



新疆和静县巴音铜矿区地质特征 矿床成因及成矿模式

王啟宴, 王玉杰

(山东省第六地质矿产勘查院, 山东 威海 264209)

摘要:巴音铜矿区位于中天山中段的南缘,伊犁地块东南缘,南临南天山缝合带,处在阿吾拉勒山与那拉提山交汇处,属那拉提铜、镍、金成矿带,其地质、构造特征比较复杂,成矿地质条件较为有利。通过分析区域成矿背景及矿区地质特征,总结矿床成因及控矿因素,证实该区矿化分为火山-火山热液型、脉岩型和热液脉型3种类型,就成矿机理而言,这3种矿化的形成有着密切的内在联系,在本质上都与该区晚志留世火山活动密切相关。结合区内各种矿化所占的比重和形成时间的先后顺序,其成因类型可概括为:巴音铜矿为以晚志留世海相火山-火山热液型矿化为主,伴有晚期脉岩矿化,局部受海西早期花岗岩岩浆热液叠加、改造的中-低温铜矿床。不同类型矿化的主要控矿因素不同,火山岩型矿化的控矿因素主要为火山活动形式、活动阶段及岩性,同时断裂构造也有一定的控制作用;脉岩型矿化系受岩性和脉体本身(出露部位和规模)控制,较好矿化一般出现于脉岩规模较大者中,或脉岩的局部膨大部位;热液脉型矿化主要受角闪花岗岩体及其接触带控制,局部还受到后期断裂破碎带控制,矿体沿断裂破碎带充填而成。

关键词:铜矿床;地质特征;矿床成因;成矿模式;和静县;新疆

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

那拉提铜、镍、金成矿带全长400 km左右,区域内除有巴音铜矿外,胜利铜矿和众多矿点、矿化点构成查岗诺尔、巴音塔拉、巧洛托、乌兰乌苏等几个铜矿化集中区。巴音铜矿是20世纪70年代初开展1:20万区域地质矿产调查时发现的,但当时未进行系统评价工作,80年代中后期,民营矿业进入该矿区进行试探性采矿,发现近地表处有富铜矿存在,采矿经济效益较好,因而进入该区采矿者越来越多,致使地表矿化体得以充分揭露,从而显现出该区具有较好的找矿前景,21世纪以来先后进行过普查、详查工作,基本查明了区内地层、构造、岩浆岩的分布特征及蚀变矿化特征和矿化分布范围,明确了区内存在3种成因类型不同、矿化特征不同的矿化带。该文通过对区域构造、成矿特征、矿床成因及控矿因素的分析研究,希望对今后在该区或邻区的地质找矿工作起到抛砖引玉之作用。

1 区域成矿背景

矿区位于那拉提铜、镍、金成矿带中段。区内出露地层有古元古代那拉提群,晚志留世巴音布鲁克组、早石炭世恰可布组、牙曼苏组,石炭系中统、二叠系下统、侏罗系、新近系及第四系等。岩石类型主要有片岩、片麻岩、大理岩、混合岩、板岩、千枚岩、砂岩、砾岩等,局部夹中酸性火山角砾岩、凝灰岩等。岩浆岩有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩、正长斑岩脉等侵入岩和一套玄武岩-安山岩-流纹岩组合的火山岩。多次火山活动和强烈岩浆侵入活动,不仅为该区成矿提供了丰富的矿源,而且提供了充足的热源,加之多次构造活动,又为矿质活化、迁移、聚集提供了有利条件和场所,从而形成了已知的那拉提铜、镍、金成矿带^[1]。

2 矿区地质特征

收稿日期:2013-11-27;修订日期:2014-04-04;编辑:曹丽丽

作者简介:王啟宴(1962—),男,山东高密人,工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:sdwqy06@126.com。

2.1 地层

矿区出露地层主要为晚志留世巴音布鲁克组、早石炭世牙曼苏组,零星分布的二叠系下统及沿沟谷分布的第四系。

晚志留世巴音布鲁克组为区内出露的主要地层,也是主要赋矿层位,分布于矿区中部及南部,岩性主要为灰—灰绿色安山玢岩、粗安质、粗面质熔岩及火山碎屑岩、玄武岩,该组内不仅局部赋存有顺层产出的铜矿化体,而且是后期热液脉型矿化的主要容矿层位之一。

早石炭世牙曼苏组在区内仅出露灰色厚层状一块状灰岩,二叠系下统仅见灰褐色砾岩,二者出露范围均较小,且与该区成矿无关。

2.2 构造

2.2.1 褶皱构造

矿区褶皱构造主要为一个脊线有起伏、局部为倒转的复式向斜,轴向总体呈近 EW 向,该向斜西段其轴面向 S 或向 N 倾斜,成为倒转同斜向斜,而东段则为两翼基本对称的较宽缓向斜^[2]。

2.2.2 断裂构造

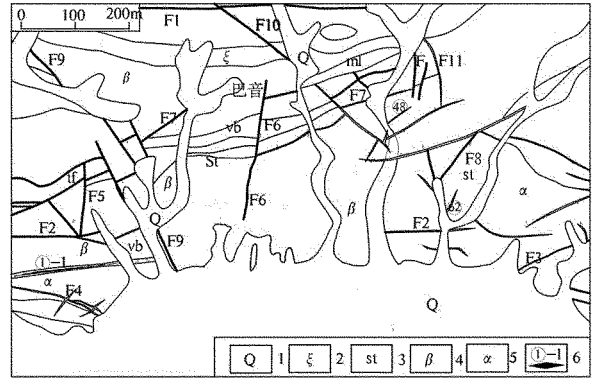
区内断裂构造十分发育,按走向大致可分为近 EW 向、近 SN 向、NE 向、NW 向 4 组:近 EW 向断裂是该区最重要的断裂,代表了该区基本的构造线方向,并控制了该区地层展布和矿化的分布。

近 SN 向断裂多表现为 SN 向平直沟谷,性质为以张性为主兼具扭性,断裂面多向 N 陡倾。NE 向断裂规模较大,次级断裂较发育,沿断裂带局部有正长岩脉侵入,断裂性质为压扭性,以左行扭动为主。NW 向断裂在矿区西部较发育,断裂面倾向 SW 或 NE,倾角中等到陡,断裂性质为张扭性,左行或右行扭动,平面断距一般不大。

该区断裂构造对成矿有明显的控制作用。近 EW 向大断裂是导岩、导矿构造,与其平行的次级断裂则是最重要的容矿构造,与近 EW 向断裂配套的 NE 向、近 SN 向断裂为次要容矿构造,NW 向断裂的控矿作用不明显。另一方面,断裂的多次活动对矿体的连续性又有一定的破坏作用(图 1)。

2.3 岩浆岩

该区火山活动主要发生在晚志留世,形成一套厚度较大的中基性火山岩系,构成了巴音布鲁克组主体^[3]。



1—第四系;2—砾岩;3—砂岩;4—玄武岩;5—安山岩;
6—矿体及编号

图 1 和静县巴音铜矿区地质图

区内岩浆侵入作用不强烈,侵入岩不甚发育,主要有一个角闪花岗岩体和几种脉岩。脉岩主要为花岗岩、正长岩、正长斑岩、闪长岩、辉绿岩等。

其中,正长斑岩与铜矿成矿关系密切,呈规模不大的脉状、透镜状产出,岩石为浅肉红色,与围岩界线多不甚清楚,系晚志留世火山活动末期残余岩浆沿构造薄弱带聚积、侵位形成。

正长斑岩中常见有多少不等的金属矿物,呈细脉状、少量浸染状、乳滴状、团块状,有的已构成铜矿体。

2.4 围岩蚀变与矿化

该区区域变质作用微弱,巴音布鲁克组为低绿片岩相^[4],其岩石一般为板岩,仅局部在断裂带中因受构造作用而出现片岩。

区域变质作用与该区成矿无关。

区内断裂构造发育,与其相伴的动力变质岩较常见,但变质程度一般较低,主要为碎裂岩、构造角砾岩,原岩特征清晰,仅局部受较强烈挤压而出现少量构造片岩。动力变质作用对矿(化)体有一定的控制作用。

区内侵入岩不甚发育,且规模不大,围岩热液蚀变主要有硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母(白云母)化、其次为黑云母化、重晶石化、钾长石化、少量葡萄石化、萤石化及较普遍的镜铁(赤铁)矿化。热液蚀变与成矿关系较密切^[5]。

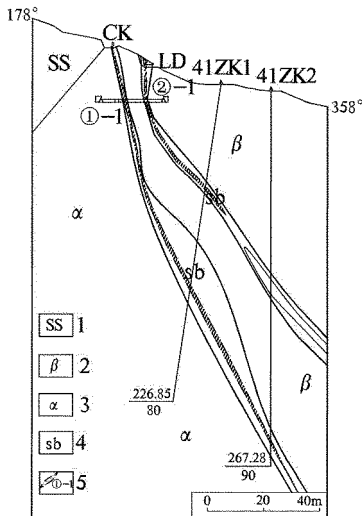
3 矿床地质特征

3.1 蚀变矿化带地质特征

矿区范围内的构造蚀变带数量较多,规模大小不等,形态多样,近EW向构造蚀变带是该区最重要的含矿蚀变带,带内以碎裂岩、构造角砾岩为主,其分布明显受断裂构造控制。铜矿化主要发育在断裂带内及两侧火山岩内的次级断裂裂隙中。区内共发现蚀变带167条,最具代表性的是①号蚀变带,为该区主要含矿蚀变带之一,位于矿区西部,沿安山岩(安山岩南侧为混杂岩,具混合岩化,推测角闪花岗岩体位于其南侧覆盖区)与玄武岩接触带展布,其上盘为玄武岩,下盘为安山岩,①-1号矿体即赋存于该蚀变带内。

3.2 矿体地质特征

区内通过详查共圈定矿体71个,矿体的分布、形态、规模和产状严格受断裂蚀变带控制(图2)。



1—砂岩;2—玄武岩;3—安山岩;4—构造角砾岩;
5—矿体位置及编号

图2 巴音矿区41号勘探线剖面图

①号矿体为区内主要矿体之一,矿体总体产状与①号断裂蚀变带一致,严格受①号断裂蚀变带控制,主要赋存于主裂面两侧的碎裂岩或构造角砾岩中硅化、钾长石化较强的部位,区内地表出露长370m,单工程最大厚度为8.75m,最小厚度为0.68m,平均厚度1.23m,钻孔揭露垂深267m,斜深298m,深部未封闭。

矿体最高品位铜为 3.29×10^{-2} ,伴生银为 32.36×10^{-6} ;最低品位铜为 0.68×10^{-2} ,伴生银为 4.53×10^{-6} ;平均品位铜为 2.12×10^{-2} ,伴生银为 21.24×10^{-6} 。

矿化形式主要为黄铜矿、辉铜矿(少量斑铜矿、黝铜矿),呈星点状、浸染状、细脉状及团块状,次为细脉浸染状和网脉状。

3.3 矿石特征

3.3.1 矿石矿物成分

区内有3种类型铜矿化,不同类型矿化的矿石在化学成分和矿物成分方面有一定差别,按主要有用矿物划分,则产于中基性火山岩中以辉铜矿为主的铜矿石称为火山岩型或辉铜矿型矿石;产于石英脉中以黄铜矿为主的矿石称热液脉型矿石;产于正长斑岩脉中的矿石为黄铜矿、辉铜矿,含量近于相等,称为脉岩型(或细脉-浸染型)矿石。不同矿石类别的矿物成分,特别是脉石成分有一定差别。但其嵌布关系大体一致。

3.3.2 矿石化学成分

根据该区矿石的化学全分析和光谱定量分析结果,该区有益元素成分主要为Cu,各矿石类别普遍伴生有Ag,热液脉型铜矿石中共、伴生有Au;火山岩型矿石中Au含量一般很低。

关于造渣成分,热液脉型和脉岩型矿石以 SiO_2 为主, Al_2O_3 ,CaO,MgO,TFe较低,火山岩型矿石 SiO_2 较低,而 Al_2O_3 , Fe_2O_3 ,TFe,MgO,CaO较高。

3.3.3 矿石结构构造

各类别矿石的结构相似,只矿物成分有一定差异,主要有粒状结构、交代残余结构、包含结构,其次有镶边结构、共结(共边)结构,偶见固溶体分离结构、交代环斑结构以及草莓结构。

全区矿石构造基本相同,主要有浸染状构造、细脉-浸染状构造、细脉状构造,其次有斑团状构造、碎裂状构造、多孔状-蜂窝状构造、结核状构造等,局部见有块状构造^①。

4 矿床成因

4.1 成矿物质来源

(1)铜源。通过对该区成矿地质背景和地球化学特征的分析,认为该区主成矿元素铜主要来源于与晚志留世中基性火山岩同源的深部安山玄武质岩浆,少部分来源于华力西早期花岗岩质岩浆^[6]。

① 山东省第六地质矿产勘查院,新疆和静县巴音矿区铜矿详查报告,2011年。

该区最主要的矿化类型为产于中基性火山岩中的辉铜矿矿化,在宏观上沿一定层位产出,矿(化)体产状与地层产状基本一致,说明铜(矿物)是作为岩浆中的组成部分与含矿岩石同时形成的,矿化与火山岩同时成岩-成矿,即铜是来自与火山岩浆同源的安山-玄武质岩浆。

对产于正长斑岩脉中的矿化,由于斑岩脉本身系中基性岩浆分异演化末期的产物,其矿化特征与中基性火山岩中的矿化有某些相似性,因此其铜质无疑也是来自深部安山-玄武质岩浆。

对于热液脉型矿化之铜质来源,分析认为一部分来自巴音布鲁克组火山岩,因为华力西早期花岗质岩浆侵入活动过程中至少对巴音布鲁克组部分火山岩有明显的改造作用^[7],当然也会萃取其中的铜质进入岩浆系统,最后以花岗质岩浆热液形式成矿;另有一部分铜质则来自于花岗质岩浆本身。

(2)硫源。据硫同位素测定结果分析,初步认为该区成矿的硫源有初始的安山-玄武质岩浆硫和花岗岩浆硫。

(3)水源及成矿流体成分特征。根据氢、氧同位素组成测定结果,认为该区热液脉型矿化的水源主要来自深部岩浆源,并受到后期花岗质岩浆水的影响^[8]。

4.2 成矿物理化学环境

根据对样品的测温结果,所有样品的均一温度变化范围为93~235℃,样品平均变化范围为110~182℃,属中低温范畴。测温结果与该区围岩蚀变主要为中低温蚀变类型是一致的。

关于成矿压力,推测其压力为中低—小。

根据区内围岩热液蚀变主要为硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等,推测成矿介质为弱酸性。由于与矿石矿物共生的赤铁矿、磁铁矿普遍,而且围岩中镜铁矿化发育,说明成矿流体氧逸度较高。

4.3 矿床成因类型及成矿模式梗概

前已述及,该区矿化分为火山-火山热液型、脉岩型和热液脉型3种类型,但就成矿机理而言,这3种矿化的形成有着密切的内在联系,在本质上都与该区晚志留世火山活动密切相关。换言之,该区晚志留世中基性火山活动为区内各种矿化类型的形成提供了全部或主要的矿源、水源和热源,即或热液脉

型矿化系经后来花岗质岩浆活动叠加、改造后才最终形成,但与晚志留世火山活动有关的特征仍有清楚的显现^[9]。结合区内各种矿化所占的比重和形成时间的先后顺序,其成因类型可概括为:巴音铜矿为以晚志留世海相火山-火山热液型矿化为主,伴有晚期脉岩矿化,局部受华力西早期花岗质岩浆热液叠加、改造的中—低温铜矿床。其成矿机理及成矿模式可初步概括为:

在晚志留世末,该区大陆壳开始裂解,随之发生了较强烈的中基性火山活动,火山活动早期,因裂解深度相对较小,形成了一套安山岩、粗安岩及少量流纹岩的火山岩组合,当时火山活动环境为陆相或海陆交互相,岩浆所携带的以铜为主的矿质在其堆积物中形成了初始富集,并可在局部形成小规模铜矿(化)体。经过短暂间歇,大陆壳裂解深度进一步加大,该区出现海相环境,并发生了大规模以偏碱性基性火山岩为主的脉动式海相喷溢活动,同样来自深部岩浆房的矿质,一部分在较早阶段于内、外部条件有利部位与岩浆物质一起成岩-成矿,于是出现了该区第一次矿化高潮,形成了该区最主要的矿化类型——火山岩中的辉铜矿矿化的雏形。在火山活动后期或成岩期,富含铜金属的残余热液沿着火山岩的裂隙带或构造薄弱带活动,导致火山岩自变质或热液蚀变并伴随矿化,对已有矿化进行改造或部分叠加,并最终形成了目前所见的火山-火山热液型矿化;上旋回火山活动末期,聚集了大量铜金属的碱性残余岩浆在局部富集并形成规模不等的正长斑岩脉,其残余热液在有利部位(常在岩脉膨大部位)形成了正长斑岩脉中的细脉—浸染状矿化。至此,该区晚志留世的成矿作用宣告结束。

早华力西末期,该区发生了中等规模的构造-岩浆活动,形成了矿区西南部近EW向展布的角闪花岗岩体,在其侵入活动过程中,对巴音布鲁克组部分火山岩进行改造并萃取了其中的矿质,与花岗岩浆本身所携带的少量矿质一起形成含矿热液并沿近接触带的构造薄弱带活动,形成了以硅化为主的热液脉型矿化。

矿床形成以后,经长期风化、淋滤,地表有一定贫化,而在局部地段距地表数米至几十米间可出现小规模次生富集的小矿囊。

5 控矿因素

5.1 控矿因素

(1) 火山岩型矿化的控矿因素主要为火山活动形式、活动阶段及岩性,同时断裂构造也有一定的控制作用。火山活动形式的控矿作用主要表现在矿化集中在以溢流为主的岩性段中,这可能因为相对宁静活动形式对矿液的聚集和沉淀较为有利;活动阶段的控制作用表现为较好矿化集中于上、下旋回的早期阶段,即主要赋存于各个旋回形成的下部层位中;岩性控制主要表现在除少数矿体产于粗面岩中外,绝大部分都产于安山岩和玄武岩中,在玄武岩中又往往以气孔-杏仁状玄武岩中矿化最好,这可能是由于气孔-杏仁状玄武岩一般在一个韵律层的顶部最发育,它的出现标志着一次喷溢活动的结束和下一次喷溢活动的开始,这两次喷溢之间的短暂宁静期是矿液富集、沉淀的最有利时机,但又并非所有气孔-杏仁状玄武岩中都有强烈矿化,而只是在含矿层位的气孔-杏仁状玄武岩中,这又反证了矿化还受到活动阶段即层位的控制。

断裂构造对火山岩型矿化的控制作用,主要表现在这种矿(化)体的分布都有一定方向性,除了层位、岩性控制外,在一定程度上受断裂构造的控制也是一个原因,如部分矿体的产状与地层产状并不完全一致,就是受原生断裂裂隙带控制的结果;另外,有的矿体沿走向明显穿层,但又无火山后期与成矿有关的断裂存在的迹象,因此认为这些矿(化)体系沿同生断裂或沿同生构造裂隙带充填交代而成,进而可以认为,这种同生断裂或同生构造裂隙带在区内具有一定的普遍性,并有一定的控矿意义,因为含矿热液易于沿其迁移、沉淀,一方面可能叠加于已有矿化之上,使矿化强度增强,另一方面可能局部改变矿(化)体的产状^[10]。

(2) 脉岩型矿化系受岩性和脉体本身(出露部位和规模)的控制,即火山活动末期的正长斑岩脉,一般都可见到矿化现象,但矿化的发育程度和矿(化)体规模还和脉岩本身的规模有关,即较好矿化一般出现于脉岩规模(特别是厚度)较大者中,或脉岩的局部膨大部位,即脉岩本身的位置和规模直接控制着有一定意义矿化的产出部位和规模。

(3) 热液脉型矿化主要受角闪花岗岩体及其接触带控制,局部还受到后期断裂破碎带控制,如石英脉型矿化,主要赋存于角闪花岗岩体外接触带,矿化体的展布方向和产状与接触带产状基本一致;随着

远离接触带,矿化迅速减弱,并出现重晶石化,表明除了热源和矿源与角闪花岗岩的侵入活动有关外,矿体的形态和产状主要受构造断裂破碎带控制,矿体沿断裂破碎带充填而成。

5.2 找矿标志

由于不同矿化类型的特征和主要控矿因素不同,其找矿标志也不一样。

(1) 地质标志。火山岩型矿化主要找矿标志为地层层位、岩石类型和围岩热液蚀变以及同生断裂构造。即这种矿化主要发育于巴音布鲁克组层位中,特别是下部层位,容矿岩石以气孔-杏仁状玄武岩为主,块状玄武岩为次,并有硅化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等热液蚀变组合,其蚀变越强烈,蚀变矿物组合越复杂矿化越好。同生断裂(裂隙带)在追索矿(化)体延伸(走向和倾向)时也应予以注意。脉岩型矿化必须有正长斑岩脉的存在,而且其规模相对较大,或延长较大的脉岩的局部膨大部位,有硅化、碳酸盐化、褐铁矿化(一般较弱);热液脉型矿化的找矿标志明显,即角闪花岗岩体外接触带(混染岩带靠近地层一侧)的强硅化体或石英脉,当重晶石化(脉)较发育时,预示着可能有主矿化带存在且还有一定距离,应向靠岩体一侧追索。

孔雀石等氧化铜矿物及辉铜矿、黄铜矿的存在则是各种矿化类型找矿的直接标志。

(2) 地球物理标志。该区岩、矿石极化率参数具有单一的特征,即矿化岩石具有较高的极化率,大致为各类岩石平均值的 3 倍以上。电阻率参数也有一定差异,相对低电阻带中的低缓激电异常是矿化体的标志。磁化率与岩矿石中铁磁性物质的含量有关,角闪花岗岩体总体表现为负值或低正值,而其他火山岩则为高正值。根据二者磁场特征的差异可大致确定角闪花岗岩体与地层接触带的大致位置,且低正值梯度带靠近高磁力区一侧的相对低磁带则是蚀变矿化带的反映。

(3) 地球化学标志。根据地球化学剖面资料,矿化元素 Cu, Ag, Au 的高含量是直接找矿的地球化学标志, Zn, As, Sb 的高含量可作为间接地球化学标志,且 Zn 的分布范围较 Cu 矿化体分布范围要大。

(4) 其他标志。通过对该区卫片进行处理后,在矿区南部出现一个近 EW 向展布的热异常带,在该热异常带中出现几个呈串珠状分布的热中心,形似

海岛,故称热岛^[11]。已知矿段中的乔西矿段和大西沟矿段西段矿化集中部位分别与1#、2#热岛位置吻合,八一矿段和大河沿-大东沟一带已知矿化密集地段则分布于4#、5#热岛北侧,这种空间关系表明“热岛”与矿化之间有一定内在联系,因而“热岛”可作为一种间接找矿标志。而且在4#、5#“热岛”中已见有零星矿化或稀疏矿体,这可能预示着在这些部位的深部或其南侧覆盖区可能存在较好矿化^[12]。

6 结语

区内铜矿化普遍,分布范围广泛,共有3种矿化成因类型,即火山-火山热液型、脉岩型和热液脉型,其中尤以晚志留世海相火山-火山热液型矿化最为重要,主要分布于矿区中部的气孔-杏仁状玄武岩中,呈近EW向展布,在一定程度上受断裂构造的控制;脉岩型矿化分布比较零散,规模大小不等,产状不定,且普遍可见铜矿化,区内大量矿化正长斑岩脉的出现,表明岩浆喷出地表在矿区形成巴音布鲁克组中基性火山岩后,岩浆又一次大规模侵位,在中基性火山岩浅部形成正长斑岩脉,推断在矿区出露的正长斑岩脉下部可能有较大的含铜正长斑岩体,因此,在巴音铜矿区寻找斑岩型铜矿前景较大;热液脉型矿化分布于矿区西南角,受角闪花岗岩体及其接触带控制,局部还受到后期断裂破碎带控制,矿化体的展布方向和产状与接触带产状基本一致,寻找和查明角闪花岗岩体与地层的接触带,有望发现具有工业价值的热液脉型新矿体。

Geological Characteristics Origin and Metallogenic Model of Bayin Copper Deposit in Hejing County of Xinjiang Uygur Autonomous Region

WANG Qiyao, WANG Yujie

(No. 6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weihai 264209, China)

Abstract: Bayin copper deposit locates in the southern margin of the middle section of medium Tianshan Mountains, the southeast margin of Yili mass, and south part of the Southern Tianshan zone. It is in the intersection part of Awulale mountain and Nalati mountain, and belongs to copper, nickel, gold mineralization belt of the Nalati. Its geological, tectonic characteristics are more complex with favourable metallogenic conditions. Through analysis on regional metallogenic background and geological characteristics of

参考文献:

- [1] 向鼎璞. 新疆大地构造轮廓[J]. 地质论评, 1959, 19(2): 49-59.
- [2] 朱裕生, 肖克炎, 宋国耀, 等. 中国主要成矿区(带)成矿地质特征及矿床成矿谱系[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [3] 王有标, 赵殿甲. 中国新疆金矿床[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [4] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿床资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [5] 王科强, 牛翠祎, 张峰, 等. 中国大型-超大型金矿床时空分布及其成矿地质背景[J]. 矿床地质, 2008, 27(增刊): 77-84.
- [6] 王莉娟, 王京彬, 王玉往, 等. 新疆准噶尔-东天山地区产于韧性剪切带中的金矿床成矿流体与碳、硫、铅同位素[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 486-493.
- [7] 夏立献, 刘成帅, 刘传朋. 新疆伊宁县塔乌尔别克金矿地质特征及找矿标志[J]. 山东国土资源, 2011, 27(6): 6-9.
- [8] 王鹤年, 汪耀. 山东焦家金矿床的成因探讨[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 250-257.
- [9] 刘建明, 张锐, 张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前沿, 2004, 11(1): 268-278.
- [10] Elsayied, R. S., (2005). Geochemical studies and tectonic control of gold mineralization in the baeyuda desert. Northern Sudan with especial emphasis of Hagaggia area, Unpublished M. Sc. thesis Alnelain Univ.. Khartoum: 133.
- [11] Vail, J. R., (1975). Geological investigation in the Bayuda Desert, Northern Province, Sudan, Res. Rec. Univ. Khartoum, (1): 4-6.
- [12] Vail, J. R., (1979). Outline of geology and mineralization of the Nubian Shield east of the Nile valley, Sudan In: Tahon, S>A>, (ed.). Evolution and mineralization of the Arabian Nubian Shield, 1, 97-107. Pergamon press.

(下转第11页)