

文章编号:1672—7940(2004)05—0418—06

瞬变电磁法在矿井水害治理工作中的应用

张运霞,牛向东,韩自豪,周建雄

(河南省煤田地质局物探测量队,郑州 450009)

摘要:平煤集团七矿属大水矿井,每年仅排水一项就耗资巨大,给煤矿的经济发展和安全生产带来了极大的风险。为了彻底治理矿井水害,七矿采用瞬变电磁勘探技术,查明了地表水涌入矿井的三条通道,划出了 L_6 、 L_7 灰岩的岩溶裂隙富水区及其二者的水力联系,从而有的放矢地实施帷幕注浆截流治水工程。七矿的注浆工程实践充分验证了瞬变电磁勘探成果的准确性。

关键词:瞬变电磁勘探;富水区;导水通道

中图分类号: P631.2

文献标识码: A

收稿日期: 2004—09—05

THE APPLICATION OF TRANSIENT ELECTROMAGNETIC METHOD IN THE WORK OF MINE FLOOD DAMAGE CONTROL

ZHANG Yun-xia, NIU Xiang-dong, HAN Zi-hao, Zhou Jian-xiong

(Geophysical Prospecting and Surveying Team, Henan Bureau of
Coal Geology, Zhengzhou 450009, China)

Abstract: The 7th coal mine of Pingdingshan Coal Group is abundant in underground water. It is an enormous risk for coal production and a great burden for the development of the 7th coal mine. In order to resolve these underground water problems, the TEM exploration was introduced. Three underground watercourse were found and the watery zones in Limestone 7 and Limestone 6 were plot out through the exploration. The correctness of the exploration result was approved by late engineering of the 7th coal mine.

Key words: transient electromagnetic method; watery zone; underground watercourse

1 引言

平煤七矿位于河南省平顶山市西市场附近,距市中心 3.5km。井田内由于已组煤采空造成地面沉陷,多处积水。多年来该矿一直与地下水害作斗争,重点放在勘查矿区水文地质条件和疏排地下水上,可是收效并不明显。为了深入了解采区

的水文地质情况,为汛期矿井防水提供必要的依据,矿业集团决心采用高科技的勘探方法——瞬变电磁勘探法,查明矿井涌水的直接原因。

2 瞬变电磁勘探技术简介

瞬变电磁勘探技术是目前国内外较先进的地球物理勘探方法之一。它是根据地质结构或地质

体本身的物性差异,研究由强大的脉冲电流作为场源,激励探测目的物感生的二次场随时间的变化,来间接判断构造地质、水文地质现象的一种方法。这是一种时间域的人工源地球物理电磁感应探测方法。由于这些变化的二次场是脉冲源所感生的涡流场在地下扩散过程中地电介质的电磁散射场,因此包含了丰富的地电信息,通过对这些信息的提取和解释,从而达到探测地下电性介质的目的。目前国内外可以应用的地质领域有:矿产勘探、构造探测、水文与工程地质调查、环境调查与监测等等。特别是在地下水勘探方面有着良好的效果,而且成本低,效率高。现广泛用于探测煤层顶底板含水层富水区的分布情况,构造的含、导水情况,老窑采空区富水性及导水通道等。

3 七矿地质及水文地质概述

3.1 地质概况

井田地势西高东低,井田内主要地层有:寒武系、石炭系、二叠系、第三系和第四系地层。由于采区内丁、戊组煤层全部回采结束,己组煤层现也仅剩己₄下山部分未采,而且构造复杂,煤层赋存不稳定,开采难度较大。现在开始加大开发庚组煤的力度,拟对其矿区南部边界附近的庚组煤进行开采。庚组煤位于石炭系太原组地层中,含煤7~10层,其中庚₂₀为可采煤层。第三系的淡水灰岩超覆于寒武系、石炭系、二叠系地层之上,沿己组和庚组煤层露头两侧分布。其它地层均为第四系粘土钙质层覆盖。

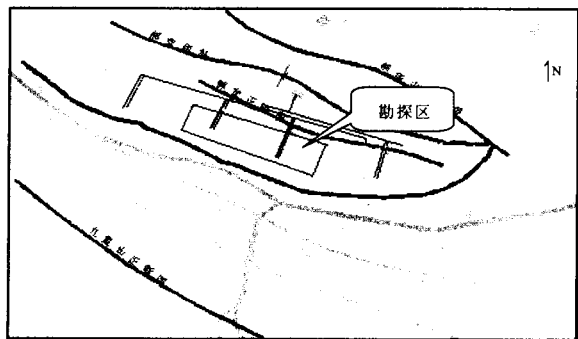


图1 测区地质概况

Fig. 1 Geology of the measurement range general map

郝堂向斜是井田的主体构造,轴向 N50°W,它是一个相对独立的岩溶地下水盆地,其南翼倾角 8°~22°,北翼为一系列断裂切割,形态不完整。

井田内断裂构造发育,多为正断层,走向基本与郝堂向斜轴一致。断层落差大的可达百米,小的仅有几米。

3.2 水文地质特征

井田的南部为补给区,北部、东部均为锅底山正断层构成的隔水边界。井田内石炭系 L₆、L₇灰岩岩溶裂隙含水层是开采庚组煤的直接充水含水层。L₆灰岩是庚₂₀的煤层的直接顶板,厚度不稳定,岩溶不发育。L₇灰岩是庚₂₁煤层的底板,岩溶裂隙发育,富水性强。L₇灰岩的顶部距离庚₂₀煤层底板 2~6m,局部地段与庚₂₀直接接触。

井田内的间接充水含水层为中、上寒武系灰岩含水层和第三系泥灰岩含水层。其中寒武系含水层顶部至庚₂₀煤层 8.6~43.9m,在井田南部露头带附近形成沿地层走向展布的岩溶裂隙发育带,直接接受大气降水和地表水的补给,富水性强。第三系泥灰岩含水层广泛分布在井田南部,呈角度不整合覆在煤系地层和寒武系各含水层之上,直接补给下伏各含水层和煤系地层,并构成各含水层的导水通道。庚组煤层顶底板为 L₆和 L₇灰岩强含水层,开采时涌水量大。矿井正常的涌水量 1300m³/h,最大可达 4750m³/h,每年雨季矿井涌水量达到峰值时都要面临淹井危险。

矿井水的补给源主要为大气降水和地表水。区内主要天然和人工水道有北干渠、西干渠、湛河、乌江河和稻田沟。北干渠位于井田南界外,北端与湛河相连,南端与白龟山水库相接,为白龟山水库的溢洪道,兼做人工灌溉渠道,最大流量曾达到 167m³/s。切入寒武系灰岩和第三系泥灰岩,直接补给矿区地下水。湛河位于井田南界外,紧邻矿区由西向东沿己组煤、庚组煤露头流过井田,为区域最大地表水体——白龟山水库的主要泄洪道。在本井田南部,河道直接位于寒武系灰岩、第三系灰岩之上沿着裂隙岩溶通道垂直下渗,直接补给矿井地下水。井田内直接补给段长约 6.5km。

4 瞬变电磁勘探成果

为了查明矿区南部边界附近即将开采的庚组煤层区域内地表水补给地下水的导水通道和庚组煤顶、底板灰岩岩溶裂隙富水带及富水范围。河南省煤田物测队采用新引进的加拿大 Geonics 公司生产的 PROTEM67D 瞬变电磁仪器,对该测区

开展了瞬变电磁勘探工作。

4.1 技术方法

PROTEM 67D 瞬变电磁仪器的主要性能参数为:最大供电电流 25A;积分时间 0.25~120s;动态范围 29bits(175db);输出电压 18~150V;发射框可无限大;同步方式是石英钟同步/参考线同步;接收线圈为三分量接收探头(有效面积 200m²)。

测区东西长约 2.7km,宽约 0.4km,面积约 1.08km²。通过试验选定了此次勘探的发射电流、发射频率、增益和积分时间,最终选定了大定源回线工作装置。

测区内各地层之间有着明显的电性差异。正常情况下,瞬变电磁资料以二叠系下部电阻率最低,浅部新生界地层电阻率最高,二叠系以下石炭系至寒武系地层电阻率呈逐渐增高的趋势。沿走向方向测区内地层相对稳定,正常情况下,横向电性差异较小。但是同一层位上随富水程度的不同,其电阻率差异明显。利用这一电性差异,是电法寻找同一地层中异常地质体的基础。

4.2 资料分析

图 2 是测区北侧,沿测线 420 号横切视电阻率拟断面图,图中纵横方向分别代表深度和测点。视电阻率拟断面图中的等值线表明,横向上的地层电阻率变化不大。从图中可以看出,上部新生

界地层电阻率较高。沿地层向下电阻率逐渐降低,至二叠系中下部电阻率降至最低,下部石炭系及寒武系地层电阻率缓慢上升。

图 3 是测区内顺 2190 线的视电阻率拟断面图。图上部(40m 以浅)高阻部分呈现近水平方向延伸,是地表新生界地层的反映,中下部等值线从小号向大号点倾斜向下,与地层倾向一致,下部电阻率逐渐升高,为寒武系地层反映,图中标示出了庚组煤在断面图中的相对位置。可以看出,沿庚组煤倾向为一低阻条带,推测为沿庚组煤顶、底板 L₆、L₇ 灰岩岩溶发育,导水通道在断面图上反映。

图 4 为测区内 L₆ 灰岩顺层电阻率切片图,从图上可看出,在测区西部(900 线以西)及测区东部(2750 线以东)为较大范围的低阻区,推测为 L₇ 灰岩岩溶裂隙富水带;测区南部矩形框标示位置,电阻率低且从浅到深变化较小,推测为导水通道,共有三处;在 1300 线至 1500 线圆圈所标示位置为一相对高阻圈,推测为由于二号井附近出水,致使出水点周围处于疏干状态,形成的疏干漏斗的反映。

4.3 资料解释

通过对全区物探资料及绘制的各种图件进行综合分析,认为在测区内 L₆、L₇ 灰岩视电阻率大于 40Ω·m 处为正常或弱含水层,视电阻率小于

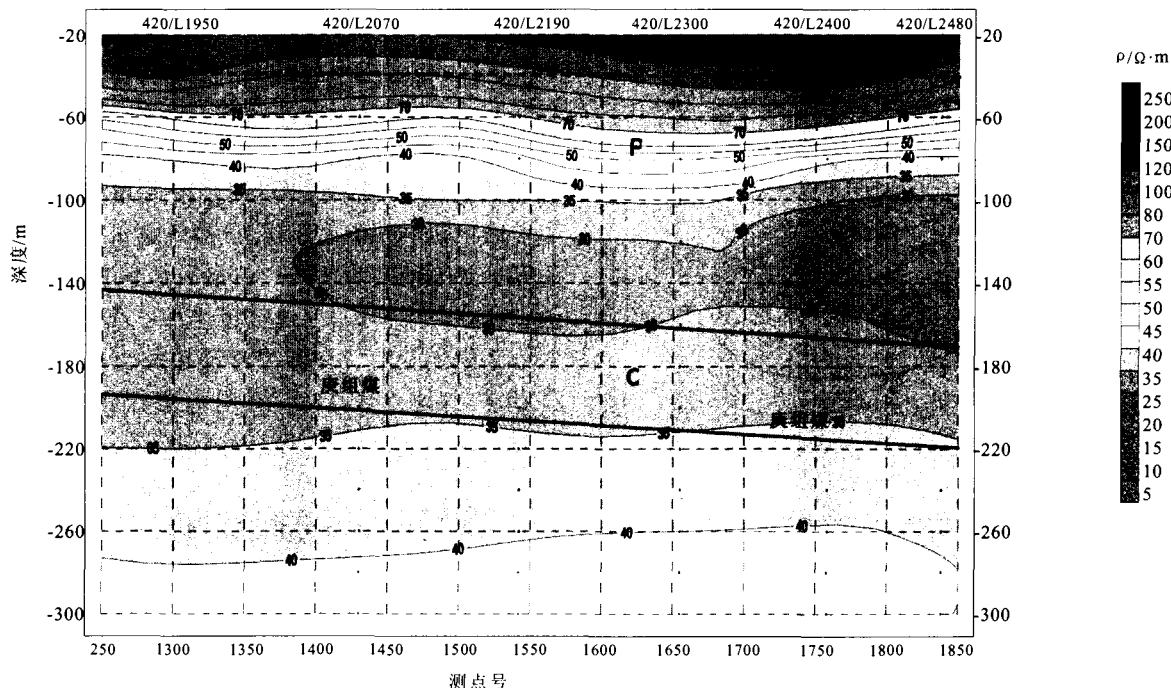


图 2 沿测线 420 号横切视电阻率拟断面图

Fig. 2 Station of No. 420 apparent resistivity cross section

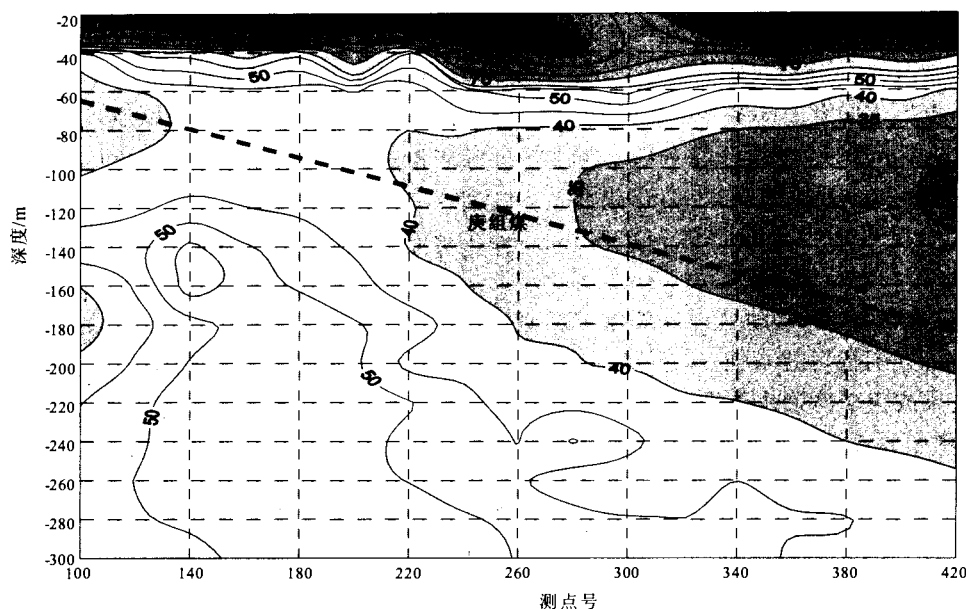


图 3 2190 线视电阻率断面图

Fig. 3 Contour of line 2190 apparent resistivity section map

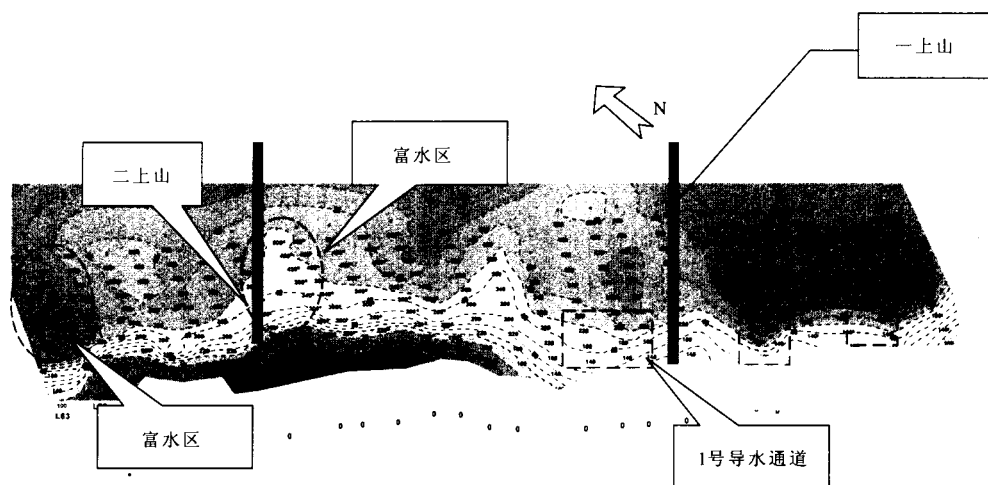


图 4 L_6 灰岩顺层电阻率切片

Fig. 4 Limestone of L_6 bedding slice map

$35\Omega \cdot m$ 为富水区, 小于 $30\Omega \cdot m$ 为强富水区, 并按上述标准划分出了测区内的岩溶裂隙富水区; 2070 线东西两侧, 存在较明显电性差异, 南端西侧电阻率高于东侧, 而沿 2070 线向北(大号点方向), 2070 线视电阻率明显高于东西侧各测线, 形成向北延伸的高阻异常, 推测在该处构成了东西两侧水力联系的分界; 在二号井出水点附近, 形成的局部高阻异常, 推测可能是由于矿井排水致使出水点周围处于疏干状态, 形成漏斗的反映, 高阻异常的半径东侧大于西侧, 说明西侧可能有更丰

富的补给水源, 同时也说明有东侧分水岭存在的可能; 从南向北地表水补给地下水的导水通道在测区内反映可能有三处。

5 勘探成果在矿井治水工程中的作用

5.1 勘探成果

此次瞬变电磁勘探工作取得以下地质成果:

① 查明了测区内可能存在的地表水导入地下通道

有三条,且水流经过通道进入测区后顺着向北延展的岩溶裂隙向四周扩散,从而不再呈现出一定宽度的通道反映;②分别划分出了 L_6 、 L_7 灰岩的岩溶裂隙富水区,查出了两者之间水力联系密切,几乎是一个统一的含水层;③补给二号井的水源主要来自东西两侧及北部可能的富水区,在相对枯水期西部的补给量可能大于东部的补给量;④ L_6 、 L_7 灰岩富水区在测区南部沿 2070 线东区两侧连通性受到一定限制,但是随着埋深的增加两侧电性差异变小,连通性可能增强。

5.2 瞬变电磁成果成为矿井治水依据

七矿直接利用了瞬变电磁勘探成果,采用注浆堵漏的治水方案。首先对南部 L_7 灰岩一号导水通道实施帷幕注浆截流工程。设计注浆孔 30 个。其中 A 排 12 个, B 排 11 个, 排距 6m, 其余为中间加密孔。由于在瞬变电磁勘探报告结论中所圈定的三个导水通道及其走向,特别是一号导水通道宽度达 200m, 通道之宽与矿方以前所掌握的资料有出入, 矿方因此表示怀疑。为了慎重, 七矿首先施工 A 排的 A11、A7、A8、A3 四个探测孔。目的是:①探测帷幕段地层分布、岩溶发育情况, 验证物探成果的准确性;②做连通试验;③通过 A7、A8 孔中试注, 观察水泥浆沿东西方向扩散情况;④在正式注浆中作为正常注浆孔使用。

5.3 瞬变电磁成果在治水工程中得到验证

四个钻孔都打到了瞬变电磁所探测的目的层

位。钻孔中岩芯溶蚀现象明显, 有水流冲蚀痕迹, 从而证实了目的层中岩溶裂隙的存在。庚₂₀层 22090 风巷施工过程中发生突水, 突水时水量 1800t/h, 枯水期稳定至 800t/h, 该突水点位于测区外所指定的富水区附近。通过对 A8 孔投放示踪剂——工业用盐, 在井下各突水点检测氯离子变化情况, 其中 22090 风巷出水点 4h 后 Cl^- 浓度发生变化(由 18.8 增至 22.5), 12h 后 Cl^- 浓度增加 60%, 22h 后浓度达到最大值。证实该通道和 22090 风巷出水点连通性良好。在庚₂₀截水巷和 22100 机巷取水点, Cl^- 没有明显变化, 证实了二号井出水口的水量补给不是来自单一的通道, 应该来自东西两个方向。在相继施工的 A 排 11 个钻孔中, A1 孔位于边界附近, 漏水量为 9.1t/h; A11 孔位于划定的通道边界之外, 不漏水; A2~A9 孔不返水。所以七矿原设计的 A12 孔不再施工; 根据实际开采庚₂₀煤层出水情况, 当掘进庚组石门揭露 L_6 灰岩时遇裂隙、溶洞, 导通 L_7 灰岩含水层, 发生涌水, 且通过岩溶、裂隙、断裂, 二者联系紧密。由此看出, 七矿在注浆堵漏的施工实践中充分验证了瞬变电磁勘探成果的准确性。

在取得了上述验证结果之后, 七矿开始全力以赴实施一号导水通道帷幕注浆截流工程, 以减少地表水体通过导水通道向煤层顶、底板地下补给。

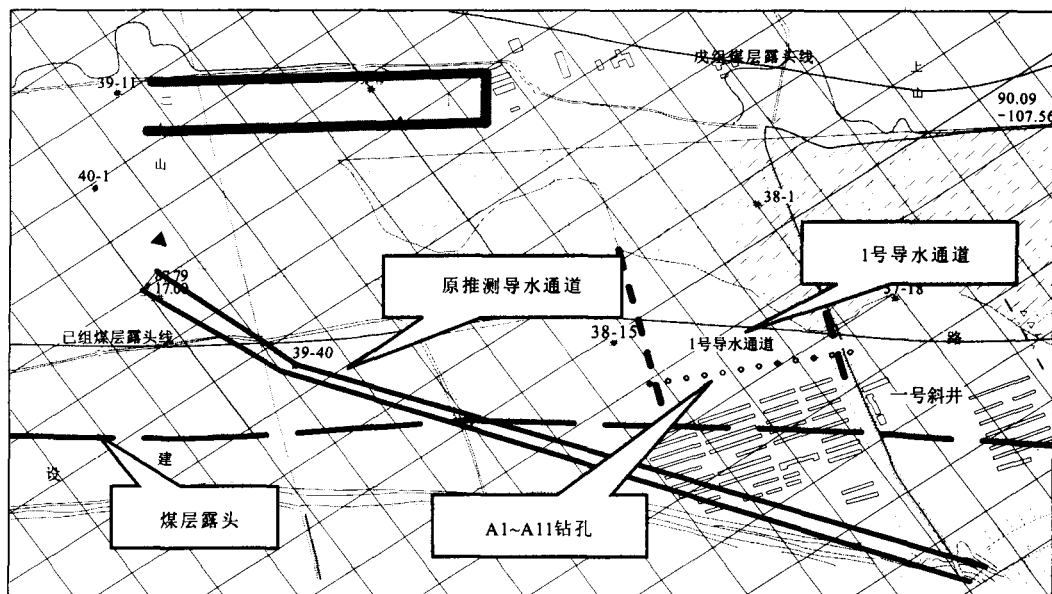


图5 验证情况示意图

Fig. 5 Verify the circumstance schematic map

6 结 论

瞬变电磁勘探成果成为平煤七矿实施治理地下水害工程的依据,有了瞬变电磁勘探资料,帷幕注浆截流工程可以有的放矢地进行。目前,对一号导水通道的帷幕注浆工程正在深入,截止 2004 年 8 月中旬,矿井涌水量已减少近 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 。随着七矿防治水工程的全面开展,效果将会更加显著。

随着我国经济建设步伐的进一步加快和国家对于煤炭需求的日益增加,做好矿井水害防治工作,减少矿井水害事故发生,成为煤炭工业安全工作的重中之重。“有疑必探,先探后掘”是煤矿开采的原则。瞬变电磁勘探方法有着投入少、见效快、效率高的特点,将在煤矿开采前查明地下地质构造变化情况、煤层顶底板水及老窑采空区的分布情况方面发挥越来越大的作用。

尽管如此,我们不能片面地认为有了瞬变电磁勘探方法就可以解决所有的地质问题了。因为瞬变电磁勘探也同样存在着一个从已知到未知,从未知到已知的实践过程。所以我们必须辩证地去认识它,合理地去利用它,更好地为我国的矿产资源开发和利用服务。

参考文献:

- [1] 蒋邦远. 实用近区磁源瞬变电磁法勘探[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 杨成田. 专门水文地质学[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [3] 胡广韬,杨文元. 工程地质学[M]. 北京:地质出版社,1984.
- [4] 杜恒俭,陈华慧,曹伯勋. 地貌及第四纪地质学[M]. 北京:地质出版社,1981.