第 10 卷第 3 期　　地　质　与　资　源　　Vol. 10　No. 3
2001 年 9 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　Sept. ,2001

文章编号:1671-1947(2001)03-0146-07

朱拉扎嘎金矿地质特征及成因研究

杨岳清[1]，江思宏[1]，聂凤军[1]，张建华[1]，刘　妍[1]，李福喜[2]，王剑民[2]，贾林柱[2]
(1. 中国地质科学院矿产资源研究所，北京　100037;
2. 内蒙古自治区国土资源勘察开发院，内蒙古　呼和浩特　010020)

摘　要: 朱拉扎嘎金矿是一个大型矿床，赋矿围岩为中元古界变质钙质砂岩、粉砂岩、板岩、大理岩、流纹岩. 主矿体和围岩产状基本一致. 划分出两个矿带，总体走向 35°. 矿体受层间裂隙控制，共发现 56 个矿体，规模为长 10 余米到 300 m，厚度几十厘米到 4.5 m，延伸可达 200 m. 主要蚀变有透辉石化、阳起石化、绿帘石化、冰长石化，还有碳酸盐化、绿泥石化、硅化. 矿石类型有蚀变变质砂岩型、蚀变火山岩型、交代岩型、喷流沉积岩型和石英脉型. 自然金和银金矿是矿石中金的最主要赋存形式. 含金较高的原始沉积岩层，比较发育的层间裂隙或破碎带，与多次构造活动相伴的多次热液活动和多次矿化作用，便形成本区的岩浆热液蚀变型金矿床.

关键词: 金矿; 蚀变岩型; 岩浆热液; 花岗斑岩; 朱拉扎嘎; 内蒙古
文献标识码: A　　**中图分类号**: P618.51

1　区域地质背景

根据内蒙古自治区区域地质志[1]构造单元划分方案，朱拉扎嘎金矿位于华北地台北缘阿拉善台隆巴音诺尔公断隆东侧，北部以区域性深大断裂为界与天山地槽褶皱系的乌拉呼海拗陷相邻，因此，该矿床处于两大构造单元的交界处附近（图 1).

巴音诺尔公断隆的基底为新太古界的下阿拉善群和古元古界的上阿拉善群. 中 - 新元古界不整合覆盖其上，构成了阿拉善台隆的第一个盖层沉积，由浅变质的碳酸盐岩及砂泥质岩石组成，前人未发现火山活动. 其后本区长期处于隆起状态，古生代及中新生代地层分布甚少，岩浆活动以海西期侵入岩和火山岩发育为特征. 区内褶皱、断裂均较发育，构造格架主要呈 E - W 和 NE 向展布.

2　矿区地质

2.1　地层

按内蒙古地调院划分方案，矿区地层时代暂定为中元古代，统归到渣洋泰山群中. 下部为增隆昌组，岩性以白云质结晶灰岩为主夹变质粉砂岩. 其上为阿古鲁沟组，分 4 个岩段，第 1 岩段又划分了 5 个亚段. 1、2、3 三个亚段岩性为变质砂板岩、细晶白云岩、结晶灰岩. 4 亚段为含矿层，岩性为变质钙质石英砂岩、粉砂岩夹薄层微晶大理岩和多层火山岩. 5 亚段为变质粉砂岩夹薄层石英岩和结晶灰岩. 第 2、3、4 岩段岩性为细晶白云岩、粉晶白云岩、结晶灰岩、细晶大理岩以及石英砂岩、粉砂质绢云板岩. 第 3 岩段夹薄层含金砾岩. 地层倾向 120～170°，倾角 30～50°.

2.2　构造

矿区内以断裂构造为主，根据产出特征及相互切割关系，判断断裂活动大致分为 3 期:

第 1 期形成区域性近 E - W 向的逆冲断层活动，造成部分地段地层走向不连续. 受这种逆冲断层活动影响，可能在阿古鲁沟组 1 段 4 亚段，即含矿层中产生了大量层间破碎带，为后期金矿的形成提供了部分赋矿空间.

第 2 期形成纵贯矿区的 NNW 向右旋压扭性断层，可能为金矿的导矿构造，金矿体分布在东西两侧，它切穿了第 1 期的近 E - W 向构造，并在其两侧形成了派生的次级 NE—NNE 及近 S - N 向断裂构造，其中 NE 向构造对金矿的形成具有重要控制作用，

收稿日期: 2001 - 05 - 10; 修回日期: 2001 - 07 - 16. 邵晓东编辑.
基金项目: 国家地调局和内蒙古地勘局定向基金项目“内蒙朱拉扎嘎及外围金矿地质及成矿规律研究”(编号 98 - 02)部分成果.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

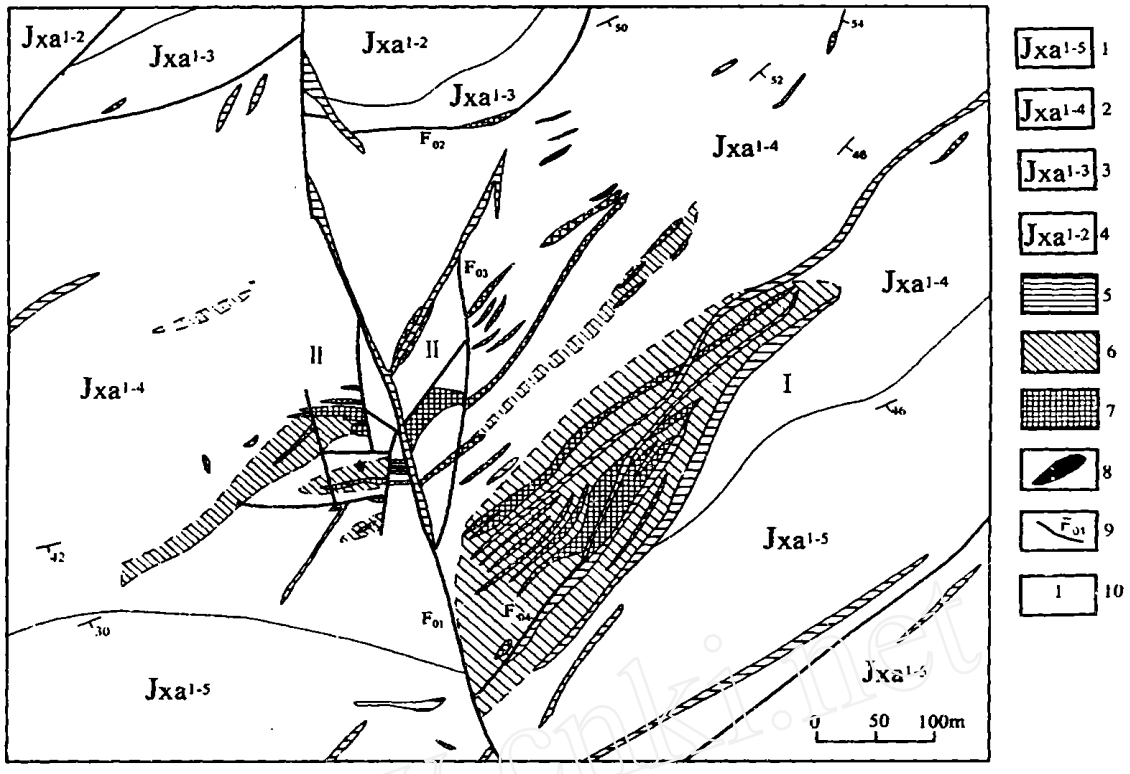


图 1　朱拉扎嘎金矿地质简图

Fig. 1　Simplified geologic map of the Zhulazhaga gold deposit

1 —阿古鲁沟组 1 段第 5 亚段 (the 5th submember of the 1st member of Middle Proterozoic Agulugou formation [MPAF]); 2 —阿古鲁沟组 1 段第 4 亚段 (the 4th submem., 1st mem., MPAF); 3 —阿古鲁沟组 1 段第 3 亚段 (the 3rd submem., 1st mem., MPAF); 4 —阿古鲁沟组 1 段第 2 亚段 (the 2nd submem., 1st mem., MPAF); 5 —成矿后脉岩 (vein after mineralization); 6 —蚀变带 (alteration zone); 7 —蚀变岩型金矿体 (altered rock type of gold orebody); 8 —石英脉型金矿体 (quarte vein type of gold orebody); 9 —断层及编号 (fault and number); 10 —矿带编号 (serial number of ore belt)

在 NNW 主构造及 NNE、S - N 向断裂中贯入了各类脉岩.

第 3 期断裂活动是第 2 期构造的活化, 使侵入其中的脉岩破碎, 并又派生了一系列 NNE—NE 向次级构造. 这期构造主要是成矿后的产物, 对矿体有一定的破坏作用.

矿区内的节理以倾向 NE 的一组最为发育, 在较大的节理中充填有方解石脉.

2.3　岩浆岩

可分为两大类: 火山岩和侵入岩.

(1) 火山岩: 是笔者等首次在矿区发现, 也是阿拉善台隆中 - 新元古界盖层沉积岩系中首次发现. 它们主要分布在阿古鲁沟组 1 段 4 亚段及 5 亚段中, 由于其后的变质等地质作用影响, 和上下岩层的关系已模糊不清, 其岩性有时肉眼也难和砂岩区分, 但偏光镜下火山岩的结构构造依然清晰. 根据矿物成分及化学成分, 它们均属流纹岩类, 但可进一步分成霏细岩、石英角斑岩和粗面流纹岩. 在 SiO_2 - AR 图解中均属碱性系列, 其中石英角斑岩以富钠为特征 (Na_2O 5.80 %), 粗面流纹岩以富钾为特征 (K_2O 5.65 %). 据铅同位素及其他方面研究, 它们具有幔源、海底喷发的属性, 但在到达海底前, 石英角斑岩与其他两类岩石经历了不同的演化, 因此它们在稀土模式图 (图 2) 上显示出较大差异, 石英角斑岩具有从岩浆房迅速到达海底的特点, 而粗面流纹岩和霏细岩则可能受到混染并经历了较强的结晶分异作用. 根据岩石 Sm - Nd 同位素测定, 其模式年龄为 1187 Ma 和 1293 Ma, 属中元古代, 这也为这套含矿岩系时代的界定提供了依据. 由于霏细岩主要分布在 4 亚段, 在其后的岩浆热液成矿作用中经受了强烈的改造, 部分矿体就由蚀变霏细岩构成.

(2) 侵入岩: 侵入岩分为岩株和岩脉.

岩株分布于矿区东南部, 主要是辉长岩和花岗斑岩, 侵入于阿古鲁沟组 4 段, 在接触带的部分地段形

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

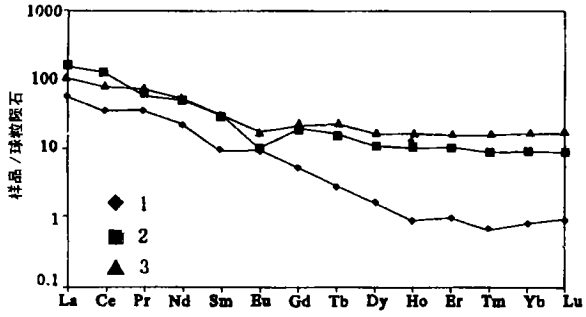


图 2 火山岩的稀土元素球粒陨石标准化模式图

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of rhyolite

1 —石英角斑岩 (quartz keratophyre); 2 —粗面流纹岩 (trachyliparite); 3 —蚀变流纹岩 (altered rhyolite)

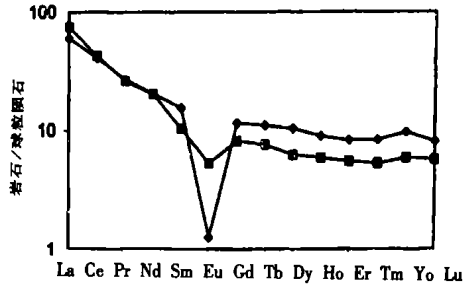


图 3 花岗斑岩的稀土元素球粒陨石标准化模式图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of granite-porphyry

成角岩和夕卡岩. 两类岩体的形态均很不规则, 岩相分带也不清楚. 花岗斑岩侵入辉长岩中.

辉长岩主要由中长石、钠长石、普通辉石和铁角闪石组成, 在 SiO_2 - *AR* 图中落入钙碱性区, 稀土元素模式图是一条平缓的倾斜线. Eu、Ce 异常不明显.

花岗斑岩的斑晶和基质中的长石主要为更长石, 少量钠长石和钾长石, 黑云母可占到 5 %～11 %, 在 SiO_2 - *AR* 图解中落入碱性区. 稀土元素组成, 轻重稀土比值大于辉长岩, 特别是负 Eu 异常非常明显 (图 3), 这说明花岗斑岩形成过程中发生了较强的分异作用.

脉岩在矿区, 特别是矿层中分布很广. 有斜闪煌斑岩、闪长玢岩、辉长辉绿玢岩、辉绿玢岩、花岗细晶岩等. 斜闪煌斑岩仅产出在矿区 NNW 压扭性断裂带中, 属钙碱性岩石, SiO_2 含量在 53 %左右.

其他脉岩的走向主要为 35～30 °, 和矿体有一定斜交. 它们绝大部分是成矿后产物, 因此常切穿矿体, 在少数脉体中也有硫化物分布, 说明成矿前就有脉体的产生.

3 矿床地质

3.1 矿体

矿体基本产出在阿古鲁沟组 1 段 4 亚段中. 该段厚近 300 m, 岩性以变质钙质砂岩、粉砂岩为主, 其次是粉砂质绢云板岩, 夹多层微晶大理岩和流纹岩, 有时出现凝灰质板岩, 不同岩性频繁交替出现, 岩相变化大, 因此层间裂隙也相对发育, 另外, 其他方向裂隙也普遍较多, 这为成矿热液活动创造了良好条件. 向深部到 3 亚段, 金矿化明显减弱, 而 Pb - Zn 矿化增强, 方铅矿和闪锌矿在碳酸盐岩中呈浸染状或不规则脉状分布. 向上到 5 亚段, 金矿化和硫化物伴随蚀变作用的减弱也随之消失.

目前在不足 0.4 km^2 范围内发现矿体 66 条, 相对集中分布构成 2 条金矿带 (图 1), Ⅰ号金矿带分布于矿床东南部, 总体走向 35 °, 长约 400 m, 南西宽, 向北东逐渐尖灭, 地表出露 13 条矿体. Ⅱ号矿带分布于矿床西北部, 其走向也基本是 35 °, 由于受 NNW 断裂多次活动影响, 使靠近断裂的矿体呈近 E - W 走向, 并使矿体破碎. 该矿带长约 570 m, 向 NW 方向撒开, 在地表发现 43 条矿体. 此外, 在两个矿带之间有零星小矿体, 深部还有较多盲矿体.

矿体受层间断裂控制, 因此, 绝大部分顺层产出, 局部有穿层现象, 特别是在赋矿地层中有多组裂隙存在的情况下, 常在裂隙交叉部位形成矿结. 矿体规模大小不一, 长 10 余米到 300 余米, 厚几十厘米到几米, 延深可达近 200 m. 最大的矿体在 Ⅱ号矿带, 长 300 余米, 厚 4.5 m, 延深近 130 m. 矿体沿走向常出现分支复合, 膨大收缩, 尖灭再现现象.

另外, 在 Ⅱ号矿带北部, 还分布有一些切穿顺层矿体的石英脉型矿体, 其走向 65～75 °, 规模不大, 但金品位普遍较富, 它们是最晚期成矿作用的产物.

3.2 交代蚀变作用

交代蚀变作用在朱拉扎嘎矿床中分布广泛, 与金的成矿作用关系极为密切, 蚀变范围是矿体的 1～3 倍, 矿体一般处于蚀变区的中心部位. 研究表明蚀变作用和矿区东南部的花岗斑岩株侵入后产生的热液活动有密切关系. 主要蚀变类型有透辉石化、阳起石化、绿帘石化和冰长石化. 除上述 4 种蚀变外, 较发育的蚀变作用还有碳酸盐化、绿泥石化、硅化. 绿泥石交代阳起石的现象较普遍, 而碳酸盐化则涉及到矿

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

床内的所有岩石，即可呈不规则集合体分布，也常呈脉体分布．包括冰长石化在内，这几种蚀变主要是成矿后的热液活动产物．

以上蚀变作用的先后顺序总体是透辉石化→阳起石化→绿帘石化（硅化）→绿泥石化→冰长石化→碳酸盐化．金和硫化物的大量沉淀主要发生在阳起石化稍后，因此阳起石化在成矿活动中起到了十分重要的先导作用．

在表生作用中，原生矿石主要发生褐铁矿化，黄钾铁矾化及高岭石等粘土矿物化．

3.3　矿石类型

朱拉扎嘎矿床，根据矿石自然产出状态可分成原生矿石和氧化矿石，但以前者为主体．在原生矿石中，根据金和硫化物赋存的岩石类型，可分为喷流沉积型，蚀变火山岩型，蚀变变质砂岩型，交代岩型和硫化物石英脉型．

(1) 喷流沉积型矿石的突出特点是矿石中的沉积层理非常发育，另外它也和火山岩密切相伴．单层厚度一般在几毫米，主要有如下几种沉积层：①以细粒石英为主的．②以细晶石英和磁黄铁矿为主的．③以细鳞片状白云母为主的．④以绿泥石和磁黄铁矿为主的．⑤以阳起石为主等沉积层．在矿床内这类矿石发现的数量还不多，另外它在后期的岩浆热液成矿活动中被不同程度改造，其上一般都叠加有不规则的阳起石、磁黄铁矿、绿泥石、绿帘石等矿物组成的脉体或集合体．

(2) 蚀变火山岩型矿石是含矿热液对流纹岩改造后形成的，透辉石、阳起石、硫化物、绿帘石、方解石、冰长石、石英等呈不规则集合体或脉体分布其中，但原岩的结构依然可辨．

(3) 蚀变变质砂岩型矿石的矿化特征类似于火山岩型，但特征是砂岩或粉砂岩的胶结物富含钙质．另外，阳起石、硫化物等热液蚀变矿物组合常沿其层理发育，因此矿石的条带状构造明显．

(4) 交代岩型矿石是阳起石和磁黄铁矿等硫化物组成的交代矿石．原岩的残留物已不存在或极难辩认．

(5) 石英脉型矿石．这是前几类矿石形成后又一次含矿热液活动的产物，它们基本是沿斜切层理的裂隙产出，矿石中石英占 90 %以上，另外还有硅孔雀石、黄铁矿、黄铜矿等．

在上述几类矿石中，对矿床或矿体贡献最大的是蚀变变质砂岩型，其次是蚀变火山岩和交代岩型，喷流沉积和石英脉型的贡献一般不足 10 %．

3.4　矿石中主要载金矿物

根据对岩矿石的大量工作，矿石中的金主要以独立矿物形式产出，硫化物可能含少量金，纯脉石矿物几乎不含金．

(1) 金矿物　金矿物约占矿石中金总量的 85 %以上，金矿物在矿石中主要呈他形粒状，偶尔也见四六面体或八面体半自形晶．粒径变化在 0.004～0.03 mm，多数在 0.01mm 左右，现将部分金矿物列在表 1．可将它们分成两类，一类是自然金，Ag 含量小于 20 %，另一类是银金矿，Ag 含量在 20 %～50 %．目前在各类矿石中均能见到这两种矿物，但总体看，早期形成的矿石中自然金的数量相对较多，晚期形成的矿石中，金矿物中的 Ag 含量趋于增加．银金矿在矿石中约点 40.7 %，但在自然金中，Ag 含量小于 10 %的矿物并不多，约占金矿物的 14.8 %，所以该矿床中主要是 Ag 含量在 10 %～20 %的自然金．

总之，金矿物在朱拉扎嘎矿床中的晶出时间颇长，但大量的是在岩浆热液蚀变成矿作用中－晚期晶出，石英脉型矿石的产生标志着金内生成矿作用的结束．在表生氧化作用中，金有较明显的次生富集作用．

在此值得一提的是，矿石中的单质矿物除金矿物，还有分布广泛的自然铋，它和金矿物密切伴生，在金矿物中 Bi 的含量可达 0.5 %，在因子分析中，Au 和 Bi 的相关性最高，这也反映了矿床的热液成因特点．

(2) 硫化物　朱拉扎嘎金矿中的硫化物相对较简单，主要有磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿．其中与金矿化关系密切的是前二者．

①磁黄铁矿　它是矿体中分布最广、数量最多的硫化物，约占硫化物总量的 85 %以上．在喷流沉积型矿石中以细小柱状体产出，伴生的脉石矿物主要是石英．在蚀变火山岩型、蚀变变质砂岩型及交代岩型矿石中多以不规则块体或粒状集合体产出，在较晚期的脉体中有时出现板状体．在石英脉型矿石中基本不见，表明它是较高温条件下的产物．在化学成分中 S 的含量普遍偏高，Co、Ni 含量低微，而 Zn、Sb、As 又经常存在，也反映了热液产物的特点．金在磁黄铁矿中分布较普遍，但绝大多数以自然金形式沿其微裂隙产出，有时也见包裹自然金．在单矿物分析中 Au 的含量一般小于 1×10^{-6}，但由于磁黄铁矿数量多，所以它的大量出现实际也反映了金的相对富集．

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 矿石中部分金矿物成分

Table 1 Compositions of gold minerals in ore

矿石类型		产出特征	金矿物	Au	Ag	Fe	Cu	Σ	成色
原生矿石	氧化矿石	在褐铁矿中呈残留体	自然金	84.88	14.55	0.01		99.85	853
		在褐铁矿中和石英连生	自然金	84.68	15.02	0.01		99.7	849
		在褐铁矿中呈他形粒状	银金矿	66.73	32.48	0.06		99.27	673
		在褐铁矿中呈他形粒状	银金矿	66.14	33.16	0.05		99.35	666
	蚀变火山岩型矿石	阳起石化流纹岩	自然金	92.05	7.83	0.08	0.03	100.00	922
		阳起石化流纹岩	自然金	91.36	8.16	0.04	0.02	99.61	918
		阳起石绿帘石化流纹岩	自然金	88.11	11.83	0.03	0.01	99.98	882
		阳起石绿帘石化流纹岩	自然金	79.68	19.13	0.0		98.87	806
		阳起石化绿帘石化绿泥石流纹岩	银金矿	77.07	22.19	0.03		99.29	776
		在变质砂岩中富电气石的火山碎屑岩内	自然金	81.06	18.05	0.21	0.03	99.35	818
			自然金	80.58	18.61	0.31	0.01	99.51	812
	蚀变变质砂岩型矿石	阳起石集合体和变质石英砂岩接触部位	自然金	87.11	12.05	0.03	0.03	99.22	878
			自然金	87.33	11.98	0.06	0.08	99.45	879
	交代岩型矿石	产于阳起石的解理缝中	自然金	85.64	13.74	0.02	—	99.40	862
			自然金	86.51	12.69	0.01	—	99.20	872
		在磁黄铁矿的微裂隙中分布	银金矿	71.11	28.05	0.08		99.24	717
		在毒砂中和石英一起沿裂隙分布	银金矿	76.03	22.69	0.79	0.02	99.55	770
	石英脉型矿石	和硅孔雀石密切伴生	银金矿	76.21	21.08	0.01	2.03	99.33	783
			银金矿	76.53	21.36	0.06	1.96	99.91	782

中国地质科学院矿产资源研究所王文瑛用 JAX-8800 电子探针分析. 含量单位: %.

②毒砂 目前仅在蚀变火山岩型、蚀变变质砂岩型及交代岩型矿石中有发现, 绝大多数以脉体形式穿切富磁黄铁矿和黄铁矿的矿石,因此它是形成较晚的硫物物,一般呈板状半自形晶. 化学成分中,S 普遍偏高,而 As 明显亏损,这也充分反映了它的晚期低温特点.在硫化物中,金矿物和毒砂关系最为密切,在毒砂的单矿物化学分析中,Au 含量高达 74×10^{-6}.但电子探针分析时,Au 含量均在检测线以下,这表明毒砂中的 Au 也基本以单矿物存在.大量光片观察表明,金矿物或包裹于毒砂中,或穿切于伴生的石英微裂隙中,偶尔也见产出在毒砂的微裂隙中.因此,凡是毒砂脉体发育部位,矿石的 Au 含量明显偏高.

在其他硫化物中很少发现金矿物, 电子探针分析, Au 含量也非常低微, 但它们的存在, 也是矿石中 Au 含量较高的重要标志.

4 成矿条件和矿化规律分析

朱拉扎嘎金矿的形成是众多成矿条件共同制约的产物, 因此矿体发育在阿古鲁组 1 段 4 亚段并非偶然.

(1) 第 4 亚段是矿区内岩性最为复杂的地段, 除了变质砂岩、粉砂岩、板岩、碳酸盐岩外, 还有分布甚广的火山岩, 特别是喷流沉积矿化层的存在, 是有利的成矿环境. 内蒙古国土资源勘察院对矿床深部用钻探获得的非矿化岩石中金平均达 300×10^{-9}, 最高达 430×10^{-9}, 显然, 这是其他层位所不及的. 原始沉积层中 Au 的高含量为其后矿床的形成奠定了良好的基础.

(2) 第 4 亚段靠近矿区内最主要的 E-W 向逆冲断裂带, 由于它的强烈和多次活动在该亚段中产生了大量层间破碎带. 此外, 该亚段中岩相变化明显, 不同岩性岩层频繁交替出现, 这也为在构造活动中发育层间裂隙或破碎带创造了条件, 同时为后期含矿热液的活动和矿质的沉淀提供了空间.

(3) 在赋矿地层的沉积岩系中, 以变质钙质砂岩的矿化最好, 要板岩中一般不构成矿体, 显然, 砂岩

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中孔隙的发育和钙质胶结物的存在，有利于含矿热液的活动和蚀变交代作用的发生. 在同类砂岩中，以中薄层砂岩矿化较好.

(4) 成矿作用中，由于构造活动的多次产生，因而发生多次的热液活动和矿化作用，因此，当顺层矿化发生后，在又一次构造活动中，含矿热液又一次矿化，产生新的富硫化物脉体，从而加强了矿体的矿化程度，因此，矿体中富硫化物多组脉体越多，矿化也越好.

(5) 硫化物和自然铋是金矿化的重要标志，在硫化物中又以毒砂与矿化关系最密切，这表明毒砂和金均有趋向于在较低温度下晶出的共性.

5　矿床成因类型及形成时的构造环境

到朱拉扎嘎金矿考察的专家学者已有多人，他们对矿床的成为类型提出了各自的认识[3]，我们对其成矿作用的了解也是随着工作的进展而不断加深的.

在朱拉扎嘎矿床中，最显著的一个特别是热液活动极其强烈，在 5 类矿石中，4 类矿石均是在热液的直接参与下形成的，即使在喷流沉积型矿石中，后期热液的叠加成矿也无处不见. 所以热液活动在该矿床的形成中起到了极其重要的作用，它不仅活化了中 - 新元古界地层中丰富的 Au，同时也将深部带来的成矿物质随着热液对围岩的交代蚀变产生了金的矿化作用.

然而，成矿过程中的热液从何而来？又是何时产生的？对此，我们对交代岩型矿石和矿区的花岗斑岩进行了同位素成矿年代学研究. 交代岩型矿石的 Pb - Sr 等时线年代学研究表明，所测的 5 个样品在$^{87}Sr/^{86}Sr$ - $^{87}Rb/^{86}Sr$ 相关图上线性关系甚好，相关系数为 0.9998，年龄为 275 ±6 Ma. 花岗斑岩中新鲜黑云母的 K - Ar 年龄为 291.48 ±4.2 Ma，这表明花岗斑岩岩浆的侵入和矿床中热液蚀变和成矿作用的发生在时间上是吻合的.

根据对矿石中的、且基本全为热液阶段产物的 10 余件硫化物 $\delta^{34}S$ 样品的分析，除一件黄铁矿为负值 (- 5.8‰) 外，其余均为正值，从 1.1‰～6.0‰，平均 3.43‰，这说明硫化物的生成与侵入岩浆热液具有密切关系. 硫化物的 Pb 同位素分析表明，样品在$^{207}Pb/^{204}Pb$ - $^{206}Pb/^{204}Pb$ 构造环境相关图中，投点集中在造山带和地幔之间，且偏向造山带. 另外对矿石中硅化石英的包裹体观察及测温表明，气液包裹体普遍发育，有成群分布的特点，其均一温度集中在 250～330 ℃，表明成矿时温度较高，这和国内外与岩浆热液有关的金矿床的成矿温度是一致的[4,5].

以上研究表明，朱拉扎嘎金矿床中主要的成矿作用与海西期花岗岩浆热液活动有密切内在联系. 因此，从该矿床的主体看，其成因类型应属岩浆热液蚀变岩型矿床. 区域构造环境及岩浆活动特征分析，矿区花岗斑岩岩浆的侵入和古生代晚期西伯利亚板块向华北板块俯冲 - 造山的时间也基本是吻合的. 在 R_1 - R_2 构造环境判别图 (图 4) 中样品投点表明，它属于同造山晚期地壳熔融的花岗岩类，矿床也是这种环境的必然产物.

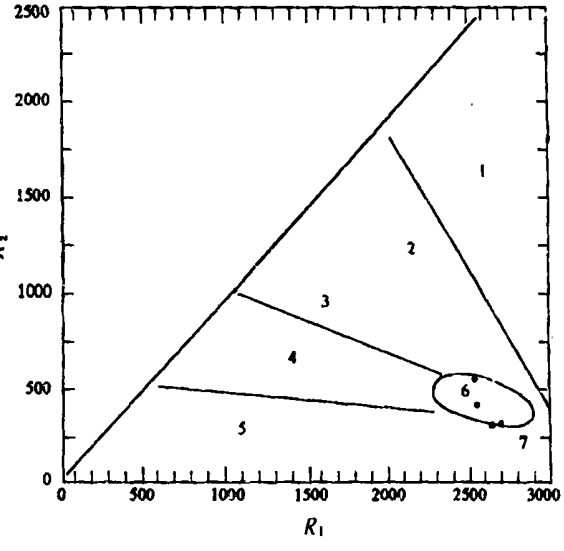


图 4　花岗斑岩的 R_1 - R_2 图

Fig. 4　R_1 - R_2 diagram of granite-porphyry

1 —幔源花岗岩 (mantle fractionates)；2 —板块碰撞消减地区花岗岩 (pre-plate collision)；3 —板块碰撞隆起期花岗岩 (post-collision uplift)；4 —造山晚期花岗岩 (late-orogenic)；5，7 —非造山和后造山花岗岩 (anorogenic and post-orogenic)；6 —同碰撞花岗岩 (syn-collision)

最后需要强调的是，朱拉扎嘎矿床中火山岩及相关喷流沉积金矿化层的发现，突破了阿拉善台隆上的中 - 新元古界是一个稳定盖层的观念. 该区在一系列特征上可以同东部的狼山 - 白云鄂博裂谷系对比，特别是成矿特征更接近. 例如，狼山 - 白云鄂博裂谷系西南部的霍各气、碳窑口等多金属矿床和朱拉扎嘎矿床中的喷流沉积金矿化层的矿石特征和火山岩的关系等方面十分相近. 虽然朱拉扎嘎以金矿化为主，但其深部及外围 Pb - Zn 矿化普遍，在霍各气、碳窑口矿床中以多金属成矿为主，但矿床中普遍伴生金.

众所周知，华北地台北缘的狼山 - 白云鄂博中 -

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

新元古代裂谷系是我国极其重要的一个成矿带[6]，其中白云鄂博 Fe - REE - Nb 建造矿床早已闻名于世. 以靠近本区的狼山 - 渣尔泰山裂谷来说，多金属矿床也颇为集中，其中又以海底喷流沉积矿床发育为特色[7]. 因此，我们有必要对阿拉善台隆上的中 - 新元古界的大地构造环境属性重新认识，如果它也是裂谷的一部分，这会使本区的找矿工作展现非常广阔的前景.

工作中得到内蒙地勘局及内蒙古国土资源勘察院、朱拉扎嘎金矿的大力支持，在此表示衷心的感谢.

参考文献:

[1] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社，1991.

[2] Young R A, Ross D A. Volcanic and sedimentary processes in the Red Sea axis trough [J]. Deep-Sea Research, 1983, 21 (4): 289—297.

[3] 邵和明. 内蒙古中 - 上元古界地层的找金远景 [J]. 内蒙古地质，1999，(1): 1—5.

[4] 马启波，等. 中国热液金矿床含金建造及成矿作用与找矿方向 [M]. 北京: 地质出版社，1994.

[5] Foster R P. The geology, geochemistry and genesis of gold deposits [A]. In Gold '82, Institute of Mining Reseach, Zimbabwe. 1982.

[6] 王楫，等. 华北地台北缘西段裂谷系构造特征及其成矿 [J]. 内蒙古地质，1989，(1).

[7] 裴荣富，等. 华北地块北缘及其北侧金属矿床找矿系列与勘查 [M]. 北京: 地质出版社，1998.

GEOLOGY AND GENESIS OF ZHULAZHAGA GOLD DEPOSIT, INNER MONGOLIA, CHINA

YANG Yue-qing[1], JIANG Sihong[1], NIE Feng-jun[1], ZHANG Jian-hua[1], LIU Yan[1], LI Fu-xi[2], WANG Jian-min[2], JIA Lin-zhu[2]

(1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037, *China*;
2. *Institute of Land and Resources Exploration and Development of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot* 010020, *China*)

Abstract: Zhulazhaga gold deposit, located in Inner Mongolia Autonomous Region, is the first large-scale deposit found in the Middle-Upper Proterozoic strata along the western part of the north margin of North China Platform. The wall rocks of the ore bodies are a series of epimetamorphic rocks, which are mainly composed of metacalcareous sandstone, siltstone and slate with minor thin-bedded carbonate rocks. The authors discover the widespread acidic volcanic rocks within the strata. The occrrence of the main ore body is similar to that of the wall rocks. The intensive hydrothermal alteration in the deposit is closely related to the ore-forming process. Five ore types are identified, which are SEDEX type, altered volcanic rock type, altered sandstone type, metasomatic rock type and quartz vein type. Most gold minerals appear as native gold and electrum. Based on the detailed research, it is supposed that the mineralizing process may experience two epoches. In the earlier epoch, the SEDEX type of mineralized beds was formed during the Middle Proterozoic volcanic activity. During the latter epoch, different types of ore and orebodies were formed in the gold-bearing thermal fluid, when the fluid was evolved from the granitic magma which intruded during the late Hercynian movement, and replaced the wall rocks intensively. The apperance of the quartz vein type of orebodies demostrates the end of the endogenetic ore forming.

Key words: gold deposit; altered rock type; magmatic hydrothermal fluid; granite-porphyry; Zhulazhaga; Inner Mongolia

作者简介: 杨岳清 (1941—)，男，青海西宁人，研究员，1964 年毕业于长春地质学院矿产地质及勘探系，长期从事金属矿产地质研究；通讯地址: 北京西城区百万庄 26 号 中国地质科学院矿产资源研究所，邮政编码 100037.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net