

· 国外贵金属地质 ·

穆龙套金矿田地质特征^{*}

李福春

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

本文介绍了穆龙套金矿的矿田构造、矿田地层、岩浆岩、变质作用、矿化特征、矿床成因等问题,特别指出,矿化与碳质关系不大,含碳量高的地段金品位不一定高,相反,含碳量低的地段金品位也可能很高。这一点与以前报道的穆龙套金矿与碳质关系密切的观点不同。

关键词 金矿 穆龙套 乌兹别克斯坦

穆龙套金矿是世界闻名的特大型金矿床,位于东经 $64^{\circ}36'$,北纬 $41^{\circ}31'$,南天山地槽褶皱带西段、中克孜尔库姆隆起—塔姆德套地块的东南部。

找矿理论依据是:天山构造带与乌拉尔构造带应属同一构造体系,中克孜尔库姆地区恰好位于二者的转折端。乌拉尔构造带内有丰富的贵金属、有色金属、非金属矿产资源,推测中克孜尔库姆地区也应该有丰富的矿藏。找矿实践证明,该区存在“穆龙套矿带”,它包括泽拉夫尚附近数十公里范围内的四个金矿田(穆龙套、科克巴塔斯、夫切斯特套、阿曼泰套)、三个银矿床(阿克皮特斯、科斯马纳契、维沙克沃里诺依)和两个钨矿床(沙里套、那特巴依)。

1 矿田构造

矿田内一级褶皱构造为塔斯卡兹甘复背斜,其轴线走向近东西,向东倾伏,倾角 $15^{\circ}-30^{\circ}$,次级褶皱穆龙套背斜构成其南翼。复背斜轴通过矿田南部。

矿田内断裂构造较为发育。矿田以北有北西向穆龙套—北努拉津深断裂。矿田内有三条较大断裂:1)北部断裂,走向近东西,是矿田北部边界,也是灰岩(D_2-C_1)与砂页岩(O_2-S_1)地层分界线(图1);2)西部断裂为一组北东走向的逆—平移断裂带;3)南部的别沙潘断裂东段走向北东,倾角 $80^{\circ}-85^{\circ}$,西段走向近东西。西部断裂和别沙潘断裂旁侧均发育羽状断裂系统。

矿田内裂隙极为发育,主要有三组:1)北西向片理—流劈理裂隙带,在矿田中部,长10余公里,宽约1km,岩石强烈破碎成角砾岩、糜棱岩,有人把该带称为“干枚糜棱岩”带。带内强烈发育硅化、黑云母化、钾长石化,主要金矿体产于该带内。2)东西向裂隙带,带内裂

^{*} 本文系作者于1995年10月21日至11月2日随同中国有色金属工业总公司地质总局代表团对乌兹别克斯坦共和国阿尔马雷克铜矿、科奇布拉克金矿、穆龙套金矿和科斯马纳契银矿考察之后,仅就穆龙套金矿最新地质资料整理而成。
本文1996年4月8日收到,张静编辑。

隙多属张性裂隙，常被石英脉、电气石脉或石英—电气石脉充填。3) 南北向构造剥离带，主要发育在矿田西部，由近于平行的剥离构造组成，局部产出含金石英脉。

2 矿田地层

矿田内出露的地层有 (D_2-C_1) 灰岩和 O_2-S_1 别沙潘组。另外，超深钻孔 (Cr-10) 还打到了塔斯卡兹甘组。

D_2-C_1 灰岩呈灰黑色、厚层状出露于矿田北部和东北部边界，呈角度不整合覆于 O_2-S_1 地层之上。

矿田内的赋矿地层是别沙潘组，属于 O_2-S_1 ，也有人认为属于震旦纪文德期。别沙潘组分四个亚组，由上至下依次为：

I 绿色别沙潘亚组 (bs_4)：主要由淡绿—灰色砂岩、粉砂岩组成，出露于矿田边部。

II 杂色别沙潘亚组 (bs_3)：是最主要含矿层 (图 1、2)，砂质碎屑岩：粉砂岩：变质岩 = 1：2：2，主要特点是粉砂岩与变泥岩 (绿泥石—云母和碳质—云母片岩) 比例大致相等。

III 灰色别沙潘亚组 (bs_2)：与杂色别沙潘亚组相比，粉砂岩含量增加，砂质碎屑岩：粉砂岩：变泥岩 = 3：4：3。

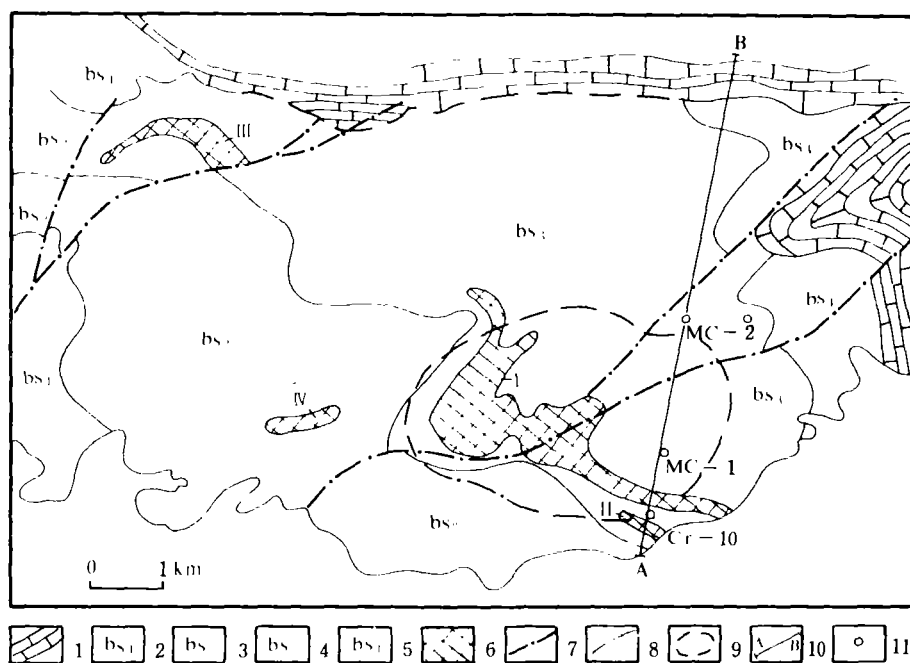


图 1 穆龙套矿田地质图

1—灰岩 (D_2-C_1)；2—绿色别沙潘亚组 (bs_4)；3—杂色别沙潘亚组 (bs_3)；4—灰色别沙潘亚组 (bs_2)；5—下别沙潘亚组 (bs_1)；6—矿床和矿段；I—穆龙套；II—穆廷巴依；III—东别沙潘；IV—塔斯库梅尔；7—断裂；8—地质界线；9—露天采场位置；10—剖面线；11—深钻孔位置。

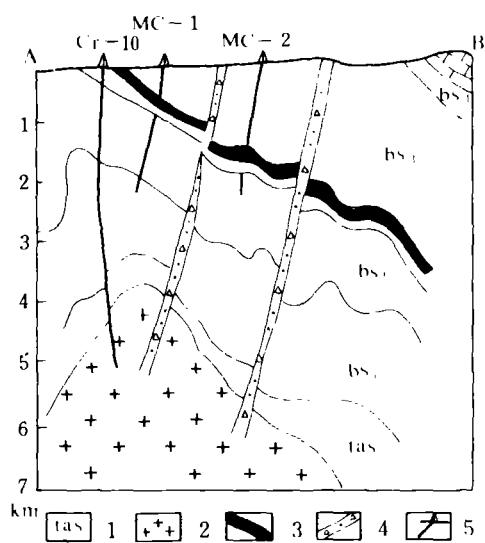


图2 穆龙套矿田A—B剖面图
1—塔斯卡兹甘组 (tas); 2—花岗岩; 3—矿体; 4—断裂带; 5—钻孔; 其他图例同图1

IV下别沙潘亚组 (bs_1), 出露于矿田边部, (砂质碎屑岩+粉砂岩): 变泥岩=2:5, 以黑云母—白云母片岩为主。

塔斯卡兹甘组 (tas): 属于基底层, 时代未确定, 地表没有露头, 在钻孔 Cr-10 的 3500—4007m 段出现, 与其上部地层相比, 变质程度显著加强, 以绿帘石—角闪石相为主, 有含角闪石、石榴石的石英细脉、含电气石的伟晶岩脉。

3 岩浆岩

矿田内出露的岩浆岩为成群出现、规模不大的岩墙, 以北东向和近东西向为主。据不完全统计, 区内共有 150 多条各种成分的岩墙, 岩性有斜长花岗斑岩、正长斑岩、闪长玢岩、煌斑岩、石英斑岩。花岗岩类岩墙常有电气石化、闪石化和绿帘石化, 岩墙中有时亦有弱金矿化。

在 Cr-10 超深钻的 4007—4300m 段见到花岗岩, 终孔仍在花岗岩中, 这为解释地表大量出露的岩浆岩墙及矿床成因提供了可靠的依据。

4 变质作用

变质岩在地表不发育, 仅在矿田以西有少量云母石榴石片麻岩、石榴石角闪石岩出露。据报道, 在断裂带附近黑色页岩变质和变形程度加强, 可看到石墨化加强。除石墨外, 还可见到粒度为 $0.01\mu\text{m}$ 左右的金刚石。Т. И. Шапкун 等对 Cr-10 钻孔资料进行的详细研究结果表明, 矿田内发育各种变质作用的产物 (见表)。

4.1 区域变质作用 3500m 深度以上为绿片岩相。在 1550—1700m 段, 绿泥石亚相被黑云母亚相替代。在 1650—1720m 段, 斜长石基性程度增高, 由钠长石 (No. 0—5) 过渡为钠长石—更长石 (No. 12—15)。在 3500m 以下区域变质程度增强至绿帘石—角闪石相, 区域变质年龄为 $518 \pm 25\text{Ma}$ (K—Ar 法)。

4.2 动力变质作用 0—440m 出现黑云母残余斑晶, 440m 以下出现流劈理, 劈理带厚度和出现频率随深度增加而增加。

4.3 退化变质作用 形成厚度不大的块状碳酸盐化岩石, 其特点是含有含稀土元素的磷酸盐、碳酸盐。从 2508m 开始出现辉石, 在 3300—3500m 段, 含闪石的碳酸盐化岩石逐渐被绿色闪石化岩石代替, 从 3500m 开始变为闪石化岩石, 出现细粒辉石和石榴石。

4.4 接触变质作用 在 2600—2800m 段上部矽卡岩由阳起石、斜长石 (No. 25—30)、方解石构成, 向下过渡为透辉石、斜黧帘石、斜长石 (No. 32—37) 质矽卡岩。下部出现钙铝榴石、硅灰石, 拉长石和钙长石代替中长石。在 3600—4000m 段, 碳质云母片岩中出现浸染状红柱石。矿物共生组合研究表明, 矽卡岩形成于温度 $400—450^\circ\text{C}$, 压力 $3 \times 10^8\text{Pa}$ 的条件下。

5 矿化特征

矿田面积约 9km^2 , 包括三个金矿床(穆龙套、缪廷巴依、别沙潘套)和八个金矿化段(穆龙、阿亚斯塔、索尔涅奇内、基沙斯泰、东别沙潘、塔斯库梅尔、乌佐克和达伊科维)。穆龙套矿床金储量 4000t 以上。

5.1 矿体特征

穆龙套矿区内金矿化范围很大, 矿化带长约 12km。矿床总体上是一个规模巨大、构造复杂的线状—柱状网脉体, 沿褶皱轴线向东倾没。矿体在剖面上呈层状, 顺层产在杂色别沙潘亚组下部(图 2)。矿体厚由几十米至 200—600m。在 Cr-10 深孔 2397—2404m 处还发现 7m 厚的矿化平均品位 $\text{Au}15.2 \times 10^{-6}$, $\text{Ag}8.5 \times 10^{-6}$ 的矿体, 这是世界金矿床中已知最深的矿体。

按金矿化产出类型可将矿体分成两类:

1) 大脉型: 含金石英脉产在陡倾裂隙中, 厚度在 0.5m 以上, 最厚可达 20 多米, 长度一般 100—300m, 最长达 700m。金平均品位 10×10^{-6} 以上, 最高可达 $300—400 \times 10^{-6}$ 。该类矿体中的金占矿床总储量的 12%—15%。

2) 网脉型: 是主要金矿化类型, 由含金的石英细脉、石英—硫化物细脉、石英—方解石细脉、石英—微斜长石脉、石英—电气石脉交错发育构成, 这些细脉产状有陡倾切层的, 也有缓倾顺层的。该类矿化规模巨大, 但金品位较低, 一般为 $3 \times 10^{-6}—5 \times 10^{-6}$ 。

5.2 矿石特征

乌兹别克斯坦专家将矿石分为混合型、石英质型、石英片岩型、硅化片岩型、细脉型和大脉型共六种类型。六种矿石的 SiO_2 含量均在 75% 以上。

矿石中硫化物含量低, 仅占矿石总量的 0.28%—3.4% (平均 1.78%), 主要为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、黝铜矿, 其中黄铁矿、毒砂占 99% 左右, 其次为少量闪锌矿、方铅矿、辉铋矿。主要非金属矿物有: 石英 (25%—40%)、黑云母 (20%—40%), 正长石 (25%—50%)、绿泥石、方解石、微斜长石、钠长石等。7% 的金赋存在硫化物 (黄铁矿、毒砂) 中, 90% 以上为自然金, 呈鳞片状产在石英中, 成色 545—739, 颗粒内部达 635—845。自然金粒度很细, 肉眼难以见到, 在东别沙潘矿段附近的竖井中偶尔见到明金。矿石中可供回收利用的还有 Ag、Pd、W, 但 Ag 含量不高, 金银比值平均为 1:4, 钨主要以白钨矿形式产出。金主要与硅化有关, 其次与硫化物颗粒大小和晶形有关, 黄铁矿和毒砂粒度越小金品位越高, 五角十二面体形黄铁矿平均含金量 $50 \times 10^{-6}—60 \times 10^{-6}$ 。从矿化角度来看, 与碳质关系不大, 含碳量高的地段金品位不一定高, 相反, 含碳量低的地段金品位也可能很高, 这一点与我们以前报道的“穆龙套金矿与碳质关系密切”的资料不同, 值得我们重视。

5.3 矿化种类

穆龙套金矿田中除金矿体外, 还在深部发现钨矿化和铀—辉钼矿化。

1) 钨矿化

绝大部分钨矿化是层状的, 而且以白钨矿化为主, 极少见黑钨矿化。矿化带厚度 6—100m, 沿倾向延伸 800m 以上。在钻孔 Cr-10 的 1800m 以上经见到白钨矿, 特别是在 295—395m 和 1051—1106m 出现两个钨矿化段。 WO_3 钨含量 0.5%—0.7%。在矿床不同部位 Au—W 相关系数相差很大 (+0.89—-0.77)。白钨矿有三个世代; 第一世代是辉石—闪石—石英组合的成分, 是富钨的岩石遭受变质时形成的; 第二世代在时间、空间上均与金矿化有关, 是金

的成分,是富钨的岩石遭受变质时形成的;第二世代在时间、空间上均与金矿化有关,是金—硫化物—石英组合的成分之一;第三世代极不发育,是早世代白钨矿在热液作用下发生再沉积而形成的。

2) 铀—辉钼矿矿化

在钻孔 Cr—10 的 1380—1382m, 2420—2440m, 2940—3050m 三段发现铀—辉钼矿矿化,含稀土、Nb、Pt、Pd, 产在石英—硫化物—含碳角砾岩中。

另外,在穆龙套金矿床以西约 20km 处有一银矿床——科斯马纳契银矿,矿体呈似层状平缓地产在别沙潘组地层中。主要金属矿物是角银矿、硫锑银矿,直接围岩是致密硅页岩(Фташиит),硫酸盐绝大部分赋存在石英中。矿石中银平均品位 115×10^{-6} , 最富可达 400×10^{-6} , 含金 0.1×10^{-6} — 0.3×10^{-6} 。由于该矿床与穆龙套矿床产在同一层位,且相距很近,因此笔者认为,在研究矿床成因时,应把这两个矿床作为一个整体来研究。

5.4 成矿阶段划分

因为石英与金矿化关系最为密切,因此对石英的研究极为重要。И. М. Запирн 等把热液成矿期划分为四个成矿阶段:

第一阶段:成矿作用开始,形成第一世代石英(450℃)。

第二阶段:形成第二世代石英(430℃)和主要金矿化。第二世代石英占矿石中石英总量的 90% 左右,它与硫化物一起形成含金脉体。

第三阶段:形成第三世代石英(255℃),主要以微细脉形式产出在第一、第二世代石英中,很少与金—硫化物形成独立的脉体。

第四阶段:成矿期最后阶段,形成常与含银矿物共生(含银 50×10^{-6} — 500×10^{-6})的第四世代石英(200℃)。

矿田内常见的白色不含矿石英是成矿以后形成的。

5.5 蚀变特征

矿田内热液蚀变作用很强,主要蚀变类型有硅化、黑云母化、绿泥石化、钾长石化、钠长石化、绿帘石化、碳酸盐化、电气石化、泥化等。石英—黑云母—钾长石蚀变交代岩发育在北西向构造裂隙带中,与网脉状金矿化关系极为密切。野外常见电气石—钠长石脉、石英—方解石脉,绿泥石化、黑云母化更是随处可见,深部见到葡萄石—沸石脉。

6 矿床成因问题

6.1 成矿物质来源

根据地球化学分析结果,在 Cr—10 的 25—450m 段(即杂色别沙潘亚组),超过克拉克值的金含量出现频率为 61%, As 为 85.5%, 再向下(即灰色别沙潘亚组)降为 22%—26% 和 11%—13%。75% 的 0.1×10^{-6} 以上金含量来自于杂色别沙潘亚组。中子活化法确定的金的背景含量也表明,杂色别沙潘亚组岩石中金含量为克拉克值两倍以上,而其下部地层中大部分接近或低于克拉克值,高于克拉克值的出现频率仅占 6%—13% (不包括 1327—1400m 断裂带)。看来,金来自于杂色别沙潘亚组应是无疑的。

6.2 成矿时代

Ю. А. Костицын (1994) 对穆龙套金矿床的矿体和交代岩进行了 Rb—Sr 同位素研究后

认为, 矿田内发生了加里东期和海西期成矿作用的叠加。不同时代形成不同的产物:

加里东期 (C—S): 形成石英—金的原始富集。

$272.6 \pm 3.8 \text{Ma}$: 形成高温交代岩 (黑云母—长石—石英、黑云母—绿泥石—长石—石英、石英—钾长石、石英—长石交代岩) 和金的贫矿石。

$256.2 \pm 6.4 \text{Ma}$: 形成石英—电气石脉和金的富矿石。

$230.2 \pm 3.5 \text{Ma}$: 形成石英—毒砂脉。

$219.4 \pm 4.2 \text{Ma}$: 形成低温的石英—冰长石脉, 含不具工业意义的金—银矿化。

穆龙套金矿的成因在地学界一直存在很大争议, 但最主要的观点可以归为两大类, 即热液成因和沉积—热液改造成因, 笔者倾向于后者, 即沉积作用使杂色别沙潘亚组 (O—S) 有了原始的金富集, 海西期发生强烈而广泛的区域变质、动力变质和热液蚀变作用, 同时使金再一次富集成矿。

参考文献

- 1 Шалакубов ТП, цов ГВ. Мурунтауская сверхглубокая скважина//Советская геология, 1991, (10): 10—22.
- 2 Маракушев АА, Холон ВА. Петрологическая модель формирования золоторудного месторождения Мурунтау// Геология рудных месторождений, 1992, (1): 38—57.
- 3 Костицин ЮА. Изотопные Rb—Sr—исследования месторождения Мурунтау и рудоносные метасоматиты//Геохимия, 1994, (4): 486—497.
- 4 Заир НМ, Курбанов НК. Изотопно-геохимическая модель рудогенеза на рудном поле Мурунтау//Советская геология, 1991 (8): 64—69.
- 5 Колыцов АВ, Костицин ЮА. Изотопно-термодинамическая модель образования скарноидов Мурунтау//Геохимия, 1995, (4): 512—523.

作者简介 李福春 男 1964 年生, 1987 年毕业于中南工业大学地质系, 获学士学位; 1990 年毕业于成都地质学院, 获硕士学位; 现任中国有色总公司矿产地质研究院工程师。通讯地址: 广西桂林市辅星路 2 号; 邮政编码: 541004。