

文章编号:1672-4461(2010)01-0075-06

甘肃小柳沟钨矿床成矿机制及找矿方向

陈玉峰,白仲吾,孙仓平

(甘肃有色地质勘查局 四队,甘肃 张掖 734012)

摘 要:本文在系统研究小柳沟钨矿床区域地质特征及矿床地质特征的基础上,认为该区是集地层、岩浆岩、构造作用于一体的绝佳的成矿区。小柳沟矿床处于镜铁山-朱龙关裂谷带中,多期多次强烈的岩浆活动,使得富含铜、钼、钨的热液沿构造薄弱地带及层间裂隙上涌侵位,与长城系朱龙关群中的高钙岩系或沉积型层控贫矿体发生交代、活化叠加,在朱龙关背斜的有利部位富集成矿。岩浆期后热液沿构造裂隙再次充填形成石英脉型钨、铜、钼矿体,并对前期钨矿体进一步活化、叠加、富集和改造,使矿体品位增高,厚度增大,并在矿体垂向上形成自上而下由铜钨-钨-钨钼共生的分带特征。由此可见,本区钨、铜、钼的成矿受控于地层、岩浆岩、构造。利用“三位一体”的成矿模式指导本区地质找矿的同时,应该注意本区深部隐伏岩体型钼矿的地质找矿。

关键词:成矿机制;找矿方向;小柳沟钨矿床

中图分类号:P612;P618.67

文献标识码:A

Mineralization Mechanism and Exploration Orientation of Xiaoliugou Wolfram Deposit in Gansu Province

CHEN Yu-feng; BAI Zhong-wu; SUN Cang-ping

(No. 4. Team of Gansu Non-ferrous Melt Prospecting Bureau, Zhangye 734012, China)

Abstract: Based on systematic research on geological characteristics of Xiaoliugou wolfram deposit and its area, the author points out that Xiaoliugou district is the best mineralizing area with stratum, granites, constructs. This deposit located in Jingtianshan-Zhulongguan rift valley. With several intense magma activities, mineral hot liquid abundant in copper, molybdenum and wolfram intruded along structure weak part and interlay crannies. And the hot liquid exchange of mineral materials with series of strata of Great Wall system which rich in calcium. At the same time it superpose mineral on early stratabound ore. At last they mineralized in advantaged part of Zhulongguan anticline. Hot liquid of last period of magmatic stage infilling the structure crannies and formatted quartz reef type wolfram, copper and molybdenum bodies. This had superposed, enriched and changed early ore bodies, at the same time enlarged and increased thickness of early ore bodies. And formatted Vertical zonage $\text{Cu}, \text{WO}_3 - \text{WO}_3 - \text{Mo}, \text{WO}_3$. From above all we can see that mineralization of wolfram, copper and molybdenum controlled by stratum, granites, constructs. In the future when exploration by using this model we should pay attention to the exploration on hidden acid rock mass which can format molybdenum ore.

Key Words: mineralization mechanism; exploration orientation; Xiaoliugou wolfram deposit

1 区域地质特征

小柳沟矿区大地构造位置处于北祁连褶皱造山带西段元古代镜铁山-朱龙关裂谷带^[1]。其北侧为走廊岛弧带,属华北地台边缘带,南侧为中南祁连带。北祁连西段的主要构造单元是形成于元古代的朱龙关裂谷带,走向与北祁连带平行。朱龙关裂谷是在元古代期间长期活动的扩张带,在该带中所出

露的地层有北大河群、朱龙关群、镜铁山群,且都表现为同位的裂谷沉积特征。在北大河群和朱龙关群中都有火山岩的强烈活动,是裂谷构造的证据之一,也是裂谷带中矿床的重要的物质来源,形成了该区的基底矿源层。而早古生代的构造运动为矿床的形成提供了最初的动力条件,形成矿床的雏形。在加里东运动中矿床发生叠加改造,进一步富集形成现有大型-特大型铜钨矿床。



蓝野监理
LANYE SUPERVISION

E-mail: GSLYJL@126.com
Tel: 0931-8565486

2 矿区地质概况

本区地层从下元古界到第四系均有出露,且以中-晚元古界最为发育,古生界较少,中、新生界广泛分布于小柳沟河、朱龙关河、北大河河谷,整体呈北西向带状分布(如图1)。矿区构造活动强烈,历时较长,甚至现在仍有活动(2001年发生在祁青乡的地震即可证明)。该区断裂构造、褶皱构造、节理构造十分发育。区内地表岩浆岩不甚发育,但岩性较为复杂,从基性岩到酸性岩均有出露,主要岩性有辉长岩、闪长岩、花岗斑岩、二长花岗岩、花岗岩,但与矿化关系并不密切。而与矿化有关的侵入岩主要为隐伏二长花岗岩体,它的侵入不仅提供了丰富的成矿物质来源,并为地层中有益组分的活化迁移提供了热源。

2.1 地层

在矿区出露的地层有第四系(Q)、青白口系大柳沟群(QndI)、蓟县系镜铁山群(Jxjn)、长城系朱龙关群(Chzh)(见表1)。其中长城系朱龙关群中的高钙岩系是矿区的主要赋矿层位,小柳沟钨矿床、世纪铜钨矿床、祁宝铜钨矿床、贵山铜钨矿床等四个大型-特大型矿床就赋存于其中。

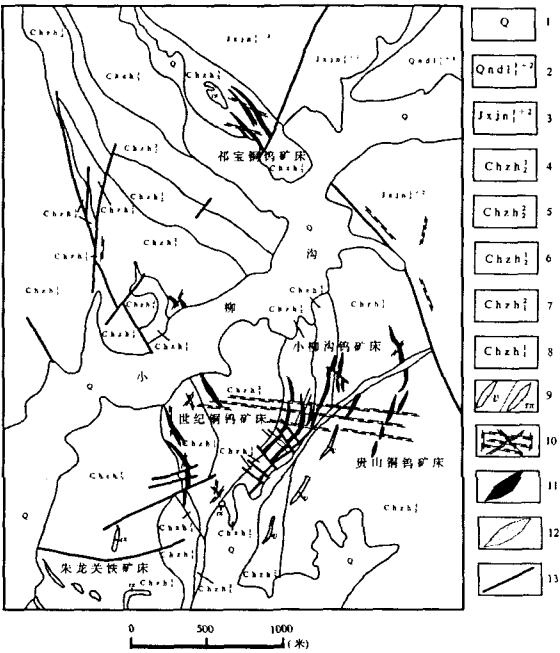


图1 小柳沟钨矿区地质示意图

1. 第四系坡积、洪积物;2. 青白口系大柳沟群下岩组;3. 蓟县系镜铁山群下岩组;4. 长城系朱龙关群上岩组第三岩性段;5. 长城系朱龙关群上岩组第二岩性段;6. 长城系朱龙关;12. 铁矿体;13. 断层

表1 矿区地层一览表

系	群	组	段	主要岩性
青白口系	大柳沟群	下岩组	QndI ¹⁺²	上部为厚层状灰岩、石英绢云千枚岩夹灰岩、石英岩条带。下部为石英绢云千枚岩、角闪云母片岩夹灰岩条带。
蓟县系	镜铁山群	下岩组	Jxjn ¹⁺²	上部为厚层状灰岩夹角闪云母片岩、绢云绿泥千枚岩。下部为绢云绿泥千枚岩夹条带状灰岩、含炭绢云千枚岩、钙质千枚岩。
			上岩组 第三岩性段 Chzh ₂ ³	上部为变砂岩。下部为层状、厚层状角闪云母片岩夹灰岩条带。
		上岩组	第二岩性段 Chzh ₂ ²	为一套碳酸盐岩建造,在小柳沟以北为厚层状灰岩,在小柳沟以南为层状灰岩、变砂岩。
			第一岩性段 Chzh ₂ ¹	为一套碎屑岩建造,下部为层状、厚层状含炭绢云千枚岩,上部在小柳沟以北为层状角闪云母片岩、炭质千枚岩、钙质千枚岩,在小柳沟以南为层状角闪云母片岩与含炭绢云千枚岩互层,夹灰岩、钙质千枚岩条带。
		下岩组	上段 Chzh ₁ ²	上部为厚层状千枚状细砂岩。下部为厚层状石英岩、绿泥绢云千枚岩、角闪云母片岩夹灰岩条带。
长城系朱龙关群		下岩组	下段 Chzh ₁ ¹	含炭绢云千枚岩、钙质千枚岩、绿泥绢云千枚岩夹石英岩、灰岩条带。

2.2 构造

由于本区处于朱龙关裂谷带中,经历了多期多次构造运动,构造运动强烈,褶皱构造、断裂构造、节理构造均十分发育,不同程度的影响着本区沉积作用、岩浆活动和铁、钨、铜、钼等矿产的产出与分布。

2.2.1 褶皱构造

该区褶皱构造以朱龙关背斜为主。小柳沟矿区位于朱龙关河谷背斜北翼(靠近核部)西部(扬起

端)。该背斜核部为朱龙关群,翼部为镜铁山群和青白口系,地层在北西端闭合,向东端开放。背斜向北西倾斜呈穹隆状或短轴状,轴向为北北西向。野外观察表明石英砂岩在产状上处于背斜核部,显示了背斜两翼和转折端的构造形态,两翼地层层理清晰,转折端发育轴面劈理,使层理不清,岩层陡倾,表现为直立的紧闭背斜,背斜北东翼靠近核部的地层发生倒转。在小柳沟周围地区的短轴背斜可能是局

部构造不均匀性,或深部隆起构造的表现^[2]。背斜成为该区基本控矿构造之一,野外踏勘资料表明,矿体形态受背斜褶皱岩层的形态控制,矿层的形态变化与矿区背斜的位置也相吻合,矿体有顺层产出并延伸的基本特征,在转折端发生弯曲,厚度增大。

2.2.2. 断裂构造

区内断裂构造极为发育,以北西向、北北西向、北东向、北北东向、近东西向断裂为主。其中北东向及北北西向断裂为走向断裂构造,控制钨矿体的空间就位及形态展布,属成矿前构造,具有多期性和长期性活动之特征,导致该区断裂的相互切穿关系紊乱,从而表现出对矿体的作用以及与矿体的关系较为复杂。该组断裂几乎贯穿了整个成矿过程,既导矿、容矿进而又有破矿的作用。而北西向、北北东向、近东西向断裂为横向断裂构造,与其派生的节理构造在破坏矿体的同时,又为后期含矿热液的上侵提供通道,控制着矿区石英脉及脉型矿体的空间展布形态及其分布密度,对前期形成矿体的叠加改造又具有积极意义。尤其是近东西向断裂在小柳沟钨矿床0线-2a线之间的地表表现为三组近东西向展布的石英细(网)脉带,而深部(坑道中)则表现为破碎带或石英脉(石英复脉带),形成该区的脉型矿体。但小柳沟钨矿区石英脉中白钨矿的成矿对围岩具有明显的选择性,在矽卡岩及角闪云母片岩中可富集成矿,而在千枚岩层中则形不成具有工业意义的白钨矿。因矽卡岩、角闪云母片岩具有较粗的粒度,一方面是含钙丰富,另一方面蚀变较集中,有利于矿化叠加富集,而千枚岩层含钙少、粒度细,属不利于矿化富集的岩性,故矿化较差。

2.2.3 节理构造

节理构造在矿区从长城系朱龙关群下岩组到青白口系大柳沟群各个岩性段中均有发育,但主要集中在分布于断裂较为发育的地段。资料研究表明^[3],围岩中节理是由断裂构造所致,围岩中节理的产出及分布与矿区断裂构造紧密相关。在4号矿体10线附近,一组宽2~5 mm的近东西向的横节理被含白钨矿石英细脉和白钨矿细脉所充填,节理间距10~50 cm不等,并沿石英细脉对围岩有一定的蚀变晕,晕宽随石英细脉宽度增加而增加,蚀变晕中也具白钨矿化且向晕外渐弱,表现出明显的热液成矿特征(如图2)。

综上所述,矿区走向断裂构造既控制钨矿体的空间就位及形态展布,又对矿体有一定的破坏。横向断裂构造及其派生的节理构造在破坏矿体的同时,又为后期含矿热液的上侵提供通道,并对前期形成矿体的叠加改造具有积极意义。

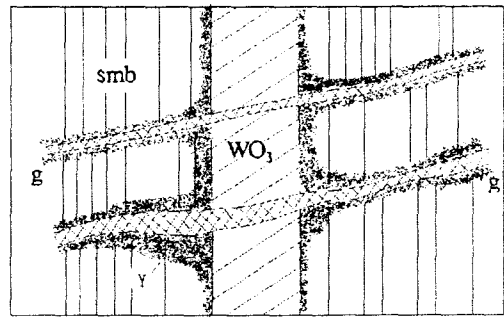


图2 含矿石英脉与围岩及矿体关系素描图

1. Smb: 为角闪云母片岩; 2. WO_3 : 为钨矿体;
3. g: 为石英脉; 4. Y: 为蚀变晕

2.3 岩浆岩

矿区地表岩浆岩不甚发育,但岩性较为复杂,从基性岩-酸性岩均有出露。主要岩性有辉长岩、玄武岩类、闪长岩、花岗斑岩、二长花岗岩、花岗岩、煌斑岩,但与矿化关系不密切。而与矿化有关的侵入岩主要为隐伏二长花岗岩体,它的侵入不仅提供了丰富的矿源,也为地层中有用组分的活化迁移提供了热源。在ZK2-1中所见16号矿体就赋存于隐伏二长花岗岩体的接触带中(如图3)。

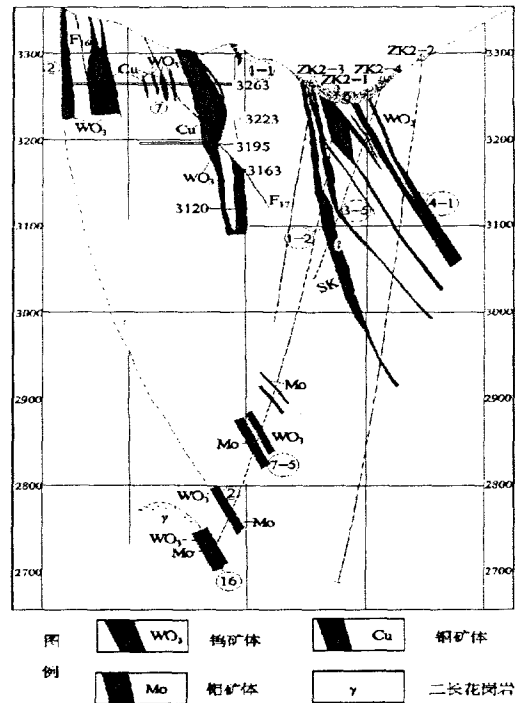


图3 小柳沟钨矿床2线剖面示意图

3 矿床地质

3.1 矿体特征

根据矿体的空间位置、赋存层位、产出状态、容矿母岩、围岩特性等,可将矿床划归为三个成矿带:

I号成矿带位于矿床中南部,矿体主要产于长

城系朱龙关群上岩组第一岩性段中,1号、1-2号、2号、6号等矿体产于其中。矿体整体上呈似层状弧形展布,容矿母岩主要为钙铝石榴石矽卡岩、矽卡岩化灰岩和少量角闪云母片岩,围岩以千枚岩和角闪云母片岩为主。赋存于该带的7号矿体群、14号矿体、15号矿体均为隐伏矿体,矿化与硅化及绢云母化有关。其中7号矿体群为铜钨共生矿体,该空间位置正好位于矿区石英网脉带叠加区,还具有铋、钼矿化。而16号矿体也为ZK2-1中所见隐伏钨钼矿体,赋存于隐伏岩体接触带中,在接触带外侧为钨钼矿体,接触带内侧为钼矿体。钨品位较低,厚度不大,而钼矿化较好。与世纪矿床ZK66-1所见矿体矿化特征一致,矿体在垂向上形成自上而下由铜钨-钨-钨钼共生的分带特征,这也符合元素的地球化学特性,即:铜向下富集的趋势小于钨,钼作为近程指示元素多出现于深部尾晕之中^[5](如图3)。

II号成矿带位于矿床中东部,矿体主要产于长城系朱龙关群上岩组第二岩性段、第三岩性段底部,3号、3-5号、4号、8号、9号、10号等矿体产于其中。矿体整体上呈似层状、透镜状近南北向展布,容矿母岩主要为透辉石透闪石矽卡岩、条带状矽卡岩、矽卡岩化灰岩和角闪云母片岩,围岩以角闪云母片岩为主。值得一提的是,该成矿带中条带状矽卡岩的条带由3~20 mm的浅色矿物与暗色矿物相间而成,具强烈的层间揉皱现象,形成层间紧闭微型褶皱,在褶皱的转折端普遍发育钩状和镰状的强白钨矿化体,既体现了塑性变形的构造特征又为热液叠加成矿理论提供了依据(如图4)。

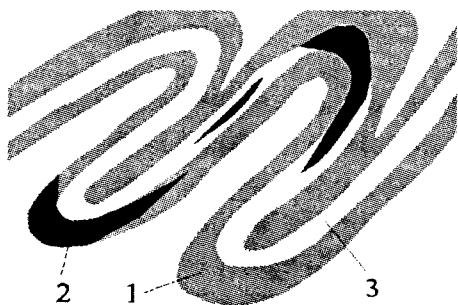


图4 条带状矽卡岩层间揉皱示意图

1. 暗色矿物条带;2. 钩状强白钨矿化体;3. 浅色矿物条带

III号成矿带位于矿床东侧,矿体主要产于长城系朱龙关群上岩组第三岩性段顶部,11号、11-1号矿体产于其中。矿体呈透镜状北东向展布,容矿母岩主要为透辉石透闪石矽卡岩和角闪云母片岩,围岩以角闪云母片岩为主。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石类型

该矿床矿石类型主要有:

(1)矽卡岩型矿石。主要有稠密浸染状、条带状白钨矿、黄铜矿矿石;浸染状、稠密浸染状白钨矿矿石;白钨矿辉钼矿矿石;锡石白钨矿矿石等。该类型多出现在矽卡岩、矽卡岩化大理岩及矽卡岩化灰岩中,是最主要的矿石类型,品位较高。

(2)蚀变千枚岩、角闪云母片岩型矿石。主要有稀疏浸染状白钨矿矿石、白钨矿辉钼矿矿石、石英-白钨矿矿石及辉钼矿细脉状矿石,多见于角闪云母片岩、含炭绢云母千枚岩中,该类型矿石在矿床中分布广泛,仅次于矽卡岩型矿石。

(3)花岗岩型矿石。以浸染状黄铜矿-辉钼矿矿石和辉钼矿矿石为主,白钨矿-辉钼矿矿石次之。该类型矿石仅在ZK2-1中16号矿体和ZK66-1中所见,随着对隐伏二长花岗岩体的揭露该类型矿石在矿床中所占比例将有望大幅度增加。

3.2.2 矿石矿物成分及结构、构造

该矿床矿石的结构、构造较为复杂,现分述如下。

3.2.2.1 矿石构造

浸染状构造是该矿床中最重要的矿石构造,包括稀疏浸染状、浸染状及稠密浸染状。稠密浸染状构造多见于矽卡岩型矿石中;细脉状构造也较为常见,这种矿石构造多见于蚀变千枚岩、角闪云母片岩型和矽卡岩型矿石;条带状构造见于矽卡岩、矽卡岩化大理岩、矽卡岩化灰岩、条带状矽卡岩型矿石中,是较为普遍的一种构造类型,由浅色白钨矿、石英、方解石等矿物和暗色的石榴石、绿泥石、绿帘石、透闪石等矽卡岩矿物组成的条带相间形成似平行条带交互分布。且白钨矿在暗色条带中矿化较强,既体现出蚀变的不均匀性,也反映了原岩的沉积特性(见图5)。还有斑杂状构造、块状构造、团块状构造,但都不常见。

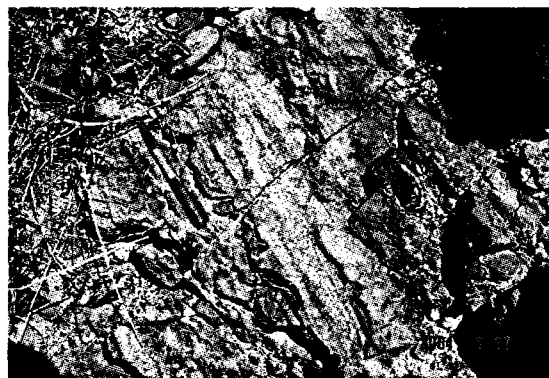


图5 矽卡岩中的条带状构造

3.2.2.2 矿石结构

相对矿石构造而言,矿石结构较复杂,包括多种

矿石结构类型:其中自形、半自形状结晶结构系主要矿石结构类型,多见于矽卡岩型矿石中;交代溶蚀结构也为常见矿石结构类型;还可见包含结构、交代残余结构、定向乳滴状结构等。

3.2.3 矿石矿物成分

矿石中矿物组成较复杂,种类多,主要矿石矿物有白钨矿、黄铜矿、辉铋矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿等,脉石矿物主要有透闪石、阳起石、绿泥石、石英、符山石、透辉石、钙铁辉石、绿帘石、石榴石、白云母、绢云母、长石、方解石、萤石、磷灰石等。其中白钨矿多为半自形或它形粒状,在矽卡岩化较强的矿石中也可见自形晶,呈浸染状、团块状、斑点状,少数呈细脉状产出,粒度变化范围较大,介于0.1~2 mm之间者居多。矿石中白钨矿多呈白色或乳白色,油脂光泽,在紫外线下多呈淡兰色荧光,部分呈亮黄色荧光,是因与钼成类质同象所致。白钨矿与脉石矿物透闪石-阳起石、绿泥石、符山石、透辉石、石英、萤石等矿物共生密切,部分与硫化矿物连生。

3.3 围岩蚀变

矿区围岩蚀变发育,种类较全,且以接触热液蚀变为主。有矽卡岩化、硅化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化等。其中矽卡岩化在矿区广泛发育,基本上沿高钙岩层蚀变,表现为以线型蚀变为主,与白钨矿化关系密切,强烈时则形成各种矽卡岩,矽卡岩化并不是单独存在的蚀变类型,往往叠加硅化、绿泥石化、绿帘石化等蚀变,致使含矿矽卡岩呈坚硬致密块状岩石。蚀变不均时则形成条带状,浅色条带由白钨矿、石英、方解石等组成,暗色条带则由石榴石、绿泥石、绿帘石、透闪石等组成,说明在钨成矿过程中蚀变是引起有用组分发生活化、迁移的主要原因。其它蚀变有硅化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化等蚀变,在矿区也较为发育,主要沿构造裂隙及层间裂隙蚀变,这些蚀变无规律散乱分布,范围大致与矿区断裂(断层)构造及因其而派生的节理、层间裂隙的分布范围相当。蚀变类别也随着围岩性质不同而有所差异,如绢云母化和高岭土化等主要集中于千枚状细砂岩中,角闪云母片岩则以绢云母化、硅化等为主。其中硅化与铜钼矿化关系密切。

上述蚀变在矿区内相伴而生、相互叠加,且在不同地段不同岩性层中蚀变的组合方式不同,从而导致不同地段不同岩性层中的矿石类型与矿化类型也有所不同。

4 矿床成因

一个矿床的形成有其必要的成矿条件,小柳沟矿区是集地层、岩浆、构造作用于一体的绝佳的成矿区,有由沉积型层控贫矿体经后期叠加改造而形成

的层控型矿床,又有岩浆与含矿岩系接触交代而形成的岩控型矿床,这两种不同类型的矿床共同遭受后期热液交代、叠加、富集、改造,使该区产出大型以钨为主的多金属矿床成为可能。现将各种成矿条件总结如下。

4.1 地层条件

前已叙及,长城系朱龙关群中的高钙岩系是矿区的主要赋矿层位,为岩控型矿床的形成提供了必要的条件,朱龙关裂谷中早期地层的剥蚀和沉积也形成该区重要的沉积型层控贫矿体。小柳沟矿床的形成与该区层控型矿床和岩控型矿床均有密切的关系。矿区岩石类型多样,发育齐全。矿区各类岩石中的微量元素含量均高出维氏值数倍至数十倍,有的甚至可达数百倍,如成矿元素Cu、W、Mo、Bi等。但不同的岩石在微量元素的富集上也有不同,如W在角闪云母片岩、灰岩、矽卡岩、绿泥绢云千枚岩、含碳绢云千枚岩、千枚状细砂岩、大理岩化灰岩中含量大于100,而这些岩石正是钨矿体的母岩或赋矿岩石。小柳沟矿床的矿化在角闪云母片岩、矽卡岩、矽卡岩化大理岩及矽卡岩化灰岩中较发育,该类岩石均具有较粗的粒度,一方面蚀变较集中,另一方面是含钙丰富,化学活性强,有利于矿化。而千枚岩因含钙少,粒度细不利于矿化交代富集。且其岩性、成分差异大,对矽卡岩化的反应也有区别,在矿化程度上也有强弱的不同。大理岩虽有利成矿,但在矿区岩层厚度小,连续性差,在该区成矿所占比例较小。因此岩性层对控制矿化有重要影响,是基本成矿条件。而早期沉积型层控贫矿体对该区大型矿床的形成则有着更为重要作用。

4.2 岩浆条件

在朱龙关裂谷带内火山活动极为频繁,岩浆岩从基性到酸性均有产出,该区成岩成矿都与岩浆的活动有关。基性岩几乎不提供矿源,但其提供的热量对地层中有用元素的萃取、活化和运移有着不可低估的作用。而酸性岩基-隐伏二长花岗岩不仅带来丰富的成矿物质而成为重要的矿源,而且由其提供的巨大热量和气液活化和萃取矿源层中的有用组分并沿构造薄弱地带及层间裂隙上涌侵位,进一步与地层中高钙岩系发生接触交代变质,并在有利地段富集成矿。

4.3 构造条件

小柳沟矿区的主要大地构造背景是裂谷环境,经历了多期多次构造运动,构造运动强烈。褶皱构造、断裂构造、节理构造十分发育。背斜成为该区基本控矿构造之一,矿体形态受背斜褶皱岩层的形态控制,矿体有顺层产出并延伸的基本特征,在转折端

发生弯曲,厚度增大。而断裂构造不同程度的影响着该区成矿过程,控制着本区沉积作用、岩浆活动和铁、钨、铜、钼等矿产的产出与分布。走向断裂不但承担了导矿和容矿的作用,而且在后期活动中对矿体有一定的破坏,又有破矿的角色。横向断裂构造及其派生的节理构造在破坏矿体的同时,又为后期含矿热液的上侵提供通道,对前期形成矿体的叠加改造又具有积极意义。在岩浆期后又有含矿热液沿构造裂隙再次充填形成石英脉型钨、铜、钼矿体,并对前期钨矿体进一步活化、叠加、富集和改造,使矿体品位增高,厚度增大。

综上,小柳沟钨矿床的成因机制为:在裂谷形成后,接受元古代沉积,形成最初的沉积型贫矿体,而后频繁的火山活动带来了丰富的成矿物质,形成新的高钙岩系(矿源层)。在震旦纪末期托莱运动使元古代地层褶皱变形形成朱龙关背斜,同时深侵位岩浆再次频繁活动,含矿热液沿层间裂隙及构造薄弱带上涌与高钙岩系接触交代使有用组分活化运移,在朱龙关背斜的有利部位富集成矿,同时对沉积型贫矿体叠加改造富集形成矽卡岩型白钨矿。奥陶纪与钨、铜、钼紧密相关的岩浆活动对前期钨矿体叠加、活化、富集和改造,使前期钨矿体品位增高,厚度增大,使得钨、铜、钼共生,形成自上而下由铜钨-钨-钨钼共生的分带特征。岩浆期后热液充填构造裂隙,形成石英脉型钨、铜、钼矿。由此可见,本区钨、铜、钼的成矿受控于地层、岩浆岩、构造,正是在这“三位一体”的成矿模式的综合作用下才得以形成小柳沟特大型钨矿床。

5 找矿方向

小柳沟钨矿床的成矿要素概括为:地层+构造+岩浆岩。可利用这“三位一体”的成矿模式指导

本区地质找矿。在矿区外围找矿时寻找朱龙关群高钙岩系和二长花岗岩体成了最为直接的目标。区内找矿应在就矿找矿的同时,加强对深部石英脉的评价,且重点应放在近东西走向的石英脉,因为该组石英脉在矿区最为发育,特别是小柳沟钨矿床0-4线之间密集呈三条带状平行展布,横贯矿区,且地表已富集成矿^[5]。另外,还应该注意加强对本区深部与隐伏二长花岗岩体有关的岩体型钼矿的地质找矿。

6 结语

本文在系统研究小柳沟钨矿床区域地质特征及矿床地质特征的基础上,总结出该矿床钨、铜、钼的成矿受控于地层、岩浆岩、构造“三位一体”的成矿模式,并以此模式指导矿床本区和外围的地质找矿工作。

参考文献:

- [1] 左国朝,吴茂炳,毛景文,等.北祁连西段中元古代早期蛇绿岩的确定[J].甘肃地质学报,1999(2):1-6.
- [2] 刘堆富,安涛,张树宏,等.甘肃省肃南县小柳沟钨矿首采区勘探报告[R].甘肃省有色金属地质勘查局四队,内部资料,2004.
- [3] 张胜业,魏庆林,周继强,等.甘肃省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).
- [4] 黄薰德,吴郁彦,等.地球化学找矿[M].北京:地质出版社,1986.
- [5] 张玉成,刘堆富,乔立斌,等.甘肃省肃南裕固族自治县小柳沟铁铜钨钼矿区祁青钼矿床详查报告[R].甘肃有色地质调查院,(内部资料),2007.

收稿日期:2009-07-31

作者简介:陈玉峰(1974-),甘肃会宁人,地矿工程师,1998年毕业于长春工业高等专科学校(现长春工程学院)矿山地质系;2008年1月毕业于中国地质大学(北京)资源勘查工程专业。一直从事地质找矿与矿山开发工作。

(上接第45页)

必须经过净化处理,有效除去其中的铜和镉等有害杂质。选用锌粉作为净化剂。净化后溶液中铜和镉含量分别小于1 mg/L和1 mg/L。

2.7 浓缩

净化后的硫酸锌溶液再经过升温蒸发水分,再次提高硫酸锌浓度以达到结晶的目的,控制硫酸锌锌含量在215~235 g/L。

2.8 结晶分离

浓缩的硫酸锌经冷却结晶,使液体中的锌以七水硫酸锌的形式结晶出来,经过离心机分离得到七水硫酸锌固体,液体返回浓缩槽继续蒸发。产品七水硫酸锌成分见表3。

表3 七水硫酸锌成分

元素	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	Zn	As	Pb	Cd	备注
含量(%)	≥97.50	≥22.20	≤0.0005	≤0.001	≤0.002	

3 结语

采用这种方法处理锌湿法含锌废水投资少,生产成本低(1500元/t),利润空间大。目前也有些厂家拟采用萃取方法处理含锌废水,但是这种方法投资较大,运行费用较高,富集所得的硫酸锌溶液浓度较低。

收稿日期:2009-07-15

作者简介:张昱琛(1972-),男,工程师,1997年7月毕业于昆明理工大学有色冶金专业。现从事技术工作。