

• 矿井物探 •

黄陵一号井快速堵水工程中的综合物探技术

程建远 韩德品 夏宇靖 石亚丁 王信文 (煤炭科学研究院西安分院 710054)

赵林章 李孝波 季治文 李润民 (陕西黄陵矿业公司 黄陵 727307)

摘要 使用地面高分辨电测深法与稳态瑞利波法为主,浅层地震和流量监测为辅的快速综合物探技术,对黄陵一号井小煤窑突水通道进行多方法、多参数、多方位聚焦快速综合探测,克服了单项物探多解性的缺点,大大提高了探测准确度。按照该物探结果进行地面注浆,堵水率达到95%以上,取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词 综合物探 突水通道 堵水 结果

中国图书资料分类法分类号 P631

作者简介 程建远 男 35岁 博士研究生 高级工程师 煤田物探

黄陵一号井是陕西黄陵矿业公司所属的现代化矿井,年设计生产能力400万t。初期已形成了100万t/a的生产能力。该井构造条件和水文地质条件简单。但是该矿周围约有25个小煤窑,流经该矿的沮水河上游两岸更是小煤窑遍布,且相互连通。因此老窑水的威胁成为黄陵一号矿安全生产的重大隐患。1998年9月,沮水河上游小煤窑由于滥采乱掘河床保安煤柱,造成河床开裂和局部范围塌陷,河水灌入地下致使上游所有小煤窑陆续被淹。1999年元月,黄陵一号井西大巷侧壁开始渗水,同年3月24日,西大巷侧壁发生突水,最大涌水量达800m³/h。几小时内,三条水平大巷全部淹没,矿井停产达6个月之久,造成直接经济损失超过3401万元。

经过矿井前期疏排、沮水河流量监测等工作,初步分析认为:本次发生的灾害性突水事故,可能是由于邻近的地方小煤窑非法越界,破坏了保安煤柱诱发的。为了尽早堵水复矿,需要迅速查明突水点附近的地下导水通道,但是小煤窑拒绝提供保安煤柱附近采掘资料,从而给黄陵一矿治水方案的确定造成极大困难。为此受陕西煤炭厅、黄陵矿业公司委托,煤科总院西安分院采用综合物探技术,在地面对突水点附近实施了综合地球物理探测,查明了所测区段采空区和老窑巷道的平面位置与范围,并及时提供了地面注浆的建议孔位。

1 区域地质 物性特征与勘探方案

1.1 地质条件

本区地面物探工作条件非常复杂。黄陵一号井的井下突水点,在地面上位于一个深沟陡坡上,两侧地形属黄土高原中等切割和侵蚀的低山地貌。

井田内中生界地层发育,中下侏罗统延安组为井田内含煤地层,自上而下分别为0、1、2、3号煤层,主采煤层为2号煤,位于本组底部。本次勘探的目的层深度在30~60m之间。

1.2 物性条件

区内煤层顶板以砂岩为主,电阻率较低,一般为10~50

$\Omega \cdot m$,而2号煤层属变质程度不高的肥气煤,电阻率较高,一般为100~500 $\Omega \cdot m$ 。在地层没有被破坏的情况下,地层电阻率随深度加大由低到高变化;而当存在充水的老窑采空区时,电阻率将表现为明显的低阻特征。这是电法勘探的物理前提。另一方面,煤层的顶板为砂岩,密度、波速较高;而从测井曲线上可以看到:煤层具有低速度、低密度的特点,与围岩存在明显的波阻抗差异;在老窑采空区附近,煤层的连续性被破坏,老窑的空区或塌陷物松散堆积,在密度、波速方面都与正常地层不能比拟,从而成为利用瑞利波、浅层地震勘探的物性前提。

1.3 勘探方案

在综合考虑地表施工条件、煤岩层物性条件的基础上,有针对性地提出了“以地面高分辨电测深法、电剖面法、瑞利波法为主,浅层地震法、水量监测法为辅”的综合探测方案。工程量布置以出水点为中心,共设计勘探线10条,控制测线长度2623m,并在出水点附近进行了加密测量。

具体施工顺序是:

- a. 利用地电剖面法在目的层深度上进行平面普查;
- b. 在电剖面法的异常区段,使用地面高分辨电测深法进行详查,进一步确定重点异常地段;
- c. 利用地面稳态瑞利波法,在重点异常地段对异常体的赋存深度加以定性、定量解释;
- d. 利用浅层地震技术,对老窑巷道的平面延展范围进行追踪控制。

这几种物探方法的配合使用,从物性条件上,具有互补性;从时间、空间上,可以逐步实现由粗到细、由定性到定量的探测效果,节省了不必要的工作量;从地质效果上,不同物探方法相互验证,去伪存真,减少了单一物探方法解释的多解性,对突水通道的确定起到了聚焦作用。

2 物探方法对老窑采空区的反映

2.1 电测深法资料特征

图1为2线高分辨电测深法视电阻率低阻异常断面图,该图在-14~4m地段出现的一个视深度约40m、宽度18

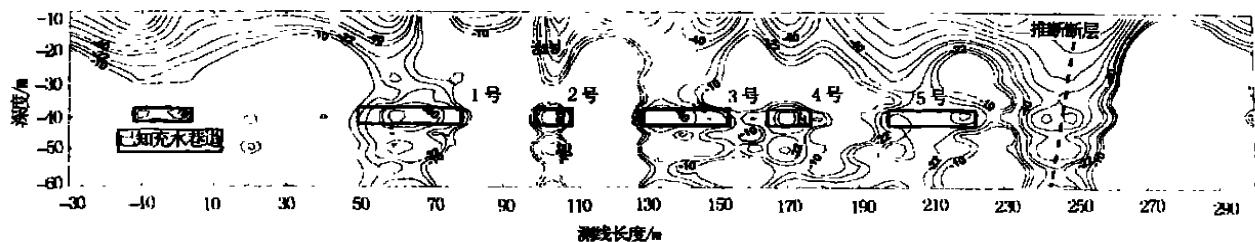


图 1 2 线高分辨电测深法视电阻率低阻异常断面图

m、高度 4 m 的低阻闭合圈, 是一条已知充水的主巷道局部地段, 此处低阻异常 $\Delta\varrho \leq -10$ 可作为判定老空含水的标准。由已知到未知, 该图由左向右新发现了 6 个低阻异常区, 它们分别是 1、2、3、4、5、6 号。这些低阻异常闭合圈, 除了 6 号异常为断层导水的反映外, 其余几个异常定性解释为局部老窑采空和塌陷积水区, 其宽度很不规则。经过后期地面钻孔验证(图 4), 上述解释推断是正确的。

2.2 瑞利波资料特征

2.2.1 间断型异常

在 $D - V_R$ (深度 - 平均速度) 曲线上以一定间隔的间断形式表现, 如图 2(a)。一般地, 间断型异常是空洞存在的反映, 上断点直接反映洞顶位置, 下断点基本反映洞底深度。这种间断型异常出现的原因, 与老窑采空区中不存在剪应变有关(如老窑充气或含水)。

2.2.2 直杠型异常

在 $D - V_R$ 曲线呈现 $V = \text{常数}$ 的形态或分支, 或与间断型异常组合, 是空洞存在的另一种表现形式。在间断型曲线的间隔内部, 即洞穴的中部, 出现若干 $V = \text{常数}$ 的直杠点, 如图 2(b)。以多组短直杠共存, 往往是裂隙发育的标志, 规模较大的单组直杠多与空洞有关。

2 线的 50~80 m 段、100~110 m 段、128~145 m 段, 利用地面稳态瑞利波解释所发现的空洞异常, 与电法低电阻率异常完全吻合, 并在老窑深度定量解释方面, 进一步验证了电法结果, 提高了综合解释的精度。

2.3 浅层地震资料特征

电法勘探对于充水的老窑采空区, 其低阻电性特征十分明显; 而对于规模较小的、不含水巷道(如充气)存在时, 则难以确认。另外, 对于含水的老窑采空区, 老空水的长期渗透与浸润后能造成巷道坍塌等情况, 单纯依靠电法资料也难以准确圈定老空边界。在这些方面, 地面浅层地震技术可以弥补

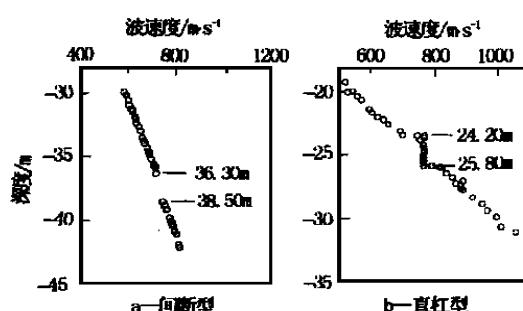


图 2 稳态瑞利波异常曲线

电法勘探的不足, 并可以对电法、瑞利波所确定的老窑采空区平面延展范围加以准确追踪。

图 3 中, 小煤窑的一条近东西向的联络巷道, 宽度较窄(仅为 2.5~3.0 m)与电法勘探线夹角较小。高分辨率电法勘探成果上, 该条巷道的异常反映不太明显。从图 3 所示的地震剖面上, 可以明显地解释出这一条巷道及其宽度。

3 突水通道的综合解释

3.1 综合物探解释原则

地面电测深、电剖面法、瑞利波以及浅层地震勘探成果中, 凡是 3 种或 3 种以上方法有可靠异常反映的, 确定为一级异常(可靠); 两种方法有异常反映的异常为二级异常(较可靠); 只有一种方法有反映的为三级异常, 仅作为参考。

一般高分辨电测深法、瑞利波法及浅层地震勘探成果比较可靠, 而电剖面法受地形、矸石山等影响较大。当电剖面法与电测深法发生冲突时, 以电测深法成果为准。

3.2 综合物探解释结果

综合以上物探成果, 结合地面地质调查以及对小煤窑开采方式的分析, 对于突水通道得到以下解释结果。(图 4)

3.2.1 老空区储水

电法勘探结果表明: 在突水点西侧约 30 m 远处, 存在一个 70~80 m \times 40 m 的地下采空区, 走向南北, 为小煤窑的一个工作面。地面环型塌陷裂缝也证实了这一解释。该工作面侵入保安煤柱约 70 m, 其标高大于黄陵一号井大巷标高, 估算静水储量约 2 500~3 000 m³ (不包括补给量)。

3.2.2 主要导水通道

在小煤窑工作面东侧, 查出了 5 条老窑巷道(参见图 1: 该图中 6 号异常为断层反映), 以房柱式采煤方式, 逼近一号井西大巷, 尤其是在突水点两侧宽约 70 m 范围内, 有三条巷道穿插到西大巷附近, 且老窑巷道宽度极不规则, 距离突水点最近的 II 号通道已进入西大巷底板。由此可以判断: I 号、II 号、III 号通道, 是造成这次突水的直接原因。

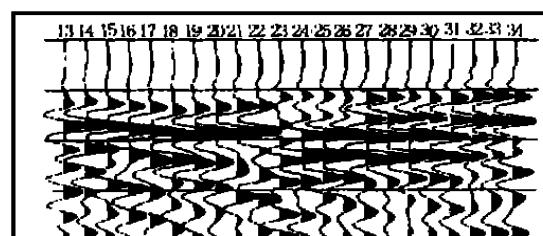


图 3 老窑巷道在浅层地震剖面上的反映

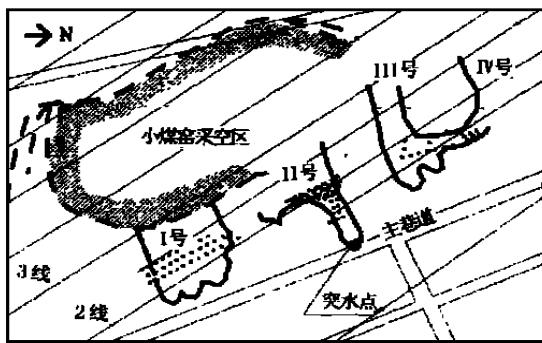


图 4 黄陵地区物探平面成果图

3.2.3 突水点的形成机制

分析认为:突水水源来自上游沮水河,通过上游相继被淹的小煤窑,进入黄陵一号井附近的小煤窑;由于上游水位高于一号井标高 30 m 左右,地方小煤窑完全破坏了一号井的 100 m 保安煤柱,从而造成了河水—老空—小煤窑巷道—裂隙进入大巷的突水通道。在突水点形成过程中,以中间 II 号通道为主, I 号、III 号通道为辅,通过老窑巷道、裂隙附近的薄弱地带汇合,发生突水。(图 4)

4 验证

按照以上综合物探成果,黄陵矿业公司在与突水点有直接连通关系的 I、II、III 号三个导水通道上,分别设计了 3~4 条平行于测线的钻探线,局部形成了 $2.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ 的注浆网度,对地面综合物探成果进行了全面的验证。其中: I 号通道布置注浆钻孔 39 个,平面宽度近 30 m,注浆量达到 788 m^3 ,物探成果的验证率达到 92% 左右,老窑采空区的边界摆动误差小于 3 m; II 号通道布置注浆钻孔 59 个,平面宽度 12.5 m,注浆量 558 m^3 ,物探成果的验证率达到 96%,老窑采空区的边界摆动误差在 2 m 左右; III 号通道地面注浆验证了 18 m 宽的采空区,布置钻孔 23 个,注浆量达到 207 m^3 ,物探成果的验证率达到 85%,老窑采空区的边界摆动误差在 5 m 左右。部分钻孔打在采空区中留设的煤柱上。

该地面物探工作,从 1999 年 4 月 20 日开始野外施工,5 月 18 日提交最终勘探成果;同年 5 月 28 日开始地面注浆,

直到 8 月 25 日完成了 121 个钻孔的地面注浆任务。井下突水量由原来的 $800 \text{ m}^3/\text{h}$ 减小到 $30 \text{ m}^3/\text{h}$,堵水率由原来预计的 60% 提高到 95% 以上。使该矿于 1999 年 9 月 25 日全部恢复正常生产。

5 结论

a. 优化出以地面高分辨电测深法、电剖面法、稳态瑞利波法为主、浅层地震与水量监测为辅的一套小煤窑快速探测的综合物探技术,实现了多方法、多参数的综合探测,减少了单一物探方法解释的多解性,大大提高了探测准确度。

b. 由于该处小煤窑采用房柱式的采煤方式,采掘系统布局混乱,使物探成果解释难度加大,部分煤柱受水浸泡可能被误解释为老窑,对于老窑边界的解释精度有待于进一步提高。

c. 综合物探技术在突水通道及井下潜在突水点探测方面,是一种快速简便、效果较好的方法,值得在受小煤窑老空水威胁的矿井推广使用。

在本次黄陵一号井地面综合物探工作中,我院潘振武研究员、王成绪研究员、王延福研究员多次深入现场,对物探工程布置、成果综合解释等提出了十分宝贵的建议,原焦作矿务局副总工程师夏镛华仔细审阅了全文。在此向他们表示衷心的感谢!

参考文献

- 储绍良等. 矿井物探应用. 北京:煤炭工业出版社, 1995
- 夏宇靖. 稳态瑞利波法在中国的应用及进展. 煤田地质与勘探, 1999;(1):64~68
- 于景村等. 高分辨三极电测深法探测煤矿突水构造. 煤田地质与勘探, 1997;(5):38~41
- 刘辉, 程建远. 浅层地震在采空区工程勘察中的应用. 江苏煤炭, 1998;(1):39~41
- 陶冬琴, 韩德品. 防爆数字直流电法仪及其应用. 煤田地质与勘探, 1994;(1):54~56
- 王自民. 综合物探方法在工程地质勘察中的应用. 勘察科学技术, 1996;(3):61~64

INTEGRATED GEOPHYSICAL TECHNOLOGY USED IN HUANGLING FAST-MURAL-WATER PROJECT

Cheng Jianyuan Han Depin Xia Yujing Shi Yading Wang Xinwen (xi'an Branch, CCRI)

Zhao Linzhang Li Xiaobo Ji Zhiwen Li Runmin (Huangling Coal Mine Corporation, Shaanxi)

Abstract An integrated geophysical technology, combining the main method of ground high resolution electric sounding and ground stable Ray-wave technology and the supplement method of ground shallow seismic prospecting and discharge-monitoring technology, is used in Huangling fast-mural-water project. This technology is of the advantage of integrated method, many parameters and wide position focusing survey, which overcomes the shortcoming of one method's uncertainty. According to the ground drilling results, the precision of geophysical prospecting in the bursting-water channel determination is 95%. As a result, this integrated geophysical prospecting technology has obvious economical benefit and society effect.

Keywords integrated geophysical prospecting; bursting-water channel; fast-mural-water; results