

假象黄铁矿——矿石变质的标志

王吉珺



对胡家峪、篦子沟和李伍等沉积变质型铜矿的研究中，曾注意到一种特殊产状黄铁矿的来历问题。通过矿石结构、矿物演化及其物理化学性质等方面的研究，确认它是磁黄铁矿经过变质作用在固体状态下转化而成，因其保留前者的假象，故称为假象黄铁矿。这种黄铁矿有人曾认为是表生作用产物，其实不然。因为这种假象黄铁矿广泛分布在完全没有表生影响的原生硫化矿体中，而且主要在受变质的矿石中，此外，新生的矿物组合有许多继承性的特点，无疑是变质作用产物。现以胡家峪、篦子沟铜矿为例阐明假象黄铁矿的转化和标型意义。

胡家峪、篦子沟沉积变质铜矿，产在中元古界中条群篦子沟组黑色片岩中的黑云母大理岩透镜体内（篦子沟）和余元下大理岩中（胡家峪），呈似层状、透镜状，受层位和岩性制约。主要有二种矿石——含黄铜矿磁黄铁矿矿石和含黄铜矿黄铁矿矿石，多层间互产出，显然是在沉积过程中由于容度积和 Eh 值不断更替所引起。胡家峪以含黄铜矿黄铁矿矿石为主，变质较深，假象黄铁矿较多，篦子沟以含黄铜矿磁黄铁矿矿石为主。矿石中除 Cu, Fe, Bi, Pb, Zn 硫化物和少量氧化物外，尚有较多的硫钴矿、辉钴矿和准钴镍黄铁矿。矿石同围岩一起遭受变质改造，产生条带状和脉状构造，矿物压碎和弯曲，假象黄铁矿就是这一变质改造的突出标志。下面重点阐述假象黄铁矿的产状和其生成特点：

(1) 分布范围与原生磁黄铁矿基本吻合，集中在受变质的原生矿体中，未受任何表生影响。

(2) 假象黄铁矿由磁黄铁矿转化而成，从照片 1 到照片 4 表明了一个连续的转

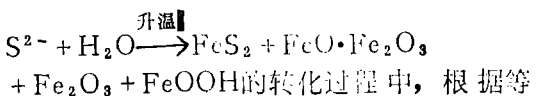
化过程，先在磁黄铁矿外缘生成假象黄铁矿环边，再沿 (0001) 解理和裂隙扩展形成条状、花枝状、羽毛状、鸟眼状，直至全部取代而成假相黄铁矿；显露 (0001) 解理，有的呈弯曲状。这种塑性变形为可塑性的磁黄铁矿所特有，而绝非脆性黄铁矿所能发生。因此，当磁黄铁矿受应力弯曲之后，被新生的假象黄铁矿继承下来。

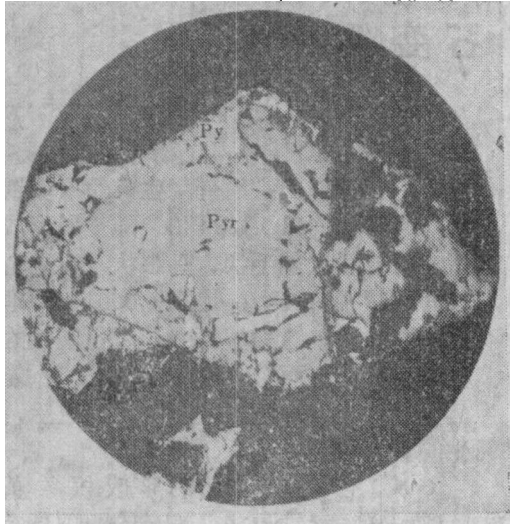
(3) 磁黄铁矿分解后形成假象黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿和针铁矿的四项稳定组合。

G. 卡列鲁德实验表明，在 675°C 以下，黄铁矿、磁黄铁矿和磁铁矿三相稳定。在 600°C 时，氧分压从 $10^{-2.5}$ 增至 $10^{-1.4}$ atm，可使磁黄铁矿分解，在硫参入下变成黄铁矿。作者曾用石英管将磁黄铁矿与一定量的硫混合，加热至 500°C 左右，磁黄铁矿开始生成黄铁矿，当其突然与空气接触又产生一圈薄的赤铁矿。据此看来，区域变质过程中产生的变质热液，通过循环从围岩和矿体中获取硫组分的浓集，在介质 Eh 值增高的条件下，磁黄铁矿首先呈不稳定状态，开始转化为假象黄铁矿和少量磁铁矿、赤铁矿和针铁矿的稳定组合，其中针铁矿的出现标志着热水明显的参入了这一反应过程。

(4) 假象黄铁矿颜色较黄铁矿暗淡一些，反射率和硬度偏低（表 1 和表 2），均质—弱非均质性，表面有“云雾”感，具弱磁性（可能尚有磁黄铁矿分子残余）。总之，假象黄铁矿在产状、结构、微量元素（Co）等特征上明显继承了磁黄铁矿，而物性处于由磁黄铁矿向黄铁矿的转变状态。

(5) 化学成分（表 4）和演化：假象黄铁矿的化学组成介于磁黄铁矿与黄铁矿之间，可能其中除有 $[S_2]^{2-}$ ，尚有 S^{2-} 存在，甚至还有磁黄铁矿分子残余。在 $Fe_{1-x}S +$

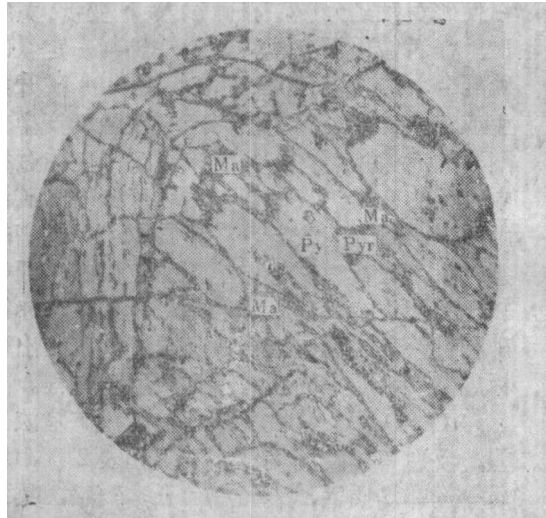




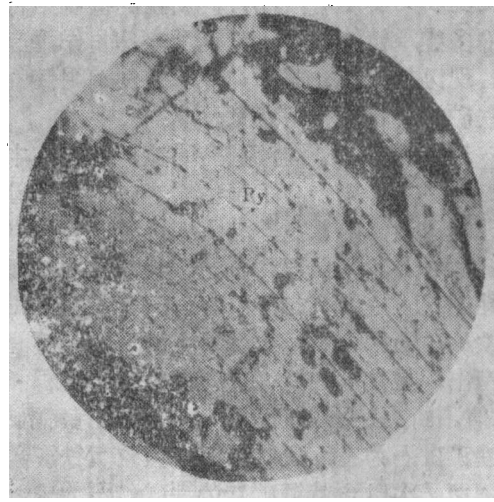
照片1 第一转化阶段, 假象黄铁矿(Py)沿磁黄铁矿(Pyr)边缘形成环边结构, 黑色为方解石
光片I-19, ×63



照片2 第二转化阶段, 假象黄铁矿(Py)沿磁黄铁矿(Pyr)(0001)解理延伸扩展形成条纹状结构, 黑色为方解石
光片I-21, ×63



照片3 第三转化阶段, 假象黄铁矿(Py)在磁黄铁矿(Pyr)中进一步扩展取代形成板纹状结构, 晶体弯曲, 有磁铁矿(Ma)、赤铁矿、针铁矿相伴而生, 并有磁黄铁矿残余(Pyr)
光片I-22, ×63



照片4 第四转化阶段, 假象黄铁矿(Py)全部取代磁黄铁矿, 显露(0001)解理, 并呈弯曲状, 黑色为方解石
光片I-23, ×63

体积交换原理, 在显微镜下对保留假象的新生矿物组合的总含量进行实测, 经过计算, 转化后的产物中的硫较原磁黄铁矿增加33.6%, 铁减少8.5%。假象黄铁矿含Co与磁黄铁矿近似(有继承性), 而与黄铁矿明显不同。综合上述, 认为这一转化过程中所

增加的硫是来自变质热液; 磁黄铁矿中的Fe除直接生成假象黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿和针铁矿以外, 尚剩余8.5%的Fe, 这些Fe被变质热液迁移到围岩(大理岩、片岩)中, 形成结晶较粗的黑云母(所谓黑云母化), 大者达数十毫米, 黑云母Nm=

表 1

矿物	反射率 (光电倍增管)				
	红	橙	黄	绿	白
结晶差的假象黄铁矿	35.2	32.0	36.0	38.0	36.0
再结晶的假象黄铁矿	45.2	46.1	45.7	46.6	48.9
黄铁矿	51.1	52.3	53.6	54.0	54.5

表 2

矿物硬度 荷重等级 (kg)	维克 (Veker) 硬度数 (PMT-8)		
	结晶差的假象黄铁矿	再结晶的假象黄铁矿	黄铁矿
0.01	378.4	515.0	741.6
0.05	1146.9	1448.4	1891.8
0.10	945.9	1287.5	1532.2
0.15	770.4	1086.3	1418.9
0.20	766.1	1027.1	1283.1
产生裂纹的荷重	0.15	0.08	0.01

X光粉晶数据见表 3。

表 3

I	d/n	I	d/n	I	d/n
4	3.1	10	1.63	4	1.18
9	2.7	5	1.56	5	1.156
9	2.41	6	1.50	5	1.103
9	2.20	7	1.44	9	1.040
8	1.90	8	1.24	7	1.008
2	1.80	4	1.21	5	0.99

表 4

矿物	Fe, %	S, %	Ni, %	Co, %	S:Fe
磁黄铁矿	60.00	39.98	0.15	0.26	10:9.73
假象黄铁矿	50.50	49.13		0.37	
黄铁矿	46.11	53.49	0.09	0.60	10:8.50

1.5993~1.6350, (-)2V = 7~21°, 化学成分 (%) SiO₂34.64, TiO₂1.74, Al₂O₃17.11, Fe₂O₃0.58, FeO18.47, MgO13.35, CaO0.37, MnO0.07, K₂O7.88, Na₂O0.03, CO₂0.44, H₂O4.00, F0.33, 黑云母不均匀的环绕矿体分布在围岩中, 尤其在假象黄铁矿富集处黑云母多而大。

总之, 该矿体与围岩同时遭受区域变质, 在Eh值稍高的环境中, 由于热力影响和含硫变质热液的循环, 使磁黄铁矿发生分解形成新的稳定相——假象黄铁矿等。鉴于围岩为片岩—大理岩—角闪岩相, 矿石仍保存有原始结构构造的残余以及前述的实验资料, 矿床中应力作用产物不甚发育, 当 Fe_{1-x}S → FeS₂ 时体积略有增大趋势, 由此推测, 假象黄铁矿是生成在外压力不甚大的中变质条件下。所以, 假象黄铁矿是含磁黄铁矿的硫化矿石受中度变质的重要标型矿物。与它有成因联系的黑云母对该类变质矿床亦有一定标型意义。

硅光敏晶体管测定不透明矿物反射率

中国人民解放军某部 欧振武

根据硅光敏晶体管感光灵敏、弱光照射即能产生很大光电流的特点, 经反复实践, 我们试制成功了应用硅光敏晶体管测定不透明矿物反射率的方法。

精确测定反射率是鉴定不透明矿物的一个重要数据。用光敏管测定矿物反射率属于客观测量的光电倍增管法。它不用检流计, 只需一个FD-117幅射仪上的微安表与光敏管, 两极用导线连接即可。方法简便, 操作容易, 灵敏度高, 直接读数。

基本原理

光敏管 (我们采用3DU912型) 对光具有灵敏度高, 光电流大的特点。光电流与光

强成正比, 即与反射光强 (反射率) 成正比, 光流通过显微镜垂直照明器到达被测矿物, 光片上被测矿物反射到光敏管上感光, 将光能转变为光电流, 经微安表测得, 就是被测矿物的反射率大小, 经实践, 效果很好。

技术要求

仪器装配由光敏管, 微安表和稳压器组成 (见图)。光敏管装在库克显微镜的穿孔目镜内, 两极用导线连接在微安表上, 显微镜光源与磁饱和式稳压器相连接。

1. 光源 准确测定矿物反射率要求光源稳定, 并有较大功率。采用库克镜的照明灯, 其功率 (50W) 大, 并可调节光源的强