

# 多位态空巷超高水材料充填技术与实践

罗武贤<sup>1</sup>,任海兵<sup>2</sup>,王琳<sup>1</sup>

(1. 徐州矿务集团 庞庄煤矿,江苏 徐州 221141;2. 中国矿业大学 矿业工程学院,江苏 徐州 221116)

**摘要:**为了解决庞庄煤矿-620上山煤柱综采工作面安全通过位置关系复杂的多位态空巷问题,研究和实施了超高水材料充填空巷技术.通过分析计算确定了超高水材料充填体的强度要求和材料配比,研究确定了充填空巷距离工作面顶底板间隔距离为5 m.工程实践表明,超高水材料充填多位态空巷技术成功解决了庞庄煤矿-620上山煤柱工作面过复杂空巷的难题,经济技术效益显著,对于综采工作面过空巷具有重要参考意义和推广价值.

**关键词:**多位态空巷;超高水材料;充填体强度;间隔距离

中图分类号:TD822.1 文献标志码:A 文章编号:1674-5876(2014)01-0058-05

## The technology and practice of filling diverse position abandoned laneway with super-high water materials

LUO Wuxian<sup>1</sup>, REN Haibing<sup>2</sup>, WANG Lin<sup>1</sup>

(1. Pangzhuang Coal Mine, Xuzhou Coal Mining Group Corporation, Xuzhou 221141, China;

2. School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** In order to solve the diverse position abandoned laneway of safely fully-mechanized working face in Pangzhuang Coal Mine-620 coal pillar, this paper studies and implements the technology of filling diverse position abandoned laneway with super-high water materials. After analyzing and calculating, the intensity of super-high water materials filling body and the proportion of super-high water materials are confirmed. At the same time, the 5-meter space distance between the filling abandoned laneway and the top and bottom of fully-mechanized working face of coal pillar has been confirmed. The engineering practice show that the difficult problem of diverse position abandoned laneway in Pangzhuang Coal Mine-620 coal pillar has been overcome successfully by the technology of filling diverse position abandoned laneway with super-high water materials. Considering the remarkably economic and technological effects, the technology of filling diverse position abandoned laneway with super-high water materials is of important value to overcome similar engineering problems.

**Key words:** diverse position abandoned laneway; super-high water materials; filling body intensity; space distance

庞庄煤矿-620中央采区上山7煤煤柱工作面煤层厚度1.5~3.3 m,平均煤厚2.5 m,倾角5°~12°,平均倾角7°.工作面走向423 m,倾向长

210 m,采用综合机械化走向长壁全部垮落采煤法.-620上山煤柱工作面回采中过多条同层、上层、下层及穿层空巷(老硐),空巷(老硐)关系复

杂,如果不能有效进行处理,将会较大影响该工作面的效率并增加开采成本.因此,对于该工作面过空巷的问题,需要考虑快速有效而又成本较低的一种技术方法.

综采工作面过空巷的常用方法有:(1)用密集支柱或木垛对空巷顶板的进行支护;(2)锚杆、锚索、钢带、铁丝网等联合支护加固空巷顶板和两帮<sup>[1,2]</sup>;(3)以空巷为切眼重新布置工作面;(4)在空巷内填充木材、浮煤、矸石和高水速凝材料等<sup>[3]</sup>.但是,这些过空巷的方法在成本、工艺和技术效果方面存在一定的局限性.

普通高水材料水灰比一般 1.8~2.5:1 左右,而超高水材料的水灰比可达 11:1.超高水材料及其充填工艺是中国矿业大学开发的一项新技术.超高水材料充填技术首先通过在水中添加超高水材料,配制成 A 和 B 这 2 种以水为主要成分的单浆液,分别把 2 种单浆液通过管路输送至待充填区进行混合,混合后的超高水材料浆液将能够在可控时间内胶结、凝聚,达到设计强度.超高水充填材料既

具有高水材料性能上的优点,又具有单位体积材料用量大幅度减少、充填成本显著降低、应用时充填工艺简单等优点<sup>[4]</sup>.

采用超高水材料充填空巷并固结后,综采工作面在通过空巷时,采煤机像采煤一样直接切割超高水材料充填体.由超高水材料固结形成的充填体具有较大的承载能力,能够支撑基本顶,同时传递液压支架支护阻力,保持充填体墙壁及顶板完整.超高水材料浆液具有很强的流动性和渗透性,浆液经挤压渗透到围岩纵横交错的裂隙中并固结后构成围岩复合结构.超高水材料固结体具有良好的韧性和粘结性,能将破碎围岩粘结成整体,阻止围岩进一步片帮或冒落<sup>[5,6]</sup>.

## 1 工作面空巷条件

### 1.1 工作面空巷(老硐)状况分析

-620 上山煤柱工作面空巷分布情况及待充空巷分布情况详见图 1 所示.该工作面机巷充填的空巷主要有 10 处,充填空间约 15 000 m<sup>3</sup>.

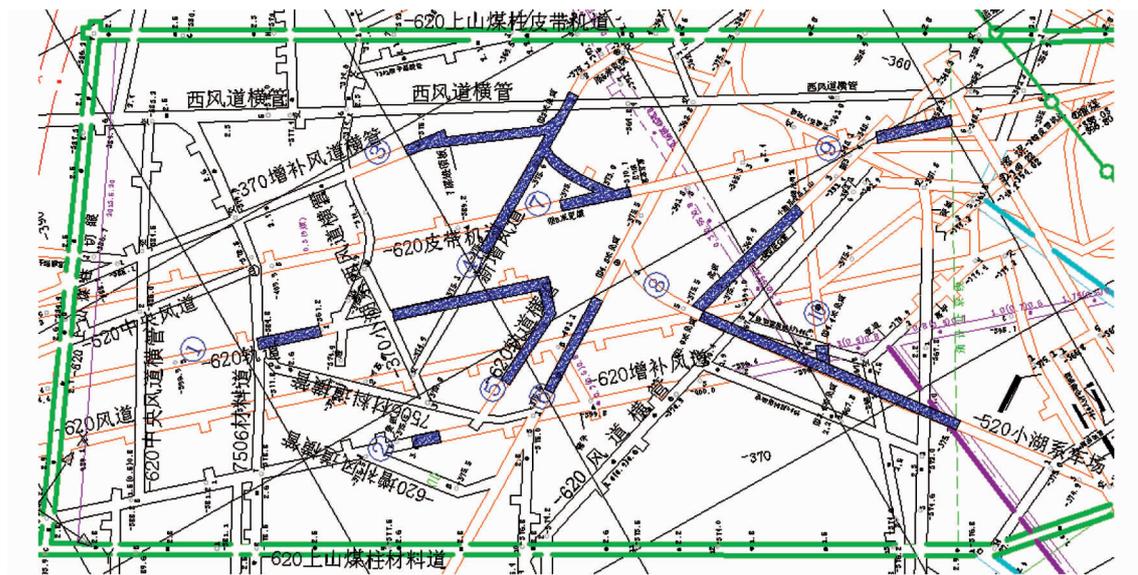


图1 -620 上山煤柱工作面空巷分布情况及待充空巷分布情况

### 1.2 充填方法及需求的分析确定

根据对回采面过空巷的 4 种常用方法的分析,考虑超高水材料充填空巷的成功实践,根据庞庄矿 -620 上山煤柱工作面回采效率和进一步降低成本的需要,要求充填空巷时应使得工艺尽量简单,人员需求少,易于组织与管理,基本不改变巷道支护方式,尽量降低成本,同时考虑 -620 上山煤柱工作面中各种空巷比较多,相互位置关系复杂,为

适应这种情况,应选择比较灵活的超高水材料充填空巷的方法.

-620 上山煤柱工作面中存在这相互位置关系复杂的各种空巷,对于直接处在工作面底板下方的空巷充填要保证工作面液压支架能够安全通过,而对于距离工作面顶底板有一定间隔的空巷,则要确定间隔工作面顶底板多少距离以内的空巷需要充填,才能保证工作面过空巷时液压支架能够正常

支护顶底板而出现顶底板的垮塌。

## 2 超高水材料充填参数的确定

### 2.1 工作面空巷充填体强度的确定

为分析确定 -620 上山煤柱工作面空巷充填体强度,运用 UDEC 进行数值模拟分析. 根据庞庄

煤矿 -620 上山煤柱工作面地质条件,建立工作面过空巷支架压底量二维数值模型. 模型长 200 m,高 90 m,其中 7 煤厚 2.5 m,煤层为近水平煤层,底板厚度 27.5 m,顶板厚度 60 m. 模型中各岩层岩性、厚度、力学参数参考实验室岩石测试结果,选定的参数值见表 1 和表 2.

表 1 模型内各岩层赋存特征及相关力学参数

岩性	厚度/m	法向刚度/GPa	切向刚度/GPa	容重/(10 <sup>4</sup> kN/m <sup>3</sup> )	内摩擦角/(°)	抗拉强度/MPa	粘聚力/MPa
页岩	33.0	6.36	3.08	2.20	25.20	4.89	1.09
砂岩	15.0	13.36	8.08	2.70	33.20	3.09	6.89
砂页岩	2.0	9.36	5.08	2.40	28.20	2.09	5.89
7 <sup>#</sup> 煤	2.5	6.34	4.42	1.35	30.56	1.29	3.85

表 2 模型内主要岩体软弱面的力学参数

岩性	法向刚度/GPa	切向刚度/GPa	内摩擦角/(°)	抗拉强度/MPa	粘聚力/MPa
页岩	6	3.5	10	0.05	0.05
砂岩	18	10.0	15	0.20	0.40
砂页岩	11	6.5	14	0.10	0.10
7 <sup>#</sup> 煤	10	6.0	14	0.00	0.00

-620 上山煤柱工作面埋深 390 ~ 430 m,模型计算取最大采深 430 m,模型中顶板岩层厚度 60 m,模型上部边界施加 9.25 MPa 的应力(相当于 370 m 厚的基岩). 模型边界条件采用位移固定边界,其中两侧边界为单向约束,底部边界为双向约束,模型采用摩尔 - 库仑模型.

充填体强度为 1 MPa 时,工作面过空巷数值模拟结果见图 2. 模拟得到充填体强度为 0.2 ~ 1.6 MPa 时工作面过空巷支架压底量,绘制支架压底量 - 充填体强度曲线见图 3.

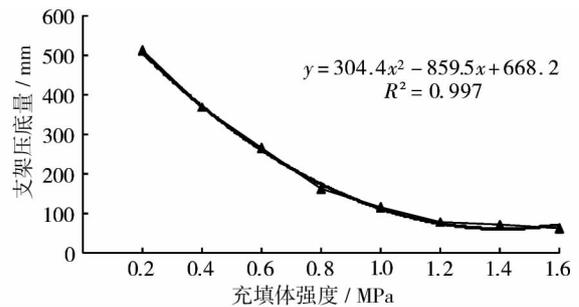


图 3 不同充填体强度下支架压底量曲线图

根据如图 3 所示的数值模拟结果分析,空巷充填强度为 1.0 ~ 1.2 MPa 能够保证工作面过充填空巷时支架压底量处于 100 mm 以下的较低水平.

由空巷基本顶稳定性分析得出的空巷充填体强度为 1.13 MPa<sup>[7,8]</sup>,运用 UDEC 进行数值模拟分析得出空巷充填体的强度为 1.0 ~ 1.2 MPa,计算的工作面液压支架的支护强度为大于 0.588 MPa,工作面支架底座支护强度分析计算得出的充填体强度为 1.489 MPa.

根据分析和计算,当空巷充填体的强度为 1.49 MPa 时即可满足液压支架直接在空巷上方安全通过的实际需求,对于工作面上方和下方的空巷

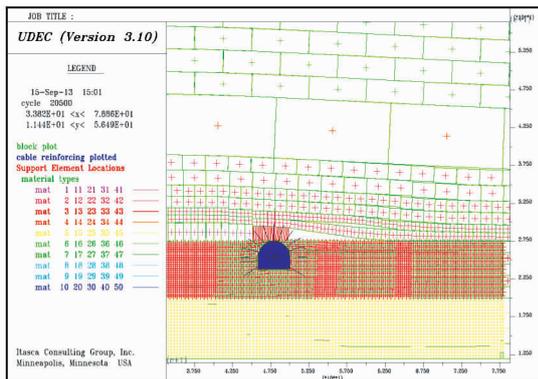


图 2 充填体强度为 1 MPa 时数值模拟分析充填效果图

充填体设计强度为 1.0 ~ 1.2 MPa 即可满足工作面过空巷的要求. 因此,综合考虑充填制浆质量、断层影响、成本控制、安全系数以及工作面过空巷便于切割充填体等因素,对于 -620 上山煤柱工作面空巷充填体的强度设计为 1.00 ~ 1.49 MPa.

## 2.2 超高水材料配比的确定

由于超高水材料支护强度确定在 1.00 ~ 1.49 MPa,根据图 4 所示不同水体积超高水材料固结体三面受限抗压强度,确定超高水材料水体积比为 94%, 95%, 96%, 最终确定充填浆液水灰比为 5.22:1, 6.33:1, 8:1, 终凝强度分别约为 2.2, 1.8, 1.0 MPa, 3 d 后充填体抗压强度分别约为 1.2, 0.7, 0.5 MPa, 5 ~ 7 d 后充填体强度基本接近终凝强度<sup>[9,10]</sup>.

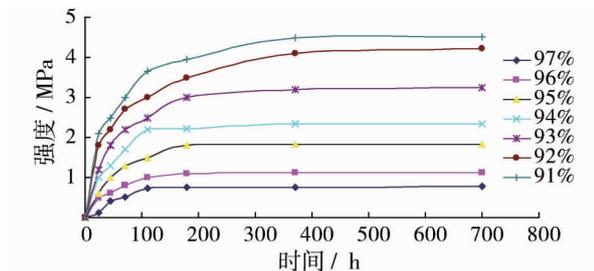


图4 不同水体积的超高水材料固结体三面受限抗压强度与时间的关系

根据 -620 上山煤柱工作面空巷情况,拟充填的空巷基本上都是与工作面方向垂直或倾斜的,工作面过空巷时,只有 1 ~ 2 个支架作用在空巷充填体上方,完全可以使得空巷上方的支架的工作阻力大大减小,从而大大减小对底板的压力. 出于成本的考虑,直接在支架下方的空巷充填体强度设计的高一些,而一般情况下的空巷充填体强度设计的低一些.

经过分析可知,直接在工作面底板下方的空巷,可以设计超高水材料充填空巷后形成的充填体的抗压强度大于 1.49 MPa,其他位置空巷的超高水材料充填体强度可以根据实际情况降低,以减少材料用量从而降低成本.

## 2.3 工作面顶底板与充填空巷间隔距离数值模拟分析与设计

对于距离工作面顶底板有一定间隔的空巷,则要确定间隔工作面顶底板多少距离以内的空巷需要充填,才能保证工作面过空巷时液压支架能够正

常支护顶底板而不出现顶底板的垮塌. 因此,为得到工作面顶底板与充填空巷合理的间隔距离,运用 UDEC 进行数值模拟分析,方案设计为不对空巷进行充填,模拟计算空巷与工作面煤层合理的安全间隔距离. 运用 2.1 中所设计的数值模拟模型进行数值模拟分析,依据空巷与工作面煤层间隔距离 2 ~ 10 m 设计了 5 个方案,模拟工作面过空巷时支架的压底量. 综合数值模拟结果,得到工作面支架压底量与工作面顶底板与空巷不同间隔距离关系曲线如图 5 所示.

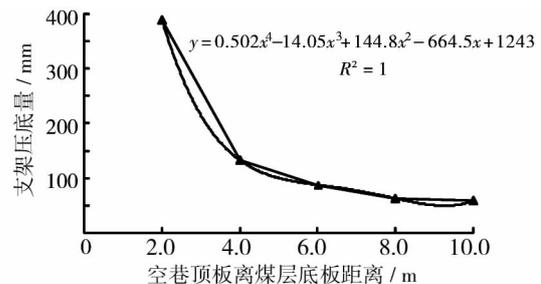


图5 支架压底量与空巷和工作面顶底板间隔距离关系曲线图

由图 5 可知,空巷与工作面顶底板间隔距离为 4 m 时支架压底量出现拐点,当距离小于 4 m 时支架压底量迅速增加,距离大于 4 m 时支架压底量较小,满足安全要求. 因此,设计充填空巷距离工作面顶底板间隔距离一般不应小于 4 m,考虑安全系数,设计充填空巷距离工作面顶底板间隔距离为 5 m.

## 3 经济技术效益分析

### 3.1 经济效益分析

超高水材料充填空巷技术相比较其他诸如充填煤炭、木材、砌块等处理空巷的方法,不仅效率高,而且成本较低,总费用为 258.1 万元. -620 上山煤柱工作面超高水材料充填空巷相比采用木材与浮煤充填节约成本明显,经济效益显著. 经济效益比较情况详见表 3 所示.

表3 经济效益比较

充填方案	充填体积 / m <sup>3</sup>	费用合计 / 万元	备注
超高水充填	15 274	258	
木料充填	7 637	850	木料充填体积按老硐体积 50% 计算
砌块充填	10 692	1 451	砌块充填体积老硐体积按 70% 计算

同时由于充填后工作面推进速度加快,工作面走向60 m,多回收资源 $4.5 \times 10^4$  t.原煤售价为每吨570元,由于巷道掘进以及其他费用已经发生,该工作面原煤生产成本为每吨100元,因此多回收 $4.5 \times 10^4$  t原煤,效益增加2 115万元.

### 3.2 技术效果分析

通过分析计算确定的超高水材料充填体强度能够满足工作面支架安全通过的需求,现场效果如图6所示.



图6 工作面通过紧贴底板的充填空巷效果

超高水材料的硬度较小,在通过同层空巷时,空巷充填体很容易被采煤机切割,使得工作面快速推进.现场效果如图7所示.



图7 采煤机切割空巷充填体效果

## 4 结论

1) 超高水材料所具有的优点使其能够胜任充填庞庄煤矿-620上山煤柱工作面复杂空巷的任务,

这也是超高水材料充填综采工作面多位态、多层次复杂空巷的首次成功实践.

2) 确定3种充填浆液水灰比5.22:1,6.33:1,8:1的充填体来充填-620上山煤柱工作面多层次、多位态复杂空巷.

3) 庞庄矿-620上山煤柱工作面顶底板与超高水材料充填空巷的安全间隔距离为4~5 m.

4) 超高水材料充填多位态空巷技术经济效益显著,对于综采工作面过各种复杂空巷具有重要参考价值和广阔的应用前景.

### 参考文献:

- [1] 贾建文.综采工作面过空巷及穿层巷技术的研究[J].山西焦煤科技,2012(5):12-14.
- [2] 苏金元,王晔,杨真.大采高综采工作面过空巷的控制技术[J].矿山压力与顶板管理,2005(4):104-105.
- [3] 王卫军,侯朝炯,柏建彪.综放工作面过空巷高水速凝材料充填试验[J].中国矿业,2001,10(5):57-61.
- [4] 冯光明,丁玉.超高水材料充填开采技术研究及应用[M].徐州:中国矿业大学出版社,2010.
- [5] 冯光明,贾凯军,李凤凯,等.超高水材料开放式充填开采覆岩控制研究[J].中国矿业大学学报,2011,40(6):841-845.
- [6] 肖龙正,贾凯军,郭楠楠,等.超高水材料充填空巷研究与工业性试验[J].山西焦煤科技,2012(1):21-24,32.
- [7] 柏建彪,侯朝炯.空巷顶板稳定性原理及支护技术研究[J].煤炭学报,2005(1):8-11.
- [8] 柏建彪,侯朝炯,张长根,等.高水材料充填空巷的工业性试验[J].煤炭科学技术,2000,28(10):30-31,9.
- [9] 冯光明.超高水充填材料及其充填开采技术研究与应用[D].徐州:中国矿业大学,2009.
- [10] 冯光明,丁玉,朱红菊,等.矿用超高水充填材料及其结构的实验研究[J].中国矿业大学学报,2010,39(6):813-819.