

文章编号:1001-1986(2006)06-0001-03

北淮阳地区不同变形-变质煤的元素分布及其影响因素

李小明, 曹代勇, 占文峰

(中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083)

摘要:通过对大别造山带前陆北淮阳地区石炭纪高煤级煤的X射线荧光光谱分析,探讨了不同变形-变质类型煤中常量元素的分布规律及其影响因素。结果表明:构造-热作用具有使 Al^{3+} 、 K^+ 、 Si^{4+} 、 Ti^{4+} 在煤体中富集, P^{5+} 、 $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 、 Mn^{2+} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 向煤体外迁移的趋势;在弱应力带富集 Al^{3+} 、 K^+ 、 Ti^{4+} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} ;在强应力带富集 Si^{4+} 、 P^{5+} 、 $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 、 Mg^{2+} 。岩浆热变质类型煤和构造-热变质类型煤的 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 值显著增大,与岩浆岩中 SiO_2 及 K_2O 质量分数偏高有重要的成因联系。

关键词:煤;变形-变质作用;X射线荧光光谱;地球化学特征;北淮阳地区
中图分类号:P618.11 **文献标识码:**A

Elements distribution and effecting factors of high rank coals of different deformational-metamorphic types in Beihuaiyang area

LI Xiao-ming, CAO Dai-yong, ZHAN Wen-feng

(State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) analysis on Carboniferous coal occurred in Beihuaiyang area, the northern foreland basin of Dabie Orogenic Belt, the major elements distribution characters and the effecting factors of high rank coals of different deformational-metamorphic types are discussed. The results show that the tectonic-thermal process made Al^{3+} , K^+ , Si^{4+} , Ti^{4+} concentrated in coal, but P^{5+} , $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, Mn^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} migrated outside. Otherwise, Al^{3+} , K^+ , Ti^{4+} , Na^+ and Ca^{2+} were abundant in weak stress zones, but Si^{4+} , P^{5+} , $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ and Mg^{2+} abundant in strong stress zones. The values of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ in tectonic-thermal metamorphic coal and telemagmatic metamorphic coal were larger than those in regional metamorphic coal, which might be related to the higher content of SiO_2 and K_2O in Yanshanian magmatic rocks in Beihuaiyang area.

Key words: coal; deform-metamorphism; X-Ray Fluorescence Spectrometry; geochemistry character; Beihuaiyang area

1 引言

煤是一种对温度、压力等地质环境因素十分敏感的有机岩,地质历史演化过程中的各种构造-热事件必然导致煤发生一系列物理、化学、结构和构造变化,煤化作用实质上是煤与外界进行能量和物质交换的过程,煤组分在各种地质应力作用下发生迁移、分异和改造^[1-3]。本文通过对大别造山带北麓北淮阳地区石炭纪不同变形-变质类型煤的常量元素测试分析,阐明构造应力和热力对煤中常量元素迁移的影响。

2 煤的变形-变质类型

大别造山带北麓北淮阳地区的上古生界为以粗

碎屑岩为主的含煤岩系,经历了由弧后裂陷盆地至前陆盆地反转的多期构造-热事件,导致石炭纪杨山煤系煤层厚度变化频繁、形态复杂、煤级高(无烟煤-半石墨),具有明显不同于华北地区相近时代煤层的特殊性^[4-5]。构造煤岩学研究揭示了构造-热作用对煤有机组成和结构的深刻影响,可以划分出3种变形-变质类型^[5](表1)。

3 分析样品及测试结果

从北淮阳地区下石炭统杨山组采集了12个分析煤样,其中B6、B8号样品采自河南省商城县马鞍山SN向强烈剪切应变带内,属于构造-热变质类型;B62—B68号5个样品采自商城县皮冲燕山期花岗岩体侵入体旁侧,受岩浆侵入和热液活动影响,属于

收稿日期:2006-05-17

基金项目:国家自然科学基金项目(40372075)资助

作者简介:李小明(1970—),男,山西大同人,中国矿业大学(北京)博士研究生,工程师,从事煤田地质和煤层气研究。

表 1 煤变形-变质类型及其简要特征

Table 1 The deformational - metamorphic types and their characters of high - rank coals

类型	光学特征		X 衍射分析			TEM 分析		变形机制	控制因素
	$R_{\max}/\%$	$R_{90}/\%$	非均质性	(002)峰	L_c/nm	L_a/L_c	BSU 单元	衍射环	
构造-热变质	5.85~8.38	3.00~3.97	线状消光、条带状消光	高、紧闭	5.146	1.24	似柔皱状石墨结构与排列紧密条纹状斑团	衍射环细而窄,可见衍射斑	韧性流变为主 异常热背景下 的构造应力
岩浆热变质	5.20~8.01	3.98~5.08	片状消光	宽缓对称	1.494	2.98	条纹状斑团,直径大、排列松散	d_{11} 环清晰	脆性变形、异常热辅助 韧性变形 向压力
区域变质	3.93~5.62	1.02~1.77	少量线状和条带状消光	宽缓不对称	1.355	2.15	分散孤立状,直径小	d_{11} 环模糊	脆性变形为主 区域热

表 2 X 射线荧光光谱分析数据统计表

Table 2 Statistical results of XRF analysis

类型	样号	氧化物 $w_B/\%$										$w(\text{SiO}_2)/$	$w(\text{K}_2\text{O})/$
		Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	CaO	K_2O	TiO_2	MgO	Na_2O	MnO	$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$w(\text{Al}_2\text{O}_3)$	$w(\text{Na}_2\text{O})$
构造-热变质	B6	20.55	45.85	0.18	0.34	1.34	1.13	3.22	0.46	0.12	26.80	2.23	2.90
	B8	9.02	41.01	0.47	0.14	—	1.31	0.02	0.32	0.05	47.66	4.55	—
	平均值	14.79	43.43	0.33	0.24	1.34	1.22	1.62	0.39	0.09	37.23	3.39	2.90
岩浆热变质	B62	29.37	44.73	0.20	1.54	3.27	1.40	1.14	0.60	0.11	17.64	1.52	5.45
	B63	28.74	45.27	0.17	0.56	5.98	1.31	0.64	0.48	0.07	16.78	1.57	12.46
	B64	36.92	38.85	0.16	1.73	4.50	1.46	0.33	0.84	0.09	15.10	1.05	5.36
	B67	37.33	30.58	0.13	5.05	3.17	2.20	0.04	1.17	0.07	19.82	0.81	2.71
	B68	31.89	41.33	0.13	1.08	0.33	3.40	0.03	0.59	0.04	21.17	1.3	0.56
	平均值	32.85	40.15	0.16	1.99	3.45	1.95	0.44	0.74	0.08	18.10	1.25	5.31
区域变质煤	B25	50.56	1.05	2.93	8.01	4.99	2.57	0.21	4.19	0.21	25.28	0.02	1.19
	B30	36.78	1.76	2.62	2.49	3.95	1.42	0.10	1.97	0.12	48.79	0.05	2.01
	B32	27.13	0.37	3.08	3.42	0.65	0.62	2.08	1.19	0.66	60.80	0.01	0.55
	B39	14.10	0.37	0.14	9.03	0.12	0.41	0.07	1.18	3.61	70.96	0.03	0.10
	B44	22.49	1.73	0.40	8.11	1.23	1.36	1.33	0.72	0.47	46.58	0.77	1.71
	平均值	30.21	1.06	1.83	6.21	2.19	1.28	0.76	1.85	1.01	50.48	0.18	1.11

岩浆热变质类型;B25—B44 号 5 个样品采自河南省商城县和安徽省金寨县其他小煤矿,反映高煤化阶段的区域变质背景。

采用 X 射线荧光分析技术(XRF)测定煤中常量元素,测试在核工业地质分析测试中心的飞利浦公司产 PW-2404X 射线荧光光谱仪上进行。XRF 测试所得到的原始数据为元素氧化物的绝对质量分数,由于不同样品的灰分差别较大,因此需要将氧化物绝对质量分数换算成质量分数,以便在相同背景值下进行对比分析。换算后的分析数据统计结果见表 2。

4 氧化物相对质量分数分布特征

构造应力和岩浆热力作用,不仅促使煤的有机组分发生成分和结构变化,形成不同变形-变质类型,而且也影响到煤中元素的迁移和分异,在一定程度上改变了原有地球化学特征^[6],不同变形-变质类型煤中常量元素也表现出不同的迁移富集趋势。

分析 3 类煤样氧化物质量分数平均值柱状图(图 1),可以将氧化物划分为两组。

第 1 组包括 Al_2O_3 、 SiO_2 、 K_2O 、 TiO_2 ,其特征是在

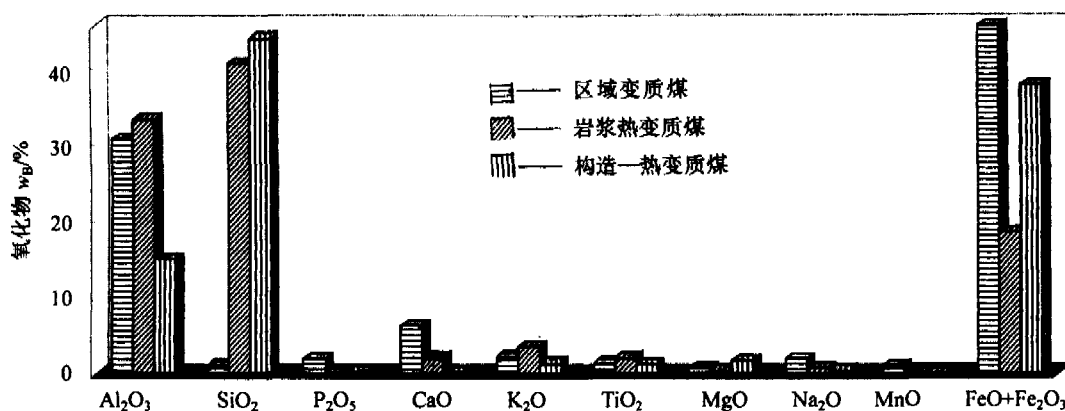


图 1 3 种变形-变质类型煤的氧化物平均值柱状图

Fig.1 The oxide histogram of coals of three deformational - metamorphic types

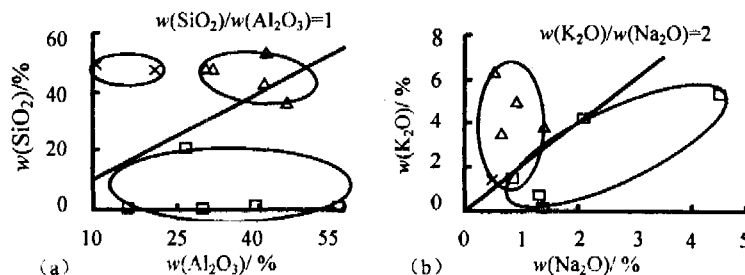


图2 分析煤样的 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ (a)和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ (b)图解

Fig.2 The $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ diagram (a) and $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ diagram (b) of analyzed coals

□——区域变质煤;△——异常热变质煤;×——构造-热变质煤

区域变质煤中的质量分数低于岩浆热变质类型甚至构造-热变质类型(SiO_2 和 TiO_2)煤,表明岩浆热作用有利于 Al^{3+} 、 K^+ 、 Si^{4+} 和 Ti^{4+} 在煤中富集。与岩浆热变质类型煤比较,剪切变形带内构造-热变质煤的 Al_2O_3 、 K_2O 和 TiO_2 质量分数相对较低, SiO_2 的质量分数相对较高,显示出 Al^{3+} 、 Ti^{4+} 、 K^+ 具有由强应力区向弱应力区迁移和累积的趋势。这一特征与张国林等揭示的断裂带元素迁移规律相吻合^[7]。

第2组氧化物有 P_2O_5 、 MnO 、 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 Na_2O 、 CaO ,这些氧化物的相对质量分数以区域变质类型煤最高,说明岩浆活动的异常热会使煤中活泼组分(如 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 P^{5+} 乃至相对稳定的 $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 、 Mn^{2+} 等)的活动性增强,向煤体外运移,导致受岩浆热影响较大的两类煤中的元素质量分数降低。进一步分析,岩浆热变质类型煤的 Na_2O 、 CaO 质量分数大于构造-热变质煤,而 P_2O_5 、 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 正好相反,显示了构造活动对元素迁移习性的影响,在弱应力带富集 Na^+ 、 Ca^{2+} ,在强应力带富集 P^{5+} 、 $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$,上述特征与张国林等^[7]和林任同^[8]的研究成果相似。

5 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 值的对比分析

$\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 散点图和 $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$ 散点图揭示不同变形-变质类型煤具有不同的分布型式(图2)。岩浆热变质类型和构造-热变质类型煤样以高 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 值为特征,其数据点主要分布于 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3) > 1$ 和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O}) > 2$ 的区域,与区域变质类型煤样数据可以明显地区分。据林银山等^[9]的研究,与大别山腹地及庐枞盆地、宁芜盆地周围火山岩比较,北淮阳地区中生代火山岩缺少低分异的玄武质岩类,出现了英安岩、流纹岩等中酸性、酸性岩石,故 SiO_2 偏高。而据潘国强等^[10]研究,商城岩体大体具有埃达克岩(adakite)的地球化学特征, SiO_2 质量分数大于67%,同时,由于 Na_2O 质量分数相对低,造成岩

体 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 比值高。由此,本区岩浆热变质类型和构造-热变质类型煤样具有的高 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值和 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 值特征,与中生代岩体的地球化学性质有着密切的联系。

6 结论和讨论

大别造山带北麓北淮阳地区中生代以来的多期构造-热事件,在晚古生代杨山煤系煤化作用进程中留下了深刻的烙印。燕山期强烈的岩浆活动,不仅显著地提高了石炭系煤层的煤级,而且影响到煤中元素迁移富集特征。构造-热变质类型煤样的常量元素氧化物分布具有与强烈挤压断裂带中构造地球化学元素迁移相似的特征,表明在高温背景中的剪切应力对煤中元素迁移富集也具有一定程度的影响。

本文基于有限样品的常量元素分布特征,初步揭示了北淮阳地区煤的演化与外界进行能量和物质交换的基本特征,而对位于造山带前陆复杂构造-热背景中煤化作用过程的全面认识,还需要进行大量深入细致的工作,包括微量元素分析等等。

参考文献

- [1] 韩德馨.中国煤岩学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1996.
- [2] Stach E, Mackowsky M-TH. Stach's Textbook of Coal Petrology 3rd ed[M]. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1982.
- [3] 曹代勇,张守仁,任德胎.构造变形对煤化作用过程的影响[J].地质论评,2002,48(3):313-317.
- [4] 李宝芳,马文璞,张惠良,等.大别山北麓石炭纪盆地沉积和构造研究[J].地学前缘,2000,7(3):153-165.
- [5] 曹代勇,张守仁.大别山北麓高煤级煤的变形-变质类型[J].地质科学,2003,38(4):470-477.
- [6] 童玉明,陈胜早,王伏泉,等.中国成煤大地构造[M].北京:科学出版社,1994.
- [7] 张国林,何国朝.东乡铜矿断裂带构造地球化学及找矿标志[J].地质与勘探,2002,38(6):22-24.
- [8] 林任同.福建省崇安-石城构造带的地球化学特征及其与成矿的关系[J].地质科技情报,2003,32(1):92-96.
- [9] 林银山,郭福生,辜骏如,等.北淮阳燕山期岩浆岩地球化学特征及其构造环境[J].中国区域地质,2001,20(1):100-106.
- [10] 潘国强,陆现彩,于航波.北淮阳中生代adakite岩石地球化学特征及成因讨论[J].岩石学报,2001,17(4):541-550.