

# 柴油机电控系统软硬件特征与控制逻辑优化

王宝臣

(黑龙江省农业机械工程科学研究院, 哈尔滨 150081)

**摘要:**近年来,柴油机性能升级已经成为生产制造企业的重要工作,尤其在电控技术的支持下,柴油机在工作逻辑、变量控制等方面得到了有效改善,电控技术与柴油机技术的融合度已成为检验柴油机产品市场竞争力的重要影响因素。结合柴油机电控系统实际应用情况,分析了电控系统主要作用和软硬件特征,并提出了控制逻辑的优化建议。

**关键词:**柴油机;电控系统;软硬件;控制

中图分类号:TK421

文献标识码:A

doi:10.14031/j.cnki.njwx.2024.01.010

## Software and Hardware Features and Control Logic Optimization of Diesel Engine Electronic Control System

WANG Baochen

(Heilongjiang Academy of Agricultural Machinery Sciences, Harbin 150081, China)

**Abstract:** In recent years, upgrading the performance of diesel engines has become an important task for manufacturing enterprises, especially with the support of electronic control technology. The working logic and variable control of diesel engines have been effectively improved, and the integration of electronic control technology and diesel engine technology has become an important factor affecting the market competitiveness of diesel engine products. Based on the practical application of diesel engine electronic control system, the main functions and software and hardware features of the electronic control system were analyzed, and optimization suggestions for control logic were proposed.

**Keywords:** diesel engine; electric control system; software and hardware; control

## 0 引言

柴油机作为重要动力机械,在汽车、农业机械、工程机械等领域应用广泛,其具有热效率高、燃油经济性好、技术成熟等优势。随着低碳环保理念在全世界普及,我国对于柴油机的技术研究和升级做了大量工作,柴油机排放特性和能源利用率既受到喷油量、喷油提前角、喷油压力等机械性能的影响,还受到电子控制逻辑、电控硬件先进性的影响。尤其从近年来看,柴油机技术的现代化升级已成必然,在成熟的机械技术基础上,全面利用电控技术升级性能,成为柴油机产品提高市场竞争力的重要保障,更是解决发动机排放问题和实现能源节约的有效途径。

## 1 柴油机电控系统应用情况

随着美国、欧盟、日本等国家持续升级排放法规,我国也对柴油机实行了全新的国VI排放标准,对于碳氢化合物、氮氧化物及悬浮颗粒的排放量限制更为严格,这要求柴油机技术进一步突破传统模式制约,充分利用电控技术提升动力性能,优化能

源利用率和排放性能。电控技术在柴油机上的应用历史悠久,其与柴油机的结合主要经历了3个阶段:第一阶段为电子调速器电控柴油机技术阶段,这一技术是在传统柴油机机械结构的基础上进行的简单电气升级,能利用电动执行器的移动控制喷油量,并通过电控液压提前器调整喷油提前角,对于柴油机的其他功能不进行改变和控制;第二阶段为时间控制式电控柴油机技术阶段,在电子调速器技术的基础上,利用电磁阀保证喷射控制的时间精度,利用电磁阀的开闭时间控制供油量,并增加了部分传感器技术监测柴油机状态,且ECU对软硬件实时性要求更加严格;第三阶段采用了现阶段应用广泛的共轨式电控柴油喷射技术,是一种全新的供油喷射技术,充分利用了高压油泵、压力传感器和ECU的功能优势,实现对油压、供油量的精确控制,且供油压力与柴油机转速不直接相关,有效优化了柴油机的工作状态<sup>[1]</sup>。

电控系统的应用有效实现了柴油机的技术升级,其应用价值主要体现在以下几个方面:1)有效提高了柴油机运转的控制精度,使控制指令的滞后性极大缩短;2)显著增强了柴油机的工作可靠性,针对温度、油压、排气等进行全面监测能有效避免故障发生;3)有效改善了柴油机的经济性和排放性能,且对于恶劣工况的适应性能得到提升。

**作者简介:**王宝臣(1982—),男,黑龙江绥化人,中专,工程师,研究方向为柴油机燃油系统维修。

## 2 主要功能

电控技术的应用主要在于柴油机工作逻辑和控制方式的改变,其主要的方向包括供油控制、进排气控制、故障诊断等。

### 2.1 供油控制

供油质量是影响柴油机性能的最主要因素之一,电控系统对于供油控制的主要方式包括:1)供油量控制;2)供油时机控制;3)供油逻辑控制;4)供油压力控制。在共轨式电控柴油喷射技术中,能够精确控制喷油正时,并根据柴油机的负载及转速等多种参数优选最合理的供油逻辑,改善循环燃烧过程,并能够通过压力传感器实时监测共轨燃油压力,通过调整供油压力改变供油量,并改善喷射压力。

### 2.2 进气控制

进气质量是影响柴油机燃烧做功的另一个重要因素,电控系统对于进气质量的优化功能包括:1)配气控制技术,包括正时控制和涡流控制两类,正时控制主要是结合柴油机的关键运转参数运算和决策配气逻辑,利用正时机构优化柴油机的配气相位,保证在不同工况下达到最佳配气相位,涡流控制也是结合柴油机的运转工况进行的优化控制,通过进气涡流比脉谱图逻辑控制进气强度,以满足不同转速下对进气强度的需求;2)进气预增温技术,通过分析冷却液温度,控制加热装置对进气增温,以改善柴油机在寒冷环境下的使用性能及启动稳定性。

### 2.3 排气控制

电控系统能有效实现对柴油机排气的优化,常用技术包括排气再利用技术和排气增压技术。排气再利用技术主要是利用控制装置将排出的废气重新收集并使其参与柴油机运转,进而减少氮氧化物等有害物质的排放量;排气增压技术是利用废气对涡轮进行驱动,进而增加柴油机动力性能,并利用电控技术监测涡轮装置压力,改善涡轮驱动性能和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.4 故障监测

大量传感器的应用能够全面获取柴油机工况状态,并将相关数据信息传输给 ECU 进行分析,当系统判定工况异常时,能够自动进行故障预警,有效避免重大故障的发生。

## 3 软硬件组成与特征

### 3.1 硬件系统

柴油机电控系统的硬件主要包括:ECU、传感

器、电控开关、执行器 4 部分。

#### 3.1.1 ECU

ECU 是电控系统的核心,也被称为微型控制单元,其功能上集成了通用的输入/输出电路接口,能够匹配多种可控电路面板,实现对数字信息的收集、运算和处理,结合先进的决策算法和系统预设程序,能够有效处理柴油机运转过程中的大量数据信息,并利用信息的处理结果选择执行方案,将控制指令输出到执行器<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 传感器

柴油机内部应用的传感器种类多种多样,其功能是实时检测柴油机的工况状态,部分传感器还用于检测车辆、工程机械等的其他机械结构状态,并将收集到的数据信息传输给 ECU。对于柴油机性能影响显著的传感器功能包括以下几类:一是发动机转速传感器,其能够有效检测柴油机转速,并与曲轴位置传感器相配合,生成决策数据信息,用于改善供油量和供油时机;二是点火正时传感器,能够精确获得燃烧室内点火的时刻,供 ECU 校正供油时机;三是喷油泵转脚传感器,所检测的转角信息是喷油状态优化重要的辅助参数;四是油门位置传感器,能够通过检测油门踏板的位置数据,供 ECU 优化柴油机的转速与负载能力,实现控制意图与柴油机响应质量的匹配。

#### 3.1.3 电控开关

电控开关主要包括以下几种类型:一是 E/G 开关,其功能是控制发动机点火,并向 ECU 传递发动机开始工作的信息;二是动力转向油压开关,主要与转向油路压力传感器相配合,能够实现油压控制;三是空挡启动开关,能够有效预防柴油机的空挡启动行为,避免空挡启动造成柴油机负载或损坏;四是其他电控开关,用于控制专用执行器的开关,如控制电磁阀、球阀、喷油器等<sup>[4]</sup>。

#### 3.1.4 执行器

执行器是执行电控系统输出指令的装置,包括电器装置和机械装置两种,是对柴油机性能直接调整的功能装置。在新型柴油机电控系统中,常用的执行器包括以下几种:一是电控喷油器,主要原理是通过电磁阀控制喷油器的喷油状态。当电磁阀断开时,高压油路和低压油路之间被隔断,喷油器不喷油;当电控开关控制电磁阀通电后,电磁阀自动控制高压低压油路接通,在高压油压力作用下,柱塞和针阀抬起,高压燃油经过进油截流孔、柱塞控制腔、溢流截流孔、球阀阀座后,喷油器开始喷油(图 1);二是共轨压力控制阀,是一种电控球阀技

术,能够通过电磁力改变阀体受弹簧的压紧力,实现对燃油压力的控制,通电后电磁力与弹簧弹力共同作用于球阀,利用电磁力的大小控制燃油压力,进而实现精准控制<sup>[5]</sup>。

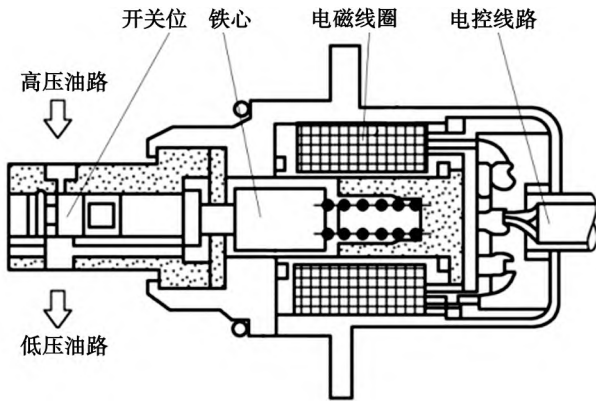


图1 电磁阀控制喷油器

### 3.2 软件系统

柴油机电控系统的软件技术主要针对控制程序和运行逻辑进行研究和应用,现阶段软件系统的技术体系种类较多,应用较为典型的技术包括喷油过程优化控制技术和共轨压力闭环控制技术等。其中,喷油过程优化控制技术主要是利用编程和逻辑控制算法与电控喷油设备相匹配,通用程序控制电磁阀直接控制供油时机和供油量,并通过预喷射程序、迟喷射程序等对供油效率、供油压力进行修正,实现供油质量的优化升级,实现在极短时间内电控装置的快速响应。共轨压力闭环控制技术是将控制程序和逻辑算法直接与共轨压力控制阀相关联的一种软件控制技术,其以压力传感器反馈的压力数据为基准,利用调整控制阀的电流改变进入共轨的油量和压力,是一种压力调控的闭环系统,对于共轨式电控柴油机的高质量运转影响很大<sup>[6]</sup>。

## 4 控制逻辑优化方向

### 4.1 改善燃油利用率

现阶段的共轨式电控柴油机控制技术已经显著提高了燃油利用率,未来在此基础上,应进一步针对高压共轨、涡轮增压、可变气门正时等技术体系展开细化研究,结合 MATLAB、GT-POWER 等软件对柴油机燃油供给和燃油利用状态进行优化,将电控技术与传统的柴油机机械技术全面结合,持续提高燃烧压力及燃烧热对于动能的转换效率。

### 4.2 改善机械性能

未来应进一步加强电控机械件的占比,提高柴油机整体的可控性,利用电控系统实时优化柴油机转速、供油量、供油转速,保持柴油机持续稳定的缸内压力供给,保证输出的功率平稳且扭矩适宜,在提高动力性能的同时,提高整机运行的平稳性。

### 4.3 改善排放性能

应从环保角度出发,持续改善柴油机的排放性能,加强对柴油机排放的研究,一方面利用电控技术优化柴油机燃烧做功的逻辑,提高燃烧质量,降低氮氧化物、颗粒物等有害物质的排放量;另一方面,持续加强尾气自动处理设备的研发与应用,使废气进一步被回收利用,排放到空气中的尾气实现进一步净化。

### 4.4 改善抗干扰性能

柴油机电控系统应进一步加强抗干扰能力,一方面优化硬件的选配,提高传感器、电控开关、执行器耐高温、耐振动等性能,同时加强电控线路的抗干扰能力;另一方面,充分利用现代化的控制技术,利用 PID 控制逻辑进行分段控制,实现精确控制的同时降低外界干扰对控制过程的影响,实现控制过程的平稳、可靠。

## 5 结语

综上所述,柴油机作为重要的动力机械,在我国各行各业中应用十分广泛,电控系统在与柴油机深度融合的过程中已经发挥出显著优势。随着电气控制技术的持续发展,未来还将带动柴油机技术的持续升级,柴油机生产企业应重视对产品的电气化研发,持续提升柴油机产品性能,为动力机械优质、低碳、节能、环保的良性发展助力。

### 参考文献:

- [1] 陈红梅,何俊美. 柴油机电控技术的发展与应用研究[J]. 内燃机与配件,2021(15):211-212.
- [2] 张文艺,张玮龙,杨森. 大马力电控商用车柴油机油门踏板特性对 AMT 变速器燃油经济性的影响[J]. 重型汽车,2021(4):32-33.
- [3] 查正维,闫杰,尤寒,等. 拖拉机用电控柴油机油门控制策略分析[J]. 拖拉机与农用运输车,2021,48(2):7-9.
- [4] 殷勇,叶顺流,周勇. 基于数字化平台的柴油机电控系统可靠性计算[J]. 自动化仪表,2021,42(1):67-72.
- [5] 杨柏枫,王玉国,殷长春,等. 基于模糊分析的电控柴油机掺烧丁醇性能优化[J]. 大连海事大学学报,2021,47(3):86-95+119.
- [6] 李琦. 柴油机电控组合泵燃油喷射系统参数优化[D]. 厦门:集美大学,2015.