

内蒙白云鄂博矿区 H₉ 中火山岩岩石特征及其意义

袁忠信 白鸽 吴澄宇 丁孝石

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)

张宗清

(中国地质科学院地质研究所,北京)

提 要: 白云鄂博矿区 H₉ 地层岩石被中外学者长期看作是板岩或页岩,经近期研究发现岩性极为复杂。H₉ 地层岩石是一套呈互层产出的粗面岩、流纹岩、流纹英安岩、变辉绿岩、白云岩、石英岩、黑云母岩、钠闪石-长石岩、钠辉石-长石岩、红柱石-黑云母角岩及碳质绢云板岩等。文中详细论述了这些火山岩石的结构构造、矿物成分和岩石化学成分,以及微量元素。对 H₉ 地层中火山岩,尤其是粗面质火山碎屑岩的确定,对了解白云鄂博矿床的成因和白云鄂博群形成的地质背景有重要意义。

主题词: 白云鄂博矿床 粗面岩 岩石结构构造 岩石化学成分 矿床成因

内蒙白云鄂博铈-稀土-铁矿是世界最大的稀土矿床,一直引起国内外许多专家学者的兴趣。矿区地层主要属元古宙白云鄂博群。按李毓英意见,白云鄂博群可分出 9 个岩性段(H₁—H₉)^[1],其中宽沟背斜南翼的 H₈ 和 H₉ 是赋存铁、铈、稀土矿化的主要岩性段,但就是这两种赋矿岩石的成因和性质至今尚未得到统一认识。H₈ 的白云岩或白云大理岩,有的学者叫做碳酸岩,认为是岩浆贯入形成^[2,3]。本文作者于 1977 年提出矿石是含矿碳酸岩浆经喷溢或喷气作用从深处上升沉积在富碳酸盐海盆内、再经变质而成^①。美籍学者赵景德认为 H₈ 白云岩是石灰岩经白云石化而形成^[10]。目前多数学者的看法是白云岩是沉积变质岩,但对其物源仍有不同的认识。对于 H₉ 岩石,由于其矿物颗粒极细小,有的在显微镜下也难以辨认,直到今天对其岩性和结构构造还不完全清楚。组成 H₉ 地层的岩石,在此以前有浅色板岩、暗色板岩、富钾板岩、钾长石岩、黑云母片岩、钙质黑云母板岩,以及页岩、片岩等名称。作者在上述 1977 年论文中将板岩叫作粗面岩,但在其后的论文中又将其叫做钾长石岩^[4,5,11]。孙未君等在 80 年代初对富钾板岩作过研究,指出其可作为钾肥资源加以利用^[6]。其后,李继亮论文中明确指出在白云鄂博西矿产出酸性火山岩^[7]。研究 H₈ 和 H₉ 地层岩石的产状、结构构造和物质成分,对了解白云鄂博超大型稀土矿床的成因和内蒙西部元古宙地质发展历史,有十分重要的意义。作者在前人工作基础上,再一次对 H₉ 地层岩石进行研究,现将结果及认识整理出来,供进一步讨论。

H₉ 岩石直接复盖在 H₈ 层位上,呈层状、似层状产出,东西长约 10 km,在主、东矿附近厚度最大,地表出露宽度达 500m,在西矿其宽度约 200~300m。H₉ 构成宽沟背斜南翼次一级白

袁忠信,男,64岁,研究员,长期从事稀有稀土矿床地质和地球化学研究。邮政编码:100037

1994-3-3收到,1994-12-25修改回。陶景连,刘浩龙编辑

① 地质矿产所稀有组,《内蒙及湖北等地稀有金属矿床——火山沉积稀有金属碳酸岩的成因分析》,地质矿产研究,1977,第1期,第27~49页

云向斜的轴部。用于岩石学研究的样品的采集位置示于图 1。

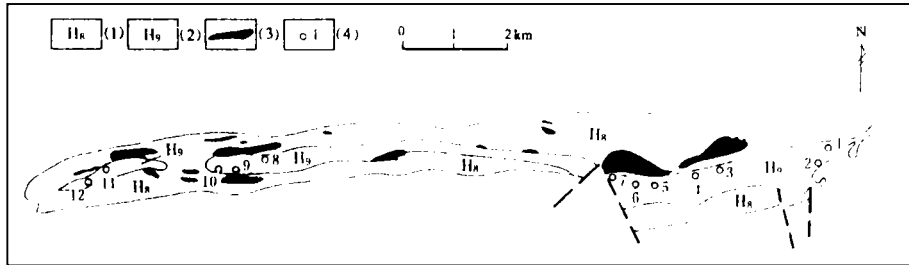


图 1 白云鄂博矿区 H_9 地层岩石取样位置示意图

(据袁忠信等简化⁽¹¹⁾)

(1)— H_9 白云大理岩;(2)—粗面岩等;(3)—铁矿体;(4)—样品位置及其编号;1—变辉绿岩;2—红柱石黑云母角岩;
3、4、5、6、8—粗面岩;7—黑云母岩;9—流纹英安岩;10—流纹岩;11—黑云母长石岩;12—碳质绢云板岩

Fig. 1. Schematic diagram showing sampling locations in H_9 formation of the Bayan Obo ore district.

(1)— H_9 dolomitic marble; (2)—Trachyte; (3)—Iron orebody; (4)—Sampling locations and serial number; 1—Metadiabase;
2—Andalusite-biotite hornstone; 3, 4, 5, 6, 8—Trachyte; 7—Biotitite; 9—Rhyodacite; 10—Rhyolite; 11—Biotite feldspatite;
12—Carbonaceous sericite slate.

组成 H_9 地层的岩石极为复杂,计有变辉绿岩、粗面岩、流纹英安岩、流纹岩、石英岩、白云岩、黑云母岩、钠闪石-长石岩、钠辉石-长石岩、红柱石-黑云母角岩,以及碳质绢云板岩等。其中前 4 种岩石是火山岩或火山成因岩石,石英岩或白云岩常在其中呈透镜体或夹层产出,后 5 种岩石是由上述几种岩石受蚀变交代或变质的产物。它们多分布在粗面岩内或其边缘。

1 变辉绿岩

见于东矿以东,菠萝头南。采样处变辉绿岩与白云大理岩呈互层,层厚 1 m 到 10 余米。岩石黑褐色,隐晶或微晶结构,板状构造。矿物粒度细小,多不到 0.1 mm,间或达到 1 mm。岩石组成矿物有角闪石(50%~60%)、斜长石(10%~20%)、黑云母(20%~25%),少量矿物有方解石、绿泥石、磁铁矿等。角闪石呈不规则柱状产出,暗绿色,多色性: N_g —绿; N_m —黄绿; N_p —淡黄绿; $N_g \wedge c$ 约 20° 。角闪石的化学成分列入表 1。斜长石呈不规则板条状,肉眼难以辨认,镜下晶形残缺,具较模糊而且较宽的聚片双晶,常被绿泥石和黑云母溶蚀交代。斜长石的化学成分也列入表 1。由所列数据计算得知斜长石为拉长石,其 An 为 54.65~60.87; Ab 为 38.48~44.36; Or 为 0.65~0.99。岩石中的黑云母呈细小鳞片状,只能靠显微镜鉴定,具较弱的多色性,其 N_g —红褐; N_m —红褐; N_p —黄色,近似于一般火山岩中产出的褐色黑云母。

变辉绿岩的岩石化学成分列于表 2。由表 2 可知其原岩成分相当于玄武岩。周振玲报导在 H_9 白云大理岩的东段,紧接白云大理岩有大片碱性辉绿岩产出,宽度可达 400 多米⁽²⁾,周的文章中缺乏岩石产状、结构构造和矿物组成的描述,因其所在位置相同,将其岩石化学成分一并列入表 2。将岩石化学成分投在尼格里四面体对称展开图上(图 2),恢复原岩为火成岩。变辉

绿岩的微量元素成分列于表3。

表1 角闪石和长石的电子探针化学成分分析

Table 1. Electron microprobe analyses of amphibole and feldspar

样号	矿物名称	产出岩石	化 学 成 分 (%)										
			SiO ₂	Ti ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总计
BY-45	角闪石	变辉绿岩	48.22	0.99	7.17	0.34	17.32	0.22	9.49	11.65	1.66	0.51	97.57
BY-45	斜长石	变辉绿岩	57.88	0.03	26.51	0.05	0.24	0.00	0.20	8.37	5.85	0.15	99.28
BY-45	斜长石	变辉绿岩	57.38	0.03	27.12	0.05	0.24	0.00	0.19	9.94	4.46	0.15	99.56
BY-46	角闪石	变辉绿岩	40.69	0.57	7.05	0.70	23.19	0.38	12.79	11.86	0.08	0.39	97.70
BY-46	角闪石	变辉绿岩	44.80	0.58	6.80	0.71	18.83	0.38	12.25	12.48	0.76	0.40	97.99
BY-39	斜长石	流纹英安岩	60.04	0.07	24.54	0.05	0.00	0.03	0.04	5.08	7.82	1.44	99.11
BY-42	钾长石	粗面岩	65.53	0.08	18.19	0.10	0.09	0.00	0.00	0.00	0.58	14.72	99.29
MR-2	钾长石	粗面岩	65.17	0.03	19.78	0.07	0.20	0.15	0.00	0.00	0.00	14.57	99.97
MR-3	钾长石	粗面岩	65.72	0.00	19.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.22	0.00	14.90	99.94
MR-3	钾长石	粗面岩	65.06	0.13	19.16	0.16	0.04	0.00	0.00	0.09	0.02	15.25	99.91
ER-2	钾长石	粗面岩	66.24	0.00	18.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	14.89	99.91
ER-3	钾长石	粗面岩	65.37	0.00	19.23	0.18	0.17	0.04	0.00	0.00	0.00	14.87	99.86

分析者:地质矿产部矿床地质研究所陈克樵、余静

表2 H₁火山岩的岩石化学成分

Table 2. Chemical composition of volcanic rocks in H₁ formation

序号	样号	岩石名称	颜色	化 学 成 分 (%)								
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	
1	BY-45	变辉绿岩	暗褐	48.22	1.91	13.83	3.12	10.83	0.21	6.16	8.45	
2	—	碱性辉绿岩 ^①	暗绿	46.82	2.08	11.88	13.89	8.11	—	5.79	6.74	
3	MR-3	粗面岩	灰黑	63.46	0.04	17.84	0.27	0.48	0.03	0.17	0.10	
4	MR-2	粗面岩	灰白	63.93	0.04	18.14	0.49	0.27		0.14	0.05	
5	ER-3	粗面岩	灰黑	60.95		17.28	3.94	1.47	0.11	0.11	0.68	
6	ER-2	钠闪石化粗面岩	绿黑	61.97	0.60	17.37	1.16	3.31	0.04	1.54	0.28	
7	H-44	黑云母化粗面岩	灰黑	60.12	1.06	15.92	4.18	1.40	0.03	1.72	0.28	
8	BY-38	黑云母化粗面岩	灰黑	66.28	0.75	17.92	1.70	2.57	0.03	1.42	0.37	
9	BY-39	流纹英安岩	灰黑	71.46	0.17	14.19	1.47	1.19	0.08	0.25	1.21	
10	H-74	流纹岩	灰黑	74.28	0.02	13.77	0.50	0.36	0.03	0.12	0.20	

序号	样号	岩石名称	颜色	化 学 成 分 (%)							采样位置
				Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	烧失	总计	
1	BY-45	变辉绿岩	暗褐	3.93	1.68	0.18	1.08	0.30		99.90	菠萝头南
2	—	碱性辉绿岩 ^①	暗绿	1.47	0.88	—			1.66	99.32	东矿以东
3	MR-3	粗面岩	灰黑	0.63	15.75	0.03			0.66	99.46	主矿南
4	MR-2	粗面岩	灰白	0.66	15.75	0.01			0.49	99.97	主矿南
5	ER-3	粗面岩	灰黑	0.80	15.04	0.07			0.05	100.50	东矿南
6	ER-2	钠闪石化粗面岩	绿黑	4.33	7.13	0.06			1.77	99.56	东矿南
7	H-44	黑云母化粗面岩	灰黑	2.37	10.72	0.02			1.15	99.28 ^②	西矿
8	BY-38	黑云母化粗面岩	灰黑	0.19	5.91	0.08	2.16	0.37		99.75	西矿
9	BY-39	流纹英安岩	灰黑	3.49	5.55	0.06	0.68	0.33		100.13	西矿
10	H-74	流纹岩	灰黑	4.63	4.93	0.06			0.70	99.60	西矿

①根据周振玲等⁽²⁾;②白云岩中的夹层岩石,含0.31%BaO

2 粗面岩

粗面岩在主矿、东矿、西矿皆有分布,在东矿附近厚度可达500 m。岩石致密坚硬,具显微

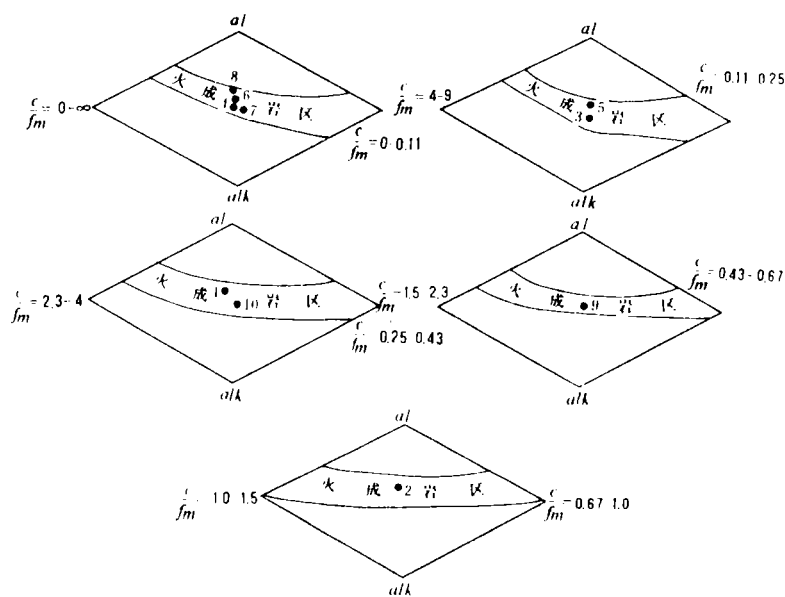


图2 尼格里四面体对称展开平面图

图上样品序号及名称同表2

Fig. 2. Plan view for symmetric development of Niggli tetrahedron.

Serial number and names of samples as for Table 2.

表3 H₂ 火山岩的微量元素成分(10⁻⁶)Table 3. Minor element contents of volcanic rocks in H₂ formation

样号	岩石名称	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb	Sr	Th	V	Zn
BY-45	变辉绿岩	2780	<1	42	73	100	23.0	28.1	53	<13	974	3.1	285.7	116
MR-2	粗面岩	2535	<1	2	138	6	15.9	0.9	19	43	21	3.5	<1.5	44
MR-3	粗面岩	6732	<1	8	239	12	12.9	6.6	14	345	464	<3	2.7	235
BY-38	黑云母化粗面岩	848	4	5	65	26	19.3	36.3	13	30	63	11.8	91.1	58
BY-39	流纹英安岩	1339	2	2	12	6	10.7	16.8	<4	50	167	9.4	2.4	47
样号	岩石名称	La	Ce	Nd	Sm	Dy	Y	Yb	Sc	Bi	Cd	Mo	Ta	Zr
BY-45	变辉绿岩	19.0	61.5	33.1	5.8	5.3	29.2	4.0	36.5	<10	<1	<4	<10	57.8
MR-2	粗面岩	7.4	16.6	9.6	2.5	<1.5	1.1	<0.3	2.1	<10	<1	14	<10	5.9
MR-3	粗面岩	2.8	9.4	16.7	2.1	<1.5	2.6	<0.3	2.4	<10	<1	53	<10	10.2
BY-38	黑云母化粗面岩	39.3	62.2	33.7	5.2	1.8	12.2	2.3	12.8	<10	<1	<4	<10	136.5
BY-39	流纹英安岩	48.6	81.2	35.9	3.3	4.5	27.3	3.3	8.5	<10	<1	<4	<10	154.8

隐晶结构,板状构造,暗灰色,其次浅灰色。有时同一露头上可见到两种颜色岩石,互呈条带分布。两种颜色岩石的矿物成分和化学成分相同,唯暗色岩石具较多碳质。岩石外表上像硅质岩,见不到任何矿物颗粒,高倍显微镜下矿物略显光性,但难于鉴定。主矿上盘采集的岩石,分浅色和暗色两种,用西德产 SEM-IPS 图象分析仪测定(测试人北京矿冶研究院陶淑凤),结果列于表4内。其中浅色岩石矿物的最小粒度0.6 μm,最大粒度30.0 μm,平均4.3 μm,95%以上小于14 μm。暗色岩石矿物的最小粒度1.4 μm,最大粒度43.6 μm,平均5.2 μm,95%以上的矿物颗粒也是小于14 μm。岩石矿物颗粒图象见照片1。

表4 粗面岩矿物粒度分析

Table 4. Grain size analysis of minerals in trachyte

粒度 (μm)	颗粒数(粒)		各级粒度(%)	
	浅色岩石 (MR-2)	暗色岩石 (MR-3)	浅色岩石 (MR-2)	暗色岩石 (MR-3)
0~2	613	442	30.26	12.94
2~4	689	1366	34.01	40.00
4~6	258	716	12.73	20.97
6~8	216	342	10.66	10.01
8~10	91	209	4.492	6.120
10~12	55	121	2.715	3.543
12~14	32	80	1.579	2.343
14~16	30	42	1.481	1.230
16~18	13	20	0.6417	0.5857
18~20	11	19	0.5429	0.5564

显微镜下,岩石具隐晶结构,但可见到较大的晶屑和晶屑集合体(照片2)。个别晶屑钾长石外围环绕一圈后期生成的长石,属晚期反应边(照片3)。还可见到赋于球粒中的钾长石,球粒核心为隐晶质或微晶质集合体,球粒外围环绕一圈钾长石呈放射状排列,岩石具球粒结构(照片4)。岩石中可见到许多晚期长石脉,从肉眼可见到只能在高倍镜下辨认。在钾长石脉发育处,岩石的矿物颗粒加大。

岩石中的主要组成矿物是微斜长石,含量可达80%或更多,因受到后期蚀变而有不同程度的减少。岩石中的少量或微量矿物有石英、钠长石、钠闪石、钠辉石、黑云母、磁铁矿、方解石、白云石、磷灰石、萤石、黄铁矿及重晶石等。稀有稀土矿物有独居石、金红石、钽铁钛石、锆石、易解石,以及氟碳铈矿等。微斜长石的颗粒极细小,难以选出长石单矿物作分析,作者是用纯净岩石经镜下检查后直接作矿物成分和结构的测定。5个样品电子探针分析结果以及钾长石脉中的长石成分(BY-42)列于表1。脉中的长石与基质中的长石成分相似。换算6个钾长石的化学成分得知它们的 O_r 为97.60~100; A_n 为0.56~2.40; A_b 为0~0.20。采自主矿上盘的两个样品(MR-2和MR-3)和采自东矿上盘的一个样品(ER-3)所作的X射线衍射分析^①,得出它们的三斜度($\Delta 2\theta_{131}$)分别为0.80、0.88和0.78,有序度(Δp)分别为0.9738、1.0675和0.9632,说明3个样品主要是中微斜长石—最大微斜长石。MR-2和ER-3样品的三斜度较小, $d_{130}-d_{130}$ 未分裂,意味着样品中可能有透长石或冰长石等单斜长石存在。据杨子元等人研究⁽⁹⁾,H₉岩石中存在含钡的钾微斜长石,钡长石分子(C_n)变化于5.5%~13%之间,与微斜长石共同构成环带构造。

6个粗面岩及蚀变粗面岩的化学成分列于表2,在尼格里四面体图(图2)上它们都投在火成岩区。粗面岩的微量元素成分见表3。

由上述岩石的结构构造、矿物及化学组成可知,矿区的粗面岩(以前多被叫作富钾板岩或钾交代岩),应是粗面质火山碎屑岩或凝灰岩。

3 流纹英安岩和流纹岩

流纹英安岩和流纹岩主要见于西矿,由于地表露头不好,岩石都为灰黑色而且粒度很细,在野外难于辨认,目前未能确定它们与粗面岩的关系,也没有见到它们彼此间的接触关系。

流纹英安岩采集于西矿10号矿体附近,灰黑色、黑色,肉眼可见在黑色基质中杂乱地分布着灰白色长石晶屑,晶屑大的粒度可达1~2mm。镜下见岩石由大小不一的晶屑及细微的矿物基质组成。晶屑呈碎片状、棱角状(照片5),约占整个岩石的20%~30%。晶屑中斜长石约

① 分析者:地质矿产部矿床地质研究所林月英

30%，钾钠长石约50%，石英约10%。斜长石晶屑的电子探针分析结果见表1(表1 BY-39)，其 A_n 为38.99， A_b 为54.29， O_r 为0.72，为中长石。此外，岩石中见到个别自形板条状长石及港湾状石英。也见到少量岩屑。岩石基质具霏细结构，主要由长英质组成并有少量黑云母和磁铁矿。岩石的化学成分见表2(表2 BY-39)。相应的岩石成分点投影于图2。岩石的微量元素成分见表3。由岩石的结构构造及物质成分研究可以确定，岩石可定名为流纹英安质火山碎屑岩或凝灰岩。这种岩石在岩性上与前人描述的石英安粗质角砾凝灰熔岩十分相似^[8]。

流纹岩也采集于西矿10号矿体附近。岩石黑褐色、灰黑色。岩石由斑晶、晶屑及基质组成(照片6)。斑晶或晶屑的粒度相差悬殊，大的可达1~2mm，约占岩石的30%，见有微斜长石、斜长石及石英。其中斜长石主要是钠长石，具清楚的聚片双晶，微斜长石具格状双晶，石英具熔蚀港湾状结构。基质中见有长石、石英、绢白云母及黑云母，粒度大多小于0.1mm。此外，还见有由长石和石英相间排列构成的放射状球粒结构及微文象结构。岩石的化学成分见表2，图2。由岩石结构构造及成分可定名为流纹质凝灰熔岩。流纹岩的微量元素成分见表3。

除上述流纹英安质火山碎屑岩和流纹质凝灰熔岩外，李继亮发现在白云鄂博西矿有超浅成的流纹斑岩岩墙产出。岩石斑晶主要是钠长石和钾长石，长约0.4~0.8mm，宽约0.2~0.5mm。石英斑晶少见。基质由长英质及白云母组成，以隐晶结构和交织结构为主。微斜长石定向排列，显示流动构造。

可以认为，在西矿产出一套从中酸性到酸性，从火山碎屑岩到熔岩的岩石，它们可能是同一阶段火山活动形成的不同岩相的岩石。

矿区 H_9 ，岩石内见到许多由上述火山岩或火山成因岩石经受蚀变而形成的岩石，如黑云母岩(照片7)、钠闪石-长石岩(照片8)、钠辉石-长石岩，它们常与晚期Nb、REE矿化伴生。此外，还见到红柱石黑云母角岩、碳质绢云板岩等。

黑云母岩在西矿及主矿上盘有大片产出。主矿上盘紧邻铁矿体的黑云母岩，绿黑色或暗绿色，鳞片变晶结构。与上述变辉绿岩中的黑云母不同，黑云母岩中的黑云母在镜下呈绿色，多色性和吸收性较明显。岩石中黑云母含量变化较大，约40%~80%。此外，有钾长石、磁铁矿、方解石、独居石、磷灰石、钡铁钛石及铌铁金红石。明显见到黑云母交代粗面岩中矿物的现象，岩石是粗面岩黑云母化的产物。

西矿黑云母岩中白云石和方解石的含量较高，并含较多的磁铁矿和钠闪石。该地的黑云母岩可能是 H_8 和 H_9 互层地段岩石遭受后期黑云母化的产物。

在矿区最东头， H_9 与花岗岩接触的外接触带见到红柱石黑云母角岩。岩石灰黑色，微晶变斑状结构、鳞片变晶结构，板状构造。变斑晶为红柱石，晶粒大的可达2mm。基质由黑云母、绢白云母、磁铁矿组成。这一岩石以前也被称为黑云母岩，究竟由粗面岩蚀变而来还是由其它成分泥质岩经接触变质而成，需进一步研究。

在矿区最西头的 H_9 ，岩石中还见到碳质绢云母板岩。岩石灰黑色，外貌与主、东矿的暗色板岩相似，主要由绢云母(约60%)、黑云母(约10%)、长英质集合体(约20%)及铁质、碳质组成。因无化学分析数据，未曾推求其原岩性质。它们可能是泥质岩，也可能是中酸性火山岩变质而成。

由上述可见，白云鄂博矿区原定名为 H_9 的地层岩石，组成十分复杂，既有火山成因岩石，也有陆源成因岩石。对于 H_9 中每一种岩石的分布范围和规模，目前还难准确圈定，但总体上

可以认为, H_2 岩石主要是火山成因岩石, 其中又包括从基性到酸性, 尤其是碱中性的火山碎屑岩和熔岩。碱性粗面岩分布广, 与矿化关系密切。主、东矿附近, 铌、稀土、铁矿最富, 粗面岩的厚度最大, 西矿矿石相对较贫, 粗面岩的厚度相对较小。

在国外, 稀土矿化经常与碱性正长岩伴生。著名的美国加利福尼亚芒廷帕斯稀土矿床上产出一套富钾长石的火成岩, 如正长岩和富辉正长岩^[12,13]。富含方解石、白云石、重晶石和氟碳铈矿的碳酸岩和碳酸盐脉即与这些岩石伴生。白云鄂博矿床的矿物组成和元素共生, 许多特征与芒廷帕斯矿床类似, 因而有些学者将 H_2 看作是碳酸岩^[2,3]。然而, 在矿区内以前没有见到大家公认的正长岩类岩石, 以致对白云鄂博矿床成因, 认识分歧仍很大。这次研究得知, 在宽沟背斜南翼 H_2 岩石形成时, 火山活动甚为强烈, 尤其是有大量碱性粗面岩浆喷出。这样, H_2 含矿白云岩中许多碳酸盐物质可能是由火山作用从深部带来的推论有了较充分的地质依据。最近, 张宗清对矿区岩石和矿石作了系统的 Sm、Nd 同位素地球化学研究。13 个白云岩的全岩等时线年龄为 $(1225 \pm 102)(2\sigma) \times 10^6$ a, $\epsilon_{Nd}(t)$ 为 -2.3, 13 个矿石的全矿等时线年龄为 $(1286 \pm 91)(2\sigma) \times 10^6$ a, $\epsilon_{Nd}(t)$ 为 -0.06, 说明白云鄂博矿床的成岩成矿物质来自地幔, 成因上可将白云鄂博矿床归属于稀有稀土金属碳酸岩型。

然而, 白云鄂博矿床与世界上已知的稀有稀土金属矿床的地质特征又明显不同。世界上知名的这类矿床上, 碳酸岩和碱性火成岩多为侵入岩, 常共围绕一个核心构成碱性碳酸岩环状杂岩体。白云鄂博矿区的 H_2 白云岩和 H_2 板岩不构成环状杂岩体而成层状产出, 矿床的形成机理显著不同。白云鄂博矿床是一独特的超大型稀土矿床, 它具有与“众”不同的成矿条件和成岩成矿环境, 查明它们的成因和成矿机理, 对今后这类矿床的找矿和理论研究都有普遍意义。

照片说明

- 1 浅色粗面岩(样号 MR-2, 主矿)的 SEM-IPS 图象(照片上比例尺指示数字 20 μ m)
- 2 粗面岩中的长石晶屑和晶屑集合体(样号 H72, 东矿) 正交偏光 $\times 100$
- 3 粗面岩中具反应边的长石晶屑(样号 H71, 东矿) 正交偏光 $\times 100$
- 4 粗面岩中的球粒(样号 MR-2, 主矿) 正交偏光 $\times 40$
- 5 流纹英安岩中的长石晶屑(样号 BY-39, 西矿) 正交偏光 $\times 40$
- 6 流纹岩中的钠长石斑晶(样号 H74, 西矿) 正交偏光 $\times 40$
- 7 黑云母岩(样号 BY-38, 主矿) 正交偏光 $\times 40$
- 8 钠铁闪石-长石岩(样号 BY-15, 西矿) 正交偏光 $\times 40$

参考文献

- 1 李毓英. 白云鄂博铁矿地质与勘探. 北京: 地质出版社, 1959
- 2 周振玲. 内蒙白云鄂博白云石碳酸岩的地质特征及其成因探讨. 地质论评, 1980, 26(1): 35~41
- 3 孟庆昌. 与碳酸岩有关的白云鄂博矿床的成因. 地质与勘探, 1981, (3): 10~17
- 4 白鹤, 袁忠信. 碳酸岩地质及其矿产. 北京: 地质出版社, 1981, 107~140
- 5 袁忠信, 白鹤, 吴澄宇等. 内蒙白云鄂博铌、稀土、铁矿床的成矿时代和矿床成因. 矿床地质, 1991, 10(1): 59~70
- 6 孙未君. 白云鄂博铁矿富钾板岩的物质成分及综合利用可能性. 河北地质学院院报, 1981, (1): 11~20
- 7 李继亮. 白云鄂博的酸性火山岩. 地质科学, 1983, (1): 36~43
- 8 中国科学院地球化学研究所. 白云鄂博矿床地球化学. 北京: 科学出版社, 1988, 47~49
- 9 杨子元, Lawrence J D, 孙未君. 白云鄂博的钾-钡长石系列与钡交代作用. 地质找矿论丛, 1993, 8(3): 89~94
- 10 Chao E C T et al. Host-rock controlled epigenetic, hydrothermal metasomatic origin of the Bayan Obo REE-Fe-Nb ore deposit, Inner Mongolia, P. R. C. Applied Geochemistry, 1992, 7: 443~458

- 11 Yuan Zhongxin et al. Geological features and genesis of the Bayan Obo REE ore deposit, Inner Mongolia, China. *Applied Geochemistry*, 1992, 7: 429~442
- 12 Moller P. Rare earth mineral deposits and their industrial importance. In: Moller P, Cerny P, saupe F ed. *Lanthanides, tantalum and niobium*. Springer-Verlag, 1989, 171~194
- 13 Neary C R, Highley D E. The economic importance of the rare earth elements. In: Henderson P ed. *Rare Earth Geochemistry* Elsevier, 1984, 423~466

PETROLOGICAL FEATURES OF VOLCANIC ROCKS IN H₉ FORMATION OF THE BAYAN OBO ORE DISTRICT, INNER MONGOLIA, AND THEIR SIGNIFICANCE

Yuan Zhongxin, Bai Ge, Wu Chengyu and Ding Xiaoshi

(*Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037*)

Zhang Zongqing

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*)

Key words: Bayan Obo ore deposit, trachyte, texture and structure of rock, chemical composition of rock, genesis of ore deposit

Abstract

Owing to their cryptocrystalline texture and platy structure, rocks of H₉ formation in the Bayan Obo ore district were referred to as slate or shale by geologists both in China and abroad; nevertheless, recent researches show that lithology of the H₉ formation is extremely complex, consisting of an interbedded sequence of trachyte, rhyolite, rhyodacite, metadiabase, dolomite, quartzite, biotitite, riebeckite-feldspatite, aegirine-feldspatite, andalusite-biotite hornfels and carbonaceous sericite slate. Of these rocks, the first four are volcanic or volcanogenic rocks, whereas the last five are altered or metamorphosed volcanic and volcanogenic rocks or argillite. The present paper deals in detail with these volcanic rocks in such aspects as their texture, structure, mineral composition, petrochemical composition, and minor element geochemistry.

Both H₈ and H₉ formations in the Bayan Obo ore district are host rocks, and within H₉ formation independent niobium and REE orebodies can be delineated. Fairly detailed investigation has been conducted in H₈ formation, with lots of papers published. In contrast, many geological, petrological and geochemical problems of H₉ formation remain unsolved. The identification of volcanic rocks in H₉, especially trachytic pyroclastic rock, is of great significance in finding out the genesis of the Bayan Obo ore deposit and the geological setting for the formation of Bayan Obo Group. It is conceivable that mineralization was related to volcanism and ore-forming materials were derived from the depth.

