

污水处理厂板框机维护管理及故障诊断技术研究

刘伯琛

北京城市排水集团有限责任公司 北京 100000

摘要：板框压滤机作为污水处理厂污泥脱水的关键设备，其稳定运行直接影响污水处理效率和污泥处理质量。本文围绕污水处理厂板框机的维护管理及故障诊断技术展开研究，首先明确了维护管理中的量化指标与标准，包括维护周期、关键参数阈值和性能指标；其次深入分析了故障机理，细化了故障诊断方法；接着探讨了智能监测技术在板框机维护中的应用；然后提出了优化维护管理的综合措施；最后总结了研究成果，并对未来发展方向进行了展望，旨在为提升板框机运行可靠性和污水处理厂整体运营水平提供参考。

关键词：板框机；维护管理；故障诊断；量化指标；智能监测

引言

在污水处理过程中，污泥脱水是至关重要的环节，而板框压滤机（简称板框机）凭借其脱水效率高、滤饼含水率低等优势，被广泛应用于污水处理厂的污泥处理工艺中。板框机的稳定运行直接关系到污水处理厂的正常生产秩序、处理成本以及污泥资源化利用的效果。然而，由于板框机工作环境恶劣、运行负荷较大，在长期使用过程中易出现各种故障，如滤板损坏、液压系统异常、滤布堵塞等，这些故障不仅会影响脱水效果，还可能导致设备停机，增加维护成本。因此，加强对板框机的维护管理和故障诊断技术研究具有重要的现实意义。

1 板框机维护管理的量化指标与标准

1.1 维护周期的明确化

在板框机的维护管理中，“周期性保养”是确保设备正常运行的重要环节，为了使保养工作更具可操作性，需要补充具体的建议周期范围，并明确周期的制定依据。建议将维护周期划分为日检、周检、月检、季度检和年检。其中，日检主要针对设备的外观、运行声音、泄漏等基本情况进行检查，基于设备每日的运行，确保设备在当天的运行中没有明显的异常；周检可检查滤布的清洁程度、液压系统的压力是否在正常范围等，以每运行500小时或一周时间（以先到为准）作为周期，综合考虑设备的运行时长和时间间隔，能更及时地发现潜在问题；月检涉及对滤板的检查，查看是否有裂纹等情况，以每月为周期，结合设备运行小时数，若设备运行频繁，可能不到一个月就达到了一定的运行小时数，此时也需进行月检；季度检可对液压油的状态进行检测，如油液的粘度、水分含量等，周期可设定为每运行

2000小时或三个月（以先到为准）；年检则是全面的大检查，包括对电机、泵等关键部件的性能测试，以一年时间或运行8000小时（以先到为准）为周期。这样明确的周期划分，能为维护人员提供清晰的指导，确保维护工作的及时性和有效性。

1.2 关键参数阈值的确定

在板框机的“运行状态监测”和“故障诊断”中，关键参数的正常范围和报警/故障阈值是判断设备运行状态的重要依据。对于液压系统工作压力，其正常范围建议设定在0.8-1.5MPa，当压力低于0.8MPa或高于1.5MPa时，应发出报警信号，提示操作人员进行检查；液压油温正常情况下应小于60°C，当温度超过70°C时，需触发高温报警，因为过高的油温会影响液压系统的性能和寿命；电机电流波动允许范围为±10%，若波动超出此范围，可能意味着电机存在过载、缺相或其他故障隐患；滤饼含水率有明确的目标值，不同污水处理厂的要求可能有所差异，一般来说，当含水率异常升高超过目标值一定比例（如5%）时，需视为异常情况进行处理；过滤周期延长比例超过20%时，可作为滤布堵塞的判断依据之一，因为滤布堵塞会导致过滤效率下降，使过滤周期延长。明确这些参数阈值，能帮助维护人员快速判断设备是否处于正常运行状态，及时发现故障并采取措施^[1]。

1.3 性能指标的设定

在板框机的“优化策略”和“综合措施”中，设备可用率、平均故障间隔时间（MTBF）、平均修复时间（MTTR）等性能指标是衡量设备运行可靠性的核心标准。设备可用率是指设备在规定时间内能够正常运行的时间占总时间的比例，提高设备可用率是维护管理的重要目标，通过合理的维护计划和故障排除措施，可减少设备停机时间，从而提高可用率；平均故障间隔时间

作者简介：刘伯琛，(1992.09-)，男，北京，汉，本科，职称：技术员，研究方向：机械。

(MTBF) 是指设备两次故障之间的平均运行时间，该指标反映了设备的可靠性，通过优化维护策略、选用高质量的零部件等措施，可延长MTBF；平均修复时间(MTTR)是指设备发生故障后，从开始维修到恢复正常运行所需的平均时间，缩短MTTR有助于减少故障对生产的影响，这需要完善的故障诊断方法和充足的备件支持。

2 板框机故障机理分析

2.1 滤板相关故障机理

滤板是板框机的重要组成部分，其常见的故障为边缘裂纹。滤板边缘裂纹的产生主要源于以下几个方面：长期局部应力集中是重要原因之一，在板框机运行过程中，滤板受到挤压和拉伸力的作用，若局部受力不均匀，长期积累会致应力集中，进而产生裂纹；滤板制造缺陷也可能导致边缘裂纹，如制造过程中存在的材质不均匀、气泡等缺陷，会使滤板在使用过程中容易出现裂纹。

2.2 液压系统故障机理

液压系统是板框机的动力来源，其常见的故障包括液压油高温等。液压油高温的产生有多种原因，系统内泄是其中之一，当液压系统存在泄漏时，高压油液会通过间隙泄漏，导致能量损失，这些损失的能量转化为热能，使液压油温度升高；冷却能力不足也会导致液压油高温，如冷却器堵塞、风扇故障等，会使液压油无法得到有效的冷却；此外，油液粘度选择不当或氧化劣化导致流动性差，也会增加液压系统的能量损失，产生过多的热量，从而使液压油温度升高。

2.3 滤布故障机理

滤布在板框机的过滤过程中起着关键作用，其常见的故障为中间破损。滤布中间破损可能是由于清洗系统高压喷嘴脱落，高压水流直接冲击滤布中间部位，导致滤布破损；滤布本身抗拉强度不足或老化也是重要原因，滤布在长期使用过程中，受到拉伸、摩擦等作用，会逐渐老化，抗拉强度下降，容易在中间部位发生破损；滤饼剥离不彻底导致的滤布局部应力过大（特别是硬质滤饼），以及进料固体颗粒性质（如尖锐颗粒）对滤布的物理磨损。

3 板框机故障诊断方法

3.1 基于现象的初步诊断

板框机出现故障时，往往会表现出一些特定的现象，通过观察这些现象可以进行初步的诊断。例如，当板框机运行过程中出现异常噪音时，可能是由于轴承磨损、齿轮啮合不良或零部件松动等原因引起；若发现滤饼含水率异常升高，可能是滤布堵塞、液压系统压力

不足或过滤时间不够等原因导致；当设备出现泄漏现象时，可能是密封件损坏、管路破裂或接头松动等。维护人员可以根据这些现象，结合自身的经验，对故障原因进行初步判断，为进一步的检查和诊断提供方向。

3.2 结合检查步骤的深入诊断

在初步诊断的基础上，需要结合具体的检查步骤进行深入诊断。对于液压系统压力不足的故障，首先检查液压泵是否正常工作，查看泵的出口压力是否符合要求；然后检查液压管路是否存在泄漏，密封件是否损坏；接着检查溢流阀等控制阀是否正常工作，是否存在卡滞现象。对于滤布堵塞的故障，可检查滤布的清洁程度，查看是否有杂物堵塞滤布的孔隙；同时检查清洗系统是否正常运行，清洗水的压力和流量是否符合要求^[2]。

3.3 利用技术手段的精准诊断

随着技术的发展，一些先进的技术手段可用于板框机故障的精准诊断。例如，振动监测技术可通过安装在设备关键部位的振动传感器，采集设备运行时的振动信号，对信号进行分析处理，判断设备是否存在轴承故障、不平衡、不对中等问题；油液分析技术通过对液压油的水分、颗粒度、粘度等指标进行检测，可判断液压系统的污染程度和零部件的磨损情况；红外测温技术可非接触式地测量设备各部位的温度，快速发现温度异常的部位，如电机、液压系统等，从而判断是否存在故障。

4 板框机智能监测技术应用

4.1 传感器的选型与部署

在板框机的智能监测中，传感器的选型与部署至关重要。除了常见的振动、温度、压力传感器外，还应加入油液状态传感器，用于监测液压油的水分、颗粒度、粘度等指标，及时发现油液的劣化和污染情况；流量计可用于监测进料和滤液的流量，通过流量的变化判断过滤效率和设备运行状态；位移传感器可部署在滤板位置和液压缸行程处，监测滤板的移动和液压缸的伸缩情况，确保设备的正常运行。在部署位置上，振动传感器应安装在电机、泵等旋转部件的轴承座上；温度传感器可安装在液压油箱、电机绕组等部位；压力传感器则部署在液压系统的关键管路和液压缸进出口处。合理的传感器选型和部署，能确保采集到准确、全面的设备运行数据。

4.2 数据分析方法的应用

采集到的大量监测数据需要通过有效数据分析方法进行处理和分析。趋势分析是常用的方法之一，通过对设备运行参数（如压力、温度、流量等）的长期监测数据进行分析，掌握其变化趋势，从而预测设备的运行

状态和潜在故障；频谱分析主要用于振动信号的分析，通过对振动信号进行频谱分解，可识别出设备的故障特征频率，判断是否存在轴承故障、齿轮磨损等问题；模式识别和机器学习算法可用于建立预测性维护模型，通过对历史故障数据和实时监测数据的学习，识别设备的故障模式，预测设备可能发生故障的时间和部位^[3]。

4.3 预测性维护模型的建立与系统集成

建立基于历史数据和实时数据的预测性维护模型，是实现板框机智能维护的关键。该模型可预测关键部件（如液压泵、滤布）的剩余使用寿命（RUL），当剩余使用寿命达到设定的阈值时，及时发出维护预警，提醒维护人员进行预防性维护。同时，需要将板框机的监测数据集成到全厂的SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition，数据采集与监视控制系统）或MES（Manufacturing Execution System，制造执行系统）中，实现数据的集中管理和共享。通过与SCADA或MES系统的集成，可将板框机的运行状态与整个污水处理厂的生产流程相结合，实现更高效的生产调度和维护管理，提高整个污水处理厂的运营效率。

5 板框机维护管理优化措施

5.1 完善维护管理制度

建立完善的维护管理制度是确保板框机维护工作有序进行的基础。首先，应明确维护人员的职责和分工，确保每个维护环节都有专人负责；其次，制定详细的维护计划，根据设备的维护周期和性能指标，合理安排日检、周检、月检等维护工作，并将维护计划纳入污水处理厂的生产计划中；此外，建立维护记录制度，详细记录每次维护的内容、时间、发现的问题及处理结果，为设备的维护历史追溯和故障分析提供依据^[4]。

5.2 加强人员培训

维护人员的专业素质直接影响板框机的维护管理水平，因此需要加强人员培训。培训内容应包括板框机的工作原理、结构组成、维护保养知识、故障诊断方法等；同时，还应进行实际操作培训，让维护人员熟悉设备的维护流程和操作技能。通过培训，提高维护人员对设备的了解和掌握程度，增强其发现问题、解决问题的能力。

5.3 采用综合优化技术

采用综合优化技术是提升板框机运行可靠性的重要手段。在设备设计方面，可优化滤板的结构，减少应力

集中，提高滤板的强度和使用寿命；在零部件选用上，选择高质量、可靠性高的液压元件、滤布等，降低故障发生的概率；在运行过程中，通过智能监测技术实现对设备的实时监控，及时调整运行参数，使设备处于最佳运行状态。同时，结合预测性维护模型，合理安排维护时间和内容，避免过度维护和维护不足的情况。通过采用这些综合优化技术，可有效提高板框机的设备可用率、延长平均故障间隔时间（MTBF）、缩短平均修复时间（MTTR），从而提升设备的运行可靠性和经济性。

5.4 基于动态分类的精准化备件库存管控

在板框机维护管理中，备件管理策略是降低停机风险、控制成本的关键。基于板框机关键部件的MTBF（平均故障间隔时间）和MTTR（平均修复时间）分析，结合预测性维护得出的故障概率数据，可构建动态库存模型。采用ABC分类法，将滤布、液压密封圈等高频损耗且影响停机的部件归为A类，实行高安全库存；将压滤板等寿命较长的部件归为B类，按季度需求备货；将阀门配件等低频次更换部件归为C类，采用最小库存管理^[5]。

结束语

板框机作为污水处理厂污泥脱水的关键设备，其维护管理和故障诊断技术对于保障污水处理厂的正常运行至关重要。本文通过明确维护管理的量化指标与标准，深入分析故障机理，探讨智能监测技术的应用以及提出维护管理优化措施，为板框机的维护管理提供了全面的参考。在实际应用中，污水处理厂应结合自身的实际情况，将这些理论和技术应用到具体的维护工作中，不断完善维护管理体系，提高故障诊断的准确性和及时性。

参考文献

- [1]何彦行,秦海洋,周昭旭.底泥板框压滤脱水干化集成控制系统设计与实现[J].中国港湾建设,2021,41(07):11-14.
- [2]冯耀堂.石灰调质在压滤板框机脱水中的应用[J].资源节约与环保,2021,(07):12+19.
- [3]马顺君,高海燕,卢明,黎国义,汪诚凯,赵以刚.青草沙水库水厂富含藻类污泥的深度脱水技术研究[J].中国给水排水,2020,34(11):27-33.
- [4]赵宇翔.市政污泥调理及深度脱水工艺优化运行研究[D].华南理工大学,2022.
- [5]相宁,靳长青.板框式污泥脱水系统在宁波毛家坪水厂的应用[J].甘肃科技纵横,2024,43(06):39-42+19.