

细粒嵌布贫铜镍矿的特征及其对选矿的影响

伦绍雄¹,陆薇宇²

(1. 广西桂华成有限责任公司,广西 钟山 542611;2. 广西冶金研究院,广西 南宁 530023)

摘 要:为了探明广西融水某铜镍矿矿石的工艺矿物学性质,采用光谱半定量分析、化学多元素分析、物相分析等方法,对矿石的物质组成、铜镍在矿石中的赋存形式及黄铜矿、镍黄铁矿的嵌布特性等进行了系统研究.结果表明:该铜镍矿石铜的品位为 0.83%,硫化铜中的铜占 96.02%,主要赋存于黄铜矿中;镍的品位为 0.52%,硫化镍中的镍占 73.08%,主要赋存于镍黄铁矿中,但氧化镍和硅酸镍的存在会影响到镍的回收率,其中氧化镍采用常规的浮选药剂是较难回收的,而硅酸镍是不能回收的,所以实际上 25.00%的镍是不能回收的.矿石的结构较复杂,矿石中的镍黄铁矿、黄铜矿的粒度以细粒为主,且镍黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿之间共生关系密切,多数以非自形晶结构为主,接触边界不规则,给硫化矿物之间的分离带来困难,从而影响铜镍精矿品位.

关键词:工艺矿物学;镍黄铁矿;黄铜矿;矿物嵌布特性

中图分类号:TD91

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.11.008

0 引 言

对于硫化铜镍矿来说,镍矿石的一般工业要求原生镍矿的边界品位为 0.2%~0.3%,氧化镍矿的边界品位为 0.7%;原生镍矿的最低工业品位为 0.3%~0.5%,氧化镍矿的低工业品位为 1%.硫化镍矿石的品级分为三等,特富矿石、富矿石和贫矿石,品位分别为 3%、1%和 0.3%~0.5%.硫化铜镍矿很多为铜镍共生,因此要考虑伴生组分的综合回收问题^[1].广西融水某铜镍矿矿石铜的品位为 0.83%,主要赋存于黄铜矿(含量 2.5%)中,微量赋存于孔雀石中;镍的品位为 0.52%,主要赋存于镍黄铁矿(含量 1.5%)中,属于贫铜镍矿.矿石的结构较复杂,矿石中镍黄铁矿、黄铜矿的粒度以细粒为主,且镍黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿之间共生关系密切,多数以非自形晶结构为主,接触边界不规则,这将给硫化矿物之间的分离带来困难,从而影响铜镍精矿品位^[2-6].

1 实验部分

实验设备:偏反光显微镜和体视显微镜 Leica S6D 和 Leica DM2500P/DFC450(德国莱卡公司).

测试方法:从矿样中挑选出部分代表性块矿

石后,其余部分破碎至-2 mm 混匀作为综合样,用于测定矿石的化学成分、矿物组成.块矿主要用于研究矿石的结构构造、矿物粒度特性、嵌布特征等.将块矿制成光片和薄片,采用偏反光显微镜和体视显微镜(Leica DM2500P/DFC450)对块矿、光片、薄片进行镜下观察,结合化学分析,查明矿石的矿物组成、结构构造、矿物粒度特性、嵌布特征等.

2 矿石的物质组成

2.1 矿石的化学组成

矿石的光谱半定量分析结果见表 1,矿石的化学多元素分析结果见表 2,原矿铜镍物相分析结果见表 3.

表 1 矿石的光谱半定量分析结果

Table 1 Spectral semi-quantitation analysis of ore

成分	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Mn	P ₂ O ₅
w/%	21	41	5.8	13	11	0.2	0.09
成分	SO ₃	Ni	K ₂ O	Cu	Na ₂ O	Ti	Zn
w/%	3.9	0.6	1.3	0.9	0.4	0.3	0.1
成分	Cl	Co	As	Zr	Sr	Rb	
w/%	0.04	0.02	0.05	0.01	0.01	0.02	

表 2 矿石的化学多元素分析结果

Table 2 Composition of ore

成分	Cu	Ni	Pb	Zn	As	S	Au	Ag
w/%	0.83	0.52	0.007 8	0.26	0.16	2.59	0.042 g/t	6.11 g/t

表 3 矿石的铜、镍物相分析结果

Table 3 Mineral composition analysis of ore

元素	相态	w/%	占有率/%
铜	硫化铜中的铜	0.79	96.02
	氧化铜中的铜(游离铜)	0.025	3.04
	氧化铜中的铜(结合铜)	0.007 7	0.94
	合计	0.822 7	100.00
镍	硫化镍中的镍	0.38	73.08
	氧化镍中的镍	0.045	8.65
	硫酸镍中的镍	0.010	1.92
	硅酸镍中的镍	0.085	16.35
	合计	0.52	100.00

从表 1、表 2 结果可知,矿石中的有价元素为铜、镍,铜的含量为 0.83%,镍的含量为 0.52%,其他元素含量均低,未达到综合回收价值;铜矿物以硫化矿为主,硫化铜中的铜占 96.02%,铜的氧化率很低,镍矿物以硫化矿为主,硫化镍中的镍占 73.08%。综合化学成分特点,可以认为该矿样为铜镍硫化矿矿石。

2.2 矿石的矿物组成及含量

矿石的矿物组成较为简单,金属矿物主要有黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铁矿,微量闪锌矿、镍华等,脉石矿物主要有阳起石、角闪石、黑云母等硅酸盐矿物和方解石构成,矿石矿物组成及含量见表 4。

表 4 矿石矿物含量测定结果

Table 4 Mineral composition and content of ore

矿物名称	黄铜矿	磁黄铁矿	镍黄铁矿	黄铁矿	闪锌矿	阳起石
w/%	2.5	6	1.5	0.35	0.3	63
矿物名称	方解石	角闪石	黑云母	镍蛇纹石	石英	其他
w/%	13	5	6	1	1	0.35

注:其他中包括孔雀石、镍华、褐铁矿等微量矿物。

从表 4 可知,矿石中主要回收的目的矿物为黄铜矿、镍黄铁矿,黄铜矿的含量为 2.5%,镍黄铁矿的含量 1.5%。

3 矿石的结构、构造

3.1 矿石的结构

矿石的结构较复杂,主要有他形晶粒状结构、交代溶蚀结构、交代残余结构、包含结构、海绵陨铁结构,其次有自形晶~半自形晶粒状结构、压碎结构。

他形晶粒状结构:因受结晶习性和空间位置的限制,磁黄铁矿、镍黄铁矿黄铜矿、闪锌矿常具不完整的他形晶结构。

交代溶蚀结构:黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿常常紧密共生,边界互相溶蚀交代,它们与脉石也常常交代溶蚀,边界呈不规则的港湾状。

交代残余结构:磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿被脉石强烈交代后,呈星点状、蠕虫状、片状的交代残余结构,见图 1。

包含结构:磁黄铁矿中包含圆粒状或自形晶

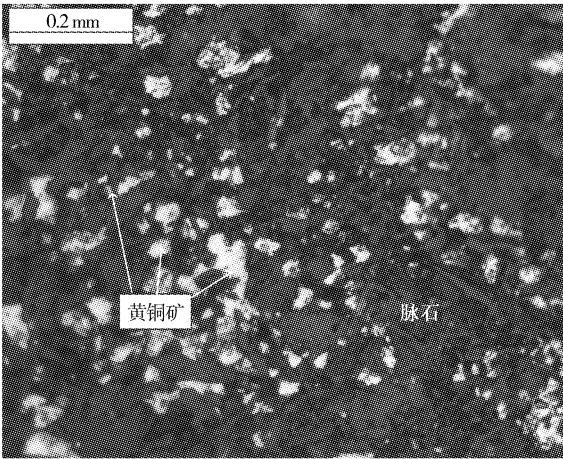


图 1 黄铜矿(白色)在脉石中呈微细粒的交代残余结构(反射光,×100)

Fig. 1 Chalcopyrite (white) finely metasomatic relict texture in the gangue mineral (reflector, ×100)

粒状的黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿,黄铜矿中包含圆粒状磁黄铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿,见图 2。

海绵陨铁结构:他形晶的黄铜矿集合体充填在自形晶的角闪石晶隙之间而构成。

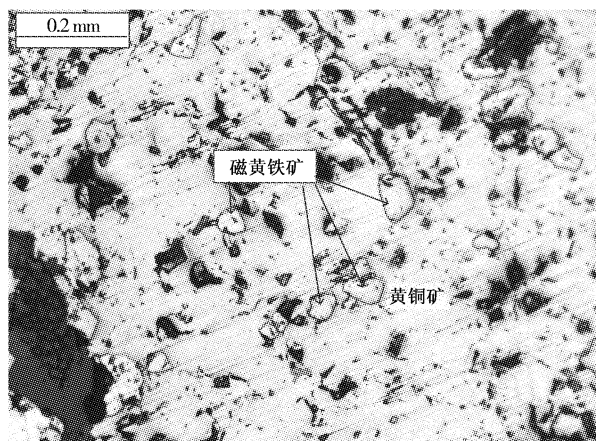


图 2 黄铜矿中包含粒状磁黄铁矿(反射光, $\times 100$)

Fig. 2 Chalcopyrite containing granular pyrrhotite (reflector, $\times 100$)

自形晶~半自形晶粒状结构:黄铁矿和少数镍黄铁矿呈结晶完好的自形晶~半自形晶粒状结构。

压碎结构:粒度较大的黄铜矿、磁黄铁矿受压力作用产生碎块或裂隙。

3.2 矿石的构造

矿石的构造主要有浸染状、斑点状构造,其次有少量脉状和网脉状构造。

浸染状构造:磁黄铁矿、黄铜矿呈大小不一的星点状或不规则形态浸染在脉石中。

斑点状构造:黄铜矿或磁黄铁矿的集合体有时呈斑点状嵌布于脉石中,有的斑点由黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿共同组成。

脉状和网脉状构造:由黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿组成,在脉石中沿某一方向嵌布,形成脉状和网脉状构造。

4 主要矿物嵌布特征及共生关系

黄铜矿:多呈他形晶粒状或集合体,晶粒大小不一,常被脉石强烈交代,呈星点状或片状的交代残余体,与磁黄铁矿、镍黄铁矿关系密切,见图 3,边界相互交代溶蚀,呈港湾状,黄铜矿集合体中常包含圆粒状的磁黄铁矿或自形晶粒状的镍黄铁矿及脉石,或圆粒状黄铜矿包含在磁黄铁矿集合体中,黄铜矿与脉石交代,边界不规则,呈破布状,见图 4;少量闪锌矿与黄铜矿交代共生。粒度最大为 4 mm,最小为 0.001 mm,多数为 0.01~0.18 mm。

磁黄铁矿:呈他形晶粒状,晶粒大小不一,多数被脉石交代呈分散粒状,有时以不规则状集合体产出,集合体常包含黄铜矿、镍黄铁矿,边界不规则,有时包含少量粒状黄铁矿和脉石,有少量呈圆粒状磁黄铁矿包含在黄铜矿集合体中,有时与

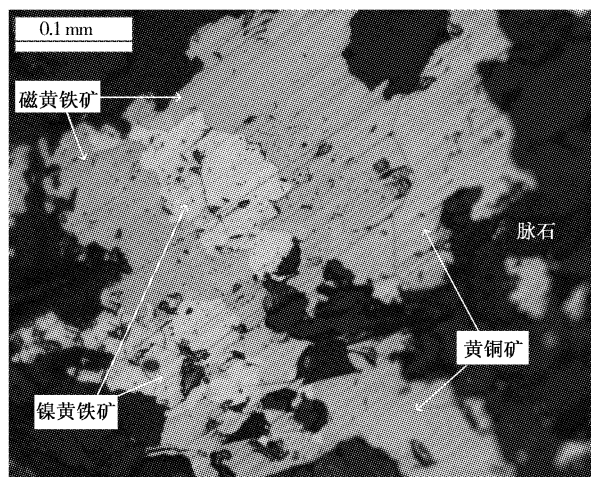


图 3 黄铜矿、磁黄铁矿与镍黄铁矿紧密共生(反射光, $\times 200$)

Fig. 3 Symbiosis of chalcopyrite, pyrrhotite and pentlandite (reflector, $\times 200$)

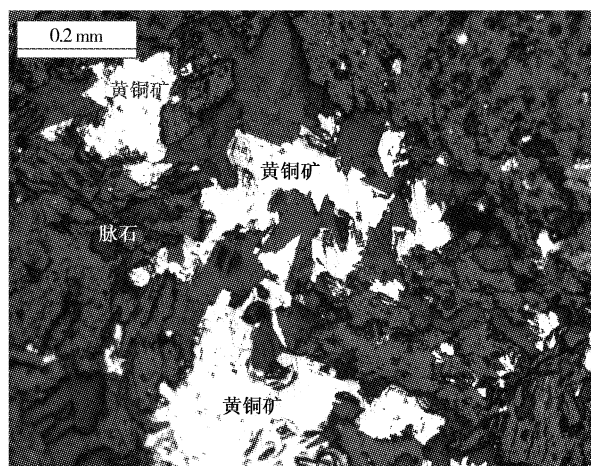


图 4 黄铜矿与脉石的边界呈不规则的弯曲状(反射光, $\times 100$)

Fig. 4 Irregularly curving shape of boundary of chalcopyrite and gangue (reflector, $\times 100$)

黄铜矿共同组成连续的脉状贯穿于脉石中。粒度:最大 3 mm,最小为 0.001 mm,多数为 0.03~0.25 mm。

镍黄铁矿:多数呈他形晶粒状少数呈自形晶~半自形晶粒状。硬度为 3.5~4。镍黄铁矿常呈散粒嵌布于矿石中,有的被脉石强烈交代呈星点状的交代残余结构,多数与磁黄铁矿、黄铜矿关系紧密,有时呈数粒集合体与磁黄铁矿、黄铜矿交代共生,或包含于磁黄铁矿、黄铜矿中,见图 5,或嵌布于磁黄铁矿、黄铜矿的边缘,有很少量镍黄铁矿在磁黄铁矿中,呈固溶体分离结构的片状溶出。粒度:最大为 0.12 mm,最小为 0.005 mm,多数在 0.015~0.1 mm,集合体大小在 0.2 mm 左右。

黄铁矿:多数呈自形晶~半自形晶粒状,硬度为 5.5~6。通常呈散粒嵌布于矿石中,与黄铜矿、

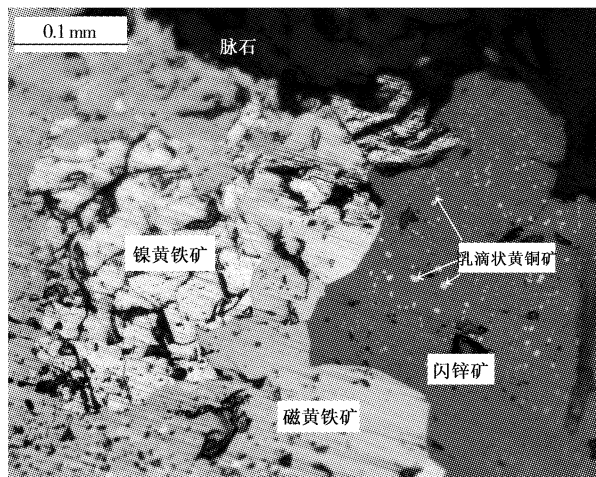


图 5 镍黄铁矿包含在磁黄铁矿中(反射光, $\times 200$)

Fig. 5 Pentlandite contained in the gangue (reflecfor, $\times 200$)

磁黄铁矿关系密切,常包含于黄铜矿、磁黄铁矿中,边界平滑,少数与镍黄铁矿关系密切,见图 6,粒度多数为 0.02~0.1 mm.

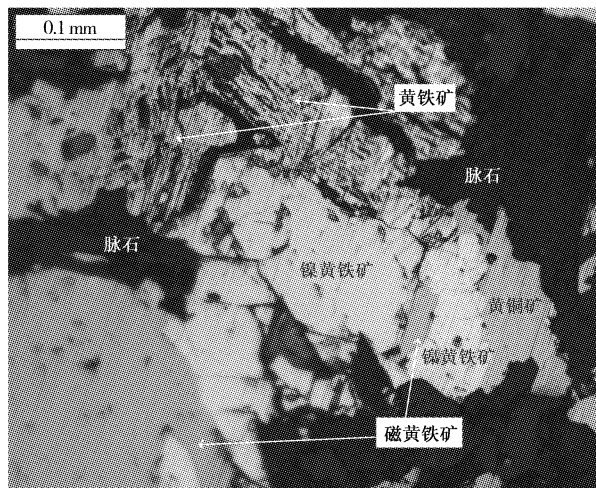


图 6 镍黄铁矿、黄铜矿和黄铁矿紧密共生 (反射光, $\times 200$)

Fig. 6 Symbiosis of sphalerite, pentlandite, chalcopyrite and pyrite(reflecfor, $\times 200$)

闪锌矿:呈他形晶粒状产出,含量很少,在光片中偶尔看见闪锌矿在磁黄铁矿或黄铜矿边缘交代共生,见图 5. 粒度为 0.03~0.06 mm.

5 主要矿物的矿物学因素对选矿的影响

5.1 铜、镍的赋存形式的影响

矿石中的铜矿物以黄铜矿为主,硫化铜中的铜占 96.02%,铜的氧化率很低,微量的氧化铜对铜的回收影响不大,铜容易回收;镍矿物以硫化矿为主,硫化镍中的镍占 73.08%,但氧化镍和硅酸镍的存在会影响到镍的回收率,其中氧化镍采用

常规的浮选药剂是较难回收的,而硅酸镍是不能回收的. 所以这 25.00% 的镍实际上是不能回收的.

5.2 镍黄铁矿对选矿的影响

镍黄铁矿的粒度很细,一般在 0.015~0.1 mm,除了在脉石中呈星点状以外,多数与黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿等硫化矿关系紧密,镍黄铁矿常包含在黄铜矿、磁黄铁矿中,还有少量镍黄铁矿在磁黄铁矿中,呈固溶体分离结构的片状溶出. 同时,镍黄铁矿性脆,易造成过粉碎,而影响镍的回收率. 这将给硫化矿物之间的分离带来困难,从而影响铜镍精矿品位.

5.3 磁黄铁矿对选矿的影响

磁黄铁矿是矿石中含量最多的金属硫化物(6%),由矿物的嵌布特性可知,镍黄铁矿与磁黄铁矿、黄铁矿的共生关系非常密切而复杂. 磁黄铁矿中包含的微细粒镍黄铁矿在磨矿过程中是不能解离的,因此,在选矿过程中,一方面,磁黄铁矿和黄铁矿可能随镍黄铁矿进入镍精矿,从而降低镍精矿品位;另一方面,镍黄铁矿也可能随磁黄铁矿和黄铁矿进入尾矿,从而影响镍的回收率.

5.4 黄铜矿对选矿的影响

黄铜矿粒度大部分为细粒~微细粒,多数为 0.01~0.18 mm 之间,而黄铜矿有时包含在磁黄铁矿中,有时嵌布于脉石中或磁黄铁矿旁边,边界不规则,要使黄铜矿与磁黄铁矿、脉石解离比较不容易. 要回收包裹于脉石矿物中的细小黄铜矿单矿物,必然增加磨矿成本.

5.5 脉石矿物对选矿的影响

硬度较低阳起石是含量最多、最主要的脉石矿物,它也是与镍黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿的关系最密切的矿物. 阳起石具有易泥化的性质,并在矿浆中易污染其他矿物表面,并形成矿泥膜,易与泡沫产品一起进入精矿,直接影响选矿精矿质量.

6 结 语

a. 矿石中有用元素为铜、镍,铜的品位为 0.83%,主要赋存于黄铜矿(含量 2.5%)中;镍的品位为 0.52%,主要赋存于镍黄铁矿(含量 1.5%)中,硫化铜镍矿物属于易浮矿物. 根据物相分析结果,矿石中氧化镍中和硅酸镍中的镍占总镍的 25.0%,可不考虑回收.

b. 矿石的结构较复杂,主要有他形~半自形晶结构、自形晶粒状结构、交代残余结构、溶蚀结构、包含结构、固溶体分离结构、压碎结构;矿石的构造主要有块状构造、浸染状构造、星散状构造、

条带状构造、脉状构造。

c. 矿石中镍黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿的粒度以细粒为主,部分磁黄铁矿的粒度相对较粗,但是镍黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿之间共生关系密切,接触边界不规则,磁黄铁矿中包裹有细粒黄铜矿、镍黄铁矿,黄铜矿中包裹有细粒镍黄铁矿,这将给硫化矿物之间的分离带来困难,从而影响铜镍精矿品位。

致 谢

本研究中光谱半定量分析是由广西地矿局分析测试中心完成,多元素化学分析和物相分析是由广西冶金研究院分析测试中心完成,在此一并表示谢意。

参考文献:

- [1] 李江涛,库建刚,程琼. 某硫化铜镍矿浮选试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2006(2):37-39.
LI Jiang-tao, KU Jian-gang, CHENG Qiong. Flotation Experiment Study on a Villamaninte Ore [J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2006(2):37-39. (in Chinese)
- [2] 邱兆莹,乔吉波. 云南某铜镍矿选矿工艺研究[J]. 云南冶金, 2010, 3(6):17-22.
QIU Zhao-ying, QIAO Ji-bo. Research on Mineral Processing Process for a Cu-Ni Ore in Yunnan Province[J]. Yun Nan Metallurgy, 2010, 3(6): 17-22. (in Chinese)
- [3] 袁致涛,程少逸,赵礼兵,等. 朝鲜某铜镍矿石工艺矿物学研究[J]. 金属矿山, 2009, 6 :95-98.
YUAN Zhi-tao, CHENG Shao-yi, ZHAO Li-bing, et al. Study on the Process Mineralogy of a Copper-Nickel Ore from North Korea[J]. Metal Mine, 2009 (6):95-98. (in Chinese)
- [4] 师伟红,周涛,刘守信. 内蒙某铜镍矿选矿试验研究[J]. 矿冶, 2010, 2(6):24-27.
SHI Wei-hong, ZHOU Tao, LIU Shou-xin. The experimental research on mineral processing of copper-nickel ore in neimeng [J]. Mining & Metallurgy, 2010, 2(6):24-27. (in Chinese)
- [5] 卢静文,彭晓蕾. 金属矿物显微镜鉴定手册[M]. 北京:地质出版社, 2010.
- [6] 陆薇宇. 广西融水某铜镍矿工艺矿物学研究[R]. 南宁:广西冶金研究院, 2012.

Mineralogical feature of lean copper-nickel ore with finely disseminated and its effects on mineral processing

LUN Shao-xiong¹, LU Wei-yu²

(1. Guangxi Gui Hua Cheng Co., Ltd., Zhongshan 542611, China;

2. Guangxi Metallurgical Research Institute, Nanning 530023, China)

Abstract: To explore the process mineralogical properties of a copper nickel ore in Rongshui of Guangxi, a systematic investigation about its mineral composition, copper and nickel occurrence mode and magnetite dissemination was made by spectral semi-quantitative analysis, multi-element chemical analysis, chemical phase analysis. The results show that copper grade of the copper nickel ore is 0.83%, and the content of copper in chalcopyrite which is occurred in copper sulfide minerals is 96.02%; nickel grade of the copper nickel ore is 0.52%, and the content of nickel in pentlandite which is occurred in nickel sulfide minerals is 73.08%. However, the existence of nickel oxide and nickel silicate affects the recovery rate of nickel, among which nickel oxide is hard to recover by using normal flotation agents, while nickel silicate is impossible to recover. As a result, 25% nickel is actually not capable of being recovered. The composition of the ore is complicated, in which pentlandite and chalcopyrite have small grain size in general. Also there exists a close symbiotic relationship between pentlandite, chalcopyrite, pyrrhotite and pyrite, most of which have non-euhedral crystal texture with irregular boundary, bringing unfavorable effect on the separation of sulfides.

Key words: process mineralogy; pentlandite; chalcopyrite; characteristics of mineral dissemination

本文编辑: 龚晓宁