

陕南勉宁略地区铜厂铜矿 地球化学特征^{①②}

叶 霖 刘铁庚

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳, 550002)

提 要 通过对陕南铜厂铜矿的地球化学研究, 笔者认为铜厂矿区对应的大地构造环境应为岛弧及其活动大陆边缘, 细碧岩的原岩为钙碱性大陆系列, 随着海西早期闪长岩的侵入, 带来了汽液、热动力和部分成矿物质, 形成富含 Cl、Na⁺ 和 K⁺ 岩浆热液与天水的混合热液, 在这种混合热液的作用下, 使地层——晚元古代郭家沟组细碧岩和海西早期闪长岩中 Cu 等成矿物质活化, 并以 Cl 等络合物形式搬运, 在闪长岩体内外接触带的构造片理化带中富集成矿, 本矿床属于与闪长岩(次火山岩)有关的中低温铜矿床, 并建议该矿的找矿标志为: (1) 绢云母化; (2) 包裹体特征; (3) F 和 Cl 含量; (4) 黄铁矿的热电系数。

关键词 铜厂铜矿 地球化学特征 成矿模式 稳定同位素 成矿热液

1 矿区及矿床地质概况

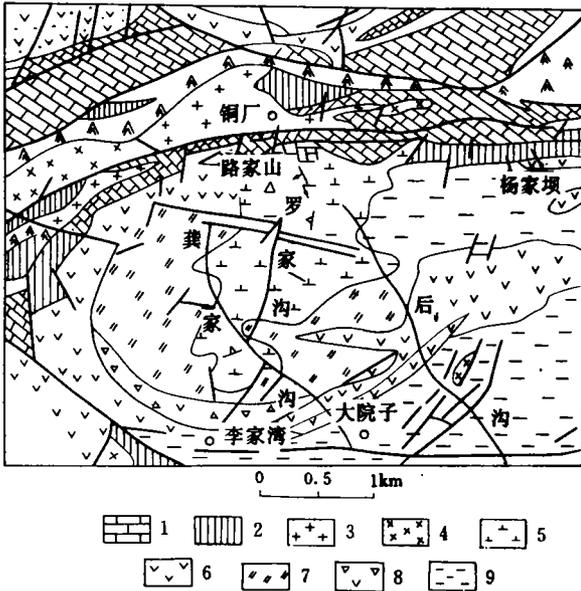
铜厂铜矿位于甘孜-勉宁略地体东部之勉县、略阳和阳平关铜镍金多金属成矿区的中心部位, 铜厂矿区出露地层以晚元古代郭家沟组(pt_{2g} , 903Ma~908Ma)海相细碧岩为主。晚元古代后, 该区虽然经历过多次的区域变质作用和构造运动, 但总体看来, 火山岩变质程度不深, 变质相属于绢云母-绿泥石低级绿片岩相^①。之后有海西早期酸性岩浆侵入形成约 2km² 的闪长岩体, 铜矿与该岩体关系密切(图 1)。矿体主要产于闪长岩体的内外接触带, 呈相互平行矿脉(体)产出, 目前已发现三个铜矿脉(体)密集带和十多个工业矿体, 单矿体均为脉状, Cu 平均含量在 2.9%~5.4% 之间, 储量为中型矿床^②。矿石中金属矿物以黄铜矿和黄铁矿为主, 有少量闪锌矿、磁黄铁矿和辉铜矿, 脉石矿物主要是石英和方解石。根据我们室内外研究^③, 将铜厂矿床划分为三个成矿阶段: 1. 石英-黄铁矿阶段; 2. 石英-黄铜矿阶段; 3. 方解石碳酸盐岩改造阶段, 形成矿体主要在中晚阶段。

① 第一作者简介: 叶霖, 男, 27 岁, 助研, 矿床地球化学专业 本课题受国家八五公关项目(编号 85-901-05-01-02)和中国科学院矿床开放室资助

② 来稿日期: 1997-09-01 审回日期: 1997-09-18

2 矿区岩石化学及微量元素地球化学特征

矿区细碧岩、钠长岩和闪长岩普遍富含 H_2O 和 CO_2 , 贫 K_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 和 TiO_2 , 较高 Na_2O/K_2O (2.09~12.72), 低 Fe_2O_3/FeO (<0.8) 为特征, δ 在 2.25~7.48 间。细碧岩与世界细碧岩化学成分基本接近, 仅 Na_2O 含量略偏低, 并具钙碱性系列特征; 闪长岩较富 Na, 近矿围岩(绢云母化闪长岩)相对富 Ca、 CO_2 和 K。



1. 厚层白云岩 2. 炭质板岩 3. 斜长花岗岩 4. 辉绿岩 5. 石英闪长岩
6. 细碧岩 7. 钠长岩 8. 细碧质角砾岩 9. 凝灰质千枚岩夹白云质灰岩透镜体

图1 铜厂矿区地质图

Fig. 1 The geological map in Tongchang mining area

此外, 岩体内外接触带矿体中黄铁矿 Co/Ni 比值差异(内接触带大于1, 外接触带小于1)也证明了成矿物质的多源性。

3 稳定同位素地球化学

通过对矿床 H、O 和 C 稳定同位素的研究并结合包裹体资料, 笔者认为成矿的初始热液为岩浆水, 而在中晚成矿阶段, 成矿流体是岩浆水与天水混合而成的富含 K^+ 的混合流体, 且到

矿区内火成岩的微量元素与深海拉斑玄武岩明显不同, 在戈蒂尼-里特曼图, $Th/Yb-Ta/Yb$ 、 $\Sigma Ce/\Sigma Y-Sm/Nd$ 和 FMA 等岩石学投影图中投影表明它们均属于岛弧-大陆边缘钙碱性玄武岩, 且均属轻稀土富集型, 稀土配分模式较相似(图2)从细碧岩—钠长岩—闪长岩, ΣREE 和 LREE 均逐渐增加, 可能反映从晚元古代到海西早期该区地壳是一直抬升的。在 $La/Sm-La$ 图中, 三类火成岩成一条向左倾斜线, 可能反映闪长岩在化学成分上和细碧岩有一定继承性。此外, 蚀变闪长岩(近矿围岩)与新鲜闪长岩稀土组成无明显差别。

Cu 在矿区各地质体中的分布特征表明 Cu 等成矿物质来源主要为细碧岩^[2], 其次闪长岩。铜矿石的稀土配分模式既有 LREE 富集向右倾斜型, 也有平坦型, 同样说明成矿物质多源

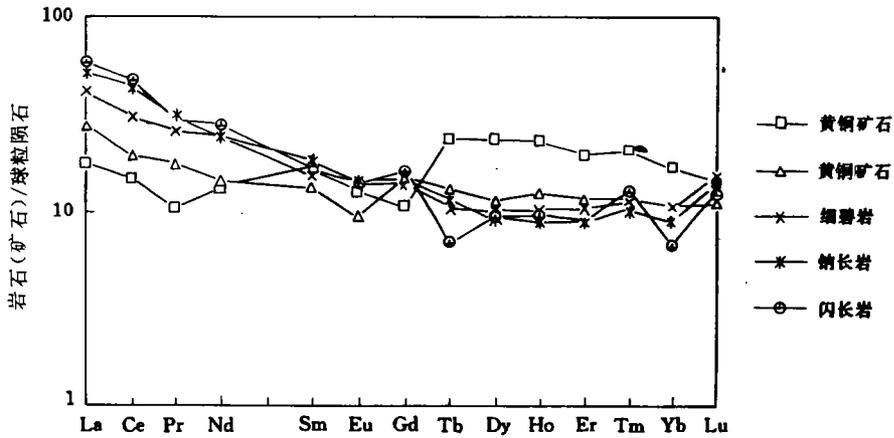
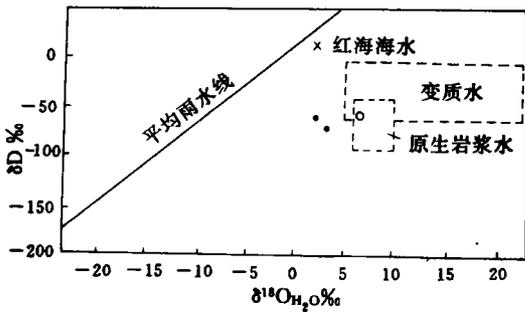


图2 铜厂矿区岩、矿石平均稀土元素配分图

Fig. 2 Average rare earth partition model of rocks and ore in Tongchang mining area

成矿晚阶段,流体中天水的比例有所增加(图3);矿床中的硫以富重S为特征,且在矿床中的分布有上高下低的趋势,变化范围较狭窄+10.6‰~+16.4‰,均值为+13.2‰,具有明显的塔式分布(图4)。此外,矿床中金属矿物组成简单,以黄铁矿和黄铜矿为主,且 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}}$,说明本矿床的硫同位素分馏基本达到平衡,通过 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} - \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}}$ 对地质温度计计算,本矿床的成矿温度集中在200C~250C之间。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围和均值与矿区内新鲜细碧岩相似,说明本矿床的硫主要来源于矿区(细碧岩),闪长岩的侵入,不仅使周围细碧岩发生蚀变,且使其中成矿物质和Na活化,同时其中的一部分重硫也被活化,并与岩浆硫混合形成成矿热液,同时通过研究,笔者认为矿区细碧岩的形成环境可能浅成相。

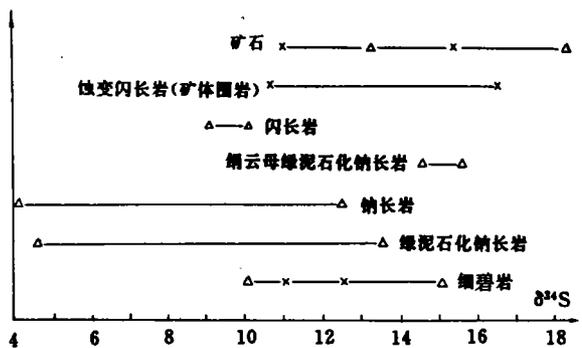


。 1 · 2 × 3

1. 石英-黄铁矿阶段 2. 石英-黄铜矿阶段 3. 碳酸岩化阶段

图3 铜厂铜矿 δD-δ¹⁸O₂O图

Fig. 3 δD-δ¹⁸O₂O plot of Tongchang ore



X-X 黄铜矿 δ³⁴S △-△ 黄铁矿 δ³⁴S

图4 铜厂铜矿 S 同位素组成分布图

Fig. 4 Distribution of S isotopic of every geologic body in Tongchang Cu mine

4 成矿流体成分、性质和物理化学参数计算

表 1 铜厂铜矿包裹体的均一温度、盐度、密度和压力

Table 1 The temperature, salinity, density and pressure of inclusion

成矿阶段	T(°C)	Th(NaClwt%)	$\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	P($\times 10^6$)	样品数
石英-黄铁矿阶段	223.8~272.0	2.0~2.3	0.787~0.857	560~720	3
石英-黄铜矿阶段	142.7~188.5	3.2~9.0	0.915~0.999	240~510	10
方解石碳酸盐改造阶段	98.3~150.3	11.8~12.9	1.012~1.072	20~100	8

表 2 铜厂铜矿包裹体平均液相成分($\times 10^{-6}$)Table 2 The average liquid-phase composition of inclusion($\times 10^{-6}$)

成矿阶段	矿物	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Br ⁻	H ₂ O
石英-黄铁矿阶段	石英	0.56	0.72	4.20	0	0.94	6.48	0	0	104.70
石英-黄铜矿阶段	石英	0.86	10.47	6.39	0.90	5.49	7.37	0	0	311.00
碳酸盐改造阶段	方解石	2.31	6.14	66.87	0	2.29	53.80	1.87	3.13	280.35

注:中国科学院地球化学研究所 张国平分析

表 3 铜厂铜矿成矿流体物理化学参数计算表

Table 3 Physical-chemical parameter of ore fluid

成矿阶段	矿物	logf _{O₂}	pH	Eh	R	Na/K	Na/(Ca+Mg)	F/Cl	Th(NaClwt%)
石英-黄铁矿阶段	石英	2.70	8.00	-1.20	2.15	—	0.25	0.78	2.13
石英-黄铜矿阶段	石英	3.46	6.00	-0.90	0.89	6.10	0.74	0.15	5.50
碳酸盐改造阶段	方解石	2.50	6.45	-0.93	0.93	—	0.07	0.38	12.20

由表 1、表 2 和表 3 可以看出,本矿床的成矿温度并不高,属于中低温矿床,从成矿早阶段到晚阶段,成矿流体的温度和压力是逐渐下降的;流体密度则逐渐升高,到晚阶段有下降的趋势;此外,成矿流体中 SO₄²⁻ 逐渐升高, F⁻ 变化不大,主成矿阶段 Cl⁻ 含量最高,并占流体中阴离子的主要地位,且含有 K⁺ (与矿化两侧均有绢云母化相吻合),说明 Cl⁻ 和 K⁺ 与矿化关系十分密切,成矿物质可能是以 Cl 的络合物形式搬运的;从成矿早阶段到晚阶段,成矿所处的环境由强还原强碱性→弱还原弱碱性→还原弱碱性环境变化。

5 成岩成矿年龄探讨

经 Rb-Sr 年龄分析^[4], 钠长岩形成时代为海西早期(348.37Ma±8.47Ma), 这与李军^[5]所作闪长岩 Rb-Sr 年龄 340.06Ma±10.93Ma(海西早期)在误差范围内大体相当, 我们所作蚀变闪长岩 Rb-Sr 年龄 233.30Ma 可能代表其后期的蚀变年龄。矿化也形成于闪长岩侵入之后。笔者通过研究认为矿区钠长岩为闪长岩受到 Na 质交代所形成^[6]。

6 总结与讨论

综上所述, 铜厂矿区对应的大地构造环境应为岛弧及其活动大陆边缘, 细碧岩的原岩为钙碱性大陆系列。随着海西早期闪长岩的侵入, 带来了汽液、热动力和部分成矿物质, 形成富含 Cl⁻、Na⁺ 和 K⁺ 岩浆热液与天水的混合热液, 在这种混合热液的作用下, 使地层——晚元古代郭家沟组细碧岩和海西早期闪长岩中 Cu 等成矿物质活化, 并以 Cl 等络合物形式搬运, 在闪长岩体内外接触带的构造片理化带中富集成矿, 本矿床属于与闪长岩(次火山岩)有关的中低温铜矿床。

通过以上研究, 铜厂矿区总结出以下找矿标志: (1) 绢云母化: 脉状矿体两侧均发育绢云母化, 包裹体成分分析也证明了主矿化阶段, 成矿流体富含 K⁺; (2) 包裹体特征: 与矿化有关的石英、方解石中包裹体数量多, 且较大, 均一温度相对较低, 一般在 150℃~200℃间, 盐度较高, 一般大于 7.0(NaClwt%), 含 SO₄²⁻、Cl⁻、Na⁺ 和 K⁺ 较高。而与矿化无关的石英中包裹体数量少且小, 均一温度相对较高(一般大于 230℃), 盐度较低, 多小于 2.0(NaClwt%), 包裹体成分单一; (3) F 和 Cl 含量: 根据对矿区地质体的卤族元素含量研究, 在矿体中 F 含量达到最高, 而 Cl 含量则相对较低, 可以利用卤素晕指导找矿; (4) 黄铁矿的热电系数: 与矿化有关的黄铁矿的热电系数为较大的负值(-3.90~-421.55uv/A℃), 导电型为 N 型或以 N 型占绝对优势的混合型, 而无矿岩石或岩脉中的黄铁矿其热电系数却为较大的正值(132.90~210.50uv/A℃)导电型是 P 型或以 P 型占绝对优势的混合型。

参考文献

1. 肖思云, 王建国, 赵红旗. 碧口群火山岩岩石系列组合及其形成环境的图解判别分析. 秦巴地质论文记集第二集, 1990
2. 王东升. 陕西省略阳县铜厂铜矿矿床地质特征及矿床成因分析. 西北金属矿产地质, 1992: 8~20
3. 叶霖, 刘铁庚. 铜厂铜矿包裹体地球化学研究. 矿物学报, 1997, (2): 194~199
4. 叶霖, 刘铁庚. 铜厂矿区钠长岩与闪长岩的 Rb-Sr 年龄讨论. 矿物岩石地球化学学报, 1997, (2): 114~117
5. 李军. 陕南铜厂矿区古火山机构和铁铜矿床成矿特征. 西北金属矿产地质, 1990, (1): 24~29
6. 叶霖, 刘铁庚. 陕南勉宁略地区铜厂矿区的钠长岩. 矿物岩石(待刊)

THE STUDY OF GEOCHEMICAL FEATURE IN TONGCHANG COPPER DEPOSIT

Ye Lin Liu Tiegeng

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002)

Abstract

Tongchang deposit is a very important copper deposit type in south of Shanxi province. By studying the geochemical feature of the deposit, we discuss the source of hydrothermal ore-forming solution and mineralization mass, and conclude the metallogenic model. The prototype of spilite, which is the main outcropping stratum (Pt₂₉ 903~908Ma) in mine area, belongs to calc-alkaline volcanic suite. After Upper Proterozoic, the intrusive of Hercynian diorite brought gas-liquid, thermodynamic and some mineralization mass, formed the mixing hydrothermal solution rich in Cl⁻, Na⁺ and K⁺ which mixed by magmatic hydrothermal solution and rain water. The metallogenic elements in spilite and diorite were activated were by the mixing hydrothermal solution and transported by Cl-complex and enriched mineralization in the endocontact and exocontact of diorite. The deposit belongs to low-to-moderate temperature type which can be correlated with subvolcanic rock.

Key words Tongchang copper deposit Geochemical feature hydrothermal solution isotopic element

1998年《中国锰业》征订启事

花最少的钱 订最好的书

《中国锰业》杂志·季刊,国家科委批准,国内外公开发行人,于1983年创刊,迄今已连续出版70多期,十余年来,深受广大读者欢迎与重视,系矿业工程类学科的全国中文核心期刊、全国科技论文统计源期刊和优秀科技期刊,被誉为企业家的良师益友。

每期订价:5.00元,全年订价:20.00元。邮发代号:42-115,国内统一刊号:CN 43-1128/TD,国际标准刊号:ISSN 1002-4336;全国各地邮局均可订阅。如漏订,欢迎直接与本刊联系邮购,随时办理。

本刊还承接1998年彩色或单色广告业务,刊出技术成果及信息服务项目,价格优惠,需者请与本刊编辑部联系,安排后即函告。

地址:湖南省长沙市麓山路148号 邮编:410006

电话:0731-8854217

联系人:周柳霞 胡邦成