

中国铁矿物探工作

杨尔煦

(冶金工业部地质局)



作者简介1933年11月生,浙江杭州人。1952年毕业于大连工学院应用物理系。历任重工业部物探总队、云南地质勘探公司物探工程师。现任冶金部地质局地质处处长,中国地球物理学会理事。

中国铁矿物探工作已经经历了30多年的历史。由于广大物探技术人员的努力,铁矿物探工作的各个方面都取得了显著进展,现在地质勘探的各个阶段都离不开物探工作的配合。本文扼要介绍中国各大铁矿区的经验。在工作方法上从开始时测区象补丁一样杂乱无章,变为系统规划测网、基点、精度和投入多种物化探方法。在测量磁参数上建立了静磁实验室、测定磁化率张量,研究了铁矿物磁化率的各向异性,进行了磁性矿体的模拟实验。在推断解释上逐步深入。50年代主要注意强磁异常,60年代转向低缓磁异常,70年代末开始研究复杂磁异常。每个阶段都找到了一些大矿。

中国铁矿物探工作已经经历了30多年的历史。由于广大物探技术人员的努力,在铁矿参数、物探仪器、工作方法和数据处理方面都取得了显著进展,使物探找铁矿的效果最为突出。本文扼要介绍中国各大铁矿区的物探工作经验。

工作方法

五十年代是我国物探工作的开创阶段,认识比较简单,仅知测线垂直于矿体走向,以致一个大矿区经多年工作后,测区象补丁一样杂乱无章,而且比例尺、测网、基点和精度都不一致。这些工作虽在找强磁性大铁矿方面起过作用,但从长远观点来看是很不够的。通过总结经验,从六十年代开始,在各大铁矿区逐步开展了系统的物化探工作。例如著名的湖北大冶夕卡岩型铁矿区,总面积共3000平方公里,按统一测网进行了系统规划。考虑到铁矿、铜矿及其他有色金属矿床的综合找矿,按1:10000比例尺系统地投入磁法、自然电流和化探次生晕工作,要求基点和精度都统一起来。在这个规划下,根据地质工作需要,逐年施工。又如南京铁矿区面积约800平方公里,考虑到这里既有磁铁矿又有赤铁矿,因此按1:10000比例尺进行了系统的磁法和精密重力工作。这种系统化的勘查工作,在一个矿区往往

需要几年、甚至十几年才能完成。其优点是:

(1) 整个矿区有统一的坐标,系统的基点网,一致的工作精度。各种异常都能准确地反映在图纸上;(2) 不论成矿条件好坏,都要系统地进行工作,例如在夕卡岩矿区岩体内外都要系统地扫面,目的是用物探成果来说明有没有矿。这从长远观点来看,避免了重复工作,减少了浪费。(3) 测网统一,易于进行数据处理。最终结果以物化探数据的等值线图表示,只要所用仪器的精度足够高,这样的图纸可以在相当长的时间内反复使用,不断地进行推断解释,这对复杂异常是非常必要的,有助于找矿工作的不断深化。

在各大铁矿区除系统地进行地面磁测工作外,还开展了比例尺为1:25000的航空磁测和钻孔内的三分量磁测井工作。这样,空中、地面和地下磁测配合,对认识异常的性质是很有用的。

参数的研究

铁矿区参数的研究是以磁参数为主。为了研究地质体的磁性特征,特别是铁矿体的磁性特征,必须采用分布均匀的岩(矿)石定向标本。定向标本是使用带薄壁人造金刚石钻头的采样机采集的。标本一般是采用经纬仪或太阳罗盘定向,可不受磁场干扰。

六十年代,磁参数的测定比较简单,一般按照岩(矿)石的磁性大小,分别用刃口磁力仪、磁通门磁力仪或无定向磁力仪来测其磁化率 κ 和剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 。即使这样粗略测定的结果,对磁异常的推断解释也曾起过重要作用。例如大冶铁山夕卡岩型铁矿床中各个矿体的磁性相差很大。铁矿体的总磁化强度一般为 $0.13\text{C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M}$,其中有一个矿体由于菱铁矿含量增多,总磁化强度降为 $0.02\text{C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M}$,相差6倍多^①。显然这个含菱铁矿的磁铁矿矿体形成的磁异常较小。这些参数对勘探阶段定量计算剩余异常是很有帮助的。

七十年代末期,为了更精确地研究磁参数和磁模拟实验,在中南冶金地质勘探公司研究所建立了静磁实验室。该系统由相互垂直、直径2米的三组赫氏线圈,高稳定电源组,标本架和探头及其位置调节装置组成。线圈中心可产生0~0.8奥斯特可调磁化场。由于该系统的建立,可在无磁空间测量岩(矿)石标本的剩余磁化强度 J_{rx} , J_{ry} , J_{rz} 。另外还可以模拟任意方向的磁化场,

求出标本在各个方向的磁化率。岩(矿)石标本的磁化率张量是对称张量,它具有6个独立的张量元素。为测定这6个张量元素,对每个标本在15个不同方向分别测定其方向磁化率,然后用这些数据解出6个张量元素。通过矩阵求特征向量的方法即可求出3个主磁化率 κ_1 , κ_2 , κ_3 。

用这种方法测定剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 和磁化率张量 $[K]$,显然是比较费工的,但获得的成果是却很有意义。

河北省东部的迁安铁矿区^①是鞍山式铁矿(即前寒武纪条带状磁铁矿)的产地。在该矿区不同矿体上共采集了820块定向标本,分别测定了剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 和磁化率张量 $[K]$,发现了两个重要的磁性特征:一是顺条带方向的磁化率 κ_{11} ,还可以分为沿走向的 κ_{11x} 和沿倾向的 κ_{11y} ,二者的数值相差不大, $\kappa_{11x}/\kappa_{11y}=1.1$ 。而顺条带方向的磁化率 κ_{11} 和垂直条带方向的磁化率 $\kappa_{\perp}$ 却相差1~5倍,即统计平均值 $\lambda=\kappa_{11}/\kappa_{\perp}=2$ 。二是、近地表的剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 显然比较强。用 Q 来表示 $|J_r/J_i|$,从图1可以看出,向斜两翼上端的 Q 值达3~5,而矿体下部 Q 只有0.5,相

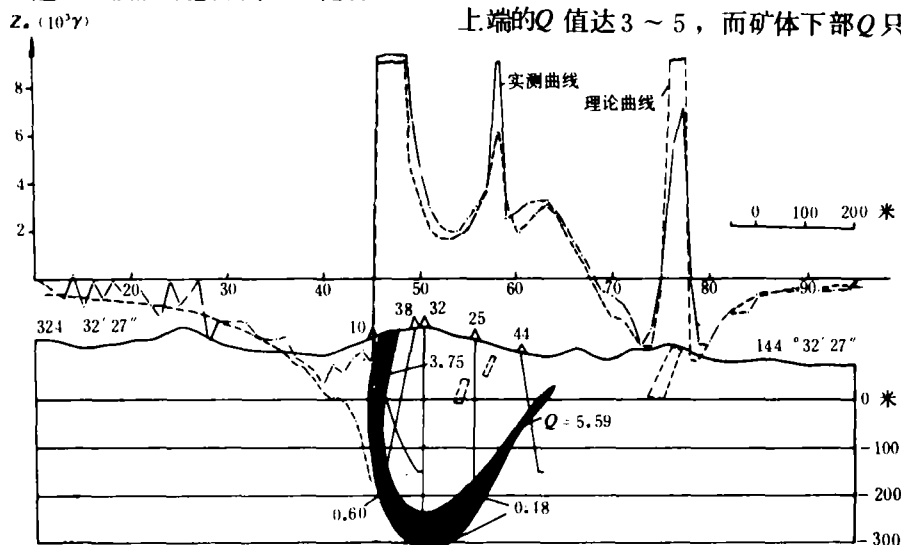


图1 中国迁安铁矿区宫店子N600地质物探综合剖面

差9~10倍。这两种磁性特征对解释该矿区的磁异常是很重要的。第一个特点对条带状磁铁矿具有普遍意义,只是随不同矿区条带的宽窄 λ 值会

有所不同。第二个特点还没有在其他矿区深入研究,但这一现象是值得注意的。有人认为,近地表这样强的剩余磁化强度,可能是雷击电磁场引起的。这就使近地表矿体形成的异常复杂化,相对来讲地下矿体的异常就显得更小了。

除磁参数外,磁铁矿和赤铁矿都是高密度体,

①首钢地质勘探公司,武汉地质学院北京研究生部。

冀东迁安沉积变质铁矿磁异常综合研究,1974年。

这是大家公认的。但是用重力勘探来找赤铁矿很费劲，同时往往因为浮土、围岩、岩脉和地形等因素的干扰而未能奏效。

为了寻找赤铁矿，桂林冶金地质学院^[2]曾专门地研究了赤铁矿的电阻率和激发极化特征。赤铁矿的电阻率和极化率都是变化的，它和 Fe_2O_3 没有相关性。一部分赤铁矿表现为高极化率和较低的电阻率，可以用激发极化法寻找。另一部分赤铁矿具有高的电阻率和低的极化率，这时用激发极化法是徒然无效的。云南芒良赤铁矿上的激发极化法剖面（图2）就是一个典型的实例，其中，I、II号矿体无激电异常，而III号矿体的激电异常却很明显。因此可以讲，到目前为止还没有找到一种物性，能够用来有效地快速普查赤铁矿，对具体矿区要用不同的找矿方法。

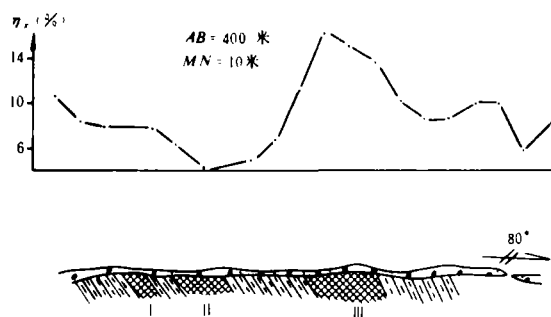


图2 云南芒良赤铁矿IP剖面

磁异常研究

我国磁异常的研究基本上可划分为三个阶段。五十年代注意力大都集中于强度至少是几千伽马的强磁异常。同时还研究了低到中纬度地区倾斜磁化条件下的磁异常推断解释方法^[3]。六十年代中期，主要是研究低缓异常，当时在很多铁矿区为了搞清这些低缓异常，又重新提高了精度，系统地进行了地面磁测。低缓异常有两方面的含义：一是孤立的数值只有几百伽马的异常；二是和强磁异常叠加在一起的低缓异常，也称为剩余异常或次级异常。第一种低缓磁异常有80~90%是由浅部的磁性火成岩所引起，但一旦打到了铁矿，很可能就是埋藏较深的大矿。例如，河北省中关铁矿，其异常最大值是860伽马，山东省张家洼铁矿的异常最大值是550伽马，两个矿床的储量

都在1亿吨以上。为了区分这些异常，各铁矿区加强了岩（矿）石磁参数的测定和磁异常的地形影响及其改正方法的研究。当然也可以用电磁法来区分这些异常。这个时期用钻探验证了大量的磁异常，查明了一批铁矿。通过六十年代的工作，对夕卡岩型铁矿的磁异常有了一些新的认识。低缓异常如果是火成岩引起的，埋藏一般很浅，用200米的钻机来验证是很方便的。火成岩磁性越强，形成磁铁矿的可能越小。低缓磁异常如果是矿体引起的，则矿体产状越平缓，矿量越大。

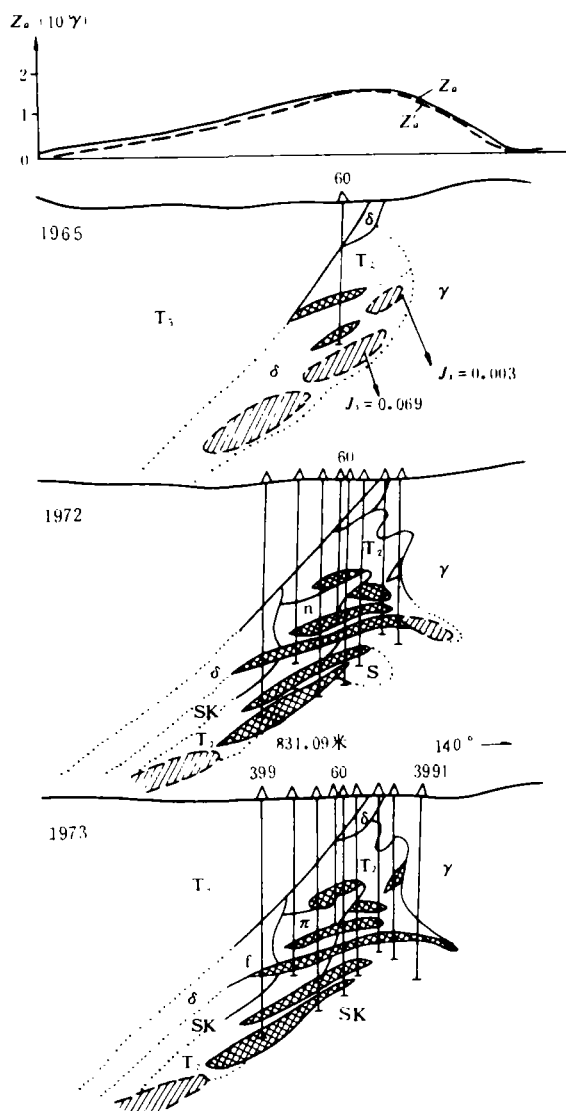


图3 程潮铁矿几次推断的剖面图

第二种低缓异常是和强磁异常叠加在一起的

异常。由于强磁异常的干扰和物性测定不准，往往难以求出可靠的剩余异常。图3是大冶程潮铁矿的例子。1965年以前，钻探只打到浅部的两个小矿体。1965年通过磁参数测定，推断深部还有3个矿体。1972年打钻见到5个新矿体。这时又重新推断，发现浅部的一个矿体向北继续延伸，另外在深部可能还有一个大矿体。1973年钻探打到了该浅部矿体的延伸部分。这是不断计算剩余磁异常取得的成果。

七十年代末期，主要是研究复杂磁异常。所谓复杂磁异常是指正负相间、形态复杂的异常群。形成复杂磁异常的原因很多，可以从中提出很多找矿的课题。一是在磁性火山岩覆盖下找铁矿。二是矿体被地形切割，磁异常复杂化。三是断层褶皱复杂，层次较多的沉积变质铁矿。四是矿体

围岩磁性复杂。我们只能根据每个铁矿区的具体情况分别解决。在方法上也不能只用单一的磁法，还需要用基于其他物性的方法来区别矿与非矿异常。

在这个阶段解决得比较好的是断层褶皱复杂的向斜构造中的沉积变质型铁矿。我国的沉积变质型铁矿从形态上看可以分两种：一种是矿体象铁墙一样，厚度100~300米，总体上未形成明显的褶皱，断层发育，例如鞍山铁矿区就有很多这样的矿体。其磁异常简单，推断容易。另一种是矿体厚度一般小于100米，断层和褶皱构造非常发育。矿体大都保存在向斜构造中，在向斜底部或转折端往往形成厚大矿体。当构造条件适当时，是很好的露采矿。但是由于这些矿区上面的磁异常很复杂，以前没有认识到这里面竟有大型矿床赋存。

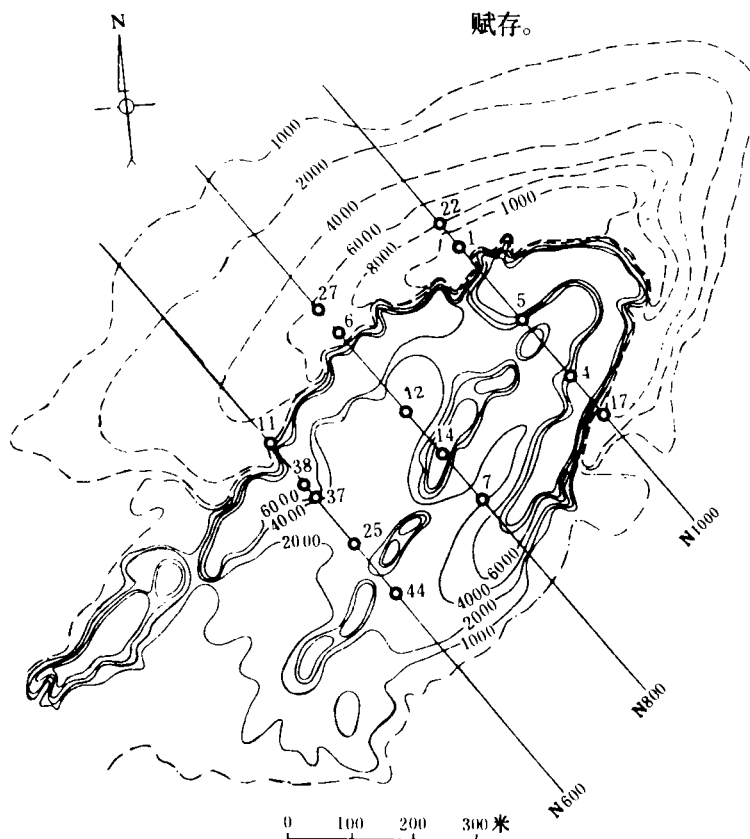


图4 迁安铁矿区官店子向斜磁异常平面图

对这样的矿区，首先要研究容矿构造的形态。典型的向斜构造如图4所示。这是迁安铁矿区官店子向斜。在做完1:10000磁测后，这个构造还看

不很清楚。图中所绘的等值线图是根据1:2000磁测图缩小而成的。向斜构造的东北和北西部分都被一圈负磁异常所包围，紧靠里面有一圈环形

的正异常。在向斜中部还有一串不连续的正异常，图1就是它的一个剖面。这种向斜构造如果只做比例尺1:10000的磁测，磁异常表现形式很复杂。一般在异常的北东或北西部分有半环形的负异常，南面有两个平行的正异常。两个正异常中有时只有一个明显，另一个不太明显。当矿体层次增多时，在半环形的负异常里面可以出现三个

甚至更多的正异常带。再加上断层复向斜和地形影响等因素，磁异常将更为复杂。

为研究各向异性条件下变质岩型铁矿的磁异常规律，很多研究单位用不同方法对各种形态的向斜构造做过模型实验^[2]和定量计算^[4]。这里只列举其中三种向斜的异常(图5)。从图上可以看出以下规律:

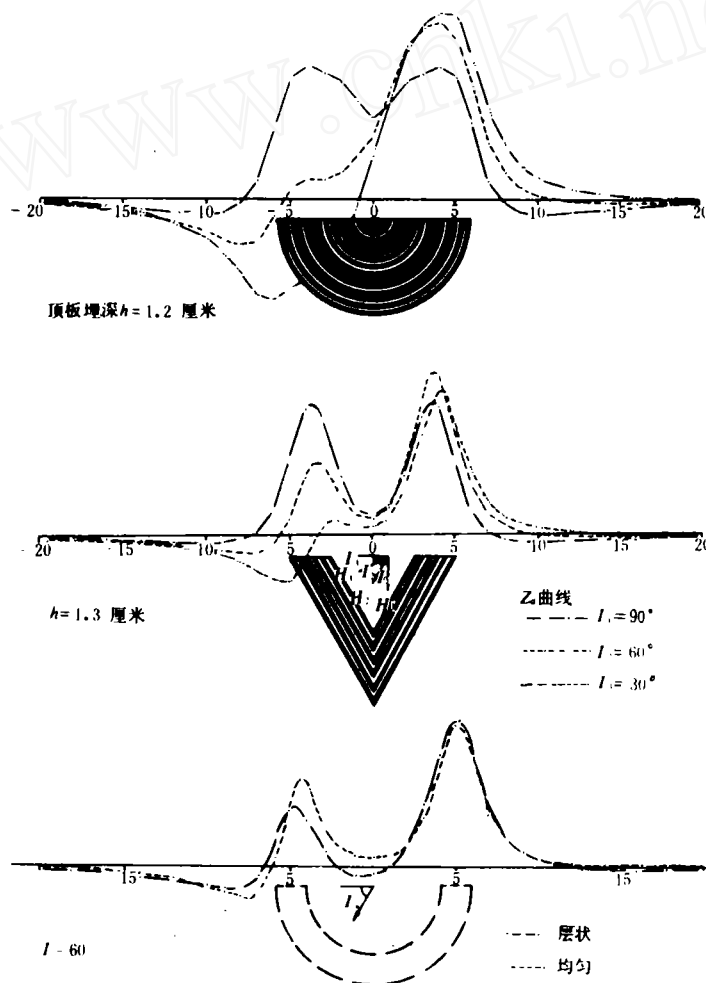


图5 典型向斜构造的理论曲线

1. 当向斜两翼矿体的厚度和埋深一样时，空心向斜北部的正异常弱，南部的正异常强。实心向斜北部的正异常则更弱。

2. 空心向斜北部的负异常比南部的强。实心向斜北部的负值更大，而且在负异常区内也可能有矿体。

3. 空心向斜轴部越深，中部的异常就越低，甚至变为负异常。当空心向斜平缓时，中部的异

常也很平缓。

4. 当空心向斜的中部加一个实心向斜，那么这个组合的向斜就出现3个正异常带。如果空心向斜中间套的是一个空心向斜，则会出现4个正负异常带。图6所示是山西省赵村铁矿的实例，这里相对增高的正异常多达7~8个，说明这是一个很复杂的向斜。

5. 图5下部曲线，为同一个向斜构造矿体，

先后用均匀结构和层状结构两种方案实验所得的两条垂直磁异常曲线。通过曲线的对比,向斜北翼的正异常明显地减弱,南部正异常值略有增大,两个正异常中间的低值正异常明显下降,甚至变成负值。北部的负异常相对减少。这一系列的变化虽然不大,但对定量推断,求剩余异常还是非常重要的。

当然还有很多其他向斜磁异常,如倒转向斜,刺穿向斜的例子,这里不再一一列举,因异常的基本规律都差不多。

在实际工作中,识别向斜还是比较困难的,因为它往往不那么典型。为了搞清异常的细节,在异常复杂的地区一般要做1:2000磁测。目的是在平面图上搞清是否存在正负磁异常转弯的部分,也就是向斜的转折端。另外还要搞清负异常南部究竟有几条正异常,这些正异常带是怎样连续的。总的讲是要在平面上搞清是否存在向斜。

在评价阶段,矿体上部已经打了一些浅钻,由于向斜构造而使矿体的连接往往有很多方案。这就需要定量计算,用理论曲线来拟合实际曲线,看一下那种矿体连接方案最好,当然这时也要推断出矿体增厚的部位。近地表的矿体一般较薄,又都是直立或略有倾斜的部分,它形成的异常很强,可达20000伽马。而矿体的厚大部分却在深部,产状平缓,一般只形成几百伽马的异常。要从20000伽马的强大异常中去推断几百伽马的剩余异常,误差是很大的。这就特别需要加强磁参数的研究,每个矿体都要分别测定。做了第一次定量计算以后,要布置一些深钻,用以验证物探所推断的向斜增厚的矿体。由于误差太大,钻探的位置不可能准确。在这些深钻中要进行三分量磁测井,用以判断钻孔旁侧是否有矿。这对寻找向斜深部的增厚部分是非常重要的。打了一两个深钻后,要再次进行定量计算,目的是不断校正原先作出的推断,直到搞清为止。通过这样的工作,在中国不少沉积变质型铁矿区找到了此类向斜构造,找到了向斜中的厚层矿体。

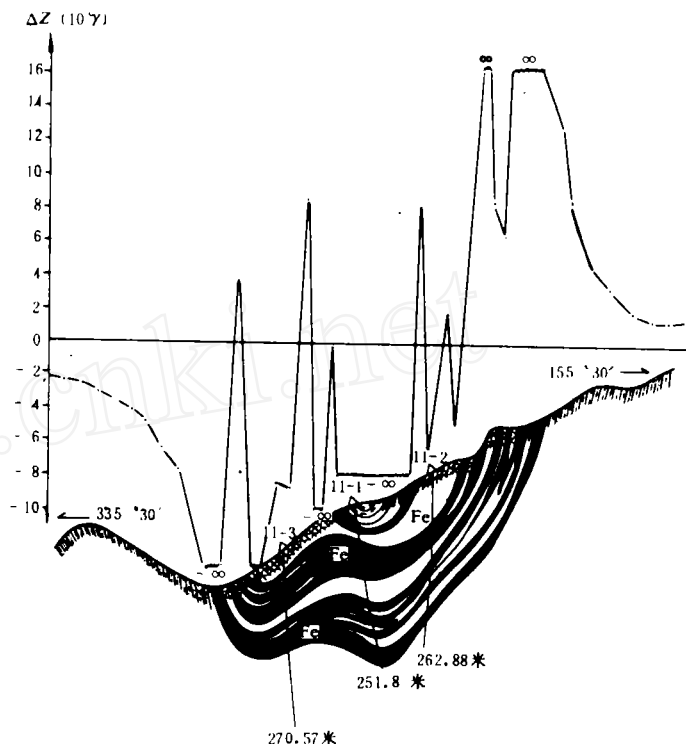


图6 山西省赵村铁矿向斜构造实例

图6是山西省赵村铁矿的实例。由于矿体位于山的斜坡,磁异常受地形影响很严重。从异常背景来看,向斜构造的北部出现大片负异常,这是由于很多测点的标高都比矿体露头的标高低。图5中实心向斜的磁异常和此例有些相仿。如果去掉异常背景值,则有7~8条正异常带,说明矿层很多,至少有四层。对该磁异常进行分析后,认为是一个向斜,因此就大胆地在向斜轴部打了三个钻孔,结果如图6所示,证明推断是正确的。当然,今后,还要继续打钻,这个向斜构造的形态还可能复杂化。但不管如何变化,它毕竟是一个较好的露采铁矿。

本文资料均来自冶金部各地质勘探公司的工作成果,本文只是一个初步的综合。

参考文献

- [1] 杨尔煦:地质与勘探,1982,第7期
- [2] 海戴媛等:桂林冶金地质学院学报,1981,第1期
- [3] 熊光楚:《金属矿区磁异常的解译推断》,地质出版社,1981年
- [4] 王书惠:地球物理学报,1983,第26卷,第1期

Geophysical Prospecting for Iron Ores in China

Yang Erxu

(Geological Bureau, The Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

Experience of thirty more years in some major aspects of geophysical prospecting for iron ores in China has been summarized in this paper. Iron deposits in China are grouped and arranged according to their commercial significance as follows: 1-metamorphic, 2-magmatic, 3-volcano-sedimentary, 4 skarn, etc. Some of them are small in size, deep seated, multilayered or complex in mode of occurrence. It is for these reasons that geophysical prospecting work and anomaly interpretation sometimes meet much difficulty. At the initial stage only surface magnetic surveys were disorderly and unsystematically conducted on a trial base and in a small scale. At the second stage a number of conventional methods (aeromagnetic, drill hole magnetic and gravimetric surveys) were widely employed and some special methods (including IP) were tested. All geophysical surveys were carried out in a systematic planned way at a regional base. A static magnetic laboratory was established. Accurate measurement of magnetic parameters of rocks and minerals, measurement of susceptibility tensors and studies of magnetic anisotropy of iron ores were undertaken. Data obtained were very helpful in good time to anomaly interpretations. State of the art in magnetic interpretation has been raised to a higher level. Techniques for interpreting flat or complex anomaly curves (i.e. caused by synformal iron formations) are developed. In this paper some examples are cited to illustrate these techniques.

冶金地质锰矿学术讨论会在成都召开

1986年10月16日至20日,中国金属学会冶金地质学会与冶金部地质情报网,在成都市联合召开了冶金地质锰矿学术讨论会。冶金部徐大铨副部长到会作了指示,四川省冶金厅刘杰厅长也讲了话,鼓励冶金地质职工为国家多找富锰,多找优质锰矿。冶金部地质局姚培慧总工程师、冶金地质学会理事长关广岳教授和冶金地质学会的秘书长、理事们参加了会议。

关广岳理事长致开幕词。姚培慧总工程师作了总结报告,指出我国找锰矿正处在蓬勃发展阶段,这次会议理论联系实际,找锰工作必将进一步加强,必将取得良好效果。

参加本次会议的单位48个代表91人,他们是来自冶金、有色、地矿部、矿山、院校的找矿、科研人员和地方代表。提供论文67篇(含摘要),其中,锰矿地质找矿方面的论文38篇,地球物理、地球化学探矿方面的论文9篇,锰矿物质成分研究8篇,有关锰矿石技术加工、资源开发利用的论文12篇,反映了近几年来我国锰矿资源研究的基本成果。

与会代表通过会议了解了当前国内外锰矿找矿研究的动向和我国锰矿现状。我国是一个锰矿资源丰富的国家,探明的储量居世界第三位,锰矿床类型与赋存层位之多为世界所少见。但贫矿多、富矿少,碳酸锰多、氧

化锰少,含硅、磷、铁高,锰低,难选,开发利用差。在地理分布上也不均衡,南方占85%。在成矿理论、找矿方法、物质成分研究、应用技术研究、低品位锰矿开发利用等方面还须要做大量工作。

会议反映了三年来找锰矿工作取得的一些新进展:为锰矿床岩相古地理的研究、礁岩成锰规律探讨、层控古风化作用的研究、古构造古地理对成矿的控制作用,贫锰矿区如何找富锰矿,高磷矿区找低磷矿石,浅海成矿与广西成矿研究都取得了许多可喜的成绩。强磁选矿脱磷技术也有了提高。

会议发扬技术民主,认真讨论了我国找富锰与找优质锰矿床的问题。认为,我国锰矿是成带出现的,成矿时代跨度大。在类型上应以沉积型矿床和风化淋滤型矿床为主,兼顾其他;在成矿时代上应抓住震旦纪、泥盆纪、二叠纪、三叠纪和第四纪;在地区上除注意南方各矿带上扩展深入之外,也要注意东北和西北地区找矿,并开拓新的地区。

会议还指出要加强科学研究,组织力量联合攻关,搞好成矿预测,重点研究:①锰矿的成矿条件及富集规律,特别是岩相古地理环境、控矿构造、海底(火山)喷气成矿作用、生物成矿作用、后期改造及风化富集作用的研究;②锰矿床成矿区划、成矿模式和成矿预测的研究;③物化探及遥感地质、数学地质、同位素地质找锰矿的应用研究;④高磷、难选矿石的选矿工艺和综合利用的研究。