

中国新疆及周边国家和地区典型矿床特征对比研究

李智明^{1,2} 薛春纪¹ 王剑辉^{1,2} 王庆明³

(1. 长安大学, 陕西 西安 710054; 2. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054;

3. 新疆维吾尔自治区地质调查院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

提要:中国新疆及周边国家和地区是全球性中亚巨型成矿域的重要组成部分。黑色岩系矿床、斑岩矿床、块状硫化物矿床、陆相火山岩金矿床、与富碱性侵入岩有关矿床和砂岩铜矿等几种重要的典型矿床类型在该成矿域均已不同程度的发现,特别是近几年来在该成矿域相继发现多个大型和超大型矿床的事实,说明中亚成矿域具有独特的成矿特点和巨大的找矿潜力。笔者通过分析研究中国新疆及周边国家和地区大型或超大型矿床的成矿规律和典型矿床特征,对新疆及相邻地区的大型或超大型矿床的找矿方向提出了见解。

关键词:中亚地区;新疆;典型矿床;矿床特征;对比研究;大型或超大型矿床;找矿方向

中图分类号:P618.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)01-0160-09

中国新疆及周边国家和地区包括中国新疆全境、甘肃、青海、内蒙古、西藏等省(区)和哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、巴基斯坦、克什米尔、印度、蒙古等国家和地区,总面积约 370 万 km²,是全球性中亚巨型成矿域的重要组成部分。中亚成矿域近年来的工作进展及披露的材料说明了它的成矿优势及资源潜力不在环太平洋成矿域及特提斯成矿域之下^[1]。中亚成矿域黑色岩系矿床、块状硫化物矿床、斑岩矿床、陆相火山岩金矿床、与富碱性侵入岩有关矿床和砂岩铜矿等几种重要的典型矿床类型在中国新疆及周边国家和地区均已不同程度的发现,有鲜明的古生代造山带成矿和独特的成矿作用特点。尽管中国进入中亚成矿域的土地面积较小,但工作程度较低,因此,通过开展中国新疆及周边国家毗邻地区成矿带典型矿床特征的对比研究,加深中亚成矿域的认识,对于指导中国新疆地区矿产资源勘查与评价工作具有十分重要的意义。

1 主要矿床类型

新疆维吾尔自治区地质矿产局及国家“305”项目组自 20 世纪 80 年代以来,根据前苏联地质部全苏地质研究所编制出版的《哈萨克斯坦褶皱区成矿规律图(1:150 万)及说明书》对全疆特别是新疆北部地区成矿规律研究方面做了大量的综合分析与研究。在充分考虑了各区带地质特征及地

质发展演化历史、主要成矿作用特征、地球化学场特征等基本因素以及控制矿产区域分布的基本地质背景条件等基础上,将全疆划分为西伯利亚构造成矿域、哈萨克斯坦—准噶尔构造成矿域、塔里木—柴达木构造成矿域、青藏构造成矿域和北印度地盾构造成矿域等 5 大成矿域,从东北向西南划分为 15 个成矿带。这些成矿带反映了区内贵重金属、有色金属矿产在平面上的分布规律及展布特征(图 1)。各成矿域的成矿作用各有特点,产出多种矿床类型,其中形成大型或超大型矿床的类型主要有黑色岩系矿床、块状硫化物矿床、斑岩矿床、陆相火山岩金矿床、与富碱性侵入岩有关矿床和砂岩铜矿床,笔者重点就这几类矿床的典型矿床特征进行对比研究。

1.1 黑色岩系矿床

黑色岩系矿床指赋存于高有机碳(一般>0.5%)含量的浅变质碎屑岩系中的层控矿床^[2]。碎屑岩系中常含碳酸盐岩、硅质岩和火山岩,以砂、板岩为主。黑色岩系矿床在中亚成矿域十分发育,分布广泛,经济价值高,是本成矿域特点之一。在成因上与黑色岩系(碳质页岩)、韧性剪切带或脆性断裂带、隐伏岩体有一定联系,如邻区乌兹别克斯坦的穆龙套金矿(金储量 4500 t),向东延至吉尔吉斯斯坦的中天山有库姆托尔金矿(超大型)等,新疆西南天山的萨瓦亚尔顿—查汗萨拉 Au(Sb)矿带等,属此类型(也称层控-热液型)。高碳含量是本类矿床的重要特征之一。

收稿日期:2004-05-09;改回日期:2005-06-15

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(200230000018)资助。

作者简介:李智明,男,1963 年生,博士生,教授级高级工程师,主要从事区域成矿学研究;E-mail:lzmmyj@126.com。

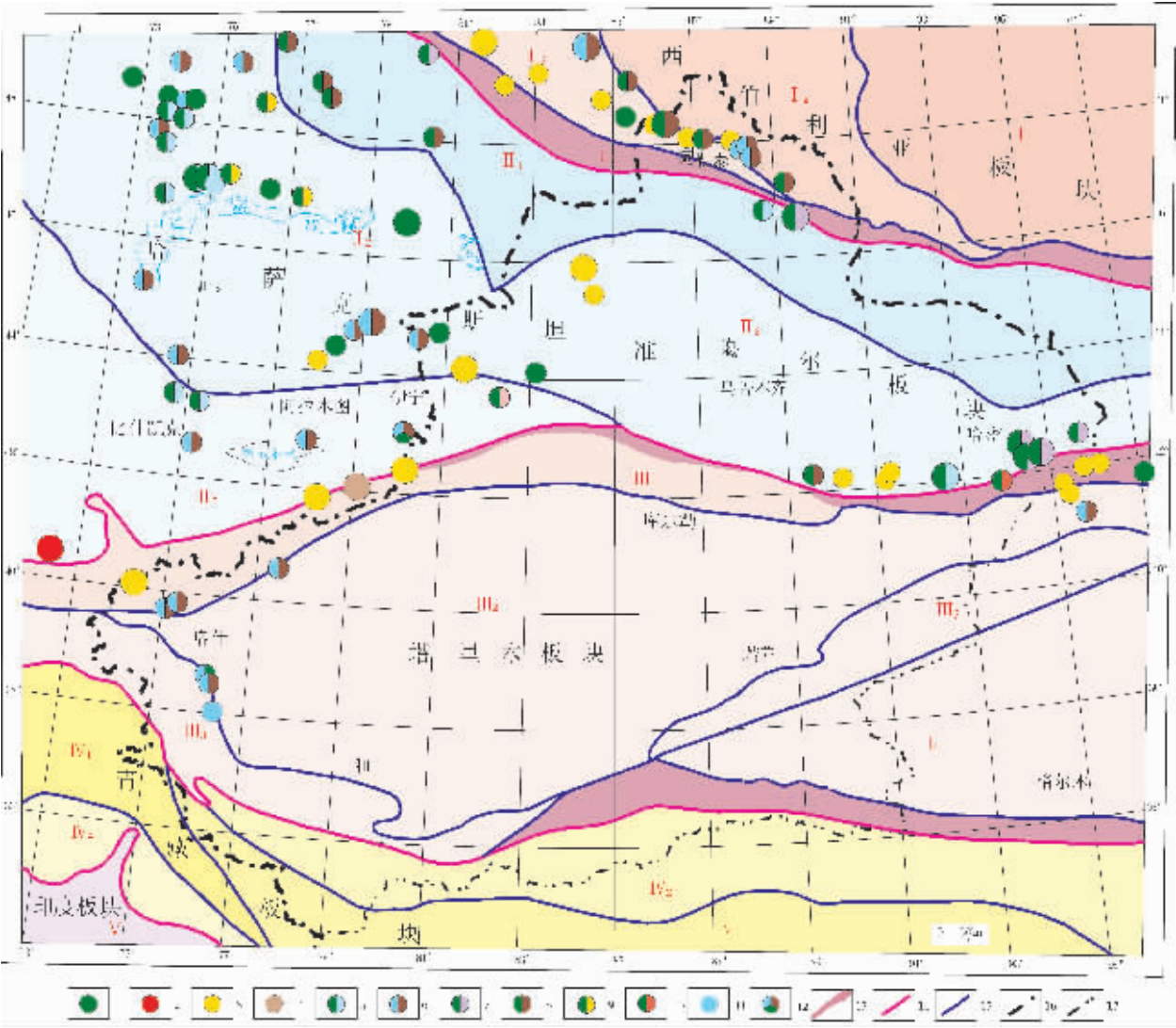


图 1 新疆周边国家和地区贵重、有色金属矿产及成矿带划分略图

1—铜矿;2—铁矿;3—金矿;4—锡矿;5—铜钼矿;6—铅锌矿;7—铜镍矿;8—铜锌矿;9—铜金矿;10—铜铁矿;11—钼矿;12—铜多金属矿;13—板块缝合带;14—构造成矿域界线;15—成矿带界线;16—国界线;17—省界线;I₁—图瓦—蒙古湖区 Cu、Pb、Zn 成矿带;I₂—哈尔锡林—北阿尔泰 Pb、Zn、Cu、Au 多金属成矿带;I₃—霍尔宗—西卡尔巴 Pb、Zn、Cu、W、Sn、Au 成矿带;I₄—恰尔斯克—青河 Ni、Co、Cu、Au 成矿带;II₁—扎尔玛—库兰卡孜干 Au、Ag、Sn 多金属成矿带;II₂—乌斯品—觉罗塔格 Cu、Mo、Au、W、Pb、Zn 成矿带;II₃—楚河—伊犁 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 成矿带;III₁—东阿莱—星星峡 Au、Sb、Hg、Pb、Zn、Cu、Ni 成矿带;III₂—乌恰—北山 Cu、Pb、Zn、Au、Ni 成矿带;III₃—铁克里克—北帕米尔 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 成矿带;III₄—祁曼塔格—阿尔喀什 Cu、Au、Pb、Zn 成矿带;IV₁—兴都库什 Cu、Au、Pb、Zn 成矿带;IV₂—康西瓦—西金乌兰 Cu、Au 多金属成矿带;IV₃—羌塘—唐古拉多金属成矿带;IV₄—科西斯坦—雅鲁藏布江多金属成矿带;V—北印度地盾构造成矿域

Fig.1 Sketch map showing noble metal and nonferrous metal resources and metallogenetic megaprovinces in Xinjiang and its neighboring countries and regions

1 - Copper deposit;2 - Iron deposit;3 - Gold deposit;4 - Tin deposit;5 - Copper-molybdenum deposit; 6 - Lead-zinc deposit;7 - Copper-nickel deposit;8 - Copper-zinc deposit; 9 - Copper-gold deposit;10 - Copper-iron deposit; 11 - Molybdenum deposit; 12 - Copper-polymetallic deposit; 13 - Plate suture; 14 - Boundary of tectono-metallogenetic megaprovince;15 - Boundary of metallogenetic belt;16 - National border;17 - Provincial border; I₁ - Tuwa-Mongolia lake district Cu-Pb-Zn metallogenetic belt; I₂ - Harxilin-North Altay Pb-Zn-Cu-Au polymetallic metallogenetic belt; I₃ - Huoerzong-Xikaer Pb-Zn-Cu-W-Sn-Au metallogenetic belt; I₄ - Qiaersike-Qinghe Ni-Co-Cu-Au metallogenetic belt; II₁ - Zaerma-Kulankazigan Au-Ag-Sn metallogenetic belt; II₂ - Wspin-Qoltag Cu-Mo-Au-W-Pb-Zn metallogenetic belt; II₃ - Chuhe-Yili Pb-Zn-Cu-Au-Ag metallogenetic belt; III₁ - East Alai-Xingxingxia Au-Sb-Hg-Pb-Zn-Cu-Ni metallogenetic belt; III₂ - Wuqia-Beishan Cu-Pb-Zn-Au-Ni metallogenetic belt; III₃ - Tiekelik-North Pamir Pb-Zn-Cu-Au-Ag metallogenetic belts of; III₄ - Qimantag-Arkashi Cu-Au-Pb-Zn metallogenetic belt; IV₁ - Xingdukushi Cu-Au-Pb-Zn metallogenetic belt; IV₂ - Kangxiwar-Xijir Ulan Cu-Au polymetallic metallogenetic belt; IV₃ - Qiangtang-Tanggula polymetallic metallogenetic belt; IV₄ - Kohistan-Yalung Zangbo polymetallic metallogenetic belt; V - North India shield tectono-metallogenetic megaprovince

1.2 斑岩型矿床

研究区斑岩型矿床以 Cu、Cu-Mo、Cu-Au 等为主,也是世界铜矿勘查的最佳类型之一。在中亚成矿域,斑岩铜矿床组成一个不明显的矿带,主要分布于哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦境内,总体在南天山穆龙套黑色岩系矿带之北地区。在巴尔喀什湖北部斑岩铜矿成矿带中,现已发现以斑岩型为主的铜矿床数十处,如科翁腊德斑岩铜矿,储量 790 万 t 以上,为世界十大斑岩铜矿区之一。中国新一轮地质大调查工作,在东天山发现了具有大规模的土地延东斑岩型铜矿床,铜矿资源量达 465 万 t。无疑,斑岩型矿床在新疆及周边国家和地区占有十分重要的位置,远景十分广阔。

1.3 块状硫化物(黄铁矿型)矿床

块状硫化物(黄铁矿型)矿床与海底火山喷流沉积作用有关(也称海相火山岩型矿床)。以铜及铜、铅锌等多金属矿床为主,分布于阿尔泰及南阿尔泰等地,其中列宁诺戈尔斯克矿床,已有百余年开采历史,矿体已基本采尽,现又发现深部有含金石英脉,规模大,延深大于 500 m,延长千米以上,为块状硫化物矿床之后形成。此外还有兹良诺夫超大型 Pb、Zn 矿床,马列耶夫大型 Cu、Zn 矿床等,延入中国境内有阿舍勒大型 Cu、Zn 多金属矿床,可可塔勒大型 Pb、Zn 矿床等等。块状硫化物(黄铁矿型)矿床是 Cu、Pb、Zn 等多金属矿床的重要勘查类型。

1.4 陆相火山岩型金矿床

陆相火山岩型金矿床包括了那些赋存于陆相火山岩—次火山岩系中的金矿床,也包括了那些产于与火山岩—次火山岩系毗邻的地质体中而又具备陆相火山岩型金矿床地质、地球化学特征的矿床^[4]。近 10 余年来,在中亚发现一些陆相火山岩型金矿,如乌兹别克斯坦的可奇布拉克、哈萨克斯坦的阿尔哈雷等矿床,产于石炭纪、二叠纪陆相火山岩中,新疆也发现了阿希等大型陆相火山岩型金矿床,并成为金矿床的主要勘查类型。

1.5 铜、镍硫化物型矿床(镁铁—超镁铁岩型)

铜、镍硫化物型矿床(镁铁—超镁铁岩型)以铜、镍为主伴生铂族元素。主要分布于扎尔玛—萨吾尔—南蒙古成矿带及觉罗塔格成矿带内。前者有喀拉通克大型铜镍矿床及哈萨克斯坦的南马克苏特大—中型矿床(马克苏特型),以铜为主,镍、钴次之,并含铂钯,可综合利用;后者以镍为主,铜次之,目前已发现黄山—黄山东等多处大、中型矿床。

1.6 砂页岩型矿床

在中亚成矿域中,砂页岩型矿床有着重要位置。可以形成于不同时代的沉积或沉积变质岩中,常具有规模大、品位高并含丰富伴生元素的特点。如成矿域东北贝加尔褶皱带中的中、新元古界中产出储量巨大的乌多坎铜矿,铜储量 2000 万 t,在世界范围内的同类型矿床中居首位;哈萨克斯坦北部的杰兹卡兹甘砂岩铜矿床以含铜、铅为主伴生金银,属世界著名的超大型矿床之一。新疆库木库里盆地中南部陆相沉积

砂砾岩型铜矿显示出良好的找矿远景。

1.7 与富碱侵入岩有关的矿床

与富碱侵入岩有关的矿床在新疆、哈萨克斯坦、蒙古国和中国内蒙古等地区都有发育,且呈现成矿作用多样性的特点。重要的矿床有元古宇形成的白云鄂博 REE-Fe-Nb 矿床和塔里木北缘新元古代形成的切干布拉克超大型蛭石矿床。古生代碱性花岗岩还可伴生与之有成因联系的具有重要意义的热液型、夕卡岩型钨、锡和稀有金属矿床。

2 典型矿床特征及其对比分析

2.1 穆龙套超大型和萨瓦亚尔顿大型金矿床等

(1)穆龙套超大型金矿床位于研究区西邻区的乌兹别克斯坦中部。位于哈萨克斯坦—准噶尔板块与塔里木—卡拉库姆板块的缝合带上。区内基底断裂发育,矿田正处于南北向基朱万—穆龙套断裂(规模巨大的隐伏断裂)与东西向穆龙套—纳伦断裂的交汇处。

矿区地层为下—中寒武统碳质—硅质岩建造、奥陶系—志留系细碎屑岩建造,含碳较高,其变质程度为绿泥石—绢云母相。区内侵入岩不发育。矿区构造为奥陶系构成的背斜,主要矿床分布于该背斜向东的倾伏端。含矿岩系(奥陶系—志留系?)自下而上为灰色、杂色、绿色别萨潘组,按其与矿层关系分为矿下带、含矿带、矿上带,厚度大于 1 000 m。矿物组合类型主要有金—石英、金—石英—硫化物和金—硫化物 3 种。金属矿物主要是黄铁矿和毒砂,脉石矿物主要为石英。金呈自然金出现或赋存在黄铁矿和毒砂内;金粒从小于 0.001 mm 微细粒径不等。大的矿脉带,厚 10~20 m,长数百米,一般顺层脉带含金较贫。矿床矿化厚度达数百米,矿体厚度 10~30 m,最厚可达 47 m,向下延伸已达 2 000 m 以上,矿石品位最高达 80×10^{-6} ,低的为 $1.5 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$,伴生组分 Ag、Cu 等。广泛发育硅化、绿泥石化、碳酸盐化、电气石化,为含矿带。探明远景储量 4 000~5 000 t,为原苏联最大产金基地,也是世界上少有的超大型金矿床。在两组断裂交汇处可形成矿柱。

(2)类似的金矿床见于研究区内的中—南天山构造成矿带及卡尔巴—纳雷姆成矿带中。

中—南天山构造成矿带中以库姆托尔超大型金矿床为代表,从构造位置上看,也是位于哈萨克斯坦—准噶尔板块与塔里木(中朝)—卡拉库姆板块的缝合带内。矿层产于元古宇碳质千枚岩的破碎带内,矿带长达 8 km,分东、中、西 3 个矿段,东、西两段矿体各长 500 m,厚 10 m 左右,中段地表出露长 1 000~1 200 m。最富地段长 500 m,共两个矿层各厚约 20 m,间距 20~30 m。已控制矿层延伸达 1 000 m。以自然金为主,呈细粒分布于石英脉及含碳质千枚岩中,部分产于黄铁矿内,Au 品位与黄铁矿含量成正相关关系。金品位富者 $10 \times 10^{-6} \sim 12 \times 10^{-6}$,贫者 $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$,一般为 $7 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。围岩蚀变以硅化、黄铁矿化为主,碳酸盐化次之。地表常形成铁帽,氧化带深 10 m 左右。其成因是含金的碳质层在区域和动力

变质作用下沿断裂破碎带金元素活化、迁移、富集而成矿。

卡尔巴—纳雷姆成矿带中有巴克尔奇克金矿床,矿带富集于北西向与东西向断裂的交汇处,产于含碳粉砂岩地层中,整个矿带长 18 km,宽约 10 余米,石英脉型金矿主要分布于上部近地表处,向深部逐渐过渡为硫化物型金矿。矿体多呈脉状、透镜状,长 300~500 m,厚 1~4 m,Au 品位 10×10^{-6} 。主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、毒砂、方铅矿、辉锑矿等。金主要为晶格金赋存于毒砂和黄铁矿中,分选难。脉石矿物以石英为主,围岩蚀变以硅化、黄铁矿化较强烈。金远景储量 80~100 t。

向东南方向延入新疆境内有肖尔布拉克金矿,也属此类型。

(3)沿“尼古拉耶夫线”向东至新疆边境附近,有查尔库拉金矿田(包括巴羊科勒和查尔库拉两个金矿床),据称远景储量达 1 000 t。新疆南天山境内与吉尔吉斯斯坦交界处的萨瓦亚尔顿金(锑)矿床也属此类型,含矿围岩主要为 S_3-D_1 (Rb—Sr 等时线年龄为 231~241 Ma)^[9]含碳细砂岩、粉砂岩和泥质板岩。围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化和碳酸盐岩化。金属矿物主要是黄铁矿、毒砂和辉锑矿等。矿床的形成与萨瓦亚尔顿深大断裂带在时空上紧密相关。

2.2 科翁腊德超大型和土屋—延东大型斑岩铜矿等

(1)科翁腊德超大型斑岩铜矿位于巴尔喀什湖北侧,矿田产于泥盆纪—石炭纪巴尔喀什残余洋盆中的石炭纪—二叠纪火山盆地内,属巴尔喀什幔凸北缘,受基底断裂控制的上升断块中的不同方向断裂共轭交切部位,是前苏联最大斑岩铜矿,也是世界十大斑岩铜矿区之一。

矿区主要发育石炭系—二叠系火山—侵入岩建造,侵入岩主要为花岗闪长岩—斜长花岗岩类,火山岩为陆相安山岩—玄武岩建造、安山岩—流纹岩建造和流纹岩建造。矿体产于托帕尔岩体(C_2-C_3)最晚侵入的花岗闪长斑岩岩株的顶部,岩体及近矿围岩(酸性火山岩)均蚀变为次生石英,矿体具有原生同心分带及次生垂直分带,一般可分为氧化带(包括淋滤带、氧化带和混合矿石带)、次生富集带和原生带。次生富集带占矿床铜储量的 70%以上,矿石构造为网脉状构造,矿体形态为杯状体。主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿等,脉石矿物为石英、长石等。围岩蚀变强烈,有硅化、绢云母化等。铜(钼)矿化主要赋存于上部绢云母相、高岭土—绢云母相中,矿体长约 1 500 m,宽 1 200 m,延深大于 650 m,Cu 平均品位 0.9%(次生富集带 1%~1.5%,原生带 0.4%~0.6%)。Cu 储量 790 万 t,除 Cu(Mo)外尚伴生金(年产 6 t,品位 0.9×10^{-6}),Pb、Zn 均可综合利用。

(2)在巴尔喀什湖东端,1974 年通过地质、地球物理、地球化学综合普查发现了阿克斗克超大型铜矿床。矿区主要出露中—上石炭统火山—沉积建造,其中有花岗闪长斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩类花岗杂岩体侵入,其上为上石炭统—下二叠统地层不整合覆盖。含矿岩体为花岗闪长斑岩小岩株,蚀变分带明显,由中心向外,依次为石英块体—钾长石化带,绢云

母化带,绿泥石(青磐岩)化带。矿体长约 1 500 m,宽 800~1 000 m,延伸大于 500 m,Cu 储量约 500 万 t(品位 0.5%),除 Cu、Mo 外伴生 Au 和 Pb—Zn,可综合利用。

该成矿带内还有多处大、中型铜矿床,其类型以斑岩型为主,也有热液型及夕卡岩型等。看来它们都可能属斑岩铜矿成矿系列中的成员。

(3)目前所知的新疆斑岩铜矿以觉罗塔格成矿带为最佳^[9]。新一轮地质大调查工作,在东天山发现了具有大型规模的土屋—延东斑岩型铜矿床,矿区出露的地层为石炭纪企鹅山群玄武岩、安山岩、安山质角砾熔岩、火山角砾岩等。矿区分布有闪长玢岩及斜长花岗斑岩。赋矿岩石以蚀变闪长玢岩为主,斜长花岗斑岩和隐爆角砾岩次之。岩体及顶盖残留体均发育青磐岩化和孔雀石化。矿化蚀变带东西长约 300 m,南北宽 250~530 m。蚀变带内已发现两个矿体:I 号矿体地表控制长 1 400 m,最大宽度 135.7 m,深部厚度和延伸很大,Cu 品位 0.2%~1.92%(平均 0.59%)伴生 Au、Ag; II 号矿体地表控制长 1 300 m,最大宽度 84.15 m,Cu 平均品位为 0.35%~0.36%以上,已估算出 Cu 资源量 465 万 t,达大型矿床规模。

(4)蒙古国 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿床

该矿床是近两年来发现的世界级规模,正在大规模勘探之中的斑岩型铜金矿床,位于蒙古国南戈壁沙漠中,离中蒙边界 80 km。矿床由西南部、南部、中部和远北部 4 个矿化区组成。矿区出露地层以志留纪、泥盆纪层状安山质流纹岩为主,侵入岩为长石斑岩和石英长石斑岩岩株岩脉,为赋矿岩体。矿体呈筒状,富含黑云母钾硅酸盐蚀变岩的年龄为 411 ± 3 Ma(K—Ar 法)^[9],显示蚀变和矿化发生在晚志留世—早泥盆世。目前,估算铜资源量 308 万 t,Cu 平均品位 0.41%~0.75%,Au 资源量 311 t,Au 平均品位 0.53×10^{-6} 。

2.3 兹良诺夫斯克矿床、马列耶夫超大型铅、锌矿和阿舍勒铜锌矿床

(1)兹良诺夫斯克矿床位于矿区阿尔泰成矿带内,在构造位置上属弧后盆地或大陆边缘裂谷带。兹良诺夫斯克矿床发现于 1791 年,地表为 Ag、Pb 矿,经过 200 多年的开采和勘探,证明是一个超大型 Pb、Zn 矿,Cu、Au、Ag、Cd 可同时开采综合利用。出露地层为中泥盆统列弗组中—基性火山沉积建造,马斯良组碳酸盐—陆源沉积建造。控矿构造为兹良诺夫背斜和复杂化断裂构造。侵入岩为石炭纪的基性、中性岩株和岩脉。矿体呈凸镜状、带状、陡倾层状,在 NW 走向和纬向断裂的交汇处形成柱状矿体。以浸染状矿石为主,次为致密状矿石,少量具有沉积和交代矿石的原生结构矿石。整个矿化带沿走向延长达 3 km,垂深 1 200 m(尚未穿透矿化带)。矿层与岩层产状总体是整合的,矿体倾向延深大于走向延长,如帕科诺夫矿层地表长 50~60 m,宽 20~25 m,延深近 1 000 m。据了解,该矿床已采矿石量 5 000~6 000 万 t,足见其规模之大。

该矿床成矿阶段不十分明显,矿体一般圈闭在火山穹隆、断裂破碎带及片理化带内,与火山沉积和热液交代作用

有着紧密的成因联系,故认为属块状硫化物矿床。

(2)在距兹良诺夫斯克以北 12 km 处,1840 年发现了马列耶夫矿床,到 1954 年前进行了规模不大的勘探和开采,至 20 世纪 80 年代重新进行了地质勘探工作,发现了罗德尼科夫含矿带。该矿带是现有矿床储量的 70%以上,故使其变成一大型矿床。

马列耶夫矿床产于泥盆纪火山机构中,矿化与中泥盆统酸性次火山岩关系密切,并多产于次火山岩上盘及其分叉部位,矿石类型分为 2 大类 6 亚类:多金属矿石大类包括重晶石-锌-铅-铜矿石、重晶石-铅-锌矿石和锌矿石;黄铁矿 Cu-Zn 矿石大类,包括黄铁矿铜-锌矿石,黄铜矿-黄铁矿矿石和硫铁矿矿石。矿体具明显分带特征,矿体上部大部分是层状重晶石-多金属和多金属矿石;矿体下部为网脉状黄铁矿 Cu-Zn 矿石。以 Cu、Zn 为主,Pb 次之,除 Cu、Zn、Pb、S、Ba 可综合利用外,尚含有用成分 Au、Ag 等,矿石中 Cu、Zn、Pb 的综合品位大致是 11%。

该矿床矿质来自深源,是由于火山喷气热液-沉积交代与热液-沉积联合作用的结果。属块状硫化物型矿床,也称海相火山岩型矿床。

(3)延入新疆境内,有阿舍勒大型 Cu-Zn 多金属矿床、可可塔勒大型铅锌矿床等一系列大-中型多金属矿床,其成矿地质背景条件基本与上述矿床相似。

阿舍勒铜锌矿床产于泥盆纪火山盆地内,矿体位于阿尔泰组第二岩性段中酸性火山岩中(火山管道或火山口附近),火山活动可划分为 3 个旋回,以喷发相中酸性至中性火山岩为主,矿床为中泥盆世海底火山活动产物,并产于火山穹隆叠加背斜的构造中,富矿和特富矿赋存于火山管道或火山口附近。矿区主要有 7 个矿化带:阿舍勒矿床产于第一矿化带内(长 100 m,宽 30~50 m)强烈蚀变的岩石组成多个线性蚀变带。主矿体(I 号)为以 Cu、Zn 为主的半隐伏矿(约 2/3 为富矿),主矿体以西为 II 号矿体,以东为 III 号矿体,围岩蚀变强烈,以硅化为中心,两侧依次出现高岭土化、绢云母化、绿泥石化等而渐变过渡到围岩,金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉铜矿、斑铜矿等,脉石矿物以石英为主,次为方解石等。该矿床是新疆境内目前最大 Cu(Zn)矿床,S、Zn、Au、Ag、Ba 等均达中型规模。

(4)可可塔勒成矿带,位于阿尔泰南缘泥盆纪火山-沉积盆地内,东起富蕴县卡拉先格尔断裂,西至布尔津县冲乎尔乡北西,全长约 250 km,宽 10~30 km。包括麦兹、克朗、冲乎尔 3 个火山-沉积盆地。

可可塔勒成矿带以酸性火山活动为主,故以 Pb、Zn、多金属成矿为特色,该带 Pb、Zn 多金属矿床的共同特征是:矿床均形成于火山活动的间歇期,近围岩以变质粉砂岩、片岩、大理岩等沉积岩为主,矿体下盘火山岩中常出现集块岩、角砾岩、次火山岩-脉岩(次火山岩)等,反映了火山喷发中心的存在。这类火山岩系中沉积岩容矿的矿床多为以 Pb、Zn 为

主的多金属矿床,为 Sedex 型海底喷气沉积矿床,因此是一个很重要的类型。可可塔勒成矿带中已发现并评价了可可塔勒大型 Pb、Zn 矿床、铁木尔特大-中型 Cu、Pb、Zn 矿床等一批 Pb-Zn 多金属矿床,显示了该带巨大的找矿潜力。

2.4 杰兹卡兹甘砂页岩型铜矿和库木库里砂岩型铜矿

(1)杰兹卡兹甘位于哈萨克斯坦萨雷苏盆地西北缘,在构造上位于科克切塔夫早古生代褶皱带田吉兹-萨雷苏复背斜西南缘,属早古生代褶皱基底上的沉积盆地。矿床产于经向与纬向深断裂的交汇处。下-中石炭统杰兹卡兹甘组为赋矿地层,由灰色和红色复矿砂岩、粉砂岩和砾岩的 51 个韵律层组成,偶夹火山灰凝灰岩,属浅水三角洲-泻湖相沉积,总厚 650 m。有 26 个含矿的灰色砂岩,其中 19 层含有工业矿体,有 300 多个矿体。矿体多为层状、扁豆状、等轴状,也可见到条带状矿体,产状与围岩层理一致,矿体规模大,一般大矿体长、宽均为 1 000~2 000 m,矿体与围岩无明显界线,只能根据取样资料确定,Cu 品位为 0.4%~20%。主要金属组分为 Cu、Pb、Zn、Ag、Re、Cd 亦具工业价值。矿石构造为浸染构造和带状构造。围岩蚀变为硅化、碳酸盐化等。该矿的规模仅次于乌多坎矿床,已探明储量 300 万 t 以上,是哈萨克斯坦重要有色金属工业基地之一。其矿石形成的绝对年龄用 Re-Os 法测定为 $(210 \pm 30) \text{ Ma}$ (1975),而铅同位素年龄为 250~260 Ma。成矿的第一阶段是原始地层中铜的沉积,形成矿源层,时代为中石炭世;第二阶段是在后期构造运动中,铜的活化转移并在有利部位富集为巨大的工业矿体,时代为二叠纪末。故不少学者称其为同生-后生矿床。

(2)新疆境内的类似矿床,塔里木南缘的盖孜特格里曼苏铜矿,位于昆北石炭纪裂隙槽边缘的早石炭世碎屑岩中,为滨海相的砂页岩型铜矿。共有 4 个含矿层:顶部含矿层长 2 200 m,分上、下两层,上层矿连续性好,圈出 4 个矿体,长 98~330 m,厚 0.55~3.8 m。Cu 品位 0.69%~2.35%,平均 0.74%,矿体呈似层状、扁豆状或凸镜状,与围岩整合接触,矿石矿物较复杂,以硫化物为主,氧化物次之,主要有黄铜矿,次为辉铜矿等;氧化矿石为孔雀石等。伴生有益组分主要是 Ag,普遍含 $\text{Ag } 10 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$ 。矿体与围岩整合接触,含铜矿物呈胶结物状态充填于颗粒之间,具条带状构造,显示了同生沉积特点,但矿石组分以硫化物为主,并有少量方解石与重晶石细脉和硫化物伴生,说明有后期热液的叠加作用,使铜矿富集。与上述的杰兹卡兹甘超大型砂页岩型铜矿有相似之处,因此,是一个值得进一步研究的有远景的矿床。

(3)新疆库木库里盆地中南部陆相沉积砂砾岩型铜矿。石马沟组下段第一亚段、第三亚段,石马沟组上段第一亚段、第三亚段,石壁梁组第一、三、五亚段为有利的含矿层位,砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩是盆地内最有利铜矿含矿岩性。圈定铜矿体 26 条、矿化体 77 条,矿体长 240~2 048 m,厚 1.01~3.44 m,Cu 品位 0.97%~6.71%,多呈层状,估算 Cu 资源量 19 万 t。

2.5 阿尔哈尔雷和阿希陆相火山岩型金矿床

(1)阿尔哈尔雷陆相火山岩型金矿床位于南哈萨雷奥捷克城南偏西约 20 km 处,在构造位置上属于巴尔喀什泥盆纪—石炭纪残余洋盆封闭后的二叠纪火山盆地或裂谷。出露地层主要为下二叠统陆相火山—沉积建造。含金石英脉发育于破火山口相火山岩强烈热液蚀变带中。沿火山环状机构形成一系列同心圆带。环形构造是主要控矿构造,此外很少具有工业意义的含金石英脉。围岩蚀变主要有次生石英岩化等。随着离火山中心的远近,蚀变岩类型和石英脉矿物组合有所不同,近火山口相硅化强烈,次生石英岩发育,而矿化相对较差,Au 品位 $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$;向外,硅化逐渐减弱,发育青磐岩化、冰长石化等,矿化相对较好,主矿脉 Au 品位高达 $15 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$ 。矿脉长一般 100~500 m,厚 0.3~3 m,延深 200~300 m,Au 品位 $5 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$,矿脉属少硫化物型,以自然金为主,多为微细金,此外尚含大量银,以辉银矿为主,Ag 品位 $50 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$,金银比例约为 1:10。含金石英脉以含冰长石、玉髓、蛋白石类低温矿物组合为特征,矿床属浅成—低温火山热液型,成矿与陆相火山机构有关,其规模可达大—中型。

(2)新疆境内的阿希金矿属此类型。矿床位于伊犁石炭纪裂谷与博罗科努早古生代岛弧交界处的吐拉苏断陷盆地中^[9]。出露地层为下石炭统大哈拉军山组和阿恰勒河组,前者主要为陆相火山熔岩及火山碎屑岩,后者为海相碎屑岩,并不整合于前者之上。大哈拉军山组第三岩性段为容矿围岩,由火山角砾熔岩、英安岩、安山岩、凝灰岩组成。矿区为一火山机构,矿体产于近南北向弧形张扭性断裂破碎蚀变带中,受断裂及火山机构双重控制,矿体由含矿溶液沿破碎带交代蚀变英安岩而成。主矿体呈厚大脉状,长 400 m,厚 13.23~25.86 m,平均厚 19 m,延伸大于 300 m,Au 品位 10.41×10^{-6} ,Ag 品位 11×10^{-6} 。矿石以稀疏浸染状为主,次为星点状、细脉浸染状和细脉状;金属矿物主要为黄铁矿、毒砂、白铁矿等。脉石矿物为石英、绢云母等,含金矿物主要为金银矿、自然金,金与砷、银呈正相关。围岩蚀变以黄铁绢英岩化为主。

2.6 黄山东及黄山铜镍矿床(大型)

位于觉罗塔格成矿带东段,是一个铜、镍矿床的密集区。在构造位置上属石炭纪裂陷槽,为黄山—镜儿泉基性—超基性杂岩带中部。超基性杂岩侵位于中石炭统干墩组(岩石同位素年龄值为 280~300 Ma)。岩体呈菱形,在剖面上呈漏斗状,出露面积 2.8 km²,矿体产于复式岩体的橄榄辉长苏长岩和辉闪橄榄岩中,已发现矿体 22 个。矿体形态呈带状和透境状,单个矿体长 120~1 140 m,厚 3~5 m,斜深 100~1 300 m,主矿体长 600 m,延伸 300~750 m,钻孔见矿累计视厚度 299.38 m,平均品位 Ni 1.39%,Cu 0.45%,Co 0.08%。岩体富含 Ni、Cu、Co。矿石构造为块状、浸染状、团块状、脉状和角砾状。主要金属矿物有镍黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等。围岩蚀变有绿泥石化、蛇纹石化等。属典型的岩浆熔离矿床。

2.7 萨雷贾兹锡矿床(超大型)和白干湖钨锡多金属矿床

(1)萨雷贾兹锡矿床位于吉尔吉斯斯坦热瓦克城南东约 75 km 处,位于分隔中天山和南天山构造带的阿特巴希—伊内利切克深大断裂南侧一个背斜构造倾伏端。出露地层主要为志留系、泥盆系、石炭系及下二叠统等一套海相碳酸盐岩—碎屑岩夹火山岩建造。萨雷贾兹成矿区长 150 km,宽 20~30 km,有 3 个构造单元,包括乌奇科什康、萨雷布拉克、特鲁多沃耶、列西特、阿特贾依劳、塔什科罗、乌奇阿特库特等 6 个矿区和含锡区。矿体呈脉状、网脉状,主要产于石炭纪—二叠纪花岗岩的构造裂隙内,部分产于外接触带围岩和夕卡岩中,单个矿体长数十米至数百米,厚度数十厘米至数米,延深大于 500 m,Sn 品位 0.5%~0.6%;WO₃ 0.3%(特鲁多沃耶矿床)。矿脉由电气石、石英组成,围岩云英岩化,金属矿物主要有锡石、黑钨矿等。脉石矿物有石英、电气石等。

(2)新一轮地质大调查工作开展以来,在中亚大型锡矿成矿带延入新疆境内的白干湖地区发现高品位有较大远景的钨锡多金属矿床。矿床位于新疆若羌县铁木里克乡西南 135 km 处,区内出露地层有金水口群绢云石英片岩、透闪石大理岩和白干湖组砂岩、泥质粉砂岩及中酸性火山碎屑岩。矿体受 NE 向白干湖深大断裂次一级 NEE 向密集节理带控制,矿体产状与节理方向基本一致。矿区内出露岩浆岩为加里东期钾长花岗岩、花岗闪长岩、闪长(玢)岩。矿体赋存于金水口群绢云石英片岩、二云石英片岩、透闪石化大理岩和花岗闪长岩中。整个矿带控制长度 12 km,目前控制具工业意义的矿体 29 条,矿体长 800 m,厚度 1.04~48.08 m,品位 WO₃ $0.08 \times 10^{-2} \sim 40.16 \times 10^{-2}$;Sn $0.08 \times 10^{-2} \sim 0.37 \times 10^{-2}$,并伴有 Cu。主要矿石矿物为白钨矿、黑钨矿、锡石、黄铜矿,矿石类型为石英脉大脉型、石英细网脉型,似夕卡岩型。

2.8 琼科伊超大型汞矿床、长山沟汞矿和黄羊岭地区锑矿床

Hg、Sb 矿是中亚地区重要矿种之一,主要工业矿床集中于吉尔吉斯斯坦境内的中南山,Hg、Sb 除了形成独立矿床或两者共生矿床外,也伴生于其他金属矿床中。

(1)琼科伊超大型汞矿床位于乌兹别克斯坦奥什市西南约 30 km 处,矿区位于中—南天山构造成矿带西北端北侧的超镁铁混杂岩带内,矿体受 EW 向断裂控制。出露地层有寒武系—奥陶系、志留系和泥盆系—石炭系,沿断裂有晚石炭世—早二叠世超镁铁岩(蛇纹岩)分布,Hg 矿化产于蛇纹岩经蚀变形成的滑石菱镁片岩中。矿区共有 5 个矿带(其中一个盲矿体),主矿带长 1 500 m,宽 10~120 m,延伸大于 1 000 m,Hg 含量为 0.2%,块状富矿高达 4%~5%。矿石矿物为辰砂、脉石矿物有滑石、菱镁岩、碳酸盐岩等。矿石构造主要为浸染状,极少为块状。

(2)南天山著名的泽拉夫尚—吉萨尔 Hg、Sb 矿带是否延入新疆境内还不十分清楚,但目前在新疆境内的南天山一带,也零星分布有 Hg、Sb 矿点,如萨瓦尔阿尔吨金矿中有锑矿化,卡拉脚古牙石炭系中的层控热液型锑矿点、阿克恰依

苏、北木札尔特达坂、乔特拉克(Sb-多金属)、俄罗达锑矿化点等,以及查汗沙拉锑矿,均产于晚古生代碎屑岩或含碳质碎屑岩中。

在新疆西昆仑尼雅河地区矿产资源综合评价工作中,在黄羊岭地区发现富锑矿,矿带长 810 m,宽 282 m,稳定展布,为石英脉、含辉锑矿石英脉、辉锑矿石英脉、辉锑矿脉、含黑钨矿辉锑矿石英脉分布广泛。已圈定 3 个脉体密集区,矿体视厚度 1~5 m,Sb 平均品位 11.9%,目前已估算 Sb 资源量达 33 万 t,具有较大的找矿远景。

新疆民丰县发现长山沟汞矿,矿区位于华南板块巴颜喀拉陆缘盆地,矿区出露的地层为二叠系黄羊岭组碎屑岩、火山碎屑岩等。矿区位于一背斜构造,断裂十分发育,汞砷矿化均产于构造破碎带中。矿区划分为两个矿化带,共圈定矿体 7 个,矿体呈条带状,长 60~380 m 不等,厚度 1.25~45 m,Hg 品位 0.05%~2.04%。为热液型汞矿,目前已估算 Hg 资源量 629 t,伴生 As 资源量 1879 t。

3 大型—超大型矿床的成矿规律及找矿方向探讨

大型—超大型矿床的发现与开发,往往对一个地区甚至一个国家的经济发展起着重要的推动作用,因而,寻找大型—超大型矿床问题越来越引起世界范围内地学工作者的重视。近几年来,中国、加拿大、澳大利亚、美国等国土面积大的国家相继组织力量进行超大型矿床的剖析、探索与寻找,在世界范围内对超大型矿床进行了系统深入的工作,今后二三十年内可能会形成高潮^[6]。笔者通过分析研究中国新疆及邻近地区的成矿规律及各类典型矿床的特征,就中国新疆及邻近地区大型—超大型矿床的找矿方向提出如下初步认识。

3.1 金矿的主要成矿规律及找矿方向

黑色碎屑岩型金矿产出围岩为含碳高的黑色碎屑岩系,以砂、板岩为主,蕴藏着巨厚含黄铁矿(重要的载金矿物)沉积物,一般在 1 000 m 以上,为金矿的主要矿源层;深大断裂或基底断裂构造是该类型金矿成矿的主要动力源泉,这些深大断裂一方面控制着区域的断裂系统,为深源成矿物质向地壳浅层运移就位提供了有利的运移条件,另一方面,断裂系统也使得大气降水在向下渗流的过程中升温,并不断使得矿源层中的成矿元素活化迁移,使之成为成矿流体^[7];黑色岩系中高有机碳也是构造作用过程中碳酸盐岩矿物脱氧后有机碳富集的结果;金的富集机制主要为多阶段成矿作用叠加富集,即:在沉积—成岩形成矿源层→构造作用发生浅变质→黄铁矿由于高温作用脱硫而逐渐转化为磁黄铁矿→被吸附在黄铁矿中的金转化为游离态→同时碳酸盐岩矿物脱氧后形成有机碳(对金具有很强的吸附作用)→吸附游离金的有机碳沿断裂裂隙上升→在有利部位(层间裂隙或断裂构造交汇部位)沉淀→有机碳释放游离金被黄铁矿所截获而成矿→后期多次的构造作用叠加富集形成大型或超大型规模金

矿床。

根据现有资料和研究成果对比,中亚地区金矿的主要矿床类型为浅变质的黑色含碳碎屑岩型金矿、陆相火山岩型和韧性剪切带破碎蚀变岩型金矿,这也是新疆及邻近地区今后金矿找矿的主要方向。

黑色含碳碎屑岩型金矿的找矿靶区,应选在南天山的东阿赖及那拉提山的阿克牙孜一带。①东阿赖的萨瓦亚尔顿已发现金(锑)矿床(邻区吉尔吉斯斯坦也有分布),远景规模可达大—超大型,属“穆龙套式”。只是由于杂质多、品位低及选矿难度大等问题目前尚不能开发利用,一旦选矿攻关突破,定会成为很有价值的超大型金矿。②那拉提山的阿克牙孜一带,位于那拉提—红柳河板块缝合带中及南侧,已发现较好的黑色含碳质岩系中的金矿化及金异常带,从构造部位及含碳岩系与 Au 的化探异常来看,是寻找“穆龙套型”金矿的有利地段,只是目前工作程度太低,找矿工作尚待突破。③除阿希超大型金矿有扩大远景的可能外,其周围的伊尔曼德等地火山机构和断裂构造发育,且有许多化探异常,金矿有很大找矿前景,很可能发展为更大的超大型金矿床。④除了上述黑色含碳碎屑岩型金矿和陆相火山岩型的金矿床外,海相火山岩型金矿(哈图金矿床)层控热液型或热液型金矿,韧性剪切带中的金矿等在新疆都有良好的找矿前景。如:新疆康古尔塔格韧性剪切带型金矿和天格尔望峰等金矿都具有良好的找矿前景。

3.2 铜及铜镍矿的主要成矿规律及找矿方向

斑岩铜矿的成矿环境多在大陆边缘和岛弧带,与区域性深大断裂有关,常见于陆相火山断陷盆地边缘^[8~11]。矿化与钙碱系列的花岗质岩石关系密切,矿床的形成与大洋俯冲消减有直接联系,成矿时代多集中在中生代和古生代。但新疆周边国家和地区的斑岩型铜矿似乎都不在大陆边缘或岛弧带内,而是在陆内的残余洋盆(北巴尔喀什成矿带)或裂陷槽(觉罗塔格成矿带)中,并与这些晚古生代残余洋盆及裂陷槽封闭期的岩浆活动有直接联系。由此可见,斑岩铜矿的产出环境不一定是在大陆边缘和岛弧带,中亚地区主要产在陆内的残余洋盆或裂陷槽;斑岩铜矿的赋存岩体不一定是大规模的斑岩体,有时含矿岩体为(花岗闪长岩)斑岩小岩株;在斑岩体与围岩的接触带或附近围岩中也可同时形成热液型及夕卡岩型铜矿床等,它们都可能属斑岩铜矿成矿系列中的成员。所以,在地质找矿和资源评价时应拓宽思路,寻找系列矿床。

根据现有的成果资料对比,新疆及邻区铜矿及铜镍矿床的主要类型为斑岩型铜(钼)矿、海相火山岩型铜矿和镁铁—超镁铁岩型铜镍硫化物矿床。①斑岩型铜(钼)矿的重点靶区应为觉罗塔格成矿带中的土屋—延东铜(钼)矿带,其中已发现具有大型规模的斑岩型铜(钼)矿(土屋、延东等),从构造条件、岩浆活动以及剥蚀程度上看,都是寻找超大型斑岩型铜(钼)矿的最佳选区,只要进一步加强深部勘探及异常查证,可能进一步扩大矿床远景和发现新的矿体,有可能发展为超大

型矿床;其次是伊犁成矿带,它是在古老基底上形成的石炭纪裂谷,陆相火山岩及铜(银)矿床、矿点等浅成-低温热液矿床发育,暗示了地表下部有隐伏斑岩型 Cu、Au 矿存在的可能;再其次是北山成矿带,该地区毗邻目前正在大规模勘探的蒙古国 Oyu Tolgoi 超大型斑岩 Cu、Au 矿床,具有类似的成矿地质背景和形成大型或超大型斑岩型 Cu、Au 矿床的条件。②海相火山岩型铜矿的重点靶区应为南阿尔泰泥盆纪火山-沉积盆地,东起富蕴县卡拉先格尔断裂,西至布尔津县冲乎尔乡北西,全长约 250 km,宽 10~30 km,包括麦兹、克朗、冲乎尔 3 个火山-沉积盆地。从区域构造背景看,它属于弧后或大陆边缘裂谷带中,区域性大断裂及细碧-角斑岩建造发育,是前苏联重要有色金属工业基地的矿区阿尔泰及南阿尔泰的延伸部分,与中国相比两者具有相同的成矿地质背景条件及相同的成矿特征,同时也发现相同的大型矿床,如阿舍勒铜-锌多金属矿床、可可塔勒铅-锌多金属矿床和铁木尔特大-中型 Cu、Pb、Zn 矿床,且阿舍勒矿床矿区周围分布有一系列类同于阿舍勒矿床的成矿构造-火山机构,尚需进一步查证,因此远景十分可观。③镁铁-超镁铁岩型 Cu-Ni 硫化物矿床的重点靶区应为黄山-镜儿泉基性-超基性杂岩带,东西长约 180 km,宽 10~20 km,已发现大小岩体 20 余处,单个面积 0.5~3 km²,并多集中于东、西两端,西部除上述的黄山东外还有黄山、香山、土墩、二红洼等岩体,东端有葫芦、马蹄等岩体,并延入甘肃境内。目前已发现铜镍矿床 5 处,其中大型 2 处,中型 3 处。它们都属典型的岩浆分离矿床。

3.3 W、Sn、Sb、Hg 等矿床的成矿规律及找矿方向

根据现有的成果资料研究对比,新疆及邻区 W、Sn、Sb、Hg 等矿床的主要类型为碱性花岗岩有关的成型 W、Sn 矿床和层控热液型 Sb 矿床。①与富碱侵入岩有关的矿床在新疆、哈萨克斯坦、蒙古国和中国内蒙古等地区都有发育,且呈现成矿作用的多样性特点。重要的矿床有元古宇形成的白云鄂博 REE-Fe-Nb 矿床和塔里木北缘新元古代形成的切干布拉克超大型蛭石矿床。古生代碱性花岗岩还可伴生与之有成因联系的热液型、夕卡岩型 W、Sn 和稀有金属矿床。白干湖 W-Sn 多金属矿床为中亚大型锡矿成矿带延入新疆境内的首次发现,并且是与碱性花岗岩有关的成型 W-Sn 矿床,该矿床的发现对新疆境内 W-Sn 多金属矿床的找矿工作具有重要的指导意义。②新疆西昆仑尼雅河地区黄羊岭锑矿床已达大型规模,其外围仍有许多锑的化探异常需要查证,具有较大找矿远景的锑矿。其次新疆境内的南天山一带也零星分布有 Hg、Sb 矿点,如萨瓦尔亚尔顿金矿中有锑矿化,卡拉脚古牙及查汗沙 layers 层控热液型锑矿,长山沟汞矿等,均产于晚古生代碎屑岩或含碳质碎屑岩中,是新疆锑汞的重要的找矿远景区。

参考文献(References):

[1] 涂光炽.初议中亚成矿域[J].地质科学,1999,34(4):397~404.
Tu Guangzhi.On the central Asia metallogenic province[J].Sci-

entia Geologica Sinica,1999,34(4):397~404.
[2] 叶锦华,王立本,叶庆同,等.西南天山萨瓦亚尔顿金(锑)矿床成矿时代与赋矿地层时代[J].地球学报,1999,20(3):278~283.
Ye Jinhua,Wang Liben,Ye Qingtong,et al. Metallogenic epoch and ore-bearing strata age of the Sawayaerdun gold-antimony deposit in Tianshan Mountains, China[J]. Acta Geoscientia Sinica,1999,20(3):278~283.
[3] 刘益康,徐叶兵.蒙古 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿勘查[J].地质与勘探,2003,39(1):1~4.
Liu Yikang,Xu Yebing. The prospecting and main features of Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au deposit in Mongolia [J]. Geology and Prospecting, 2003, 2003,39(1):1~4.
[4] 刘德权,唐延龄,周汝洪.新疆斑岩铜矿的成矿条件和远景[J].新疆地质,2001,19(1):42~48.
Liu Dequan,Tang Yanling, Zhou Ruhong. The metallogenic environment and potential of the porphyry copper in Xinjiang[J].Xinjiang Geology, 2001,19(1):42~48.
[5] 姜晓玮,王永江.西天山阿希型金成矿系列及其成因[J].中国地质,2002,29(2):203~207.
Jiang Xiaowei,Wang Yongjiang .Characteristics and genesis of the minerogenetic series of the Axi type gold deposits in the West Tianshan[J]. Geology in China, 2002,29(2):203~207 (in Chinese with English abstract).
[6] 涂光炽.超大型矿床的探寻与研究的若干进展[J].地学前缘,1994,1(3~4):45~52.
Tu Guangzhi.Recent progresses on the study and searches for super-large mineral deposits[J].Earth Science Frontiers,1994,19(1):42~48.
[7] 沈远超,邹为雷,曾庆栋,等.矿床学研究的发展趋势:深部构造与成矿作用[J].大地构造与成矿学,1999,23 (2):180~185.
Shen Yuanchao,Zou Weilei,Zeng Qingdong,et al. Recent development in economic geology:Deep-rooted structural discontinuities and mineralization [J].Geotectonica et Metallogenia,1999,23 (2):180~185.
[8] 王福同,冯京,胡建伟,等.新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J].中国地质,2001,28(1):36~39.
Wang Futong, Feng Jing, Hu Jianwei, et al. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang[J].Geology in China(Chinese Geology), 2001,28(1):36~39(in Chinese).
[9] 芮宗瑶,王福同,李恒海,等.新疆东天山斑岩铜矿带的新进展[J].中国地质,2001,28(2):11~16.
Rui Zongyao,Wang Futong, Li Henghai,et al. Advance of the porphyry copper belt of the East Tianshan mountain, Xinjiang[J].Geology in China(Chinese Geology), 2001,28(2):11~16(in Chinese).
[10] 王福同,庄道泽,胡建伟,等.物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用——兼谈斑岩铜矿“三位一体”的找矿模式[J].中国地质,2001,28(3):40~46.
Wang Futong, Zhuang Daoze, Hu Jianwei,et al.Application of geophysical exploration method in the Tuwu area, Winjiang--On the prospecting model of porphyry copper deposit [J].Geology in China(Chinese Geology), 2001,28(3):40~46(in Chinese).

- [11] 龙保林,薛迎喜,冯京,等. 新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型试探[J]. 中国地质,2001,28(5):35~38.
Long Baolin, Xue Yingxi, Feng Jing, et al. Prospecting model of the

porphyry copper deposits of East Tianshan, Xinjiang [J]. *Geology in China* (Chinese Geology), 2001, 28(3): 35~38 (in Chinese).

Comparative study of the characteristics of typical mineral deposits in Xinjiang, China, and its neighboring countries and regions

LI Zhi-ming^{1,2}, XUE Chun-ji¹, WANG Jian-hui^{1,2}, WANG Qing-ming³

(1. *Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

2. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

3. *Xinjiang Institute of Geological Survey, Ulumuqi 830000, Xinjiang, China*)

Abstract: Xinjiang and its neighboring countries and regions are an important component part of the gigantic Central Asian metallogenic megaprovince. Typical deposit types such as kuroko deposits, porphyry deposits, massive sulfide deposits, volcanic-hosted Au deposits, ore deposits related to alkali-rich intrusive rocks and sandstone Cu deposits have been discovered in the metallogenic megaprovince. Especially, the discovery of several large and superlarge deposits in the metallogenic megaprovince in recent years indicates that there are unique metallogenic features and huge ore potentials in the Central Asian metallogenic megaprovince. Through analyzing and comparing the metallogenic characteristics of the large and superlarge ore deposits and characteristics of the typical deposits in Xinjiang and its neighboring countries and regions, the authors put forward some opinions about the prospecting targets in Xinjiang and its neighboring regions.

Key words: Central Asia; Xinjiang; typical deposit; characteristics of deposits; comparative study; large and superlarge mineral deposits; prospecting target

About the first author: LI Zhi-ming, male, born in 1963, Ph.d candidate, senior engineer, engages in the study of metallogeny; E-mail: lzmmjy@126.com.