

矿井充填开采矸石垂直投料系统设计与应用

佟 强¹, 车玉龙²

(1. 山东能源新汶矿业集团有限责任公司, 山东 新泰 271207; 2. 中国矿业大学(北京) 力学与建筑工程学院, 北京 100083)

摘 要: 为解决地面沉降以及矸石环境污染问题, 通过对投料井、储料仓、缓冲装置及满仓报警系统等进行研究, 建立了矿井充填开采地面矸石垂直投料系统, 并将其应用到实际充填开采工程中。现场应用表明: 当投料管内径为 486 mm, 储料仓的直径为 5 m, 高度为 15 m 时, 能够满足充填开采工作面 1 个循环的矸石用量; 伞形缓冲器可以有效地减小充填矸石对储料仓的冲击, 该系统建成后, 每天实际充填矸石量达 2 000 t。充填开采既解决了矸石地面堆放带来的环境污染问题, 矸石回填又有效控制了地面沉降, 实现了矿山和生态的和谐发展。

关键词: 充填开采; 投料井; 储料仓; 缓冲装置

中图分类号: TD823.74

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2014)08-0019-03

Design and Application of Gangue Vertical Feeding System for Mine Fill Mining

TONG Qiang¹, CHE Yu-long²

(1. Shandong Energy Xinwen Mining Group Co., Ltd., Xintai, 271207, China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve problems of the land subsidence and the environmental pollution of gangue, the ground gangue vertical feeding system was established by the feeding well, material storehouse, buffer device and alarm system of whole warehouse and so on, and then applied it into practical engineering. The field test results showed that it could well meet the amount of filling gangue of a working face in one cycle when the inner diameter of feeding tube was 486 mm, diameter of the material storehouse was 5 m, and the height was 15 m. It could effectively reduce the impact of filling gangue to material storehouse by using umbrella buffer. The actual daily filling gangue reached at 2 000 tons. The system solved the problem of environmental pollution resulting from gangue on the ground, and controlled the land subsidence effectively, which realized the harmonious development of the mine and ecology.

Key words: fill mining; feeding well; material storehouse; buffer device

0 引 言

地面矸石等固体充填物料运输至井下一般有 3 种方式: 一是利用矿井原有的副井、斜井、平硐等系统, 采用矿车、带式输送机等方式运输; 二是通过安设管道, 以动力泵的方式进行运输; 三是另掘新井进行运输。由于受到生产制约, 大多数矿井都不能利用原有系统进行充填材料的运输, 而采用管道输送的方式也难以解决管道的磨损、堵塞等问题, 并且长距离的运送固体充填物料难以实现, 一般采用另掘新井的方式较合适, 但是考虑到成本问题, 运输通道

又不可能与主副井类同。矸石充填技术在近十几年来得到了广泛应用, 国内外学者对此进行了大量研究, 取得了丰富的研究成果^[1-5]。文献[6]通过对矸石的应力应变关系、压实度与应力关系、碎胀系数与应力关系进行研究, 结果表明: 矸石压实应力应变为非线性关系, 矸石的压实度与轴向应力呈非线性关系, 压实度随着应力的增加而降低; 由于破碎间隙的存在, 矸石的碎胀系数随着轴压的增加而减小, 两者为非线性关系。文献[7]总结了压缩过程中应力应变关系曲线和轴压侧压关系曲线的形态及其特征; 得出了压缩率与粒径尺寸呈成正比的关系。文

收稿日期: 2014-03-26; 责任编辑: 曾康生 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.08.006

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(51134025); 国家自然科学基金面上资助项目(51274203)

作者简介: 佟 强(1964—), 男, 山东新泰人, 高级工程师, 博士, 现任山东能源新汶矿业集团有限责任公司副总经理。

引用格式: 佟 强, 车玉龙. 矿井充填开采矸石垂直投料系统设计与应用[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(8): 19-21.

TONG Qiang, CHE Yu-long. Design and Application of Gangue Vertical Feeding System for Mine Fill Mining[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(8): 19-21.

献[8-12]研究了矸石充填技术,建立了不同情况下矸石充填的新工艺、新方法。目前,研究内容主要集中在井下巷道水平矸石充填系统方面,对于地面垂直充填系统研究较少。基于此,笔者研发了矿井充填开采矸石垂直投料系统,并介绍了其应用效果。

1 矸石垂直投料输送系统设计

矸石垂直投料输送系统主体结构为投料井和储料仓,同时还包括缓冲系统、满仓报警系统等辅助系统,各个系统互不干涉、独立工作。

1.1 投料井尺寸设计

投料井为固体物料运输的主要通道,管筒直径的大小取决于 2 个因素:①物料最大颗粒直径;②所需的物料量。管筒直径太小直接影响填料的输送且容易堵管,过大则增加经济成本以及影响井底的接料,一般取大于最大通过管道粒径的 3 倍为圆管直径。要求充填料的粒径不大于 100 mm,考虑到在钻孔施工的过程中存在一定的偏差,又由于填充物中矸石硬度较大、对钢管磨损大,以及井筒较深、维修困难等,确定投料管内径 486 mm,外径 578 mm,单位质量为 0.68 t/m。其中内层为耐磨层,材质为高铬镍钼合金,厚度 28 mm,外层为钢管,厚度 18 mm。根据煤炭年产量 60 万 t/a 的要求,矸石填充量按 1.5 倍的系数计算,则需矸石量为 90 万 t/a。矸石垂直投料输送系统如图 1 所示。

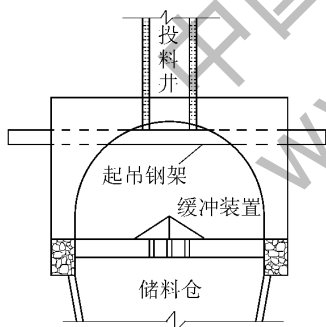


图1 矸石垂直投料输送系统

1.2 储料仓设计

储料仓的设计需要满足 1 d 的矸石用量,满足 1 班生产的矸石用量,满足 1 刀生产的矸石用量。投料仓的高度 H 应满足方程组:

$$\begin{cases} V_1 = \pi c(r_1^2 + r_1 R_1 + R_1^2) / 3 \\ a / 1.7 + \pi R^2 (H' - H) / 4 = \\ V_1 + V_2 + \pi r^2 (H - c - 0.5) \end{cases} \quad (1)$$

其中: V_1 为储料仓下部圆台结构的体积, m^3 ; c 为圆台的高度, m ; r_1 为圆台下部收口半径,取 0.625

m ; R_1 为圆台上部的半径, m ; a 为 1 d、1 班或 1 刀生产所需的矸石量, t ; R 为投料管内径,取 0.486 m ; H' 为从投料井口到矸石料仓下口的距离,取 580 m ; V_2 为储料仓下部收口的体积,取 0.613 m^3 ; r 为储料仓上部的半径, m 。根据式(1),在储料仓分别满足 1 d、1 班或 1 刀充填矸石用量的情况下,分别选取直径为 10、7.5 m 储料仓,计算得出储料仓的基本参数见表 1。根据对比分析,最终确定储料仓的直径 5 m ,高度 15 m ,即储料仓的存储量可满足 1 刀生产。

表 1 储料仓基本参数

项目	充填量/t	直径/m	高度/m	容积/ m^3	储料量/t	收口段高/m	底宽/m
1 d 充填	2 727	10	30	2 013	3 423	6.75	1.25
		7	50	1 811	3 079	4.61	1.25
		5	91	1 748	2 972	3.18	1.25
1 班充填	1 363	10	19	1 149	1 954	6.75	1.25
		7	29	1 003	1 705	4.61	1.25
		5	50	943	1 603	3.18	1.25
1 刀充填	341	7	13	387	654	4.61	1.25
		5	15	255	435	3.18	1.25

受储料仓内环境影响,随矸石等固体废弃物在储料仓内的积压,可能会出现矸石胶结现象,传统解决堵仓问题的办法有:①提高料仓高度,使仓斗锥体仰角加大。这种做法使仓体稳定性变差,施工和维修难度大,人为提高了提升机高度,导致投资增大,且也不能彻底解决料仓粘料、堵塞等问题。②采用人工捅捣、压风喷吹、炸药爆炸等方法,但劳动强度大,操作不安全,运行成本高。③采用振打器方法噪声大,对仓壁有损伤,清堵效果差。为了克服上述方法的缺陷,笔者提出采用空气炮处理堵仓问题。空气炮具有冲击力强、安全、节能、操作简单,对料仓无损伤等优点,适用于各种钢制、混凝土以及其他材料制成的筒式料仓。空气炮的工作原理:由储料仓下部的储气罐存储一定的高压空气,当储料仓发生堵仓现象时,储气罐内的高压气体从喷嘴突然喷出,产生强大的气流,直接冲入储存物料的阻塞滞留区域,压缩空气在料仓的阻塞滞留区域急剧膨胀,所产生的能量克服了物料的阻塞,使仓内物料恢复重力流动,从而保证物料输送和生产的连续性。

1.3 缓冲装置设计

固体物充填材料到达井底时冲击力很大,为防止冲击力过大而造成设备的损坏,须在井下储料仓

上部设置缓冲装置以减小充填材料投到储料仓中的冲击力。充填物料直接由地面投到井下,考虑到充填物料经投料并落到缓冲装置上是个连续的过程,因此运用动量守恒原理对物料落到缓冲装置上时所产生的冲击力 F 进行计算,根据自由落体以及功能转化原理得

$$F = v \sqrt{2gH_1 + v_1^2} \quad (2)$$

其中: v 为投料速度, m/s ; g 为重力加速度, m/s^2 ; H_1 为投料高度,即投料管长度, m ; v_1 为物料下落的初速度,即传动带速度, m/s 。将相关参数代入得冲击力 F 为 11.7 kN,相当于 1.2 t 重物的压力。根据落料程度和对冲击力的分析,设计缓冲器样式为伞形,即充填料下落的直接接触面为锥形面,如图 2 所示。实践证明此装置有很好的缓冲作用。

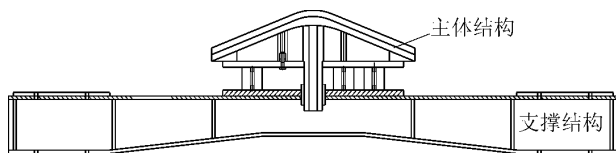


图 2 缓冲装置结构示意图

矸石等固体物料在自由下落时,可通过缓冲器减小矸石的冲击力,但是长时间的运行会导致矸石等固体物料的大量堆积,出现悬挂式堵塞现象。

1.4 满仓报警系统设计

为使井下充填物料在充满料仓时井上控制台能够及时停止送料,必须安装一套能够识别料仓中物料高度并能及时将信息传导到控制台的设备,即满仓报警系统,通过该设备实现投料工作的运行与停止的联动。满仓报警系统主要由雷达物位计、通信光纤、信号转接器、控制台等组成,其中雷达物位计是系统的核心装置,能够识别物料高度并作出反馈。

由于储料仓的高度为 15 m,选取 RD-P3 型脉冲型雷达物位计,其具体参数如下:最大量程 30 m,过程温度 $-40 \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量精度 $\pm 10\text{ mm}$,过程压力 $-0.1 \sim 4.0\text{ MPa}$,连接法兰 316L 型,频率 6 GHz,天线材料不锈钢 316L/PTFE,信号输出两线制/四线制 HARTt,电流 $4 \sim 20\text{ mA}$ 。

2 矸石垂直投料系统应用效果

翟镇煤矿由于矿井产量的逐年增加,导致矿井的掘进矸石与分选矸石逐年增多,以至地面堆积矸石等固体废弃物占地面积也越来越大。基于上述理论研究和设计,翟镇煤矿最终建成了地面矸石垂直投料系统并投入使用。地面矸石首先通过溜槽进入

一段坡面滑梯,进入到矸石破碎机中,小块矸石直接通过,大块矸石经破碎后,进入到地面投料井,经投料井直接投到井下进行充填。目前每天实际充填矸石量达到 2 000 t,有效解决了地面矸石堆放带来的一系列问题,取得了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 孙文标,郭军杰,张建立,等.煤系固体废弃物用作充填材料改善煤矿安全和环境状况[J].矿业安全与环保,2008,35(1):70-72.
- [2] 王宝,张虎元,董兴玲,等.矿山胶结充填体的硫酸盐侵蚀预防[J].矿业安全与环保,2008,35(4):14-18.
- [3] 陈杰,张卫松,闫斌,等.井下矸石充填工艺及普采工作面充填装备[J].煤炭科学技术,2010,38(4):32-34.
- [4] 王新民.基于深井开采的充填材料与管输系统的研究[D].长沙:中南大学,2006.
- [5] 刘崇凌.薄煤层膏体巷旁充填沿空留巷技术研究与应[D].青岛:山东科技大学,2010.
- [6] 张洪鹏,张小国,曹忠.充填矸石的物理力学性能研究[J].煤矿开采,2008,13(5):12-14.
- [7] 胡炳南,郭爱国.矸石充填材料压缩仿真实验研究[J].煤炭学报,2009,34(8):1076-1078.
- [8] 徐斗斗,史向军,郭广礼,等.建筑物下浅埋厚煤层长壁矸石充填开采试验[J].煤炭科学技术,2011,39(8):30-34.
- [9] 李友成.大倾角薄煤层矸石井下充填技术的实践[J].煤炭技术,2009,28(5):20-21.
- [10] 梁继忠,成云海.矸石充填沿空留巷技术的应用[J].山东煤炭科技,2011(5):33-34.
- [11] 王红胜,张东升,马立强.预置矸石充填带置换小煤柱的无煤柱开采技术[J].煤炭科学技术,2010,38(4):1-5.
- [12] 董守义.充填开采设备综合配套分析与实践[J].煤炭科学技术,2012,40(2):98-101.

(上接第 4 页)

- [9] 赵铁锤.华北地区奥灰水综合防治技术[M].北京:煤炭工业出版社,2006.
- [10] 武强,张志龙,马积福.煤层底板突水评价的新型实用方法 I:主控指标体系的建立[J].煤炭学报,2007,32(1):42-47.
- [11] 武强,张志龙,张生元.煤层底板评价的新型实用方法 II:脆弱性指数法[J].煤炭学报,2007,32(11):1121-1126.
- [12] 武强,解淑寒,裴振江,等.煤层底板评价的新型实用方法 III:基于 GIS 的 ANN 型脆弱性指数法应用[J].煤炭学报,2007,32(12):1301-1306.
- [13] 武强,崔芳鹏,赵苏启,等.矿井水害类型划分及主要特征分析[J].煤炭学报,2013,38(4):561-565.
- [14] 赵庆彪.高承压水上煤层安全开采指导原则及技术对策[J].煤炭科学技术,2013,41(9):83-86.
- [15] 赵毅鑫,姜耀东,吕玉凯,等.承压工作面底板破坏规律双向加载相似模拟试验[J].煤炭学报,2013,38(3):384-390.