

掘进巷道过风氧化带软岩区优化支护研究

闫宁

(山西煤炭运销集团 三元微子镇煤业有限公司,山西 长治 046000)

摘要:为解决掘进过程中遇到风氧化带形成软岩区支护困难的问题,以微子镇煤业一采区回风大巷掘进过风氧化带为例,对揭露的风氧化带软岩区域进行松动圈测试,测试得出松动圈厚度为1.4~1.6 m。根据松动圈围岩分类表,确定该区域为IV类一般不稳定围岩;采用双层金属网,每排锚杆顶部及帮部加设钢筋梯子梁,片帮区锚杆加木质托盘,缩小顶锚索排距,表面喷150 mm厚度浆层。通过围岩观测,验证了支护方式的可靠性,提高了支护效率。

关键词:松动圈测试;掘进巷道;风氧化带;软岩;支护设计

中图分类号:TD353

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Optimization Study of Support in Soft Rock Areas When Excavation Roadway Passing Weathering-Oxidation Zone

YAN Ning

(Sanyuan Weizizhen Coal Industry Co., Ltd., Shanxi Coal Transportation & Sales Group, Changzhi 046000, China)

Abstract: When the weathering-oxidation zone is encountered during the excavation process, it is easy to cause support difficulties in soft rock areas. Taking the excavation process of return air roadway in mining area one of Weizizhen Coal Industry as an example, loose ring test was carried out on the exposed soft rock area of the weathering-oxidation zone. The test shows that the thickness of the loose ring ranges from 1.4 to 1.6 m. According to the classification of surrounding rock in loose ring, the area was determined as Class IV, General Unstable surrounding rock. Double-layer metal mesh was adopted, reinforced ladder beams were added on the top and sides of anchors, wooden pallets were installed on anchor rods in rib spalling areas, top anchor line spacing was reduced, and the surface was sprayed with a 150 mm thick layer. The surrounding rock observation verified the reliability and the improved supporting efficiency of the supporting design.

Key words: loose ring test; excavation roadway; weathering oxidation zone; soft rock; supporting design

风氧化作用导致煤岩节理发育,增加了岩体孔隙率,提高了煤岩导水能力。巷道在此类围岩中变形强烈,由于不能因地制宜地采取合理的支护方式,使得巷道的后期维护工作量增大,浪费大量的人力物力,严重影响巷道掘进速度,甚至存在重大安全隐

患^[1]。因此,掌握风氧化带软岩巷道变形破坏影响因素和变形机理,并以此来选择合理的支护方式是关键。董方庭^[2]提出以松动圈厚度为依据的“巷道支护松动圈围岩分类”,根据松动圈分类选择支护机理和方法;杨旭旭等^[3]对各种松动圈物理测试方法

* 收稿日期:2019-12-10

作者简介:闫宁(1986-),男,山西长治人,本科,助理工程师,从事煤矿安全管理工作,E-mail:yn_5508@126.com。

进行了比较研究,证明了物理测试方法可以准确地测得松动圈厚度;杨艳国等^[4-6]基于松动圈原理,采用单孔声波法对该矿围岩松动圈范围进行现场测试,并进行锚杆支护参数设计,证明了超声波测试方法的准确性和支护设计的可靠性;孙朋等^[7]研究采用组合支护方式(“锚杆+锚索+钢带+金属网+喷浆”)通过风氧化带,并证明了组合支护方式通过风氧化带的安全性和可行性。

本文采用工程类比的方法,通过单孔超声波法,现场测试分析风氧化带软岩松动圈厚度,根据松动圈分类选择支护方式,利用围岩观测方法验证支护方式的可靠性,提高巷道的掘进效率。

1 矿井及工作面概况

微子镇煤业设计开采 15[#] 煤层,平均煤厚 3.5 m,设计服务年限 13.3 a。采用斜井开拓,属低瓦斯矿井,水文地质条件中等。

1.1 顶底板情况

伪顶为黑色泥岩,厚度为 0.05~0.45 m,随采随落。直接顶板为中—细粒砂岩,局部为泥岩,厚度为 2.55~4.40 m。老顶为 K₂ 石灰岩,厚度为 4.69~9.14 m,质纯坚硬,极限抗压强度为 54.40~86.00 MPa,属坚硬岩石。煤层上覆岩性,从直接顶到老顶为软弱—坚硬岩石,上部覆岩为软弱—坚硬相间平行复合结构。15[#] 煤层底板直接底板为黑色泥岩,厚度为 9.12~12.40 m,极限抗压强度为 21.20~40.00 MPa,为软弱—半坚硬岩石。

1.2 工作面情况

微子镇煤业一采区回风大巷掘进断面宽 4 m,高 3.1 m,施工至约 700 m 位置进入一采区 1[#] 联络巷,根据现场工作面揭露围岩已进入 15[#] 煤层风氧化带。顶、两帮及底板岩性松软(含黄泥),顶板伴有淋水;两帮、底板泥岩层遇水极易片帮并造成底板淤泥现象。掘进到该处时,会有顶板淋水、锚杆支护效果不好的情况。

2 单孔超声波法测试围岩松动圈

2.1 松动圈测试原理

巷道开挖前,围岩应力处于三向稳定状态;开挖后,三向应力变成了近似两向。开挖部位周围的应力集中,如果应力小于岩石的强度,则围岩处于塑性状态,此时的围岩仍然具有承载能力,可以维持自稳;如果应力大于岩石的强度,则会发生破裂,承载能力变低,并且向深部转移。围绕这一破裂区域一

般为环形,也就是我们所说的松动圈。松动圈是支护的对象,解决支护问题的关键,图 1 为松动圈示意图。

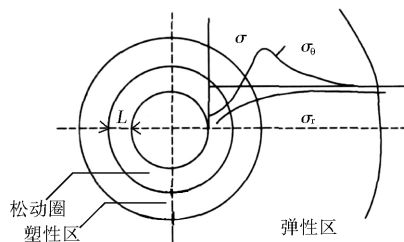


图 1 松动圈示意图

Fig. 1 Loose ring diagram

本文采用 LDX/BA- II 型超声波围岩裂隙探测仪,原理如图 2 所示。根据超声波在不同介质中具有不同的传播速度,在均质岩体中衰减少、速度快;在破碎岩体中由于裂隙的增加,超声波速度衰减快、速度也相应地减小,根据波速来预测围岩的破坏情况。通过岩石钻孔(41~45 mm)测出声波纵波速度在围岩钻孔中的分布变化曲线或“时间-孔深”曲线,即可判定围岩裂隙(松动)范围。

$$v = L/t. \tag{1}$$

式中:L 为发送、接收换能器间距,取 140 mm;t 为测试时间数据,μs。

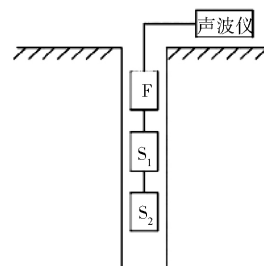


图 2 单孔声波测试原理

Fig. 2 Single-hole acoustic wave test principle

2.2 松动圈测试

对揭露一个月后的风氧化带段进行松动圈测试,在采区回风巷揭露风氧化带 20 m 处设置测试点,如图 3 所示。

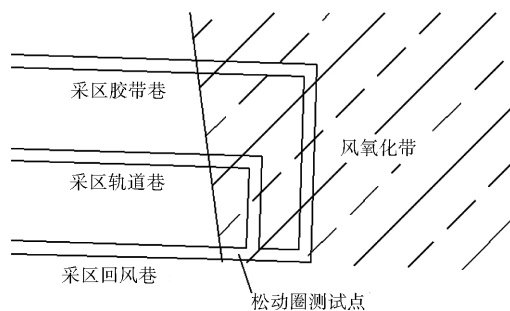


图 3 测试点布置

Fig. 3 Layout of testing points

钻孔布置图如图 4 所示。测试 6 个钻孔,左右帮

各两个,钻孔深度3 m,角度向下6°;顶部布置2个孔。

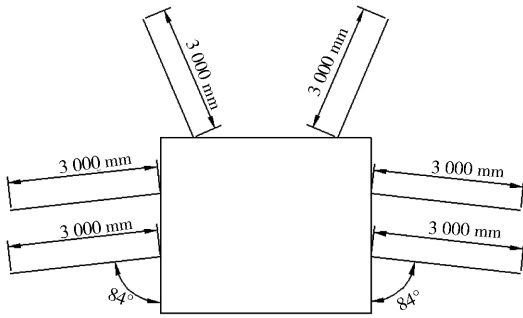


图4 钻孔布置图

Fig. 4 Layout of boreholes

测试时孔中充满水,为防止孔中水流失,影响测试效果,向孔中持续输水。经过对钻孔测试结果的解分析处理,得到声波从发射器到接收器的传播时间与声波发射点距孔口距离的关系曲线如图5所示。

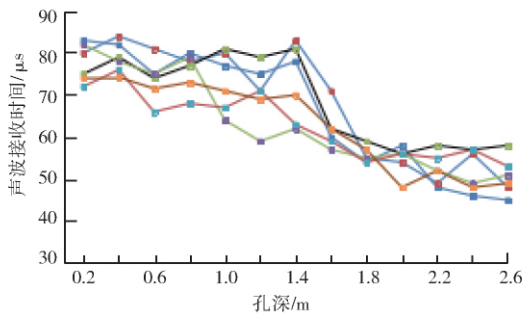


图5 声波传播时间与孔深关系

Fig. 5 Relationship between acoustic transit time and borehole depth

通过现场测试得出,声波从发生器到接收器的传播时间最大值为84 μs,最小值为45 μs。根据公式(1)计算可得,声波传播速度在1 667~3 111 m/s之间。由图5可知,随着超声波测试仪探头的深入,经过距孔口1.4 m的位置时,传播时间开始减小,说明声波在煤岩中的传播速度在增加;当到达1.6 m的位置,煤岩趋于稳定,也就是上面说到的自稳状态。由此可知,微子镇煤业风氧化带软岩松动圈厚度范围为1.4~1.6 m。

2.3 测试结果

根据松动圈测试结果,厚度范围为1.4~1.6 m,如表1所示,属大松动圈中的IV类一般不稳定围岩。

3 支护优化设计及效果分析

3.1 支护优化设计

原巷道顶板锚索支护参数间排距2 000 mm×3 000 mm每排2根,过风氧化带区段调整为2 000 mm×1 500 mm每排2根。根据现场顶板岩性、破碎情况锚索间排距可调整为1 000 mm×1 500 mm每排3根进行加固支护。帮部易片帮泥

表1 松动圈一般围岩分类表

Table 1 Classification of surrounding rock of loose ring

围岩类别	分类名称	松动圈厚度/m	支护机理及方法
小松动圈	I 稳定围岩	0~0.4	喷混凝土支护
中松动圈	II 较稳定围岩	0.4~1.0	锚杆悬吊理论 喷层局部支护
	III 一般围岩	1.0~1.5	锚杆悬吊理论 喷层局部支护
大松动圈	IV 一般不稳定围岩	1.5~2.0	锚杆组合拱理论 喷层 金属网局部支护
	V 不稳定围岩	2.0~3.0	锚杆组合拱理论 喷层 金属网局部支护
	VI 极不稳定围岩	>3.0	待定

岩层采用18.9 mm×7 000.0 mm锚索加固护帮,间排距1 000 mm×1 500 mm每帮每排2根,上边一根距顶板1.0 m、下边一根距底板1.1 m,如图6所示。为保证锚固质量过风氧化带区段采用双层金属网,每排锚杆顶部及帮部加设钢筋梯子梁,片帮区锚杆加木质托盘;并加强对顶板,围岩观测,加强对巷道锚杆及锚索支护质量情况的监督。

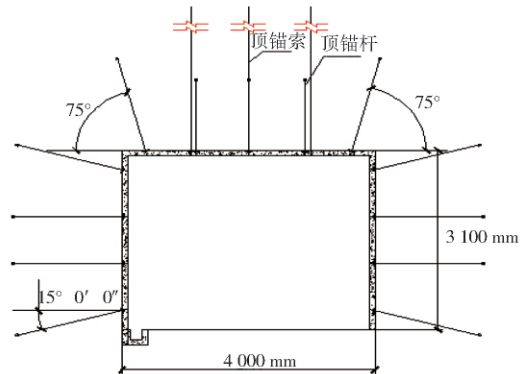


图6 支护优化设计

Fig. 6 Optimization design of support

喷浆用水泥为Po42.5号普通硅酸盐水泥,砂为纯净河砂,石子直径为5~10 mm,并用水冲洗干净,水:水泥:沙子=1:2:2,最佳水灰比控制在0.4~0.5,速凝剂用量为水泥用量的4%,混凝土强度等级为C20,喷射厚度不小于150 mm。

3.2 支护效果分析

为进一步检验掘进巷道过风氧化带支护效果,采用围岩观测手段监测,方法如下。

1) 巷道围岩移近量采用测枪、测杆或其他测量工具量测。在1#联络巷附近设置3个观测点,间距20 m,每3 d测1次。

2) 测点布置时,首先确定4点(即顶底板和两帮各1个),如图7所示。测取围岩相对位移量:顶底量测 $\overline{AC}(y+y')$,两帮量测 $\overline{BD}(x+x')$,测取顶板

下沉、底鼓及上(左)帮、下(右)帮移动量,可测量 \overline{AC} 、 \overline{AB} 、 \overline{BC} 及 \overline{BD} 或 \overline{AC} 、 \overline{AB} 、 \overline{BD} 及 \overline{AD} 。

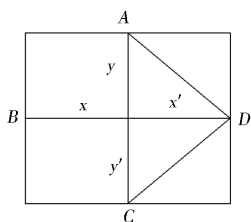


图 7 测点布置

Fig. 7 Layout of testing points

通过一个月的监测,顶板收敛曲线如图 8 所示,围岩收敛曲线如图 9 所示。由图可知,优化设计支护后的 7 d 内,顶板、围岩收敛速度比较大,13 d 后趋于稳定状态,支护系统无开裂损毁现象。监测结果表明,采用优化后的支护方式,有效降低了围岩变形速率,实现了对掘进巷道过风氧化带软岩区松动圈的有效控制。

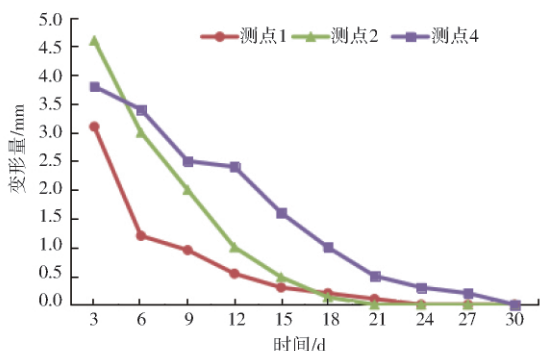


图 8 顶板收敛曲线

Fig. 8 Roof convergence curves

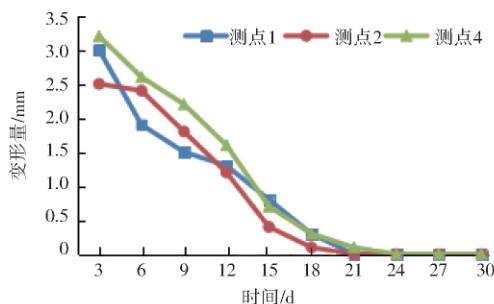


图 9 围岩收敛曲线

Fig. 9 Surrounding rock convergence curves

4 结论

1)通过对已揭露的风氧化带软岩区松动圈测试,得出微子镇煤业风氧化带区域的松动圈厚度为 1.4~1.6 m。根据松动圈分类理论得出,该松动圈属于 IV 类一般不稳定围岩(软岩)。

2)基于锚杆组合拱理论,采用锚网喷支护工艺,将原有支护顶锚索排距缩短为 1 m,采用双层网防止松软岩石冒漏;每排锚杆顶部及帮部加设钢筋梯子梁,提高围岩抗拉、抗剪能力;锚杆加木托盘,增加受力面积;通过喷浆封闭,封闭节理,提高了软岩区围岩整体性。

3)通过围岩观测验证了优化后的支护设计的可行性和可靠性,大大提高了巷道的掘进速度。

参考文献:

[1] 李晓鹏. 风氧化软岩巷道变形机理及其控制研究[D]. 太原:太原理工大学,2015.

[2] 董方庭,宋宏伟,郭志宏,等. 巷道围岩松动圈支护理论[J]. 煤炭学报,1994,19(1):21-32.
DONG Fangting, SONG Hongwei GUO Zhihong, et al. Roadway Support Theory Based on Broken Rock Zone[J]. Journal of China Coal Society, 1994, 19(1): 21-32.

[3] 杨旭旭,王文庆,靖洪文. 围岩松动圈常用测试方法分析与比较[J]. 煤炭科学技术,2012,40(8):1-5,54.
YANG Xuxu, WANG Wenqing, JING Hongwen. Analysis and Comparison on Conventional Loose Zone Measuring and Test Methods[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(8): 1-5, 54.

[4] 杨艳国,范楠. 基于单孔声波法测试巷道围岩松动圈试验研究[J]. 煤炭科学技术,2019,47(3):93-100.
YANG Yanguo, FAN Nan. Experimental Study on Surrounding Rock Loosing Circle by Single-hole Acoustic Wave Testing Method[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 93-100.

[5] 高琨鹏,李学彬,程致远,等. 声波法及钻孔法在深井软岩巷道松动圈测试中的应用研究[J]. 煤炭技术,2018,37(1):62-64.
GAO Kunpeng, LI Xuebin, CHENG Zhiyuan, et al. Application Research of Sonic Method and Peep Instrument in Broken Rock Zone Test in Deep Soft Rock Roadway[J]. Coal Technology, 2018, 37(1): 62-64.

[6] 刘旦龙,邓明亮,李光辉,等. 风氧化带锚网索支护技术的研究与应用[J]. 煤矿开采,2012,17(3):61-62,45.
LIU Danlong, DENG Mingliang, LI Guanghui, et al. Technology of Anchored Cable Mesh Supporting in Oxidation Zone and Its Application[J]. Coal Mining Technology, 2012, 17(3): 61-62, 45.

[7] 孙朋. 大断面巷道过风氧化带关键技术研究[J]. 山东煤炭科技,2017(10):35-36.
SUN Peng Research on Key Technologies of Large-section Roadway Driving Wind Oxidation Zone[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2017(10): 35-36.

(编辑:樊 敏)