

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.02.004

四川小金县小草坝钨矿床矿石矿物特征 及成矿阶段初步认识

柴重阳^{1,2}, 宋立强^{1,2}, 姬寅东^{1,2}, 宋玮^{1,2}, 吕国营^{2,3}

(1. 河南省地质科学研究所, 郑州 450001;

2. 河南省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室, 郑州 450001;

3. 河南省地质调查院, 郑州 450001)

摘要: 小草坝钨矿床是一个新探明的大型钨矿床。本文通过矿石的光、薄片鉴定和电子探针分析,对矿石矿物特征进行了初步研究。结果表明,矿石主要有用金属为钨、钼,以白钨矿、辉钼矿形式存在;根据矿物组合特征、矿物间穿插关系及矿床地质特征,初步划分了成矿阶段,认为小草坝钨矿床的形成主要经历了矽卡岩阶段(包括早期矽卡岩阶段和晚期矽卡岩阶段)、热液阶段(包括石英-氧化物阶段和石英-硫化物岩阶段)。

关键词: 钨矿床;矿石矿物特征;成矿阶段;小金县;四川省

中图分类号: P618.67 **文献标识码:** A

0 引言

小草坝钨矿床位于四川省小金县抚边乡西北部,是近期新探明的一个大型钨矿床。矿区地处松潘-甘孜造山带东南缘,属松潘-壤塘印支-喜马拉雅期金铁锰稀有金属成矿带。区内地质找矿程度相对较低,仅进行了矿化点统计及远景区划分,地质找矿工作依赖于小比例物化探异常综合成果;该区周边探矿权少,勘查矿种以铜、铅多金属矿为主,勘查程度较低。小草坝钨矿床的发现,是近年来该区地质找矿工作的重大突破。本文通过小草坝钨矿床矿石矿物特征及成矿阶段研究,以期能够为该区及区域上进一步地质找矿提供有益信息。

1 成矿地质背景

1.1 区域地质背景

研究区位于甘孜-理塘缝合带以东、龙门山断裂以西,松潘-甘孜造山带的东南缘(图 1a)。区内地层分区归属巴颜喀拉地层区金川小区^[1-2]。区域上,该区地层主要出露三叠系西康群,为一套较深水环境形成的盆地-斜坡向碎屑岩复理石建造、局部夹碳酸盐岩;断裂构造相对不甚发育,主要表现为一系列呈 NW-SE 向复式褶皱;岩浆活动强烈,主要出露有燕山期万里城岩体、葫芦海子岩体^[3-4]。区内三叠系碎屑岩复理石沉积经历了低绿片岩相变质作用,其主要岩石类型有变质(杂)砂岩、板岩、千枚岩,属金川-理县变质岩带;受岩浆活动影响、经接触变质作用改造,在岩体外接触带上形成一套浅-中深变质的角岩化(类)岩石^[5]。成矿区划属万里城-葫芦海子钼多金属矿综合远景区的东南缘,有 1 处白钨矿、钛铁矿重砂异常区,该异常分布于葫芦海子岩体内外接触带上,并在该异常南部有一个辉钼矿点(图 1b),成矿地质条件相对优越^[7]。

1.2 矿区地质概述

矿区地层主要出露西康群侏倭组(T_3zh),为一套区域浅变质砂泥岩。实测地层剖面出露主要岩性

收稿日期: 2021-11-10; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 四川省小金县抚边乡小草坝钨钼矿勘探项目(矿权号:T1000002020123018000169)。

作者简介: 柴重阳(1988—),男,工程师,大学本科毕业,从事固体矿产勘查工作。E-mail:2248064556@qq.com

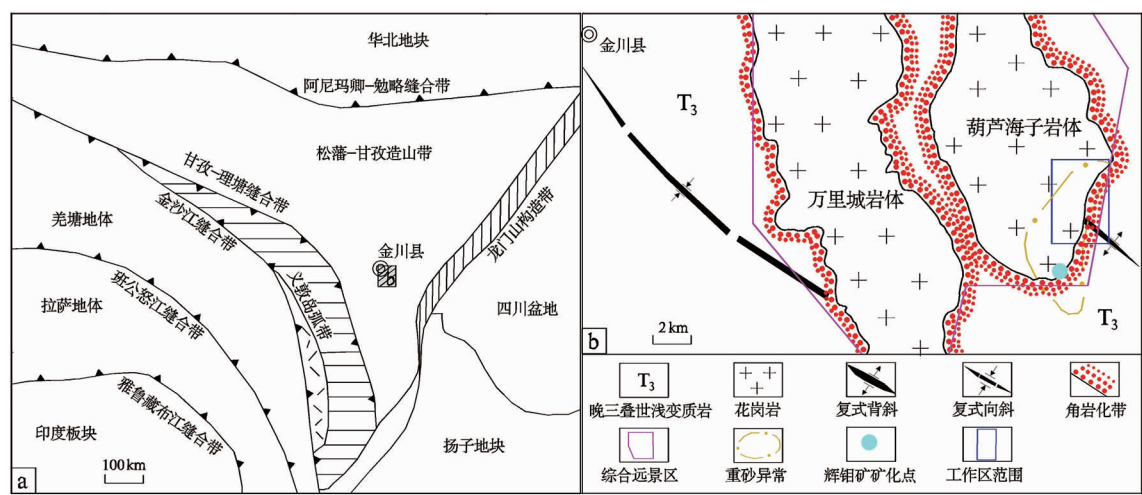


图 1 小草坝矿区区域构造简图(据文献[6],修编)

Fig.1 The regional tectonic sketch of Xiaocaoba W deposit

为灰-深灰色、薄-厚层状变质石英砂岩、变质长石石英砂岩与砂质板岩、绢云千枚岩组成的频率韵律式互层(俗称斑马纹),其中夹泥灰岩薄层或透镜体。每个韵律层厚度 15~95 m,砂岩与板岩厚度之比在 1:1~3:1 之间^[8]。

区内断裂构造不发育,以褶皱构造为主,受锅圈岩“M”型复式背斜作用,表现为一系列斜歪褶皱、层间“M”型褶皱,整体褶皱轴向呈 NW-SE 向。锅圈岩复式背斜中部被葫芦海子岩体吞噬中断,在葫芦海子岩体上侵形态和锅圈岩复式背斜的共同塑造下,岩体东侧地层外倾,倾向 75°~110°,倾角 23°~75°。

区内岩浆岩发育,出露葫芦海子岩体,岩性主要为黑云母(正长)花岗岩;岩体的内、外接触蚀变带明显。在岩体外接触带发育白钨矿化角岩,内接触带上硅化较强、发育辉钼矿化石英脉。据此推测,葫芦海子岩体为区内钨矿化提供了部分矿质来源。

区内区域变质岩发育,主要为侏倭组(T_{3zh})低绿片岩相绢云母-绿泥石,变质矿物组合为石英+绢

云母+绿泥石^[9]。在区域低温动力变质作用基础上,葫芦海子岩体上侵,围岩在接触变质作用下沿岩体外接触带形成各种角岩类和角岩化岩石。角岩岩石类型特征,见表 1 所述,其中钙硅酸角岩类为区内主要赋矿岩石类型。

2 矿床地质特征

2.1 岩石地球化学特征

本次选取与钨矿化相关的岩体及围岩样品共计 7 件,其中花岗岩类 4 件、钙硅酸角岩类 3 件,进行了全岩主量元素测试研究,以期了解含矿围岩及花岗岩体在成矿阶段的作用。

(1) 钙硅酸盐角岩类

矿区内侏倭组与钨矿床关系密切,该组岩石相对于澳大利亚后太古宇页岩(PAAS,通常被认为代表上地壳的平均化学成分)具富 SiO₂(均值 64.38%)、CaO(6.78%)的特点。区内已有的探矿

表 1 小草坝矿区接触变质岩主要岩石类型特征

Table 1 The main metasomatic rock types of Xiaocaoba W deposit

蚀变带	主要矿物成分	原岩类型	
云母角岩类	黑云母角岩	Bi+Qz+(Mu)	泥质岩
	堇青石黑云母角岩	Bi+Qz+Cord	
	阳起黑云石英角岩	Bi+Qz+Act+(Ep)	
长英质角岩类	黑云长英角岩	Bi+Qz+Ab+(Act)	(含泥质)长英质岩石
	透辉长英角岩	Di+Qz+Ab+Act+(Cr)+(Hb)	
钙硅酸盐角岩类	透辉石角岩	Di+Bi+Qz+(Scp)+(Zo)+(Cr)+(Wl)	泥灰岩

注:Bi. 黑云母;Qz. 石英;Ab. 钠长石;Di. 透辉石;Mu. 白云母;Act. 阳起石;Sep. 方柱石;Ep. 绿帘石;Zo. 黝帘石;Cord. 堇青石;Cr. 石榴石;Wl. 硅灰石;Hb. 角闪石。

表 2 小草坝矿区与成矿相关地层主量元素分析结果

Table 2 The major element analysis of the ore-related strata

岩石名称	侏倭组钙硅酸盐角岩			侏倭组 (平均值)	PAAS
	ZK0100-QH1	ZK0800-QH2	ZK0008-QH3		
SiO ₂	67.24	64.63	69.71	64.38	62.40
TiO ₂	0.51	0.49	0.44	0.54	0.99
Al ₂ O ₃	9.80	10.61	9.67	10.99	18.88
Fe ₂ O ₃	1.00	1.41	1.02	1.45	7.18
FeO	4.06	4.47	4.20	3.11	—
MnO	0.38	0.67	0.26	0.09	0.11
MgO	2.13	1.95	1.71	2.48	2.19
CaO	7.89	7.41	5.13	6.78	1.29
Na ₂ O	2.45	3.77	2.88	1.56	1.19
K ₂ O	1.17	0.92	1.31	2.30	3.68
P ₂ O ₅	0.28	0.38	0.37	0.15	0.16
H ₂ O ⁺	—	—	—	1.58	—
CO ₂	—	—	—	3.96	—
TS	0.48	0.77	0.98	—	—
LOI	2.29	2.31	2.14	—	—
Total	99.68	99.79	99.82	99.37	98.07

量单位: $w_B/\%$ 。PAAS 主量元素数值引自四川 1:5 万抚边、金川等 5 幅区域地质矿产调查报告。“—”表示“无”。

成果显示,钨矿床主要赋存于钙硅酸盐角岩带内,主矿体受特定岩性控制。3 件取自施工钻孔矿化段的钙硅酸盐角岩类样品的主量元素化学分析测试数据见表 2。

从表 2 可知,区内钙硅酸盐角岩与侏倭组岩石相比具有富 SiO₂ (64.63%~69.71%)、CaO (5.13%~7.89%)、Na₂O (2.45%~3.77%), 贫 K₂O (0.92%~1.31%) 的特点。ACF 图解显示样品中 2 件落在 3 区(原岩为泥灰岩), 1 件落在了 3 区与 5 区的重叠区域(图 2), 可大致推断区内钙硅酸盐角岩原岩为泥灰岩。白钨矿的形成需要一定的钙源, 而侏倭组中含钙质的岩石(以泥灰岩更为有利)可成为有利的成矿围岩, 为白钨矿的形成提供钙源。

(2) 花岗岩类

矿区内出露燕山期葫芦海子岩体, 其与钨矿化关系密切。本次研究工作, 在地质剖面测量中选取了 4 件岩体样品进行主量元素化学分析。样品室内镜下鉴定命名为黑云母正长花岗岩, 主要矿物成分有碱性长石(35%~40%)、斜长石(20%±)、石英(30%±)、黑云母(5%~8%)及少量副矿物等。4 件花岗岩样品的主量元素化学分析测试数据见表 3。

从表 3 可知, 葫芦海子岩体样品 $w(\text{SiO}_2) = 72.85\% \sim 74.92\%$, $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) = 8.71\% \sim 9.43\%$, $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O}) = 1.16 \sim 1.49$ (相对富钾), 铝饱和指数(A/CNK)在 1.04~1.15 之间。花

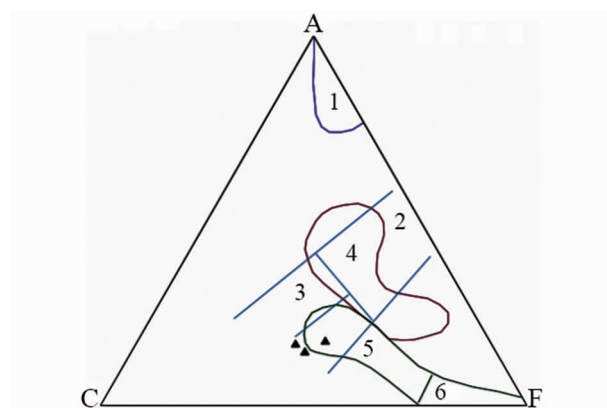


图 2 小草坝矿区钙硅酸盐角岩 ACF 图解

(据 Winkler, 1976)

Fig. 2 ACF diagram of Calcium silicate hornstone in Xiaocaoba W deposit

1. 富铝黏土和页岩; 2. 黏土和页岩(含碳酸盐 0~35%);
3. 泥灰岩(含碳酸盐 35~65%);
4. 杂砂岩; 5. 玄武岩和安山质岩; 6. 超镁铁岩

岗岩全碱-硅图解样品投点显示, 样点均落于碱性花岗岩范围内(图 3a); 花岗岩样品具较高的碱度率, 将样品进行花岗岩硅碱分类图解投点, 样品均落于碱钙性区域内(图 3b)。综上, 区内花岗岩具有高硅、高钾、碱性、过铝质的特征^[10]。

前人认为我国矽卡岩型白钨矿床的形成多与亚碱性花岗岩有关, 其中钙碱质岩石、碱钙质岩石占有较大优势, 而钨元素的富集与岩浆分异晚期形成的

表 3 小草坝矿区葫芦海子岩体主量元素分析结果

Table 3 The major element analysis of Huluhai intrusive body in Xiaocaoba area

样品编号	D701-QH1	D702-QH2	D704-QH4	D705-QH5
SiO ₂	73.09	72.97	74.92	72.85
TiO ₂	0.22	0.19	0.14	0.06
Al ₂ O ₃	14.33	14.65	13.25	14.99
Fe ₂ O ₃	0.93	0.33	0.13	0.10
FeO	0.97	1.02	0.88	0.28
MnO	0.04	0.05	0.04	0.01
MgO	0.14	0.17	0.14	0.10
CaO	0.88	0.86	0.66	0.40
Na ₂ O	4.03	3.96	3.67	3.79
K ₂ O	4.68	4.99	5.14	5.64
P ₂ O ₅	0.14	0.09	0.09	0.11
LOI	0.78	0.88	0.66	0.88
Total	100.23	100.16	99.72	99.21
w(K ₂ O+Na ₂ O)	8.71	8.95	8.81	9.43
w(K ₂ O)/w(Na ₂ O)	1.16	1.26	1.40	1.49
A /CNK	1.08	1.09	1.04	1.15
里特曼指数	2.52	2.67	2.42	2.96

量单位:w_B/ %。

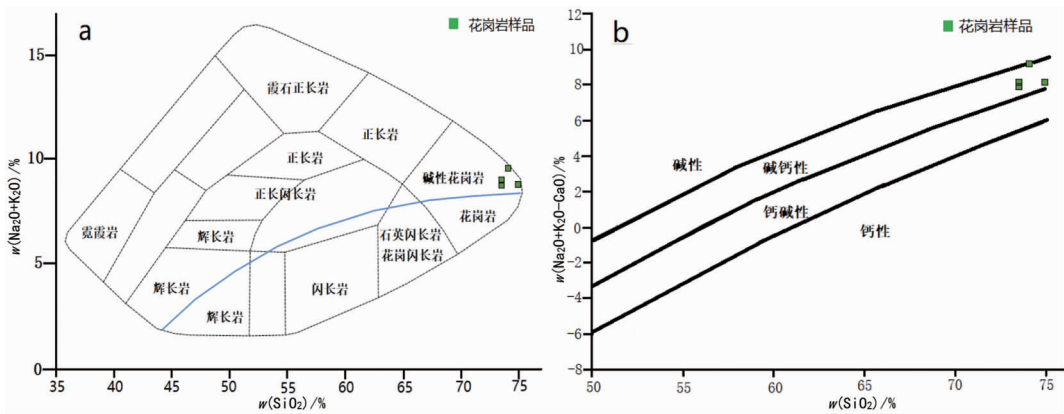


图 3 小草坝矿区花岗岩分类图解

Fig. 3 Plot showing classification of granite in Xiaocaoba area

a. 全碱-硅图解(据 Wilson,1989;Cox 等,1979);

b. 花岗岩分类图解(据 Frost,2001)

高温气化热液关系密切^[11]。结合工作区白钨矿的赋存状态及岩体内接触带的白钨矿化、辉钼矿化特征,认为区内岩浆活动不仅为成矿作用提供热源,还促使含钨建造中成矿元素的活化转移,并提供一定的成矿物质。

2.2 矿体特征

小草坝矿区已发现主要钨矿体 1 个,矿体编号 W1。钨矿体主要赋存于钙硅酸盐岩带内,伴生钼,层控特征明显,与地层产状近乎一致,整体倾向 70°~95°,倾角 35°~50°,横剖面上整体形态呈西部发散、中部汇聚厚大、东部收敛的特征(图 4)。W1 矿体规模达到 I 类型,已控制走向最大长度约 960

m,倾向最大延伸约 1022 m,矿体单工程平均真厚度 51.02 m(算术平均值),w(WO₃)平均值为 0.17%,w(Mo)=0.03%。W1 矿体现阶段的资源量——WO₃ 探明+控制资源量,已达到大型规模。

2.3 矿石组构特征

矿石矿物主要为白钨矿、辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等,另有少量闪锌矿、方铅矿等;脉石矿物主要为石英、透辉石、钾长石、斜长石、石榴子石,另有阳起石、绿帘石、方柱石、萤石、方解石、云母、角闪石及少量磷灰石、榍石等;其中有用金属矿物主要是白钨矿、辉钼矿。矿石结构以结晶结构为主,少量金属硫化物可见交代结构和固溶体分离结构;矿石

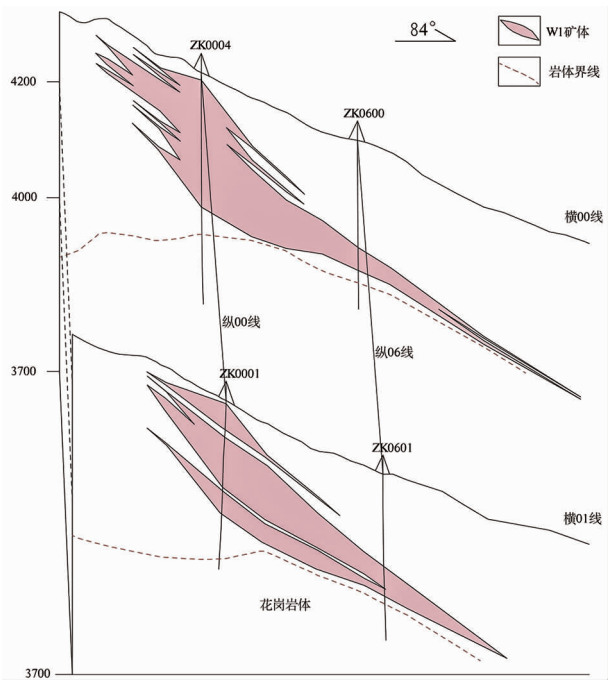


图 4 小草坝矿区钨矿体形态特征示意图(横剖面)
Fig. 4 Sketch showing morphological feature of W ore bodies in Xiaocaoba W deposit

构造以浸染状构造(图 5)、脉状构造为主。

2.4 主要金属矿物特征

通过对小草坝钨矿区矿石标本的光薄片鉴定及能谱分析,确定金属矿物 10 余种,主要有用金属矿物为白钨矿、辉钼矿。

(1)白钨矿

白钨矿是该区主要金属矿物,紫外线照射下发浅蓝-蓝白荧光,随钼钙分子含量的增加,荧光颜色从浅蓝色变为蓝白色^[12],电子探针测试白钨矿内 $w(\text{MoO}_3)$ 值为 0.07%~1.73%(表 4)。

薄片中的白钨矿为无色透明,正极高突起,最高干涉色达一级橙红;光片中反射光下呈淡灰白色。白钨矿粒径一般在 0.074~1.168 mm,以他形粒状为主,多呈浸染状、细脉状产出。常见白钨矿与石榴石(石榴石能谱结果显示以钙铝榴石为主)连生,少量以包裹体形式存在于石榴石颗粒中;部分白钨矿与辉钼矿连生存在于石英、方解石脉中(图 6)。依据白钨矿的赋存形态,推测白钨矿形成于 2 个成矿期次:早期矽卡岩阶段、晚期热液阶段,以矽卡岩阶段为主。

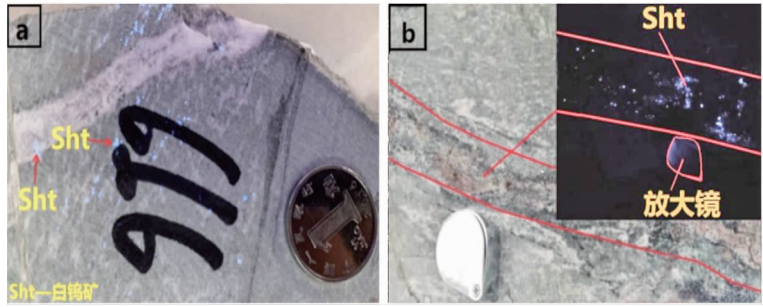


图 5 小草坝矿区矿石构造
Fig. 5 Ore structure of Xiaocaoba W deposit
a. 浸染状构造;b. 条带状构造

表 4 小草坝矿区白钨矿电子探针测试结果

Table 4 Electronic probe analysis of sheelite from Xiaocaoba W deposit

序号	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	WO ₃	MoO ₃	合计
1	0.05	0.02	17.98	0.38	0.02	0.05	0.06	0.06	0.01	77.10	0.85	96.58
2	0.07	0.02	17.32	0.66	0.02	0.03	0.04	0.16	—	77.80	1.06	97.18
3	0.07	—	17.68	0.35	0.01	—	0.05	0.12	—	78.58	0.07	96.93
4	0.05	—	18.12	0.30	—	0.02	0.03	0.15	—	77.04	0.64	96.35
5	0.06	0.02	17.59	0.33	0.01	—	—	0.10	—	77.42	0.89	96.42
6	0.06	—	17.81	0.61	0.01	—	—	0.72	0.01	75.87	1.73	96.82
7	0.02	0.02	17.46	0.35	0.01	0.03	0.06	0.07	—	78.30	0.25	96.57
8	0.04	—	17.44	0.27	—	—	0.01	0.16	0.07	78.32	0.17	96.48

量单位: $w_B/\%$ 。“—”表示未测出。

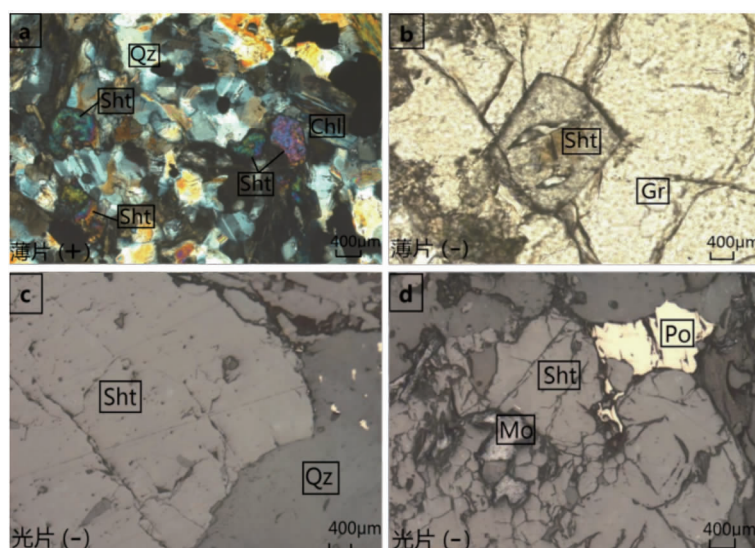


图 6 小草坝矿区白钨矿显微照片

Fig. 6 Micrograph of sheelite from Xiaocaoba W deposit

- a. 白钨矿(Sht)呈粒状结构分布在石英(Qz)、绿泥石(Chl)等脉石矿物中;
b. 白钨矿以包裹体形态分布于石榴石(Gr)颗粒中;c. 白钨矿与石英脉连生;
d. 白钨矿中包裹辉钼矿(Mo),沿裂隙充填磁黄铁矿(Po)颗粒

(2) 辉钼矿

辉钼矿是该区重要矿物,呈浅灰色,在薄片上不透明,在反射光下呈灰白色,反射多色性变化显著(灰白色-灰带淡蓝色)。辉钼矿主要呈弯曲鳞片状或叶片状(图 7),集合体可见束状,呈稀疏浸染分布在黑云母花岗岩、石英、长石脉中,或沿各种脉体与围岩的接触部位呈细脉状展布。

3 成矿阶段划分

小草坝钨矿床受地层、岩体作用,主要矿体赋存于钙硅酸角岩带内。该矿床的地质特征、矿物共生组合、穿插关系等特征研究表明,小草坝钨矿床的形成是多阶段矿化的结果,初步划分为矽卡岩阶段、热液阶段^[13]。

(1) 矽卡岩阶段

根据岩浆活动不同阶段矿物的特征,将小草坝钨矿床矽卡岩阶段可进一步分为早期矽卡岩阶段和晚期矽卡岩阶段。

早期矽卡岩阶段。岩浆侵位于三叠系西康群中,产生巨大热能,受岩浆热能烘烤,形成宽度不一的热接触变质带。热接触变质效应使元素活化迁移、矿物重新组合、含矿岩石发生重结晶,区内主要表现为形成大量的角岩类岩石。根据原岩及变质标

志矿物的不同,区内出露的角岩可分为云母角岩类、长英质角岩类、钙硅酸盐角岩类。该阶段形成石榴子石(能谱分析结果以钙铝榴石为主)、透辉石(能谱分析结果显示含 Fe 类质同象,形成透辉石-钙铁辉石的类质同象矿物系列)、方柱石、硅灰石等无水硅酸盐矿物。

晚期矽卡岩阶段。岩浆期后高温-气化热液交代早期形成的钙硅酸盐角岩类岩石及泥灰岩,形成类矽卡岩。前人定义类矽卡岩是由不纯碳酸盐岩(如泥灰岩、钙质页岩等)变质而成,在成分上与矽卡岩相类似的岩石,且这类岩石也可以称为钙-硅酸角岩^[14]。本次工作中将该阶段形成的类矽卡岩称为钙硅酸角岩,且该阶段形成阳起石、透闪石、角闪石、绿泥石等含水硅酸盐矿物。结合现阶段综合地质成果,推测工作区岩浆上侵定位过程中携带了钨等成矿物质,岩浆作用萃取围岩中的成矿元素,使其活化随热液迁移,在岩浆期后高温气化热液中富集。晚矽卡岩阶段当高温气化热液交代围岩形成类矽卡岩(钙硅酸角岩)时,伴随着成矿流体的释放、温度的降低,在矽卡岩期后形成浸染状白钨矿化^[15]。

(2) 热液阶段

小草坝钨矿床在热液阶段主要形成白钨矿、辉钼矿、雌黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿等金属矿物和石英、萤石、方解石等大量非金属矿物,据不同矿物组合进一步分为石英-氧化物阶段、石英-硫化物阶段^[16-17]。

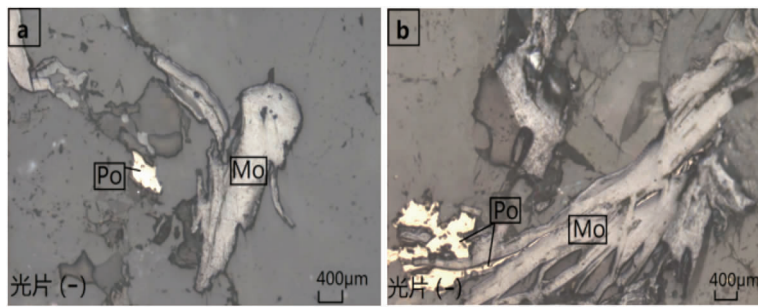


图7 小草坝矿区辉钼矿显微照片

Fig. 7 Micrograph of molybdenite from Xiaocaoba W deposit

a. 辉钼矿(Mo)呈鳞片状分布;b. 辉钼矿集合体裂隙中充填磁黄铁矿(Po)

石英-氧化物阶段。岩浆期后高-中温热液作用在岩体外接触带形成石英-白钨矿脉,不受地层岩性控制。岩浆上侵冷却过程中,温度、压力的变化促使围岩薄弱层位形成脉状裂隙,该阶段含矿流体沿裂隙充填形成脉状矿化体,在各类角岩中均有分布,起到叠加矿化作用。白钨矿在脉体中呈稀疏浸染状或细脉状分布,粒度相对较小。

石英-硫化物阶段。区内金属硫化物主要生成阶段,其中有用金属矿物为辉钼矿,呈稀疏或极稀疏浸染状分布在石英、长石及碳酸盐脉中,也可见辉钼矿沿各种脉体与围岩接触部位呈细脉状展布,该部分辉钼矿鳞片粒径较大,结晶程度高。结合光薄片鉴定结果,初步判断金属硫化物生成顺序为黄铁矿-辉钼矿-磁黄铁矿-黄铜矿。

4 结论

小草坝钨矿床是万里城-葫芦海子钨多金属矿综合远景区发现的首个大型白钨矿床,研究该矿床的矿石矿物特征及成矿阶段,可为区域上进一步开展地质找矿提供有益信息。

(1)小草坝钨矿床产出受地层、岩体控制,在岩体上侵时交代外接触带泥灰岩形成钙硅酸角岩带为主要赋矿层位。

(2)矿床有用金属为钨、钼,主要以白钨矿、辉钼矿形式存在;矿石结构以结晶结构为主;矿石构造主要有浸染状构造、脉状构造。

(3)该矿床成矿阶段可初步分为矽卡岩阶段(包括早期矽卡岩阶段和晚期矽卡岩阶段)、热液阶段(包括石英-氧化物阶段和石英-硫化物岩阶段)。

参考文献:

- [1] 许志琴,侯立伟,王宗秀,等. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [2] 鄢圣武,朱兵,伍文湘,等. 松潘-甘孜造山带万里城花岗岩及其岩浆包体的成因与地球动力学意义[J]. 地质通报,2015,34(2/3):292-305.
- [3] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [4] 宋立强,吕国营,柴重阳,等. 小草坝钨矿床地质特征及成因[J]. 现代矿业,2019,35(10):36-39.
- [5] 龚大兴,郭佳,罗俊峰,等. 川西马尔康-金川地区晚三叠世松潘甘孜残留洋盆复理石建造沉积特征与沉积模式[J]. 沉积学报,2019,37(6):1210-1223.
- [6] 万传辉,袁静,李芬香,等. 松潘-甘孜造山带南段晚三叠世兰尼巴和羊房沟花岗岩岩石学、地球化学特征及成因[J]. 岩石矿物学杂志,2011,30(2):185-198.
- [7] 张宽忠,李振江,徐刚,等. 四川省马尔康县幅区域地质调查报告[R]. 成都:四川省地质调查院,2009.
- [8] 宋立强,宋仲科,燕长海,等. 四川小草坝白钨矿床地质特征及成因探析[J]. 矿产勘查,2020,11(5):944-953.
- [9] 梁兵,邓红,罗林洪. 攀枝花米易普威地区康定群地层变质作用特征研究[J]. 四川地质学报,2020,40(4):544-550.
- [10] 江超强,张勇,潘家勇,等. 江西大雾塘钨矿岩石地球化学特征及其意义[J]. 西部探矿工程,2016,28(5):175-180.
- [11] 刘善宝,刘站庆,王成辉,等. 赣东北朱溪超大型钨矿床中白钨矿的稀土、微量元素地球化学特征及其 Sm-Nd 定年[J]. 地学前缘,2017,24(5):17-30.
- [12] 陈思佳. 不同钼含量白钨矿的矿物学研究及其地质意义[D]. 福州:福州大学,2016.
- [13] 蔡倩茹. 滇东南南秧田砂卡岩型白钨矿床地质地球化学特征及成因[D]. 昆明:昆明理工大学,2017.
- [14] 赵一鸣,林文蔚,毕承恩,等. 中国砂卡岩矿床[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [15] 罗毅甜. 柴川三道庄钨矿围岩构造蚀变分带的岩石学研究及成矿分析[D]. 北京:中国地质大学,2014.
- [16] 付强,葛文胜,温长顺,等. 广西油麻坡钨钼矿床地球化学特征及成因探讨[J]. 矿床地质,2014,33(4):785-794.
- [17] 冯佳睿,毛景文,裴荣富,等. 滇东南老君山南秧田钨矿床的成矿流体和成矿作用[J]. 矿床地质,2011,30(3):403-419.

Ore mineral characteristics and metallogenic stages of Xiaocaoba W deposit in Xiaojin county, Sichuan province

CHAI Chongyang^{1,2}, SONG Liqiang^{1,2}, JI Yindong^{1,2}, SONG Wei^{1,2}, LV Guoying^{2,3}

(1. *Henan Institute of Geological Sciences, Zhengzhou 450001, China;*

2. *Henan Key Lab. for Metallogenic Process of Metal Mineral Resources and Resources Utilization, ZhengZhou 450001, China;*

3. *Henan Geological Survey Institute, Zhengzhou 450001, China*)

Abstract: The Xiaocaoba is a newly discovered large-size W deposit. Ore minerals are identified by polished and thin sections and analyzed by electronic probe as W-bearing sheelite and Mo-bearing molybdenite. Based on geological characteristics of the deposit, the ore mineral characteristics and their cutting relationship the metallogenic process is preliminarily divided into skarn stage and hydrothermal stage.

Key Words: W ore deposit; ore mineral characteristics; metallogenic stage; Xiaojin county; Sichuan province