

文章编号: 1009-6248 (2001) 02-0001-10

中亚古生代造山带成矿作用基本特征

刘德权, 唐延龄, 周汝洪

(新疆地矿局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 中亚成矿域是与环太平洋成矿域、特提斯成矿域媲美的巨型成矿域。其成矿作用带有鲜明的古生代造山带成矿作用特点, 在中亚各古生代造山带发展的拉张型过渡壳—洋壳—汇聚型过渡壳—古生代新陆壳的各阶段, 形成特定的矿床成矿系列类型。矿床成矿系列类型本身也随着地壳发展、地壳成熟度的提高而有规律地演化。

关键词: 造山带; 成矿作用; 矿床成矿系列类型; 中亚; 古生代

中图分类号: P542

文献标识码: A

1 前言

位于欧亚大陆腹地、跨越俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、中国、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗等国的阿尔泰—天山—昆仑山山系所在地区, 为世界最大的古生代造山带集中出露区。近10~20年来, 由于中亚各国实行改革开放政策, 过去笼罩在该区矿产资源面目上神秘的面纱逐渐揭开, 于是, 一个与著名的全球规模巨型成矿域——环太平洋成矿域和特提斯成矿域相媲美的第三个巨型成矿域——中亚成矿域显露在世人面前^[1]。中亚成矿域以其鲜明的古生代成矿作用, 独特的成矿特点, 与环太平洋成矿域和特提斯域相区别, 而其矿产资源的蕴藏量则丝毫不逊于后二者^[2]。

近年来的研究表明, 中亚成矿域至少有以下主要特点:

(1) 位于西伯利亚和冈瓦纳两大古板块体系之间的结合部位。由若干古生代增生带和夹在其间的若干微板块(哈萨克斯坦—准噶尔、塔里木、柴达木等)组成复杂构造域。现代为欧亚超级大陆板块的核心部位。中生代以来, 环太平洋俯冲作用和印度板块俯冲作用对该区的改造不大, 影响基本限于表层。因此其古生代造山带地质结构及其成矿作用产物保存较完整。这是形成中亚成矿域基本特点的主要原因。

(2) 成矿作用时代以古生代、特别是晚古生代为主, 而环太平洋带及特提斯带则以新生代为主。

(3) 具一些特征的成矿作用。如含碳碎屑岩建造中的金矿床(穆龙套型)、碎屑—碳酸盐岩建造中层控型锑汞矿床(中亚南天山带)等, 在中亚成矿域广泛发育, 而在环太平洋带及特提斯带

收稿日期: 2001-04-30

作者简介: 刘德权(1935-), 男, 高级工程师, 新疆地矿局原副总工程师。主要从事矿床勘查及区域成矿规律研究。

① 涂光炽, 陈毓川, 张良臣, 等. 中国新疆优势金属矿产成矿规律研究. 国家三(一)五项目 96-915-07-02 专题研究报告, 2001, 印刷中。

中很少见。镁铁—超镁铁岩中岩浆型铜镍矿床、花岗伟晶岩型稀有金属矿床、富碱花岗岩类稀土元素矿床等,在世界其它地区主要发育于前寒武纪克拉通中,而中亚成矿域则在古生代造山带中发育,并形成超大型矿床(新疆黄山、可可托海、阿尔哈雷、科奇布拉克等)。有巨大经济意义的斑岩铜矿床、陆相火山岩型金矿床,在环太平洋带及特提斯带中均为中—新生代,而在中亚成矿域则基本为古生代。

(4) 从目前不完全统计资料表明,中亚成矿域具有巨大的矿产资源潜力。如:

①金矿。已知超大型矿床 26 处,探明储量 13 842 t (不包括大型及以下矿床储量),达世界保有金储量的 27.1%。逼近世界最大金矿带——南非地区的探明储量 (18 500 t)。

②铜矿。已知超大型矿床 10 处,拥有储量 8 556 万 t,占世界保有铜储量的 14.5%。与著名的智利铜矿带 (拥有铜储量 8 000 万 t) 不相上下。

③稀土矿。内蒙古白云鄂博矿床为世界最大稀土矿床,其稀土储量占世界稀土总储量的 80%。中亚其它地方也发现若干重要的稀土矿床,资源仍有巨大潜力。

④稀有金属矿。区内有可可托海、帕斯舒什塔、兴都库什、维尔赫尼—厄斯佩等 4 处超大型矿床,为久负盛名的世界重要稀有金属矿床产区。

⑤铅锌矿。著名的哈萨克斯坦矿区阿尔泰—新疆南阿尔泰有色金属矿带,超大型矿床众多。加上准噶尔阿拉套的捷克利等超大型矿床,中亚地区铅锌资源量也很可观。

⑥钾盐。有乌兹别克斯坦盖达克—丘别坦、中国青海察尔汗、俄罗斯涅帕、上卡姆等超大型钾盐矿床。此外,新疆罗布泊也具超超大型钾盐矿床资源潜力。

其它如新疆阿尔泰及阿富汗的白云母,新疆且干布拉克的蛭石,中亚南天山的铋汞矿等,在世界该类矿床中占重要地位。哈萨克斯坦肯皮尔赛铬铁矿床,为世界第三大铬铁矿;斯托楚—萨雷苏及锡尔达苏铀矿 (U_3O_8 85.8 万 t),是世界最大铀矿床;阿塔苏锰(铁)矿 MnO_2 储量达 3.35 亿 t;磷矿床有哈萨克斯坦卡拉套 (15 亿 t 矿石) 和阿克宾斯克 (34 亿 t 矿石)、乌兹别克斯坦的中克齐尔库姆盆地 (20 亿 t 矿石)、蒙古的库苏泊盆地 (地质储量 > 50 亿 t 矿石) 等。此外,哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼、乌兹别克斯坦等加上新疆,整个中亚地区石油、天然气总储量已逼近世界最大的油气集中区——中东地区。中亚的煤炭资源也十分丰富,超大型矿床甚多。仅新疆资源量预测即达 2.19 万亿 t (新疆地矿局, 1990), 占我国煤资源总量的 40% 左右。

综上所述,正如涂光炽 (2000) 所说:“中亚成矿域近年的工作进展及披露的材料,雄辩地说明了它的成矿优势及资源潜力决不在环太平洋成矿域及特提斯成矿域之下,三者应同等对待。那种将大型矿床的分布局限于环太平洋和特提斯活动带及南美、北美,澳大利亚、南部非洲 4 个地区的看法是不全面的。”因此,“加深中亚成矿域的认识和采取更有力的找矿措施是当务之急。”^[1]

本文根据近年来的研究,简要阐述中亚成矿域古生代造山带个各演化阶段的成矿作用基本特征。

2 中亚各造山带演化的基本阶段

研究表明,中亚所有古生代造山带都带有或多或少的前寒武纪基底陆壳的残余,表明它们都是在前寒武纪基底陆壳裂解的基础上发展起来的陆间型造山带。其演化历史基本遵循何

国琦教授等总结的基底陆壳—拉张型过渡壳—洋壳—汇聚型过渡壳—新陆壳的五阶段模式^[2]。其一般过程如下。

2.1 拉张型过渡壳

在地幔柱或地幔涌流作用下，基底陆壳岩石圈在某些部位发生拉伸减薄，即开始造山带的拉张型过渡壳发展阶段。

大陆的解体有纯剪切和简单剪切两种模式。纯剪切模式即经典板块构造的裂谷模式，构造总体表现为对称形式 (Mckenzie, 1978)。研究表明，在中亚地区，裂谷模式多出现在造山带发展的初期阶段。随着拉张的发展，则均演进到简单剪切模式，即大陆地壳的解体，是沿一条缓倾斜的、深入上地幔的拆离带拉伸、薄化。由于主拆离带是向相背移离的解体大陆两侧中的一侧下切入上地幔，并追随这一侧板片的移动而向前延伸，拆离带下方的上地幔软流圈隆起也追随前进，从而始终位于这一侧被动陆缘的下方。因此这一侧被动陆缘总是有强烈的岩浆渗透及壳底垫托作用，表现为地表发育双峰式火山岩建造及地下深成岩浆作用。Wernike (1981, 1985)^[3]将这一侧陆缘称为“火山型被动陆缘”。另一侧因无软流圈隆起对应，地壳较冷，因此岩浆作用微弱，主要发生上地壳的脆性破裂和接受巨厚陆源碎屑沉积，即传统的大西洋型被动陆缘，Wernike 称为“非火山型被动陆缘”。这两个不同性质的陆缘组成被动陆缘“对”。后来，何国琦等鉴于“火山型被动陆缘”也可以有较强烈的深成岩浆作用，将其改称为“岩浆型被动陆缘”另一侧相应为“非岩浆型被动陆缘” (何国琦等, 1995)^[4]。由此，拉张型过渡壳的大地构造环境可分为：岩浆型被动陆缘、非岩浆型被动陆缘、裂谷、坳拉谷4种。中亚造山带中拉张阶段属典型岩浆型被动陆缘的有：矿区阿尔泰—新疆南阿尔泰带、西滨巴尔喀什带、中亚北天山带等；非岩浆型被动陆缘有：山区阿尔泰—新疆北阿尔泰—蒙古阿尔泰带以及跨越乌兹别克斯坦—吉尔吉斯斯坦—中国新疆的巨大中亚南天山带等。拉张阶段呈裂谷型式的则有：新疆北山裂谷带、跨越中—哈边境的伊犁石炭纪裂谷带等。坳拉谷的实例有新疆博格达带。

非岩浆型被动陆缘的沉积建造为陆源碎屑岩建造及碳酸盐岩建造，可夹少量玄武岩或辉绿岩；岩浆型被动陆缘则以双峰式火山岩建造为特征。而不论何种环境，在整个拉张型过渡壳阶段中，沉积建造序列的演化特征为：从早期到晚期（即剖面由下而上）、从陆侧到洋侧，由滨海—浅海相稳定型、准稳定型建造向半深海—深海相次稳定型、非稳定型建造演化；双峰式火山岩建造中，拉斑玄武岩系列比例及基性岩比例向上增加，岩石的大洋系数（多勃列佐夫, 1975）、钠/钾值提高。

拉张型过渡壳阶段的深成岩浆作用主要为辉绿岩-辉长岩建造小侵入体，及辉绿岩-石英斑岩类浅成岩组合，或席状辉绿岩岩墙群。哈萨克斯坦泥盆纪火山岩带中的部分花岗岩类可能是拉张型过渡壳阶段的产物（何国琦等, 1994）。

综上所述，拉张型过渡壳阶段以基底陆壳为起点，向地壳减薄、渗透性增加、地壳成熟度降低方向演化。

根据上述特征，从建造分析入手，我们在中亚所有古生代造山带的剖面下部都清楚识别出了拉张阶段的建造，表明拉张阶段在中亚古生代造山带的演化中都是一个必经的、独立的、长期的历史阶段。

2.2 洋壳

在中亚几乎所有古生代造山带中都发现有蛇绿岩残片,表明在其拉张型过渡壳发展后期都曾出现过洋壳。此外,产于洋内弧环境的博宁岩系(新疆北准噶尔)^[5]也是洋壳曾存在过的证据。不过,中亚地区地质历史上曾经出现过的洋壳绝大部分都在板块运动中很快消减掉了。

2.3 汇聚型过渡壳阶段

当深层地幔向上涌流停止,转换为向下流入,即导致洋盆关闭、拉张终止,地应力转为挤压体制,进入汇聚型过渡壳阶段。在本阶段中,拉张阶段和洋壳阶段的产物被强力堆挤在一起,发生强烈以钙碱性为主的岩浆作用、区域动热变质作用、以线状褶皱和逆掩、推覆等压性构造为主的变形作用等。汇聚型过渡壳的主要构造环境为弧—盆系及活动陆缘(陆缘弧)。汇聚阶段的沉积建造序列为由深—半深海非稳定型沉积向浅海的、次稳定型沉积、直至海陆交互的、磨拉石类型沉积演化。汇聚阶段的岩浆作用源区逐步上移,岩浆产物的陆壳色彩越来越显著,主要为钙碱性闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩建造,及安山岩建造或基—中—酸性连续系列火山岩建造。

汇聚后期,地壳增厚,渗透性下降,大离子亲石元素在上层富集,上部地壳形成不连续“花岗岩”层,下地壳密度增大,地壳物质分异基本完成。地壳成熟度提高。

3 古生代新陆壳阶段

随着汇聚阶段挤压褶皱和花岗岩类的凝固,地壳变硬,运动转为大面积隆起。同时由于洋壳消减殆尽,碰撞事件发生,导致地壳上层钾长花岗岩化,使地壳固结,从而标志新陆壳形成。新陆壳阶段可划分为固结期、弛张期及稳定期。

固结期的主要事件是钾长花岗岩化,在中亚各造山带中都有不同程度发育。它一般是壳幔混合源型,可为准原地交代型(少数)或异地侵入型(多数)。钾长花岗岩化后期可有岩浆自交代的碱长或碱性花岗岩生成(如哈萨克斯坦萨乌尔带、新疆东准噶尔带、哈尔里克带),这种碱长或碱性花岗岩在产状、岩性等方面与后来板内时期的非造山花岗岩类(“A”型花岗岩)有明显区别。

固结期的构造环境有褶皱山脉、山间盆地、山前拗陷、残余海盆等。其沉积建造为磨拉石、火山磨拉石、残余海盆复陆屑或碳酸盐岩建造等。

固结期的构造作用主要为大面积上升及浅部的脆性破裂。区域变质作用轻微。地壳厚度如不发生陆内堆叠事件则基本保持汇聚阶段末期的水平。固结后如挤压应力继续保持一定强度,则刚固结的地壳可能发生陆内堆叠事件,通过韧性剪切带完成地壳缩短,消减挤压应力。

当碰撞终止,挤压应力撤除,转入拉张体制之际,可能因应力反弹产生弛张作用,在新陆壳较薄弱的地方形成深达上地幔的弛张性深断裂,使上地幔物质减压上升。在地壳浅部生成镁铁—超镁铁杂岩侵入体,或者在有较厚基底陆壳残余的新陆壳地区生成上叠板内火山地堑,这个时期,称为弛张期。在中亚,石炭纪末—二叠纪初的全面大碰撞(形成欧亚超级大陆的那次碰撞)后的弛张事件规模很大,形成一系列的弛张性深断裂和上叠裂谷,也是中亚最重要的一次成矿期^[6]。此后,新陆壳即进入稳定期。即通常所说的板内时期。

在整个中亚地区,欧亚板块在中—新生代大陆板内发展时期主要地质事件是由于印度板块向北俯冲推挤导致的多次盆岭分异运动,地壳进一步缩短,发育山地剥蚀,河湖及内陆盆

地堆积磨拉石建造、含煤建造、膏盐建造。在局部地区，因地幔柱或地幔热点作用，发生点状非造山花岗岩类侵入。它们是一些深源碱性的辉长岩-正长岩建造、碱性花岗岩-碳酸岩建造（如穿越西蒙古—新疆北准噶尔—哈萨克斯坦萨乌尔带的碱性花岗岩带）。当地幔柱或热点联成一定规模的线时，这种事件会发展成一定规模的上叠陆内碱性火山裂谷（如塔里木北缘—南天山南缘之间的碱性火出岩带）。

新陆壳稳定后的任何时期，当相邻造山带或板块向已稳定的新陆壳下俯冲时，可能在新陆壳上造成大规模活化花岗岩事件。这种花岗岩类一般是壳源的（“S”型、“陆壳改造型”）、富钾、常与陆相偏碱性的流纹岩建造伴生。

综上所述，通过固结期的钾长花岗岩化作用，在上地壳形成较连续的“花岗岩”层，完成了从过渡壳改造为新陆壳的历程。此时造山带通常已拼贴到某一大陆板块上，成为增生大陆板块的一部分。

4 中亚古生代造山带演化各阶段的矿床成矿系列类型

矿床成矿作用可简洁地归纳为矿床成矿系列类型（所谓矿床成矿系列类型，是指可在不同时代、不同地质构造单元中重复出现的矿床成矿系列）^[7]。在造山带演化的不同阶段，发育各自的成矿作用，形成各自的矿床成矿系列类型。兹按地壳发展阶段分述如下（基底陆壳阶段属于前寒武纪成矿域，本文从略）。

4.1 拉张型过渡壳阶段

拉张型过渡壳阶段成矿作用的特点是：早期矿化与基底陆壳上矿源物质的剥蚀和迁移有关，后期则主要与上地幔物质的不断渗入上地壳有关。矿床成矿系列类型主要有。

4.1.1 岩浆型被动陆缘与火山-沉积岩建造有关的铁-铅锌-金矿床成矿系列类型

中亚所有古生代岩浆型被动陆缘拉张阶段都有这个系列类型的矿床生成。

在拉张初期，基底陆壳长期风化剥蚀、解离出来的铁、铅锌等金属离子得以在新的沉积环境下聚集，并在逐渐增强的火山作用影响下加富成矿。因此，铁-铅锌矿床出现于拉张阶段剖面的下部，或岩浆型被动陆缘的近陆侧；拉张到中后期，上地幔物质大量渗入，伴随海底双峰式火山岩建造生成的是在火山热液和渗入岩层中被加热了的海水联合作用下，从周围幔源火山岩建造岩石中解析出来的铜的富集，伴生锌、金，而铅很少，成为块状硫化物铜锌矿床；拉张末期，环境已近洋壳，生成单纯幔源铜矿化，即含铜黄铁矿矿床，铅锌则基本绝迹。

这个系列类型典型实例是哈萨克斯坦矿区阿尔泰——被称为“有色金属巨人”的这个地区，从寒武纪开始拉张，成为西伯利亚古陆块西南侧的岩浆型被动陆缘。泥盆纪拉张加剧，发育双峰式火山岩建造及深海沉积，早石炭世转入汇聚。矿区阿尔泰绝大部分金属矿床，如超大型的济良诺夫、列宁诺戈尔斯克、赛阿克等矿床，大型的里杰尔—索科利、季申、奥尔诺夫、佐洛图申、卡梅申、鲁布佐夫、尼古拉耶夫、别列佐夫等矿床，都产于拉张中后期的泥盆系双峰式火山岩建造及火山-沉积建造中，并由早到晚组成铁-铅锌-铜锌金-含铜黄铁矿的完整序列。矿床数量之多、规模之大，均为世所罕见。

新疆南阿尔泰泥盆纪岩浆型被动陆缘带为该带的东延端部，也产相同的成矿系列。早泥盆世蒙库铁矿、可可塔勒及铁木尔特铅锌矿床代表剖面下部及近陆侧的矿床系列，中泥盆世

阿舍勒铜-锌块状硫化物矿床代表拉张阶段剖面中上部矿化。它们都与双峰式火山岩建造有关,产于拉张阶段岩浆型被动陆缘环境,而与产于汇聚阶段岛弧环境的“黑矿型”铜-多金属矿床在产出环境、成矿特征等方面都大不相同。

4.1.2 非岩浆型被动陆缘中与沉积型含碳碎屑岩建造有关的金-锑-汞矿床成矿系列类型

中亚造山带的非岩浆型被动陆缘巨厚碎屑沉积中,常发育含碳碎屑岩建造,其中盛产金-锑-汞矿床。金矿属于著名的穆龙套型。穆龙套金矿床本身产于晚元古界含碳碎屑岩建造中,为中亚最重要的金矿床。而中亚南天山—中天山带的许多同类型金矿床却产于志留纪—石炭纪地层中,为被动陆缘型含碳碎屑岩建造。周围岩浆作用不发育,岩层变质一般为低绿片岩相。矿化为低品位、大矿量、金-锑伴生,常达超大型规模。如新疆南天山带萨瓦亚尔顿金锑矿床、哈萨克斯坦卡尔巴带巴尔克奇克金矿床、成吉思带别斯托别金矿床等,均为超大型规模。此类型矿床含矿围岩为非岩浆型被动陆缘的拉张阶段沉积,但成矿时间目前未有定论,一般倾向于认为与同生沉积时初步金聚集,成矿区域最末一次较大的深层热流(也可能是地幔流体)作用有关(中亚地区这些矿床含矿地层时代为志留纪到石炭纪,但矿床同位素年龄测定一般都测到二叠纪年龄数据),后者并造成锑和汞的成矿,使中亚南天山成为世界最大的锑-汞矿带之一。

4.1.3 非岩浆型被动陆缘中沉积型、层控型石膏-铜-铅锌矿床成矿系列类型

非岩浆型被动陆缘拉张阶段的典型建造为巨厚的陆源碎屑建造或陆源碎屑-碳酸盐岩建造,极少含火山岩。早期建造侧向上常与基底陆壳的盖层沉积相接。常产蒸发岩类型石膏矿床,早—中期层控型铅锌矿床,有时有铜矿化、锰矿化。如新疆南天山。总的来看,规模不大。

4.2 洋壳阶段

洋壳阶段的主要地质作用产物为洋中脊的蛇绿岩建造和大洋板内洋岛碱性火山岩链。其矿化主要是幔源的铜、铬、铂等,及与超镁铁岩有关的石棉、滑石、软玉等。矿床成矿系列类型如下。

4.2.1 与蛇绿岩建造有关的铬、石棉、软玉、滑石矿床成矿系列类型

如著名的乌拉尔铬矿带,以及新疆西准噶尔铬矿带、北天山软玉矿带、阿尔金南缘石棉矿带等。

4.2.2 与细碧角斑岩建造有关的含铜黄铁矿矿床成矿系列类型

中亚地区已知此类矿床不多,规模也不大。新疆可可乃克矿床属于这个类型。

4.3 汇聚型过渡壳阶段

汇聚阶段成矿作用的背景是壳幔交互作用由强至弱,地壳增厚,渗透性下降,大离子亲石元素在上层富集,地壳成熟度提高。成矿作用由具部分上地幔色彩的铜-多金属组合向具地壳色彩的钼-铜-多金属组合演化。

中亚地区本阶段主要矿床成矿系列类型如下。

4.3.1 岛弧、大陆弧异地型钙碱性花岗岩建造有关斑岩型-矽卡岩型-热液型钨、锡、钼、铜、铅锌矿床成矿系列类型

此系列类型久已为人熟知。中亚各古生代造山带中都有此系列类型矿床产出,为世界主要古生代斑岩铜矿床集中区。斑岩铜矿的发育与否与构造带型式及剥蚀程度有关。已知产超

大型斑岩铜矿床的有哈萨克斯坦的滨巴尔喀什带（科恩纳德、博舍库利、阿克塔盖等超大型矿床）、北天山塔拉斯带、新疆觉罗塔格（土屋超大型矿床）等造山带。它们都具安第斯型型式（俯冲带断裂与前陆盆地主断裂倾向相反，造山带整体剖面呈扇形。与此相对的、不产斑岩铜矿床的“日本型”俯冲带断裂与前陆盆地主断裂倾向相同，造山带整体剖面呈板状），剥蚀程度（相对于斑岩形成层）较低。而乌拉尔带、成吉思带构造型式虽也为安第斯型，但剥蚀程度就比巴尔喀什带较深，保存下来的汇聚阶段矿化以矽卡岩型铜-金-铁-钼成矿系列为主。其中，成吉思带的瓦西尔科夫斯克金矿床、塔吉克南天山带的吉拉乌金-钨矿床达到超大型规模。

4.3.2 与岛弧、大陆弧基-中-酸性火山潜火山岩建造、火山-沉积建造有关的铜、钼、铅锌矿床成矿系列类型

不论岩浆型还是非岩浆型被动陆缘，当进入汇聚阶段后，与钙碱性系列花岗岩建造生成同时，在地表或浅部都有钙碱性及亚碱性火山岩-潜火山岩建造不同程度发育。其常伴随铜-钼-多金属矿床系列。它们可有2种亚类型：

(1) 与基-中-酸性连续序列火山岩建造、中酸性火山岩建造有关铜-铅锌-金矿床成矿系列亚类型，即日本“黑矿型”。这类矿床在中亚目前尚未发现工业规模产地。

(2) 与中性火山-潜火山岩建造有关铜-钼矿床成矿系列亚类型，为与潜火山岩密切有关的似层状矿化，围岩蚀变为透辉石化-石榴石化-绿帘石化组合，被称为“层状矽卡岩”化。与“黑矿型”的绢英岩化-绿泥石化组合不同。新疆北准噶尔的索尔库都克铜-钼矿床为此亚类型实例。

4.3.3 与陆源碎屑-碳酸盐岩建造有关层控型金、铁矿床成矿系列类型

通常出现于汇聚阶段中后期，地貌出现海陆相间时，剥蚀—迁移—沉积导致成矿元素聚集，后在一定条件下加富成矿。新疆北准噶尔沙尔布拉克金矿床、南天山东段梧桐沟及尖山等铁矿床，均达到大中型规模。

4.3.4 与蒸发沉积有关的沉积型石膏矿床成矿系列类型

在一些汇聚阶段发展相对宁静的地区，主要是由非岩浆型被动陆缘发展来的汇聚型过渡壳，汇聚后期浅水闭塞台地泻湖环境发育，常发生蒸发岩类矿床沉积作用。如中亚南天山早古生代非岩浆型被动陆缘，早—中泥盆世转入汇聚，晚泥盆世—早石炭世期间出现沉积型石膏矿床。

4.4 新陆壳阶段

新陆壳阶段的成矿作用背景是高度成熟的大陆地壳，矿化以大陆色彩为主，局部有深源点状矿化。主要矿床成矿系列类型有。

4.4.1 与异地型钾长花岗岩-碱性花岗岩建造有关的钨、锡矿床成矿系列类型

作为新陆壳固结期主要事件的钾长花岗岩化有异地型和准原地型2类，中亚大部分古生代造山带固结期花岗岩类均为异地型，壳幔同熔成因。在东准噶尔，钾长花岗岩化晚期，岩浆自交代生成碱长—碱性花岗岩交代体，它们与非造山的A型花岗岩有一定的区别。新疆东准噶尔的这个钾长花岗岩-碱性花岗岩建造已发现产出成批的云英岩型锡石矿床，它们与世界大多数产于活化性质的“S”型花岗岩中的锡石矿床不同。本类型热液型黑钨矿锡石矿床及矽卡岩型白钨矿见于南天山、准噶尔阿拉套等地，已知矿床规模都较小。

4.4.2 与准原地交代型钾长花岗岩有关的花岗伟晶岩型云母-稀有金属-宝石矿床成矿系列类型

新陆壳阶段准原地型钾长花岗岩化可出现于固结期及以后的活化事件中。这种与围岩呈过渡状态的钾长花岗岩通常伴随大量交代型花岗伟晶岩脉,有云母、稀有金属、宝石系列矿化,规模可达大型—超大型。这种准原地类型的钾长花岗岩化通常出现于由非岩浆型被动陆缘发展来的新陆壳中。新疆北阿尔泰的与交代型钾长花岗岩有关的花岗伟晶岩型云母-稀有金属-宝石系列矿床是世界闻名的稀有金属和宝石产地,它们是北阿尔泰早古生代非岩浆型被动陆缘在泥盆纪固结成新陆壳后,石炭纪时由于南阿尔泰构造带向北俯冲于北阿尔泰构造带之下,使北阿尔泰带发生大规模岩浆活化事件的产物。新疆南天山库米什及喀喇昆仑阿克赛钦带的康西瓦-大红柳滩两带的新陆壳固结期准原地型钾长花岗岩化也伴随花岗伟晶岩型云母-稀有金属-宝石矿化,规模较小。

4.4.3 碎屑岩-火山碎屑岩建造中热液型金矿床成矿系列类型

固结期地壳变硬,浅部脆性破裂发育,当异地型钾长花岗岩进入地壳上层时,因热力驱动由岩浆残余溶液及潜水混合的热液萃取围岩中的金,向热背斜、热向斜部位集中,并在适当岩性的岩石及构造破碎带中沉淀成矿。如果新陆壳固结期花岗岩化是该地区的最后一次较大的构造—热事件,则这些矿化就能较好地保存下来。新疆西准噶尔的一大批金矿床就属于这种类型。

4.4.4 上叠盆地磨拉石建造中层控型铜矿床成矿系列类型

层控型铜矿床(含铜砂岩、含铜页岩)形成于区域地球化学背景富铜、沉积作用由氧化环境转变为还原环境的碎屑沉积的条件下。这种条件在固结期的磨拉石沉积时及进入稳定期板内发展后的上叠裂谷磨拉石沉积时都可出现。而以上叠裂谷内形成工业规模的层控型铜矿化机率较大。按沉积环境有海相、海陆交互相、陆相之分,矿化规模不一,前二者(中亚地区多为石炭纪)能形成超大型矿床。如著名的哲兹卡兹干超大型铜矿床。二叠纪大陆板内上叠裂谷内矿床在新疆产地较多,规模都不大。

4.4.5 与弛张期镁铁-超镁铁岩建造有关的岩浆型铜、镍矿床成矿系列类型

新疆北准噶尔的喀拉通克镁铁-超镁铁岩带(西延为哈萨克斯坦的萨乌尔带)和觉罗塔格黄山镁铁—超镁铁岩带,都是生成于石炭纪新陆壳固结之后、二叠纪稳定期之前,即石炭纪末的地应力由挤压转入拉张的转换时期。这两个岩带之下,地球物理资料证实地壳中下部存在有渊状上地幔突入物,说明充填这些岩体的断裂深达上地幔。地表岩体都很小,但都有良好的分异相带。典型岩相分带由外而内、由上而下为:辉石闪长岩-角闪橄榄辉长岩-辉石岩-角闪橄榄岩。两个带的大部分岩体都有岩浆型铜镍矿化产出。黄山矿床达超大型规模(此类型矿床达超大型目前也仅新疆黄山一例,中亚哈萨克斯坦境内也有不少这类矿床,规模在中型以下)。矿化产于基性端元相带中,或成矿浆贯入。与中亚其它古生代造山带比较,这两个带的古生代新陆壳厚度都较小,因此,易于产生弛张性深断裂(其它古生代新陆壳较厚的构造带,弛张期生成的则是规模大小不等的上叠陆内裂谷)。

4.4.6 与陆内堆叠韧性剪切带有关的金-稀有金属矿床成矿系列类型

新陆壳固结后,陆内堆叠事件生成的韧性剪切带,如果迅速上升到浅构相的浅表部位,叠加脆性破裂和热液蚀变,促使围岩中的金迁移在糜棱岩带中聚集,即可形成工业金矿床。与

此同时, 韧性剪切带上盘常伴随有高铝高侵位的高铝花岗岩类(二云母花岗岩、电气石白岗岩)小侵入体, 它们常伴随有云英岩化及花岗伟晶岩脉群, 产出稀有金属矿化。新疆觉罗塔格康古尔塔格韧性剪切带的康古尔金矿、镜儿泉稀有金属矿床等即属于这个类型的成矿系列。

4.4.7 与弛张期上叠裂谷双峰式火山岩-辉绿岩建造有关的铁、铜矿床成矿系列类型

新疆伊犁石炭纪裂谷在晚石炭纪汇聚—固结, 二叠纪初发生弛张性上叠裂谷事件, 其陆相双峰式火山岩建造及辉绿岩建造中有较多铜铁矿化, 构成矿床成矿系列。

4.4.8 与深源碱性辉长岩-正长岩-碳酸岩建造有关钒钛磁铁矿-锡-稀土元素矿床成矿系列类型

中亚南天山带和南蒙古—新疆北准噶尔带各有一条规模较大的深源碱性辉长岩-正长岩-碳酸岩类侵入岩带。它们是典型的非造山型中心式侵入体。时代均为二叠纪, 即造山带已进入新陆壳稳定期后的初期。南天山带还伴随有较大范围的碱性玄武岩类建造, 构成相当规模的上叠陆内裂谷, 何国琦等认为与拆沉作用有关。在南天山的这个带中, 与偏碱性花岗岩有关的锡矿化达到超大型规模(萨雷贾兹锡矿床), 偏碱性辉长岩有关的钒钛磁铁矿化及与岩浆碳酸岩有关的稀土元素-稀有金属矿化也发现多处。成吉思带的维尔赫尼—厄斯佩超大型稀土元素矿床与碱性花岗岩有关, 产于固结期末。

5 结语

中亚古生代地壳发展过程中矿床成矿系列的时空及物质演化可大体归纳如下:

基底陆壳解体后, 拉张型过渡壳阶段初期, 成矿作用首先是基底陆壳地表成矿作用的继承和转移, 成矿元素带有鲜明的壳源色彩, 即以 Fe、Pb、Zn 为主; 拉张中—后期, 上地幔物质对地壳的渗透增强, 亲地幔元素 Cu 的矿化逐渐显著, 通常伴生 Au, 而 Pb 和 Zn 的作用相继下降直至绝迹; 到洋壳阶段, 成矿作用完全为亲地幔元素 Cu、Cr、Ni、Pt 等及幔源岩石直接有关的石棉、滑石、软玉等; 汇聚型过渡壳阶段, 开始仍以 Cu 为主, 其后亲石元素的矿化逐渐增强, 由 Cu-Pb-Zn 组合发展到 W-Mo-Cu-Pb-Zn 组合; 新陆壳阶段, 大离子亲石元素 W、Sn、Mo、Be、Li、Nb、Ta、U、Th 等的矿化发展到高峰。此外, 新陆壳阶段的中—后期, 在一些狭窄的线上或点上, 某些波及上地幔或下地壳的构造事件, 可带来深源的 Cu、Ni、V、Ti 及稀土元素等矿化。

空间分布上, 在拉张阶段, 以基底陆壳与拉张型过渡壳的界线为起点, 向扩张中心方向, 依次为 Fe-Pb-Zn 组合、Cu-Au-Zn 组合、及 Cu (Au) 组合序列。汇聚阶段及新陆壳阶段的构造带是由拉张阶段堆积物、洋壳残片、汇聚阶段堆积物及新陆壳阶段堆积物的综合体组成。内生矿化作用则基本上以火山—深成作用所形成的岩浆岩带为轴线, 近陆侧以 W、Sn、Mo、Fe 为主, 远陆侧或近洋侧以 Cu、Pb、Zn 为主。在垂直方向上, W、Sn、Mo、Fe 在岩基带的内外接触带附近, Cu、Pb、Zn 等则稍远一些, 斑岩类型的 Cu、Mo、Au 及热液型 Au 等在更浅一些的部位。这样, 即使相同构造发展的构造带内, 地壳表层现代可见到的矿床系列也因剥蚀程度的不同而有不同, 例如中亚大部分古生代造山带汇聚阶段和新陆壳阶段的花岗岩类都很发育, 但斑岩类型的矿床就相当少见, 这显然与中亚大多数古生代构造带的剥蚀程度都较深有关。

参考文献:

- [1] 涂光炽. 初议中亚成矿域 [J]. 地质科学, 1990, 34 (4): 397-404.
- [2] 何国琦, 刘德权, 李茂松, 唐延龄, 周汝洪. 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, 香港文化教育出版社, 1994.
- [3] Wernicke B. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere [J]. Can. J. Earth Sci., 1985, 22: 331-339.
- [4] 何国琦, 刘德权, 李茂松, 唐延龄, 周汝洪. 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 (2).
- [5] 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 新疆北准噶尔洋内弧及博宁岩系 [J]. 新疆地质, 1993, 11 (1).
- [6] 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 新疆石炭纪末—二叠纪初的弛张事件及其地质意义 [A]. 第四届天山地质矿产学术讨论会论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000: 240-241.
- [7] 陈毓川. 矿床成矿系列 [J]. 地学前缘, 1994, (3).

The characteristics of mineralization of the Central Asian Paleozoic orogenic zone

LIU De-quan, TANG Yan-ling, ZHOU Ru-hong

(Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830000, China)

Abstract: The Paleozoic metallogenic domain of the Central Asian was a giant metallogenic domain which can compare favourably with the ring Pacific ocean and the Tethys. Its mineralization has the manifest singularity of the Paleozoic orogenic mineralization. In the every stage that crustal develops tensile transitional, crust-oceanic, crust-convergent transitional, crust-new continental of the Paleozoic orogenic zone in Meddle Asia, it formed various specific metallogenic series type. The series type evolved regularly with the raise of the crustal maturity.

Key words: orogenic zone; mineralization; metallogenic series type; Central Asian; Paleozoic