

## 斗轮堆取料机取料流量控制方式的比较研究

Comparative Research on Reclaiming Flow Control Patterns for Bucket Wheel Stacker/Reclaimer

潘泉洪<sup>1</sup> 沈文忠<sup>2</sup>(浙江浙能嘉兴发电有限公司<sup>1</sup>,浙江 嘉兴 314201;上海电力学院计算机与信息工程学院<sup>2</sup>,上海 200090)

**摘要:** 针对悬臂式斗轮机恒速回转取料时存在取料不均、取料效率低和自动化程度不高等缺点,以及角度余弦开环控制方式不能处理料堆塌方等突发情况,提出了视频流量闭环控制方式。该控制方式通过实时检测取料瞬时流量,自动控制斗轮机悬臂的回转速度进行取料。对比研究及运行结果表明,该方式提高了取料效率,达到了节能增效的目的。

**关键词:** 斗轮堆取料机 开/闭环控制 图像分析 节能增效

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A

**Abstract:** Aiming at the demerits of the constant speed cantilever bucket wheel reclaimer, e. g., uneven reclaiming, low efficiency and the automation level is not high enough, as well as the open-loop control system based on angle of cosine is unable to handle emergencies such as landslip of material piles, thus the VF flow closed-loop control scheme is proposed. With this control scheme, through detecting reclaiming simultaneous flow in real time, the rotating speed of the cantilever is controlled automatically for reclaim. The research of inter-comparison on operation results indicates that this method enhances reclaim efficiency to reach the purpose of energy saving.

**Keywords:** Bucket wheel stacker/reclaimer Open/closed-loop control Image analysis Energy saving & efficiency increasing

## 0 引言

斗轮堆取料机是目前火力发电厂燃煤输送系统的主要设备之一,它担负着燃煤堆放和取料加仓的双重任务。在实际的运行作业中,取料作业靠操作人员人工控制。受操作人员操作技能、责任心等因素变化的影响,超流量运行常有发生,这给下游皮带机设备的安全可靠稳定运行带来了不利影响,平均取料流量也偏低。因此,从设备上改进取料作业控制方式,达到提高平均取料量、降低取料流量峰值、减少超流量运行带来的负面效应是十分必要的。

## 1 斗轮机取料系统模型

在斗轮机回转取料过程中,由于回转臂在某一层取煤时形成的两个环形为平移关系,造成不同回转角下的取煤深度以一定函数关系单调变化(回转角越大,取煤深度越小)。取煤流量不仅与该取煤深度有关,还与取煤层高、回转臂的回转速度有关<sup>[1]</sup>。取煤流量是单位时间内的上煤重量,设为 $f$ ,t/h;煤密度设为

$\rho$ ;取煤深度是斗轮挖取下来的煤在沿斗轮运动轨迹的法线方向上的深度,设为 $\Delta$ ;取煤层高是分层取煤时每层设定的高度,设为 $g$ ;回转速度是回转臂末端的线速度,设为 $v$ ,则:

$$f = \rho \Delta g v \quad (1)$$

而取煤深度 $\Delta$ 与每次大车步进长度 $L$ 和回转角 $\theta$ 有关。斗轮机取料过程模型如图1所示。

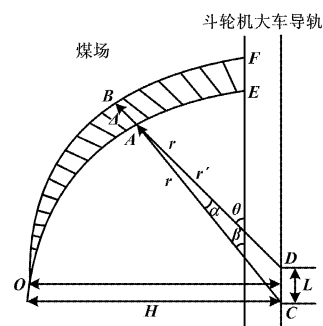


图1 斗轮机取料示意图

Fig. 1 Schematic of the bucket wheel reclaimer

图1中: $r$ 为回转半径; $H$ 为煤堆宽度; $L$ 为大车步进长度; $\Delta$ 为取煤深度。由图1可得:

$$\frac{r}{\sin \theta} = \frac{L}{\sin \alpha} \rightarrow \sin \alpha = \frac{\sin \theta L}{r}$$

$$\frac{r'}{\sin \beta} = \frac{r}{\sin \theta} \rightarrow \frac{r'}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{r}{\sin \theta} \rightarrow r' = \frac{r}{\sin \theta} \sin(\theta - \alpha)$$

修改稿收到日期:2010-06-08。

第一作者潘泉洪,男,1970年生,2003年毕业于浙江大学电力系统及其自动化专业,工程师;主要从事火力发电厂输煤系统电气控制系统的技术管理工作。

$$\Delta = r - r' = r - \frac{r}{\sin\theta} \sin(\theta - \alpha) =$$

$$r - \frac{r}{\sin\theta} (\sin\theta \cos\alpha - \cos\theta \sin\alpha)$$

由于  $\cos\alpha \approx 1$ , 则有:

$$\Delta = r - r' = r - \frac{r}{\sin\theta} (\sin\theta \cos\alpha - \cos\theta \sin\alpha) =$$

$$\frac{r}{\sin\theta} \cos\theta \sin\alpha = \frac{r}{\sin\theta} \cos\theta \frac{\sin\theta}{r} L = L \cos\theta \quad (2)$$

最终可得  $\Delta = L \cos\theta$ , 于是有:

$$f = \rho g v L \cos\theta \quad (3)$$

从上述取煤量分析可知,在以固定回转频率方式取煤的过程中,如果  $\rho$ 、 $g$ 、 $v$  和  $L$  固定不变,则取煤流量  $f$  只与回转角  $\theta$  有关。如式(3)所示,  $\theta$  越大,取煤量越小;反之则越大。于是在考虑安全运行的情况下,即  $\theta$  最小的情况下(取煤流量最大)也不能超载。 $\theta$  越大,  $\cos\theta$  越小,则  $f$  远小于额定流量,这样就影响了上煤效率。因此,采用固定回转速度的取料控制方式,虽然其控制方式简单,但控制效果不佳<sup>[2]</sup>。

## 2 角度余弦开环控制方式

针对上述取料流量公式,若将输出与悬臂角度的余弦值成反比的输出频率运用到回转变频器,以控制悬臂改变回转速度,就可保证上煤流量比较均匀<sup>[3]</sup>。考虑到斗轮机现有的分层取煤工艺,设定恒定流量为  $f_0$ ,对于某一取煤层作业来说,  $\rho$ 、 $g$ 、 $L$  均固定,要保证取煤流量恒定,则回转速度  $v$  就是回转角  $\theta$  的函数。在控制时只要根据当前时刻的回转角度,就可改变输出频率到回转变频器调节回转速度,即:

$$v = \frac{v_0}{\cos\theta} \quad (4)$$

由式(4)可知,  $\theta$  越小,输出频率越小,回转速度越小;反之输出频率越大,回转速度越大。角度余弦开环控制方式如图2所示。

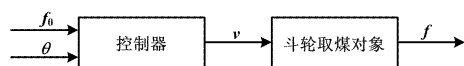


图2 开环控制方式示意图

Fig. 2 Open-loop control mode

目前,采用回转频率与  $1/\cos\theta$  成正比的控制取料流量的方式十分普及。但如图2所示,系统采用开环控制,理论上通过这种方式能够将上煤流量控制在  $f_0$ ,但现场实际情况千变万化,如取煤层高度不同、煤层不规则或煤层塌方等情况,上煤流量往往起伏很大;且采用开环控制方式无法获知实际的上煤流量,更不能根

据实际上煤流量来改变输出频率,进而控制斗轮机悬臂回转速度达到改变上煤流量的目的;在实际生产运行过程中,开环控制方式不能有效控制取料流量,且对操作人员的责任心和操作技能要求较高,作业强度较大<sup>[4]</sup>,当出现塌方等情况时需迅速作出反应。

## 3 视频流量闭环控制方式

如果能实时地将当前的瞬时下煤流量反馈到控制器的输入端,控制器根据其与设定的额定流量之间的差值控制斗轮机悬臂回转速度,可大大提高系统的上煤流量的稳定性、安全性和可靠性。对此,我厂在2<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>斗轮机上安装了一套基于图像分析的上煤流量自动控制系统<sup>[5]</sup>,在斗轮机悬臂头部安装了一台视频流量检测装置<sup>[6]</sup>。上煤流量自动控制系统利用图像分析的方法实时检测上煤视频流量并将其反馈到控制系统中,应用分析横截面图像序列的方法实时检测斗轮机悬臂头部皮带上的传输料流量,并实时反馈到控制器的输入端;控制器根据与设定流量之间的上煤流量差值控制斗轮机悬臂回转速度,能较好地控制悬臂的回转速度,保证上煤流量的均匀性<sup>[7-8]</sup>。图3所示为闭环控制方式示意图。

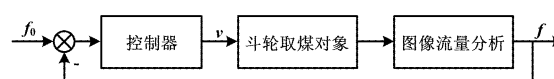


图3 闭环控制方式示意图

Fig. 3 Closed-loop control mode

在控制器输入端只要有流量偏差,就会促使控制器改变输出斗轮机悬臂回转速度控制信号(即直接改变回转变频器频率)<sup>[3,9]</sup>,直到测得的上煤流量与设定流量相同为止。在这整个过程中,斗轮机司机无需关心当前取煤流量的情况,系统会自动调节斗轮机悬臂回转速度,确保流量稳定在额定流量附近。在斗轮机回转取料过程中,采用视频流量控制方式动态调整回转频率具有以下优点:①能提高在额定流量下的上煤效率;②有效防止超载,提高系统的安全性;③减轻司机的劳动强度,规避人为事故;④减少斗轮机悬臂回转的启停次数,延长斗轮机设备的使用寿命。

## 4 效能监测与分析

为了验证闭环控制方式的有效性。在斗轮机上安装了一套效能监测软件,用来采集使用上述固定回转速度的取料控制方式(简称恒速取料)、开环与闭环三种控制方式时斗轮机的上煤流量。效能监测与分析如表1、表2和表3所示。

表1 恒速取料效能分析表

Tab.1 Efficiency analysis of constant speed reclaiming

上煤 时间段	上煤 总量/t	上煤 时间/h	超载 时间/h	超载 总量/t	平均流量/ (t·h <sup>-1</sup> )
1	889.2	1.328	0.091	108.759 3	676.50
2	1062.6	1.522	0.093	109.804 5	701.70
3	386.1	0.727	0.033	39.219 9	515.45
4	363.7	0.949	0.005	5.736 2	392.45
5	427.3	0.803	0.005	5.837 9	529.65
总计	3 128.9	5.330	0.227	269.360 0	560.50

表2 开环取料效能分析表

Tab.2 Efficiency analysis of open-loop reclaiming

上煤 时间段	上煤 总量/t	上煤 时间/h	超载 时间/h	超载 总量/t	平均流量/ (t·h <sup>-1</sup> )
1	1 108.8	1.623	0.082	97.606 0	615.525 0
2	719.5	1.046	0.066	81.077 4	650.018 9
3	336.3	0.542	0.035	50.715 0	545.055 1
4	847.8	1.148	0.111	141.211 7	680.445 2
5	509.4	0.694	0.067	83.299 8	683.284 5
总计	3 521.8	5.053	0.361	453.909 9	653.855 0

表3 闭环取料效能分析表

Tab.3 Efficiency analysis of closed-loop reclaiming

上煤 时间段	上煤 总量/t	上煤 时间/h	超载 时间/h	超载 总量/t	平均流量/ (t·h <sup>-1</sup> )
1	703.4	0.914	0.049	60.315 0	744.75
2	450.6	0.562	0.023	27.732 4	779.70
3	302.5	0.411	0.011	12.613 4	723.50
4	648.3	0.872	0.011	12.950 7	737.90
5	422.6	0.553	0.011	12.864 5	754.95
总计	2 527.4	3.312	0.105	126.500 0	748.65

根据表1、表2和表3中数据,通过计算可得到安全运行情况下的上煤平均流量,即某一上煤时间段内、无超载流量情况下单位时间内的上煤流量,计算公式为:安全运行情况下的平均流量=(上煤总量-超载总量)/(上煤时间-超载时间)。系统额定流量设定为950 t/h。

(上接第39页)

系统,充分发挥了PLC可靠性高、抗干扰能力强等优点,实现了固体火箭发动机射线检测过程中的远程、高精度和自动化回转控制。实际应用表明,系统运行稳定可靠、操作简便、实用有效、结构简单,具有很好的应用价值。

#### 参考文献

- [1] 刘富刚,尚玉沛,王丽. 固体火箭发动机高能X射线照相无损检测技术研究[J]. 无损探伤,2005,29(5):10-12.
- [2] 李涛,张乐,赵锴,等. 固体火箭发动机缺陷分析及其无损检测技术[J]. 无损检测,2006,28(10):541-544.

根据表1、表2及表3可知,按照上述三种控制方式下的安全运行平均流量计算,同样上10 000 t煤,固定回转速度控制取料需用17.8 h,角度余弦值控制取料需用15.3 h,而视频流量控制取料只需用13.4 h。

## 5 结束语

本文提出的基于视频流量检测的斗轮机上煤自动控制方法,通过闭环控制方式来控制斗轮机悬臂的回转速度进行取煤,使得上煤系统始终保持一个比较恒定的传输流量。根据效能监测与分析结果,以输送10 000 t煤计算,采用闭环控制方式比原固定回转速度控制方式的上煤时间节省了24.7%,比角度余弦值控制取料方式节省了12.4%,减少了超载时间和超载总量;提高了上煤效率和上煤系统的自动化程度。因此,在堆取料机上推广使用基于视频流量检测的斗轮机上煤自动控制方法是一个很好的方向。

#### 参考文献

- [1] 邹世中. 斗轮机自动菱形堆/取料工作原理简介[J]. 重工与起重技术,2007(3):20-21.
- [2] 何路茵. 臂式斗轮堆取料机取料过程分析[J]. 机械研究与应用,2009(3):129-134.
- [3] 杨珉. 变频技术在煤场斗轮堆取料机上的应用[J]. 广东电力,2004,17(2):83-88.
- [4] 倪君,张祥飞. 堆取料机自动控制规范化探讨[J]. 水泥技术,2008(4):86-88.
- [5] 沈文忠,高幼年,陈刚. 基于图像分析的传输流量检测[J]. 数据采集与处理,2005,20(4):466-471.
- [6] 沈文忠,高幼年,陈刚. 电厂燃料传输流量检测装置的研究[J]. 影像技术,2006(5):15-18.
- [7] 高幼年,沈文忠,张勇. 基于视频传输流量检测的斗轮机上煤系统控制方法的研究[J]. 华东电力,2007,35(6):56-57.
- [8] 陈智勇. 基于计算机视觉技术的斗轮机自动控制系统的研究[D]. 北京:华北电力大学,2004.
- [9] 林凯. 斗轮堆取料机全自动功能的PLC设计[J]. 电工技术,2003(10):32-33.

- [3] 欧姆龙(中国)有限公司. 可编程序控制器 SYSMAC CQM1H 用于分散控制的紧凑型 PLC[R]. 上海:欧姆龙(中国)有限公司,2002.
- [4] 肖洪,孙永. 旋转编码器在斗轮堆取料机回转保护功能上的应用[J]. 矿山机械,2006,34(12):61-63.
- [5] 杨公源,黄琦兰. 可编程控制器应用与实践[M]. 北京:清华大学出版社,2007:186-200.
- [6] 刘喜梅,周春香. PLC 控制系统在工业应用中的抗干扰分析[J]. 测控技术,2009,28(2):96-98.
- [7] 赵毅,李晓辉. PLC 控制系统可靠性的研究[J]. 煤矿机械,2006,27(4):584-586.