

包头宝仁特格地区尖山组沉积相及锰矿成因分析

仲米山¹, 刘阳², 王忠江¹, 何振清¹, 翟富荣¹, 王岐¹

(1. 辽宁省地质勘查院, 辽宁 大连 116100; 2. 黑龙江省第五地质勘察院, 黑龙江 哈尔滨 150000)

摘 要: 运用沉积学和岩相古地理学原理, 通过对尖山组岩石的颜色、结构、原生沉积构造等岩性特征及其空间配置的研究, 以及有关地质图件的综合分析, 从尖山组中识别出滨岸相和浅海相 2 种沉积相, 滨岸相又可细分为无障壁砂质海岸沉积亚相和障壁岛-潟湖沉积亚相。中元古界长城系尖山组二段二亚段的半局限海湾障壁岛-潟湖亚相是研究区锰矿的主要形成环境, 控制着锰矿的形成与分布。成矿时海水深度较浅, 且沉积环境较稳定, 有利于氧化锰矿的富集, 沉积了一套以软锰矿、硬锰矿、褐铁矿矿石为主的层状或似层状的氧化锰矿床。成矿后, 在动力和热力的作用下, 发生区域变质作用, 使矿床中的赤铁矿变为磁铁矿, 矿物成分重新排列, 具有明显的条带状构造, 矿层顶、底板围岩为粉砂质板岩, 成因类型为海相沉积变质型锰矿床。

关键词: 尖山组; 含锰地层; 沉积相; 成矿条件; 成因类型

中图分类号: P618.32

文献标识码: A

文章编号: 1009-6248(2013)03-0116-06

Sedimentary Facies and Genetic Analysis of Manganese Deposit in Jianshan Formation in Baorentege Area, Baotou

ZHONG Mi-shan¹, LIU Yang², WANG Zhong-jiang¹, HE Zhen-qing¹, ZHAI Fu-rong¹, WANG Qi¹

(1. Liaoning Institute of Geological Survey, Dalian 116100, China;

2. Heilongjiang Fifth Institute of Geological Exploration, Haerbin 150000, China)

Abstract: Based on the principles of sedimentology, coal geology and paleogeography, the paper studied the lithologic characteristics of rocks in Jianshan formation, including color, structure and primary sedimentary structures. Combined with spatial configuration research and geological maps, the group identified two sedimentary facies from Jianshan formation, namely littoral facies and neritic facies, where littoral facies can be subdivided into sediment subfacies of sandy coast without barrier and the barrier island - lagoon sediment subfacies. The barrier island - lagoon subfacies of semi-restricted bay formed in 2nd layer of 2nd section in Jianshan formation, mesoproterozoic erathem Changcheng system is the main environment of manganese mineralization in the studied area, controlling the formation and distribution of manganese. During the process of mineralizing, the sea was shallow and the sedimentary environment was stable, which was advantageous to the enrichment of manganese oxide ore. Consequently, a set of layered or stratiform-like oxidized manganese deposits was formed, with major ores being pyrolusite, psilomelane and limonite. After metallogenesis, regional metamorphism took place under the effect of the dynamic force and heat, transferring the hematite into magnetite. The mineral composition is thus rearranged with obvious banded structure. The surrounding rock of seam roof and floor is silty slate, and the genetic type is marine sedimentary-metamorphose Mn deposit.

收稿日期: 2013-03-18; 修回日期: 2013-05-29

基金项目: 内蒙古自治区多金属矿普查基金项目 (09-1-KC141)

作者简介: 仲米山 (1986-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 主要从事区域矿产地质方面的研究。E-mail: zhongmishan3

@163.com

Key words: Jianshan formation; manganese-bearing strata; sedimentary facies; metallogenic conditions; genetic type

1 区域地质背景

包头宝仁特格地区位于白云鄂博铁矿区西南约 40 km 处，区域大地构造位置位于古亚洲成矿域华北陆块北缘成矿省华北陆块北缘西段太古宙、元古宙、中生代铁、铌、稀土、金、铜、铅、锌成矿带。出露地层有古元古界宝音图群、中元古界长城系尖山组、蓟县系哈拉霍圪特组、中生界白垩系白女羊盘组及新生界第四系。

锰矿床主要赋存于中元古界长城系尖山组，尖山组自下而上可分为 3 段，其中尖山组二段是含锰层位。

2 尖山组沉积相

宝仁特格地区尖山组位于华北地台北缘，中元古代白云鄂博裂陷槽内（龚瑞君，2010），为一套海相沉积序列。尖山组一段是以下细上粗为特征的进积型无障壁砂质海岸沉积序列；尖山组二段以粉砂质板岩夹变质粗粒长石石英砂岩的障壁岛-潟湖沉积为主；尖山组三段下部以无障壁海岸相变质中粒长石石英砂岩、变质中粗粒砂岩、变质中细粒砂岩夹变质中砂岩和变质粉砂岩沉积为主，上部为浅海相变质粉砂岩、粉砂质板岩沉积（图 1）。反映了被动陆缘近海沉积的特征。

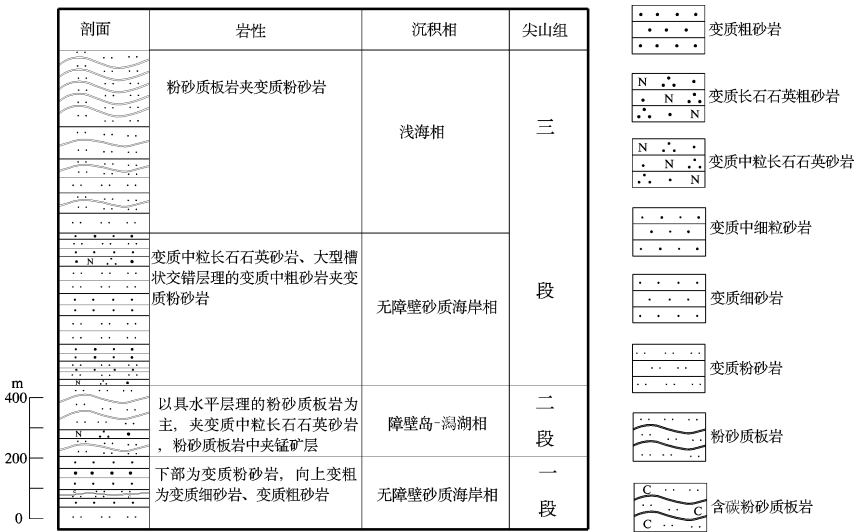


图 1 尖山组沉积相图
Fig. 1 Sedimentary facies of Jianshan formation

2.1 滨岸相

2.1.1 无障壁砂质海岸亚相

研究区无障壁砂质海岸主要发育于尖山组一段和尖山组三段下部。尖山组一段主要分布于研究区中南部，尖山组一段剖面下部为脉状、波状和透镜状层理变质粉砂岩、变质细砂岩、含碳粉砂质板岩，当属临滨沉积。上部为具平行纹理和海滩冲洗交错层理的变质细砂岩，应属前滨沉积。顶部槽状交错层理、平行层理的变质中、粗砂岩应为后滨沉积，呈现出明显的下细上粗的进积型海岸沉积序列

（图 2-①）。尖山组三段下部自下而上分为具水平层理的浅灰色变质粉砂岩组成的外滨，为波状层理、水平层理的灰色变质细砂岩、变质粉砂岩组成的下临滨，具槽状交错层理的变质细砂岩组成的上临滨和具低角度交错层理的浅灰色变质中、细砂岩组成的前滨和后滨。也表现出一组下细上粗的进积型海岸沉积序列（图 2-②）。

2.1.2 障壁岛-潟湖亚相

障壁岛与潟湖为两种相互伴生的沉积环境。潟湖为近岸地区的一个浅水水体，由平行于岸线分布

的狭长砂体-障壁岛将其与广海分隔开，仅有出口与外海相通，致使其中的水不能与海水自由流通和循环，形成隔绝或半隔绝的状况。因此，潟湖的形成和发育主要受障壁岛的控制，两者构成成因上共生的沉积体系。潟湖主要是因障壁岛或障壁沙坝所造成的封闭或半封闭作用而形成。潟湖中的沉积物和沉积构造主要受水动力条件和沉积物供应情况的控制。潟湖中波浪作用较弱，其环境相应地变得安静、低能，沉积物以细粒陆源物质和化学沉积物质为主。

研究区障壁岛-潟湖亚相主要发育于尖山组二段，呈北北东走向，分布于宝仁特格地区北部。障壁岛位于哈不太—西尔呼都格—呼仍浩饶—超勒嘎一带，岩石类型主要为具小型交错层理的变质中砂岩和具平行层理的变质粗粒长石石英砂岩，相序图上表现为粗粒沉积序列。

潟湖沉积发育于障壁岛东部靠近海岸一侧，岩石组合以具水平层理的粉砂质板岩、粉砂质泥岩为主，局部夹变质细粒长石石英砂岩，粉砂质板岩中夹锰矿层（图 2-③）。

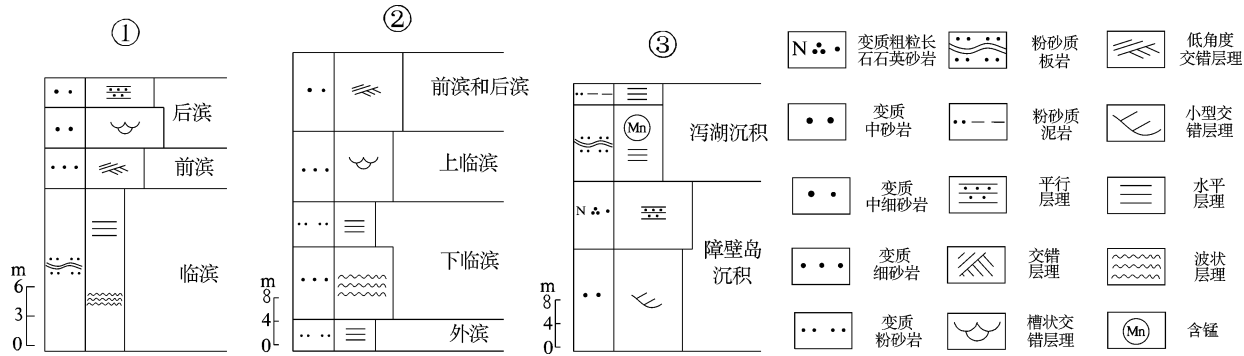


图 2 尖山组无障壁砂质海岸沉积序列和障壁岛-潟湖沉积序列图

Fig. 2 Sandy shore with no barrier and barrier island-lagoon sedimentary succession in Jianshan formation

2.2 浅海相

浅海环境一般是指平均最大波基面与水深 200 m 之间较平坦的浅水海域（陈建强等，2004）。如果陆棚区的下界亦为 200 m，则浅海环境即相当于陆棚区或大陆架。陆棚区的地形一般是相邻大陆地形在浅海底的延伸，它们在大地构造性质上也有着密切的联系。

本区浅海相发育于尖山组二段研究区西北及尖山组三段上部，主要岩石类型为具水平层理及具对称或不对称波痕层理的变质粉砂岩和粉砂质板岩相间出现。粉砂岩的成分成熟度较高，其成分以石英和长石为主，很少含泥质碎屑及其他不稳定矿物。粉砂岩结构成熟度高，分选及磨圆度均好。

2.3 沉积环境演化

据野外实测剖面资料获取的岩石颜色、结构、原生沉积构造等相标志和尖山组沉积充填序列中地层的叠置样式及沉积物粒度的垂向变化规律，尖山组沉积演化表现为海退海进循环交替。

第一次海退为尖山组一段时期，呈现出粒度自

下而上由细变粗的一套海退进积型砂质海岸沉积序列；尖山组二段时期为一次海侵，前期的海退沉积物（海岸砂）在哈不太—西尔呼都格—呼仍浩饶—超勒嘎一带形成障壁岛，在其东侧形成潟湖，即尖山组二段的障壁岛-潟湖沉积。岩石类型主要为具平行层理的粗粒长石石英砂岩和以具水平层理的粉砂质板岩为主，夹变质中粒长石石英砂岩，粉砂质板岩中夹锰矿层，锰矿层形成于半局限海湾潟湖中；尖山组三段早期又为一次海退，沉积了一套中粗粒变质砂岩夹粉砂岩。后期为一次大范围海泛，在尖山组三段上部沉积了大面积的浅海相变质粉砂岩及粉砂质板岩（图 3）。

3 矿床地质特征

宝仁特格锰矿床产于中元古界长城系尖山组二段中，该矿床为氧化锰矿床，其成因属于沉积变质型矿床，锰矿床（点）明显地受沉积环境控制，宝仁特格锰矿产于半局限海湾障壁岛-潟湖亚相内。

3.1 矿层（体）及围岩特征

锰矿体呈层状产出于粉砂质板岩、变质粉砂岩中。在停采的露天矿坑中，揭露的现存矿体厚 1.5~2.0 m。锰矿体呈似层状，走向 75°左右，倾向北西，倾角 65°。

矿体围岩蚀变较强烈，主要见硅化、高岭石化、褐铁矿化、碳酸盐化等，且上述蚀变带多受裂隙或层面、板理面控制，显示出后期热液对矿体及围岩的交代改造。变质粉砂岩、粉砂质板岩被硅化、高岭石化等蚀变脉穿插，说明蚀变作用发生在区域变质作用之后。因此，该区沉积型锰矿床先期遭受区域变质作用，后期又受到热液蚀变的改造。通过地质填图发现只有矿体周围围岩蚀变现象明显，显示出围岩蚀变与锰矿体之间的密切关系，锰矿体与围岩蚀变的亲缘性关系有待进一步研究，此现象可作为本区寻找锰矿的重要标志。

3.2 矿石特征

锰矿石类型主要为软锰矿和硬锰矿，矿石由蓝灰色硬锰矿与褐灰色软锰矿相间组成，具条带状构造。光片鉴定表明，矿石呈微、细粒半自形粒状-隐晶状结构，金属矿物除隐晶状（粒径<0.005 mm）硬锰矿、软锰矿外，还有隐晶状的褐铁矿及细粒黄铁矿、微粒状磁黄铁矿（后两者属后期热液的产物）。其中，在矿物百分含量上，褐铁矿占 15%±，硬锰矿为 10%±，软锰矿为 7%±，黄铁矿为 5%±，磁黄铁矿为 3%±，非金属矿物为 60%±。矿石见较多的钙质及硅质细脉穿插，细脉宽度多小于 2 mm。

4 成因分析

4.1 矿物质来源

在地壳元素中，锰的丰度列第 12 位。不同岩石类型中锰的丰度见表 1。由于与铁的特性类似，因而可以设想，它在基性火成岩中的数量要比在酸性火成岩中丰富得多，但是，它与铁的含量比却是基本不变的。由此看来，由于岩浆作用不能导致 Mn 与 Fe 的分离，所以，它对锰矿石的生成并不重要。与此相反，沉积岩的 Mn/Fe 值则变化较大。

从尖山组二段沉积环境古地理图（图 3）可以看出，研究区锰质主要来源于曾长期遭受风化剥蚀的华北地台北缘陆壳，陆壳岩石受到各种风化作用

表 1 常见岩石中 Mn 的丰度表			
Tab. 1 The abundance of Mn in common rock			
岩石类型	MnO (×10 ⁻⁶)	Mn/Fe	
火成岩	花岗岩	260	0.015
	花岗闪长岩	390	0.017
	闪长岩	1390	0.019
	辉长岩	1390	0.016
	橄榄岩	1050	0.015
沉积物与沉积岩	硬砂岩	690	0.020
	石英砂岩	170	0.03
	页岩	600	0.013
	黑色页岩	150	0.008
	灰岩	550	0.12

注：资料来源据 Wedepohl, 1980。

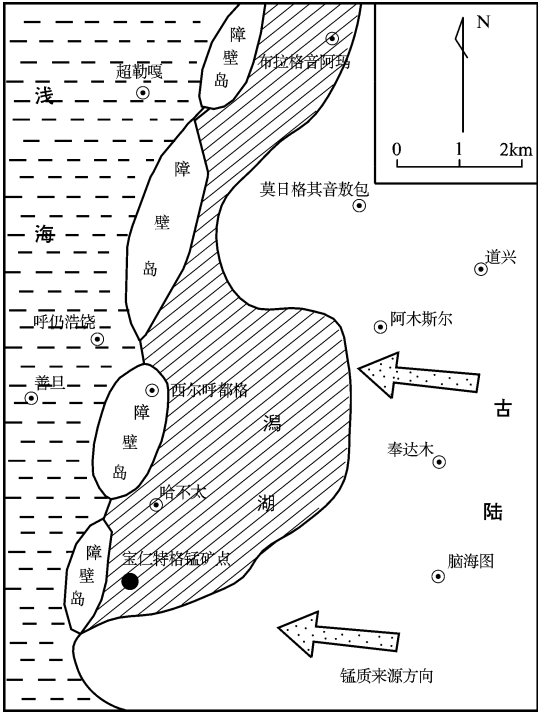


图 3 尖山组二段沉积环境古地理图

Fig. 3 Paleogeographic map of sedimentary environment in the second section of Jianshan formation

而发生崩解和分解，在风化后期锰离子便被分解出来，形成高分散的胶体溶液。然后在适宜的气候、地貌条件下被地表水搬运到海湾潟湖中沉积下来形成锰矿。

4.2 水介质与锰矿形成的关系

在沉积地球化学场中，Mn、Fe、P、Si 等元素因为具有相似的地球化学习性常常伴生在一起。在 Eh-pH 关系图上可以看到（图 4），锰矿物沉淀时受水介质所控制，锰化合物的稳定性与 Eh-pH

值有密切关系。在还原环境及较酸性的条件下,多呈 Mn^{2+} 形式存在;在水介质中, CO_3^{2+} 略有增加,就会生成菱锰矿。只有在碱性及弱氧化-氧化条件下才能形成氧化锰矿物。

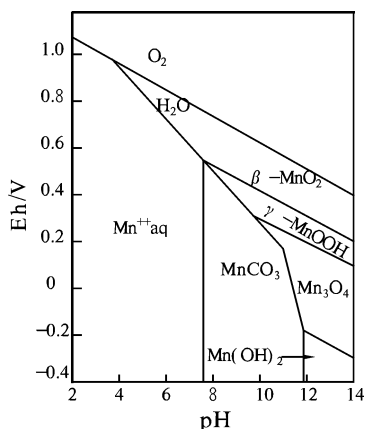


图4 25℃, 0.101MPa下锰氧化物、氢氧化物和碳酸盐的 Eh-pH 稳定关系图 (据郝瑞霞, 2000)

Fig. 4 Stable relationship chart of Manganese oxide, hydrogen chloride and carbonate under 25℃, 0.101MPa

含水系统中 Eh-pH 受控于溶质和不同锰化合物的沉淀 (Krauskopf, 1957)。另外,有机质也影响着锰化合物的沉淀。经过对矿物生成时水介质环境的讨论,肯定锰矿物的沉淀形式取决于水介质的氧化还原电位和酸碱性及锰化合物在水中的溶解度等因素。在海岸地带,由于陆地的水体注入使海水淡化,促使藻类及各种生物的繁殖,此时的介质性质是偏酸性的。当海进后,水体加深,海水中的 $CaCO_3$ 成分由浅至深增高,介质由偏酸性渐变为弱碱至碱性环境中。碱性介质中,海水相对变深,水循环差,是呈弱挠动的深水环境,锰矿物沉淀时所需的物理化学环境是由水介质的氧化还原性控制的。也就是说,水介质的性质控制着锰矿的生成。Berner (1981), Roy (2006) 对锰矿的沉积环境做深入研究,认为在氧气充足的条件下, MnO_2 类型的矿物才能稳定存在,在低氧或缺氧的环境中, Mn^{4+} 离子被还原成 Mn^{2+} 离子 (乔耿彪, 2009)。

研究区的锰矿为氧化锰矿,是沉积成因。因此,可以判断锰矿形成是位于富氧环境下,由于研究区水位较浅、氧气充足,所以无碳酸锰沉积。

4.3 岩相古地理与锰矿形成的关系

古地理环境涉及成矿物质来源和有利于矿物质

聚集的条件,而大多数锰矿床均形成于一定的沉积相带或相变带,不同的沉积相带常赋存不同的锰矿石相 (刘翼锋, 1983; 唐世瑜, 1986; 李升福, 2009)。中国锰矿床的古地理展布表明,具有重大工业意义的锰矿床均形成于海相环境中,陆相沉积锰矿床 (山西屯留式湖相铁锰矿床) 极少。叶连俊 (1955) 认为“中国沉积锰矿床都生于局限流通的或海湾地区陆棚浅海,这些陆棚浅海都位于长期受侵蚀的或比较稳定的古陆边缘;在开阔的海洋地区不生成工业锰矿床”。它们是在陆缘海域水上或水下隆起所阻隔的半局限或障壁盆地环境成矿或矿化,否则锰质将难以聚集。

中国工业锰矿床主要形成于稳定地台边缘的滨浅海海域 (或陆表海、陆棚海) 半局限及滞流的环境,在陆架区的台沟、凹槽或水下盆地成矿或矿化。在深浅海、半深海海域或海槽地区一般多为矿化。也有形成为矿床的,但主要为磷锰共生矿床。岛弧海伴有中基性火山活动时还形成火山-沉积矿床。滨浅海海域成锰期的沉积相和古地理都显示了半局限和滞流的障壁环境特点 (罗灿辉, 1990; 郭涛, 2009; 赵绳武, 2009)。

宝仁特格地区锰矿床为矿物相单一的同生沉积氧化锰矿床,本矿床沉积成矿作用发生于中元古界长城系尖山组二段二亚段的半局限海湾障壁岛-潟湖亚相中。靠海一侧的一系列大小不等的障壁岛对潟湖起屏蔽作用,使其与开阔的浅海隔开,潟湖水动力较弱,锰质不易散失,且该亚相带临近主要的物源区,可以接受大陆搬运来的大量锰质,给锰质的沉积作用创造了良好的地质条件,锰质通过地表水带入海湾潟湖,易于锰质沉积。成矿时海水深度较浅,主要属氧化带范围, Eh 值大多为正值,水介质呈弱碱性,且沉积环境较稳定,有利于氧化锰矿的富集 (图4),所以沉积了一套以软锰矿、硬锰矿、褐铁矿矿石为主的层状或似层状的氧化锰矿床 (图5)。成矿后,由于区域内发生广泛的褶皱,在动力和热力的作用下,发生区域变质作用,使矿床中的赤铁矿变为磁铁矿,矿物成分重新排列,具有明显的条带状构造,矿层顶、底板围岩为粉砂质板岩,成因类型为海相沉积变质型锰矿床。

5 找矿标志及靶区

(1) 对锰矿沉积起控制性作用的障壁岛-潟湖

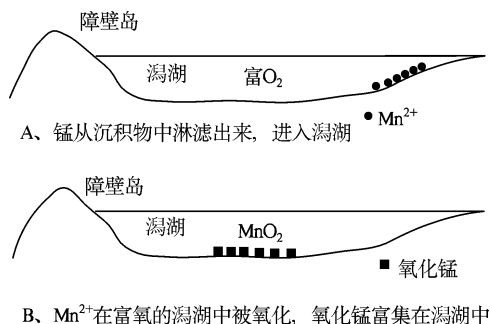


图5 宝仁特格地区锰矿形成示意图

Fig. 5 Manganese ore formation schemes in Baoren-tege area

环境是区内找矿的重要相标志。

(2) 中元古界长城系尖山组二段是找矿层位标志。

(3) 粉砂质板岩、变质粉砂岩是找矿岩性标志。

(4) 锰矿体围岩蚀变强烈, 有硅化、高岭石化、褐铁矿化和碳酸盐化等, 可作为矿化标志。

(5) 化探极值点、物探异常区是成矿的有利区域。

上述找矿标志中, 沉积环境是锰矿形成的决定性因素, 即锰矿形成于潟湖环境中, 且野外发现的几处被方解石脉穿插及黄铁矿化、褐铁矿化较强烈的锰矿化点也无一例外的产在此环境中。化探异常区和物探异常区正好与此环境吻合。以沉积环境控矿因素为主, 结合物化探异常和矿化点岩性特征, 在本区划出2个重点找矿靶区, 分别位于原宝仁特格锰采矿点东北和西尔呼都格以东。

参考文献 (References):

龚瑞君. 华北地台北缘中西段前寒武系重大成矿地质事件 [D]. 成都理工大学, 2010.

Gong Ruijun. Precambrian Important Tectonic Events in the Central and West Part of North Margin, North China Platform [D]. Chengdu University of Technology, 2010.

陈建强, 周洪瑞, 王训练. 沉积学及古地理学教程 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.

Chen Jianqiang, Zhou Hongrui, Wang Xunlian, sedimentology and paleogeography of tutorial [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2004.

郝瑞霞. 锰的微生物地球化学 [M]. 北京: 冶金工业出版

社, 2000.

Hao Ruixia. Manganese geochemistry of microorganisms [M]. Metallurgical Industry Press, Beijing, 2000.

乔耿彪, 杨钟堂, 李智明, 等. 陕西勉县后沟-大坪山矿区磷、锰分层成矿地质地球化学特征 [J]. 西北地质, 2009, 45 (2): 121-126.

Qiao Gengbiao, Yang Zhongtang, Li Zhiming, et al. Geological and Geochemical Characteristics of P and Mn Layering Mineralization of Hougou-Dapingshan Area in Mianxian, Shaanxi Province [J]. Northwestern Geology, 2009, 45 (2): 121-126.

刘翼锋, 胡肇荣, 曾励训. 贵州震旦纪锰矿沉积相特征及其成因探讨 [J]. 沉积学报, 1983, 1 (4): 106-116.

Liu Yifeng, Hu Zhaorong, Zeng Lixun. Origin and characteristics of Sedimentary facies of sinian manganese deposits in GuiZhou [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1983, 1 (4): 106-116.

唐世瑜, 刘金山. 武陵山区早震旦世沉积相与沉积锰矿床 [J]. 湖南地质, 1986, 5 (4): 64-76.

Tang Shiyu, Liu Jinshan. Sedimentary facies and sedimentary manganese deposits of early sinian epoch in the WuLing area [J]. Hunan Geology, 1986, 5 (4): 64-76.

李升福, 王泽华, 李朗田, 等. 桂西南优质锰矿成矿机理分析 [J]. 资源环境与工程, 2009, 23 (4): 363-370.

Li Shengfu, Wang Zehua, Li Langtian, et al. Analysis of Metallogenic Mechanism of High-grade Manganese Ore in Southwest Guangxi [J]. Resources Environment & Engineering, 2009, 23 (4): 363-370.

叶连俊. 中国锰矿的沉积条件 [J]. 科学通报, 1955, 21 (3): 21-26.

Ye Lianjun. Depositional condition of manganese ore in China [J]. Chinese Science Bulletin, 1955, 21 (3): 21-26.

罗灿辉. 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, 1990, 26 (4): 1-6.

Luo Canhui. Petrographic Palaeogeography of Early Sinian Metallogenic Period and Minerogenic Prognosis of the Xiangtan Mn-orefield [J]. Geology and Prospecting, 1990, 26 (4): 1-6.

郭涛, 邹振林, 田江涛. 新疆哈密大水锰矿地质特征及成因分析 [J]. 新疆地质, 2009, 27 (2): 150-154.

Guo Tao, Zhou Zhenlin, Tian Jiangtao. Geolpgical features of the dashui Mn deposits in the HaMi XinJiang and its ore genesis [J]. Xinjiang Geology, 2009, 27 (2): 150-154.

赵绳武, 王猛. 碧口古陆周边锰矿找矿分析 [J]. 西北地质, 2009, 45 (2): 58-63.

Zhao Shengwu, Wang Meng. Search Direction for Manganese Ore in the Surroundings of Presinian Bikou Ancient Land [J]. Northwestern Geology, 2009, 45 (2): 58-63.