

# 冶金设备磨损失效诊断与实例分析

秦四柱

日照钢铁有限公司 山东日照 276800

**【摘要】**冶金设备是冶金生产过程中主要的承载工具，冶金设备的工作状况影响到冶金生产效率、质量及安全。磨损是冶金设备最常见的一种失效形式，在冶金生产环境中，设备长时间处在高温、高负荷、强腐蚀、高磨损的工况之中，容易造成零部件磨损、性能降低甚至失效报废，不但会干扰生产连续性，还会加大设备维修费用和安全风险。

**【关键词】**冶金设备；磨损失效；磨损机理；诊断分析

Diagnosis and Case Analysis of Wear Failure in Metallurgical Equipment

Qin Sizhu

Rizhao Iron and Steel Co., Ltd. Rizhao, Shandong 276800

**【Abstract】** Metallurgical equipment serves as the primary load-bearing component in metallurgical production processes, and its operational condition directly impacts production efficiency, quality, and safety. Wear represents the most common form of equipment failure. In metallurgical environments, equipment operates under prolonged conditions of high temperature, heavy loads, intense corrosion, and severe wear, leading to component wear, performance degradation, or even complete failure. Such failures not only disrupt production continuity but also increase maintenance costs and safety risks.

**【Key words】** metallurgical equipment; wear failure; wear mechanism; diagnostic analysis

当前，我国冶金行业正朝着智能化、高效化、绿色化方向发展，对冶金设备的可靠性和稳定性要求越来越高，传统的设备维修模式已难以满足生产需求。因此，需要深入研究冶金设备的磨损失效规律，建立科学的磨损失效诊断体系，通过实例分析总结防磨经验，优化设备结构和运行参数，提高设备的抗磨损能力，为冶金生产的连续稳定运行提供保障。本文结合冶金生产实际，先分析冶金设备主要磨损方式及磨损机理，确定磨损对设备运行的影响；再以具体实例为主，重点分析矿槽系统溜槽、焦炭和矿石称量漏斗、高炉炉喉布料溜槽等典型冶金设备的磨损失效问题，结合检测数据，提出相应的防磨改进措施，用数据表量化改进前后磨损情况，为冶金设备磨损失效诊断和防磨优化提供理论支持和实践参考，延长设备使用寿命，降低生产成本，保证冶金生产连续稳定运行。

## 1 冶金设备磨损方式及其机理探索

### 1.1 冶金设备的磨损

根据冶金设备的运行工况及磨损特点，其主要磨损方式有四种，即磨粒磨损、粘着磨损、腐蚀磨损和疲劳磨损，其中磨粒磨损是冶金设备最常见的磨损方式，占冶金设备总磨损的70%以上。磨粒磨损是设备零部件表面与硬质磨粒相对滑动、滚动或者冲击时，表面材料被磨粒切削、刮擦或者冲击所造成的磨损。冶金生产过程中，矿石、焦炭等物料在输送、破碎、加工过程中会与设备零部件剧烈摩擦、冲击，造成零部件表面磨损，磨损具有普遍性和严重性，是造成设备失效的主要原因之一。粘着磨损是设备零部件表面在高压、高温的作用下，表面氧化膜被破坏，与金属表面直接接触，产生粘着现象，在相对运动过程中，粘着点被剪切，造成表面材料脱落而产生的磨损。磨损多发生在设备的转动部分，当润滑条件不好、载荷过大或者转速过高时，容易产生粘着磨损，严重时会造成零部件卡死、失效。另外，腐蚀磨损是设备零部件表面在高温烟气、酸碱溶液等腐蚀介质作用下，发生化学或电化学腐蚀，再与机械磨损相结合，造成表面材

料脱落而产生的磨损。冶金生产过程中高温烟气、熔融金属、酸碱溶液等腐蚀介质较多,设备零部件长时间处于这样的环境中,容易造成腐蚀磨损,加快设备的失效速度。

### 1.2 磨损机理分析

冶金设备的磨损机理复杂,不同的磨损方式机理也不同,根据冶金设备运行特点,主要分析最常见的磨粒磨损和腐蚀磨损的机理,为磨损失效诊断提供理论依据。磨粒磨损的机理主要是切削机理、刮擦机理和冲击机理。切削机理是硬质磨粒与设备零部件表面发生相对滑动时,磨粒的尖锐边缘像刀具一样对零部件表面进行切削,使表面材料脱落,形成切削沟槽;刮擦机理是磨粒在零部件表面滚动或者滑动时,对表面进行刮擦,使表面材料产生塑性变形,然后脱落;冲击机理是磨粒以一定的速度冲击零部件表面,使表面材料发生脆性断裂,形成冲击坑,然后材料脱落。磨粒磨损的严重程度主要由磨粒的硬度、尺寸、形状决定,零部件材料硬度、表面粗糙度及两者间相对运动速度、载荷等因素决定。

腐蚀磨损的机理主要是化学腐蚀磨损和电化学腐蚀磨损。化学腐蚀磨损指的是零部件表面与腐蚀介质发生化学反应,生成易脱落的腐蚀产物,在机械磨损的作用下,腐蚀产物脱落,露出新的金属表面,继续发生腐蚀和磨损,形成恶性循环;电化学腐蚀磨损是零部件表面存在不同的电极电位区域,在腐蚀介质的作用下,形成微电池,发生电化学反应,使阳极区域的金属溶解,同时结合机械磨损,加快表面材料脱落。腐蚀磨损的严重程度主要是由腐蚀介质的浓度、温度、压力决定的,也和零部件材料的耐腐蚀性有关。另外,粘着磨损、疲劳磨损的机理同设备的运行工况也有关系。粘着磨损的机理主要是金属表面的粘着效应,当表面氧化膜被破坏,金属原子直接接触,形成金属键,在相对运动时,粘着

点被剪切,造成材料脱落;疲劳磨损的机理主要是零部件表面在交变载荷作用下,应力集中产生疲劳裂纹,裂纹扩展导致材料脱落。

## 2 冶金设备磨损失效分析及改进措施

### 2.1 矿槽系统溜槽磨损问题的解决

矿槽系统是冶金生产中物料输送的主要设备,主要用来输送矿石、焦炭等物料,溜槽是矿槽系统的核心部件,它的主要作用就是把物料从矿槽输送到后面的破碎机、皮带输送机等设备上。矿石、焦炭等物料硬度高、颗粒大,在输送过程中与溜槽内壁激烈摩擦、碰撞,使溜槽内壁严重磨损,严重时还会发生穿孔、失效,影响物料输送的连续性,增大设备维修成本。冶金企业矿槽系统溜槽用普通 Q235 钢板制作,厚度为 10mm,运行一段时间后,溜槽内壁磨损严重,溜槽底部、转角处磨损厚度达 5—6mm,局部出现穿孔,经常更换溜槽,不但影响生产,而且加大了维修成本和零部件损耗。

为了解决溜槽磨损问题,可以改用高铬耐磨钢板(NM450)代替普通的 Q235 钢板,硬度可达 HB450—500,比 Q235 钢板抗磨粒磨损能力提高 3 到 5 倍,可以承受物料的摩擦和冲击。另外,需要改变溜槽转角处为圆弧过渡(半径  $R=200\text{mm}$ ),减少物料在转角处的滞留和冲击,防止局部磨损加重。同时降低物料输送速度,由原来的 3m/s 改为 2m/s,减小物料和溜槽内壁之间的摩擦、冲击力,减缓磨损;第四是在溜槽内壁铺设耐磨衬板(氧化铝陶瓷衬板),提高溜槽的抗磨损能力,延长使用寿命。改进之后对溜槽的磨损情况开展跟踪检测,检测周期为 6 个月,检测数据见下表,经由比较改进前后溜槽磨损厚度及使用寿命,检验改进措施的有效性。

表 1 矿槽系统溜槽改进前后磨损及运行情况检测数据表

检测项目	改进前(Q235 钢板溜槽)	改进后(NM450 钢板+陶瓷衬板溜槽)	改进效果提升(%)
溜槽厚度(mm)	10	10(钢板)+10(陶瓷衬板)	-
6个月磨损厚度(mm)	5.2	0.8	84.6
预计使用寿命(个月)	8-10	60-72	500-620
月均维修成本(元)	8600	1200	86.0
生产中断时间(h/月)	12	1.5	87.5

由表 1 可知,磨损厚度用超声波测厚仪检测,检测点选择溜槽底部、转角处等易磨损部位,每个部位检测 3 个点,取平均值;使用寿命按磨损速度估算;维修成本包含零部件更换、人工维修等费用;生产中断时间为溜槽维修造成生产

停滞的时间。由检测数据可知,改进后溜槽磨损厚度明显减小,使用寿命大大延长,维修费用及生产中断时间明显减少,改进措施效果明显,较好地解决了矿槽系统溜槽的磨损失效问题,保证了物料输送的连续稳定。

## 2.2 减少焦炭和矿石称量漏斗磨损程度的措施

焦炭、矿石称量漏斗属于冶金生产过程中物料计量的关键设备，主要用来称量焦炭、矿石的重量，给冶金生产供应准确的物料配比。称量漏斗长期处在高温、高粉尘的环境里，物料（焦炭、矿石）进入漏斗、离开漏斗时，与漏斗内壁产生剧烈的摩擦和冲击，造成漏斗内壁磨损严重，特别是漏斗进料口、出料口和底部处磨损更明显，不仅影响漏斗的计量精度，还会造成漏斗穿孔、失效，影响生产正常进行。某冶金企业焦炭、矿石称量漏斗用普通钢板制成，进料口、出料口厚度均为 12mm，底部厚度为 15mm，运行一年后发现漏斗进料口磨损厚度达到 8mm，出料口磨损厚度达到 7mm，底部磨损厚度达到 10mm，计量精度偏差超过  $\pm 2\%$ ，不能满足生产要求，需要经常维修和更换，增加了生产成本和生产中断时间。为了减小称量漏斗的磨损程度，延长使用寿命，

可以在漏斗内壁加装耐磨衬板，进料口、出料口及底部等易磨损处用高铬耐磨衬板（NM500）覆盖，其它地方用氧化铝陶瓷衬板，提升漏斗的抗磨损能力，同时优化进料口、出料口结构，在进料口加装缓冲装置，减小物料进入时的冲击力，出料口设计成喇叭形，减慢物料排出时的流速，减少摩擦和冲击。另外，优化漏斗底部结构，将底部改为倾斜结构（倾斜角度为  $15^\circ$ ），防止物料在底部堆积，减少堆积磨损；四是加强物料预处理，在物料进入漏斗之前增设筛分装置，清除物料中的硬质杂质，减少杂质对漏斗的磨损。还需要定期对漏斗内壁进行检查和维护，及时清理内壁的物料堆积，发现衬板损坏及时更换。

改进之后，对称量漏斗的磨损状况、计量精确度及运转情况实施跟踪检测，检测周期为 12 个月，检测数据见下表，对比改进前后各项指标，证明改进措施有效。

表 2 焦炭、矿石称量漏斗改进前后磨损及运行情况检测数据

检测项目	改进前（普通钢板漏斗）	改进后（耐磨衬板+结构优化漏斗）	改进效果提升（%）
进料口磨损厚度（mm/年）	8.0	1.2	85.0
出料口磨损厚度（mm/年）	7.0	1.0	85.7
底部磨损厚度（mm/年）	10.0	1.5	85.0
计量精度偏差（%）	$\pm 2.3$	$\pm 0.8$	65.2
预计使用寿命（年）	1-1.5	8-10	433-567
年维修成本（元）	128000	18000	85.9

由表 2 所示磨损厚度用超声波测厚仪检测，每个部位检测 3 个点，取平均值；计量精度用电子秤校准，检测 10 次，取最大偏差；使用寿命根据磨损速度估算；维修成本包括衬板更换、人工维修、零部件更换等费用。从检测数据可知，改进后的称量漏斗磨损厚度大大减小，计量精度明显提高，使用寿命大幅度延长，维修成本大幅度下降，改进措施有效地解决了称量漏斗的磨损失效问题，保证了物料计量的准确性以及生产过程的连续性、稳定性。

随着冶金行业的发展，冶金设备的运行工况越来越恶劣，对设备的抗磨损能力要求也越来越高。未来还要对新型耐磨材料、防磨技术进行研究，改进磨损失效诊断的方法，创建起智能化的设备磨损监测体系，对设备的磨损状况实施实时监测，提早察觉磨损失效的危险，给设备的保养和更换赋予科学的根据。同时要重视设备的管理，建立起完备的设备维护制度，提升操作人员的技术水准，保证各项防磨举措得以落实，推进冶金设备朝着高效化、智能化、长寿命的方向发展，给冶金行业高质量发展给予支撑。

## 3 结语

### 参考文献

- [1] 关润发. 冶金设备管理在工业 4.0 时代的智能化升级路径[J]. 新疆钢铁, 2026, (01): 22-24.
- [2] 钱海年. 冶金设备项目投资控制全过程优化研究[J]. 冶金管理, 2026, (01): 97-99.
- [3] 李龙. 冶金设备自动化控制系统失效原因与安全改进策略分析[J]. 冶金与材料, 2026, 46(01): 145-147.
- [4] 邹伟鸿, 洪艳霞. 冶金设备磨损失效诊断与实例分析[J]. 甘肃冶金, 2013, 35(04): 123-124.