

湖南花垣民乐震旦系锰矿床同位素地质研究

唐世瑜

(湖南省地质矿产局四〇五队)

提要 民乐碳酸锰矿层中含丰富的硫、氧、碳、铷和锶组分,经采样分析,基本掌握其同位素特征。根据同位素组成,本文探讨了成锰期古地理——海湾潮坪—泻湖环境,成锰介质的古温度,成矿物质主要来源和成锰时代。

主题词 同位素地质 碳酸锰矿 矿床成因 成矿时代 花垣民乐

作者简介 唐世瑜 男 57岁 高级工程师 矿床地质及构造地质

民乐锰矿是我国著名的大型锰矿床,在成矿地质特征上具有代表性。在大地构造上它属于扬子古陆板块边缘的湘西弧层盆地。成锰期的古地理环境为海湾潮坪—泻湖相沉积。

一、矿床地质概况

区内出露的地层为晚元古代板溪群、震旦系和下寒武统。

板溪群 出露厚度大于420m,自下而上分为两个岩组:

马底驿组 为紫红色粉砂质板岩夹云质粉砂岩或泥质板岩及泥质云岩透镜体。局部见铜矿化,出露厚度大于300m。

五强溪组 为浅灰绿色凝灰质粉砂质板岩,凝灰质细—粉砂岩或沉凝灰岩。顶部见铜矿化,厚度为18—120m,含藻类化石:原始球藻 *Protosphaeridium* sp., 原始光面球藻 *Portoleiosphaeridium* sp..

震旦系 在矿区分布广泛,分为两统五组。

下统 自下而上分为三个岩组:椿木组,与下伏的板溪群为不整合接触,本组厚度一般25—35m,最厚达61.54m,为一套含砾岩屑砂岩,夹凝灰质砂岩、云岩透镜体和薄层粘土岩。含藻类化石:原始球藻 *Portosphaeridium* sp., 鲛面球藻 *Trachysphaeridium* sp., 小光球藻 *Leiominuscula* sp., 聚球藻 *Synsphaeridium?* sp., 裹球藻 *Pterospermopsimorpha* sp.等。民乐组分上下两段:下段(Z_{1m_1})为含锰质黑色页岩、粉砂质页岩,一般厚25—40m;锰矿层产于本段下部,含藻类化石:原始球藻 *Protosphaeridium* sp., 穴面球藻 *Trematosphaeridium* sp., 梭褶藻 *Kildineila* sp., 原始石囊藻 *Eoentophysalis Hofmann*, 散胞藻 *Aphetosposalo*, 等;上段为单一的灰色页岩,一般厚度150—200m最厚达292m;含藻类化石:糙面球形藻 *Asperatopsophosphaera* sp., 原始球藻 *Protosphaeridium* sp., 小光球藻 *Leiominuscula* sp.等。南沱组(Z_{1n}),为冰碛含砾细—粉砂岩、冰碛砂砾岩、冰碛含砾砂质泥岩,矿区北段夹灰色和黑色页岩,本组厚度一般26—50m,最厚达70m,含藻类化石:坚壁光球藻 *L.solida* Sin et Liu, 厚带藻(相似种) *Taeniatum* cf. *Crassum* Sin et Liu, 薄带

藻 *T. simplex* Sin, 薄带藻 (亲近种) *T. aff. Simplex* Sin, 显著粗面球形藻 *Trachysphaeridium rue* Sin et Liu, 薄壁粗面球形藻 *T. Cutum* (Andr.) Sin, 厚壁粗面球形藻 *T. planum* Sin, 粗面拟环球形藻 *Pseudozonosphaera asperella* Sin et Liu, 有褶拟环球形藻 *P. rugosa* Sin et Liu, 雾迷山糙面球形藻 *Asperatopsphaera umishaenensis* Sin et Liu, 雾迷山糙面球形藻 (亲近种) *A. affumishaenensis* Sin et Liu, 双角梭形藻 (相似种) *Leiofusa* cf. *dicornuta* Sin et Liu, 双角梭形藻 *L. dicornuta* Sin et Liu, 瘤面球形藻 (未定种) *Laphosphaeridium* sp., 网球藻 (未定种)? *Dictyosphaera* sp., ? 微刺藻 (未定种) *Micrhystyidium* sp., ? 等等。下震旦统含藻类化石十分丰富, 约 40 个属种, 以蓝藻化石为主, 并具有明显的演化趋势, 自下而上藻类化石个体由小变大, 形态自简单到复杂, 结构从低级到较高级。

上统 由下而上分为两个岩组: 陡山沱组, 厚 100—140m, 主要为云岩、黑色页岩、云质页岩和灰岩等, 与下伏地层为假整合接触; 灯影组, 厚 35—45m, 为黑色薄层硅质岩夹少量硅质页岩。

下寒武统牛蹄坑组 厚 285m, 主要为黑色含粉砂质炭岩, 底部夹硅质岩, 其中含磷结核厚约 5m, 为钒矿层的部位。

矿区位于摩天岭背斜南东翼, 北西翼已剥蚀殆尽。

锰矿赋存于震旦系下统民乐组下段——黑色页岩段的底部, 矿层为一长轴呈北东 40° 的椭圆形, 其南西段的北西部分已被剥蚀。矿层出露的海拔标高为 684—850m。矿层倾角在浅部 (650m 标高以上) 较陡, 为 22° — 30° , 深部 (650m 标高以下) 较缓, 为 6° — 20° 。锰矿层可划分为 I、II 两个工业矿层, 即 I 矿层: 走向断续延长 1500m, 宽度 1290m 平均厚度为 1.07m; 锰平均品位为 16.15%。II 矿层: 走向延长 4250m, 宽度为 1820m, 平均厚度 2.17m; 锰平均品位为 19.85%。矿石矿物成分主要为含锰碳酸盐的系列矿物, 即菱锰矿、锰白云石; 非矿石矿物有粘土矿物、碎屑矿物、白云石、方解石、磷灰石、黄铁矿、有机质等。

二、同位素分析

本文所报道的数据, 分别经地矿部宜昌地质矿产研究所和湖南省地质科学研究所分析。

用于硫同位素测定的矿物为高纯度黄铁矿其 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化范围, 在矿区民乐组为 46.6—58.6‰, 平均值为 52.2‰, 离差程度为 12.0‰; 在外围民乐组为 25.8—38.2‰, 平均值为 31.2‰, 离差程度为 12.4‰; 矿区椿木组变化范围为 39.5—47.0‰, 平均值为 43.2‰, 离差程度为 7.5‰; 外围椿木组为 22.0‰ (表 1)。

经作图分析, 矿区民乐组中硫同位素组成表现为塔式效应 (图 1)。

测定氧、碳同位素岩石为白云岩。氧、碳同位素是相对于 PDB 计算的, 其结果均为负值, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 变化范围为 -3.72 — -9.06 ‰; $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 变化范围为 -8.19 — 12.98 ‰ (表 2)。

本区硫、氧、碳同位素所具有的特征基本上与相邻的黔东、川东南锰矿区相似, 完全可以类比 (图 2 和表 2)。

所测铷—锶同位素全岩样品共 8 个, 6 个含锰岩系黑色页岩的 ^{87}Rb 介于 0.33236—0.45154 $\mu\text{g/g}$, ^{86}Sr 介于 0.0837—0.10527 $\mu\text{g/g}$, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 介于 3.5733—5.0459,

$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 0.74265 ± 0.00015—0.75808 ± 0.00025; 2 个碳酸锰矿 ^{87}Rb 介于 0.06827—0.08019 μg/g, ^{86}Sr 介于 0.14974—0.18809 μg/g, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 介于 0.42632—0.45595 μg/g, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 介于 0.70935 ± 0.00016—0.71145 ± 0.00039 (表 3)。

表 1 湖南花垣民乐锰矿区及邻区民乐组和椿木琢硫同位素分析结果表

Table 1 Analysis value of S-isotope from Minle and Chunmu Formation in the Minle Manganese Mining Area in Huayuan County and neighbour, Hunan

采样地点	岩石类型	层位	测定结果		备注
			$\delta^{34}\text{S}\text{‰}$	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	
花垣民乐 Z12-11	黑色页岩	Z ₁ m ₁	53.61	21.089	本次实测资料数据由省局研究所同位素室测试
花垣民乐 8-18	黑色页岩	Z ₁ m ₁	54.49	21.072	
花垣民乐 21-9	黑色页岩	Z ₁ m ₁	50.78	21.146	
花垣民乐 8-4	黑色页岩	Z ₁ m ₁	49.36	21.175	
花垣民乐 8-4	块状菱锰矿	Z ₁ m ₁	47.08	21.221	
花垣民乐 17-1	黑色页岩	Z ₁ m ₁	52.63	21.109	
花垣民乐 17-4	黑色页岩	Z ₁ m ₁	51.87	21.124	
花垣民乐 17-8	黑色页岩	Z ₁ m ₁	52.63	21.109	
花垣民乐 101-5	含黄铁矿粘土岩	Z ₁ ch	39.45	21.377	
花垣民乐 07 剖面	粘土质粉砂岩	Z ₁ m ₁	54.05	21.081	
花垣民乐 05 剥土	粘土质粉砂岩	Z ₁ m ₁	55.10	21.060	
花垣民乐 PD27	条带状菱锰矿	Z ₁ m ₁	50.59	21.150	
花垣民乐 PD27	块状菱锰矿	Z ₁ m ₁	49.87	21.165	
花垣民乐 PD27	块状菱锰矿	Z ₁ m ₁	50.57	21.151	
花垣民乐 PD27	块状菱锰矿	Z ₁ m ₁	49.98	21.162	
花垣民乐 PD27	岩屑砂岩	Z ₁ ch	46.97	21.223	
花垣民乐 8-18	含黄铁矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	58.59	20.990	
花垣民乐 21-9	含黄铁矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	55.84	21.045	
花垣民乐 8-4	含黄铁矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	53.63	21.089	
花垣民乐 17-	含黄铁矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	56.36	21.034	
花垣民乐 17-4	含黄铁矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	54.82	21.065	
花垣民乐 PD24-B7	含菱锰矿黑色页岩	Z ₁ m ₁	50.28	21.156	
花垣民乐 PD24-B8	含菱锰矿粉砂岩	Z ₁ m ₁	50.46	21.153	
花垣民乐 Zb06-45	菱锰矿	Z ₁ m ₁	50.7	21.15	据贵州地矿局
花垣民乐 Zb04-65	菱锰矿	Z ₁ m ₁	46.6	21.23	—0八队资料
凤凰 6 号剖号	浅灰色白云岩	Z ₁ ch	22.01	21.741	本次实测资料
保靖 37 号剖号	含黄铁矿粘土岩	Z ₁ m ₁	29.68	21.580	
保靖 37 号剖号	含黄铁矿粘土岩	Z ₁ m ₁	38.17	21.403	
古丈 16 号剖号	含黄铁矿泥质砂岩	Z ₁ m ₁	25.79	21.66	

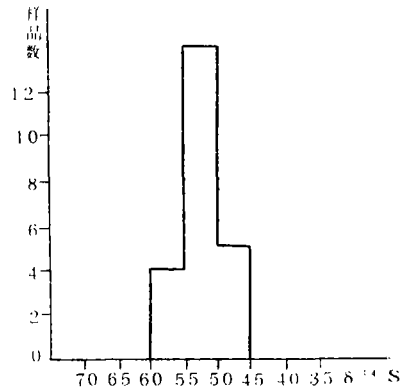
图1 花垣民乐锰矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ 组成特征直方图(23个样统计)Fig.1 Histogram of $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ Value of S-isotope in pyrite of Minle Manganese Deposit, Huayuan.

表2 湖南花垣民乐锰矿区及邻区民乐组氧碳同位素分析表

Table 2 Analysis value of C and O isotope in the Minle Formation of Minle Manganese Mining Area within Huayuan Province and neighbour

样品编号	产地	地层	岩性	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	资料来源
D ₂ -OC ₅	湘西花垣民乐	Z ₁ m ₁	粉晶白云岩	-12.81	-4.63	本次测试
D ₂ -OC ₆	湘西花垣民乐	Z ₁ m ₁	白云岩	-8.19	-9.06	
D ₂ -OC ₈	湘西花垣民乐	Z ₁ m ₁	白云岩	-12.98	-3.72	
C-1	黔东松桃大塘坡	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-10.698	-4.197	据贵州省地质研究所 八队资料
C-4	黔东松桃杨立掌	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-8.016	-6.018	
C-5	黔东松桃杨立掌	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-9.853	-6.958	
81131	黔东松桃大塘坡	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-8.021	-3.747	据贵州省地质研究所 资料
81132	黔东松桃大塘坡	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-10.030	-4.409	
81133	黔东松桃大塘坡	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-10.012	-3.817	
81175	黔东松桃杨立掌	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-7.443	-2.648	
81197	黔东松桃杨立掌	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-7.819	-6.779	
81198	黔东松桃杨立掌	Z ₁ m ₁	菱锰矿	-7.358	-2.429	

表3 湖南花垣民乐锰矿区民乐组全岩⁸⁷Rb、⁸⁶Sr及Sr同位素分析结果表Table 3 Analysis value of ⁸⁷Rb, ⁸⁶Sr and Sr isotope of holorock samples in the Minle Formation of the Minle Manganese Mining Area huayuan. Hunan

样品编号	岩石名称	⁸⁷ Rb (μg/g)	⁸⁶ Sr (μg/g)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
Z ₁ m-16	含炭质绢云母板状页岩	0.37960	0.0837	4.5353	0.75222 ± 0.00027
Z ₁ m-17	含炭质绢云母板状页岩	0.41990	0.10527	3.9888	0.74766 ± 0.00038
Z ₁ m-18	含炭质绢云母板状页岩	0.35101	0.08964	3.9158	0.74709 ± 0.00038
Z ₁ m-19	含炭质绢云母板状页岩	0.40233	0.09784	4.1122	0.74934 ± 0.00043
Z ₁ m-22	碳酸盐岩与绢云母板状页岩	0.33236	0.09301	3.5733	0.74265 ± 0.00015
Z ₁ m-24	绢云母板状页岩	0.45154	0.08948	5.0459	0.75808 ± 0.00025
Z ₁ m-59	菱锰矿石	0.06827	0.14974	0.45595	0.71145 ± 0.00039
Z ₁ m-61	菱锰矿石	0.08019	0.18809	0.42632	0.70935 ± 0.00016

(表中数据由地质矿产部宜昌地质矿产研究所测定)

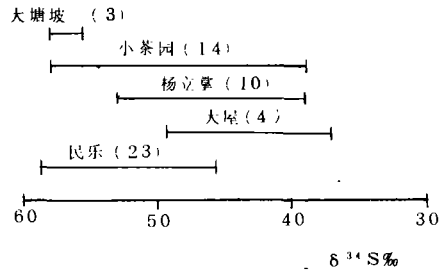


图2 各地锰矿床中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$ 组成特征对比图 (图中括号内数字为样品数, 除民乐以外各地资料分别由贵州 108 队和 103 队提供。)

Fig.2 Comparison section of $^{34}\text{S}\text{‰}$ value of S-isotope in pyrite of the manganese deposits in various places

三、从同位素组成探讨民乐组锰矿床成因和成锰时代问题

1. 硫同位素特高正值的出现与古地理环境

民乐锰矿的硫同位素均为特高正值, 是典型的重硫类型。张理刚 (1980) 认为, 这种类型主要是在咸水湖、海湾等半封闭条件下形成的*。本区早震旦纪民乐期处于半局限的弱咸水潮坪—泻湖。因为民乐海盆的外侧有吉首障壁岛将其与外海隔开, 应属于半局限海盆。从微量元素比值判断, 民乐组 Rb/K 值为 0.0014—0.0046, Cl/Br 值为 33.06, 属于弱咸水**。根据沉积构造, 有大—中型透镜状层理、微波状层理、脉状层理、沙泥薄互层等, 属潮坪—泻湖环境。而且藻类生物繁盛, 蒸发岩不发育, 盐度不高。在这种半封闭系统中, 海水硫酸盐在细菌作用下被还原, 产生大量的硫化氢, 而且硫酸盐还原作用的速率比硫酸盐供给速率快得多, 随着剩余的硫酸盐数量的减少, 硫化氢则不断增加, 加上成岩阶段岩筛作用使部分生物成因的硫化氢以可溶性组分从岩层排出, 未被还原的 SO_4^{2-} 在地层水中不断浓缩, 导致 ^{34}S 不断富集。民乐矿区 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 为 -3.72—-9.06‰ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 21.50—27.00‰), $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 -3.19—12.98‰, 以此数据同 Taylor (1967) 编制的“地壳岩石、矿物水中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 一般范围表”和 Hoefs (1973) 编制的“自然界中主要碳化合物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值图”对照, $\delta^{18}\text{O}$ 属海相碳酸盐岩中的产物, $\delta^{13}\text{C}$ 为海洋生物的产物。

2. 氧同位素组成与成矿温度

迄今为止, 国内外学者一致认为, 辨认古气候和古温度最有效的手段, 是测定氧同位素组成***。笔者采用 Mccrea 的计算公式:

* 张理刚等, 1980, 同位素地质学资料, 湖南省地质局。

** 据 Campbell 等研究, 正常海相页岩 Rb/K 比值为 0.006, 微咸水页岩为 0.004, 现代河流沉积物为 0.00026。正常海水 Cl/Rr 值为 293, 淡水为 24.0—27.6。

*** L.A.Frakes, 1979, 全球气候的演化和成因。

$$t = 16.0 - 5.17\delta^{18}\text{O} + 0.092(\delta^{18}\text{O})^2$$

和 Nothrop 的计算公式:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{CaMgCO}_3} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^* = 3.2 \times 10^{16} \text{T}^{-2} - 2.0$$

进行了计算, 分别求得三个样品的温度:

$\text{D}_2\text{-OC}_5$ 为 41.91℃ 和 40.64℃, 平均 41.28℃

$\text{D}_2\text{-OC}_6$ 为 70.39° 和 71.14℃, 平均 70.77℃

$\text{D}_2\text{-OC}_8$ 为 36.51℃ 和 45.27℃, 平均 40.85℃。

由此可见, 民乐锰矿成矿介质的古温度为 40.85℃—70.77℃, 但因 $\text{D}_2\text{-OC}_6$ 椿木组顶部白云岩, 实际上成锰介质的古温度应根据民乐组 $\text{D}_2\text{-OC}_5$ 、 $\text{D}_2\text{-OC}_8$ 号样求得的数值为准, 即 40.85℃—41.28℃, 如果将此温度数据同现代海水温度对比, 前寒武纪海水温度高得多, 这是任命地球势力学变迁历史的。地球热力学历史表明: 大约距今 6 亿年左右是一个大的突变时期。除放射性元素衰变作用产生的大量热量外, 还由于早震旦世民乐期是一个富 CO_2 贫 O_2 的大气圈。刘巽锋按照 M.Schidosuki 提出的近似公式, 计算了民乐期氧分压, $P_{\text{O}_2} = 0.11\text{atm}$ 比现代 P_{O_2} 少 0.1atm, 这个 0.1atm 的氧分压正是被生物清除掉的 CO_2 (因为大气圈的氧气是生物的气体交换造成的), 故推断民乐期大气圈的 $P_{\text{O}_2} = 0.1\text{atm}$ 。鉴于当时大气圈的性质与现代有显著的不同, 因此, 在大气中 CO_2 和水蒸气特别富集, 从而使地球上反辐射透明度降低, 热量因逸散慢而大量聚集, 导致晚前寒武纪温度比现代高。

3. 硫、碳同位素组成与成矿物质来源

图 2 中清楚地反映出硫同位素组成呈塔式效应, 出现单一一峰值, 显示成矿物质来源比较单一, 水溶液中硫同位素组成的均一化程度较高和物理化学条件比较稳定。 $\delta^{34}\text{S}$ 以特高正值出现, 平均值 52.2‰, 看来成矿物质主要来源不是来自以 $\delta^{34}\text{S}$ 零值或 $\pm 5\%$ 为标志的上地幔。据地矿部宜昌地质矿产研究所 (1982) 报道, $\delta^{13}\text{C}$ 值小于 -9% 为生物作用有关的有机碳, $\delta^{13}\text{C}$ 大于 -9% 为与火山作用有关的无机炭; 又据 Hoef (1973) 资料, 与海洋生物有关的 $\delta^{13}\text{C}$ 约为 $-8\text{---}18\%$; 而民乐锰矿区 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 $-8.19\text{---}12.98\%$, 说明是以海洋生物有机碳为主, 从本区民乐组含丰富的藻类化石也可以得到充分证实 (下震旦统共发现 41 个属种, 其中民乐组就占 16 个属种)。

综上所述, 民乐锰矿中的硫主要来源不是来自上地幔, 碳是以海洋生物有机碳为主, 所以推测成锰物质最终主要来源为大陆岩石的风化析离。这种推测和地质调查的结果基本相符。地质观察的资料表明: 民乐及邻区组成古陆的板溪群中赋存有锰矿或有锰矿化; 雪峰山西麓板溪群中已找到小型的锰矿床; 湘西古丈交坪板溪群中有锰矿化。整个板溪群中锰丰度较大, 有些地区锰平均含量高于克拉克值 3 倍 (如黔东等), 但也有个别地区低于克拉克值 (如民乐), 即或锰含量偏低, 由于锰的浓集系数很高 (为 110), 只要岩石中锰有一定含量, 经风化剥蚀后, 就可富集在风化面上成为最初的物源。古陆不仅有供给锰质的物质基础, 而且在下震旦统与板溪群之间存在长期沉积间断, 下震旦统椿木组与板溪群为区域性角度不整合—假整合接触, 区域还见及民乐组或南沱组直接超覆于板溪群之上, 使陆源物质行

* 据多数学者意见前寒武纪海水 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 -3.5% SMOW

较充分的时间进行风化剥蚀和析离分异; 加上当时气候炎热, 化学风化强烈, 且速度又快, 故使锰质聚集。锰矿就产于不整合面以上 (约 30m) 的海进层序的下部。可见, 从稳定同位素组成研究资料得出的锰质来源的认识和地质观察所得出的锰质来源的看法完全一致。

4. 铷-锶同位素组成和成矿时代

所测的 8 个全岩样, 经作图获得一条线性拟合较好的等时线, 等时线年龄为 $728 \pm 27\text{Ma}$, 初始值为 0.7059 ± 0.0014 (图 3)。根据镜下观察和 X 射线衍射分析资料, 可以明显地看出, 用来测定地层年龄的岩石, 受到后期较轻微的变质作用的影响, 在这种弱变质作用中, 该岩石矿物相的 Sr 同位素受到扰动, $728 \pm 27\text{Ma}$ 这个数据对民乐组的沉积年龄而言, 可能偏低。但经镜下观察及 X 射衍射分析检查, 样品中有少量陆源碎屑, 如云母、长石等, 因而年龄值又受到继承放射成因铷的影响, 使 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值有些偏低, 故年龄值又可能偏高, 尽管如此, 它仍具有重要参考意义。这一年龄值同湖北长阳同层位的含锰黑色页岩的 Rb-Sr 全岩等时线年龄值 (739Ma) 相比, 基本上是一致的, 证明这一时期是前寒武纪地史上最重要的成锰时期。为确定成锰时代和湖南震旦系底界年龄提供了重要资料依据。

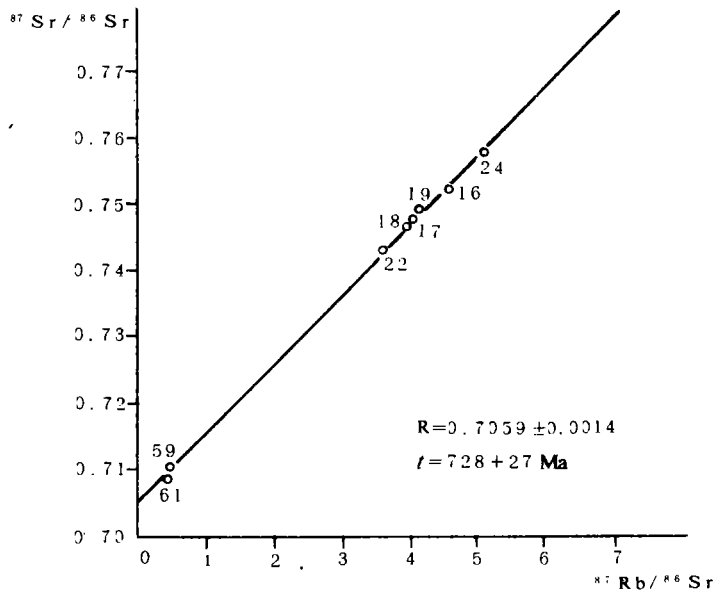


图 3 湖南花垣民乐锰矿区民乐组 Rb-Sr 等时线图

Fig.3 Rb-Sr isochron map in Minle Formation of the Minle Manganese Mining Area, Huayuan, Hunan

本文完成后, 承中国科学院地质古生物研究所唐天福教授等审阅和订正, 仅致谢忱。

收稿日期 1988 年 6 月 2 日

参 考 文 献

- (1) 安延恺, 1979, 板块构造概论, 3-4 页, 石油工业出版社。
 (2) 刘宝裙, 1980, 沉积岩石, 学 280-288 页, 地质出版社。
 (3) 丁悌平, 1980, 氢氧同位素地球化学, 49 页, 地质出版社。
 (4) 地质矿产部宜昌地质矿产研究所, 1982, 同位素地质采样要求, 地质出版社。
 (5) 刘巽锋, 1983, 沉积学报, 1 卷 4 期, 114-115 页。

ISOTOPE GEOLOGICAL STUDY OF MANGANESE DEPOSIT IN MINLE AREA, HUNAN PROVINCE

Tang Shiyu

(The 405 Geological Team Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The manganese carbonate beds in Minle area are abundant in isotopes S, O, C, Rb and Sr by sampling and determining. The characteristics of these isotopes are, $\delta^{34}\text{S}$ 46.6-58.59‰ (52.17‰ on an average), $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -3.72-9.06‰, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ -8.19-12.98‰, $^{87}\text{Rb}/\text{g}$ 0.06827-0.45154, $^{86}\text{Sr}/\text{g}$ 0.0837-0.18809, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 0.42632-5.0459, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.70935 ± 0.00016-0.75808 ± 0.00025. According to the comprehensive study of these isotopes, this paper has inquired into the paleogeographic environments of metallogenic epoch of manganese, the paleotemperatures of metallogenic medium of manganese, the major source of the metallogenic materials of manganese, the source and nature of Mn-bearing solution, and the period of metallogenic manganese. Conclusions are drawn by the author as follows that the environments of the manganese carbonate were semi-limit-confin weak salt water tidal flat-lagoon and they did not emerge in evaporation; the paleotemperature of metallogenic medium of manganese was 35.72 ° -40.88 °C, much higher than that of the modern seawater; the major source of manganese was the material of weathering and separation of continental crust; the Mn-bearing solution should be seawater; the period of metallogenic manganese was 728 ± 27 Ma (B.P.), belonging to Minle to Minle period of Early Sinian period. Thus, the important information and data were contributed in the metallogenic manganese period and the origin studying of Minle manganese deposit.