

金银矿化水平分带的“古利库式”冰长石-绢云母型 矿床成矿规律*

Metallogenetic Characteristics of Guliku Epithermal-type Gold(-Silver) Deposit in Daxinganling Area

朱 群^{1,2} 李之彤² 扬芳林² 王恩德¹

(1 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033)

Zhu Qun^{1,2}, Li Zhitong², Yang Fanglin² and Wang Ende¹

(1 Institute of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang, 110004, Liaoning, China; 2 Shenyang Institute of
Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110032, Liaoning, China)

摘 要 文章首次发现了古利库金-银矿床的成因类型和其明显的金、银矿化水平分带, 并建立了成矿模式与
找矿模型, 这对于深化对该类金矿成矿作用的认识、拓宽找矿领域、推进区域成矿学的研究具有一定的意义。

关键词 冰长石-绢云母型金-银矿床 成矿作用 古利库 大兴安岭

古利库金银矿床自北部的 1 号化探异常区、2 号化探异常区至南部的 3 号化探异常区延长达 5Km, 空间上构成一条北西
向分布的矿带, 自北而南规律地分布有 3 种矿化蚀变组合类型、3 种金银矿化组合类型和 2 种矿体形态类型(图 1)。

1 矿区地质构造的产出、分布规律

矿床的赋矿围岩由两部分组成, 一是遭受到强烈韧性剪切变形的新元古代-早寒武世落马湖群变质岩系和兴凯期花岗岩
类; 另一是早白垩世各类火山岩。其中, 落马湖群变质岩系的各变质岩组在古利库矿区的出露由北至南(由新至老)依次为北
宽河组($Pt_3-\epsilon_1$)b 绢云绿泥板岩(千枚岩)类、嘎拉山组($Pt_3-\epsilon_1$)g 含十字石变粒岩(片岩)类和铁帽山组($Pt_3-\epsilon_1$)t 黑云斜长片麻岩(变
粒岩)类, 而早白垩世火山岩类的各岩组在古利库岩金矿区的产出由北至南(由老至新)依次为龙江组(K_1l)安山岩类、英安岩类
和光华组(K_1g)流纹岩类。

古利库岩金矿床形成于三级控矿-导矿-容矿构造体系中, 大杨树盆地东侧的 NNE 向嫩江断裂带作为区域一级成矿带控
制了古利库等矿床的区域空间分布; 古利库早白垩世火山穹窿构造是继承、叠复于盆地基底的中、晚侏罗世期间形成的北西
向韧性剪切带和北西向断裂带这一北西向构造系统而产出的, 构成古利库金银矿床的二级控矿构造, 古利库岩金矿床即产出
在该火山穹窿构造的翼部, 并沿北西向构造系统形成了一条北西向分布的矿带; 而该火山穹窿构造的次级火山机构(爆破角
砾岩筒、次火山岩相、锥状火山口、环状和放射状断裂)和北西向断裂带及其次一级北东向断裂则属三级容矿构造带, 这些
三级容矿构造直接控制了古利库岩金矿床的各个矿体的分布(图 1)。

正是上述地质构造的规律性产出和分布, 控制了古利库金银矿床的次生晕化探组合异常、矿化蚀变组合类型、矿体形态
类型、矿体组分类型等的规律性空间分布。

2 矿体形态类型的空间分布规律

古利库金银矿床的矿体按产出形态可以划分为含碳酸盐冰长石-石英脉型和网脉状硅化岩型两类, 前者以脉状、弧形脉
状为主, 条带状次之, 矿体规模不等, 大者长 200~300 m, 小者长数十米至百米, 矿体厚度 1~7 m, 一般为 2~5 m; 后者以

* 本文是原地矿部定向科研基金项目(地科定 96-08)科研报告的部分成果

第一作者简介 朱 群, 1963 生, 男, 研究员, 硕士, 从事区域地质与成矿规律研究工作, 现为东北大学博士研究生。

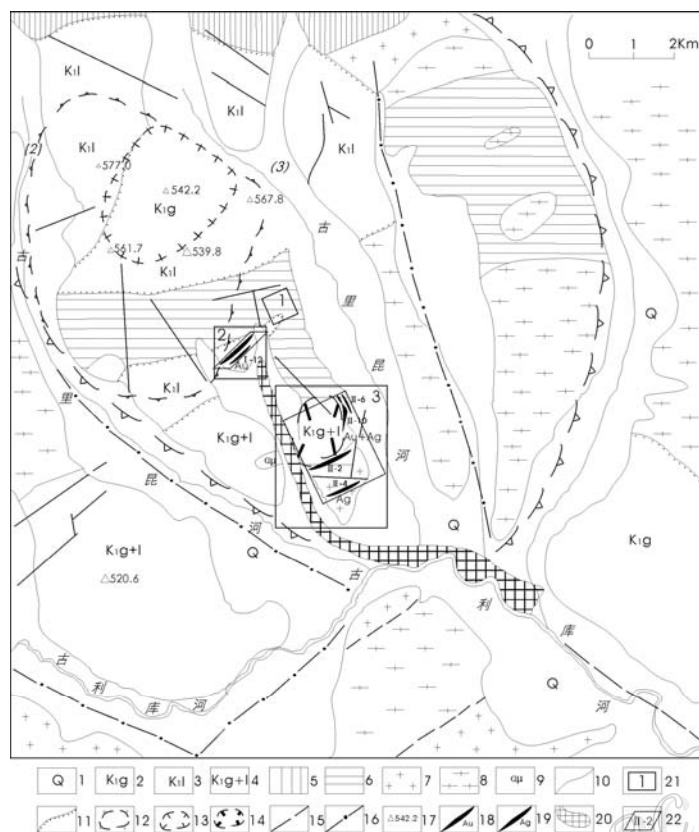


图 1 大兴安岭地区古利库金银矿床地质构造略图

1—第四系；2—光华组酸性火山岩；3—龙江组中-酸性火山岩；4—光华组+龙江组；5—志留-奥陶系；6—新元古界-下寒武统落马湖群变形-变质岩系(基底)；7—华力西期中粒白云母花岗岩、石英闪长岩；8—前寒武系二长花岗岩、斜长花岗岩；9—安山玢岩；10—地质界线；11—不整合界线；12—火山穹隆；13—火山通道；14—爆破角砾岩筒；15—实测与推测断裂；16—隐伏断裂；17—高程点；18—金矿体；19—银矿体；20—砂金矿体；21—化探异常及编号；22—矿带及矿体编号

网脉状硅化黄铁矿化安山岩-英安岩形式沿构造破碎带产出，矿体规模变化较大，长度在 40~300 m 不等，厚度较大为 5~20 m。目前，所控制的各类型矿体的延深一般小于 100 m，矿体走向以 NE 向、NNE 向及 NW 向为主。上述两种形态类型的矿体亦表现出规律性的空间分布，即网脉状硅化岩型矿体主要分布于矿区北部的 1 号和 2 号化探异常区(如 12 号矿体群)，而在矿区南部的 3 号化探异常区则主要产出含碳酸盐-冰长石石英脉型矿体(如 2 号、10 号和 4 号矿体)。

3 矿体组分类型的空间分布规律

与矿体形态类型相对应，在古利库金银矿区由北至南顺序分布有 Au 型(如 12 号矿体群)、Au-Ag 复合型(10 号和 2 号矿体)和 Ag 型(4 号矿体)。Au 型矿体(网脉状硅化岩型矿体)主要产于早白垩世龙江组安山岩和英安岩中，次为落马湖群黑云斜长片岩中。Au-Ag 复合型矿体和 Ag 型矿体(含碳酸盐冰长石-石英脉型矿体)主要产于早白垩世龙江组、光华组火山岩中和新元古代-早寒武世基底落马湖群变质岩系中及二者接触部位。其中，Au 型矿体的主要金属矿物为银金矿、黄铁矿，偶见自然银；Au-Ag 复合型矿体的金属矿物为银金矿、自然银、辉银矿、脆银矿、银黝铜矿等；Ag 型矿体的金属矿物组合主要为自然银、辉银矿、脆银矿等。

4 矿化蚀变带组合类型的空间分布规律

古利库矿区围岩蚀变作用，不仅期次(阶段)多、类型多，且空间上具有重叠、复合并以矿体为中心在两侧(上、下盘)呈对称蚀变和线状、带状分布的特点。除龙江组安山岩、英安岩中发育的青磐岩化外，总的看，各类型金银矿体均可划分为 2 至 3 个矿化蚀变带，并表现出由北至南的规律性分布。现以 12 号矿体群、10 号矿体和 2 号矿体及其围岩的矿化蚀变为例，按蚀变矿物组合特点，由北而南，可划分出 3 种矿化蚀变带组合类型：

冰长石(钾长石)-硅化带(内带)—绢云母-黄铁矿化带(中带)—青磐岩化带(外带)组合：位于矿区西北部的龙江组安山岩

中, 呈北北东向的带状分布, 带长大于 500 m, 宽约 200~400 m。以 12 号矿体为中心又可分为三个对称的蚀变带: ①冰长石(钾长石)-硅化带(内带), 带宽约 80~100 m, 12 号矿体即赋存于其中; ②绢云母-黄铁矿化带(中带), 带宽 40~60 m, 伴有高岭土化、碳酸盐化, 多与内带重叠分布; ③青磐岩化带(外带), 分布在中带两侧的安山岩中, 多呈面型分布。

冰长石(钾长石)-硅化带(内带)—绢云母-黄铁矿化带(中带)—高岭土化带(外带)组合: 位于矿区南部 10 号矿体附近的英安岩和落马湖群韧性剪切带中, 呈北西向分布, 蚀变带长约 600 m, 宽大于 400 m。以 10 号矿体为中心又可划分为 3 个对称的蚀变带: ①冰长石(钾长石)-硅化带(内带), 带宽 40~50 m, 伴有碳酸盐(白云石)化, 10 号矿体即赋存于其中; ②绢云母-黄铁矿化带(中带), 其上盘一侧宽 10~20 m, 下盘一侧宽 1 至数米; ③高岭土化带(外带): 主要见于两侧英安岩中。

冰长石(钾长石)-硅化带(内带)—绢云母-黄铁矿化带(中外带)组合: 位于矿区南部光华组酸性火山岩(爆破角砾岩)与落马湖群变质岩接触带两侧, 呈北东向弧形分布, 蚀变带宽约 60~70 m。以 2 号矿体为中心向两侧(矿体上、下盘)可划分出 2 个对称的组合蚀变带: ①冰长石化-硅化带(内带), 带宽近 30 m, 2 号金银矿体即赋存其中, 此带内尚伴有碳酸盐化、叶蜡石化; ②绢云母-黄铁矿化带(中外带), 此带上盘一侧较宽为 30~40 m, 下盘一侧较窄为 5~10 m, 带内伴有钾化。

5 化探异常区的空间分布规律

最北部的 1 号化探异常区是由 Au、As、Sb 三个异常组合而成, 面积约为 0.07 km²。向南约 500 m 出露的 2 号化探异常区是由 Au、As、Sb、Pb、Zn 这 5 种元素的 7 个异常组合而成, 面积约 0.25 km²。最南部的 3 号化探异常区是由 Au、Ag、Sb、As、Bi 这 5 个元素的 11 个异常组合而成, 面积约 1.4 km²。

根据古利库岩金银矿区的次生晕化探研究, Au 的平均含量与地壳克拉克值相比属正常值, 但其分布极不均匀, 有较大的变异系数, 最高含量与最低含量相差达千倍。Ag 的平均含量相当高, 是克拉克值的 50 倍, 与 Au 一样在分布上有着较大的变异系数—贫富差距达 260 倍。本区亦是 As、Sb 的高背景地段, 其分布也不均匀, 高低含量之比均超过百倍。Bi、W 平均含量均高于地壳克拉克值, 在分布上起伏变化不大。Mo、Pb、Zn 为正常区, Cu 远低于克拉克值, Cu、Pb、Zn 的变异系数较小, Mo 在分布上略有不均。其中, 除 Cu、Zn 两种元素在北部含量高外, 其余 8 种元素(Au、Ag、As、Sb、Bi、W、Mo、Pb)的含量都是由北向南增高。根据次生晕化探工作圈定出的 3 个化探异常区在元素组合和异常规模上均表现出明显的空间分布规律。

由此可见, 古利库金银矿床的次生晕化探异常的规模由北至南明显增大, 元素组合由 Au-As-Sb 型变化至 Au-As-Sb-Pb-Zn 型和 Au-Ag-Sb-As-Bi 型。

6 成矿作用的元素地球化学空间分带规律

(1) 根据古利库金银矿区 22 个岩矿样品的 17 种元素的 R 型和 Q 型谱系聚类分析表明: 与 Au 最紧密共生的元素为 Ag、Sb、Pb、Cu、Hg 和 Bi, 它们是 Au 的指示元素。而 As、Sn、Se、Ba、Zn 与 Au 相关性较小, 不是 Au 的直接指示元素, 还可以得出 Mo、V、Cr、Ni、Co 与 Au、Ag 无直接关系, 仅属伴生的成矿元素。

(2) 古利库金银矿区的结晶基底岩石在中生代中-晚侏罗世期间遭受到强烈的韧性剪切构造变形作用, 由结晶基底到北西向韧性剪切带中, 主要成矿元素、微量元素和稀土元素均表现出规律性的变化特征。

由变质岩类到糜棱岩类, 稀土元素和主要成矿元素均发生了较大的变化(主要成矿元素 Au、Ag、Pb、Sb、Bi、和 Hg 明显富集、稀土总量明显增高、轻重稀土分馏程度增大、负锆异常程度亦明显增大); 由花岗岩到花岗质糜棱岩, 主要成矿元素和稀土元素含量亦发生了较大的变化(明显发生了 Au、Ag、Sb 和 Bi 的富集作用, Pb 和 Hg 也发生了一定程度的富集, 而稀土总量明显降低、稀土分馏程度明显增大、并由明显的正锆异常变化至明显的负锆异常。), 这种不同类型的结晶基底岩石经韧性剪切变形后(变质岩类和花岗岩类), 在稀土元素和主要成矿元素上均表现出了一致性的变化, 充分说明了韧性剪切变形作用使古利库地区的结晶基底在中-晚侏罗世期间发生了初始的成矿元素富集。

(3) 古利库矿区的早白垩世火山岩类是在活动大陆边缘构造环境下产生的高钾-富碱质的岩浆产物, 岩石化学成分上属高钾低钛富钼型火山岩类, 且总体上与岛弧钙碱性火山岩系特征较为一致。稀土元素分布特征进一步表明其属大陆安山岩类。主要成矿元素和微量元素地球化学特征说明, 该套火山岩系具有形成 Ag-Bi-Pb 组合的成矿地球化学背景场。

(4) 由火山岩到蚀变和矿化火山岩的元素变化特征表明, 成矿作用中 Au、Ag、As、Se、Sb、Bi、Hg、Sn、Ba 发生了明显的富集, Cu、Pb、Zn 在矿区南部发生了富集, 而 Co、Ni、Cr、V、Mo 发生了明显的贫化, 稀土总量、轻稀土和重稀土含量及轻稀土分馏程度均明显降低, 而负锆异常和重稀土分馏程度则明显增大。

(5) Au、Ag 的水平和垂向变化特征表明不存在金银矿化上的垂向分带, 相反, 古利库岩金矿区主要表现为金银矿化

上的水平分带,并且,由北至南分别形成了 Au 型、Au-Ag 复合型和 Ag 型的三种矿化类型的矿体。

(6) 成矿作用的稀土元素地球化学特征表明,金与重稀土元素有着密切的共性,而银与轻稀土元素密切相关,金、银成矿的水平分带的基本原因是重稀土元素(金)在成矿热液流体中发生了明显的“滞后”效应。

(7) 成矿元素地球化学特征进一步表明, Au 与 As、Se、Sn、Ba 在成矿作用中具有一致的地球化学属性, Ag 与贱金属元素 Cu、Pb、Zn 和过渡族元素 Cr、Ni、Co 及 Sb、Bi、Hg 以及微量元素 Mo 在成矿作用中具有一致的地球化学属性。

表 1 古利库矿床 Au 型、Au-Ag 复合型和 Ag 型矿体矿的

成矿地球化学特征参数表

	北部 12 号矿体群	中南部 10 号矿体	南部 2 号矿体	变化
Au/Ag 比值	0.336~0.422	0.02093~0.02931	0.03975~0.0517	Au/Ag 降低
w(NaCl _{eq})/%	1.038~0.634	0.452~0.321	0.132	盐度降低
w(H ₂ O) _{气相} /%	94.14%~95.31%	94.97%~96.68%	97.6%	气相水增大
K ⁺ /Na ⁺	平均 0.237	平均 0.590	平均 1.40	K ⁺ /Na ⁺ 增大
(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)/Na ⁺	0.002~0.031	0.017~0.043	0.005	CM/Na 增大
δD _{H2O} /‰	-93	-76	-76	δD _{H2O} 值降低
δ ¹⁸ O _{H2O} /‰	-6.58~-7.92	-10.99	-9.35	δO ¹⁸ _{H2O} 降低
δ ³⁴ S/‰	1.4~2.4		1.3	δS ³⁴ 值降低
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	18.5~20.91		18.11	Pb/Pb 各项比值均明显降低
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15.43~15.62		15.29	
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	37.78~38.04		37.41	
成矿温度/℃	240~270	205	235	温度降低
pH 值	4.67~4.87	5.11	5.47	明显增高
E _h 值	-0.80		-1.25	明显降低
矿物组合	银金矿+黄铁矿	金银矿+自然银+辉银矿+脆银矿+黝铜矿	银金矿+自然银+辉银矿+脆银矿+黝铜矿	贱金属含量明显增高

值,银、铅、铜、锌可能主要以氯化物络合物形式搬运,即指出银与贱金属具有相似的搬运(和沉淀)机制,并用贱金属含量较高的矿区一般显示较高的 Ag/Au 比值来加以说明。这正如在前述的古利库岩金矿床的成矿作用分析中所讨论的,认为古利库岩金矿床是以硫氢络合物和氯络合物作为金在成矿作用中的主要迁移形式,其中,矿化作用早期和主期阶段, Au 可能以无机络合物(AuCl₄⁻和 AuCl₂⁻)为主,硫氢络合物 Au(HS)₂和 H₂Au(HS)₂为次的形式运移成矿。而矿化作用晚期阶段 Au 可能以硫氢络合物为主、氯络合物为次的形式迁移、沉淀,并由此形成了 Au 与 Ag 的矿化分带。

在表 1 中,通过主要的不同类型矿体的成矿地球化学特征参数的综合对比,可以较好的解释 Au 与 Ag 的分带机理和古利库金银矿床的成矿作用的水平分带特点,即成矿热液流体的循环作用的确是由北至南发生的,由此形成了自北而南的 Au 型、Au-Ag 复合型和 Ag 型矿体分带。结合前述的成矿作用的元素地球化学行为的特点,可以认为古利库岩金矿床成矿水平分带的机理是由于成矿热液流体自北而南的循环作用,热液流体的性质发生了明显的变化,即流体温度、盐度、E_h值逐渐降低,而 pH 值、H₂O 气相值、K⁺/Na⁺比值、(Ca²⁺+Mg²⁺)/Na⁺比值和贱金属含量明显增高,伴随产生了明显的重元素和重同位素的“滞后”效应,即 δO¹⁸_{H2O}值、δD_{H2O}值、δS³⁴值、Pb/Pb 各项比值和 Au/Ag 比值明显降低,由此形成了矿区北部属 Au 型矿体,而矿区南部属 Ag 型矿体的成矿分带。

参 考 文 献

- 朱 群, 吴振文, 李之彤, 等. 2000. 大兴安岭古利库浅成低温热液型金(银)矿床地质特征和成矿条件分析. “九·五”地质科技成果学术交流会会议论文集. 北京: 地质出版社.
- 朱 群, 武 广, 张炯飞, 等. 2001. 得尔布干成矿带成矿区划与勘查技术研究进展. 中国地质, 28(5).
- 朱 群, 李之彤. 2001. 大兴安岭古利库金矿区落马湖变质岩系及其含金性. 地质与资源, 10(4).
- 杨芳林, 李之彤, 朱 群, 等. 1999. 古利库金(银)矿床中冰长石的发现及其地质意义. 贵金属地质, 8(2).
- 韦永福, 等. 1994. 中国金矿床. 北京: 地震出版社.
- 李之彤. 1980. 团结沟金矿床的形成条件及其成因类型. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所分刊. 北京: 地质出版社.
- 永山透. 1993. 减压、沸腾和矿脉的形成——菱刈脉状矿床中矿物沉淀模式. 徐 川, 译. 贵金属地质.
- 朱 群, 李之彤. 1998. 吉中地区含金火山岩系岩石地球化学特征. 贵金属地质 (2).
- 希尔德, 等. 1987. 以火山岩为容矿岩石的浅成低温热液矿床——酸性硫酸盐型和冰长石-绢云母型矿床的比较剖析. 王家枢, 译.

7 成矿作用的水平分带

P.希尔德等人(1987)系统总结了冰长石-绢云母型浅成低温矿床是形成于地表水与深部受热盐水在侧向流动状态中相混合的地热系统中,矿床产出位置高踞于深部热源上方并可能向旁侧偏移,成矿流体以中性至弱酸性的碱金属氯化物水居主导地位,矿床的侧向延伸(1~200 km)远超过垂向延伸(200~1000 m),并在矿体成分类型上(Au/Ag比值、富金银矿脉与贱金属矿脉)具有明显的侧向分带。但是,目前,对于侧向分带的内在原因只是简单的认为金与银和贱金属具有不同的沉淀机制。如, Seward (1976, 1984)和 Barnes (1979)提出浅成热液系统中络合作用的类型在很大程度上决定于 Cl 的活度、总硫浓度、氧化状态和 pH