

华北克拉通和西澳克拉通金矿床对比 研究及其对中国金矿勘查的启示^①

罗镇宽 苗来成 关 康 黄佳展

(冶金部天津地质研究院)

华北克拉通固结时间较晚,活动性较强,金矿床赋矿围岩以中深变质的镁铁质岩石和花岗岩类岩石为主,大规模金矿床一般产在韧、脆性剪切叠加的构造带中,成矿时代在 188~46Ma 之间。西澳克拉通固结较早,稳定性较好,金矿床主要产在太古宙花岗岩-绿岩地体中,一般产在韧-脆性剪切过渡带或叠加的构造带中,金矿化年龄在 2640~2600Ma 之间。华北克拉通金矿床比西澳金矿床形成晚,受剥蚀程度低,许多矿床尚未出露地表,在深部寻找盲矿体前景可观。

关键词 华北 西澳 克拉通 金矿 对比 深部找矿

1 华北克拉通与西澳克拉通金矿床对比

1.1 成矿大地构造背景

华北克拉通是一个固结时间较晚(1700Ma)、活动性较强的克拉通。80年代以来的研究显示^[1,2],它不是一个具有统一前寒武纪结晶基底的大克拉通,而是由多个前寒武纪地体拼贴而成的复杂镶嵌体。显生宙以来,它的南、北、东三面分别受到板块俯冲碰撞造成的强烈挤压和平移剪切作用,显生宙的构造-岩浆活动极为发育。这一方面有可能使一些前寒武纪形成的金矿床受到破坏,另一方面也会形成一些时代较新的金矿床。中国有 50% 以上的金储量和产量来自华北克拉通绿岩带及与绿岩带有关的花岗岩类。

西澳克拉通是一个固结较早(2600~2400Ma)、稳定性较好的克拉通,它由皮尔巴拉(Pilbara)地块和耶尔岗(Yilgarn)地块组成,两地块之间是元古宙沉积盆地。皮尔巴拉花岗岩-绿岩地体形成时代大约为 3600~2800Ma,其上不整合覆盖了一套火山-沉积岩地层,时代为 2800~2400Ma。南部为早元古代的哈默斯利(Hamersley)盆地,其中产有世界上最大最富的沉积变质铁矿床(BIF)。耶尔岗地块由东部金矿田(Eastern Goldfield Province)、默奇逊(Murchison Province)、南十字星(Southern Cross Province)3个花岗岩-绿岩地体组成,其西部边缘为高级片麻岩区。耶尔岗地块的形成时代晚于皮尔巴拉地块,大约为 3000~2600Ma。

① 本文为冶金部天津地质研究院与澳大利亚西澳大学地质和地球物理系战略矿产研究中心合作的“华北克拉通胶东成矿带与西澳克拉通耶尔岗地块 Wiluna-Norseman成矿带金矿床对比研究”成果的一部分。

收稿日期: 1996-09-23,张哲编辑。

由于露头很少,以上3个花岗岩-绿岩地体的界线并不十分明确,耶尔岗地块也可能由更多个更为复杂的绿岩地体组成。耶尔岗地块是世界上最大的以绿岩金矿为主的金矿床产地之一。西澳的金产量几乎占全澳金产量的73%,此外镍矿和铝土矿也名列世界前茅,其中尤以Wiluna-Norseman成矿带金、镍矿床最为集中。耶尔岗地块自从2600Ma固结以后,几乎没有发生过构造-岩浆活动,长期处于受风化剥蚀的状态。较为炎热干燥的气候和长期的稳定状态使其风化壳异常发育,一般厚达60m以上,有的甚至达到100~200m,这有利于风化壳型铝土矿、镍矿和红土型金矿床的形成,并适合露天开采。风化壳型铝土矿、镍矿、金矿成为西澳Al、Ni和Au的重要来源之一。

1.2 赋矿围岩及主要矿床类型

在华北克拉通上,几乎任何一种岩性都可以成为金矿床的赋矿围岩^[1-6],但从统计学的角度看,赋矿围岩以中深变质的镁铁质岩石和花岗岩类岩石为主。前者可划为广义的太古宙绿岩,由于变质较深,常常成为角闪质变质岩,包括角闪岩、斜长角闪(片麻)岩等,如夹皮沟、金厂峪、乌拉山、小秦岭都属于这种情况;部分为深色麻粒岩,如张家口小营盘等。赋矿花岗岩以玲珑、五龙、峪耳崖、柏杖子、东坪等为代表,空间上这类花岗岩也与绿岩密切伴生。其次,赋矿围岩还有变质碎屑岩、火山岩及次火山岩。辽宁猫岭、河南银洞坡、内蒙古赛乌素等属于产在变质碎屑岩中的金矿床,辽西二道沟、山东平邑归来庄金矿床属与火山岩、次火山岩有关的金矿床。如果以赋矿围岩岩性为依据,华北克拉通的金矿床可以划分为绿岩型、变质碎屑岩型、花岗岩型、火山岩型4类。最近,在华北克拉通北缘中上元古界碳酸盐岩地层中也发现较好的金矿化。

西澳126个最大的金矿床主要产在耶尔岗地块太古宙花岗岩-绿岩地体中,而皮尔巴拉地块绿岩地体中金矿床却微不足道。其中51%的金矿产在镁铁质和超镁铁质岩石中,岩石变质程度很浅,一般只达到绿片岩相和绿帘角闪岩相,还保留有火山岩的原始结构构造。在这些矿床中,最大的绿岩型金矿床是卡尔古利(Kalgoorlie)的金英里(Golden Mile)金矿床,目前已生产黄金1185.6t,总储量为1401.3t^[7]。该矿床目前联合形成一个大露天采坑,长达4.2km,宽达2km以上,计划露采深度为450m。它在1995年产黄金约19t,是西澳规模最大、产金最多的金矿床。西澳27%的金矿床是产在铁建造(BIF)和铁建造与镁铁质岩石伴生的岩层中。相反,产在长英质火山岩和碎屑岩中的金矿床仅占9%,直接产在花岗岩中的金矿床更为少见。元古宙浅变质碎屑岩中的金矿床数量虽少,但也有个别超大型金矿床,如产在上元古界中的泰尔弗(Telfer)金矿床,其储量达110t,1995年产黄金约12.6t,居西澳第三位。风化壳(红土)型金矿床在西澳极为发育,一般金矿床都有一个风化的氧化带,适合露天开采,其中最具代表性的矿床是西澳州首府珀斯(Perth)市南仅100km的布丁顿(Boddington)金矿床,它赋存在西部片麻岩区残存的绿岩带中,与铝土矿共(伴)生,储量也超过100t,1995年产黄金约13.2t,居西澳第二位。过去误传它是由玄武岩经风化形成的,实际上是由含金安山斑岩经风化而成,斑岩本身的金品位就可以达到 $0.8 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$,并伴生有Cu、Mo,其中也产有品位较高的含金石英脉型矿石。现在主要开采的是红土型矿石,平均品位约 1.8×10^{-6} 。

1.3 构造控矿规律

在构造控矿规律方面,华北克拉通和西澳克拉通存在较大的相似性。

西澳大规模金矿床一般产在区域大规模线性带旁侧次级剪切带中,一般属于韧-脆性剪

切过渡带或叠加的构造岩带中,还有一些层控矿床产在铁建造中。

在华北克拉通上,大规模金矿床一般产在韧、脆性剪切叠加的构造带中,如夹皮沟、金厂峪、乌拉山、小秦岭及胶东地区的金矿床都具有这种控矿特征。从胶东地区总结的经验来看,只有韧性剪切变形而无脆性剪切叠加的构造带矿化不佳,只有脆性剪切变形而无早期韧性剪切的构造岩带矿化规模也不会很大,而只有脆、韧性变形叠加的构造带才有利于形成大规模金矿床,如胶东招掖地区的招平、焦新、三仓 3 条主干控矿断裂无不具有韧、脆性叠加的特征。从另外一层意义上讲,上述 3 条断裂同时都具有断裂复合-叠加接触带的特征,它们又是不同岩性的接触带,这对金矿化比较有利,如焦家、三山岛、仓上、大尹格庄金矿床产在玲珑型花岗岩与胶东群变质岩的接触带,新城、上庄、河东等金矿床则产在玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩的接触带。

1.4 花岗岩类侵入体及其与成矿的关系

华北克拉通上大面积分布有花岗岩类,大约占基岩出露面积的 1/3。中国地质学家习惯于把这些花岗岩划分为重熔型(含 I 型和 S 型)和同熔型(A 型?)。这些花岗岩的侵位时代以中生代燕山期(208~80Ma)最多,其次是晚古生代海西期,还有部分元古宙的花岗岩类侵入体。至于太古宙的花岗岩类(TTG 岩套),大多数由于受多期变质变形的改造,已成为灰色片麻岩,难于确切圈定,也缺乏精确的年代数据。这些花岗岩类多分布于克拉通南北两缘及东侧板块边缘活动带,而克拉通内部相对较少。

西澳克拉通耶尔岗地块的花岗岩类占据了总面积的 2/3,远远多于华北克拉通,绿岩带就象是游鱼在花岗岩的汪洋大海中。这些花岗岩有些发生了变形,有的发生了重结晶,有的既无变形也无重结晶。

澳大利亚的研究者习惯把耶尔岗地块上的花岗岩划分为内花岗岩类(internal granitoid)和外花岗岩类(external granitoid)。所谓内花岗岩类是指分布在绿岩带内部的花岗岩类,外花岗岩类是指分布在绿岩带两翼的花岗岩类。

Harlberg(1985)把内花岗岩类划分为 2 个岩套:一套是大面积分布的以角闪石为主要镁铁质矿物的花岗岩类,以花岗二长岩和花岗闪长岩为主,成分上与同时代的钙碱系列火山岩相似,空间上密切相关,与时代较年轻的 I 型花岗岩或钙碱系列花岗岩类似,常伴生有中性至酸性的脉岩和钙碱系列煌斑岩脉,形成时代早于或与区域表壳岩系的变质变形同时,其锆石 U-Pb 年龄为 $2662 \pm 4 \text{ Ma}$ (Kambalda 地区的花岗闪长岩);另一套为局部分布的弱碱过饱和的花岗岩,其岩性为正长花岗岩和正长岩,与年轻的 A 型花岗岩相似,富钾花岗岩(Mungari 花岗岩)锆石 U-Pb 年龄大约是 2610Ma。

绿岩带两翼广泛分布的外花岗岩含有条带状片麻岩、混合岩,以黑云母作为主要的镁铁质矿物,岩性主要是花岗闪长岩和二长花岗岩,其侵位年龄在 2690~2650Ma 之间,某些样品有测得年龄为 3200Ma 的继承锆石,表明它们是由更老的硅铝质基底经深熔、同化作用形成的。

花岗岩类与金矿成矿的关系,是一个世界性的有争议的问题。西澳大学地质和地球物理系矿床中心的 D. I. Groves^[8]教授是早期变质热液成矿论的倡导者之一,后来这一观点似乎遇到了挑战,近年他和他的学生正致力于研究花岗岩与金矿成矿作用的关系。有两点是比较肯定的:1) 金矿床大多与 I 型花岗岩有较为密切的空间关系。这一点在华北克拉通表现比较明显,如胶东、小秦岭、夹皮沟等许多金矿床就直接产在 I 型花岗岩中或其接触带附近。西澳耶

尔岗地块上直接产在花岗岩中的金矿床虽然很少,但还是与 I 型花岗岩存在某种空间联系。2) 金矿化大都发生在花岗岩类侵入体侵位后 $20 \sim 5\text{Ma}$ 的时间内。我们对胶东招掖地区花岗岩类年代学的最新研究结果显示被矿化的郭家岭型花岗闪长岩的年龄大约在 $130 \sim 126\text{Ma}$, 成矿后花岗斑岩脉的年龄为 120Ma , 因此成矿作用被框定在 $126 \sim 120\text{Ma}$ 之间, 至于更进一步的成因关系尚需进一步研究。

1.5 金矿体形态及内部组构

两地区金矿体形态上没有明显的差异, 一般为似层状、透镜状、脉状、筒状及其它不规则状, 但在矿体规模和内部组构上存在较大差别。西澳金矿床的矿体规模一般较大, 这也与西澳采用较低的工业指标有关。如在蒙特查洛特 (Mt. Charlotte) 和帕丁顿 (Pardington) 矿床所见到的情况, 矿体由石英网脉或复脉及脉间的蚀变围岩组成, 实际上许多含金蚀变岩石品位不足 $\times 10^{-6}$, 但只要圈定的矿体最低工业平均品位能达到 2×10^{-6} 左右就可以作为一个工业矿体开采。在西澳最大的金矿床储量可以达到 1500t , 如金英里矿床; 而华北克拉通上最大的金矿床也只能达到 500t 左右, 如玲珑和焦家金矿床。

在矿体内部组构上, 西澳耶尔岗地块典型的石英大脉矿床不多。在 145 个大于 1t 的金矿床中, 仅有 10 个属石英大脉型, 占 7% ; 石英网脉型矿床 16 处, 占 11% ; 石英复脉型矿床有 23 处, 占 15.9% ; 剪切带型和交代型矿床则有 91 处, 占 63% 。从矿床数量上统计, 华北克拉通上的金矿床绝大多数为石英大脉型, 如小秦岭、夹皮沟、金厂峪、小营盘和胶东的玲珑、金青顶、邓格庄金矿床, 其次是蚀变岩型金矿床, 主要产在胶东地区, 众所周知的焦家、新城、三山岛、仓上、大尹格庄、东风、台上金矿床均属这种类型, 此外东坪 1 号脉深部 70 号脉、乌拉山石英脉两侧也产有蚀变岩型矿体。蚀变岩型矿体具有规模大的特点, 主要脉石矿物有石英、绢云母、长石 3 种, 其矿床数量不如石英大脉多, 但从金储量看, 并不逊色于石英大脉型。可以肯定的是华北克拉通的石英大脉矿床所占的比例远远大于西澳耶尔岗地块, 而西澳耶尔岗地块的蚀变 (糜棱) 岩型或剪切带型则多于华北克拉通。另外, 西澳的风化壳 (红土) 型占有相当大的比例。

1.6 矿石矿物组合

华北克拉通金矿床的矿石中, 脉石矿物以石英、绢云母、钾长石为主, 其次有碳酸盐矿物斜长石、绿泥石; 金属矿物以黄铁矿为主, 其次有方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、毒砂、磁黄铁矿、磁铁矿, 微量至少量的硫盐类矿物有白钨矿、碲化物、铋化物及自然铋。金矿物多为银金矿, 其次是自然金和金银矿, 成色多在 $600 \sim 800$ 之间, 部分矿床达到 900 以上。

西澳克拉通金矿床的矿石中, 脉石矿物以石英、绢云母、钠长石、绿泥石、角闪石和碳酸盐矿物为主, 镁铁质矿物多于华北克拉通金矿床; 金属矿物以黄铁矿和毒砂为主, 其次有磁黄铁矿, 微量至少量的黄铜矿、闪锌矿和方铅矿, 远远低于华北克拉通上的金矿床; 硫盐类矿物罕见, 少数矿床见有较多的碲化物, 如金英里和蒙特查洛特 2 个金矿床。

1.7 矿石元素组合

华北克拉通金矿床的矿石, 除主元素 Au 外, 经常伴生的元素有 Cu Pb Zn Ag W S As Bi 和 Sb, 矿石中 $\text{Au}/\text{Ag} < 2.5$ 。西澳耶尔岗地块金矿床的矿石, 除主元素 Au 外, 伴生的元素有 As Sb Te W B 和 S, 有色金属元素 Cu Ag Zn Pb 含量明显低于华北克拉通金矿床, 矿石中 Au/Ag 一般为 10 左右。

1.8 围岩蚀变

华北克拉通金矿床的围岩蚀变类型主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、钾长石化、碳酸盐化、绿泥石化。前三者往往叠加在一起形成黄铁绢英岩化,强烈时形成黄铁绢英岩,并作为蚀变岩型金矿床的直接围岩。钾长石化在华北克拉通金矿床特别发育,是金矿化的前锋和先导。蚀变作用带入的成分主要是 H_2O 、 CO_2 、 K 、 Si 、 S 、 As 、 Bi ,其次是 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Au 和 Ag ;带出的成分主要为 MgO 、 CaO 、 Na_2O 等。

西澳耶尔岗地块金矿床的围岩蚀变类型主要有黄铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化(包括铁白云石化、白云石化、菱铁矿化和方解石化)、钠长石化及含 Cr 、 V 的绿色云母化。前 3 种蚀变是两地块共有的,但华北克拉通比西澳克拉通要强;碳酸盐化和绿泥石化也是两地块共有的,但西澳明显强于华北。西澳钾长石化不强烈,钠长石化却比较强。含 Cr 、 V 的绿色云母化在华北十分罕见,在西澳则较为发育。蚀变过程中,带入的组分主要是 H_2O 、 CO_2 、 K 、 Si ,其次是 As 、 Sb 、 W 、 Mo 、 Ba 、 Ag 、 B ;带出的组分主要是 MgO 、 CaO 、 Na_2O ;不活动组分为 Al 、 Ti 、 Sc 、 V 、 Zr 、 Ni 、 Cr 和稀土。

上述差异主要与赋矿围岩岩性的不同有关,也可能与成矿流体的性质有一定的关系。

1.9 成矿时代

西澳耶尔岗地块上金矿床的成矿作用发生在区域花岗岩侵位之后。区域上同造山期和后造山期的花岗岩的锆石 $\text{U}-\text{Pb}$ 年龄为 $2660\sim 2610\text{Ma}$;与金矿伴生的硫化物的 $\text{Pb}-\text{Pb}$ 模式年龄也大体上在这个范围之内。从东部金矿田的 Victory-Defiance 金矿床中选出的金红石的 $\text{U}-\text{Pb}$ 年龄为 2630Ma 。据此推断,西澳金矿化的年龄大约在 $2640\sim 2600\text{Ma}$ 之间,滞后花岗岩的侵位时间大约 $20\sim 10\text{Ma}$ 。

华北克拉通金矿化的时代比较复杂,缺乏精确可靠的同位素年龄数据,争议较大。如果以区域大的构造-岩浆活动(板块运动)作为基础,采用矿化花岗岩的同位素年龄来限定矿化年龄,可推断华北克拉通有 2 个大的矿化时代:一个是晚古生代海西期,华北克拉通北缘西段乌拉山和张宣地区的金矿床可能是在这一时期形成的;另一个是中生代燕山期,大兴安岭-太行山以东的金矿床,包括胶东的金矿床是在这一时期形成的,是华北克拉通最重要的金矿化时期。此外,有可能在某些矿区保留有前寒武纪的金矿化,如夹皮沟、金厂峪金矿床,但缺乏精确的同位素年龄证据。

表 1 是我们引用 80 年代以来,采用 $\text{Rb}-\text{Sr}$ 和 $\text{K}-\text{Ar}$ 法测得的胶东地区金矿化蚀变矿物绢云母和钾长石的同位素年龄数据,绝大多数年龄值在 $135.1\sim 70.86\text{Ma}$ 之间,最大的年龄值来自灵山沟金矿,为 $188.94\pm 4.24\text{Ma}$;最小的年龄值来自界河金矿床,只有 $46.52\pm 2.29\text{Ma}$ 。可见,胶东的金矿化时代主要是在中生代晚燕山期,即晚白垩世。

在我们合作研究中,采用国际上最先进的同位素测年技术 SHRIM P(sensitive high resolution ion microprobe),即灵敏的高分辨率离子探针测定了招掖地区主要花岗岩类的锆石 $\text{U}-\text{Pb}$ 年龄,获得郭家岭矿化花岗闪长岩的年龄为 $130\sim 126\text{Ma}$,成矿后脉岩(相当于艾山型花岗岩)的年龄为 $120\pm 2\text{Ma}$,将胶东金矿的矿化年龄更精确地限定在 $126\sim 120\text{Ma}$ 之间。这一结

果与采用 Rb-Sr和 K-Ar法测定的蚀变矿物的年龄基本一致 ,可以比较肯定胶东金矿化的时代是在中生代晚白垩世 .

表 1 胶东金矿床矿化年龄表

Table 1 Mineralization ages of gold deposits in East Shandong Province

矿床名称	测定矿物	测定方法	年龄值 (Ma)	资料来源
玲珑西山	水白云母	Rb-Sr等时线	115. 0± 3. 7	骆万成等 (1987)
玲珑西山	水白云母	K-Ar法	110. 0± 2. 0	
焦家金矿	水白云母	Rb-Sr等时线	105. 0± 7. 0	
焦家金矿	水白云母	Rb-Sr等时线	88. 1± 1. 0	
焦家金矿	水白云母	K-Ar法	106. 0± 2. 0	
灵山沟金矿	水白云母	Rb-Sr等时线	115. 0± 5. 0	
马家窑金矿	水白云母	Rb-Sr等时线	135. 1± 5. 2	
马家窑金矿	水白云母	K-Ar法	120. 0± 2. 0	
东风金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	71. 86± 9. 6	吕古贤等 (1993)
玲珑西山 108脉	绢云母	Rb-Sr等时线	100. 28± 3. 75	
玲珑破头青	绢云母	Rb-Sr等时线	80. 674± 0. 23	
玲珑西山 108脉	绢云母	Rb-Sr等时线	100. 74± 3. 58	张振海等 (1994)
玲珑九曲金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	111. 38± 2. 81	
界河金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	46. 522± 2. 29	
灵山沟金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	188. 94± 4. 24	
马家窑金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	106. 14± 4. 92	
乳山金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	113. 31± 4. 43	
乳山金矿	微斜长石	Rb-Sr等时线	121. 30± 5. 87	
乳山金矿	蚀变岩石	Rb-Sr等时线	101. 78± 3. 40	
乳山金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	112. 31± 3. 31	
金牛山金矿	绢云母	Rb-Sr等时线	80. 6± 6. 0	李宇峰 (1987)

1. 10 成矿物理化学条件

根据成矿流体包裹体研究 ,华北克拉通主要金矿床矿石石英的均一温度上限为 350℃ ,下限大约为 200℃ ;压力上限为 95. 0MPa,下限为 13MPa;流体的含盐度一般为 5. 0%~ 19. 8% (表 2);成矿流体的 pH值一般为 5. 0~ 6. 7^[3]. 据此认为成矿流体是一种中低温的以 H₂O和 CO₂为主要成分的中性略偏碱性或酸性的溶液 .

表 2 华北克拉通矿石石英流体包裹体研究结果

Table 2 Analysis results for fluid inclusion of quartz from ore in N. China craton

地区	均一温度 (℃)	盐度 (质量分数%)	压力 (MPa)	密度 (g /cm ³)	资料来源
胶东	200~ 350	6. 1~ 12. 4	13. 6~ 42. 0	0. 73~ 0. 9	李兆龙等 (1993)
张宣	270~ 310	5. 98~ 12. 82	15. 4~ 36. 5		胡小蝶 (1991)
小秦岭	260~ 340	5. 0~ 7. 0	20. 0~ 95. 0		谢奕汉 (1990)
乌拉山	200~ 366. 7	8. 64~ 19. 8	37. 5~ 76. 5		吴尚全等 (1995)

西澳耶尔岗地块的主要金矿床石英流体包裹体的均一温度一般为 250~ 400℃;成矿流体的压力为 100~ 400M Pa;流体的含盐度从小于 3%至 8%;p H值为 6.9~ 5.8;CO₂可高达 25%(表 3).成矿流体为中温、近中性、低含盐度的 H₂O-CO₂流体.

表 3 耶尔岗地块 Kambald-Karlgoolie地区 3个矿床金沉淀条件
Table 3 Au deposit conditions of 3 deposits in Kambald-Karlgoolie, Yilgarn block

矿床名称	Victory(Kambald)	Hunt(Kam bald)	Mt. Charlotte(Karlgoolie)
容矿围岩	粗 玄 岩、玄 武 岩、富铁 沉 积 岩	玄武岩	粗玄岩的花斑岩带
矿床类型	蚀变岩+ 石英脉	蚀变岩+ 石英脉	石英脉群
内蚀变带	钠 长 石+ (铁)白 云 石+ 黄 铁 矿+ 绢 云 母	黑 云 母+ 铁 白 云 石+ 黄 铁 矿+ 绿 泥 石	绢 云 母+ 绿 泥 石+ 黄 铁 矿+ 钠 长 石
外蚀变带	黑 云 母+ 白 云 石+ 铁 白 云 石+ 绿 泥 石	黑 云 母+ 绿 泥 石+ 铁 白 云 石	绢 云 母+ 绿 泥 石+ 磁 铁 矿+ 钠 长 石
金的伴生矿物	黄铁矿	黄铁矿,有游离金	黄铁矿
包裹体均一温度 (℃)	340~ 400	280~ 325	270~ 360
矿物平衡温度 (℃)	350~ 430	350~ 400	300~ 350
包裹体压力 (M Pa)	140~ 200	80~ 180	150~ 230
矿物平衡压力 (M Pa)	< 200		
包裹体中 χ_{CO_2}	0.1~ 0.2	0.15~ 0.25	0.25~ 0.3
矿物平衡 χ_{CO_2}	0.12~ 0.26	0.18~ 0.24	
包体容积盐度 (%)	5~ 8	< 3	< 3
p H(矿物平衡)		6.9	5.8~ 6.1
logfO ₂		- 29.7	- 33.4~ - 28.8
logf S ₂		- 0.75	- 10.5~ - 8.2
W ₃ C碳酸盐 (‰)	- 8.7~ - 4.4	- 6.6~ - 4.4	- 7.9~ - 1.6
W ₄ S黄铁矿 (‰)		- 8.0~ + 4.4	1.0~ 4.2
水 岩 比		10~ 100	5000~ 10000
金沉淀机制	硫化作用	硫化作用	硫化作用

上述资料表明,西澳耶尔岗地块金矿床的成矿温度略高于华北克拉通,压力明显高于华北克拉通,而盐度则明显低于华北克拉通.

2 对中国金矿勘查的启示

西澳克拉通是一个古老的稳定克拉通,大约在 2600~ 2400Ma前就已经克拉通稳定化,之后长期处于受风化剥蚀状态,地形上已接近夷平.西澳克拉通耶尔岗地块上的金矿床大约在

2640~2600Ma就形成了,也长期受到风化剥蚀,主要金矿床属于露头矿,只是上覆有较厚的氧化带或风化壳。目前勘探的最大深度大约为1300m(Mt. Charlotte金矿床)。

华北克拉通是一个相对年轻的活动克拉通。大多数金矿床是在中生代晚期形成的,部分在晚古生代海西期形成,比西澳金矿床晚了20多亿年,受剥蚀的程度显然要比西澳低得多,成矿的温度和压力差别也说明了这种差异。实际勘查也表明,华北克拉通还存在许多隐伏矿床(体),如胶东的大尹格庄、东风、台上等金矿床,地表仅有蚀变岩和较弱的矿化。西澳与华北两地构造性质基本一致,推测其矿化的垂向标高范围应当是一致的。西澳受到20多亿年的风化剥蚀,至今矿化深度仍可达到1000m以下。华北克拉通仅遭到120Ma的剥蚀,许多矿床(体)尚未出露地表,已出露的矿床(体)受剥蚀的程度也应当是较低的。从这个意义上讲,华北克拉通今后的找矿,特别是在深部寻找盲矿体是大有可为的。

3 参考文献

- 1 罗镇宽,等.中国金矿床概论.天津:天津科学技术出版社,1993.
- 2 胡桂明,等.华北陆台北缘地体—构造演化及主要矿产.北京:中国地质大学出版社,1996.
- 3 李兆龙,杨敏之,等.胶东金矿床地质地球化学.天津:天津科学技术出版社,1993.
- 4 胡小蝶,等.张宣地区太古代变质岩中脉金的成矿作用.天津地质矿产研究所所刊,1990,(22).
- 5 栾世伟,等.小秦岭金矿床地球化学.矿物岩石,1985,5(2).
- 6 中国人民武装部队黄金指挥部.内蒙古自治区哈达门沟伟晶岩金矿地质.北京:地震出版社,1995.
- 7 Ho S E, Groves D I, Bennett J M, ed. Gold deposits of the Archean Yilgarn block, Western Australia nature, genesis and exploration guides. Perth: The University of Western Australia Publication, 1990, (20).
- 8 Groves D I, et al. 西澳太古代脉金矿床成因模式.见:甘盛飞,等编译.国外前寒武纪金矿床地质研究进展.沈阳:辽宁科学技术出版社,1988.
- 9 谢奕汉,李秉伦,等.根据包裹体研究对小秦岭金矿形成的新认识及对今后找矿的意见.见:《地质与勘探》编辑部和国家黄金管理局编.秦岭地区金矿地质科研讨论会论文集选编,1990.
- 10 Groves D I, Barley M E, Ho S E, et al., ed. Western Australian gold deposits. Perth: The University of Western Australia Publication, 1988, (14).
- 11 Geological Survey of Western Australia- Geology and mineral resource of Western Australia(Memoir 3). Perth: Department of Mines, Western Australia, 1990.

COMPARISON OF GOLD DEPOSITS BETWEEN NORTH CHINA AND WESTERN AUSTRALIA CRATONS AND ITS GUIDANCE TO GOLD EXPLORATION IN CHINA

Luo Zhenkuan Miao Laicheng Guan Kang Huang Jiahan
(Tianjin Geological Academy, MMI)

Abstract

North China craton is a later-solidified and more active craton, from which more than 50% gold of China is mined. Ore-host rocks are mainly meso-hypometamorphic mafic rocks and granitoid. Large-scale gold deposits accour in the superimposed structural zones of duc-

tile and brittle shearing. Granitoid rocks are broadly distributed in the craton. Ore bodies are in stratiform, lens, veins or pipes. Most of them are large quartz vein type. Mineral compositions are chiefly quartz, sericite, K-feldspar and pyrite. Au is associated with Cu, Pb, Zn, Ag, W, S, As, Bi and Sb. Wall-rock alteration types include silicification, sericitization, pyritization, K-feldspathization, carbonation and chloritization. The mineralization age is 188~46Ma.

Western Australia craton is an earlier-solidified and stable one. Almost 70% gold of the continent comes from W. A. Most gold deposits occur in Archeozoic granite-greenstone terrains of Yilgarn block. Structurally, major deposits are distributed in the transitional or superimposed zones of ductile-brittle shearing. Granitoid rocks occupy Yilgarn block by 2/3 area. The occurrences of ore bodies in W. A. craton have no difference from those in N. China craton. Shear zonal and metasomatic types of deposits are dominated in W. A. Main minerals in ore are quartz, sericite, albite, chlorite, amphibole, carbonate, pyrite and arsenopyrite. Alteration types include pyritization, silicification, sericitization, chloritization, carbonation, albitization and Cr-V-micritization. The mineralization age is 2640~2600Ma.

Comparing to its counterpart in W. A. craton, the mineralization in N. China craton is much later. The craton has undergone less denudation. Many deposits have not outcropped. The exploration for gold in N. China craton is promising.

Key words North China Western Australia craton gold deposit comparison mineralization

作者简介见第 4 卷第 1 期 (1995 年) 12 页 .