



文章编号:1671-251X(2017)11-0027-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.11.006

煤矿井下主运输煤流线协同控制研究

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)

摘要:针对煤矿井下主运输煤流线设备逆煤流启动存在能源浪费、设备磨损且无法根据实际运输情况自动调节控制的问题,根据带式输送机和煤仓在空间上的关系,建立了煤矿井下主运输煤流线贮运模型,提出了在满足约束条件下实现贮运模型运量最大为目标的煤矿井下主运输煤流线协同控制策略。应用结果表明,该控制策略能够实现节能、高效的煤矿井下主运输煤流线协同控制。

关键词:主运输煤流线;带式输送机;煤仓;协同控制;贮运模型

中图分类号:TD634 文献标志码:A 网络出版时间:2017-10-27 08:35

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20171027.0835.006.html>

Research on coordinate control of underground main coal transport route

LI Jilai^{1,2}

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

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

Abstract: For problems of energy waste and equipment wear existed in inverse coal flow start of underground main coal transport route equipments, which was failure to adjust control according to actual transport condition, a storage and transport model of main coal transport route in underground coal mine was built according to spatial relationship between belt conveyor and coal bunker, and a coordinate control strategy of the main coal transport route was proposed, which took realization of the maximum volume of the storage and transport model under constraint conditions as target. The application result shows that the strategy can realize energy-saving and efficient coordinate control of the main coal transport route.

Key words: main coal transport route; belt conveyor; coal bunker; coordinate control; storage and transport model

0 引言

煤炭自工作面采出后,经井下带式输送机、煤仓中转后由主井提升系统运输至地面。为保障煤矿生产的连续性,必须在开采、运输、提升等各生产环节

实现控制的连续性^[1-2]。煤矿井下要实现“机械化换人、自动化减人”,需根据各生产环节特点研究合适的控制策略。在煤矿井下主运输系统中,运输煤量具有空间与时间离散化的特点^[3],且通常采用远程操作方式实现对主运输煤流线上带式输送机、煤仓

收稿日期:2017-05-10;修回日期:2017-09-23;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:李继来(1978—),男,安徽淮南人,助理研究员,硕士,主要从事煤矿自动化方面的研发工作,E-mail:lijilai2005@163.com。

引用格式:李继来.煤矿井下主运输煤流线协同控制研究[J].工矿自动化,2017,43(11):27-30.

LI Jilai. Research on coordinate control of underground main coal transport route[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(11): 27-30.

给煤机的一键逆煤流启动,存在能源浪费、设备磨损的问题,无法根据井下生产运输的实际情况自动调节对带式输送机、煤仓给煤机的控制^[4-5]。本文以煤矿井下主运输煤流线上带式输送机和煤仓为研究对象,建立了基于带式输送机和煤仓的煤矿井下主运输煤流线贮运模型,并基于此提出了一种煤矿井下主运输煤流线协同控制策略。

1 煤矿井下主运输煤流线贮运模型

煤矿井下主运输煤流线中带式输送机和煤仓的组合形式可归纳为带式输送机搭接带式输送机、带式输送机搭接煤仓、煤仓搭接带式输送机3种^[6]。

1.1 带式输送机搭接带式输送机的贮运模型

假设第 i ($i=1,2,\dots,N$, N 为带式输送机数量)条带式输送机满载时单位时间运量为

$$q_i = Q_i k_i v_i \quad (1)$$

式中: Q_i 为第 i 条带式输送机满载时单位长度运量,kg/m; k_i 为第 i 条带式输送机倾斜系数^[7]; v_i 为第 i 条带式输送机运行速度,m/s。

由 i 条带式输送机搭接1条带式输送机时单位时间运量为

$$q = \sum_{i=1}^N q_i = \sum_{i=1}^N Q_i k_i v_i \quad (2)$$

带式输送机满载时单位长度运量由带式输送机的输送带宽度及输送带单位面积煤炭质量决定^[8-9],因此可得

$$q = \sum_{i=1}^N q_i = \sum_{i=1}^N B_i \rho k_i v_i \quad (3)$$

式中: B_i 为第 i 条带式输送机的输送带宽度,m; ρ 为输送带单位面积煤炭质量,kg/m²。

1.2 带式输送机搭接煤仓的贮运模型

井下煤仓状态与输入及输出煤量相关。带式输送机向煤仓运煤时,煤仓的煤量为

$$P = P_0 + \int_0^t p_{in}(t) dt \quad (4)$$

式中: P_0 为煤仓初始煤量,kg; $p_{in}(t)$ 为 t 时刻入仓煤量,kg。

1.3 煤仓搭接带式输送机的贮运模型

煤仓向带式输送机放煤时,煤仓的煤量为

$$P = P_0 - \int_0^t p_{out}(t) dt \quad (5)$$

式中 $p_{out}(t)$ 为 t 时刻出仓煤量,kg。

2 煤矿井下主运输煤流线协同控制策略

各运输元素的组合在各自约束条件下实现贮运

模型运量最大为主运输煤流线协同控制目标。协同控制策略即通过求解约束条件下贮运模型运量最大时各运输元素的运量来实现对各运输元素的控制。

2.1 带式输送机搭接带式输送机的协同控制策略

(1) 带式输送机串联式搭接。带式输送机串联式搭接指多条带式输送机按首尾关系进行串联搭接。假设第 i 条带式输送机运量为 p_i ,第 i 条带式输送机满载时运量为 p_{imax} ,则各带式输送机协同控制策略:在满足 $p_i \leq \min p_{imax}$ 的约束条件下,实现所有带式输送机总运量最大。

(2) 带式输送机汇集式搭接。带式输送机汇集式搭接指多条带式输送机向1条带式输送机上运输物料。假设有 N 条带式输送机向第 m 条带式输送机运输物料,第 m 条带式输送机运量为 p_m ,第 m 条带式输送机满载时运量为 p_{mmax} ,则各带式输送机协同控制策略:在满足 $p_m + \sum_{i=1}^N p_i \leq p_{mmax}$ 的约束条件下,实现各带式输送机运量最大。

2.2 带式输送机搭接煤仓的协同控制策略

带式输送机向煤仓运煤时,根据煤矿安全生产要求,煤仓不允许出现冒仓现象^[10-11],因此煤仓物料存贮容量为带式输送机运量的约束条件。作为煤仓物料来源的上游带式输送机,其运量须满足约束条件: $P_0 + \int_0^t p_{in}(t) dt \leq P_{max}$, P_{max} 为煤仓最大存贮容量。针对带式输送机搭接煤仓时的工况,协同控制策略为在满足约束条件情况下,实现煤仓上游所有搭接带式输送机总运量最大。

2.3 煤仓搭接带式输送机的协同控制策略

煤仓向带式输送机放煤时,煤仓下游带式输送机运量是煤仓放煤量的约束条件,同时出于安全生产考虑,煤仓不能出现空仓现象^[12-14]。假设煤仓下游带式输送机满载时最大运量为 p_{cmax} ,则约束条件为 $0 < P_0 - \int_0^t p_{out}(t) dt \leq p_{cmax}$ 。针对煤仓搭接带式输送机时的工况,协同控制策略为在满足约束条件情况下,实现煤仓下游带式输送机运量最大。

3 应用实例

为验证煤矿井下主运输煤流线协同控制策略的有效性,在某矿建设了煤矿井下主运输煤流线协同控制系统。该系统主要由协同控制器、带式输送机监测控制装置^[15]、载荷传感器、煤仓煤位传感器、煤仓给煤机控制器组成,如图1所示。各组成部分均可认为是节点,节点之间通过消息发布与订阅方式

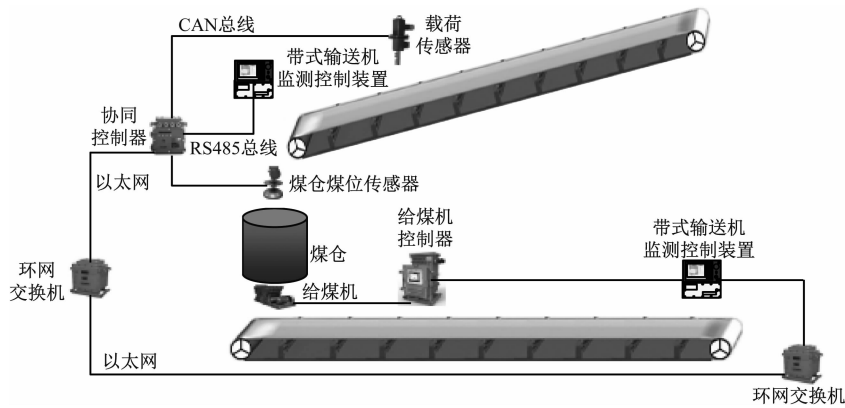


图1 煤矿井下主运输煤流线协同控制系统组成

Fig. 1 Composition of coordinate control system of underground main coal transport route

传递数据。

带式输送机监测控制装置监测带式输送机的运行状态并控制带式输送机的启停;载荷传感器检测带式输送机运量;煤仓煤位传感器用于测量井下煤仓煤位;煤仓给煤机控制器实现给煤机的放煤控制;协同控制器不仅将采集的带式输送机运行状态、运量和煤仓煤位等数据通过环网交换机向工业以太网中发布,还根据接收到的其他区域数据决策本区域的控制策略,通过控制带式输送机运行速度及煤仓给煤机的放煤量实现主运输煤流线的协同控制。

该矿建设的主运输煤流线协同控制系统控制各带式输送机及煤仓给煤机根据主运输煤流线物料运输情况自动启停,现场固定岗位值守人员减少了60%以上,带式输送机空载时间降低了30%以上,实现了主运输煤流线经济运行。

4 结语

根据煤矿井下主运输煤流线上带式输送机、煤仓的组合关系,建立了煤矿井下主运输煤流线贮运模型,提出了在满足约束条件下实现贮运模型运量最大为目标的煤矿井下主运输煤流线协同控制策略。该控制策略在某矿进行了应用,能够实现节能、高效的煤矿井下主运输煤流线协同控制。

参考文献(References):

[1] 马广川. 煤矿生产物流系统瓶颈的诊断与优化[D]. 青岛: 山东科技大学, 2011: 1-10.

[2] 安超军, 翟海涛, 郭旭亮, 等. 绞车坡混合提升运输系统在义络煤业的应用[J]. 中州煤炭, 2015(9): 89-91.

AN Chaojun, ZHAI Haitao, GUO Xuliang, et al. Application of winch slope mixed upgrade transport system in Yiluo Coal Industry Company [J].

Zhongzhou Coal, 2015(9): 89-91.

- [3] 柏承宇. 带式输送机电气控制系统研究与应用[D]. 西安: 西安科技大学, 2014: 5-11.
- [4] 刘奎启, 张雷. 胶带运输机监控系统在夹河煤矿的应用[J]. 中国矿业, 2007, 16(11): 50-52.
- LIU Kuiqi, ZHANG Lei. Belt monitoring system in the application of coal Jiahe [J]. China Mining Magazine, 2007, 16(11): 50-52.
- [5] 李鑫, 李仲学, 李翠平. 基于 Agent 技术的井下运输仿真模型研究[J]. 金属矿山, 2011, 40(12): 113-116.
- LI Xin, LI Zhongxue, LI Cuiping. Research on underground transportation simulation model based on Agent technology[J]. Metal Mine, 2011, 40(12): 113-116.
- [6] 屠世浩. 考虑煤流强度的综采工作面采运系统可靠性模型[C]//21 世纪高效集约化矿井学术研讨会, 北京, 2001: 163-167.
- [7] 王旭飞. 浅论煤矿带式输送机的能力核定[J]. 煤炭工程, 2010, 42(9): 20-22.
- WANG Xufei. Comments on capacity approved of mine belt conveyor [J]. Coal Engineering, 2010, 42(9): 20-22.
- [8] 孙宇博. 基于混合 Petri 网的矿井生产主物流系统建模与仿真[D]. 成都: 西南交通大学, 2012: 70-72.
- [9] 高英. 带式输送机数据库的建立与设计选型软件开发[D]. 太原: 太原科技大学, 2009: 1-20.
- [10] 辛元芳, 周孟然. 井下煤仓煤位检测方法综述[J]. 煤矿机械, 2013, 34(5): 13-15.
- XIN Yuanfang, ZHOU Mengran. Research on coal level detecting system of mine coal bunker [J]. Coal Mine Machinery, 2013, 34(5): 13-15.
- [11] 张润生. 嵩山煤矿井底煤仓优化设计与施工[J]. 中州煤炭, 2010(1): 66-67.
- ZHANG Runsheng. Optimization design and construction of shaft coal pocket in Songshan Coal Mine [J]. Zhongzhou Coal, 2010(1): 66-67.

[12] 王中华. 矿井煤流输送系统优化控制关键技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014:71-80.

[13] 陈鹏. 基于 PLC 的煤仓煤位监控系统的设计[D]. 青岛:山东科技大学,2014:1-10.

[14] 许传鸿. 井底煤炭贮运系统数学建模及应用分析[J]. 煤炭工程,2014,46(10):184-187.
XU Chuanhong. Mathematical modeling and application analysis on coal storage and transportation system in shaft bottom[J]. Coal Engineering,2014,46(10):184-187.

[15] 贾传永. KJ161 型煤矿胶带运输控制系统及其控制流程的实现[J]. 工矿自动化,2009,35(8):81-83.
JIA Chuanyong. Model KJ161 coal mine belt conveying control system and its implementation of control flow [J]. Industry and Mine Automation, 2009,35(8):81-83.