

凹山矽岩铁硫矿田的勘查历史和找矿预测

赵玉琛

(安徽省地矿局322地质队)

凹山矽岩铁硫矿田近50年的勘查研究历史,是不断修改或否定旧的成因观点的历史。现已证实,这些矿体是一套组合矿床,具“三部八式”空间分布规律。据此,在70年代该矿田实勘储量成倍地增长;但现在找矿效果出现“滑坡”,矿田本身找矿潜力微弱;而新发现的雍镇矿田则较有希望。

关键词: 凹山矽岩铁硫矿田; 勘查史; 找矿预测

概 况

凹山矿田,是宁芜地区研究程度较深,并被命名为矽岩铁硫矿床^[1]的模型区,是一套受中生代火山喷发、火山构造和浅源富钠闪长岩浆控制的铁硫矿床组合。早年认为是夕卡岩铁矿(丁格兰,1923)或脉状热液铁矿(谢家荣等,1934)。50年代中期,认为是从高温到中温到低温,在空间上呈序列分布,即所谓凹山式—南山式—向山式序列。

50年代后期,随着物探磁法、自电大比例尺扫面,发现一批异常,但因钻探验证和地质解释受旧成矿模式的约束,找矿效果不显著。70年代前期,国家科研重点项目“宁芜地区铁(铜)矿床地质特征、找矿标志和找矿方向”的进行,从火山岩成矿的特殊条件出发,总结了一些成矿规律,结合当时铁矿边界品位降低,找矿和勘探都起了质的变化,使工业储量成倍增长。

然而,自70年代末以来,随着大批重磁异常验证告竭,找矿效率急剧下降。通过矿床分布率、信息量、秩相关……多种方法预测,凹山矿田本身的找矿潜力已十分微弱。而基于新的找矿模型,1976年验证的雍镇一

带低值磁异常,倒可能是有远景的铁矿区。

火山沉积层状铁矿类型的确定排

除了寻找主体矿床类型的干扰

在50年代前期,层状铁矿一直是同主体矿床类型(凹山式、南山式)混为一谈。1958年此种矿床(点)发现更多,仅凹山矿田内就不下30余处,经调查都是分散、多变、规模不大的矿点或矿化,影响了找大矿的信心。

当详细研究一批此类矿点后,笔者1958年即提出,它们是与火山喷发沉积作用有关的火山堆积层状铁矿类型^[1],以后得到国家科研重点项目组的认同,从而排除了去寻找主体矿床类型的干扰。

原生的层状铁矿,一般缺乏开发价值,但风化剥蚀后,在搬运过程中,可得到一定程度的富集,形成沿沟谷分布的砂砾铁矿层,其矿石多可达平炉富矿标准。

从验证单体异常转向异常群体

和低缓磁异常的研究,是对扩

大矿田规模认识上的飞跃

验证磁异常,是凹山矿田内发现或扩大矿床规模的主要手段。凹山铁矿本身为相对封闭的孤高磁异常,50年代后期,即以此类

单体异常模式,在外围陶村、阡山等地验证,发现异常是浸染状贫磁铁矿叠加、方向杂乱的富铁大脉或网脉引起,前景不大。

在分析了单位异常与异常群体的组合规律、地质背景和验证经验后,1960年总结出闪长斑岩体“外壳带”普遍浸染状铁矿化的设想,认为它是磁异常群体的反映;而孤高单体异常,则是网脉叠加的富集部位,从属于主体。这样找矿目标应转向整个矿化岩体的研究,并相应调整了找矿勘探方法。如陶村铁矿,最早是验证陶村孤高异常,仅得储量几十万吨;后转向整个陶村矿化岩体并“拉大网”控制,两度勘探,竟获总储量数亿吨,约为前期找矿储量的200倍!

值得指出,这一认识上的飞跃,奠定了以后玢岩铁矿模式的雏型。它不仅扩大了凹山矿田的规模,对宁芜以至别的火山盆地找矿都起了积极作用。此后,在对异常群体模式研究深化的基础上,又发现了雍镇矿田。

辩证论矿,是对铁矿最低边界

品位降低的依据

勿庸讳言,凹山矿田规模扩大的另一主要因素是矿石工业边界品位的降低。70年代以前,本区按冶金部部颁统一工业指标($TFe \geq 20\%$)做为边界品位圈定矿体。当找矿转向矿化岩体时,据不完全测算, TFe 含量在 $15 \sim 20\%$ 的岩体,约占工业矿石的1.5倍。两者无明显边界,用机械化开采,完全在工业矿体露采范围内;与其当作夹石废弃,不如混合入选。据多次试验^①,入选品位 $< 20\%$ 的矿化岩与贫矿石在选管和半生产流程中,无论精矿品位或回收率均无明显差异;另外,对矿田内磁异常群体背景值 $\geq 1000\gamma$ 以上地段估算,约有几十亿吨远景储量,为当时表内储量的5倍。基于此,多次向马钢等用矿单位反映,终于在1970年底下达了凹山地区浸染状贫磁铁矿调整的工业指标,边界品位降为 $TFe \geq 18\%$ 、块段平均品位为 20% 。尽管当时遇到争议,但在以后十

几年的开发证明,混合入选在经济上是合理的。

隐爆角砾岩体控矿,是认识矿体复杂形态的关键

凹山铁矿床是矿田内最大的矿床。1934年谢家荣认为是脉状铁矿(图1-1);1939年探采资料(图1-2)认为是产于凝灰岩中的似脉状—囊状矿体;1958年初勘时,按照铁矿大脉的陡斜产状布置了斜孔网,结果发现主矿体在平面上呈旋涡状(图1-3),剖面上近似椭圆形(图1-4),整体为不规则囊状体。矿体内部构造也极复杂,矿石与夹石在钻孔中无规律地相间出现,邻孔之间难以连接,被迫将夹石圈成糖葫芦串状。1962年复审报告时提出异议,并拟将夹石“层”连接起来,这将损失 $10 \sim 20\%$ 的实勘储量。由于控矿构造未搞清,一时难予决断。随着露采底的延深,在120m标高台阶,这种矿体被揭露,系由矿石胶结的大小混杂、形态各异、互不连接的矿化闪长玢岩角砾(即夹石)构成的角砾状矿体。夹石不具连接和分采的可能性,这才承认了原报储量。此种角砾岩,最初被解释为断层角砾岩等,后经研究,确认属隐爆角砾岩体^②。这是火山岩区一种特殊的控矿构造类型,一般为陡直的筒状、似脉状、不规则囊状。总之,形态和内部构造都很复杂,不易搞清,凹山等矿床之所以多次补充勘探就有这个原因。

尖山铁矿是更突出的一例。原为验证一个浑圆形孤高磁异常,于异常中心布孔,在50米以下连续打到厚300余米的中品位铁矿,以为找到了大矿,但在四周的加密钻孔却落空了;后改为向心式斜孔布钻,才圈出它是一个产状陡直的角砾岩筒型铁矿体(见图3-4)。

①据冶金部选矿研究组(1959)及南山铁矿选厂1967.年资料。

②赵玉琛,1981,凹山爆发角砾岩筒地质特征。

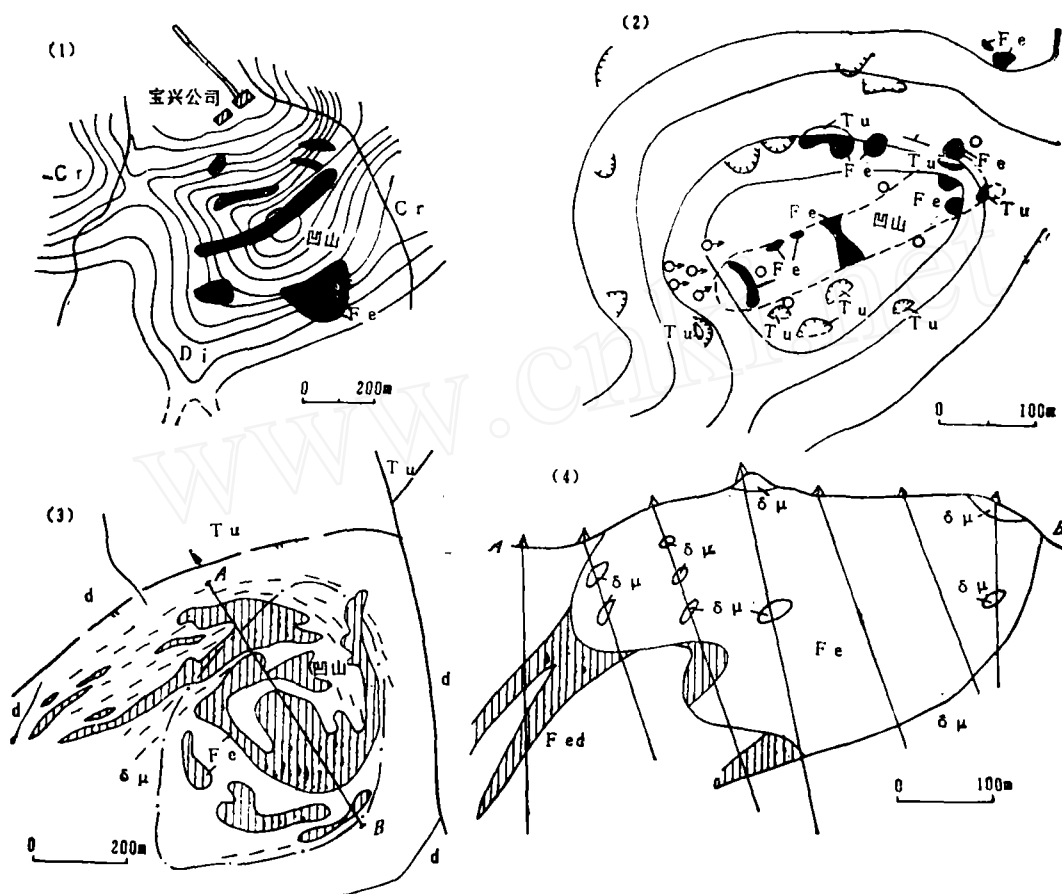


图 1 不同阶段对凹山矿床的不同认识

Cr, Tu—白垩系凝灰岩; Di, $\delta\mu$ —闪长玢岩; Fe—磁铁矿体; Fed—早期勘探中丢失的铁矿体部分

环状铁矿及其组合规律

环状铁矿是矿田内最富特征的一种产状类型, 整体呈覆盆状、钟状和套钟状, 只在水平断面上呈环形。此种铁矿远在1939年大东山铁矿探采资料中就初露苗头 (图2—1), 而真正确认并据其特征进行勘探, 时在1958年前后 (图2—2)。然对它的成因及与其他产状矿体关系一直未搞清, 常丢失矿体 (图2—3), 在生产阶段还能发现新矿体 (王志云, 1988)。另外是落星环状铁矿的发现。该矿于1958年发现露头, 地质人员依其陡斜和延伸方向确定为线脉体 (图2—4虚线部分), 追踪开采, 结果开出一个封闭完好的环状矿脉, 其长径仅18米。

近年研究证明, 环状铁矿最初与含矿岩浆旋流形成的涡柱体矿化有关, 后在不均衡扭应力场作用下, 被改造或强化为多重旋扭构造体并被矿浆充填而成。

由于岩浆涡流、旋扭构造体及隐爆角砾岩体, 受统一的区域应力场和火山—岩浆构造控制而经常伴生或叠加在一起, 一般表现为环状 (或帚状), 矿脉中心或深部即为角砾岩体型铁矿。凹山铁矿中, 这种关系已暴露于地表; 大东山铁矿在勘探后期, 于环状矿脉中心盲钻 (CK53) 发现的角砾状矿体, 就是早期勘探环状矿脉时丢失的 (图2—3); 落星小型环状矿脉经钻探, 也在深部发现产状陡直的角砾状矿体。这就是矿田内主要矿

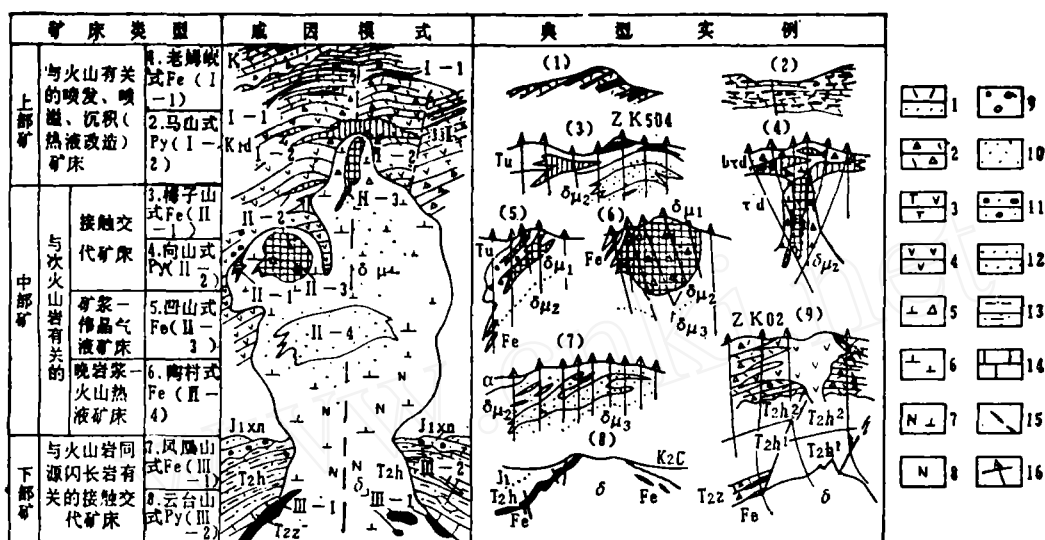


图3 宁芜岩铁、铜矿床“三部八式”模型图

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—夕卡岩化；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

岩岩枝穿插。这样，以往遵循的先凹山式，后南山式的分布序列就受到怀疑，后经验证，凹山式并不早于所谓“南山式”铁矿。

至此，旧的成矿认识和各类矿床空间分布及其组合关系，完全被不断发现的事实所否定，重新建立新的成矿模式以扩大找矿，就是当时的急需。

成矿模式和三大找矿对策

随着火山岩成矿理论的发展，结合以往找矿的正反经验，于1975年建立并深化完善的区域成矿模式，认为是大陆湿裂谷—富钠闪长岩浆—构造岩控成矿系列，概括为“三部八式”（图3）。据此模式，对勘探完毕甚至已开采的矿床重新验证后，相应提出“挖潜、补齐、突破”三项扩大找矿的对策，收到显著效果。

“挖潜”，指对某一类型矿床中某些矿体，依其地质特征、数理统计资料探索其可能扩展的储量。如凹山主矿体受角砾岩体控制，发现深部向北西方向分岔、歪斜，而补充勘探获得储量约3000万吨，占原勘探储量

的30%（图1—4）。

“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，根据矿化闪长玢岩枝穿插上部铁矿现象，按成矿模式，深部应有陶村或凹山式铁矿，遂试钻（ZK504孔）成功，后经勘探获8000万吨储量，为上部矿的20倍（图3—3）。

“突破”，仍以三部八式规律为依据，目标是探索火山杂岩盖层下的凤凰山式铁矿。经分析，在火山基底的抬升断块上，结合低缓重磁异常在地表完全无矿化显示的火山地区试钻，其ZK02孔于地下900米深处，发现厚30余米的凤凰山式铁矿，就是成功的一例（图3—9）。

重磁找矿工作

几十年的找矿说明：地质与物探工作配合，通过地质调查→物探→地质解释→钻探验证的工作循环，最是合理有效。矿田内绝大多数铁矿床是经过对重磁异常充分地论证和试钻下发现或扩大了规模的；黄铁矿床，是验证自电异常发现并结合铁硫矿床

空间规律扩大规模的。其他物化探工作只能辅助判别矿与非矿重磁异常,可见查证各种重磁异常是本矿田找矿工作最根本的环节。

找矿预测的结果

矿产资源总量预测,是一项较系统、全面的评价和找矿方法,属动态分析,即随地质认识和资料水平不断提高而更接近实际情况。就目前预测而言,凹山矿田经网格化($2 \times 1 \text{ km}^2$, 共126个单元)统计,矿床(点)服从集型负二项分布^①,但单元内矿床(点)的观测频数与理论分布计算的期望频数十分接近。据累计概率推算,如再找一个铁矿床(点),约需对 10 km^2 的地区进行详查,而且还包括经济价值不大的层状铁矿在内。可见找矿潜力很小。

对矿田内主矿体矿床类型(陶村式、凹山式、凤凰山式),采用信息量、秩相关回归分析法预测。信息量预测,以73个重磁异常为对象,划为9个标志29种状态,分别计算其信息量和信息总量,以0.75信息水平筛出7个有用信息标志状态,依次为①磁异常峰值大于5000 γ 、②磁异常极差除以均值大于2、③磁异常均值大于1500 γ 、④磁通量大于400 $\gamma \cdot \text{m}^2$ 、⑤重磁异常重叠面积大于总异常面积的1/4、⑥重力通量大于0.1 $\text{mg} \cdot \text{l} \cdot \text{km}^2$ 、⑦磁异常形态规则或较规则,其情况都与矿异常特征较吻合。若以信息总量0.4

(按累计频率77.3%计算)为筛选矿的临界值,则大于此值者有27个,其中矿异常者25个,占93%;小于此值者46个,其中矿异常5个,占11%。另外,在30个已知矿异常中,大于临界值者25个,其找矿成功概率为 $25/30=83\%$;丢矿概率为 $(30-25)/30=17\%$ 。对矿田中已知73个重磁异常而言,大于临界值者找矿概率为 $93\% \times 83\%=77.2\%$,小于临界值者为 $17\% \times 11\%=1.9\%$,两者相差近40倍,找矿效果显著不同。

以现有的重磁找矿模型对矿田内今后的

找矿前景估计是:区内迄今未被验证或验证不彻底的异常尚有26个,其中重磁同现者仅4个,它们的信息总量均小于临界值。显然今后依重磁异常找矿成功的概率不足2%。

秩相关统计预测,以岩性组合及磁异常特征等6类21种状态为统计量,筛出6个有利标志(据武汉地质学院,1973),也和前述找矿模型相吻合。以实际含矿单元有3个以上有利标志为找矿临界值估计,矿田内今后找矿成功的概率不大于5%。

回归分析法预测,以矿床值倚多元标志信息量为依据,从成矿规律及找矿概念模型出发,选7个地质变量(矿床或矿点处断裂喷发带位置,距主干断裂距离,处火山穹窿位置,地层岩紫岩组合,大王山组上段、中段出露面积和闪长玢岩出露面积),结合重磁异常和磷元素地化异常特征,共9个标志为统计量。为使大中小矿床(点)具有统一量纲,矿床值一律换算为铁金属量表示,经分析检验矿床值服从对数正态分布。以30个单元(其中有矿单元22个),经逐步回归得:

$$\hat{Y} = 0.812 + 1.2885X_1 + 1.7212X_2$$

其中 $\hat{Y}$ 为矿床值回归估值; X_1 为重磁异常信息量; X_2 为矿床处断裂喷发带及火山穹窿位置综合变量。

该回归式经计算相关系数 $R=0.8949$, $F=53.68$,查表值 $F_{\alpha,m}^*=5.49$,故回归式已高度显著。其余7个变量全部落选,突出表明该矿田中铁矿床主要受断裂—火山构造控制,并有明显的重磁异常。

据有矿单元回归矿床值与单元内已知金属量对数值的上升序列曲线发现 $\hat{Y} \geq 1.5$ 时,错判率最小,以此为临界值在126个预测单元中尚有6个,约占5%为今后找矿有利单元,其回归预测总储量约2000万吨,仅占矿

●据徐继鸣、孙玉飞资料,下同。

田中已探明储量2%左右。

通过以上各种方法预测，凹山矿田今后的找矿潜力已十分微弱，依现有的成矿理论和找矿模型，再找到一定规模铁矿床的成功概率不大于5%；至于火山杂岩下新发现的凤凰山式铁矿，因其埋藏深，有否勘探价值，还待论证。总之，该矿田在没有新认识提出以前，无论从何种角度再主观地布置找矿工作，都显得既不合理也不合算。

矿田南部基于“三部八式”规律验证见矿的雍镇矿田，介于宁芜成矿带与大冶—铜陵成矿带过渡地区，铁矿床产于钠长石化石英闪长玢岩与黄马青组一段 (T_2h_1) 和周冲村组 (T_2z) 接触带上，矿石具两大成矿带复合特征。据1:1万地质、物探综合平面图，按100×100m划为68个预测单元，其中14个为有矿单元，以钻探控制较高的7个为模型单元，单元内重磁异常特征及地质条件（闪长玢岩出露面积比 T_2h_1 和 T_2z 地层分布，钠长石化等）的具体规定，分别赋予三态变量，通过特征分析建立的储量（图4—1）和有利度（图4—2）抽样模型，经蒙特卡洛模拟，报出资源乐观值约6000万吨（图4—3），说明该矿田有一定资源潜力。

图4中， P 为最大频率差； G 为最大概率差； M 为数学期望； F 为方差； OV 为乐观值； AV 为平均值； α 为概率曲线； WT 为万吨。括号中的数，自左依次为：统计轮次数，最大频率差，信息利用率。有关解释，笔者在1987年《物化探计算技术》第3期中

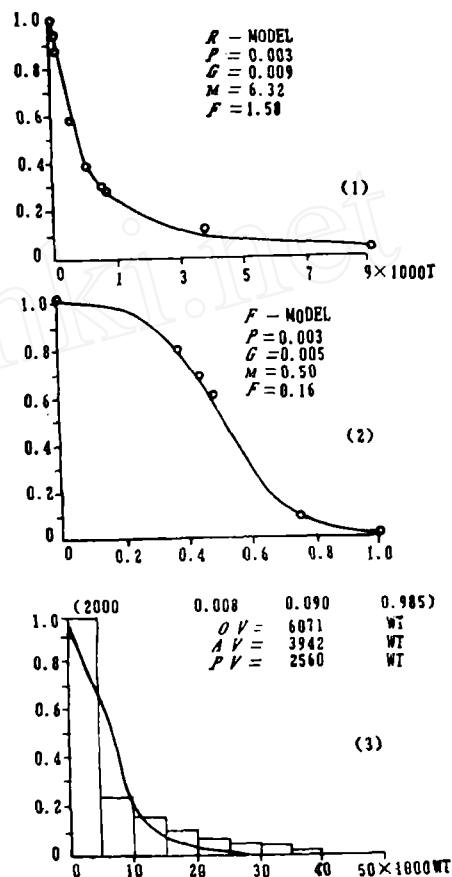


图4 雍镇矿田资源总量的蒙特卡洛模拟

发表过有关文章，敬希参阅，于此不再赘述。

参考文献

- [1] 赵玉琛，地质与勘探，1958，第21期。
- [2] 王志云，矿山地质，1988，第3期。
- [3] 长江中下游火山岩区铁矿研究组，地质学报，1977，第1期。
- [4] 赵玉琛，矿床地质，1988，第7卷，第4期。

The Aoshan Porphyrite Fe-S Orefield: Exploration History and Prognostic Exploration

Zhao Yuchen

The Aoshan porphyrite Fe-S orefield has a long exploration history of about fifty years with its metallogeny getting continuous modification or being negated and replaced by new genetic viewpoints. It has been established that the orefield is made up by a combination of deposits, with a spatial distribution of "three parts and eight types". In the seventies, the proved reserves of this orefield has doubled and redoubled year after year. Exploration result at this orefield now goes from bad to worse. Many exploration tools have been put into operation but no good result was achieved. It indicates that the Aoshan orefield is very weak in its ore potentiality while the newly discovered Yongzhen ore-field may have very good prospects.