

宁芜玢岩铁硫矿床成矿规律 和找矿预测研究

赵玉琛

(安徽省地矿局322地质队)

内容提要: 宁芜玢岩铁硫矿床是受中生代火山喷发、火山构造、浅源富钠闪长岩浆控制的一套矿床组合,空间上具“三部八式”分布规律。成矿作用与富钠闪长岩浆演化有成因联系,为构造-岩控成矿系列。

积50余年找矿经验认为:地质与物探工作配合,通过地质调查 $\Rightarrow$ 物探 $\Rightarrow$ 地质解释 $\rightarrow$ 钻探验证的工作循环,是最合理、最见成效的找矿方法。依现有地质概念和重磁找矿模型,通过矿床分布律、信息量、秩相关、回归分析和蒙特卡洛模拟等手段得出:宁芜成矿带本身找矿潜力已十分微弱,而盆地南部雍镇矿田及其南延地区是较有希望的。

主题词: 玢岩铁硫矿床 成矿规律 找矿预测 宁芜

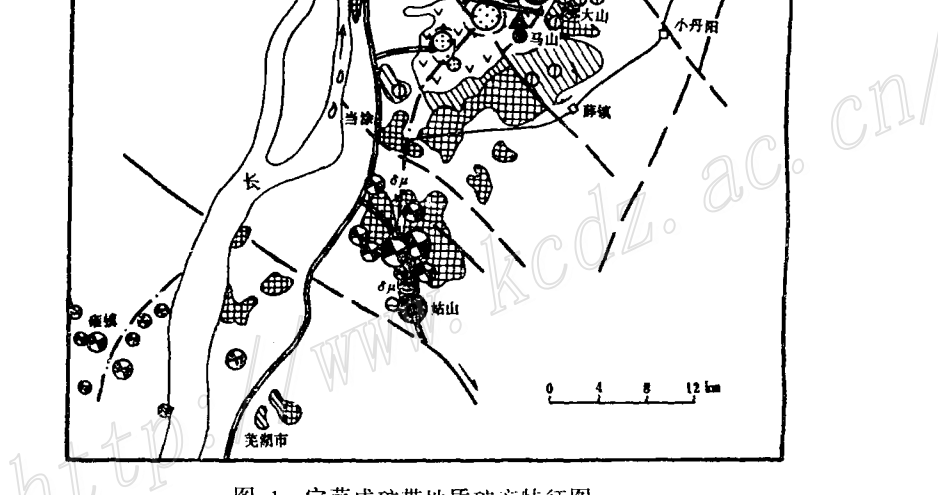
宁芜地区是我国环太平洋火山岩带大陆内部矿产最丰富的火山岩盆地之一。主要产出一套与中生代火山活动密切联系的大型铁硫矿床,以品位低、规模大、埋藏浅、伴生元素丰富而闻名。该区矿床为一套有机联系的矿床组合,称玢岩式(或宁芜式)铁硫矿床。

一、成矿带地质背景

宁芜玢岩铁硫矿床沿长江构造剪切带东侧呈北北东向的带状分布,北起江苏省的梅山铁矿,南至芜湖市以西的雍镇矿田,全长约80km。成矿带内矿床(点)呈丛聚型,有三个明显的密集段:北段以梅山铁矿为中心,北西向延伸;中段以凹山铁矿为核心,北北东—北东向展布;南段为姑山—雍镇矿带,南北—北北东向分布,总貌为反S形(图1)。

据徐树桐等(1986)研究,长江剪切带系中生代大别山推覆体南移的侧压力,使沿江地区受到纯剪应变,突出地表现为走向北北东和北东东两组平移断层或剪切带构成的菱形地块,其东西向边界显示左旋单剪切应变;南北向部分显示拉张,形成一系列沿江斜列的走滑盆地。宁芜火山岩盆地即属其一。

宁芜盆地呈纺锤形,略向长江方向倾伏,四周出露火山岩基底(T_2-J_2)。自梅山北到当涂段,火山岩带最宽约16km,再向南沿宁芜线呈狭窄的带状,宽度不足3km,明显受北北东向拉张断裂控制。盆地中部为火山隆起带,主要由孕矿的大王山组火山杂岩的串珠状火山隆起、次火山岩穹隆等正向火山构造构成,其连线(断裂喷发侵入岩带)也显示主要受北北东向基底拉张断裂控制;盆地西部为成矿后火山场陷带,以火山洼地、破火山口等负向火山构造为主,其深部多为花岗岩侵占。



1—成矿后火山岩(姑山组—娘娘山组); 2—成矿期火山岩(大王山组); 3—成矿前火山岩(龙王山组); 4—火山岩的基底(T_2-J_2); 5—中酸性岩体; 6—断裂喷发侵入岩带(示中心线); 7—火山基底断裂(以压扭性为主); 8—旋扭构造系; 9—正向火山构造(岩穹隆、火山隆起等); 10—负向火山构造(火山洼地、破火山口等); 上部矿: 11—老姆垌式铁矿(成矿后期/成矿期前); 12—马山式黄铁矿; 中部矿: 13—梅子山铁矿; 14—向山式黄铁矿; 15—陶村式铁矿; 16—凹山式铁矿; 下部矿: 17—凤凰山式铁矿; 18—云台山式黄铁矿; 矿床符号大

1—Post-ore volcanic rocks (Gushan Formation-Niangniangshan Formation); 2—Volcanic rocks of ore-forming stage (Dawangshan Formation); 3—Pre-ore volcanic rocks (Longwangshan Formation); 4—Basement of volcanics (T_2-J_2); 5—Intermediate-acid intrusion; 6—Eruptive-intrusive zone along fracture (central line); 7—Fracture in basement of volcanics (mainly compresso-shear one); 8—Rotation and shearing structural system; 9—Positive volcanic structures (dome, volcanic uplift etc.); 10—Negative volcanic structures (volcanic depression, caldera etc.); Ore deposits in the upper part; 11—Laomuxian type iron deposit (late ore-forming stage/pre-ore); 12—Mashan type pyrite; Ore deposits in the middle part; 13—Meizishan type iron deposit; 14—Xiangshan type pyrite deposit; 15—Tasun type iron deposit; 16—Aeshan type iron deposit; Ore deposits in the lower part; 17—Fenghuangshan type iron deposit; 18—Yuntaishan type pyrite; Different sizes of symbols correspond respectively to large-size, medium-size and small-size ore deposits and ore occurrences, $\delta\mu$ and δ stand respectively for diorite porphyry and diorite consanguineous with volcanic rocks.

根据杉崎等 Na_2O 、 K_2O 与硅氧指数方法(张之孟等, 1981)计算的宁芜火山岩, 自龙王山组(J_3l)开始到娘娘山组(K_2n)结束, 所反映的北北东向基底断裂拉张速率为 4.8cm/a (龙王山组)— 5.7cm/a (大王山组)— 6.6cm/a (姑山组)— 5cm/a (山边村组)— 4.1cm/a (娘娘山组)^①。显然, 大王山组—姑山组拉张最强烈, 导致莫霍面局部鼻状隆起和富钠闪长岩浆上侵。另外, 据火山岩稀土元素配分模式为光滑的右斜曲线, $\text{LREE} > \text{HREE}$, $\Delta\text{Eu} \approx 1$ 及铈同位素初始值一般 $0.7050-0.7064$, 个别为 0.710 , $\delta^{18}\text{O}$ 为 $5-10\text{‰}$, $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-5-+5\text{‰}$ 等^②, 都说明宁芜成矿带应是下扬子板块内部变格的大陆湿裂谷环境。

据五组火山岩各岩相共98个样品的 $\text{SiO}_2-P(\text{Na/K})\%$ 成矿相关性检验(陈大径, 1980), 只有大王山组溢流相、次火山相和部分姑山组次火山相岩石, 投影于中基性岩控铁矿区, 其余均落入非矿区^①。另据宁芜中段储量平衡表测算, 95%以上的铁矿、60%左右的黄铁矿与大王山组闪长玢岩次火山岩体有关。此种岩体在宁芜北段深钻揭露是结构上有规律变化的杂岩体: 浅部近似安山玢岩, 基质为交织结构或粗玄结构; 中部过渡为闪长玢岩, 连续不等粒—不等粒斑状结构; 深部变为闪长岩, 近等粒、不等粒或连续不等粒结构。另在宁芜中段各矿区, 可见闪长玢岩体自边缘至中心或自上而下, 成分上也有规律变化, 主要由三种岩石组成: 1) 辉石闪长玢岩($\delta\mu_1$)表壳相, 多破碎成大小不等的残余体, 为钠长闪长玢岩包裹或熔蚀圆化。外观黝黑色, 主要由透辉石及斜长石($An_{26}-An_{60}$, 平均 An_{32})组成。2) 钠长闪长玢岩($\delta\mu_2$)岩体主体, 属过渡—中心相, 浅灰—灰紫色, 斜长石成分为 $0-22$ 号, 平均为 18 号, 暗色矿物中有角闪石。3) 钠长斑岩($\delta\mu_3$), 多见于岩体深部, 属中心相。在中段东山矿区, 南段姑山矿区呈附加侵入体。灰白—乳白色, 斜长石成分为 $0-10$ 号, 平均为 5 号, 暗色矿物以角闪石为主, 基质中有黑云母和石英。

由此可见, 宁芜地区铁硫矿床是一颇具特色的大陆湿裂谷——富钠闪长岩浆—构造—岩控成矿系列。该裂谷成矿带, 在晚白垩世以后中央隆起, 两侧坳陷, 接受红色磨拉石堆积(赤山组、浦口组)后关闭(或消亡), 并为北西向扭性断裂破坏, 其北部左旋, 南部右旋, 把成矿带改造成反S形。据恢复的火山构造(赵玉琛, 1988)和类似的庐枞盆地地勘资料对比, 该成矿带属中等剥蚀, 剥蚀深度在 500m 左右。

二、矿床组合及其地质特征

从各矿床产出部位与地质构造的配置关系, 可形象地概括为三部八式(图2)。

(一) 上部矿: 产于成矿早期火山碎屑岩和部分熔岩中的同生火山沉积—热泉化学沉积层状铁硫矿床(含经后期热液改造的非层状矿床), 常暴露地表, 是探索其它部位主体矿床的标志。

1. 火山喷发沉积层状铁矿(老姆岷式或龙旗山式)点多, 分散, 储量不大, 一般为小型矿床或矿点, 约占区域储量5%。主要产于成矿前期的一套灰绿—黄绿色火山碎屑岩中(龙王山组三段, 部分相当以往的云台山组); 少数产于成矿后期的紫色火山碎屑岩(大王山组

● 赵玉琛, 1987, 宁芜中生代火山岩地层划分及其特征

● 吴言昌, 1987, 长江中下游裂谷初探, 安徽地质科技

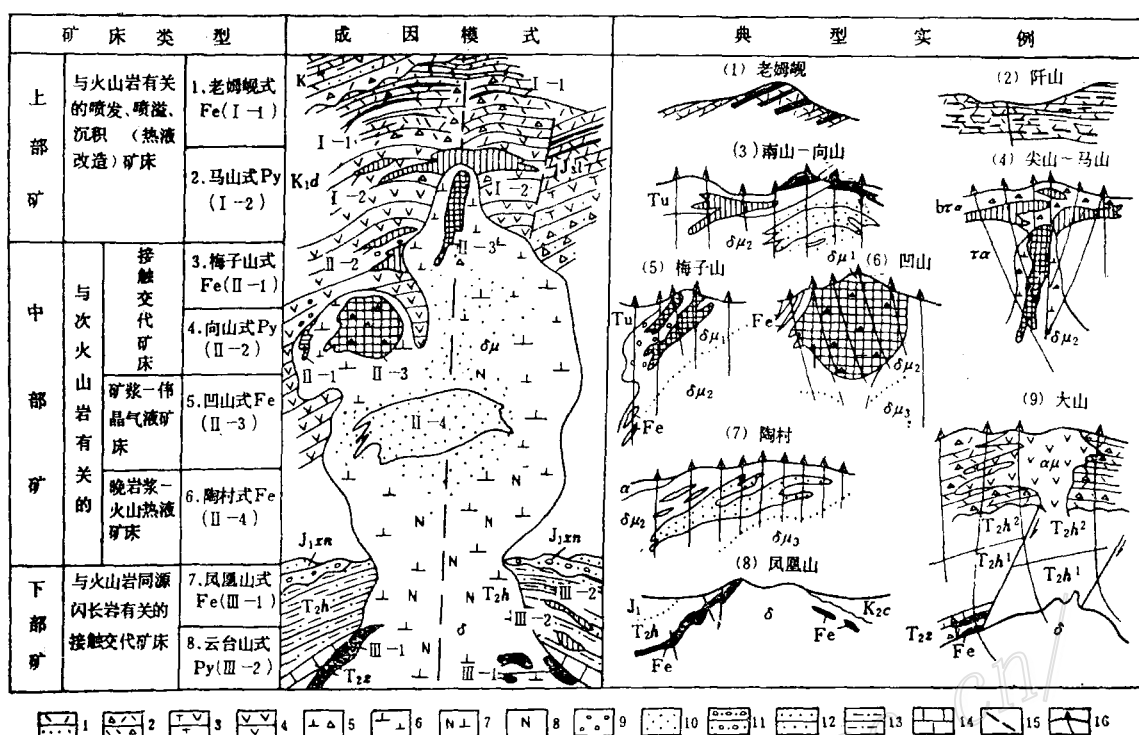


图2 宁芜玢岩铁硫矿床三部八式模型图

1—沉积—凝灰岩类；2—火山角砾岩类；3—粗安岩；4—安山岩；5—闪长玢岩角砾岩；6—闪长玢岩；7—钠长闪长岩类；8—钠长石化；9—矽卡岩化；10—浸染状磁铁矿；11—砾岩；12—砂岩；13—页岩、泥岩；14—碳酸盐岩类；15—推断的断裂喷发侵入岩带位置；16—钻孔

Fig. 2. Three-part and eight-type combinational model for porphyrite iron-sulfur deposits in Ningwu area.

1—Sedimentary rocks and tuffs; 2—volcanic breccia; 3—Trachyandesite; 4—Andesite; 5—Porphyrite breccia; 6—Diorite porphyrite; 7—Albite diorite; 8—Albitization; 9—Skarnization; 10—Disseminated magnetite; 11—Conglomerate; 12—Sandstone; 13—Shale, mudstone; 14—Carbonate rocks; 15—Inferred location of fractural eruptive-intrusive zone; 16—Drill hole.

三段)中,并分散于各火山穹隆周围。矿体呈层状、似层状(图2-1)、透镜体和矿饼群体(图2-2),上下围岩为铁质沉积凝灰岩或沉积角砾凝灰岩,均为整合产出无截切现象,常见矿体与硅铁质凝灰岩过渡或交互呈韵律层(赵玉琛,1958)。

无论矿体和近矿铁质凝灰岩均有明显的火山喷发沉积特征,如矿石中部分碎屑为晶化很差、具骸晶和珍珠构造的火山玻璃渣(赵玉琛,1958),在宁芜南段甚至可见梨形或带尾的塑性矿浆屑和炉渣状铁质“火山弹”,有些还显示被抛空旋转的特征,其内部有气泡、十字消光和珍珠裂纹等。

此类矿床矿石成分极简单,主要由石英-铁碧玉组成,组分为Fe 26—45%、 $\text{SiO}_2 > 40\%$ 、 SO_4 0.7—1.25%、BaO 1—2%、SrO 0.12—0.32%等偏高^①,部分矿床,如姥山、南山上部等含MnO较高达0.4—4%^②,伴生元素特征值 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TFe}$ 、 TiO_2/TFe 普遍偏低(表1)。所

① 华东所、地科院地质所联合队,1975,宁芜地区层状铁矿地质特征

② 安徽省冶金地质局322队,1972,马鞍山一带铁矿地质

表1 玢岩铁矿特征表

Table 1. Characteristics of porphyrite iron deposits

成矿部位	类型	矿床(点)	矿石类型	特征值		主要矿物形成温度(°C)
				$\frac{V_2O_5}{TFe} \times 100$	$\frac{TiO_2}{TFe} \times 100$	
上部矿	老姆岷式	老姆岷(3)	碧玉+赤铁矿	0.083	0.603	
		竹园园(2)	石英+假象赤铁矿	0.025	0.042	
		查塘(2)	石英+假象赤铁矿	0.064	0.042	
		尹山	石英+镜铁矿	0.026	0.28	
		龙虎山	石英+镜铁矿	0.09	0.28	
		龙旗山	碧玉+赤铁矿	0.01—0.05	0.32	
		独孤里	碧玉+假象赤铁矿	0.0285	0.0171	
		向山	铁蛋白石+水赤铁矿	0.183	0.834	
中部矿	梅子山式	梅子山(3)	石榴石+透辉石+假象赤铁矿	0.07	0.38	366(He, 38), 315(Q, 1), 265(Ca, 2), 405(Ap, 1)
		南山(上部)(3)	石榴石+透辉石+假象赤铁矿	0.23	0.45	
	凹山式	凹山(4)	阳起石(透辉石)+磷灰石+磁铁矿	0.578	2.06	570(Mt, 1) 396(Mt, 11), 368(Ao, 2), 277(Q, 3), 255(Py, 1)
		大东山(7)	阳起石(透辉石)+磷灰石+磁铁矿	0.99	4.71	466(Mt, 3), 465(Ap, 3)
		梅山(9)	透辉石+磁铁矿	0.31	1.36	>700(Mt, 15), 366(He, 35)
		姑山(6)	透辉石+磷灰石+磁铁矿	0.228	1.14	>700(He, 5), 364(Mt, 6), 423(He, 3)
	陶村式	陶村(111)	钠长石+磷灰石+磁铁矿	0.32	1.56	402(Mt, 8)
		和尚桥(10)	钠长石+磷灰石+磁铁矿	0.21	1.21	
		丁山	钠长石+磷灰石+磁铁矿	0.68	4.70	
		吉山(3)	钠柱石+磁铁矿	0.35	1.87	130(Mt, 4), 335(Ap, 1), 335(Q, 1), 275(Ca)
		卧儿岗(4)	钠长石+磁铁矿	0.48	3.23	406(Mt, 4), 298(Anh, 2), 245(Q, 1)
下部矿	凤凰山式	凤凰山(3)	金云母+阳起石+假象赤铁矿	0.531	0.326	
		其林山(3)	金云母+透长石+磁铁矿	0.647	0.417	
		神九(16)	金云母+磷灰石+磁铁矿	0.439	0.777	>700(Mt, 10), 348(Mt, 7), 295(Ap, 2), 280(Anh), 250(Ba), 242(Py, 2)
		白象山(3)	金云母+磁铁矿	0.573	0.543	353(Mt, 12)
		大山(17)	绿泥石+碳酸盐+磁铁矿	0.354	0.104	
		雍镇(18)	阳起石+碳酸盐+磁铁矿	0.355	0.369	

注: 括号中数字为统计样数; 矿物代号: He为假象赤铁矿; Q为石英; Ca为碳酸盐类; Ap为磷灰石; Mt为磁铁矿; Py为黄铁矿; Anh为硬石膏; Ba为重晶石

有上述特点均和现代火山喷发沉积成矿的观测资料较吻合,如库页岛的别孜米阿尼火山带等^①。

2. 火山喷溢似层状黄铁矿(马山式)产于大王山组辉闪安山质角砾熔岩中,聚集于其与块状熔岩界面附近,经大范围钻探圈定,矿床由产状平缓的似层状矿体群组成,一般为中到大型矿床。近年通过火山建造、斜长石斑晶粒度及其频率分布分析认为,马山地区为一大型、具双凸特征的火山穹隆构造。据钻探网(100m×100m)控制,黄铁矿化范围与穹隆构造轮廓一致。穹隆核部的黄铁矿体层数多、厚度大,向外依次减薄、分枝、尖灭,矿化整体呈铁饼状(图2-4上部)。在矿石和围岩裂缝中(如土地山、鹅山),常见自然硫、氯黄晶等火山升华物。据万宏(1988)的资料,矿体中Co、Ni、Cu等含量线围绕火山穹隆中心呈圈闭式;Co/Ni等值线呈水平状,但在火山通道部位均向上翘起。总体上与日本黄矿模式相似,矿石成分与夏威夷罗伊亚火山(1963)熔岩中提取的富硫化物近似^②。

(二)中部矿:产于与大王山组同源的闪长玢岩体中,集中分布于0—300m垂深间隔,自其边缘向中心,形成一系列铁硫矿床。

3. 类矽卡岩型铁矿(梅子山式,图2-5)产于内接触带。呈豆荚状、透镜状和不规则脉状,与围岩和下述诸类型铁矿均无明显界限。矽卡岩矿物为次透辉石(纤闪石)、方柱石、石榴石,偶见符山石、硅灰石等。 V_2O_5/TFe 、 TiO_2/TFe 值介于上述层状铁矿与下述凹山式、陶村式矿床间,具过渡性质(表1)。

4. 接触交代黄铁矿矿床(向山式)与层状铁矿及马山式黄铁矿递变,但主要受次火山岩侵入接触带控制(图2-3),呈似层状、囊状,常围绕铁矿外缘分布而呈“卫星矿”。

5. 岩浆-气成高温热液铁矿(凹山式)为主要富铁矿类型。矿石多呈伟晶状, V_2O_5/TFe 、 TiO_2/TFe 值在全区最高(表1)。主矿体呈囊状,多产于岩体内的隐爆角砾岩筒中(图2-6,图2-4下部),外围为帚状斜列的铁矿大脉(附加矿脉),受多组断裂交叉点及旋扭构造控制,并叠加在下述陶村式铁矿中心部位上。

成矿以贯入充填为主,温度极高,据磁铁矿的均一和爆裂温度,一般在450—567℃间,另有约25%的样品,加热到700℃以上未爆^③;部分矿石具陨铁结构,如梅山矿床的斑点状、竹叶状矿石,即由钙铁榴石构成“斑点”,透辉石组成“竹叶”;凹山、东山矿床中,由自形磷灰石、钠长石(假象方柱石)构成“客晶”,均由块状磁铁矿胶结;铁矿大脉一般具对称矿物分带,据凹山外围20余条大脉观察,自脉缘向内依次为:细粒阳起石+磷灰石+钠长石+磁铁矿共结带;粗晶阳起石晶带;粗晶磷灰石晶带(或晶线);块状磁铁矿带。后者内常见瘤状晶洞,自边缘向内依次为石榴石、 α -磷石英、球状(或葡萄状)磁铁矿等充填。部分矿脉尚可见内部晶带截穿外部晶带,甚至穿出母脉形成分带较少的子脉,如磷灰石+磁铁矿脉,单一磁铁矿脉等。另外,复杂、不完全的上述分带也常见于主矿体角砾状矿石中。说明它们形成条件相似。据吴言昌等(1988)研究,该类型矿石物质成分与富钠闪长岩浆演化的铁矿浆相似。

6. 晚岩浆-火山热液细脉浸染型铁矿(陶村式,图2-7)是狭义玢岩铁矿的典型代表。

① 地科院情报所,1975,国外火山成因铁铜矿床研究工作概况

② 王宠,1978,火山岩矿床的一些问题

③ 地科院地矿所四室实验组,1976,宁芜地区铁矿床测温报告

产于闪长玢岩穹隆顶部,受岩体轮廓、流层及微裂隙带控制,呈似层状(主要的)、鞍状、囊状和脉状。矿物组合以钠长石(变方柱石)+磷灰石+磁铁矿为主。细粒(0.01—0.5mm)浸染状和网脉状矿石,多位于主矿体下部或边缘,磁铁矿爆裂温度低,约365—415℃;中粒(0.5—2mm)、粗粒(2—6mm)矿石位于中部和顶部,磁铁矿爆裂温度高,约435—460℃,即磁铁矿粒度和形成温度均为反常倒置排列。

(三)下部矿:产于火山岩基底与火山岩同源的闪长岩体接触带的接触交代-热液型铁硫矿床。一般分布于盆缘火山岩基底隆起区,埋藏较浅或出露地表(图2-8),盆地内部于火山岩下900m深处发现一例矿床(大山铁矿,图2-9)。矿体呈似层状、透镜体和脉状,严格受中三叠统黄马青组一段(T_3^4)和周冲村组(T_3^2)两个钙质含量较高的层位控制^①。主要为:7.凤凰山式铁矿和8.云台山式黄铁矿。

三、找矿工作分析和重磁找矿模型

宁芜铁矿最早发现于1921年。50年代中期到60年代。依据矿体露头、矿化蚀变岩、地磁和自然电位法大比例尺扫面,又发现了一批铁硫矿床,70年代随着矿石边界品位要求降低和火山岩成矿理论的发展,相应提出“挖潜、补齐、突破”三种扩大找矿措施,使地区储量成倍增长,发展成为一个著名的成矿带。

“挖潜”指对某一类型中某些矿体,依地质特征或数理统计规律探索其可能扩展的储量。如凹山主矿体受角砾岩体控制,发现深部角砾岩向西北方向分叉倾斜而补充勘探,获储量数千万吨,约占原勘探储量的30%。“补齐”指按三部八式规律,在一个地段内找齐所有可能的矿床类型。如南山铁矿床,50年代探采的是暴露地表的层状铁矿(南山上矿体),60年代末采掘殆尽面临关闭。但露采底已见闪长玢岩枝多处穿插,按规律深部应有陶村式或凹山式铁矿。遂试钻(ZK504)成功。经勘探获储量为上部矿的20倍。“突破”,目标是探索火山杂岩盖层下的凤凰山式铁矿。经分析在火山岩的基底抬升断块上,结合低缓重磁异常,在地表完全无矿化显示的大山地区试钻,其中ZK02于地下900m深处发现厚达30余米的凤凰山式铁矿,就是成功的一例。综观近50年的找矿实践证明:地质与物探工作配合,通过地质调查→物探工作→地质解释→钻探验证的工作循环是本区最合理、最有效的找矿工作方法。

宁芜地区绝大多数铁矿床是在重磁异常充分地质论证和试钻下发现或扩大规模的;黄铁矿床是验证自然电位异常,结合铁硫矿床空间联系规律扩大规模的。其它物化探工作只起辅助判别矿与非矿异常的作用。据1:50万区域航磁、重力场向上延拓图件^②,上延5km时,宁芜地区尚为一封闭的卵形独立异常,上延10km、15km、20km时均解体。说明它是一浅源岩浆活动带。据中段105个重磁异常查证经验,可分以下几种(图3)。

(一)非矿异常 分典型的和不易区分的两种。前者一般为重磁单现异常,其中磁异常形态杂乱、强度低($\leq 2000\gamma$),剖面上 ΔZ 呈锯齿状(图3-1)。当不均匀矿化时,曲线稍圆滑(图3-2),但均无明显负异常,为火山杂岩体引起;后者(图3-3、4)为重磁同现的孤高异常,与矿异常相似,但 ΔZ 一般无负异常或不明显,并表现为高阻、低极化率,为基性岩

① 南京大学地质系,1977,长江中下游中三叠世地层及其与铁矿矿化作用的成因联系

② 靳永平等,1982,利用区域重磁探讨安徽省主要断裂构造

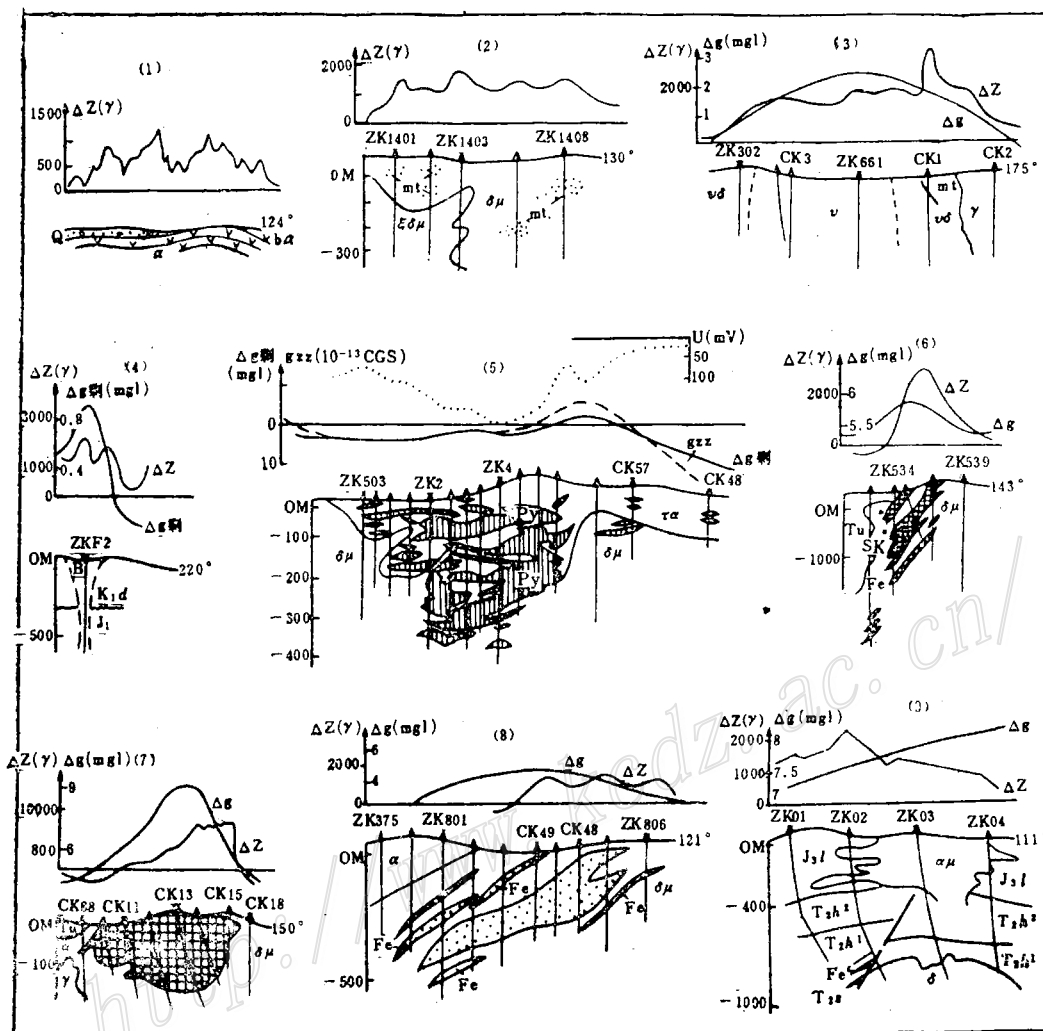


图3 宁芜主要重磁异常类型及其验证

α —安山岩; ba —角砾安山岩; mt —磁铁矿浸染体或细脉; $\xi\delta\mu$ —正长闪长玢岩; v —辉长岩; $v\delta$ —辉长闪长岩(边缘相); γ —花岗岩; B —集块角砾熔岩(角砾岩筒); $\tau\alpha$ —粗安岩; 其余同1.2

Fig. 3. Major types of gravity-magnetic anomalies in Ningwu area and their drilling verification.

α —Andesite; ba —Breccia andesite; mt —magnetite disseminated body or veinlet; $\xi\delta\mu$ —Syenite-diorite porphyrite; v —Gabbro; $v\delta$ —Gabbro-diorite (marginal facies); γ —Granite; B —Agglomerate breccia lava (breccia pipe); $\tau\alpha$ —Trachyandesite; Other symbols as for Figs. 1, 2.

体或矿化角砾岩筒引起。

(二) 矿异常 均属重磁同现异常, 分三种: 1. 孤高磁源重异常(图3-6、7): 为相对封闭的独立异常, ΔZ 峰值在5000—16000 γ 之间, 负异常明显, 剩余重力值(Δg)达7—9mg/l, 一般为中高品位的凹山式, 部分梅子山式铁矿引起。2. 中低重磁同现磁异常群(图3-8): 在中缓局部重力异常($\Delta g=2-5\text{mg/l}$)背景上, 散布着方向杂乱、峰值不大(2000—5000 γ)、

负异常不显著、形态不甚完整,但总体上规律明显的磁异常群体,是陶村式矿床的集中反映。3.“重边叠磁异常”(图3-9):在区域重力梯度带局部扭转、封闭的重力异常上,叠加微弱的、形态较规整的磁异常($\Delta Z < 2000\gamma$),可能是深部凤凰山式铁矿的反映,但容易与深部断裂相混,判别的成功率不高。4.黄铁矿矿床上的异常:多数分布于重边叠磁区,可见 -100mV 以上的自然电位异常,重力二次导数(g_{zz})曲线,往往能圈定矿化边界(图3-5)。

根据宁芜主要地质体物性参数及构造特征,结合以往验证经验总结的重磁找矿模式如图4。

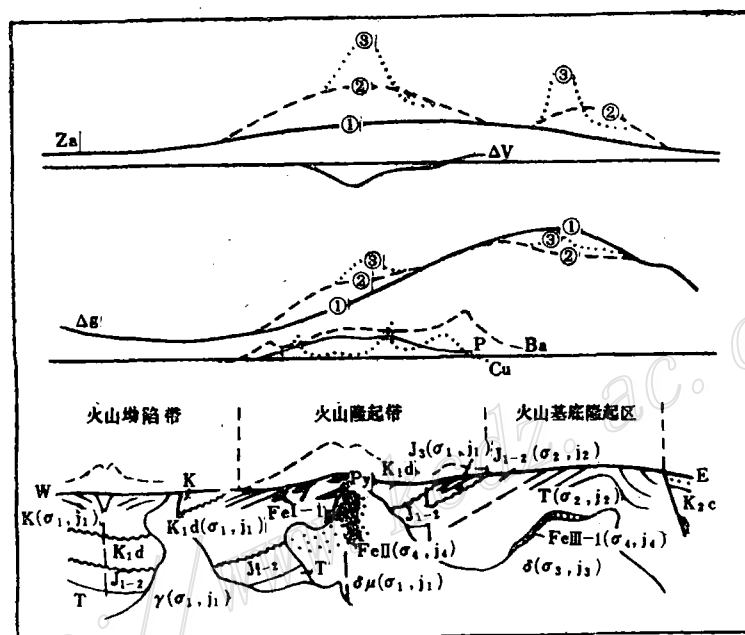


图4 宁芜重磁、化探异常找矿模式

K_{2c}—赤山组; K—姑山组—娘娘山组; 其余同图1、2、3

Fig. 4. Ore-prospecting model based on gravity-magnetic and geochemical anomalies in Ningwu area.

K_{2c}—Chishan Formation; K—Gushan Formation—Nianniangshan Formation; Other symbols as for Figs. 1, 2, 3.

图中正演参数, 磁性: $j_1 = j_2 < j_3 < j_4$, $j_1 = j_2 = 0$
 $j_3 = n \times 10^{-4} - n \times 10^{-3} \text{CGSM}$
 $j_4 = (15-50) \times 10^{-3} \text{CGSM}$

密度: $\sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_4$
 $\sigma_1 = 2.52 \text{g/cm}^3$, $\sigma_2 = 2.69 \text{g/cm}^3$
 $\sigma_3 = 2.67 \text{g/cm}^3$, $\sigma_4 = 2.73-3.45 \text{g/cm}^3$

①区域重力(Δg , 由 $T(\sigma_2)$ 起伏引起)或磁力(Za , 由深部岩体(j_3)引起)的一级背景场。

②闪长岩体引起的重力、磁力二级叠加区域场。

③浅部闪长岩或铁矿体引起的三级局部重磁异常, Cu、P、Ba为化探异常。

1. 盆缘(主要是东部)火山基底隆起区: 找矿目标为凤凰山式铁矿, 具较高的重力和中等磁力背景场, 矿异常为“重边叠磁型”。

2. 盆中火山隆起带: 宽3—16km, 三部八式规律明显, 属中等重力和中高磁场背景区, 矿异常为磁源重力异常和“重边叠磁型”, 并有P—Cu—Ba等中远缘地化异常。

3. 盆西火山拗陷带: 宽4—8km, 为成矿期后火山杂岩分布带, 深部为大面积花岗岩类吞噬。为低磁($\Delta Z < 1000\gamma$)重力负值背景场, 但时有燕山晚期中基性岩体、岩脉分布, 构成一些矿异常假象, 曾使60年代找矿工作走了一段弯路。

四、矿产预测研究

自70年代末到现在, 随着大批重磁异常验证完了, 利用物探方法找矿受到限制。宁芜成矿带是否还有找矿潜力? 作者认为可通过资源总量预测给予回答。

根据成矿带铁矿床(点)两次网格化统计, 北段铁矿床(点)服从随机型的波松分布^①; 中段为丛集型的负二项分布^②。后者说明若发现一个矿床, 则在其附近能找到第二个、第三个……矿床, 这从另一角度又反映了三部八式规律。根据理论分布计算的单元内矿床(点)的期望频数与观测频数十分接近, 即再找到新矿床的潜力很低。而且还包括经济意义不大的层状铁矿在内。

对陶村式、凹山式和盆缘的凤凰山式铁矿的预测。在工作程度、资料水平很高的凹山矿田采取信息量、秩相关、回归分析等矿床模型法。其中信息量方法预测, 以区内73个重磁异常为对象, 划为9个标志29种状态。按E. B. 维索科奥斯特洛夫斯卡娅公式(1968)计算其信息和信息总量, 以0.75信息水平筛选出7个有利信息标志状态^②, 与前述矿异常特征及重磁找矿模型基本吻合。若按异常信息总量0.4为找矿临界值, 经计算异常大于临界值者找矿概率为77.12%, 小于此概率者仅1.82%, 相差40余倍, 其找矿效果显著不同。秩相关方法预测, 以岩性组合及磁异常特征等6类21种状态为统计量, 筛选出6个有利标志^①, 也和上述找矿模型较吻合。以实际含矿单元有3个以上有利标志为找矿临界值估计, 则今后的找矿概率不大于5%。回归分析方法预测, 以矿床值(金属量)依据地质特征、重磁异常和磷元素地化异常等9个变量, 经逐步回归得出: 各级火山构造与矿床在断裂喷发带位置和重磁异常特征为入选变量, 其它变量全部落选^②, 它也与找矿模型一致并显示火山作用在宁芜成矿带的重要性。依回归方程对尚未发现矿床的有利单元预测储量仅二千多万吨, 只占已探明储量2%左右。

对宁芜南段新发现的雍镇矿田, 因工作程度及资料水平均很低, 用蒙特卡洛模拟法求总和式资源量。以控制程度较高的7个为模型单元, 按重磁异常特征、地质条件(闪长岩出露面积比, T_2H' 、 T_2Z 层位, 钠长石化等)的具体规定赋予3态变量, 通过特征分析建立储量(图5左)和有利度(图5中)抽样模型, 经蒙特卡洛模拟, 报出资源量乐观值约6千万吨(图5右), 说明有一定远景。

① 武汉地院, 1973, 宁芜地区铁矿床统计预测

② 徐述鸣等, 1987, 马芜地区铁矿总量预测报告

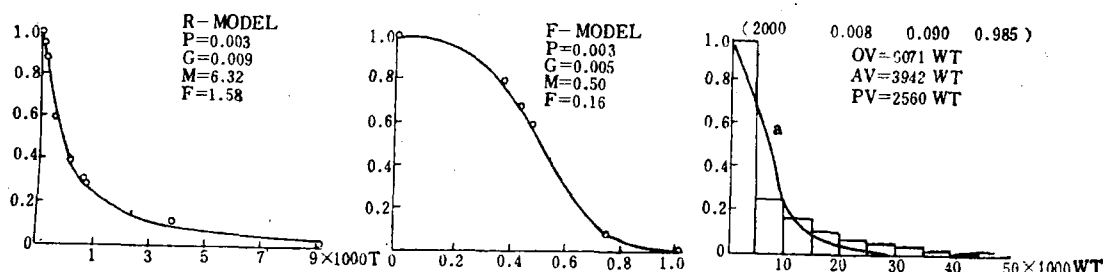


图5 宁芜雍镇矿田资源总量的蒙特卡洛模拟
(PC—1500机输出)

P—最大频率差；G—最大概频差；M—数学期望；F—方差；OV—乐观值；AV—平均值；PV—悲观值；a—概率曲线；WT—万吨；括号中数值自左依次为：统计轮次数，最大频率差，最大概频差，信息利用率。①

Fig. 5. Monte-Carlo simulation for total resources of the Yongzhen orefield in Ningwu area (output by PC—1500 computer).

P—Maximum frequency difference; G—Maximum probability-frequency difference; M—Mathematic expectation; F—Variance; OV—Optimistic value; AV—Average value; PV—Pessimistic value; a—Probability curve; WT—Ten thousand tons. The values in the bracket are in turn times of statistics, maximum frequency difference, maximum probability-frequency difference, information utilization factor.

资源总量预测是一项动态分析，随地质认识和资料水平的提高而不断提高，并将逐渐接近实际情况。就目前预测而言，宁芜中段（即凹山矿田，可类比借鉴的有北段梅山、南段姑山等矿田）找矿潜力已十分微弱。依现有的成矿理论和以往的找矿模型，再找到一个一定规模铁矿床的概率不会大于5%，至于火山杂岩以下发现的凤凰山式铁矿，其埋藏如此之深，有否勘探价值还需论证。总之，宁芜盆地内部，在没有新理论提出以前，无论从何种角度再布置找铁矿工作，都显得既不合理又不合算。

雍镇矿田介于宁芜与大冶—铜陵成矿带过渡地区，矿床本身具两者复合特征，预测尚有一定资源潜力，应引起重视。

参 考 文 献

- [1] 长江中下游火山岩区铁矿研究组 1977 玢岩铁矿——安山质火山岩地区铁矿床的一组成因模式 地质学报 第51卷 第1期
- [2] 徐树桐等 1986 安徽省主要构造地质要素的变形 地质科学 第4期
- [3] 张之孟等 1981 川西南乡城—得荣地区细碧-角斑岩的岩石学特征和构造意义 地质学报 第55卷 第3期
- [4] 陈大径 1980 与金属矿床有关的中-酸性侵入岩氧-钠、硫-钾成矿专属性法则的探讨 地质与勘探 第11期
- [5] 赵玉琛 1988 火山岩层原始构造节理研究的一种数学分析方法及其应用 地质科学 第2期
- [6] 赵玉琛 1958 当涂一带“火山堆积铁矿”的形成与找矿标志 地质与勘探 第21期
- [7] 安徽冶金勘探公司808队等 1978 宁芜南段铁矿床成矿规律和找矿标志 宁芜火山岩铁铜矿床会议选集 地质出版社
- [8] 万宏 1988 宁芜地区马山铁硫矿床黄铁矿主要标型特征及成因意义 矿物岩石 第2期
- [9] 吴言昌等 1988 长江中下游富钠闪长岩类与铁矿系列的成因联系 矿床地质 第1期

① 赵玉琛，〈矿产资源预测中蒙特卡洛模拟方法研究〉，载〈物化探计算技术〉1987年 第3期

A STUDY OF ORE-FORMING REGULARITY AND ORE PROGNOSIS OF PORPHYRITE IRON-SULFUR DEPOSITS IN NINGWU (NANJING-WUHU) AREA

Zhao Yuchen

(No.322 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province, Maanshan, Anhui)

Abstract

The iron-sulfur deposits in Ningwu area make up a suite of ore associations controlled by Mesozoic volcanic eruption, volcanic structure and shallow-source soda-rich diorite magma and showing "three-part and eight-style" distribution pattern. The mineralization is genetically related to the evolution of soda-rich diorite magma and thus belongs to structural-rock controlled metallogenic series.

The ore-prospecting experience gained in the past fifty years indicates that the coordination of geological and geophysical work together with the cyclic procedure of geological survey $\rightleftharpoons$ geophysical prospecting $\rightleftharpoons$ geological interpretation $\rightarrow$ drilling inspection seems to be the most reasonable and effective ore prospecting method.

On the basis of the available geological conception and the gravity-magnetic ore prospecting models as well as the data obtained in such aspects as distribution pattern of ore deposits, quantity of information, rank correlation regression analysis and Monte-Carlo simulation, it is concluded that the ore prospecting potentiality in the Ningwu metallogenic belt proper is rather poor, but the Yongzhen orefield and its southward extension seem to be quite promising.