

内蒙古阿刀亥矿晚古生代煤中矿物的 赋存状态及成因

邹建华^{1,2}, 李大华^{1,2}, 刘东^{1,2}, 程礼军^{1,2}, 朱长生^{1,2}, 任世聪^{1,2}

1. 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室(重庆地质矿产研究院), 重庆 400042;
2. 煤炭资源与安全开采国家重点实验室重庆研究中心, 重庆 400042

摘要:运用偏光显微镜、低温灰化+X射线衍射仪、带能谱的扫描电镜对内蒙古大青山煤田阿刀亥矿晚古生代 CP2 煤层中矿物的赋存状态及其成因进行了研究。研究表明阿刀亥矿 CP2 煤层中矿物包括硬水铝石、勃姆石、磷钼铝石、高岭石、铵伊利石、方解石、白云石、菱铁矿、锐钛矿、氟磷灰石、石英和黄铁矿。硬水铝石、勃姆石、磷钼铝石、高岭石和铵伊利石一般充填在丝质体、半丝质体、结构镜质体胞腔中或者分布在基质镜质体中。方解石和白云石主要充填在裂隙中。硬水铝石、勃姆石和磷钼铝石是由来源于本溪组铝土矿风化壳的物质在泥炭聚集时沉积形成的。铵伊利石是由于花岗岩侵入体的影响形成的。方解石和白云石可能来源于岩浆热液。

关键词:矿物;硬水铝石;磷钼铝石;煤;阿刀亥

中图分类号:P618.110.126 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2802(2012)02-0135-04

The Occurrences and Genesis of Minerals in Late Paleozoic Coal from the Adaohai Mine, Inner Mongolia

ZOU Jian-hua^{1,2}, LI Da-hua^{1,2}, LIU Dong^{1,2},

CHENG Li-jun^{1,2}, ZHU Chang-sheng^{1,2}, REN Shi-cong^{1,2}

1. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization and Mine environment (Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources), Chongqing, 400042 China; 2. Chongqing Research Center of State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, Chongqing, 400042 China

Abstract: The occurrences and genesis of minerals in the late Paleozoic coal from the Adaohai, Daqingshan Coalfield, Inner Mongolia, were studied using the methods of microscope, low temperature ashing x-ray diffraction, and scanning electron microscope equipped with energy dispersive x-ray spectrometer. The results show that the CP2 coal contains minerals, such as diaspore, boehmite, gorceixite, kaolinite, ammonian illite, calcite, dolomite, siderite, anatase, fluorapatite, quartz, and pyrite. Diaspore, boehmite, gorceixite, kaolinite and ammonian illite are mainly filled in cells of fusinite, semifusinite and telinite or distributed in collodetrinite. Calcite and dolomite occur mainly as fracture-fillings. Diaspore, boehmite and gorceixite derive from weathered or oxidized bauxite of the Benxi Formation in the sediment-source region when peat accumulating. Ammonian illite results from the granite intrusion. Epigenetic calcite and dolomite may derive from igneous fluids.

Key words: minerals; diaspore; gorceixite; coal; Adaohai

煤中主体为有机显微组分,其次为矿物质。通常把煤中矿物质理解为煤中伴生的一切无机组分,既包括肉眼和显微镜下可识别的矿物和镜下难以鉴

别的且与有机质结合的金属和阴离子^[1~4]。煤中矿物按成因可分为陆源碎屑成因的矿物和化学成因及生物化学成因的自生矿物两类,按形成时期分为同

收稿日期:2011-06-07 收到,07-04 改回

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40672102)

第一作者简介:邹建华(1985-),男,硕士研究生,专业方向:煤的矿物学。E-mail:zjh1200@163.com.

生矿物和后生矿物两类^[5]。

许多学者在煤中发现了铝的氢氧化物矿物(包括勃姆石和硬水铝石)^[3,4,6~7]。煤中铝的氢氧化物矿物的研究有助于成岩作用和古环境等领域的研究,同时也是许多有益元素(例如 Al 和 Ga)的载体,这些元素可以从煤的燃煤产物(例如飞灰)中回收利用^[8]。

本文对内蒙古大青山煤田阿刀亥矿 CP2 煤层中矿物的赋存状态及成因进行讨论。

1 地质背景

大青山煤田位于内蒙古自治区包头市境内,东西长达七十多公里,南北宽一至十余公里。煤田处于阴山纬向构造带中段,其南翼受力剧烈,断裂挤压显著,地层倾角陡,北翼断裂少,倾角比较平缓,东段构造复杂剧烈,西段较为简单。煤田中生代岩浆岩活动显著,东部有花岗岩侵入体及安山岩、玄武岩、流纹岩等小岩流体^[9]。

大青山煤田含煤地层包括晚石炭世双马桩组和早二叠世杂怀沟组,为陆相沉积^[9]。大青山煤田的主采煤层为 CP2 煤层,位于双马桩组的上部,最大厚度为 42.79 m,最小厚度为 4.72 m,平均厚度为 22.58 m,煤层倾角为 82 度,属特厚、急倾斜煤层。双马桩组的上覆地层为杂怀沟组与石叶湾组。寒武奥陶系为下伏地层,与双马桩组呈平行不整合接触。

2 样品采集与测试

按照 GB482-1995 和矿区煤层的实际开采情况,对大青山煤田阿刀亥矿 CP2 煤层自下而上分层刻槽采集了 48 个样品,每个煤分层样品按照 50cm 等间距采集,对于煤层中厚度大于 3cm 的夹矸样品单独采集,样品总厚度为 23.07 m。采样地点为西 2 采区 1234 工作面,回风顺槽与进风顺槽之间,所采集的样品立即储存在塑料袋中以防止污染和氧化。

运用 Leica DM4500P 偏光显微镜对煤中的矿物及其赋存状态进行了观察;运用美国 Craic QDI 302TM 分光光度计对煤的镜质组反射率进行了测定,测定反射率的标准物质采用西安煤炭科学研究院生产的钆镓石榴石(油浸反射光下标准值为 1.72%);利用低温灰化+X 射线衍射(LTA-XRD)对煤层的矿物组成进行了研究;利用带能谱的扫描电镜(SEM-EDX)对煤中矿物的形貌特征进行了观察和元素的含量测定,加速电压为 20 kV,成分分析精度为 0.01%。

3 结果与讨论

(1)高岭石:煤中常见矿物,主要充填在结构镜质体或丝质体胞腔中。大青山煤田泥炭沼泽形成时期,陆缘碎屑物质主要来自于大青山煤田北西方向阴山古陆广泛分布的中元古代钾长花岗岩^[10],因此阿刀亥和鄂尔多斯盆地其它地区煤的矿物组成差别不大,以陆缘碎屑的粘土矿物为主。

(2)铵伊利石:其赋存状态与高岭石类似,其形成可能与燕山运动形成的花岗岩侵入体有关,花岗岩侵入体的高温使得煤中有机氮分解并溶于煤中孔隙水中形成 NH_4^+ , NH_4^+ 与高岭石反应形成铵伊利石。Ward^[11]发现澳大利亚煤中伊利石是由于蒙脱石与巨大的岩浆岩侵入体接触形成的。Kwiecinska 等^[12]发现波兰煤中伊利石形成于岩墙附近。

(3)硬水铝石、勃姆石和磷钡铝石:是阿刀亥矿煤层中非常重要的矿物(图 1)。硬水铝石(图 2)和勃姆石一般充填在丝质体、半丝质体和结构镜质体胞腔中,或分布在基质镜质体中,很少分布在裂隙中。磷钡铝石(图 2)主要充填在丝质体、半丝质体和结构镜质体的胞腔或者分布在基质镜质体中。氟磷灰石在煤中非常少见,仅在扫描电镜下能发现,低于 X 射线衍射仪的检测限,一般充填在丝质体胞腔中。

硬水铝石的赋存状态表明它是由胶体或溶液沉积形成的。在泥炭沼泽沉积时期,大青山煤田北东部开始隆起,并有本溪组铝土矿出露,煤田处于北偏西的阴山古陆和北偏东本溪组隆起的低洼地区。陆源碎屑来源于阴山古陆和本溪组铝土矿,不仅形成粘土矿物,而且还有高含量的三水铝石。来源于本溪组铝土矿风化壳的富铝溶液被运移到泥炭沼泽中,经过泥炭化作用和成岩作用后形成三水铝石。煤层形成后,由于燕山运动影响造成岩浆岩侵入,导致阿刀亥矿煤层的煤级相对较高(焦煤; $R_{o, \text{max}}$ 均值为 1.58%),并使三水铝石脱水形成硬水铝石。磷钡铝石、氟磷灰石可能来源于本溪组风化壳,与三水铝石同一时期沉积,但比硬水铝石形成时间早。

准格尔煤田中富集勃姆石,没有发现硬水铝石,这是因为准格尔煤田的煤层没有受到岩浆岩侵入的影响,其煤级相对较低(肥煤, $R_{o, \text{max}}$ 为 0.57%)^[4],硬水铝石形成的温度比勃姆石高^[13]。

(4)碳酸盐矿物:阿刀亥煤中碳酸盐矿物包括方解石、白云石和菱铁矿,方解石和白云石主要充填在胞腔和裂隙中(图 3)。

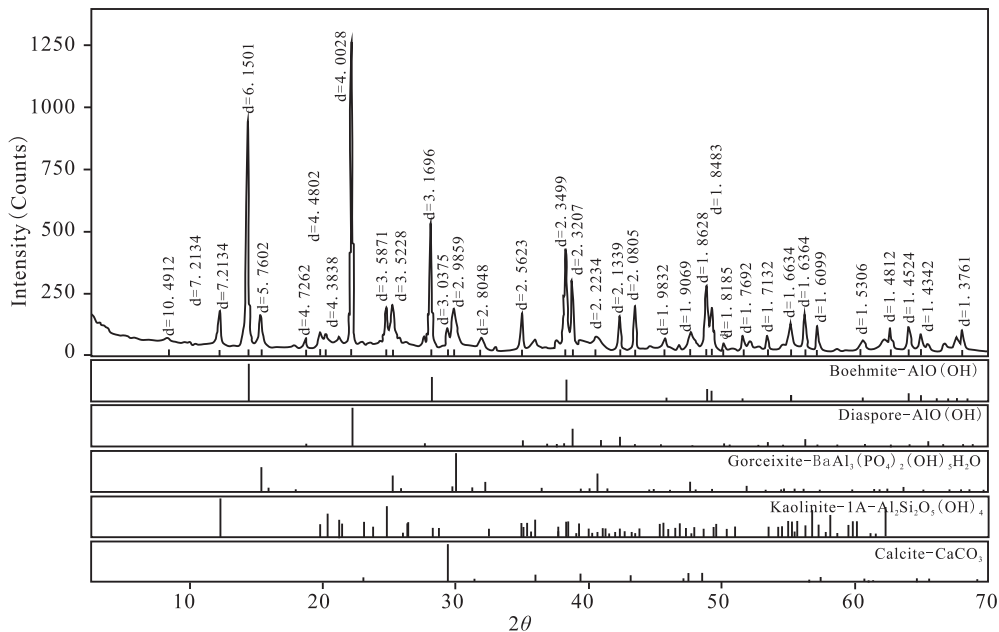


图1 阿刀亥 CP2 煤层的 XRD 分析图

Fig. 1 Powder X-ray diffraction results of CP2 coal seam in Adahai

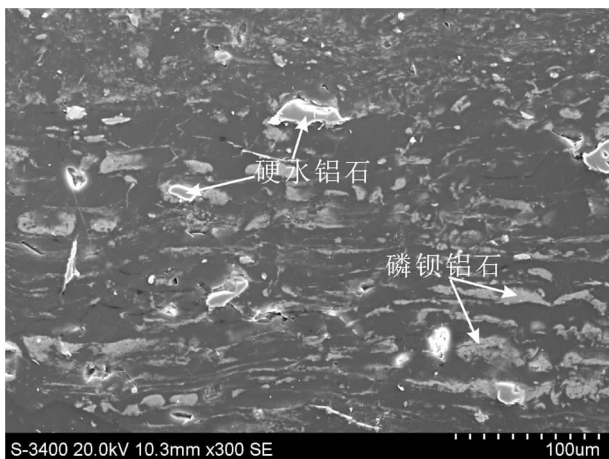


图2 硬水铝石和磷钡铝石的赋存状态(扫描电镜)

Fig. 2 Occurrences of diaspore and gorceixite in the coal (SEM)

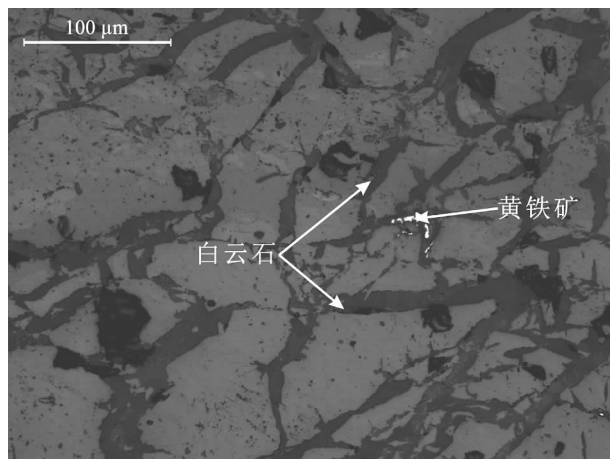


图3 脉状的白云石和黄铁矿(光学显微镜)

Fig. 3 Dolomite veins and pyrite (Reflected light)

碳酸盐矿物在煤中非常常见,它在褐煤、烟煤和无烟煤中广泛存在^[14],主要充填在煤的裂隙中,为后生或次生矿物。陆源碎屑成因的方解石在煤中非常少见,主要是因为方解石在酸性介质条件下易于分解^[15]。岩浆岩附近的煤中碳酸盐矿物比较富集,一般是火成岩物质经过热液蚀变后以后生矿物的形式进入煤层中^[16]。Ward^[3]认为煤在煤化作用过程中产生的 CO 和 CO₂ 与岩浆流体相互反应形成碳酸盐矿物。阿刀亥煤中的方解石、白云石和菱铁矿可能来源于晚侏罗一早白垩纪时期燕山运动所产生的岩浆热液。

3.5 石英、黄铁矿和锐钛矿

显微镜下观察样品中的石英低于检测限。

黄铁矿仅在少量样品中发现(图3),且充填在裂隙中,表明其为后生成因。

锐钛矿在阿刀亥煤中含量较低,仅在 X-射线衍射中测出,光学显微镜下识别不出。

Permana 等^[17]在澳大利亚北鲍文盆地二叠系煤层中发现与阿刀亥类似的矿物组成,包括铵伊利石、硬水铝石、方解石、白云石、磷钽铝石-磷钡铝石以及绿泥石,并认为该煤层中的铵伊利石和硬水铝石也是受到岩浆岩的影响而形成的,与阿刀亥 CP2 煤层铵伊利石和硬水铝石的成因类似。

4 结 论

(1)阿刀亥 CP2 煤层中的矿物包括硬水铝石、勃姆石、磷钡铝石、高岭石、氨伊利石、方解石、白云石、菱铁矿、锐钛矿、氟磷灰石、石英和黄铁矿。硬水铝石、勃姆石、磷钡铝石、高岭石和氨伊利石一般充填在丝质体、半丝质体、结构镜质体胞腔中或基质镜质体中。方解石和白云石主要充填在裂隙中。

(2)硬水铝石、勃姆石和磷钡铝石是由来源于本溪组铝土矿风化壳的物质在泥炭聚集时沉积形成的。硬水铝石是由于三水铝石受岩浆岩侵入体高温影响脱水形成的。煤中氨伊利石是由于花岗岩侵入体使得煤中有机质分解形成的氮与高岭石反应形成的。方解石和白云石可能来源于岩浆热液。

参考文献 (References):

- [1] Harvey R D, Ruch R R. Mineral matter in Illinois and other US coals[A]. In: Vorres K S, Mineral matter in coal ash and coal[C]. American Chemical Society Symposium Series, 1986, 301: 10—40.
- [2] Finkelman R B. Abundance, source and mode of occurrence of the inorganic constituents in coal[A]. In: Kural O, Coal [C]. Istanbul: Istanbul Technical University, 1994: 115—125.
- [3] Ward C R. Analysis and significance of mineral matter in coal seams[J]. International Journal of Coal Geology, 2002, 50: 135—168.
- [4] Dai S F, Li D, Chou C L, Zhao L, Zhang Y, Ren D Y, Ma Y W, Sun Y Y. Mineralogy and geochemistry of boehmite-rich coals; New insights from the Haerwusu Surface Mine, Jungar Coalfield, Inner Mongolia, China [J]. International Journal of Coal Geology, 2008, 74: 185—202.
- [5] 韩德馨. 中国煤岩学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1996: 67—78.
Han Dexin. Coal petrology of China [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 1996: 67—78. (in Chinese)
- [6] 代世峰, 任德贻, 李生盛, Chou C L. 鄂尔多斯盆地东北缘准格尔煤田煤中超常富集勃姆石的发现[J]. 地质学报, 2006, 80(2): 294—300.
Dai Shifeng, Ren Deyi, Li Shengsheng, Chou C L. A discovery of extremely-enriched boehmite from coal in the Junger coalfield, the northeastern Ordos Basin [J]. Acta Geological Sinica, 2006, 80(2): 294—300. (in Chinese with English abstract).
- [7] Wang X B, Dai S F, Sun Y Y, Li D, Zhang W G, Zhang Y, Luo Y B. Modes of occurrence of fluorine in the Late Paleozoic No. 6 coal from the Haerwusu Surface Mine, Inner Mongolia, China [J]. Fuel, 2011, 90: 248—254.
- [8] 张勇, 王西勃, 孙莹莹, 马玉文, 逯雁峰, 张贝贝, 张丽莉. 煤灰化过程中有益元素镓的迁移和变化特征—以内蒙古准格尔富镓煤为例[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2008, 27(2): 133—136.
Zhang Yong, Wang Xibo, Sun Yingying, Ma Yuwen, Lu Yanfeng, Zhang Beibei, Zhang Lili. Migration and variation of Gallium in coal ashing: A case study of Gallium-Rich Coal, Jungar, Inner Mongolia[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2008, 27(2): 133—136. (in Chinese with English abstract)
- [9] 钟蓉, 陈芬. 大青山煤田石炭纪含煤建造研究[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 1—43.
Zhong Rong, Chen Fen. Coal bearing construction in the Daqingshan coalfield [M]. Beijing: Geological Press, 1988: 1—43. (in Chinese)
- [10] 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996: 436—437.
Wang Shuangming. Coal accumulation and coal resources evaluation of Ordos Basin, China [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1996: 436—437. (in Chinese)
- [11] Ward C R. Minerals in bituminous coals of the Sydney Basin (Australia) and the Illinois Basin (U. S. A.) [J]. International Journal of Coal Geology, 1989, 13: 455—479.
- [12] Kwiecinska B K, Hamburg G, Vleeskens J M. Formation temperatures of natural coke in the Lower Silesian coal basin, Poland: Evidence from pyrite and clays by SEM-EDX [J]. International Journal of Coal Geology, 1992, 21: 217—235.
- [13] 梁绍暹, 任大伟, 王水利, 姚改焕. 华北石炭—二叠纪煤系粘土岩夹矸中铝的氢氧化物矿物研究[J]. 地质科学, 1997, 32(4): 478—486.
Liang Shaoxian, Ren Dawei, Wang Shuili, Yao Gaihuan. Study of Al-hydrates in clay partings within the Permo-Carboniferous coal-bearing strata in North China [J]. Scientia Geologica Sinica, 1997, 32(4): 478—486. (in Chinese with English abstract)
- [14] Kortenski J. Carbonate minerals in Bulgarian coals with different degrees of coalification [J]. International Journal of Coal Geology, 1992, 20: 225—242.
- [15] 任德贻, 赵峰华, 代世峰, 张军营, 雒昆利. 煤中微量元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 74—75.
Ren Deyi, Zhao Fenghua, Dai Shifeng, Zhang Junyin, Luo Kunli. Geochemistry of Trace Elements in Coal [M]. Beijing: Science Press [M]. 1997: 74—75. (in Chinese)
- [16] Dai S F, Ren D Y. Effects of magmatic intrusion on mineralogy and geochemistry of coals from the Fengfeng-Handan Coalfield, Hebei, China [J]. Energy & Fuels, 2007, 21: 1663—1673.
- [17] Permana A, Ward C R, Li Z, Gurba L W, Davison S. Mineral matter in the high rank coals of the South Walker Creek area, northern Bowen Basin [C]. Proceedings of 6th Bowen Basin Symposium, Mackay, Qld, 6—8 October, 2010, CD publication, 2010, 1—14.