

文章编号:1674-9669(2011)01-0073-04

合理布筋方式提高顶板充填体稳定性试验研究

王晓军¹, 付振涛¹, 程秋亭¹, 相有兵²

(1.江西理工大学资源与环境工程学院,江西 赣州 341000;2.铜陵紫金矿业有限公司,安徽 铜陵 244161)

摘要:下向分层进路式尾砂胶结充填采矿法顶板为胶结充填体,深部回采,顶板的稳定性直接关系到整个回采过程的安全.在充填体中布置钢筋可提高顶板自身的稳定性.通过对充填体中横向布筋与纵向布筋分别建立模型进行相似模拟试验,通过试验结果及试验过程监测数据分析,判别了顶板充填体的破坏机理,提出了充填体中布筋的合理方式,提高了顶板的稳定性,确保了回采过程的安全.

关键词:胶结充填体;破断机理;相似模拟;布筋方式

中图分类号:TD853.34 文献标识码:A

Experimental Study on Improving the Stability of the Roof Filling Body Through Reasonable Reinforcing Pattern

WANG Xiao-jun¹, FU Zhen-tao¹, CHENG Qiu-ting¹, XIANG You-bing²

(1.Faculty of Resource and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology; Ganzhou 341000, China;
2.Tongling Zijin Mining Industry Co., Ltd., Tongling 244161, China)

Abstract: The roof is cemented filling body in underhand drift cut-and-filling stopping, and its stability is the key to safety mining of deep zone. Roof stability can be improved by distributing reinforcement in the filling body. Failure mechanism of the roof filling body was revealed through the result and the analysis of the monitoring data from the similarity simulation model test of lateral and longitudinal reinforcing pattern of the filling body. The reasonable reinforcing pattern was put forward to improve the stability of the roof and to ensure the safety mining.

Key words: cemented filling body; failure mechanism; similarity simulation; reinforcing pattern

0 引言

下向进路式胶结充填采矿法是金属矿山常见的一种采矿方法,其回采进路顶板为上分层胶结充填体,充填体的稳定性决定了下一分层回采的安全.常规方法是通过增加顶板充填体承载层的高度,提高承载层的灰砂比,改变充填工艺,利用提高承载层的强度来提高顶板的稳定性^[1-4],这些方法确实可行,但

却加大了充填材料的投入,提高了回采成本.近年来,已有不少试验通过在充填体中布置钢筋来提高充填体的承载能力^[5],但由于对进路式顶板充填体的破坏机理不明确,对其最终破坏方式未进行相关试验验证,所以在充填工艺中存在布筋方式不合理,布筋参数不明确等诸多问题.

根据工程实际情况,本文通过相似模拟试验,对顶板充填体中横向与纵向两种不同布筋方式进行试验对比,结合顶板位移、应变分析结果,揭示顶板充

填体破坏机理与方式，并通过试验结果分析对比，得到高应力下适合下向分层进路式胶结充填采矿法顶板充填体布筋的最佳方式。

1 合理布筋方式

为提高充填体的稳定性，保证回采进路的安全，可在充填体中布置钢筋提高顶板的自稳定性。布筋方式主要对横向布置与纵向布置进行对比，以确定最佳的布筋方式。主要采用相似模拟试验手段对两种不同布筋方式下充填体的稳定性进行对比。试验材料主要采用水泥、河沙，以河沙为骨料，水泥为胶结材料，所建立的模型是在平面模型架上所建立的实体模型^[6-8]，模型的跨度为1.5m，高度为0.8m，中间所开挖的空间跨度取0.5m，高度取0.3m。与现场原型对比计算得到几何相似常数为10，容重相似常数取1，应力与强度相似常数为10，时间相似常数为3.16。载荷采用千斤顶液压加载。材料参数见表1。

表1 原型材料与相似材料参数

材料类型	充填体		矿体	
	配比(灰:沙)	强度 /MPa	配比(灰:沙)	强度 /MPa
原型	1:4	4.17	\	110
模型	1:25	0.42	1:3	11.4

1.1 横向布筋

(1) 试验方案。在试验模型浇注时，在上分层充填体底部横向布置钢筋，经相似比计算，横筋直径为1.6mm，长度为240mm，网度为200mm×200mm。材料为钢丝。

模型表面布置应变片，测试顶板随载荷增加的变形规律与特征，并通过电子数显位移计测试外载荷作用时，充填体的位移变化。应变片布置在上部分层充填体表面，沿竖直方向下部布置横向、竖向各一个，上部布置横向、竖向各一个。电子数显位移计布置在模型表面回采进路上方，横向、竖向各布置一个。具体布置见图1。

(2) 试验结果及分析。进路回采后，通过加载系统对模型进行逐级加压，在加压的过程中读取并记录监测结果。分别见表2、表3。

对表2、表3数据处理之后(应变片数值初始值归零)，得到图2、图3曲线图。

对照测点布置图，由监测结果变化曲线可以看出，当在充填体中横向布置钢筋时，随着上部荷载的

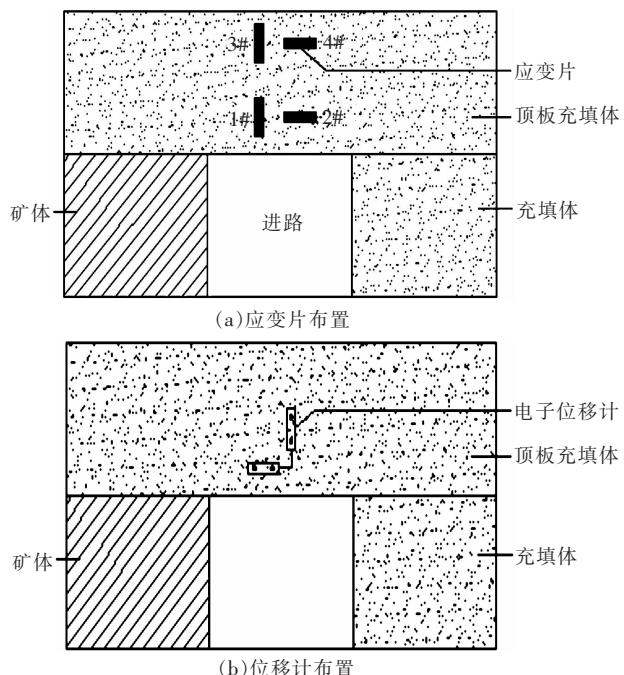


图1 监测点位置

表2 1号模型(横筋)应变监测结果 / $\mu\epsilon$

载荷 /t	1# 测点	2# 测点	3# 测点	4# 测点
0	0	0	0	0
1	-2	-1	-23	-1
2	-6	-2	-221	9
3	-11	-6	-395	6
4	-12	-12	-597	-5
5	-1	11	-765	-31
6	21	38	-796	-69
7	10	27	-746	-71
8	-9	21	-706	-58
9	-100	11	-594	16
10	-185	-6	-505	47
11(破坏)	78	-25	-313	-10

表3 1号模型(横筋)位移监测结果 /mm

载荷 /t	横向位移	纵向位移
0	0	0
1	0.01	0.05
2	0.01	0.15
3	0.01	0.24
4	0.01	0.39
5	0.01	0.48
6	0.01	1.01
7	0.02	1.34
8	0.02	1.74
9	0.03	2.79
10	0.05	3.65
11(破坏)	0.07	6.24

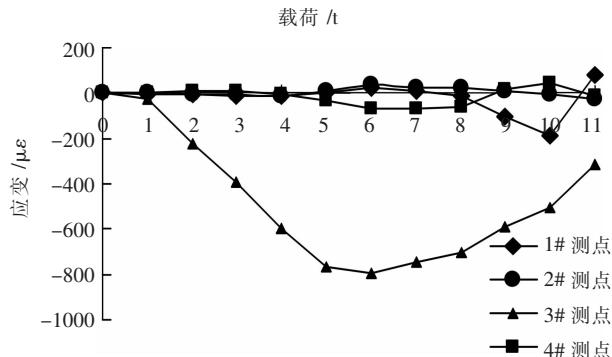


图2 监测点载荷与应变关系曲线(横筋)

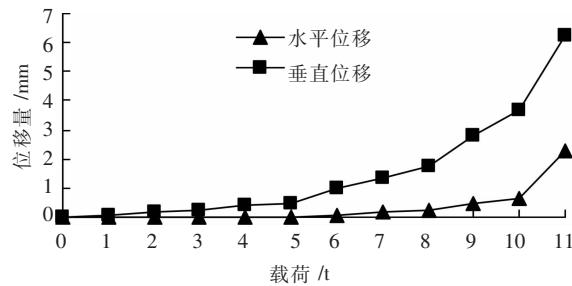


图3 监测点载荷与位移关系曲线(横筋)

增加,在初期加载阶段,除3#测点外,其余测点应变数值较小,当荷载超过5t以后,各测点应变数值出现显著变化趋势,加载后期,2#测点水平方向表现为拉应变,而4#测点水平方向表现为压应变,这也恰恰证明了顶板充填体的破坏模式,3#测点为冒落拱的最高部位,此处一直处于受拉状态,且拉应变的数值较大,说明最终充填体极易冒落.此外,从顶板充填体的承载能力来看,其最大承受载荷(11t)与充填体中未布置钢筋相比(10t)数值比较接近,说明横向布置钢筋并不能增加其本身承载能力.从位移曲线来看,顶板充填体垂直方向的位移要远大于水平方向的位移.说明顶板垂直方向的位移是破坏性位移.

1.2 纵向布筋

(1)试验方案.考虑到充填体最终以冒落拱的形式破坏,试验考虑在顶板充填体中布置竖筋,根据相似比与开挖断面计算其冒落拱的高度以及承载层的厚度最终取竖筋直径为1.6mm,长为240mm.在竖筋的上下两端焊接小托盘,托盘的规格为15mm×15mm,厚度为2mm.竖筋网度为160mm×160mm.模型与现场布置见图4.为了与横向布筋对比,纵向布筋相似模拟试验钢筋总量、测试仪表与监测点的布置均与横筋试验保持一致,参见图1.

(2)试验结果及分析.进路回采完毕以后,在逐级加压的方式下,监测测试仪表,得到表4、表5所示结果.处理结果见图5、图6.

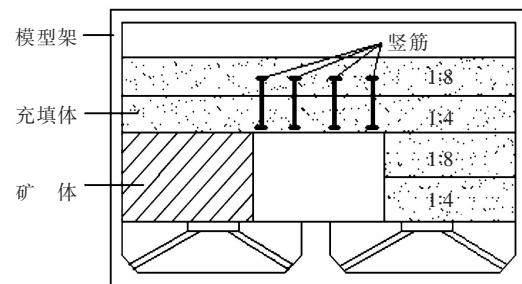


图4 纵向布筋模型与实体

表4 2号模型(竖筋)应变监测结果/ $\mu\epsilon$

载荷/t	1#测点	2#测点	3#测点	4#测点
0	0	0	0	0
1	-10	-1	0	-3
2	-4	1	-4	6
3	-13	2	-11	4
4	-20	-3	8	34
5	-32	-7	19	52
7	-90	-26	41	48
10	-92	-31	22	76
12	-91	-27	54	91
14(破坏)	-88	-26	101	112

表5 2号模型(竖筋)位移监测结果/mm

载荷/t	横向位移计	纵向位移计
0	0	0
1	0	0
2	0	0.04
3	0	0.06
4	0	0.1
5	0	0.4
7	0	0.53
10	0.03	3.63
12	0.05	3.97
14(破坏)	0.05	6.33

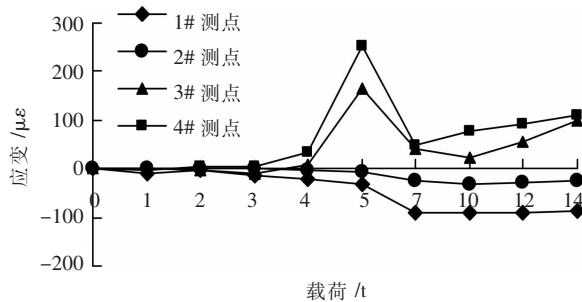


图 5 监测点载荷与应变关系曲线(竖筋)

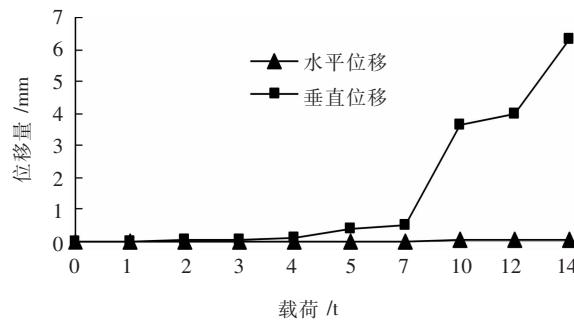


图 6 监测点载荷与位移关系曲线(竖筋)

从监测结果变化曲线上分析可知，首先宏观上分析来看，采用竖向布置钢筋的方式其承载能力(14t)要大于横向布置钢筋的方式(11t)，说明采用纵向布置钢筋的方式提高了充填体的承载能力。其次，对照测点布置图，发现采用纵向布置钢筋的方式，其进路轴线中央上方的 2# 测点应变为拉应变，其应变的数值高于横筋布置方式，说明纵向布置竖筋不利于进路顶板轴线方向中央部位的稳定。再次，对比横筋布置时变形量较大的 3# 测点，采用纵向布筋方式时，变形量明显减小，并且随着载荷的增加，逐渐变成压应变。由于充填体抗压不抗拉，说明在竖筋的悬吊作用之下，顶板充填体承载层的稳定性大幅度提高。从位移变化曲线来看，采用竖筋布置方式，顶板充填体的位移几乎保持不变。

2 结 论

综合分析与对比试验结果，为提高下向分层进路式胶结充填采矿法顶板充填体的稳定性，可在充填回采进路前布置钢筋，通过对其不同布筋方式进行相似模拟试验，主要得到以下结论：

(1) 钢筋的布置方式采用横筋与竖筋相结合的方式，即在回采进路底部轴线方向中央部位适当横向布置钢筋，而在整个回采进路以一定的网度纵向布置带托盘的钢筋。这样既可防止顶板中央部位受拉断裂脱层，又可避免整个顶板的冒落失稳。

(2) 充填体中布置竖筋可提高其承载能力，而布置横筋效果不很明显。但横筋可有效预防进路顶板中央充填体拉伸断裂掉块。

(3) 无论采用竖筋还是横筋，不会改变顶板充填体的位移场。

参 考 文 献：

- [1] 刘同有.充填采矿技术与应用[M].北京：冶金工业出版, 2001.
- [2] 高 峰,周科平,胡建华,等.充填体下矿体开采安全顶板厚度数学预测模型[J].岩土力学,2008,29(1):177-181.
- [3] Heng-hu Sun, Wen-yong Liu, Yu-cheng Huang, et al. Mining Technology Backfilled by High Water Solidified Material[M]. Beijing: China Machine Press, 1998 (In Chinese).
- [4] O'Toole D. The Basics of Mine Backfill [J]. Engineering and Mining Journal , 2004 , 205 (12) : 27-29.
- [5] 徐从武,谢道辉.提高分级尾砂胶结充填体顶板质量的研究[J].金属矿山,2008,(11):33-35.
- [6] 支学艺,赵 奎,张 理,等.千枚岩采场支护结构相似模拟试验研究[J].矿业研究与开发,2009,29(5):10-13.
- [7] 王洛锋,姜福兴,于正兴.深部强冲击厚煤层开采上、下解放层卸压效果相似模拟试验研究[J].岩土工程学报,2009,31(3):442-446.
- [8] Wei-liang Jin, Li-bing Jin. "A Multi Environmental Time Similarity Theory of Life Prediction on Coastal Concrete Structural Durability," [J]. International Journal of Structural Engineering, 2009, (1):40-58.