

# 综采工作面快速过空巷技术研究

钱虹光 (华晋焦煤有限责任公司沙曲二号煤矿安监处, 山西 柳林 033300)

**摘要:** 综采工作面开采范围内存在的空巷会严重制约煤炭高效回采, 若采用常规的木垛、单体等方式对空巷进行加固时面临空巷围岩变形量大、采面矿压显现明显以及采面推进速度缓慢等问题。为此, 以 21103 综采工作面过空巷为工程实例, 提出采用高水充填材料对空巷进行超前加固, 从而为采面回采创造良好条件。对高水充填材料配比以及现场施工方案等进行设计, 现场应用后, 采面实现快速、安全过空巷, 期间未出现矿压显现异常、煤壁片帮以及顶板下沉量过大等问题, 应用效果显著。

**关键词:** 综采工作面; 空巷; 矿压显现; 充填支护; 高水材料; 围岩变形

## 0 前言

井工开采矿井当遇到煤层复采或开采设计变更时, 回采空间内常见废弃空巷, 在综采工作面采动压力以及空巷年久失效等因素综合影响下空巷围岩裂隙发育, 常出现冒顶、煤壁片帮故障, 给矿井生产安全带来一定威胁。阶段综采工作面过空巷常见技术包括有空巷充填、单体或者木垛支护顶板、空巷围岩注浆等方式, 基本原理是强化空巷围岩支护确保采面回采期间空巷围岩稳定。针对空巷位置、结构以及与采面交汇关系, 采取针对性过空巷技术措施不仅可提升采面过空巷安全保障能力, 而且可在一定程度上提升采面生产效率。山西某矿 21103 综采工作面回采范围内存在有平行于切眼的空巷, 为确保采面回采安全提出高水充填材料对空巷进行加固, 并强化开采管理, 不仅确保采面回采过空巷期间围岩稳定而且实现了煤炭高效快速回采, 研究成果可为其他矿井类似情况下采面过空巷提供经验借鉴。

## 1 工程概况

21103 综采工作面为北翼二采区第二个回采工作面, 采面南侧为已经回采完毕的 21101 采空区、北侧为实体煤, 西侧为采区集中运输、轨道等巷道, 东侧为采区边界保护煤柱。21103 工作面设计推进距离为 1059m, 采面斜长 215m, 开采的 11# 煤层埋深平均 375m, 厚度 3.12m、倾角 5°, 煤层顶底板岩性以中粒砂岩、泥岩以及细粒砂岩等为主, 具体岩性参数见表 1 所示。21103 综采工作面回采使用的主要综采设备有 MG400/920-WD 采煤机、ZY5600/21/46D 液压支架、SGZ800/800 刮板输送机, 采煤机平均每天割 5 刀, 推进速度平均 4.0m/d。

表 1 11# 煤层顶底板岩性参数

项目	岩性	厚度 (m)	硬度	抗压强度 (MPa)
老顶	中粒砂岩	2.71	4	18.6~45.0
直接顶	泥岩细砂岩、砂质泥岩	1.25	2	16.2~27.3
伪顶	泥岩	0.75	3	13.4~26.3
直接底	泥岩	1.28	3	14.3~29.3

老底	细粒砂岩	7.21	5.5	31.2~45.7
----	------	------	-----	-----------

在 21103 综采工作面回采范围内有一条历史遗留空巷, 该空巷废弃时间已超过 3a。采面空巷斜长为 215m, 断面为矩形 (净宽 4.0m、净高 3.0m), 巷道采用锚网索支护方式, 具体支护断面见图 1 所示。围岩支护采用 20mm × 2000mm 锚杆, 间排距 1000mm × 1000mm 布置; 锚索为 17.8mm × 7300mm, 间排距 1300mm × 3000mm, 并配合规格 220mm × 3600mm × 4mm 钢带控制围岩。为确保 21103 综采工作面安全快速回采范围内空巷, 文中就提出采用泵送支柱方式对空巷进行超前加固, 以期能为其他矿遇类似情况下过空巷提供一定借鉴。

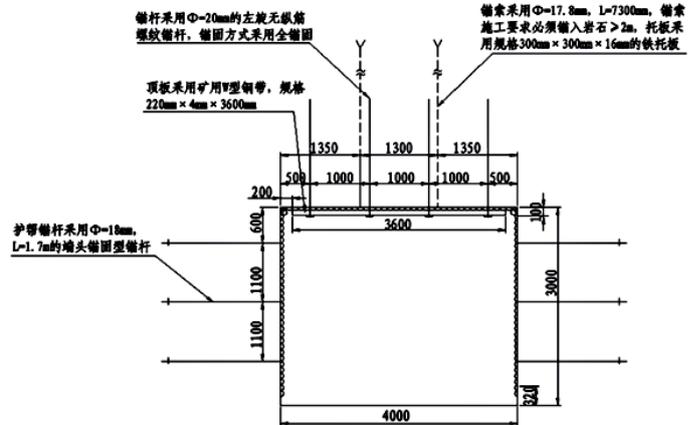


图 1 空巷支护断面

## 2 泵送充填空巷加固方案

### 2.1 充填材料确定

空巷充填使用的高水充填材料为一种双液无机矿粉材料, 具有单液性能稳定、材料消耗少、速凝以及早强等优点, 同时可满足远距离泵送需要。为了确保采面过空巷时顶板稳定, 采用充填方式提升巷道围岩稳定性。选用的高水充填材料抗压强度可通过调整水灰比或添加外加剂调整, 通过调整水灰比调节充填材料更为便捷, 使用也最为广泛。

由于高水材料费用较为昂贵, 在满足空巷控顶基础上, 应尽量提高水灰比, 从而降低充填成本。在综合分析空巷顶板控制及经济性基础上, 提出以下 4 种水灰比方案 (表 2), 并通过数值模拟技术方法对不同强度下

的空巷顶板控制效果进行分析,从而优选出适应矿井实际的充填材料水灰比。

表 2 充填材料配比

编号	含水体积分数	水灰比	抗压强度 (MPa)
1	0.97	6:1	5
2	0.94	4:1	10
3	0.90	3:1	15
4	0.85	2:1	20

具体不同充填体强度(水灰比)条件下的空巷顶板变形模拟情况见图4。从图中看出,相对于充填空巷,未充填时顶板下沉量增加显著,空巷充填的高水材料可有效控制顶板变形。充填体强度由5MPa提升至10MPa时顶板下沉量由390mm降低至287mm;当充填体强度由10MPa增加至15~20MPa时顶板下沉量分别降低270mm、256mm,随着强度增加空巷顶板支撑效果改善不明显。

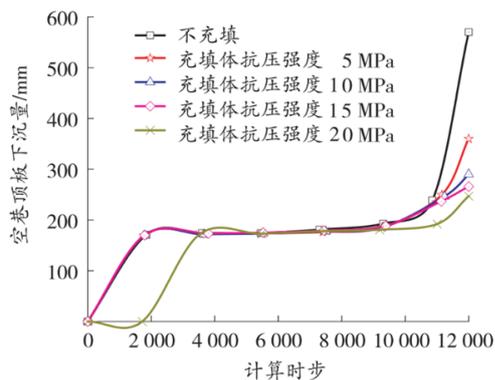


图 2 不同充填体强度(水灰比)下空巷顶板变形情况

综合分析,若不对空巷进行充填,则空巷顶板在采动矿压影响下会出现明显下沉,当采面推进至空巷位置时不仅会增加采面推进难度而且在架前空巷顶板极易出现冒落,因此,为了确保采面生产安全必须对空巷进行充填。充填体强度10MPa、15MPa、20MPa时,充填体对空巷顶板控制效果均较为明显,顶板下沉量均在290mm以内。为了降低空巷充填成本,综合空巷底板充填顶板控制效果,最终确定充填材料强度为10MPa,对应的水灰比为4:1。选用的充填材料水灰比在满足空巷充填加固需要的同时可减少材料使用量以及充填加固成本。

## 2.2 泵送充填加固工艺

21103综采工作面内空巷采用分段充填方式,将空巷按照21.5m长度分为10个区段,从回风巷位置(端头位置)开始充填,具体空巷充填布置见图3所示。先在空巷靠近回风巷位置通布置宽×高×厚=2.6m×4.8m×3m的充填带避免充填浆液外溢至回风巷内。待充填带胶结固定后,先通过密集单体、工字钢配合对空巷顶板

强化支撑,从而为空巷内作业人员提供相对安全作业环境,后依次进行充填;充填间采用充填袋封堵,避免充填浆液外漏。在充填过程中,采用局部通风机供风,确保空巷内有害气体浓度在安全范围内。

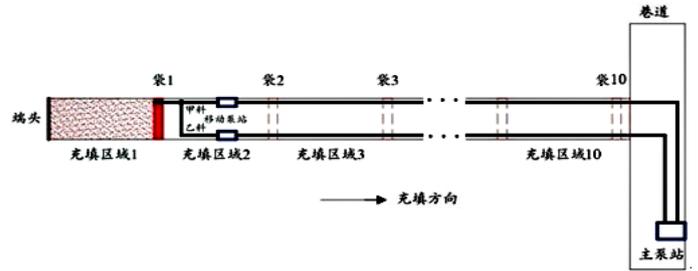


图 3 空巷泵送充填支护示意图

在对空巷加固过程中涉及到的工艺流程包括有高水充填浆液配置、远距离泵送、充填管路清洗以及空巷充填等环节。空巷内作业人员工作点均应采用单体进行补强加固。在泵送充填支护过程中使用到的主要设备包括有2ZBYSB13.2~4.2/1~10-22充填泵,管径31.5mm高压胶管、吸浆管、搅拌桶等。

## 3 采面过空巷管理措施

### 3.1 过空巷前技术准备

①过空巷前对工作面内综采设备进行一次全面检修,强化支架的维修力度,彻底处理支架的跑、冒、滴、漏、窜和自降现象,保证支架操作灵活,完好率达到100%。检查采煤机截齿、齿轨、滑靴、各部件正常完好。检查刮板输送机链条、刮板、连接环、螺栓是否松动、各部件完好。检查转载机破碎机链条、刮板、连接环、螺栓是否松动、各部件完好。乳化液泵站配比达30MPa、管路、接头、U型卡、无跑、冒、滴、漏现象发生;②要密切注意顶板变化情况,要避开周期来压,同时必须保证工作面的工程质量达到安全质量标准化要求,即“三直、两平、一净、两畅通”;③空巷泵送充填加固工作应在采面与空巷相距300m前完成,从而降低超前采动压力给空巷加固影响;④当工作面回采至距离空巷30m处时,由综采队、调度室负责每天掌握空巷进度、采位、定时向调度室汇报工作进展、瓦斯及顶板变化等情况。

### 3.2 采面调斜布置

由于空巷与采面间夹角较小,为减少采面一次揭露空巷断面,确保过空巷期间顶板及巷帮煤体稳定,对21103综采工作面适当调斜。根据采面矿压监测结果,发现上端头位置较下端头矿压显现明显,采用上端头超前下端头方式过空巷。受到采面内综采设备性能影响,采面调斜角度不宜过大,在采面与空巷相距35m开始对采面进行调斜,采用尾三头一方式割煤(即机尾位置割3刀、机头位置割1刀),确保机尾超前机头20m。

采用使用的MG400/920-WD采煤机,采煤机截割深度为800mm,采面每割一刀预计揭露约10m空巷。在采面回采过空巷期间必须确保刮板输送机、液压支架等平直。采面回采过空巷后采用头三尾一方式割煤,及时

对采面倾斜角度进行调整，确保采面与回采巷道垂直。

### 3.3 采面液压支架移架管理

在采面揭露空巷时，作业人员采用已布置的测点对空巷围岩变形进行监测，严禁人员进入到空巷内。同时在回采过空巷期间应科学制定施工安排，确保采面可连续生产。在过空巷期间各工种应密切配合，液压支架移架应紧跟采煤机，确保间距在 2m 以内；液压支架采用带压移架方式，支架移动到位后初撑力控制在 24MPa 以上，并及时伸出前探梁对顶板以及煤壁等进行支撑。

## 4 现场应用效果分析

在 21103 综采工作面回采至废弃空巷附近时，采用 YHY-60 工作阻力监测仪对采面内液压支架工作阻力进行监测，具体采面在过空巷期间液压支架工作阻力监测结果见图 4 所示。

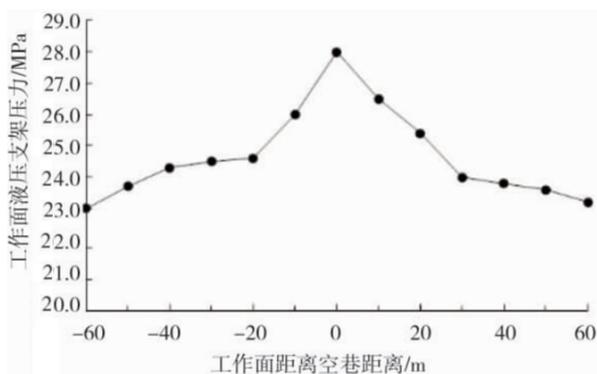


图 4 过空巷期间液压支架工作阻力监测结果

从图中看出，在采面过空巷之前，随着采面与空巷间距不断缩小液压支架工作阻力呈不断增加趋势，其中与空巷间距 20m 以内时液压支架工作阻力增加最为明显；当采面与空巷交汇时液压支架工作阻力增至 28MPa；当回采揭露空巷后，采面液压支架工作阻力逐渐降低，并逐渐区域平稳。整体来说，采面过空巷期间液压支架工作阻力有所增大，但是增加值不明显，不会给煤炭正常生产带来影响。具体采面揭露过空巷期间泵送充填材料情况见图 5 所示。

从图 5 可直观看出，空巷通过泵送充填后，顶板下沉量不明显，充填材料稳定性较好，未出现明显变形。采煤机可顺利截割空巷内高水充填材料，截割期间未出现片帮、顶板下沉量较大等问题，表明现场采取的过空巷充填技术措施以及生产管理措施取得较好的应用成果。



(a) 空巷顶板情况



(b) 空巷充填材料截割情况

图 5 采面揭露过空巷期间泵送充填材料情况

## 5 总结

① 21103 综采工作面回采范围内存在的废弃空巷是制约煤炭安全高效回采的不利因素，确保空巷围岩稳定是确保采面快速过空巷的关键。为此，提出采用高水充填材料对空巷进行支护。为实现安全、经济对空巷进行加固，采用数字模拟技术手段对空巷高水材料水灰比进行确定，最终确定水灰比为 3:1，充填材料强度为 10MPa 时，不仅可以满足空巷围岩控制需要，而且成本较低；② 依据采面空巷分布情况，对空巷泵送充填加固方案进行设计。现场应用后，采面过空巷期间液压支架工作阻力虽然有所增加，但是空巷围岩始终保持稳定，顶板变形量较小。采面在截割空巷高水充填材料时，材料始终保持稳定，未出现片帮问题。通过采用泵送充填对空巷进行超前加固，为采面安全快速过空巷创造了良好条件，采面在过空巷期间仍可保持 4.0m/d 速度推进，实现了采面煤炭高效回采。

### 参考文献：

- [1] 郭喜斌. 综采工作面过空巷围岩变形与控制技术研究 [J]. 能源技术与管理, 2021, 46(01): 83-85.
- [2] 贾正彪. 南岭煤矿综采工作面快速过空巷技术研究及应用 [J]. 煤炭科技, 2020, 41(03): 93-96.
- [3] 周海丰, 黄庆享. 大采高工作面过空巷群顶板破断及矿压规律研究 [J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(02): 70-79.
- [4] 杨向浩, 陈广帅. 高应力综采工作面快速过底板空巷技术研究 [J]. 山西焦煤科技, 2019, 43(05): 44-47.
- [5] 付鑫. 榆树塔矿综采面过空巷围岩控制研究 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2019.
- [6] 管东琴. 综采工作面快速过空巷区技术研究 [J]. 能源技术与管理, 2019, 44(01): 104-105+189.
- [7] 徐云波. 综采工作面通过空巷的技术研究 [J]. 陕西煤炭, 2017, 36(04): 27-29.
- [8] 鲁伟杰. 阳煤一矿综采工作面过空巷围岩稳定原理及充填参数研究 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2017.
- [9] 张德宝. 马营煤矿复采工作面过老空巷矿压显现特征及关键技术研究 [D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2015.

### 作者简介：

钱虹光 (1984- )，男，汉族，北京海淀人，2011 年 7 月毕业于中国矿业大学采矿工程专业，工程师，从事矿井采矿及安全管理工作。