

球磨机自动加球设备现状及发展

张元元,黄宋魏,和丽芳,司 绪,郝鹏宇
(昆明理工大学国土资源工程学院,云南 昆明 650093)

摘要:自动加球设备是提高球磨机效率的重要设备。本文对我国目前主要的几种自动加球设备的结构、原理、特点和不足之处进行了介绍,指出了自动加球设备的发展方向,为自动加球设备的开发应用提供重要参考。

关键词:自动加球设备;系统结构;工作原理;性能特点;发展方向

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.04.004

中图分类号:TD951 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)04-0016-05

影响球磨机研磨效率的因素较多,其中球磨机钢球量和不同直径球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,目前我国绝大多数磨料作业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8 h)加一次球。这种加球方式很不合理,往往出现这种现象:开始时由于钢球量过多而钢耗量过大、磨碎效率低,到后来钢球不足而使磨碎效率进一步降低。这也是我国球磨机磨碎效率普遍偏低的主要原因之一。

根据调查,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。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,由于磨矿介质不足,同样会降低磨矿效率。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。当球磨机确定了它的作业位置和所磨剥的矿石性质以后,就存在较佳装球率,而这个较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。

目前,我国许多选矿厂的球磨机加球依靠人工完成,劳动力和劳动强度都比较大,由于客观条件的限制,加球及补球按较佳配比是比较困难的。我国人工加球的方式有多种:有的是工人用手或铁锹往球磨机里添加,有的是吊车通过加球漏斗往球磨机里加球。这样的加球方法不仅加球量不准确并不及时,而且随着球磨机的大型化,也不能满足加球的量和速度。并且人工给球磨机加球,是不科学的,不符合球磨机工作的规律,钢球之间会出现磨损消耗做无用功。下面介绍几种常用的自动加球设备。

1 滚筒式自动加球设备

1.1 滚筒式自动加球设备的结构

滚筒式自动加球设备比较常用,由于结构简单、维护方便,深受用户的欢迎。图1为一种比较典型的滚筒式自动加球设备的结构。

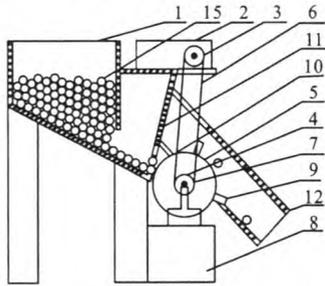
由图1可见,滚筒式自动加球设备的上传动轮的轮轴与电机组的传动轴相连接,并且通过皮带使上传动轮和下传动轮相互连接;滚筒和下传动轮固定并串接在一根中轴上;底座支撑中轴两端;至少四个托板均匀设置在滚筒外缘,并且它们对应机体输出口处;机体输出口上方设置挡板,该挡板与底端面 and 随滚筒转动的托板外缘对应;输送槽设置在滚筒

收稿日期:2015-12-03

基金项目:国家自然科学基金项目(51204077);昆明理工大学自然科学基金项目(2014-9-X-8)

作者简介:张元元(1986-),女,硕士研究生,主要从事选矿自动化技术研究。

一面的侧壁上,该滚筒一面的侧壁与机体对应;皮带和滚筒位置与输送槽对应并设置开口。皮带是三角形皮带,滚筒和下传动轮设置为一体。



1-体;2-电机;3-上传动轮;4-下传动轮;5-滚筒;
6-皮带;7-中轴;8-底座;9-托板;10-出口;
11-挡板;12-输送槽;15 钢球等

图 1 滚筒式自动加球设备结构

Fig. 1 Roller type automatic ball adding device

1.2 滚筒式自动加球设备的工作原理

储球箱的钢球在自身重力作用下落入挡板的前面,并排列在出口上。电机通过皮带带动滚筒转动,滚筒上的托板经过出口处时,将钢球托起,并随滚筒一起转动,最后落入输送槽,并沿输送槽运动浸入球磨机中。输出钢球的数量由安装在输送槽的红外传感器检测。

1.3 滚筒式自动加球设备的特点

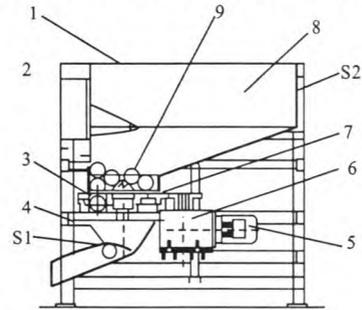
该滚筒自动加球机有缓冲传动组件受力强度的作用,能够使钢球在被托起传动的时候,避免会出现卡死的情况,这样该滚筒自动加球机有防止此卡死的功能,同样电机中传动的拨齿和销轴及由于传动原因就避免了磨损和折断,这样就延长了该滚筒自动加球设备的整个使用寿命^[1]。

2 转盘式自动加球设备

2.1 转盘式自动加球设备的结构

转盘式自动加球设备高效简便、实用价值高。图 2 为一种比较典型的转盘式自动加球设备的结构。转盘设置在机架内上方,该球仓是漏斗状的,检球转盘设置在球仓下部的出口下方,该检球转盘和减速机构相连接并通过电机转动,检球孔设置在检球转盘上,该检球孔的下方设有出球槽,光电开关安装在出球槽的出口处,光电开关装置在球仓侧壁上,钢球放置在储存球仓中。自动控制装置装在电控箱内,它分别由总开关、控制回路开关、主回路开关、热

继电器、电动机、主控制器、远程控制开关、文本显示器、光电传感器组成加球机的控制电路。



1-机架;2-按钮;3-检球孔;4-出球槽;5-电机;
6-减速机构;7-检球转盘;8-储存球仓;9-球;
S1 和 S2-光电开关

图 2 转盘式自动加球机设备结构

Fig. 2 The structure chart of the rotary table type automatic adding machine

2.2 转盘式自动加球设备的工作原理

在加球机控制电路中,一个光电传感器设置在出球槽出口处,另一个光电传感器放置在球仓的侧壁,三位开关、两个按钮、四个指示灯设置在电控箱面板上。通过三位开关,可以方便的选择使用手动、主控制器 CPU 自动、远程控制这三种方式来操作控制加球机的工作。四个指示灯的作用是显示接电、运行、故障、球仓缺球这四种信号,同时把次信号输送凹主控制器,经过处理再控制加球机的运行。文本显示器的作用是预置程序或通过远程控制信号来调节加球速度。主控制器和光电传感开关的组合方便对加球数的统计和对球仓监测确定是否缺球,可以有有效的控制自动加球设备加球的数量和质量。

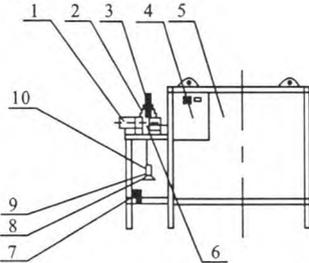
2.3 转盘式自动加球设备的特点

转盘式自动加球设备具有手动、自动和远程控制这三种操作控制方式,这三种控制方式能够实现加球,同时对加球的数量和质量能够控制和调整,这样就很大程度上提高了球磨机的工作效率和球磨的质量。该转盘式自动加球机主要特征是有一个有检球孔的检球转盘,该检球转盘设置在球仓和出球槽之间的,检球转盘上的检球孔是用来检测球径的大小。通过光电传感的开关和主控制器的 CPU 的配合能够统计加球数和判断球仓是否缺球,从而能够准确控制加球的数量和质量,同时也解决了卡球、搁球的问题,这样就提高了球磨机磨矿的效率和质量^[2]。

3 吸盘式自动加球设备

3.1 吸盘式自动加球设备的结构

吸盘式自动加球设备结构新颖、功能可靠、技术先进、安装方便。图 3 为一种比较典型的吸盘式自动加球设备结构。



1-电动直线减速机;2-小车;3-电动直线减速机;
4-控制箱;5-机体;6-电容式传感器;7-对射式检测开关;
8-吸盘式电磁铁;9-固定轴套;10-缓冲弹簧

图 3 吸盘式自动加球设备结构

Fig.3 Sucker type automatic ball adding device structure diagram

3.2 吸盘式自动加球设备的工作原理

水平电动直线减速电机带动小车,小车可以到储料槽处的钢棒或钢球的上方,当钢棒或钢球经过料仓通到储料槽时,垂直电动直线减速机带动吸盘式电磁铁向下运动,该吸盘式电磁铁吸住钢棒或钢球向上运动,直线减速机带动小车,小车运动到下料槽上方的时候,电磁铁断电,使钢棒或钢球经过下料槽滚入球磨机中,钢棒或钢球通过对射式检测开关完成了自动计数。电容传感器能够控制小车和电磁铁运行的极限位置。

3.3 吸盘式自动加球设备的特点

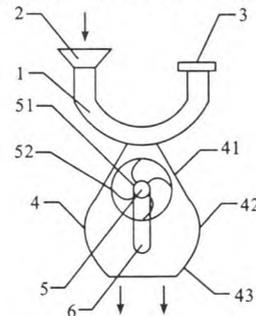
吸盘式自动加球设备可以应用到添加钢球、钢棒及异形工件的球磨机,拥有新颖的结构、先进的技术、可靠的功能和便利的安装等优点。并且在球磨机作业的时候,能够实现定时定量并按比例的补填各种钢球或钢棒,提高磨矿机的效率,它和电子智能控制系统的结合能够精确的记载工件的添加数量和累加数量,实现了控制的简单化、动作的灵敏性和工作的安全性^[3]。

4 U 型自动加球设备

4.1 U 型自动加球设备的结构

U 型自动加球设备高效便捷,极具实用价值,得到了用户的认可。图 4 为一种比较典型的 U 型自动加球设备的结构图。U 型自动加球设备有“U”形

弯曲的进料管,通过进料管,钢球能进入漏料筒的上端,根据叶片轮的转速,可以实时调整钢球挡拨速率,进而调整钢球整体的进给速率,在进料管的两端分别有圆锥进料口和透气盖体,进料管的底部有漏料筒,由上至下,漏料筒具有扩张段、过渡段、收缩段,扩张段是向外延展的,过渡段是圆弧形弯曲的,收缩段是向内延展的。扩张段在漏料筒的内控中并且钢球进给速率调整装置设置在扩张段处。钢球进给速率调整装置拥有电动转轴,叶片轮安装在电动转轴上,同时电动转轴安装在竖直滑轨上。变频电机驱动电机转轴,漏料筒内有竖直滑轨。



1-进料管;2-圆锥进料口;3-透气盖体;4-漏料筒;
5-钢球进给速率调整装置;6-竖直滑轨;41 扩张段;
42-过渡段;43-收缩段;51-电动转轴;52-叶片轮

图 4 U 型自动加球设备结构

Fig.4 Utype automatic ball adding machine equipment structure diagram

4.2 U 型自动加球设备的工作原理

钢球通过进料管进入漏料筒的上端,再通过漏料筒的向外延展的扩张段、圆弧形弯曲的过渡段和向内延展的收缩段,变频电机驱动电动转轴,这样可以转动叶片轮,利用叶片轮的转速,实时调整钢球的挡拨的速率,从而调整钢球整体的进给速率,最后通过漏料筒内的竖直滑轨进入球磨机。

4.3 U 型自动加球设备的特点

U 型自动加球设备结构简单,钢球进入漏料筒的上端,是通过进料管的,这样就可以通过叶片轮的转速,实时调整钢球的挡拨速率,这样就可以能够高效便捷的调整钢球的进给速率,变频电机驱动电动转轴,在漏料筒内有竖直滑轨^[4]。

5 自动加球设备存在的主要问题及改进措施

5.1 卡球、堵球及改进措施

目前市场上出现的自动加球设备,实际效果并不理想,球磨机频繁出现钢球卡住、堵球等现象,并

且很难实现各种规格钢球的混装补加,保证不了球磨机的填充率和球径保持在合理的范围内,以及球磨机能够高效低耗的运作。

自动加球设备采用各种办法来解决此问题,有的自动加球设备本身具有一个挡球片,此挡球片的作用是为了使钢球能够顺利落入球窝,在旋转滚筒的帮助下进入接球筒,最终进入球磨机,挡球片代替了抓球装置,这样不但减少了卡球、堵球的问题,还可以节省成本,设备也比较简单;有的自动加球设备设置一对松料滚筒,松料滚筒在运转的过程中,能够稍微改变出口处钢球的位置,从而打破堆积钢球的力平衡,使钢球处于松动状态,这样就在某种程度上解决了卡球、堵球的问题,同时也提高了设备的可靠性和稳定性;还有有的自动加球设备综合使用该设备的挡板、拨球板和焊接在滚筒表面的抓球爪,这样能够调节不同规格的钢球,使其不容易卡球。

5.2 不能根据球磨机实际需要自动补加各种钢球

球磨机在运行过程中需要根据球磨机的实际装球状态合理添加钢球,比如:球磨机根据给矿量、球磨机的运行噪声、球磨机的出料粒度和球磨机轴的功率等因素,判断球磨机的钢球负荷状态,进而合理控制钢球添加量,使球磨机处于最好的装球率状态,但目前我国市场提供的自动加球设备,其加球量基本上仍需要人工设定,无法自动根据球磨机的实际需要(钢球量和钢球配比等)进行控制。

5.3 抓球不准及其改进措施

目前使用的自动加球设备由于储球箱内的钢球对球爪带来挤压,造成球爪变形,因此就会出现卡球、堵球甚至抓球不准的情况,并且维护也不方便,实用效果不佳。有的自动加球设备在设计的时候,滚筒的周围焊接3~4组球爪,并且成一定的角度,每个球爪是由三个齿爪组成,多组球爪在加球的时候经常出现不能准确抓球的情况。为了解决抓球不准的问题,现在市场已经出现几种自动加球设备,它能够保证每抓一次球能够实现,不会出现漏球的现象,抓球更可靠、精确、效率高,并且该球爪不容易断裂,会更牢固。例如,一种自动加球设备拥有一个刀片式球爪,该球爪的设计是上窄下宽,顶部是圆角的,并且该球爪的底部和滚筒的焊接是弧形的,球爪是平行的。这样的设计使得球爪避免因受力发生弯曲变形。同时根据钢球球径的不同,设计出两种大小的球爪,大球对应着大球爪,小球对应着小球爪,这样就可以保证每个球爪一次只抓一个钢球,保证能够精确抓取钢球^[5]。

5.4 存在占用空间大和不便于安装的情况

由于每台球磨机往往需要添加1~3种钢球,这就要求每种钢球需要配置一台自动加球设备,目前的自动加球设备通常安装在球磨机的旁边,依靠钢球重力自行落入球磨机的给料口。自动加球设备支架过高,总体占用空间过大,这样就造成了现场安装困难。许多自动加球设备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。占用空间大的问题,使自动加球机的应用受到限制。

6 自动加球设备的发展方向

6.1 智能化

区别于以往的机电化自动加球设备,先进的智能化自动加球设备由计算机系统控制,具有以下功能:(1)能自动检测储球仓有无球和卸球堵球,具有加球机的自动连锁、电子防盗报警、过载保护、储球仓的报警检测等功能;(2)使用自动化的方式来提高加球设备加球水平,同时具有定时、定量连续加球的功能;(3)可以自动设定时间和补加钢球,并且有手动方式,具有自动识别钢球数量和种类的功能,可以显示历史数据;(4)计算机利用触摸屏作人机界面设定和查询控制系统的参数,具有各种钢球混装补加功能,识别钢球种类、数量、大小,简便的参数化的操作界面,能够精确控制钢球的配比;(5)自动加球设备和球磨机组成一个整体,将球磨机的处理量信号以及球磨机运行参数的传感器信号引入控制系统,通过软件系统对相关数据分析,获得球磨机的装球量状况,进而合理控制球磨机的加球量。

6.2 网络化

通过计算机网络通信,设计与自动加球设备的控制模块连接,通过人机界面远程操作和调整自动加球设备的有关工艺参数。自动加球设备根据信息化方式跟磨机形成自动连锁和自动运行功能,并将数据上传给控制柜的计算机中,自动加球设备运行的有关历史曲线就形成了,在计算机的操作面板能够查询。网络计算机采集加球数量和球磨机处理能力计量球的消耗信号,根据安装的计数装置的信号,把出球量的数据传送到控制系统,不需要工作人员干预,自动计数得出的数据能够通过数据线传给计算机并且储存历史数据和曲线。

7 结 语

我国拥有数万家选矿厂和数十万台球磨机,而

球磨机的电耗一般占到选矿厂总电耗的一半以上,因此提高球磨机的效率以减低电耗一直是我国选矿界研究的重点课题。由于自动加球设备在提高球磨机运行效率方面效果明显,近年来愈加受到选矿界的重视,并且逐渐在选矿厂得到了广泛的应用。随着高性能自动加球设备的不断推出,以及选矿企业对自动加球设备认识的不断深入,自动加球设备必将成为选矿厂不可或缺的重要设备,在选矿厂节能降耗方面发挥重要的作用。

参考文献:

[1]郝金朝. 滚筒自动加球机[P]. 中国:201020655682. 7, 2010-12-13.
 [2]马士强. 转盘式自动加球机[P]. 中国:201020559361. 7,

2010-10-13.
 [3]许江文. 一种球磨机用吸盘式自动加球机[P]. 中国:201420132792. 3,2014-03-19.
 [4]王兴刚. 自动加球机[P]. 中国:201420064068. 1,2014-02-13.
 [5]崔万钧. 一种自动加球机刀片式球爪[P]. 中国:201220419855. 4,2012-08-23.
 [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.
 [8]钟志勇. 新型自动加球机的研制及应用[J]. 矿冶工程,2003,23(6):35-37.

A Survey of Automatic Ball-adding Equipment in China

Zhang Yuanyuan, Huang Songwei, He Lifang, Si Xu, Hao Pengyu

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The automatic ball-adding device is an important equipment to improve the efficiency of ball mill. In this paper, the structure, principle, characteristics and shortcomings of several automatic ball adding devices are introduced, the development direction of the automatic ball-adding device is pointed out, and an important reference for the development and application of the automatic ball-adding device are provided.

Keywords: Automatic ball adding device; System structure; Working principle; Performance characteristic; Development direction

(上接 34 页)

参考文献:

[1]周延熙,徐晓军. 有色金属矿产资源的开发及加工技术:选矿部分[M]. 昆明:云南科技出版社,2000.
 [2]周晓四,王少东,李志章,等. 云南某难选铜矿的选矿工艺研究[J]. 有色金属:选矿部分,2012(6):11-15.

[3]陆智,魏宗武. 提高云南某铜矿回收率的浮选试验研究[J]. 中国矿业,2009,18(增):215-218.
 [4]胡为柏. 浮选[M]. 北京:冶金出版社,1982.
 [5]谢贤,童雄,张汉平,等. 云南某铜矿选矿试验研究[J]. 云南冶金,2008(6):24-26.

Experimental Research on the Beneficiation Technology for a Mixed Copper Ore

Wang Xianqiang, Ge Baoliang, Fu Yanxiong, Zhang Jinlu, Yang Chungang
 (Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The grade of Cu taken from Sichuan mixed copper ore is 0.77% and that of Ag is 8.2g/t. The copper minerals mainly contain copper sulfide, such as chalcocite. The main copper oxide mineral is mainly malachite, the oxidation rate of the copper is 16.88% and the combined copper oxide accounts for 10.39%, belonging to the low-grade mixed copper ore. According to the characteristics of the ore, the article conducts the copper sulfide flotation first, then the copper oxide flotation. On the conditions of appropriate grinding fineness and reagent system, the closed-circuit test process of is one-stage grinding, two roughing, one cleaning, and one scavenging was adopted. A copper concentrate containing 25.76% of Cu with recovery rate of 85.74%, including 258.21g/t of Ag, was finally obtained.

Keywords: Mixed copper ore; Preferential flotation; Technical process; Reagent system