

## 宁芜南部成矿模式及对深部找矿的思考

林刚<sup>1</sup>, 朱纯六<sup>1</sup>, 许德如<sup>2</sup>

(1 华东冶金地质勘查研究院, 安徽 合肥 230088; 2 中国科学院广州地球化学研究所石油天然气与矿产资源研究中心, 广东 广州 510640)

**摘要:**通过对长江中下游 Fe-Cu-Au 多金属重要成矿带的宁芜、大冶铁矿成矿模式和成矿地质背景的分析, 按照成矿系列中缺位预测的原则, 认为在宁芜盆地南段的岩体存在双层结构, 与上层岩体有关的矿床为典型的“玢岩铁矿”; 深部下层岩体具有“大冶式”铁矿相似的成矿地质环境; 在此基础上, 提出了在宁芜玢岩铁矿下部有大冶式铁矿存在的认识, 并构建了宁芜盆地南段“丰”字型成矿模式。认为采用“模式”类比、立体填图、综合物探方法进行综合探测将具有较好的找矿效果。

**关键词:**岩体双层结构; “丰”字型成矿模式; 宁芜玢岩铁矿; 大冶式铁矿; 宁芜盆地南段

**中图分类号:** P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2010)03-0368-10

### 0 引言

宁芜地区、鄂东南地区是长江中下游成矿带最重要的铁矿集区。前人曾对宁芜地区矿床进行了深入研究, 提出了著名的“玢岩”铁矿模式 (宁芜研究项目编写小组, 1978)。鄂东南“大冶式”铁矿作为典型“接触交代”型矿床有更为广泛的研究 (裴荣富, 1995)。虽然上述两类矿床的成因仍在争议之中 (凌其聪和刘丛强, 2003 及文中参考文献), 但“层位控矿”已取得共识。三个主要控矿层位 (界面) 分别为白垩系火山岩与基底地层; 中下三叠统含膏盐与碳酸盐岩地层; 石炭系碳酸盐岩与泥盆系砂岩。把上述界面出露地表区域分别定义为拗陷、隆拗过渡带和隆起区, 前人分别研究和建立了拗陷 (火山盆地) 玢岩铁矿成矿模式、隆拗过渡带接触交代成矿模式以及隆起区的层控砂卡岩 (热液) 成矿模式 (常印佛和刘学圭, 1983; 常印佛等, 1991; 凌其聪等, 1998), 并将隆拗过渡带接触交代与隆起区的层控砂卡岩 (热液) 成矿模式衔接后, 在隆拗过渡带深部, 发现了大规模层控

矿床, 如冬瓜山铜矿、姚家岭多金属矿等 (翟裕生等, 1992; Pan and Dong, 1999; 蒋其胜等, 2008)。近年来, 在拗陷区的宁芜南段深部和庐纵地区勘查工作中, 也发现类似于隆拗过度带“大冶式”铁矿, 规模达亿吨以上, 如 (杨庄铁矿)、泥河铁矿等。

长江中下游深部找矿工作所取得的进展, 特别是在重点成矿区带的突破性发现, 多是在前人总结的地质规律 (成矿模式) 基础上, 相互联系、发展、延伸, 获得新的认识所取得的结果。而针对宁芜南段的深部找矿, 需要解决的问题是: ①区域成矿-控矿地质规律 (成矿模式); ②成矿模式与近年来勘探成果的印证情况和发展方向; ③建立新的成矿模式; ④在其指导下的成矿预测应用与现代勘查技术结合的找矿方法。基于此, 笔者依据“层位控矿”规律, 认为长江中下游岩体、矿体空间形态总体呈“丰”字状。并将玢岩铁矿与大冶式铁矿模式相衔接, 结合岩体双层结构, 构建了宁芜南段“丰”字状成矿模式, 将此模式应用于宁芜南段深部找矿工作中, 取得了较好的找矿效果。

收稿日期: 2009-08-03; 改回日期: 2010-03-15

基金项目: 中央地质勘查基金项目 (项目编号: 2007340003)。

第一作者简介: 林刚 (1957-), 男, 工程师, 长期从事地质勘查与找矿工作。通信作者: 许德如, Email: xude@igc.ac.cn

# 1 成矿-控矿的层控规律

我国长江中下游成矿带可划分为七个大型矿集区(翟裕生等, 1992 Pan and Dong, 1999 周涛发等, 2008), 从北东到南西依次为宁镇 Cu-Fe-Pb-Zn 矿集区、宁芜 Fe 矿集区、铜陵 Cu-Au 矿集区、庐枞 Fe-Cu 矿集区、安庆-贵池 Cu 矿集区、九瑞 Cu-Au 矿集区和鄂东南 Fe-Cu 矿集区(图 1)。在该成矿带内的“第一找矿空间(0~ 500 米)”已经发现几十个

大型、超大型矿床。根据当前的研究进展, 这些矿床可能成因各异, 但均与中生代(燕山期)构造改造和岩浆活动有关(翟裕生等, 1992 陈邦国等, 2002 杨竹森等, 2004 曾普胜等, 2005 吕庆田等, 2007 李红阳等, 2008), 且均产出于岩体周边或岩体中。同时, 从区域分布特点来看, 这些矿床几乎都集中分布在三个层位, 表现出典型的层控“多层楼”成矿规律(刘湘培等, 1988 刘湘培, 1989 常印佛等, 1991 储国正和黄许成, 1993)。

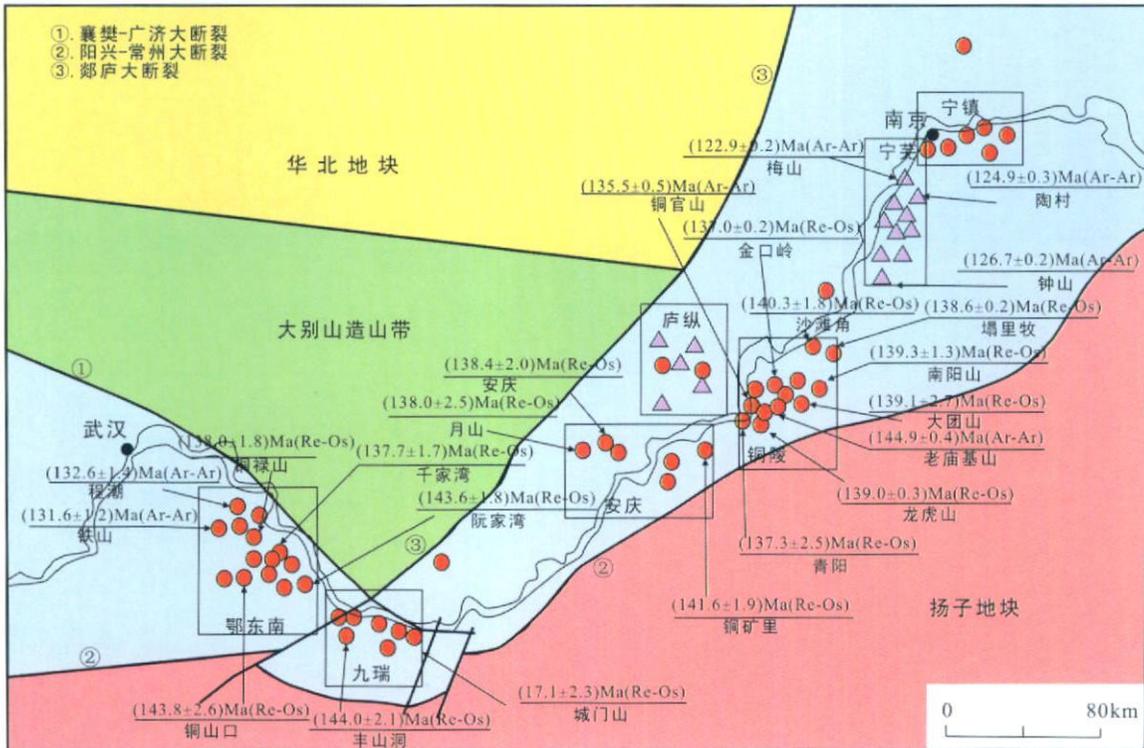


图 1 长江中下游成矿带矿床分布图及其成矿时代(引自毛景文等, 2009)

Fig 1 Sketch map showing the distribution and metallogenic epoch of ore deposits in the lower-middle Yangtze metallogenic belt (after Mao et al., 2009)

## 1.1 长江中下游成矿带三个主要控矿层位

长江中下游(下扬子地区)地层自寒武系以来, 存在三个主要岩性界面, 即: 石炭系黄龙组(或栖霞组)灰岩与泥盆系五通组石英岩间; 中、下三叠统黄马青组(蒲圻群)砂泥岩与周冲村组(大冶群)灰岩之间; 白垩系火山岩与基底地层砂泥岩间。由于这些界面间上、下层岩石在化学成分、物理性质上存在较大差异, 以至在后期构造运动中产生层间构造空间, 为岩浆侵位及成矿作用提供了有利条件, 因而导致岩浆岩、矿床呈“层控”产出。

(1) 石炭系黄龙组(或栖霞组)与泥盆系五通组顶部不整合界面。此界面是成矿带内最主要的容

矿、控矿层位。根据有关研究(图 2), 该层位控制的矿床的金属储量占整个成矿带的比重为: 铜占 29.21%、金占 28.78%、钼占 25.59%、铅占 73.69%、锌占 69.30%。

(2) 中、下三叠统(即蒲圻群黄马青组与大冶群周冲村组)之间, 尤其是含膏(盐)层的周冲村组(或东马鞍山组), 是成矿带第二个主要的容矿层位。该层位控制的矿床的金属储量分别占整个成矿带的比重为: 铜占 44.23%、铁占 11.09%、金占 51.63%、钼占 36.76%(图 2)。在鄂东南矿集区, 该层位附近的铁、铜储量分别占该地区铁铜总储量的 91.14% 和 56.32%。发育在该层位的主要矿床类型有: 砂

年代层	赋矿层位及代号	地层柱状示意图	沉积矿层	容矿层储量百分比 (%)						
				Cu	Fe	Au	Mo	Pb	Zn	S
白垩系	下统	娘娘山组 K,n		0.20	4.00	1.73				
		姑山组 K,g								
侏罗系	上统	大王山组 J,d	Fe	1.45	53.77			3.10	0.52	63.22
		龙王山组 J,l								
	中下统	象山群 J,x	Cu	2.43	2.53					2.98
三叠系	中上统	蒲圻群 范家塘组 T,f	Cu		20.17					0.24
		T,pq 黄马青组 T,h								
		周冲村组 T,h								
	下统	大冶群 T,dy 青龙群 T,q	PbZn	44.23	11.09	51.63	36.76	4.03	4.74	5.42
二叠系	上统	长兴组 P,c 大隆组 P,d	Mo	1.06	0.07	1.353	0.86	0.29	0.66	0.05
		龙潭组 P,l	Fe S	0.08	0.21			2.86	9.06	1.29
	下统	茅口组 P,m 孤峰组 P,g		0.72	0.05	0.59	0.30			
		栖霞组 P,q	Fe	17.24	3.78	13.21	26.36	4.60	8.07	5.43
石炭系	中上统	黄龙组 船山组 C,s	Fe S Cu	29.21	2.47	28.78	25.59	73.69	69.30	20.14
	上统	五通组 D,w	Fe S		0.20					0.59
泥盆系	上统	茅山组 S,m		0.50	0.03			0.72	1.28	0.49
	下统	高家边组 S,g								0.18
	上统	汤头组 O,t	PbZn					8.91	1.57	
奥陶系	上统	仑山组 O,l		0.24	0.08		1.94	1.80	1.77	
	中统	琅琊山组 C,m		1.42	0.05	2.49	8.19			
	下统	炮台山组 C,p			0.08					
		黄柏岭组 C,h				0.12				
震旦系	上统	灯影组 Z,dy	Fe PbZn	0.09	0.94	0.08			1.29	0.08
	下统	莲沱组 Z,l	Cu	0.19						
前震旦系	Anz	Fe	0.94	0.54	0.02				1.74	

图 2 长江中下游成矿带容矿地层矿量对比图 (引自常印佛等, 1991)

Fig 2 Comparison of ore quantities in different host strata in the lower-middle Yangtze metallogenic belt (after Chang et al, 1991)

卡岩型 (接触 - 层控式)、潜火山气液型、沉积改造型以及上述类型的复合型。典型矿床有程潮、铁山、铜绿山等。

(3) 上侏罗统和下白垩统是成矿带内铁、硫 (铜金) 矿的主要容矿层位。该层位为一套火山岩系, 它控制了成矿带 53.77% 的铁和 63.22% 的硫储量 (图 2)。该层位主要发育在庐枞 - 宁芜 - 溧水 - 溧阳拗陷带中的“继承性”火山岩盆地。矿床主要与大王山喷发旋回 (庐枞为砖桥旋回) 结束阶段的富钠偏基性的辉石闪长玢岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、钠长斑岩、辉石粗安玢岩密切相关 (宁芜研究项目编写小组, 1978)。矿体多赋存于这些潜火山岩与大王山组 (砖桥组) 的接触部位, 具有明显的“层状”和“似层状”特征。如宁芜盆地的凹山、向山铁矿等; 庐枞盆地的罗河、河家小岭和大鲍庄铁 (铜) 矿。矿床类型主要为接触交代型、矿浆充填型、火山

沉积型及上述类型的复合型。

1.2 矿集区与控矿层位关系

长江中下游成矿带七个矿集区在“第一找矿空间 (0~ 500 米)” (滕吉文, 2006) 的主要容矿、控矿层各有不同 (或侧重)。从与构造、地层和岩浆岩的关系, 可大致分为三类 (吴言昌等, 1988; 常印佛等, 1991; 董树文, 1991), 自上而下分别为:

一类是产于断陷火山岩盆地与富钠闪长岩系有关的铁矿集区, 如庐枞和宁芜, 主要容矿层为上侏罗统和下白垩统之间;

二类是产于隆起和拗陷过渡区, 如鄂东南, 主要容矿层中三叠统东马鞍山组。

三类是产于断块褶皱隆起区与高钾闪长岩系有关的铜金矿集区, 如铜陵、九瑞、安庆 - 贵池和宁镇, 主要容矿层五通组 and 黄龙组之间。

上述表明: 矿集区必须是中生代岩浆剧烈活动

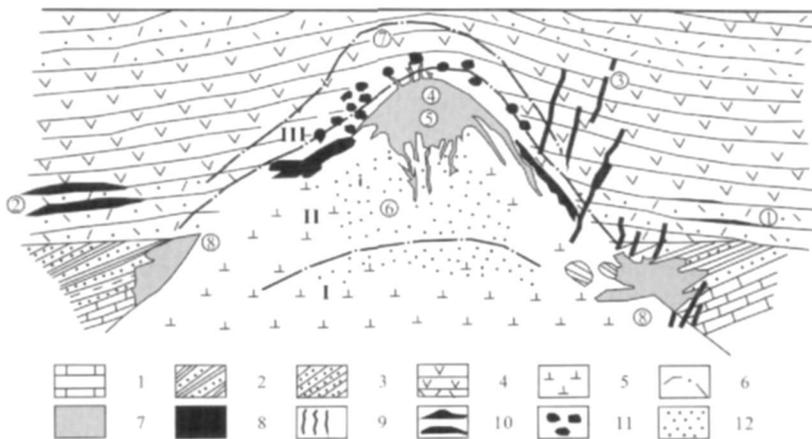
区;而实际所谓“隆坳”构造区找矿,是受勘查深度范围内所涉及的界面制约的。

由于长江中下游成矿带具有统一的盖层沉积演化史,分布稳定,大范围具有可对比性(常印佛等, 1991, 1996),而且中生代岩浆活动强烈(毛建仁等, 1990),并贯穿各构造地层单元,三类矿集区在晚三叠世以前具有相同的成矿地质环境,应该发育相同的成矿系统,晚三叠世以后由于隆凹格局和剥蚀深度的变化,才出现了形式上与隆起和坳陷关系密切的三类矿集区。理论上,在坳陷区深部应该发育和存在与隆起区同样的成矿系统和相应的矿床。因此,很多专家都认为(常印佛等, 1991; 吕庆田等, 2007),每一类矿集区深部都存在巨大的找矿潜力。在第一类矿集区(如宁芜和庐枞)之下应该存在第二类矿集区(鄂东南);在第二类矿集区之下应该存在第三类矿集区,在第三类矿集区深部也有新的容矿层,如下古生界上奥陶统五峰组与汤头组,其中发育有层控铅锌铜矿,典型矿床有:贵池黄山岭砂卡岩型铅锌矿,安庆温家桥、郑家冲铅锌铜矿(吕庆田等, 2007)。实际上在第一类矿集区宁芜和庐枞盆地已经发现了产于黄马青组下部及青龙群灰岩与辉长闪长岩的接触带中的矿床(鄂东南),如宁芜盆地的凤凰山、白象山、前钟山等铁矿(常印佛等, 1991)。

## 2 宁芜玢岩铁矿找矿勘探和研究成果

“玢岩铁矿”(图 3 引自宁芜研究项目编写小组, 1978)是与火山-次火山岩侵入活动有关的多类型矿床共生、复合的一种理想组合形式。在空间上这些矿床基本围绕火山-侵入活动中心成套出现。在每一火山-侵入活动中心的次火山岩体(辉长闪长玢岩-辉长闪长岩)内部及周围接触带和邻近的围岩中,依此形成各种类型的矿床(化):岩体内部形成的浸染状铁矿床(如陶村、和尚桥等),岩体边部形成的接触型或爆破角砾岩型铁矿床(如凹山、东山铁矿等),岩体接触带附近形成的矿浆-潜火山气液复合型矿床(如梅山铁矿)及层控-接触复合型矿床(如姑山、凤凰山等),外接触带火山岩系中形成热液交代充填型矿床(如向山、龙虎山)和火山沉积矿床(如龙旗山、竹园山等)。实际情况中,两种或两种以上矿床类型组合更为常见,如矿浆-潜火山气液、接触-隐爆角砾、层控-接触等,它们环绕火山穹隆作有规律的分布。

近年来,随找矿勘探进展和地质研究等工作的深入,在宁芜南段三叠系黄马青组底部(周冲村组界面)与岩体(辉长闪长岩)接触带,以及岩体中周冲村组俘虏体中,相继发现白象山、杨庄、和睦山等大中型铁矿床。并且取得以下一些新的认识:



1 青龙群石灰岩 ( $T_1^2$ ); 2 黄马青组砂页岩 ( $T_3$ ); 3 象山群砂岩 ( $J_1$ ); 4 龙王山、大王山旋回火山岩 ( $J_3/K_1$ ); 5 辉长闪长玢岩-辉长闪长岩; 6 蚀变分带界线; 7 角砾岩化带及角砾状矿石; 8 块状矿石; 9. 镜铁矿或磁铁矿脉; 10 层状铁矿; 11. 黄铁矿化; 12 浸染状磁铁矿。  
①龙旗山式; ②竹园山式; ③龙虎山式; ④梅山式; ⑤凹山式; ⑥陶村式; ⑦向山式(黄铁矿); ⑧姑山式、凤凰山式; I. 下部浅色蚀变带; II. 中部深色蚀变带; III. 上部浅色蚀变带。

图 3 宁芜火山岩盆地“玢岩铁矿”完全模式示意图(据宁芜研究项目编写小组, 1978)

Fig 3 Complete model of the porphyrite-type iron ore deposit in the Ningwu lava basin (after Ningwu Research Group, 1978)

### 2 1 岩体在空间上的双层结构

宁芜研究项目编写小组 (1978)指出:“地表成群出露的小岩体在深部可能彼此相连或部分相连,实际是深部大岩体顶面的突起部分或分支”;“大岩体的宏观形态可能是一种宽度比厚度大、长度比宽度大、总体产状比较平缓的似层状地质体”。“大岩体在某些地段厚度仅 200~ 700 米,.....靠近岩浆通道部分厚度理应不止 800 米”。这些研究成果表

明,前人已经认识到岩体是呈层状产出的。

近年来勘探研究发现,在宁芜南段产出于侏罗-白垩系火山岩(上构造层)与基底地层(下构造层)间,围绕火山机构产出蘑菇状玢岩体(称为上层岩体)。产出于三叠系黄马青组与周冲村组界面,岩体呈“岩床”状遍布全区(称为下层岩体)。上、下层岩体除在产出空间上不同外(图 4),岩石、岩相、与成矿关系均有差异。

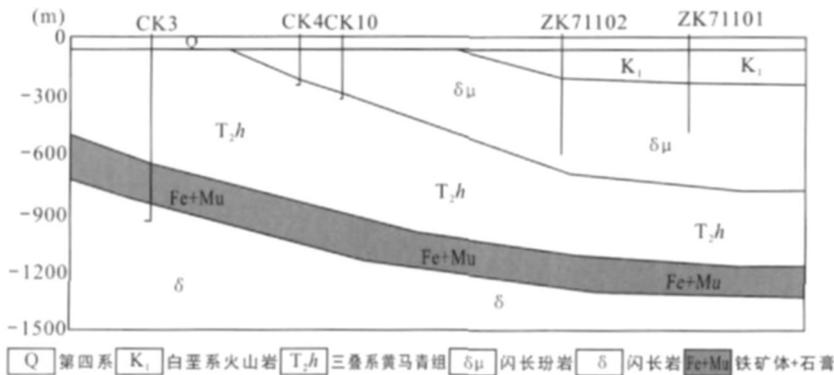


图 4 宁芜南段两层岩体剖面图

Fig 4 Map of cross section showing double-layered rock masses in the southern Ningwu region

上层岩体为超浅成相次火山岩,岩性主要为辉石闪长玢岩。近似的侵入深度为 0.5~ 1.5km。岩石结晶程度低,为半晶质-全晶质连续不等粒斑状结构。与上层岩体有关的矿床为典型的玢岩铁矿,矿体几乎全部产出于岩体中。历年钻探打穿岩体后,下伏地层为黄马青组。

下层岩体为浅成相辉石闪长岩。近似的侵入深度为 1.5~ 3km。岩石全结晶,多为全晶质等粒细晶 (< 1.5mm)结构,边缘部分有连续不等粒结构。与上层岩体有关的矿床为接触交代或热液充填矿床,矿体几乎全部产出于接触带中。历年钻探打穿黄马青地层后,下伏均见岩体。

### 2 2 控岩控矿褶皱构造

宁芜南段褶皱构造分为两期:早期(印支期)近东西向宽缓褶皱,晚期(燕山期)北东向褶皱。两期褶皱叠加,形成一系列穹窿构造。同时在构造薄弱空间(层间)产生滑脱(虚脱)空间。这些构造控制岩浆侵位、空间展布特征。穹窿构造一般为火山机构通道,并控制玢岩型铁矿产出。层间虚脱控制岩体呈蘑菇(层)状。磁异常图可以清晰反应这一特征(图 5),磁异常总体呈北北东向串珠状,北西向有一定呼应关系。磁异常中心为火山机构。

### 2 3 成矿规律

上层岩体为传统“玢岩铁矿”主体(图 6),矿体主要产于岩体内部及与火山机构有关的近接触带。在近年来的资料二次开发和勘探工作中发现,上层岩体普遍磁铁矿化,矿与非矿往往是以工业指标划定。部分矿床分别采用 13%、17% 的边界、工业品位圈矿,资源量可以得到较大增长。

下层岩体受褶皱构造控制,顶面波浪起伏(图 6)。矿体产出于接触带(外带),如“白象山式”、“杨庄式”等。该类矿床矿体常呈似层状、透镜状。矿体规模大,大型矿体长可达数千米以上,厚度十至二三百米,宽至近千米。

## 3 与“大冶式铁矿”成矿模式的衔接

宁芜南段与成矿有关的地层、构造、岩浆岩等和鄂东南地区基本类似(图 7)。

(1)地层:鄂东南地区缺少火山岩盖层外,鄂东南蒲圻组(T<sub>2p</sub>)与宁芜的黄马青组(T<sub>2h</sub>)同为杂色粉砂岩、粉砂质泥岩,底部为白云质灰岩为主,夹石膏层或石膏胶结的角砾状灰岩、泥灰岩。大冶组(T<sub>1d</sub>)与周冲村组(T<sub>1z</sub>) (青龙群)同为:上部灰岩夹

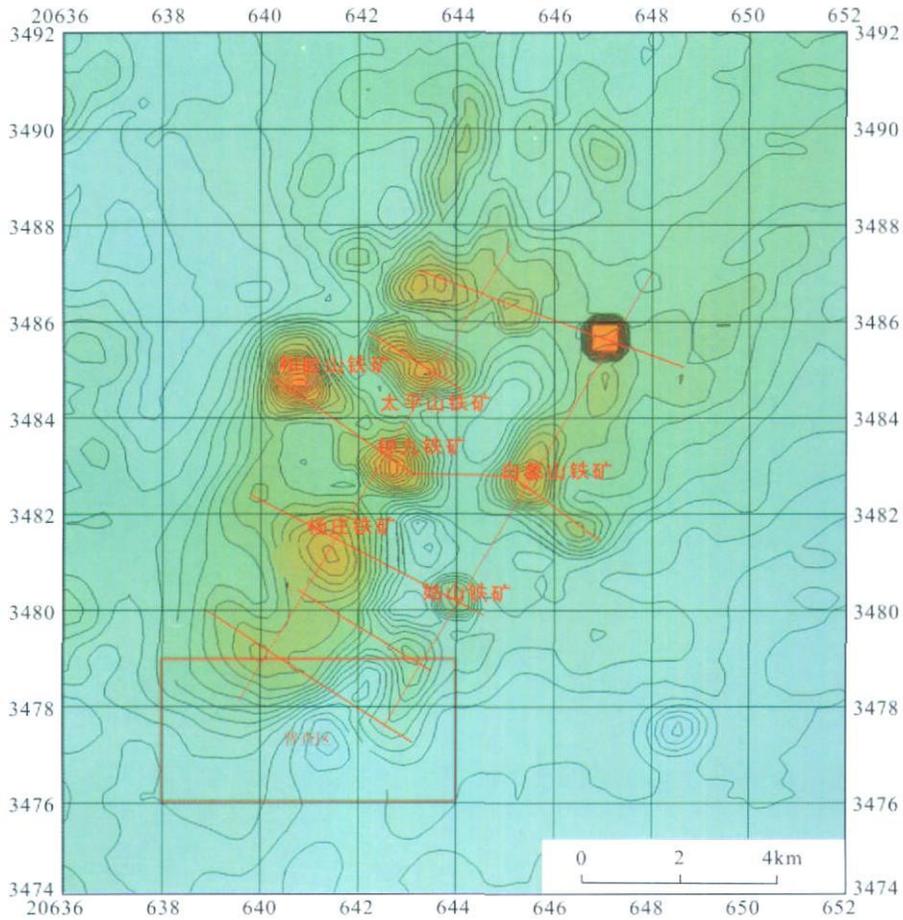


图 5 宁芜南段磁异常平面图

Fig 5 Magnetic anomaly planar graph of the southern Ningwu region

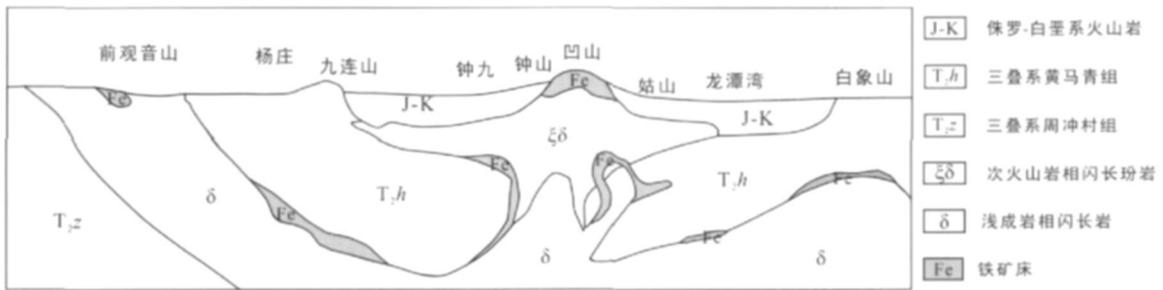


图 6 宁芜南段主要矿床分布剖面示意图

Fig 6 Map of cross section showing distribution of the main ore deposits in southern Ningwu region

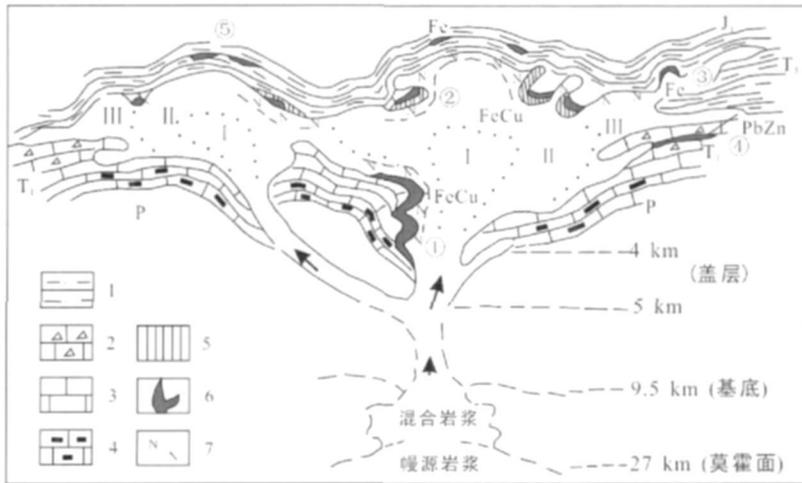
白云岩; 中、下部灰岩、鲕状灰岩、瘤状灰岩等。

(2) 构造: 两地同属扬子地台北缘长江断裂南部, 构造活动的发生、发展经历基本相同。燕山期的北北东、北东向褶皱 (断裂) 叠加于印支期近东西向褶皱之上。上述构造控制岩浆侵位和空间分布特征。不同的是: 宁芜南段位于火山岩构造盆地边缘; 鄂东南位于盆地过渡带。

(3) 岩浆岩: 两地与成矿有关的岩浆岩侵入时代相同 (燕山期)、岩性相似 (中 - 中酸性闪长岩

类)。不同的是鄂东南 (由于隆起?) 缺失宁芜南段的上层火山岩相岩体, 而宁芜南段下层岩体在岩性、岩相、规模、产状等方面, 均与鄂东南相似。岩体同样呈岩床状, 顺层侵位于蒲圻组 (黄马青组) 与大冶组 (周冲村组) 界面中。

(4) 矿床就位: 鄂东南地区缺失宁芜南段的火山岩次火山岩系列及与之相关的玢岩型铁矿; 宁芜目前尚未发现大型 (类似于大冶铁矿铁山矿田) 岩体与大冶组 (周冲村组) 接触带铁矿床。但是, 位于



1. 砂页岩; 2 角砾状白云岩; 3 灰岩; 4. 含燧石结核灰岩; 5. 砂页岩; 6 矿体; 7 钠质同化混染带; I . 辉石闪长岩带; II . 闪长岩带; III. 石英闪长岩带; ①铁山式; ②陈盛式; ③磨石山式; ④肖家铺式; ⑤前黄村式。

图 7 大冶式铁矿铁山矿田成矿模式示意图 (据裴荣富, 1995)

Fig 7 Sketch map showing metallogenetic model for the Tieshan iron mine field (after Pei 1995)

上述二者之间的, 产于岩体顶盖、顶盖俘虏体中的铁矿床, 两地同时出现。

综上所述, 宁芜玢岩铁矿与大冶式铁矿成矿模式对接, 可以构成宁芜南段新的成矿模式。这个新的成矿模式是完整的“长江中下游成矿模式”, 即“丰”字型成矿模式的上部, 即“土”字形模式 (见图 6): 中间“竖”代表岩浆通道, 出头部分为火山机构; 上面一“横”为火山岩与基底地层界面、中间一“横”为黄马青与周冲村组 (膏盐层) 界面。宁芜地区与上层岩体有关的矿床为玢岩铁矿; 与下层岩体有关的矿床相当于“大冶式”岩体顶盖部分矿床。宁芜南段地区深部可能存在大冶式接触交代型矿床。

## 4 宁芜南段深部找矿方法

### 4.1 深部找矿方向

根据新的成矿模式初探, 作者认为: 宁芜南段未来深部找矿方向, 即所谓长江中下游深部“第二成矿带”或“第二富集带”, 应该定位在坳陷区和覆盖区 500m 以下受控于中、下三叠统之间的容矿层及可能存在的矿床。这个容矿层应该作为深部找矿的战略目标, 我们在工作区开展系统的评价工作。目前, 对这两个层位在坳陷区和覆盖区的深度、含矿性有一定了解。并且在以下方面进行了尝试:

(1) 宁芜南段 (工作区) 的岩体精细结构: 通过系统收集历年钻探和物探解释成果, 结合现代大深度物探工作成果, 编制基岩地质图、岩体等深图查明周冲村组 (东马鞍山组) 顶板深度及起伏, 坳陷区火

山岩盆地形态等。

如岩体等深图 (图 8), 是以系统全面收集整理历年钻探资料作为主要依据, 利用可控源音频大地电磁测深、大功率电测深反演成果, 参考重磁反演成果, 并结合地质规律等综合编制而成。

(2) 宁芜南段成矿系统时空结构: 宁芜南段存在类似鄂东南矿集区的成矿系统, 即: 相似时空分布的辉石闪长岩体 (边缘相为石英闪长岩); 相似的围岩条件; 相似的地质构造。深部岩浆流体的“岩浆房”结构, 可能是现在的下层岩体为上层岩体的岩浆房。

(3) 宁芜南段覆盖区的探测方法: 在传统重磁工作的基础上, 重点是大深度 (-1000m) 物探技术的应用。

### 4.2 找矿途径

吕庆田在 2007 年中国地球物理学会第二十三届年会特邀报告中明确提出的三种深部找矿的思路和途径 (吕庆田, 2007), 对本项目具有重要指导意义。本项目具体做法是:

(1) 直接追踪已知矿床的容矿地层或控矿构造向深部的延伸, 并实施钻探验证 (吕庆田等, 2007)。

基于已查明的上下层岩体空间分布和已知矿床与其对应关系, 根据控矿构造的形态、埋深, 使用不同的勘查技术对深部控矿构造直接进行追踪。对于控矿构造和地质单元的空间结构, 我们采用的技术包括: 可控源音频大地电磁测深 (CSAMT)、瞬变电磁测深 (TEM)、高精度重磁测量、大功率激电测深

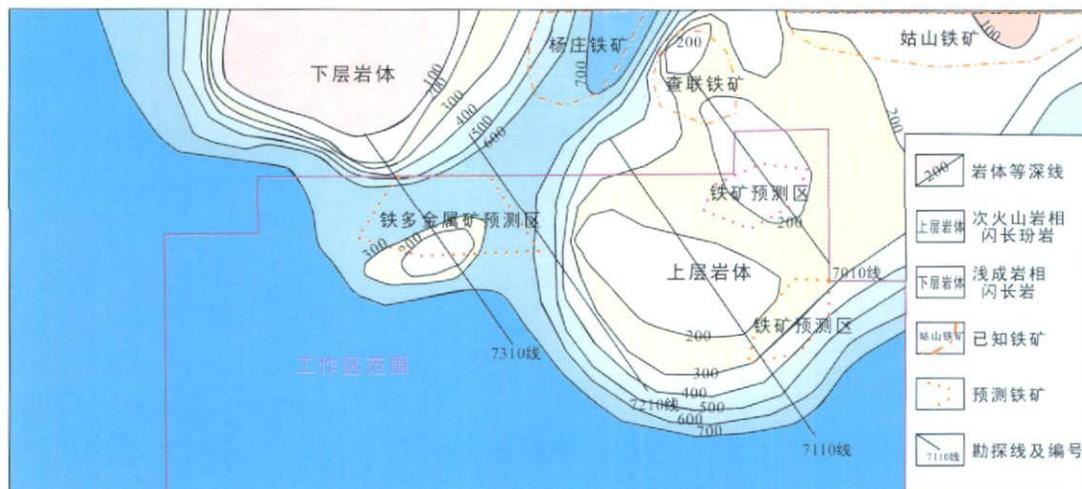


图 8 南芜盆地南段地质物探综合成矿预测及推断岩体埋深图

Fig 8 Geological and geophysical prospecting map showing the distribution of predicted ores and magmatic bodies at depth of the southern Ningwu region

及三维反演等。通过钻探验证,发现了与已知矿床类似的矿体。进一步勘查正在进行中。

(2)通过模式(成矿模式、综合信息模式)类比,在已知矿床外围选取靶区和筛选类似模式异常,分析异常的成因,并实施钻探验证(吕庆田等,2007)。

按照两地已知矿床的成矿模式(描述模式及成因模式)和综合信息模式(地球物理),建立综合(衔接后的)新模式,以此模式为依据在已知矿床外围筛选具有类似成矿条件的地区、具有类似的模式异常。由于工作区覆盖层厚度大,预测矿体埋深大。充分重视弱小异常和宽缓异常对深部矿体的指示意义,重视模式变化对新类型矿床的指示意义。采用现代(新的大测深)物探技术加以印证,进而实施钻探验证。在钻探验证过程中进行井中物探和岩心物性参数测试,进而正、反演物探成果,查明异常真实情况。

(3)依据成矿模式(地质规律),综合探测、立体填图,系统查明一个矿集区成矿系统的时空分布和三维精细结构,在此基础上优选深部成矿靶区。

在成矿模式的框架下,需要精细了解地下一定深度(0~2000m)的精细结构,主要容矿、控矿构造(或层位)的空间三维分布,使地下空间的物质和结构成为“透明”(即对地下结构的认识)。预测深部成矿靶区,实施钻探验证。立体填图是通过综合探测技术、三维反演技术和计算机三维可视化技术获得地下3D物性分布的集成使用,再通过地质学家的解译,转换成对地下物质和结构的认识,是地质矿床学家最终认识地下物质和结构的一种手段和途径

(吕庆田等,2007;付宜兴等,2007)。

宁芜南段具有数十年的找矿勘探、科学研究成果,积累了大量三维空间地质结构资料,特别是近年来深部找矿勘探成果和新型勘探技术为立体填图奠定了一定基础。本项目进行了初步尝试。

## 5 讨论和结论

(1)长江中下游成矿带具有统一的盖层沉积演化史。三个主要岩性界面(泥盆系/石炭系、中/下三叠统、侏罗系/三叠系)在多次构造运动作用下,产生巨大虚脱(滑脱)空间。受这种构造控制,岩体呈层状或“丰”字状就位于其中。各界面上下存在的“矿源层”,是成矿带成矿的部分物质基础。岩浆侵位(界面)深度制约岩浆分异(相带分布),同时控制矿床金属分带。如中石炭统黄龙组、中三叠统周冲村组和上侏罗统大王山组,形成各具特色的矿产。总体上,垂向呈“多层楼”成矿规律,局部矿床(田)表现出多类型复合、叠加的“多位一体”成矿特点。将这些“成矿模式”组合可以构建一个完整的“长江中下游成矿模式”,即“丰”字型成矿模式。

(2)按照完整的“长江中下游成矿模式”与构造和岩浆岩的关系,可划分为断陷火山岩盆地(坳陷)(宁芜)、隆起(铜陵、九瑞、安庆-贵池和宁镇)和坳陷过渡区(鄂东南)。这种“隆坳”导致岩体、矿体(构造界面)埋深不同,由于绝大多数已知矿床垂向上位于“第一深度空间(0~500m)”,按照总体成矿规律分析,这些矿集区深部仍有巨大的成矿、找矿潜

力。宁芜之下可能找到第二个大冶式铁矿。

位于坳隆过渡区的宁芜南段(当涂-芜湖地区),岩体具有双层结构特征,是完整的“长江中下游成矿模式”,即“丰”字型成矿模式的上部,即“土”字型成矿模式。已知的大部分为“土”字型上部玢岩铁矿,“土”字型下部(深部)具有较大找矿远景。

(3)深部找矿必须在准确认识成矿规律的基础上,实施综合探测、立体填图的技术路线,在思路必须从地表的直接找矿向深部以寻找容矿、控矿构造为主的间接找矿方向上转变。加大投入,大胆实施钻探验证。

在本文编制修改过程中,2010年1月某勘查项目打穿上层岩体后,见累计厚度达到150m的铁矿体。

致谢:本文的思路和想法是近年执行国土资源部中央地质勘查基金项目“安徽省当涂县姑山南部铁矿普查”的过程中逐渐形成的,其中包括多次与中央地质勘查基金邀请的评审专家和中南冶金地质勘查局王永基教授级高工等一些专家的讨论与交流,对形成本文的思路起到关键作用;毛景文教授和吕庆田研究员所提出的建设性建议和意见有助于本文质量和研究水平的提高。在此,谨向上述各位专家、同行表示衷心的感谢!

## 参考文献 (References):

- 常印佛,董树文,黄德志. 1996 论中-下扬子“一盖多底”格局与演化. 火山地质与矿产, 17(1-2): 1-14
- 常印佛,刘湘培,吴昌言. 1991 长江中下游地区铜铁成矿带. 北京:地质出版社: 1-379
- 常印佛,刘学圭. 1983 关于层控式矽卡岩型矿床——以安徽省内下扬子坳陷中一些矿床为例. 矿床地质, 2(1): 11-20
- 陈邦国,姜章平,张卫平,徐兆文,陆现彩,陆建军,刘苏明,黄顺生. 2002 安徽冬瓜山叠生式层状铜矿热液改造型流体研究. 江苏地质, 26(2): 65-69
- 储国正,黄许陈. 1993 安徽铜陵地区成矿规律研究. 地质与勘探, 29(2): 1-6
- 董树文. 1991 长江中下游铁铜成矿带成因之构造分析. 中国地质科学院院报, 第23号: 43-56
- 付宜兴,张萍,李志祥,杨振武,刘新民,王韶华. 2007 中扬子区构造特征及勘探方向建议. 大地构造与成矿学, 31(3): 308-314
- 蒋其胜,赵自宏,黄建满. 2008 安徽南陵姚家岭铜铅锌矿床的发现及意义. 中国地质, 35(2): 314-321.
- 李红阳,李英杰,康桂玲,曹积飞,杨竹森,侯增谦,蒙义峰. 2008 安徽铜官山铜-铁-金-硫矿床的地球化学特

征. 地质科学, 43(2): 370-376

- 凌其聪,刘丛强. 2003 层控夕卡岩及有关矿床形成过程的稀土元素行为——以安徽冬瓜山矿床为例. 岩石学报, 19(1): 192-200
- 凌其聪,周贵斌,黄许成,颜玉琴. 1998 “层控式”矽卡岩矿床特征及成矿机制——以铜陵大团山(铜)金矿床为例. 贵金属地质, 7(2): 91-95
- 刘湘培,常印佛,吴昌言. 1988 论长江中下游地区成矿条件和成矿规律. 地质学报, 62(2): 167-177
- 刘湘培. 1989 长江中下游地区成矿系列和成矿模式. 地质论评, 35(5): 398-408
- 吕庆田. 2007 中国东部深部找矿方向、找矿思路与勘查技术——以长江中下游成矿带为例 / 中国地球物理学会第二十三届年会论文集: 12-19
- 吕庆田,杨竹森,严加永,徐文艺. 2007 长江中下游成矿带深部成矿潜力、找矿思路与初步尝试——以铜陵矿集区为实例. 地质学报, 81(7): 865-881
- 毛建仁,苏郁香,陈三元,岳元珍,赵曙良,程啟芬. 1990 长江中下游中酸性侵入岩与成矿. 北京:地质出版社: 1-191
- 毛景文,邵拥军,谢桂青,张建东,陈毓川. 2009 长江中下游成矿带铜陵矿集区铜多金属矿床模型. 矿床地质, 28: 109-119
- 宁芜研究项目编写小组. 1978 宁芜玢岩铁矿. 北京:地质出版社: 1-196
- 裴荣富(主编). 1995 中国矿床模式. 北京:地质出版社: 1-357.
- 滕吉文. 2006 强化开展地壳内部第二深度空间金属矿产资源地球物理找矿、勘探和开发. 地质通报, 25(7): 767-771
- 吴昌言,王迎春,梁善荣,刘湘培,都询. 1988 长江中下游富钠闪长岩类与铁矿系列的成因关系. 矿床地质, 7(1): 14-24
- 杨竹森,侯增谦,蒙义峰,曾普胜,李红阳,徐文艺,田世洪,王训诚,姚孝德,姜章平. 2004 安徽铜陵矿集区海西期喷流沉积流体系统时空结构. 矿床地质, 23(3): 281-297.
- 翟裕生等. 1992 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京:地质出版社: 200-202
- 曾普胜,裴荣富,侯增谦,蒙义峰,杨竹森,田世洪,徐文艺,王训诚. 2005 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床:一个叠加改造型铜矿. 地质学报, 79(1): 106-113
- 周涛发,范裕,袁峰. 2008 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展. 岩石学报, 24(8): 1665-1678
- Pan Y M and Dong P. 1999. The Lower Changjiang (Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt east central China. Intusion- and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits. *Ore Geology Reviews*, 15: 177-242

# Discussion on Metallogenetic Model of the Southern Ningwu Porphyrite Iron Deposit and Deep Prospecting Method

LIN Gang<sup>1</sup>, ZHU Chunliu<sup>1</sup> and XU Deru<sup>2</sup>

(1 East-China Institute of Metallurgical Geology and Exploration, Hefei 230088 Anhui, China; 2 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

**Abstract** Based on analysis of the metallogenetic models and ore geological settings of both the Ningwu-type and Daye-type iron deposits which are the most important deposit types in the low-middle Yangtze Fe-Cu-Au polymetallic metallogenic belt and on the vacant predication theory of metallogenetic series, the authors suggest that the magmatic bodies occur as double-layers in the southern Ningwu basin and that the deep part of the southern Ningwu basin has ore-forming geological conditions similar to that the "Daye-type" iron deposit. Therefore, the authors argue that the Daye-type iron deposit can be found beneath the porphyrite-type iron deposit in the southern Ningwu basin. Furthermore, a "丰"-type metallogenetic model is suggested for the deposits in the southern Ningwu basin. And thus, the authors suggest that a better prospecting effect may be obtained by synthetic survey using stereoscopic mapping "model" of analog and integrated geophysical method.

**Keywords** double-layered structure; magmatic bodies; "丰"-type metallogenetic model; Ningwu porphyrite iron deposit; Daye-type iron deposit; southern Ningwu basin

## 《大地构造与成矿学》2010年(第 34卷)第 4 期预目 (2010年 11月 15日出版发行)

### 渤海湾盆地歧口凹陷构造与沉积地质研究专集

歧口凹陷第三系构造-层序-沉积一体化研究及其应用.....	吴永平, 廖前进, 周建生, 王华
歧口凹陷层序构成样式的时空差异性研究 .....	王华, 廖前进, 王家豪, 肖军, 廖远涛
黄骅坳陷构造变形格局和演化过程分析 .....	任建业, 周建生, 王文革, 祁鹏, 史双双
北大港潜山走滑断裂的物源化研究.....	焦养泉, 蒲秀刚, 吴立群, 鲁超, 吕琳, 顾元
同生断弯褶皱作用及其对沉积作用的控制——以歧口凹陷沈青庄沙三段为例 .....	陆永潮, 苏俊青, 陈平, 林卫兵
歧口凹陷古近系沙三段水下扇沉积体系内部构成分析.....	肖敦清, 荣辉, 白小鸟, 孙家宁
歧深地区沙三段层序格架构建及有利储集体预测 .....	苏俊青, 陈平, 李红香, 陆永潮, 石万忠, 林为兵, 杜学斌, 周涛, 杜民
歧口凹陷复式含油气系统与构造控藏模式 .....	周江羽, 卢刚臣, 李玉海, 任建业, 祁鹏
北大港潜山在沙三段沉积期的隆升状态及其对沉积物源的供给作用 .....	石万忠, 肖敦清, 宋志峰, 苏俊青, 陆永潮
断陷盆地单因素精细取证下的沉积体系综合分析——以歧口凹陷古近系沙三二段为例 .....	吴立群, 焦养泉, 鲁超, 刘孟合, 杜玉梅
歧口凹陷多压力系统特征及其对油气聚集控制 .....	杜学斌, 王振升, 王书香, 陆永潮, 林为兵, 张亮, 雷振宇
歧口凹陷东营组沉降特征及其成因分析 .....	刘恩涛, 周立宏, 黄传炎, 陈思, 石先斌
歧口凹陷古近系东二段沉积体系空间配置研究 .....	吕琳, 蒲秀刚, 鲁超, 吴立群, 陈长伟
黄骅坳陷新生代沉降中心迁移: 数值模拟证据 .....	胡才志, 曾佐勋, 任建业, 祁鹏, 李志勇, 胡焯
古新世以来郯庐断裂的位移量及其对莱州湾凹陷的控制 .....	彭文绪, 张如才, 孙和风, 史浩, 吴奎, 贺电波, 姚以泰
车西洼陷构造演化对油气成藏的控制作用研究.....	张永辉, 夏斌, 万念明, 万志峰, 施秋华, 蔡嵩