

辅助挖掘控制系统在液压挖掘机上的应用研究

杨俊林

(柳工常州机械有限公司, 江苏 常州 213000)

摘要 本文探讨了辅助挖掘控制系统在液压挖掘机上的应用。通过激光定位和GNSS技术的引入,该系统显著提高了挖掘作业的精确性、效率和安全性。文章首先概述了辅助挖掘系统的发展现状,然后详细阐述了液压挖掘机系统的组成、动力模式及液压泵与发动机的功率匹配;其次,定义了辅助挖掘控制技术,对其进行了分类和功能介绍。针对液压控制系统的困难点,本文也提出了相应的解决方案;最后,对辅助挖掘控制技术的未来发展进行了展望。

关键词 液压挖掘机; 辅助挖掘控制系统; 激光定位; GNSS

中图分类号: TH6; TP27

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0010-03

随着基础设施建设和房地产市场的不断发展,液压挖掘机在各类工程项目中的应用越来越广泛。然而,传统的液压挖掘机操作方式存在精度低、效率低和安全隐患等问题。为了解决这些问题,辅助挖掘控制系统应运而生。

1 辅助挖掘系统发展现状

随着科技的不断进步,辅助挖掘系统得到了迅速发展。该系统通过集成先进的传感器、控制器和执行器等设备,实现了对液压挖掘机的精准控制。目前,辅助挖掘系统已经广泛应用于各类工程项目中,取得了显著的效果。如美国卡特彼勒公司的大型液压挖掘机,该挖掘机装有辅助挖掘系统,能够在挖掘过程中实时检测挖掘机姿态和位置^[1]。国内对于辅助挖掘系统的研究起步较晚,但发展迅速。如郑州大学的ZXZ-II型液压挖掘机配备了激光辅助挖掘系统。该系统通过激光技术来确定挖掘机姿态,利用电子罗盘实现精确定位。为了实现高精度定位,该系统采用了三轴惯导、GPS和电子罗盘相结合的技术,可有效地提高定位精度。广州大学开发了一种基于激光定位和电子罗盘相结合的辅助挖掘系统,该系统能够对挖掘机作业时的姿态进行实时测量和监控,且可根据实际情况进行实时调整,提高作业效率和安全性。

2 辅助挖掘控制技术的定义及分类

2.1 定义

辅助挖掘控制系统是通过精确的激光定位系统与全球导航卫星系统(GNSS)相结合,为液压挖掘机提供了一种智能化的操作方式,能够在挖掘作业过程中

实时地计算出挖掘机的位置、方位及挖掘深度,确保每一个挖掘动作都精准无误。辅助挖掘控制系统的应用极大地提升了液压挖掘机的操作性能和生产效率,使之能够在复杂多变的工程环境中发挥更大作用,帮助工人以更少的劳动力完成更多的工作,推动了工程建设行业向更加智能和自动化方向发展。

2.2 分类及功能介绍

激光定位系统的作用是将激光发射到待挖掘的位置进行三维坐标计算。激光定位系统的精度和稳定性直接影响了挖掘机挖掘作业的准确性,而GNSS定位技术则是对激光定位结果进行修正,与GPS进行数据融合。通过这种方式,挖掘作业过程中的位置误差可在很大程度上被修正。

1. 定位控制系统。目前,利用激光定位技术来实现挖掘机定位的方法有两种:激光测距法和激光扫描定位法。

(1)激光测距法是利用激光进行测量,具有精度高、分辨率高和测量范围广等特点,其应用于挖掘机上可有效提高挖掘作业的精确性。但激光测距法需要安装精密的激光传感器,这会增加设备的制造成本。(2)激光扫描定位法是利用机械扫描技术来测量挖掘机周围物体的位置,该方法具有不受地形条件影响、成本低、安装简单等优点。但该方法会产生较大的扫描误差,而且对激光传感器有一定的要求,会影响定位精度。

2. 自动挖掘系统。自动挖掘系统是一种基于视觉的辅助挖掘技术,主要包括激光定位系统、视觉跟踪系统、GNSS定位系统和远程监控系统等。可利用激光定位系统测量挖掘动作中的地面,通过视觉跟踪系统

识别周围环境,结合 GNSS 定位系统准确获取挖掘机的姿态数据,实现挖掘机的精确控制^[2]。

自动挖掘系统主要分为三种类型:第一种是基于激光技术的自动挖掘,通过在液压缸中安装激光发射器,发射激光束照射地面收集反射回来的激光信号,实现激光定位和测量;第二种是基于视觉跟踪技术的自动挖掘,通过安装在挖掘机上的视觉传感器获取前方环境信息向控制器发送信号;第三种是基于 GNSS 定位技术的自动挖掘,通过在挖掘机上安装 GNSS 接收机获取前后两个方向的位置信息。

其中,激光定位系统主要通过安装在挖掘机上安装激光传感器和光学成像设备来实现对环境信息的收集,将其发送到控制器中;视觉跟踪系统主要是通过安装在挖掘机上安装摄像头和图像传感器来实现对周围环境信息的收集;GNSS 定位技术主要是通过安装在挖掘机上安装 GPS 接收机来实现对当前位置信息的获取,实现远程控制和监测。

3. 安全监控系统。随着挖掘机技术的发展,为了提高挖掘作业的安全性,越来越多的研究人员开始尝试在挖掘作业过程中引入安全监控系统,其中最具有代表性的是 HPS 安全监控系统。HPS 安全监控系统可在挖掘过程中实时监测驾驶员的状态,当发生异常时可及时向驾驶员发出警告。

安全监控系统采用了嵌入式技术,可使驾驶员在无人监护下独立完成挖掘作业。此外,该系统还可对挖掘作业进行实时监测,将其与挖掘状态相结合,及时向驾驶员发出警告信息。同时,该系统还可提供准确的实时位置信息。

安全监控系统适用于任何挖掘作业,包括在恶劣环境中进行的作业。利用 HPS 安全监控系统,在没有人监护的情况下也能保证挖掘机正常工作。与其他挖掘机相比,HPS 安全监控系统具有较高的性价比,其运行成本和维护成本相对较低。

3 液压控制系统困难点及解决方案

在液压控制系统的设计和应用过程中存在一些困难点,如系统稳定性差、控制精度低、能耗高等问题。

3.1 优化系统设计和参数设置

1. 优化系统设计。首先,要根据工作压力和流量需求来选择具备足够输出能力的液压泵,同时兼顾泵的效率 and 可靠性及维护修理的便捷性。其次,要根据所需的力矩、速度和位移来精心挑选液压马达和液压缸,确保液压缸具有足够的推力和行程,而液压马达则能提供稳定的转速和扭矩。为了降低能量损失,会

设计一个紧凑且高效的液压系统布局,通过减少管道和接头的数量,以及尽量将液压泵、控制阀和执行元件靠近使用点布置来减少管道长度^[3]。在控制阀的选择上,要根据系统需求匹配适合的类型,确保其规格与液压泵和执行元件相匹配,实现精确控制。液压油方面,应选用高质量、具有良好润滑性、稳定性和耐腐蚀性的油品,定期检查和更换,保障系统稳定性。为了降低噪声和振动,在设计阶段就需考虑使用减震支架、软管等减震降噪措施,合理布置管道,减少弯曲和接头。最后,将采用先进的控制系统,如专家 PID 控制或 ADRC 自抗扰控制系统,实现液压系统的自动化控制,通过集成传感器和执行器来提高系统的稳定性和效率,实现全面的实时监测和反馈控制。

2. 参数设置。在液压系统的参数设置中,首先,要根据执行元件的额定压力和系统的工作压力范围来精确设置压力参数,利用压力表或传感器实时监测,根据实际情况进行调整。其次,依据执行元件的速度和位移需求来设定流量参数,通过灵活调节阀门的开度或泵的输出流量来精确控制系统的流量。同时,为了保持液压系统在适宜的工作温度范围内,要在系统中安装温度传感器实时监测油温,使用冷却系统或加热器进行温度调节。最后,在选择液压油时,需考虑其黏度和温度的关系,选用合适的液压油类型,在需要时添加黏度调节剂,满足不同工作条件下对液压油黏度的需求,确保液压元件的工作性能和寿命。

3.2 引入智能控制技术

智能控制技术的引入,有效提升了挖掘控制的自动化水平,通过激光定位技术和 GNSS 定位技术的运用,在挖掘机上引入了智能控制系统。该系统可自主检测出挖掘机在挖掘作业过程中的位置,根据检测结果对挖掘机进行及时调整。当挖掘作业完成之后,还可对挖掘作业中所发生的情况进行分析和记录,将数据传输至主控计算机中进行处理,为挖掘机的故障诊断提供参考依据。智能控制技术还可利用图像识别技术对挖掘作业现场进行监控。通过对挖掘机工作时图像采集、处理、分析等,工作人员能够及时掌握挖掘机的作业情况及挖掘现场发生的变化情况。同时,在发现异常情况时,工作人员还可及时对液压系统进行检修,避免挖掘事故的发生,通过对挖掘机挖掘作业的监控数据进行分析 and 处理,制定相应的维修方案,有效提升液压系统的运行效率及挖掘作业的安全性和精确性。

3.3 采用高效节能技术

在挖掘机的日常作业中,挖掘性能的发挥是关键。

为了在各种工况下都能达到最佳的作业效果,必须对挖掘发动机产生的能量进行精心管理和合理配置。通过优化发动机的设计,例如选用更高效的燃烧室、采用先进的燃油喷射技术,以及应用涡轮增压技术等方法,可以显著提高燃烧效率和功率。另外,改进液压系统也至关重要,使用变量泵和马达不仅能提升工作效率,还能降低能耗。同时,优化管路设计,引入电子控制系统,有助于避免不必要的能量浪费,并确保整个系统的高效运行。

为了适应不同的工作需求,挖掘机需要具备多工作模式和自动模式切换功能。这些功能有助于快速切换到合适的工作模式,以满足多样化的作业环境^[4]。精细化的操作技巧培训是必不可少的,它能够确保操作人员掌握正确的挖掘技巧和安全操作规范。结合定期进行的维护保养和加强操作培训,可以确保挖掘机在其最佳状态下持续运作,并由经验丰富、技能熟练的操作人员进行精准高效的挖掘作业。

4 辅助挖掘控制技术的发展展望

随着科技的不断进步和工程机械行业的快速发展,辅助挖掘控制技术将迎来更加广阔的发展前景。未来,该技术将朝着智能化、自动化和绿色化的方向发展。

4.1 智能化控制算法的研究与应用

传统的挖掘控制主要是通过调整挖掘机的挖掘动作来实现的。当前,智能化技术正在迅速发展,特别是在挖掘机领域,液压驱动技术已被广泛采用。智能控制算法的引入可在一定程度上提高液压挖掘机的挖掘效率。智能控制算法包括神经网络控制、模糊控制和遗传算法。其中,神经网络控制是一种基于数学模型的控制方法^[5]。采用神经网络对挖掘动作进行分析和处理,可有效地改善挖掘过程中的实时性能。模糊算法主要是利用模糊规则和模糊推理来完成对液压系统的控制,可在一定程度上弥补传统PID控制算法存在的不足,提高液压系统的稳定性和可靠性。遗传算法是一种基于生物进化和遗传的计算方法。采用遗传算法可有效地减少挖掘过程中的动作频率,提高挖掘作业效率,增强挖掘机系统的稳定性,有效地降低系统能源消耗,提高挖掘机工作效率。

4.2 多传感器信息融合技术的研究与应用

多传感器信息融合技术是通过多个传感器采集不同的信息,经过一系列的处理、分析后得出更准确的结论。例如,通过激光雷达对目标进行扫描,获得目标的形状、位置、速度等信息,将其反馈给驾驶员,使驾驶员对目标进行实时判断和控制。

多传感器信息融合技术能大大提高挖掘机的控制精度和安全性。激光雷达能高精度扫描目标区域,在挖掘机进行挖掘作业时可得高分辨率的数据;GNSS技术是目前最先进的定位技术之一,能提供三维坐标,有效提升了挖掘机对挖掘区域的定位精度;激光雷达和GNSS技术的结合也有效提高了挖掘机作业过程中的安全性。多传感器信息融合技术在辅助挖掘控制系统中具有广阔的应用前景。

4.3 绿色节能技术的研究与应用

辅助挖掘控制系统的节能效果不仅体现在挖掘作业中,还体现在日常工作中。通过对辅助挖掘控制系统进行改进,能够实现更加节能环保的挖掘作业。

现阶段,辅助挖掘控制系统在国内外的应用已经得到了广泛认可,得到了许多研究者的关注。其中,国外主要采用液压马达驱动,通过辅助控制系统使其处于工作状态,降低能耗。国内主要采用变量泵驱动,利用变量泵输出的流量直接驱动马达运转,降低了能耗。

目前,国内外已经有很多关于辅助挖掘控制系统节能效果的研究。为了进一步提高挖掘机作业效率和节能效果,应该将辅助挖掘控制系统与其他先进技术相结合,例如利用PLC实现远程遥控作业、利用实时定位系统提高挖掘机作业精度等。

5 结束语

本文深入研究了辅助挖掘控制系统在液压挖掘机上的应用。通过激光定位和GNSS技术的引入及智能控制算法的应用等手段,该系统显著提高了挖掘作业的精确性、效率和安全性。未来随着科技的不断发展和创新应用的不断深入推广及国家政策对于绿色环保理念越来越重视,相信辅助挖掘控制技术将会得到更加广泛的应用并取得更好的发展成果。

参考文献:

- [1] 张佳楠. 挖掘机节能液压控制系统的应用研究[J]. 中国设备工程, 2023(24):126-128.
- [2] 井然, 马承钊, 曹竹. 挖掘机液压系统及破碎锤作业模式切换方法:CN201910432588.0[P]. 2024-05-02.
- [3] 卢焯华, 吴方博, 刘志恩, 等. 液压挖掘机驾驶舱窄带主动噪声控制研究[J]. 西安交通大学学报, 2022, 56(11):9.
- [4] 王彦森, 徐智颖, 李德康. 一种挖掘机辅助装置的控制系统和方法:CN202010157995.8[P]. 2024-05-02.
- [5] 熊成成, 周德强, 邓干然, 等. 振动链式木薯收获机挖掘深度自动控制系统设计与测试[J]. 华中农业大学学报, 2022(02):41.