

湘中南地区煤变质与地质构造关系的研究

潘伟尔

国家煤炭工业局调度中心, 北京, 100713

内容提要 对耒阳—临武经向构造带内的白沙含煤向斜用计算机计算镜质组反射率椭球确定了古构造应力场方向,发现其与煤变质分带没有联系。笔者还将研究区中的其他几个向斜内煤的变质程度与构造形迹、构造复杂程度、煤受构造破坏程度进行了对比研究。研究表明,煤变质指标等值线延展方向与向斜轴不平行而呈大角度相交;受挤压强烈的向斜陡翼的煤变质程度并不高于受挤压相对弱的缓倾斜翼;祁阳山字型构造中煤变质指标等值线延展方向穿切前弧而不接受挤压强烈程度变化;受挤压强烈的构造煤的变质程度并不高于受挤压相对弱的非构造煤甚至低于后者。湘中南煤变质程度的高低与地质构造无直接关系。构造变形强烈的含煤隆褶带、含煤盆地或其中变形相对强烈的某个构造部位中煤的变质程度并不一定高,而其中的煤级升高应有非构造应力形成的热源机制。

关键词 煤变质程度 反射率椭球 地质构造

探讨煤变质与地质构造之间的关系不仅对于深化煤变质作用类型研究、发展煤变质理论具有重要意义,而且对于阐明一个含煤构造(如含煤向斜、背斜)、煤田和含煤区域的煤变质分带特征和煤类分布规律进而对煤炭资源找矿与勘探具有指导意义(何建坤,1996)。有人对湘东南煤田和中国东部煤田构造控制条件研究(缪奋等,1977;缪奋,1980,1988)后认为,当构造应力侧向挤压或扭动作用达到足够强度时,含煤岩石颗粒之间内摩擦所析出的热能通过传导与积聚,可形成区域性地热异常带,由此控制煤变质带的展布。也有人对湘中煤变质与构造体系研究(韩雄刚,1979)后认为,构造应力对煤变质的控制作用可归结为总体控制、复合控制和逐级控制方式。笔者采用组合研究方法,用煤镜质组反射率恢复古构造应力场来探讨最大压应力方向与煤变质分带之间的关系,同时对含煤构造变形强弱与煤变质程度高低之间的关系,含煤构造中煤受构造破坏后物理结构变化与煤变质程度的关系,以及国外学者研究煤变质与地质构造关系的资料等几方面研究后认为,湘中南地区煤变质与地质构造之间没有直接联系。含煤隆褶带、构造变形强烈的含煤盆地或其中变形相对强烈的某个构造部位中煤的变质程度并不一定高,而其中的煤级升高应有非构造应力形成的热源机制。

1 镜质组反射率椭球指示的主压应力方向与煤变质指标等值线关系

为了探讨构造应力与煤变质的关系,笔者采用煤的镜质组反射率椭球体分析古构造应力场的方法(Hower et al., 1981; Levine et al., 1984; 曹代勇, 1990; 曹代勇等, 1990)对耒阳—临武经向构造带内的白沙含煤向斜及相邻向斜的构造应力与煤变质的关系进行了研究。笔者分别在向斜的东西两翼和南、北两个转折端5个不同构造部位采取井下定向煤样,经磨制定向煤光

片,进行了镜质组反射率测定(表 1);用计算机对定向反射率测定结果进行了反射率椭球参数计算(表 2)。

表 1 A 号定向光片反射率测定结果表

Table 1 Results from vitrinite reflectance of oriented polishing section of coal sample A

点号	XY 面			点号	YZ 面			点号	XZ 面		
	$R_{\max}$	$R_{\min}$	$R_{\max, X}$		$R_{\max}$	$R_{\min}$	$R_{\max, Y}$		$R_{\max}$	$R_{\min}$	$R_{\max, Z}$
1	4.68	4.12	0°	1	4.20	2.50	30°	1	4.00	3.15	375°
2	4.78	4.20	0°	2	4.20	2.60	45°	2	4.50	2.60	375°
3	5.00	4.59	345°	3	4.00	2.90	45°	3	4.10	3.10	375°
4	4.60	4.05	0°	4	4.35	2.20	45°	4	4.49	3.00	45°
5	4.78	4.35	0°	5	4.40	2.40	45°	5	4.30	3.00	225°
6	4.62	4.01	0°	6	4.20	2.30	45°	6	4.40	2.60	60°
7	4.60	4.00	345°	7	4.00	2.40	60°	7	4.1	03.53	45°
8	4.36	4.32	345°	8	4.23	2.52	30°	8	4.50	2.65	45°
9	4.90	4.40	15°	9	4.08	2.60	45°	9	4.15	3.10	45°
10	4.62	4.21	0°	10	4.05	2.91	45°	10	4.04	3.50	45°
11	4.29	4.20	0°	11	4.38	2.23	45°	11	4.03	3.55	45°
12	4.98	4.50	345°	12	4.38	2.35	45°	12	4.46	2.60	30°
13	4.60	4.06	0°	13	4.26	2.34	45°	13	4.01	3.46	45°
14	4.80	4.40	0°	14	4.20	2.41	45°	14	4.31	3.00	225°
15	4.80	4.52	15°	15	4.35	2.41	45°	15	4.11	3.57	45°
16	4.65	4.10	0°	16	4.01	2.90	45°	16	4.50	2.51	225°
17	4.72	4.20	15°	17	4.05	2.93	45°	17	4.45	2.38	45°
18	4.96	4.47	345°	18	4.16	2.41	45°	18	4.02	3.51	30°
19	4.64	4.06	0°	19	4.20	2.40	45°	19	4.03	3.53	48°
20	4.52	4.00	345°	20	4.15	2.45	45°	20	4.46	2.82	45°
21	4.66	4.10	0°	21	4.29	2.50	225°	21	4.06	3.60	45°
22	4.74	4.17	0°	22	4.35	2.68	240°	22	4.52	2.90	375°
23	4.96	4.43	345°	23	4.02	2.86	45°	23	4.13	3.20	45°
24	4.68	4.10	0°	24	4.32	2.23	45°	24	4.46	2.82	45°
25	4.72	4.32	0°	25	4.42	2.43	45°	25	4.15	3.07	240°

注:转物台每转动 15°测一个点, $N=25$ 。

表 2 定向光片镜质体反射率椭球体有限应变特征参数

Table 2 Characteristic parameters of finite-strain of vitrinite reflectance ellipsoid of oriented polishing section

样号	R_a		R_b		R_c		$R_a - R_c$	$\frac{R_a - R_c}{R_a}$	$\frac{R_b}{R_c}$	$\frac{R_a}{R_c}$
	长度	方位	长度	方位	长度	方位				
A	7.39	296.55/31.99	4.62	203.56/4.77	2.64	106.00/57.56	4.75	0.64	1.74	2.78
B	7.84	16.787/0.27	4.08	258.09/38.47	2.55	77.52/51.52	5.29	0.67	1.59	3.06
D	7.69	32.32/0.27	4.42	122.68/0.51	2.03	213.24/55.04	5.66	0.73	2.17	3.78
E	6.44	105.16/37.66	5.81	12.99/2.81	2.64	279.36/52.19	3.80	0.58	2.19	2.43
F	4.45	179.30/26.28	3.00	80.90/16.46	2.39	322.33/58.27	2.06	0.46	1.25	1.85

从表 2 中可见,反射率椭球体的 3 个轴 R_a 、 R_b 、 R_c 的长度变化较大,并且 $R_a > R_b > R_c$,说明所测煤具有二轴晶光性,Stone 等(1979)认为,这种状况表明煤经过压力作用。将 R_a 、 R_b 、 R_c 赤平投影得到反射率椭球体 R_a 、 R_b 、 R_c 的空间方位(图 1)。从图 1 中可看出,总体上,代表最大压应力方向的 R_c 轴(曹代勇等,1990)与向斜轴近于垂直而与煤变质指标 $R_{o, \max}$ 等值线近于平行,

如向斜北段3个点。根据南段两个点 R_o 轴与向斜轴小角度相交和煤变质不可逆性原则(陈增智等,1999),显示出这两个点主形变期后的应力场叠加或是在主构造压力场条件下局部应力场发生变化。从煤镜质组所保留的白沙向斜主形变期的古构造应力场的信息可知,白沙向斜形成时其受WNW—ESE向挤压,即古构造应力场的最大值应力方向是WNW—ESE。按岩石形变分析,向斜翼部的形变较向斜核部弱,即向斜核部所受的应力相对集中,所受应力强度相对大(地质矿产部地质辞典办公室,1983),按构造应力变质分析,向斜核部的煤变质程度应该高于两翼(缪奋等,1977;韩雄刚,1979;缪奋,1980,1988),即煤变质指标等值线应平行于向斜轴而垂直于构造主压应力方向分布,且向斜两个转折端由于所受的构造应力强度基本一致其煤变质程度也应基本相近。但向斜的煤变质指标 $R_{o,max}$ 等值线并不平行于向斜轴而是总体上与向斜轴呈约 60° 的斜交,与镜质组反射率椭圆指示的主压应力方向近于平行(图1);北转折端(董溪)煤的 $R_{o,max}$ 达7.85%,而南转折端(周家坳)煤的 $R_{o,max}$ 仅4.20%,二者相差3.65%。据范名扬^①对白沙向斜东部相邻的永耒复式向斜构造与煤层赋存关系的研究认为,永耒复式向斜形成时所受的应力作用方式也是近WNW—ESE方向的挤压。按构造应力变质的看法,煤变质指标等值线的展布方向也应是近NNE—SSW。但经笔者采取煤样进行反射率测定,煤变质指标等值线也与构造线方向呈一大的夹角(图2),表明构造应力场与煤变质分带之间没有直接联系。如果从煤的岩浆热变质则可以解释这一现象。从图1、图2可见,从白沙向斜南、北两端距北部的五峰仙岩基的距离看,北端距岩基很近,而南端离岩基相对远,由北向南,晚二叠世煤受岩基岩浆活动热的影响逐渐减弱,而南端附近无岩基存在,所以北端煤的变质程度高,南端煤的变质程度相对低,且煤变质指标 $R_{o,max}$ 等值线展布与岩基关系密切。由图2可见,永耒复式向斜煤变质指标 $R_{o,max}$ 等值线展布与五峰仙岩基岩浆热有关。

2 褶曲构造内煤的变质程度与受挤压强弱关系

位于耒阳—临武经向构造带内的袁家向斜,为一近SN向的复式不对称向斜。其西翼陡,倾角一般 $30^\circ\sim 85^\circ$,局部有倒转现象;东翼相对缓,倾角 $18^\circ\sim 45^\circ$,向斜内次一级褶曲的轴向和两翼产状与主褶曲相似,也是西翼倾角陡且有倒转现象。按岩石变形强度,东翼所受构造应力强度低于西翼,按构造应力变质观点,东翼构造应力引起的析热聚热应较西翼少即东翼的煤变质程度低于西翼,但实际情况是向斜东翼晚二叠世煤全部变质为无烟煤(罗卜安、浦溪、狮形山、铁炉下矿等),而西翼的同时代煤都为烟煤:北段为瘦—贫煤,中段为瘦煤,南段为贫煤。即东翼的煤变质程度高于西翼(图3),与构造应力变质作用分析的结论相反。煤的岩浆热变质研究表明,袁家向斜两翼煤变质程度东高西低、煤变质分带线平行于向斜轴展布的特征与其东部存在的印支—燕山期岩浆活动形成的巨大的骑田岭岩基岩浆热有关(潘伟尔等,1993)。

从含煤向斜不同构造部位或同一构造部位变形程度不同与煤变质程度的关系看,湘中斗笠山、枫江溪、桥头河、短陂桥等几个不同构造应力场下的含煤向斜翼部与核部、陡翼与缓翼煤的挥发分值的变化也与构造应力变质作用分析的结论相反。即斗笠山含煤向斜和枫江溪含煤向斜翼部煤的 V_{daf} 并不比核部同一煤层煤的 V_{daf} 低反而高,桥头河含煤向斜和短陂桥含煤向斜陡翼煤的 V_{daf} 较缓翼同一煤层煤的 V_{daf} 低^②。

① 范名扬. 1988. 永耒区地质构造特征与煤层赋存关系的研究. 湖南煤炭科技, (3): 47~49.

② 潘伟尔. 1991. 湘赣中南部地区煤变质研究. 博士学位论文. 59.

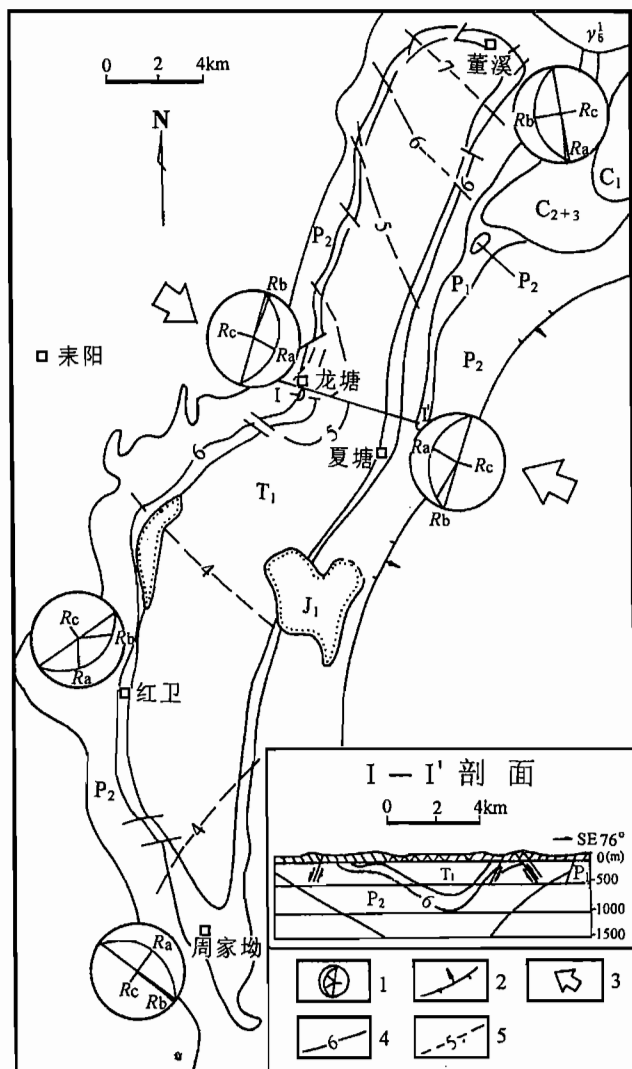


图 1 白沙向斜煤镜质组反射率各向异性分析结果图

Fig. 1 Results of reflectance anisotropy of vitrinite in Baisha syncline, Hunan Province

1—主反射率赤平投影图解; 2—断层; 3—压应力方向; 4—龙潭组 (P_2L) 6 号煤层露头线; 5—龙潭组 (P_2L) 煤反射率 $R_{0,max}$ (%) 等值线
1—Diagram of stereographic projection of principal reflectance; 2—fault; 3—direction of compressive stress; 4—outcrop of coal seam 6# in P_2L (Longtan Formation); 5—isoline of $R_{0,max}$ (%) of coal in P_2L

焦煤(宋家塘等)、瘦煤(两市塘等)、贫煤(沙子塘等),在相当短的距离内出现 4 种煤级且煤变质分带与构造线方向斜交。在与湘中相邻的赣中地区也出现类似现象,如赣中蛟溪背斜晚二叠世煤煤级分带也与背斜轴相交。

从上述几个例证中可以看出,在构造应力场中形成的含煤褶皱,其煤变质分带与构造应力场的方向和构造应力大小之间并不存在必然联系。

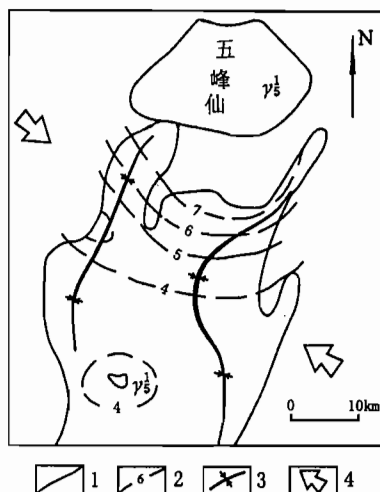


图 2 永耒复向斜应力方向与煤变质分带图

Fig. 2 Direction of stress and $R_{0,max}$ isolines of vitrinite in Yongleli synclinorium, Hunan Province

1— P_1 和 P_2 地层界线; 2—龙潭组 (P_2L) 煤 $R_{0,max}$ (%) 等值线; 3—向斜轴; 4—压应力方向
1—Boundary line between P_1 and P_2 ; 2—iso-line of $R_{0,max}$ of coal in P_2L (Longtan Formation); 3—syncline axis; 4—direction of compressive stress

从含煤向斜轴与煤变质分带的关系分析,湘中斗笠山向斜,NE—SW 走向,长约 14 km,沿构造线方向从北东向南西晚二叠世煤变质程度增高,依次出现肥煤—焦煤、焦煤、瘦煤、贫煤几个煤级,构造应力变质难以解释这种急剧的煤变质和煤级分带与构造线方向大角度相交的关系;湘中两市塘向斜,长约 22 km,呈 NE 走向,从北东往南西晚二叠世煤变质依次出现肥煤(金玉亭、新铺台等)、

3 煤变质程度与祁阳山字型构造的关系

在区域上,用构造应力变质观点难以解释煤变质分带。如图4,祁阳山字型构造中煤变质分带并不与构造线的方向一致,煤变质分带与祁阳弧形构造呈大角度相交,并且煤最高变质点在弧外的邓家铺而不在弧内。与之相反,祁阳弧内及其附近,有岩浆活动存在,其北有天龙山岩体,东有关帝庙岩体,南有越城岭苗儿山岩体,西有瓦屋塘岩体,并有龙山、陡岭冲、罗城、高挂山—牛头寨、邓家铺等众多隐伏岩体和许多与岩浆活动有关的热液矿点,煤变质分带与这些岩浆活动的存在关系密切。按构造应力变质分析,

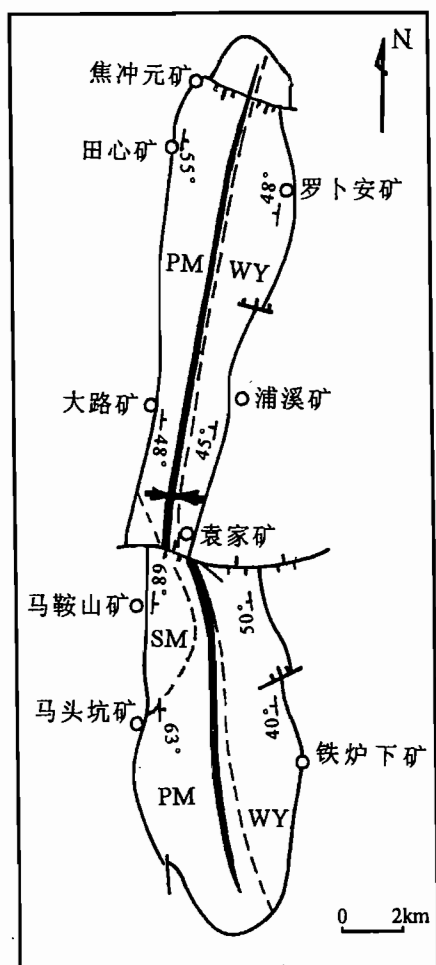


图3 袁家向斜煤级分带与向斜轴迹图

Fig. 3 Distribution of coal rank and axial trace in Yuanjia syncline, Hunan Province

1—龙潭组(P_2l)5号煤层露头线;2—龙潭组煤级分带界线;3—向斜轴;4—断层;SM—瘦煤;PM—贫煤;WY—无烟煤

1—Outcrop of coal seam 5# in Longtan Formation (P_2l); 2—boundary line between coal ranks of coal seam 5# in P_2l ; 3—syncline axis; 4—fault; SM—lean coal; PM—meagre coal; WY—anthracite

山字型构造两盾地在形变过程中受构造应力作用的方式方向和强度是基本相同的,因而两盾地同一时代煤的变质程度应该相近,但祁阳山字型构造北部保和堂盾地的早石炭世煤已变质为无烟煤,其 V_{daf} 值小于10%;而南部祁阳盾地中同时代煤的 V_{daf} 为26.2%,两者相差16.2%之多。在晚二叠世煤中,保和堂盾地煤变质程度相对低,但其不是按构造应力变质分析的孤立的环带展布,而是呈与祁阳弧中煤变质带连成一体的环带展布。在南部祁阳盾地中,不仅早石炭世煤变质程度低,而且晚二叠世、晚三叠世—早侏罗世煤变质程度都低,况且祁阳山字型构造形成于印支期,这说明构造应力场不可能对早石炭世煤变质控制,进而说明北部保和堂盾地和南部祁阳盾地煤变质差异并非受构造应力控制。

4 构造挤压与煤的物理结构和煤级升高的关系

湘东南晚二叠世煤高变质带只是郴州—耒阳—萍乡煤高变质带的一部分。这一高变质带在晚二叠世—晚三叠世、侏罗纪—白垩纪发生过两次强烈沉降,深成变质作用贡献较大,同时,印支—燕山期有广泛的大量的岩浆侵入(如骑田岭、五峰仙、丫江桥花岗岩体等巨大岩基)和岩浆喷出活动。从煤变质的有效时间看,构造应力集中的析热聚热肯定不如深成变质作用持续的时间长。因为构造应力在地质历史中是变化的,当挤压应力转化为拉张应力时,岩层由封闭体系转变为开放体系,构造应力场不利于岩石颗粒间的析热聚热。湘东南地区印支期褶皱形成时,构造应力表现为强烈挤压,而燕山期强烈沉降时则与拉张裂隙有关。因此,这种构造应力性质的转化不利于这一地区岩石颗粒间的析热聚热。与之相

构造变形强烈的含煤隆褶带、含煤盆地或其中变形相对强烈的某个构造部位中煤的变质程度并不一定高,而其中的煤级升高应有非构造应力形成的热源机制。

参 考 文 献

- 曹代勇. 1990. 安徽淮北煤田推覆构造中煤镜质组反射率各向异性研究. 地质论评, 36(4):333~340.
- 曹代勇, 王文侠. 1990. 镜质组反射率各向异性分析技术及其在构造研究中的应用. 中国煤田地质, 3(1):1~8.
- 陈增智, 柳广弟, 郝石生. 1999. 修正的镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法. 沉积学报, 17(1):141~144.
- 地质矿产部地质辞典办公室. 1983. 地质辞典(一), 普通地质, 构造地质分册, 下册. 北京:地质出版社, 279.
- 韩雄刚. 1979. 湖南涟邵煤田上二叠统龙潭组煤变质带的展布与构造体系的关系. 地质力学论丛, 第5号. 北京:科学出版社, 88~92.
- 何建坤. 1996. 东秦岭北缘煤的变质作用与板块构造的关系. 地质论评, 42(1):7~13.
- 缪奋, 张伍才. 1977. 构造体系与煤的变质. 煤田地质与勘探, (6):82~86.
- 缪奋. 1980. 煤的构造应力变质作用的地质模式. 科学通报, 25(3):128~130.
- 缪奋. 1988. 中国东部煤的构造应力变质作用. 煤炭学报, 13(2):3~10.
- 潘伟尔, 杨起, 潘治贵. 1993. 湘赣中南部地区煤的岩浆热变质作用. 现代地质, 7(3):330~332.
- 王军民, 薛渝芳, 刘芸. 1993. 物理化学. 北京:清华大学出版社, 87.
- Hower J R, Davis A. 1981. Vitrinite reflectance anisotropy as tectonic fabric element. *Geology*, 9: 165~168.
- Levine J R, Davis A. 1984. Optical anisotropy of coals as an indicator of tectonic deformation, Broad Top Coal Field, Pennsylvania. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95: 100~108.
- Mukherjee A K. et al. 1988. Gondwana coals of Bhutan Himalayan—Occurrence. *Int. J. Coal Geol.*, 9: 287~304.
- Stone I J, Cook A C. 1979. The influence of some tectonic structure upon vitrinite reflectance. *Journal of Geology*, 87: 497~508.

A Research on the Relationship between the Metamorphism of Coal and Tectonic Structures in Central—South Hunan Province

Pan Wei'er

China State Administration of Coal Industry, Beijing, 100713

Abstract

In this paper, the direction of the palaeostructural stress field of the Baisha syncline is determined by computing the reflectance ellipsoid of vitrinite in the coal samples, and it is found that it has no relations with the metamorphic zoning of coal. The author also presents a comparison of the grade of coal metamorphism with the structural features, the complicity of structures, and the degree of coal deformation in several structures in the syncline. The research shows that the extension of isolines of coal metamorphism or coal rank intersects the syncline axis trace at a high angle; the metamorphism grade of coal strongly compressed is no higher than that weakly compressed; the $R_{o, max}$ % isolines of vitrinite intersect the Qiyang epsilon-type structure arc; the metamorphism of tectonically strongly deformed coal (such as the mylonitic coal) is no higher than the non-deformed coal. Therefore, the grade of coal metamorphism in central-south Hunan is not directly related to the geologic structures.

Key words: grade of coal metamorphism; reflectance ellipsoid; tectonic structure

作 者 简 介

潘伟尔,男,1954年生,高级工程师。1991年毕业于中国地质大学(北京),获博士学位。现在国家煤炭工业局调度中心工作。通讯地址:100713,北京市和平里北街21号。