

# 离心机常见机械故障溯源分析及运维优化策略

张江 张德壮

伊犁新天煤化工有限责任公司 新疆 伊犁 835100

**【摘要】**：离心机是化工、制药和环保等行业中重要的分选装置，其工作的稳定与否将影响到生产效率、试验精度和生产安全性。本项目拟采用文献研究法、故障树分析法和现场实例调查相结合的方法，系统地分析离心机组振动异常、传动系统、轴承密封等常见机械故障的典型行为，并对故障产生的根源进行分析，并将其归结为操作不规范、维护不到位、部件老化或品质不合格等三个方面。在此基础上，建立“防范—监控—诊断—维护—优化”的闭环运营管理优化系统，提炼出各个阶段的操作方法和规范。

**【关键词】**：离心机；机械故障；运维；优化

DOI:10.12417/3083-5526.25.08.023

离心机利用离心力对各种浓度的物料进行有效分离，在化工产品的固液分离、医学样品纯化、环保污水处理等方面有着重要的作用，是保证试验连续和可靠运行的重要装置。伴随着产业化进程和试验精度的不断提高，离心泵向高速、大型化和智能化方向发展，在长时间的高负载和复杂的工作条件下，离心泵出现了振动异响、密封泄漏、传动失效等问题，这不但降低了分离效率，也增加了运营成本，甚至导致了安全事故。已有研究侧重于单个错误的解析，缺少系统的错误追溯，且维护决策的针对性和操作性较差。对离心机组的共性故障进行根源剖析，建立一套系统的运行维护与运行优化方法，对于提高装备运行稳定性，减少失效损失，促进相关领域的高质量发展，都有着重大的理论和现实价值。

## 1 离心机的结构

离心机是利用离心力进行物料分选的关键装备，其工作的稳定性与其关键零部件的结构完整性和功能协调性密切相关。该系统的各个关键部件之间相互协作，形成一个整体的运行系统。

转鼓是离心机的主要分离部分，也是进行物质分离的载体，它的构造方式按照离心机型式分为卧式、立式和碟式等，主要选用耐腐蚀、强度高的不锈钢或特殊的合金，来满足对各种材料的分选要求<sup>[1]</sup>。

转子是转筒和动力装置之间的重要组成部分，它有两种类型：一种是刚转子，另一种是弹性转子，它起着传递扭矩、带动转筒快速转动的功能，并确保转筒转动的共轴和稳定。转子动平衡是对装备进行有效控制的关键，如果出现变形、积垢或安装有问题，将会引起转速不均衡，从而引起装备的振动和异常噪声。

电机是离心机的动力来源，其功率和转速与离心机的要求是一致的，可分为异步电动机、直流电动机和变频电动机。电机的主要作用是将电力转换成机械能并经传输装置驱动滚筒转动，其工作稳定与否关系到装置的启动效果和工作可靠性。

轴承是转子和转筒的关键元件，它由两部分组成，分别装在转子的两个端部，起着减小转子转动时的摩擦阻力、确保转子平稳转动和同轴度的作用，并承担转筒与转子之间的径向及轴向负荷<sup>[2]</sup>。轴承的润滑状况和磨损程度直接关系到装备的工作噪声和振动程度，是导致其失效的重要原因。

传送系统可以分成两种：传送带驱动和耦合驱动。传送带是利用传送带和滑轮之间的摩擦来传送转矩的，它的结构简单，维修方便，适合中、低速的离心机使用；采用耦合方式将马达的输出轴和转子相连，具有传输扭矩稳定和效率高的特点，特别适合高速和大型离心机使用。

密封设备有轴密封和机腔密封等几种，它主要包括密封件、密封槽、油封等，它的作用是防止机腔内的材料和润滑油泄漏，防止外部灰尘和杂质进入机腔，防止材料受到污染和对零件的损伤<sup>[3]</sup>。

## 2 离心机常见机械故障分类及溯源分析

### 2.1 振动与异响故障

这类故障是离心机组最常出现的一种机械故障形式，其特征是机体在工作时剧烈地抖动和移位，并伴随着诸如摩擦、碰撞、咆哮等异常噪声，其振动数值超过工业限值（一般在4.5 mm/s）。若出现异常或异常的情况，则会对分选精度和装置的工作稳定性产生一定的影响；如果发生了重大的故障，轻则使整个装置停止运转，重则损坏鼓、转子等核心零件，造成重大的安全隐患<sup>[4]</sup>。引起这种异常现象的根源在于动平衡失衡、零件磨损、安装偏差和使用不合理等。以一家化工厂LW450型卧式螺旋沉降离心机实机为例子，分析其成因：试样的加载不均衡是其最普遍的诱发因素，在其在轴对称部位的质量偏差大于0.1 g，就会引起转子的不平衡而引起机体的震动，如果长时间忽略这一问题，将会使转子的变形更加严重，从而造成一个恶性循环。

### 2.2 传动系统故障

传动及故障主要是以电动机不能带动转鼓转动为特征，转

筒转速不正常（转速偏差超过±1%，波动剧烈或达不到规定转速），皮带传动式离心机皮带松动、打滑、断裂等现象，以及联轴器式离心机联轴器易磨损，对中偏差大，弹性块老化等现象。这种失效将使装置的功率传输效率降低，分离效果下降，甚至造成装置停产。皮带选择不当、长期使用磨损或张紧度不够都会造成皮带与滑轮间的摩擦减小，产生滑动，从而造成传动效率的下降，滚筒的速度达不到规定的速度，如果长期的滑动，还会造成皮带过热，磨损加剧，最后引起皮带的断裂。由于弹性体的老化和对中偏移，会造成转矩的传输不顺畅，产生异常的振动和异常现象，而且还会加重接头的损耗，甚至造成接头的折断，从而影响功率的传输。

### 2.3 轴承与密封故障

轴承及密封故障是影响装备正常运行和密封性能的重要因素，其主要体现在：高温（60℃以上）、运行卡滞、磨损严重，密封件泄漏、润滑油泄漏，以及由于泄漏导致材料污染、零件锈蚀等问题<sup>[5]</sup>。如果不对其进行有效的治理，轻则轴承卡死，重则鼓转不动，而漏出的材料又会带来严重的安全和环保问题。轴承故障的根源与润滑状况、使用年限和维修程度有关。如果轴承的润滑状况不好，或者润滑脂的类型不对或者是磨损了，都会造成轴承的内摩擦电阻增加，在工作中的温升也会增加，造成轴承的磨损，保持架的断裂，严重的还会导致轴承的卡死。造成密封故障的主要因素有：密封件老化、破损或安装不合理、型腔清洗不彻底、温度过低和湿度累积等。由于长时间的暴露在原料和机油中，密封面会发生老化、硬化和破损，从而影响密封性能，从而引起渗漏；如果安装的位置不对，则可能造成密封圈和密封沟之间的缝隙，从而引起渗漏。

### 2.4 故障原因总结

对离心机组的常见机械故障进行了系统性的追溯，并在此基础上对其进行了故障树的分析，可以将其主要的来源分为三种，具体见表1。阐明了问题的基本思路是“现象→排查→定位→根源”，也就是首先根据故障的典型行为，对其进行了初步的判定，然后通过外观检查、参数监测和部件拆解等手段，来查找出问题的根源，从而达到对其进行准确的诊断，从而为今后的运营优化决策提供准确的靶点。

表1 离心机组的常见机械故障根源表

故障核心根源	具体表现	主要影响
操作不规范	样品平衡不当、参数设置不合理、超载运行、装载方式错误	引发振动与异响、传动过载，加速部件磨损，降低分离精度
维护不到位	润滑不及时、清洁不彻底、易损件更换滞后、参数校准不及时	导致轴承磨损、密封泄漏、部件老化，增加故障发生率
部件老化或质量问题	核心部件质量不达标、超期运行、材质与物料特性不匹配	引发各类机械故障，缩短设备使用寿命，增加安全隐患

## 3 离心机运维优化策略

### 3.1 离心机结构装置的合理选型以及安装优化

根据实际应用环境（实验室/工业）、物料特性和分选要求，选择合适的机型，防止由于选择不合理而造成长时间超负荷运转。在实验室环境中，应选择操作方便，具有较高动平衡精度的低转速或高转速离心机，当被侵蚀较大时，选择抗腐蚀性材料（例如哈氏合金）的圆筒和密封；根据分离规模、物料浓度等因素，选择水平螺旋沉淀离心机或碟式离心机<sup>[6]</sup>。选择最好的是以原真件为主要部件（轴承、密封件、电机），保证零件的品质达到标准，防止零件的品质出现问题。在安装时，要按照设备的安装规程，用水准仪检定装置的水准，保证误差在0.1毫米以内，防止因放置不当而引起的震动失效；按设备规范要求，拧紧锚栓，拧紧锚栓，按规范要求对螺栓拧紧，并做好防锈工作；保证设备与墙面及热源之间距离30厘米以上，创造一个适宜的空气和冷却环境，防止振动和温度升高。

### 3.2 离心机运行状态下的实时预警

#### (1) 检测常规指标

为保证监测工作的顺利进行，制定规范的监测指标和标准阈值，制定规范化的监测体系。在每天的工作中，由操作员进行一次巡视，并将其工作状态进行详细的统计，特别是振动值，轴承温度，速度偏差等关键数据，具体见表2。利用便携式振动分析仪和红外测温仪，每星期进行一次特殊的测试，收集振动频谱和温度等数据，建立监控日志，与以往的数据进行比较，从而对装置的工作状况进行分析。

表2 常规检测指标

监测指标	标准阈值	监测频率	监测方法
振动值	≤4.5mm/s	每小时巡检，每周专项检测	便携式振动分析仪、目视观察
轴承温度	≤60℃	每小时巡检，每周专项检测	红外测温仪、手感触摸（常温下）
转速偏差	±1%	每小时巡检	设备控制面板、转速传感器
噪声	≤85dB	每周专项检测	噪声计
密封状态	无泄漏	每小时巡检	目视观察、试纸检测

#### (2) 建设智能监控体系

针对应用频率较高或规模较大的离心机组，增加在线振动传感器、温度传感器和浓度探测器，并与生产现场执行机构的控制系统相连接，实时采集、传输和分析装置的工作状态。设置一个预警阈值，以6mm/s为预警阈值，8mm/s为关闭阈值，70℃为预警阈值，80℃为关闭阈值，如果这些参数超过了预警

阈值,那么该系统就会自动向设备管理者的手机上发送信息,从而对故障进行及时的预警。实验室离心机可以使用便携式振动检测仪和红外测温仪等简单的监控仪器,并对其进行周期性的参数标定,并对转速传感器和温度传感器按季度进行标定,以保证监控结果的准确;在关键试验中,可以设置简单的报警设备,当设备的振动和温度超过规定的临界值时,报警提示工作人员进行检查。

### 3.3 故障高效处理

**震动及异常现象:**如果由于设备水平不齐,地脚螺栓松动引起,应将设备调平,拧紧地脚螺栓,并做好螺栓的锈蚀。如由于减震垫老化或损坏引起,应换一种相同的减震垫,以保证减震的作用。如果是由于轴承的损耗,应将原来的轴承换成符合规范的润滑油。如果是由于滚筒和螺杆的异常,把缝隙调节到规范的范围。

**传送系失效:**如果是由于传送带松动,磨损引起的,请调节传送带的张紧度或者替换相同的传送带。如由于接头对中偏差,弹性块老化引起,则应调整接头对中的准确性,并将弹性块替换掉。如电动机线圈老化,起动电容损坏,应重新安装线圈或电容器。如果是由于速度传感器的问题,则应将其替换,

并对其进行速度参数的校正。

**轴承及密封失效:**如果是由于轴承润滑不良,润滑脂变质引起,应清除轴承内的老润滑脂,用合适的新的润滑脂加满轴承空腔的1/2~2/3。如果是由于轴承的严重损耗,应重新安装原来的轴承,进行密封检测和更换。如果由于密封件老化或损坏,应重新使用相同的密封件,清洗密封凹槽,调节密封缝隙。如果是由于端面的磨耗所致,则应修补端面或更换密封件。

## 4 结语

文章以离心机组的常见机械故障根源和运行维护优化为切入点,对转鼓、轴承和传动系统等关键部件的失效行为和根源进行系统剖析,识别运行、维修和部件质量三个关键要素,建立闭环运行和维修优化系统,形成“早期预警—状态监控—精确诊断—高效维护—长效优化”的实施方案,并从操作逻辑上进行实证检验。在丰富离心机组失效溯源和维护管理的基础上,为机组安全可靠的运行提供实践依据,但仍然面临着样本数量少、维护策略精细化等问题。未来还需要进一步结合大数据和人工智能等技术,进一步提高离心机运行状态下的事故预报准确率。

## 参考文献:

- [1] 查文君.化工机械离心机转鼓不平衡处理研究[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(12):167-169.
- [2] 张宏.智能离心机在选煤工艺中的创新应用研究[J].能源与节能,2025,(07):114-116+120.
- [3] 孔维龙.基于故障诊断与预防的卧式离心机运行维护策略[J].聚酯工业,2025,38(04):98-100.
- [4] 胡煜纬.卧螺式离心机在淤浆法聚乙烯生产中的应用及故障处理[J].广东化工,2025,52(11):81-83.
- [5] 张凯,屈桂洋,高志刚,等.卧螺式离心机在煤焦油加氢中的应用及故障处理[J].广州化工,2025,53(09):201-203.
- [6] 夏雨雨.结晶法芳烃卧螺离心机故障分析和处理[J].石化技术,2025,32(02):236-238.