

文章编号 0258-7106 (2008) 05-0622-09

湘中奥陶纪锰矿带成矿特征及资源前景*

彭三国¹, 付群和², 张殿春²

(1 国土资源部宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 2 中国冶金地质总局中南局长沙地质调查所, 湖南 长沙 410001)

摘 要 湘中奥陶纪沉积锰矿带位于湖南省安化县、桃江县、宁乡县境内, 呈近 EW 向展布, 矿带内锰矿以质量好而著称。该成矿带的成锰沉积盆地受控于加里东期张性断裂系统, 为一断陷盆地。盆地内发育一组 NW 向同沉积断裂, 形成了一系列断陷槽, 控制了沉积岩相的分布。锰矿主要产于盆地中心亚相的黑色页岩夹碳酸锰矿微相内。据矿带中锰矿的地质和地球化学特征以及微量元素和碳、氧、锶同位素组成, 笔者认为, 该锰矿属于热水沉积成因。综合对比表明, 该成矿带具有良好的成矿条件和值得注意的资源潜力, 有可能发展为大型锰成矿带。

关键词 地质学; 奥陶纪; 锰成矿带; 特征; 前景; 湘中

中图分类号: 618.32

文献标志码: A

Characteristics and ore resource prospects of Ordovician manganese metallogenic belt in Central Hunan Province

PENG SanGuo¹, FU QunHe² and ZHANG DianChun²

(1 Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, MLR, Yichang 443003, Hubei, China; 2 Changsha Institute of Central South Bureau, China Administration of Metallurgical Geology, Changsha 410001, Hunan, China)

Abstract

The Central Hunan Ordovician sedimentary manganese metallogenic belt extending in EW direction is located in Anhua, Taojiang and Ningxiang areas of Hunan Province. Manganese deposits along the belt are well-known for their high ore quality. The manganese-bearing basin is controlled by the Caledonian tension fault system, being a graben basin. In the basin a group of NW-trending synsedimentary faults occurred, which formed a series of parallel fault troughs controlling the distribution of sedimentary facies. The manganese deposits occur in black shale-manganese carbonate microfacies. According to geological and geochemical characteristics of the deposits and analytical results of trace elements, carbon, oxygen and strontium isotopes, it is suggested that these deposits are products of hydrothermal sedimentation. Researches show that the belt has favorable conditions for manganese mineralization and possesses remarkable potentiality, thus likely becoming a large-sized manganese metallogenic belt.

Key words: geology, Ordovician, manganese metallogenic belt, characteristics, prospects, Central Hunan Province

湘中奥陶纪沉积锰矿带位于湖南省安化、桃江、宁乡地区, 呈近 EW 向展布, 长 150 km, 宽 80 km。该矿带内已发现响涛源、祖塔等中型锰矿床及木瓜溪、枚子洞等一批小型锰矿床。其锰矿质量以低磷、

* 本文得到大调查项目“湖南桃江-宁乡优质锰矿评价”(K1.3-0400210109)、国家计委科技找矿项目“湘中湘南大型优质锰矿找矿预测和综合评价”(JG9471907)、2002-06 年度资补项目“湘中响涛源-祖塔带优质锰矿普查”的联合资助

第一作者简介 彭三国, 男, 1963 年生, 高级地质工程师, 主要从事矿产资源调查评价与研究工作。E-mail: sanguop@hotmail.com

收稿日期 2007-12-05; 改回日期 2008-07-31。许德煊编辑。

高铁、自熔性著称,是中国优质锰矿的重要产地(姚培慧,1984)。优质锰矿是中国的战略资源和紧缺矿种,是地质勘查研究中的主攻矿种之一(肖庆华等,2007)。因此,探讨湘中奥陶纪锰矿带的成矿特征十分重要,该矿带的找矿潜力很大,有可能发展为大型优质锰矿资源基地(姚敬劬等,1998;陈群等,1999)。新一轮资源大调查以来的工作进一步证实了这一论断。

1 成矿古构造背景和成锰盆地

湘中成锰盆地地处扬子板块东南边缘。自中奥陶世开始,由于扬子地块与华夏板块的会聚作用,造成扬子地块东南边缘右行走滑和逆冲推覆,诱发前期断裂重新活动。NE向、NWW向和NNW向以拉张为主的断裂系统构成了区域内加里东期构造的格架(侯宗林等,1997),形成了湘桂地堑盆地(图1)。其中,新化—龙胜断裂(F_3)与娄底—邵阳断裂(F_4)之间形成了湘中地堑盆地,其北段又被枝江—长沙断裂(F_6)和清塘铺断裂(F_{12})分割出桃江断陷盆地(湖南省地质矿产局,1990)(图1)。桃江盆地的形成始于早奥陶世,终于早泥盆世,它为而后含锰岩系的沉积及锰矿的聚集准备了空间和合适的成矿构造-沉积环境。

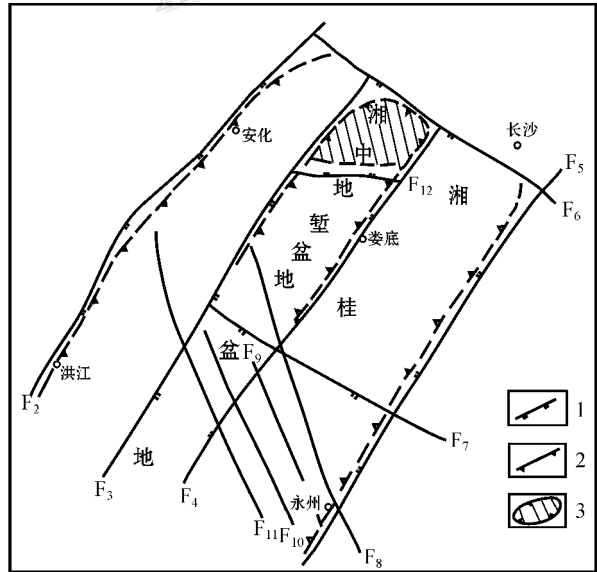


图 1 湘中奥陶纪锰矿带成矿构造格架
1—加里东期断裂;2—地堑盆地;3—中奥陶世成锰盆地
Fig. 1 Tectonic framework of the Ordovician metallogenetic belt in Central Hunan Province
1—Caledonian fault; 2—Graben basin; 3—Middle Ordovician Mn-bearing basin

桃江成锰沉积盆地受控于湘中地堑盆地,其四周分别受 F_3 、 F_4 、 F_6 、 F_{12} 断裂的控制,断裂外侧抬升,内侧下降。该盆地周边的地层出露和分布状况可帮助推断盆地的形态。该盆地的北面为板溪群、震旦系和寒武系,走向近EW向,表明盆地的北界较为平直。盆地的东面和东南面多被泥盆系、石炭系和第三系所覆盖,未见奥陶系出露,推断该盆地的东南边界为NE向。盆地的西面因受 F_3 断裂和莲花山水下隆起的制约,其边界应为NE向。该盆地的南面则明显受EW向 F_{12} 断裂的控制(湖南省地质矿产局,1990)。综上可知,桃江成锰盆地的平面形态应为NEE向延长的椭圆形。

2 盆内构造对锰矿形成的控制

桃江成锰盆地的地层沉积等厚线分布特征显示出,在早奥陶世,其基底为一由北向南的缓斜坡。由于断裂拉张和沉积负荷的共同作用,在盆地内形成了一组近NS向大致平行分布的地堑式同沉积断裂(F'_1 — F'_5)(图2)。

该盆地的主要成矿期为中奥陶世磨刀溪期。磨刀溪成矿期含锰岩段厚度等值线的分布特点是:由

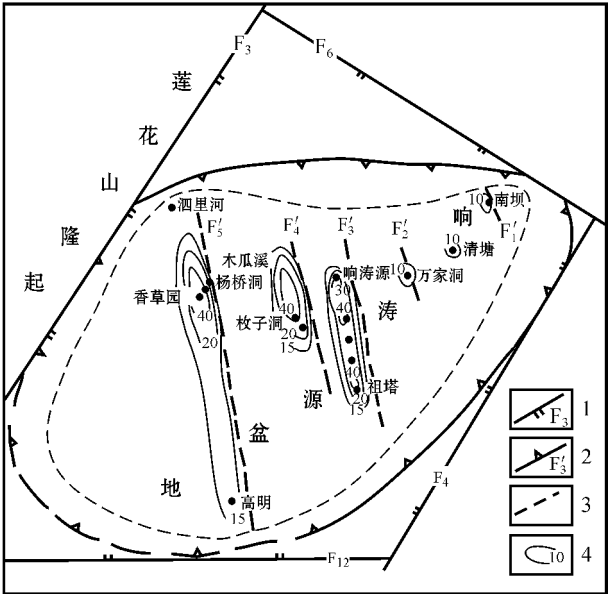


图 2 湘中成锰盆地的盆内构造
1—控盆区域断裂;2—成锰盆地;3—同沉积断裂;
4—含锰岩系等厚线
Fig. 2 Structures within the Mn-bearing basin in Central Hunan Province
1—Regional faults; 2—Mn-bearing basin; 3—Syn-sedimentary fault; 4—Isopach of Mn-bearing horizon

东向西呈现一系列由小到大、似等距离、NNW 向平行排列的带状形态。这表明 ,成矿期的沉积作用严格受上述同沉积断裂的控制 ,边沉降边沉积 ,形成了呈带状的相对低洼的断陷槽 ,控制了锰矿的形成。

盆内断陷槽对锰矿形成的控制作用表现为：
(1)含锰岩系的厚度及含矿段的厚度在断陷槽内、外发生突变 ,以响涛源最为明显。厚度发生突变的位置应是同沉积断裂所在的部位 ,多在断陷槽的东侧；

表 1 桃江成锰盆地沉积岩相的特征
Table 1 Sedimentary lithofacies characteristics in Taojiang Mn-bearing basin

主要特征				
相	盆地相。盆地呈 NEE 向椭圆状。中奥陶世成锰期盆地充填物主要为细碎屑岩、碳酸盐岩和粘土岩。含矿段由细碎屑岩、碳酸盐岩和少量含硅质碎屑岩组成。盆地中心厚度较大 ,为成矿有利区 ,向四周厚度逐渐变薄			
亚相	盆地边缘亚相 分布于盆地四周 ,含锰岩段厚度较薄 ,控制了泗里河-高明成矿带和万家洞-南坝成矿带 ,岩石组合以黑色页岩为主 ,局部地段含锰碳酸盐岩富集成矿	盆地中心亚相 分布于盆地中心地带 ,含锰岩段厚度较大 ,成矿环境较好 ,控制了响涛源-祖塔成矿带和木瓜溪-枚子洞成矿带。岩石组合以黑色页岩为主 ,碳酸锰矿和含锰碳酸盐岩次之		
微相	I ₁ 含粉砂质黑色页岩微相	I ₂ 黑色页岩夹含锰碳酸盐岩微相	II ₁ 黑色页岩夹碳酸盐岩微相	II ₂ 黑色页岩夹碳酸锰矿微相
岩石组合	含粉砂质黑色页岩 ,局部夹硅泥质岩、砂岩	黑色页岩为主 ,含锰灰岩和条带状黑色页岩次之 ,局部夹碳酸锰矿	黑色页岩为主 ,条带状黑色页岩和含锰灰岩次之	黑色页岩为主 ,碳酸锰矿、条带状黑色页岩和含锰灰岩次之
颜色	灰色、灰黑色、灰黄色、黄绿色	黑色、灰黑色、灰绿色	黑色、灰黑色、灰白色	黑色、灰黑色、灰白色、褐黄色
矿物组合	伊利石、水云母、石英、玉髓、碳质、黄铁矿	伊利石、水云母、石英、玉髓、碳质、锰方解石、锰白云石、钙镁菱锰矿	伊利石、水云母、碳质、钙镁菱锰矿、黄铁矿、石英	伊利石、水云母、石英、碳质、菱锰矿、钙镁菱锰矿、锰方解石、方解石、重晶石
结构	不等粒、泥晶、显微变晶等结构	不等粒、泥晶、显微变晶、生物、鲕粒等结构	不等粒、泥晶、显微变晶、鳞片变晶、生物等结构	不等粒、泥晶、显微变晶、生物、鲕粒、生物碎屑等结构
构造	薄层状、纹层状 ,见韵律层 ,局部出现斜层理 ,偶见冲刷面	纹层状、条带状 ,偶见斜层理和冲刷面	纹层状、块状、条带状	条带状、纹层状、凝块状、块状角砾状
化石	笔石、腕足类、双壳类、放射虫等生物遗迹化石	笔石、腕足类、双壳类、放射虫等生物遗迹化石 ,蓝绿藻及大量生物碎屑	笔石、腕足类、双壳类、放射虫等生物遗迹化石	笔石、腕足类、双壳类等大量生物遗迹化石 ,蓝绿藻及大量生物碎屑
控矿作用	不控矿	成矿条件有利 ,局部控矿	不控矿	成矿条件最佳 ,控制了上述 2 个成矿带
分布特点	盆地四周 ,呈椭圆状 (NEE 向)分布	整体呈 NNW 向展布	整体呈 NNW 向展布	盆地中心 ,呈 NNW 向展布
元素特征	K、Al、Mg、Fe	K、Mg、Al、Mn、C	K、Al、Mn、Mg、C、Ba	K、Al、Si、Mg、Mn、C、Ba、Co、Ni
厚度/m				
含锰岩系	15~30	30~50	10~20	15~25
含锰岩段	0~3	3~8	1~3	3~20
锰矿层	0	0~1.5	0	0.2~3.0

(2)含矿段的岩相发生突变。在响涛源矿区16线、万家洞矿区4线及枚子洞矿区2线,其东侧均为黑色页岩夹碳酸盐岩微相区,为无矿地段;其西侧则为黑色页岩夹碳酸锰矿微相区,含矿段发育;

(3)凡是锰矿层发育好的地段均位于断陷槽内。槽内各含锰岩段厚度大,局部出现2层矿。含锰岩系发育完整,由黑色页岩、含锰灰岩、碳酸锰矿等组成;

(4)工业矿体在平面上呈NNW向的狭长状,位于同沉积断裂的西侧,与同沉积断裂平行展布。

3 岩相分布及含矿性

磨刀溪成矿期的沉积物主要由细碎屑岩、碳酸盐岩及少量含硅泥岩组成,反映为水体较深的盆地相沉积环境(饶雪峰等,1990)。含矿岩系整体颜色较深,呈深灰色或灰黑色,富含有机质和黄铁矿,下部黑色页岩中含笔石化石及少量放射虫和有孔虫化石。沉积相是沉积环境的物质表现,相、亚相、微相的主要控制因素有差别。根据岩石组合、结构构造、古生物标志及元素特征,可将桃江成锰盆地内的盆地相沉积划分为盆地中心亚相和盆地边缘亚相。盆地边缘亚相可进一步划分为含粉砂质黑色页岩(I_1)和黑色页岩夹碳酸锰矿(I_2)2个微相;盆地中心亚相也可划分为黑色页岩(II_1)和黑色页岩夹碳酸锰矿(II_2)2个微相。盆地控相,而亚相、微相控矿。桃江盆地内亚相和微相的分布范围及分布特点均受同沉积断裂和古地貌环境(断陷槽)的控制。其诸亚相和微相的特征见表1。

盆地中心亚相呈一NNW向的纺锤形,分布于盆地中心区。盆地边缘亚相则分布于中心区的两侧,其东部呈指状,西部呈长条状。盆地中心亚相区的微相受响涛源—祖塔和木瓜溪—枚子洞断陷槽的控制,黑色页岩夹碳酸锰矿微相(II_2)分布于这2个断陷槽区。而盆地边缘亚相中的黑色页岩夹含锰碳酸盐岩微相(I_2)则分布于万家洞断陷槽和泗里河—高明断陷槽控制区^①(图3)。

锰矿无一例外地分布在盆地中心亚相的黑色页岩碳酸锰矿微相区(II_2)和盆地边缘亚相的黑色页岩夹含锰碳酸盐岩微相区(I_2)。前者是产出具一

定规模锰矿的微相区,该微相的岩石组合以黑色页岩为主,碳酸锰矿、条带状黑色页岩和含锰灰岩次之;其碳酸锰矿具泥晶、显微变晶、鲕粒、生物碎屑等结构,条带状、纹层状、凝块状、块状角砾状等构造;含笔石、腕足类、双壳类等化石及大量生物遗迹化石,含锰岩段的厚度可达20 m,矿层厚度为0.2~3 m(表1)。

4 典型矿床特征

响涛源锰矿床位于湘中EW向构造带的六通公复式向斜内,它集中体现了湘中锰矿带的控矿特征。该矿床位于桃江成锰盆地的中心部位、由 F'_3 沉积断裂所形成的断陷槽的北部(图2),该处是盆地中心亚相的黑色页岩夹碳酸锰矿微相的分布区,其锰矿主要赋存在该微相内(参见图3剖面)。该矿床包括南石冲、木鱼山、磨刀溪、斗笠山、黑油洞等几个矿段。

响涛源锰矿床的含锰岩系为中奥陶统,共有15个分层(图4),由粘土岩、含锰灰岩、碳酸锰矿层、黑色页岩、条带状页岩、泥碳质页岩、含砾松散泥岩等组成。在第2~4层内某些部位的粘土岩中发现夹有火山凝灰岩。锰矿层赋存在磨刀溪组的中-上部,有上、下2层碳酸锰矿。

锰矿形成后经加里东运动抬升,又遭受印支期构造运动的强烈变形,形成一系列褶皱。矿层自北部的木鱼山到南部的祖塔,长10 km,宽3 km。地表露头沿六通公复式向斜两翼蜿蜒展布,在深部呈层状产出,产状与地层一致,受褶皱控制,随褶皱形态变化而变化,倾向延深可达2 km(图5)。

矿区内有上、下两层矿,赋存在黑色页岩与含锰灰岩之间,呈层状、似层状产出。下矿层(图4第7分层)为主矿层,分布稳定而广泛;由条带状碳酸锰矿、块状碳酸锰矿和斑点状碳酸锰矿组成;在横向上,局部可出现变薄、分叉、尖灭等现象或相变为含锰灰岩。上矿层(图4第12分层)分布不稳定;由灰色条带状碳酸锰矿和红色碳酸锰矿组成;沿走向常尖灭于粘土岩中,或尖灭于含锰灰岩与硅质页岩之间。局部地段见上、下矿层合并现象。

矿石类型有块状碳酸锰矿、条带状碳酸锰矿、斑点状碳酸锰矿和砾状碳酸锰矿4种,以前2种为主。

① 中国冶金地质总局中南局长沙地质调查所,1997.桃江县响涛源-南坝中奥陶世含锰岩段(1:5万)岩相古地理研究报告.内部资料。

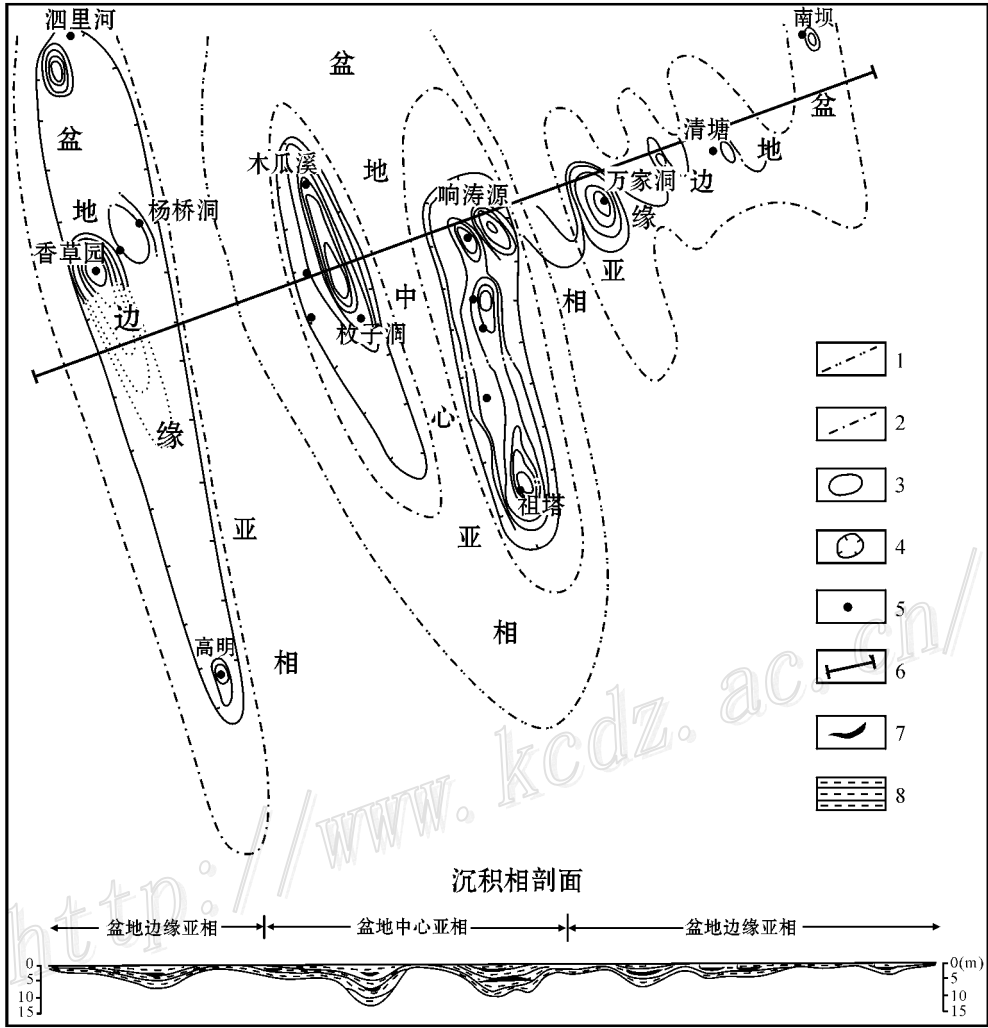


图 3 桃江成锰盆地中奥陶世成锰期沉积岩相分布图

1—亚相分界线；2—微相分界线；3—含锰岩段等厚线；4—沉积断陷槽；5—锰矿床(点)；6—沉积相剖面位置；7—锰矿层；8—粘土岩

Fig. 3 Middle Ordovician sedimentary lithofacies map of Taojiang Mn ore-forming basin

1—Subfacies boundary；2—Microfacies boundary；3—Isopach of Mn-bearing horizon；4—Fault trough；5—Manganese deposits；
6—Position of sedimentary facies section；7—Mn ore bed；8—Clay rock

块状矿石呈致密块状,由菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石、石英、粘土矿物及有机碳构成。条带状矿石由菱锰矿、钙菱锰矿条带与泥质、硅质条带相间而成。斑点状矿石呈现大小不同的斑点,斑点为由藻类生物形成的鲕粒、核形石或凝块。

矿石具有泥屑、粉屑、砂屑和生物碎屑结构等,具有条带状、粒序层理、砾状、鲕状等构造(赵东旭, 1992)。

矿石的主要组成(质量分数)为:Mn 17.50 % ~ 20.89 % ,SiO₂ 15.40 % ~ 19.09 % ,CaO 14.39 % ~ 19.71 % ,P 0.041 % ~ 0.697 % 。全区平均含 Fe 2.1 % ,锰铁比值大于 9 ,P/Mn 比值为 0.002 ~

0.0039 ,SiO₂ 含量也较低,均小于 20 % 。因此,响涛源锰矿床属自溶性、低磷、低铁、低硅的优质锰矿(骆华宝 2002)。

5 矿床成因

湘中奥陶纪锰矿带内的锰矿属热水沉积成因,其依据是:

(1)成锰期有火山活动存在。在南坝的锰矿层之下有火山凝灰岩分布,在响涛源一带的粘土中见有火山碎屑,为尖棱角状、刀砍状、长条状长石石英晶屑和火山玻璃,含量可达 1 % ~ 5 % 。

地层	层号	厚度/m	柱状图	岩 性 描 述
南石冲组	15	15~20		灰色、深灰色或灰黑色厚层状粘土岩
磨刀溪组	14	0.3~1.0		灰绿色或黄绿色页岩，暗绿色斑点，夹含锰灰岩
	13	0.3~0.8		灰黑色斑点状含锰灰岩
	12	0.3~0.8		肉红色薄层碳酸锰矿(上层矿)
	11	0~1.1		黑色页岩
	10	0~1.4		含锰灰岩
	9	0~1.2		灰(深)色粘土质泥岩，局部为硅质页岩
	8	0.2~0.4		深灰色砾状含锰灰岩，具同生砾状构造
	7	0.3~1.5		肉红色或灰黑色薄层碳酸锰矿(下层矿)夹黑色页岩
	6	0.2~0.4		极薄层黑色页岩，常构成互层
	5	0.3~0.6		深灰、灰黑色含锰灰岩
	4	0.5~1.5		黑色页岩
烟溪组	3	1~2		黑白相间条带状页岩
	2	2.7~5		黑色泥碳质页岩
	1	0.2~0.4		含砾松散泥岩

图 4 响涛源锰矿含锰岩系地层柱状图

Fig. 4 Mn-bearing stratigraphic columnar section of Xiangtaoyuan Mn ore district

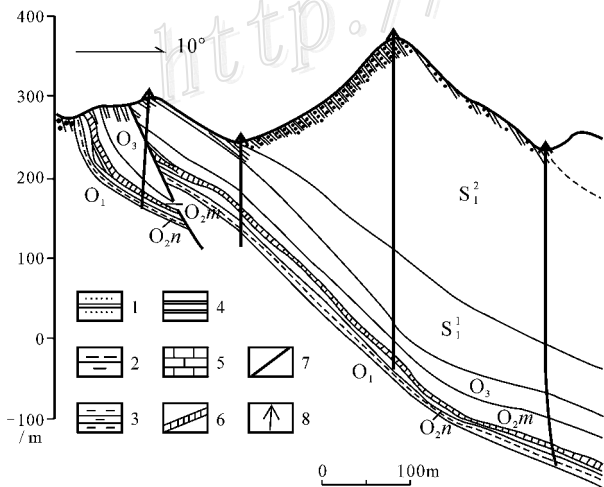


图 5 响涛源锰矿 0 号勘探线剖面图

1—砂岩夹页岩；2—碳质页岩；3—板状页岩；4—砂质页岩；5—含锰灰岩；6—碳酸锰矿层

Fig. 5 Geological section along No.0 exploration line of Xiangtaoyuan Mn ore district

1—Sandstone intercalated with shale；2—Carbonaceous shale；3—Stratified shale；4—Sandy shale；5—Mn-bearing limestone；6—Carbonate Mn-ore bed

(2)含锰岩系的微量元素分析结果(表 2)表明,含矿岩系中 Ba、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni 的含量高于普通沉积岩,尤其是 Ba 的含量要高出好几倍。因此,矿石中常

见重晶石、天青石等矿物呈细脉状产出(杨振强等,1993)。海洋中的 Ba 是基底输入元素,主要来自深部热液(李英,1989;1990;Varentsov et al.,1980)。

(3) 锰矿石的 Al/(Al+Fe+Mn) 比值为 0.2。在 Fe-Mn-(Co+Ni+Cu)×10 三角图上,锰矿石和部分含锰灰岩的绝大部分投点都落在热水沉积区域内(图 6)(据杨振强等,1993)。

(4) 含锰碳酸盐及碳酸锰矿的碳、氧同位素组成(表 3)表明,热水沉积作用的影响明显。设定本区含锰碳酸盐沉积时与介质处于平衡状态,且盐度保持不变,应用 Epstein 的古温度计算公式(张理刚,1983;福尔,1983),计算出成矿古温度为 52.5~105.3℃,平均 76.4℃。

(5) 含锰岩系中的粘土岩及碳酸锰矿的锶同位素测定结果列于表 4。由表 4 可见,粘土岩的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值为 0.71645~0.76889,而碳酸锰矿的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 为 0.71308~0.71654。福尔(1983)经研究认为,现代大洋海水中的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 为 0.7090,由 3 种物质的混合体控制:年轻火山岩(0.7090±0.001)、大陆古老铝质岩石(0.7200±0.005)和显生宙海洋碳酸盐岩(0.7080±0.001),其中,前 2 种为他生组分。

表 2 湘中地区含锰岩系微量元素测定结果(姚敬劬等,1998)

Table 2 Trace elements composition of Mn-bearing horizon in Central Hunan Province(after Yao et al. , 1998)

层位	岩石名称	$\mu(BY)10^{-6}$													
		Sr	Ba	V	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Rb	Zr	Be	B	Ga
O _{2n}	黑色页岩	57	2900	138	120	64	92	208	65	8.7	178	212	3.5	67	32
O _{2n}	黑色页岩	39	2275	780	44	75	74	120	30	3.6	170	123	3.6	56	43
O _{2n}	黑色页岩	360	2100	110	44	14	75	215	47	17	170	155	4.1	86	50
O _{2m}	黑色页岩	74	5400	720	32	41	38	113	57	2.0	231	147	4.0	84	42
O _{2m}	黑色页岩	35	850	140	81	45	85	192	80	11	18	68	2.2	33	10
O _{2m}	黑色页岩	32	290	380	202	214	340	169	691	42	176	155	5.1	62	34
O _{2m}	黑色页岩	27	185	288	122	42	131	102	388	46	186	143	4.6	70	31
O _{2m}	黑色页岩	37	2000	520	52	35	51	169	29	3.5	156	156	4.0	47	39
O _{2m}	黑色页岩	205	180	420	139	34	110	319	129	26	138	118	3.5	50	32
O _{2m}	黑色页岩	350	1215	325	175	0	120	29	323	20	65	136	2.4	46	26
O _{2m}	黑色页岩	390	1800	140	329	76	108	148	141	12	170	210	3.7	82	43
O _{2m}	碳酸锰矿	1200	370	104	36	11	160	11	357	25	12	12	0.3	4.7	8.6
O _{2m}	碳酸锰矿	1400	1850	180	46	21	144	28	716	36	80	93	1.7	52	32
O _{2m}	粘土岩	38	1850	135	84	12	96	158	210	28	142	148	4.7	43	40
O _{2m}	粘土岩	69	5400	255	100	16	90	117	53	3.1	198	127	3.5	63	29
O _{2m}	结晶灰岩	454	1544	40	49	25	22		222	14					
O _{2m}	黑色页岩	127	1659	252	153	49	540		442	47					
O _{2m}	条带状矿石	432	420	5	63	30	13		496	23					
O _{2m}	纹层状矿石	67	355	5	11	23	218		918	52					
O _{2m}	白云质粘土岩	336	2992	83	27	10	66		130	18					
O _{2m}	结核状矿石	721	570	5	25	16	109		380	68					
O _{2m}	锰质灰岩	1981	576	29	6	320	19		56	5					

测试单位:中南冶金地质研究所测试中心。O_{2n}—中奥陶统南石冲组;O_{2m}—中奥陶统磨力溪组。

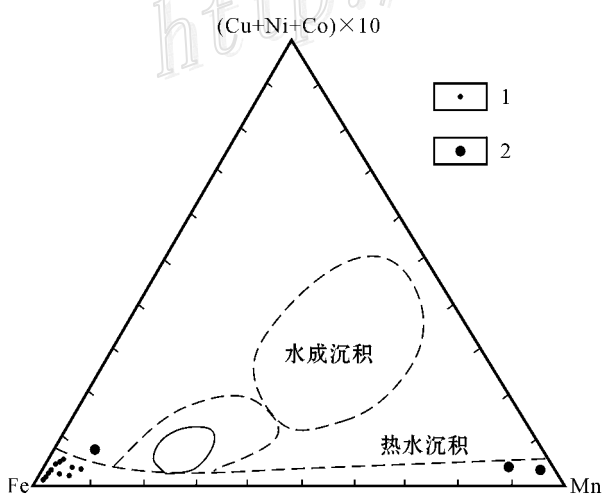


图 6 锰矿石及含矿岩系 Fe-Mn-(Cu+Ni+Co)×10 的三角图解(据杨振强等,1993)

1—含矿岩系;2—锰矿石

Fig. 6 Fe-Mn-(Cu+Ni+Co)×10 diagram of ore and Mn-bearing horizon (from Yang et al. , 1993)

1—Mn-bearing horizon ;2—Ore

由此可见,本区粘土岩的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值较高,表明其物源受大陆风化产物的影响比较明显,这进一步说明本区为被动大陆边缘环境。含锰碳酸盐的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr

值较粘土岩低,表明其物质不仅受大陆硅铝质岩石的影响,同时还受火山作用和热水作用的影响。

(6) 斗笠山矿段的钻孔资料表明,锰矿在剖面上呈“牛眼”状分布,“牛眼”的中心为块状富矿,向外,锰含量逐次降低,具有热水沉积矿体常有的形态特征。

6 资源远景分析

湘中奥陶纪锰矿带的形成和锰矿的产出,与不同层次的构造有着层层逼近的关系:古板块构造活动控制着成锰盆地的形成、发展和消亡(Andrew, 1984);成锰盆地控制着沉积体系的空间展布和含锰建造的形成;盆内同沉积凹陷带控制着沉积相、亚相和微相的分布;凹陷带内的局部构造洼地控制着锰矿床的定位。此规律是本区进行资源前景分析的理论基础。现代遥感信息(彩虹外航片及卫片)又为矿带的构造背景提供了佐证,并直接指示出中奥陶统含矿岩系的空间展布和成矿有利部位。

综上,对湘中奥陶纪锰矿带的资源前景作如下分析。

表 3 碳、氧同位素分析数值(姚敬劬等 ,1998)
Table 3 Carbon and oxygen isotopic composition(after Yao et al. ,1998)

序 号	岩 性	锰含量/%	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	古温度/℃
1	细晶锰方解石	8.75	-12.76	-12.40	87.3
2	锰方解石白云石	27.42	-16.83	-12.40	87.3
3	细晶锰方解石	23.79	-16.83	-11.67	82.0
4	泥晶方解石		-6.56	-14.75	105.3
5	含锰泥晶方解石	0.6	-4.15	-14.70	104.9
6	浅肉红色碳酸锰	0.79	-1.70	-12.81	90.4
7	浅肉红色碳酸锰	34.37	-22.17	-11.61	82.5
8	肉红色细晶碳酸锰	34.37	-20.16	-11.48	81.6
9	肉红色细晶碳酸锰	23.90	-20.12	-7.67	56.3
10	肉红色细晶碳酸锰	23.90	-20.13	-7.67	56.3
11	灰白色细晶碳酸锰		-11.43	-9.08	65.2
12	肉红色细晶碳酸锰		-15.00	-9.06	65.1
13	肉红色细晶碳酸锰		-14.98	-9.17	65.8
14	灰白色细晶碳酸锰		-13.69	-7.03	52.5
15	黑色细晶泥晶碳酸锰		-9.40	-9.72	69.5
16	黑色细晶碳酸锰		-14.26	-11.43	81.2
17	黑色粉晶碳酸锰		-16.80	-8.53	61.7
18	黑色粉晶碳酸锰		-16.75	-8.58	62.0
19	黑色粉晶碳酸锰		-19.62	-11.83	84.1
20	黑色含碳酸盐页岩	3.59	-13.44	-11.39	81.0
21	灰色含碳酸盐页岩	4.91	-12.10	-12.69	90.4
22	黑色碳酸盐质页岩	13.43	-20.13	-9.12	65.5
23	碳酸锰矿石	23.91	-15.81	-9.17	65.8
24	碳酸锰矿中的斑点	1.61	-10.41	-12.96	92.4
25	碳酸锰矿石	30.88	-16.15	-11.43	81.2
26	碳酸锰矿	21.54	-12.69	-13.02	92.9
27	碳酸锰矿石	23.48	-9.33	-8.24	59.7
28	碳酸锰矿石	16.89	-16.76	-9.84	70.3

测试方法：碳、氧同位素磷酸法(DZ/T0184.17-1997) ;测试仪器：MAT-251 质谱计 ;测试精度： $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 精度好于 0.1‰ , $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 精度好于 0.2‰ ;测试单位：宜昌地质矿产研究所。

表 4 锶同位素测定结果(姚敬劬等 ,1998)
Table 4 Strontium isotopic composition(after Yao et al. ,1998)

序号	样品名称	采样地点	层位	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2 σ
1	粘土岩	安化高明	O ₂ m	0.76261	0.00003
2	粘土岩	宁乡月山铺	O ₂ m	0.76889	0.00001
3	粘土岩	桃江响涛源	O ₂ m	0.75188	0.00001
4	粘土岩	桃江关山口	O ₂ m	0.72280	0.00001
5	粘土岩	益阳水口山	O ₂ m	0.71645	0.00005
6	碳酸锰	益阳南坝	O ₂ m	0.71654	0.00001
7	碳酸锰	益阳南坝	O ₂ m	0.71308	0.00007
8	含锰灰岩	安化木瓜溪	O ₂ m	0.71964	0.00009
9	碳酸锰	安化木瓜溪	O ₂ m	0.71457	0.00003

测试方法：锶同位素比值法(DZ/T0184.4-1997) ;测试仪器：MAT-261 可调节多接收质谱计 ;测试精度： $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 相对偏差小于 0.015% , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 精度好于 0.008% ,全过程 Sr 空白本底 $<2\times 10^{-9}$;测试单位：宜昌地质矿产研究所。

(1)响涛源-祖塔地区：该区地处桃江盆地中心 ,是 F₃’同沉积断裂所形成的断陷槽的位置。该断陷槽发育程度高、规模大 ,是盆地中心亚相和黑色页岩夹碳酸锰矿微相的主要分布区。卫片显示出成环环形构造 ,彩虹外航片则显示含锰岩系信息强烈。因此 ,该区是矿带中成矿条件最好、找矿潜力最大的地

区 ,除已探明的 2 个中型锰矿床外 ,资源前景可望达到大型矿床的规模。
(2)万家洞-南坝地区：该区内已探明万家洞、南坝 2 处小型矿床 ,并发现了清塘、扁鱼山等矿点。由于该区已处盆地边缘位置 ,断陷槽发育程度低、规模小 ,所以 ,虽为黑色页岩夹含锰碳酸盐岩微相分布

区,但成矿规模不大,找矿前景有限。

(3)木瓜溪-枚子洞地区:该区已有木瓜溪、枚子洞等小型锰床矿产出,南部还有拓本、和尚仑等矿点。但该区矿石的质量略差,矿体变化大、规模小,故其找矿前景有限。

(4)泗里河-高明地区:该区地处盆地中心偏西,断陷槽发育程度较高,规模大。区内黑色页岩夹含锰碳酸盐岩微相分布广,资源前景较好,除已知有高明、杨桥洞等6处锰矿床外,在肖家冲一带找矿,也可能有新的突破。

志谢 野外工作得到了中国冶金地质总局中南局长沙地质调查所赵银海总工以及“湖南桃江-宁乡优质锰矿评价”和“湘中湘南大型优质锰矿找矿预测及综合评价”项目组其他工作人员的大力帮助,中南冶金地质研究所姚敬劬教授仔细审阅了本文并提出了宝贵的修改意见,在此一并致以衷心的感谢!

References

- Andrew D M. 1984. Principles of sedimentary basin analysis[M]. New York: Springer-Verlag. 1-179.
- Chen Q, Hu D X and Xu Y B. 1999. Significance of and suggestion on the investigation and evaluation of high quality manganese resources in south China[J]. Geol. & Prosp., 35(5): 1-4 (in Chinese with English abstract).
- Faure G. 1983. Principles of isotope geology[M]. Beijing: Science Press. 102-103, 270 (in Chinese).
- Hou Z L, Xue Y Z, Huang J S, Lin Y H, Liu H J, Yao J Q and Zhu K J. 1997. Mn ore in Yangzi platform peripheries[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 76-111 (in Chinese with English abstract).
- Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources. 1990. The regional geology of Hunan Province[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-360 (in Chinese).
- Li Y. 1989. The geochemistry signs of contemporaneous hydrothermal metalization[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, (1): 46-48 (in Chinese).
- Li Y. 1990. Hot water sedimentation in sedimentary basin evolution at continental peripheries[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, (4): 226-228 (in Chinese).
- Luo H B. 2002. The direction of prospecting for high quality manganese ore resources in China[J]. Geol. & Prosp., 38(4): 8-11 (in Chinese with English abstract).
- Rao X F and Fan D L. 1990. Petrology geochemistry and genesis of the middle Ordovician black shale series in Taojiang, the central region of Hunan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 9(4): 78-86 (in Chinese with English abstract).

- Varentsov M and Grasselly G. 1980. Geology and geochemistry of manganese [M]. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Vvelagsbuchhandlung. Vol. 2, 45-61, 1-148.
- Xiao Q H, Hui W D and Qin K Z. 2007. Genetic types and exploration direction of manganese deposits in Dashui Mn ore belt on northern margin of central Tianshan, eastern Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 26(1): 89-97 (in Chinese with English abstract).
- Yang Z Q, Jiang D H and Zhao S J. 1993. A new sedimentological explanation of stable isotopic compositions in the Ordovician and Sinian manganese-bearing beds in central Hunan[J]. Lithofacies Paleogeography, 13(2): 25-36 (in Chinese with English abstract).
- Yao J Q, Su C G, Peng S G, et al. 1998. Paleotectonics Mn-bearing basin and Mn ore prospecting in central and south Hunan[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 82-93, 136-164 (in Chinese with English abstract).
- Yao P H (Chief editor). 1984. Records of China's manganese deposits [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 76-111 (in Chinese).
- Zhang L G. 1983. The application of the stable isotope of geology[M]. Xi'an: Shanxi Science and Technology Press. 24-27.
- Zhao D X. 1992. Intraclastic structure and gravity-flow sedimentation of manganese rock in Ordovician Modaoxi Formation, Taojiang County, Hunan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 8(4): 386-394 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈群, 胡达骥, 徐页兵. 1999. 开展中国南方优质锰矿矿产资源调查评价的意义和实施建议[J]. 地质与勘探, 35(5): 1-4.
- 福尔 G. 1983. 同位素地质学原理[M]. 北京: 科学出版社. 102-103, 270.
- 侯宗林, 薛友智, 黄金水, 林友焕, 刘红军, 姚敬劬, 朱恺军. 1997. 扬子地台周边锰矿[M]. 北京: 冶金工业出版社. 76-111.
- 湖南省地质矿产局. 1990. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 1-360.
- 李英. 1989. 同生热液成矿的地球化学标志[J]. 矿物岩石地球化学通讯(1): 46-48.
- 李英. 1990. 大陆边缘沉积盆地演化中的热水沉积作用[J]. 矿物岩石地球化学通讯(4): 226-228.
- 骆华宝. 2002. 我国优质锰矿的勘查方向[J]. 地质与勘探, 38(4): 8-11.
- 饶雪峰, 范德康. 1990. 湘中桃江中奥陶统黑色岩系岩石地球化学及成因[J]. 岩石学报, 9(3): 78-86.
- 肖庆华, 惠卫东, 秦克章. 2007. 东疆中天山北缘大水锰矿带锰矿成因类型及找矿方向探讨[J]. 矿床地质, 26(1): 89-97.
- 杨振强, 蒋德和, 赵时久. 1993. 湘中地区奥陶系含锰层中稳定同位素组成的沉积学新解释[J]. 岩相古地理, 13(2): 25-36.
- 姚敬劬, 苏长国, 彭三国, 等. 1998. 湘中湘南古构造成锰盆地及锰矿找矿[M]. 北京: 冶金工业出版社. 82-93, 136-164.
- 姚培慧(主编). 1984. 中国锰矿志[M]. 北京: 地质出版社. 21-335.
- 张理刚. 1983. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社. 24-27.
- 赵东旭. 1992. 湖南桃江奥陶系磨刀溪组锰质岩的内碎屑结构和重力流沉积[J]. 岩石学报, 9(4): 386-394.