

## 白云鄂博矿床赋矿微晶丘的论证\*

章雨旭<sup>1</sup> 彭阳<sup>2</sup> 乔秀夫<sup>2</sup> 杨晓勇<sup>3</sup> 高林志<sup>2</sup> 郝梓国<sup>1</sup>

(1 中国地质科学院,北京 2 中国地质科学院地质研究所,北京

3 中国科学技术大学地球与空间科学系,合肥)

**提 要:** 据白云鄂博矿床赋矿白云岩的分布、与下伏砂岩及上覆板岩的关系及内部特征,识别出该白云岩为一种生物丘——微晶丘。结合其他证据,认为白云鄂博矿床是与微晶丘及火山作用和碱性热液叠加有关的层控矿床。

**关键词:** 微晶丘 稀土矿床 铁矿床 铌矿床 内蒙古白云鄂博

对白云鄂博矿床已有十分悠久且详细的研究,然而对其成因仍有多种意见,关键问题是对赋矿白云岩的成因尚有多种认识。有人认为其为正常沉积<sup>[1-9,26,27]</sup>,有人认为其为岩浆侵入<sup>[10-13,28]</sup>有人则认为其与火山作用有关<sup>[14-19]</sup>,还有人认为与深源热卤水有关<sup>[20]</sup>。

笔者等于1996年秋短期考查发现,赋矿白云岩与腮林忽洞群顶部的微晶丘在宏观上十分相似,推测它可能亦为一微晶丘<sup>[21]</sup>。微晶丘主要由碳酸盐微晶组成,其成因与生物或微生物有关,常形成于深缓坡环境<sup>[22-24]</sup>。受地质行业科学技术发展基金资助,笔者等对白云鄂博矿床赋矿白云岩及与矿床成因有关的问题进行了进一步研究,获得了一些新的证据,笔者曾作了摘要报道<sup>[25]</sup>,现作较详细的交代。

## 1 赋矿白云岩特征

## 1.1 赋矿白云岩分布特征

在白云鄂博矿区,主赋矿层为灰褐、黄褐色中厚层状至块状白云岩、含铁白云岩,富含稀有、稀土元素,以前认为与宽沟北  $H_6$  相当,较新资料认为应与  $H_5$  对比<sup>[18,19,9]</sup>。张鹏远等<sup>[9]</sup>划为  $H_5^2$ 。下伏 ( $H_5^1$ ) 灰黑色磷质白云母片岩、硅质板岩、含磷黑云母板岩、泥板岩夹灰绿色绿帘绿泥板岩和少量白云岩,厚 385.1 m。上覆 ( $H_5^2$ ) 灰黑色钠闪斜长片岩、硅质岩、淡绿色条带状硅质岩、暗绿色富钾板岩、富钾粗玄岩,厚度大于 27.1 m<sup>[9]</sup>。赋矿白云岩东西长达 18 km,南北宽约 2 km,矿区白云岩中部厚 500~700 m,向四周渐薄,东端仅厚 50 m,西端厚 100 m,南端厚 100~200 m<sup>[19]</sup>。在宽沟背斜北翼,  $H_1 \sim H_4$  各层均可与白云鄂博矿区(在宽沟背斜南翼)逐一对比,而赋矿地层  $H_5$  在北翼为中、薄层灰岩和白云质灰岩<sup>[9]</sup>。

## 1.2 赋矿白云岩与下伏砂岩及上覆板岩的关系

笔者在白云岩分布的最东端见到在白云岩的中、下部和底部夹有多层砂岩夹层,而在白云岩的上部夹有黑色板岩夹层(图1、图2)。在上覆的板岩层中也可见白云岩夹层。在白云岩分布的最西端,白云岩中夹有多层板岩和少量砂岩,且可见含石英砾屑的白云岩具粒序层理(图3)。这些特征表明,白云岩与下伏

\* 国家自然科学基金(编号:49772093)和地质行业科学技术发展基金(编号:959622)资助项目

章雨旭,男,1960年生,副研究员,主要从事区域地质学、成矿学和沉积学研究和编辑工作。邮政编码:100037;

E-mail: geoview@public.bta.net.cn

① 章雨旭、彭阳、乔秀夫等,1997,白云鄂博矿床成因证据新发现,“'97资源、环境与可持续发展”学术讨论会论文摘要集,山东东营

② 内蒙古自治区第一区域地质研究院一、二分队,1996,中华人民共和国区域地质调查图幅说明书,白云鄂博幅(1:50000)

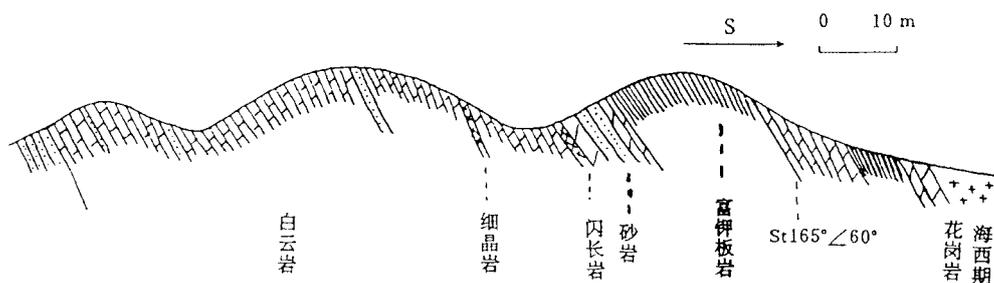


图1 白云鄂博东矿东起第二探槽剖面示意图

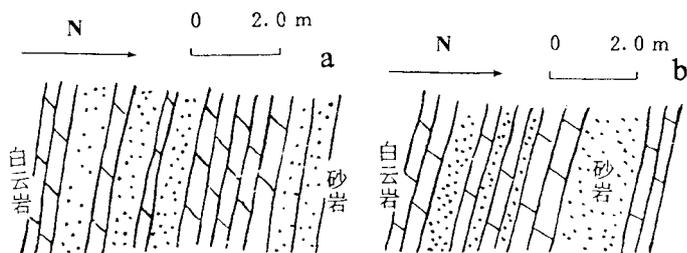


图2 白云鄂博东矿东起第二探槽白云岩与砂岩互层素描图  
a. 近底部; b. 中部

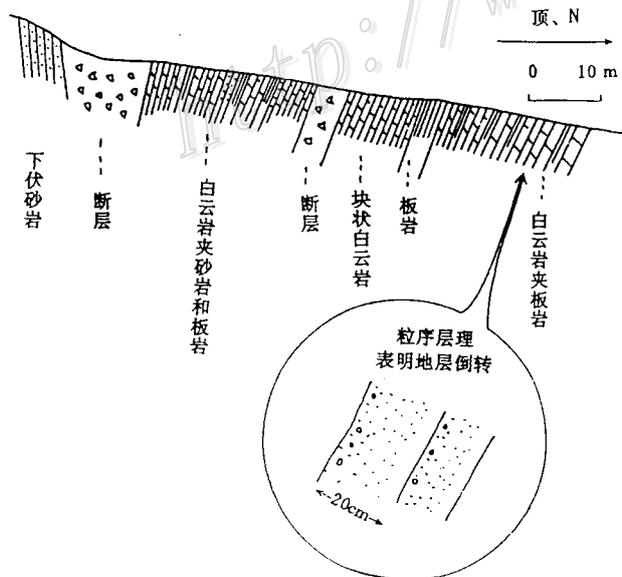


图3 白云鄂博西矿西起第一探槽剖面示意图  
白云岩中夹砂岩和板岩。白云岩具粒序层理，示地层倒转

砂岩及上覆板岩是渐变过渡的。

### 1.3 赋矿白云岩内部特征

赋矿白云岩呈块状、巨厚层状，少见一般沉积结构构造。正是这种特征导致有人认为它不是沉积岩。

然而，笔者在东矿以东的露头上见到有藻纹层，还见板岩呈砾块状、透镜状散布于白云岩中。孟庆润（1982）在赋矿白云岩中已发现有蓝绿藻的藻灰结核、菌藻类、孢子和拟串藻丝状体，化学分析还表明细晶白云岩中的有机碳可高达0.20%，甚至已经超过了碳酸盐岩生油岩的标准（0.10%）；侯宗林（1989）报道在白云质大理岩和暗色板岩萃取物中发现有12种氨基酸。显微镜观察岩石薄片可见微晶白云石、陆缘碎屑石英等。

## 2 上覆板岩特征

据袁忠信等（1995）研究，上覆板岩为火山沉积岩变质而成。笔者也在板岩薄片的显微镜观察中发现具有玻屑结构。可见1~2 mm大小的隐晶质椭球体具同心环状构造，有可能是微小的枕状构造。还可见一些褐色弯曲条状玻屑。

元素定量分析表明，即使在主矿的矿体中心，板岩的矿化也很弱，仅Ba、Pb、Mo、Ce等有富集（表1）。而全岩化学分析表明，主要氧化物K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、CaO、MgO、SiO<sub>2</sub>等的变化范围却很大（表2），特别是K<sub>2</sub>O，高者达15.25%和13.14%，而低的仅有2.16%。

表 1 白云鄂博矿区板岩微量元素 ( $10^{-6}$ ) 等离子光谱定量分析

样品号	样品名称	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb
Z102513	主矿中心板岩	2900	<1.00	20.07	14.77	28.43	11.21	24.48	12.71	539.30
Z102415	东矿东板岩	4400	<1.00	12.26	78.15	59.62	9.61	43.25	12.59	56.95
页岩平均值 (Turekian and Wedepohl, 1961) <sup>[25]</sup>		580	3	19	90	45	19	60	68	20
样品号	样品名称	Sr	Th	V	Zn	Bi	Cd	Mo	Ta	Zr
Z102513	主矿中心板岩	332.70	12.65	3.81	149.60	<10.00	<1.00	148.40	<10.00	5.00
Z102415	东矿东板岩	206.50	61.86	101.40	94.33	<10.00	1.37	<4.00	<10.00	60.68
页岩平均值 (Turekian and Wedepohl, 1961) <sup>[25]</sup>		300	12	130	95	?	0.3	2.6	0.8	160
样品号	样品名称	La	Ce	Nd	Sm	Dy	Y	Yb	Sc	
Z102513	主矿中心板岩	51.46	86.86	42.63	4.61	<1.50	4.76	<0.30	1.21	
Z102415	东矿东板岩	111.70	207.10	68.75	10.49	4.54	9.80	1.21	9.88	
页岩平均值 (Turekian and Wedepohl, 1961) <sup>[25]</sup>		92	59	24	6.4	-	26	2.6	13	

注: 由国家地质实验测试中心测试

表 2 白云鄂博矿床板岩全岩化学分析 (%)

样品号	岩石名称	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub>
Z10262	东矿顶板板岩	0.61	1.39	18.57	54.30	0.02	13.14	1.58	0.43	0.08	1.47	6.34	1.18	1.35
Z102419	东矿东板岩	3.61	6.63	12.86	47.55	0.22	2.16	7.57	1.91	0.24	3.85	9.83	1.50	1.61
Z102513	主矿中心板岩	0.76	1.03	17.62	61.47	0.05	15.25	0.89	0.05	0.05	0.06	0.91	0.60	1.09
Z102415	东矿东板岩	4.00	1.78	19.18	56.29	0.10	8.17	1.24	0.52	0.11	1.54	4.49	1.16	1.49

注: 由国家地质实验测试中心测试

### 3 其他证据

笔者发现, 在白云岩分布区的最东端, 在下伏于赋矿白云岩之下的 H<sub>4</sub> 砂岩中有霓石-钠闪石脉切穿砂岩层理 (图 4), 其中的 Na、La、Ce、Zn、Li 等有明显富集 (表 3)。在白云岩分布区的最东端, 在白云岩与海西期花岗岩的接触带可见花岗岩中有几厘米宽的霓石化-闪石化白云岩角砾。

### 4 讨论

(1) 赋矿白云岩中间厚四周薄, 呈一长透镜状, 具备生物丘的形态; 它近东西向延长, 平行于古海岸线, 与台地边缘生物丘的特点相符; 块状白云岩仅分布于宽沟背斜南翼, 这反映了生物丘严格受环境控制的特点。

(2) 赋矿白云岩与砂岩、板岩互层及其中的粒序层理确证了其沉积成因, 而其中富含有机质、含有藻类化石、氨基酸及其中的藻纹层构造则表明了其形成与生物作用有关。其巨厚层块状构造则表明它与一般沉积成因的白云岩不同。

(3) 与白云岩互层及上覆的板岩的矿化很弱, 而其 K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、SiO<sub>2</sub> 等造岩元素的变化却很大, 可能表明其沉积物是多来源的, 可能是碱性火山作用的凝灰质和陆缘细碎屑混合而成。同期的火山作用对生物丘的发生、发展和死亡有强烈的控制作用: 生物丘内部板岩夹层代表由于火山灰覆盖而导致生物丘生长暂停; 生物丘顶部板岩盖层则代表由于火山灰覆盖而导致整个生物丘死亡。

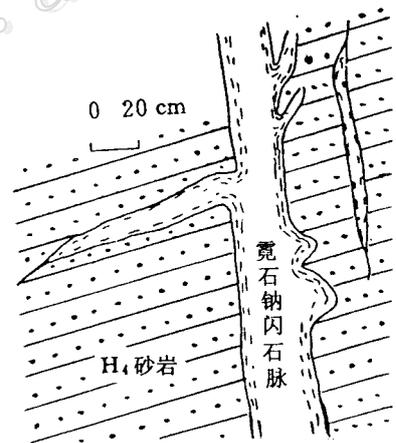


图 4 白云鄂博东矿东白云岩层下伏砂岩中霓石-钠闪石脉

表3 白云鄂博矿床下伏砂岩中霓石-钠闪石脉与矿石的等离子光谱定量分析

样品号	样品名称	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na	Ti	Mn	P
Z102627	东矿条带状矿化白云岩	0.33	12.72	4.77	0.11	<0.20	5.05	0.69	0.03	0.22
Z10255	主矿条带状矿化白云岩	6.36	9.83	9.11	1.69	3.07	3.26	0.12	0.19	0.58
Z10239	下伏砂岩中矿脉中心	0.28	16.59	1.74	1.77	<0.20	7.10	0.48	0.20	0.04
Z10236	下伏砂岩中矿脉边缘	1.12	8.13	2.08	2.95	0.59	4.01	0.16	0.13	0.58
地壳平均丰度 (Ведеполь, 1967)		7.83	3.54	2.87	1.39	2.82	2.45	0.47	0.07	0.08
样品号	样品名称	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Ga	Li	Ni	Pb
Z102627	东矿条带状矿化白云岩	11800	<1.00	13.60	15.67	<2.00	175.80	16.68	7.74	<13.00
Z10255	主矿条带状矿化白云岩	2900	<1.00	17.53	44.97	43.58	<5.00	34.93	15.27	1300
Z10239	下伏砂岩中矿脉的中心	1700	<1.00	4.30	31.84	19.18	<5.00	174.00	<4.00	23.32
Z10236	下伏砂岩中矿脉的边缘	1100	<1.00	18.25	27.56	16.94	<5.00	200.00	10.00	117.80
地壳平均丰度 (Ведеполь, 1967)		590	2	12	70	30	17	30	44	15
样品号	样品名称	Sr	Th	V	Zn	Bi	Cd	Mo	Ta	Zr
Z102627	东矿条带状矿化白云岩	704.70	2300	238.50	74.90	147.20	<1.00	29.66	<10.00	13.99
Z10255	主矿条带状矿化白云岩	1000	471.70	40.50	555.70	51.15	<1.00	494.30	<10.00	18.44
Z10239	下伏砂岩中矿脉中心	703.40	13.83	117.60	253.00	<10.00	<1.00	<4.00	<10.00	553.50
Z10236	下伏砂岩中矿脉边缘	980.90	15.12	40.90	259.30	<10.00	<1.00	<4.00	<10.00	46.27
地壳平均丰度 (Ведеполь, 1967)		290	11	95	60	0.2	0.2	1	3.4	160
样品号	样品名称	La	Ce	Nd	Sm	Dy	Y	Yb	Sc	
Z102627	东矿条带状矿化白云岩	32600	45500	9900	<2.50	20.44	327.40	6.52	264.30	
Z10255	主矿条带状矿化白云岩	1300	2500	1100	181.30	26.91	113.50	2.21	31.57	
Z10239	下伏砂岩中矿脉中心	618.50	799.90	147.80	<2.50	2.49	5.99	1.86	66.63	
Z10236	下伏砂岩中矿脉边缘	139.10	289.70	115.10	17.02	10.42	26.39	1.36	21.55	
地壳平均丰度 (Ведеполь, 1967)		44	75	30	8.6	6.1	34	3.4	14	

注：由国家地质实验测试中心测试；表中元素符号从Al至P单位为%，其余单位为 $10^{-6}$

(4) 下伏砂岩中的霓石-闪石脉，与矿体的矿化接近，可以表明成矿与富钠质的热液作用有关，且热液来源于深部，而不是白云岩中。

(5) 海西期花岗岩中包含矿化的白云岩角砾表明白云鄂博主矿和东矿的矿化早于海西期花岗岩的侵位，与海西期花岗岩无关。

(6) 基于赋矿白云岩为生物丘及上覆板岩为火山-沉积岩的认识，有关白云鄂博矿床成因的许多问题可以得到合理的解释(图5)：①所有白云岩无论铁矿化强弱均富含稀土和铈等微量元素，这可归因于碱性火山喷发带来的微量元素受到了造丘生物的同期富集；②白云岩中有大量铁白云石和菱铁矿，表明部分铁可能为沉积同生富集，其中生物起到了重要作用；③而由于生物丘白云岩孔隙度高、透水性好，化学性质活泼，因而在后期热液成矿期受到热液的选择性交代，成为主要赋(铁)矿地层。由于铁矿化主要是后期热液交代形成，故其矿化不均匀，主矿和东矿铁矿体中间的板岩夹层矿化就很弱；④由于丘体生长时伴有碱性火山活动，故在其形成时必然会由生物作用捕获大量碱性火山作用带来的元素，形成后又经历了热液作用的叠加，因而其地球化学性质必然很复杂，具有某些火成碳酸岩特征也就是完全可能的了。

## 5 结论

①白云鄂博矿床赋矿白云岩既非正常沉积成因，也非岩浆成因，而是一种生物丘——微晶丘；②白云鄂博矿床的形成与微晶丘及碱性火山作用密切相关，且有富钠热液叠加，为一种狭义层控矿床；③白云鄂博东南约25 km的黑脑包地区的腮林忽洞群顶部亦有一个厚达100余米的微晶丘，经仔细的野外勘查发现，在微晶丘分布的几个山顶上均有较多的褐铁矿帽，局部铁品位很高，因而，在黑脑包腮林忽洞群微晶

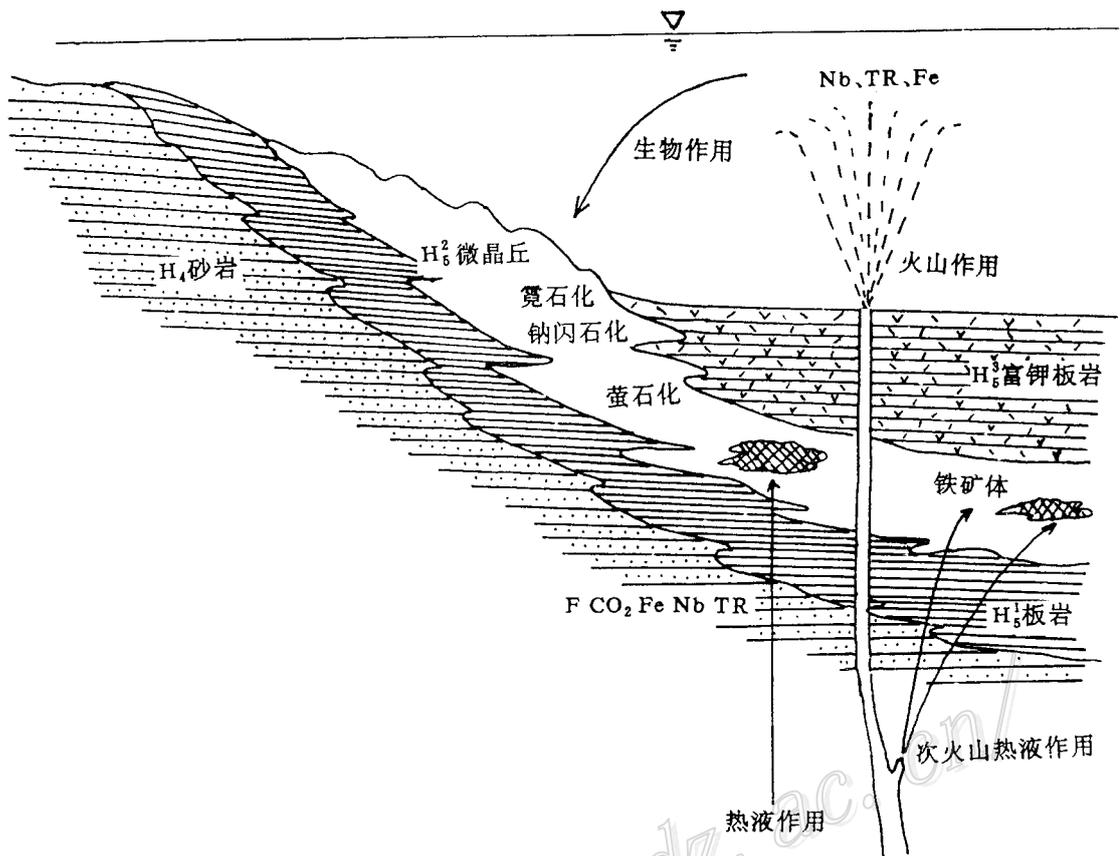


图5 白云鄂博矿床成矿过程示意图

丘中是否有与白云鄂博矿床相似的矿化是很值得进一步研究勘查的。

在本项研究的野外工作中得到白云鄂博矿山梁宝文科长、吴占江高级工程师和张钟涛先生等的多方支持，笔者在此表示诚挚的感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 孟庆润. 论白云鄂博铁矿含矿围岩——白云岩的沉积成因及其沉积环境分析. 地质论评, 1982, 28 (5): 481~489.
- 2 魏菊英, 上官志冠. 内蒙白云鄂博铁矿床中磁铁矿和赤铁矿的氧同位素组成. 地质科学, 1983, (3): 217~224.
- 3 魏菊英, 上官志冠. 白云鄂博铁矿围岩白云岩的氧、碳同位素组成及其成因. 岩石学研究 (第2辑). 北京: 地质出版社, 1983. 14~21.
- 4 蔡秀成, 富毓德, 唐荣炳. 白云鄂博矿区碎屑矿物磷灰石的发现及其地质意义. 矿物学报, 1984, 4 (4): 353~356.
- 5 侯宗林. 白云鄂博铁-铌-稀土矿床基本地质特征、成矿作用、成矿模式. 地质与勘探, 1989, 25 (7): 1~5.
- 6 赵景德, 任英忱, Mitsunobu Tatsumoto 等. 以多种证据建立的白云鄂博矿床成矿矿物生成顺序. 地质找矿论丛, 1991, 6 (4): 1~17.
- 7 孟庆润, Drew L.J. 内蒙白云鄂博“H<sub>2</sub>含矿白云岩”氧、碳同位素研究及其成因. 地质找矿论丛, 1992, 7 (2): 46~54.
- 8 曹荣龙, 朱寿华, 王俊文. 白云鄂博铁-稀土矿床的物质来源和成因理论问题. 见: 中国地质学会矿床专业委员会

- 编. 第五届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 1993. 179~183.
- 9 张鹏远等. 白云鄂博地区地质构造特征. 见: 中国地质科学院天津地质研究所所刊, 第28号. 北京: 地质出版社, 1993. 1~86.
  - 10 周振玲, 李功元, 宋同云等. 内蒙古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): 35~42.
  - 11 孟庆昌. 白云鄂博碳酸盐矿床的成因特征. 地质与勘探, 1981, (3): 10~17.
  - 12 刘铁庚. 白云鄂博白云岩氧、碳同位素组成及其成因讨论. 地质论评, 1986, 32 (2): 150~159.
  - 13 刘铁庚. 白云鄂博白云碳酸岩的地质和地球化学特征. 岩石学报, 1985, 1 (3).
  - 14 白鸽, 袁忠信. 白云鄂博矿床成因分析. 见: 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 第4号, 地质出版社, 1983. 1~17.
  - 15 袁忠信, 白鸽, 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.
  - 16 袁忠信, 白鸽, 吴澄宇等. 内蒙白云鄂博矿区 H<sub>0</sub> 中火山岩岩石特征及意义. 矿床地质, 1995, 14 (3): 197~205.
  - 17 白鸽, 袁忠信等. 白云鄂博矿床地质特征和成因论证. 北京: 地质出版社, 1996. 1~104.
  - 18 王辑, 李双庆. 狼山-白云鄂博裂谷系及其成矿特征. 见: 地质矿产部沈阳地质矿产研究所主编. 中国北方板块构造论文集, 第2集. 北京: 地质出版社, 1987.
  - 19 王辑, 王保良, 徐成海等. 内蒙古渣尔泰山群与白云鄂博群时代对比及含矿性. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989. 104~106.
  - 20 陈辉, 邵济安. 白云鄂博地区碳酸岩的形成方式及构造背景. 见: 地质矿产部沈阳地质矿产研究所主编. 中国北方板块构造论文集, 第2集. 北京: 地质出版社, 1987. 73~79.
  - 21 乔秀夫, 高林志, 彭阳, 章雨旭. 内蒙古腮林忽洞群综合地层和白云鄂博矿床赋矿微晶丘. 地质学报, 1997, 71 (3): 202~211.
  - 22 钱宪和. 微晶灰岩与微晶丘. 它们的问题与成因. 台湾中央地质调查所特刊. 1991 (5): 213~287.
  - 23 季强, 章雨旭. 从层序地层学研究试论华北地区寒武系与奥陶系分界. 地质论评, 1997, 43 (3): 241--248.
  - 24 彭阳, 季强, 章雨旭, 乔秀夫. 北京西山及邻区寒武系顶部微晶丘特征及层序地层学意义. 地质论评, 1998, 44 (1): 35~43.
  - 25 章雨旭, 彭阳, 乔秀夫, 高林志, 杨晓勇. 白云鄂博矿床赋矿白云岩成因新认识. 地质论评, 1998, 44 (1): 70.
  - 26 Drew L J, Meng Qingrun and Sun Weijun. The Bayan Obo Iron-rare-earth-niobium deposits, Inner Mongolia, China. Lithos, 1990 (26): 43~65.
  - 27 Chao E C T, Back J M, Minkin J A and Ren Yinchun. 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.
  - 28 Le Bas M J, Spiro B, Yang Xueming. Oxygen, carbon and strontium isotope study of the carbonatitic dolomite host of the Bayan Obo Fe-Nb-REE deposit, Inner Mongolia, N China. Mineralogical Magazine, 1997, 61: 531~541.