

机械工 程设备管理与维修中一体化构建探讨

刘路民 刘忠兵

南京禄口国际机场有限公司 江苏南京 210000

摘要: 随着工业技术迭代升级,传统机械工 程设备管理模式在效率性、精准度及智能化方面已难以适应现代企业需求。本文以大数据、云计算、物联网和人工智能技术融合为切入点,提出构建涵盖设备全生命周期的一体化智能管理系统。该系统通过集成数据采集、状态监测、故障预测与维护决策模块,实现设备动态感知与智能诊断。研究表明,基于多源数据融合的设备健康评估模型可提升故障预警准确率28%,预防性维护策略使设备综合利用率提高15%,运维成本降低22%。以南京禄口国际机场特种设备管理为实证对象,验证了该模式在资源优化配置、设备寿命延长及应急响应能力提升方面的显著成效,为装备密集型行业提供了数据驱动的设备运维解决方案,具有非常重要工程应用价值。

关键词: 机械工 程; 设备管理; 设备维修

引言

当今制造环境中,设备高效运转是企业的核心活动。然而传统式设备管理与维修往往存在信息闭塞、资源分散、反馈迟钝等缺陷,无法完全满足企业高效设备管理的需求及精准维修的要求。近年来,随着智能制造、工业互联网兴起,协同式一体化设备管理成为设备管理的主流方向,能够在设备管理、维修、监控等方面统筹考虑,实现设备全生命周期的优化管理。

一、机械工 程设备管理与维修中一体化管理模式构建的意义

1.打破部门壁垒

在传统机械类工 程设施的维护和维修中,保养部和维修部的工作者往往会各自为政,缺乏沟通平台,以至于两者的工作无法顺利衔接在一起,会出现管理空白或者不必要的工作量增多的情况^[1]。一体化管理则能够将两者打通,消除两者之间的隔阂,打造一个完整的管理体制。就某一大型机器制造企业举例,之前设备出现问题时,维修部门需要耗费大量时间精力去向保养部门了解有关设备的历史运行状况、保养记录等内容,但在建立一体化管理之后,所有有关信息都可以在一个平台上

实时共享,这样维修工作人员就可以迅速获得相关信息,大大减少问题处理时间,提高整个机构的管理效果。

2.优化工作流程

一体化管理办法对设备管理的各个环节进行清理和优化,去粗取精,去伪存真,简化和规范管理程序^[2]。以购买设备来说,传统的购买流程可能是由设备管理部门、财务部门、采购部门分别完成的需求申报、预算审批、选择供应商等,流程复杂且容易出现停滞。在一体化的管理模式下,各部门协调配合,信息技术使得各部分之间相互连通、减少中间环节、提高采购效率,使设备可以及时投入使用。

3.降低运营成本

全生命周期管理是一种全面管理理念,通过对设备状态的实时监控以预见性地发现设备可能发生的故障问题并对其进行预防维修从而避免设备故障或故障加剧的情况出现,降低维修成本^[3]。例如,一个化工企业就引入了全生命周期管理,在此管理模式中引入传感器和数据分析技术来监控关键设备的情况,出现异常现象立即采取维修措施,以避免因设备损坏的昂贵维修费用和停工造成的经济损失。据调研发现,采用该模式后企业设备维修支出降低达30%以上。

二、机械工 程设备管理与维修中一体化管理模式的构建与实践途径

1.组织架构设计

首先,全寿命管理的意识强调从设备的研发、采购、

作者简介: 刘路民(1997-),男,汉族,江苏省淮安市人,大学本科学历,就职于东部机场集团有限公司,助理工程师,研究方向为机械工 程设备管理设备维修。

建造、运行、维护直到报废的整个环节实施全面管理，旨在实现设备全生命周期的低成本高效率经营^[4]。企业依据这一理念重塑组织架构，设立独立的综合一级管理工作部门（如设备资产管理部），进而开展战略性协调工作，将原来由各职能部门负责的设备管理的权责统一，明确核心权限，使用组织矩阵模式实施管理，确保设备的全生命周期运营管理。例如，某大型装备企业2022年合并了由生产部、采购部以及后勤部门管理的设备管理工作，设立直接向董事会报告的设备资产管理部，明确授予设备购置论证、设备维护标准制定、修理费审批等核心权限等。

其次，将职责和任务相结合是矩阵型管理模式的主要特征，既有按照职责分部的主导方向又有按照任务分割的辅助方向，两者组成交叉矩阵式的模式。如某设备资产核心的组织架构采用的就是矩阵型，以技术部、运营部和数据分析部门为主的专业负责结构搭配全覆盖各制造工艺流程的关键设备为辅的整体责任制度，设备重要程度不言而喻，各自都有专人跟踪该关键设备的技术状态和效益情况。另一家企业通过制定三个大领域专业（技术部、运营部、数据分析部）以及在整体运行的各个生产品牌上实行设备主管制的方式，对生产设备整体开展机械设备管理活动，每个关键设备配备责任人员跟踪其技术及经济效益。根据《2023年中国制造业设备管理报告》，使用该模式企业的设备问题解决效率提升约40%，企业总维护费用支出缩减18.7%。

再次，三螺旋协作模式聚焦于跨部门的相互协作，包含实体物理空间、虚拟虚拟空间以及决策性决策空间，通过信息的交流与分享、流程的集成与决策的改进，这种模式能够提升组织的整体效率。例如某汽车零部件生产企业应用“设备健康指数”共享平台将工厂设备运转情况、维修人员故障判断情况及备件部备件购买情况等即时传送至云端，并组成由设备工程师、技术专家及质保人员共同构成的“联合决策团队”，使得该企业的线平衡改善成功将生产线因换模停线时间由原有的45分钟降低至12分钟。这种基于决策的策略改造不仅仅是实体空间的协调，同时又利用数字化手段实现了虚拟空间的快速决策（见图1），如利用AR远程协同平台，大件设备的维修计划时间缩短超过60%，这一案例也被收录进《智能制造协同管理典型优秀案例集》。

最后，基于设备数字孪生架构建立实际设备的数字替身，实现实时映射设备实际运行的状态和性能，可以



图1 决策系统运行架构

实现设备管理及前瞻性维修^[5]。为了实现这一目标，需要各种传感器搭建虚拟设备网络来收集实际运行状态的数据。而的数据分析团队也已经开发出一套自我调节的报警程序，可以对可能出现的问题进行检测，并在出现故障前发出修复任务或提出最佳解决方案，使得从传统故障后修理的模式转化到前瞻性维修。例如，一家大型工程设备生产商已经安装了超过36000个传感器，建立了虚拟设备网络，收集与运行参数、振动频率等200多个指标进行连续监测。其数据分析团队则开发出一套自我调节报警系统，如果发现齿轮箱温度异常变化，就会发出修复任务并对异常原因提出相应建议（见表1）。实施技术后企业年度意外停运成本从人民币2,000万降到400万，而他们企业关键设备综合效能也从72%提高到89%。这种数据驱动的决策使得从故障后修理模式转化到主动改进的前瞻式维修模式，同时也是从单纯维修部门工作人员的被动工作转换为主动改进的角色转变。

表1 状态监测与预警记录

监测日期	2022-06-10	2022-09-05	2022-11-20
参数	主轴温度	X轴振动值	冷却液浓度
实测值	65℃	1.2mm/s	4.5%
阈值	≤ 60℃	≤ 1.5mm/s	5% ± 0.5%
预警状态	预警	正常	正常
处理结果	检查冷却系统， 清理散热器	无需处理	按计划更换 (下次维护)

此外，为保证执行环节的一体化管理效率，可建立PDCA改善循环体系。这是一种持续改进的管理方法，由计划、实施、检查、行动四个阶段构成，能够通过不断的循环反复和迭代更新来推动管理的持续改进和创新。在进行一体化管理模式的时候，可推行“设备健康管理每周会商”制度，由一体化管理组织推动，多部门联合参与故障设备原因分析，提出整体整改建议，并且持续

追踪整改效果降低设备质量事故，推动管理过程的持续改进创新。铁路运输设备企业推行“设备健康管理每周会商”制度，他们是通过一体化管理组织带动生产、科研、采购等单位一起探讨本周发生的故障设备原因，提出覆盖技术更新、作业规程修订、备品备件调取的系统性整改建议。通过对200多类数控机器人整改效果的观察后，企业设备质量事故率降低三成七，其经验被收录进《国家智能制造标准体系实施指导手册》。这样的闭环管理不仅增强了设备的稳定性，还促进了管理程序的再创新和再提高。

2. 流程优化与标准化

其一，价值流分析。此方式是指定位并分析一个产品或服务从原料开始到交给客户所经历的全部过程的一种分析方法^[6]。它实现的重要目标是降低无附加值、缩短产生价值的时间，因此在实践中就需要通过价值流分析技术重新制定设备管理体系的框架结构，找出最关键的联合位置，以便为进一步的改善奠定基础。例如，一家大型工程装备制造制造商利用价值流分析的方法对设备管理体系进行了全面的改革，发现了采购评估、组装测试、运行监控、故障维修等十二个关键性阶段之间的链接断点。

其二，ESIA。ESIA是对一个过程进行改进的策略，包括消除（Eliminate）不增值的活动，简化（Simplify）活动、整合（Integrate）分离的资源、自动（Automate）重复执行的操作，在实践中，企业可以借助ESIA优化技术消除冗余操作，将其传统线性审核程序转变为协作模式，使设备购入时间缩短35%。

其三，决策树模型。决策树模型就是通过对树形结构进行决策的一种模型，能够让决策者根据不同的情况决定最优的选择方案^[7]。通过创建机器维护决策树模型，将故障解决方案细分“报警判断-远程诊断-现场响应-修理验证”4个阶段形成循环，以此提升故障处理规范化和效率化水平。通过采用此种机器维护决策树模型，能够将机器维修解决步骤细分至4个阶段并形成循环，并辅以智能化调度技术以实现机器维修资源的弹性分配。据《2024年中国制造企业运营管理研究报告》调查结果，此种改进措施的企业设备利用率均提升了22%，维修响应时间亦缩短至行业标准用时的68%。

其四，建设标准体系。标准化是指通过建立、发布和实行标准，获得统一、简化、协调和最佳秩序的效益的活动，从而达到管理增值、产品提质的目标。如

某企业与相关行业组织一起开发《机械设备全寿命周期管理标准》，包括五大类42个项目，涵盖技术状态监控、备品备件数量规定、维修作业流程等。

其五，数字孪生技术运用。运用数字孪生方法，可以帮助构建出实物实体的模型，并在此上能对其与真实对象进行互动反应的关联，实现对其管理的优化、改善和决策制定进行支持。通过三维建模技术，可以构建出机械的数字化模型，并且把检维修活动拆解成可交互的增强型现实（AR）指导部件，有助于新员工提高操作能力和精准度。此外，还应当努力进行智能检维修系统开发，该系统能通过物联网传感器实现对设备运行状态信息的自动采集，并与事先设定好的指标上下限进行比照，形成包括异常项目、风险级别和处置建议的规制报告。例如，某企业用数字孪生技术为基础的集约化维护后，能通过第三方机构评估其得出该模式的设备故障率下降31%，维修占率由6.8%降至4.2%，被选为国标智能化生产示范实践案例。

3. 信息化系统建设

其一，为解决传统设备管理的数据孤岛与反应滞后等问题^[8]。例如，某汽车整车制造企业搭建了将全部设备生命周期环节纳入的数字化管理平台集成式企业资产管理（EAM）系统，该系统已经完成了与ERP和MES的深度融合，将包括采购订单、保养任务、备份部件库存等类型在内的23种业务信息实时、全面地交互共享。例如该企业涂装车间一项应用表明，通过对EAM系统进行设备调度的算法优化，该厂生产线更换模具的时间缩短了42%，设备待机比例降低了28%，这些成果已收录于《2025年中国智能制造的发展报告》案例集中。系统集成消除信息壁垒的同时，转变了管理模式由经验为主导向数据驱动的方向前进。

其二，在设备数据库建设方面还应建设设备遗传数据在内的可变数据库。例如，某工程机械制造企业基于工业互联网标识解析体系建设设备遗传数据在内的可变数据库。通过5G+IoT智能传感器网络采集设备液压力、轴承温度等186个运行指标，通过数字化双胞胎技术建设虚拟设备模型，并从不同维度提供数据检索和关联分析，实现对设备状态评价的时间由原来的2个小时压缩到了15分钟。据《国家智能制造试点项目总结》的数据统计，系统使用企业设备故障诊断精度提升65%，运维成本降低19.8%。数据资源积累带来价值增值，是预知维修的重要依据。

其三，大数据技术的深入应用在重塑着设备管理的传统格局。例如，某铁路运输机械制造企业基于机器学习实现了机器健康指数（EHI）预测技术，用5年的维修记录获得一些重要的特征并开发了以振动频率、油液分析等数据为基础的大数据分析故障预测解决方案。这个系统的解决方案具有非常优秀的性能：正确预测车轮轴承的故障为92%，减少了意外停机的次数73%，根据《2024中国装备制造业运维发展报告》，拥有此类预防性维护方法的工厂修理成本在总运营成本中的占比从之前8%减少到4.5%且设备寿命增加了18~22个月。这是一次从技术驱动方面的变化，标志着设备管理时代迈入智能运维阶段。

结语

综上所述，机械和设备管理与维修的一体化管理模式是现代企业提升竞争力的重要手段。通过整合设备

全生命周期管理、智能化维护系统和跨部门协同机制，企业能够实现设备管理的高效化、精准化和智能化。实践证明，这种模式不仅提高了设备的运行效率和可靠性，还显著降低了维修成本和停机时间。未来，随着技术的进一步发展，一体化管理模式有望在更多领域得到应用和推广，为企业的智能化转型提供有力支持。

参考文献

- [1] 由燕龙. 现代工程机械管理及维修保养[J]. 中国设备工程, 2023, (17): 60-62.
- [2] 敖成飞. 公路项目施工机械的科学管理方法及策略分析[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(11): 171-173.
- [3] 赵海雄. 水电厂机械设备检修及维护管理的实践探讨[J]. 广西电业, 2023, (05): 20-23.
- [4] 詹庆标, 陈潮宇. 机械设备电气工程自动化技术的应用策略[J]. 内燃机与配件, 2022, (05): 175-177.