

满管自流膏体充填管路清洗技术研究及应用

李向阳¹, 张新国², 曹 忠¹, 李纯爱¹, 李杨杨²

(1. 淄博矿业集团 岱庄煤矿, 山东 济宁 272051; 2. 山东科技大学 资源与环境工程学院, 山东 青岛 266590)

摘 要:在我国煤矿行业,长壁工作面壁后膏体充填采矿技术应用较晚,许多充填工艺和技术仍处于研究探索阶段。同时,由于所用膏体充填材料质量浓度较高,可达到 80% 左右,充填过程中管路清洗不彻底极易导致发生堵管事故。针对以上问题,结合岱庄煤矿管路充填开采实际,利用充填管路高差及冲洗水的重力势能,提出了一种可行、高效、安全的充填管路清洗技术。实践证明,该技术解决了制约膏体充填开采的管路清洗不彻底的难题,可以克服充填管路曲折、变坡的情况,促进了充填工作的开展。

关键词:膏体充填;堵管;管路冲洗;满管自流

中图分类号:TD823. 83

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2011)05-0022-04

Study and Application of Washing Technology for Filling Pipelines with Full Pipe and Self-flow Pastes

LI Xiangyang¹, ZHANG Xinguo², CAO Zhong¹, LI Chunai¹, LI Yangyang²

(1. Daizhuang Coalmine, Zibo Mining Group Co. Ltd, Jining, Shandong 272175, China; 2. College of Resources and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: The application of paste filling mining technology used in the gob of longwall face was quite late in our coal industry. Many technologies and techniques of paste filling are still in the stage of study and development. At the same time, the high concentration of paste materials, reaching to 80%, and the pipeline without be cleaned thoroughly in the process of filling resulted in pipeline jam accidents very easily. In tackling these problems, combined with the field practice of pipeline filling mining in Daizhuang coalmine, a feasible, efficient and safe filling pipeline washing technology was put forward by using the height difference of filling pipelines and gravitative potential energy of washing water. Practice showed that this technique solved the problem that the pipeline couldn't be cleaned thoroughly in the process of filling and could overcome the situation of zigzag and variable gradients of filling pipelines, promoting the development of the filling work.

Key words: paste filling; pipeline jam; pipeline washing; full pipe and self-flow

膏体充填采矿技术是 20 世纪 80 年代初期应用于煤矿的矿山充填新技术,应用时间较短,充填工艺及技术相对不成熟,同时由于煤矿所特有的开采工艺与控制地表沉陷的特殊要求,所需材料强度较高,管道极易在充填过程中发生各种事故。淄博矿业集团岱庄煤矿采用煤矿废弃矸石和粉煤灰作为膏体充填材料,胶结料作为胶凝剂制备成膏体,通过 KOS5100HP 充填泵泵送膏体材料至工作面采空区,达到支护、控制顶板的目的。该工艺针对“三下”开采,取消条带煤柱,提高了采出率,达到了回收煤炭资源的目的^[1]。

1 问题的提出

岱庄煤矿膏体充填开采项目由中矿大贝克福尔科技有限公司设计,2009 年 12 月试运行^[2]。系统试运

收稿日期:2011-03-22

基金项目:山东省高等学校科技计划项目(J11LE14)。

作者简介:李向阳(1976—),男,河南焦作人,助理工程师,主要从事煤矿膏体充填开采工艺及系统自动控制方面的管理和研究工作。E-mail:15254773050@163.com。

行期间,由于整个充填管路只有充填管路和盲牌三通 2 个元件,无法有效地对管路进行检查,而且每次完成充填后管路清洗方式简单,造成膏体沉积在管路内底部,最厚处达 6 cm。在这种情况下,一旦管路系统异常震动,管路内沉积物很容易脱落卷起造成堵管事故,严重阻碍正常充填生产^[3-4]。

目前,岱庄煤矿井下充填管路长约 2 200 m,一次堵管需清理管路按 1 050 m 计,平均单管长 4.5 m,则需清理 233 根管路。堵管当班必须清理管路内余料,按每 4 个人每班清理 10 根管路计算,清理 233 根管路需投入 93 个人工;清理完毕需重新将管路连接起来,按每班 4 个人接 8 根管路计算,管路连接需 116 个人工。1 050 m 充填管路共容大约 32 m³ 的膏体充填料,按每个车皮运输 2 m³,运输共需 16 个车皮,一共需 2 个班次,每个班次 6 个人工,综上所述共需 221 个人工,每个人工每班按 80 元计算,一共需投入 17 680 元。同时,连接管路需更换 233 个钢垫子,每个 30 元,一共 6 990 元;手拉葫芦损坏 5 个,按每个 2 500 元计算,共计 12 500 元,清管专用工具折旧费用按每根管 2 元计共 699 元。总计费用为:(17 680+12 500+699)×1.05=32 422 元,其中,1.05 为实际发生费用系数。耽误生产时间按 2 d 计算,根据目前充填循环过程中 4 m/3 d 的充填开采步距,2 d 耽误充填步距 2.6 m,按 100 m 长、2.8 m 的采高计算应采出煤炭:2.6×100×2.8×1.1=800 t,按 200 元/t 的净利润估算可得:200×800=16 万元。以上项目总计得出一次堵管损失:160 000+32 422=192 422 元≈20 万元。

2 满管自流分段管路冲洗技术原理与依据

根据充填管路系统暴露的实际问题,岱庄煤矿积极查资料,结合流体力学原理、混凝土学科相关知识,找到了一条行之有效的膏体充填管路冲洗办法——满管自流分段管路冲洗法^[5]。

2.1 满管自流分段管路冲洗原理

满管自流分段管道冲洗法的基本原理为:当充填管道内膏体料浆基本输送完成后,停止充填料浆供应,将地面供水管道闸阀打开,同时打开钻孔顶部放气阀,供水管道的水全部注满充填管道,排空管内空气后关闭放气阀,保证料浆斗时刻处于高水位,为满管自流冲洗创造条件。开始冲洗时,井下闸门工迅速打开干线闸门,在自然压差的作用下,充填管内水流达到高速流动状态,超过了浆体的临界流速,这时管道内的残留物将随着水流流出充填管道,进入沉淀池,从而达到将管道冲洗干净的目的。本工艺流程简单可行,岱庄煤矿充填管道长度 2 200 m,一般冲洗时间 10~15 min,具体做法如图 1 所示^[6]。

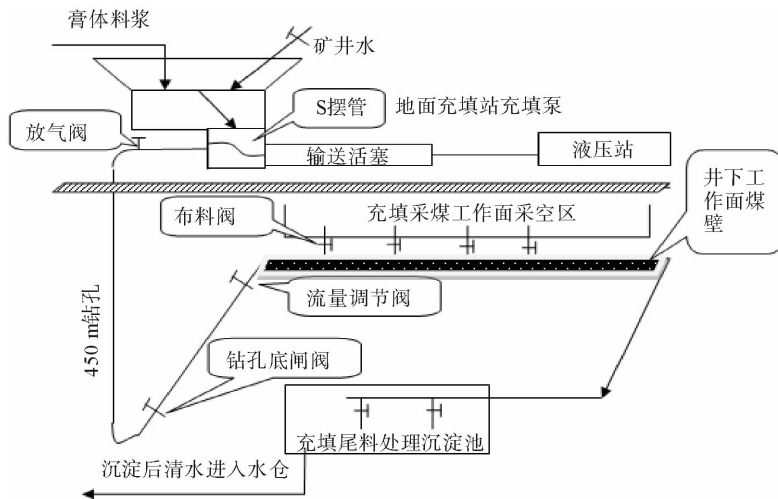


图 1 满管自流冲洗工艺图

Fig. 1 The diagram of washing technology with full pipe and self-flow paste

开始冲洗管路时,将补水管出口与高位料浆斗(冲洗时作为水斗)连接,料浆斗通过充填泵“S”摆管与充填管道连接(充填管道通向膏体充填工作面),高位料浆斗的出口高度远远高于充填管道的出口,在补水管

出口和充填管道的出口分别设置有阀门。

输送泵停止输送浆料后,充填泵停止运行,将料浆斗和充填管路联通(即将充填泵“S”摆管摆至和管路连通位置),然后将立管底处闸阀关闭,打开地面放气阀,向充填管路补水,待钻孔放气阀开始排水,证明充填管路已被水充满,通知立管底闸阀看护人员,开始放水,此次放水可将钻孔底闸阀段管路清洗干净,继续冲洗10 min后。关闭充填干线管路末端闸阀,通知地面开始补水,待立管放气阀见水后,开始打开末端闸阀开始放水冲洗管路,根据管路长度应连续冲洗15 min方可将管内杂物全部排至沉淀池,最后利用地面压风机对管路进行清扫。

2.2 满管自流清洗管路理论依据和主要设备选型

1) 管路清洗相关参数要求

冲洗充填管道的水流速度 V 大于浆体料浆临界流速 V_0 , 其可靠性系数 $m = \frac{V}{V_0} \geq 1.3$, 料浆临界流速 V_0 。

根据试验确定,一般料浆临界流速 V_0 的计算公式如下:

$$V_0 = -\frac{8.491}{d+1.284} + 5.04. \quad (1)$$

其中: d —料浆中最大物料粒径,mm。

岱庄煤矿膏体料浆制备材料最大物料粒径为25 mm,代入式(1)计算得临界流速 $V_0 = 4.71$ m/s。根据试验可知,当管道中水流速度等于临界流速时,物料颗粒沿管道底移动。当管道中水流速度大于临界流速时,物料颗粒成跳跃式移动。当管道中水流速度大于临界流速的1.3倍时,物料颗粒悬浮在管道中运动。因此只有物料颗粒悬浮在管道中运动,管道的清洗才会较为干净。

2) 管路冲洗系统方案分析和主要设备选型

地面料浆斗标高为40 m,钻孔底计算标高—410 m,充填管道长度2 200 m。根据冲洗充填管道两端进出口垂直高度计算单位能量损失 I :

$$I = H \times \frac{g}{10L} \quad (2)$$

其中: H —充填管道两端进出口高差,m; g —重力加速度 9.81 m/s²; L —管道长度,m。

由式(2)可得: $I = 2.00659$ m/s²。

水在管道中的流速 $V_2 = I/0.00425 = 4.72$ (m/s)。该速度大于临界流速 4.71 m/s,2 200 m 管路则需冲洗 $2200/4.71 = 467$ (s),即可将管路冲洗一个循环。充填管路补水量的确定,取决于管路系统阻力、管路进出口高差和充填管路通径。现场充填泵至工作面布料阀充填管路通径为 $\Phi 200$ mm,工作面布料管至沉淀池排水管通径为 $\Phi 150$ mm,因此整个冲洗管路可按 $\Phi 150$ mm 计算,排水管头与地面高差为450 m,在冲洗过程中,管路阻力与管路材质、弯道个数及角度等有关,变化极为复杂,通过冲洗速度反算水泵选型如下:

$$Q = 0.075 \times 0.075 \times 3.14 \times 4.71 \times 3600 = 300 (\text{m}^3/\text{h}).$$

这里可按2台水泵配置,则每台水泵排量可确定为:

$$Q_0 = \frac{Q_{\min}}{\eta} = \frac{150}{0.75} = 200 (\text{m}^3/\text{h}).$$

则至少选择排量不小于 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 水泵2台即可满足冲洗管路需要。

3 工艺主要特点

该工艺的主要作用是解决膏体充填开采过程中充填管路系统清理不彻底问题,主要特点如下:

1) 独创性。目前国内应用膏体充填采矿技术采煤的单位,其管路清洗方法要么是采用清洗柱,要么采用传统的充填泵送打水清洗的方法,前者工序复杂、不安全,后者由于充填泵送能力的限制,无法彻底清理管路内残留物。

2) 实用性。满管自流管路冲洗技术是理论和实践相结合的产物,解决了岱庄煤矿膏体充填生产的瓶颈问题,可克服充填管路曲折、变坡多的特殊情况,能够促进充填开采工作开展。

4 结束语

该工艺应用至今,充填系统运行正常,膏体输送流畅,经现场多次检查,充填管路内无沉积物,避免了繁重的充填管路清理检查工作。至今为止,充填膏体已超过 5万 m^3 ,未发生充填堵管事故。膏体充填采矿技术是煤矿绿色开采的一个方向,随着矿井开采深度、巷道长度加大,管路布置日趋复杂,如何保证充填工作的安全、高效,是一个需要不断研究的课题^[7]。

参考文献:

- [1]刘同有,蔡嗣经.国内外膏体充填技术的应用与研究现状[J].中国矿业,1998,7(5):1-4.
LIU Tongyou,CAI Sijing. Research condition and application on paste backfilling technology at home and abroad[J]. China Mining,1998,7(5):1-4.
- [2]周华强,侯朝炯,孙希奎,等.固体废物膏体充填不迁村采煤[J].中国矿业大学学报,2004,33(2):154-158.
ZHOU Huaqiang,HOU Chaojiong,SUN Xikui,et al. Solid waste paste filling for none-village-relocation coal mining[J]. Journal of China University of Mining & Technology,2004,33(2):154-158.
- [3]黄玉诚,孙恒虎,时召兵,等.似膏体充填建筑物下采煤可行性探讨[J].煤炭科学与技术,2003,31(10):51-53.
HUANG Yucheng,SUN Henghu,SHI Zhaobing,et al. Discussion on feasibility of coal mining under building structures with like gypsum material back filling[J]. Coal Science and Technology,2003,31(10):51-53.
- [4]缪协兴,张吉雄.矸石充填采煤中的矿压显现规律分析[J].采矿与安全工程学报,2007,24(4):379-382.
MIAO Xiexing,ZHANG Jixiong. Analysis of strata behavior in the process of coal mining by gangue backfilling[J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2007,24(4):379-382.
- [5]KARFAKIS M G,BOWMAN C H,TOPUZ E. Characterization of coal-mine refuse as backfilling material[J]. Geotechnical and Geological Engineering,1996,14(2):129-150.
- [6]SENYUR M G. Fabric of coal-mine refuse as backfilling material and its relation to grain-size distribution parameters[J]. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,1998,98(1):39-48.
- [7]SIRIWARDANE H J,KAMAN R S S,ZIEMKIEWICZ P F. Use of waste materials for control of acid mine drainage and subsidence[J]. Journal of Environmental Engineering,2003,129(10):910-915.