

煤矿充填投料孔扩孔修复技术研究与应用

王凯^{1,2,3,4}, 牛锋^{1,2,3,4*}, 马淑卿^{1,3,4}

(1. 国家矿应急救援山东特勘队, 山东 济宁 272100; 2. 中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东 青岛 266000; 3. 山东省应急管理厅矿山钻探救援重点实验室, 山东 济宁 272100; 4. 山东省煤田地质局第二勘探队, 山东 济宁 272100)

摘要: 煤矿充填投料孔是将开采煤炭资源过程中伴生的煤矸石固体废弃物输送到井下采空区进行回填的重要咽喉工程, 投料孔使用频率高, 输送工作量大, 充填材料在输送中冲刷、磨蚀孔壁, 导致投料孔发生变形甚至出现破损, 严重影响投料孔工作效率, 需要对投料孔进行处理。本文以北徐楼煤矿充填投料孔修复处理为例, 在原投料孔的基础上进行扩孔修复, 下入套管, 固井形成新投料孔, 实现了快速处理变形、破损投料孔的目的, 减少了工作量, 缩短投料孔停用周期, 保证了煤矿企业正常生产。

关键词: 充填投料孔; 孔壁变形破损; 扩孔修复

中图分类号: P634; TD823 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2025)S1-0358-05

Research and field application of enlarging and shaping technology for coal mine backfilling feeding holes

WANG Kai^{1,2,3,4}, NIU Feng^{1,2,3,4*}, MA Shuqing^{1,3,4}

(1. Shandong Special Prospecting Team of National Mine Emergency Rescue, Jining Shandong 272100, China; 2. School of Petroleum Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao Shandong 266000, China; 3. Key Laboratory of Mine Drilling Rescue, Shandong Provincial Emergency Management Department, Jining Shandong 272100, China; 4. The Second Prospecting Team, Shandong Bureau of Coal Field Geology, Jining Shandong 272100, China)

Abstract: The filling material feeding hole in coal mines is a crucial passage for re-transporting the solid waste such as coal gangue produced during underground coal mining back to the underground mined-out areas for filling. Due to its high usage frequency and large transportation volume, the filling materials impact, erode and wear the hole walls during transportation, causing deformation or even damage to the feeding holes, which seriously affects their working efficiency. In response to this situation, it is necessary to handle the feeding holes. Taking the repair and treatment of the filling material feeding holes in Beixulou Coal Mine as an example, this paper expands and shapes the original feeding holes, inserts casing pipes, and solidifies the cement to form new feeding holes, achieving the goal of quickly handling the deformed and damaged feeding holes, reducing the workload, shortening the downtime of the feeding holes, and ensuring the normal production of coal mining enterprises.

Key words: filling holes; deformed and damaged hole wall; expand and shape the hole

0 引言

煤矿企业经常利用充填投料孔将开采煤炭资

源过程中伴生的煤矸石固体废弃物输送到井下采空区进行回填^[1-4]。投料孔使用频繁, 充填材料冲

收稿日期: 2025-02-24; 修回日期: 2025-04-18 DOI: 10.12143/j.ztgc.2025.S1.058

基金项目: 山东省级地勘基金项目“矿山应急救援大口径定向快速钻探技术研究及应用”(编号: SDGP370000000202102003484)

第一作者: 王凯, 男, 汉族, 1994年生, 工程师, 石油与天然气工程专业, 硕士, 主要从事钻探相关工作, 山东省济宁市任城区煤田地质大厦, 1005286048@qq.com。

通信作者: 牛锋, 男, 汉族, 1994年生, 工程师, 油气井工程专业, 硕士, 主要从事钻探相关工作, 山东省济宁市任城区煤田地质大厦, 13963976660@163.com。

引用格式: 王凯, 牛锋, 马淑卿. 煤矿充填投料孔扩孔修复技术研究与应用[J]. 钻探工程, 2025, 52(S1): 358-362.

WANG Kai, NIU Feng, MA Shuqing. Research and field application of enlarging and shaping technology for coal mine backfilling feeding holes[J]. Drilling Engineering, 2025, 52(S1): 358-362.

刷、磨蚀孔壁,导致投料孔发生变形、破损,严重影响投料孔工作效率。与钻成新投料孔相比,通过对变形、破损的投料孔进行扩孔修复处理,可以减少工作量,节省成本,缩短投料孔停用周期,保证煤矿企业正常生产。山东徐楼煤矿结合投料孔现状,对变形、破损的投料孔采用分级扩孔修复、下入较小直径套管、固井形成新投料孔的施工方法,保证了投料孔可以继续承担充填任务,安全快速地输送充填材料。

1 地层和投料孔概况

1.1 地层情况

北徐楼煤矿位于山东滕州,处于滕县煤田滕北矿区西北部的大刘庄断层和北徐楼断层之间。根据附近已有钻探资料,投料孔自上而下穿过的地层有第四系松散层(Q)、侏罗系(J)、石炭系(C)、奥陶系(O)^[5-7]。

第四系厚约88.44 m,主要由黏土、砂质黏土、黏土质砂和砂层组成。

侏罗系厚约564.79 m,主要由紫红色粉砂岩、细粒砂岩、砾岩和砂质泥岩等组成。

石炭系包括上石炭统山西组、太原组和中石炭统本溪组。山西组厚约33.59 m,主要由浅灰、灰白色中、细粒砂岩、灰黑色粉砂岩、泥岩和煤层组成。太原组厚约149.33 m,主要由泥岩、砂质泥岩、粉、细粒砂岩、石灰岩和煤层组成。本溪组厚约13.11 m,主要由灰、灰白色石灰岩及紫、灰绿色泥岩、砂质泥岩组成。

奥陶系包括中奥陶统八陡组、阁庄组和下奥陶统马家沟组。八陡组厚约66.98 m,主要由灰褐、灰白色厚层状石灰岩组成。阁庄组厚约114.8 m,主要由灰、灰褐、浅白色白云质灰岩、石灰岩和泥灰岩组成。马家沟组厚约300 m,主要由灰-灰白色厚层状石灰岩及白云质灰岩组成。

1.2 投料孔情况

北徐楼煤矿地面充填投料孔位于煤矿工业广场内,孔深283.00 m,孔径530 mm。下入孔内窥视仪窥孔,发现投料孔多处变形、破损,孔深176~182 m段尤为严重,孔径变小,另外孔口段套管缺失、围岩体凸出,发现4处出水点、1处管壁撕裂、1处管壁破损缺失。投料孔孔身结构如图1所示,孔口破损情况如图2所示,孔内出水情况如图3所示。

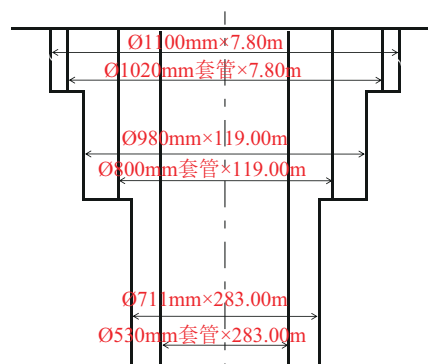


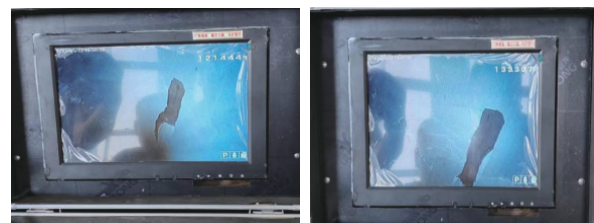
图1 孔身结构



(a) 孔口情况

(b) 孔口破损

图2 孔口破损情况



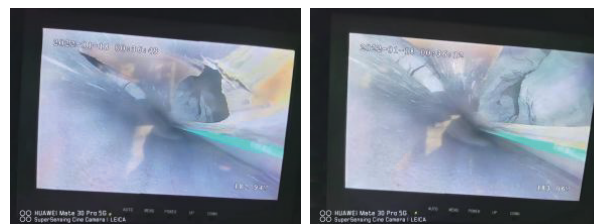
(a) 孔深121.44m处出水

(b) 孔深133.0m处出水



(c) 孔深173.16m处出水

(d) 孔深264.51m处出水



(e) 孔深182.94m处出水

(f) 孔深183.06m处出水

图3 孔内出水情况

2 施工方案

解决投料孔变形、破损问题的方法主要有两

种,一种是对投料孔变形、破损位置逐一进行探测修复,该方法技术要求高、工作量大;另一种是不再使用该投料孔,在投料孔附近钻成新的投料孔使用,成本高,耗时长^[8-10]。综合考虑以上两种方法,煤矿同现场技术人员决定,采用分级扩孔修复、下入较小直径套管、固井形成新投料孔的施工方法修复原有破损投料孔,同时地面补充施工1个新的充填投料孔,达到充填投料孔一用一备的目的。新旧投料孔相距不足8 m,施工中要综合考虑地质条件,新投料孔漏水、漏浆、产生的地层扰动等对投料孔扩孔修复带来的不利影响。

3 主要设备与器具

投料孔扩孔修复采用的主要设备和器具见表1。

表1 主要设备和器具

序号	名称	数量
1	SL600S型潜孔钻机	1台
2	1250XHH型空气压缩机	1台
3	Ø130、140、215、240、260、285、305、325、350、370、380、395 mm扩孔修复器	各1套
4	前进导向装置	1套
5	R60型双井径测井仪	1套
6	孔内窥视仪	1套
7	Ø390 mm苞米钻头	1套
8	Ø127 mm钻杆	300 m
9	Ø340 mm套管	300 m

4 主要技术措施

4.1 扩孔修复工艺

扩孔修复的投料孔为垂直孔,借鉴气动潜孔锤反循环钻进工艺,利用前进导向装置导向,采取多级冲击扩孔修复。扩孔前,下入孔内窥视仪检查投料孔内套管情况,发现套管严重变形,孔径变小,最小处孔径不足130 mm。扩孔中,下入孔内窥视仪观察扩孔修复情况,发现异常情况及时处理。同时,现场创造性地将气动潜孔锤锤头与扩孔修复器进行焊接,改造为冲击扩孔装置,利用气动潜孔锤的冲击破岩原理,搭配扩孔修复器(图4),在气动潜孔锤的作用下,扩孔修复器作往复冲击扩孔运动,将变形的投料孔逐级扩张,实现投料孔扩孔修复的目的^[11-13]。投料孔冲击扩孔工艺流程见图5。



图4 扩孔修复器实物

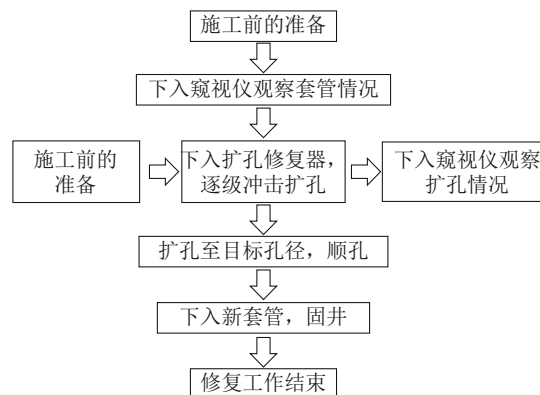


图5 扩孔工艺流程

4.2 钻具组合

4.2.1 扩孔修复基础钻具组合

$\Phi_{\max}=80$ mm前进导向装置+Ø130 mm扩孔修复器+Ø127 mm气动潜孔锤+Ø127 mm钻杆。

扩孔修复器的前端搭配前进导向装置,前进导向装置为长度可调的锥形体,最大直径端为80 mm,其作用是确保钻具整体在投料孔中可以沿投料孔中垂线方向垂直向下冲击扩张前进。

4.2.2 分级冲击扩孔修复

现场考虑到投料孔变形严重,采用分级冲击扩孔修复方法,为保证扩孔顺畅,按照扩孔修复器孔径由小至大顺序,分别使用Ø130、140、165、205、215、240、260、285、305、325、350、375、380、390、410、425 mm的扩孔修复器,将投料孔孔径由Ø130 mm扩孔至Ø425 mm。

4.3 技术措施

4.3.1 Ø130 mm~Ø165 mm段扩孔修复

使用Ø130 mm扩孔修复器,下至178.13 m遇阻,上下反复冲击扩孔至178.30 m,提钻;改换Ø140 mm扩孔修复器,下至孔深178.30 m,上下反复冲击至186.00 m,提钻;改换Ø165 mm扩孔修复器,下至孔深177.00 m,上下反复冲击至189.85 m,上下通畅,提钻。

4.3.2 $\varnothing 205\text{ mm}\sim\varnothing 240\text{ mm}$ 段扩孔修复

使用 $\varnothing 205\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至 182.00 m 遇阻,上下反复冲击扩孔至 188.20 m ,提钻;改换 $\varnothing 215\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 179.00 m ,上下反复冲击至 186.20 m ,提钻;改换 $\varnothing 240\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 177.00 m ,上下反复冲击至 186.20 m ,上下通畅,提钻。

4.3.3 $\varnothing 260\text{ mm}\sim\varnothing 305\text{ mm}$ 段扩孔修复

使用 $\varnothing 260\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至 179.00 m 遇阻,上下反复冲击扩孔至 185.50 m ,提钻;改换 $\varnothing 285\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击至 194.30 m ,提钻;改换 $\varnothing 305\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击至 189.85 m ,上下通畅,提钻。

4.3.4 $\varnothing 325\text{ mm}\sim\varnothing 370\text{ mm}$ 段扩孔修复

使用 $\varnothing 325\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至 176.10 m 遇阻,上下反复冲击扩孔至 186.30 m ,继续下钻至 250.30 m ,提钻;改换 $\varnothing 350\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击扩孔至 186.30 m ,提钻;改换 $\varnothing 370\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.30 m ,上下反复冲击扩孔至 186.30 m ,上下通畅,提钻。

4.3.5 $\varnothing 380\text{ mm}\sim\varnothing 410\text{ mm}$ 段扩孔修复

使用 $\varnothing 380\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至 176.30 m 遇阻,上下反复冲击扩孔至 186.30 m ,提钻;改换 $\varnothing 395\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击至 186.30 m ,提钻;改换 $\varnothing 410\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击至 190.3 m ,上下通畅,提钻;改换 $\varnothing 425\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 176.20 m ,上下反复冲击至 186.30 m ,上下通畅,提钻。

扩孔修复器孔径与扩孔修复孔深对应关系如图6所示。从图中可以看出,孔深 176.20 m 处投料孔变形严重,孔径自 130 mm 冲击扩张至 425 mm 。

4.3.6 磨孔与固井

使用 $\varnothing 390\text{ mm}$ “苞米”钻头,上部焊接 $\varnothing 340\text{ mm}$ 套管 7.05 m ,自 176.55 m 磨孔至 191.05 m 。将 $\varnothing 340\text{ mm}$ 套管26根 286.80 m 下入 $\varnothing 530\text{ mm}$ 投料孔内,套管采用丝扣连接,焊接固井管装置,将 $\varnothing 340\text{ mm}$ 套管与 $\varnothing 530\text{ mm}$ 套管的环状间隙内进行注水泥浆固管候凝。使用 $\varnothing 305\text{ mm}$ 气动潜孔锤钻头清孔至孔深 283 m 。修复后的投料孔孔身结构如图7所示。

旧投料孔修复、新投料孔施工结束后,综合比

扩孔修复器孔径	扩孔修复孔深
$\varnothing 130\text{ mm}$	$178.13\text{ m} \rightarrow 178.30\text{ m}$
$\varnothing 140\text{ mm}$	$178.30\text{ m} \rightarrow 186.00\text{ m}$
$\varnothing 165\text{ mm}$	$177.00\text{ m} \rightarrow 189.85\text{ m}$
$\varnothing 205\text{ mm}$	$182.00\text{ m} \rightarrow 188.20\text{ m}$
$\varnothing 215\text{ mm}$	$179.00\text{ m} \rightarrow 186.20\text{ m}$
$\varnothing 240\text{ mm}$	$177.00\text{ m} \rightarrow 186.20\text{ m}$
$\varnothing 260\text{ mm}$	$179.00\text{ m} \rightarrow 185.50\text{ m}$
$\varnothing 285\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 194.30\text{ m}$
$\varnothing 305\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 189.85\text{ m}$
$\varnothing 325\text{ mm}$	$176.10\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$
$\varnothing 350\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$
$\varnothing 370\text{ mm}$	$176.30\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$
$\varnothing 380\text{ mm}$	$176.30\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$
$\varnothing 395\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$
$\varnothing 410\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 190.30\text{ m}$
$\varnothing 425\text{ mm}$	$176.20\text{ m} \rightarrow 186.30\text{ m}$

图6 扩孔修复器孔径与扩孔修复孔深对应关系

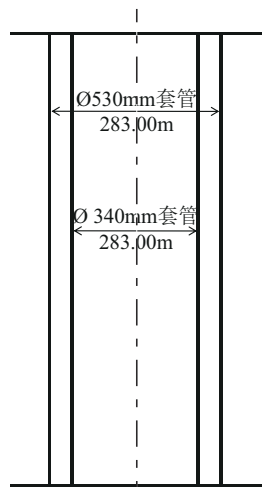


图7 修复后的投料孔孔身结构

较施工用时,新施工充填投料孔用时为 60 d ,扩孔修复旧投料孔仅用时 42 d ,可以看出,采取扩孔修复充填投料孔的技术方法具有明显优越性,极大节省了时间成本,缩短了煤矿投料孔停用周期。

5 施工难点及采取的措施

5.1 钻具偏出套管外

使用 $\varnothing 215\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 179.00 m 遇阻,冲击扩孔至 185.00 m ,进尺异常,提钻,下入孔内窥视仪观察,发现孔深 183.00 m 处套管破损严重, $\varnothing 215\text{ mm}$ 扩孔修复器冲击扩孔前进中偏出套管壁外侧,出现叉孔,经现场研究决定:改换 $\varnothing 165\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 182.35 m 遇阻,在孔深 $182.50\sim 184.50\text{ m}$ 段,反复冲击扩孔至上下通畅后提钻;再换 $\varnothing 215\text{ mm}$ 扩孔修复器,下至孔深 179.00 m 遇阻,冲击扩孔至 186.20 m ,发生卡钻,提钻检查,下入孔内窥视仪观察,发现孔深 183.00 m

处套管壁外翻, $\varnothing 215$ mm扩孔修复器重新进入投料孔扩孔。

5.2 井下缓冲仓进水

新充填投料孔施工导向孔至孔深188.09 m时,发生漏井下缓冲仓处投料孔内渗水,下入孔内窥视仪发现孔深184.50 m处有出水点,出水点与新施工钻孔形成水力联系,发生渗漏,为避免引起水害风险,现场研究决定新施工钻孔暂停施工,进行堵漏,确保矿井生产稳定和安全。

6 结论与建议

(1)北徐楼煤矿充填投料孔扩孔修复技术的运用,为煤矿企业解决投料孔的变形、破损难题,提供了一种新思路、新途径,即在保留旧孔的基础上,首先采用扩孔修复技术,将变形、破损投料孔扩至目标孔径,然后下入套管,将新、旧套管的环装间隙注水泥浆固井,完成投料孔修复。

(2)煤矿投料孔变形、破损分级扩孔处理技术取得较好应用成效。首次在北徐楼煤矿借鉴气动潜孔锤反循环钻进工艺,搭配前进导向装置,使用扩孔修复器,采取多级冲击扩孔修复方法,将变形、破损投料孔逐级扩孔,大幅提升了变形、破损投料孔的修复处理效率,缩短了投料孔停用周期。

(3)因地制宜改造优化扩孔修复装置,有效提升工程施工质效。现场将气动潜孔锤锤头与扩孔修复器进行焊接,改造为冲击扩孔装置,利用气动

潜孔锤冲击破岩原理,使扩孔修复器在气动潜孔锤的作用下作往复冲击扩孔运动,将变形的投料孔逐级扩张,达到了扩孔修复的目的。

参考文献:

- [1] 袁存发. 煤矿大口径投料孔施工[J]. 建井技术, 2016, 37(1): 11-13.
- [2] 石天峰, 王凯, 罗庆银, 等. 北徐楼煤矿超大口径投料孔施工技术[J]. 钻探工程, 2024, 51(S1): 411-414.
- [3] 潘明亮. 煤矿矸石充填开采技术的研究与应用[J]. 煤炭与化工, 2022, 45(3): 41-44.
- [4] 刘永芳, 孟建勇, 史勇, 等. 投料孔施工技术及其应用[J]. 煤炭工程, 2013(2): 40-42.
- [5] 赵永清. 北徐楼煤矿陷落柱充水、导水性分析及防治[D]. 青岛: 山东科技大学, 2006.
- [6] 王为丽. 北徐楼煤矿TCM应用研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2006.
- [7] 陈军. 北徐楼煤矿村下压覆煤炭资源开采技术经济分析[D]. 青岛: 山东科技大学, 2020.
- [8] 张忠奎. 苏里格气田调层井套管修复技术研究与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(7): 82-86.
- [9] 邵迎彬. 套管损坏原因及修井作业技术[J]. 化学工程与装备, 2023(6): 106-107.
- [10] 王孔澍. 套管损坏原因分析及修井作业探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(3): 87-88.
- [11] 蒋荣庆, 殷琨, 王茂森, 等. 潜孔锤钻进理论与实践的新进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2001(S1): 179-183.
- [12] 莫海涛, 郝世俊, 赵江鹏. 煤矿区地面大直径钻孔成孔关键技术与装备[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(5): 190-197.
- [13] 博坤. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻具优化及应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.

(编辑 王文)