

新型自动加球系统的设计

董晓¹, 黄宋魏², 付宏才¹, 孙亮亮¹

(1. 云南农业大学机电工程学院, 云南 昆明 650201;

2. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要:针对目前国内自动加球机存在的问题,从钢球的储存、抓取、疏堵、检测、输送、控制等方面进行研究,设计一种新型自动加球系统,可以由一个PLC控制系统对3台钢球加球机进行控制,并能根据球磨机的有功功率和给矿量自动优化加球量,该系统具有结构紧凑、安装灵活、智能化程度高、功耗低等优点。

关键词:加球设备; PLC控制系统; 球磨机功率; 加球量; 优化控制

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.02.016

中图分类号:TD951 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)02-0068-04

影响球磨机研磨效率的因素较多,其中球磨机钢球量和配比是一项很重要的因素。钢球在研磨过程中不断消耗而需要不断添加钢球。目前我国大多数选矿厂的球磨机都采用人工加球,球磨机钢球添加操作方法为每个生产班期(一般为8h)加一次球,往往造成这种现象:开始时由于钢球量过多而钢耗量过大、磨矿效率低,到后来钢球不断损耗而使磨矿效率不断降低^[1]。这是我国球磨机磨矿效率普遍偏低的主要原因之一。

根据实际调查,球磨机的电耗占选矿厂总电耗的50%以上,可见降低球磨机的电耗是降低选矿厂电耗的技术关键^[2]。球磨机轴功率的大小与球磨机装球率成正向曲线关系,装球率大,轴功率就大,如果装球率过大,由于装球过多,球磨机运转时内层球容易产生干涉,破坏了钢球的正常循环,会降低磨矿效率;而装球率过小,虽然轴功率小,但由于磨矿介质不足,同样要降低磨矿效率。可见,球磨机轴功率的大小取决于球磨机装球率的大小,且装球率的大小又直接影响球磨机的磨矿效率^[3-4]。当球磨机确定了它的作业位置和所磨剥的矿石性质以后,都存在最佳装球率,而这个最佳装球率需要在实验和生产实践中测得。理论和实践证明,使球磨机的装球率始终保持在合理状态,可以提高磨矿效率5%以上。实现这种理想装球率状态的重要手段就是装

备自动加球系统^[5]。

目前,国内自动加球设备仍然存在许多不足,主要表现在:(1)每一种规格钢球要求配置一台自动加球系统,一台球磨机往往需要配置多台自动加球设备。(2)自动加球系统支架过高,总体占用空间过大,现场安装困难。(3)自动加球系统要求安装在球磨机的旁边,不仅占用现场设备检修空间,而且也不便于自身检修。(4)不能自动判断球磨机的装球率状态和根据球磨机的实际需要自动加球。

1 抓球机的设计

1.1 总体结构设计

新型自动加球系统可以根据实际需要,由1~3台抓球机组合而成,每台抓球机的结构大致相同。其总体结构见图1。

1.2 主要部件的设计

新型自动加球系统主要部件包括:振动式储球箱、球道、提升装置、输送溜槽、传感器、PLC、触摸屏计算机以及辅助装置等。各主要部件的结构如下:

(1) 振动式储球箱

由箱体和振动器组成,主要用于存放钢球和在振动作用下疏通阻塞与输出钢球,钢球输出进入缓存球道。箱体和缓存球道上设有传感器,用于检测箱体钢球的物位和缓存球道有无钢球存在,无球时

收稿日期:2016-01-18

作者简介:董晓(1990-),女,硕士研究生,主要研究方向为工序自动化。

通讯作者:黄宋魏(1966-),男,教授,昆明理工大学国土资源工程学院,E-mail:594770837@qq.com。

自动启动振动器输出钢球。储球箱上设有可调节挡板,可以根据钢球的尺寸进行调节。振动式储球箱结构见图 2。

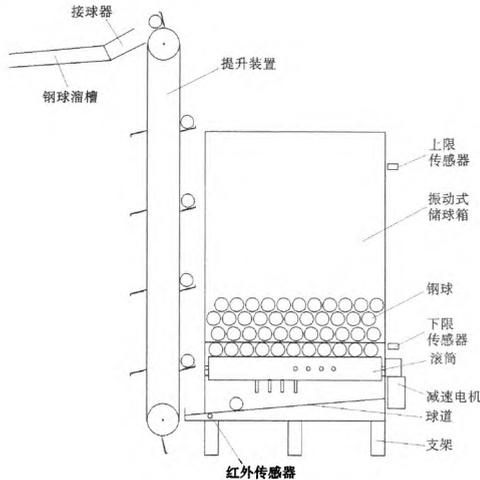


图 1 自动抓球机结构

Fig. 1 Diagram of New type of automatic feed-ball system

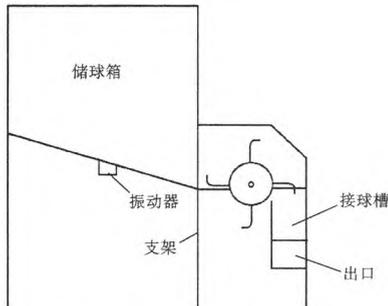


图 2 振动式储球箱结构

Fig. 2 Diagram of vibratory ball storage box

(2) 加球滚筒和球爪

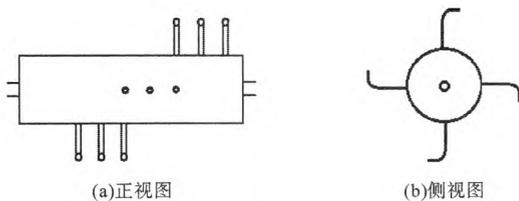


图 3 抓球滚筒结构

Fig. 3 Diagram of roller with catching the ball

当加球设备工作时,电动机带动加球滚筒^[6]旋转。在加球滚筒的表面安装着若干球爪,当滚筒旋转时,球爪顺序进入球箱,将球箱出口处过球板上的钢球抓出,随后被提升机上的球爪抓走。抓球滚筒

的结构见图 3。

(3) 过球板

储球箱出口处安有过球板,过球板与滚筒的球爪交叉衔接,当钢球从储球箱出来时滚到过球板上,滚筒旋转,球爪将过球板上的钢球抓出,放入接球槽。为保证球爪能够顺利抓到钢球,过球板和球爪之间的衔接是技术的关键,需进行多次模拟确定最佳衔接度。过球板见图 4。

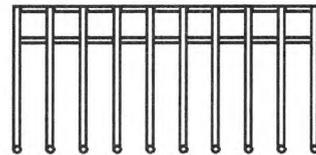


图 4 过球板结构

Fig. 4 Diagram of the board with ball passing

(4) 提升装置

提升装置主要由链条提升机和球爪组成。链条提升机运行时,球爪抓起钢球运送到高处,并通过管道将钢球输送到球磨机给矿口。为了提高运行效率,提升装置上设有多个球爪。

(5) 组合式机体

为了节约安装空间,新型自动加球系统的机体可以根据需要组合使用。机体对接包括箱体对接和输出溜槽的对接,多种钢球共用一条溜槽,并且根据需要输送到不同的球磨机。

(6) 多参数检测

新型自动加球系统提供多个参数在线检测功能,如加球量、储箱钢球物位、缓存球道钢球量、提升装置电机电流、球磨机功率等。采用红外光电传感器检测加球量、储箱钢球物位、缓存球道钢球量,采用功率变送器检测球磨机的功率。

(7) 钢球输出控制

钢球从球箱到球磨机,需要经过球道、抓球装置和提升装置、输送溜槽等环节,必须保证所有环节畅通才能实现自动加球系统正常运行。根据单位时间内输出钢球数量的大小判断是否有储箱的堵球现象,进而自动启动振动器进行处理并报警。

2 新型自动加球系统的工作原理和主要功能

2.1 工作原理

储球箱的钢球在重力和振动器的振动作用下,

从储球箱输出到球道,并沿着球道来到提升装置旁边的挡条,提升装置带着抓球爪经过钢球位置时,将钢球抓住并随链条一起向上运行,当钢球到达接球器时,钢球在重力作用下落下,并沿着接球器和钢球溜槽滚动,最后到达目标球磨机。输出钢球的数量由安装在球道输出端的红外传感器检测。控制系统自动计算单位时间内的输出钢球数量,当单位时间内的输出钢球数量小于一定值时,即认为出现了堵球,然后再启动储球箱的振动器,从储球箱将钢球输出到球道。储球箱设有上限红外传感器和下限红外传感器,用于对钢球物位超限进行报警。抓球和提升装置的电动机上设有电流变送器,用于检测电动机的电流,当电动机出现过载时,电流会严重超限,控制系统将自动进行报警并立即切断电动机的电源,从而保护电动机。

2.2 功能特点

与现有的自动加球机比较,本新型自动加球系统具有以下功能特点:

(1)加球装置由储球箱、振动式底板、球道、提升装置等组成。首先通过振动式底板将钢球从储球箱输出到球道,然后从球道输出到提升装置,再由提升装置输送到溜槽,后进入球磨机。由于关键环节设有振动作用,可以避免堵球现象。

(2)钢球由提升装置从低处输送到高处,储球箱可以设计得很低,从而大大节省设备空间,避免了现有自动加球机安装在球磨机旁边、支架高、占用大量场地、不便于检修的问题。

(3)钢球通过较长的管道溜槽输入球磨机,加球机可以安装在远离球磨机的适当位置,因此,可以适用于各种现场。

(4)加球装置为组合式。一种钢球需要一个加球装置,装置可以组合在一起使用,也可以分离使用,提高了设备使用的灵活性和适应性。

(5)新型自动加球系统具有储球箱料位检测、堵球判断、球数检测、用量累计、过载保护等功能,还可以根据设备运行情况自行启动振动器。

(6)采用大减速比减速电机与变频器结合的方式,可以在大大减小滚筒电机功率(0.25 ~ 0.55 kW)的同时获得足够的转矩。

(7)控制系统利用触摸屏进行显示和设定,提供加球量的记录和历史数据查询功能。

3 控制系统的硬件配置

为了实现提出的功能,新型自动加球系统做图5的硬件配置。控制系统^[7]采用PLC作下位机、触摸屏计算机作为上位机,采用光电传感器、电流变送器等作为检测手段,对输出钢球数、储球箱钢球物位、滚筒电机电流进行检测,通过自动分析,判断加球机、输送装置的运行状态,并根据运行状态控制加球机和输送装置。控制系统还接入球磨机的有功功率信号和给矿皮带的电子皮带秤信号^[8],根据给矿量计算钢球补加量,根据球磨机的有功功率判断球磨机的钢球状态,从而进行球补加量的修正,以达到加球量的优化控制。

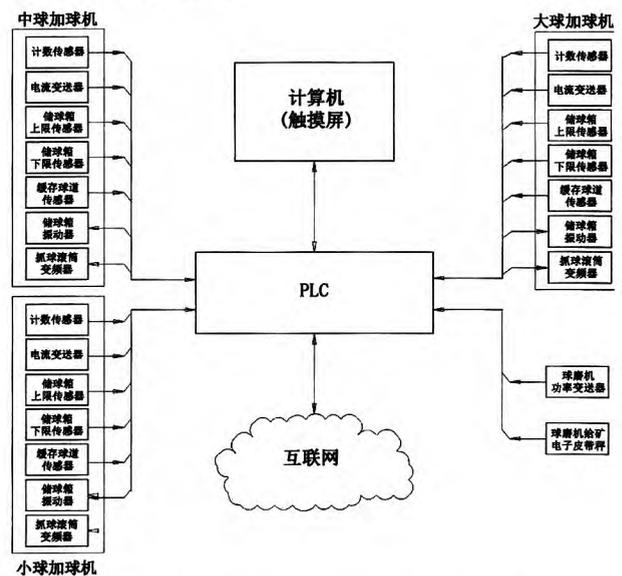


图5 新型自动加球系统硬件配置

Fig. 5 Hardware configuration diagram of new type of automatic feed-ball system

4 球磨机加球量的优化控制

目前,国内加球控制是假设磨球损耗率是恒定的,但在矿物研磨应用中并非如此,在研磨时磨球损耗率是与磨介的性能、矿石性质和球磨机的内部作业条件相关的。在介质的物理性能保持不变时,矿石性质和球磨机内部作业条件也会发生变化,所以,磨球损耗率随时发生改变是符合实际的。为适应这一变化,加球率也应相应改变,难点在于即时预测磨球损耗率^[9]。

球磨机的转动功率是钢球量及其他一些因素的

函数,这些因素包括球磨机速度、筒体设计、矿浆密度、磨介密度等。若其他参数保持不变,钢球量就可由球磨机的转动功率计算得出。试验表明:由于矿石构成引起的作业条件的改变,如矿浆密度、矿石粒度、循环负载以及操作人员的人为影响,使得其他参数并非为恒值。所以,自动加球系统的控制方法理应考虑磨球损耗率随时改变及球磨机转动功率与钢球量相关的因素^[10]。

对加球控制采取动态跟踪方式,在球磨机运行时,使用钢球损耗率来计算球磨机内钢球数量的减少量。在球磨机生产运行中,钢球损耗率与球磨机的给矿量有一定关系,可以根据一段时间内的矿石处理量和钢球损耗量算出。因此,根据给矿量算出理论钢球损耗量,并作为控制系统预设的钢球数量,控制加球机输出一定量的钢球。同时,自动加球系统根据球磨机功率检测值来修正钢球量设定值,其方法为:首先设定一个目标功率值,这一功率值可以与处于所需要钢球量时的转动功率值相对应,如果实际转动功率比目标值高,控制系统就认为钢球量过高,只能加入少量的钢球或不加钢球,反之亦然。所以,钢球损耗率值的调整与功率偏差值、持续时间相关,钢球损耗率的改变过大或过快都是非常危险的。因此,需要对损耗率的值和控制程序的变化进行限制。

5 结 语

(1)自动加球设备在提高球磨机研磨效率方面效果显著,近年来在我国磨矿作业中得到了较为广泛的应用。但是自动加球设备的性能和质量良莠不齐,不少加球设备现场应用效果并不理想;解决加球

过程中的堵球、卡球和准确计量问题是实现自动加球的关键,因此提高自动加球设备的可靠性和智能化程度是目前自动加球设备研究的重点。

(2)新型自动加球系统能够准确识别和计算加球量,根据实际需求及时、按量自动完成钢球补加;该系统结构紧凑、动作可靠、加球量准确、安装灵活,在优化球磨机磨矿工艺、保障球磨机钢球填充率、提高球磨机效能等方面可发挥重要作用。新型自动加球系统的设计思路可供现有加球设备参考,在选矿领域具有推广价值,应用前景比较广阔。

参考文献:

- [1]袁传信. 采矿球磨机的控制系统设计[J]. 信息系统工程, 2012(2): 125-126.
- [2]吕佳, 杨月. 球磨机在我国的发展现状分析[J]. 科技创新与应用, 2015(10): 106.
- [3]宋代广, 包其仕, 庞科旺. 球磨机自动加球模糊控制系统设计[J]. 金属矿山, 2014(4): 143-145.
- [4]孙军锋, 董为民, 张建勇. 填充率与转速率对球磨机功率影响的研究[J]. 矿山机械, 2009(9): 76-78.
- [5]陈辉. 智能加球机的研制与应用[J]. 黄金, 2015, 5(36): 43-46.
- [6]贾永红. 球磨机新型自动加球机的研制与应用[J]. 金属矿山, 2005(12): 54-56.
- [7]黄宋魏. 工业过程控制系统及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015. 134-156.
- [8]宋立中, 曾文莲. PLC与变频器在磨矿控制系统中的应用[J]. 自动化应用, 2015(8): 85-88.
- [9]王峰, 陈国成. 球磨机钢球添加自动化控制系统的设计应用[J]. 山东煤炭科技, 2015(5): 102-104.
- [10]梁艺鹤, 李林. 球磨机自动加球[J]. 矿业快报, 2001(4): 17-22.

Design of a New Type of Automatic Feed-ball System

Dong Xiao¹, Huang Songwei², Fu Hongcai¹, Sun Liangliang¹

(1. Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan, China;

2. Faculty of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: Considering the existing problems of domestic automatic feed-ball machines, we research steel ball in aspects of storage, capture, dredging and blocking, detection, transportation, control and so on. A new type of automatic feed-ball system which can fulfill a control system that controls 3 feed-steel-ball machines by PLC, and can optimize feed-ball quantity, was designed according to the active power of ball mill and ore-feeding quantity. This system has the advantages of compact structure, flexible installation, high intelligence and low power consumption.

Keywords: Feed-ball equipment; PLC control system; Power of ball mill; Feed-ball quantity; Optimal control