

破碎软岩巷道围岩松动圈雷达探测技术

徐峰*

(皖北煤电集团卧龙湖煤矿,安徽 淮北 235000)

摘要:为掌握南翼开拓巷道围岩松动圈情况,揭示围岩活动规律,卧龙湖煤矿在南翼轨道巷、南翼回风巷、南翼轨道斜巷等 3 条主要开拓巷道,选择典型断面进行围岩松动圈的雷达跟踪观测.另外,为校准地质雷达的观测成果,在南翼轨道巷、南翼回风巷分别设置了窥视观测孔进行观测.地质雷达与窥视测试相结合,可以互助验证、互为补充.本次雷达探测成果对分析破碎软岩巷道强烈变形的原因,制定控制巷道围岩变形的支护技术方案具有重要意义.

关键词:软岩;围岩松动圈;雷达探测;窥视;开拓巷道

中图分类号:TD325 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2020)01-0012-08

Radar Detection Technology of the Surrounding Rock Loose Circle in the Broken Soft Rock Roadway

Xu Feng

(Wolonghu Coal Mine, Wanbei Coal Power Group, Huaibei 235000, China)

Abstract: In order to grasp the situation of surrounding rock looseness circle of the opening roadway in the south wing and reveal the law of surrounding rock activity, three main opening roadways in Wolonghu Coal Mine, i.e. the south wing track lane, the south wing return lane, and the south wing track inclined lane, are selected to carry out radar tracking observation of the surrounding rock looseness circle with typical sections. In addition, in order to calibrate the observation results of the geological radar, the south wing orbit lane and the south wing return air lane are respectively set up peep observation holes for observation. The combination of GPR and endoscopic testing can be mutually verified and complementary. The radar detection results are of great significance to analyze the causes of the strong deformation of the broken soft rock roadway and to formulate the supporting technical scheme to control the deformation of roadway surrounding rock.

Keywords: soft rock; surrounding rock loose zone; radar detection; peep; development roadway

卧龙湖煤矿设计年产量 90 万 t,全井田南北长约 8~9 km,东西宽约 3.5~4 km,面积约 28 km².井田新生界松散层厚 195~255.8 m,含煤地层为石炭系和二叠系,共赋存有 10 个煤层(组),平均总厚度为 7.35 m;其中 6,7,8,10 煤层为可采煤层,平均总厚度 5.86 m.其中 6 煤层属不稳定煤层,7,8,10 煤层属较稳定煤层,煤层倾角一般 5°~20°,局部达 40°.卧龙湖煤矿是煤与瓦斯突出矿井,可采煤层 6,7,8,10 煤均为突出煤层,其中 6 煤层瓦斯含量 15.31 m³/t,7 煤层瓦斯含量 20.12 m³/t,8 煤层瓦斯含量 20.56 m³/t,10 煤层瓦斯含量 29.07 m³/t(均为最大瓦斯含量),各煤层瓦斯压力均在 2 MPa 左右.卧龙湖井田南部表现为北东倾向的单斜构造,北部表现为短轴状的张大庄背斜和孟庄向斜组成的褶曲构造.全井田共发现落差不等的断层 24 条,其中落差大于等于 100 m 的 5 条,小于 100 m 而大于等于 30 m 的 11 条,小于 30 m 的 8 条.

收稿日期:2019-11-21

* 通信作者,E-mail:346008958@qq.com

断层展布方向以近南北向和北东向为主,北西向较少。

卧龙湖矿南一采区主要开拓和准备巷道基本上位于10煤的顶板岩层中,从其物理力学性质测试结果看,巷道围岩强度较低,围岩性质软弱;从巷道围岩的组分分析上看,围岩具有一定的膨胀性。103,104工作面回采后,南翼轨道巷受多次采动影响,巷道围岩破坏严重。由于上述原因加上支护方式的不当,该矿虽对巷道进行了一次大修和多次卧底,巷道仍产生强烈变形和破坏,影响了矿井的正常生产。因此,需要对上述巷道围岩松动圈等情况进行研究,掌握巷道围岩活动规律,为支护方式及支护参数的选择提供依据^[1]。在巷道松动圈测试中,把地质雷达与窥镜测试相结合,能互相验证、取长补短,以更加准确地测试巷道围岩中电磁波的传播速度,提高地质雷达测试的精度^[2-6]。下面对该矿巷道围岩松动圈探测技术进行探讨。

1 破碎软岩巷道围岩松动圈探测技术研究

卧龙湖煤矿围岩松动圈的测试采用瑞典RAMAC地质雷达,针对不同的巷道类型,在南翼轨道巷、南翼回风巷、南翼轨道斜巷,选择典型断面进行围岩松动圈的测试工作^[7,8]。本次实测共布置了8个测站,约980个测点。此外,为便于校准地质雷达探测成果,特在南翼轨道巷布置了2个窥视孔,分别位于帮部和顶板;在南翼回风巷布置3个窥视孔,分别位于帮部、顶板和顶板锚索孔,采用高清窥视仪进行观测^[9-11]。

1.1 围岩松动圈雷达测试及其主要成果

1.1.1 南翼轨道巷的围岩松动圈雷达测试

南翼轨道巷位于105工作面和104工作面之间,测试段巷道全断面处于泥岩中。由于受上述工作面回采引起的强烈采动影响,该段巷道经过一次大修,多次卧底,大修主要是全断面扩修。其主要破坏特征为两帮位移、顶板局部冒落、两肩窝破坏、底臃严重。

经一次大修,多次卧底后,南翼轨道巷各断面处岩体破坏特征有显著差异。从实测情况看,各断面处的岩体破坏范围,以2#为最小,约4.5 m;3#为最大,约5.5 m。本次雷达探测在本巷道布置测试断面3个,以下分别介绍各断面雷达剖面的主要特征。

1#断面:该断面围岩在3.5~4.0 m深度处有一基本的连续反射界面,两帮、顶底板等部位围岩松动范围均受此限制;而肩窝处围岩裂隙则穿过此相对稳定围岩条带而向外传递,其松动圈范围可达5.5 m。见图1。

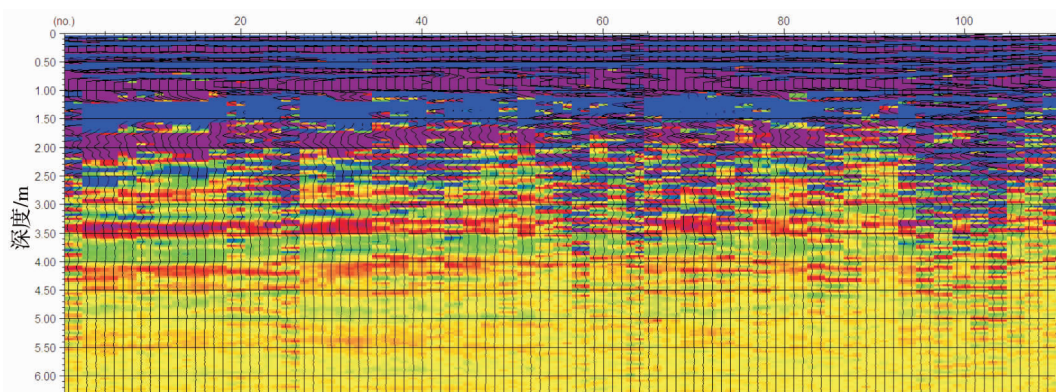
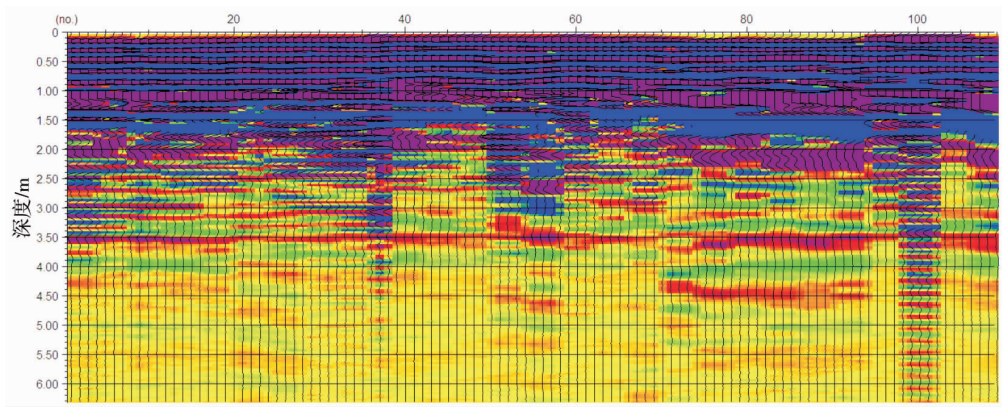
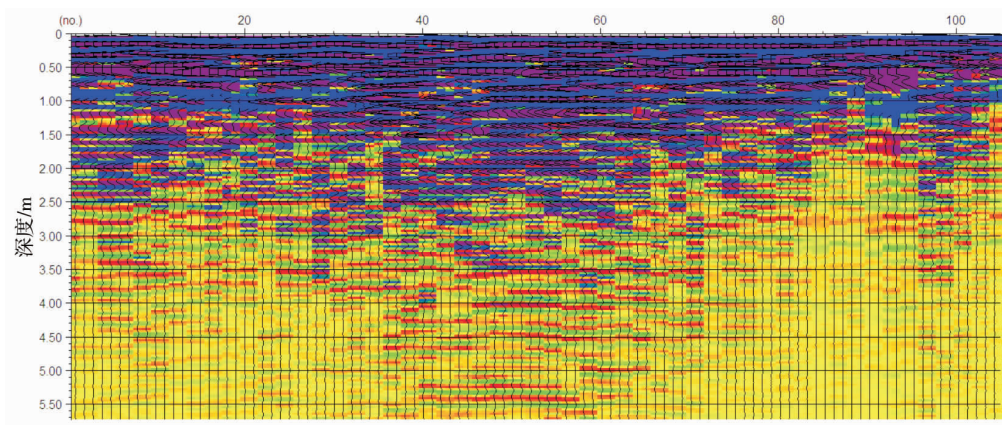


图1 南翼轨道巷1#测试断面的雷达探测图像

2#断面:岩体相对完整,在3.5~4.0 m处岩体完整性良好,主要岩体裂隙未扩展到4.5 m以远。见图2。

3#断面:该断面处未见表明岩性完整的反射条带,左右两帮岩体破坏范围约4.0 m,顶板可见连续反射条带,表明该处岩体成层性状良好;其中顶板(图3中40~60道)5.5 m深度处可见局部连续强反射,这种反射特征只有在裂隙有一定张开度、且充满空气的情况下,才会出现,因此判断该处可能为连续的离层。见图3。

图2 南翼轨道巷2[#]测试断面的雷达探测图像图3 南翼轨道巷3[#]测试断面的雷达探测图像

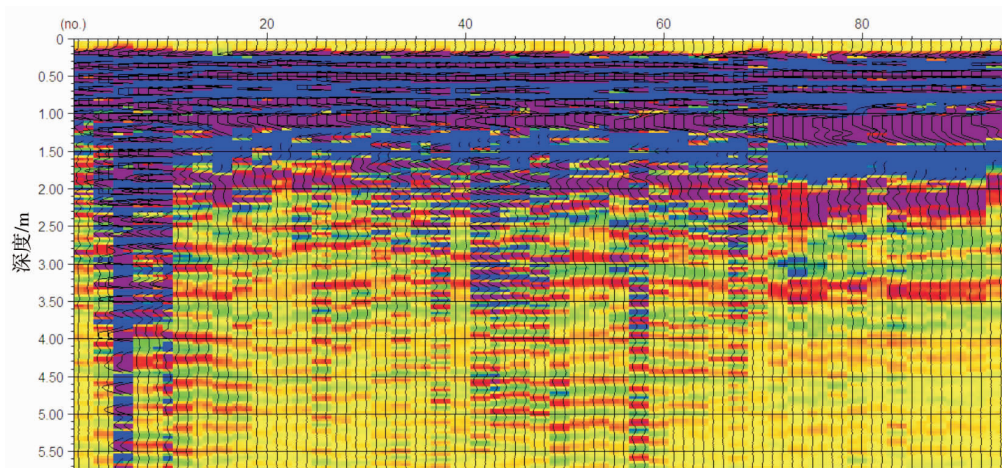
1.1.2 南翼回风巷的围岩松动圈雷达测试

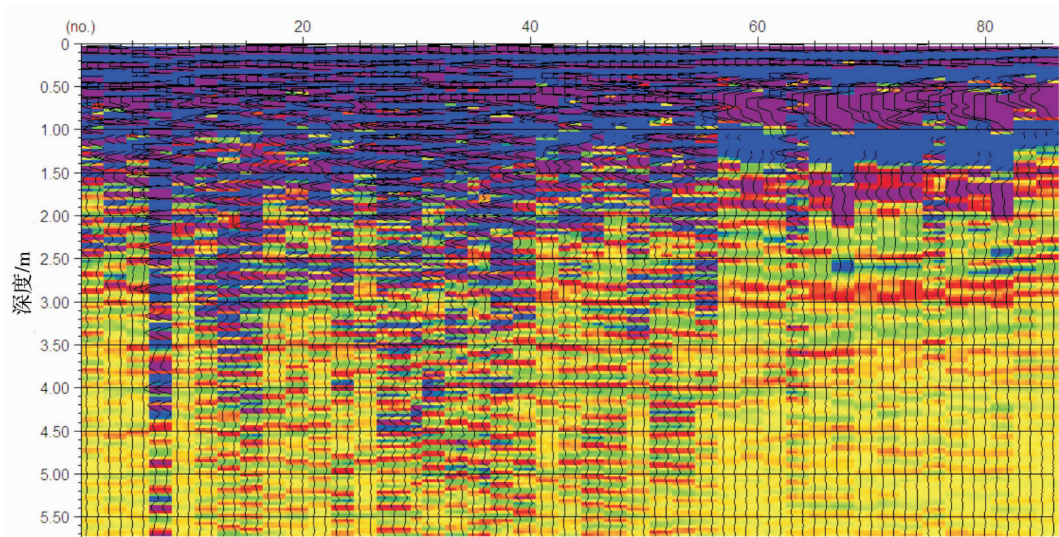
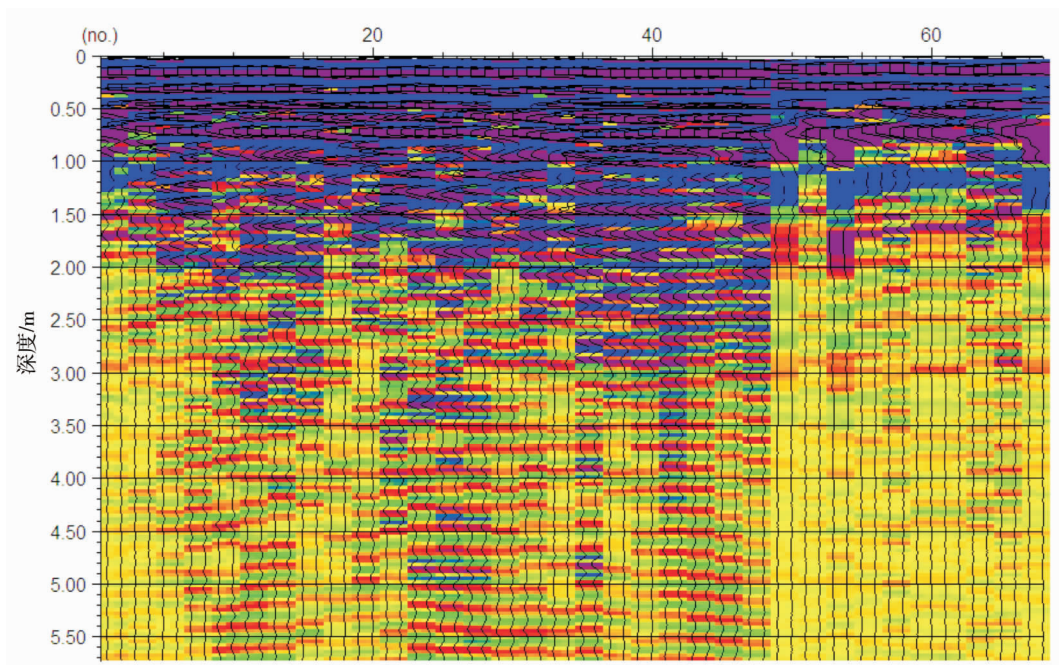
-480南翼回风巷围岩赋存较为稳定,巷道拱部围岩岩性为泥岩,中部为厚度1.1m的砂质泥岩,底部为泥岩.

巷道为直墙半圆拱形巷道,巷道设计净断面尺寸为4.0m×3.0m,该段巷道未曾修复过,主要破坏表现为两帮内移、顶板局部冒落、两肩窝破坏、底臃严重,底臃量在1m以上,局部地段底臃量达1.5m以上.

由南翼回风巷实测雷达剖面(图4~图6)可以看出,各断面围岩破坏特征相近,主要表现为

- 1) 两帮及顶板围岩破坏范围约2.5~3.5m;底板岩体可见连续反射,表明底板岩体稳定连续,整体性好;
- 2) 各断面岩体破坏范围均大,如1[#]断面的10~18道和40~56道(图4)、2[#]断面12~18道和25~38道(图5)以及3[#]断面8~16道和25~40道,均可见4.5~5.5m处有断续反射.

图4 南翼回风巷1[#]测试断面的雷达探测图像

图 5 南翼回风巷 2[#]测试断面的雷达探测图像图 6 南翼回风巷 3[#]测试断面的雷达探测图像

1.1.3 南翼轨道斜巷的围岩松动圈雷达测试

南翼轨道斜巷各测试断面巷道围岩岩性以泥岩为主,层理较为发育.因巷道左帮有电缆和管路,天线不能抵近巷道内表面进行探测,对雷达测试有较强干扰,造成左帮雷达信号杂乱无序.因此,对左帮信号不做解释.

从雷达探测剖面看,南翼轨道斜巷 2 个测试断面围岩破坏范围基本一致,其基本规律如下:

1) 从雷达剖面的整体特征看,全断面在 3.0~3.5 m 处有连续反射界面,表明该距离处岩体相对完整,围岩破坏主要出现在 3.0 m 以内的范围;底板处,岩性反射界面连续,完整性好,其破坏范围也在 3.0~3.5 m;

2) 肩窝处,1[#]断面 20 道和 45 道以及 2[#]断面 25 道和 42 道,连续反射界面出现错断,该错断延续到 4.5~5.0 m 距离处,表明肩窝处岩体局部破坏,其破坏范围可达 4.5~5.0 m.见图 7 和图 8.

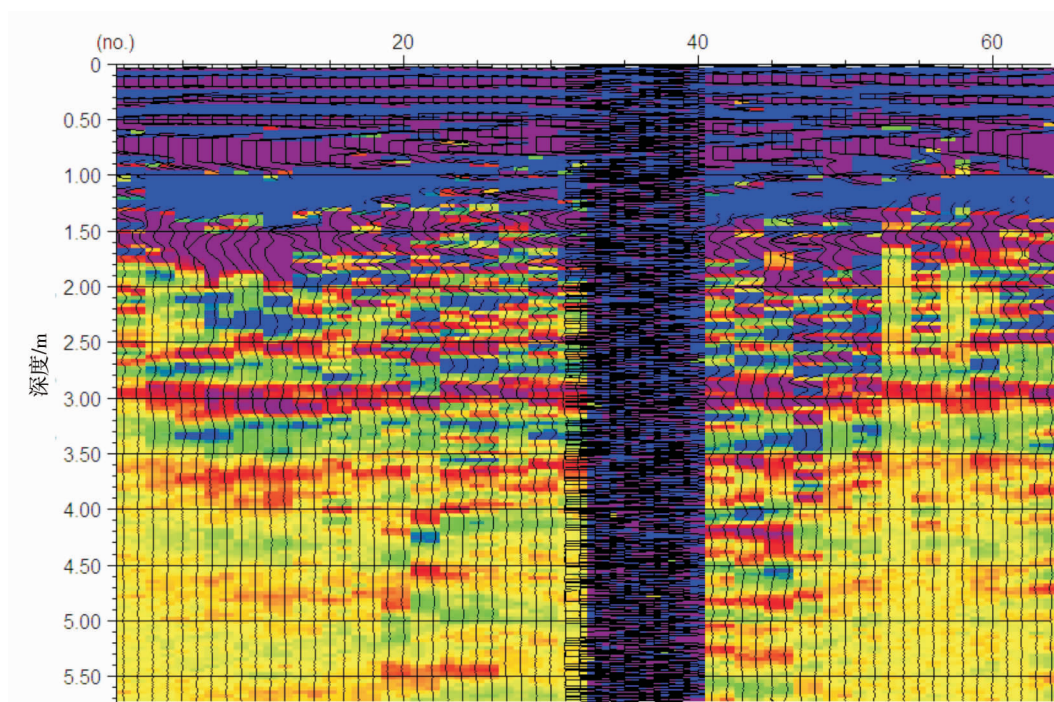


图7 南翼轨道斜巷1[#]测试断面的雷达探测图像

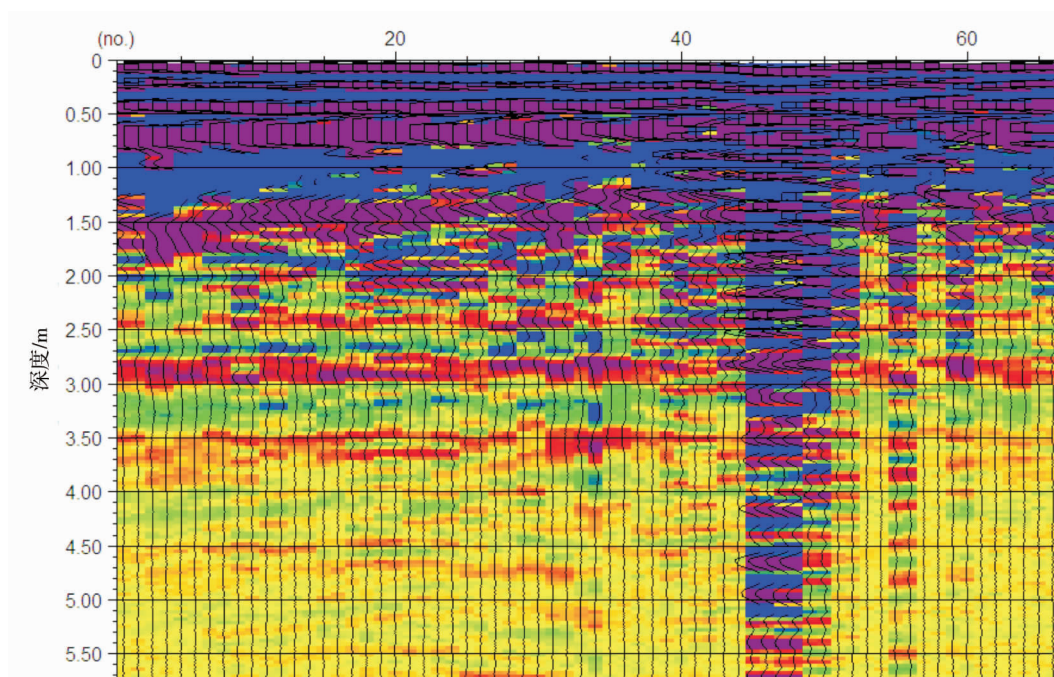


图8 南翼轨道斜巷2[#]测试断面的雷达探测图像

1.2 窥镜测试情况及其主要成果

1.2.1 南翼轨道巷的窥镜测试

测点布置见图9:(1)南轨帮部孔(右帮):距底板1.9 m,实测孔深5 m(设计10 m);(2)南轨顶板孔(顶部正中):实测孔深10 m(设计10 m).

南轨窥镜测试的典型图像见图10和图11,由窥镜测试可知,南轨帮部岩体破坏范围可达4.8 m,见图10;顶板岩体破坏范围约为3.4 m,见图11.对比南翼轨道巷3[#]断面雷达测试图像(图3)与窥镜测试资料(见图10中4.7 m深度处),推断该部位离层张开度在0.1 m左右.从雷达探测和窥镜测试结果发现,本巷道1[#],3[#]断面围岩破坏范围约为5.5 m.稍大于南轨窥镜测试获得的4.8 m.分析认为,窥镜测试可以反映探

孔处的围岩状况,探孔之外则需要借助雷达探测进行解释,由于二者测试位置并不完全重合,导致二者在解释结果上存在一些差异,但两种测试方法对于破坏范围的解释比较接近,可以互相佐证^[11-15].

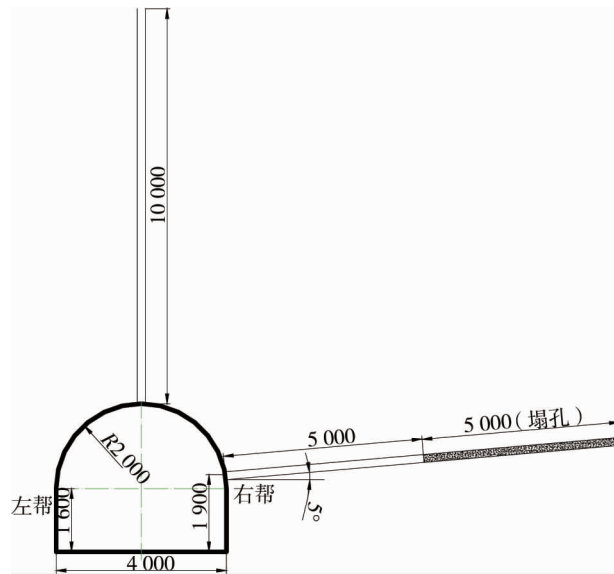


图 9 南翼轨道巷的窥镜测点布置(单位:mm)

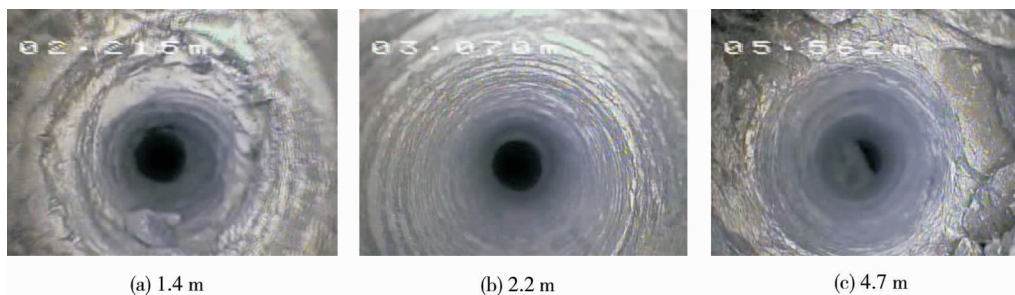


图 10 南轨帮部窥镜测试典型图像(起始位置为 0.832 m)

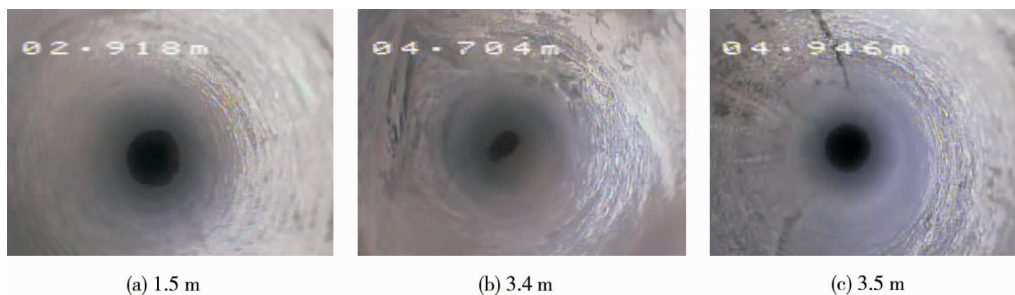


图 11 南轨顶板窥镜测试典型图像(起始位置为 1.405 m)

1.2.2 南翼回风巷的窥镜测试

测点布置见图 12:(1)南回帮部孔(右帮):距底板 1.8 m,实测孔深 10 m(设计 10 m);(2)南回顶板孔(顶部正中):实测孔深 10 m(设计 10 m);(3)南回顶板锚索孔(扩巷迎头顶部正中的锚索孔):孔深 6.5 m,该孔供参考用.南翼回风巷窥镜测试的典型图像见图 13~图 15,由窥镜测试可知,南回帮、顶、锚索处岩体破坏范围分别约为 2.8,2.9,3.8 m.从临近的锚索孔窥镜测试资料(见图 15 中 3.8 m 深度)可知,临近此位置处有岩体裂隙带.对比南翼回风巷 1[#],2[#],3[#]测试断面的雷达探测图像(图 4~图 6),可以判断该巷道各断面岩体破坏范围较大,其破坏范围可达 4.5~5.5 m.

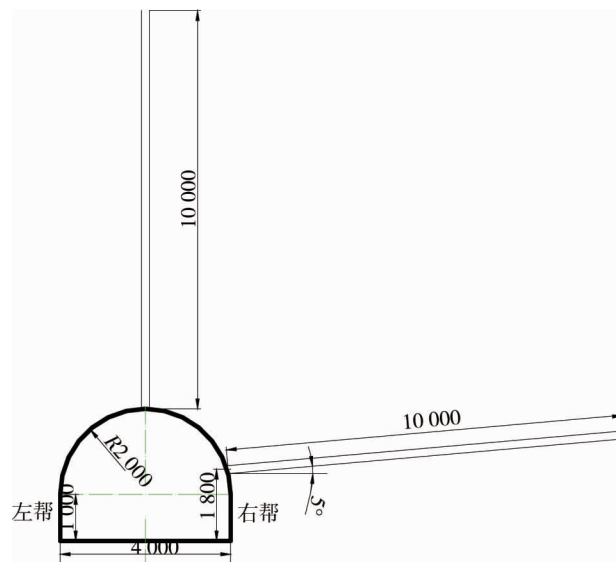


图12 南翼回风巷的窥镜测点布置图(单位:mm)



图13 南回帮部窥镜测试典型图像(起始位置为0.081 m)

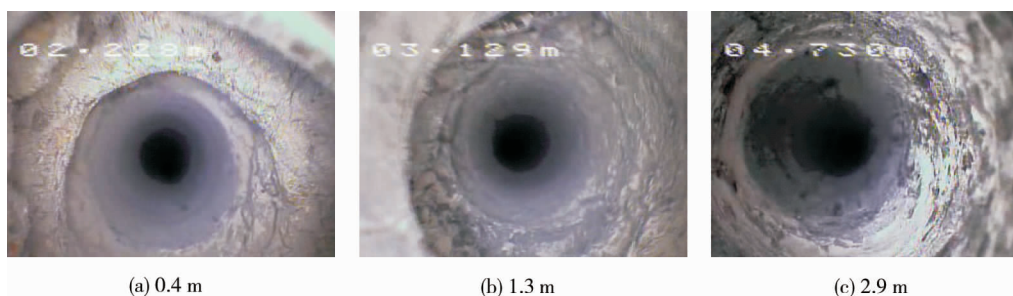


图14 南回顶板窥镜测试典型图像(起始位置为1.835 m)

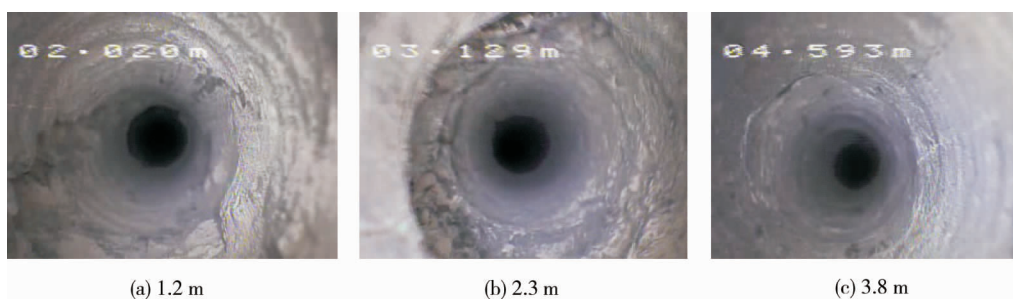


图15 南回锚索孔窥镜测试典型图像(起始位置为0.792 m)

2 结论

1)南翼轨道巷的3个雷达探测断面岩体破坏范围和破坏特征有显著差异,以2[#]为最小,约4.5 m,3[#]为

最大,约5.5 m.经雷达探测和窥镜测试综合判定,3[#]顶板5.5 m深度处有开度在0.1 m左右的离层.

2)南翼回风巷各断面围岩破坏特征相近,其基本规律为两帮及顶板围岩破坏范围约2.5~3.5 m;底板岩体稳定连续,整体性好.

3)南翼轨道斜巷2个测试断面围岩破坏范围基本一致:该巷道围岩整体完整性较好,在3.0~3.5 m处有连续反射界面,围岩破坏也主要出现在3.0 m以内的范围;肩窝处,局部出现连续反射界面错断,表明肩窝处岩体局部破坏,其破坏范围可达4.5~5.0 m.

参考文献:

- [1] 贾颖绚,宋宏伟.巷道围岩松动圈测试技术与探讨[J].西部探矿工程,2004,16(10):148-150.
- [2] 黄飞,孙郡庆.基于地质雷达探测技术的巷道围岩扰动范围探测[J].能源技术与管理,2016(4):153-156.
- [3] 宋宏伟,王闯,贾颖绚.用地质雷达测试围岩松动圈的原理与实践[J].中国矿业大学学报,2002,31(4):370-373.
- [4] 刘传孝.巷道围岩松动圈雷达探测研究[J].矿山压力与顶板管理,2000(1):27-29.
- [5] 刘波涛.厚松散层破碎围岩大巷分阶段支护技术[J].煤炭技术,2014(9):125-128.
- [6] 陈彦军.城郊煤矿围岩松动圈变化规律及控制研究[J].山东煤炭科技,2012(2):103-104.
- [7] 李术才,王汉鹏,钱七虎,等.深部巷道围岩分区破裂化现象现场监测研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(8):1545-1553.
- [8] 王明洋,周泽平,钱七虎.深部岩体的构造和变形与破坏问题[J].岩石力学与工程学报,2006,25(3):448-455.
- [9] 孟庆彬,韩立军,李浩.深部高应力破碎软岩巷道支护技术研究及其应用[J].中南大学学报,2016(11):3861-3872.
- [10] 姜光,朱守颂,谷满,等.深部矿井巷道围岩分区破裂实测研究[J].煤矿开采,2010,15(6):83-85.
- [11] 杨军,孙晓明,王树仁.济宁2[#]煤深部回采巷道变形破坏规律及对策研究[J].岩石力学与工程学报,2009(11):2280-2285.
- [12] 刘泉声,卢兴利.煤矿深部巷道破裂围岩非线性大变形及支护对策研究[J].岩土力学,2010,31(10):3273-3279.
- [13] 周志利,柏建彪,肖同强,等.大断面煤巷变形破坏规律及控制技术[J].煤炭学报,2011,36(4):556-561.
- [14] 张农,袁亮.离层破碎型煤巷顶板的控制原理[J].采矿与安全工程学报,2006,23(1):34-38.
- [15] 孟庆彬,门燕青,申海龙.巷道围岩松动圈支理论及测试技术[J].中国矿山工程,2010(3):47-51.