

塔吉克斯坦东杜奥巴金矿床地质特征及成因探讨

李久明^{1,2}, 周可法¹, 吴艳爽¹, 王勇义³, 杨寅静², 刘璇²

(1. 中科院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 特变电工股份有限公司, 新疆 昌吉 831100;
3. 广东省地质局第五地质大队, 广东 肇庆 526020)

摘要:东杜奥巴金矿床位于中塔吉克斯坦贵金属成矿带内, 是乔列金矿田已探明的4处大型金矿床之一, 矿床受区域推覆构造控制明显, 时空上与区域发育的古生代浅变质沉积岩系有关; 黄铁矿和毒砂是最主要的载金矿物, 自然金呈包裹体赋存于成矿期黄铁矿和毒砂矿物中。区域上基底地层与上覆盖层在晚古生代时期经历过3次大规模的构造重组: 隆升阶段—造山阶段—晚华力西期造山的最终阶段, 并导致矿床当前的时空就位。含碳浅变质碎屑岩带和钠长石化花岗斑岩脉与矿体的成因及时空分布密切相关, 矿床成因类型是与早古生代黑色岩系沉积变形、变质及改造作用有关的浅变质碎屑岩型和接触交代蚀变岩型金矿床。

关键词:东杜奥巴金矿; 成矿背景; 矿床特征; 成因探讨; 塔吉克斯坦

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2016)02-0165-11

Geological Characteristics, Tectonic Evolution and Prospecting Direction of Dongduaoba Gold Deposit in Tajikistan

LI Jiuming^{1,2}, ZHOU Kefa¹, WU Yanshuang¹, WANG Yongyi³, YANG Yinjing², LIU Xuan²

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Wulumuqi 830011, Xinjiang, China;
2. Tebian Electric Apparatus Stock Co., Ltd., Changji 831100, Xinjiang, China; 3. No. 5 Geological Team of Guangdong Geological Survey, Zhaoqing 526020, Guangdong, China)

Abstract: The Dongduaoba gold deposit, located in the precious metal metallogenic belt of Middle Tajikistan, is one of four large-sized gold deposits that had been discovered in Qiaolie gold field. This deposit is obviously controlled by regional nappe structure, which has a space-time relationship with Paleozoic shallow metamorphic sedimentary rock series. Pyrite and arsenopyrite serve as the main gold bearing minerals in this deposit. Native gold inclusions are occurred with in metallogenic pyrite and arsenopyrite minerals. Regionally, the basement strata and upper cap have experienced three times of large-scale structural reorganization in Late Paleozoic era, that is, uplift stage, orogenic stage and final period of Late Variscan stage structure (orogeny), which led to the current time-space emplacement of this deposit. Carbonous epimetamorphic clastic rock belt and albitization granite porphyry vein are closely related to the origin and spatiotemporal distribution of gold ore body. The genetic types of gold deposits are epimetamorphic clastic rock type and contact metasomatic alteration rock type, which are related with the deformation, metamorphism and reformation of Early Palaeozoic black rock series.

收稿日期: 2015-08-20; 修回日期: 2016-02-3

基金项目: 国家自然科学基金“基于高精度成像高光谱的矿物蚀变信息识别新方法研究”(U1129302)

作者简介: 李久明(1972-), 男, 黑龙江省富锦市人, 高级工程师, 在站博士后, 从事矿产地质勘查及矿床地质、地球化学研究工作。E-mail: 578121399@qq.com

Keywords: Dongduaoba gold deposit; metallogenic background; ore deposit characteristics; origin investigation; Tajikistan

东杜奥巴金矿床位于塔吉克斯坦中部泽拉夫尚河流域,南距首都杜尚别市 115km,是中塔吉克斯坦多金属、贵金属成矿省中乔列金矿田内 4 处大型金矿床之一(Литвиненко К. И., 1988),是与早古生代黑色岩系沉积变形、变质改造作用有关的含碳浅变质碎屑岩型(涂光炽, 1986; 毛景文等, 2002; 鲍庆中等, 2003; 隋延辉, 2010)和热接触交代蚀变岩型金矿床。

乔列金矿田是前苏联时期 20 世纪 30 年代被发现,其后经一系列找矿勘查工作,尤其是 20 世纪 60~80 年代详细开展了普-详查和地质研究等工作,初步查明了矿体赋矿层位、控矿构造、岩浆岩和蚀变等发育特征(Кудрии Г. Д., т. д., 1979; Перетрутов А. В. И Харькевич К. А., 1988; Хасанов А. Х., т. д., 1988; Умаров М., 1992; Харькевич К. А., т. д., 1993; Бобоев С. Н., т. д., 2005),但对东杜奥巴金矿床的赋矿矿物特征、控矿构造演化乃至矿床成因等研究还不够深入。笔者拟从矿体产出的地质、载金矿物特征等研究入手,结合区域控矿构造演化,分析矿床成矿地质条件,探讨矿床成因,指明找矿方向,从而为下一步深、边部找矿勘探工作提供有益指导和借鉴。

1 区域成矿背景

1.1 区域地质概况

矿床区域上处于南天山褶皱系的西段,即泽拉夫尚—突厥斯坦活动带中,该活动带北与泽拉夫尚—阿尔泰相邻,南侧受吉萨尔深断裂制约(Харькевич К. А. и Горшков Е. Н., 1989; Дзайнуков А. Б. и Холмрадов Б. Х., 1991)(图 1)。

区域地层主要由早古生代沉积—浅变质具复层理沉积岩系组成,具明显的三层构造模式:底部为海陆交互相的长石砂岩、石英砂岩,少量的酸性火山岩、碳酸盐岩和硅质岩;中部构造层为库普鲁克岩系和哈夫扎克白云岩、灰岩层,分布广泛,组成整个泽拉夫尚推覆体的主体部分;上部构造层主要为具有绿片岩相浅变质的马尔古佐尔岩系砂岩、粉砂岩、碳质片岩层,是主要的赋矿岩层(Коровкин А. Б. и Шадчинов А. С., 1958; Харькевич К. А., т. д., 1993)。

矿床位于泽拉夫尚—吉萨尔复背斜的边缘(图

1),泽拉夫尚推覆构造是最重要的一种构造形式。推覆体由一系列连续的相互推动地质构造岩块组成,主要由中生代碳酸盐岩层组成,纵剖面上推覆体呈纺锤体状。推覆体和下伏陆源生成物—马尔古佐尔岩系的褶皱断裂构造有本质差别:推覆体褶皱错位中,陆源岩层发育等斜—片状构造,形成不同类型的劈理和楔状构造。

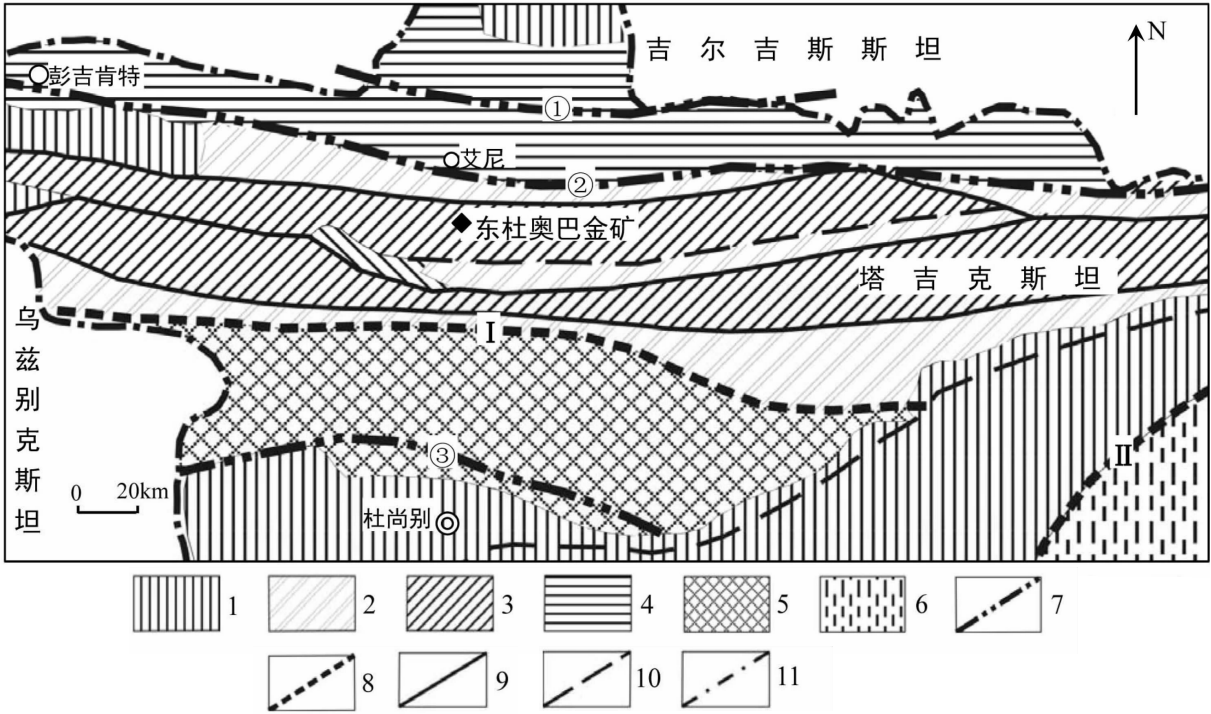
区域上喷出岩和侵入岩非常发育,自西向东依次分布有:①早石炭世火山喷发岩。②中晚石炭世泽拉夫尚—吉萨尔花岗岩杂岩。③晚石炭世马吉安—申格煌斑岩体。④早—中三叠世吉萨尔—卡拉杰金的玄武岩体。其中,泽拉夫尚—吉萨尔花岗岩体。呈岩床、岩脉和规模不大的岩株状,由粗晶浅色花岗岩、暗色黑云母花岗岩、细粒斑状花岗岩组成,沿矿带附近近于平行分布,长十余米至 1 200m,厚十几厘米至 20~30m,大多分布于含矿带底部,在深部尖灭,有时呈容矿岩石,对局部成矿起一定控制作用(Королев А. В. и Шехтман П. А., 1965; Тимонов А. С., т. д., 1978; Хасанов А. Х., 1988)。

1.2 区域构造演化

中塔吉克斯坦为南天山活动带的组成部分,地质构造非常复杂,使其形成了种类繁多、相互影响相互制约的区域地质构造(Кухтиков М. М., 1969; Резвой Д. П., 1973; Ажгирей Г. Д., 1977; Поршняков Г. С., 1983)。其中,晚古生代地质构造演化控制了区域内生金属矿化的时空分布规律(Харькевич К. А. и Горшков Е. Н., 1989),总体表现为区域推覆构造经历过 3 个重要的结构重组(Вихтер Б. Я. и Шер С. Д., 1980; Волчанская И. К. и др., 1985)(图 2)。

第一阶段:隆升阶段,早—中石炭世(即海槽时期)区域复理层建造最终形成,同时受深部地质作用区域地壳开始抬升,并于石炭纪末期,受近东西向泽拉夫尚—吉萨尔混合花岗质杂岩体隆升影响,上覆沉积岩层变形形成复背斜层,同时伴随着边缘地槽褶皱变形及同步收缩(山前断裂旁亚带),以及区域浅表盖层仰冲和残余复理层于低洼处发生渐变的分离和聚集。

第二阶段:造山阶段,古生代末期,基底抬升加剧和南北向板块挤压,近东西方向上覆盖层发生塑性流变,褶皱变形成山,同时伴随派生陡倾斜断裂(逆掩断层、正断层和平移断层)系统开始形成。区



1. 中-新生代巨厚沉积叠置区;2. 南天山深大断裂边缘泽拉夫尚-阿莱伊亚增生带;3. 南天山突厥斯坦-泽拉夫尚-阿莱伊第二增生带;4. 南天山泽拉夫尚-突厥斯坦第一增生带;5. 西南天山吉萨尔第一增生带;6. 北帕米尔山卡莱胡姆普-萨乌科萨伊增生带;7. 区域间深大断裂(①突厥斯坦-阿莱伊断裂;②泽拉夫尚北部断裂;③波加因断裂);8. 山前(块体边界)深大断裂带(I吉萨尔断裂;II北帕米尔断裂);9. 区域内高角度断裂带(泽拉夫尚断裂);10. 主要的山地断裂带(瓦赫什断裂;伊拉可什克断裂);11. 国境线

图1 中塔吉克斯坦大地构造分区略图(据 Дзайнуков А. Б. и Холмрадов Б. Х., 1991 修改)

Fig.1 Middle Tajikistan tectonic zoning in the sketch(According to the modify by Дзайнуков А. Б. и Холмрадов Б. Х., in 1991)

域表现为早期形成的库普鲁克和哈弗扎克岩系逆冲推覆至早石炭世马尔古佐尔岩系之上,形成“飞来峰”构造,移动位移可达数公里,同时伴随深部基性、超基性岩浆岩上侵。

第三阶段:晚华力西期造山的最终阶段,特点为早期断裂系统的更新、派生次级断裂和近南北向的正断层、平移断层等新构造的形成,本阶段主要受近南北向板块运动影响,早期褶皱和流变进一步加剧,导致大量块体破裂形成残留体。发育的断裂构造面,具有多期挤压-拉伸活动特点,倾角很大,切割深(如阿尔恰迈丹、阿尔格和玛吉安深大断裂),深部基性、超基性岩浆岩上侵就位于早期形成的陆源碎屑和碳酸岩层,岩浆期后酸性热液交代使金等多金属矿床就位,矿化作用最终结束。

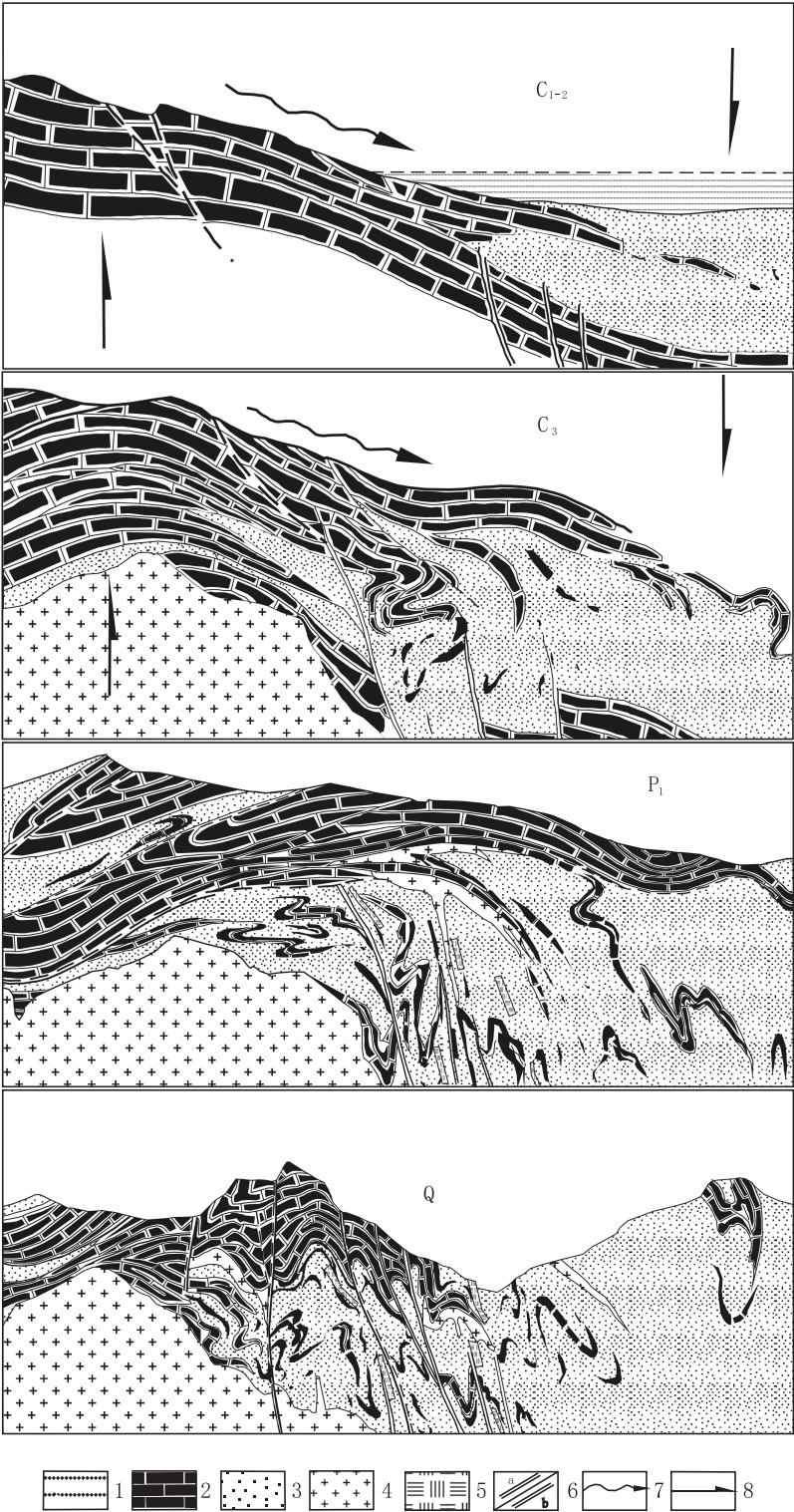
2 矿床地质特征

2.1 矿区地质

矿区出露地层为下志留统申格岩系、下-上志留

统库图拉克岩系($S_{1-2}kt$)、上志留统-下泥盆统库普鲁克和哈弗扎克联合岩系(S_2kp+D_1hv)、下石炭统马尔古佐岩系(C_1mr)及第四系(Q)(图3)。下志留统申格岩系主要为灰色、绿色、微绿-灰色绢云母绿泥石英英片岩。

下一上志留统库图拉克岩系主要分布于矿区南部,为深灰色、黑色薄-中厚层结晶粒状含沥青白云岩。库普鲁克和哈弗扎克岩系分布于矿区南部和西南部,出露面积较大,为层状石灰岩,上部局部夹有块状黏土岩和白云石化角砾岩,该岩系和周围地层呈推覆断层及不整合接触关系。下石炭统马尔古佐岩系分布广泛,主要有云母-石英粉砂岩和碳质-黏土片岩两个岩性层,二者呈无规律交替出现,其中碳质-黏土片岩层为金的主要赋矿地层,为含石墨碳及碳酸岩化的变质杂砂岩、细砾岩、硅化页岩为主(朱永峰,2014)。矿区第四系以残坡积黏土、砂砾为主,其次为大块转石、漂砾等。



1. 早—中石炭世复理石建造(C₁₋₂);2. 晚志留—早泥盆世含碳沉积岩层(S₂-D₁);3. 奥陶—早志留世陆源火山碎屑沉积岩层(O-S₁);4. 泽拉夫尚-吉萨尔花岗质侵入杂岩体;5. 辉绿-煌斑岩脉;6. 次级断裂(a)及深大断裂(b)构造;7. 地质块体的位移方向;8. 泽拉夫尚上覆盖层位移方向

图2 东杜奥巴金矿床区域构造演化模式图(据 Харькевич К. А. и Горшков Е. Н. ,1989 修改)

Fig. 2 Dongduaoba gold deposit regional tectonic evolution model
(According to the modify by Харькевич К. А. и Горшков Е. Н. in 1989)

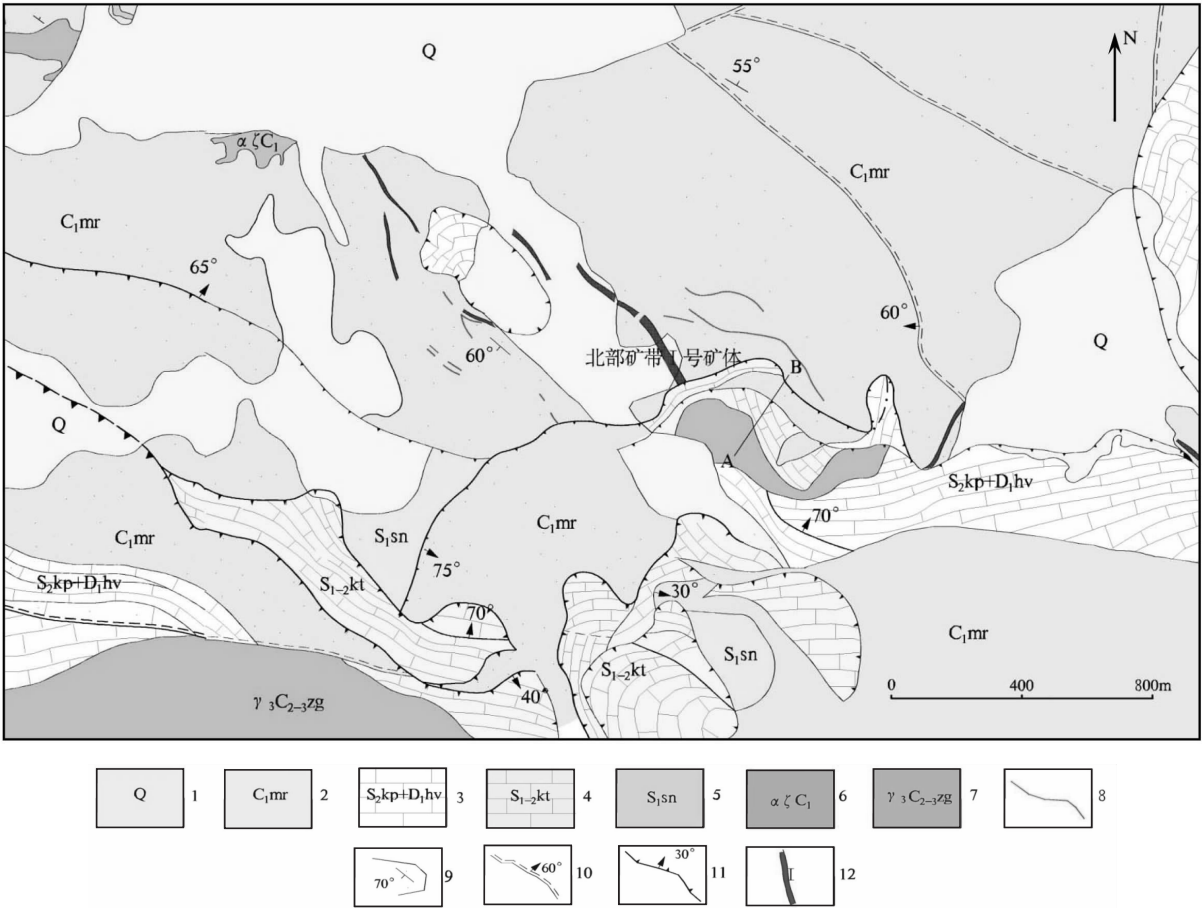
矿区内褶皱构造主要分布于矿区中部及东部,由下石炭统马尔古佐岩系组成。向斜核部呈北西—南东走向,南西翼出露较全,宽度较大,东北翼出露宽度较小。南西翼地层倾角一般为 $35^{\circ}\sim 60^{\circ}$,东北翼地表地层倾角 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$,向下变陡,金矿体位于该向斜东北翼附近。矿区内主要断裂构造为大型泽拉夫尚逆冲推覆断裂,其次为北西—南东向和北北东—南南西向断裂构造。泽拉夫尚断裂主要分布于矿区南部,为一推覆断裂构造,主要将上志留统一下泥盆统库普鲁克和哈夫扎克联合岩系推覆在下石炭统马尔古佐岩系之上,形成“飞来峰”,断裂倾角 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$,推覆体厚度从几米到十几米不等。在矿区东南部,推覆体宽度一般为 $300\sim 400\text{m}$,最大可达上千米。

矿区岩浆岩不太发育,主要为零星出露的中-酸性喷出岩和酸-基性侵入脉岩。喷出岩分布于下石炭统马尔古佐岩系中,主要岩性为安山岩、英安岩、玄武岩及流纹岩,形成时代为早石炭世。区内脉岩发育,集中分布于矿区西南部,岩性有辉绿玢岩、煌斑岩、花岗闪长岩、石英钠长斑岩、花岗岩等。花岗斑岩脉、石英闪长玢岩脉常成群成带分布,呈脉穿插于马尔古佐岩系中(图 3),厚度为 $0.5\sim 5\text{m}$,长度小于 200m ,走向 318° ,近乎直立,多有内外变质带,与金成矿关系密切。

矿床变质作用类型应属区域低温应力变质作用,其原岩为黏土页岩、粉砂岩、砂岩建造夹少量火山岩,它们基本保留了沉积结构、构造特征,变质泥岩中以绢云母+绿泥石+石英+钠长石为特征组合,变质岩石为含碳质、钙质片岩、千枚岩及片理化

性喷出岩和酸-基性侵入脉岩。喷出岩分布于下石炭统马尔古佐岩系中,主要岩性为安山岩、英安岩、玄武岩及流纹岩,形成时代为早石炭世。区内脉岩发育,集中分布于矿区西南部,岩性有辉绿玢岩、煌斑岩、花岗闪长岩、石英钠长斑岩、花岗岩等。花岗斑岩脉、石英闪长玢岩脉常成群成带分布,呈脉穿插于马尔古佐岩系中(图 3),厚度为 $0.5\sim 5\text{m}$,长度小于 200m ,走向 318° ,近乎直立,多有内外变质带,与金成矿关系密切。

矿床变质作用类型应属区域低温应力变质作用,其原岩为黏土页岩、粉砂岩、砂岩建造夹少量火山岩,它们基本保留了沉积结构、构造特征,变质泥岩中以绢云母+绿泥石+石英+钠长石为特征组合,变质岩石为含碳质、钙质片岩、千枚岩及片理化



1. 第四系;2. 马尔古佐尔岩系;3. 库普鲁克和哈弗扎克联合岩系;4. 白云石化灰岩、角砾岩;5. 申格岩系;6. 安山岩、流纹岩;7. 黑云母花岗闪长玢岩;8. 钠长斑岩、斜长石花岗岩脉;9. 地质界线及产状;10. 断裂构造及产状;11. 逆冲推覆构造及产状;12. 矿体
(非比例尺)

图 3 东杜奥巴金矿床矿区地质构造图
Fig. 3 Dongduoba gold deposit ore district geological structure diagram

变质砂岩、变质粉砂岩、绿泥石石英片岩、黑云母绿泥片岩等。最主要的变质矿物为绿泥石、绢云母、黑云母等,沿岩石片理形成清晰的集合体。在板理、千枚理或片理面上可看到鳞片状绢云母、绿泥石聚集和定向排列,呈明显的丝绢光泽。本区的动力变质作用也很强烈,主要表现为沿断裂带发育较强的糜棱岩化,形成一系列变形程度不同的糜棱岩化岩石、千糜岩和构造片岩、构造角砾岩等。

2.2 矿体特征

北部矿带 I 号矿体是东杜奥巴金矿床最主要的矿体之一(图 4),矿体长 650m,厚度 2.91~15.46m,最厚达 41.9m,延深约 300m,Au 品位 $2.7 \times 10^{-6} \sim 8.35 \times 10^{-6}$ 。走向北西西($290^{\circ} \sim 305^{\circ}$),倾向北东,倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。矿体整体呈似层状、透镜状、脉状,局部具膨胀收缩,分枝复合状。矿体地表被泽拉夫尚推覆体所覆盖,东南端碳酸盐岩盖层垂深可达 150m。

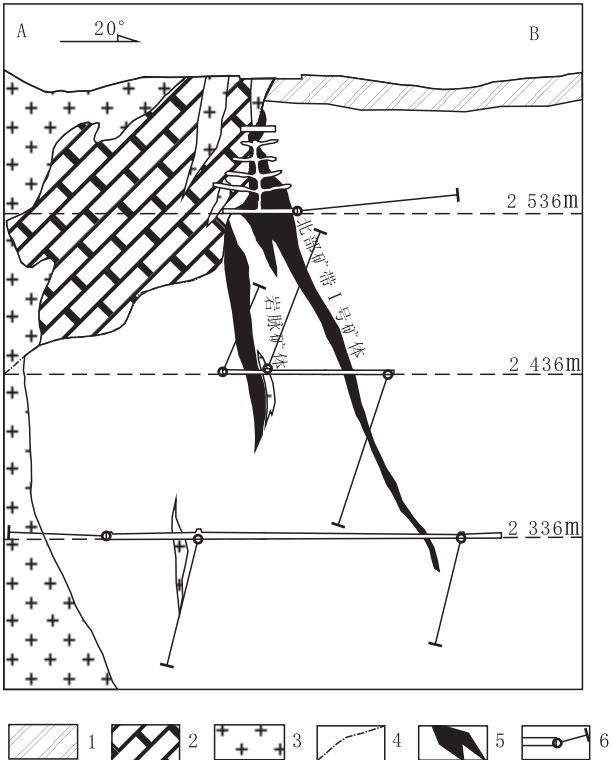
岩脉矿带①号矿体是东杜奥巴金矿床另一个主要矿体之一,属盲矿体,与北部矿带 1 号矿体平行或近平行分布。矿体长 200m,延深 250m,厚度为 $0.39 \sim 13.54\text{m}$,Au 品位为 $2.0 \times 10^{-6} \sim 8.1 \times 10^{-6}$ 。矿体受水平拗褶-变形褶皱和泽拉夫尚推覆体接触面陡坎的影响,该矿带的矿体均伴随有花岗闪长斑岩脉,矿体形态复杂,有膨缩和分枝复合现象。矿体走向 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$,倾向北东,陡倾斜,倾角 $60^{\circ} \sim 85^{\circ}$,矿体受泽拉夫尚推覆体接触面控制(Харькевич К. А. 1989; Дзайнуков А. Б. и Холмрадов Б. Х, 1991)。

矿石中的矿物成分约有 50 种(表 1),其中金属矿物 24 种,非金属矿物 26 种①。

矿石中主要的非金属矿物是石英、铁白云石、白云石、钠长石、绢云母、绿泥石、钾长石、重晶石、方解石。石英、长石、方解石为矿石中分布最广泛的脉石矿物(图 5a),呈碎裂状定向排列并发育微弱蚀变边。其他非金属矿物为白云母、石墨、角闪石、绿帘石、榍石等,石墨、绢云母多呈糜棱状定向排列。

矿石中金矿物呈胶态分散状、粒状与硫化物共生或呈游离金赋存于脉石矿物中,颗粒大小从 $12\mu\text{m}$ 到 4mm ②。黄铁矿是分布最广的载金矿物,

呈浸染状、自形立方体、半自形或不规则颗粒,局部形成块状集合体,与铁白云石-钾长石-钠长石-石英组合相关,颗粒大小为 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。黄铁矿在矿石中以 3 种形式产出:①呈半自形晶-他形晶分布的中、细粒状黄铁矿,为矿石中主要黄铁矿类型,与毒砂嵌布关系密切图 6b 和图 6c,与黄铜矿、黝铜矿等嵌布关系也较密切,与金矿物嵌存关系密切,镜检中发现金呈包裹状分布在黄铁矿中,证明粒状黄铁矿为金的主要载体矿物之一。②呈细粒他形晶嵌布的黄铁矿,呈浸染状分布于脉石中,且与其他矿物及金矿物嵌布不密切。③呈球形体分布的胶状黄铁矿,与前者均是早期成矿阶段形成的产物,由于热液迅速冷却,金属矿物没有充足的时间与足够的温度来充分结晶,温度的急速下降促使金属矿物、脉石矿物迅速凝固,在得不到充分的时间和温度而结晶的黄



1. 马尔古佐尔岩系;2. 库普鲁克和哈弗扎克岩系;3. 岩脉岩;
4. 泽拉夫尚逆冲推覆断裂构造;5. 矿体;6. 坑道及坑道钻

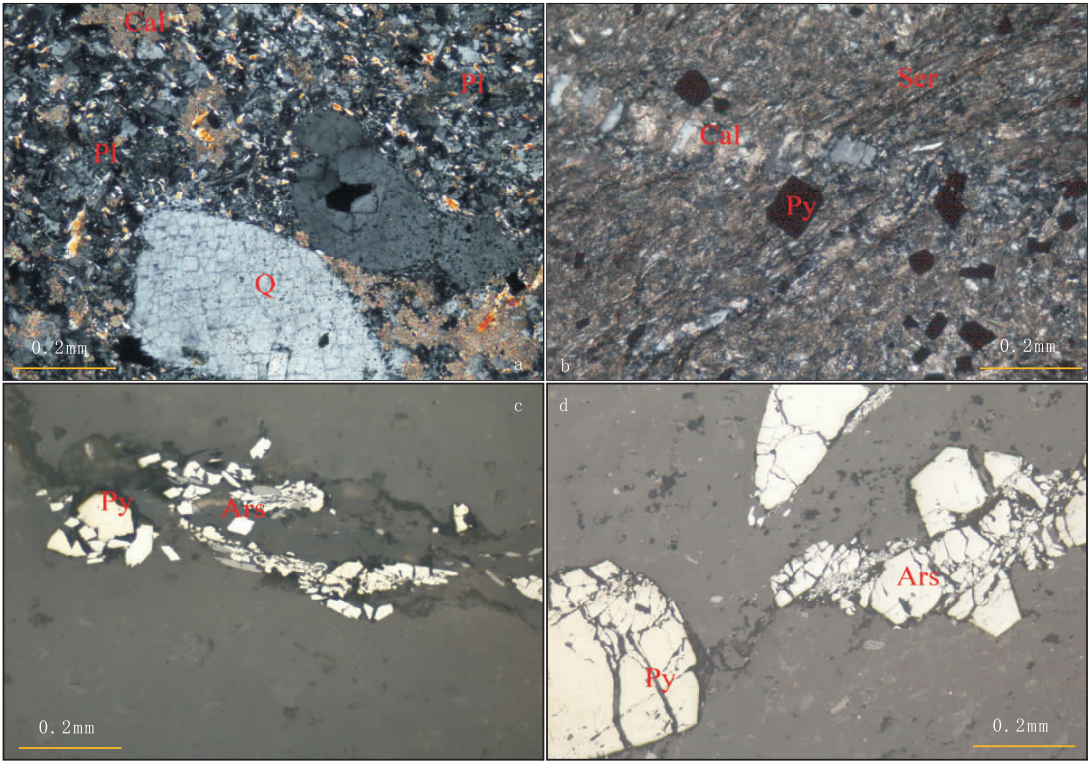
图 4 东杜奥巴金矿第Ⅲ勘探线剖面图(A—B)

Fig 4 Dongduaoba gold deposit NoⅢ prospecting line profile map

① 特变电工股份有限公司. 塔吉克斯坦东杜奥巴金矿杜奥巴矿段资源储量核实报告(内部资料),2014.
② 特变电工股份有限公司. 塔吉克斯坦东杜奥巴金矿含金矿石选矿试验研究报告(内部资料),2014.

表 1 矿石中矿物成分表
Tab. 1 Catalogue of mineral composition in ore

矿物分布	深 成 矿 物		表 生 矿 物	
	金属矿物	非金属矿物	金属矿物	非金属矿物
主要矿物	自然金、砷黄铁矿、黄铁矿	石英、铁白云石、白云石、钠长石、绢云母、绿泥石、钾长石、重晶石、方解石	自然金、褐铁矿、水纤铁矿、臭葱石、黄钾铁矾	石英、方解石
常见矿物	自然银、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿、磁黄铁矿、白铁矿、辉铋矿、辉锑矿、辉锑硫化矿、金红石、白钛石、铬尖晶石	白云母、石墨、角闪石、绿帘石、榍石、锆石、磷灰石	自然银、铁矾、孔雀石	石膏
偶见矿物	方铅矿、白钨矿、锡石、辰砂、磁铁矿、锐钛矿、板钛矿	电气石、石榴子石、萤石	蓝铜矿	——



Q. 石英;Pl. 斜长石;Cal. 方解石;Ser. 绢云母;Py. 黄铁矿;Ars. 毒砂;a. 斑状结构,斑晶为石英、斜长石,基质由细粒斜长石、石英及蚀变矿物构成,次生蚀变为绢云母、碳酸盐化及黄铁矿化等(样品 B-6,正交偏光 100×);b. 金属硫化物黄铁矿、毒砂,呈自形-他形粒状,沿裂隙分布(样品 B-6,单偏光 100×);c. 蚀变粉砂岩,岩石由长石、石英粉砂屑及胶结物构成,受应力作用影响,岩石被压碎,并叠加黄铁矿,沿裂隙充填方解石脉和石英脉(样品 B-14,正交偏光 100×);d. 金属硫化物黄铁矿、毒砂呈自形-他形粒状,受应力活动影响,被压碎呈碎粒状集合体分布(样品 B-14,单偏光 100×)

图 5 岩矿样品主要金属硫化物及脉石矿物显微结构照片

Fig 5 Rock and ore sample major metal sulfide and gangue mineral microstructure photos

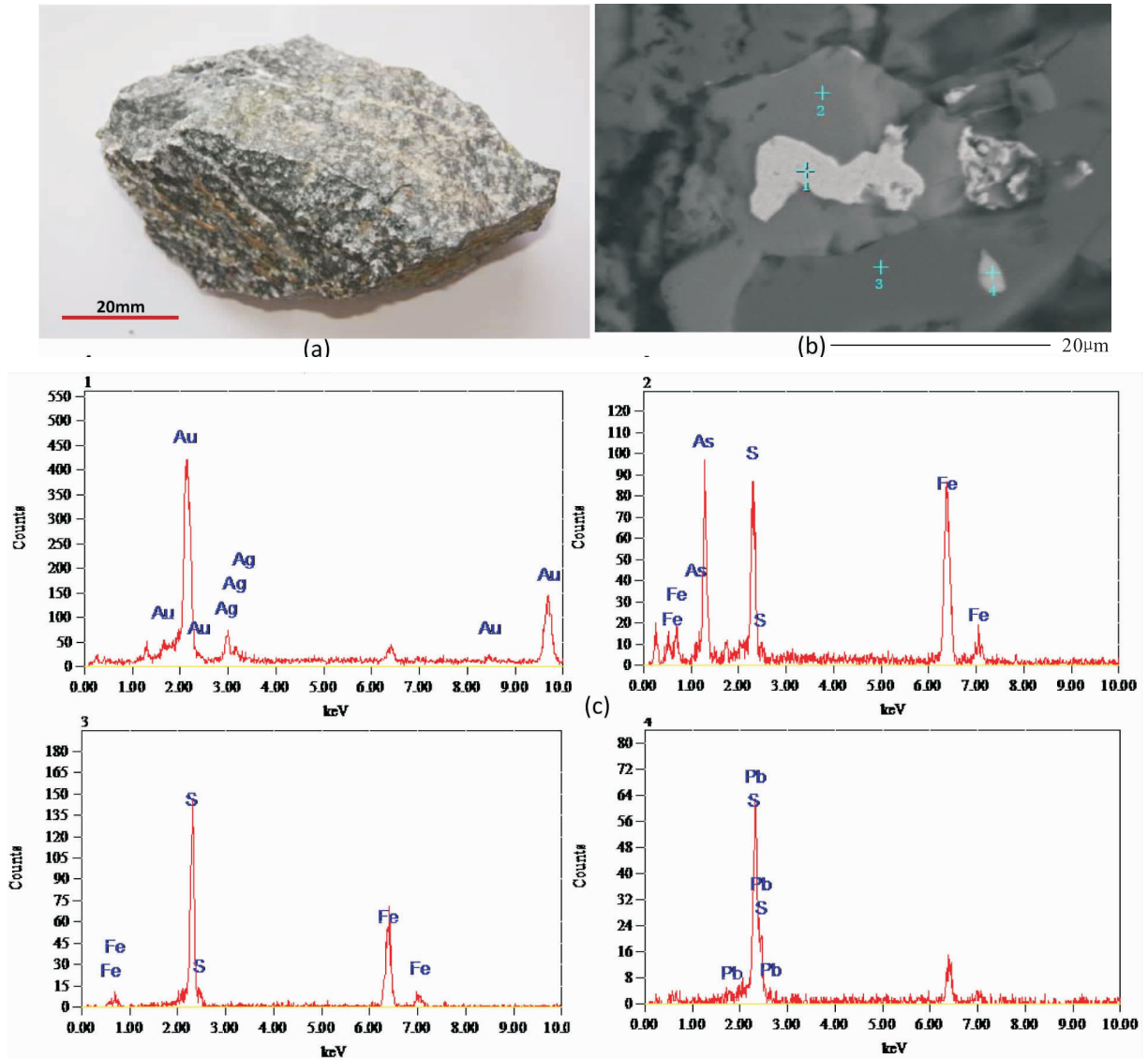
铁矿呈微细粒(约 0.005mm)与脉石凝结成胶体,并呈胶状球型体分布,形成温度一般低于 200℃,与金矿化关系不密切。

砷黄铁矿(毒砂)晶体形态接近等轴晶系-八面体、菱形十二面体,呈半自行或不规则状与黄铁矿连

生(图 6b),为该矿石中主要金属硫化物,粒度分布以中、细粒为主(图 5b 及图 5d),与黄铁矿嵌存关系最为紧密,常见毒砂与黄铁矿连生嵌布,亦有黄铁矿嵌布于毒砂中,毒砂与其他金属矿物嵌存关系也较密切,见有黝铜矿、黄铜矿、磁黄铁矿嵌布于毒砂中,

与自然金呈包体形态的嵌存关系(图 6b、图 6c),说明毒砂也是金矿物的主要载体矿物之一。其他金属矿物有黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、白铁矿、辉铋矿、辉锑矿与金矿化关系不密切(Карпова Л. А. и Мехалкина В. А., 1984; Карпова Л. А. и Мусаев В. Д., 1988; Дзайнуков А. Б. и Холмрадов Б. Х., 1991; 卢焕章等, 2013)。

矿石结构可分为斑状结构(图 5a 及图 6a)、交代结构、固溶体分离结构和压碎结构,其中压碎结构无论在矿物的微观形态(图 5d)亦或矿石宏观形态上均广泛发育。最典型的构造为浸染状构造,即金属硫化物呈星点状分布于矿石中;局部可见网脉状构造,即矿石中的网状构造裂隙或风化裂隙被硫化物或胶状石英脉充填(图 5a 及图 5c)。



测点 1. 自然金(Au:82.61%, Ag:17.39%);测点 2. 毒砂(S:20.08%, As:46.22%, Fe:33.70%);测点 3. 黄铁矿(S:46.47%, Fe:53.53%);测点 4. 方铅矿(S:41.97%, Pb:58.03%)

图 6 (a)样品照片、(b)毒砂-黄铁矿背散射电子图像及(c)扫描电镜能谱图^①

Fig. 6 (a)Sample photos, (b)arsenopyrite - pyrite backscattered electron image and (c)scanning electron microscopyenergy spectrum diagram^①

①特变电工股份有限公司·塔吉克斯坦东杜奥巴金矿含金矿石选矿试验研究报告(内部资料), 2014.

3 矿床成因探讨

该矿床金矿体主要分布于浅变质沉积岩中,含矿岩石主要有粉砂岩、砂岩、泥质岩,该地层多含有碳质、泥质成分。矿化富集多见于不同岩性的层间裂隙、层间滑动带及层间破碎带等部位,具有较明显的层控性。该金矿床另一个显著的特点是矿体空间产出与花岗闪长斑岩脉有密切的关系,从成矿地质特征来看,矿体与酸性花岗质脉岩密切伴生,有些岩脉本身就是金的赋矿岩石。

矿石工业类型有与岩浆热液有关的含硫化物钠长石化花岗斑岩型及含碳浅变质碎屑岩型矿石2种,矿石组成主要为钠长石花岗斑岩体、蚀变含碳浅变质石英片岩,矿体主要出于蚀变的花岗斑岩边部或岩体中;含碳浅变质碎屑岩带,尤其是含碳-黏土质粉砂岩层金的含量相对较高,是重要的赋矿层位;矿物蚀变有石英化、钠长石化、方解石化、黄铁绢英岩化,往往含Au量较高;黄铁绢英岩化花岗闪长岩脉、岩株附近的变质碎裂岩带是本区金成矿的重要构造标识。

矿床成矿控矿地质条件主要如下。

(1)成矿物质来源:本区该类型金矿床均产于含碳质碎屑岩系中。石炭纪早期,区域古地理环境是富氧高碳热水盆地,由于沉积物中富含碳,对金起到了富集作用,导致含碳-黏土质粉砂岩层具有很高的金含量,成矿物质来源以表源为主;又由于晚古生代造山阶段,岩浆期后汽水热液携带的深源矿物质叠加。因此,区域金成矿物质来源具有双源性特点。

(2)成矿控矿构造条件:在古生代—中生代准地台和造山阶段过程中,地质构造发育期已生成的断裂构造复活,其间经过多次成矿改造,尤其是在边缘晚古生代变形及逆冲推覆构造控制了金矿床的空间定位。泽拉夫尚推覆体超复区域底部的接触面具有阶梯状特点,对金矿带(体)生成富集有明显的控制作用,推覆体陡坎底面的形态呈穹状突起,有利于矿液富集,反之,向下凹形不利于成矿,推覆体的覆盖对金矿床起到保存作用。另外,受大型横向拗褶变形构造以及中酸性构造岩浆侵入体的控制,矿床分布呈“S”型东西向展布。

(3)成矿热动力条件:石炭纪中晚期发生了大规模的造山运动,伴随中酸性岩浆侵入活动,在岩浆演化后期,大量汽水溶液沿断裂上升,并在围岩中扩散,与围岩发生接触交代变质作用的同时活化、萃取了地层中的金,在蚀变带的内带,即破碎蚀变带中富集成矿(孟广路等,2013;鲍庆中等,2003;李丽等,2012),同时在外带的花岗闪长岩脉内亦富集部分含金硫化物。

综上所述,塔吉克斯坦东杜奥巴金矿床的成因是与早古生代黑色岩系沉积变形、变质及热液萃取改造作用有关的含碳浅变质碎屑岩型和热接触交代蚀变岩型金矿床。

4 结论

(1)西南天山西延至中塔吉克斯坦境内,区域上基底地层与上覆盖层在晚古生代时期经历过3次大规模的构造重组:隆升阶段—造山阶段—晚华力西期造山的最终阶段,并导致区域金矿床当前的时空就位。

(2)东杜奥巴金矿床含碳浅变质碎屑岩带和钠长石化花岗斑岩脉与矿体的成因及时空分布密切相关,尤其是碳质-黏土质岩层金的含量相对较高。黄铁绢英岩化花岗闪长岩脉、岩株附近的变质碎裂岩带,是本区的重要找矿部位。

(3)东杜奥巴金矿床赋矿矿物主要是微细粒黄铁矿和毒砂,金呈包体状嵌存于成矿期黄铁矿和毒砂矿物中,矿床成因类型是与早古生代黑色岩系沉积变形、变质及改造作用有关的含碳浅变质碎屑岩型和接触交代蚀变岩型金矿床。

参考文献(References):

- 涂光炽. 新疆与周边地区地质矿产综合对比研究(第一集)[M]. 北京:科学出版社,1986.
- TU Guangzhi. Sinkiang in contradistinction to peripheral locality geology mineral products syntheses (first multi-tude)[M]. Beijing :Science Brought,1986.
- 毛景文,韩春明,王义天,等. 中亚地区南天山大型金矿带的地质特征、成矿模型和勘查准则[J]. 地质通报,2002,

21(12): 858-867.

MAO Jingwen, HAN Chunming, WANG Yitian, et al. On the central asia region south day mountain large-scale gold mine zonary geologic feature, become mine model and perambulate criteria[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(12): 858-867.

隋延辉. 塔吉克斯坦主要金矿床[J]. 新疆地质, 2010, 28(1): 99-103.

SUI Yanhui. In Tadjikistan mostly gold field[J]. Xinjiang Geology, 2010, 28(1): 99-103.

朱永峰. 中亚成矿域核心区地质演化和巨型成矿带划分[J]. 矿床地质, 2014, 33(3): 471-485.

ZHU Yongfeng. On the central asia become mine domain kernel cardiac region geology evolution and jumbo metallogenic belt divide[J]. Mineral Deposits, 2014, 33(3): 471-485.

卢焕章, 朱笑青, 单强, 等. 金矿床中金与黄铁矿和毒砂的关系[J]. 矿床地质, 2013, 32(4): 823-842.

LU Huanzhang, ZHU Xiaoqing, SHAN Qiang, et al. In gold field suffer aurum and pyrite and arsenopyrite relation[J]. Mineral Deposits, 2013, 32(4): 823-842.

孟广路, 王斌, 李宝强, 等. 乌兹别克斯坦穆龙套金矿床研究进展[J]. 地质科技情报, 2013, 32(5): 160-165.

MENG Guanlu, WANG Bing, LI Baoqiang, et al. In Uzbekistan Mulongtao gold field research headway[J]. Geological Science and Technology Information, 2013, 32(5): 160-165.

鲍庆中, 沙德铭, 王宏. 也谈南天山古生代造山带内穆龙套型金矿床的控矿因素和找矿方向[J]. 地质与资源, 2003, 12(3): 159-165.

BAO Qingzhong, SHA Deming, WAN Hong. Too talk south day mountain in the Paleozoic orogen Mulongtao gold field metallogeny and dousing heading[J]. Geology and Resource, 2003, 12(3): 159-165.

李丽, 计文化, 董福辰, 等. 穆龙套-萨瓦亚尔顿-库姆托尔金矿带典型矿床的对比研究[J]. 西北地质, 2012, 45(3): 64-71.

LI Li, JI Wenhua, DONG Fuchen, et al. Mulongtao-Sawayardun-Kumutur gold mine bring type ore deposit comparative study back[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(3): 64-71.

Литвиненко К. И. Комплексная количественная оценка перспектив коренной золотоносности бассейна [М].

Душанбе: Кн. 1988.

Кудрии Г. Д., Двгожив А. Б., Базаров В. Н., т. д. Отчёт по геохимическим поискам золоторудных месторождений в центральном Таджикистане (Зеравшанский и Туркестанский хребты) [М]. Табашр: Каираккумская геологоразведочная экспедиция, 1979.

Перетрутов А. В., Харькевич К. А. Изучение вещественного состава руд зоны окисления месторождения Чоре [М]. Ташкент: СРЕДНЕЗИАТСКИЙ НАУЧНОИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (САИГИМС), 1988.

Хасанов А. Х., Мамадвафоев М. М., Кривошекова Н. И. Геолого-геохимические и генетические особенности золоторудных формаций западной части Зеравшано-Гиссарской (Чоре-Дуобинской) зоны [М]. Душанбе: Таджикский государственный университет ИМ. В. И. ЛЕНИНА, 1988.

Умаров М. Оперативный подсчёт запасов по рудопроявлению Верхний Кумарг. г [Р]. Пенджикент: Магианская геологоразведочная экспедиция, 1992.

Харькевич К. А., Толицына О. Л., Коноук А. С., Краснослободский А. И. "Поисково-оценочные работы на рудопроявлении Верхний Кумарг" за 1987-1992 год [Р]. Пенджикент: Магианская геологоразведочная экспедиция, 1993.

Бобоев С. Н., Махмудов М. Р., т. д. Проект на доизучение промышленных перспектив золоторудных месторождений Чоре, Восточная дуоба, Верхний Кумарг и Куманор [М]. Пенджикент: Магианская геологоразведочная экспедиция, 2005.

Харькевич К. А., Горшков Е. Н. К вопросу о связи эндогенного оруденения и домезозойской покровной тектоники в Зеравшано-Гиссарской горной области [Р]. Геология и полезные ископаемые бассейна реки Зеравшан Душанбе, 1989.

Дзайнуков А. Б., Холмрадов Б. Х. Золоторудное месторождение восточная дуоба в Таджикистане [Р]. Пенджикент, 1991.

Коровкин А. Б., Шадчинов А. С. Стратиграфия допалеозойских и палеозойских отложений северной части Центрального Таджикистана. Окончательный отчёт Зеравшанской партии по работам 1954-1958 г. г [Р]. Душанбе, 1958.

Королев А. В. , Шехтман П. А. Структурные условия размещения послемагматических руд[R]. М: Недра, 1965.

Тимонов А. С. , Дюдикова В. И. , и др. Геология и рудоносность Чоринского рудного поля [R]. Табошар, 1978.

Хасанов А. Х. Геолого-геохимические особенности золоторудных формаций западной части Зеравшано-Гиссарской (Чоре-Дуобинской) зоны[R]. Душанбе, 1988.

Харькевич К. А. Детальная разведка Центрального участка Южной рудной зоны месторождения Чоре [R] . Пенджикент, 1989.

Карпова Л. А. , Мехалкина В. А. Изучение вещественного состава руд флангов и глубоких горизонтов месторождения Чоре [R]. Ташкет. 1984.

Карпова Л. А. , Мусаев В. Д. (САИГИМС) Изучение вещественного состава руд зоны окисления месторождения Чоре[R]. Отчёт геохимической партии за 1986-1988 г. г. Ташкент, 1988.

Кухтиков М. М. Тектоническая зональность и важнейшие закономерность строения и развития Гиссаро-Алая в палеозое[M]. Душанбе:Дониш, 1969.

Вихтер Б. Я. , Шер С. Д. Из истории геологического развития Южно-Тянь шаньской системы[R]. Геотектоника, №3,1980.

Волчанская И. К. и др. Формационные и морфоструктурные критерии металлогенического районирования Центрального Таджикистана[M]. Сов. геология,№8, 1985.

Резвой Д. П. Проблемы тектоники и магматизма глубинных разломов [M] . Глубинные разломы Южного Тянь-Шаня, 1973.

Ажгирей Г. Д. Шарьяжи в геосинклинальных поясах [M] . М:Наука, 1977.

Поршняков Г. С. Этапы формирования тектонических структур различных сегментов гецинид Южного Тянь-Шаня[M]. М: Наука, 1983.

《西北地质》知识产权声明

科技期刊是传播科技信息的重要载体,随着社会信息的蓬勃发展和计算机网络的普及应用,以及网络的快速、便捷、经济、高效,越来越多的科技人员则从网上寻求和获取信息。为了适应当前信息社会的发展和要求,《西北地质》现为纸质版—光盘版—网络版三位一体的出版模式,每期期刊除纸质版外均在《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《万方数据数字化期刊群》、《中国科学引文数据库(CSCD)》、《中文科技期刊数据库》、《台湾华艺(CEPS)中文电子期刊数据库》、《地球与环境科学信息网(EES)》及国内外著名数据库等媒介以光盘版或网络版形式进行传播,凡本刊刊用的稿件及封面照片,其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给。如作者不同意入编各种光盘版及网络版,或者不同意封面照片重复利用,请在来稿时特别声明,没有予以声明的,将视为同意。

凡本刊刊用的稿件,其杂志内容版权属《西北地质》编辑部所有,未经授权的任何单位和个人,不得以各种方式重新出版、制作光盘或者开办网上电子杂志。《西北地质》是国家新闻出版广电总局批准的国内外公开发行的杂志,其杂志名称、刊号和条码在国内外是唯一的,凡是盗用《西北地质》杂志名称、刊号和条码的单位和个人,《西北地质》将追究其法律责任。

《西北地质》编辑部