

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.04.023

东天山—北山地区中生代内生矿床成矿规律

张振亮^{1,2}, 冯选洁^{1,*}, 赵国斌^{1,2}, 谭文娟^{1,2}

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

2. 自然资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要:中生代是东天山—北山地区地壳演化过程中重要的构造转化阶段,也是一个重要的内生矿床成矿期,形成了一批重要的矿床和矿种。印支期内生成矿时间为 250~210Ma,主要形成钨、钼、金、铅、锌、铌、钽、萤石、稀土、花岗岩、银、铼、铁、脉石英等矿床;燕山期内生成矿时间为 180~150Ma,成矿规模比印支期小,主要形成钨、铌、钽、铅、锌、铜、金、锑、汞、硫铁矿、萤石、脉石英等矿床。从空间上看,东天山—北山 4 大成矿带均有分布,但以敦煌成矿区发现最多。成矿主要与岩浆活动和构造作用有关,矿床受岩体和断裂的控制较为明显,矿体赋存于岩体内部或周围碎屑岩、碳酸盐岩中。中生代内生成矿作用既是板内活动的产物,也是古特提斯洋、蒙古—鄂霍次克洋先后关闭的远程效应反映。

关键词:东天山—北山;中生代;内生矿床;成矿规律

中图分类号:P611.1

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2022)04-0280-20

The Metallogenic Rule of Mesozoic Hypogene Deposits in the Eastern Tianshan-Beishan Area

ZHANG Zhenliang^{1,2}, FENG Xuanjie^{1,*}, ZHAO Guobin^{1,2}, TAN Wenjuan^{1,2}

(1. Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Key Laboratory for the study of Focused Magmatism and Genesis Ore Reposits, MNR, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Mesozoic era, as a important phase of structure transformation during the crustal evolution of the eastern Tianshan-Beishan area, was a important metallization period of hypogene deposits when some important deposits and some important mineral commodities had been formed. The metallization ages of indosinian hypogene deposits ranged from 250Ma to 210Ma, when some mineral commodities had been formed such as Tungsten, Molybdenum, aurum, Lead, Znc, Niobium, Tantalum, Fluorspar, Rare earths, Granite, Argent, Rhenium, Iron and Gangquarz. The metallization ages of Yanshan hypogene deposits ranged from 180Ma to 150Ma, when some mineral commodities had been formed such as Tungsten, Niobium, Tantalum, Lead, Znc, Copper, Aurum, Stibimum, Hydragryum, Troilite, Fluorspar and Gangquarz. These ore deposits extend-

收稿日期:2021-12-14;修回日期:2022-05-12;网络发表日期:2022-11-15;责任编辑:李辉

基金项目:中国地质调查局项目“中国矿产地质与成矿规律综合集成和服务”(DD20160346)子课题“西北地区区域成矿规律研究与总结”资助。

作者简介:张振亮(1974-),男,高级工程师,从事矿床学、地球化学研究。E-mail:liangzhen_74@163.com。

* 通讯作者:冯选洁(1982-),女,工程师,从事同位素年代学研究。E-mail:330973913@qq.com。

ed all over the four metallogenic belts of the eastern Tianshants extended a. But the ones were the most in the Dunhuang metallogenic province. The mineralization was mainly in connection with the magmatic activity and the tectonic action. Most deposits were obviously dominated by the magmatic bodies and the faults, and main ore bodies occurred inside of the magmatic bodies or the clastic rock or carbonzite. It was not only the result of intraplate tectonic action, but also the far-ranging reflection of the magmatic intrusion which originated from the interlocking of Paleotecthys and Mongolia-Ehuocike ocean.

Keywords: the eastern Tianshan-Beishan; Mesozoic era; hypogene deposit; metallogenic rule

中生代是地壳演化过程中一个重要的构造转换阶段,也是中国重要的成矿期。在中国东部—东北部、西部分别形成著名的环太平洋中生代金属成矿带和特提斯成矿带,矿种囊括铜、钼、金、铅、锌、铁、钨、稀有、萤石、水晶等,发现一大批大型、超大型矿床。其次,沿着中天山南部边缘断裂,国外为阿特巴希-伊内利契克断裂也分布有一条巨型的Sb、Hg、As元素异常带,控制着中国新疆西天山一批重要的黑色岩型金矿床,如穆龙套、大山口、布隆、萨瓦亚尔顿等。尽管这些矿床的流体包裹体Rb-Sr同位素研究都曾给出了石炭纪等时线年龄,但最近的年代学研究表明(朱永峰,2007),这些金矿床成矿时代主要集中于207~213 Ma,属于印支期产物。穆龙套金矿的主要成矿时间为226~254 Ma(Wilde et al., 2001),也属于印支期矿床。另外,在准噶尔盆地南缘、阿尔泰地区也有众多中生代矿床报道(王登红等,2002; Zhu Y F et al., 2005, 2006a, 2006b; Wang Tao et al., 2006; 朱永峰, 2007)。这些实例表明中生代成矿作用在中亚成矿域不是一个偶然的成矿事件,而是区域性成矿爆发事件。

东天山—北山地区位于环太平洋成矿带和特提斯成矿带之间,向西可通过中天山与中亚金腰带相连,向东则与蒙古—鄂霍茨克成矿带相通,向北通过天山主干断裂与环巴尔喀什成矿带相连,具有得天独厚的成矿环境;受板内挤压、推覆和蒙古—鄂霍茨克洋关闭的影响(梁志录等, 2018),该地区也发育了一批中生代非金属矿床(周济元, 2000; 殷先明, 2000、2008; 聂风军等, 2002; 肖慧良, 2003; 朱江等, 2013),但成矿规律并没有得到系统的总结。笔者从矿床形成时间和分布空间出发,梳理出东天山—北山地区的成矿规律,并指出今后的找矿方向。

1 区域成矿地质背景

1.1 地层

东天山—北山地区位于吐—哈盆地南缘,横跨新疆、甘肃、内蒙古3个省(区),主要包括新疆的哈密市、吐鲁番市、鄯善县、托克逊县、若羌县北部和甘肃的瓜州县、敦煌市、肃北县北山地区及内蒙古的额济纳旗,总体走向为北西向,长约1 300 km,宽约220~370 km,面积约 $39.65 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其界定范围,东南部以阿尔金南缘断裂带为界,北界为吐—哈盆地南缘断裂,东部以国界为界,西部为阿其克库都克断裂和塔里木地块。

区域地层从太古宇到新生界均有出露。太古宇和早元古界出露有限,为中—深变质岩系,与区域中生代内生矿床无关。中—新元古界分布较广,总体上为浅变质陆缘碎屑—碳酸盐岩沉积组合,偶夹火山岩,沉积环境为陆棚海—滨浅海,其中长城系西尖山群、蓟县系卡瓦布拉克群和花牛山群(杨建国等, 2010)、青白口系大豁落山群、蓟县青白口系园藻山群是东天山—北山地区中生代内生矿床的重要赋矿层位。南华系—震旦系则有2种组合:①以冰成岩为特征的碎屑岩夹火山岩,分布于塔里木北缘。②火山岩—沉积岩组合,分布于马鬃山地区,由变质碎屑岩、火山岩和基性、超基性岩组成。下古生界组成复杂,但均为海相沉积,零星出露,以库鲁克塔格、罗雅楚山及马鬃山等地较为完整。上古生界分布范围最广,但不同地层区同时代地层的组成差异较大,以库米什—敦煌一线为界,分为南、北2个沉积大区:①北部沉积大区以北天山及准噶尔区为主,以发育火山岩为特征,岩石组合及厚度变化大,地层序列内部结构复杂。②南部沉积大区以塔里木为主,主要由碳酸盐岩和陆源碎屑岩组成,岩石组合及厚度较

为稳定,地层序列内部结构较为清楚,主体属塔里木陆缘区沉积。其中,上泥盆统金窝子组、下石炭统雅满苏组、干墩组、白山组和扫子山组、上石炭统音凹峡组、下二叠统红柳河组、菊石滩组和哲思群是东天山—北山地区中生代内生矿床的重要赋矿层位。

进入中生代,东天山—北山地区经历了古生代初始造山后,再次进入了晚中生代—新生代的再造山过程。受控于天山构造带晚古生代造山后的调整—伸展应力体制(柳永清等,2004),东天山—北山地区在中生代总体表现为沉降作用,塔里木盆地、吐—哈盆地及一系列小—微型盆地与准噶尔盆地连成一片,发育广泛的湖泊—河流—沼泽沉积体系,并形成石油、天然气、煤、油页岩等矿藏。

1.2 构造

区内主干断裂为东西向展布,其次为北东东向,主要发育有吐—哈盆地南缘断裂(THNF)、康古尔断裂(KF)、中天山北缘断裂(NCTF)、中天山南缘断裂(SCTF)、红柳河—牛圈子—洗肠井断裂(HNXF)、库鲁克塔格北缘断裂(NKF)、柳园断裂(LYF)、石板山断裂(SBSF)和星星峡断裂(XXXF)等多条不同期次或多期次叠加变形的断裂构造。

进入三叠纪,东天山—北山地区构造作用仍然持续,部分深大断裂继续活动,如康古尔塔格断裂带、阿其克库都克—沙泉子断裂、红柳河—牛圈子—洗肠井断裂、雅满苏断裂、星星峡断裂等,同时派生出一系列次级断裂,如镜儿泉断裂、干墩大断裂、南金山男—坡子泉北断裂,柳园—金场沟断裂、白墩子—潘家井—小西弓—穿山钏断裂、淤泥河断裂等,将地貌切

割成一系列由狭长凹地、断陷盆地等组成的断层阶地,并控制着众多中生代内生矿床的分布。已有资料表明,无论山脉还是盆地均表现为印支期与燕山期一脉相承的特点。

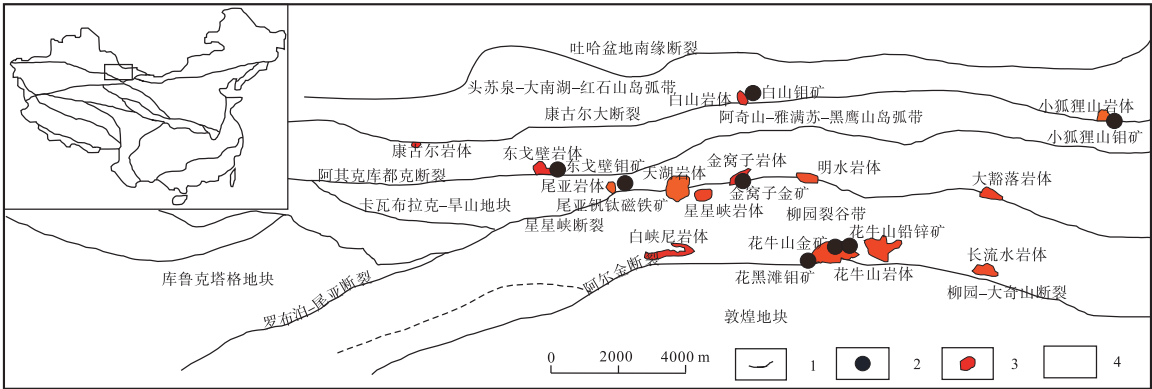
1.3 岩浆活动

侵入岩非常发育,各种岩体总数达1 700余个,出露总面积超过6万km²。侵入体的时代从新太古代一直到白垩纪,最主要为古元古代—蓟县纪和石炭纪—二叠纪。侵入岩的类型,以酸性花岗岩类为主,中性闪长岩类次之,基性辉长岩最少。

研究(梁志录等,2018)表明,东天山—北山地区中生代岩浆活动范围较广(图1),侵入岩体广泛分布于东天山—北山地区,岩性主要为钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩,少量花岗闪长岩、闪长岩,个别基性—超基性岩;岩体年龄为150~252 Ma,主要集中于210~250 Ma。其中,与中生代内生成矿作用关系密切的主要有花岗岩、钾长花岗岩,如小狐狸山白山、东戈壁、小狐狸山及花牛山地区中生代矿床;其次是花岗伟晶岩、二长花岗岩和花岗闪长岩,如红尖兵山钨矿床、小白石头钨钼矿床、白石头泉花岗岩矿床、镜儿泉锂铍钼矿床、花南沟钼矿床等;再次为基性—超基性岩,如尾亚钒钛磁铁矿床。

2 主要内生矿床类型

东天山—北山地区中生代内生矿床成矿类型主要有岩浆型、伟晶岩型、云英岩型、矽卡岩型、斑岩型、岩浆热液型和浅成中低温热液型(表1)。



1. 断裂;2. 矿床;3. 岩体;4. 研究区

图1 东天山-北山中生代主要出露岩体分布图

Fig. 1 Mesozoic magmatic bodies in the eastern Tianshan-Beishan area

表 1 东天山—北山地区中生代内生矿床主要成矿类型表

Tab. 1 The metallization types of Mesozoic hypogene deposits in the eastern Tianshan-Beishan area

矿床类型	矿 床 实 例	主要矿产
岩浆型	Ⅲ-8 成矿带:鄯善县小自星云饰面花岗岩矿床(小型)、哈密市白石头泉花岗岩矿床(小型)、鄯善县咸水沟西沈宏花岗岩矿床(小型)	铁、稀土、钒、钛、花岗岩
	Ⅲ-11 成矿带:哈密市尾亚钒钛磁铁矿床(大型)	
伟晶岩型	Ⅲ-8 成矿带:哈密市镜儿泉锂铍矿床(小型)、哈密市镜儿泉西玉石矿(矿点)	云母、长石、铷、锂、铍、铌、钽、宝石、玉石
	Ⅲ-15 成矿带:敦煌市大红山铌钽矿(矿点)、肃北县庙庙井铌钽矿(矿点)、金塔县 1481 稀土-铌矿(矿点)	
云英岩型	Ⅲ-8 成矿带:肃北县黑山梁钨钼矿床(中型)、哈密市沙东钨矿床(大型)	钨、钼、锡
	Ⅲ-11 成矿带:肃北县红尖兵山钨矿床(中型)、肃北县梭梭井钨矿(矿点)	
	Ⅲ-15 成矿带:敦煌市小独山钨矿床(大型)、敦煌市小独山西钨矿床(中型)、敦煌市白山钨矿床(中型)	
接触交代型 (矽卡岩型)	Ⅲ-8 成矿带:哈密市白干湖西铅锌矿床(中型)	铁、金、银、砷 铜、钨、铅、锌、硫铁矿
	Ⅲ-11 成矿带:哈密市小白石头钨钼矿床(小型)	
	Ⅲ-14 成矿带:额济纳旗索素井铅多金属矿床(小型)	
斑岩型	Ⅲ-15 成矿带:瓜州县辉铜山铜矿床(小型)、额济纳旗英雄山砷多金属矿床(中型)	铜、钼、铅、银、铋
	Ⅲ-8 成矿带:哈密市白山钼矿床(大型)、东戈壁钼矿床(超大型)、额济纳旗小狐狸山钼铅锌矿床(中型)	
	Ⅲ-15 成矿带:瓜州县花黑滩钼矿床(中型)、花南沟钼矿床(小型)	
岩浆热液型	Ⅲ-8 成矿带:哈密市康古尔金矿床(中型)、肃北狼娃山金矿床(小型)	金、银、铁、铅、锌
	Ⅲ-11 成矿带:额济纳旗三个井铅锌多金属矿床(中型)、额济纳旗尾亚白山玻璃用脉石英矿床(小型)	
	Ⅲ-14 成矿带:哈密市金窝子金矿床(中型)、瓜州县马莲井西金矿床(小型)	
	Ⅲ-15 成矿带:瓜州县白墩子金矿床(中型)、肃北县小西弓金矿床(中型)、金塔县三个井子铁矿床(小型)	
浅成中-低温 热液型及成因不明矿床	Ⅲ-11 成矿带:白龙山萤石矿(中型)	金、铋、铅、锌、硫铁矿、萤石、银
	Ⅲ-15 成矿带:瓜州县花牛山萤石矿(矿点)、金塔县阿木乌苏铋矿(小型)、金塔县沙红山萤石矿(矿点)	

2.1 岩浆型矿床

包括 2 类矿床:花岗岩矿床和钒钛磁铁矿床。前者主要分布于鄯善县和哈密市境内,形成鄯善县小紫星云饰面花岗岩矿床、咸水沟西沈宏花岗岩矿床和哈密市白石头泉天河石花岗岩矿床、白石头泉西南芝麻翠花岗岩矿床、白石头泉天山蓝花岗岩矿床、白石头泉蓝花岗岩矿床,矿床规模均为小型,含矿建造为花岗岩建造;后者钒钛磁铁矿床分布于哈密市尾亚车站附近,形成尾亚钒钛磁铁矿床,矿床规模为中型(其中铁、钛储量均为中型,钒为小型),含矿建造为碱性杂岩建造。

2.2 伟晶岩型矿床

矿种主要包括锂、铍、铌、钽、玉石、宝石、稀土等,含矿建造为花岗岩-花岗伟晶岩建造。锂、铍矿

床主要分布于哈密市镜儿泉北山地区,形成锂铍钽矿床,矿床规模为小型;铌、钽矿床(点)除镜儿泉北山地区外,还分布于肃北县庙庙井—红柳沟、敦煌市大红山—八龙沟地区和金塔县,形成肃北县庙庙井钽矿点、肃北县红柳沟东钽矿点、敦煌市大红山钽矿床(小型)、敦煌市崔木土钽矿点、敦煌市八龙沟钽矿点和金塔县 1481 稀土-铌矿点;玉石、宝石矿点主要分布于哈密市镜儿泉地区,形成宝石(蓝宝石、水晶)、玉石(丁香紫)矿点。

2.3 云英岩型矿床

矿种主要为钨,矿床广泛分布于哈密市、肃北县和敦煌市境内。主要矿床有哈密市沙东钨矿床(中型)、哈密市黄碱滩钨钼矿点、肃北县红尖兵山钨矿床(中型)、肃北县梭梭井钨矿点、肃北县黑山梁钨钼

矿床(中型)、敦煌市小独山钨矿床(大型)、敦煌市小独山西钨矿床(中型)和敦煌市白山钨矿床(中型)。其中,蓟县系浅变质碎屑岩建造是沙东钨矿床的主要含矿建造;下石炭统干墩组浅变质陆源碎屑岩建造是黄碱滩钨钼矿点的主要含矿建造;下石炭统白山组海相火山岩-碳酸盐岩建造、扫子山组火山岩-碎屑岩建造则是红尖兵山钨矿床、黑山梁钨钼矿床和梭梭井钨矿点的主要含矿建造;下二叠统红柳河组陆源火山熔岩-碎屑岩建造则是小独山钨矿床、小独山西钨矿床及白山钨矿床主要含矿建造。

2.4 矽卡岩型矿床

矿种主要包括铅、锌、铁、铜、砷、金、银等,含矿建造为前寒武系浅变质碎屑岩-花岗岩建造和下石炭统雅满苏组海相火山岩-碳酸盐岩建造;主要矿床有哈密市白干湖西铅锌矿床(中型)、哈密市小白石头钨钼矿床(中型)、额济纳旗索索井铅多金属矿床(小型)、英雄山砷多金属矿床(中型)、瓜州县辉铜山铜砷多金属矿床(小型)和肃北县西三羊井铁多金属矿床(小型)。

2.5 斑岩型矿床

矿种主要为钼,分布于哈密市、瓜州县、额济纳旗等地,含矿建造为下石炭统浅变质陆源碎屑岩-花岗岩建造或蓟县系浅变质碎屑岩-花岗岩(花岗闪长岩)建造;主要矿床有白山钼矿床(大型)、东戈壁钼矿床(超大型)、额济纳旗小狐狸山钼铅锌矿床(中型)、额济纳旗独龙包Ⅵ区钼矿床(中型)、瓜州县花黑滩钼矿床(中型)及花南沟钼矿床(小型)。

2.6 岩浆热液型矿床

矿种主要有金、银、脉石英、铅、锌、铁、铜等,含矿建造为蓟县系浅变质碎屑岩建造或上古生界(上泥盆统金窝子组、下石炭统雅满苏组、白山组、扫子山组、上石炭统音凹峡组、下二叠统哲思群等)火山熔岩-碎屑岩建造;主要矿床有鄯善县康古尔金矿床(中型)、马头滩金矿床(中型)、金窝子金矿床(中型)、210 金矿床(小型)、额济纳旗尾亚小白山脉石英矿床(小型)、尾亚白山脉石英矿床(小型)、三个井铅锌多金属矿床(中型)、呼伦西白金矿点、肃北县狼娃山金矿床(小型)、金场沟金银矿床(小型)、红山井钼矿床(小型)、小西弓金矿床(中型)、小西弓东南金矿床(中型)、南金山金矿床(中型)、小草湖金矿床(小型)、金塔县三个井子铁矿床(小型)、瓜州县南金滩金矿床(小型)、花西山铅锌矿床(小型)、马莲井西

金矿床(小型)、钻井沟金矿床(小型)、花东滩金矿床(小型)等。

2.7 浅成中低温热液型矿床

矿种主要有金、萤石、锑等,含矿建造为前寒武系(蓟县系)浅变质碎屑岩建造或上古生界(上二叠统方山口组、下二叠统哲思群等)火山碎屑岩建造;主要矿床有瓜州县小草湖金矿点、花牛山萤石矿点、额济纳旗白龙山萤石矿床(小型)、阿木乌苏锑矿点、金塔县玉石山萤石矿床(小型)、沙红山萤石矿点、红山井北东萤石矿点、阿木乌苏锑矿点等。

3 内生矿床时间分布

3.1 印支期

印支期内生成矿作用较为普遍,形成了众多的金属、非金属矿床(表 2)。东天山有镜儿泉伟晶岩型稀有金属矿床、白山钼矿、东戈壁钼矿,小白石头钨矿、沙东钨矿,黄碱滩钨钼矿、金窝子金矿、石英滩金矿(244 Ma)(李华芹等,1998)、尾亚钒钛磁铁矿、康古尔金矿、白干湖西铅锌矿、马头滩金矿、红山金矿(247Ma)(陈文等,2006)、白石头泉花岗岩矿等;北山有小狐狸山钼铅锌矿、红尖兵山钨矿、南金山金矿、拾金坡金矿(238 Ma)(周济元,2000)、金窝子金矿、花牛山金矿、花西山金矿、金场沟金矿、红山井钼矿、小西弓金矿、花黑滩钼矿、花南沟钼矿、金沟井金矿(253.08 Ma)(殷先明,2000)、小宛南山(227 Ma)(周济元,2000)、红十井金矿(209~220 Ma)(肖慧良,2003)等。基本与印支期岩体分布范围一致,主要成矿年龄在 210~250 Ma,受控于东西向深大断裂的次级派生断裂,具有集中爆发成矿的特点。尤其是金矿集中分布于康古尔-石英滩、白墩子-小西弓和金窝子-马莲井一带,与断裂带的韧性剪切活动有关,主要矿床类型为岩浆热液型金矿床,具有成片分布,形成时间基本一致的特征,暗示该类金矿床主要与印支构造运动有关,是华力西造山运动结束的一个标志。

该成矿期形成内生矿床较多,矿床类型也较为多样,岩浆型(白石头泉花岗岩矿床)、伟晶岩型(镜儿泉北山锂铍铌钽矿床)、云英岩型(红尖兵山钨矿床)、矽卡岩型(白干湖西铅锌多金属矿床)、斑岩型(东戈壁钼矿床)、岩浆热液型(金窝子金矿床)、浅成中低温热液型(瓜州县小草湖北金矿点)均有出现,

表 2 东天山—北山地区主要中生代矿床含矿岩体及成矿年龄表

Tab. 2 The chronologic table for the magmatic bodies and the metallization of Mesozoic hypogene deposits in the eastern Tianshan-Beishan area

矿床	成矿带	矿床规模	岩体出露面积(km ²)	主要岩性	岩体年龄(Ma)	成矿年龄(Ma)及测试方法	资料来源
白干湖西铅锌多金属矿	Ⅲ-8	中型	32.53	花岗岩	(240.4±5.6)(锆石 SHRIMP U-Pb)		王劲,2008;吕金刚等,2015;刘众,2016
康古尔金矿	Ⅲ-8	中型	隐伏			(258±2)、(254±7)(石英 Rb-Sr 法)	李华芹等,1998;陈文等,2003
马头滩金矿	Ⅲ-8	中型	隐伏				蔡仲举,2001
镜儿泉锂铍钽钼矿	Ⅲ-8	小型		白云母花岗岩		(243±2)(白云母 Ar-Ar 法)	陈郑辉等,2006
沙东钨矿	Ⅲ-11	中型	隐伏				姜晓等,2012;唐俊林等,2017
东戈壁钼矿	Ⅲ-8	超大型	隐伏	斑状花岗岩	(227.6±1.3)、(237.0±4.7)(锆石 SHRIMP U-Pb)	(231.9±6.5)、(231.1±1.5)、(233.2±2.2)(辉钼矿 Re-Os 法)	杨志强等,2011;涂其军等,2012;吴云辉等,2013;吴艳爽等,2013
白山钼矿	Ⅲ-8	大型	隐伏	二长花岗岩、花岗岩	深部隐伏花岗岩斑岩(229.7±3.2)(锆石 SIMS U-Pb)	(223.5±3.2)、(229±2)(辉钼矿 Re-Os 法)、(182±1.6)(石英 Ar-Ar 法)、(187±7)(石英 Rb-Sr 法)	李华芹等,2005,2006;路巍巍等,2013;涂其军等,2014;刘彬和王学求,2016
尾亚钽铌磁铁矿	Ⅲ-11	中型	1	碱性辉长岩	辉长岩(236±6)(SHRIMP 锆石 U-Pb 法)、石英正长岩 246.2(磷灰石 U-Pb 法)、黑云母辉橄岩(248.6±1.7)(全岩 Ar-Ar 法)		李嵩龄等,2002;张遵忠等,2005;惠卫东,2009;李德东等,2014
小狐狸山钼铅锌矿	Ⅲ-8	中型	4.05	花岗岩	(246.8±1.7)、(222±3)(锆石 LA-ICP-MS U-Pb)	(220.0±2.2)、(216.9±0.5)、(213.2±4.6)(辉钼矿 Re-Os 法)	彭振安等,2010;张雨莲等,2012;杨帅师等,2012;杨岳清等,2013
白石头泉花岗岩矿	Ⅲ-8	小型	7	花岗岩	(295.6±1.3)(锆石 U-Pb 法)、(209.6±9.6)(全岩 Rb-Sr 法)		顾连兴等,2007;刘四海等,2008
小白石头钨钼矿	Ⅲ-11	中型		黑云母花岗岩、花岗岩	黑云母花岗岩 242、钼矿化黑云母花岗岩 240.5(锆石 LA-ICP-MS U-Pb 法)	(245±1.7)、(245.5±4.3)(辉钼矿 Re-Os 法)	Deng et al.,2016;李宁等,2019;杨福全等,2019
红尖兵山钨矿	Ⅲ-11	中型		二长花岗岩		坪年龄(216.6±1.6)、(215.2±5.8)(白云母 Ar-Ar 法)	江思宏等,2006

续表 2

矿床	成矿带	矿床规模	岩体出露面积(km ²)	主要岩性	岩体年龄(Ma)	成矿年龄(Ma)及测试方法	资料来源
南金山金明矾石矿	Ⅲ-14	中型		闪长岩	(244.2±0.3)(黑云母 Ar-Ar 法)	(242.8±0.8)(绢云母 Ar-Ar 法)	沈远超等,2006;江思宏等,2006;王中辉,2009
金窝子金矿	Ⅲ-14	中型	隐伏		地表花岗岩闪长岩 354(全岩 Rb-Sr 等时线法);358.56(锆石 U-Pb 法)	228~230(石英 Rb-Sr 法)	胡霭琴等,1997;陈富文等,1999
花牛山金矿	Ⅲ-15	小型		花岗岩	钾长花岗岩 (225±2.2)(锆石 LA-ICP-MS U-Pb 法)	(221.0±3.4)(辉钼矿 Re-Os 法)	朱江,2013
花西山金矿	Ⅲ-15	小型					
辉铜山铜砷矿	Ⅲ-15	小型	30	钾长花岗岩	坪年龄(191.9±2.5)、(196±5)(钾长石 Ar-Ar 法)	石英正长斑岩(246.5±2.5)(锆石 LA-ICP-MS U-Pb 法)	江思宏等,2003;朱江,2013;邱林林和李雪涛,2018
金场沟金矿	Ⅲ-15	中型		钾长花岗岩	大豁落山南花岗岩闪长岩(238±1)(锆石 U-Pb 法)		Li Set al.,2012;朱江,2013
红山井钼矿	Ⅲ-15	中型			钾长花岗岩<238 Ma		
小独山钼矿	Ⅲ-15	大型	隐伏				张红军(2011)
小独山西钼矿	Ⅲ-15	中型	隐伏			(150±2)(黑钨矿 Sm-Nd 法)、(136±4)(白钨矿 Sm-Nd 法)	陈玉峰等,2009;肖泽忠等,2011
小西弓金矿	Ⅲ-15	中型	隐伏		地表钾长花岗岩和正长斑岩分别为(306±4)、(289±5)(钾长石 K-Ar 法)	213(绢云母 Rb-Sr 法)	郭晓东等,2002;聂凤军等,2003;陈柏林等,2007
花黑滩钼矿	Ⅲ-15	中型		花岗岩	钾长花岗岩 (225±2.2)(锆石 LA-ICP-MS U-Pb)	(225.2±2.4)、(226±4)(辉钼矿 Re-Os 法)	杨兴吉,2009;朱江,2013
花南沟钼矿	Ⅲ-15	小型		二长花岗岩			崔巍等,2015;马晓晨和任军强,2020

注:Ⅲ-8. 觉罗塔格-黑鹰山成矿带;Ⅲ-11. 中天山-旱山成矿带;Ⅲ-14. 金窝子-公婆泉-东七一山成矿带;Ⅲ-15. 敦煌成矿区。

体现了成矿作用的多样性。

东天山—北山地区印支期成矿作用并不是一个孤立的成矿事件,而是印支期区域性成矿爆发的地区反映。在冰达坂—天格尔韧性剪切带已发现望峰、天格尔、萨日达拉等金矿床。最近的研究表明,望峰金矿区含金石英脉 Rb—Sr 等时线年龄为 224Ma (Zhu Y F et al., 2005),天格尔金矿区成矿期白云母 Ar—Ar 等时线年龄为 222.5 Ma (Zhu Y F et al., 2006a),均为印支期产物,受天山北缘断裂的严格控制。沿着中天山南部边缘断裂(国外为阿特巴希—伊内利契克断裂)分布的巨型 Sb、Hg、As 元素异常带,控制着西天山一批重要的黑色岩型金矿床,如穆龙套、大山口、布隆、萨瓦亚尔顿等。尽管这些矿床的流体包裹体 Rb—Sr 同位素研究都曾给出了石炭纪的等时线年龄,但最近的年代学研究表明(朱永峰, 2007),这些金矿床成矿时代主要集中于 207~213 Ma,属于印支期产物。穆龙套金矿的主要成矿时间为 226~254 Ma (Wilde et al., 2001),也属于印支期矿床。同样,阿尔泰地区也有印支期矿床存在,如大、小喀拉苏稀有金属矿(王登红等, 2003)、可可托海 3 号伟晶岩脉(Zhu Y F et al., 2006b; Wang Tao et al., 2006)及卡拉先格尔铜矿(朱永峰, 2007)。另外,在阿尔金断裂系的西段,近年来也有多个印支期成矿作用的报道。

3.2 燕山期

燕山期岩浆作用、变质作用、沉积作用和成矿作用明显不如印支期,识别出来的金属矿床也不多。但同位素年代学研究表明,燕山期金属成矿作用确实存在,这一点毋庸置疑。

目前,报道的燕山期金属矿床主要有照壁山金矿床(含金属石英脉 Ar—Ar 年龄为 181Ma)(周济元等, 1999)、白山钼矿床(含石英脉 Ar—Ar 年龄为 182Ma)(李华芹等, 2005)、小独山西钨矿床(136~150Ma)(陈玉峰等, 2009; 肖泽忠等, 2011)、东七—山钨锡矿(156.8 Ma)(殷先明, 2008)、马庄山金矿(158.2 Ma)(周济元, 2000)。另外,多个内生矿床在矿产勘查中被认定为燕山期矿床(点),如额济纳旗三个井铅锌多金属矿床(中型)、白龙山脉石英—萤石矿床(小型)、阿木乌苏锑矿床(小型)、敦煌市的小独山钨矿床(中型)、白山钨矿床(中型)、八龙沟钨矿点、崔木土钨钼矿点,金塔县玉石山萤石矿床(小型)、红山井北萤石矿点、沙红山萤石矿点、阿木乌苏

锑矿点、三个井子铁矿床(小型)、百莲图金矿点、王许黑山金矿点等,瓜州县花东滩金矿床(小型)、钻井沟金矿点;矿种涉及铁、金、银、钨、钼、萤石、石英、钨、钼、锑等。结合燕山期岩体年龄成果(梁志录等, 2018),可以确定东天山—北山地区燕山期矿床成矿年龄在 135~180Ma,是一次集中成矿事件。

该成矿期矿床类型较为简单,主要为浅成中低温热液型(玉石山萤石矿床、阿木乌苏锑矿点等)和云英岩型(小独山、小独山西、白山钨矿床),其次为伟晶岩型(八龙沟钨矿点、崔木土钨钼矿点)、岩浆热液型(王许黑山金矿点)。

4 空间分布规律

4.1 觉罗塔格—黑鹰山成矿带(Ⅲ—8)

觉罗塔格成矿带中生代矿床具有南北分带的特点,明显受断裂带的控制。沿康古尔韧性剪切带在镜儿泉—白山—小狐狸山—一线分布有与花岗伟晶岩、花岗岩有关的花岗伟晶岩型—岩浆型稀有—宝石—玉石矿床、与中酸性斑岩体有关的斑岩型钼铌—铅锌矿床和与韧性剪切活动有关的金矿床;从西到东分布有镜儿泉、苦泉、垅西等钨钼—钨—玉石—宝石矿床,白干湖西铅锌矿床、白山钼铌矿床、小狐狸山钨铅锌矿床和康古尔、马头滩、石英滩等金矿床。其中,康古尔断裂带以北为钨铅锌稀有金属矿床分布,以南则有金矿床(西段)和萤石脉石英矿床(东段,白龙山脉石英萤石矿床)分布;沿雅满苏断裂在雅满苏—东戈壁—一线分布有与中酸性斑岩体有关的斑岩型钼铌矿床,如东戈壁钼矿床。

4.2 中天山—旱山成矿带(Ⅲ—11)

中天山—旱山成矿带中生代矿床则有西钨、中铁、东钨钼铅锌的分布特点。在尾亚—石英滩—一线分布有与铁质基性、超基性岩有关的岩浆型钒钛磁铁矿床和与碳酸岩有关的岩浆型稀土矿床,前者如尾亚钒钛磁铁矿床,后者有尾亚稀土矿点。在沙垄铁矿以南分布有与云英岩化有关的云英岩型钨—萤石矿床,如沙东钨—萤石矿床。在甘肃与新疆交界处分布有红尖兵山钨矿床、小白石头钨钼矿床;向东进入内蒙境内则有额济纳旗三个井铅锌矿床。

4.3 金窝子—公婆泉—东七—山成矿带(Ⅲ—14)

沿金窝子—马莲井—索索井—照壁山—一线分布有与中酸性岩体侵入活动有关的岩浆热液型金—铅

锌矿床,由西向东依次分布有金窝子金矿床、210 金矿床、马莲井金矿床、索索井铅锌矿和照壁山金矿床,明显受星星峡断裂的控制。

4.4 敦煌成矿区(Ⅲ-15)

敦煌成矿区中生代矿床具有西钨铌、东萤(石)锑、中铜金的分布特点,呈现从西到东成矿温度逐渐降低的特征。

西段,沿淤泥河断裂分布有燕山期偏碱性花岗岩控制的白山、小独山西、小独山钨矿床和受阿尔金南缘断裂的次级断裂——八龙沟-崔木土逆冲韧性剪切带控制的八龙沟、崔木土铌钽矿点。

东段,在金塔县与额济纳旗交界处的阿木乌素—老硐沟一带,成群出现萤石、锑、汞、金等低温矿床,如金塔县玉石山萤石矿床、红山井北东萤石矿点、沙红山萤石矿点、额济纳旗阿木乌素锑矿点等。

中段,在甘新交界处,成群分布有铜、钼、金、铅、锌、铁矿矿床(点)、辉铜山铜矿床、花南沟钼矿床、花黑滩钼矿床、红山井钼矿床、小西弓金矿床、花东滩金矿床、小白石头花岗岩矿床等,与中生代岩体分布有密切关系。

5 成矿演化

5.1 地层与内生矿床的关系

东天山—北山地区是由若干微地块先后拼合而成的,拼合过程从晚古生代后期(中晚泥盆世)开始,直到晚石炭世—早二叠世才完全结束。因此,地层具有区域性,同一时代、不同区域的地层在岩性组合、成岩环境上也有差异。但不可否认的是,中生代内生矿床在赋矿地层岩性选择上却有一致性,即赋矿地层岩性多为碎屑岩或碎屑岩+碳酸盐岩,显示东天山—北山地区中生代内生矿床对地层岩性具有一定的选择性(表 3)。

其中,蓼县系卡瓦布拉克群白云石大理岩和斜长片麻岩、青白口系大豁落山群第二岩性组大理岩、长城系西尖山群变质岩系是沙东钨矿床、小白石头钨钼矿床、索索井铅多金属矿床和小西弓金矿床的主要赋矿岩性;蓼县—青白口系园藻山群浅变质碎屑岩系则是英雄山砷多金属矿床主要赋矿岩系。原先被认为属于中下奥陶统的花牛山群经鉴定为蓼县纪末期产物(杨建国等,2010),其原岩为海相火山碎屑岩-碳酸盐岩,赋存有花牛山金矿床、花西山金矿

床、辉铜山铜矿床等一批中生代金属矿床。

上泥盆统金窝子组火山碎屑岩是金窝子金矿床、210 金矿床赋矿岩性;下石炭统雅满苏组海相火山岩-碳酸盐岩建造、干墩组浅变质陆源碎屑岩建造是东天山白干湖西铅锌矿床、康古尔金矿床、马头滩金矿床、白山钼矿床、东戈壁钼矿床和黄碱滩钨钼矿点的主要赋矿建造;下石炭统白山组海相火山岩-碳酸盐岩建造、扫子山组火山岩-碎屑岩建造则是红尖兵山钨矿床、狼娃山金矿床、南金山金矿床、黑山梁钨钼矿床的主要赋矿建造;上石炭统音凹峡组陆源火山-碎屑岩建造为金场沟金矿床、红山井钼矿床主要赋矿建造;下二叠统(菊石滩组、哲思群、红柳河组)陆源火山熔岩-碎屑岩则是马莲井金矿床、小独山钨矿床、小独山西钨矿床、白山钨矿床主要赋矿岩性。

综上所述,中生代内生矿床对赋矿地层的时代没有选择性,即三叠纪以前的地层均可能成为中生代内生矿床的赋矿地层;但对地层的岩性或岩性组合有选择性,赋矿岩性一般为碎屑岩或碎屑岩+碳酸盐岩。这其中一方面是这些岩石可以为内生金属成矿提供一个有利的物理化学环境;另一方面是碎屑岩、碳酸盐岩孔隙度大、脆性大、易形成裂隙,为含矿热液提供足够的容矿空间。

5.2 岩浆活动与成矿的关系

东天山—北山地区中生代岩体岩性主要为钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩,少量花岗闪长岩、闪长岩、花岗伟晶岩,个别基性-超基性岩。这些岩性,与内生矿床关系也有一定的选择性,如钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩主要与钨、钼、锡、金、砷、萤石、铁、铅、锌、脉石英、锑等成矿有关;花岗伟晶岩主要与铌钽、稀土矿床有关;基性-超基性岩体则与钒、钛、铁有关。

东天山—北山地区经过长期的构造演化形成了多条近东西向的深大断裂。这些深大断裂受中生代构造活动影响,持续活跃,形成了中生代北东向的深大断裂带,以及基性-中酸性岩浆的侵位。同时,这些深断裂与前中生代古老的近东西向构造的交错部位往往控制着中酸性花岗岩类侵位的场所,形成了中生代构造-岩浆岩带和与之有关的内生矿床带。例如,沿小白石头—红尖兵山—花黑滩—花南沟一线,分布有与中酸性岩浆活动有关的矽卡岩型、云英岩型钨-钼矿床,由西向东有小白石头钨钼矿床、红

表 3 东天山—北山地区中生代金属矿床特征表
Tab. 3 The characteristic of Mesozoic hypogene metal deposits in the eastern Tianshan-Beishan area

赋矿岩石		矿体数量	矿体形态	矿石品位	矿石结构	矿石构造	矿石类型	资料来源
东天山	白干湖西	铅、锌	雅满苏组变质砂岩、50 个碳酸盐岩及砂卡岩	Pb: 3.91~4.23; Zn: 6.15~6.35	板状、似层状 交代残余	细脉状、浸染状、块状	氧化型、原生硫化物型矿石	王劲, 2008; 付清波, 2018
	康古尔	金	雅满苏组第五岩性段安山岩、英安岩、10 余条凝灰岩	Au: 9.11	脉状、凸镜状 包含及填隙结构	微细脉状、网脉状、浸染状、团块状、角砾状	蚀变岩型、石英脉型	张连昌等, 1997a, 1997b; 李彤泰, 2004
	马头滩	金	雅满苏组第一岩性段安山岩、英安质凝灰岩		脉状、似层状 及填隙结构	细脉状、细脉浸染状、浸染状、条带状、角砾状	蚀变岩型、石英脉型	王志良等, 2002; 吴雪昌, 2007
	尾亚	钒、钛、铁	碱性辉长岩		脉状、似层状	浸染状、块状、	基性-超基性岩型	王玉往等, 2005
	镜儿泉	铍、镍、钴	伟晶岩脉		脉状	脉状、细脉状	伟晶岩型	陈郑辉等, 2006
北山	东戈壁	铜	下石炭统干墩组变质泥岩、砂岩	Mo: 0.11	厚板状、透镜体状	细脉状、脉状、细脉浸染状、斑块状	石英脉型	吴艳爽等, 2013; 杨晓梅等, 2013
	白山	铜	下石炭统干墩组黑云母长英质角岩	Mo: 0.03~0.078, 平均 0.06	透镜体状、脉状	细脉状、脉状、细脉浸染状、斑块状	石英脉型、角岩型、斑岩型	路巍巍等, 2013; 涂其军等, 2014
	沙东	钨	蓟县系卡瓦拉克群白云石大理岩和斜长片麻岩	白钨矿体 7 个、黑钨矿体 6 个、萤石矿体 1 个	似层状、脉状、透镜状	条带状、稀疏浸染状、细脉浸染状等	石英脉型、碳酸盐脉型	姜晓等, 2012; 唐俊林等, 2017
	黄碱滩	钼、钨	下石炭统干墩组变质泥岩、砂岩	钼矿体 2 条, 铜矿体 2 条, 铋矿体 2 条	脉状、似层状	细脉状、脉状、细脉浸染状、斑块状	石英脉型、角岩型	谢名永等, 2015
	小狐狸山	钼、铅、锌	花岗岩	钼工业矿体 78 个, 低品位矿体 48 个; 铅、锌矿体 1	透镜体状、脉状、似层状、不规则状	块状、网脉状、系数浸染状、细脉浸染状	钾长石脉型、石英脉型、花岗岩型	杨帅师等, 2012; 王继春等, 2014
北山	尾亚白山	脉石英	花岗岩和变质岩	石英脉	脉状	块状	石英脉型	
	索索井	铅、锌	青白口系大窝落山群第二岩性组大理岩与花岗岩接触带	铁矿体、铜矿体和铅矿体	脉状、透镜状、似层状	浸染状、脉状、块状	砂卡岩型、氧化物型	
	三个井	铅、锌	蓟县系大理岩与花岗岩接触带	铅、锌矿体	脉状、透镜状、似层状	浸染状、脉状、块状	砂卡岩型	

续表 3

赋矿岩石		矿体数量	矿体形态	矿石品位	矿石结构	矿石构造	矿石类型	资料来源
狼娃山	金	下石炭统火山熔岩-碎屑岩与酸性侵入岩接触带						
			透镜状、囊状	Au:6	自形-半自形粒状、交代残余、交代假象、碎裂	浸染状、脉状、块状	石英脉型	刘东晓等,2009
	花岗岩	中元古界变质岩、加里东期花岗岩长岩						
白石头泉			岩株状、脉状		自形-半自形粒状、花岗岩结构	块状	花岗岩型	张遵忠等,2004
红尖兵山	钨	二长花岗岩及与白垩组中酸性火山岩接触带						
		钨矿体 15 条	脉状、囊状	W:0.44	自形-半自形粒状、交代残余	条带状、脉状、稀疏浸染状	云英岩型、黄玉-石英脉型	聂凤军等,2004
英雄山	砷	中细粒闪长岩体与铜矿体 21 条,铁铜 7 条,铜金 1 条,金 2 脉状、透镜状、似层状						
		铜金 4 条,铜金铅 1 条,铅金 1 条	脉状、透镜状	As:13.12;Cu:0.58;Pb:7.32;Au:24.69	自形-半自形粒状、交代残余、交代假象结构	浸染状、脉状、块状、团块状	砂卡岩型	
花牛山	金	铜县系大理岩与印支期伸长花岗岩接触带						
		金矿体 6 个	脉状、透镜状	Au:5.4	自形-半自形粒状、交代、他形	块状、脉状、浸染状	砂卡岩型	朱江,2013
花西山	铅锌	印支期伸长花岗岩、铜县系浅变质碎屑岩						
		金矿体 27 个,银矿体 4 个	脉状、透镜状	Pb+Zn:10	自形-半自形粒状、交代残余、碎裂、乳滴状	块状、脉状、浸染状	石英脉型、蚀变花岗岩型	朱江,2013
辉铜山	铜金	铜县系花牛山群大理岩与仰长花岗岩接触带						
		东、西 2 个矿带,共 7 个矿体	透镜状、囊状	Cu:0.36~1.81	粒状、交代残余、交代假象结构	浸染状、角砾状、团块状	硫化物型、氧化物型	邱林林和李雪涛,2018
金场沟	金	上石炭统音凹峡组、下二叠统菊石滩组火山沉积岩						
		7 个矿段	脉状	Au:11.06	自形-半自形粒状、交代、包含	块状、千枚状、浸染状	石英脉型、蚀变岩型	朱江,2013
红山井	钼	仰长花岗岩和音凹峡组熔岩-火山凝灰岩接触带						
		1 个矿段 13 个矿体	板状、脉状、不规则状	Mo:0.115	细鳞片状他形、半自形片状、针状微粒	脉状、细脉浸染状	石英脉型	朱江,2013
金窝子	金	花冈闪长岩体与上泥盆统金窝子组火山碎屑岩接触带						
		6 个矿脉群 150 多个矿体	脉状、透镜状、复脉状、扁豆状	Au:9.74	自形-半自形粒状、他形、压碎、交代、包含、乳浊状、锥边、充填、假象结构等	浸染状、斑点状、条带状、脉状、网脉状、角砾状和揉皱状构造	石英脉型、蚀变糜棱岩型	胡霁琴等,1997;陈富文等,1999

尖兵山钨矿床、花黑滩钼矿床、花南沟钨钼矿床;在小西弓—金厂沟—庙庙井—长流水—花牛山—南金滩—白墩子一线,分布与中酸性岩浆侵入活动有关的岩浆热液型金—银矿床浅成中低温热液型萤石矿床。例如,小西弓金矿床、小西弓东南金矿床、金厂沟金矿床、庙庙井钨钼矿点、长流水金矿床、花牛山萤石矿点、南金滩金矿床、南泉银金矿床、白墩子金矿床等;沿白山—小独山一线分布有与云英岩化有关的云英岩型、矽卡岩型钨矿床。例如,白山钨矿床、小独山钨矿床、小独山西钨矿床;沿白龙山—英雄山—阿木乌素—三个井一线,分布有与中酸性岩浆侵入活动有关的岩浆热液型金—砷—铁—铅锌矿床和浅成中低温热液型萤石—石英—锑—金矿床,前者有三个井铅锌矿床、英雄山砷金矿床,后者有白龙山萤石石英矿床、玉石山萤石矿床、阿木乌素锑矿床、沙红山萤石矿床等。这个结论也与前人(毛景文等,2005;裴荣富等,2008)研究中国东部钼矿床与相关花岗岩关系一致。

5.3 断裂与成矿的关系

前已述及,东天山—北山地区是由若干微地块先后拼合而成的,直到早二叠世初期才完全焊结成一个整体,之后进入碰撞造山和板内调整阶段。二叠纪末期到三叠纪的陆内挤压和板内伸展作用的先后出现,使东天山—北山地区进入中生代动力学体系,形成了北东向构造体系与近东西向构造体系交汇的复杂构造格局,也造成了东天山—北山地区较为强烈的岩浆活动,伴随有大规模的内生金属成矿作用。同时,区域性深大断裂(康古尔断裂、阿其克库都克—沙泉子断裂、红柳河断裂、阿尔金断裂系等)的持续活动对东天山—北山构造应力场也产生了重要影响。前人的研究表明,康古尔断裂带、阿其克库都克断裂、中天山南缘断裂、北山构造带、红柳河断裂带及阿尔金南缘断裂均具有多期活动,这些断裂带在中生代具有右行或左行走滑剪切的特征。例如,康古尔断裂带晚期变形时间为270~230Ma(王瑜等,2002;陈文等,2005;Wang et al.,2008),阿其克库都克断裂晚期变形时间为二叠纪晚期—中三叠世(约270~238Ma)(蔡志慧等,2012),星星峡—且末断裂早期变形时间为早—中三叠世(240~235Ma)(Wang et al.,2010),红岩井盆地中二叠纪褶皱变形时间被限定为273~219Ma(Tian et al.,2013),阿尔金断裂在白垩纪—新生代也表现为左旋

走滑,暗示了中生代构造活动十分活跃。

无论是印支期还是燕山期,东天山—北山地区中生代内生矿床具有成群、成带分布的特征,几乎所有中—大型内生矿床都位于(深)大断裂带及次级断裂中,受断裂的控制较为明显。例如,白山钼矿床位于干墩深大断裂附近;东戈壁钼矿床、沙东钨矿床均位于雅满苏深大断裂带中;康古尔金矿带和小狐狸山钼铅锌矿床位于康古尔韧性剪切带中;金窝子金矿田、三个井铅锌矿床、索索井铅锌多金属矿床和小白石头钨钼矿床均位于星星峡断裂中;花牛山金矿床、花黑滩钼矿床、花南沟钼矿床、小西弓金矿床、小西弓东南金矿床和辉铜山铜矿床均位于花牛山—大奇山断裂中;尾亚钒钛磁铁矿床位于阿其克库都克断裂中;白山钨矿床、小独山钨矿床和小独山西钨矿床均位于淤泥河断裂中。

大型构造具有规模大、活动时间长、贯通不同圈层、控制岩石建造形成等,能从宏观尺度控制各类矿床的形成和分布(翟裕生等,1999)。东天山—北山地区自晚太古代以来经历了多次造山运动,形成了多条地壳深部和浅部均较复杂的近东西向构造带,成为后期最为重要的导岩、导矿构造。中生代以来,受特提斯构造体系和蒙古—鄂霍茨克洋关闭的叠加、改造影响,使得东天山—北山构造格局复杂化,并严格控制着后期岩体和矿床的定位。东天山—北山中生代内生矿床及相关岩体严格受深大断裂的控制,出露在大断裂的两侧及断裂带中,近东西向构造和北东向构造的复合部位是中酸性小岩体的定位构造,并沿大断裂成群、成带分布。

5.4 成矿演化

东天山—北山地区晚二叠世全面进入板内演化阶段,其主要动力来源于远离俯冲、碰撞带的远程效应与重力均衡共同影响,大致经历了晚二叠世—三叠纪的陆内挤压造山、侏罗纪—早白垩世末的走滑造山及晚白垩世—古新世的均衡夷平等3个阶段。

晚二叠世—三叠纪的陆内挤压造山控制了主要热隆起区的岩浆热活动。早—中二叠世,由于挤压造山活动的持续加强,在岩石强弱变形的过渡带发生挤压推覆剪切作用,形成韧性剪切带;晚二叠世—早三叠世(造山后碰撞阶段),韧性剪切带发生右行走滑剪切作用,由于拉伸构造的剪切扩容,使得大量中酸性岩浆上侵,在剪切带内部形成韧性剪切带型金、银矿床,如康古尔、马头滩等;早三叠世后期,受古

特提斯洋关闭的影响,东天山—北山地区局部拉伸,造成岩石圈伸展、拆沉、减薄,幔源岩浆上涌、底侵,形成壳幔混合花岗岩、基性-超基性岩体和相关的钨、钼、铅锌、金、铁、钒、钛、稀土、稀有金属、花岗岩等矿床,如小白石头钨钼矿床、沙东钨矿床、黄碱滩钨钼矿床、白干湖西铅锌金矿床、南金山金银矿床、尾亚钒钛磁铁矿床和稀土矿点、镜儿泉锂铍矿床、石英滩稀有金矿矿点、白石头泉花岗岩矿床等;中一晚三叠世,板内拉张持续,但规模较早三叠世小,在局部地区形成中酸性岩体,并伴随有铅锌、金、银、钼、铼、铋、铁、萤石等矿床(点),如东戈壁钼铼矿床、白山钼铼矿床、小狐狸山钼铅锌矿床、花黑滩钼矿床、花南沟钼矿床、花牛山金矿床、金场沟金矿床、红山井钼矿床、小宛南山金矿床、庙庙井铋钼矿床等;晚三叠世末期一早白垩世,受挤压作用影响,白墩子-小西弓韧性剪切带继承性活动,在剪切带内部形成韧性剪切带型金矿,如小西弓金矿床、白墩子金矿床、杨圈沟金矿点、老君庙金矿点、乌龙泉金矿点等。

侏罗纪一早白垩世末,东天山—北山地区处于走滑造山阶段,控制了裂陷盆地,形成了新疆成煤高峰期,东准、天山南北诸多大型煤矿形成于该阶段。早一中侏罗世,陆内挤压作用仍在继续,但规模已经小了很多,在北山地区形成中酸性侵入岩和与之有关的铜、铅锌、砷、硫铁矿、金、锑、萤石、脉石英等矿,成矿温度为中低温热液为主,矿床类型以岩浆热液型、浅成中低温热液型为主;中侏罗世末期一早白垩世,受蒙古-鄂霍次克洋关闭影响,北山地区局部拉伸,幔源岩浆底侵,形成壳幔混合花岗岩和相关的钨、钼、铋、铅锌、萤石、脉石英、金、锑、汞等矿产,如小独山钨矿床、白山钨矿、小独山西钨矿床、三个井铅锌矿床、八龙沟铋矿点、崔木土铋钼矿点、东七一山钨锡矿床、花东滩金矿床、白龙山脉石英-萤石矿床、沙红山萤石矿点、阿木乌苏锑矿床等,矿床类型以云英岩型、浅成中低温热液型和伟晶岩型为主。

晚白垩世—古新世的均衡夷平阶段,地表、地下流体系统稳定时间长,形成了一系列与沉积、流体有关的成矿系列组合。在吐-哈盆地形成与中新世流体成藏作用有关的铀、油气成矿系列,与陆相沉积有关的石膏、岩盐成矿亚系列。在伊犁盆地形成侏罗纪陆相沉积建造与古近纪、新近纪流体成藏作用有关的铀、石油、天然气矿床成矿系列,但无内生矿床形成。

6 结论

(1)中生代是东天山—北山地区重要的构造转换期,同时也是一个重要的内生矿床形成期,形成了一大批重要的内生矿床;主要矿种有:钼、钨、铼、金、铋、铅、锌、铜、萤石、脉石英、钛、钒、铁等。

(2)中生代内生成矿可分为印支期和燕山期成矿期。印支期内生成矿时间为250~210 Ma,主要形成钨、钼、金、铅、锌、铋、钼、萤石、稀土、花岗岩、银、铼、铁、脉石英等矿床;燕山期内生成矿时间为180~150 Ma,成矿规模比印支期小,主要形成钨、铋、钼、铅、锌、铜、金、锑、汞、硫铁矿、萤石、脉石英等矿床。从空间上看,东天山—北山四大成矿带均有分布,但以敦煌成矿区发现最多。

(3)中生代内生矿床成矿主要与岩浆活动和构造作用有关,矿床受岩体和断裂的控制较为明显,矿体赋存于岩体内部或周围的碎屑岩、碳酸盐岩中。

(4)中生代内生成矿作用既是板内活动的产物,也是古特提斯洋、蒙古-鄂霍次克洋先后关闭的远程效应反映。

参考文献(References):

- 蔡志慧,许志琴,何碧竹,等. 东天山-北山造山带中大型韧性剪切带属性及形成演化时限与过程[J]. 岩石学报, 2012, 28(06): 1875-1895.
- CAI Zhihui, XU Zhiqin, HE Bizhu, et al. Age and tectonic evolution of ductile shear zones in the eastern Tianshan Beishan orogenic belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(6): 1875-1895.
- 蔡仲举. 马头滩金矿床成矿地质特征、控矿因素及金的富集规律[J]. 黄金, 2001, 22(10): 4-11.
- CAI Zhongju. The Mineralization, the ore-controlling principles and the Concentrated rules of gold in Matoutan Gold ore deposits at the Eastern Tianshan area, Xingjiang [J]. Gold, 2001, 22(10): 4-11.
- 陈柏林,吴淦国,杨农,等. 甘肃北山白墩子—小西弓韧性剪切带及其控矿作用[J]. 地质力学学报, 2007, 13(2): 99-109.
- CHEN Bailin, WU Ganguo, YANG Nong, et al. Baidunzi-Xiaoxigong Ductile Shear Zone and its Ore-Controlling Effect in the Southern Beishan area, Gansu[J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13(2): 99-109.
- 陈富文,李华芹,蔡红,等. 新疆东部金窝子金矿成因讨论—

- 同位素地质年代学证据[J]. 地质论评, 1999, 45(3): 247-254.
- CHEN Fuwen, LI Huaqin, CAI Hong, et al. The Origin of the Jinwozi Gold Deposit in Eastern Xinjiang-Evidence from Isotope Geochronology[J]. Geological Review, 1999, 45(3): 247-254.
- 陈文, 韩春明, 张彦, 等. 从成矿和变形时代的不耦合现象探讨康古尔金矿的成因. [J]. 地球学报, 2003, (6): 579-583.
- CHEN Wen, HAN Chunming, ZHANG Yan, et al. Study on the Genesis of Kanggur Gold Deposit Based on the Discordance of the Metallogenic Epoch and Deformation Time[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2003, (6): 579-583.
- 陈文, 孙枢, 张彦, 等. 新疆东天山秋格明塔什—黄山韧性剪切带 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 790-804.
- CHEN Wen, SUN Shu, ZHANG Yan, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Qiugemingtashi—Huangshan Ductile Shear Zone in East Tianshan, Xinjiang, NW China[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(6): 790-804.
- 陈文, 张彦, 赵海滨, 等. 新疆东天山红山金矿成矿时代研究. [J]. 中国地质, 2006, 33(3): 632-640.
- CHEN Wen, ZHANG Yan, ZHAO Haibin, et al. 2006, Mineralization age of the Hongshan gold deposit, East Tianshan, Xinjiang[J]. Geology in China, 2006, 33(3): 632-640.
- 陈毓川, 刘德权, 唐延龄, 等. 中国天山矿产及成矿体系[M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- CHEN Yuchuan, LIU Dequan, TANG Yanling, et al. Mineral production and Mineralization serials in Tianshan Mountains, China[M]. Beijing: Geology Press, 2008.
- 陈郑辉, 王登红, 龚羽飞, 等. 新疆哈密镜儿泉伟晶岩型稀有金属矿床 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 470-476.
- CHEN Zhenghui, WANG Denghong, GONG Yufei, et al. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ isotope dating of muscovite from Jingerquan pegmatite rare metal deposit in Hami, Xinjiang, and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(4): 470-476.
- 崔巍, 刘莉晖, 尚丽萍, 等. 甘肃花南沟钨钼矿床地质地球化学特征[J]. 甘肃科技, 2015, 31(14): 25-28.
- CUI Wei, LIU Lihui, SHANG Liping, et al. The Geological and Geochemical characteristics of Huanangou W—Mo ore deposit at the Beishan area, Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2015, 31(4): 25-28.
- 付娣, 何智祖. 甘肃北山小白石头钨矿床地质特征及找矿标志[J]. 甘肃科技, 2014, (22): 40-44.
- FU Di, HE Zhizu. The geological feature and the criterias for ore prospecting in Xiaobaishitou W ore deposit at the Beishan area, Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2014, 30(22): 40-44.
- 付清波. 新疆哈密市白干湖西铅锌矿矿床特征及找矿模型建立[J]. 世界有色金属, 2018: 133-135.
- FU Qingbo. The geological Characteristics and the Model for exploration in Baiganhuxi Pb—Zn ore deposit in Hami county, Xinjiang[J]. World's Nonferrous Metal, 2018: 133-135.
- 顾连兴, 杨浩, 苟晓琴, 等. 东疆星星峡地区白石头泉高铷钕花岗岩的特征和成因[J]. 岩石学报, 1994, 10(1): 41-53.
- GU Lianxing, YANG Hao, GOU Xiaoqin, et al. Geology and genesis of the Baishitouquan high-rubidium and fluorine granites in the Xingxingshia district of Hami county, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 1994, 10(1): 41-53.
- 顾连兴, 吴昌志, 张遵忠, 等. 东疆白石头泉含黄玉天河石花岗岩体的地球化学: 分带和岩浆演化[J]. 高校地质学报, 2007, 13(2): 207-223.
- GU Lianxing, WU Changzhi, ZHANG Zunzhong, et al. Geochemistry of the Baishitouquan Topaz-bearing Amazonite Granite: Zoning and Magma Evolution[J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13(2): 207-223.
- 顾连兴, 张遵忠, 吴昌志, 等. 东天山黄山—镜儿泉地区二叠纪地质—成矿热事件: 幔源岩浆内侵及其地壳效应[J]. 岩石学报, 2007, 23(11): 2869-2880.
- GU Lianxing, ZHANG Zunzhong, WU Changzhi, et al. Permian geological, metallurgical and geothermal events of the Huangshan-Jing'erquan area, eastern Tianshan: indications for mantle magma intraplating and its effect on the crust[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(11): 2869-2880.
- 何智祖, 董钦伟. 甘肃省瓜州县花南沟钨钼矿床地质特征及找矿思路[J]. 甘肃科技, 2012, 28(14): 27-30.
- HE Zhizu, DONG Qinwei. The geological feature and the prospecting targets in Guazhou County, Gansu Province[J]. Gansu Science and Technology, 2012, 28(14): 27-30.
- 胡霁琴, 张国新, 李启新, 等. 新疆北部主要地质事件同位素年表[J]. 地球化学, 1995, 24(1): 20-31.
- HU Aiqin, ZHANG Guoxin, LI Qixin, et al. The isotopic chronological scale of major geological events in northern Xinjiang, China[J]. Geochimica, 1995, 24(1): 20-31.
- 胡霁琴, 王中刚, 涂光炽, 等. 新疆北部地质演化及其成岩成矿特征[M]. 北京: 科学出版社, 1997, 35-50.
- HU Aiqin, WANG Zhonggang, TU Guangchi. Geological Evolution, Petrogenesis and Metallogeny of North Xin-

- jiang[M]. Beijing: Science Press, 1997, 35-50.
- 惠卫东. 东天山尾亚钒钛磁铁矿地质特征和成因探讨[J]. 新疆有色金属, 2009, (6): 1-4.
- HUI Weidong. The geological feature and the genesis of Weiya vanadium-bearing titanomagnetite deposit in Eastern Tianshan area, Xinjiang[J]. Xinjiang Nonferrous Metal, 2009, (6): 1-4.
- 江思宏, 聂凤军, 陈文, 等. 甘肃辉铜山铜矿床燕山期钾长花岗岩的发现及其地质意义[J]. 矿床地质, 2003, (2): 185-190, 128.
- JIANG Sihong, NIE Fengjun, CHEN Wen, et al. Discovery of Yanshanian K-feldspar Granite in Huitongshan Copper Deposit Gansu Province and Its Implication[J]. Mineral Deposits, 2003, 22(2): 185-190+128.
- 江思宏, 聂凤军, 陈伟十, 等. 北山地区南金山金矿床的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年代学及其流体包裹体特征[J]. 地质论评, 2006a, 52(3): 266-275.
- JIANG Sihong, NIE Fengjun, CHEN Weishi, et al. ^{40}Ar - ^{39}Ar Geochronology and Fluid Inclusion Features of the Nanjinshan Gold Deposit, Beishan Mountains, Gansu Province[J]. Geological Review, 2006a, 52(3): 266-275.
- 江思宏, 聂凤军. 甘肃北山红尖兵山钨矿床的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年代学研究[J]. 矿床地质, 2006b, 25(1): 89-94.
- JIANG Sihong, NIE Fengjun. ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology of Hongjianbingshan tungsten deposit in Beishan Mountain, Gansu Province, China[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(1): 89-94.
- 姜晓, 郭勇明, 杨良哲, 等. 哈密沙东大型钨矿床地质特征及成因探讨[J]. 新疆地质, 2012, 30(01): 31-35.
- JIANG Xiao, GUO Yongming, YANG Liangzhe, et al. Geological Characteristics and preliminary origin of Shadong large Tungsten Deposit in Hmi, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2012, 30(1): 31-35.
- 李德东, 王玉往, 王京彬, 等. 东天山尾亚镁铁-超镁铁岩体侵位年龄新证据[J]. 新疆地质, 2014, (1): 1-5.
- LI Dedong, WANG Yuwan, WANG Jingbin, et al. New Evidence of the Mafic-Ultramafic Pluton Emplacement Age in Weiya, Eastern Tianshan, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2014, (1): 1-5.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮, 等. 新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 62-105.
- LI Huaqin, XIE Caifu, CHANG Hailiang, et al. The chronology for metallogenesis of nonferrous deposits in the northern Xinjiang, China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998, 62-105.
- 李华芹, 陈富文. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社, 2004, 1-391.
- LI Huaqin, CHEN Fuwen. The chronology for regional metallogenesis in Xinjiang, China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004, 1-391.
- 李华芹, 陈富文, 李锦铁, 等. 再论东天山白山钼钨矿区成岩成矿时代[J]. 地质通报, 2006, 25(8): 916-922.
- LI Huaqin, CHEN Fuwen, LI Jinyi, et al. Age of mineralization and host rocks in the Baishan rhenium-molybdenum district, East Tianshan, Xinjiang[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(8): 916-922.
- 李宁, 杨富全, 李超, 等. 新疆东天山小白石头钨(钼)矿辉钨矿 Re-Os 同位素年龄及成矿时代[J]. 岩矿测试, 2019, 38(1): 112-122.
- LI Ning, YANG Fuquan, LI Chao, et al. Re-Os isotopic age of Molybdenite from the Xiaodbaisaitou W(Mo) deposit, Eastern Tianshan, Xinjiang and its Geological implication[J]. Rock and Mineral Analysis, 2019, 38(1): 112-122.
- 李嵩龄, 李文铅, 冯新昌, 等. 东天山尾亚复式岩株形成时代讨论[J]. 新疆地质, 2002, (04): 357-359.
- LI Songling, LI Wenqian, FENG Xinchang, et al. Age of formation of Weiya composite stocks in Eastern Tianshan Mountains[J]. Xinjiang Geology, 2002, (4): 357-359.
- 李彤泰. 东天山康古尔塔格金矿带地质特征及成矿规律[J]. 黄金地质, 2004, 10(3): 13-16.
- LI Tongtai. Geological features and metallogenic rules of Kangguertage gold belt in East Tianshan[J]. Gold Geology, 2004, 10(3): 13-16.
- 梁志录, 张振亮, 冯选洁. 新疆东天山中生代金属成矿动力学背景研究[J]. 西北地质, 2018, 51(1): 218-227.
- LIANG Zhilu, ZHANG Zhenliang, FENG Xuanjie. The Dynamic Background of Metal Mineralization for Mesozoic Era in the Eastern Tianshan Mountains of Xinjiang[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(1): 218-227.
- 刘彬, 王学求. 东天山白山斑岩钼矿床深部斑岩体锆石 SIMS U-Pb 定年、Hf 同位素组成及其地质意义[J]. 地学前缘, 2016, 23(5): 291-300.
- LIU Bin, WANG Xueqiu. SIMS U-Pb dating and Hf isotope of zircons from the deep granite porphyry in Baishan Mo deposit, eastern Tianshan, Northwest China, and their geological significance[J]. Earth Science for Frontiers, 2016, 23(6): 291-300.
- 刘东晓, 董雅清, 张月宝. 甘肃北山南金山—狼娃山金成矿带成矿作用特征[J]. 甘肃地质, 2009, 18(4): 29-33.
- LIU Dongxiao, DONG Yaqing, ZHANG Yuebao. Characteristics of mineralizations of Nanjinshan-Langwushan gold metallogenic belt in Beishan area, Gansu province[J]. Gansu Geology, 2009, 18(4): 29-33.
- 刘四海, 吴昌志, 顾连兴, 等. 中天山白石头泉岩体年代学、岩石成因及构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(12): 2720-2730.

- LIU Sihai, WU Changzhi, GU Lianxing, et al. Geochronology and tectonic significances of the Baishitouquan pluton in Middle Tianshan, Northwestern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(12): 2720-2730.
- 刘众. 新疆哈密白干湖西铅锌矿地质特征及找矿模型建立[J]. *新疆有色金属*, 2016, 39(3): 39-41.
- LIU Zhong. The geological Characteristics and the Model for exploration in Baiganhuxi Pb - Zn ore deposit in Hami county, Xinjiang[J]. *Xinjiang Nonferrous Metal*, 2016, 39(3): 133-135.
- 吕金刚, 赵恒乐, 李月栋, 等. 哈密白干湖花岗岩 SHRIMP U - Pb 定年及地质意义[J]. *新疆地质*, 2015, 33(2): 177-180.
- LV Jingang, ZHAO Hengle, LI Yuedong, et al. SHRIMP U - Pb Age of the Zircon from Granite in Baigan Lake and its Geological Implications in Hami, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 2015, 33(2): 177-180.
- 马晓晨, 任军强. 花南沟钨钼矿床地质特征及找矿标志[J]. *世界有色金属*, 2020, (9): 102-104, 106.
- MA Xiaochen, REN Junqiang. Geological characteristics and prospecting indicators of Huanangou W - mo deposit in Guazhou County, Gansu Province[J]. *World's Nonferrous Metal*, 2020, (9): 102-104, 106.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社, 2002a, 1-499.
- NIE Fengjun, JIANG Sihong, BAI Daming, et al. The Metallogenic rule and the prospecting targets of metal deposits in Beishan Area[M]. Beijing: Geology Press, 2002a, 1-499.
- 聂凤军, 江思宏, 胡朋, 等. 甘肃小西弓金矿床成矿物质来源和探讨[J]. *黄金地质*, 2002, 8(3): 33-37.
- NIE Fengjun, JIANG Sihong, HU Peng, et al. Ore-fluid evolution of the Xiaoxigong Gold deposit hosted proterozoic metamorphic rocks, Gansu Province, As deduced from Sulfur, Oxygen, Hydrogen and Lead Isotopic Evidence[J]. *Gold Geology*, 2002, 8(3): 33-37.
- 聂凤军, 江思宏, 刘妍, 等. 2002b. 甘肃花牛山东钾长花岗岩 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及其地质意义[J]. *地质科学*, 2002, 37(4): 415-422.
- NIE Fengjun, JIANG Sihong, LIU Yan, et al. $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ Isotopic age dating on K - Feldspar separates from Eastern Huaniushan granite, Gansu Province, and its Geological Significance[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2002, 37(4): 415-422.
- 聂凤军, 江思宏, 胡朋, 等. 甘肃北山红尖兵山钨矿床地质特征及成矿物质来源[J]. *矿床地质*, 2004, 23(1): 11-19.
- NIE Fengjun, JIANG Sihong, HU Peng, et al. Geological Features and Ore-forming Material Sources of Hongjianbingshan Tungsten Deposit in Beishan Mountain, Gansu Province[J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(1): 11-19.
- 牛亮, 李鹏, 卡哈尔, 等. 新疆金窝子金矿田地质特征及成矿条件分析[J]. *地质论评*, 2014, 59(增刊): 329-330.
- NIU Liang, LI Peng, KA Ha'er, et al. Geological Characteristics and Mineralization Conditions of the Jinwozi Gold Deposit, Xinjiang[J]. *Geological Review*, 2014, 59(Sup): 329-330.
- 彭振安, 李红红, 屈文俊, 等. 内蒙古北山地区小狐狸山钨矿床辉钼矿 Re - Os 同位素年龄及其地质意义[J]. *矿床地质*, 2010, 29(3): 510-516.
- PENG Zhen'an, LI Honghong, QU Wenjun, et al. Molybdenite Re - Os age of Xiaohulishan molybdenum deposit in Beishan area, Inner Mongolia[J]. *Mineral Deposits*, 2010, 29(3): 510-516.
- 邱林林, 李雪涛. 甘肃省瓜州县辉铜山铜矿矿床成因及找矿潜力分析[J]. *世界有色金属*, 2018, (1): 82-83.
- QIU Linlin, LI Xuetao. Analysis of the genesis and prospecting potentiality of the copper deposit in the huitongshan copper deposit in guzhou county, gansu province[J]. *World's Nonferrous Metal*, 2018, (1): 82-83.
- 沈远超, 申萍, 曾庆栋, 等. 甘肃北山地区南金山金矿床隐爆角砾岩体的发现及成矿规律研究[J]. *矿床地质*, 2006, (5): 572-581.
- SHEN Yuanchao, SHEN Ping, ZENG Qingdong, et al. Discovery of cryptoexplosive breccia in Nanjinshan gold deposit of Beishan area, Gansu Province and study of metallogenic regularity[J]. *Mineral Deposits*, 2006, 25(5): 572-581.
- 唐俊林, 董连慧, 涂其军, 等. 新疆哈密市沙东钨矿成矿流体包裹体特征研究[J]. *新疆地质*, 2017, (2): 151-156.
- TANG Junlin, DONG Lianhui, TU Qijun, et al. Characteristics of Fluid Inclusion from Shadong W-sulfide Deposit in Hami, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 2017, 35(2): 151-156.
- 涂其军, 董连慧, 王克卓. 东天山戈壁钼矿辉钼矿 Re - Os 同位素年龄及地质意义[J]. *新疆地质*, 2012, 20(3): 272-276.
- TU Qijun, DONG Lianhui, WANG Kezhao. Molybdenite Re - Os Dating and its Geological Implication for the East Gebi Molybdenum deposit of the Eastern Tianshan Mountain in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 2012, 30(3): 272-276.
- 涂其军, 王杨双, 董连慧. 新疆东天山白山钼矿辉钼矿 Re - Os 测年及地质意义[J]. *新疆地质*, 2014, (3): 322-327.
- TU Qijun, WANG Yangshuang, DONG Lianhui. Re - Os Dating of Molybdenite from the Baishan Molybdenum Deposit in the Eastern Tianshan Area of Xinjiang and its Geological Significance[J]. *Xinjiang Geology*, 2014, 32

- (3): 322-327.
- 涂其军,韩琼,王刚,等. 东天山白山钼矿地球化学特征及地质意义[J]. 新疆地质,2019,37(1):7-16.
- TU Qijun, HAN Qiong, WANG Gang, et al. The geochemistry and geological significance of the baishan molybdenum deposit in the eastern tianshanarea, xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2019, 37(1): 7-16.
- 王登红,陈毓川,徐志刚. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律研究[M]. 北京:原子能出版社,2002.
- WANG Dehong, CHEN Yuchuan, XU Zhigang. The metallogenic series and the metallogenic rule of Altay metallogenic Province[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 2002.
- 王登红,陈郑辉,陈毓川,等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报,2010,84(7):1030-1040.
- WANG Denghong, CHEN Zhenhui, CHEN Yuchuan, et al. New Data of the Rock-Forming and Ore-Forming Chronology for China's Important Mineral Resources Areas [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(7): 1030-1040.
- 王继春,肖荣阁,王兢繁,等. 北山地区小狐狸山钼多金属矿床成矿类型及找矿方向[J]. 地质与勘探,2014,50(5): 921-931.
- WANG Jichun, XIAO Rongge, WANG Jingfan, et al. The Metallogenic Type of the Xiaohuli Shan Molybdenum Polymetallic Ore Deposit in the Beishan Area, Inner Mongolia and Prospecting Direction [J]. Geology and Exploration, 2014, 50(5): 921-931.
- 王劲. 新疆哈密市白干湖铅锌矿床地质特征及成因探讨[J]. 新疆有色金属,2008,31(1):6-8.
- WANG Jin. The geological Characteristics and the Genesis in Baiganhuxi Pb-Zn ore deposit in Hami county, Xinjiang [J]. Xinjiang Nonferrous Metal, 2008, 31(1): 133-135.
- 王清利,陈文,韩丹,等. 新疆金窝子金矿床形成时代研究及成因机制讨论[J]. 中国地质,2008,35(2):286-292.
- WANG Qingli, CHEN Wen, HAN Dan, et al. The age and mechanism of formation of the Jinwozi gold deposit, Xinjiang province [J]. Geology in China, 2008, 35(2): 286-292.
- 王瑜,李锦轶,李文铅. 2002. 东天山造山带右行剪切变形及构造演化的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学证据[J]. 新疆地质,2002, 20(4):315-319.
- WANG Yu, LI Jinyi, LI Wenqian. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ Chronological evidence of dextral shear and Tectonic evolution of the Eastern Tianshan orogenic belt [J]. Xinjiang Geology, 2002, 20(4): 315-319.
- 王玉往,王京彬,王莉娟,等. 新疆尾亚钒钛磁铁矿——一个岩浆分异-贯入-热液型复成因矿床[J]. 矿床地质, 2005,(4):349-360.
- WANG Yuwang, WANG Jingbin, WANG Lijuan, et al. Weiya vanadium-bearing titanomagnetite deposit in Xinjiang: A polygenetic magmatic differentiation-magmatic injection magmatic hydrothermal deposit [J]. Mineral Deposits, 2005,(4): 349-360.
- 王玉往,王京彬,王莉娟,方同辉. 新疆尾亚地区石英二长闪长岩的岩浆混合成因[J]. 岩石学报,2007,23(4): 733-746.
- WANG Yuwang, WANG Jingbin, WANG Lijuan, et al. Magma-mixing genesis of quartz monzodiorite in the Weiya, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(4): 733-746.
- 王志良,毛景文,杨建民,等. 东天山马头滩金矿成矿流体稀土元素特征[J]. 新疆地质,2002,(4):367-370.
- WANG Zhiliang, MAO Jingwen, YANG Jianmin, et al. Rare earth elements of ore-forming fluids of Matoutan Gold Deposit in eastern Tianshan Mountains [J]. Xinjiang Geology, 2002,(4): 367-370.
- 王中辉. 甘肃省肃北县南金山金矿地质特征及控矿因素分析 [J]. 甘肃科技,2009,(21):31-33.
- WANG Zhonghui. The geological feature and the Concentrated rules of gold in Nanjinshan Gold ore deposits at the Beishan area, Gansu [J]. Gansu Science and Technology, 2009,(21):31-33.
- 魏海峰,王怀涛. 甘肃省肃北县黑山梁钨钼矿床地质特征及成因探讨[J]. 甘肃地质,2016,(1):18-24.
- WEI Haifeng, WANG Huaitao. Geological Characteristics and Genesis of Heishanliang Tungsten-Molybdenum Deposit in Subei County, Gansu Province [J]. Gansu Geology, 2016,(1): 18-24.
- 吴艳爽,项楠,唐好书,等. 东天山东戈壁钼矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及印支期成矿事件[J]. 岩石学报,2013,29(1): 121-130.
- WU Yanshuang, XIANG Nan, TANG Haoshu, et al. Molybdenite Re-Os isotope age of the Donggebi Mo deposit and the Indosinian metallogenic event in eastern Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(1): 121-130.
- 吴云辉,熊小林,赵太平,等. 新疆东戈壁斑岩型 Mo 矿辉钼矿 Re-Os 年龄和成矿岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学,2013,37(4):743-753.
- WU Yunhui, XIONG Xiaolin, ZHAO Taiping, et al. Zircon U-Pb Age of the Ore-bearing Granite and Molybdenite Re-Os Isotopic Age of the Donggebi Mo Deposit, Xinjiang and their Geological Significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2013, 37(4): 743-753.
- 谢名永,夏辉,焦显江. 新疆哈密黄碱滩钨钼多金属矿成因浅析[J]. 有色金属文摘,2015,30(6):62-63.
- XIE Mingyong, XIA Hui, JIAO Xianjiang. The Genesis of Huangjiantan W-Mo polymetal deposit at the Hami County, Xinjiang [J]. The Nonferrous Digest, 2015, 30

- (6):62-63.
- 肖惠良,周济元,王鹤年,等. 新疆红十井金矿床特征及成因[J]. 矿床地质,2003,22(1):32-40.
- XIAO Huiliang, ZHOU Jiyuan, WANG Henian, et al. Characteristics and Genesis of Hongshijing Gold Deposit, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 2003,22(1):32-40.
- 肖泽忠,陈玉峰,陈浩,等. 小独山西钨金矿床成因及找矿方向[J]. 甘肃冶金,2011, 33(3):61-65,75.
- XIAO Zezhong, CHEN Yufeng, CHEN Hao, et al. Genesis of Formation of Xiaodushanxi Tungsten Deposit and the Prospecting Direction[J]. Gansu Metallurgy, 2011, 33(3): 61-65.
- 杨富全,李宁,张志欣,等. 新疆东天山小白石头钨(钼)矿床流体包裹体及稀土元素地球化学对成矿作用的指示[J]. 矿床地质,2019,(06):1189-1203.
- YANG Fuquan, LI Ning, ZHANG Zhixin, et al. The indicating significance of fluid inclusions and REE geochemistry for mine-ralization of Xiaobaishitou W-(Mo) deposit, East Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 20019, 38(6): 1189-1203.
- 杨合群,李英,赵国斌. 新疆-甘肃-内蒙古衔接区地层对比及其意义[J]. 西北地质,2009,42(2):60-75.
- YANG Hequn, LI Ying, ZHAO Gguobin. Stratigraphic Correlation and Its Significance of Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia Join Area[J]. Northwestern Geology, 2009, 42(2): 60-75.
- 杨建国,翟金元,杨宏武,等. 甘肃北山地区花牛山铅锌矿区玄武岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及其地质意义[J]. 地质通报,2010,9(7):1017-1023.
- YANG Jianguo, ZHAI Jinyuan, YANG Hongwu, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of basalt and its geological significance in Huaniushan Pb-Zn deposit, Beishan area, Gansu, China [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 9(7): 1017-1023.
- 杨帅帅,王守光,沈存利,等. 内蒙古小狐狸山钼多金属矿床成岩成矿年龄及其地质意义[J]. 现代地质, 2012, 26(2):261-268.
- YANG Shuaishuai, WANG Shouguang, SHEN Cunli, et al. Rock-forming and Ore-forming Ages of Xiaohulishan Molybdenum-polymetallic Deposit in Inner Mongolia and Its Geological Significance[J]. Geoscience, 2012, 26(2): 261-268.
- 杨岳清,赵金花,孟贵祥,等. 内蒙古北山地区斑岩型钼矿的成岩成矿时代和形成环境探讨[J]. 矿床地质,2013,34(4):401-412.
- YANG Yueqing, ZHAO Jinhua, MENG Guixiang, et al. Rock-forming and Ore-forming Ages as well as Formation Environments of Porphyry Molybdenum Deposits in Beishan Area, Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 2013, 34(4): 401-412.
- 杨兴吉. 甘肃省瓜州县花黑滩钨矿地质特征及成因分析[J]. 甘肃科技,2009,25(9):40-41.
- YANG Xingji. The geological feature and the Genesis of HuaHeitan Mo ore deposit at the Guazhou County, Gansu[J]. Gansu Science and Technology, 2009, 25(9):40-41.
- 杨翔,王乾,乔莹莹. 内蒙古白龙山萤石矿矿床地质特征和成矿规律浅析[J]. 中国锰业,2017,35(1):55-58.
- YANG Xiang, WANG Qian, QIAO Yingying. Geological Characteristics and Mineralization Regularity of Bailongshan Fluorite Ore Deposit in Inner Mongolia[J]. China's Manganese Industry, 2017, 35(1): 55-58.
- 杨志强,吴邦友,郑松森,等. 新疆东戈壁斑岩型钼矿床之斑岩体特征[J]. 华南地质与矿产,2011,27(3):208-214.
- YANG Zhiqiang, WU Bangyou, ZHENG Songsen, et al. Geological and Geochemical Characteristics of Ore-forming Granite Porphyry in East Gobi Porphyry Molybdenum Deposit in Xinjiang[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2011, 27(3): 208-214.
- 杨志强,刘晓,陈继红. 新疆东戈壁钼矿流体包裹体温度、盐度特征[J]. 矿产勘查,2013,4(2):167-176.
- YANG Zhiqiang, LIU Xiao, CHEN Jihong. Characteristics of temperature and salinity of fluid inclusion in the East Gobi molybdenum deposit, Xinjiang[J]. Mineral Exploration, 2013,4(2): 167-176.
- 殷先明. 甘肃岩金矿床地质[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2000.
- YIN Xianming. Geology of rock gold deposits in Gansu Province[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2000.
- 殷先明. 甘肃省北山地区中生代构造和花岗岩侵入及成矿作用[J]. 甘肃地质,2008,17(1):1-6.
- YIN Xianming. Mesozoic structure, granite invasion and mineralization in Beishan area, Gansu Province [J]. Gansu Geology, 2008,17(1): 1-6.
- 张红军. 甘肃省敦煌小独山钨矿床地质特征及成因初探[J]. 甘肃科技,2011,27(14):41-44.
- ZHANG Hongjun. The geological feature and the genesis of Xiaodushan Gold W ore deposit at the Beishan area, Gansu[J]. Gansu Science and Technology, 2011, 27(14):41-44.
- 张亮,吴飞,王丹阳,等. 浅谈新疆哈密市镜儿泉锂铍矿矿床特征及成矿模型[J]. 西部探矿工程,2017,(8):145-147,150.
- ZHANG Liang, WU Fei, WANG Danyang, et al. The geological characterisitic and the metallogenic model of the Jingerquan pegmatite rare metal deposit in Hami, Xinjiang[J]. West-China Exploration Engineering, 2017,

- (8): 145-147, 150.
- 张连昌, 姬金生, 曾章仁, 等. 东天山康古尔金矿床成矿物源的同位素地球化学特征[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 380-387.
- ZHANG Lianchang, JI Jinsheng, ZENG Zhangren, et al. Studies of Isotope Geochemistry for Reforming Material origin of Kanggul Gold Deposit, East Tianshan[J]. Geoscience, 1998, 12(3): 380-387.
- 张连昌, 姬金生, 李华芹, 等. 东天山康古尔塔格金矿带两类成矿流体地球化学特征及流体来源[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 535-541.
- ZHANG Lianchang, JI Jinsheng, LI Huaqin, et al. Geochemical characteristics and source of two-type ore-forming fluids in Kanggultage gold ore belt, east Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(4): 535-541.
- 张雨莲, 许荣科, 陕亮, 等. 内蒙古北山地区小狐狸山钼矿床辉钼矿 Re-Os 年龄和 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 2012, 31(2-3): 469-475.
- ZHANG Yulian, XU Rongke, SHAN Liang, et al. Rock-forming and ore-forming ages of the Xiaohulishan molybdenum deposit in Beishan area, Inner Mongolia[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(2~3): 69-475.
- 张遵忠, 顾连兴, 王硕, 等. 新疆白石头泉高铀钼花岗岩不同相带云母成分及其演化[J]. 地球化学, 2004, (5): 433-441.
- ZHANG Zunzhong, GU Lianxing, WANG Shuo, et al. Composition and evolution of micas from different zones of the high-Rb and -F granite at the Baishitouquan, Xinjiang[J]. Geochimica, 2004, (5): 433-441.
- 张遵忠, 顾连兴, 吴昌志, 等. 东天山尾亚杂岩体: 同源还是异源? ——来自黑云母的证据[J]. 地球化学, 2005, (4): 328-338.
- ZHANG Zunzhong, GU Lianxing, WU Changzhi, et al. Weiya complex, eastern Tianshan: Single-sourced or diverse-sourced? —Evidence from biotite[J]. Geochimica, 2005, (4): 328-338.
- 周铭华. 甘肃省瓜州县马莲井西地区金矿地质特征[J]. 甘肃冶金, 2018, 40(4): 57-58.
- ZHOU Minghua. The geological feature of Malianjing gold ore deposit at the Guazhou County, Gansu[J]. Gansu Metallurgy, 2018, 40(4): 57-58.
- 周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 等. 甘新北山东段裂谷演化及金矿成矿规律[J]. 火山地质与矿产, 2000, 21(1): 7-17.
- ZHOU Jiyuan, CUI Binfang, XIAO Huiliang, et al. The rift evolution and Au ore-forming regular in East part of Beishan Gansu and Xinjiang[J]. Volcanology & Mineral Resources, 2000, 21(1): 7-17.
- 朱江, 吕新彪, 陈超, 等. 东天山东段—北山地区三叠纪钼矿床地质特征、时空分布及含矿花岗岩成岩—成矿构造背景[J]. 新疆地质, 2013, 31(1): 21-28.
- ZHU Jiang, LÜ Xinbiao, CHEN Chao, et al. Geological Characteristics, Metallogenic Time and Tectonic Setting of the Triassic Molybdenum Deposits in the East Part of the East Tianshan and the Beishan Area, NW China[J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(1): 21-28.
- 朱江, 吕新彪, 莫亚龙, 等. 甘肃拾金坡金矿床成因: 来自⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年、成矿流体及 H-O-S 同位素证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2013, 43(2): 427-439.
- ZHU Jiang, LÜ Xinbiao, MO Yalong, et al. Ore Genesis of the Shijinpole Gold Deposit in Gansu Province, NW China: ⁴⁰Ar/³⁹Ar Dating, Ore-Forming Fluid and H-O-S Isotopes Constrains [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2013, 43(2): 427-439.
- 朱永峰. 新疆的印支运动与成矿[J]. 地质通报, 2007, 26(5): 510-519.
- ZHU Yongfeng. Indosinian movement and metallogeny in Xinjiang, China[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(5): 510-519.
- Zhu Y F, Zhang L F, Gu L B et al. The zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains [J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50: 2201-2212.
- Zhu Y F, Zeng Y S, Gu L B. Geochemistry of rare metal-bearing pegmatite No. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay Mountain, northwest China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006a, 27: 61-77.
- Zhu Y F, Zhou J, Zeng Y S. The Tianger (Bingdaban) shear zone hosted gold deposit, west Tianshan, NW China: Petrographic and geochemical characteristics [J]. J Ore Geology Review, 2007. doi: 10.1016/j.oregeorev.10.006.
- Wang Tao, Tong Y, Jahn B Met al. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Altai No. 3 pegmatite, NW China, and its implications for the origin and tectonic setting [J]. Ore Geol. Rev., 2006.
- Wilde A R, Layer P, Mernach Tet al. The giant Muruntau gold deposit: geological, geochronological and fluid inclusion constraints on ore genesis [J]. Econ. Geol., 2001, 96: 633-644.