

Reflection on Technology and Technical Method of Coal Mine Paste Filling

Yuehua Zhang

Shandong Hengchi Mining Equipment Technology Co., Ltd., Xintai, Shandong, 271202, China

Abstract

Paste filling materials have strong resistance to separation and segregation, strong plasticity and flowability, and play an important role in coal mining operations. They can effectively fill the goaf of coal mines, avoid safety accidents such as collapse, effectively reduce maintenance costs of working faces and tunnels, and improve the economic benefits of coal mining enterprises. The main process of the paper is to use the newly built coal mine in Changzhi as a case study to comprehensively analyze the application points of paste filling mining technology and technical methods, in order to improve the level of coal mining technology, ensure the economic benefits of coal mining enterprises, optimize environmental protection effects, and truly build a green mine.

Keywords

coal mine; paste filling; mining process; technical method

煤矿膏体充填开采工艺和技术方法思考

张跃华

山东恒驰矿业装备科技有限公司, 中国·山东·新泰 271202

摘要

膏体充填材料具有较强的抗分离、抗离析能力, 可塑性、流动性较强, 在煤矿开采作业中发挥了重要作用, 能够对煤矿采空区进行有效填充, 避免出现塌陷等安全事故的出现, 有效减少工作面、巷道的维护成本, 提升煤矿企业的经济效益。论文主要工艺长治新建煤矿为案例, 对膏体充填开采工艺和技术方法应用要点进行综合性分析, 从而提升煤矿开采技术水平, 保障煤矿企业经济效益, 并优化环保效果, 真正构建绿色矿山。

关键词

煤矿; 膏体充填; 开采工艺; 技术方法

1 引言

短壁矸石充填开采的技术核心在于综合了房柱式开采和充填开采两种技术特点的落煤、装运、顶板支护和采空区处理技术。论文主要对该开采技术的实际应用要点进行分析, 从而提升煤矿开采效率。

2 工程概况

长治新建煤矿井田面积为 4.4111km², 批采标高 1020~710m。矿井采用长壁式综采放顶煤, 全部垮落法管理顶板, 采用中央并列抽出式通风。现有主、副井各一个, 主井为斜井, 断面呈半圆拱, 净宽 4.20m、净高 3.10m, 断面面积 11.80m², 斜长 640m, 坡度 -21°, 支护形式为料石砌碛与锚网喷, 主要担负提煤、下料、行人等任务。副井(回风立井)为竖井, 断面为圆形, 深 131m; 井径 3.0m, 主要

担回风任务、兼作安全出口^[1]。为解决煤矿开采引起的环境破坏和废料排放, 实现低碳、绿色开采, 以煤矿矸石作为原料的充填开采技术得到迅速发展, 不仅可实现“低开采、高利用、低排放、高环保”, 而且可保持煤炭开采与环境的协调一致, 具有较好的发展前景和推广意义。

3 泵送膏体矸石充填技术原理

3.1 准备工作

充填开采系统包含采煤系统和充填系统。充填原料中使用的矸石, 主要来源于井下全岩巷道掘进原生矸石、井上煤矸分离洗选矸石、地面矸石山矸石等。同时要对充填材料质量、用量进行严格控制, 满足充填设计要求。要做好充填体变形、受力监测工作, 确保充填体的强度、抗变形能力符合施工要求。要优化挡浆墙搭设工作, 利用木板、草苫子、防水布和单体液压支护联合搭设的方式, 挡浆墙在支好木板后, 利用单体液压支护靠顶、靠底垂直搭设, 做到接顶、底有力, 然后搭设单体液压支柱, 强化抗风险强度^[2]。此外, 要优化充填工作面设计, 采用短壁充填设计时, 要对其进行

【作者简介】张跃华(1989-), 男, 中国山东邹城人, 本科, 工程师, 从事矿山充填开采研究。

加固处理,避免出现直接顶垮落的问题,从而保障工作面支巷能够安全可靠作业。根据首采工作面岩层柱状图厚度、各岩层岩性(容重、弹性模量、单轴抗压强度等指标),以便对直接顶垮落步距进行精准计算。在具体实施中,要结合现场实际情况,最终确定支巷宽度4m。还需要对巷道的通

风系统进行针对性设计,通常情况下为了保障工作面的安全开采,需要使用上行风进行操作,同时在工作面设置两个安全出口。在支巷开采作业中,需要通过扇风机进行局部供风,同时结合开采进度情况,灵活性调整切眼风量,同时开启顺槽连巷风门上风窗^[3]。其中,支巷布置情况如图1所示。

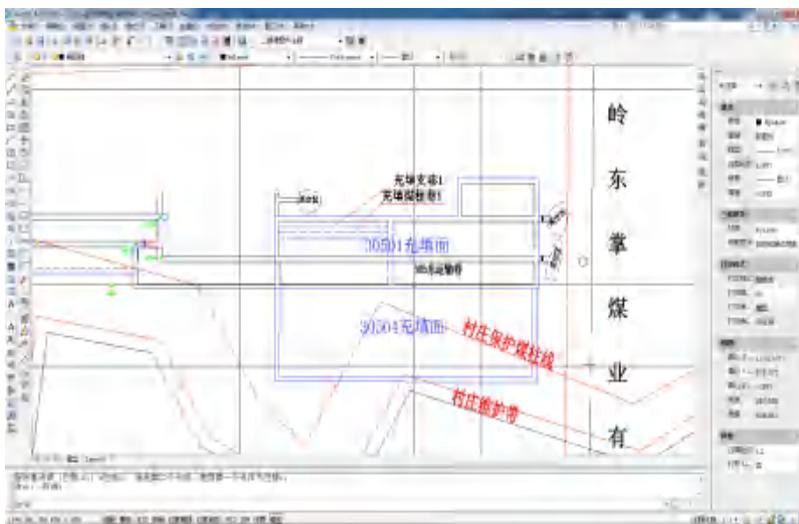


图1 支巷布置图

3.2 膏体充填流程

工作面采取全负压通风,工作面形成后,按照设计要求,设置第二条支巷。按照工程特点要求,其宽度要设置为4.0m,高度为见顶见底,支护方式为全螺纹钢等强锚杆(规格 $\phi 20 \times 2000\text{mm}$)支护,锚杆为间排距 $1000 \times 1200\text{mm}$,或者采用临时点柱支护,充填前进行集中回撤,两帮根据实际情况采用树脂锚杆支护。煤经下顺槽运输皮带运出工作面^[4]。在对支巷施工过程中,要利用国内通风机对支巷内进行局部供风,在进行充填作业中,尽量避免破坏工作面原切眼,只有这样才能保障工作区域内保持标准化的负压通风状态。支巷或煤柱巷开采完毕后,为了保障巷道的安全性,需要在各个方面设置挡浆墙,通常情况下,需要在墙板上设置5cm后以上的模板,同时要标准化设置液压点柱、铁棚腿等。此外,还需要通过多样化的方式对巷道进行加固,避免出现溃浆问题,如煤体侧掏槽、提前打设加固锚杆、打设钎柱。完成以上作业后,需要启动膏体充填系统,在地面膏体制备站对矸石、水泥、水等进行充分搅拌,之后利用工业充填泵加压通过管路输送到充填支巷上端,自下而上充填密实。

3.3 充填要点

①冲管:为了保障冲管作业的安全可靠性开展,需要井下相关工作人员安排专业人员对充填管路进行全方位检查,保障充填管子始终处于平直的吊挂状态,且要确保充填管路保持牢固性固定状态,要对管子接头进行强化紧固,保障各项工作都符合设计要求后才能向负责人进行汇报,并使用特定通讯方式通知地面充填管理人员,之后才能按照相关技术规范进行加水冲管作业,井下工作人员要打开前方出水

阀门,与此同时要求专业人员看管出料口,当水正常流出后,才能通知地面清管完毕。

②充填:完成以上作业后,地面制备站需要启动充填系统,以便为后续充填工作做好充分的准备工作。此外要利用直通电话实现井下和地面的良好沟通交流,专人接听电话,保持随时联系,接听电话人员必须熟悉充填状况,严禁无关人员随意接、打专用电话^[5]。

③停料、洗管。当充填到标准位置时,要求井下工作人员利用特定电话方式,向地面工作人员进行通知和汇报,以便地面制备站能够及时停止送料,并对开始下水冲洗管路,对出料口流出清水进行充填,保障管路内没有余料后才能通知地面停止送水。

4 堵管优化工艺

4.1 泵送膏体充填开采管道免清洗工艺技术

由于矿山生产的特殊性,膏体充填作业间断的,按照循环作业表,泵送膏体充填系统每天运行时间约10h左右,其余时间为充填准备时间。因此每次充填作业结束后需要对管道系统进行清洗,防止膏体在管道内凝固^[6]。为了省略泵送膏体充填作业过程中清洗管道的流程,研发了泵送膏体充填开采管道免清洗工艺技术,可以省去膏体充填洗管流程,节省人力物力,降低膏体充填成本,同时降低堵管概率。在具体实施中,膏体充填末尾阶段,膏体制浆系统停止添加胶结材料,泵送不含胶结材料的膏体料浆将管道内含有胶结材料的膏体料浆全部排出,确保所有充填管内的膏体料浆均不含胶结材料。不含胶结材料的膏体料浆在管道内存放5天仍

具备良好的泵送性，下次充填时可直接泵送含有胶结材料的膏体料浆，充填末尾阶段再泵送不含胶结材料的膏体料浆将管道内含有胶结材料的膏体料浆全部排出，以此循环可以节省清洗管道流程。若膏体充填系统停止运行时间超过5天，可以每5天启动一次充填系统，制备新的不含胶结材料的膏体料浆替换管道内泵送性降低的膏体料浆，直至可以进行正常充填作业^[7]。对于含有立管的管道系统，需在立管下端安装主支管路切换阀、单缸往复柱塞泵，每隔2小时对立管内的膏体料浆进行活化，防止立管内膏体料浆离析分层。具体流程如图2所示。

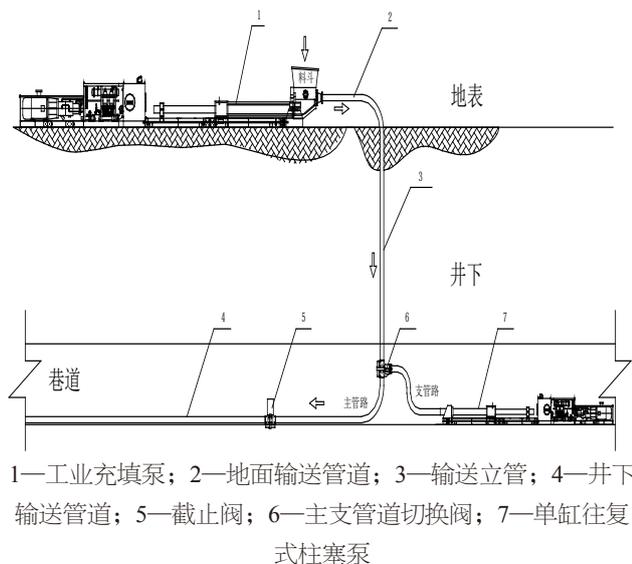


图2 泵送膏体充填开采管道免清洗工艺技术

正常充填作业时膏体料浆进入1（工业充填泵）的料斗内，由1进行泵送，经过管道2、3、4输送到井下充填地点，膏体流动方向如图1中箭头所示。充填作业到末尾阶段时，停止添加胶结材料，不含胶结材料的膏体料浆进入1的料斗内，由1进行泵送，将管道2、3、4直至管道末端内含有胶结材料的膏体料浆完全替换出来。管道内的膏体料浆完全替换完成后，将5（截止阀）转到截止位，截断4管道内的膏体，将6（主支管道切换阀）转到支路位，使3（立管）与7（单缸往复柱塞泵）相通，每隔2小时开启一次7（单缸往复柱塞泵），开启时间3分钟，往复30次左右^[8]。

4.2 小充填倍线似膏体充填满管流控制技术

随着矿产资源不断升值，以及环境保护力度的不断加大，越来越多的煤矿企业采用膏体充填开采技术。似膏体中包含煤矸石、水泥、粉煤灰、水混合搅拌而成，为了提升充填体强度、降低水泥使用量，似膏体中混入一定量的20mm左右的粗骨料，但当充填倍线小于2时，似膏体自流速度较快，整个立孔管道内不满管，不能在立管内产生足够的自重压力，迫使似膏体在管道内部形成柱塞状的整体流动，造成

井下水平管道内似膏体分层流动，细集料和水等轻物料在管道上部流动较快，粗骨料等较重物料沉积在管道底部流动较慢并逐渐沉积。在这种情况下输送3~4h后，沉积在管道底部的粗骨料等水泥的胶结作用下逐渐失去流动性，并且逐渐凝固累积直至堵管，或者凝固块块后受外力影响脱落在弯管处或变径管处形成堵塞。

为了对这种堵管问题进行解决，研发了一种增阻背压阀技术控制似膏体料浆在小充填倍线工况下的流动状态，确保似膏体料浆实现柱塞状流动，避免因小充填倍线造成的流动不均匀而产生的堵管现象。在输浆管路最低处附近安装增阻背压阀，在输送浆体过程中使用增阻背压阀，增加管道内膏体流动阻力，确保整个充填管道内的充满似膏体（或浆体），同时控制增阻背压阀进行间歇式开启和关闭，充分利用高差产生的压力迫使似膏体（或浆体）呈间歇性脉冲式运动，避免似膏体（或浆体）在管道内流动不均匀、离析造成的堵管^[9]。增阻背压阀是一种新型浆体管道输送控制阀门，有弹簧储能型和液压储能型两种形式，也可以两种方式相结合。

5 结语

综上所述，随着社会经济的发展，煤炭资源需求量增加，进一步加大了煤矿开采压力。基于此，要对传统的煤矿开采技术进行创新升级，尤其要对泵送膏体矸石充填技术进行合理应用，可以实现低碳、绿色开采，并保障矿山安全性，提高生产效率，增加煤矿企业的经济效益。

参考文献

- [1] 马奇. 高效膏体分层充填开采工艺及覆岩移动规律研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2023.
- [2] 郑瑞坚. 抛矸注浆胶结充填材料配比及工艺设计研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2022.
- [3] 韩吉宏, 孙涛. 充填开采技术在煤矿中的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(24): 159-161.
- [4] 徐鹏飞. 膏体充填采煤工艺的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(14): 220-221.
- [5] 张鹤松. 煤矿膏体充填开采工艺的相关探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(24): 203.
- [6] 张猛. 高效膏体充填工作面覆岩控制的理论研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [7] 李军. 煤矿膏体充填开采工艺和技术流程探析[J]. 能源与节能, 2019(10): 116-117.
- [8] 刘勇. 膏体充填开采覆岩破坏演化及突水溃砂风险评价[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [9] 邓雪杰. 特厚煤层上向分层长壁逐巷胶结充填开采覆岩移动控制机理研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2017.