

文章编号:1671-251X(2015)05-0091-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.05.022

吕馥言,贾旋凯,刘亚运,等.长距离煤泥输送管道压力冲击和振动试验研究[J].工矿自动化,2015,41(5):91-94.

长距离煤泥输送管道压力冲击和振动试验研究

吕馥言, 贾旋凯, 刘亚运, 夏正猛, 郝雪弟, 吴森

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院,北京 100083)

摘要:对长距离煤泥输送管道泵出口处压力和振动信号进行了工业现场测试,确定了S管阀换向是产生管道压力冲击和振动的直接原因。通过改变泵送量,进一步分析了S管阀换向前后管道压力和振动信号,得出结论:当泵送量小于75%时,管道压力冲击大小和振动强度均随泵送量的增大而增大,管道泵出口处的轴向振动强度大于其径向振动强度,且泵送量越小,轴向振动相比径向振动越强烈;当泵送量大于等于75%时,泵送量的变化对管道压力冲击和振动的影响较小。

关键词:煤泥输送管道;压力冲击;振动;S管阀

中图分类号:TD948 文献标志码:A 网络出版时间:2015-04-30 08:52

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150430.0852.022.html>

Experimental study on pressure impact and vibration of long-distance coal slime transportation pipeline

LYU Fuyan, JIA Xuankai, LIU Yayun, XIA Zhengmeng, HAO Xuedi, WU Miao
(School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of
Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Pressure and vibration signals of pump outlet of long-distance coal slime transportation pipeline were tested in industrial field, so as to determine reversing of S type pipe valve is direct cause of pipeline pressure impact and vibration. Conclusions were gotten through further analysis of pressure and vibration signals before and after reversing of the S type pipe valve by changing pumping output. Intensity of pipeline pressure impact and vibration increases with pumping output and axial vibration intensity is greater than radial vibration intensity when the pumping output is less than 75%. And the smaller the pumping output, the more intense the axial vibration compared to the radial vibration. Pressure impact and vibration of pipeline is less affected by the pumping output variation when the pumping output exceeds 75%.

Key words: coal slime transportation pipeline; pressure impact; vibration; S type pipe valve

0 引言

煤泥是煤炭洗选过程中产生的副产品,截止2012年,全国煤泥产量已达4.5亿t^[1]。煤泥经过脱水处理含固量高,呈浓密膏体状态,具有灰分高、颗粒细、黏度大、持水性强、难以运输等特性^[2]。目

前燃烧发电是实现煤泥无害化、资源化处置的最好方式,而管道输送是将大量煤泥送入锅炉燃烧并且避免二次输送污染的最佳选择^[3-4]。

煤泥输送管道系统应用朝着“长距离、大口径、高压”方向发展。然而煤泥具有黏度高、屈服应力大等特点,在管道中以柱塞流形式运动,与传统低浓

收稿日期:2014-10-17;修回日期:2015-03-12;责任编辑:盛男。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51075389,51406106);高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20100023110006)。

作者简介:吕馥言(1989—),女,山东烟台人,博士研究生,主要研究方向为浓密膏体管道输送,E-mail:fuyanjiayou2012@sina.com。

度矿浆的流动形式本质不同^[5-8]。常态下煤泥是一种“固-液-气”多相混合物,但在高压输送管道中煤泥膏体产生压缩和弹性变形,表现出黏弹性^[7]。目前成功实施的工程项目中,浓密膏体输送管道系统主要性能参数^[8]见表 1。

表 1 浓密膏体输送管道系统主要性能参数		
参数	长距离输送管道	短距离输送管道
输送距离	超过 1 000 m	小于 1 000 m
管径	200~300 mm	100~200 mm
泵送压力	小于 24 MPa	小于 8 MPa

在长距离煤泥输送管道工程应用中,常常产生物料返流现象(即煤泥返回到料箱中)。管道物料返流影响因素众多,包括煤泥的弹性恢复性能^[8]、泵送压力和输送距离^[7]等。管道内压力冲击和振动与管道系统执行机构的动作有关,如 S 管阀换向、输送泵主活塞的启闭等。长距离煤泥输送管道中普遍使用 S 管阀双缸活塞泵,其换向过程中高压输送管道通过眼镜板和切割环与吸料斗相通,管道中的物料受到输送管道的反作用力及自身恢复弹性形变的作用力发生返流,使部分或全部物料又流回吸料斗,同时返流物料对吸料斗产生冲击。这不仅大大降低了泵送效率,还会引起管道强烈的冲击振动,导致泵送设备的寿命缩短甚至损坏^[8-9]。当输送距离较远时,上述现象表现得尤为明显。本文通过对工业现场煤泥输送管道系统中管道的压力变化和振动信号进行测试,分析得出执行机构动作、泵送量变化对管道压力和振动的影响规律,为煤泥输送管道的输送参数选择及管道冲击振动的减小方法提供参考。

1 长距离煤泥输送管道系统和传感器布置

1.1 长距离煤泥输送管道系统

煤泥输送管道系统由预压螺旋、S 管阀双缸活塞泵、弹簧被动式止回阀、输送管道等组成,系统参数见表 2。煤泥进入预压螺旋后,在螺旋叶片的推动下被压入泵的吸料斗内,螺旋叶片的转速由变频电动机调节^[10]。活塞泵加压将物料推入管道。弹簧被动式止回阀可减少活塞泵动作造成的物料返流。

表 2 煤泥输送管道系统参数		
输送管道		
管径/ mm	长度/ m	坡度/ (°)
输送泵		
类型	最大泵送 压力/MPa	输送量/ (m ³ ·h ⁻¹)
S 管阀 双缸活塞泵	16	0~30

1.2 传感器布置

为确定管道压力冲击和振动与执行机构动作的关系,在系统中布置压力传感器和振动加速度传感器测点,如图 1 所示。其中 1—3 号为管道压力测点,1 号布置于泵出口处,2 号和 3 号在沿程管道上;4—6 号为管道振动测点,4 号分为轴向和径向振动测点,5 号和 6 号为轴向振动测点。各压力传感器、振动加速度传感器主要参数及布置分别见表 3、表 4。

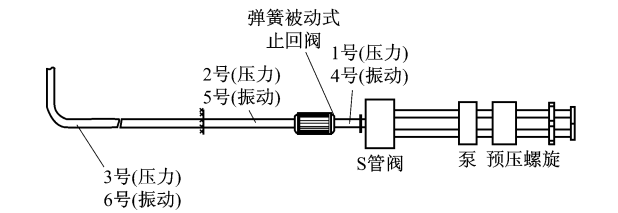


图 1 传感器布置

表 3 压力传感器主要参数及布置			
测点编号	传感器型号	量程/MPa	距泵出口距离/m
1 号	CYY8	20	0
2 号	CYY8	20	1.97
3 号	CX-20310-16MPa	16	50.79

表 4 振动加速度传感器主要参数及布置			
测点编号	传感器型号	灵敏度/ (mV·(m·s ⁻²) ⁻¹)	距泵出口 距离/m
4 号轴向	HK9141	5	0
4 号径向	HK9141	5	0
5 号轴向	HK9141	5	1.97
6 号轴向	HK9141	5	50.79

2 试验测试及数据分析

2.1 试验过程

通过主控程序设置泵送量并打开活塞泵开始泵送;待泵送平稳后,对各压力传感器、振动加速度传感器及主活塞接近开关信号进行采集;改变泵送量重复上述操作,操作完毕后停机。

2.2 压力和振动信号数据分析

为研究输送泵活塞启闭、S 管阀换向对管道输送过程的影响,分析泵送量为 30% 时,以上 2 种执行机构动作对管道沿程压力和振动信号的影响强弱,得出影响管道压力冲击和振动的关键因素。

2.2.1 压力信号分析

输送泵及 S 管阀动作引起的管道压力变化如图 2

所示,其中 a—b 段为输送泵活塞换向阶段,b—c 段为 S 管阀换向阶段。由图 2 可知:① 输送泵活塞换向时间较 S 管阀换向时间长,且 1—3 号测点的压力变化基本一致;S 管阀换向时,1—3 号测点的压力变化趋势一致,但泵出口处压力下降较其他测点明显,2 号、3 号测点的压力下降基本一致,换向结束,管道沿程正向压力开始重建。② 输送泵活塞换向时,管道沿程压力出现较小的压力泄漏;S 管阀换向时,管道沿程压力迅速减小。

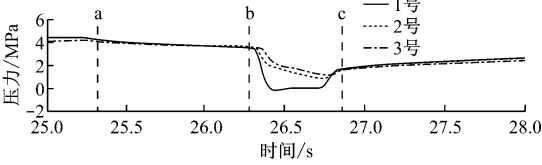


图 2 输送泵及 S 管阀动作引起的管道压力变化

2.2.2 振动信号分析

输送泵及 S 管阀动作引起的管道振动变化如图 3 所示,其中 a—b 段为输送泵活塞换向阶段,b—c 段为 S 管阀换向阶段。由图 3 可知:① 输送泵活塞换向时,泵出口处及管道沿程并未产生明显振动;S 管阀换向期间,泵出口处及管道沿程振动剧烈,S 管阀换向结束后,振动恢复至 S 管阀换向前的状态。② 管道沿程的轴向振动是主要振动,径向振动只在 S 管阀换向期间微弱振动,输送泵活塞换向及管道输送过程中无振动。

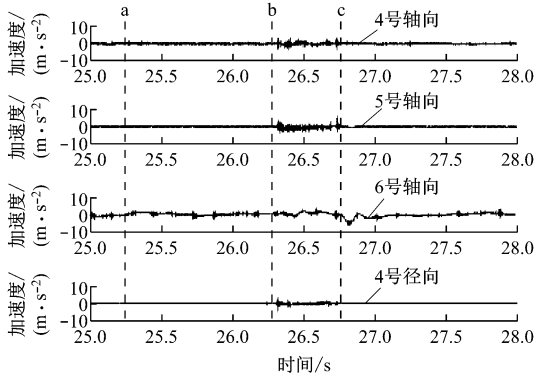


图 3 输送泵及 S 管阀动作引起的管道振动变化

由以上分析可知,S 管阀换向时管道压力冲击和振动均有较大变化,而输送泵活塞换向对管道压力冲击和振动影响较小,因此 S 管阀换向是引起管道压力冲击和振动的直接原因。

2.3 S 管阀换向前后管道压力和振动信号分析

不同泵送量下,S 管阀换向前后管道压力曲线和振动信号时域波形如图 4 所示。可看出不同泵送量时 S 管阀换向前后管道压力曲线变化基本一致,振动信号均在 S 管阀换向时产生明显振动;泵送量

的变化对管道压力和振动的影响不明显。

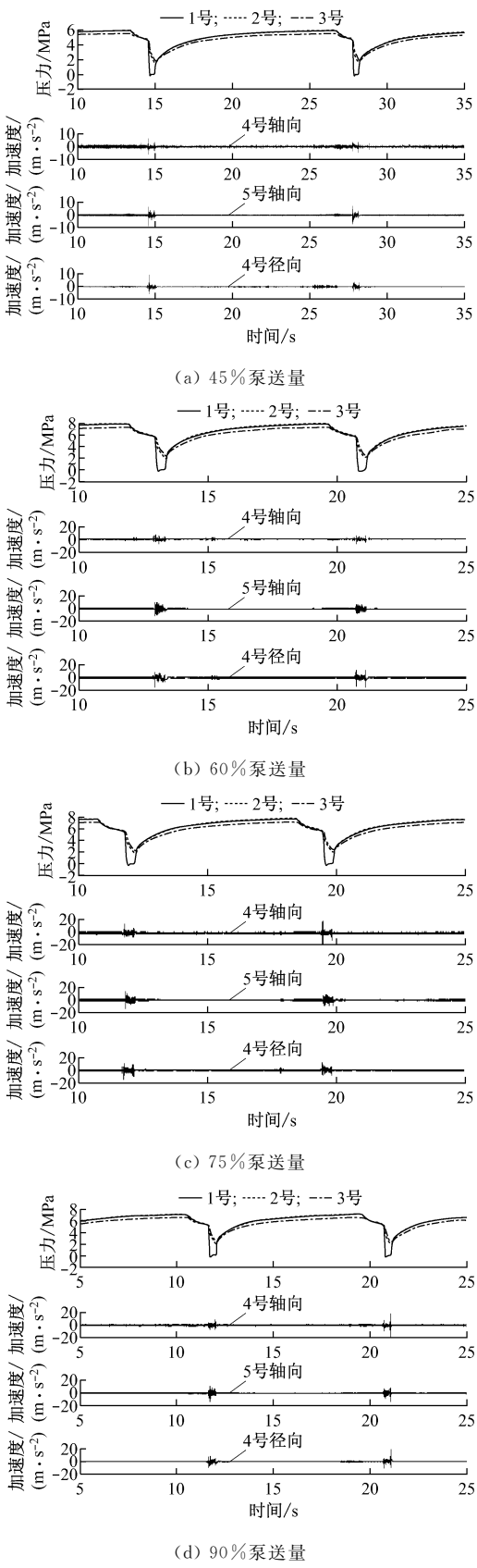


图 4 不同泵送量时 S 管阀换向前后管道压力曲线和振动信号时域波形

对不同泵送量下 S 管阀换向前后管道沿程压力变化进行统计,见表 5。从表 5 可看出:① S 管阀换向后泵出口处压力均降为 0 MPa,泵送量相同时,距离泵出口越远,S 管阀换向前后其压力变化幅值越小。② 当泵送量小于 75%时,S 管阀换向前后的压力变化幅值随着泵送量的增大而增大;当泵送量大于等于 75%时,S 管阀换向前后压力变化幅值的变化幅度较小。

表 5 不同泵送量下 S 管阀换向前后管道沿程压力变化

泵送量/%	压力/MPa								
	1 号			2 号			3 号		
	换向前	换向后	幅值变化	换向前	换向后	幅值变化	换向前	换向后	幅值变化
30	3.4	0	3.4	3.4	0.6	2.8	3.4	1.0	2.4
45	4.2	0	4.2	4.2	1.2	3.0	4.1	1.4	2.7
60	5.2	0	5.2	5.2	1.8	3.4	5.1	2.1	3.0
75	5.5	0	5.5	5.5	2.0	3.5	5.4	2.3	3.1
90	5.6	0	5.6	5.6	2.2	3.4	5.6	2.5	3.1

对不同泵送量下 S 管阀换向时管道振动信号的有效值进行统计,见表 6。从表 6 可看出:① 除 6 号轴向振动测点外,当泵送量小于 75%时,管道振动信号的有效值随泵送量的增大而增大;当泵送量大于等于 75%时,管道振动信号的有效值随泵送量变化仅在较小的区间内变化。② 相同条件下,在低泵送量(小于等于 75%)时,煤泥输送管道泵出口处的轴向振动大于其径向振动,且泵送量越低,其轴向振动相比径向振动越明显。

表 6 不同泵送量下 S 管阀换向时管道振动信号有效值

泵送量/%	振动信号有效值/(m·s ⁻²)			
	4 号轴向	4 号径向	5 号轴向	6 号轴向
30	0.350	0.104	0.255	0.698
45	0.493	0.274	0.394	0.610
60	0.699	0.522	0.614	0.650
75	0.751	0.618	0.751	0.692
90	0.726	0.768	0.761	0.764

3 结论

(1) 在长距离煤泥输送管道系统中,对引起管道压力冲击和振动的 2 种执行机构的动作影响进行了分析,得出 S 管阀换向是产生管道压力冲击和振

动的直接原因。
(2) 研究了不同泵送量情况下 S 管阀换向时,管道压力冲击和振动强度与泵送量的关系。当泵送量小于 75%时,S 管阀换向时的管道压力冲击和振动强度均随泵送量增大而增大;当泵送量大于等于 75%时,S 管阀换向时的管道压力冲击和振动强度随泵送量变化仅在较小的区间内变化。该结论可用于指导工业现场煤泥输送管道选择合理的泵送量。
(3) 当泵送量小于等于 75%时,煤泥输送管道系统在泵出口处的轴向振动强度大于其径向振动强度,且泵送量越小,轴向振动较径向振动越强烈。

参考文献:

[1] LI Na,HAO Xuedi,JIA Xuankai,*et al.* Measurement of bulk modulus and study of its impact on transport characteristics for dense paste[J]. Advanced Materials Research,2013,753/754/755:1882-1886.

[2] 张小巍. 煤泥煤矸石混烧技术的开发应用[J]. 中国煤炭,1999,25(12):28-29.

[3] WU M,ZHAO X Y,JIN Y,*et al.* Application and new development of pipeline transportation for viscous and dense material with high concentration [C]//The 2nd International Symposium on Multiphase, Non-Newtonian and Reaction Flows, Hangzhou,2004:418-421.

[4] 魏庆元. 管道输送系统在固体物料运输中的应用[J]. 重庆建筑大学学报,2002,24(1):45-48.

[5] 姚晓,邓敏,唐明述. 油井水泥浆流变模型研究进展[J]. 南京化工大学学报,1999,21(4):73-78.

[6] DU Y G,TYAGI R D,SREEKRISHNAN T R. Operational strategy for metal bioleaching based on PH measurements [J]. Journal of Environmental Engineering,1995,121(7):527-535.

[7] HAO Xuedi,LI Na,JIA Xuankai,*et al.* Measurement of bulk modulus of elasticity of dense pastes and its effects on flow rate in long pipeline [J]. Minerals Engineering,2013,49(8):145-153.

[8] 赵力电. 压力管道振动分析[J]. 中国设备工程,2007(1):36-37.

[9] 梁小燕,赵玉成. 给水管振动信号的小波分析及消振研究[J]. 中国安全科学学报,2005,15(2):71-72.

[10] 张娜,马星民,王黔兴,等. 预压螺旋的研究与应用[J]. 机电产品开发与创新,2007,20(3):47-48.