

川西丹巴地区燕子沟金矿床控矿构造特征分析*

程 军¹ 赵志强² 牛 刚³ 康丛轩⁴ 张 林⁴

(1. 重庆地质矿产研究院; 2. 四川省地质矿产勘查开发局区域地质调查队;
3. 四川省地质矿产勘查开发局物探队; 4. 成都理工大学地球科学学院)

摘 要 运用节理等密图、节理玫瑰花图分析了矿床在成矿期的主应力,对比区域构造演化历史,对矿床发育的断裂和节理进行了分类,确定了控矿断裂的级别和期次并与控矿节理相互配套,分析了矿床的构造控矿机制与成矿规律。分析认为成矿期的主应力方向为 NNE-SSW,矿(化)体主要以雁列脉状矿(化)体的形式产出,控矿断裂的级别主要分为3级,成矿可划分为3个阶段。结合成矿地质背景和矿床地质特征,指出了今后找矿方向。

关键词 控矿构造 主应力方向 节理玫瑰花图 燕子沟金矿 丹巴

Analysis on the Ore-control Structure in Yanzigou Gold deposit of Danba Area of the Western Sichuan

Cheng Jun¹ Zhao Zhiqiang² Niu Gang³ Kang Congxuan⁴ Zhang Lin⁴

(1. Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources; 2. Regional Geological Survey Party, Sichuan Bureau of Geological Exploration and Exploration of Mineral Resources; 3. Geophysical and Geochemical Prospecting Party, Sichuan Bureau of Geological Exploration and Exploration of Mineral Resources; 4. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology)

Abstract The main stress in the mineralization period of the deposits is analyzed by using the joint contour diagram and the joint rose diagram. Compared to the regional tectonic evolution of the deposit, the fracture and the joint of deposit are classified. Then the levels and time of the ore-controlling faults are determined and matched with the ore-controlling joints. Meanwhile the ore-controlling mechanism of deposits and its metallogenic law are analyzed. The analysis shows that the main stress in the mineralization period is in the direction of NNE-SSW. The deposit is mainly grown in the form of echelon vein ore-body. The ore-controlling faults are divided into three levels and the mineralization is classified into three stages. Combining with the geological background of mineralization and the geological feature of the deposit, the ore prospecting direction is proposed.

Keywords Ore-controlling structure, Principal stress, Rose diagram of joint, Yanzigou gold mine, Danba

四川丹巴燕子沟金矿床地处川西高原,是松潘—甘孜褶皱带内一个典型的金、银、铜、铅锌多金属矿床。20世纪70年代以来,前人在区域地质背景、矿床地质特征、矿床地球化学及矿床成因等方面做了大量研究工作,但对于矿床的控矿构造,特别是断裂构造的研究相对薄弱。因此,研究控矿断裂(如断裂的级别、活动期次厘定)对探讨矿床的成矿机制和成矿预测都具有积极作用。

1 矿床地质特征

1.1 地层

燕子沟金矿区地层主要为泥盆系危关组^[1],岩性为绿色绢云母千枚岩、二云母石英岩、斜长角闪岩、大理岩、变粒岩、炭质千枚岩。总体变质程度为中偏低,其中炭质千枚岩发育厚度大,处于泥盆系的底部,为矿(化)体主要的围岩。

1.2 构造

丹巴燕子沟金矿床位于铜炉房背斜的南东段。该背斜核部表现为与整体形态不协调的近等轴状“穹隆体”^[2],核部舒缓宽阔,南北两翼地层与片理或板理一起分别向近南、北方向缓倾,两翼基本对称,倾角 $22^{\circ} \sim 40^{\circ}$,远离核部处倾角变陡(约 60°)。背斜呈北西—南东向展布,核部为泥盆系危关群第四岩组,两翼由二叠系、三叠系组成。区内断裂有3组:①近东西向断裂,主要为 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 ,出露于矿床中,一般长几百米,最大达1 500 m,倾角约 80° ,倾向SW,两侧岩层中见有平卧、倾竖褶皱出露,具

* 矿物、岩石、矿床学国家重点(培养)学科建设项目(编号:SZD0407)。

程 军(1963—),男,高级工程师,重庆市长江二路177-9号。

压扭性质。②近南北向断裂主要为 F_6 、 F_7 , 断面倾向北东, 倾角 $50^\circ \sim 60^\circ$, 岩石强烈挤压, 为压扭性断裂。③北东—南西向及北西—南东向断裂, 为本矿床的储矿构造, 一般长几十米至几百米, 倾向南东或者北西, 倾角约 60° , 为伸展滑脱剪切型断裂^[3]。

1.3 岩浆岩

区内有大量的基性及超基性岩脉出露, 约占出露地层总厚度的 30%, 其侵入时代为海西期^[4-5]。单个岩体呈岩床、透镜体状产出, 一般长度数百米至上千米, 少数仅十余米。宽 3 ~ 30 m, 最宽处达 80 m。岩体与围岩的接触面较平直, 接触边缘常见宽 2 ~ 5 m 的角岩带。岩体内岩相分异作用差, 经中等变质作用后, 岩石以变质辉长岩、辉绿岩为主, 其次为透闪石岩及绿泥阳起片岩。

1.4 矿(化)体及矿石特征

研究区共有矿(化)体 20 条, 矿(化)体形态简单, 主要分为热液型脉状矿(化)体和(似)层状矿(化)体, 矿(化)体与围岩的接触关系清楚。矿石主要为自形—半自形晶粒状结构、交代结构、碎裂变形结构, 浸染状构造、块状构造、角砾状构造为主。矿石中, 金矿物为自然金和含银自然金, 金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿, 其次为金红石、赤铁矿、针铁矿、硫酸铅矿(铅矾)^[6]。

1.5 成矿物质来源

康定大渡河区域金矿床的金、银来自于混合岩化的变质岩, 并据石英包裹体水的氢氧同位素测定可知 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $5.3\text{‰} \sim 7.98\text{‰}$, 属岩浆水范围($6\text{‰} \sim 9.5\text{‰}$); δD 为 $-49.9\text{‰} \sim -89.4\text{‰}$, 也属岩浆水范围($-48\text{‰} \sim -85\text{‰}$), 因此水的来源为岩浆水^[7-9]; $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-1.54\text{‰} \sim 3.35\text{‰}$, 平均值 1.034‰ , 相当于玄武岩硫的范围, 同源康定杂岩的原岩基性火山岩^[7-11], 而且本矿床出露的辉绿岩脉的部位正是矿(化)体富集部位, 成矿流体可确定为来自深部的热液和大气降水。

1.6 成矿时代

根据前人资料, 由于矿床热液蚀变的绢云母 K—Ar 法测定的年龄为 $(21.2 \pm 0.6) \text{ Ma} \sim (20.8 \pm 0.6) \text{ Ma}$ ^[7], 确定本矿床主成矿期是喜马拉雅期, 为伸展剪切构造期。通过铅同位素测年, 确定铅的年龄为 $800 \sim 900 \text{ Ma}$ ^[7-9], 与矿区的混合岩化变粒岩测得的年龄 855.6 Ma 相当, 说明矿床中的铅来自晋宁—澄江期运动所形成的变质混合岩, 由此推测该

年龄为第 1 期矿化年龄^[7]。

2 矿区构造特征

2.1 节理特征

燕子沟金矿床中节理大量发育, 且大部分以剪节理为主, 由于节理密集发育而成的断层对矿(化)体的控制作用比较明显, 因此系统测量矿床内与成矿有关的节理产状, 统计其数量, 对于探讨矿床的成矿规律, 以及进行成矿预测显得尤为重要。系统测量了 20 个主要矿(化)脉、地表岩石露头节理以及 4[#]矿体的节理, 与成矿关系密切的剪节理产状与数量见表 1、表 2。

表 1 4[#]矿体节理统计

编号	节理产状	编号	节理产状	编号	节理产状
1	$140^\circ \angle 76^\circ$	8	$340^\circ \angle 89^\circ$	15	$60^\circ \angle 55^\circ$
2	$212^\circ \angle 86^\circ$	9	$305^\circ \angle 87^\circ$	16	$280^\circ \angle 60^\circ$
3	$155^\circ \angle 75^\circ$	10	$160^\circ \angle 80^\circ$	17	$300^\circ \angle 70^\circ$
4	$170^\circ \angle 85^\circ$	11	$55^\circ \angle 80^\circ$	18	$125^\circ \angle 80^\circ$
5	$150^\circ \angle 70^\circ$	12	$260^\circ \angle 83^\circ$	19	$285^\circ \angle 60^\circ$
6	$60^\circ \angle 70^\circ$	13	$305^\circ \angle 80^\circ$	20	$215^\circ \angle 74^\circ$
7	$70^\circ \angle 75^\circ$	14	$310^\circ \angle 75^\circ$		

表 2 主要矿(化)脉产状统计

编号	节理产状	编号	节理产状	编号	节理产状
1	$316^\circ \angle 40^\circ$	8	$130^\circ \angle 75^\circ$	15	$115^\circ \angle 50^\circ$
2	$340^\circ \angle 52^\circ$	9	$122^\circ \angle 65^\circ$	16	$120^\circ \angle 30^\circ$
3	$320^\circ \angle 50^\circ$	10	$300^\circ \angle 46^\circ$	17	$290^\circ \angle 76^\circ$
4	$150^\circ \angle 60^\circ$	11	$176^\circ \angle 75^\circ$	18	$340^\circ \angle 63^\circ$
5	$310^\circ \angle 45^\circ$	12	$208^\circ \angle 68^\circ$	19	$170^\circ \angle 60^\circ$
6	$195^\circ \angle 60^\circ$	13	$110^\circ \angle 65^\circ$	20	$315^\circ \angle 50^\circ$
7	$160^\circ \angle 55^\circ$	14	$120^\circ \angle 60^\circ$		

据表 1、表 2 数据, 绘制了 4[#]矿体节理走向玫瑰花图和主要矿(化)脉产状等密图。综合分析 4[#]中段节理走向玫瑰花图与矿(化)脉产状等密图, 可以得出 4[#]中段节理主要为 2 组走向: 一组是 $10^\circ \sim 20^\circ$, 另外一组是 $310^\circ \sim 320^\circ$ 。并利用表 3 的数据作出等密图, 可以得出主要为 2 组优势矿(化)体产状: 一组是 $115^\circ \angle 63^\circ$, 另外一组是 $314^\circ \angle 45^\circ$ 。经主应力图分析可知, 矿床中矿(化)体成矿期主要受 SE—NW 向挤压力的影响, 最大主应力 σ_1 方向为 NEE, 最小主应力 σ_3 为近 SWW 向。共轭节理组交线的倾伏方向为 NNW 或 SSE, 据矿(化)体的分布及与铜炉房的空间位置可知, 矿床中的矿(化)体主要是剪切型北东—南西走向的雁列状分布, 部分矿(化)体呈近东西走向延展。

2.2 断裂特征

燕子沟金矿床主要断裂统计结果见表 3。矿区主要以北东—南西向, 及北西—南东向两组方向的

压扭性断裂为主,断层倾角较大,规模中等,对矿(化)体的形成起到一定的导矿作用。

表 3 燕子沟金矿主要断裂统计

断层编号	产 状 要 素			规 模		断层性质	
	走向/(°)	倾 向	倾角/(°)	长度/m	宽度/m	力学分析	上盘移动
F ₁	20~30	NW	60	>4 300	4~5	压扭	上升
F ₂	60~70	NNW	70	1 000	2~3	压扭(右行)	上升
F ₃	80~90	NNW	67	1 800	4~7	压扭(右行)	上升
F ₄	95~110	SWW	80	>2 000	3~5	压扭(右行)	上升
F ₅	95~110	SWW	76	700	4~6	压扭(右行)	上升
F ₆	150~160	SW	77	1 300	1~3	张扭	下降
F ₇	140~150	SW	68	900	2~4	压扭(左行)	上升
F ₈	40~150	SW	71	780	1~2	张扭	下降

3 断裂及成矿期次划分

3.1 断裂划分

依据断裂对成矿的贡献,把它们划归为 3 个类型,对成矿贡献大的划归为导矿断裂(如 F₁、F₃、F₄、F₅、F₆),对成矿贡献小的划归为运矿断裂(如 F₂、F₇、F₈),对矿(化)体有储矿作用的断裂划归为储矿断裂(如 F₉~F₂₈)。

3.2 断裂构造期次划分

根据矿床断裂构造的地质特征及与成矿的关系,把矿床出露的断裂划分为成矿前、成矿期和成矿后 3 组(图 1)。成矿前的断裂为 F₁~F₇,并划分为 2 期,第 I 期为南北向挤压所造成的断裂,主要为 F₃、F₄、F₅;第 II 期受近东西向挤压构造有 F₆、F₇、F₈,而 F₁ 断裂是处于 Dwg 地层内的最早期断裂构造。划分的依据如下:成矿前的断裂 F₂、F₃、F₄、F₅ 在铜炉房穹窿状背斜形成过程中,把炭质板岩层切穿并出露于地表,并在矿(化)体形成过程中对含矿气水热液的运移提供了良好的通道,而从矿床地质特征图可知,分布于磨子沟断裂(F₆)两侧的矿(化)体较为富集,依据断裂构造的配套关系及矿床的形成应力分析可知, F₆ 对矿(化)体的形成起到配矿构造的作用;本区主要的成矿期构造(储矿构造)一组为北东—南西走向,另外一组为近东西向的次级断裂(F₉~F₂₈),经应力分析这两组含矿构造为共轭的剪切型构造,矿床中围岩经动力变质作用及后期穹窿热液变质作用,大量形成糜棱岩、超糜棱岩、透镜状石英脉体,韧性剪切构造明显^[7];在成矿后期热穹窿形成过程中,伸展滑脱构造的作用,对成矿期北东—南西向的构造进行叠加,从而形成新的构造变形及矿化蚀变带(主要为低温方铅矿、闪锌矿),并对在成矿期 2 组共轭断裂的交汇部位矿化进一步富集,从而构成燕子沟金矿床主要的富矿(化)体控矿

断裂,具叠生断裂性质。所以成矿后期断裂对成矿和矿(化)体的展布有一定意义。依据前述含矿断裂的主应力分析得出,燕子沟金矿床成矿以雁列脉状为主;两组断裂交汇部位往往是矿(化)体就位的良好场所,并在 Dwg⁴⁻¹ 炭质板岩中顺层剪切型断裂部位尤为富集,而在 Dwg⁴⁻² 及 Dwg⁴⁻³ 的矿(化)体相对较贫化,这是含矿热液运移的空间及矿石矿物的结晶先后所决定的。

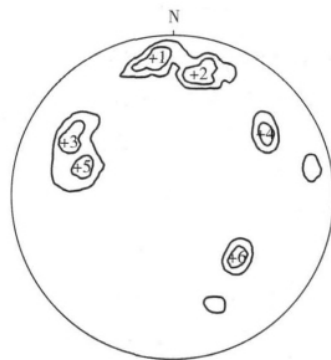


图 1 矿床节理等密示意

3.3 成矿期次划分

从区域地质演化史来分析,区域上发育北西向、北东向及近东西向延伸的 3 组断裂构造,由于受多期构造作用,导致早期形成的、延伸北西向的褶皱轴线发生偏转,显示出叠加褶皱的特征。在该构造岩内发育 7 个穹窿构造^[1]。通过对野外矿(化)体的地质特征及与断裂的关系,把矿床成矿过程第 I、II 期(表 4)节理划分为成矿前,第 III 期节理与成矿同期,第 IV 期节理为成矿后。成矿前第 I 期节理:主要为自北向南的剪切应变与南北向挤压^[2],其优势节理的 2 组产状分别为 175°∠76°(+1 组)、193°∠67°(+2 组),两组之间相互共轭,节理内无充填物,剪切变形明显,为主要的导矿构造;成矿前第 II 期节理:主要东西向收缩,其优势节理的 2 组产状分

别为 $236^{\circ} \angle 58^{\circ}$ (+4 组)、 $107^{\circ} \angle 49^{\circ}$ (+5 组) ,两组之间相互共轭 ,与矿化无关 ,剪切变形明显 ,是次一级的导矿构造; 第Ⅲ期为成矿期节理: 主要南东—北西向收缩同时有左行走滑的特点 ,其优势产状分别为 $115^{\circ} \angle 63^{\circ}$ (+3 组)、 $314^{\circ} \angle 45^{\circ}$ (+6 组) ,充填石英脉且蚀变 ,两组之间相互共轭 ,是主要的储矿构造 ,分布于铜炉房穹窿体周围 ,含矿的热液经运矿及配矿构造到达储矿的构造空间滞留成矿; 第Ⅳ期为成矿后构造: 矿化带中又叠加顺扭逆冲脆性断层 ,使矿带发生破碎 ,而后发生伸展变形变质 ,产生上盘向 NW 滑覆的伸展剪切带及右行剪切带^[3,10-12]。

表 4 矿床优势节理分析

组 别	产 状	与其他组的关系	与成矿的关系	期 次
+1	$175^{\circ} \angle 76^{\circ}$	与 +2 共轭	无关	第Ⅰ期
+2	$193^{\circ} \angle 67^{\circ}$	与 +1 共轭	无关	第Ⅰ期
+3	$115^{\circ} \angle 63^{\circ}$	与 +6 共轭	有关	第Ⅲ期
+4	$236^{\circ} \angle 58^{\circ}$	与 +5 共轭	无关	第Ⅱ期
+5	$107^{\circ} \angle 49^{\circ}$	与 +4 共轭	无关	第Ⅱ期
+6	$314^{\circ} \angle 45^{\circ}$	与 +3 共轭	有关	第Ⅲ期

4 控矿作用分析

矿区位于松潘—甘孜造山带 ,经历了长期演化的过程。伴随着这一造山带的演化发生了一系列构造、古地理、沉积、岩浆的变动调整 ,使这套泥盆纪地层具有了诸多地质特点和有利的成矿背景条件。此时 ,矿区内 F_1 和 $F_2 \sim F_7$ 率先形成 (图 2) ,这为后来的成矿作用奠定了物质和能量基础 ,这时的矿化、蚀变较弱 ,对应于成矿早期即黄铁矿—石英阶段 (δ_1/δ_3 、 β_1/β_3)。成矿期矿区的主应力方向和区域地质资料表明: 由于强大的 SE—NW 向挤压作用 ,致使出现了一系列的北东向、北西走向的断裂发生左行走滑; 老第三纪以来继承左行走滑的构造性质 ,并与 SE—NW 向的挤压应力复合 ,形成了一系列有利于成矿的构造交汇结点 (σ_1/σ_3) ,矿 (化) 体由石英脉及其上下蚀变岩组成 ,在断裂分枝复合弧形转弯及其剖面上揉皱发育部位矿带膨大 ,矿 (化) 体增厚 ,品位变富 ,控矿断裂继承性多期活动 ,形成多阶段叠加成矿^[10-14]; 控矿构造的另外一特点是在辉绿岩脉出露的部位矿化明显富集 ,这是因为在辉绿岩脉与炭质板岩的接触部位 ,有大量裂隙及断裂构造的发育^[13-18] ,含矿热液沿这些构造空间运移至储矿的位置成矿。

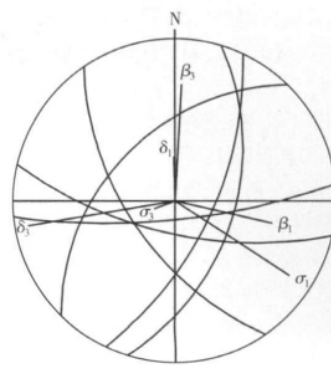


图 2 矿床主应力分期配套示意

5 结 论

(1) 矿床中分布的构造主要分为 4 个期次。其中东西向构造为第Ⅰ期 ,南北向为第Ⅱ期 ,共同构成成矿前构造。北西—南东向和北东—南西向组成的共轭断裂构造为第Ⅲ期 ,是成矿期构造。伸展剪切构造及顺扭逆冲脆性断层为第Ⅳ期 ,是成矿后构造。

(2) 主应力分析可知 ,这两组共轭断裂构造最大主应力 σ_1 方向为南东东 ,明显是受到北西—南东方向的挤压并具有右行剪切的特点; 矿后期的层间伸展滑脱变形变质及叠加顺扭性构造为矿化的富集提供了局部有利的空间 ,而致使矿体局部呈现囊状、透镜状矿体。

(3) 本矿床成矿前断裂、成矿期断裂、成矿后断裂及辉绿岩脉、“热穹窿”、变质核杂岩是松潘—甘孜褶皱带长期演化的产物 ,它们之间相互叠加组成了一个复杂而有利的成矿背景。

(4) 构造交汇部位往往是成矿最有利地段 ,特别是 F_{16} 、 F_{17} 、 F_{18} 与次级断裂交汇部位的矿体规模大、品位高 ,找矿方向为北东—南西向断裂与其他断裂的交汇部位、次级断裂发育与辉绿岩脉发育的地方。

参 考 文 献

- [1] 四川地质局. 区域地质调查报告——丹巴幅[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1980.
- [2] 游振东, 程素华, 赖兴运. 四川丹巴穹状变质体[J]. 地学前缘, 2006, 13(4): 148-159.
- [3] 许志琴, 侯立玮, 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.
- [4] 胡健民, 孟庆任, 石玉若, 等. 松潘—甘孜地体内花岗岩锆石 SHRIMP U—Pb 定年及其构造意义[J]. 地质学报, 2005, 21(3): 867-880.
- [5] 赖兴运, 程素华, 陈军元. 中、低压变质作用与大陆造山——兼论四川丹巴的变质带[J]. 地学前缘, 2003, 10(4): 327-339.

- [6] 胡晓强,李云泉,帅德权. 四川丹巴地区 Cu-Ni-Pt 族元素矿床矿石组构与成矿期次[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(1): 48-52.
- [7] 陈智梁,刘宇平. 康定大渡河两岸主要金矿区矿田构造研究[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- [8] 程素华,赖兴运. 四川丹巴地区中低压变质作用及 p-T 轨迹[J]. 岩石学报, 2005, 21(3): 819-828.
- [9] 李晓峰,毛景文,王登红,等. 四川大渡河金矿田成矿流体来源的氢氦硫氧同位素示踪[J]. 地质学报, 2004, 78(2): 203-210.
- [10] 李建康,王登红,付小方. 四川丹巴伟晶岩型白云母矿床的成矿时代及构造意义[J]. 矿床地质, 2006, 25(1): 95-100.
- [11] 骆耀南,何虹,李云泉. 四川石棉县大河坝自然铂矿床地质特征浅析[J]. 地球学报, 2004, 25(5): 529-534.
- [12] 付修根. 兰坪陆相盆地演化与金属矿床的形成[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 26-32.
- [13] 魏宽义,刘平,王民良. 南秦岭正河金矿区控矿剪切带特征与成矿关系研究[J]. 地球科学与环境学报, 2003, 25(4): 17-20.
- [14] 侯立玮. 扬子克拉通西缘穹隆状变形变质体的类型与成因[C]//骆耀南. 扬子地台西南缘陆内造山带地质与矿产论文集. 成都:四川科学技术出版社, 1996: 13-27.
- [15] 刘德权,唐延龄,周汝洪. 新疆穆龙套型金矿的找矿方向[J]. 黄金科学技术, 1998, 12(1): 18-22.
- [16] 王可勇,姚书振,吕新彪. 川西北马脑壳金矿床成矿流体地球化学特征与性质[J]. 地球化学, 2001, 30(3): 273-281.
- [17] 邓军,翟裕生,杨立强,等. 论剪切带构造成矿系统[J]. 现代地质, 1998, 12(4): 493-500.
- [18] 杨天南,王宗秀. 川西丹巴地区构造——热模式初探[J]. 中国区域地质, 1995, 3(4): 261-267.

(收稿日期 2011-07-02)

(上接第 115 页)

(5) 铋的赋存特征。铋主要赋存于黄铁矿、黄铜矿和黄锡矿中,含量较低(表 2)。

4 结 论

(1) 综合显微镜、电子探针以及扫描电镜的观察与分析,矿石中主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿,其次为锡石、黄锡矿、白钨矿;脉石矿物有长石、石英、绿泥石、绿帘石,其次为萤石、电气石、云母以及微量磷灰石、黝帘石。

(2) 除可工业利用铜、锡和钨元素外,还可综合利用钼和铋元素。铜主要以黄铜矿、砷硫铜矿形式存在;锡主要以锡石、黄锡矿形式存在;钨主要以白钨矿形式存在;钼仅赋存于白钨矿中,与钨显著相关;铋主要赋存于黄铁矿、黄铜矿、黄锡矿、白钨矿中。

(3) 该矿床今后的选矿设计中应考虑回收黄锡矿,矿石中普遍存在的黄锡矿因往往检查不出来而被忽视,矿山选矿一般根据锡石而设计,黄锡矿成为

损失原生锡的原因。

参 考 文 献

- [1] 龚美菱. 相态分析与地质找矿[M]. 北京:地质出版社, 1993.
- [2] 甘树才,王松君,张军,等. 元素相态分析[J]. 世界地质, 1998, 17(4): 93-97.
- [3] 贾润幸,方维萱,胡瑞忠,等. 云南个旧塘子凹锡多金属矿床矽卡岩地质地球化学特征[J]. 地质论评, 2007, 24(2): 281-289.
- [4] 陈守余,赵鹏大,张寿庭,等. 个旧超大型锡铜多金属矿床成矿多样性与深部找矿[J]. 地球科学, 2009, 34(3): 320-324.
- [5] 袁见齐,朱上庆,翟裕生. 矿床学[M]. 北京:地质出版社, 1987: 104-120.
- [6] 尚浚,卢静文,彭晓蕾,等. 矿相学[M]. 北京:地质出版社, 2007: 70-74.
- [7] 泰勒 R C. 锡矿床地质学[M]. 北京:地质出版社, 1983: 333-338.
- [8] 陈骏,王鹤年. 锡的地球化学[M]. 南京:南京大学出版社, 2000: 47-64.

(收稿日期 2011-07-21)

• 信息苑 • 河北钢铁司家营铁矿上半年实现铁精粉产量 751 万 t

河北钢铁集团矿业有限公司司家营铁矿生产经营硕果累累,挖潜增效成效显著,精细管理节节攀升,安全生产稳固增强。截止 2011 年上半年,累计完成采剥总量 1.27 亿 t,其中采出矿石量为 2 802 万 t,实现外运岩土 7 493 万 t,生产铁精粉 751 万 t,实现利润 22.45 亿元,且各项技术经济指标均达到或超过设计水平。国家发改委核准司家营铁矿二期采选工程项目申请报告。项目建设地点为河北省唐山市滦县响

喽镇,铁矿石资源储量 3 052 亿 t,采用露天开采方式,年采选矿石 1 500 万 t,年产含铁 66% 的铁精矿 485.59 万 t。主要建设内容包括露天采矿系统、选矿厂、排土场、尾矿库、公辅设施等。2011 年 7 月,位于河北滦县研山的司家营二期研山铁矿 1 500 万 t/a 选矿厂正式竣工投产。该工程自 3 月 31 日投料试车以来,各车间设备运转正常,各项指标均达设计指标且达到国内先进水平。(矿业 114 网)