

一个浅海裂谷盆地的古老热水沉积锰矿

——以武陵山震旦纪锰矿为例

王砚耕

(贵州省地质矿产局)

一、前言

在我国贵州省东北部、湖南省西北部和四川省东南隅交界地带的武陵山区,分布着许多锰矿床(点),这就是产于上元古宇震旦系著名的大塘坡式锰矿。60年代后期至今的20年间进行了大量普查勘探工作,获得了丰富的矿床地质资料。80年代初期,笔者曾对黔东及邻区大塘坡式锰矿进行了较系统的研究,于1985年发表了相应的专著。近年又对其作了深入研究,在本文中笔者将简要论述这类古老锰矿床的成因及其热水成矿作用模式。

二、区域地质概要

武陵山区位于扬子地块西南边缘的鄂川黔侏罗山式褶皱带,其中上层基底分别由中、上元古宇浅变质岩系组成,盖层为震旦系至白垩系的沉积岩层,它们一同卷入规模宏大的隔槽式褶皱带内,并伴有较多的冲断层(图1)。锰矿即产于盖层下部的下震旦统大塘坡组第一段,含锰盆地的充填序列如图2。

大塘坡组是整合于上、下杂砾岩层间的一套细屑沉积,可分为两个段。第一段——含锰岩系,属腐泥型的碳质粘土岩(黑色页岩),间夹凝灰岩及凝灰质岩,一般厚10—25m,含藻菌等微生物化石和放射虫化石(黄慧琼,1988)。前者构成 *Eosynechococcus datangpoensis-nanococcus vulgaris-Boustrion* 组合。采自钻孔岩芯的黑色页岩 Rb-Sr 等时年龄为 $ca. 688 \pm 16 Ma$ 。地质资料表明,在震旦纪,本区处于雪峰造山期后的陆缘裂谷环境,由于地幔隆起,地壳拉张变薄,从早震旦世陆缘热线型构造控制的海岸带陆源碎屑沉积,到大塘坡成锰期沉降拗陷阶段的相对深水沉积。主要锰矿床分布区正好在浅海裂谷盆地的中心部位,由于南东侧脊状隆起的阻隔,使武陵山区成为半局限—局限的还原水体,形成有利于锰质沉聚的黑色页岩相和沉积环境(图3)。

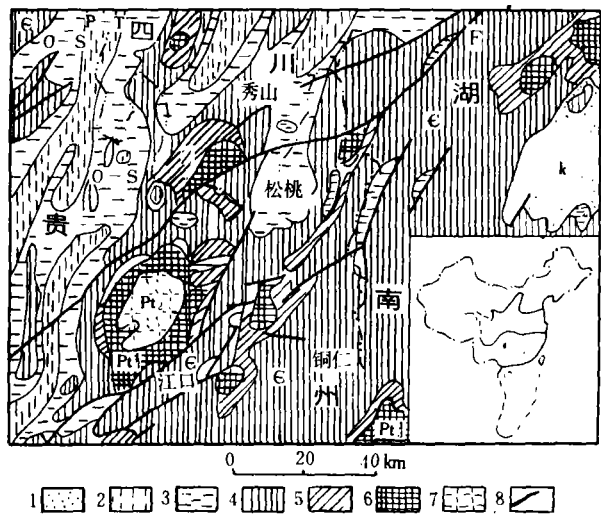


图 1 武陵山区地质略图

1. 白垩系; 2. 二叠、三叠系; 3. 奥陶、志留系; 4. 寒武系; 5. 震旦系; 6. 上元古字板溪群/下江群; 7. 中元古字梵净山群; 8. 断层

Fig. 1 Generalized geological map of the Wuling Mountain area

1=Cretaceous; 2=Permian-Triassic; 3=Ordovician-Silurian; 4=Cambrian; 5=Sinian; 6=Upper Proterozoic Banxi Group/Xiajiang Group; 7=Middle Proterozoic Fanjingshan Group; 8=fault

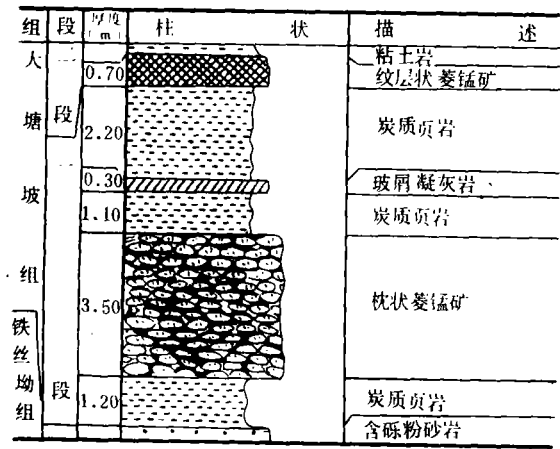


图 2 武陵山区早震旦世盆地充填层序

Fig. 2 The basinal filling sequence in the Wuling Mountain area during the Early Sinian

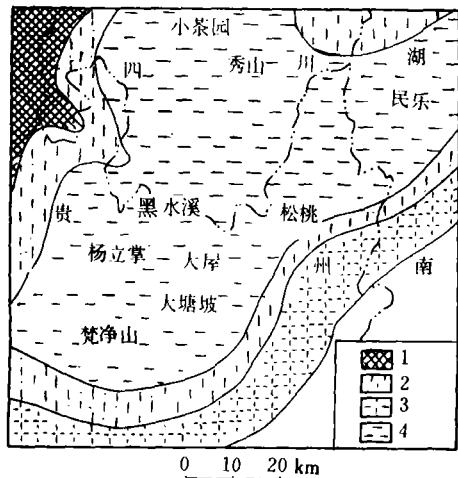


图 3 武陵山区早震旦世大塘坡时期沉积环境略图

1. 陆地; 2. 浅海盆地边缘; 3. 构造脊; 4. 浅海盆地中心。

Fig. 3 Sedimentary environments in the Wuling Mountain area during the Datang-polan of Early Sinian

1=land; 2=the margin of shallow-sea basin; 3=tectonic ridge; 4=the centre of shallow-sea basin

三、矿床地质地球化学特征.

根据武陵山区震旦纪主要锰矿床的勘查资料和研究成果,笔者将锰矿体分为透镜状锰枕群和似层状锰纹层两种类型。前者是大、中型锰矿床的主要产状类型,由大小不等的锰枕相互重叠、其间则为黑色页岩;锰枕长轴排列似有一定方向,其优势方位为近南北向(图4)。单个锰枕具明显的分带性,构成所谓眼式构造,从枕体核心的含碳硅(玉髓)结核的块状菱锰矿,往边部则依次出现显微纹层菱锰矿(假块状菱锰矿)→纹层状菱锰矿→条带状菱锰矿;从核心至边缘,含锰量递减、泥质却逐渐增高。似层状锰纹层者,则由菱锰矿显微纹层或疏密不等的纹层与碳质粘土纹层交替出现构成具水平纹层构造的锰矿层。

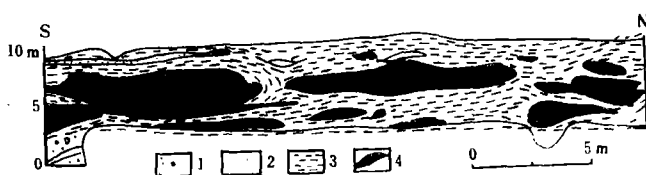


图4 松桃大塘坡透镜状锰枕群

1. 含砾粉砂岩; 2. 凝灰岩、凝灰质粘土岩; 3. 碳质粘土岩(黑色页岩); 4. 菱锰矿枕状体

Fig. 4 Lenticular pillow complexes in Datangpo, Songtao

1=gravel-bearing siltstone; 2=tuff and tuffaceous claystone; 3=carbonaceous claystone (black shale);

4=rhodochrosite pillows

矿石结构以显微结核和显微球粒结构为主,隐晶结构次之。前二者为品位相对较高矿石的主要结构。显微锰结核的直径多为3—10 μm ,结核的核心厚、外壳薄,颇似“干龙眼”。显微球粒更小,一般为0.5—4 μm 。矿石除具块状和纹层状构造外,尚有复杂的网脉状构造,脉体充填物主要为硅质和锰质,其产状多与纹层或层理斜交至垂直。

矿石矿物组份比较简单。主要为碳酸锰矿物,包括菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石和锰白云石,其次为泥质物(水云母和绿泥石)、玉髓、微粒石英、胶磷矿、有机碳和火山玻璃、以及硫化物(黄铁矿)与硫酸盐类矿物(石膏、天青石和重晶石)。值得指出的是,硫酸盐类矿物的含量虽少,但它们是原生的,并共生于菱锰矿石中,有的还以包体形式出现在原生石英内。

大塘坡式锰矿石——菱锰矿及围岩(黑色页岩和凝灰岩)的化学成分和微量元素含量如表1。菱锰矿化学成分的基本特点是低铁、高磷、相对贫锰。微量元素总的趋势是含量偏低,且较单一,多元统计分析结果表明,Mn与V、Ni、Co和Cr属同一组合并正相关;它们还与凝灰岩的主要微量元素含量接近,并为相同的组合。这就表明Mn与火山活动有一定的亲缘关系。菱锰矿和黑色页岩的有机碳含量均高,平均为2.2%以上,这对盆地中还原水体的形成和锰的沉聚都起了积极的作用。

此外,菱锰矿中Ba的含量较高,平均为380ppm,与红海热卤水高锰沉积物的Ba含量

接近,表明与其有相似的成因;黑色页岩 B 的平均含量为 285ppm,较之正常海水中 B 含量(350ppm)低,可能是由于热水的掺合,使水体有一定程度的咸化。

表 1 武陵山区震旦纪菱锰矿及凝灰岩化学成分及微量元素

Table 1 Chemical compositions and trace elements in Sinian rhodochrosite and tuff from the

Wuling Mountain area

	1	2	3	4	5	6
Mn	19.42	19.92	22.00	17.43	19.78	1.18
TFe	2.86	4.30	2.96	2.52	2.25	2.59
SiO ₂	21.85	24.85	13.82	24.63	23.10	75.55
Al ₂ O ₃	4.85	5.26	3.77	5.10	4.50	12.42
CaO	7.73	5.35	3.89	7.25	6.21	0.17
MgO	3.84	1.95	2.93	2.24	1.98	1.49
K ₂ O (%)	1.19	1.47	0.99	1.15	1.12	2.90
Na ₂ O	0.46	0.46	0.29	0.28	0.31	0.10
TiO ₂	0.25	0.32	0.25	0.26	0.40	0.38
P	0.85	0.13	0.18	0.19	0.18	0.02
S	1.56	1.68	0.21	1.41	0.34	
C	1.70	1.43	3.39	2.32	2.21	
Ni	39	21	25	23	22	7
Co	41	33	27	32	19	13
V	67	73	91	82	83	39
Cr (ppm)	68	79	68	25	27	42
Cu	38	26	27	30	25	5
Pb	7	15	6	14	7	10
Zn	74	78	82	95	74	156

菱锰矿样品采自: 1. 民乐; 2. 大屋; 3. 大塘坡; 4. 扬立掌; 5. 小茶园;

凝灰岩样品采自: 6. 黑水溪;

C—有机碳。

Rhodochrosite samples from: 1=Minle, Hunan; 2=Dawu, Guizhou; 3=Datangpo, Guizhou;

4=Yanglizhang, Guizhou; 5=Xiaochayuan, Sichuan

Tuff samples from: 6=Heishuixi, Guizhou

C=organic carbon

四、热水成锰作用标志及其成矿模式

产于武陵山区的大塘坡式锰矿,是中国南方重要的锰矿类型,具有较大的经济价值。近十余年间,特别是八十年代中期以来,不少地质学家对其成因进行了研究,并提出了不同的见解,但多数学者都认为属正常的陆源沉积矿床。笔者通过近年的研究,认为是海相热水沉积锰矿。其主要依据是:

1. 锰矿体形态以透镜状锰枕群为主、单个锰枕具眼状构造、结构构造的分带性明显;矿石最典型的结构是显微结核状和显微球粒状结构,以及网脉状构造等。它们均是热水成因的标志。

2. 矿物成分除碳酸锰外,尚有较多的原生黄铁矿,以及少量石膏、重晶石和天青石。说明古水体有一定的咸度。

3. 在锰矿石、矿层和含锰岩系中, 均普遍发现有火山物质存在, 以形态奇特的玻屑为主, 尚有一定的数量的晶屑(裂纹状高温石英和熔蚀港湾状长石); 本区邻近的湖南省西部相当层位(江口组)中, 尚有双模式火山岩(玄武岩和流纹岩)产出。表明当时地下有足以形式热水的热源存在。

4. 大量地球化学的统计资料表明, 本区变质褶皱基底岩石(绿岩系)中锰的丰度较高, 一般为 350—600ppm, 最高者达 1500ppm 以上, 平均为 480ppm。为上涌热水吸取地壳岩石中的锰元素提供了前提。

5. 将菱锰矿石的化学分析结果, 投在 Bostrom K. 制作的图上, 在 $\text{Fe-Mn-Cu+Ni+Co} (\cdot 10)$ 的变异图上(图 5), 全部投影点均落在 HTD 区并集中在其右侧, 属给定的热水沉积(壳)范围; 在 $\frac{\text{Fe}}{\text{Mn}}-100 \frac{\text{Al}}{\text{Al+Fe+Mn}}$ 的变异图上(图 6), 投影点全落在 $\frac{\text{Fe}}{\text{Mn}}$ 比值等于 10 的水平线以上, 绝大多数点落在联结 1000—TM 弧形线的西南侧, 落在 Pac Mn 区, 即太平洋锰结核范围内。再据此类矿石的显微锰结核特征, 可与大洋底的宏观锰结核比较, 其成因很可能与热水作用有关。

6. 菱锰矿中 Ba 的含量一般为 264—480ppm, 平均值为 380ppm, 与红海热卤水富锰沉积物中 Ba 的平均含量 440ppm 接近, 这也说明该类锰矿形成过程中确有热卤水作用。

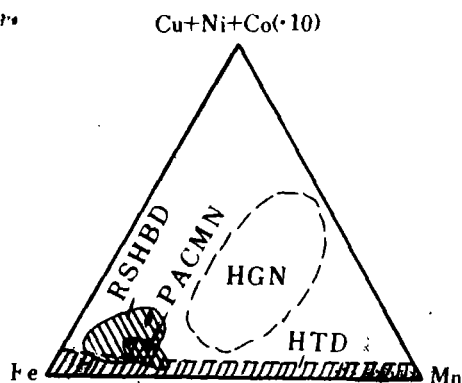


图 5 武陵山区菱锰矿 $\text{Fe-Mn-Cu+Ni+Co} (\cdot 10)$ 变异图(据 Bostrom, K. 1983)

RSHBD—红海热卤水矿床; HGN—水成结核; HTD—热液矿床(地壳)

Fig. 5 Variation diagram of $\text{Fe-Mn-Cu+Ni+Co} (\cdot 10)$ of rhodochrosite from the Wuling Mountain area (after Bostrom, K. 1983)

RSHBD=Red Sea hot brine deposits; HGN=hydrogenous nodules; HTD=hydrothermal deposits (in the crust)

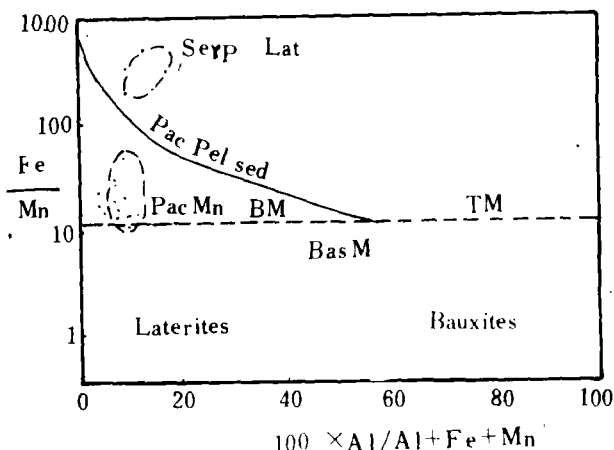


图 6 武陵山区菱锰矿 $\text{Fe/Mn}-100 \times \text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ 变异图(据 Bostrom, K. 1983)

BasM—玄武岩质; TM—陆源物质; BM—生物物质; Serp. Lat—蛇纹岩上的红土; PacMn—太平洋锰结核

Fig. 6 Variation diagram of $\text{Fe/Mn}-100 \times \text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ of rhodochrosite from the Wuling Mountain area (after Bostrom, K. 1983)

Basm=basaltic matter; TM=terrigenous matter; BM=biological matter; Serp. Lat=laterites on serpentinite; PacMn=Pacific manganese nodules

7. 含锰岩系及其锰矿石的稳定同位素组成, 也提供了很多成因信息。原生黄铁矿的硫同位素测定结果 $\delta^{34}\text{S}$ 为 42.9—57.3‰, 平均为 48.30‰, 离差为 12.29‰; $\delta^{34}\text{S}$ 值高度集中, 其硫同位素组成显示塔状分布, 但偏离 O 轴居于左侧。它与有机硫的效应有显著差别, 可能也与地下热水作用有关。

菱锰矿的碳同位素测定结果, $\delta^{13}\text{C}$ 为 -8.016—10.697‰ (PDB), 按有关公式换算出的古海水平均温度为 50℃ 左右; 氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -9.06—18.460‰, 换算出古海水平均温度为 45℃ 左右。都说明当时成锰盆地水体是温热的, 这可能与热水的掺合作用有关。

需要说明的是, 由于菱锰矿的粒度太细, 用以测定矿物的纯度难以达到要求, 故上述稳定同素结果仅能参考。不过, 仍可定性地判别古水体是温热的。

8. 采用均一法, 对菱锰矿中原生石英的气液包裹体进行测定, 温度为 173—241℃, 平均为 194℃ (7 件样品), 较之正常海水水温高出 170℃ 左右, 也说明成锰盆地有热水作用。

9. 空间上, 武陵山区锰矿床的分布有明显的方向性, 呈 NE65° 左右; 清楚的等距性, 主要锰矿床间的距离由其中心起算为 5.5km 左右。据 M. J. Russell 研究, 导致矿床上述空间分布的因素, 与地幔隆起和地壳变薄有关。而本区在大塘坡时期, 正处于陆缘浅海裂谷盆地发展阶段, 从地下上涌到盆地中的含锰热水溶液与海水的混合和扩散, 可能出现平面对称性的对称性。

10. 在相序上, 含锰岩系位于雪峰运动造就的区域性不整合面之上的第一个沉积旋回中、上部, 是一种向上变薄、向上变细的序列; 其下伏基底岩层几乎没有碳酸盐岩。前者反映其受控于裂谷作用的盆地发展的特定阶段——沉降-拗陷阶段; 后者则揭示了非碳酸盐的火山-沉积变质基底, 可能有利于热水对流体系的循环, 锰质不易过早散失而在海盆内集中。

自本世纪七十年代中期 Bonetti, E. 首先提出热水作用模式至今十余年间, 对现代海洋热水沉积和成矿作用的研究取得了长足的进展, 模式也不断完善 (Bostrom, K. 1983; Rona, P. A. 1984)。但他们的研究仅限于现代大洋中脊的热水活动。近几年, 涂光炽、王秀璋和陈先沛等侧重从地质地球化学的角度, 研究了中国地史时期的一些热水成矿作用, 取得了新的成就 (1984, 1986), 从而推动了我国这一学科领域的进步。

从前已述及的武陵山区震旦纪锰矿的众多标志中, 我们自然得出热水成因的结论。其成矿作用模式如图 7。这就是在早震旦世, 由于地幔隆起, 热流上涌, 引起上覆地壳拉张变薄, 进入裂谷作用的初始阶段。此时, 幔源岩浆喷发或侵入, 使地热场增高。地壳的表层水体 (地表水、地下水和海水) 沿断裂或裂隙向下渗透, 流经尚未冷却的岩浆体或岩浆房而受热, 并吸取其中的有关元素, 形成热水溶液, 向温压条件低的地壳上部流动。由于武陵山区前震旦纪基底岩层锰元素的背景值较高, 热水溶液在上涌过程中, 吸取通道壁岩石中的锰质, 形成含锰热水溶液, 并继续向上流动喷入武陵浅海盆地中。其喷水口可能正是裂谷的中心, 在裂谷发展的沉降-拗陷阶段, 含锰热水大量涌入海盆中。此时, 由于地壳沉降作用加剧, 水体变深, 以及构造脊的阻隔, 盆地中形成相对局限的水体, 在藻菌等微生物的生物和生物化学作用下, 加速了锰的沉淀, 从而形成这类锰矿床。

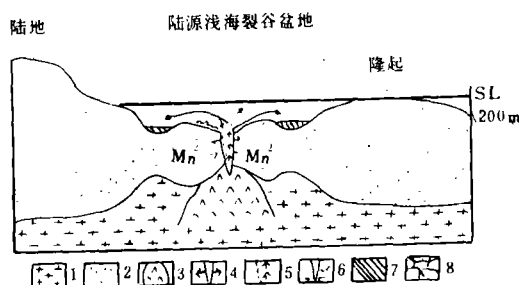


图7 武陵山区震旦纪热水沉积锰矿模式

1. 地幔; 2. 地壳; 3. 地幔隆起; 4. 热线性裂谷; 5. 热水循环系统; 6. 网取锰质方向; 7. 纹层状菱锰矿; 8. 枕状菱锰矿。

Fig. 7 Mineralization model for the Sinian hot brine manganese deposits in the Wuling Mountain area

1=mantle; 2=crust; 3=uplift of the mantle; 4=hot linear rift; 5=hot brine convection system; 6=direction of manganese supply; 7=laminated rhodochrosite; 8=pillow rhodochrosite

五、结 论

武陵山区大塘坡式锰的形成, 受基底性质、震旦纪沉积旋回, 盆地的沉积体系和原始构造环境等因素的控制。其成锰环境是发育于大陆地壳上的陆缘浅海裂谷盆地, 锰矿主要是热水沉积作用的产物, 并富集于裂陷作用强裂的盆地中心, 这就是喷水口及其附近水域。

王来兴和唐天水等同志参加了野外调查, 并进行了部分室内工作, 笔者谨向他们致以诚挚的谢意!

主 要 参 考 文 献

- 王砚耕、王来兴、朱顺才等, 1985, 贵州东部大塘坡组地层沉积环境和成锰作用。贵州人民出版社。
王秀璋、陈先沛, 1986, 与热水沉积作用有关矿床的地球化学。中国层控矿床地球化学。第三卷。
涂光炽, 1985, 层控矿床的矿床组合。中国层控矿床地球化学, 第二卷。
Bostrom, K., 1983, Genesis of Ferromanganese Deposits-Diagnostic Criteria for Recent and Ancient Deposits, (Hydrothermal Processes at sea-floor Spreading Center), Ed. P. Rona et al, Plenum Press, pp. 473-489.
Rona, P. A. 1984, Hydrothermal Mineralization at Sea-floor Spreading Centers. (Earth Science Review), No. 2, pp. 1-104.

OLD HOT BRINE MANGANESE DEPOSITS IN A SHALLOW-SEA RIFT BASIN: AN EXAMPLE FROM THE SINIAN MANGANESE DEPOSITS IN THE WULING MOUNTAIN AREA

Wang Yangeng

(Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

There are a number of the Late Proterozoic manganese deposits in the Wuling Mountain area, South China. The deposits are confined largely to the sapropel-type carbonaceous shales of the Lower Sinian Datangpo Formation (ca. 700 Ma), and characterized by orientation, zonation and equidistance of their spatial distribution. The genetic model for the deposits may be compared with that for modern ocean-ridge manganese deposits, and their formation tend to be constrained by the factors such as basement nature, Sinian sedimentary cycles, depositional system and palaeotectonic settings of the basin. The mineralization model suggested by the author has offered an alternative explanation for the formation of the foregoing manganese deposits. During Early Sinian, the uplifting of the mantle and rifting of the crust allowed for superficial water to penetrate downwards along the faults or rifts, giving rise to a hot brine convective system. After having emplaced in the shallow-sea basin in the Wuling Mountain area, the ore-bearing hot brine from the hydrothermal system was subjected to biological and chemical processes, thus resulting in the formation of the manganese deposits in the study area.