

望云煤矿 15101 运输顺槽围岩松动圈 测试分析与控制技术研究

靳 峰

(山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司)

摘 要:为保障 15101 运输顺槽围岩的稳定,采用现场实测的方式进行围岩松动圈的测试分析,基于测试结果得出运输顺槽处的两帮松动圈范围约为 1.6m,基于工作面地质条件和围岩松动圈分析结果,确定巷道采用锚网索支护方案,采用理论分析的方式进行巷道各项支护参数的设计,在巷道掘进期间进行围岩变形分析。结果表明:巷道采用现有支护方案,掘进期间围岩变形量小,保障了围岩的稳定。

关键词:回采巷道;松动圈;围岩控制;围岩变形量

1 工程概况

山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司 15101 工作面井田东区,工作面为井田东区 15#煤层首采工作面,该煤层位于太原组下部 K2 灰岩之下,上距 9 号煤层约 41m,煤层厚 2.40m ~ 12.55m,平均厚 4.86m,平均倾角为 6°,属全区稳定可采煤层,含 0 ~ 4 层夹矸,单层矸石厚 0.03 ~ 0.60m,煤层顶底板岩层特征如图 1。15101 运输顺槽沿煤层底板掘进,断面为矩形,巷道宽度×高度=4.0×4.0m,现为保障巷道支护方案的合理性,特进行围岩松动圈测试

分析与围岩控制技术分析研究。(如图 1)

2 围岩松动圈测试分析

2.1 测试方案及数据分析

为监测 150101 工作面运输顺槽巷道的帮部围岩破坏情况,采用 CT-2 型超声波围岩裂隙探测仪对运输顺槽的 4 号测站进行松动圈测试,测站位置和测孔布置分别如图 2 所示。

如上图所示,在运输顺槽中距回风大巷 550m 处布置测站,该测站与下一个工作面的回风顺槽相邻,

分层厚度 (m)	柱状图	岩矿层名称及岩性描述
1.23-11.52	— —	灰黑色泥岩, 有时相变为粉砂质泥岩, 底部有时含 10号薄煤层。
0-1.12	■	10号煤, 灰黑色, 光亮一半亮型, 区内不稳定, 不可采。
0.80-1.20	— —	灰黑色泥岩, 有时相变为砂质泥岩。
0.33-1.88	■	K4 深灰色生物屑微晶灰岩。
6.20-8.80	— —	12 灰黑色泥岩, 中部夹薄层状灰岩 (K4下) 和12号煤。
2.26-4.34	■	K3 深灰色生物屑微晶灰岩。
8.04-10.17	— —	13 灰黑色泥岩夹粉砂质泥岩, 顶部有时含 13号薄煤层, 不可采。
5.87-11.60	■	K2 深灰色生物屑微晶灰岩, 含腕足、海百合、蜓及螺类化石。
2.40-12.55	■	15 15号煤, 半亮型, 条带状结构, 层状构造, 含黄铁矿结核, 全区稳定可采。
6.10-13.00	— —	K1 灰黑色泥岩, 有时相变为铝土质泥岩、炭质泥岩, 底部为灰色中薄层状中细粒岩屑石英砂岩。

图1 煤层顶底板岩层柱状图

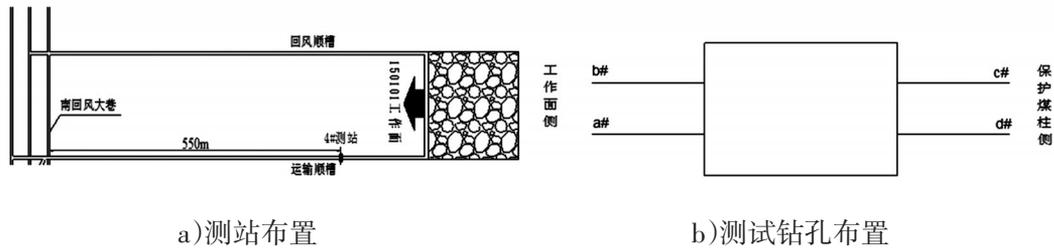


图2 松动圈测站测孔布置示意图

表1 4号测站松动圈测试基础数据

孔深/m	波速 (m/s)			
	a号孔	b号孔	c号孔	d号孔
2.6	2781	2612	2734	2960
2.4	2732	2653	2653	2757
2.2	2774	2584	2756	2812
2.0	2763	2663	2598	2663
1.8	2645	2354	2374	2627
1.6	2631	2516	2294	2564
1.4	2375	1938	2167	2358
1.2	2120	1793	2073	2177
1.0	2263	1889	1778	2043
0.8	1925	1953	1643	1873

因此需要对巷道帮部围岩的破坏情况有详细的了解,在该测站布置4个测孔,各测孔的具体测试结果如下图3和表1所示:

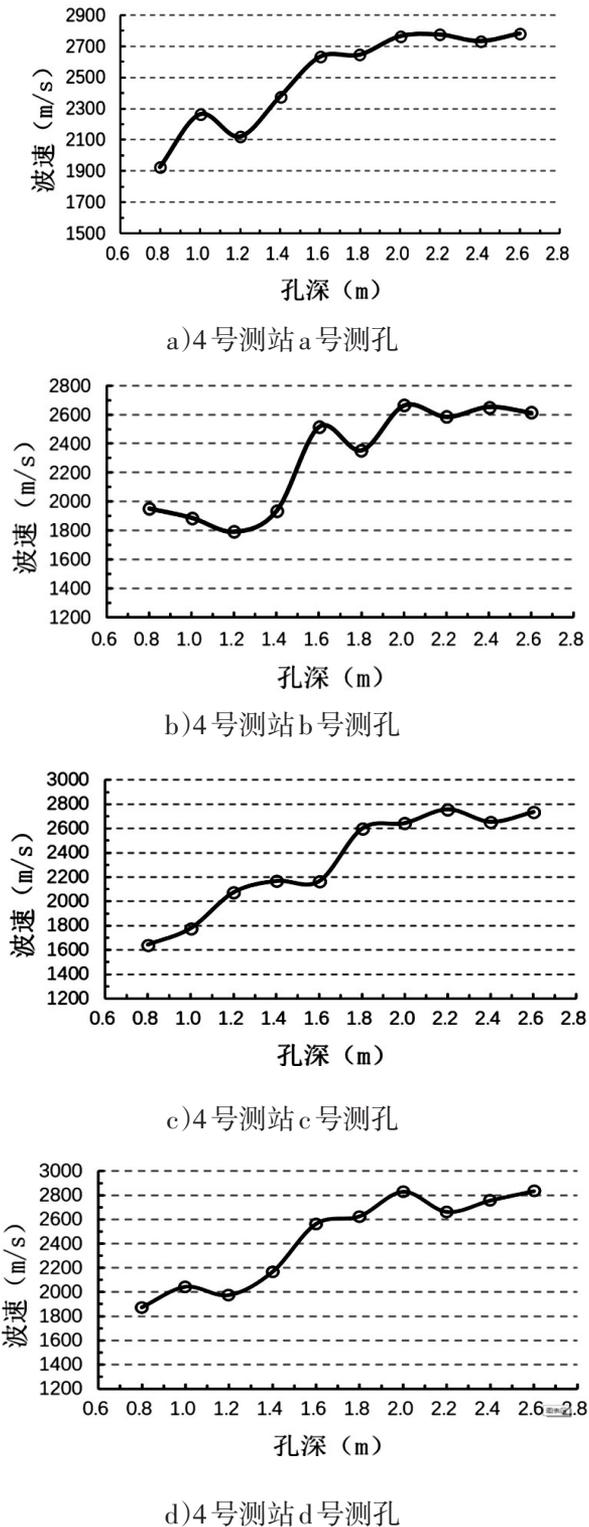


图3 运输顺槽4号测站松动圈测试结果

分析图3a)可知,a号测孔中在1.6m深度之前,声波波速均小于在完整泥岩中的波速,在1.2m处声波波速突减至2120m/s,说明此处存在离层;在1.8m之后波速达到了声波在完整煤层中的波速,说明a号测孔的松动圈范围约为1.6m。

分析图3b)可知,b号测孔的波速在1.4m孔深前,波速小于完整煤层中的波速,在巷道围岩1.4m之后,波速突增,在1.6m之后波速达到了声波在完整煤层中的波速,但在1.8m处波速有一明显下降,说明此处有离层存在,综上,b号测孔的帮部围岩松动圈范围约为1.4m。

分析图3c)可知,c号测孔的波速在1.6m孔深之前的范围内,波速小于在完整煤层中的波速;在1.6m之后,波速突增,在1.6m之后波速达到了声波在完整煤层中的波速,但在2.2m~2.4m范围内波速有所减小,说明该范围内由少量裂隙存在,综上,c号测孔的帮部围岩松动圈范围约为1.6m。

分析图3d)可知,d号测孔的波速在1.6m孔深之前的范围内,波速小于在完整煤层中的波速;在1.6m之后,波速突增,在1.6m之后波速均达到了声波在完整煤层中的波速,但在1.8m~2.2m范围内波速增加较大,说明此处围岩完整性较好,综上,d号测孔的帮部围岩松动圈范围约为1.6m。

通过对4测站的4个波速变化图进行对比可以看出:a号测孔在孔口1.4m范围以内裂隙发育程度较高,且有离层存在;b号测孔在1.8m处也有一离层存在,需加强支护;c号测孔波速变化较为平滑,说明c号测孔内围岩裂隙发育较为规律;d号测孔在1.8m~2.2m范围内波速增加较大,说明此处围岩完整性较好,围岩裂隙发育也较为规律。

2.2 松动圈测试结果分析

根据超声波测试仪的主要组成部分和常见介质中声波的传播速度,基于测试结果可计算得出声速值^[3-5],根据测试结果可知15101运输顺槽中,在测

孔不同深度处的声波波速值的变化规律与轨道大巷处的变化规律相同,在孔深范围小于1.6m时,波速值小于完整煤层中的波速,且波动较大;在孔深大于1.8m至孔底范围内所有部位的波速值基本处于正常波速以上;据此可知150101工作面运输顺槽处的两帮松动圈范围约为1.6m。

3 围岩控制技术研究

3.1 支护参数理论计算

根据15101工作面的地质条件和围岩松动圈测试结果,确定巷道采用锚网索支护方案,具体各项支护参数设计如下:

(1) 顶板支护参数计算分析

① 顶板支护载荷集度、锚杆布置密度计算公式如下^[6]:

$$q = \left(\sum h + \frac{H \tan(45^\circ - \varphi / 2) + b}{f} \right) \gamma = \left(1.6 + \frac{4.5 \times 0.62 + 2.5}{8.2} \right) \times 27 = 60.62 \text{ KPa}$$

$$n = \frac{KK'q}{F} = \frac{1.2 \times 1.1 \times 60.62}{100} = 0.80$$

式中H—巷道高度,4.5m;φ—巷帮煤及岩体内摩擦角,26°;f—岩体普氏系数,8.20;b—巷道宽度的

一半,2.5m;γ—直接顶容重,27KN/m³;h—直接顶损坏厚度,基于上述分析取为1.6m;F为锚杆设计锚固力,取100KN;q为载荷集度,60.62KPa;K为安全系数,取1.2;K'为变形载荷系数取1.1;

② 顶锚杆布置间、排距:计算公式如下:

$$a = \sqrt{\frac{1}{n}} = \sqrt{\frac{1}{0.80}} \approx 1.12 \text{ m}$$

根据实体煤侧运输顺槽巷道断面参数及实际经验,取顶锚杆排距为1.2m,间距为1.1m。

③ 锚杆长度的确定:顶板锚杆长度计算公式为^[7]:

$$l = l_1 + l_2 + l_3 = 0.1 + 0.645 + 1.14 = 1.885 \text{ m}$$

式中:l₁为锚杆外露长度;l₂为锚杆有效长度;l₃为锚杆锚固长度,m;根据地质条件确定锚杆长度为2.1m。

(2) 运输顺槽帮部支护参数分析:锚杆布置密度及间排距的计算公式如下^[8]:

$$n = \frac{P}{P_0} = \frac{57.2}{100} = 0.57$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{n}} = \sqrt{\frac{1}{0.57}} \approx 1.32 \text{ m}$$

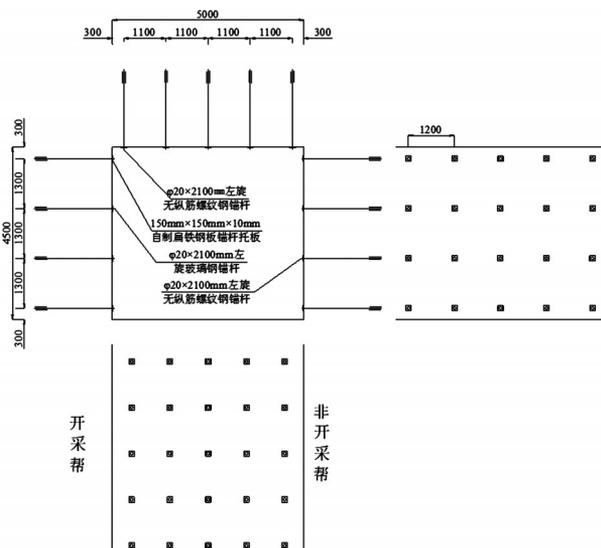


图4 15101运输顺槽支护示意图

根据巷道断面参数并结合实际经验,取帮锚杆间距为1.3m。

综上分析得出,15101运输顺槽顶板支护采用的锚杆型号为 $\varphi 20 \times 2100$ mm的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆间排距为1100mm \times 1200mm,每根锚杆配用MSCKa2335和MSZ2360树脂药卷各一支。帮部支护采用的锚杆型号为 $\varphi 20 \times 2100$ mm的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆间排距为1300mm \times 1200mm,每根锚杆配用MSCKa2335和MSZ2360树脂药卷各一支。

3.2 支护方案

①顶板控制:顶板采用 $\Phi 20$ mm \times L2100mm的左旋无纵筋螺纹钢,间排距为1100mm \times 1200mm,预紧扭矩不低于250N \cdot m,锚杆采用MSCKa2335和MSZ2360各1支进行锚固,托盘规格为150mm \times 150mm \times 10mm的自制扁钢钢板。金属网采用12号铁丝编制菱形金属网护顶。

②两帮控制:两帮采用左旋螺纹钢锚杆(开采帮采用玻璃钢纤维锚杆)配合12号菱形金属网支护。锚杆规格为 $\varphi 20 \times 2100$ mm,锚杆间排距为1300mm \times 1200mm,预紧扭矩不低于250N \cdot m,锚杆采用MSCKa2335和MSZ2360各1支进行锚固,托板规格为150mm \times 150mm \times 10mm自制扁钢钢板。金属网采用12号铁丝编制菱形金属网。

具体15101运输顺槽支护方案如图4所示。

3.3 效果分析

15101运输顺槽掘进期间,在滞后巷道掘进迎头2m的位置处采用十字布点法进行围岩变形监测分析,持续观测一个月,得出围岩变形量曲线图如图5。

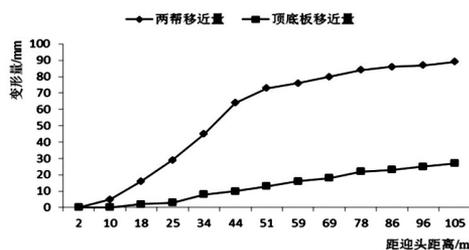


图5 巷道掘进期间围岩变形量曲线图

分析图5可知,15101运输顺槽掘进期间,在现有支护方案下,围岩变形主要出现之后掘进迎头0~50m的范围内,随着巷道掘进作业的进行,围岩变形量大幅降低,当监测断面滞后掘进迎头60m时,此时围岩变形基本达到稳定状态,最终巷道顶底板最大移近量分别为28mm和85mm,围岩控制效果较好。

4 结论

根据15101运输顺槽的地质条件,通过进行巷道围岩松动圈测试得出,运输顺槽处的两帮松动圈范围约为1.6m;基于松动圈测试结果,进一步通过围岩支护参数设计,具体确定出巷道锚网索支护方案中的各项参数,根据巷道掘进期间的围岩变形监测结果可知,巷道在现有支护方案下,围岩控制效果好。

参考文献:

- [1]曾冬艳,刘增辉,史金伟,王帅帅.考虑围岩性质劣化的软岩巷道破坏规律数值模拟研究[J].矿业研究与开发,2021,41(02):45-51.
- [2]苏士龙,高海海,周康乐.基于松动圈现场测试的非对称变形巷道支护技术研究[J].中国矿业,2021,30(01):155-159+167.
- [3]唐满元,苗晓伟,李青锋,彭跃金.22117回风巷围岩塑性区及松动破坏特征分析[J].矿业工程研究,2020,35(03):14-20.
- [4]苏士龙,高海海,周康乐.基于统一强度理论的巷道围岩松动圈计算方法[J].科学技术与工程,2020,20(27):11045-11050.
- [5]单梁,王凯,范文昌,万晓,谭文峰.特厚松软煤层巷道支护技术研究[J].矿业研究与开发,2020,40(09):87-92.
- [6]疏义国,杨张杰,翟恩发,等.裂隙发育特厚煤层综放沿空掘巷大变形成因及关键控制技术[J].煤炭技术,2020,39(12):8-11.
- [7]张福民,张东峰,张小强,等.深井沿空巷道合理位置确定及围岩控制技术[J].中国矿业,2020,29(11):136-141+146.
- [8]杜贝举,刘长友,吴锋锋,等.深井高应力软弱围岩巷道变形机理及控制研究[J].采矿与安全工程学报,2020,37(06):1123-1132.