

法、源程序及计算实例。从计算结果来看，方法是可行的，大大提高了推断解释的速度。选择一个象图2所示的异常，在DJS—6机上，只要20~30分钟就可以获得比较满意的结果；如果用手工计算最少要花费几天时间。它不仅提高了效率，而且能够给出矿体的产状要素，对布置钻探工程很有指导意义。但是，必须指出：方法本身有一定的局限性：1.所用的模型是规则几何形体，而实际矿体则是不规则的，因此，计算结果不能

反映实际矿体的细节部分，2.计算时磁化强度是假定的，如果磁化强度给的不合适，会对计算结果带来误差；3.计算中未考虑干扰场的消除，实际异常往往受到不同程度的干扰，这对计算结果也会带来一定的误差；4.对于出露地表和埋深较浅的矿体计算效果较差。由于上述因素的影响，我们的计算结果是近似的。因此，对于计算结果必须结合地质条件和其它物探资料进行综合分析，全面考虑才能得出正确的判断。

利用矿石剩磁分布规律 解释地质构造的初步探讨

首钢勘探公司综合研究组 沈佩芝

在磁法勘探工作中，往往要大量测定岩矿标本的磁性。以往对岩矿标本的磁化率和剩磁只作一般性的了解，以供磁异常推断解释参考，而很少考虑剩磁在地层、构造等方面所反映的特征和规律。剩磁，特别是它的方向，在某种程度上是地质时代特征的一种可靠标志。因此，有目的地测定剩磁方向，有助于揭示地质构造运动的历史过程等某些地质问题。

我们与武汉地质学院物探系磁法组一起，初步研究了某沉积变质型铁矿矿石的剩余磁性，结果表明剩磁与地质构造关系密切，利用矿体上剩磁强度和方向的分布特征，可以解释矿层和构造方面的地质问题。

一 工作前提

区内分布着前寒武纪受强烈混合岩化作用而形成的混合片麻岩和混合花岗岩等变质岩系。各种规模和类型的褶皱广泛发育。铁矿赋存于前寒武纪片麻岩中，属磁铁矿石型沉积变质铁矿。矿石类型主要是条带状、条纹状和片麻状的各种磁铁矿石岩。矿

体经受构造运动后，也常表现为向斜和背斜构造。

区内岩矿磁性比较单一，除铁矿为强磁性外，围岩都是弱磁性的。矿石的磁性特征是：剩磁(J_r)普遍大于感磁(J_i)， Q 值(J_r/J_i)一般都在2~5以上；剩磁方位角(ϕ)和倾角(θ)，在褶曲的不同部位表

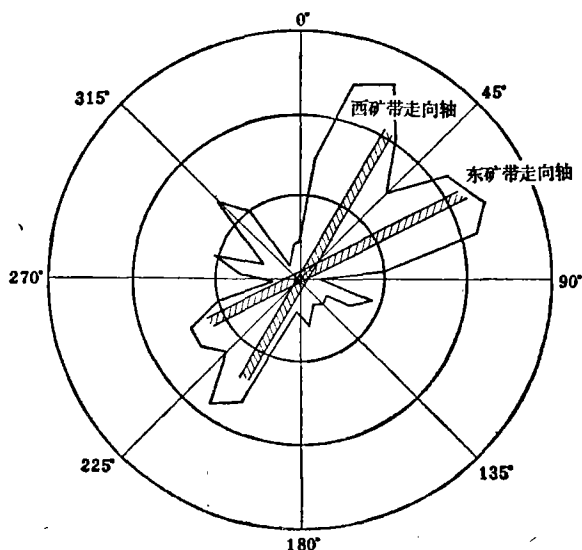


图1a

现不同。其变化往往和矿体的长轴方向和片麻理产状（即磁性矿物的排列方向）有关。图1a为区内矿石剩磁方位分布图，从中可见两组从优分布的方位角，分别与两矿带的走向轴一致。从测定的标本中，挑选出片麻理倾角（ α ）较清楚的，与剩磁倾角（ θ ）相比较，所得结果示于图1b，可见 θ 角与 α 角的大小呈近似的正相关关系，说明剩磁的方向与矿体的形态和分布有密切关系。

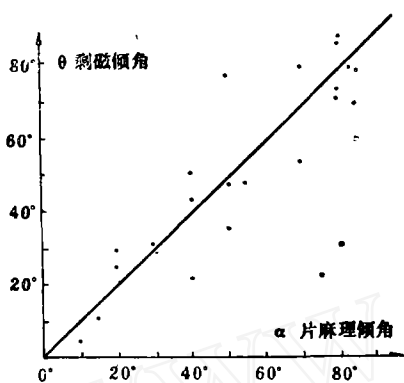


图1b

变质矿床，根据其变质原因和地质演变过程，可以具有各种磁化（如热力磁化、动力磁化、化学磁化等）。而在特定条件下，某一种磁化能以主要的形式保持在矿床中。

根据矿区地质情况和剩磁特点，设想铁矿床的剩磁是在沉积变质作用中产生的，属于一种区域高温变质作用。区内出现的麻粒岩相表明，当时的温度已达到700~800℃以上，它已超过了原始沉积的赤铁矿和磁铁矿的居里点（前者为675℃，后者为578℃）。在其冷却过程中，受当时地磁场作用，重新获得了比原来地磁场强得多的磁性，其方向与当时的地磁场方向一致，这种热磁化，使磁性体具有较强的矫顽磁力。有资料说明，古地磁场的强度与现代地磁场的强度差别并不十分悬殊，而区内矿石剩磁普遍大于感磁，据A.H.赫拉莫夫，“如果 $\theta > 5$ 时，那么就证明热剩磁的存在，并在岩石生存过程中，此热剩磁的大小，大概没有遭到重大的变化”（见《古地磁的研究方法》）。这种矫顽磁力大，强度也大的剩磁，在漫长的地

史时期中，随矿体一道保留下来。后期地质构造运动，使矿床的原始形态发生改变，但剩磁除了在强度上受到压应力作用稍有变化外，其方向基本是随着矿体部位的变化而产生相应的变化。这种规律性的变化，就是我们解释剩磁分布规律与构造关系的前提。

二 工作方法

工作方法基本与磁参数测量方法一样，但标本的采集和定向必须针对工作目的来进行。由于矿床构造比较复杂，除在剖面上表现为复式向、背斜之外，在平面上，沿矿体走向也经常有连续的褶曲形式出现。所以，要有选择性地采取多个子样样品，严格注意相应层位的稳定性和代表性。先在大比例尺地质图上选定，再经实地观察确定采集点的位置。为避免磁性干扰，采用日规法在露头上定向，标出（地理）北方向和样品产出的水平线，然后用地质锤小心地敲下标本，其大小大致为10×10×10厘米，标本要编号，每一标本均须作详细的描述。描述的内容包括标本所取自的矿体，采集点矿体的产状，矿石的类型和地质的初步判断，以及采集点所在的构造部位等，以便在分析测定结果时参考。室内工作分为标本的整形、测定和统计分析。取自野外的标本，往往是不规则的，为消除不规则形态对观测误差的影响，可利用配有内径为30毫米金刚石钻头的台钻和切片机，将野外标本加工成直径和高均为30毫米的似等轴状柱体。测定仪器为国产小悬丝式或刃口式磁力仪。把整形后的标本放在测定装置中，按高斯第二位置进行十二次读数测定，并计算标本的 k ， J_i ， J_r ， ϕ ， θ 和 Q 值。根据每个样的子样多少，采用几何平均值和算术平均值决定其强度值。剩磁方向由球面坐标投影点集中分布的方向群来定。最后将这些有代表性的强度和方向值，用矢量形式按采集点表示在矿体平面图上，根据剩磁和 θ 值在矿体各部位表现的特征作出判断来推测矿体的构造模式。

三 几个实例

1. 某“隆起”的推断 对矿区内大部分

出露的矿体,选择采集了120多块定向标本,按采样部位,划分出六个明显地质特征地段,分别统计其剩磁方位角。其结果示于图2。按部位顺序,剩磁方位角分别为80°,70°,45°,350°,80°和165°。由图可见,剩磁方位角的分布,大体上随磁异常轴的走向变化而改变,即方位角由1至6地段自北东逐渐转到北,又逐渐转到北东东和南东(其中5部位的剩磁方位角与异常轴垂直,反映了该部位可能存在着近东西向的矿体)。结合磁异常的弧形分布和震旦系盖层的弧形分布特点,认为剩磁在矿区不同部位的方位角,与矿区的区域构造有关。图3a、b、c表示构造变动使剩磁方向发生相应的变化。从而推断,矿区在前寒武纪吕梁运动中形成一背斜褶皱隆起,在相邻的凹陷部位,沉积了一套震旦系岩层。到了中生代,在燕山运动作用下,盖层发生褶皱,矿区西南部褶皱紧密,而其余部位则比较开阔。在褶皱隆起的过程中,各个部位发生了形变,使不同部位的剩磁方向也发生了相应的变化。这种变化后的实测方向与图3c设想的模式一致,所以认为矿区是一个前寒武纪成矿后的隆起构造。

这一推断,已为地质人员所接受,并被数据处理后的航磁异常特征所证实。

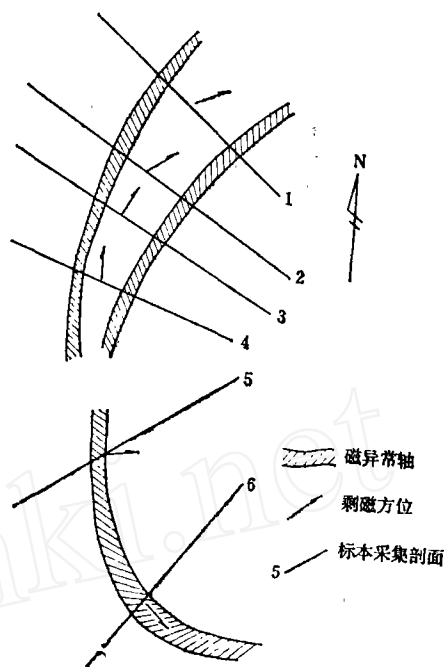


图2

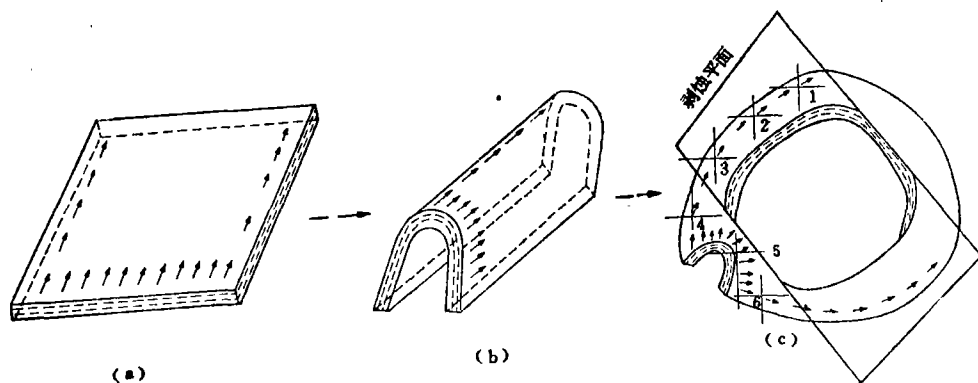


图3

2. 东西矿带为同一变质时期的同一沉积旋回 矿区北部分布着出露的两条长数十公里、走向北东的矿带。两矿带又各自以复式向斜的形式出现,最大间距3公里。两矿带同属一个大矿层还是两个大矿层?在变质岩区地层层序尚未建立之前,尚难确定。针对这一问题,对上述两矿带矿石标本的磁化率和Q值进行了对比(见右表)。

矿带	$\bar{K} \cdot 10^{-8}$ C.G.S.M.	$\bar{J}_i \cdot 10^{-6}$ C.G.S.M.	$\bar{J}_r \cdot 10^{-6}$ C.G.S.M.	$\bar{Q}$
西矿带	104000	47800	327000	7.4
中间地段	85000	39000	750000	18.9
东矿带	94500	43400	322000	7.7

注:中间地段,相当于两矿带之间的零星矿体

由表可看出,两矿带上矿石的磁化率和Q值非常近似,只有中间地段差异较大。同

一时期, 环境和变质作用条件相同, 同样物质结构的铁矿床, 其磁化率和剩磁应相同或者近似。据此推断, 出露的两矿带为同一沉积旋回的一个大矿层 (由于旋回中的沉积间断, 也可以形成若干小矿层)。而中间地段反映的可能是下部另一个矿层 (图 4)。

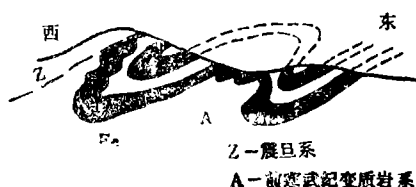


图 4

3. 某向斜的剩磁分布特征 该向斜处于东矿带的头部, 经地表观察和钻探证实, 为一不对称、北端仰起的倒转向斜构造。为了解向斜构造在地表露头上剩磁方向的变化规律, 分别在向斜的两翼和头部, 按层位在比较稳定的 (无明显小褶曲) 部位采集了定向标本, 每个采集点采标本块数, 测定结果如

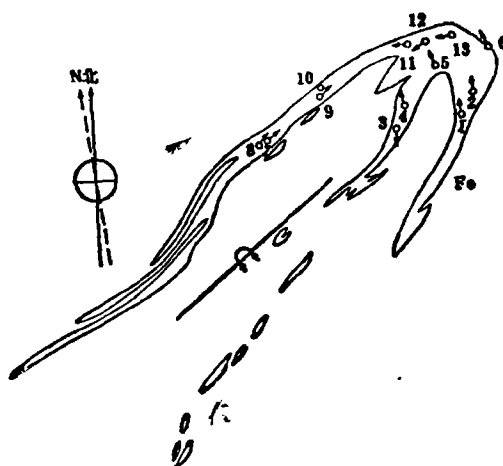


图 5

图 5 所示。剩磁方位角在平面上的分布是顺两翼走向而指向头部。头部是向斜的转折端, 剩磁方位则指向与西翼相对的方向。这种特征, 可以认为是由于矿体受褶皱作用形成的。图 6 是设想的向斜形成与剩磁方向改变过程的示意图, 从而直观地解释了该向斜剩磁方位分布的特征。

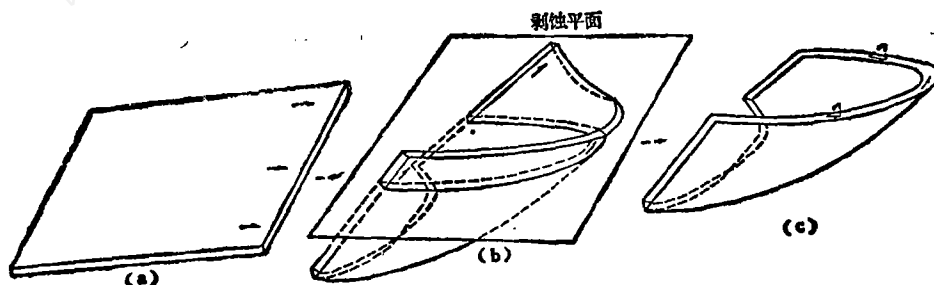


图 6

剩磁倾角和 Q 值, 在向斜各部位的表现是: 西翼的剩磁倾角比东翼的大, 西翼的 Q 值 (8.8) > 东翼的 Q 值 (1.8) > 头部的 Q 值 (0.8)。根据本区剩磁倾角与片麻理倾角近似地成正相关关系的规律, 说明向斜西翼的产状比东翼和头部要陡。Q 值关系可能反映向斜的头部 (实际是出露在地表的核部), 因为它是构造应力最集中的部位, 压磁效应使剩磁减小。

除上述外, 武汉地院物探系实习队, 在矿区的一个已知小背斜上进行了剩磁方向分

布规律的研究, 发现剩磁方位在两翼和转折端也表现了与上述向斜不一样的分布规律, 并与依次分布的三个异常, 按两翼、转折端部位的矿石剩磁方位角相比较, 其规律性一致, 从而认为所组成的构造是一个背斜。后经地质调查, 初步证明属实。

四 初步认识

通过对铁矿区矿体剩磁分布规律与构造关系的初步了解, 以及实例所反映的效果,

说明矿体的剩磁是稳定的,剩磁特征在一定程度上反映出地质构造模式,这种特征因构造不同而表现不同,由于剩磁的表现是地史变化的最终反映,因而利用剩磁解决某些地质问题是可能的。

1.了解矿床的成因类型,判别剩磁的属性(是原始剩磁还是次生剩磁,是热剩磁还是动力剩磁或是其它),这是工作的前提。

2.在工作区内,首先应在地质情况已查明的构造上,研究剩磁的分布规律,分析它与所研究问题的内在联系,才能去研究情况

未知的地质问题。

3.工作地区可能有各种类型的构造,剩磁分布特征可能不同。不能将它们混在一起的表现认为是无规律的现象,否则就无从解决地质问题了。

4.抓住与构造有联系的特征,有目的地针对性地采集样品,否则导致规律性发生紊乱而无法解释。

5.成果的推断解释,必须密切结合地质观察和必要的其它资料(如航磁、地磁等等)。



金属矿床指示元素的分带序列

据《苏联地质》杂志1977年11期报道,深入研究容矿空间内指示元素的分布特征证明,运用原生晕尤其是原生晕的地球化学分带进行找矿是有成效的。现将J. H. 奥弗

琴尼柯夫等总结出来的苏联金属矿床指示元素的分带序列介绍如下:

矿床类型	分带序列	矿床类型	分带序列
铜-镍矿床		金矿床	
科拉半岛	(Ba, Ag)*, Pb, Zn, Cu, Ni, Co	高温型	(Sb, As ¹ , Ag, Pb), Zn, Cu, Mo, Bi, (Co, Ni, As ² , Au, W, Be)
诺里尔斯克地区	(Zr, Sn, Ti), Pb, Ba, (Mo, Ag), Cu, Ni, Co	中温型	(Sb, Ag), Pb, Zn, Au, Cu, (Mo, Sn), Bi, (Be, W, Co)
稀有金属伟晶岩	As, Li, Cs, Sn, Ta, Nb, W	低温型	Hg, Ba, (Sb, As), Ag, Au, Pb, (Zn, Cu), Mo, (Sn, Bi, W)
钨矿床		斑岩铜矿床	Ba, As, Sb, (Ag, Pb, Zn), Au, Bi, (Co, Mo), (Sn, Co, W, Be)
夕卡岩白钨矿型	(Ag, Pb), Zn, (Mo, Bi), Sn, Ba, W	脉状铜矿床	Ba, Ag, Pb, Zn(Ag, Sn), Cu, Bi, Ni, Co
云英岩型	(Cu, Pb, Zn), W, Bi, Sn, Be, Mo	铀矿床** (非晶质铀矿-硫化物建造)	Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, U
石英-镁橄榄石型	(Zn, W, Co), (Be, Sn), Bi	层状铅锌矿床	Be, As, Cu, Ag, Pb, Zn, Co, Bi, Ni, Be
石英-白钨矿型	(Ag, Sn), Be, (Bi, Mo, W)	汞矿床	(Sb, Ag, Hg), Ag, Pb, Zn, Cu, (Mo, Bi), (Co, Ni, W, Sn)
锡矿床		铋矿床	Hg, (As, Sb), Ag, Sn, Pb, Zn, Cu, Mo, (W, Co, Ni)
锡石-石英型	(Pb, Ag, Zn), Cu, Sn, B, (W, Be, As)		
锡石-硫化物型	(Pb, Ag, Zn), (Cu, Zn), (Co, Mo, W)		
含铜黄铁矿矿床	Ba, As ¹ , Ag, Pb, Zn, Cu, As ² , Co, Mo		
多金属矿床			
夕卡岩型	Ba, (As, Sb), Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Co, (Mo, W), Sn		
脉型	Ba, As ¹ , Pb, Zn, Cu, Co, Zn, As ² , W		

* 括号中的元素在序列中的关系尚未确定。

** 只研究了有限的指示元素。