

文章编号: 0258-7106(2008)05-0559-10

新疆维权银多金属矿床地质特征及找矿方向*

冯京^{1,2}, 高永宝³, 王磊⁴, 李文渊³, 张照伟³, 谭文娟³

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 地球科学与资源学院, 北京 100083;
2 新疆地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054;
4 新疆地质矿产勘查开发局第一地质大队, 新疆 昌吉 831100)

摘要 文章通过对维权银多金属矿床地质特征的认识, 结合矿区矿石、岩石地球化学、稀土元素、微量元素以及硫同位素特征, 初步认为该矿床为一个钙矽卡岩型银多金属矿床。区域性韧-脆性大断裂影响带中的华力西晚期花岗岩类岩体与石炭纪含钙质岩系的接触带附近是成矿有利部位; 钙矽卡岩带、多金属矿化(孔雀石化、铅锌矿化等)化探 Cu、Pb、Zn、Ag 等多金属异常组合、高磁+高重力+高极化+低阻的物探“三高一低”异常组合是最佳找矿标志。区内北部应主要寻找与剪切带成矿作用有关的金矿, 南部应主要寻找矽卡岩型铜银多金属矿。

关键词 地质学, 地质特征, 地球化学, 矿床成因, 找矿标志, 找矿方向, 维权多金属矿床

中图分类号: P618.52

文献标志码: A

Geological characteristics and prospecting orientation of Weiquan silver-polymetallic deposit, Xinjiang

FENG Jing^{1,2}, GAO YongBao³, WANG Lei⁴, LI WenYuan³, ZHANG ZhaoWei³ and TAN WenJuan³

(1 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2 Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 3 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 4 No.1 Geological Party of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Changji 831100, Xinjiang, China)

Abstract

Located in the south of Late Paleozoic Jueluotage island arc belt within the active belt of the north margin of Tarim plate, the Weiquan silver-polymetallic deposit found in 2000 is a middle-sized silver deposit associated with copper, lead and zinc. The ore bodies occur in the skarnized limestone intercalated with tuff, pebbly sandstone intercalated with tuff, and limestone intercalated with sandstone. Based on a study of geological and geochemical characteristics, REE, trace elements and sulfur isotopes of ores and rocks, the authors consider that the Weiquan silver-polymetallic deposit is a calcareous skarn type superimposed silver-polymetallic deposit. The favorable ore-forming place is near the contact zone between Late Variscan granitoids and Carboniferous calcium-bearing rocks within the influencing belt of regional tough-brittle large fault. The best prospecting indicators are calcareous skarn belt, polymetallic mineralization, geochemical anomalies of Cu, Pb, Zn, Ag and geophysical anomalies of high magnetism, low resistivity, high polarizability and low gravity. Based on these prospecting criteria, it is held that gold deposits related to shear zones may be found in the north, and skarn type copper-silver-polymetallic deposits are likely to be discovered in the south.

* 本文得到新疆维吾尔自治区矿产资源补偿费项目(2002012)和国土资源大调查项目(19981020001003)的联合资助
第一作者简介: 冯京, 男, 1962年生, 教授级高工, 在职博士研究生, 从事地质矿产勘查、科研和技术管理。
收稿日期: 2007-09-04; 改回日期: 2007-12-1。李岩编辑。

Key words: geology, geological characteristics, geochemistry, genesis of deposit, prospecting criteria, prospecting orientation, Weiquan silver-polymetallic deposit

新疆哈密维权银多金属矿床位于鄯善东南 160 km、土屋铜矿西南 80 km 处的维权及其西北地区,与土屋—延东铜矿(王福同等,2001;芮宗瑶等,2001;刘德权等,2003)一样,同处于受人关注的东天山觉罗塔格金属成矿带内(肖序常,1992;马瑞士等,1993;姬金生等,1994;周济元等,1994;2001;何国琦等,1994;成守德等,2001;冯益民等,2002;陈富文等,2003;李锦轶等,2004;Xiao et al.,2004)。它是 2000 年由新疆地矿局第一地质大队发现的新疆第一个独立中型银矿床(秦跃群,2001),其探明储量银为 532 t,铜为 15 000 t,同时伴生铅、锌等金属。

维权银多金属矿床是除玉西银矿床以外,在东天山发现的第二个银矿床,其储量是玉西银矿的近 9 倍,经济价值相对较大;玉西银矿属于岩浆热液充填-交代型银矿床(周济元等,1999),而维权银多金属矿床成因独特,得到广泛关注(韩春明等,2002;毛景文等,2002;秦克章等,2003)。王龙生等曾在对其矿床地质特征进行研究的基础上,对百灵山花岗岩体进行了锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定,确定成矿年龄上限为 $(297 \pm 3) \text{Ma}$ (王龙生等,2005),但鲜有更深入的研究。因此,进一步深入研究该矿床的基本特征、成矿地质条件、地球化学特征及成矿类型,对建立这一地区的找矿模型,进一步找矿具有十分重要的指导意义。

1 成矿地质背景

维权银多金属矿床处于雅满苏大型仰冲断裂与阿其克库都克区域性大型推覆断裂之间觉罗塔格晚古生代沟弧带,靠近卡瓦布拉克—星星峡地体一侧(图 1)。矿区及其周围火山-岩浆活动频繁,断裂构造发育,地层褶皱明显,岩石变形强烈,热接触交代变质、动力变质作用明显,形成该区复杂的地质景观。

区域出露地层主要是石炭系,从南往北依次为土古土布拉克组(C_2tgt)酸性凝灰岩及中性火山碎屑岩夹灰岩透镜体,雅满苏组(C_1y)中酸性火山熔岩、火山碎屑岩及灰岩,干墩组(C_1g)砂质干糜岩、绢

云干糜岩、糜棱岩、沉凝灰岩和梧桐窝子组(C_2w)糜棱凝灰岩、碎裂超糜棱火山角砾凝灰岩、糜棱凝灰砂岩,中间有较多的第三系(图 1)。矿床就产于上石炭统土古土布拉克组(C_2tgt)砂岩、凝灰岩和灰岩互层地层中,矿体赋存在砂卡岩化灰岩夹凝灰岩、含砾砂岩夹凝灰岩、灰岩夹砂岩层中(图 2)。

区域断裂较为发育,包括东西向逆冲断裂、北东向左行平移断裂和北西向右行平移断裂。主要断裂有东西向阿其克库都克深大断裂和北西西-南东东向雅满苏大断裂(图 1)。维权矿床就处于北西西向复式背斜北翼、康古尔—黄山韧性剪切带南缘影响带的相对较强变形带中,距主变形带 6 km(图 2)。

矿区侵入岩极为发育,出露面积约 5.0 km^2 ,占矿区面积的 23.8%,主要分布在南部及西南部。南部为华力西中期花岗岩和花岗闪长岩,花岗闪长岩为百灵山岩体的一部分,岩体接触带砂卡岩发育,与成矿作用关系密切,维权银矿就产于该岩体外接触带的砂卡岩中;西南部主要为闪长岩、石英闪长岩。岩体侵入时代为中-晚石炭世,成因类型为 I 型^①。

维权银多金属矿区 1:5 万电法、航磁和重力快速普查显示^②,对应于银多金属矿床的部位,极化率异常(4%~7%)明显,电阻率反映为中-低阻($150 \sim 250 \Omega \cdot \text{m}$)特征;对应极化率异常,有明显的重力剩余异常存在,剩余异常的宽度较大;航磁异常与重力异常基本相对应, ΔT 异常幅值 400 nT,异常宽度较大,具南缓北陡特征,反映了向南倾斜的磁性体。根据重、磁异常的特征,认为两者基本为同源异常。高极化率异常与银多金属硫化物矿体有关,重力高与磁力高异常则是闪长岩、砂卡岩和银多金属矿体的综合反映。

1:20 万区域化探显示,维权银多金属矿区有明显的 Cu、Pb、Zn、W、Ag、Mn 等元素组合异常,面积约 36 km^2 。Cu、Pb、Zn、W、Ag 极大值(质量分数)分别为 76.6×10^{-6} 、 149×10^{-6} 、 291×10^{-6} 、 2.6×10^{-6} 、 130×10^{-9} ,而 Mn 含量一般在 $1\,000 \times 10^{-6}$ 以上,极大值 $1\,980 \times 10^{-6}$ 。1:5 万化探圈定出 Zn、Pb、Cu、Ag、As、Sb、Bi、Mo、Au、Hg 等多元素异常,

① 新疆地质矿产勘查开发局第一地质大队,2004.新疆鄯善县维权银(铜)矿普查详查报告。

② 新疆地质调查院,2003.东天山地区综合研究与区域资源潜力预测评价报告。

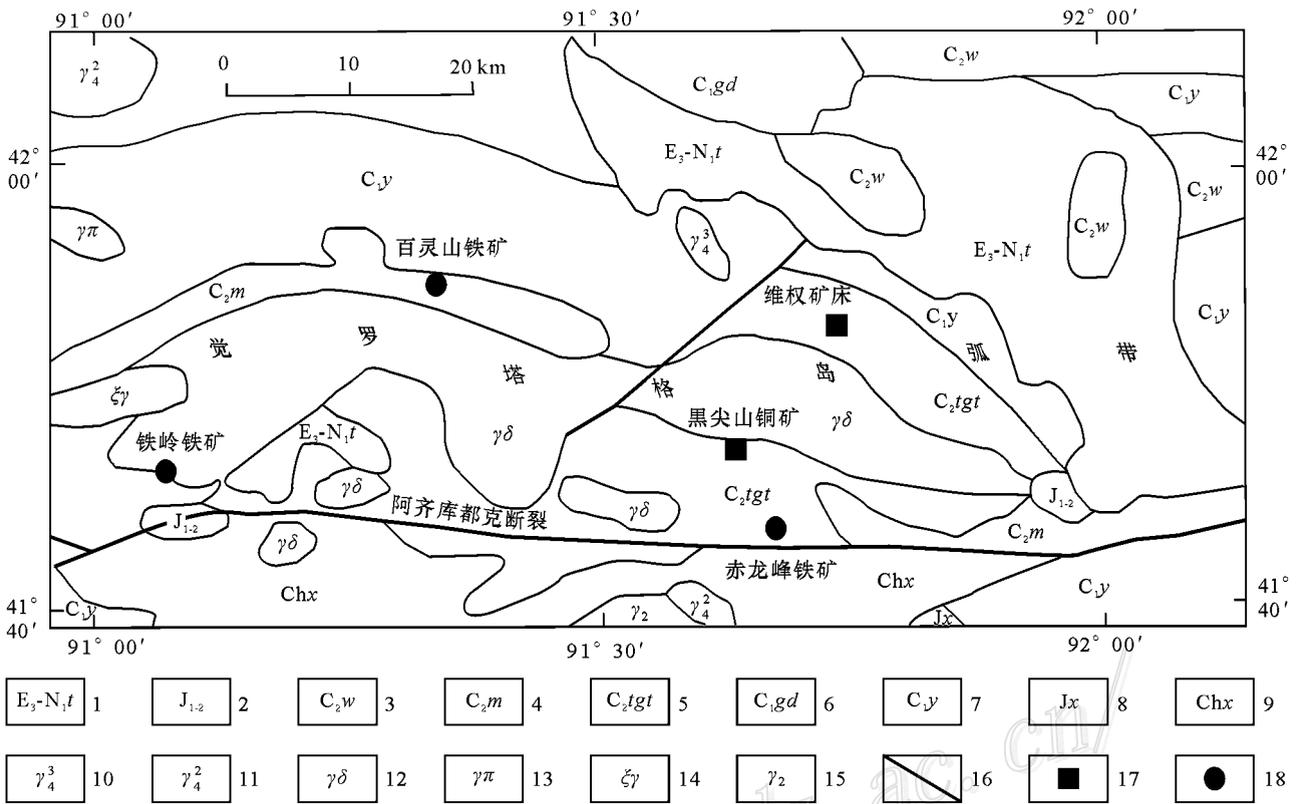


图 1 维权银多金属矿床区域地质图(据王龙生等, 2005 修编)

1—第三系桃园组泥岩、粉砂岩、砂质砾岩；2—侏罗纪含煤碎屑沉积岩；3—中石炭统梧桐窝子组中基性火山岩及凝灰岩、凝灰砂岩；4—中石炭统马头滩组中基性火山岩；5—中石炭统土古布拉克组砂岩、凝灰岩和灰岩；6—下石炭统干墩组浅变质硅质岩、泥质岩、凝灰质碎屑岩夹酸性火山岩；7—下石炭统雅满苏组陆源碎屑岩、灰岩夹少量中基性火山岩；8—蓟县系卡瓦布拉克群变质碳酸盐岩夹片岩、石英岩与砂砾岩；9—长城系星星峡群片麻岩、片岩、混合岩；10—二叠纪花岗岩；11—石炭纪花岗岩；12—石炭纪花岗闪长岩；13—石炭纪花岗岩斑岩；14—石炭纪钾长花岗岩；15—青白口纪花岗岩；16—断层；17—铜矿；18—铁矿

Fig. 1 Regional geological map of the Weiquan silver-polymetallic deposit, Xinjiang

1—Mudstone, siltstone, sand conglomerate of Tertiary Taoshuyuan Formation; 2—Jurassic coal-bearing detrital sediments; 3—Intermediate-basic volcanic rock and tuff sandstone of Middle Carboniferous Wutongwozi Formation; 4—Intermediate-basic volcanic rock of Middle Carboniferous Matoutan Formation; 5—Sandy tuff and limestone of Middle Carboniferous Tugutubulake Formation; 6—Epimetamorphic silicalite, mudstone, tuffaceous sandstone intercalated with acidic volcanic rock of Lower Carboniferous Gandun Formation; 7—Terrigenous clastic rock, limestone with small amounts of intermediate basic volcanic rock of Lower Carboniferous Yamansu Formation; 8—Metamorphic carbonate rock with schist, quartzite and granulite of Kawabulake Group in Jixian System; 9—Gneiss, schist, migmatite of Xingxingxia Group in Changcheng System; 10—Permian granite; 11—Carboniferous granite; 12—Carboniferous granodiorite; 13—Carboniferous granite-porphry; 14—Carboniferous moyite; 15—Granite of Qingbaikou Periods; 16—Fault; 17—Copper deposit; 18—Iron deposit

为典型的多金属异常组合(图 3)。该异常位于百灵山岩体东北部外接触带上,呈北西向展布,长 11 km,宽 3~4 km,面积约 40 km²。Zn、Pb、Cu、As、Mo 套合较好,以 Zn 异常最为显著,由 3 个浓集中心组成,维权银多金属矿床处在北西部浓集中心,Zn 极大值 2.208×10^{-6} ;中部和东部浓集中心 Zn 极大值分别为 1.537×10^{-6} 和 1.947×10^{-6} 。Ag 异常极大值 588×10^{-9} ,其主体位于矿床的北侧,而且与 Zn、Pb 异常存在明显的水平分带。Pb 极大值 338×10^{-6} ,Cu 含量普遍较低,其极大值仅 137×10^{-6} 。

2 矿床地质

2.1 矿体特征

维权银矿含矿地层为上石炭统土古布拉克组,矿体产于接触带砂卡岩中。经地表槽探工程揭露和深部钻探验证,共圈定 3 个矿体。I 号矿体为主矿体,平面上呈似透镜状,长 250 m,宽 0.40~24.0 m,延深 340 m,剖面上呈上宽下窄的似层状(图 2),矿体北倾,浅部陡,倾角 72~75°,深部缓,倾角 54°。

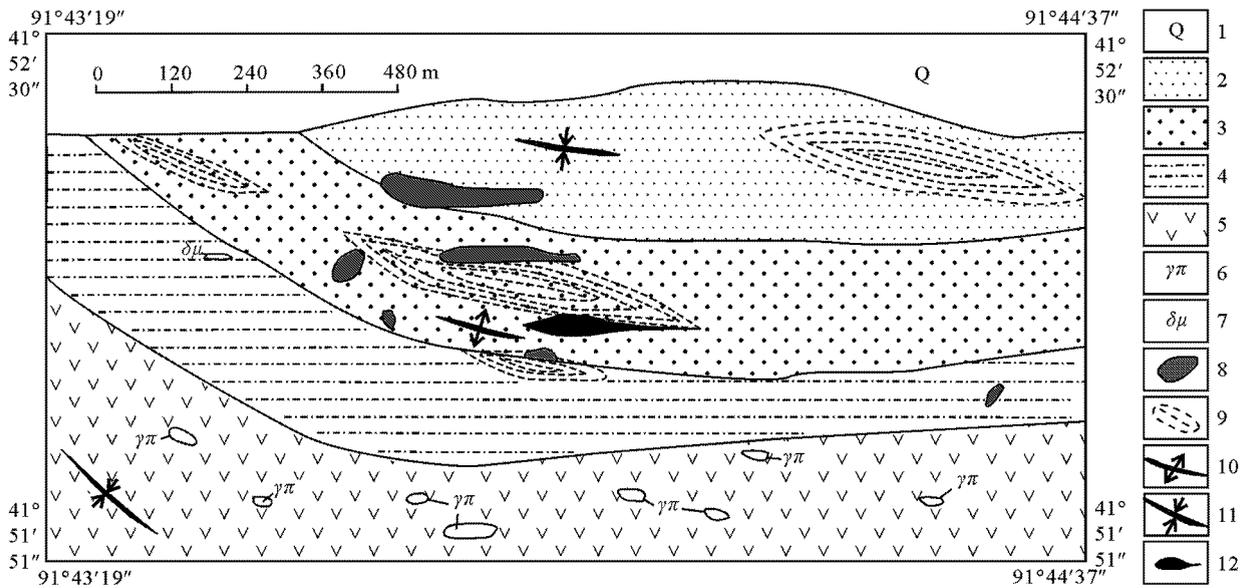


图2 维权银多金属矿床地质图(据新疆地质调查院,2003^①)

1—第四系 2—土古土布拉克组含砾砂岩、凝灰岩 3—土古土布拉克组砂卡岩化砂岩、凝灰岩 4—土古土布拉克组含砾砂岩、硅质岩；
5—土古土布拉克组硅质砂岩、含砾砂岩 $\delta\mu$ —花岗斑岩 7—闪长玢岩 8—砂卡岩；9—韧性变形带；10—背斜；11—向斜；12—矿体

Fig. 2 Geological map of the Weiquan silver-polymetallic deposit

1—Quaternary ; 2—Gravel-bearing sandstone and tuff of Tugutubulake Formation ; 3—Skarnized sandstone and tuff of Tugutubulake Formation ;
4—Gravel-bearing sandstone and Siliceous sandstone of Tugutubulake Formation ; 5—Siliceous sandstone and gravel-bearing sandstone of Tugutubulake Formation ; 6—Granite-porphryry ; 7—Dioritic porphyrite ; 8—Skarn ; 9—Ductile shear zone ; 10—Anticline ; 11—Syncline ; 12—Ore body

矿体总体以银为主,银平均品位 378.85×10^{-6} ;共生铜最高品位 32.86%,平均品位为 1.69%;共生铅、锌,平均品位 2.7%。II号银矿体长 300 m,见矿视厚 4.7~5.9 m,平均视厚 5.13 m,平均银品位 228.6×10^{-6} ,最高 400×10^{-6} ,地表银品位向东逐渐增高。此外,在 22 线施工的 ZK2201 孔见 2 层铀矿体,视厚分别为 25.06 m 和 15.97 m,平均品位分别为 1.54% 和 1.65%。III号银铜矿体,矿体位于 II 号银矿体北侧,由一条探槽控制,矿体视厚 2.1 m,银平均品位 143.49×10^{-6} ,铜平均品位 1.46%。矿体位于根据磁组构测量圈出的韧性变形带南侧。在剖面上,矿体组合可能呈向北陡倾的反多字形雁列状。

2.2 矿石类型及其结构、构造

矿石类型主要有含铜砂卡岩、角砾状砂卡岩、团块状硫化物型等。金属矿物主要有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、辉银矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿。脉石矿物以钙铁榴石为主,次有透辉石、绿帘石、方解石、斜长石、绢云母、黑云母、绿泥石和阳起石等。

矿床中银铜、铅锌矿石的结构和构造比较简单,

矿石结构主要为粒状变晶结构及交代残余结构,矿石构造为浸染状、团块状、细脉状、致密块状等。

2.3 矿化分带及成矿阶段

由铜矿体中心向两侧,金属矿物呈带状分布:内带为磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、辉银矿,外带为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉铜矿。

维权银多金属矿床分为砂卡岩期、热液期和表生期 3 个矿化期。

(1)砂卡岩期:该成矿期形成了矿区的主体岩石石榴石砂卡岩、复杂砂卡岩以及砂卡岩化岩屑砂岩等,基本未形成有益矿产,但为后期有益元素的富集成矿提供了场所,包含有石榴子石-阳起石和绿帘石-绿泥石-黄铁矿 2 个矿化阶段。

(2)热液期:为主成矿期,此期矿化与晚期岩浆热液活动有关,矿化叠加在早期的砂卡岩带之上。有硫化物-氧化物-碳酸盐和硫化物-自然银-碳酸盐 2 个阶段,前者发生于中高温热液环境,形成以石英-黄铜矿为主的矿物组合;后者发生于中温热液环境,形成以方解石-闪锌矿-方铅矿-辉银矿组合为特征的矿化。

① 新疆地质调查院. 2003. 东天山地区综合研究与区域资源潜力预测评价报告.

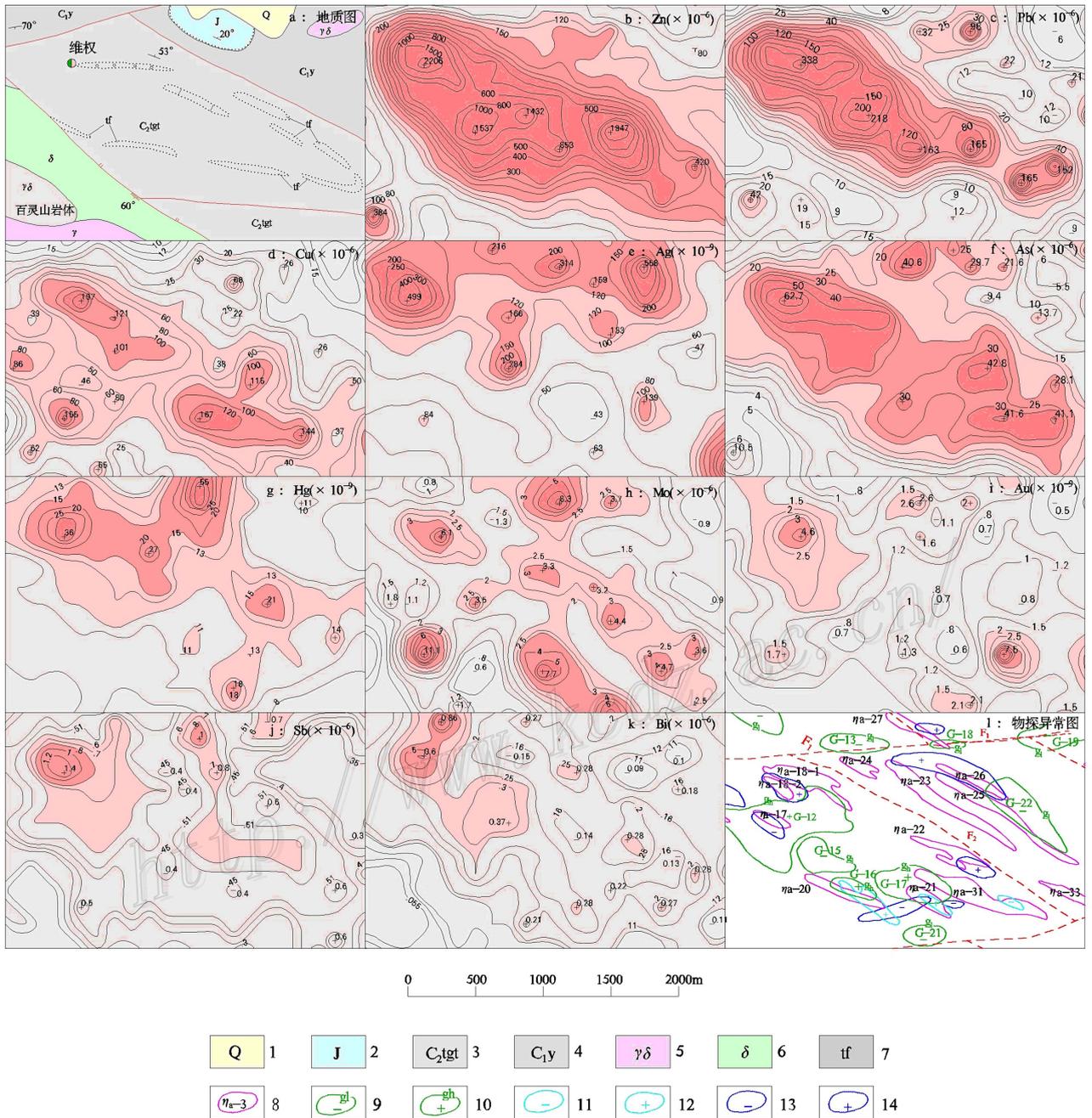


图 3 维权银多金属矿区 1:5 万物探、化探综合异常图

图中 b—k 为化探异常图, 其中的线及数字表示等值线

1—第四系; 2—侏罗系; 3—上石炭统土古土布拉克组; 4—下石炭统雅满苏组; 5—花岗岩闪长岩; 6—闪长岩; 7—凝灰岩; 8—极化率异常及编号; 9—重力低异常; 10—重力高异常; 11—中低阻异常; 12—高阻异常; 13—磁力低异常; 14—磁力高异常

Fig. 3 1:50,000 integrated geophysical and geochemical anomalies of the Weiquan silver-polymetallic deposit

1—Quaternary; 2—Jurassic; 3—Upper Carboniferous Tugutubulake Formation; 4—Lower Carboniferous Yamansu Formation; 5—Granodiorite; 6—Diorite; 7—Tuff; 8—Polarizability anomaly and its number; 9—Gravity low anomaly; 10—Gravity high anomaly; 11—Medium-low resistance anomaly; 12—High resistance anomaly; 13—Low magnetic anomaly; 14—High magnetic anomaly

(3)表生期:表现在地表及浅表处,由于氧化淋滤作用,使部分早期形成的矿物发生氧化分解形成

次生矿物。典型矿物有孔雀石、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、褐铁矿及少量赤铁矿,同时有石膏细脉充填。

3 矿床地球化学

3.1 岩石地球化学特征

维权矿区岩(矿)石化学成分具有明显的规律性变化(表1),即从矿体(矿化砂卡岩)→围岩, SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃和MnO含量逐渐降低, Na₂O、K₂O、MgO逐渐增高, CO₂在矿化砂卡岩中最高, P₂O₅、TiO₂在砂卡岩中含量较低, CaO从矿体至围岩逐渐降低, 反映出围岩组分的加入, 即从围岩向矿体方向迁移, 而Si、Al、Fe主要由岩浆热液所提供, 通过物质

双向输送而形成交代分带特征。

3.2 微量元素特征

岩(矿)石微量元素含量见表2。微量元素的变化规律为: 自矿体(矿化砂卡岩)→围岩, Pb、Co、Mo、Ta、U、Ag含量逐渐降低, Rb、Ba、Cs、Cr则呈相反变化的趋势, 其他元素的含量变化相对较小, 其中Ni和Cr变化趋势相似, Cu、Zn变化相似, 但与Pb元素不同, 反映出交交流体中硫逸度不起控制作用。

3.3 稀土元素地球化学特征

从岩(矿)石稀土元素测定结果可以看出(表3, 图4)矿化砂卡岩稀土元素总量ΣREE变化大, 最低

表1 维权银多金属矿床岩(矿)石化学分析结果表

Table 1 Chemical data of ores and rocks in the Weiquan silver-polymetallic deposit

样号	样品描述	w(B)%								
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
WQ1	银(铜)矿体	16.51	0.28	4.21	6.88	0.27	0.63	0.99	25.88	0.36
WQ2	矿化蚀变带	53.68	1.02	15.31	3.28	4.24	0.32	5.23	6.03	3.42
WQ3	银(铜)矿体	33.58	0.30	7.28	19.97	1.40	0.52	0.53	30.91	0.11
WQ4	近矿围岩	49.26	1.06	15.30	3.89	3.81	0.23	5.52	8.21	4.08
WQ5	围岩	47.51	0.30	22.50	2.92	3.14	0.10	5.44	12.11	1.93

样号	样品描述	w(B)%							
		K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	H ₂ O ⁺	CuO	ZnO	合计
WQ1	银(铜)矿体	0.05	0.22	12.92	1.15	5.60	20.40	1.15	97.50
WQ2	矿化蚀变带	2.70	0.50	0.94	-	2.91	0.22	-	99.80
WQ3	银(铜)矿体	0.16	0.12	3.30	-	1.52	1.79	-	99.64
WQ4	近矿围岩	1.69	0.38	2.87	-	3.38	0.22	0.24	100.14
WQ5	围岩	1.13	0.05	0.58	0.15	2.58	-	-	100.29

注: 引自新疆地矿局第一地质大队, 2003。“-”为未检出。

表2 维权银多金属矿床岩(矿)石微量元素含量表

Table 2 Trace element content of ores and rocks in the Weiquan silver-polymetallic deposit

样号	样品描述	w _B /10 ⁻⁶								
		Ag	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Mo	Rb
WQ1	银(铜)矿体	277	-	487	-	6.9	29	101	6.5	9.6
WQ2	矿化蚀变带	23.5	156	26	173	88	65	31	0.6	43
WQ3	银(铜)矿体	45.0	166	338	449	12	18	34	1.9	6.7
WQ4	近矿围岩	0.58	102	120	-	277	68	25	0.8	43
WQ5	围岩	0.94	42	4.6	66	41	26	29	0.7	36

样号	样品描述	w _B /10 ⁻⁶								
		Zr	Nb	Cs	Ba	Hf	Ta	Th	U	Au
WQ1	银(铜)矿体	58	2.60	0.2	131	2.0	1.6	1.30	3.1	0.0184
WQ2	矿化蚀变带	196	4.60	0.7	805	5.1	0.6	11	2.7	0.0040
WQ3	银(铜)矿体	95	2.60	0.1	150	2.6	1.8	1.30	2.8	0.0105
WQ4	近矿围岩	186	5.50	0.6	730	4.8	0.9	4.70	2.2	0.0050
WQ5	围岩	57	1.10	0.5	103	1.6	0.5	0.90	0.4	0.0063

注: 引自新疆地矿局第一地质大队, 2003。“-”为未检出。

表 3 维权银多金属矿床岩石稀土元素组成

Table 3 REE content of ores and rocks in the Weiquan silver-polymetallic deposit

元素及特征值	$w_B/10^{-6}$				
	WQ-1 矿化砂卡岩	WQ-2 矿化蚀变岩	WQ-3 矿化石榴石砂卡岩	WQ-4 近矿围岩	WQ-5 围岩
La	61.16	38.72	3.49	24.36	2.39
Ce	85.59	78.77	5.26	50.13	5.17
Pr	7.06	9.52	1.21	5.34	0.95
Nd	30.46	39.40	8.44	25.10	4.01
Sm	7.33	8.53	4.19	4.64	0.99
Eu	2.13	2.25	1.65	1.37	0.43
Gd	8.67	7.12	4.36	3.88	1.25
Tb	1.23	0.95	0.57	0.60	0.30
Dy	6.09	4.42	3.18	2.70	1.40
Ho	1.16	0.78	0.60	0.51	0.29
Er	2.79	2.09	1.50	1.26	0.72
Tm	0.32	0.28	0.19	0.18	0.11
Yb	2.05	1.73	1.20	1.14	0.76
Lu	0.35	0.29	0.18	0.18	0.13
ΣREE	216.39	194.85	36.02	121.39	18.60
LREE/HREE*	8.55	10.03	2.06	10.62	2.81
(La/Yb) _N *	20.71	16.05	1.92	14.13	2.27
δEu*	0.82	0.86	1.17	0.96	1.10
(Ce/Yb) _N *	10.79	11.98	1.13	11.38	1.76

* 单位为 1。

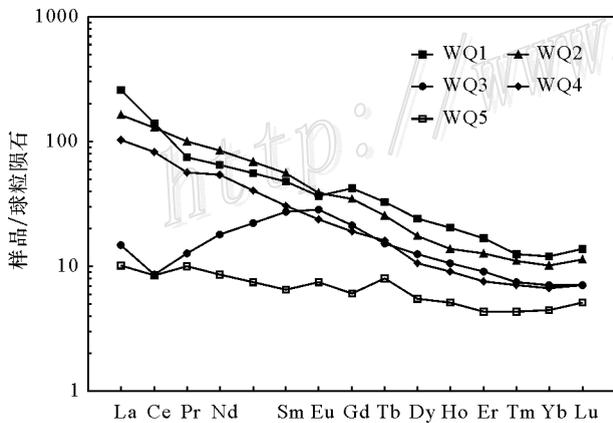


图 4 维权银多金属矿床围岩和矿体球粒陨石标准化稀土元素配分曲线图(据 Boynton,1984)

Fig. 4 REE distribution of ores and rocks in the Weiquan silver-polymetallic deposit(after Boynton,1984)

36.02,最高 216.39 (La/Yb)_N 为 20.71 和 1.92, (Ce/Yb)_N 为 10.79 和 1.13, δEu 为 0.82 和 1.17,显示轻稀土元素富集特征;而围岩 ΣREE 分别为 18.60、121.39 (La/Yb)_N 为 2.27 和 14.13, (Ce/Yb)_N 为 1.76 和 11.38, δEu 为 0.96 和 1.10,显示轻稀土元素略微亏损。含矿砂卡岩和围岩稀土元素含量与 SiO₂ 含量具正相关关系,表明稀土元素主要

来自岩浆流体。稀土元素作为热液活动的指示剂,有助于判别热液的运移方向。

4 矿床类型及找矿方向

4.1 控矿因素

矿区地处塔里木板块北缘活动带的觉罗塔格晚古生代岛弧带。矿区南、北两侧分别有阿其克库都克及雅满苏两大断裂通过,而且断裂多次活动,伴之的次级构造断裂也十分发育。区内断裂按走向大致可归为 3 组: NW 向、EW 向和 NE 向。矿体明显受断裂构造的控制(包括矿区南部的骆驼峰铁矿),以成矿前断裂最为发育。其中 NW、近 EW 向断裂和 NE 向的绝大部分断裂均属成矿前断裂。EW 向和 NW 向(NWW 向)断裂极发育,属矿区的主要控矿断裂,NE 向断裂形成较晚,局部切割 EW 向及 NW 向断裂,属 EW 和 NW 向 2 组断裂之次级羽状断裂。从矿体的形态特征看,矿区未见有对矿体产生破坏作用的断裂。

随着断裂活动,多期的中酸性岩体侵入,成矿热液携带较丰富的成矿物质,同时萃取地层中的有用组分,使之活化、迁移。与成矿有关的侵入岩主要

为矿区南部 2~3 km 处的百灵山岩体。该岩体分布在觉罗塔格岛弧带,以岩基产出,岩体东西长 100 km,南北宽达 15 km。岩石类型以花岗闪长岩为主,少量石英闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩。岩体的侵入使围绕岩体的含钙质岩石普遍形成了碎裂状的矽卡岩或矽卡岩化岩石,这些含钙质岩石对后期成矿物质的活化、迁移以及富集起到了极大的促进作用。

次一级的断裂破碎带不仅为矿液的聚集提供了活动和就位空间,断裂与岩浆活动配合所诱导的多次热液作用,又为本区多期次(阶段)矿床的形成提供了充足的热源。

矿床对中石炭统土古土布拉克组的一套含钙质岩石(矽卡岩及矽卡岩化砂岩)具有明显的依存性,而且地层中次级裂隙发育密集处即为矿体的赋存部位。从剖面上看,矿体具有上铜下银的特征,一般矿体的露头处均有铜矿化(孔雀石)现象。矿体上、下盘均分布有众多的低品位铅锌矿体,银矿体赋存其中,因此各主成矿元素之间的形成时间具有依存性,但从各元素的品位特征看,其间并不存在相关性。

4.2 矿床成因类型

维权银(铜)矿床产于中石炭统土古土布拉克组的一套含钙质岩石中,矿体严格受破碎带及其次级裂隙控制,呈脉状产出,矿体较连续,与围岩界线极为清晰,表现出含矿热液沿裂隙充填的特征,矿体周边围岩蚀变强烈,以绿帘石化、绿泥石化、阳起石化、方解石化等中低温热液蚀变为主,矿石矿物组合以自然银、辉银矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿为主,表现为中低温热液矿床的矿物组合特征,矿石多具细脉状、网脉状、浸染状及丝状、螺旋状构造,反映出成矿热液沿破碎裂隙充填成矿,具典型的热液充填特征。宏观上成矿对含钙质岩石(矽卡岩及矽卡岩化砂岩)具有依存性,矿化由近到远具明显的减弱现象。

矿区 3 件硫化物样品硫同位素测定结果显示, $\delta^{34}\text{S}$ 介于 -2.7‰ ~ -0.6‰ 之间,平均为 -1.73‰ ,具有壳幔混合来源的特征(王龙生等 2005)。

根据流体包裹体均一温度的测试,方解石中流体包裹体均一温度为 $129\sim 264\text{℃}$,平均为 178℃ ,众值在 $100\sim 200\text{℃}$ 之间,石英中流体包裹体均一温度为 $151\sim 297\text{℃}$,平均为 195.5℃ ,众值在 $150\sim 220\text{℃}$ 之间,成矿温度属中低温。

石炭纪末—二叠纪初,花岗质岩浆侵入到钙质

围岩中,接触变质作用和交代作用形成不含矿、无石英的矽卡岩带。矽卡岩形成后,以残余岩浆矿液为主的流体,通过韧性断裂发生运移、循环,硫化物大量沉淀于矽卡岩带上被断裂切割的地段,形成叠加型硫化物矿化(图 5)。

综上所述,可见该矿床为一个钙矽卡岩型叠加银多金属矿床。

4.3 找矿标志及找矿模型

通过对维权银(铜)矿床的综合分析研究,结合矿区物、化探异常特征,本区找矿标志如下:

(1) 围绕百灵山岩体出露的矽卡岩化含钙质岩石,是银矿体赋存的重要岩石标志。

(2) 深大断裂的次级构造发育处,是银、铜、铅锌矿体赋存的最佳空间。

(3) 地表出露的零星铜矿化标志,预示其下有存在银矿体的可能。

(4) 矿床指示元素组合为:银、铜、铅、锌、砷、钴等中低温元素。

(5) 矿床具有典型的物探高极化、低阻、高磁异常特征,同时具有范围较大的、各元素套合较好的银铜多金属综合异常标志(图 3)。

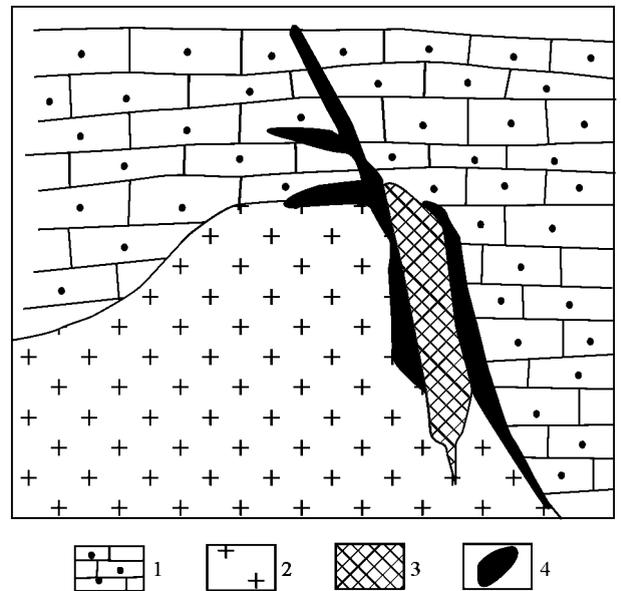


图 5 维权银多金属矿床成矿模式图

1—土古土布拉克组钙质岩层 2—花岗岩 3—矽卡岩 4—矿体

Fig. 5 Metallogenic model of the Weiquan silver-polymetallic deposit

1—Calcareous strata of Tugutubulake Formation; 2—Granite;

3—Skarn; 4—Ore body

表 4 维权银多金属矿床综合信息找矿模型

Table 4 Integrated information prospecting model for the Weiquan silver-polymetallic deposit

标志	信息显示
大地构造位置	哈萨克斯坦-准噶尔板块之觉罗塔格晚古生代沟弧带中段
地层、岩性	上石炭统土古土布拉克组碎屑沉积岩、碳酸盐岩夹火山碎屑岩
构造	康古尔-黄山韧性剪切带南缘影响带的相对较强变形带($P=1.22$)中,矿区内,土古土布拉克组形成极宽缓的背向斜,矿体产在中部宽缓背斜之中
岩浆岩	矿区南侧为百灵山花岗岩-花岗闪长岩体及花岗斑岩、闪长玢岩小岩株或岩脉
围岩蚀变	钙矽卡岩化
矿化	地表孔雀石化、褐铁矿化、原生黄铜矿化、辉铜矿化、闪锌矿化、方铅矿化、黄铁矿化、磁铁矿化等
地球物理目标物及其物性	矽卡岩型金属硫化物矿(化)体,具有“三高一低”特征,即高磁、高密度、高极化、低阻特征
区域地球物理特征	1:20 万区域重力相对稳定块体上的局部重力高,剩余重力异常强度 $8 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。区域航磁负磁背景场
矿区地球物理特征	1:5 万综合物探快速普查,具有高极化($\eta_s = 5\% \sim 10\%$)中-低阻($\rho_s = 150 \sim 250 \Omega \cdot \text{m}$)高磁($\Delta T = 400 \text{ nT}$)及高重力异常
矿床物探异常特征	1:2 万激电、磁法普查,具有高极化($\eta_s = 3\% \sim 9.6\%$)中-低阻($\rho_s = 200 \sim 400 \Omega \cdot \text{m}$)高磁($\Delta T = 300 \text{ nT}$)异常
区域地球化学特征	1:20 万区域化探的 Cu、Pb、Zn、W、Ag、Mn 组合异常,极大值分别为 Cu 76.6×10^{-6} , Pb 149×10^{-6} , Zn 291×10^{-6} , W 2.6×10^{-6} , Ag 130×10^{-9} , Mn 1.980×10^{-6}
矿区化探异常特征	1:5 万化探的 Zn、Pb、Cu、Ag、As、Sb、Bi、Mo、Au、Hg 组合异常。Zn、Pb、Cu、As、Mo 套合较好,以 Zn 异常最为显著。极大值为 Zn 2.200×10^{-6} , Pb 338×10^{-6} , Cu 137×10^{-6} , Ag 异常极大值 588×10^{-9} ,与 Zn、Pb 异常存在明显的水平分带

(6)由于矿区岩石蚀变强烈,一般易剥蚀成山前坡地,且覆盖较严重。

根据找矿标志建立的本区银铜矿床综合技术方法找矿模型见表 4。

综合分析,区域性韧-脆性大断裂影响带中的华力西晚期花岗岩类岩体与石炭纪含钙质岩系的接触带附近是成矿有利部位,钙矽卡岩带、多金属矿化(孔雀石化、铅锌矿化等)化探 Cu、Pb、Zn、Ag 等多金属异常组合、高磁+高重力+高极化+低阻的物探“三高一低”异常组合是最佳找矿标志。

4.4 找矿方向

区内金铜银铅异常发育,金异常覆盖了几乎整个靶区,铜异常位于靶区南部,银铅异常范围较小,处于靶区东南角。1:5 万化探在百灵山岩体外接触带圈定出大面积高强度银、铜、铅锌、金的地球化学异常,走向与岩体接触带一致(图 3)。

另外,矿区北部的下石炭统雅满苏组中的小尖山铜矿区附近,金、铜化探异常较发育,而且规模较大,其构造位置与康古尔金矿相同,属康古尔金矿东延部分,发现了多处石英脉型金矿点。因此该区金矿仍有突破的可能。

根据对矿床地质特征、物、化探异常特征的研究,区内主攻矿种北部以金为主,与剪切带成矿作用有关,南部为铜银多金属矿,类型为矽卡岩型。

5 结 论

(1)维权银多金属矿床是近年来发现的一个以银为主,共、伴生有铜、铅、锌的中型矿床,产于塔里木板块北缘活动带觉罗塔格晚古生代岛弧带的南侧,矿体赋存在矽卡岩化灰岩夹凝灰岩、含砾砂岩夹凝灰岩、灰岩夹砂岩层中。

(2)通过对地质特征的认识,结合矿区岩石地球化学、稀土元素、微量元素以及硫同位素特征,初步认为该矿床为一个钙矽卡岩型叠加银多金属矿床。

(3)综合分析表明,区域性韧-脆性大断裂影响带中的华力西晚期花岗岩类岩体与石炭纪含钙质岩系的接触带附近是成矿有利部位,钙矽卡岩带、多金属矿化(孔雀石化、铅锌矿化等)化探 Cu、Pb、Zn、Ag 等多金属异常组合、高磁+高重力+高极化+低阻的物探“三高一低”异常组合是最佳找矿标志。

(4)矿区金、铜、银、铅异常发育,金异常覆盖了几乎整个靶区,铜异常位于靶区南部,银、铅异常范围较小,处于靶区东南角。据综合分析,北部应主要寻找与剪切带成矿作用有关的金矿,南部应主要寻找矽卡岩型铜银多金属矿。

References

- Boynton W V. 1984. Geochemistry of the rare earth element: meteorite studies [A]. In: Henderson P, ed. Rare earth element geochemistry [C]. New York: Elsevier. 66-114.
- Chen F W, He G Q and Li H Q. 2003. Tectonic attribute of Qoltag orogenic belt in the East Tianshan Mountains, northwestern China [J]. Geol. in China, 30(4): 361-366 (in Chinese with English abstract).
- Cheng S D and Xu X. 2001. On compiling of map of tectonics of Xinjiang and neighbouring areas [J]. Xinjiang Geol., 19(1): 33-37 (in Chinese with English abstract).
- Feng Y M, Zhu B Q, Yang J L and Zhang K C. 2002. Tectonics and evolution of the eastern Tianshan Mountains [J]. Xinjiang Geol., 20(4): 309-314 (in Chinese with English abstract).
- Han C M, Mao J W, Yan J M, Wang Z L and Cui B. 2002. Metallogenic type of Late Palaeozoic endogenic metal deposits and related geodynamical evolution in the east Tianshan [J]. Acta Geologica Sinica, 76(2): 222-234 (in Chinese with English abstract).
- He G Q, Li M S and Liu D Q. 1994. Paleozoic crust evolution and ore deposit of Xinjiang, China [M]. Wulumuqi: People's Publishing House of Xinjiang Province. 1-437 (in Chinese with English abstract).
- Ji J S, Tao H X, Zeng Z R, Yang X K and Zhang L C. 1994. Geology and exploration of gold deposit in Kanggu 'ertage belt, East Tianshan [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-200 (in Chinese with English abstract).
- Li J Y. 2004. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China [J]. Geol. Rev., 50(3): 304-322 (in Chinese with English abstract).
- Liu D Q, Chen Y C, Wang D H, Tang Y L, Zhou R H, Wang J L, Li H Q and Chen F W. 2003. A discussion on problems related to mineralization of Tuwu-Yandong Cu-Mo orefield In Hami, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 22(4): 334-344 (in Chinese with English abstract).
- Ma R S, Wang C Y and Ye S F. 1993. Tectonic framework and crustal evolution of Eastern Tianshan mountains [M]. Nanjing: Pub. House of Nanjing University. 1-202 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Yang J M, Han C M and Wang Z L. 2002. Metallogenic systems of polymetallic copper and gold deposits and related metallogenic geodynamic model in eastern Tianshan, Xinjiang [J]. Earth Science, 27(4): 413-421 (in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Pen X M, San J Z, Xu X W, Fang T H, Wang S L and Yu H F. 2003. Type of major ore deposits, division of metallogenic belts in Eastern Tianshan, and discrimination of potential prospects of Cu, Au, Ni mineralization [J]. Xinjiang Geol., 21(2): 143-150 (in Chinese with English abstract).
- Qin Y Q. 2001. First found medium class independence deposit of silver in Xinjiang [J]. Xinjiang Geol., 19(4): 304 (in Chinese).
- Rui Z Y, Wang L S, Wang Y T and Liu Y L. 2002. Discussion on metallogenic epoch of Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in eastern Tianshan Mountains, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 21(1): 16-22 (in Chinese with English abstract).
- Wang F T, Fen J, Hu J W, Wang L, Jiang L F and Zhang Z. 2001. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang [J]. Geol. in China, 28(1): 36-39 (in Chinese with English abstract).
- Wang L S, Li H Q, Liu D Q and Chen Y C. 2005. Geological characteristics and mineralization epoch of Weiquan silver (copper) deposit, Hami, Xinjiang, China [J]. Mineral Deposits, 24(3): 280-284 (in Chinese with English abstract).
- Xiao X C, Tang Y Q, Feng Y M, Zhu B Q, Li J Y and Zhao M. 1992. Tectonic evolution of the Northern Xinjiang and its adjacent regions [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-167 (in Chinese with English abstract).
- Xiao W J, Zhang L C and Qin K Z. 2004. Paleozoic accretionary and collisional tectonics of the eastern Tianshan (China): Implications for the continental growth of Central Asia [J]. American Journal of Science, 304: 370-395.
- Zhou J Y, Mao Y S, Huang Z X, He D L, Wang D Y and Xiao Y F. 1994. Volcanology of east Tianshan continental margin [M]. Chengdu: Pub. House of Chengdu Sci. & Tech. Univ. 1-200 (in Chinese).
- Zhou J Y, Cui B F and Lu Y. 1999. Characteristics and genesis of the Yuxi silver deposit in Hami, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 18(3): 209-228 (in Chinese with English abstract).
- Zhou J Y, Cui B F, Xiao H L, Chen S Z and Zhu D M. 2001. Kangguertag-Huangshan collision zone of bilateral subduction and its metallogenic model and prognosis in Xinjiang, China [J]. Volc. & Miner. Resc., 22(4): 252-263 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈富文,何国琦,李华芹. 2003. 论东天山觉罗塔格造山带的大地构造属性 [J]. 中国地质, 30(4): 361-366.
- 成守德,徐新. 2001. 新疆及邻区大地构造编图研究 [J]. 新疆地质, 19(1): 33-37.
- 冯益民,朱宝清,杨军录,张开春. 2002. 东天山大地构造及演化 [J]. 新疆地质, 20(4): 309-314.
- 韩春明,毛景文,杨建民,王志良,崔彬. 2002. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律 [J]. 地质学报, 76(2): 222-234.

- 何国琦,李茂松,刘德权. 1994. 中国新疆古生代地壳演化与成矿[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社. 1-437.
- 姬金生,陶洪祥,曾章仁,杨兴科,张连昌. 1994. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿[M]. 北京:地质出版社. 1-200.
- 李锦轶. 2004. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变[J]. 地质论评,5(3):304-322.
- 刘德权,陈毓川,王登红,唐延龄,周汝洪,王金良,李华芹,陈富文. 2003. 土屋-延东铜铅矿田与成矿有关问题的讨论[J]. 矿床地质,22(4):334-344.
- 马瑞士,王赐银,叶尚夫. 1993. 东天山构造格架及地壳演化[M]. 南京:南京大学出版社. 1-200.
- 毛景文,杨建民,韩春明,王志良. 2002. 东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型[J]. 地球科学,27(4):413-421.
- 秦克章,彭晓明,三金柱,徐兴旺,方同辉,王书来,于海峰. 2003. 东天山主要矿床类型、成矿区带划分与成矿远景区优选[J]. 新疆地质,21(2):143-150.
- 秦跃群. 2001. 新疆首次发现中型银矿[J]. 新疆地质,19(4):304.
- 芮宗瑶,王龙生,王义天,刘玉琳. 2002. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论[J]. 矿床地质,21(1):16-22.
- 王福同,冯 京,胡建卫,王 磊,姜立丰,张 征. 2001. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J]. 中国地质,28(1):36-39.
- 王龙生,李华芹,刘德权,陈毓川. 2005. 新疆哈密维权(铜)矿床地质特征和成矿时代[J]. 矿床地质,24(3):280-284.
- 肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清,李锦轶,赵 民. 1992. 新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社. 1-167.
- 周济元,茅燕石,黄志勋,何大伦,王道永,肖渊甫. 1994. 东天山古大陆边缘火山地质[M]. 成都:成都科技大学出版社. 1-200.
- 周济元,崔炳芳,陆 彦. 1999. 新疆哈密玉西银矿床特征及成因[J]. 矿床地质,18(3):209-218.
- 周济元,崔炳芳,肖惠良,陈世忠,朱德茂. 2001. 新疆康古尔-黄山对接碰撞带的存在、成矿模式及成矿预测[J]. 火山地质与矿产,22(4):252-263.

<http://www.kcdz.ac.cn/>