

中国地质科学院

矿床地质研究所所刊

1983年 第4号

(总第10号)

地质出版社

中 国 地 质 科 学 院

矿床地质研究所所刊

1983年 第4号

(总第10号)

地 质 出 版 社

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊
1983年 第4号
(总第10号)

*

矿床地质研究所编辑
(北京阜外百万庄)
责任编辑: 张肇新、张中民

地质出版社出版
(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $6^{2/3}$ 字数: 147,000
1983年9月北京第一版·1983年9月北京第一次印刷
印数1—1,950·国内定价1.00元
统一书号: 15038·新977

目 录

白云鄂博矿床成因分析.....	白 鸽 袁忠信 (1)
潜江凹陷钾盐沉积特征及形成条件.....	刘 群等 (18)
一个沉积成因类型的褐锰矿—— 斗南锰矿床.....	苏俊华 (33)
斜方晶系X光粉晶数据指标化电算方法.....	吴思本 (50)
区域重磁资料解释中的相关分析方法.....	姜 枚 张愉才 王德夫 (57)
求具有磁各向异性的沉积变质型 铁矿床的磁性参数(磁化率)的方法.....	张百山 (73)
区分矿与非矿磁异常的一种方法.....	张百山 (82)
在地形起伏地区应用回射 电磁法的研究.....	董宝和 王德夫 王寅生 (90)

消 息 报 导

四川东部发现浅层杂卤石钾盐矿床.....	(96)
我国首届银矿会议在广西召开.....	(96)
桂北发现太古宙锆石.....	(96)

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF MINERAL DEPOSITS, CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.4,1983 (Serial No.10)

CONTENTS

- On the Genesis of the Baiyunebo Ore Deposit..... *Bai Ge et al.* (15)
- Sedimentation Characteristics of the Potash Beds in the Qianjiang
Depression and the Conditions of Their Formation..... *Liu Qun et al.* (31)
- Dounan Manganese Deposit—A Braunite Deposit of Sedimentary
Origin..... *Su Junhua* (46)
- A Computer Indexing Method for X-Ray Powder Diffraction Data
of Orthorhombic System *Wu Siben* (56)
- The Application of Correlation Analysis to the Explanation of Regional
Gravity-Magnetic Data..... *Jiang Mei et al.* (71)
- A Method To Obtain Magnetic Parameter (Magnetic Susceptibility) of
the Sedimentary-Metamorphic Iron Deposit with Magnetic Anisotropy
..... *Zhang Baishan* (81)
- A Method To Distinguish Ore-Related Anomalies from Barren Ones
..... *Zhang Baishan* (89)
- The Application of Shootback Electromagnetic Method in Rugged
Terrain..... *Dong Baohe et al.* (95)

Scientific Communications

- The First Session of the Nationwide Symposium on the Silver Deposit
held in Guangxi (96)
- A Shallow Polyhalite Potassium-salt Deposit Newly Discovered in
Eastern Sichuan (96)
- Archaeozoic Zircon Recently Found in Northern Guangxi (96)

白云鄂博矿床成因分析

白 鸽 袁忠信

(矿床地质研究所)

白云鄂博矿床是一个包括多种矿石类型和多种矿化元素的特大型铁、稀土矿床。自1927年^[1]发现以来,有关单位就对其进行了广泛而深入的研究,对矿床的成因也提出了多种认识,有特种高温热液交代矿床^[2]、沉积变质热液交代矿床^[3]、岩浆碳酸岩矿床^[4]、热卤水沉积变质成矿^①、改造-叠加型矿床^②之说,也有人认为“成岩成矿作用具有多源多次及多成因^③等三多性”特点等等。作者也于1976年提出过“海相火山沉积稀有金属碳酸岩”的见解,现仅就新取得的一些资料作进一步的分析讨论。

一、矿区地质简况

白云鄂博矿区位于中朝准地台与蒙古海西褶皱带连接地段的扬子褶皱带内,其间有深大断裂通过^[5]。区内出露地层主要为太古界二道洼群和元古界白云鄂博群。白云鄂博群呈一走向近东西的复式褶皱(图1)。

二道洼群出露在宽沟背斜轴部东段。白云鄂博群则分列背斜南北。矿区附近白云鄂博群厚三千多米,以往多分三组九段,并认为宽沟背斜两翼的白云鄂博群完全可以对比。原地质部105地质队认为背斜两翼的白云鄂博群,系两套不同地层,北面为外海环境下的浅海、滨海沉积,总厚3563.8米,以 Pt_1 表之;南部为碱度高的泻湖相沉积,总厚1156米,以 Pt_2 表之^④。我们认为宽沟背斜以北,为一套类复理石式的碳酸岩和碎屑岩建造,宽沟背斜以南的 Pt_2 ,主要为一套海底火山沉积建造。 Pt_1 为基本未变质的砂岩、页岩、灰岩,岩石化学成分是含碱质低, $K_2O + Na_2O \approx 1\%$,不超过6%, $K > Na$, alk/al 多小于0.5, q^* 值全为正,说明岩石中主要为石英、方解石及粘土矿物。铌和稀土元素含量低、比值小, $Nb_2O_5 = 0.001 - 0.007\%$, $Ta_2O_5 = 0.0004 - 0.001\%$, $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 1.5 - 17.5$; $RE_2O_3 = 0.01 - 0.18\%$, $\Sigma Ce/\Sigma Y = 1.5 - 4.6$ 。

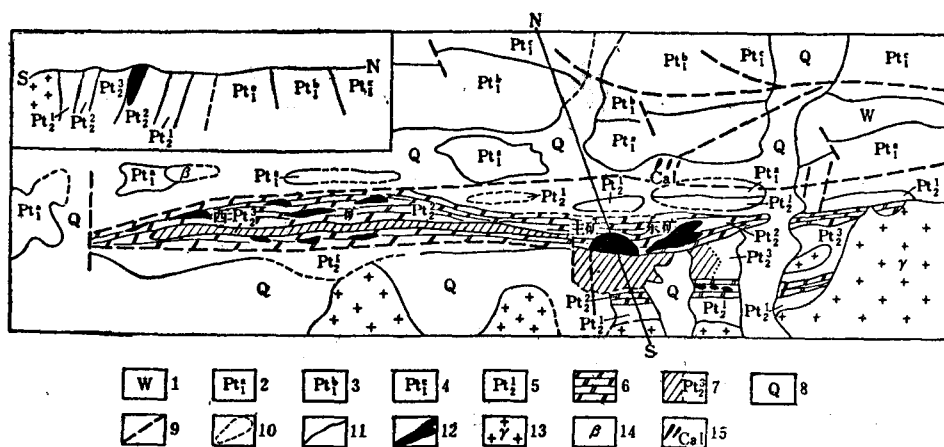
Pt_2 为一套海相火山沉积建造,主要是指白云鄂博铁矿及其下盘白云岩和上盘板岩。后者为隐晶质和微晶质,分布在白云向斜轴部,在主、东矿上盘及西矿地段,为富钾板岩;一般 $K_2O \approx 10\%$,最高达15%以上。矿物成分主要是微斜长石,有少量石英晶屑及长石变斑晶,并偶见具港湾状石英晶屑和长英质细脉及微斜长石斑状团块(照片1)。1976年我们首次提出它们属碱性粗面岩和碱性流纹岩(表1)。1978—1979年天津冶金地质调查所孙未君

① 据曾久吾 1979 年资料。

② 据涂光炽 1980 年资料。

③ 据郭承基 1979 年资料。

④ 据原地质部105地质队1966年资料。



· 图 1 白云鄂博矿床地质示意图

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Baiyunebo ore deposit.

1—二道洼群斜长绿泥片岩、片麻岩；2—石英岩、碳质板岩、变质砂岩；3—灰岩、泥灰岩；4—石英岩、黑色板岩；5—石英岩、长石石英岩；6—白云岩；7—富钾板岩、钙质黑云板岩；8—第四系冲积层；9—断层；10—地层与冲积层界线；11—地质界线；12—铁矿体；13—花岗岩；14—辉长闪长岩；15—碳酸岩脉体

等同志对富钾板岩作了深入的专题研究和评价。“初步认为是一套浅海相条件下形成的轻变质的中酸性火山凝灰岩”^[6]，也得到了李继亮（1982）、徐志平（1982）等同志近年工作的证实。东矿以东，富钾板岩相变为钙质黑云板岩、碳质绢云片岩。富钾板岩一般都具较贫的铈、稀土矿化，而钙质黑云板岩等则不具铈、稀土矿化。富钾板岩在西部矿段并见于白云岩层之中及白云岩层之下（照片2），有时厚达200米以上。

沉积建造中的白云岩构成白云向斜南北两翼主体（图2、3），东西长18公里，南北宽约2公里；中部地段厚度在500米以上，最西段厚100米，最东端厚50米，薄层到中厚层，中细粒结构，块状和条带状构造，中部和东部较纯，西部多夹板岩及扁豆状石英岩。白云岩与上下地层为渐变过渡关系。主矿以东，厚层白云岩之下，有厚20到30米的白云岩与板岩以及白云岩与长石石英岩的互层带。西部地带、白云岩之下为厚层的暗绿色长石板岩或碳质板岩。白云岩矿物成分以白云石为主，含少量方解石、长石、钠透闪石、金云母、磷灰石、萤石、重晶石和磁铁矿及微量独居石、氟碳铈矿、铈铁矿、烧绿石等，呈浸染状和条带状分布（照片3、4）。东部地段，白云岩与花岗岩接触处，局部蚀变为矽卡岩化白云岩和矽卡岩。

白云鄂博铁矿体，主要赋存在白云岩层上部，或处于白云岩与板岩的过渡带，矿体呈似层状和透镜状，产状与上下盘围岩产状一致，局部可以见到由白云岩→磁铁矿白云岩→白云石型铁矿的过渡现象，铁矿体以主铁矿体和东铁矿体为最大，呈纺锤状和帚状，各长近千米，厚300—400米。整个西矿段地表的16个小铁矿体，经勘探证明，基本上呈似层状彼此相连，共分三层，其上层铁矿较稳定（图3）。东铁矿东端，铁矿与云母片岩和板岩交叉接触，急剧尖灭。依次要矿物含量的不同（如主、东铁矿体）由下向上，其矿石类型依次为条带状萤石型稀土铁矿石（赤铁矿）、块状稀土铁矿石、霓石型稀土铁矿石、钠闪石型稀土铁矿石、白云石型稀土铁矿石和黑云母型稀土矿石（图4）。致密块状磁铁矿石，

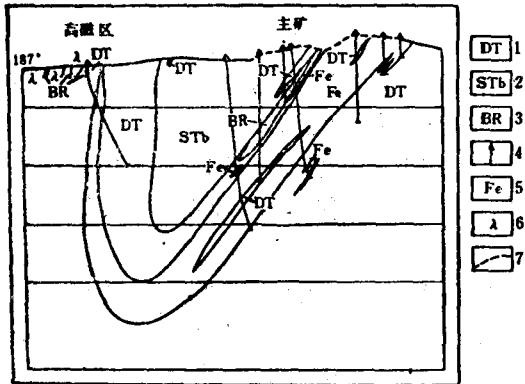


图2 白云鄂博中部矿段剖面示意图 (据王运昌资料修编)

Fig. 2. Schematic section of the middle ore block, the Baiyunebo ore deposit. (Based on data from Wang Yunchang.)

1—白云岩; 2—富钾板岩; 3—云母岩; 4—钻孔;
5—铁矿; 6—中基性岩脉; 7—采矿前地形线

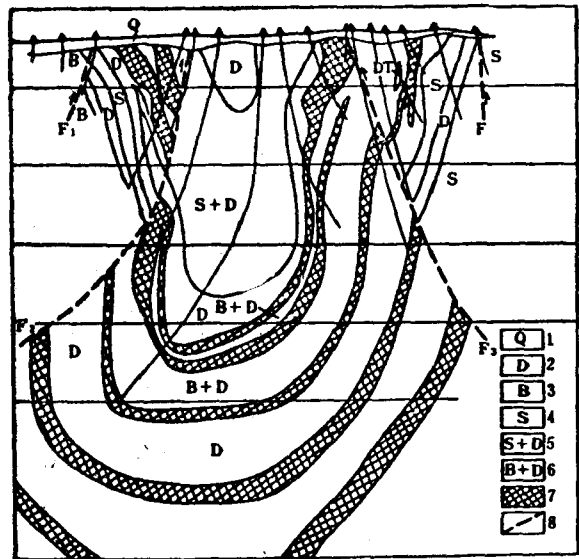


图3 白云鄂博西部矿段剖面图 (据王运昌资料修编)

Fig. 3. Geological section of the western ore block, the Baiyunebo ore deposit. (Based on data from Wang Yunchang.)

1—第四系; 2—白云岩型矿石; 3—黑云母型矿石; 4—板岩型矿石; 5—板岩夹白云岩型矿石; 6—黑云母岩夹白云岩型矿石; 7—铁矿石; 8—断层

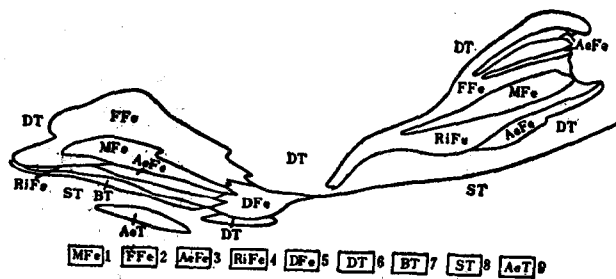


图4 主、东铁矿体附近矿石类型分布示意图

Fig. 4. Diagrammatic geological map showing the distribution of diverse ore types in the vicinity of major and eastern iron deposits.

1—块状稀土铁矿石; 2—萤石型稀土铁矿石; 3—霓石型稀土铁矿石; 4—钠闪石型稀土铁矿石; 5—白云石型稀土铁矿石; 6—白云岩型稀土矿石; 7—黑云母岩型稀土矿石; 8—富钾板岩型稀土矿石; 9—霓石型稀土矿石

产出在主东铁矿体中部,厚近百米,呈似层状和楔状。矿石主要为致密块状构造,部分为条带构造,局部有角砾状构造和流动构造,显矿浆产物特征,含铁最富,铌、稀土矿化略贫;条带状萤石型赤铁矿石含稀土最富。稀土矿物以氟碳铈矿和独居石为主,氟碳钙铈矿和黄河矿次之,铌矿物有铌铁矿、铌金红石、烧绿石和易解石等(照片5、6)。

关于白云鄂博群时代还是一个有争议的问题。据肖仲洋综合资料,普通铅法测得白云岩及其中的方铅矿年龄为1500百万年左右,白云岩中独居石的铀铅年龄为 1500 ± 100 百万年。矿区三个黑云母的K-Ar视年龄为 273 ± 27 百万年,六个易解石的铀铅年龄平均为 219 ± 16 百万年^[7]。近年来中国科学院贵阳地球化学研究所和地质研究所用铷-锶等时线法测得 H_3 ①板岩年龄为700—760百万年②, H_9 ①板岩年龄为 354.20 ± 6.06 百万年,黑云母年龄为 314.9 ± 18.8 百万年③。我们把白云岩、铁矿和富钾板岩视为一个统一的火山岩建造,用三件白云岩,一件块状磁铁矿和一件暗色富钾板岩作铷-锶等时线年龄分析,其值为458百万年(表5,线性不太好,供参考)。

扬子运动时期,本区发生褶皱隆起,形成了宽沟背斜及白云向斜等东西向褶皱和断裂,海西运动时期,有大量岩浆活动。首先是辉长-闪长岩的贯入,随后是大规模的黑云母花岗岩的侵入,广泛分布于白云向斜南部。靠近白云岩的局部地段,花岗岩发生去硅现象,角闪石、长石增多,部分形成角闪黑云花岗岩正长岩。黑云母花岗岩属钙碱性和碱性花岗岩中间成分,岩石蚀变微弱,铌和稀土元素含量与克拉克值相近, $Nb_2O_5 + Ta_2O_5 = 0.002 - 0.004$, $Nb/Ta = 7-10$, $RE_2O_3 = 0.05\%$, $\Sigma Ce/\Sigma Y = 3.5-10$;稀土元素球粒陨石标准化型式为中等分馏程度的富集型,轻稀土元素相对富集,重稀土元素相对亏损,略具负铕异常(图5)。靠近接触带的角闪黑云花岗岩含稀土略高,负铕异常小($\delta Eu 0.83$),细粒黑云母花岗岩的稀土含量低,负铕异常略大($\delta Eu 0.55$)^[8]。K-Ar法和Rb-Sr法

年龄值基本一致,多在260百万年左右④。 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值为0.7078,属壳幔型花岗岩。

1964年内蒙区测队就把白云鄂博矿区白云岩视为碳酸岩侵入体⑤,但未为多数到矿区工作的地质人员接受。近年来,在白云岩中及混合岩中都找到了贯入碳酸岩体。据梁有彬等1982年资料,在西矿段见有脉状含铌、稀土元素白云

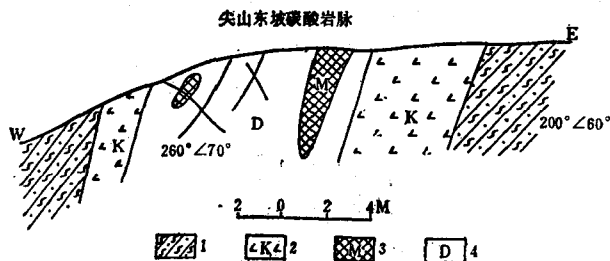


图6 碳酸岩脉体剖面示意图

Fig. 6 Schematic section of the carbonatite veins.

1—混合岩; 2—微斜长石块体带; 3—铁矿块体; 4—碳酸岩体

石碳酸岩斜切或赋存在白云岩层及铁矿体中,厚3—10米,岩脉与围岩具有明显的界限,呈不规则接触。岩石为块状构造和斑杂状构造。岩脉中的稀土元素及钡、锶含量比矿化白云岩更高。更为明显的是在距主、东铁矿体北北东约二公里的尖山东坡宽沟背斜

① H_3 代表白云鄂博群第三层, H_9 代表第九层。

② 据成忠礼等1982年资料。

③ 据姜传武等1982年资料。

④ 据王文俊等1982年资料。

⑤ 据内蒙区测队1971年资料。

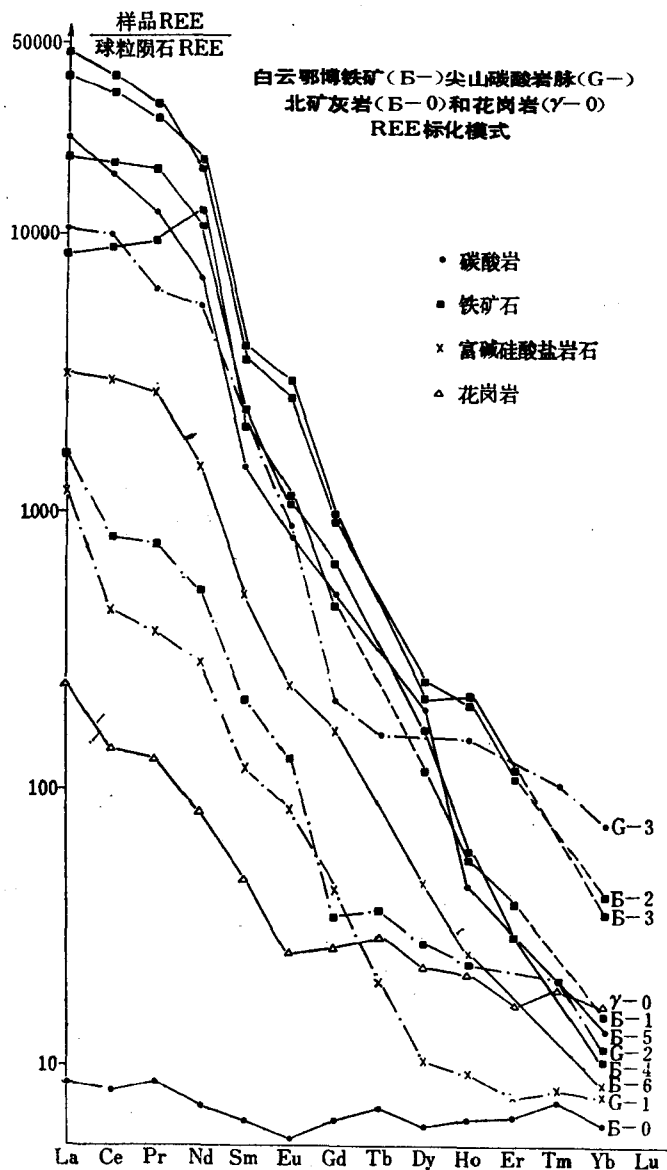


图5 稀土元素球粒陨石标准化型式

Fig. 5. Normalized pattern of the RE-bearing spherulitic meteorite.

B-1—块状稀土铁矿石；B-2—萤石型稀土铁矿石；B-3—霓石型稀土铁矿石；
B-4—钠闪石型稀土铁矿石；B-5—白云石型稀土矿石；B-6—富钾板岩；B-0—
北矿灰岩；G-1—尖山碳酸岩脉长石块体；G-2—尖山碳酸岩脉铁块体；
G-3—尖山碳酸岩脉体；Y-0—海西花岗岩

轴部的混合岩中，找到了数十条碳酸岩脉，脉厚1—2米，薄者仅0.4米，最厚的一条约17米。一般长30—50米，最长70米，走向大致南北，与区域地层走向近直交，倾角陡。碳酸岩脉的两侧或一侧有微斜长石带，碳酸岩中局部有富铁块体和方解石粗晶块体（图6）。其岩石化学成分见表1。我们用铷-锶法测得其等时线年龄为433百万年。贯入碳酸岩体

白云鄂博矿区岩石化学组分对比表 (%)

表 1

化学组分	世 界 碳酸岩①	白云鄂博矿区			世 界 沉积灰岩②	白云鄂博矿区			世 界 粘土岩③
		贯 入 碳酸岩	白云岩	宽沟北 灰 岩		贯入碳酸 岩脉长石 体	富钾板岩	宽沟北 板 岩	
SiO ₂	9.58	5.6	10	10	5.14	60.06	60.56	69.05	58.10
TiO ₂	0.65	0.18	0.42	0.03	0.07	0.275	0.24	0.55	0.65
Al ₂ O ₃	2.90	0.65	2	0.77	0.4	14.11	15.01	14.23	15.40
Fe ₂ O ₃	4.33	3.34	15	0.8	0.49	3.70	4.38	3.03	4.02
FeO	4.37	3.26				0.30	1.47	0.50	2.45
MnO	0.72	1.45	1.3	0.04	0.14	0.19	0.02	0.04	—
MgO	6.69	11	12	6	7.79	0.194	0.95	1.95	2.44
CaO	34.06	32	24	42	42.3	3.80	0.60	0.13	3.11
K ₂ O	1.47	0.57	0.9	0.28	0.16	11.05	12.44	4.51	3.24
Na ₂ O	1.02	0.62	0.7	0.1	0.03	0.32	3.41	0.36	1.30
S	0.61	0.31	0.6		0.12	0.002	0.12	—	0.26
P ₂ O ₅	1.86	1.45	0.95	0.08	0.05	0.102	0.24	0.11	0.17
F	0.73	未测	1	0.04	0.03	未测	0.11	0.02	—
BaO	0.26	2.25	0.5	0.03	0.001	0.97	0.25	0.07	0.05
SrO	0.40	0.72			0.07	0.005			
RE ₂ O ₃	0.25	2.51	2.5	0.07		0.13	0.43	0.03	
Nb ₂ O ₅	0.08	0.026	0.08	0.002	4×10 ⁻⁵	0.0087	0.04	0.004	1.5×10 ⁻³
样品数	128	2	40	8		1	8	3	
Nb/Ta	10—100	320	40—400	1.5—4	4—10	87	30—160	5—17	5—10
ΣCe/ΣY	4—22	28	67	1.5	1	27	39	4	3

①Hyndman(1963); ②D. P. Gold(1963); ③F. W. Clarke(1924)

的岩石化学成分和铈、稀土元素含量与白云岩相近, 长石块体成分与富钾板岩相近, 也与世界典型碳酸岩的成分一致。都富含铈和稀土元素, 铈钽比值大, 铈组稀土和钇组稀土比值大。稀土元素球粒陨石标准化型式呈陡的右倾形式, 不显铈异常, 与宽沟以北的灰岩和板岩明显不同 (图 5)。

二、矿床元素组合及相关关系

白云鄂博矿床的矿石类型可分四大类十九个亚类。四大类为稀土铁矿石、白云岩型稀土矿石、富钾板岩等硅酸岩稀土矿石、贯入碳酸岩稀土矿石。全区已查明的矿物近 150 种, 其中稀有元素和稀土元素矿物 41 种, 一般岩浆型碳酸岩中所常见的标型矿物, 本区都有。本矿区用普通测试手段已查明有感元素达 71 种, 可分三类: 1. 大于克拉克值的元素: C、F、Na、Mg、P、S、K、Ca、Sc、Mn、Fe、Sr、Nb、Ba、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Y、Th、; 2. 近于克拉克值元素: H、O、Al、Si、Cs、Ta、Rn、Ra、U; 3. 贫亏元素: Be、B、N、Li、V、Cr、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、As、Se、Rb、Zr、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Te、Hf、W、Re、Au、Te、Pb、Bi 等。

为了查明各类岩石及各种矿化剂对稀有元素的定量相关关系, 我们收集了各种岩石和

矿石的化学全分析资料 (带有Nb、Ta、REE、F 等的数据的)100件, 其中属 Pt_1 各种沉积岩的27件, 花岗岩类7件, 各类稀土铁矿石30件, 白云岩型稀土矿石16件, 硅酸盐类稀土矿石19件。每件样品取K、Na、Ba、P、F、Nb、Ta、REE八个变量, 在我所李裕伟同志协助下, 用电子计算机进行了相关分析、回归分析、因子分析和对应分析, 以探讨矿化元素之间, 矿化元素与挥发组分之间以及与各类岩石之间的内在关系, 其主要结果为:

1. 与铈的相关系数大于0.5的元素依次为P、REE、F、Ba。
2. 与稀土元素的相关系数大于0.5的元素依次为P、Ba、F、Nb (表2)。
3. 因子分析的第一因子包括铈、稀土元素、磷、氟和钡。而钽、钠、钾分属另外三个因子 (表3)。

相 关 关 系 矩 阵

表 2

	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	F ₂ O
BaO	1	-0.053	-0.199	0.778	0.501	-0.181	0.783	0.590
Na ₂ O	-0.053	1	0.11	-0.2	0.014	0.007	-0.035	-0.203
K ₂ O	-0.199	0.11	1	-0.37	-0.27	-0.04	-0.37	-0.31
P ₂ O ₅	0.78	-0.2	-0.37	1	0.66	-0.18	0.95	0.76
Nb ₂ O ₅	0.5	0.014	-0.28	0.66	1	-0.21	0.62	0.59
Ta ₂ O ₅	-0.18	0.007	-0.04	-0.18	-0.21	1	-0.18	-0.205
RE ₂ O ₃	0.783	-0.24	-0.36	0.95	0.62	-0.18	1	0.78
F ₂ O	0.59	-0.20	-0.31	0.76	0.59	-0.21	0.78	1

主 因 子 解

表 3

	1	2	3	4	5
BaO	0.816	-0.144	0.057	0.278	0.757
Na ₂ O	-0.218	-0.631	0.724	-0.021	0.970
K ₂ O	-0.436	-0.472	-0.358	0.657	0.973
P ₂ O ₅	0.953	0.031	0.021	0.107	0.932
Nb ₂ O ₅	0.749	-0.204	0.189	-0.076	0.645
Ta ₂ O ₅	-0.261	0.644	0.520	0.483	0.988
RE ₂ O ₃	0.952	0.055	-0.020	0.115	0.933
F ₂ O	0.852	0.015	-0.060	0.033	0.731

4. 上述100件样品及八个变量通过对应分析处理, 在对应因子座标图上, 自然地展布成一个四面体图解, 白云岩型稀土矿石及稀土铁矿石类型和Nb、REE、P、F、Ba 集中于一个角顶, 代表一组关联。而Ta、Na、K与其他岩石和矿石类型, 分别构成另外三个角顶 (图7)。

从上述资料可明显看出: 铈、稀土元素、P、Ba、F、Fe、C、S等密切相关, 是同一地质作用的产物, 与钠、钾的关系次之。

为了查明白云鄂博矿床中一些特征元素的相对富集程度, 我们又以白云岩中一些元素的含量与地壳、花岗岩及碳酸盐岩石的平均值进行对比计算, 其相应富集系数如表4。富

三、稳定同位素资料

从探讨矿床成因的角度出发,近年来许多单位作了大量稳定同位素研究。1979年杨风筠同志作了130个硫同位素,主、东铁矿体 $\delta S^{34} = -3.7 - +7.8\%$, 平均 $\delta S^{34} = 2.93\%$ (31件); 西矿段 $\delta S^{34} = -4.2 - +4\%$, 平均 $\delta S^{34} = 0.52\%$ (99件), 塔式分布明显(图8)。

黄铁矿中都含有大于1%的Ba和Pb, 并含有Co、Cu、Mn、Ti、Ni、Bi、Ag、Ce、La、Si、Ca等重金属。杨风筠同志认为:“白云鄂博矿床硫化物的成因明显地不同于 S^{32} 大量富集的变化范围宽的典型生物型的硫化矿物, 但不同于绝大部分的硫来自海水硫酸盐的海相沉积硫化物, ……其中硫和一部分成矿物质主要来自深部, 并可能与火山成因有关, ……”。

锶同位素的研究进展较快, 我们系统作了白云岩、铁矿、富钾板岩及贯入碳酸岩的锶同位素, 其 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值为0.704—0.706 (表5)。魏明秀同志所作矿区磷灰石的 Sr^{87}/Sr^{86} 初始比值为0.703519—0.704129 (表6)。说明其成矿物质来源于地幔深部, 与世界典型碳酸岩一致。而宽沟背斜以北的灰岩(表5)及 H_3 黑色板岩(表6)的锶同位素初始比值都在0.72108—0.7254之间, 系陆源沉积。成忠礼同志所作富钾板岩的锶同位素比值为0.7089, 姜传武同志作的矿区黑云母的锶同位素比值为0.70863, 我们所作钠长石带的锶同位素比值为0.7139, 可能有部分壳层物质混入之故。

矿区内磁铁矿中的氧同位素变化不大, $\delta O^{18} = -2.99 - +4.2\%$, 平均为1.145%, 与国外碳酸岩体中磁铁矿的氧同位素值相近 (表7)。

宽沟以北矿区内灰岩的碳、氧同位素与一般正常沉积灰岩基本一致。矿区内白云岩的 $\delta O^{18} = +10.5 - +16.5\%$, 平均12.4%; $\delta C^{13} = -4.5 - +1.4\%$, 平均-2.9% (表8)。姜传武、魏菊英等同志认为这一数值与一般岩浆碳酸岩的数值($\delta O^{18} = +6 - +8.5\%$, $\delta C^{13} = -4.5 - -8.0\%$)不一致, 应属海相沉积碳酸岩。我们收集和分析了国外碳酸岩的同位素资料, 认为一般国外找到的多是以方解石为主的碳酸岩, 其碳、氧同位素的统计资料正如上述, 但白云石碳酸岩的碳、氧同位素值比共生的方解石要高, 如表9是国外四个

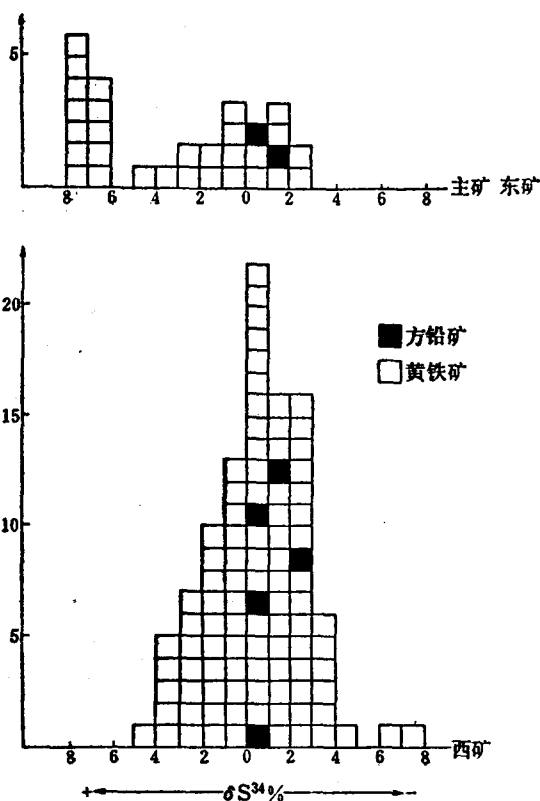


图8 硫化物的 δS^{34} 统计图 (引自杨风筠资料)
Fig. 8. Statistical diagram of δS^{34} in sulfides. (Data from Yang Fengjun)

白云鄂博矿区碳酸岩的锶同位素

表 5

层 位	序 号	岩石名称	Rb ⁸⁷ 微克原子/克	(Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶) 测定值	(Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶) 初始值	备 注
Pt ₁ ³	1	灰 岩	0.00373	0.7255	0.7254	按 T = 756 × 10 ⁶
	2	灰 岩	0.03896	0.72178	0.72108	
Pt ₂ ²	3	白 云 岩	0.06824	0.70506	0.704	T = 458 × 10 ⁶
	4	白 云 岩	0.00142	0.7030		
	5	白 云 岩	0.00222	0.7033		
	6	铁 矿 石	0.0031	0.7069		
	7	长石板岩	0.3187	0.7555		
贯入碳酸岩	8	碳酸岩	0.00423	0.7042	0.706	T = 433 × 10 ⁶
	9	碳酸岩	0.08916	0.7083		
	10	铁 矿 石	0.02378	0.7063		
	11	钾长石带	0.2824	0.7173		
	12	钠长石带	0.01336	0.7142	0.7139	按 T = 446 × 10 ⁶
分析人员		夏 明 仙		罗 修 泉		

白云鄂博矿区部分岩石和矿物的锶同位素

表 6

样 品 名 称	取 样 地 点	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	资料来源
磷灰石	主铁矿体	0.704108 (三件平均)	魏 明 秀
磷灰石	西 矿 段	0.703636 (三件平均)	
Pt ₁ ³ (H ₃) 板岩	尖山附近	0.7229 ± 0.0034—0.7253 ± 0.0017	成忠礼等
Pt ₁ ³ (H ₃) 板岩	都拉哈拉附近	0.7079 ± 0.0016	成忠礼等
Pt ₂ ² (H ₃) 富钾板岩	东铁矿上盘	0.7089 ± 0.0018	成忠礼等
黑云母	铁矿体上盘	0.7086 ± 0.0004	姜传武等

磁 铁 矿 的 氧 同 位 素

表 7

矿区名称	矿 石 型 型	δO ¹⁸ (‰)		资料来源
		变 化 范 围	平 均	
白 云 鄂 博	西矿段白云石钠闪石型稀土铁矿石	+0.76—+1.92	1.69(5) ①	作 者 (金生今测定)
	主东矿段块状稀土铁矿石	-2.99—+3.55	-0.09(9)	
	白云石型磁铁矿	0.0—3.6	+1.3(28)	魏菊英等
	萤石型磁铁矿	-0.5—+3.6	+1.8(4)	
	钠闪石型磁铁矿	+0.5—+3.0	+1.8(5)	
	黑云母型磁铁矿	+1.3—+4.2	+2.9(6)	
	块状磁铁矿	-1.1—+1.3	+0.2(7)	
	霓石型磁铁矿	-1.4—+0.7	-0.3(4)	
	全 矿 区	-2.99—+4.2	+1.145(68)	
奥卡马格内特 科夫	碳 酸 岩	0.7—2.9	2.05(8)	[11]
	碳 酸 岩		1.1(2)	

① 括号内数字为分析样品数目

白云鄂博矿区碳酸盐矿物的碳、氧同位素

表 8

矿物名称	δC^{13} (‰)		δO^{18} (‰)		资料来源
	变化范围	平均	变化范围	平均	
方解石 (灰岩)		-2.9		+12.4	
白云石 (白云岩)					
白云石 (贯入碳酸岩)					
菱 铁 矿	-6.57—-3.36	-4.73	10.2—11.31		姜传武等
方 解 石	-5.52—-3.75	-4.88	9.24—19.39		
白 云 石	-2.59—+0.36	-0.85—0.36	8.28—14.98		
灰 岩	-4.5 —+1.1	-2.27 (8)	+16.4—20.6	+18.35 (10)	魏菊英等
围 岩 白 云 岩	-1.4 —+1.4	-0.5 (19)	+13.3—+16.5	+14.7 (19)	
矿 化 白 云 岩	-1.6 —-0.1	-1.2 (10)	+11.7—+13.6	+12.8 (10)	
含 矿 白 云 岩	-4.5 —-1.2	-2.5 (12)	+10.5—+11.9	+11.1 (12)	
贯入碳酸岩脉	-4.8 —-2.5	-3.97 (3)	+10.2—+11.6	+10.4 (3)	

注：矿化白云岩含铁15—20%，含矿白云岩含铁大于20%

方解石碳酸岩和白云石碳酸岩的碳、氧同位素对比

表 9

岩石类型	产地名称	δC^{13} (‰)		δO^{18} ‰	资料来源
		变化范围	平均		
方解石 碳酸岩	凯泽斯图	-7.5—-5.4	-6.4 (22)	+3—+9.1	[13]
	阿尔诺	-9 —-4	-6.3 (8)		
	科拉半岛	-9.2—-5.6	-6.4 (12)		
	东萨彦区	-4.6	-4.6		
白云石 碳酸岩	凯泽斯图	-3.5—-3.4	-3.5 (2)	+12—+14	
	阿尔诺	-3.6—-3.4	-3.5 (4)		
	科拉半岛	-4.4	-4.4		
	东萨彦区	-2.4	-2.4		

地区的对比资料,其方解石碳酸岩的碳、氧同位素与世界碳酸岩^①的统计值一致,而白云石碳酸岩的值则与白云鄂博白云岩的碳、氧同位素值相近。魏菊英等同志认为围岩白云岩与含矿白云岩的同位素值有规律递变 (图 9) 的原因是因含铁量的不同。我们认为可能还有另外两种原因。其一,主、东铁矿体附近正是深源物质喷溢中心,取自铁矿体附近的样品 (含矿白云岩),更多的反应了岩浆碳酸岩同位素特点,远离铁矿体的白云岩,可能混入了部分海水的碳、氧而使数值增大,图 9 正反映了这种变化趋势。其二,也可能是因温差而发生同位素分馏。如北京大学刘本立等同志^[9]所撰写的“大红山古火山口碳酸盐围岩的氧、碳同位素研究”一文指出:“环绕火山喷发中心的方柱石大理岩,其 $\delta O^{18} \approx 10\%$, $\delta C^{13} = -1.5\%$; 远离火山喷发中心的方柱石大理岩 $\delta O^{18} = 17-19\%$, $\delta C^{13} = 0.16-0.86\%$; 过渡带的 $\delta O^{18} = 14 \pm 1\%$, $\delta C^{13} \approx -0.7\%$ ”。故白云鄂博白云岩的碳、氧同位素的递变,也可能是由于与喷溢中心距离的不同 (温度差异) 而导致同位素分馏的结果。

王守信等同志测了矿区四个易解石的钐、钕同位素^[10], $Sm^{147}/Nd^{144} = 0.093-0.117$, $Nd^{143}/Nd^{144} = 0.510428-0.512160$, 其结果与硷性玄武岩的一致,也与乌干达等碳酸岩

① 一般火成碳酸岩的 δO^{18} (‰) 为 +6.0 到 +8.5; δC^{13} (‰) 为 -8.0 到 -5.0

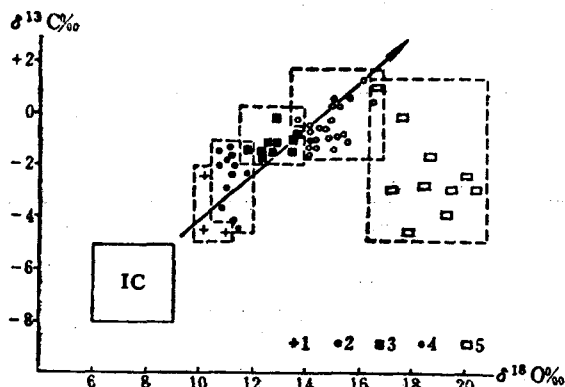


图9 矿区碳酸盐矿物中碳、氧同位素对应图
(据上官志冠资料)

Fig. 9. Isotope diagram of carbon versus oxygen in carbonate minerals from the mining area. (Data from Shangguān Zhiguan)

IC—典型方解石碳酸岩区, 1—贯入白云碳酸岩, 2—含矿白云岩, 3—矿化白云岩, 4—围岩白云岩, 5—灰岩

的钕、钐同位素相近。用各种矿物对的同位素计算的温度多为250—350℃, 与其平衡的水溶液的 $\delta O^{18} = +7.4 - +7.9\%$, 介于岩浆水的变化范围①。磁铁矿②的爆裂温度有两组, 第一组起爆温度为300—320℃; 第二组起爆温度为620—650℃。白云石③和萤石的均一温度多在80—120℃, 部分高达300℃。

四、元素富集特征及成矿机制

白云鄂博矿床特别富集铌、铈组稀土元素及Th、Fe、Ba、Sr、S、F、P、Ca、Mg、K、Na等, 且Nb/Ta和 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 比值大, 稀土元素球粒陨石标

准化型式曲线向右陡倾, 不具铈的负异常。不同于花岗岩的地球化学特点, 也不为一般沉积岩所具有。相反, 矿床中所贫亏的元素, 正是一些花岗岩和某些沉积岩所富集成矿的元素。如钽、铍、锂、铀、钼、铯、钨、锡等在某些蚀变花岗岩中富集; 锂、铷、铯等常在高盐度卤水中富集; 钒、钴、镍、钼等在某些黑色页岩中富集; 铅、锌、铜、铀等在国内外都广泛的形成层控矿床。白云鄂博矿床中普遍贫亏上述元素, 正说明其成岩成矿作用与一般正常沉积作用不一致, 与花岗岩也无明显成因关系。矿床富集的元素又是怎样分布的呢? Ca、Mg、Fe、Mn、K、Na等造岩元素, 在成矿过程中, 发生了明显分异, 分别集中于白云岩、铁矿石、富钾板岩和霓石岩中, 所形成的岩石和矿石的厚度, 又以主、东铁矿体附近最厚, 总和在1000米左右, 最西端仅厚100米, 最东端不足50米, 状如扁锥体。而Nb、REE、P、S、F等的分布却另具特色, 在所有各类矿石中, 从东到西, 从上到下, 普遍地、连续地、比较均匀地分布。但总的趋势是主、东铁矿体附近稀有元素和挥发组分含量最高, 向东、南、西三面逐渐变低。中心部位与边缘部位的F和REE浓差比为10:1, 其他元素的浓差比较小。这说明成矿物质的来源区在主、东铁矿体附近, 各种成矿组分以扩散作用和粘滞性流动等方式富集, 构成了白云鄂博矿床各类矿石的矿化特征, 即海相火山喷溢沉积成矿特征。

白云鄂博矿床位于两大构造单元或两大古板块的接合部位, 由于深断裂而造成的压力释放区促成了地幔物质轻度地局部熔融, 形成了富铌、铈组稀土元素、铁及挥发组分的碳酸岩浆; 在其上升过程中, 发生了熔离作用, 分异出粗面质岩浆和富铁流体; 在稀土元素

① 据姜传武资料。

② 据梁有彬等1979年资料。

③ 据王中刚等1982年资料。