

湖北省地質学会
1962年年会論文集

(內部資料)

五

地球物理勘探

湖北省地質学会

湖北省地質学会

1962年年会論文集

一、构造、区域地層。

二、岩漿岩及內生金屬矿床。

三、煤田地質及沉积矿床。

四、水文地質工程地質。

五、地球物理勘探。

序 言

湖北省地质学会于1962年11月召开了第一届学术年会，历时5天，本专集汇编了提交年会的两篇有关地球物理勘探方面的论文。

在我省，地球物理勘探方法，近年来已广泛地运用在地质工作中的各个方面，积累了不少丰富的实际资料，因此，对我省实际工作中存在的地球物理方法问题的讨论，是有必要的。本专集中，周松青同志的论文对磁体的磁化、磁场变化及反问题进行了探讨，指出对磁场作定性解释时，应注意强磁体的消磁作用，对异常解释时，应首先了解工作区的磁化分区特征，同时强调考虑磁化特点时，应结合磁体走向、倾斜及与地磁场的关系，方能得出正确的磁化概念。孙经荣同志就水工物探工作中的电测深解释方法作了讨论。这些论文在实际工作中，都是有一定意义的。

这次年会的准备时间较为仓促，没有能够更广泛的组织各方面有关的论文，故本专集尚不能反映我省当前地球物理勘探研究的水平。但本专集的出版，对进一步加强这方面的学术交流，无疑地将会起到促进的作用。

编 者

目 录

序 言

论磁体的磁化、磁場空间规律及反问题解.....	周松青 (1)
试论电法勘探中电测深的解释方法.....	孙经荣 (23)

論磁体的磁化、磁場空間 規律及反問題解

周松青

(武汉地质学校)

本文试图在不考虑剩磁作用下, 对倾斜薄层的磁化特点及磁場空間規律、反問題解釋方面提出一些不成熟的意見, 在文內涉及的主要問題有:

在消磁作用下薄层的磁化特点;

薄层体磁場空間分布的一般規律;

有关反問題解釋的意見及实例說明。

在写作該文时, 承蒙湖北省地质局物探工程师李潤新同志作了多方面的指教, 修正了內容及某些不当之处, 特表謝意。此外, 把本文作为引玉之砖, 也希望大家提出批評意見, 不胜为感!

一、傾斜薄层体的磁化規律

(一) 研究本題的一个函数式

由图 1 所示: 設薄层走向与磁北夹角为 A , 薄层傾角为 β , 地磁場强度为 T , 地磁傾角为 i_1 。选定直角坐标: x 与薄层傾向方位一致, y 与薄层走向一致, z 与平面 xoy 正交。

知地磁場强度 T 的水平及垂直分量分别为:

$$H = T \cos i_1, \quad Z = T \sin i_1.$$

H 在 x 、 y 上的分量分别为:

$$H_x = H \sin A, \quad H_y = H \cos A.$$

我们可以把 H_x 分成两个分量: 一与薄层傾斜面重合的 $H_{x\beta}$, 另一与傾斜面垂直的 $H_{x\perp}$, 它们分别为:

$$H_{x\beta} = H \sin A \cos \beta, \quad H_{x\perp} = H \sin A \sin \beta.$$

同样也可把分量 Z 分成平行薄层傾斜面及垂直薄层傾斜面的分量 Z_β 、 $Z_\perp$, 它们分别为:

$$Z_\beta = Z \sin \beta, \quad Z_\perp = Z \cos \beta.$$

这样, 平行及垂直薄层傾斜面的总分量强度应为:

平行薄层傾斜面 $H \sin A \cos \beta + Z \sin \beta$,

垂直薄层傾斜面 $H \sin A \sin \beta - Z \cos \beta$ 。

又知平行与垂直薄层倾斜面方向上的消磁系数分别为:

$$N_{\parallel}=0; N_{\perp}=4\pi.$$

故得与薄层倾斜面平行及垂直的磁化强度应为

$$I_{\parallel}=k(H\sin A \cos\beta + Z\sin\beta), I_{\perp}=\frac{k(H\sin A \sin\beta - Z\cos\beta)}{1+4\pi k}.$$

可见 $I_{\parallel}$ 、 $I_{\perp}$ 在平面 xoz 内的合成磁化强度为 I_{xoz} , 它与薄层倾斜面的夹角 i 必满足下式:

$$\nu = \cot i = \frac{I_{\parallel}}{I_{\perp}} = (1+4\pi k) \frac{H\sin A \cos\beta + Z\sin\beta}{H\sin A \sin\beta - Z\cos\beta},$$

因

$$H\sin A = T_{xoz}\cos\alpha_o, Z = T_{xoz}\sin\alpha_o,$$

将二者代入上式并稍加整理即得:

$$\nu = \cot i = (1+4\pi k) \cot(\beta - \alpha_o) = (1+4\pi k) \cot i_o. \quad (1-1)$$

式中 α_o 为 T 在 xoz 内的投影 T_{xoz} 的倾角; $i_o = \beta - \alpha_o$ 为 T_{xoz} 与薄层倾斜面夹角, 见图 1。

由(1-1)式可见, 在消磁作用下, 恒有 $i \geq i_o$ 成立。(只在 $k \ll 0.05 CGSM$ 及 $i_o = 0^\circ$ 时二者才相等) 而且 k 越大, 这种情况越明显。为了讨论在任何纬度、任何走向时薄层体的磁化特点, 把

$$\alpha_o = tg^{-1}(tg i_o \csc A)$$

代入(1-1)式即得

$$\nu = (1+4\pi k) \cot[\beta - tg^{-1}(tg i_o \csc A)]. \quad (1-2)$$

这就是要讨论薄层体磁化一般规律的函数式, 它并具有下列一般属性:

1. $\nu = I_{\parallel}/I_{\perp}$ 是一余切函数, 它与 k, i_o, A 及 β 构成复杂的关系。
2. 函数曲线的渐近线必满足下列方程

$$\beta = tg^{-1}(tg i_o \csc A);$$

(适合于北半球)

而函数曲线的零点位置也必满足下列方程

$$\beta = 90^\circ + tg^{-1}(tg i_o \csc A).$$

二者具有 90° 的相位差。

如果给定 i_o 及 A , 就可以找到曲线的渐近线及零点位置, 于是即可作一条特定的函数曲线 $\nu = \varphi(\beta)$ 。

3. 由于 i_o 及 A 只决定 ν 的渐近线及零点位置而不决定其形状, 故曲线只按照给定的 i_o, A 而平移, 平移方程就是渐近线方程或零点方程。

4. $(1+4\pi k)$ 是 ν 曲线的斜率, 它表示消磁作用对薄层体磁化的影响。

根据上述特点, 我们可以作给定 i_o, A 时的函数曲线 $\nu = \varphi(\beta)$, 用它们即可讨论薄层体的两个磁化强度 $I_{\parallel}$ 及 $I_{\perp}$ 之间的相互关系, 也就可以讨论在给定 i_o, A 时薄层体的磁化特点与 β 的关系。

为了便于讨论起见, 可以作一族 ν 曲线来进行。

$$\beta = tg^{-1}(tgi_1 \csc A),$$

故给定 β 时, i_1, A 有不同的组合形式, 可以计算得到与上述七条渐近线相对应的 i_1, A 的组合(即 ν 与 i_1, A 的组合)函数示于表 1 中。

表 1. 中是不考虑 k 时的 ν 与 i_1, A 的组合函数, 所取 i_1 的间隔为 15° , 同时表 1 中指出:

1. 各横列所有 ν 的渐近线同一, 即可作一条 ν 曲线; (注)
2. 各纵列所有 ν 对应同一 i_1 , 而对应不同的 A , 它们相互间有 15° 相位差;
3. 各横列曲线可以第①横列为准, 顺次平移 15° 。

[注: 横列①说明当 $i_1 \rightarrow 0^\circ$ 及 $A \rightarrow 0^\circ$ 时, $tgi_1 \csc A$ 的极限型式为 0×0 型, 故应用洛必文法则求极限, 其结果是在这个特定条件下, ν 的渐近线不是 $\beta = 0^\circ$, 而是 $\beta = 45^\circ$ 。

$$\text{因 } \lim_{\substack{i_1 \rightarrow 0 \\ A \rightarrow 0}} \frac{tgi_1}{\csc A} = \lim_{\substack{i_1 \rightarrow 0 \\ A \rightarrow 0}} \frac{d tgi_1}{d \csc A} = \lim_{\substack{i_1 \rightarrow 0 \\ A \rightarrow 0}} \frac{\sec^2 i_1}{\cos A} \rightarrow 1,$$

故 $tg^{-1}(tgi_1 \csc A) \rightarrow tg^{-1}1 \rightarrow 45^\circ$ 。

可知在讨论第①横列时, 这一特定情况是应该除外的。]

根据上述情况, 可以作成七条 ν 曲线, 示于图 2 中。它们表示 ν 在不同 i_1, A 时的分布特征。图中曲线编号与表 1—1 中横列编号一致, 箭头指向的直线为 ν 曲线的渐近线。

由于 $(1 + 4\pi K)$ 是 ν 曲线的斜率, 故不需要另作曲线, 只要按比例选择纵座标数值即可。如图中右面纵标比例数值表示 $(1 + 4\pi K) = 1$ 的情况; 而左面纵标比例数值表示 $k = 0.3 \text{ CGSM}$ 时(即 $1 + 4\pi K \approx 5$)的情况。

(二) 磁化规律 $\frac{I_\nu}{I_1}$ 的讨论

已知 $\nu = \frac{I_\nu}{I_1}$ 是 i_1, A, β 及 k 的函数, 故可以从图 1. 中得出薄层体磁化的一般规律, 可以分为四个特征区来讨论。

(1) 正向平行磁化区

所指正向平行磁化区, 即与薄层倾斜面重合的磁化强度分量 I_ν 指向下, 而且其作用远可掩盖与薄层倾斜面垂直的磁化强度分量 $I_\perp$ 的作用区域。而这时的磁化就具有正向平行磁化的特点。

知正向平行磁化的条件, 从理论上讲应该是 $I_\nu = I_{\nu_{\text{oz}}} (I_\perp = 0)$, 薄层倾斜面与 $I_{\nu_{\text{oz}}}$ 重合。也就是说 $I_{\nu_{\text{oz}}}$ 与 $T_{\nu_{\text{oz}}}$ 一致, 因而就有 $i_0 = i = 0^\circ (\alpha = \alpha_0)$ 。各曲线在这点上必有 $\nu \rightarrow \infty$ 。

在这种情况下, 薄层顶面分布负磁荷(带 S 极性), 而底面分布正磁荷(带 N 极性), 侧面不分布磁荷, 因此地表的负磁通区(磁化磁场力线穿出地表区域)远离薄层顶面, 自然磁化磁场垂直分量 z_0 就没有负值, 曲线近于轴对称。

在讨论这个问题时, 值得注意的一点是: $\nu \rightarrow \infty$ 只有数学意义, 在实际工作中, 由于正常场选择及观测精度所及, 往往在 $I_\perp$ 未等于 0 时, 找到的 z_0 可能就具有轴对称的特点, 即 $I_\perp$ 在侧面上产生的正磁荷作用可能不显现了。因此实际上薄层所具有的正向平行磁化条件, 将不是薄层倾斜面与 $I_{\nu_{\text{oz}}}$ 重合。(即 $i \approx i_0, i \approx 0$) 如当 $\nu = 10$ 倍时, $I_\perp$ 作用未被观测到, 那末 z_0 就具有 $\nu \rightarrow \infty$ 的特性——轴对称, 这时假定 $K \ll 0.05 \text{ CGSM}$, 由

表 1

横列号	渐近线	对 应 于 渐 近 线 的 方 程 组 $Y = f(A, \beta, \theta)$							
①	$\beta = 0$	$f(A, 0^\circ, \theta)$							
②	$\beta = 15^\circ$		$f(90^\circ, 15^\circ, \theta)$						
③	$\beta = 30^\circ$		$f(28^\circ, 15^\circ, \theta)$	$f(90^\circ, 30^\circ, \theta)$					
④	$\beta = 45^\circ$		$f(16^\circ, 15^\circ, \theta)$	$f(35^\circ, 30^\circ, \theta)$	$f(90^\circ, 45^\circ, \theta)$				
⑤	$\beta = 60^\circ$		$f(10^\circ, 15^\circ, \theta)$	$f(20^\circ, 30^\circ, \theta)$	$f(34^\circ, 45^\circ, \theta)$	$f(90^\circ, 60^\circ, \theta)$			
⑥	$\beta = 75^\circ$		$f(4^\circ, 15^\circ, \theta)$	$f(10^\circ, 30^\circ, \theta)$	$f(16^\circ, 45^\circ, \theta)$	$f(28^\circ, 60^\circ, \theta)$	$f(90^\circ, 75^\circ, \theta)$		
⑦	$\beta = 90^\circ$		$f(0^\circ, 15^\circ, \theta)$	$f(0^\circ, 30^\circ, \theta)$	$f(0^\circ, 45^\circ, \theta)$	$f(0^\circ, 60^\circ, \theta)$	$f(0^\circ, 75^\circ, \theta)$	$f(A, 90^\circ, \theta)$	
纵列号		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧

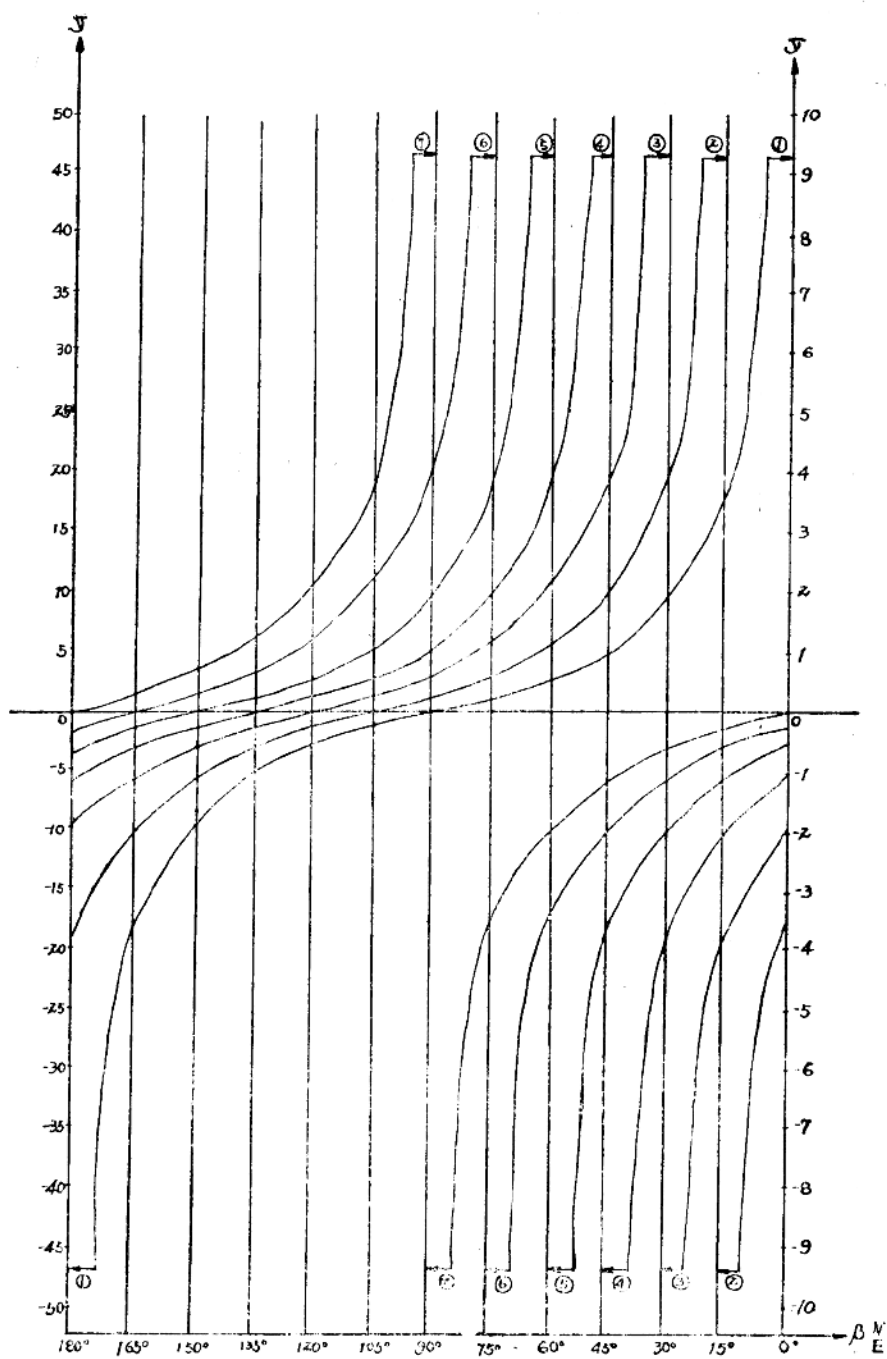


图 2

图(3)可见, 正向平行磁化可以在渐近线左右 5° 范围内完成。因此理论推断 倾角, 与实际将有 $\pm 5^\circ$ 之差。

另外由于 $(1+4\pi K)$ 是 ν 曲线的斜率, 在 K 加大时曲线变陡, 因此在同样条件 $\nu=10$ 时, 实际观测所得 Z_a 曲线满足正向平行磁化的范围, 将比 $K \ll 0.05$ CGSM 时为大。以图 2 所示取 $K=0.3$ CGSM 为例, 当 $\nu=10$ 时, 实际观测所得正向平行磁化特点可以在渐近线附近 $\pm 30^\circ$ 内完成; 而 $\nu=20$, $K=0.3$ CGSM 时可以在 $\pm 12^\circ$ 内完成。

由此可得如下结论:

1. 在观测精度的限制及消磁作用下, 观测到的具有正向平行磁化特点的磁场, 并不一定满足理论上的正向平行磁化条件(即薄层倾斜面与 I_{xoz} 重合), 而实际上可以在薄层倾斜面偏离 I_{xoz} 一个角度邻域内满足此条件。设此角度邻域为 $d\theta$, 它与 Y, K 的选择间的关系如下表 2:

表 2

$Y \backslash d\theta$	K			
	$\ll 0.05$ CGSM	0.1 CGSM	0.2 CGSM	0.3 CGSM
10	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 18^\circ$	$\pm 30^\circ$
20	$< \pm 5^\circ$	$< \pm 5^\circ$	$\pm 9^\circ$	$\pm 12^\circ$
30	$> \pm 5^\circ$	$< \pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 9^\circ$

可见 K 越大, Y 越小, $d\theta$ 越大; K 越小, Y 越大, $d\theta$ 越小。

2. 在给定 i_1, A 后, 如果 Y 曲线的渐近线越接近 $\beta=90^\circ$ 的位置, 则利用实测磁场曲线推断 β , 尤应注意 $d\theta$ 作用, 因为正向平行磁化可能在薄层倾斜于两个相反方位完成。

如以图 2 之曲线⑥为例, 渐近线为 $\beta=75^\circ$, 当取 $Y=10$, $K=0.3$ CGSM 时, 薄层的正向平行磁化可以在 $d\theta=\pm 30^\circ$ 内完成, 故薄层倾角可能不等于理论倾角($\beta=75^\circ$), 而为 105° 及 45° , 二者倾向相反。

(2) 正交磁化区

所指正交磁化意思是: $I_\beta=0$, 即 $I_\perp=I_{xoz}$, Y 曲线取 0 。这时 I_{xoz} 与薄层倾斜面正交, 故其条件为 $i_0=90^\circ$ ($\beta=90^\circ+\alpha_0$)。

从理论上讲具有正交磁化特点的薄层体, 将在两侧面上带有极性相反的磁荷, 即在 I_{xoz} 穿出的侧面上带正磁荷, 在 I_{xoz} 进入的一个侧面上带负磁荷。顶面、底面将不带磁荷。如图 4 示, 因此在顶面两侧必有正、负磁通达到相等, 于是 Z_a 将呈中心对称。

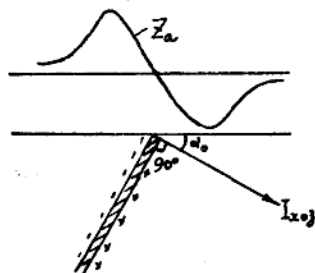


图 4

在实际工作中, 也由于观测精度及正常场选择、 K 的作用, 这种磁化特点可以在一个 $\beta \approx 90^\circ + \alpha_0$ 的范围内成立。通常 K 越小, 这个邻域越大(Y 曲线变缓之故), K 越大邻域越小(Y 曲线变陡之故)。自然观测精度越大、及正常场选择越好, 邻域也越小。

从曲线族上可见, 该特征区随着 Y 曲线渐近线向 β 为 180° 方向位移而越难显现。因为只有当薄层倾斜极缓时才具备条件 $\beta=90^\circ+\alpha_0$ 。

此外从曲线族上可见, $Y=0$ 之点一般在 $\beta>90^\circ$ 点以外, 只有曲线①才在 $\beta=90^\circ$ 时取到。

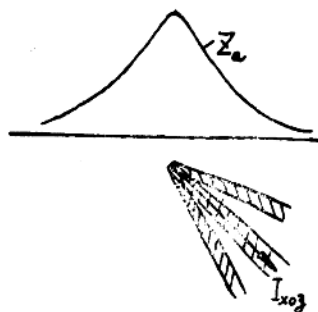


图 3

由上可得如下结论:

正交磁化虽然也可以在一个邻域内完成,但因这种特点反映的薄层倾角一般总比 90° 大(薄层与 I_{xoz} 相反方位倾向),因此在考虑倾角时,邻域作用可以忽略,只需注意曲线①的情况就可以了,因为属于此情况的薄层,可能在不同倾向时完成正交磁化。

(3) 反向平行磁化区

所指反向平行磁化是: I_ϕ 指向上,其作用有时可能会掩盖 $I_\perp$ 作用。这种磁化条件必有 $i_o > 90^\circ$, 即 $\beta > 90^\circ + \alpha_o$, 同时 $Y < 0$, 图 5 示。

由于 I_ϕ 指向上,薄层顶面即可带有正磁荷,使地表负磁通量区加强,故 Z_a 曲线的极大值小于极小值的绝对值。

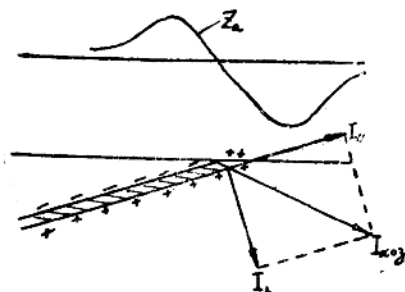


图 5

反向平行磁化也随着曲线 Y 的渐近线向 180° 方向位移而难以显现。如图 2 中第⑦线左支, Y 最小是 0, 不具有 $Y < 0$ 特点。

同时反向平行磁化的明显程度(如在同一精度下观测),则与 K 有关, K 越大特点越明显;反之则越不明显。如以图 2 中曲线②为例:如认为 $Y = -10$ 时, $I_\perp$ 作用可以在观测精度所及下而忽略,那末当 $K = 0.3 \text{ CGSM}$ 及薄层倾角为 165° 时即可具备反向平行磁化特点,而且 Z_a 曲线可能不出现正值。如 $K \ll 0.05 \text{ CGSM}$, 则在 $\beta = 165^\circ$

时, $Y = -2$, 即在上述观测精度下,薄层反向平行磁化特点不如 $K = 0.3 \text{ CGSM}$ 时明显。

由上可知:负磁异常也可能是由于反向平行磁化造成,而不一定是反磁性造成。具有这种磁化特点的薄层倾斜总与 I_{xoz} 方位相反,而且倾斜度比正交磁化时更缓。在这种情况下去推断薄层倾斜,将是比较单一的。

(4) 其他区

除上述三个特征区以外,即属此区。此区可以是正向平行磁化与正交磁化区之间的过渡区,故磁化具有二者之中间状态特点;或者此区位于正向平行磁化区以右。不管如何,在该区内 I_ϕ 与 $I_\perp$ 的作用不能忽略其中之一,一般 Z_a 曲线的正值比负值绝对值为大。

二、薄层体磁场空间规律

(一) Z_a 空间规律

知薄层体磁场垂直分量为

$$Z_a = \frac{4Ibs\sin\beta}{x^2 + z^2} (-x \sin i_o + z \cos i_o), \quad (2-1)$$

其极大值与极小值之比为

$$X_1 = \frac{Z_{max}}{Z_{min}} = \frac{1 + \cos i_o}{1 - \cos i_o} = \cot^2 \frac{1}{2} [\beta - \text{tg}^{-1}(\text{tg} i_o \csc A)]. \quad (2-2)$$

可见 X_1 与 Y 的渐近线方程一致,如:

$$\beta = \text{tg}^{-1}(\text{tg} i_o \csc A).$$

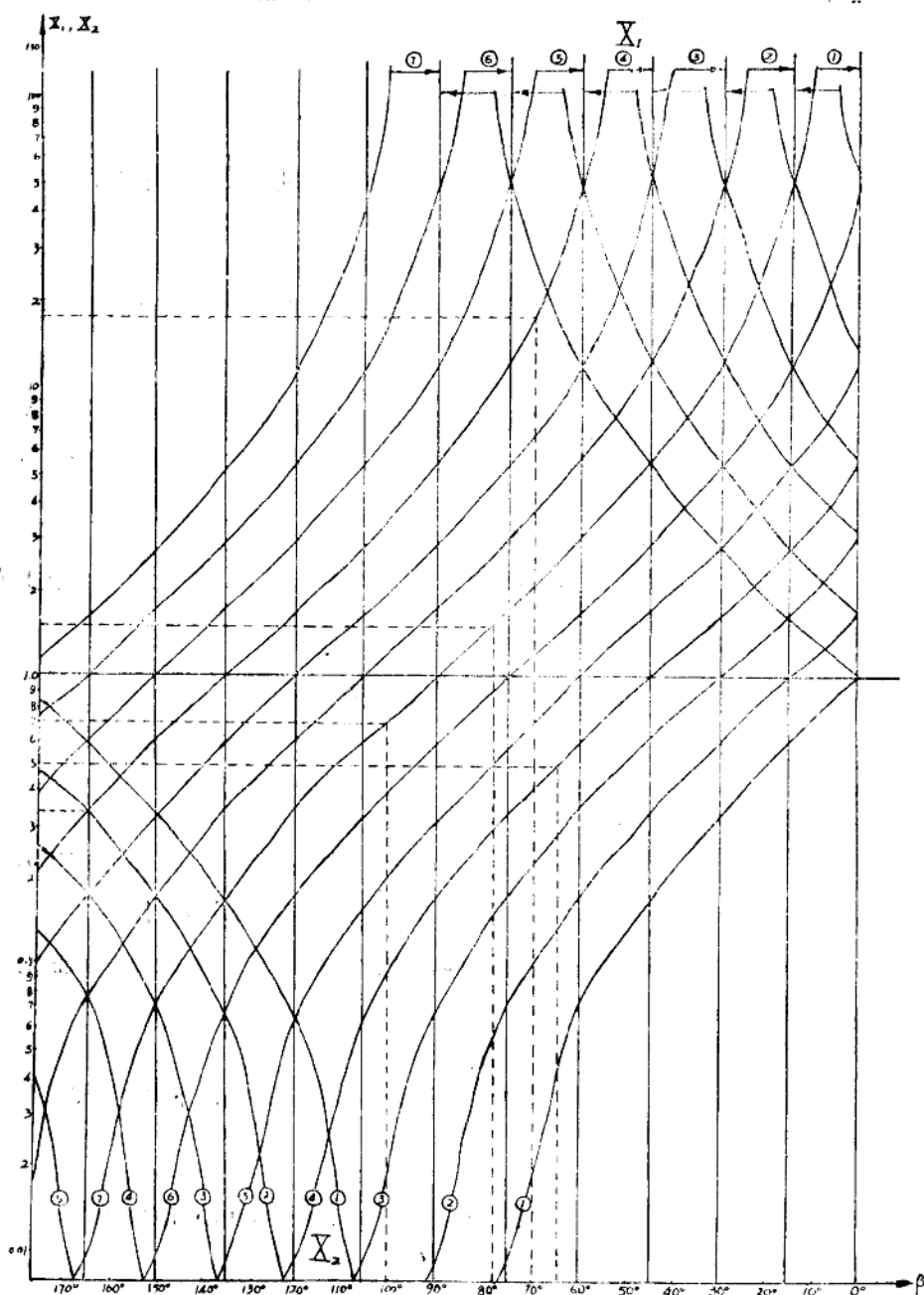


图 6

故对应于给定渐近线的函数组合形式，仍可用表 1—1 所列来说明。不过 X_1 曲线与 Y 曲线不相重合。所作七条曲线见图 6。曲线上方编号与表 1—1 中横列编号对应，箭号指向的纵线是 X_1 的渐近线。

X_1 曲线的分布特点与 Y 曲线分布特点一一对应如下:

(1) 正向平行磁化区内 X_1 特点

在这个区内的主要特点是 $X_1 \rightarrow \infty$, Z_a 曲线趋于无负值轴对称。无疑在实际测量中, 当 X_1 足够大时可能就观测不出 Z_{min} 的微小变化, 因此结论也只能是, 具有轴对称的 Z_a 曲线可以在薄层倾斜面偏离 I_{xoz} 一个邻域内测得。邻域的大小与观测精度及 K 有关。

(2) 正交磁化区 X_1 特点

在本区内主要特点是 $X_1 \rightarrow 1$, Z_a 趋于中心对称, 同样在实际工作中, 也可能在 $X_1 = 1$ 左右一个邻域内观测到这种特点。

(3) 反向平行磁化区 X_1 特点

该区主要特点是 $X_1 < 1$, Z_a 呈现正峰值小于负峰值绝对值。这种特点难以在图 6 中的第⑦线上反映, 即在任何纬度区的南北走向薄层及在高纬度区的任何走向的薄层, 不易得到 $Z_{max} < |Z_{min}|$ 的 Z_a 曲线。

(4) 其他磁化区内 X_1 特点

于各渐近线之右支曲线, 有 $X_1 \geq 1$, Z_a 负值出现方位与 I_{xoz} 方位相反。在上述正向平行磁化区及正交磁化区间, $X_1 > 1$, Z_a 负值出现方位与 I_{xoz} 方位相同。

(二) H_a 空间分布规律

H_a 公式为

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{4Ib \sin\beta}{x^2 + z^2} [-x \cos i_o - z \sin i_o], \\ &= \frac{4Ib \sin\beta}{x^2 + z^2} [-x \sin(90^\circ + i_o) + z \cos(90^\circ + i_o)], \end{aligned} \quad (2-3)$$

可见 H_a 与 Z_a 差 -90° 相位, 故同样可用极值之比来说明空间分布规律。

$$X_2 = \frac{H_{max}}{|H_{min}|} = \cot^2 \frac{1}{2} [90^\circ + \beta - tg^{-1}(tg i_1 \csc A)]. \quad (2-4)$$

渐近线为

$$\beta = tg^{-1}(tg i_1 \csc A) - 90^\circ,$$

与(2-2)式相交知 X_2 比 X_1 落后 90° 。故可作得曲线如图(6)所示: 下半支上编号与表 1 中横列编号也对应。 X_2 在各磁化分区内的特点如下:

(1) 正向平行磁化区内 X_2 特点

在本区的主要特征是 $X_2 \rightarrow 1$, 与 $X_1 \rightarrow \infty$ 对应。 H_a 曲线成中心对称。在实际观测中同样可以在 $X_2 = 1$ 左右一个邻域内得到这种 H_a 曲线。

(2) 正交磁化区内 X_2 特征

本区主要特点是 $X_2 \rightarrow 0$, H_a 趋于负值轴对称, 与中心对称 Z_a 曲线对应。此特点也可在一个邻域内表现出来。

(3) 反向平行磁化区 X_2 特点

当 $\beta > 90^\circ + \alpha_o$ 后, X_2 又增大, 且 $0 > X_2 \leq 1$, 除曲线①外, 其余各线 X_2 达不到一。本区内 H_a 负值与上述二区负值对调方位, 即负值出现方位与 I_{xoz} 方位相反。

(4) 其他区内 X_2 特点

上述三区以外者属本区, 有 $X_2 \geq 1$ 。 H_a 特性主要与上述诸区有某些接近。

(三) Z_a/H_a 空间规律及反解

在直角坐标系内, z 给定时, Z_a/H_a 为一双曲线族, 利用之可以进行反解推演。

(1) $f = Z_a/H_a$ 一般特性

$$\text{由式 } f = \frac{Z_a}{H_a} = \frac{-x \sin i_o + z \cos i_o}{-x \cos i_o - z \sin i_o}, \quad (2-5)$$

将式(2-5)变为

$$\begin{aligned} f &= \frac{\cos i_o (-x \sin i_o + z \cos i_o)}{\cos i_o (-x \cos i_o - z \sin i_o)} = \operatorname{tg} i_o + \frac{z / \cos^2 i_o}{-x - z \operatorname{tg} i_o} \\ &= -\frac{a}{x-b} + C, \end{aligned} \quad (2-6)$$

(2-6)式为 $F = -\frac{a}{X}$ 。

这就是共轭双曲线的一般形式, 其特征如下。

1. 渐近线方程

当 i_o 在闭域 $[0^\circ, 90^\circ]$ 内, b, c 均大于零, 故取

$$f = -\frac{a}{x-b} + C, \quad (2-7)$$

其水平及垂直渐近线分别为

$$f_1 = \operatorname{tg} i_o = C; \quad x_1 = -z \operatorname{tg} i_o = -b \quad (2-8)$$

双曲线原点为 $(-b, C)$ 。

当 i_o 在闭域 $[90^\circ, 180^\circ]$ 内, 有 b, c 均小于零, 故取

$$f = -\frac{a}{x+b} - C, \quad (2-9)$$

其水平及垂直渐近线为

$$f_2 = -\operatorname{tg} i_o = -C; \quad x_2 = z \operatorname{tg} i_o = b \quad (2-10)$$

双曲线原点为 $(b, -c)$ 。

共轭双曲线恒分布在第二、四象限内。

2. f 的顶点活动轨迹

经上述二个原点间作直线, 其斜率为

$$\frac{f_2 - f_1}{x_2 - x_1} = -\frac{c}{b},$$

知过点 $(-b, c)$ 的点斜式方程为

$$f - c = -\frac{c}{b}(x + b),$$

即

$$f = -\frac{x}{z}. \quad (2-11)$$

知双曲线原点活动轨迹为经 $x=0$ 点的跨二、四象限的直线。

3. f 与坐标轴交点方程

由式(2-7)及(2-9)知

$$\text{当 } x=0, \quad f_o = \mp \cot i_o, \quad (2-12)$$

$$\text{当 } f=0, \quad x_o = \pm z \cot i_o. \quad (2-13)$$

i_o 在闭域 $[0^\circ, 90^\circ]$ 内, 取 f_o 为负, x_o 为正; i_o 于半闭域 $(90^\circ, 180^\circ]$, 取 f_o 为正, x_o 为负。

4. f 的特殊方程

当 $i_o=0$ 而趋向正向平行磁化时, 方程(2-5)为

$$f = -\frac{z}{x}, \quad (2-14)$$

共轭双曲线以 x 、 f 轴为渐近线。

当 $i_o=90^\circ$ 而具正交磁化特点时, 方程(2-5)为

$$f = \frac{x}{z}. \quad (2-15)$$

这是与(2-11)所示直线正交的直线方程。

(2) f 曲线求作及解释

根据上述特性, 可以求得在固定 z , 而改变 i_o 时的渐近线, 而后用式(2-6)求作 $f=\varphi(x)$ 曲线, 图7中所示, 取 f 作纵标, x/z 作横标单位, 曲线具有相同编号者共轭。

对曲线解释如下:

1. $i_o: [0^\circ, 90^\circ]$ 时, 共轭双曲线之一分布在第四象限, 另一分布在第二象限。前者被约束在正向平行磁化及正交磁化时的二条曲线内, 后者分布在正向平行磁化时的曲线之外侧。当曲线渐近线趋向 x 及 f 轴, 则薄层趋于正向平行磁化; 当曲线张口越来越大, 则薄层趋向正交磁化。

2. 当 $i_o: [90^\circ, 180^\circ]$, 共轭双曲线之一于第二象限, 且被约束在正交磁化及正向平行磁化时的曲线内, 另一于正向平行磁化时的曲线以外——第四象限内。渐近线越趋向 x , f , 则表示薄层越趋于反向平行磁化。

3. 当 $\beta < \alpha_o$, 而 i_o 取负值时, 双曲线与具有 i_o 的对应补角时的双曲线重合。如 $i_o = -75^\circ$ 者与 $i_o = 105^\circ$ 重合等等。故作倾角计算, 须参考 Z_o 特点。

利用这些特征可以求解薄层倾角及埋深 z 。

具体求解如下:

1. $x=0$ 点由共轭双曲线顶点与 x 轴交点求得。

2. 当 $x=0$ 点确定后, x_o 、 f_o 均知, 故埋深为

$$z = -\frac{x_o}{f_o},$$

3. 已知 z 后, 则 i_o 可求, 即

$$i_o = \cot^{-1} \frac{x_o}{z} = \cot^{-1} f_o.$$

i_o 的解应按下法选择。

$x_o > 0$, $i_o > 0$, 必有薄层倾角 β 大于磁化倾角;

$x_o < 0$, 有两个解:

$$-i_o \text{ 及 } 180^\circ - i_o.$$

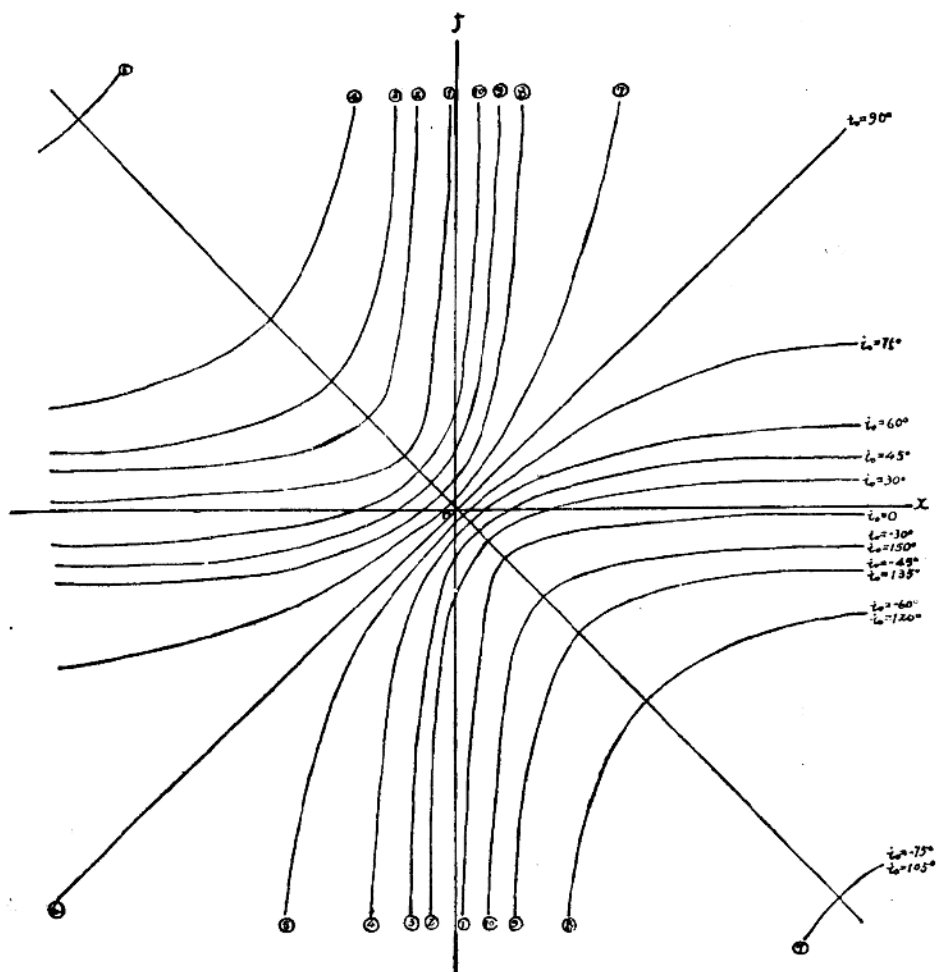


图 7

Z_a 负值出现方位与 I_{xoz} 方位相反, 取 $-i_0$; Z_a 负值出现方位与 I_{xoz} 方位相同, 取 $180^\circ - i_0$. ($\beta > \alpha_0$)

4. $\beta = \alpha_0 + i_0 = \text{tg}^{-1}(\text{tgi}_1 \csc A) + \text{Cot} \frac{x_0}{z}$.

5. 双曲线以 x 、 f 作渐近线时, 有 $i_0 = 0^\circ$, 于曲线上任取一点, 必可求得

$$Z = x f_0$$

以直线形式表示的双曲线, 必有 $i_0 = 90^\circ$, 于其上上任一点必有

$$z = \frac{x}{f_0}$$

(四) ΔT 空间分布规律

薄层体总磁场强度增量为