiisporites化石颜色的确定是:在每一层的样品中,测定30—50粒该属化石的颜色,用加权平均法求颜色指数,定出主色。笔者也统计过主色的百分含量,一般主色占整体的60%以上。因此,同属孢粉的主色也可以用百分比计,即在所测定的化石中,有60%以上的颜色一致,这个一致的颜色为主色。现将同一连续沉积剖面上同一岩性中的不同类型的孢粉和同属孢子Polypodiisporites的颜色及颜色指数,镜质体反射率列入表讨论。

表1 景谷盆地黑灰色泥岩中不同类型的孢粉颜色指数及有机质镜质体反射率统计表

化石 样品 数量 层位	颜色 含量	颜色级别								指 数	镜 质 体 反 射 率	主 色
		1	2	2.5	3	3.5	4	5	6			
		浅 棕	黄	深 黄	桔 黄	浅 棕	棕	棕 黑	黑			
更新世	1	50	2							1.0		浅黄
N <sub>2</sub>	6	12	30	1	2					1.8		黄
N <sub>1</sub> <sup>2(2-3)</sup>	10	1	10	30	10		1	1		2.5	0.42%	深黄
N <sub>1</sub> <sup>2(1)</sup>	5			10	30	6	5	4		3.2	0.58—0.61%	桔黄
N <sub>1</sub> <sup>2(8-10)</sup>	12			2	3	32	3	3	2	3.7	0.64—0.69%	浅棕
N <sub>1</sub> <sup>2(5-6)</sup>	14					2	41	3	2	4.1	0.69—0.8%	棕
N <sub>1</sub> <sup>2(1-4)</sup>	11						12	37	10	5	0.69—0.8%	棕黑

从表1中可以看出:在同一连续沉积剖面上的不同层位的相同岩性中,统计出的不同类型的孢粉化石颜色变化是有规律性的。从上到下,孢粉的颜色逐渐变暗。由浅黄—黄—深黄—桔黄—浅棕—棕—棕黑色。颜色指数也由小变大,从1—1.8—2.5—3.2—3.7—4.1—5。镜质体反射率也依次增大,由0.42—0.8%。

从表2中可以看出:在同一连续沉积剖面上的不同层位的相同岩性中,统计出的Polypodiisporites化石的颜色变化从上到下,也是逐渐加深。从黄—深黄—桔黄—浅棕—棕—棕黑到黑色。颜色指数也是由小变大,由2.1—2.6—3.0—3.9—4.0—4.7—5.9。有机质镜质体反射率从0.42—0.8%,也是从小变大。

对照表1和表2。可以清楚的看出:在相同的样品中Polypodiisporites化石的颜色比不同类型的孢粉统计出的颜色约暗一级,颜色的指数也约大1。这是因为Polypodiisporites化石的纹饰发育呈块瘤状,外壁较厚的原因。在该盆地的更新世时,Polypodiisporites的颜色为黄,颜色指数约为2.1。不同类型孢粉统计出的颜色为浅黄,颜色指数为1;N<sub>2</sub>时,Polypodiisporites的颜色为深黄,颜色指数为2.6,不同类型孢粉统计出的颜色为黄,颜色指数为1.8;N<sub>1</sub><sup>2(2-3)</sup>段,Polypodiisporites化石的颜色为桔黄,颜色指数

表 2 景谷盆地黑色泥岩中polypodiisporites化石颜色指数及有机质镜质体反射率统计表

化石 样品 数量 层位	颜色	颜色 级 别								指 数	镜 质 体 反 射 率	主 色
		1	2	2.5	3	3.5	4	5	6			
		浅黄	黄	深黄	桔黄	浅棕	棕	棕黑	黑			
更新世	1		11	2	1					2.1		黄
N <sub>1</sub>	6		11	13	2	2	3	1		2.6		深 黄
N <sub>1</sub> <sup>(2-3)</sup>	10			8	20	1	2	1		3.0	0.42%	桔 黄
N <sub>1</sub> <sup>(4)</sup>	5		1	5	4	30	3	3	1	3.5	0.58—0.61%	浅 棕
N <sub>1</sub> <sup>(5-10)</sup>	12		1	4	5	4	40	10	3	4.0	0.64—0.69%	棕
N <sub>1</sub> <sup>(8-9)</sup>	14		1	2	7	9	8	35	20	4.7	0.69—0.8%	棕 黑
N <sub>1</sub> <sup>(1-4)</sup>	11							2	30	5.9		黑

是3.0；不同类型孢粉统计出的颜色为深黄，颜色指数为2.5，镜质体反射率为0.42%；N<sub>1</sub><sup>(1)</sup>段时，Polypodiisporites化石的颜色为浅棕，颜色指数为3.5；不同类型的孢粉统计出的颜色为桔黄，颜色指数为3.2，镜质体反射率为0.58—0.61%。N<sub>1</sub><sup>(5-10)</sup>段，Polypodiisporites化石的颜色为棕色，颜色指数是4.0；不同类型的孢粉的颜色为浅棕，颜色指数为3.7，镜质体反射率为64—0.69%。N<sub>1</sub><sup>(8-9)</sup>段，Polypodiisporites化石颜色为棕黑色，颜色指数是4.7；不同类型孢粉统计出的颜色为棕色，颜色指数是4.1，镜质体反射率为0.69%。N<sub>1</sub><sup>(4-1)</sup>段，Polypodiisporites化石的颜色为黑色，颜色指数为5.9，不同类型的孢粉统计的颜色为棕色，颜色指数为5，镜质体反射率为0.8%。从表1、表2中还可以看出：在相同的样品中，虽然Polypodiisporites化石的颜色比不同类型的孢粉统计颜色暗一级，但所测得的有机质反射率是相同的。即在相同的样品中Polypodiisporites化石的颜色比不同类型的孢粉统计出的颜色暗一级左右，而有机质所经受过的地史条件是相同的。

### 三、景谷盆地Polypodiisporites化石颜色变化与油气形成的关系

孢粉化石是干酪根中具有形态部分的一种微粒，它的外壁主要由木质素和类胡萝卜素聚合物组成。在还原环境的成岩过程中，热反应使孢粉壁中的木质素和类胡萝卜素聚合物逐渐失去官能团，然后是它们的饱和链消失，芳香碳形式的不溶解的残余物相对增多，于是向以后石墨结构为特征的热力学平衡方向移动。孢粉外壁受热反应后的这种化学结构的变化使孢粉的颜色越来越暗、体积越来越小。孢粉与干酪根共存于岩石中，特别是Ⅰ型干酪根的组成与孢粉相近。因此，孢粉的颜色变化直接反映了干酪根的热演化程度及古地温，即孢粉化石的颜色，显示了沉积物曾经受过的最高古地温。朱神照(1983)等利用现代松科花粉壁进行模拟热演化试验。结果用显微镜观察，花粉壁随着温度的升高、加热时间的延长颜色逐渐由浅变暗；花粉的纹饰由清晰变粗糙；花粉粒个体轮廓

由大变小。从红外光谱图中得知：随着松科花粉壁加热温度升高、甲基、次甲基吸收峰明显减弱，而芳核吸收峰明显增强，羰基逐渐消失。这项试验证明了孢粉颜色变化直接受温度的控制。因此，通过对孢粉化石的颜色变化研究，可以推测古地温与有机质的成熟度，石油的形成与演化，找油找气的有利范围及层位，所得到的资料是可靠的。很多研究者已基本探明了孢粉化石颜色与有机质的成熟度、古地温、镜质体反射率、油气形成的关系。如松辽盆地白垩纪孢粉颜色与有机质成熟度的关系如下表：

表3 松辽盆地白垩纪孢粉颜色与有机质成熟度对比表

层位	大致深度范围(m)	颜色指数	孢粉颜色	镜质体反射率(%)	古地温	有机质成熟度	油气形成
明水组	<100 100—500	1.1—1.8	浅黄—黄	0.3	<60℃	未熟	生化甲烷
四方台组	500—1000	2.5	黄—棕黄	0.3—0.5			
嫩江组	1000—1500	2.5—4.5	棕黄—深黄	0.5—0.9	60—110℃	低成熟	重质油
姚家组	1500—2000						
青山口组	2000—3000	5	深棕	0.9—1.3	110—140℃	高成熟	轻质油
泉头组	3000—4000	5—5.8	深棕—棕黑	1.3—2	140—170℃		
登娄库组	>4000	6.2—7	棕黑—黑	>2	170℃	过热	干气

(据赵传本, 1981)

对照松辽盆地孢粉化石颜色与有机质成熟度等的关系，并根据景谷盆地不同类型的孢粉化石颜色及Polypodiisporites化石的颜色测得的有机质镜质体反射率，推测景谷盆地有机质成熟度，古地温、油气形成的关系如下：

表4 景谷盆地不同类型的孢粉化石、Polypodiisporites化石颜色、古地温、有机质成熟度、镜质体反射率与油气形成对比表

层位	不同类型孢粉		Polypodiisporites		镜质体反射率(%)	古地温	有机质成熟度	油气资成
	颜色	指数	颜色	指数				
更新世	浅黄	1	黄	2.1	0.42	<60℃	未成熟	生化甲烷
N <sub>2</sub>	黄	1.8	深黄	2.6				
N <sub>1</sub> <sup>2(2-3)</sup>	深黄	2.5	桔黄	3.0				
N <sub>1</sub> <sup>1(1)</sup>	桔黄	3.2	浅棕	3.5	0.58—0.61	60℃   110℃	成熟	混合油
N <sub>1</sub> <sup>2(6-10)</sup>	浅棕	3.7	棕	4.0	0.64—0.69			
N <sub>1</sub> <sup>2(5-8)</sup>	棕	4.1	棕黑	4.7	0.69—0.8			
N <sub>1</sub> <sup>2(1-4)</sup>	棕黑	5	黑	5.9				

从表4中可以清楚地看出：景谷盆地的有机质成熟度可以分为两个带。N<sub>2</sub>—N<sub>1</sub><sup>2(2-3)</sup>段为有机质未成熟带。在这一带中不同类型孢粉的颜色为黄—深黄，颜色指数为1.8—2.5，polypodiisporites化石的颜色为深黄—桔黄，颜色指数为2.6—3.0，有机质镜质体反射率为0.42%；推测有机质经过的古地温小于60℃，有机质未成熟，可形成生化甲烷。

$N_1^{(1)}$ — $N_1^{(1-10)}$ 段为有机质成熟带。在这一段中,不同类型的孢粉颜色从桔黄—棕黑色;颜色指数从3.2—5;Polypodiisporites化石的颜色从浅棕—黑色;颜色指数从3.5—5.9;镜质体反射率从0.58—0.8%;推测这一时期的有机质所经受的古地温约在60℃—110℃,有机质成熟,生油潜力最大。可以断定,景谷盆地的石油就产于这一段。

#### 四、相邻层位有机质含量的多少对孢粉化石颜色的影响

笔者对景谷盆地连续的沉积剖面上的不同岩性中的孢粉颜色变化也做了一些探索。如 $N_1^{(6)}$ 层含煤,煤层的最大厚度约1米;煤中所含不同类型的孢粉颜色为棕色;Polypodiisporites化石的颜色为棕黑色;测得有机质镜质体反射率为0.69%;在位于 $N_1^{(6)}$ 的下层 $N_1^{(5)}$ 层的灰色泥岩中,不同类型的孢粉化石颜色为浅棕,Polypodiisporites化石的颜色为棕色,测得有机质镜质体反射率为0.61%;在位于 $N_1^{(6)}$ 层之上的 $N_1^{(7-8)}$ 层的黑色碳质泥岩中,不同类型的孢粉颜色约为浅棕色,Polypodiisporites化石的颜色为棕色,测得有机质镜质体反射率为0.61%。把这不同岩性的相邻三层中的孢粉颜色及镜质体反射率列表如下:

表5 景谷盆地 $N_1^{(5)}$ 、 $N_1^{(6)}$ 、 $N_1^{(7-8)}$ 层的岩性特征、孢粉颜色及有机质镜质体反射率对比表

层 位	岩 性 特 征	厚 度 (m)	不同类型孢粉		Polypodiisporites		反 射 率 (%)
			颜 色	指 数	颜 色	指 数	
$N_1^{(7-8)}$	黑色碳质泥岩	0.5—0.9	浅 棕	3.2	棕 色	3.7	0.64
$N_1^{(6)}$	煤	0.5—1.0	棕 色	3.8	棕 黑 色	4.6	0.69
$N_1^{(5)}$	灰 色 泥 岩	0.5—0.8	浅棕—棕	3.1	棕	3.6	0.61

从表5中可以看出:在同一连续沉积剖面的相邻的不同岩性的三层中,孢粉化石的颜色并不是从上到下逐渐变暗,有机质镜质体反射率也不是从上到下依次增大;而是煤岩中孢粉化石颜色指数、镜质体反射率都大于黑色泥岩中的;黑色泥岩中的又能大于灰色泥岩中的。对于在相同时代的相邻的层位中,煤和黑色泥岩中孢粉化石的颜色比灰色泥岩中孢粉化石颜色暗的问题,也引起过一些研究者的注意。有的认为煤和黑色泥岩中的孢粉可能由于吸附了具有其它元素的缘故,使其颜色加深<sup>①</sup>;有的认为煤和黑色泥岩中的孢粉化石周围有机质丰富,碳化后包裹住化石体,致使颜色加深<sup>②</sup>。笔者认为:有机质在还原环境的成岩过程中所发生的化学反应,大多数是属于放热反应;在岩层中,有机质越多,向周围环境放出来的热量也就越多,局部温度就变高,在这一温度所影响的范围内的有机质所经受的温度,当然不仅仅就是地温,还有它本身反应放出来的热所增加的温度。因此,有机质越富集的层段,局部温度就越高,其中孢粉化石的颜色指数、镜质体反射率就越大。煤岩中含有有机质的量大于黑色泥岩中的,而黑色泥岩中有机质的含量又大于灰色泥岩中的。所以,在相邻的三层中,煤岩中的孢粉颜色及镜煤反射率又大于黑色泥岩中的,黑色泥岩中的又大于灰色泥岩中的。这也说明:沉积岩中的孢粉化石的颜

色除了受埋藏深度、沉积环境等的影响外，还与有机质含量的多少有关系。一般来说：在相同时代的相邻的层位中，有机质含量越高，孢粉化石的颜色就越暗。

综上所述：在相同的样品中，Polypodiisporites的颜色比不同类型的孢粉统计出来的颜色暗一级左右，但它们所经受的地史条件是一致的。Polypodiisporites化石的颜色变化与有机质成熟度、油气形成等有密切的关系。当Polypodiisporites的颜色为黄—深黄时，有机质未成熟，镜质体反射率才0.42%，有机质经受过的古地温小于60℃，可形成生化甲烷。当Polypodiisporites化石的颜色为浅棕—深黑时，有机质已成熟，生油潜力最大，有机质镜质体反射率为0.58—0.8%，它所经受的古地温约在60℃—110℃之间，在相同时代的相邻层位中，有机质含量越高，孢粉化石的颜色也就越暗。这是因为富含有机质的层段比不富含有机质的层段的温度约高的缘故。

### 参 考 文 献

- (1) 赵传本, 1981, 松辽盆地白垩纪孢粉颜色指数与有机质成熟度. 地球化学, 第3期.
- (2) 朱神照等, 1983, 孢粉化石色变与有机质演化. 石油实验地质, 第5卷, 第3期.
- (3) 中华人民共和国石油工业部标准孢粉颜色指数确定方法, 中华人民共和国石油工业部 1986-04-15 发布 1986-06-30 实施.
- (4) Cannan J, Bull. AAPG., 58. 12 (1974), 2516—2521.
- (5) J.P. Bujae, M.S. Barss and G.L. Williams, 1977, Organic type and color and hydrocarbon, Oil and Gas Journal. Apr. 11.

COLOUR ALTERATION OF FOSSIL  
POLYPODIISPORITES AND MATURATION  
OF THE ORGANIC MATTER OF JINGGU BASIN

Li Yuanmei

Xia Kaihua

(Dian-Qian-Gui Institute of Petroleum Geology, China's General  
Corporation of Petroleum and Natural Gas)

Abstract

The relationship between colours of fossil *Polypodiisporites*, a widespread fossil spore in Cenozoic of Yunnan, and the maturation of organic matter could be employed to infer the stages of petroleum generation and evolution, and to indicate the favourable horizons and areas for petroleum prospecting.

The study indicates that the colour of *Polypodiisporites* can be darker one grade over that of other spore-pollen within the same rock specimen, though they all were subjected to the same palaeotemperature. For the Tertiary of the Jinggu Basin, the relationship between the colour of *Polypodiisporites* and the organic matter maturity is as follows.

For yellow-orange section, the colour index ranging from 2.6-3.0, corresponding to vitrinite reflectance 0.42% and palaeotemperature of less than 60°C, indicates an immature stage of organic matter. The brown-black section, colour index 3.5-5.9, reflectance 0.58-0.8%, palaeotemperature 60-110°C, indicates the mature stage with the greatest potential of oil-generation.

The effects of the amount of organic matter on the colour of spore-pollen have also been discussed in the paper.