

# NanoTEM 在寻找煤隆采空区中的应用\*

石桂 刘星 刘文祥

(广东省地质物探工程勘察院 广州 510800)

**摘要** 本文简要介绍了 NanoTEM 方法的快速关断和快速取样的特点,通过实际勘探结果说明了 NanoTEM 在煤隆采空区勘探中的显著效果。

**关键词** NanoTEM 煤隆 采空区 勘探 快速关断 快速取样

## THE APPLICATION OF NANOTEM IN EXPLORING MINED CAVERNS OF COAL BED

SHI Gui LIU Xing LIU Wenxiang

(Institute of Geology & Geophysic Engineering Exploration in Guangdong Province, Guangzhou 510800)

**Abstract** The method of NanoTEM is introduced in this paper, especially its characteristic of quick - off and quick - sample. Also, the fact of survey proved that the method of NanoTEM is very effective to explore mined caverns of coal bed.

**Key words** NanoTEM, Coal bed, Mined caverns, Survey, Quick - off, Quick - sample

### 1 引言

废弃的煤隆对公路工程的危害是相当大的,所以必须有效的勘探到它们的位置、埋深、规模等情况,以进行工程上的防治、处理。纳米瞬变电磁法(下称 NanoTEM)在对煤隆勘探有以下优点:

- (1) 勘探深度大,一般情况下可达 200 ~ 300m;
- (2) 装置轻便,工作效率高;
- (3) 异常形态简单,易于识别;
- (4) 纵向分辨率高,平面定位准确。

### 2 NanoTEM 方法简介

NanoTEM 是一种快速关断和快速取样的瞬变电磁法系统。在美国 Zonge 公司生产 GDP - 32<sup>II</sup> 多

功能电法仪中, NanoTEM 的采样间隔为 1.2 ~ 1.6  $\mu\text{s}$ ,在 100m 回线内关断时间可小于 10 $\mu\text{s}$ 。表 1 为 NanoTEM 的某些回线尺寸的近似关断时间。

表 1 NanoTEM 近似关断时间表

Table 1 Approximate turn - off time of NanoTEM

回线尺寸/m	关断时间/ $\mu\text{s}$
10 × 10	1.2
20 × 20	1.5
40 × 40	5.0
100 × 100	6.0

而对于常规瞬变电磁法系统(TEM)的采样间隔为 30.5 $\mu\text{s}$ ,它的斜波关断时间,美国 Zonge 公司提供了一个近似的估算公式

\* 第一作者简介:石桂,从事应用地球物理研究. Email:gzliux@163.com

$$T = \frac{2 * L^{1.25}}{5 + R}$$

式中,  $T$  为斜波关断时间( $\mu\text{s}$ );  $L$  为回线边长(m);  $R$  为回线总电阻( $\Omega$ )。

例如,对总电阻为  $4\Omega$  的  $100 \times 100\text{m}$  回线其关断时间为  $T = 2 * 100^{1.25} / (5 + 4) = 70\mu\text{s}$ , 如果利用矩形回线, 则用平均边长, 例如, 使用  $300 \times 600\text{m}$  回线, 则用  $(300 + 600) / 2 = 450\text{m}$  作为边长。

为了便于说明 NanoTEM 较常规 TEM 的快速关断特点, 以  $0.01\Omega \cdot \text{m}^{-1}$  规格的回线来进行比较(表 2)。

表 2 NanoTEM 与常规 TEM 关断时间比较表  
Table 2 Comparison of turn-off time between NanoTEM and general TEM

回线尺寸/ m	总电阻/ $\Omega$	NanoTEM 关断 时间/ $\mu\text{s}$	常规 TEM 关断 时间/ $\mu\text{s}$
10 × 10	0.4	1.2	6.5
20 × 20	0.8	1.5	14.5
40 × 40	1.6	5.0	30.5
100 × 100	4.0	6.0	70.2

从表 2 可见, NanoTEM 的关断时间一般为常规 TEM 关断时间的  $1/10 \sim 1/5$ 。

NanoTEM 正是凭借快速关断和快速取样的特点, 从而更有效的实现浅层详细的勘探。

### 3 工程实例

#### 3.1 白石门隧道煤隆采空区勘探

此隧道为广东省清远—连州高速公路的一座拟建隧道。隧道需穿过连阳煤矿和众多民采煤矿采空区, 故需查清煤隆位置、规模等情况, 为隧道设计、施工提供地质资料。

测区位于连州白石门—九陂镇墩头村一带, 第四系土层主要为残坡积粘性土, 基岩主要为二叠系上统龙潭组( $P_{21}$ )的砂质页岩、细砂岩、泥灰岩, 石炭系中统石磴子组( $C_{1db}$ )灰岩。煤矿主要赋存于二叠系上统龙潭组地层中。煤隆深度为几米~200m, 洞高 1~10m。

工作中采用 NanoTEM 法, 使用美国 Zonge 公司生产 GDP-32<sup>II</sup> 多功能电法仪, 中心回线装置, 发射线框为单匝  $90 \times 90\text{m}$  方框, 接收信号采用

SB250kHz 型磁探头(等效面积  $2000\text{m}^2$ ), 关断时间为  $6\mu\text{s}$ , 采样间隔为  $1.6\mu\text{s}$ , 发射电流为  $2.5\text{A}$ 。

图 1 为 Z0 线电压剖面图及推断地质剖面图。从 15~45 号点响应电压出现早期测道(1~5 道)下降, 而晚期测道(10~20 道)上升现象, 这是因为上部有高阻体下部有低阻体存在而产生不同的瞬变电磁响应所致。地质上推断存在多层煤隆, 上部为干燥的煤隆, 下部为积水的煤隆。

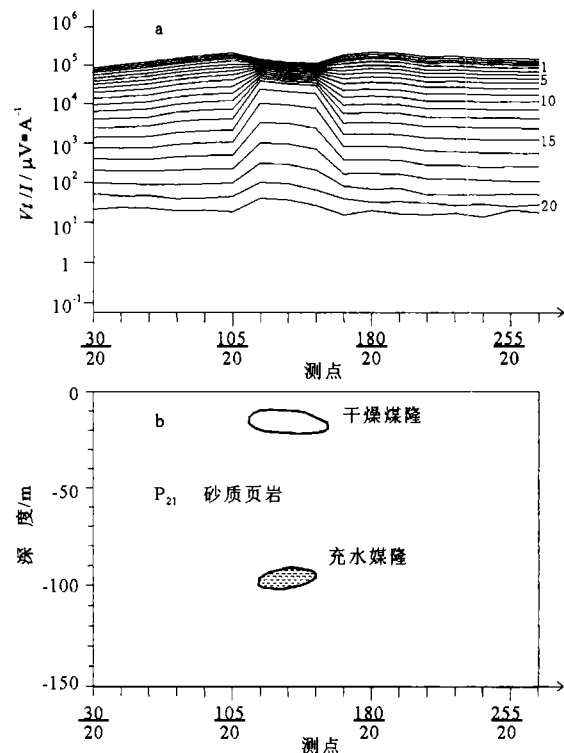


图 1 Z0 线电压剖面图及推断地质剖面图  
Fig. 1 Voltage section and deduced geological section along Line Z0  
a. Z0 线 NanoTEM 响应电压剖面(发射线框边长:  $90 \times 90\text{m}$ ); b. 推断地质剖面图

#### 3.2 枣梢沟煤矿采空区勘探

枣梢沟煤矿为陕西省榆林—神木高速公路锦界镇境内的一座煤矿。工作的目的是查清采空区的具体范围。

工区第四系土层主要为风积沙和黄土, 下伏基岩为侏罗系中统延安组( $J_{2y}$ )砂岩、砂质泥岩。煤层埋深  $83 \sim 103\text{m}$ , 采矿方式以房柱式为主。采空区内一般半积水, 表现为低阻。

工作中采用 NanoTEM 法, 使用美国 Zonge 公司生产 GDP-32<sup>II</sup> 多功能电法仪, 中心回线装置, 发射线框为单匝  $40 \times 40\text{m}$  方框, 接收信号采用

SB250kHz 型磁探头(等效面积 2000m<sup>2</sup>),关断时间为 5μs,采样间隔为 1.6μs,发射电流为 3.0A。

图 2 为 K 线电压剖面图,图 3 为 K 线反演视电阻率断面图。图 2 中,在 63120 ~ 63140 和 63170 ~ 63440 显示 TEM 异常,表现为电压曲线呈弧状上升,感应电压强烈,反映地下低阻地质体的存在。而半积水的煤隆采空区相对于砂岩、砂质泥岩是低阻,所以 TEM 异常段正是采空区的反映。图 3 中,在同样的位置的反演视电阻率上部与两侧电阻率差异不大,都为 100Ω·m 左右,而下部 70 ~ 100m 的视电阻率在 10Ω·m 左右,这与地质资料说明采空区在 83 ~ 103m 是比较吻合的。

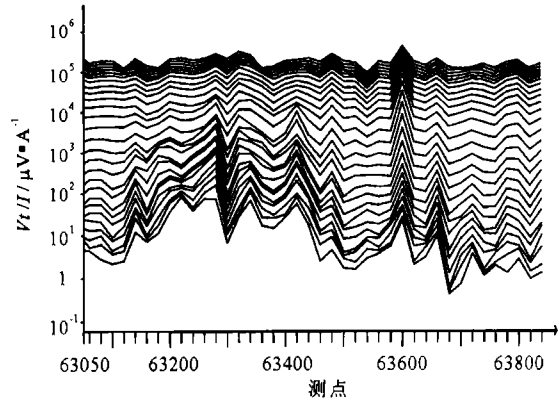


图 2 枣捎沟煤矿 K 线响应电压剖面  
Fig. 2 Voltage section along Line K

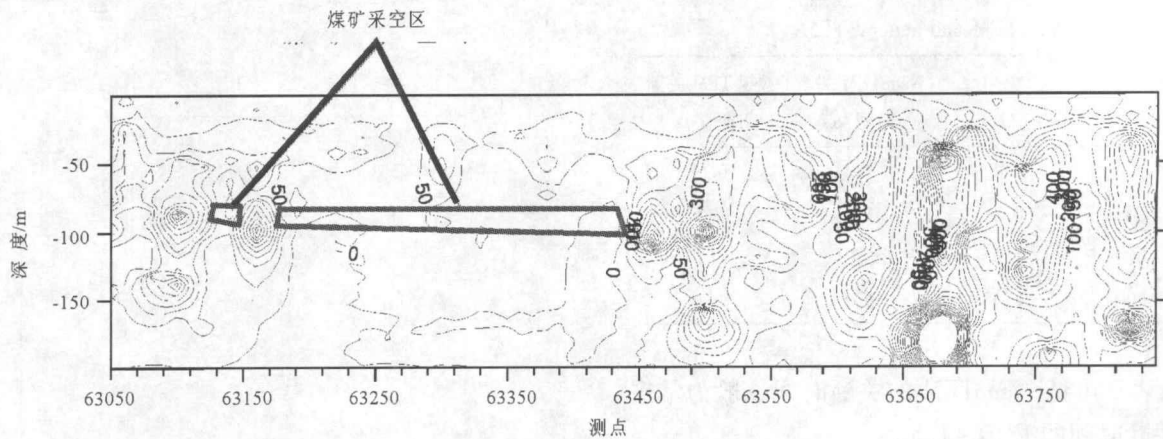


图 3 枣捎沟煤矿 K 线反演视电阻率断面图  
Fig. 3 Section of apparent resistivity obtained by inversion along Line K

### 4 结 论

### 参 考 文 献 ( 略 )

实际应用表明,NanoTEM 法在煤隆采空区勘探中可获得显著效果,它对高阻特性的干燥煤隆或低阻特性的充水煤隆都能有效的探测出来,为工程设计和施工提供较为准确的地质资料。