



Chinese Society for
Internal Combustion Engines

内 燃 机 科 技

(上 册)

—— 中国内燃机学会第九届学术年会论文集

中国内燃机学会 编



内燃机科技

——中国内燃机学会第九届学术年会论文集

(上册)

中国内燃机学会 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本论文集收录中国内燃机学会 2016 年第九届学术年会学术论文 122 篇,其中:宣读交流 53 篇,书面交流 69 篇。主要内容包括燃烧与排放、燃料与润滑、测试与控制、设计与工艺、性能与应用等。论文围绕“内燃机节能减排与先进制造技术”的主题,基本反映了近年来我国内燃机科技工作者取得的最新研究成果。

本书主要面向从事内燃机设计、制造和理论研究的工程技术人员,也可作为高等学校相关专业本科生、研究生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机科技:中国内燃机学会第九届学术年会论文集/中国内燃机学会编. —上海:同济大学出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5608-6555-3

I. ①内… II. ①中… III. ①内燃机—学术会议—文集 IV. ①TK4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 238295 号

内燃机科技——中国内燃机学会第九届学术年会论文集

中国内燃机学会 编

责任编辑 缪临平 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟市大宏印刷有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 80.5 彩插 3

字 数 2612000

版 次 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 7 5608 6555 3

定 价 400.00 元(上、下册)

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

开展学术交流活动,促进科技人才的成长和提高,推动科技创新,促进科技与经济的结合,是学会发展的主要任务。我会是学术性社会团体,一直坚持为广大内燃机科技工作者服务,每年一次的学术年会,在推动学术交流、鼓励科技创新方面发挥了不可替代的作用。

经我会七届十四次常务理事会议研究决定,于2016年10月17日至20日在上海召开“中国内燃机学会2016年第九届学术年会”(简称“大会”)。为了筹办好本届大会,我会于2016年3月下旬发出征文通知,鼓励广大内燃机科技工作者积极投稿,并请各分会、各省市内燃机学会大力支持、推荐。截至2016年7月底,共征集学术论文317篇,是历届征集论文最多的一次。为了确保论文质量,学会于2016年8月10日在山东省济南市召开了论文评审会,邀请来自高等院校、科研院所和企业等单位的11位专家、教授与会,对全部应征论文进行评审。经过初审和复审决定,择优录用278篇,其中宣读交流135篇,书面交流143篇。委托同济大学出版社编辑出版《内燃机科技——中国内燃机学会2016年第九届学术年会论文集》。论文集分为上、下两册。上册为“企业篇”,有书号公开出版发行,收录论文122篇;下册为“高校篇”,无书号,作为内部资料,收录论文156篇。择优录用的论文基本反映了我国近年来内燃机学科领域的主要研究状况和研究成果,具有一定的学术水平。

本论文集的出版印刷是按照论文作者提供的电子版材料排版的,在编辑中除了一些明显的书写错误和印刷中的技术措施需要修正外,一般未作修改。由于时间仓促,编者水平有限,编印中的错误和不足之处在所难免,敬请广大读者和论文作者批评指正。非常感谢各位论文作者对本届年会的支持。

我们希望第九届学术年会的召开和论文集的出版,可以对广大内燃机科技工作者深入开展学科研究,促进内燃机行业的技术进步,促进创新驱动发展起到积极的推动作用。

中国内燃机学会
2016年8月

目 录

前言

宣读交流论文

9001	ZJY 型直轴内燃机	张效工 (2)
9002	各缸独立燃油控制对油耗排放影响研究	满全平 陈卫方 李儒龙 (5)
9003	基于 CPLD 的压电喷油器的驱动策略设计	郭佳旭 王 孝 曹春芳 (9)
9004	粉锻连杆毛坯增加预应力槽试验 研究	邓 伟 李 红 罗建中 董绍杰 马新华 范德文 张涛涛 (14)
9005	共轨喷油器多参数同步测试及特性 分析	杨 明 黄 俊 刘文超 杨 雪 丁俊东 吴 健 (18)
9006	内部 EGR 技术对柴油机性能改善的 潜力研究	张艳辉 李 娟 韩小强 陈粹文 姬腾飞 陈稳超 (26)
9007	基于有限元仿真的 EGR 冷却器结构疲劳分析	孙小桥 陆青松 (31)
9008	不同类型 SCR 对柴油机排放影响的试验研究	张 琳 景晓军 魏明伟 康 辉 (35)
9009	基于循环载热介质的船舶柴油机排气温差发电装置 设计与试验研究	钟庆源 沈飞翔 王志刚 李晓波 姜小鑫 (39)
9010	两级增压对船用柴油机性能影响研究	李先南 刘 瑞 谷 峰 王新权 平 涛 (43)
9011	京五 WHTC 排放循环应对策略试验研究	郑贵聪 陆国栋 (46)
9012	DOC+DPF 对柴油机性能与排放的影响 研究	陈 男 项旭昇 魏 明 殷 实 程 凯 李海言 (50)
9013	发动机用传感器多物理量测量模块设计及 测试	白思春 褚全红 王 孝 杨 薇 姜承赋 张 春 (54)
9014	柴油机控制软件自动测试方法研究	杨 薇 曹春芳 张丽娜 赵玲玲 (58)
9015	柴油机爆压参数取值分析	刘逢春 高 波 张 晖 曲 栓 李 涛 范育辉 (61)
9016	船用柴油机基于机器学习建模的状态诊断	刘 辉 徐海峰 (64)
9017	大功率中速双燃料发动机改造及性能试验 研究	张伟勋 于恩程 张占虎 王臣臣 邵文政 (69)
9018	基于钠碱法的低速柴油机废气脱硫系统试验研究	涂必庆 张占虎 石 勇 宁一高 (73)
9019	某船用柴油机脉冲增压排气系统优化设计	张占虎 王臣臣 张伟勋 (77)
9020	某型双燃料发动机性能计算和增压器匹配分析	于恩程 沈建华 徐海峰 (81)
9021	汽油机油高温清净性 TU5 台架评定试验研究	黄胜军 付代良 董 良 (88)
9022	基于试验的活塞冷却喷嘴打靶目标的分析	赵艳红 黄鹏华 朱海龙 (93)
9023	动力涡轮对船用柴油机的性能影响分析	冯金勇 冯明志 黄 伟 李静芬 (97)
9024	重型多缸机上均质引燃模式(HCII)燃烧和排放特性的试验 模拟研究	佟德辉 任烁今 李云强 王志坚 张海燕 王 志 王建昕 (103)
9025	柴油机热负荷分配与受热零部件冷却协同优化设计及 试验验证	胡军强 张国勇 李丽婷 闫 萍 常伟杰 (109)

- 9026 N8300 高性能中速柴油机的
研发 刘力军 戚俊昂 徐建斌 严宏伟 刘清明 沈建华 徐玉国(113)
- 9027 玉柴 YC6A—46 发动机配套东风自卸车的设计开发 蒋国栋(117)
- 9028 一种新型燃烧室挤气结构及进气道对增压汽油机燃烧影响的
研究 朱茂强 梁源飞 钟翔波(120)
- 9029 某增压发动机表面辐射噪声识别及分析 李露露 郭涛 穆建华 覃海峰(125)
- 9030 基于 CFD 分析的某四缸机进气 EGR 混合均匀性研究 梁保权 凌朝进 周道林(131)
- 9031 国产 FSN 型滤纸式烟度计在柴油机排放测量中的研究 邹强 陈浩权 周道林(135)
- 9032 发动机机油消耗大原因分析及排查 张玉 朱治颖 蒙亦光 杨寨兴(139)
- 9033 发动机电子节温器控制策略研究及台架性能开发 胡晓明 张真率 王文成(143)
- 9034 探讨传感器巨连动力装置测量 周裕千 刘芳 张瑞锋 张宇翔(146)
- 9035 船用双燃料发动机控制系统应用
研究 孙乐美 刘东 孙育红 孙成磊 赵霞 李治朋 赵二兰(150)
- 9036 点火系统对天然气发动机启动性能的
影响浅析 康雷朋 安传龙 李辉春 尹建 刘爽爽 党向萍(153)
- 9037 电控单体泵配机性能浅析 丁传广 韩贵阳 王君萍 胥晓琛 吴晓军 张秀关(157)
- 9038 发动机缸体孔内圆弧槽的加工工艺
探讨 张平彦 赵克勇 耿萧春 薛庆恩 于孟国 张传勇(161)
- 9039 关于 14L 天然气发动机性能提升的试验
研究 张旭 刘丹 刘彩玲 王玉刚 高晓华 刘诚成 陈毅(165)
- 9040 关于超级电容改善气机钻井电站动态特性的研究 徐利民 唐丽娅 刘晓东 孙刚云(169)
- 9041 一种大型机体主油道清理工具的
设计 薛庆恩 郭进举 于海勃 张平彦 黄学强 芮雪 王贺尧(173)
- 9042 中大功率天然气发动机稀燃条件下点火提前角的
试验研究 刘吉庆 李全武 刘东 张秀关(176)
- 9043 190 系列天然气发电机组冷却系统分析与
计算 王玉财 刘东 赵霞 侯鹏 袁文静 张晖(179)
- 9044 C8190 型电控多点喷射双燃料发动机的
研发 孙成香 王腾飞 张东科 孙乐美 张秀关 孙育红 张晖(182)
- 9045 浅谈爆炸性环境用往复内燃机安全防爆技术 林淑彦 李兆勇 李丹(185)
- 9046 柴油机冷却水温过高的解决
方案 李长刚 张小庆 王瑞丽 张思国 胡志峰 张鹏波 姜志超(189)
- 9047 柴油机铝基合金轴瓦失效分析 迟绍宁 张卫丽 董占春 范增 张连俊(192)
- 9048 发动机沉积物特点及汽油清净剂的应用 李娜 龙军 陶志平(196)
- 9049 轿车变速器齿轮精加工方法应用研究 常玉朋 武斌 杨海东(199)
- 9050 液力研磨对喷油嘴喷孔内流特性的影响研究 严小建 龚慧峰 胡宗杰 吴志军 李理光(202)
- 9051 喷孔结构参数对内流特性影响的数值
模拟分析 陈飞 龚慧峰 胡宗杰 吴志军 李理光(207)
- 9052 氩氧氛围下天然气发动机可用能分析研究 詹羽 龚学海 邓俊 李理光 吴志军(212)
- 9053 基于小排量涡轮增压汽油机上串联式离子电流特性的试验研究 张福缘 陆海峰 李理光(217)

书面交流论文

- 9054 某型双燃料内燃机振动特性研究 任晓辉 孟亮虎 陆红雷 马备战(224)
- 9055 氧-柴油 MILD 燃烧室设计及数值
模拟 兰 健 吕 田 顾根香 刘 钊 刘佳伟 黄晓宇(228)
- 9056 柴油机曲轴箱通风系统油气分离器技术发展现状及趋势 高英英 曹 杰(233)
- 9057 发动机冷热态气门间隙实验研究 董 璠 汪 俊 明 艳 吕方奎 金振福(236)
- 9058 DPF 主动再生失效影响因素和失效边界研究 陈波宁 任学成 徐 飞 杨 瑜(238)
- 9059 用于电控共轨柴油机的出厂热试工艺研究 王毅明(242)
- 9060 基于 Workbench 的某型不锈钢水空中冷器模态分析与试验 孙小桥(247)
- 9061 扭矩检测技术介绍以及实际生产中的应用 张 辰 高鹏添 王永涛(250)
- 9062 凸轮轴脉冲盘压装圆跳超差问题的研究 解 勇 毕华文 王永涛 张 辰(254)
- 9063 运用标准工时分析优化发动机装配生产线平衡 戴 维 李 良 王永涛(260)
- 9064 发动机怠速起停系统对整车节油效果的试验研究 洪 波(264)
- 9065 废热回收的 ORC 系统与换热器特性研究 董军启 王建长 张荣友(268)
- 9066 Urea-SCR 系统尿素喷嘴的温度研究 李晓光 刘 钊 韩 睿 聂 鑫(273)
- 9067 采用改进的遗传算法对喷油策略进行自动优化 刘林龙 许汉君 徐广兰(277)
- 9068 内燃机 EGR 用新型镍基钎料的工艺试验研究 王 钊 陆青松 韩 琦 梅长兴 周孝侠(282)
- 9069 避阀坑深度对高强度柴油机燃烧过程的影响 王 坤 李海鹰 李玉峰 樊巨廷(286)
- 9070 高压油管压力无损检测方法的试验研究 常伟杰 张松娟 张 慧 孙国威(292)
- 9071 喷油器参数对柴油机性能的影响 胡伟伟 张 雷 刘 寰(296)
- 9072 两种测试方法对柴油雾化特性的对比
研究 万远亮 刘 寰 项旭昇 余宏峰 李海言 张 涛(300)
- 9073 铝合金油冷器氮气保护无钎剂钎焊试验研究 梅长兴 刘 浩 麦小波 郑彬彬 陆青松(305)
- 9074 管翅式 EGR 冷却器钎焊试验研究 梅长兴 刘 浩 陆青松 韩 琦 周孝侠(310)
- 9075 一种具有单向阀结构的喷油器性能仿真分析 顾娇娇 吴小军 孙树平 奚 星 徐春龙(314)
- 9076 系统压力对共轨喷油器性能影响分析 吴小军 孙树平 顾娇娇 奚 星 徐春龙(321)
- 9077 单体泵柴油机启动过程控制策略研究 刘 涛 贾 利 张维彪 张 春(326)
- 9078 L32/40 型柴油机降低燃烧压力的调整方法 张 飞(329)
- 9079 S60ME-C 机架轴头孔加工工艺优化研究 汤伯虎 钱俊男 江 逸(335)
- 9080 船用柴油机活塞销强度校核与失效分析 王臣臣 董日京 于恩程 张占虎 张伟勋(338)
- 9081 船用主推进系统低温冷却水系统研究 陆松华 张迎春(342)
- 9082 气缸体格兰孔先进加工工艺研究 丁荣宝 汤伯虎 钱俊男(347)
- 9083 计算机辅助技术在凸轮轴轮廓检测的应用 焦 非 余军民(351)
- 9084 某型柴油机气阀导管强度分析和装配工艺设计 李保儒 尹建军 随从标(355)
- 9085 长换油期重负荷柴油机油行车试验
研究 王 睿 赵正华 汤仲平 徐小红 金 鹏 何大礼(359)
- 9086 柠檬酸钠对铸铝(LY12CZ)的缓蚀性能研究 程 亮(364)
- 9087 重型柴油机排温管理措施试验研究 陈 镇 殷 勇 殷 实 项旭昇 孙玉涛 黄永祥(366)
- 9088 某装载机发动机系统降噪试验研究 李 广 徐 爽 郑国世 刘亚贵 左远化(371)
- 9089 发动机用离心式水泵机械密封方法
研究 李思贵 张群坡 郑国世 肖史龙 赵贵红 曾振宇(374)
- 9090 PTS 指标体系中 NVH 目标值设定研究 鲁守卫 陈冬冬 王 鹏 崔国旭(378)

- 9091 试漏技术在高速柴油机装配技术中的应用 戴井云 王 钰(384)
- 9092 MC 发动机的零缺陷装配法 戴井云(389)
- 9093 考虑油液的油底壳优化及动态性能分析 丁建军 王志刚 马炳杰(392)
- 9094 增压器压气机叶轮造型软件《GypsLyon Compressor》的研发与应用 周 辉(396)
- 9095 DF6300 双燃料发动机排放控制 郑翱昱 戚俊昂 周 辉 徐建斌 张 昊(400)
- 9096 DF6170 柴油/天然气双燃料发动机的
开发 张 昊 郑翱昱 王 雷 刘清明 沈建华 徐玉国 吴 杰(404)
- 9097 某天然气发动机试车出现窜动顿挫故障分析解决 周 盛(408)
- 9098 某发动机压缩机支架的设计与分析 戈 翔 牛彩云 袁定军(411)
- 9099 某柴油机柴油变黑故障分析解决 周 盛(414)
- 9100 YC6MK375N-50 匹配 12m 公路客车动力性和经济性浅析 蒙永霞(417)
- 9101 大型瓦斯电站在煤矿抽排中的推广及
应用 王玉财 王腾飞 李治朋 王娅萍 孙乐美 郝利华(420)
- 9102 低浓度瓦斯三种输送方式应用比较 姜海森 杜 峰 金建文 庄九传 赵 瑞(423)
- 9103 低压电网无功补偿技术的选用 侯晓维 刘海坤 张昭明 高欣东 孙书贵 王元杰(425)
- 9104 发电用途天然气发动机增压匹配试验
研究 康雷朋 张军乐 尹 建 韩贵阳 吴晓军 党向萍(428)
- 9105 发动机电启动系统质量改进的研究 唐丽娅 金建文 刘晓东 徐利民 陈 仲(431)
- 9106 高压共轨燃油管系安装工艺浅析 康嗣博 王海渊 刘立海 刘丽萍 谷丽娟(433)
- 9107 进气预混式双燃料发动机排放特点分析 孙成磊 赵培山 曹修花 杨赛青 俞晓艳(436)
- 9108 某大功率天然气发动机控制系统分析及
应用 姜伟波 张军乐 韩 枫 皮邵辉 薛滋德 李团团(438)
- 9109 气体发动机多种控制方式对比与
研究 赵 霞 李治朋 袁文静 王玉财 孙育红 侯 鹏 孙乐美(441)
- 9110 浅谈内燃机柔性自动化装配线的信息管理
系统 刘丽平 谷丽娟 康嗣博 张公道 党向萍(445)
- 9111 浅谈影响曲柄臂距差的原因及测量
要求 王华磊 马 旗 查 凯 姚 鹏 吴艳福 李 迎(447)
- 9112 燃气发电站接地装置的应用 侯晓维(450)
- 9113 燃气发动机尾气脱硝技术
研究 侯 鹏 宋建锋 刘 东 赵 霞 王玉财 安传龙 张 晖(453)
- 9114 中大功率发电机组对中方法的探讨 刘立海 康嗣博 桑 磊 杨旭明 刘 瑜(456)
- 9115 12V190 型低浓度瓦斯发动机功率
提升 孙成香 李治朋 赵二兰 赵 霞 孙育红 袁文静 李明晓(459)
- 9116 CAN 总线在燃气内燃发电机组上的应用研究 张大军 李 楠 安传龙 庄九传(462)
- 9117 保持应急发电机组蓄电池有效电压方法的
研究 刘诚成 姚 鹏 徐凯峰 张 旭 刘彩铃 胡 楠 苗思栋(464)
- 9118 变速器啸叫分析 常玉朋 赵 刚 武 斌 张忠禹(466)
- 9119 齿轮修形对传动噪声的影响 常玉朋 赵 刚 武 斌 张忠禹(470)
- 9120 湍流喷雾液滴群蒸发数值计算模型的构建 杨 琼 龚慧峰 胡宗杰(474)
- 9121 液力研磨对喷嘴喷孔微观表面形貌的影响研究 张耀祖 龚慧峰 胡宗杰 吴志军(481)
- 9122 EGR 对 PFI 汽油机离子电流特性的影响研究 樊洪刚 邓 俊 陆海峰 李理光(486)



宣

读交流论文

.....

ZJY 型直轴内燃机

张效工

(东风汽车公司(退休) 湖北省十堰市 442003)

摘要:作者以创新的理念,提出一种新型结构内燃机。本文介绍了新型内燃机结构、工作原理,分析了运动学与动力学,与传统内燃机做了对比。最后,对该机特点进行了初步探讨和展望。新型结构内燃机的最大优势是有效热效率高,碳排放低,制造成本和使用成本低。

关键词:新型结构内燃机 低碳排放 低成本

1 新型结构内燃机—ZJY 型直轴内燃机

人们一直不断追求提高内燃机的有效热效率。以汽油机为例,一般粗略认为,有效热效率约为1/3,热损失1/3,摩擦损失1/3,但有效热效率很难达到40%以上。

为了改进传统内燃机—往复活塞式曲柄连杆内燃机,提高效率,降低成本,作者提出一种新型结构内燃机—ZJY 型直轴内燃机。

1.1 基本结构

新型结构没有传统内燃机的连杆、曲轴。

与活塞销连接的是导力杆。导力杆是一根直杆,两侧有传动、导向齿条。导力杆左外侧的传动齿条与动力轴上的齿轮啮合,传递来自活塞的载荷。

导力杆取代传统内燃机的连杆;动力轴(直轴)取代了曲轴。

为了换向,新结构增加了导向齿轮(轴)。

动力齿轮和导向齿轮只180°有齿形,其余半圆为光轴。

为了减少上下止点冲击载荷,新结构增加了阻尼装置(也是上、下止点的定位装置)。

缸体、缸盖、配气机构及各辅助系统,新型结构与传统内燃机基本相同。

1.2 工作原理

内燃机工作时,动力轴(末端连接飞轮)绕固定中心近似均匀地顺时针旋转(从前端看,下同)。当

做功冲程,导力杆承受活塞传来的载荷,活塞从上止点下行,动力齿轮与导力杆左侧面齿条啮合,导力杆驱动动力轴对外做功。活塞到下止点时,动力齿轮脱开,导力杆右侧齿条与导向轴齿轮啮合,带动活塞上行。

活塞下行,动力齿轮与导力杆左侧齿条啮合;活塞上行,导向齿轮与导力杆右侧齿条啮合。从而完成内燃机的四冲程或二冲程工作循环。

1.3 机构运动学

动力轴近似地做均匀旋转运动。

$$\begin{aligned} \text{转角 } \alpha &= (2\pi n/60)t \\ &= (\pi n/30)t \quad (\text{弧度}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{角速度} \\ \omega = d\alpha/dt &= \pi n/30 \quad (\text{弧度/秒}) \end{aligned} \quad (2)$$

活塞位移量,是动力齿轮转角及节圆直径的函数。

活塞位移为

$$x = (\pi d_1/360)\alpha$$

式中, d_1 为动力齿轮节圆直径。

$$\begin{aligned} \text{令 } c &= (\pi d_1/360) \\ x &= c\alpha \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{活塞速度} \\ v &= c\omega \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{活塞加速度} \\ J &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

ω 一个参数确定了动力轴的运动状态。

1.4 机构动力学

活塞组惯性力:

$$P_{pj} = -j \sum m_i = 0 \quad (6)$$

式中, $\sum m_i$ 为活塞组加导力杆沿轴线移动的质量。

活塞匀速运动到上、下止点时, 有阻尼装置限位, 速度由 v 降到 $v_0 (= 0)$, 产生一个“冲击”, 此碰撞的数学表达式为:

$$F = \sum m_i \times (v - v_0) / \Delta t \quad (7)$$

式中 F ——系统产生的碰撞力;

Δt ——碰撞时间;

v ——活塞匀速运动速度;

$v_0 = 0$ 。

下面就几个碰撞点分别讨论。

1.4.1 排气终了上止点

活塞、导力杆组件上行, 到达上止点时发生碰撞。阻尼装置受到的碰撞力, 方向向上。活塞、导力杆组件受到相同的力, 方向向下。

此时, 活塞上方有排气残余压力, 方向向下, 阻尼装置受力小于碰撞力 F 。

1.4.2 进气终了下止点

活塞、导力杆组件下行, 到达下止点时发生碰撞。阻尼装置受到的碰撞力, 方向向下; 活塞、导力杆组件受到相同的力, 方向向上。

此时, 活塞上方有进气负压, 量值较小, 阻尼装置受力略小于碰撞力 F 。

1.4.3 压缩终了上止点

活塞、导力杆组件上行, 到达上止点时发生碰撞。阻尼装置受到的碰撞力, 方向向上; 活塞、导力杆组件受到相同的力, 方向向下。

压缩过程一直有作用在活塞表面的力, 方向向下。到达下止点发生碰撞时, 使阻尼装置受到的碰撞力大为减少; 如有爆发压力产生, 更可减少碰撞力。

1.4.4 膨胀终了下止点

活塞、导力杆组件下行, 到达下止点时发生碰撞。阻尼装置受到的碰撞力, 方向向下; 活塞、导力杆组件受到相同的力, 方向向上。

膨胀终了, 一般气缸内尚有 3~5bar 气压, 使阻尼装置受到的碰撞力增大较多。

由以上讨论可知, 对阻尼装置的设计更要注意膨胀终了时的碰撞点。

以上讨论, 因曲轴箱内压力变化较小, 未予考虑。

2 ZJY 型直轴内燃机与传统内燃机对比

2.1 结构

ZJY 型直轴内燃机, 没有传统内燃机的曲轴和连杆, 取而代之的是动力轴和导力杆。动力轴是直轴; 导力杆没有连杆的大头孔, 杆身中间有封闭的中空槽。

新型结构内燃机多一根导向轴(齿轮), 有一个阻尼装置。

两种内燃机结构对比见表 1。

表 1 两种内燃机结构对比

ZJY 型直轴内燃机	传统内燃机
动力输出轴: 直轴	动力输出轴: 曲轴
导力杆	连杆
取消: 连杆轴承 连杆大头盖及螺栓 主轴承盖及螺栓	连杆轴承 连杆大头盖及螺栓 主轴承盖及螺栓
不必加平衡机构	需要时要加平衡机构
多缸机不必加扭振减震器	需要时要加扭振减震器
增加: 动力轴、导向轴及传动齿轮、阻尼装置等	没有导向轴、阻尼装置

2.2 性能

新型内燃机性能的最大优势在于, 它比传统内燃机的有效热效率高, 燃油经济性好。

内燃机膨胀做功时, 传统内燃机, 活塞与曲轴中心在同一垂直轴线上, 活塞在上止点时, 力臂为零, 输出扭矩为零! 在上止点附近, 力臂始终不能以最优输出扭矩。以一台 $r/l = 0.3$ ($r = 39mm$ 曲柄半径, $l = 130mm$ 连杆中心长度) 的内燃机为例, 直至曲轴转至 73° (CA) 时, 曲柄始与连杆垂直, 此时燃气压力已下降很多^[2]。

新型内燃机在膨胀冲程, 从上止点至下止点, 全程始终保持最大力臂传动动力; 同时, 它没有传统内燃机的侧向力、离心力, 也没有活塞、曲柄连杆机构的往复惯性力, 减少一些摩擦付。

从以上分析可知, 新型内燃机比传统内燃机经济性、动力性、可靠性、耐久性、舒适性都会有较大改善, 有效热效率 η_e 提高较多, 有望达到或超过 40% 以上。

2.3 成本

制造成本中, 曲柄连杆机构(曲轴、连杆)在传统

内燃机总成本中占有很大比重,越大型柴油机占比重越大。有些大型船机曲轴加工相当复杂,成本昂贵!

传统内燃机中一些负荷较大、制造精细、成本较高的一些零件,如主轴承、盖及螺栓,连杆大头轴承、盖及螺栓,以及平衡机构、曲轴扭振减震器等总成,在新型内燃机中已不存在。

新型内燃机中,输出轴、导向轴都是直轴,齿轮机构又是最好的动力传递机构。制造成本较低。

使用成本中:

由于新型内燃机有效热效率 η_e 较高,燃油经济性好;

同时,由于没有侧向力,缸孔圆周磨损均匀,漏气量、机油消耗量也会得到改善;

没有连杆轴承,输出轴轴承负荷也相对较小;由于使用直轴,动力轴轴承可使用滚动轴承,使整机可靠性、耐久性都会提高。

2.4 NVH 特性

乘用车市场,尤其是高端客户,对 NVH 特性要求较高。发动机是 NVH 的重要激励源。没有了侧向力和离心力以及一直变化的惯性力,新型内燃机装车后,使整车 VNH 特性会得到较大改善。

3 讨论及展望

新型内燃机继承了传统内燃机诸多优点,它只是针对曲柄连杆机构的缺陷而提出的一种新结构。

曲柄连杆机构产生周期变化的惯性力,是造成内燃机不平衡的主要因素,这是传统内燃机的本质缺陷之一^[3]。

同时,曲柄连杆机构摩擦付多,摩擦损失大,摩

擦磨损多,影响了内燃机的可靠性和耐久性。

曲柄连杆机构传递动力的效率,差于齿轮机构。齿轮机构是机械传动中效率较高的,可靠性、耐久性也是公认较好的。

新型内燃机开发中,应重视阻尼装置设计。本文中示例为机械式弹簧与液压减震混合方式,未来可能出现液压式、磁电式等结构。

新型内燃机要经过严格的试验、使用考验。为了使其成为市场的商品,发挥出真正优势,尚需作进一步深入开发。

4 结束语

新型结构内燃机,将曲轴改为直轴,生产成本低;有效热效率高,燃油经济性好。

由于新型结构内燃机结构特点,相对于传统内燃机“保安件”大幅减少,性能和可靠性、耐久性得到提高。

未来新型结构内燃机开发重点在阻尼装置。

作者对 $D=90$ 汽油机、 $D=105$ 柴油机(增压)的部分重要零件做过初步强度校核,从理论上探讨了新型结构内燃机的可行性。

期待未来,ZJY 型直轴内燃机得到进步和发展。

参考文献

- [1] 张效工,李建华. 车用内燃机排放控制技术新探索[M]. 南宁:中国内燃机年会论文集 09A044,2009.
- [2] 张效工. 新概念内燃机——往复活塞式直轴内燃机[M]. 上海:中国内燃机年会论文集 071012,2007.
- [3] 杨连生. 内燃机设计[M]. 3版. 北京:中国农业机械出版社,1984.

各缸独立燃油控制对油耗排放影响研究

满全平 陈卫方 李儒龙

(东风汽车公司技术中心,武汉 430058)

摘要:本文介绍了各缸独立燃油控制基本原理,以氧信号监控各缸燃烧均匀性,通过反馈控制调整发动机各缸的喷油脉宽以改善各缸燃烧的均匀性。通过对东风某车型搭载 1.6L 自然吸气发动机整车 NEDC 排放循环试验研究,分析了各缸均匀性对油耗和排放的影响,试验结果表明:各缸独立燃油控制对排放影响较小,平均油耗降低约 1%,各缸独立燃油控制的结果和车辆散差以及供油系统散差有关,实际节油效果以实车为准。

关键词:各缸燃油控制 油耗 排放 NEDC

各缸独立燃油控: Individual Cylinder Fuel Control (ICFC),在发动机运行的各种工况下,监测每缸空燃比的不均匀信息,通过反馈控制消除各缸空燃比的不均匀性,这就是各缸独立燃油控制。

传统的电喷技术,氧传感器只反映各缸混合气的平均浓度,不能反映单缸的实际空燃比。分缸燃油控制功能可消除或大幅度地减少发动机气缸之间的空燃比不均匀性。

一般来说,有多种原因会导致发动机各缸间的空燃比不均匀。主要有①气流不均匀:由于进排气系统设计及制造、各气缸位置不同等原因,各缸的充气效率等基本流量参数会有不同,各缸循环的相互影响;②各缸安装的喷油器的静态流量特性、响应时间和喷嘴工作温度等的差别,造成在相同喷油脉宽下各缸实际喷出的燃油质量不一致;③其他导致不均匀的因素:EGR 混合的均匀程度;炭罐气流混和的均

匀程度;曲轴箱通风油气混和的均匀程度等。

如果能够减小各缸的空燃比的不均匀性,将带来很多好处。提升发动机的性能(功率/扭矩);提升发动机的燃油经济性能;更低的催化器温度;更低的有害排放。

1 各缸独立燃油控制原理简介

ICFC 目的是通过反馈控制消除每缸空燃比的不均匀性,其算法逻辑主要由以下几个方面:

- (1) 读取前氧信号;
- (2) 提取每缸不均匀信息;
- (3) 计算 error 信号进行 PI 反馈控制;
- (4) 计算并存储每缸修正因子;
- (5) 将每缸修正因子作为乘积系数计算其所需燃油量。

ICFC 数据流如图 1 所示。

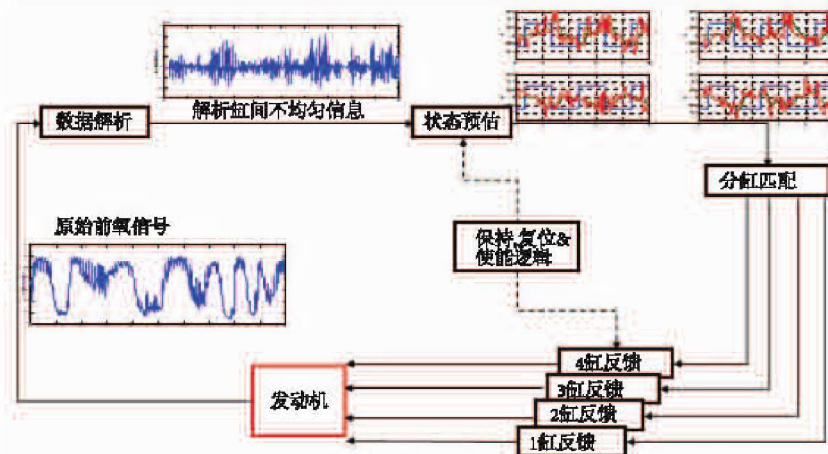


图 1 ICFC 数据流(4缸发动机 & 开关氧传感器)

ICFC 控制每缸空燃比在理论空燃比,对发动机平均空燃比没有影响,这使得 ICFC 不会干扰燃油

闭环控制系统,如图 2 和图 3 所示。

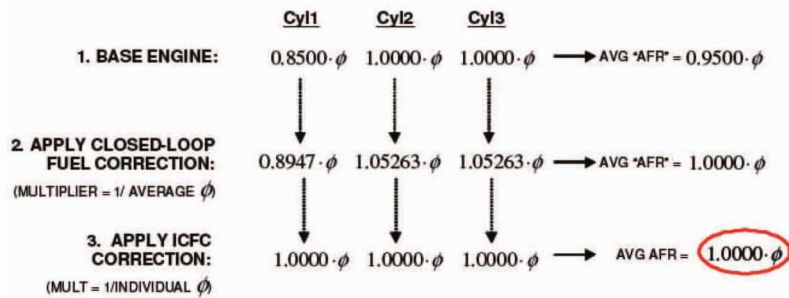


图 2 ICFC 控制平均空燃比不变

分别对 1 缸燃油加浓 7%, 2 缸减稀 7%, 3 缸燃油加浓 7%, 4 缸减稀 7% 处理, ICFC 作用一定时间后, 每缸空燃比回到理论空燃比。

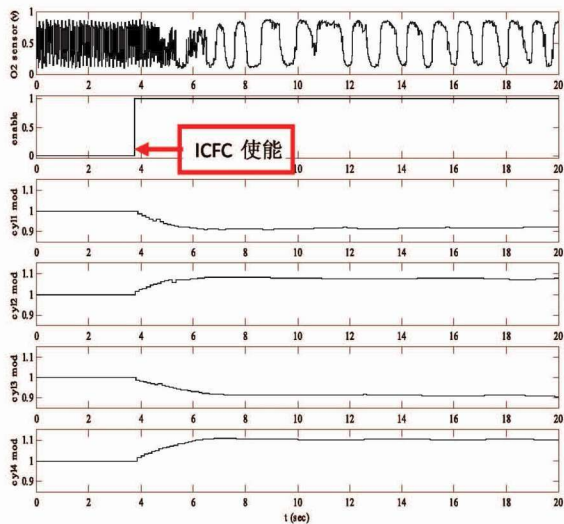


图 3 燃油加浓减稀 ICFC 作用结果

驱动方式	前驱
点火方式	单缸顺序点火
变速箱形式	MT

首先在转毂完成对 ICFC 的标定,并在道路进行验证 ICFC 响应及收敛情况,如图 4 所示,分别对 1 缸燃油加浓 5%, 2 缸减稀 5%, 3 缸燃油加浓 5%, 4 缸减稀 5% 操作,从图中可以看到 ICFC 使能后,每缸燃油快速稳定的收敛且无震荡,说明对 ICFC 的标定是没问题的。

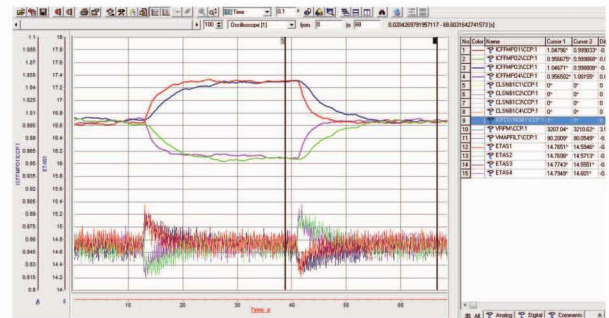


图 4 ICFC 收敛测试

2 试验对象

本文以东风某搭载 1.6L 自然吸气发动机 MT (Manual Transmission) 变速箱车型为试验研究对象,参数如表 1 所示。

表 1 某车型及发动机技术参数

发动机型式	直列四缸、四冲程、水冷
缸径/冲程	74mm/90.5mm
排量	1.56L
压缩比	11 : 1
额定功率	85kW
最大扭矩	145/4400(N · m)/(r/min)
车型	M1 类三厢轿车
整备质量	1230kg

NEDC 循环 ICFC 学习过程验证如图 5 所示,各缸不均匀程度最大在 2% 以内,冷机阶段采用上一阶段学习值,水温达到 60°C (可标定)后 ICFC 开始学习。

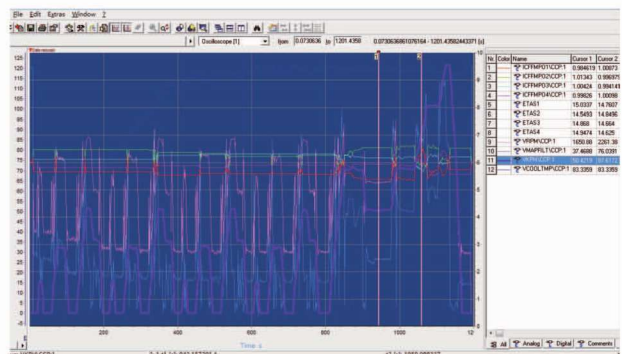


图 5 NEDC ICFC 学习过程

3 ICFC 对排放影响

对标定过的样车分别打开、关闭 ICFC 功能各进行 3 次 NEDC 试验,其排放、油耗统计结果如图 6 所示。

Vehicle No.	ICFC state	□				FE (SUM)		ECE FE (Phase 1)			Dyno Data		
		VCOO L/TMP	THC g/km	CO g/km	NOx g/km	NMHC	L/100k m	L/100k m	L/100k m	a	b	c	
108	ICFC on	28	0.0392	0.4436	0.0107	0.0366	6.46	8.414	5.307	16.68	0.5328	0.0316	
108	ICFC on	26	0.0374	0.1164	0.0138	0.035	6.53	8.583	5.33	16.68	0.5328	0.0316	
108	ICFC on	25	0.0569	0.4899	0.0159	0.0536	6.459	8.338	5.352	16.68	0.5328	0.0316	
108	ICFC off	24	0.032	0.3907	0.0083	0.0294	6.585	8.702	5.327	16.68	0.5328	0.0316	
108	ICFC off	25	0.041	0.4415	0.0089	0.0382	6.583	8.789	5.291	16.68	0.5328	0.0316	
108	ICFC off	24	0.0472	0.349	0.0125	0.0447	6.502	8.591	5.279	16.68	0.5328	0.0316	

图 6 NEDC 油耗排放结果
试验结果 ICFC 对 THC、CO、NO_x 影响较小。

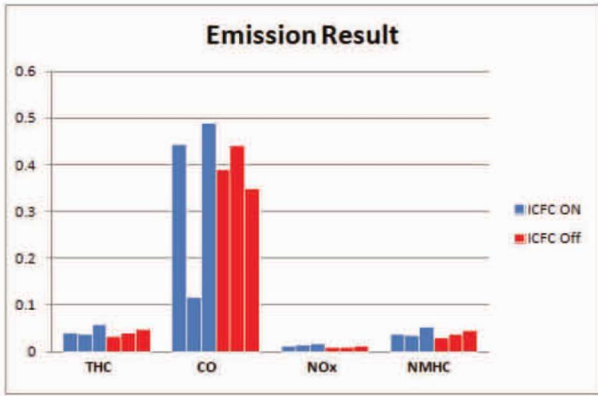


图 7 NEDC 排放对比

4 ICFC 对油耗影响

ICFC on 时平均油耗 6.483L/100km, ICFC off 时平均油耗 6.557L/100km, 如图 8 所示, 平均油耗降低 $\approx 1.1\%$ 。因为 ICFC 的结果和车辆散差以及供油系统散差有关, 不同的车辆结果会有所不同。

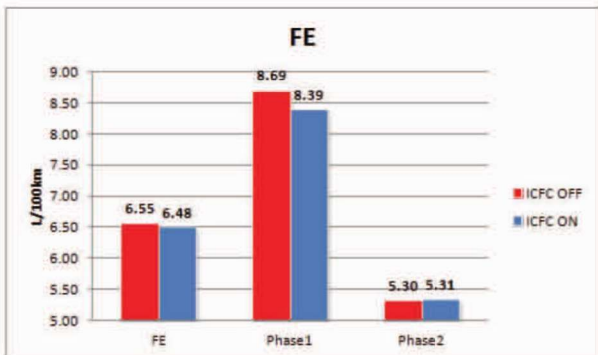


图 8 ICFC 油耗结果

4.1 不同 Phase 油耗对比

ECE 冷机阶段油耗大约降低 2.4%, ECE 热机阶段油耗大约降低 1.8%, EUDC 阶段油耗略微增加 0.58% (可认为基本持平) 分别如图 9—图 11 所示。

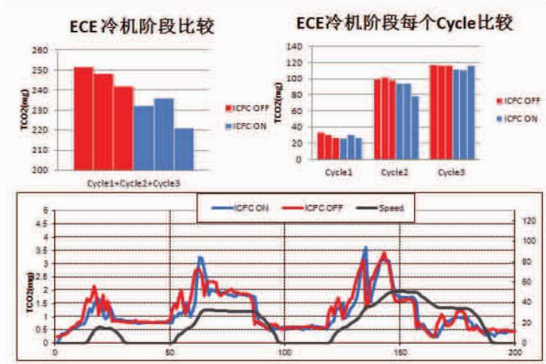


图 9 ECE 冷机阶段油耗对比

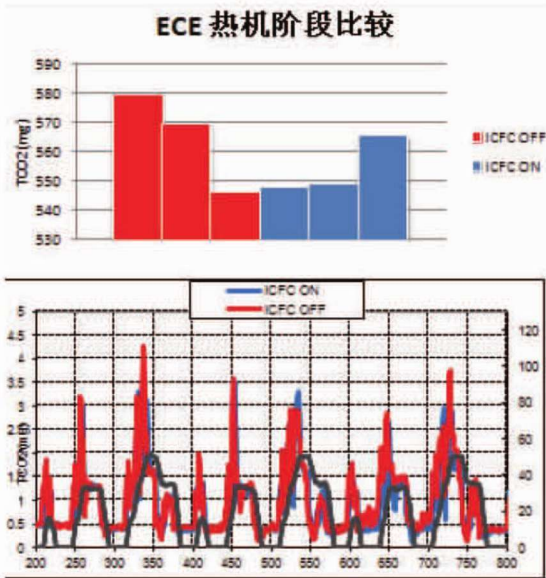


图 10 ECE 热机阶段油耗对比

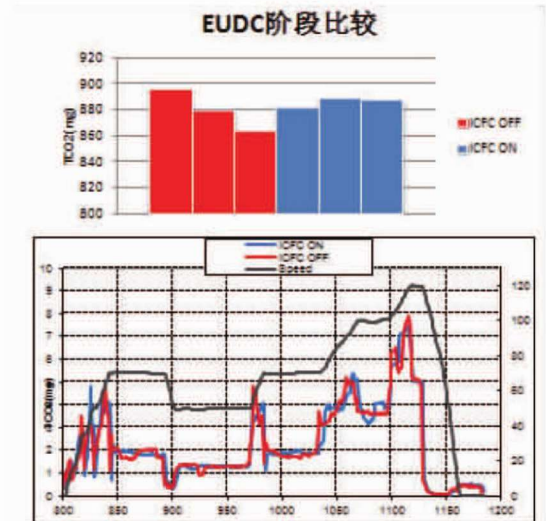


图 11 EUDC 阶段油耗对比

4.2 不同模式油耗对比

冷热机怠速油耗均有所降低;ECE 阶段加速油耗降低,EUDC 阶段加速油耗基本持平;稳态油耗基本持平;ECE 减速阶段油耗基本持平,EUDC 减速阶段油耗基本持平。

分别如图 12~图 15 所示。

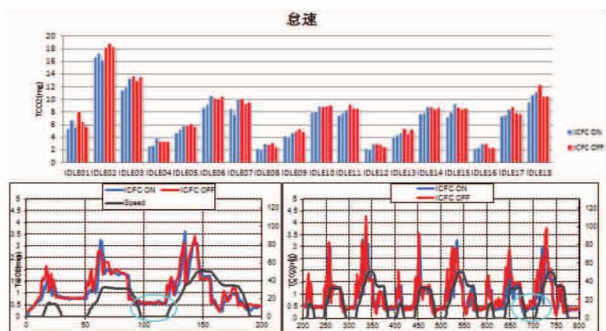


图 12 怠速油耗对比

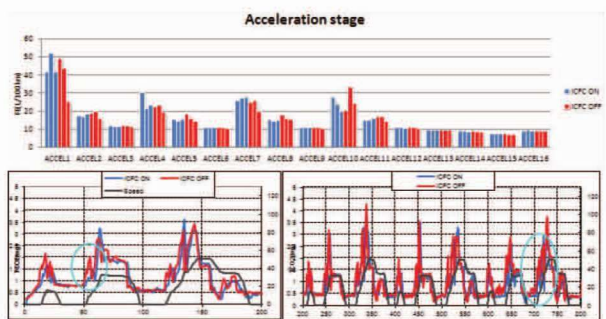


图 13 加速阶段油耗对比

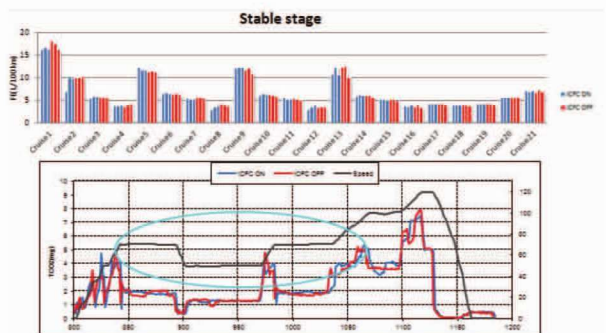


图 14 稳态油耗对比

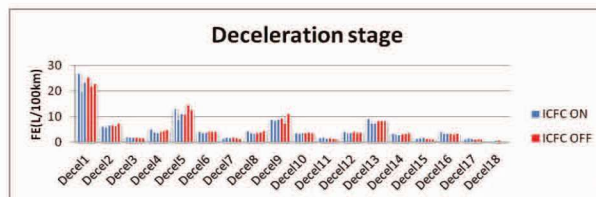


图 15 减速油耗对比

5 结论

ICFC 通过解析氧传感器信号,判定各缸浓稀程度,调整各缸喷油脉宽,实现各缸的均匀燃烧。该系统在不增加车辆制造成本的条件下,提高车辆的燃油经济性并改善驾驶性。本文以东风某车型搭载 1.6L 自然吸气发动机整车进行 ICFC 标定然后进行 NEDC 排放循环试验研究,分析了各缸均匀性对油耗和排放的影响,试验结果表明:各缸独立燃油控制对排放影响较小,平均油耗降低约 1%,各缸独立燃油控制的结果和车辆散差以及供油系统散差有关,不同车辆实际效果可能差异比较大。

ICFC 需要在不同环境(高温、高原、高寒)进行实车验证,确保系统在不同的发动机运行工况和外界环境下的实时响应和系统可靠性。

ICFC 在北美应用较多,美国法规对各缸燃烧差异性有诊断要求,随着国家法规的进一步加严,国内有可能对各缸不均匀燃烧提出诊断要求,所以对各缸独立燃油控制进行研究是由必要的。

参考文献

- [1] Jeff L. Kainz and James C. Smith. Individual Cylinder Fuel Control with a Switching Oxygen Sensor. SAE Paper 1999-01-0546.
- [2] James C. Smith, Charles W. Schulte and David D. Cabush Delphi Corp. Individual Cylinder Fuel Control for Imbalance Diagnosis. SAE Paper 2010-01-0157.
- [3] SHINJI Nakagawa, EISAKU Fukuchi, AKIHITO Numata. A New Diagnosis Method for an Air-Fuel Ratio Cylinder Imbalance[C]. SAE Paper 2012-01-0718.
- [4] 吴森. 汽油机管理系统[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2002.

基于 CPLD 的压电喷油器的驱动策略设计

郭佳旭 王 孝 曹春芳

(中国北方发动机研究所,天津 300400)

摘要:第三代共轨柴油机对喷射系统提出了更高的喷射压力,更快的响应速度和灵活控制方式等要求,压电式喷油器可以很好地满足这些要求。本文设计了一种基于复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device; CPLD)的压电喷油器驱动策略,包括高压功率源,执行器驱动模块,故障检测等模块,实现了对喷油器的控制。通过试验证实本驱动策略可以很好地满足共轨系统的喷射要求。

关键词:压电喷油器 柴油机 共轨 故障检测 驱动策略

为了满足日益严格的排放法规要求,提高喷射压力和多次喷射成为机内净化的主要措施。共轨系统的喷油执行器工作在多次喷射、高喷射压力和大控制脉宽的工作条件下。因此对其响应速度提出更高要求。高速电磁阀的响应时间一般为 0.2~1ms,而压电晶体执行器的响应时间一般为 0.1ms,压电晶体执行器与电磁阀相比更能满足现代柴油机燃油系统的要求,因此是未来喷射系统喷油器的发展方向^[1]。

目前国际上对于压电喷油器的研究已经相对成熟,西门子公司早在 2000 年就已经可以批量生产压电执行器^[2]。Bosch 公司在 2004 年将生产的压电喷油器应用于 Audi 车型,并取得了良好的排放效果。而国内对此领域的研究尚处于起步阶段,既没有批量生产执行器的能力,也没有相对成熟的控制方法。基于以上情况本文对压电晶体执行器的工作原理和驱动方式进行了探讨,并且设计了一套基于 CPLD 的压电执行器驱动系统,希望对今后的研究工作有所帮助。

1 系统构成

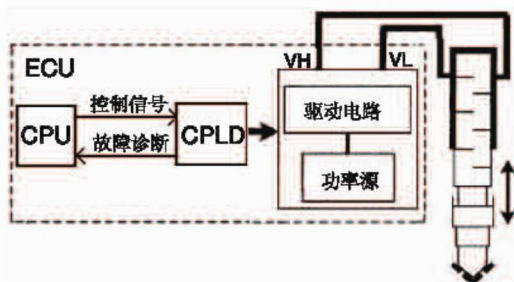


图1 压电执行器驱动系统示意图

图1是压电执行器驱动系统的示意图,压电执行器为喷射系统的执行装置,根据 CPU 发出的喷射脉宽控制喷油器的开启和关闭,从而实现喷油量的调节。CPU 能实现对喷油量、喷油正时、喷油速率和喷射压力等的独立控制。喷油动作是靠执行器来实现的,他们之间即通过驱动策略来关联。

驱动策略主要包括执行器的驱动电路和一个可控的功率源为执行器提供能量。驱动策略的控制逻辑用可编程逻辑芯片来完成,可以实现如前所述的驱动方式。驱动电路的特点为高电压,低损耗,能量可回收,运用闭环控制,响应迅速、效率高等。

2 驱动策略设计

根据高压共轨系统喷油器快速响应的需求和压电执行器本身的特点,压电执行器的驱动策略可分成两个功能模块:功率源模块和驱动模块。驱动模块包括:充放电控功能,采样反馈功能,能量回收功能和故障诊断功能。图2为驱动策略的接口示意图。

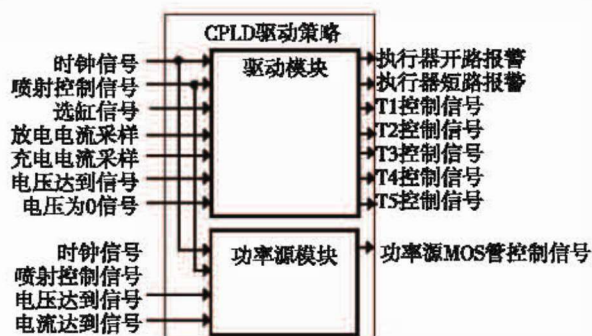


图2 驱动策略接口示意图

作者简介:郭佳旭(1986),女,硕士;研究方向:柴油机控制。
E-mail:dtguojiaxu@hotmail.com