



地球物理勘探讲座

第二講 磁 法 勘 探

熊 光 楚

第五节 磁法結果和地質情况 有矛盾，是誰錯了？（上）

一談根据磁異常的特点来确定 地質体的形状及傾斜方向

大家知道，根据磁力異常曲綫的特点，能确定引起磁異常的地質体的形狀及傾斜方向。例如大家所熟知的一条規律是：当垂直磁力異常（以后簡称 Z_a ）曲綫不对称时，矿体傾向異常下降較緩的一側，对着矿体的傾斜方向，異常急剧下降到負值。

在一个地区的矿体上，得到了很好的異常，

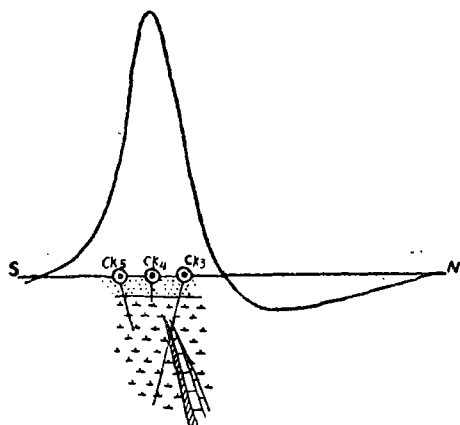


图 1

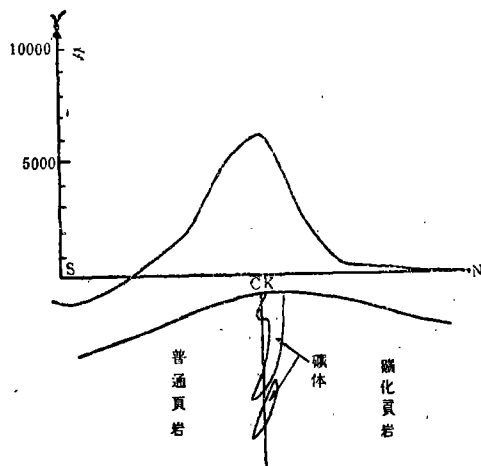


图 2. 一个取錯了正常場的复杂磁異常

图 1—3 是三个不同矿体上的三条 Z_a 剖面曲綫。根据

图 1，由于北面有負值，人們推定矿体向南傾斜；根据图 2，由于南側有負值，人們推定矿体向北傾斜；根据图 3，由于矿体下方有負值，人們推定

矿体向山坡上方傾斜。

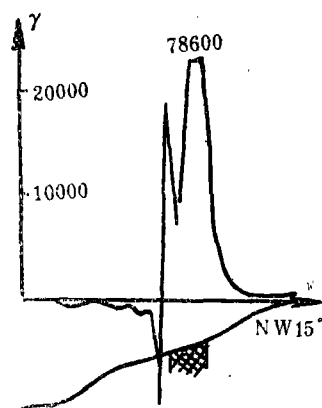


图 3. 某矿区磁力異常

但

是地質勘探及地表所見的結果，正好和物探所推断的相反。图 1 所表示的矿体向北傾斜，图 2 所表示的矿体向南傾斜，而图 3 所表示的矿体則近于直立而略傾向山坡下方（南方）。

物探結果和地質情况有矛盾，是誰錯了？

当然，当物探推定的結果和地質推断的結果有矛盾时，不一定是物探錯了，也可能是地質推断錯了，在本講座第四节中关于某銅矿区磁探結果的解釋就可以說明这点。

但是，在上述三个例子中，矿体的傾斜方向是经过山地工作所証实或地表观察所肯定的，不会有錯。因此，只可能是物探推断錯了，或者用地質工作同志的說法“物探不灵”。

我們認為，在上述三个例子中，地質方面所肯定的矿体傾斜方向沒有錯，同时，物探也是灵的。一方面，物探推定的矿体傾斜方向錯了，是推断者个人的問題，物探具有解決問題的能力，但并不是所有的人都能充分利用及正确利用这些能力。另一方面，根据图 1—3 的曲綫特点，換一个人去推断，就可能推出和地質上相一致的結果。

下面我們就来詳細的談一下这方面的問題。

1. 根据磁异常的特点确定磁性物体的形状及倾斜方向的一些规律

根据磁异常的特点确定磁性物体的形状及倾斜方向的主要方法是將野外测量的 Z_a 及 H_a 曲线和規則体的理論 Z_a 及 H_a 曲线相比較。虽然实际矿体的形状距規則体很远,但是在一级近似程度下,这种比較还是可能的。实际工作經驗表明,当矿体埋藏深度比矿体截面积的幅度大得多时,不管矿体的截面积形状怎样,其所产生的异常的特点將和水平圆柱体所产生的异常的特点一样。脉狀矿体,虽然沿走向及沿傾斜其厚度会有些变化,只要这些变化比其埋藏深度要小得多时,我們仍可以把矿体看作板狀。各种形状的矿体,只要它們的幅度比埋藏深度小得多,都和球体的异常一样。这种情况給我們工作带来很大的方便,使得我們有可能根据理論曲线所指示的特点来解决复杂情况下所碰到的問題。这种情况也給我們带来一些不利,当矿体埋藏較深时,根据野外所测出的 Z_a 及 H_a 曲线就不能确定矿体的形状。这点后面还会詳細談到,这里就不多說。

为了便于对比理論曲线及实测曲线,就必须熟悉已知的理論曲线及相应每种規則体的理論曲线的特点。关于理論曲线的形状及特点,在教科書中有詳細的討論,这里就不談了。为了大家应用起来方便,根据这些特点,我們提出几条規律,供大家参考。

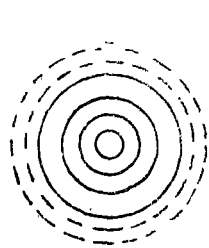


图 4. 垂直磁化时圆球上的 Z_a 等值线图, 負值在正值的四周

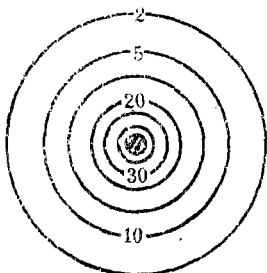


图 5. 直立柱状矿体上的 Z_a 等值线图

第一、垂向磁力異常等值线近于圆形,产生磁異常的地質体可能是圆球狀(見图 4)或者是直立的圆柱体(見图 5)。区分圆球及圆柱体的办法可用 Z_{max}/Z_{min} 或 Z_{max}/H_{max} 之比,下面列举了这些数值。

	$ Z_{max}/Z_{min} $	$ H_{max}/Z_{max} $
球	50	0.43
直立柱($l=R$)	100	0.42
直立柱($l \gg R$)	∞	0.38

注: 1. $|$ 表示绝对值。

2. R 为柱体上端埋藏深度, l 为其长。

从上述数据中可以看出,球体和柱体 Z_{max}/Z_{min} 之比相差很大,而 H_{max}/Z_{max} 則相差不大。从理論上来說,用 Z_{max}/Z_{min} 之比应该很容易分出磁性物体是

球体或是直立柱体。但在实际工作中,由于选正常場的困难, Z_{min} 之值定不准,因而造成很大誤差。当柱体长度不大时,根据实测異常特点很难將它与球体区分开来。

如果在考虑正異常的同时,还考虑負異常,情况

就会好一些,根据正異常与負異常的关系,可分几种情况来討論:

1. 負異常在正異常的北面:

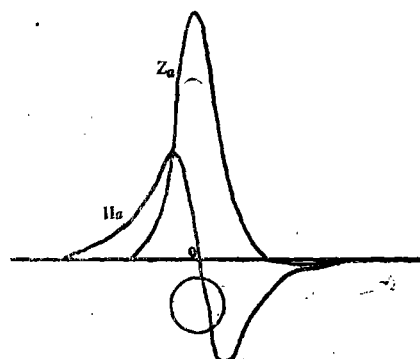
这可能有两种情况:(1)傾斜磁化球体(图6.b)。(2)向北傾斜的有限長的柱体。假若是前者,取东西方向剖面上 Z_a 曲线,得

$$Z_a = \frac{M(2R^2 - x^2)}{(R^2 + x^2)^{5/2}} \sin I = Z_1 \sin i$$

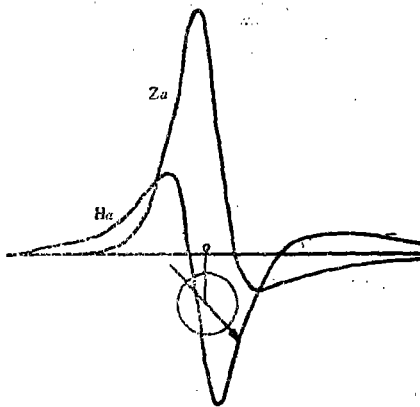
式中 i 是地磁傾角; I 是磁化强度向量的傾角; Z_1 是垂直磁化时的 Z_a 。因此 Z_a 与 Z_1 只差一个常数因子 $\sin i$,在此情况下,我們仍可得到 $|Z_{max}/Z_{min}|=50$ 的关系式,并可据此来区分磁性物体的形状。

2. 負異常不在北方而在其他方向,这可能是由于傾斜的有限長柱体所引起,柱体向負极方向傾斜(图 7)。

3. 負极均匀分布于正值四周,这可能是由于垂直磁化的球体(图 6.a)或有限長的直立柱体(图 8)所产生。区分两者的方法是用 $|Z_{max}/Z_{min}|$ 或



(a) 垂直磁化



(b) 傾斜磁化

图 6. 圆球上的 Z_a 及 H_a 曲线

$|H_{max}/H_{min}|$ 之比来决定。

4.正值四周无负值,这可能是由直立或倾斜的无限长的柱体所产生(图5)。

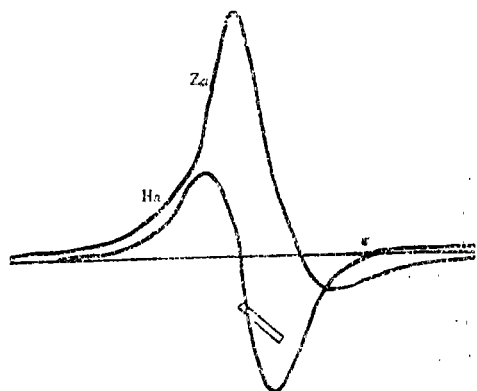


图 7. 下底有限、倾斜柱状矿体上的 Z_a 及 H_a 曲线

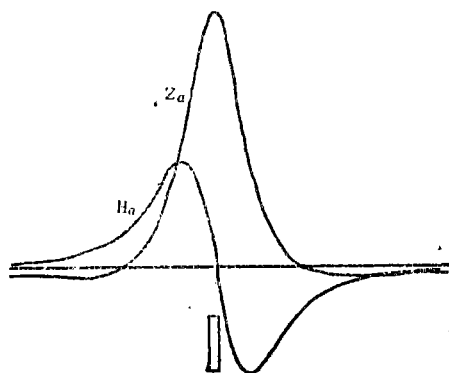


图 8. 下底有限、直立柱状矿体上的 Z_a 、 H_a 曲线

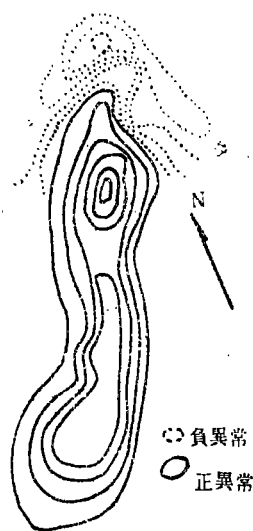


图 9. 走向近于南北的脉状矿体上的 Z_a 等值线图
如果我們不考虑矿体兩端附近異常情况,只限于矿部中部附近的異常特点,即假定

第二、垂直磁力異常等值綫为長橢圓狀,产生異常的物体可能是水平柱体,或走向相当長(相对埋藏深度而言)的板狀、脉狀矿体。这时同一地質体的異常形状和異常走向有关,因此分異常走向近于南北及近于东西两种情况討論。在所有情况下,異常的走向和矿体的走向一致。

先討論異常走向近于南北的情况。

当異常走向近于南北时,在平面图上異常的北部將有負值出現,图9是一个矿体上实测的例子。

矿体的走向为无穷長,而研究垂直矿体走向的剖面上異常曲綫的特点,在这时,磁化場的方向是垂直向下的,如果假定磁化强度的方向和磁化場的方向一致,

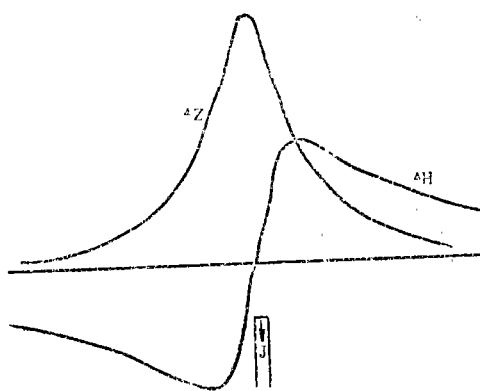


图 10. 垂直磁化、下底无限直立厚板上的磁力異常曲綫

那么,确定矿体形状及傾斜的規律可以概述于后:

1.沒有負異常,曲綫近于对称;可能是由走向无穷,下底延深无穷的板狀干扰体所引起(图10)。

2.沒有負異常,曲綫不对称;这时候可能有三种情况:

(1)在曲綫下降較緩的那边,有第二层矿体存在,这种情况在野外常見,图11是一个在野外实测的例子,在大矿体的旁边有一个小的矿体。

(2)矿体表面不水平。

(3)矿体在深处横向扩大了。

图12是在一个在磁鉄矿上的实测曲綫图。在10綫至14綫之間, Z_a 曲綫西部下降較快,东部下降較緩,曲綫不对称,经过研究,証明矿体在东部有横向膨胀。

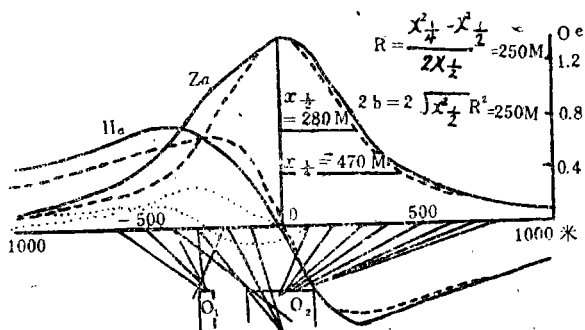


图 11. 由两层板状矿体所引起的 Z_a 及 H_a 曲綫。实綫为实测曲綫;虛綫为大矿体的理論曲綫;点綫为小矿体的理論曲綫

在这种情况下如何区分磁性矿体究竟是什么样子的,要根据具体情况进行分析。例如在图11中,当我们作剖面向量时,右半枝向量很好的交于一点,但在

左半枝向量則較亂而有交于另一点的趋向。因为第二个矿在主要矿体的左面,曲线右半枝受它的干扰较小,故向量仍然交于一点,曲线左半枝受它的干扰大,因而向量不能交于一点了。根据这样的考虑,可以推定有兩层矿体存在。具体工作的步骤是:先根据曲线的右半枝计算矿体深度,用算出的矿体深度及I计算理论曲线,理论曲线右半枝应与实测曲线重合。在曲线的左半枝,求出实测曲线与理论曲线之差,这个差就是第二个矿体所引起,根据所求出的曲线,可以把第二个矿体的位置及埋藏深度确定。



图 12. 磁性矿体上面的磁异常实例

例如在图12中推定矿体下部向东扩大是根 据:

- (1) 在剖面上水平向量有规律的指向异常轴部, 显示只有一个矿体存在;
- (2) 垂向异常在13及14线均出现第二极大值, 如果认为东部 Z_a 下降缓慢系由第二层矿体所引起, 那么由于东部异常的范围比西部大, 第二个矿体将比第一个矿体大多了, 但第二个矿体的 Z_a 极大值却非常微弱, 而且只在二条线上出现, 表示第二层矿很小, 理论与实际有矛盾。因此只有认为第二个极大值是由于矿体表面不平凸出的部分所引起, 而曲线向东下降缓慢则由于矿体向东有横向扩大所

致。

关于这方面我们还缺乏经验, 故不多谈。

3. 负异常

分布在一边, 另一边正异常缓慢下降, 这可能是由于走向无穷、下底伸延无穷的倾斜板状磁性体所引起。板状

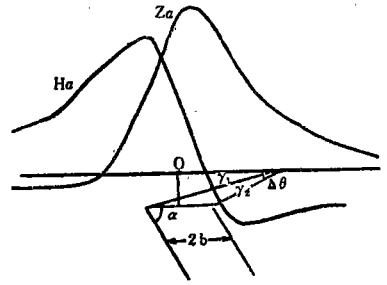


图 13. 垂直磁化时延伸很深的倾斜层上 Z_a 及 H_a 曲线

方向为自负值向正值, 即向曲线下降缓慢的方向倾斜(图13)。在这种情况下, 有可能根据 Z_a 极小值与极大值的比来求倾斜层的倾角, 具体求法就不谈了。

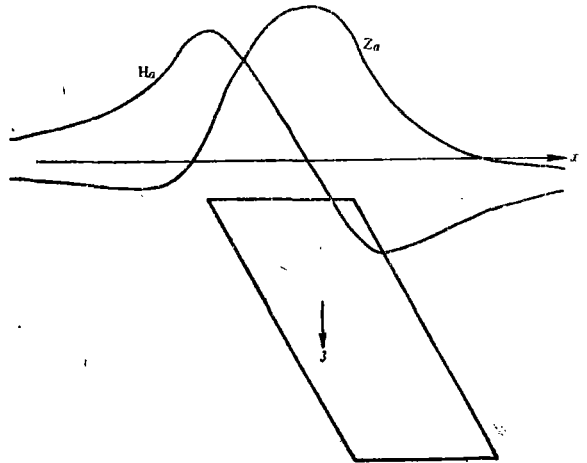


图 14. 垂直磁化时, 下端有限的倾斜层上的 Z_a 、 H_a 曲线

4. 负值分布在正值的两侧, 其中一个负值的绝对值较大, 距正异常较近, 在此侧曲线下降急剧; 另一个负值的绝对值较小, 距正异常较远, 在此侧曲线下降较缓。这可能是由于向下延深有限的、厚的、倾斜板状矿体所引起, 矿体向曲线下降较缓的一侧倾斜(图14)。

这样的异常也可以由薄的、向下延深很小的倾斜板状矿体所引起, 但这时候, 矿体却倾向曲线下降剧烈的那侧(图15), 正好和厚板的规律相反。为什么如此, 将在后面讨论。

由于人们事先并不知道矿体的厚薄, 因此, 在这种情况下推断矿体的倾斜方向要特别注意。

5. 负异常均匀分布在正异常的两侧, Z_a 曲线对称地下降, 这时候引起磁异常的物体可能是:

- (1) 下端延深有限的直立板状体(图16);
- (2) 水平圆柱体(图17);

(3) 水平的薄板, 其埋藏深度 $R > 0.28b$, b 为板的宽 (图18曲线)。

根据曲线的特点来区分这三种情况很困难。例如对圆柱体而言, $H_{max}/Z_{max} = 0.65$, 对水平板而言, 当 $R=b$ 时, $H_{max}/Z_{max} = 0.67$, 对下端有限延深的板而言, 当 $l=R$ 时 (即纵向幅度等于其上端埋藏深度时), $H_{max}/Z_{max} = 0.63$, 即其比值很相近。

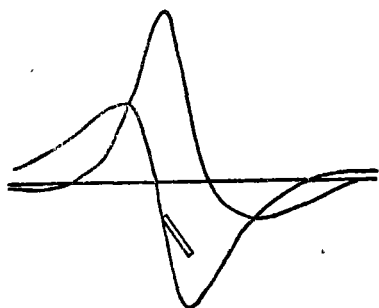


图 15. 垂直磁化时延伸有限的倾斜层上的 Z_a 及 H_a 曲线

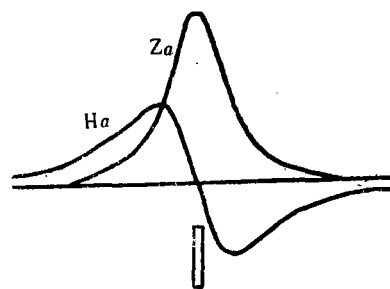


图 16. 延伸有限的薄板上的 Z_a 及 H_a 曲线
横向有膨胀现象。详细情况, 这儿就不谈了。

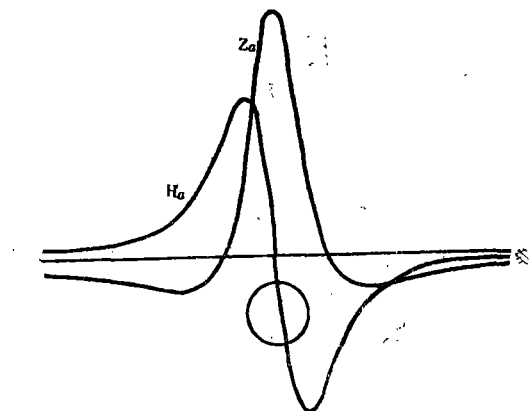


图 17. 垂直磁化时水平圆柱体上的 Z_a 及 H_a 曲线

现在我们来研究异常近东西走向的情况。

当异常走向为东西时, 矿体磁化场的方向与地磁场的方向一致, 假定矿体沿磁化场方向磁化, 确定矿体的形状及倾斜方向的规律可以概述于后:

在这种情况下, 唯一的办法: 根据埋藏深度、矿体大小及磁化强度之值, 来计算 Z_a 之值。看看矿体是什么形状时算出的值与实测的值相符。

所有有负值出现, Z_a 曲线不对称时, 都要象在第二种情况时讨论那样, 要考虑在曲线下降缓慢那侧是否有第二层矿存在, 或者矿体

1. 没有负异常, Z_a 曲线近于对称, 这可能是由沿倾斜磁化、下底延深无限的板状或脉状磁性物体所引起, 磁性体的倾斜方向大致与地磁场的倾斜方向一

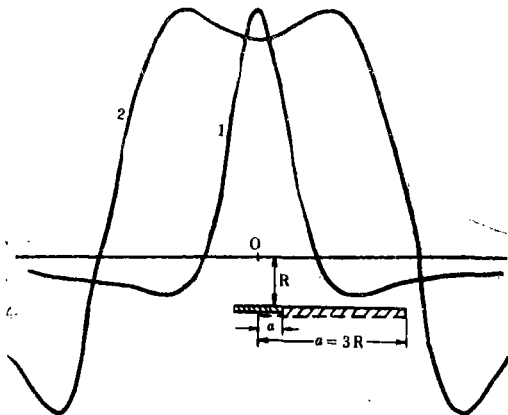


图 18. 水平薄板上的 Z_a 曲线 (1) $a=R$: (2) $a=3R$ 致 (图19)。

如果没有负值, 但曲线不对称, 则应该象异常走向为南北, 没有负值但曲线不对称时那样考虑有否第二层矿体, 矿体横向膨胀等情况。

2. Z_a 曲线不对称, 南侧下降较快, 出现不大的负值, 北侧曲线下降较慢, 没有负值; 这可能是由于向北倾斜, 下底延深无限的板状或脉状磁性物体所引起, 磁性体的倾角小于磁化场的倾角 (图20)。

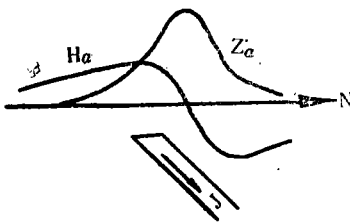


图 19. 沿倾斜磁化的下底延伸很深的板状矿体上的 Z_a 及 H_a 曲线

3. Z_a 曲线不对称, 北侧下降较陡而出现负值, 南侧下降较缓, 没有负值; 这时候要分两种情况来讨论:

(1) 北面的负异常绝对值很大, 显示矿体可能是向南倾斜的 (图21)。

(2) 北面的负异常绝对值较小, 显示矿体可能是近于直立或略向北倾斜的 (图22)。

北面出现负值而矿体向北倾斜这种情况在高纬度

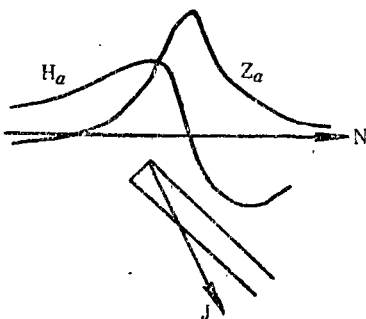


图 20. 倾角小于地磁场倾角的板状矿体上 Z_a 及 H_a 曲线 (下端延深很大)

地区很少見，但在我国則常見，这种情况很容易引起人們的誤会。

图 1 推断錯了，可以作为这方面的例子。

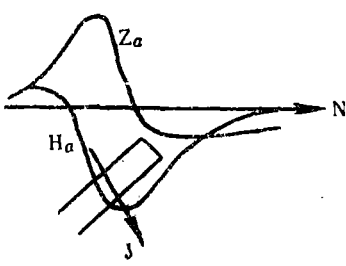


图 21. 向南傾斜的矿体上的 Z_a 及 H_a 曲线 (下端延深很大)

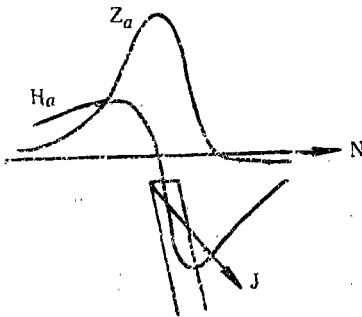


图 22. 向北傾斜但傾角大于地磁傾角的板状矿体上的 Z_a 及 H_a 曲线

值小。产生这种異常的物体可能是傾斜磁化的水平柱体 (图 24)，也可能是向南傾斜的有限延深的較厚的

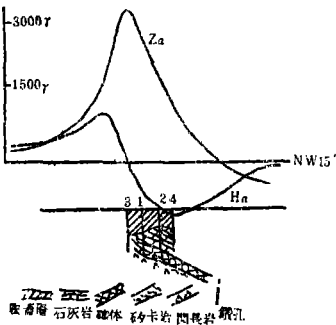


图 23. 下底有限板状矿体上的磁异常

的目的。

其他方向走向的異常我們就不討論，可以指出，当矿体近于东西走向时，可按东西走向时的情况考虑，走向近于南北时，可按南北走向时的情况考虑。

上面所說的規律很多，为了大家理解及記憶方便，下面扼要的將其概括一下：

确定矿体形状及傾斜主要依靠 Z_a 曲线的下述三个特点。

4. Z_a 曲线不对称，負異常值不大，出現在距異常极大值較远处；異常可能是由沿傾斜磁化、但下底延深有限的板状或脉状矿体引起。这时矿体的傾斜方向近于磁化場的方向。图 23 是我国某地一个鉄矿上实测的例子， Z_a 曲线的負值系由矿体下端所引起。

5. Z_a 曲线不对称，兩面都有負異常，北面負異常绝对值大，南面負異常绝对值小。产生这种異常的物体可能是傾斜磁化的水平柱体 (图 24)，也可能是向南傾斜的有限延深的較厚的板状或脉状体 (图 25)。区分这两者没有什么特别办法，但当板状体延深較大时，南面的极小值距极大值的距离也随着增大，根据极大值和极小值間距离的大小，有时可以达到識別矿体形状

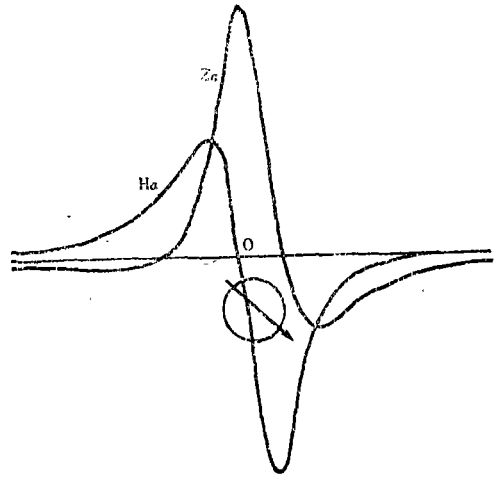


图 24. 傾斜磁化时水平圆柱体上的 Z_a 及 H_a 曲线

1. 異常在平面上的形状；
2. 異常沿垂直走向的剖面上变化梯度；
3. 正異常和負異常的关系。

这三点中，第一点好理解，第二及第三点可以这样来理解：

根据我們的体会， Z_a 变化的梯度及正負異常的关系主要决定于：

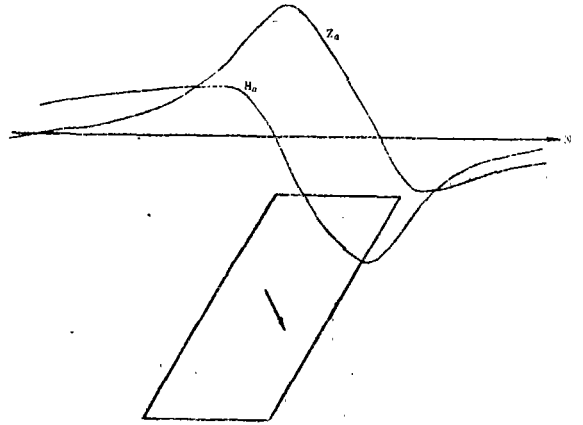


图 25. 向南傾斜、下底有限的层状矿体上 Z_a 及 H_a 曲线

1. 磁化强度方向和矿体傾斜方向之间的关系。当矿体傾角小于磁化强度的傾角时， Z_a 曲线左面下降較快，并出現負值；当矿体傾角等于磁化强度的傾角时， Z_a 曲线近于对称，兩側均无負值；矿体傾角大于磁化强度的傾角时，右面曲线下降較快，并出現負值。一般而言，矿体傾斜方向与磁化强度方向之間的夾角愈大，負值愈大。垂直磁化即相当磁化强度的傾角是 90° 。（我們假定 α 方向向右，順时針方向計算傾角，見图 26）。

2. 矿体下端所在的位置；矿体下端上面應該出負

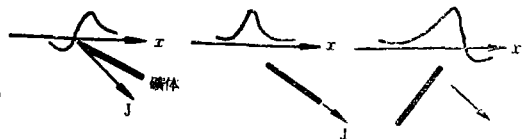


图26. 负异常与磁体相对磁化场的关系

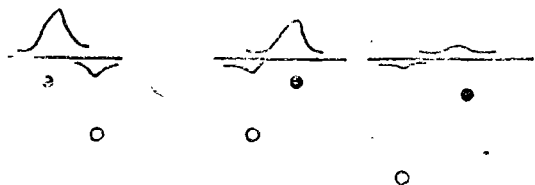


图27. 负异常与矿体下端位置的关系

- 上端位置，在北半球，相当S极
- 下端位置，在北半球，相当N极

值。若下端在左，负值在左；下端在右，负值在右；下端若埋藏很深，其影响不显著，若埋藏浅，则影响显著（见图27）。

将上面两个因素组合起来，我们就能定性地给出任意倾斜板状矿体倾斜磁化时的 Z_d 曲线特点。

根据以上所谈，我们也看出，如果上述 Z_d 曲线

三个特点不明显，以致不能可靠的分辨，这时根据 Z_d 曲线特点来推定矿体形状就比较困难。

在实际工作中常碰到这样的困难。

大家都知道，当矿体埋藏很深时，不同形状矿体

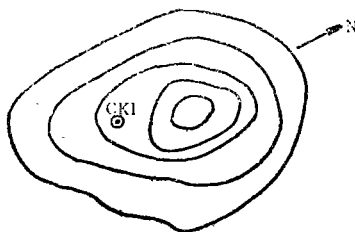


图 28. 某矿区板状矿体上的 Z_d 等值线图

CK1在100米左右见矿，矿厚约26米

的 Z_d 曲线特点均将消失，而接近于球体异常曲线的特点。例如说，板状矿体当埋藏深度等于或大于其沿走向的长度时，它的 Z_d 等值线不再是长椭圆状，而是近于圆形。图28是我国一个铁矿区上测得的 Z_d 等值线图，等值线近于圆形，因此野外队的同志推定矿体可能是球状或倾斜柱状。以后勘探证明矿体是板状，上端埋藏深度约80米。

国内外动态

1959年地质部物探局航测工作会议

航测大队技术科

二月下旬，在北京召开了1959年航测工作会议。会议总结了1958年的工作，指出在1958年全国人民大跃进的形势下航测工作也大大跃进了，取得了空前的成绩。工作量方面超过了1957年约26.5%，即四分之一强，而成本却较57年降低了12%。地质效果方面则较往年取得了更大的丰收：全年据初步统计共发现大小异常800余处，而其中80多处已经地质工作证实为各种有价值的矿床所引起的。在石油普查、地质填图和大地构造研究方向，也取得有意义的效果。会议总结了1958年大跃进的基本经验是：整风运动的伟大胜利，给跃进打好了政治思想基础，政治挂帅，群众干劲足，全体同志不怕艰苦，奋勇猛进，并且开展了群众性的技术文化革命。会议在总结上述经验的基础上，提出了实现59年航测工作更大更好更全面跃进的指标。提出为了保证进一步提高地质效果，就必须既保质又求量，找矿和填图并重；磁测和放射性测量并重；选择地区时，既照顾任务需要又考虑地质远景，并根据实际条件选择测量比例尺。此外还要加强推断和综合研究及异常的地面检查工作等等。提出领导在

工作中应抓“安全、工作量、质量、效果”等四个方面。同时注意日常工作中的设计计划、飞行、仪器操作、资料整理、异常检查、综合推断、技术文化革命、各方面协作等八个重要环节。并做到处处政治挂帅，又红又专和思想齐跃进，以达到满堂红。

在会议的闭幕式上，地质部物探局张仁副局长及顾功叙总工程师作了重要指示，鼓励全体工作同志继续鼓足干劲，全面跃进，并颁发了锦旗。全体与会同志纷纷表示要戒骄戒躁，乘胜猛进，决不辜负人民的希望，并在毛主席像前庄严的宣了誓，决心以实际行动超额完成1959年的任务来迎接1959年这苦战三年中具有决定性意义的一年。

大会结束后，接着召开了航测工作技术专业会议。会议上除各航测队的技术负责同志外，并有物探局、物探研究所、地质部地质矿产研究所、石油部、北京大学、北京地质学院、长春地质学院、成都地质学院等单位参加。会议就几年来航测的技术工作，交流了经验，并且本着有破有立的原则，制订了一系列航测工作的规章

（下转第8页）