

涟源坳陷煤反射率变化及其与深部 断裂构造的关系

中国矿业大学 王文侠

1 概述

湖南中部盖层构造表现为褶皱断裂组成的向西突出的弧形构造, 即祁阳弧^{〔1〕}。涟源坳陷为祁阳弧形构造北翼的北端部分, 其南侧与邵阳坳陷之间被白马山—龙山东西向穹状隆起带相隔。坳陷内广泛分布的盖层为上古生界地层, 其中下石炭统测水组的无烟煤和上二叠统龙潭组的烟煤是区内最重要的

煤矿产, 基底是前泥盆系的变质或浅变质岩系。由晚古生代地层组成的一系列简单宽缓、大致北东向延伸的短轴向斜, 是坳陷内最显著的构造特征, 向斜间的背斜较紧闭, 次级褶皱很发育, 并常伴有顺层延伸的逆断层。各向斜构造的转折端常齐头仰起, 是与基底构造格局关系密切, 受基底隐伏断层控制的结果 (图 1)。

从地质上看, 杨家滩—涟源—坪烟一线,

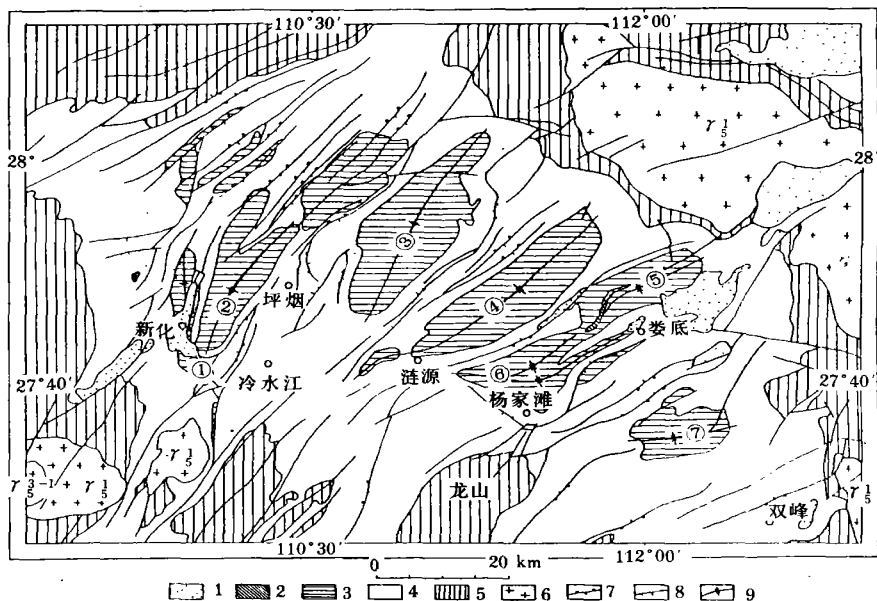


图 1 涟源坳陷区域地质构造简图

1—K₂; 2—T₃—J₁; 3—P—T₁; 4—D₂—C; 5—前泥盆系; 6—花岗岩; 7—逆断层; 8—正断层; 9—向斜;

①—马鞍山向斜; ②—鹧鸪塘向斜; ③—晏家铺向斜; ④—桥头河向斜; ⑤—恩口向斜; ⑥—斗笠山向斜; ⑦—洪山殿向斜

并且向东南至双峰, 向西北进入西部的雪峰山隆起腹地, 地层基本连续, 但地层走向和褶曲轴向有明显变化, 如杨家滩附近地层走向为北西向, 与区域地层走向近于直交, 桥头河向斜轴在涟源附近发生扭动。从多波段遥感卫星图象以及图象处理的结果看, 也在这里表现出明显的线性影象⁽²⁾。本文通过对区内近 30 个矿井中的测水组无烟煤煤样进行镜质组反射率测定, 其结果在上述异常带上同样有明显反映, 证明基底有一北西向隐伏断层存在。进一步的分析认为这是一条压扭性隐伏断层。相应的航磁数据的延拓处理结果亦可支持上述看法。

2 镜质组反射率变化特征

区内测水组无烟煤采样位置可参见图 4, 其镜质组反射率测试结果列于表 1 中, 测试仪器为 MPV—3 型显微光度计。从表 1 中可以看出, 由镜质组反射率所显示的研究区内的无烟煤煤级跨度很大。镜质组反射率从 2.83%~10.58%, 但绝大部分集中于 2.83%~5.41%之间, 显示了区内古地温场变化相当大。有两块近于石墨化了的样品最大反射率 R_{\max} 高达 9.26%和 10.58%, 样品产出位置靠近印支期岩浆岩体, 且处于强烈挤压区, 高温高压是其强烈变质的原因。

另一个特征是镜质组反射率各向异性极为明显, 其双反射率 R_b 从 1.04%~9.35%, 绝大部分集中于 1.04%~3.22%, 并且异向性随煤化程度的增高而逐渐加大。图 2 是区内镜质组最大反射率 R_{\max} 和最小反射率 R_{\min} 随煤化程度增高的变化曲线, 图中左侧 4 组数据测自上二叠统龙潭组烟煤, 其余均为下石炭统测水组无烟煤, 但右侧两组数据的样品已经石墨化。反射率与氢含量的关系参考了 Ragot (1977)⁽³⁾。由该图可以看出, 本区无烟煤镜质组反射率值基本上落入中部范围(烟煤级以后至 R_{\min} 发生逆转之前)。

表 1 实测无烟煤镜质组反射率(%)

| 样 品 编 号 | 最大反射率 (R_{\max}) | 最小反射率 (R_{\min}) | 双反射率 (R_b) |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | 4.59 | 2.24 | 2.35 |
| 5 | 4.71 | 2.11 | 2.60 |
| 8 | 5.10 | 2.96 | 2.14 |
| 10 | 5.41 | 2.45 | 2.96 |
| 11 | 3.05 | 2.01 | 1.04 |
| 12 | 3.34 | 1.83 | 1.51 |
| 16 | 4.15 | 2.11 | 2.04 |
| 17 | 4.44 | 2.05 | 2.39 |
| 21 | 3.32 | 1.50 | 1.82 |
| 26 | 3.71 | 2.26 | 1.45 |
| 29 | 3.09 | 1.47 | 1.62 |
| 32 | 2.89 | 1.61 | 1.28 |
| 33 | 3.19 | 1.70 | 1.49 |
| 36 | 4.64 | 2.12 | 2.52 |
| 38 | 3.83 | 1.67 | 2.16 |
| 40 | 3.16 | 1.85 | 1.31 |
| 42 | 4.30 | 1.98 | 2.32 |
| 44 | 3.70 | 2.94 | 0.76 |
| 46 | 2.84 | 1.59 | 1.25 |
| 47 | 3.02 | 2.14 | 0.88 |
| 49 | 2.66 | 1.50 | 1.16 |
| 52 | 2.83 | 2.16 | 0.67 |
| 53 | 9.26 | 1.74 | 7.52 |
| 56 | 10.58 | 1.23 | 9.35 |
| 61 | 2.86 | 2.12 | 0.74 |
| E14 | 3.02 | 1.92 | 1.10 |
| E16 | 3.46 | 2.11 | 1.35 |
| E18 | 2.74 | | |
| E19 | 2.77 | | |
| E20 | 3.15 | | |
| E21 | 4.02 | | |

在这个范围内, R_{\max} 、 R_{\min} 和 R_b 近于线性变化, 出现的 R_b 的最高值为 3.22%。超过这个煤级后, R_{\max} 梯度渐陡, 而 R_{\min} 突然降低, R_b 随煤级增高而加大的趋势不变, 只是造成 R_b 跃变, 陡然增大至 9.35%。

由此可见, 区内无烟煤镜质组反射率变化范围很大, 这就为我们分析和认识区域古

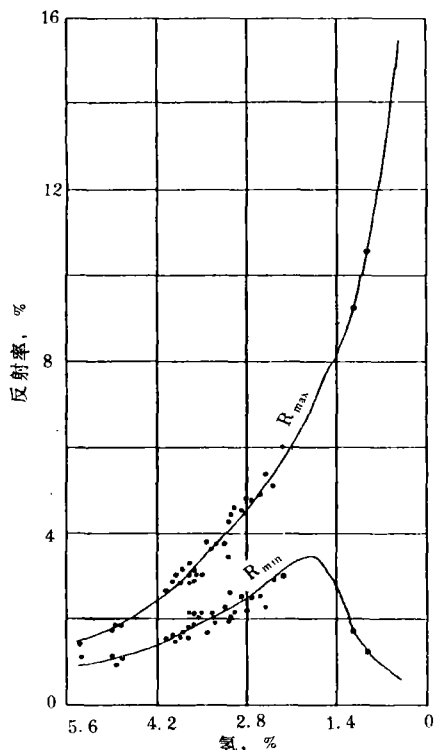


图2 镜质组反射率随煤化程度增高的变化曲线

地温场和变化规律、寻找变化异常提供了非常有利的条件。

3 镜质组反射率的分布特征

煤样采集地点所控制的范围位于湘中白马山—龙山东向西隆起带的隐伏岩体的北侧，煤变质属于区域岩浆热变质类型⁽⁴⁾，煤化程度具有明显的由北向南逐渐升高的变化趋势，它反映了古地温场的南高北低的分布特征。在对测水组无烟煤镜质组反射率的研究过程中发现，区内煤级变化的总趋势中包含着规律性的局部变化，这种局部变化暗示有构造因素干扰古地温场，使得煤化作用期间出现过局部古地温异常。

桥头河向斜与晏家铺向斜之间15个测点按比例垂直投影于一条N30°E方向的直线上，该直线作为坐标的纵轴，将各点的

$R_b/2$ 置于横轴的另一位置，以比较各点双反射率在N30°E方向上的变化(图3)。可以看出，它们的双反射率值在29号点和32号点之间发生了显著的异常变化，因而推测有一控制古地温变化的隐伏断裂构造在该位置下面通过。

图4显示了测水组无烟煤镜质组最大反射率的展布规律。在测点控制范围之内，最大反射率等值线总体走向为北西向，在冷水江附近发生北东—南西向的局部转折。最大反射率的总趋势是由北向南逐渐升高，显示了涟源坳陷南缘东西向隆起带深部古地温场对区内煤化程度的影响。涟源以北则显得较为平缓。在涟源南侧附近出现了北西向最大反射率的线性异常带，图3中双反射率显著变化的位置位于这条异常带上。并且沿这一线性异常带两侧最大反射率等值线的梯度也发生了明显变化，异常带以北平缓稀疏，变化梯度约为0.07/km；异常带以南等值线密集，变化梯度约为0.12/km。这一线性异常基本显示了基底断裂的位置和展布方向。

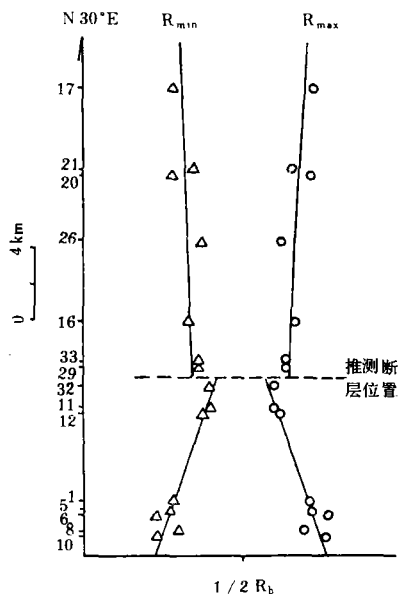


图3 镜质组双反射率沿N30°E方向的变化

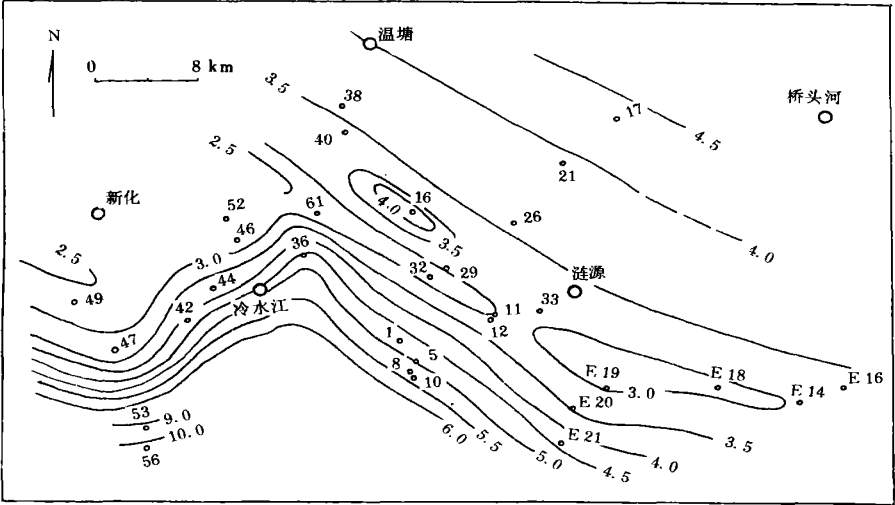


图 4 涟源—新化地区测水组无烟煤镜质组最大反射率等值线图
(图中小圆点及旁侧数字为样品位置和编号)

4 镜质组反射率的趋势面分析与基底磁场特征

在煤化作用过程中，温度、压力和时间是促使煤变化的重要因素，其中温度是煤化作用的主要因素。镜质组最大反射率是反映古地温的重要指标，而古地温场变化受构造的干扰和控制是显而易见的。为进一步探讨温度和构造在煤化作用过程中的关系，本文对区内无烟煤镜质组最大反射率进行了趋势面分析。

最大反射率 (R_{max}) 的趋势面及偏差如图 5 所示，一次趋势面 (图 5—a) 走向 296° ，倾向北东，变化梯度 (R_{max}/km) 为 $0.11/km$ 。二次趋势面 (图 5—b) 为马鞍形，长轴轴向为北西西向，涟源位于鞍部。三次趋势面 (图 5—c) 较为复杂，经过涟源的北西向低值带仍占有显著的位置。一次趋势面图反映了区内最大反射率即煤化程度由南西向北东方向逐渐降低的总趋势，显示了研究区南部白马山—龙山穹状隆起带隐伏岩体与西南部望云山印支—燕山期岩体的

综合影响，反映了煤化作用过程中，特别是印支—燕山期古地热场的分布特征。二次和三次趋势面表现出的北西向低值带，显示了涟源到新化北部一线受到了压性隐伏断层的影响。一次偏差图 (图 5—d) 表现出了与二次趋势面图相似的内容，并把西南隅最高值区的位置反映的更为准确。二次、三次偏差图 (图 5—e、f) 清楚地表现出了北北东向等值线形态，与区内构造线方向接近，说明相对于趋势值的偏差能够反映构造对煤化程度的影响。二次偏差图上涟源西侧向北西凸出的鼻状异常，隐约显示出该部位隐伏断裂的信息，这一信息在三次偏差图上表现得尤为清楚了。

考虑到区内无烟煤镜质组反射率的变化受基底构造控制，那么结合区内的航磁资料进行深部构造分析就更有意义。据湖南物测队关于湘中涟邵地区岩石磁性参数资料，区内盖层的上古生界、三叠系和花岗岩均不显磁性，其磁化率、剩余磁化强度为零，明显区别于磁性较强的前泥盆系基底岩系，这就为根据航磁资料分析本区基底构造提供了有效的前提条件。笔者曾对 1: 5 万航磁数据进行

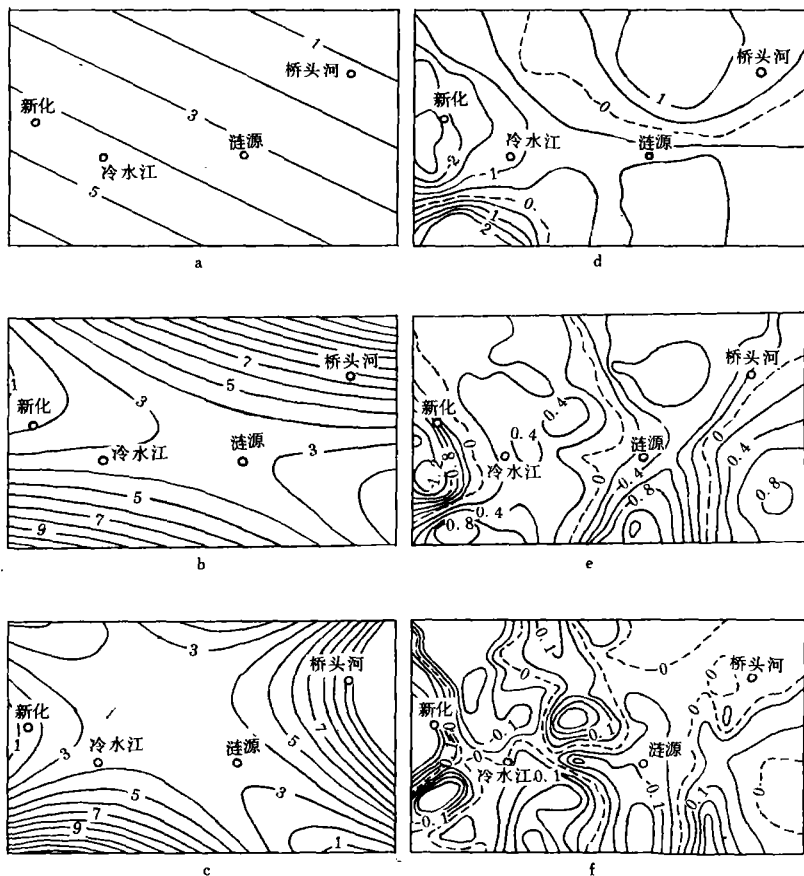


图 5 最大反射率(R_{\max})的趋势面分析。其中 a、b、c 分别为 1、2、3 次趋势面图，d、e、f 分别为 1、2、3 次偏差图

化极延拓和方向水平导数的处理^①，其结果表明，大致在杨家滩—坪烟一线存在一条磁性异常带。例如，从上延 3km130° 方向水平导数等值线平面图上可以看出，一系列北东向正负异常的南端终止于此异常带，此带成为两种不同异常类型的界线（图 6）。这一异常带向两端可继续延伸，可见这是一条规模较大的隐伏断层。

无烟煤镜质组反射率所显示的线性异常与航磁水平方向导数的线性异常以及卫星照片和图象处理结果上的线性影象的位置、展布方向均相同，它们显示了在涟源附近的

有一条北西向延展的隐伏断裂存在。地表构造线在相应位置有较明显的变化，应是这条隐伏断层作用的结果。

5 结 语

无烟煤镜质组反射率特征的分析结果进一步证明了涟源地区北西向基底隐伏断层的存在，同时也可据此判断隐伏断层的性质。一般来讲，在断裂活动时，断裂带的摩擦作用和岩石的内摩擦会析出热量，使局部地温增高。但对区域性地热产生影响的乃是它们沟通深部热源的作用。封闭性的压扭性断层

^①王文侠，《湖南涟源坳陷晚古生代煤田构造变形》，1988年，中国矿业大学北京研究生部博士学位论文。

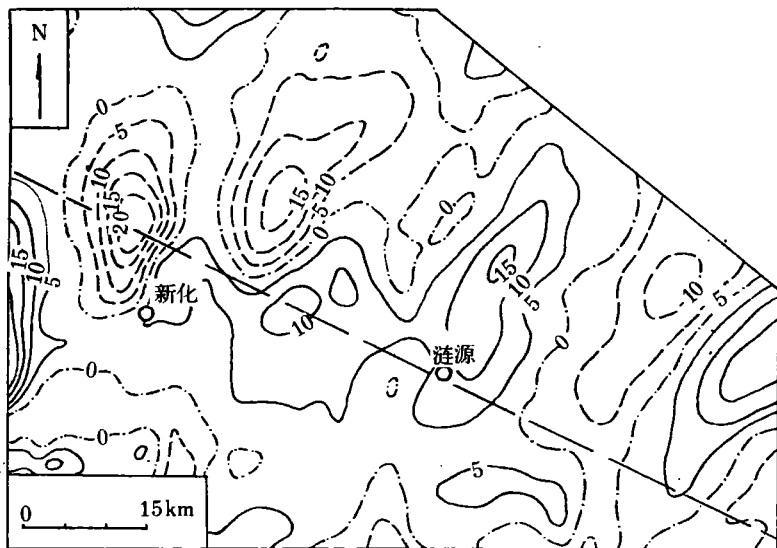


图 6 上延 3km 航磁 ΔT_{130° 水平导数等值线平面图

常常造成厚度加大，因而是热的不良通道，张性断层则有利于下部热流上导。断层导热模拟试验的结果正说明了这一点^①。涟源坳陷内测水组无烟煤镜质组反射率的线性低值异常带正是基底压性断层造成的局部热封闭的结果。

结合区域地层资料分析，涟源坳陷内褶皱构造以北东向为主，斗笠山向斜轴向南逐渐偏转为北西西向，其南翼地层走向北西，显然与隐伏断裂有关。杨家滩至涟源一线两侧，出露地层为南老 (D_2-C) 北新 ($P-T_1$)，表现为南升北降的特点，很可能说明了隐伏断层的南盘为上升盘。桥头河向斜轴向在涟源附近发生的右行扭曲，反映了隐伏断层还具有平移的活动方式。此外，以该断层为界，其南北两侧的构造变形有明显的区别，断层以北褶曲一般简单开阔，横向上缩短量相对较小。而南侧褶皱构造较紧闭和复

杂，横向缩短量较大，在西部可见到鸬鹚塘向斜沿滑脱断层叠复到马鞍山向斜之上的构造现象（参见图 1）。这些现象很可能反映了基底断层两盘平移活动的差异造成盖层构造变形的不同。综合上述分析，可以进一步认为杨家滩—坪烟隐伏断层为具右行平移性质的压扭性逆断层。

参考文献

- (1) 黄汲清：《中国主要地质构造单位》，地质出版社，1956。
- (2) 张大顺、王文侠、王颖：湖南涟源煤田构造变形研究中的遥感影像分析，《中国矿业大学学报》，1990，4。
- (3) Stach, E. et al.: *Stach's Textbook of Coal Petrology*, 1982, by Gebruder Borntraeger, Berlin.
- (4) 杨起、任德勋：中国煤变质问题的探讨，《煤田地质与勘探》，1981，1。

①曲星武、王金城，煤变质作用的地质因素，1983，西安矿业学院学术会议论文。