文章编号: 1001-1986(2009)04-0061-03

瑞利波探测技术用于矿井地质超前探测

丁宝国，沈跃加

(鹤岗矿业集团地测处，黑龙江 鹤岗 154100)

摘要: 鹤岗矿区煤系曾遭受多次构造运动的改造，地质情况复杂。为满足采区和生产布置的需要，采用瑞利波探测技术对地质情况进行精细探查和预报。在井下用瑞利波方法探测下部煤层、超前探测煤巷、岩巷前方的构造，取得了满意的效果。该技术方法提高了地质预报的准确性，在煤矿有良好的应用前景。

关 键 词: 瑞利波; 超前探测; 断层

中图分类号: P631 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2009.04.016

Rayleigh wave detection technology used in in- advance geological detection

DING Baoguo, SHEN Yuejia

(*Geological Survey Department of Hegang Mining Group*, *Hegang* 154100, *China*)

Abstract: Coal measures in Hegang mining area have been transformed by multiple tectonic movements and geological situation is complicated. In order to meet the requirements of production operation, Rayleigh wave detection technology was used in accurate detection and forecasting of geological situation. In underground coal mines, Rayleigh wave method was used to detect lower coal seam and structures ahead roadways and produced satisfactory results. The method has really enhanced the accuracy of geological forecasting and shows good prospective for its application in coal mines.

Key words: Rayleigh wave; advanced detection; fault

鹤岗矿区是一走向近南北的窄长地带，原始的南北经向构造受后期新华夏系 NE 向改造，形成相互切割、关系复合的层次，构造复杂，破坏了煤层的连续性，给开采带来很大困难。随着矿井开采机械化、集中化的程度越来越高，对地质资料提出了越来越精细的要求。

由于原有的地面勘探手段探测距离较大，探测精度难以满足需要，尝试使用瑞利波技术在井下进行了下部煤层、煤巷、岩巷前方构造的超前探测，都取得满意的效果。

1 瑞利波探测原理[1-2]

瑞利波勘探是采用瑞利面波为有效波进行勘探的一种地震勘探方法。在一般震源激发的各种地震波中，瑞利面波的能量最强，传播速度较低，可以比较精确地确定其走时，计算出比较准确的地层速度，用以区分地层岩性。

瑞利波勘探主要利用了瑞利波在分层介质中传播时的频散特性和波的传播速度与介质的物理力学特性，特别是介质密度密切相关的特性。

井下断层、构造带都会对地层的瑞利波传播速度带来影响，从而可在探测的频散曲线上通过异常识别判断构造带的存在。

施加一个瞬间激振力后，地层表面就有瑞利波传播。瑞利波由许多简谐波叠加而成，简谐波以一定的相速度 Vr 传播。Vr 是 f 的函数，最后导出相速度 Vr。相速度是确定地层特性的关键参数。资料处理时把记录由时间域转换到频率域，算出瑞利波的传播速度 Vr, 求得相应的波长 λr：

$$\lambda r=Vr/f \ ,$$

并根据半波长解释法确定探测深度 H：

$$H=\lambda r/2=Vr/2f$$

2 井下观测系统

井下瑞利波探测观测系统分等距离观测系统(图 1)和不等距观测系统(图 2)。观测系统尽量布置成顺岩层走向，或尽量垂直构造走向。不等距观测系统主要是为适应井下巷道狭窄的条件，适宜于在不足 3 m 宽的巷道进行超前探测时使用。

收稿日期: 2008-08-27

作者简介: 丁宝国(1986—), 男, 黑龙江鹤岗人, 高级工程师, 从事矿山地质管理工作.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

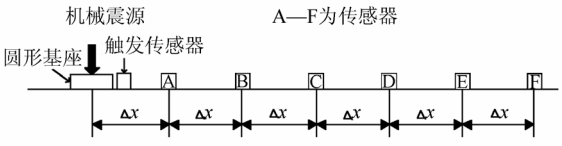


图 1 等距离观测系统

Fig. 1 Equal distance observation system

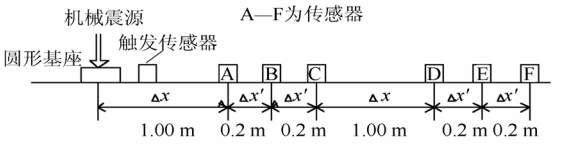


图 2 不等距观测系统

Fig. 2 Unequal distance observation system

检波器的道间距 Δx 一般选 0.20 m 至 1.0 m，主要根据井下场地的条件确定。

3 井下探测实例

鹤岗矿业集团井下采用瑞利波方法主要进行了底板下伏煤层勘探、煤巷超前构造勘探和岩巷超前构造勘探等。

3.1 实例一

a. 探测地点 南山矿盆底区南翼二分段 15 层溜子道中部。

b. 地质概况 盆底区位于南山矿井田东部，煤层属于向斜构造，中间低四周高呈盆状，煤层倾角平均 10°左右，处于南 1 与南 14 断层之间，构造比较复杂；断层均为正断层，且次生断层较发育，落差大于 3 m 的断层有 10 余条，纵横交错，对煤层影响很大，瓦斯量较大。本区有 4 个主采煤层，分别是 15-1、15-2、15-3 和 18-2 煤层，15-1 与 15-2 煤层相距较近，在北翼只有 0.4 m 左右，在南翼间距 1 m 左右。本区中部 15-2 分出 15-3 煤层，向南间距逐渐加大。受南 14 断层影响，其附近 15-2 与 18-2 煤层局部有合并现象，其余大部分地区间距在 26~30 m。本区 15-1 煤层夹矸较多，灰分较大，其它几层煤煤质较好，煤层顶底板均为灰白色细砂岩。

c. 探测目的 探测 15 层溜子道下方 18 煤层的位置。

d. 探测模式 垂直探测。

e. 探测结果 如图 3 所示，在 26 m 处有一明显异常，应是 18 层煤的反映。

f. 钻探验证 该区 15 层煤与 18 层煤间距在 26～30 m，与探测结果基本吻合。

3.2 实例二

a. 探测地点 南山矿西三区北部 18 层一分段切眼。

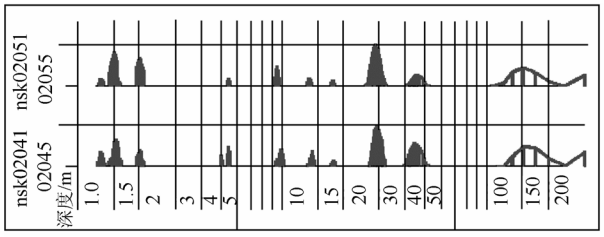


图 3 15 屋溜子道中实测曲线

Fig. 3 Seismogram of passage way in room 15

b. 地质概况 西三区位于南山矿井田西部，区内地质构造极其复杂，落差大于 3 m 的断层有 5 条，纵横交错，对煤层影响很大。本区煤层属于单斜构造，煤层倾角较大,平均 28 °左右，18-2 煤层为本区主采煤层，平均厚度 15 m 左右，受地质构造影响，煤层厚度变化较大，夹矸较多，灰分较大，煤层顶底板均为灰白色细砂岩。

c. 探测目的 通过对西三区北部 18 层一分段切眼探测，查明切眼前方有无构造，并对构造走向进行控制，达到提前预测，指导生产，合理圈定回采工作面的目的。

d. 探测模式 超前探测(煤巷)。

e. 探测结果 如图 4 所示，在 22.5 m 和 66.5~68.0 m 处均有明显的异常，推断为异常构造显示。

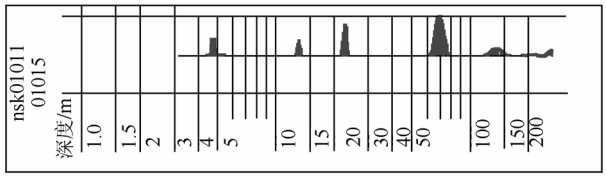


图 4 18 层一分段切眼实测曲线

Fig. 4 Seismogram of first section of layer 18

f. 验证结果 在 24 m 处遇断层，坍塌厉害未能通过；致 68 m 处断层未能验证，但与地质资料推断相符合(图 5)。

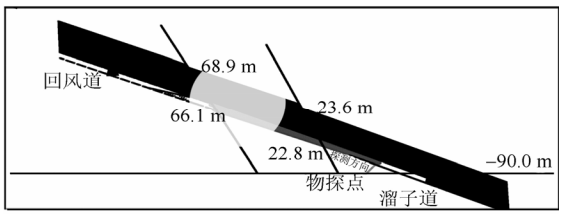


图 5 18 层一分段切眼探测验证结果

Fig. 5 Verified result of first section of layer 18

3.3 实例三

a. 探测地点 南山矿西二区 18-2 层三分段回风返上。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

b. 地质概况　西二区位于南山矿井田西部，本区处于南 1 断层附近，构造极其复杂。南 1 正断层走向平均 N5 °E,落差 50~300 m，其次生面较发育，落差大于 3 m 的断层有 10 余条，纵横交错，对煤层影响很大。

本区煤层属单斜构造，煤层倾角平均 10 °左右，18-2 煤层为本区主采煤层，本区 15-2 煤层已采，附近 18-2 层已基本采完，本工作面受地质构造影响，煤层变薄，夹矸较多，灰分较大，煤层顶底板均为灰白色细砂岩。

c. 探测目的　通过对西二区 18-2 层三分段回风返上的超前探测，对岩巷前方 18-2 煤层构造进行有效的控制，做到提前预测，预防瓦斯突出，保障煤矿安全生产。

d. 探测模式　超前探测(岩巷)。

e. 探测结果　如图 6 所示，在 14.5 m 处和 50 m 处均有明显的异常，推断为岩性界面(含揭煤显示)。

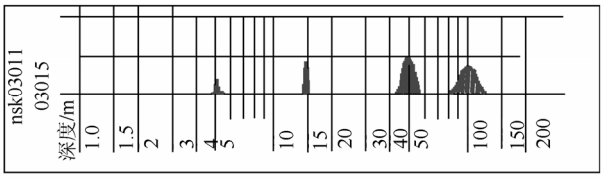


图 6　18-2 层三分段回风返上实测曲线

Fig. 6　Seismogram of third section of layer 18-2

f. 揭露验证　14.5 m 处为岩石界面；54 m 处揭煤，深度相差 4 m，分析与探测方向及煤层斜交的角度有关。

4　结 语

经过在南山矿近 1 a 的试验，井下瑞利波探测方法较好地完成了各种相关目的的探测工作，形成以下看法和经验：

a. 工作场地、接地条件的好坏直接影响到探测结果。针对不同的场地条件和所要解决的地质问题，自制了 2 套探测用铁钎：一种直径 20 mm、长 600 mm 的细长钢钎，主要用于松散煤层；一种直径 20~40 mm、长度较短的钢钎用于岩巷，保证了较好的接地条件，对获得良好探测效果作用明显。

b. 当岩石或煤层的密度发生变化时，因为波的传播速度发生变化，在探测结果曲线上会出现异常反映。从实测结果看，只要有此类变化，记录曲线就有反映，基本不会漏报。

c. 有些反映岩性细微变化的异常，并不是探测的目标。在资料分析解释时，如何从所有异常中剔除那些由于岩性的不均匀或致密程度不同、煤层内部密度不均匀或裂隙发育等因素造成的异常，是解决实际地质问题的关键。解决这个问题，主要靠地质分析的配合、综合物探方法的使用和长期工作经验的积累。

总之，在煤矿生产掘进过程中，瑞利波探测方法能有效地探测出掘进面前方的隐伏地质构造，是目前解决矿井地质问题的一种有效方法。

参考文献

[1] 杨成林. 瑞雷波勘探[M]. 北京：地质出版社, 1993.

[2] 赵明. 瑞利波法在工程勘探中的应用[J]. 勘探科学技术，1996(5)：54–57.

(上接第 60 页)

c. 滑带土抗剪强度参数是由滑坡地质条件、室内试验、现场原位试验、反分析法、工程类比法等要素组成的一个系统问题，需进行系统分析与综合评价，而不能仅以试验成果、反演分析法等某几个方面去孤立地确定抗剪强度参数，并应注重多种确定方法的综合应用并相互验证，以求获得技术上可靠、经济上合理的结果。

参考文献

[1] 李智毅，王智济，杨裕云. 工程地质学基础[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1990.

[2] 杨光熙. 滑带、滑面及其抗剪强度[M]. 武汉：长江水利委员会长江勘查规划设计院，2004.

[3] 中华人民共和国水利部. SL237-1999 土工试验规程[S]. 北京：中国水利水电出版社，1999.

[4] 中华人民共和国建设部. GB50021-2001 岩土工程勘察规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2002.

[5] 张勤，陈志坚，朱代洪，等. 层状裂隙岩体稳定性分析的主要问题[J]. 岩土工程学报，2001，23(6)：753–756.

[6] 周庆华. 边坡岩体抗剪强度计算参数取值方法的探讨[J]. 矿业快报，2006，4(4)：19–21.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net