金属矿产

黑龙江乌拉嘎金矿床成因研究进展

高 天¹, 郭 洋¹, 陈彩云¹, 刘福林², 李永兵¹, 刘建明³, 石耀霖¹
(1.中国科学院大学, 北京 100039; 2.内蒙古金陶股份有限公司, 内蒙古赤峰 024327;
3.中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源重点实验室, 北京 100029)

[摘 要]黑龙江乌拉嘎金矿床位于兴蒙-天山造山带东缘吉黑褶皱系佳木斯隆起北端的太平沟隆 起与嘉荫凹陷东侧乌拉嘎断裂的结合处。该金矿是在乌拉嘎深断裂控制作用下产生的大型原生岩金矿 床,其矿床成因认识逐渐清晰;从次火山热液型、斑岩型金矿床、热泉型浅成低温热液金矿床,到现在认 为的典型的浅成低温热液型金矿。乌拉嘎金矿床主矿体就位于斜长花岗斑岩与黑龙江岩群片岩的接触 部位靠近斑岩一侧。金矿的成矿年龄为晚燕山期;矿区西部构造破碎岩带发育,为矿床的就位提供了良 好的场所。岩浆期后热液和大气降水共同影响着矿床的形成。矿石结构以细粒状、碎裂、胶状为主,矿 石构造以脉状、角砾状为主;矿床围岩蚀变发育。以矿体为中心,从矿床外围向矿床内部依次发育有碳 酸盐化-泥化-绢云母化-冰长石化-硅化,矿体就位的围岩蚀变以及围岩蚀变的含矿性都揭示硅化蚀变 作用是乌拉嘎金矿成矿的关键因素。目前尾采阶段的零星矿体主要就位于花岗斑岩的构造裂隙带附 近,黄铁矿化不明显。因此要揭示这类具斑岩成矿特征的浅成低温热液型矿床的成因还需要更直接的 佐证,或许花岗斑岩斜长石铝含量与斑岩型铜矿的关系能为解决这个问题提供可借鉴的思路。

[关键词] 乌拉嘎断裂 金矿床 晚燕山期 裂隙充填 浅成低温热液 黑龙江 [中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2018)02-09

Gao Tian, Guo Yang, Chen Cai-yun, Liu Fu-lin, Li Yong-bing, Liu Jian-ming, Shi Yao-lin. Progress of research on genesis of the Wulaga gold deposit in Heilongjiang Province [J]. Geology and Exploration, 2018, 54(2):0243-0251.

乌拉嘎金矿位于黑龙江东北部,主要矿体就位 于黑龙江岩群片岩与花岗斑岩的接触部位,金的平 均品位达4g/t,产金量1.1t/a,金储量达80t,是黑龙 江境内最大的岩金矿床(孙丰月等,2008),从1962 年建矿以来开采至今,现已成为危机矿山。根据化 探资料显示,本区有很好的金成矿地质背景(吕古 贤等,2012;佟智强等,2013)。随着对浅成低温热 液矿床的认识和发展(Corbett, 2002),业界对该矿 床成因的认识有两种:早期的斑岩型金矿床和目前 较为认可的浅成低温热液金矿床,但两者之间争论 一直不断,直到现在仍然没有统一的看法(祝向平 等,2012)。乌拉嘎金矿的矿体并未直接就位于火 山岩,而是就位于斜长花岗斑岩与黑龙江亚群的片 岩接触部位(曹亮等,2015),这是导致长期存在这 两种成因认识的主要原因。由于开采时间较长,现 已无法得到翔实的矿体、围岩等实物资料,矿体与斑 岩的接触关系矿物共生组合等重要的基础地质资料 仅能借助于前人的文献资料获取。目前仅在花岗斑 岩的构造裂隙带附近尚存可开采的零星矿体,矿体 的黄铁矿化不明显。为此,本文拟结合前人研究和 近期工作概述乌拉嘎金矿床成因研究现状,并为进 一步研究乌拉嘎金矿的矿床成因提出可能的思路。

1 区域地质概况

大地构造位置上,乌拉嘎金矿床(原团结沟金 矿)位于兴蒙-天山造山带东段,吉林黑龙江地槽系 佳木斯隆起北端,太平沟隆起与嘉荫凹陷东侧乌拉嘎 断裂的结合处(吴国学等,2005;高荣臻等,2014;李向 文等,2014)。嘉荫凹陷两侧的两大断裂通过本区:西 有 NNE 向南沟-北沟大断裂,主要控制着西边的地形

[[]收稿日期]2017-09-20;[改回日期]2017-12-12;[责任编辑]陈伟军。

[[]基金项目]中国黄金黑龙江乌拉嘎金矿成矿特征床成矿特征与成矿潜力评价研究和基金重点项目(编号:No.41530315)资助。

[[]第一作者]高 天(1992年-),男,在读硕士研究生,矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail:gaotian15@mails.ucas.ac.cn。

[[]通讯作者]李永兵(1973年-),博士,副教授,主要从事矿物岩石矿床学方向研究。E-mail: yongbingli@ucas.ac.cn。

变化及矿点分布;东有 NNE 向乌拉嘎深大断裂,主要 控制着东侧的地形变化及乌拉嘎金矿周围的矿点分 布情况。此三者共同作用将本区地形大致分为三大 块区:中间的嘉荫凹陷为主体;西边的汤旺河-关松镇 隆起决定着西边的地形变化;东边的太平沟隆起分布 范围极广。其中乌拉嘎金矿位于太平沟隆起边缘与 乌拉嘎断陷的结合处(李宪州等,1993;来又东,2008)。 区域地层以下元古界黑龙江群、麻山群古老变 质岩系,以及中新生界火山-沉积岩系为主;其中古 生代地层呈零星态分布于海西晚期的花岗岩(佟智 强等,2013)。黑龙江群主要分布在太平沟隆起的 范围内,地层从老到新依次划分为:鸡冠山组、山嘴 子组和湖南营组。麻山群变质岩地层整合于黑龙江 群变质岩之上,其主要分布在两侧的大型隆起区域



图 1 黑龙江地质构造略图(据薛明轩,2012) Fig.1 Map of geological structures in Heilongjiang (after Xue, 2012)

1-缝合带;2-深大断裂;3-壳断裂;4-中生代盆地界线;F₁-得尔布干断裂;F₂-兴华-塔源断裂;F₃-黑河-嫩江缝合带;F₄-逊河-铁 力-尚志断裂;F₅-嘉荫-牡丹江断裂;F₆-大和镇断裂;F₇-依兰-舒兰断裂;F₈-敦化-密山断裂;F₉-双鸭山-孙吴-塔河断裂;F₁₀-塔 溪-林口断裂;F₁₁-漠河盆地南缘断裂;F₁₂-乌云-伊春-西林断裂;F₁₃-桦川-林口-穆棱断裂;I-1-额尔古纳地块;I-2-大兴安岭 构造活动带;I-3-松辽地块;I-4-小兴安岭-张广才岭活动带;I-5-佳木斯-兴凯地块;I-6-完达山结合带;MHB-漠河盆地; SNB-松嫩盆地;WJB-乌云-结雅盆地;SJB-三江盆地

1-suture; 2-deep fault; 3-crustal fault; 4-Mesozoic basin boundary; F_1 -Deerbugan fault; F_2 -Xinghua-Tayuan fault; F_3 -Heihe-Nenjiang suture; F_4 -Xunhe-Tieli-Shangzhi fault; F_5 -Jiayin-Mudanjiang fault; F_6 -Dahe town fault; F_7 -Yilan-Shulan fault; F_8 -Dunhua-Mishan fault; F_9 -Shuangyashan-Sunwu-Tahe fault; F_{10} -Taxi-Linkou fault; F_{11} -fault on southern margin of Mohe basin; F_{12} -Wuyun-Yixi-Xilin fault; F_{13} -Huachuan-Linkou-Mulin fault; I-1-Ergunan block; I-2 Daxinganling tectonic belt; I-3-Songliao block; I-4-Xiaoxing´anling-Zhangguangcailing active zone; I-5-Jiamusi-Xingkai block; I-6-Wandashan conjunction belt; MHB-Mohe basin; SNB-Songneng basin; WJB -Wuyun-Jieya basin; SJB-Sanjiang basin

范围内;麻山群岩性的变质程度相当于角闪岩相 (王硕,2014)。中生界侏罗系、白垩系主要分布于 嘉荫凹陷两侧;岩性主要由中酸性火山岩构成。新 生界主要是分布在乌拉嘎河周边的第四系现代河流 冲积物,并且沿河滩局部形成含有一定质量的砂金 矿点。

区内岩浆岩主要分布情况:燕山早期花岗斑岩分 布于嘉荫凹陷两侧;海西晚期的一些花岗岩呈现岩基 状,主要分布于汤旺河-关松镇隆起部位;混合花岗岩 多分布于麻山群内,跟小型断裂有一定的分布关系 (来又东,2008)。本区的金矿床基本沿着嘉荫凹陷的 两侧分布,东有浅成低温热液型乌拉嘎金矿、嘉荫河 金矿等,西有热液脉型平顶山金矿(陈静,2011)。

本区构造格局主要由近南北(SN)向的嘉荫断 裂和保兴-四方山林场断裂控制(佟智强等,2013)。 嘉荫断裂属于郯庐断裂北延西支依兰-伊通断裂的 北段,切割深度大、活动时间长,是影响本区金矿分 布的主要断裂。在断裂附近及周边,除乌拉嘎金矿 外,还分布着马莲、杜家河、小金山、太平沟、嘉荫河、 张才沟,平顶山、北中卡等众多金矿(李宪洲,1996; 杨金和,2006;包真艳等,2014)。沿着嘉荫断裂分 布的金矿可能是通过嘉荫断裂运移并在断裂提供的 有利空间赋存,其同样也为岩浆的上侵提供了便利 的通道。控制乌拉嘎金矿的乌拉嘎断裂属于大型嘉 荫断裂的一部分(图1),走向为 NNE 向,主要分布 在嘉荫凹陷的中部(徐九华等,2012)。区域上,嘉 荫凹陷、太平沟隆起和汤旺河-关松镇隆起共同塑 造了研究区的主干地形变化。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

乌拉嘎金矿区位于太平沟隆起与嘉荫凹陷的结 合部位。矿区出露地层由老到新为中元古界黑龙江 岩群、中生界白垩系下统宁远村组、白垩系下统淘淇 河组、白垩系上统渔亮子组以及沿乌拉嘎河分布的 大面积第四系(孙丰月等,2008)(图 2)。中元古界 黑龙江岩群与成矿作用密切;岩性主要是以云母钠 长片岩和云母石英片岩为主的云母片岩类;化探工 作显示出这套古老的中元古界黑龙江片岩群有很好 的金成矿地质背景;乌拉嘎金矿体主要分布于片岩 与花岗斑岩的交汇部位(王硕,2014)。中生界白垩 系下统宁远村组主要分布于乌拉嘎矿区的北面,主 要岩性有中酸性凝灰角砾岩、含砾凝灰熔岩等。中 生界白垩系下统淘淇河组主要分布于乌拉嘎矿区的 北部及南部,主要岩性有砾岩、砂砾岩和凝灰质砂岩 等。淘淇河组与下覆宁远村组呈不整合接触。中生 界白垩系上统渔亮子组主要分布于矿区西部,其岩 性由砂砾岩、砂岩及粉砂岩组成;不整合于淘淇河组 及宁远村组之上。第四系基本沿着乌拉嘎河两岸展 布,岩性有亚粘土、砂砾石等组成。

矿区地质调查发现,花岗闪长斑岩以及花岗斑 岩作为主要侵入岩体在矿区周边大面积出现,次英 安岩在矿区的周边呈零星分布。花岗斑岩大部分分 布在金矿体周围,在矿区的中部以及东部均有出露。 花岗闪长斑岩主要出露于矿区的北部,以往的钻探 结果表明花岗闪长斑岩与金矿化关系并不大。次英 安岩小型岩体主要出露于乌拉嘎矿区临近生活区的 位置并且范围较小。

目前的研究表明,矿区出露的岩浆岩特别是燕 山期的花岗斑岩对成矿起到了一定的作用;北西西 (NEE)向的次级断裂以及矿区西部的构造破碎带 为矿体的就位提供了必要的储存空间(图2)。正是 燕山期的花岗斑岩沿主断裂构造即乌拉嘎深断裂发 生上侵,通过热液作用大量萃取黑龙江群片岩中的 金元素,将富集起来的金储存在次级断裂与主断裂 交汇形成的空间内(王硕,2014)。

矿区内最大的控矿断裂是基本沿着乌拉嘎河分 布呈 NNE 的乌拉嘎断裂,此断裂的发育为后期岩浆 的上侵以及热液的迁移提供了通道。矿体主要就位 于构造破碎带发育的黑龙江群片岩与花岗斑岩的接 触部位,靠近燕山期斜长花岗斑岩体中,部分产于黑 龙江群的糜棱岩中(李宪州等,1993)。NWW 向的 构造破碎带走向与矿体走向基本一致,这表明矿体 的形成明显受构造的控制,这为浅层低温热液矿床 成因机制提供了直接的支持。本区对成矿最重要的 乌拉嘎深断裂具有多期叠加构造特征(赵桂香等, 2009)。据已知矿体的产状可推断 NNE 向主断裂为 其提供一定运移通道,NW 和 NWW 向的次级断裂 及破碎带提供了容矿空间。

2.2 矿体地质特征

该区金矿开采始于 20 世纪 70 年代期间共发现 和开采的大小矿体共 76 条,其中 1 号矿体金矿的总 储量达 50t;矿体的基本产状走向呈 NNW 向,倾向 近 NE 向,倾角 20°,矿体 NW 向侧伏,矿体产状也表 明 NWW 向断裂为矿体的侵入就位提供了空间 (图 3)。1 号矿体总长 1550m,厚度平均在 46m,最 大延伸达 450m,金矿石平均品位 4g/t(孙丰月等, 2008)。目前尾采阶段的零星矿体主要就位于花岗



图 2 乌拉嘎矿区地质图 (据霍亮,2007)

Fig.2 Geological map of the Wulaga mining area (after Huo, 2007)

1-第四系;2-中新统-上新统孙吴组砾岩、砂砾岩及泥岩;3-中新统玄武岩;4-下白垩统淘淇河组碎屑岩;5-下白垩统宁远村组火山 岩;6-中元古界黑龙江群下亚群片岩;7-斜长花岗斑岩;8-花岗闪长斑岩;9-矿体;10-城镇

1-Quaternary; 2-Mesozoic-Upper Neogene Sunwu Formation conglomerate, sandy conglomerate and mudstone; 3-Miocene basalt; 4-Lower Cretaceous Taoqihe Formation elastic; 5-Lower Cretaceous Ningyuancun Formation volcanic rock; 6-Neoproterozoic Heilongjiang group sub-group schist; 7-plagioclase granite porphyry; 8-granodiorite porphyry; 9-ore body; 10-town

斑岩的构造裂隙带附近,黄铁矿化不明显,矿体规模 不大,品位不高,但在有些地段品位很高,矿石中有 明金出现。金矿物以自然金为主,赋存于玉髓状石 英、硫化物以及碳酸盐矿物中,矿石中的硫化物是以 裂隙充填的形式分布于矿床中。以裂隙金、粒间金 以及包裹金的形式存在,其载金矿物主要是烟灰色 石英,这种石英呈现浑浊的玉髓状;矿石中黄铁矿等 硫化物并不是大面积出现,载金特性不如白铁矿。 形态呈现细粒它形内部发育一定裂隙的黄铁矿含 Au 量较高;颗粒较粗并且发育晶型较好的黄铁矿有 较差的含 Au 性(李宪洲,1996);矿石中出现黄铁矿 的量较白铁矿少(刘福来等,1993;李宪州等, 1993)。矿石以胶状、碎裂、细粒状结构为主;矿石 以角砾状、脉状网脉状构造为主,这些组构都是浅成低温热液矿床的特征(李凤友,2001;吴国学等,2006;李景强等,2008;孙丰月等,2008;赵桂香等,2009;王永彬等,2012;徐九华等,2012)。上述成矿特征虽与斑岩型矿床有一定的联系,但更倾向于浅层低温热液矿床成因。

一般认为,岩浆热液流体沿控矿构造系统上升后,首先交代控矿构造带附近的岩石-成矿斑岩体 以及接触围岩或先期形成的蚀变岩,而后向外逐步 渗滤扩散(王凯等,2016),这个过程必然伴随有成 矿作用。这样的流体成矿作用必然与流体经过的地 体部位(成矿热力学条件)、围岩性质(成矿物质来 源)及流体自身的性质等有很大关系。由于乌拉嘎 金矿的成矿位于斑岩体及其附近,与斑岩矿床的矿体就位模式非常相似,而浅成低温热液型矿床是一类主要产于陆相火山岩或与陆相火山岩相关的低温 热液矿床(郎兴海等,2017)。矿体的就位模式使得 认识清楚乌拉嘎金矿的成因变得更加复杂。

矿区发育的围岩蚀变如下:以金矿体为蚀变中 心.从内向外依次发育硅化-冰长石化-绢云母化-泥化-碳酸盐化(李凤友,2001;吴国学等,2006;孙 丰月等,2008;张璟等,2010)。与成矿作用最为密 切的硅化表现为玉髓化的石英,碳酸盐化和冰长石 化指示低温。硅化以灰色玉髓状石英为主,呈脉状、 网脉状等形式充填在裂隙中:黄铁矿-白铁矿化以 胶状黄铁矿以及草莓状白铁矿为主:绢云母化呈现 出脉状特征,并且与周围的硅化及碳酸盐化相伴生; 高岭土化呈灰色、白色,分布于斑岩与糜棱岩接触带 附近。围岩蚀变越强烈对成矿越有利,其中硅化与 成矿关系最为密切(尹淑苹等,2014),具明显浅成 低温热液矿床的蚀变分带特征。孙丰月等(2008) 认为乌拉嘎金矿床分可分为两个矿化期(热液期和 表生期)和四个成矿阶段,主要成矿阶段的矿物组 合为胶状白铁矿-胶状黄铁矿-灰黑色石英共生组 合,这意味着主成矿阶段成矿温度低,是典型的低温 热液矿床。

3 矿床成因探讨

乌拉嘎金矿从发现到开采再到如今的金储量危机,不仅是矿山开采的历史,也是逐步清晰认识其矿床成因的过程。关于其成因,依时间顺序主要提出过:次火山热液型金矿床、斑岩型金矿床(吴尚全,1984;韦永福等,1993)、热泉型浅成低温热液金矿床(张重泽等,1992)、典型的浅成低温热液型金矿(孙丰月等,2008)等。目前,关于乌拉嘎金矿的成因,不同的学者对斑岩成因说与浅成低温热液型成因说仍存争议。

乌拉嘎金矿开采早期,斑岩型金矿成因说是主 流观点,如吴尚全(1984)认为从成因上乌拉嘎金矿 床是斑岩型矿床,该矿床发现的大部分矿体都赋存 于花岗斑岩或花岗闪长斑岩中,并且具有一定的蚀 变分带,有着斑岩型矿床的特征。不过 20 世纪 90 年代初,随着浅层低温热液矿床理论的建立,后续研 究者普遍认为乌拉嘎金矿属于浅成低温热液充填交 代型金矿床。他们认为乌拉嘎金矿的花岗岩的形成 时期与成矿热液时期不同,而该金矿的矿体之所以 赋存于花岗斑岩体内是因为乌拉嘎金矿床容矿构造



1-第四系;2-淘淇河组砂砾岩;3-宁远村组凝灰岩;4-黑龙江岩群 片岩;5早白垩世花岗斑岩;6-花岗斑岩脉岩体;7-次英安岩;8-早 白垩世花岗闪长斑岩;9-构造角砾岩;10-金矿体及编号;11-乌拉 嘎断裂

1-Quaternary; 2-Taoqihe Formation sandstone and conglomerates; 3-Ningyuanchun Formation tuff; 4-Heilongjiang group schist; 5-Early Cretaceous granite porphyry; 6-granite porphyry vein; 7-sub dacite; 8-Early Cretaceous granodiorite porphyry; 9-structural breccia;10-gold ore body and number; 11-Wulaga fault

由于热泉爆发作用形成,形成时的压力释放形成碎 裂,从而矿体赋存在前期的脆性斑岩中(邵军等, 2003)。孙丰月等(2008)通过对矿体内石英流体包 裹体的成分性质,温度、压力研究得到金矿的主成矿 期成矿流体性质为低盐度(1.22%~5.4% NaClegy)、 低密度(0.88~0.96g/cm³),成矿温度区间在140~ 220℃,成矿深度 2.32km 左右;同时氢氧同位素分析 表明成矿流体主要来自大气降水。据此认为乌拉嘎 金矿属于典型的低硫化型浅成低温热液金矿床。王 永彬等(2012)研究发现乌拉嘎金矿床附近的葡萄 沟的花岗闪长斑岩体及南部岩枝的年龄分别为108. 2±1.2Ma 和 106 ±1.1Ma,这些结果与矿区内的地层 即宁远村组火山岩的成岩时间段较相近,进而推断 乌拉嘎金矿的成矿时代是早白垩世晚期,此阶段正 好处于太平洋板块向西俯冲的时间段(张旗,2013; Goryachev et al., 2014; 王硕等, 2017)。目前对乌拉 嘎金矿的成矿温度和年龄,比较认可的观点是:成矿 温度在 200℃左右,成矿年龄在 106Ma 左右,属于燕 山晚期。这些研究也表明成矿作用与斑岩体存在并

无较大的关系,而为乌拉嘎金矿提供金来源的应是 具有金异常的黑龙江群片岩,为浅成低温热液矿床 的成因说提供了强有力的支持。

对乌拉嘎金矿的成因,目前斑岩型矿床成因说 和浅成低温热液成因说仍存争议,但其在构造对成 矿的作用、矿床形成的温度、成矿热液来源上已基本 趋于一致:成矿构造上,乌拉嘎金矿受到乌拉嘎断裂 的控制,在次级断裂和构造破碎带发育的部位成矿; 成矿温度上,也从先前的中温成矿逐步认同目前的 低温成矿;成矿热液来源上,从早期的岩浆热液逐步 认同到岩浆期后热液与大气降水的共同作用。也许 正是这些相似的成矿特征,使得对乌拉嘎金矿的成 因认识存在争议。

从区域成矿背景看,小兴安岭地区是中国主 要的浅成低温热液型金矿成矿区域,其间分布着 多个金矿,包括小兴安岭北部的呼玛金矿、上马 厂金矿、东安金矿、三道湾子金矿等,及本地区的 特大型乌拉嘎金矿等。因此乌拉嘎金矿成因必 然受到区域成矿机制的制约,特别是乌拉嘎断裂 的制约。

表1 乌拉嘎金矿床与周边金矿床对比

Table 1 Comparison of the Wulaga gold deposit and surrounding gold deposits

矿床	成因类型	大地构造位置	控矿因素	矿体形态	成矿作用	成矿年代	矿床规模
乌拉嘎 金矿床	浅成低温热液 型(主要大气 降水)	鹤岗凸起与乌 拉 嘎 凹 陷 接 触带	结晶片岩、花岗 斑岩体,构造角 砾岩带	脉状,网脉状	岩浆期后低温 热液型(蚀变 岩型)	燕山晚期	特大型
平顶山 金矿床	岩浆热液型	结烈凸起与乌 拉 嘎 凹 陷 接 触带	花岗岩体构造 蚀变带	脉状	岩浆期后中低 温热液型(石 英脉型,蚀变岩 型)	燕山晚期	中型
嘉荫河金矿	浅成中温热液 破碎带-蚀变 岩型	佳木斯地块- 鹤岗隆起北缘, 萝北-嘉荫变 质岩块中段	结晶片岩,构造 破碎带	透镜状、似层状 脉状,矿体具尖 灭再现现象	中温热液成因	燕山期	小型
杜家河金矿	脆韧性剪切带 有 关 的 热 液 矿床	太平沟隆起内	背型构造	背型构造两翼	剪切带控制的 热液矿床	燕山期	小型

笔者认为随着对乌拉嘎金矿勘探、开采的深入 及其成因的再认识,以及对周边乃至整个小兴安岭 地区金矿成因的再认识,乌拉嘎金矿的成因也逐步 清晰。多年的勘探开采研究表明,乌拉嘎金矿成矿 与区域构造有很大的关系,特别是与控制本地区多 个金矿点分布的乌拉嘎断裂有着直接关系。乌拉嘎 断裂作为嘉荫凹陷的东侧分界线基本沿着 NNE 向 展布:区域上嘉荫凹陷西侧 NNE 南沟-北沟断裂带 上必然也应该有类似的矿床类型出现。平顶山金矿 床(表1,杨金和,2006)应是位于嘉荫凹陷西侧 NNE 南沟-北沟断裂带上并受嘉荫凹陷控制的浅成低温 热液矿床典型实例。但是由于平顶山金矿床的容矿 空间比乌拉嘎金矿较小,在成矿深度上也比乌拉嘎 金矿床深,形成的规模相比乌拉嘎金矿床小。对比 乌拉嘎金矿与平顶山金矿,笔者认为二者在成因上 具有一定的联系,极有可能是受同一期热液活动影 响形成的两个矿床。表1列出了分布于本地区的已 探明热液型矿床,从位置来看,这些金矿大多位于嘉 荫凹陷与太平沟隆起的接触部位,其次是太平沟隆

起的内部构造发育带上,金矿床的形成时间也基本 一致。这说明在燕山晚期本地区发生了大规模的热 液活动,并且断裂构造控制着金矿的就位分布(图 2)。本地区规模最大的乌拉嘎金矿也必然是在这 种成矿条件下形成,因此对本地区较大型的构造形 态及其性质调查研究,不仅能够限定燕山晚期的大 范围的热液活动在本区的范围,也为在本区域开展 潜伏区找矿提供构造条件制约。

综合上述关于乌拉嘎金矿的研究可以发现,乌 拉嘎金矿更具有浅层低温热液矿床的特征,可能是 由于其就位于斑岩体附近,也具有斑岩型金矿的特 征,使得一些学者认为其可能是斑岩型矿床。可喜 的是近年来关于斑岩型矿床的研究取得了一些非常 重要的认识,Williamson *et al.*(2016)认为斑岩型铜 矿与成矿围岩斑岩体中斜长石中的铝含量有很大的 关系,斑岩体中的铝含量高,极有可能形成有工业价 值的斑岩型铜矿床,而斑岩围岩中的斜长石铝含量 低,基本不能形成斑岩型铜矿。尽管对斑岩型金矿 是否存在同样的规律还有待进一步的研究,但该研 究或许不仅仅能解决乌拉嘎金矿的成因之争,也可 为判断就位于斑岩体中的浅层低温热液矿床提供最 直接的佐证。

此外,本区依然存在一些亟待解决的问题,乌拉 嘎断裂对其周围包括乌拉嘎金矿在内的矿床的形成 具有不可争议的制约与控制作用,但是关于乌拉嘎 深断裂的覆盖范围及其性质目前还没有更深入的研 究;本区大面积分布的凝灰岩与成矿是否有一定联 系,矿区周边褶皱发育,褶皱的形成是否与矿体的就 位有关联也值得商榷。

4 结论

综合前人的研究成果和笔者对乌拉嘎金矿已开 展的研究,可以认为燕山期的岩浆火山活动造就了 现在的花岗斑岩体并且活化了中元古界黑龙江群片 岩中的金,岩浆期后热液携带着活化的金沿着 NNE 向的乌拉嘎断裂构造上侵运移,在有利的成矿储存 构造空间即矿体西北侧的 NNW 向构造破碎带与 NWW 向次级断裂发生就位:在浅部大气降水参与 了乌拉嘎金矿的形成;花岗斑岩与黑龙江群片岩接 触部位本身就是破碎易发生的部位,因此矿体最终 就位于斑岩与片岩的接触部位;早期岩浆活动形成 斑岩裂隙构造也是有利的成矿空间,但空间小,虽也 能发现有工业价值的矿体,但总体储量不大:由于成 矿部位位于斑岩体附近,具有明显的斑岩金矿特性, 更应是就位于斑岩体中的浅层低温热液矿床。对于 乌拉嘎金矿,笔者认为后续的研究应集中关注:斜长 石铝含量与斑岩型金矿的关系?是否可以利用斑岩 型铜矿与斑岩体中斜长石的含量来进一步确定乌拉 嘎金矿的成因:乌拉嘎断裂的性质及其展布范围:区 内分布的凝灰岩与成矿的关系。

致谢:特别感谢乌拉嘎金矿张雨春总工给予的 支持以及乌拉嘎金矿地质部,采矿部工作人员提供 的大力帮助。

[References]

- Bao Zhen-yan, Wang Jian, Yang Yan-chen, Wang Lin, Song Yue, Li Liang, Liu Jian-guo. 2014. Ore-forming fluid features and genesis of Pingdingshan gold deposit in Jiayin, Heilongjiang[J]. Global Geology, 33(02): 358-366(in Chinese with English abstract)
- Cao Liang, Duan Qi-fa, Peng San-guo, Zhou Yun. 2015. Characteristics of fluid inclusions in the Chanziping gold deposit in western Hunan Province and their geological implications[J]. Geology and Exploration, 51(2): 212-224(in Chinese with English abstract)
- Chen Jing. 2011. Metallogenic setting and metallogenesis of nonferrousprecious metals in Lesser Hinggan mountain, Heilongjiang [D]. Changchun: Jilin University: 29(in Chinese with English abstract)

- Corbett G. 2002. Epithermal gold for explorationists [J]. Journal-Applied Geoscientific Practice and Research in Australia, (01): 1-26
- Gao Rong-zhen, Lü Xin-biao, Yang Yong-sheng, Li Chun-cheng. 2014. Characteristics of cryptoexplosive breccias in the Zhengguang gold deposit of Heilongjiang Province and their geological implications [J]. Geology and Exploration, 50(5): 874-883(in Chinese with English abstract)
- Goryachev N A, Pirajno F. 2014. Gold deposits and gold metallogeny of Far East Russia[J]. Ore Geology Reviews, 59: 123-151
- Huo Liang. 2007. Ore genesis and prognosis of Wulaga gold deposit, Jiayin county, Heilongjiang Province[D].Changchun: Jilin University: 17(in Chinese with English abstract)
- Lang Xing-hai, Tang Ju-xing, Yang Zong-yao, Ding Shuai, Hu Gu-yue, Li Yu-hai, Xie Fu-wei, Yan Cheng-ming. 2017. Geophysical characteristics and prospecting direction of the Sinongduo Pb–Zn deposit in Xietongmen County, Tibet [J]. Geology and Exploration, 53(3) : 508–518 (in Chinese with English abstract)
- Li Feng-you. 2001. The Wulaga deposit model of ore-prospecting and its application[J]. Gold, 22(06): 11-13(in Chinese with English abstract)
- Li Jing-qiang, Zhou Kun, Jin Tong-he. 2008. Geological characteristics and origin of Tuanjiegou gold deposit, Heilongjiang Province [J]. Gold, 29(06): 19-24(in Chinese with English abstract)
- Li Xian-zhou. 1996. Pyrite crystal morphology and its prospecting significance in the gold deposit of Pingdingmountain [J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 26(04): 19-22(in Chinese with English abstract)
- Li Xian-zhou, Liu Fu-lai, Zhao Yi-xin. 1993. The mineralogical characteristic of pyrite and marcasite in the gold deposit of Wulaga, Heilongjiang Province [J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 23(02): 145-150(in Chinese with English abstract)
- Li Xiang-wen, Yang Yan-chen, Ye Song-qing, Liu Zhi-jie, Shao Changlai, Wei Hai-feng. 2014. Geological characteristics and ore-controlling factors of the Shiwuliqiao gold deposit in Tahe, Heilongjiang Province[J]. Geology and Exploration, 50(1): 77-87(in Chinese with English abstract)
- Liu Fu-lai, Jin Shi-qin. 1993. The prospecting minerallogy research of quartz in Wulaga Au-deposit[J]. Geological Prospecting, 8(4): 62-68(in Chinese with English abstract)
- Lai You-dong. 2008. Study ongeological characteristics and enrichment regularities of gold mineralization in Wulaga gold deposit, Heilongjiang Province [D]. Changchun: Jilin University: 22 (in Chinese with English abstract)
- Lü Gu-xian, Li Xiu-zhang, Zhang Ying-chun, Guo Tao, Chen Bo-lin, Zhu Yu -sheng. 2012. Research anddevelopment of orefield geology [J]. Geology and Exploration, 48(6): 1143-1150(in Chinese with English abstract)
- Sun Feng-yue, Wang Li, Huo Liang, Wang Ke-yong. 2008. Fluid inclusion study on Wulaga gold deposit in Heilongjiang Province and implications for ore genesis [J]. Geology in China, 35(06): 1267-1273(in Chinese with English abstract)
- Tong Zhi-qiang, Wang Cun-zhu, Ren Chuan-tao, Yin Xi-jun, Huang

Fang-gen. 2013. The geological characteristics and prospecting target of gold deposits in the Baoshan–Wulaga area of North Xiao Hinggan mountains, Heilongjiang Province [J]. The Journal of Science and Technology in Western China, 12(02): 31-33 (in Chinese with English abstract)

- Wang Kai, Yang Fan, Li Feng, Jian Run-tang, Sun Yu-hai, Yang Tao, Li Fu-rong. 2016. Study on the hydrothermal alteration and vein systems of the Pulang porphyry copper deposit in Yunnan Province[J]. Geology and Exploration, 52(3) :417-428 (in Chinese with English abstract)
- Wang Shuo. 2014. Study on Phanerozoic magnmatic evolution and metallogenesis in the eastern Jilin – Heilongjiang Province [D]. Changchun: Jilin University: 12(in Chinese with English abstract)
- Wang Shuo, Sun Feng-yue, Wang Guang, Liu Kai, Li Rui-hua, Guo Hua-li. 2017. Geological characteristics and genesis of the Hekoulinchang tin – polymetallic deposit in Baoqing, Heilongjiang Province [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 36(03): 312-328(in Chinese with English abstract)
- Wang Yong-bin, Liu Jian-ming, SunShou-ke, Li Yan, Li Feng-you, Hu Hai-tao. 2012. Zircon U-Pb geochronology, petrogenesis and geological implication of ore-bearing granodiorite porphyry in the Wulaga gold deposit, Heilongjiang Province. Acta Petrologica Sinica, 28(2): 557-570(in Chinese with English abstract)
- Wei Yong-fu, Qiu You-shou, Yu Chang-tao. 1993. Geology Research on Gold Deposits in East China [M]. Beijing: Geological Publishing House:99-106(in Chinese)
- Williamson B.J., Herrington R.J., Morris A. 2016. Porphyry copper enrichment linked to excess aluminium in plagioclase[J]. Nature Geoscience, 9:237-241
- Wu Shang-quan. 1984. The isotopic geological evidence of the multisource origin of the Tuanjiegou the porphyry gold deposit[J]. Geology and Exploration, 20(2): 28-31(in Chinese)
- Xu Jiu-hua, Wei Hao, Wang Yan-hai, Zeng Qing-dong, Liu Jian-ming, Mao Qian. 2012. Sub-volcanic hydrothermal mineralization of the Wulaga gold deposit, Heilongjiang, China: Evidences from melt and fluid inclusions[J]. Acta Petrologica Sinica, 28(04): 1305-1316 (in Chinese with English abstract)
- Xue Ming-xuan. 2012. Metallogenesis of endogenic gold deposits in HeilongjiangProvince[D]. Changchun: Jilin University : 2(in Chinese with English abstract)
- Yang Jin-he. 2006. Geological characteristics and origin of Pingdingshan gold deposit[J]. Global Geology, 25(03): 264-269(in Chinese with English abstract)
- Yin Shu-ping, Li Yong-bing, Tian Hui-qian, Liu Shan-qi. 2014. A study of thermodynamic parameters of the Wulaga gold deposit, Heilongjiang Province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 33(04): 720-725(in Chinese with English abstract)
- Zhang Jing, Chen Yuan-rong, Xie Tao-yuan, Li Feng-you, Yuan Yuhua, Zhao Jun, Song Yu, Zou Jie. 2010. A tentative discussion on the genesis, ore-controlling regularity and prospecting direction of the Tuanjiegou gold deposit[J]. Geology in China, 37(06): 1710– 1719(in Chinese with English abstract)

- Zhang Qi. 2013. Is the Mesozoic magmatism in eastern China related to the westward subduction of the Pacific Plate? [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 32(01): 113-128(in Chinese with English abstract)
- Zhang Zhong-ze, Ren Qi-jiang. 1992. The relationship between the Tuanjiegou porphyry and the mineralization of the gold [J]. Geochemistry, (05): 68-70(in Chinese with English abstract)
- Zhao Gui-xiang, Zhang Sheng-yi. 2009. The characteristics of the ore controlling factors and the effect of the excitation method in the Wulaga desposit[J]. Science & Technology Information, (35): 1154– 1155(in Chinese with English abstract)
- Zhu Xiang-ping, Chen Hua-an, Ma Dong-fang, Huang Han-xiao, Li Guang-ming, Wei Lu-jie, Liu Chao- qiang. 2012. Geology and alteration of the Duobuza porphyry copper-gold deposit in Tibet[J]. Geology and Exploration, 48(2): 199-206(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 包真艳, 王 建, 杨言辰, 王 林, 宋 樾, 李 良, 刘建国. 2014. 黑龙江嘉荫平顶山金矿床成矿流体特征及矿床成因[J]. 世界 地质, 33(02): 358-366
- 曹 亮,段其发,彭三国,周 云.2015. 雪峰山铲子坪金矿床流体 包裹体特征及地质意义[J]. 地质与勘探,51(2):212-224
- 陈 静.2011. 黑龙江小兴安岭区域成矿背景与有色、贵金属矿床成 矿作用[D]. 长春:吉林大学:29
- 高荣臻, 吕新彪, 杨永胜, 李春诚. 2014. 黑龙江争光金矿床隐爆角 砾岩特征及其地质意义[J]. 地质与勘探, 50(5): 874-883
- 霍 亮. 2007. 黑龙江嘉荫县乌拉嘎金矿矿床成因及预测[D]. 长春:吉林大学:17
- 来又东. 2008. 黑龙江省乌拉嘎金矿矿床地质特征及矿化富集规律 研究[D]. 长春:吉林大学:22
- 郎兴海,唐菊兴,杨宗耀,丁 帅,胡古月,李玉海,谢富伟,严成 名.2017. 西藏自治区谢通门县斯弄多铅锌矿区地球物理特征 及找矿方向[J]. 地质与勘探,53(3):508-518
- 李凤友. 2001. 乌拉嘎金矿床找矿模型及其应用[J]. 黄金, 22(06): 11-13
- 李景强,周 坤,金同和.2008. 黑龙江团结沟金矿床地质特征及矿 床成因探讨[J].黄金,29(06):19-24
- 李宪洲. 1996. 平顶山金矿床黄铁矿晶体形态学研究及其找矿意义 [J]. 长春地质学院学报, 26(04): 19-22
- 李宪州,刘福来,赵以辛.1993. 黑龙江省乌拉嘎金矿黄铁矿和白铁 矿的矿物学特征[J]. 长春地质学院学报,23(02):145-150
- 李向文,杨言辰,叶松青,刘智杰,邵长来,魏海峰.2014. 黑龙江省 塔河县十五里桥金矿床地质特征及控矿因素[J]. 地质与勘探, 50(1):77-87
- 刘福来, 靳是琴. 1993. 乌拉嘎金矿石英的找矿矿物学研究[J]. 地 质找矿论丛, 8(04): 62-68
- 吕古贤, 李秀章, 张迎春, 郭 涛, 陈柏林, 朱裕生. 2012. 矿田地质 学的研究和发展问题[J]. 地质与勘探, 48(06): 1143-1150
- 孙丰月,王 力,霍 亮,王可勇.2008.黑龙江乌拉嘎大型金矿床 流体包裹体特征及矿床成因研究[J].中国地质,35(6): 1267-1273
- 佟智强, 王存柱, 任传涛, 尹西军, 黄芳根. 2013. 黑龙江省小兴安岭

第2期

北段宝山-乌拉嘎一带金矿成矿地质特征及找矿方向[J].中国 西部科技,12(2):31-33

- 王 凯,杨 帆,李 峰,坚润堂,孙玉海,杨 涛,李 芙. 2016. 云南普朗斑岩铜矿床热液蚀变及脉体系统研究[J].地质与勘 探,52(3):508-518
- 王 硕. 2014. 吉黑东部显生宙岩浆演化与成矿作用研究[D]. 长春:吉林大学:12
- 王 硕, 孙丰月, 王 冠,刘 凯,李瑞华,郭花利. 2017. 黑龙江河 口林场锡多金属矿床地质特征及矿床成因[J]. 岩石矿物学杂 志, 36(3): 312-328
- 王永彬,刘建明,孙守恪,李 艳,李凤友,胡海涛. 2012. 黑龙江省乌 拉嘎金矿赋矿花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄、岩石成因及其地 质意义[J]. 岩石学报,28(2): 557-570
- 韦永福,裘有守,余昌涛. 1983. 中国东部金矿地质研究[M]. 北京: 地质出版社:99-106
- 吴尚全. 1984. 团结沟斑岩金矿床多源成因的同位素地质学证据 [J]. 地质与勘探,20(2): 28-31
- 徐九华,魏 浩,王燕海,曾庆栋,刘建明,王永彬,毛 骞.2012. 黑龙江乌拉嘎金矿的次火山岩浆-热液成矿:熔体-流体包裹体

证据[J]. 岩石学报, 28(4): 1305-1316

- 薛明轩. 2012. 黑龙江省内生金矿成矿作用研究[D].长春:吉林大学:2
- 杨金和. 2006. 平顶山岩金矿床地质特征及成因探讨[J]. 世界地质, 25(3): 264-269
- 尹淑苹,李永兵,田会全,刘善琪. 2014. 黑龙江乌拉嘎金矿成矿热 力学参数研究[J]. 岩石矿物学杂志, 33(4): 720-725
- 张 璟,陈远荣,谢桃园,李凤友,袁玉华,赵 俊,宋 御,邹 杰. 2010.团结沟金矿矿床成因、构造控矿规律与找矿方向浅析[J]. 中国地质,37(6):1710-1719
- 张 旗. 2013. 中国东部中生代岩浆活动与太平洋板块向西俯冲有 关吗? [J]. 岩石矿物学杂志, 32(1): 113-128
- 张重泽,任启江.1992.团结沟花岗闪长斑岩与金矿化的关系[J]. 地质地球化学,(5):68-70
- 赵桂香,张生义.2009.乌拉嘎金矿控矿因素特点与激电法找矿效果 [J].科技信息,(35):1154-1155
- 祝向平,陈华安,马东方,黄瀚霄,李光明,卫鲁杰,刘朝强.2012. 西藏多不杂斑岩铜金矿床地质与蚀变[J].地质与勘探, 48(2):199-206

Progress of Research on Genesis of the Wulaga Gold Deposit in Heilongjiang Province

GAO Tian¹, GUO Yang¹, CHEN Cai-yun¹, LIU Fu-lin², LI Yong-bing¹, LIU Jian-ming³, SHI Yao-lin¹

(1. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 2. Inner Mongolia Jintao Corporation Limited, Chifeng, Inner

Mongolia 024327; 3. Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100029)

Abstract: The Wulaga gold deposit of Heilongjiang Province lies at the conjunction of the Taipinggou uplift and Jiayin depression, north of the Jiamusi uplift of the Jihei fold system in the Xingmeng-Tianshan orogen. It is controlled by the deep Wulaga fault. From the discovery of this large-scale deposit to present, various models on its genesis have been proposed, such as the subvolcanic hydrothermal type, porphyry type gold deposit, hot spring type shallow cryogenic hydrothermal gold deposit, and typical low sulfadation epithermal gold deposit. The main orebodies of this deposit are located in the contact belt between slate of Heilongjiang group and the plagioclase granite porphyry. Its mineralization occurred during the Late Yanshanian period. Many brokenrock zones developed in the west of the deposit area, serving as a good place for ore deposition. The post-magma hydrothermal fluids and meteoric water posed influence on the generation of the deposit. The structure of the ores is dominated by fine-grained, fragmentation and gel-like, vein-like and breccia -like features. The alteration of the surrounding rock is very obvious. Centered by the ore body, from the periphery to the interior of the deposit are carbonation, argillation, sericitization, adularization, and silicification, respectively. The alteration of the surrounding rock and its ore-bearing nature reveal that silicated alteration is the key factor for the mineralization of the Wulaga gold deposit. At present, the sporadic ore bodies in the tail mining stage are mainly located near the structural fracture zone of the granite porphyry, and the pyrite mineralization. The relationship between the aluminum content in the plagioclase granite-porphyry and the porphyry copper deposit may be a useful clue to help address this issue.

Key words: Wulaga fault, gold deposit, Late Yanshanian period, fissure filling, epithermal low-temperature hydrothermal fluid, Heilongjiang Province