

文章编号:1671-251X(2017)06-0052-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.06.012

徐辉,张学军,李继来.带式输送机控制系统硬件在环仿真测试系统[J].工矿自动化,2017,43(6):52-55.

带式输送机控制系统硬件在环仿真测试系统

徐辉^{1,2}, 张学军³, 李继来^{1,2}

(1.中煤科工集团常州研究院有限公司,江苏常州 213015;2.天地(常州)自动化股份有限公司,江苏常州 213015;3.陕西省红石岩煤矿,陕西黄陵 727307)

摘要:带式输送机控制系统研发过程中需要模拟煤矿现场环境进行性能验证,而在实验室建设与煤矿现场环境完全一致的物理环境,投入巨大。针对该问题,设计了一种带式输送机控制系统硬件在环仿真测试系统。带式输送机控制系统通过采集硬件平台模拟的带式输送机运行状态、现场环境参数及运输工况,并结合输入的带式输送机驱动方式、驱动设备等配置参数执行相应的控制策略。带式输送机运动学模型根据带式输送机控制系统的控制输入进行带式输送机运行状态迭代,迭代结果通过硬件平台反馈至带式输送机控制系统,从而完成闭环反馈控制,实现对带式输送机控制系统性能的验证。仿真测试结果验证了该系统的有效性。

关键词:煤矿;带式输送机;硬件在环;仿真测试

中图分类号:TD528

文献标志码:A

网络出版时间:2017-05-26 09:52

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170526.0952.012.html>

Hardware in the loop simulation test system for belt conveyor control system

XU Hui^{1,2}, ZHANG Xuejun³, LI Jilai^{1,2}

(1.CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China;

2.Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China;

3.Shaanxi Hongshiyuan Coal Mine, Huangling 727307, China)

Abstract:Coal mine environment need to be simulated in development process of belt conveyor control system. For high cost of building physical environment which was the same as coal mine environment in laboratory, a hardware in the loop simulation test system for belt conveyor control system was designed. Combining with configuration parameters such as driving mode and driving device of belt conveyor, control strategy of belt conveyor control system is carried out by collecting running status of belt conveyor, environment parameters and transportation condition simulated by hardware platform. According to control input of belt conveyor control system, running status of belt conveyor is iterated through dynamic model of belt conveyor, and iteration result is fed back to belt conveyor control system through the hardware platform, so as to realize closed-loop feedback control and performance verification of belt conveyor control system. The simulation test result verifies validity of the system.

Key words:coal mine; belt conveyer; hardware in the loop; simulation test

0 引言

带式输送机作为煤矿安全生产的主要运输装备,负责将开采的原煤从生产工作面运输至地面,具

有长距离、大运量、连续运输等优点^[1]。但带式输送机在使用过程中面临驱动设备(变频器、液力偶合器、可控启动传输装置、软启动器等)多样、运输工况(上运、下运、堆煤、跑偏等)复杂等问题,这就要求带

收稿日期:2017-02-12;修回日期:2017-04-20;责任编辑:盛男。

基金项目:安监总局2016年破解安全生产难题科技攻关项目(2016PJNT02)。

作者简介:徐辉(1980—),女,河北沧州人,工程师,硕士,从事智能视频分析、智能监控系统研发工作,E-mail:xuhui_tdkj@163.com。

式输送机控制系统需要适应不同的驱动方式(单机驱动、多机多点驱动等)和不同的驱动设备^[2],能够针对不同的运输工况,在轻载或重载条件下实现对带式输送机的稳定、可靠控制。因此,在研发带式输送机控制系统过程中,有必要模拟现场环境以验证不同驱动方式、驱动设备及运输工况下带式输送机控制系统的性能。然而,在实验室建设与煤矿生产环境完全一致的物理环境,需要完全重构矿井的运输工况,对运输距离、运量、驱动设备、驱动方式等因素进行组合,基础建设投入巨大^[3]。

硬件在环(Hardware in the Loop, HIL)仿真测试是以运行于计算机中的系统模型来模拟受控对象的运行状态,通过 I/O 接口与控制系统连接,反馈运行状态^[4],能有效提高控制系统研发质量,降低研发风险^[5-6]。本文设计了一种带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统,能有效模拟在不同驱动方式、驱动设备及运输工况下带式输送机的实际工作状态,通过仿真测试验证带式输送机控制系统的性能。

1 带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统架构

带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统由带式输送机运动学模型、HIL 仿真测试硬件平台组成,如图 1 所示。带式输送机控制系统与硬件平台连接,通过采集硬件平台模拟的带式输送机运行状态、现场环境参数及运输工况,并结合输入的带式输送机驱动方式、驱动设备等配置参数执行相应的控制策略。带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统采用 ADAMS 运行带式输送机运动学模型。该模型根据带式输送机控制系统的控制输入进行带式输送机运行状态的迭代,迭代结果通过硬件平台反馈至带式输送机控制系统,从而完成闭环反馈控制。

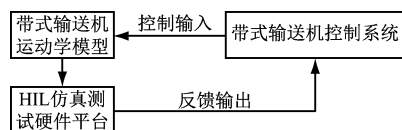


图 1 带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统组成

2 带式输送机运动学模型构建

带式输送机通常由驱动设备、输送带、电控系统、保护装置、张紧系统、制动系统及相应的机械部件构成^[7]。在 ADAMS 建模过程中,采用刚体模型构建驱动滚筒、转向滚筒、托辊等机械部分模型^[8]。输送带相对于滚筒、托辊而言是柔性体,采用离散化的阻尼单元与弹簧单元构成。

在 ADAMS 中构建带式输送机运动学模型,首

先需要完成一个输送带块模型(阻尼与弹簧)^[9],通过复制、移动方式与刚性体的滚筒及托辊构成带式输送机基本模型。在此基础上,对输送带块模型、驱动滚筒、转向滚筒等添加相应的运动学参数(输送带速度、摩擦因数、张力等)^[10-11],从而实现带式输送机运动学模型的构建。

3 HIL 仿真测试硬件平台设计

HIL 仿真测试硬件平台包括中央处理单元、现场环境模拟装置、运输工况模拟装置、带式输送机设备状态模拟装置,如图 2 所示。中央处理单元根据带式输送机运动学模型计算出的迭代状态,通过现场总线向运输工况模拟装置及带式输送机设备状态模拟装置发送数据,更新运输工况及设备运行状态(滚筒温度、滚筒转速、输送带速度、输送带张力等)。通过随机算法产生现场环境干扰数据,并通过现场总线向现场环境模拟装置发送数据,模拟现场环境参数(温度、湿度、粉尘浓度、烟雾浓度等)。

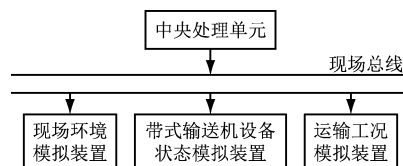


图 2 HIL 仿真测试硬件平台组成

3.1 现场环境模拟装置

现场环境模拟装置包括温湿度产生装置、粉尘产生装置、烟雾产生装置。① 温湿度产生装置由单片机、加热电阻丝、温湿度传感器、加湿器及温湿度腔体组成。单片机从现场总线上接收环境温湿度数据,控制电阻丝加热、加湿器释放水蒸气,根据温湿度传感器反馈数据保持温湿度腔体内温湿度恒定。② 粉尘产生装置由单片机、粉尘源、粉尘腔、风机及粉尘传感器组成。单片机从现场总线上接收环境粉尘浓度数据,控制风机将粉尘源中的粉尘吹入粉尘腔内,根据粉尘传感器反馈数据控制粉尘浓度。③ 烟雾产生装置由单片机、发烟装置、风机、烟腔及烟雾传感器组成。单片机从现场总线上接收环境烟雾浓度数据,控制发烟装置生烟后,通过风机吹入烟腔,根据烟雾传感器反馈数据控制烟雾浓度。

3.2 运输工况模拟装置

运输工况模拟装置负责模拟输送带堆煤、纵撕及跑偏工况,根据 HIL 仿真测试系统设定的随机工况,发出堆煤、纵撕及跑偏信号。运输工况模拟装置由单片机、开关量控制电路组成。单片机从现场总线上接收 HIL 仿真测试系统的工况数据,通过开关

量向带式输送机控制系统反馈工况。

3.3 带式输送机设备状态模拟装置

带式输送机设备状态模拟装置实现带式输送机运行状态的更迭。带式输送机设备状态模拟装置由单片机、液压缸、液压阀、力传感器、速度传感器、变频器及电动机组成。单片机从现场总线上接收输送带张力、输送带速度及滚筒转速数据,通过控制液压阀实现液压缸的推力输出,通过力传感器使推力保持在期望值,通过控制变频器驱动电动机调速,结合速度传感器反馈数据保持输送带速度及滚筒转速为期望值^[12]。

4 带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统设计

带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统软件包括人机接口模块、带式输送机运动学模型计算模块、环境仿真模块、I/O 接口中间层、带式输送机运动状态输出模块、带式输送机运动状态反馈模块及控制系统控制输入模块,如图 3 所示。人机接口模块实现 HIL 仿真测试系统的参数设置、测试流程管理等功能;带式输送机运动学模型计算模块实现对带式输送机运动状态的解算;环境仿真模块模拟现场环境的温度、湿度、粉尘及烟雾;I/O 接口中间层负责将带式输送机运动学模型计算模块得到的带式输送机状态及环境仿真模块产生的现场环境数据发送至相应的信号产生装置,并将由传感器测量到的带式输送机运动状态反馈数据及控制系统控制输入数据发送至带式输送机运动学模型计算模块进行迭代,然后通过人机接口模块展示仿真测试结果^[13]。

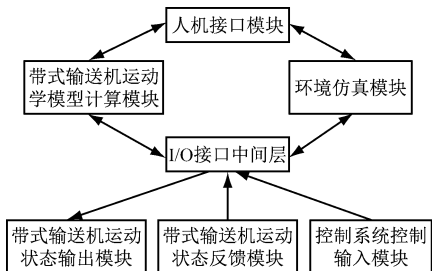


图 3 带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统软件架构

5 仿真测试

采用 ADAMS 中 Machinery-belt 建立带式输送机运动学模型^[14-15]。该模型参数:输送带宽 100 cm、厚 18 mm;驱动轮、张紧轮与输送带之间的摩擦力采用库伦摩擦力;输送带启动时间为 10 s;输送带正常运行速度为 2.5 m/s。

启动时,计算机将带式输送机运动状态以通信方式传送至带式输送机设备状态模拟装置,设备状态模拟装置激励出相应的输送带张力、滚筒转速、输送带速度及加速度。带式输送机控制系统根据传感器检测的输送带张力、滚筒转速、输送带速度及运输工况、现场环境数据,将控制输出以通信方式输入带式输送机运动学模型。计算机根据运动学模型的当前状态及控制系统的控制输入计算输出新的运动状态,从而实现对带式输送机控制系统性能的验证。

仿真运行结果如图 4 所示。在启动过程中,输送带张力及加速度处于最大值,此时输送带速度由于输送带的黏弹性特性呈振荡上升状态,进一步导致输送带局部位置出现张力上升现象。控制系统通过控制输入驱动力调整带式输送机实时运动状态,实现输送带速度最终趋于平稳。

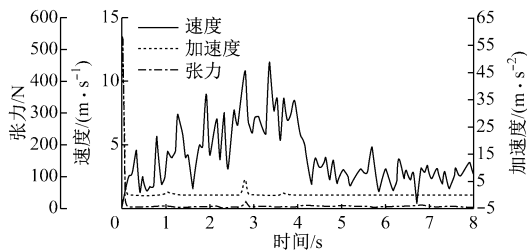


图 4 仿真运行结果

6 结语

带式输送机控制系统 HIL 仿真测试系统利用计算机仿真模拟带式输送机运行,通过模拟装置输出带式输送机设备状态、运输工况及现场环境的物理量,带式输送机控制系统的传感器检测模拟装置输出物理量后,结合其控制策略对带式输送机运动状态进行修正,从而形成闭环反馈控制,达到对带式输送机控制系统性能进行仿真测试的目的。

参考文献:

- [1] CHEN Y, XUE H. Model and dynamic simulation of belt conveyor [C]//International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application, Changsha, 2010: 949-951.
- [2] 张小良. 带式输送机的计算分析软件和动态性能研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2006: 1-5.
- [3] 候友夫. 带式输送机动态特性及控制策略研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2001: 10-11.
- [4] 刘栋材, 练国富. 基于虚拟硬件在环的控制软件开发 [J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2016, 30(6): 115-120.
- [5] LI J L, GAO W, LIANG H W. Researches on the

method of the hardware in loop simulation for vehicle stability control system based on scilab/scicos[C]// Intelligent Vehicles Symposium,Xian,2009:820-823.

[6] XI P Y,SONG Y D. Dynamic simulation on the belt conveyor on emergency braking [C]//The 2nd International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation,Changsha,2009:34-36.

[7] 宋伟刚. 通用带式输送机设计[M]. 北京:机械工业出版社,2006:10-50.

[8] 贺金虎,廉自生. 基于 ADAMS 的带式输送机输送带动态特性仿真分析[J]. 制造业自动化,2014,36(4): 91-93.

[9] 李光布,曹棕焱,韦家增. 基于几何非线性大型带式输送机动力学仿真[J]. 中国机械工程,2007,18(1): 23-24.

[10] 吴波,廉自生,张鑫. 长距离带式输送机输送带的动态特性仿真[J]. 煤炭科学技术,2014,42(2):82-84.

[11] 程良燕. 带式输送机动态特性分析及软启动策略研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2010.

[12] 李长文,张付军,黄英,等. 基于 dSPACE 系统的电控单元硬件在环发动机控制仿真研究[J]. 兵工学报, 2004,25(4):402-406.

[13] 位正. 新一代硬件在环仿真平台的研究和开发[D]. 北京:清华大学,2009:18-33.

[14] 贺金虎. 基于 ADAMS 的带式输送机动态特性仿真分析研究[D]. 太原:太原理工大学,2014.

[15] 李庭,胡斌,郑敏. 基于 ADAMS 的输送带的建模与仿真[J]. 机械设计与制造,2013(3):30-32.