

复杂环境下工程机械自动化系统的 稳定性与适应性研究

张 玲

(四川川交路桥有限责任公司, 四川 广汉 618300)

摘 要 在当前高速发展的建筑业中, 工程机械是推进各种工程高效实施的主要动力, 工程机械自动化系统的稳定性和适应性是决定其能否正常运行的关键因素, 尤其是复杂地质结构等条件下, 保障其持续稳定的运行十分关键。本文阐述了复杂环境对工程机械自动化系统的影响, 并对复杂环境下工程机械自动化系统的稳定性提升策略与适应性增强措施进行了探讨, 提出综合运用优化设计、智能控制及远程监测技术, 旨在为有效提升工程机械自动化系统在复杂环境中的稳定性与适应性提供参考。

关键词 复杂环境; 工程机械; 自动化系统; 稳定性; 适应性

中图分类号: TU603

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.03.011

0 引言

工程机械自动化系统能根据实际情况和外界影响进行自动化调节, 保证系统的稳定运行。在复杂的环境下, 工程机械自动化系统的适应性与稳定性至关重要。通过自动化控制方法, 即对其进行建模, 并进行参数识别, 以获得精确的动力学特点, 设计相应的控制器, 实现对工程机械的自动化控制。

1 复杂环境对工程机械自动化系统的影响

在复杂的环境下, 需要对工程机械自动化系统进行优化设计与技术创新, 增强其适应性与稳定性。为适应恶劣气候环境, 可以使用特种材料及工艺, 提高其耐候性。比如, 采用耐高温的材料制造电子元件, 保证其在极端环境中的正常运行; 研制具有防水、防尘功能的传感器及接头, 使其能够适应恶劣环境; 提高液压系统的密封性, 避免由于温差引起的凝结等问题。另外, 采用智能化的温度控制系统, 能够随外界温度的变化, 对机械内部运行状况进行自动调整。面对复杂的地质环境, 需要将先进的地貌感知和自适应技术引入工程机械的自动化系统中。采用高精度 GPS、相机等多源信息融合技术, 对施工现场进行实时监控, 建立施工的三维模型, 实现对现场情况的精确判定, 自主调整操作路径、力度等, 以避免在软弱、岩石地层操作中的误判。此外, 还要研究智能障碍规避技术, 保证在复杂地形条件下的安全运行, 降低由于地质原因造成的机械损伤和事故。在狭窄空间等操作环境中, 使工程机械能够精确定位, 提升其灵活性。这对机械

结构提出了更高的要求, 利用电动、液压等驱动, 并配备高精度控制系统, 达到精密的操作与控制^[1]。

2 复杂环境下工程机械自动化系统的稳定性提升策略

2.1 加强结构设计

在复杂多变的运行环境下, 工程机械自动化系统运行过程中受到多种因素的影响, 对其进行深入研究十分必要。这既是对机械性能的检验, 也是对机械结构稳定性的要求。因此, 加强结构设计是提高工程机械运行稳定性的重要手段。为有效地提高工程机械在外界环境下的抗震动性能, 应从材料选用开始。高强钢、复合材料等高强材料具有较好的力学性能, 是工程机械中重要的结构部件。该新型材料不仅具有较强的韧性, 还可以在恶劣的环境中保持完整性, 提高工程机械自动化系统的运行效率。除选材外, 结构的优化也十分重要。利用计算机辅助设计 (CAD) 与有限元 (FEA) 等现代计算手段, 实现对工程机械结构的准确分析, 进而发现结构的薄弱环节, 采取相应的加固措施。如在挖掘机动臂中, 采用优化断面形状等方法, 可以有效地改善其抗弯扭转性能, 保证开挖的稳定性。另外, 还可以在机械上加装减振部件, 使其具有较强的抗震性。常用的减振方法是在工程机械的重要接头处加装液压阻尼器等。该减震元件可以有效地吸收及分散震动, 减低操作时的震动与噪声, 避免机械损坏, 并提高使用者的舒适性。通过现场实测与比较分析, 检验加固后的效果^[2]。比如, 某型挖掘机通过对其进行高强度材料的优化, 使其结构强度提高 30%, 减振性能提高 25% (见表 1)。

表 1 挖掘机结构强化前后性能对比

性能指标	强化前	强化后	提升比例
结构强度	基准值 100%	130%	30%
抗振动能力	基准值 100%	125%	25%
故障率	基准值 1	0.52	-48%

2.2 智能型控制系统

智能控制系统是提高工程机械自动化水平的关键。在复杂环境下，常规的控制方式很难达到稳定、精确的要求。因此，采用自适应控制等先进控制方法，是改善电力机械稳定运行的重要手段。该方法可以根据外界条件及系统的运行状况，对控制参数进行自适应调节，保证系统在最佳的操作条件下运行。比如，在挖掘机自动化运行过程中，根据挖掘深度等实时参数，对挖掘作用力与挖掘速率进行动态调节，有效地解决了挖掘机操作过程中出现低效等问题。在实践中，使用自适应算法后，操作效率可以提高 20% 左右，且故障率明显下降。鲁棒控制主要研究如何改善工程机械系统的稳定性。由于受负载变化和环境噪声等影响，工程机械自动控制系统的建模具有较大的不确定性。鲁棒控制是指在不确定条件下，设计一种强鲁棒控制器，保证系统的稳定性。通过对天车自动控制的实例分析，发现采用鲁棒控制方法可以有效地提高系统在大风等环境中的稳定性，保证操作的安全性。通过对系统运行参数进行实时监控，可以对可能出现的故障进行检测，并给出相应的预警信号，从而帮助操作者及早解决问题，防止故障的发生，造成系统瘫痪。比如，在实践中，应用大型矿井的自动刮土机，并对其进行了故障诊断和预警。对刮土机传动系统的隐患进行了多次预警，使技术人员可以及时地对其进行维修，从而避免了由于机械停机给企业带来的经济损失。据统计，由于机械故障造成的停工期缩短了 30% 左右，使企业的生产效率得到了极大的提升。

2.3 高效散热和保护技术

在复杂的环境下，工程机械的自动控制系统常会受到温度的影响。在较高的温度下，会引起电子器件的过热，从而引起器件的性能退化，甚至破坏；但在较低的温度下，可能会引起机械零件的硬化，从而影响其正常的操作。因此，研发高效率的冷却系统和先进的保护技术，是提高工程机械在极端高温环境中操作稳定性的关键。为有效解决高温环境下的散热问题，采用液体冷却技术，在冷却介质的作用下，将电子器件所产生的热能从散热装置中快速排出，这样既能有效地提高散热效果，又能减少对单个热辐射的依赖，提高系统的稳定性。针对大型矿井采矿工程中操作环

境温度过高的情况，采用常规的风冷式冷却技术已不能满足工程机械对热环境的要求。通过使用液冷风冷却相结合的方式，大大减少了机械的故障率，使系统的稳定性提高了 30%^[3]。此外，采用高效率散热系统，并选用耐热材质。该材料具有优异的理化性能，可以在较高温度下仍能维持其理化性能，有效地延长机械的使用寿命。同时，通过对重要零件的特殊热处理，改善工程机械的抗高温性能。在潮湿等操作条件下，湿气会对电子器件造成较大的危害。为防止受潮，在生产过程中采用先进的防水技术与防水材料，保证在恶劣气候条件下机械的安全性。比如，在某海上工程项目中，常规的机械因受到波浪的持续冲刷而迅速发生漏水事故。

2.4 建立能源管理系统

能源管理系统是提高工程机械自动化系统稳定性的关键。在复杂环境下，如何优化能源配置，提高能源使用效率，保证工程机械在高负荷运行状态下的能源供给，是该领域亟待解决的问题。利用智能算法，实时监控和分析各子系统的能源消耗，实现对各个环节能源供应的动态调节，保证关键环节的能源供应。比如，在挖掘机操作时，通过提高挖掘机机械臂的能源分布，并适当减少对其他构件的能源供给，确保操作的高效稳定。在某大型挖掘机改造中，对其能源分布进行了优化设计。通过对挖掘臂、行走机构等各部分之间的能源消耗情况的监测，实现能源的自动分配调节。通过改造，使操作效率提高 15%，能耗降低 20%（如表 2）。能源回收是提高工程机械能效的重要途径。工程机械在操作时会释放出大量的动能。如果在系统中加装能源回收机械，比如刹车能源回收系统就可以把这些能源转换成液压能，然后再利用。某型起重机在吊装操作过程中，由于起重臂的下降，系统能将这些能源进行自动回收，转换成电能存储在蓄电池中。据统计，这套系统一年可以为吊车节约 10% 左右的能耗^[4]。即通过对能耗进行优化配置，引入新的节能技术。通过优化工程机械设计，采用电机和液压系统，并优化作业流程等，可以减少系统的能源消耗，提高能源的利用率。

表 2 某大型挖掘机改造前后的能耗

部件	改造前能耗占比	改造后能耗占比	能耗降低比例
挖掘臂	40%	35%	5%
回转机构	30%	25%	5%
行走机构	20%	18%	2%
其他部件	10%	8%	2%

3 复杂环境下增强工程机械自动化系统适应性的措施

3.1 地形感知和自适应行走系统

在复杂的环境下,对工程机械提出了更高的要求。为保证工程机械在复杂地形环境下的稳定高效运行,研究基于地形感知和自适应步行技术具有重要意义。该系统融合了高精度 GPS、摄像头等多种传感器,对操作环境进行实时感知和分析,并可自主调整步行路径及操作姿势,提升对复杂地形的适应性。前期研究表明,基于地形感知的自适应步行技术,能够有效地提升工程机械的操作效率和安全性。例如,某大型采矿工程地质条件十分复杂,既有陡坡,又有软土与硬岩地带。以往的操作主要依靠人工操作,其效率较低,安全隐患大。但是,通过地形感知和自适应步行技术的应用,使工程机械可以自主辨识地表环境,并依据实时信息进行行走路径及操作姿态的变化。这不仅极大地提高了操作的效率,也大大减少了意外的发生。通过一系列的比较实验,对比两种不同的地形感知方法和自适应步行技术的应用效果。

3.2 智能操作计划

在复杂环境下,常规的运行计划方法很难应对突发事件与不确定因素,从而降低了工程机械的运行效率。为此,将基于深度学习等人工智能算法,对操作过程进行优化,实现安全、高效的操作。在前期操作中发现,传统的操作计划多依靠操作人员的经验,不能有效应对复杂情况。比如,某矿山工程中,因地质情况复杂,采用常规的施工方案难以对其进行精确预测,致使挖土机在施工中常遭遇硬岩,从而导致机械损伤。采取智能操作计划智能施工方案,通过对施工中数据及现场环境的分析,实现对开挖路径及强度的自动调节,从而有效地避免此类问题的出现。比如,某大型港口的操作环境比较复杂,利用深度学习的港口操作计划系统,提高操作效率与安全。基于多目标优化调度的新方法,可以有效地解决复杂环境下的货物运输问题。通过本项目的实施,使港口运行效率提高 20%,事故发生率下降 30%,具有明显的经济与社会意义^[5]。除了深入学习之外,加强学习也是智慧任务计划的重要组成部分。

3.3 远程监测和远程控制

远程监测和远程控制对提高复杂环境中工程机械的操作效率和安全性具有重要意义。尤其在矿山、深海等高危地区,人工操作不仅存在极大的风险,且受限于环境条件,很难开展操作。因此,需要利用远程监

测中心,对工程机械进行实时监测与远程控制。实践证明,该系统的远程监测和控制技术已取得明显效果。例如,在煤矿生产中,人们往往要到井下工作,这样的操作环境较差,又存在着许多的安全隐患。但是,由于采用远程监测和远程控制系统,操作人员可以在地面控制室,通过高清摄像机实现对煤矿现场的实时监控,并对挖掘机等工程机械进行远程控制,不仅减少了人员的损失,也增加了操作的准确性。比如,我国某采矿企业在一段时间内生产效率较低、安全事故频发,为了解决这一问题,引进了远程监测和远程控制的系统。该系统由监测中心和工程机械终端等构成^[6],监控中心采用高清晰度显示屏与先进的控制系统,对现场操作情况进行实时显示。在通信网络方面,采用高速稳定的光纤传送技术,可即时传递命令,并提供精确的资料反馈,采用这种方法,矿山开采效率提高了 30%,安全事故发生率下降了 70%,大大提高了施工质量(见表 3)。

表 3 操作效率和安全事故率变化

指标	实施前	实施后	变化率
作业效率(吨/天)	200	260	+30%
安全事故率(次/年)	12	3.6	-70%

4 结束语

工程机械自动化系统在复杂环境中很容易出现适应性与稳定性方面的问题,对其稳定性和适应性进行深入研究十分重要。通过远程监视和远程控制等措施,可以增强工程机械自动化系统的适应性。采取高效散热和保护技术等策略,可以提升工程机械自动化系统的稳定性。

参考文献:

- [1] 孔庆波.工程机械电气设备自动化技术分析[J].现代制造技术与装备,2024,60(03):183-185.
- [2] 侯金华,段冬冬,王琦,等.工程机械自动化中的智能控制系统研究[J].时代汽车,2024(05):16-18.
- [3] 王瑞.智能化电气控制系统的设计与优化[J].电子技术,2024,53(02):280-281.
- [4] 郑陈艺.基于机器人技术的工程机械自动化焊接线设计与优化[J].中国机械,2023(36):13-16.
- [5] 张潇月.工程机械电气设备自动化技术分析[J].大众标准化,2023(22):60-62.
- [6] 方羽,赵天生.工程机械中薄钢板自动化下料系统设计及实施[J].机电工程技术,2023,52(01):206-209.