

望云煤矿 150101 运输顺槽锚杆支护参数 优化研究与应用

郭卫卫

(山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司)

摘 要:为合理优化 150101 运输顺槽的支护参数,基于巷道原支护方案现场应用效果,现采用数值模拟的方式进行锚杆合理参数的分析,根据模拟结果得出锚杆合理排距为 1200mm,顶板和两帮锚杆合理间距分别为 1100mm 和 1300mm;根据运输顺槽具体的地质情况,结合锚杆合理参数分析结果,具体进行巷道锚网支护优化方案的设计,并在支护优化方案实施后持续进行围岩变形监测。结果表明:运输顺槽围岩支护方案优化后,巷道掘进期间围岩变形量小,保障了围岩稳定,降低了支护成本。

关键词:回采巷道;锚杆支护;支护参数;围岩变形

1 工程概况

山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿 15 号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,平均厚度 4.86m,煤层倾角平缓,平均倾角 6°,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。

150101 运输顺槽沿煤层顶板掘进,断面为矩形,掘进宽度×高度=5.0×4.5m,巷道原有支护采用工程类比法确定,支护方案为锚网支护,锚杆采用 Φ 20×2100mm 的螺纹钢锚杆,顶板和两帮间排距分别为 800×1000mm 和 800×1000mm,巷道表面采用金属网护表,巷道掘进期间在现有支护下围岩变形量小,为选取更为合理的支护参数,特进行支护参数优化分析。

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 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 煤层及顶底板岩性柱状图

2 锚杆支护参数分析

锚杆支护中锚杆的各项支护参数直接关系到其主动支护的效果, 锚杆支护的主要参数包括: 间排距、预紧扭矩、锚固长度和锚杆规格等; 由于 150101 运输顺槽原有支护参数均通过工程类比法确定, 现主要考虑支护成本及施工速率, 采用 FLAC3D 数值模拟软件进行锚杆支护合理间距和排距的模拟分析, 具体分析过程如下:

(1) 锚杆间距: 根据众多理论分析可知^[1-3], 巷道开挖后, 浅部围岩变形破坏, 围岩强度降低, 锚杆支护可以改变围岩物理力学参数, 提高围岩峰值强度

和峰后残余强度, 所以锚杆间距直接影响围岩锚固体支护强度。选择 FLAC^{3D} 数值计算软件为研究手段, 通过对不同间距下锚杆预应力场分布特征分析, 确定回风顺槽锚杆合理间距。

根据巷道现有支护参数, 结合矿井生产实践经验, 分别设置顶板锚杆间距为 1100mm、1200mm 和 1300mm, 通过数值模拟对三种顶板锚杆间距下锚杆预应力场的分布规律进行模拟, 基于模拟结果对比分析不同锚杆间距下的预应力分布特征, 以此得出顶板锚杆合理间距, 具体顶板锚杆三种间距下的锚杆预应力场分布如图 2。

分析图 2 可知, 顺槽巷道顶板锚杆间距为

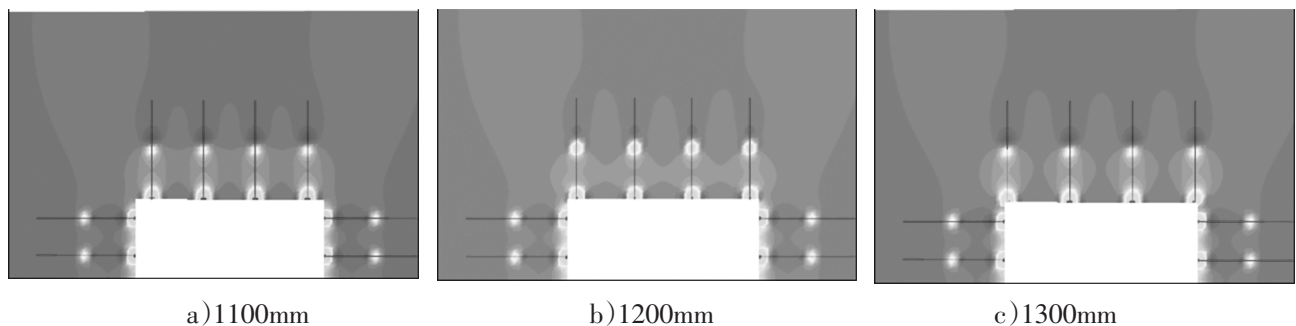


图 2 顶锚杆预应力场分布

1100mm时,锚杆支护应力场分布情况。由图可知,在锚杆长度的1/2左右范围内,相邻锚杆间形成了连成整体的、平均压应力大于0.35MPa的有效压应力区,此时锚杆对锚杆间的围岩起到很强的支护作用。当锚杆间距增大到1200mm时,在锚杆长度1/2左右的范围内形成了压应力大于0.24MPa的有效压应力区,相较于间距为1100mm时,有效压应力区范围及平均压应力值明显降低,对锚杆间的围岩的控制效果一般。锚杆间距增大到1300mm时,相邻锚杆间未形成面积较大的、连成整体的有效压应力区,此时对围岩的支护作用较差。综上所述,最终确定顺槽顶板锚杆间距为1100mm。

巷道两帮锚杆合理间距的确定,采用与顶板锚杆同样的分析方式,通过对比两帮锚杆间距分别在1100mm、1200mm和1300mm时锚杆预应力场的分布规律,得出两帮锚杆合理间距为1300mm。

(2)锚杆排距:锚杆支护中排距是直接影响支护成本和支护效果的关键参数,合理的锚杆排距能够在保障围岩稳定的基础上,大幅降低施工成本,提升施工速度。锚杆排距过大不利于围岩锚固体的形成,容易导致巷道局部围岩变形过大,从而带动巷道整体变形,使围岩锚固体失稳^[4-6]。锚杆排距过小,影响施工速度和支护成本。与锚杆间距分析方法相同,锚杆排距亦通过对预应力场分布特征分析而确定。不同锚杆排距下锚杆预应力场分布如图3所示。

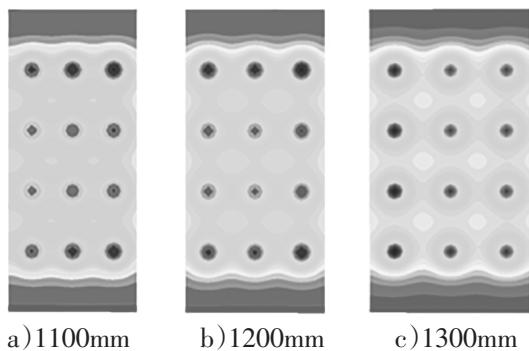


图3 帮锚杆走向预应力场分布

分析图3可知,两帮锚杆排距为1100mm时的应力场分布每根锚杆所形成的压应力区相互叠加,形成了整体的、均匀的有效压应力区,表示每排锚杆对排间围岩产生了很强的支护作用。当锚杆排距增大到1200mm时,相邻锚杆产生的有效压应力区相较于1100mm时未见明显减弱,此时锚杆对两帮的控制效果依旧很好。当锚杆排距再增大到1300mm时,此时相邻锚杆产生的压应力叠加作用急剧减弱,形成的压应力区不均匀、不完整,此时锚杆产生的支护效果较差。基于上述分析确定两帮锚杆合理排距为1100mm。同理得出顶板锚杆的合理排距为1100mm。

3 支护优化方案及效果

根据15101工作面运输顺槽在原有支护方案下的效果,围岩在原有支护方案下变形量小,可进一步降低支护强度;根据锚杆支护参数的模拟分析结果,综合巷道地质条件及围岩松动圈测试结果,确定优化后顶部与帮部各节约了一套锚杆,每排共节约三套锚杆,同时锚杆排距也经一定程度的放大,明显降低了支护成本与劳动量。

巷道在掘进过程中应严格控制控顶距,在围岩条件较稳定时,最多每掘够两个排距即对顶板进行支护,严禁超掘,帮部锚杆中每侧最上两根锚杆与顶板同时支护,其余帮部锚杆可视具体围岩情况滞后10~15m进行支护;具体优化后具体方案如下:

(1)顶板支护:锚杆采用左旋无纵筋螺纹钢,规格参数为 $\Phi 20\text{mm}\times\text{L}2100\text{mm}$,间排距1100 \times 1200mm,顶板锚杆配合12#菱形金属网进行永久支护,菱形金属网搭接长度为100mm,扣扣相连,锚杆采用端头锚固,采用1支MSCKA2335和1支MSZ2360型树脂锚固剂进行端头锚固,预紧扭矩为300N \cdot m,顶板锚杆托盘为扁形钢板,规格为

150mm×150mm×10mm。金属网采用12号铁丝编制菱形金属网,孔径50mm×50mm,网片5200mm×1400mm,采用对接方式联网,用14号铅丝双丝双扣,隔孔相联,扭结三圈以上。

(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 $\phi 20 \times 2100$ mm,间排距1300×1200mm,预紧扭矩不低于250N·m,锚杆采用MSC-Ka2335和MSZ2360各1支进行锚固,托盘为扁形钢板,规格为150mm×150mm×10mm。金属网采用12号铁丝编制菱形金属网,孔径50mm×50mm,网片4500mm×1400mm,采用对接方式联网,用14号铅丝双丝双扣,隔孔相联,扭结三圈以上。

具体150101运输顺槽优化后支护参数如图4。

(3)效果分析:150101运输顺槽采用优化后的支护方案后,巷道掘进期间采用十字布点法进行围岩变形监测,测点设置在掘进迎头位置,随着巷道掘进作业的记性,持续进行40d的监测作业,具体监测结果如图5所示。

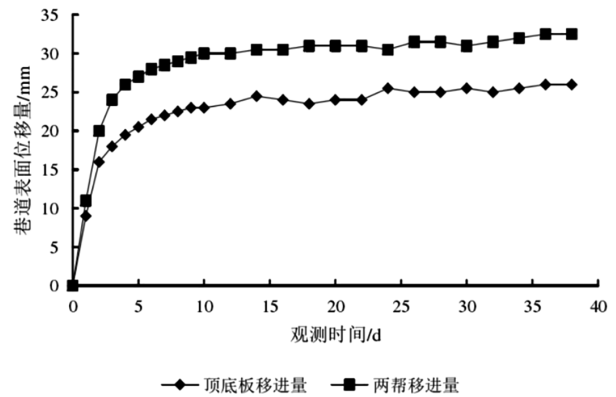


图5 巷道掘进期间围岩变形曲线图

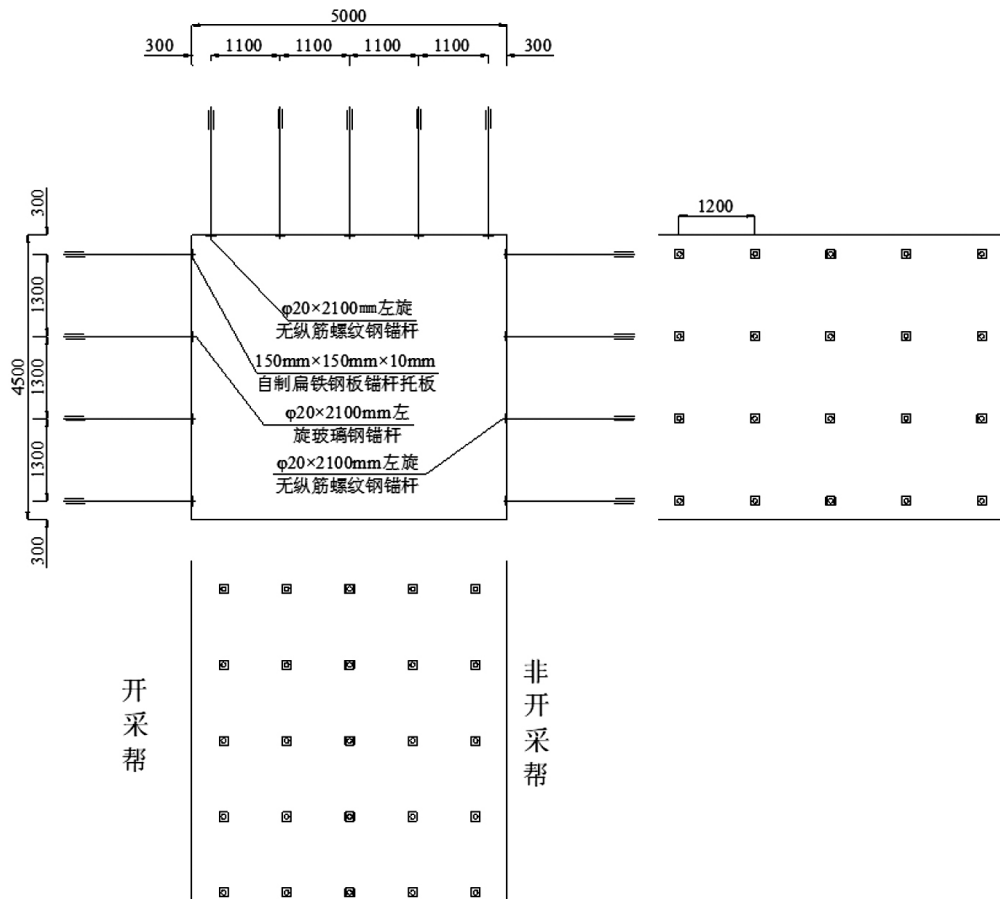


图4 150101运输顺槽支护布置图

分析图5可知,150101运输顺槽采用优化后的支护方案后,巷道掘进期间,围岩变形主要集中在掘出后0~10d,巷道掘出20d后围岩基本达到稳定状态;根据现场记录数据可知,围岩变形主要集中在滞后掘进迎头0~28m内,监测断面滞后迎头55m后围岩以达到稳定状态,最终巷道顶底板最大移近量为26mm,两帮最大移近量为32.5mm;据此可知,巷道在现有支护方案下围岩处于稳定状态。

4 结论

根据150101工作面原有支护方案的效果,通过数值模拟软件进行锚杆合理支护参数的分析,确定顶板和两帮锚杆合理间排距分别为1100×1200mm和1300×1200mm,结合巷道地质条件进行支护优化

方案的设计,根据优化方案实施后围岩变形情况可知,支护优化方案降低支护密度后,能够有效保障围岩的稳定。

参考文献:

- [1]秦涛,刘志.巷道围岩支护的优化与数值模拟[J].黑龙江科技大学学报,2021,31(05):538-545.
- [2]薛彦平.二次扰动下大变形煤巷复合支护技术优化研究[J].煤炭工程,2021,53(09):47-51.
- [3]吕情绪,杨永亮,贾宏俊.煤巷掘进工作面帮部前探梁临时支护结构优化及应用[J].煤矿机械,2021,42(09):134-136.
- [4]郭平,沈大富.深部巷道支护方案优化设计及数值模拟研究[J].矿业安全与环保,2021,48(04):87-91.
- [5]宋志宇.寺河矿东五盘区53013工作面回采巷道支护参数优化研究[D].中国矿业大学,2020.
- [6]王赋宇.预应力锚杆作用下深部岩体分区破裂规律及支护优化研究[D].西安科技大学,2020.

(上接第6页)

(8)施工过程中,严禁人员正对充填注浆孔,防止浆液喷出伤人。

(9)充填注浆后或两孔充填注浆时间间隔较长时,应及时用足量的清水冲洗管路,防止充填注浆管路及充填注浆泵缸体堵塞。

4 风险辨识

(1)对作业现场的顶板、两帮状况检查不到位,出现锚杆、锚索断裂伤人。

(2)安全措施学习不到位,职工不清楚安全防范措施伤人。

(3)施工人员登高作业未系安全带,高空掉落

伤人。

(4)支设单体柱时,单体柱倾倒伤人。

(5)高压胶管路爆裂、放液手把甩出伤人。

(6)施工人员未戴手套,尖锐物划伤手。

(7)通风管理不到位,发生瓦斯事故,造成人员伤亡。

5 结论

通过矸石基墙体对空巷进行充填治理,可以起到减小空巷跨度,增强空巷支撑强度,减小顶板下沉量,提高安全系数的作用,为工作面安全回采过空巷做足准备。