

# 自然电位法在煤田火区勘察中的应用

李晓春, 李喜平, 徐广明

(内蒙古煤田地质局煤炭地质调查院 内蒙古 呼和浩特 010050)

**摘要:** 在内蒙古自治区第一批煤田(矿)勘察工作中,高精度磁法、同位素测氦等传统的煤田火区勘探手段在实际勘察中遇到了困难,而利用自然电位法有效地圈定了火区边界,与钻探结果吻合,说明了自然电位法是一种在火区复杂环境下效率较高的工作手段。

**关键词:** 自然电位法;煤火勘察;火区边界;燃烧深度

**中图分类号:** P631      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2012)03-0382-04

中国有50多处煤田火区昼夜燃烧,燃烧面积达720 km<sup>2</sup>,每年经济损失40亿元,在中国北方厚煤层多,气候干燥,北纬36°以北帕米尔高原到大兴安岭西皮的范围煤田,都有煤层在燃烧。虽然煤田自燃现象在历史上已经有着很长的时间,但真正关注和治理才刚刚开始,现阶段煤田火区勘探主要采取的是物探手段,如高精度磁法、自然电位、高密度电阻率、同位素测氦、红外仪测温等方法<sup>[1-3]</sup>,由于火区地质环境复杂,影响因素众多,不是所有的方法都能取得理想的效果。

## 1 自然电位法应用背景及工作原理

内蒙古东北部受燕山期活动影响大部分煤层赋存与玄武岩之下,当发现地下煤层燃烧时,地面物探常采取高精度磁法、同位素(活性炭)测氦圈定火区<sup>[4]</sup>。然而,由于玄武岩磁性远大于煤层燃烧所引起的磁异常,使得叠加异常难以分离,而同位素测氦在大面积基岩出露的区域又无法工作<sup>[5-6]</sup>;所以,在内蒙古自治区第一批煤田(矿)的灭火工作中,选取异常特征比较明显的火区作自然电位异常研究。研究表明,自然电位异常和地下煤层燃烧有着必然的联系。

煤层燃烧时,上部会形成氧化带,下部煤层缺氧形成还原带,致使上部煤层带正电,下部煤层带负电,其围岩顶底板则相反,这样就形成了自电回路(产生自然电场)。在煤层氧化加剧直至燃烧的过程中,温度向四周扩散,产生了强烈的蒸发作用,使氧化区成为了吸水区,周围岩层裂隙水不断向火区渗透,使得某种带电离子富集,形成耦合场,在耦合

电场作用下,火区的岩层裂隙水获得了很强的矿化度,形成了带电离子的导电溶液。这个过程产生的氧化还原电场和吸附电场是很不稳定的,可以尝试用自然电位的异常形态来确定火区燃烧边界<sup>[6]</sup>。

## 2 火区地质背景

自然电位法在内蒙古自治区第一批煤田(矿)火区勘察项目中广泛应用,经过对多个火区工作,最终选取了两个比较典型的火区自然电位异常场作为研究对象。

第一个为赤峰市元宝山五家镇煤矿。该矿区受燕山期—华力西构造岩浆运动影响,地表有大面积第三系玄武岩出露,地层为第四系、第三系、下白垩系,煤层主要赋存于白垩系阜新组,煤层厚度在0.74~30.12 m不等。常规的高精度磁法和同位素测氦在本区都未能取得良好效果,主要由于玄武岩地层出露,这些基性岩体的磁性异常覆盖了因煤层燃烧带来的地磁场变化,基岩大面积出露,导致同位素(活性炭)测氦的取土样或埋杯都不能正常进行。

第二个为霍林河市968露天煤矿。该区地层主要为侏罗系玛尼吐组、白垩系大磨拐河组组成,白垩系大磨拐河组为勘察区主要含煤层段,可采煤层厚度约14 m,同位素测氦受地表风化矸石覆盖影响,不能达到圈定火区的目的。

因为遇到上述困难,所以在火区勘察中不断提倡新方法的应用。经过对内蒙古第一批煤田火区勘察自然电位的测量资料分析,发现自然电位法对火区边界的圈定有良好的效果。

### 3 已知钻孔资料

图 1 给出了两个典型火区的钻孔取芯资料,其中 ZK1 ~ ZK3 位于赤峰市元宝山五家镇煤矿,ZK4 在霍林河市 968 露天煤矿。

在赤峰五家镇火区,ZK1 资料显示,含煤地层段为 48.7 ~ 51.8 m,该段测井温度较高,取芯发现煤芯为褐红色烧变岩,验证为燃烧区;ZK2 在 34.5 ~

36 m 为燃烧煤层,36 ~ 36.2 m 为泥岩底板;ZK3 在 27.8 ~ 32.4 m 为未燃煤层,32.4 m 以下基本为底板泥岩。

霍林河 968 煤矿为露天开采,火区位于正在开采的坑底煤层。由 ZK4 资料了解,4.4 ~ 15.4 m 为主要含煤层,也是该区正在燃烧煤层。取芯发现煤芯为褐红色的烧变岩,温度测井异常明显,验证为燃烧区。

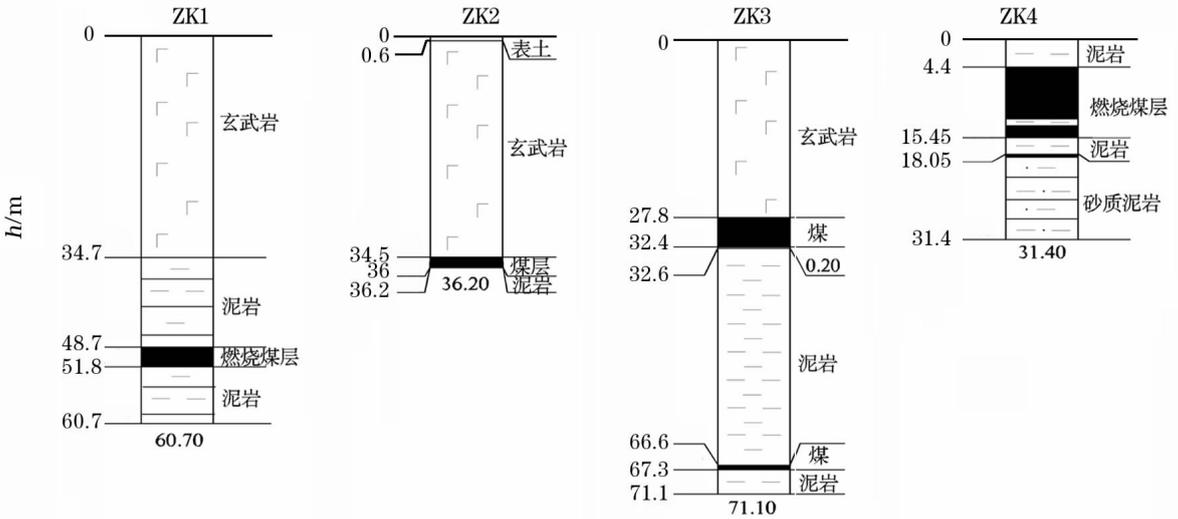


图 1 煤层火区钻孔柱状资料

### 4 物探工作布置

根据矿区煤层走向特征,物探测线以线距 25 m、点距 10 m、垂直于煤层走向布置,采用重庆地质仪器厂的 WDJ-3 进行自然电位野外数据采集,梯度法测量,误差范围  $\pm 2$  mV。在资料处理过程进行各点相对基点电位换算,对伪异常进行剔除,最终利用自然电位值  $\Delta U$  在已知火区上的测量结果,分析自然电位异常和火区之间的关系。

### 5 煤火区的自然电位异常分类

经过对内蒙古第一批火区勘察项目自然电位测量成果分析,最终选取 2 个地层特征不同,岩性差异较大,但异常在煤火区上的特征却有着很好相似性的矿区作对比。经对剖面曲线分析归类,将剖面异常形态大致分为 3 个类型(图 2):A 类异常曲线不稳定,波动剧烈,幅值在零值点上下波动;B 类异常梯度变化大,整体显负异常;C 类异常梯度较小,幅值较小且为正值。

以上三类异常是根据地表明火区和钻探验证火区上自然电位的变化形态划分的,经对 ZK1 ~ ZK4 的资料分析,证明自然电位曲线的异常特征不仅和

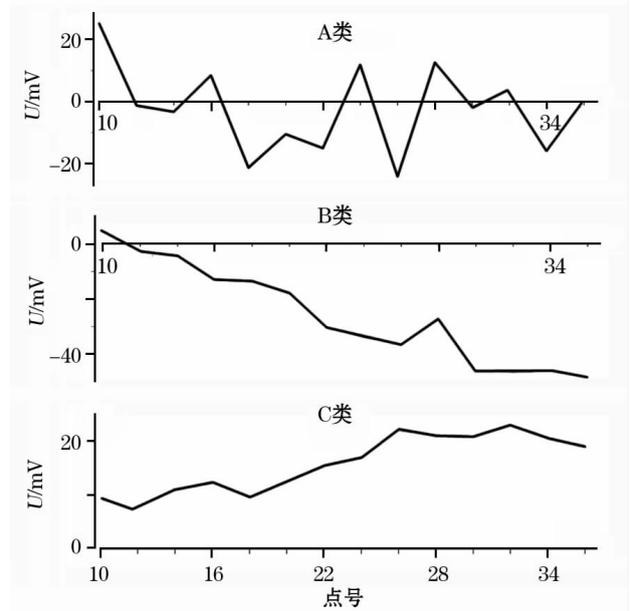


图 2 煤火区自然电位典型异常形态

地下煤层是否着火有关系,而且和煤层燃烧深度也有密切关系。

### 6 自然电位异常与火区的关系

赤峰五家矿区地表覆盖玄武岩厚度约 30 m,其

下伏是以泥岩为顶底板的3 m厚的煤层(图3)。ZK3证实煤层未着火,ZK1、ZK2在钻进约50 m时发现不同程度的温度异常,ZK2燃烧程度较高,取芯表明该煤层已部分成烧变岩状。钻孔所在的P4剖面北侧为正常区,自然电位曲线形态较稳定,电位值为较稳定的正值,幅值在5~20 mV之间;P4剖面南西地表塌陷,青烟弥漫,为明火区,自然电位在P4、P5两剖面出现-40~0 mV的负异常。纵观火区分布和自然电位异常形态,表现出的特征为:越是靠近火区中心,异常形态越稳定,幅值越大,火区上整体体现负异常,靠近火区边界时,异常形态由电位幅值较大且稳定的负异常向幅度较小的负值异常转

变,以至向正值过渡。

霍林河968露天煤矿火区位于采坑之内,地表只有0~4 m的泥岩覆盖,4~15 m为着火煤层,属浅部煤层着火。为了验证自然电位在浅部火区的异常特征,布置了5条物探测线,图4给出了该煤矿区的自然电位平面、剖面异常。图中可见,在明火区西侧有一近东西向的异常带,异常特征表现为自然电位变化剧烈,幅值在-20~20 mV之间跳跃,异常形态极不稳定,经钻探验证,由该异常圈定的范围为煤层燃烧区;在靠近火区边界时,异常逐渐稳定,且由正负波动过渡为较稳定的正值。

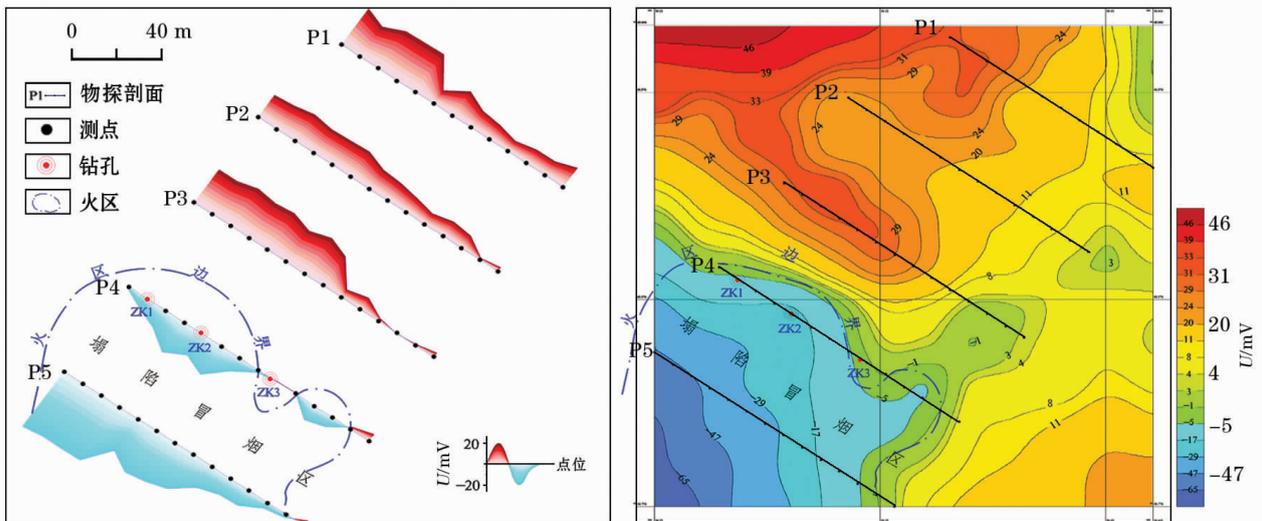


图3 内蒙古赤峰市五家煤矿自然电位异常

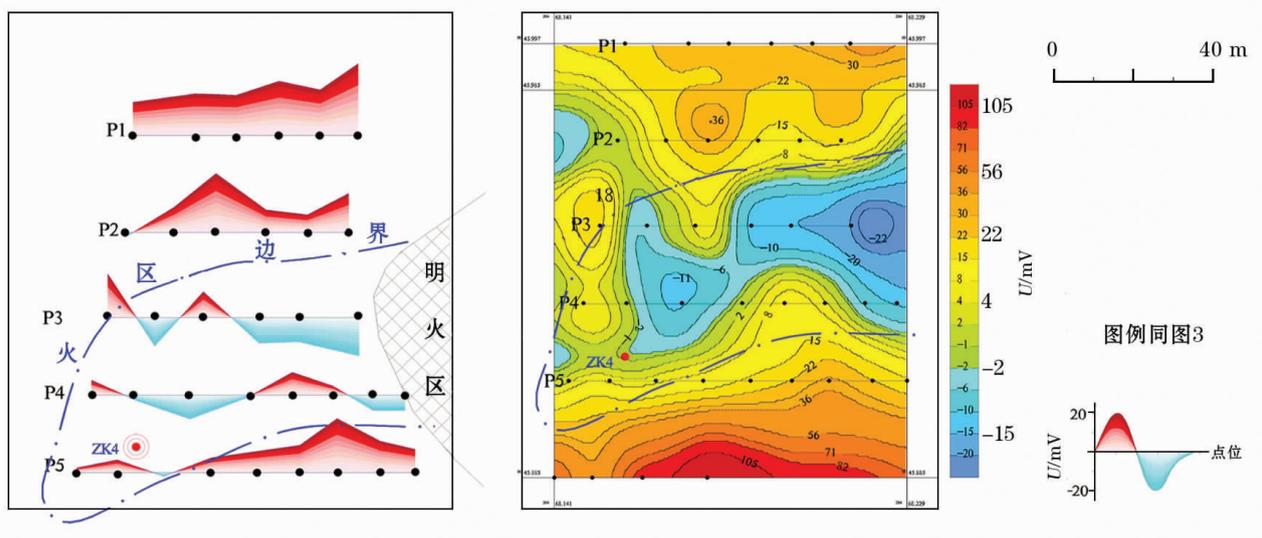


图4 内蒙古霍林河968煤矿自然电位异常

## 7 结论

自然电位在火区之上会有明显的异常特征,它和地下燃烧程度和燃烧深度有着一定的关系,进而也说明煤层是否燃烧和燃烧程度会直接影响自然电位产生的氧化还原电场、过滤电场的强弱。

经分析发现:①地下煤层没有着火时,自然电位为稳定的正值,工作区上的异常幅值变化范围为 5 ~ 20 mV;②当煤层燃烧深度较浅时,异常表现得极不稳定,数值在零值点上下剧烈波动,工作区上的异常幅值变化范围为 - 20 ~ 20 mV;③煤层燃烧深度较深时,自然电位表现为负异常,且越是靠近火区中心,异常越稳定,异常幅值越大。

国家对煤田火区勘探工作越来越重视,而现有的勘探手段却不同程度地受外界因素的影响。自然电位法是一种在火区复杂环境下效率较高的工作手

段,在此次火区勘察中取得了良好的效果,势必会在今后的火区勘探中发挥重要作用。

### 参考文献:

- [1] 余传涛,刘鸿福,张新军. 双频激电法在圈定煤矿火区中的应用[J]. 物探与化探,2011,35(2):223-225.
- [2] 王卫平,于长春,方迎尧. 内蒙古乌达地区地球物理场特征与地下煤火分布[J]. 物探与化探,2007,31(6).
- [3] 陈敏,邵伟. 应用地面磁法圈定煤田火区边界[J]. 物探与化探,2010,34(1).
- [4] 于长春,陈斌,王卫平,等. 物探技术在煤田火区探测领域的应用[J]. 物探与化探,2007,31(增刊).
- [5] 张秀山. 新疆煤田火烧区特征及其勘探灭火问题探讨[J]. 西北地质,2001,34(1).
- [6] 田晓华. 内蒙古桌子山煤田火区特征及灭火方法探讨[J]. 中国煤炭地质,2008,20(11).
- [7] 傅良魁. 应用地球物理教程[M]. 北京:地质出版社,1991.

## THE ANOMALY INVESTIGATION OF SELF-POTENTIAL METHOD FOR COAL FIRE AREA SURVEY

LI Xiao-chun, LI Xi-ping, XU Guang-ming

(Coal Geological Bureau of Inner Mongolia, Hohhot 010050, China)

**Abstract:** In the light of the high complexity and difficulty met by such traditional coal field fire area exploration methods as high accuracy magnetic method and isotope radon method in the actual reconnaissance, we need other more effective exploration methods. The authors utilized the self-potential method to delineate the boundary of the fire area, which was consistent with the drilling result. It is shown that the self-potential method is a fairly effective means in the complex environment of the fire area.

**Key words:** self-potential method; coal fire area survey; fire area boundary; depth of burning

**作者简介:** 李晓春(1984-),男,硕士学位,吉林大学地球探测信息与技术学院,应用地球物理专业。