

综放工作面超前充填假顶的设计与工艺的研究

Research on the Design and Technology of Advance Filling False Roof in Fully Mechanized Caving Face

苗路凡 栗辉 孙玲军

Lufan Miao Hui Li Lingjun Sun

河南能源焦煤公司赵固一矿 中国·河南 焦作 454000

Zhaogu No.1 Mine, Henan Energy Coking Coal Company, Jiaozuo, Henan, 454000, China

摘要: 基于赵固一矿 16060 综放工作面上顺槽沿煤层顶板布置, 为提高资源回收率, 需对上顺槽卧底并构筑人工假顶。针对巷道支护强度、顶板赋存条件、受采动影响、巷道围岩变形实测规律, 研究确定了构筑假顶的充填材料、施工工艺。通过实际应用效果来看, 增加了巷道围岩的稳定性, 提高了煤炭的回收率。

Abstract: Based on the arrangement of the upper trough along the coal seam roof in the 16060 fully mechanized caving face of Zhaoguyi Mine, in order to improve resource recovery rate, it is necessary to lay the upper trough underground and construct an artificial false roof. Based on the strength of tunnel support, the occurrence conditions of the roof, the influence of mining, and the measured laws of tunnel surrounding rock deformation, the filling materials and construction technology for constructing false roofs have been studied and determined. Through practical application results, it has increased the stability of the surrounding rock of the tunnel and improved the coal recovery rate.

关键词: 巷道围岩; 充填; 人造假顶

Keywords: roadway surrounding rock; filling; artificial false roof

DOI: 10.12346/etr.v5i11.8763

1 引言

充填采矿法是指伴随采煤、运输及其他作业的同时, 用充填料对采空区充填的采矿方法。充填目的是缩小采空区空间, 减少上赋围岩垮塌量^[1]。

随着充填材料、工艺、管道输送技术的不断进步, 充填技术在煤矿、非煤矿上得到了广泛应用。赵固一矿 16060 综放工作面, 顺槽沿顶板掘进, 为提高资源回收率, 回采期间沿煤层底板卧底, 工作面端头溜底回采对工作面的三角底煤进行回收, 但会导致落底煤段的巷道高度达 6.6m 左右, 巷道高度超出一般回采巷道, 受卧底以及采动作用下, 原支护强度不能维持巷道围岩的稳定, 尤其是两帮容易变形, 极易发生两帮失稳型顶板事故^[2], 还会出现因端头架不接顶造成倒架的现象发现。因此, 16060 工作面上顺槽计划采用顶部充填方式解决巷道超高及失稳问题。

2 工作面概况

16060 工作面水平位置 -525m, 位于矿井西北翼, 所属西六盘区, 开采煤层为二₁煤层, 该煤层顶板标高为 -450.1~-489.6m, 为放顶煤工作面。北为 DF106 断层和 F25 断层, 西为已回采结束的 16080、16100 和 16120 工作面, 南为北翼三条大巷和西翼风井, 东为已回采结束的 16040 工作面。该工作面可采长度 748.6~754.3m (上顺槽长 748.6m, 下顺槽长 754.3m), 宽 169.1m。16060 工作面煤层厚度为 6.0~7.0m, 平均为 6.60m。端头架型号为 ZFG18000/27/40HD (B), 支护强度 1.82MPa。

2.1 煤层顶底板岩层

老顶: 中粒砂岩, 厚度: 5.04~12.43m, 平均厚度 8.82m。岩性特征: 灰色, 成分以石英为主, 次为长石、岩屑, 钙质胶结, 分选中等, 层面含炭质及少量云母片, 含丰富菱铁质鲕粒, 含泥岩包体。

【作者简介】苗路凡 (1989-), 男, 中国河南社旗人, 本科, 助理工程师, 从事矿山开采研究。

直接顶：砂质泥岩，厚度：0~5.31m，平均厚度 2.84m。岩性特征：深灰色，夹砂岩条带，层面含云母片，富含植物颈部化石。

伪顶：泥岩，厚度：0.10~1.40m，平均厚度 0.80m。岩性特征：深灰色，块状，富含植物颈部化石，夹细煤线。

直接底：粉砂岩、砂质泥岩，厚度：17.70~26.98m，平均厚度 22.65m。岩性特征：粉砂岩，灰色，富含植物根部化石，具水平层理，含云母片。砂质泥岩，深灰色，致密、块状，含少量植物化石碎片，含黄铁矿晶体。

老底：L9 灰岩，厚度：1.62~2.00m，平均厚度 1.73m。岩性特征：灰色，隐晶质，遇稀酸起泡，含动物化石，含黄铁矿晶体。

2.2 巷道断面及支护参数

16060 上顺槽长度为 1244.1m，沿煤层顶板掘进，断面为矩形，顶板以及帮部采用锚网索支护，设计净宽 5000mm，净高 3800mm，净断面积 19.0m²。

2.2.1 掘进时的支护方式

顶板采用锚网支护，锚杆采用高强度锚杆，规格 $\phi 20 \times 2400\text{mm}$ ，锚索规格 $\phi 17.8 \times 4200\text{mm}$ 。间排距 $800 \times 800\text{mm}$ ，每排 9 根（两肩窝为 $\phi 17.8 \times 4200\text{mm}$ 锚索），锚杆垂直于巷道顶板打设，肩窝锚索向外扎 10° 打设，配合钢筋梯使用，规格为 $\phi 14 \times 3270 \times 70\text{mm}$ 。采用槽钢梁锚索和点锚索进行补强支护，锚索规格 $\phi 21.6 \times 8300\text{mm}$ ，每锚杆（索）与补强锚索交替打设，槽钢梁锚索与点锚索交叉布置，间排距 $1400 \times 1600\text{mm}$ 。帮部采用锚网索支护，锚索规格： $\phi 17.8 \times 4200\text{mm}$ ，间排距 $900 \times 800\text{mm}$ ，配合钢筋梯使用。

2.2.2 回采期间的顶板支护

上顺槽超前支护不少于 50m，支护形式为槽钢梁锚索，顶板平行巷道中线方向打设三排走向槽钢梁锚索，东偏巷道中心线 1200mm 打设一排，西偏巷道中心线 200mm 打设一排，西偏巷道中心线 1400mm 打设一排，锚索规格为 $\phi 21.6 \times 10300\text{mm}$ 。

2.2.3 巷道矿压观测

充填前，工作面超前属于应力集中区域，巷道均会发生一定程度的围岩收缩变形，而在工作面超前应力集中区域以外的巷道收缩变形很小。根据矿井其他工作面巷道矿压观测实际数据可知，工作面超前影响范围一般为 0~30m，巷道收缩量大，变化曲线如图 1 所示。

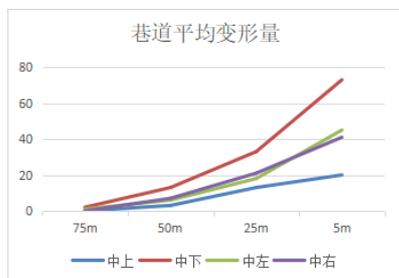


图 1 巷道变化曲线图

3 充填工艺设计

上顺槽卧底深度约 2.8m，充填高度约 2m，充填尺寸如图 2 所示，采用工字钢梁搭建充填平台骨架，工字钢梁垂直于上巷中线方向布置，间距 $800 \pm 50\text{mm}$ ，工字钢梁（ π 型钢梁）放置在梁窝内，使用三排锚索加固充填平台骨架。

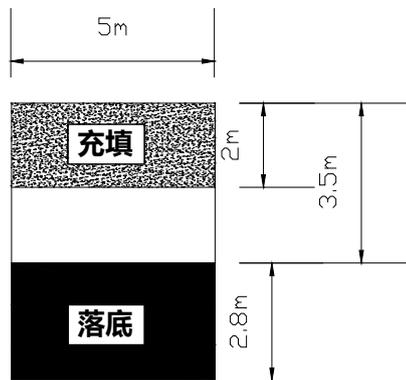


图 2 充填尺寸

每一循环充填长度 5~10m，使用风筒布将充填平台的四周及底部进行封闭，然后对充填段风筒布进行充填。充填材料水灰比 3 : 1，每 1m³ 需要充填材料 0.305t。2 个小时即可达到 1.25MPa，7 天一般即可达 3.28MPa。

3.1 充填平台承计算

$$P=W \times g=L \times w \times H \times G \times g=0.305 \times 5 \times 0.8 \times 2 \times 9.8=23.91(\text{N})$$

其中，P 为静载荷；g 为重力加速度，取 9.8m/s²；L 为平台长度，取 5m；w 为平台宽度，取 0.8m；H 为充填厚度，取 2m。

$$Q=M \times a=150 \times 2=300(\text{N})$$

其中，Q 为动载荷；M 为平台上移动物体的总重，按 2 人计算，每人 75kg，则取值为 150kg；a 为加速度，取 2m/s²。

$$C=(L \times W \times H) \times \sigma \times g=5 \times 0.8 \times 0.12 \times 310 \times 9.8=3038(\text{N})$$

其中，C 平台能够承受的最大荷载重量； σ 为材料的抗拉强度，Q345 材料，取 310MPa；L 为平台长度，取 5m；w 为平台宽度，取 0.8m；H 为平台厚度，取 0.12m；g 为重力加速度，取 9.8m/s²。

3.2 工作面端头支架支撑力

工作面端头架支护强度是 1.82MPa，为保证端头架支护安全，充填体强度不应低于 1.82MPa，充填体 7 天一般即可达 3.28MPa，符合要求。

3.3 充填系统材料

充填材料为 A、B 两种无机矿粉材料组成，A 料与 B 料和水的配比均为 1 : 3，配好后的 A 料与 B 料配比为 1 : 1。A、B 两组分浆液混合后 25~40min，即可完全固化。2h 即具有一定的强度，7d 一般即可达最终强度的 80%。材料本身无毒、无害、无腐蚀性。

材料性能参数见表 1。

表 1 材料性能参数

水灰比 W : C	胶凝时间 /min	单轴抗压强度 /MPa					材料消耗量 (kg/m ³)
		2h	1d	3d	7d	28d	
3 : 1	25	1.25	1.38	2.12	3.28	3.98	305

3.4 制浆方式

该充填系统主要由 2 组定量水箱、2 个高速搅拌机以及相应的管路组成,考虑了高速制浆机的扬程以及输送能力,将远程输浆设备安装至工作面外向 150m 处,随着工作面回采逐步外移,制浆方式如图 3 所示。

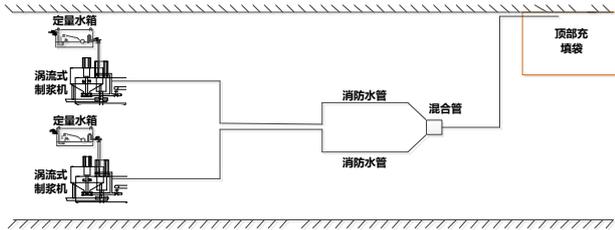


图 3 充填示意图

3.5 水的计量

水是通过定量气控水箱计量,将气控定量水箱置于高处,通过静压水管向水箱内供水,供水结束后,关闭静压水管高压球阀,排水时通过气动开关打开水箱蝶阀,水自流入高速制浆机。

3.6 充填体支撑平台的搭建

采用工字钢梁(π型钢梁)搭建充填平台骨架,工字钢梁(π型钢梁)垂直于巷道中线方向布置,间距 $800 \pm 50\text{mm}$,根据巷道情况距顶板约 2m,巷道两帮掏梁窝,工字钢梁(π型钢梁)放置在梁窝内,梁与梁之间使用 2 块连接板进行连接,连接板布置于中线偏东、西各 $1500 \pm 100\text{mm}$ 位置。(计划使用两根工字钢梁(π型钢梁)搭接,根据巷道宽度可适当调整工字钢梁(π型钢梁)长度,梁窝深度不小于 300mm,搭接距离不小于 500mm,搭接处使用 3 道卡缆连接固定,间距 500mm,根据工字钢梁(π型钢梁)搭接长度可适当调整卡缆间距,卡缆使用废旧锚杆或圆钢加

工)。使用三排槽钢梁锚索加固充填平台骨架。工字钢梁(π型钢梁)上铺设金属网将充填底部进行防护。金属网上铺设双层风筒布,防止漏浆。

4 经济效益初步分析

从资源回收量、充填成本、支护及卧底等方面分析上巷充填的经济效益。充填前工作面槽头上起按照 9 度计算,长为 17.5m,高度为 2.8m,上顺槽长为 748.6m,煤层视密度为 1.46t/m^3 充填后端头三角区可出煤($17.5 \times 2.8/2 \times 748.6 + 748.6 \times 5 \times 2.8$) $\times 1.46 = 42079$ 吨,吨煤单价取 800 元/t,共计 3366.3 万元;充填成本根据现场材料消耗实际和材料单价算,充填材料取 200 元/m³,充填人工、用电等费用取 40 元/m³,则人造假顶成本费用为 240 元/m³,巷道假顶充填材料量为 $2 \times 5 \times 748.6 = 7486\text{m}^3$,共计 179.7 万元。

根据以上数据统计得知巷道卧底、人造假顶可实现利润约 3186.6 万元,工作面平均每推进 1m 可实现利润约 4.2 万元。

5 结语

①从巷道围岩变形分析,充填体单轴抗压强度为 3.2MPa ^[3],减小了巷道断面,有效地控制了巷道变形。

②结合本工作面充填材料及工艺,研究确定了构筑人造假顶的充填工艺、施工步骤、充填材料及施工标准等。

③巷道充填工艺可为类似沿顶板掘进放顶煤工作面三角煤的回收等提供有益借鉴。

参考文献

- [1] 周明.大采高工作面过空巷高水材料充填技术实践[J].山东煤炭科技,2022,40(2):42-44.
- [2] 闫俊杰.综合机械化固体充填采煤法应用分析[J].矿业装备,2023(10).
- [3] 马清水,孙万明.巷道充填体假顶强度设计与充填工艺研究[J].煤炭工程,2021,53(6):7-11.