

轮式推土机行走机构维修技术优化与精准诊断

解海鹏

国能北电胜利能源有限公司 内蒙古锡林郭勒 026000

摘要: 轮式推土机是土方作业中的主力设备,其行走机构长期承受复杂多变的重载荷,是故障的高发部位,一旦发生故障,往往导致整机停机,延误工期,产生高昂的维修费用。鉴于此,文章探讨轮式推土机行走机构维修技术优化与精准诊断,旨在构建一套行之有效的预防性维修与精准诊断体系,提升设备可靠性,防范故障于未然。

关键词: 轮式推土机;行走机构;维修技术优化;精准诊断

引言

推土机主要由发动机、底盘、工作装置及液压系统和电气系统等组成。轮胎式推土机是一种具有很强工况适应性的施工机械,与履带式推土机相比,其主要特点是行驶速度快、作业循环时间短、转移场地迅速、机动性好^[1]。长期以来,现场维修工作多依赖于定期保养与事后维修,对潜在故障缺乏预见性,难以避免严重故障的发生。为此,需从传统的被动维修转向积极的预防性维护。

一、轮式推土机行走机构维修技术概述

(一) 行走机构基本结构与工作原理

轮式推土机的行走机构如同设备的筋骨,承载着整机的重量与动力。驱动桥作为核心枢纽,将发动机的澎湃动力通过主减速器层层转化。差速器如同精密的分配师,将扭矩均衡传递至左右半轴;轮边行星减速器则像最后的扭矩放大器,驱动着巨型轮胎啃噬坚硬的地面。悬挂系统在颠簸中默默化解冲击,制动装置在陡坡上牢牢锁住车身。这套系统在泥泞与砂石间日复一日地运转,每一次履带板的滚动都是力量与阻力的博弈^[2]。当暴雨后工地变成沼泽,当推土铲遭遇冻土层的顽抗,行走机构的每一处轴承、齿轮都在极限状态下发出低鸣,它们的稳定与否直接决定着这台钢铁巨兽能否在晨曦中准时轰鸣启动。

(二) 常见故障模式与影响分析

故障如同潜伏的暗礁,随时可能让航行中的巨轮搁浅。轮胎在碎石路上反复碾压,胎面异常磨损的纹路如同无声的警报,一旦帘线层暴露,随时可能引发爆胎事故,让数十吨的设备瞬间陷于瘫痪。驱动桥深处,主减速器齿轮的某个齿面出现细微点蚀,初期只是隐约的

“咔嚓”异响,随着负载增加,点蚀逐渐扩展为剥落,最终演变为齿轮崩裂的金属碎裂声,整台设备在工地中央剧烈颤抖着停下。维修工打开轮边减速器盖板,看到润滑油中悬浮着青铜色金属屑,那是行星齿轮过度磨损的残骸,若不及时处理,高温将熔毁轴承,导致轮胎在行进中轰然脱落^[3]。这些故障从不单打独斗,制动系统的油液渗漏会悄然削弱制动力,在坡道作业时埋下溜车的隐患;悬挂油缸的密封失效则让推土铲在作业中不断下沉,平整度控制沦为泡影。

(三) 传统维修方式的局限性

传统维修常常陷入“头痛医头”的困局。经验丰富的老师傅俯身倾听轮边减速器的异响,却难以判断内部行星架变形的具体程度;拆解驱动桥时,主减速器齿轮啮合印痕的调整如同在黑暗中摸索——维修工反复拆装七八次,依靠塞尺测量与手感判断,试图让那硬币大小的接触斑痕出现在理论位置。当学徒举着探伤灯检查半轴花键,细微的疲劳裂纹在灯光下若隐若现,稍不留神就会遗漏。而最无奈的是解体大修:三吨重的驱动桥总成需两台液压千斤顶协同拆卸,维修班组在油污中奋战数日,更换的轴承是否预紧到位,往往要等到设备重新投入高强度作业时才能验证。依赖人工经验、耗费工时的维修模式,常使设备陷入修好、损坏、再修的循环^[4]。

二、轮式推土机行走机构维修技术优化

(一) 状态监测常态化,构建早期故障预警体系

在轮式推土机日常作业现场,技术人员如同例行检查般,持续将各类传感器部署于行走机构的驱动桥、轮边减速器、悬挂系统等关键部位。传感器稳定地采集着振动、温度、压力等运行数据,源源不断地汇入监测平台。这个过程并非一帆风顺,初期常面临信号干扰、数

据漂移或安装位置不佳导致特征信息捕捉不清晰的难题。技术人员需要反复调试传感器灵敏度，优化安装点位，筛选有效数据特征，排除环境噪音的干扰。正是在这种日复一日、严谨细致的数据积累与特征分析实践中，维修团队逐渐建立起对设备“健康基线”的深刻认知。当监测数据开始出现细微但持续的异常趋势，即使远未达到传统停机标准，系统也能敏锐地捕捉到这些早期故障征兆^[5]。通过及时识别轴承的初期磨损迹象、齿轮啮合的轻微异常或液压压力的微小波动，团队得以在故障萌芽阶段就介入干预。这种基于常态监测的早期预警，有效避免了因小失大，防止了行走机构突发性严重故障导致的整机瘫痪和重大经济损失。技术实践本身，正是通过每一次数据采集、每一次特征分析、每一次异常甄别，不断强化着预防性维修的根基，使“治未病”的理念在严谨的数据支撑下得以落地生根，成为保障设备可靠运行的核心能力。

（二）智能预警前置化，开发自适应阈值报警算法

面对轮式推土机行走机构工况复杂多变（如重载爬坡、崎岖路面、不同土质）带来的监测数据波动大、传统固定阈值报警误报漏报率高的问题，技术团队着手研发自适应阈值报警算法。研发过程充满技术挑战：如何让算法理解设备在不同负载、速度、环境下的“正常”状态范围？如何动态调整报警门槛，既不过于敏感产生大量无效报警，又不至于迟钝错过真实隐患？算法工程师们需要不断调试模型参数，输入海量历史运行数据（涵盖各种典型工况）进行训练和验证。初期模型可能对某些特殊工况适应性差，报警逻辑混乱，需要反复修正特征权重，优化学习机制。正是在这种与复杂数据、多变工况持续“对话”和算法迭代优化的实践中，团队逐步攻坚克难。最终成型的自适应算法能够根据设备实时负载、速度、温度等工况参数，动态计算并调整各个监测指标的合理阈值范围。当驱动桥振动在重载下略超常规阈值但仍在当前工况合理范围时，系统不会误报；而当在平稳运行时出现轻微但持续偏离该工况下“健康模式”的异常信号时，系统能立即精准触发预警。智能化的前置预警，提高了报警的准确性和及时性，使维修团队能够更早、更可靠地捕捉到那些在复杂背景噪声下隐藏的早期故障苗头，为预防性维修决策提供了更科学、更超前的依据，使故障预警的“火眼金睛”更加锐利。

（三）维护流程标准化，制定预防性维护精准作业卡

为了将状态监测和智能预警的成果有效转化为预防

性维修行动，避免依赖个人经验导致的维护疏漏或过度，技术团队致力于将行走机构的维护流程高度标准化。核心工作是制定详尽的“预防性维护精准作业卡”。编制过程需要细致梳理：针对预警系统提示的每一种潜在故障模式（如轴承早期磨损、密封渗漏预兆、齿轮点蚀倾向），应该执行哪些具体的检查项目？使用什么工具？遵循怎样的步骤？判定标准是什么？需要哪些安全措施？团队必须结合设备结构、故障机理、维修手册和现场最佳实践，反复推敲、验证每一项操作的必要性和可行性。作业卡初稿可能步骤冗余或关键点缺失，需要在模拟演练和实际试用中不断打磨、精简、优化。正是在这种将抽象预警转化为具体、可执行、可核查的维护动作的严谨实践中，团队实现了维护知识的沉淀和流程的固化。最终形成的作业卡，如同精准的维修“处方”，明确指导技术人员在特定预警信号触发后，按标准流程对指定部位进行针对性的检查、测量、调整或更换（如特定螺栓的紧固扭矩复查、特定轴承游隙的精确测量、特定油液的污染度检测）。这种标准化作业确保了预防性维护动作的及时性、准确性和一致性，彻底避免了凭感觉、凭经验导致的误判或延误，使早期故障干预真正落到实处，有效阻断了故障链的发展。

（四）专用工具研发，实现关键部件无损拆装调整

在轮式推土机行走机构的预防性维护中，对驱动桥、轮边行星减速器、悬挂球铰等关键精密部件进行拆解检查、间隙调整或局部更换是常见需求。然而，传统通用工具和方法往往存在拆装困难、易造成配合面划伤、螺纹损坏、精密零件变形或测量调整精度不足等问题，反而可能在维护过程中引入新的损伤或隐患，违背了预防性维修的初衷。为解决这一核心矛盾，技术团队聚焦于专用维修工具的研发。研发过程充满工程挑战：如何设计出既能高效完成特定拆装任务，又能完美保护脆弱配合面和精密零件的工具？如何确保调整（如齿轮啮合间隙、轴承预紧力）的精确性和可重复性？设计人员需要深入理解部件结构、受力特点和维修痛点，进行多轮概念设计、力学仿真、原型试制和现场测试。初期样机可能笨重、操作不便或保护效果不佳，需要反复迭代优化结构、材料和工艺。正是在这种针对具体维修难题进行创造性工具开发的实践中，团队攻克了一个个技术瓶颈。最终研发出的系列专用工具（如薄型液压拔具、导向保护衬套、定扭矩定角度同步锁紧扳手、高精度游隙测量仪等），如同为精密维修量身定制的“钥匙”，使技

术人员能够在执行预防性检查、更换密封件、调整轴承游隙或齿轮啮合时，实现快速、无损、精准的操作。这些工具的应用，极大降低了预防性维护过程本身对设备造成的二次伤害风险，保障了维护后部件的原有性能和配合精度，提升关键部件维修调整的质量和可靠性，使得“预防性干预”真正成为延长设备寿命、保障运行安全的有效手段。

三、轮式推土机行走机构维修技术精准诊断

(一) 多源数据融合，综合判定故障根源

在实际维修过程中，技术人员会系统采集行走机构的振动、噪声、温度与压力等多类传感数据，同时调取设备历史运行日志与工况记录，构建起完整的故障信息图谱。这种多源数据融合的方法彻底改变了传统依赖单一参数判定的局限性。例如当履带出现跑偏现象时，有经验的技术人员不会再局限于检查导向轮校准，而是会同步分析液压回路的压力稳定性、履带张紧装置的反馈数据，甚至追溯底盘架结构变形量的历史变化趋势。通过多参数的关联比对与交叉验证，团队能够准确区分故障根源：到底是外部冲击导致的机械形变，还是润滑不良引起的运动阻力异常，亦或是液压伺服控制偏差带来的系统性问题。这种诊断方式要求技术人员具备跨学科的知识储备，能够同时解读机械传动、液压控制和传感数据等多维度信息。在反复的数据验证与假设检验过程中，团队逐渐形成了系统化的故障定位能力，既关注单一信号特征，又重视参数间的耦合关系。最终实现对故障根源的精准判定，为后续维修方案的制定提供坚实依据。

(二) AI算法驱动，实现故障模式智能识别

面对轮式推土机直线行驶跑偏的疑难问题，技术团队将多通道传感数据实时导入诊断系统。驱动轮转速差、转向油缸位移量、车架倾斜角等动态参数在算法模型中高速流转。系统自动剥离环境振动噪声，聚焦于液压流量信号的微小脉动与轮速信号的相位偏移特征。诊断界面中，三维可视化模型的核心区域被自动标红，历史案例库同步推送三组高度匹配的故障模式：液压马达容积效率下降、转向阀芯卡滞、轮边制动器拖滞。维修人员依据提示重点检测转向控制阀，发现阀芯微观划痕导致的内泄漏特征与算法识别的流量异常波形完全吻合。AI模型通过持续学习海量故障样本，已能精准捕捉传统手段难以察觉的微弱特征信号，将液压系统的压力涟漪、

机械结构的振动余波转化为可量化的故障指纹。智能诊断的价值不在于替代人工，而在于将设备运行的隐性语言翻译为可操作的工程指令，赋予维修决策前所未有的预见性与穿透力。

(三) 数字孪生应用，进行维修过程模拟验证

借助高保真的数字孪生模型，维修团队可以在实际拆解前对故障修复方案进行系统验证与优化，这已经成为现代维修技术的重要突破。以典型的“四轮一带”系统维修为例，技术人员首先会根据实物状态更新虚拟模型中的磨损参数与装配公差，建立与物理实体完全对应的数字映射。然后通过模拟不同张紧力条件下履带与驱动轮的啮合状态，可以预演支重轮异常载荷分布及其对底盘结构的影响。团队还可以在虚拟环境中反复调整维修参数，比如引导轮安装位偏差调整、托链轮材质替换方案等，提前评估维修措施的有效性与可靠性。这个过程有效避免了因工艺偏差导致的二次故障，大大降低了维修风险。

结束语

轮式推土机行走机构的维修实践，正经历从经验依赖向数据驱动的深刻转型。在持续的技术迭代中，诊断方法逐步从经验依赖转向数据驱动，从局部维修延伸到系统防控。技术的生命在于应用，而应用的成效则取决于技术与实践的持续对话。正是在这种双向促进中，维修工作得以不断突破固有模式的局限，逐渐形成更加成熟、可靠的技术体系，为设备安全运行与工程效能提升提供坚实保障。

参考文献

- [1] 龚文杰, 杨胜, 张斌. 基于ANSYS推土机车架结构强度仿真分析[J]. 建设机械技术与管理, 2024, 37(02): 34-35+53.
- [2] 薛二江. ERD矿用电传动辊轮式推土机设计方案[J]. 煤炭工程, 2017, 49(09): 158-161.
- [3] 王春絮. 小型轮式推土机设计与模型制作[J]. 工业设计, 2016, (07): 125+127.
- [4] 郑维民. 浅谈推土机的管理、维护和保养[J]. 广东科技, 2012, 21(17): 152-153.
- [5] 黄春林. 推土机的日常维修与性能改进探讨[J]. 四川建材, 2011, 37(03): 203-204.