

柞-山矿集区侵入岩与成矿

王瑞廷^{1,2}, 任涛³, 孟德明², 李剑斌³, 李永勤¹

(1. 西北有色地质勘查局地勘院, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 3. 西北有色地质勘查局 713 总队, 陕西 商洛 726000)

柞-山矿集区处于商丹断裂与凤镇-山阳断裂之间, 构造位置属南秦岭华力西褶皱带, 为西秦岭泥盆系主要热水沉积盆地之一(图1)。在华力西期发育近东西向断裂带内, 沉积了泥盆-石炭系。柞(水)-山(阳)沉积盆地控制了该矿集区的形成, 次级近东西向顺层断裂和含矿层复合控制了矿带的

分布。区内已发现银洞子大型银、铅、锌、铜矿床、大西沟大型菱铁矿床、夏家店中型金矿床、桐木沟中型锌矿床、黑沟中型铅矿床、穆家庄铜矿床、小河口铜矿床和池沟铜矿等多个有色、贵金属矿床, 是秦岭造山带中重要的金属矿床集中区。该矿集区内岩浆活动强烈, 作为南部边界的凤镇-山阳

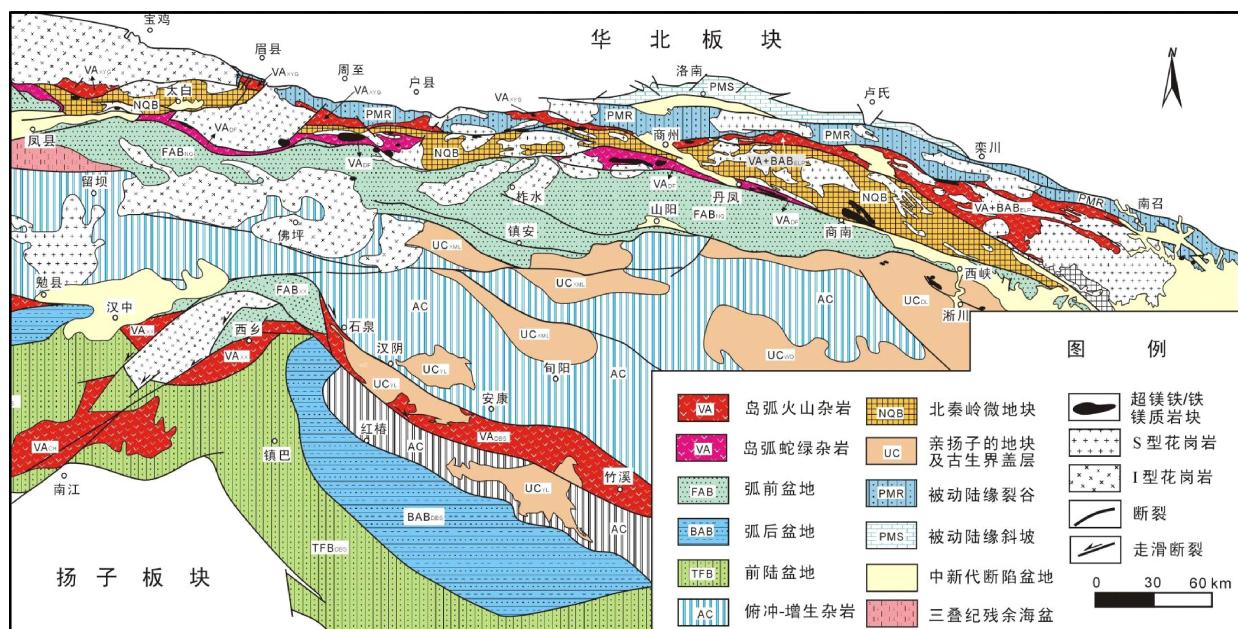


图1 西秦岭地质构造单元划分简图

(据王宗起等, 2002)

收稿日期: 2012-10-20

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAB04B05)

作者简介: 王瑞廷(1969-), 男, 博士, 教授级高工, 主要从事矿床地球化学研究及矿产勘查技术工作。E-mail: wrtyf@163.com

断裂直接控制了其形成、演化和发展,岩浆活动也集中于该边缘断裂带。区内侵入岩与成矿关系密切,深入研究二者之间的内在关系和成生机制,对于深化成矿理论和指导找矿实践具有重要意义。

1 区域侵入岩分布及地球化学特征

柞-山矿集区岩浆岩发育,岩体多集中成带分布(图2)。整体上,该矿集区小岩体可划分为南、

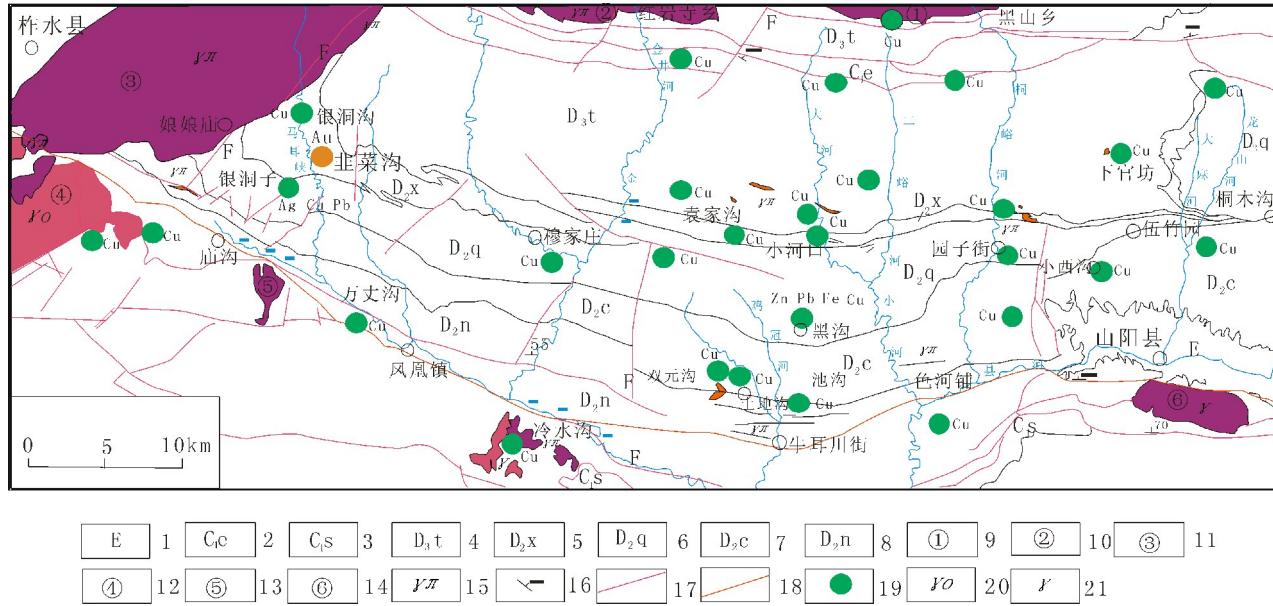


图2 柞-山矿集区地质矿产简图

1. 下第三系;
2. 石炭系下统二峪河组;
3. 下石炭统四峪口组;
4. 泥盆系上统桐峪寺组;
5. 泥盆系上统下东沟组;
6. 泥盆系中统青石崖组;
7. 泥盆系中统池沟组;
8. 泥盆系中统牛耳川组;
9. 沙河湾岩体;
10. 曹坪岩体;
11. 柞水岩体;
12. 小岭岩体;
13. 李家砭岩体;
14. 板板山岩体;
15. 花岗斑岩;
16. 地层产状;
17. 断层;
18. 深大断裂;
19. 矿点;
20. 花岗闪长岩;
21. 花岗岩

中、北三个带:

北带岩体: 侵位于红岩寺-黑山街断裂一带,严格受该断裂带的控制。该带约有6个岩体(群),工作程度低,岩体资料较少。

中带岩体: 集中分布于袁家沟-下官坊断裂带的两侧,自西向东分别由袁家沟、小河口、原子街、下官坊等四个岩体群,大小近20个岩体组成。该带以往工作虽较高,但多偏重于在岩体的边部和外围针对矽卡岩型铁铜矿的评价。带内岩性以斜长花岗斑岩为主,一般岩相分带不明显,侵入深度大多为中浅-浅成相,小岩体普遍具有弱的绢云母化、高岭土化及绿泥石化。该带岩体一般铜的背景值较高(几十×10⁻⁶~几百×10⁻⁶),普遍具有一些铜的矿化现象。该带岩体的形成时代根据目前的同位素资料分析属燕山期。

从空间分布、构造控制上,双元沟-池沟一带岩体与中带特征相似而又有所区别,但又明显不同

于南带,暂划归于中带。其位于凤镇断裂北侧,岩体受凤镇断裂的次级断裂控制,岩体多位于次级断裂的交汇处。研究表明形成时代与中带大致相同。初步认为岩体受到凤镇断裂次级近东西向以及更次级南北向、北东向断裂的控制,成矿与次级构造密切相关(王瑞廷等,2008;任涛等,2009)。

南带岩体: 紧靠凤镇断裂的南缘分布,直接受凤镇断裂的控制。自西向东分别由迷魂阵、李家砭、冷水沟、板板山等四个岩体群,大小近40个岩体组成,其中与斑岩型铜矿有关的岩体目前主要为冷水沟岩体。冷水沟岩体是一复式岩体,其成岩时代从华力西期一直延续到燕山期,具有较好的成矿地质条件。

区内岩体从古生代到中新生代均有产出,以加里东至燕山期中酸性岩浆活动最为强烈,岩性以花岗岩为主。区域上主要分为3个期次的岩浆作用,加里东期岩体主要沿凤镇-山阳断裂侵入,较为典

型的有小岭花岗岩、李家砭辉绿-辉长岩、迷魂阵石英闪长岩和冷水沟闪长岩, 相关的矿化较弱, 主要为铜、磁铁矿和黄铁矿化; 印支期花岗岩沿商丹大断裂侵入, 规模较大, 且呈岩基状分布于该区北部, 自西而东主要有柞水二长-闪长花岗岩岩体(单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 同位素年龄为 213.6 ± 1.8 Ma) (胡健民等, 2004)、曹坪石英二长岩-二长花岗岩岩体(基) (黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 216.9 ± 1.2 Ma) 和沙河湾角闪石英二长岩-二长、

闪长花岗岩岩体等 (黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 213.5 ± 2.0 Ma) (张宗清等, 2006), 岩体与古生代地层接触带常形成较宽的热蚀变角岩化带; 燕山期岩浆活动主要发生在柞-山地区的东部, 形成中酸性小斑岩体(株)群, 同时伴有少量爆发角砾岩, 主要有袁家沟、双元沟、小河口、原子街、土地沟、下官坊等单元, 围岩接触带普遍发育矽卡岩化、角岩化, 常伴有铜、铁、钼、金矿化, 个别能达到小型矿床规模。研究表明, 印支期、燕山期岩

表 1 柱-山矿集区燕山期中酸性岩体岩石化学成分

岩体名称	不同侵入体	岩石名称	样品数	岩石化学成分/%												分异指数	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O		
小河口	I号岩体	花岗闪长斑岩	4	69.42	14.71	0.30	1.71	1.37	0.98	2.21	0.04	4.01	3.82	0.19	0.95	99.71	81.86
	II号岩体	花岗闪长斑岩	6	68.35	15.01	0.38	1.66	1.46	1.03	2.65	0.05	3.84	3.90	0.21	0.76	99.30	79.69
	III号岩体	石英闪长玢岩	7	65.63	14.97	0.48	2.25	1.91	1.38	3.94	0.07	3.27	4.00	0.26	0.76	98.92	73.91
	岩枝	石英闪长玢岩	2	65.73	15.18	0.40	0.73	1.16	1.44	3.83	0.04	5.16	3.79	0.23	0.84	98.53	78.16
袁家沟	杜家梁	黑云母花岗斑岩	6	67.91	15.13	0.32	1.13	1.15	0.99	2.36	0.03	5.09	3.75	0.42	1.02	99.30	82.59
	花石崖	二长花岗斑岩	4	71.14	14.03	0.22	0.73	0.81	0.45	1.25	0.02	6.75	2.72	0.29	0.81	99.22	89.81
园子沟	I号岩体	石英闪长玢岩	4	64.80	15.48	0.51	1.70	2.15	2.13	2.69	0.05	3.56	4.04	0.31	1.27	98.69	74.04
	II号岩体	石英闪长玢岩	4	65.73	15.21	0.45	2.40	1.37	1.47	2.66	0.09	3.62	4.07	0.37	1.18	98.62	76.81
	III号岩体	石英闪长玢岩	1	64.53	14.71	0.50	2.00	2.37	1.83	2.37	0.03	4.40	3.90	0.31	1.13	98.08	76.20
下官坊		花岗闪长斑岩	2	67.10	14.77	0.46	1.75	1.54	1.49	2.63	0.04	4.44	4.25	0.24	0.50	99.21	81.79
双元沟		石英闪长岩	7	66.07	15.81	0.46	2.18	1.58	1.64	3.03	0.06	3.40	4.46	0.31	0.68	99.68	76.64
冷水沟		花岗闪长斑岩	4	64.15	15.10	0.52	1.61	1.26	1.08	4.18	0.07	5.96	3.25	0.29	1.39	98.86	89.38
土地沟		斜长花岗斑岩	1	61.14	15.02	0.46	4.03	-	1.57	3.75	0.08	4.06	2.57	0.23	-	99.78	70.80
池沟		石英闪长岩	4	62.17	16.07	0.65	4.63	-	2.20	3.43	0.06	3.74	3.8	0.41	-	99.64	72.06
平均含量			65.99	15.09	0.44	2.04	1.51	1.41	2.93	0.05	4.38	3.74	0.29	0.94	99.11	89.10	
中国花岗岩平均含量			71.27	14.25	0.25	1.24	1.62	0.80	1.62	0.08	4.03	3.79	0.16	0.56	99.67	91.60	
中国花岗闪长岩及石英闪长岩平均含量			64.98	16.33	0.52	1.89	2.49	1.94	3.70	0.09	2.95	3.67	0.32	0.83	99.71	85.60	
			60.51	16.60	0.73	2.84	3.49	2.54	4.63	0.14	2.65	3.68	0.46	0.88	99.25	81.00	
世界花岗岩及花岗闪长岩平均含量			71.30	14.32	0.31	1.21	1.64	0.71	1.84	0.05	4.07	3.68	0.12	0.77	100.02	92.20	
			66.09	15.73	0.54	1.38	2.73	1.74	3.83	0.08	2.73	3.75	0.18	1.04	99.82	87.90	

注: 据黎彤等, 1963; Le Maitre, 1976; 张本仁等, 1989; 任涛等, 2009。

浆作用对柞—山矿集区层控金属矿床的成矿有一定的改造作用(王平安等, 1998; 王瑞廷, 2005)。另有少量基性-超基性岩体零星分布。

根据柞—山矿集区侵入岩的成岩时代特征, 可分为:

(1) 古生代侵入岩

加里东期岩体沿风镇-山阳断裂分布, 主要有小岭花岗岩、李家砭辉长岩、冷水沟闪长岩等。其中冷水沟闪长岩为复式岩体。

(2) 中生代印支期侵入岩

印支期岩体呈岩基沿商丹断裂大规模侵入, 主要有柞水闪长岩体、曹坪二长岩体、沙河湾闪长岩体等。

(3) 中生代燕山期侵入岩

燕山期中酸性岩体规模都比较小, 一般出露面积为 $0.1\text{--}1\text{ km}^2$, 形态复杂, 多呈小岩株、岩瘤或岩墙产出, 侵入于区内地层中, 分布较广。为由石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩等组成的复式岩体, 同时伴有少量爆发角砾岩。池沟主要岩体的LA-MC-ICP-MS单颗粒锆石U-Pb等时年龄为 $140\pm1\text{ Ma}\sim148\pm1\text{ Ma}$, 池沟岩体5件辉钼矿Re-Os同位素等时线年龄为 $148.1\pm2\text{ Ma}$ (任涛等, 2009)。岩石具有浅成-超浅成相特征。岩体与围岩呈侵入接触关系, 可见由岩体边缘伸出的岩枝、岩脉沿围岩层面贯入, 并在围岩接触带上普遍引起接触热变质作用, 广泛发育矽卡岩化。岩石普遍具钾长石化、硅化、绢英岩化和高岭土化, 并普遍伴有铜、铁、钼矿化。其中, 小河口矿床为小型工业铜矿床。

与中国花岗闪长岩、石英闪长岩平均岩石化学成分相比(表1), 区内侵入岩具有高 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O , 低 Al_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 MnO 、 P_2O_5 等特征。与世界花岗岩平均岩石化学成分相比, 该区侵入岩具有高 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO , 低 SiO_2 、 FeO 、 MnO 的特征。整体上, 区内侵入岩发育3个岩带的岩石化学成分, 以中酸性为主, 具高 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 等的特征, 这些小岩体基本上均富含 Na_2O 、 K_2O 等。

本区花岗岩类岩石微量元素含量特征研究表明, 以富集 Cu 、 Mo 、 Ag 、 W 等为特征, 而 Zn

(Pb)较贫, 并且 Cu 、 Mo 在岩体中分布不均匀, 它们的变异系数大于或接近100%。岩体 Cu 含量为 $44\times10^{-6}\sim213\times10^{-6}$, 明显高出世界同类岩石中 Cu 的平均含量, 反映了这些岩体具备提供成矿物质的条件(王相等, 1996; 任涛等, 2009)。

2 区内侵入岩与成矿

该矿集区内构造岩浆活动强烈, 成矿作用发育。根据侵入岩与成矿的关系, 可划分为2个成矿系列:

(1) 与中酸性侵入岩有关的斑岩-矽卡岩型铜、钼、铁矿床成矿系列。例如, 小河口中型铜矿床、袁家沟铜矿、冷水沟铜矿、双元沟铜矿、池沟铜矿等。该成矿系列以岩浆热液和接触变质及交代成矿作用为主, 中酸性侵入体控制了矿床的最终构造定位。

(2) 与基性侵入岩有关的破碎蚀变岩型铜、金、镍、钴矿床成矿系列。目前, 区内李家砭辉长岩体附近已发现万丈沟铜、金、镍、钴矿点等。该成矿系列以动力变质和岩浆热液成矿作用为主, 侵入岩体可能提供了部分成矿物质与热源。

3 找矿方向

依据以上研究, 区内小岩体成矿与找矿研究和勘查的重点地段是山阳-凤镇断裂两侧铜、金、镍(钴)、钼成矿带, 主攻类型为斑岩-矽卡岩型铜(钼)矿。其中, 凤镇断裂北侧干沟一万丈沟一双元沟-土地沟一带和南侧李家砭-冷水沟-张氏沟口一带应是找铜多金属的首选靶区。该带中酸性小岩体集中成带分布, 北西-北西西向和近南北向二组断裂发育, 为铜、钼、铁、多金属元素聚集成矿提供了有利的环境。目前, 该段铜、钼、铁、金等矿床(点)及矿化蚀变线索发现较多, 物化探异常分布广泛, 找矿前景广阔。而且, 该带中的侵入岩体本身可作为找矿标志, 依据上述2个成矿系列开展综合信息成矿预测, 筛选靶区, 投入有效勘查手段, 进行地质研究与验证, 区内找矿会有新的突破。

参考文献:

- 胡健民, 崔建堂, 孟庆任, 等. 秦岭柞水岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质论评, 2004, 50 (3): 323-329.
- 黎彤, 饶纪龙. 中国岩浆岩的平均化学成分 [J]. 地质学报, 1963, 43 (3): 271-280.
- 任涛, 王瑞廷, 王向阳, 等. 秦岭造山带柞水-山阳沉积盆地铜矿勘查思路与方法 [J]. 地质学报, 2009, 83 (11): 1730-1738.
- 王平安, 陈毓川, 裴荣富, 等. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- 王瑞廷. 秦岭造山带陕西段主要矿集区典型金属矿床成矿模式和找矿预测研究 [R]. 北京: 中国地质大学博士后研究报告, 2005, 1-173.

- 王瑞廷, 李剑斌, 任涛, 等. 柘水-山阳多金属矿集区成矿条件及找矿潜力分析 [J]. 中国地质, 2008, 36 (6): 1291-1298.
- 王相, 唐荣扬, 李实, 等. 秦岭造山与金属成矿 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- 王宗起, 王涛, 闫臻, 等. 秦岭晚古生代弧前增生的背驮型盆地体系 [J]. 地质通报, 2002, 21 (8-9): 456-464.
- 张本仁, 陈德兴, 李泽九, 等. 陕西柞水-山阳成矿带区域地球化学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989.
- 张宗清, 张国伟, 刘敦一, 等. 秦岭造山带蛇绿岩、花岗岩和碎屑沉积岩同位素年代学和地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- Le Maitre R W. The chemical variability of some common igneous rocks [J]. Journal of Petrology, 1976, 17 (4): 589-637.