华南泥盆纪古地理环境对宁乡式铁矿床时空分布、矿石特征的制约*

周家云[1,2], 郑荣才[2], 张裕书[1], 朱志敏[1,2], 李潇雨[1], 罗丽萍[1], 周满庚[1]

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 成都 610041; 2. 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059)

摘 要: 泥盆纪宁乡式铁矿床是我国分布最广、储量最多的沉积型铁矿床, 广泛分布于我国华南的鄂、湘、赣、川、滇、黔、桂等省(区)及甘南等地, 矿床的时空展布和矿石组合受控于沉积盆地的古地理环境。根据宁乡式铁矿床的分布情况划分出 8 个成矿区, 根据华南地区泥盆纪构造格局划分出 8 种盆地类型。在详细分析各盆地内矿床特征的基础上, 总结出陆内凹陷盆地对成矿最为有利, 晚泥盆世铁矿床相对集中, 规模较大, 矿化强度高; 在同一盆地内, 盆地边缘矿床的矿石为碱性矿石, 多为贫矿, 磷含量较低, 靠近盆地中心的矿床规模巨大, 矿石为酸性矿石, 品位较高, 富矿所占比重较大, 磷含量较高。最后, 针对不同类型矿石提出了其不同的可利用性和不同的矿物加工利用技术。

关键词: 古地理; 宁乡式铁矿床; 华南; 时空分布; 矿石特征

中图分类号: P618.61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7849(2009)01-0093-06

泥盆纪宁乡式铁矿床是我国分布最广、储量最多的沉积型铁矿床, 广泛分布于我国湖北、湖南、江西、四川、云南、贵州、广西等省(自治区)及甘肃南部地区。现已探明的该类铁矿储量达 37.2 亿 t(含表外储量), 占全国沉积型铁矿探明储量的73.5%。总体来看, 宁乡式铁矿因矿石鲕粒结构复杂、含磷高、品位低而影响了选冶效果, 致使储量庞大的宁乡式铁矿至今没有得到开发利用而成为呆矿[1-2]。然而, 泥盆纪宁乡式铁矿的矿石性质并不是一成不变的, 各矿床赋矿层位、分布范围、矿床规模、赋矿围岩岩性、矿石矿物组成和含铁品位等方面都存在一定的差异。同时, 鲕状赤铁矿的分布和工艺性质严格受到特定的古水深、古地理和岩相的控制, 所以古地理环境研究不仅为寻找可利用鲕状赤铁矿开辟了新思路, 也必然改变沉积型鲕状赤铁矿床找矿目的层的认识, 对鲕状赤铁矿的找矿、利用起着指导作用。

1 成矿区域划分

多数学者[3-4]对宁乡式铁矿划分的区域基本一致, 但仍有少数差异。如赵一鸣等[3]根据铁矿的分布情况和各矿床集中区矿床地质特征及其成矿地质环境的差异, 划分出 7 个成矿区: ①鄂西—湘西北成矿区; ②湘- 赣成矿区; ③甘南—川北成矿区; ④川中成矿区; ⑤桂东北成矿区; ⑥黔西成矿区; ⑦滇东成矿区。廖士范等[4]根据古地理条件和沉积环境, 也划分出 7 个成矿区: ①湘- 鄂成矿区; ②湘- 赣成矿区; ③湘南成矿区; ④黔南成矿区; ⑤桂东成矿区; ⑥滇- 黔成矿区; ⑦滇中成矿区。综合两种划分方案, 笔者认为将宁乡式铁矿划分为 8 个成矿区(图 1)较为合适, 分别为: ①鄂西—湘西北成矿区; ②湘

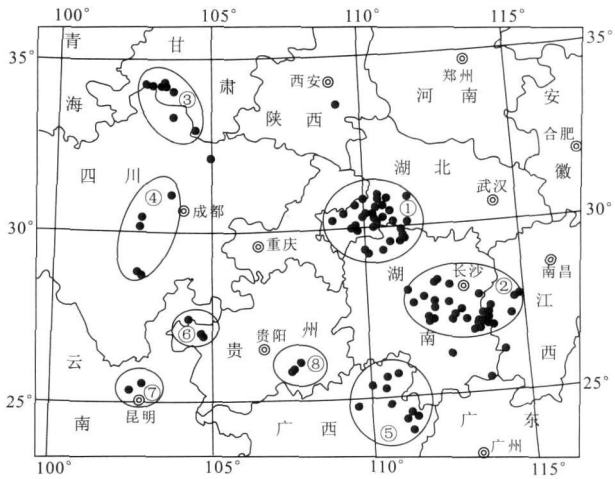


图 1 宁乡式铁矿床分布略图(底图引自赵一鸣等[3])

Fig. 1 Distribution of the Ningxiang type iron ore deposits

①鄂西—湘西北成矿区; ②湘—赣成矿区; ③甘南—川北成矿区; ④川中成矿区; ⑤桂东北成矿区; ⑥滇—黔成矿区; ⑦滇东(中)成矿区; ⑧黔南成矿区

* 收稿日期: 2008-03-01 编辑: 禹华珍
基金项目: 科技部国际科技合作项目(2005DFA20063)
作者简介: 周家云(1974—), 男, 副研究员, 现正攻读沉积学专业博士学位, 主要从事沉积矿床方面的研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

– 赣成矿区; ③甘南 —川北成矿区; ④川中成矿区; ⑤桂东北成矿区; ⑥滇 —黔成矿区; ⑦滇东(中)成矿区; ⑧黔南成矿区。这 8 个成矿区中,以鄂西 —湘西北成矿区最为重要,该成矿区分布一大批大中型铁矿床,其铁矿总储量多达 22.8 亿 t(含表外储量),占我国宁乡式沉积型铁矿总储量的 58.7%;次为湘–赣成矿区。

2 矿床沉积盆地类型

2.1 矿床产出的构造格局

中国南方的大地构造演化、泥盆纪古构造格局及同沉积断裂带与泥盆纪沉积作用、岩相古地理以及泥盆纪层控矿床的展布有着紧密的联系[5]。对于中国南方的大地构造性质及演化历来存在不同的认识,相应地对中国南方泥盆纪古构造格局必然也存在各种不同的看法。持槽台观点者认为,经加里东运动使华南地槽结束活动而与扬子地台连为一体,泥盆纪两者均为地台型的坳陷沉积[5];持板块构造观点者根据沟– 弧– 盆模式认为中国南方泥盆纪沉积盆地属弧间盆地或弧后盆地[6];王鸿祯等[7]采用裂谷作用分析,认为中国南方泥盆纪沉积盆地属裂谷盆地、断陷海盆;而从大陆碰撞角度考虑,中国南方泥盆纪盆地则属印支运动大陆碰撞前的洋盆或大陆边缘[5,8]。综合前人对中国南方大地构造演化的认识,笔者认为中国南方泥盆纪古构造格局是在加里东旋回末期扬子陆块与华夏陆块碰撞形成的统一的华南大陆,进入海西旋回早期,处于松弛拉张的构造背景下形成的。董榕生[5]根据泥盆纪古构造格局、断裂带的分布及各部分的差异,将中国南方泥盆纪时期的构造单元划分为:Ⅰ.华南陆块(进一步分为Ⅰ1.下扬子内陆断陷带;Ⅰ2.康滇隆起;Ⅰ3.上扬子隆起,Ⅰ4.武陵隆起;Ⅰ5.九岭隆起;Ⅰ6.武夷隆起;Ⅰ7.华夏隆起;Ⅰ8.武当隆起);Ⅱ.右江– 南岭被动陆缘(进一步分为Ⅱ1.滇– 黔断裂带;Ⅱ2.右江断裂带;Ⅱ3.湘– 桂– 粤断裂带;Ⅱ4.鄂西坳陷带);Ⅲ南秦岭– 龙门山– 岩源、丽江被动陆缘;Ⅳ.钦防残留海槽(图 2)。

2.2 矿床沉积盆地类型

不同的大地构造单元受不同的构造活动控制,具有不同的构造演化和沉积基底,它们控制了构造单元内沉积盆地的性质和沉积岩相古地理的演化,从而影响了泥盆纪沉积型鲕状赤铁矿的分布和特性。沉积盆地的类型具有特殊的沉积、构造和成矿意义。国内许多学者[7,9]应用大地构造观点和沉积学理论,对华南泥盆纪沉积盆地性质作了深入研究

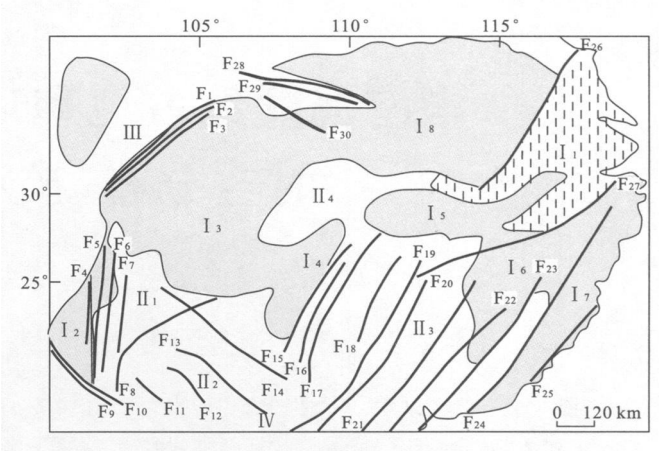


图 2 华南泥盆纪古构造略图(底图引自董榕生[5])

Fig. 2 Devonian paleotectonic sketch of South China

Ⅰ. 华南陆块:Ⅰ1. 下扬子内陆断陷带;Ⅰ2. 康滇隆起;Ⅰ3. 上扬子隆起;Ⅰ4. 武陵隆起;Ⅰ5. 九岭隆起;Ⅰ6. 武夷隆起;Ⅰ7. 华夏隆起;Ⅰ8. 武当隆起。Ⅱ. 右江—南岭被动陆缘:Ⅱ1. 滇– 黔断裂带;Ⅱ2. 右江断裂带;Ⅱ3. 湘– 桂– 粤断裂带;Ⅱ4. 鄂西坳陷带。Ⅲ. 南秦岭– 龙门山– 岩源、丽江被动陆缘;Ⅳ. 钦防残留海槽

和专门论述。曾允孚等[10]根据基底和同生断裂的活动形式、距离板块边缘的位置、地壳类型、沉积建造以及盆地形成的地球动力作用等,将华南地区泥盆纪的沉积盆地划分为 8 种类型(表 1):下扬子陆内走滑断陷盆地、鄂西陆内凹陷盆地、滇– 黔陆内断陷盆地、南秦岭陆缘断坳盆地、龙门山陆缘断块盆地、右江陆缘裂谷盆地、南岭陆缘走滑盆地和哀牢山陆间盆地(图 3,表 1)。各类沉积盆地性质各不相同。

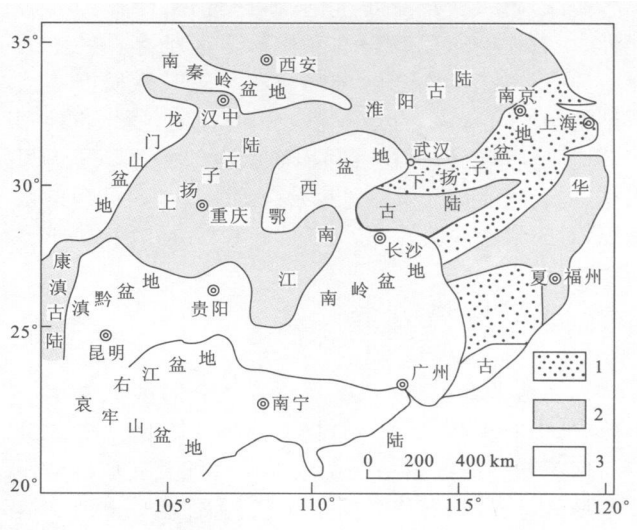


图 3 华南泥盆纪沉积盆地分布图(底图引自易改危等[12])

Fig. 3 Distribution of the basin in South China in Devonian

1. 陆相堆积,2. 陆地,3. 海区

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　华南泥盆纪沉积盆地类型划分

Table 1　The classification of Devonian basin in South China

环境	边缘性质	沉积盆地类型	盆地位置	地壳类型	主要形成作用	典型地区
大陆环境		陆内走滑	板内	陆壳	断陷作用及走滑作用	下扬子
过渡边缘		陆内凹陷	板内	陆壳	沉积负荷作用	鄂西
滨岸环境		陆内断陷	板内	陆壳	断陷作用、拉伸作用	滇—黔
海洋环境	被动陆缘	断坳型	板块边缘	陆壳- 过渡壳	断陷作用、挠曲作用	南秦岭
		断块型	板块边缘	陆壳	拉伸断陷作用、沉积负荷作用	龙门山
		裂谷型	板内- 板块边缘	陆壳- 过渡壳	拉伸作用、裂谷作用	右江
		走滑型	板内- 板块边缘	陆壳- 过渡壳	走滑作用、拉伸作用	南岭
		陆间盆地	板间	过渡壳- 洋壳	扩张作用	哀牢山

3　古地理环境对矿床空间分布和矿石特征的制约

3.1　沉积盆地类型对矿床空间分布的制约

盆地类型直接控制盆地的沉积建造组合,从而影响沉积矿床的展布和矿石组合。华南宁乡式铁矿的成矿区分别落在中国南方泥盆纪不同构造单元所控制的盆地内,其中涉及到华南宁乡式铁矿的沉积盆地有鄂西陆内凹陷盆地、滇- 黔陆内断陷盆地、南秦岭陆缘断坳盆地、龙门山陆缘断块盆地、南岭陆缘右旋走滑盆地。鄂西—湘西北成矿区位于鄂西陆内凹陷盆地;湘- 赣成矿区和桂东北成矿区位于南岭陆缘走滑盆地;甘南—川北成矿区位于南秦岭陆缘断块盆地;川中成矿区位于龙门山陆缘断块盆地;黔西成矿区、滇东成矿区和黔南成矿区位于滇- 黔陆内断陷盆地。从成矿盆地的位置看,成矿最好的是陆内盆地,如鄂西陆内凹陷盆地、滇- 黔陆内断陷盆地,其次是大陆边缘盆地。这是由于封闭环境对鲕状赤铁矿的沉积、富集最为有利,因为泻湖四周大陆风化而来的铁质来源广泛、丰富,泻湖封闭使铁质不易散失,其沉积的鲕状赤铁矿含铁较富,而河流入海处三角洲砂坝鲕状赤铁矿是与石英碎屑一并沉积的,故含铁贫,储量小[4]。刘宝珺等[11]也认为华南泥盆纪鲕状赤铁矿的两个成矿富集区(上扬子古陆南缘和中扬子古陆南缘)的沉积环境均为狭窄的海岸或伸向内陆的受限制的大海湾和泻湖,其封闭的泻湖、海湾有利于富铁海水汇聚并促使化学沉积作用的发生,使矿石工艺性质较好。从成矿盆地构造属性看,成矿最好的是凹陷盆地,其次是走滑盆地和断陷盆地,总体上,成矿最好的是陆内凹陷盆地,这是由于陆内凹陷盆地内无明显的同沉积断裂作用,古地形平缓,沉积环境(沉积相)无明显变异,沉积形成的鲕状赤铁矿分布广,层位稳定,矿石组成简单,品位高。如鄂西宁乡式铁矿泥盆纪大地构造位于右江- 南岭被动陆缘之鄂西坳陷带[5],属陆内凹陷盆地[10]。盆地西邻上扬子古陆,北部和东北部无明显的盆缘断裂存在,东部与下扬子盆地相连,形成一个椭圆形的地形平缓的陆内凹陷盆地,亦有“湖北浅海盆地”、“川鄂浅海盆地”、“中扬子海”、“鄂西海湾”及“川鄂浅海”等称呼[12],所以在鄂西陆内凹陷盆地内能产出许多大中型宁乡式铁矿,如鄂西官店赤铁矿等。而南岭陆缘走滑盆地以及滇—黔陆内断陷盆地内断裂活动频繁,常常形成地堑- 地垒式结构,台盆交叉,古地形复杂,沉积环境相变明显,沉积形成的鲕状赤铁矿往往与菱铁矿、鲕绿泥石共生,矿石组成复杂,品位变化大,矿层中矿相变化大。如云南寸田矿区主矿体东部以氧化相鲕状赤铁矿为主,中部以氧化相—中性相的菱铁矿-鲕状赤铁矿-鲕绿泥石为主,而西部则以弱还原相的菱铁矿-鲕绿泥石及鲕绿泥石-菱铁矿为主。

3.2　矿床沉积古地理环境对矿石特征的制约

含铁建造或含铁层位主要属古海盆或古海湾中的浅海—近岸(包括潮坪)沉积。滇东成矿区及滇—黔成矿区鲕状赤铁矿床沉积在华南海的海湾滨海地区,黔南成矿区鲕状赤铁矿床沉积在华南海的河流入海处的三角洲砂坝中,桂东北成矿区鲕状赤铁矿床沉积在华南海的滨岸潮坪地区,湘—赣成矿区鲕状赤铁矿床沉积于华南海的半封闭浅水泻湖中,鄂西—湘西北成矿区鲕状赤铁矿床沉积于华南海接近封闭的浅水泻湖中。沉积环境的差异对矿石矿物组合的控制明显。在铁矿层中,鲕状赤铁矿常和菱铁矿、鲕绿泥石共生或互间。鲕状赤铁矿是在近岸高能富氧的动荡水动力条件下形成的,却又与相对远岸低能缺氧静水条件下才能形成的菱铁矿、鲕绿泥石共生,这种“内”“外”双重、“水”“火”共存的矛盾而又统一的现象,只有通过对鲕状赤铁矿沉积环境变迁的追索才能得到解释。

在同一盆地内,鲕状赤铁矿的分布和矿石特征严格受特定的古水深、古地理和岩相的控制。通常产于盆地边缘的矿床大多为贫矿,如鄂西陆内凹陷盆地北东缘的长阳火烧坪、青岗坪、马鞍山至东南部的松木坪以及宜昌的官庄,只有个别矿区(如松木坪)含铁品位较高,矿石类型为碱性矿石,矿物组成

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

单一, 铁主要赋存于赤铁矿、褐铁矿中。靠近盆地中心的矿床, 如官店、黑石板、伍家河、龙角坝和长潭河等矿床不仅规模巨大, 而且矿石含铁品位也相对较高, 富矿所占比重较大[3], 矿石类型为酸性矿石, 矿物组成复杂, 铁分散赋存于磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿、鲕绿泥石中。首先, 矿石矿物组成的复杂性主要与沉积环境的古水深有关。据 Borchert[13] 的研究, 氢氧化铁和氧化铁形成于浅海通风的海水中, 随着海水深度的加大, 先出现菱铁矿、鲕绿泥石, 后出现黄铁矿, 这是由于近岸浅海处氧气充足, 二氧化碳相对贫乏, 水温较高, 容易形成赤铁矿; 在离海岸较远、海水较深处或者近岸坳陷处, 海水较稳定, 有机物不断分解出二氧化碳, 在这种半还原、弱碱性环境下, 容易形成菱铁矿, 如果有硅参与, 就可能形成鲕绿泥石, 所以盆地边缘矿床的矿石类型单一, 主要为赤铁矿、褐铁矿, 至盆地中央则变为磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿、鲕绿泥石。其次, 矿石铁品位的高低主要与海水能量有关。海水中的铁质是以胶体和细悬浮凝胶状态进行迁移和存在的[14], 平静的海水有利于铁矿沉积作用的进行[15], 因此靠近盆地中心的矿床往往比盆地边缘矿床富铁。

然而, 宁乡式鲕状赤铁矿形成于近岸高能富氧环境又与鲕状赤铁矿从盆地边缘到盆地中心铁矿品位更高的现象相矛盾。如 Brewer 等[16] 在研究黑海中的微量元素分布规律时, 得出铁主要集中在接近大陆架的表面海水中, Joyner[17] 在研究太平洋西北部沿岸海水中铁粉的分布规律时也得出同样的结论, 铁粉在河口入海处的海水表面最富集, 向海内逐渐降低。根据这些研究, 那么盆地边缘铁矿床品位应该更富, 而这与宁乡式铁矿的实际情况不符。这一矛盾在以下两种情况下得到解释: ①宁乡式铁矿含铁建造大多产于海侵体系域中, 矿层之下一般为石英砾岩或石英粗砂岩, 向上渐变为细砂岩、砂质页岩或页岩, 矿层产于页岩或粉砂岩中。当沉积体系为低水位体系域时, 海水处于动荡高能状态, 能形成并蕴涵丰富的铁质, 当海侵发生时, 海平面上升, 海水变得平静, 海水中铁质便沉淀下来并形成矿床, 所以, 宁乡式鲕状赤铁矿的形成往往与海平面上升同步[18], 而具有工业价值的赤铁矿常位于大陆和海洋的交接带以及氧化带和还原带的交接带[19]。②相对较封闭的陆内凹陷盆地成矿最为有利, 因为海洋的大风大浪不易侵袭到内陆盆地中, 这里不但海水平静, 而且水位较浅, 周围的古陆又有充足的物质供给, 是最有利的成矿环境, 常常形成矿物组成单一的富铁酸性矿石。

矿石中磷质量分数也与矿床所处的古地理位置有关[3, 20]。鄂西沉积海盆边缘的矿床, 磷质量分数较低, 如石门- 慈利- 桑植一带的铁矿中 w (P) 大多为 0.06% ~ 0.58%, 平均为 0.36%, 而位于古海盆中心的官店、龙角坝、长潭河等大中型沉积型铁矿床, 磷质量分数普遍较高, w (P) 大多为 0.75% ~ 1.10%, 平均为 0.84%[3]。矿石中的磷主要以胶磷矿的形式存在, 胶磷矿是一种微晶集合体, 属于磷灰石的一个异种, 是由胶状、隐晶质磷灰石组成的胶体, 它与海水中铁质的状态相似, 所以, 平静的海水有利于磷沉积作用的发生。

对不同工艺类型矿石进行选矿试验后发现, 对于工业矿物单一的富铁酸性矿石, 采用强磁或重选脱泥一浮选工艺就可以获得较好的技术经济指标; 对于其他种类的矿石, 最好的选矿加工技术是还原焙烧一磁选 一反浮选工艺, 所得的矿产品可作为酸性转炉炼钢生铁和碱性平炉炼钢生铁矿石的混料、碱性侧吹转炉生铁矿石料。

3.3 古地理环境变迁及其矿床的时空演化

华南宁乡式铁矿床主要形成于中泥盆世和晚泥盆世两个时期。中泥盆世鲕状赤铁矿主要分布在云南、贵州、广西、四川和甘肃等省, 主要有甘南一川北成矿区、川中成矿区、桂东北成矿区、黔西成矿区、滇东成矿区和黔南成矿区。晚泥盆世鲕状赤铁矿主要分布于湖南、湖北、江西 3 省, 有鄂西 一湘西北成矿区和湘- 赣成矿区, 可见, 华南地区宁乡式鲕状铁矿床的形成与该区泥盆纪古地理环境的变迁密切相关。

早泥盆世的华南海局限于昆明以东的贵阳、桂林、南宁一带。在此时期, 基本上无大规模的沉积型铁矿床形成, 已知矿床只有云南富民县的寻甸和川中天全县的沙坪两个小型铁矿床。矿石为鲕状、豆状、砾状赤铁矿。含矿地层由铁质砂砾岩、石英砂岩、粉砂岩和页岩组成。

至中泥盆世, 海侵范围扩大, 超越江南古陆, 向鄂西、湘西北侵漫, 形成一支海湾, 沉积了滨海相砂(页)岩, 在滇东、湘中等地一般为碳酸盐岩潮坪, 但在一些小的海湾中则沉积了碎屑岩。铁矿层不仅产于碎屑岩中, 而且还产于碳酸盐岩相内, 且分布较广, 如云南昆明北部的鱼子甸, 四川西昌北部的碧鸡山, 贵州的平黄山、潘家院子以及广西的海洋、屯秋等(图 4)。

晚泥盆世, 鄂西、湘西一带的海水进一步扩张, 沉积了海陆交互相的黄家蹬组和写经寺组, 并有不少大中型沉积型铁矿床形成, 例如鄂西的火烧坪、官店、龙角坝、长潭河和五家河铁矿床等。与中泥盆世不同的是, 在晚泥盆世, 沉积型铁矿床的分布范围相对集中, 矿化强度加大, 形成了一批大中型以鲕状赤铁矿为主的铁矿床, 主要集中分布于鄂西、湘西北的华南海海湾和湘中、赣西地区(图 5)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

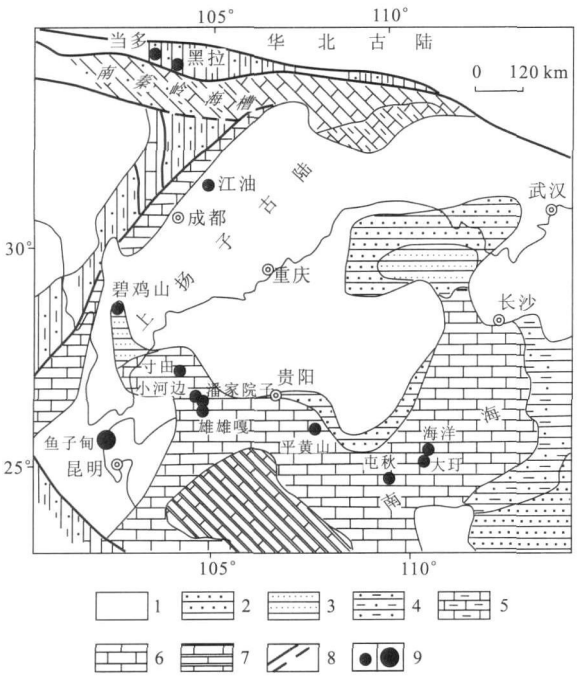


图 4　华南中泥盆世古地理及铁矿床分布图[3]

Fig. 4　Relationship between middle Devonian paleogeography and distribution of sedimentary iron ore deposits

1. 古陆;2. 近海盆地碎屑组合;3. 滨海碎屑组合;4. 浅海泥砂组合;5. 浅海泥质碳酸盐组合;6. 浅海碳酸盐组合;7. 半深海硅质及碳酸盐组合;8. 断层或推测断层;9. 沉积型铁矿床(中型及大型)

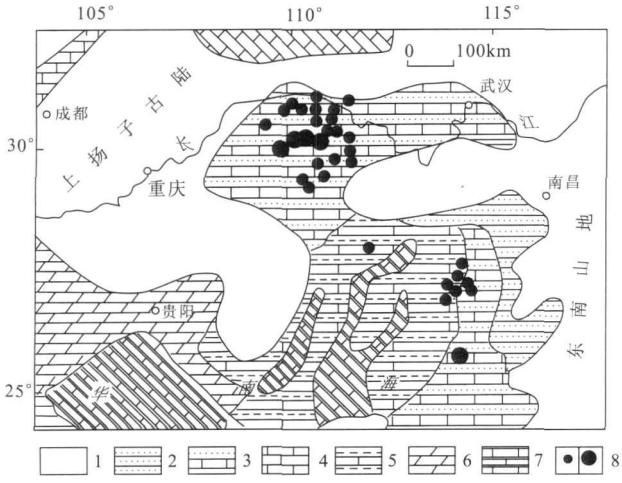


图 5　华南晚泥盆世古地理及铁矿床分布图[3]

Fig. 5　Relationship between late Devonian paleogeography and distribution of sedimentary iron ore deposits

1. 古陆;2. 海陆交互相碎屑组合;3. 滨浅海碎屑及碳酸盐组合;4. 浅海碳酸盐组合;5. 浅海泥质碳酸盐组合;6. 浅海镁质碳酸盐组合;7. 半深海硅质碳酸盐组合;8. 沉积型铁矿床(中型及大型)

4　结　论

古地理环境是鲕状赤铁矿床形成的基本条件,而且鲕状赤铁矿也是沉积岩的一部分,因此古地理环境研究将对鲕状赤铁矿的工艺类型划分和可利用矿产的寻找及勘探提供极大的帮助[21]。华南地区宁乡式鲕状赤铁矿的形成和矿石特征与泥盆纪该区古地理环境密切相关,矿床的沉积环境主要为扬子板块北部、西部及南部的被动大陆边缘浅海环境,其中陆内凹陷盆地及封闭的浅水泻湖环境对成矿最为有利。在同一盆地内,盆地边缘的矿床,矿石大多为贫铁碱性矿石,磷含量低,矿物组成单一;靠近盆地中心的矿床,矿石品位较高,矿物组成复杂,为酸性矿石,磷的含量也普遍较高。而较封闭的陆内凹陷盆地不但海水平静,而且水位较浅,周围的古陆又有充足的物质供给,是最有利的成矿环境,因此形成矿物组成单一的富铁酸性矿石。在形成时代上,华南宁乡式铁矿床主要形成于中泥盆世和晚泥盆世两个时期,尤其在晚泥盆世铁矿床相对集中,矿床规模大,矿化强度高,显示了华南泥盆纪宁乡式铁矿床与古地理环境变迁的相关性。

参考文献:

[1] 卢尚文, 张邦家, 熊道仁, 等. 宁乡式胶磷铁矿用解胶浸矿法降磷的研究[J]. 金属矿山, 1994, (8): 30- 36.

[2] 姚敬劬. 应重新规划开发宁乡式铁矿[J]. 国土资源科技管理, 2005, 22(5): 13- 16.

[3] 赵一鸣, 毕承思. 宁乡式沉积铁矿床的时空分布和演化[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 350- 362.

[4] 廖士范, 魏梁鸿, 刘成德, 等. 中国泥盆纪鲕状赤铁石沉积环境、成因[J]. 沉积学报, 1993, 11(1): 93- 101.

[5] 董榕生. 中国南方大地构造演化及泥盆纪古构造格局[J]. 成都地质学院学报, 1992, 19(2): 58- 63.

[6] 罗志立. 扬子古板块的形成及其对中国南方地壳发展的影响[J]. 地质科学, 1979, (2): 127- 138.

[7] 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培. 华南地区古大陆边缘构造史[M]. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986: 1- 272.

[8] 许靖华, 孙枢, 李继亮. 是华南造山带而不是华南地台[J]. 中国科学: D 辑, 1987, (10): 1 107- 1 115.

[9] 曾允孚. 南岭泥盆系层控矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 1- 213.

[10] 曾允孚, 陈洪德, 张锦泉, 等. 华南泥盆纪沉积盆地类型和主要特征[J]. 沉积学报, 1992, 19(3): 104- 112.

[11] 刘宝珺, 许效松, 徐强, 等. 东秦岭柞水- 镇安地区泥盆纪沉积环境和沉积盆地演化[J]. 沉积学报, 1990, 8(4): 3- 12.

[12] 易改危, 柳祖汉. 论泥盆纪"川鄂浅海"与外界海域的通道[J]. 地质科学, 1989, (2): 143- 149.

[13] Borchert H. Genesis of marine sedimentary iron ores[J]. *Trans. Inst. Min. Metall.*, 1960, 69: 261- 279.

[14] 傅家谟. 鄂西宁乡式铁矿的形成和分布规律[J]. 地质学报, 1961, 41(2): 112- 128.

[15] 廖士范. 中国宁乡式铁矿的岩相古地理条件及其成矿规律的探讨[J]. 地质学报, 1964, 44(1): 68- 80.

[16] Brewer P G, Spencer D W. Distibution of some tranc elements in black sea and their flux between dissolved and particulate phases[J]. *Memoir-American Association of Petroleum Geologists*, 1974, 20: 137- 143.

[17] Joyner T. The determination and distribution of particulate aluminum and iron in the coastal waters of pacific northwest

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[J]. Journal of Marine Research, 1964, 22(3): 259- 268.
[18] 许效松, 牟传龙, 林明. 中国南方泥盆纪板内盆地层序地层与控矿[J]. 沉积学报, 1994, 12(1): 1- 7.
[19] 孙启祯. 边缘成矿概论[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 88- 92.
[20] 童雄, 黎应书, 周庆华, 等. 难选鲕状赤铁矿石的选矿新技术试验研究[J]. 中国工程科学, 2005, 9(增刊): 323- 326.
[21] 谢家荣. 古地理为探矿工作之指南[J]. 古地理学报, 2001, 3(4): 1- 9.

Constraints of South China Devonian Ningxiang Palaeogeography on the Temporal and Spatial Distribution of Iron Ore Deposits and Their Characteristics

ZHOU Jia-yun[1,2], ZHENG Rong-cai[2], ZHANG Yu-shu[1], ZHU Zhi-min[1,2], LI Xiao-yu[1], LUO Li-ping[1], ZHOU Man-geng[1]

(1. *Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu* 610041, *China*; 2. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059, *China*)

Abstract: Devonian Ningxiang type iron deposits, the largest reserves of iron ore in China, are widely distributed in Hubei, Hunan, Jiangxi, Sichuan, Yunnan, Guizhou, Guangxi in South China and southern Ganshu. Their temporal and spatial distribution of deposits and ore portfolio are controlled by geographical environment of the ancient sedimentary basin. Eight mineral districts are divided based on the distribution of iron deposits, while eight basin types are distinguished according to the South China Devonian tectonic pattern. Close analysis of their characteristics shows that the depression basin within land is most beneficial for the mineralization and that the deposits are relatively concentrated in the Late Devonian with a large-scale and high-intensity. At the basin margin, the ores often are alkaline minerals with poor and low phosphorus content, while near the basin center, acid deposits are found in great scale and higher grade with higher proportion of rich ore and high phosphorus content. Finally, different methods and mineral processing technologies are proposed for the different types of ores.

Key words: ancient geography; Ningxiang type iron deposit; South China; spatial and temporal distribution; ore characteristics

秭归实习基地地质综合教学资源简介

樊光明 余英 张先进 易顺华 彭松柏
(中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

中国地质大学(武汉)秭归野外教学实习基地座落在距三峡大坝 1 km 的秭归新县城。一期工程 2006 年竣工, 并开始正式接纳学生野外实习, 实习站具有良好的生活条件和生活环境。实习区位于扬子地台的黄陵背斜中, 结晶基底及盖层出露广泛, 基础地质、工程地质等教学内容齐全。是中国地质大学继周口店、北戴河之后建立的一个唯一具有多功能、综合性的野外教学实习基地。

(1)基础地质 实习区地层从基底古元古界变质岩系到盖层的震旦系至三叠系均有出露。闻名于世的"三峡震旦系国际层型剖面"就位于实习区内的莲沱镇。自实习站向西沿长江而上, 可连续观察到基底岩系的崆岭群小渔村组、盖层中的震旦系、寒武系至二叠系等地层, 地层剖面连续, 露头好, 接触关系清楚。区内三大岩类齐全。盖层为沉积岩, 其岩石类型有砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩等碎屑岩类以及灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩等碳酸盐岩类。岩浆岩类, 区内有黄陵庙岩基, 其岩体有兰陵溪、太平溪等 8 个岩体, 其岩性有辉长岩、石英闪长岩、英云闪长岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和正长花岗岩等, 岩石特征及岩体岩脉穿插关系清楚。兰陵溪一带的变质岩有斜长角闪岩、黑云角闪斜长片麻岩、黑云母片岩、黑云母石英片岩等。黄陵地区经历了阜平至喜马拉雅等多次构造运动, 区内的基

(下转第 104 页)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net