绿色维修理念在机械设备维护中的应用

潘益华

宁波兴业鑫泰新型电子材料有限公司　浙江　宁波　315300

摘　要：机械设备传统维修模式侧重功能恢复，资源消耗与污染物排放问题较为突出。绿色维修以设备全寿命周期为视角，将能耗管控、废弃物资源化纳入维修各环节，依托环保耗材选型、节能工艺改造、废弃物分类处置等路径落地应用。该模式兼顾技术、经济与环境三类要素，配套动态维护周期与标准化作业管理，可降低机械设备维保阶段的环境负荷，实现设备可靠运行与生态保护协同推进。

关键词：绿色维修；机械设备；全寿命周期；资源化处置；节能维保

引言：工业生产持续推进过程中，机械设备保有量不断提升，维保作业带来的资源损耗与污染问题逐步凸显。传统维修手段多聚焦故障修复，缺少对环境影响的系统性考量。绿色维修理念为设备维保提供新的实施思路，从材料选用、工艺优化、固废废液处置等维度重构维保作业流程。落实配套管理措施，能够减少维保环节污染物产出，推动维修资源循环利用，平衡工业生产需求与生态承载压力。

1 绿色维修理念的核心内涵

1.1 绿色维修的基础定义

绿色维修是基于设备全寿命周期形成的新型维修模式，核心是将资源降耗、环保减排理念融入机械设备维修养护全流程，区别于仅以设备功能恢复为唯一目标的传统维修模式。该模式在保障设备运行可靠性、满足生产使用需求的前提下，重点控制维修作业的能源消耗、物料损耗与污染物排放，实现维修资源循环高效利用。其作业覆盖设备故障检修、定期养护、部件修复等全场景，贯穿设备停机检修到恢复投产的全部环节。作业过程兼顾技术可行性、经济合理性与环境友好性，摒弃过度耗材投入、高能耗作业等粗放维修方式，杜绝为压缩成本、节省资源牺牲设备运行性能，通过优化耗材选用、技术方案与作业流程，平衡设备使用价值与生态环境承载能力，构建低碳节能的维修作业体系。

1.2 机械设备维护的环保准则

机械设备维护作业会产生废油、废旧零部件、粉尘、废液等污染物，处置不当会持续污染水土与大气环境。绿色维修框架下的设备维护环保准则，核心是源头管控、减量减排、规范处置。作业优先选用可循环、可再生物料，严控一次性耗材与不可再生资源耗用，从源头减少废弃物产出。同时规范现场作业行为，采取防护措施阻断废液渗漏、粉尘扩散等污染问题。在维护方案设计阶段，提前预判环境扰动，优选低影响检修工艺。全程落实废弃物分类管控，将废旧构件、废弃耗材按属性分区存放、专项处置，避免混存加剧污染。该准则适配各类机械设备的常态化养护与故障检修场景，将环保管控要求落地到各项基础维护操作中。

2 绿色维修理念在机械设备维护中的应用路径

2.1 环保型维修材料的选用

2.1.1 润滑介质选型管控

机械设备运转依赖润滑介质降低构件摩擦损耗，常规矿物型润滑油使用阶段易出现渗漏，废弃后自然降解周期漫长。环保型润滑介质以生物基原料制备而成，介质理化性质匹配多数传动构件的运行工况，渗漏进入自然环境后可以逐步分解，降低土壤与水体污染风险。生物基润滑介质粘度指标覆盖低速重载、高速轻载等不同设备工况，能够满足齿轮轴承导轨等摩擦副的润滑需求。材料选型需要比对介质氧化稳定性，延长润滑介质服役时长，减少介质更换频次，压缩介质整体消耗量。润滑介质存储容器选择可重复回收容器，单次作业按需取用介质，规避过量加注造成介质溢流浪费。介质更换作业配套密闭收集装置，防止废旧介质直接接触地面，收集后的废旧润滑介质送入专业机构开展再生提纯，提取有效组分重新制备润滑产品。选型环节同步考量介质低温流动性，适配不同环境温度下设备启停需求，避免低温环境介质凝固影响设备正常运转。

2.1.2 清洗物料择优选取

设备维护阶段需要清除构件表面油污锈蚀沉积物，传统溶剂清洗剂含有挥发性有害物质，挥发物质扩散到

空气内部形成大气污染。水基环保清洗剂依靠表面活性剂实现污垢剥离，挥发性物质含量维持在较低水平，作业过程产生的毒害气体规模显著缩减。水基清洗剂可配合循环过滤装置重复使用，过滤去除悬浮油污与固体杂质之后，清洗剂可多次投入构件清洗作业，减少新清洗剂采购数量。清洗物料选取参照构件材质属性，规避清洗剂腐蚀金属基体或者破坏密封件表面结构。清洗作业控制物料配比浓度，过高浓度会提升物料耗用水平，过低浓度削弱污垢剥离效果。清洗作业产生的废水送入处理单元去除油类杂质，处理达标水体可循环用于构件粗洗工序，减少新鲜水资源耗用[1]。固体除锈物料优先选用低粉尘制剂，降低除锈作业产生悬浮颗粒物，减少作业区域粉尘积累。

2.1.3 密封与修补耗材筛选

密封构件承担阻隔介质渗漏作用，老旧橡胶密封件废弃之后难以自然降解，部分材质老化过程会释放微量有害物质。可降解高分子密封材料保持良好弹性与压缩回弹性能，适配液压气动设备的密封工况，材料报废之后降解周期大幅缩短。修补类耗材选取低挥发性胶粘剂，胶粘剂固化阶段释放物质更少，作业区域空气污染得到控制。耗材选型核算耗材服役周期，长效耗材可以拉长构件更换间隔，降低耗材总体投入。耗材采购优先选择规格标准化产品，标准化构件便于部件回收拆解，报废构件可以拆分不同材质组分。耗材存储做好防潮避光防护，延缓耗材提前老化失效，减少未使用耗材直接报废带来资源浪费。

2.2 节能型维修工艺的实施

2.2.1 构件拆卸工艺优化

构件拆卸是设备维护前期环节，不合理拆卸方式会增加构件损伤概率，完好构件出现破损只能直接报废，带来资源额外消耗。拆卸作业依据设备装配顺序制定拆解流程，借助定位工装固定设备构件，减少敲击强撬等冲击类操作，保护可复用构件结构完整。拆卸工序划分作业区段，减少设备整机停机时长，降低设备停机阶段配套辅助系统持续能耗。拆解作业选用轻量化专用工具，降低人力作业负荷，减少大功率动力工具持续运行时长。拆卸过程做好构件分类放置，完好构件轻微损伤构件完全报废构件分区摆放，避免完好构件磕碰损坏。拆卸工艺调整减少高温切割手段使用，高温作业消耗大量电能，高温作用还会改变构件金属金相组织，损伤构件残余使用性能[2]。构件拆解同步记录构件损伤位置，为后续修复作业提供基础信息，减少修复阶段重复检测带来能源消耗。

2.2.2 构件修复工艺升级

构件出现轻微磨损或者局部损伤时，直接更换全新构件会造成完好基体材料浪费。表面修复工艺依托堆焊喷涂等技术在构件损伤位置制备功能层，恢复构件外形尺寸与表面性能，保留构件基体材料继续投入使用。热喷涂工艺控制热源功率，精准调控喷涂材料用量，减少原料损耗与电能消耗。修复前开展构件表面预处理，清理构件表面油污氧化层，提升功能层与基体结合强度，降低修复后构件短期内再次失效概率。修复工艺匹配构件受力工况，重载受力构件选择耐磨性能优良的修复涂层，承受交变载荷构件控制修复层内部残余应力。修复作业管控单次作业范围，仅针对损伤区域开展处理，不对完好基体做多余加工。修复完成后采用低能耗检测手段核验构件尺寸，避免大功率检测设备长时间持续运行。修复工艺可以缩减新构件采购数量，降低构件生产制造环节对应的资源与能源投入。

2.2.3 检修作业能耗管控

检修阶段配套动力设备持续运行会产生电能消耗，合理规划作业时序可以压缩动力设备运行时长。大功率机具集中安排作业时段，减少机具频繁启停带来额外能耗，机具闲置阶段及时切断动力供给。检修作业场地选用自然光充足区域开展操作，自然光可满足基础检视作业需求，减少人工照明设备开启时长[3]。设备大型部件转运选用低阻力转运工装，降低转运设备动力负荷，减少转运过程燃油或者电能消耗。检修作业避开高温时段开展加热类工艺，降低温控设备维持作业温度所需能耗。作业场地做好管线巡检，排查压缩空气管路泄漏点位，管路持续泄漏会造成空压机不间断运行，增加无用能耗。检修作业完成之后关闭全部临时配套设备，消除设备空载运行带来能源损耗。

2.3 维修废弃物资源化处置

2.3.1 金属类废旧构件回收分拣

设备维护拆解产生大量金属废旧构件，不同金属材质回收工艺存在差异。分拣作业把钢铁铝合金铜合金构件相互区分，剔除构件表面附着的橡胶塑料附属部件，保障回收原料纯度。完好可复用构件单独存放，经过检测核验性能达标之后可直接作为备用件留存。存在局部损伤构件送入修复工序处理，修复达标构件重新投入设备维护使用。完全丧失使用价值的金属构件集中收集，送入冶金加工单位重熔处理，重熔得到金属原料用于新构件生产。分拣作业借助简易识别工具区分材质，

减少不同金属混杂堆放，混杂原料会提升后续冶炼提纯的能源消耗。构件拆解过程尽量保持构件大块形态，减少破碎操作带来额外能耗，大块金属原料回收流程更加简便。

2.3.2 非金属废弃物分类处理

维修产生塑料橡胶类废弃物，这类物料无法直接进入金属回收流程。橡胶密封件塑料外壳单独收集，材质纯净物料送入再生加工工序，经过破碎脱硫等工序制备再生原料，用于生产低负荷配件。沾染油污的非金属物料先行脱油处理，去除物料内部吸附油类杂质，再开展再生加工。废弃过滤滤芯拆解分离滤材与壳体，壳体材质满足回收条件则进入再生流程，吸附污染物的滤材按照危废规范转运处置。废弃物存放区域设置防渗垫层，防止物料携带油污渗入地面。不同品类非金属废弃物设置独立存放区域，规避不同物料交叉混合，降低后续分选难度。

2.3.3 废液废渣收集与再生利用

维护作业产出废润滑油清洗废液，废液收集采用密闭容器存储，容器加盖减少挥发性物质向外扩散。收集废液转运至再生处理站点，通过沉降过滤蒸馏工序分离杂质，提取基础油组分重新制备润滑介质。除锈作业产生固体废渣，废渣内含有金属氧化物，物料收集之后送入加工单元提取金属组分，剩余惰性残渣按照规范处置[4]。废液转运全程管控容器密封性，杜绝转运途中发生渗漏。废液存储控制单容器装填量，预留空间应对温度变化带来液体体积改变，防止液体溢出。废渣收集采用袋装密闭存放，抑制废渣粉尘飘散，转运至指定处理场所完成资源化提取。

3 绿色维修理念在机械设备维护中的实施保障

3.1 科学化设备维护周期规划

设备维护周期设定依托设备运行工况与部件损耗规律，固定周期维护模式存在一定局限性，部分设备工况平稳时，构件损耗速度放缓，按照原有周期开展检修会带来不必要物料与能源消耗。设备运行阶段采集温度振动负荷等运行参数，依据参数变化判断构件损耗状态，调整维护开展时间。损耗速率较快的部件缩短维护间隔，工况稳定构件适度拉长检修周期。周期规划区分停机检修与不停机养护项目，能够在线完成养护的项目无需整机停机，减少停机配套系统能耗。维护计划统筹多台设备检修时序，合并同类检修任务，减少机具反复调动产生的资源消耗。周期规划同步预判检修产生废弃物种类与数量，提前规划废弃物收集容器与转运路径，简化废弃物处置流程。维护计划动态跟随设备工况变化，设备长期高负荷运行时构件老化加速，维护周期随之调整，保障设备运行稳定的同时控制维护环节环境影响。

3.2 规范化设备维护标准管理

建立适配绿色维修要求的维护作业标准，把耗材管控能耗约束废弃物分类各项要求写入作业规程。规程明确各类维修材料取用上限，规范材料领取存放使用全流程管理，减少耗材随意取用造成浪费。作业开展前向作业人员传递规程内容，让作业人员掌握环保管控各项操作要求。作业场地设置物料存放标识，划分废弃物收集点位，指引作业人员完成物料与废弃物分类放置[5]。作业完成后核对耗材消耗情况，记录废弃物产出品类与数量，持续掌握维护作业资源消耗水平。管理体系覆盖耗材采购现场作业废弃物转运全部环节，形成连贯管控链条。定期梳理作业规程内容，结合新材料新工艺应用更新条款，持续完善绿色维修相关作业要求。作业现场落实物料台账登记，记录耗材领用数量使用场景，识别耗材过量耗用点位，优化后续物料管控方式。

结束语：绿色维修在机械设备维保领域的落地，依靠环保材料、节能工艺与废弃物资源化技术共同支撑。合理规划检修周期，完善现场作业规范，能够持续压缩维保过程能源与物料消耗。各类维修废弃物经分类回收与再生处理，可减少污染物向外排放。将环境管控要求融入日常维保操作，持续优化现场作业方式，能够在保障设备稳定运行的前提下，降低维修活动对周边环境产生的扰动。

参考文献

[1] 徐凤超. 化工设备管理的化工机械维修保养技术分析 [J]. 机械与电子控制工程,2025,7(21).

[2] 周哲, 缪宏飞. 机电设备维修中的绿色维修技术研究 [J]. 中国科技论文在线精品论文,2026,19(1):148-150.

[3] 栗智. 面向绿色维修的航空机电零部件再制造循环利用技术探析 [J]. 表面工程与再制造,2025,25(5):26-33.

[4] 黄润彬, 陆晨汐, 刘家齐, 等. 飞机起落架损伤机制与再制造关键技术研究进展 [J]. 材料工程,2026,54(8):264-277.

[5] 曹翰林, 李文戈, 赵远涛, 等. 高能束熔覆技术在船机部件修复与再制造中的研究进展 [J]. 材料保护,2026,59(5):35-48.