

大功率柴油发动机电控系统工作原理及应用

仲崇成¹ 邹明虎²

1. 31694部队 辽宁 本溪 117000

2. 32286部队 辽宁 辽阳 111000

摘要: 大功率柴油发动机电控系统依靠传感器、电子控制单元和执行器等组件, 精确调控燃油喷射、进气与增压等关键参数, 显著提升燃油经济性和排放性能。该系统广泛应用于工程机械、重型车辆、船舶及发电设备中, 不仅优化了设备性能, 降低了运营成本, 还符合严格的环保标准, 展现出强大的经济和社会效益, 是现代动力系统的核心技术支持。

关键词: 大功率柴油发动机; 电控系统; 工作原理; 应用

引言: 随着全球能源形势的紧张和环保意识的增强, 大功率柴油发动机电控系统的应用变得日益重要。该系统通过集成先进的电子技术, 实现了对发动机燃油喷射、进气控制、增压调节等关键过程的精确管理, 显著提高了柴油机的燃油效率和排放性能。本文将深入探讨大功率柴油发动机电控系统的工作原理及其在多个领域的应用, 旨在为相关行业的节能减排和可持续发展提供技术参考和解决方案。

1 大功率柴油发动机电控系统概述

1.1 电控系统的发展历史

(1) 柴油机电子控制技术始于20世纪70年代的历史背景。20世纪70年代, 随着全球能源危机和环保意识的增强, 对柴油机的性能、燃油经济性和排放要求日益严格。在此背景下, 柴油机电子控制技术应运而生, 旨在通过精确控制燃油喷射和点火过程, 提高柴油机的整体效率和环保性能。这一时期的电子控制系统主要是基于模拟电路和简单的传感器, 对柴油机的运行参数进行监测和控制。

(2) 主要公司及其产品的发展历程。在柴油机电子控制技术的发展历程中, 涌现出了一批杰出的公司和产品。例如, 日本电装公司(Denso)在这一领域具有举足轻重的地位, 其ECD系列电控系统在行业内具有广泛的应用。此外, 德国的博世公司(Bosch)也推出了多款领先电控系统, 如PDE系列和EDC系统等。这些公司的电控系统从最初的位置控制方式, 逐步发展到时间-压力控制方式, 不断提高了柴油机的控制精度和响应速度。

1.2 电控系统的组成与功能

(1) 传感器、ECU(电子控制单元)、执行器等主要部件。大功率柴油发动机电控系统主要由传感器、ECU和执行器等部件组成。传感器负责实时监测柴油机的各种参数, 如转速、温度、压力等, 并将这些参数转

换为电信号发送给ECU。ECU是电控系统的核心, 它接收传感器的信号, 进行数据处理和分析, 并根据预定的控制策略生成相应的控制信号。这些控制信号通过执行器实现对柴油机的精确控制。执行器包括喷油器、高压油泵、涡轮增压器等, 它们根据ECU的指令调整喷油量、油压和点火时刻等参数^[1]。(2) 燃油喷射控制、怠速控制、进气控制、增压控制等控制功能。电控系统的主要功能包括燃油喷射控制、怠速控制、进气控制和增压控制等。燃油喷射控制确保柴油机在不同工况下都能获得最佳的喷油量和喷油时刻, 从而提高燃油经济性和排放性能。怠速控制使柴油机在怠速状态下保持稳定运转, 避免熄火或抖动。进气控制和增压控制则通过调整进气量和增压压力, 优化柴油机的动力输出和燃油效率。这些控制功能共同作用下, 使得大功率柴油发动机电控系统能够实现对柴油机的全面优化和控制。

2 大功率柴油发动机电控系统的工作原理

2.1 燃油喷射控制

燃油喷射控制是电控系统的核心功能之一, 它直接影响柴油机的燃油经济性和排放性能。(1) ECU对喷油器的喷油量和喷油时刻的精确控制。在大功率柴油发动机中, ECU(电子控制单元)通过对每个喷油器的喷油量和喷油时刻进行精确控制, 来实现最佳燃烧效果。ECU根据柴油机转速、负荷、进气温度、压力等多个传感器输入的信号, 计算出最佳的喷油量和喷油时刻, 并向喷油器发出执行信号。喷油器根据ECU的指令, 通过电磁阀的开闭来控制燃油的喷射, 实现燃油的精确计量和喷射时机的精确控制。这种控制方式不仅提高了柴油机的动力性和燃油经济性, 还显著降低了排放。(2) 高压共轨系统的工作原理。高压共轨系统是大功率柴油发动机电控系统中常用的燃油喷射系统。它主要由高压油

泵、共轨蓄压器、喷油器和电磁阀等组成。高压油泵将燃油加压至非常高的压力（通常超过100MPa），并将压力稳定的燃油送入共轨蓄压器中。共轨蓄压器储存高压燃油，为喷油器提供稳定的燃油压力。当ECU发出喷油指令时，电磁阀迅速开启，高压燃油通过喷油器以雾状喷入燃烧室。高压共轨系统可以实现多次喷射，精确控制每次喷射的燃油量和喷射时机，从而提高燃烧效率和排放性能。

2.2 进气控制与增压控制

进气控制和增压控制是影响柴油机动力性和经济性的重要因素。（1）进气压力与温度传感器的应用。进气压力和温度传感器是电控系统中的重要传感器，它们实时监测进气歧管中的压力和温度，并将这些信号传递给ECU。ECU根据这些信号调整进气量和增压压力，以优化柴油机的进气效率和动力输出。例如，在高原或高海拔地区，由于空气稀薄，进气压力降低，ECU可以调整增压压力以补偿进气不足，从而提高柴油机的动力性^[2]。

（2）涡轮增压中冷技术的实现与效果。涡轮增压中冷技术是大功率柴油发动机常用的进气增压方式。它通过涡轮增压器将空气压缩后送入燃烧室，增加进气量，从而提高柴油机的功率和扭矩。同时，为了降低压缩后的空气温度，提高进气密度和效率，中冷器被用来冷却压缩后的空气。中冷技术的应用可以显著提高柴油机的经济性和排放性能。

2.3 排放控制

排放控制是电控系统的另一项重要功能，旨在减少柴油机的有害排放物。（1）废气再循环阀、氧传感器等在排放控制中的作用。废气再循环（EGR）系统是降低柴油机氮氧化物（NO_x）排放的有效方法。废气再循环阀将部分废气引入进气歧管，与新鲜空气混合后再进入燃烧室。这可以降低燃烧室的最高温度，从而减少NO_x的生成。氧传感器则实时监测废气中的氧含量，并将信号传递给ECU。ECU根据氧传感器的信号调整喷油量，以实现最佳的空燃比和排放性能。（2）喷射压力与喷射正时对排放的影响。喷射压力和喷射正时是影响柴油机排放性能的关键因素。提高喷射压力可以优化燃油雾化和燃烧过程，降低颗粒物的排放。而精确的喷射正时则可以确保燃油在最佳时刻喷射到燃烧室中，提高燃烧效率和降低排放。

2.4 怠速、巡航与故障自诊断控制

怠速、巡航与故障自诊断控制是电控系统的辅助功能，它们有助于提高柴油机的运行稳定性和可靠性。

（1）怠速稳定控制策略。怠速稳定控制策略旨在确保柴

油机在怠速状态下保持稳定运转。ECU根据曲轴位置传感器和节气门位置传感器的信号，监测柴油机的转速和负荷变化。当柴油机出现怠速不稳或抖动时，ECU会调整喷油量和点火时刻，以保持稳定的怠速运转。（2）巡航控制系统的实现。巡航控制系统允许驾驶员设定一个恒定的行驶速度，车辆将自动维持这一速度。巡航控制系统主要由车速传感器、控制开关、执行器和控制模块等组成。车速传感器监测车辆的实际行驶速度，控制开关允许驾驶员设定或调整期望的巡航速度，执行器则负责调整节气门的开度或燃油喷射量以维持恒定的速度。控制模块（通常是ECU的一部分）接收车速传感器的信号，并根据驾驶员的设定和车辆的实际状况，计算出所需的调整量，并通过执行器实现速度控制^[3]。（3）故障自诊断与失效保护机制。故障自诊断与失效保护机制是电控系统中的重要安全功能。ECU内置有故障自诊断模块，该模块能够实时监测电控系统中各个传感器和执行器的工作状态。一旦检测到故障或异常，ECU会立即记录故障代码，并通过仪表盘上的警告灯通知驾驶员。同时，ECU还会启动失效保护机制，以防止故障进一步扩大或导致严重的后果。失效保护机制可能包括限制柴油机的功率输出、降低转速、切断燃油供应等措施。这些措施旨在确保在出现故障时，柴油机能够安全地停机或继续以有限的性能运行，以避免对车辆或人员造成损害。

3 大功率柴油发动机电控系统的应用

3.1 工程机械中的应用

（1）电控系统在挖掘机、装载机、推土机等工程机械中的性能提升。在工程机械领域，大功率柴油发动机电控系统的应用显著提升了设备的整体性能。以挖掘机为例，电控系统能够根据挖掘作业的实际需求，实时调整发动机的转速和扭矩输出，确保挖掘机在挖掘、装载、破碎等作业过程中始终保持最佳的工作状态。这不仅提高了作业效率，还减少了设备的磨损和故障率。装载机和推土机同样受益于电控系统的应用。电控系统能够精确控制发动机的燃油喷射量和喷射时机，优化燃烧过程，从而提高设备的动力性和燃油经济性。同时，电控系统还能根据作业负荷的变化，自动调整发动机的功率输出，确保设备在重载和轻载工况下都能保持稳定的性能。（2）电控系统对工程机械燃油经济性和排放的影响。电控系统通过精确控制燃油喷射和燃烧过程，显著降低了工程机械的燃油消耗和排放水平。一方面，电控系统能够根据作业需求实时调整发动机的功率输出，避免不必要的燃油浪费；另一方面，电控系统还能优化燃烧过程，减少有害排放物的生成。在实际应用中，采用

电控系统的工程机械相比传统机械式控制系统,燃油消耗可降低10%~20%,排放水平也符合国家环保法规的要求。这不仅为用户节省了运营成本,还保护了环境,实现了经济效益和社会效益的双赢。

3.2 重型车辆中的应用

(1) 电控系统在货车、客车等重型车辆中的应用案例。在重型车辆领域,电控系统的应用同样广泛。货车作为物流运输的主要工具,其性能和燃油经济性直接关系到运输成本和效率。电控系统能够根据货车的载重、路况和行驶速度等参数,实时调整发动机的功率输出和扭矩,确保货车在各种工况下都能保持最佳的性能和燃油经济性。客车则更注重乘客的舒适性和安全性。电控系统通过精确控制发动机的转速和功率输出,减少了振动和噪音,提高了乘客的乘坐体验。同时,电控系统还能实时监测发动机的运行状态,及时发现并处理潜在的故障,确保客车的安全运行^[4]。(2) 电控系统对重型车辆动力性和经济性的改善。电控系统对重型车辆的动力性和经济性具有显著的改善作用。一方面,电控系统能够根据实际需求实时调整发动机的功率输出和扭矩,确保车辆在各种工况下都能保持最佳的动力性能;另一方面,电控系统还能优化燃烧过程,提高燃油利用率,降低油耗和排放水平。在实际应用中,采用电控系统的重型车辆相比传统车辆,动力性能提升10%~15%,燃油消耗降低5%~10%。这不仅提高了车辆的运输效率和竞争力,还为用户节省了运营成本,实现了经济效益的最大化。

3.3 船舶与发电设备中的应用

(1) 电控系统在船舶柴油发动机中的应用。在船舶领域,大功率柴油发电机电控系统的应用对于提高船舶的性能和可靠性具有重要意义。电控系统能够根据船舶的航行状态和负荷变化,实时调整发动机的转速和功率输出,确保船舶在各种工况下都能保持稳定的航行速度

和动力性能。同时,电控系统还能实时监测发动机的运行状态,及时发现并处理潜在的故障,确保船舶的安全运行。此外,电控系统还能优化燃烧过程,降低油耗和排放水平,符合国际海事组织的环保要求。(2) 电控系统在柴油发电机组中的节能与环保效果。在发电设备领域,电控系统的应用同样具有重要意义。柴油发电机组作为重要的备用电源和应急电源,其性能和可靠性直接关系到电力系统的稳定运行。电控系统能够根据负荷变化实时调整发动机的转速和功率输出,确保发电机组在各种工况下都能保持稳定的输出电压和电流。同时,电控系统还能降低油耗和排放,减少环境污染。在实际应用中,采用电控系统的柴油发电机组在节能和环保方面表现出色,为用户节省了运营成本,同时也保护了环境。

结束语

综上所述,大功率柴油发电机电控系统凭借其高度的精确控制和智能化管理,已成为现代动力系统的核心。该系统不仅显著提升了柴油机的燃油经济性和排放性能,还广泛应用于工程机械、重型车辆、船舶及发电设备等多个领域,为行业的绿色转型和可持续发展提供了强大支持。随着技术的不断进步和创新,电控系统将继续发挥其重要作用,推动柴油发动机技术的不断升级和优化。

参考文献

- [1]张跃刚,杜巧珍,景立军.浅谈电控柴油发动机的故障检测与维修[J].内燃机与配件,2020,(03):53-54.
- [2]肖辉,张博.运输车柴油发动机故障诊断与维修[J].内燃机与配件,2019,(12):175-177.
- [3]刘周书.柴油发动机常见故障及维修保养策略[J].南方农机,2019,(09):122-123.
- [4]黄忠前.高压共轨柴油发动机的保养与维修分析[J].低碳世界,2019,(10):99-100.