

航磁资料在工程场地区域稳定性研究中的应用

王新林, 王多杰

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 本文以南北构造带北段区域内一火电厂工程场地为例, 利用航磁资料进行反演所得到的磁场异常结果, 对深部地质结构特别是隐伏活动断裂的存在进行了分析研究. 对航磁资料在区域稳定性研究中的实际应用进行了探讨.

关键词: 区域稳定性; 磁异常; 深部构造

中图分类号: P315.9, P631.2⁺22 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2003)03-0263-06

0 引言

在工程场地区域稳定性研究中, 深部结构环境是不可缺少的主要依据之一, 特别是在一些沉积覆盖较厚的地区, 用深部地球物理资料对地质结构及活动断裂进行研究就显得尤为重要. 但在许多地区常常缺少常规的深部地球物理资料甚至由于条件所限而不能开展正常的地球物理探测工作. 多年来, 我们利用航磁资料进行反演得到的磁场异常结果, 对一些地区的深部地质结构以及隐伏活动断裂的存在进行了分析研究, 为中长期地震危险区的评定提出了深部背景依据, 并在区域稳定性研究工作中得到了较好的应用.

本文利用原国家地质总局航空物探大队编制的 1/100 万中国航空磁力异常 ΔT 平面图, 采用 5 km 的点线距, 对 $35^{\circ}40' \sim 40^{\circ}20'N$, $103^{\circ} \sim 109^{\circ}E$ 区域磁场结构和构造格架进行分析, 在研究深部结构环境的基础上, 对该区域内一火电厂的区域稳定性作了探讨.

1 区域地质环境

研究区在大地构造位置上分属于阿拉善块体、鄂尔多斯块体及祁连山褶皱系北祁连带东段的复合部位. 阿拉善和鄂尔多斯块体分别为华北地台的次级构造单元, 其基底由太古代和早元古代的深变质岩组成, 自第四纪以来总体表现为稳定隆升和相对稳定. 祁连山褶皱系主要涉及到中祁连以北的东段地区, 包括武威、中卫、中宁地区的河西走廊过渡带和冷龙岭、天景山、西、南华山的北祁连褶皱带以及马衔山、陇中地区的中祁连褶皱带. 该褶皱区是我国大陆西部著名的地震区.

上述构造单元主要以三关口—牛首山深断裂为界, 东部是鄂尔多斯块体, 西北是阿拉善块体, 而西南则为北祁连褶皱区的走廊过渡带东段, 电厂即位于最北侧三关口—牛首山断裂隆起带与银川盆地的交接部位.

2 磁场分区与地震分布特征

研究区依据磁异常特征分为如下 3 个区(图 1).

2.1 鄂尔多斯磁场分区(I)

分布于磴口—中卫—同心—固原以东地区. 根据区内的次一级异常特征, 又可分为 3 个亚区.

(1) 固原—环县磁场亚区(I₁)位于固原、靖边以西地区, 主要以低缓的正异常为主. 磁场区的北部

异常线性特征明显, 呈 NE 方向; 东南部以宽缓的正异常呈 NEE 至近 EW 向展布. 推测基底为一套元古界深变质岩系所组成, 基本没有受到后期构造及岩浆活动的破坏, 反映该地区地壳结构完整, 稳定性强的特点. 历史上没有发生过中等强度以上的地震.

(2) 鄂托克—定边磁场亚区(I_2)位于固原、靖边以北, 石咀山、鄂托克以南地区. 亚区东部以正异常为主, 异常值最小为 -250 nT, 推测基底为一套下太古界至下元古界变质岩系, 上复古生代及中生代沉积岩层; 亚区西部则是正、负变化的磁场区, 局部异常明显, 异常值最高达 800 nT, 最低异常在 -50 nT 左右, 推测基底由上太古界组成. 在该区发生了多次中强地震, 它们呈 NNE—NE 方向分布.

(3) 海勃湾—杭锦旗磁场亚区(I_3)分布在乌达—鄂托克旗以北. 磁异常线性特征明显, 异常梯度大, 主要以正异常为主, 走向 NEE—NW 向, 推测基底由太古界至元古界组成. 该亚区无中强以上地震记载.

2.2 阿拉善磁场区(II)

分布在武威、阿拉善左旗、磴口以北地区, 磁异常呈正、负相间排列, 弧形条带分布.

(1) 河西堡—吉兰泰正异常弧形条带为一高强度磁异常带, 场值一般为 $0 \sim 250$ nT, 最高值可达 600 nT. 在河西堡附近, 异常走向呈 EW 向, 而在民勤—吉兰泰一线呈 NE 方向, 串珠状的正异常沿带显示得非常清楚.

(2) 民勤—吉兰泰负异常弧形条带负异常呈 NE 方向条带展布, 带内虽然有些局部正异常穿插, 但负异常带的总体分布仍很清楚.

(3) 雅布赖正异常小区图上显示为两个大的正异常块体, 异常值为 $0 \sim 250$ nT. 推测应该是古老结晶基岩残块的反映.

阿拉善弧形磁场区反映的总体地质构造特点是: 在雅布赖附近及东部存在两个古老结晶基岩残块, 在区域应力场作用下基岩块与阿拉善弧形构造带表现出大致相同的形态. 其它地区则主要反映以古生代为主的构造活动^[1]. 正异常条带多为同期的各类侵入岩沿断裂呈带状分布; 负异常带则显示出缺少火成岩活动. 另外基岩的起伏构成的隆起和拗陷反映出相间排列的特征也很明显. 在弧形带的两端曾发生过山丹 7.5 级和民勤 7.0 级地震.

2.3 祁连山磁场区(III)

位于武威—中宁以南, 中宁—固原以西. 地质上该区位于祁连褶皱系内, 为正、负异常变化区, 磁场变化强烈, 局部异常明显, 异常走向为 NW 至 NNW 向. 该区以下古生界浅变质的中寒武统、奥陶系、志留系为主, 岩相为海相碎屑岩、板岩、碳酸岩、硅质岩及中基性火山岩. 此外岩浆活动强烈, 火山岩分布广泛, 以酸性、中性及基性、超基性岩为主. 地壳完整性差, 是地震频繁活动的地区.

3 断裂构造

利用航磁资料推测断裂的存在, 其原理就在于断裂形成之后深部地幔物质上涌, 岩浆沿断裂侵入, 使一些富含铁磁性的矿物相对集中, 磁性增强. 表现为在磁场上沿断裂带出现串珠状异常. 由于断裂带上挤压应力的作用, 使岩石遭受压磁效应, 磁力降低, 断裂带往往显示为负异常带或降低异常带等磁异常现象. 本区主要依据以下磁场特征来推测断裂的存在: (1) 磁异常线性延伸带; (2) 不同磁场分区界线; (3) 串珠状异常带; (4) 磁异常轴向发生变化的地带; (5) 磁异常宽度发生变化的地带.

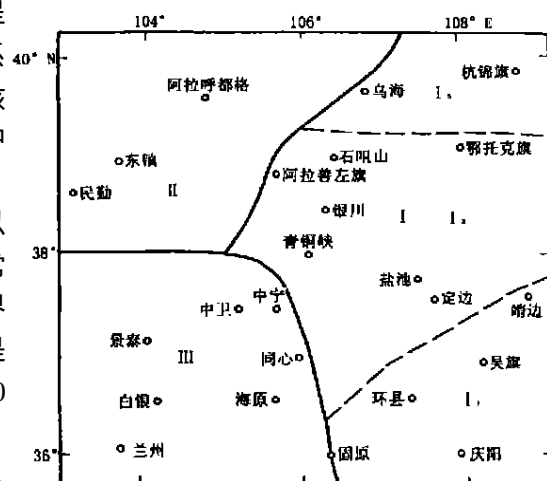


图 1 研究区磁场分区

Fig. 1 Zoning of magnetic field in work area.

根据以上特征, 推测该区存在以下几组断裂(图2)。

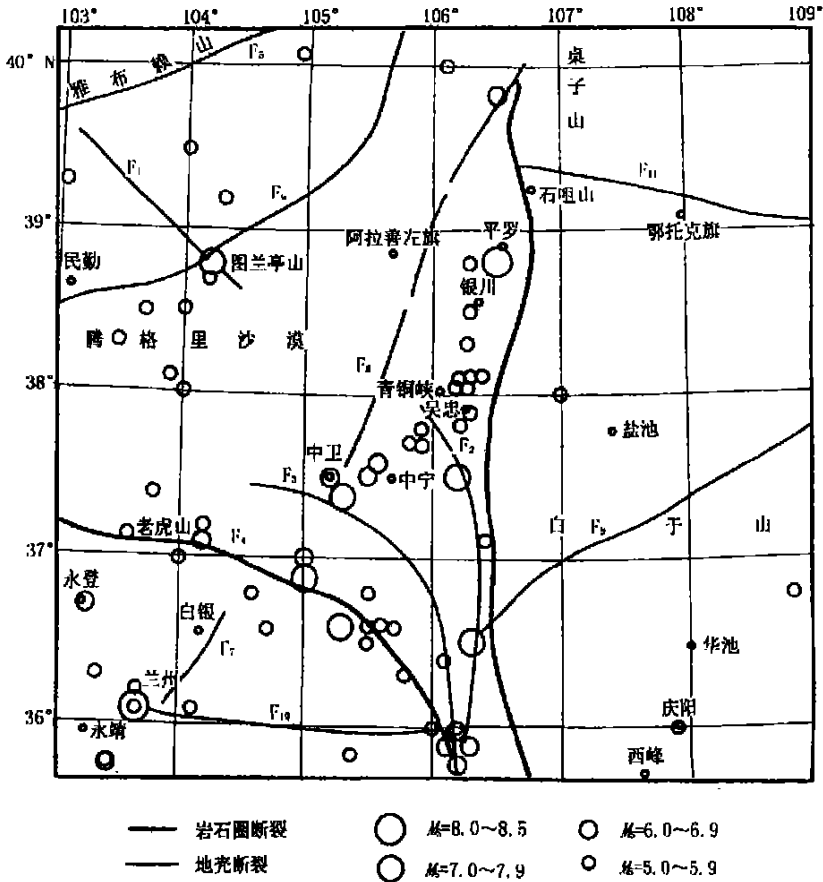


图2 研究区航磁推测断裂与强震震中分布

Fig. 2 Distribution of inferred faults from aero magnetic data and strong earthquake epicenters in work area.

3.1 北西—北西西向断裂

(1) 雅布赖—阔图湖断裂(F_1) 断裂所经之处异常曲线发生畸变. 断裂西南侧异常轴线呈 NE 至 NEE 向; 断裂东侧为 NW 至 EW 向. 在化极上延 5 km 45° 方向水平导数图上(图3)断裂有所显示. 1954 年民勤 7 级地震就发生在该断裂与 NE 向的民勤—吉兰泰断裂的交汇处.

(2) 三关口—牛首山断裂带(F_2) 从青铜峡西至固原附近呈弧形分布. 磁场上反映出断裂西侧为低缓的负异常, 线性特征不明显; 断裂东侧主要以 NE 向的负异常为主. 在图3上表现为微弱的线性异常带. 该断裂为鄂尔多斯地台和祁连地槽的分界线; 此外在布格异常图上表现为明显的重力梯级带; 特别是在均衡异常图上断裂形迹清楚, 在三关口至牛首山一带, 东北侧为银川负均衡异常区, 西南为大罗山正均衡区, 均为北北西走向; 并且也是莫氏面转折变异区^①. 有人认为该断裂带是华北块体的西南边界^[2].

(3) 甘塘—同心—固原断裂(F_3) 呈弧形沿甘塘—同心—固原一线分布, 断裂带西侧以低缓的负异常为主, 线性特征不明显. 在同心—固原段, 异常曲线发生畸变, 重力场以重力低为主, 呈现了地槽区和地台区之间的过渡类型. 1709 年的 7 ½ 级中卫地震就在断裂附近发生.

(4) 海原断裂带(F_4) 沿景泰—海原—固原分布, 是青藏高原东北缘规模最大的活动性最强的一条断裂. 在图3上断裂二侧磁场特征仍有明显差别. 文献[3]已对该断裂的磁场特征进行过详细的论述. 1920

① 李渭娟. 黄河黑山峡河段深部构造特征. 1989.

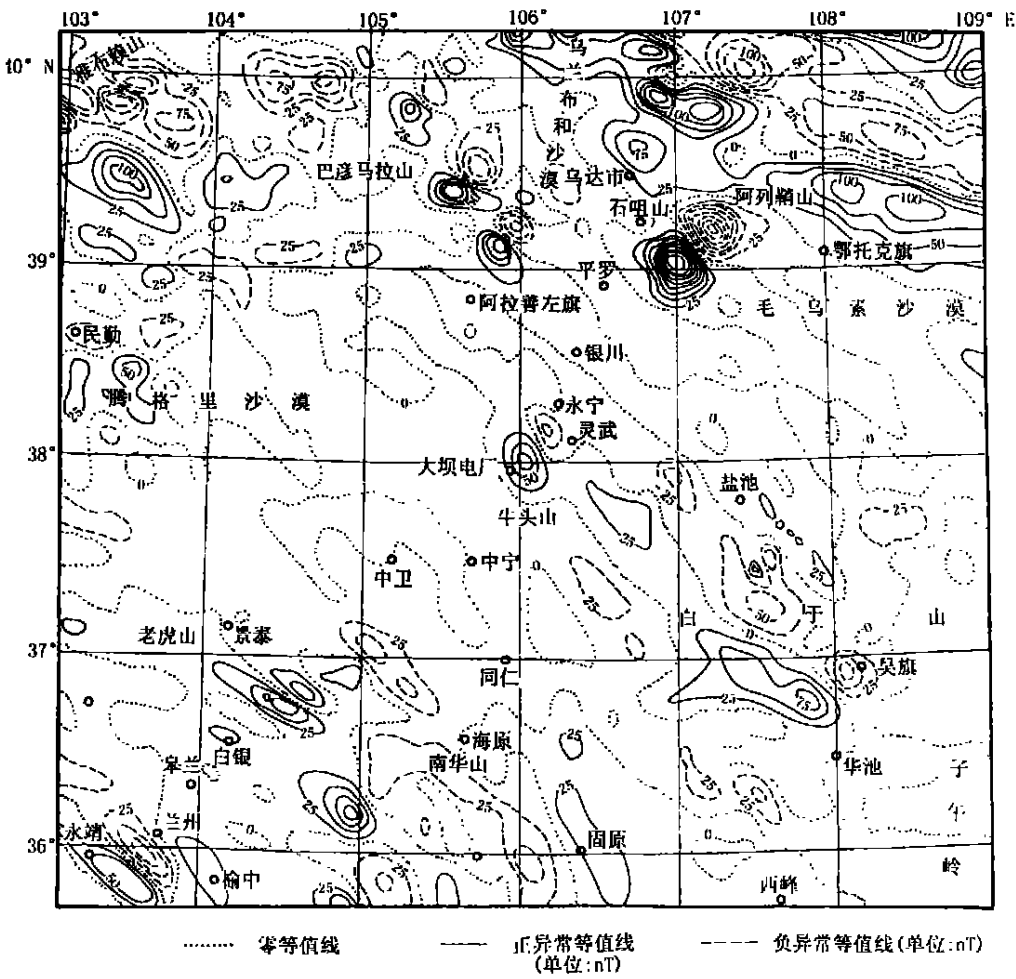


图 3 研究区航磁 ΔT 化极上延 5 km 45° 方向水平导数

Fig. 3 The level derivative of 45° direction of aeromagnetic ΔT extensively up 5 km in work area.

年海原 8.5 级大震和 1888 年景泰 6 ¼ 级地震就发生在此断裂带上。

3.2 北东—北北东向断裂

(1) 雅布赖—诺尔公断裂(F₅) 在磁场图上为一线性畸变带, 断裂北侧异常呈 NE 方向, 南侧近 EW 东西方向. 经不同高度的上延, 断裂仍有显示. 该断裂为一条隐伏断裂, 没有中等强度以上地震记载。

(2) 民勤—吉兰泰断裂带(F₆) 断裂带呈弧形沿民勤、道劳阿达、吉兰泰一线分布, 两端延出图外. 断裂两侧磁场特征明显不同, 西北侧主要为低缓的 NE 方向负异常条带; 东南侧为一弧形的串珠状正异常条带. 沿断裂带曾发生 1954 年的民勤 7 级地震。

(3) 兰州—白银断裂(F₇) 串珠状的异常沿兰州—皋兰—白银一线分布. 断裂西侧以低缓的 NW 向负异常为主, 最低值为 -100 nT; 东侧分布有许多局部异常, 最高值达 250 nT. 该断裂与东西向断裂交汇处曾发生 1125 年兰州 7 级地震。

(4) 中卫—阿拉善左旗—磴口断裂(F₈) 断裂在磁场图上反映为一个磁场分区界线, 西侧为阿拉善磁场分区, 东侧为鄂尔多斯磁场分区, 断裂两侧磁异常线性特征明显有别。

(5) 海原—靖边断裂(F₉) 断裂两侧磁异常特征明显不同. 北侧梯度大, 主要以 NE 向的负异常为主, 异常值最小为 -200 nT; 南侧主要以 NE 向的正异常为主, 最大异常值为 250 nT. 在化极上延 5、10、20 km 异常图上^②, 断裂显示都很清楚. 而且在化极上延 5 km 135° 方向水平导数图上^②, 断裂特征也很明显。

3.3 东西向断裂

(1) 兰州—固原断裂(F_{10}) 在化极上延 5、10 km 异常图上^②, 断裂带附近磁异常曲线发生同步畸变^[3]. 兰州 1125 年 7 级地震即发生在兰州—白银断裂和该断裂的交汇处.

(2) 正谊关断裂(F_{11}) 断裂沿石咀山、鄂托克呈 EW 向分布. 断裂位于磁异常梯级带中, 在不同高度的上延和化极上延 5 km 90° 方向水平异常图上^②磁场特征明显, 此外, 在上述地带莫氏面也转为 EW 向^[4], 推测为一隐伏的基底断裂.

3.4 南北向断裂

关于鄂尔多斯西缘断裂带(F_{12})的磁场特征, 已有文献^[3] 对此进行过论述, 本文不再阐述.

4 区域稳定性讨论

该地区属南北构造带北段, 区内总的构造活动演化表现为由强转弱的特点. 电厂位于区内三关口—牛首山断裂隆起带与银川盆地的交接部位, 小区域主要处在 NE 和 NW 向两组断裂带控制的相对隆起“小块体”中, 垂直运动和水平运动相对较弱, 是一个新构造活动相对稳定的地区. 场址区内及相邻地区的数条活动断层中, 最近的红柳沟断层距电厂 23 km, 由于其规模太小, 对厂址区域构造稳定性构不成太大的影响. 因此, 影响构造稳定性的断层应主要是围沟井—九泉断裂和三关口—金积镇断裂. 而这两条断裂在厂址区域内仅不同程度切割上更新统, 没有发现断错全新统的地质证据. 所以厂址区域至少在未来几十年内不会遭受强地震的破坏.

从以上区域构造演化、新构造活动以及区域活动断裂分析, 初步认为电厂区域稳定性条件良好, 未来应该属于比较稳定的地区.

但是, 一个地区的区域稳定性特别是强地震的发生不仅与上述条件有直接的关系, 而且也与区域性地球物理场背景、深部构造条件等有着密切的联系. 研究表明: 区域性航磁正、负异常梯级带或正、负异常交接带是深部介质密度不均匀性的综合反映; 其次, 航磁正、负异常带或次级异常带的叠加、交织地区一般又反映了多组深断裂构造的相互穿插, 甚至由于其活动的影响, 而导致深部物质在该部位发生密度分异, 形成迁移和调整; 此外, 航磁正、负异常带在区域性展布上产生有规律的扭曲突变现象, 则表明在一定的深度部位不同方向断裂的存在以及后期活动相互改造结果的标志. 上述异常部位应是地震发生、孕育的有利场所, 而比较突出的一些异常标志也是区域稳定性判定的重要依据之一.

本区的磁异常分布特征表明, 在电厂及其附近地区比较突出的异常主要分布在鄂尔多斯分区(I)的鄂托克一定边磁场亚区中(I_2). 在亚区西部磁异常显著, 正、负交替变化, 局部异常值最高达 800 nT, 最低异常在 -50 nT 左右, 存在不稳定的深部构造条件. 特别是在以青铜峡为中心的区域, 存在一个直径约 25 km 呈圆形的正异常体, 经化极上延 5 km 后仍可见到, 推测其深部可能存在磁性高、结晶程度好、刚性强的块体. 数值模拟的结果反映出在块体边缘由于剪切应力的作用, 容易造成破坏而引起地震. 由图 4 可以看出, 在该正异常体的边缘曾发生过一系列 5 级左右地震, 另外在异常体外缘还发生过一次 6.5 级地震. 火电厂就位于该异常体边缘, 显然又具备了中强地震发生的深部构造条件. 因此, 必须在工程建设和未来减轻企业灾害中引起重视.

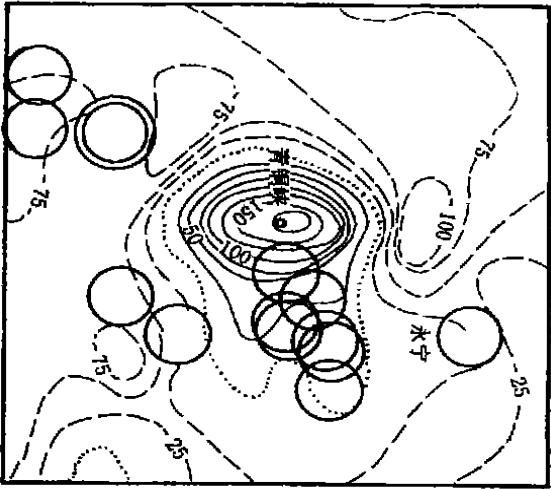
此外, 通过该区域的主要深部断裂是 NW 向的三关口—牛首山断裂, 它在图 3 中表现为微弱的线性异常带, 所以向下延伸不深, 属壳内断裂带. 该断裂是鄂尔多斯西南缘弧形断裂束的最北缘断裂带, 其新构造活动和地震活动都比其它断裂带弱, 对工程场地区域的稳定性影响不大.

② 中国地震局兰州地震研究所. 宁夏回族自治区大坝电厂地震安全性评价报告. 1993.

5 结语

利用航磁资料进行反演得到磁异常结果,不仅可以弥补常规地球物理探测资料的不足,更重要的是根据异常特征来推测深部断层的存在、规模、活动特征,尤其是存在的中强地震发生的深部孕震构造,则可以更加全面的对工程场地区域稳定性进行研究分析,以期得到更为科学的判定结果.

本文所讨论的问题,仅仅是航磁资料在工程场地工作应用中的一个方面,相信通过不断的探索以及反演方法的进一步深入和对结果解释准确性的提高,航磁资料将会得到更为广泛的应用.



[参考文献

[1] 张振润. 阿拉善弧形构造的磁场特征及成因探讨[J] . 物探与化探, 1992, 16(4): 241—246.
[2] 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系[M] . 北京: 地震出版社, 1998.
[3] 王新林, 陈爱玲, 邵世勤. 南北带北段磁性构造特征和地震活动的关系[J] . 高原地震, 2002, 14(2): 29—35.
[4] 梁桂培, 等. 南北地震带北段深部构造[J] . 地震学报, 1990, 12(2): 176—185.

图 4 研究区磁场特征和地震震中分布的关系

Fig. 4 Relationship between characteristics of geom agnetic filed and the distribution of earthquake epicenters.

APPLICATION OF AERIAL MAGNETIC SURVEY IN STUDY OF REGIONAL TECTONIC STABILITY OF ENGINEERING SITE

WANG Xin-lin, WANG Duo-jie

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanz hou 730000, China)

Abstract: In the paper, taking an engineering site of thermal power plant which lacats in northearn segment of Chinese North—south Seismic Belt as the example, the deep geological tectonics, especially the exist of hidden faults are studied by using the magnetic field anomaly date from the aeral magnetic survey. The applica-tion of aerial magnetic survey data in study of regional tectonics stability of engineering site is discussed.

Key words: Regional tectonic stability; Magnetic anomaly; Deep tectonics