

新疆-甘肃-内蒙古衔接区古生代构造背景 与成矿的关系

杨合群¹, 赵国斌¹, 李 英², 姜寒冰¹, 谭文娟¹,
任华宁¹, 王兴安¹, 熊中乙¹, 张小平¹

YANG He-qun¹, ZHAO Guo-bin¹, LI Ying², JIANG Han-bing¹, TAN Wen-juan¹,
REN Hua-ning¹, WANG Xing-an¹, XIONG Zhong-yi¹, ZHANG Xiao-ping¹

1. 中国地质调查局西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054;

2. 长安大学, 陕西 西安 710054

1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

2. *Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China*

摘要:新疆-甘肃-内蒙古衔接区可划分为星星峡-旱山微板块和敦煌微板块,二者以红柳河-牛圈子-洗肠井缝合带为界。古陆裂解初期的寒武纪浅海-一次深海具有形成磷钼铀锰沉积矿产的有利背景;奥陶纪洋盆及弧后盆地具备形成与海相火山-沉积岩系有关铜矿的有利背景;志留纪-泥盆纪岛弧火山建造具备形成斑岩铜矿的有利背景;石炭纪-二叠纪陆内裂谷具备形成火山沉积铁矿、铜矿、斑岩铜矿和与基性超基性岩有关铜镍矿的有利背景;各单元古陆壳活化重熔型花岗岩具有形成钨锡稀有金属矿的有利背景。

关键词:构造单元;成矿背景;新疆-甘肃-内蒙古衔接区;天山;北山

中图分类号:P54; P611 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2012)02/03-0413-09

Yang H Q, Zhao G B, Li Y, Jiang H B, Tan W J, Ren H N, Wang X A, Xiong Z Y, Zhang X P. The relationship between Paleozoic tectonic setting and mineralization in Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia juncture area. *Geological Bulletin of China*, 2012,31(2/3): 413-421

Abstract: The Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia juncture area is divided into two parts, i.e., Xingxingxia-Hanshan micro-plant and Dunhuang micro-plant, and the suture line between them is Hongliuhe-Niujuanzi-Xichangqing ophiolite belt. Paleozoic tectonic evolution of the area underwent three stages: Sinian-Ordovician belonged to the old landmass divergence and ocean basin spreading stage, Silurian-Devonian belonged to the plate subduction and collision-orogeny stage, and Carboniferous-Permian belonged to the continental rift stage. In Cambrian, the shallow marine basin of old landmass was divergent frequently, and sedimentary deposits could be formed, such as phosphorus-vanadium-uranium-manganese mineral resources. In Ordovician ocean basin and back-arc basin, volcano-sedimentary type copper-zinc minerals could be formed, and Silurian-Devonian island-arc volcanic formation might serve as host rock of porphyry copper deposits. The volcano-sedimentary type iron deposits probably occurred in Carboniferous-Permian continental rift sedimentary formation, and porphyry copper deposits and copper-nickel deposits of basic rock type could be formed. The palaeocontinent crust melting type granite mass constituted favorable background for the formation of metallogenic W, Sn and rare metal deposits.

Key words: tectonic unit; metallogenic setting; Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia juncture area; Tianshan Mountains; Beishan

收稿日期:2011-09-19;修订日期:2012-02-06

资助项目:中国地质调查局项目《北山成矿带找矿重大疑难问题研究》(编号:1212010531602)、《北山-祁连成矿带勘查部署与选区研究》(编号:1212011085083)和《西北地区矿产资源潜力评价》(编号:1212011121034)

作者简介:杨合群(1953-),男,研究员,矿床地质专业。E-mail: xayhequn@126.com

新疆-甘肃-内蒙古衔接区涉及天山-北山成矿带,其中甘蒙北山北带对应北天山,中带对应中天山,南带对应南天山和新疆北山。该区在漫长的地质发展史中,经历了复杂的地质构造变动和岩浆活动,具有比较优越的成矿条件,已经发现大量矿产地,并且是进一步找矿的良好潜力地区。长期以来关于该区大地构造单元划分方案的分歧较大,制约了对构造背景与成矿关系的探讨。例如,区内分布的4条蛇绿岩带,每一条都分别有学者曾认为是板块缝合带^[1-9]。近年,国家地调专项中的基础地质综合研究项目^[10-11]和矿产综合研究项目^[12-14]选定红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带代表板块缝合带,修订了构造单元划分方案。本文在此基础上,广泛吸收、融合前人的区域地质与矿产研究成果,论述早古生代板块构造、晚古生代裂谷构造与成矿的关系。

1 成矿区带与构造单元的关系

按杨合群等^[12-13]新修订的划分方案,本区涉及2个一级构造单元,以红柳河-牛圈子-洗肠井缝合带为界线,其北侧为哈萨克斯坦板块,南侧为塔里木板

块。这2个一级构造单元在本区各有1个二级构造单元:北侧是星星峡-旱山微板块,进一步划分为4个三级构造单元;南侧是敦煌微板块,进一步划分为3个三级构造单元(图1)。

《全国矿产资源潜力评价》项目划分的二级成矿区带^[15]经《西北地区矿产资源潜力评价》项目修订和进一步划分的二级成矿区带^①,与图1所划分的构造单元在空间上有较好的衔接关系。

全国-8 觉罗塔格-黑鹰山铜-镍-铁-金-银-钼-钨-石膏-硅灰石-膨润土-煤成矿带,西北大区项目进一步划分为2个亚带:-8①大南湖-雀儿山-狐狸山铁-铜-钼-金-石膏-硅灰石-膨润土-煤成矿亚带空间上对应-1 大南湖-雀儿山-狐狸山早古生代活动边缘带;-8②雅满苏-红石山-黑鹰山铜-镍-铁-金-钼-钨成矿亚带空间上对应-2 雅满苏-红石山-黑鹰山晚古生代陆内裂谷带。

全国-11 伊犁微板块南缘铁-铜-镍-金-锰-铅-锌-白云母成矿带经西北大区项目修订东延划分的-11③中天山-旱山铁-钛-铜-镍-金-

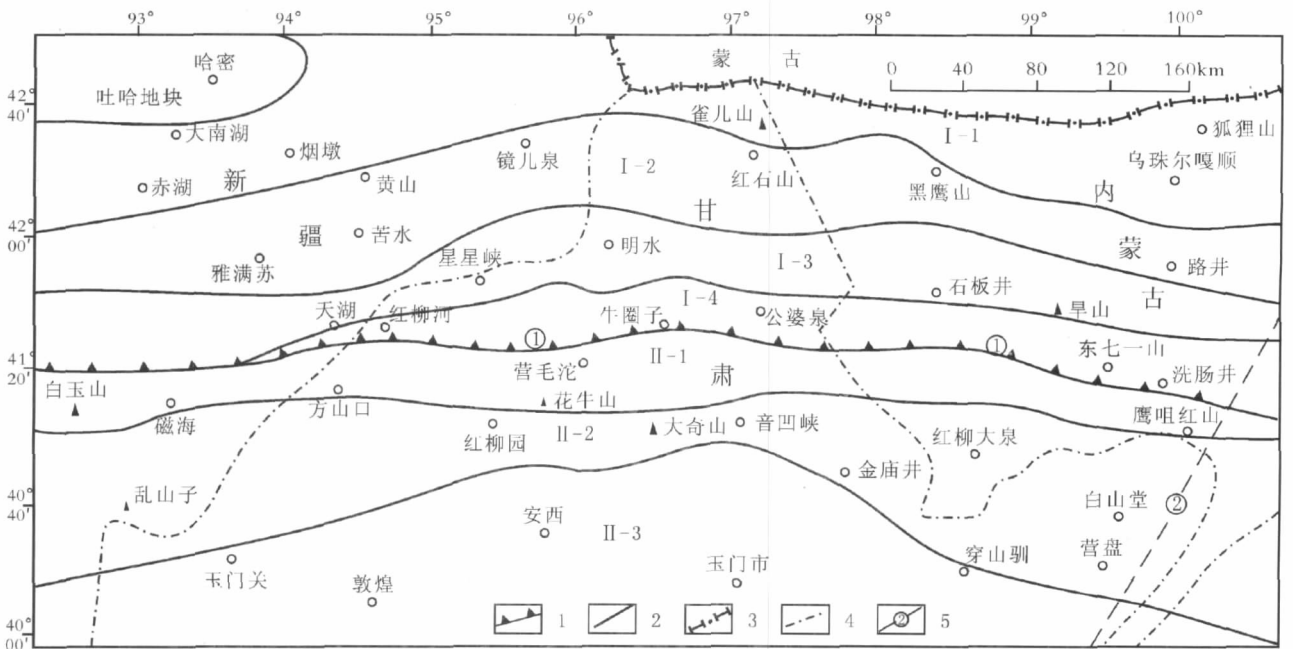


图1 新疆-甘肃-内蒙古衔接区构造单元划分略图

Fig. 1 Sketch map showing division of tectonic units along Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia juncture area

I-1-大南湖-雀儿山-狐狸山早古生代活动边缘带; I-2-雅满苏-红石山-黑鹰山晚古生代陆内裂谷带; I-3-星星峡-明水-旱山地块; I-4-公婆泉-东七一山早古生代活动边缘带; II-1-白玉山-方山口-鹰咀红山早古生代被动边缘带; II-2-磁海-红柳园-白山堂晚古生代陆内裂谷带; II-3-敦煌地块。1-缝合带; 2-构造分界界线; 3-国界;

4-省区界; 5-边界断裂及编号。①红柳河-牛圈子-洗肠井断裂; ②黑河断裂

铜-锡-铅-锌成矿亚带,空间上对应-3 星星峡-明水-旱山地块。

全国-14 金窝子-公婆泉-东七一山铜-金-钨-锡-钼成矿带,空间上大致对应-4 公婆泉-东七一山早古生代活动边缘带。

全国-15 敦煌铁-铜-镍-金-银-钨-铋-铜-锌-砷-镉-钒-铀-磷-芒硝成矿区,西北大区项目进一步划分为 3 个亚带:-15①白玉山-方山口-鹰嘴红山铁-金-铜-镍-钨-钒-铀-磷成矿亚带空间上对应-1 白玉山-方山口-鹰嘴红山早古生代被动边缘带;

-15②磁海-红柳园-白山堂铁-铜-镍-金-银-铋-铅-锌-砷成矿亚带空间上对应-2 磁海-红柳园-白山堂晚古生代陆内裂谷带;-15③敦煌-玉门金-铁-铜-铅-锌成矿亚带空间上对应-3 敦煌地块。

应当指出,由于自然界地质内容的复杂性,上述构造单元与成矿区带实际上都是按主要的地质建造构造界线划分的,反映的成矿规律是粗糙的。仅就古生代而言,都要经历多个构造演化阶段:震旦纪—寒武纪为古陆裂解阶段;奥陶纪为洋盆扩张阶段;奥陶纪末—志留纪为板块俯冲阶段;泥盆纪为碰撞造山阶段;石炭纪—二叠纪为陆内裂谷阶段。因此,本文采用时-空解析的方法,分别论述早古生代板块构造、晚古生代裂谷构造与成矿的关系。

应当指出,由于自然界地质内容的复杂性,上述构造单元与成矿区带实际上都是按主要的地质建造构造界线划分的,反映的成矿规律是粗糙的。仅就古生代而言,都要经历多个构造演化阶段:震旦纪—寒武纪为古陆裂解阶段;奥陶纪为洋盆扩张阶段;奥陶纪末—志留纪为板块俯冲阶段;泥盆纪为碰撞造山阶段;石炭纪—二叠纪为陆内裂谷阶段。因此,本文采用时-空解析的方法,分别论述早古生代板块构造、晚古生代裂谷构造与成矿的关系。

2 早古生代板块构造与成矿

早古生代板块构造格局如表 1 所列:红柳河-牛圈子-洗肠井缝合带位置曾经为古洋盆,洋盆北侧为归属哈萨克斯坦板块的星星峡-旱山微板块,由中心的星星峡-明水-旱山地块及南北两侧的活动边缘带组成,洋盆南侧为归属塔里木板块的敦煌微板块,由敦煌微地块及其北部被动边缘带组成。其中,缝合带、活动边缘带和被动边缘带具有良好的成矿背景。

2.1 板块缝合带

板块缝合带指古大洋闭合后遗留在现今大陆上的碰撞-焊接带。自板块构造学说建立以来,确定缝合带一般都是先研究蛇绿岩,因为通常认为蛇绿岩是已消失的洋壳残片。Pearce 等^[16]按产出背景将蛇绿岩分为洋中脊(MOR)型和俯冲带之上(SSZ)型。笔者认为,蛇绿岩主要产出背景可分为两大序列:

表 1 新疆-甘肃-内蒙古衔接区早古生代构造格局
Table 1 Tectonic structure of Xinjiang-Gansu-Inner Mongolia juncture area in Early Paleozoic

一 级	二 级	三 级
哈萨克	I 星星	大南湖-雀儿山-狐狸山早古生代活动边缘带
斯坦	峡-旱山	星星峡-明水-旱山地块
板块	微板块	公婆泉-东七一山早古生代活动边缘带
		红柳河-牛圈子-洗肠井早古生代缝合带(古洋盆位置)
塔里木	II 敦煌	白玉山-方山口-鹰嘴红山早古生代被动边缘带
板块	微板块	敦煌地块

板块离散边界初始小洋盆-窄洋盆-大洋盆拉张构造环境和板块聚敛边界弧前-弧内或弧间-弧后等局部拉张构造环境。由于蛇绿岩形成环境的复杂性及其地球化学类型判别的多解性^[17],单纯利用作为古洋壳残片的蛇绿岩自身的特征确定板块缝合带的难度是很大的。笔者试图从地质演化过程遗留的多种地质信息之配套关系方面,对本区属于早古生代的红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带和芨芨台子-小黄山蛇绿岩带进行对比分析,论证选定依据。

众多研究者对本区早古生代地质构造演化过程的认识大致是类似的^[1-14]。古大陆自震旦纪有裂解前兆;到寒武纪裂解初期,出现浅海—次深海环境硅质岩-炭硅质岩夹碳酸盐岩及砂岩;奥陶纪出现洋盆,但对具体位置有不同的认识,通过小黄山蛇绿岩带的位置或通过红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带的位置;奥陶纪末—志留纪洋盆已出现俯冲,志留纪火山岩系具有活动边缘岛弧火山岩系的特征,反映洋盆收敛;泥盆纪洋盆闭合、碰撞造山,形成海陆相粗碎屑岩磨拉石建造,不整合于早古生代地层之上^[18]。

尽管人们对本区早古生代洋盆的具体位置尚有争议,但有关地质证据显示经历了威尔逊(Wilson, 1968)归纳的大陆裂解到大洋闭合的“胚胎期(裂谷)-幼年期(陆间海)-成年期(有活动中脊的洋盆)-衰退期(有俯冲的洋盆)-终了期(残留海盆)-遗迹期(闭合造陆、碰撞造山—本文加注)”完整的构造演化旋回^[19]。

笔者认为,活动洋中脊的出现应视做板块构造体制的开始。大洋的闭合需要较长的时间,洋壳板块俯冲消减,而含水的洋壳沉积和基性火成岩物质比地幔超基性岩熔点低,俯冲到深部受高温部分熔融,

岩浆喷发形成火山弧或岛弧。根据本区志留纪岛弧火山岩系的存在,可反推板块构造体制曾是这一旋回中晚期演化的主旋律。

2.1.1 缝合带位置的判别

本区早古生代板块体制有关的蛇绿岩带与其它地质建造的相对空间位置如下:

星星峡—明水—旱山地块;

芨芨台子—小黄山早古生代蛇绿岩带;

公婆泉—东七一山早古生代俯冲期岛弧火山岩带;

红柳河—牛圈子—洗肠井早古生代蛇绿岩带;

白玉山—方山口—鹰嘴红山早古生代裂解初期沉积岩带;敦煌地块。

众多研究者对公婆泉—东七一山早古生代火山岩带具岛弧火山岩的特征是公认的^[1-14]。争议在于,左国朝等^[1-2]认为小黄山蛇绿岩带代表的大洋向南俯冲消减产生公婆泉—东七一山早古生代岛弧火山岩带,而红柳河—牛圈子—洗肠井早古生代蛇绿岩带为弧后盆地的产物;何世平等^[7-8]、徐学义等^[10-11]、杨合群等^[12-14]认为红柳河—牛圈子—洗肠井早古生代蛇绿岩带代表的大洋向北俯冲消减产生公婆泉—东七一山早古生代岛弧火山岩带,而芨芨台子—小黄山蛇绿岩带为弧后盆地的产物。

如果考虑到早古生代裂解初期寒武纪浅海—次深海环境沉积的含磷钒铀锰矿炭硅质岩、泥碎屑岩、碳酸盐岩指示被动边缘,则选定红柳河—牛圈子—洗肠井早古生代蛇绿岩带代表早古生代板块缝合带的位置比较合理。也就是说,该蛇绿岩带的位置代表古大陆裂解演化至奥陶纪形成的洋盆,闭合过程中洋壳向北俯冲,北侧为活动边缘,产生了岛弧火山岩带,弧的北侧形成弧后盆地;该蛇绿岩带的南侧为被动边缘,保存了大量古大陆裂解到出现洋盆之前的沉积岩系。应当指出,根据上述这样的空间关系推断的缝合带位置,残存的可以是洋盆蛇绿岩碎片,也可以是弧前蛇绿岩碎片。

选定的红柳河—牛圈子—洗肠井缝合带向西与那拉提—长阿吾子—古洛沟—乌瓦门缝合带对应,向东与温都尔庙—西拉木伦缝合带对应。该缝合带北侧为哈萨克斯坦板块及其东延部分,南侧为塔里木板块—阿尔金(敦煌)微板块—阿拉善—华北板块^[10-11]。

2.1.2 缝合带蛇绿岩的时代

在月牙山—洗肠井一带蛇绿岩的沉积硅质岩中发现中奥陶世放射虫化石^[12];周国庆等^[20]获得斜长

花岗岩 Sm—Nd 等时线参考年龄 470Ma。

任秉琛等^[21]对牛圈子蛇绿岩的细碧岩用 Rb—Sr 全岩等时线法测定年龄为 $463\text{Ma} \pm 18\text{Ma}$,对牛圈子蛇绿岩的辉长岩也用 Rb—Sr 全岩等时线法测定年龄为 $486\text{Ma} \pm 18\text{Ma}$ 。

于福生等^[22]对红柳河蛇绿岩的辉长岩进行了单颗粒锆石 U—Pb 测年,获得了 3 个数据平均值 $425.5\text{Ma} \pm 2.3\text{Ma}$ 的年龄;张元元等^[23]对红柳河蛇绿岩中堆晶辉长岩采用单颗粒锆石 SHRIMP U—Pb 测年法,获得了 10 个数据平均值 $516.2\text{Ma} \pm 7.1\text{Ma}$ 的年龄。

综合上述信息,缝合带蛇绿岩形成于早古生代,主要形成时代可能为奥陶纪。

2.1.3 与缝合带蛇绿岩有关的矿产

红柳河—牛圈子—洗肠井蛇绿岩带从西向东断续分布红柳河蛇绿岩段、玉石山蛇绿岩段、牛圈子蛇绿岩段、白云山蛇绿岩段、月牙山蛇绿岩段、洗肠井蛇绿岩段。与蛇绿岩套之超基性岩有关的铬铁矿和与火山岩有关的块状硫化铜矿均有发现。

前人在白云山蛇绿岩段和洗肠井蛇绿岩段发现岩浆型豆荚状铬铁矿点,赋存于下部变质变形镁质超基性岩中。

中国地质调查局西安地质调查中心承担的国家地调项目^②在月牙山蛇绿岩段内圈定了“碧玉岭铜矿勘查靶区”,甘肃力学区测队 1:20 万区调报告^③记载的麻黄沟铁铜矿点和麻黄沟西铁铜矿点被重新认定为海相火山喷流型铜矿点,硅化灰岩重新定为碧玉条带碳酸盐岩,地表强烈的褐铁矿化被识别为铁帽,强化了找矿信息。经笔者对月牙山蛇绿岩套上部层位岩石进行地质填图(1:1 万),初步查明了含矿岩系的地质特征。在北西西向长 8km 和南北宽 1.5km 的测区范围内,从北向南(层序由下向上)依次为辉长岩→基性火山岩→碧玉岩和碧玉条带碳酸盐岩→基性火山岩。其中,碧玉岩和碧玉条带碳酸盐岩为古海底基性火山活动间歇期热液喷流沉积形成的岩石。在麻黄沟一带进行观察,喷流沉积岩系的上部以碧玉条带碳酸盐岩为主,经鉴定矿物组成为白云石、方解石、铁白云石、菱铁矿、石英、玉髓,宽度一般 20~60m;下部以碧玉岩为主,块状构造,粒状结构,经鉴定矿物以玉髓、石英为主,次有白云石、方解石、赤铁矿,出露宽度一般 40~95m。碧玉条带碳酸盐岩层理非常清楚,产状陡立,大部分地段向南陡倾,层理产

状为 $220^{\circ} \angle 78^{\circ} \sim 210^{\circ} \angle 81^{\circ}$ 。

已知铜矿化地段是喷流沉积岩系最发育的地段。铜矿大致沿碧玉岩和碧玉条带碳酸盐岩产出,麻黄沟铜矿区已发现 6 个矿体,均呈似层状,产状与地层产状一致,向南陡倾,矿体倾向 190° , 倾角 83° , 长 $30 \sim 200 \text{m}$, 厚 $1 \sim 6.5 \text{m}$, 延深 176m 。对各矿体成矿元素进行了组合分析, Cu 含量为 $0.23\% \sim 0.61\%$, Zn 含量为 $0.02\% \sim 0.21\%$, Pb 含量为 $0.00054\% \sim 0.00528\%$, Co $0.0192\% \sim 0.0272\%$, S $11.75\% \sim 15.26\%$, Ag $6.60 \times 10^{-6} \sim 7.80 \times 10^{-6}$ 。Cu 为主要成矿元素, S、Co、Ag 达到伴生有益组分的指标。

最近, 有关地勘单位依据玉石山蛇绿岩段存在套合水系沉积物 Cu-Ni 组合异常, 以与基性—超基性岩有关的岩浆型铜镍矿为主攻矿床类型之一开展矿产远景调查(2011—2013)。根据对成矿构造背景的分析, 笔者认为找矿方向应该考虑蛇绿岩套火山喷流型铜矿, 因为世界上几乎没有具经济价值的岩浆型铜镍矿赋存于蛇绿岩套中, 此类地质背景的水系沉积物 Cu-Ni 组合异常, 一般 Ni 来自镁质超基性岩, 而 Cu 与基性火山岩有关。野外调查时应密切注意基性火山岩中是否有细碧岩化、喷流岩和铜矿化显示。

2.2 大南湖-雀儿山-狐狸山早古生代活动边缘带

该带在奥陶纪晚期—志留纪—泥盆纪形成于星星峡—明水—旱山地块北缘, 主要分布泥盆纪、志留纪、奥陶纪火山—沉积岩系地层。作为标志性地层的泥盆纪大南湖组、头苏泉组、雀儿山群火山岩, 志留纪公婆群火山岩和奥陶纪咸水湖组火山岩, 被多数学者公认为岛弧火山岩类^[1-8, 10-14, 24]。

近年, 大南湖一带新发现卡拉塔格铜多金属矿田的梅岭、红石、红海、红山等块状硫化物型矿床。毛启贵等^[25]对红海块状硫化物铜—锌矿床进行了精确定年, 锆石离子探针 U-Pb 同位素定年获得矿体上盘围岩底部酸性火山岩的年龄 $416.3 \text{Ma} \pm 5.9 \text{Ma}$, 为成矿时代的上限年龄; K-Ar 同位素定年获得矿体下盘强绢云母化蚀变围岩年龄 $424 \text{Ma} \pm 7 \text{Ma}$, 记录了最晚一期成矿热液活动的时代。

该活动边缘带东延的蒙古境内, 近年发现了亚洲目前最大的 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿床, 黑云母钾硅酸盐蚀变岩 K-Ar 法年龄值为 $413 \text{Ma} \pm 3 \text{Ma}$ ^[26], 矿石中辉钼矿 Re-Os 年龄为 $(372 \pm 1.2) \sim (373 \pm 1.2) \text{Ma}$ ^[27], 于志留纪—泥盆纪形成于岛弧环境。

2.3 公婆泉—东七一山早古生代活动边缘带

该带在奥陶纪晚期—志留纪形成于星星峡—明水—旱山地块南缘, 多数学者论证公婆泉—东七一山一带的公婆泉群火山岩形成于岛弧环境^[1-8, 10-14]。相关的浅成斑岩体产有公婆泉铜矿床, 有关英安斑岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 420.1Ma ^④; 东七一山为斑岩铜矿远景区, 已发现与斜长花岗斑岩有关的铜矿点。岛弧北侧的弧后盆地, 前人已发现与小黄山蛇绿岩套镁质超基性岩有关的岩浆型豆荚状铬铁矿点。

应该指出, 上述 2 个活动边缘带在早古生代早期的洋盆胚胎期—幼年期—成年期应具有被动边缘的性质, 到晚期进入洋盆衰退期, 洋壳板块的俯冲活动开始, 才转化为活动边缘。综合分析 2 个活动边缘带的岛弧成矿构造背景, 起初为水下火山弧阶段, 海水可以在高温下与火山岩发生作用, 具备形成火山喷流型铜矿的有利条件; 最终成为真正露出水面的岛弧, 海水不再参与, 具备形成斑岩铜矿的有利条件。

2.4 白玉山—方山口—鹰嘴红山早古生代

被动边缘带

在早古生代, 该地带属敦煌地块北部被动边缘。其基底主要为长城系古硇井群(ChG)、蓟县系平头山组(Jxp)及部分青白口系大豁落山组(Qbd), 局部出露有太古宇—古元古界的北山杂岩($\text{Ar}_2\text{Pt}_1\text{B}^c$)。带内分布的罗雅楚山组(Ol)、西双鹰山组(ϵ_{2-3x})、双鹰山组(ϵ_{1s})、洗肠井群(NhZX)等, 代表红柳河—牛圈子—洗肠井洋盆开裂前离散期的沉积建造。显然该带属非火山型被动边缘。

浅海—次深海环境沉积的寒武系由炭硅质岩、泥碎屑岩、碳酸盐岩组成, 含磷钒铀锰矿, 从西到东分布有新疆大水钼锰矿床、大水磷钒铀矿床、平台山钒磷矿床、甘肃方山口钒磷铀矿床、马鬃山锰矿床, 内蒙古麻黄沟西磷钒矿点。

被动边缘于泥盆纪碰撞造山时隆起, 东段分布有盘陀山—鹰嘴红山含钨花岗岩带, 近东西向展布长约 100km , 包含盘陀山、半岛山、望旭山和鹰嘴红山 4 个岩体, 除半岛山岩体外, 其它 3 个岩体均已发现钨矿床。这些含钨花岗岩体与长城系古硇井群为侵入接触关系。盘陀山—鹰嘴红山花岗岩体年龄值为 $(373.8 \pm 1.6) \sim (398.9 \pm 2.9) \text{Ma}$, 其全岩 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 值为 $0.722158 \sim 0.745368$, 明显大于 0.708 , $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 $-6.55118 \sim -5.88783$, 远小于 0, 指示源区为古老的

山岩,也有前寒武陆壳。镜儿泉一带使古陆壳基底裂开明显,中元古界卡瓦布拉克群(JxK)和星星峡群(ChX)分布于南北两侧,红石山南侧局部分布有北山杂岩($Ar_2Pt_1B^c$)。带内发育早石炭世火山岩地层,与下伏泥盆系普遍角度不整合,例如,小热泉子组(C_1x)、雅满苏组(C_{1ym})、干墩组(C_{1gd})、绿条山组(C_{1l})、白山组(C_{1bs}),被认为形成于碰撞造山后再伸展的裂谷裂陷盆地环境^[10]。左国朝等^[1-2]认为北山石炭纪双峰式火山岩指示了裂谷环境,并将该带内红石山蛇绿岩形成的构造环境定为初始小洋盆。Xia 等^[29-30]论证天山石炭纪火山岩产于裂谷环境,并认为蛇绿岩的出现说明裂谷发育程度相当于“红海型”海槽。总之,带内断续分布的红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩块体,产有红石山小型铬铁矿床和百合山铬铁矿点,指示裂谷拉张非常强烈,导致局部产生“红海型”海槽,即向初始小洋盆过渡。

石炭纪火山-沉积岩系中,形成了与火山岩有关的新疆小热泉子块状硫化物型铜矿、新疆东天山雅满苏铁矿床、甘肃狼娃山铁矿床、内蒙古黑鹰山铁矿床。已知黑鹰山富铁矿床致密块状铁矿体中的 6 件磷灰石样品进行 Sm-Nd 同位素定年,所获等时线年龄为 $322.0\text{Ma} \pm 4.3\text{Ma}$ ^[31]。

东天山延东-土屋-赤湖一带的石炭纪火山岩中,基性火山岩锆石 U-Pb 定年为 $332.6\text{Ma} \pm 2.0\text{Ma}$,酸性火山岩锆石 U-Pb 定年为 $319.9\text{Ma} \pm 1.6\text{Ma}$,捕获锆石的 U-Pb 定年为 $416.5\text{Ma} \pm 1.6\text{Ma}$ ^[32],推断其基底岩系为志留纪-泥盆纪岛弧火山岩。与延东-土屋斑岩铜钼矿有关的斜长花岗斑岩的锆石 U-Pb 定年结果为 $(333 \pm 4) \sim (334 \pm 3)\text{Ma}$ ^[33],推断起源于志留纪-泥盆纪岛弧火山岩在裂谷期地幔热柱作用下的重熔岩浆。

目前已开展找矿勘查评价的内蒙古青山-额勒根-乌珠尔嘎顺斑岩铜钼矿远景区位于该带雀儿山-狐狸山段。额勒根斑岩型钼(铜)矿化体内 5 件辉钼矿样品 Re-Os 同位素定年,所获同位素等时线年龄为 $332.0\text{Ma} \pm 9.0\text{Ma}$ ^[34],与延东-土屋斑岩铜钼矿床的年龄相近。

石炭纪火山岩在新疆与甘肃交接处局部地叠加于星星峡-明水-旱山地块,其周边分布着与花岗岩有关的小白石头钨钼矿床、明锡山锡矿床和红尖兵山钨矿床。笔者采用锆石 U-Pb 法确定了与红尖兵山钨矿有关的花岗岩的年龄 $314.2\text{Ma} \pm 2.4\text{Ma}$ ^⑤,形成

于石炭纪,推断有关的花岗岩浆起源于前寒武纪古陆壳在裂谷地幔热柱作用下的重熔。

石炭纪裂谷在晚期闭合,二叠纪初再次拉张,发育的铁质基性超基性侵入岩体形成岩浆型钒钛磁铁矿与硫化铜镍矿。在东天山产有土墩-黄山-图拉尔根岩浆型钒钛磁铁矿与硫化铜镍矿带,其中香山西岩体为钒钛磁铁矿与铜镍矿共生,黄山橄榄苏长岩锆石 U-Pb 定年结果为 $274\text{Ma} \pm 3\text{Ma}$ ^[35]。

产有流沙山钼金矿床的花岗岩类侵入杂岩体,属二叠纪岩浆活动的产物。花岗闪长岩 2 件角闪石样品 K-Ar 同位素年龄分别为 $262\text{Ma} \pm 4\text{Ma}$ 和 $261\text{Ma} \pm 3\text{Ma}$;矿体辉钼矿样品的 Re-Os 同位素等时线年龄为 $260\text{Ma} \pm 10\text{Ma}$ ^[36]。

3.2 磁海-红柳园-白山堂晚古生代陆内裂谷带

该裂谷带在晚古生代形成于前寒武纪基底之上,基底包括太古宇-古元古界的结晶岩系和中新元古界的褶皱岩系,有大豁落山组(Qbd)、平头山组(Jxp)、古铜井群(ChG)和北山杂岩($Ar_2Pt_1B^c$)。带内广泛分布石炭纪-二叠纪裂谷型火山-沉积岩地层,例如方山口组(P_f)、金塔组(P_{jt})、双堡塘组(P_{1-2s})、胜利泉组(C_{2sl})、干泉组(C_{2g})、石板山组(C_{2sb})、茈茈台子组(C_{2jj})、红柳园组(C_{1hl})。这是广大学者们早就认可的“北山裂谷”。

该裂谷带内断续分布辉铜山、花南沟、花西滩、石板墩、黑帽顶(音凹峡北西)、帐房山、俞井子蛇绿岩块体,产有花南沟铬铁矿点、二口井(音凹峡北东)铬铁矿点、帐房山铬铁矿点,说明裂谷拉张非常强烈,局部产生“红海型”海槽,即向初始小洋盆过渡。

带内基性侵入体产有磁海铁矿床;与火山岩相关的中酸性斑岩体产有白山堂铜铅矿床,有关的流纹斑岩全岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $333.9\text{Ma} \pm 7.88\text{Ma}$,斜长花岗斑岩全岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $275.68\text{Ma} \pm 8.40\text{Ma}$ ^④。前寒武纪古陆壳在裂谷作用下重熔产生的花岗岩具有形成钨矿床的良好条件,目前甘肃有关地勘单位已发现白山东和玉山钨矿床,已知后者与红黑山钾长花岗岩体有关,该岩体锆石 U-Pb 年龄约为 272Ma ^[37]。此外还有古堡泉、沙红山、底红山等钨异常分布于该带中,具有良好的找矿前景。

该裂谷带西延的新疆北山段坡北基性-超基性岩带,长约 16km,宽约 8km,已发现基性-超基性杂

岩体 20 余个,是重要的铜镍成矿远景区之一。李华芹等^[38]获 号岩体锆石的微区原位 U-Pb 年龄为 $278\text{Ma} \pm 2\text{Ma}$;姜常义等^[39]对中坡山北岩体采用颗粒熔融法所获锆石 U-Pb 谐和年龄为 $274\text{Ma} \pm 4\text{Ma}$;李华芹等^[40]又获 10 号岩体锆石 U-Pb 年龄为 $289\text{Ma} \pm 13\text{Ma}$,与岩体侵位于下石炭统红柳园组的地质事实相吻合。

夏林圻等^[30]认为,天山及相邻地区诱发产生石炭纪—二叠纪裂谷拉伸体系深刻的地球动力学背景为古地幔柱。笔者认为,本区南北 2 条石炭纪—二叠纪裂谷带火山岩仅是地幔柱活动在地表的显著表现,实际上该区这一时期总体处于地幔柱活动控制区,二者之间石炭纪—二叠纪火山—沉积岩系也有零星分布,更加值得注意的是,同期基性—超基性岩广泛分布,不限于石炭纪—二叠纪裂谷火山—沉积岩系分布区,并且已有相关的岩浆型钒钛磁铁矿与铜镍矿床被发现。例如,两裂谷之间的新疆段产有尾亚—天宇—白石泉岩浆型钒钛磁铁矿与铜镍矿带,其中尾亚含钒钛磁铁矿的碱性辉长岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $270.67\text{Ma} \pm 30.70\text{Ma}$ ^[41],白石泉含铜镍矿辉长岩锆石 U-Pb 定年结果为 $284\text{Ma} \pm 8\text{Ma}$ ^[42];甘肃段产有黑山铜镍矿床^[43],附近又新发现怪石山铜镍矿点^[44-45];内蒙古段新发现小红山钒钛磁铁矿床^[46]。

4 结 论

北山地区可划分为星星峡—旱山微板块和敦煌微板块,其间以红柳河—牛圈子—洗肠井蛇绿岩带为缝合带。整个研究区在古生代经历了多个构造演化阶段:震旦纪—寒武纪为古陆裂解阶段;奥陶纪为洋盆扩张阶段;奥陶纪末—志留纪为板块俯冲阶段;泥盆纪初为碰撞造山阶段;石炭纪—二叠纪为陆内裂谷阶段。

古陆裂解初期寒武纪浅海—一次深海为形成磷钒铀锰沉积矿产的有利背景;奥陶纪洋盆及弧后盆地具备形成与海相火山—沉积岩系有关铜矿的有利背景;志留纪—泥盆纪岛弧火山建造具备形成斑岩铜矿的有利背景;石炭纪—二叠纪陆内裂谷具备形成火山喷流铁铜矿、斑岩铜矿、与基性—超基性岩有关的岩浆型铜镍矿及钒钛磁铁矿的有利背景;古陆壳活化重熔型花岗岩具有形成钨锡稀有金属矿的有利背景。

参考文献

- [1]左国朝,何国琦,李红诚,等.北山板块构造及成矿规律[M].北京:北京大学出版社,1990.
- [2]左国朝,李茂松.甘蒙北山地区早古生代岩石圈形成和演化[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1996.
- [3]左国朝,刘义科,刘春燕.甘新蒙北山地区构造格局及演化[J].甘肃地质学报,2003,12(1):1-15.
- [4]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,2002.
- [5]龚全胜,刘明强,李海林,等.甘肃北山造山带类型及基本特征[J].西北地质,2002,35(3):28-34.
- [6]龚全胜,刘明强,梁明宏,等.北山造山带大地构造相及构造演化[J].西北地质,2002,35(3):11-17.
- [7]何世平,任秉琛,姚文光,等.甘肃内蒙古北山地区构造单元划分[J].西北地质,2002,36(1):30-40.
- [8]何世平,周会武,任秉琛,等.甘肃内蒙古北山地区古生代地壳演化[J].西北地质,2005,38(3):6-15.
- [9]黄增保,金霞.甘肃北山红石山蛇绿混杂岩带中基性火山岩构造环境分析[J].中国地质,2006,33(5):1031-1037.
- [10]徐学义,何世平,王洪亮,等.中国西北部地质概论[M].北京:科学出版社,2008.
- [11]徐学义,陈隽璐,王洪亮,等.东天山—北山地区成矿地质背景图(1:100 万)[M].北京:地质出版社,2009.
- [12]杨合群,李英,李文明,等.北山成矿构造背景概论[J].西北地质,2008,41(1):22-28.
- [13]杨合群,李英,赵国斌,等.新疆—甘肃—内蒙古衔接地区层对比及其意义[J].西北地质,2009,42(4):60-75.
- [14]杨合群,李英,赵国斌,等.北山蛇绿岩特征及构造属性[J].西北地质,2010,43(1):26-36.
- [15]徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案[M].北京:地质出版社,2008.
- [16]Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites [C]//Kokelaar B P, Howells M F. Marginal basin geology. Geological Society of London Special Publication 16: London, Blackwell Scientific Publications, 1984:77-94.
- [17]周国庆.蛇绿岩研究新进展及其定义和分类的再讨论[J].南京大学学报(自然科学版),2008,44(1):1-24.
- [18]左国朝,刘春燕,白万成,等.北山泥盆纪碰撞造山火山—磨拉石地质构造及地球化学特征[J].甘肃地质学报,1995,4(1):35-43.
- [19]巫建华,刘帅.大地构造学概论与中国大地构造学纲要[M].北京:地质出版社,2008:87-88.
- [20]周国庆,赵建新,李献华.内蒙古月牙山蛇绿岩特征及形成的构造背景、地球化学和同位素制约[J].地球化学,2000,29(2):109-119.
- [21]任秉琛,何世平,姚文光,等.甘肃北山牛圈子蛇绿岩钼—锶同位素年龄及其大地构造意义[J].西北地质,2001,34(2):21-27.
- [22]于福生,李金宝,王涛.东天山红柳河地区蛇绿岩 U-Pb 同位素年龄[J].地球学报,2006,27(3):213-216.
- [23]张元元,郭召杰.甘新交界红柳河蛇绿岩形成和侵位年龄的准确

- 限定及大地构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(4): 804-809.
- [24] 谢春林, 杨建国, 王立社, 等. 甘肃北山地区古亚洲南缘古生代岛弧带位置的讨论[J]. 地质学报, 2009, 83(11): 1584-1600.
- [25] 毛启贵, 方同辉, 王京彬, 等. 东天山卡拉塔格早古生代红海块状硫化物矿床精确定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(10): 3017-3026.
- [26] 刘益康, 徐叶兵. 蒙古 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿的勘查[J]. 地质与勘探, 2003, 39(1): 1-4.
- [27] Khashgerel, Bat-Erdene R, Robert O, et al. Geology and reconnaissance stable isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, south Gobi, Mongolia[J]. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, 2006, 101(3): 503-522.
- [28] 杨合群, 赵国斌, 李文明, 等. 内蒙古盘陀山-鹰嘴红山含钨花岗岩带形成时代及源区示踪[J]. 地质与勘探, 2010, 46(3): 407-413.
- [29] Xia L Q, Li X M, Xu X Y, et al. Petrogenetic evolution of the Bayan Gol ophiolite—Geological record of an Early Carboniferous “Red Sea Type” ocean basin in the Tianshan Mountains, North-western China[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(2): 174-192.
- [30] 夏林圻, 李向民, 夏祖春, 等. 天山石炭—二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱[J]. 西北地质, 2006, 39(1): 2-49.
- [31] 聂凤军, 江思宏, 刘妍, 等. 内蒙古黑鹰山富铁矿床磷灰石钐-钕同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(2): 50-56.
- [32] 李向民, 夏林圻, 夏祖春, 等. 东天山企鹅山群火山岩锆石 U-Pb 年代学[J]. 地质通报, 2004, 23(12): 1215-1220.
- [33] 陈富文, 李华芹, 陈毓川, 等. 东天山土屋—延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义[J]. 地质学报, 2005, 79(2): 256-261.
- [34] 聂凤军, 屈文俊, 刘妍, 等. 内蒙古额勒根斑岩型钼(铜)矿化区辉钼矿铼-钼同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(6): 638-646.
- [35] 郭宏, 李霞, 毛启贵, 等. 新疆东天山岩浆铜镍硫化物矿床地质特征及成矿环境[J]. 新疆地质, 2006, 24(2): 135-140.
- [36] 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 等. 内蒙古流沙山金(钼)矿床地质特征及矿床类型的划分[J]. 地质地球化学, 2002, 30(1): 1-7.
- [37] 张新虎, 苏犁, 崔学军, 等. 甘肃北山造山带玉山钨矿成岩成矿时代及成矿机制[J]. 科学通报, 2008, 53(9): 1077-1084.
- [38] 李华芹, 陈富文, 梅玉萍, 等. 新疆坡北基性—超基性岩带 号岩体 Sm-Nd 和 SHRIMP U-Pb 同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 463-469.
- [39] 姜常义, 程松林, 叶书锋, 等. 新疆北山地区中坡山北镁铁质岩体岩石地球化学与岩石成因[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 115-126.
- [40] 李华芹, 梅玉萍, 屈文俊, 等. 新疆坡北基性—超基性岩带 10 号岩体 SHRIMP U-Pb 和矿石 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(5): 633-642.
- [41] 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, 2004, 20(2): 357-359.
- [42] 吴华, 李华芹, 莫新华, 等. 新疆哈密白石泉铜镍矿区基性—超基性岩的形成时代及其地质意义[J]. 地质学报, 2005, 79(4): 498-502.
- [43] 杨合群, 李英, 杨建国, 等. 北山造山带的基本成矿特征[J]. 西北地质, 2006, 39(2): 78-95.
- [44] 王立社, 杨建国, 谢春林, 等. 甘肃怪石山铜镍矿化基性超基性岩成矿潜力研究[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(3): 392-399.
- [45] 李丽, 杨永强, 王育习. 甘肃北山地区怪石山含铜镍矿化镁铁质—超镁铁质杂岩体的地球化学特征及成因机制[J]. 世界地质, 2010, 29(1): 16-27.
- [46] 杨福新, 李为民, 陈岱, 等. 内蒙古小红山钒钛磁铁矿床成矿特征及成因探讨[J]. 西北地质, 2010, 43(3): 66-74.
- ① 中国地质调查局西安地质调查中心. 西北地区矿产资源潜力评价项目总体设计(2011—2013 年). 2011.
- ② 中国地质调查局西安地质调查中心. 内蒙古月牙山—盘陀山一带铜钨多金属矿评价成果报告. 2008.
- ③ 甘肃力学区测队. 中华人民共和国区域地质调查报告(1:20 万五道明幅, K-47-28). 1977.
- ④ 甘肃有色金属地质研究所. 甘肃北山地区海相火山岩及其与铜多金属矿成矿关系研究. 1995.
- ⑤ 中国地质调查局西安地质调查中心. 北山成矿带找矿重大疑难问题研究成果报告. 2008.