

doi: 10.12029/gc20220409

冯京, 朱志新, 赵同阳, 陈正乐, 顾雪祥, 孟贵祥, 徐仕琪, 田江涛, 李平. 2022. 新疆大地构造单元划分及成矿作用[J]. 中国地质, 49(4): 1154-1178.

Feng Jing, Zhu Zhixin, Zhao Tongyang, Chen Zhengle, Gu Xuexiang, Meng Guixiang, Xu Shiqi, Tian Jiangtao, Li Ping. 2022. Subdivision of tectonic units and its metallogenesis in Xinjiang[J]. Geology in China, 49(4): 1154-1178(in Chinese with English abstract).

## 新疆大地构造单元划分及成矿作用

冯京<sup>1</sup>, 朱志新<sup>2</sup>, 赵同阳<sup>2</sup>, 陈正乐<sup>3</sup>, 顾雪祥<sup>4</sup>, 孟贵祥<sup>5</sup>, 徐仕琪<sup>1</sup>, 田江涛<sup>2</sup>, 李平<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆维吾尔自治区地质调查院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 4. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 5. 中国地质科学院, 北京 100037)

**摘要:**【研究目的】新疆横跨古亚洲洋、特提斯洋两大构造成矿域, 长期的洋-陆转换过程造就了独具特色的地壳增生史和复杂多样成矿作用。作为中国能源、有色、铁矿、钾盐和非金属的重要资源基地, 截止 2019 年底, 新疆已发现矿产 152 种, 建设矿山 3000 余座, 形成了一批以石油、天然气、煤炭、铁、锰、铅、锌、铜、镍、金、铍、铀、稀有金属、萤石、钾盐等优势矿种为主的勘查开发基地。为进一步解析新疆多阶段、多旋回的地壳生长过程与成矿作用的耦合关系, 亟需开展新疆大地构造单元划分研究, 以期更精准地开展成矿预测评价, 更好地服务国家能源资源安全战略。【研究方法】在对全疆沉积建造、火山建造、侵入岩建造、变质建造、构造变形、成矿规律等方面综合分析的基础上, 以“洋板块地质学思想”为统领、以增生造山过程的解析为主要手段, 结合不同构造背景下的成矿响应, 提出新的全疆构造单元划分方案。【研究结果】全疆划分出一级构造单元 6 个、二级构造单元 14 个、三级构造单元 32 个以及四级构造单元 99 个。提出以塔里木克拉通为界, 以北属古亚洲洋构造域, 以南属特提斯洋构造域。并根据新疆地壳演化与成矿作用关系, 划分出 4 个构造-成矿阶段。【结论】将全疆构造-成矿旋回划分为太古宙-古元古代古陆核的形成与铁-铜成矿阶段、中元古代-新元古代中期塔里木古陆及古生代洋中陆块基底的形成与铁-铅锌-磷灰石-石棉-宝石-石英岩成矿阶段、南华纪-三叠纪大陆地壳的增生与聚合及石油-天然气-金-铜-镍-铅锌-铁-锰-铍-钨-钼-稀有金属-石棉-石墨-云母-红柱石-宝石成矿阶段、侏罗纪至今的盆山构造形成与演变及石油-天然气-煤-铀-铅锌-盐类成矿阶段。

**关键词:**大地构造单元; 油气; 金属矿床; 非金属矿床; 三稀矿床; 成矿作用; 矿产勘查工程; 新疆

**创 新 点:** (1) 以洋板块地质学理论为指导, 结合不同构造环境的成矿专属性, 提出了新疆“三系两带一块”的大地构造新格局。(2) 新疆矿床类型以岩浆热液型、生物化学沉积型、化学沉积型、海相火山岩型、岩浆型、变成型等为主。(3) 全疆划分出 4 个构造-成矿阶段, 提出了“三系两带一块一缘”的成矿理论新认识, 认为中生代成矿作用是新疆今后地质勘查找矿的主攻成矿期。

中图分类号: P612 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2022)04-1154-24

## Subdivision of tectonic units and its metallogenesis in Xinjiang

收稿日期: 2021-07-28; 改回日期: 2022-01-16

**基金项目:**国家重点研发计划“天山-阿尔泰大宗矿产分布规律研究与深部资源潜力评价”(2018YFC0604001)及“东天山阿齐山-清白山铜铅锌矿带深部资源预测”(2018YFC0604005)、中国地调局重点项目“新疆维吾尔自治区区域地质志(DD19-23)”及“中国矿产地志·新疆卷”(DD20190379-25)、“新疆维吾尔自治区地质矿产开发局自筹资金项目“西昆仑地区铁铜金等重要矿产成矿地质条件研究与靶区优选”(XGMB202041)共同资助。

**作者简介:**冯京, 男, 1962 年生, 博士, 正高级工程师, 主要从事地质矿产勘查管理与研究工作; E-mail: fengjing9946@sina.com。

**通讯作者:**赵同阳, 男, 1983 年生, 硕士, 正高级工程师, 主要从事区域构造成矿作用调查研究工作; E-mail: 120334602@qq.com。

FENG Jing<sup>1</sup>, ZHU Zhixin<sup>2</sup>, ZHAO Tongyang<sup>2</sup>, CHEN Zhengle<sup>3</sup>, GU Xuexiang<sup>4</sup>, MENG Guixiang<sup>5</sup>,  
XU Shiqi<sup>1</sup>, TIAN Jiangtao<sup>2</sup>, LI Ping<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 2. Xinjiang Institute of Geological Survey, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China; 4. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 5. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** This paper is the result of mineral exploration engineering.

**[Objective]** Stretched across the Paleo-Asian Ocean and the Paleo-Tethys Ocean, the long-term ocean-land transformed process of Xinjiang Region has created a unique history of crustal accretion and diverse mineralization. As an important resource base for energy, nonferrous metals, iron ore, potash, and non-metals in China, there are 152 kinds of minerals had been discovered and over 3000 mines had been built in Xinjiang. Furthermore, abundant exploration and development bases, dominated by dominant minerals including oil, natural gas, coal, iron, manganese, lead, zinc, copper, nickel, gold, antimony, uranium, rare metals, fluorite, potassium salt, etc, have been formed by the end of 2019. For further analyzing the coupling relationship between multi-stage and multi-cycle crustal growth process and mineralization in Xinjiang, the research on division of tectonic units in Xinjiang is expected for more accurate metallogenic prediction and evaluation, and is urgent for better serving the national energy and resource security strategy. **[Methods]** Based on the comprehensive analysis of sedimentary formation, volcanic formation, intrusive formation, metamorphic formation, structural deformation, and metallogenic regularity in Xinjiang, a new division scheme of tectonic units in Xinjiang is put forward under the guidance of "Ocean Plate Geology" and the analysis of accretionary orogenic process, combined with the metallogenic response under different tectonic backgrounds. **[Results]** The new structural unit division scheme includes 6 primary structural units, 14 secondary structural units, 32 tertiary structural units, and 99 quaternary structural units. It is proposed that the Tarim craton is bounded by the Paleo-Asian Ocean tectonic domain in the north and the Tethys Ocean tectonic domain in the south. According to the relationship between crustal evolution and mineralization in Xinjiang, the metallogenic theory of "three systems, two belts, one block, and one edge" is creatively proposed. **[Conclusions]** Four tectonic metallogenic stages in Xinjiang are systematically proposed, including the formation of the Archean to Paleoproterozoic ancient continental core with iron-copper metallogenic stage, the formation of the middle-Proterozoic to middle-Neoproterozoic Tarim ancient basement and the Paleozoic ocean continental block with iron-lead-zinc-apatite-asbestos-gem-quartzite metallogenic stage, the accretion and aggregation of continental crust in Nanhua to Triassic with oil-gas-gold-copper-nickel-lead-zinc-iron-manganese-antimony-tungsten-molybdenum-rare metals-asbestos-raphite-mica-andalusite-gem metallogenic stage, and the formation and evolution of basin mountain structures from Jurassic to present with oil-gas-coal-uranium-lead-zinc-salt metallogenic stage.

**Key words:** tectonic unit; oil and gas; metal deposit; non-metal deposit; REE and rare deposit; metallogenesis; mineral exploration engineering; Xinjiang

**Highlights:** (1) Guided by "the theory of Ocean plate geology" and combined with the metallogenic specificity of different tectonic environments, a new tectonic pattern of "three systems, two belts, and one block" in Xinjiang is put forward. (2) The deposit types in Xinjiang are mainly magmatic hydrothermal type, biochemical sedimentary type, chemical sedimentary type, marine volcanic rock type, magmatic type, and metamorphic type. (3) There are four tectonic metallogenic stages are divided, and a new metallogenic theory of "three systems, two belts, one block, and one edge" is creatively proposed in Xinjiang. The Mesozoic mineralization is considered as the main metallogenic period of geological exploration and prospecting in Xinjiang in the future.

**About the first author:** FENG Jing, male, born in 1962, doctor, senior engineer, engaged in geology and mineral exploration management and research; E-mail: fengjing9946@sina.com

**About the corresponding author:** ZHAO Tongyang, male, born in 1983, senior engineer, master degree of geology, engaged in geology survey and mineral exploration research; E-mail: 120334602@qq.com.

**Fund Support:** Supported by National Key Research and Development Program of China(No.2018YFC0604001, No.2018YFC0604005), the project of China Geological Survey (No. DD19-23, No. DD20190379-25) and the self-finance project of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development(No. XFMB202041).

# 1 引 言

新疆位于亚洲大陆腹地(图1a),处于东欧、西伯利亚、印度等克拉通之间的巨型复杂构造区内。作为亚洲大陆的一部分,新疆的地壳形成与演化,与亚洲大陆的形成及演化密切相关,与全球构造格局及其动力学体系的变迁有不可分割的内在联系。新疆地壳的主体为不同时代古洋盆俯冲-增生形成的造山带,其中混杂有大小不等的地块以及叠覆其上的大型陆内沉积盆地,横跨古亚洲和特提斯两大世界级构造成矿域(李荣社等, 2011),其成矿过程分别受北部古亚洲洋和南部特提斯洋演化控

制,其复杂多样的地质构造样式造就了新疆独特的成矿环境,矿产资源十分丰富(图1b)。截止2019年底,新疆已发现矿产152种(其中能源矿产11种、金属矿产49种、非金属矿产88种、水气矿产4种),占中国已发现矿产173种的87.86%(董连慧等, 2016);查明资源储量的矿产98种(其中能源矿产7种、金属矿产34种、非金属矿产57种),占中国具有查明资源储量的矿种162种的60.49%;矿山数量3303家,其中大中型矿山占比为14.2%。

新疆矿产资源潜力巨大,是中国重要成矿远景地区。新疆石油天然气煤炭等能源矿产预测资源总量居全国首位,其中石油资源量230亿t;天然气

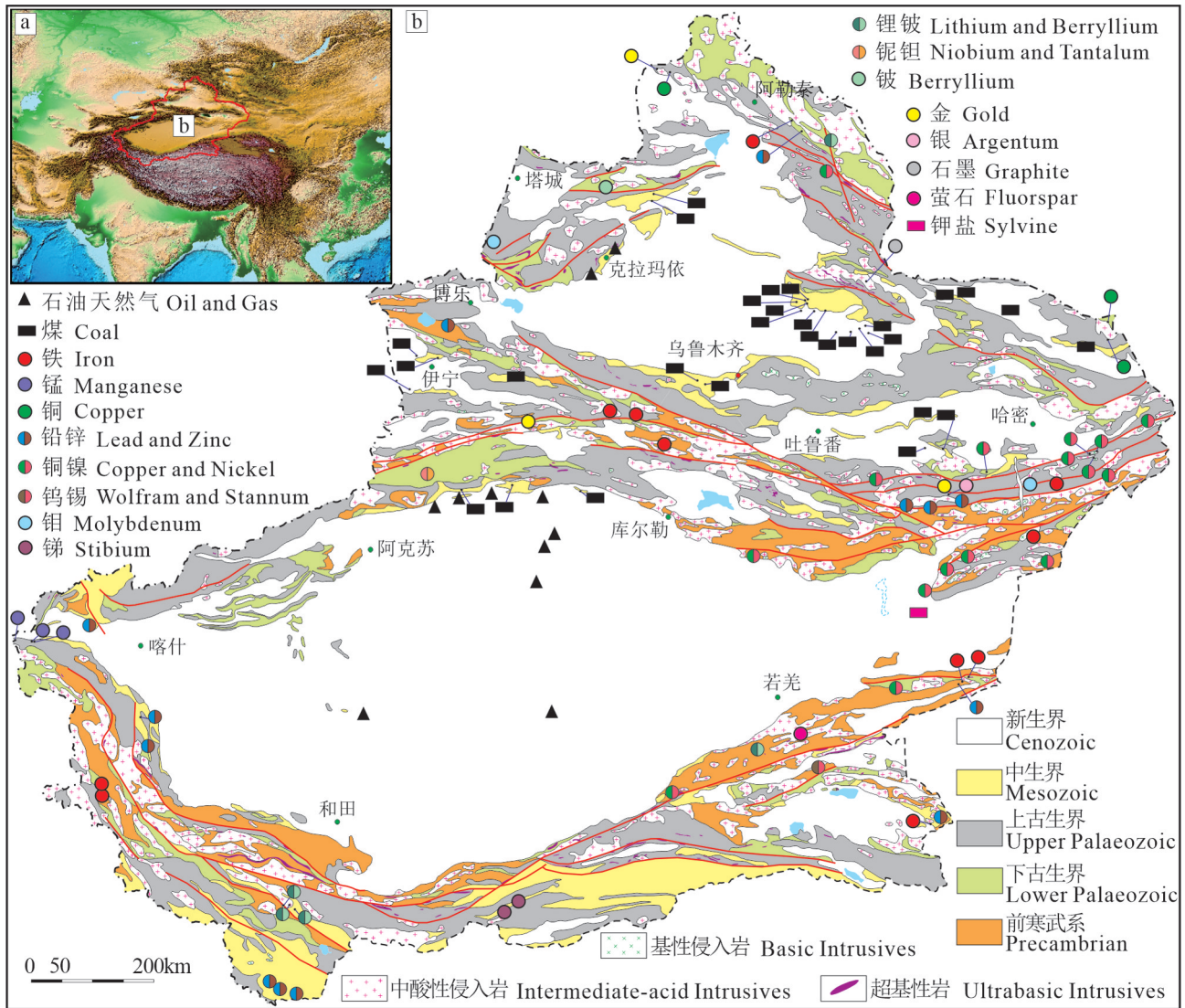


图1 新疆及邻区数字高程图(a)、新疆地质矿产略图(b)

Fig.1 Digital elevation map of Xinjiang and its adjacent areas (a) and Xinjiang geology and mineral resources map (b)

资源量16万亿 $m^3$ ;煤矿资源总量1.90万亿t;煤层气资源量9.51万亿 $m^3$ 。此外,页岩气、油页岩、油砂等资源总量也较大。根据新疆主要矿产资源潜力评价成果,一些主要金属和非金属矿产的预测总量为:铁矿134.32亿t,铬矿3661.90万t,锰矿8978.65万t,铜矿6214万t,镍矿1208.89万t,铅矿3162.94万t,锌矿6476.81万t,钨矿347.84万t,钼矿672.45万t,锑矿128.50万t,金矿3556.46t,锂矿75万t(硬岩型),钾盐7.83亿t等;使新疆成为中国能源、有色、铁矿、钾盐和非金属的重要资源基地。另外,新疆发育有一些全国少有的特色矿产,如国内外罕有的钾硝石矿、中国罕有的皂石矿、驰名世界的新疆和田玉;发育一批优质矿,如全国稀少的富铁矿、富铜矿、富铅锌矿、富镍矿、富锰矿,全国少有的焦煤、优质耐火级铬铁矿、优级的膨润土、白云母、蛭石、红柱石、钾盐等。

新疆地质演化历史漫长而复杂,其多阶段、多旋回的地壳生长过程造就了复杂多样的地质构造格局和多期成矿作用,导致区内成矿元素的多次迁移和聚集(朱永峰等,2007)。因此,破解新疆独特成矿作用的关键在于对地壳演化历史的认识。自20世纪70年代板块构造学说引入新疆以来,涌现了一批以板块构造理论和大陆动力学为基础,讨论新疆地壳演化的论著(李春昱,1980;李春昱等,1982;成守德等,1986,2001;王作勋等,1990;肖序常等,1990,2004,2010;陈哲夫等,1991;何国琦等,1994,1995;张良臣等,1995;任纪舜等,1997;李锦轶等,1999,2006,2009;Xiao et al., 2004,2008,2015;高俊等,2009;董连慧等,2009,2010;肖文交等,2019)。其中,李春昱等(1980,1982)开创性地运用板块构造理论解析北疆及兴蒙地区大地构造演化,提出了西伯利亚、哈萨克斯坦、中朝—塔里木三大板块俯冲—碰撞的认识,并认为西伯利亚板块与哈萨克斯坦及中朝板块间的最后缝合带位于北山(红石山等)石炭纪蛇绿岩带与东准噶尔克拉麦里蛇绿岩带一线。任纪舜等(1997)将秦祁昆造山系及其以北划属古亚洲造山域,以南划属特提斯造山域。李荣社等(2011)提出在古生代时期中华古陆(地)块群为介于古亚洲洋和特提斯洋间的陆链,为一级构造分区界线,认为塔里木地块以北属古亚洲构造域,以南属特提斯构造域。王作勋等(1990)认为北天山巴音

沟蛇绿岩带可能是古亚洲洋最后缝合带。成守德等(2001)依据额尔齐斯—布尔根、木扎尔特—红柳河、康西瓦—昆中—鲸鱼湖等3条不同时代的板块缝合带,将全疆划分为西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔、塔里木、青藏等4个板块。何国琦等(1995)将新疆构造单元划分为西伯利亚板块、哈萨克斯坦—准噶尔板块、塔里木板块、华北板块、华南板块和藏北板块6个一级构造单元,并建立了新疆古生代基底陆壳、拉张型过渡壳、洋壳、汇聚型过渡壳5阶段演化模式。董连慧等(2010)认为新疆大地构造呈“五块夹四条”的格局,自北向南划属西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔、塔里木—华北、华南、西藏5大板块,其中由查尔斯克—乔夏哈拉—布尔根、那拉提—红柳河、康西瓦—鲸鱼湖、阿克赛钦—金沙江4条缝合带相隔,各板块都经历了“陆核→陆块→陆缘→陆内发展”演化阶段。潘桂堂等(2009)全面总结全国沉积建造、火山岩建造、侵入岩浆活动、变质变形等地质记录的基础上,将新疆自北向南划分为天山—兴蒙造山系、塔里木陆块区、秦祁昆造山系、西藏三江造山系。计文化等(2020)对西北地区南华纪—古生代构造进行了重建,将全疆划分为8个二级构造单元,并认为塔里木—敦煌陆(地)块区北部属于古亚洲构造域,南部属于特提斯构造域,提出斋桑—额尔齐斯—唐巴勒—达拉布特—北天山—康古尔塔格—红石山是古亚洲主洋盆的残迹。

进入21世纪,新疆逐渐成为增生造山带研究热点地区,并催生了一大批重要科研成果,包括微陆块属性、蛇绿岩时代和构造背景、岩浆弧性质、增生楔识别和解剖、区域变质—变形作用、俯冲带(超)高压变质作用、洋中脊俯冲、地幔柱与板块相互作用、多岛海构造古地理与复式增生造山时空格架、大陆增生、增生成矿、构造叠加改造等(Xiao et al., 2004, 2008,2015;肖文交等,2019)。但是,关于新疆大地构造单元的划分仍存在较大分歧,其中关键的地质矿产问题有:控制新疆地壳生长的关键作用是多陆块碰撞、单一岛弧增生还是多岛洋(海)增生模式?导致不同构造演化阶段或者是不同构造单元内成矿作用类型差异的制约因素有哪些?……等等。

因此,本文依托“新疆区域地质志”、“新疆矿产地质志”项目,在充分吸收全疆最新完成的地质调查与科研成果的基础上,以“洋板块地质学思想”

(李廷栋等, 2019)为统领、以增生造山过程的解析(肖文交等, 2019)为主要手段,提出了新的全疆大地构造单元划分方案,重构了全疆地壳生长方式及大地构造格架,并梳理了各构造单元主要成矿作用类型及找矿方向,以期为矿产资源和自然资源的地质背景分析提供基础资料。

## 2 构造单元划分原则

在“新全球构造”思想的指导下,把握新疆地质构造组成特征及全球背景,以板块构造学说为基础,以沉积建造、火山岩建造、侵入岩浆活动、变质、变形等反映地质记录为依据,以特定区域主构造事件形成的优势大地构造相的时空结构组成和存在状态为划分构造单元的基本原则,综合考虑古地磁、生物与沉积古地理、沉积与隆升事件、岩浆事件、变形与变质事件、同位素组成反映的源区及垂向增生事件等的基础上,遵循将今论古的现实主义比较构造地质学研究、大地构造时空结构和组成的全球构造观、陆区地质体组成和构造背景研究的现实主义、洋板块物质组成及构造归属的创新研究等原则,开展新疆新一轮大地构造单元划分。

一级构造单元,包括造山系、克拉通和地壳对接带,其地壳结构、古地磁、古生物、沉积古地理等具有明显的差异。二级构造单元,包括造山带、陆块、地块、叠接带,代表克拉通或稳定陆块区边缘带、古洋盆俯冲增生拼贴体、造山带内部的微陆(地)块等。三级构造单元,包括在洋陆构造体制转化过程中,形成的活动陆缘带、多岛弧盆系、俯冲增生杂岩带、微陆(地)块、被动陆缘带、基底隆起带、盆地等。四级构造单元,在三级构造单元的基础上,根据不同构造演化阶段地质体的构造属性及空间分布特征等进一步划分而来,包括陆缘弧、大陆弧、弧背盆地、海相火山盆地、弧间盆地、弧后盆地、弧前盆地、洋内弧、岛弧、残留弧、增生弧、高压/超高压变质带、弧前增生楔、增生楔、蛇绿杂岩、基底残块、古陆核、大陆斜坡、前陆盆地、初始裂谷、断陷盆地、残余盆地、上叠盆地、陆缘盆地、拗陷、隆起等。

## 3 划分方案

以塔里木克拉通为界,以北划属古亚洲洋构造域、以南划属特提斯洋构造域,其中一级构造单元

自北向南分别为:天山—兴蒙造山系、中天山南缘地壳对接带、塔里木克拉通、秦祁昆造山系、康西瓦—南昆仑地壳对接带、羌塘—三江造山系,简称为“三系二带一块”。可进一步划分为14个二级构造单元、32个三级构造单元以及99个四级构造单元(图2,表1)。

## 4 二级构造单元地质矿产特征

### 4.1 阿尔泰—东准噶尔增生造山带

该造山带北与萨彦—蒙古造山带相邻(肖序常等,2010),向东延入蒙古国境内,西侧及南侧受科克森套—康古尔叠接带所限,疆内包括阿尔泰古生代活动陆缘带、额尔齐斯俯冲增生杂岩带、准噶尔盆地、东准噶尔古生代多岛弧盆系、北天山晚古生代弧盆系等5个三级构造单元。

该构造单元内,大量区域地质调查工作将原古生界地层中的高级变质岩厘定为古—中元古界,认为区内存在早前寒武纪变质结晶基底,但遭到锆石U-Pb年代学研究者的反对(Windley et al.,2002; Dong et al.,2018)。至今,该单元未发现具有确切年代学证据的早前寒武纪地质体,但在阿尔泰、东准噶尔、哈尔里克山等地区副变质岩中常见~2.0 Ga、~1.85 Ga、~1.50 Ga、~0.85 Ga的碎屑锆石年龄(赵同阳等,2016; Cai et al.,2016),指示古剥蚀区可能存在早前寒武纪地质体。根据蛇绿岩套中基性岩锆石U-Pb年龄及硅质岩中放射虫化石种属,确定该单元在早寒武世晚期(~517 Ma)至早石炭世晚期(~322 Ma)期间发育洋盆;可可托海地区~500 Ma的长英质弧火山岩(Windley et al.,2002)、阿尔泰乌希里克地区(中阿尔泰)~486 Ma的弧火山岩(英安岩)(田红彪等,2017),说明自晚寒武世早期起,该单元进入洋陆转换阶段。中阿尔泰、东准二台、琼河坝、哈尔里克山等地区发育~460 Ma、~410 Ma、~375 Ma的弧花岗岩表明该单元洋壳的持续俯冲过程。结合蛇绿杂岩、弧岩浆岩的时空分布特征,认为该单元的地壳生长为古亚洲洋俯冲至西伯利亚克拉通之下,在其西南缘(现今方位)不断向南增生而形成的(李锦轶等,2009),为由一系列洋内弧、日本型岛弧、增生弧等组成的多岛洋古地理格局(赵同阳等,2021),其控制着该单元古生代的构造格架。关于准噶尔盆地基底性质的认识存在具有前寒武纪结

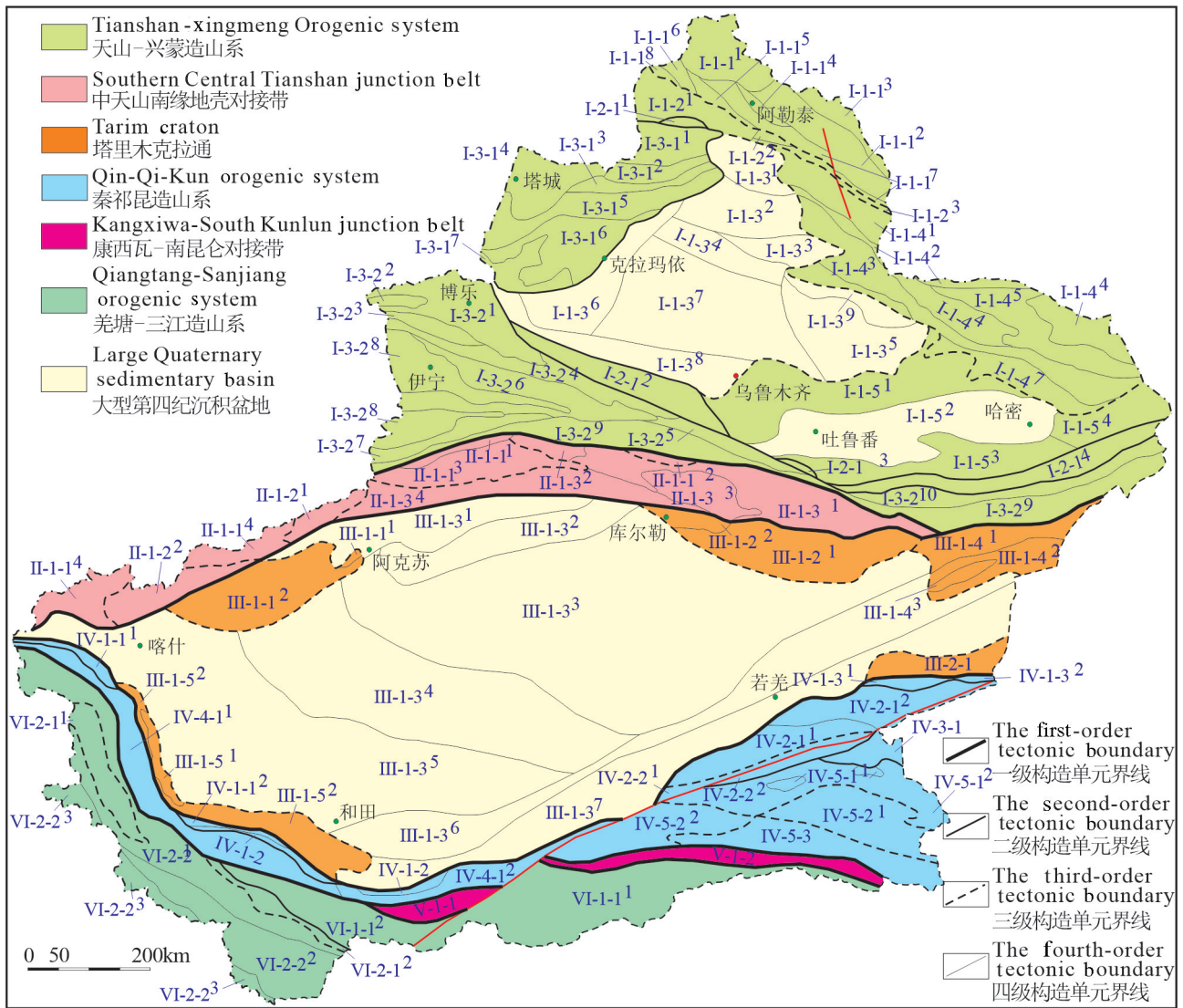


图2 新疆大地构造分区图  
 Fig.2 Subdivision of tectonic units in Xinjiang

晶基底(任纪舜等,1997; 何国琦等,2006)和古生代洋壳(Carroll et al.,1990; Hu et al.,2000)之争,但最新的地球物理探测显示准噶尔盆地下伏地壳呈多个向上凸起的弧形展布,认为其基底可能主体为洋壳,但不排除局部有年代相对较老的陆块混杂其中(赵俊猛等,2008; 肖文交等,2019)。

区域矿产资料显示,在该构造单元内2027处矿产地中,仅有数个铁、石榴子石和红柱石矿点,尚未早前寒武纪的小型规模以上的矿床。早古生代以云母、稀有金属和铜矿为主,在青河—哈龙早古生代陆缘弧形成了云母和稀有金属成矿爆发中心,形成以那森恰为代表的一批大型—超大型云母矿床

及一系列小型的稀有金属矿产地,在小热泉子—大南湖古生代残留弧铜矿初具规模,形成以黄土坡为代表的海相火山岩型铜多金属矿床。晚古生代为构造带内成矿高峰期,以铁、铜、镍、铅、锌、钼、金和石墨、膨润土、云母等非金属矿产为主,石油天然气、油页岩等能源矿产初具规模,在阿尔泰古生代活动陆缘带中的几个火山盆地中形成以金、铁、铜、铅、锌矿产的成矿爆发中心,钨—锡、铀、银为预测未来大潜力矿种,具有寻找大型以上矿床(田江涛等,2021b);在额尔齐斯俯冲增生杂岩带形成铜、镍矿爆发中心,以喀拉通克铜镍矿、哈腊苏铜矿为代表;在东准噶尔古生代多岛弧盆系以金、铜、石墨、膨润

表1 新疆大地构造分区表  
Table 1 Subdivision table of tectonic units in Xinjiang

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元	四级构造单元	典型矿产地	
天山—兴蒙造山系 I	阿尔泰山古生代活动陆缘带 I-1-1		喀纳斯大陆斜坡 I-1-1 <sup>1</sup>	昆贵铜矿(Pz2)	
			青河—哈龙早古生代陆缘弧 I-1-1 <sup>2</sup>	可可托海(Mz)、柯鲁木特(Pz2)、喀拉苏稀有金属矿(Mz)	
			诺尔特晚古生代弧背盆地 I-1-1 <sup>3</sup>	库马苏铅锌矿(Pz2)、阿克提什坎金矿(Pz2)	
			麦兹克兰海相火山盆地 I-1-1 <sup>4</sup>	蒙库铁矿床(Pz2)、可可塔勒铅锌矿床(Pz2)	
			冲呼尔海相火山盆地 I-1-1 <sup>5</sup>	克因布拉克铜锌矿(Pz2)	
			阿舍勒海相火山盆地 I-1-1 <sup>6</sup>	阿舍勒铜锌矿(Pz2)	
			克兰河残留增生弧 I-1-1 <sup>7</sup>	将军山稀有金属矿(Mz)	
			阿尔泰南缘弧前增生楔 I-1-1 <sup>8</sup>	多拉那萨依金矿(Pz2)	
	额尔齐斯俯冲增生杂岩带 I-1-2		哈巴河陆内断陷盆地 I-1-2 <sup>1</sup>	红墩砂金矿(Cz)	
			额尔齐斯复合增生楔 I-1-2 <sup>2</sup>	克默孜巴依铜镍矿(Pz2)	
	阿尔泰山—东准噶尔增生造山带 I-1	准噶尔盆地 I-1-3		乌伦古坳陷 I-1-3 <sup>1</sup>	北屯蛋白土矿(Cz)
				三个泉隆起 I-1-3 <sup>2</sup>	
				玛湖—彩南坳陷 I-1-3 <sup>3</sup>	喀拉萨依西煤田(Mz)
				莫索湾中央隆起 I-1-3 <sup>4</sup>	陆梁油气田(Mz)、石南油气田(Mz)
				火烧山隆起 I-1-3 <sup>5</sup>	准东煤田((Pz2))、沙南油田(Pz2)
				克拉玛依—乌尔禾冲断带 I-1-3 <sup>6</sup>	克拉玛依油田(Mz)、乌兰林格—日月雷膨润土矿(Mz)
				石河子—三台坳陷 I-1-3 <sup>7</sup>	玛湖油田(Mz)、玛纳斯盐矿(Cz)、三工河油页岩(Pz2)、甘河子西煤田(Mz)
				乌鲁木齐—独山子山前坳陷 I-1-3 <sup>8</sup>	淮南煤田(Mz)、雅玛里克山油页岩(Pz2)、艾比湖泥炭(Cz)
东准噶尔古生代多岛弧盆系 I-1-4			东准噶尔晚古生代陆缘盆地 I-1-3 <sup>9</sup>	卡拉麦里1号金矿(Pz2)、苏吉泉珍珠岩(Pz2)	
			乔夏哈拉—老山口洋内弧 I-1-4 <sup>1</sup>	喀拉通克铜镍矿(Pz2)、索尔库都克铜钼矿(Pz2)、乔夏哈拉铁铜矿(Pz2)	
			阿尔曼泰早古生代蛇绿混杂岩带(残留弧) I-1-4 <sup>2</sup>	蕴都卡拉铜钴金矿(Pz2)、顿巴斯套金矿(Pz2)	
			北塔山古生代复合岛弧带 I-1-4 <sup>3</sup>	野马泉金矿(Pz2)、卡姆斯特锡矿(Pz2)、乌伦布拉克铜矿(Pz2)、黄羊山石墨(Pz2)	
			琼河坝—三塘湖晚古生代弧间盆地 I-1-4 <sup>4</sup>	拉依克勒克铜矿(Pz2)、淖毛湖北山金矿(Pz2)、宝山铁矿(Pz2)、拉伊格来克膨润土(Pz2)	
			淖毛湖山间断陷盆地 I-1-4 <sup>5</sup>	三塘湖煤田(Mz)、牛圈湖油田(Mz)、三塘湖油页岩(Mz)	
			卡拉麦里复合俯冲增生杂岩带 I-1-4 <sup>6</sup>	双泉金矿(Pz2)、卡拉麦里1号金矿(Pz2)	
			纸坊—莫钦乌拉早古生代残留弧 I-1-4 <sup>7</sup>	三个泉子铜矿(Pz2)、巴里坤湖泥炭芒硝(Cz)	
			博格达弧后盆地 I-1-5 <sup>1</sup>	达板城铜矿(Pz2)、大三台沟叶腊石矿(Pz2)、西西尔塔克硼矿(Pz2)、科克巴斯陶沸石矿(Pz2)	
			北天山晚古生代弧盆系 I-1-5		
小热泉子—大南湖古生代残留弧 I-1-5 <sup>3</sup>	小热泉子铜矿(Pz2)、黄土坡铜矿(Pz2)、土屋—延东铜矿(Pz2)、路北铜镍矿(Pz2)、白鑫滩铜镍矿(Pz2)、帕尔塔格西铜矿(Pz2)				
哈尔里克山北坡早古生代残留弧 I-1-5 <sup>4</sup>	沁城北天山圈铁矿(Pz2)、铜山银矿(Pz2)				
科克森套—康古尔叠接带 I-2	科克森套—康古尔俯冲增生杂岩带 I-2-1		科克森套蛇绿混杂岩带 I-2-1 <sup>1</sup>	查汉萨拉金矿(Pz2)、萨热塔克依舍铜矿(Pz2)、玛纳斯碧玉(Cz)	
			依连哈比尔尕蛇绿混杂岩带 I-2-1 <sup>2</sup>	苏贝什金矿(Pz2)	
			干沟蛇绿混杂岩带 I-2-1 <sup>3</sup>	黄山东铜镍矿(Pz2)、图拉尔根铜镍矿(Pz2)、康古尔金矿(Pz2)、白山钼矿(Mz)	
			康古尔塔格—黄山蛇绿混杂岩带 I-2-1 <sup>4</sup>		

附表1

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元	四级构造单元	典型矿产地
天山—兴蒙造山系 I	哈萨克—斯坦—伊犁地块 I-3	西准噶尔古生代多岛弧盆系 I-3-1	萨吾尔晚古生代岛弧 I -3-1 <sup>1</sup>	阔尔真阔腊金矿(Pz2)、闹海山铜矿(Pz2)
			塔尔巴哈台古生代复合岛弧带 I -3-1 <sup>2</sup>	合什哈西哈力干(白杨河)铍矿(Pz2)、阿拉巴斯套水晶矿(Pz2)、阿尔木强铜矿(Pz2)、洪古勒楞铬矿(Pz1)
			谢米斯台增生弧 I -3-1 <sup>3</sup>	城南矿区钙质白土矿(Q)
			塔城晚中生代凹陷盆地 I -3-1 <sup>4</sup>	和什托洛盖煤田(Mz)、苏云河钼矿(Pz2)
			铁厂沟—孟布拉克被动陆缘及山间盆地 I -3-1 <sup>5</sup>	齐依求 I 号金矿(Pz2)、包古图铜矿(Pz2)、萨尔托海铬矿(Pz2)、阿克巴斯套水晶(Pz2)
			庙尔沟—达拉布特弧前增生楔 I -3-1 <sup>6</sup>	唐巴勒铬铁矿(Pz1)、苏叶克北镍矿(Pz1)
			玛依勒—唐巴勒蛇绿杂岩带 I -3-1 <sup>7</sup>	喀孜尔别克锡矿(Pz2)、祖鲁洪钨锡矿(Pz2)、北达巴特铜钼矿(Pz2)、汗吉尔铅锌矿(Pz2)
			阿拉套陆缘盆地 I -3-2 <sup>1</sup>	哈尔达坂铅锌矿(AnC)、托克赛铅锌矿(AnC)
			别珍套早古生代岩浆弧 I -3-2 <sup>2</sup>	四台海泉铅锌矿(AnC)、喇嘛萨依铜矿(AnC)、喇嘛苏铜矿(Pz2)
			天山—南缘地壳对接带 II	南天山叠接带 II-1
科古琴早古生代陆缘弧 I -3-2 <sup>4</sup>	可可乃克铜矿(Pz1)、可可乃克镍矿(Pz2)			
可可乃克早古生代陆缘弧 I -3-2 <sup>5</sup>	智博铁矿(Pz2)、敦德铁矿(Pz2)、喀拉台奇银铅锌矿(Pz2)、博故图(尔戈带)金矿(Pz2)、巴依图马富钴黄铁矿(Pz2)			
乌孙山—阿吾拉勒山弧后盆地 I -3-2 <sup>6</sup>	加曼台锰矿(Pz2)、大恩别列锡矿(Pz2)			
伊斯基里克弧后盆地 I -3-2 <sup>7</sup>	皮里青煤矿(Mz)、蒙其古尔铀矿(Cz)			
伊犁山间拗陷 I -3-2 <sup>8</sup>	彩霞山铅锌矿(AnC)、天湖铁矿(AnC)、尾亚钒钛磁铁矿(Mz)、天宇铜镍矿(Pz2)、马庄山金矿(Pz2)、白石头泉铀矿(Pz2)、沙东钨铀矿(Mz)、卡特巴阿苏金矿(Pz2)			
中天山多期复合岩浆弧 I -3-2 <sup>9</sup>	雅满苏铁矿(Pz2)、库姆塔格铁矿(Pz2)、东戈壁钼矿(Mz)、阿齐山铅锌矿(Pz2)、野马泉金矿(Pz2)、维权银铅锌矿(Pz2)			
雅满苏弧前盆地 I -3-2 <sup>10</sup>	长阿吾子—阿克牙子蛇绿混杂岩, 蓝片岩、榴辉岩带 II-1-1 <sup>1</sup>			
岩、榴辉岩带 II-1-1 <sup>1</sup>	夏翁铅锌铁矿(Pz1)、乌新腾达坂锰矿(Pz2)			
中天山南缘地壳对接带 II	南天山叠接带 II-1	西南天山石炭—二叠纪上叠盆地 II-1-2		
			哈尔克山弧前增生楔 II-1-1 <sup>3</sup>	萨瓦亚尔顿金矿(Mz)
			东阿莱弧前增生楔 II-1-1 <sup>4</sup>	铁米尔苏铁矿(Pz2)、阿依里铝土矿(Pz2)
			别叠里—库尔干上叠盆地 II-1-2 <sup>1</sup>	霍什布拉克铅锌矿(Pz2)、阿沙哇义金矿(Pz2)
			铁列克—萨尔别列上叠盆地 II-1-2 <sup>2</sup>	梧桐沟铁矿(Pz2)、帕尔岗铁矿(Pz2)、喜迎金矿(Pz2)、忠宝钨矿(Pz2)、彩花沟铜铅锌矿(Pz2)、尖山菱铁矿(Pz2)、榆树沟皂土(Pz2)
			艾尔宾山—库米什古生代残余盆地 II-1-3 <sup>1</sup>	塔什店煤矿(Mz)、博湖西岸泥炭(Cz)
			南天山残留增生弧盆带 II-1-3	博斯腾湖山间拗陷 II-1-3 <sup>2</sup>
			尤尔都斯山间拗陷 II-1-3 <sup>2</sup>	巴什库尔铍矿(Pz1)、苏克塔格能厄肯 II 号红柱石(Pz2)、野云沟水晶矿(Pz2)
			博斯腾湖山间拗陷 II-1-3 <sup>3</sup>	霍拉山早石炭世增生杂岩带 II-1-3 <sup>4</sup>
			阿克苏前寒武纪增生杂岩残块 III-1-1 <sup>1</sup>	柯坪前陆盆地 III-1-1 <sup>2</sup>
塔里木塔里木克拉通陆块 III III-1	塔里木盆地 III-1-3	塔北活动陆缘带 III-1-2	阿克苏前寒武纪增生杂岩残块 III-1-1 <sup>1</sup>	且干布拉克蛭石透辉石磷灰石矿(Cz)、库鲁克赛铁矿(AnC)、兴地铜镍矿(AnC)
			柯坪前陆盆地 III-1-1 <sup>2</sup>	西大山铅矿(AnC)、西山布拉克磷钼矿(Pz1)
			库鲁克塔格古生代陆缘弧 III-1-2 <sup>1</sup>	滴水铜矿(Cz)、迪那 2 油田(Cz)、库拜煤田(Mz)、乔尔禾盐矿(Cz)
			库鲁克塔格基地残块 III-1-2 <sup>2</sup>	塔河油气田(Mz)、轮古油气田(Pz1)
			库车拗陷 III-1-3 <sup>1</sup>	塔中 1 油气田(Pz1)、塔中 10 油气田(Pz2)
			塔北隆起 III-1-3 <sup>2</sup>	和田河油气田(Pz2)
			北部拗陷 III-1-3 <sup>3</sup>	柯克亚油气田(Cz)、阿克莫木油气田(Mz)、康苏石膏(Cz)
			中央隆起 III-1-3 <sup>4</sup>	罗布泊钾盐(Cz)
			西南拗陷 III-1-3 <sup>5</sup>	罗南钾盐(Cz)
			塔西南隆起 III-1-3 <sup>6</sup>	
东南拗陷 III-1-3 <sup>7</sup>				



附表1

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元	四级构造单元	典型矿产地	
塔里木 克拉通 III	塔里木陆块 III-1	北山古生代活动陆缘带III-1-4	北山穹塔格古生代陆缘弧III-1-4 <sup>1</sup>	M1033 东铁矿(Pz1)、平天山磷钒矿(Pz1)、大水锰矿(Pz2)、清白山铅锌矿(AnC)	
		铁克里克基底隆起带III-1-5	北山印尼喀拉晚古生代弧后盆地III-1-4 <sup>2</sup> 北山基地残块III-1-4 <sup>3</sup> 塔木—卡兰古晚古生代初始裂谷III-1-5 <sup>1</sup> 铁克里克基地残块III-1-5 <sup>2</sup>	红十井金矿(Pz2)、磁海铁矿(Pz2)、弧形梁金矿坡十铜镍矿(Pz2)、红石山铜镍矿(Pz2) 塔木铅锌矿(Pz2)、卡兰古铅锌矿(Pz2) 布穹铁矿(AnC)、杜瓦锰矿(Cz)	
	敦煌陆块III-2	北阿尔金基底隆起带III-2-1			
	秦祁昆 造山系 IV	盖孜—祁曼于特—红柳沟叠接带IV-1	盖孜—库尔浪活动陆缘带IV-1-1	昆盖山北坡弧后盆地IV-1-1 <sup>1</sup> 库尔浪弧后盆地IV-1-1 <sup>2</sup>	奥尔托喀纳什锰矿(Pz2)、穆呼锰矿(Pz2)、乌依塔什含铜硫铁矿(Pz2) 帕合堡铅矿(Pz2)
柯岗—库地—普鲁—祁曼于特俯冲增生杂岩带AnC-C IV-1-2				库地铁铜矿(AnC)	
红柳沟—拉配泉俯冲增生杂岩带IV-1-3			红柳沟恰什肯萨依高压变质带IV-1-3 <sup>1</sup> 拉配泉早古生代蛇绿混杂岩IV-1-3 <sup>2</sup>	红柳沟1号铬矿(AnC)、祥云金矿(Pz1)、沟口泉西铁矿(Pz1) 喀拉大湾铁矿(Pz1)、喀拉达坂铅锌矿(Pz1)、英格布拉克铁矿(AnC)	
阿中微地块IV-2-1			阿中陆核IV-2-1 <sup>1</sup> 阿北古弧盆带IV-2-1 <sup>2</sup> 江嘎萨依—巴什瓦克高压变质增生杂岩带IV-2-2 <sup>1</sup> 阿帕—茫崆蛇绿混杂岩带IV-2-2 <sup>2</sup>	吐格曼铁矿床(AnC)、卡尔哈尔萤石矿(AnC)、托克布拉克和田玉矿(Pz2) 扶果岭和田玉矿(Pz2) 秦布拉克镍矿(AnC) 迪木那里克铁矿(Pz1)、依吞布拉克石棉矿(Pz1)	
柴达木地块IV-3		柴达木盆地IV-3-1			
西昆仑古生代造山带IV-4		西昆仑活动陆缘带IV-4-1	奥依切克—塔木其大陆弧IV-4-1 <sup>1</sup> 柳什塔格—上其汗大陆弧IV-4-1 <sup>2</sup>	卡拉墩铁铜(Pz1)、库浪那古和田玉(Pz2)、库喀阿孜铅锌矿(Mz) 苦阿—恰特能萨依金矿(Pz2)、阿拉玛斯和田玉(Pz2)	
东昆仑古生代造山带IV-5		祁曼塔格活动陆缘带IV-5-1 北昆仑活动陆缘带IV-5-2 东昆仑南坡俯冲增生杂岩带IV-5-3	祁曼塔格—鸭子泉蛇绿混杂岩IV-5-1 <sup>1</sup> 祁曼塔格大陆弧IV-5-1 <sup>2</sup> 阿牙克库木山间凹陷IV-5-2 <sup>1</sup> 北昆仑大陆弧IV-5-2 <sup>2</sup>	水草泉西铁矿(AnC) 维宝铅锌矿(Mz)、柯可卡尔德锡矿(Pz2) 条石山铜矿(Cz)、阿牙克库木湖硼锂盐(Cz) 屈库勒克东金铋矿(Pz2)、卡特里西铜锌矿(Pz2)	
康西瓦—南昆仑地壳对接带V		康西瓦—苏巴什俯冲增生杂岩带V-1-1 木孜塔格俯冲增生杂岩带V-1-2		阿克来克铜矿(AnC) 牙普克可里铜矿(Pz2)	
羌塘—三江造山系VI		巴颜喀拉中生代造山带VI-1	康西瓦—可可西里被动陆缘带VI-1-1	可可西里—松潘前陆盆地VI-1-1 <sup>1</sup> 康西瓦—泉水沟前陆盆地VI-1-1 <sup>2</sup>	硝尔库勒铋矿(Mz)、云雾岭铜矿(Mz) 阿克塔斯稀有金属矿(Mz)、喀拉卡稀有金属矿(Mz)
		羌塘古生代—中生代造山带VI-2	塔什库尔干—甜水海微地块VI-2-1	塔什库尔干微地块VI-2-1 <sup>1</sup> 甜水海微地块VI-2-1 <sup>2</sup> 黑尖山陆缘盆地VI-2-2 <sup>1</sup> 乔尔天山—红南山弧前盆地VI-2-2 <sup>2</sup> 乔戈里俯冲增生杂岩带VI-2-2 <sup>3</sup>	赞坎铁矿(AnC)、喀来子铁重晶石(AnC) 大红柳滩西南铅锌矿(Mz) 切列克其铁矿(Pz1)、黑黑孜干于铁矿(Pz1) 火烧云铅锌矿床(Mz)、萨岔口铅锌(铋)矿(Mz) 明铁盖金矿(Mz)、罗布盖子铅锌矿(Pz1)
	喀喇昆仑沟弧盆系VI-2-2				

注: AnC—前寒武纪;Pz1—早古生代;Pz2—晚古生代;Mz—中生代;Cz—新生代。

土矿床,锡为预测未来大潜力矿种;在准噶尔盆地能源矿产开始形成,其中二叠纪的油页岩是新疆最重要的成矿时期(徐银波等,2022);在北天山晚古生代弧盆系以铜、镍为主(Tang et al., 2020),以近年发现的路北铜镍矿、白鑫滩为代表,其找矿潜力巨大,是未来铜镍找矿的重点区域,在博格达弧后盆地铜-锌、锂为预测大潜力矿种;中生代以石油、天然气、煤等能源矿产,锂、铍等稀有金属矿产为主,在准噶尔盆地和阿尔泰古生代活动陆缘带分别延续了晚古生代的成矿特色,分别形成能源矿产和稀有金属矿产的爆发中心。新生代以石油、天然气、铀等能源矿产,钠硝石、盐类等非金属矿产为主,主要分布于准噶尔盆地和吐哈盆地中。

#### 4.2 科克森套—康古尔叠接带

其北东侧为西伯利亚西南缘造山带,南西侧为哈萨克斯坦—伊犁地块。实质上为一条俯冲增生杂岩带,其中蛇绿岩断续出露在北准噶尔科克森套、北天山巴音沟、西天山干沟、东天山康古尔—雅满苏一带,基性岩岩石地球化学特征显示其为MORB型蛇绿岩,相关年代学证据表明,该洋盆存在于晚寒武世(~494 Ma)至早石炭世(~324 Ma)期间。另外在巴音沟OIB玄武岩(Yang et al., 2018)、北天山石场一带的晚古生代洋内弧(Bai et al., 2020)表明该洋盆具有一定的规模。该构造单元具有洋盆演化历史长、两侧的构造单元组成结构差异大、沉积与生物古地理差异显著等特征(计文化等, 2020)。认为该地壳叠接带形成于北天山洋(古亚洲洋北部)分别向南、向西俯冲至伊犁—中天山及哈萨克斯坦地体的过程,代表了北天山洋的大洋岩石圈遗迹,为东北侧的阿尔泰—东准噶尔增生造山带与南西侧哈萨克斯坦—伊犁地块的构造界线。该构造带所围限的准噶尔地体构造上与东准噶尔具有相似的构造属性,由多个俯冲增生杂岩带拼贴汇聚而成,其形成过程受图瓦—蒙古山弯构造控制(Xiao et al., 2015)。

在该构造带中形成以与镁铁—超镁铁岩有关的铜、镍、铂族、金、蛇纹岩、石棉、滑石及玉石等矿产,在巴音沟一带以产出玛纳斯碧玉著称,东天山康古尔—雅满苏一带以铜镍矿为主。在该构造带科克森套、巴音沟、干沟一带具有较好的Cu-Ni-Co-Cr化探异常,其中具有寻找热侵位镁铁—超镁铁岩的前景(舍

建忠等, 2021),同时具有寻找蕴都卡拉式的钴多金属矿的潜力。

#### 4.3 哈萨克斯坦—伊犁地块

可进一步划分为西准噶尔古生代多岛弧盆系和伊犁—中天山微地块2个三级构造单元。

西准噶尔古生代多岛弧盆系北部和南部以楚—巴尔喀什、伊犁地块为界,向西为哈萨克斯坦板块(发育前寒武纪变质基底)。其主要由一系列的增生杂岩带、古生代岩浆弧构成,其主要构造特征为北东—南西向断裂非常发育,由北向南依次为巴尔雷克和达尔布特断裂,它们控制着蛇绿岩和花岗岩的分布;西准噶尔地区主要有库吉拜—和布克赛尔—洪古勒楞、达尔布特、克拉玛依—白碱滩、唐巴勒—玛依勒—巴尔雷克等4条蛇绿混杂岩或蛇绿岩带。这些蛇绿岩形态复杂,变形强烈,多沿走滑断裂分布,时代跨度大,从晚寒武纪到石炭纪均有出现,说明西准噶尔增生造山带是在早寒武世至晚石炭世期间由一些列洋内弧、洋岛海山在俯冲过程中不断侧向增生形成的,其中,西准噶尔南部蛇绿岩以SSZ型为主,且发育弧前玄武岩。西准噶尔地区弧岩浆主要集中在两个时期,第一时期为奥陶纪—早泥盆世,主要分布在谢米斯台山和玛依勒地区,形成于岛弧环境;第二时期的弧岩浆主要发育在晚古生代,其分布面积较大,且与西准噶尔洋盆的俯冲消减密切相关,同时也是大规模成矿的高峰期。在该构造带中以金、铜、钼、铬铁矿为主,在庙尔沟—达拉布特弧前增生楔形成金、铜、铬铁矿的成矿爆发中心,在铁厂沟—孟布拉克被动陆缘形成钼成矿爆发中心,二者均是第二时期弧岩浆活动的响应。地球化学显示该区以铜—锌、钼、金—铀—汞、铬—镍—钴—镁、铁—锰—钒—磷等12种元素共同富集为特征,镍为预测的大潜力矿种(田江涛等, 2021b),在玛依勒—唐巴勒蛇绿杂岩带发育第一期弧岩浆活动,火山岩层中发育铁碧玉岩、含锰硅质岩及铜矿化,火山沉积型铜—锌矿、锰矿及与基性火山岩有关的风化淋滤沉积而成的铝土矿具有较大找矿潜力。

伊犁—中天山微地块以发育前寒武纪基底为主要特征,其主要出露于西天山赛里木、那拉提、巴伦台,及东天山卡瓦布拉克、星星峡等地区,前新元古代变质火山岩和变质沉积岩经历了广泛的混合

岩化作用,受到新元古代片麻状花岗岩的侵入,新元古代片麻岩的地球化学和同位素数据以及同期混合岩的出现表明,在新元古代大陆地壳发生了熔融并形成侵入深成岩(Hu et al.,2008),这一事件反映了中亚造山带中古老地块可能源于冈瓦纳超大陆的裂解(Biske et al.,2010)。在该地块边缘后期以叠加奥陶纪—早泥盆世岩浆弧、石炭纪—二叠纪火山沉积岩为特征,认为其形成于前寒武纪基底之上的陆缘弧环境。在该构造带中以能源矿产(煤、铀)、黑色金属(铁、锰、钒、钛)、有色金属(铅、锌、铜)、稀有金属(铌、钽)、贵金属(金、银)等为主,在伊犁山间坳陷形成中生代煤和新生代铀的成矿爆发中心,其中产出地浸砂岩型铀矿是新疆最重要的开发类型;乌孙山—阿吾拉勒山弧后盆地和雅满苏弧前盆地是石炭纪铁矿的爆发中心;赛里木微陆块和天山多期复合岩浆弧是元古代铅、锌、铁和晚古生代钒、钛、铌、钽在成矿爆发中心,是石炭—二叠纪火山岩相耦合(Yu et al., 2020);天山多期复合岩浆弧与其北侧雅满苏弧前盆地在矿种组合上呈现高度的一致性,均发育铁—钒—钛—铅—锌—钨—银—金矿床组合,呈现某种继承性成矿特征;科古琴早古生代陆缘弧形成石炭纪金矿爆发中心;伊斯基里克弧后盆地石炭纪的铜、银成矿略呈锥形,未来银矿具有更大潜力。在地球化学上总体呈现钨—锡—钼—铋—锌—银—镉、金—砷—锑—汞—铀—钽、钇—铌、氟—磷等17种元素共同富集为特征,在现有矿种基础上,今后找矿重点是大型、超大型铅锌矿,同时应注意钨锡矿、独立锑矿等的寻找(田江涛等, 2021b)。

#### 4.4 南天山叠接带

可进一步细化为(西)南天山俯冲增生杂岩带、西南天山石炭—二叠纪上叠盆地、南天山残留增生弧盆带等3个三级构造单元。

南天山叠接带位于新疆西天山南缘,夹持于北侧的那拉提南缘—卡瓦布拉克断裂与南侧的塔里木北缘断裂之间,是南天山洋俯冲消减过程中形成的大型增生造山带。因为南天山洋(古亚洲洋南部)在晚二叠世之前是一个具有隔离植物群联系作用的大型洋盆(Xiao et al.,2015),即中天山地块和塔里木陆块则应分属安加拉和华夏2个大陆区,因此南天山造山带为研究西天山古生代构造演化的关

键区域。南天山叠接带是由一系列高压/超高压变质岩(蓝片岩和榴辉岩)、蛇绿岩、镁铁质—超镁铁质岩、岛弧火山岩和花岗岩构成的大型增生杂岩体,增生楔内前寒武纪变质地块集中分布在阿克苏北部老虎台、拜城县波孜果尔等地区。带内发育有3条与山脉走向大体平行的蛇绿岩和混杂堆积带(李春昱等,1982):北部带为中天山南缘长阿吾子—古洛沟—乌瓦门—库米什蛇绿混杂岩带;南部两条蛇绿岩带位于南天山内部,沿哈尔克山南坡—霍拉山一带,呈南北两个断续出露的构造岩片产出,南岩片西起米斯布拉克、阿尔腾柯斯河上游、满德勒克,经独库公路965 km处至色日克牙依拉克,北岩片沿库勒湖—铁力买提达坂—科克铁克达坂展布。

南天山增生杂岩带向西延至吉尔吉斯斯坦境内,且受费尔干纳右行走滑断裂影响;在中国西北部,南天山增生杂岩带向东延伸至内蒙古的索伦造山带/缝合带。在新疆境内,晚志留世—早石炭世岩浆弧(那拉提弧)位于那拉提南缘断裂以北,且南天山带南侧未见同时代的钙碱性岩浆弧,所以认为新疆境内南天山洋也是向北俯冲。南天山结合带北侧发育俯冲—增生杂岩带,其包括文德纪至石炭纪蛇绿岩、蓝片岩、古生代早中期蛇绿岩、弧火山岩。中国新疆境内的榴辉岩变质年龄为石炭纪早中期(Li et al.,2011)和中晚三叠世(230~220 Ma)(Zhang et al.,2007)。加之增生楔中最年轻的沉积岩含二叠纪晚期的放射虫化石(李曰俊等,2005)。因此,有学者认为南天山洋闭合于晚二叠世至三叠纪,长周期的陆壳增生过程从早期的俯冲增生(古生代中早期),发展至安第斯型岩浆弧、弧—陆碰撞(晚石炭世—二叠纪),最终到地中海型造山过程(晚二叠世—三叠纪)(Xiao et al.,2018)。

在该构造带中以能源矿产(煤)、黑色金属(铁、锰)、有色金属(铅、锌、铜、钨)、稀有金属(铌、钽)、贵金属(金)、非金属(红柱石、菱镁矿)等为主,博斯腾湖山间坳陷形成中生代煤的成矿爆发中心;在阿尔宾山—库米什古生代残余盆地是泥盆纪铁矿、金、菱镁矿的爆发中心;东阿莱弧前增生楔是泥盆纪金矿、中生代铜矿和新生代铅锌矿的成矿爆发中心;哈尔克山弧前增生楔形成稀有金属(铌钽)爆发中心;霍拉山早石炭世增生杂岩带是石炭纪的红柱石成矿爆发中心。

#### 4.5 塔里木陆块

包括塔西北被动陆缘带、塔北活动陆缘带、塔里木盆地、北山古生代活动陆缘带、铁克里克基底隆起带等5个三级构造单元。

柯坪前陆盆地位于塔里木盆地西北缘,呈北东-南西向展布,由一系列走向北东、西南倾向的逆冲推覆体组成,由一系列完整的古生界沉积地层组成。其中在阿克苏地区出露元古宙晚期地层较,主要发育变质岩、冰碛岩、基性火山岩、碎屑岩和海相碳酸盐岩等,且发育有世界上保存较好的前寒武纪蓝片岩,其形成年龄为820~780 Ma (Zhan et al., 2007; 张健等, 2014),原岩为基性火山岩,蓝片岩的形成代表了沿塔里木克拉通西北缘存在一个俯冲体系,认为其可能与罗迪尼亚超大陆的聚合相关或冈瓦纳的聚合相关。笔者认为阿克苏蓝片岩形成于塔里木克拉通西北缘南向俯冲体系中的弧前增生环境中,之后在塔里木克拉通西北缘经历了长期的被动大陆边缘沉积。在该构造带中以非金属矿产为主,未形成大规模的成矿爆发中心,在被动大陆边缘沉积时期形成了一套含磷-白云岩建造,形成了众多中小型磷矿床和大型超大型白云岩矿床;二叠纪发育与地幔柱有关的铁-钼-钽-稀土-金刚石矿种组合,具有一定的潜力。

库鲁克塔格地块位于塔里木盆地东北缘,西北邻接南天山增生楔,东邻中天山地块及北山增生造山带,南部为塔里木盆地坳陷带,以孔雀河断裂和辛格尔断裂为其南北边界。该地块是新疆地区前寒武纪地质体出露相对较全,地层层序相对较完整的古老地块。其经历了复杂的构造演化阶段,由大面积前震旦系强烈变质、褶皱变形的基底岩系和微弱变质、变形的震旦系和显生宙盖层所组成,形成典型的双层结构。太古宙2.80~2.57 Ga的TTG被约2.53 Ga高Ba-Sr花岗岩侵入(Zhang et al., 2013),形成了塔里木太古宙古老地壳。在元古宙,两期构造-变质事件分别发生在古元古代(2.0~1.8 Ga)和中元古代晚期-新元古代早期(1.0~0.9 Ga),分别对应哥伦比亚超大陆和罗迪尼亚超大陆裂解与聚合;伴随着罗迪尼亚超大陆的裂解,自760 Ma起,塔里木与其他陆块从罗迪尼亚超大陆裂离。830~780 Ma期间,塔里木北缘为活动大陆边缘,受泛罗迪尼亚洋俯冲影响,发育弧前增生楔,俯冲相关岩石学

记录有:830~780 Ma弧岩浆活动,820~790 Ma高压麻粒岩相变质作用,800~790 Ma源于加厚地壳的埃达克质花岗岩类,773~759 Ma镁铁质脉群的出现标志着塔北克拉通自约780 Ma开始处于伸展背景。另外,在塔里木板块北缘(库鲁克塔格辛格尔至哈尔克山南坡一带),断续出露一条侵入岩带,总长度800多公里,其中库鲁克塔格地区古生代侵入岩浆活动集中分布于~455 Ma(O<sub>3</sub>)、~430 Ma(S<sub>1</sub>)、~420 Ma(S<sub>3</sub>)、~400 Ma(D<sub>1</sub>)、~340 Ma(C<sub>1</sub>),另外也发现有晚三叠世侵入岩体。该侵入岩带形成于活动大陆边缘,认为该期岩浆活动是南天山洋向南俯冲的产物。该成矿带以铁、蛭石、磷成矿规模最大,古元古代-中元古代沉积变质型铁矿床,新元古代伸展背景下形成的镁铁-超镁铁质岩中形成磷灰石、透辉石等矿产地,其中碱性超基性岩经风化而成蛭石,形成了中国最大的且干布拉克蛭石矿床。

北山造山带位于新疆天山山脉东南段,中亚造山带南缘,向东与索伦缝合带相连。北山造山带是新元古代-显生宙由聚集的块体、弧和增生复合体组成,同时伴随着古亚洲洋中央段闭合、长期俯冲-增生过程而形成(Xiao et al., 2003)。北山造山带依据柳园、红柳河-牛圈子-洗肠井、芨芨台子-石板井-小黄山、红石山4条蛇绿混杂岩带,可划分为多个古生代构造单元,自南向北划分为:石板山弧、双鹰山-花牛山弧、马鬃山地块、旱山弧、雀尔山弧等5个构造带。其中马鬃山地块、旱山弧以及雀尔山弧位于北山北部,形成于晚古生代沟弧盆体系的俯冲、增生、碰撞;石板山弧、花牛山弧位于北山南部,其形成于俯冲及微地块的碰撞过程。该构造带出露的地质体以元古宙、古生代为主,主构造线呈近东西向弧形展布。笔者认为北山增生造山带形成于混杂有前寒武纪变质基底的多岛弧盆俯冲-增生体系,并在中晚奥陶世至二叠纪经历了明显的地壳生长,最终造山作用结束于二叠纪。该构造带以镍、金、铁为主(He et al., 2021),在北山穹塔格古生代陆缘弧寒武纪时期发育沉积变质型铁矿床,二叠纪成矿达到顶峰,形成镍成矿爆发中心,铁、金矿亦具有一定规模,金成矿作用延至中生代时期。

铁克里克构造带位于塔里木地块西南缘,为西昆仑造山带和塔里木地块结合部位,其主体由一套片麻岩和混合岩为主的前寒武系变质岩石组成,前

人称之为铁克里克断隆。北以铁克里克北缘断裂为界,南以柯岗断裂为界,长期以来被认为是塔里木板块的褶皱基底,为西昆仑北缘复式背斜核部的一个穹窿状结晶推覆岩片。前寒武纪变质基底主要由古元古代赫罗斯坦杂岩、中元古代绿片岩相-角闪岩相中深变质岩和强变形的沉积岩(喀拉喀什群)、中新元古代绿片岩相的变质岩-变形火山沉积岩、新元古代晚期的未变质的碳酸盐岩-碎屑岩-冰碛岩组成。中新元古代的构造地层特征显示该构造带与罗迪尼亚超大陆的聚合、裂解密切相关。泥盆系红磨拉石建造不整合地覆盖在广泛褶皱、未变质的新元古代-寒武纪岩石和褶皱紧密、角闪岩相变质的中元古代岩石上,随后被石炭系-二叠系浅海相碳酸盐岩覆盖。含煤的上三叠统一新生界磨拉石沉积建造不整合地覆盖在上古生界地层上,其是古特提斯洋闭合的远程效应。该构造带以元古宙沉积变质型铁矿和泥盆纪时期的铅锌稍具规模,此外尚有零星铜、镍、银、金、金刚石矿化线索。区域地球化学资料显示,该区金异常在全疆构造带中名列前茅,具有寻找绿岩型金、铜矿床前景,镍、银化探异常值得重视,与钾美煌斑岩有关的金刚石地质找矿工作有待进一步的深入,均具有良好的找矿前景。

塔里木盆地为巨厚的中生代地层所覆盖。古生界零星出露,三叠系主要分布于库车-库尔勒一带,侏罗系分布较广,盆地周边均有出露,晚白垩世-古近纪特提斯海入侵,在库车及叶城坳陷见有海相沉积。古近系-新近系遍及全区,以内陆湖相沉积为主。根据塔里木克拉通中部长1500 km的航磁正异常条带,塔里木克拉通的基底可分为南、北两部分,且明显具有不同的构造演化历史。该构造带以石油、天然气及钾盐著称,其中石油天然气田主要分布于塔里木克拉通北部(季天愚等,2022),其次在沿中部的航磁正异常带断续产出,钾盐则主要分布于塔里木盆地的东西两端,东端为现代钾盐矿,以罗布泊为代表,成为中国重要的钾盐资源开发基地,西段则以古钾盐矿,埋深在数千米以下,资源量巨大,但暂不具经济价值。

#### 4.6 敦煌陆块

分布于阿尔金北缘红柳沟-拉配泉早古生代蛇绿岩带以北,以出露太古宙-古元古代变质岩系为主,其余多被中-新生代地层所覆。出露最老的

太古宙变质基底米兰岩群(或阿克塔什塔格杂岩),也是塔里木盆地东南缘变质基底的组成部分。在敦煌地块阿克塔什塔格一带曾测得(3605±43) Ma的单颗粒锆石U-Pb年龄数据(陆松年等,2003),被认为是塔里木地块存在始太古代基底的重要证据。最新的研究成果表明阿克塔什片麻岩形成于~3.72 Ga,且遭受了~3.56 Ga、~2.0 Ga的变质改造(Ge et al.,2020)。侵入于阿克塔什塔格杂岩的古元古代花岗岩和壳源火成碳酸岩的年龄分别为2.14~2.05 Ga和1.93 Ga,地球化学数据显示,前者具有岛弧岩浆的特征,后者可能是大理岩壳内熔融的产物,形成于后造山时期的高热流环境。

#### 4.7 盖孜-祁曼于特-红柳沟叠接带

由盖孜-库尔浪活动陆缘带、柯岗-库地-普鲁-祁曼于特俯冲增生杂岩带、红柳沟-拉配泉俯冲增生杂岩带组成。

盖孜-库尔浪活动陆缘带位于西昆仑昆盖山、开克入木达坂一带。西昆仑早古生代洋盆消亡后,在弧前增生楔杂岩或弧后前陆盆地的基底上,再次拉伸形成的陆缘盆地。由石炭纪-早二叠世的玄武岩、英安岩、安山岩及其火山碎屑岩、碎屑岩、灰岩等组成,盖孜一带具岛弧特征,昆盖山北坡双峰式火山岩中含铜黄铁矿。区内侵入岩不发育,构造活动强烈。在石炭纪形成了以锰矿为主的成矿爆发中心,发育同时期含铜硫铁矿,但规模有限。

柯岗-库地-普鲁-祁曼于特俯冲增生杂岩带西起塔什库尔干库浪那古河上游,向东沿西昆仑北部边缘近东西向断续延伸,经库地、库尔浪石炭纪裂谷带南侧分布有前寒武系及早古生代的蛇绿混杂岩带、向东至玉龙-都木村南的塔里木盆地边缘仍可见基性-超基性岩的出露,经祁曼于特,在上其汗河上游为阿尔金南缘断裂所切,至阿尔金北缘为第四系所覆,直至红柳沟一带再次出露。该带由蛇绿岩及一些增生杂岩组成,蛇绿岩断续出露。为早古生代的增生杂岩带,记录了原特提斯洋在晚元古代开始裂解,早古生代早期向南消减、塔里木陆块向南增生的历史。该带内尚未发现成型矿床,但是其中的Cu-Ni-Co-Cr化探异常、石炭系黑色岩系中发育的金化探异常及蛇绿岩带中的金云母化带值得重视,具有寻找铜-镍-铂族矿床、金矿床及金刚石矿床的前景。

红柳沟—拉配泉俯冲增生杂岩带主要由蛇绿岩、具复理石特征的深海、半深海碎屑岩、碳酸盐岩、变质岩和花岗岩类组成。蛇绿岩主要由玄武岩、枕状玄武岩、细碧岩、凝灰岩、硅质岩及大量基性、超基性岩或岩墙组成,其中的玄武岩具有过渡型洋中脊玄武岩性质,并与洋岛玄武岩共生。该蛇绿混杂带中发育HP/LT变质岩,呈构造岩片分布在北阿尔金俯冲增生杂岩之中,并构成俯冲增生杂岩带的一部分。HP/LT变质带主要由蓝片岩、榴辉岩、泥质片岩及钙质片岩组成。北阿尔金洋形成于新元古代晚期至早志留世(750~437 Ma)。前人根据北阿尔金—北祁连包括与洋壳俯冲有关的HP/LT变质带、蛇绿混杂岩带、火山杂岩等典型增生造山的物质组成,特别是硬柱石榴辉岩和含纤柱石的高压变沉积岩的相似性,认为在早古生代北阿尔金是北祁连的西延部分,二者曾经是一条统一的早古生代缝合带,后被阿尔金巨型走滑断裂错断约400 km。在该构造带中以铁、铅、锌为主,在拉配泉早古生代蛇绿混杂岩形成铁、铅、锌成矿爆发中心,与火山作用密切相关;在红柳沟恰什肯萨依高压变质带铜、镍、金矿化具有一定规模,但具有较好的找矿前景。

#### 4.8 阿尔金古生代造山带

包括阿中微地块、阿尔金南缘俯冲增生杂岩带组成。

阿中微地块位于红柳沟—拉配泉蛇绿混杂岩带与木纳布拉克—英格里克带之间,为前寒武纪中央隆起带,主要由数千米厚的古元古界中—深变质岩系与中新元古代浅变质碎屑岩和叠层石灰岩组成,其上零星覆盖着中—晚奥陶世浅海相生物灰岩和中—新生代断陷盆地沉积。前中生代区域构造的演化特点与北祁连西段相似,经历了太古宙—古元古代陆核和结晶基底的形成、中元古代稳定大陆边缘沉积、新元古代末期—早古生代板块扩张、加里东期板块俯冲—碰撞、晚古生代剥露夷平和局部浅海沉积;印支期表现伸展作用和碱性岩浆侵入。

阿尔金南缘俯冲增生杂岩带分布在阿尔金山南麓,沿阿尔金主断裂西起于田县南、东至茫崖一带呈NEE向延伸。各地蛇绿岩主要由复理石及碳酸盐岩地层及其呈透镜状赋存于其中的基性—超基性岩岩体、基性—酸性双峰式火山岩组合(包括枕状熔岩)和少量硅质岩组成。基性—超基性岩主要为

蛇纹石化斜辉辉橄岩、斜辉橄橄岩等;上部发育斜长岩和斜长花岗岩。基性火山岩为拉斑玄武岩系列,显示E-MORB或OIB(洋岛)玄武岩性质。硅质岩表现出与玄武岩的关系密切,具有深海远洋沉积特征。该蛇绿岩套中8个玄武岩样品Sm-Nd等时线年龄为(481.3±53)Ma(刘良等,1998),可能代表了区内蛇绿岩形成时代。另外,在阿尔金造山带南缘产出高压—超高压变质岩,其主要分布在西段江孜勒萨依、清水泉、木纳布拉克和中段英格萨利莎依等4个地区。已确定的超高压岩石主要有榴辉岩、含蓝晶石石榴子石泥质片麻岩、含菱镁矿的石榴二辉橄橄岩、含钾长石的石榴子石辉石岩和含石榴子石花岗质片麻岩等5种类型,它们均呈透镜体状分布在区域花岗质片麻岩或副变质片麻岩或大理岩之中,其形成时代为475~509 Ma。该高压岩石可能是柴北缘高压—超高压变质岩带的西延或是被中生代以来阿尔金复杂多期次走滑断裂系迁移而就位于中阿尔金南缘的部分柴北缘高压—超高压变质岩片/岩块。

在该构造带中以萤石、铁、铅、锌及稀有金属矿为主,在阿中陆核形成目前新疆最大的萤石矿成矿爆发中心,稀有金属(锂—铍)初具规模,成为继可可托海、大红柳滩之后,新疆又一个重要的稀有金属矿具有重大找矿前景的区域;在阿北古弧盆带形成中生代铁—铅—锌成矿爆发中心,是新元古代—早古生代板块扩张的产物;在江嘎萨依—巴什瓦克高压变质增生杂岩带形成铁矿成矿爆发中心;在阿帕—茫崕蛇绿混杂岩带形成新疆最大的石棉矿成矿爆发中心,在今后应注意该区蓝石棉的地质找矿工作。

#### 4.9 柴达木地块

在新疆境内只分布有柴达木盆地最西段的局部地区,沿阿尔金山南麓延入新疆,为中—新生代陆内盆地的碎屑沉积所覆,未见基底岩系出露。

#### 4.10 西昆仑古生代造山带

西昆仑造山带呈巨型反“S”型褶皱山系,位于青藏高原北缘的西昆仑造山带,北邻塔里木板块,南以喀喇昆仑断裂与羌塘地块相接,属于中央造山带的最西段,由多次的弧—陆碰撞形成,显生宙经历了原特提斯和古特提斯两个重要的演化阶段,为一复合造山带。主要由寒武纪—早奥陶世的增生楔组成,岩层普遍发生变质作用,西昆仑地区古生代岩浆活动主要集

中分布在 527~500 Ma、480~465 Ma、455~430 Ma、335~290 Ma、~240 Ma、230~225 Ma、220~210 Ma 等时期,其中花岗岩和变质杂岩均具有相对年轻的钨同位素模式年龄。其可进一步细分为奥依切克—塔木其大陆弧、柳什塔格—上其汗大陆弧。

该区以产出和田玉而著称,尚未形成其他金属矿产的成矿爆发中心。从区域成矿地质条件和地球化学特征来看,区内呈现钨—锡—铋—铀—钍—铍—镧—铈—钇—铌—氟 10 种元素共同富集为特征,其中钍高度富集。研究认为在西昆仑发育一条醒目的 A 型花岗岩带,岩石相对富碱、LREE、Y、Nb、Zr,富含生热元素 Th(平均  $33 \times 10^{-6}$ )和 K( $K_2O$  平均 4.66%),与地壳克拉克值(Th :  $13 \times 10^{-6}$ )(李昌年,1992)和世界 A 型花岗岩中的(Th :  $23 \times 10^{-6}$ )相比均明显富集。研究表明其下存在一个富含 Th、U、K 等生热元素的富集圈(鲍学昭等,1998),为形成高放热 A 型花岗岩提供了构造背景,该区及塔什库尔干县一带是新疆地热值最高的区域,仅次于西藏。该富集区内目尚未发现与富集元素一致的金属矿产,具有寻找大型及以上钨—锡—铀—钍的潜力。

#### 4.11 东昆仑古生代造山带

东昆仑造山带位于青藏高原北部,向东与秦岭造山带相连,向西则以阿尔金断裂与西昆仑相隔,北面与柴达木盆地相邻,南面则以昆南断裂与巴颜喀拉—松潘甘孜地体隔开。东昆仑造山带是典型的复合增生造山带,主要经历了早古生代原特提斯和晚古生代—早中生代古特提斯两期造山作用,其中,古特提斯造山事件基本奠定了东昆仑现今的地质构造格局。该带内的花岗岩形成可以划分为 4 个时段,分别与 4 个造山旋回相对应:前寒武纪(元古宙)、早古生代、晚古生代—早中生代、晚中生代—新生代。其中,以晚古生代—早中生代(或称华力西—印支旋回)、特别是三叠纪的花岗岩最为发育。其可进一步划分为祁漫塔格活动陆缘带、北昆仑活动陆缘带和东昆仑南坡俯冲增生杂岩带。

东昆仑造山带晚三叠世是古特提斯演化过程中重要的构造转换期,岩浆岩岩石类型多样,主要包括辉长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和正长花岗岩,并且广泛出露具埃达克质特征的岩浆岩和 A 型花岗岩;镁铁质岩浆岩、花岗岩、埃达克质岩浆岩在东昆仑各个构造带皆有分布,A 型花岗岩主要分布

在祁漫塔格构造带(东昆北)的阿牙克库木湖—香日德断裂附近;东昆仑晚三叠世镁铁质岩浆岩具有弧岩浆岩特征,为俯冲流体交代的地幔楔部分熔融产物;构造环境研究表明,东昆仑在晚三叠世进入古特提斯演化的后碰撞阶段。

该区以钨、锡、铅、锌为主,在祁漫塔格大陆弧中形成了志留纪钨、锡成矿爆发中心和三叠纪铅锌成矿爆发中心。在东昆仑南坡俯冲增生杂岩带中具有寻找钨、锡矿的成矿地质背景和地球化学条件。

#### 4.12 康西瓦—南昆仑叠接带

康西瓦—木孜塔格带位于昆仑山康西瓦一带,向东与木孜塔格蛇绿岩带相连,全长超过 500 km。主要由晚古生代蛇绿岩、石炭纪—二叠纪陆源碎屑岩组成,夹有前寒武纪变质岩块、早古生代洋壳残片等。在麻札—康西瓦构造混杂带的北侧发育一条规模巨大的二叠纪钙碱性花岗岩带。在康西瓦一带有上洋壳的玄武岩和放射虫硅质岩及其他一些增生杂岩。木孜塔格一带蛇绿岩各组成单元齐全。蛇绿岩同位素年龄在  $(340.3 \pm 11.6) \text{Ma} \sim (265.3 \pm 15) \text{Ma}$ (李荣社等,2008)。据其玄武岩的岩石化学特征,认为蛇绿岩形成于岛弧和洋盆环境。一般认为该蛇绿岩带为羌塘地块与塔里木地块三叠纪的缝合带。该构造带的构造样式的展布反映向南迁移的构造极性,表现为增生—碰撞造山作用由北向南迁移。该带中尚未发现成型矿床,但发育有较好的 Cu—Ni—Co—Cr 及串珠状产出的金异常,具有寻找岩浆型铜镍矿床和热液型铜金钴矿床的前景。

#### 4.13 巴颜喀拉中生代造山带

主要出露一套中生代形成被动陆缘的前陆盆地沉积岩系。由二叠纪黄羊岭群和三叠纪巴颜喀拉山群以及零星分布的侏罗纪、新近纪碎屑岩沉积组成。二叠系由下而上为岩屑长石杂砂岩夹砂板岩,凝灰岩、生物屑灰岩;粉砂岩—粉砂质板岩—泥岩夹岩屑长石杂砂岩、细砾岩,粉砂质泥板岩夹凝灰岩,构成被动陆缘相的陆缘斜坡亚相。三叠系下部长石岩屑砂岩—粉砂岩—绢云母板岩,中部以绢云母板岩为主夹长石岩屑砂岩,上部为长石杂砂岩、石英细砂岩、粉砂质板岩、泥岩、钙质石英粉砂岩。组成周缘前陆盆地相的前渊盆地亚相。区内岩浆活动有限,主要有晚三叠世—早侏罗世碰撞—陆内俯冲型石英闪长岩—二长花岗岩—斜长花岗岩—花岗

斑岩系列,其次为古近纪超浅成正长斑岩、粗面斑岩,西部还有更新世中基性火山岩出露。

在该构造带中以锂、锑为主,在可可西里—松潘前陆盆地形成目前新疆最大的锑矿成矿爆发中心,地球化学呈现Hg-Sb-As-Li-B元素组合,成为新疆锑矿最为集中的地区,锑矿找前景广阔,找矿潜力巨大,同时具备寻找金锑矿、铅锌矿、锰矿、锡矿、锂矿等的地质-地球化学条件;在康西瓦—泉水沟前陆盆地形成中生代稀有金属(Li-Be)成矿爆发中心,其成矿演化至新生代,呈现Li-Rb-(W-U)矿化组合,具有形成新生代“硬岩型”锂-铷矿和铀矿成矿爆发中心。从现有成矿特征,康西瓦—泉水沟弧前盆地与喀喇昆仑沟弧盆系呈现相近的矿种组合,推测二者可能具有共同的构造基底或受同一地幔热源驱动,使二者虽然处于两个不同的二级构造单元,但是具有相似的矿种组合特征。

#### 4.14 羌塘古生代—中生代造山带

可进一步细分为塔什库尔干—甜水海微地块、喀喇昆仑沟弧盆系2个三级构造单元。

塔什库尔干微陆块地处西昆仑造山带西段,是塔阿西—塔吐鲁沟铁铜钒成矿带的重要组成部分。主要由古元古界布伦阔勒岩群组成,有学者根据赞坎磁铁矿顶板副变质岩的碎屑锆石U-Pb年龄将布伦阔勒岩群进行了解体,认为其中含有震旦纪—早寒武世双峰式火山岩组合。含铁岩系典型的膏(钼)-铁建造很可能为新元古代晚期“Marinoan雪球”冰期后地球系统变化的火山-沉积响应。最近,在西昆仑塔什库尔干以东解体出一套“斜长角闪片麻岩—矽线石榴黑云斜长片麻岩组合”认为其为高压变质成因,地球化学特征表明其形成于岛弧环境,斜长角闪片麻岩原岩年龄为(534.1±2.4) Ma(高廷斌等,2018),为原特提斯洋向南俯冲于西昆仑地体的产物。

甜水海地体呈北西—南东向延伸,位于康西瓦断裂南侧,乔尔天山断裂以北,出露的最老地层为长城系甜水海岩群。该地块发育1000~851 Ma的S型花岗岩,其可能是陆-陆碰撞导致地壳加厚的产物,指示甜水海地块可能作为Rodinia超大陆的一员发生聚合拼接作用。带内岩浆岩活动主要集中在三叠纪—侏罗纪(240~195 Ma),少量为早寒武世,早寒武世的辉绿辉长岩脉(近东西走向)分布在大红柳滩铁矿南侧。

喀喇昆仑沟弧盆系由早古生代—晚古生代早期陆缘盆地、中生代俯冲增生杂岩带与中生代弧前盆地组成,在喀喇昆仑山团结峰地区上河尾滩组复理石中发现玄武岩呈残片状产出,其地球化学特征显示为碱性系列岩石,具有E-MORB型地球化学特征(魏永峰等,2018),认为其可能形成于陆间裂谷—初始洋盆环境;与伴生的超基性岩、基性岩及硅质岩岩片,共同构成了蛇绿岩残片,其中,基性岩及玄武岩U-Pb年龄为229~254 Ma,为蛇绿岩形成时间;从形成时代、物质组分和分布位置分析,该蛇绿岩残片可与西兰乌金蛇绿混杂岩带对比,认为团结峰地区蛇绿岩形成时代、物质组分及分布位置可与西兰乌金蛇绿混杂岩带对比,乔尔天山—岔路口断裂可能是西兰乌金蛇绿混杂岩带的西延部分。最新研究表明,乔尔天山—岔路口一带发育典型的洋岛沉积建造,其中枕状玄武岩地球化学特征与OIB类似,认为其成因可能与地幔柱活动有关(田江涛等,2021a)。

在该构造带中以铁、铅、锌为主,在塔什库尔干地块形成新疆最大的沉积变质型铁矿成矿爆发中心,个别矿区共生有重晶石及有色金属矿化;在喀喇昆仑弧盆系早古生代陆缘盆地形成铁成矿爆发中心,中生代弧前盆地形成铅锌成矿爆发中心。地球化学显示该区铅、锌物质供应量分别达到14.86亿t,19.2亿t,资源潜力综合排序在新疆名列第一(李宝强等,2006)。萨岔口、火烧云等大型—超大型铅锌矿床的评价,展现了区内铅锌矿宏伟的气势,超常富集的菱锌矿矿石源于深源岩浆成因的贫硫富锌高铁热液流体(董连慧等,2015a; Li et al.,2019; 高兰等,2020),与区内普遍发育的贫硅富铁基性火山岩形成环境相似,均为贫硫、富铁岩浆的产物,二者在时间、空间上高度耦合。区域不同矿物组合的铅锌矿床均为同一构造背景条件下,不同的时间,构造演化阶段形成的同一成矿系列的不同铅锌矿化类型(田江涛等,2020)。区域发育的菱铁矿、菱锰矿、石膏、重晶石矿层可能均为铅锌矿形成时的伴生产物,其发育区域和规模是寻找和预测铅锌矿的重要标志。在中生代发育的花岗岩体出露区发现W-Sn-Au-Ag-Sb-Cu-Zn矿种组合,并发现有相应的金属矿物。此外,奥陶系至白垩系地层中均呈现Li的富集特征,并对岩性具有明显的选择性,在(奥陶系)泥板岩中最高可达 $434 \times 10^{-6}$ ,1:50万、1:25



万化探均呈现显著的Li富集特征,极大值 $216 \times 10^{-6}$ ,异常面积是大红柳滩一带的3倍以上,找矿指示意义有待验证。地质-地球化学特征显示,在目前发现的铅锌矿种以外,锡、钨、铜-镍-铂族、金、银、锑、锂矿等均具有寻找大型以上矿床的前景。

## 5 关键地质矿产问题讨论

新疆横跨古亚洲洋、特提斯洋两大构造域,其地壳构造运动可以追溯至中太古代,先后经历了哥伦比亚超大陆的聚合-裂解、罗迪尼亚超大陆的聚合-裂解、冈瓦纳大陆的形成与裂解、潘基亚大陆的形成等过程。尤其在新元古代至中生代,复杂的造山过程受控于古亚洲洋、特提斯洋的形成、俯冲-消减、闭合等一系列洋陆转换过程中的地质作用。加之新生代青藏高原碰撞造山作用的影响,造就了新疆独特的“三山夹两盆”的地质面貌和丰富的矿产资源。进入21世纪以来,随着国家和自治区对新疆区域地质调查、地质研究及矿产勘查工作的持续重视,新疆基础地质调查及成矿规律研究认识水平大幅提升,涌现了一大批新发现、新认识、新成果,极大的推动了自治区地质矿产勘查和矿业经济发展。但同时仍然存在一些亟待解决、讨论的关键地质矿产问题。

### 5.1 古亚洲洋构造域和特提斯洋构造域的界线问题

自新元古代罗迪尼亚大陆裂解为劳亚大陆和冈瓦纳大陆后,相关地质工作者对于古亚洲洋和特提斯洋空间位置及与相邻大陆的关系就展开了广泛的讨论(何国琦等,1994;程裕淇等,1994;任纪舜等,1997;李荣社等,2011;计文化等,2020;赵同阳等,2021)。一类观点认为古亚洲洋构造域是指西伯利亚与冈瓦纳大陆间广阔的古生代造山区,特提斯洋构造域为秦祁昆造山带以南的中新生带造山带(何国琦等,1994;程裕淇等,1994;任纪舜等,1997),即在新疆范围内大致以康西瓦-苏巴什蛇绿混杂带为界,以北属古亚洲洋构造域,以南属特提斯构造域。另一类观点认为,两大构造域的界线应以塔里木-敦煌-中朝地台等中华古陆(地)块群为界(李荣社等,2011;计文化等,2020;赵同阳等,2021)。本次研究工作,笔者在充分考虑了新疆沉积建造、岩浆建造、变质建造、构造变形、古生物、古地磁等方面的认识后,认为在新疆境内两大构造域

的界线应以塔里木克拉通为界,认为其北侧的古生代造山过程受控于古亚洲洋的俯冲消减,类似于现今的东南亚多岛海格局的增生造山;南侧为古生代至中生代早期的俯冲-碰撞造山,其受控于原、古、新特提斯洋的洋陆转换过程。

### 5.2 东、西准噶尔的构造归属问题

在地质界,多数学者都把位于准噶尔盆地两侧的西准噶尔和东准噶尔之间的构造单元加以对比连接。一般认为西准噶尔的达拉布特蛇绿岩带与东准噶尔的卡拉麦里蛇绿岩带相连,把西准噶尔的洪古勒楞蛇绿岩带与东准噶尔的扎河坝-北塔山蛇绿岩带相连。在这样的格架下,难以解释西准噶尔与东准噶尔古生代地层序列的差别,难以解释两个地区志留纪古动物群的差别;难以解释两个地区含矿性的明显不同。因此,本次研究认为西准噶尔和东准噶尔在古生代期间应该属于不同的大陆边缘,以科克森套-克乌断裂-巴音沟-康古尔俯冲增生杂岩带为界,其西侧的西准噶尔属于哈萨克斯坦古板块北部的活动陆缘,中生代早期逆冲至现今准噶尔地块之上;东北侧的东准噶尔-博格达-哈尔里克构造带则属于西伯利亚古板块边缘的增生造山带。

### 5.3 古亚洲洋主洋盆的位置及其闭合时限问题

在新疆境内,古亚洲洋的大洋岩石圈残片主要分布在阿尔泰山南缘的额尔齐斯、西准噶尔洪古勒楞、唐巴勒、达拉布特、白碱滩、东准噶尔扎河坝、卡拉麦里、北天山巴音沟、干沟、东天山康古尔、苦水、红柳沟、南天山长阿吾子,达鲁巴依、古洛沟、乌瓦门、榆树沟、库米什、密斯布拉克、阿尔腾柯斯河上游、满大勒克、西南天山吉根、齐齐加纳克等地区,以往地质学者往往根据蛇绿混杂岩中基性岩块的同位素年龄或硅质岩中放射虫时限进行横向对比和连接,而忽视了增生楔物质组成的多源性、复杂性和长期性,因此本次研究以增生楔的精细解剖为手段,在充分收集了增生楔中最年轻岩块、连续单元最年轻组分、高压变质岩最年轻变质事件、最年轻弧岩浆岩等年代学证据后,进而厘定增生楔的形成时代,指示增生造山作用结束的时限。基于上述条件的综合分析,笔者认为南天山洋为古亚洲洋主洋盆,主要原因有:(1)中天山南缘地壳对接带(南天山增生楔)规模巨大,新疆境内出露东西长2000 km,南北宽30~100 km,且其中含有大量大洋岩石

圈物质组分,包括洋内弧、洋岛海山、蛇绿岩等。(2)大洋岩石圈物质形成时限跨度大,其中达鲁巴依蛇绿岩形成于震旦纪(600~590 Ma)(杨海波等,2005)、乌瓦门蛇绿岩形成于晚石炭世(334~309 Ma)(Wang et al.,2018),说明南天山洋存在于新元古代至晚石炭世期间,经历了至少~300 Ma的发展演化。(3)沿那拉提山阿克亚孜河—长阿吾子—科克苏河上游呈向北凸起的弧形展布,向东延伸到库米什,向西与吉尔吉斯斯坦阿特巴什(Atbasy)蓝片岩—榴辉岩带相连,东西延伸1500 km,与北侧的高温低压变质岩共同组成古生代的双变质带,其高压峰期变质年龄为325~305 Ma,说明晚石炭世南天山洋壳发生深俯冲作用。(4)通过地球物理剖面反演,发现南天山增生楔其最北侧边界断裂为阿特巴什—那拉提南缘断裂,最南侧的为马杜克断裂;北部的岩浆弧、中部的南天山增生杂岩带、南部的塔里木被动大陆边缘的古构造格局十分明显(Xiao et al.,2013),指示了南天山为一主洋盆发育在塔里木克拉通北侧(现今方向)。(5)古地理和古生物化石证据表明,南天山是安加拉和华夏植物区系的主要生物地理界线(Xiao et al.,2013)。但是关于南天山增生造山作用最终结束的时限,仍有许多不同的观点,包括志留纪末期至泥盆纪、中晚泥盆世、晚泥盆世—早石炭世、晚二叠世及二叠纪—三叠纪。

#### 5.4 新疆大地构造演化与成矿作用耦合关系

不同于前人划分的5大构造—成矿旋回——前寒武纪、早古生代、晚古生代、中生代和新生代(董连慧等,2015b)。本次研究认为新疆大地构造演化及成矿作用可划分为以下4个阶段。

##### 5.4.1 太古宙—古元古代古陆核的形成及铁—铜成矿阶段

伴随着哥伦比亚超大陆的聚合,太古宙—古元古代时期主要为陆源沉积和区域岩浆活动,并发育区域高温变质作用,形成一套中深变质的岩系,组成了新疆古老的陆壳,地质作用以原始地壳分异和高热流岩浆—变质作用为主,其矿化以原始地壳特有的铁、金为主。

##### 5.4.2 中元古代—新元古代中期塔里木古陆及古生代洋中陆块基底的形成及铁—铅锌—磷灰石—棉—宝石—石英岩成矿阶段

在太古宙—古元古代古陆壳形成的基础上,伴

随着哥伦比亚超大陆的裂解作用,新的洋陆格局开始形成,之后伴随着罗迪尼亚超大陆聚合,至新元古中期古陆基底的形成。在新疆其地质及成矿记录主要分布于塔里木周边、伊犁地块周边及昆仑阿尔金造山带中。在此阶段,出现了在板块体制下发育的有色金属等成矿作用。该时期形成矿产种类(20余种)、矿产地(300余处)较少,成矿作用和成因类型相对单一。重要矿产为铁、铅锌、磷灰石、石棉、宝石及石英岩等,是新疆成矿最早的第一个高峰期。成矿作用以变质成矿作用与岩浆成矿作用主导,非岩浆—变质流体成矿作用次之。形成的大型—超大型矿床的重要矿床类型有:变质型铁矿(中天山天湖、塔什库尔干赞坎、阿尔金北缘白尖山、库鲁克塔格阿斯廷布拉克铁矿等)、变成型红柱石矿床(拜城县库鲁克坤红柱石矿)、岩浆型石棉矿(阿尔金南缘新疆七一石棉矿)、浅成中—低温热液型铅锌(中天山彩霞山、赛里木地块四台海泉铅锌矿等)。

##### 5.4.3 南华纪—三叠纪大陆地壳的增生与聚合及石油—天然气—金—铜—镍—铅锌—铁—锰—铍—钨—钼—稀有金属—石棉—石墨—云母—红柱石—宝石成矿阶段

新元古代晚期,伴随着罗迪尼亚超大陆的裂解,新疆古生代洋陆格局开始形成,并以塔里木克拉通为界,北部为古亚洲洋、南部为古特提斯洋演化影响区,期间发育广泛的俯冲增生及碰撞造山事件,不同构造属性的地质体,诸如洋内弧、洋底高原、洋岛、岩浆弧、裂离地块、增生杂岩等不断沿早期地块或古老克拉通边缘拼贴,致使新疆地壳发生明显的横向及垂向生长,直至中生代早期新疆统一大陆地壳基本形成。

在新元古代晚期至早古生代,形成的矿种、矿产地比前寒武纪有所增加,成矿作用和成因类型渐多。优势矿产以石油天然气、铁、铜、铅锌、石棉、蛇纹岩、稀有金属、云母(白云母)及宝石、红柱石等为主。成型矿床、大型—超大型矿床比率与前寒武相近。成矿作用显示以岩浆成矿作用和沉积成矿作用为主,其次为变质成矿作用。大型—超大型矿床类型以海相生物化学沉积型石油天然气矿产(塔中隆起塔中1号、库车县哈拉哈塘等),伟晶岩型云母(白云母)矿床(阿尔泰北缘那森恰花岗伟晶岩型白

云母矿等),海相火山岩型铜锌矿床(哈尔里克黄土坡—玉海矿等),海相沉积型和变质型铁矿床(塔什库尔干西切列克其菱铁矿、阿尔金南缘迪木那里克铁矿等),岩浆型石棉矿(若羌县依吞布拉克石棉矿),斑岩型铜钼矿床(东准蒙西铜矿)及接触交代型钨锡矿床(祁曼塔格可可卡尔钨锡矿)为主。该时期重要成矿作用表现为,岩浆作用矿床主要沿北部准噶尔板块周缘活动带和阿尔泰陆缘富集,其次为阿尔金南北缘构造带和祁曼塔格构造岩浆带;具有层控特征的沉积和变质作用矿床沿南部塔里木板块及其周缘和阿克塞钦陆缘盆地等富集。

在晚古生代至中生代早期,是深部壳幔物质转换最强烈、岩浆作用最频繁的时期,形成大规模金属成矿作用,造就了新疆第二个成矿的高峰期。形成矿产种类最丰富(占新疆总数的1/3)、矿产地最多(占全疆总数的1/2),成矿强度很大,成矿作用和成因类型较全。优势矿产有石油天然气、金、铜、镍、铅锌、铁、锰矿、锑矿、稀有、膨润土、石棉、石墨、云母、红柱石等。成矿作用以岩浆成矿作用、沉积成矿作用和流体成矿作用为主,并具有北部岩浆成矿作用占绝对主导,南部则以层控的沉积成矿作用和非岩浆-变质流体成矿作用为主。大型—超大型矿床类型主要有海相火山岩型铜、铅锌、铁、膨润土、石膏(阿尔泰阿舍勒铜锌矿、可可塔勒铅锌矿,阿吾拉勒备战铁矿、阿尔泰蒙库铁矿,托克逊科尔碱膨润土矿、哈密市库姆塔格石膏矿等),斑岩型铜钼矿(觉罗塔格土屋—延东铜矿、西准苏运河钼矿、东天山东戈壁、白山钼矿等),岩浆型铜镍、稀有稀土、石墨、云母矿床(阿尔泰喀拉通克、觉罗塔格黄山、哈尔里克白鑫滩、北山坡一等铜镍矿,拜城波兹果尔稀有稀土矿,奇台县黄羊山石墨矿、可可托海花岗伟晶岩型锂铍矿、福海县莫合奈白云母矿、皮山县大红柳滩白云母矿等),陆相火山岩型金、铀、膨润土、石膏矿(西天山阿希金矿、东准南部索尔巴斯陶金矿,西准白杨河铀铍矿,东准巴里坤县拉依格莱克膨润土矿、哈密市库姆塔格石膏矿等),变成型红柱石矿、菱镁矿(焉耆县霍拉山红柱石矿、鄯善县尖山菱镁矿等),岩浆热液型金矿(西天山卡特巴阿苏金矿等),伟晶岩型云母矿(富蕴县库威河中下游白云母矿等),海相沉积型铁、锰矿床(南天山东疆梧桐沟铁矿、西昆仑昆盖山奥尔托喀纳什等锰矿),生

物化学沉积型石油天然气田(沙雅县哈得逊油田、福海县克拉美丽油田等),浅成中低温热液-成因不明型锑汞矿(且末县硝尔库勒锑矿等)等。该时期岩浆成矿作用矿产主要围绕准噶尔板块(含伊犁)周缘及其间的裂谷或断陷盆地和阿尔泰陆缘带富集,层控型的沉积成矿作用、变质成矿作用及非岩浆-变质流体成矿作用矿产主要沿塔里木盆地及其周缘和青藏板块可可西里—松潘前陆盆地富集。

#### 5.4.4 侏罗纪至今的盆山构造形成与演变及石油-天然气-煤-铀-铅锌-盐类成矿阶段

该时期,新疆南部进入特提斯演化阶段,而北部则处于板内发展阶段,总体为北陆南海构造环境,该时期形成矿种明显减少(20余种),成矿作用及矿床成因类型趋于简单。该时期矿产以能源煤及油气矿产最突出,而稀有金属矿(宝石及云母矿)及铅锌、钼矿同样具有优势。成型矿床达到70%,大型—超大型矿床最多、超大型矿床居首,成矿强度最高,形成新疆第三次成矿高峰。成矿具有北部大陆以外生沉积成矿作用形成的非金属矿产占绝对优势、岩浆成矿作用形成的金属矿产为次,而南部以内生岩浆成矿作用和非岩浆-变质流体成矿作用形成的金属矿产为主。大型—超大型矿床类型包括生物化学沉积型煤、石油天然气(淮南煤田、吐哈煤田等,库车塔河油田、克拉玛依油田、玛湖油田等),化学沉积型膨润土(西准乌兰格林—日月雷膨润土),浅成中低温热液型铅锌矿、金矿(乔尔天山火烧云铅锌矿、西南天山萨瓦亚尔顿金矿等)等。该时期重要成矿富集区域为准噶尔、伊犁、吐哈盆地及周缘活动带、阿尔泰陆缘,塔里木盆地及周缘和青藏板块的喀喇昆仑陆缘盆地及可可西里—松潘前陆盆地,是新开拓的最具远景的铅锌、汞锑金矿找矿区域,远景巨大。

新生代是南部特提斯洋消亡期,特别是印度大陆嵌入,强烈波及新疆整个区域,以大规模盆地的沉降和山脉的隆升为主格局,形成板内西域成矿特色的大陆成矿体系。形成矿产种类明显变少、矿产地同中生代,但多为砂、黏土类矿产,成矿作用和矿床成因类型最简单。该时期继承中生代北大陆特点,是非金属和能源矿产形成的重要时期,但盐类矿产、石油和铀矿最具代表性、金属矿产少。成型矿床、大型—超大型矿床占比远低于中生代。成矿

作用以沉积作用及表生作用为主,其次是流体成矿作用。大型—超大型矿床主要成因类型为生物化学沉积型石油天然气矿产(库车县迪那2气田等)、浅成中低温热液型铀矿、铅锌矿(察布查尔县蒙古尔、库捷尔太、吐鲁番市十红滩铀矿等,乌恰县乌拉根铅锌矿等)、蒸发沉积型盐类矿产(罗布泊钾盐,东戈壁钠硝石,达坂城东盐湖、和田县苦水湖、拜城县博尔洛克、温宿县拜雷阿塔石膏矿等)、风化型(库鲁克塔格尉犁县蛭石矿等)矿产等。非金属矿产最富集区域为塔里木、准噶尔—伊犁和吐哈三大盆地,昆仑山山间盆地远景较大,金属矿产仅见于西南天山。

### 5.5 新疆北部中生代板内金属成矿问题

中生代是中国一个非常重要的成矿期,中国东部发育岩浆作用为主体的大规模成矿作用和成矿物质的巨量堆积的“成矿大爆炸”,形成一批国内外驰名的大型—超大型矿床。新疆作为欧亚大陆成矿的一部分,中生代构成新疆第三次成矿高峰,亦可称之为新疆“成矿大爆炸”,其表现以能源矿产为主体,与我国东部成矿特点明显不同,这是以前地质学界普遍的共识。然而经过近20年新疆调整勘查布局,加强了昆仑—阿尔金地区的地质勘查工作,尤其是新疆南部特提斯成矿域的可可西里和喀喇昆仑地区中生代成矿潜力逐渐显现(冯京等,2010),一系列有色金属、稀有金属矿产不断被发现(火烧云铅锌矿、大红柳滩锂铍矿),地质找矿取得了重大突破;与此同时在新疆北部的古亚洲成矿域中生代矿床亦不断被发现,且与三叠纪岩浆活动密切相关,主要集中分布在阿尔泰山东段、东天山、中天山东段等地区,如可可托海、喀拉苏伟晶岩型稀有金属矿,将军山碱性岩型稀有金属矿,镜儿泉稀有金属矿,白山、东戈壁斑岩型钼矿,尾亚钒钛磁铁矿、沙东钨矿,金窝子金矿等,大有后来居上之势,可称之其与能源矿产并驾齐驱,构成新疆名副其实的“成矿大爆炸”。此已成为新疆不容忽视的重要金属矿成矿期。然而新疆北部古亚洲成矿域在中生代已经形成大陆进入板内时期,其金属矿产强烈的成矿作用与前者的构造背景、成矿环境具有明显差异,因此大多认为其是中亚地块存在活化成矿地质事件所致。但其成矿动力学系统、成矿物质来源

和成矿机制等尚需进行深入研究。

## 6 结 论

(1)通过对全疆沉积建造、火山建造、侵入岩建造、变质建造、构造变形、古生物、古地磁等方面认识的综合分析研究,将新疆大地构造单元划分为6个一级构造单元、14个二级构造单元、32个三级构造单元以及99个四级构造单元。提出以塔里木克拉通为界,以北属古亚洲洋构造域,且以科克森套—康古尔叠接带为界,西准噶尔划属哈萨克斯坦—伊犁地块,东准噶尔划属西伯利亚西南缘增生造山带;以南划属特提斯洋构造域。

(2)提出中天山南缘地壳对接带的前身南天山洋为古亚洲洋的主洋盆,北与哈萨克斯坦—伊犁地块毗邻,南与塔里木克拉通相邻,其至少经历了~300 Ma的洋盆演化阶段,为一复杂的古生代增生造山带,代表了古亚洲洋在古生代晚期最终的消亡。

(3)提出了“三系两带一块一缘”的成矿理论新认识。“三大造山系”独特的增生造山过程聚集了巨量的金属成矿元素,所有的金属矿产全部产于“三大造山系”重要成矿带内;“两大地壳对接带”强烈的壳幔相互作用控制了新疆大多数大型—超大型金属矿床的时空分布;塔里木地克拉通及其周缘发育板内、增生造山、碰撞造山等多种成矿作用,致使其矿产资源矿种多、配套齐全的资源禀赋特征异常明显;青藏高原北缘是今后新疆矿产资源特别是金属矿产资源的勘查重点区域。

(5)根据新疆地壳演化与成矿作用关系,将全疆构造—成矿旋回划分为4个阶段:太古宙—古元古代古陆核的形成及铁—铜成矿阶段,中元古代—新元古代中期塔里木古陆及古生代洋中陆块基底的形成及铁—铅锌—磷灰石—石棉—宝石—石英岩成矿阶段,南华纪—三叠纪大陆地壳的增生与聚合及石油—天然气—金—铜—镍—铅锌—铁—锰—锑—钨—钼—稀有金属—石棉—石墨—云母—红柱石—宝石成矿阶段,侏罗纪至今的盆山构造形成与演变及石油—天然气—煤—铀—铅锌—盐类成矿阶段。

(6)中生代成矿作用在新疆不是一个偶然的成矿事件,而是中亚成矿域大面积成矿的必然响应,是新疆今后地质勘查找矿的主攻成矿期。

**致谢:**本次研究是在参考大量前人区域地质矿产调查及地质研究成果的基础上完成的,尤其是在成岩年代学、岩浆岩地球化学、成矿作用类型等方面,但受篇幅所限,部分成果数据并未逐一列述参考文献;研究过程中得到了李廷栋院士、肖庆辉研究员、潘桂棠研究员、陆松年研究员、张克信教授、丁孝忠研究员的悉心指导;匿名审稿人提出的有益意见建议对文章亦有很大帮助。在此,一并表示感谢。

## References

- Bai Xueyin, Chen Yichao, Song Dongfang, Xiao Wenjiao, Windley Bria, Ao Songjian, Li Liang, Xiang Dunfeng. 2020. A new Carboniferous–Permian intra–oceanic subduction system in the North Tianshan (NW China): Implications for multiple accretionary tectonics of the southern Altaids[J]. *Geological Journal*, 1–22. doi:10.1002/gj.3787.
- Bao Xuezhao, Zhang Ali. 1998. Geochemistry of U and Th and its influence on the origin and evolution of the earth's crust and the biological evolution[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 17(2): 160–172 (in Chinese with English abstract).
- Biske Yu S, Seltmann R. 2010. Paleozoic Tian–Shan as a transitional region between the Rheic and Urals–Turkestan oceans[J]. *Gondwana Research*, 17(2/3): 602–613.
- Cai Keda, Sun Min, Buslovic M M, Jahn Bor–ming, Xiao Wenjiao, Long Xiaoping, Chen Huayong, Wan Bo, Chen Ming, Rubanova E S, Kulikova A V, Voytishchik E E. 2016. Crustal nature and origin of the Russian Altai: Implications for the continental evolution and growth of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB) [J]. *Tectonophysics*, 674:182–194.
- Carroll A R, Liang Y H, Graham S A, Xiao Xuchang, Hendrix M S, Chu J C, McKnight C L. 1990. Junggar basin, northwest China: Trapped Late Paleozoic Ocean[J]. *Tectonophysics*, 181:1–14.
- Chen Zhefu, Liang Yunhai. 1991. Polycyclic tectogenesis and plate movement of Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 9(2): 95–107 (in Chinese with English abstract).
- Chen Shoude, Wang Guangrui, Yang Shude, Jin Jinsheng, Zhu Jieshui. 1986. The paleoplate tectonic of Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 4(2):1–26 (in Chinese with English abstract).
- Chen Shoude, Xu Xin. 2001. On compiling of map of tectonics of Xinjiang and neighboring areas[J]. *Xinjiang Geology*, 19(1): 33–37 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Yuqi. 1994. Introduction to Regional Geology of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–50 (in Chinese).
- Dong Lianhui, Qi Shijun, Chen Shoude. 2009. Study on Crustal Evolution and Metallogenic Regularity of Dominant Minerals in Xinjiang[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese).
- Dong Lianhui, Qu Xun, Zhu Zhixin, Zhang Liangchen. 2010. Tectonic evolution and metallogenies of Xinjiang, China[J]. *Xinjiang Geology*, 28(4):351–357 (in Chinese with English abstract).
- Dong Lianhui, Xu Xingwang, Fang Tingbin, Qu Xun, Li Hao, Wan Jianling, An Haitao, Zhou Gang, Li Jihong, Chen Gang, Liu Chuan. 2015. Discovery of the Huoshaoyun super–large exhalative–sedimentary carbonate Pb–Zn deposit in the Western Kunlun area and its great significance for regional metallogeny[J]. *Xinjiang Geology*, 33(1):41–50 (in Chinese with English abstract).
- Dong Lianhui, Liu Dequan, Tang Yanling, Feng Jing, Qu Xun, Li Fengming, Tian Jiangtao, Xu Shiqi. 2015b. Five–era metallogenic system of mineral deposits in Xinjiang and its spatial and temporal evolution mode[J]. *Mineral Deposits*, 34(6): 1107–1129 (in Chinese with English abstract).
- Ding Lianhui, Liu Dequan, Tang Yanling, Li Fengming, Feng Jing. 2016. Preliminary study on the characteristics and types of mineral resources in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 34(4):463–475 (in Chinese with English abstract).
- Dong Zengchan, Han Yigui, Zhao Guochun, Pan Feng, Wang Kai, Huang Botao, Chen Juanlu. 2018. Zircon U–Pb ages and Hf isotopes of Paleozoic metasedimentary rocks from the Habahe Group in the Qinghe area, Chinese Altai and their tectonic implications[J]. *Gondwana Research*, 61:100–114.
- Feng Jing, Xu Shiqi, Zhao Qing, Lan Xian. 2010. Metallogenesis regularity of porphyry copper in Xinjiang and vectors for prospecting[J]. *Xinjiang Geology*, 28(1):43–51 (in Chinese with English abstract).
- Gao Jun, Qian Qing, Long Lingli, Zhang Xi, Li Jilei, Su Wen. 2009. Accretionary orogenic process of western Tianshan, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 28(12): 1804–1816 (in Chinese with English abstract).
- Gao Lan, Du Yong, Song Linshan, Ren Xiaodong, Ding Jianhua, Kui Hantao, Cui Ning, Zhang Qi. 2020. Geological characteristics and genesis of the Huoshaoyun hypogene smithsonite deposit, Karakoram Mountains, northwest China[J]. *Geological Review*, 66(2):365–379 (in Chinese with English abstract).
- Gao Tingbin, Yang Zhen, Yao Gang, Zhang Zongxin, Zhu Huiqin, Wei Wei, Qin Jianglong. 2018. Redefinition of high–pressure metamorphic rocks from west Kunlun orogen and its tectonic significance[J]. *Northwestern Geology*, 51(1): 1–12 (in Chinese with English abstract).
- Ge Rongfeng, Simon A Wilde, Anthony I S Kempc, Jeon Heejin, Laure A J Martin, Zhu Wenbin, Wu Hailin. 2020. Generation of Eoarchean continental crust from altered mafic rocks derived from a chondritic mantle: The –3.72 Ga Aktash gneisses, Tarim Craton (NW China) [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 538. 10.1016/j.epsl.2020.116225.
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong. 1994. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang

- of China[M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, Educational and Cultural Press Ltd., 1–437 (in Chinese with English abstract).
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong. 1995. The five-stage model of crust evolution and metallogenic series of chief orogenic belts in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 13(2): 99–194 (in Chinese with English abstract).
- He Guoqi, Zhu Yongfeng. 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions[J]. *Geology in China*, 33(3): 451–460.
- He Jingzi, Fan Zhengguo, Xiong Shengqing, Ge Tengfei, Huang Xuzhao, Wang Sixun. 2021. Geophysical prospecting of copper-nickel deposits in Beishan rift zone, Xinjiang[J]. *China Geology*, 4(1): 126–146. doi: 10.31035/cg2021015.
- Hu Aiqin, Jahn Bor-ming, Zhang Guoxin, Chen Yibing, Zhang Qiangfeng. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence. Part I. Isotopic characterization of basement rocks[J]. *Tectonophysics*, 328: 15–51.
- Hu Aiqin, Wei Gangjian, Zhang Jibin, Deng Wenfeng, Chen Linli. 2008. SHRIMP U–Pb ages for zircons of the amphibolites and tectonic evolution significance from the Wenquan domain in the West Tianshan Mountains, Xinjiang, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(12): 2731–2740 (in Chinese with English abstract).
- Ji Tianyu, Yang Wei, Wu Xueqiong, Pu Renhai, Li Dejiang, Liu Mancang, Miao Weidong, Su Nan, Ye Ying. 2022. Evaluation of Cambrian caprock in the platform-basin area of Tarim Basin and optimization of favorable area for oil and gas caprock[J]. *Geology in China*, 49(2): 369–382 (in Chinese with English abstract).
- Ji Wenhua, Li Rongshe, Chen Fenning, Yang Bo. 2020. Tectonic reconstruction of northwest China in the Nanhua–Paleozoic and discussions on key issues[J]. *Journal of Geomechanics*, 26(5): 634–655 (in Chinese with English abstract).
- Li Baoqiang, Yang Wanzhi, Zhao Shuming, Yang Jianguo, Zheng Qiping. 2006. Metallogenic characteristics and prospecting areas in the western Kunlun metallogenic belt[J]. *Northwestern Geology*, 39(2): 128–142 (in Chinese with English abstract).
- Li Changnian. 1992. Petrology of Trace Elements in Igneous Rocks[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1–158 (in Chinese).
- Li Chunyu. 1980. A preliminary study of plate tectonics of China[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2(1): 11–22 (in Chinese with English abstract).
- Li Chunyu, Wang Quan, Liu Xueya, Tang Yaoqing. 1982. Description of Asian Geotectonic Map[M]. Beijing: Sinomaps Press, 1–45 (in Chinese).
- Li Hao, Xu Xingwang, Gregor Borg, Gilg H Albert, Dong Lianhui, Fan Tingbin, Zhou Gang, Liu Ruilin, Hong Tao, Ke Qiang, Wu Chu, Zhang Guoliang, Li Hang. 2019. Geology and Geochemistry of the giant Huoshaoyun zinc-lead deposit, Karakorum Range, northwestern Tibet[J]. *Ore Geology Reviews*, 251–272. 10.1016/j.oregeorev.2019.02.002.
- Li Jinyi, He Guoqi, Xu Xin, Li Huaqin, Sun Guihua, Yang Tiannan, Gao Liming, Zhu Zhixin. 2006. Crustal tectonic framework of northern Xinjiang and adjacent regions and its formation[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 148–168 (in Chinese with English abstract).
- Li Jinyi, Xiao Xuchang. 1999. Brief reviews on some issues of framework and tectonic evolution of Xinjiang crust, NW China[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 34(4): 405–419 (in Chinese with English abstract).
- Li Jinyi, Zhang Jin, Yang Tiannan, Li Yaping, Sun Guihua, Zhu Zhixin, Wang Lijia. 2009. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the north Asia Orogenic region and its adjacent areas[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 39(4): 584–605 (in Chinese with English abstract).
- Li Qiuli, Lin Wei, Su Wen, Li Xianhua, Shi Yonghong, Liu Yu, Tang Guoqiang. 2011. SIMS U–Pb rutile age of low-temperature eclogites from southwestern Chinese Tianshan, NW China[J]. *Lithos*, (122): 76–86.
- Li Yuejun, Sun Longde, Wu Haoruo, Wang Guolin, Yang Chaoshi, Peng Gengxin. 2005. Permo-Carboniferous radiolaria from the Wupatarkan Group, West terminal of Chinese South Tianshan[J]. *Chinese Journal of Geology*, 40(2): 220–226, 236 (in Chinese with English abstract).
- Li Rongshe, Ji Wenhua, He Shiping, Liu Yin, Zhang Haidi. 2011. The two tectonic domain division discussion between the ancient Asian and Tethys in western China[J]. *Xinjiang Geology*, 29(3): 247–250 (in Chinese with English abstract).
- Li Rongshe, Ji Wenhua, Yang Yongcheng, Yu Pusheng, Zhao Zhenming, Chen Shoujian, Meng Yong, Pan Xiaoping, Shi Bingde, Zhang Weiji, Li Hang, Luo Changyi. 2008. Geology of Kunlun Mountains and Adjacent Areas[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–388 (in Chinese).
- Li Tingdong, Xiao Qinghui, Pan Guitang, Lu Songnian, Ding Xiaozhong, Liu Yong. 2019. A consideration about the development of ocean plate geology[J]. *Earth Science*, 44(5): 1441–1451 (in Chinese with English abstract).
- Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan, Luo Jinhai, Wang Jianqi, Gao Zhangjian. 1998. Evidence of Sm–Nd isochron age of the Early Paleozoic ophiolites in the Altyn Mangya area[J]. *Chinese Science Bulletin*, 43(8): 880–882 (in Chinese).
- Lu Songnian, Yuan Guibang. 2003. Geochronology of early Precambrian magmatic activities in Aketashitage, east Altyn Tagh[J]. *Acta Geologica Sinica*, 77(1): 61–68 (in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, Deng Jinfu, Feng Yimin, Zhang Kexin, Zhang Zhiyong, Wang Fangguo, Xing Guangfu, Hao Guojie, Feng Yanfang. 2009. Subdivision of tectonic units in

- Chia[J]. *Geology in China*, 36(1): 1–28 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Binwei, Jiang Chagnfa, Niu Baogui, Li Jinyi, Xie Guanglian, He Zhegnjun, Liu Zhigang. 1997. A new generation tectonic map of China[J]. *Regional Geology of China*, 16(3): 225–248 (in Chinese with English abstract).
- She Jianzhong, Chen Gang, Zhu Zhixin, Jia Jian, Di Xiaochen, Dong Guosheng, Liu Kaixuan, Jin Cheng. 2021. Geochemistry, zircon chronology, Sr–Nd–Hf isotopic characteristics and subduction magmatism of Heishidun basic rocks in the East Tianshan [J]. *Geology in China*, 48(4): 1239–1254 (in Chinese with English abstract).
- Tang Hejun, Meng Guixiang, Wang Zhaolin, Deng Zhen, Yan Jiayong, Qi Guang, Xue Ronghui. 2020. Zircon U–Pb geochronology of the newly discovered Kulabiye Cu–Ni sulfide–mineralized gabbroic complex, East Junggar Basin in Xinjiang, China[J]. *China Geology*, 3(4): 490–492. doi: 10.31035/cg2020045.
- Tian Hongbiao, Zheng Bo, He Junling. 2017. The Ordovician magmatism and implication in Wuxilike, Altay orogenic belt, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 33(8): 2591–2603 (in Chinese with English abstract).
- Tian Jiangtao, Tang Yi, Zhao Tongyang, Li Tao, Xu Shiqi, Zhang Xiaojun. 2021a. Mantle plume information of basalt in Karakorum Chalukou area[J]. *Xinjiang Geology*, 39(2): 198–209 (in Chinese with English abstract).
- Tian Jiangtao, Xu Shiqi, Tang Yi, Zhang Xiaojun. 2020. Analysis of ore controlling factors and metallogenic evolution model of mesozoic Pb–Zn deposits in Karakorum[J]. *Xinjiang Geology*, 38(1): 48–54 (in Chinese with English abstract).
- Tian Jiangtao, Zhao Wei, Ren Yan. 2021b. Preliminary discussion on the multi element enrichment area and its prospecting direction in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 39(1): 82–88 (in Chinese with English abstract).
- Wang Bo, Zhai Yazhong, Paul Kapp, Koen de Jong, Geng Hongyan. 2018. Accretionary tectonics of back–arc oceanic basins in the South Tianshan: Insights from structural, geochronological, and geochemical studies of the Wuwamen ophiolite mélange[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 130(1–2), 284–306.
- Wang Zuoxun, Wu Jiyong, Lü Xichao, Zhang Jingguo. 1990. Polycyclic Tectonic Evolution and Mineralization in Tianshan Mountains[M]. Beijing: Science Press, 1–217 (in Chinese).
- Wei Yongfeng, Xiao Yuanfu, Feng Changrong, Luo Wei, Lin Meiyang, Feng Bangguo. 2018. The discovery and tectonic significance of basic – ultrabasic in Tuanjiefeng area of west Kunlun Mountain[J]. *Xinjiang Geology*, 36(2): 202–208 (in Chinese with English abstract).
- Windley Brian F, Kroner Alfred, Guo Jinghui, Qu Guosheng, Li Yingyi, Zhang Chi. 2002. Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai orogen, NW China: New zircon age data and tectonic evolution[J]. *Journal of Geology*, 110: 719–739.
- Xiao Wenjiao, Song Dongfang, Windley Brian F, Li Jiliang, Han Chunming, Wan Bo, Zhang Jien, Ao Songjian, Zhang Zhiyong. 2019. Research progresses of the accretionary processes and metallogenesis of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Science China Earth Sciences*, 49(10): 1512–1545 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, Sun Min, Lin Shoufa, Chen Hanlin, Li Zilong, Li Jiliang, Sun Shu. 2008. Middle Cambrian to Permian subduction–related accretionary orogenesis of northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of central Asia[J]. *Journal of Asia Earth Sciences*, 32(2): 102–117.
- Xiao Wenjiao, Brian F Windley, Mark B Allen, Han Chunming. 2013. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage[J]. *Gondwana Research*, 23, 1316–1341.
- Xiao Wenjiao, Brian F Windley, Badarch G, Sun Shu, Li Jiliang, Qin Kezhang, Wang Z. 2004. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: Implications for the growth of central Asia[J]. *Journal of the Geological Society*, 161(3): 339–342.
- Xiao Wenjiao, Brian F Windley, Hao Jie, Zhai Mingguo. 2003. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt[J]. *Tectonics*, 22(6): 1069, doi:10.1029/2002TC001484.
- Xiao Wenjiao, Brian F Windley, Sun Shu., Li Jiliang, Huang Baochun, Han Chunming, Yuan Chao, Sun Min, Chen Hanlin. 2015. A tale of amalgamation of three Permo–Triassic collage systems in Central Asia: Oroclines, sutures, and terminal accretion[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 43, 477–507.
- Xiao Xuchao, He Guoqi, Xu Xin, Li Jinyi, Hao Jie, Chen Shoude, Deng Zhenqiu, Li Yongan. 2010. Crustal Tectonic Framework and Geological Evolution of Xinjiang Uygur Autonomous Region of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 96–99 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, Zhu Baiqing, Li Jinyi. 1990. Tectonic evolution of northern Xinjiangp[C]//Xinjiang Geological Sciences. Beijing: Geological Publishing House, 47–68 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Wang Jun. 2004. Discussion on the lithospheric structure and evolution of the west Kunlun–Karakorum mountains and their adjacent areas[J]. *Geological Review*, 50(3): 285–294 (in Chinese with English abstract).
- Xu Yinbo, Sun Pingchang, Li Zhao, Zhang Jiaqiang, Li Feng, Tong Lihua, Tao Shu, Zheng Fanshi. 2022. The geochemical characteristics and metallogenic condition of Permian Lucaogou formation oil shale in Jimusaer, Junggar Basin[J]. *Geology in China*, 49(1): 311–323 (in Chinese with English abstract).
- Yang Gaoxue, Li Yongjun, Andrew C Kerr, Tong Lili. 2018. Accreted

- seamounts in North Tianshan, NW China: Implications for the evolution of the central Asian orogenic belt[J]. *Journal of Asian Earth Science*, 153: 223–237.
- Yang Haibo, Gao Peng, Li Bin, Zhang Qinjun. 2005. The geological character of the Sinian Dalubayi ophiolite in the west Tianshan, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 23(2):123–126 (in Chinese with English abstract).
- Yu Xuezhong, He Yiyuan, Wang Meng, Zhang Jian, Zhang Xuanjie, Fan Zhengguo. 2020. Gravity and magnetic field characteristics and regional ore prospecting of the Yili ancient continent, West Tianshan, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China[J]. *China Geology*, 3(2): 104–112. doi: 10.31035/cg2020023.
- Zhan Sheng, Chen Yan, Xu Bei, Wang Bo, Michel Faure. 2007. Late Neoproterozoic paleomagnetic results from the Sugetbrak Formation of the Aksu area, Tarim basin (NW China) and their implications to paleogeographic reconstructions and the snowball Earth hypothesis[J]. *Precambrian Research*, 154(3): 143–158.
- Zhang Chuanlin, Zou Haibo., Li Huaikun, Wang Hongyan. 2013. Tectonic framework and evolution of the Tarim Block in NW China[J]. *Gondwana Research*, 23: 1306–1315.
- Zhang Jian, Zhang Chuanlin, Li Huaikun, Ye Xiantao, Geng Jianzhen, Zhou Hongying. 2014. Revisit to time and tectonic environment of the Aksu blueschist terrane in northern Tarim, NW China: New evidence from zircon U–Pb age and Hf isotope[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 30(11): 3357–3365 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lifei, Ai Yongliang, Li Xuping, Daniela Rubatto, Song Biao, Samantha Williams, Song Shugang, David Ellis, J G Liou. 2007. Triassic collision of western Tianshan orogenic belt, China: Evidence from SHRIMP U–Pb dating of zircon from HP/UHP eclogitic rocks[J]. *Lithos*, (96): 266–280.
- Zhang Liangchen. 1995. Plate tectonics and dynamics of Xinjiang, China[C]//Selected Papers of the 3rd Xinjiang Tianshan Geological and Mineral Academic Symposium. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1–13 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Junmeng, Huang Ying, Ma Zongjin, Shao Xuezhong, Chen Honggang, Wang Wei, Xu Qiang. 2008. Discussion on the basement structure and property of northern Junggar basin[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 51(6):1767–1775 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Tongyang, Zhu Zhixin. 2021. Spatiotemporal distribution of ophiolite in Xinjiang and constraints on accretionary orogenic processes[J]. *Xinjiang Geology*, 39(1): 21–29 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Tongyang, Zhu Zhixin, Han Qiong, Zheng Jiaying. 2016. LA–ICP–MS U–Pb age and its geological implications of the Kanas group in western Altai tectonic belt[J]. *Xinjiang Geology*, 34(1): 25–29 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Yongfeng, He Guoqi, An Fang. 2007. Geological evolution and metallogeny in the core part of the central Asian metallogenic domain[J]. *Geological Bulletin of China*, 26(9): 1167–1177 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 鲍学昭,张阿利.1998. 铀钍的地球化学及对地壳演化和生物进化的影响[J]. *岩石矿物学杂志*, 17(2): 160–172.
- 陈哲夫, 梁云海. 1991. 新疆多旋回构造与板块运动[J]. *新疆地质*, 9(2): 95–107.
- 成守德, 王广瑞, 杨树德, 靳金生, 祝皆水. 1986. 新疆古板块构造[J]. *新疆地质*, 4(2):1–26.
- 成守德, 徐新. 2001. 新疆及邻区大地构造编图研究[J]. *新疆地质*, 19(1):33–37.
- 程裕淇. 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 1–50.
- 董连慧, 祁世军, 成守德. 2009. 新疆地壳演化及优势矿产成矿规律研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社.
- 董连慧, 屈迅, 朱志新, 张良臣. 2010. 新疆大地构造演化与成矿[J]. *新疆地质*, 28(4):351–357.
- 董连慧, 徐兴旺, 范廷宾, 屈迅, 李昊, 万建领, 安海涛, 周刚, 李基宏, 陈刚, 刘川. 2015a. 喀喇昆仑火烧云超大型喷流–沉积成因碳酸盐型Pb–Zn矿的发现及区域成矿学意义[J]. *新疆地质*, 33(1):41–50.
- 董连慧, 刘德权, 唐延龄, 冯京, 屈迅, 李凤鸣, 田江涛, 徐仕琪. 2015b. 试论新疆成矿体系与时空演化模式[J]. *矿床地质*, 34(6): 1107–1129.
- 董连慧, 刘德权, 唐延龄, 李凤鸣, 冯京. 2016. 新疆矿产资源种类及特点初步研究[J]. *新疆地质*, 34(4):463–475.
- 冯京, 徐仕琪, 赵青, 兰险. 2010. 新疆斑岩型铜矿成矿规律及找矿方向[J]. *新疆地质*, 28(1):43–51.
- 高俊, 钱青, 龙灵利, 张喜, 李继磊, 苏文. 2009. 西天山的增生造山过程[J]. *地质通报*, 28(12): 1804–1816.
- 高兰, 杜勇, 宋林山, 任晓栋, 丁建华, 魏含涛, 崔宁, 张琪. 2020. 喀喇昆仑火烧云深成菱锌矿床地质特征及成因[J]. *地质论评*. 66(2):365–379.
- 高廷斌, 杨震, 姚刚, 张宗欣, 朱慧秦, 魏巍, 秦江龙. 2018. 新疆西昆仑塔什库干高压变质岩的重新厘定及其构造意义[J]. *西北地质*, 51(1): 1–12.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1994. 中国新疆古生代地壳演化与成矿[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社;香港:香港文化教育出版社. 1–437.
- 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):99–194.
- 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.
- 胡霁琴, 韦刚健, 张积斌, 邓文峰, 陈林丽. 2008. 西天山温泉地区早古生代斜长角闪岩的锆石 SHRIMP U–Pb 年龄及其地质意义[J]. *岩石学报*, 24(12): 2731–2740.
- 季天愚, 杨威, 武雪琼, 蒲仁海, 李德江, 刘满仓, 缪卫东, 苏楠, 叶颖. 2022. 塔里木盆地台盆区寒武系盖层评价及对油气盖层有利区



- 的优选[J]. 中国地质, 49(2): 369-382.
- 计文化, 李荣社, 陈奋宁, 杨博. 2020. 中国西北地区南华纪-古生代构造重建及关键问题讨论[J]. 地质力学学报, 26(5): 634-655.
- 李宝强, 杨万志, 赵树铭, 杨建国, 郑启平. 2006. 西昆仑成矿带成矿特征及勘查远景[J]. 西北地质, 39(2): 128-142.
- 李昌年. 1992. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1-158.
- 李春昱. 1980. 中国板块构造的轮廓[J]. 中国科学院院报, 2(1), 11-22.
- 李春昱, 王荃, 刘雪亚, 汤耀庆. 1982. 亚洲大地构造图说明书[M]. 北京: 地图出版社. 1-45.
- 李锦轶, 何国琦, 徐新, 李华芹, 孙桂华, 杨天南, 高立明, 朱志新. 2006. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨[J]. 地质学报, 80(1): 148-168.
- 李锦轶, 肖序常. 1999. 对新疆地壳结构与构造演化几个问题的简要评述[J]. 地质科学, 34(4): 405-419.
- 李锦轶, 张进, 杨天南, 李亚萍, 孙桂华, 朱志新, 王励嘉. 2009. 北亚造山区南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 39(4): 584-605.
- 李曰俊, 孙龙德, 吴浩若, 王国林, 杨朝世, 彭更新. 2005. 南天山西端乌帕塔尔坎群发现石炭—二叠纪放射虫化石[J]. 地质科学, 40(2): 220-226.
- 李荣社, 计文化, 何世平, 刘银, 张海迪. 2011. 中国西部古亚洲与特提斯两大构造域划分问题讨论[J]. 新疆地质, 29(3): 247-250.
- 李荣社, 计文化, 杨永成, 于浦生, 赵振明, 陈守建, 孟勇, 潘晓平, 史秉德, 张维吉, 李行, 洛长义. 2008. 昆仑山及邻区地质[M]. 北京: 地质出版社: 1-388.
- 李廷栋, 肖庆辉, 潘桂棠, 陆松年, 丁孝忠, 刘勇. 2019. 关于发展洋板块地质学的思考[J]. 地球科学, 44(5): 1441-1451.
- 刘良, 车自成, 王焰, 罗金海, 王建其, 高章鉴. 1998. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的Sm-Nd等时线年龄证据[J]. 科学通报, 43(8): 880-882.
- 陆松年, 袁桂邦. 2003. 阿尔金山阿克塔什塔格早前寒武纪岩浆活动的年代学证据[J]. 地质学报, 77(1): 61-68.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 邓晋福, 冯益民, 张克信, 张智勇, 王方国, 邢光福, 郝国杰, 冯艳芳. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36(1): 1-28.
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 姜春发, 牛宝贵, 李锦轶, 谢广连, 和政军, 刘志刚. 1997. 新一代中国大地构造图[J]. 中国区域地质, 16(3): 225-248.
- 舍建忠, 陈刚, 朱志新, 贾健, 邸晓辰, 董国盛, 刘凯旋, 金成. 2021. 东天山黑石墩基性岩地球化学、锆石年代学、Sr-Nd-Hf 同位素特征及其俯冲岩浆作用[J]. 中国地质, 48(4): 1239-1254.
- 田红彪, 郑波, 何峻岭. 2017. 新疆阿尔泰山造山带乌希里克地区奥陶纪岩浆活动及其地质意义[J]. 岩石学报, 33(8): 2591-2603.
- 田江涛, 唐毅, 赵同阳, 李涛, 徐仕琪, 张小军. 2021a. 喀喇昆仑岔路口一带玄武岩的地幔柱信息[J]. 新疆地质, 39(2): 198-209.
- 田江涛, 徐仕琪, 唐毅, 张小军. 2020. 喀喇昆仑中生代铅锌矿控矿因素及成矿演化模式分析[J]. 新疆地质, 38(1): 48-54.
- 田江涛, 赵威, 任燕. 2021b. 初论新疆多元素富集区及找矿方向[J]. 新疆地质, 39(1): 82-88.
- 王作勋, 邹继易, 吕喜朝, 张经国. 1990. 天山多旋回构造演化及成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1-217.
- 魏永峰, 肖渊甫, 冯昌荣, 罗巍, 林美英, 冯邦国. 2018. 西昆仑团结峰地区基性-超基性岩的发现及大地构造意义[J]. 新疆地质, 36(2): 202-208.
- 肖文交, 宋东方, Brian F. Windley, 李继亮, 韩春明, 万博, 张继恩, 敖松坚, 张志勇. 2019. 中亚增生造山过程与成矿作用研究进展[J]. 中国科学: 地球科学, 49(10): 1512-1545.
- 肖序常, 何国琦, 徐新, 李锦轶, 郝杰, 戚守德, 邓振球, 李永安. 2010. 中国新疆地壳结构与演化[M]. 北京: 地质出版社, 96-99.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 朱宝清, 李锦轶. 1990. 试论新疆北部大地构造演化[J]. 引自新疆地质科学[M]. 北京: 地质出版社, 47-68.
- 肖序常, 王军. 2004. 西昆仑—喀喇昆仑及其邻区岩石圈结构、演化中几个问题的探讨[J]. 地质论评, 50(3): 285-294.
- 徐银波, 孙平昌, 李昭, 张家强, 李锋, 仝立华, 陶树, 郑凡石. 2022. 准噶尔盆地吉木萨尔地区二叠系芦草沟组油页岩地球化学特征与成矿条件[J]. 中国地质, 49(1): 311-323.
- 杨海波, 高鹏, 李兵, 张勤军. 2005. 新疆西天山达鲁巴依蛇绿岩地质特征[J]. 新疆地质, 23(2): 123-126.
- 张健, 张传林, 李怀坤, 叶现韬, 耿建珍, 周红英. 2014. 再论塔里木北缘阿克苏蓝片岩的时代和成因环境来自锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素的新证据[J]. 岩石学报, 30(11): 3357-3365.
- 张良臣. 1995. 中国新疆板块构造与动力学特征[C]//新疆第三届天山地质矿产学术研讨会论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1-13.
- 赵俊猛, 黄英, 马宗晋, 邵学钟, 程宏岗, 王伟, 徐强. 2008. 准噶尔盆地北部基底结构与属性问题探讨. 地球物理学报, 51(6): 1767-1775
- 赵同阳, 朱志新. 2021. 新疆蛇绿岩时空分布特征及对增生造山过程的制约[J]. 新疆地质, 39(1): 21-29.
- 赵同阳, 朱志新, 韩琼, 郑加行. 2016. 新疆阿尔泰山西段喀纳斯群碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年及地质意义[J]. 新疆地质, 34(1): 25-29.
- 朱永峰, 何国琦, 安芳. 2007. 中亚成矿域核心地区地质演化与成矿规律[J]. 地质通报, 26(9): 1167-1177.