

Discussion and Engineering Practice of Gangue Underground Filling and Mining Technology

Jun Duan

Shanxi Research Institute of Ecological Environment Planning and Technology, Taiyuan, Shanxi, 030024, China

Abstract

In recent years, the application of underground gangue filling technology has developed rapidly, this method has the advantages of strong adaptability, higher recovery rate than other methods, safe and reliable stoping, and strong mine ecological environment protection. At the same time, it can improve the mine efficiency and correspondingly promote the development of mining technology.

Keywords

gangue; underground filling; engineering technology

矸石井下填充开采技术探讨和工程实践

段军

山西省生态环境规划和技术研究院, 中国·山西太原 030024

摘要

近年来, 矸石井下填充技术的应用发展迅速, 这种方法具有适应能力强, 回收率比其他方法高, 回采安全可靠, 有力矿井生态环境保护等优点。同时, 可以提升矿井效益, 也相应促进了采矿技术的发展。

关键词

矸石; 井下填充; 工程技术

1 引言

受技术条件等因素的制约, 煤矸石在采煤、选煤过程中多数煤矸石采用矸石场储存, 几乎所有矿区都有大量的煤矸石堆积。近年来, 矸石井下填充技术的应用发展迅速, 这种方法具有适应能力强, 回收率比其他方法高, 回采安全可靠, 有力矿井生态环境保护等优点, 同时可以提升矿井效益, 也相应促进了采矿技术的发展。

2 煤矸石综合利用途径

煤矸石利用方法有煤矸石发电、煤矸石制砖、煤矸石制水泥、煤矸石填筑路基、煤矸石高附加值利用、煤矸石井下充填等。从运营成本和产品实现上来讲, 建材制造、发电、复垦、高附加值方法提取还原的方法相对运营成本较高, 环境效益差, 产量低应用少等缺点, 煤矸石充填较其他综合处置途径处置成本低, 符合现行环保及其他政策要求, 推广前景好。表1为煤矸石综合处置方案。

【作者简介】段军(1982-), 男, 中国山西太原人, 硕士, 高级工程师, 从事环境影响评价技术评估和环境保护管理研究。

表1 煤矸石综合处置方案

用途		成本	环境	前景
建材 水泥	制砖	高(200元/吨)	污染	市场影响大, 应用少
	高	污染	掺量少, 量小	
发电		高	污染	热值要求高, 占比小
复垦		高		符合条件少
高附 增值	气化还原	高	废料污染	技术要求高, 产量低
	物理提取	高	废料污染	技术要求高, 产量低
充填		低		鼓励推广

3 煤矸石井下充填

煤矸石井下充填是指利用采矿后形成的空间(巷道、采空区), 作为贮留煤矸石的场所, 是对煤矸石进行处置最有效的方法。此种方法既能满足煤矸石大规模处置, 解决污染井上土地和环境问题, 而且还可以与“三下”采矿、塌陷区治理相结合, 具有处置与利用的双重作用。

4 充填开采技术类型

4.1 原研充填技术

将矸石通过皮带输送到矸石仓，再经运矸皮带输送机等运输至采空区，并进一步对充填矸石进行夯实。

4.2 膏体充填技术

将煤矸石、粉煤灰等在地面加工制作成牙膏状浆体，应用充填泵通过管道输送，将膏体充填采空区，可以有效控制地表沉降。

4.3 高水充填技术

尾砂作骨料按一定加水混合后形成高水固结充填材料。

高水充填开采使用高水材料做固化剂，掺加尾砂和水，混合成浆充入工作面后方采空区的一种新型充填开采方法^[1]。

5 填充技术在应用过程中的问题

矸石直接充填属固体充填，主要是将煤矸石通过传送带运送到煤矿采空区进行充填，这种方式运输较为困难，并且耗费大量人力、物力，危险性较大，效果不明显；注浆充填初期投资小、充填系统简单、建设周期短、充填成本低、对煤矿生产影响小，所以煤矸石充填处理方法中注浆充填是综合效益最高的煤矸石处理方式。表2为煤矸石充填开采方法分析。

表2 煤矸石充填开采方法分析

充填位置	充填方式	初期投资	充填成本（不含初期投资）	生产影响	环境影响	应用案例
采空区	矸石充填	1亿元（支架和充填系统）	90~100元	大	不含添加剂	新汶矿区协庄煤矿 杨庄煤矿
	膏体充填	3000万~3500万	150元	大	含添加剂	岱庄煤矿 曹庄煤矿
	高水材料充填	500万~800万	50~70	大	含添加剂	新阳煤矿
地下空间（垮落区、离层区）	注浆充填	500万~800万	35~50	无	不含添加剂	范各庄煤矿 王庄煤矿

6 应用实例

以中国山西太原某矿井矸石高水充填为例，采空区钻井布设由采空区和巷道位置确定。

①钻井沿走向布置在靠近两侧煤壁一定范围内，是由于煤层采出后顶板中部垮落，两侧煤壁端部由于保护煤柱的支撑作用，形成支撑结构，容易形成较大的空洞。

②钻井沿倾向布置时，主要是考虑浆体扩散半径和采空区四周存在的碎胀及裂隙空间，尽可能的将采空区空间全部注入浆体。

③注浆孔深度：将钻井打到4#煤层底板下1m，采空区内冒落严重，钻孔严重坍塌无法钻进时，也可以终孔。

6.1 离层区钻井部署原则

离层区钻井部署根据一期观测离层发育成果布置。

①钻井沿走向布置在工作面中部，是由于随工作面的不断推进，采空区中部出现最大离层位。

②钻井沿倾向布置时，主要是考虑浆体扩散半径和采空区四周存在的离层空间，尽可能的将离层空间全部注入浆体。

③关键层破断后，为保障注浆空间，第一排钻孔注浆要形成“隔离”，保障关键层不发生破断。

④注浆孔深度：将钻井打到离层发育的关键层下。

⑤根据现有观测成果，超前采动裂隙的影响距离为工作面前70m左右处，为避免采动引起钻井结构破坏，严格控制距工作面前25~30m处时成井。

6.2 钻探技术要求

①开孔时，低压慢转，在第四系松散层中钻进时，视地层情况采用跟管钻进或泥浆护壁钻进工艺。

②采用一定的导向措施，要做好钻探原始记录，确保孔深数据准确。

③取芯孔要满足设计要求，采空区段和岩层破碎段岩芯采取率>30%，其他部位>60%。其中，图1为采空区充填设计原理示意图。

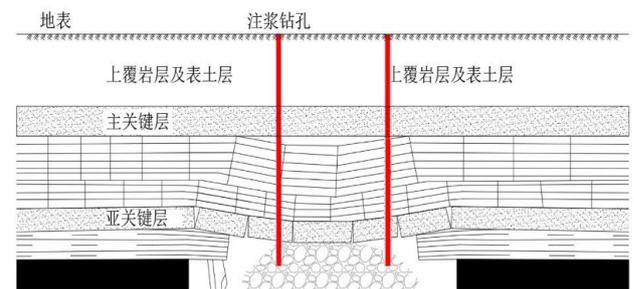


图1 采空区充填设计原理示意图

6.3 钻井布置

6.3.1 钻井井深的确定

①采空区注浆钻井井深。

根据采空区空隙分布规律，采空区注浆孔的主要注浆层位为裂隙带、垮落带。终孔深度为4#煤层底板下1m。

②离层注浆钻井井深。

根据一期科研成果分析，本次离层注浆钻孔可实行

注浆的离层最低位置在煤层顶板之上 170 m，最高位置在煤层顶板之上 360 m，故本次离层注浆范围为煤层顶板上 170~360 m。

6.3.2 采空区注浆钻井布置

采空区注浆钻孔布置主要由采空区和巷道位置而确定。钻孔间距主要是考虑浆体扩

散半径和采空区四周存在的碎胀及裂隙空间，尽可能的将采空区空间全部注入浆体。

本次采空区注浆采用高压注浆方法，钻孔布置距两侧巷道煤柱 40 m，钻孔间距为 400 m。实际施工时，根据钻孔注浆浆液扩散范围和注浆量进行调整。

6.3.3 钻井结构

①采空区注浆钻井结构

采空区注浆钻井一开采用 $\Phi 133$ mm 钻头开孔，孔口管固结后进行压水实验，保证不窜浆。二开采用 $\Phi 89$ mm 钻头钻至采空区底板以下 1 m 终孔。

②离层注浆钻井结构

多层位离层注浆充填层位上限为第 4 关键层（即主关键层）下，下限为第 1 关键层下 10 m。注浆孔一开采用 $\Phi 215.9$ mm 钻头钻至完整基岩下 50~60 m，下入 $\Phi 177.8$ mm \times 10.36 mm 石油套管（J55）并进行固井；二开采用 $\Phi 133$ mm 钻头钻至第 4 关键层顶部，换 89 mm 钻头钻进至最下部关键层下 10 m 终孔。注浆施工时下入 89 mm

注浆管至换径处（第 4 关键层顶部），并下入封孔器止浆塞固定，第 4 关键层以下为裸孔作为离层注浆层段^[2]。

7 矸石充填过程中主要环境影响

7.1 钻井废水

钻井过程中部分地层水、钻井设备冲洗、检修等产生的废水，废水中主要的特征污染物为悬浮颗粒物、COD 等。

7.2 废弃钻井泥浆

钻井泥浆主要是钻完后弃置于井场的泥浆，还包括泥浆循环系统渗漏产生的废弃泥浆^[3]。

8 结语

采矿企业的矸石处置既是企业生产问题，也是当下的生态环境保护问题，矸石井下充填技术发展，较好地解决了这一两难问题，在越来越重视环保的今天，充填采矿法不断被广泛应用，所以，对充填采矿法要不断地重视起来，给予更多的鼓励。

参考文献

- [1] 赵伟. 基于室内设计中空间与界面关系研究 [J]. 戏剧之家, 2018(15):1.
- [2] 包志远. 矸石充填开采技术在煤矿应用与技术研究 [J]. 山东煤炭科技, 2016(12):3.
- [3] 牛宝玉. 矿井矸石零排放绿色开采技术探讨 [J]. 中国煤炭, 2021(6):36.