

湖南新邵菱铁矿矿床成因探讨

李迪瑕

(湖南地质矿产局418队)

肖谷初

(中国科学院地质所)

新邵菱铁矿是一个较富的矿床。十余年来虽经地质工作者的反复工作和研究,但对其成因仍争论颇多。本文根据资料和矿床开采中提供的大量地质现象,着重对该矿床的成因问题进行讨论。

一、矿床地质概况

新邵菱铁矿位于白马山—龙山东西构造带中段南麓,帽子岭穹窿构造的东南翼之邵阳—涟源北东向挤压断裂中。矿区内主要地层有:寒武系碳质板岩、粉砂质板岩夹薄层或透镜状灰岩;下奥陶统板岩;中泥盆统跳马涧组砂砾岩、页岩、粉砂岩夹豆状赤铁矿质砂岩;棋梓桥组页岩、灰岩和粉砂岩。上述地层在矿区内构成走向北东的单斜构造。横贯矿区有一条走向 50° — 80° 的压扭性大断层 F_1 (图1),使寒武系被推复于中泥盆统岩层之上,并使中泥盆统跳马涧组上段重复出现于矿区北面及南东部。 F_1 断层始于印支期,终于燕山期。

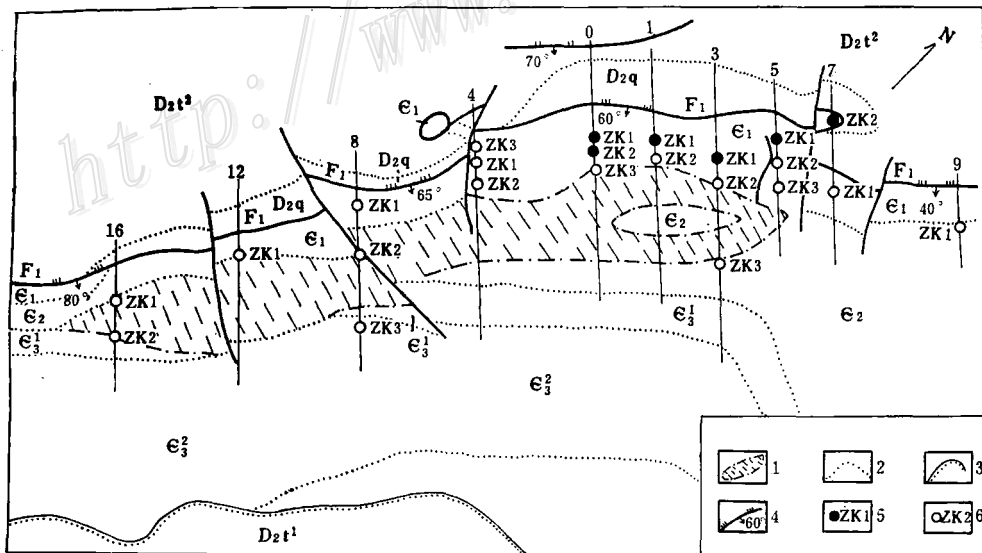


图1 新邵菱铁矿地质略图

1—硅化区; 2—地质界线; 3—不整合; 4—逆断层; 5—见矿钻孔; 6—未见矿钻孔

Fig. 1. Schematic geological map of the Xinshao siderite deposit.

1—silicification area; 2—geological boundary; 3—unconformity; 4—reverse fault; 5—drilling core intersecting ore; 6—drilling core not intersecting ore.

菱铁矿矿体赋存于中泥盆统棋梓桥组下部碳酸盐岩层中，产于 F_1 断层破碎带的下盘。整个矿体延展似向斜状（图2）。

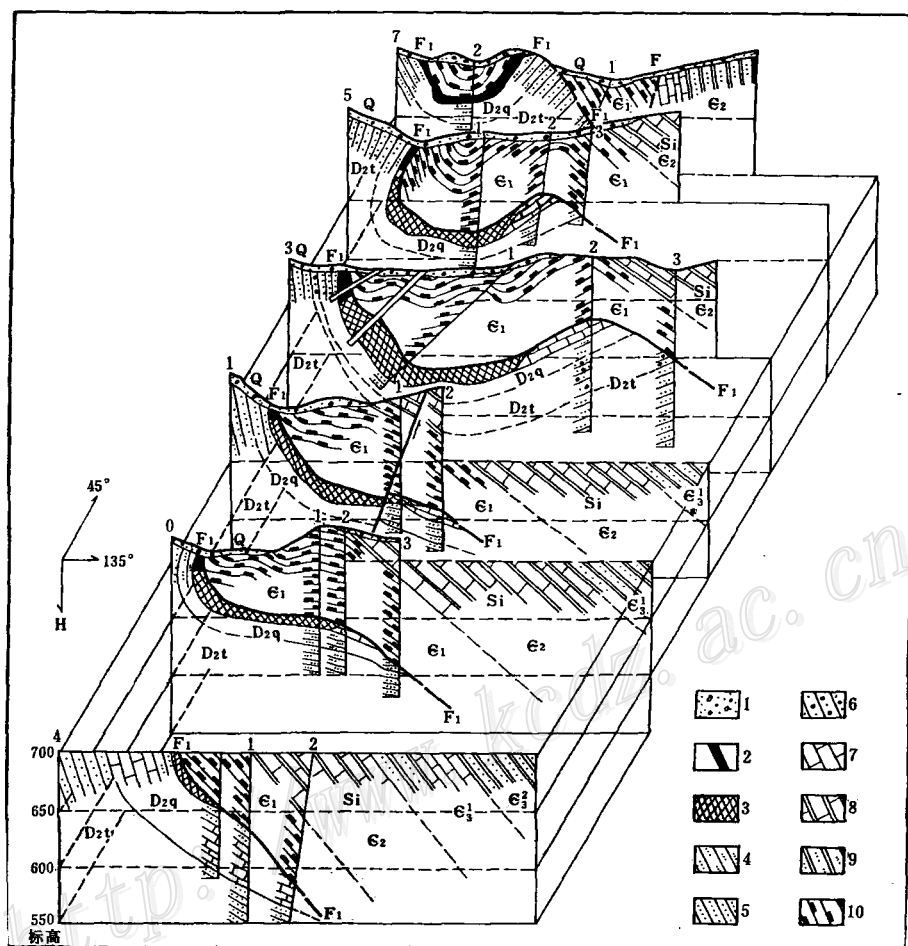


图2 矿区勘探线剖面图

1—坡积物；2—氧化矿石；3—菱铁矿；4—粉砂岩；5—砂岩；6—砂砾岩；7—灰岩；8—变质灰岩；9—砂质板岩；10—碳质板岩

Fig. 2. Integrated geological sections of exploration lines of the mining area.

1—slope materials; 2—oxidized ore; 3—siderite; 4—siltstone; 5—sandstone; 6—sandstone-conglomerate; 7—limestone; 8—metamorphosed limestone; 9—sandy slate; 10—carbonaceous slate.

矿石特征：距地表15米范围内为氧化矿石，主要由褐铁矿、针铁矿组成。15米以下为菱铁矿。菱铁矿石，自上部至下部有规律分布。矿石构造分为角砾状、粉末状、海绵格状、钟乳（葡萄）状和层块状五类，以角砾状、海绵格状及层块状为主。①角砾状菱铁矿石：角砾主要由含粘土质菱铁矿组成，偶见碳质板岩角砾（图版之1,2）。②粉末状菱铁矿石：粒径0.01—0.02毫米，微粒周围及晶洞中菱铁矿较粗，粒径0.6毫米左右。黄铁矿分散出现。菱铁矿呈条纹状、蠕虫状构造。③海绵格状菱铁矿石：灰或白色，微粒结构，海绵状构造。菱铁矿呈隐晶质，粒径0.006—0.05毫米。粗粒浅色菱铁矿（粒径0.1—0.5毫米）呈齿状或扇状垂

直洞壁生长,有时填满空隙。④钟乳状菱铁矿石:灰色,微粒—隐晶质结构,菱铁矿呈同心环带构造。⑤层块状菱铁矿石:呈微粒镶嵌结构,块状构造,菱铁矿粒径0.01—0.1毫米。五种矿石中以粉末状和海绵格状矿石含铁量最高(表1)。

表1 菱铁矿矿石化学分析结果

菱铁矿矿石类型	分 析 项 目 (%)									
	TFe	Mn	Zn	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	CO ₂	有机碳
角砾状	37.20	3.54	0.12	4.57	6.85	1.24	0.86	3.62	33.25	0.378
粉末状	43.15	3.71	0.178	4.79	0.14	0.11	0.32	2.27	34.61	0.23
海绵格状	40.70	4.90	0.22	6.33	0.27	0.62	0.19	2.75	35.79	0.248
钟乳状	39.60	3.13	0.15	4.04	2.05	1.20	0.37	3.87	37.17	0.125
层块状	35.25	2.91	0.12	3.76	8.66	3.49	1.14	1.40	31.10	0.12
粉砂岩(底板)	18.60	—	—	—	27.08	13.15	0.57	1.26	—	—

注:湖南省地质矿产局418队实验室分析;S、P、烧失量省略项目。

矿石中有害元素含量低:磷为0.056—0.156%,硫为0.072—0.42%,属优质碱性矿石。据岩矿鉴定,菱铁矿含量高达90—95%(部分单矿物X射线分析结果证实还有锰菱铁矿存在),粘土矿物为2—5%,石英为1—2%,氧化铁为1%,黄铁矿小于1%。

矿体底部有一层白色粘土,呈串珠状分布,厚0.1—0.3米。由于成矿后期的断层滑动,致使矿体顶、底板中方解石和石英小脉均延伸至白色粘土层上,没有一条通入矿体(图3)。

二、矿床成矿控制因素

本矿床的成矿控制因素主要有以下几点:

1. 特定的岩性:矿体围岩为一套浅变质的泥砂质岩、页岩和泥质碳酸盐岩,容易风化剥蚀,而均富含铁质。据分析,砂岩、粉砂岩含铁10—20%,碳质页岩、硅质板岩含铁5—15%,砂质板岩含铁5%,灰岩含铁4%,由此可见成矿所需铁质来源是充足的。矿体上盘为寒武系碳质页岩,是矿床良好的封闭覆盖层。下盘为碳酸盐岩,一方面易被溶解,溶蚀形成溶洞,为矿质溶液逐步积聚提供空间;另一方面钙质易被铁质取代,为菱铁矿的形成创造了良好的条件。从野外考察可见,碳酸盐岩的分布与菱铁矿的存在是紧密相关的。底板的粉砂岩是良好的渗滤层。

2. 理想的构造: F₁断层是成矿溶液向下灌注的良好通道和汇集场所。矿床所处地段又为一平卧“S”型构造,“S”型褶曲在断层下盘构成一个倾伏向斜,其凹陷部位正好为矿床溶液积聚的容库(图4)。

3. 有利的地形:印支期后,该区地壳基本上处于稳定上升阶段。长期的风化剥蚀,使岩层中的铁质不断被析离出来。从本区总的趋势看, F₁断层破碎带的位置处于负地形,矿床

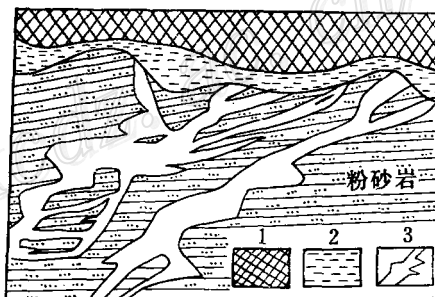


图3 菱铁矿底部石英脉产出趋势素描图

1—菱铁矿; 2—白色粘土; 3—石英脉

Fig. 3. Sketch showing the tendency of occurrence of quartz veins underneath siderite.

1—siderite; 2—white clay; 3—quartz vein.

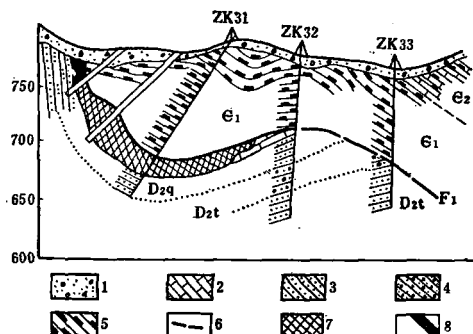


图4 3线地质剖面示意图

1—坡积物, 2—灰岩, 3—砂岩, 4—砾岩,
5—碳质页岩, 6—控矿断层, 7—菱铁矿,
8—氧化矿矿体

Fig. 4. Diagrammatic geological section of exploration line No. 3.

1—slope materials; 2—limestone; 3—Sandstone; 4—conglomerate; 5—carbonaceous shale; 6—ore-controlling fault; 7—siderite; 8—oxidized ore.

处在“V”字形凹陷处, 即含矿溶液的汇集处。

4. 温和潮湿的气候: 含铁岩石的溶解, 铁质溶液的迁移, 主要靠雨水对岩层的渗透溶解。自印支期后至今, 在这漫长的地质历史时期, 地球物理化学的作用一直在进行着。

三、矿床成因依据

通过野外观察和室内研究, 从以下几个方面分析矿床成因:

1. 矿床受岩性、构造、地形、雨水的严格制约, 四者缺一不可。如矿区北东端, F_1 断层同样处于沟谷, 断层产状亦平缓, 因断层下盘岩性为粉砂岩、砂岩, 但缺少碳酸盐岩为母岩, 形不成矿体。因为没有碳酸盐岩的溶解就没有容矿的空间, 也就没有铁质的置换作用。在矿区南面, F_1 断层的上、下盘岩性分别为碳质页岩和碳酸盐岩, 具有良好的岩性条件。但此处断层产状陡立,

矿液没有停留聚积的时间和空间, 很快沿裂隙向深处渗入, 只能在不通畅的凹陷部位形成小的氧化物。

2. 在钻孔中发现有碳酸盐岩溶洞。从提取的矿芯中可以看到被溶蚀交代的灰岩残留体(图版3)。

在开采过程中, 见大小不等、形状多变的溶洞被浅黄色菱铁矿充填。在海绵格状菱铁矿晶洞中, 近百年内人工采矿老窿顶棚上, 在被封闭的老窿中均见到菱铁矿钟乳(图版4)。

3. 菱铁矿体下部层块状菱铁矿局部保留泥质层理(成矿前原岩沉积层理), 偶见腕足类化石 *Chonetes kwangsiensis wang* (广西载贝) 及残骸碎屑(图版5)。这种菱铁矿石的原岩是泥质灰岩, 钙质被溶蚀流失, 铁取而代之而形成层块状菱铁矿。

4. 中心褐铁矿, 外围为菱铁矿的假鲕状矿石中, 混进了许多大小不等、形状各异、未经磨圆, 也无分选的岩屑角砾, 应为原地破碎残块, 在还原环境下, 早先的褐铁矿表层被后生成的菱铁矿包围(图版6)。

5. 菱铁矿体中伴生的黄铁矿硫同位素分析结果: δS^{34} 值在 -15.28 — $+6.52\%$ 范围内变化, S^{32}/S^{34} 比值为 22.076 — 22.565 之间, 投于 A. 波伦斯基的自然界中 S^{32}/S^{34} 比值变化图上, 落在表生型硫化物范围^①之内。

6. 地表铁质流经痕迹: 所有探槽、浅井、钻孔都见到在浮土层(Q)与下部基岩接触面有一层不规则的褐铁矿, 厚度 0.2 — 1.5 米, 尤其是在砂岩、粉砂岩、页岩的凹陷处, 厚度大, 铁质更为富集。从这些铁矿石上可以看出铁质蠕动痕迹, 自上而下波动的流程趋势。这是

①引自韩公亮1978年资料。

显示铁质来源的途径。

7. 现代水质分析, 地表水pH值为6.25向下渗透时, 大量岩石溶解, 其矿物成分为含矿地下潜流溶液, 进入该矿床上部时pH值为2.3, 所含矿物离子成数十至数千倍增加, 经过成矿化学反应沉淀后。到矿床下部离子相对成百倍下降, 只有钙离子成倍增加, 这是由于含矿地液中的铁对碳酸盐岩中的钙交代的结果(表2)。

表2 矿床潜水分 析 结 果 表

水样位置 \ 离子含量		阳 离 子 (毫克/公升)												
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	MnO	CO	Ni	Zn	Cu	Pb	H ⁻
地 表 水		0.66	0.89	5.41	1.92	0.02								
矿床上部		35.61	12.39	41.24	0	0	7192	1096.6	13.1	7	10.4	8.40	1.20	7.71
矿床中部		3.98	2.60	165.86	0	0	148	227.5	0.84	2.2	2.82	0.01	0.02	0.53
矿床下部		3.32	1.78	232.21	0	0	64	15.86	2.39	0.25	3.20	0.49	0.06	2.63

水样位置 \ 离子含量		阴 离 子 (毫克/公升)				总酸度	总硬度	pH 值	可溶 SiO ₂
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻				
地 表 水		3.19	8	14.11	0.80		1.20	6.25	7.00
矿床上部		55.47	4459.01	0	0	7.71	23.21	2.3	2
矿床中部		13.20	924.23	0	0.20	0.53	6.05	3.4	21
矿床下部		7.06	286.40	0	0	2.63	5.78	4.4	32

水样位置 \ 离子含量		SiO ₃	固体物质	固定 CO ₂	游离 CO ₂	灼烧残渣	备 注
地 表 水		8.86	26	5.082	0.88	20.00	(有些项目省略)
矿床上部		2.53	2296	0	871.20	16036	坑道水样只能参考, 开采污染比
矿床中部		26.59	1468	0	48.48	1190	较剧烈, 不能代表成矿时的由酸
矿床下部		40.51	496	0	3.08	178	性至碱性的过程, 但可有参考意义

湖南省地质矿产局实验室分析。

综上所述, 从而得出表生地液潜流成矿的认识依据。

四、矿床成因探讨

根据现有资料分析推断, 表生地液潜流成矿大体可分为三个阶段。

1. 含矿地液的产生: 地下水潜流由于地表较多的生物作用, 使潜流中富含 CO₂ 和各种有机酸成为酸性胶体溶液。本区富含铁质的沉积岩和弱变质岩, 在这种酸性溶液的持续作用下, 发生溶解、电离等作用, Fe、Mn、Ca、Ba 等元素可与 HCO₃⁻ 作用形成可溶性重碳酸盐溶液。铁质主要以 Fe(OH)₃ 和 FeSO₄ 溶液形式, 与腐植酸和有机物一同迁移。在富含 CO₂ 的地下水溶液中, 当酸度增加时, 铁为重碳酸盐 Fe(HCO₃)₂, 进一步可形成胶状氢氧化物铁氢石 [Fe₅(H₃O₄)₃ = 2.5Fe₂O₃·4.5H₂O] 及 Fe₂(SO₄)₃, 这些氢氧化物是极不稳定的。这种富含铁的地下水溶液在封闭或半封闭的环境下 (Eh 为负值) 潜流, 由于地层压力大, CO₂ 不易逸散, 当温度适当升高且一遇空间压力减少时, 或者酸度减少到碱性时, 铁被还原重新结

晶成菱铁矿^[1]。这种富含铁质的地下水溶液在重力作用下缓慢迁移,并且与孔隙及层间溶液或其它溶液汇合在一起,构成含矿地液。含矿地液中的 Fe^{2+} 离子遇到围岩中 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液的 Ca^{2+} 离子时,当 Fe^{2+} 超过 Ca^{2+} 的1/20时就交代 Ca^{2+} 离子而成菱铁矿^[2]。

2. 菱铁矿形成阶段:含矿地液以 F_1 断层为通道向下缓慢渗流,同时不断与周围岩石及岩石碎块发生作用,当进入“S”形构造时,酸度不断增加,到pH值为2.3时,几乎处于相对停滞状态,有充足的时间对岩石进行各种作用,特别是对碳酸盐岩的水解溶蚀作用尤为明显。

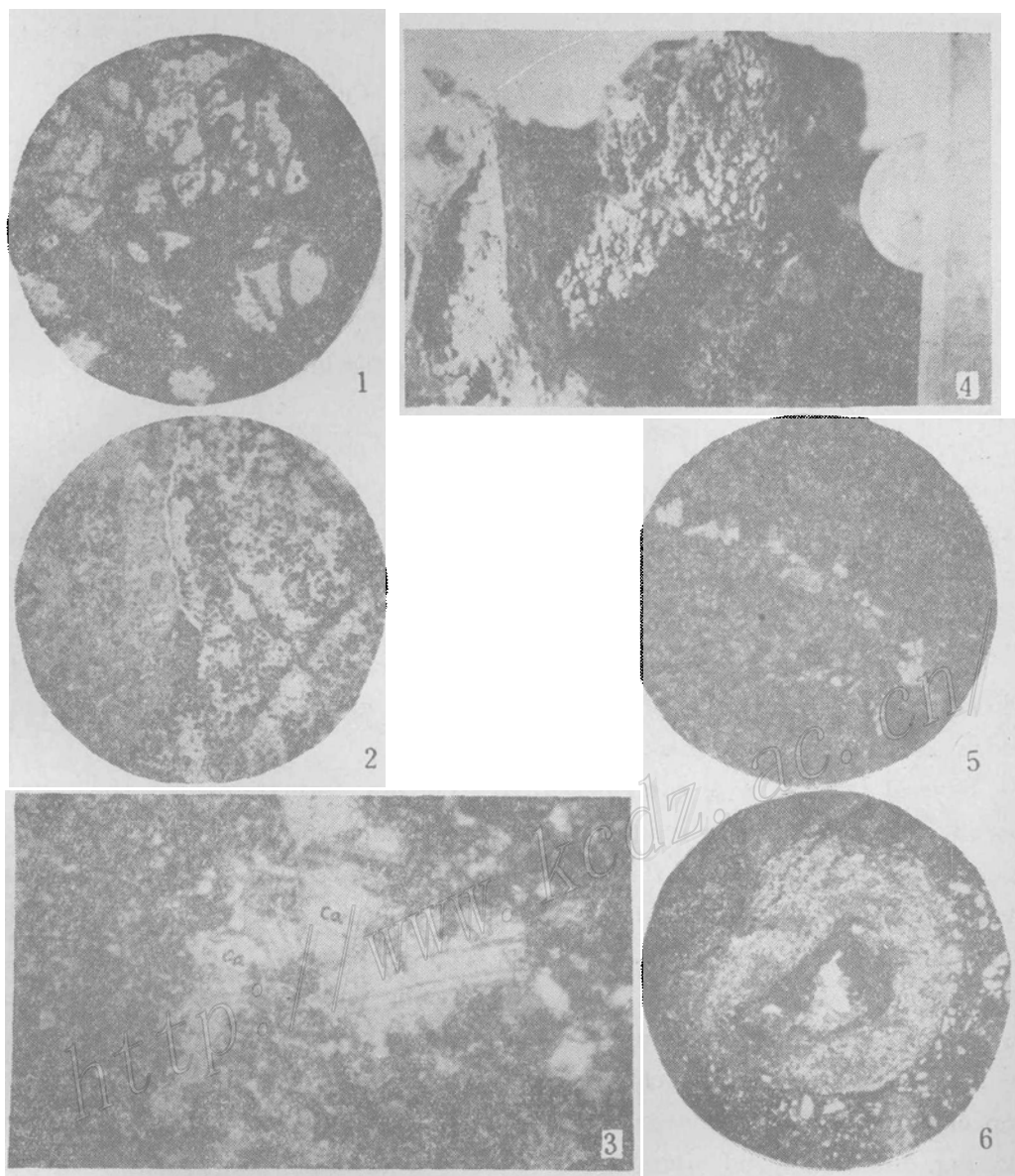
在封闭系统高压条件下,游离 CO_2 与 CaCO_3 作用所具有的碳酸盐量比在开放系统中要大得多,打破了这种物理的、化学的饱和平衡态,使之向更深远的更彻底的方向发展。当地液进入“S”形构造后,上有碳质页岩、碳质板岩作覆盖封闭层,这种盖层有强大的重压力及有机碳酸的增补;下有足够的碳酸盐岩为产生更大岩溶提供了条件。由于放出更大的 CO_2 分压,促使碳酸盐岩溶蚀更彻底^[3],给矿床提供了一个理想的容矿空间。随着地液对岩石的持续作用,酸度不断减少,pH值升高,由酸性过渡为弱碱性,进入“S”形构造后,环境也处于还原条件。由于岩溶造成的空间, CO_2 分压减少,物理化学和热力学条件发生变化,在大量有机质和嗜铁菌类的参与下^[4],使胶状铁氢石 $[\text{Fe}_5(\text{H}_3\text{O}_4)]$ 发生解体,并以菱铁矿形式大量析出,并结晶沉淀。

在菱铁矿大量结晶析出后,剩余的地液中留下的 SO_4^{2-} 、游离 CO_2 、大量的 Ca^{2+} 离子等及化学性能活泼的元素随剩余地液继续渗流而下。底部白色粘土为难溶物的积聚残渣。

3. 后生作用阶段:该菱铁矿床形成后,在漫长的地质历史时期遭受了风化淋滤作用^[5]。在裂隙及空洞中的半透明菱铁矿、菱铁矿钟乳和空洞,地表氧化环境的褐铁矿、针铁矿等,均为后生作用的产物。

参 考 文 献

- [1] 廖士范等 1980 贵州铁矿山沉积改造菱铁矿床的成矿方式及沉积改造机理的探讨 地质论评 26卷1期
- [2] 廖士范 1983 关于碳酸盐岩(矿)成岩作用阶段划分、稳定同位素特征及表生阶段改造机理的讨论 沉积学报 1卷3期
- [3] 中国科学院地质研究所岩溶组著 1979 中国岩溶 科学出版社
- [4] 陈志明等 1982 冀西北宣龙地区菱铁矿的成因 科学出版社
- [5] 曹荣龙等 1979 成岩成矿实验研究 科学出版社



图版说明

1. 角砾状菱铁矿矿石：黑色为前期菱铁矿，灰色为后期菱铁矿，白色为空洞 (-) $\times 33.7$
2. 似角砾状菱铁矿矿石：黑色为前期菱铁矿，灰色为后期菱铁矿，黄铁矿、绿泥石呈星散状分布(左下黑点)，白色为空洞 (-) $\times 13.4$
3. 菱铁矿矿石中的灰岩残留体：黑、灰色为菱铁矿，白色为灰岩(Ca)残留体，其中清晰可见方解石脉 (-) $\times 13.4$
4. 钟乳状菱铁矿矿石：中央顶部为一滴孔，周围、下部全为菱铁矿钟乳，下部及左面为空洞(黑色)，左面圆形为伍分硬币
5. 块状生物碎屑菱铁矿矿石：白色为石英(生物碎屑)，灰白、灰色为菱铁矿，右下弯月形为腕足类化石残骸，黑色为粘土矿物 (+) $\times 33.7$
6. 角砾状菱铁矿矿石：中心为褐铁矿、绿泥石，外面为菱铁矿，周围有角砾状岩屑(灰黑色)，白色为空洞 (-) $\times 13.4$

A DISCUSSION ON THE GENESIS OF THE XINSHAO SIDERITE DEPOSIT IN HUNAN PROVINCE

Li Dixia

(418 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan Province)

Xiao Guchu

(Institute of Geology, Academia Sinica)

Abstract

The genesis of the Xinshao siderite deposit, a small-sized yet rich ore deposit, remains a topic of heated argument. This dispute hinders the design of underground work and the further mineral exploration. The present paper proposes the opinion of underground flow metallogenesis.

The location and shape of the ore deposit are controlled by a fault; the whole orebody occurs as a plunging syncline 500 m in length, 100-150 m in width and 1.5-24 m in thickness.

Several factors have contributed to the ore formation: (1) the deposit lies in an orographic environment of a big canyon; (2) the structural condition is the depression of a flat-lying "S"-shaped fold; (3) the wall rocks are made up of carbonaceous shale and carbonate rocks, which provide favorable reducing and karst conditions. Numerous facts enumerated in this paper demonstrate that iron was derived from iron-bearing minerals and rocks widespread in this area; sandstone contains 5-20% Fe, shale 5-15%, slate 5%, limestone 4%; (4) warm and humid climate (mean annual rainfall 1500 mm, evaporation capacity 1180-1595 mm, mean annual temperature 16.5°C) speeds up the weathering, dissolution and migration of rocks or minerals.

Following are the observed facts indicating ore genesis: (1) the presence of relics as a result of the replacement of carbonate rocks by siderite; (2) the preservation of the bedding of the original rocks and relics and fragments of Brachiopoda fossils; (3) the karst grotto and siderite cupola in the orebody; (4) the regular increasing or decreasing variations in TFe, SiO₂, Al₂O₃ from top to bottom; (5) the results of water quality analysis; (6) Sulfur isotope analysis; (7) the track of the flowage of iron material at the surface.