

工程机械结构设计的关键技术与挑战

胡 杰

天津中宜电动车有限公司 天津 301508

摘 要：工程机械结构设计在现代工程领域中占据重要地位，涉及复杂的技术挑战。其关键技术包括有限元分析、数字化样机技术及模块化设计，这些技术确保了设计的精确性、效率和可维护性。然而，设计也面临高精度控制需求、复杂作业环境适应性及高负荷运行可靠性等挑战。通过技术创新、智能化发展和注重可持续发展，工程机械结构设计不断提升竞争力，满足现代工程的多变需求。

关键词：工程机械结构设计；关键技术；挑战

引言：工程机械结构设计作为现代工程技术的核心，直接关系到工程项目的效率、安全性和成本效益。随着技术的不断进步和施工要求的日益提高，结构设计面临着一系列关键技术与挑战。从高强材料的应用、复杂工况的适应性到智能化技术的应用，每一步都考验着设计者的智慧与创新能力。本文将深入探讨工程机械结构设计的关键技术及其所面临的挑战，旨在为相关领域的从业者提供有益的参考与启示。

1 工程机械结构设计原则

1.1 功能性原则

功能性原则是工程机械结构设计的基石。首先，它要求设计必须满足工程机械的基本功能需求。这包括但不限于设备的挖掘、装载、运输、破碎等基本作业能力。设计者需深入了解设备的使用场景和操作需求，确保设计出的结构能够在实际应用中发挥出预期的功能。其次，功能性原则还强调提高设备的使用效率和性能。这要求设计者不仅要考虑设备的作业能力，还要关注其操作便捷性、能耗效率、作业速度等方面的优化。通过合理的结构布局和参数设定，使设备在作业过程中能够保持高效、稳定的状态，从而提高整体工作效率。

1.2 可靠性原则

可靠性原则是工程机械结构设计中不可忽视的一环。工程机械通常需要在恶劣的环境下长时间连续工作，因此其结构的可靠性至关重要。设计者需确保设备在各种工况下都能稳定运行，避免因结构问题导致的故障和停机。此外，降低故障率和维修成本也是可靠性原则的重要目标。设计者应通过合理的结构设计、材料选择和制造工艺，提高设备的耐用性和抗疲劳性能，从而降低故障发生的概率。同时，便于维修和保养的设计也是提高设备可靠性的关键。设计者应充分考虑设备的可维修性，确保在设备出现故障时能够快速、方便地进行

维修和更换。

1.3 经济性原则

经济性原则要求工程机械的结构设计在满足功能性和可靠性的前提下，尽可能优化设计成本，提高性价比。这要求设计者在实际设计过程中，不仅要考虑材料成本和制造成本，还要关注设备在使用过程中产生的运营成本和维修成本。此外，随着环保意识的日益增强，材料的可回收性和环保性也成为经济性原则中不可忽视的一部分。设计者应优先选择环保、可回收的材料，以降低设备对环境的影响，同时也有助于降低设备的整体生命周期成本。

2 工程机械结构设计的关键技术

2.1 有限元分析技术

有限元分析技术是工程机械结构设计不可或缺的一部分，它基于数学和物理原理，通过离散化复杂结构为有限数量的简单单元，来预测和分析结构的力学性能。

(1) 在设计初期进行强度、刚度等力学性能的预测和分析。在设计工程机械结构的初期阶段，设计者需要全面考虑设备的强度、刚度等关键力学性能。有限元分析技术能够模拟结构在不同工况下的受力状态，帮助设计者识别潜在的结构弱点。通过对这些弱点的分析，设计者可以及时调整设计方案，确保设备在实际使用中具备足够的强度和刚度，避免因结构失效导致的事故^[1]。(2) 优化结构，提高设备的承载能力和稳定性。有限元分析技术不仅能够预测和分析结构的力学性能，还能为结构的优化设计提供科学依据。通过调整结构参数，如材料分布、截面尺寸等，设计者可以显著提高设备的承载能力和稳定性。这种优化不仅提高了设备的性能，还有助于降低材料消耗和制造成本，实现经济性和实用性的双赢。

2.2 数字化样机技术

数字化样机技术是一种基于计算机技术的虚拟设计

方法,它通过建立虚拟样机来模拟和测试设备的性能和功能。(1)建立虚拟样机,进行模拟测试和验证。数字化样机技术允许设计者在计算机上构建出与真实设备高度相似的虚拟模型,并进行各种模拟测试和验证。这些测试可以涵盖设备的运动性能、力学性能、热性能等多个方面,帮助设计者全面评估设备的性能。通过虚拟测试和验证,设计者可以及时发现并解决潜在的问题,为设备的实际制造和使用提供有力保障。(2)缩短研发周期,降低设计成本。传统的设计流程通常需要经历多次物理样机的试制和测试,这不仅耗时耗力,还大大增加了设计成本。而数字化样机技术通过虚拟测试和验证,避免了物理样机的反复试制和测试,显著缩短了研发周期,降低了设计成本。同时,数字化样机技术还为设计者提供了更多的设计选项和灵活性,有助于他们创造出更加优秀的设计方案。

2.3 模块化设计技术

模块化设计技术是一种将复杂系统分解为若干相对独立的模块,并通过标准化的接口将这些模块连接起来的设计方法。(1)实现零部件的标准化和通用化。模块化设计技术使得工程机械产品的零部件能够实现标准化和通用化。通过制定统一的接口标准和设计规范,设计者可以确保不同模块之间的互换性和兼容性。这种标准化和通用化不仅降低了零部件的制造成本和库存管理难度,还有助于提高产品的可靠性和维修便利性。(2)提高设备的可维护性和升级性。模块化设计技术使得工程机械产品的维护和升级变得更加简单和高效。当设备出现故障或需要升级时,工程师可以快速定位并更换故障模块或升级相关模块,而无需对整个设备进行拆解和重建。这种设计大大提高了设备的可维护性和升级性,降低了维修成本和时间成本。同时,模块化设计还为设备的定制化提供了更多可能性,使得设计者可以根据客户的具体需求来配置和组合不同的模块^[2]。

3 工程机械结构设计面临的挑战

3.1 高精度控制的需求

随着现代化施工的精度要求不断提高,工程机械在复杂作业环境中实现毫米级定位精度的能力变得尤为重要。(1)实现毫米级定位精度的挑战。在山地、城市群等复杂环境中,由于地形多变、信号干扰等因素,工程机械的定位精度往往受到严重影响。为了实现毫米级的定位精度,工程机械必须配备高精度传感器、先进的控制系统以及响应迅速的执行机构。传感器需要能够在复杂环境中稳定工作,提供准确的数据;控制系统则需要能够根据传感器提供的数据迅速调整设备的运动轨

迹;执行机构则要求能够快速、精确地响应控制系统的指令。(2)对传感器、控制系统和执行机构的更高要求。高精度控制的需求对传感器、控制系统和执行机构提出了更高的技术要求。传感器需要具备更高的灵敏度和抗干扰能力,能够在复杂环境中准确捕捉目标信息;控制系统需要采用先进的算法和模型,能够实时处理传感器数据,实现精准控制;执行机构则需要具备更高的响应速度和精度,能够准确执行控制系统的指令。

3.2 复杂作业环境的适应性

工程机械的工作环境往往复杂多变,包括山地、沙漠、水域等多种地形和气候环境。(1)应对复杂地形的挑战。在不同地形中,工程机械需要表现出良好的越野性能、稳定性和适应性。例如,在山地施工中,工程机械需要能够攀爬陡峭的山坡,穿越复杂的地形;在沙漠环境中,设备需要具备良好的散热性能和抗风沙能力;在水域作业中,则需要设备具备良好的浮力和涉水能力^[3]。

(2)提高设备适应性的要求。为了提高工程机械在复杂作业环境中的适应性,结构设计需要综合考虑设备的动力性能、传动系统、悬挂系统等多个方面。动力性能需要满足设备在不同地形中的行驶需求;传动系统需要具备良好的扭矩输出和转向灵活性;悬挂系统则需要能够吸收和分散振动,保持设备的稳定性。

3.3 高负荷运行的可靠性

在长时间、高强度的作业过程中,工程机械需要保持稳定的性能和可靠性。(1)保持稳定性能和可靠性的挑战。高负荷运行对工程机械的结构设计、材料选择、润滑维护等方面都提出了更高要求。结构设计需要合理,能够承受高强度的载荷和振动;材料选择需要符合高强、耐磨、耐腐蚀等特性;润滑维护则需要定期进行,以减少摩擦和磨损,延长设备的使用寿命。(2)对结构设计、材料选择和润滑维护的更高要求。为了满足高负荷运行的需求,工程机械的结构设计需要采用先进的仿真分析和优化设计方法,确保设备在极端条件下的稳定性和耐久性。材料选择需要综合考虑其力学性能和耐候性,选择最适合工程需求的优质材料。润滑维护则需要制定科学的维护计划和操作流程,确保设备的正常运转和延长使用寿命。

4 应对策略与未来发展趋势

4.1 技术创新

技术创新是工程机械行业应对挑战、提升竞争力的关键。在技术创新方面,应重点关注传感器技术、控制算法、执行机构以及新材料、新工艺和智能化制造技术的应用。(1)先进的传感器技术、控制算法和执行机

构。传感器技术是现代工程机械的重要组成部分,其性能的优劣直接影响到设备的作业精度和效率。随着物联网和5G通信技术的发展,先进的传感器如激光测距仪、高清摄像头、毫米波雷达等正逐步应用于工程机械中,为设备提供了更精准的环境感知能力。同时,结合先进的控制算法,如深度学习、自适应控制等,工程机械能够实现对作业环境的实时监测和动态调整,提高作业效率和安全性。执行机构作为工程机械的动力输出部件,其性能直接影响到设备的作业能力和效率。通过采用先进的执行机构,如高精度电动伺服系统、高压液压系统等,工程机械能够实现更快速、更稳定的作业动作,提高作业精度和效率^[4]。(2)新材料、新工艺和智能化制造技术。新材料的应用是提升工程机械性能的重要途径。通过采用高强度、轻质、耐用的材料,如碳纤维、铝合金等,可以显著降低设备的重量,提高设备的承载能力和使用寿命。同时,结合先进的制造工艺,如3D打印、激光切割等,可以实现复杂结构的快速、精确制造,提高设备的制造精度和效率。智能化制造技术的发展,为工程机械的制造提供了更高效、更灵活的生产方式。通过引入智能制造系统,如智能机器人、物联网平台等,可以实现对生产过程的实时监控和智能化管理,提高生产效率和质量控制水平。

4.2 智能化发展

智能化是工程机械行业未来发展的重要方向。通过引入人工智能、大数据、云计算等先进技术,可以实现设备的智能化监控、故障诊断和远程维护等功能,提高运维效率和服务质量。(1)引入人工智能、大数据、云计算等先进技术。人工智能技术的应用,为工程机械的智能化发展提供了强大的技术支持。通过利用机器学习、深度学习等算法,可以对设备的运行数据进行实时分析,提前发现潜在故障,实现预测性维护。同时,结合大数据和云计算技术,可以实现对设备运行数据的远程存储、分析和处理,为设备管理和维护提供及时、准确的信息支持。(2)实现设备的智能化监控、故障诊断和远程维护。智能化监控系统的应用,可以实时监测设备的运行状态和性能参数,及时发现潜在故障,避免事故的发生。故障诊断系统则可以通过对设备运行数据的分析,快速定位故障点,提供准确的维修建议,缩短维

修时间。远程维护功能的实现,则可以让技术人员无需亲临现场即可进行设备的远程调试、软件升级等操作,提高了维护效率和服务质量。

4.3 可持续发展

面对全球气候变化的挑战,工程机械行业必须注重可持续发展,推动绿色制造和环保设计的发展。(1)注重环保和材料可回收性。在设备设计和制造过程中,应注重环保和材料可回收性。通过采用环保材料,如生物降解塑料、可回收金属等,减少对环境的污染。同时,优化设备结构,便于拆解和回收,降低废弃物处理成本。(2)推动绿色设计和制造技术的发展。绿色设计和制造技术的发展是实现可持续发展的重要手段。在设备设计阶段,应注重能效优化和排放控制,采用低能耗、低排放的发动机和动力系统。同时,引入绿色制造工艺,如精益生产、循环经济等,减少资源消耗和废弃物产生。为了推动绿色设计和制造技术的发展,工程机械行业应加强与政府、科研机构、高校等合作,共同研发绿色技术和产品。同时,加强行业内的交流与合作,分享绿色制造经验和技术成果,推动整个行业的绿色转型。

结束语

综上所述,工程机械结构设计的关键技术与挑战不仅体现了现代工程技术的发展水平,更是推动行业进步的重要动力。通过不断探索和应用新技术,如有限元分析、数字化样机技术和模块化设计等,我们能够显著提升设备的性能、可靠性和经济性。同时,面对高精度控制、复杂作业环境和高负荷运行等挑战,我们需持续创新,加强智能化和可持续发展策略的实施。只有这样,我们才能确保工程机械结构设计在未来的发展中不断迈上新的台阶,为工程建设提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]张伟明.工程机械结构设计中的关键技术研究[J].机械设计与制造,2021,(03):48-49.
- [2]陈刚.工程机械结构设计中的轻量化技术研究进展[J].机械工程学报,2020,(10):122-123.
- [3]王磊.工程机械结构设计中的智能化技术应用[J].机械设计与研究,2023,(02):17-18.
- [4]赵强伟.工程机械结构设计中的多学科优化方法[J].机械设计,2022,(04):39-40.