文章编号:0258-7106(2004)01-0020-11

西南天山成矿规律及其与境外对比研究*

杨建国[1]　闫晔轶[2]　徐学义[1]　马中平[1]　赵仁夫[1]　姚文光[1]

(1 西安地质矿产研究所,陕西 西安　710054;2 陕西省地质矿产实验研究所,陕西 西安　710054)

摘　要　文章依据成矿地质构造背景、含矿岩石建造、成矿时代和主要矿种,在简要论述中国西南天山成矿带中金属矿床地质成矿特征和时空分布规律的基础上,与境外南天山成矿带进行了详细对比研究,进而明确了境内外成矿的差异性,指出该区的主攻矿种及其主攻矿床类型,提出了下一步地质找矿工作的重点部署地区。

关键词　地质学　金属矿床　成矿规律　对比研究　西南天山

中图分类号:P612　　文献标识码:A

中亚南天山以产有许多大型-特大型金、汞、锑矿床及钨、锡、钼等稀有矿床而闻名于世,本文所涉及的西南天山成矿带位于塔里木盆地以北,汗腾格里峰以西,是中亚南天山山脉在中国境内的东延部分。西南天山全长约 550 km,宽 50～100 km。迄今为止,带内已发现的重要金属、非金属矿产有金、铀、铅、锌、铁、铜、钒、钛、锡、煤、磷灰石、石膏等 60 余种,是中国有色、贵金属及能源矿产的后备基地之一。数十年的地质勘查结果显示,作为中亚南天山的东延部分,中国西南天山的资源潜力仍处于似明非明的境况。新一轮地质大调查把该区作为 14 个重要成矿区带之一,正是为了查明区内是否具有形成境外优势矿产的成矿地质背景和资源前景,为国家提供有色及稀有矿产资源的后备基地。近年来,笔者通过"西南天山矿产资源综合潜力评价"项目的实施,在对带内金属矿产的成矿地质条件、成矿规律系统总结的基础上,重点加强了它们与境外南天山成矿带的对比研究,进而对该区今后的找矿前景进行评价。

1　地质背景

西南天山成矿带位于中亚天山成矿带的东南部位,呈近东西走向,空间分布与南天山造山带西段一致,其北为中天山纳仑-萨雷贾兹中间地块,南为塔里木板块。研究表明,包括西南天山在内的南天山自新元古宙以来经历了两次开合演化,最终形成由诸多微陆块和褶皱带组成的复合型造山带(王作勋等,1990;肖序常等,1992;张良晨,1994)。从区域地质构造背景上看,西南天山成矿带包括两个构造单元(图 1):北为南天山造山带,属塔里木板块北缘晚古生代早期构造-建造带,火山作用均相对强烈,岩石区域变形程度高,与其他地区形成鲜明的对比。该带发育志留纪-泥盆纪具浊流沉积特征的复理石碎屑岩夹碳酸盐岩和蛇绿岩建造,岩石组合为变长石石英砂岩、粉砂岩及含炭千枚岩化泥质板岩等,火山岩主要为超镁铁岩、玄武岩、细碧岩、细碧玢岩、钠长粒玄岩和少量中性火山岩;南为塔里木古陆及其被动陆缘,具有统一的前震旦纪变质基底,广泛发育震旦纪—古生代碎屑岩-碳酸盐岩稳定沉积盖层。

2　成矿规律

2.1　西南天山地区矿产概况

中国西南天山地域辽阔,但已探明的矿产资源贫乏。据不完全统计,区内有矿点、矿化点 250 余处。其中金属矿(化)点近百处,非金属矿产地 150 余处。金属矿产主要有金、铅-锌、铁,其次为稀土、锶、钒、铜、锑、汞、锡等;非金属矿产以石膏、磷矿为主,次为黄铁矿、粘土、冰洲石等。截止目前,已知西南天山产有大型金矿床 1 处,矿点 3 处,矿化点十余处;中型铅-锌矿床2处,小型3处;大型稀土、钒钛磁

* 本文由中国地质调查局大调查项目(编号:199910200249)资助

第一作者简介　杨建国,男,1962 年生,副研究员,主要从事贵金属地质及矿床地球化学研究工作。

收稿日期　2003-06-04;改回日期　2003-09-04。张绮玲编辑。

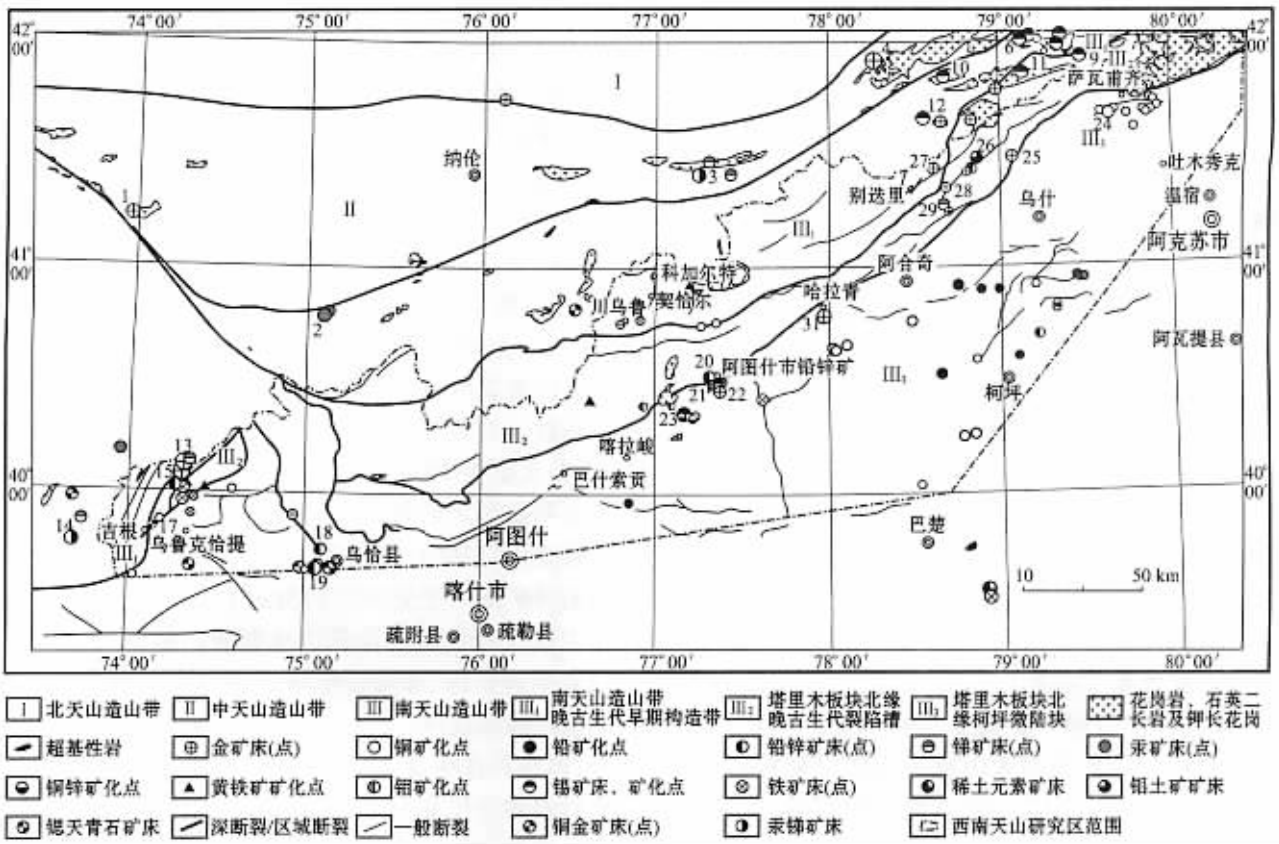

图 1　西南天山与北邻地区构造简图及金属矿产分布图(据新疆地质八队❶及陈哲夫等,1999 资料编绘)

境外主要矿床名称：1—马克马尔金矿床；2—阿特巴西汞(锑)矿床；3—乌留克特汞锑矿床；4—库姆托尔金矿床；5～12—萨雷贾兹钨锡矿田；5—列西特锡矿床；6—特鲁多沃耶锡钨矿床；7、8 阿特贾依劳锡矿床；9—塔什科罗锡钨矿床；10—阿奇阿特库特锡钨矿床；11—乌奇科什康锡矿床；12—萨雷布拉克锡矿床；13—萨瓦亚尔德锑铅金矿床；14—东阿赖汞锑矿床。西南天山代表性矿床(点)名称：金矿床(点)：15—萨瓦亚尔德锑金矿床；16—萨瓦亚尔德金多金属矿点；17—吉根铜金矿化点；22—艾西灭金矿点；25—卡恰金矿点；27—库台斯曼金矿点；28—布奄金矿点；31—布隆金矿床。铅锌矿床(点)：18—萨里塔什铅锌矿床；19—乌拉根铅锌锶矿床；20—霍什布拉克铅锌矿床。汞-锑矿床(点)：24—克孜勒库当汞矿点；29—卡拉脚古牙锑矿点。其他类型矿床：21—卡拉丘别锡钼矿点；23—塔木锡矿点；26—乌什北山铝土矿床；33—瓦吉尔塔格稀土矿床

Fig. 1　Diagrammatic map showing tectonic framework and distribution of metallic deposits in Southwest Tianshan Mountains and northern neighboring areas

Major ore deposits outside China：1—Makemaer Au deposit；2—Atebaxi Hg (Sb) deposit；3—Wuliuket Hg-Sb deposit；4—Kumutuer Au deposit；5～12－Saleijiazi W-Sn orefield；5—Liexit Sn deposit；6—Teluduowoya Sn-W depsoit；7,8—Atejiayilao Sn deposit；9—Tashikeluo Sn-W deposit；10—Aqiatekut Sn-W deposit；11—Wuqikeshikang Sn deposit；12—Saleibulak Sn deposit；13—Sawayaerd Sb-Pb-Au deposit；14—East Alai Hg-Sb deposit. Representative ore deposits (ore spots) in the Southwest Tianshan Mountains：Gold deposits (ore spots)：15—Sawayaerd Sb-Au deposit；16—Sawayaerd Au-polymetallic ore spot；17—Jigen Cu-Au mineralized spot；22—Aiximie Au ore spot；25—Kaqia Au ore spot；27—Kutaisiman Au ore spot；28—Buan Au ore spot；31—Bulong Au deposit. Lead-Zinc ore deposits (ore spots)：18—Salitashi Pb-Zn deposit；19—Wulagen Pb-Zn-Sr deposit；20—Huoshibulak Pb-Zn deposit. Mercury-antimony deposits (ore spots)：24—Kezilekudang Hg ore spot；29—Kalajiaoguya Sb ore spot. Other types of ore deposits：21—Kalaqiubie Sn-Mo ore spot；23—Tamu Sn ore spot；26—Wushibeishan bauxite deposit；33—Wajiertage REE deposit

矿床各 1 处。除非金属矿产和铁矿外,其他矿种均未形成规模,且分布零星(图 1)。

2.2　矿床类型

根据西南天山内已有金属矿床、矿(化)点的矿化特征,可将它们归纳为如下 7 种主要矿床类型：①沉积碎屑岩容矿的微细浸染型金矿床,以萨瓦亚尔德锑金矿床为代表(叶庆同等,1998)(图 1)；②火山岩容矿的破碎蚀变岩型金矿床,以卡恰金矿点为代

❶ 新疆地质八队. 1996. 阿克苏地区及邻区 1:50 万地质矿产图.

表；③热液脉状金矿床，以布隆金矿床为代表；④层控热液改造型铅锌（锶）矿床，以霍什布拉克铅锌矿床为代表；⑤热液脉状汞锑-多金属矿床，分别以坎岭铅锌矿床、卡拉脚古牙锑矿点、克孜勒库当汞矿点和铁克里克铜矿点为代表；⑥与碱性侵入岩有关的稀土、锡、钼多金属矿化，分别以瓦吉尔塔格矿床、塔木和卡拉丘别矿化点为代表；⑦风化壳型矿床，以艾西灭金矿点和乌什北山铝土矿床为代表。

上述不同类型矿床（化）的主要特征综合于表 1。

2.3 成矿规律

西南天山地区虽然经历了漫长的地质历史演化，但该区已知的内生成矿作用相对简单，矿化类型较少，成矿时期主要集中于晚古生代。西南天山不同类型矿床、矿（化）点的空间分布具有如下规律：

（1）不同类型矿床受控于一定的大地构造单元

①以含炭千枚岩化泥质岩为容矿岩石的金、锑矿产主要分布于塔里木板块北缘东阿赖和阔克萨勒岭地区，位于吉根—萨瓦亚尔顿—艾克提克—阔克萨勒深断裂以北的南天山晚古生代早期构造-建造带中；晚志留世—早泥盆世含炭沉积碎屑岩、火山沉积碎屑岩，蚀变超镁铁岩中均有很好的金、锑异常显示；②构造蚀变岩型金矿（化）点主要分布于塔里木板块北缘的晚古生代裂陷槽中，集中于构造活动的布隆-乌什北山地区泥盆纪—石炭纪陆源碎屑岩及碳酸盐地层中；③层控热液型铅锌矿床主要分布于晚古生代裂陷槽、中-新生代拉分盆地及其中的泥盆系推覆体或构造窗中，往往与后期热液的活化有关；④受构造控制的铅锌矿床，脉状金、锑矿床（点）、主要分布于柯坪古生代陆棚区，与区域性断裂关系密切。⑤砂岩型铜矿床主要赋存于中新生代砂岩中；⑥锡矿产主要分布于霍什布拉克地区花岗岩与钙质泥岩或碳酸岩的接触带中。以上矿种受大地构造背景、地层、岩性及断裂控制强烈，常集中呈带状或成群分布。

（2）矿床受特定的层位和岩性控制

西南天山地区广泛出露元古代—第三纪各个时期的陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造，局部发育火山岩建造。但成型金矿床（点）主要赋存于上志留统—下泥盆统、下石炭统的含炭砂页岩、砂岩、粉砂质泥岩中；中小型铅锌矿床主要赋存于下奥陶统、中泥盆统、下石炭统及第三系 4 个不同时代的碳酸盐岩中；汞矿化赋存于震旦系砂岩、砂砾岩中；锑矿点赋存于下石炭统灰岩中及其与粉砂泥质板岩的接触带；锡、钼矿（化）点和稀土元素矿化总是与偏碱性侵入体后期脉岩及接触带内的各种蚀变岩（夕卡岩或磁（硼镁）铁矿）形影不离。由此可见，除锡、钼及稀有元素矿化具有特征的岩浆属性外，区内 S_3-D_1、D_2、C_1、E 几个不同时代的碎屑岩是 Au、Hg、Sb 矿床的主要赋矿层位，而碳酸盐岩则是 Pb、Zn 矿床的主要赋矿层位。

（3）矿床与断裂构造密切相关

区内成型金属矿床表现出与深大断裂带的空间一致性。西段东阿赖地区萨瓦亚尔顿大型锑金矿床、吾瓦金-铅锌多金属矿点及吉根铜金矿点的空间分布明显受北东向吉根—萨瓦亚尔顿深大断裂带中的强变形带制约；向东至乌恰一带，萨里塔什与乌拉根铅锌矿床产于受 NW 向费尔干纳断裂带控制的中新生代拉分盆地内及其边缘断裂两侧；中段霍什布拉克铅锌矿床、布隆金矿床产出位置与晚古生代裂陷槽南缘断裂（喀拉铁克大断裂）的空间部位完全吻合；即使具有明显成矿专属性的锡、钼矿化点，其成矿母岩的侵位亦明显受近南北向基底断裂的控制；东段乌什北山一带卡拉脚古牙锑矿点、卡恰金矿点及铁克里克铜矿点均沿西南天山南缘断裂分布。

（4）成矿时代的一致性

据现有资料，萨瓦亚尔顿锑金矿床主成矿期矿脉的 Rb-Sr 等时线年龄为（260 ± 5）Ma～（231 ± 10）Ma（本文；叶锦华等，1999），布隆金矿床含金石英脉 Rb-Sr 等时线年龄为（258 ± 15）Ma，霍什布拉克铅锌矿床块状矿脉 Rb-Sr 等时线年龄为（265 ± 12）Ma❶，塔木锡、钼矿化点成矿母岩锆石 U-Pb 和谐年龄为 261.5 Ma～（229.25 ± 2.5）Ma（杨富全等，2001）。从上述数据可知，尽管区内矿床或矿（化）点赋矿地层时代不同，矿化种类各异，但其成矿作用发生时代相近，均与晚海西期-印支期构造、岩浆作用有关。

3 境内外对比研究

3.1 境外矿产概况

中亚天山的南天山构造-成矿带是世界上著名的金-汞-锑-稀有金属成矿带，该带从乌兹别克斯坦、坦吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦直接延伸到中国新疆境

❶ 李华芹等私人通讯交流，2001.

表 1 中国西南天山主要类型矿床(点)矿化特征一览表

Table 1 Mineralization features of major types of metallic deposits in the Southwest Tianshan Mountains, China

	微细浸染型金矿床	破碎蚀变岩型金矿床	热液脉状金矿床	层控热液改造型铅锌锶矿床	热液脉型汞、锑、铜、铅-锌矿床	与侵入岩有关的稀土及夕卡岩型含锡、钼多金属矿化	风化壳型矿床
矿床实例	萨瓦亚尔顿锑金矿床、萨瓦亚尔顿金-多金属矿点、库台斯曼金矿化点	卡恰金矿点、吉根铜金矿化点	布隆金矿床、布奄金矿点	霍什布拉克、萨里塔什及乌拉根铅锌锶矿床	坎岭铅锌矿床、卡拉脚古牙锑矿点、克孜勒库当汞矿点和铁克里克铜矿点	瓦吉尔塔格稀土矿床、塔木锡矿点和卡拉丘别锡-钼矿化点	艾西灭金矿点和乌什北山铝土矿床
构造背景	南天山造山带	南天山造山带及塔里木板块北缘晚古生代裂陷槽	塔里木板块北缘柯坪微陆块及晚古生代裂陷槽	塔里木板块北缘晚古生代裂陷槽、中-新生代拉分盆地或山前拗陷	塔里木板块北缘柯坪微陆块及晚古生代裂陷槽	塔里木板块北缘巴楚隆起及柯坪微陆块	塔里木板块北缘柯坪微陆块及晚古生代裂陷槽
含矿建造	以S_3-D_1含炭细碎屑岩、泥质碳酸盐为主,其次为C碎屑岩	S_3-D_1蛇绿混杂岩,C_{3-2}中酸性火山-次火山岩	D-C碎屑岩或碳酸盐建造	D_2碳酸盐建造,C、E碎屑岩建造	铜、铅锌矿床主要与O、D及C碳酸盐岩建造有关,汞、锑主要与Z、D及C碎屑岩有关	磷灰石-碳酸岩建造,石榴子石夕卡岩建造,夕卡岩-磁铁矿(硼镁铁矿)建造	碳酸盐岩古风化壳,含金多金属硫化物脉地表风化淋滤带
岩浆岩	无	基性、超基性岩岩块,辉绿岩脉安山(玢)岩脉	可有可无酸性脉岩	可有可无	无	与碱性超基性岩及偏碱性花岗岩结晶晚期的脉岩有关	可有可无酸性脉岩
赋矿岩性	含炭细砂岩、粉砂岩及粉砂泥质板岩	基性、超基性岩,安山(玢)岩	砂岩、厚层灰岩	薄层灰岩,白云岩、砂岩、粉砂岩	中厚层灰岩、砂岩、泥质粉砂岩	碳酸岩及碱性超基性岩;石榴子石透辉石夕卡岩	灰岩、泥灰岩
控矿及聚矿构造	古缝合带附近叠加于韧-脆性剪切带之上的断裂裂隙	区域性大断裂旁侧的片理化带及构造裂隙带	层间或穿层断层破碎带	位于区域大断裂带上或其上盘的层间破碎带	区域次一级断裂旁侧的断层破碎带	岩体接触带部位的放射状及层间裂隙	古风化壳或断层破碎带
矿体形态	似层状、板状	透镜状或鸡窝状	脉状	层状、似层状	脉状或透镜状	脉状或不规则状	似层状,囊状或不规则状
围岩蚀变	硅化、黄铁矿化、粘土化、碳酸盐化	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化	黄铁矿化、硅化、碳酸盐化	碳酸盐化、黄铁矿化、硅化、天青石化	碳酸盐化、黄铁矿化、硅化、重晶石化	碳酸盐化、夕卡岩化、黄铁矿化	粘土化
原生矿石矿物组合	①金-黄铁矿-毒砂-辉锑矿-辰砂-锑硫盐-石英-方解石-白云石; ②金-黄铁矿-毒砂-黄铜矿-方铅矿-闪锌矿-石英-方解石	①金-黄铁矿-毒砂-石英-方解石; ②金-黄铜矿-石英-菱铁矿-方解石-白云石;	①金-黄铁矿-重晶石-石英-菱铁矿; ②金-黄铁矿-方铅矿-黄铜矿-方解石-石英;	①方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-方解石; ②方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-重晶石-天青石-白云石-方解石	①方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-方解石; ②石英-辉锑矿-方解石; ③重晶石-辰砂-石英-方解石; ④方解石-黄铜矿-黄铁矿-闪锌矿	①石榴子石-透辉石-磁铁矿-硼镁铁矿-辉钼矿-黄铁矿-黄铜矿; ②磷灰石-烧绿石-方解石-白云石	①褐铁矿-粘土-水硬铝石-高岭石; ②自然金-褐铁矿-赤铁矿-孔雀石-粘土-石英
矿石组构	各种结晶粒状结构及交代结构,浸染状及网脉状构造	细粒结构,网脉状及浸染状构造	中粗粒结晶结构,块状、脉状及条带状构造	各种结晶粒状结构及交代结构,纹层状、条带状及浸染状构造	各种结晶粒状结构及交代结构,脉状、条带状、块状及团块状构造	自形粒状结构,块状、团块状、斑点状构造	环带结构、胶结结构,土状、蜂窝状、角砾状、皮壳状和胶状构造
金属元素组合	Au-As-Sb, Au-Pb-Zn-As-Sb(Sn)	Au-As, Au-Cu	Au-Sr, Au-Pb(-Cu)	Pb-Zn(Sr)	Cu-Pb-Zn, Hg-Sr, Sb(Hg), Cu-Zn	REE-Nb-P, Fe-Mo, Fe-Sn	Au-Cu, Al-(Au-Ag-Ga)
化探异常及元素组合	Au-As-Sb(Hg)	Au-As-Sb(Hg)	Au-As-Sb-Hg-Ba	Cu-Pb-Zn-Ag-(W-Sn-Nb)	Au-As-Sb-Hg、Cu-Pb-Zn Hg-As-Ba-Sb	W-Sn-Nb-Cu-Zn-Ag-As	Au-Cu-Zn, Au-As-Sb
成矿时代	(231±10)①~(260±5) Ma(萨瓦亚尔顿锑金矿床 Rb-Sr 等时线年龄)		(258±15) Ma(布隆金矿床 Rb-Sr 等时线年龄)	(265±12) Ma(霍什布拉克矿床 Rb-Sr 等时线年龄)②		(229.25±2.5)Ma~(261.5±2.7)Ma(与矿化有关的花岗岩锆石 U-Pb 年龄)③	

注:资料来源:① 叶庆同等,1998;叶锦华等,1999;2000;② 李华芹等,2001,私人通讯;③ 杨富全等,2001;其余为本文。

内，与中国的南天山构造-成矿带相连。目前矿带内已查明最重要的矿产有锑、汞、金、铜、钨、锡等。其中，大-中型矿产地数十处，形成克齐尔库姆（Au-Ag-W-Mo）、阿赖（Hg-Sb）、吉萨尔-泽拉夫尚（Au-Hg-Sb）及萨雷贾兹（Au-W-Sn）4 个重要的矿集区（图 2）。

中亚南天山成矿带中矿田（床）产出与分布具如下规律：①长期隆起古陆之间的活动带或古老中间地块边缘与全球巨型构造带的弧形拐弯或转折部位的空间复合是矿田产出的一级控矿构造，褶皱带边缘长期活动断裂带及几组基底隐伏断裂的交汇部位控制着矿集区的空间定位；②最重要的含矿建造是黑色页岩建造、镁质-钙质夕卡岩建造、含铜斑岩建造、砷-锑-汞似碧玉岩建造等（戴自希等，2001）；③金矿化以黑色岩系（穆龙套、道吉兹套、库姆托尔、萨瓦亚尔德、查尔库拉等）和热液网脉型矿化（扎尔米坦、吉拉乌、乔尔德等）为主，夕卡岩型（塔佩罗等）次之。钨矿化以夕卡岩型白钨矿和网脉状白钨矿为主，石英-黑钨矿建造次之。锡矿化以石英脉型和石英脉-云英岩型（萨雷贾兹矿田）为主，其次为夕卡岩型。汞锑矿化主要有似碧玉岩中的砷-汞-锑建造（海达尔坎汞锑矿床）、锑建造（卡达姆赛锑矿床）、碳酸盐蚀变带的汞建造（塞马甫汞矿床）和滑石菱镁岩中的汞建造（琼科伊汞矿床）4 种，矿体多呈整合似层状产出（陈哲夫等，1999）；④矿化集中区岩浆侵入体较发育，矿化明显受地层层位和花岗岩岩性控制；⑤成矿时代集中于华力西晚期—印支期。金、汞、锑主矿化期时代为二叠纪—三叠纪；钨锡钼矿化期主要为晚石炭世—二叠纪；⑥不同类型金属矿床的分带性十分清楚。西部以较高温的金、钨建造为主，中部为钨、锡多金属和稀有金属建造，东部则以较低温的汞、锑、金建造为主（图 2）。

3.2 成矿的相似性

包括西南天山在内的中亚南天山造山带是在罗得尼亚超大陆背景基础上，经早寒武世裂解，形成初始南天山古洋，后经早古生代和晚古生代两阶段开合演化，于中石炭世中期，古洋南侧的塔里木-卡拉库姆板块与北部的哈萨克斯坦-准噶尔板块对接碰撞形成的（何国琦等，2001；成守德等，2002）。在南天山古洋形成、演化和消亡过程中，境内外南天山的区域地质背景类似；大地构造位置、主要构造建造特征及地质历史演化、成矿地质环境具明显的一致性；成矿作用及矿化类型相似，成矿作用以中低温成矿为主，矿化主要为金、汞、锑、锡、钼等贵重、稀有金属矿化；成矿时代均集中于华力西晚期—印支期（285～220 Ma）。

鉴于以上诸方面的因素以及地理上直接相连，因此，人们在对西南天山资源潜力进行评价时常过分强调宏观上与境外南天山的相似性，而忽视了其内在的差异性。笔者通过综合研究认为，正是南天山造山带在纵向上由于基底结构、沉积建造、构造特点及岩浆岩发育程度的显著差异导致境外南天山蕴藏有丰富的大型、特大型金、汞、锑、钨、锡等矿产，而

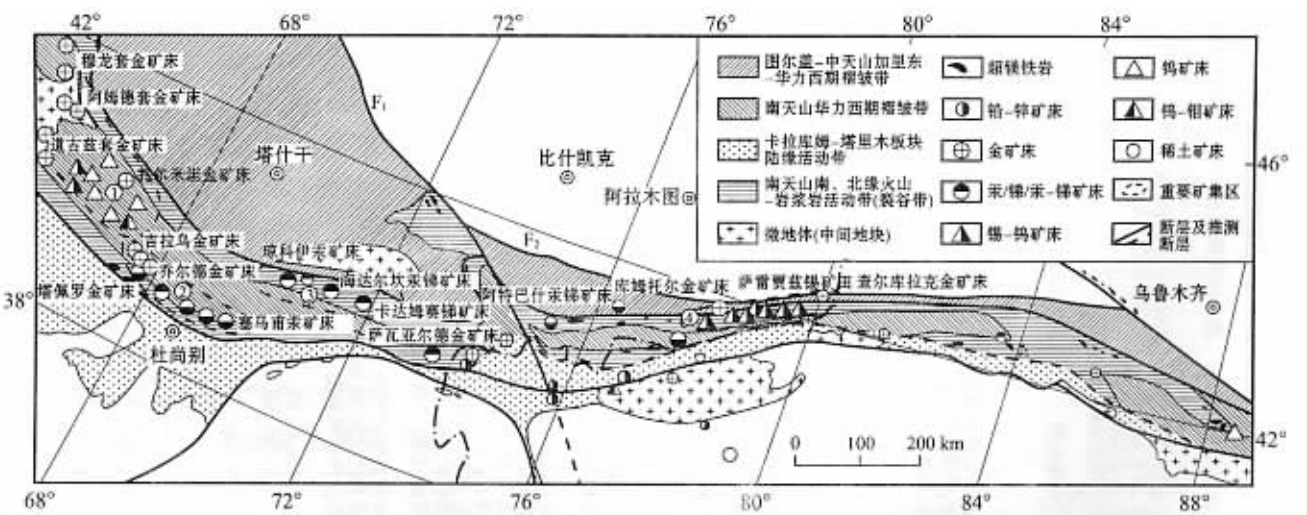

图 2 中亚南天山成矿带火山岩与大型金属矿产分布图（据陈哲夫等，1999 资料编绘）

①克齐尔库姆-努拉塔金钨钼矿集区；②吉萨尔-泽拉夫尚金汞锑矿集区；③阿赖汞锑矿集区；④伊塞克湖南侧萨雷贾兹金锡钨矿集区

Fig. 2 Geological map showing distribution of volcanic rocks and metallic deposits in the South Tianshan metallogenic belt of Central Asia

境内西南天山仅发现少数几个中-小型矿床(图 2)。

3.3　成矿地质背景的差异性

(1) 基底结构的东西向差异

从中亚莫氏面等深线图(图 3)可以看出，中亚南天山地壳厚度的变化趋势总体上是西薄东厚。境外南天山地区地壳厚度一般小于 60 km，尤其是南天山造山带西段地壳厚度更小，平均不到 45 km。大多数金、钨、钼、锡矿床位于克齐尔库姆和伊塞克幔凸边缘及幔坡带上，汞、锑矿床位于南天山幔沟南北两侧，这些地区属于地幔上隆区，或者属于超岩石圈断裂发育部位，是构造运动和岩浆作用最强烈的地区，亦是幔源物质上升的通道和空间部位。我国西南天山主体位于别迭里幔凹区，地壳厚度一般大于 60 km，构造演化没有境外南天山地区复杂。

(2) 含矿建造或岩石组合的显著差异

中亚南天山发育有多个时代的炭质细碎屑岩系和火山岩系，前者从元古代里菲纪—石炭纪均有沉积层位；后者在古生代不同时期均有产出。这些不同时代的含炭沉积物及火山岩中均含有超过背景值数十倍甚至上百倍的有色金属(Pb、Zn、Cu、Sb)、稀有金属(V、Mo、W、Hg)、贵金属(Au、Ag)和黄铁矿-多金属等，构成同生成矿阶段的贫矿胚胎，是中亚地区后来各种层控矿床和内生矿床形成的前提条件和矿质来源(Фрунзе，1984)。

在中亚南天山成矿带，从古生代洋盆拉张期的蛇绿岩建造、陆缘海盆及边缘斜坡环境的含炭泥质复理石-碳酸盐岩建造(尤其是黑色炭质页岩建造)，到石炭纪-二叠纪碰撞造山阶段，偏碱性花岗岩岩石组合均较发育。无论是黑色岩系金矿床，还是汞、锑矿床都毫无例外地产于含炭黑色泥质复理石(库姆托尔、穆龙套)、硅质碳酸盐岩建造(海达尔坎、卡达姆赛)及细碧岩-辉绿岩岩石组合中。即使与石炭纪—二叠纪各类花岗岩有关的金矿床、汞-锑矿床、钨-锡-钼矿床，其成矿岩体亦多侵位于黑色泥质复理石-碳酸盐岩建造中，显示了含炭碎屑岩与火山岩的初始矿源层作用。矿化类型上，金矿化以沉积-岩浆热液改造型、夕卡岩型、斑岩型及岩浆热液石英脉型为主，MVT 型含金黄铁矿-多金属矿化(汉迪扎)次之；汞、锑矿床矿化以似碧玉岩型及碳酸盐岩型为主；钨矿含矿岩石为花岗闪长岩-石英二长岩与碳酸盐岩建造，矿化以夕卡岩型白钨矿为主；锡矿含矿岩石以黑云母花岗岩-二云母花岗岩-浅色花岗岩为主，矿化以云英岩型及石英脉型为主(陈哲夫等，1999)。

我国西南天山地区金属矿床的赋矿时代主要为晚志留世-早泥盆世、中泥盆世、早石炭世及第三纪，含矿建造以浅海陆棚及陆缘裂陷槽碎屑岩-碳酸盐岩建造为主，仅在局部发育深海盆地相含炭泥质复理石建造(S_3-D_1、C_1)、炭质火山岩-碳酸盐岩-页岩建造(S_3-D_1)及造山期偏碱性花岗岩建造。从矿源层角度分析，境内西南天山除东阿赖吉根—萨瓦亚尔顿及托什罕河上游川乌鲁—齐齐尔加纳克河两地段发育(S_3-D_1)炭质火山岩-硅质岩-碎屑岩建造外，其

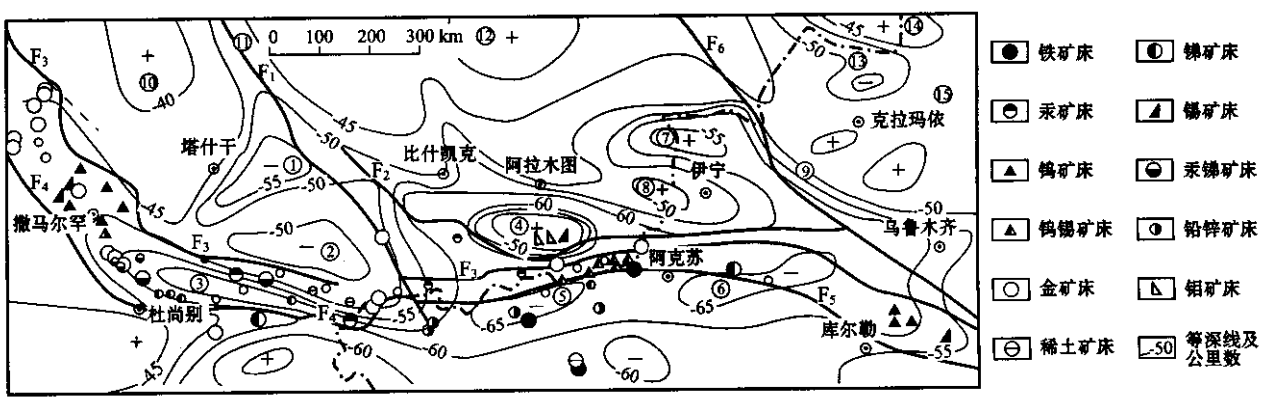

图 3　中亚莫氏面等深线图(据陈哲夫，1999 编绘)

天山幔隆区：①库拉马幔凹，②费尔干纳幔凹，③南天山幔沟，④伊塞克幔凸，⑤别叠里幔凹，⑥哈尔克山幔凹，⑦捷克利-赛里木湖幔凸，⑧伊犁河幔凸，⑨天山北缘幔陡坡带；努拉套-哈萨克斯坦幔隆区：⑩克齐尔库姆幔凸，⑪卡拉套幔沟，⑫巴尔喀什幔凸；成吉斯-阿尔泰幔坡区：⑬塔尔巴哈台幔凹，⑭斋桑幔凸；准噶尔-东疆幔隆区：⑮准噶尔幔坪。深断裂带及其编号：F1. 塔拉斯-费尔干纳深断裂；F2. 塔拉斯-费尔干纳-捷尔斯克伊-拉尔墩深断裂；F3. 别萨潘-南费尔干纳-伊内里切克深断裂；F4. 瓦哈希-吉根深断裂；F5. 艾克提克-阔克萨勒-哈尔克山-辛格尔深断裂；F6. 成吉斯汗-准噶尔-阿其克库都克深断裂

Fig. 3　The Moho contour map of Central Asia (Modified after Chen, 1999)

余大部分地区缺乏这一同生阶段的初始成矿胚胎。在矿化类型与含矿建造的关系上表现为，Au、Hg、Sb主要与碎屑岩建造有关，矿化以微细浸染型及低温热液脉型为主；Pb、Zn矿床与碳酸盐岩建造有关，矿化以层控沉积-改造型为主；Sn、Mo矿化与钾长花岗岩有关，矿化以夕卡岩型为主。

(3) 不同的控矿构造

境外南天山地区金、汞、锑、钨、锡矿床主要受2条巨型断裂带所控制(图3)。即南天山造山带北缘别萨潘—南费尔干纳—伊内里切克断裂带(F3)和南缘瓦哈希—吉根(南吉萨尔—卡拉捷金)断裂带(F4)，两者均为分隔不同构造单元的巨型穿透性断裂构造带，对岩浆活动和成矿作用起着决定性的作用。前者控制着南天山北缘火山岩带及金、汞、锑、钨、锡矿带的空间展布；后者主要控制着南天山南缘石炭纪—二叠纪构造-岩浆活化带及汞、锑、金矿带的区域分布。从矿田(床)产出的区域构造位置看，隐伏地块边缘、上述2条深大断裂带弧形转折部位，尤其是其与长期活动的近南北向、北东向穿透性基底断裂交汇部位，以及有基底岩系出露、并被上述构造带所切割的一系列构造断块是矿田产出的二级控矿构造。如南天山西段穆龙套金、钨、钼矿集区位于全球性乌拉尔南北向构造带转为近东西向天山构造带的转折部位；中段东阿赖汞、锑矿集区产于锡尔顿地块南侧，吉萨尔-泽拉夫尚金、汞、锑矿集区产于南天山南缘断裂(南吉萨尔—卡拉捷金)由近东西向转为北西向弧形转折端内侧；东段库姆托尔地区的金、锡矿田(库姆托尔金矿、萨雷贾兹锡矿田)产于伊塞克地块弧形构造的东南翼。

境内西南天山地区主体位于塔里木板块北缘和南天造山带南缘，远离天山晚古生代缝合线(南天山北缘断裂)，基底断裂不发育，区域性大断裂通常作为矿带空间分布的一级控矿构造。

(4) 火山岩及中酸性侵入体发育程度的差异

前人研究表明，境外南天山南、北缘各发育有一条晚奥陶世-早泥盆世优地槽型火山岩带(周济群等，1995；陈哲夫等，1999；图2)。北带西起塔姆德套山北坡，沿阿赖山北坡，经纳伦盆地，向东一直延伸到中国南天山哈尔克山北坡一带，断续长达近千公里。火山岩组合为细碧质基性火山岩和超基性岩；南带沿吉萨尔山南坡-东阿赖—迈丹他乌山北坡分布，火山岩组合与北带相似，但其中发育有较多较酸性的火山岩类。上述两个火山岩带中及其两侧广泛发育海西期中酸性侵入岩类(图4)，尤其是在北带北

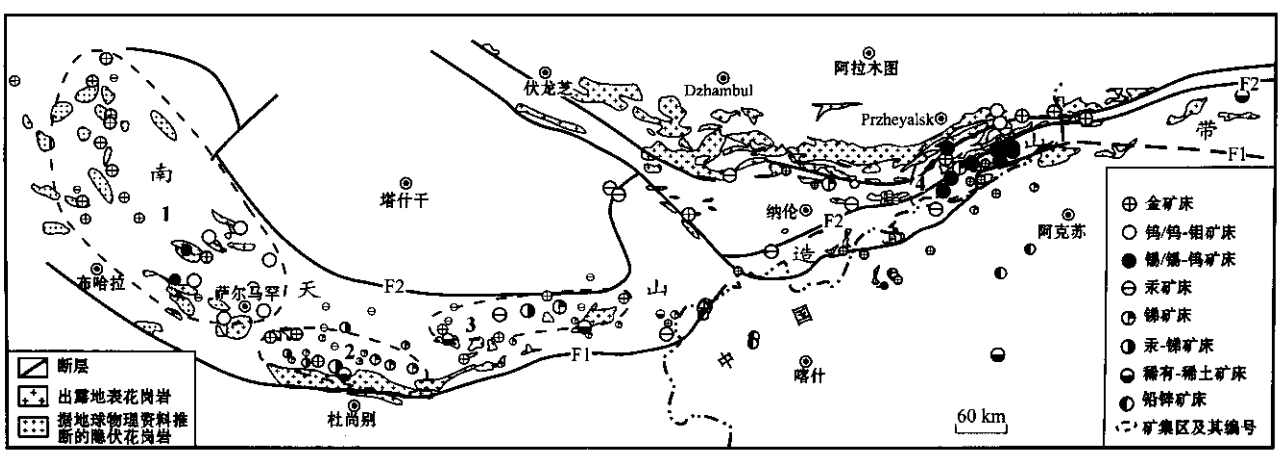

图4 南天山花岗岩及金属矿产分布图❶❷

F1—南天山南缘断裂；F2—南天山北缘断裂；1—克齐尔库姆-努拉塔金钨钼矿集区；2—吉萨尔-泽拉夫尚金汞锑矿集区；3—阿赖汞锑矿集区；4—伊赛克湖南侧萨雷贾兹金锡钨矿集区

Fig. 4 The distribution of granites and metallic deposits in the South Tianshan Mountains

F1—Fault on the southern margin of South Tianshan Mountains; F2—Fault on the northern margin of South Tianshan Mountains; 1—Keqier-kumu-Nulata Au-W-Mo ore concentration area; 2—Jisaer-Zelafushang Au-Hg-Sb ore concentration area; 3—Alai Hg-Sb ore concentration area; 4—Saleijiazi Au-Sn-W ore concentration area on the southern side of the Yisaik Lake

❶ 新疆地矿局地质矿产研究所，地质矿产部情报研究所. 1987. 中国新疆周边国家矿产地质特征及成矿规律情报调研报告(内部资料).

❷ 新疆地质八队. 1996. 阿克苏地区及邻区1:50万地质矿产图(内部资料).

侧形成长达数百公里的花岗岩带。大规模的火山侵入活动不仅从深部带来大量的成矿物质，并为矿床最终形成提供了热动力条件。火山岩带与花岗岩带的空间叠合造就了境外 4 个最大矿集区，即克齐尔库姆金-钨-钼矿集区、阿赖汞-锑矿集区、吉萨尔金-汞-锑矿集区及萨雷贾兹金-钨-锡矿集区。

中国西南天山火山岩和花岗岩类侵入体不甚发育，火山岩仅见于该区西端吉根—萨瓦亚尔顿和中段阔克萨勒岭一带上志留统—下泥盆统地层中，其空间位置大体是境外火山岩带的东延部分。花岗岩类侵入体更是寥寥无几，全区仅有 12 个花岗岩体，缺乏形成大型矿床的热动力背景。

(5) 剥蚀程度的明显差异

境外南天山 4 个重要矿集区均处于古老地块边缘或地背斜隆起区，除阿赖汞锑矿集区外，其他 3 个矿集区(克齐尔库姆金钨钼、吉萨尔金钨汞锑及萨雷贾兹金钨锡矿集区)内均广泛出露有元古代里菲纪、文德纪变质杂岩及早古生代(寒武纪—志留纪)沉积建造，花岗岩基或岩株大面积出露，矿化元素组合为 Au、Ag、W、Sn、Mo、Bi 等中高温元素，属中深剥蚀程度(>6 km)，地形以低山丘陵和中低山区为主(海拔高度一般小于 2000 m)；中国西南天山造山带除东阿赖与阔克萨勒岭两地段近国境线附近出露早古生代晚期沉积建造外，其余均为晚古生代沉积建造组合，前寒武纪变质杂岩仅在局部出露(乌鲁克恰提东北)，仅有的 12 个花岗岩均以小岩株分布于 76°30′以东近国境线附近，海拔高度主要位于 3500～4500 m，成矿及化探元素组合为 Au、Pb、Zn、Ag、Hg、Sb、As 等低温元素，反映区内剥蚀程度浅(<4 km)，难以在地表及浅部发现类似境外的世界级金、钨、锡、钼矿床。

上述诸方面因素的差异性决定了南天山成矿带不同部位矿化类型及强度的明显不同。

3.4　成矿区带横向对比

笔者以成矿大地构造背景及构造-建造带为基础，结合中国西南天山地质构造单元的地质发展史、沉积建造类型、成矿条件和成矿特点，将中国西南天山划分为 3 个Ⅲ级成矿带和 11 个Ⅳ成矿区(带)。与境外南天山成矿带(图 5)相比，可以看出，资源潜力巨大，以汞、锑、金矿化集中发育而闻名于世的阿赖带和以金、钨、锡集中发育的泽拉夫尚—吉萨尔带均被断裂阻截而未延入中国，而延伸至中国境内的主要是其矿带南部的南缘，仅涉及东阿赖、阿克塞、迈丹塔格、阔克萨岭等少数几个构造建造带，这些地段均处于边境地带的高山区(天山主峰)，长期以来多数区段为军事禁区，自然地理条件恶劣，工作程度极低，找矿潜力不明朗。但从现有资料及已有矿产种类及矿化元素组合看，上述各带矿化主要以汞、

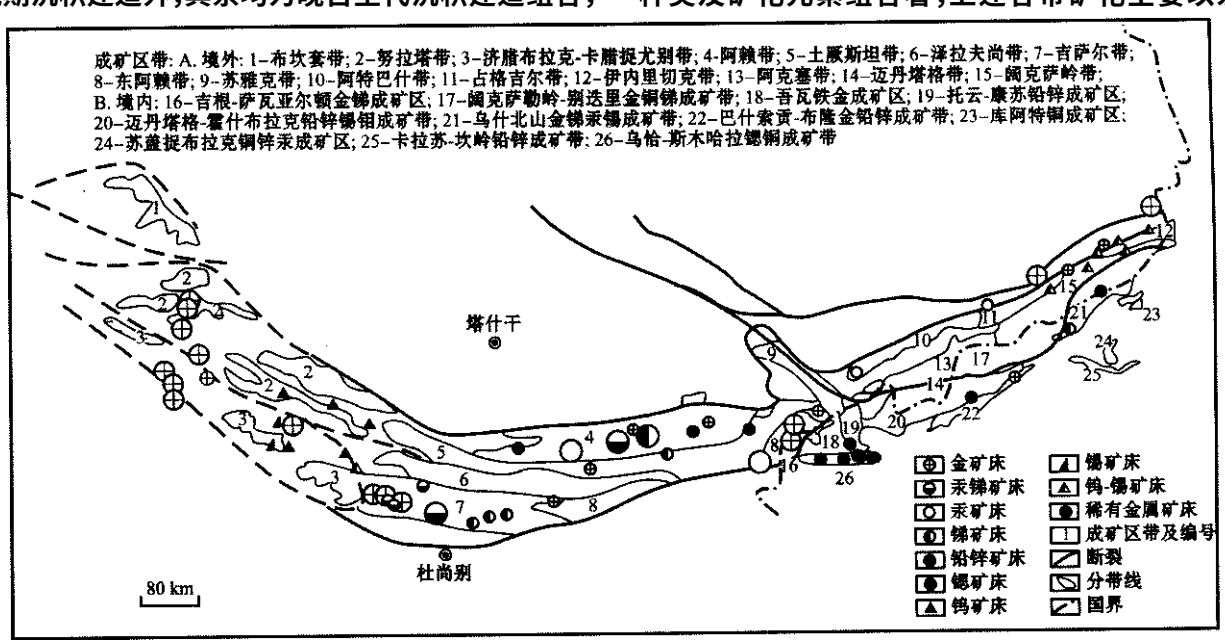

图 5　西南天山及邻区成矿区带划分及金属矿床分布图(境外资料据 Вировец，1984)

Fig. 5　Diagrammatic geological map showing division of metallogenic zones and distribution of metallic deposits in Southwest Tianshan Mountains and neighboring areas

锑、金、铅和锌等低温元素为主，矿床类型有层控热液型和构造蚀变岩型，矿床规模以中、小型为主且较分散。因此，从成矿带横向对比角度考察，中国西南天山的成矿地质背景与境外明显不同，在进行区内找矿潜力评价时不能盲目寻找境外已有特大型、与花岗岩有关的高温 W、Sn、Au、Mo 等矿床，而要注重本区沉积改造型低温优势矿种的勘查与评价。

4 新一轮矿产勘查的对策及找矿方向

4.1 新一轮矿产勘查的对策

以上对比分析表明，中国西南天山成矿地质条件虽不如境外有利，矿产及矿床类型没有其丰富多样，矿床规模亦较小，但局部地段的成矿地质背景与境外亦有相似之处。另外，西南天山地域辽阔，工作程度低，除原有的铅锌矿床外，近年来相继在西南天山及其东邻发现了萨瓦亚尔顿、大山口、布隆等金矿床，卡拉脚古牙和查汗萨拉锑(银)矿床等，塔木和独山锡矿床，以及与花岗岩有关的夕卡岩型铜金多金属矿化(川乌鲁、老虎台)等。成矿条件和找矿现实显示仍具有一定找矿潜力。因此，在新一轮矿产勘查中，既要注意开展与境外矿产的横向对比研究，也要针对境内的客观实际情况开展工作，在主攻矿种和矿床类型上要与境外有所不同。笔者认为，西南天山地区主攻矿种应为金、铅、锌、锑，兼顾铜、锡(钼)、汞；主攻矿床类型应为沉积碎屑岩系中微细浸染型金矿床，其次为层控沉积-热液改造型铅锌矿床，兼顾碳酸盐岩与碎屑岩接触带层控热液型汞锑矿床及与花岗岩有关的铜、锡(钼)矿床的探查。

(1) 加大传统矿种的勘查力度

铅、锌一直是西南天山的优势矿产，尽管目前该地区无大型铅、锌矿床被发现，但中小型铅锌矿床已有数处，而已知矿点、矿化点多达数十处，铅重砂异常 60 余处。其赋矿层位有下奥陶统(坎岭)、中泥盆统(霍什布拉克)、早-中石炭世(沙里塔什)和第三系(乌拉根)，在一个地区受层位控制的铅锌就有 4 个层位，显示出较大的找矿潜力。

(2) 重视最具资源潜力的微细浸染型金矿的勘查与评价工作

与碎屑岩及碳酸盐岩有关的低温热液(微细浸染型)金矿床是今后西南天山地区的主攻和优势矿床类型。90 年代中期发现的萨瓦亚尔顿大型锑金矿床，形成于深大断裂带附近，赋存于复理石含炭细碎屑岩系中，沉积成岩-低级变质-构造热液叠加等多期次成矿作用复合、叠加，造就了该矿床的最终形成。西南天山从晚志留统—早泥盆统的陆缘拉张，到石炭纪的陆缘裂陷，广泛发育细碎屑复理石建造，为成矿提供了充足的矿源条件，碰撞造山期构造-热事件为矿质运移、聚集提供了热动力和储矿空间，矿床、矿(化)点具有集中呈带分布、矿体呈层状成群产出、矿化以金、锑、砷等低温元素为主要组分的特点，成矿地质条件优越。从区内分布众多金矿化点和大量 Au-As-Sb 化探异常的出现，已展示出良好的找矿前景。成矿地质背景与陕甘川及滇黔桂地区含炭细碎屑岩系金矿集区具有可类比性。

(3) 兼顾稀有-多金属矿的寻找

锡、钼矿产随着塔木、卡拉丘别及木扎尔特河上游矿化线索的发现，已引起关注。但鉴于西南天山有着独特的沉积建造组合、构造-岩浆活动特点，以及地质工作研究程度极低这一现状，在今后地质找矿工作中将有所侧重。

4.2 区域找矿方向的探讨

根据中亚地区大-特大型金属矿床矿集区产出的地质条件和空间分布规律，即自西向东，从最西端穆龙套矿集区—努拉套矿集区—库拉玛-泽拉夫尚矿集区—阿赖矿集区—萨雷贾兹矿集区，每一矿集区均分布在中亚成矿域东西向主干断裂与北东向基底断裂的交汇部位(Kudrin et al., 1990)，东西分布具等间距性，纬度相差约 4°，空间距离约 300 km。按照这一规律，西南天山西端吉根-塔尔库里、托什罕河上游阔克萨勒岭西段及乌什北山贡古鲁克—卡什列依 3 地段应作为西南天山今后开展工作的靶区：

(1) 东阿赖吉根-塔尔库里地段　为境外东阿赖或土厥斯坦汞锑金成矿带的东延部分，处于中亚天山成矿带一个等间距结点部位，是北东向阿特巴希-萨瓦亚尔顿-库达申汞锑金矿集区的组成部分，该矿集区目前发现 4 个汞、汞锑矿床(阿特巴西、库达申等矿床)、2 个锑矿床、2 个大型锑金矿床(萨瓦亚尔顿、萨瓦亚尔德)和 2 个铜金矿床。出露地层均为上志留统—下泥盆统含炭火山岩-硅质岩-细碎屑岩复理石建造，境内外具有相似的成矿地质背景和沉积建造组合，在西北有 4 片金异常区，并显示有 As、Sb、Hg、Ag、W、Cu 异常，是与细碎屑岩有关的微细浸染型金矿床产出的有利靶区。

(2) 托什罕河上游齐齐尔加纳克河—川乌鲁地段　包括 77°30′以西，马场—川乌鲁山口以北地区。

为境外阿克塞及阔克萨岭汞锑金成矿带在境内的延伸部分，处于北东向伊塞克湖—占吉尔—哈拉峻钨-钼(锡)-铁-铜(铅锌)-金矿集区的南段，该矿集区目前发现 2 个汞、汞锑矿床、2 个锑矿床、1 个铜金矿床、1 个中型铅锌矿床(霍什布拉克)及数个铅锌矿化点和锡(钼)矿(化)点。出露地层、沉积环境与东阿赖地区相似，为海西早期晚志留世—早泥盆世含炭火山岩-硅质岩-细碎屑岩复理石建造，区内环形构造发育，是西南天山火山岩和酸性侵入岩最发育的地区。有 5 片金异常区，并套合有 As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Mo、W 异常，具有形成与黑色岩系有关的穆龙套式和(或)南秦岭李坝微细浸染型金矿床的潜力，以及吉拉乌式夕卡岩型铜金矿床的成矿地质背景和沉积建造组合(陈哲夫，2002；毛景文等，2002；韦龙明等，1997)。

(3) 乌什北山贡古鲁克—卡什列依地段　该区北与境外阔克萨岭金-锡-汞-锑成矿带相邻，可能为该成矿带的南部，处于北东向萨雷贾兹-阿合奇金-锡-钨矿集区的南段。该矿集区目前发现 6 个大型锡-钨矿床、2 个大、特大型金矿床、数个金、铜金小型矿床和稀有金属矿点。出露地层为中泥盆统—石炭系细碎屑岩-碳酸盐岩建造，境内外成矿地质背景和沉积建造组合相似，但由于剥蚀程度的差异，境内中酸性小型侵入体出露很少，地表及浅部尚不具备寻找稀有金属矿床的条件。然而，区内基性岩脉较发育，众多 Au、As、Sb 综合化探异常沿断裂破碎带分布，分带和套合性均较好，具有微细浸染型金矿床的良好找矿前景。

致　谢　本文在撰写过程中得到任有祥和杨合群研究员的不吝指教，提出了许多宝贵意见，在此深表感谢！

References

Chen Z F, Zhou S Y and Wu T D. 1999. Caracteristic of large metallic ore deposits and metallogenic environment in Middle Asia [M]. Xinjiang: Xinjiang Tech. & Hygiene Pub. House. 58～69; 75～108(in Chinese).

Chen Z F. 2002. Metallogenic condtions and prosoecting target of supra-large gold deposits in South Tianshan of Xinjiang and Neighboring Areas[J]. Xinjiang Geology, 20(3): 229～232(in Chinese with English abstract).

Cheng S D, Liu C R and Xiao L X. 2002. Tectonic framework and evolution of Western Tarim basin and Neighbouing areas[J]. Xinjiang Geology, 20(Supp.): 13～25(in Chinese with English abstract).

Dai Z X, Bai Y, Wu C G, et al. 2001. Contrast study of the prospecting potential of copper-gold ore between west China and its adjacent area [M]. Beijing: Seismic Press. 64p(in Chinese).

He G Q, Li M S and Han B F. 2001. Geotectonic research of Southwest Tianshan and its west adjacent area, China[J]. Xinjiang Geology, 19(1): 7～11(in Chinese with English abstract).

Kudrin V S, Solov'yev S G, Stavinskiy V A, et al. 1990. The gold-copper-molybdenum-tungsten ore belt of the Tian Shan[J]. International Geology Review, 32(9): 930～941.

Mao J W, Han C M, Wang Y T, et al. 2002. Geological characteristics, metallogenic model and criteria for exploration of the large South Tianshan gold metallogenic belt in Central Asia[J]. Geological Bulletin of China, 21(12): 858～868(in Chinese with English abstract).

Wang Z X, Wu J Y, Lu X C, et al. 1990. Outline of tectonics of the Tianshan mountains of China[M]. Beijing: Science Press. 6～15 (in Chinese).

Wei L M and Tan Y J. 1997. The difference research between the micro-and fine-grained disseminated gold deposits in Qinling area and Yunnaa-Guizhou-Guangxi congiguous area[J]. Geological Review, 43(4): 420～426(in Chinese with English abstract).

Xiao X C, Tang Y Q, Feng Y M, et al. 1992. Tectonic evolution of the Northern Xinjiang and its adjacent regions[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 9～10(in Chinese).

Yang F Q, Wang L B, Ye J H, et al. 2001. Zircon U-Pb ages of granites in Huoshi Bulak area, Xinjiang[J]. Regional Geology of China, 20(3): 267～273(in Chinese with English abstract).

Ye J H, Ye Q T, Wang J, et al. 1999. Geochemistry and metallogenic mechanism of the Sawayaerdun gold-antimony deposit[J]. Mineral Deposits, 18(1): 63～72(in Chinese with English abstract).

Ye J H, Wang L B, Ye Q T, et al. 2000. Metallogenic epoch and ore-bearing age of the Sawayaerdum gold-antimony deposit in Tianshan mountains, China[J]. Acta Geoscientia Sinica, 20(3): 278～283 (in Chinese with English abstract).

Ye Q T and Ye J H. 1998. The metallogenic mechanism and genesis of the Sawayaerdun gold-antimony deposit[J]. Mineral Deposits, 17 (Supp.): 287～290(in Chinese).

Zhang L C, He G Q, Li M S, et al. 1994. Paleozoic crustal evolution and mineralization in Xinjian [M]. Xinjiang: Xinjiang People's Pub. House.

Zou J Q, Yang Z J, Qin Y X, et al. 1995. The volcanic rock and metal minerals between China and its adjacent area [M]. Xi'an: Xi'an Map Pub. House. 251～252.

Вировец B, B. 1984. Liu X Y, translater. Metallogenetic zoning of Alai—Kekesaer district in South Tianshan Mountains[J]. Xinjiang Geol. Tech., Supp: 43～48(in Chinese with English abstract).

Фрунзе. 1987. Gu F, translater. Stratabound ore deposit in carbonaceous black shale formation[J]. Xinjiang Geology & Technology, 19(3): 42～48(in Chinese).

附中文参考文献

陈哲夫，周守云，乌统旦. 1999. 中亚大型金属矿床特征与成矿环境[M]. 新疆：新疆科技卫生出版社. 58～69；75～108.

陈哲夫. 2002. 新疆与邻区南天山超大型金矿成矿条件和找矿方向[J]. 新疆地质，20(3)：229～232.

成守德，刘朝荣，肖立新. 2002. 塔里木盆地西部及邻区构造格局与演化[J]. 新疆地质，20(增刊)：13～25.

戴自希，白 冶，吴初国，等. 2001. 中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究[M]. 北京：地震出版社. 64 页.

何国琦，李茂松，韩宝福. 2001. 中国西南天山及邻区大地构造研究[J]. 新疆地质，19(1)：7～11.

毛景文，韩春明，王义天，等. 2002. 中亚地区南天山大型金矿带的地质特征、成矿模型和勘查准则[J]. 地质通报，21(12)：858～868.

王作勋，邬继易，吕喜朝，等. 1990. 天山多旋回构造演化及成矿[M]. 北京：科学出版社. 6～15.

韦龙明，谭运金. 1997. 秦岭地区与滇黔桂接壤区微细浸染型金矿的差异性研究[J]. 地质论评，43(4)：420～426.

肖序常，汤耀庆，冯益民，等. 1992. 新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京：地质出版社. 9～10.

杨富全，王立本，叶锦华，等. 2001. 新疆霍什布拉克地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄[J]. 中国区域地质，20(3)：267～273.

叶锦华，叶庆同，王 进，等. 1999. 萨瓦亚尔顿金(锑)矿床地质地球化学特征与成矿机理探讨[J]. 矿床地质，18(1)：63～72.

叶锦华，王立本，叶庆同，等. 2000. 西南天山萨瓦亚尔顿金(锑)矿床成矿时代与赋矿地层时代[J]. 地球学报，20(3)：278～283.

叶庆同，叶锦华. 1998. 新疆萨瓦亚尔顿金锑矿的成矿机制和成因[J]. 矿床地质，17(增刊)：287～290.

张良晨，何国琦，李茂松，等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 新疆：新疆人民出版社.

周济群，杨宗镜，秦元喜，等. 1995. 中国周边国家蚍邻地区火山岩与金属矿产[M]. 西安：西安地图出版社. 251～252.

Вировец В，В 著. 1984. 刘学义译. 南天山阿赖—科克萨尔区域的成矿带[J]. 新疆地质科技，增刊：43～48.

Фрунзе 著. 1987. 古方译. 李社高，王宝瑜，校. 炭质黑色页岩建造中的层控矿床[J]. 新疆地质科技，19(3)：42～48.

Metallogenic Regularity of Southwest Tianshan Mountains in Comparison with Neighboring Countries

Yang Jianguo[1], Yan Yeyi[2], Xu Xueyi[1], Ma Zhongping[1], Zhao Renfu[1] and Yao Wenguang[1]

(1 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2 Lab Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract

According to the metallogenic tectonic setting, ore-bearing formation, ore-forming epoch and main ore species, this paper deals briefly with the metallogenic geological features and space-time distribution regularities of the Southwest Tianshan metallogenic belt in comparison with the metallogenic belts in its neighboring countries. The major ore species (gold, lead and zinc) and the target areas for further exploration work are also pointed out.

Key words: geology, metallic deposit, metallogenic regularity, comparative study, Southwest Tianshan Mountains