

井工三矿特厚煤层大断面巷道掘进空顶距优化研究

高志超

中煤平朔集团有限公司井工三矿 山西 朔州 123000

摘要:合理空顶距留设能够减少井下巷道掘支交替次数,提高作业效率,同时降低冒顶风险。为此,以井工三矿4煤,9煤掘进巷道为工程背景,运用薄板理论建立巷道顶板力学模型,巷道最大空顶距理论计算,在不同空顶的时间中和不同空顶距中,通过各种数据显示模拟对比巷道围岩变形分析出破坏规律,最终确定出合理空顶距离。结果表明:(1)对于薄板理论的求解4煤、9煤掘进巷道最大空顶距分别为4.309、4.231m;在安全的系数定为1.2时,4煤、9煤掘进巷道最大空顶距分别为3.591、3.526m。(2)数值模拟显示,4煤,9煤掘进巷道空顶距以3~4m较优,可以确定在3.5m。及时做到支护与空顶时间不宜超过100时步,尽量缩短空顶时间特别是在掘进期间。

关键词:特厚煤层;大断面;掘进巷道;空顶距

引言

在保证安全的前提下,增大循环进尺即空顶距,减少掘进机进、退及搬运锚杆钻机的次数,是实现煤巷快速掘进的重要途径^[1],想要较大的空顶距就要增大作业空间,锚索支护平行和实现锚杆作业,可以显著提高巷道掘进速度。所以煤巷安全快速掘进的前提就是要有合理的空顶距。

很多技术人员对于空顶距离尺寸的留设问题做了不同的研究。康红普等^[2]提出支护应力场概念,分析了最大水平主应力与巷道轴向夹角对迎头围岩的影响以及锚杆支护对空顶区域顶板的控制作用。柏建彪等建立顶板稳定分析力学模型,并采用差分法计算得到了顶板应力分布规律与空顶距的关系,然后根据顶板应力与岩体强度判定顶板稳定性,在此基础上确定合理掘进空顶距。^[3]吴朋起等采用薄板岩梁等力学模型进行了极限空顶距及空顶区变形破坏影响因素的研究。^[4]

上述专家学者对巷道掘进受力特征和空顶距的研究一般集中于薄、中、厚煤层,而关于特厚煤层巷道空顶距的留设鲜有报道。^[5]据此,本文以井工三矿4煤,9煤掘进巷道为工程背景,^[6]通过理论分析和数值模拟研究掘进巷道变形特征并确定合理空顶距,以期为特厚煤层大断面巷道空顶距的留设提供理论支持。

1 工程背景

井工三矿主采煤层为4煤和9煤,煤层间距为48.56m。4煤厚5~16.95m,平均11.73m,煤层结构复杂,夹矸1~9层,一般为4层,平均厚1.03m。4煤顶板主要为泥岩、粗砂岩,底板为粉砂岩。9煤厚5.17-16.45m,平均11.82m,煤层结构复杂,含夹石0~9层,一般为2~5层,平均厚0.4m。9煤顶板主要为砂质泥岩、细砂岩,底板为

砂质泥岩。4煤,9煤煤层倾角平均皆为7°,属近水平煤层,且都属于稳定煤层。4煤和9煤平均埋深分别为275m和315m,巷道断面为矩形,宽5.2m,高3.7m,断面面积19.24m²,为特大断面巷道。

2 掘进巷道空顶距理论计算

裂隙发育情况时常有,为考虑其自身节理情况将空顶区顶板岩层理想化为弹性体,将该部分岩体的重量看作为掘进面顶板的上覆岩层载荷,这是掘进工作面空顶区顶板力学模型的建立,此外还忽略了巷道帮部围岩对顶板的影响,将掘进面顶板视为三边固支、一边简支的板。巷道宽度为 a ,掘进方向未支护长度为 b ,顶板厚度为 h ,通过有关板的理论,在均布荷载 q 的作用下,板内的应力分布图如图1所示:

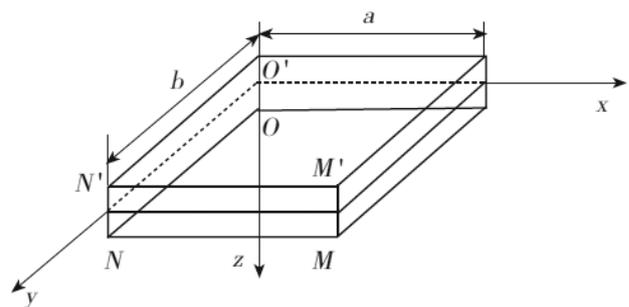


图1 巷道的顶板力学模型

3 掘进的巷道空顶距数值计算模拟

3.1 数值模拟方案

通过FLAC 3D分别模拟4煤和9煤掘进巷道4种不同空顶距条件(4、6、8、10m)进行计算,分析不同空顶距对空顶区围岩应力场及塑性区分布特征及影响规律。

数值模型高40m、宽60m、长60m。4煤,9煤巷道宽度为5.2m,高度为3.7m,模型采用Mohr-Coulomb准则,

对其侧面和底面施加位移约束，限制模型的移动；上表面为应力边界，4煤巷道埋深275m，9煤巷道埋深287m。模型上方施加10MPa的应力以模拟上覆岩层的自重。岩体

物理力学参数详见表1。不同空顶距条件下，4煤，9煤巷道空顶区位移分布云图如图2，图3所示。

表1 模型主要岩层力学参数

岩性	剪切模量/GPa	体积模量/GPa	内聚力/MPa	内摩擦角/(°)	抗拉强度/MPa	密度kg/m ³
粗砂岩	3.1e9	4.4e9	3.6e6	34	2.5e6	2580
泥岩	7.8e9	1.7e9	6.4e6	26.11	1.5e6	2156
4煤	8.4e9	2.2e9	3.5e6	22.54	0.8e6	1327
粉砂岩	2.6e9	4.2e9	11.4e6	31.18	1.8e6	2380
粗砂岩	3.1e9	4.4e9	3.6e6	34	2.5e6	2580
细粒砂岩	3.2e9	4.1e9	5.2e6	35	2.6e6	2480
砂质泥岩	2.5e9	4.2e9	9.6e6	34	2.3e6	2392
9#煤	4.1e9	6e9	3.3e6	31	0.8e6	1475
砂质泥岩	2.5e9	4.2e9	9.6e6	34	2.3e6	2392

3.2 结果分析

变形规律进行数值模拟分析，最后的计算结果见表2、表3，围岩变形随空顶距变化的曲线如图4所示。

3.2.1 空顶距对围岩变形的影响

通过对4煤，9煤掘进巷道不同空顶距下巷道围岩的

表2 4煤掘进巷道空顶距与围岩变形关系

空顶距/m	掘进过程中/mm		掘进稳定后/mm	
	顶板	两帮	顶板	两帮
1.5	12.4	24.1	8.3	12.4
3	14.8	28.8	11.2	16
4.5	28.7	47.4	21.4	35.6

表3 9煤掘进巷道空顶距与围岩变形关系

空顶距/m	掘进过程中/mm		掘进稳定后/mm	
	顶板	两帮	顶板	两帮
1.5	13.6	22.3	9.2	14.8
3	16.8	24.6	12.6	12.4
4.5	27.3	48.1	20.4	33.4

当掘进的巷道空顶距离都在1.5、3、4.5m的时候，通过大量数据模拟巷道围岩的变形状况分析，就会出现随着空顶距离的不断地增加后，4煤巷道的围岩也会变形而且逐渐加大了，但是当巷道的掘进空顶距离为3~4.5m的时候，假如掘进操作时巷道的围岩位移极大值为28.8mm，当掘进稳定有序进行时巷道的围岩位移极大值将是35.6mm，所以各数据显示围岩变形和破坏程度，空顶距以3~4m较优。9煤的巷道围岩也是随着空顶距的不断会上涨，变形数据就呈上升局势了，这样就分析出巷道得掘进空顶距是在1.5、3、4.5m区间时，空顶距是在不断的增涨，巷道的围岩变形也是逐渐在增大的局势，还有巷道掘进的空顶距离是3~4.5m，掘进过程中就会发现巷道围岩的位移极大值为48.1mm，掘进稳定进行时巷道

围岩的位移极大值将是33.4mm，数据又显示得出结论，空顶距以3~4m区间为较优。相比而言，4煤、9煤掘进巷道空顶距在3~4m时，巷道围岩的变形数据在稳定掘进时的区间内，可以满足正常作业。

3.2.2 围岩变形受空顶时间的影响

在设定空顶距为3.5m时，通过不断地观察不同空顶时间下的状态，以及巷道围岩的数据变化程度情况，按规律的数据进行多次模拟分析，并多次试验计算后得出结论围岩变形会随着空顶距而变化。

所以随着空顶时间的不断推移，顶板位的移量数据会不断呈线性增长着，巷道浅部围岩会急速坏损下去，应力就不断的向巷道围岩周边一直扩散，其中，巷道两边的围岩破坏区域将明显的大于了巷道顶板的损坏程

度。看各项数据可知空顶时间超过100时步，巷道围岩位移量就会明显加剧了。因此就分析出了支护段巷道围岩变形破坏程度的，得出结论空顶时间就不能超过100时步的情况。

结束语

通过各项数据的实验对比，得出空顶距对围岩变形的影响程度数据，在安全可控范围内的系数，按照这个规律实行确保安全又不影响生产，后期再作业中继续改进，提升，实现煤巷安全快速掘进，实现安全作业，并提升效率。

参考文献

[1]孟军凯,肖同强,蒋绍永.首山一矿快速掘进巷道支护

技术[J].煤矿安全,2015,46(01):122-125.

[2]王震,娄芳,贾永勇等.大断面煤巷快速掘进空顶距及支护方案研究[J].中国矿业,2021,30(S2):241-245.

[3]康红普,姜鹏飞,高富强等.掘进工作面围岩稳定性分析及快速成巷技术途径[J].煤炭学报,2021,46(07).

[4]柏建彪,肖同强,李磊.巷道掘进空顶距确定的差分方法及其应用[J].煤炭学报,2011,36(06):920-924.

[5]吴朋起.煤巷快速掘进空顶自稳规律及施工方案优化研究[D].中国矿业大学,2017.

[6]霍军鹏,白铭波.浅埋煤层掘进工作面合理空顶距研究[J].陕西煤炭,2021,40(04):40-43.