

中国新疆及其邻区地质矿产对比研究

何国琦 朱永峰

(造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要:笔者初步总结了中亚主要成矿带的基本特征,并探讨了新疆邻区矿带在新疆境内的可能延伸。研究者对新疆邻区成矿带的划分、成矿建造类型和特征的认识不断在变化,因此,笔者强调,在与邻区地质矿产对比时,必须系统了解其研究历史并力求在查明控矿基本要素的基础上进行。此外,在中亚地区,与早古生代陆壳增生相关的成矿作用相当重要,而晚古生代的大规模成矿更多地表现为对已有成矿物质的继承、改造和新成矿物质的叠加,形成了多阶段成矿作用的复合,这些都属于中亚成矿域的特征,也是在对比研究中必须予以充分考虑的。通过分析和对比研究,故认为在中亚成矿域中控制大型、超大型矿床的主要成矿环境可初步概括为以下 6 种:(1)夹杂于显生宙造山带中的众多前寒武纪地块,在其内部形成了重要的原生铀矿和稀有金属矿床;(2)形成于早古生代陆缘增生带,成矿时代为加里东晚期的科克切塔夫东缘和北准噶尔(境外)的别斯图贝、玛依卡因、捷克利等重要的金、铜多金属矿床;(3)在加里东和前加里东陆壳围限的环巴尔喀什湖地区,具有多个峰期和在空间上相互叠加或有一定迁移规律的成矿作用;(4)境外中天山地块南部存在一条重要的成矿带,代表性的矿种是 Au-Cu-Mo-W,该成矿带线性特征明显并与一个活动延续的时间长达 70 Ma 的巨型水热系统相关;(5)南哈萨克斯坦及其以南地区,中、新生代盆地中的可地浸型铀矿及晚古生代超大型砂岩铜矿等大都形成于碰撞后的陆内环境,其成矿作用还可能与深部来源的成矿物质有关;(6)中亚的重要矿床大都产在有所谓大型“横向构造”与成矿带交叉的部位,造成呈串珠状分布的矿结。

关键词:中亚地区;新疆;哈萨克斯坦;成矿带

中图分类号:P617 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)03-0451-10

本文所涉及的区域为广义的中亚地区,它北起俄国的阿尔泰—萨彦岭,向南是中国的新疆北部及其西邻的哈萨克斯坦高地和东邻的蒙古高原,再向南为横亘的雄伟天山山脉。本区地域辽阔、地质单元多样,而且是全球构造中陆壳的主体形成于古生代的最主要地区;其陆壳增生和演化过程的独特性,也决定了成矿作用的若干鲜明特色。当今,在资源、环境问题日益尖锐的情况下,该区以其巨大的资源潜力而为世人所瞩目。

在新疆及其中亚邻国已经查明了若干重要的内生金属成矿带:如阿尔泰地区的铜、多金属、金矿带;蒙古南部的铜矿带;哈萨克斯坦北部的金(斯杰普尼亚克的别斯图贝超大型金矿为代表)、铀矿带;中哈萨克斯坦(环巴尔喀什湖地区)的铁-锰、铜、多金属和稀有金属成矿区;南哈萨克斯坦的铀

矿;中天山南缘(松科尔—肯苏伊带及其西延)的金、铜、钨、钨矿带和位于更南的汞-铋矿带等等。在这些成矿带中蕴藏着许多世界知名的大型、超大型矿床。上述重要成矿区带在中国的新疆或者有直接的延伸,或者可找到具有类似成矿环境的区带。这样,新疆及其邻区就构成了整体的中亚成矿域。但由于目前各国勘探程度的不同,大型矿集区的发现是不均衡的。尤其令人关注的是,在中国新疆已知的大型矿集区明显偏少。

20世纪 80 年代后期以来,随着国际地质对比计划和各类多国编图计划的实施,境内外基础地质的对比研究有所开展;与此同时,国家 305 项目在“七五”和“八五”期间曾开展“中国新疆周边国家矿产地质特征及成矿规律”的专题调研^①。此后,国土资源部信息中心和中国地质调查局于 2001

收稿日期:2006-05-18;改回日期:2006-05-30

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409810)资助。

作者简介:何国琦,男,1934 年生,教授,博士生导师,主要从事大地构造和矿床学方面的教学和研究工作;E-mail:ghe@pku.edu.cn。

① 张鸿昌,等. 中国新疆周边国家矿产地质及成矿规律情报调研报告.1986.

② 涂光炽,等. 新疆北部与邻区超大型矿床成矿背景条件与对比研究及其前景评估(305 项目报告).1995.

年完成了“中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究”项目^[1]。特别值得一提的是始于2002年的国家973项目“中国西部中亚型造山与成矿”的实施中,对新疆及其中亚邻国地质矿产的对比研究又作了大量工作,初步查明了“中亚型造山与成矿”的基本特征。笔者有幸参与涉及新疆及邻区地质矿产对比研究的多个项目,积累了一些认识,作为一家之言,发表出来供同行们参考。

1 矿山阿尔泰晚古生代次生岛弧褶皱系的成矿特征及其在北疆的延伸问题

矿山阿尔泰黄铁矿型多金属成矿带位于阿尔泰—萨彦—蒙古褶皱区与斋桑—南蒙古华力西线性构造带之间的过渡地带,属于世界上最大的黄铁矿型多金属成矿省之一。据波夫夫^[2]1998年的估计,在相对不大的区域中(4万km²),有70个多金属矿床和几百个矿点,从18世纪末起的百多年来,在矿山阿尔泰已经开采的矿石量和现在的保有储量中铅、锌和铜的总量为6500~6800万t。在多金属矿床中,还有相当数量的银(~4.55万t)和金(2000~2500t)及其他稀有金属。

从区域构造情况看,矿山阿尔泰在晚古生代岛弧系的发育时期已经有了完整的陆壳基底,或者说,晚古生代岛弧系的发育是对前期陆壳的叠加和改造,故称之为次生岛弧褶皱系^[3]。次生岛弧褶皱系的发育大体从志留纪末期开始,至早石炭世结束。它在哈、俄境内的出露长度近1000km,平均宽度约200km,整体走向北西,而其中次级构造(复向斜和复背斜带)有明显雁行排列的趋势。向北西,该褶皱系没于西西伯利亚低地的中、新生代盖层之下,向南东,延入中国境内。

矿山阿尔泰晚古生代陆缘次生岛弧褶皱系位于山区阿

尔泰早古生代褶皱系以南,属于原划分的斋桑华力西褶皱系的北东部分,与山区阿尔泰之间以东北挤压带(霍尔宗—萨雷姆萨京)为界,而其南西与卡尔巴—纳雷姆晚华力西构造带相邻,界线为额尔齐斯挤压带。矿山阿尔泰晚古生代陆缘次生岛弧褶皱系自北东而南西顺序发育;别洛乌巴—南阿尔泰弧后盆地、矿区阿尔泰次生岛弧带的主体和额尔齐斯弧前带(图1)。

矿区阿尔泰次生岛弧带集中了阿尔泰成矿区80%以上的矿床。矿床集中产在艾姆斯—早法门期(D₁³—D₃²)的玄武岩—流纹岩—碎屑岩建造。该建造在列宁诺戈尔斯克—济梁诺夫斯克和阿列依亚带中形成于海相环境,组成较为复杂,在古隆起区,其厚度为1~2km,坳陷区约4.5km。火山岩(流纹岩的熔岩和凝灰岩、流纹质英安岩、玄武岩和极少的安山岩)在剖面中占到20%~80%。其中的沉积岩为凝灰岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、钙质泥岩和碳质泥岩夹少量灰岩。广泛发育的酸性和基性次火山岩和浅成岩与火山岩伴生。剖面中,层状矿体主要集中产在各火山旋回末期的沉积岩层中,并有一定的层位。大型矿床往往产在火山旋回多且每个火山—沉积组合厚度较大的地段。

在区域构造格局上,矿结和矿田的分布主要和构造因素有关:首先,矿结和矿田位于北西和近纬向深断裂带中(特别是两组深断裂带交汇的部位);再就是倾向于产在近复背斜的位置,在阿列依、辛组申和列夫组申几个复背斜构造区集中了最多的矿床(图1)。这几个复背斜在继承加里东构造阶段的正向构造块体的基础上,在华力西阶段的火山活动期表现为火山构造隆起(但伴有缓慢沉降)。在以下几个矿区发育了大型矿床:在列宁诺戈尔斯克矿区有李德尔—索科里和基

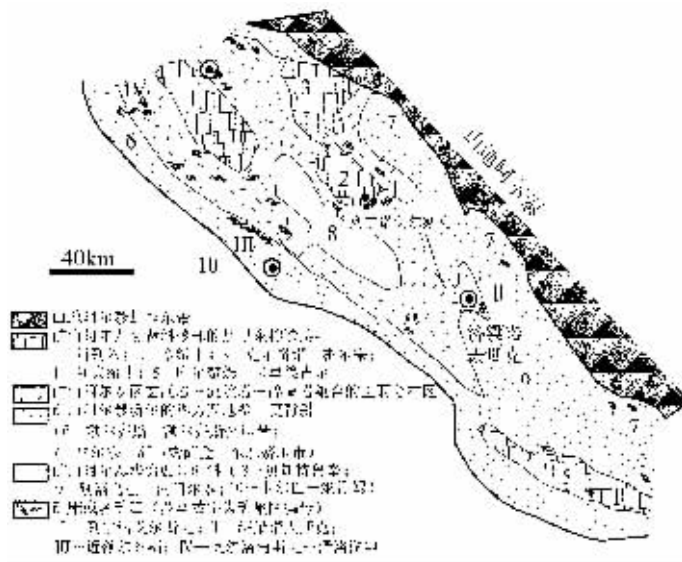


图1 矿山阿尔泰地质矿产简图^[4]

Fig. 1 Schematic map of geology and mineral resources for the Altay Mountains^[2]

中矿床;在济梁诺夫斯克矿区有济梁诺夫斯克和马列耶夫矿床;在近额尔齐斯矿区有别洛乌索夫斯克矿床;在奥尔洛甫斯克—泽洛图申矿区有奥尔洛甫斯克矿床。在上述矿区中还有许多中、小型矿床。此外,在工业上有重要意义的还有位于矿山阿尔泰带北西段的卢布左夫斯克和兹缅诺戈尔斯克两个矿区。

矿山阿尔泰陆缘次生岛弧褶皱带的形成与斋桑古洋的演化密切相关,这早已是研究者的共识^[4],但对于其演化的具体过程有着不同的认识。近年来,有的学者将它的演化过程概括为早、晚两个阶段:早期阶段(早泥盆世晚期—中泥盆世),次生岛弧褶皱带处在伸展构造体制控制下,位于阿尔泰—萨彦—蒙古加里东古陆的陆缘,形成了裂谷—地垒构造系;晚期阶段(晚泥盆世—早石炭世),发生了洋壳向阿尔泰—萨彦—蒙古古陆之下的俯冲作用和随后的普遍挤压作用,形成了以安山岩类为主的火山岩组合(只发育在阿列依亚带)和大量的花岗岩类岩体。早期的伸展构造反映阿尔泰—萨彦—蒙古和哈萨克斯坦两个加里东陆块的分离;而晚期阶段则是其再拼合。根据山区阿尔泰、尤其是矿山阿尔泰带中广泛发育的斜列构造样式判断,在上述古陆的分裂和拼合过程中,斜向运动的分量无疑是很大的。然而,斜向运动的分量究竟有多大?这还是一个尚待研究的问题,但无论如何,笔者不认为斜向运动的分量已达到足以影响斋桑古洋及其北侧陆缘具有相关性演化的程度。早期阶段主要发育了有明显的旋回性特征的双峰式火山活动。在作为后加里东陆壳残余隆起区的阿列依和列宁诺戈尔斯克—济梁诺夫斯克带,火山活动最为强烈,并形成了正向的火山机构(现今的复背斜)和作为矿床围岩的玄武岩—流纹岩、碳酸盐岩—硅质岩—碎屑岩建造。这就是矿山阿尔泰多金属成矿带形成大量矿床的主要地质环境,特别是在有近纬向的断裂带与北西向构造带交叉的部位,形成了大型矿集区。晚期阶段(C₂—P)在矿山阿尔泰带发育了碰撞造山作用之后的褶皱—断块构造、线性挤压带、逆冲断层和火山—磨拉石上叠型构造,同时还有深成岩浆作用。晚期阶段的构造—岩浆活动对早期阶段的火山—沉积型层状矿床有一定的改造作用,还形成了新的细脉—浸染状多金属矿床。

哈萨克斯坦与中国境内阿尔泰造山带之间的对比和连接问题,在研究者们之间历来存在分歧。该问题的处理不仅关系到地质理论,而且还关系到对中国阿尔泰成矿远景的认识。笔者认为,在对比连接中,首先应将两条高级别构造单元的界线予以对比,确认其连接的可能性。它们分别是哈萨克斯坦的山区阿尔泰与矿山阿尔泰之间的界线和西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块之间的界线;前者分开加里东褶皱带和华力西褶皱带,后者分开两个大陆古板块。由于高级别界线两侧构造单元的差别大,可供判断的标志多,这样就可以保证对比框架的可靠性。其次,在次级构造带的对比连接中,一方面要考虑各次级构造带的直接延伸,另一方面更要考虑所对比的次级构造带之间性质和特征的一致性。强调后者是因为在阿尔泰褶皱

系中,次级构造带普遍以斜列(雁列)的方式排列,这就造成同一性质的次级构造带之间直接连接的困难。

山区阿尔泰与矿山阿尔泰之间的界线在中国阿尔泰山应该位于哈巴河群与奥陶系—志留系出露区的南缘。经笔者研究,哈巴河群与奥陶系—志留系构成了中国阿尔泰山北部的加里东褶皱系,前者为基底,后者为盖层^[5],与俄国境内的山区阿尔泰褶皱系属于同一条构造带。西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块之间的界线在哈萨克斯坦为额尔齐斯挤压带,它与中国阿尔泰境内的同名构造带一样,都由俯冲带增生杂岩、弧前区的火山—沉积盆地,以及从陆缘分离的老陆壳的碎块等组成,而且其形成的时代一致,之间的连接应该是肯定的。

在哈萨克斯坦矿山阿尔泰区,位于上述两条高级别构造单元界线之间的是系列呈雁列的泥盆纪含矿火山—沉积拗陷带(裂谷—地垒构造),它与出露在复背斜地带的加里东基底一起构成了前述的次生岛弧褶皱带;而中国阿尔泰南缘,同样由雁列的泥盆纪含矿火山—沉积拗陷带及其间的隆起带构成。因此,笔者认为,哈萨克斯坦的矿山阿尔泰带整体上已延入了中国境内。

在对比连接中,尚待讨论的问题有:矿山阿尔泰带的局部(阿列依复背斜),发育了较典型的晚泥盆世的岛弧安山岩组合,标志着“次生岛弧系”进入了晚期发展阶段,其在中国境内的相当构造单元尚待进一步研究确定;考虑到主要矿床的物质基础形成于早期阶段,因此才有了以前关于成矿背景的“岩浆型被动陆缘”之说^[6-12]。如果将矿山阿尔泰整体上确定为次生岛弧系,从分析成矿构造背景的角度看,似乎过于粗略了,其早晚两个阶段的划分和构造属性的转变,有待更多实际资料的论证;部分研究者曾将中国阿尔泰南缘的成矿带确定为弧后扩张带,如果岛弧环境至晚期阶段才开始发育,那么,控矿的伸展构造与岛弧之间并没有成因上的联系,因此,这也是一个需要进一步深入探讨的问题。

2 哈萨克斯坦—北、中天山的构造—成矿带及其在中国新疆的延伸和对比

哈萨克斯坦—北、中天山占据阿尔泰山系以南、土兰低地以东和南天山以北的广大地区,它包括了哈萨克斯坦共和国的北、中、南和东部,吉尔吉斯斯坦和乌兹别克斯坦国的大部,东与中国为邻。

如图2所示,本区的北东、西和南西三面被发育中、新生代沉积的西西伯利亚低地、土尔盖拗陷和楚—萨雷苏拗陷所环绕;在巴尔喀什湖以南和以东地区,也发育较大面积的中、新生界沉积层。本区的地质构造单元自北东而南西分别是:1)北西向的斋桑华力西褶皱系的南西部(I),其北缘的斋桑蛇绿岩缝合带是晚古生代哈萨克斯坦—准噶尔与西伯利亚板块之间的分界线;2)北西向的成吉思—塔尔巴哈台加里东褶皱系(II);3)哈萨克斯坦—北天山加里东(含前加里东)古陆块区(III);位于本区的西部,地貌上表现为中哈萨克斯坦高地(主要部分为低山和丘陵)及其以南的准噶尔阿拉套和

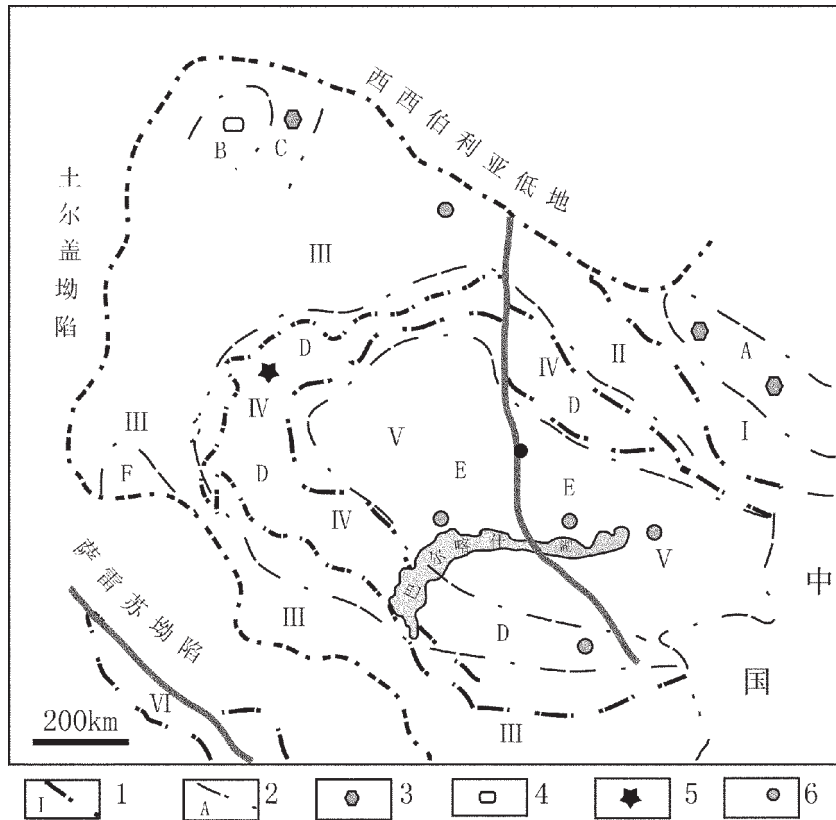


图2 哈萨克斯坦—北、中天山构造和成矿单元简图(根据参考文献[7]编绘)

1—构造单元编号及界限;2—成矿单元编号及界限;3—金矿;4—铀和稀有金属矿床;
5—火山—沉积型铁—锰矿床;6—铜多金属和稀有金属矿床;图中代号见正文

Fig. 2 Schematic map of the tectonics and ore-forming units of the Kazakhstan-North and Central Tianshan Mountains (see text for the codes; modified from ref.[7])

1-Tectonic units and their boundaries;2-Ore belts and their boundaries;3-Gold deposit;
4-U and rare metal deposit;5-VMS Fe-Mn deposit;6-Copper polymetallic and rare metal deposits

北天山山系;古陆块自北而南,从径向渐转向北西向,再转成纬向,整体上为向北西突出的弧形,北段膨大而南段变窄,其整体面积略大于塔里木地块;本单元的西和西南部,为前寒武纪微地块较集中分布的区域,而东部属于微地块的陆缘增生带(加里东);4)哈萨克斯坦泥盆纪陆缘火山岩带(IV):上叠于Ⅲ单元的边缘,呈向南东方向开口的马蹄形;对于其性质有不同的解释(见后);5)位于上述成吉思—塔尔巴哈台加里东褶皱系和哈萨克斯坦—北天山加里东(含前加里东)古陆块之间的是准噶尔—巴尔喀什华力西褶皱系(V),是本区最晚的陆壳形成区;6)中天山加里东(含前加里东)古陆块(VI):在北西向的费尔干断裂以西,中天山位于南哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦的范围内,以大体上位于锡尔河流域的“锡尔地块”为主,地貌上为广阔的克孜尔沙漠,从北东到南西的宽度约500 km;在北西向的费尔干断裂以东,纬向的中天山急剧变窄,宽度从纳伦谷地的约200 km,到近中、吉边境处只约20 km;中天山与北天山具有相似的前寒武纪构造发

育历史,新元古—早古生代早期,两者之间发育了吉尔吉斯古洋^①,形成了相关的早加里东褶皱带;此外,由于受到了结束于古生代晚期的南天山古洋演化的影响,在中天山广泛发育了以陆相为主的泥盆纪火山岩和伴生的深成岩, $D_3^2-C_1$ 的浅海相碳酸盐岩—碎屑岩,以及某些地带的上叠型陆相火山—沉积盆地,这是中天山与北天山的区别之处。

在划分地质构造单元时,笔者首先强调的是构成各单元的陆壳所形成的时代;其次是各单元的陆壳形成以后所经历的不同叠加改造过程。例如:显生宙褶皱系中的前寒武纪地块;早古生代形成的新陆壳带;晚古生代形成的新陆壳带;叠加在加里东(含前加里东)古陆边缘或内部的泥盆纪陆缘火山岩带和上叠型晚古生代火山—沉积盆地等。从陆壳形成的时间顺序和增生的方式看,哈萨克斯坦—北、中天山地区具有以下主要特征:1)位于本区西和西南部的是前寒武纪微陆块较集中分布的区域,如笔者曾论述过的,至迟在距今约10亿年时已作为一个整体^②,其范围北起科克切塔夫,向南经乌

鲁套、木云连到境外北天山的伊塞克陆块,然后与中国西部的伊犁陆块相接。在新元古代—早古生代期间,该微陆块群在经历一定程度的解体后,于早古生代晚期再次固结为整体,而且向两侧经陆缘岛弧过程,又有实质性的(侧向)增生。以洋内弧的形式增生的加里东褶皱系(成吉思—塔尔巴哈台带)是早古生代陆壳增生的另一种情况;2)晚古生代是本区陆壳增生的另一个重要阶段,又有以下两种情况:(a)准噶尔—巴尔喀什华力西褶皱系(V)为本区最晚形成的陆壳区;(b)在加里东期新陆壳形成后的稳定化(新克拉通化)过程中的继续增生(垂向)^[9]。

陆壳的不同增生阶段和增生方式与大型矿集区的形成之间存在密切关系,以此为基础,本文初步建立了如下的成矿带(见图2中的英文大写字母标注):

(1)斋桑褶皱系西南部的含碳细碎屑岩型金矿成矿带(A):形成于晚古生代时期的哈萨克斯坦—北天山古陆北侧(现代方位)的被动陆缘环境。金矿成矿带位于哈萨克斯坦国的北部(走向NW),向东越过哈中边界,与塔城以北的萨乌尔构造带相连。

(2)北哈萨克斯坦W、Sn、U成矿区(B)^[10-12]:位于显生宙褶皱区中所挟持的前寒武纪地块范围之内。北哈萨克斯坦的科克切塔夫地块是中亚古生代褶皱区中面积较大、研究程度也相对较高的一个,其成矿作用特征有一定的代表性。科克切塔夫地块的成矿作用主要与其周边活动带的两期构造伸展事件相关,即周边古洋壳发育的早期阶段和古洋闭合的造山后(碰撞后)伸展阶段。代表性的矿床是色雷姆别特Sn矿床和格拉切夫U矿床。矿床都形成于地块内部长期活动深断裂所控制的线性构造带中。两者成矿作用的时代虽然都属于加里东造山后的伸展阶段,但U矿床的形成紧接在主要的花岗岩类岩基形成之后(泥盆纪),而Sn矿床则形成更晚(石炭纪—二叠纪)。

(3)北哈萨克斯坦大型金、铜成矿带(C):包括以别斯图贝大型金矿床为代表的深成岩型金矿带和以玛依卡因Cu矿床为代表铜矿带。金、铜成矿带的地质背景都与科克切塔夫东缘的加里东新生陆壳带的增生过程(侧向增生)相关。北哈萨克斯坦加里东金矿省位于科克切塔夫地块以东、走向近径向的斯杰普尼亚克复向斜带中^[13]。复向斜带中蕴藏着中亚早古生代增生陆壳区中最大的一个金矿省(潜在储量1200~1500t;其中的别斯图贝矿床已采金115t)。金矿床属于浅、中、深热液型金矿,其特征是单阶段成矿,成矿后的变质作用表现微弱;成矿组合为Au-Cu-Fe-W。斯杰普尼亚克复向斜带的陆壳形成于早古生代岛弧或陆缘弧环境。在岛弧发育的末期(即所谓的主回返阶段),大量偏基性的花岗岩类岩浆(英云闪长岩—花岗闪长岩)构成了年轻的加里东陆壳的主体,同时,也带来了巨量的成矿物质。金矿床的成矿时代为依据充分的晚奥陶世。经研究认为,加里东年轻陆壳物质经历花岗岩类岩浆作用过程的改造,是形成金矿的前提条件。此外,金的成矿作用与岩体中酸性程度最低的一类相关,暗示

金的来源较深。拉法罗维奇(32th IGC, 2004)提出了建立Kumtor-Kokshetau金成矿带的意见^[14],认为该带包括着中温热液型的浸染状和细脉浸染状的金-硫化物矿床(Kumtor, 塔尔迪布拉克,列沃贝尔兹尼)、网脉状的金-硫化物-石英矿床(瓦希里科夫斯克耶,杰罗伊)、金-硫化物-石英脉型矿床(别斯图贝)等。据该作者的估计,这几种类型的金矿占该带金矿储量的90%以上。考虑到科克切塔夫地块东缘的加里东新生陆壳有向南和南东延伸,并与位于乌鲁木齐—木云—伊犁、伊塞克地块以东或北东缘的加里东新生陆壳带相连的趋势,拉法罗维奇的意见有一定的合理性。但目前研究者对Kumtor金成矿环境的认识尚有分歧,因此,该成矿带向南和南东的延伸尚待研究。玛依卡因Cu矿床也位于该加里东褶皱带中,但位于更东(即远离科克切塔夫地块)的位置。

(4)中哈萨克斯坦(环巴尔喀什)成矿区^[15-16]由火山沉积型Fe-Mn矿床、斑岩型Cu-Mo矿床、重晶石-多金属和稀有金属矿床等构成。该成矿省在构造上由外环(D)和内部(E)两部分组成。外环在中哈萨克斯坦表现为向东开口的马蹄形,其东部已延入中国境内;外环所围限的地区大部被中、新生代盖层所掩盖,其东端也已延入中国的西准噶尔地区。外环(D)叠加于哈萨克斯坦—北天山加里东(含前加里东)古陆的陆缘,曾被确定为泥盆纪陆缘火山岩带,属于上叠性质的构造。它又可以再分成内、外两带;内带—火山—深成岩带;外带为陆相磨拉石组合构成的上叠盆地。陆相磨拉石盆地以哲兹卡兹干等为代表,其中产砂岩型铜矿(图2的F)^[17-18]、天然气和多金属等资源。内带的边缘(近陆一侧)发育裂谷型拗陷(以卡拉扎里—卡拉干达带为代表),其中产著名的阿塔苏火山—沉积型铁锰矿床和层状重晶石—多金属矿等。矿床形成于解体的陆缘环境,成矿作用发生在晚泥盆世的法门期—早石炭世的维宪期。含矿建造是火山岩—硅质岩—碳酸盐岩组合,超深水的泥岩和近岸的碎屑岩—碳酸盐岩互层,超深水泥岩伴有少量的亚碱性橄榄玄武岩和辉长辉绿岩脉以及厚度不大的岩床。代表性的矿床包括卡拉扎里、扎伊列姆和乌什卡腾(III)等。

从内带的边缘向内部,与火山—深成岩带中的深成岩相关,形成了若干世界级的大矿,如广为人知的斑岩型Mo-Cu矿、夕卡岩和热液型重晶石—多金属矿、云英岩和石英脉型稀有金属矿等。近年的成矿年代学研究表明,成矿作用始于早造山阶段的巴尔喀什花岗闪长岩组合(早石炭世)和托帕尔花岗闪长岩组合(晚石炭世),成矿作用的高峰期为290~260Ma。矿床为水热—交代型和夕卡岩型的铜多金属。最晚的成矿作用与早二叠世的淡色花岗岩(阿克恰套组合)密切相关,代表性矿床是阿克恰套(~285Ma)和东科翁拉德(285~283Ma)稀有金属矿床;最晚的Mo矿形成于~275Ma^[15-18]。

综上所述,不同的成矿作用,从层状重晶石—多金属(扎尔明拗陷)矿床到夕卡岩—水热重晶石—多金属,再到斑岩型Mo-Cu矿床、云英岩—石英脉型的Mo-W和云英岩型Sn-Mo-W(卡拉鄂博)矿床,其成矿时代大体上有从老到新的变

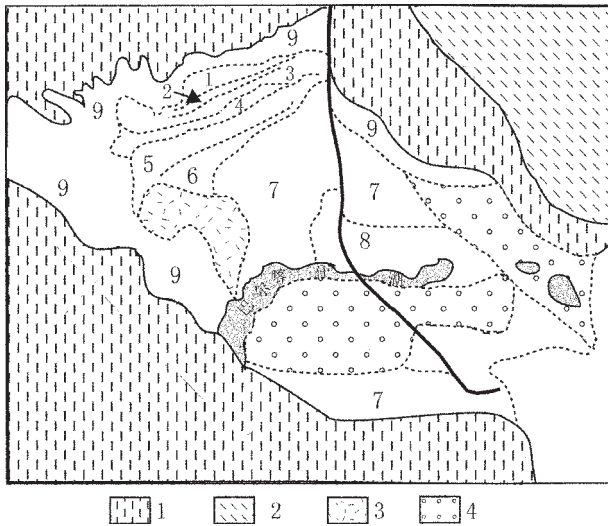


图3 中哈萨克斯坦构造带组成简图(根据参考文献[7]编绘)

- 1—加里东和前加里东陆壳区;2—华力西陆壳区;
3—阿拉套—木云地块;4—第四系沉积物

Fig. 3 Simplified tectonic map showing the tectonic belts in central Kazakhstan (modified from ref. [7])

- 1—Caledonian and pre-Caledonian continental crust region;
2—Variscan continental crust region;3—Alatau—Muyun block;
4—Quaternary sediments

化趋势^[15]。在空间上,与陆缘裂谷发育相关的矿床位于最北部(如:卡拉扎里、扎伊列姆、乌什卡腾Ⅲ),而乌斯品—萨雷苏亚带的斑岩型Cu矿位于其南,稀有金属矿床(阿克恰舍和东科翁拉德)位于内环的靠中部。这样,中哈萨克斯坦(环巴尔喀什)成矿省成矿作用的时空演化规律可概括为:(1)大型矿床,特别是斑岩铜矿和重晶石—多金属矿的形成时间常跨越了几十甚至上百个百万年,而且,成矿物质的聚积远早于主要成矿期;成矿过程表现为具有若干峰期的阶段性特征,不同阶段形成不同类型的矿床;(2)稀有金属矿床成矿的时间较短,与母岩体的形成时期也比较接近;(3)不同类型的矿床在空间上可以相互叠加,可以说,中哈萨克斯坦的任何一个矿床都具有多期成矿作用叠加的特征,甚至是最晚期的稀有金属矿床中也有最早期成矿物质存在的信息;(4)不同阶段形成的不同类型矿床在空间分布上也表现出一定的迁移规律。总之,除稀有金属矿床外,大多数矿床都以多期成矿过程的叠加和多期成矿物质的改造为特征,这无疑是构建“中亚型成矿”规律的重要基础之一。

内部区(E)靠近巴尔喀什湖的北部(称为北滨巴尔喀什成矿带),是华力西褶皱区中因构造原因出露加里东基底的区域,控制着若干重要矿床。这里有杰西克塔斯中型铜矿,形成于早古生代,属火山—沉积型。其他4个大型和3个中型铜矿床都形成于晚古生代,属斑岩型。为了进一步探讨中哈萨

克斯坦(环巴尔喀什)成矿省成矿作用的时空分布规律和成矿背景,本文以图3说明其内部的构造带组成。

(5)中哈萨克斯坦加里东古陆向SE方向有如下的构造单元(带):卡拉扎里—卡拉干达裂谷拗陷带(1);斯帕斯克复背斜隆起带(2);努林复向斜拗陷带(3);杰克图尔马斯早古生代蛇绿岩及伴生的褶皱带(4);乌斯品复向斜拗陷带(5);扎曼—萨雷苏复向斜拗陷带(6);巴尔喀什—伊犁晚古生代火山岩带(7);北天山—巴尔喀什早古生代蛇绿岩及伴生的褶皱带(8);泥盆纪陆缘火山岩带(9)。图3中的1~8单元合起来称准噶尔—巴尔喀什褶皱系,其活动构造体制结束于晚古生代,即属于华力西褶皱系。它在整体上呈被哈萨克斯坦—北天山加里东古陆和成吉思—塔尔巴哈台加里东褶皱带所环绕的态势,直接与其相接的是该加里东古陆陆缘的泥盆纪陆缘火山岩带^[7]。

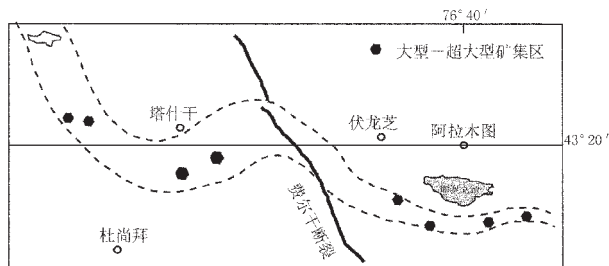
当前学术界对上述1~6单元构造性质的认识可概括为两类:一类是安第斯型陆缘说,将1~6单元的泥盆纪火山—深成岩(即包格丹诺夫1959所建立的“泥盆纪陆缘火山岩带”)类比为安第斯型的陆缘火山弧。安第斯型陆缘弧的解释所遇到的最大困难是:在1~6单元的泥盆纪火山—深成岩发育过程中无同时代俯冲洋壳存在的证据(单元4为早古生代蛇绿岩带),而且,火山—深成岩带岩石组合的性质也不能反映其形成环境为安第斯型陆缘弧。第二类是岩浆型被动陆缘说:笔者对该说做过系统的论述^[19-20],认为在泥盆纪1~6单元是解体的加里东古陆的陆缘,由一系列陆缘裂谷(如单元1和5)及其间的隆起带构成,与解体陆缘相邻的是处于伸展状态的洋盆。后一类认识突破了被动陆缘只发育沉积体系的概念,引入岩浆型被动陆缘的模式,并解释了何以在1~6单元有大量发育的泥盆纪火山—深成岩。

(6)南哈萨克斯坦—北、中天山成矿省:在构造上与中哈萨克斯坦的加里东(含前加里东)古陆相连。主要的成矿环境有3类:1)与科克切塔夫地块的U、W-Sn类似,如库尔戴U-Mo矿床,值得注意的是近年关于层状—柱状U矿可能与深断裂相关,成矿物质来源于深部的认识;2)中天山活化型—阿尔玛雷克Cu矿;3)与发育在哈萨克斯坦—北天山加里东(含前加里东)古陆之内(扎拉伊尔—纳曼、别特—巴克—塔拉“饥饿草原”带)或陆缘(大、小卡拉套、齐里科—克明等)的裂陷槽相关的矿床,如扎拉伊尔—纳曼的Au-Cu成矿带等。

3 中天山南部成矿带

从20世纪90年代以来,在境外的天山范围确立了东起中国边境、向西延长达1500km的Mo-W、Cu-Mo和W-Au(伴生Pb、Zn、Sb等)等矿床的成矿带^[21]。这些矿床在空间上伴生,位于中天山构造单元的南部,成因上大都与晚石炭世—早二叠世的岩浆活动相关。岩浆属于深源的粗玄武岩—粗安岩系列,构造上受已固结区边缘或内部的、长期活动深断裂的控制。

图4两条虚线之间所挟持的地带就是中天山南部金—

图 4 天山金-铜-钼-钨成矿带位置图^[21]Fig. 4 Location map of the Tianshan Au-Cu-Mo-W metallogenetic belt^[21]

铜-钼-钨成矿带的范围。该带以北西向的费尔干断裂为界,又可分成东、西两段。

东段为金-铜-钨矿床(库姆别里、喀什卡苏—纳伦、肯苏伊等)构成的窄带(曾被称为松科尔—肯苏伊成矿带^[21]),它位于伊塞克湖以南和纳伦谷地以北,总体呈纬向并略向南突出(图 4)。成矿带西段在费尔干断裂以西,先是向北西方向延伸,然后转为纬向,也呈向南突出的弧形,再向西,进入克孜尔库姆沙漠地区。成矿带东段位于纬向的尼古拉耶夫深断裂带附近,该深断裂带分开了北天山的新元古代—加里东褶皱带和中天山的加里东—华力西褶皱带。成矿带沿着蛇绿岩缝合带和后加里东的拗陷带分布。与南天山古洋演化过程的同时,在北、中天山结合带的位置发育了晚古生代(C—P₁)的构造—岩浆活化过程,与此同时,还发育有后加里东的、沿结合带分布的盆地(松科尔、图卢克等)。在盆地中沉积了早石炭世的碳酸盐岩—碎屑岩系,岩系被不大的、经复杂分异过程的浅成岩体,包括辉长—二长(正长)—花岗岩体所侵入,侵入体的时代为 270~330 Ma。

费尔干断裂以西,成矿带如何延伸?从区域构造看,东段成矿带(松科尔—肯苏伊)向西的延伸可有两个方案:其一是沿费尔干断裂向北西延伸,然后与大卡拉套构造带相连;另一个是继续沿纬向延伸,与纬向的北—恰特卡尔成矿带相连。考虑到北—恰特卡尔成矿带有很发育的石炭—二叠纪的二长花岗岩类岩浆作用,与东段的松科尔—肯苏伊成矿带具有相同的成矿类型和成矿地质背景;而 NWW 向的大卡拉套地区则不具备这样的特征,因此,这成为将松科尔—肯苏伊成矿带与北—恰特卡尔成矿带相连和建立中天山南部成矿带的依据。

北—恰特卡尔成矿带中最早的岩体是偏基性的辉长岩、石英闪长岩—二长闪长岩等,其后被二长岩、石英二长岩所取代,最后是石英二长岩、花岗正长岩和花岗岩。每个阶段的岩体都伴随有脉岩(主要是闪长斑岩、正长—闪长斑岩、花岗正长斑岩、霏细岩、煌斑岩脉等)。上述亚碱性二长岩类的特征是由其粗玄岩—粗安岩的源区决定的,这完全可以和松科尔—肯苏伊带的情况相比。吉尔吉斯地质图(1978)将北—恰特卡尔成矿带的岩浆岩组合称为萨达拉什,并认为与松科尔

组合可以对比。

近年的研究还表明,北—恰特卡尔(含库拉玛)成矿带的矿床,与发育于其西的克孜尔库姆区(克孜尔库姆—努拉套巨量南天山金矿省)的许多重要矿床,在成矿时代和成矿建造方面都表现出了相当的一致性。克孜尔库姆区的矿床沿南天山构造带的北缘成带分布,受纬向边界深断裂的控制。成矿岩体(出露的或位于深部的)以高钾和岩浆来源深(幔、壳—幔)为特征。

整体上,中天山南部成矿带的形成取决于土耳其斯坦洋(即南天山洋)和吉尔吉斯—哈萨克微大陆(即东段的南天山和西段的锡尔地块)之间的相互作用;其成矿作用的地质背景以多样化成矿环境的交替和复合为特征。与成矿作用相关的地质环境包括:新元古—早古生代的裂谷阶段、早古生代的被动陆缘阶段、古洋俯冲导致的别里套—库拉玛陆缘弧和中天山弧后岩浆岩带的发育阶段和古洋闭合后的碰撞阶段(C₃—P₁)等。

对于整个中天山来说,特征的成矿作用是发育在高钾玄武岩类岩石(同源的二长岩类岩体)接触带处的金和金—稀有金属矿床。按照从西向东的顺序是:恰尔米坦金—石英矿床(Au:400 t)、穆龙套金矿床(Au:300~4 000 t)和达乌葛兹套、科克帕塔斯、阿曼塔伊套、萨尔米奇等金矿床(以上矿床都属于克孜尔库姆—努拉套巨量南天山金矿省)、阿克杰宾矿田(库拉玛脊,乌兹别克斯坦)的科奇布拉克金—碲矿床(Au:160 t)、库姆别里、喀什卡苏—纳伦、肯苏伊等金—铜—钨矿床(沿尼古拉耶夫线组合成窄带)、萨雷扎斯 Sn 矿床(含 Au、多金属)、库姆托尔金矿床(属于近 10 余年发现的系列中、大型热液和热液—交代型金矿床之一,位于伊塞克湖之南西 50 km)等。上述金—稀有金属矿床所构成的中天山南部的巨量金—稀有金属成矿带。为了查明在中国境内的延伸和发现同类矿床,有必要研究其形成的地质背景和控矿的主要因素。首先应该强调的是,从中天山矿床研究的历史中可以清楚地看出,随着研究程度的提高,研究者对于中天山范围内的矿床在形成条件、成因和成矿建造类型的认识上有很大变化,而且,分歧意见也较多。其中的某些矿床在不同时期曾作为产出不同矿种的矿床对待。如今占主导地位的认识是:中天山南部成矿带赋存着多成因、多矿种的矿床^[21];特征的成矿元素组合是 Au、Cu、Sb、Pb、Zn、W、Mo、As 等,并以 Au—Cu—Mo—W 为代表。成矿带矿床的多成因和复杂成分由多阶段的构造—岩浆作用的叠加和复合所决定。成矿带矿床的成分,从东向西和从北向南表现出有规律的变化,在有稳定成矿元素组合的情况下,向东,钨矿化增强,向南,多金属和砷矿化增强。综合中天山南部与成矿带相关的岩浆—水热系统有:①所谓的后加里东裂谷型拗陷阶段的岩浆—水热系统;②土耳其斯坦(南天山)古洋消减的活动陆缘阶段的岩浆—水热系统;③碰撞后伸展阶段的岩浆—水热系统等。以上岩浆—水热系统虽然发育在不同地质阶段和环境,但现有的资料表明,长期活动的深断裂对成矿作用具有重要意义,在有横向断裂

与之交汇的部位常是大型矿集区的分布场所。

4 结 论

对比是地学中运用最广泛的原则和方法。本文所讨论的地质矿产对比一方面是探讨新疆邻区矿带在新疆境内的可能延伸,例如,哈萨克斯坦的矿山阿尔泰带、中哈萨克斯坦的环巴尔喀什成矿区以及中天山南部的 Au-Cu-Mo-W 成矿带等;另一方面是在新疆境内寻找具有同类成矿环境的地区(带),达到预测的目的。然而,后一方面容易被忽视,如前面提到的,在科克切塔夫地块东缘加里东增生带中形成了晚奥陶世的超大型岩浆型金矿,虽然控制该矿成矿作用的地质背景在中国阿尔泰山的北部和环准噶尔盆地周边地区广泛存在,但却因为该带距中国“较远”而未引起注意。在境内、外成矿带的连接中,也必须充分考虑中亚地区地质和成矿作用的复杂性。如前所述,境外研究者对成矿带的划分、成矿建造类型和特征的认识不断在变化。因此,笔者强调,对比必须是系统性的,并力求在查明控矿基本要素的基础上进行。

已有的工作表明,在中亚成矿域中控制大型、超大型矿床的主要成矿环境可初步概括为以下 6 种,供今后的对比研究参考:

(1) 夹杂于显生宙造山带中的众多前寒武纪地块构成了一类重要的成矿构造单元。以北哈萨克斯坦的科克切塔夫地块为代表,在其周边多阶段的显生宙陆壳增生和深部作用的双重影响下,在其中部形成了重要的原生铀矿和稀有金属矿床。

(2) 显生宙新增生的陆壳在中亚地区占有很重要的地位,这已是研究中亚学者的共识;其中,早古生代新生的陆壳在哈萨克斯坦和准噶尔地区有着较广泛的分布是一个重要的新认识;其相关的成矿作用以科克切塔夫东缘的深成岩型超大型金矿床和北准噶尔(境外)的捷克利金、铜多金属矿床都形成于早古生代陆缘增生带,成矿时代为加里东晚期。

(3) 在加里东和前加里东陆壳围限的环巴尔喀什湖地区蕴藏着多种类型的世界级大矿床;成矿作用涵盖着几个成矿作用的高峰期(370~360 Ma, 315~300 Ma, 290~260 Ma 以及更晚一些)并表现出明显的阶段性;从早到晚成矿作用的类型不同,分别是火山-沉积型的 Fe-Mn 矿床、重晶石-多金属矿床、斑岩型 Cu-Mo 矿床、稀有金属矿床等;在空间上,不同时期形成的不同类型的矿床相互叠置,早期形成的矿床位于边缘,晚期形成的矿床位于中部,有从边缘向中部迁移的趋势。可见,本区巨量成矿物质的聚集与陆壳物质复杂的增生和改造过程有密切关系,明显不同于那些单一阶段控制某种单一成矿环境的区域。

(4) 上世纪 90 年代以来在境外的中天山地块南部划出了一条长 1500 km 的纬向成矿带,它是较早前被称为松科尔-肯苏伊的成矿带及其向西的延伸,该带蕴藏着许多超大型矿床,代表性的矿种是 Au-Cu-Mo-W (因此被称为 Au-Cu-Mo-W 成矿带)。该带的成矿作用同样具有环巴尔喀什成矿区的特征,即成矿作用的时间漫长、多种类型的矿床(成

矿建造)叠置或相邻产出等;区别是该成矿带线性特征明显,该线性带与一个活动延续的时间长达 70 Ma 的巨型水热系统相关。因此,巨量成矿物质的聚集一方面受中天山地块陆缘的复杂演变过程的控制;另一方面与该水热系统的活动有密切关系。

(5) 南哈萨克斯坦及其以南地区,中、新生代盆地中的可地浸型 U 矿是中亚(型)成矿域的一类重要资源,此外,还有一些重要的有色金属矿产,如哲兹卡兹干的晚古生代超大型砂岩 Cu 矿等大都形成于碰撞后的陆内环境。近年的研究发现,赋存在晚古生代和中、新生代盆地中的矿产可能含有深部来源的成矿物质。如果这个认识能得到进一步的证实,则可能带来对中亚型造山域陆内深部地球动力学背景的新认识。

(6) 中亚的重要矿床大都产在有所谓大型“横向构造”与成矿带交叉的部位,形成了呈串珠状分布的一系列矿结。近年的研究进展表明,大型“横向构造”在造就深源含矿热液长期活动的成矿环境方面可能有决定意义。因此,对“交叉部位”的大型矿集区的解剖可能是有意义的。

综上所述,“中亚型造山与成矿”作用具有明显的特征,任何理论和模式必须能够合理地解释:老陆壳的构造-岩浆-成矿活化作用;显生宙新陆壳形成过程的时空规律及其相关成矿环境的演变;新陆壳形成后稳定化过程的深部活动及成矿作用;稳定新陆壳再活动(中、新生代)的特征和原因。中亚地区提供了陆壳形成和演变的长期和多样化的记录,吸引着国内外众多学者的目光,也呼唤着新的概念和理论体系。

参考文献(References):

- [1] 戴自希,等. 中国西部及毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究[M]. 北京:地震出版社,2001.
Dai Zixi, et al. The Gold and Copper Mineralization in Western China and its Adjacent Regions [M]. Beijing: Seismological Press, 2001(in Chinese with English Abstract).
- [2] Попов В. В. Региональные палеотектонические факторы образования крупных полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Геология рудных месторождений, 1998, том 40, No 4, с. 370~378.
- [3] Попов В. В. Геологические условия локализация крупных полиметаллических месторождений Рудного Алтая, Геология рудных месторождений, 1995, том 37, No 5, с. 371~389.
- [4] Пейве А. В и др. Тектоника Северной Евразии, Изд-во Наука, Москва. 1980.
- [5] 何国琦,成守德,徐新,等. 中国新疆及邻区大地构造图 1:1500000 [M]. 北京:地质出版社, 2005.
He Guoqi, Chen Shoude, Xu Xin, et al. An introduction to the explanatory text of the map of tectonics of Xinjiang and its neighbouring area 1:1500000 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005 (in Chinese).
- [6] 何国琦,李茂松,刘德权,等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿 [M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.1~437.

- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. Paleozoic crustal evolution and mineralization in Xinjiang, China[M]. Ürümqi: Xinjiang People's Publishing House, 1994. 1~437 (in Chinese)
- [7] 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).
- [8] 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 Mountains, Xinjiang[J].Geology in China(Chinese Geology), 2001, 28(2):11~16(in Chinese).
- [9] 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——兼谈斑岩铜矿藏分“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).
- [10] 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, Prospecting model of the porphyry copper deposits of East Tianshan ,Xinjiang [J].Geology in China(Chinese Geology), 2001, 28(5):35~38(in Chinese).
- [11] 杨文平,张招崇,周刚,等.阿尔泰铜矿带南缘希克特哈腊苏斑岩铜矿的发现及其意义[J].中国地质,2005,32(1):107~114.
- Yang Wenping,Zhang Zhaochong,Zhou Gang,et al. Discovery of the Xileketehalsu porphyry copper deposit on the southern margin of the Altay copper metallogenic belt[J].Geology in China, 2005,32(1):107~114 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王书来,王京彬,彭省临,等. 新疆可可塔勒铅锌矿成矿流体稀土元素地球化学特征[J]. 中国地质,2004,31(3):308~314.
- Wang Shulai, Wang Jingbin, Peng Shenglin, et al. REE geochemistry of ore fluids in the Koktag lead-zinc deposit, Xinjiang [J]. Geology in China,2004,31(3):308~314(in Chinese with English abstract).
- [13] Милановский Е.Е. Геология России и сопредельных стран. Изд-во МГУ, с. 1996, 172~272.
- [14] Lomize M G, Demina L I, Zarshchikov A A. The Kyrgyz-Terskei Paleocenic Basin, Tien-Shan[J]. Geotectonics, 1997, No 6, с. 35~55(in Russian).
- [15] 何国琦,李茂松,周辉. 论大陆岩石圈形成过程中的克拉通化阶段[J]. 地学前缘,2002,9(4):217~224.
- He Guoqi, Li Maosong, Zhou Hui. The stage of cratonization in the formation of continental lithosphere[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(4):217~224.
- [16] Сирина Т.Н.Оловорудное месторождение Сырымбет (Северный Казахстан). Геология рудных месторождений, 1994,том 36, No 5, с. 443~454.
- [17] Кудрин В.С. и др. О возрасте стратиформного вольфрамового оруденения Северного Казахстана. Геология рудных месторождений, 1988,№5, с. 81~87.
- [18] Омельяненко Б.И. и др. Геологические особенности уранового месторождения Грачевское (Северный Казахстан). Геология рудных месторождений, 1993,том 35, No 5, с. 429~449.
- [19] Спиридонов Э.М. Инверсионная плутоногенная золото-кварцевая формация каледонид Северного Казахстана. Геология рудных месторождений, 1995,том 37, No 3, с. 179~207.
- [20] Rafailovich M, Fedorenko O, Maksumova R, et al. Gold metallogeny of Kumtor - Kokshetau ore belt (Central Eurasia). G14.02 - Mineral deposits and tectonics of central Asia. 32nd IGC - Florence, 2004.
- [21] Курчавов А.М. Эпохи позднепалеозойского рудообразования в герцинских орогенных структурах Центрального Казахстана. Геология рудных месторождений, 1995,том 37, No 3, с. 250~264.
- [22] Веймарн А.Б. и др. Фаменская маргацерудная эпоха в Казахстане. Геология рудных месторождений, 1986, No 5, с. 81~90.
- [23] Генкин А.Д. и др. Новые данные о джеккаганите - сульфиде рения, молибдена, меди и свинца—из месторождения джеккаган (Казахстан). Геология рудных месторождений, 1994,том 36, No 6, с.536~544.
- [24] Наркелюн Л.Ф. Фатиков Р.Ф. Сетиментационные признаки локальзации оруденения джеккаганского месторождения меди. Геология рудных месторождений, 1988, No 6, с.66~75.
- [25] 何国琦. 地台学说 100 年[A]. 见:纪念乐森寻论文集[C]. 北京:地质出版社,1984.153~160.
- He Guoqi. One hundred years of the platform theory[A]. In:Paper anthology of memorializing Le Senxun [C]. Beijing:Geological Publishing House, 1984.153~160 (in Chinese).
- [26] 何国琦,刘德权,李茂松,等. 新疆主要造山带地壳发展的五阶段模式及成矿系列[J]. 新疆地质,1995,13(2):1~181.
- He Guoqi,Liu Dequan,Li Maosong,et al. The five-stage model of crustal evolution and metallogenic series of Chief orogenic belts in Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 1995,13(2):1~181 (in Chinese).
- [27] Кудрин В.С. И др.,Золото-медно-молибден-вольфрамовый рудный пояс Тянь-Шаня[J].Геология рудных месторождений, 1990, No 4, с. 13~26.
- [28] Кудрин В.С. И др.,Кесуйское вольфрам-молибденовое месторождение в Восточной Киргизии [J]. Геология рудных месторождений, 1992, No 2, с. 68~88.
- [29] Дженчураева Р.Д., Явления полигенности на месторождениях Срединного Тянь-Шаня, Геология рудных месторождений, 1990,№1, с. 59~71.

Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions

HE Guo-qi, ZHU Yong-feng

(*Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education;
School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871, China*)

Abstract: This paper primarily summarizes the basic characteristics of the major metallogenic belts in Central Asia and discusses the possible extensions of the major metallogenic belts from the adjacent regions of Xinjiang to Xinjiang. With the constantly changing knowledge of the division of metallogenic belts and types and characteristics of metallogenic formations in adjacent regions of Xinjiang, the authors emphasize that in comparing the geology and mineral resources in Xinjiang with those in its adjacent regions it is necessary to gain knowledge of their research histories and seek to make such comparison based on ascertaining basic ore-controlling elements. In addition, in Central Asia mineralization related to Early Paleozoic continental crustal accretion is quite important, while Late Paleozoic large-scale mineralization is more markedly manifested by inheritance and reworking of pre-existing ore-forming material and superimposition of new ore-forming material, thus forming compounding of multi-stage mineralizations. All these belong to the characteristics of the Central Asian metallogenic megaprovince and must be fully considered in the comparative study. Analysis and comparative study in the paper suggest the following six metallogenic environments as the major factors controlling the formation of large and superlarge deposits in the Central Asian metallogenic megaprovince: 1) numerous Precambrian blocks in Phanerozoic orogenic belts, in which important primary uranium deposits and rare metal deposits are formed; 2) Early Paleozoic continental-margin accretionary wedge and late Caledonian eastern Kokchetav and northern Junggar (beyond the territory of China), where there occur important gold and copper polymetallic deposits; 3) the circum-Balkhash Lake region surrounded by Caledonia and pre-Caledonian continental crust, where ore-forming processes show several peaks and superimposition on each other or certain regular migration; 4) an important Au-Cu-Mo-W metallogenic belt in the southern part of the Central Tianshan (beyond the territory of China), which shows distinct linear features and is related to a huge hydrothermal system that was active for ~70 Ma; 5) the post-collisional intracontinental environment in South Kazakhstan and areas south of it, where most U deposits in Meso-Cenozoic basins and Late Paleozoic superlarge sandstone-type copper deposits were formed and their ore-forming materials probably have deep sources; and 6) sites of intersection between the so-called large-scale "transverse structures" and metallogenic belts, where most important deposits in Central Asia occur.

Key words: Central Asia; Xinjiang; Kazakhstan; metallogenic belt

About the author: HE Guo-qi, male, born in 1934, professor and director of Ph.D candidates, mainly engages in the teaching and study of tectonics; E-mail: ghe@pku.edu.cn.