

湖南麻阳、车江铜矿床的 有机质及生物成因初探^①

钟建华

(西北大学地质系)

张琴华

(中国科学院长沙大地构造研究所)

李自安

罗书安

(湖南车江铜矿生产科)

王竟成

(湖南麻阳铜矿地测科)

提 要 通过对湖南麻阳、车江铜矿的研究,发现了一些铜矿的有机质及生物成因证据,藉此对铜矿的成因进行了分析探讨。

关键词 铜矿 有机质 生物成因

人们很早就发现许多矿床的成因与生物或有机质密切相关^[1,2,3]。近年来,随着研究的不断深入,人们愈加注意到了这一点^[4,5,6]关于沉积型铜矿的成因研究在过去的十几年中取得了许多重要成果^[7,8,9],但也还存在着一些问题,尤其是对红色建造中的铜矿的成因。我们在对湖南沅麻、衡阳红盆中的麻阳、车江铜矿进行了研究后,发现其成因与有机质和生物有关,现简要介绍如下。

1 地质概述

麻阳和车江铜矿均位于湖南省境内,是湖南省的两个重要铜产地,尤其是麻阳铜矿则以盛产高品位的自然铜矿(九曲湾式铜矿)而驰名遐迩。

麻阳铜矿形成于晚白垩世,主要分布在麻阳县东部的九曲湾附近。整个含铜建造厚数百米,含矿十几到二十余层,最多可达四十余层。矿层一般厚1~2m,最厚可达4m以上。铜矿体呈层状、似层状、透镜状或豆荚状。铜含量多在百分之几,最高可达百分之二十几。铜矿以自然铜为主,有少量辉铜矿、黄铜矿、孔雀石及蓝铜矿等。

车江铜矿形成于早第三纪。含铜建造厚数十至百余米,含矿1~3层,主要含矿层位于建造底部,一般厚2m左右,最厚可达6m。铜矿体一般为层状,铜含量一般在1%~2%,最高可达4%~5%。铜矿以辉铜矿为主,其次为斑铜矿、黄铜矿、蓝铜矿、自然铜及孔雀石等。

^① 中国科学院资助重点课题:“历史因果论大地构造学说的建立及其应用”部分成果

收稿日期 1994. 10. 17 改回日期 1995. 3. 10

麻阳、车江铜矿均产在红色建造中。

2 铜矿的有机质及生物成矿证据

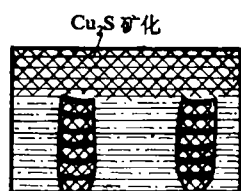
研究发现,麻阳、车江铜矿中保存有比较好的有机质和生物成矿证据,分以下三个方面介绍。

2.1 铜矿与有机质及生物化石之间的共生产出关系

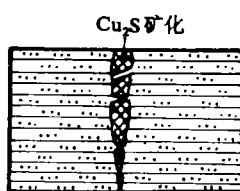
野外和室内一些研究结果表明,无论是麻阳铜矿、还是车江铜矿,均能见到一些与生物成因有关的证据。

2.1.1 铜矿与生物化石之间的共生关系 在麻阳铜矿,一种最令人难忘的现象是铜矿化有时与遗迹化石密切相关。在风井后山和银湾水库的铜矿露头上常常可以看到铜矿化沿遗迹化石发生(图 1a),虫迹越发育,铜矿品位越高。如风井后山的某层矿体,其原始形成环境为滨湖相,虫迹非常发育,密度在 $5\sim 80$ 个/ 100cm^2 ,铜矿的品位一般都在 5% 以上,最高可达 27%。这是其它铜矿层所“望尘莫及”的。目前还没有确凿的证据表明这种现象是怎么形成的,是造迹生物在生活期间就有选择性地使铜元素作为生理活性物质吸收富集了呢,或是其生活期间分泌或死亡后遗体分解所形成的有机质吸收而富集了铜呢?但有一点是可以肯定的,即沿遗迹化石发生的铜矿化与造迹生物直接或间接有关。某些特殊的动物具有很好的富集铜的本领,Robert(1977)报道了一种头足类的铜含量可达 90000×10^{-6} ^[11]。另一个比较典型的现象是铜矿化有时沿植物化石发生(图 1b)。

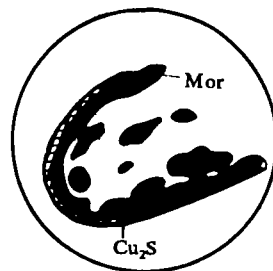
在车江铜矿,虽然没有象麻阳铜矿那样良好的露头直接观察研究。但把铜矿制成光片,通过显微镜同样可以发现一些铜矿化与生物化石有关的现象。如图 1c 所示,经常可以看到铜矿化与植物的某些碳化植物组织或器官有关。某些植物具有较好的富集铜的本领,有关报道不少。在车江铜矿,有时可以见到草莓状辉铜矿或黄铜矿(图 1d),其成因可能也与细菌有关。Williams(1978)指出,草莓状黄铁矿是由硫酸盐还原细菌形成的,能否引伸解释草莓状辉铜矿或黄铜矿的成因呢?



a. 沿虫迹发生辉铜矿矿化



b. 沿根化石发生辉铜矿矿化



c. 辉铜矿沿碳化植物根外缘富集,油浸物镜 $\times 70$

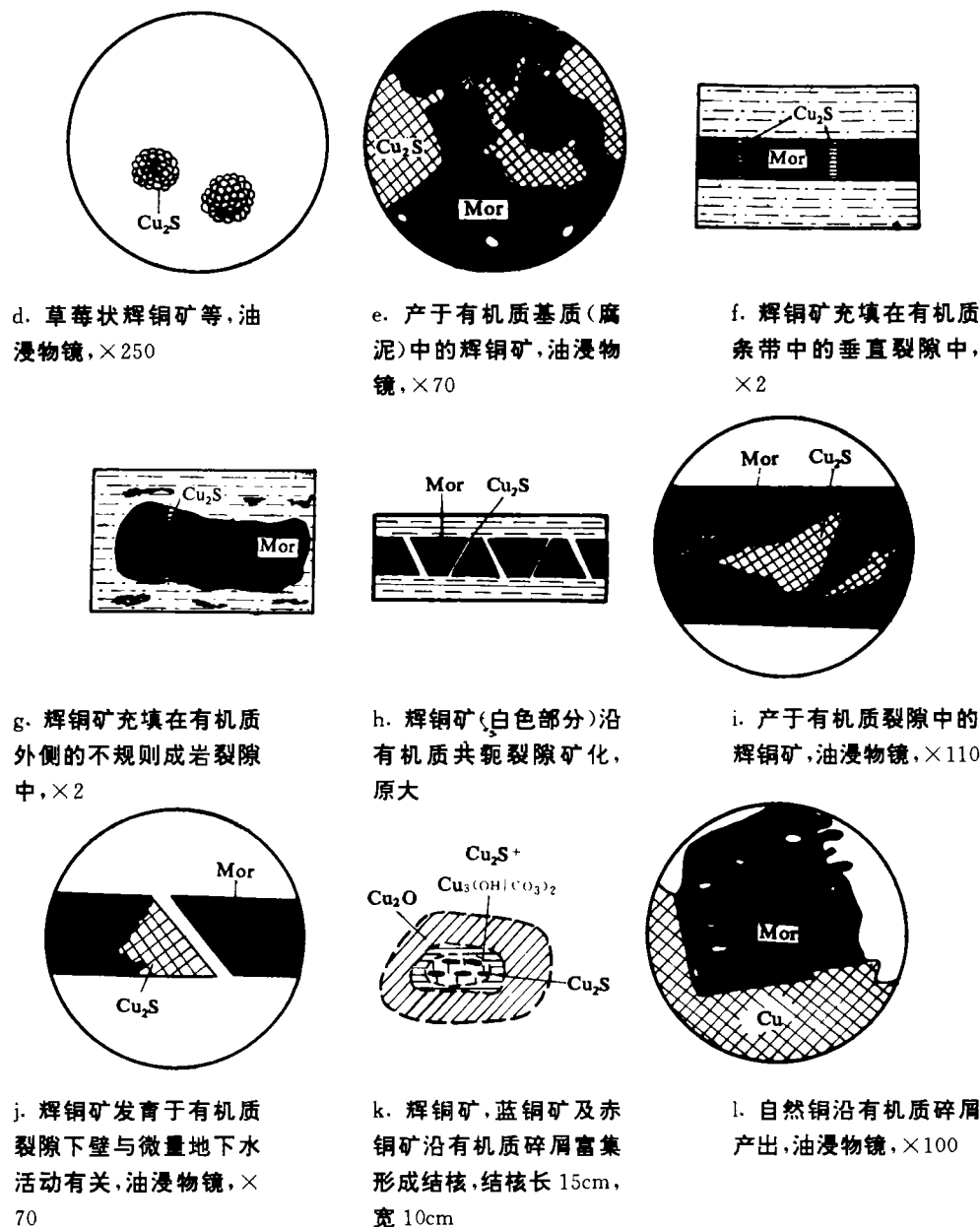


图 1 铜矿物与化石和有机质共生产出关系

Fig. 1 Sketch of the relationship between copper minerals and fossils and organic matters

2.1.2 铜矿与有机质的共生产出关系 在车江铜矿,铜矿与有机质之间的共生产出关系可以分为两种:一种是铜矿产在有机质基质内部;第二种是铜矿产在有机质裂隙之中,包括成岩裂隙和构造裂隙两种。前者可能与生物、沉积和成岩作用密切相关,而后者则与成岩或表生作用有关。车江铜矿中的铜矿物有相当一部分是以细颗粒或不规划碎片状的方式产在有机质基质中的,见图 e。这种有机质基质是由高等植物或低等生物的遗体经过强烈分解和掺杂所形成的,产在其中的铜矿物部分可能是由生物生活期间吸收富集的。当然,大部分是在沉积或成岩

过程中“次生”富集的。产在垂直于层理裂隙或那种横截面上呈“V”型、裂隙面弯曲不规则裂隙中的铜矿物主要形成于成岩阶段(图 1f、1g),而产在倾斜裂隙、尤其是共轭裂隙中的铜矿物(图 1h、1i、1j)则是在矿体或矿层经受构造变动影响后形成的。因此,它们应该是表生阶段的产物。其次生活化富集与地下水活动有关。图 1h 中的辉铜矿充填在一组共轭剪切裂隙之内,非常典型特征,手标本上清晰可见。图 1i 中的辉铜矿充填在一组雁行状的张性裂隙中,这种裂隙显然是剪切所致。在辉铜矿中还能见到一种有意义的现象:即辉铜矿有时沿着镜质体剪切裂隙的下壁发生矿化,而上壁则“丝毫未染”(图 1j)。这一现象可能揭示了地下水或地下流体在流经裂隙时未能充满整个裂隙,而是以薄膜的方式沿着裂隙的下壁流动,故仅使裂隙的下壁发生矿化。很明显,充填在有机质裂隙中的铜矿物其成因有赖于有机质。

在麻阳铜矿,有时可以见到硕大的铜矿结核,一旦将其打开,就会发现其中往往有一碳屑核心(图 1K)。显而易见,这个碳屑核心对于铜矿结核的形成是至关重要的。仔细观察发现,围绕着碳屑核心形成了一种“成矿带”:最中心是辉铜矿,然后是蓝铜矿和少量辉铜矿,最外层是赤铜矿。这一序列正好反映了氧化还原电位自中心的碳屑核心向外依次升高。毫无疑问,这种成矿的还原环境是由碳屑所造成的。此外,在铜矿光片上还能见到自然铜或辉铜矿与有机质碎屑共生产出(图 1l)。其成因必然也与有机质相关,这一点应当肯定。

2.2 铜矿物与有机质碎屑的定量分析

我们将 27 块铜矿制成了光片,然后对它们进行了定量统计分析。结果总结在表 1 及图 2 中。从表 1 和图 2 中可以看出,铜矿物与有机质碎屑之间具有明显的正相关关系。这从另一个角度揭示了铜矿的成因与有机质相关。

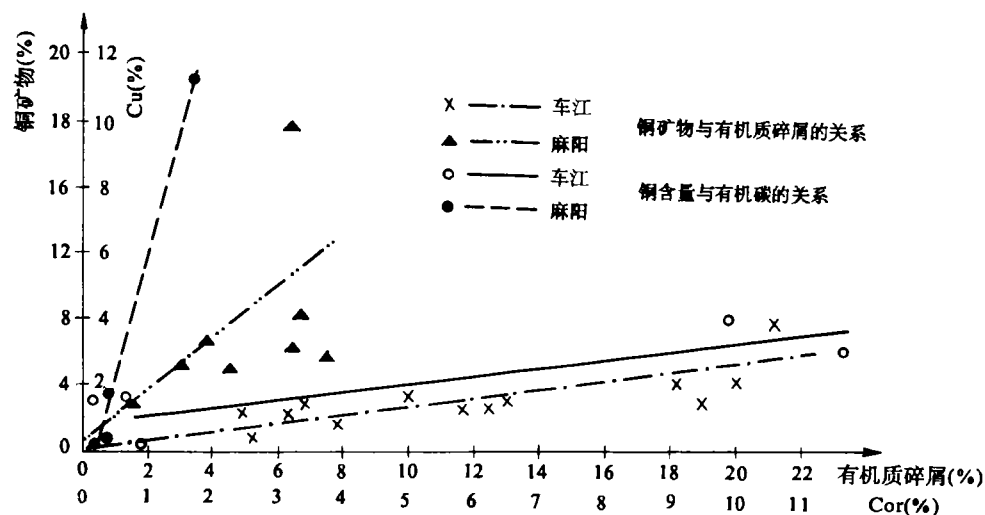


图 2 麻阳、车江铜矿中的有机质及有机碳与铜矿物及铜含量之间的关系

Fig. 2 Diagram showing the relationships between copper minerals and organic detritus and copper content and organic carbon

表 1 麻阳、车江铜矿铜矿物、有机质碎屑定量分析结果

Table 1 Quantitative analysis result of the copper minerals and organic detritus of Mayang and Chejian copper deposits

地点及编号		时代	铜矿岩性	有机质形态特点	R° (%)	最高成矿温度 (T max,℃)	主要铜矿物类型	显微定量分析	
								铜矿物 (%)	有机质碎屑 (%)
麻阳铜矿	MY—1	K ₂	砂岩	细粒状、火焰状	0.450	40~53	自然铜	2.98	1.55
	MY—2	K ₂	砂岩	细粒状、火焰状	0.441	38~52	自然铜、辉铜矿	7.41	3.95
	MY—3	K ₂	砂岩	细粒状、细脉状	0.470	42~56	孔雀石、自然铜	5.93	3.21
	MY—12	K ₂	砂岩	细粒状、细脉状	0.448	40~52	自然铜、辉铜矿、赤铜矿	18.32	6.59
	MY—5	K ₂	泥质砂岩	细脉状、丝发状、细粒状	0.443	40~52	自然铜	6.22	6.41
	MY—6	K ₂	泥质砂岩	火焰状、细碎片状	0.449	40~52	自然铜	8.31	6.54
	MY—7	K ₂	砂岩	细粒状、火焰状	0.409	28~42	自然铜、赤铜矿、辉铜矿	30.12	5.31
	MY—8	K ₂	砂岩	细粒状、火焰状、细脉状	—	—	自然铜、辉铜矿	6.19	7.49
	MY—9	K ₂	砂岩	细粒状、火焰状	—	—	孔雀石、自然铜	5.72	4.28
	MY—11	K ₂	砾岩		—	—	辉铜矿	0.41	偶见
车江铜矿	CJ—1	E ₁	砂岩	细粒状、火焰状	0.621	86~90	辉铜矿	1.54	5.32
	CJ—2	E ₁	鲕状泥岩	细碎片状、以腐泥为主	0.618	85~89	辉铜矿、斑铜矿、蓝铜矿	3.89	10.11
	CJ—3	E ₁	砂岩	细粒状、火焰状、细碎片状	0.638	88~94	辉铜矿、蓝铜矿	2.10	7.45
	CJ—4	E ₁	碳、泥质砂岩	细条带状、碎片状、火焰状	0.642	89~95	辉铜矿、斑铜矿	3.21	12.41
	CJ—5	E ₁	碳质泥岩	细条带状、碎片状、火焰状	0.640	88~94	辉铜矿、蓝铜矿	5.39	20.04
	CJ—6	E ₁	碳质泥岩	细条带状、细脉状、碎片状、火焰状	0.601	81~86	辉铜矿、蓝铜矿	4.24	18.95
	CJ—7	E ₁	砂岩	碎片状、火焰状	0.612	83~87	辉铅矿、斑铜矿	8.40	21.08
	CJ—8	E ₁	砂岩	丝发状、碎片状、火焰状	—	—	辉铜矿	3.38	13.47
	CJ—9	E ₁	泥质砂岩	碎片状、细粒状、火焰状	—	—	辉铜矿	3.49	11.66
	CJ—10	E ₁	砂岩	细颗粒状	0.608	82~86	辉铜矿	2.18	6.13
	CJ—11	E ₁	砂岩	细颗粒状、火焰状	0.623	86~90	辉铜矿	2.29	4.82
	CJ—12	E ₁	泥质砂岩	细颗粒状、丝发状	0.619	85~89	辉铜矿、蓝铜矿	3.17	6.98
	CJ—13	E ₁	碳质泥岩	火焰状、细条带状、脉状	0.620	85~89	辉铜矿、黄铜矿	3.97	18.11

注:表中R°——油浸反射率 显微定量分析以光片为对象,统计 500 个点以上。

2.3 铜与有机碳之间的关系

Brady(1960)首次发现了铜矿中的铜与有机碳之间具有正相关关系。Hamilton(1967)证实了上述发现。麻阳、车江铜矿的研究结果也表明了铜与有机碳之间确实具有正相关关系(图2)。这又从另一个角度揭示了麻阳、车江铜矿的成因与有机质有关。

据研究,麻阳、车江铜矿的成矿温度分别在 56℃ 和 95℃ 以下(表 1)。硫同位素分析表明,上述二铜矿的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值介于 -19.02~-39.31 之间,具有生物和沉积成因的特点。

至此,我们有一定的理由认为麻阳、车江二铜矿的成因主要与有机质和生物有关。

3 麻阳、车江铜矿的有机质及生物成因探讨

麻阳、车江铜矿的成矿主要是由有机质还原所形成的,这种过程在低温条件下($<250^{\circ}\text{C}$)是通过硫酸盐还原细菌所实现的,当然,硫酸盐还原细菌所能忍受的温度更低,据研究不高于 60℃。因此,有足够的理由认为麻阳、车江铜矿是在不高于 60℃ 的温度条件下形成的。虽然通过有机质的研究所获得的成矿温度在 81~95℃ 之间,但这标示的只是最高成矿温度,真正的成矿作用仅在 60℃ 之前。在 60℃ 至 95℃ 这一温度区间内,车江铜矿的成矿作用一度停止。

麻阳、车江铜矿主要是在沉积、成岩早期及表生三个阶段经过多期叠加富集形成的。在沉积阶段, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等胶体带到盆地中的 Cu^{2+} 被有机质通过硫酸盐还原细菌的作用而初次被还原固定,富集在含有机质的还原层中。当然,不可否定有可能存在着生物的直接富集,如前文中谈到的麻阳铜矿风井后山的那层虫迹发育的富矿体就很有可能存在着生物的直接富集。早期成岩阶段的富集无论对麻阳铜矿、还是对车江铜矿来说都可能是重要的。这不仅仅只是因为这一阶段的时间更长,而更重要的是,成岩阶段红色建造中 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体中吸附的大量 Cu^{3+} ,会因为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的晶出而释放出来,进入到成岩孔隙水中,因压实或温差而引起向上迁移或密度对流,源源不断地输运到含有机质的成矿层中,使得沉积阶段初次富集的铜矿层再次得到富集。构造运动使得地下较深的铜矿层(仅对车江铜矿而言,因为车江铜矿的成矿温度已高于 60℃)上升至表生带,再一次进入成矿阶段,形成了第三次富集成矿。

4 结束语

通过对麻阳和车江铜矿的研究,我们认为,红色建造中的纯沉积型铜矿的形成关键有两点:一是矿源层要丰富,至于蚀源区铜背景值高低则不是主要的。当然,越高越好。红色建造中的铜矿源层正是红色建造本身。在麻阳和车江铜矿,含铜建造之下的红色建造都比较厚(均达数千米),为麻阳、车江铜矿的形成提供了丰富的矿源层。而在红色建造中,碎屑颗粒表面吸附的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体才是 Cu^{2+} 的真正载体。实验表明, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体具有很好的吸附 Cu^{2+} 的能力(M. A. Richard, 19××);二是在矿源层之上要有含有有机质的还原障层。还原障层不能过多和过于分散地存在于红色建造中,否则,会使铜过于分散而难以富集成矿。

最后有必要指出的是,铜的成矿作用确实是个复杂的地质过程,红色建造中的铜矿床当然也不例外,仅用一种简单的机理或模式去解释是无益的,探讨其成矿机理和模式的多样性也就是我们当前和今后的任务。

致谢:本文是在导师陈国达教授的指导下完成的。中国科学院原资环局给予了资助。湘潭矿业学院地质系 MPV—3 室翟玉琛老师协助完成了反射率测定,西北大学地质系描图室郭旗同志清绘了文中的所有图件。在此一并致谢。

参考文献

- 1 Butlin K R, et al. Metabolism, 1953b, 126
- 2 叶连俊. 外生矿床陆源汲取成矿论. 地质科学, 1963, (2): 67~87
- 3 Heinz A, et al. On Biomineralization. Oxford: Oxford University Press, 1989
- 4 朱士兴. 生物成矿作用. 当代地质科学前沿——我国今后值得重视的前沿研究领域. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993
- 5 傅家膜. 有机地球化学进展. 中国科学院院刊, 1993, 8(4): 290~292
- 6 殷鸿福. 生物地质学. 地球科学进展, 1994, 9(6): 79~82
- 7 郭文魁, 常印佛, 黄崇珂. 我国主要类型铜矿床成矿和分布问题. 地质学报, 1978, 52(3): 169~181
- 8 Robert B, et al. Copper: its geology and economics. London: Applied Science Publishers, LTD, 1977
- 9 成治. 国际交流地质学术论文集(3). 北京: 地质出版社, 1979

A STUDY OF THE BIOLOGICAL AND ORGANIC GENESIS OF THE MAYANG AND CHEJIAG COPPER DEPOSITS, HUNAN PROVINCE, CHINA

Zhong Jianhua

(Department of Geology, Northwest University)

Zhang Qinghua and Li Zhian

(Changsha Tectonic Institute, Chinese Academia)

Luo Shuan

Wang Jingchen

(Chejiang Copper Mine, Hunan)

(Mayang Copper Mine, Hunan)

Abstract

A detailed study on the Mayang and Chejiang copper deposits has revealed that the copper mineralization often occurs within or around plant remains or organic detritus. Some of the deposit relates closely with trace fossils. The quantitative analysis suggests that the copper mineral has a positive correlation with organic matter and organic carbon.