

柴油高压共轨（CRDI）发动机设计开发研究

王进峰

（常州常发农业装备工程技术研究有限公司 江苏 常州 213100）

摘要：汽车行业已经成为现代社会中能源消耗的重点行业，并且汽车运行中会排放大量废气，严重污染环境。为此，国家制定了一系列政策和补贴措施，鼓励汽车行业研发高性能、低能耗以及低排放的发动机技术，基于此，本文以常发柴油高压共轨发动机研发为例，对高压共轨与涡轮增压相结合的技术路线展开探讨，旨在为相关人员提供参考。

关键词：柴油发动机；高压共轨技术；开发研究

0 引言

提高柴油机动车的节能减排水平，对国家发展、节约能源和保护环境都有重要作用，高压共轨技术因具有良好的经济性和环保性，在汽车制造行业中的应用范围不断扩大。加强对该技术的研发，对促进汽车行业实现可持续发展具有重要意义。

1 柴油发动机技术特点

电控柴油喷射系统是由传感器、ECU 和执行机构三部分构成。技术原理是通过电子控制的方式对喷油量进行控制，以提高柴油发动机和工况配合的密切程度。预先在计算机中设置与发动机运行有关的相关参数，如温度、转速、压力等，然后在发动机运行过程中利用传感器对各项参数值进行实时检测，并将其同步输入计算机中，通过与既定参数值进行对比，以最佳参数为标准对预热装置、喷油量、喷油时刻、废气再循环阀等进行相应的调整，以提高柴油发动机的运行质量。

共轨技术指的是在电控柴油喷射系统中，将喷射压力的产生和喷射完全以独立的方式运行的供油形式。传统柴油发动机供油时，高压油管内的压力会受到发动机转速的影响，压力增大，耗油增多，共轨技术利用高压油泵将高压燃油直接输送到高压共轨管中，利用传感器监测、电子控制等技术对共轨管内油压指数进行精确控制，能有效规避柴油机发动机运行过程中对供油压力造成的影响。燃油轨在运行过程中产生的压力可通过电子控制单元进行监测和控制，喷油量直接受到燃油轨内部压力的影响。

高压共轨系统的应用有效规避了传统喷油系统的多种通病，具有以下明显优势：

①能依托 ECU 对共轨系统中压力进行针对性调整，使柴油机始终处于最佳工作性能中，有效规避了传统依托人工经验进行喷油的盲目性和随意性。

②由于高压共轨系统中压力的产生和喷出方式相互独立，在以高喷射压力调整共轨管的内部压力时，还能同时调整内部微粒和 NOX 的含量。

③喷油速率可进行柔性控制，根据柴油机的运行工况要求进行多次喷射或预喷射，使柴油机始终保持良好性能，

降低运行油耗。

④高压共轨系统中应用电磁阀对喷油量进行控制，具有良好的精确度，不会产生气泡和残压不足的情况，有效提高柴油机运行过程中各缸供油的均匀度，使柴油机能始终以小幅度振幅稳定运行。

2 增压柴油高压共轨应用现状

柴油发动机作为第二次工业革命的产物，最早在欧洲得到应用和推广，并且时至今日，欧洲柴油汽车的保有量仍非常高。作为柴油发动机技术的起源地，欧洲拥有非常丰富的柴油机研究和发展经验，并且在发展的过程中非常重视对涡轮增压、共轨、电控喷射等技术的研发，使得欧洲本土柴油发动机在噪声、尾气排放、质量方面都有较为明显的优势。实践发现，在柴油发动机中安装废气涡轮增压系统，能有效减少柴油机的油耗，并且提高发动机功率，使其获得更好的驾驶性能和经济效益。因此，很多汽车企业在发展过程中将废气涡轮增压器的研发作为重点研发内容之一，当前几乎所有市面上的柴油轿车都会应用该技术，很多涡轮增压器供应商因此在激烈的市场竞争环境中脱颖而出，一跃成为知名企业。虽然近年来电动汽车技术快速发展，但由于技术上还存在一定不足，柴油发动机汽车仍属当前世界用车动力的主要设备。

3 常发柴油高压共轨发动机设计开发

3.1 高压共轨燃烧系统设计

燃烧系统是由燃油供给设备、进排气设备和电子控制系统共同构成的，是发动机得以启动和运行的基础。常发通过正向设计高滚流气道，结合电控高压共轨燃油喷射系统，喷油嘴中置布置并以喷射导引的方式形成混合器，实现燃烧。

第一，在 CAE 技术的支持下，对采用 BOSCH 的 160MPa 高压共轨系统进行优化，优化内容包含燃烧室布局、进气参数、喷油参数等，提高燃烧系统的完全燃烧质量，减少废气排放量。优化后的燃烧系统图解如图 1 所示。

第二，由于高压共轨系统是通过电子元件进行控制，能有效提高喷油量的精确度，减少燃油浪费，高压油泵可提供最大 160MPa 的高压燃油，使油束在燃烧室内完全燃烧，并且降低燃烧过程中产生的压力波动。

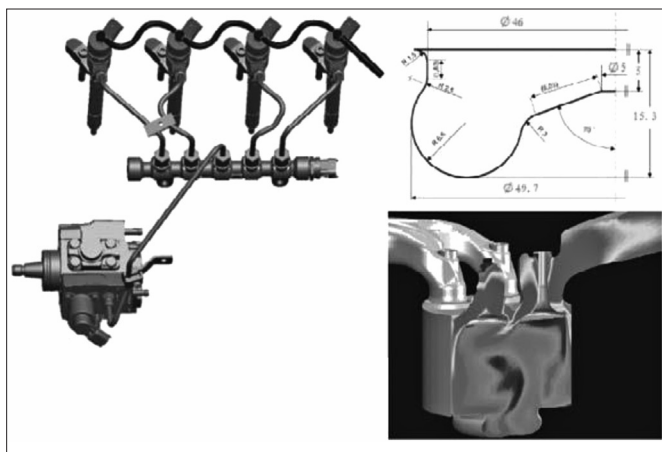


图1 燃烧系统图解

第三,喷嘴中置式布置。在每缸的中心安装喷油器,使喷油器在喷油过程中与进气道内进气形成均匀混合器。

第四,随着制造工艺的不断发展,喷油嘴构件的精细水平不断提升,当前应用在柴油机喷油嘴可以实现精准分布控制和喷雾射程控制,使柴油在燃烧室内的燃烧范围可控性更好。

第五,油轨的制造工艺逐渐发展为铸造形式,在零部件的性能、成本和制造难度方面都有优化。

3.2 高压燃油喷射系统及控制技术开发

①通过实验研究喷油器油束的喷射坐标、角度、射程等参数,根据参数表现对喷油器在柴油机内的布设形式进行优化。

②为优化高压油轨运行中的压力波动控制水平,通过实验对比不同容积下油轨压力波动控制效果。

③优化高压油泵的安装和驱动方式,提高高压油泵对回油压力和泵油的控制效率。

④开发中心控制系统和软件,对不同规格的喷油器、垫片的应用效果进行对比。

3.3 冷却系统开发

常发高压共轨发动机冷却系统是以双节温技术为基础运行的。大小循环系统相互独立,大循环系统运行时,小循环通道同步关闭,使热量加速散发,快速降温,缩短小循环通道长度,减少暖机时间。通过水套 CFD 模拟对缸垫水孔和机体缸盖水套的合理性进行验证,减少 EGR 阀受大小循环系统运行的影响。应用原理为:水泵压力增大后,冷却液在压力的作用下直接流过发动机水套壁,流动过程中吸收水套壁上的热量实现降低水套壁温度的目的;回流的冷却液从岗水套的水孔进入机油冷却器,最后返回水箱。循环方式如图 2 所示。

3.4 涡轮增压器匹配分析

涡轮增压器在实际运行中会受到整个柴油机中多个系统的影响,如进排气歧管的开发、电控系统的标定、整车近期压降和排气背压等,但选择合适的增压器能有效提高其适应性。合适的涡轮增压器能显著提高发动机的综合性

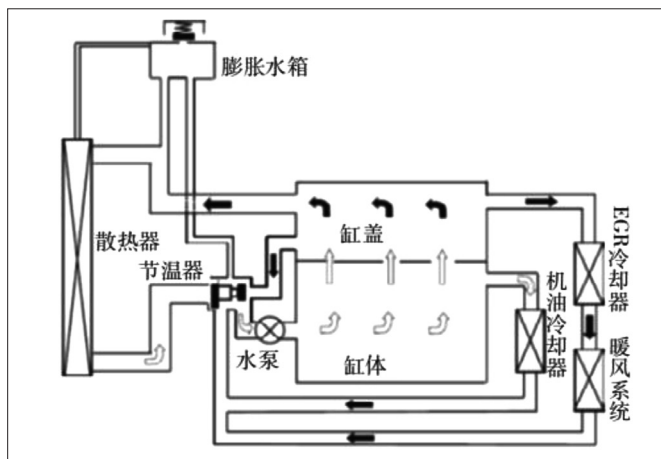


图2 冷却系统原理

能、提高燃油的燃烧质量,常发研发的柴油发动机是以匹配高端农业装备作为自身定位,所以研发重点在于提高发动机的大扭矩和高速燃油经济性,才能使驾驶人员感受到良好的性能体验。小涡轮的转动惯量比大涡轮更小,并且具有良好的响应性,与该柴油高压共轨发动机的适配度更高。

本款柴油高压共轨发动机最终配置的涡轮增压器为压力可变型,虽然与整体系统具有良好的适配性,但还欠缺高原特性实验参数,需要通过实验对其在高原环境中的实际应用效果进行继续测试。

4 结语

综上所述,柴油高压共轨 (CRDI) 发动机技术组合路线,能有效提高柴油发动机的动力性能,降低油耗,减少废气排放量,具有良好的综合效益。本文以常发的柴油高压共轨发动机研究为例对高压共轨技术进展进行论述,本研究为柴油高压共轨发动机技术的进步提供了非常有价值的技术参考。

参考文献:

- [1] 马霞,王东芳.柴油高压共轨 (CRDI) 发动机设计开发研究[J].内燃机,2012(02):25-28.
- [2] 魏丕勇,潘明军,陆子平,等.4JB1 高压共轨柴油机开发研究[J].车用发动机,2008(1):22-25.
- [3] 张磊,李京.电控高压共轨柴油发动机使用维修注意事项[J].汽车运用,2011(8):39-40.
- [4] 唐航波,龚元明,谭文春,等.柴油机高压共轨 ECU 硬件在环仿真系统硬件设计[J].车用发动机,2005(01):24-28.
- [5] 张磊,李京.电控高压共轨柴油发动机使用维修注意事项[J].汽车运用,2011,08(8):39-39.
- [6] 周文华.柴油机高压共轨燃油喷射——电控系统开发研究[J].内燃机工程,2001,22(3):44-47.
- [7] 何旭,曾威霖,尚勇,等.柴油光学发动机的设计及其可视化应用研究[J].内燃机工程,2014(2):42-47.
- [8] 李明诚.柴油机高压共轨喷射系统的合理维护[J].农业机械,2009(11):100-101.