

# 不同注浆压力下浆液扩散半径试验研究

贾勇强

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

**摘 要:**针对目前注浆工程中,钻孔间排距设计随意性大、对浆液扩散半径认识不足的问题,以赵庄煤业 13092 复用顺槽注浆工程为试验对象,进行了不同注浆压力下浆液扩散半径试验,根据试验结果对钻孔间排距、注浆终压设计进行优化,建议根据裂隙发育程度变化,每 200m 进行一次浆液扩散半径试验,进行钻孔布置优化。

**关键词:**注浆;间排距;扩散半径;不同注浆压力

注浆是煤矿常用的一种围岩加固方式,具有提高围岩完整性、增强围岩承载能力的作用,已经成为维护巷道稳定的常用加固手段之一。钻孔间排距是注浆方案设计当中重要参数之一。合理的钻孔间排距应该保障浆液充分扩散,同时尽量减少浪费,而钻孔间排距设计主要依据是浆液扩散半径。浆液扩散半径影响因素较多,尤其受工程条件差异性影响显著,必须针对某一具体工程地质条件得出的浆液扩散半径数值才有意义。目前工程施工中钻孔间排距多具有随意性,注浆效果不佳或存在浪费<sup>[1-3]</sup>。因此,本文以赵庄煤业 13092 复用顺槽为工程背景,研究该条件下浆液扩散半径,指导钻孔间排距合理设计,同时,该试验方法可以应用于其他矿井,以期提高注浆钻孔设计间排距的合理性和注浆加固效果。

## 1 工程概况

13092 复用顺槽采用滞后注浆方式,根据围岩破坏深度,采用 4m、12m 两个孔深,层次注浆。

### 1.1 钻孔初始布置

4m 孔:钻孔上、中、下排矩形布置。上排孔距顶板 1m,仰角 0°;中排孔距顶板 2m,仰角 0°;下排孔距顶板 3.5m,仰角 0°。排距 2m,孔径 42mm。

12m 孔布置:钻孔上、下排矩形布置,上排孔开孔高度距顶板 1.5m,仰角 5°;下排孔开孔高度距顶板 3m,仰角 0°,孔深 12m,排距 2m,孔径 42mm。如图 1 所示。

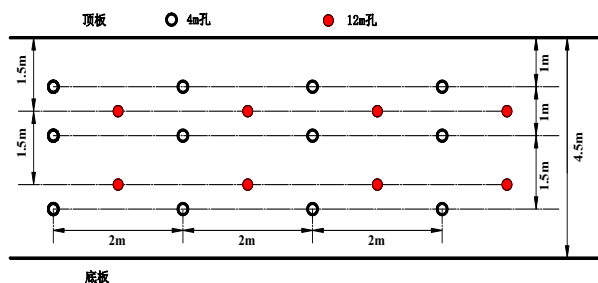


图1 4m、12m 钻孔布置图

### 1.2 注浆材料

4m 孔目的是封堵锚杆孔、裂隙等漏浆通道,采用河南理工大学研发的双液注浆材料,由 A、B 两种粉料组成,使用水灰比 0.8:1,混合后 1min 左右失去流动性,5min~10min 终凝,2h 强度 12MPa 以上,是一种良好的浅部围岩封堵注浆材料;

12m 孔目的是深部裂隙加固,采用河南理工大学研发的超细单液注浆材料,粉料细度 > 1250 目,使用水灰比 0.6:1,浆液可以保持 20min 左右良好流动性,60min 初凝,240min 终凝,1d 强度 25MPa 以上,材料流动性好、扩散性强、强度高、强度增长迅速,是一种用于深部围岩注浆的加固材料。

### 1.3 注浆方式

采用循环注浆方式,20m 为 1 个循环,即先注 4m 孔,滞后 4m 孔 20m 开始注 12m 孔。

## 2 浆液扩散半径试验方案

### 2.1 试验钻孔布置

#### (1) 4m 孔

① 钻孔布置:在未注浆区域进行,开孔高度距离底板 2m,间距 5m,依次布置 6 个,编号为 1#~6#;

② 试验压力:0~8MPa;

③ 注浆泵:2ZBQ40/11 气动注浆泵;

④ 注浆材料:双液注浆材料,水灰比 0.8:1;

⑤ 封孔长度:1m。

#### (2) 12m 孔

① 钻孔布置:在按照初始方案 4m 孔已注浆区域进行,开孔高度距离底板 2m,间距 2m,依次布置 6 个,编号为 1#~6#;

② 试验压力:0~12MPa;

③ 注浆泵:ZBYSB40/22-7.5kw 液压注浆泵;

④ 注浆材料:单液注浆材料,水灰比 0.6:1;

⑤ 封孔长度:均为 2m。

### 2.2 压力控制方式

在孔口安装压力表,按照“漏浆对应压力”记录方式,即每出现一次漏浆,记录漏浆卸压前一刻压力表压力,记录漏点位置与孔口距离,该距离即为该压力下扩散半径之一,最后对数据进行汇总。

### 2.3 试验终止条件

当达到设计压力时,保持设计压力继续注浆,不再提高泵压,泵不工作时停止注浆。如果出现煤体表面松动或者漏浆难以封堵时,也可终止。

## 3 试验结果及分析

#### (1) 4m 孔

共出现 10 处漏浆,第 10 处时重复堵漏,注浆终止,平均注浆量 0.2 吨,漏浆位置见图 2,位置参数见表 1。

由表 1 可知,4MPa 以内,水平方向及向下扩散半径 0~1.6m;8MPa 以内,水平方向及向下扩散半径 0~1.9m,平均 1.6m,最大可达 3.5m,向上 1m。

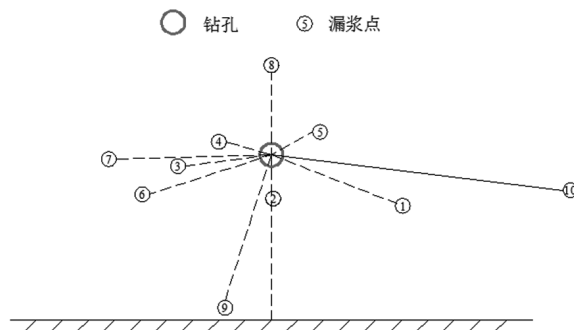


图2 4m 孔漏浆位置分布图

4m孔扩散半径关键因素为浆液凝固速度,扩散半径较小,注浆压力增大有利于扩散半径增大。

表1 4m孔漏浆位置参数

漏浆位置编号	漏浆位置	与孔口距离	垂距	漏浆前压力
①	大裂隙	1.6m	-0.3m	3MPa
②	裂隙	0.5m	-0.5m	3MPa
③	瓦斯抽放孔	1.1m	-0.1m	4MPa
④	锚索孔	0.5m	0.1m	4MPa
⑤	锚杆孔	0.6m	0.2m	4MPa
⑥	锚杆孔	1.3m	-0.3m	6MPa
⑦	锚杆孔	1.8m	0	6MPa
⑧	锚索孔	1m	-1m	6MPa
⑨	裂隙	1.9m	-1.8m	6MPa
⑩	锚索孔	3.5m	-0.1m	8MPa

(2)12m孔

共出现9处漏浆,其中7处为串孔,2处为锚索孔漏浆。平均注浆量0.6吨,漏浆位置见图3,位置参数见表2。

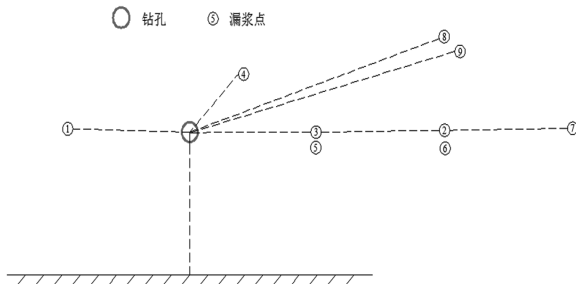


图3 12m孔漏浆位置分布图

表2 12m漏浆位置参数

漏浆位置编号	漏浆位置	与孔口距离	垂距	漏浆前压力
①	串孔	2m	0m	4MPa
②	串孔	4m	0m	4MPa
③	串孔	2m	0m	3MPa
④	锚索孔	1.1m	0.8m	8MPa
⑤	串孔	2m	0m	4MPa
⑥	串孔	4m	0m	6MPa
⑦	串孔	6m	0m	8MPa
⑧	串孔	4.5m	2m	10MPa
⑨	锚索孔	4.6m	2m	12MPa

由表2可知,4MPa以上,即出现大量煤炮声,裂隙大量张开,8MPa以下,扩散半径在0~4m内均有分

布,平均3m,12MPa以下,扩散半径0m~6m,水平方向和向下大于4m,向上约2m。

12m孔注浆,单液注浆材料良好的流动性决定了扩散半径较大,注浆压力的主要作用是使浆液进入深部微小裂隙和向上部运动,应不低于10MPa。

(3)钻孔间排距优化

4m孔采用双液注浆材料,扩散半径较小,向上更小,优化为钻孔布置整体上移500mm,减小上排钻孔与顶板间距,排距仍为2m,注浆压力不小于8MPa,水平方向和向下浆液扩散半径1.6m,向上1m;12m孔采用单液注浆材料,优化为钻孔高度位置不变,由于串孔较多,排距增大到4m,注浆压力不小于10MPa,水平方向和向下浆液扩散半径大于4m,向上2m。

4 结论

(1)进行了4m孔、12m孔不同注浆压力扩散半径试验,采用“漏浆对应压力”方式进行统计分析,4m孔注浆压力不小于8MPa,水平方向和向下浆液扩散半径1.6m,向上1m;12m孔注浆压力不小于10MPa,水平方向和向下浆液扩散半径大于4m,向上2m;

(2)根据试验结果对钻孔初始设计进行优化:4m孔优化为钻孔布置整体上移500mm,减小上排钻孔与顶板间距,排距仍为2m;12m孔优化为钻孔高度位置不变,排距增大到4m;

(3)浆液扩散半径受裂隙发育程度影响最大,建议每200m进行一次浆液扩散半径试验,进行钻孔布置优化。

参考文献:

[1] 许延春,杨扬.回采工作面底板注浆加固防治水技术新进展[J].煤炭科学技术,2014,42(1):98-101.  
 [2] 苏清政,杨渝生,潘越,等.整合煤矿采空区内掘进巷道注浆加固技术[J].煤炭科学技术,2013,41(7):51-53.  
 [3] 张淑同,杨志恒,汪华君,等.采场破碎煤体注浆加固渗流规律研究[J].采矿与安全工程学报,2006,23(3):358-361.