

甘肃小柳沟钨钼多金属成矿区综合找矿模型研究

陈 福^{1,2}, 乔立斌¹, 陈进平¹

(1. 甘肃省有色金属地质四队, 张掖 734012; 2. 云南省有色地质 308 队, 个旧 661400)

[摘 要]通过对小柳沟钨钼多金属成矿区十多年积累的找矿信息的综合研究, 获得了关于本区成矿系统与找矿规律的系统整体认识。提出该成矿区成因类型属于多矿源改造、多期岩浆热液成矿型。受到地层、岩性、构造、多期岩浆活动等综合因素的有效组合、匹配和控制, 在元古宇镜铁山—朱龙关裂谷带中, 演化形成小柳沟钨钼多金属热液成矿系统。系统成矿空间巨大, 成矿层次清晰, 成矿分带与富集载体明确, 具有良好的找矿远景。对此, 提出了整体勘查靶位、靶体与策略。

[关键词]找矿史 成矿系统 找矿信息 系统找矿

[中图分类号]P618.67 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2007)06-0017-08

甘肃省有色金属地质四队经十多年的找矿工作, 在小柳沟地区 12km² 的范围内, 从一个铜铁矿点发展成为一个我国西北地区储量规模最大的特大型的钨、钼、铜、铁为主的多金属成矿集中区。

综合研究其找矿信息, 掌握了其成矿系统特征与找矿规律, 对指导找矿有重要的价值作用意义。

甘肃小柳沟位于祁连山间裂谷褶皱带西延、北祁连山弧盆系中元古宇镜铁山—朱龙关裂谷带。目前, 在该大地构造单元中相距不到 20km, 已有两大著名的成矿区, 即镜铁山—桦树沟特大型铜铁多金属成矿区与小柳沟钨钼铜铁多金属成矿区。

小柳沟钨钼铜铁多金属成矿区由 4 个钨钼铜多金属矿床、3 个铁矿床所组成, 即小柳沟、世纪、贵山、祁宝四个钨钼铜多金属矿床, 小柳沟、龙阿过龙、贵山 3 个铁矿床。钨、钼的储量已达特大型, 铁储量达大型, 铜、锡等伴生金属达中型, 此外还伴生铋、铅、锌、锑等多种金属物质。矿石类型主要有夕卡岩型、夕卡岩化角闪云母片岩型、蚀变千枚岩型、石英脉型、岩体接触蚀变岩型。

1 成矿区地质找矿信息

1.1 地层控矿

成矿区出露地层(图 1)主要为第四系(Q)、青白口大柳沟群(Qndl)、蓟县系镜铁山群(Jxjh)、长城系朱龙关群(Chzh)。

长城系朱龙关群地层占成矿区面积的 70%, 呈弧形分布, 属于一套含基性火山岩、钨钼铜铁多金属物质、碳酸碎屑岩盐、砂岩的海陆交互沉积岩系。主要岩性为绿泥千枚岩、碳质千枚岩、钙质千枚岩、石英岩、细砂岩、碳酸岩, 已达浅变质低绿片岩相, 普遍具有硅化、绢云母化及碳酸盐化。该套地层中的石英网脉、石英脉、薄层状灰岩、夕卡岩以及所夹角闪云母片岩岩层普遍具有钨钼铜铁等多金属矿化, 往往又直接构成钨、钼、铜、铁等多金属矿体。

长城系朱龙关群地层划分为上、下两个岩组 7 个岩性段, 其中, 上岩组 5 个岩性段, 下岩组两个岩性段, 小柳沟成矿区缺失上岩组第四、第五两个岩性段。上岩组第一、第三岩性段与下岩组聚集了 90% 以上的矿体, 是钨钼铜铁等多金属的主要赋矿层位。

上述特征反映出, 小柳沟成矿区具有明显的地层控矿规律。

1.2 岩石物理、化学特性与成矿

本区岩石的物理、化学特性及其岩性单元(体)的空间组织状态, 对成矿元素异向富集与分散具有直接控制作用。

1) 岩石化学特性与成矿

在早朱龙关世早期, 地壳整体抬升, 成矿区形成了一个叠加在早期海相裂谷环境之上的相对封闭稳定的环状盆地基底, 构成氧化沉积环境。该时期接受了大量的陆源碎屑沉积, 沉积成岩地层中, W、

[收稿日期]2006-09-04; [修订日期]2007-03-19。

[第一作者简介]陈 福(1966 年—), 男, 1987 年毕业于原桂林冶金地质学院, 获学士学位, 高级工程师, 现主要从事地质勘查及研究工作。

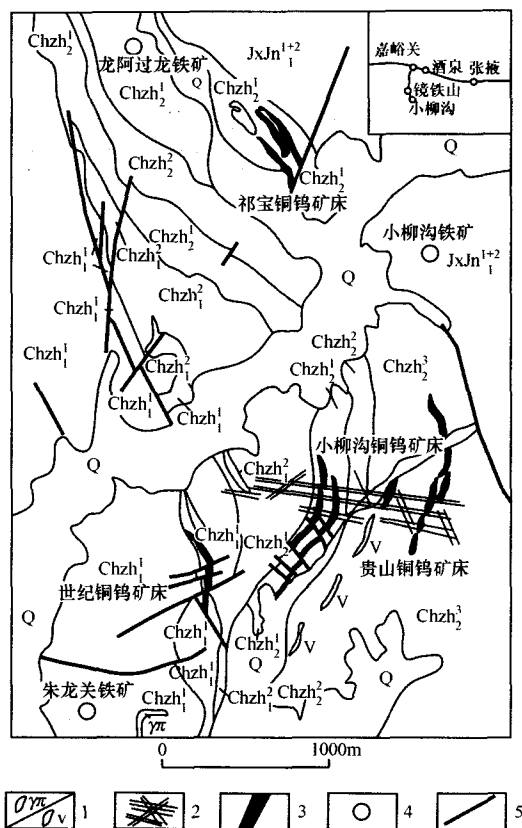


图1 小柳沟成矿区地质示意图

Q—第四系坡积、洪积物; JxJn₁₊₂—蓟县系镜铁山群下岩组; Chzh₃¹—长城系朱龙关群上岩组第三岩性段; Chzh₃²—长城系朱龙关群上岩组第二岩性段; Chzh₂¹—长城系朱龙关群上岩组第一岩性段; Chzh₂²—长城系朱龙关群下岩组上岩段; Chzh₁¹—长城系朱龙关群下岩组下岩段; 1—辉长岩/花岗斑岩; 2—石英网脉带、石英脉; 3—钨矿体; 4—铁矿床体; 5—断层

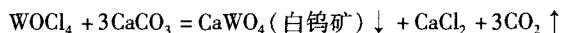
Mo、Sn、Bi 已有较高的本底含量, 富含 H₂S 和 CO₂、卤素物质。

在早朱龙关世晚期, 该区整体回返成海, 变成还原沉积环境。此时期, 在环状盆地基底上发育了裂隙式火山活动, 产生海底喷硫、喷气、裂隙式火山喷发以及各种物源混杂沉积特征, 带来了 Cu、Pb、Zn、Sd、Au 等偏基性的多金属物质。由于还原环境和硫逸度较高, H₂S 与 H₂WO₄ 反应后形成易溶的硫代钨酸钠热液。在沉积地质单元界面(主要是阻挡性岩层与导通性岩层接触界面)、断裂带、破碎裂隙带及其导通性岩层中, 淀积形成了钨矿的矿胚, 在一些局部有利聚集地段形成了矿(化)体。

加里东中晚期, 本区发生大规模的复式隐伏中酸性岩浆侵入活动并熔融了早期及上覆岩层中的富集物质, 形成了含矿岩浆与含矿热液, W、Sn 以络合

物的形式形成含矿热液, Mo、Cu、Bi 以硫化物的形式形成含矿热液, 各种含矿热液进一步发生迁移、充填、渗流、交代等矿化富集作用。

含矿热液遇含钙高的碳酸盐层时, 进行化学反应并析出了白钨矿, 形成层状、似层状的钨矿(化)体。其化学反应如下:



硫化物形式的含矿热液在在沉积地质单元界面、断裂带、破碎裂隙带及其导通性岩层中迁移、充填、渗流, 进行化学反应和蚀变, 最后淀积形成了辉钼矿、黄铜矿、辉铋矿, 形成脉状、似层状的钼铜硫化物型矿(化)体。

由于含矿热液来源、空间迁移距离、富集元素的地化特性、聚矿环境条件、发育时期的不同性与分带性, 导致形成不同的成矿类型及其成矿空间分带与相互切穿现象。表现出: (1) 钨矿体中或其下盘中, 常常伴随有辉钼矿、黄铜矿、辉铋矿; 由地表至深部, 形成钨矿体→辉钼矿、钼矿、黄铜矿、辉铋矿→辉钼矿、黄铜矿的分带现象; (2) 辉钼矿、钼矿、黄铜矿、辉铋矿切穿钨矿体; (3) 形成丰富的矿体类型, 如夕卡岩型、夕卡岩化角闪云母片岩型、层控型、破碎蚀变带型、石英脉型、岩体接触蚀变岩型的钨钼(铜)矿体。

2) 岩石物理特性与成矿

成矿区岩石物理特性可分成两类:

阻挡性岩层类(I类): 石英岩、千枚岩、厚层状夕卡岩、早期石英大脉、早期花岗岩层均属此类。其特点是, 密度大、韧性大, 不利于破碎、断裂发育, 阻挡含矿热液的迁移、充填、渗流、交代。

导通性岩层类(II类): 碳酸碎屑岩盐、砂岩、角闪云母片岩均属此类。其特点是, 易破碎、裂隙发育、结晶粒度粗, 导通性好, 富含 W、Mo、Sn、Bi、H₂S、CO₂、卤素物质、水, 容易产生形成含矿热液, 容易形成进一步的破碎和断裂。这类岩层本身成为导热液、导岩浆、导矿液的通道以及含矿物质的活化和含矿热液的交代、充填、聚集的空间。

本区各类矿体的生成聚集空间基本存在于 II 类岩层内及其靠近 I 类岩层的接触带上, 有时, 整个薄层的 II 类岩层大多被矿体所占据。

1.3 热液活动与成矿

本区地层的蚀变主要有夕卡岩化、大理岩化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化等。与成矿关系密切的蚀变主要有夕卡岩化、硅化、黄铁矿化等, 往往它们直接地指示

矿体的存在。

多期次隐伏中酸性岩浆侵入活动形成烘烤作用、蚀变作用,形成退色蚀变带(圈),在遥感图上显示出暗红色影像带(圈),在已知的矿床上都对应有这种现象。由于存在含矿岩浆与含矿热液分布与淀积的分带以及蚀变作用的强度与类型的分带,相应形成了矿化的分带特征,表现出:水平方向上,从内至外出现 Mo 矿化—Mo、Cu 矿化—W、Mo、Cu 矿化—W 矿化—多金属元素异常分布地带;垂向上,从地表至深部出现 W 矿化(如贵山矿床)—W、Mo、Cu 矿化(小柳沟、世纪矿床)—Mo、Cu 矿化(祁宝矿床)。从内至外,存在夕卡岩化、大理岩化、硅化、黄铁矿化蚀变—硅化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化蚀变—碳酸盐化、绢云母化、高岭土化弱蚀变—正常岩层;

1.4 岩浆活动与成矿

成矿区岩浆活动为成矿提供了直接的动力和物质来源。成矿区岩浆活动主要有两类:早期的海底喷硫、喷气和裂隙式火山喷发,晚期的复式隐伏酸性岩浆侵入活动。前者对成矿的物源分布起到了积极作用,后者对成矿的物源的活化极其含矿热液的形成与迁移、充填、渗流、交代和矿体的定型起到了积极作用。

早期的海底喷硫、喷气、裂隙式火山喷发,对早期地层有融熔、蚀变改造作用,在浅海相地化环境中,形成夕卡岩化的钨矿(化)体,以及形成新的含矿岩层(如,千枚岩、角闪云母片岩中富含 W、Mo、Sn、Cu、Bi、Sb 物质)。

成矿区除祁宝矿床中有部分花岗岩岩枝出露外,大部分地区未见到侵入岩体。通过物探磁法测量成果的推测,发现成矿区存在侵入的复式隐伏的中酸性岩浆带,后经探索性的深钻证实了距地表 360~600 米的垂深之间存在侵入的复式隐伏的中酸性岩浆岩体(最深已穿进岩体 300 多米仍未穿透)。复式隐伏中酸性岩浆岩体主要为花岗斑岩和花岗闪长岩组成,花岗闪长岩侵位于花岗斑岩中,存在岩枝、岩突和岩凹分布。对其进行化学成分分析,并利用 ARittman 的 $\text{Log}\delta\text{—Log}\tau$ 图进行火山岩构造环境分析,所有样品均落入造山带火山岩中,成矿区隐伏酸性岩浆岩体是在岛弧环境中形成的钙碱性—碱性花岗岩,成因以深源岩浆侵入为主,混合变质成因次之,这与该区大地构造和基底活动特征相吻合。

复式隐伏中酸性岩浆岩体的侵入,对早期地层有融熔、蚀变改造作用,对地层中的矿源有活化、改

造作用,提供了十分丰富的矿浆、热液,在导通性岩层中、破碎带中、断层中以及导通性岩层与阻挡性岩层的接触界面、复式隐伏中酸性岩浆岩体的内外接触蚀变带中,经充填、蚀变、交代、沉淀作用形成夕卡岩型、夕卡岩化角闪云母片岩型钨矿体与破碎蚀变带型、岩体内外接触蚀变带型、石英脉型钼(铜)矿体(图2)。

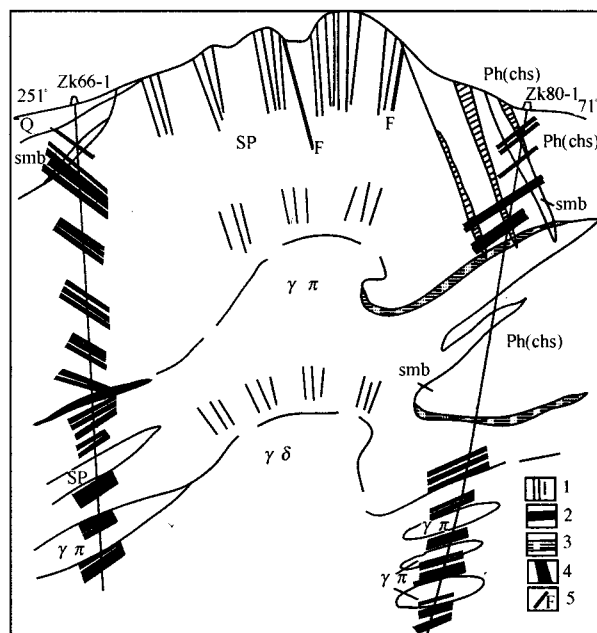


图2 世纪钨钼矿床隐伏岩体形态与成矿关系

Q—第四系;SP—变砂岩;Ph(chs)—绢云石英千枚岩;smb—角闪云母片岩; $\gamma\pi$ —花岗斑岩; $\gamma\delta$ —花岗闪长岩;1—石英脉;2—脉状钼矿体;3—似层状钼(铜)矿体;4—钨矿体;5—断层

1.5 石英脉与成矿

石英脉是岩浆热液活动的产物,也是钼(铜、锡、铋)矿的重要赋矿母体,是较为直接的找矿标志。

石英脉在成矿区广泛出现,又以小柳沟、世纪两矿床最为发育,宏观分布与复式隐伏中酸性岩浆岩体对应,主要有3组,即北北东组(走向 $13^\circ\sim 40^\circ$)、北北西组(走向 $290^\circ\sim 340^\circ$)、北东东组(走向 $70^\circ\sim 80^\circ$)。总体特征是:

1) 石英脉从地表到深部, W 矿化、弱 Mo、Cu 矿化→W、Mo、Cu 矿化增强→W 矿化减弱 Mo、Cu 矿化增强→Mo、Cu 矿化强;从对应的隐伏中酸性岩浆岩体的中心地段向两侧呈现出:多组石英脉穿插分布且集中分布成带,分散石英中或大脉→石英网脉→石英复脉→石英细脉,两侧石英脉的倾向向中心内倾、向下收敛。对应矿化是, Mo、Cu 矿化强→W、

Mo、Cu 矿化→W 矿化强、Mo、Cu 弱→W 矿化弱;隐伏中酸性岩浆岩体中含有多期次穿插的石英细脉,岩体中的单条石英脉与早期石英脉含矿性差,而晚期石英脉、各期次石英脉和石英脉密集分布地段的石英脉含矿性好。

2) 据石英脉微量元素 R 型聚类分析,可将石英脉中的微量元素分为 (W、Sn、Zn)、(Mo、Cu、As)、(Pb、Sb、Bi、Au、Ag) 与 (Sr、Th、Cr、Ni、Ti、V) 4 种组合, W 与 Mo 的相关性差在 0.35。实际中,石英脉型钼铜矿体穿插钨矿体,或者在钨矿体的下盘形成独立的钼铜矿体,反映出钼铜成矿与钨成矿来源与成因不同;

3) 石英脉从北北东组→北北西组→北东东组的形成时间越晚,并表现出钨矿化为主→铜钼矿化为主→铜钼矿化为主的特征。

1.6 构造与成矿

综合地质与地球物理解释成果,得出成矿区成矿构造系统是:岩盆型构造基底+复式隐伏酸性岩浆岩体构造内外接触带+复式隐伏酸性岩浆岩体(带)引起的穹隆背型褶曲构造带、放射状构造体系+阻挡性岩层类与导通性岩层类空间组合、匹配结构构造+北西向组断裂与北东向组断裂组成的菱格形断裂系统。

岩盆型构造基底控制了海陆相正常沉积岩、矿源层与北西向组断裂匹配控制了条带状基性火山沉积岩以及矿源层的分布,也相应控制了阻挡性岩层类与导通性岩层类空间组合、匹配结构、构造与钨矿体的宏观分布;复式隐伏酸性岩浆岩体构造内外接触带与复式隐伏酸性岩浆岩体(带)控制了穹隆与背斜构造带、放射状构造的形成,以及成矿空间及其矿床分布,对钼铜多金属成矿有直接的控制作用;北东向组断裂对已形成矿体起破坏作用。

2 化探找矿信息

2.1 1:10 万分散流测量

小柳沟铜铁矿点上对应一个面积近 10km² 的 W、Mo、Sn、Cu、Bi、Sb、Pb、Zn、Ag、As、Co 等多元素综合异常,尤其是 W、Mo、Sn、Cu、Bi 元素的异常分带明显、含量高。由于当时没有对该异常做出正确评价,且受当时找铜铅锌金矿种思维定势的束缚,没有认识到它是一个除了对找铜有利尤其对找钨钼矿种十分有利的异常。

2.2 1:5 万重砂测量

1:5 万重砂测量直接显示出,小柳沟铜铁矿点

极其外围存在一个明显的钨的重砂异常,而且不少样品含钨品位较好。

继小柳沟找铜矿之后,对钨的重砂异常进行了实地踏查,发现地表存在与钨成矿相关的地质异常(如地表分布有许多的石英脉、夕卡岩),并直接发现了钨矿体。

2.3 1:2.5 万次生晕测量

该项工作是继小柳沟钨铜矿床、世纪钨铜矿床发现之后开展的,并布置在 1:10 万分散流测量异常上,获得了 3 个异常带和 6 个 W、Mo、Cu、Bi 的异常,异常中心地段钨的含量大于 500×10^{-6} 。有 2 个异常中心地段很好地对应着已发现的小柳沟钨铜矿床与世纪钨铜矿床。对其他几个异常进行了查证,发现贵山矿床与祁宝矿床。

2.4 原生晕测量

2.4.1 地层微量元素

据成矿区岩石微量元素浓集系数(表 1),反映出如下规律:

1) 据表 1,成矿区岩石微量元素整体上是多金属元素富集区。其中,显著富集的元素是 W、Mo、Sn、Cu、Bi、Sb、As,其浓集系数高达几十至几百;富集的元素是 Pb、Zn、Au、Ag、Co,浓集系数一般小于 10;基本亏损或个别略显富集的元素是 Cr、Ni、Ti、V。

2) 在不同的岩石中元素富集作用具有异向性。表现出为 W 主要选择于碳酸盐岩、夕卡岩以及角闪云母片岩等地层富集;Mo、Cu、Bi 主要选择于石英脉与含硫化物的热液蚀变体富集。

3) 据 Q 型聚类分析,钨矿体与夕卡岩、夕卡岩化角闪云母片岩为一类,富集 W 次为 Mo、Cu;钼(铜)矿体主要与破碎带、石英脉、蚀变体分为一类,富集 Mo、Sn、Cu、Bi、Sb;角闪云母片岩、绢云千枚岩、灰岩为一类,含 W、Mo、Sn、Cu、Bi、Sb 本底较高。

2.4.2 岩浆岩微量元素

该成果显示出,W、Mo、Cu、Bi、Pb、As、Sb 在各类岩浆岩中具有富集,特别是 Mo、Cu、As 在酸性花岗岩浓集强度高、变异大;Cr、Ni、Co、Ti 在酸性花岗岩呈亏损状态;W 在地层与岩浆岩的浓集含量接近。

这种特征反映出,岩浆岩在产生形成过程中,熔融、改造了早期地质体,提供了含矿热液与矿浆,本身可以在后期岩浆岩活动作用下,也可以直接成矿。实际正是如此,夕卡岩、夕卡岩化角闪云母片岩中存在很好的钨矿体,在不同期次侵入的隐伏花岗岩岩体内外接触带上存在很好的钼矿体。

表1 小柳沟钨矿床部分岩石微量元素浓集系数

岩石	样数	As	Sb	Au	Hg	Cu	Pb	Mn	Cr	Ni	Be	Mo	Sn	V	Ag	Ti	Zn	Co	W	Bi	B
smb	189	55.3	58.5	20.6	0.3	5.0	1.1	1.5	1.2	0.8	2.5	20.1	0.5	1.0	5.1	0.9	4.1	1.4	148	2034	9.2
Ls	6	605.1	1417.6	39.4	0.2	5.0	4.3	2.0	0.6	0.6	10.5	16.6	0.8	0.6	9.3	0.4	3.0	1.1	391	9108	2.5
Sk	59	38.1	79.3	11.6	0.3	6.6	3.3	1.4	1.4	1.0	4.6	18.3	1.0	1.0	7.4	0.6	2.0	1.4	212	6256	2.8
Ph(chs)	4	5.9	221.9	4.3	0.2	1.8	0.9	1.9	1.1	1.0	4.3	8.5	0.8	0.9	1.8	0.8	1.6	1.7	402	3218	0.8
Ph(cs)	85	134.9	44.2	13.4	0.3	7.7	1.7	0.9	1.1	0.8	1.9	50.0	0.4	3.1	5.6	1.3	2.7	1.6	101	3071	12.3
Qzt	9	394.3	201.6	43.2	0.4	15.1	2.0	0.8	0.8	0.5	2.1	67.4	0.8	2.5	18.0	0.7	1.5	1.0	29	6896	13.2
Sp	53	52.1	21.2	7.5	0.3	11.3	1.4	1.0	1.5	1.0	1.5	40.5	0.5	3.1	12.8	1.1	2.0	1.5	143	2257	5.9
γ	7	42.6	83.3	4.8	0.4	9.4	4.0	0.7	0.3	0.2	2.6	62.4	0.3	1.0	8.0	0.2	0.7	0.5	24	1778	6.2
Mb	4	392.2	338.0	3.8	0.3	13.7	1.2	0.9	1.9	1.2	1.4	4.5	0.5	1.5	3.9	0.9	1.4	2.0	37	443	3.3
Mls	35	36.7	51.9	4.5	0.3	2.3	1.1	2.1	0.8	0.4	5.1	29.7	1.0	0.6	6.6	0.3	3.1	0.7	467	4697	2.3
Ph(sg)	28	161.6	24.8	72.9	0.3	13.0	2.2	0.7	0.5	0.3	3.2	47.6	0.8	0.6	13.6	0.7	1.5	0.8	51	2362	10.5

注:1. 样品由桂林有色地质矿产测试中心分析,浓集系数由各元素平均含量/维氏值(1962年);

2. smb:角闪云母片岩,Ls:灰岩,Sk:夕卡岩,Ph(chs):绿泥绢云千枚岩,Ph(cs):含炭绢云千枚岩,Qzt:石英岩,Sp:千枚状细砂岩, γ :花岗岩,Mb:大理岩,Mls:大理岩化灰岩,Ph(sg):红柱石绢云千枚岩。

2.4.3 矿体微量元素

小柳沟钨铜矿床中1号矿体是典型的钨、钼(铜)矿体,存在上钨下钼(铜)特征,其矿体延深大、品位高。对其进行不同中段的岩矿取样和微量元素含量作图(图3),反映出明显的分带特征:从矿体内向外,元素组合是,(W、Mo、Sn、Cu)—(Bi、Ag、As、Sb)—(Sr、Th、Cr、Ni、Ti、V);从上部到深部,按格里·戈良分带指数计算,元素分带组合是,(W、Sn、Ag、Pb、Zn)—(Bi、Sn、Mo、Ag、As、Sb)(Sr、Th、Cr、Ni、Ti、V)—(Mo、Cu、Ba、Ag、As)(Sr、Th、Cr、Ni、Ti、

V)—(Mo、Cu、Ba、As)。

由此可见,钨矿体与钼(铜)矿体在物质来源方式、成矿原因上均有很大的不同。钨矿体形成时间跨度要比钼(铜)矿体的形成时间跨度长,物质来源主要是正常沉积地层与海相火山沉积地层,成矿动力与热液主要来源于火山活动。后期复式侵入的隐伏花岗岩岩体的动力与热液对早期钨矿体有进一步的改造增富作用,出现部分矿体类型和矿种在空间上的叠加现象;钼(铜、锡、铋)的成矿主要受复式侵入的隐伏中酸性花岗岩岩体的作用影响,为成矿提

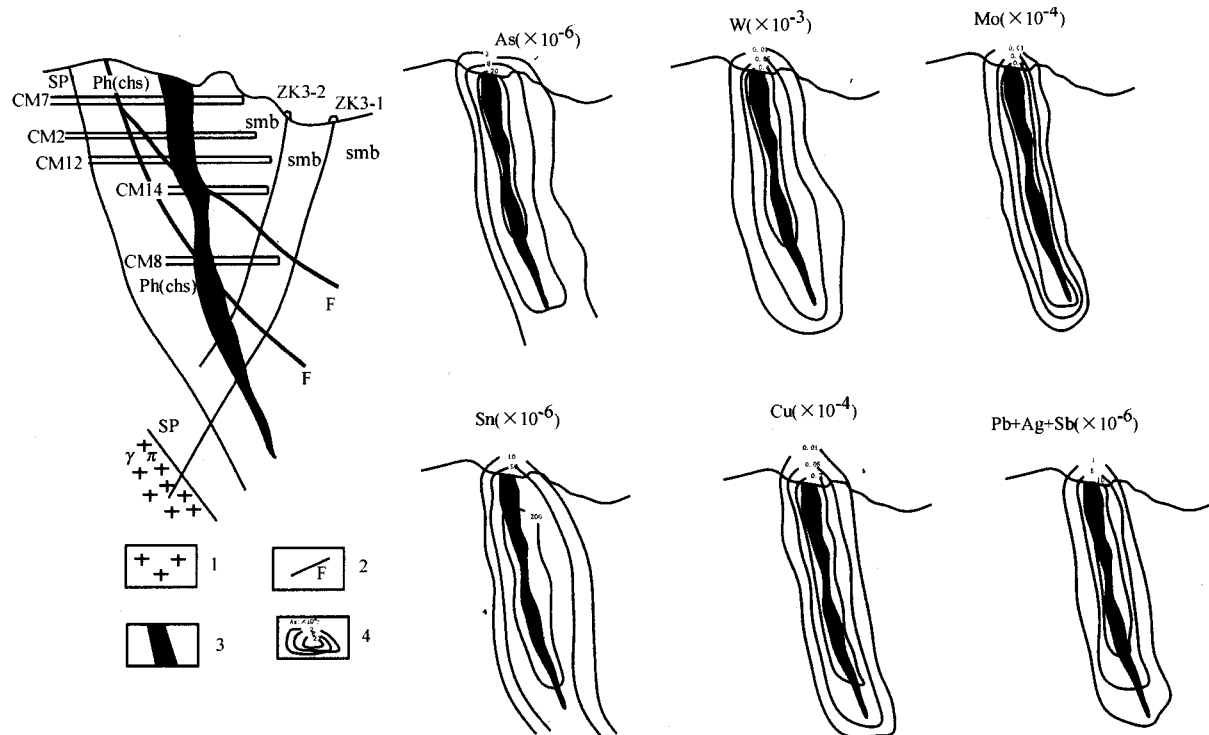


图3 小柳沟1号矿体剖面图

Q—第四系;SP—变砂岩;Ph(chs)—绢云石英千枚岩;smb—角闪云母片岩;1—花岗岩;2—断层;3—钨矿体;4—微量元素及浓度梯度

供了物质来源、动力与热液,因此,钼(铜、锡、铋)矿有自己的成矿分布空间、产状和成矿类型而与钨矿体相区别。往往钼(铜、锡、铋)的矿体交切钨矿体。从成矿空间上看,从地表到到隐伏花岗岩岩体外接触带再到内接触带,出现钨矿化—钨钼(铜)矿化—钼(铜)矿化的空间分带现象。

3 物探找矿信息

3.1 航磁场特征

1:50 万航磁场异常图上清楚地显示出,镜铁山—桦树沟特大型铜铁多金属成矿区与小柳沟钨钼铜铁多金属成矿区处在同一负磁场带中的相对增高的局部磁场突起上。其地质意义是:两成矿区均处在祁连陆间裂谷褶皱带西延、北祁连沟弧盆系中元古代镜铁山—朱龙关裂谷带中,成矿区存在基性火山岩分布。

3.2 地面磁场特征

根据成矿区高精度地面磁场资料分离出区域地磁场推测,成矿区基底构造是一个三面相对隆起的岩盆构造。祁宝矿床分布于岩盆构造边沿,小柳沟、世纪、贵山 3 个矿床处在岩盆构造偏中部位。在岩盆构造基础上发育有两条基底断裂,即北西向断裂 F_1 与北东向断裂 F_2 。

根据地面磁场分布特征、不同岩性磁性特征及其演化特征,结合隐伏酸性岩浆岩体侵入的岩石磁性与磁异常分布模型,发现成矿区存在 3 条复式侵入的隐伏酸性岩浆岩体带。它们分别是:祁宝—贵山北西向弧形复式侵入的隐伏酸性岩浆岩体带(I号带);小柳沟—世纪复式侵入的隐伏酸性岩浆岩体带(II号带);朱龙关北西向复式侵入的隐伏酸性岩浆岩体带(III号带)。其中,II号带规模最大,对小柳沟—世纪穹隆构造有直接控制作用;I号带对祁宝—贵山 D 型穹隆构造有直接控制作用。综合磁场特征与深钻资料分析,复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体的岩带为北西翘起向东南侧伏,岩体产状是向西南侧伏,岩体深度多在距地表 300~600m 深度之间,并存在岩突、岩枝现象。

根据地面磁场分布特征发现 3 条近北西向呈 D 形分布的基性火山岩带,即祁宝基性火山岩带、贵山基性火山岩带与小柳沟基性火山岩带。

4 找矿模型

4.1 成矿模型

最早,周廷贵等人(2000 年)提出了火山喷发—

岩浆期后热液叠加改造型矿床模型;张胜业、溪小双等人提出了层控改造型矿床模型;刘堆富等人(2005 年)提出矿源层控多期成矿矿床模型。笔者综合上述地质、地化、地球物理特征,从成矿系统的找矿信息、找矿标志与思路出发进行系统整体的研究,提出该成矿区成矿模型:属于多矿源改造活化、多期岩浆热液动力作用、系统多要素组合匹配的成矿系统。

成矿系统的特征是:矿床与矿体受到地层、岩性、构造、多期岩浆活动与热液等综合因素的有效组合、匹配、选择、控制和作用,在元古代镜铁山—朱龙关裂谷带中,形成有利的构造—岩浆—地层—热液成矿系统;成矿系统空间控制了成矿集中区的空间,在各复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体对应作用的空間中,控制形成了不同的成矿层次即矿床分布与分带;系统中各种要素对象联结联系的有利结构地点、地段和地带,是成矿作用与矿源组合、匹配、选择的有利汇集地,控制了矿(化)体的聚集、分布地点、地段和地带;系统整体形态呈现条带状、放射—收敛状、环带状,矿(化)体分布也呈现出相对应特征;由于成矿作用期次多、脉动叠加(韵律性分布)、规模大、强度大,所以具有巨大的成矿空间与成矿分带、分型特征。矿床成在上钨下钼铜、中心钼铜向外钨钼铜边沿有钨的成矿分带、分型特征;成矿系统的富集载体明确清晰,主要是夕卡岩、夕卡岩化角闪云母片岩、破碎(接触)蚀变带、石英脉;成矿类型多样,主要有层控型(夕卡岩型、夕卡岩化角闪云母片岩型)、破碎(接触)蚀变带型、石英脉型(图 4)。

4.2 找矿标志与找矿策略

1) 找矿标志:上述成矿系统及其要素对象所产生的各种勘查尺度的地物化综合找矿信息与标志。

2) 找矿策略:遵循系统整体找矿思路,一般是由局部、孤立的找矿发展到系统整体找矿或者由系统整体找矿出发发展到局部、孤立的要素勘查。因此,提出找矿策略是:区域地物化测量→地物化综合异常与信息研究,提出有利成矿靶区与找矿矿种→开展 1:2.5 万地物化面型测量→地物化综合异常与信息研究,提出有利成矿靶段与找矿矿种,发现矿带与矿体→1:5000~1:2000 地物化面型测量与剖面测量及槽、井、钻、坑探工作,发现矿体、矿床→地表详查→深部地物化测量,寻找系统整体的找矿标志和进行相应的综合异常与信息研究→深部详查与系统整体研究→指导成矿有利地段与成矿信息(要素)有利组合、匹配地段上的找矿。

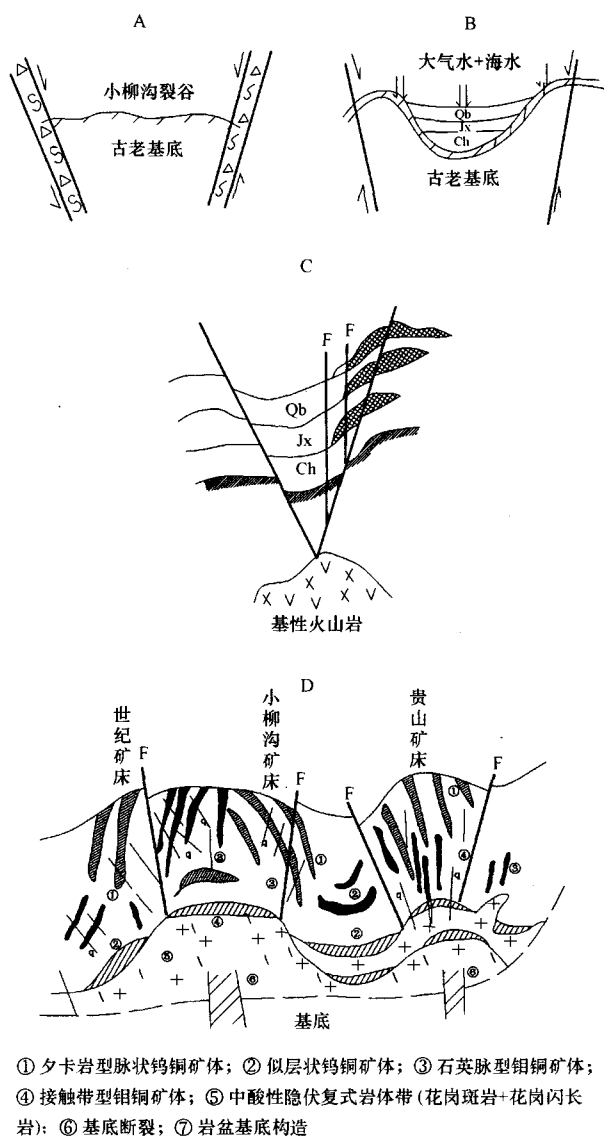


图4 小柳沟成矿区成矿系统成因模式

5 结论与建议

小柳沟成矿区的找矿工作有许多启发我们的地方:树立系统整体找矿思想与系统整体视角观;应当具有系统找矿策略与系统整体找矿思路;地质技术工作者需要具备综合找矿创新能力,需要不断地进行找矿创新。

我们从成矿系统的找矿信息、找矿标志与思路出发进行系统整体的成矿预测研究。

1) 祁连山间裂谷褶皱带西延、北祁连山弧盆系中具有寻找新的钨钼铜铁多金属成矿区的条件和宏观信息标志。应当加强这一有利成矿区域的找矿工作。

2) 小柳沟钨钼铜铁多金属成矿区系统成矿空

间巨大,具有巨大的找钨钼矿的远景。纵向上,复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体带的外接触带 400m 左右的空间内都有很好的钨钼矿生成,岩体内接触带及其本身钼的含矿连续性与品位都较好,而且岩体厚度较大(目前尚未穿透)。横向上,单个复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体的分布面积巨大,各期侵入的隐伏中酸性岩浆岩体的内外接触带含矿层数多而密集分布。所以,钼矿的成矿空间巨大,具有巨大的找矿远景(找钼矿远景将优于找钨矿远景)。因此,以后应当充分地重视钼矿的深部勘查,组织找钼矿会战。

A. 元古代裂谷构造运动时期:上地幔上涌,火山活动频繁,形成 W、Mo、Bi、Cu、Sn、Fe、Pb、Zn 等多金属富集本底及结晶基底。

B. 托莱运动时期:结晶基底发生褶皱及造山运动,成矿区形成一个相对封闭的岩盆。岩盆周边矿源基底发生剥蚀,并在岩盆内产生陆相沉积。大陆回返成海时,岩盆内发生海陆交互沉积,在沉积过程中对 W、Mo、Bi、Cu、Sn、Fe、Pb、Zn 有进一步富集影响作用。

C. 奥陶纪火山运动期:发生裂隙式火山活动与沉积活动,在条带断裂控制下形成基性火山岩带。沉积基性火山岩在岩浆期和沉积成岩时对地层中的微量元素产生新的活化、改造、富集影响作用,形成新的含 W、Mo、Bi、Cu、Sn、Fe、Pb、Zn 的矿源层。同时火山喷气、喷流及火山岩浆热液活动,对早期高钙岩系地层有较大富集作用,形成钨矿化的矿胚。

D. 石炭纪至更晚时期:是主要的多期次成矿时期,该期首先发生中酸性隐伏复式岩体大规模侵入,形成同期穹隆背形褶皱地层构造与放射状断裂构造。该岩体形成时对上覆地层进行熔融、分异作用,本身发生了成矿物质富集异向作用,同时形成含矿热液沿早期断裂、地层构造和导通性岩性层迁移、充填、交代、蚀变,形成 Cu、W、Mo 矿化。晚期侵入花岗闪长岩又对上覆盖体(花岗岩和地层又有进一步熔融、分异作用,进一步发生矿化富集)。形成内外接触带及内部空间地带的广泛矿化,产生各种类型的矿体。

3) I 号与 II 号复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体分布带以及小柳沟矿床的北延地带,都应当是找矿有利地带,此地带上已有化探异常与地质异常显示。因此,矿床外围与矿床交接带仍是有利的找矿空间。

4) 加强新的成矿类型的查找。根据成矿模式

成矿区应当具备多种成矿类型生成。目前发现了常见的夕卡岩型与石英脉型矿体,应加强寻找其他新类型矿体。

5) 铜、锡、铋、铅、锑的物质主要来源于复式侵入的隐伏中酸性岩浆岩体对早期地层的融熔、分异、萃取中,无论早期地层还是岩体,其物质来源都是有限的,所以,它们很少形成有规模的独立矿体,而多以钨钼矿的伴生组分出现。今后在找钨钼矿的同时,加强对伴生组分的研究与查找。

[参考文献]

[1] 张胜业,魏庆林,周继强. 甘肃小柳沟铜钨矿床找矿地质条件及找矿标志[J]. 桂林工学院学报,2001,21(4). 328 - 333.

- [2] 周廷贵,何养桢. 甘肃小柳沟铜钨多金属矿床地球化学特征及成矿物质来源[J]. 桂林工学院学报,2000,20(3). 238 - 242.
- [3] 陈静平,刘堆富,周 宏. 甘肃小柳沟铜钨矿床矿化富集特征[A]. 湖南矿物岩石地球化学论丛,2001,128 - 131.
- [4] 周 宏,林 森,司学峰. 甘肃小柳沟钨矿床微量元素地球化学特征[J]. 桂林工学院学报,2004,24(3).
- [5] 王京杉,王玉往,王莉娟. 矿山找矿——整体勘查概要[J]. 地质与勘探,2006,42(2). 1 - 6.
- [6] 梅友松,王京杉,金 浚. 成矿规律研究总结概论[J]. 国土资源科技管理,2000,17(5). 59 - 61.
- [7] 刘堆富,等. 甘肃小柳沟铜钨矿床 1 号、4 号矿体详查报告,甘肃省有色金属地质勘查局四队资料室,2005.

SYNTHESIS PROSPECTING MODEL IN THE XIAOLIUGOU W - Mo POLYMETALLIC MINERALIZING REGION, GANSU

CHEN Fu^{1,2}, QIAO Li - bin¹, CHEN Jin - ping¹

(1. No. 4 Team, Gansu Bureau of Non - ferrous Metal Geological Prospecting, Zhangye 734012;

2. No. 308 Team, Yunnan Bureau of Non - ferrous Metal Geological Prospecting, Gejiu 661400)

Abstract: Based on more than ten years prospecting information in the Xiaoliugou W - Mo poly - metallic mineralizing region, systematic understanding on mineralizing system and prospecting rules is obtained. It is proposed that genetic type belongs multi ore source transformation and multi stage magmatic hydrothermal mineralization. Controlled by strata, lithology, structure and multi stage magmatic activity, Xiaoliugou polymetallic hydrothermal mineralization system is formed in the Proterozoic Jingtieshan - Zhulongguan rift belt. The mineralizing system has huge mineralization space, distinct mineralization unity, clear mineralization zonation and ore - rich carrier, and good ore prospecting. Ensemble investigation target position, target body and strategy are proposed.

Key words: prospecting history, mineralization system, prospecting information