

阿尔金大平沟金矿床地质特征及成因初探

杨屹,杨风,刘新营,司迁

(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一区域地质调查大队,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:大平沟金矿处于阿尔金山北坡太古界托格拉格布拉克岩群的 NWW 向强应变构造带中,矿体主要为石英脉型和含金蚀变岩型,其形态、产状、规模严格受韧性剪切带控制,含矿围岩主要为韧性变形的闪长质碎粒岩、糜棱岩,与金矿化有关的围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、钾化等,且随蚀变强度的增强,金含量增高,属中低温变质-岩浆热液复成因型金矿床。

关键词:阿尔金;韧性剪切带;金矿床;地质特征;成因

1 区域概况

大平沟金矿位于阿尔金山北坡深断裂(简称阿北断裂)北侧,塔里木东南缘断块凹陷以南,属阿尔金断块隆起区^①(图 1)。

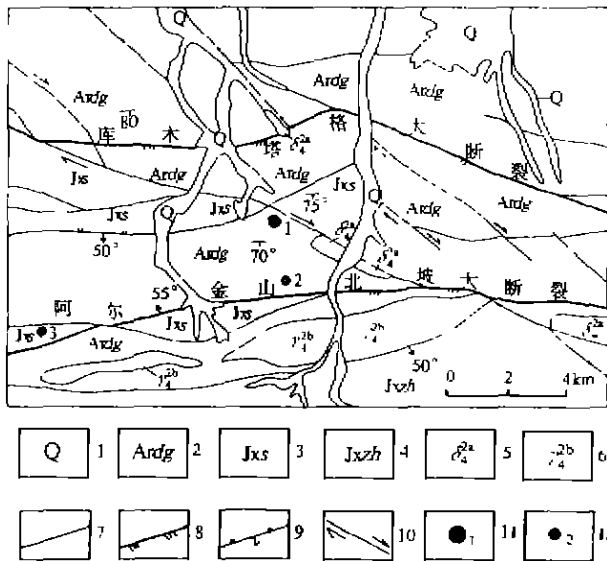


图 1 大平沟地区地质图

1 第四系; 2 太古界托格拉格布拉克群; 3 蓟县系斯米尔布拉克组; 4 蓟县系卓阿拉克组; 5 华力西期第一侵入次闪长岩; 6 华力西期第二侵入次花岗岩; 7. 地质界线; 8. 压剪性深大断裂; 9. 次级断裂; 10. 走滑断裂; 11. 太平沟金矿床; 12. 金矿(化)点及编号

区内出露地层为太古界托格拉格布拉克群(简称托格群)和中元古界蓟县系,托格由变质深成岩(TTG 岩系)及表壳岩系组成,变质相为高角闪岩相—麻粒岩相,Sm-Nd 年龄 2 789 Ma,其冷却年龄为 1 704 Ma,

时代为晚太古代^[1,2]。麻粒岩形成后,在元古代曾发生强烈抬升^[1,2]。中元古界蓟县系为一套浅变质碎屑岩系,主要为绢云母片岩、千枚岩、大理岩等组成,岩石构造变形强烈,折曲、布丁构造发育。

岩浆岩除太古界变质深成岩外,主要为华力西期未变质的闪长岩—花岗岩类的岩石,其分布严格受近 EW 向阿北断裂控制,岩体中发育细晶岩脉。

构造以近 EW 向线性构造为主,岩石发生强烈的塑性和脆性变形,主断裂为阿北断裂和库木塔格断裂,断层间的次级断裂发育,具“人”字型分支及分叉合并现象,断层南倾,倾角在 30°~70° 之间,延伸长 400 km,宽 5~20 km,属压剪性质断裂。

2 矿区地质特征

大平沟金矿产于阿北断裂下盘晚托格群的 NWW 向强应变构造带中(图 2)。赋矿围岩为闪长质碎粒岩—糜棱岩系,岩石动力变质作用显著,主要表现为开放性的碎裂岩化、糜棱岩化等特征,脆性和韧性变形相互叠加,且岩石由高角闪岩相向绿片岩相退变,构造带中发育 NW 和 EW 向两组晚期脆性断裂,断裂充填有二长花岗岩及正长细晶岩脉,规模小,多呈脉状,扁豆状产出,其中正长细晶岩脉多沿矿体南侧产出,与金矿化有密切关系。

2.1 赋矿围岩

闪长质碎粒岩 矿区内最普遍的构造岩石,具碎粒结构、块状或网脉状构造,矿物大部分不同程度粒化、粉碎、原岩结构改变,主要由斜长石(60%~90%)、石英(5%~30%)、角闪石(已蚀变)等组成,斜长石具高岭土化,石英普遍具波状消光,暗色矿物角闪石多已

基金项目:国土资源大调查项目(199910200248)资助

收稿日期:2001-03-05;修订日期:2001-04-16

第一作者简介:杨屹(1968-),男,湖南湘阴人,工程师,1990年毕业于长春地质学院,从事矿产普查工作

① 李天德,漆树基,刘忻,等.索尔库里地区 1:20 万区调报告,1981

绿泥石化。

闪长质糜棱岩 岩石具糜棱结构、定向构造,可见“拔丝”状构造,原岩结构构造已完全消失,由残斑(30%~50%)和基质(50%以上)组成,残斑多由斜长石、石英组成,呈眼球状、拉长状,强波状消光,亚颗粒发育,并具镶嵌构造,基质主要由斜长石、石英及蚀变暗色矿物绿泥石组成。

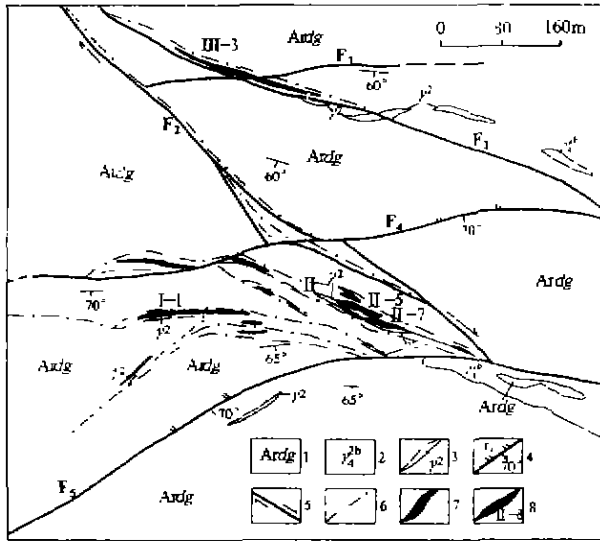


图2 大平沟金矿床地质图

1.托格拉格布拉克群;2.花岗岩;3.正长细晶岩脉;4.压扭性断裂及编号, 5.走滑断裂;6.矿化带界线;7.石英脉;8.矿体及编号

2.2 控矿构造特征

2.2.1 韧脆性剪切带

韧脆性剪切带总体为近 EW 走向,在矿区延伸千米以上,带宽 500 m 左右,南倾,倾角 65°~80°。岩石为一套碎裂-糜棱岩系岩石,剪切带由带边部到中心,变形增强,岩石由碎裂岩系过渡为糜棱岩系,具应力递进演化和强塑性流变特征,面理、线理构造、鞘褶皱和布丁构造发育,是韧性剪切带的重要证据和标志,是有利俘获金的岩相^①。根据磁组构各向异性度 P 值估算的岩石应变轴比一般为 2.1~4.8,部分样品为 45~55,个别达到 118,表明本区构造变形非常强烈。通过岩石 X 光组构和磁组构分析,早期韧性变形的最大主压应力为 NS 向,属右行逆冲压扭性变形构造带^②,与区域地质特征相吻合。

近 EW 向韧脆性剪切带是最主要的控矿构造,呈

现向东收敛的帚状特征,它严格控制金矿体的产出形态、分布及规模。

2.2.2 晚期脆性断裂

叠加的晚期脆性断裂有 NW 向及近 EW 向两组断裂(图 2)。NW 向断裂,总体走向为 290°~310°,南倾,倾角 70°~75°,断面平直,向西北延伸,F₁ 和 F₂ 交汇,具有右行走滑特征,F₁ 被 F₄ 断裂切割,东南端被 F₅ 断裂切割。

近 EW 向断裂有 3 条,其中 F₃ 断层位于矿区北部,倾向南,倾角 45°~60°,斜切 III-1 号矿体中部,F₄ 和 F₅ 断层总体呈近 EW 向,倾向南,倾角 70°左右,自西向东走向略有变化,西段 260°方向,中段为 90°方向,东段 70°~80°方向,F₄ 断裂将 II 号矿化带西段切割,向东延出矿区,断裂面较平直,断裂两盘岩石具镜面擦痕,F₄ 和 F₅ 断裂为左行逆冲性断裂。

3 矿床地质

3.1 矿体特征

在 3 条含金矿化带中共圈定了十数个金矿体(图 2),矿体主要由含金石英脉和含金蚀变岩组成。

I-1 号矿体 为 I 号金矿化带主矿体,由含金石英脉和少量蚀变糜棱岩构成,矿体沿 290°左右方向舒缓波状、带状展布,倾向 170°~200°,倾角 70°~75°,矿体长 125 m,矿体平均厚度 3 m,厚度变化系数 54%,属较稳定类型,矿体平均品位 4.16×10⁻⁶,变化系数 150%,属品位变化不均匀类型,矿体地表厚度与品位变化关系比较密切,金品位与厚度变化等值线套合形态好,显示出良好的正相关关系(图 3)。在石英脉膨

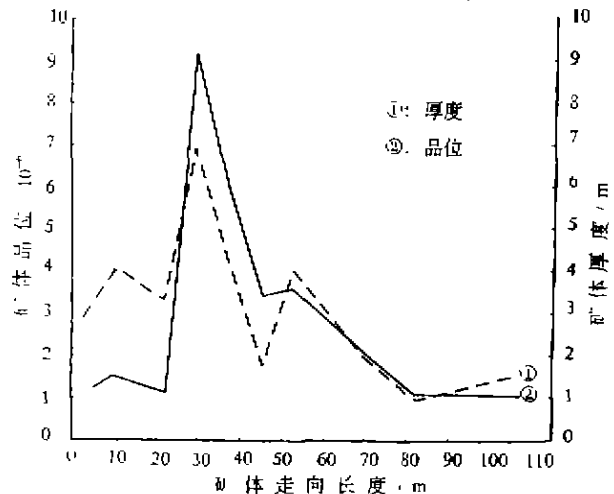


图3 I-1主矿体地表品位及厚度沿走向变化曲线图

大变宽部位,往往品位较高,在距地表 30 m 垂距以下的平硐工程中,石英脉较地表出露变厚,脉体分支复

① 吴美德,芮仲清,含金剪切带型金矿床,地矿部情报研究所,1989

② 王小凤,陈宜华,陈正乐,等,阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测,国家 305 项目 96-915-06-01(B)课题,2000

合特征明显,控制长 50 m,厚度一般 4~6.5 m,平均 5.1 m,矿体平均品位为 7.1×10^{-6} ,较地表品位高。

II-5 号矿体 赋存于 II 号带中段的闪长质碎粒岩中(图 2),由含金石英脉构成,呈透镜状,矿体走向 300° ,倾向 185° ,倾角 80° ,地表长 60 m,厚度一般在 1.92~3.43 m,平均厚度 3.2 m,厚度变化系数 55%,属厚度变化较稳定类型,矿体平均品位为 13.35×10^{-6} ,变化系数 84.44%,属品位变化较均匀矿体,矿体由一条主脉及数条支脉构成,主脉长 45 m,厚 1~1.7 m,呈两端压扁条带状,支脉分布于主脉两侧蚀变岩中,平行主脉分布,单脉长 10~20 m,厚 1~50 cm 不等。

III-1 号矿体 矿体由数条石英脉构成,夹少量含金蚀变糜棱岩,矿体呈条带状,沿 300° 方向呈带状展布,产状 $160^\circ \angle 65^\circ$,总长 230 m,厚度 1~3 m,平均厚度 1.6 m,平均品位为 8.49×10^{-6} ,含金石英脉为平行排列集中分布在 2~3 m 宽范围以内,一般由 2~5 条单脉组成,矿脉较稳定,具向西分支向东汇聚特点, F_3 断层将矿体分割成东西两段。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石矿物特征

组成矿石的矿物计 20 余种,除自然金外,主要金属矿物有黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、闪锌矿、孔雀石等,脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石等,属中低温矿物组合。

自然金 金在矿石中主要以单矿物形式产出,金成色在 915~946^①,自然金呈金黄色,明金粒度多在 0.02~0.2 mm,个别达 0.3~1 mm,其镜下呈他形粒状,不规则粒状,叶片状及不规则微短脉状,显微粒度金以小于 0.002 mm 为主,个别达 0.04 mm,少量叶片及短脉状微粒金粒度在 0.01 mm > 0.02 mm~0.02 mm · 0.11 mm 范围,其中明金多见于蜂窝状褐铁矿化骨架边部、团块状黄钾铁钒中,金赋存状态主要为裂隙金:自然金多呈微短脉状、粒状,产于黄铁矿、石英裂隙中,较普遍;粒间金:呈不规则粒状、微细脉状,产于黄铁矿颗粒、石英颗粒间,多与黄铁矿颗粒呈联晶状分布;包裹金:呈粒状它形晶,产于黄铁矿中。

黄铁矿 是矿石中最主要的金属硫化物,呈烟灰色、浅黄铜色,半自形—自形晶粒状,立方体外形,部分为五角十二面体晶粒,黄铁矿粒度极不均匀,粒径在 0.01~1 mm,个别达 1.5~9 mm,矿石中含量 1%~5%,占金属矿物总量的 80%~95%,光片分析:黄铁矿的形成

可分早、晚两期,早期黄铁矿多呈散粒状分布于岩石中,粒度较粗,碎裂纹发育,黄铁矿沿边部多褐铁矿化,部分完全褐铁矿化,粒度一般在 1 mm 左右;晚期黄铁矿多产生于早期黄铁矿微破裂隙及石英脉裂隙中,并常与黄铜矿、闪锌矿、自然金等矿物伴生,以微细粒或细脉状充填、交代形式产出,与金富集成矿关系密切,黄铁矿晶粒越大、晶形越完整,含金量越低,粒度越细、晶形越碎裂,含金量越高,与金的归并和崩解作用有关^②。

石英 分布最广,是最主要的载金脉石矿物,呈乳白色、灰白—烟灰色,具粒状、碎粒化、重结晶,普遍具有波状、带状消光特征,晶体有扭曲、弯折,成矿期石英从早到晚可分 3 个阶段: I 阶段石英为乳白色,与早期粗粒黄铁矿、磁铁矿等共生,破碎变形强烈,局部已糜棱岩化、石英压扁拉长,定向排列; II 阶段石英在矿脉中含量最多,构成含金石英脉矿体,含硫化物、石英脉颜色多为烟灰色,部分被铁染呈褐红色,大量金属硫化物及其他矿物与石英共生,石英纯净度降低; III 阶段石英为灰白色,与碳酸盐脉一起呈细脉状穿切早期矿物并充填于裂隙中。

3.2.2 矿石结构构造

矿石的结构主要有磷片变晶结构、自形粒状结构、半自形—它形粒状结构、碎裂结构、糜棱结构等,矿石的构造主要有块状构造、细网脉状构造、浸染状构造、团块状构造、条带状构造等。

3.3 矿石化学成分

石英脉型矿石 SiO_2 81.06%~91.42%, Al_2O_3 2.58%~6.78%, K_2O 0.69%~0.93%, Na_2O 0.23%~1.22%,属低铝低钾型;含金蚀变岩型矿石 SiO_2 58.77%, Al_2O_3 17.87%, K_2O 4.84%, Na_2O 4.48%,为低铝高钾型。

矿石主要伴生元素分析成果(表 1),除 Au 为主要有用组分外,其他元素含量较低,无综合利用价值,因此矿石为单金型矿石^[2],含金石英脉型矿石金品位高,蚀变岩型矿石次之。

3.4 围岩蚀变及矿化阶段

3.4.1 围岩蚀变

矿化带围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化等,其中黄铁矿化、硅化及钾化与金矿化最为密切。

根据蚀变强度大致划出 3 个近矿蚀变带:强蚀变带,距矿脉壁 0~0.5 m,为强黄铁矿化、绢云母化、钾

① 王小凤,陈宜华,陈正乐,等.阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测.305 项目 96-915-06-01(B)课题,2000

② 王友文,李兴柱,阎竹斌,等.中国金矿地质及普查勘探方法.陕西省地矿局,1987

化、硅化等,岩石由蚀变矿物组成,颜色一般为灰绿色—褐红色;中等蚀变带,距脉壁 0.5~2.5m,为黄铁矿化、绢云母化、钾长硅化、绿泥石化等,岩石由蚀变矿物和残留的围岩组成,颜色一般为灰绿色;弱蚀变带,距脉壁 2.5~10 m 范围,以绿泥石(帘石)化、绢云母化等为主,岩石原岩成份有少量发生蚀变^[3]。

3.4.2 矿化阶段

据矿物共生组合特征,金矿化可分 5 个成矿阶段:
绿泥石-石英-黄铁矿阶段 主要矿物为石英、绿

中,古老基底经区域变质,动力变质和岩浆侵入作用,有利于金元素的活化、迁移、聚集。

4.2 构造条件

阿北断裂带沿 EW 向横贯全区,构造应变强烈,构造活动具长期、多期性,金异常呈串珠状沿该强应变带展布,在索尔库里—巴什考贡地区晚太古代—元古代地层中,发现数个石英脉型及蚀变岩型金矿(床)点、矿化点,大平沟金矿赋存于晚太古界近 EW 向韧性剪切带中,矿体的产出严格受韧性剪切带控制,并

表 1 矿石金与伴生元素含量分析表

岩性	As	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	Sb	Cr	Ni	Ag	Au
围岩	0.84	0.51	0.14	0.05	0.10	1.40	0.97	9.8	5.6	0.09	0.32
含金蚀变岩	3.78	1.29	1.94	0.13	0.06	1.63	1.50	7.5	5.7	0.09	6.46
含金石英脉	2.99	7.59	0.24	8.44	1.00	1.36	0.72	12.9	5.6	4.14	14.89
含金—多金属石英脉	4.34	1.08	0.17	0.20	0.75	2.10	1.59	7.5	5.6	0.05	16.71

注:Cu、Zn、Pb 元素单位为 $\times 10^{-2}$,其它元素单位为 $\times 10^{-6}$;测试单位:新疆地质矿产局第一区调大队实验室

泥石及黄铁矿,该阶段不形成工业矿体,主要起渗滤和原始富集作用。

金-黄铁矿-石英-绿泥石阶段 是金主要成矿阶段,主要矿物为石英、绿泥石、细粒黄铁矿,该阶段金随石英和黄铁矿进一步分异富集,在有利部位沉淀。

石英-多金属硫化物阶段 为多金属硫化物随热液沿裂隙充填阶段,金粒度增大,并随黄铁矿和黄铜矿、闪锌矿等充填微裂隙中。

石英-碳酸盐阶段 主要产物为方解石、石英,多呈不规则细脉沿裂隙分布。

表生富集阶段 该阶段对金矿主要起次生富集作用,矿石矿物组合表明,矿床主要矿物为金属硫化物,其易于氧化、溶解、淋滤,本区属于干旱地区,在金属硫化物的氧化带中形成很多黄钾铁矾^[4],矿体中黄钾铁矾含金颇富,说明在地表一定深度的氧化带有进一步富集成矿。

4 成因初探

4.1 地层条件

该金矿产于晚太古界托格群变质岩中,该群是全区含金丰度次高的地层,平均 1.28×10^{-9} ,仅次于蓟县系马特克布拉克组(1.58×10^{-9}),矿区出露岩性为闪长质碎裂岩、糜棱岩,其金丰度达 18.38×10^{-9} ,金异常呈条带状,沿 300° 向展布,与剪切带方向一致,异常具 3 级浓度分带,强度较高,金元素富集特征明显,并可能为成矿提供丰富的物质来源,矿区处于强应变构造带

叠加了晚期脆性断裂,较大的剪切深度和岩石的破碎变形促使岩脉及含金变质热液上升,而碎裂岩和糜棱岩的开放性构造变形机制,为不同来源的热液(变质、岩浆)运移、循环提供了导流条件,同时便于亲硫的 Au、Cu、Zn 以及亲铜的 Fe 随围岩线性硅化产生的石英脉在剪切带裂隙交代-充填成矿。

4.3 岩浆岩条件

沿阿北断裂带,以新元古代—华力西中期岩浆活动最为强烈,矿区花岗岩脉和正长细晶岩脉发育,正长细晶岩脉侵位于含金石英脉南侧,南倾,倾角 $30^\circ \sim 45^\circ$,具尖灭再现特征,岩脉中 5 个岩石样金含量为 $8.4 \times 10^{-9} \sim 60 \times 10^{-9}$,平均为 37.1×10^{-9} ,远大于本区同类岩石金丰度值十至几十倍,因此,该期岩浆活动为金矿成矿提供热液的同时,也是重要的成矿物质来源。

4.4 物化条件

大平沟金矿氢氧同位素测定值 $\delta^{18}\text{O}_Q = 11.2\text{‰} \sim 13.0\text{‰}$, $\delta\text{D} = -57\text{‰} \sim -59\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_K = 2.24\text{‰} \sim 4.04\text{‰}$,表明成矿热液可能是以变质水和岩浆水为主的混合溶液,有一定的大气降水参与;经过矿石矿物包体测温结果统计,成矿温度在 $130 \sim 393^\circ\text{C}$ 之间,成矿压力为 $280 \times 10^5 \sim 720 \times 10^5 \text{ Pa}$,成矿深度为 $1.61 \sim 2.68 \text{ km}$,属中低温、中深型矿床^[4],初步分析认为,大平沟金矿床的成矿年龄应该在 200 Ma 左右,属于印支期^[5]。

5 结语

(1) 赋矿层位为晚太古界闪长质碎裂岩、糜棱岩

① 杨风,李学智,杨屹,等.新疆地质矿产局第一区调大队索尔库里地区 1:10 万化探及异常查证报告,1999

② 王小凤,陈宣华,陈正乐,等.阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测国家 305 项目 96-915-06-01(B)课题,2000

等一套强应变构造岩石,其中发育中酸性岩脉。黄铁矿化、硅化、褐铁矿化、孔雀石化等蚀变强的地段是重要的找矿标志。

(2) 矿体主要有石英脉型,含金蚀变岩型。矿脉为脉状、扁豆状,规模不大。矿石矿物主要为自然金、黄铁矿、褐铁矿等,脉石矿物为石英。矿石品位随蚀变强度的增强、矿体厚度的增大而增高。

(3) 根据矿石矿物组合及物化条件的研究测定,大平沟金矿床属受韧性剪切带控制的中低温变质-岩浆热液复成因型金矿床。

成文当中,得到新疆第一区域地质调查大队王克卓总工程师、李嵩龄和袁尔乾高级工程师的指导帮助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 车自成,孙勇,阿尔金麻粒岩相杂岩的时代及塔里木盆地的基底[J]. 中国区域地质,1996(1):51-57.
- [2] 董富荣,李嵩龄,冯新昌.新疆太古宙变质岩系岩石组合特征[J].新疆地质,2001,19(4):251-255.
- [3] 李舒,李景春,邵军,等.中国金矿床工业类型及其特征[M].北京:地震出版社,1999:32-36.
- [4] 袁见齐,朱上庆,翟裕生,等.矿床学[M].北京:地质出版社,1993:131-142,198-205.
- [5] 杨风,陈柏林,陈宜华,等.阿尔金北缘大平沟金矿床成因初探[J].地质与资源,2001,10(3):136-137.

GEOLOGICAL FEATURES AND ORIGIN OF DAPINGOU GOLD DEPOSIT IN ALTUN AREA

YANG Yi, YANG Feng, LIU Xin-yin, SI Qian

(No.1 Regional Geological Surveying Party, BGMRED of Xinjiang, Xinjiang Urumqi, 830011, China)

Abstract: Dapingou gold deposit occurs within Togbulak Group of the Archean in a highly deformed structural zone north of Altun northern margin deep fault. The ores are quartz-vein type and gold-bearing altered rock type. Ore bodies are controlled by ductile and brittle shear zones regarding their morphology, occurrence and scales. The ore-bearing formations and country rocks are highly deformed Late Archean dioritic cataclasites and mylonites. Sections of pyritified, silicified, and malachitified rocks are important prospecting marks. The ore minerals are mostly native gold, and pyrite, and the vein minerals are quartz. The deposit is of low to intermediate temperature metamorphism and magmatic hydrothermal origins, controlled by the ductile and brittle shear zone.

Key words: Altun; ductile and brittle shear zone; gold deposit; characteristics geological; origin

乌兹别克斯坦共和国总统

《关于建立外国投资局的命令》

为了促进共和国经济领域吸引投资的进程,在制定和实施投资意向方面给潜在的外国投资者和本地的合作伙伴提供实际帮助,采纳联合国驻乌兹别克斯坦共和国代表处、乌兹别克斯坦共和国对外经济联络部和国家财产委员会提出的关于建立具有非政府组织地位的外国投资局的建议,决定:

--在乌兹别克斯坦共和国内阁下属的协助投资机构和国家财产委员会下属的国家不动产与外国投资局基础上组建外国投资局。

--外国投资局的职能由其工作机构和协调委员会行使,协调委员会由国家管理机关的代表、经济领域的专家学者、各种所有制形式的企业的领导、外国公司的领导、公司和银行的领导组成。

--外国投资局日常业务活动所需的组织和设备经费来自预算拨款、联合国发展计划提供的资金和其它国际组织提供的用于发展投资活动的资金。

外国投资局的主要任务明确为:

--在外国组织和基金会的参与下制定和实施投资活动领域的国际合作规划。

--参与制定吸引外国投资的法律规范基础方面的提案。

--研究不同经济部门的投资环境,对乌兹别克斯坦和外国的投资环境进行比较分析。

--编制有关乌兹别克斯坦投资活动和投资政策等问题的宣传资料,把它们分发给国际企业经营界。

--协助各部、委、各种所有制形式的企业以及地方自治机关编制投资方案,确定投资方案的形成和实施程序。

--利用现行的技术协助规划和国际组织的数据库,寻求有兴趣的外国投资者。

--筹备和举办讲习班、研讨会并采取其它措施,以便扩大业务联络、推广外国经验和吸引外国投资。

--通过组织有外国和本地企业家参加的圆桌会议方式,协助建立业务伙伴关系制度。

--组织乌兹别克斯坦的专业人员到协助投资机构、外国公司和企业去实习,研究吸引投资的各种不同方式。

--吸收外围专家参与实施上述工作和措施。

外国投资局自注册之日起 3 年内免交税款及法律规定的其它应缴款,但要把节余的这部分资金用于发展该局物质技术基础。

乌兹别克斯坦共和国内阁应在 1 周内作出执行本命令的决定。

乌兹别克斯坦共和国总统 伊·卡里莫夫

1995 年 8 月 21 日于塔什干市 14 n 1234 号。

(摘自《中亚信息》2001 年 3 期,刘咏译自《乌兹别克斯坦总统令汇编》,2000 年版)