

西藏甲玛铜多金属矿床中白钨矿的产出特征 及其找矿意义*

应立娟¹, 王登红¹, 王 焕¹, 郑文宝², 孙 艳¹, 钟婉婷², 胡正华²

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

2 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘 要 西藏甲玛铜多金属矿床位于冈底斯成矿带中段, 矿区内显示钨元素异常, 局部矿化富集, 但前人尚未对钨元素及钨矿物进行研究。为弥补该空缺, 文章通过分析钨含量随孔深变化的关系、钨矿物显微镜下鉴定和电子探针分析, 发现甲玛矿床矽卡岩型矿体的深部易于富集钨, 且出现波峰, 钨含量明显高于中浅部矿体; 甲玛矿床中的钨矿物为白钨矿, 主要赋存于矽卡岩中, 且分布不均匀, 颗粒细小, 需要通过显微镜下鉴定才能识别, 其中, 与白钨矿共伴生的矿物以矽卡岩矿物为主, 包括钙铁榴石、硅灰石和透辉石等。甲玛白钨矿的 WO_3 和 CaO 含量较理论值略偏低, 并含极少量 P_2O_5 、 K_2O 、 FeO 、 MnO 、 Cr_2O_3 和 NiO 等杂质。作者认为甲玛矿区的钨矿物主要为白钨矿, 不利于形成黑钨矿。冈底斯成矿带发育众多矽卡岩型铜钨多金属矿, 矽卡岩型矿床中钨矿化/异常的陆续发现, 指示了冈底斯成矿带上良好的找钨矿前景。

关键词 矿物学; 白钨矿; 矽卡岩; 电子探针; 甲玛; 冈底斯

中图分类号: P618.41; P618.67

文献标志码: A

Occurrence feature of scheelite from Jiama copper polymetallic deposit in Tibet and its ore-prospecting significance

YING LiJuan¹, WANG DengHong¹, WANG Huan¹, ZHENG WenBao², SUN Yan¹,
ZHONG WanTing² and HU ZhengHua²

(1 MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract

The Jiama copper polymetallic deposit, located in the middle part of the Gangdese metallogenic belt, has tungsten anomalies and local enrichment. However, very insufficient research work has been devoted to tungsten and tungsten minerals. In order to make remedy in this aspect, the authors probed into the variation of tungsten content with the depth, and made microscope identification and electron microprobe analysis. The results show that tungsten in Jiama is concentrated in the deep skarn type ore body rather than in the middle and shallow ore body. Scheelite is the only tungsten mineral found in Jiama and occurs as very fine grains in the skarn, which have to be identified by microscope. Mineral assemblages related to scheelite are such skarn minerals as andra-

* 本文得到中央公益性行业科研专项课题(编号: 200911007-02)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号: K0911、K0803)、国家 973 项目(编号: 2011CB403103)、国土资源地质大调查项目(编号: 1212010733803)、国家科技支撑项目(编号: 2006BAB01A01)、青藏专项(编号: 1212010818089)共同资助

第一作者简介 应立娟, 女, 1981 年生, 在职博士生, 助研, 主要从事矿床学研究。Email: biyuntian518@sina.com

收稿日期 2010-11-05; 改回日期 2011-01-02。张绮玲编辑。

dite, wollastonite and diopside. WO_3 and CaO contents in scheelite from Jiama are a little lower than their theoretical values because scheelite in Jiama contains very small amounts of P_2O_5 , K_2O , FeO , MnO , Cr_2O_3 and NiO . Therefore, the authors hold that there is only scheelite in Jiama, with no wolframite existent. Tungsten prospecting is promising in Gangdisé, as evidenced by the continuous discovery of tungsten anomalies/ore spots in the skarn-type Cu-Mo polymetallic deposits.

Key words: mineralogy, scheelite, skarn, electron microprobe analysis, Jiama, Gangdisé

世界著名的白钨矿产地有中国湖南柿竹园、瑶岗仙、四川平武,德国的 Saxony、Bohemia,英国的 Cornwall,澳洲的 New South Wales、Queensland,玻利维亚的北部,美国的 Nevada、Arizona 和 California 等州,加拿大的 British Columbia、Yukon 和 Northwest Territories 边界的东部等地。冈底斯成矿带上的已知独立钨矿床较少,目前见报道的有北部申扎县的甲岗原生钨(钼)矿床,南部泽当县努日铜钨钼多金属矿床,其余多为小的矿化点,但在当雄-林周-墨竹工卡一带已经发现了多个钨钼铅锌多金属矿(闫学义等,2010 雍永源,2007)。甲玛铜多金属矿区乃至整个冈底斯地区均显示出钨的正异常,通过对甲玛矿区地表、平硐和钻孔样品进行化学分析,发现钨含量变化虽大($w(\text{W})$ 最高可达 $2\,717 \times 10^{-6}$),但在矽卡岩中 $w(\text{W})$ 平均达 159×10^{-6} (应立娟等,2011),显示了良好的找矿前景。

目前,甲玛矿区钨的赋存状态、矿物组成等尚未见有报道。本文从甲玛矿床钨元素的空间分布、赋存状态、矿物组成等方面入手,进一步分析了白钨矿的化学成分,研究其形成环境及指示意义,并初步分析了冈底斯找钨矿的方向和潜力。

1 空间分布

西藏甲玛铜多金属矿床的主要矿体为矽卡岩型,它走向北西,倾向北东,位于上侏罗统多底沟组(J_3d)大理岩、灰岩和下白垩统林布宗组(K_1l)角岩、砂板岩之间。矿体走向长达 4 200 m,倾向方向延深 500~2 200 m,呈层状、似层状,且矿体上陡下缓(图 1)。根据西南冶金测试中心对钻孔岩芯样品(一般在矽卡岩中 1 m 采一个样,其他部分多为 2 m 一个样)采用全谱直读等离子发射光谱法测定的钨元素分析结果(据 141 个钻孔的 635 件样品统计),显示钨在甲玛矿区含量较高,其中钨含量 $w(\text{W})$ 高于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 的样品可见于 10 个钻孔, $w(\text{W})$ 为 $100 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$ 之间的样品更为广泛,可见于

56 个钻孔(图 1),远高于钨元素的地壳丰度(1×10^{-6} ,任天祥等,1999)。空间上,高钨样品在矿体走向和倾向上均有分布,显示了钨在甲玛矿区分布的广泛性。

钨分析结果中的最高值 $2\,717 \times 10^{-6}$,分布于 ZK1616,且 16 号勘探线在整个矿区具有代表性,样品也较多,故选取 16 号勘探线剖面进行解析(图 2)。各个钻孔中的钨含量按孔深作变化图解,发现自南西北向东北方向,即 ZK1602→ZK1604→ZK1607→ZK1608→ZK1609→ZK1620→ZK1616→ZK1618,钨含量随着矽卡岩型矿体的延深而增加,在深部出现波峰,且位置越深,波峰趋于增高。这可能与钨赋存的岩性有关,峰值均出现在矽卡岩中,可能是含钨矿物在矽卡岩中富集所致。钨在深部的含量明显高于中浅部的含量,表明甲玛铜多金属矿床中,钨趋于在深部矽卡岩中富集。

2 矿物形态及矿物组合

白钨矿一般颗粒较细,自形程度低,常呈他形微粒状产出,自形晶体则很少见;富集程度也不高,多呈微粒浸染状或细脉浸染状产出,块状、团块状富集体则很少见(图 3a),肉眼不易辨认,主要以显微镜下鉴定为主,并结合电子探针分析。白钨矿多分布于石英附近或斑铜矿附近,与石英关系较为密切。

甲玛矿区的白钨矿的相关矿物组合有:白钨矿-石英-黑云母-透辉石;白钨矿-石英-方解石-黑云母-硬石膏;白钨矿-辉钼矿-斑铜矿-钙铁榴石-硅灰石。

3 矿物成分

目前在地壳中发现有 20 余种钨矿物和含钨矿物,包括黑钨矿族、白钨矿族、钨华类矿物和一些不常见钨矿物,但其中具有经济价值的只有黑钨矿和白钨矿(陈光远,1987)。在甲玛铜多金属矿床中,用肉眼、显微镜、电子探针等至今还未发现黑钨矿,含

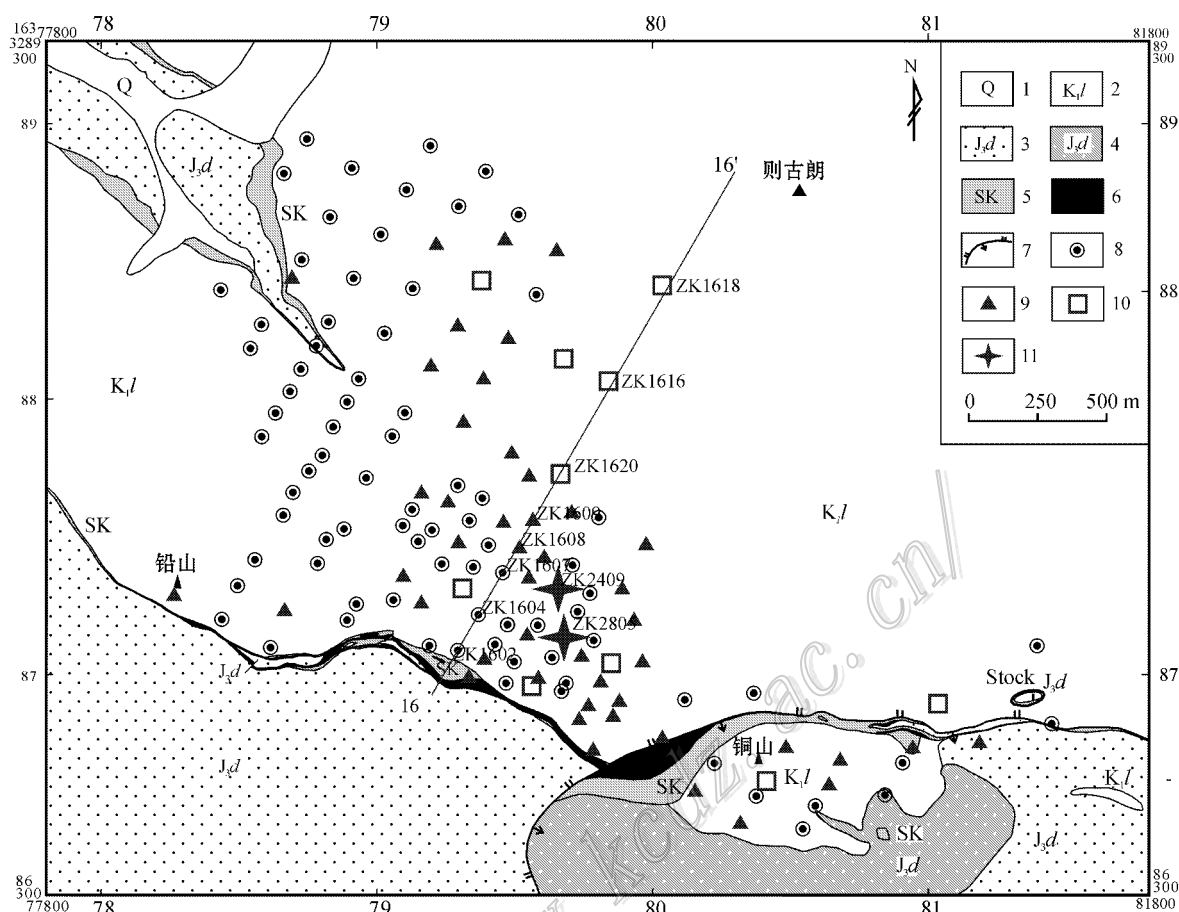


图 1 甲玛矿区地质图及钨分布示意图(坐标为公里网)

1—第四系；2—下白垩统林布宗组砂板岩、角岩；3—上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩；4—上侏罗统多底沟组砂卡岩化大理岩；5—砂卡岩；6—砂卡岩型铜矿体；7—滑覆构造断裂；8—有钨元素分析数据的钻孔；9—样品化学分析 $w(W) = 100 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$ 的钻孔；10—样品化学分析 $w(W) > 1\,000 \times 10^{-6}$ 的钻孔；11—电子探针分析有白钨矿的钻孔

Fig. 1 Geological map of Jiama showing distribution of tungsten ore deposits

1—Quaternary；2—Sandstone-slate and hornfels of Lower Cretaceous Linbuzong Formation；3—Limestone and marble of Upper Jurassic Duodigou Formation；4—Skarnization marble of Upper Jurassic Duodigou Formation；5—Skarn；6—Skarn type copper ore body；7—Decollement fault；8—Drill hole with tungsten data；9—Drill hole with samples whose tungsten content is $w(W) = 100 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$ ；10—Drill hole with samples whose tungsten content is higher than $1\,000 \times 10^{-6}$ ；11—Drill hole with scheelite based on electron microprobe analysis

钨矿物只是白钨矿。矿区主要地层上侏罗统多底沟组(J_3d)，即矿体的底板，是灰岩，即钙碳酸盐岩，说明矿区内钙的物源充足。而形成黑钨矿所需的 Mn 或 Fe₃ 在矿区内相对偏少，含 Mn 的矿物极少见；而 Fe 元素多赋存于非金属脉石矿物及黄铁矿、磁黄铁矿、斑铜矿、镜铁矿、赤铁矿、白铁矿等矿物中，且磁铁矿量少，粒度细，往往需借助显微镜才可鉴别。

白钨矿，即钨酸钙，分子式为 $CaWO_4$ ，其理论成分为： $w(WO_3)$ 80.53%， $w(CaO)$ 19.47%，但它往往含有多种杂质元素。根据杂质元素的晶体化学特性以及它们在白钨矿晶格中的类质同象置换关系，

又常将白钨矿的矿物分子式写为： $(Ca,Cu,Pb,REE,Sr,Ba,Mg,Fe,Al)(W,Mo,Si,Al)O_4$ (王濮等, 1987；李逸群等, 1991)。

在甲玛矿化砂卡岩和砂卡岩型铜矿石的光薄片(JM2805-463 和 JM2409-420, 采样位置见图 1)中发现了白钨矿，并通过电子探针分析加以确认(表 1)。电子探针分析在中国地质科学院矿产资源研究所完成，分析人陈振宇。图 3b 显示矿化砂卡岩中分析的 4 个点均为白钨矿，图 3c 和图 3d 显示斑铜矿-黄铜矿石中的白钨矿。白钨矿有浅色和深色两类，图 3b 中的点 1(sch1)和点 2(sch2)较其他白钨矿颜色偏

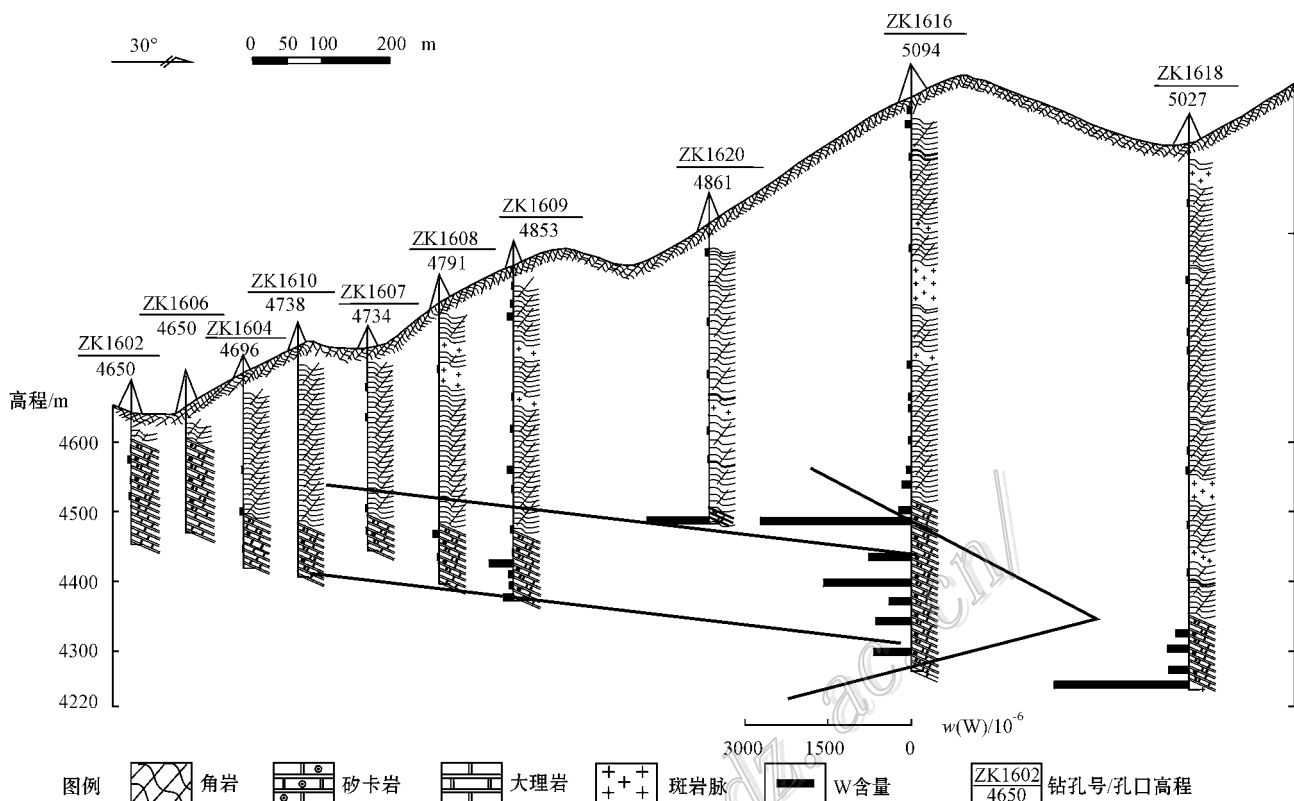


图2 甲玛16号勘探线剖面图及钨含量示意图

Fig. 2 Cross section along No. 16 exploration line in Jiama and tungsten content

深,其 WO_3 含量(80.523%~80.58%)稍高于浅色者(80.19%~80.495%), CaO 含量变化则无规律。与理论值(WO_3 80.53%, CaO 19.47%,王濮等,1987)相比,甲玛白钨矿中 WO_3 和 CaO 的含量略偏低。甲玛白钨矿的杂质组分主要为 P_2O_5 、 K_2O 、 FeO 、 MnO 、 Cr_2O_3 和 NiO 等(表1,本次未分析 Mo) ,但含量均比较低。

对比赣南的主要钨矿床,如漂塘、画眉坳、盘古山等,湖南的新田岭、瑶岗仙、柿竹园等,河南三道庄钼钨矿床,甘肃朱岔白钨矿矿床,四川马脑壳金矿床,以及俄罗斯、澳大利亚、智利和日本等矿床中白钨矿的化学分析和电子探针分析数据(郭朝晖,2004;李逸群等,1991;田朝晖等,2001;王濮等,1987;赵一鸣等,1990;郑明华等,1993),发现化学分析数据较电子探针中的 WO_3 含量多数偏低,而 CaO 含量略偏高,与理论值相比较,也是 WO_3 含量偏低,而 CaO 含量则变化较大(图4a)。这可能与化学分析的对象为白钨矿群体有关,而电子探针的微区分析数据相对更能反映细小白钨矿单体的成分。据白钨矿的电子探针分析结果,对比不同金属矿床中产

出的白钨矿(图4b),显示白钨矿矿床中白钨矿 WO_3 含量变化幅度大,甘肃朱岔白钨矿的 WO_3 含量最高,但 CaO 含量偏低最多,湖南新田岭和澳大利亚金岛的白钨矿 WO_3 含量略低于理论值,钨矿床(以黑钨矿和白钨矿为主,以湖南瑶岗仙、日本 Pujigatani 和 Yamaguchi 钨矿床为例)和钨多金属矿床(湖南柿竹园、河南三道庄)中白钨矿的 WO_3 和 CaO 含量较集中, WO_3 含量略偏低;金矿床(四川马脑壳)中白钨矿的 WO_3 和 CaO 含量与甲玛铜多金属矿床相似, WO_3 含量略偏低且变化不大。推测白钨矿中 WO_3 含量可能与矿床的矿种类型及共/伴生矿石矿物存在一定的相关性。

4 讨论

4.1 成矿环境的指示意义

从组成矿物的元素角度考虑,甲玛出现白钨矿(CaWO_4)而尚未见黑钨矿[(Fe 、 Mn) WO_4],与实际地质情况一致,也与前人研究成果一致。在钙碳酸盐岩围岩的影响下,钨的沉淀不可能以黑钨矿的方式

表 1 白钨矿的电子探针分析结果
Table 1 Electron microprobe analyses of scheelite

矿 区	岩 性	w(B)/%											资料来源			
		WO ₃	CaO	TiO ₂	MgO	MnO	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	NiO	SO ₃	MoO ₃		CuO	Ta ₂ O ₅	总和
西藏甲玛铜多金属矿床	矿化砂卡岩	80.58	18.269	0.003	—	0.004	0.004	—	0.387	—	—	—	—	—	99.25	本文
西藏甲玛铜多金属矿床	矿化砂卡岩	80.523	18.764	—	0.008	0.005	0.01	0.025	0.232	0.035	—	—	—	—	99.60	本文
西藏甲玛铜多金属矿床	矿化砂卡岩	80.495	18.474	—	—	0.005	0.003	0.056	0.249	0.004	—	—	—	—	99.29	本文
西藏甲玛铜多金属矿床	矿化砂卡岩	80.415	19.039	—	—	—	0.007	0.063	0.156	—	—	—	—	—	99.68	本文
西藏甲玛铜多金属矿床	铜矿石	80.27	18.851	0.014	—	0.039	0.001	—	0.036	0.029	—	—	—	—	99.24	本文
西藏甲玛铜多金属矿床	铜矿石	80.19	18.694	—	—	—	—	0.099	0.043	—	0.035	—	—	—	99.06	本文
甘肃朱岔白钨矿床	白钨矿石	82.29	16.67	0.15	—	—	—	—	—	—	0.07	0.27	—	—	99.45	郭朝晖, 2004
甘肃朱岔白钨矿床	白钨矿石	82.57	16.02	0.06	—	—	—	—	—	—	0.06	0.38	—	—	99.09	郭朝晖, 2004
湖南新田岭白钨矿床	砂卡岩	80.03	19.11	—	—	0.06	—	—	—	—	0.05	—	—	—	99.25	赵一鸣等, 1990
湖南新田岭白钨矿床	砂卡岩	77.05	19.38	—	—	0.02	—	—	—	—	1.25	—	—	—	97.70	赵一鸣等, 1990
湖南新田岭白钨矿床	砂卡岩	77.29	18.92	—	—	—	—	—	—	—	1.26	—	—	—	97.47	赵一鸣等, 1990
澳大利亚金岛白钨矿床	—	78.6	18.34	—	—	—	—	—	—	—	1.58	—	—	—	98.52	赵一鸣等, 1990
湖南瑶岗仙钨矿床	砂卡岩	79.49	18.82	—	—	—	—	—	—	—	0.34	—	—	—	98.65	赵一鸣等, 1990
湖南瑶岗仙钨矿床	砂卡岩	79.61	18.74	—	—	—	—	—	—	—	0.07	—	—	—	98.42	赵一鸣等, 1990
湖南瑶岗仙钨矿床	砂卡岩	79.05	18.01	—	—	0.03	—	—	—	—	0.08	—	—	—	97.17	赵一鸣等, 1990
日本 Pujigatani 钨矿床	—	80.03	19.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99.28	赵一鸣等, 1990
日本 Yamaguchi 钨矿床	—	78	18.9	—	—	—	—	—	—	—	1.22	—	—	—	98.12	赵一鸣等, 1990
湖南柿竹园钨多金属矿床	—	79.27	19.19	—	—	—	—	—	—	—	0.2	—	—	—	98.66	赵一鸣等, 1990
河南三道庄钨矿床	浮钼尾矿	76.58	19.84	—	—	—	—	—	—	—	3.255	—	—	—	99.68	田朝晖等, 2001
四川马脑壳金矿床	金矿石	80.34	18.77	—	0.06	—	—	—	—	—	0.17	—	—	—	99.66	郑明华等, 1993
四川马脑壳金矿床	金矿石	80.48	19	—	0.02	0.07	—	—	—	—	0.32	—	—	—	99.79	郑明华等, 1993
系统矿物学(下册)	理论值	80.6	19.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	王骥等, 1987

注：表内本文数据由矿产资源研究所陈振宇测定。表内空白表示未测试分析，—表示低于检测限。

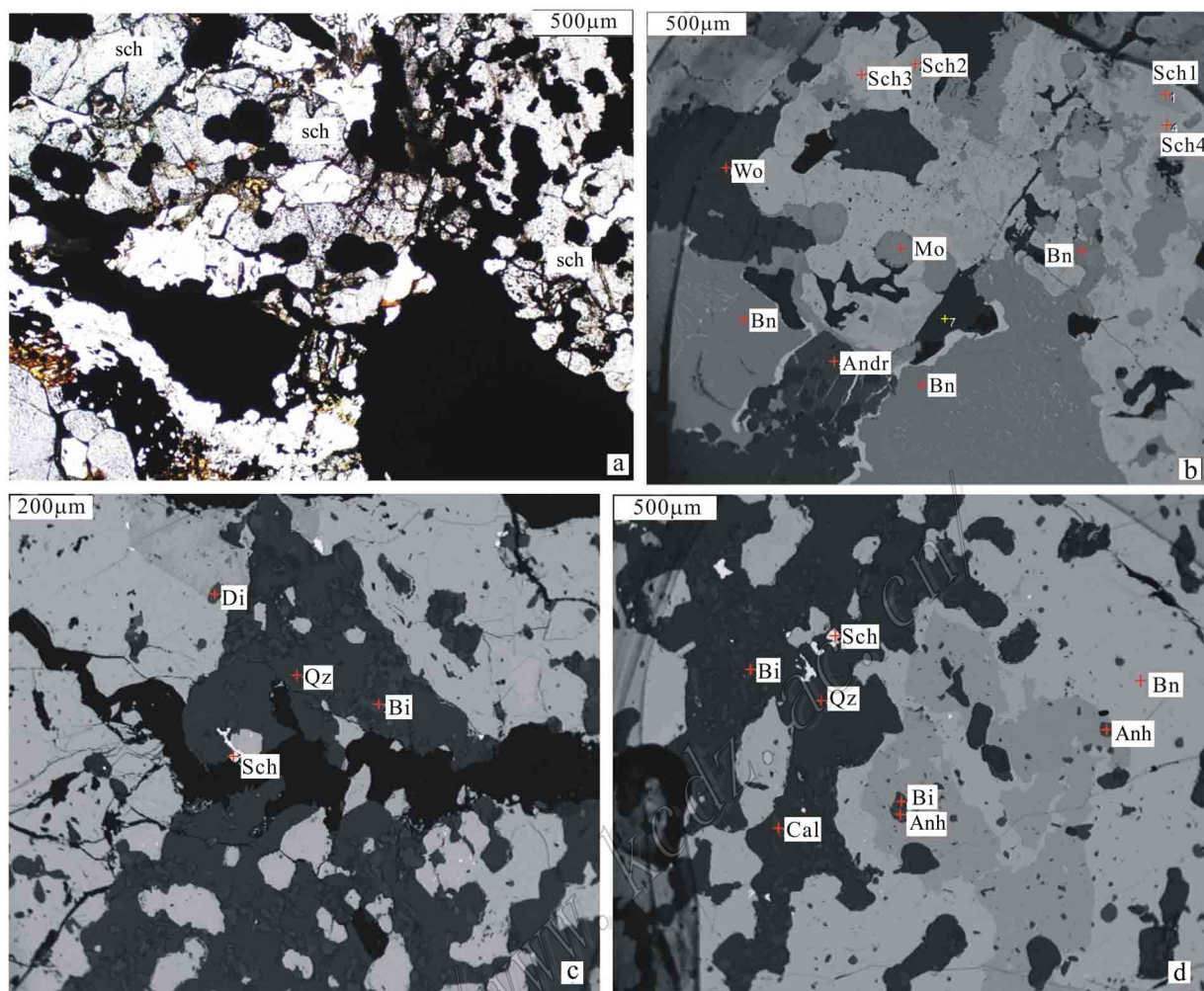


图3 甲玛白钨矿的显微照片及电子探针显微照片

a. JM2805-463 矿化矽卡岩显微照片, 偏光, 白钨矿(Sch)呈团斑状; b. JM2805-463 矿化矽卡岩电子探针显微照片; c, d. JM2409-420 斑铜矿-黄铜矿矿石电子探针显微照片。Andr—钙铁榴石, Anh—硬石膏, Bi—黑云母, Bn—斑铜矿, Cal—方解石, Di—透辉石,

Mo—辉钼矿, Qz—石英, Sch—白钨矿, Wo—硅灰石

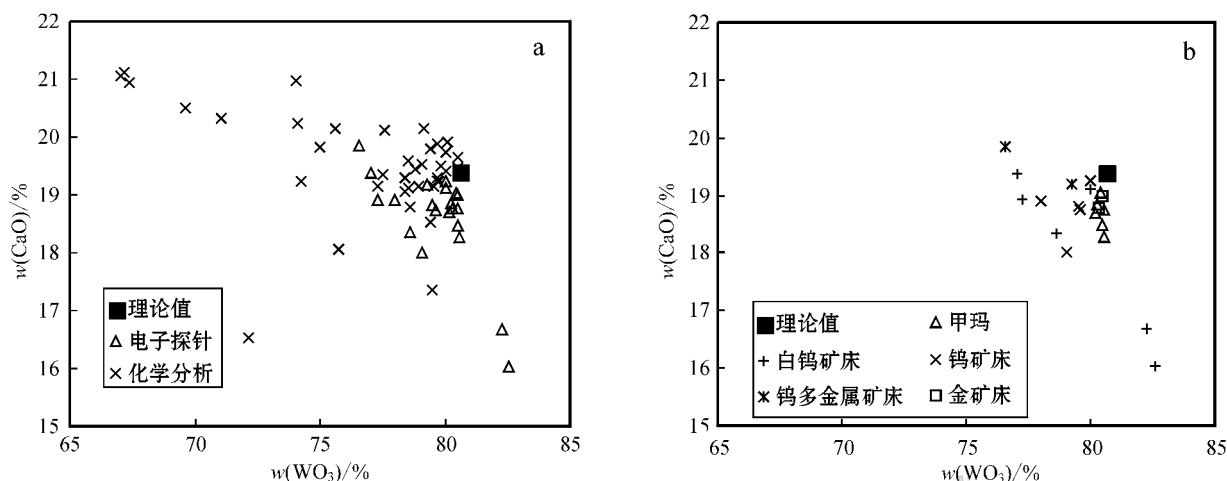
Fig. 3 Scheelite in JM2805-463(a) mineralized skarn from Jima under microscope and microscopic diagrams of scheelite in JM2805-463(b) and JM2409-420(c, d) from Jima under electronic probe

Andr—Andradite, Anh—Anhydrite, Bi—Biotite, Bn—Bornite, Cal—Calcite, Di—Diopside, Mo—Molybdenite, Qz—Quartz, Sch—Scheelite, Wo—Wollastonite

存在,而必然为白钨矿所代替(徐克勤,1957)。故推断甲玛化学分析中检测到的W含量,基本是白钨矿所致。甲玛铜多金属矿床的形成过程中,形成白钨矿所需的Ca比较充足,由于地层为钙碳酸盐岩,不利于形成Mn和Fe的钨酸盐,致使目前仅见白钨矿,而未见黑钨矿。

白钨矿是岩浆热液成因与深成热液相关的石英-硫化物建造中的产物,或者是岩浆气成矽卡岩的造矿矿物(薛君治等,1991)。根据甲玛矿床中白钨矿

的赋存围岩和矿物组合,甲玛白钨矿为矽卡岩的产物。一般钙矽卡岩矿床中矿物的生成顺序包括矽卡岩期和石英硫化物期,具体包括无矿干矽卡岩阶段、湿矽卡岩阶段(又称磁铁矿阶段)、白钨矿阶段、黄铜矿阶段和方铅矿阶段(陈光远,1987;袁见齐等,1984)。甲玛铜多金属矿床中,磁铁矿和白钨矿均不太发育,而硫化物则极其发育,推测是由于成矿物理化学条件有利于硫化物的沉淀,而不利于氧化物的沉淀所致。

图4 白钨矿中 WO_3 -CaO 关系图

a. 部分钨矿床中白钨矿的化学分析及电子探针分析; b. 白钨矿的电子探针分析

Fig. 4 WO_3 -CaO in scheelite

4.2 冈底斯钨矿找矿方向及潜力

目前,冈底斯北部发现有申扎县甲岗原生钨(钼)矿床,还发现有谢通门县仁钦乡扎西达吉含铜锡钨矿点、班戈县期波下日、录地锡(钨)矿点等(雍永源,2007)。实际上,商业性勘查已经在冈底斯成矿带发现多个砂卡岩型的钨-钼-铜-铅-锌矿床。例如,山南地区的努日铜钨钼多金属矿床,其砂卡岩型钨矿体以层状、似层状为主,长200~1600 m,延深35~580 m,厚度1.83~38 m,赋矿围岩为石榴子石砂卡岩,平均品位为0.13%~0.36%,受层间剥离断层控制,矿石矿物为白钨矿(闫学义等,2010)。又如,在念青唐古拉地区也已经发现了多个钨钼铅锌多金属矿,如墨竹工卡县的马雄郎钨钼铅锌矿、拉屋钨铜铅锌矿(唐菊兴等,2010;通讯交流)。

在冈底斯成矿带寻找以白钨矿为主的钨矿床,可参考以下找矿标志:

围岩特征:围岩为砂卡岩时,其中含有透闪石、阳起石或绿帘石较多者,为含钨有利的标志之一,特别是砂卡岩中含有金云母、石英、长石、萤石、绿泥石及硫化物等较多或较显著者为含钨更为有利的现象(徐克勤,1957)。

重砂标志:主要指白钨矿的重砂异常。由于白钨矿的机械坚固性、化学稳定性及其较大的比重,故它是富集在砂矿床中最典型的矿物之一(Hallenstein et al., 1981; 苏联全苏矿物原料研究所,1959)。重砂测量是钨矿普查的最好方法之一,借助于重砂法可以确定隐伏在覆盖层下面的最有可能的矿体赋存

部位,可以最合理地确定勘探工作方向,加速普查过程,减少土方工程,并且降低生产成本(苏联全苏矿物原料研究所,1959)。

地层标志:钙碳酸盐岩地层将有利于为白钨矿形成提供足够的Ca。例如,甲玛矿区的上侏罗统多底沟组(J_3d),其他钙碳酸盐的灰岩地层如石炭系至二叠系的来姑组(C_2-P_1l)、二叠系洛巴堆组(P_2l)、石炭系昂杰组(C_2a)和下二叠统下拉组(P_1l)。

岩浆岩标志:钨是亲花岗岩元素,钨矿床主要与S型花岗岩有关,仅少量与I型花岗岩有关(Newberry et al., 1986; 赵一鸣等,1990)。泽当矿田中的努日和明则矿区层砂卡岩型钨铜钼(金银)矿和斑岩型钼(钨铜)矿与钾长花岗(斑)岩和二长花岗(斑)岩有关(闫学义等,2010)。甲玛矿床中,钨多集中于砂卡岩中,而砂卡岩的形成与岩浆热液密切相关,推测钨来源于岩浆热液。花岗质岩浆是钨的重要来源之一,含钨的岩浆热液与钙碳酸盐岩相互作用,可形成浸染状的白钨矿化(Sangita et al., 2011)。

构造标志:钨矿床的分布往往与超壳深断裂(有些是隐伏的基底超壳深断裂)有关(李逸群等,1991)。深断裂活动可促进下地壳的重熔和上地幔的分异演化,又驱动上地幔分异物上升运移,使原赋存在下地壳或上地幔中的钨等成矿物质,在活化、分异、浓集、驱动等作用影响下,上升到上部地壳的有利部位形成矿床。

通过分析冈底斯中段1:20万水系沉积物的W地球化学数据(内部数据),并与区内已知钨矿床(点)

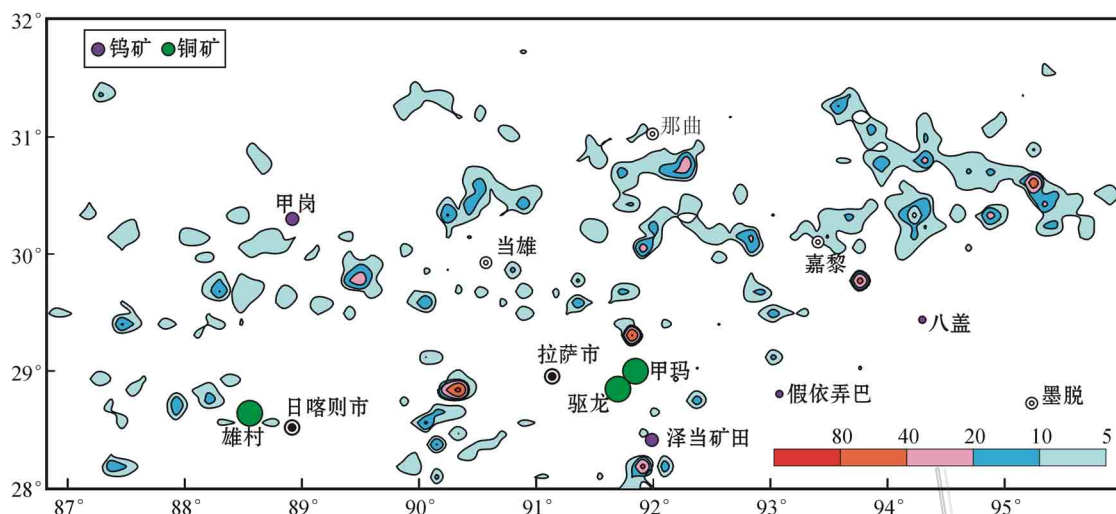


图5 冈底斯中段钨异常及主要钨矿床(点)示意图

Fig. 5 Tungsten anomalies and major tungsten deposits (ore spots) in the middle part of Gangdise

对比(图5),可见钨矿床(点)分布于异常高值的附近。如果结合水系分布图,综合考虑钨的物源,应在找钨矿的工作中,重点寻找钨元素的水系异常中心与水系分布图重叠较好的地区。

5 结论

(1) 甲玛铜多金属矿床目前仅发现白钨矿,尚未见黑钨矿。甲玛矿区内Fe多富集于硅酸盐矿物、黄铁矿、磁黄铁矿和斑铜矿等矿物中,且Mn矿物极少,显示成矿环境不利于黑钨矿的形成。矿体地板的碳酸盐岩为白钨矿的形成提供了充足的Ca质,相对易于形成白钨矿。白钨矿颗粒细小,产于矽卡岩中,且在深部矽卡岩中相对富集,在中浅部矽卡岩中较少。

(2) 甲玛矿床中白钨矿的 WO_3 和CaO较其理论值均略有偏低,含极少量杂质。

(3) 甲玛矿床矽卡岩期中氧化物阶段短暂,致使白钨矿成矿时间相对较短。

(4) 冈底斯成矿带上钨异常分布广泛,并存在明显的等间距线性分布的特征。因此,尽管目前已知的钨矿床(点)较少,但其找矿前景光明。建议在今后的普查工作中,结合钨矿的找矿标志,有针对性地开展白钨矿的重砂测量,并可在钨化探异常高值与水系分布图重叠较好的地区优先开展钨的找矿工作。

References

- Chen G Y. 1987. Genetic mineralogy and prospecting mineralogy[M]. Chongqing: Chongqing Pub. House. 407-461 (in Chinese with English abstract).
- Guo Z H. 2004. Geology and origin of the Zhucha scheelite deposit in Gansun[J]. Gansu Metallurgy, 26(2): 42-44 (in Chinese).
- Hallenstein C P, Pedersen J L and Stendal H. 1981. Exploration for scheelite in East Greenland-a case study[J]. Journal of Geochemical Exploration, 15: 381-392.
- Institute of Raw Mineral of Soviet Union. 1959. Fang L M, Shao S X, translated. 1959. Manual of geological exploration method, Vol. 6, Molybdenum, tungsten, tin, bismuth and mercury[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 54-58 (in Chinese).
- Li Y Q and Yan X Z. 1991. Mineralogy of tungsten deposits in Nanling and neighbouring area, China[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese with English abstract).
- Newberry R J and Swanson S E. 1986. Scheelite skarn granitoids: An evaluation of the roles of magmatic source and process[J]. Ore Geology Reviews, 1: 57-81.
- Ren T X, Yin B C, Liu R Y, et al. 1999. Background values of 39 elements from the stream sediments in China[A]. Thesis summary of the fifth national academical symposium on exploration geochemistry[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 126-127 (in Chinese).
- Sangita C and David R L. 2011. Mineralogical and geochemical characteristics of scheelite-bearing skarns, and genetic relations between skarn mineralization and petrogenesis of the associated granitoid pluton at Sargipali, Sundergarh District, Eastern India[J]. Journal of Geochemical Exploration, (accepted manuscript) (in Press).
- Tian Z H, Wang B and Li J T. 2001. Existing property of WO_3 Sao-

- daozhuang molybdenum deposit and its comprehensive recovery[J]. China Molybdenum Industry, 25(2):16-19(in Chinese with English abstract).
- Wang P, Pan Z and Wen L B. 1987. Systematic mineralogy (Volume Three) [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Xu K Q. 1957. Discovery of pyrometamorphic scheelite deposits near a wolframite-producing district in southern China, and a discussion about the origin of these two classes of deposits[J]. Acta Geologica Sinica, 37(2):117-151(in Chinese with English abstract).
- Xue J Z, Bai X R and Chen W. 1991. Genetic mineralogy [M]. Wuhan: China University of Geosciences Publishing House (in Chinese).
- Yan X Y and Huang S F. 2010. Discovery of large Zedang tungsten-copper-molybdenum orefield, eastern Gangdese arc, and new understanding on strike-slip type epicontinental mineralization[J]. Geological Review, 56(1):9-20(in Chinese with English abstract).
- Ying L J, Wang D H, Sun Y, Wang H and Wang W P. 2011. Initial analysis on feature of tungsten from the Jiama copper polymetallic deposit, Tibet [J]. Journal of Chengdu Technology University (in Press).
- Yong Y Y. 2007. Tin and tungsten: potential dominant mineral species in the Gangdis belt, Xizang [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 27(1):1-8(in Chinese with English abstract).
- Yuan J Q, Zhu S Q and Zhai Y S. 1984. Ore deposits [M]. Wuhai: Wuhan Geological College. 104-130(in Chinese).
- Zhao Y M, Lin W W, Bi C S, Li D X and Jiang C J. 1990. Skarn deposits of China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 213-231(in Chinese with English abstract).
- Zheng M H, Zhang B, Liu J M, Zhou Y F, Gu X X and Fu R P. 1993. Significance of the discovery of scheelite ore-bodies in a gold deposit in Sichuan [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 20(1):1-9 (in Chinese with English abstract).
- 407-461.
- 郭朝晖. 2004. 甘肃省朱岔白钨矿床地质特征及成因探讨 [J]. 甘肃冶金, 26(2):42-44.
- 李逸群, 颜晓钟. 1991. 中国南岭及邻区钨矿床矿物学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 任天祥, 尹冰川, 刘茹英, 等. 1999. 中国水系沉积物中 39 种元素背景值 [A]. 第五届全国勘查地球化学学术讨论会论文摘要 [C]. 北京: 地质出版社. 126-127.
- 苏联全苏矿物原料研究所编. 1959. 房立民, 邵时雄 译. 1959. 地质勘探方法手册 (第六册)——钨钼锡铋锑汞 [M]. 北京: 地质出版社. 54-58.
- 田朝晖, 王 斌, 李继涛. 2001. 三道庄钼矿床中白钨矿的赋存特征及其综合回收新进展 [J]. 中国钼业, 25(2):16-19.
- 王 濮, 潘兆槽, 翁玲宝. 1987. 系统矿物学 (下册) [M]. 北京: 地质出版社.
- 徐克勤. 1957. 湖南钨铁锰矿区中矽嘎岩型钙钨矿的发现, 并论两类矿床在成因上的关系 [J]. 地质学报, 37(2):117-151.
- 薛君治, 白学让, 陈 武. 1991. 成因矿物学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 闫学义, 黄树峰. 2010. 冈底斯东段泽当大型钨铜钼矿新发现及走滑型陆缘成矿新认识 [J]. 地质论评, 56(1):9-20.
- 应立娟, 王登红, 孙 艳, 王 焕, 王崴平. 2011. 西藏甲玛铜多金属矿钨元素地球化学特征浅析 [J]. 成都理工大学学报, (待刊).
- 雍永源. 2007. 锡和钨: 西藏冈底斯带潜在的优势矿种 [J]. 沉积与特提斯地质, 27(1):1-8.
- 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 1984. 矿床学 [M]. 武汉: 武汉地质学院. 104-130.
- 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 李大新, 蒋崇俊. 1990. 中国矽卡岩矿床 [M]. 北京: 地质出版社. 213-231.
- 郑明华, 张 斌, 刘建明, 周渝峰, 顾雪祥, 付仁平. 1993. 四川马脑壳金矿床中白钨矿矿体的发现及其意义 [J]. 成都地质学院学报, 20(1):1-9.

附中文参考文献

陈光远. 1987. 成因矿物学与找矿矿物学 [M]. 重庆: 重庆出版社.