维普资讯 http://www.cqvip.com

铅锌矿床，矿化，钾交代作用，矽卡岩

第3卷 第4期 有色金属矿产与勘查 Vol. 3, No. 4
1994年 8月 GEOLOGICAL EXPLORATION FOR NON-FERROUS METALS Aug., 1994

206-211

阿尔泰大桥铅锌矿矿床分带和交代蚀变作用研究

P618.420.5

张进红 秦克章
（有色总公司北京矿产地质研究所 北京 100012）
李思强 胡兴平
（有色总公司新疆地勘局706队 阿勒泰 836500）

摘 要 大桥磁铁硫化物型铅锌矿床是一新的矿化类型，可细分为磁铁硫化物和层状矽卡岩两种亚型。通过矿化和交代蚀变分带及其地球化学特征研究，该矿床被认为是与火山岩有关的海底喷流-沉积型矿床。成矿作用与矿下火山岩的钾交代有密切的关系。

关键词 阿尔泰 磁铁硫化物型铅锌矿 层状矽卡岩 钾交代作用

磁铁硫化物型铅锌矿床，是阿尔泰麦兹地区仅次于可可塔勒块状硫化物型铅锌矿的另一重要矿化类型，目前这一地区已发现一系列该类型的有望铅锌矿床（点），大桥矿床是其中较典型的一个。研究这一类型矿床的成矿条件、控矿因素和成矿远景，对于麦兹地区开拓新的铅锌矿找矿基地具有重要意义。

1 成矿地质环境

1.1 区域成矿背景

大桥铅锌矿床位于新疆阿尔泰麦兹复式倒转向斜南翼，含矿层位为下泥盆统康布铁堡组（D_1K_1）海相火山沉积岩。

麦兹地区的康布铁堡组可分为上下两个亚组，两者呈断层接触。下亚组为细碧-石英角斑岩建造，属含铁层位，产有蒙库大型火山-喷流沉积型铁矿。上亚组为流纹-英安质火山-沉积建造，是铅锌的含矿层位，根据火山喷发旋回，可分为三个岩性段。可可塔勒、唐巴拉、大桥和红岭（阿舍勒萨依）等铅锌矿床（点）均产于第二岩性段沉积岩中。大桥矿床的容矿层位比可可塔勒略偏下，为 $D_1K_2^2$ 下部，以富磁铁矿为特征，

1.2 矿区构造和含矿层序

矿区主要出露下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段（$D_1K_2^2$）。该层位在矿区存在复式背斜构造（图1）。如图所示，复式背斜的轴部位于矿下的流纹质凝灰岩中，轴部可见到强烈的扭曲和紧闭小褶皱。以此轴为界，可分为南北两个亚区，目前地表矿化和工程主体位于北（东）亚区；南（西）亚区地表见层状矽卡岩和磁铁

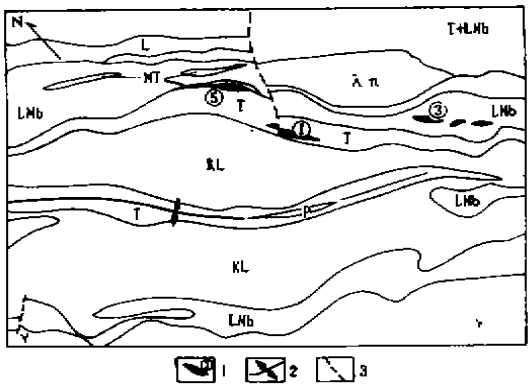


图1 大桥铅锌矿区地质略图

Fig. 1 The Geological sketch map of the Daqiao Pb-Zn ore deposit

KL—钾质流纹岩；T—流纹质凝灰岩，少量含角砾凝灰岩；γ—黑云母花岗岩；λπ—钾质流纹斑岩；L—流纹岩；LMb—不纯大理岩；Mt—磁铁碧玉岩；P—蚀变岩筒；1—矿体及编号；2—背斜；3—断层

1994-04-06 收稿，1994-04-20 改回。

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿化，铅锌矿化较弱，但 V_4 异常显示有一较大的低阻体。本文主要讨论北(东)亚区矿化。

北(东)亚区(主矿区)由一个次级背斜和一个小向斜组成，①号矿体就位于这个小向斜中，矿体两侧的岩石产状相向(5号探槽)；在26线、25线和27线实测剖面中，均可见到含矿层大理岩强烈褶皱，整体产状平缓，呈"薄被"状覆盖于钾质流纹岩之上。这些次级褶皱的识别，对确定矿体的延伸和规模具有十分重要的意义。另外，本区化探异常具有面形的特点，与含矿层由于褶皱而重复出现有密切的关系。

作者通过野外构造研究，将含矿层序大体恢复如下(自下而上)：1)绢云母化凝灰岩、含角砾凝灰岩，大部分未出露，主要见于背斜核部，有时与钾化带穿插过渡，不易区分。 2)钾质流纹岩，区域上为黄白色钾质流纹岩；在矿区蚀变岩筒附近钾长石化强烈。 3)条带状层凝灰岩，厚度变化较大，常缺失；底部常见黑云石英片岩，块状矿体产于其中。 4)褐色不纯大理岩夹薄层凝灰岩及2～3层透镜状磁铁碧玉岩，褶皱造成该层厚度较大的假象，其真厚度30～50m。 5)条带状层凝灰岩，夹一层褐色不纯大理岩(1～2m)，局部见矽卡岩化。6)黄白色钾质流纹斑岩，呈透镜状向两侧尖灭。 7)不纯大理岩。

2 矿化分带

2.1 垂向分带

大桥矿床的矿化和交代蚀变分带见图2，自下而上可分为两个矿化亚层(阶段)和三种矿化类型。

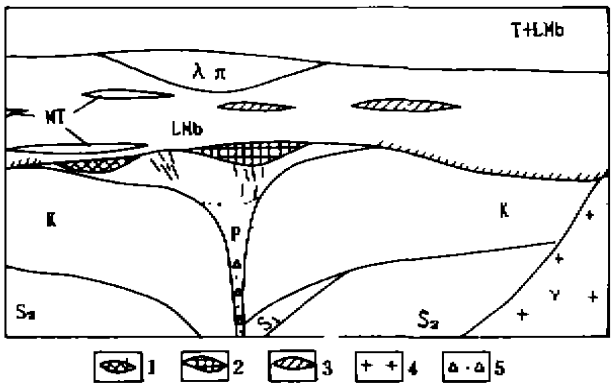


图2 大桥Pb,Zn矿床矿化和交代蚀变分带示意图

Fig. 2 The diagram showing zoning of mineralization, metasomatism and alteration in the Daqiao Pb-Zn ore deposit

K—钾化带；S_2—绢云母化带；S_1—强绢云母化带；P—蚀变岩筒；γ—黑云母花岗岩；T—凝灰岩；LMb—不纯大理岩；MT—磁铁碧玉岩；1—块状硫化物矿体；2—磁铁硫化物矿体；3—矽卡岩矿化和蚀变；4—花岗岩；5—蚀变晶屑角砾凝灰岩

Ⅰ)块状磁铁硫化物型：矿体产于层凝灰岩中。金属矿物以磁铁矿为主，含铅锌硫化物，块状构造。目前槽探揭露主要为①号矿体，其地表规模较大，是本矿床的主体，但可能剥蚀程度较大。另有⑤号矿体，产于层凝灰岩顶部与不纯大理岩过渡处。地表见黄色铁帽夹有黑色锰帽，与可可塔勒块状硫化物铁帽相似，属黄铁矿型铅锌矿体，推测具有一定的规模。

Ⅱ)磁铁碧玉岩和层状矽卡岩矿化： 产于块状矿体上部的不纯大理岩中。根据 SiO_2 的不同产出方式，分为两个矿化类型：a)磁铁碧玉-铅锌型，即一般所称的磁铁碧玉岩，含少量铅锌硫化物，呈透镜状。磁铁矿和碧玉的相对含量可连续变化，如⑥号矿化体在0号探槽中以磁铁矿为主，到8号槽中变为以碧玉为主，一般在磁铁矿体中铅锌含量较高。 b)层状矽卡岩-铅锌型，矿化组合为石英、磁铁矿、长石、绿帘石、方解石和石榴子石等，方铅矿和闪锌矿呈星点状、浸染状和细脉状，②、③和④号矿体均属此类型。

上述三种类型，磁铁硫化物型和磁铁碧玉岩型，是磁铁矿含量不同造成的。与层状矽卡岩的矿物组合截然不同，它们在成因上具有内在的联系，前者为硅铁成矿流体直接喷出沉淀，SiO_2 呈非晶质的碧玉；后者为硅铁流体交代不纯大理岩或钙质凝灰岩，形成层状矽卡岩，SiO_2 呈晶质的石英或交代矽卡岩矿物。这种分带现象具有海底喷流沉积成矿的特点。

2.2 横向分带

维普资讯 http://www.cqvip.com

①号块状磁铁硫化物矿体和矿下蚀变岩筒均位于0线和11线之间，这一部位是成矿的中心。该矿体硫化物以闪锌矿为主，方铅矿很少，以含Cu较高为特点(一般0.16%～0.41%，最高达0.65%)，其它矿体Cu的含量却较低。可见Cu富集于火山喷发成矿中心附近。①号矿体上部大理岩在该矿体两侧存在两个沉积洼地，分别控制不同类型的矿化。

北西侧0～20线一带，洼地的中心位于0～4线；⑤号块状硫化物矿体赋存于此，向北西变为磁铁碧玉岩，铅锌含量减小，磁铁矿含量增加。从Cu的分散流异常、矿下钾化蚀变带和V_4异常的形状来判别，这一洼地与成矿中心有更密切的关系。

南东侧17～29线为另一沉积洼地，主要矿化型式为层状矽卡岩型，磁铁碧玉岩相对较少，表明这一洼地的成矿以近地表的交代为主，少量喷出地表。这一现象与矿下火山岩中角砾岩(喷发岩)主体分布于成矿中心及北西侧吻合。

成矿元素的横向分带从中心向两侧为：(Fe、Zn、Cu)→(Fe、Zn、Pb)→Fe。

3 交代蚀变岩特征

3.1 交代蚀变岩类型及分带

1)钾长石化带：分布于蚀变岩筒附近，岩石新鲜面呈白色，风化后表面有少量磁铁矿析出，成红色，野外常认为是红色硅化岩，但硅酸盐分析K_2O达8.65%，与麦兹地区其它"红化带"(富钠贫钾)不同。钾化岩镜下为等粒变晶结构，块状构造，矿物组合为石英＋微斜长石＋少量绢云母，绢云母呈不规则的条带。

麦兹地区$D_1K_2^3$和$D_1K_2^2$火山岩均具有富钾的特点，为钾质流纹岩。这是岩浆分异演化的结果。富钾熔岩与富钾交代岩的区别有下列几点：a)富钾交代岩围绕蚀变岩筒分布，远离蚀变中心变为富钾熔岩。b)钾交代岩中可见微斜长石明显地交代更长石，有溶蚀结构、蠕虫结构、残余和净边结构①。贫铁镁矿物、绢云母呈不均匀分布，手标本上可见绢云母条带周围磁铁矿较多，流失孔较发育，具有淋滤后含水矿物残余的特点。c)在岩石化学方面，具有富K_2O，Al_2O_3，贫Fe和轻稀土的特点，这一点后面将详细介绍。

这种钾交代作用，笔者认为与矿上的钾质流纹斑岩(含K_2O达12.31%)有成因关系。

2)绢云母化带：主要见于背斜轴部一线，大部分为钾化带覆盖，背斜南翼局部可见钾化带与绢云母化带互相穿插。

3)蚀变岩筒：位于主矿体之下，为绿泥石化、绿帘石化角砾凝灰岩。块状矿体底板凝灰岩中。可见绿泥石化、绿帘石化和硅化、石英和褐铁矿呈网脉状。

从图2可以看出，在整个成矿作用过程中，火山岩含钾量逐渐增加，这一方面与岩浆的分异演化有关。另一方面，在野外，钾交代岩石与其上的不纯大理岩接触处，常常见到一层几十厘米厚的含硫化物磁铁矿伴随矽卡岩化，表明成矿作用与钾交代有密切的关系。

3.2 交代蚀变岩地球化学特征

1)常量元素和微量元素： 大桥矿石主要岩石硅酸盐和部分微量元素分析结果见表1。

图3以蚀变岩筒和钾质流纹斑岩为中心，左侧为蚀变岩石，右侧为矿化，并将混合岩化的黑云母花岗岩作为该区背景值对比，反映了各类岩石中K_2O，Fe_2O_3，Na_2O，Fe_2O_3＋FeO，Zn和Ba等组分的变化趋势。在层状的绢云母化蚀变岩中，K_2O和Na_2O大致相等；与黑云母花岗岩相近，基本代表了本区矿下火山岩K、Na的背景值。从绢云母化带→钾化带→钾质流纹斑岩，K_2O逐渐增加，Na_2O减少，K和Na呈负相关；SiO_2略有降低，总碱量K_2O+Na_2O逐步增加，CaO和MgO降低，而Al_2O_3则有逐渐升高的趋势。

在钾化过程中，Fe_2O_2＋FeO和Zn与K_2O含量明显呈负相关，表明Fe，Zn随Na_2O，CaO和MgO带出，进入成矿流体。室内高温高压实验证明，K可以萃取Fe，Zn等成矿物质，在大桥和红岭，铅锌矿化的品位与钾长石化的强度成正相关关系。

---

① 新疆冶金地质研究所北疆富铁矿考察队．新疆阿尔泰蒙库铁矿带科研考察报告(送审稿)，1982

维普资讯 http://www.cqvip.com

其它元素，Cu 在交代过程中被带入成矿溶液，但在酸性火山岩中背景值较低，缺乏大量的物质来源，仅在

表 1　大桥矿区岩石化学成分

Table 1　Chemical compositions of rocks in the Daqiao deposit

序号	编号	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
1	B5－16	黑云母花岗岩	63.02	1.356	14.55	2.20	4.91	0.118	1.66	3.23	3.35	3.78
2	B5－22	二云石黄片岩	76.99	0.167	11.93	1.00	1.40	0.072	0.53	0.30	3.72	3.43
3	B5－11	钾化流纹岩	73.61	0.214	13.55	0.54	0.77	0.019	0.19	0.18	1.83	8.65
4	B5－1	钾质流纹斑岩	70.30	0.195	14.36	0.77	1.19	0.020	0.11	0.17	<0.1	12.31
5	B5－5	蚀变角砾凝灰岩	71.11	0.231	10.74	1.83	1.95	0.284	1.97	4.21	1.40	5.05
6	B5－8	绢云石英片岩	74.29	0.199	11.47	3.29	2.30	0.030	1.43	0.32	1.86	3.66
7	B5－26	块状矿体	28.00	0.069	1.89	22.15**		17.28	0.57	5.11	0.39	0.14
8	B5－2	矽卡岩矿体	44.81	0.0	0.23	3.02	14.20	10.98	5.47	16.18	<0.1	0.03
9	B5－24	硅质岩	93.80	0.003	0.15	4.06	1.73	0.095	<0.1	0.13	<0.1	0.07

编号	P_2O_5	SO_3	Loss	Nb	Zr	Sr	Rb	Ba	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	V
B5－16	0.659	0.05	0.50	27.8	560	191	148	573	91.9	34.3	20.9	18.2	<20	126
B5－22	0.060	0.03	0.50	12.0	193	35.3	140	348	45.1	<10	<10	<5	<20	23.4
B5－11	0.031	0.03	0.15	16.8	230	47.6	180	1018	20.2	<10	<10	<5	<20	20.7
B5－1	0.043	0.07	0.0	13.9	233	37.9	241	1378	20.1	24.2	10.2	<5	<20	27.1
B5－5	0.058	0.09	1.09	16.0	194	95.7	101	1625	121	11.2	10.1	<5	<20	37.0
B5－8	0.052	0.06	1.02	11.0	172	140	149	1318	100	30.5	<10	7.9	<20	27.9
B5－26	0.107	5.06	15.93	<10	35.4	927	22.4	5956	1.5*	314	83.2	<5	<20	40.4
B5－2	0.026	2.23	0.91	<10	15.1	25.4	<10	155	1.5*	280	<10	<5	<20	22.6
B5－24	0.027	0.04	1.07	<10	14.2	<10	<10	72.7	856	21.7	<10	6.2	<20	16.2

注：常量元素×10^{-2}，微量元素×10^{-6}（其中带 * 为×10^{-2}，带 * * 为 TFe_2O_3 含量）。　北京矿产地质研究所分析室测试

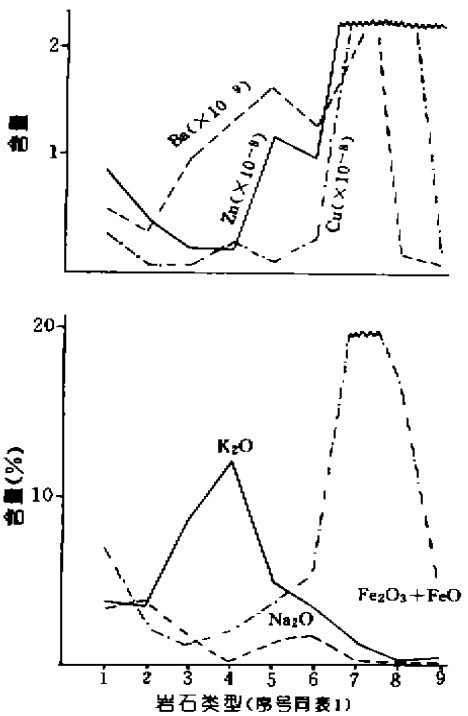


图 3　大桥矿床蚀变带内 K_2O，Na_2O，Fe_2O_3+FeO，Zn，Cu 和 Ba 含量变化曲线

Fig. 3　Curves showing the veriety of K_2O, Na_2O, Fe_3O_2+FeO, Zn, Cu and Ba of altered rocks in the Daqiao Pb-Zn ore depost

矿化中心出现 Cu 矿化。Ba 主要呈类质同象进入钾长石中，但已有部分富集在成矿流体中。

2）稀土元素：　矿床中稀土元素含量和分布型式见表 2 和图 4。根据稀土元素总量和轻重稀土的比值，本区的岩石大体可分为 3 组：①黑云母花岗岩以明显富 HREE 为特点；②交代蚀变岩石和钾质流纹斑岩，HREE 含量较低；③矿石和硅质岩在蚀变岩石中，HREE 变化不大，主要差异在于 LREE。LREE 在绢云石英片岩中最高为 199.74×10^{-6}，钾化流纹岩中最低，仅 78.95×10^{-6}，与岩石中的 Fe 大体呈正相关，反映在蚀变过程中，LREE 随 Fe，Zn 迁出。

本区蚀变岩石都有中等程度的 Eu 亏损，以钾质流纹斑岩亏损最大，为 0.47；绢云石英片岩最小，为 0.66。这可以解释为在成矿演化过程中，富挥发（F，Cl）流体与熔体的相互作用，Eu 趋于进入流体中，造成晚期酸性岩浆 Eu 亏损增大；在钾化流纹岩中，虽然 δEu 为 0.66，但 Eu 明显低于其它岩石，也表明 Eu 在钾交代中的迁出。大桥矿区块状矿体中硅质岩 δEu 为 0.61，矿上硅质岩为 1.09。可可塔勒的块状矿石和其中的硅质岩的 δEu 为 0.89 和 0.99，条带状磁铁石英岩为 0.44，这与沉积环境中的氧

维普资讯 http://www.cqvip.com

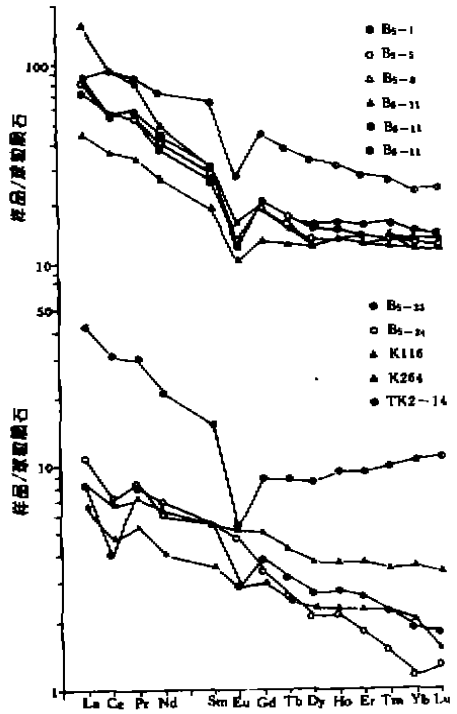


图 4　大桥矿区矿化蚀变岩石稀土元素分布型式图

Fig. 4　REE distribution of mineralized and altered rocks in thd Daqiao Pb-Zn ore deposit

化还原条件有明显的关系。在氧化条件下(磁铁矿),Eu 呈正三价,与其他稀土元素相似,δEu 大体与火山岩相当;在还原条件下(黄铁矿),Eu 呈正二价,与其它三价稀土元素分离,δEu 亏损减小或呈小正异常。

δCe 在矿石、硅质岩及富水和挥发份的蚀变岩中负异常较大,为 0.77～0.86,这可能是在弱酸性和氧化条件下,Ce^{4+} 不易进入被淋滤的溶液,造成 δCe 弱亏损,被淋滤的岩石如钾化流纹岩和二云石英片岩亏损很小,为 0.92 和 0.94。B5－23(碧玉岩)δCe 为 0.49,这可能与它下部紧邻的锰帽有关。海水中的锰结核为正异常,$Ce(OH)_4$ 与 Mn 共同沉淀,引起上部碧玉岩 Ce 的亏损。

5　结论

综上所述,大桥铅锌矿有磁铁硫化物和层状矽卡岩两种矿化类型,为硅铁成矿流体的两种不同产出形式;成矿与钾交代蚀变作用有密切联系,钾交代岩中 Fe 和 Zn 明显亏损,提供了部分成矿物质,矿化和蚀变的分带,具有与火山岩有关的海底喷流-沉积成因的特点,其成矿作用过程表示如下:

表 2　大桥矿床矿化蚀变岩石稀土元素含量表

Table 2　Rare－earth element compositions of mineralized and altered rocks in the Daqiao deposit　$\times 10^{-6}$

编号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
B5－1	钾质流纹岩	31.47	53.33	7.83	30.57	6.84	1.00	6.10	0.94	5.51
B5－5	蚀变凝灰岩	29.81	53.52	7.24	27.86	6.43	1.09	5.62	0.84	4.78
B5－8	绢云石英片岩	58.50	88.10	10.88	34.25	6.67	1.34	5.54	0.82	4.66
B5－11	钾化流纹岩	16.65	34.40	4.51	18.38	4.14	0.87	3.86	0.67	4.43
B5－16	黑云母花岗岩	31.80	88.23	11.44	49.40	14.13	2.92	13.21	2.04	12.02
B5－22	二云石英片岩	26.78	55.75	6.99	26.56	6.04	1.03	5.97	0.94	5.70
B5－23	碧玉岩	3.14	3.88	1.09	4.87	1.28	0.25	1.20	0.18	1.05
B5－24	矿上硅质岩	4.01	6.91	1.15	4.31	1.26	0.42	1.06	0.15	0.83
K116	硅质岩	3.15	5.49	0.99	4.49	1.26	0.45	1.57	0.24	1.45
K264	块状铅锌矿石	2.52	4.63	0.74	2.85	0.81	0.25	0.93	0.14	0.88
TK2－14	磁铁石英岩	15.88	30.22	4.10	15.13	3.50	0.46	2.75	0.49	3.32

维普资讯 http://www.cqvip.com

续表 2

编号	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	TREE	LREE	HREE	δEu	δCe
B5－1	1.23	3.31	0.50	2.75	0.44	29.38	181.20	131.04	50.06	0.47	0.78
B5－5	1.09	3.01	0.49	2.97	0.45	27.23	172.43	125.95	46.48	0.55	0.84
B5－8	1.09	3.01	0.46	2.74	0.43	25.57	244.06	199.74	44.32	0.66	0.77
B5－11	1.11	3.23	0.51	3.05	0.49	28.64	124.94	78.95	45.99	0.66	0.92
B5－16	2.56	6.62	0.99	5.35	0.86	59.25	300.19	197.29	102.90	0.51	1.08
B5－22	1.33	3.77	0.59	3.34	0.51	31.69	176.99	123.15	53.84	0.52	0.94
B5－23	0.24	0.67	0.09	0.47	0.07	5.60	24.08	14.51	9.57	0.61	0.49
B5－24	0.19	0.46	0.06	0.29	0.05	5.50	26.65	18.06	8.59	1.09	0.75
K116	0.32	0.95	0.14	0.88	0.13	9.42	31.93	16.83	15.10	0.99	0.86
K264	0.20	0.58	0.09	0.51	0.06	5.72	20.91	11.80	9.11	0.89	0.79
TK2－14	0.82	2.41	0.40	2.69	0.43	21.72	104.32	69.29	35.03	0.44	0.86

注：前 8 个为大桥矿区样，9、10 为可可塔勒矿区样。北京大学地质系测试，单位×10^{-6}

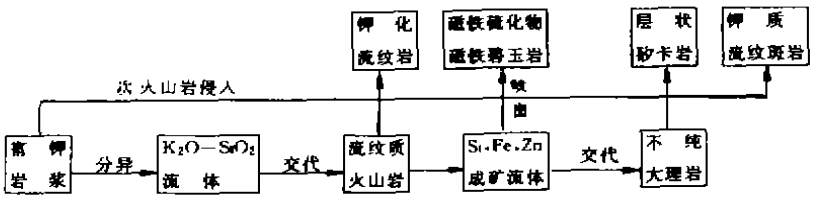


图 5 大桥铅锌矿成矿作用过程

Fig. 5 Ore-forming program in the Daqiao Pb－Zn deposit

本文初稿经王京彬总工程师审阅和指导，在此表示感谢。

参考文献

1 姜齐节. 火山岩区块状硫化物矿床的类型、评价标志和成因. 有色金属矿产与勘查. 1994(1)

2 刘英俊等. 元素地球化学. 北京：科学出版社，1984

3 王中刚等. 稀土元素地球化学. 北京：科学出版社，1978

4 赵一鸣等. 交代成矿作用及其找矿意义. 北京：北京科技出版社，1992

5 Mae Sexauer Gustin, Stratigraphy and alteration of the host rocks, United Verde massive sulfide deposit, Jerone, Arizona, Ecouomic Geology, 1990(1), P29－49

A STUDY OF ZONING OF ORE DEPOSITS, METASOMATISM AND ALTERATION IN THE DAQIAO DISTRICT, ALTAY

Zhang Jinhong, Qin Kezhang

(*Beijng Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC, Beijing*, 100012)

Hu Xingping, Li Siqiang

(*The No. 706 Geology Brigade of Xinjiang Geoexploration Bureau, CNNC, Aletai* 836500)

Abstract The Daqiao magnetite－sulfide type Pb-Zn deposit, which is a new Pb－Zn type, can be subdivided two series, magnetite－sulfide and banded skarn. The study of zoning and geochemical characteristics of mineralizion, metasomatism and alteration, suggests that the deposit is submarine volcanic exhalative sedimentary type Pb－Zn deposit, and its ore－forming progress is closely related to K metasomatism in volcanic rocks under ore bodies.

Key words Altay; magnetite－sulfide type Pb-Zn deposit; banded skarn; K metasomatism