

闽西南推覆构造控矿的地质—地球物理模型

张 旭¹, 张 达^{1,2*}, 谭捍东¹, 林全胜¹, 狄永军¹, 吕良冀¹, 刘 敏¹, 王改梅¹

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

2. 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083

摘要: 闽西南地区位于武夷山成矿带西南部, 自元古宙以来经历了多期次的构造演化, 推覆(滑脱)构造广泛发育, 并对区内“马坑式”铁多金属矿床具有控制作用。通过对推覆构造特征、主要赋矿岩层和推覆界面的研究发现, 闽西南地区主要的赋矿岩层为 $C_{2+3}-P_1q$, 主要沿 AnD/C_1l 及 $C_1l/C_{2+3}+P_1q$ 这 2 个界面发生推覆, 以上 2 个区域性的推覆构造面可以作为成矿热液的地球化学屏蔽层位。通过地表地质对深部赋矿岩层及推覆界面的分布和构造格局进行解析, 结合可控源音频大地电磁法(CSAMT)进行的深部探测剖面解译, 建立了闽西南推覆构造控矿的地质—地球物理模型, 该模型在一定程度上可为该地区深部矿产预测提供依据。

关键词: 推覆构造; 铁多金属矿床; 控矿特征; 地质—地球物理模型; 成矿预测; 矿床。

中图分类号: P542

文章编号: 1000-2383(2012)06-1243-09

收稿日期: 2012-07-19

Geological and Geophysical Model of Thrust Controlling on Iron Ore Deposits in the Southwestern Fujian Province

ZHANG Xu¹, ZHANG Da^{1,2*}, TAN Han-dong¹, LIN Quan-sheng¹, DI Yong-jun¹, LV Liang-ji¹, LIU Min¹, WANG Gai-mei¹

1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory of Lithospheric Tectonics and Lithoprobing Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract: The southwestern Fujian is located in southwestern Wuyishan mineralization zone, where nappe (slippage) structures extensively developed after a multi-stage tectonic evolution since the Proterozoic, with control over “Ma Keng”—small, medium and large iron polymetallic deposits in the region. It is found in this study on nappe structures associated with ore-bearing rocks and nappe interfaces that the ore-bearing strata mainly consist of $C_{2+3}-P_1q$; the nappe mainly occurred along the AnD/C_1l and $C_1l/C_{2+3}+P_1q$ interfaces; and these two regional nappe structures may be the geochemical shield of the hydrothermal ore-forming fluid. A ore-controlling geological-geophysical model of the nappe structure in southwestern Fujian is established by surface geological analysis of distribution and tectonic framework of the deep ore-bearing rock and nappe interface combining the interpretation of deep controlled source audio magnetotelluric method (CSAMT), which will certainly facilitate deep prospecting.

Key words: nappe structure; iron polymetallic deposits; ore-controlling characteristics; geological and geophysical model; ore prospecting; ore deposits.

闽西南地区位于华南大陆东南缘, 晚古生代以来由于区域裂陷作用, 形成了北东向的被动陆缘与陆表海盆地, 先后沉积了以林地组(C_1l)、经畲组

(C_2j)、老虎洞组(C_2lh)、船山组(C_3c)和栖霞组(P_1q)为代表的碎屑岩—碳酸盐岩建造。其中, 区内重要铁矿床的主矿体赋存于早石炭世与中晚石炭世之间的不整合界面及中晚石炭世—早二叠世碳酸盐

基金项目: 地质调查项目“武夷山植被覆盖区成矿地质背景研究与成矿要素综合推断”(No. 1212011085472); 大学生创新性实验计划项目(No. 51900265029); 武夷山成矿带中生代推覆构造与铜多金属找矿方向研究(No. 1212010813064); 武夷山成矿带铜多金属成矿规律研究(No. 1212010533105); “111”计划(No. B07011)。

作者简介: 张旭(1990—), 男, 研究生, 矿床学专业. E-mail: zhangxu0327@foxmail.com * 通讯作者: 张达, E-mail: zhangda@cugb.edu.cn

岩中,形成“马坑式”铁矿。因此,闽西南地区被认为存在晚古生代与石炭一二叠纪特定层位有关的 Fe、Cu、Mn、Pb、Zn 矿床成矿系列(高天钧等,1999)。

中侏罗世以来,东亚岩石圈大规模的板块运动导致中国大陆及周缘地带产生强烈的构造变形(董树文等,2008)。由此形成的 NE-NNE 向逆冲推覆构造使闽西南地区中上石炭统至下二叠统栖霞组(C_{2+3} — P_1q)赋铁层位发生层序倒置、重复或缺失,并大多隐伏于外来岩系之下。因此,闽西南地区“马坑式”铁矿深部预测要与推覆构造界面及赋矿岩层的揭示紧密结合起来。本文通过分析闽西南地区推覆构造控矿特征,建立了该区推覆构造控矿的地质—地球物理模型,试图为该区深部找矿提供新的思路。

1 区域地质背景

闽西南地区位于福建省西南部,属东南沿海构造—岩浆—成矿带的一部分,是特提斯 EW 向构造与环太平洋亚洲大陆边缘 NE 向构造时空演化交替的典型地区(吴淦国等,2000;毛建仁等,2001;余心起等,2005)。长期以来,该区独特的构造环境和复杂的构造—岩浆—成矿演化史造就了该区多样的地质构造特征(张达,1999;Mouthereaua et al., 2001)。

闽西南地区地层发育,自上元古界至第四系多有出露。根据地层岩性、岩相、成岩环境的差异可分为 3 大岩系:前泥盆纪基底岩系、晚古生代—中三叠世以海相沉积为主的盖层岩系以及中新生代陆相碎屑—火山岩系(张达,1999;林东燕,2011)。其中早石炭世林地组(C_1l)、中石炭世黄龙组(C_2h)—早二叠世栖霞组(P_1q)、文笔山组(P_1w)—童子岩组(P_1t)和早三叠世溪口组(T_1x)的碳酸盐岩与碎屑岩相过渡处见层状、似层状 Cu、Pb、Zn 多金属矿化层,为区内主要成矿层位。

区内褶皱、断裂发育,区域构造线以 NNE 为主。推覆构造自西向东表现为西部外来岩系为大面积的推覆席体,而原地岩系仅在沟谷中被剥露,多数形成小面积、零星分布的构造窗;东部原地岩系则以较大面积出露地表,同时在原地岩系之上还分布着由外来岩系的残留体形成的飞来峰构造。总之,由西至东,构造窗的规模由小到大,而飞来峰的规模则由大到小。

研究区内岩体分布广泛,可见大洋岩体、莒舟岩体、汤泉岩体等,与铁多金属矿成矿密切的岩体主要为燕山早期的二长花岗岩、黑云母花岗岩及细粒花岗岩,其中以黑云母花岗岩规模最大。

2 推覆构造时空分布

闽西南晚古生代坳陷盆地周缘隆起带及盆地内部次一级隆凹过渡地带广泛发育中生代推覆构造(张达等,2011)。

盆地西缘分布的推覆构造沿宁化—长汀—武平一线分布,表现为大面积分布的前寒武系及下古生界推覆至上古生界及部分中生界之上。推覆构造主要发生在基底与盖层间以及盖层内部,推覆面呈向 SE 倾向的叠瓦状排列,空间上组成 NE 向带状推覆体,局部可见小型构造窗(关玉祥等,1989;陶建华,2008)。

盆地内部推覆构造带主要分布于次一级隆起与凹陷过渡地带。自西向东主要有明溪—清流推覆构造带(I)、连城—上杭推覆构造带(II)、三明—永安推覆构造带(III)、大田—漳平—龙岩推覆构造带(IV)(图 1)。这些推覆构造带被盆地内宣和复式背斜、胡坊—永定隆起、太华—长塔复式背斜相隔。推覆构造带总体呈 NE 走向,卷入地层有上古生界中上泥盆统、下石炭统、中上石炭统及下三叠统,以及前寒武系变质岩系及下古生界浅变质岩系。推覆构造主要发生在基底与盖层(AnD/Pz_2-Mz)以及盖层之间($C_1l/C_{2+3}+P_1q$)2 个层次,造成了闽西南盆地西部前泥盆系地层中出现大量椭圆状面积较大的构造窗,如明溪城关—林舍、宁化泉上—湖村、武平岩前及上杭湖洋一带分布的晚古生代地层;在盆地东部晚古生代以来的沉积盖层呈大面积分布,而前泥盆系地层主要表现为不同规模的飞来峰,如在湖源—广平、白沙—雁石、龙宫山—九峰崎一带分布的前泥盆纪地层及加里东期岩体。

盆地东缘推覆构造分布在政和—大埔断裂带以东沿德化阳山—安溪剑斗一带分布(IV)。推覆构造断续出露于被大片中生代火山岩覆盖的前寒武纪变质岩及晚古生代地层零星露头中。煤及多金属矿产勘查成果表明,火山岩盖层下隐伏存在前中生代地层,同时存在一定规模的推覆构造。由于覆盖强烈,推覆构造的延伸及特征还不能准确判断,但总体上与闽西南盆地内部推覆体结构特征相似,同样具基底与盖层以及盖层内部 2 个层次的推覆。其中德化阳山—安溪剑斗一带推覆构造特征尤其明显。

3 原地岩系和外来岩系特征

闽西南地区推覆构造主要为中深层次逆冲推覆

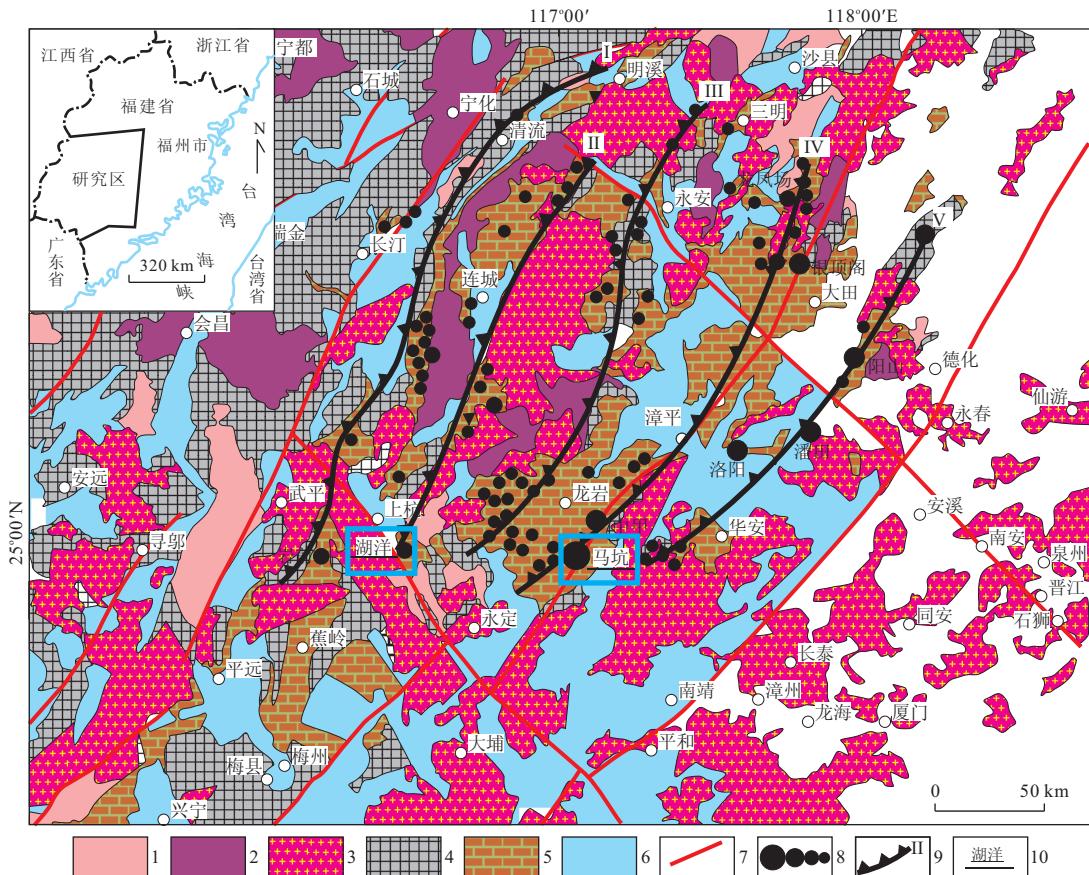


图1 闽西南地区推覆构造与铁矿床分布(据张达等,2011修改)

Fig. 1 Distribution of nappe structures and iron ore deposits in the southwestern Fujian Province

1. 前泥盆纪侵入岩; 2. 海西—印支期侵入岩; 3. 燕山期侵入岩; 4. 基底岩系; 5. 盖层岩系; 6. 燕山期火山岩系; 7. 主干断层; 8. 大中小型铁矿床及矿化点; 9. 推覆构造带及编号; 10. 可控源音频大地电磁测深区

构造(周珍琦, 2006), 主要指深部变质岩系和直接不整合于其上的上泥盆统一下石炭统, 以及加里东期的岩体等呈外来岩系(或外来岩席)逆冲于由早古生代和部分中生代地层组成的原地岩系之上的构造(图2). 外来岩系主要显示为脆—塑性的构造变形, 而原地岩系则显示为脆性的构造变形.

3.1 外来岩系

在研究区内, 外来岩系主要由震旦系至下古生界和直接不整合于其上的上泥盆统或下石炭统, 以及加里东期侵入的岩体(如宁化岩体等)等组成. 在闽西南拗陷带的中部和东部地区, 外来岩系主要以寒武系和奥陶系为主, 其次是部分震旦系和围捕岩体组成; 西部则主要由寒武系和震旦系及宁化岩体组成.

外来岩系的地貌地质特征有一共同的特点: 由于长期风化剥蚀作用, 在沟谷中原地岩系被剥蚀出露地表, 形成规模不等、形态不一的构造窗; 而在地形高处, 被残留的外来岩系则形成飞来峰构造

(图3a).

宏观上, 褶皱变形、劈理构造是研究区内外来岩系的主要形变构造. 变质岩由浅变质的粉砂岩、千枚岩、板岩等组成, 变质程度较浅, 基本上保留了原始的沉积层理, 但变形强烈, 以倒转、紧密褶皱为主. 劈理构造是外来岩系中又一主要的形变构造. 在研究区, 外来岩系中的变质岩, 有的地方有清楚的劈理, 有的地方则不明显, 但普遍有剪切现象, 使岩层面模糊不清, 甚至看不见, 而显示的则是岩层中的剪切面(图3c).

微观上, 组成外来岩系的岩石种类较多, 有千枚岩、片岩、砂砾岩和岩浆岩. 由于它们的岩石物理性质和化学性质的差别, 在推覆运动的过程中也表现出不同的形变, 石英脉发生强烈褶皱(图4a).

3.2 原地岩系

推覆构造内的原地岩系, 主要指的是外来岩系下伏的地层. 主要由早古生代和部分中生代地层组成, 包括下二叠统栖霞组(P_{1q})、文笔山组(P_{1w})、童

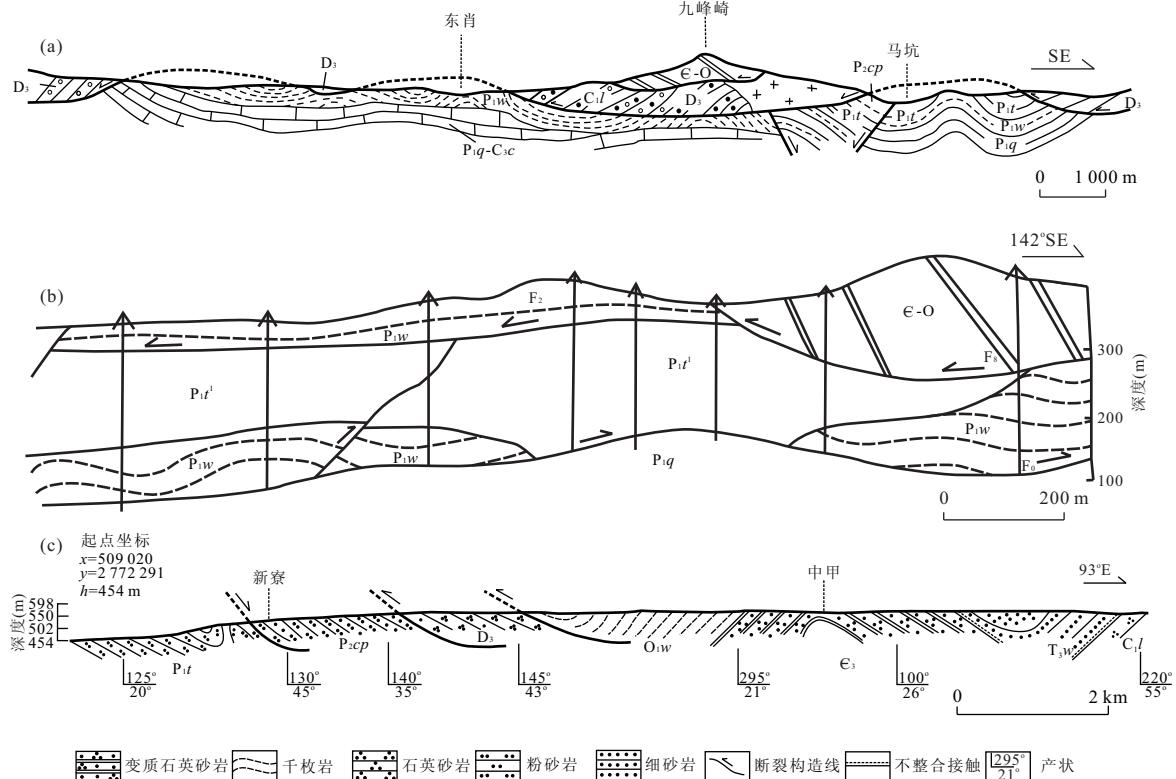


图2 龙岩九峰崎推覆构造剖面图(a)、王庄煤矿井田剖面图(b)和新寮—中甲构造剖面图(c)(图2a据黄锦华, 1992修改; 图2b据王桂梁, 1992修改)

Fig. 2 The cross-section of Jiufengqi nappe structure (a), the drilling cross-section of Wangzhuang (b) and the structure profile of Xinliao-Zhongjia (c) in Longyan area

ϵ_3 . 上寒武统; O_1w . 下奥陶统魏坊组; D_3 . 上泥盆统; C_1l . 下石炭统林地组; P_1t . 下二叠统童子岩组; P_2cp . 上二叠统翠屏山组; T_3w . 上三叠统文宾山组

子岩组(P_1t)，上二叠统翠屏山组(P_2cp)、大隆组(P_2d)、下三叠统溪口组(T_1x)、大坑组(T_3d)、文宾山组(T_3w)和下侏罗统梨山组(J_1l)。在平面上，闽西南西部呈孤立零星、大小不一的构造窗出露地表；在东部则呈较大面积裸露地表(图3b)。总之，从西至东构造窗出露面积是由小到大。

原地岩系各处普遍发育褶皱构造，由于岩性的物理性质不同造成褶皱发育的强度也不同。在煤系地层中多见砂质岩和泥质岩互层的岩层形成紧密褶皱、尖棱褶皱和斜歪、平卧褶皱，区内的各井田都表现了这一构造特征。在龙宫山盘山公路沿线，可见下二叠统童子岩组(P_1t)、翠屏山组(P_2cp)地层发生倾斜倒转，局部地区表现为具有一定规模的平卧褶皱或斜歪褶皱(图3d)，同时这些小皱褶又组成大型复式皱褶的一部分。

在研究区内的构造窗中，普遍有灰岩出露，其变形与所处构造部位有关，即靠近逆冲断层附近变形强，远离则较弱，微观上也有不同的表现：靠近逆冲

断层附近的灰岩部分大理岩化，普遍具粉晶结构、碎裂结构和片状构造，局部地段叠加劈理构造。岩石受动力变质作用碎裂成大小不一的棱角状碎块，主要表现为方解石细晶粒压扁、拉长、定向排列和片状构造，绢云母均匀散布于岩石中，长轴平行片理方向。较粗大的方解石晶粒多产生机械双晶、双晶纹扭曲、错断等(图4b)。在垂直片理方向，方解石普遍产生一组“X”型共轭应变双晶。在远离逆冲断层的灰岩变形强度略低于前者，主要为轻度碎裂结构和部分碎粒结构。

上述资料表明，组成外来岩系和原地岩系的同一个时代地层(如 D_3-C_1)，由于受应力作用的次数和强度的不同，其地层岩石变形和显微构造的表现特点是不同的。在宏观上其主要区别是：外来岩系一般动力变质明显，地层岩石普遍发生了强烈变形，主要表现在砾石、矿物颗粒压扁、拉长和定向排列，劈理发育和细碎屑岩揉皱构造发育；而原地岩系的地层岩石，除靠近断裂面外，上述现象基本上很弱或没有。



图3 原地岩系与外来岩系宏观地质特征

Fig. 3 The geology feature confrontation between allochthonous and autochthonous

a. 泥盆系砂砾岩飞来峰; b. 中上石炭统一下二叠统栖霞组($C_{2+3}-P_1q$)构造窗;c. 前泥盆系(AnD)岩层剪切面;d. 下二叠统童子岩组(P_1t)组内斜歪褶皱

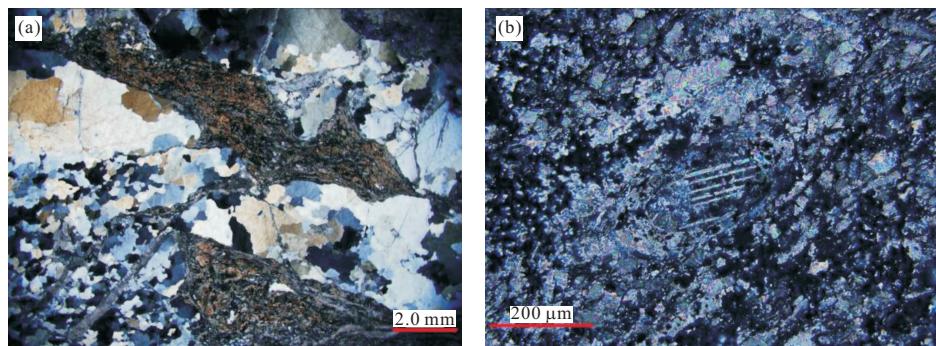


图4 原地岩系与外来岩系显微构造特征

Fig. 4 The microstructure feature confrontation between allochthonous and autochthonous

a. 前泥盆系(AnD)石英脉强烈褶皱;b. 下二叠统栖霞组灰岩中方解石的机械双晶与扭折现象

4 推覆构造控矿特征

闽西南地区推覆构造对铁多金属矿的控矿特征主要表现为两方面,一是对铁多金属成矿带的控制,二是对铁多金属矿床的控制。

闽西南地区推覆构造对铁矿多金属成矿带的控制主要表现为对赋矿的中上石炭统下二叠统碳酸盐岩层位的控制。其中主要是闽西南盆地内部及东缘的推覆构造控制铁多金属矿带。闽西南盆地西部的连城庙前、上杭湖洋及武平岩前一带的铁矿床的分布主要受连城—上杭推覆构造形成的上古生界构

造窗控制。大田龙凤场、龙岩中甲、马坑、永定樟坑及大排铁矿多金属矿床则位于大田—漳平—龙岩推覆构造带中广平、龙岩龙宫山—九峰崎推覆体中外来岩系的深部或边缘部位。德化阳山、安溪潘田铁矿则受闽西南盆地东缘德化阳山—安溪剑斗推覆构造带的控制。这些北东向铁矿带中的矿床或出露于上古生界构造窗中的赋铁层位中,或隐伏于前泥盆纪外来岩系之下的赋铁层位中,空间上受推覆构造带控制。

闽西南地区与中生代推覆构造有关的界面主要有4个:前泥盆纪基底地层与中上泥盆统及下石炭

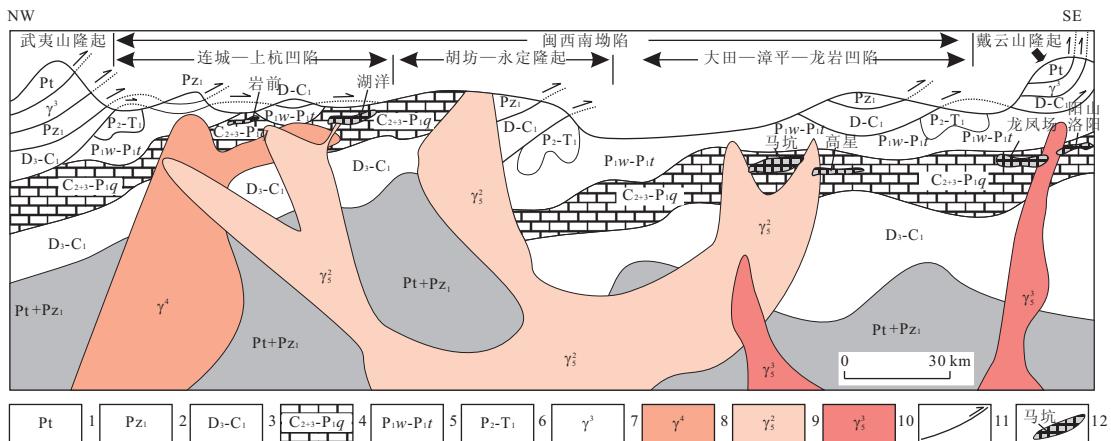


图5 闽西南地区推覆构造控矿特征示意图

Fig. 5 Ore-controlling characteristics of thrust controlling on iron ore deposits in the southwestern Fujian Province

1.元古界;2.下古生界;3.上泥盆统一下石炭统;4.中上石炭统一下二叠统栖霞组;5.下二叠统文笔山组—童子岩组;6.上二叠统一下三叠统;7.加里东期岩体;8.海西期岩体;9.燕山早期岩体;10.燕山晚期岩体;11.逆冲断层;12.铁矿床及名称

统之间(AnD/C_1l)、中上泥盆统及下石炭统与中上石炭统及下二叠统栖霞组之间($\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$)、下二叠统栖霞组与其上地层之间($\text{P}_1q/\text{P}_1w + \text{P}_1t$)、下二叠统童子岩组上下段之间($\text{P}_1t^1/\text{P}_1t^3$)、童子岩组与上二叠统及三叠系($\text{P}_1t/\text{P}_2 + \text{T}_{1-2}$)之间都是推覆构造发生的初始界面。在这些构造界面中,区域上较稳定存在的有 AnD/C_1l 、 $\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 之间的界面。大部分铁多金属矿床都位于这2个界面之下或处于推覆构造所围限的构造窗内,如大田龙凤场、安溪潘田铁矿床、湖洋、岩前、马坑、高星等铁矿。推覆构造对铁多金属矿床的控制主要表现为2个方面:一是推覆构造面作为铁多金属矿体的赋矿空间;二是推覆构造面作为成矿热液的屏蔽层,大量热液集中在推覆构造面下的岩体接触带或其他构造空间内赋存成矿,其中发育于晚古生代的一套海相碳酸盐岩及细碎屑岩沉积建造中的层间破碎带由于上覆推覆构造的屏蔽作用而成为成矿热液主要运移通道与沉淀场所(黄仁生,2007),矿体呈层状、透镜状分布于断裂面及附近,形成层控矽卡岩型铁多金属矿床。

根据对闽西南地区推覆构造的控矿特征,初步建立了该区推覆构造控矿特征示意图(图5)。该模式对于在该区外来推覆体下寻找铁多金属矿床具有重要的指导意义。

5 推覆构造控矿的地质—地球物理模型

中侏罗世晚期至晚侏罗世在闽西南地区发育自北西往南东方向的推覆构造(陈爱根和吴正文,

1996;陶建华和陈福龙,2006),主要沿 AnD/C_1l 及 $\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 这2个界面发生推覆(关玉祥和杨添水,1994;陶建华,2008)。其中发育于 AnD/C_1l 之间的推覆构造为基底与盖层间的推覆,规模较大,前寒武系一下古生界外来岩系推覆距离大,发育于 $\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 之间的盖层间的推覆规模稍小,但造成下石炭统林地组(C_1l)石英砂岩大范围盖于 $\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 碳酸盐岩赋矿层位之上。以上2个区域性的推覆构造面可以作为成矿热液的地球化学屏蔽层位。晚侏罗世晚期至早白垩世,闽西南地区发生大规模的岩浆活动,其中黑云母花岗岩浆携带成矿物质并萃取围岩中的铁质与碳酸盐岩发生交代,由于推覆构造面的屏蔽作用致使成矿热液在原地岩层中的接触带附近或层间破碎带中沉淀成矿,或直接赋存于推覆构造界面上,主要形成层状或透镜状铁多金属矿体,构成了闽西南地区典型的层控矽卡岩型铁多金属矿床的主要类型。

可控源音频大地电磁测深(CSAMT)技术具有探测深度大、能够直接探测来自深部隐伏矿床(体)的成功预测具有重要意义。CSAMT资料解释结果表明,闽西南地区地壳出现高阻层和中低阻层上下相互倒置的现象,可以解释为地壳深部存在较老的下地壳变质体被上覆于新地质体之上,由于推覆构造的广泛发育,导致赋矿的新地层均被覆盖到老地层之下,赋矿岩层在地表仅零星出现,大部分隐伏于地下。

湖洋地区位于杭县庐丰一带,区内总体构造线以NW及NE向为主,地层出露以震旦纪的变质岩

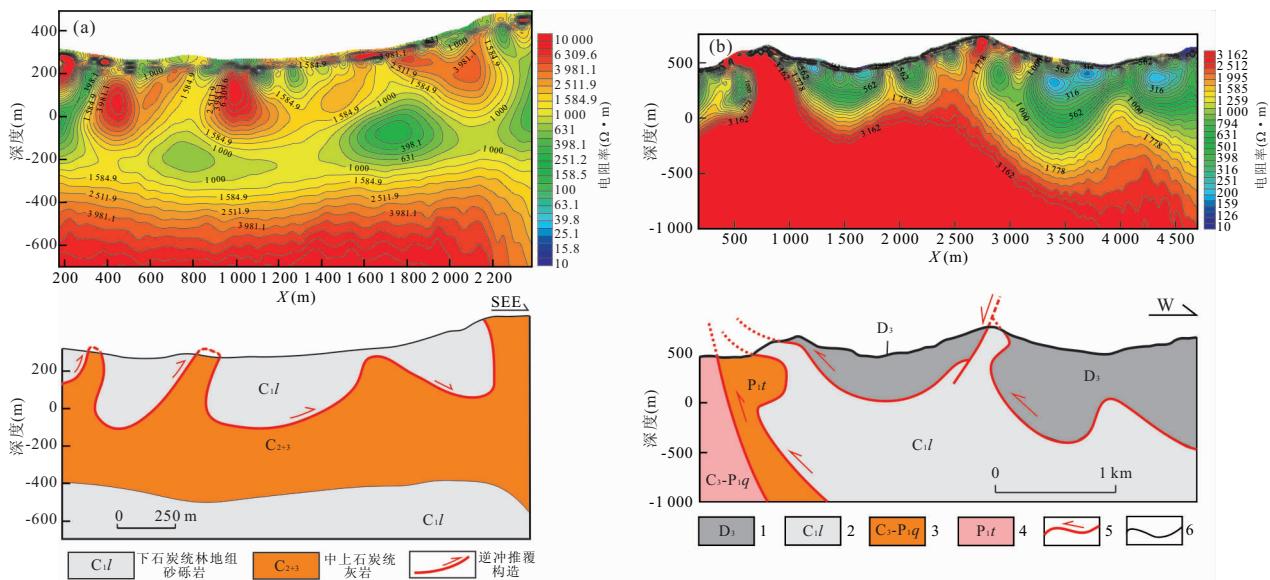


图6 湖洋(a)和马坑(b)可控源音频大地电磁测深剖面解释

Fig. 6 The interpretation image of CSAMT profiles in the Huyang areas (a) and Makeng areas (b)

1. 上泥盆统; 2. 下石炭统林地组; 3. 上石炭统一下二叠统栖霞组; 4. 下二叠统童子岩组; 5. 逆冲断层; 6. 地层界线

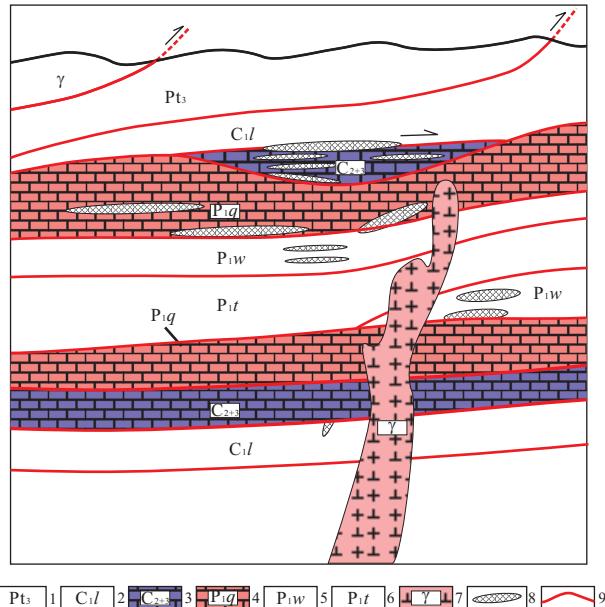


图7 闽西南地区推覆构造控矿模型

Fig. 7 Model of nappe structure controlling on iron ore deposits in the southwestern Fujian Province
1. 新元古代; 2. 下石炭统林地组; 3. 中上石炭统; 4. 下二叠统栖霞组;

5. 下二叠统文笔山组; 6. 下二叠统童子岩组; 7. 花岗岩; 8. 铁矿体; 9. 逆冲断层

及晚泥盆世—早石炭世碎屑沉积岩为主。侵入岩出露面积较大,以志留纪、印支及燕山期的侵入岩为主。该区的CSAMT解译发现,在上覆老地层之下仍有较新的地层存在(图6a)。同样,在马坑地区,上覆寒武—奥陶系地层之下仍有赋矿的石炭一二叠系

地层存在(图6b),所以,闽西南地区铁多金属矿床推覆构造控矿的地球物理解释同样证明新老地层倒置,老地层推覆于新地层之上。

根据闽西南推覆构造特征,分析与“马坑式”铁矿相关的推覆构造界面及赋矿岩层等各控矿要素,结合可控源音频大地电磁测深(CSAMT)解译剖面,建立了闽西南推覆构造控矿的地质—地球物理模型(图7)。通过该模型,笔者认为在闽西南地区推覆构造特别发育的地方,当满足上覆老地层之下含有C₂₊₃—P₁q赋矿岩层,且有花岗岩岩体存在时,在该区有可能蕴藏有铁多金属矿床,有待开展进一步工作。

6 讨论

对马坑式铁矿床主要成矿要素的认识包括对岩相古地理、沉积建造、构造、岩浆岩、矿石矿物、围岩蚀变等方面的认识。

区内马坑式铁矿的岩相古地理环境为晚古生代坳陷沉积盆地边缘或次一级裂陷带,区域性断裂发育并控制岩体的侵入。其沉积建造为石炭一二叠纪浅海沉积,以白云质碳酸盐岩为主,化学性质活泼,孔隙度大,并有不透水的致密屏蔽层。另外还存在硅质岩以及间歇式火山岩夹层。区内褶皱构造发育,推覆滑脱构造、层间破碎带、侵入接触带构造系统、岩体内部围岩捕虏体等都是良好的控矿空间。岩体以含铜丰度高的中浅成侵入岩(闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩)

或斑岩类为主,时代主要为燕山期。矿体主要以似层状、透镜状产出,与推覆—滑脱构造面产状基本一致。矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿组合,黄铜矿、闪锌矿、方铅矿组合,以及磁铁矿等。围岩蚀变主要为矽卡岩化、碳酸盐化、大理岩化等。

但对于区内“马坑式”铁矿的外围及深部找矿预测而言,关键是要认清控矿构造,厘定好推覆构造面与赋矿岩层及成矿岩体的关系,闽西南地区推覆构造控矿的地质—地球物理模型的建立,可为该区的隐伏铁多金属矿床预测提供一定指导。

6.1 控矿构造

闽西南地区推覆构造广泛发育,要认清推覆构造对矿床的控制,关键是要厘定推覆构造系统内构造面(推覆面或滑覆面)、赋矿地层、成矿岩体(斑岩体)的空间关系。以此为基础开展推覆构造与成矿关系研究。笔者以大量野外观察内容及大比例尺区域地质填图为基础,通过对典型矿床,如马坑、大田、汤泉等铁矿床的钻孔数据进行编录,结合地表实测剖面研究,认为闽西南地区的主要构造面(推覆面或滑覆面)为 AnD/C_1l 及 $\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 这 2 个界面,赋矿岩层主要为中上石炭统至下二叠统栖霞组($\text{C}_{2+3} - \text{P}_1q$),成矿岩体主要为黑云母花岗斑岩,空间上,2 个区域性的推覆构造面可以作为成矿热液的地球化学屏蔽层位。晚侏罗世晚期至早白垩世,中酸性岩浆携带成矿物质并萃取围岩中的铁质与碳酸盐岩发生交代,由于推覆构造面的屏蔽作用致使成矿热液在原地岩层中的接触带附近或层间破碎带中沉淀成矿,或直接赋存于推覆构造界面上,主要形成层状或透镜状铁多金属矿体。

6.2 找矿预测

由推覆构造控矿的地质—地球物理模型可知,赋矿岩层往往隐伏于上覆老地层之下,而深部找矿必须揭示赋矿岩层的位置。结合对该区构造格局的综合认识,认为闽西南地区主要寻找与 F_0 及 F_1 区域性推覆滑脱构造有关的断裂面,该断裂面是成矿的良好赋矿空间。根据 CSAMT 资料解译发现,在马坑外围、陆家地、大排北部上覆老地层之下为电阻率较低的新地层,进一步研究证明其为中上石炭统一下二叠统赋矿岩层。根据控矿模型,可推测在其深部可能存在隐伏铁多金属矿床。

7 结论

闽西南地区推覆构造广泛发育,具有明显的控

矿作用。主要表现为沿 AnD/C_1l 及 $\text{C}_1l/\text{C}_{2+3} + \text{P}_1q$ 这 2 个界面发生自北西往南东方向的推覆,其主要的赋矿层位为中上石炭统至下二叠统栖霞组($\text{C}_{2+3} - \text{P}_1q$)。推覆构造对铁多金属矿床的控制主要表现为 2 个方面:一是推覆构造面作为铁多金属矿体的赋矿空间;二是推覆构造面作为成矿热液的屏蔽层,大量热液集中在推覆构造面下的岩体接触带或其他构造空间内赋存成矿。在外围找矿及深部找矿过程中,应特别注意在有老地层大规模覆盖的地区进行勘探,特别要注意与 F_0 及 F_1 区域性推覆滑脱构造有关的断裂面。

致谢:闽西地质大队在地球物理工作方面给予了大量帮助,野外工作得到福建省第八地质大队及福建省地质调查院的大力支持,在此深表感谢!

References

- Chen, A. G. , Wu, Z. W. , 1996. The structural framework of the thrust nappe in western Fujian and its evolution. *Regional Geology of China*, (4): 335—343 (in Chinese with English abstract).
- Dong, S. W. , Zhang, Y. Q. , Chen, X. H. , et al. , 2008. The formation and deformational characteristics of East Asia multi-direction convergent tectonic system in Late Jurassic. *Acta Geoscientifica Sinica*, 29(3): 306—317 (in Chinese with English abstract).
- Gao, T. J. , Wang, Z. M. , Wu, K. L. , et al. , 1999. The tectonic-magmatic evolution and mineralization in Taiwan Strait and its surrounding areas. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Guan, Y. X. , Huang, Y. M. , Tao, J. H. , 1989. A preliminary discussion on nappe structure in Fujian. *Geology of Fujian*, 8(1): 14—34 (in Chinese with English abstract).
- Guan, Y. X. , Yang, T. S. , 1994. Nappe structure research of Fujian Province and its significance. *Geology of Fujian*, 13 (4): 248—277 (in Chinese with English abstract).
- Huang, J. H. , 1992. Research on Permian decollement structures in southwestern Fujian coal-bearing area. *Fujian Mining Survey*, (1): 7—18 (in Chinese).
- Huang, R. S. , 2007. Guangping nappe structures, hidden coals and polymetallic ores in Datian County, Fujian Province. *Geology of Fujian*, 26 (3): 142—150 (in Chinese with English abstract).
- Lin, D. Y. , 2011. Research on Late Paleozoic-Triassic tectonic evolution and metallogenetic regularities of iron-poly-metallic deposits in the southwestern Fujian Province (Dissertation). China University of Geosciences, Beijing (in Chinese with English abstract).

- Mao, J. R., Tao, K. Y., Xie, F. G., et al., 2001. Rock-forming and ore-forming processes and tectonic environments in southwest Fujian. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 20 (3): 329–336 (in Chinese with English abstract).
- Mouthereau, F., Lacombe, O., Deffontaines, B., et al., 2001. Deformation history of the southwestern Taiwan foreland thrust belt: insights from tectono-sedimentary analyses and balanced cross-sections. *Tectonophysics*, 333(1–2): 293–318. doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00280-8
- Tao, J. H., Chen, F. L., 2006. Nappe structure in Fujian Province. *Petroleum Geology & Experiment*, 28 (3): 259–263 (in Chinese with English abstract).
- Tao, J. H., 2008. On Nappe structures breakthrough in and the ore-finding Fujian Province. *Geology of Fujian*, 27 (2): 105–124 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. L., 1992. Research on nappe structures and detachment structures: an evidence of southwestern Fujian Province. China University of Mining and Technology Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wu, G. G., Zhang, D., Chen, B. L., et al., 2000. Transformation of Mesozoic tectonic domain and its relation to mineralization in Southeastern China: an evidence of southwestern Fujian Province. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(4): 390–396 (in Chinese with English abstract).
- Yu, X. Q., Wu, G. G., Zhang, D., et al., 2005. The progress of mesozoic tectonic system transformation in southeastern China. *Progress in Natural Science*, 15 (10): 1167–1174 (in Chinese).
- Zhang, D., 1999. Tectonic evolution and tin polymetal regional metallogenesis in southwestern Fujian Province (Dissertation). China University of Geosciences, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Zhang, D., Wu, G. G., Di, Y. J., et al., 2011. Study of Mesozoic thrust controlling on iron ore deposits in the southwestern Fujian Province. *Acta Mineralogica Sinica*, (S1): 128–129 (in Chinese).
- Zhou, Z. Q., 2006. Characteristics of nappe structure in the southwest Fujian Province. *Petroleum Geology & Experiment*, 28(1): 38–41 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈爱根,吴正文,1996. 闽西地区逆冲推覆构造格局及其演化. *中国区域地质*, (4): 335–343.
- 董树文,张岳桥,陈宣华,等,2008. 晚侏罗世东亚多向汇聚构造体系的形成与变形特征. *地球学报*, 29 (3): 306–317.
- 高天钧,王振民,吴克隆,等,1999. 台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用. 北京:地质出版社.
- 关玉祥,黄耀明,陶建华,1989. 初论福建推覆构造. *福建地质*, 8(1): 14–34.
- 关玉祥,杨添水,1994. 福建省推覆构造研究及其意义. *福建地质*, 13(4): 248–277.
- 黄锦华,1992. 试论闽西南二叠纪含煤区滑脱构造. *闽煤地勘*, (1): 7–18.
- 黄仁生,2007. 福建大田广平推覆构造与隐伏煤、多金属矿. *福建地质*, 26(3): 142–150.
- 林东燕,2011. 闽西南地区晚古生代—三叠纪构造演化与铁多金属矿成矿规律研究(博士学位论文). 北京:中国地质大学.
- 毛建仁,陶奎元,谢芳贵,等,2001. 闽西南地区成岩成矿作用与构造环境. *岩石矿物学杂志*, 20(3): 329–336.
- 陶建华,陈福龙,2006. 福建推覆构造研究. *石油实验地质*, 28 (3): 259–263.
- 陶建华,2008. 福建推覆构造研究与找矿突破. *福建地质*, 27 (2): 105–124.
- 王桂梁,1992. 论推覆与滑脱构造——以福建二叠系为例. 北京:中国矿业大学出版社.
- 吴淦国,张达,陈柏林,等,2000. 中国东南大陆中生代构造域的转换及其与成矿的关系——以闽西南地区为例. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(4): 390–396.
- 余心起,吴淦国,张达,等,2005. 中国东南部中生代构造体制转换作用研究进展. *自然科学进展*, 15 (10): 1167–1174.
- 张达,1999. 闽西南地区构造演化与锡多金属区域成矿作用(博士学位论文). 北京:中国地质科学院.
- 张达,吴淦国,狄永军,等,2011. 闽西南中生代推覆构造对铁矿床控矿特征研究. *矿物学报*, (S1): 128–129.
- 周珍琦,2006. 闽西南地区推覆构造特征. *石油实验地质*, 28 (1): 38–41.