

阿尔金成矿带主要成矿系列及其地质特征

毛德宝¹, 王克卓³, 钟长汀¹, 倪康³, 王杰², 杨风³, 胡小蝶²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 3. 新疆地调院, 乌鲁木齐 830011)

【摘要】阿尔金地区是我国少数几个地质矿产调查程度极低的地区之一, 近年来国土资源大调查在此投入了大量工作, 初步查明了区内矿产资源的分布情况、主要矿床类型和找矿潜力。研究表明, 具有漫长地质演化历史的阿尔金成矿带发育类型较为齐全的金属、非金属和能源矿床, 其中金、铜、铅、锌等矿种具有较大的成矿远景。重点介绍了该地区主要成矿系列的地质特征和典型矿床, 在此基础上初步总结了该区的成矿规律和找矿方向。

【关键词】阿尔金成矿带 成矿系列 成矿潜力

【中图分类号】P612 **【文献标识码】**A **【文章编号】**0495-5331(2003)05-0001-05

1 区域地质背景

阿尔金成矿带地处青藏高原的北缘, 横跨塔里木地块、柴达木地块和昆仑褶皱系之间^[1], 是我国迄今地质矿产研究最为薄弱的地区之一。由于阿尔金地区是多个构造单元的结合带, 其内部区域构造单元依据不同历史演化时期应有不同的组成, 这种复杂的大地构造位置和演化历史造就了复杂的构造岩浆活动和沉积过程, 为成矿提供了良好的条件。

该地区经历了漫长而复杂的地质演化历史, 大于3600Ma年代信息的发现(李惠民等, 2001)^[2]将本区地质演化推至了早太古代。以新太古代为主形成的太古宙陆壳(花岗片麻岩的颗粒锆石U-Pb年龄主要为2473Ma)集中产于阿尔金山北坡, 构成了本区的早期陆核, 其主要岩石是TTG质片麻岩和呈大小不等包体产出的一套辉石斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、辉石麻粒岩、变粒岩和大理岩(米兰群)^[3], 原岩研究表明其岩石组合应与花岗岩-绿岩带相当, 但经历了高角闪岩相-麻粒岩相的变质。古元古代的地质演化主要是围绕太古宙古陆核的侧向增生, 在太古宙古陆核的南北两侧广泛发育了古元古界的被动陆缘型沉积(阿尔金山群), 主要发育一套含石墨大理岩、含石墨的砂线榴石片麻岩, 下部有少量的斜长角闪岩, 因而主要为一套孔兹岩系, 原

岩为镁质碳酸岩和砂泥质岩建造夹少量中基性火山岩, 经历了以角闪岩相为主的变质。古元古代晚期, 本区发育了大规模的构造岩浆活动, 广泛发育了从花岗片麻岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩到富铝花岗岩组合^[4-5]。中元古代早期与华北地台相似发育了非造山的双峰式的岩浆侵入活动, 包括辉长岩-斜长岩组合和巨斑状的钾质花岗岩。前震旦系的中新元古界广泛分布于阿尔金山中部地区, 长城系巴什库尔干群主要为浅变质的石英砂岩、大理岩、变粒岩和绢云石英片岩夹少量的中基性火山岩。蓟县系塔肯达坂群下部主要是长石砂岩、钙质砂岩、粉砂岩夹少量基性火山岩、白云质大理岩和硅质泥岩, 中部为浅变质碎屑岩、碳酸盐夹少量中酸性火山岩, 上部为砂岩、含硅镁质大理岩和结晶灰岩互层, 总体上表现为一套类复理石建造和浅海台地相建造。青白口系索尔库里群为一套弱变质的浅-滨海相碎屑-碳酸盐沉积建造, 含丰富的叠层石。下部为紫红色及棕色石英砂岩、粉砂岩夹硅质灰岩, 底部有不稳定的砂砾岩、含砾砂岩; 中部为厚-中厚层状灰岩, 上部为纹层状灰岩夹白云岩和炭质灰岩, 顶部碎屑岩增多。新元古代的Rodinia超大陆的汇聚和裂解在本区有显著的反应, 表现在呈近东西带状分布的榴辉岩和超高压变质岩^[6]、索尔库里蛇绿岩带和广泛发育的、年代大约在500Ma的基性岩墙

【收稿日期】2002-05-19; **【修订日期】**2002-09-23; **【责任编辑】**曲丽莉。

【基金项目】中国地质调查局地质调查项目(编号:20010200164)资助。

【作者简介】毛德宝(1964年-), 男, 2003年毕业于中国地质大学(北京), 获博士学位, 研究员, 现主要从事矿产资源评价和矿床学研究工作。

群。

震旦系以明显的角度不整合覆盖在前震旦纪变质岩系之上,构成了本区第一套未变质的稳定盖层,主要是一套碎屑沉积岩。早古生代本区由中—新元古代相对稳定的构造状态转化为活动状态,统一的陆壳裂解、在北阿尔金和南阿尔金分别出现了两个扩张洋盆,形成了奥陶系巨厚的火山沉积岩系(拉配泉群)和志留系的复理石沉积,中晚志留世洋盆的完全闭合留下了南北两条具有一定规模的蛇绿岩混杂岩带^[7-12]。晚古生代的构造演化特点表现为早古生代构造旋回的结束和特提斯构造旋回的开始。早、中泥盆世仍为稳定发展期,发育陆相、海陆交互相沉积,进入晚泥盆世,昆仑南坡的扩张出现洋盆使得本区西南部发育了海相火山沉积岩系,至早石炭世更为发育,晚石炭世—晚二叠世随着洋盆扩

张的停止,转化为复理石沉积和磨拉石沉积。中生代本区陆内造山活动强烈,发育陆相含煤建造、岩浆侵入活动和推覆、走滑构造。

综上所述,阿尔金地区经历了复杂的地质构造演化历史,可概括为以下6个地质演化阶段:太古宙古陆核的形成;古中元古代太古宙古陆核的边缘增生;中元古代陆壳的裂解和会聚;新元古代末期—早古生代陆壳破裂和焊接;晚古生代活动大陆边缘演化和中生代走滑作用。漫长而复杂的地质演化历史、多期多旋回的地质构造运动和岩浆热事件为成矿作用提供了优越的地质条件。不完全统计,阿尔金地区迄今已发现150多个矿床和矿点(图1),研究表明加里东期和喜山期是本区成矿的最主要时期,中元古代、华力西期和印支期次之。与各个时期地质构造演化特征相耦合形成了各具特色的成矿系列。

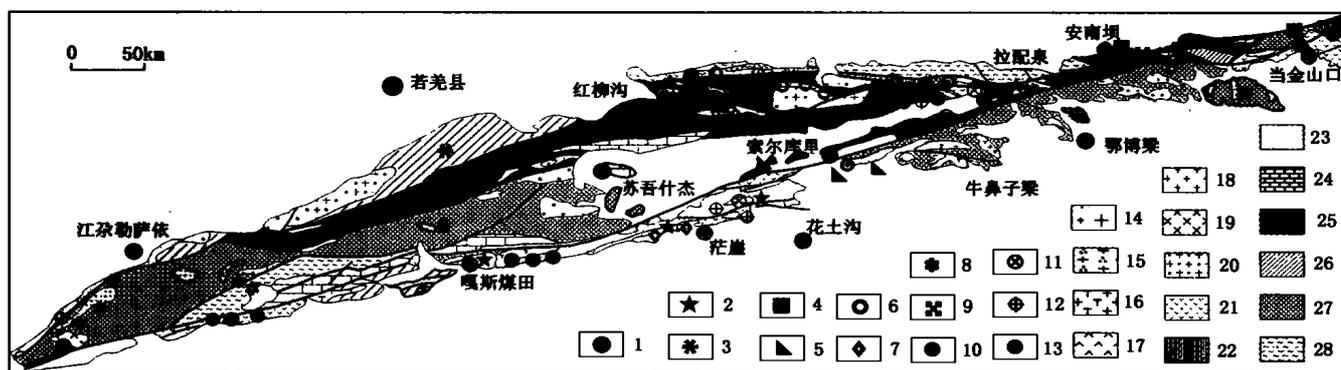


图1 阿尔金成矿带区域地质及矿产分布图

1—地名;2—煤矿;3—白云母矿床;4—白云岩矿床;5—盐类矿床;6—铬铁矿矿点;7—石棉矿床;8—玉石矿床;9—锰矿床;10—磁铁矿矿点;11—铅锌多金属矿点;12—金矿点或矿床;13—铜矿点或矿床;14—燕山期中酸性侵入岩;15—印支期中酸性侵入岩;16—华力西期中酸性侵入岩;17—加里东期超基性岩;18—加里东期中酸性岩;19—中元古代基性超基性岩;20—中元古代中酸性侵入岩;21—奥陶系;22—石炭系;23—侏罗系;24—青白口系;25—蓟县系;26—长城系;27—古元古界;28—太古宙片麻岩—麻粒岩

2 主要成矿系列的地质特征

2.1 中元古代蓟县系 Mn—白云石—玉石成矿系列

中元古代蓟县系是本区重要的含矿层位之一,赋存有大量的金属和非金属矿床,但由于蓟县系和奥陶系在区内的划分还存在很大争议,本文根据近年来最新研究资料,暂将阿尔金北缘原划归蓟县系的一套弱变质的玄武岩、玄武安山岩厘定为奥陶系,而将一套中低级变质碳酸盐和细碎屑岩仍保留为蓟县系,目前在这套中低变质岩系中已发现了沉积变质型的Mn矿床、白云石矿床,在大理岩与晚期酸性—基性—超基性侵入岩的接触带发育大量的玉石矿床。安南坝一带分布的锰矿床产于蓟县系白云岩—含硅质条带状白云岩中,赋矿围岩是红色硅质白云

岩。锰矿体呈层状、似层状和透镜状产出,矿体上部为氧化矿,下部为碳酸锰矿。锰的品位较高为10%~40%。

2.2 与奥陶系火山活动有关的Cu—Pb—Zn—Fe—Au—Ag成矿系列

奥陶纪是本区火山活动最为强烈的时期,在阿尔金山北缘当金山口—拉配泉—红柳沟地区和阿尔金山南缘茫崖—秦布拉克地区广泛发育中基性—中酸性火山岩,形成了大量与火山活动有关的多金属矿床。

2.2.1 与火山喷流作用有关的Cu—Pb—Zn矿床

该类型矿床广泛发育,但目前初具规模的矿床以新疆地调院发现的喀拉大湾Cu—Pb—Zn矿床为代表,矿床处于喀腊达坂黄铁矿化蚀变带中。区内

发育北西西向、近东西向两组断裂。出露地层为奥陶系浅变质海相火山岩、碎屑岩建造,岩性主要有绿泥石片岩、石英片岩、凝灰岩、霏细岩。岩石破碎强烈,裂隙、片理发育。北部分布有华力西期花岗斑岩,区内石英脉广泛发育。岩石蚀变强烈,主要有褐铁矿化、黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化、高岭土化、硅化等。铅锌矿体产出于含磁铁矿的黑云母片岩、黄铁绢英岩中,成因类型为火山沉积变质型。矿体沿东西向断裂分布,矿体产状与围岩岩层产状一致。矿石矿物主要有磁铁矿、黄铁矿、镜铁矿、闪锌矿、方铅矿,少量黄铜矿、孔雀石。铜铅锌矿体产于石英片岩、黄铁绢英岩中。矿体产状与围岩岩层产状一致。矿石矿物主要有铜蓝、孔雀石、黄铜矿、黄铁矿等。

2.2.2 与火山一次火山—浅成岩浆侵入活动有关的热液充填交代型 Cu—Au 矿床

该类型矿床主要形成在奥陶纪,是本区主要金属矿床类型之一。成矿与火山一次火山期后热液活动有关,矿化多呈石英脉型或细脉浸染型沿火山—沉积岩中的断裂和构造裂隙产出,围岩蚀变通常有硅化、绿泥石化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化等。成矿表现为 Cu、Cu—Au、Cu—Fe—Au 等不同金属矿化组合。石英—黄铜矿—黄铁矿脉型矿化在奥陶系中基性火山岩中分布普遍,品位较富,但具有规模者甚少。矿脉常伴有金矿化,一些矿体含金很高,构成铜金矿体,如我们在拉配泉东发现的玉勒山铜金矿点,Cu 平均品位 1.5%,Au 平均品位为 12×10^{-6} 。

采石沟金矿是阿尔金地区已发现的较大金矿床之一,产于阿尔金山东段南坡。矿区内出露地层主要为奥陶系滩间山群,其上部为变气孔状玄武岩、灰绿色安山岩夹粉砂岩及结晶灰岩透镜体,下部为灰紫色砂岩、粉砂岩夹砾岩和中基性火山岩。构造以北东东向、北东向和近东西向断裂为主。矿区内岩浆侵入活动发育,见有加里东期的蚀变超基性—基性岩、中细粒闪长岩、闪长玢岩、花岗闪长岩。目前发现的构造蚀变矿化带有 4 条,其中 I、IV 矿化带在地表已初步控制。构造蚀变带内金矿化普遍,且在局部地段发现有富金矿体。金矿化带产于加里东期花岗闪长岩体与上奥陶统滩间山群接触带之内外侧,容矿围岩为灰绿色凝灰岩、凝灰熔岩和花岗闪长岩。具褐铁矿化、黄铁矿化、黄钾铁矾化、硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等蚀变。矿体呈石英脉断续产于矿化蚀变带中,新鲜矿石见有密集的细粒黄铁矿,含量可达 30%~50%,此外,可见少量闪锌

矿、黄铜矿、方铅矿等金属矿物。矿区内还可见到镜铁矿体和硅质岩。初步研究认为采石沟金矿是受火山机构控制的浅成低温热液矿床。

2.2.3 与火山作用有关的 Fe—(Cu) 矿床

目前发现的该类型矿床都为中小型,主要有白尖山、喀拉大湾、索尔库里南、巴什考供北东、贝壳滩、迪木那里克、古尔岔隘北西、柴达木大门口、长草沟等矿床矿点。对该类型矿床容矿围岩的时代还有争议,在阿尔金北缘地区前人多划归蓟县系,而在阿尔金南缘地区划归奥陶系,本文认为均属奥陶系。出露岩石下部为砂岩、石英岩、炭质板岩、千枚岩,中部为绢云石英片岩、绿泥片岩、变钠质凝灰岩,上部为结晶灰岩、炭质板岩等,其原岩为正常海相碎屑岩、碳酸盐岩和海相中基性火山碎屑岩、火山岩。在白尖山等铁矿主要发育中酸性火山岩和英安斑岩。矿体多产在中部的变中基性火山岩和上部的灰岩中。矿石金属矿物有磁铁矿—赤铁矿、磁铁矿—黄铁矿、赤铁矿—斑铜矿—黄铜矿等不同组合。围岩蚀变主要为钠长石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化、方柱石化等。该类型矿床的成矿作用可能经历了多阶段的演化:从火山喷流沉积成矿、火山气液充填交代到变质改造成矿。

2.3 与基性超基性岩有关的石棉—滑石—玉石—蛇纹岩—Cu—Cr—Ni—Co—Au 成矿系列

阿尔金山广泛分布有基性超基性岩体,主要分布在红柳沟—安南坝、茫崖—秦布拉克、苏吾什杰—木纳达坂 3 条带上,其时代主要为加里东期,多数岩体是蛇绿岩带的组成部分。这些基性超基性岩浆活动形成了岩浆熔离型 Cu(Ni,Co) 矿床和铬铁矿矿床、岩浆期后热液型 Cu—Co—Ni—Au 或 Au 矿床。岩浆熔离型矿床目前在区内都不成规模,多为矿点或矿化点。如攸苏普雷阿克 4 号铜矿点、盖勒克萨依铜矿点、加尔乌增沟铜镍矿点、金泉山镍矿化点、红柳沟一带的铬矿点、阿克塞一带的铬矿点等。岩浆期后热液型 Cu—Co—Ni—Au 矿床如茫崖石棉矿西矿点、卡特里西矿点,金矿床如盘龙金矿等。在超基性岩与蓟县系的接触带常形成玉石矿,如马特克布拉克玉石矿、塔特勒苏大型玉石矿。石棉矿是阿尔金地区主要的矿产资源,有茫崖、安南坝、红柳沟、巴什瓦克等大中型石棉矿和众多小型石棉矿。

2.4 与华力西期钾质花岗岩有关的 Au—Ag—Cu 矿床系列

该类金矿床是阿尔金地区最重要的金矿床类型,如阿尔金北缘大平沟金矿、阿尔金南缘柴水沟金

矿、碎岩山东铜银矿点及攸苏普雷阿克地区的一些金矿化点。金成矿作用与碱性、偏碱性的花岗质岩浆活动有关,在矿区范围内发育了大量的钾质花岗岩或石英钾长石脉。金矿床产于花岗岩体内外接触带的断裂构造中,而大平沟金矿的部分矿体即为石英钾长石脉与华北地台一些与钾质花岗岩有关的金矿床成矿特征相似^[13]。矿化蚀变带中广泛发育钾化、绢云母化、碳酸盐化、硅化和高岭土化等。根据成矿作用特点可将矿床划分为石英脉型、构造蚀变岩型和高硫型浅成热液矿床。

碎岩山东铜银矿点具有高硫型浅成低温热液矿床的特征。含矿地层是片理化的钙质粉砂岩、结晶灰岩夹绢云绿泥片岩,容矿围岩主要是中厚层的结晶灰岩。矿体沿地层层理产出,在地层层面与断层的交汇部位或褶皱的核部矿体变厚、变富。矿石矿物主要是银黝铜矿、硫砷铜矿、黄铁矿,可见少量的闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、赤铜矿、辉钼矿、辉铋矿等。围岩蚀变有黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化和钾长石化等。矿石含 Cu 一般 2.6%,最高 23.41%;Ag 一般 50×10^{-6} ,最高 1385×10^{-6} 。

大平沟金矿处于阿尔金山北缘断裂带的次级断裂中。矿区出露地层为奥陶系的一套褐灰—褐红色变粒岩、灰绿色变粒岩夹片岩。矿区处于阿尔金山北缘断裂与库木塔格—白尖山深断裂之间,断裂发育,多为南倾陡立的压剪性断裂,主要有北西向、东西向两组,一般呈小角度斜切地层。沿断裂发育次级裂隙带及破碎蚀变带。这些破碎蚀变带普遍含金,是该金矿主要的赋矿构造。矿区东部二长花岗岩,呈小岩体、岩株、岩脉状沿断裂带分布,岩体中的地层残留体较多,其形态大小不一。矿区主要脉岩有石英脉、石英—钾长石脉,多沿断裂破碎蚀变带和裂隙分布,呈脉状、透镜状,具平行排列和尖灭再现特征,其中石英脉普遍含金。矿石的主要金属矿物为自然金、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿,脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石等,自然金呈微细粒—细粒包体金、粒间金形态出现。矿化类型可区分为含金石英脉型和破碎蚀变岩型两种。蚀变类型有绢云母化、绿泥石化、高岭土化、碳酸岩化等,并呈多期矿化蚀变的特征,这种矿化蚀变的叠加作用有利于金的富集。围岩与含金破碎带具一定的矿化分带,初步可划分出以下 3 个带:①石英—黄铁矿—黄铜矿—绢云母带为矿体集中分布带,其宽度与石英脉分布范围吻合。矿化蚀变类型齐全,含金较高。②褐铁矿—黄铁矿—绿泥石带为过渡带,其宽度受石英

脉与破碎带边界控制,宽度不大,局部(如 IV 号蚀变带)达十几米,以褐铁矿化、绿泥石化为主,含金不高,局部可构成表外矿。③褐铁矿—钾长石—绿泥石带,为矿体及含金破碎蚀变带的围岩,岩石以星点状、团块状褐铁矿为特征,普遍发育绿泥石化、钾化,基本不含金。初步研究分析认为:大平沟金矿的形成与阿尔金山北缘断裂长期活动及与之相伴的岩浆活动密切相关。华力西期岩浆活动是成矿热液的主要来源,区内的次级断裂为成矿热液的活动及富集成矿提供了有利导矿、储矿条件。

柴水沟金银矿床产于奥陶系辉绿岩与中基性火山沉积岩的接触带,受近东西向的断裂构造控制,蚀变带北西部大面积分布着华力西期的钾质花岗岩体,岩石的 $K_2O + Na_2O$ 为 7.26% ~ 9.28% (其中 K_2O 为 4.58% ~ 5.45%)。矿化蚀变带长 1200 m,宽 2 ~ 5 m,主要产于基性火山—沉积岩中,部分位于钾质花岗岩中,发育硅化、钾长石化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化、重晶石化和绢云母化等。石英脉呈透镜状断续分布在蚀变带中,以石英脉的品位最高,矿化最好。金属矿物主要为方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿,少量为辉银矿、自然金。脉石矿物为石英、绿泥石、钾长石、石膏、重晶石、高岭土等。

2.5 与印支期二长花岗岩有关的夕卡岩型 Cu - Pb - Zn 多金属成矿系列

该成矿系列发育于阿尔金山东段,目前已发现雁丹图铅锌矿床和黄矿山铜铅锌多金属矿点。

雁丹图铅锌矿点位于阿尔金山北坡。区内出露地层简单,主要为长城系,下部为中厚层状含透辉大理岩与薄层状白云石英片岩互层,中部为灰黄色薄层状白云石英片岩夹透辉大理岩,上部为灰白色厚层状含透辉大理岩。可见有 3 组断层:近东西向、北东东向和北西向,其中以北西向最为发育。侵入岩见前寒武纪片麻状花岗质脉岩、变质基性岩脉,华力西期二长花岗岩。矿脉呈透镜状沿顺层(片理面)展布的张性断裂裂隙产出,脉体斜列分布,总体呈向北西突起的南北弧状。矿石的矿物成分较复杂,由高温到中温矿物均有出现。主要矿石矿物有磁黄铁矿、毒砂、辉铋矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、辉银矿、铜蓝等,次生矿物有褐铁矿、白铅矿、黄钾铁矾、明矾、蓝铜矿等。次生矿物多分布在地表,形成铁帽并组成氧化矿石,深 2 ~ 4 m。其下为原生矿石。脉石矿物以方解石、石英为主,次有石榴石、透辉石和云母等。矿石结构可分为两类,一是以闪锌矿、磁黄铁矿为主的块状矿石,另一类为夕卡岩化大

理岩中的浸染状矿石。除铅锌外,有少量的铜、铋可达工业要求,伴生元素有镉、镓、铋等。根据矿石结构构造及穿插关系可分为3个成矿阶段:夕卡岩化大理岩伴生的辉铋矿;磁黄铁矿—闪锌矿—毒砂—方铅矿;方铅矿—黄铜矿—黄铁矿。该区矿石虽然矿物共生组合复杂,但空间分布上有明显的规律,由地表向深部闪锌矿、方铅矿有变贫的趋势,而磁黄铁矿、毒砂有相对增高的现象。铅锌矿脉的围岩为含透辉大理岩及白云石英片岩,特别在两岩层接触面中的张扭性结构面内,矿脉分布尤为密集。围岩蚀变强烈,其蚀变有绢英岩化、夕卡岩化、硅化,前两种蚀变与成矿关系密切。矿床的形成和华力西期二长花岗岩有密切的成因联系,矿脉分布在该岩体顶部的透辉大理岩和片岩中。由于后期扭动作用而产生的反时针张扭性帚状构造,岩浆活动期后含矿热液沿上述张扭性裂隙充填成矿^[14]。根据矿脉中的矿物共生组合及围岩蚀变特征,该矿床的成因属中温热液交代脉状充填矿床。

3 区域找矿方向

通过成矿条件和业已发现的矿床矿点的成因类型分析,认为区内最具潜力的矿床类型有:断层破碎蚀变岩型金矿床(主要受阿尔金南北缘断裂控制);以沉积岩(尤其含碳质)为容矿围岩的金矿床(长城系、蓟县系、青白口系和奥陶系普遍发育(含碳)沉积岩系,并在多处发育较好的黄铁矿化等破碎蚀变);与碱质岩浆活动(A型花岗岩和橄榄粗玄岩系)有关的金矿床;与奥陶纪中基性火山活动有关的铜铅锌多金属矿床;与基性超基性岩浆侵入活动有关的磁铁矿矿床等。已发现的优势矿种是石棉、云母、玉石等非金属矿床。

根据地区化探、遥感综合找矿信息可以初步确定以下地区具有较好的成矿条件:阿尔金北缘的拉

配泉—红柳沟、拉配泉—阿克塞;阿尔金南缘的库勒萨依—吐拉、茫崖—冷湖;阿尔金西北缘的哈迪勒克—塔什萨依等。其中目前已发现的喀拉大湾铅锌铜多金属矿床具有层控的VOLEX型矿床的特征,蚀变带规模大,是最具找矿远景的矿点。

[参考文献]

- [1] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价—全国成矿远景区划综合研究[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [2] 李惠民,陆松年,郑健康,等. 阿尔金东端花岗片麻岩中3.6Ga锆石的地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报,2001,20(4):259~262.
- [3] 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,1996,15(1):51~57.
- [4] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [5] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [6] 刘良,车自成,王焰,等. 阿尔金高压变质岩的特征及其构造意义[J]. 岩石学报,1999,15(1):57~64.
- [7] 崔军文,唐哲民,邓晋福,等. 阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [8] 郭召杰,张志诚,王建军. 阿尔金北缘蛇绿岩的Sm-Nd等时线年龄及其大地构造意义[J]. 科学通报,1998,43(18):1981~1984.
- [9] 赖绍聪,邓晋福,赵海玲. 青藏高原北缘火山作用及构造演化[M]. 西安:陕西科技出版社,1996.
- [10] 许志琴,杨经绥,张建新,等. 阿尔金两侧构造单元的对比及岩石圈剪切作用[J]. 地质学报,1998,68(1):1~14.
- [11] 于学政,邓晋福,罗照华. 青藏高原隆升与东昆仑地区金矿遥感地质研究[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [12] 张建新,许志琴,杨经绥,等. 阿尔金西段榴辉岩岩石学、地球化学和同位素年代学及其构造意义[J]. 地质学报,2001,75(2):186~197.
- [13] 毛德宝. 与碱性岩有关的金矿床[J]. 地质与勘探,1992(9):13~17.
- [14] 吴树仁. 控断裂几何学和运动学及其控矿规律研究[J]. 地质与勘探,1993(1):1~6.

METALLOGENIC SERIES AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE ALTUN METALLOGENIC BELT

MAO De - bao¹, WANG Ke - zhuo³, ZHONG Chang - ting², NI Kang³, WANG Jie², YANG - Feng³, HU Xiao - die²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170; 3. Xinjiang Institute of Geological Survey, Urumqi 830011)

Abstract: With much long history of geological evolution, the Altun metallogenic belt has developed many metal, nonmetal and energy resources in a wide range of mineral deposit types, of which, asbestos, muscovite, salt deposits are important resources in China. The paper gives a brief summary on the geological characteristics of main metallogenic series. Based on the analyses of ore-forming conditions, a few prospecting targets are pointed out.

Key words: Altun metallogenic belt, metallogenic series, metallogenic prospect, prospecting target