

望云煤矿 15#煤层回采面顺槽巷道支护优化研究

苏晓路

(山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司)

摘 要:针对望云煤矿分公司东区 15#煤层直接顶为 K2 灰岩,顶板坚硬,探索通过对回采面顺槽巷道原支护进行优化设计,确定巷道支护优化方案,以提高今后东区 15#煤层回采面顺槽巷道掘进施工效率并有效降低巷道支护材料消耗,从而提高煤矿生产效益。本文重点介绍了回采面顺槽巷道支护优化方案理论分析依据、优化方案及与原支护方案对比情况。

关键词:15#煤层;回采面顺槽;巷道支护;理论分析;优化方案;方案对比

1 研究背景

望云煤矿分公司 15#煤层位于太原组下部 K2 灰岩之下,上距 9#煤层约 41m,煤层厚 2.40m (103#孔)~12.55m (12#孔),平均厚 4.86m,除急剧变厚的 12#钻孔厚度 12.55m 外,其它钻孔揭露厚度为 2.40~6.00m,该煤层为稳定的全区可采煤层。煤层倾角平缓,多在 2°~10° 范围内。煤层结构简单—复杂,含 0~4 层夹矸,单层矸石厚 0.03~0.60m。顶板一般为 K₂ 灰岩;底板为黑色泥岩、砂质泥岩。煤层及顶底板岩性柱状图如图 1 所示。

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—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 (K ₄ 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 煤层及顶底板岩性柱状图

目前望云煤矿分公司15#煤层水平延伸工程已基本完工,首采面15101工作面及主、副斜井等开拓大巷已掘完并构成系统,首采面15101工作面布置示意图见图2。

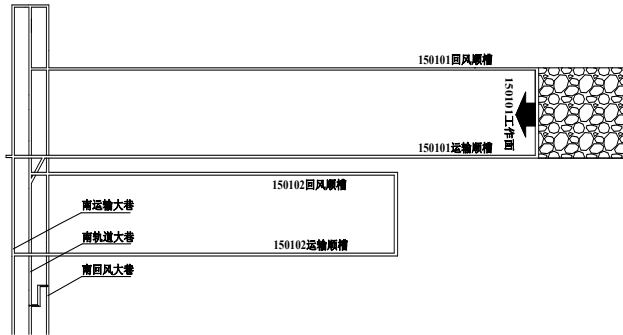


图2 望云煤矿东区15#煤层首采面15101工作面布置示意图

由表1可知,首采面15101工作面两顺槽巷道支护方案主要通过工程类比法确定,支护形式较为单一,锚杆间、排距较小,虽能满足巷道掘进支护需求,但施工效率低下,且支护材料消耗较大,煤矿生产成本较高。本次研究主要通过现场实测、理论计算及分析等手段对回采面顺槽巷道开展支护参数优化研究,确定巷道支护优化方案,从而提高今后巷道掘进的施工效率并有效降低巷道支护材料消耗。

2 巷道支护理论分析

(1)通过对东区15#煤层首采面15101工作面运输顺槽、回风顺槽现场调研并选取具有代表性的煤、岩块进行实验,得到以下主要结论:

①煤样的单向抗压强度在5.61MPa到7.32MPa之间,平均为6.23MPa;单向抗拉强度在0.23MPa到0.41MPa之间,平均值为0.32MPa;通过45°、55°和66°三个角度下煤样的抗剪试验测出煤样内聚力为2.2,内摩擦角为26°。

②直接顶的单向抗压强度在73.24MPa到87.49MPa之间,平均为81.97MPa;单向抗拉强度在3.54MPa到6.46MPa之间,平均值为4.69MPa;通过45°、55°和66°三个角度下煤样的抗剪试验测出煤样内聚力为32,内摩擦角为54°。

③直接底的单向抗压强度在16.10MPa到20.33MPa之间,平均为17.97MPa;单向抗拉强度在0.68MPa到0.75MPa之间,平均值为0.70MPa;通过45°、55°和66°三个角度下煤样的抗剪试验测出煤样内聚力为6.8,内摩擦角为46°。

(2)巷道开挖后,破坏了原岩的应力平衡状态,促进浅部围岩裂隙发育,并产生一定的松动破坏范围。根据巷道围岩松动圈测试结果可知,在现在支护条件下,15101工作面顺槽处的两帮松动圈范围约为1.6m。

3 巷道支护参数理论计算

3.1 运输顺槽

3.1.1 运输顺槽顶部锚固参数理论计算

(1)顶板锚杆布置密度

表1 东区15#煤层首采面15101工作面顺槽巷道支护参数汇总

大巷名称	巷道断面尺寸	锚杆直径/mm	锚杆长度/m	顶锚杆间距/m	顶锚杆排距/m	帮锚杆间距/m	锚杆排距/m	锚固剂种类
运输顺槽	5.0×4.5	20	2.0	0.8	0.8	0.8	0.8	MSCKa2335+MSZ2360
回风顺槽	4.0×4.0	20	2.0	0.8	1.0	0.8	1.0	MSCKa2335+MSZ2360

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

式中:

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;

F为锚杆设计锚固力,取100KN。

顶锚杆布置间、排距:

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

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

根据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,每排5根锚杆,靠近两帮的锚杆距离巷帮0.30m。

(2)锚杆长度的确定

顶板锚杆长度为:

$$l = l_1 + l_2 + l_3 = 0.1 + 0.645 + 1.14 = 1.885m$$

取为2.1m。

式中:l₁为锚杆外露长度,取0.1m;

l₂为锚杆有效长度,m;

l₃为锚杆锚固长度,m。

锚杆有效l₂长度:

$$l_2 = \frac{H \tan(45^\circ - \varphi / 2) + b}{f} = \frac{4.5 \times 0.62 + 2.5}{8.2} = 0.645m$$

锚固长度l₃为:

$$l_3 = \frac{100}{3.14 \times 0.028 \times 1000} = 1.14m$$

综上所述得出,东区运输顺槽顶板支护采用的锚杆型号为φ20×2100mm的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆间排距为1100mm×1200mm,每根锚杆配用

MSCKa2335和MSZ2360树脂药卷各一支。

3.1.2 运输顺槽帮部锚固参数理论计算

(1)锚杆布置密度:

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

帮锚杆布置间、排距:

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

根据巷道断面参数并结合实际经验,取帮锚杆间距为1.3m,每排4根锚杆,上、下帮锚杆距离顶、底板分别为0.30m。

综上所述得出,运输顺槽帮部支护采用的锚杆型号为φ20×2100mm的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆间排距为1300mm×1200mm,每根锚杆配用MSCKa2335和MSZ2360树脂药卷各一支。

3.2 回风顺槽

3.2.1 回风顺槽顶部锚固参数理论计算

(1)顶板锚杆布置密度

$$n = \frac{KK'q}{F} = \frac{1.2 \times 1.1 \times 57.95}{100} = 0.76$$

式中:

q为载荷集度,57.95KPa;

K为安全系数,取1.2;

K'为变形载荷系数取1.1;

F为锚杆设计锚固力,取100KN。

顶锚杆布置间、排距:

$$a = \sqrt{\frac{1}{n}} = \sqrt{\frac{1}{0.76}} \approx 1.14m$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{n}} = \sqrt{\frac{1}{0.76}} \approx 1.14m$$

根据回风顺槽断面参数及实际经验,取顶锚杆间距为1.1m,排距为1.2m,每排4根锚杆,靠近两帮

表2 回采面顺槽巷道支护优化方案汇总

顺槽名称	巷道断面尺寸	锚杆直径/mm	锚杆长度/m	顶锚杆间距/m	帮锚杆间距/m	锚杆排距/m	锚固剂种类
运输顺槽	5.0×4.5	20	2.1	1.1	1.3	1.2	MSCKa2335+MSZ2360
回风顺槽	4.0×4.0	20	2.1	1.1	1.2	1.2	MSCKa2335+MSZ2360

的锚杆距离巷帮0.20m。

(2)锚杆长度的确定

顶板锚杆长度为：

$$l = l_1 + l_2 + l_3 = 0.1 + 0.546 + 1.43 = 2.07m$$

取为2.1m。

式中： l_1 为锚杆外露长度，取0.1m；

l_2 为锚杆有效长度，m；

l_3 为锚杆锚固长度，m。

锚杆有效 l_2 长度：

$$l_2 = \frac{H \tan(45^\circ - \varphi / 2) + b}{f} = \frac{4 \times 0.62 + 2}{8.2} = 0.546m$$

锚固长度 l_3 为：

$$l_3 = \frac{100}{3.14 \times 0.028 \times 800} = 1.43m$$

综上理论分析可以初步得出，东区巷道回风顺槽顶板支护采用的锚杆型号为 $\varphi 20 \times 2100mm$ 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。

3.2.2回风顺槽帮部锚固参数理论计算

(1)锚杆布置密度：

$$n = \frac{P}{P_0} = 0.67$$

帮锚杆布置间、排距：

$$a = \sqrt{\frac{1}{n}} = \sqrt{\frac{1}{0.67}} \approx 1.22m$$

根据巷道断面参数并结合实际经验，取帮锚杆间距为1.2m，排距为1.2m。每排4根锚杆，上、下帮

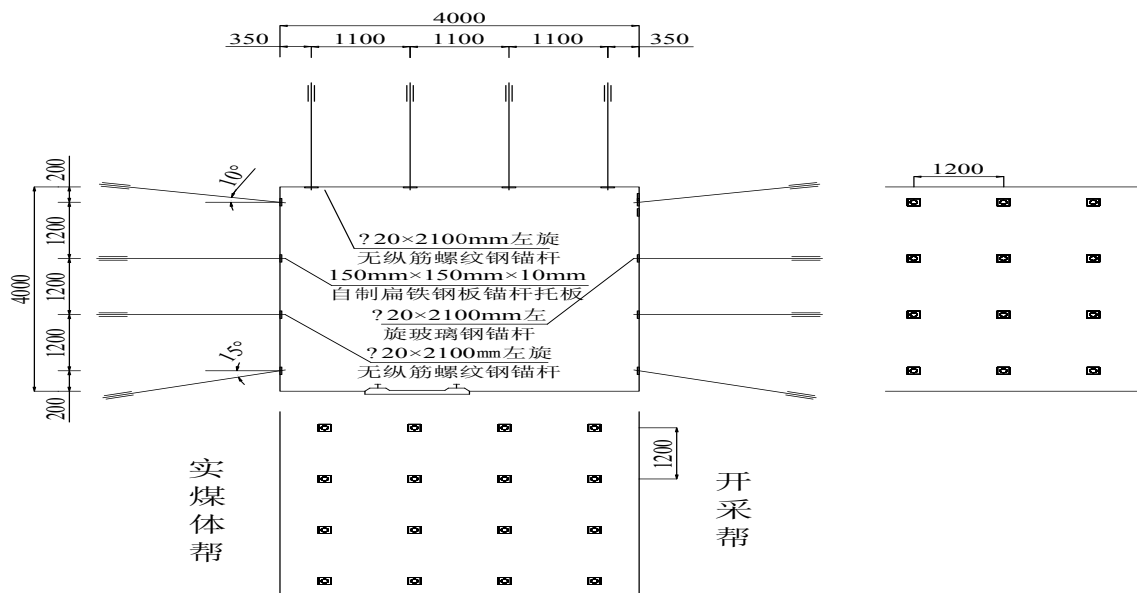


图3 回风顺槽支护优化方案图

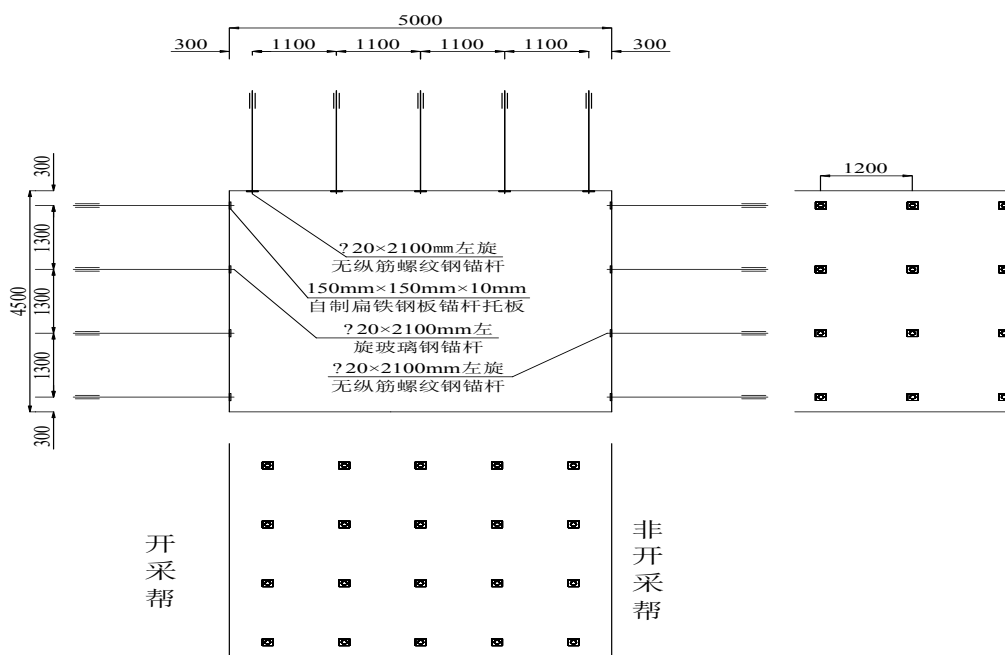


图4 运输顺槽支护优化方案图

锚杆距离顶、底板分别为0.20m。

综上理论分析可以初步得出,回风顺槽帮部支护采用的锚杆型号为 $\phi 20 \times 2100\text{mm}$ 的左旋无纵筋螺纹钢锚杆,锚杆间排距为 $1200\text{mm} \times 1200\text{mm}$ 。每根锚杆配用MSCKa2335和MSZ2360树脂药卷各一支。

4 巷道支护优化方案

详见表2,图3,图4。

5 支护方案对比

经现场实测、实验及理论分析计算,望云煤矿分公司15#煤层回采面顺槽巷道支护优化方案完全能够满足今后巷道掘进顶板支护需求,且在今后的巷道掘进过程中能够有效的提高施工效率并降低巷道掘进支护材料消耗(见表3),直接降低了生产成本,提高了煤矿生产效益,支护优化方案值得推广。

表3 望云煤矿分公司15#煤层回采面顺槽巷道支护设计优化前后材料消耗对比表

巷道名称	优化前				优化后			
	顶		帮		顶		帮	
	规格(mm)	消耗(根/m)	规格(mm)	消耗(根/m)	规格(mm)	消耗(根/m)	规格(mm)	消耗(根/m)
运输顺槽	$\phi 20 \times 2000$	7.5	$\phi 20 \times 2000$	12.5	$\phi 20 \times 2100$	4.2	$\phi 20 \times 2100$	6.6
回风顺槽	$\phi 20 \times 2000$	5	$\phi 20 \times 2000$	10	$\phi 20 \times 2100$	3.3	$\phi 20 \times 2100$	6.6