

唐山周围地区地磁短周期变化异常 及深部电导率结构^{*}

范国华 侯作中 顾左文 朱克佳 姚同起

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

对地下深部电导率结构的了解有助于认识地下深处的物质成分、状态、结构、温度等。陈伯舫(1974)曾利用地磁台站资料研究过渤海西岸的电导率结构,指出昌黎一带以南地下 60 km 处有一低电阻层,电导率约为 $20 \Omega \cdot \text{m}$ 。祁贵仲等(1981)曾收集渤海周围 25 个地磁台站的地磁短周期变化事件,分析了该区的地磁短周期变化的异常特征,并推断在渤海中部存在上地幔高导层的隆起。然而,由于地磁台站较少,台站的空间分布也不均匀,上述研究的结论仅仅是初步的认识。为了深入研究该地区地磁短周期变化异常的空间分布及频率特性,进而对该地区地下电导率结构有进一步的了解,我们在唐山周围地区布设了临时地磁观测台网,观测使用仪器是 MFM-3 高灵敏度分量磁饱和磁力仪,观测时间为 1982—1983 年。测点总计为 11 个,加上该地区已有的有常规磁变仪记录的 7 个地磁台站,在观测区形成了一个较密集的二维台网。地磁台站与测点分布如图 1 所示。

由于观测仪器仅有两套,每期观测仅有两个测点同时进行,因此上述 11 个测点是二个测点为一组依次完成的。每一组测点观测时间从 30 天到 45 天不等。观测结果表明,在唐山周围地区地磁短周期变化存在若复杂的异常图象。

1. 地磁短周期变化异常特征

1.1 描述异常特征的电磁参量的选取

(1) $\Delta Z / \Delta H$, 即地磁短周期变化事件的垂直分量变化与水平分量变化之比。众所周知,当外源场在某

一局部区域内均匀时,水平均匀分层构造的地球表面的垂直分量变化 ΔE 接近于零。因此,地球表面某一区域不同频率成分的地磁短周期变化 ΔZ 的等值线分布,在一定程度上反映了地下电导率分布的横向不均匀性。所以,在地磁测深研究中, $\Delta Z / \Delta H$ 往往选为描述异常特征的电磁参量。在本文所研究的区域进行野外观测时,由于仅有二套高灵敏度分量磁力仪,无法在整个测网测点上进行同步观测,因此全部观测是二个测点为一组依次完成的。当观测的时间足够长时,地磁短周期变化在一定程度上显示出平稳的特征,其统计参量具有一定的稳定性。对每一组观测点,我们选取几段地磁短周期变化较为丰富的资料段,

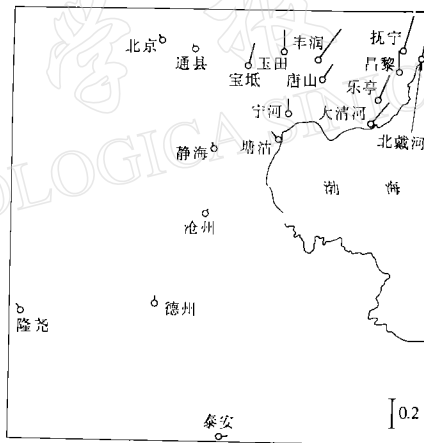


图 1 观测台站分布及 10—60 min 周期感应矢量

* 国家地震局地球物理研究所论著 93A0012.

1990 年 8 月 17 日收到本文初稿,1992 年 9 月 17 日决定采用。

进行频谱分析,获得每一资料段不同频谱的 $\Delta Z/\Delta H$, 然后统计得出平均的 $\Delta Z/\Delta H$, 并分析研究其间分布特征.

(2)地磁感应矢量 G . 各测点观测的不同频率成分地磁短周期变化的垂直分量和水平分量间存在线性关系

$$\Delta Z(f) = A(f)\Delta H(f) + B(f)D(f) + \varepsilon(f)$$

式中

$$A(f) = (S_{zz}S_{gg} - S_{zg}S_{gz}) / (S_{gg}S_{gg} - S_{gz}S_{gz})$$
$$B(f) = (S_{zg}S_{dz} - S_{zz}S_{dz}) / (S_{zz}S_{gg} - S_{gz}S_{gz})$$

上标 * 表示复共轭, $S_{zg}, S_{gg}, S_{zz}, S_{gz}, S_{dz}, S_{zg}$ 分别表示相应下标的自功率谱或交叉功率谱.

转换函数 $A(f), B(f)$ 的计算结果受观测资料质量、所用资料包含的信息量、源场的足够自由度以及数据处理方法的影响. 因此, 在选取使用资料时, 全面考察上述各因素, 不是采用单个的地磁事件, 而是用较长的资料段来分析, 同时也注意了相近频率成分的地磁事件, 在较长的时间过程中出现时间的随机性. 因为在谱分析中, 这些频率相近的事件因出现时间的随机性而彼此削弱, 为有效地提取包含在这些事件中的信息, 在数据进行频谱分析前, 进行了适当的数据分段.

1.2 地磁短周期变化的异常特征

周期为 10 min 到 60 min 的地磁变化的感应矢量的分布表示在图 1 中, 从图 1 中可以看出, 各观测点的感应矢量基本都指向北, 其中北戴河、抚宁、昌黎、乐亭、大清河、丰润、玉田、宝坻、唐山、宁河感应矢量的模偏大.

表 1 为谱分析后得到的不同频谱成分的 $\Delta Z/\Delta H$ 的统计平均值, 每一观测点选取的资料段的数目为 10, 统计平均的误差在 5% 以内.

表 1 各观测点不同频谱成分的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值

测点	$\Delta Z/\Delta H$ 均值			
	$T > 60$	$30 < T \leq 60$	$10 < T \leq 30$	$T \leq 10$
北戴河	0.17	0.22	0.31	0.32
抚宁	0.14	0.17	0.21	0.28
昌黎	0.28	0.29	0.41	0.46
乐亭	0.35	0.26	0.35	0.35
大清河	0.15	0.19	0.26	0.28
丰润	0.15	0.15	0.22	0.21
唐山	0.16	0.23	0.26	0.28
宁河	0.13	0.17	0.25	0.29
塘沽	0.10	0.11	0.13	0.15
玉田	0.18	0.16	0.18	0.23
宝坻	0.16	0.14	0.16	0.16

表 2 各地磁台站周期小于 30 min 的地磁变化的 $\Delta Z/\Delta H$ 的均值

地磁台站	北京	通县	青光	静海	坝县	沧州
$\Delta Z/\Delta H$ 均值	0.09	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12

表 2 列出了测区周围地磁台站地磁变化周期小于 30 min 的 $\Delta Z/\Delta H$ 的统计平均值, 所用资料段与测点相同, 统计平均的误差小于 5%.

从图 1 和表 1.2 中可以看出, 上述地磁短周期变化的异常特征为:

- (1) $\Delta Z/\Delta H$ 的均值,在测区南部的测点,如大清河、塘沽较低;在测区中部的昌黎、乐亭、唐山、宁河测点较高;在测区北部的抚宁、丰润测点较低.
- (2) 不同周期成分的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值在测区的空间分布上形态大致相同.
- (3) 高频成分的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值大于低频成分的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值.
- (4) 东部测点的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值略高于西部测点的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值.
- (5) 测区内感应矢量均指向北.

2. 地下电导率异常

2.1 海水异常的研究

由于本文研究的测区位于渤海西部,因此,上述观测到的地磁短周期变化异常应该考虑是否受渤海海水的影响.

由于渤海海水较浅,因此,在用电磁感应模型计算研究海水的影响时,我们把模型设计为海水深度随离岸的距离而加深.

表3给出了模型之一的计算结果.该模型的参数为:海水电导率 4.0 S/m ,陆地电导率 0.001 S/m ,海水从海岸起逐渐加深,在离岸 15 km 处,海水深 40 m .

表 3 不同周期成分感应矢量的模随海岸距离 $d(\text{km})$ 的变化

周期 (min)	感 应 矢 量 的 模						
	$d=1$	$d=2$	$d=5$	$d=10$	$d=25$	$d=50$	$d=100$
60	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.01
30	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03	0.01
15	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01
7	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.01
1	0.16	0.13	0.10	0.08	0.05	0.02	0.01

从表3可看出,在离海岸 25 km 以上时,对于不同周期成分,感应矢量的模最大为 0.05 ,这说明海水的影响是很小的.

对其它模型的计算表明,当海底坡度增加时,即海水的深度随离岸的距离增加时,其感应矢量的模增加.当海水用 2 km 的平板近似时,对周期小于半小时的地磁变化,其感应矢量的模在距海岸 50 km 以内,可达 1.0 以上,在 250 km 范围内,可达 0.25 以上.因此可见,对深海,海水对海岸附近的观测点的影响是很大的.

对于渤海,实际的海水水深仅在 $20\text{--}50\text{ m}$ 之间.渤海 20 m 等深线离海岸距离约 40 km .因此,在我们的研究中所使用的地磁变化周期段内,其影响很小,是完全可以忽略的.

2.2 地下电导率异常

根据上述该地区地磁短周期变化的特征,即所有测点感应矢量基本指向北;不同周期成分的地磁变化的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值,都显示出昌黎、唐山测点略高,向南北方向逐渐减小;东部测点的 $\Delta Z/\Delta H$ 均值比西部测点 $\Delta Z/\Delta H$ 均值略大等,我们选择的模型为二维的,其参数如下:

上地幔高导层的顶面埋深 50 km .该高导层顶面单向向北倾斜.东部,倾斜面的宽度为 100 km ,倾斜率为 1.0 ;向西,高导层顶面的倾斜逐渐减小,直至倾斜率为 0.2 .高导层的电导率为 0.1 S/m ,覆盖层电导率为 0.01 S/m .模型如图2所示.大清河测点位于高导层倾斜面的边缘,唐山、昌黎位于倾斜面的中间位置.

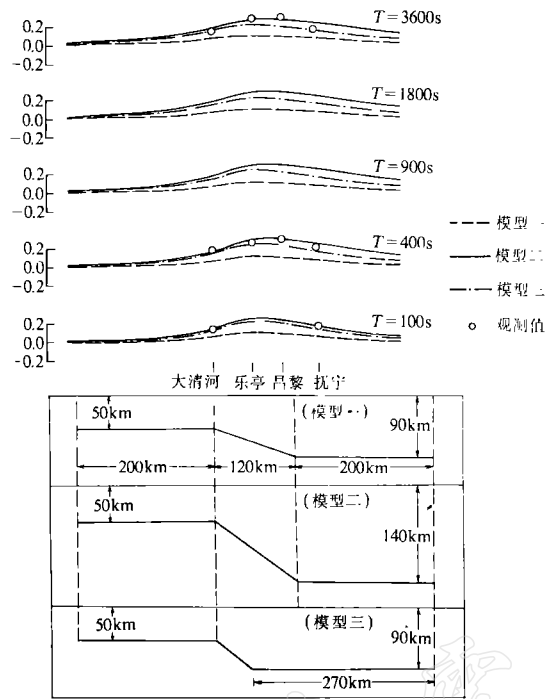


图 2 三种构造模型在周期 100—3600 s 时垂直分量与水平分量比值 ($\Delta Z/\Delta H$) 的理论计算值及观测值

导率构造并非唯一的解释。

参 考 文 献

陈伯舫, 1974. 渤海西岸的电导率异常. 地球物理学报, 17, 169—172.
祁贵仲、鲁志佳、候作中、范国华、王志刚、白彤霞, 1981. 渤海地区地磁短周期变化异常, 上地幔高导层的分布与唐山地震的关系. 中国科学, 7: 869—879.

计算结果与调整模型参数后模型的计算结果一并表示在图 2 中. 从图中看出, 对长周期成分与短周期成分, 感应矢量模的异常空间范围差异不大, 高频成分感应矢量的模较低频成分大, 东部测点感应矢量的模较西部测点大等, 这些空间分布特征与频率特性均与该地区的地磁短周期变化特征相吻合. 因此, 可以认为, 在该地区地下电导率有以下分布: 上地幔高导层有一隆起, 该高导层的顶面埋深约 50 km, 高导层的顶面单向向北倾斜. 在东部, 倾斜面的宽度为 100 km 左右, 倾斜率在 0.5 到 1.0 之间, 向西, 高导层顶面的倾斜逐渐减小到 0.2 左右. 高导隆起的東西延伸约 200 km, 高导层的电导率约为 0.1 S/m, 覆盖层电导率约为 0.01 S/m. 在地理位置上, 唐山、吕黎位于倾斜面较中间的位置, 倾斜面起始于大清河附近.

国家地震局地质研究所王宝钧等, 在河北北部沿北北西向横切唐山地震带的电磁测深结果中也指出, 该地区的上地幔高导层顶面由南部约 50 km 处, 向北逐渐倾斜, 北部的顶面深度达 100 km.

由于该地区地磁短周期变化的特征比较复杂, 用电磁感应模型计算得到的地下电