

文章编号 10258-7106 (2009) 01-0001-14

新疆觉罗塔格成矿带与南阿尔泰成矿带的对比研究^{*}

陈毓川^{1,2}, 刘德权³, 应立娟², 王登红², 唐延龄³

(1 中国地质科学院, 北京 100037; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3 新疆地质矿产局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要 在总结觉罗塔格成矿带和南阿尔泰成矿带成矿特征的基础上, 对这 2 个成矿带进行了地质成矿对比, 认为该 2 带具有相同的“五阶段”演化历程, 并发育相似的成矿地质事件与成矿地质环境, 矿化特征及所发育的矿床成矿系列均具有可比性。体现了在一个成矿带内不同的构造演化阶段都具有各自的岩浆或沉积成矿作用, 形成一定的矿床组合, 并具有一定的演化规律; 具有类似构造环境的成矿带有可能具有类似的成矿系列与演化。例如, 铁、铜、铜镍、金和稀有金属等矿床的几种矿床类型在这 2 个带中均有产出, 南阿尔泰成矿带中的喀拉通克铜镍矿床可与觉罗塔格成矿带中的黄山铜镍矿床对比。同时也指出, 该 2 带存在明显的差异。并按成矿体系中“全位成矿”的理论, 指出了在这 2 个成矿带作进一步研究和找矿的新方向。“对比”是地学中运用最广泛的原则和方法, 实际上, 据此思路在近年的勘查与研究中已取得了新的找矿成果。

关键词 地质学; 成矿系列; 对比研究; 觉罗塔格; 南阿尔泰; 新疆

中图分类号: P612

文献标志码: A

A comparative study of Jueluotage metallogenic belt and South Altay metallogenic belt in Xinjiang

CHEN YuChuan^{1,2}, LIU DeQuan³, YING LiJuan², WANG DengHong² and TANG YanLing³

(1 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract

Based on summarizing metallogenic features of the Jueluotage metallogenic belt and the South Altay metallogenic belt, the authors made a geological and metallogenic comparison between these two belts. The two belts have similar “five stages” evolutionary processes, metallogenic geological events and environments, and are comparable in ore-forming features and metallogenic series of ore deposits. This suggests that different tectonic evolutionary stages in the same metallogenic belt can have their respective magmatic or sedimentary mineralization characteristics to form some certain ore deposit combinations characterized by a certain evolutionary regularity. Metallogenic belts with similar tectonic environments may also have similar metallogenic series and evolutionary processes. Some types of iron, copper, copper-nickel, gold and rare metal ore deposits occur in both of the metallogenic belts. For example, the Kalatongke Cu-Ni ore deposit in the South Altay metallogenic belt is compara-

^{*} 本文得到中国地质大调查“我国重要矿产和区域成矿规律研究”项目(1212010633903), “中国成矿体系综合研究”项目(1212010634002); “我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”(编号 200420190004), 国家科技支撑重点项目“新疆成矿体系与资源潜力评估”(编号 2006BAB07B08-01) 项目的联合资助

第一作者简介 陈毓川, 男, 1934 年生, 中国工程院院士, 研究员, 博士生导师, 长期从事成矿学研究。

通讯作者 刘德权, 男, 1935 年生, 教授级高级工程师, 长期从事地质矿产研究。联系地址: 乌鲁木齐市克拉玛依路 2 号新疆地质矿产局。

邮政编码: 830000。Email: ldqy@163.com

收稿日期 2008-07-02; 改回日期 2008-11-14。许德焕编辑。

ble with the Huangshan Cu-Ni ore deposit in the Jueluotage metallogenic belt. Nevertheless, there still exist some differences between these two metallogenic belts. According to the theory of "mineralization in all locations" in the metallogenic system, this paper points out further research and prospecting orientation in these two metallogenic belts.

Key words: geology, metallogenic series, comparative study, Jueluotage, South Altay, Xinjiang

新疆东天山的觉罗塔格成矿带和阿尔泰地区的南阿尔泰成矿带都是中国驰名的重点成矿区带,长期以来都是地质勘查和科学研究的重点地区。它们以有色金属、铁、金矿为主,资源丰富,在新疆乃至全中国都有重要地位,而且,其地质环境独特,成矿作用多样,在不长的地质演化历史中有序地发育有众多的各具特色的矿床成矿系列及矿床式,成矿规律很有特色。在这 2 个成矿带,已取得了大量的研究成果,但对其所做的对比研究却极少。笔者经多年研究发现,觉罗塔格成矿带与南阿尔泰成矿带在成矿地质背景、矿化特征及发育的矿床成矿系列等方面均具可比性,并可据此指导在这 2 个成矿带内进一步找矿,以发现新的矿床类型和矿产地。

1 觉罗塔格成矿带的成矿地质特征

觉罗塔格成矿带位于东天山北部,吐鲁番-哈密盆地之南,呈 EW 走向,长 520 km,宽 40~60 km,面积 2.8 万 km²。

1.1 区域成矿地质背景及构造演化

觉罗塔格成矿带属于塔里木北缘成矿省,其北以大南湖-大草滩断裂带为界与准噶尔成矿省的哈尔里克成矿带毗邻,其南以阿齐克库都克断裂为界与星星峡中间地块毗邻,而后者是其构造演化与成矿的基础。该带内主要为石炭纪沉积建造及石炭纪花岗岩类,有少量二叠纪磨拉石沉积。

大南湖-大草滩断裂带是觉罗塔格造山带与哈尔里克造山带的构造拼接线(刘德权等,2003),其两侧的区域构造线走向以及地层、岩浆岩的地球化学特征等都有明显区别(图 1),而且在其西段,经 1:5 万区域地质调查已在多处发现了蛇绿岩块。该构造拼接线的南北分属于不同的古生物地理区:其北,产安加拉植物群及大量单带型珊瑚和腕足类 *Paramuirwoodia* 等,属于西伯利亚生物区;其南,不含上述生物,而含 *Gigonto-productus*、*Kuichowphillum* 等温带型生物,属于华南生物区。因此,该构造拼接线代表已闭合的洋盆曾具有分隔生物区系的规模,即

为古亚洲洋中部的准噶尔残余洋盆所在处。

对于该成矿带的构造属性,历来有不同认识,主要是洋壳汇聚俯冲的火山岛弧带(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)与古陆缘的边缘火山岩带之争(何国琦等,1994),对此尚需深入研究。笔者一直认为,该带不是俯冲体制下形成的火山岛弧,而是陆缘拉张体制下发育的边缘火山岩带,可称之为“岩浆被动陆缘”或“裂陷槽”(何国琦等,1994)。其地质演化主要过程为:自早石炭世初,成为塔里木板块北缘的岩浆型被动陆缘,在拉张阶段沉积了陆源碎屑-双峰式火山岩建造;于晚石炭世初转为汇聚作用,在此阶段沉积了复理石夹基-中-酸性火山岩建造,有钙碱性花岗岩类的强烈侵入,进入碰撞发展阶段;于石炭纪末期固结,固结后因挤压仍在继续,故发育较大规模的韧性剪切带;挤压停止时,产生了弛张型深断裂,生成了黄山-镜儿泉镁铁-超镁铁质岩带;于二叠纪初隆起为陆,有局部上叠地堑;三叠纪时处于隆升剥蚀,侏罗纪—新生代时为陆内演化与新构造阶段,形成陆内山间断陷沉积盆地,发育含煤建造和盐类沉积(刘德权等,1996)。

1.2 成矿特征

觉罗塔格成矿带是中国天山地区地质矿产研究程度相对较高的地区(张良臣等,2005)。该区内已发现有 20 多种矿产,主要矿产地约 100 多处,包括有色金属矿、铁矿和金矿等(陈毓川等,1999;中国地质调查局,2003)。其中,土屋-延东铜矿、黄山地区铜镍矿、康古尔塔格地区金矿、白山钼矿、雅满苏铁矿、土屋北-垄东钠硝石矿等较为著名,目前已知有大-中型矿床 30 多处。按觉罗塔格成矿带的面积 2.8 万 km² 计,其成矿强度为 16.0(成型矿床数/万 km²),显然高于新疆已知的Ⅲ级成矿带,显示其成矿远景最好。

该成矿带的资源储量在新疆占重要地位,如:铜矿占新疆铜矿总资源储量的 50% 以上(主要是土屋-延东超大型斑岩铜矿床),镍矿占 60% 以上,钼矿占 80% 以上,铁矿占 17% 左右,金矿占 20% 以上;此外,还有银、钨、钛、钒、钠硝石、石灰岩、硅灰石、饰

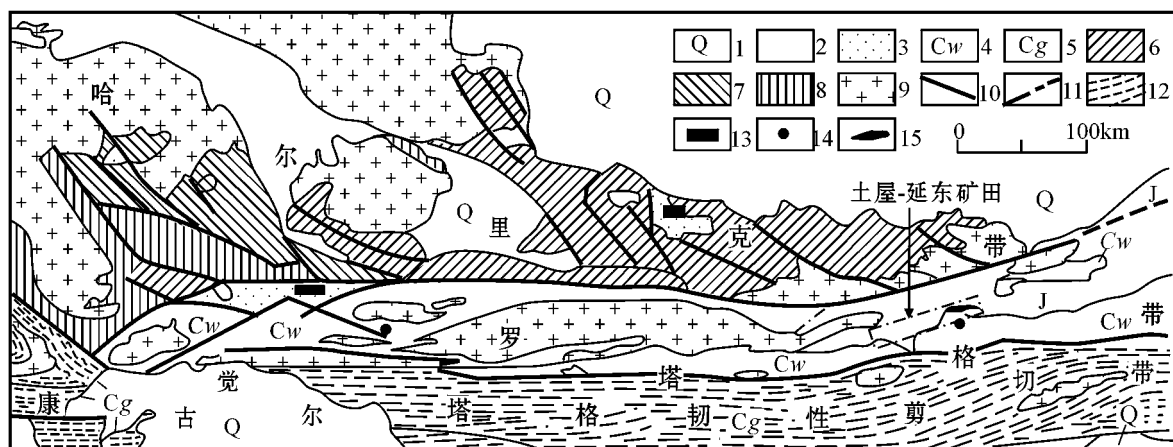


图1 新疆东天山哈尔里克带-觉罗塔格带分界带略图

(据新疆地质矿产局第一区域地质调查队 2002 年 1:25 万地质图^①修编)

1—第四系松散沉积物;2—侏罗系陆相碎屑岩;3—哈尔里克带上石炭统下部碎屑岩建造;4—觉罗塔格带下石炭统梧桐窝子组双峰式火山岩建造;5—觉罗塔格带下石炭统干墩组火山岩-碎屑岩建造;6—哈尔里克带泥盆系;7—哈尔里克带志留系;8—哈尔里克带奥陶系;9—侵入岩类,辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩等,未分;10—断裂;11—大南湖-大草滩断裂;12—康古尔塔格韧性剪切带;13—冷水型安加拉植物群化石产地;14—温水型长身贝、始斯塔夫蜓、石燕等化石产地;15—矿体

Fig. 1 Geological sketch map of Haerlik-Jueluotage tectonic belt in East Tianshan, Xinjiang

(Modified after 1:250 000 regional geological map by No. 1 Regional Geological Party of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, 2002)

1—Quaternary sediments; 2—Jurassic terrestrial clastic rocks; 3—Upper Carboniferous calcic rocks in Haerlik belt; 4—Bimodal volcanic rocks of Lower Carboniferous Wutongwozi Formation in Jueluotage belt; 5—Volcanic-clastic rocks of Lower Carboniferous Gandun Formation in Jueluotage belt; 6—Devonian in Haerlik belt; 7—Silurian in Haerlik belt; 8—Ordovician in Haerlik belt; 9—Introsive rocks, such as gabbro, diorite, granodiorite, monzonitic granite and K-feldspar granite; 10—Fault; 11—Dananhu-Dacaotan fault between Haerlik terrain and Jueluotage terrain; 12—Kangguertage shear zone; 13—Localities of cool water type Angara flora fossils; 14—Localities of warm water type productoid, Eostaffella, Spirifer and other fossils; 15—Ore body

面石材等大量资源。该带已是新疆重要的有色金属、铁和石材的重要基地。

1.3 矿床成矿系列及其成矿演化

1.3.1 矿床成矿系列

在觉罗塔格成矿带内已厘定出与海西期构造-岩浆、沉积作用有关的铁、铜、钼、铅锌、金、银、稀有金属、钨、硅灰石矿床成矿系列组,以及与印支-燕山期构造旋回岩浆、沉积作用有关的钼、铌、钨、金、稀有金属、煤矿床成矿系列组,共包括 5 个矿床成矿系列和 10 个亚系列(表 1)。

1.3.2 矿床成矿系列的演化

觉罗塔格成矿带作为塔里木古陆北部的大陆边缘活动带,从早石炭世开始(也有研究者将小热泉铜矿划入该带,认为是从晚泥盆世开始)至侏罗纪仅约 208 Ma 的地质演化史,是该区带内四维成矿、有序演化的必然产物。其成矿物质演化由初期的古陆剥蚀供给(Fe 、 Ti 、 V),中期的壳幔作用补给(Cu 、 Mo 、 Pb 、 Zn 、 W 、 Au 及稀有金属)至幔源补给(Cu 、 Ni)到

晚期的表生沉积成矿(刘德权等,1996)。该带的主要构造演化阶段及成矿系列如下所述。

古陆壳演化阶段 觉罗塔格构造-成矿带是在星星峡中间地块的基础上演化而来。后者主要地质事件为塔里木古陆及其陆缘增生带的形成,具有从太古宙至显生宙约 32 亿年的演化历程,不同构造旋回陆壳的增生方式不尽相同,但总体上以陆缘侧向增生为主,垂向增生的岩浆作用不甚发育,形成具线型构造特征的褶皱带。关于觉罗塔格构造带的直接基底尚不清楚,但其南侧的星星峡古陆壳对其形成与演化起着重要的控制作用。

拉张型过渡壳演化阶段 在拉张型过渡壳形成的初期,形成了带有盖层性质的沉积铁矿床及钕钽磁铁砂矿床。到拉张至一定程度,在由软流圈进入地壳上层的流体的积极作用下,通过种种途径,使拉张初期在沉积-火山堆积物中聚集的由古陆迁移来的铁质及钕钽磁铁矿碎屑与地幔物质发生作用,形成了一大批多种成因的常伴生 Cu 的铁矿床,构成拉

① 新疆地质矿产局第一区域地质调查队, 2002. 1:25 万五堡幅地质图修编报告, 内部资料。

表 1 觉罗塔格成矿带的矿床成矿系列
Table 1 Metallogenic series of ore deposit in Jueluotage metallogenic belt

矿床成矿组	矿床成矿系列	矿床成矿亚系列	矿床式	成矿年龄/ Ma	资料来源
觉罗塔格成矿带内与海西期构造-岩浆、沉积作用有关的铁、铜、钼、铅锌、金、银、稀有金属、钨、硅灰石矿床成矿系列组	Pz ₂ -II 与海西期火山-深成岩建造有关的铁、铜、钼、铅锌、锡、金、银矿床成矿系列	Pz ₂ -IIa 与早石炭世拉张阶段双峰式火山岩建造有关的铁、铜、金、石灰岩矿床成矿亚系列	雅满苏式（铁铜） 鱼峰式（钒钛磁铁砂矿） 齐石滩式（金） 雅满苏式（石灰岩）	352 ± 47	李华芹等，2004
		Pz ₂ -IIb 与晚石炭世-早二叠世汇聚阶段中-酸性火山-深成岩建造有关的铁、铜、钼、铅锌、锡、金、银矿床成矿亚系列	土屋式（铜钼） 维权式（银铜） 铁岭 I 号式（铜铁） 吉源式（铜银） 赤龙峰式（铁金） 明水西式（铅锌） 木头井子式（铁） 马庄山式（金） 坡子泉式（铁） 十里坡式（自然铜） 明锡山式（锡）	322.7 ± 2.3 297 ± 3 298 ± 29 298 ± 28	刘德权等，2003;李华芹等，2004
		Pz ₂ -IIc 与晚石炭世固结期钾长花岗岩有关的硅灰石、钨矿床成矿亚系列	小草滩式（硅灰石） 绿洲泉式（钨）		
		Pz ₂ -IIId 与早二叠世陆内堆叠构造-岩浆有关的金、铜、铅锌矿床成矿亚系列	康古尔塔格式（金铜、铅锌） 石英滩式（金） 南金山式（金） 西凤山式（金）	250 ± 9.6 244 ± 9 242 ± 8 272 ± 3	李华芹等，2004
		Pz ₂ -IIe 与石炭纪末-早二叠世弛张期镁铁-超镁铁质岩建造有关的铜镍、钒钛铁矿床成矿亚系列	黄山式（铜镍） 黄山东式（铜镍） 香山西式（钒钛铁）	205.4 ± 2.4 320 ± 38	李华芹等，2004
	Pz ₂ -2S 与海西期沉积作用有关的铁、锰、石膏矿床成矿系列	Pz ₂ -2Sa 与中石炭世汇聚阶段残留海盆有关的铁、石膏矿床成矿亚系列	库姆塔格式（菱铁矿、石膏） 铁岭 II 号式（铁铜）		
		Pz ₂ -2Sb 与二叠纪上叠盆地火山-沉积岩有关的锰矿床成矿亚系列	1106 高地式（锰）		
觉罗塔格成矿带内与印支-燕山期构造旋回岩浆、沉积作用有关的钼、铌、钨、金、稀有金属、煤矿床成矿系列组	Mz-3I 与印支-燕山期花岗岩建造有关的钨、钼（铌）、金、稀有金属矿床成矿系列	Mz-3Ia 与印支-燕山期花岗岩建造有关的钼、铌矿床成矿亚系列	白山式（钼、铌）	181 ± 1.3（花岗岩中锆石）	李华芹等，2004
		Mz ₂ -3Ib 与印支期花岗岩建造有关的钨、钼、金、稀有金属矿床成矿亚系列	小白石头泉式（钨、钼） 金窝子式（金） 镜儿泉北山式（稀有金属）	248 ± 2, 230 ± 5.7	李华芹等，2004
	Mz-4S 与中生代上叠山间盆地陆相沉积有关的煤矿床成矿系列		野马泉式（煤）		
	Kz-5F 与新生代山间盆地陆相表生沉积作用有关的铀、石盐、芒硝、石膏、钠硝石矿床成矿系列	Kz-5Fc 与第四纪内陆盐湖表生蒸发沉积作用有关的铀、钠硝石、石盐、芒硝矿床成矿亚系列	艾丁湖式（石盐、芒硝） 土屋北式（钠硝石） 哈密南 1113 式（铀）		

注：Pz₂-II、Pz₂-2S、Mz-4S、Kz-5F 为矿床成矿系列地质代号与编号；其中，Pz₂、Mz、Kz 为晚古生代、中生代、新生代，1、2、3、4、5 为矿床成矿系列编号，S、I、M、F 为沉积作用、岩浆作用、变质作用及表生作用，a、b、c 为矿床成矿亚系列编号。

张阶段的矿床组合,它们的分布基本上限于南部近陆侧,形成了与早石炭世拉张阶段双峰式火山岩建造有关的铁、铜、金、石灰岩矿床成矿亚系列。

汇聚壳演化阶段 晚石炭世初转入汇聚阶段,沉积了复理石夹基-中-酸性火山岩建造,伴随强烈的钙碱性花岗岩类侵入,导致该构造带的地壳侧向增生,使该带的主碰撞结束。成矿作用扩展到整个成矿带的宽度上,以壳幔混合源(包括岩浆作用成分和成矿成分)色彩为主,成矿元素为 Cu-Fe-Mo-PbZn-Au-Ag 组合,矿床分布以花岗岩链为轴呈分带排列。形成了与晚石炭世—早二叠世汇聚阶段中-酸性火山-深成岩建造有关的铁、铜、钼、铅锌、金、银矿床成矿亚系列。在汇聚后期,形成了与晚石炭世中期残留海盆有关的铁、石膏矿床成矿亚系列。依据上述分析,初步建立了该带拉张、汇聚阶段的区域成矿模式(图 2)。

新陆壳演化阶段 此阶段即大陆碰撞后演化与深部壳幔作用(晚石炭世—中生代)阶段,又可分为固结、弛张及稳定等 3 个时期,发育有不同的成矿地质事件和矿床成矿系列。此阶段以深部壳幔作用为主发生垂向增生,并对侧向增生的陆壳进行不同程度的叠加与改造,是该带大规模成矿的高峰期之一。

觉罗塔格成矿带及毗邻地区的成矿演化详见其成矿谱系图(图 3)。

从上述地质演化史可知,该带在石炭纪至侏罗纪仅约 208 Ma 的演化期内,经历了晚海西中-晚期及印支-燕山期 2 个构造旋回的演化历程,发育各种地质环境和多种有利成矿的地质事件,形成了异常

成矿聚敛场和有利的成矿建造与岩相的最佳耦合,才导致该带有序的大规模成矿,形成了 10 个矿床成矿亚系列和 35 个矿床式(表 1)。该带不仅是中国天山地区最重要的成矿远景带,而且已成为新疆最重要的铁、铜、镍、金、石材及盐类矿业的开发基地。

2 南阿尔泰-北准噶尔成矿带

南阿尔泰-北准噶尔成矿带位于北阿尔泰之南、准噶尔盆地北缘, NW-SE 走向, 在新疆境内长约 460 km, 宽 70~110 km, 面积约 3.26 万 km² (其中南阿尔泰 1.10 万 km², 北准噶尔 2.16 万 km²)。

2.1 区域成矿地质背景及构造演化

该成矿带的区域大地构造背景是阿尔泰-萨彦-蒙古和哈萨克斯坦 2 个大陆块及其间的斋桑古洋, 在洋陆转化的过程中, 形成了褶皱系和大量的花岗岩类岩体。新疆南阿尔泰-北准噶尔成矿带(图 4)属于中亚矿山阿尔泰多金属巨型成矿带, 其古构造环境属于次生岛弧系。从区域构造情况看, 矿山阿尔泰在晚古生代岛弧系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。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。其演化过程可概括为早、晚 2 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普遍的挤压作

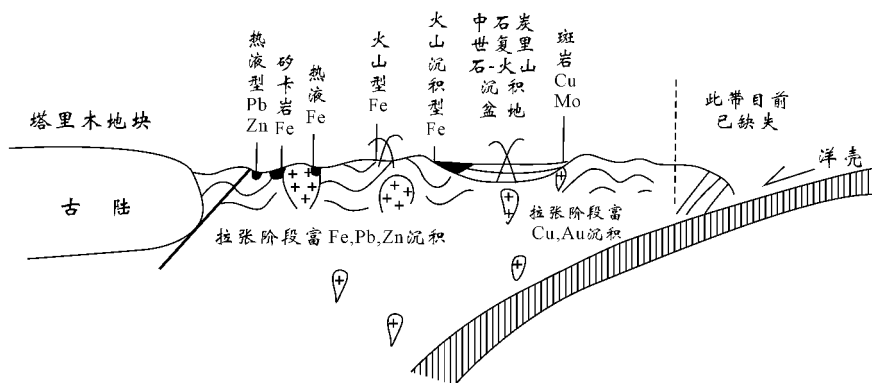


图 2 觉罗塔格成矿带拉张、汇聚阶段区域成矿模式图(据刘德权等, 1996)

Fig. 2 Regional metallogenic model for Jueluotage metallogenic belt at extensional and convergent stages

(after Liu et al., 1996)

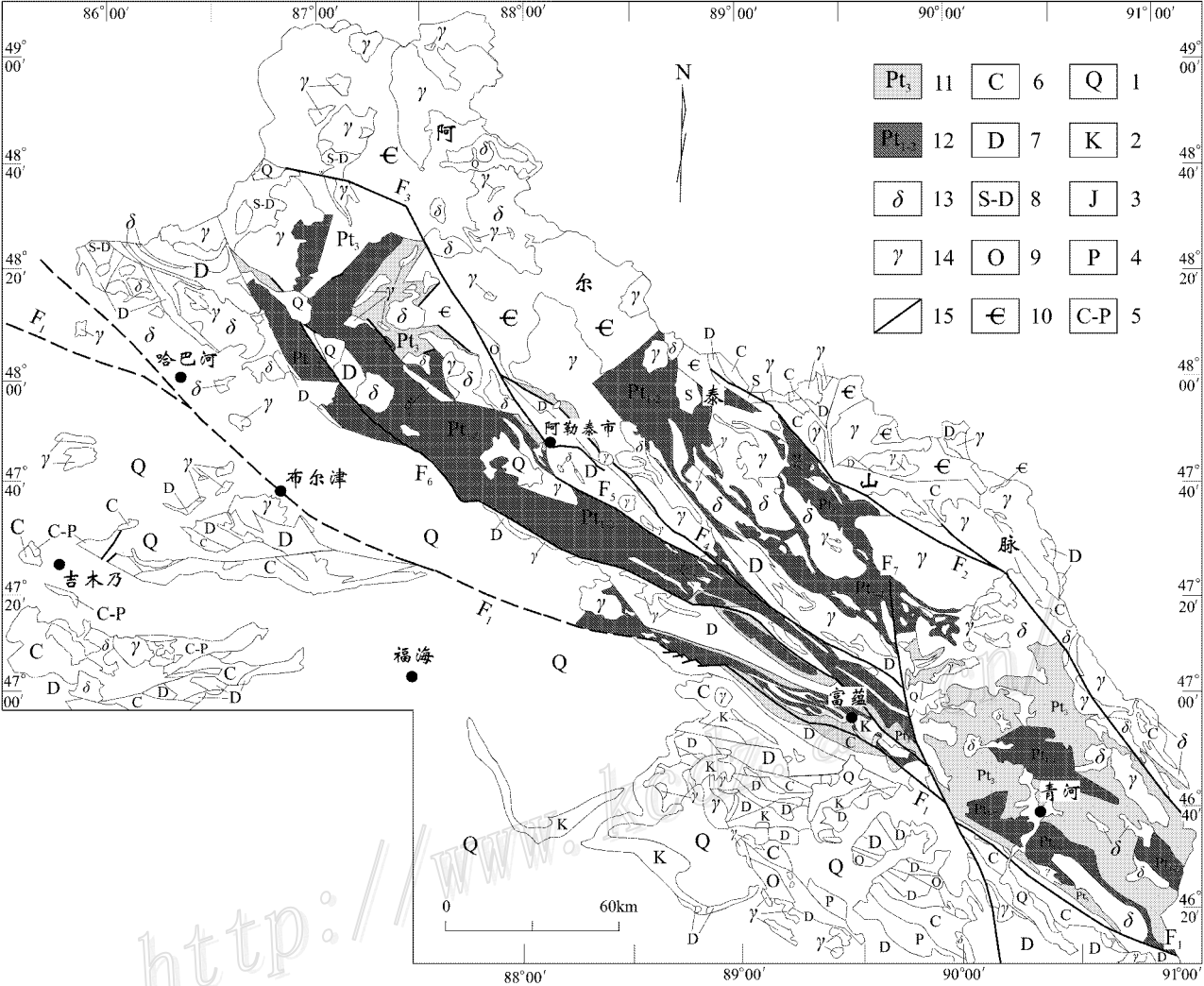


图 4 新疆南阿尔泰-北准噶尔成矿带区域地质构造略图

1—第四系；2—白垩系；3—侏罗系；4—二叠系；5—石炭系-二叠系；6—石炭系；7—泥盆系；8—志留系-泥盆系；9—奥陶系；10—寒武系；11—上元古界；12—下-中元古界；13—基性侵入岩；14—花岗岩类岩石；15—断裂：F₁—额尔齐斯深断裂；F₂—红山嘴深断裂；F₃—依来克深断裂；F₄—康布铁堡深断裂；F₅—库尔特深断裂；F₆—科沙哈拉尔深断裂；F₇—可可托海深断裂

Fig. 4 Regional geological-tectonic sketch map of South Altay-North Junggar metallogenic belt in Xinjiang

1—Quaternary；2—Cretaceous；3—Jurassic；4—Permian；5—Carboniferous-Permian；6—Carboniferous；7—Devonian；8—Silurian-Devonian；9—Ordovician；10—Cambrian；11—Upper Proterozoic；12—Lower-Middle Proterozoic；13—Basic intrusive rock；14—Granitoid rock；15—Fault：F₁—Eerqisi deep fault；F₂—Hongshanzui deep fault；F₃—Yilaike deep fault；F₄—Kangbutiebao deep fault；F₅—Kuerde deep fault；F₆—Keshahalaer deep fault；F₇—Keketuohai deep fault

毓川等,1999;王登红等,2002)。其主要优势矿产包括铜、镍、金、铅、锌、稀有金属(铍、锂、铌、钽)、铁、锰、钨、锡、钼等。

其主要矿床类型有 12 个,即:镁铁-超镁铁质岩型(铜镍硫化物型)、花岗岩型(锡、金、稀有金属)、花岗伟晶岩型(稀有金属)、斑岩型(铜、金、钼)、与花岗质岩石有关的脉状型(铜、钼、铅、锌、钨、锡、金)、海相

火山岩型(铁、金、铜、铅、锌)、陆相火山岩型(铜、金)、接触交代型(铁、铜、铅、锌、钼)、陆相沉积岩型(煤、盐类)、剪切带型(金)、变质型(铁、铜)、砂矿型(金)。

该成矿带也是新疆重要的有色金属、稀有金属及金的成矿远景区和矿业开发基地。目前已知的矿产产地有 130 多处,有中国和新疆著名的大型矿床,如阿舍勒铜矿、可可塔勒铅、锌矿、蒙库铁矿、喀拉通克铜

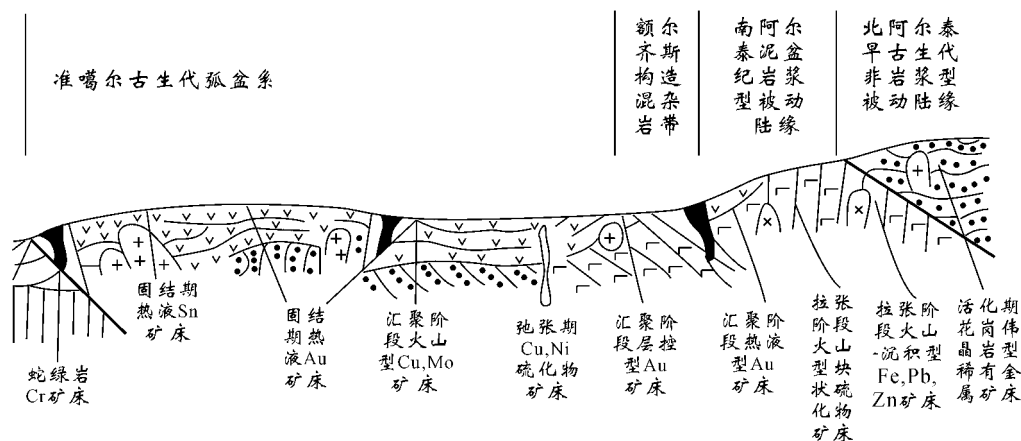


图 5 南阿尔泰-北准噶尔成矿带区域成矿模式图(据刘德权等 2003)

Fig. 5 Regional metallogenic model for South Altay-North Junggar metallogenic belt (after Liu et al., 2003)

镍矿、多拉纳萨依金矿、希勒克特哈拉苏铜矿等。按该成矿带面积 3.26万 km^2 计,其成矿强度为 11.66 (成型矿床数/ 万 km^2),略低于觉罗塔格成矿带,但高于阿尔泰成矿省的其他成矿带,显示其成矿远景很好。其区域成矿模式见图 5。

目前,该成矿带内已查明的资源储量在新疆占重要地位,铁矿占新疆铁矿总资源储量的 17% ,铜矿占 23% ,镍矿约占 19% ,铅锌矿占 30% 以上,金矿占 20% 以上。此外,还有钼、稀有金属、膨润土等大量资源。

2.3 矿床成矿系列及成矿演化

王登红等(2002)在前人研究基础上,根据新资料重新厘定了阿尔泰成矿省的矿床成矿系列。共厘定出 3 个成矿系列组合、7 个成矿系列(含 8 个亚系列)和 26 个矿床式(表 2)。

王登红等(2002)对该区矿床成矿系列的演化轨迹也进行了较深入的研究,其主要认识如下:

前寒武纪时期 北阿尔泰成矿带内无疑存在元古代老陆块,李会军等(2005)也提出“阿尔泰-蒙古微大陆”之说,认为阿尔泰具有古元古代-中元古代-新元古代基底,在元古代可能经历了 4 次主要事件。可见阿尔泰加里东期造山带是在上述古陆壳基底上形成的,但其具体分布范围尚待进一步研究与查明。考虑到元古代地层具有双峰式火山岩的特点,推测阿尔泰成矿省很可能在元古代就已经拥有陆壳成分,经过裂隙拉张后,既接受了双峰式火山岩的沉积,也接受了来自西伯利亚古板块的陆源碎屑沉积,其间可能形成了与海相火山岩有关的铁、铜、铅、锌

矿床成矿系列。

加里东期 北阿尔泰成矿带属于加里东期形成的褶皱系。新元古代晚期至早、中奥陶世,在元古代(?)陆壳基底上,形成了被动陆缘型巨型拗陷带,接受了厚度达 $6 \sim 7 \text{ km}$ 的类复理石沉积(在俄罗斯称之为山地阿尔泰系,在中国称之为哈巴河群,在蒙古则称为蒙古阿尔泰系)。大体上是在中、晚奥陶世之间(各地略有差别),在该褶皱系范围内发生了普遍的挤压褶皱作用,使巨型拗陷带的类复理石沉积岩发生了褶皱和达到绿片岩相的区域变质作用。晚奥陶世的沉积(在中国境内为东锡勒克组和白哈巴组)具有典型的磨拉石或火山-磨拉石的特征,以极明显的角度不整合覆盖在变类复理石岩系之上。鉴于该角度不整合在山地阿尔泰和蒙古阿尔泰都有发现,因此,无疑具有区域性特征。与褶皱和变质作用伴生的还有花岗岩类岩体的形成,具有同碰撞晚期的性质。

元古代的沉积物在加里东期卷入造山运动,经受第一次强烈的区域性变质作用,形成一套伟晶岩型白云母矿床,而元古代的沉积矿床则成为受变质矿床,构成一个加里东期成矿系列,即与加里东期基性-中酸性火山-侵入岩有关的铁、钨、钼、铍、白云母矿床成矿系列。该成矿系列已经有了东西分区和一定的演化特点,表现为:加里东运动开始时,西伯利亚板块南缘发生大陆边缘裂谷作用,伴随基性火山活动,在哈萨克斯坦境内形成了一系列铁矿;加里东晚期,发生挤压,有强烈的花岗岩浆活动,形成了与花岗岩有关的伟晶岩型、蚀变花岗岩型及花岗岩型

表 2 新疆阿尔泰成矿省的矿床成矿系列

Table 2 Metallogenic series of ore deposit in Altay metallogenic province of Xinjiang

成矿系列组合	成矿系列	成矿亚系列	矿床式	成矿年龄/ Ma	资料来源
变质作用组合	A. 前寒武纪成矿系列				
	B. 加里东期与变质-岩浆作用有关的矿床成矿系列		那森恰式 也拉曼式	447.6±3.2 426±13	王登红等，2002
岩浆作用组合	C. 与海西期构造-岩浆作用有关的矿床成矿系列	C1. 海西早期裂陷拉张过程中与火山作用有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、Ag 矿床成矿亚系列	蒙库式、 阿巴宫式铁矿 萨热阔布式金矿 阿舍勒式、 可可塔勒式	381±10.2 395±39 378~372 373±31	王登红等，2002
		C5. 海西中晚期与幔源镁铁-超镁铁质岩有关的 Cu-Ni-PGE 矿床成矿亚系列	喀拉通克	317~281	
		C4. 海西期准噶尔盆地北缘及阿尔泰地区与幔源岩浆作用有关的铜、钼、锡、金矿床成矿亚系列	希勒克特哈腊苏式 萨惹什克式锡矿 塔斯特式金矿 索尔库都克式	376.0±9.5 292~263 320~316 288~284	杨文平等，2004 王登红等，2002
		C2. 海西期造山过程中与岩浆作用有关的稀有金属、白云母、宝石矿床成矿亚系列	佳木开式 大桥-库威式 库卡拉盖式	369.8	王登红等，2002
		C3. 海西中晚期造山过程中与构造-岩浆活动有关的岩金矿床成矿亚系列	多拉纳萨依式、 赛都式、 萨尔布拉克式	269 281±17 304	王登红等，2002
	D. 印支-燕山期与造山后碱长-偏碱性岩浆作用有关的稀有金属、白云母、宝石、贵金属、有色金属矿床成矿系列	D1. 与印支期花岗岩有关的稀有金属、白云母矿床成矿亚系列	大喀拉苏式、 将军山式、 小喀拉苏式	240.86±5.53 227.08±6.53	王登红等，2002
		D2. 与燕山期花岗岩有关的稀有金属、白云母、宝石矿床成矿亚系列	可可托海式 阿祖拜式	178~115 151.41±2.05	王登红等，2002
		D3. 与燕山期岩浆作用有关的贵金属、稀有金属矿床成矿亚系列	阿克提什坎式金钨铋矿	138.5±2.1	周涛发等，2000
沉积作用组合	E-1. 古生代能源矿产成矿系列		扎河坝式		
	E-2. 中生代能源矿产成矿系列				
	E-3. 新生代冲积砂矿床成矿系列		红墩式		

据王登红等（2002），略有修改及补充。

稀有金属和白云母矿床,但主要分布在中国境内。

海西期 考虑到在广义的矿山阿尔泰带内,广泛存在加里东期和前加里东期的基底(一般出露在大型复背斜的核部,或呈大小不一的断块夹杂于褶皱断裂带中),多数研究者认为,该区曾是阿尔泰-萨彦岭加里东期古陆(近年也称之为阿尔泰-蒙古地体)的一部分。在晚古生代阶段,该古陆由于受到位于其南西(现代方位)的斋桑古洋活动的强烈改造,在其南西部分形成了广义的矿山阿尔泰带。海西期时,其活动的性质与加里东期相似,但强烈活动的范围向南推移了,于开始阶段形成了大陆边缘裂谷火山岩带,从哈萨克斯坦的矿区阿尔泰到中国境内的

克兰裂谷带,有泥盆纪双峰式细碧角斑岩类岩浆的强烈喷发,先后形成了火山岩型铁、铜、铅、锌矿床组合,即早期西部拉张环境下的与火山作用有关的矿床成矿亚系列,而东部,很快就发生了变质作用和岩浆活动,随着造山运动的进行,构造环境以挤压为主,在阿尔泰发生大规模的花岗岩化,形成了交代型花岗岩和重熔岩浆侵入型花岗岩,在大桥-库威等地形成一套伟晶岩型含稀有金属-白云母矿床组合,并延续到中、晚期,构成又一个矿床成矿亚系列。期在区域性构造挤压、剪切走滑过程中,同时发生花岗岩的侵入活动,形成有关的岩金矿床,构成了又一个矿床成矿亚系列。在海西运动中-晚期,准噶尔板块与

西伯利亚板块碰撞、拼合,碰撞后的伸展作用在准噶尔盆地范围内形成了一些深断裂带,沿这些断裂有含较多地幔物质的岩浆侵入,从阿尔泰山南缘到东天山形成了 2 个亚系列:一个是与基性、超基性岩直接有关的铜、镍、钴、铂族矿床组合,构成一个独立的矿床成矿亚系列;另一个是与幔源岩浆分异或地幔岩浆作用下重熔形成的壳源岩浆特别是碱性岩浆活动有关的锡、金、铜矿床成矿亚系列。稍后,沿碰撞带发生区域性韧性剪切构造作用,并形成以金为主的矿床成矿亚系列。因此,海西期的构造、岩浆、成矿作用在该区具有比较完整的发展、演化过程,不同的构造-岩浆演化阶段有规律地形成各具特色的矿床组合,并在空间上具有一定的分布规律。各成矿亚系列之间具有内在的成因联系。此过程中所形成的不同的矿床组合构成了一个矿床成矿系列,并按形成的不同环境和阶段分为 5 个不同的矿床成矿亚系列。在古生代,尚有与二叠纪陆相火山磨拉石-含煤建造有关的沸石、膨润土及煤矿床成矿系列。

印支-燕山期 海西期造山运动的结束并不意味着成矿作用的结束,阿尔泰山成矿省完全进入后碰撞与深部壳幔作用的演化阶段,地壳相对稳定,此时,流体的活动相对重要,岩浆的结晶分异得以完善进行,由此而先后形成了大喀拉苏、小喀拉苏、阿祖拜、可可托海等稀有金属矿床,并具有越到后期矿床

规模越大、元素组合越复杂、矿物种类越多、伟晶岩结构分带越完善的特点。另外,还具有小岩体成大矿的特点,在空间上往往表现为一系列的小岩体包围着一系列的稀有金属矿床。

燕山期实际上还存在与花岗岩或其他岩浆活动有关的金、稀有和有色金属成矿系列,目前已经在阿克提什坎等地获得了比较可靠的年代学数据,今后应注意这方面的工作。

中-新生代时期 该区进入板内发展期,中生代的盆地中还发育有以能源矿产为主的沉积矿床成矿系列,而新生代则主要是沿水系发育的以砂金矿床为主和湖相环境下发育的盐类矿床成矿系列。

综上所述,建立了南阿尔泰山-准噶尔成矿省晚古生代成矿系列时空演化模式图(图 6)。

从上述地质演化史可知,该带在泥盆纪至侏罗纪约 273 Ma 的演化期内,经历了晚海西期及印支-燕山期 2 个构造旋回的演化历程,发育了多种有利的地质环境和成矿地质事件,形成异常成矿聚敛场和有利的成矿建造与岩相的最佳耦合,才导致该带有序的大规模成矿,发育了 3 个成矿系列组合、7 个成矿系列(含 8 个亚系列)和 26 个矿床式(表 2)。该带不仅是新疆北部最重要的成矿远景带,而且已成为新疆最重要的铜、镍、铁、金及稀有金属的矿业开发基地。

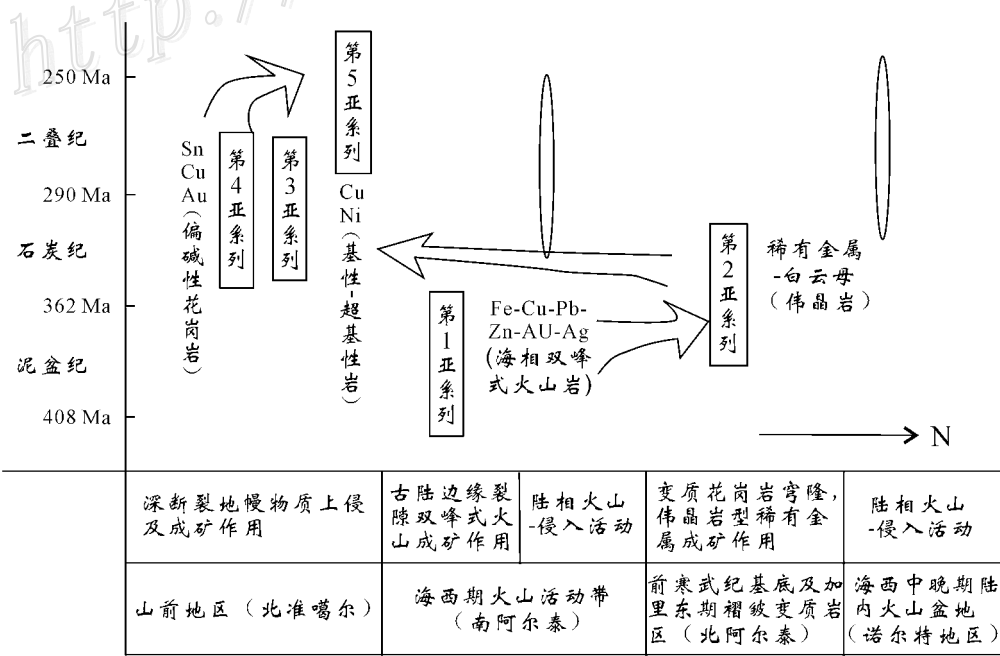


图 6 南阿尔泰山-准噶尔成矿省晚古生代成矿系列时空演化模式图(据王登红等,2002)

Fig. 6 Time-space evolutionary model for Late Paleozoic metallogenic series of ore deposits in South Altay-North Junggar metallogenic province(after Wang et al. ,2002)

3 觉罗塔格成矿带与南阿尔泰-北准噶尔成矿带的初步对比

3.1 地质构造演化特征对比

觉罗塔格成矿带属于塔里木成矿省,而南阿尔泰-北准噶尔成矿带主体属阿尔泰成矿省,分别处于塔里木古陆块的北缘和阿尔泰古陆的南缘(李会军等 2006)。如前所述,这 2 个成矿带的地质背景和构造演化历史并不完全相同,但均属拉张体制下形成的不同时代的边缘火山岩带,属于“岩浆型被动陆缘”或“裂陷槽”,基本上反映了其属拉张体制的构造背景。而且,它们都具有相同的地壳 5 阶段演化历程和发育相似的成矿地质事件与成矿地质环境,故具有可比性。表 3 将这 2 个成矿带的地质构造演化及主要地质事件的特征做了对比。

3.2 成矿特征及矿床成矿系列的对比

这 2 个成矿带的成矿时代有所不同,但其成矿构造属性及地质演化阶段的成矿地质事件均相似,决定了其成矿作用与矿化特征和矿床成矿系列等成矿特征的相似性和可比性。按照矿床成矿系列组和成矿系列类型的概念(陈毓川等,2006),实际上就是海西期这 2 个成矿带的成矿系列组及成矿系列类型的对比,其成果不仅可以深化区域成矿规律,而且可以利用“全位成矿与缺位找矿”的理论预测与指导在这 2 个成矿带内找矿(陈毓川等,2007)。现将对比成果列入表 4 予以说明。

从表 4 可知,这 2 个成矿带的地质构造演化及成矿系列是十分相似的,特别是所发育的海相火山岩型铁铜矿床(雅满苏式与蒙库式、阿舍勒式、可可塔勒式)、斑岩型铜钼矿床(土屋式与希勒克特哈腊

表 3 地质构造演化特征对比

Table 3 Comparison of geological-tectonic evolutionary features

			觉罗塔格成矿带	南阿尔泰-北准噶尔成矿带	备 注
大地构造属性			晚古生代裂陷槽(岩浆型被动陆缘)	晚古生代裂陷槽(岩浆型被动陆缘)	
古生代构造变形特征			紧密线性构造,断裂构造发育	紧密线性构造,断裂构造发育	
显生宙构造山旋回	板内阶段	上叠盆地事件	中-新生代。上叠盆地(野马泉式)	晚二叠世。上叠盆地(扎河坝式)	
		热点事件		二叠纪及中-新生代碱性花岗岩及碱性正长岩侵入	全岩 Rb-Sr 法 291~253 Ma, 乌伦古河断裂两侧
		构造-岩浆活化事件	印支期-燕山期活化花岗岩链事件	① 早二叠世上叠陆相火山盆地事件; ② 印支期-燕山期活化花岗岩链事件	
		弛张期	晚石炭世-早二叠世。大规模弛张性深断裂,较多含铜镍的镁铁-超镁铁质岩体侵入(黄山式),320~305 Ma,成矿亚系列	晚石炭世-早二叠世。大规模弛张性深断裂,含铜镍的镁铁-超镁铁质岩体侵入(喀拉通克式),320~280 Ma,成矿亚系列	
		固结期	晚石炭世。局部残余海盆。大规模钾长花岗岩体生成。陆内堆叠形成韧性剪切带	晚石炭世。局部残余海盆。大规模钾长花岗岩体生成。陆内堆叠形成韧性剪切带	
		汇聚阶段	晚石炭世早期。弧盆环境。堆积复理石及基-中-酸性火山岩建造。大规模钙碱性花岗岩链形成	晚泥盆世-早石炭世。岛弧环境。堆积复理石及基-中-酸性火山岩建造。大规模钙碱性花岗岩链形成	
		洋壳	早石炭世末可能有洋壳出现	早泥盆世有洋壳出现	额尔齐斯断裂带东段发现了泥盆纪的蛇绿岩
		陆块内挤压		中-晚泥盆世花岗岩化,稀有金属、云母矿床(370~330Ma)成矿亚系列	
		拉张阶段(裂陷槽)	早石炭世。岩浆型被动陆缘环境堆积海相双峰式火山岩建造,Fe(Cu)矿床组合(约 350 Ma),成矿亚系列	早-中泥盆世。岩浆型被动陆缘环境堆积海相双峰式火山岩建造,Fe、Cu、Pb、Zn 矿床组合(400~380 Ma),成矿亚系列	
前震旦纪基底旋回			星星峡-早上古陆壳有微陆块卷入了造山带,可能具有前震旦纪基底	具有加里东期和前加里东期基底	

表 4 成矿特征及矿床成矿系列的对比表

Table 4 Comparison on metallogenic features and metallogenic series of ore deposits

		觉罗塔格成矿带	南阿尔泰-北准噶尔成矿带
矿产地总数及成型矿床的物质结构	超大型	2 (铜、钠硝石各 1 处)	
	大型	10 (镍 4 处、铜钼、钛、金、石膏、花岗岩石材及石灰岩各 1 处)	4 (铁、铜、铅锌及镍各 1 处)
	中型	24 (铁 13 处、金 5 处、镍及钨各 2 处、铁铜及硫铁矿各 1 处)	14 (稀有金属 6 处、金 3 处、铅锌及铁各 2 处、铜 1 处)
	小型	40 (铁 20 处、金 8 处、铜 5 处、铁铜、镍、锡、钛、铅锌、银及煤各 1 处)	21 (稀有金属 12 处、金 5 处、铁及铜各 2 处)
	矿点	34	102
	合计	110	141
矿化强度 (成型矿床数/万 km ²)		16.00	11.66
成型矿床类型		斑岩型、花岗伟晶岩型、镁铁-超镁铁质岩型、海相火山岩型、陆相火山岩型、韧性剪切带型、砂卡岩型、热液型、陆相沉积型、表生蒸发岩型、现代盐湖型等 11 个	斑岩型、花岗伟晶岩型、镁铁-超镁铁质岩型、海相火山岩型、陆相火山岩型、韧性剪切带型、砂卡岩型、热液型、陆相沉积型、碱性花岗岩型、变质岩型、表生蒸发岩型、表生冲洪积砂矿型、现代盐湖型等 14 个
主要的矿床成矿系列		与早石炭世拉张阶段双峰式火山岩建造有关的铁、铜、金、石灰岩矿床成矿亚系列	早-中泥盆世裂陷拉张阶段与火山作用有关的铁、铜、铅、锌、金、银矿床成矿亚系列
			与小-晚泥盆世陆内挤压带花岗岩化伟晶岩有关的稀有金属、白云母、宝石矿床成矿亚系列
		与晚石炭世-早二叠世汇聚阶段中酸性火山-深成岩建造有关的铁、铜、钼、铅锌、锡、金、银矿床成矿亚系列	与晚泥盆世-早石炭世汇聚阶段中酸性火山-深成岩建造有关的铜、钼、锡、金矿床成矿亚系列
		与晚石炭世固结期钾长花岗岩有关的硅灰石、钨矿床成矿亚系列	晚泥盆世-早二叠世聚集-固结期海西中晚期与幔源偏碱性岩浆作用有关的锡、金、铜矿床成矿亚系列
		与石炭纪末-早二叠世弛张期镁铁-超镁铁质岩建造有关的铜镍、钒钛铁矿床成矿亚系列	与石炭纪末-早二叠世弛张期镁铁-超镁铁质岩建造有关的铜镍矿床成矿亚系列
		与早二叠世陆内堆叠构造韧性剪切带岩浆作用有关的金、铜、铅锌矿床成矿亚系列	与晚石炭世-早二叠世陆内堆叠构造韧性剪切带-岩浆作用有关的金矿成矿亚系列
		与中石炭世汇聚阶段残留海盆有关的铁、石膏矿床成矿亚系列	
		与二叠纪上叠盆地火山-沉积岩有关的锰矿床成矿亚系列	与二叠纪幔源碱性岩浆作用有关的锡、金、铜矿床成矿亚系列
		与印支-燕山期花岗岩建造有关的钨、钼、金、稀有金属矿床成矿亚系列	印支-燕山期与造山后碱长-偏碱性岩浆作用有关的稀有金属、白云母、宝石、贵金属、有色金属矿床成矿系列
		与中生代上叠山间盆地陆相沉积有关的煤矿床成矿亚系列	与二叠纪陆相火山磨拉石-含煤建造有关的沸石、膨润土及煤矿床成矿系列

注：与加里东期岩浆-变质作用有关的矿床成矿系列不属于该对比研究区带，故未列入此表内。

苏式) 镁铁-超镁铁质岩型铜镍矿床(黄山式与喀拉通克式) 及韧性剪切带型金矿床(康古尔塔格式与多拉纳萨依式、赛都式) 等主要矿床类型均具有很好的可比性(限于篇幅, 本文不能展开对比), 充分体现出在时代及构造单元不同, 但具有类似地质构造环境和相似成矿作用时, 可重复出现相同的矿床成矿系

列及矿床类型。但由于这 2 个成矿带的成矿地质背景及演化历史毕竟不完全相同, 其成矿作用也都有各自的特色, 故具有一定的差异, 主要是:

在觉罗塔格成矿带, 以下成矿亚系列不甚发育:
① 二叠纪与幔源偏碱性岩浆作用有关的锡、金、铜矿床成矿亚系列, 这可能与该带未发育如乌伦古河

断裂两侧的碱性岩浆岩带有关;②与晚石炭世固结期钾长花岗岩有关的稀有金属、白云母、宝石矿床成矿亚系列,但目前仅有与固结期钾长花岗岩有关的硅灰石、钨矿床组合,此与该区不存在如南阿尔泰由地幔柱活动所形成的富稀有金属元素的花岗岩穹隆有关;③与二叠纪陆相火山磨拉石-含煤建造有关的沸石、膨润土及煤矿床成矿系列,但有与二叠纪上叠盆地火山-沉积岩有关的锰矿床成矿亚系列,显然,该区二叠纪上叠火山盆地尚不够稳定;④拉张阶段有相似的成矿亚系列,但该带以产火山岩 Fe-Cu 矿石组合为特色的雅满苏式铁矿为主,而目前尚未发现以产火山岩 Cu-Zn 矿石组合为特色的阿舍勒式铜锌矿床,也未发现可可塔勒式铅锌矿床,这与该带拉张深度不及南阿尔泰构造带有关,表现在双峰式火山岩中的基性火山岩不如后者发育,当然,也不能排除在该带的有利部位找到阿舍勒式(VHMS)矿床,如该带的银帮山和景峡地区已发现了找矿线索。

在南阿尔泰-北准噶尔成矿带,尚未找到的成矿亚系列有:①与中石炭世汇聚阶段残留海盆有关的铁、石膏矿床成矿亚系列,此与该区存在相对稳定的残留海盆有关;②与印支-燕山期(李华芹等,2004)花岗岩建造有关的钼、铼矿床成矿亚系列,这可能与该区斑岩不发育和地幔物质富稀有金属而贫钼铜有关;③这2个区带均发育与石炭纪末—早二叠世弛张期镁铁-超镁铁质岩建造有关的铜镍矿床成矿亚系列,但该区的镁铁-超镁铁质岩体分布局限,未构成如黄山和镜儿泉那样拥有众多镁铁-超镁铁质岩体的铜镍成矿带。显然,其构造背景尚有差异(刘德权等,1993),尽管北准噶尔喀拉通克岩体群也是受弛张性超壳深断裂所控制,形成有构造接合处的薄弱带,但其地壳厚度仍较觉罗塔格成矿带大,不利于镁铁-超镁铁质岩体的成带产出,故有“独生子”一说。该带具有全岩矿化与深熔贯入的成矿特点,镍矿富铜并伴有具工业意义的铂族金属,岩浆热液叠加成矿的特征明显,故王润民等(1991)经研究后厘定其为“岩浆叠生矿床”,为在新疆寻找同类型的镍铜富矿床指出了方向。

4 结 论

阿尔泰与觉罗塔格2个成矿带均属拉张体制下形成的不同时代的边缘火山岩带,即岩浆型被动陆缘。两者具有相同的“五阶段”演化历程(何国琦等,

1995),并发育相似的成矿地质事件与成矿地质环境,矿化特征及所发育的矿床成矿系列均具有可比性,可据以指导在这2个成矿带内进一步找矿。这也给人们以启示:在一个成矿带内,不同的构造演化阶段都具有各自的岩浆或沉积成矿作用,形成一定的矿床组合,并具有一定的演化规律;具有类似构造环境的成矿带有可能具有类似的成矿系列与演化。

阿尔泰与觉罗塔格2个成矿带的地质背景和构造演化历史并不完全相同,故也存在各自的成矿特色,而这种差异性也可能就是人们做进一步研究及找矿的新方向。

“对比”是地学中运用最广泛的原则和方法。上述对比也可以理解为对这2个成矿带成矿体系的对比研究。即一个成矿省的成矿体系,无论其空间范围是大还是小,演化历史是长还是短,都包括应发育的各种成矿作用,否则就是发育不完善的成矿体系,即成矿体系的“缺位”。这一思路改变了传统的“就矿找矿”思想,可依据“全位与缺位”的理论来预测及指导在这2个成矿带内找矿,以发现新的矿床类型和矿产地。实际上,据此对比思路在近年的勘查与研究中已取得了新的找矿成果。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. 1993. Regional geological records of Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 454-457 (in Chinese).
- Chen Y C (chief editor). 1999. Prospective appraisal of mineral resources in major metallogenic region (belt) of China[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Chen Y C, Pei R F and Wang D H. 2006. On minerogenetic (metallo-genetic) Series: Third Discussion[J]. Acta Geologica Sinica, 80 (10): 1501-1508 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, et al. 2007. Metallogenic series in China and regional metallogenic appraisement[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- China Geological Survey Bureau. 2003. Research on important selected areas for appaisement of mineral resources in major metallogenic prospective regions of China[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- He G Q, Li M S, Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 1994. Paleozoic crust evolvement and mineralization in Xinjiang[M]. Urumqi: Xinjiang People's Press; Hong Kong: Hong Kong Cultural and Educational Press. 177-208 (in Chinese with English abstract).
- He G Q, Liu D Q, Li M S, Tang Y L and Zhou R H. 1995. The five-stage model of crust evolution and metallogenic series of chief orogenic belts in Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 13(2): 79-99 (in Chi-

nese).

- He G Q and Zhu Y F. 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang and its adjacent regions, China[J]. *Geology in China*, 33(3): 451-460 (in Chinese with English abstract).
- Li H J, He G Q, Wu T R and Wu B. 2006. Confirmation of Altay-Mongolia microcontinent and its implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 1369-1378 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q and Chen F W. 2004. Chronology of regional mineralization in Xinjiang of China[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 1993. Structural types and features of copper-nickel-bearing mafic-ultramafic complex in orogenic belts [A]. In : Contributions to 5th symposium of ore deposits in China [C]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 1996. Metallogenic series of ore deposit in Xinjiang of China[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- Liu D Q, Chen Y C, Wang D H, Tang Y L, Zhou R H, Wang J L, Li H Q and Chen F W. 2003. A discussion on problems related to mineralization of Tuwu-Yandong Cu-Mo orefield in Hami, Xinjiang [J]. *Mineral Deposits*, 22(4): 334-344 (in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Chen Y C and Xu Z G. 2002. Metallogenic series and rules of Altay metallogenic province[M]. Beijing : Atomic Energy Press. 294p (in Chinese).
- Wang R M, Zhao C L, et al. 1991. The Kalatongke No. 1 copper-nickel sulfide deposit in Xinjiang[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- Yang W P, Zhang Z C, et al. 2004. Geoloical features and genesis of the Halasu porphyry copper deposit in Qinghe County, Xinjiang[A]. In : Wang W B, ed. 5th Symposium of Geology and Resources in Tianshan region, Xinjiang [C]. Urumqi : Xinjing Science and Technology Press. 203-206 (in Chinese).
- Zhang L C, Liu D Q, Wang Y B, Li Q C, et al. 2005. Metallogenic rule of dominant metal minerals in Xinjiang[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- Zhou T F, Yuan F, et al. 1996. Magmatism and mineralization in Noerte region of Xinjiang[M]. Beijing : Geol. Pub. House (in Chinese).
- 陈毓川, 主编. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京 : 地质出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题[J]. *地质学报*, 80(10): 1501-1508.
- 陈毓川, 等. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京 : 地质出版社.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1994. 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 : 香港文化教育出版社. 177-208.
- 何国琦, 刘德权, 李茂松, 唐延龄, 周汝洪. 1995. 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*, 13(2): 79-99.
- 何国琦, 朱永峰. 2006. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究[J]. *中国地质*, 33(3): 451-460.
- 李会军, 何国琦, 吴泰然, 吴波. 2006. 阿尔泰-蒙古微大陆的确定及其意义[J]. *岩石学报*, 22(3): 1369-1378.
- 李华芹, 陈富文. 2004. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京 : 地质出版社.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1993. 显生宙造山带含铜镍镁铁-超镁铁质杂岩的构造类型和特征[A]. 见 : 第五届全国矿床会议论文集 [C]. 北京 : 地质出版社.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1996. 中国新疆矿床成矿系列[M]. 北京 : 地质出版社.
- 刘德权, 陈毓川, 王登红, 唐延龄, 周汝洪, 王金良, 李华芹, 陈富文. 2003. 新疆哈密木屋-延东铜铅矿田与成矿有关问题的讨论[J]. *矿床地质*, 22(4): 334-344.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等. 2002. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律[M]. 北京 : 原子能出版社. 294 页.
- 王润民, 赵昌龙, 等. 1991. 新疆喀拉通克一号铜镍硫化物矿床[M]. 北京 : 地质出版社.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京 : 地质出版社. 454-457.
- 杨文平, 张招崇, 等. 2004. 新疆青河县哈腊苏斑岩铜矿地质特征及其成因初步探讨[A]. 见 : 王伟博, 主编 : 第五届新疆天山地质矿产学术讨论会论文集 [C]. 乌鲁木齐 : 新疆科学技术出版社. 203-206.
- 张良臣, 刘德权, 王有标, 李庆昌, 等. 2005. 新疆优势金属矿产成矿规律[M]. 北京 : 地质出版社.
- 中国地质调查局. 2003. 全国主要成矿远景区矿产资源评价重点选区研究[M]. 北京 : 地质出版社.
- 周涛发, 袁峰, 等. 1996. 新疆诺尔特地区岩浆活动及成矿作用[M]. 北京 : 地质出版社.

附中文参考文献

陈毓川, 主编. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北