地面磁法在煤田火区边界勘查中的应用

陈敏,邵伟

(陕西省地质矿产勘查开发局第二综合物探大队， 陕西 西安 710016)

摘要：针对煤层自燃区自燃边界的确定问题，通过对比分析陕北某地实测地面高精度磁场特征与钻孔勘探结果，认为采用ΔT垂向一阶导数方法能够有效圈定煤层自燃边界。

关键词：高精度磁法；磁异常；煤层自燃；边界；圈定；验证

The Application of Magnetic Survey To the Exploration of Coalfield Fire Area Boundary

CHEN Min，SHAO Wei

(No.2 Integrated Geophysical Crew of Geological Mining Bureau of Shaanxi, Xi’an 710016,Shaanxi,China.)

Abstract: For the issues of determine the self ignition boundary in the coal fire area, By comparing the analysis of High-precision magnetic characteristics measured on the ground and drilling results on a certain place in northern Shaanxi, that the use of ΔT vertical first derivative method can effectively to determine the self ignition boundary of coal.

Key words: High-precision Magnetic; Magnetic Anomaly; Self Ignition of Coal; Boundary; Delineation; Verification

1 引言

目前中国煤炭勘探技术的发展与应用有着几十年的历史，近年来特别是针对煤矿的采空区、火烧区及无煤区等特殊地质现象开展了大量方法技术研究工作，先后开展过地质普查、钻探、自然电位、测氡、红外测温、磁异常探测及地震勘探等多种方法，其中物探工作方法及手段相对简单直观、方便快捷。在松辽平原、黄淮平原、华北平原、西北、江南等地区均取得了较好地质效果。该种方法的应用大大的加快了勘探的步伐，节省了勘探的费用，并提高了勘探精度。

在陕北煤田勘探中，经常会遇到可采煤层自燃的情况，主要可采煤层的自燃会直接影响整个井田煤炭储量计算和井田的开发利用，因此在井田的煤炭资源勘探中查明煤层自燃区的边界及分布情况是重要地质任务之一。

该井田位于榆林城东北方向。井田地表以风沙滩地貌为主，下伏的主要地层有第四系、第三系、白垩系、侏罗系和三叠系。本井田含煤地层为侏罗系延安组，

其主要可采煤层较多，煤层间距较小，而 3 号煤层厚度较大，埋深较浅，煤层在东南部沿沟边出露区段大部分自燃。因此采用二维地震勘探技术效果不明显，针对这一特点采用了小点距的高密度电法测量。并沿地质普查初步确定的火烧边界垂直布置了若干高密度电法剖面，在资料处理解释过程中，以剖面资料为基础进行ΔT 垂向一阶导数、ΔT 磁化极后向上延拓及ΔT 磁化极等综合处理方法，并根据ΔT 垂向一阶导数的成果确定了井田区内的火烧边界，经钻孔验证工作成果可靠准确。

2 工作方法

根据井田内 3 号煤层自燃情况分布特征，垂直自燃边界的走向方向，按 100 m 间距，点距 10 m，布设了长度为 500-3000m 剖面 35 条。

使用高精度 GSM-19T 数字式质子磁力仪进行野外数据采集。磁测总误差(nT)：设计 5nT，实测 3.27nT。

3 磁异常分析解释

3.1 磁性特征

井田区内主要为延安组的砂岩、泥岩，岩石本身磁性微弱，甚至无磁性。当煤层自燃时，受高温作用的影响，使煤层顶底板岩石受热变质，形成了含暗色铁磁性矿物较多的烧变岩，温度降低后保留了较强的热剩磁，使其磁性变强。

井田区内某钻孔烧变岩磁参数测定的结果表明(本次共采集了 202 块物性标本，用磁秤法测定了 99 块，其余用影响法测定)，以熔融带(相当于煤层自燃位置)烧变岩磁性最大，高达 8839.7×10^{-3}A/m，次为上下烘烤带，影响带磁性较弱，正常带几乎无磁性，仅为 100×10^{-3}A/m 左右(表 1)。

表 1　地层(岩性)磁参数统计表

Tab.1　Statistics of Magnetic Parameters for stratum(Lithology)

烧变岩岩性	磁化率变化范围 $(10^{-6}\times 4\pi\cdot SI)$	平均磁化率 $(10^{-6}\times 4\pi\cdot SI)$	平均剩磁 $(10^{-3}A/m)$
粉砂岩	162.3-1847.6	834.7	1130.9
中粗砂岩	80.5-1858.7	687.64	496.42
泥岩	126.9-3264.4	937.56	1383.5
粘土	398.3-591.2	485.3	373.6
煤渣	2160.1-18662.2	7362.7	8839.7

3.2 磁异常特征

结合本次施工的 35 条磁测剖面成果(图 1)，认为井田区内主要是以砂岩、泥岩为主的沉积岩磁性相对较弱，所反映的磁异常应为区内 3 号煤层自燃后所形成的相对较高的磁异常，因此异常形态较客观地反映了其烧变岩赋存特征和自燃边界的异常特征。

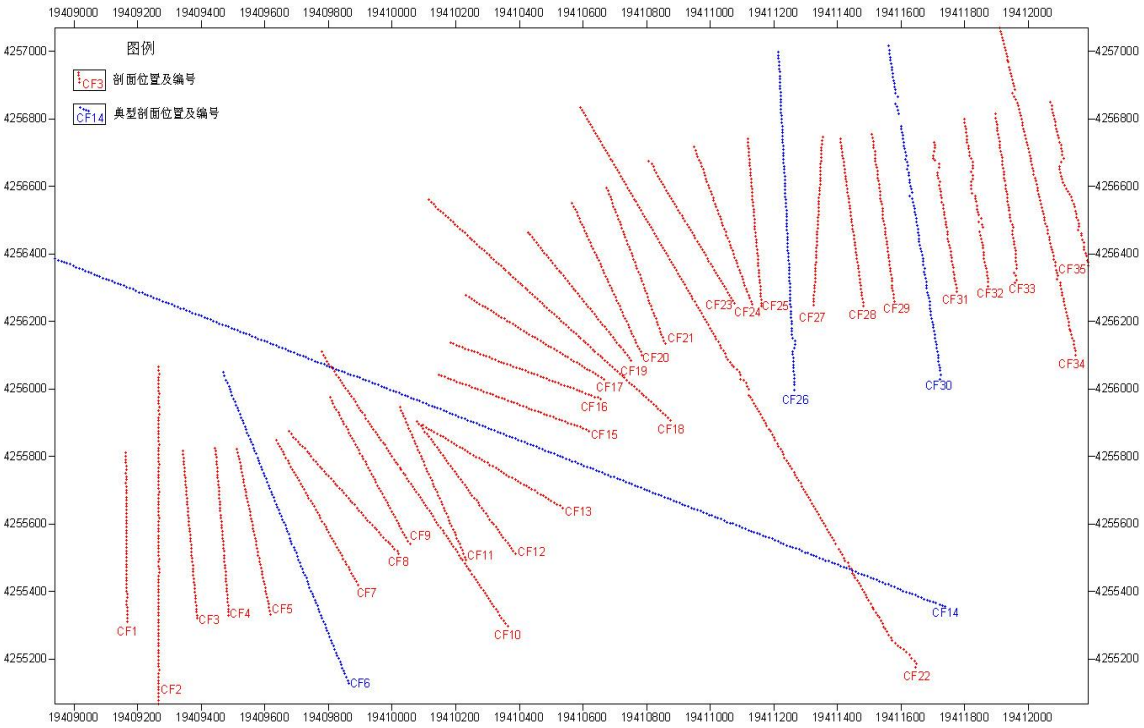


图 1　测区磁测剖面布置图

Fig.1　Section Layout Map of magnetic measurement on Survey Area

总体剖面所反映的磁异常特征，可分为以下三种类型(图 2)：

A 类：梯度变化较大，幅值较大的正负异常；B 类：梯度变化较小，幅值较大的负异常；C 类：梯度变化较小，幅值较小的正负异常。

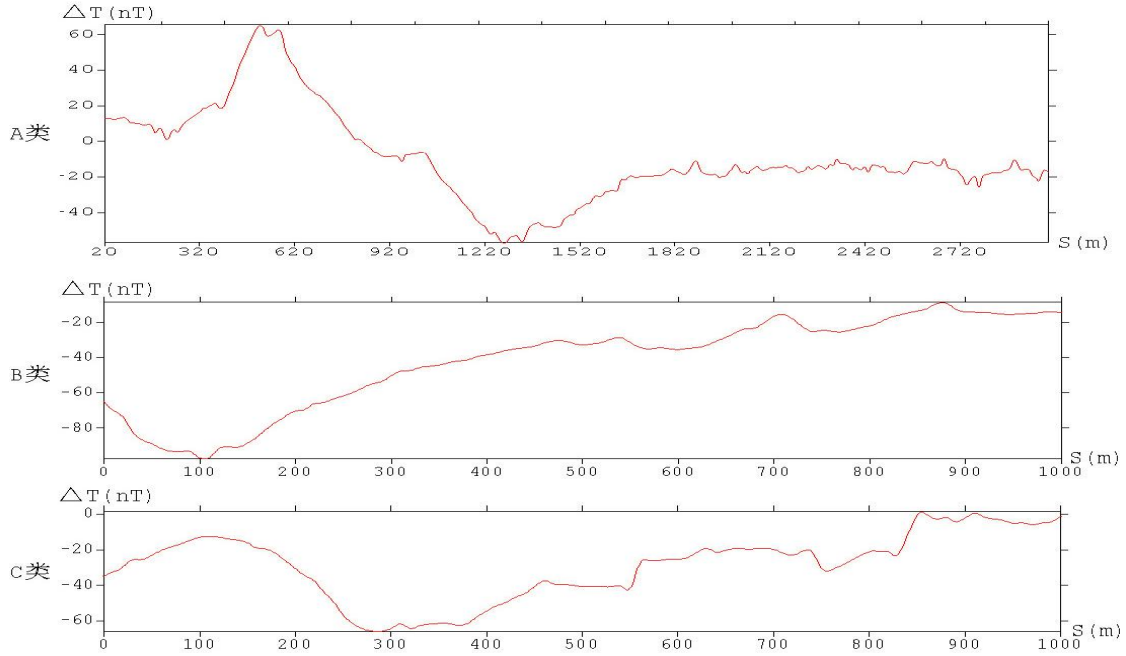


图 2　典型磁异常曲线示意图

Fig.2　Diagram of typical magnetic anomaly curves

在研究测区磁场变化规律的同时，结合井田内钻孔及磁测成果对测线 CF14

进行了正、反演计算，实测曲线与理论曲线拟合的比较好。且经过 ZK1863、M706 和 M707 钻孔验证表明：ZK1863 孔 3 号煤 7.7 m 厚，未燃烧；M706 孔 3 号煤 4.56 m 厚，有烧变岩；M707 孔无 3 号煤，有烧变岩。说明煤系地层燃烧后残余物磁性较强，同时也反映其验证结果与正反演解释结果基本一致，可以作为本次解释的主要依据。

4 自燃边界确定方法及效果

根据本井田内钻探及烧变岩露头情况，3 号煤层自燃后所形成的烧变岩体基本呈水平板状体分布，在斜磁化条件下形成的负异常较强，由于煤层埋深、厚度及烧变岩形态、范围及铁磁性矿物含量的不同，使磁异常形态强弱不同。由于煤层在自燃过程中通风供氧条件存在着较大的差异，因此造成了煤层的火烧带宽度和磁异常梯度变化的不同。因此对本工区内的磁测剖面进行了分类解释。

1、在剖面图上：A、B 类异常 3 号煤层开始燃烧点多为平稳场与正(负)异常的拐点；燃尽点多为负异常的最低点处。

2、C 类异常 3 号煤层开始燃烧点多为平稳场到异常场的±30nT～±50nT 处，煤层自燃殆尽点为正、负异常极值的中心点处。

综合区内高精度磁测资料绘制了ΔT 异常平面图，经采用ΔT 垂向一阶导数、ΔT 磁化极后向上延拓及ΔT 磁化极等处理方法，认为ΔT 垂向一阶导数异常等值线平面图对自燃边界有较好的反映，靠近开始燃烧边界处，磁异常多表现为相对宽缓的负值异常带；而煤层燃尽处磁异常则表现为狭长的负异常，等值线相对较为密集，且长轴与自燃边界基本一致(图 3)。

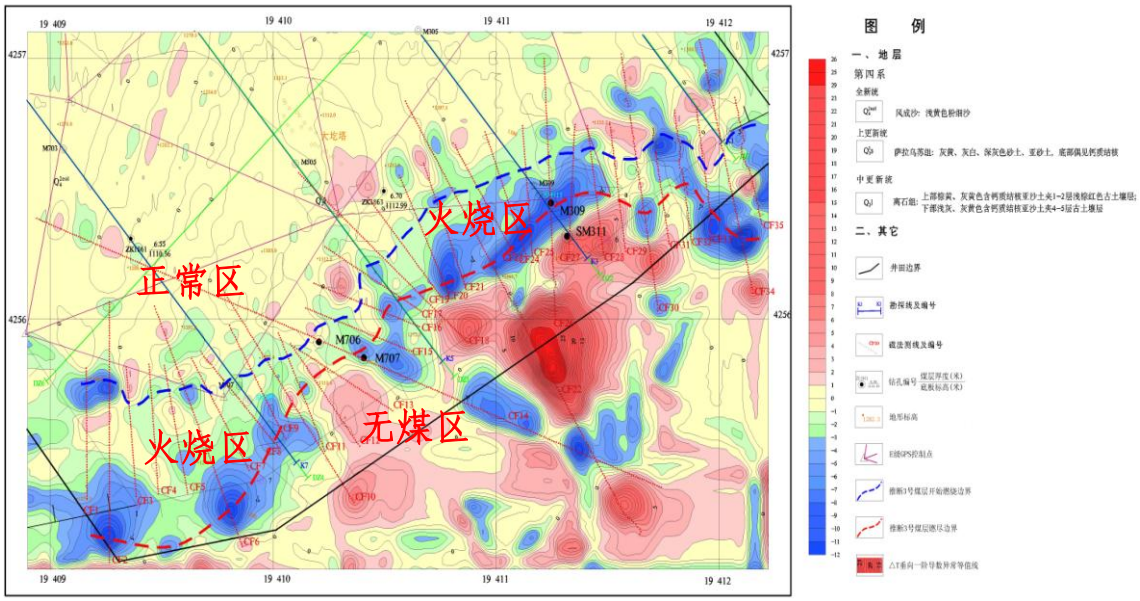


图 3　ΔT 垂向一阶导数异常等值线平面图

Fig.3　Plane contour map of ΔT vertical first derivative anomalies

5 分析结果

针对本井田火烧区的特征，在常规处理的基础上又进行了ΔT磁化极(图 4)、ΔT磁化极后向上延拓 100 米(图 5)及垂向一阶导数(图 3)等处理手段。

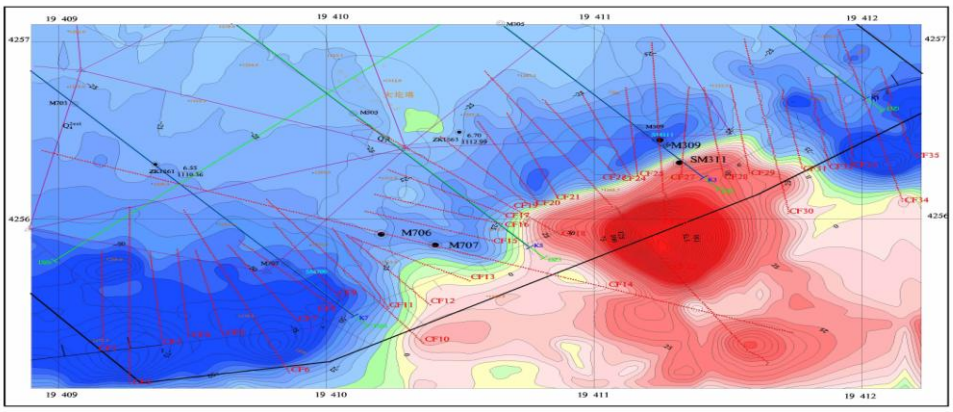


图 4　ΔT磁化极异常平面图

Fig.4　Plane map of ΔT reduction-to-the-pole anomalies of magnetic

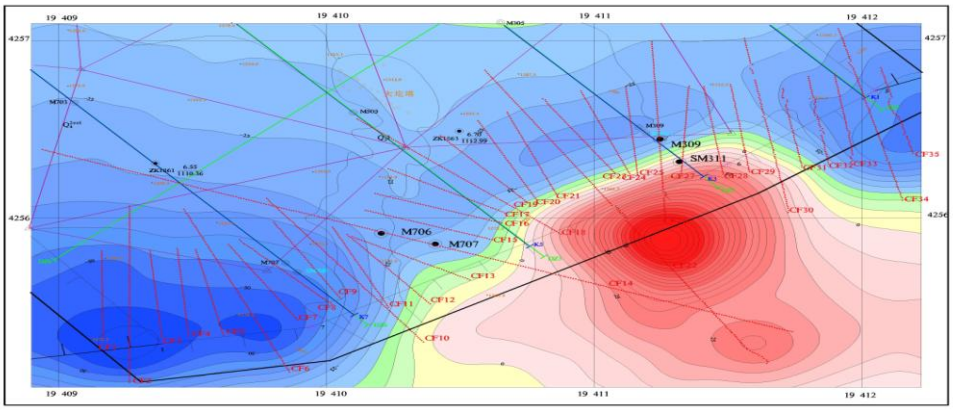


图 5　ΔT磁化极后向上延拓 100 米异常平面图

Fig.5　Plane map of 100 meters upword continuation anomalies after ΔT reduction-to-the-pole

从处理结果认为经ΔT垂向一阶导数异常(图 3)效果较好，主要表现为突出了异常体特征，压制了区域性深部地质因素的影响。而经ΔT磁化极(图 4)、ΔT磁化极后向上延拓(图 5)等处理手段后异常不清楚，边界特征不明显。根据ΔT垂向一阶导数处理成果，提出了 4 个验证孔(2 个有煤孔和 2 个无煤孔)，经钻探后全部得到了证实，因此认为在本井田或类似井田地质特征的火烧区边界的确定可以引用此方法。

6 结论

本次磁法工作准确地确定了 3 号煤层开始燃烧边界及燃尽边界，通过对成果资料的深入处理解释，垂向一阶导数处理后成果较为可靠，方便直观，可作为确定煤层自燃烧边界的主要依据。

参考文献:

1、管志宁《地磁场与磁力勘探》地质出版社 2005

2、周熙襄《磁法勘探》

3、张秀山《新疆煤田火烧区持征及其勘探灭火问题探讨》[J]西北地质 2001

4、陈垒、王卫东《陕西省榆林市金鸡滩—麻黄梁煤矿区详查报告》陕西省地矿局西安地勘院 1995

5、陈敏、邵伟《陕北侏罗纪煤田榆神矿区麻黄梁井田磁法勘查成果报告》陕西省地矿局第二综合物探大队 2007

6、张跃彬《磁法勘探在圈定煤田自燃区及在煤田地质勘察中的应用研究》中国新技术新产品 2009 年第 3 期

7、刘大为,刘天佑、董建华《小波多尺度分析在煤田火烧区磁法探测中的应用》[J]煤田地质与勘探 2005 第 6 期

8、李新安《陕北侏罗纪煤田煤层自燃磁异常特征》西北煤炭 2005 年 第 3 卷 第 02 期

9、王星明、郭栋《磁法在煤田自燃区勘探中的应用》第 8 届中国国际电磁学讨论会论文集 2007 年

10、朱晓颖、于长春、熊盛青、陈斌《磁法在煤火探测中的应用》物探与化探 2007 年第 31 卷第 2 期