

内蒙古乌达矿区煤的显微特征 与沉积环境关系的研究^①

代世峰¹ 任德贻¹ 彭苏萍¹ 毛鹤龄¹

周强¹ 张建华² 李宝春²

1(中国矿业大学北京校区 北京 100083) 2(内蒙古乌达矿务局 内蒙古乌海 016040)

提 要 通过对研究区主采煤层显微特征和沉积环境的分析,并利用三角图解(在三角图解中,考虑了煤中矿物特别是自生矿物对指示煤相的意义)和组分含量平面图,论述了显微煤岩特征与沉积环境的关系。研究发现,潮控下三角洲平原形成的煤层其活性组分和硫分含量较之河控下三角洲平原含量高,并且三角图解三端元的离散率小;在潮坪沉积基础上形成的煤层其惰性组分含量高并分布稳定;相同沉积环境形成的不同煤层显微组成相似,但它们的显微组成由于聚煤环境的变迁而在平面分布上有差异。

关键词 沉积环境 惰性组分 活性组分 矿物 三角图解

第一作者简介 代世峰 男 27岁 硕士 煤岩学 沉积岩石学

1 引言

煤的显微组成特征与沉积环境的关系或沉积环境对显微煤岩特征的影响,越来越受到广泛重视,目前这方面研究资料较少。在过去一些研究资料中,沉积学家研究含煤岩系沉积环境时,往往笼统地把煤层解释为泥炭沼泽相,煤岩学家研究煤的显微特征时,往往仅限于煤层的本身,较少涉及煤层的顶底板及其围岩的沉积特征。从目前的研究现状来看,煤的显微组成特征与沉积环境的关系并不十分清楚。本文就内蒙古乌达矿区不同沉积环境形成煤层的显微煤岩特征及其与沉积环境的关系进行了研究,并且考虑了煤中矿物特别是自生矿物对指示煤相的意义。

乌达矿区(分为苏海图井田、黄白茨井田和五虎山井田)位于内蒙古西部,是该地区主要炼焦产煤区。其煤系地层为上古生界石炭系和二叠系,石炭系包括本溪组和太原组,二叠系包括山西组和石盒子组,其中太原组和山西组是本区的主要含煤地层,本溪组以上各地层单位以陆相和过渡相沉积为主,海相沉积不发育。该矿区煤层的活性组分含量较高并且分布稳定,煤中镜质组反射率 $R_o(\text{ran}) = 0.9\% \sim 1.2\%$,是很好的炼焦用煤的肥煤和焦煤,但煤中硫的含量高,甚至洗精煤中硫含量达到 2.5% 以上,严重影响了煤的销售及经济效益。煤的显微特征和煤中硫的含量及其赋存特征与沉积环境有密切关系,研究煤聚积时的沉积环境,不仅能查明煤显微组成的赋存特点和煤中硫的分布规律,而且能为指导炼焦

配煤、降低煤中的硫及预测煤的可选性提供理论依据。

2 显微煤岩特征与沉积环境的关系

2.1 主采煤层的沉积环境

彭苏萍等对乌达矿区含煤地层沉积环境进行了系统研究,提出其沉积环境为障壁砂坝—泻湖—三角洲沉积体系^[1],并详细讨论了各煤层的聚煤特征(表 1)。本次研究以石炭系太原组主采煤层 15、13、12、10 和 9 煤层为例,研究煤的显微组成特征与沉积环境的关系。各煤层的特征及沉积环境如表 1 所示。

2.2 煤的显微煤岩特征与沉积环境的关系

2.2.1 三角图解端元的划分

在指明煤沉积环境方面,煤显微组分之间的相互组合关系是比单纯的显微组分更好的标志^[2-4]。在乌达矿区,煤的宏观煤岩类型主要以半亮煤和半暗煤为主,反映在显微组成上壳质组含量较少,一般不超过 2.0%,镜质组和惰质组各占一定的比例,但都不超过 95.0%,所以在显微煤岩类型上以镜质煤为主。在以往煤相的研究中,常常把显微煤岩类型或单纯的显微组分作为三角图解的三个端元^[5],除 Calder 外,都没有考虑煤中矿物(特别是自生矿物)对指示煤相的意义,但煤中自生矿物对指示煤相有很好的作用^[6]。本次研究据乌达的实际情况,同时考虑到对指导炼焦配煤的意义,把有机显微组分分为活性组分和惰性组分(其中:活性组分 = 镜质组 + 壳质组 + 半镜质组 $\times 1/3$;惰性组分 = 惰质组 + 半镜质组 $\times 2/3$)^[7],分别作为三角图解的两个端元,另外把煤

① 煤炭科学基金资助项目(97地 10205)

收稿日期: 1997-02-30 收修改稿日期: 1997-07-25

中矿物总量作为三角图解的第三个端元,后生矿物在乌达矿区煤中很少,只有极少量充填于裂隙中的方解石和黄铁矿,其含量不超过 0.5%。乌达矿区煤中自生矿物主要有粘土矿物和黄铁矿,此外还有少量的白铁矿、石英、方解石和金红石。粘土矿物的能谱分析结果表明其 K Na 和 Fe 的含量不高,一般不超过 1.0%,为自生的高岭石。各主采煤层活性组分、惰性组分、矿物含量及洗精煤中硫分含量的最小值、最大值及平均值如表 2 所示。

表 1 主采煤层的特征及沉积环境

Table 1 Characteristics of the main exploited coal seams and their depositional environment

煤层	平均煤厚 /m	煤层稳定性	煤层结构	主要宏观煤岩类型	沉积环境
9煤层	3.10	稳定	简单	半亮煤	潮控下三角洲平原
10煤层	1.96	较稳定	简单	半亮煤	潮控下三角洲平原
12煤层	5.37	较稳定	复杂	半暗煤至半亮煤	河控下三角洲平原
13煤层	1.22	较稳定	复杂	半暗煤	河控下三角洲平原
15煤层	1.50	稳定	中等	半暗煤	潮坪沉积

2.2.2 结果分析

图 1 为各个主采煤层显微组成在三角图解中的分布,图 2~6 为各个煤层显微组成的三角图解等值线图(某一煤层的三角图解等值线图的中心,即聚积中心值,为该煤层的活性组分、惰性组分和矿物的最大可能值),从中可以看出,虽然不同煤层的有机显微组成或矿物有明显重叠,但同一煤层

的有机显微组成或矿物组成(特别是聚积中心)在三角图解中的特定位置上,这种关系表明煤的显微组成和沉积环境有密切的关系。

表 2 主采煤层显微煤岩组成及洗精煤中硫含量

Table 2 Micropetrological component and sulfur content in washed coals of the main exploited coal seams

煤层	活性组分 %	惰性组分 %	矿物含量 %	洗精煤硫分 %
9 煤层	45.00~79.37	18.23~35.87	1.40~23.20	0.98~3.58
	62.70	30.36	6.94	2.33
10 煤层	45.87~73.80	17.20~40.77	4.50~14.70	1.02~3.87
	61.81	30.01	8.00	2.13
12 煤层	25.00~72.07	12.13~38.03	5.90~32.20	0.85~2.75
	52.89	27.94	19.17	1.62
13 煤层	44.97~67.77	12.07~38.37	3.40~33.60	0.39~1.30
	58.88	23.92	17.20	0.70
15 煤层	33.53~68.40	14.77~60.77	3.80~20.00	0.45~1.09
	47.10	40.70	12.20	1.13

表 3 主采煤层三角图解三端元组成的聚积中心值

Table 3 Accumulating center value in the triangular diagram of the main exploited coal seams

煤层	活性组分 %	惰性组分 %	矿物含量 %
9煤层	62.3	30.0	7.7
10煤层	61.0	30.0	9.0
12煤层	53.0	27.5	19.5
13煤层	57.5	23.5	19.0
15煤层	46.9	41.0	12.1

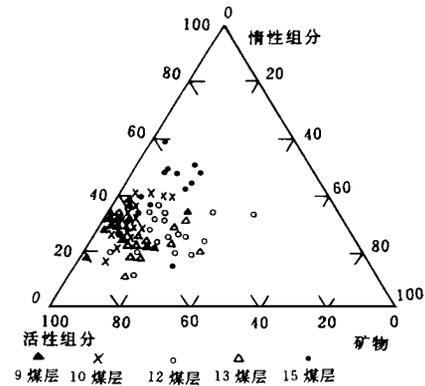


图 1 各主采煤层显微组成三角图解

▲ 9煤层; × 10煤; ○ 12煤层; △ 13煤层; ● 15煤层

Fig. 1 The triangular diagram of micropetrological component of the main exploited coal seam

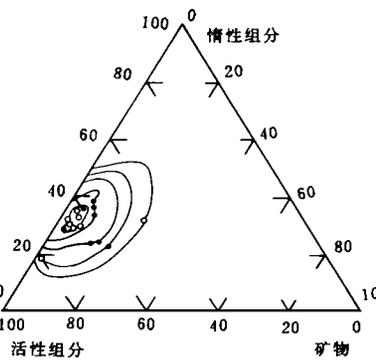


图 2 9煤层显微组成三角图解等值线

Fig. 2 The contour triangular diagram of micropetrological of 9 coal seam

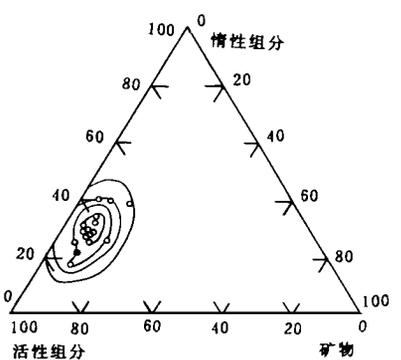


图 3 10煤层显微组成三角图解等值线

Fig. 3 The contour triangular diagram of micropetrological component of 10 coal seam

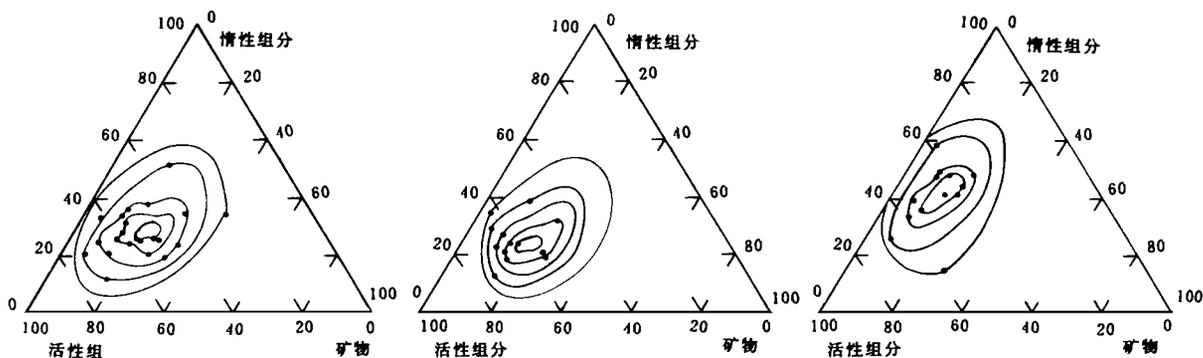


图 4 12煤层显微组成三角图解等值线 图 5 13煤层显微组成三角图解等值线 图 6 15煤层显微组成三角图解等值线

Fig. 4 The contour triangular diagram of micropetrological component of 12 coal seam

Fig. 5 The contour triangular diagram of micropetrological component of 13 coal seam

Fig. 6 The contour triangular diagram of micropetrological component of 15 coal seam

1) 9煤层和 10煤层煤显微特征和沉积环境的关系

9煤层和 10煤层是在潮控三角洲平原形成的,过去由于其成因和特征缺乏系统研究,因而将其划作两个单独的煤层。据彭苏萍等研究^[1],9煤层和 10煤层是在相同的沉积环境下形成的一个煤层的两个分叉,本次研究进一步证实了这一结论。不仅两个煤层的活性组分、惰性组分及矿物含量是相似的(表 1),而且在三角图解中三端元的分布和聚积中心也是相似的,其离散率小(图 2 图 3),反映活性组分在平面的分布上也是相似的(图 7 图 8)。9煤层和 10煤层是在海侵期间,在上三角洲平原环境背景下,由于海侵而向下三角洲平原转化中形成的煤层,在其形成过程的泥炭沼泽发育期间,由于海水的经常介入,形成了高硫煤。由于受淡水的影响较小,煤中矿物含量较少,潮汐流作用的结果不仅造成了

潮湿环境促进了凝胶化作用的进行,使得煤中活性组分含量高并且分布稳定,对炼焦配煤很有益处,而且造成了局部的动荡水介质环境条件,使得煤中各种组分排列比较杂乱,碎屑含量较高,特别是煤中粘土矿物呈分散状(图版 1),这部分粘土矿物很难洗选。煤中有机硫和黄铁矿硫各占一定的比例,能谱分析结果表明,煤中基质镜质体的有机硫含量一般都大于 2%,说明次生有机硫的形成导致了乌达矿区高硫煤的形成。黄铁矿化菌藻类的发现(图版 2),表明菌藻类等低等植物对煤中硫的形成作出了贡献。

2) 12煤层及 13煤层显微组成和沉积环境的关系

12煤层和 13煤层是在河控三角洲平原形成的煤层,从三角图解(图 4 图 5)中可以看出它们显微煤岩组成的分布及其离散程度是相似的,与 9煤层和 10煤层相比,它们的离散程度要大,它们的活性组分在平面的分布是不一样的。这说明相同沉积环境形成的不同煤层在显微煤岩特征及组

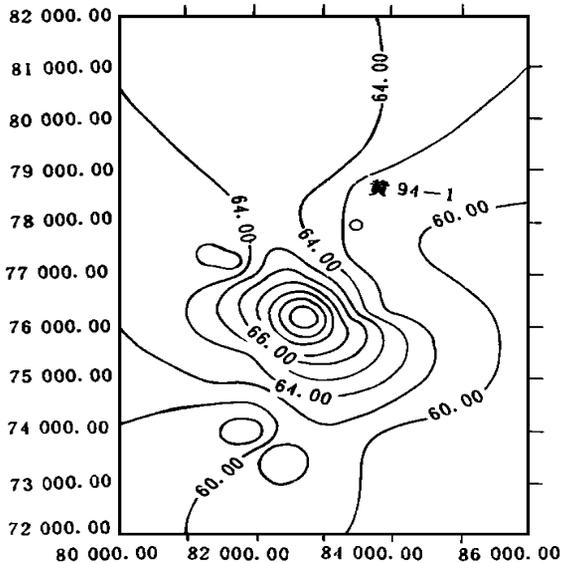


图 7 9煤层活性组分等值线

Fig. 7 The contour triangular diagram of active component of 9 coal seam

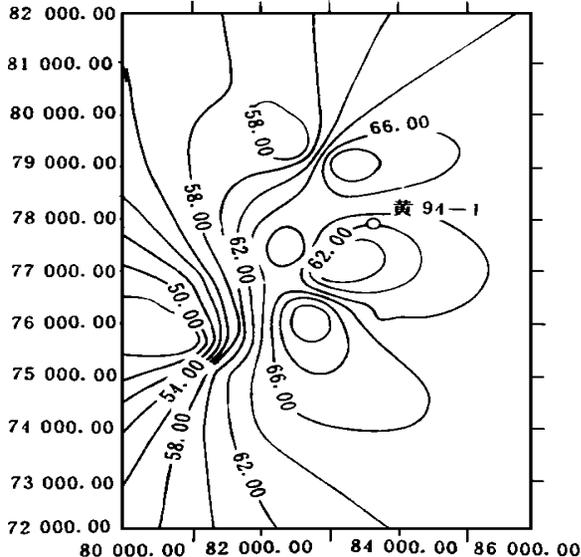


图 8 10煤层活性组分等值线

Fig. 8 The contour triangular diagram of active component of 10 coal seam

成上是相似的,但它们的显微组分的含量随着聚煤环境的变迁而在平面上发生变化。12煤层是在下三角洲平原的上部,靠近上三角洲平原形成的,它受到海水和淡水的双重影响非常明显,以分流河道沉积与河道间湿沼地沉积密切共生的关系为泥炭沼泽的持续发育创造了有利条件,形成较厚而且分布稳定的煤层。由淡水带来的陆源物质特别是粘土矿物得以沉淀,煤层中矿物含量较高,而且在泥炭形成过程中由于海洋咸水大潮期间可通过分流河道进入该体系,海水带来的 SO_4^{2-} 造成该煤层硫分含量较高。表现在显微组分上,由于淡水条件的影响,其活性组分比9煤层和10煤层低10%左右,矿物含量比其它煤层都高得多。

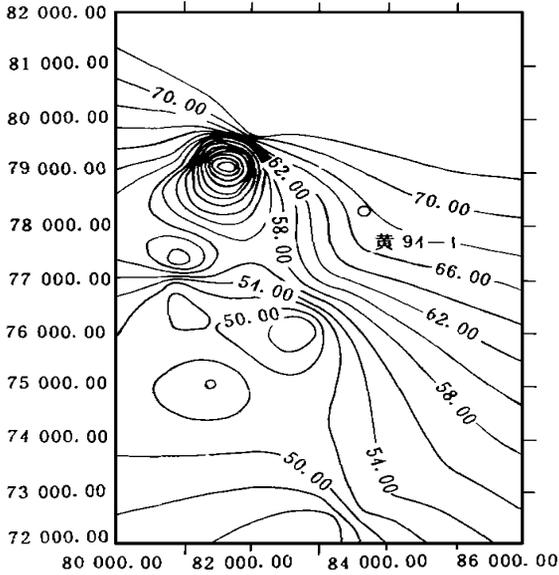


图 9 12煤层活性组分等值线

Fig. 9 The contour triangular diagram of active component of 12 coal seam

13煤层显微组成和12煤层显微组成相似,但煤中硫的含量低。通过对五虎山井田和苏海图井田13煤层沉积层序的泥岩进行微量元素测定,其结果是B的含量为 56×10^{-6} , Sr/Ba的值在0.5左右, Rb/K值为0.0042,反映其为陆上淡水条件下形成的。虽然其格局是一种受潮汐作用影响下的下三角洲平原河口坝——潮河混合水道,但沼泽和泥炭沼泽的发育与碎屑沉积体系的建设和废弃有密切关系。13煤层的形成过程是在碎屑沉积体系的建设期,以河流作用占统治地位,主要为陆上沉积,有多条分流河道在本区汇聚,淡水注入量大,沼泽和泥炭沼泽多发育在推进的分流间地带,与水道边缘的越岸泛滥沉积呈指状交错,所形成煤层的厚度小且变化大,矿物含量较高,丝质体大部分发生膨化(图版3),由于受海水影响较小,煤中硫分含量较低。

从以上可以看出,潮控下三角洲平原与河控下三角洲平原形成煤层的显微组成与煤层特征相比有较大差异。主要表现在:由于受潮汐作用的控制,潮控下三角洲平原中的水道

砂体多被改造成席状,在这个基底上形成的煤层厚度较大,且分布稳定,煤层的结构简单,硫分含量较高,活性组分含量较高,表现在宏观煤岩类型上多为半亮煤。

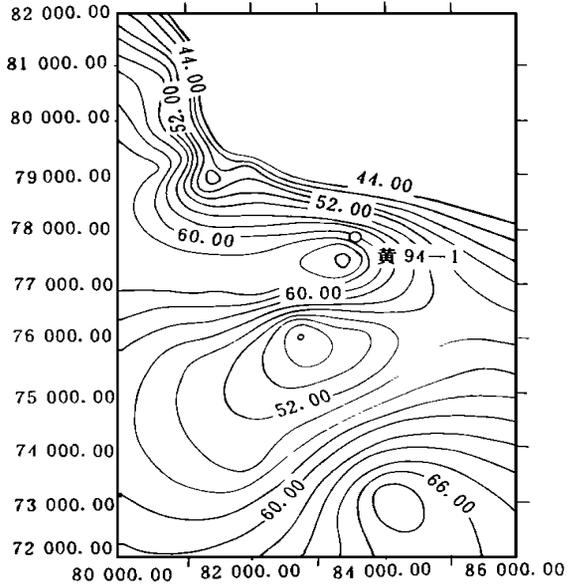


图 10 13煤层活性组分等值线

Fig. 10 The contour triangular diagram of active component of 13 coal seam

3) 15煤层煤显微组成和沉积环境的关系

15煤层硫分较高,矿物含量平均为12.96%,与河控下三角洲平原和潮控下三角洲相比,其活性组分明显低于以上其它煤层,而惰性组分高于其它煤层,矿物含量高于潮控下三角洲平原形成的煤层而低于河控下三角洲平原形成的煤层。15煤层是潮下砂坪沉积的产物^[1],潮汐流的影响不仅造

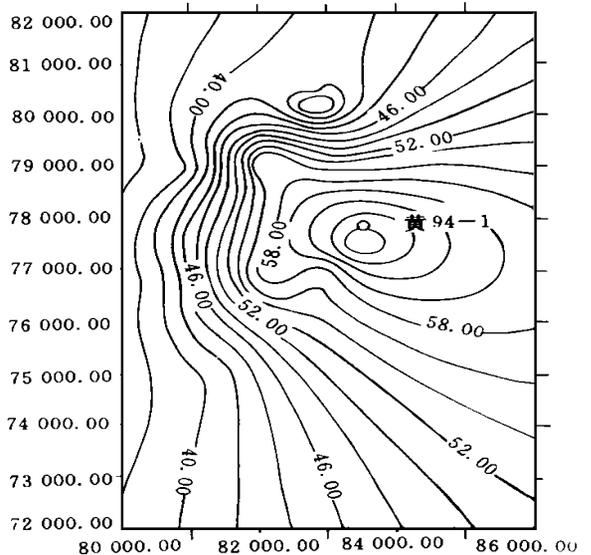


图 11 15煤层活性组分等值线

Fig. 11 The contour triangular diagram of active component of 15 coal seam

成 15 煤层较高的硫含量,而且较强的潮汐流活动造成一种氧化环境,使得煤中惰性组分含量增高,活性组分含量低但在横向上分布稳定,且规律性很强(图 11) 在泥炭堆积过程中,原先未固结的泥炭颗粒由于潮汐流的影响而发生搬运和再沉淀作用(图版 4) 与其它煤层相比,15 煤层含有稍高的壳质组含量,主要为小孢子体。反映在组分的组合关系上主要有两种情况:① 镜质体、惰质体、孢子体、粘土矿物及黄铁矿呈共生的组合关系(图版 5),这可能是在潮汐水道的附近,反映了一种动荡的水介质条件;② 各种组分成平行状排列,粘土矿物呈条带状,这可能是远离潮汐水道,反映了一种较为平静的水介质条件。

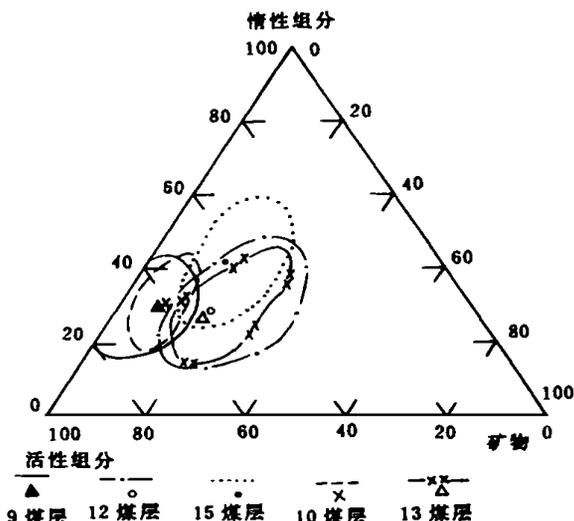


图 12 各煤层三角图解聚积中心及沉积环境密度等值线

Fig. 12 The accumulating center and the contour diagram of depositional environment of the main exploited coal seams

为了简化起见,用图 12 表示了各煤层在三角图解的聚积中心和沉积环境密度等值线图(至少有 80% 的定量统计点落入其内)的关系,从中可以看出,虽然不同沉积环境的显微组成有重叠区,但能明显划分出不同的沉积环境。另外,三角图解聚积中心与显微煤岩定量统计的平均值大体相等,这样可以使我们在煤岩定量时判断煤层沉积环境和根据沉积环境判断其煤层的显微煤岩组成。

3 研究意义

煤层的显微煤岩特征与其沉积环境密切相关,研究它们

的关系或沉积环境对显微煤岩特征(或煤相)的影响,不仅在宏观上了解煤层的形成过程,而且在微观上研究煤层的显微特征及其沉积环境对煤层显微特征的控制,既使得煤岩学家避免在研究煤相时,仅限于煤层本身而忽视煤层的宏观演化过程或地质背景,又使得沉积学家避免在研究沉积环境时,笼统地把煤层解释为泥炭沼泽相,忽视煤显微特征的研究及显微特征在反映沉积环境等方面的意义。研究煤的显微煤岩组成和特征与沉积环境的关系,更重要的是使我们不仅从三维空间了解煤岩煤质变化规律的内在原因,而且可以评定煤层的可选性、指导炼焦配煤及降低煤中的硫,可以深入研究煤的煤岩组成特征、矿物质种类及分布等与可选性和炼焦配煤的关系,预测煤层沿走向煤岩组成和可选性的变化,特别是对编制可选性和炼焦配煤预测图有重要的意义,使在大量开采煤以前,不需要大量试样即可提供煤的可选性和炼焦配煤的可靠资料。

致谢: 本论文得到了中国矿业大学北京研究生部张鹏飞教授的具体指导,中国科学院地质所李菊英研究员给予了支持和建设性意见,杨建业博士和赵峰华博士给予了具体建议和帮助,艾天杰工程师参加了部分研究工作,在此一并致以衷心的感谢!

参 考 文 献

- 1 彭苏萍,张建华. 乌达矿区含煤地层沉积环境及其对矿山开采的影响. 北京: 煤炭工业出版社, 1995. 55~ 77
- 2 Lamberson M N. Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleowetland environment, Gates Formation, northeastern British Columbia, Canada. *International Journal of Coal Geology*, 1992(18): 87~ 124
- 3 Strehlau K. Facies of Carboniferous coal seams of north-west Germany. *International Journal of Coal Geology*, 1990, (18): 245~ 293
- 4 Diessel C F K. On the correlation between coal facies and depositional environment. In *Proceedings 20th Symposium Depositional Geology*, University of Newcastle, NSW, Australia, 1986. 19 ~ 22
- 5 Edward Lester. Analysis of the problems associated with the use of image analysis for microlithotype analysis on solid coal mounts. In Gayer R, Harris I, eds. *Coal Bed Methane and Coal Geology*. Geological Society Special Publication, 1996. (109): 237~ 248.
- 6 张鹏飞,彭苏萍,邵龙义等. 含煤岩系沉积环境分析. 北京: 煤炭工业出版社, 1992. 74~ 95
- 7 周师庸. 应用煤岩学. 北京: 冶金工业出版社, 1995. 301~ 302

The Study on the Relationship Between the Petrology Micro-characteristics and Depositional Environment of Coal in Wuda Coal Field in Inner Mongolia

Dai Shifeng¹ Ren Deyi¹ Peng Suping¹ Mao Heling¹
Zhou Qiang¹ Zhang Jianhua¹ Li Baochun²

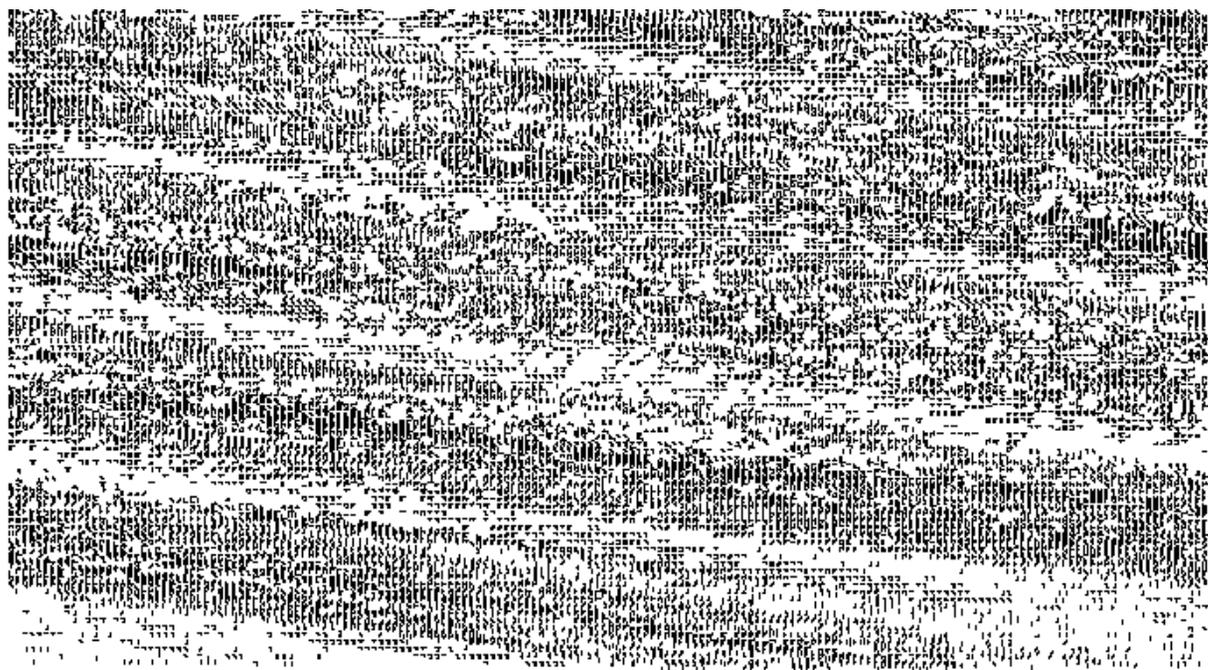
1 (China University of Mining and Technology, Beijing 100083)

2 (Wuda Coal Bureau of Inner Mongolia, Wuhai Nei Monggol 016040)

Abstract

According to the analysis of micro-characteristics and depositional environment of the main exploited coals, and using the triangular diagram (In the diagram, the significance to indicate coal facies of the minerals in coal, especially authigenic ones, has been taken into consideration) and the map of maceral, the authors have found that there is a higher active component and sulfur content in tide-dominated delta plain than that in river-dominated delta plain, and the divergence in the triangular is small. Besides, the inert component in the coal formed on the tidal flat is high and its distribution is stable, and there is a likeness between different coals formed in the same depositional environment. But there is a difference of microcomposition on the plane because of the various environment.

Key words depositional environment inert component active component mineral triangular diagram



图版 1. 细分散状的粘土矿物,油浸,反射反射光 $\times 450$ (9煤层); 2. 黄铁矿化藻类,扫描电镜 $\times 1\ 250$ (9煤层);
3. 膨化的丝质体,油浸,反射反射光 $\times 400$ (13煤层); 4. 再沉积的泥炭颗粒,油浸,反射反射光 $\times 290$ (15煤层);
5. 镜质体,惰质体,孢子体粘土矿物及黄铁矿,油浸,反射单偏光 $\times 256$ (15煤层)