

白云鄂博东矿白云石型矿石特征分析

于俊芳, 沈茂森, 杨波, 孟文祥, 王昭静, 敖鑫

(包钢集团矿山研究院, 内蒙古 包头 014010)

摘要:白云鄂博超大型铌、稀土、铁矿床是目前世界上发现新矿物种类最多的矿区之一。白云石型铌稀土矿石是本区分布最为广泛的一种矿石类型, 对其开展矿物学等特征研究具有重要的意义。通过野外工作采集白云鄂博东矿白云石型矿石, 并进行岩相学鉴定以及工艺矿物学分析。结果表明: 白云石以半自形—他形粒状分布于萤石之间, 颗粒大小均匀, 粒径一般为0.1~0.3 mm; 磁铁矿多以半自形集合体浸染状分布于萤石以及白云石之间, 颗粒大小一般为0.3~1.0 mm。矿石主要氧化物是CaO和MgO, 白云石在该类型矿石中含量可高达70%。

关键词:白云鄂博; 东矿; 白云石型矿石; 综合利用

中图分类号: P618.31; P618.7

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)03-0010-04

Analysis on Characteristics of Dolomite Type Ore in East Mine of Bayan Obo

Yu Jun-fang, Shen Mao-sen, Yang Bo, Meng Wen-xiang, Wang Zhao-jing, Ao Xin

(Baotou Steel Group Mine Institute, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The super large deposit of Nb, rare earth and iron in Bayan Obo is currently one of the mines with the most varieties of new minerals discovered in the world. The dolomite type ore with Nb and rare earth is the most widely distributed ore type in this area as well as it is with significant meanings to research its characteristics such as mineralogy. The dolomite type ore in East Mine of Bayan Obo is collected through field work as well as the petrographic identification and process mineralogy analysis are carried out. The results showed that the dolomite was distributed in subidiomorphic-xenomorphic granular form among fluorite, its particle size was uniform and generally 0.1~0.3 mm; the magnetite was mostly disseminated in subidiomorphic aggregation among fluorite and dolomite and its particle size was generally 0.3~1.0 mm. The main oxides of ore are CaO and MgO as well as the content of dolomite in this type of ore could reach 70%.

Key words: Bayan Obo; East Mine; dolomite type ore; comprehensive utilization

白云鄂博超大型铌、稀土、铁矿床含有萤石、硫、磷、钾、钽、钍等多种具很大经济价值的元素和矿物, 是目前世界上发现新矿物种类最多的矿区之一。在丁道衡发现白云鄂博矿后, 国内外很多专家相继做了大量的研究工作^[1-2]。矿区内白云石型矿石以其是否含铁可以分为两大类, 一类白云石型铌稀土铁

矿石, 另一类白云石型铌稀土矿石。白云石型铌稀土矿石是本区分布最为广泛的一种矿石类型, 蕴含铁、稀土、萤石、铌等多种有经济价值的元素及矿物, 因此对其开展矿物学等特征研究具有重要的意义, 也为后续的矿物综合利用有很好的指导作用。

1 矿床地质特征

白云鄂博矿床主要赋存在宽沟背斜之南翼编号为 H8 的白云岩与编号为 H9 的板岩过渡带中,向斜的轴部由 H9 板岩组成^[3]。H9 地层即赋矿白云岩上覆地层,主要为一套硅质板岩、云母片岩、石英岩组成的地层。该套地层发育强烈的微斜长石化、金云母化、霓长岩化、碳酸盐化^[4],稀土矿化较弱,局部 REO 品位在 1% ~ 2%。

白云鄂博矿床主要由主矿、东矿、西矿三个矿段组成,高磁和东介勒格勒分别为主、东矿南侧白云岩中产出的小规模矿体(参考图 1)^[5]。对于轻稀土而言,整个白云矿区的含矿白云岩岩层都是稀土矿体;而对于铁矿来说,则可以根据边际品位的圈定来划分铁矿体。赋矿白云岩(又称 H8 白云岩)是由铁、稀土、铈等主要成矿元素组成的赋矿岩石,整体上以块状构造、粒状变晶结构为主,是以白云石为主的碳酸岩。

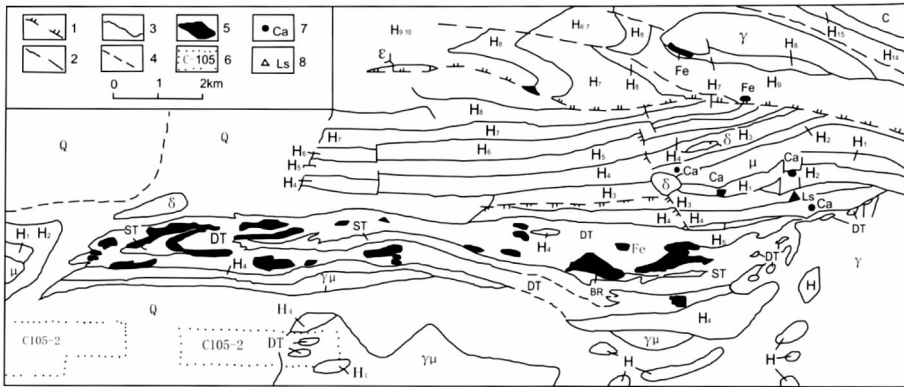


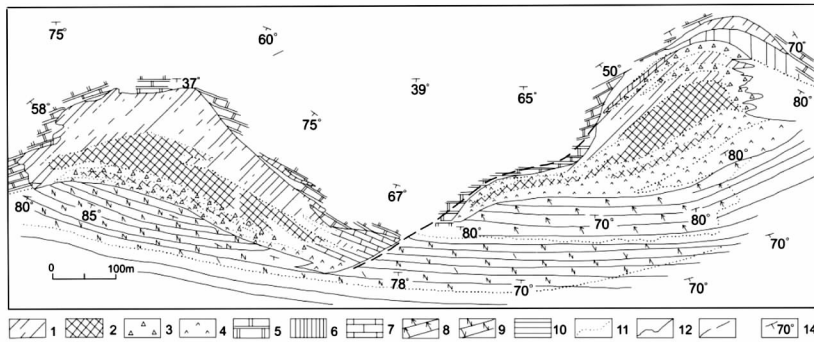
图 1 白云鄂博矿区地质图

2 矿石类型及分布

白云鄂博超大型铁矿床其实是铁、铈、稀土等具有经济价值元素组成的综合性矿床,根据矿石内所含主要元素分布情况、共生矿物组合、矿石分布广泛程度,将矿石划分以下几种类型:条带状萤石型铈稀土铁矿石、白云石型铈稀土铁矿石、霓石型铈稀土铁矿石、钠闪石型铈稀土铁矿石、云母闪石型铈稀土铁

矿石、块状铁矿石等。

由于白云鄂博矿成矿条件极其复杂,导致矿体部位形成不同的元素、矿物组合乃至矿石类型。白云石型矿石在白云鄂博矿区内广泛分布。主矿、东矿、西矿甚至东部接触带都有大面积的出露。西矿的白云石型矿石大多分布于矿体中部或者穿插在钠闪石型矿石之间,在主东矿主要产于钠闪石型矿石、萤石型矿石之间(图 2)。



1.条带状铈稀土铁矿石 2.块状铈稀土铁矿石 3.霓石型铈稀土铁矿石 4.钠闪石型铈稀土铁矿石 5.白云石型铈稀土铁矿石
6.白云石型铈稀土矿石 7.含铁石英岩 8.富钾板岩 9.钠长钠闪岩 10.黑云母长石板岩 11.矿石类型及岩性渐变线 12.矿体边界 13.断层线 14.产状

图 2 主东矿矿体地质图

3 分析及讨论

文章中白云石型矿石主要为白云石型铈稀土铁

矿石,其上部为萤石型矿石。矿石往往具有块状、浸染状或者细脉浸染状构造(图 3a、3b)。

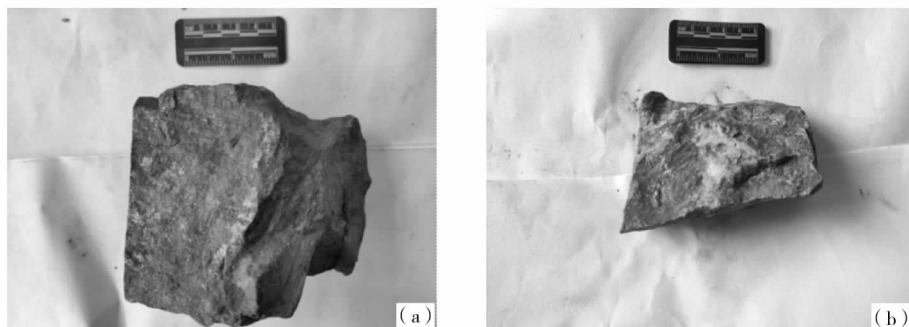
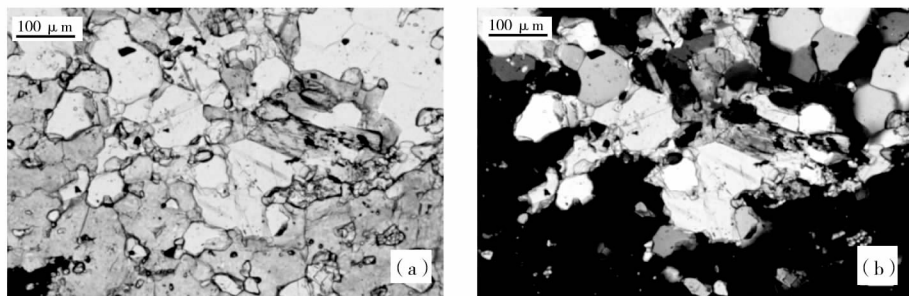


图 3 白云石型铈稀土铁矿石手标本照片

所取样品分两份进行测试分析,一份磨制薄片,进行显微镜下岩相学观察鉴定,另一份在制样粉碎机磨碎至 0.074 mm 左右进行矿物学分析。

薄片中可以看见闪石、石英、白云石等矿物,氟碳铈矿零星分布在萤石与白云石之间。在白云石型矿石中萤石、磁铁矿、独居石和氟碳铈矿分布最普遍,见图 4。

3.1 岩相学分析



(a) 白云石型矿石薄片单偏光照片

(b) 白云石型矿石薄片正交偏光照片

图 4 白云石型矿石显微镜下照片(100 倍)

显微镜下可以观察到矿物呈粒状结构。白云石以半自形—他形粒状分布于萤石之间,颗粒大小均匀,粒径一般为 0.1 ~ 0.3 mm;萤石粒径 0.1 ~ 2.0 mm 不等;磁铁矿多以半自形集合体浸染状分布于萤石以及白云石之间,颗粒大小一般为 0.3 ~ 1.0 mm;磷灰石以短柱状或等粒状分散分布,粒径 0.02 ~ 0.06 mm;重晶石以粒状散布于萤石中,粒径 0.03 ~ 0.05 mm,矿石中主要矿物为白云石、萤石、重晶石、独居石、氟碳铈矿、磁铁矿、霓石、钠闪石、磷灰石等。根据矿石薄片颗粒的完整程度以及矿物

颗粒间的接触关系,薄片萤石的形成应该是在白云石和钠闪石之后,而闪石的形成应早于白云石。另外,稀土在萤石和白云石中均呈浸染状散布,且均为不规则细粒状,可以推测出稀土矿物的形成明显早于后期的白云石和萤石矿物。至于稀土矿物和闪石生成的先后顺序,目前仅有的资料无法做出推断。

3.2 化学成分分析及讨论

在岩石学和岩相学基础上,对样品进行化学分析,结果见表 1。

表1 白云石型矿石化学成分分析(质量分数)

样品编号	TFe	REO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	P	F	BaO	Nb ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	ThO ₂	%
2-1	15.9	3.05	0.049	0.097	22.80	9.05	0.086	0.80	0.459	0.65	2.50	2.00	0.140	0.48	2.60	0.003	
2-2	32.2	0.97	0.045	0.042	12.75	6.73	0.11	3.28	0.168	0.21	2.50	0.69	0.140	0.36	1.43	0.003	
2-3	47.9	12.96	0.043	0.015	7.22	0.77	0.88	0.12	0.136	0.81	4.50	0.57	0.120	0.33	0.25	0.003	
2-4	13.1	3.35	0.021	0.270	27.70	8.35	0.05	0.10	0.239	0.49	7.88	0.99	0.064	0.14	1.81	0.003	

从表1中可以看出白云石型矿石中主要氧化物仍是钙镁氧化物,铁含量有的高达47.9%。因为F元素在该地区多以萤石或者氟碳酸稀土存在,而样品中F平均含量只有4.34%,说明至少萤石在该类型矿石中含量并不是很高。Nb₂O₅在该类型矿石中均不超0.2%。

如表1所示,样品中CaO、MgO、Na₂O三者含量由高到低为CaO、MgO、Na₂O,说明矿石整体钙化较强烈。稀土元素在不同矿石的不同部位含量变化较

大,REO含量从0.97%到12.96%,SiO₂含量较低,多数在1%以下。结合上面提到的钙化较大的特征,可以判断矿石为碱性矿石。另外该类型矿石中广泛出现的钠闪石矿物也印证了此结论。

3.3 矿物学分析及讨论

选择适当的样品,在密封式制样粉碎机粉碎至0.074 mm左右,在SCOPA1蔡司显微镜下做矿物组成分析(图5),结果见表2。

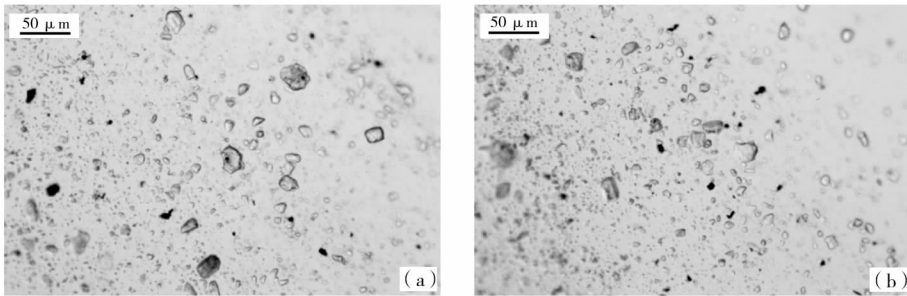


图5 油浸薄片中的显微照片

表2 白云石型矿石矿物组成分析(体积分数)

样品编号	铁矿物	稀土矿物	白云石	硅酸盐矿物	萤石	重晶石、磷灰石	石英	其他	%
2-1	23.92	4.07	59.57	<0.10	5.10	5.47	0.92	0.95	
2-2	36.53	4.60	50.27	3.52	1.95	2.11	<0.10	1.02	
2-3	52.36	13.28	6.36	6.20	4.89	5.37	<0.10	1.54	
2-4	8.10	4.05	70.20	1.15	13.50	2.15	<0.10	1.00	

从表2可以看到,此类型矿石的白云石含量最高,多数在50%以上,表明矿石白云岩化较强烈,稀土矿物的含量也都在4%以上。以其所含稀土的多少来分类的话,编号2-3的样品属于白云石型稀土矿石,其余的三个属于白云石型铁矿石。

4 结论

(1) 矿石多呈块状,主要矿物有白云石、钠闪

石、萤石、霓石等。白云石以半自形—他形粒状分布于萤石之间,颗粒大小均匀,粒径一般为0.1~0.3 mm;萤石粒径0.1~2.0 mm不等;磁铁矿多以半自形集合体浸染状分布于萤石以及白云石之间,颗粒大小一般为0.3~1.0 mm。

(2) 萤石的形成应该是在白云石和钠闪石之后,而闪石的形成应该早于白云石。稀土矿物的形

(下转第81页)

其具体数据测算结果见表1和表2。

表1 相同约束条件下成本最低配煤结构 %

煤种	配煤比1	配煤比2	配煤比3	配煤比4
煤种1 [#]	21.6	22.5	22.5	26.6
煤种2 [#]	14.7	13.1	15.5	16.0
煤种3 [#]	19.1	18.6	17.2	11.0
煤种4 [#]	13.5	15.1	14.0	16.5
煤种5 [#]	26.2	25.6	25.8	24.8
焦煤A	5.0			
焦煤B		5.0		
焦煤C			5.0	
焦煤D				5.0

表2 炼焦用煤成本性价比排序

测算煤种	配煤成本/(元·t ⁻¹)	排序
焦煤A	2 042.74	1
焦煤C	2 043.19	2
焦煤B	2 045.16	3
焦煤D	2 052.67	4

从表2可以看出,数据分析性价比排序由高到低为焦煤A、焦煤C、焦煤B、焦煤D,焦煤A成本性

价比最高,因此优先选择焦煤A煤种,有利于降低炼焦用煤成本,并促使其它煤种进一步降价,提高包钢采购博弈能力。

6 结束语

应用优化配煤系统可根据给定的焦炭质量指标和可选用煤种质量参数,根据一定的成本和资源量等约束条件,通过寻优模型获得最优的配煤比和配煤方案。应用此系统亦可以调整配煤方案,预测配合煤及焦炭质量,指导炼焦配煤生产,提高焦炭质量和降低企业生产成本。

参 考 文 献

- [1] 刘洪春,徐海平. 炼焦配煤优化系统在炼焦生产中的应用[J]. 燃料与化工, 2005, 32(6): 8-15.
- [2] 阮伟,周俊虎,曹欣玉,等. 优化配煤专家系统的研究及应用[J]. 动力工程, 2001, 21(6): 12-14.
- [3] Richa-sakumvs. 煤及其配煤性质与焦炭质量的关系[J]. 燃料与化工, 2005, 34(3): 17-20.

(上接第9页)

成明显早于后期的白云石和萤石矿物。

(3)白云石型矿石主要氧化物是CaO和MgO,且不同样品中CaO和MgO含量差异较大,CaO含量在7.22%~27.7%之间,矿石整体钙化较强烈。另外该类型矿石中全铁含量部分可以高达47.9%。

(4)白云石型矿石中的白云石含量整体较高,有的可达70%,同时,铁矿物也具有较高的含量。F元素在白云鄂博矿床中主要以萤石和稀土矿物氟碳铈矿形式存在,稀土矿物在该类型矿石中分布均高于4%。

参 考 文 献

- [1] 袁愉卓,温汉捷,秦朝建. 白云鄂博矿区海西

花岗岩年代的精确和燕山花岗岩的发现[J]. 矿物学报, 2011, 31(S1): 631-632.

- [2] 杨橙. 白云鄂博矿床流体成矿特点综述[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1): 638.
- [3] 柳建勇,苏胜旺,张台荣,等. 白云鄂博矿床东矿段深部及白云向斜核部探矿的可行性探讨[J]. 地质论评, 2006, (6): 821-825.
- [4] 袁忠信,白鸽,张宗清. 白云鄂博矿床赋矿岩石的自交代现象及其意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2004, (1): 19-25.
- [5] 白鸽,袁宗信,吴澄宇,等. 白云鄂博矿床地质特征和成因论证[M]. 北京:地质出版社, 1996.