

甘肃岷—礼成矿带钨矿地质特征及找矿方向

王建中^{1,2}, 赵玉梅³, 钱壮志², 徐刚²

(1. 中国人民武装警察部队黄金第五支队, 西安 710100; 2. 长安大学西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 西安 710054; 3. 新疆地质矿产勘查开发局第七地质队, 乌苏 833000)

摘要: 通过对岷—礼成矿带寨上钨矿床和雪坪沟钨矿床地质特征及其与成矿有关的岩(脉)体进行对比研究, 分析岩(脉)体的成矿专属性, 结合区域地质背景, 探讨该成矿带钨矿床的找矿方向。寨上钨矿床和雪坪沟钨矿床分别为破碎蚀变岩型和隐爆角砾岩型钨矿床, 其成矿物质来源于岩浆期后热液, 时空和成因与同时代的岩(脉)体密切相关, 是晚三叠世(220~210 Ma)岩浆作用及其过程的产物。“五朵金花”岩体群属富钨的“S”型花岗岩类, 具有相似的地球化学特征和同源性, 其分布范围与 W、Sn、Mo、Bi、Be 组合异常吻合, 是岷—礼成矿带找钨的首选找矿靶区。建议围绕(隐伏)岩(脉)体, 重点开展常家山、梅川 W 异常查证, 寻找新矿床(体)。

关键词: 地质特征; 找矿方向; 钨矿床; 岷—礼成矿带; 甘肃

中图分类号: P618.67

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2017)04-296-10

东亚巨大的 W-Sn-F-U-Nb-Ta-REE 和贱金属 Mo 成矿带具有巨量的钨(锡)储量, 大多数钨(锡)矿床形成于燕山期(190~150 Ma), 时空、成因与以 S 型花岗岩为主、兼有 A 型和 I 型花岗岩密切相关^[1]。我国北方新发现一批钨成矿区带, 东秦岭竹园沟钨矿床深部发现钨矿^[2]; 南方钨锡成矿区发现钨矿新类型、新矿床^[2-3]; 南岭成矿带赣南段发现八仙脑、牛角窝“破碎带+石英脉”复合型钨、锡矿床, 赣北九岭段发现大湖塘和朱溪钨、铜矿床^[3-4]; 在皖浙赣相邻区发现了西钨口、东源和大金山钨矿床^[4-5]。

甘肃西秦岭是我国重要的金属成矿区带, 构造、岩浆活动强烈, 成矿地质条件优越。金、钨、汞、锑、铅、锌、钼矿广泛分布, 主要有阿姨山钨铜矿床、寨上钨金多金属矿床, 雪坪沟钨矿床^[6-13], 雪花山和扎格那矿点, 矿床多围绕“五朵金花”岩体群分布(图 1), 与花岗质岩(脉)体具有密切的时空、成因联系^[9-12]。前人对西秦岭钨矿床对比研究相对薄弱, 制约了该区钨矿床的评价和勘探。为此, 本文对岷—礼成矿带钨矿床进行对比研究, 总结控矿因素, 分析成矿潜力, 提出找矿方向, 为该地区钨矿勘

探和找矿提供参考。

1 区域地质背景

西秦岭为商丹和勉略两缝合带之间及其西延部分, 位于武都—天水 NNE 向基底断裂以西。该区自太古宙以来经历了多种构造体制转化, 发生多期构造岩浆—热事件和大规模成矿作用, 成矿条件优越, 找矿潜力巨大。岷—礼成矿带东起甘肃礼县, 西至岷县, 南接礼县—高桥断裂, 北邻祁连褶皱系; 其中岷县上洮乡—礼县是重要的钨、金成矿集中区, 具有良好的成矿地质条件。该区出露地层主要为中泥盆世李坝群, 是由深水浊流沉积而成的一套以细碎屑岩为主的类复理石建造, 主要岩性为变质石英砂岩、薄层板岩及斑点斑岩。岩浆活动强烈, 具有多旋回、多期次特征, 其中印支期和燕山期中酸性侵入岩最为发育, 中川、柏家庄、闫井、教场坝、碌础坝“五朵金花”最显著^[12](图 1), 煌斑岩、闪长玢岩脉也十分发育。该区构造由褶皱与断裂组成, 高桥—礼县大断裂横贯全区, 是主要导矿断裂。平行排列的次级断裂为主要赋矿断裂, 已知钨矿空

* 收稿日期: 2016-12-04 修订日期: 2017-04-25 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 国家自然科学基金“新疆喀拉通克铜镍硫化物矿床成矿作用与深部地质过程(编号: 41372101)”资助。

第一作者简介: 王建中, 1978 年生, 男, 博士, 主要从事矿产勘查及矿床学研究工作。

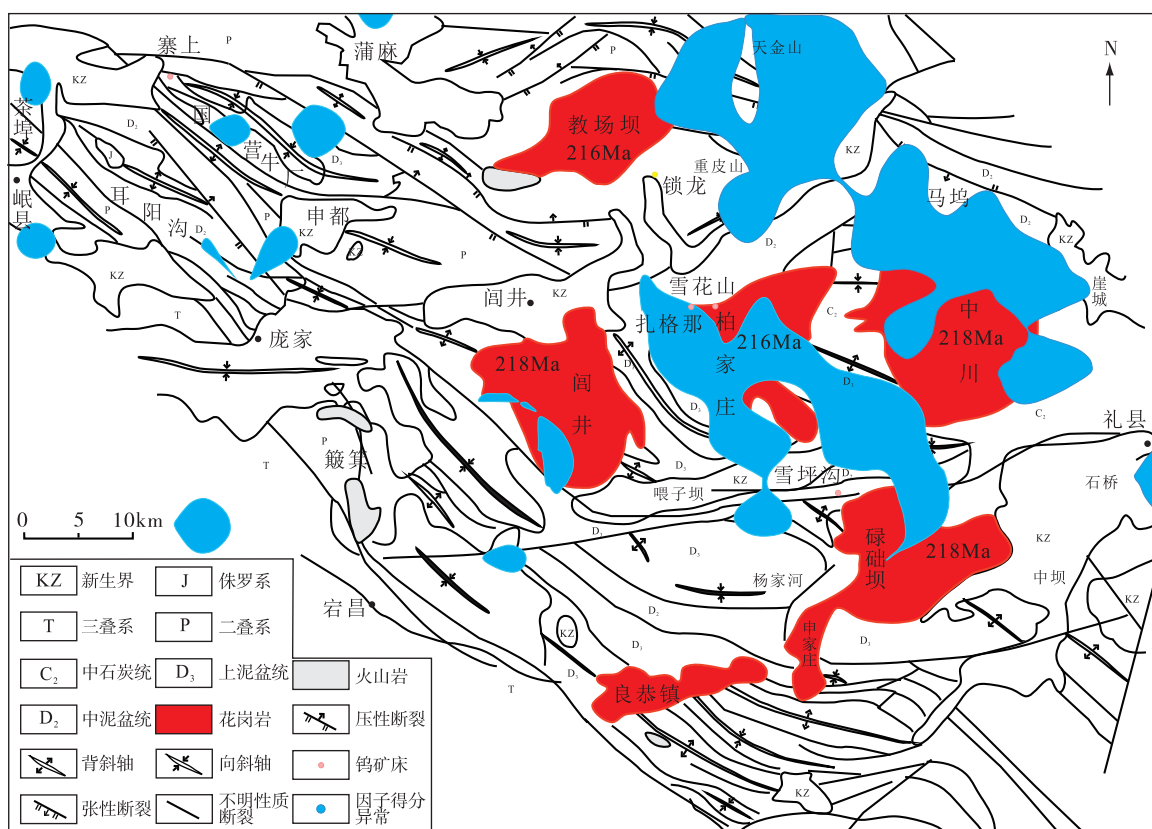


图 1 甘肃岷—礼地区地质简图(据文献[13-14]修编)

Fig. 1 Geological sketch map of the Min-Li area in Gansu Province

间分布与断裂关系十分密切^[6-13]。

西秦岭水系沉积物 W、Sn、Mo、Bi、Be 元素的变异系数折线在不同侵入岩中变化趋势基本一致,并以晚三叠世花岗岩最高为特征,对其成矿最为有利^[15]。在各类中酸性岩(脉)体发育地段均出现 W、Sn、Mo、Bi、Be 组合异常,并与区内中酸性侵入岩的分布具有吻合性好、浓集程度高、浓集中心明显、浓度梯度高、异常分布受控于岩体与断裂的特征^[15]。岷—礼地区“五朵金花”岩体群、武山县温泉岩体一带组合异常尤为突出,且异常与雪花山、雪坪沟钨矿、温泉钼矿较吻合(图 2)。因子分析结果表明,F5 为 Pb、Ag、W、Au、As 等元素组合,F5 得分异常主要在岩体的内外接触带上(图 1),钨矿与岩浆岩关系密切^[13]。

2 矿床地质特征

2.1 塞上白钨矿床

塞上钨、金多金属矿床位于西秦岭岷—礼成矿

带西部,东邻著名的“五朵金花”岩体群(图 1)。该矿床赋存于中泥盆统 e 组(南矿带)、下二叠统 b 组(北矿带)浊积岩建造中,岩性为石英砂岩、粉砂岩、板岩和灰岩(图 3)。钨、金矿体明显受 NWW—NW 向断裂控制,已发现的钨、金矿体均赋存于构造破碎带内。矿区断裂十分发育,根据断裂的控制因素和产出特征不同,进一步划分为区域性断裂(F₁、F₈、F₉、F₁₀)、主干断裂(F₀、F₃、F₅、F₁₁、F₁₂、F₂)和容矿断裂。断裂总体展布方向为 NWW、NW 向,与区域构造及背斜走向一致(图 3),倾向 NNE—NE,倾角为 40°~90°。断裂一般沿不同岩性界面发育,往往是岩性组/段之间的分界线,呈负地形,断层泉、构造角砾岩、断层泥发育^[13]。

钨矿体呈多个平行矿体组成的矿脉群,主要为北矿带的 19、21 号矿脉以及 9、20、22 号矿脉,其次为南矿带的 31、41 号矿脉^[7]。钨矿体与金矿体在空间上既有重合(但钨矿体或钨矿化厚度明显小于金矿体或金矿化),又有分离,多数钨矿体位于岩脉上盘(图 4)。钨矿体与金矿体均顺层充填于构造破碎

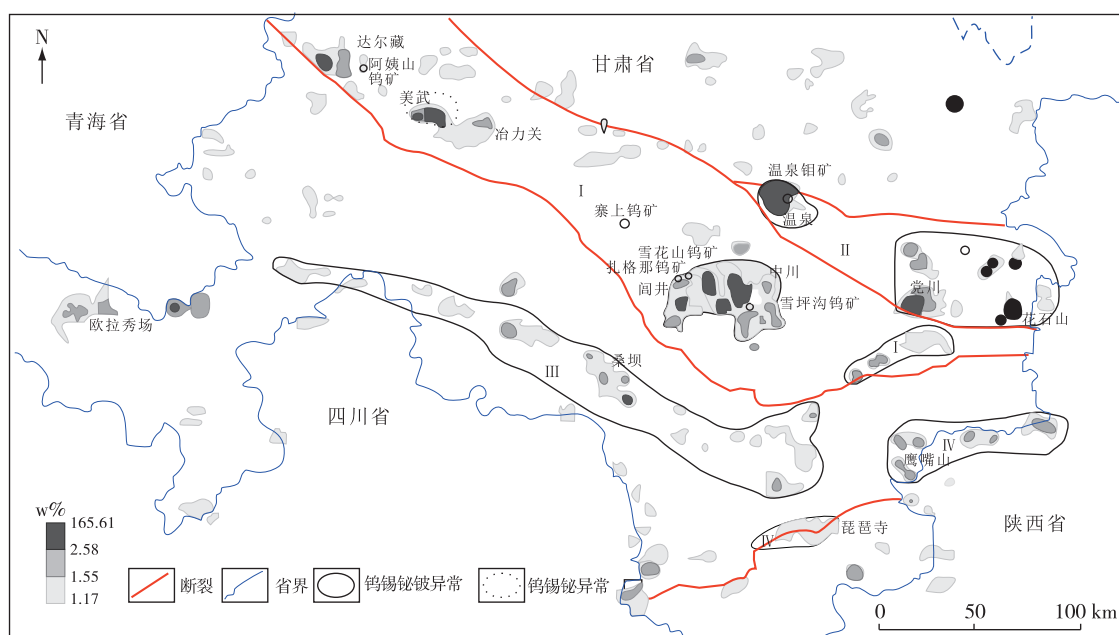
图 2 西秦岭钨锡钼铋地球化学综合异常图^[15]

Fig. 2 Integrated geochemical map showing the W, Sn, Mo, Bi and B anomalies in the Western Qinling area

I、II、III、IV 分别为一类靶区、二类靶区、三类靶区、四类靶区

带,严格受 NWW 向破碎带控制,其中钨矿体呈透镜状或似板状,产状相对稳定^[7]。围岩为碳质板岩和灰岩,主要蚀变为黄铁矿、硅化等。钨矿石矿物以白钨矿为主,黑钨矿极少;白钨矿多呈黄褐色、灰白色,紫外线下显示浅蓝色荧光效应,呈脉状、细脉状分布在石英细脉或团块中;显微镜下多呈他形粒状、自形四方双锥状(切面形态为菱形),个别颗粒呈港湾状^[6-8]和环带结构^[8-9]。共生矿物有石英、方解石和少量黄铁矿、辉锑矿、重晶石、铁白云石等,热液充填和交代特征显著^[6]。矿石结构主要有半自形粒状、自形晶结构、不等粒结构等,块状和细脉状构造等^[7]。

流体包裹体多呈不规则状产在石英、方解石和白钨矿中。白钨矿流体包裹体中气相和液相共存,气相和液相成分为 H_2O ;均一温度为 $252^{\circ}C \sim 132^{\circ}C$,平均温度 $202^{\circ}C$;盐度($\omega_{NaCl}\%$)为 $3.55\% \sim 11.22\%$,平均盐度为 7.84% ^[8];成矿环境偏碱性,没有明显的沸腾和系统的降温过程^[9]。初步研究认为钨矿为破碎蚀变岩型矿床,钨来源于岩浆热液,形成于中温、弱碱性、氧化条件^[9],其成矿年龄为 222 Ma,与同时代(221 Ma)的闪长玢岩脉活动^[13]具有同时性。闪长玢岩脉相对富集 SiO_2 、 K_2O 和亏损 Na_2O ;样品 A/CNK 比值为 1.03,属于准铝质花

岗岩类范畴;富集 Cs、Rb 等大离子亲石元素,相对亏损 Th、U、Pb 等高场强元素;具有弱的 Eu 亏损,具有重熔型花岗岩的特征。其中,分异程度稍高($Rb/Sr \approx 0.14$)、氧化性中等($Fe_2O_3/FeO \approx 0.49$)的花岗质侵入体与钨矿床关系密切,有利于钨矿化,可能为钨的矿化提供了物质来源和成矿流体^[9]。

2.2 雪坪沟白钨矿床

雪坪沟钨矿床位于甘肃礼县上坪乡碌础坝岩体北西侧外接触带,距碌础坝岩体 2 km,北距柏家庄岩体约 5 km,矿区无岩体出露(图 1)。发现多处钨矿(化)露头,矿(化)体长 $>1\ 000\ m$,宽 $>100\ m$,局部地段可达 200 m, WO_3 品位 $0.1\% \sim 0.4\%$,最高达 2.56% 。该矿床赋存于石炭纪东扎口组第一岩性段浅变质角砾岩带中,矿体主要为角砾岩型脉状矿体,严格受 NE 向断裂控制。角砾岩带呈 NE 向展布,受 NE 向断裂控制,长 $>1\ 000\ m$,宽 $>200\ m$,角砾成分以灰岩为主,次为砂岩、砂板岩,少量的云英岩脉;角砾多呈不规则棱角状,分布无规律,大小不均匀。含矿岩性为硅化角砾岩、大理岩等,胶结物以钙质、泥质和云英岩为主。矿体产于中细粒黑云二长花岗岩体附近围岩的断裂破碎带中,局部受成矿后构造破坏。钨矿化呈星点状、

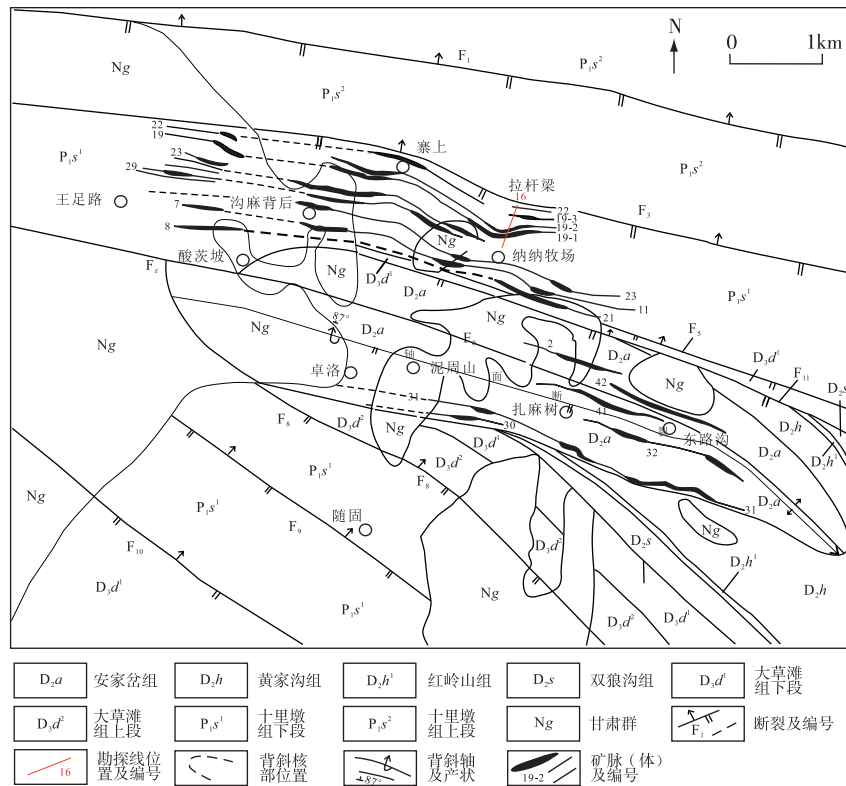


图 3 寨上矿区地质简图^[7]

Fig. 3 Geological sketch map of the Zhaishang mining area

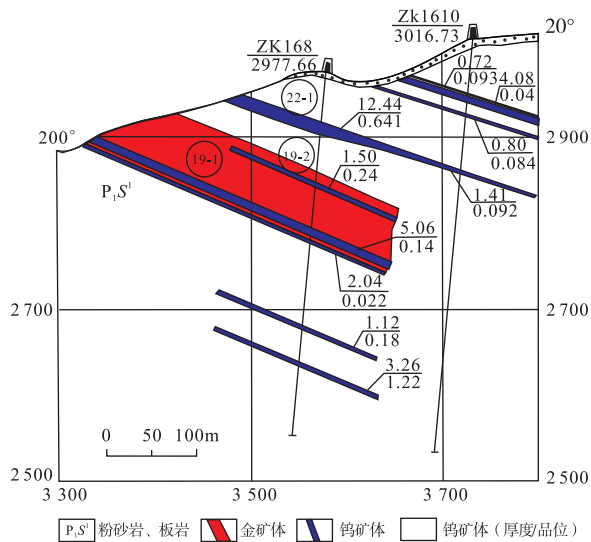


图 4 寨上矿区 16 线勘探线剖面图

Fig. 4 Cross section of exploration line 16 in the Zhaishang deposit district

团块状发育于角砾岩、裂隙和石英脉中,云英岩以胶结物的形式胶结角砾岩,还以脉状、网脉状的形

式充填于角砾岩的裂隙中。围岩蚀变主要为云英岩化、硅化和碳酸盐化,矿化与云英岩化、硅化关系密切,同矿化发育的脉状石英或云英岩均呈角砾存在于 NE 向断裂带中^[10-11]。围岩中云英岩化主要沿裂隙发育,白钨矿化都发育在云英岩中或其附近,云英岩化发育的地方钨矿化较好。

该矿床流体包裹体均一温度为 200℃~359℃,盐度(ω_{NaCl} %)为 0%~14%,具有中高温、中低盐度的特点^[11]。与钨矿有关的碌础坝岩体总体上为 S 型花岗岩,属于钙碱性花岗岩类; δEu 均 <1 ,属轻稀土富集型,由上地壳不同程度的部分熔融形成; W 含量为 9.8×10^{-6} ,高于维氏值(1.5×10^{-6})约 5 倍,具钨异常,对钨的富集具有重要作用^[11,16]。碌础坝岩体锆石 U-Pb 年龄为 $215.2 \pm 2.9 \text{ Ma}$,云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄指示矿化发生于 $208.4 \pm 2.0 \text{ Ma}$,两者年龄相近,在误差范围内一致,说明矿化与岩体冷凝固结之后的热液有关。雪坪沟钨矿床可能为隐爆角砾岩型矿床,成矿与岩浆热液作用有关^[10-11]。

2.3 对比研究

对比赛上和雪坪沟钨矿床,发现二者的矿物组

合、成岩成矿时代、成矿母岩等十分相似,成矿流体均来源于岩浆期后热液,矿床成因存在一定的联系。寨上钨矿和江西八仙埕、牛角窝钨矿具有一定的可比性^[2],为破碎蚀变岩型钨矿床,雪坪沟钨矿可能为隐爆角砾岩型矿床^[11],分别对应于钨矿成矿结构体系的“群楼”和“地基”部分^[17],二者都为岩浆热液矿床,是晚三叠世(220~210 Ma)岩浆作用的产物。

碌础坝岩体和寨上闪长玢岩脉均为高钾钙碱性系列—钙碱性系列,属于准铝质花岗岩类范畴,来自成熟中上地壳砂岩/变砂岩的部分熔融,同属后碰撞挤压向伸展转换构造环境下岩浆活动的产物^[9,11,16]。两者整体上以 S 型花岗岩类为主,兼有少量 I 型花岗岩类。它们的钨含量分别为 $(8.15 \sim 11.25) \times 10^{-6}$ (平均含量为 9.8×10^{-6})和 $(16.25 \sim 390) \times 10^{-6}$ (平均含量为 83.03×10^{-6})(表 1),与北秦岭上地壳的钨含量 (88.02×10^{-6}) ^[18]相当,远远高于区域和矿区围岩的钨含量 $(2.7 \times 10^{-6}$ 和 $2.3 \times 10^{-6})$ ^[13],为地壳 (1.1×10^{-6}) 钨含量^[20]的 2 倍,也高于世界花岗岩的钨含量 (2×10^{-6}) (表 1),同时远远高于广西含钨岩体钨含量 (5×10^{-6}) 的判别标准^[19],属于较富钨的岩(脉)体。

3 控矿因素

3.1 岩浆岩控矿

秦岭造山带中一晚三叠世(235~200 Ma)岩浆活动强烈,受构造控制^[14]。沿西秦岭走向断续分布有糜署岭、党川、温泉、“五朵金花”、达尔藏等酸性岩(脉)体,这些岩(脉)体时代以晚三叠世(220~210 Ma)为主。其中,“五朵金花”属二长花岗岩体

群,早期为闪长质岩浆侵入,中期和晚期为二长花岗岩质岩浆侵入,它们具相似的岩石地球化学特征^[15],显示从早至晚、从偏基性-偏酸性正向演化和同源岩浆特征^[21]。

研究表明,与钨矿床形成有关的成矿流体主要来自附近的高钾钙碱性至弱碱性花岗岩体^[22-23],花岗岩具有成矿专属性(表 2)。徐克勤曾将我国东南部花岗岩分成 2 个系列,即改造型花岗岩和同熔型花岗岩,前者常与 W、Sn、Be、Nb、Ta 等金属矿床有成因联系;后者对斑岩型 Cu、Mo 和其它类型(Fe、Pb、Zn 及 Ag、Au)矿床有利^[26]。从岩浆成因及成矿专属性分析,该区富含成矿流体的改造型花岗岩对钨(不相容元素)富集比较有利。“五朵金花”岩体群和寨上闪长玢岩脉同为改造型花岗岩类,属于钙碱性系列岩石。它们分异程度稍高、氧化性中等,特别是碌础坝岩体和柏家庄岩体分异程度达稍高一高,氧化性中等(表 3),更加有利于钨的富集矿化,与已知寨上、雪坪沟钨矿床等空间分布十分吻合。在图 5 中,寨上闪长玢岩脉部分样品落在富钨花岗岩区域,“五朵金花”岩体群样品全部落在富钨花岗岩区域。所以,寨上闪长玢岩脉和“五朵金花”岩体都是与钨矿床关系密切的花岗岩类,成矿条件优越,有利于形成钨矿床。

3.2 地层岩性控矿

区域出露的地层主要为泥盆系一二叠系,其成矿元素丰度较高,平均钨含量为 2.7×10^{-6} ,锡含量为 10.6×10^{-6} ,铅含量为 32.3×10^{-6} (表 1),可能为成矿提供部分金属物质。

当围岩为(含)化学性质活泼的岩石时,岩浆析出的含矿热液将与围岩发生交代作用,在接触带形

表 1 寨上矿区及邻区岩石微量元素平均含量表

Table 1 Trace element contents of rocks in the Zhaishang area and its neighboring areas

名称	Hg	As	Sb	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	Be	Nb	Ta	Au	资料来源
区域岩石	50	10.2	3.4	39.9	32.3	75.9	2.7	10.6	0.8	0.41				4.4	
围岩水系沉积物	985	16.0	41.0	27.1	32.6	102.0	2.3	32.0	0.4	0.7				2.3	文献[13]
寨上闪长玢岩脉	174	215.71	76.54	2 343.21	124.46	1 586.04	83.03	27.24	1.39	0.57	2.20	10.66	0.86	42.33	
五朵金花岩体															
中川岩体				6.70	58.85	58.63					4.97	18.19	1.57		
柏家庄岩体				17.50	29.38	91.13					3.66	12.58	2.00		
碌础坝岩体				12.33	36.67	52.76	9.8				2.99	13.60	1.50		文献[15,16]
较场坝岩体				8.20	28.85	58.55					4.60	20.06	1.93		
间井岩体				14.46	32.11	76.23					4.20	13.60	1.49		
地壳	0.89	2.2	0.6	63	12	94	1.1	1.7	1.3	0.004	1.3	19	1.6		文献[20]

注: Au 的单位为 10^{-9} , 其余元素的单位为 10^{-6} 。

表 2 研究区花岗岩成矿专属性列表

Table 2 Metallogenic features of the granitoids in the study area

矿种	分异程度		氧化还原条件		岩石类型	备注
	Rb/Sr 比值	分异程度	Fe ₂ O ₃ /FeO 比值	氧化还原性质		
铜	0.01~0.1	较低	0.5~5	较氧化性	I 型为主	
钨	0.1~10	稍高	0.1~2.0	氧化性中等	S 型为主,次为 I 型、A 型	文献[24,25]
锡	1~100	高	0.01~0.5	相对还原性	A 型为主,次为 S 型、I 型	

表 3 岷—礼成矿带主要岩(脉)体特征表

Table 3 Characteristics of the main rock (dyke) bodies in the Min-Li ore-forming belt

岩体 名称	分异程度							氧化还原条件			岩石 类型
	Ba/Rb		Rb/Zr		Rb/Sr		分异	Fe ₂ O ₃ /FeO		氧化还原性	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值		范围	均值		
寨上闪长玢岩脉	0.96~19.23	8.85	0.22~0.48	0.39	0.12~0.18	0.14	较高	0.2~0.58	0.49	氧化性中等	S型
五 中川岩体	2.61~4.29	3.60	0.78~1.74	1.22	0.50~0.93	0.69	稍高	0.06~0.51	0.25	相对还原性	S型
朵 柏家庄岩体	1.20~18.30	12.15	0.20~3.10	0.81	0.17~4.69	1.08	高	0.04~0.80	0.3	氧化性中等	S型
金 碌础坝岩体	3.22~3.90	3.56	1.32~1.45	1.38	0.71~1.11	0.91	稍高	0.05~0.39	0.29	氧化性中等	S型
花 较场坝岩体	0.92~13.29	5.20	0.57~2.59	1.35	0.18~2.86	0.88	稍高	0.23~1.43	0.57	较氧化性	S型为主
岩 阆井岩体	1.13~23.00	8.84	0.11~1.60	0.77	0.20~1.50	0.98	稍高	0.02~3.14	0.75	较氧化性	S型
体 平均值	0.92~23.00	6.67	0.11~3.10	1.11	0.17~4.69	0.91	稍高	0.02~3.14	0.43	氧化性中等	S型为主

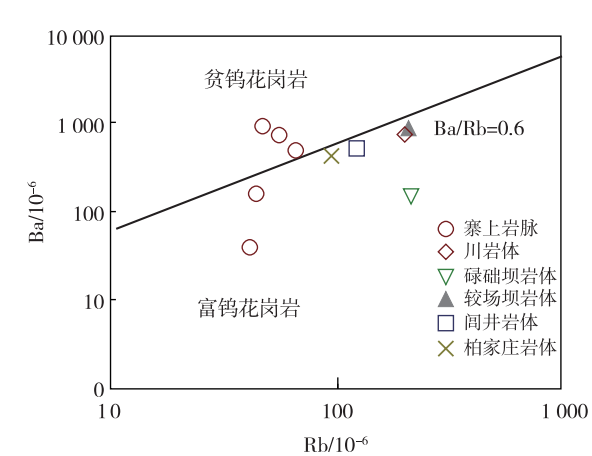


图 5 岷—礼地区岩(脉)体 Rb-Ba 相关图解

Fig. 5 Ba vs. Rb diagram of the rock bodies (dyke) in the Min-Li area

成矽卡岩型矿体。其中,碳酸盐类岩石是形成矽卡岩型白钨矿床的必要条件,其产状及与侵入体接触面的关系决定矽卡岩型白钨矿床矿体产状及矿化部位;碎屑岩或泥硅质岩类是硅质岩型黑钨矿床形成的有利赋矿围岩。碌础坝矿区,钨矿化充填在角砾岩中,尽管角砾成分以化学性质较活泼的灰岩为主,但由于矿化带距离岩体较远,所以在远离岩体的构造破碎带中钨矿化表现为在角砾和裂隙中成

矿的特点。根据该类矿床的成矿特点,矿体产于岩体顶部或附近,可以推断深部存在岩体^[11]。寨上矿区地层为石英砂岩、粉砂岩、板岩和灰岩构成的浊积岩建造,有利于破碎蚀变岩型钨矿床的形成;赋矿岩石均富含钙质、铁质^[27],而存在含钙质岩石是白钨矿成矿的重要条件之一^[28]。

3.3 断裂破碎带控矿

构造在矿床的形成、演化、破坏或保存过程中具有重要的作用,不仅是矿液运移的主导控制因素,也是矿液运移的通道和矿质沉淀的有利场所。

岷—礼地区中生代发生强烈的构造—岩浆作用,构造活动频繁,断裂极为发育,其中 NW 和 NE 向断裂复合部位控制岩浆岩的侵入,尤其 NW 向断裂切割深度较大,为岩浆岩的侵入提供良好通道。岩浆侵入后,多次构造岩浆活动使该区 NW 向和 NE 向断裂再次活动,为成矿热液提供有利的通道和容矿空间,寨上和雪坪沟矿床分别赋存在 NW 向和 NE 向断裂带中。

富钨地壳重熔形成的中酸性岩浆沿区域性 NW 向断裂上侵,造成“五朵金花”等中酸性侵入岩沿区域构造线分布。随着岩浆的演化,成矿岩浆及其气热液沿有利构造运移进入 NW 向和 NE 向破碎带,杂多酸络合物作为 W 元素的载体进入热液体系迁

移^[6,29],在岩浆岩、断裂、有利地层的共同作用下,通过充填和交代作用,含矿热液在容矿空间沉淀、富集,形成寨上和雪坪沟钨矿床。

4 找矿方向

4.1 成矿结构体系

成矿结构体系指在一定大地构造环境中形成的、成矿物质来源相似、成矿时间相近、成矿环境条件相同或相异、成矿空间相连、呈一定空间结构形式和具体分布规律的、具有成因联系的不同类型矿床(点、体、种)的总体,不仅具有整体性、级次性、演化性和物质、能量与信息交换性,且具有结构性等特点。成矿结构体系与矿床成因类型有关,不同成矿结构体系类型由不同成矿机制形成。钨矿成矿结构体系有岩浆岩型、沉积岩型、变质岩型和复合型四种类型^[17]。我国南岭地区钨矿的成因类型有石英脉型、花岗岩型、斑岩型、云英岩型、矽卡岩型、破碎带型、碎屑岩型、碳酸盐岩型。这些矿床类型既可独立产出,又可共存一体、相伴而生,成为“多位一体”复合矿床的花岗岩和花岗闪长斑岩成矿序列。在一个矿田(床)范围内,矿床类型的空间分布也具有一定的规律性,总体上为从岩体中心向外,由高温成矿元素组合向低温成矿元素组合演化。成矿岩浆及其气热液运移过程中,伴随成矿条件的变化,以岩浆岩体为中心,依次形成岩体型(含斑岩型、隐爆角砾岩型)、接触带型(内带为岩体蚀变型—云英岩型、伟晶岩型;外带为灰岩/矽卡岩型、砂板岩/硅质岩型)、石英脉(裂隙,五层楼,岩体内、外均可有)型和破碎蚀变岩型(岩体内、外均可有)等矿床(点、体、种),这些在空间呈一定结构形式和分布规律的矿床组成钨矿岩浆岩型成矿结构体系^[17]。其中,群楼包括碳酸盐岩/矽卡岩型、砂页岩/砂板岩/硅质岩型、破碎蚀变岩型;地下室/地基包含伟晶岩型、岩体蚀变型(云英岩型—蚀变花岗岩型)、岩体型(斑岩型、隐爆角砾岩型)等。岩浆型钨矿成矿结构体系在已知矿区探边摸底中具有最具体、最直接的找矿意义^[17]。综上可知,寨上和雪坪沟钨矿均为岩浆期后热液矿床,与同时代的花岗岩类关系密切,前者为破碎蚀变岩型钨矿床,后者可能为隐爆角砾岩型矿床^[11],分别对应于岩浆型钨矿成矿结构体系的“群楼”和“地基”部分^[17],暗示深部可能存在隐伏岩体,具有寻找其它成因类型钨矿

的潜力。

4.2 靶区优选

西秦岭成矿带构造、岩浆活动强烈,大量中酸性岩体沿 NW 向区域性断裂分布,由西至东分布有阿姨山、寨上、雪坪沟钨矿和温泉钼矿(图 2)。这些岩浆热液矿床属于铜、钨、钼成矿系列^[11],与晚三叠世中酸性岩(脉)体具有密切的时空、成因联系,已有的矿床/点是寻找类似矿床的直接标志。这些岩(脉)体多为改造型花岗岩类,钨含量较高,有利于钨等金属元素成矿,其发育地段均出现组合异常或单钨元素异常,地球化学异常是寻找钨、钼矿床的间接标志。碌础坝地区 W₄ 号单元元素异常,面积大,强度高,分带性明显,与 Sn、Ag、Zn、As 元素异常套合较好^[16];R 型因子分析结果表明,雪坪沟钨矿与碌础坝岩体期后热液有关^[11,16]。寨上地区 1:5 万水系沉积物中 W 单元元素异常极明显,在梅川、理川、沟麻背、蒲麻、旗杆沟和常家山等地段具有较好的 W 异常分布,是有利的找矿标志^[7]。该地区构造活动强烈,断裂十分发育,为成矿提供赋存空间,是有利的找矿部位。

对花岗岩类含矿性进行评价是寻找钨矿的首要工作,花岗岩成矿取决于围岩、构造及成矿物质条件等多方面成矿要素。钨矿成矿构造背景以造山运动后的陆内环境为主,深大断裂纵横交错,岩浆活动频繁,特别是中生代花岗岩类发育,为超大型钨矿的形成创造了有利条件^[30]。西秦岭地区具备以上的构造、岩浆岩、地层等有利条件,同时发育中小型钨矿床和钨锡铋钼地球化学异常等,形成钨矿的地质条件优越。合作—礼县地区为 C 类成钨带,已发现的资源储量一般(以小型矿床为主),主要矿产预测类型也相对单一,但找矿线索较多,深部具有找矿潜力,值得开展进一步工作^[30]。根据靶区划分原则^[31]及其找矿前景差异,“五朵金花”岩体群一带和达尔藏、美武地区(I);其次为党川—温泉岩体一带(II),借鉴竹园沟钨、钼矿“上钼下钨”的勘探经验,温泉钼矿的深部可能具有找钨的潜力;再其次是桑坝一带(III);最后是碧口一带(IV)(图 2)。

4.3 矿区找矿方向

寨上钨矿体赋存于构造破碎带中,受岩(脉)体、地层和破碎带控制。成矿物质可能来源于岩浆期后热液,与闪长玢岩脉具有紧密的时空、成因联

系。航磁资料显示,在卓洛—国营牧场—申都牧场—申都北—边布山—闫井北存在 1 条负异常带,该负异常由隐伏岩体引起,卓洛—国营牧场—申都牧场背斜在垂向一阶导数和垂向二阶导数为 NW 向呈串珠状的航磁负异常区,一个负磁异常位于寨上矿区,另一个负磁异常位于申都矿区。一阶导数

负异常区在二阶导数图上分解为两个小的航磁负异常区,反映隐伏岩浆岩带深部沿背斜轴线方向存在起伏^[13]。遥感资料进一步显示矿区可能存在隐伏岩体(图 6),隐伏岩体的分布范围内存在钨单元素异常,且异常与已知矿体十分吻合。

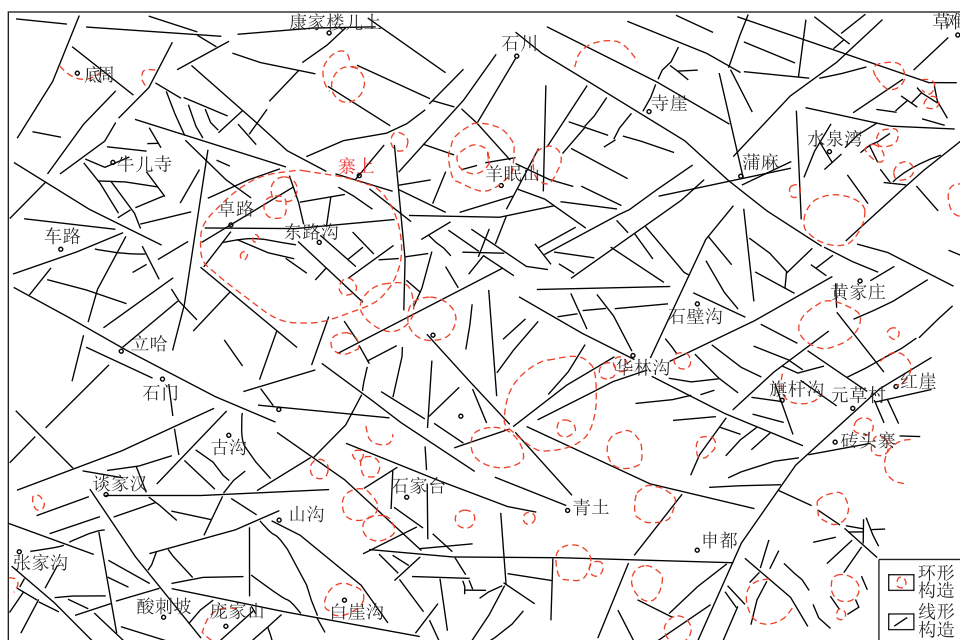


图 6 岷—礼地区遥感影像解译图^[13]

Fig. 6 The interpretation map of the remote sensing image in the Min-Li area

根据钨矿岩浆岩型成矿结构体系,寨上钨矿为破碎蚀变岩型,属于钨矿岩浆岩型成矿结构体系的“群楼”部分;闪长玢岩脉为富钨花岗岩,矿区可能存在隐伏岩体(环形构造),所以,“群楼”附近可能存在石英脉型矿体,在其地下室甚至地基可能存在细脉浸染或岩体型新矿体(床),甚至还有其它类型钨矿床(体)。建议以(隐伏)岩体/脉为中心,破碎带为重点,物探、化探异常为标志,新类型/新矿体为目标,开展新一轮钨矿找矿工作。在岩体内部可以寻找斑岩型、隐爆角砾岩型矿床,在接触带寻找矽卡岩型矿床、破碎蚀变岩型等矿床。首先,从已知矿体入手,“就矿找矿”扩大远景,加强对已知矿体(沟麻背后一带 19 号和 21 号矿体)两侧的勘查追索,在破碎带中寻找破碎蚀变岩型矿体,扩大矿床规模。其次,由于目前已控制的矿体在深部、边部尚有部分未封闭,应对矿体深部进行探索,“探边摸底”;同时注重对石英脉型、接触带型等钨矿的寻

找^[32]。最后,充分利用区域地球化学资料,例如常家山 W 异常位于教场坝岩体西南侧的外接触带上,下一步工作应重视对这些异常的查证。

5 结 论

寨上钨矿和雪坪沟钨矿分别为破碎蚀变岩型和隐爆角砾岩型钨矿,矿质来源于岩浆期后热液,在时空和成因上与同时代(220~210 Ma)的岩(脉)体关系密切。这些岩(脉)体同属富钨的改造型花岗岩类,其分布范围与 W、Sn、Mo、Bi、Be 组合异常吻合,有利于钨的富集矿化。区域上具有一定的钨矿找矿潜力,根据岩浆岩型钨矿结构体系,建议围绕(隐伏)岩(脉)体进行钨异常查证,寻找新矿体和新类型钨矿床。

参考文献

- [1] Walter L, Pohl. Economic Geology Principles and Prac-

- tice: Metals, Minerals, Coal and Hydrocarbons — Introduction to Formation and Sustainable Exploitation of Mineral Deposits [M]. Noida: Wiley, 2011: 1-663.
- [2] 黄小峨. 我国钨矿找矿的新发现及其启示[J]. 中国钨业, 2009, 24(5): 33-37.
- [3] 黄小峨, 史维全. 我国钨矿地质勘查新进展[J]. 中国钨业, 2007, 22(3): 6-9.
- [4] 蒋少涌, 彭宁俊, 黄兰椿, 等. 赣北大湖塘矿集区超大型钨矿地质特征及成因探讨[J]. 岩石学报, 2015, 31(3): 639-654.
- [5] 阮昆, 王晓娜, 吴奕, 等. 大湖塘矿田构造、花岗岩与钨成矿关系探讨[J]. 中国钨业, 2013, 28(5): 1-5.
- [6] 刘家军, 刘光智, 廖延福, 等. 甘肃寨上金矿床中白钨矿矿体的发现及其特征[J]. 中国地质, 2008, 35(6): 1113-1120.
- [7] 郑卫军, 刘新会, 吕喜旺, 等. 甘肃省岷县寨上矿区钨矿地质特征及找矿潜力评价[J]. 西北地质, 2010, 43(3): 85-92.
- [8] 余超. 西秦岭寨上金矿床成矿特征与非线性成矿动力学研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015: 1-120.
- [9] 吕喜旺, 王建中, 郑卫军, 等. 甘肃省岷县寨上钨金矿白钨矿成因及找矿潜力[J]. 西北地质, 2017, 50(2): 156-166.
- [10] 丁振举, 姚书振, 周宗桂, 等. 甘肃礼县雪坪沟钨矿床成因: 花岗岩锆石 U-Pb 与白云母 Ar-Ar 年龄证据[J]. 矿床地质, 2012, 31(Z): 537-538.
- [11] 何谋春. 西秦岭地区与中生代花岗岩有关的钨钼铜成矿系统[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2012: 1-129.
- [12] 殷先明, 杜玉良, 殷勇. 甘肃花岗岩类成矿作用研究与找矿方向[J]. 西北地质, 2005, 38(4): 25-31.
- [13] 喻万强. 西秦岭寨上金矿床成矿作用空间结构[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015: 1-122.
- [14] 秦江峰, 赖绍聪. 秦岭造山带晚三叠世花岗岩成因与深部动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 1-267.
- [15] 尚丽萍, 刘莉晖, 吕彩萍, 等. 西秦岭侵入岩地球化学特征[J]. 甘肃冶金, 2015, 37(6): 93-97.
- [16] 欧春生, 杨永春, 王虎, 等. 礼县碌碁坝花岗岩体特征及其成矿作用[J]. 甘肃科技, 2010, 26(17): 37-41.
- [17] 周济元, 肖惠良. 成矿结构体系及其钨矿找矿意义[J]. 资源调查与环境, 2006, 27(2): 110-119.
- [18] 张本仁, 高山, 张宏飞, 等. 秦岭造山带地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1-187.
- [19] 廖庆康. 广西花岗岩类锡钨地球化学及成矿特征[J]. 广西地质, 1989, 2(1): 33-42.
- [20] 黎彤. 化学元素的地球丰度[J]. 地球化学, 1976(3): 164-174.
- [21] 彭旋. 西秦岭二长花岗岩岩体群同源性研究[J]. 西北地质, 2013, 46(1): 63-80.
- [22] Thompson T F H, Sillitoe R H, Baker T, et al. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces[J]. Mineralum Deposita, 1999, 34(4): 323-334.
- [23] 华仁民, 李光来, 张文兰, 等. 华南钨和锡大规模成矿作用的差异及其原因初探[J]. 矿床地质, 2010, 29(1): 9-23.
- [24] Blevin P L, Chappell B W. The role of magma sources, oxidation states and fractionation in determining the granite metallogeny of eastern Australia [J]. Earth & Sciences, 1992, 83(1/2): 305-316.
- [25] Blevin P L, Chappell B W. Chemistry, origin, and evolution of mineralized granites in the Lachlan fold belt, Australia: the metallogeny of I- and S-type granites [J]. Economic Geology, 1995, 90(6): 1604-1619.
- [26] 徐克勤. 中国东南部花岗岩类的时空分布、岩石演化、成因类型和找矿关系的研究[J]. 南京大学学报, 1980(1): 1-39.
- [27] 刘家军, 手光剑, 马星华, 等. 甘肃寨上金矿床中 Cu-Ni-Zn-Sn-Fe 多金属互化物、S 合金矿物的发现及其地质意义[J]. 中国科学(D 辑), 2008, 38(4): 414-423.
- [28] 陈明辉, 杨洪超, 娄亚利, 等. 湘西沃溪钨铋金矿床成矿的独特[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23(1): 32-42.
- [29] 刘津明, 周渝峰, 付仁平, 等. 杂多酸络合物及其与热液成矿元素组合的关系[J]. 矿物岩石, 1994, 14(4): 76-84.
- [30] 盛继福, 陈郑辉, 刘丽君, 等. 中国钨矿成矿规律概要[J]. 地质学报, 2015, 89(6): 1038-1050.
- [31] 王登红, 陈富文, 张永忠, 等. 南岭有色—贵金属成矿潜力及综合探测技术研究[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 1-472.
- [32] 曾载淋, 田幽军. 赣南地区钨矿找矿史回顾及新一轮钨矿找矿思考[J]. 资源调查与环境, 2006, 27(2): 94-102.

Geological features and prospecting direction of Tungsten deposits in the Min-Li metallogenic belt, Gansu Province

WANG Jian-zhong^{1,2}, ZHAO Yu-mei³, QIAN Zhuang-zhi², XU Gang²

(1. No. 5 Gold Geological Party of Chinese People's Armed Police Force, Xi'an 710100, China;

2. Key Laboratory of Western China's Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education;
Chang'an University, Xi'an 710054, China;

3.No.7 Geological Party of the Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and
Development, Wusu 833000, China)

Abstract: This study carried out a detailed comparative analysis of geological features and mineralization-related intrusion or dykes in the Zhaishang tungsten deposit and the Xuepinggou tungsten deposit, both of which are distributed along the Min-Li metallogenic belt in West Qinling. In conjunction with the regional geological features, metallogenic characteristics of rocks and related dykes were discussed to better understand the prospecting direction of tungsten mineralization in this area. The results show that the two deposits belong to the broken alteration rock type and cryptoexplosive breccia type tungsten deposits respectively, with ore-forming material derived from post-magma hydrothermal fluids. Their genesis was closely related to contemporaneous rocks or dykes in terms of time and space. The two deposits should be the products of magmatic activities during the Late Triassic (220~210 Ma). "Five Golden Flowers" intrusion group belongs to W-rich S-type granite, with similar geochemical characteristics and homology. In addition, its distribution is in agreement with anomalous areas of W, Sn, Mo, Bi and Be element combination, indicating that the intrusion group should be the preferential target for prospecting tungsten deposits in the Min-Li metallogenic belt. Therefore, this study suggests that prospecting should be concentrated on tungsten anomalous fields in the Changjiashan and Meichuan areas containing intrusions (dykes) so as to search new orebodies or deposits.

Key words: geological feature; prospecting direction; tungsten deposit; Min-Li metallogenic belt; Gansu Province