

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

内蒙古大乃林沟角闪石岩岩石学特征

王玉往 王京彬 王莉娟

北京矿产地质研究所,100012; 中国矿物资源探查研究中心,北京,100101

内容提要 内蒙古克什克腾旗同兴乡大乃林沟角闪石岩呈脉状产于侏罗纪中酸性火山岩中,具明显的隐爆特征,晶洞构造发育。主要矿物成分为富铁普通角闪石,含量一般 $>90\%$ 。全岩 SiO_2 含量为 $38.65\% \sim 41.24\%$, TFeO 为 $19.00\% \sim 32.94\%$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 $2.72\% \sim 3.38\%$,属富铁、富碱超基性岩类。该类岩石具有富含稀土和大离子亲石元素及($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i值较高的特征,与典型幔源岩石有所不同。

关键词 角闪石岩 岩石学特征 大乃林沟 大兴安岭南段

根据国际地科联(IUGS)火成岩分类学委员会的定义(Le Maitre,1991),角闪石岩是一种几乎完全由普通角闪石组成的超镁铁质深成岩,其普通角闪石含量应 $<90\%$ 。这一岩石学术语虽在分类学中占有一席之地,实际上该类岩石却鲜有报道,关于其岩石学的研究就更不多见。笔者新发现的大乃林沟角闪石岩位于内蒙古东部赤峰市西北,地处大兴安岭造山带主脊的南端,其具有较好的铂族及砷、钴矿化特征已先期做过报道(王京彬等,1998;王玉往等,1998)。

1 岩石学特征

角闪石岩产于内蒙古克什克腾旗同兴乡大乃林沟小型砷钴矿床中。区内主要出露晚侏罗世中酸性火山岩类,主要岩性为英安-流纹质角砾岩、凝灰熔岩、角砾熔岩等火山颈相岩石,在地形上呈突出的“岩钟”状,面积约 0.25 km^2 。角闪石岩呈长几十米至 150 m 、宽几十厘米至 30 m 的不规则脉状、枝状(推测下部为筒状)侵入侏罗纪火山机构中。前人在评价大乃林沟矿床时,将此角闪石脉作为夕卡岩化成因^①。通过初步调查和研究,笔者认为其属岩浆角闪石岩类,其主要特征为:

(1)角闪石岩脉(筒)内部有围岩的角砾和捕虏体,最大直径可达几米;与围岩接触带有明显的淬火冷凝边,冷凝边与“内部相”成分相近,仅粒度不同,且为过渡关系。

(2)岩体接触带常形成爆破角砾岩和隐爆角砾岩。特别是外接触带,角砾从几毫米(显微角砾)到 5 cm ,呈棱角一次棱角状,成分为霏细岩,胶结物为角闪石岩。隐爆角砾岩的角砾为板条状酸性斜长石组成的似粗面结构的英安岩,角砾占 70% 以上,角砾与角砾之间,结构可以延续,局部角砾形状互为相嵌,角砾未发生强烈位移。隐爆更弱时,仅为震碎围岩,胶结物沿裂隙呈网脉状充填。

注:本文为中国科学院“九五”重大项目(编号 KZ951-B1-404)的成果。

① 内蒙古地质局.1968.区域地质调查报告(1:20万刘家营子幅)。

本文1999年5月收到,11月改回,刘淑春编辑。

(3)岩石具明显的晶洞构造,晶洞可达1 cm,周围矿物(普通角闪石、云母等)呈1~2 mm的自形一半自形晶体。即使手标本无明显晶洞的部位,显微镜下仍可见较多(5%~10%)由柱状角闪石搭成的三角空洞。

角闪石岩一般为黑绿、墨绿色,块状构造,显微镜下为交织状结构。主要矿物为绿色种属的普通角闪石,多为半自形,长短轴比为2:1~3:1,长轴一般在0.5~1.5 mm,部分达2.5 mm。而边缘相淬火部位则呈微晶(<0.02 mm)或隐晶状。角闪石含量一般为80%~85%,若扣除空洞部分(5%~10%)则达90%以上。石英、褐色黑云母及少量黝帘石、绿泥石、褐铁矿等呈充填状。空洞周围常有较多的褐色黑云母和沸石。

2 角闪石的化学成分特征

将大乃林沟及邻区黄岗铁矿夕卡岩中的角闪石电子探针分析结果列于表1。

表1 大乃林沟角闪石岩和黄岗铁矿夕卡岩中的角闪石化学成分(%)
Table 1 The compositions of hornblende of hornblendite in Danailingou
and skarn in Huanggang iron deposit(%)

产地	大乃林沟					黄岗铁矿		爱尔兰	日本
	内部			边部		内部	边部	①	②
测试位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	42.14	41.62	43.13	52.33	53.84	39.84	45.63	45.94	41.75
TiO ₂	0.10	0.08	0.10	0.03	0.11	0.28	0.17	0.08	1.05
Al ₂ O ₃	9.92	9.52	9.23	1.37	0.79	8.97	4.62	4.22	10.02
FeO	30.79	30.74	29.78	26.66	26.34	32.91	33.59	31.32	29.78
MnO	0.53	0.46	0.47	0.79	1.50	0.88	1.00	1.07	0.49
MgO	2.21	2.23	2.75	6.10	6.85	0.64	1.15	3.40	1.34
CaO	11.75	11.84	11.98	12.06	12.21	11.02	11.28	10.75	10.19
Na ₂ O	0.86	0.93	0.93	0.13	0.10	1.37	0.72	0.44	1.28
K ₂ O	1.93	2.00	1.24	0.08	0.11	1.90	0.82	0.31	1.70
Cl	1.76	1.94	1.12	0.04	0.02	1.78	0.64		0.11
总和	101.99	101.36	100.73	99.59	101.87	99.59	99.62	97.53	97.71

注:1~7号样品分析在日本山形大学EPMA室完成,由中岛和夫教授协助。①为北爱尔兰Dunmord Head球状安山岩脉中铁角闪石,②为日本Moji矿区夕卡岩带中的铁角闪石,据Dear et al.,1997。

大乃林沟角闪石岩的角闪石属铁普通角闪石,与北爱尔兰Dunmore Head安山岩脉中角闪石化学成分相近。两者相比,前者碱金属、CaO、Al₂O₃等亲酸性成分含量较高,也就是说,大乃林沟角闪石的成分更偏中或酸性岩中的角闪石。从角闪石矿物中心与边缘部位对比来看,边部由于矿化蚀变或混染作用的影响,SiO₂、MgO含量明显升高,而Al₂O₃、TFeO、Na₂O、K₂O及Cl的含量则明显降低,即更趋接近正常铁镁含量的角闪石。这表明该角闪石的结晶条件较为苛刻,受外部环境影响时,很容易发生成分上的改变。研究表明,富铁普通角闪石很多出现于夕卡岩铁矿中(陈光远等,1987;Dear et al.,1997;)。大乃林沟邻区黄岗夕卡岩铁矿中的角闪石亦属富铁普通角闪石,但与大乃林沟岩浆成因角闪石相比,SiO₂、MgO、K₂O/Na₂O值更低,而TiO₂、Na₂O、FeO/MgO值更高。总的来看,本区无论岩浆角闪石还是夕卡岩化的角闪石,与世界其他地区相应成因和成分的角闪石相比,更加富铁锰、钙、碱和氯,而贫硅和铝,其FeO/MgO值和K₂O/Na₂O值也更高。以上特征表明大乃林沟的角闪石是一种成因独特的角闪石,其形成于超基性岩浆中,成分上又表现出高度分异或受酸性物质混染的特点。

3 岩石地球化学特征

3.1 常量元素

大乃林沟角闪石岩的化学成分列于表 2,从表 2 可以看出, SiO₂ 含量较低,为 38.65%~

表 2 大乃林沟角闪石岩及有关岩石的化学成分

Table 2 Chemical compositions of hornblendite in Danailingou and related rocks

产地	大乃林沟角闪石岩				黄岗铁矿 角闪石 夕卡岩	大乃林沟 角闪石岩 平均值	中国 16 个 角闪石岩平 均值(董显 扬等,1995)	原始地幔值 (Taylor et al., 1985)	法国阿尔卑 斯橄榄岩内 辉石岩脉中 的角闪石 (Dear et al., 1997)
	样品号	Dnl-4	Dnl-10	Dnl-11	Dnl-18				
	SiO ₂	41.24	38.65	39.10	38.73		39.43	38.43	
	TiO ₂	12.63	9.50	11.44	10.21		10.94	3.72	
	Al ₂ O ₃	1.08	0.33	0.58	0.33		0.58	5.60	
	ΣFeO	19.00	30.96	28.61	32.94		27.88	29.25	
	MnO	0.87	0.70	0.50	0.54		0.65	0.15	
	MgO	0.89	0.63	0.85	1.08		0.86	16.47	
	CaO	18.33	9.88	11.98	10.21		12.60	5.68	
	Na ₂ O	1.24	0.77	1.00	0.82		0.96	0.42	
	K ₂ O	1.48	2.61	2.27	1.82		2.04	0.07	
	P ₂ O ₅	0.40	<0.1	0.18	0.14		0.20	0.19	
	CO ₂	0.05	0.50	0.11	0.45		0.28		
	H ₂ O	1.64	2.32	1.81	2.44		2.05		
	La	43.72	4.03	42.91	13.03	23.08	25.92	0.551	
	Ce	73.34	9.12	65.99	16.58	50.15	41.26	1.436	
	Pr	8.78	0.86	7.67	2.38	7.54	4.92	0.206	
	Nd	33.94	3.27	28.75	10.54	38.51	19.13	1.067	
	Sm	7.32	1.19	6.84	3.52	17.01	4.72	0.347	
	Eu	2.27	0.47	2.32	1.09	0.76	1.54	0.131	
	Gd	7.13	1.58	6.22	4.69	20.53	4.91	0.459	
	Tb	0.99	0.30	0.85	0.72	4.20	0.72	0.087	
	Dy	5.25	2.05	5.12	4.61	24.90	4.26	0.572	
	Ho	1.18	0.45	1.05	0.93	5.55	0.90	0.128	
	Er	3.30	1.34	3.02	2.60	17.03	2.57	0.374	
	Tm	0.42	0.25	0.43	0.37	2.90	0.37	0.054	
	Yb	2.46	1.82	2.78	2.40	21.76	2.37	0.372	
	Lu	0.39	0.30	0.38	0.37	3.21	0.36	0.057	
	Li	47.54	65.81	71.52	55.47		60.08	0.83	5
	Rb	20.29	18.31	40.40	22.66		25.41	0.55	3
	Cs	21.83	27.53	43.31	88.93		45.40	0.018	
	Th	6.33	1.74	5.58	4.96		4.65	0.064	<0.03
	U	3.85	1.11	4.23	2.42		2.90	0.018	
	Sr	54.55	17.20	48.33	26.32		36.60	17.8	174
	Ba	30.82	34.47	56.82	37.68		39.95	5.1	38
	Nb	10.98	3.56	9.33	4.87		7.18	0.56	10
	Ta	1.08	0.30	0.69	0.49		0.64	0.04	
	Zr	210.7	45.90	111.7	65.39		108.4	8.3	62
	Hf	4.77	1.16	2.75	0.49		2.29	0.27	1.79
	Y	25.72	8.79	20.09	14.38		17.42	3.4	33
	Cr	10.20	136.5	234.5	132.2		128.4	3000	949
	Ni	36.74	46.31	3.42	2.84		22.33	2000	1140
	Co	125.1	123.0	30.84			69.74	100	54
	Cu	9.93	112.4	11.27	3.59		34.30	28	35
	Zn	1561	6706	1427	213.0		2477	50	56

注:氧化物单位为%,其余为×10⁻⁶。氧化物由国家地质实验测试中心 XRF 法测定;稀土元素由国家地质实验测试中心 ICP-MS 测试;微量元素 Cr、Ni、Co、Cu、Zn 由日本岩手县 X 射线放射中心 PIXE 分析,其他微量元素由日本福岛大学 ICP-MS 室测定。

41.24%，属超基性岩范畴。该超基性岩石最明显的特征是富铁、贫镁，其 ΣFeO 在19.00%~32.94%，平均27.54%； MgO 仅为0.13%~1.08%； $\Sigma\text{FeO}/\text{MgO}$ 值为21.36~49.16，远高于中国角闪石岩的平均值(1.78)。另一突出特点是富含碱金属， $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 为2.72%~3.38%，平均3.00%，亦高于角闪石岩的平均值(0.49)，并主要表现为 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值高(1.19~3.39)的特征。该超基性岩还具有高 Al_2O_3 ，低 TiO_2 的特点，表明非地幔岩浆直接结晶。总的来看，该角闪石岩属于富铁、富碱超基性岩类，总体成分与角闪石矿物的化学成分基本相当，由于云母等成分的加入略有变化。

3.2 稀土元素

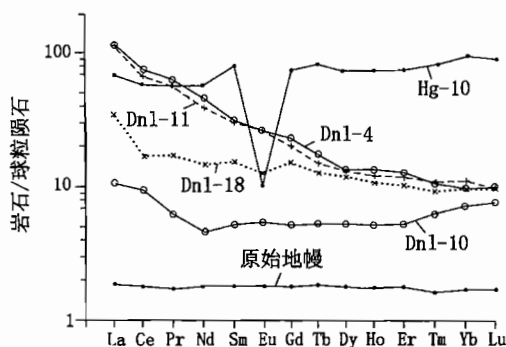


图1 大乃林沟角闪石岩与邻区黄岗铁矿角闪石夕卡岩 REE 配分曲线
(标准化值据 Boynton, 1984)

Fig. 1 REE pattern for hornblendite in Danailingou and hornblende skarn in Huanggang Fe deposit
(after Boynton, 1984)

图中样品号同表 2

Sample number in finger as same the table 2

中的普通角闪石的微量元素含量。本区岩石虽属 SiO_2 不饱和的超基性岩，但亲超基性岩的过渡元素偏低，特别是Ni和Cr亏损明显， TiO_2 亦低于同酸度岩石(表2)。由于该角闪石岩作为含Co硫化物矿床的直接围岩，成矿元素Zn、Co、Cu总体表现为富集或弱亏损特征；相反，不相容大离子亲石元素显著富集，特别是Li、Rb、Cs、U、Th，多富集一个数量级以上。中等不相容元素Nb、Ta、Zr、Hf、Y等的富集或亏损则不很强烈。上述特征预示其岩浆源与原始地幔有显著差异，可能为一种特殊的“极端”类型。元素对比值相对超基性岩较低的有 K/Rb (466~1183)、 K/Cs (333~787)、 Nb/Ta (9.9~13.5)、 Zr/Hf (39.6~133.4)、 Ni/Co (0.11~0.38)等，表明在同一比例对中相对富集第二个元素，这一特征与金伯利岩极为相似(Dawson, 1986)。

大乃林沟角闪石岩稀土元素总量(ΣREE)为 $27.03 \times 10^{-6} \sim 190.29 \times 10^{-6}$ ，是球粒陨石10倍以上，原始地幔的4.63~32.58倍，且轻稀土分馏较强，基本无Eu异常。岩体边部(图1 Dn1-4)较晶洞发育的“中心相”(图1 Dn1-10、18)稀土总量要高的多，且轻稀土更为富集， LREE/HREE 为7.78~8.02， $(\text{La}/\text{Lu})_N = 11.48 \sim 11.56$ ，稀土配分曲线较陡(图1)；而后者 LREE/HREE 仅为2.34~2.82， $(\text{La}/\text{Lu})_N = 1.38 \sim 3.61$ ，配分曲线平缓，表明前者可能受到围岩物质的影响更为强烈。从图1可以看出，本区岩浆角闪石岩与邻区黄岗铁矿夕卡岩化形成的角闪岩(或角闪石夕卡岩)相比，稀土配分模式截然不同，显示两者为不同成因的产物。

3.3 微量元素

目前关于角闪石岩的资料较少，为了对比，表2列出了法国阿尔卑斯山橄榄岩内辉石岩脉

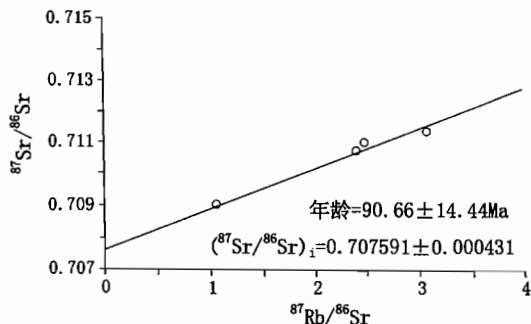


图2 角闪石岩全岩 Rb-Sr 等时线
Fig. 2 The Rb-Sr isochron of hornblendite whole rock

3.4 Rb-Sr 同位素

对4个角闪石岩进行了Rb、Sr同位素测定。其 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值较高,为0.7090~0.7114,亦与南非中生代金伯利岩(0.7038~0.7104)(Dickin,1995)和西澳大利亚金伯利岩(大致在0.710~0.713)的该值(Faure,1985)相近。这一数值范围远偏离洋壳的范畴(0.702~0.708),比陆壳火山岩(417个样品平均值为0.70577,Dickin,1995)还高。4个点的等时线(图2)拟合较好,计算的等时线年龄为 90.66 ± 14.44 Ma,属晚白垩世早期。初始比($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i为 0.707591 ± 0.000431 ,表明原始岩浆可能受到陆壳物质的混染。

4 讨论

大乃林沟角闪石岩是一种特殊的超基性岩石,区内岩石组合单一,据目前资料尚未发现与同时代的共生组合岩类。其 SiO_2 含量属于超基性岩范畴,但它既具有超基性岩的一些特征,如 SiO_2 低、 ΣFeO 高,表现出“难熔性”;另一方面又含有多量的碱金属及不相容元素,表现出“易熔性”,与一般超基性岩有较大差异,似乎并不具典型幔源特点。一般认为超基性岩有两种成因(南京大学地质系编,1980;Willson,1989):一为直接来自超基性岩浆;二为玄武岩浆分异,这两种岩浆均起源于上地幔。本区超基性岩与一般幔源岩石的不同可能由以下几种因素造成:①受到地壳物质的高度混染;②幔源岩浆熔融程度极高;③本区地幔流体本身就具有独特成分。无论如何,这种 SiO_2 不饱和岩石的形成与存在,本身就反映了晚中生代地幔流体在本区的活动。近年来的研究表明,大兴安岭中生代岩浆岩及其矿床的稀土元素和同位素(如锶同位素初始比和 $\delta^{18}\text{O}$ 值较低)显示深源的壳幔混熔特征(赵国龙等,1989;赵一鸣等,1994),晚中生代大兴安岭地区地幔隆起,岩石圈处于伸展减薄的状态(邓晋福等,1994,2000;邵济安等,1994,1998,2000;郑建平,1999)。无疑,前人大量的研究旁证了该区中生代为一地幔上涌的活动区,大乃林沟岩浆角闪石岩的发现,可作为地幔流体活动的岩石探针。

最后指出,本区超基性岩的产状、隐爆特征、地球化学成分特点等与金伯利岩有较多相似之处,很可能在成因上异曲同工。这种特殊岩石所具有的独特成分特征,正是形成成因独特的角闪石岩容矿的As-Co-Pt族矿化的因素之一。

本项研究大部分测试在日本研修期间完成,日本JICA方面给予了研修资助,山元正继教授、石山大三博士、中岛和夫教授、木村纯一教授、世良耕一郎教授等在工作上给予了大力协助,在此深表谢忱。

参 考 文 献

- 陈光远,孙岱生,殷辉安. 1987. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆出版社.
- 邓晋福,莫宣学,赵海玲. 1994. 中国东部岩石圈去根作用与大陆“活化”. 现代地质, 8(3): 349~356.
- 邓晋福,赵国春,赵海玲等. 2000. 中国东部燕山区火成岩构造组合与造山—深部过成. 地质论评, 46(1): 41~48.
- 董显扬,李行,叶良和等. 1995. 中国超镁铁质岩. 北京,地质出版社.
- 南京大学地质系编. 1980. 火成岩岩石学. 北京:地质出版社.
- 邵济安,臧绍先,牟保磊等. 1994. 造山带的伸展构造与软流圈隆起——以兴蒙造山带为例. 科学通报, 39(6): 533~537.
- 邵济安,韩庆军. 1998. 中生代地球系统与核-幔边界动力学研究进展. 地质论评, 44(4): 382~388.
- 邵济安,牟保磊,张履桥. 2000. 华北东部中生代构造格局转换成中的深部作用与浅部响应. 地质论评, 46(1): 32~40.
- 王京彬,王玉往,王莉娟. 1998. 内蒙古大乃林沟与角闪岩有关的铂族矿化特征及找矿前景. 有色金属矿产与勘查, 7(3): 142~145.
- 王玉往,王京彬,王莉娟. 1998. 内蒙古大乃林沟晶洞角闪岩岩石学特征及其意义. 地质论评, 44(2): 135.
- 赵国龙,杨桂林,沈忠等. 1989. 大兴安岭中南部中生代火山岩. 北京科技出版社.

- 赵一鸣,王大畏,张德全等. 1994. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式. 北京:地震出版社.
- 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理. 北京:科学出版社.
- 郑建平,路凤香, S. Y. O'Reilly 等. 1999. 华北地台东部古生代与新生代岩石圈地幔特征及其演化. 地质学报, 73(1): 47~56.
- Boynton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. Dev. Geochem, 2: 63~114.
- Dawson J B. 1986. Kimberlites and their xenoliths. 金鹤生, 王克非译. 北京:地质出版社.
- Dear W A, Howie R A, Zussman J. 1997. Rock-forming minerals. London: Geological Society Publishing House.
- Dickin A P. 1995. Radiogenic isotope geology. New York: Cambridge Univ. Press.
- Faure G. 1985. Principles of isotope geology. John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Le Maitre R W. 1991. 火成岩分类及术语辞典. 北京:地质出版社.
- Taylor S R, McLennan S M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell Scientific Publ.
- Willson M. 1989. Igneous petrogenesis: a global tectonic approach. London: Unwin Hyman.

The Petrologic Characteristics of Hornblendite in Danailingou, Inner Mongolia

Wang Yuwang Wang Jingbin Wang Lijuan

Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing, 100012;

Research Center for Mineral Resources Exploration, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101

Abstract

The hornblendite in Danailingou, with clear cryptoexplosion brecciated structure and microclitic texture, occurs within Jurassic intermediate to acid volcanic rocks in a vein shape. The dominant mineral (over 90 percent in general) is Fe-rich hornblende. The composition of bulk rocks might belong to ultrabasic rocks rich in iron and alkali with 38.65%~41.24% of SiO₂, 19.00%~32.94% of ΣFeO, and 2.72%~3.38% of K₂O+Na₂O. Unlike the typical mantle source rock, this kind of rock is characterized by an enrichment in ΣREE and LIL element and a high (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i value.

Key words: hornblendite; petrologic feature; Danailingou; south part of Da Hinggan Mountains

作者简介

王玉往,男,1965年生。1986年毕业于南京大学地质学系。现任北京矿产地质研究所高级工程师,从事矿床地质方面的研究。通讯地址:100012,北京矿产地质研究所。