

文章编号: 0253-9993(2008)02-0228-04

三产品重介旋流器堵塞故障诊断与监测方法

武 兵, 熊诗波, 马维金

(太原理工大学 机械电子工程研究所, 山西 太原 030024)

摘 要: 通过对某选煤厂的2台三产品重介旋流器的连续监测, 获得了2类卡堵故障的加速度信号, 经分析认为, 是由于堵塞发生在不同位置产生的同类故障的不同表现. 通过对不同状态下信号波形的均方根值进行比较, 分析结果显示卡堵故障发生时的均方根值均比正常状态高(或低)数倍以上. 由此提出了用均方根值的变化进行旋流器卡堵故障监测的方法, 并分析了造成这一能量变化的原因. 结果表明, 此方法能够快速、准确地进行实时报警, 大大缩短故障排除的周期.

关键词: 三产品重介旋流器; 堵塞; 故障诊断; 故障监测

中图分类号: TH165.3 文献标识码: A

The block up fault diagnosis and monitoring method of the 3-product heavy-medium cyclone

WU Bing, XIONG Shi-bo, MA Wei-jin

(Research Institute of Mechanic-electronic Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: After monitoring two 3-product heavy-medium cyclones with three accelerate sensors at the respective feed gate, the normal state and fault state signals were collected, two kinds of signals were processed by RMS (Root Mean Square) and kurtosis. The results show that the RMS change is more than 2 to 20 times between fault and normal signals. But the kurtosis change is inconspicuous. Based on the above results, a fault monitoring method was proposed with supervising the change of RMS. It can implement the real-time alarming and shorten the period of fault eliminated.

Key words: 3-product heavy-medium cyclone; block up; fault diagnosis; fault monitoring

随着重介旋流器洗选技术及配套工艺设备的成熟及完善, 重介质选煤技术的应用愈来愈广泛, 大有取代其他选煤方法之势. 因此, 深入研究、大力发展旋流器选煤技术, 保障其可靠运行更具深远意义^[1]. 重介旋流器选煤技术, 具有分选精度高、密度调节范围宽、处理量大等特点, 在高硫难选煤脱硫、降灰中效果显著.

虽然原煤进入重介旋流器之前一般都设有除杂、破碎、限粒等工序, 但由于煤质变化、人为因素或前置相关设备损坏后造成的大粒度物料进入旋流器造成卡堵, 会给生产带来一定的困难和不必要的经济损失. 本文对此故障的发生和诊断进行了研究和测试, 提出了相应的监测方法.

1 无压给料三产品重介旋流器工作原理

无压给料三产品重介旋流器的结构如图1所示. 其结构是由圆筒形1段旋流器和圆筒锥形2段旋流器

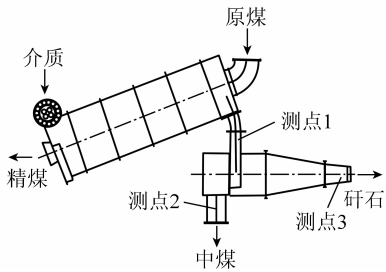


图1 无压给料三产品重介旋流器结构

Fig. 1 Representation of 3-product heavy-medium cyclone

段类似。

无压给料三产品重介旋流器有如下特点：分选精度高；能以单一低密度重介质悬浮液一次分选出质量合格的精煤、中煤和矽石；实现不分级、不脱泥入选等。由于该技术能够明显提高选煤效率、简化工艺、减少投资、降低生产成本，因此无压给料三产品重介旋流器在选煤行业得到了广泛推广^[2]。

2 造成旋流器堵塞的原因

从大型无压给料三产品重介质旋流器的工艺上看，其2段筒体采用圆筒圆锥型结构，2段旋流器入料口及底流口尺寸限制了设备的处理能力，尤其不适于分选中煤和矽石含量大的原煤^[3]。另外，在原煤进入旋流器之前的各工序和环境造成的超限物料混入的原因^[4]有：入洗原煤的除杂及限粒管理没引起足够的重视；源头上矿井掘进巷道推行锚网支护、铁丝网等金属回收未引起重视，进入洗煤系统的金属未除尽，铁丝、钢筋等金属在2段入料口处及矽石出料口聚集，造成堵塞（特别是这两处磨损严重，未及时更换时尤其明显）。杂物及超限粒堵塞旋流器2段入料口及矽石出料口，处理需要时间而且影响生产。

当重介质旋流器2段入料口存在卡堵时，重介质旋流器无法正常工作，整个入洗原煤都从精煤出料口排出，导致精煤受到混煤和矽石的污染；当重介质旋流器矽石出料口卡堵时，旋流器的2段不能进行正常工作，矽石从中煤出料口排出，导致混煤受到矽石的污染；有时中煤出料口也会产生卡堵，造成损失。

重介质旋流器中的卡堵问题会给企业带来严重的经济损失，尤其是当2段入料口卡堵时，整个入洗原煤都从精煤出料口排出。处理方法通常是精煤脱介筛司机（或监控室）发现筛面上有一定量的可见矽，此时精煤筛司机立即通知精煤罐司机把入罐精煤胶带中部的分煤器放下，把被污染的精煤掺入混煤；同时需要抽调人员从混煤里把矽石捡出；卡堵处理好开车，新洗的精煤冲洗完精煤分料箱及精煤弧形筛后，当精煤脱介筛上不见矽石时，分煤器才能提起，精煤方可正常入罐。

处理过程通常需要10~20 min，数十吨精煤只能成为混煤。尤其在卡堵现象较频繁时，会造成较大的经济损失。因此，尽早发现卡堵现象，及时预警和处理尤为重要。

3 旋流器堵塞的诊断及监测方法

由于旋流器工作在高噪声复杂环境下，确定利用加速度传感器作为信号拾取较为合适。通过上述旋流器工作过程分析，并经过多次监测和试验，确定了传感器的布点选择在2段入料口、中煤出料口和矽石出料口的中间位置，如图1所示。由于精煤出料口几乎没有发生堵塞的情况，因此未做监测。

根据旋流器的工作状态和堵塞故障程度，将旋流器的工作状态分为正常、卡堵和堵溢3种。正常状态包括供煤和不供煤2类；卡堵状态就是旋流器内部发生了卡堵现象，但还能够部分通过，该状态往往不易察觉；堵溢状态是发生严重卡堵，管道堵塞，悬浮液从溢流口外溢的状态。

3.1 各工作状态的数据分析

通过对邢台矿选煤厂的2台重介旋流器的连续测试，监测到除正常运行状态外（图2）的2类故障状态。这2类故障虽然监测到的加速度波形不同，但是故障现象类似，都发生了卡堵，并在一段时间后产生

并式串联组成。重介悬浮液以一定的工作压力沿切线方向进入1段旋流器，原料煤则从顶端的人料口沿轴向以自重方式进入，在离心力的作用下，重物料向旋流器壁移动，在外螺旋流的轴向速度作用下由底流口排出，进入2段旋流器，轻物料则移向空气柱，并随着中心内螺旋流由位于中心底部的溢流管排出；随同1段重物料进入2段旋流器的是经过浓缩的较浓和较粗的重悬浮液，这就为1段重物料进入2段分选创造了密度条件；进入2段旋流器的物料其分选过程与1

堵溢现象. 通过对加速度信号时域波形进行均方根和峭度分析, 结果显示, 3 类状态信号的峭度变化不明显, 而均方根值在故障状态下发生较显著的变化, 因此, 本文以均方根值为依据进行诊断分析. 所有测试过程采样率均设为 5 000 Hz.

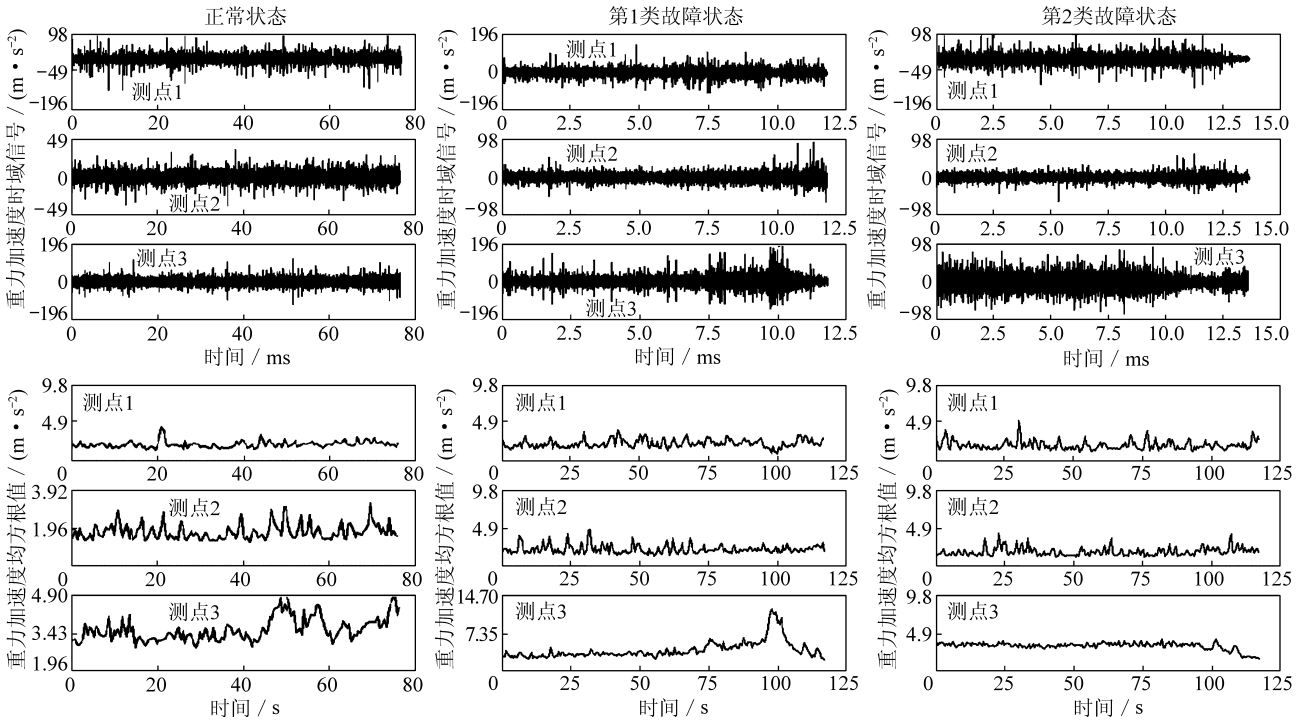


图 2 加速度信号波形

Fig. 2 The acceleration signal

从图 2 可以看出, 发生第 1 类故障时, 测点 1 和测点 2 的均方根值变化不明显, 测点 3 的值则明显升高; 发生第 2 类故障时, 测点 1 和测点 2 的均方根值变化不明显, 测点 3 的值则明显下降. 从表 1 可更加直观地看出, 在发生第 1 类卡堵和堵溢现象时, 测点 3 的均方根值比其它 2 个测点的均方根值至少分别高出近 3.5 倍和 7 倍; 发生第 2 类卡堵和堵溢现象时, 测点 3 的均方根值比其它 2 个测点的均方根值至少分别下降 2 倍和 20 倍.

表 1 旋流器卡堵过程各状态均方根值变化

Table 1 RMS variation of the block up course

| 故障状态 | 测点 | 过程 | | | | | |
|-------|------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | | 正常 | 卡堵 | 正常 - 卡堵 | 堵溢 | 正常 - 堵溢 | 停供煤 |
| 第 1 类 | 测点 1 | 0.176 3g | 0.257 8g | -0.081 5g | 0.072 3g | 0.104 0g | 0.074 2g |
| | 测点 2 | 0.137 6g | 0.195 0g | -0.057 4g | 0.178 7g | -0.041 1g | 0.179 7g |
| | 测点 3 | 0.258 2g | 0.541 6g | -0.283 4g | 1.036 0g | -0.777 8g | 0.179 9g |
| 第 2 类 | 测点 1 | 0.181 4g | 0.194 5g | -0.013 1g | 0.234 1g | -0.052 7g | 0.056 7g |
| | 测点 2 | 0.173 7g | 0.138 1g | 0.035 6g | 0.174 0g | -0.000 3g | 0.073 7g |
| | 测点 3 | 0.390 9g | 0.319 6g | 0.071 3g | 0.169 6g | 0.221 3g | 0.209 8g |

注: g 为重力加速度, $g = 9.80 \text{ m/s}^2$.

3.2 均方根值判别卡堵故障的有效性及其监测方法

通过上述数据分析可知, 在旋流器堵塞故障发生时, 发生堵塞的出料口处加速度均方根值会发生明显变化. 根据均方根值的定义 $\left(\psi_x(t) = \sqrt{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2(t)}\right)$ 可知, $\psi_x(t)$ 描述了信号 $x(t)$ 的平均能量, 而峭

度（又称为四阶矩） $\beta_x(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^4(t)$ 反映的是信号 $x(t)$ 中大幅值成分的影响^[5]。由于故障发生前后的信号峭度无明显变化，说明故障前后的能量分布没有明显变化，亦即能量是相对均匀增加的。结合实际工况分析，旋流器的振动能量主要是由重介悬浮液带动不同质量的物料颗粒撞击筒壁产生的，测点1处的物料成分是去除了精煤的混合物料，测点2处是混合物料中较轻的中煤成分，而3号测点处集中了质量较大的物料成分，因此各测点处的平均能量不尽相同，这一点可从表1的工作状态下均方根值的大小反映出来。当卡堵故障发生时，测点附近物料浓度骤然增加，相互碰撞以及与筒壁碰撞的概率也相应增大，因此表现出局部振动加剧。

虽然堵塞故障会出现2种截然相反的检测结果（第1类发生时均方根值增大，第2类则减小），通过观察和分析，认为这是由于堵塞物的位置不同造成的。如果堵塞物卡在传感器位置下方，测点位置振动能量增加，则故障表现为均方根值增大；如果堵塞物卡在传感器位置上方，测点位置振动能量减小，则故障表现为均方根值减小。但无论堵塞物的位置如何，均能通过监测均方根值的变化较准确地判断故障的发生。

为了避免单一监测通道由于进煤量的变化而产生的均方根值变化引起误报，可以参考另外2个测点的均方根值的变化，如果同时增大或减小，则认为是正常状态；如果其中某一个或两个发生明显变化（此例中的均方根值相差2倍以上），则认为发生了堵塞现象，并且通过判断测点位置就能够准确给出堵塞位置报警。另外，由于不同的运行环境和状态的旋流器所测得的数据不尽相同，因此在实际检测过程中，应根据现场环境和实测数据进行故障阈值的设定。

4 结 语

无压给料三产品重介旋流器作为一种清洁、高效、自动化的关键选煤设备，在选煤行业得到了普及，但由于煤质变化、预处理设备损伤或管理不到位等因素造成的旋流器堵塞故障时有发生，有的发生相当频繁。当故障发生后，旋流器无法进行正常的分选，会造成较大的经济损失；当发生堵溢现象后，还会严重污染工作环境。本文提出的旋流器堵塞故障监测方法算法简单有效，可用于实时在线监测。在对旋流器进行实时监测后，可以及早发出报警，大大缩短堵塞故障的发现时间，减少堵溢现象的发生。

参考文献：

- [1] 齐正义. 旋流器选煤技术现状 [J]. 选煤技术, 2006 (2): 52 ~ 54.
- [2] 赵树彦. 无压给料三产品重介质旋流器分选工艺和设备 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2006 (5): 15 ~ 18.
- [3] 陈艳春. 我国重介质旋流器选煤技术发展现状与今后研究的重点 [J]. 选煤技术, 2006 (4): 52 ~ 54.
- [4] 梁才祥. 原煤入洗前除杂及限粒不可忽视 [J]. 能源技术与管理, 2006 (3): 42 ~ 43, 83.
- [5] 廖伯瑜. 机械故障诊断基础 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995. 10 ~ 11.

本刊讯 根据中国科学技术信息研究所2006年度中国科技论文与引文数据库（CSTPCD2006）统计结果，《煤炭学报》荣获2006年（第6届）“百种中国杰出学术期刊”称号。