

重庆桃花赤铁矿地质特征与成矿规律分析

刘严松¹, 何政伟¹, 龙晓君¹, 李能炯², 廖海¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 2. 重庆市地质勘查局川东南地质队, 重庆 400038)

[摘要] 桃花赤铁矿位于川东褶皱带与川湘凹陷的过渡带, 矿区出露一套以砂岩、泥岩、灰岩为主的沉积层。上泥盆统黄家蹬组(D_3h)为桃花赤铁矿的赋矿地层, 矿体呈层状、似层状、透镜状分布于黄家蹬组上部, 矿体与顶底板围岩界线清楚。黄家蹬组含 Fe_1 和 Fe_2 两层矿体, 其中 Fe_1 矿体无工业价值, Fe_2 矿体为矿区主矿体(层厚1.07m~5.89m)。矿区矿石为高磷、低杂质、较低品位酸性鲕状赤铁矿矿石, 矿石因含泥质不同而呈紫红色或暗紫色, 发育条带状构造和块状构造。依据矿床地质特征分析, 桃花赤铁矿的分布主要受岩相古地理影响, 矿体产出形态受褶皱构造控制。桃花赤铁矿属渝东鄂西“宁乡式”铁矿成矿区的西延部分, 矿区泥盆系中统云台观组(D_2y)和泥盆系上统黄家蹬(D_3h)为一套海进过程中形成的滨海相沉积序列, 矿体分布于细砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩向页岩或碳酸盐岩过渡的层位。湿热气候和邻近海盆是形成赤铁矿矿的有利古环境, 古海盆周围的古陆风化碎屑物是成矿的物质来源。矿区及其外围上泥盆统地层分布区是宁乡式赤铁矿的找矿远景区, 褶皱是良好的构造找矿标志。

[关键词] 鲕状结构 临滨相 成矿规律 桃花赤铁矿

[中图分类号] P618.31 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2010)02-0230-08

Liu Yan-song, He Zheng-wei, Long Xiao-jun, Li Neng-jiong, Liao Hai. Study on geological characteristics and metallogenic regularities of the Taohua Hematite deposit in the Chongqing area[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(2): 0230-0237.

0 前言

桃花赤铁矿位于重庆市巫山县抱龙镇东南, 矿区属渝东鄂西“宁乡式”铁矿成矿区的西延部分。从20世纪50年代中期在区域内发现铁矿找矿线索以来至80年代, 区域内先后进行了踏勘、预查等地质工作, 对桃花赤铁矿及邻近区域的地层格架、成矿特征有了基本的认识(傅家谟, 1961; 廖士范等, 1993, 1997); 但因为当时高磷鲕状赤铁矿石选冶工艺复杂, 开采成本较大等原因, 桃花赤铁矿未进一步勘探和开发。近年来, 由于国内对铁矿石需求量的迅速增加、国外铁矿石进口成本加大以及对“宁乡式”铁矿选冶工艺的改进, 桃花赤铁矿的开发利用变得经济可行, 桃花赤铁矿矿区及外围区域开始了新的找矿勘探工作(陈文祥等, 2009; 许智迅等, 2009)。本文在前人资料分析基础上, 结合桃花赤

铁矿矿区新的勘探成果, 分析桃花赤铁矿的地质特征和成矿规律, 提高对区域地质特征的认识, 以利于区域的找矿工作。

1 矿床地质背景

桃花赤铁矿床位于川东褶皱带与川湘凹陷过渡带的贺家坪背斜北东段的轴部及两翼, 大地构造位置属扬子准地台上扬子台坳渝东南陷褶皱束七曜山凹褶皱束。桃花赤铁矿矿区属渝东鄂西“宁乡式”铁矿成矿区的西延部分, 矿区发育一套以砂岩、泥岩、灰岩为主的沉积地层。矿区出露地层从老到新为中志留统罗惹坪组(S_2lr)灰绿色粉砂质页岩层, 中泥盆统云台观组(D_2y)灰色厚层-块状石英砂岩层, 上泥盆统黄家蹬组(D_3h)紫红色、灰绿色含铁质、粉砂质页岩夹鲕状赤铁矿层, 中石炭统黄龙组(C_2h)灰色厚层灰岩、白云质灰岩、底部白色铝土质页岩层, 二叠系(P)灰岩

[收稿日期] 2009-12-09; [修订日期] 2010-03-10; [责任编辑] 陈喜峰。

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(40972225)。

[作者简介] 刘严松(1982年-), 男, 2008年毕业于成都理工大学, 获硕士学位, 在读博士生, 现从事矿床地质、地球探测与信息技术的研究工作, E-mail: aptlys@yahoo.com。

矿区及邻近区域构造以褶皱为主,主要发育石滚槽向斜、贺家坪背斜和桃花倒转背斜。石滚槽向斜出露于矿区外围南西侧,向斜轴向为北东 $55^{\circ} \sim 62^{\circ}$,轴面倾向北西,倾角 $75^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。贺家坪背斜为桃花赤铁矿床的控矿构造,背斜在矿区出露长约13 km,轴向为北东 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$,在矿区向北东延伸逐渐倾伏,倾伏角为 $5^{\circ} \sim 14^{\circ}$,向南西延伸则经天竹入湖北境内。背斜在湖北境内轴部开阔,两翼大致对称,轴面直立。延伸入矿区后,轴面逐渐向北西倾斜,南东翼局部形成倒转,倒转部分命名为桃花倒转背斜。桃花倒转背斜的南西端于矿区外围的抱龙镇庙子梁附近与贺家坪背斜轴部相交,向北东延伸至矿区东部边缘附近消失,岩层产状也随之恢复正常。桃花倒转背斜全长约5.5 km,轴向北东 80° ,其北西翼岩层倾角较缓($10^{\circ} \sim 25^{\circ}$),南东翼倾角较大($35^{\circ} \sim 60^{\circ}$),随两翼产状变化,轴面具相应的弯曲现象。

矿区断层不发育,其规模较小,断层延伸长度多在1000 m以内(多为200~500 m)。断层主要分布在贺家坪背斜两翼,延伸方向多与背斜轴线斜交,少数与背斜轴线平行或近于垂直。矿区断层多属高角度正断层,垂直断距20 m~50 m,部分断层切割含矿层,断层下降盘矿体埋深加大,F2正断层在15~17勘探线之间错断背斜轴部,总体上断层对贺家坪背斜的形态及含矿层位的破坏作用不大。

对ZK1706钻孔岩心断裂破碎带硅化方解石胶结物及晚期形成的擦痕阶步上的方解石进行ESR测年分析,结果显示,断裂破碎带胶结物的年龄为121.5~128.6 Ma(正负误差12 Ma),断层面上方解石年龄为3.2 Ma(正负误差0.3 Ma),似表明矿区断裂构造形成于燕山期,并可能延续到喜山期。

2 矿床地质特征

2.1 赋矿岩系

上泥盆统黄家蹬组(D_3h)为桃花赤铁矿的赋矿层位。黄家蹬组为一套紫红色、灰绿色含铁质粉砂质页岩夹鲕状赤铁矿层,岩层中发育大型~小型交错层理和水平层理,含珊瑚类、腕足类和蕨类化石。矿体呈层状、似层状、透镜状产出黄家蹬组中上部,依据岩性组合黄家蹬组从下到上划分为5层,主矿层为第4层,各分层岩性组合特征如下:

第5层:灰色钙质泥岩夹星点状黄铁矿,向下渐变为紫红色泥岩、铁质泥岩,厚度0~0.67 m,与上覆中石炭统黄龙组(C_2h)浅灰色厚层结晶灰岩层或黄龙组底部白色铝土质页岩呈假整合接触。

第4层:紫红色钙质页岩夹赤铁矿层,为矿区主矿层,层厚1.07~5.89 m,TFE品位25~56.80%。按矿石结构构造及含矿特征,从上到下可进一步划分为:顶部为棕红色细鲕粒条带状赤铁矿与紫红色条带状含铁泥岩(或粉砂质泥岩)互层,其条带厚薄不一(1~4 mm),含铁量为25~35%,多在30%左右,分层厚度约0~1.65 m;上部为棕红色豆鲕状赤铁矿,其豆鲕粒直径为2~8 mm,粒核心多为铁泥质胶结粒屑或硅质粒屑,偶见生物碎屑,局部见次圆状砾石。该层含铁量35~44%,一般为40%,分层厚0.5~1.80 m;中部为紫红色鲕状赤铁矿,其鲕粒直径多数小于2 mm,一般在0.5~1 mm之间,铁质胶结,致密块状。该层含铁量多在40~50%,部分在55%以上,分层厚0.6~2.3 m;下部为细鲕(或砂状)赤铁矿夹泥岩条带,铁泥质胶结,粒径多小于1 mm。该层含铁量多在25~40%之间,一般在30%左右,分层厚度0~3.4 m。

第3层:灰色、紫红色含铁质泥岩,含微量鲕粒赤铁矿,岩层厚度0.5~8 m。

第2层:灰黄色、黄灰色含铁细粒石英砂岩与黄灰色页岩互层,夹粉砂岩及薄层或透镜状鲕粒贫赤铁矿层(厚0.1~0.4 m),鲕粒1~2 mm,含泥质较重。底部见0.4 m灰白色粘土岩,厚度0~10 m。

第1层:上部为灰白色、灰绿色中厚层细粒石英砂岩,中下部为黄灰色淡红色细-中粒石英砂岩与粉砂质页岩互层,底部见灰白色页岩,厚0~20 m。下伏整合接触的云台观组(D_2y)灰白色厚层块状细粒-中粒石英砂岩层,云台观组近底部见脉石英角砾及交错层纹构造,云台观组层厚0.4~32 m, SiO_2 含量47.53~98.09%。

2.2 矿体特征

在垂直剖面上有两层矿体,其中主矿体(Fe_2)分布在黄家蹬组中上部钙质页岩中,矿体呈层状、似层状稳定分布,厚度为1.07~5.89 m,多数矿体厚度为2~4 m,平均厚度为3.02 m。主矿体与顶底板围岩界线清楚,矿体底板为灰色、紫红色含铁质泥岩层;矿体顶板有两种岩层:一种为黄家蹬组顶部泥岩层,另一种为中石炭统黄龙组浅灰色厚层结晶灰岩或黄龙组底部白色铝土质页岩(图2)。此外,在黄家蹬组中部灰白色中厚层细粒石英砂岩中还有薄层状或透镜状赤铁矿体(Fe_1)出露,这种矿体厚0.1~0.4 m,品位低,不具工业价值。

矿体在平面上总体为NEE向展布,被后期断裂错断成南、北两段,其北段部分矿体分布在贺家坪背



图2 矿体及顶板围岩(ZK1908 钻孔岩心)
Fig.2 Orebody and surrounding rock in roof
(cores from borehole ZK1908)

斜北西翼,其余矿体均分布在贺家坪背斜南东翼。矿体产出形态受背斜控制,其中北西翼矿体倾角 $8 \sim 25^\circ$,轴部矿体近于水平(倾角 $0 \sim 7^\circ$),南东翼矿体倾角 $8 \sim 50^\circ$ 。矿体厚度在背斜两翼变化明显,北西翼矿体沿倾向具有变薄或尖灭现象,而南东翼矿体厚度则比较稳定。

2.3 矿石特征

矿石的自然类型为赤铁矿石,矿石矿物约占矿

石质量的90%,以赤铁矿、褐铁矿为主(占铁含量的98.8%),其次为菱铁矿(占铁含量的0.55%),黄铁矿含量非常少。脉石矿物主要有石英、水云母、胶磷矿、鲕绿泥石、方解石等,含量较少。矿石因泥质成分含量高低不同而具有不同的颜色与品位,其中紫红色矿石含泥质高,多为豆状赤铁矿,豆粒粒径大小不一,品位较低;暗紫色矿石含泥质较少,多为鲕状赤铁矿,鲕粒粒径较均匀,铁品位较高。

赤铁矿石化学成分比较简单,单样分析 TFe 含量为25~56.80%,矿石 TFe 平均品位为42.2%(表1)。其中,条带状矿石 TFe 为25~40%(平均为30%),块状矿石 TFe 为40~56.80%(平均为45%),TFe $\geq 50\%$ 者很难单独圈定矿体。矿石中有害组分硫含量低,为0.05~1.3%;磷含量较高,为0.5~1.1%。其他杂质如铅、锌、砷等有害元素含量甚微(组合分析中含量多小于0.1%)。磷在矿石中以无定形非晶质胶磷矿形式,呈孤立的浑圆形颗粒或不规则的团块产出,其中常包裹石英砂及赤铁矿颗粒,有时也和赤铁矿一起形成圈层状鲕粒。综上可知,桃花赤铁矿矿石属高磷、低杂质、较低品位矿石。

表1 赤铁矿多项分析成果表

Table 1 Chemical analysis of the hematite ore in Taohua hematite deposit

编号	矿石类型组合	检测项目及成份(%)								备注
		TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	K ₂ O+NaO	
DH1	中下部矿石组合	36.30	19.80	10.63	2.91	0.88	0.05	0.70	1.07	ZK1103 ZK1509 PD1
DH2	块状矿石组合	52.46	8.24	4.54	2.02	0.55	0.06	0.95	0.39	ZK1301 ZK1706 PD4
DH3	条带状矿石组合	31.68	21.78	10.94	3.29	0.91	0.05	0.60	1.31	ZK1105 PD4 ZK1101 ZK1103
DH4	全矿层组合	39.92	14.45	6.22	3.97	1.02	1.36	0.74	0.56	ZK1302 ZK1504

矿石结构主要为鲕状结构,次为豆状和砂状结构。鲕状(豆状)赤铁矿为鲕绿泥石、水云母、白云石等与赤铁矿围绕成核物形成的同心纹层结构,环带呈浑圆、次圆形或椭圆形(图3),有的鲕粒因重结晶作用使同心纹层模糊或消失。鲕粒(豆粒)中成核物有3种:即由纯赤铁矿颗粒构成的核心、由破碎鲕构成的核心和由夹有石英颗粒的赤铁矿构成的核心。鲕粒粒径0.6~1.3 mm,豆粒粒径多为2~3 mm,镜下可见2个或多个鲕粒包裹形成的复鲕。砂状结构赤铁矿石碎屑颗粒粒径多为0.6~1.3 mm,碎屑颗粒主要由赤铁矿等铁质颗粒与石英、方解石、鲕绿泥石颗粒组成,石英颗粒多呈次圆状、圆状,分选磨圆较好,在正交偏光下具波状消光。碎屑颗粒

中可见少量自形菱铁矿,由于被氧化,菱铁矿边缘在单片光镜下显褐色。赤铁矿石为孔隙式胶结,颗粒支撑,胶结物有铁质胶结物和泥质胶结物。

矿石构造主要有条带状构造和块状构造。其中,块状构造分布于矿体中部,条带状构造赋存于矿体顶部和底部。矿体顶部的条带状构造由赤铁矿条带与紫红色含铁粉砂质条带交互组成,矿体下部的条带状构造由紫红色薄层泥质条带和层状、似层状赤铁矿层交互而成。

3 成矿特与成矿规律

3.1 沉积相特征

桃花铁矿为沉积型铁矿床,成矿作用主要受岩

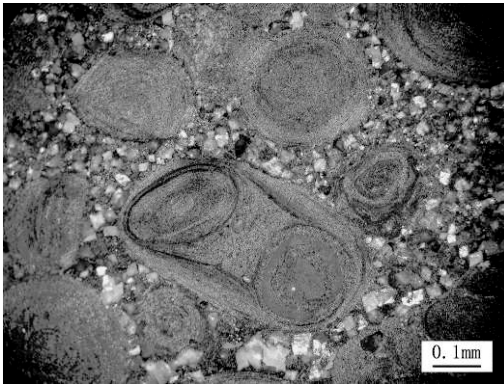


图3 鲕状结构矿石(反射光+)

Fig.3 Oolitic texture orebody (reflex +)

相古地理条件控制。华南中上泥盆统海相地层中的鲕状赤铁矿床属于“宁乡式”铁矿床,前人依据古地理条件和矿床地质特征差异将其划分为鄂西、湘赣等7个成矿区(赵一鸣等,2000;朱继存,2001)。桃花赤铁矿床属渝东鄂西“宁乡式”铁矿成矿区的西延部分。鄂西泥盆系属浅海相至滨海相沉积,从矿区泥盆系中统云台观组和上统黄家蹬组地层的岩性与沉积构造特征,可以看出该泥盆系为一套海进过程中形成的连续退积型滨海沉积序列,前者(云台观组)属于前滨相沉积,而后者(黄家蹬组)属临滨相沉积(许效松等,1994;陈代钊等,1994)。

前滨相(云台观组)主要为中细粒石英砂岩,石英颗粒呈次圆状、浑圆状,分选磨圆好,碎屑中未见长石颗粒,砂岩结构和成分成熟度高。石英砂岩发育双向交错层理,反应了前滨相存在着较强的沿岸流,物源物质受到了长距离的搬运和水体的反复冲洗。已有的研究依据石英颗粒具明显波状消光特征,中扬子地区云台观组石英颗粒粒度由东向西变细的趋势,以及泥盆系河流相沉积主要分布于武汉以东至赣北地区等特征(曾允孚等,1992;周家云等,2009),认为云台观组中石英碎屑的主要物源是华夏古陆富含石英的变质岩,是由区域东部经河流经长距离搬运后带入矿区沉积。

临滨相(黄家蹬组)为灰紫色、灰绿色含铁质粉砂质页岩夹鲕状赤铁矿层,发育交错层理和水平层理。岩层中含珊瑚类、腕足类和蕨类化石以及水云母、胶磷矿、鲕绿泥石、方解石、菱铁矿、黄铁矿等自生矿物。水云母、胶磷矿、鲕绿泥石主要以同心薄层形式和赤铁矿形成鲕粒结构,其圈层厚度多在

0.01 mm以下,部分胶磷矿在矿石中呈孤立的浑圆状颗粒或不规则团块产出,其中常包裹石英砂及赤铁矿颗粒。方解石主要呈自形晶粒(粒径0.045~0.075 mm)分布在砂状赤铁矿碎屑颗粒中,或与石英一起胶结鲕粒赤铁矿。菱铁矿、黄铁矿主要呈显微粒状分布在粘土岩中,少量菱铁矿呈自形晶粒分布在赤铁矿中。具工业价值的铁矿层主要分布于砂岩、粉砂质页岩向页岩或灰岩递变处。依据自生矿物和含铁矿物相带分布特征分析,赤铁矿层的形成环境为海盆浅部的氧化环境,而菱铁矿的形成通常要求一定的 Eh 和 Ph 条件和极高的 CO₂ 分压和极低的硫离子浓度,菱铁矿的出现反映了海盆中氧化界面的变化(氧化界面由位于盆地底面向位于盆地底面之上变化)。在离海岸较远和海水较深处或在近岸拗陷处的稳定海水中,由于有机物的不断分解,使二氧化碳分压增高,在弱还原弱碱性条件下就可以形成菱铁矿。在相似条件下如有硅铝质参与就可能生成鲕绿泥石(谢家荣等,2001)。鲕绿泥石常形成于水温为 25~30℃ 的温暖环境。鲕绿泥石与同样产于暖水环境的胶磷矿和珊瑚、腕足类化石的出现反映黄家蹬组可能形成于温暖湿热的气候条件下。通过对泥岩进行 B 元素含量分析,认为赤铁矿形成的古浅海环境具有近岸淡化的特征。

3.2 铁矿形成的物质来源和古地理条件

中泥盆世华南海水跨过江南古陆侵入中扬子区,形成渝东鄂西浅海(易改危等,1989),海盆东部河流携带的陆源碎屑物在桃花地区形成云台观组前滨相石英砂岩沉积层。晚泥盆世海侵继续,海水深度加深,前滨相转为波基面之下,海水动力降低,沉积物以泥质沉积为主,中扬子区进入临滨相沉积,形成一个相对较封闭的内陆古海盆地(图4)。桃花矿区处于古海盆西北边缘,盆地西部为上扬子古陆、北部为淮阳古陆、东南部为江南古陆,区内无火山活动,古海盆周围的古陆壳风化物成为古海盆地沉积物的主要来源(罗志立,1979;董榕生,1992;王剑等,2001)。古陆上除橄榄石、角闪石、黑云母等含铁硅酸盐矿物外,还有赤铁矿、针铁矿等铁的氧化物,在湿热气候条件下,含铁矿物经风化作用而分解析出铁质,并经流水搬运到古海盆中,铁质胶体在适量有机酸作用下,以胶体溶液的方式稳定迁移。当发生电解质作用或有机酸过量时,铁质胶体以悬浮状

态的粉砂颗粒为核心,以胶体化学沉积方式形成赤铁矿鲕粒,鲕粒不断下沉并叠加于其下的泥质沉积物上。随着波浪及潮汐作用,鲕粒将被反复搬运、滚动,并不断地富集,最终转向成岩成矿阶段。由于古陆上的红土参与了沉积作用,赤铁矿矿石中 Al_2O_3 含量较高。

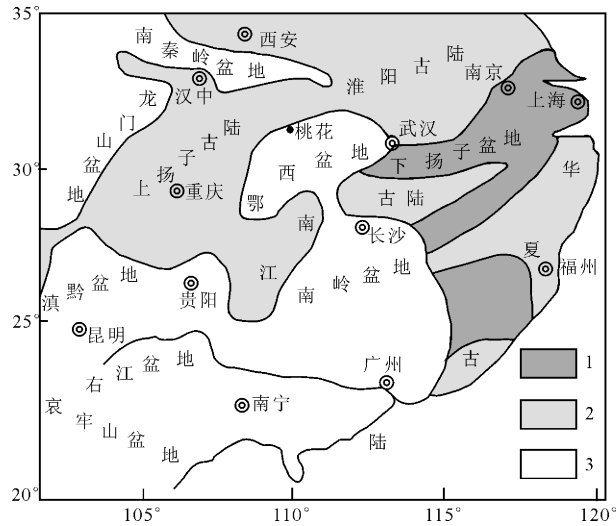


图4 华南泥盆纪沉积盆地分布图(据易改危等修绘,1989)

Fig. 4 Distribution of Devonian basins in South China (modified from Yi *et al.*, 1989)

1-陆相沉积;2-陆地;3-海区

1-continental sediments; 2-land;3-sea area

较封闭的内陆海盆地和湿热的古气候条件是鲕状赤铁矿形成的有利古地理条件,而且在湿热气候条件下古陆风化作用强烈,不仅带来丰富的碎屑物,而且也提供了丰富的成矿物质。在适当的水动力条件下,以胶体形式存在的铁质,围绕石英等碎屑颗粒沉积形成赤铁矿鲕粒,后经过波浪和潮汐水流的多次搬运改造与富集最终就位于临滨相带中的细砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩向页岩或灰岩递变处。由于受古陆边缘地势影响,矿体的厚度变化较大,推测贺家坪北西翼矿体变薄或尖灭即为古地形影响的结果。

3.3 成矿规律的区域对比

从上述分析可见,桃花赤铁矿的成矿规律与渝东鄂西地区泥盆纪沉积鲕状赤铁矿床的主要成矿规律基本相同,但也具有自身的一些成矿特征。主要表现为:渝东鄂西“宁乡式”铁矿成矿区的矿体均产于上泥盆统,含矿沉积岩相和铁矿石具有随时间演

化的趋势,矿体围岩具有由页岩为主夹砂岩向钙质页岩夹灰岩转化的特征,铁矿石也由砂质鲕状赤铁矿逐渐向钙质鲕状赤铁矿变化,最后生成由菱铁矿、鲕绿泥石和鲕状赤铁矿组成的矿石相。鄂西成矿区赋矿岩层多含4层矿体,其中 Fe_1 和 Fe_2 矿层主要产于上泥盆统下段黄家蹬组中, Fe_3 和 Fe_4 矿层产于上泥盆统上段写经寺组中(胡宁等,1998;周圣生,1998)。其中 Fe_1 、 Fe_2 和 Fe_3 矿层形成于海侵沉积旋回岩系中, Fe_4 形成于海侵末期或海退沉积旋回岩系中。而本区(桃花赤铁矿矿区)处于页岩夹砂岩相与砂岩夹页岩相的过渡带,矿体产于上泥盆统黄家蹬组中细砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩向页岩或灰岩递变处。矿区缺失上泥盆统写经寺组,仅发育 Fe_1 和 Fe_2 两层矿体,其中 Fe_2 矿层属主矿层,与渝东鄂西成矿区内巴东、秭归一带的赤铁矿主矿层位相同。本区铁矿与渝东鄂西两处成矿的差别,可能与不同时期古海盆地形条件的变化有关。

4 结语

桃花赤铁矿为渝东鄂西地区晚泥盆世海相沉积鲕状赤铁矿床,矿床受岩相古地理条件控制明显,湿热环境及半封闭海盆中的滨海相沉积组合是铁矿形成的有利古地理环境,古海盆周围的古陆风化物是成矿的物质来源。矿区发育两层矿体,其中一层为工业矿体。矿体呈层状、似层状分布于上泥盆统黄家蹬组中上部砂岩、粉砂质页岩层中,其产出形态受贺家坪背斜的控制。依据桃花赤铁矿的地质特征及成矿规律,在今后的区域找矿工作中,要特别注意,半封闭的内陆海盆是找矿的古地理标志,上泥盆统地层是找矿的地层标志,褶皱构造是良好的找矿构造标志(翟裕生,1996,1997)。从整个中扬子地区泥盆系的分布特征以及晚泥盆世地层的含矿情况分析,在桃花矿区南东的和尚头背斜区及外围写经寺组地层是进一步寻找铁矿的远景区。

[注释]

① 何政伟,孙传敏,刘严松. 2007. 重庆市巫山县桃花赤铁矿成因研究[R]. 成都理工大学

[References]

Fu Chia-mo. 1961. Facies and genesis of sedimentary iron deposits of Ningxiang-type, Western Hupei [J]. Acta Geological Sinica, 41 (2):112-128

Liao Shi-fan, Wei Liang-hong, Liu Cheng-de, Zhang Xue-shou, Ran

- Chong-ying, Shi Qing-qin. 1993. Sedimentary environments and origin of the Devonian oolitic ironstones in China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 11(1):93-102
- Liao Shi-fan. 1997. An opinion on the origin of oolitic iron deposits throughout Phanerozoic in China[J]. *Guizhou Geology*, 14(4):334-336
- Chen Wen-xiang, Hu Wan-ming, Wang Bing. 2009. Research on the combined beneficiation process for dephosphorization of high phosphorus oolitic hematite ore from Taohua, Wushan County[J]. *Metal Mine*, (3):50-54
- Xu Zhi-xun, Chen Hua-chao. 2009. Countermeasure research on relieving the bottleneck of mineral resources in China [J]. *Geology and Exploration*, 45(1): 82-88
- Zhao Yi-ming, Bi Cheng-si. 2000. Time-space distribution and evolution of the Ningxiang-type sedimentary iron deposits [J]. *Mineral Deposits*, 19(4):350-362
- Zhu Ji-cun. 2001. New views on the genesis of Ningxiang-type iron deposit [J]. *Journal of Hefei University of Technology (Natural Science)*, 24(1):143-145
- Xu Xiao-song, Mu Chuan-long, Lin Ming. 1994. Sequence stratigraphy of Devonian and it controls deposits in intraplate Basin, South China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 12(1):1-7
- Chen Dai-zhao, Chen Qi-ying. 1994. Devonian sedimentary evolution and transgression-regression patterns in South China [J]. *Chinese Journal of Geology*, 29(3):246-254
- Zeng Yun-fu, Chen Hong-de, Zhang Jin-quan, Liu Wen-jun. 1992. Types and main characteristics of Devonian sedimentary basin in South China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 19(3):104-112
- Zhou Jia-yun, Zheng Rong-cai, Zhang Yu-shu, Zhu Zhi-min, Li Xiao-yu, Luo Li-ping, Zhou Man-geng. 2009. Constraints of South China Devonian Ningxiang palaeogeography on the temporal and spatial distribution of iron ore deposits and their characteristics[J]. *Geological Science and Technology Information*, 28(1):93-98
- Xie Jia-rong, Zhang Hong-yuan, Shao Long-yi. 2001. Palaeogeography as a guide to mineral exploration [J]. *Journal of Palaeogeography*, 3(4):1-9
- Yi Gai-wei, Liu Zu-han. 1989. Study on the channels between Sichuan-Hubei shallow sea and open sea in Devonian [J]. *Chinese Journal of Geology*, 3(2):143-149
- Luo Zhi-li. 1979. On the occurrence of Yangze old plate and its influence on the evolution of lithosphere in the Southern part of China [J]. *Chinese Journal of Geology*. 2(2): 81-83
- Dong Rong-sheng. 1992. Geotectonic evolution and Devonian palaeotectonic framework in South China [J]. *Journal of Chengdu Institute of Geology*, 19(2):58-63
- Wang Jian, Liu Bao-jun, Pan Gui-tang. 2001. Neoproterozoic rifting history of South China significance to Rodinia breakup [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 21(3): 135-145
- Hu Ning, Xu An-wu. 1998. Horizon, lithofacies and genesis of the Ningxiang-type iron deposit in Western Hubei, China [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 13(1):40-47
- Zhou Sheng-sheng. 1998. Geological characteristics of stratabound ore deposits in China [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, (3): 1-24
- Zhai Yu-sheng. 1996. Problems in the study of structure fluid ore forming processes [J]. *Earth Science Frontiers*, 3(3-4): 230-234
- Zhai Yu-sheng. 1997. Metallogenic evolution and megastages in earth's history [J]. *Earth Science Frontiers*, 3(3-4): 197-201

[附中文参考文献]

- 傅家谟. 1961. 鄂西宁乡式铁矿的相与成因[J]. *地质学报*, 41(2): 112-128
- 廖士范, 魏梁鸿, 刘成德, 张学寿, 冉崇英, 史清琴. 1993. 中国泥盆纪鲕状赤铁矿石沉积环境、成因[J]. *沉积学报*, 11(1):93-102
- 廖士范. 1997. 我国显生宙沉积鲕铁矿粒成因新见解[J]. *贵州地质*, 14(4):334-336
- 陈文祥, 胡万明, 王兵. 2009. 巫山桃花高磷鲕状赤铁矿联合选矿脱磷工艺研究[J]. *金属矿山*, (3):50-54
- 许智迅, 陈华超. 2009. 缓解我国矿产资源瓶颈约束对策研究[J]. *地质与勘探*, 45(1): 82-88
- 赵一鸣, 毕承思. 2000. 宁乡式沉积铁矿床的时空分布和演化[J]. *矿床地质*, 19(4):350-362
- 朱继存. 2001. 宁乡式铁矿床成因的新认识[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 24(1):143-145
- 许效松, 牟传龙, 林明. 1994. 中国南方泥盆纪板内盆地层序地层与控矿[J]. *沉积学报*, 12(1):1-7
- 陈代钊, 陈其英. 1994. 华南泥盆纪沉积演化及海水进退规程[J]. *地质科学*, 29(3):246-254
- 曾允孚, 陈洪德, 张锦泉, 刘文均. 1992. 华南泥盆纪沉积盆地类型和主要特征[J]. *沉积学报*, 19(3):104-112
- 周家云, 郑荣才, 张裕书, 朱志敏, 李潇雨, 罗丽萍, 周满庚. 2009. 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[J]. *地质科技情报*, 28(1):93-98
- 谢家荣, 张宏远, 邵龙义. 2001. 古地理为探矿工作之指南[J]. *古地理学报*, 3(4):1-9
- 易改危, 柳祖汉. 1989. 论泥盆纪“川鄂浅海”与外界海域的通道[J]. *地质科学*, 3(2):143-149
- 罗志立. 1979. 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*, 2(2): 81-83
- 董榕生. 1992. 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*, 19(2):58-63
- 王剑, 刘宝珺, 潘桂棠. 2001. 华南新元古代裂谷盆地演化-Rodinia超大陆解体的前奏[J]. *矿物岩石*, 21(3): 135-145
- 胡宁, 徐安武. 1998. 鄂西宁乡式铁矿分布层位岩相特征与成因探讨[J]. *地质找矿论丛*, 13(1):40-47
- 周圣生. 1998. 中国层控矿床地质特征[J]. *华南地质与矿产*, (3): 1-24

翟裕生. 1996. 关于构造-流体-成矿作用研究的几个问题[J]. 地学前缘, 3(3-4): 230-234

翟裕生. 1997. 地史中成矿演化的趋势和阶段性[J]. 地学前缘, 3(3-4): 197-201

Study on Geological Characteristics and Metallogenic Regularities of the Taohua Hematite Deposit in the Chongqing area

LIU Yan-song¹, HE Zheng-wei¹, LONG Xiao-jun¹, LI Neng-ji², LIAO Hai¹

(1. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059; 2. Geological Team of Southeastern Sichuan, Chongqing Bureau of Geological Exploration and Exploitation of Mineral Resources, Chongqing, 400038)

Abstract: The Taohua hematite deposit is located in the transition belt of the eastern Sichuan fold zone and Sichuan-Hunan hollow zone, where the exposed rocks are mainly sandstone, mudstone and limestone. The orebodies are preserved in the Huangjiadeng formation of upper Devonian (D_3h), which exhibit layered and lenticular shape with distinct boundaries between the orebody with surrounding rock in roof. The Huangjiadeng formation contains two layers of orebodies (Fe_1 and Fe_2), of which Fe_1 has no economic value, and Fe_2 is the main ore body with thickness 1.07 m ~ 5.89 m. The type of the ore is acid oolitic hematite which has low grade, high phosphorus and low impurities. The ore is magenta or dark purple due to the difference of pelitic content, with banded and massive structures. Based on the study of geological characteristics of the deposit, this paper indicates that Palaeogeography and lithofacies have major influence on the distribution of Taohua deposit, where the occurrences of orebodies are controlled by fold structure. The Taohua iron ore area is the westward extending part of the Ningxiang-type hematite metallogenic area in East Chongqing and West Hubei province. The Yuntaiguan formation of middle Devonian and Huangjiadeng formation of upper Devonian are littoral facies depositional sequence which formed in the transgressive process. The orebodies occur in the transitional horizon from fine sandstone, siltstone, silty shale to shale or limestone. Warm-wet climate and ancient sea basins were favorable for the generation of hematite. The metallogenic materials are mainly derived from the weathered terrigenous clastics. The Taohua area and its outer zone which have the upper Devonian are the prospect areas for Ningxiang-type hematite, where folds in are the structural indicator for ore exploration.

Key words: oolitic texture, offshore facies, metallogenic regularity, Taohua hematite deposit