

湖南省沉积型锰矿地质环境及成矿作用

石少华,唐分配,罗小亚,陈剑锋

(湖南省地质调查院 湖南长沙 410116)

[摘要]湖南省沉积型锰成矿时代跨度大,最早由早元古代板溪群马底驿期至早二叠世孤峰期。其中,早南华纪大塘坡期、中奥陶世烟溪期及中二叠世孤峰期为三个最主要成锰集中期,并且大体呈现出朝东南方向成矿时代变新的趋势。成锰沉积盆地是锰矿床就位的重要场所,相应的岩相古地理环境为锰成矿创造了有利条件,即相对缺氧的、滞流的安静环境。这种环境在诸多古地理环境中都可以形成,导致了锰成矿岩相古地理环境的多样性,如浅海陆棚相、次深海棚缘盆地相、次深海台缘斜坡相及陆表次深海海盆相。三个主要成锰期锰成矿作用具有统一性,成矿作用与地壳拉张、海侵事件、缺氧事件等区域性重大地质事件关联密切。

[关键词] 沉积型锰矿 地质环境 成矿作用 岩相古地理 拉张环境 缺氧环境 湖南省

[中图分类号] P534; P611.2+2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2016)02-0209-11

DOI: 10.13712/j.cnki.dzykt.2016.02.002

Shi Shao-hua, Tang Fen-pei, Luo Xiao-ya, Chen Jian-feng. Geological environment and mineralization of sedimentary manganese deposits in Hunan Province [J]. Geology and Exploration, 2016, 52(2):0209-0219

锰矿是湖南的优势矿种,资源丰富,类型齐全,开发利用历史悠久,同时,湖南成矿条件优越,锰矿资源找矿潜力巨大。沉积型锰矿为湖南省内最重要的锰矿产类型,以“湘潭式”、“桃江式”及“民乐式”锰矿为典型代表。前人就这些主要沉积型锰矿典型矿床地质特征及成矿作用等进行了较多的总结研究(蒋德和等,1985;祝寿泉,1996;罗灿辉,1998; Tang *et al.*, 1999; 于沛然,2008),但对全省各主要成锰期内锰成矿作用及不同成锰期成矿作用对比研究鲜有开展。本文在前人有关湖南省内典型矿床研究认识基础上,对湖南省沉积型锰矿床分布、主要含锰地层与含锰岩系、主要成锰期岩相古地理进行了较全面的研究,对湖南省沉积型锰矿成矿作用进行了探讨。

1 湖南省沉积型锰矿的分布

湖南省锰矿资源丰富,点多面广,贫矿多,富矿少。大多为中、小型矿床,但少数的大型矿床往往决定着锰矿床分布的时空格局,如产于早南华

世大塘坡期的湘西花垣民乐锰矿及湘中湘潭锰矿,产于中奥陶世烟溪期的桃江响涛源锰矿,以及产于中二叠世孤峰期的东湘桥锰矿。类型上,有沉积型、变质型、热液型、表生型及以上各类型的复合叠加。其中,沉积型锰矿是最重要的类型。锰矿赋存层位时代跨度大,由老至新有元古界板溪群马底驿组、下南华统大塘坡组、下震旦统陡山沱组、下寒武统小烟溪组、中奥陶统烟溪组、中上泥盆统棋梓桥组和余田桥组、石炭系大塘阶组及壶天群、中二叠统孤峰组。其中,马底驿组、棋梓桥组及余田桥组发育的锰矿床虽然较上规模,但成矿均为后期热液或表生叠加形成,这些层位仅仅是经历了成岩阶段锰的初始富集。其余赋锰层位赋存了全省60%以上的资源储量,最主要的沉积型赋锰层位有大塘坡组、烟溪组及孤峰组。其中,大塘坡组的锰矿占49%以上,为省内最重要的赋锰层位。烟溪组锰矿所占资源储量比例较少,但质量好,多为优质锰矿资源。孤峰组锰矿分布上很广,但品位普遍较低,已开采利用的多为经后

[收稿日期] 2015-07-03; **[修订日期]** 2016-01-25; **[责任编辑]** 陈伟军。

[基金项目] 湖南省矿业权价款地质勘查项目“湖南省沉积型锰矿评价与找矿方向研究”(编号:201003003)及全国矿产资源潜力评价项目“湖南省锰矿资源潜力评价”(编号:1212011121015)联合资助。

[第一作者] 石少华(1979年-),男,2011年毕业于中国科学院地球化学研究所,博士,高级工程师,长期从事地质调查及矿产勘查工作。
E-mail: ssh311@163.com。

期表生富集的氧化锰矿石。锰矿床成矿时代上, 呈现出自北西朝东南方向由老至新分布的特点。大塘坡期锰矿大量地分布在湘西, 泸溪、凤凰、花垣、麻阳、大庸等地, 湘中, 湘潭、湘乡、宁乡等地, 及湘西南, 洞口、黔阳一带。烟溪期锰矿集中分布

在湘中段, 东起益阳南坝, 经桃江响涛源、宁乡月山, 再至桃江黄土塘, 近东西方向延展, 湘南有少量分布。孤峰期锰矿在邵阳-衡阳一线以南地区分布, 其中以零陵、邵阳、邵东、新邵、桂阳、耒阳、常宁等地最为发育(图 1)。

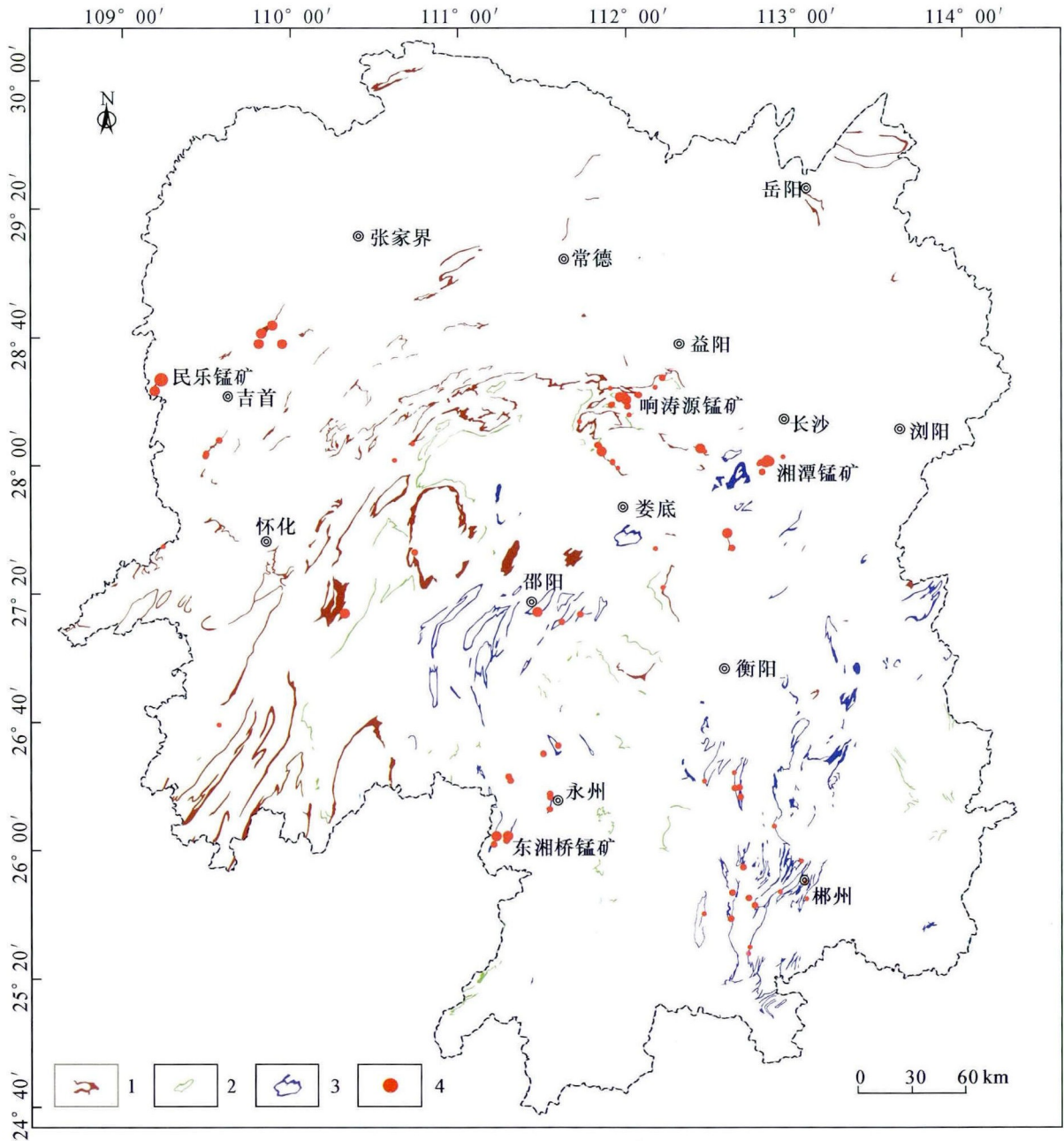


图 1 湖南省主要沉积型锰矿床及主要赋锰地层分布

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of sedimentary manganese deposits and manganese-bearing formation in Hunan

1 - 下南华统大塘坡组; 2 - 中奥陶统烟溪组; 3 - 中二叠统孤峰组; 4 - 主要成锰期沉积型锰矿床/点

1 - Datangpo formation of lower Nanua system; 2 - Yanxi formation of middle Ordovician; 3 - Gufeng formation of middle Permian; 4 - manganese ore deposit and mineral occurrence formed at dominant manganese mineralization periods

2 主要含锰地层与含锰岩系

2.1 主要含锰地层

2.1.1 下南华统大塘坡组

目前,比较认可的是华南地区在南华纪发生了两次冰川事件——南沱冰期与江口冰期,并分别与全球性的 Marinoan 和 Sturtian 雪球事件对应,两者之间的间冰期为大塘坡期。间冰期大塘坡组形成了以炭质、粉砂质页岩为主体的岩石组合,是湖南省最重要的锰矿形成时期,形成了花垣民乐锰矿、湘潭锰矿等矿床,主要分布于湘西、湘中及湘西南地区。就地层的发育而言,湘中厚度最小,向湘西南增厚,到江口厚度最大,均有锰矿产出。湘南桂阳一带为变质泥质岩与粗碎屑岩互层,基本未见锰沉积。本组的化石主要为疑源类微古植物,大量的蓝绿藻类化石在矿石中呈细粒状、不规则状的集合体或假鲕状产出。

湘西地区,锰矿一般产于大塘坡组下部,有工业锰矿层二层,由若干似层状、透镜状矿体紧密交叠而成。矿石中有机组分含量一般为 2.0% ~ 2.5%,炭质常与粘土质组成相间的细纹层,纹理宽一般为 0.1mm ~ 0.3mm,呈平直或微弯曲密集相间排列。湘中地区,含矿地层主要为黑色炭质页岩、条带状含炭质、粉砂质页岩夹似层状碳酸锰矿,矿层之下为灰色硅质页岩,黄铁矿很多呈薄层产出。矿层之上为深黑色页片状炭质页岩,含少量星点状或结核状黄铁矿。矿体呈层状、似层状产出,一般只有一层,局部于主矿层之上 2m ~ 4m 处黑色页岩中有 1 ~ 2 层透镜状小矿体。湘西南地区,该区段大塘坡组内夹碳酸锰矿三层。主矿层产于大塘坡组底部,距底板 1m ~ 5m,矿体呈似层状产出,沿倾斜方向厚度变化较大,一般 0.4m ~ 2.0m,深部为 0.4m ~ 6.2m。中间是局部的小矿体,主要由互层状、薄层状菱锰矿石组成;顶部矿体由互层状、薄层状、角砾状、块状矿石组成,呈小透镜状产出。

2.1.2 中奥陶统烟溪组

中奥陶统大致以吉首、常德桃源一线为界,西北侧为碳酸盐台地沉积,沉积了宝塔组的泥质灰岩,少量地分布于湘西北、湘北及湘东北临湘一带;而东南侧为水深较大的外陆架盆地烟溪组的一套黑色炭质页岩、硅质页岩、粉砂质页岩沉积。锰矿主要赋存于湘中地区的烟溪组中。另外,湘中及湘南地区上覆于烟溪组的天马山组底部,浅变质长石石英砂岩、粉砂岩与泥岩互层的一套陆缘碎屑沉积中亦有少量碳酸锰矿沉积。烟溪组含

丰富的笔石化石,且一般均保存较好,排列无定向,另有少量三叶虫及腕足类化石。

锰成矿部位为黑色页岩与灰岩之间,且两者之间常有灰白色粘土岩分布,蒋德和等(1995)研究认为粘土岩的形成受火山活动控制,表现在北部地区的益阳南坝一带粘土层位中有火山凝灰岩,往南至桃江响涛源一带的粘土岩中仍含有一定数量的火山碎屑,并见有残留的蒙脱石等矿物。矿层一般与本组岩石厚度呈正相关关系,地层厚度大,则矿层稳定,厚度也大。含矿一般一层,有些地区可见 2 ~ 4 层,矿层延伸长一般 700m ~ 2500m,矿体呈似层状或透镜状,碳酸锰单层矿层一般厚 0.2m ~ 1m,厚者可达 2m ~ 3m,层位稳定,但沿走向、倾向矿体分枝复合、尖灭再现,沿倾向往深部变薄变贫。

2.1.3 中二叠统孤峰组

大致以城步 - 洞口 - 涟源 - 萍乡为界,往湘北及湘西北地区为茅口组,其岩性为中层至厚层块状的灰色至深灰色石灰岩和生物碎屑岩,含较多的燧石团块或条带;往南为碳酸盐浊积盆地,沉积了一套灰黑色、褐黑色的薄层硅质岩、硅质页岩和泥页岩,夹少量泥灰岩和石灰岩,称孤峰组。孤峰组分布的最典型化石为菊石类,另有腕足类及放射虫等的分布。赋存于该层位锰矿的显著特点是矿床(点)多、规模小,矿石贫锰、高铁、高磷及高硅。沉积的碳酸锰矿一般只是在小部分地区有矿床存在,大部分地区的工业矿体都是经过次生富集的氧化锰。

2.2 含锰岩系

尽管用法和解释有所不同,但大量的地学文献都试图抛开时间或空间羁绊,使用沉积建造或类似的术语来研究沉积岩之间的相互关系及其组合规律。由于对大地构造、沉积学、古气候及矿床成因等沉积建造构成部分认识的不确定性,现有有关含锰沉积建造的认识及分类(黄世坤等,1985;孟祥化等,1985;姚敬劬等,1995;Fan *et al.*, 1999)亦很难统一。目前,我国大多数地学工作者采用的方法是,仅限于把某一地层单位中的含锰岩系的特征岩石共生组合作为分类命名的依据。姚敬劬等(1995)根据沉积环境和地球化学特点将含锰岩系划分为六大类:黑色炭质泥岩系、泥质(碎屑)岩系、碳酸盐岩系、钙硅泥岩系、硅质岩系和红色泥砾岩系。湖南省沉积型锰矿含锰岩系主要有黑色炭质泥岩系及硅质岩系两类。

其一,黑色炭质泥岩系,产出层位为下南华统大

塘坡组和中奥陶统烟溪组,是湖南省最重要的含锰岩系。下南华统大塘坡组黑色炭质泥岩系,由一套纹层状、薄层状富含炭质及黄铁矿的黑色页岩、粘土岩、局部含锰灰岩,夹碳酸锰矿层组成,厚十几米到四、五十米。碳酸锰矿层通常呈大型层状、似层状、或呈碳酸锰夹黑色页岩的韵律互层。富含种类繁多的蓝藻类和有机质。属南华纪间冰期的沉积物,形成于扬子陆块东南被动陆缘,与加里东早期拉张构造背景有关的裂陷盆地环境。代表性矿床有民乐及湘潭锰矿等。中奥陶统烟溪组黑色炭质泥岩系,由富含笔石、三叶虫和介壳类混生化石的水平纹层状、条带状、块状含黄铁矿页岩、粘土岩、夹碳酸锰和生物碎屑灰岩、泥灰岩组成,通常厚度 10m~30m。碳酸锰矿体呈层状、似层状延伸。属扬子陆块东南缘台地斜坡的非补偿边缘海盆地沉积,形成了低磷低铁的优质锰矿带,代表性矿床有响涛源锰矿。

其二,硅质岩系,产出层位为中二叠统孤峰组,为一套硅质岩、硅质泥页岩、含锰灰岩和钙质页岩,局部可富集成矿。一般厚十几米到一百多米,含菊石、有孔虫、头足类、腕足类等生物化石。锰矿层通常含锰量较低($<12\%$),赋存于该层位的锰矿床(点),多为后期表生富集的产物,在湘南有大量分

布,且集中于绥宁-邵阳及郴州-衡阳地区。与湘北、湘西北中上扬子陆块茅口组同属浅海裂陷台盆半深海相沉积物。代表性矿床有东湘桥锰矿。

其它含锰岩系或多或少在湖南省内亦有分布,但或其内无工业价值的锰矿床,或所产锰矿床为后期地质作用富集的产物。如含锰碳酸盐岩系,岩性组合主要为灰岩或白云岩,泥盆系棋梓桥组即为此含锰岩系,其内锰矿床主要为后期热液改造富集而成。代表性矿床有后江桥及玛瑙山矿床。含锰红色泥砾岩系主要是矿胚层通过红土化作用形成的含锰质结合的红色、砖红色、棕黄色粘土、亚粘土层,广布于其它各类型含锰岩系分布区。

3 主要成锰期岩相古地理

在前人有关华南地区与主要成锰期对应各地质时期岩相古地理研究基础上(王立亭等,1994;夏文杰等,1994;周名魁等,1994;姚敬劬等,1998),综合考虑了湖南省大地构造演化、古构造、岩浆活动及含锰地层与岩系等,对三个主要成锰期岩相古地理环境进行了划分(表1、图2、图3、图4)。本文岩相古地理分类命名方法采用刘宝珺(1985)的标准。

表1 湖南省主要成锰期沉积岩相与古地理类型

Table 1 Sedimentary facies and paleogeography of 3 manganese mineralization periods in Hunan

时代	沉积环境	相	亚相	沉积岩相
晚南 华世 大塘 坡期	滨浅海	海岸相	河口湾、冲积扇等	含砾砂岩、砂岩相 粉砂岩、泥岩相
			陆棚平原亚相	砂岩、粉砂岩、泥岩相
	浅海	陆棚相	陆棚浅滩亚相	砂岩、粉砂岩相
			棚内盆地亚相	砂岩、泥岩、锰碳酸盐相
			正常盆地沉积	凝灰质砂岩、含砾砂岩、泥岩相
			棚内盆地亚相	粉砂岩、泥岩、碳酸盐岩相
次深海	棚缘盆地相	棚内盆地亚相	凝灰质砂岩、泥岩、锰碳酸盐岩相	
		粉砂岩、泥岩相	粉砂岩、泥岩、碳酸盐相	
中奥 陶世 烟溪 期	浅海	碳酸盐开阔台地相	泥质灰岩、灰岩及瘤灰岩相	
		台缘陆棚相	钙质页岩、泥灰岩相	
	次深海	台缘斜坡相	上斜坡亚相	炭质页岩、硅质页岩、泥岩相
			下斜坡亚相	炭质页岩、硅质页岩、锰碳酸盐岩相
		陆缘浅盆相		砂质页岩、硅质岩相
				硅质、硅泥质泥岩相 泥质、硅质灰岩相
中二 叠世 孤峰 期	浅海	碳酸盐开阔台地相	泥质灰岩、白云质灰岩相	
		台缘斜坡相	硅质岩、硅质页岩、泥质岩相	
	次深海	海盆相	碳酸盐岩碎屑、砾岩相 页岩、泥灰岩、硅质岩相 页岩、硅灰岩、锰碳酸盐岩相	

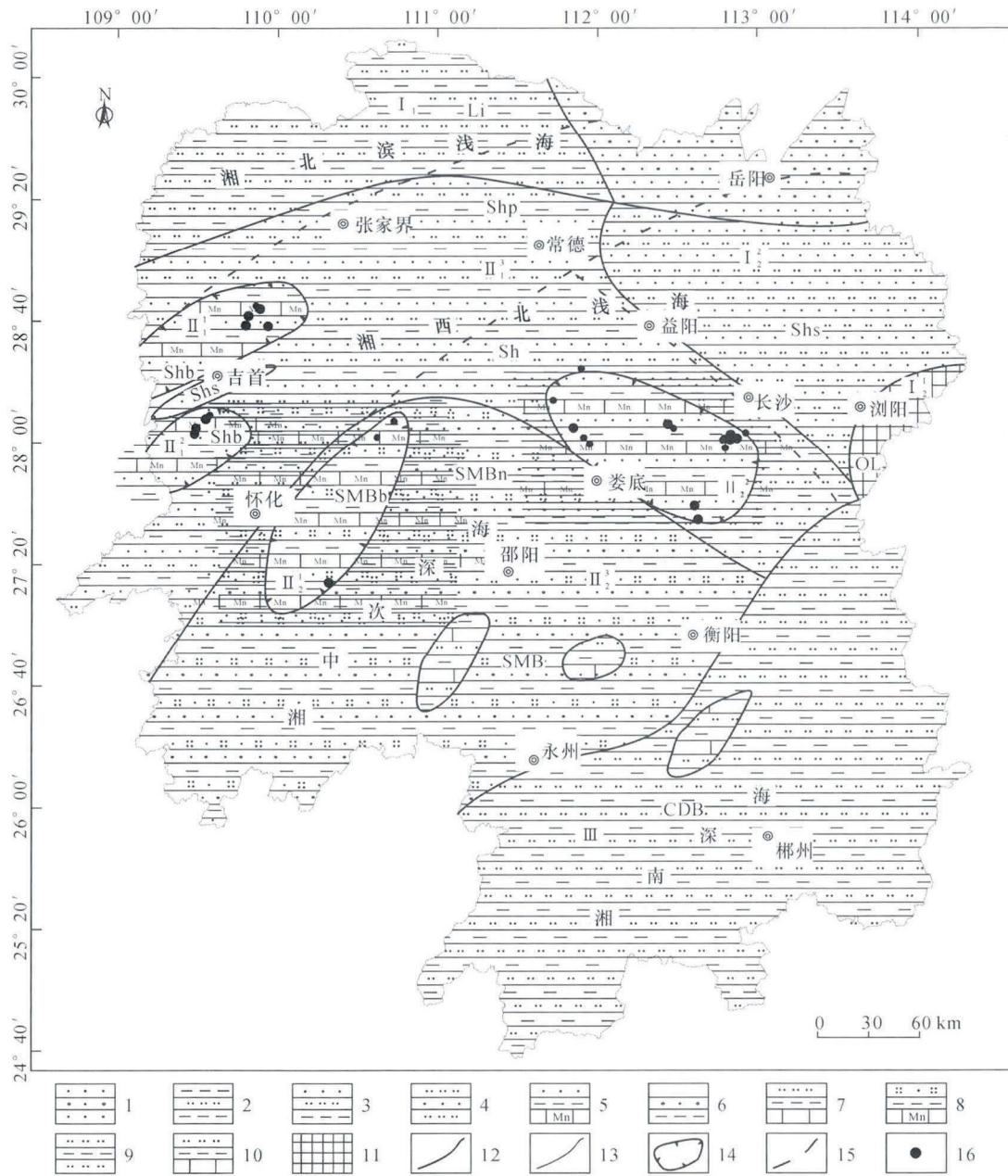


图 2 湖南省早南华世大塘坡期岩相古地理

Fig.2 Sketch map showing sedimentary facies and paleogeography of Datangpo period in early Nanhua, Hunan

沉积相/亚相:Li-海岸相;Sh-陆棚相;Shp-陆棚平原亚相;Shs-陆棚浅滩亚相;Shb-棚内盆地亚相;SMB-棚缘盆地;SMBn-正常沉积盆地;SMBb-棚内盆地亚相;古地理单元: I₁-上扬子陆块; I₂-下扬子陆块; I_{1/2}-江南低地; I_{2/2}-江南隆起; II-扬子陆块东南被动大陆边缘; II₁-武陵断陷盆地; II₁¹-花垣成锰沉积盆地; II₁²-凤凰成锰沉积盆地; II₁³-铎垒单元; II₂-湘桂断陷盆地; II₂¹-黔阳成锰沉积盆地; II₂²-湘潭成锰沉积盆地; II₂³-铎垒单元; III-华夏裂谷盆地;沉积岩相:1-含砾砂岩、砂岩相;2-粉砂岩、泥岩相;3-砂岩、粉砂岩、泥岩相;4-砂岩、粉砂岩相;5-砂岩、泥岩、锰碳酸盐相;6-凝灰质砂岩、含砾粉砂岩、泥岩相;7-粉砂岩、泥岩碳酸盐相;8-凝灰质砂岩、泥岩、锰碳酸盐相;9-粉砂岩、泥岩相;10-粉砂岩、泥岩、碳酸盐相;11-古陆;12-沉积岩相界线;13-沉积亚相界线;14-成锰沉积盆地;15-古地理单元界线;16-大塘坡期沉积型锰矿床/点

sedimentary facies and sub-facies: Li-littoral-shallow sea face; Sh-shelf face; Shp-shelf-plain face; Shs-shelf-shoal face; Shb-shelf-basin face; SMB-shelf marginal basin; SMBn-normal sedimentary basin; SMBb-basin in shelf; paleogeography units: I₁-upper Yangtze block; I₂-lower Yangtze block; I_{1/2}-Jiangnan lowland; I_{2/2}-Jiangnan uplift; II-southeastern passive continental margin of Yangtze block; II₁-Wuling rift basin; II₁¹-Huayuan manganese sedimentary basin; II₁²-Fenghuang manganese sedimentary basin; II₁³-horst-graben unit; II₂-southern Hunan-northern Guangxi rift basin; II₂¹-Qianyang manganese sedimentary basin; II₂²-Xiangtan manganese sedimentary basin; II₂³-horst-graben unit; III-Cathaysia rift basin; sedimentary lithofacies: 1-conglomeratic sandstone and sandstone face; 2-siltite and mudstone face; 3-sandstone, siltite and mudstone face; 4-sandstone and siltite face; 5-sandstone, mudstone and Mn-bearing carbonate face; 6-tuffaceous sandstone, conglomeratic sandstone and mudstone face; 7-siltite and muddy carbonate face; 8-tuffaceous sandstone, mudstone and Mn-bearing carbonate face; 9-siltite and mudstone; 10-siltite, mudstone and carbonate face; 11-old land; 12-boundary of sedimentary face; 13-boundary of sedimentary sub-face; 14-manganese sedimentary basin; 15-boundary of paleogeography unit; 16-manganese ore deposit and mineral occurrence of Datangpo period

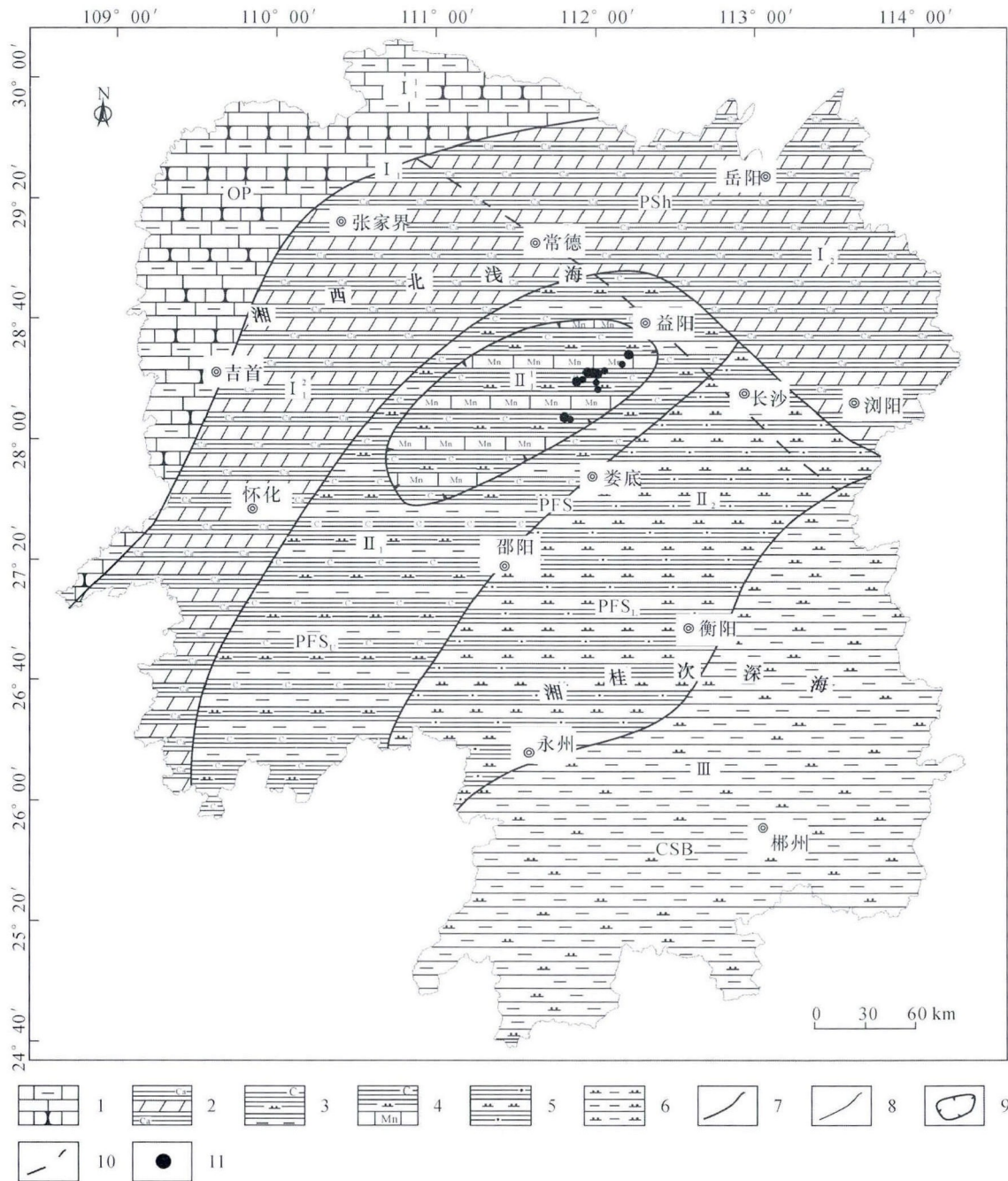


图3 湖南省中奥陶世烟溪期岩相古地理

Fig.3 Sketch map showing sedimentary facies and paleogeography of Yanxi period of middle Ordovician, in Hunan

沉积相/亚相:OP-碳酸盐开阔台地相;PSh-台缘陆棚相;PFS-台缘斜坡相;PFS_上-上斜坡相;PFS_下-下斜坡相;CSB-陆缘浅盆相;古地理单元:I₁-上扬子陆块;I₁'-湘鄂开阔盆地;I₂'-湘黔台缘陆棚;I₂-下扬子陆块;II-扬子东南台缘斜坡;II₁-上斜坡;II₁'-桃江成锰沉积盆地;II₂-下斜坡;III-湘东南陆缘盆地;沉积岩相:1-泥质灰岩、灰岩及瘤状灰岩相;2-钙质页岩、泥灰岩相;3-炭质页岩、硅质页岩、泥岩相;4-炭质页岩、硅质页岩、锰碳酸盐岩相;5-砂质页岩、硅质岩相;6-硅质、硅泥质泥岩相;7-沉积岩相界线;8-沉积亚相界线;9-成锰沉积盆地;10-古地理单元界线;11-烟溪期沉积型锰矿床/点

sedimentary facies and sub-facies: OP-open carbonate platform face; PSh-platform marginal shelf face; PFS-platform marginal slope face; PFS_上-upper platform marginal slope face; PFS_下-lower platform marginal slope face; CSB-continental marginal shoal basin; paleogeography units: I₁-upper Yangtze block; I₁'-northern Hunan-southern Hubei open basin; I₂'-Hunan-Guizhou shelf of platform margin; I₂-lower Yangtze block; II-platform marginal slope of the southeastern Yangtze block; II₁-upper slope; II₁'-Taojiang manganese sedimentary basin; II₂-lower slope; III-platform marginal basin of southeastern Hunan; sedimentary lithofacies: 1 - argillaceous limestone, limestone and nodular limestone face; 2-cal-shale, argillaceous limestone face; 3 - carbonaceous shale, siliceous shale and mudstone face; 4 - carbonaceous shale, siliceous shale and Mn-carbonate face; 5 - sandy shale and silicalite face; 6 - silicalite and siliceous mudstone face; 7 - boundary of sedimentary face; 8 - boundary of sedimentary sub-face; 9 - manganese sedimentary basin; 10 - boundary of paleogeography unit; 11 - manganese ore deposit and mineral occurrence of Yanxi period

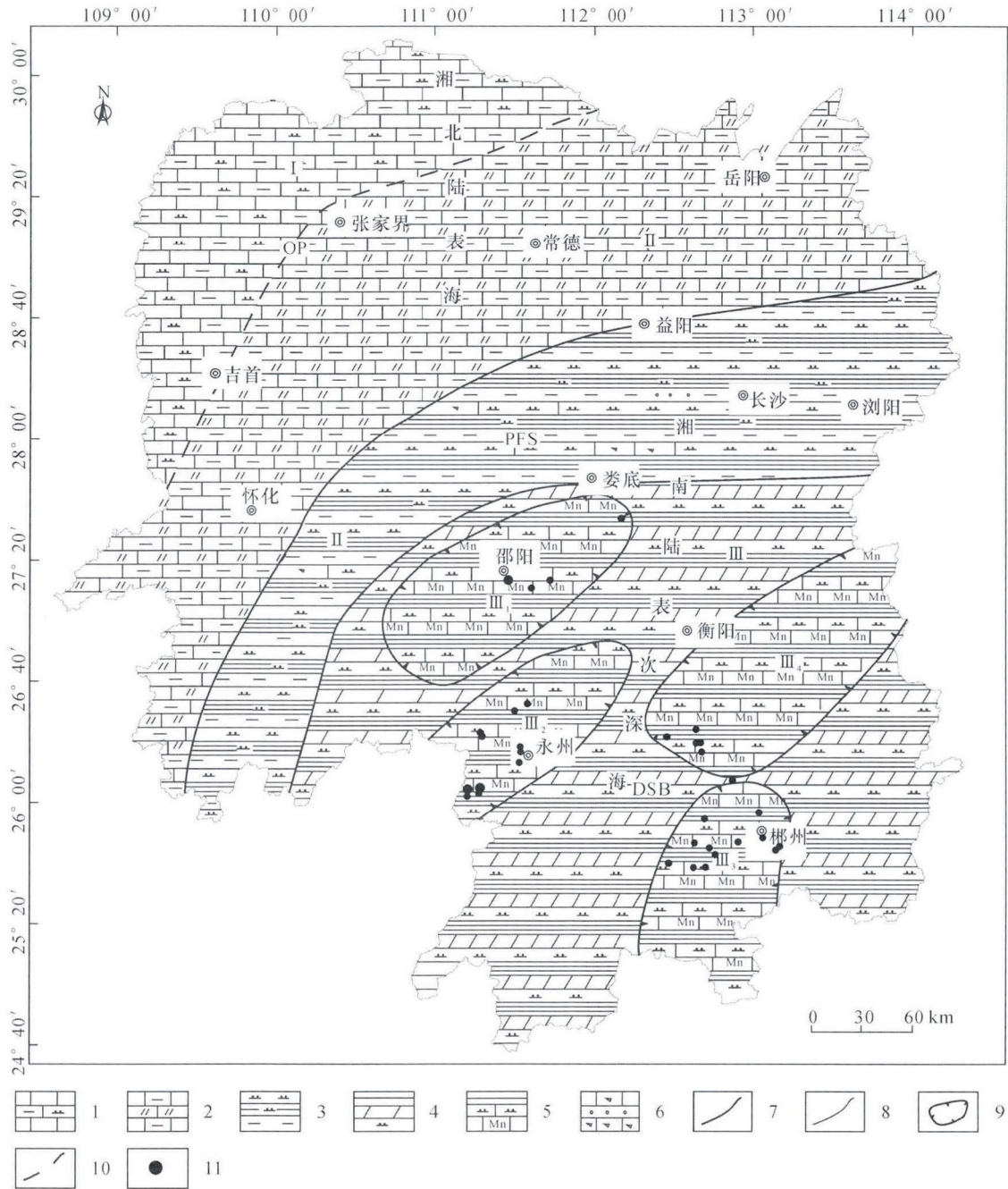


图 4 湖南省中二叠世孤峰期岩相古地理

Fig. 4 Sketch map showing sedimentary facies and paleogeography of Gufeng period of middle Permian, in Hunan

沉积相/亚相: OP - 碳酸盐开阔台地相; PFS - 台缘斜坡相; DSB - 海盆相; 古地理单元: I - 上扬子陆块; II - 江南隆起; III - 湘东南陆缘盆地; III₁ - 邵阳成锰沉积盆地; III₂ - 永州成锰沉积盆地; III₃ - 桂阳成锰沉积盆地; III₄ - 衡东成锰沉积盆地; 沉积岩相: 1 - 泥质、硅质灰岩相; 2 - 泥质灰岩、白云质灰岩相; 3 - 硅质岩、硅质页岩、泥质岩相; 4 - 页岩、泥灰岩、硅质岩相; 5 - 页岩、硅灰岩、锰碳酸盐岩相; 6 - 碳酸盐岩碎屑、砾岩相; 7 - 沉积岩相界线; 8 - 沉积亚相界线; 9 - 成锰沉积盆地; 10 - 古地理单元界线; 11 - 孤峰期沉积型锰矿床/点

sedimentary facies and sub-facies: OP - open carbonate platform face; PFS - platform marginal slope face; DSB - deep sea basin; paleogeography units: I - upper Yangtze block; II - Jiangnan uplift; III - platform marginal basin of southeastern Hunan; III₁ - Shaoyang manganese sedimentary basin; III₂ - Yongzhou manganese sedimentary basin; III₃ - Guiyang manganese sedimentary basin; III₄ - Hengdong manganese sedimentary basin; sedimentary lithofacies: 1 - argillaceous and siliceous limestone face; 2 - argillaceous and dolomitic limestone face; 3 - silicalite, siliceous shale and mudstone face; 4 - shale, argillaceous limestone and silicalite face; 5 - shale, siliceous limestone and Mn-bearing carbonate face; 6 - carbonaceous clastic and conglomerate face; 7 - boundary of sedimentary face; 8 - boundary of sedimentary sub-face; 9 - manganese sedimentary basin; 10 - boundary of paleogeography unit; 11 - manganese ore deposit and mineral occurrence of Gufeng period

与锰矿沉积密切关联的岩相环境如下:

棚内盆地亚相:为早南华纪大塘坡期含锰建造分布的主要沉积相之一,是湘西北浅海陆棚上局限滞流的沉积环境,其形成原因可以是由于地形低洼长期处于风暴浪基面之下,造成水体滞流的环境;或者是由于周围有相对隆起的浅滩或岛屿起障壁作用而形成局限环境。根据含锰岩系、锰矿床(点)等分布情况,划分出了三个成锰沉积盆地:花垣盆地、凤凰盆地、及湘潭盆地。另外,同期湘中次深海棚缘盆地内,沉积环境及成因等与浅海陆棚相盆内沉积亚相类似,且沉积岩性组合中出现了含碳酸盐岩及碳酸盐岩,为含锰岩系分布的又一沉积相。主要成锰沉积盆地为黔阳盆地。

台缘斜坡相:该沉积相带内沉积特征极不相同,以湘中一带的烟溪组为代表,厚度不大,约20m,为一套黑色炭质页岩、硅质页岩、粘土质页岩夹含锰灰岩或钙质白云岩,有的地段可构成碳酸锰矿。水平微层理发育,以笔石为主,偶见浮游生活的三叶虫,在新化炉观、桃江一带还发现放射虫和硅质海绵骨针。其内的桃江成锰沉积盆地,发育了中奥陶世最重要的锰矿矿集区。

次深海海盆相:江南水下隆起区东南的湘桂盆地为次深海海盆相,是整个南方早二叠世海水最深的相带,沉积了一套硅质岩系。硅质岩系底部以灰黑色、黑色页岩、钙质页岩、泥质灰岩为主,夹泥质灰岩、白云质灰岩及硅质岩。上部主要为灰黑色、棕褐色含锰硅质岩、硅质灰岩,夹页岩、硅质灰岩、泥质灰岩。主要生物化石有头足类、腕足类、双壳类、菊石等。在海盆张裂的凹陷槽中,集中沉积了一套含锰硅质岩,至少可划分出四个成锰沉积盆地:邵阳盆地、永州盆地、桂阳盆地及衡东盆地。

4 成矿作用讨论

4.1 拉张环境与锰成矿

尽管三个主要成锰期锰成矿在不同的构造演化阶段都各具特色,但是锰矿的分布却仅局限在与离散的拉张环境有关的沉积盆地中。拉张环境对锰成矿的贡献至少体现在2个方面:①造就了容矿的成锰盆地,为锰的沉淀创造了有利的相对滞流的、较为平静的环境。②深部乃至幔源物质上涌,为成矿提供矿质来源,主要表现为各成锰期成锰盆地或近盆的热卤水或海底火山活动。大塘坡期:在益阳石羊庄有安山质-英安质火山角砾及凝灰熔岩流和火山集块岩等喷发;隆回石桥铺有安山质火山角砾喷发;

黔阳山石洞有角砾状玻基玄武岩流喷溢。烟溪期:益阳南坝一带粘土岩层位中有火山凝灰岩,往南至桃江响涛源一带的粘土岩中仍含有一定数量的火山碎屑,并见有残留的蒙脱石矿物(湖南省地质矿产局,1985)。

4.2 岩相古地理对锰成矿的约束

岩相古地理对锰成矿的约束主要体现在营造了相对缺氧的、滞流的安静环境,这种环境在诸多古地理环境中都可以形成,如本次研究的三个主要成锰期锰成矿古地理环境就有浅海陆棚相、棚缘盆地相、次深海台缘斜坡相、次深海海盆相等。考虑矿质供给及沉淀等因素,不难对各成锰期锰成矿分布及规模做出解释。各个相带中锰矿分布模式示意图见图5:

(1) 浅海陆棚相带

这类沉积相带对锰的成矿是最为有利的,因为处于这类相带中的成锰沉积区既是滞流安静的环境,水体又相对较浅,有更多的藻类等浮游生物发育。同时,更为重要的是,成锰沉积区外为广袤分布的陆棚平原,可以大规模接受来自深源或陆源等的矿质,并逐步在相对低洼的成锰沉积盆地中就位成矿。以民乐及湘潭锰矿为代表,称之为“湘潭式”(图5a)。

(2) 台缘斜坡相带

台缘斜坡相带是水流较为畅通的环境,但局部地带由于上翻洋流等影响,营养物质被带到斜坡带表层水体中,在这个地带生物具有很高的繁育力和生产力,这样使得水体的氧化作用减弱,从而导致后来形成氧的最低值,造就缺氧滞流环境。以响涛源锰矿为代表,称之为“桃江式”(图5b)。

(3) 深水盆地相带

沉积成岩及成矿方式与浅海陆棚相带类似,主要区别之处在于水体更深,这类水体光合作用所能到达的界面有限,下部水体光合作用减弱,耗氧量增加,极易形成缺氧环境。此类相带远离陆缘,陆缘物质很难对其形成有效供给。可细化为以黑色页岩为主的次深海棚缘盆地沉积,代表性沉积成矿区如大塘坡期黔阳成锰沉积区;以硅质岩为主的次深海海盆沉积区,整个湘南地区孤峰组均属于此(图5a)。

4.3 缺氧环境与锰成矿

华南地区新元古代-古生代发育多幕次的大洋缺氧事件,已有研究成果表明,新元古代至少发育两次:早南华世大塘坡期及震旦纪陡山沱和灯影期。

古生代研究较多且有较多证据的至少有以下期次:早寒武世筇竹寺期、中奥陶世庙坡期、晚奥陶世五峰期、早志留世龙马溪期(姜月华等,1994;李任伟等,1996)、早二叠世孤峰期以及晚二叠世大隆期(吴胜和等,1994)。无一例外,正如拉张环境及岩相古地理约束一样,湖南省主要锰成矿期均为大洋缺氧事件发育时期,具有统一性。南华纪大塘坡组及烟溪组含锰岩系主要为一套黑色岩系,富含有机质,黄铁

矿条带及结核十分发育,含大量浮游生物化石,具典型缺氧环境标识。孤峰组除黑色页岩外,薄层硅质岩十分发育,另外还有暗色纹层状石灰岩。另外,磷的含量高,且以磷结核形式产出,一般呈扁椭球形,结核中含 P_2O_5 为 2% ~ 30%,一般为 10%。泥页岩、石灰岩甚至硅质岩中残余有机碳含量都非常高,形成了黑色页岩-薄层硅质岩-纹层石灰岩的缺氧沉积组合。

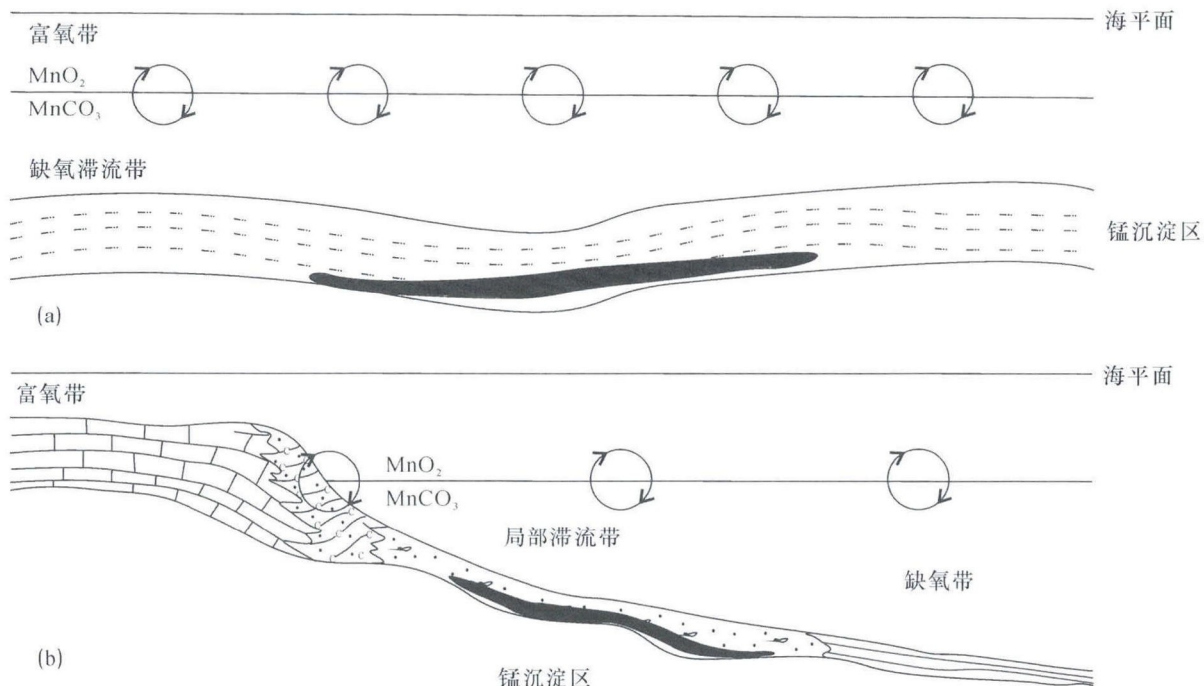


图 5 各沉积相带锰沉淀模式

Fig. 5 Model of manganese precipitation under different sedimentary facies and paleogeography

a - 浅海陆棚及深水盆地相带; b - 台缘斜坡相带

a-shallow sea shelf and deep basin sedimentary environment; b-platform marginal slope sedimentary environment

三个成锰期缺氧环境及其沉积物是多种因素共同作用的结果:①三个成锰期均为海侵期,海侵使水体加深,浪基面上升,光合作用所达到的界面也相应抬升。这样水体下部的光合作用减弱,耗氧量增大。②气候、海水能量及上升洋流等的影响,导致水体垂向混合作用较弱,使较深层水体因供氧不足而氧含量急剧降低。③大塘坡组及孤峰组成锰沉积区均为海底凹陷槽,这种凹陷槽限制了内部海水循环,从而在这些地区形成了停滞的带状水体,出现缺氧环境。缺氧环境水体常成为一种弱酸性还原水体,在这种水体中锰质被不断溶解、还原,使水体中较分散的 Mn^{2+} 相对富集。

5 结论

(1) 湖南省沉积型锰矿成矿作用主要发生于早南华世大塘坡期、中奥陶世烟溪期及中二叠世孤峰期。锰成矿在大塘坡期大量地分布于湘中及湘西段,烟溪期集中于湘中段,孤峰期则分布于湘南地区。大塘坡组及烟溪组含锰岩系为黑色炭质泥岩系,孤峰组为一套硅质岩系。

(2) 成锰沉积盆地是锰矿床就位的重要场所,对应的岩相古地理环境为锰成矿创造了有利条件。大塘坡期——民乐盆地、凤凰盆地及湘潭盆地,岩相古地理环境为浅海陆棚相;黔阳盆地,岩相古地理环境为次深海棚缘盆地相。烟溪期——桃江盆地,岩

相古地理环境为次深海台缘斜坡相。孤峰期——邵阳盆地、永州盆地、桂阳盆地及衡东盆地,岩相古地理环境为陆表次深海海盆相。

(3)对锰成矿作用至关重要的两个因素为区域离散拉张环境及缺氧环境。岩相古地理对锰成矿的约束主要体现在营造了相对缺氧的、滞留的安静环境,由于这种环境在诸多古地理环境中都可以形成,导致了锰成矿岩相古地理环境的多样性。

(4)三个主要成锰期成锰作用具有统一性,成矿作用与地壳拉张、海侵事件、缺氧事件等区域性重大地质事件关联密切。

致谢 湖南省地质调查院朱伦杰高级工程师及陈俊高级工程师在岩相古地理工作开展过程中给予了悉心的指导,审稿专家及编辑部对完善本文提出了许多宝贵意见及建议,在此谨致谢意。

[References]

- Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources. 1985. Regional Geology of Hunan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House; 77-78 (in Chinese)
- Huang Shi-kun, Song Xiong. 1985. Types, ore controlling factors and genesis of manganese ore deposits in China[J]. Geology and Prospecting, 21(10): 1-7 (in Chinese with English abstract)
- Jiang De-he, Yang Zhen-qiang. 1995. Studies of Ore-Forming process of "Taojiang-type manganese", middle Ordovician in Central Hunan Province[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 13(1): 59-68 (in Chinese with English abstract)
- Jiang Yue-hua, Yue Wen-zhe, Ye Zhi-zheng. 1994. Anoxic event, black shales and related mineral resources; taking the Lower Palaeozoic in Southern China as an example[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, (05): 272-278 (in Chinese with English abstract)
- Li Ren-wei, Zhang Shu-kun, Lei Jia-jin, Shen Yan-an, Chen Jing-shi, Chu Xue-lei. 1996. Temporal and spacial variation in $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite from Sinian stratadiscussion on relationship between Yangtze block and the Late Proterozoic supercontinent[J]. Scientia Geologica Sinica, 1996, (03): 2-10 (in Chinese with English abstract)
- Liu Bao-jun, Zeng Yun-fu. 1985. Lithofacies Paleogeography: from Principles to analyses[M]. Beijing: Geological Publishing House; 90-237 (in Chinese)
- Luo Can hui. 1998. Petrographic palaeogeography of early Sinian metallogenic period and minerogenic prognosis of the Xiangtan Mn-orefield [J]. Geology and Prospecting, 26(4): 1-6 (in Chinese with English abstract)
- Meng Xiang-hua, Ge Ming. 1985. A new concept of sedimentary formations and the principles for analysis[J]. Regional Geology of China, 15(5): 67-78 (in Chinese with English abstract)
- Tang Shi-yu, Liu Tie-bing. 1999. Origin of the early Sinian Minle manganese deposit, Hunan Province, China[J]. Ore Geology Reviews, 15: (2): 71-78
- Wang Li-ting, Lu Yan-bang, Zhao Shi-jiu, Luo Jing-hui. 1994. Permian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House; 81-84 (in Chinese with English abstract)
- Wu Sheng-he, Feng Zeng-zhao, He You-bin. 1994. Study on anoxic environments of Permian in the Middle and Lower Yangtze Region[J]. Acta Sedimentologica Sinica, (02): 29-36 (in Chinese with English abstract)
- Xia Wen-jie, Du Sen-guan, Xu Xin-huang. 1994. Sinian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China[M]. Beijing: Geological Publishing House; 24-70 (in Chinese with English abstract)
- Yao Jing-qu, Wang Liu-ming, Su Chang-guo. 1995. Manganese mineralization in the Southern Margin of Yangtze Plate and its Adjacent Areas[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press; 33-35 (in Chinese)
- Yao Jing-qu, Su Chang-guo, Peng San-guo. 1998. Manganese-forming Sedimentary Basins and Manganese Prospecting in Central and Southern Hunan[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press; 41-70 (in Chinese)
- Yu Pei ran. 2008. Geologic characters and prospect in Huayuan Mingle Mn-ore deposit of Hunan[J]. China's Manganese Industry, 26(4): 9-13 (in Chinese with English abstract)
- Zhou Ming-kui, Wang Ru-zhi, Li Zhi-ming. 1994. Ordovician Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China[M]. Beijing: Geological Publishing House; 28-45 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Shou quan. 1996. Characteristics of Taojiang-type hydrothermal sedimentary manganese deposits[J]. Geological Review, 42(5): 397-403 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 湖南省地质矿产局. 1988. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社: 77-78
- 黄世坤, 宋雄. 1985. 我国锰矿类型、控矿因素及成因探讨[J]. 地质与勘探, 21(10): 1-7
- 蒋德和, 杨振强. 1995. 湘中地区中奥陶统“桃江式”锰矿的成矿作用研究[J]. 沉积学报, 13(1): 59-68
- 姜月华, 岳文浙, 业治铮. 1994. 华南下古生界缺氧事件与黑色页岩及有关矿产[J]. 有色金属矿产与勘查, 3(05): 272-278
- 李任伟, 张淑坤, 雷加锦, 沈延安, 陈锦石, 储雪蕾. 1996. 震旦纪地层黄铁矿硫同位素组成时-空变化特征及扬子地块与晚元古超大陆关系的论证[J]. 地质科学, 31(03): 2-10
- 刘宝珺, 曾允孚. 1985. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京: 地质出版社: 90-237
- 罗灿辉. 1998. 湘潭锰矿田早震旦世成矿期岩相古地理及成矿预测[J]. 地质与勘探, 26(4): 1-6
- 孟祥化, 葛铭. 1985. 沉积建造的新概念及其分析原理[J]. 中国区域地质, 15(5): 67-78
- 王立亭, 陆彦邦, 赵时久, 罗晋辉. 1994. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社: 81-84
- 吴胜和, 冯增昭, 何幼斌. 1994. 中下扬子地区二叠纪缺氧环境研究[J]. 沉积学报, 12(02): 29-36
- 夏文杰, 杜森官, 徐新焯. 1994. 中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社: 24-70
- 姚敬劬, 王六明, 苏长国. 1995. 扬子地台南缘及其邻区锰矿研究

[M]. 北京:冶金工业出版社:33-35
 姚敬劼, 苏长国, 彭三国. 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:41-70
 于沛然. 2008. 湖南花垣民乐锰矿床主要地质特征及其找矿前景[J]. 中国锰业, 26(4): 9-13

周名魁, 王汝植, 李志明. 1993. 中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京:地质出版社:28-45
 祝寿泉. 1996. 桃江式锰矿的热液沉积特征[J]. 地质论评, 42(5): 397-403

Geological Environment and Mineralization of Sedimentary Manganese Deposits in Hunan Province

SHI Shao-hua, TANG Fen-pei, LUO Xiao-ya, CHEN Jian-feng
 (Hunan Institute of Geological Survey, Changsha, Hunan 410116)

Abstract: The sedimentary manganese mineralization in Hunan spanned a large age, from the Madiyi period of early Proterozoic to the Gufeng period of middle Permian. Of it, the Datangpo of early Nanhua, Yanxi of middle Ordovician and Gufeng of middle Permian are 3 dominant periods of concentrating manganese mineralization. In addition, the mineralization ages roughly tend to be younger towards southeast. Manganese-forming sedimentary basins accommodate manganese precipitating. The sedimentary facies of these basins are favorable to manganese mineralization because they have created an anoxic, stagnant and quiet environment. In fact, such environments can be formed in many plaeo-geographical settings, which leads to manganese-forming sedimentary facies diversity, such as shallow marine shelf, bathyal shelf margin basin, bathyal platform-margin slope and continental bathyal basin related to Hunan sedimentary manganese mineralization. Meanwhile, it is concluded that the 3 periods of manganese mineralization have consistency, which are associated with crustal extension, transgression, and anoxic events in this region.

Key words: sedimentary manganese deposit, geological environment, mineralization, sedimentary facies and paleogeography, extensional settings, anoxic environments, Hunan province

