

文章编号: 1006-6616 (2010) 02-0203-10

哈萨克斯坦科翁腊德斑岩型 铜矿地质特征与成矿模式

韩淑琴¹, 陈宣华¹, 杨农¹, 陈正乐¹, 施炜¹, 叶宝莹²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要: 哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带科翁腊德斑岩型铜矿床从发现至今已经走过了70年的历程, 它是发育在陆缘弧环境的典型超大型斑岩型矿床, 具有花岗闪长岩型斑岩铜矿成因模式。矿床围岩蚀变与矿石矿物组合的垂直和水平分带明显, 氧化带和次生硫化物富集带矿石品位高, 易开采。矿床整体属于浅部成矿, 受环状构造控制, 次生石英岩和泥化等蚀变与矿床的关系最为密切。目前该矿床已开发殆尽, 前景堪忧。

关键词: 科翁腊德; 斑岩型铜矿床; 地质特征; 成因模式; 开发前景

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

科翁腊德 (Kounrad) 超大型斑岩铜矿床位于中亚成矿域哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带斑岩铜矿带内 (图1), 在巴尔喀什市以北15km处, 是古生代斑岩型铜矿床的最典型代表^[1]。中亚成矿域, 或称为古亚洲成矿构造体系^[2], 因其巨大的金属和非金属矿产储量而闻名于世, 成矿作用极其复杂多样^[3-4]。其中, 巴尔喀什成矿带斑岩铜矿带是世界上三大斑岩型铜矿带最重要的铜矿区之一。科翁腊德斑岩铜矿储量 800×10^8 吨以上, 被誉为世界上十大斑岩铜矿之一^[5-6]。

我们课题组对巴尔喀什成矿带进行了野外考察, 并取得了初步成果^[7-8]。本文根据野外实地考察和有关文献资料, 对巴尔喀什成矿带科翁腊德斑岩铜矿床发现历史、大地构造位置、矿床地质特征、围岩蚀变、矿体分带特征、矿石组成、成矿期次、成矿时代与成矿模式进行了综述, 并对矿床开发前景进行了讨论。

1 矿区地质特征

1.1 发现简史

1928年, 前苏联哈萨克斯坦境内巴尔喀什成矿带科翁腊德 (Коунрад) 斑岩型铜矿的发现, 开辟了前苏联对此种类型矿床研究的新纪元。据统计, 哈萨克斯坦此类不同规模的矿床和矿化点有500多处, 其中不乏一些大型和超大型矿床, 而巴尔喀什成矿带则是哈萨克斯坦

收稿日期: 2010-05-20

基金项目: 国家科技支撑计划重点项目 (编号: 2007BAB25B02) 资助。

作者简介: 韩淑琴 (1964-), 女, 黑龙江人, 研究员, 主要从事矿床地质和全球矿产资源战略研究。E-mail: sqhan2008@yahoo.cn。

斑岩型铜矿最大的产地。哈萨克斯坦的斑岩型铜矿目前计入国家储量的大型矿床有6个,科翁腊德排在第一位,这6个矿床的平均品位0.41%,储量占全国的41.9%,产量占全国8.2%。

科翁腊德铜矿发现者卢萨科夫(М. П. Русаков)于1928年确定此铜矿的主要依据是根据地表氧化带中的孔雀石,此后,前苏联投入了大规模的研究工作。1934年,完成了前期勘探工作并提交了B+C级储量,使该矿在1940年投入开发^[5]。科翁腊德作为前苏联最大的斑岩型铜矿,引起了专家的广泛关注,参加研究的人络绎不绝。

1.2 大地构造背景

科翁腊德斑岩铜矿床(图1)位于中哈萨克斯坦海西中期褶皱带科德拉桑(Котырарсан)地向斜带南部,产于泥盆纪-石炭纪巴尔喀什残余洋盆中的石炭纪-二叠纪火山盆地内,所处深部构造位于巴尔喀什幔凸北缘,地壳厚度40~45km^[5],与奥陶纪至石炭纪经历的多期弧岩浆-沉积作用有关^[6,9]。科德拉桑地向斜出露的地层依次为晚泥盆世-早石炭世沉积建造,早石炭世-中晚石炭世安山岩-英安岩-流纹岩火山建造,晚石炭世-晚二叠世酸性-次碱性火山建造。侵入岩有晚泥盆世花岗闪长岩(369.2±4.9Ma)^[9]、早石炭世英云闪长岩-花岗闪长岩-斜长花岗岩建造,中-晚石炭世花岗闪长岩-石英二长岩建造,晚石炭世花岗岩建造,晚石炭世-早二叠世碱性花岗岩建造,晚二叠世-早三叠世浅色花岗岩和白岗岩建造,构成面积很大(约200 km×100km)的巴尔喀什(或托巴尔)岩基。



图1 科翁腊德斑岩铜矿床巨型露天采坑

Fig. 1 Open mining pit of the Kounrad porphyry copper deposit

1.3 矿区地质特征

矿区出露有早石炭世沉积-火山地层和中石炭世花岗岩类侵入杂岩体。前者组成火山机构,主要地层为上泥盆统法门阶陆源地层,矿区西北部发育一套砂岩-粉砂岩(有时带有酸性凝灰岩夹层)建造。矿床中的下石炭统沉积由下而上从浅绿色和浅绿灰色不同粒度的砂岩(其中含有海百合动物化石的薄层灰岩凸镜体)开始,其上产出有互层的砂岩、页岩、安山玄武岩和安山岩的复杂岩段,再往上被中基性喷出岩盖层覆盖。更上为高角度不整合覆盖的卡尔卡拉林(каркаралин)组安山玄武岩、安山岩和安山云英岩。

矿区侵入岩广泛发育,属造山期连续分异系列的辉长岩-闪长岩-英闪岩-花岗闪长岩-斜长花岗岩建造。岩体具有多期次、多相侵入的特点,可分为4期^[6,10]: ①早石炭世粗粒黑云角闪斜长花岗岩出现在矿区南部; ②早石炭世晚期(Serpukhovian/Namurian)侵入杂岩,由

闪长岩、中粒花岗闪长岩和早期的斑状花岗闪长岩组成。其中，早期的花岗闪长斑岩为主要的含矿侵入岩，K-Ar 年龄为 335Ma，为主成矿期侵入岩；③同成矿期的晚期花岗闪长斑岩和英云闪长岩（324Ma），伴随有中石炭世花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩和辉绿岩岩墙的侵入，具有矿化和蚀变现象。岩墙较少，一般为几十米宽，延伸可达 1km；④成矿期后的晚石炭世粗粒花岗岩类，年龄为 300~285Ma。矿区东北部外围发育白岗岩和浅色花岗岩，具有金属矿化的矿物组合（Mo、W 等）^[6,10]。

矿床与托克劳（Токрай, Тоқрау）杂岩体关系密切。托克劳杂岩体呈规模不大的岩株，其第一次侵入为辉长-闪长岩、辉绿岩；第二次侵入（主相）为黑云母-角闪石花岗闪长岩及其附带侵入的花岗闪长斑岩；第三次侵入是一些细粒花岗岩、花岗斑岩的岩墙、岩脉^[5]。托克劳杂岩体的主体岩株为中期的花岗闪长斑岩，呈 800m × 1100m 的椭圆形，长轴方向为 NE 向，其 K-Ar 法年龄值为 335Ma，侵入于 Tournaisian 期火山-沉积岩系和蚀变的酸性火山岩之中，是科翁腊德斑岩铜矿床的主要含矿岩体^[10]。因此，科翁腊德铜矿床被认为是与钠质花岗闪长岩组合有关的斑岩铜矿床^[11]。

控制科翁腊德斑岩铜矿床形成的构造在总体上是一套沉积-火山机构（图 2）。断裂将矿床分割成一系列构造块体，主要分为两组：一组是环状的、放射状的断裂构造，属于火山喷发时期形成的；另一组是线型的，属于斑岩侵入时期形成的，控制岩体的分布和斑岩型铜矿化。科翁腊德铜矿床主要受环状构造的控制。NW 和 NE 走向的断裂控制了岩墙的分布和侵入体的边界^[10]。哈萨克斯坦一些构造专家对巴尔喀什地区的环状构造进行了详细研究，结合磁异常资料，宏观上确定了科翁腊德铜矿床的三级环状构造，时间上由早到晚，而科翁腊德矿床就赋存在第 3 级（最晚的）环状构造中。

2 矿床地质特征

2.1 围岩蚀变

科翁腊德斑岩铜矿床围岩蚀变具有分带特征。围岩蚀变的水平分带与垂直分带均表现为，花岗闪长斑岩体中心部分为硅化，矿化弱；向两侧变成泥化；再向外侧石英-绢云母化和青磐岩化广泛发育。

根据形成时间和条件，围岩蚀变可以分为两类、3 个阶段：①第一类（第一阶段）与火山喷发期有关，②第二类（第二和第三阶段）与侵入体接触蚀变作用有关。侵入接触蚀变岩广泛发育，且不同的蚀变与矿化关系不同。

第一类（第一阶段）与火山喷发期有关的是发育在安山熔岩中的石英-绢云母化和石英-绢云母-硬水铝石化（由于受侵入岩体的影响而进一步发生青磐岩化），在矿床中分布局限，而且与矿体产出位置没有任何关系，属于成矿前蚀变作用。

第二类第二阶段与早期的斑状花岗闪长岩侵入有关的围岩蚀变。这一阶段在外接触带的蚀变酸性火山岩中叠加形成了刚玉-石英、石英-红柱石、石英-绢云母和青磐岩化矿物组合等围岩蚀变，晚期形成石英-高岭土化矿物组合。在侵入岩体内，花岗闪长斑岩的蚀变作用以绢英岩化为特征，具有青磐岩化-黄铁矿化外带。绢英岩化蚀变岩是成矿前的蚀变，它的出现往往预示成矿作用的开始。而渗入到似斑状花岗闪长岩岩体中的泥化蚀变则与斑岩铜矿床的形成是同步的，并延续到矿化的最后阶段。泥化蚀变也可叠加在绢英岩化蚀变岩之上。与泥化蚀变同时，出现早期阶段的爆破角砾岩岩筒。Zvezdov et al.^[11]和 Kudryavtsev^[10]给出这

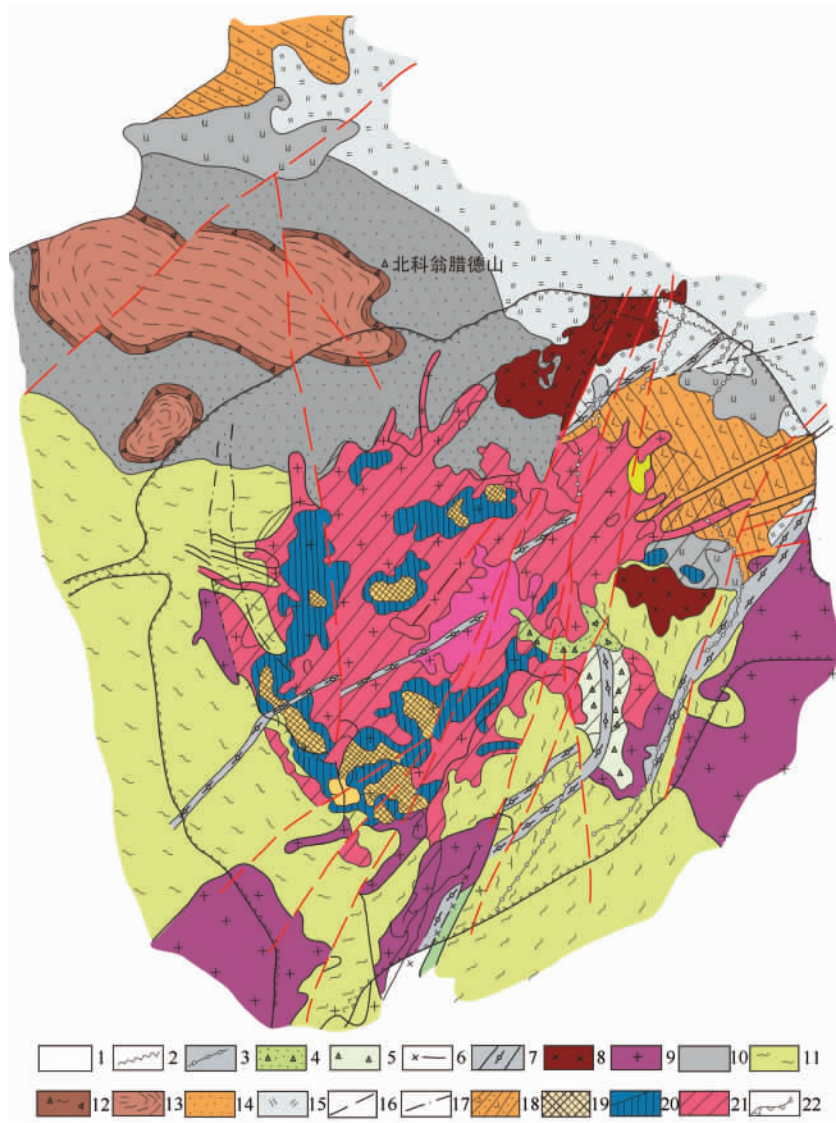


图2 科翁腊德斑岩铜矿床地质略图

Fig. 2 Geological sketch of the Kounrad porphyry copper deposit

1. 现代沉积; 2. 辉绿玢岩脉; 3. 热液角砾岩带 (中石炭世); 4. 爆破角砾岩 (1期); 5. 爆破角砾岩 (2期);
6. 闪长玢岩脉; 7. 花岗闪长斑岩脉; 8. 花岗闪长斑岩岩株; 9. 花岗闪长斑岩 (早石炭世), 为科翁腊德矿床的含矿侵入岩; 10. 辉绿岩墙; 11. 霏细岩 (早石炭世); 12. 熔结凝灰岩; 13. 致密块状、球粒状、杏仁状和条带状流纹岩、流纹斑岩 (早石炭世); 14. 致密块状流纹岩、石英斑岩 (早石炭世); 15. 流纹质凝灰岩 (早石炭世); 16. 线型断裂; 17. 环状断裂; 18. 早石炭世火山-沉积地层, 主要为安山岩、英安岩、凝灰岩、硅质粉砂岩和凝灰质砂岩; 19. 富矿体; 20. 矿体周边; 21. 贫矿体; 22. 采坑边界

一阶段的成矿作用与围岩蚀变开始于 $400 \sim 240^{\circ}\text{C}$, 其中, 早期不含矿石英细脉形成于 $400 \sim 380^{\circ}\text{C}$, 黄铁矿形成于 330°C , 砷黝铜矿为 240°C [10-11]。

第二类第三阶段与晚期的花岗闪长斑岩-英云闪长岩及伴随的岩墙侵入有关。这一阶段也发生了矿化作用, 特征蚀变为花岗闪长斑岩及伴随酸性岩墙中的云母-石英-电气石化, 而钠长石化、钾长石化和黑云母化出现在辉绿岩岩墙中。Zvezdov 和 Kudryavtsev 给出这一阶段

白云母-电气石矿物组合的形成温度为 470 ~ 440℃，而晚期的乳白色石英形成温度在 210 ~ 160℃左右^[10-11]。

2.2 矿体分带特征与矿石矿物组合

科翁腊德斑岩铜矿床的矿体产于由花岗闪长斑岩形成的蚀变岩中，总体形态呈倒碗状（图 3），主要可划分为 11 个矿物组合带^[13]，分别为：（1）黄铁矿带；（2）黄铁矿-辉钼矿带；（3）黄铁矿-黄铜矿带；（4）黄铁矿-辉铜矿带；（5）斜方硫砷铜矿-锑硫砷铜矿带；（6）斜方硫砷铜矿-砷黝铜矿带；（7）黄铜矿-磁铁矿-黄铁矿带；（8）辉钼矿-石英带；（9）黝铜矿-闪锌矿带；（10）重晶石-黄铜矿-闪锌矿-方铅矿带；（11）菱铁矿带（图 4）。

黄铜矿矿石主要出现在花岗闪长斑岩的绢英岩化和泥化蚀变带之中，而辉钼矿、硫砷铜矿和黄铁矿主要出现在外接触带的泥化和绢英岩化（含大量绿泥石）蚀变带之中^[11]。矿化主要表现为均匀的浸染状硫化物颗粒，大小为几个微米到几个毫米，平均为 0.2 ~ 0.5mm，以及灰色、灰白色和白色的含矿硫化物石英微细网脉，宽度在数十毫米到 100mm 左右。网状脉向深部变宽，而单位空间内的网脉数量变少。网脉带的宽度一般为 200 ~ 400m^[10]。

总体上，矿床的矿化分带比蚀变分带更明显，垂直分带表现在硫化物矿化强度随深度增加而降低，水平分带是相对于矿床中心（它与硅化的弱矿化核部一致）具有同心结构，即具有 7 个矿物组合发育带^[11]：黄铁矿带、黄铜矿-辉铜矿带、黄铁矿-黄铜矿带、黄铁矿-辉铜矿带、斜方硫砷铜矿带、斜方硫砷铜矿-硫锑铜矿带、斜方硫砷铜矿-辉铜矿带。不过，辉钼矿有随深度增加的趋势^[11]。

矿化也出现在爆破角砾岩岩筒中。早期角砾岩的石英-绢云母基质中含有黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿和辉钼矿。晚期爆破角砾岩的鳞片状蚀变基质中含有重晶石、黄铜矿、辉钼矿和少量的闪锌矿和方铅矿^[10]。晚期闪锌矿和方铅矿的出现受切穿 Cu-Mo 矿体的 NE 向断裂的控制^[11]。

据有关文献^[5,15]，矿体的碗底已经开采完毕，前几年开采的是矿体碗壁。矿体的最上部是氧化带和次生硫化物富集带，矿体的形态在上部变化很大，像碟型雨衣状或水平盖层一样。氧化带从距地表 20 ~ 25m 开始，厚度 0.5 ~ 60m，主要矿物有赤铁矿、褐铁矿、赤铜矿、自然铜、黄钾铁矾、孔雀石、蓝铜矿、水胆矾、氯铜矿、硅孔雀石等。而次生富集带在矿床的西部可达 136 ~ 206m，东部达 54 ~ 144m，区别是广泛发育铜蓝，还有残余的原生矿物（黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿等）。原生矿带位于距地表 5 ~ 70m，向下可延伸到 700 多米，青磐岩化的花岗闪长斑岩和爆破角砾岩遭受不同程度的泥化、绢云母化和硅化^[14]。

矿石具浸染状、细脉状、细脉浸染状、角砾状和条带状构造，角砾状比较少见。矿石结构十分复杂，既有溶蚀状、交错状、网状、环带状、假象状等按顺序沉积的矿物结构，也有片状、格架状、焰花状、乳浊状和星点状等固溶体分解结构的特征^[5]。

矿石矿物赋存在或浸染或交叉的网状细脉中。原生矿石矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿、砷黝铜矿、白铁矿、黝铜矿、闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、铜蓝、毒砂、磁铁矿、赤铁矿、锑硫砷铜矿、硫砷铜矿等^[5,10,12,14-15]。

2.3 成矿期次与成矿阶段

科翁腊德铜矿床的形成明显分成两个成矿期次：即 Mo-Cu 成矿期和多金属成矿期。这两期成矿在空间分布上有一定的规律。铜成矿作用主要分布在岩体的内接触带；而多金属成矿作用的研究还不够深入，矿脉主要沿东北向裂隙展布，呈脉或透镜状。科翁腊德矿床的钼矿形成于 2 个时期：①与铜矿石同期；②铜矿石形成之后，与多金属矿石共生^[5]。与铜矿石

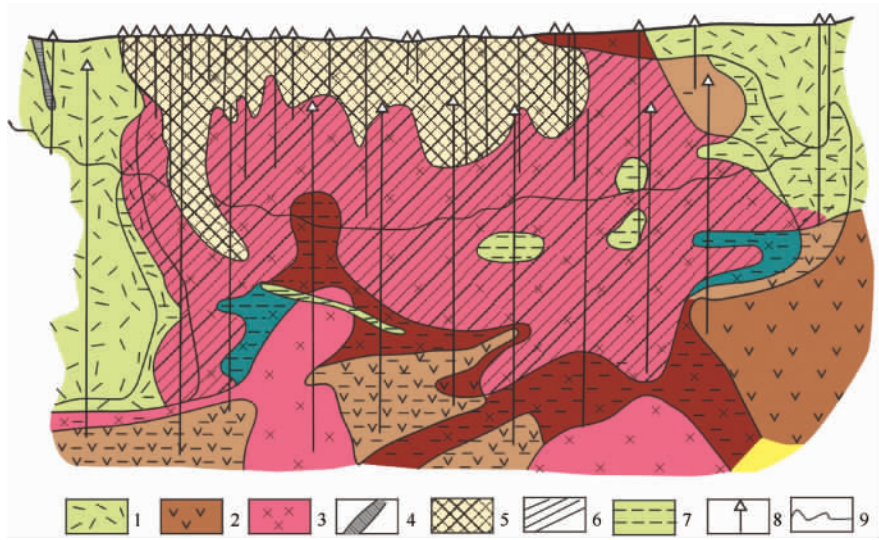


图3 科翁腊德斑岩铜矿床矿体剖面构造示意图 (据文献 [12, 14])

Fig.3 Cross section profile showing ore body zoning of the Kounrad porphyry copper deposit (after references [12, 14])

1. 次生石英岩; 2. 角岩化安山岩、辉绿斑岩及凝灰岩、砂岩、粉砂岩; 3. 花岗岩; 4. 闪长斑岩脉;
5. 氧化带和次生硫化物带; 6. 原生矿石带; 7. 原生浸染矿石带; 8. 勘探钻孔; 9. 采坑边界

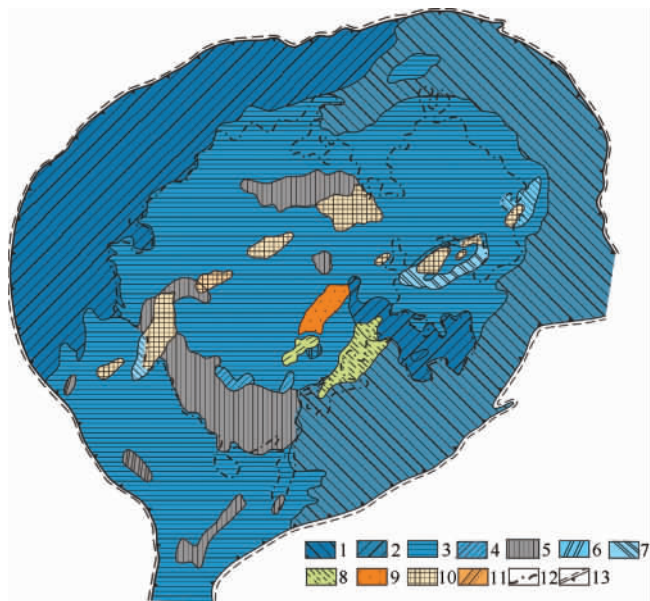


图4 科翁腊德斑岩铜矿床矿物分带图 (据文献 [13])

Fig.4 Mineral zoning of the Kounrad porphyry copper deposit (after references [13])

1. 黄铁矿; 2. 黄铁矿-辉钼矿; 3. 黄铁矿-黄铜矿; 4. 黄铁矿-辉铜矿; 5. 斜方硫砷铜矿-砷硫砷铜矿;
6. 斜方硫砷铜矿-辉铜矿; 7. 黄铜矿-磁铁矿-黄铁矿; 8. 辉钼矿-石英; 9. 黝铜矿-闪锌矿;
10. 重晶石-黄铜矿-闪锌矿-方铅矿; 11. 菱铁矿; 12. 工业矿体边界; 13. 采坑边界

同时沉淀的钼矿，在矿床中形成一些规模不大、形状不规则的矿体，这些矿体沿铜矿体外接触带分布，且部分地与铜矿体共存^[5]。

根据主要的矿物共生组合，科翁腊德铜矿床从早到晚可分为以下几个成矿阶段^[11]：①黄铁矿阶段（石英-磁铁矿-黄铁矿）；②辉钼矿阶段（石英、黄铁矿、辉钼矿）；③黄铜矿阶段（石英、黄铁矿、黄铜矿、砷黝铜矿）；④辉铜矿阶段；⑤硫砷铜矿阶段（石英、黄铁矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿）；⑥方铅矿-闪锌矿阶段（石英、黄铁矿、砷黝铜矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿）。

2.4 成矿时代与矿床成因模式

科翁腊德斑岩铜矿床的成矿时代还没有得到很好的限定，一般认为是在早石炭世或中石炭世早期^[16]。Singer 给出其成矿年龄为 335 ~ 324Ma^[17]。由于科翁腊德斑岩铜矿床的形成与侵入到上泥盆统-下石炭统沉积-火山沉积和火山岩系中的中石炭世花岗岩类岩体（330Ma）有关，而主要的矿化侵入岩为早期侵入的斑状花岗闪长岩 K-Ar 年龄为 335Ma^[10]，因此，科翁腊德斑岩铜矿床的成矿年龄可能在 335Ma。

在前苏联的矿床成因分类中，科翁腊德斑岩铜矿床最早被归类于与次生石英岩有关的矿产。后来的研究表明，这是一个发育在陆缘弧的典型斑岩铜矿床，并具有“花岗闪长岩型”斑岩铜矿床成因模式^[11]。就大地构造背景与典型的围岩蚀变而言，中亚成矿域内晚古生代科翁腊德斑岩铜矿床，与北美和南美科迪勒拉造山带（安第斯型岩浆弧）典型的中生代斑岩铜矿床具有相似性^[9]。

作为典型的超大型斑岩型矿床，科翁腊德铜矿床从地表氧化带到原生矿带以及控矿构造都已经有了比较详细的研究。随着采坑的不断加深扩大，很多现象已经被揭露出来。可以认为，科翁腊德斑岩铜矿床是一套火山机构的剥蚀残余。从矿体普遍泥化，以及根据喷出火山口穹隆构造侵蚀剖面判断，该矿床的成矿深度可能在当时地表的 1350 ~ 1500m 左右，属于浅部成矿，再减去剥蚀掉的 850 ~ 1000m，得出矿床原生矿带距现在的地表约 500m（图 5）。

3 矿床储量、开发现状与前景

科翁腊德矿床的铜金属储量为 $> 800.0 \times 10^4$ 吨，铜品位 0.90%^[5-6]，另有资料估算为 1242.3×10^4 吨，铜品位 0.35% ~ 0.46%。伴生金约为 600 吨^[4]，品位局部达 0.76g/t^[6]。整个矿床中铜和钼的品位变化很大，铜矿石品位为 0.5% ~ 1.5%，平均为 0.61%，钼品位 0.0053%^[12]。由于氧化次生富集作用，在斑岩铜矿床中。现次生氧化富集带和次生硫化物富集带已基本被开光。前几年只有品位在 0.35 ~ 0.45% 铜的原生矿石被开采。经过 70 多年的开采，科翁腊德铜矿床共生产了 350 万吨金属铜。经初步估算，尚存可利用矿石储量约 1.2 亿吨，在平均品位为 0.39% 的情况下，剩余金属铜储量为 46 万吨^[5]。

科翁腊德斑岩铜矿床除铜、钼之外（Mo/Cu 为 1: 110）^[10]，还有其它系列有价值的元素，包括 As、Pb、Zn、Re、Tl、Ga、Se、Te、In、Bi、Ni、Au、Ag、Sb、Sn、Ta、Co、W 等^[5,16]，这些元素基本以类质同象或特有矿物形式赋存。从铜矿床的开发情况来看，矿床深部的铜矿石开发难度和成本加大，且剩余的矿石量已不多。但从铜矿床已有的开采回收率和综合利用率看，露天开采堆放的 30 亿 ~ 40 亿吨的尾矿石中含有大量可利用的有益组分，包括铜、钼、硫、砷、铅、锌、镓、铊、镓、硒、碲、铟、铋、钴、镍、金、银、铈、锡等元素^[5]。

目前，露天采坑已开采台阶 17 ~ 20 个，露天采坑直径超过 4km，深度达 500m（图 1）。由于目前矿山的采坑已经达到这一深度，而深部的远景问题还没有新的证据支持，矿山已于

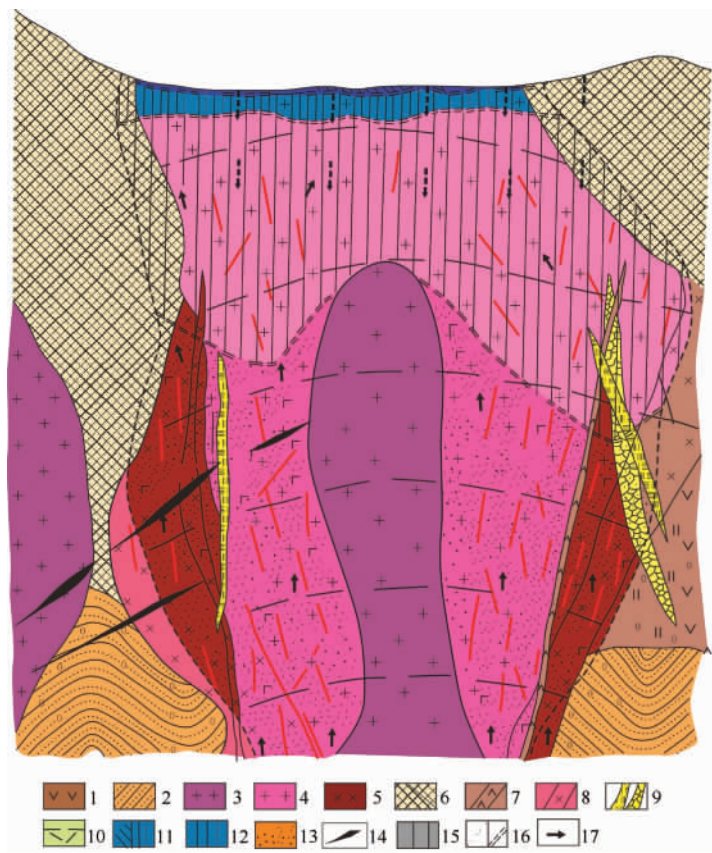


图5 科翁腊德斑岩铜矿床成矿模式 (据文献 [14])

Fig. 5 Metallogenic model for the Kounrad porphyry copper deposit (after references [14])

1. 卡尔卡拉林组: 安山玄武岩、安山云英岩、安山岩及其凝灰岩; 2. 砂岩、粉砂岩; 3. 阿克恰套群浅色花岗岩; 4. 巴尔喀什群晚期花岗闪长斑岩; 5. 巴尔喀什群主期花岗闪长岩; 6. 含红柱石次生石英岩; 7. 石英闪长斑岩脉; 8. 斑状花岗岩墙岩脉; 9. 热液喷发(爆破)角砾岩(两期); 10. 冷缩和外力裂隙; 11. 淋滤带和氧化带; 12. 二次硫化物富集带; 13. 原生矿体带; 14. 辉钼矿带; 15. 泥化、角岩化、青磐岩化; 16. 原生矿体界限, 带分界; 17. 流体运移方向

2008 年底停止生产, 采矿设备已经运走。

为开发科翁腊德斑岩铜矿床而建设的巴尔喀什市, 是典型的产业单一型矿业城市。与开发铜矿床配套建设的冶炼厂, 整日烟雾缭绕, 是美丽的巴尔喀什湖上空的阴影。70 年, 也许科翁腊德已经完成了自己的历史使命, 也许未来对其废弃和剩余资源的二次利用, 还能使矿山获得一线生机。

4 结论

综合前人研究成果可以认为, 中亚成矿域哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带科翁腊德铜矿床是发育在陆缘弧环境下的典型超大型斑岩型铜钼矿床, 具有花岗闪长岩型斑岩铜矿成因模式。矿床围岩蚀变与矿石矿物组合的垂直和水平分带明显, 氧化带和次生硫化物富集带矿石品位高, 易开采。矿床整体属于浅部成矿, 受环状构造控制, 次生石英岩和泥化等蚀变与矿床的

关系最为密切。该矿床目前已开发殆尽, 前景堪忧。

项目工作得到新疆维吾尔自治区国家 305 项目办公室和中华人民共和国驻哈萨克斯坦大使馆的顶力支持, 野外工作是在哈萨克斯坦萨特巴耶夫地质科学研究所的别斯帕耶夫教授 (ПЕСПАЕВ Халел Абдулхакович)、埃里诺拉·尤苏巴芙娜 (СЕЙМУРАТОВА Элеонора Юсуповна) 博士和少班 (Шолбан) 女士等的精心安排和陪同下完成的, 在此深致谢意。

参 考 文 献

- [1] 张良臣, 刘德权, 王有标, 等. 中国新疆优势金属矿产成矿规律 [M]. 北京: 地质出版社, 2006. 1~513.
ZHANG Liangchen, LIU Dequan, WANG Youbiao, et al. Metallogenic regularities of the preponderant metal mineral resources in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006. 1~513.
- [2] 陈宣华 陈正乐, 杨农. 区域成矿与矿田构造研究: 构建成矿构造体系 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (1): 1~15.
Chen Xuanhua, Chen Zhengle, Yang Nong. Study on regional mineralizations and ore-field structures: bring on the building of mineralizing tectonic systems [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (1): 1~15 (in Chinese with English abstract).
- [3] 何国琦, 朱永峰. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究 [J]. 中国地质, 2006, 33 (3): 451~460.
He Guoqi, Zhu Yongfeng. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions [J]. Geology in China, 2006, 33 (3): 451~460 (in Chinese with English abstract).
- [4] 朱永峰, 何国琦, 安芳. 中亚成矿域核心地区地质演化与成矿规律 [J]. 地质通报, 2007, 26 (9): 1167~1177.
Zhu Yongfeng, He Guoqi, An Fang. Geological evolution and metallogeny in the core part of the Central Asian metallogenic domain [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (9): 1167~1177 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘春涌. 哈萨克斯坦科翁腊德特大型斑岩铜矿床 [J]. 中亚信息, 2005, (5): 19~21.
Liu Chunyong. Kounrad super-large porphyry copper deposit in Kazakhstan [J]. Central Asian Information, 2005, (5): 19~21 (in Chinese).
- [6] Seltmann R, Porter T M. The porphyry Cu-Au/Mo deposits of Central Eurasia: 1. Tectonic, geologic and metallogenic setting and significant deposits. In: Porter T M. Ed. Super Porphyry Copper and Gold Deposits: A Global Perspective, v2. PGC Publishing, Adelaide, 2005, 467~512.
- [7] 陈宣华, 王志宏, 杨农, 等. 中亚巴尔喀什成矿带萨亚克大型铜矿田矿床地质特征与成矿模式 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (2): 189~202.
CHEN Xuanhua, WANG Zhihong, YANG Nong, et al. Geological Characteristics and Metallogenic Model of Large-scale Sayak Skarn Copper Ore Field, Balkhash Metallogenic Belt, Central Asia [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (2): 189~202 (in Chinese with English abstract).
- [8] 王志宏, 陈宣华, 杨农, 等. 巴尔喀什成矿带奎干-玛依布拉克斑岩型铜矿区矿床地质特征与开发前景分析 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (2): 213~222.
Wang Zhihong, Chen Xuanhua, Yang Nong, et al. The geological characteristics and development prospects of deposits in Kuigan-Maibulak copper ore region in Balkhash metallogenic belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (2): 213~222 (in Chinese with English abstract).
- [9] Kröner A, Hegner E, Lehmann B, et al. Palaeozoic arc magmatism in the Central Asian Orogenic Belt of Kazakhstan: SHRIMP zircon ages and whole-rock Nd isotopic systematics. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32: 118~130.
- [10] Kudryavtsev Yu K. The Cu-Mo deposits of Central Kazakhstan. In: Shatov, Seltmann, Kremenetsky, Lehmann, Popov, Ermolov. Eds. Granite-Related Ore Deposits of Central Kazakhstan and Adjacent Areas. INTAS-93-1783 Project, St. Petersburg, 1996, 119~145.
- [11] Zvezdov V S, Migachev I F, Girfanov M M. Porphyry copper deposits of the CIS and the models of their formation. Ore Geology Reviews, 1993, 7: 511~549.

- [12] Abdulin A A , Bespaev H A , Daukeev C Zh , et al. Copper deposits of Kazakhstan , reference book. Almaty , Kazakhstan : Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan , 1998 , 1 ~ 141.
- [13] МЕТАЛЛУРГИЯ КАЗАХСТАНА АЛМА-АТА Издательство < < НАУКА > > Казахской ССР , 1978 , 95 ~ 102.
- [14] Жуков В. В. Солодилова , Н. М. , Филимонова , В. В. и др. Медно-порфиновые месторождения. Серия : Балхашский сегмент / Алма-Ата : Наука , 1986.
- [15] Н. И. Наковник. Вторичные Кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. Издательство «недра» Москва С , 1969 , 138 ~ 167.
- [16] 李光明 秦克章 , 李金祥. 哈萨克斯坦环巴尔喀什斑岩铜矿地质与成矿背景研究 [J]. 岩石学报 , 2008 , 24 (12) : 2679 ~ 2700.
Li Guangming , Qin Kezhang , Li Jinxiang. Geological features and tectonic setting of porphyry copper deposits rounding the Balkhash region , Central Kazakhstan , Central Asia [J]. Acta Petrologica Sinica , 2008 , 24 (12) : 2679 ~ 2700 (in Chinese with English abstract).
- [17] Singer D A , Berger V I , Menzie W D , et al. Porphyry copper deposit density. Economic Geology , 2005 , 100 : 491 ~ 514.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC MODEL OF SUPER-LARGE KOUNRAD PORPHYRY COPPER DEPOSIT , KAZAKHSTAN

HAN Shuqin¹ , CHEN Xuanhua¹ , YANG Nong¹ , CHEN Zhengle¹ , SHI Wei¹ , Ye Baoying²

(1. Institute of Geomechanics , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100081 , China ;

2. China University of Geosciences , Beijing 100083 , China)

Abstract: The Kounrad porphyry copper deposit was discovered 70 years ago in the Balkhash Metallogenic Belt of the Central Asian Metallogenic Domain . It is a typical super-large porphyry copper deposit developed under the tectonic environment of continental margin arc , with a metallogenic model of granodiorite. The vertical and lateral zonings of the wall rock alteration and ore mineral assemblages are obviously observed in the deposit. High content ore in the leaching zone and the ore deposition at a very shallow depth made it easy to be mined. It is suggested that the metallogenesis of the deposit was controlled by the circular structure , and had a very close relation with the secondary quartzite and argillic alteration.

Key words: Kounrad; porphyry copper deposit; geological characteristics; metallogenic model; developing future