

# 掘进工作面前方小构造富水性评价研究

## Research on the Evaluation on the Small Structure Water-Rich in Frond of Excavating Working-face

张广博 张黎黎

Guangbo Zhang Lili Zhang

湖北省电力规划设计研究院有限公司 中国·湖北 武汉 430000

PowerChina Hubei Electric Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**摘要:** 论文介绍了矿井瞬变电磁法的基本理论。结合在许疃矿 7<sub>2</sub>211 运输巷掘进工作面上的应用实例, 经过与后期的钻探资料对比分析: 矿井瞬变电磁法可以对掘进工作面前方隐伏的小构造富水性进行判断, 为预防矿井水害提供有效的技术支持。

**Abstract:** This paper introduces the basic theory of mine transient electromagnetic method. With the application examples of excavating working-face in Roadway 7<sub>2</sub>211 Xutuan Mine, after the analysis to the late drilling data: mine transient electromagnetic method can judge the small structure water-rich, which is concealed in front of the tunneling faces, this paper has provided effective technical support for the prevention from mine water damage.

**关键词:** 矿井瞬变电磁法; 掘进工作面; 富水性

**Keywords:** mining transient electromagnetic method; tunneling face; water content

**DOI:** 10.12346/sc.v5i2.8694

## 1 引言

水害是煤矿主要灾害之一, 煤矿井下水患灾害不断发生, 造成巨大的人员伤亡和经济损失。其中导致矿井水害事故及煤炭资源开采困难的主要原因之一就是富水小构造发育, 比如小断层和小褶皱。有效防止了富水小构造所引起的水害, 安全生产也是煤矿工作最重要的环节。

目前常用于探查掘进巷道前方富水小构造的物理勘探方法主要有槽波地震勘探法、井中无线电波勘探技术和矿井瞬变电磁勘探技术等。槽波地震勘探法在掘进巷道施工困难; 井中无线电波勘探收发装置要在不同的巷道; 而矿井瞬变电磁法勘探横向分辨率高, 体积效应小, 施工便捷, 能有效探测富水小构造。

## 2 矿井瞬变电磁勘探技术

### 2.1 矿井瞬变电磁法勘探原理

矿井瞬变电磁法原理是: 发射装置向巷道周围导电岩层中辐射一次电磁场, 接收装置接收到巷道周围导电介质产生

的二次感应场。

在矿井瞬变电磁场中, 一次磁场电磁能量直接从通了一定电流的发射装置扩散到巷道岩层中, 在线圈附近一定范围建立一个稳定磁场, 并在线框附近一定范围内的导电介质中产生感应电流, 在导电介质中感应电流随着时间的推移向地下深处逐步扩散。断电后, 感应电流产生的磁场也瞬间消失, 为了维持之前存在的磁场从而在巷道岩层中产生感应电流, 直到磁场能量因巷道岩层的热损耗而消耗完毕。在瞬变场建立早期, 电磁场的形成过程因大地的阻碍作用而相对缓慢; 在晚期, 电磁场以“烟圈”形式沿 47° 倾斜锥面逐渐向巷道周围岩层中扩散, 随着深度的不断增加致使出现极大值的时间也向后推移。

### 2.2 地质—地球物理特征

在煤矿煤系地层中, 煤层电阻率值相对较高, 存在构造破碎带时, 如裂隙、陷落柱、断层等情况, 当构造富水性和导电性较好时, 表现为低阻异常; 当构造富水性和导电性较差时, 表现为高阻异常。据井下实际资料显示, 一些大的构

【作者简介】张广博(1989-), 男, 中国河南安阳人, 硕士, 工程师, 从事地球物理勘测研究。

造带本身虽含水性差，导水性差，但是在其周围伴生、次生的很多小断层及裂隙等往往呈富水性，导水性也较强。这种类型的构造容易被人们忽略，容易引发矿井水害事故。因此，只要岩层中有构造发育，都会破坏原始岩层在纵向和横向上的导电性差异，正是因为存在这一差异，矿井瞬变电磁法探测技术才具备着充分的地质条件。

### 3 矿井瞬变电磁法工作装置及技术

#### 3.1 探查装置

矿井瞬变电磁法采用  $2\text{m} \times 2\text{m} \times 40$  匝的发射线圈和  $2\text{m} \times 2\text{m} \times 60$  匝的接收线圈组成的重叠回线装置。矿井瞬变电磁法探测仪器选用的 Terra TEM 型瞬变电磁仪，生产于澳大利亚。

#### 3.2 测点方向选择

为探查掘进工作面前方的赋存水情况，应对其顶板、顺层、底板上的电性变化规律做综合分析<sup>[1]</sup>。一般顶板方向探测线圈与岩层倾向夹角  $\alpha$  为  $135^\circ$ ，顺层方向探测线圈法线方向平行于岩层倾向方向，底板方向探测线圈与岩层倾向夹角  $\alpha$  为  $45^\circ$ 。

#### 3.3 施工技术

矿井瞬变电磁法测点布置，是以巷道左侧帮的某个测点为起始点，探测的范围是以巷道迎头为原点的扇形区域。在数据采集过程中，应使线圈尽量避免与迎头金属支护的直接接触。

## 4 应用实例

### 4.1 水文地质情况

许疃矿 7<sub>2</sub>11 工作面 7<sub>2</sub> 煤层属二叠系下统下石盒子组，地层包括过渡相砂岩、砂泥岩互层、粉砂岩、铝质泥岩及煤层。工作面地质构造极其复杂，主要由断裂构造构成，煤层地层为南北走向，向东倾斜的单斜构造。煤层倾向  $6\sim 18^\circ$ ，平均约为  $12^\circ$ 。

该工作面具有繁复的水文地质条件，主要充水水源为 7 煤层组顶底板砂岩裂隙水及上区段 7<sub>29</sub> 老空水。7<sub>2</sub> 煤层顶底板砂岩裂隙水以静储量为主，在诸如断层之类的构造较发育地段易产生顶板滴、淋水的问题，这都会成为阻碍掘进施工的不利因素。根据三维勘探资料及 7<sub>29</sub> 工作面采掘的相关技术资料，该工作面共发育 6 条断层，对工作面掘进影响较大。而在该工作面掘进巷道前方存在一条未揭露的名为 SDF42°（倾角  $45^\circ$ 、走向  $57^\circ$ ）的逆断层，落差 0~6m。

掘进到巷道 L5+60m 位置，巷道迎头顶板淋水较大。为了查明淋水水源和巷道迎头前方断层富水性及其与顶底板岩层富水性的关系，采用磁偶源重叠回线测量装置的矿井瞬变电磁法勘探技术，探查巷道迎头前方以及顶底板一定范围内岩层富水性情况，以充分的技术条件保障在巷道掘进中的防治水工作顺利进行<sup>[3]</sup>。

### 4.2 探测资料的采集、分析与解释

勘探测线布置在 7<sub>2</sub>11 运输巷 L5+60m 迎头及两侧帮，迎头两侧为锚喷支护，测点间距 5m，迎头测点间距 2m 左右，共布置  $14 \times 3=42$  个物理点。

根据中国矿大（矿井/隧道）瞬变电磁法数据处理与解释系统软件对数据进行的处理，得到掘进工作面前方视电阻率拟断面图，如图 1 所示，单位  $\Omega \cdot \text{m}$ 。

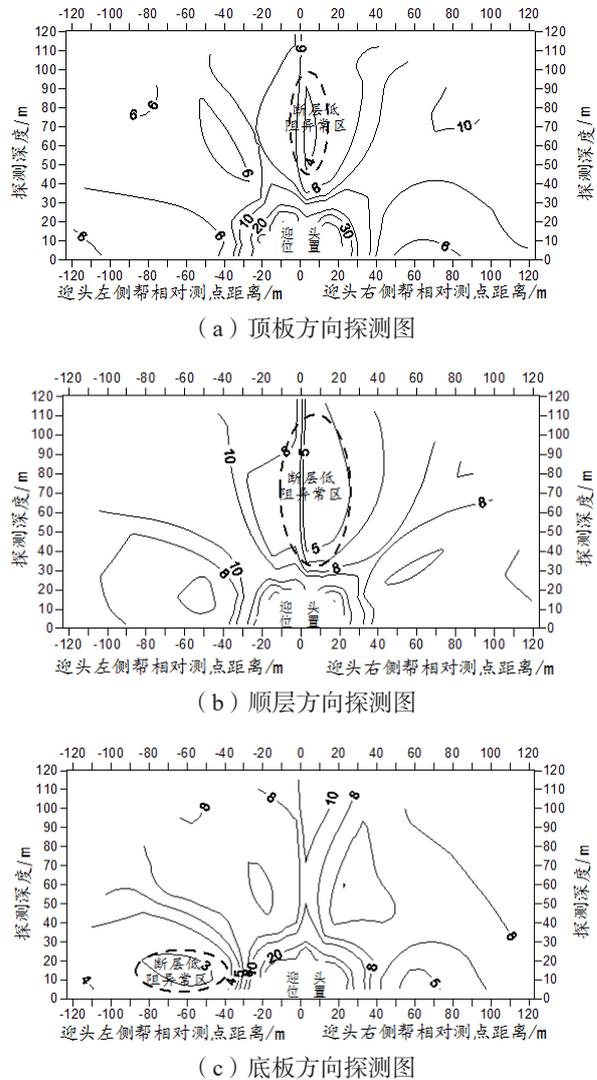


图 1 L5+60m 处瞬变电磁法探测视电阻率拟断面图

从图 1 (a) 中顶板方向迎头正前方沿探测方向距离大于 35m 范围，顶板视电阻率等值线数值不高于  $5\Omega \cdot \text{m}$ ，属于低阻异常区；图 1 (b) 中顺层方向迎头正前方沿探测方向深度大于 30m 处，等值线数值不高于  $5\Omega \cdot \text{m}$ ，属于低阻异常范围，说明运输巷迎头位置右前方 20~70m 范围岩层局部含水裂隙发育，大于 70m 处岩层富水性减弱；图 1 (c) 中底板方向左侧帮沿探测方向距离大于 40m 范围，等值线数值不高于  $4\Omega \cdot \text{m}$ ，周围属于相对高阻，说明运输巷迎头位置左侧帮底板下 20~30m 范围岩层局部含水裂隙发育，大于 30m 范围岩层富水性减弱<sup>[2]</sup>。

对比 7<sub>211</sub> 运输巷 L5+60m 迎头顶 - 顺 - 底三方向探测结果, 迎头前方 20~70m 范围, 正前方偏右直接顶板岩层富水裂隙发育, 向顶板方向大于 40m 范围岩层富水性减弱, 巷道掘进到此范围将会淋水, 前方底板方向 50m 范围岩层富水性较弱。异常区的位置与断层位置相符, 该断层在巷道正前方富水性强, 并且向上、向下富水性减弱。因而在该范围底板方向建议巷道掘进中注意右侧前方及顶板出水量变化, 以便及早采取防治水措施。

## 5 结语

①通过文中对已知地质条件和地球物理特征的详细分析, 再结合工程实际应用情况, 证明矿井瞬变电磁法是能够有效地对掘进工作面前方隐伏的小构造富水性进行探查, 为煤矿安全生产提供技术上的有力支持。

②矿井瞬变电磁法具有采集数据量小、施工便捷、横向分辨率高等优点, 可以广泛应用于其他矿井物探方法施工困难的巷道, 比如巷道掘进迎头探查或巷道长度有限等。

③由于一次场的影响, 矿井瞬变电磁法无法探查到迎头周围 20m 范围内的地质信息, 并且受全空间效应的影响, 对异常体空间定位影响较大。

## 参考文献

- [1] 于景邨, 刘志新. 用瞬变电磁法探查综放工作面顶板水体的研究[J]. 中国矿业大学学报, 2007(4).
- [2] 姜志海. 巷道掘进工作面瞬变电磁超前探测机理与技术研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2008.
- [3] 张同俊. 葛亭煤矿陷落柱发育规律及富水性特征[J]. 煤炭科学技术, 2012(6).