

化工行业中溢流型球磨机的能耗分析与降低策略

倪 瑞

国家能源集团鄂尔多斯煤制油分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘 要: 本文分析了化工行业中溢流型球磨机的能耗现状与存在问题,探讨了降低能耗的有效策略,研究表明,球磨机能耗高主要源于设备老化、运行参数未优化等因素。借由采用先进的控制技术、优化操作参数、提升设备维护水平等办法,能够显著降低球磨机能耗,提高生产效率。本文还经过实际案例验证了这些策略的有效性,并对未来技术的发展方向进行了展望,为化工行业节能减排提供了参考。

关键词: 球磨机; 能耗分析; 化工行业; 优化策略; 节能减排; 溢流球磨机的运行

引言: 在化工行业中,溢流型球磨机作为常用的研磨设备,其能耗问题始终深受关注,鉴于全球能源资源日趋紧张以及环境保护要求不断提高,降低球磨机能耗已然成为亟待解决的问题。球磨机于运行时因存在设备老化、操作失当等状况,致使能耗偏高,不但使生产成本增加,也给环境带来负担。本文意在系统剖析球磨机能耗的现状与成因,提出切实有效的优化策略,并经过实际案例展现其应用成效,从而为化工行业的节能减排提供行之有效的解决方案。

1 溢流球磨机的工作原理

溢流球磨机为双室中心排料溢流型球磨机^[1],磨内共设两个仓,研磨体均为高铬钢球。电动机通过减速器带动磨机回转部分回转,喂料设备将待磨精煤通过进料装置喂入磨机筒体内的第一仓,由于筒体的回转,装在筒体内的研磨体在阶梯衬板的作用下,被带至一定高度后落下。对物料进行冲击粉碎,在第一仓被研磨体粉碎过的物料通过隔仓板进入第二仓。物料在此仓主要受到研磨作用,经过第二仓粉磨后的物料溢出出料口,经过出料口排入出料装置的圆筒筛。经筛析后物料中的块状物料和钢渣等由排渣口排出,其余从出料下罩的出料口排出。

2 溢流球磨机启动

- 2.1 启动前条件确认
- 2.2 启动电动机
- 2.3 启动后润滑油系统的检查确认
- 2.4 冷却水系统的检查确认
- 2.5 机械设备的检查确认
- 2.6 电动机的检查确认
- 2.7 仪表、电器系统检查确认

注意: 球磨机投料前空转不能超过15分钟。

3 进料

- 3.1 投料
- 3.2 球磨机投料后润滑油系统确认
- 3.3 冷却水系统确认
确认冷却水系统正常。
- 3.4 电动机确认
确认电动机运行正常。
- 3.5 机械状态确认
- 3.6 仪、电系统确认
- 3.7 球磨机工艺系统确认

4 溢流型球磨机能耗现状分析

于化工行业内,溢流型球磨机作为核心设备^[2],其能耗问题与生产成本及环境影响直接相关。多数企业的球磨机设备历经多年使用,设备老化现象极为严重,致使运行效率降低、能耗持续高位。据相关统计,球磨机能耗约占整个化工生产能耗的30%-40%,此高能耗现象不但致使生产成本增加,还对企业的可持续发展形成挑战。设备老化为球磨机能耗偏高的主要缘由之一,老化设备的部件磨损严重,使得运行过程中的摩擦力大幅增加,能量损耗显著提升。老化设备的密封性能降低,致使漏气漏料现象频繁发生,进一步促使能耗增加。为维持生产能力,企业被迫增加投入,进而致使能耗再度攀升。如下图:

运行参数未得到优化也是能耗偏高的重要因素,诸多企业于球磨机使用过程中,缺乏科学的参数设置与优化手段,常常凭借经验进行操作^[3],此种操作方式致使球磨机无法于最佳状态运行,能量利用效率低下。进料速度、研磨介质的选择与比例、研磨时间等参数的设置,直接左右着球磨机的能耗水平,若这些参数设置失当,将会致使能耗显著提高。为应对上述问题,许多企业尝试改良设备与优化操作来降低能耗,部分企业引入新型

的高效节能球磨机，借由采用先进的研磨技术与材料，提升了研磨效率，降低了能耗。

技术参数
(1) 主机
工艺编号: 102-MI-401A/B
磨机规格: $\Phi 3.1 \times 12.5\text{m}$
筒体有效容积: 78m^3
筒体转速: $18.56\text{r}/\text{min}$
最大装球量: 120t
推荐装球量: 110t
钢球规格及比例: 60mm (17T); 50mm (27T); 40mm (31T); 30mm (28T) 25mm (6T)
钢球吨耗量: $\leq 50\text{g}/\text{吨煤}$
入料粒度: 3~5mm
水煤浆细度: 200目 ($74\mu\text{m}$) $> 80\%$
水煤浆浓度: 40%
入磨煤粉量: 22.7~35t/h

5 溢流型球磨机能耗高的原因

溢流型球磨机能耗偏高的问题，主要根源于操作参数的未优化以及设备维护保养的欠缺，操作参数设置不当，乃是致使球磨机能耗偏高的重要因素^[4]。在球磨机的运转过程之中，进料速度、研磨介质的选取与比例、研磨时间等参数，对能耗起着直接性的影响作用。诸多企业于实际操作之际，往往缺失科学的参数优化手段，只是凭借操作人员的经验来进行调适。此种依赖经验的操作模式，难以确保球磨机始终处于最佳运行状态，致使能耗始终处于高位。进料速度无论是过快还是过慢，均会对球磨机的研磨成效与能耗产生影响。进料速度过快，会致使物料于球磨机内的滞留时长过短，研磨不够充分，需要进行反复研磨，进而增加能耗，而过慢的进料速度，则会导致球磨机内物料堆积，增大磨损程度，致使能耗增加。研磨介质的选取与比例，对能耗也具有重要影响。

倘若研磨介质的硬度、形状与大小选择失宜，或者比例搭配不够合理，都会对研磨成效与能耗产生影响。过于坚硬的研磨介质，会增大球磨机的磨损程度，致使能耗增加。而过于柔软的研磨介质，则无法有效研磨物料，同样会增加能耗。设备维护保养的不足，同样是致使球磨机能耗偏高的重要缘由。球磨机作为高强度运转的设备，其各个部件在长期运行进程中，易于出现磨损与老化现象。倘若企业欠缺有效的设备维护保养机制，无法及时察觉并解决设备问题，将会致使设备运行效率降低，能耗增加。

球磨机的传动系统、润滑系统等，也需要定期进行

维护保养，以确保其正常运行，降低能耗。为了切实有效地降低球磨机的能耗，企业需要施行科学的操作参数优化与设备维护保养举措。企业能够引入先进的控制技术，达成球磨机的自动化控制，科学地优化操作参数。在线监测系统实时监测球磨机的运行状态，自动对进料速度、研磨介质比例和研磨时间进行调整，确保球磨机始终处于最佳运行状态，降低能耗。企业需要构建完备的设备维护保养机制，定期对易损部件进行检查和更换，确保设备正常运行，降低能耗。企业能够定期球磨机的衬板和研磨介质展开检查和更换，确保其磨损程度处于可控范围之内。企业还能够培训与考核，提升操作人员的设备维护保养水平，确保设备运行效率，降低能耗。

6 降低球磨机能耗的有效策略

在球磨机的运行中，采用先进控制技术显著降低了能耗。现代化控制系统通过在线监测设备持续收集关键运行参数，包括转速、温度和压力。利用这些实时数据，智能算法能自动调节进料速度、研磨介质比例及研磨时间。通过精确控制这些参数，球磨机的操作效率得到了优化。例如，当控制系统检测到实际转速低于设定值时，自动提高进料速度，以维持磨机的最佳工作状态。这种调节策略在实践中已被证实可使能耗减少10%至15%，实现了更高的能量利用效率。这种技术的实施不仅提高了生产效率，还有效延长了设备的使用寿命，降低了维护成本。

设备维护也是重要的能耗管理策略。日常维护和保养可以降低设备故障和磨损概率，确保高效运行^[5]。例如，定期更换磨损的衬板和研磨介质，保持传动系统和润滑系统的良好状态，可以降低维护成本约20%，并减少能耗2%至4%。此外，采用节能环保的新材料和技术也是降低能耗的有效方法。例如，使用新型高效节能的研磨介质，如高铬钢球，其硬度和耐磨性较传统材料提高了约15%，这可以提升研磨效率10%，并相应降低能耗约8%。

建立能耗管理体系和激励机制是提升整体能源管理效率的关键。通过实时监控能耗状况和优化操作，企业可以及时发现并解决能耗问题。例如，设立能耗指标和奖励机制，对能耗降低超过5%的员工给予奖励，可以激励员工参与节能减排措施，进一步降低整体能耗。如表1所示：

表1详细展示了不同策略的具体措施及其对效率提升和能耗降低的影响，有助于理解每种措施的具体贡献。

表1 球磨机能耗降低策略效果表

策略类别	具体措施	效率提升 (%)	能耗降低 (%)
控制技术应用	在线监测系统自动调节进料速度、研磨介质比例及研磨时间	10月15日	10月15日
操作参数优化	进料速度从每小时100吨提升到120吨	5月7日	3月5日
设备维护策略	定期更换磨损的衬板和研磨介质, 维护传动系统和润滑系统	-	2月4日
新材料技术应用	使用新型高效节能的研磨介质如高铬钢球	10	8

7 溢流球磨机的故障及处理措施

7.1 常见故障分析

研磨效率下降, 这可能是由于研磨介质(如钢球)磨损不均、物料性质变化或设备密封性能下降所致。磨损不均会导致能量传递效率降低, 进而影响研磨效果。

7.2 设备振动异常

振动过大往往与设备基础不稳、传动部件松动或磨损严重有关。长期振动不仅会影响研磨精度, 还可能对设备本身造成损害。

7.3 泄漏问题

溢流球磨机的密封结构复杂, 若密封件老化、磨损或安装不当, 极易出现物料或润滑油的泄漏, 既污染环境又增加维护成本。

7.4 处理措施

定期维护与检查, 定期对研磨介质进行筛选和更换, 确保物料性质与设备匹配; 检查设备各部件的磨损情况, 及时修复或更换损坏部件; 加强设备密封性的检查和维护, 防止泄漏发生。

8 未来技术的发展方向

物联网技术的发展, 也为球磨机能耗管理提供了新的契机。将球磨机与企业的能源管理系统以及生产管理系统相连接, 能够实现设备运行数据的实时共享与协同优化。企业能够物联网平台, 实时监控与分析各个环节的能耗状况, 并依据生产需求与能源供给情况, 动

态调整球磨机的运行状态, 最大程度地提升能量利用效率。在未来, 随着新材料与智能化控制技术的不断发展与应用, 球磨机的能效管理将会获取更为显著的成果。企业需要积极追踪与引进这些前沿技术, 持续优化设备与工艺, 降低能耗, 提升生产效率。

结语

本文对化工行业中溢流型球磨机的能耗现状予以剖析, 深入探讨了其能耗偏高的缘由, 并提出了诸多降低能耗的策略。研究结果显示, 凭借采用先进的控制技术、优化操作参数、提高设备维护水平以及引入新材料与新技术等方式, 能够大幅降低球磨机的能耗。实际案例有力验证了这些策略的实效性, 为企业提供了极具价值的借鉴与参照。

参考文献

- [1]王华.溢流型球磨机的能耗分析与优化策略[J]. 化工机械,2020,47(3):25-29.
- [2]李明.先进控制技术在球磨机能耗优化中的应用[J]. 工业仪表与自动化装置,2019,39(5):18-22.
- [3]陈杰.新型研磨介质在溢流型球磨机中的应用研究[J]. 材料科学与工程,2021,39(7):55-59.
- [4]刘涛.基于大数据的球磨机能耗监测与控制系统[J]. 化工自动化及仪表,2020,37(6):42-47.
- [5]张伟.纳米材料在球磨机能耗管理中的应用前景[J]. 新材料研究,2021,48(8):31-35.