

TPM 与设备预防性维护在设备维护中应用分析

陈廷擘 王世博

河南中孚高精铝材有限公司 河南 郑州 451200

摘要: 在当今高度竞争的全球制造业环境中,设备作为企业生产运营的核心资产,其可靠性、可用性和效率直接决定了企业的生产成本、产品质量和市场响应速度。传统的“事后维修”模式已无法满足现代精益生产的需求,而以全面生产维护(TPM)和设备预防性维护(PM)为代表的先进设备维护理念正成为企业提升核心竞争力的关键。本文旨在深入剖析TPM与设备预防性维护的理论内涵、核心支柱与实施方法,并系统性地探讨二者在设备维护实践中的协同关系、应用策略及面临的挑战。通过构建一个整合性的应用框架,将TPM的全员参与、全系统改善理念与预防性维护的技术手段深度融合,能够有效实现设备综合效率(OEE)的最大化,降低全生命周期成本,最终为企业构建一个自主、高效、可持续的设备管理体系,为制造业的高质量发展提供坚实支撑。

关键词: 全面生产维护(TPM);预防性维护(PM);自主维护;计划维护

引言

工业4.0与智能制造浪潮下,制造企业对设备柔性、效率和质量要求空前提高,设备成为承载数据等的智能节点。但缺乏科学高效维护体系,先进设备也会因非计划停机等问题,导致生产中断、成本上升等,甚至引发安全事故,设备维护成本占比高,非计划停机损失更大。为此,企业需从“事后维修”向主动前瞻性维护转型,TPM和PM是转型核心驱动力。TPM起源于日本,强调“全员参与”与“全系统改善”,以实现OEE最大化;PM是基于时间或周期的有计划维护,旨在防止设备功能劣化。然而实践中二者常被割裂,造成资源浪费等。因此,深入理解二者内在逻辑,探索有机融合、协同增效的方法,对构建现代化设备管理体系意义重大,本文将从多维度对此进行系统性分析。

1 理论基础: TPM与预防性维护的内涵解析

1.1 全面生产维护(TPM)的体系架构

TPM是覆盖设备全生命周期、涉及企业全员的管理体系,核心为“三全”:①全效率:追求设备生命周期内最高综合效率,即最大化OEE,致力于消除影响OEE的“六大损失”,确保设备最佳运行。②全系统:建立涵盖设备全生命周期的预防维护体系,从前期选型、采购标准制定,到后期备件管理、技术改造,形成完整闭环。③全员参与:打破传统壁垒,要求从最高管理层到一线操作工都参与设备维护与改善^[1]。为落实“三全”理念,TPM设立八大支柱:自主维护让操作员成为“设备第一守护者”;计划维护由专业团队主导;个别改善针对顽固问题;初期管理从源头预防问题;质量维护确保“零缺陷”;教育培训提升员工能力;事务改善优化管理流程;

安全、卫生与环境支柱保障员工身心健康。

1.2 设备预防性维护(PM)的技术内核

预防性维护是有计划、有组织的维护策略,假设设备故障率随时间或使用强度增加而上升,提前执行维护任务可延缓劣化、保持可靠性。其核心类型有三种:基于时间的预防性维护(TBM)按固定时间或运行时间间隔维护,适用故障模式明确且与时间强相关的设备;基于使用的预防性维护(UBM)根据实际使用量触发维护,更精确匹配设备磨损;预测性维护(PdM)利用传感器、物联网和数据分析技术,实时监测设备状态,预测潜在故障,实现精准干预,代表从“定期”到“按需”的范式转变。预防性维护体系高效运转需关键要素支撑:设备分级,评估影响后分级,优先分配资源给关键设备;维护任务标准化,制定详细作业指导书,确保工作质量与一致性;维护计划与调度,纳入统一系统,科学排程,减少对生产影响。

2 协同机制: TPM与预防性维护的融合逻辑

TPM与预防性维护并非简单叠加,而是深度互补协同,共同构建高效设备防护网,TPM为PM提供战略与文化支撑,PM为TPM落地提供技术执行保障。

2.1 TPM为PM赋能:构建动态管理闭环

自主维护是TPM基石,重塑操作员角色。传统模式下,操作员对设备微小异常常忽视,直至故障扩大。TPM赋予操作员“五感”点检能力与责任,其每日的清扫、点检、润滑活动形成第一道防线,能及时发现并处理多数微小缺陷,减轻专业维修压力,且高频次点检数据为精准制定PM计划提供依据,是预防性维护的稳固根基。个别改善活动为PM体系持续优化注入动力。预防性

维护计划需在实践中检验修正,跨职能团队通过个别改善,深入分析重复故障根本原因,将结论反馈至PM体系,用于修订维护周期、改进方法或推动设备局部改造。如轴承因润滑方式不当频繁损坏,就修改润滑SOP并纳入PM计划,形成“执行-反馈-改善”闭环,推动PM体系不断进化^[2]。初期管理支柱确保预防性维护的先天优势。很多设备维护难题源于设计和采购阶段,新设备引入时考虑可维护性,如设备易于接近、关键部件有监测接口等,可降低后续PM工作难度与成本。

2.2 PM为TPM提供支撑:实现理念落地

计划维护是TPM八大支柱之一,对应狭义预防性维护和预测性维护,是TPM落地的专业核心。专业维修团队凭借技术知识,执行复杂、高风险维护任务,是维护体系的设计师与守护者,负责建立和维护CMMS系统、进行设备FMEA分析、制定科学PM/PdM策略,并为自主维护提供技术支持与培训,为TPM“全效率”目标提供坚实后盾。预防性维护为TPM成效提供量化衡量标准。PM活动产生海量设备状态数据,分析后可转化为OEE报告、MTBF、MTTR等KPI指标,直观反映维护效果与TPM推进成效,管理层可据此看到投入回报,坚定推行决心,明确持续改进方向。此外,PM领域的标准化作业指导书(SOP)规范维修行为,确保工作质量与一致性,也是新员工培训和跨区域经验分享的重要资料,保障TPM最佳实践在组织内有效复制传承,让TPM文化与方法论得以延续。

3 应用框架:构建整合性的设备维护体系

基于上述协同逻辑,我们可以构建一个以OEE最大化为目标,以TPM为顶层设计,以PM为技术核心的整合性设备维护应用框架。这个框架旨在将理念、组织、技术和文化融为一体,形成一个有机的整体。

3.1 顶层设计:TPM愿景与组织保障

任何成功的变革都始于清晰的愿景和坚强的领导。TPM的成功同样始于最高管理层的坚定承诺。领导者需要深刻理解TPM的战略意义,并将其与公司整体经营目标紧密挂钩,为项目提供必要的资源支持。在此基础上,必须建立一个强有力的跨职能TPM推进组织,由生产、设备、质量、技术、采购等部门的骨干组成,负责总体规划、协调资源、监督进度和解决跨部门障碍,确保TPM的推进不是某个部门的独角戏,而是全公司的协奏曲。在具体实施策略上,应采取分阶段、样板线先行的方式^[3]。选择一条具有代表性且管理层支持力度大的生产线作为“样板线”,集中优势资源进行突破。通过在样板线上快速取得可见的成果,不仅能验证方法的有效性,更能极大地

鼓舞士气,为后续在全厂范围内的推广积累宝贵的经验和信心。

3.2 基础夯实:自主维护的深化

自主维护是整个整合框架的根基,其深化过程是一个循序渐进、由表及里的旅程。首先,通过组织大规模的初期清扫活动,让操作员亲手触摸和了解自己的设备,在清扫的过程中自然而然地暴露出“发生源”和“困难源”问题,并立即组织力量进行对策改善,这不仅能改善设备的物理状态,更能极大地激发员工的参与感和主人翁意识。在此基础上,需要在专业人员的指导下,由操作员共同参与制定《自主维护基准书》,将清扫、点检、润滑的具体部位、方法、周期、标准和安全注意事项固化下来,形成可遵循的标准。最后,通过系统的培训,使操作员掌握设备的基本原理和构造,能够识别更深层次的异常,并能独立完成日常点检工作,真正实现从“设备使用者”到“设备守护者”的角色转变,为上层的预防性维护体系提供坚实的数据和行动基础。

3.3 核心驱动:预防性维护体系的智能化升级

在夯实了自主维护的基础后,就需要着力打造预防性维护这一核心驱动力,并推动其向智能化方向升级。首要任务是对全厂设备进行全面的临界性分析,根据其对于生产、安全、质量的影响程度进行ABC分类,从而实现维护资源的精准投放。对于A类关键设备,应采用以预测性维护为主、预防性维护为辅的策略,利用先进的传感和数据分析技术,实现对设备健康状态的实时监控和故障的早期预警;对于B类设备,则采用以预防性维护为主的策略;对于C类设备,可适当延长维护周期或采用事后维修,以优化资源配置。为了支撑这一策略的落地,必须构建一个强大的数字化维护平台(CMMS/EAM),将所有设备台账、维护计划、工单、备件库存、维修历史、KPI数据等集中管理,实现维护工作的可视化、流程化和数据化,为科学决策提供依据。

3.4 持续改进:闭环管理与文化塑造

一个卓越的设备维护体系绝非一蹴而就,而是依赖于持续的改进和深厚的文化土壤。为此,必须建立OEE监控与损失分析机制,通过实时采集OEE数据,定期召开分析会议,聚焦于最大的损失项,并启动相应的个别改善项目,形成“测量-分析-改进”的闭环。同时,要强化教育培训体系,建立分层级、分岗位的培训矩阵,利用OPL、OJT等多种灵活形式,持续不断地提升全体员工的设备知识和维护技能,确保人才梯队的建设。最终,要通过提案制度、改善发表会、星级评价等一系列举措,营造一种人人参与、持续改善的积极文化氛围,让“我的设备

我负责”、“持续改善无止境”的理念深入人心，使TPM从一项管理活动真正内化为企业的一种文化基因。

4 实施路径与挑战应对

4.1 典型实施路径

一个成功的TPM与PM整合项目通常遵循一条清晰的、循序渐进的实施路径。在准备阶段，重点是高层动员、现状诊断、组建核心团队并制定一个为期三年的滚动规划，为整个项目奠定基调。导入阶段则聚焦于样板线的选择、全员的基础培训、轰轰烈烈的初期清扫与两源对策活动，并初步建立起自主维护的基准。展开阶段是攻坚克难的关键时期，需要在样板线上深化自主维护，同时全面建立并运行起专业的PM体系，并针对主要损失启动个别改善项目，在取得显著成效后，开始向其他产线推广。巩固阶段则着眼于体系的完善和升级，如导入预测性维护技术、将TPM理念融入新设备的初期管理、并将改善活动延伸至管理部门。最终，在自主管理阶段，TPM的各项活动已经完全融入日常运营，成为企业文化的一部分，实现了自主、自发、自维持的良性循环。

4.2 主要挑战与对策

在推进这一整合体系的过程中，企业不可避免地会遇到诸多挑战。员工的抵触和观念转变困难是最常见的障碍，对此，有效的对策是加强双向沟通，不仅要宣贯TPM的战略意义，更要让员工切身感受到TPM对其自身工作环境、技能提升和职业发展的益处；同时，通过在短期内取得一些“速赢”成果，用事实说话，增强员工的信心。部门壁垒和协同不畅则是另一个重大挑战，这需要最高管理者亲自挂帅，强力推动，并通过设立跨部门的联合KPI（如产线OEE），将各部门的利益捆绑在一起，打破各自为政的局面。此外，许多企业在初期面临数据基础薄弱、难以量化的问题，此时应秉持“从简单

开始”的原则，先手动记录关键数据，聚焦于少数几个核心KPI，避免因追求完美而裹足不前。最后，专业人才和技术支持的缺乏也是普遍现象，企业应采取内部培养与外部引进相结合的策略，并积极寻求与高校、咨询机构的合作，利用丰富的在线学习资源，系统性地弥补能力短板。

5 结语

TPM与设备预防性维护深度融合，是现代设备管理的发展方向。TPM以“全员、全系统、全效率”的视野，为设备维护注入组织活力与文化基因；预防性维护，尤其是智能化预测性维护，提供数据驱动的技术支撑。二者相辅相成，构建起现代化设备管理体系，实现从被动到主动、从经验到数据的转变。未来，设备维护将更深度融入智能制造生态系统，维护策略将从“预测性”迈向“处方性”，系统能自动推荐最优维护方案。但TPM“以人为本”“全员参与”“持续改善”的核心精神永不过时，先进算法无法替代一线员工的直觉与热情。企业推进设备维护现代化需“两条腿走路”，拥抱新技术提升智能化水平，推行TPM夯实管理基础，释放设备潜能，构筑制造竞争力。

参考文献

- [1]实施基于全员生产维护的设备全生命周期管理实践[J].中国设备工程,2024,(S1):8-11.
- [2]李韵.浅谈设备维护保养的预防性和预测性[J].住宅与房地产,2025,(25):33-34.
- [3]王东东.从故障应对到风险管控：设备管理思维转型及预防性维护策略优化[C]//河南省豫商经济文化交流协会.2025中国城建经济研讨会论文集.内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司,;2025:119-121.