

北欧最大金矿田——芬兰科体拉金矿田*

李强峰^{1,2}, 聂凤军^{2*}, 曹毅², 丁成武², 张伟波³, 蒋喆¹

(1 石家庄经济学院研究生学院, 河北 石家庄 050031; 2 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 3 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

科体拉(Kittila)金矿田发现于1986年,它位于芬兰拉普兰(Lapland)省科体拉(Kittila)小镇的东北方向35 km处,中心位置坐标为北纬67°54'55",东经25°23'27",是北欧规模最大的黄金产地(Patison et al., 2007)。1997年芬兰地质调查局通过钻探圈定了150万t矿石,Au平均品位5.9 g/t。该金矿田主要由5处金矿床组成,分别为凯托拉(Ketola)、泰莱(Etela)、苏瑞(Suuri)、鲁拉(Roura)和锐皮(Rimpi)金矿床。2005年科体拉金矿田被阿哥尼可恩格拉公司(Agnico Eagle)收购,从2006年6月开始进行大规模开采。直到2012年底,该公司已从科体拉金矿田开采了16 t金,预计2013~2015年每年的金产量可达4.90 t。目前,估算金储量总计129.4 t,矿石量3052万t,Au平均品位4.65 g/t(Agnico, 2013)。科体拉金矿田内的矿床属典型的造山型金矿床,研究科体拉金矿田对于推动芬兰区域经济和社会发展,尤其是对北极圈以及邻区的找矿勘查工作有重要意义,另一方面也为在中国境内寻找该类型金矿床提供一些启示。

1 成矿环境

从大地构造位置上看,科体拉金矿田位于芬诺斯堪迪亚地盾(Fennoscandian Shield)北部,该地盾包括俄罗斯西部以及挪威的部分地区,西延部分被加里东造山带所截断。尽管该地盾出露的最古老岩石的年龄约为3.5~2.9 Ga,但地壳主要增长事件发生在古元古代,并与瑞典-芬兰系(Svecofennian)造山运

动密切相关。金矿产于芬兰中央拉普兰绿岩带中元古界科体拉群(Kittila Group)中(图1)(Hanski et al., 2005),并且与2处厚度达数百米的古元古代基性火山岩(富铁拉斑玄武岩和富镁拉斑玄武岩)在时空分布以及成因上有密切联系(Patison et al., 2007)。

芬兰北部地区的岩石年龄主要为3.1~1.8 Ga。中央拉普兰绿岩带内的地层主要包括太古代基底以及覆盖于其上的7个元古代岩石群(Lehtonen et al., 1998),分别为乌加拉为群(Vuorajarvi Group)、萨拉群(Salla Group)、库萨默群(Kuusamo Group)、奥丹卡拉群(Sodankyla Group)、萨瓦库斯科群(Savukoski Group)、科体拉群(Kittila Group)和昆普群(Kumpu Group)。其中,科体拉群为主要的赋矿层,该群主要由变质火山岩组成;下部主要为富铁拉斑玄武质变质火山岩,其次是铁硫化物和铁碳酸盐片岩和条带状含铁地层;上部为富镁拉斑玄武质变质火山岩、云母片岩和杂砂岩。

科体拉金矿田内的主要控矿构造是基斯塔拉(Kiistala)韧性剪切带,该剪切带呈NNE走向,向西陡倾或近于直立,长大于18 km,宽2 km。拉普兰中央区域的绿岩带发生了3个阶段的构造活动(Patison, 2007)。第一和第二阶段的运动包括在拉普兰中央绿岩带边缘大致同步的北向、北北东向以及南向、南西向的逆冲,并形成早期的褶皱和逆冲断层。第三阶段的运动形成北西向、北向和南东向的走滑断层剪切带,包括基斯塔拉韧性剪切带切过早期的褶皱和逆冲断层。在第三阶段之后的运动仅限于脆

* 本研究得到国家重点自然科学基金项目(编号:41030421)和中国地质调查局地质调查项目(编号:1212010911029)联合资助

第一作者简介 李强峰,男,1989年生,硕士研究生,构造地质学专业。Email: 420052775@qq.com

* 通讯作者 聂凤军,男,1956年生,研究员,博士生导师,主要从事金属矿床地质和地球化学研究。Email: nfmj@ccit.gov.cn

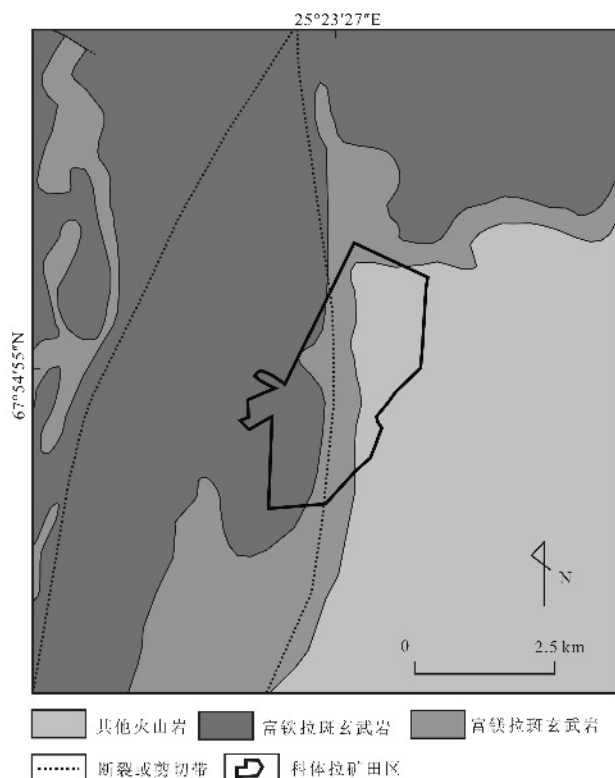


图1 科体拉金矿田地质简图(据 Eilu et al., 2013 修改)

性、低位移量的断层活动。

容矿围岩为基性火山岩和千枚岩,主要岩石类型有变质云母片岩、千枚岩、角闪岩、科马提岩、拉斑玄武岩、变质基性熔岩、变质基性火山碎屑岩以及基性侵入岩等。

2 矿床地质

科体拉金矿田内正在开采的5处矿床所构成的矿化带长度和宽度分别为5.5 km和2 km,开采深度大于1000 m(图1)。各矿床均受NNE走向的基斯塔拉韧性剪切带的控制;各矿床的矿化区域均位于剪切带内,但并不连续,延伸约5 km;矿体呈直立或近于直立状(图2),宽约1~60 m。各矿床矿化区域内矿体和矿脉众多,成带状密集分布,相互之间大致平行,自南向北依次连续展布,单个矿脉多为片状、板状,近乎直立或者向西陡倾斜,平行延伸数十米到上百米,矿脉厚度为3.2~46.2 m,金品位4.00~17.30 g/t,平均4.65 g/t。根据钻孔资料显示,矿脉延伸深度为150~1000 m。所有主矿脉一般都包括3个近于平行的副矿脉,它们彼此之间大多数具

有密切的空间分布关系。矿石为粒状变晶结构,块状、角砾状构造;主要矿物为黄铁矿、毒砂和辉砷镍矿;其次是磁黄铁矿、黝铜矿、方铅矿和闪锌矿。脉石矿物主要为钠长石、石英、钾长石、方解石、白云石、云母和绿泥石(Kojonen et al., 1999)。容矿围岩主要是变质基性火山岩和条带状铁建造。围岩蚀变主要为钠长石化、碳酸盐化、硫化物化以及一定程度的绿泥石化。此外,大部分矿化区域含有明显的隐晶质碳(Patison et al., 2007)。

3 成矿作用

关于科体拉金矿田的成矿作用,Eilu等(2013)认为该金矿田是与造山作用有关的构造-岩浆活动的产物。拉普兰中央区域的绿岩带发生的3个阶段的构造活动形成了有利的导矿和储矿的构造和场所;而深部热液流体在上升的过程中与上地壳的部分熔体、变质水、大气水和同生水的循环作用,将绿岩带内的金“洗出”,形成了均一含金流体,并且沿剪切带运移,在韧性剪切带内由于物化条件的改变而卸载成矿。因此,作者认为科体拉金矿田是造山运动过程中区域性变形变质作用与热液流体共同作用的结果。

科体拉造山型金矿田地质特征可概述为:①普遍发育的含硫化物钠长石化、碳酸盐化和绿泥石化;②黄铁矿、磁黄铁矿和毒砂含量相对较高;③富集银、金、砷、二氧化碳、硫和铋;④金矿化可在各类围岩中产出,不存在任何成矿专属性;⑤金矿化多产于绿片岩相中(Patison, 2007)。

Eilu等(2007)认为该矿田的各个矿床形成于古元古代和加里东造山期之间的构造转换期;据Ahtonen等(2007)分析,拉普兰中央绿岩带基斯塔拉剪切带范围内产出的金矿床大多是1890~1852 Ma构造-岩浆作用及相关流体活动的产物。

4 找矿标志

科体拉大型金矿田主要金矿床的找矿标志可以归纳为以下几点:

(1) 地层和岩石标志:金矿床主要位于古元古界科体拉群的绿岩带中,其中遭受到绿片岩相变质作用各类岩石是寻找金矿的有利标志。

(2) 构造标志:北北东走向的基斯塔拉韧性剪切

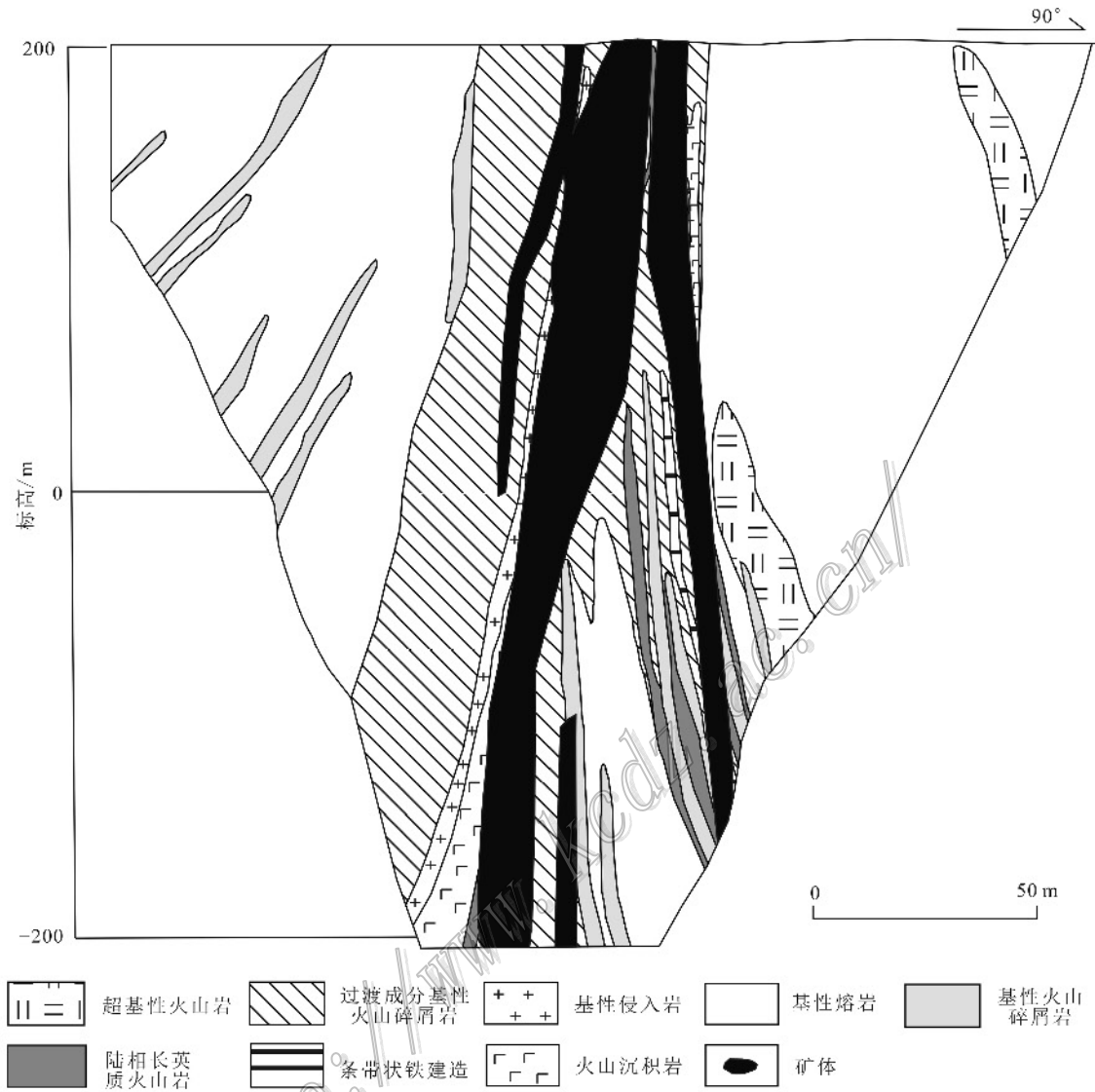


图 2 科体拉金矿田苏瑞矿床简化的纵断面(据 Eilu et al., 2013 修改)

带,是所有矿脉的主控构造,矿田范围内的所有矿床都紧挨着基斯塔拉韧性剪切带分布,或位于剪切带两侧 3 km 范围内,所以韧性剪切带是区内重要的找矿标志。

(3) 围岩蚀变标志: 矿田内围岩蚀变主要是钠长石化、碳化、硫化以及一定程度绿泥石化,而这些蚀变与金矿化关系密切,是重要的找矿标志。

(4) 岩石、矿物标志: 矿石主要矿物为黄铁矿、毒砂和辉砷镍矿;副矿物是磁黄铁矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、无定形石墨等;钻探岩芯中出现的上述矿物组合是找矿的有利标志。

5 初步认识

科体拉金矿田各个金矿床的主要控制因素可概述为以下几个方面:成矿时期、容矿围岩类型、区域性变形变质程度,矿化蚀变组合以及构造。

(1) 矿田形成于古元古代和加里东造山期之间的构造强烈期。矿田所处的科体拉群中的变质火山岩的绿片岩带是造山运动的产物。

(2) 矿田绝大部分产于并且与两处厚度数百米的古元古代基性火山岩(富铁拉斑玄武岩和富镁拉

斑玄武岩)之间,并由基斯塔拉韧性剪切带控制。

(3) 矿田所处的拉普兰中央区域的绿岩带的造山事件发生了3个阶段的构造运动,并形成了主要控矿构造基斯塔拉韧性剪切带。矿田的形成是造山作用过程中区域性变形变质作用与热液流体共同作用的结果。

参考文献/References

Agnico Eagle Mines Limited. Agnico Eagle Mines Limited detailed mineral reserves and resources date(EB/OL). (2013-12-31)(2014-03-25). www.agnicoeagle.com/en/Operations/Reserves-and-Resources/Pages/default.aspx.

Ahtonen N, Holtta P and Huhma H. 2007. Intracratonic Palaeoproterozoic granitoids in northern Finland: prolonged and episodic crustal melting events revealed by Nd isotopes and U-Pb ages on zircon[J]. Bulletin-geological society of Finland, 79(2): 143.

Eilu P and Niiranen T. 2013. Gold deposits in northern Finland[M]. Mineral deposit research for a high-tech world(12th Biennial SGA Meeting), Excursion Guidebook FIN1.

Eilu P, Pankka H and Keinänen V. 2007. Characteristics of gold mineralization in the greenstone belts of northern Finland[J]. Geological Survey of Finland, Special Paper, 44: 57-106.

Hanski E and Huhma H. 2005. Central Lapland greenstone belt[J]. Developments in Precambrian Geology, 14: 139-193.

Kojonen K and Johanson B. 1999. Determination of refractory gold distribution by microanalysis, diagnostic leaching and image analysis[J]. Mineralogy and Petrology, 67(1-2): 1-19.

Lehtonen M, Airo M L and Eilu P. 1998. Kittilän vihreäkivalueen geologia[J]. Geological Survey of Finland, Report of Investigation, 140: 144.

Patison N L, Salamis G and Kortelainen V J. 2007. The Suurikuusikko gold deposit: Project development summary of northern Europe's largest gold resource[J]. Geological Survey of Finland, Special Paper, 44: 125-136.

Patison N L. 2007. Structural controls on gold mineralisation in the Central Lapland Greenstone Belt[J]. Geological Survey of Finland, Special Paper, 44: 107-124.

Patison N L. 2007. Structural controls on gold mineralisation in the Central Lapland Greenstone Belt[J]. Geological Survey of Finland, Special Paper, 44: 107-124.