

企业篇

内燃机科技

——中国内燃机学会第六届青年学术年会论文集



金东寒 主编

THE INTERNAL
COMBUSTION ENGINE
TECHNOLOGY



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内 燃 机 科 技

——中国内燃机学会第六届青年学术年会论文集

金东寒 主编

图书在版编目(CIP)数据

内燃机科技：中国内燃机学会第六届青年学术年会论文集/ 金东寒主编. —杭州：浙江大学出版社，2016.1

ISBN 978-7-308-15594-6

I. ①内… II. ①金… 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 013488 号

内燃机科技——中国内燃机学会第六届青年学术年会论文集
金东寒 主编

责任编辑 许佳颖

责任校对 陈慧慧

封面设计 林智广告

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 889mm×1094mm 1/16

印 张 30.25

字 数 893 千

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

书 号 ISBN 978-7-308-15594-6

定 价 99.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心邮购电话: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前言

FORWORD

青年科技人才是科技创新的生力军,为使更多的青年科技工作者为我国的科学技术进步、经济社会发展贡献才智和力量,我会先后于1994年、1997年、2002年、2006年和2011年举办了5届青年学术年会,赢得了广大青年科技工作者的好评。为了更好地搭建青年科技人才展现才华的平台,以促进科技创新、促进科技人才队伍的成长,我会七届五次理事会研究决定,于2015年10月12日至15日,在浙江省杭州市召开“中国内燃机学会第六届青年学术年会”。为了筹备和召开好本次青年学术年会,理事会于2015年2月中旬发出征文通知,希望广大青年科技工作者积极踊跃投稿,并请各分会、各省区市内燃机学会大力支持及推荐学术论文。截至2015年7月20日,我会共征集到学术论文215篇,其中大部分是由各分会、各省区市内燃机学会推荐的论文。为了保证本次青年学术年会的论文质量,我会于2015年8月5日在江西省井冈山市召开了论文评审会,邀请了来自高等院校、科研院所和企业等单位的9位专家、教授与会,对全部应征论文进行了认真、细致的审读,经过初审和复审后择优录用了192篇论文,其中宣读论文125篇,书面交流67篇。上述学术论文中“企业篇”的104篇论文,请浙江大学出版社编辑出版,即《内燃机科技——中国内燃机学会第六届青年学术年会论文集》。这些论文基本反映了我国近年来内燃机科技领域主要研究状况和研究成果,论文质量达到了一定水平。

本论文集的出版按照论文作者提供的电子文本排版,在编辑中除了对一些明显的书写错误进行修正,根据印刷要求对图文进行调整,其他内容一般未做修改。由于时间仓促,编辑水平有限,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。我们感谢所有投稿的论文作者对本次青年学术年会的支持。

我们相信,第六届青年学术年会的召开和论文集的出版,对青年科技工作者求真务实,勇于创新,肩负起历史重任,更多地参与解决当今我国科技发展以及经济建设、社会发展中的重大关键问题能起到积极的推动作用。

中国内燃机学会
浙江省内燃机学会 论文集编辑部

2015年8月

目 录

CONTENTS

»» 宣读交流 «««

D12 柴油机新结构 EVB 系统排气门制动试验研究	杨 萍, 郇建丽, 肖 峰(3)
ICP-AES 法测定内燃机连杆小头衬套合金层 CuPb10Sn10 成分的研究	徐婷婷, 张红侠, 王 伟, 杨 震, 延 娜, 裴洪磊, 吕婧妍(8)
多点喷射大功率天然气发动机启停控制研究	林淑彦, 李兆勇, 国 英, 周生伟, 李 丹, 刘昱骏(11)
空燃比闭环控制系统应用于某 16L 天然气发动机的配置与标定	张 旭, 王志宁, 王玉刚, 党永浩, 张宇航, 刘 丹, 刘成诚(16)
大功率天然气发动机动力单元温度场试验研究	薛滋德, 李治朋, 韩 枫, 关 麟, 殷慧宇(21)
某 6 缸天然气机性能开发	李辉春, 康雷朋, 王以飞, 张 晖, 曲其磊(25)
某船用柴油机增压匹配试验研究	王 敏, 韩 枫, 王君萍, 王 彤, 韩贵阳(28)
重型车空滤器的 CFD 分析与试验研究	叶南海, 赵晓锋, 徐张红, 李志彬, 任传法(32)
DF8300 柴油/天然气双燃料发动机的开发	张 昊, 唐 努, 刘开敏, 吴 杰, 胡艳春(36)
某柴油机喷油泵传动轴的失效分析	赵培秀, 刘力军, 唐 努, 邵徐斌, 戚俊曷(43)
重油双燃料机组在非洲市场的应用	张素萍, 蒋立波, 曾 钢, 蔡宇骄, 娄 华(47)
高速预混气体机应用的增压匹配研究	刘秋颖, 丁士才(52)
可变几何涡轮增压技术在铁路上的应用	王伟才, 汪庆周(58)
催化器组合提高 SCR 转化效率的试验研究	唐 韬, 帅石金, 夏立峰(63)
氮气保护无钎剂钎焊铝合金钎焊试验研究	梅长兴, 刘 浩, 陆青松(68)
铝合金油冷器氮气保护无钎剂钎焊试验研究	梅长兴, 刘 浩, 陆青松, 麦小波, 韩 琦, 周孝侠(73)
浅谈铁基钎料在内燃机 EGR 的应用	陆青松, 赵小根(78)
内燃机 EGR 用铁铬基钎料的工艺试验研究	陆青松, 李 军, 韩 琦(83)
高工况下回热器性能的优化研究	周天学, 吕 田, 刘 钊, 金永星, 潘卫明(88)
引射式燃气再循环纯氧燃烧过程数值模拟	兰 健, 吕 田, 金永星(95)
车用发动机废热回收的 ORC 系统特性分析	董军启, 王建长, 王 斌, 张荣有(99)

- 气助尿素喷嘴防结晶结构优化研究 周健伟, 颜传武, 许智强, 王修铭, 陆国栋, 王争论, 潘苏新 (104)
- 压缩空气进气总管喷射补气系统的节油潜力分析及动态性能研究
..... 杨 瑜, 陈波宁, 陈建业, 吴峰胜, 刘耀军 (108)
- 基于 CAE 仿真分析开发缸内直喷汽油机燃烧系统
..... 詹樟松, 郑建军, 王显刚, 沈惠贤, 陈小东, 卿辉斌, 胡铁刚, 邓 伟, 李小勇 (115)
- 发动机气缸盖温度测试技术对比研究 蔡 婷, 邹利亚, 刘 聪, 徐 惠 (121)
- 高压共轨燃油系统轨压控制研究 倪洪飞, 周杰敏, 于俊鹏, 雷晓亮 (125)
- 基于国 V 炭罐工作能力耐久性能研究 陈燕林, 黄 博, 林志昌, 肖 维, 渠胜华, 赵 力, 陈童彤 (130)
- 燃烧室关键参数对燃烧与排放的影响 韩 潇, 殷 勇, 余宏峰 (134)
- 柴油机排阀座磨损有限元分析及结构改进 苗伟驰, 李 佳, 胡军强, 陈志忠 (141)
- 具有滑阀结构共轨喷油器原理与性能研究 顾娇娇, 吴小军, 奚 星, 孙树平 (145)
- 公交车用柴油机优化 殷海红, 李 钊, 马 雁 (152)
- 浅析 VNT 和 EGR 耦合控制对柴油机性能的影响 姜淑君, 董 辉, 马 雁 (156)
- 恒切向运动活塞式内燃机的设计 郭长青 (164)
- Z6150 柴油机喷油器匹配的试验研究与应用 刘云浩, 马 龙, 滕红刚, 胡 奕, 李 生 (167)
- 燃气发动机配气机构中气阀弹簧的断裂失效分析 黄洪涛, 梁杰辉 (170)
- 8300 燃气发动机配气相位优化 和蒙蒙, 梁杰辉, 马镇镇 (173)
- 进气管防爆阀密封结构设计 邵文强, 董玉振, 齐 刚 (177)
- 基于 CFD 仿真和 PIV 测试的柴油机气缸盖水套优化设计
..... 李 智, 张宏飞, 王必璠, 高 磊, 金长峰, 范建权 (180)
- 涡轮复合回收废热能的潜力 米 娇, 赵艳婷, 殷 勇, 陈 镇, 程 凯, 黄永祥 (186)
- 涡轮增压器中间体温度场测试研究 王志宏, 林绍雄, 王江乾 (193)
- 基于能量磨损理论的发动机气门导管磨损因素分析
..... 李 芳, 张 芳, 吴红亮, 涂南明, 冯 田, 徐亚东 (197)
- 热端废气再循环阀的设计及试验研究 陆玲亚, 王吉华, 薛芹余, 樊 荣, 居钰生 (202)
- 1.4L 汽油机进气歧管设计 倪永成, 易正根, 王 凯, 徐明星 (207)
- 增压器转子系统机械效率测试研究 王银凤, 李亚静 (214)
- 基于 T3 排放的 iEGR 凸轮轴应用 陈峙良, 石 磊, 李明星 (218)
- 进口条件对活塞环—缸套摩擦副润滑性能的影响 朱黄龙, 孙 军 (222)
- 某发动机排气侧降噪研究 李露露, 黄 鹰, 穆建华, 郭 涛, 肖 彬 (230)
- 喷油嘴针阀偏心对内部流动特性的影响
..... 郭立新, 杨 鹿, 周 祺, 宋永平, 傅立运, 缪雪龙, 夏兴兰, 杨海涛 (234)
- 共轨喷油器喷射过程压力稳定性研究 刘 敏, 朱战峰, 刘言伟 (245)
- 基于 AMESim 超高压喷油器针阀变形研究 刘言伟, 刘 敏, 朱战峰, 顾 丽 (251)
- 共轨喷油器控制阀节流孔瞬态流动分析 宋永平, 郭立新, 杨 鹿, 杨海涛 (255)
- 油嘴喷孔挤压研磨 CFD 计算分析 朱天奎, 郭立新, 杨海涛 (260)

»» 书面交流 ««

发动机试验台架集中管理方案探讨	刘建勇,黄 栋(267)
电控直喷柴油机 NO _x 排放的研究	张鹏波,王瑞丽,潘新霞,张东平,张 晖,卢秀霞,耿萧春(270)
基于 Modbus 现场总线的石油钻探井场监测监控系统的研究	刘云霞,朱 涛,郝利华,王 静,耿萧春(273)
影响金属材料拉伸试验因素的探讨	王 伟,杨 震,郭 勇,徐婷婷,裴洪磊,延 娜(277)
关于柴油机零部件冲击试验的探讨与研究	杨 震,解 宇,任君玺,张 璇,杜 峰,李 伟(280)
有限元分析方法在机体强度计算上的应用	王华磊,杨加成,李 丹,唐长明(283)
AVL BOOST 软件在天然气发动机设计中的应用	赵二兰,刘云霞,孙成香,何芝兰(286)
发动机轴系设计计算方法	赵 欣,赵培山,张鹏波,刘云霞,王瑞丽,马 旗(289)
基于 PDM 系统的柴油机零部件编码应用	张世娟,张 东,李 丹,国 英,邵晓宾(292)
4012 型柴油机曲轴早期断裂失效的原因分析	裴洪磊,王 伟,徐婷婷,柳 鹏,范 增,张 建(295)
LNG 清洁燃料在船舶发动机上应用的现状和展望	王 静,党永浩,刘云霞,李会学,张立冬(298)
一种内燃式发电机组后台监控系统的实现	陈 新,王 静,金建文,李 迎(302)
预混合式双燃料发动机性能浅析	韩贵阳,韩 枫,赵维学,李金禄,曲其磊(307)
浅谈 PID 控制对气体发动机瞬态响应的影响	王以飞,李辉春,康雷朋,马程程,王 敏(311)
和谐型内燃机车柴油机电子喷射系统试验台自主替代研发与市场分析	果 实,顾谦宁,木京京,丛新春(314)
单缸柴油机烧窜机油的原因分析及措施	徐志伟,徐 琳,朱红明,陈 杰,陈钰伟(318)
影响 A4K41ZT 柴油机低温启动性能的因素及改善措施	钱雪梅,桂文卿(321)
吸沙船用活塞销失效分析研究	蒋立波,张素萍,彭振元,王豫进(324)
中速大功率柴油机改用气启动马达系统的匹配设计	朱开杰,蒋立波,唐 努,刘力军,胡艳春(328)
6L320DF 双燃料发动机增压器选型匹配	陆 瑶,胡伯宗,朱树林,于恩程(331)
浅谈散热器试验过程模拟装配的重要性	尉武杰,冯术松,夏立峰(335)
影响散热器冷热循环寿命试验因素分析	尉武杰,冯术松,王方伟,夏立峰(338)
回热器间隙对流阻影响的仿真与试验研究	朱天宇,吕 田,黄晓宇,周建明(341)
基于 CAE 平台的国 IV SCR 催化转化器的优化设计	周小燕,张 婷,陆国栋,沈 峰,王争论,潘苏新(346)
在用车改造项目中 SCR 转化器进气组件结构优化的数值模拟研究	张 婷,周小燕,李思文,沈 峰,陆国栋(350)
发动机清洁度测试及评价新方法探究	唐 凯,李志宏,陆伟巍(353)
基于 Ansoft Simploter 的自主气驱系统的仿真计算	汤 洁,尤丽艳(357)
气助喷嘴隔热性能研究	周健伟,王争论,颜传武,陆国栋,周小燕,张 婷(362)
车用柴油机高原冷启动试验研究	郑永春,陈其志,郑国世,刘 利(366)

某车型炭罐失效问题分析及改善	陈彤童,陈燕林,黄 博,林志昌,肖 维,赵 力,渠胜华(372)
无人机用活塞式发动机技术发展现状与趋势	王晓滕,张然治,李建忠,潘丽丽(376)
结合 BOOST 的增压器选型	赵联海,马 雁(381)
论商用车动力总成匹配的敏感性	侯建军(384)
6210 柴油机 1000kW 机型开发	王 哲,吕忠凯,穆振仟,何宗健(388)
Z6150 型柴油机的质量改进	马 龙,刘云浩,滕红刚,许维鑫(391)
高能量点火系统在 8300ZLD 燃气发电机组上的应用	董玉振,赵 芳(394)
浅析内燃机能耗与碳排放	刘建军,刘 芳,周裕干,尹则璞,任彦领(398)
基于 CFD 的天然气发动机进气混合均匀性研究	贾李水,张宏飞,程 伟,安 涛,王必璠(403)
关于加工渗碳轴类零件的工艺技术	张之涛,李胜利,程景龙,王 嘉(408)
VNT 可变喷嘴增压器与 4JB1 国Ⅳ柴油机的匹配研究	邓永宏(413)
增压器支架的模态分析及试验验证	周 科,王保林(420)
车用重型柴油机两级增压系统设计及模拟计算	钱 星,郑金宝,王对对,赵智博(424)
VVA 电磁阀性能仿真与模型优化	熊 淦,李晓娟,赵会军,李彦飞,袁宝良(431)
轴系结构改进对机械效率及稳定性的提高	王银凤(436)
加大曲轴箱上油道对发动机润滑系统影响的试验研究	陈 翔,苏昇新(440)
Flowmaster 在整车冷却系统管路优化设计中的应用	周正群,朱茂强,穆建华,杨如枝(446)
低压 EGR 对增压汽油机性能影响的模拟研究	杨如枝,梁源飞,穆建华,周正群(450)
某发动机排气歧管热负荷分析	肖 彬,穆建华,梁源飞,李露露,韦善景(455)
汽油/CNG 两用燃料发动机的应用开发	黄 勇,黄忠文,穆建华,叶年业,王泰晟,黄勇和(458)
增压汽油机进气道优化设计	梁源飞,杨如枝,夏志豪,韦善景(462)
495 柴油机缸盖强度计算	陈后涛,吴东兴,李康宁,崔 彪(467)
喷油器衔铁阻尼间隙计算分析	郭立新,傅立运,徐世龙,宋永平(470)

宣 读 交 流



D12 柴油机新结构 EVB 系统排气门制动试验研究

杨 萍, 郦建丽, 肖 峰

(中国重汽杭州动力研发中心, 浙江杭州, 311231)

摘 要: 本文探讨了 D12 柴油机 EVB 系统的制动原理, 研究了新结构 EVB 压板在柴油及制动过程中的应力应变, 对比分析柴油机在不同排气门间隙下, 排气门制动和倒拖时的制动功率、排气门升程、气缸内压力、排气管内压力, 分析气门机构的受力情况等, 得出最佳的 EVB 排气制动方案, 同时验证了 D12 柴油机 EVB 系统的可靠性。

关键词: 柴油机; 排气门制动; 应力; 制动功率; 可靠性

1 前言

重型汽车在下坡路段行驶, 需要一般减速的路况下(如前方车辆拥挤或弯道等), 合理使用排气门制动可以增加由柴油机产生的制动力矩, 使车辆持续减低或稳定车辆速度, 有效提高车辆的控制性能, 从而保证车辆在山区下坡路上的行驶安全性、降低刹车系统的使用频次, 减少制动系统的磨损及轮胎因制动而增加的损耗, 延长制动蹄片的更换周期。在雨、雪天, 道路附着系数较低的情况下, 遇有紧急情况使用排气门制动, 还可以防止车辆因减速过快而造成的车辆侧滑现象。使用排气门制动虽然不能使车辆紧急制停, 但可以达到使车辆稳定减速的目的。

柴油机排气门制动(EVB)系统就是通过改进柴油机的排气门配气机构, 当关闭传统的排气蝶阀时, 排气门制动系统可以改变柴油机排气门的配气相位, 使发动机变成吸收动力的空气压缩机, 它对车辆的驱动轮起到了一种减速或反拖的作用, 从而可以不使用刹车系统而改善对车辆的控制。

2 排气制动原理

如图 1 所示, 当传统的排气蝶阀关闭时, 柴油机在汽车重力(或惯性)的拖动下继续运转, 排气管

内的压力迅速升高, 使处在进气冲程末了的那个气缸的排气门被相邻气缸的排气压力波打开, 此时排气门桥活塞弹簧及活塞自重使活塞下滑, 气门桥中的单向阀打开, 摇臂油孔中的润滑油注满小活塞腔, 单向球阀使油路封闭, 使活塞不能缩入摇臂, 迫使被打开的排气门在压缩冲程以及随后的膨胀冲程中, 始终保持打开一个 $1\sim 2\text{mm}$ 的间隙, 增加发动机内进气、排气、压缩等行程的功率损失, 提高发动机的制动效率。当排气门处于排气行程时, 摇臂转动使气门桥向下移动, 从而使压块脱开, 泄油孔打开, 泄油。小活塞在气门的压力下回位, 打开的小间隙关闭, 一个循环完成。

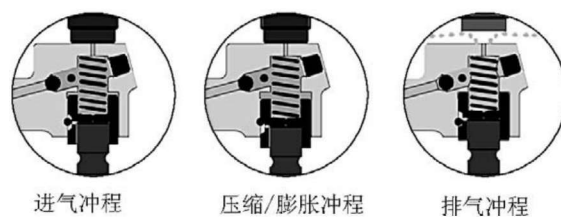


图 1 工作行程示意图

D12 柴油机排气门制动(EVB)系统是通过改进柴油机的排气门配气机构来实现的, 如图 2 所示, 包括摇臂座、摇臂轴、气门桥及排气门摇臂机构, 在排气门桥的一端下面设有小活塞腔, 在机体及缸盖上增加一与主油道相通的供油通道, 使小活塞腔通过摇臂、摇臂座、缸盖及机体与主油道相通。

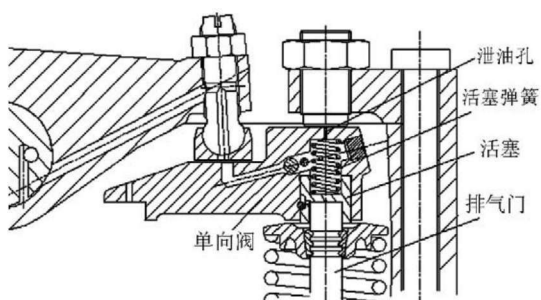


图2 EVB结构示意图

3 新结构 EVB 压板的应力应变测量

3.1 试验方法

采用电力测功机实现发动机 EVB 制动。待发动机稳定运行后,关闭发动机的排气制动阀,通过测功机调节发动机的转速,测量 D12 发动机在不同排气门间隙下排气门制动时气门桥压板的动态应变及其他参数。分析压板结构的受力情况,考察 EVB 结构的稳定性。仪器的连接方式见图 3,采用半桥法连接电桥。



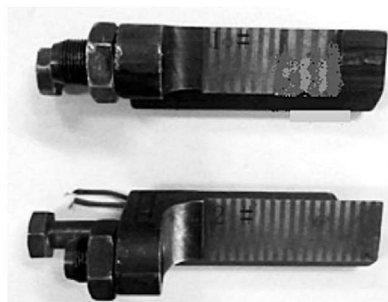
图3 应变测量仪器的连接

3.2 试验分析

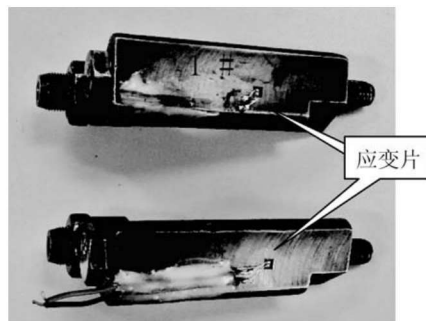
此次试验分别对不同厂家 A、B 生产的压板

进行应变测量,如图 4 中所示。从测量到的应变数据来看,压板应变的变化趋势是随着制动转速的升高而增大,图 5 为应变片贴在压板上测得的信号。

在整个柴油机转速范围内,EVB 制动时,压板上应变变化的总趋势是随转速升高而增大。如图 5 所示,在高转速下,压板应变波动较大。



(a) 正面



(b) 反面

图4 试验用压板

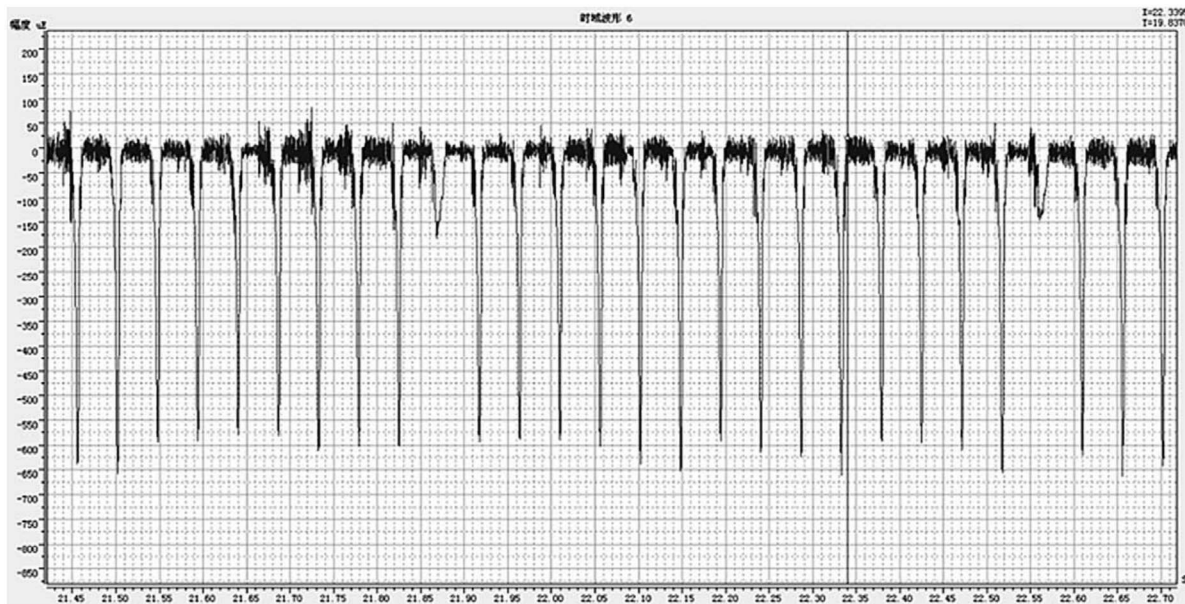


图5 应变片贴在压板上测得的信号(2600r/min)

如图 6~8 所示,在低转速(1000~1100r/min)时,使用 A 压板的气门桥,压板受到作用力很小。原因是 EVB 作用时气门开度很小,只要缸内压力升高到稍大于排气管内压力就很快落座,因此压力差产生的作用力对配气机构和压板影响很小。另外随转速升高应变波动变大时,A 压板在 2100r/min 开始就会受到影响,到 2600r/min 可能会出现压板应变很小的情况,见图 5,在某个周期内压板应变会出现较小值,也就是说在某个周期内压板受力较小,这个周期内气门桥对压板的作用力较小。

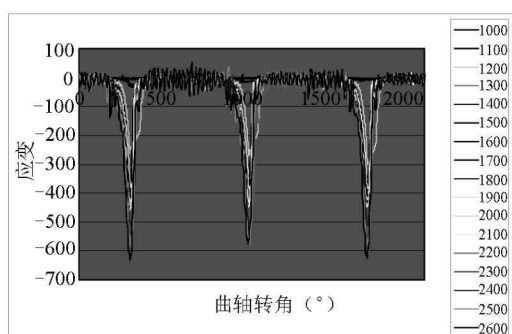


图 6 I-a 在各转速下的应变对比

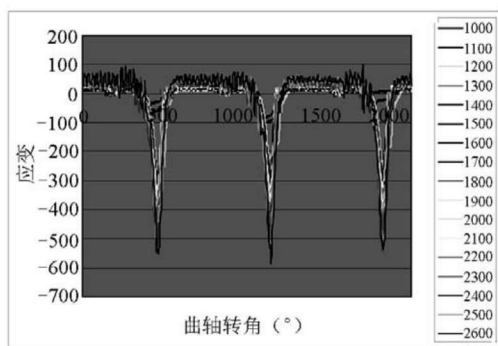


图 7 I-b 在各转速下的应变对比

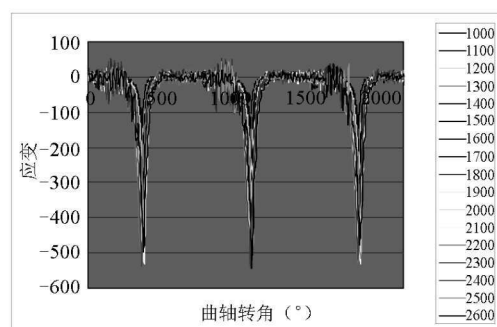


图 8 II-a 在各转速下的应变对比

不同厂家、不同 EVB 间隙的气门桥的活塞行程为 I 的 EVB 结构在 1000r/min 和 1100r/min 时应变值都很小,活塞行程为 II 的 EVB 结构在这两个转速下的应变值都较为明显。整体来说,不同间隙的 EVB 系统并不影响整个压板结构的正常工作。B 压板无论是在低转速还是高转速工况下都要比 A 压板稳定,EVB 间隙为 a 时压板的应变值小于间隙为 b 时的应变值。

4 排气门升程试验及数据分析

4.1 气门间隙及 EVB 压板间隙的调节

装用最新结构 EVB 压板,调整 EVB 间隙,调整方法见图 9。松开 EVB 调节螺栓,通过调整摇臂上的气门间隙调节螺钉使球头垫块底面与 EVB 排气门桥之间的间隙为 c。通过调节 EVB 调节螺栓,将 EVB 间隙分别调整为 a、b。调整过程中必须将 EVB 活塞压到底,直至 EVB 活塞的上平面与 EVB 排气门桥的活塞安装孔的底平面之间无间隙。

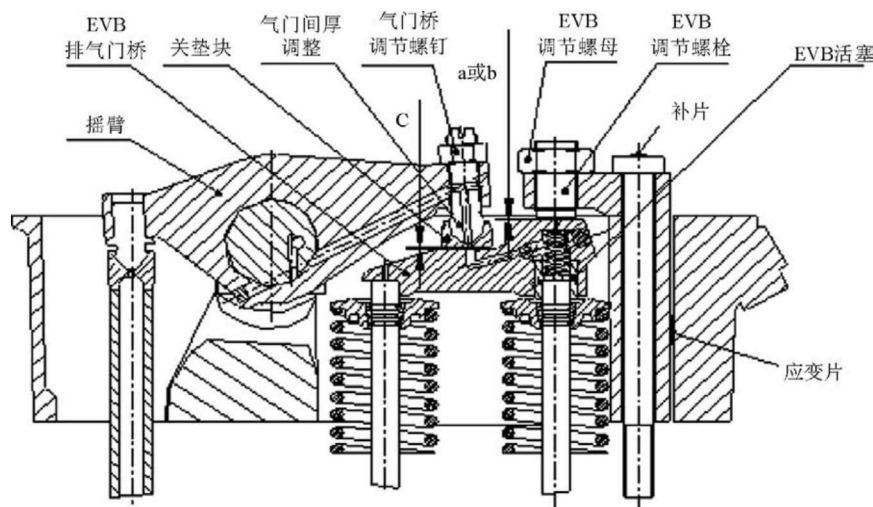


图 9 气门及压板间隙调整示意图

4.2 试验方案

方案 1: EVB 活塞行程为 I, EVB 活塞尺寸 X 见图 10。

方案 2: EVB 活塞行程为 II, EVB 活塞根据图 10 中尺寸做相应变化。

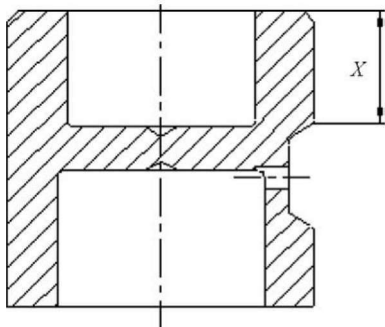


图 10 EVB 活塞

4.3 试验结果及数据分析

4.3.1 调间隙试验

对 3 种方案, 将 EVB 间隙调整为 a、b, 进行以下试验。

(1) 柴油机点火, 做外特性试验, 测量排气背压、排气管内压力(后排)、气缸内压力、排气门升程、进气管内压力、柴油机功率等参数。

(2) 柴油机倒拖, 测量记录 2600~1000r/min 转速下, 测量排气背压、排气管内压力(后排)、气缸内压力、排气门升程、进气管内压力、摩擦功等参数。

(3) EVB 制动, 测量记录 2600~1000r/min 转速下, 测量排气背压、排气管内压力(后排)、气缸内压力、排气门升程、进气管内压力、制动功、EVB 压板应变等参数。

4.3.2 试验数据分析

(1) 由图 11、图 12 可知, 排除由于水温太高, ECU 限油对发动机功率的影响, 不同 EVB 间隙和不同 EVB 活塞行程对外特性性能影响不大, 功率、油耗等参数基本上没有变化, 摩擦功率也基本不受影响。

(2) 由制动功对比可知, 采用 B 厂家的气门桥 EVB 的制动功率明显比 A 厂家的要高, 并从图 13 可以看出, 前者的制动功率曲线要比后者好, EVB 间隙为 a 时的制动性能比间隙为 b 时的要好, 当 EVB 活塞行程加大时, EVB 制动功率相对偏低。

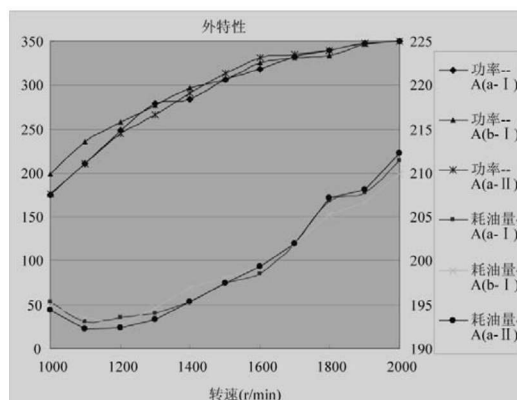


图 11 外特性对比图(B)

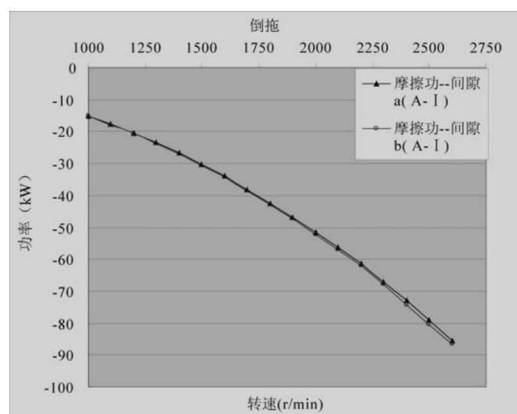


图 12 摩擦功——行程 I (A)

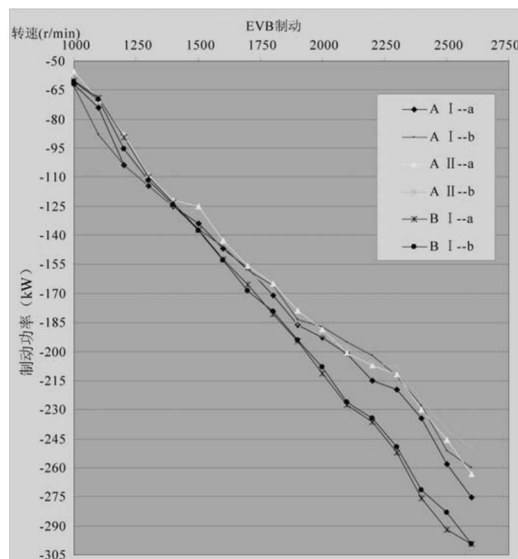


图 13 制动功率对比图

(3) 在柴油机转速 1500r/min 以下, 不同气门桥、不同 EVB 间隙、不同活塞行程时的排气门升程曲线及气缸内压力曲线相对比较稳定, 气缸内压力较低, 制动功率也比较稳定; 当柴油机转速达到 1600r/min 以上, 排气门升程曲线及气缸内压力曲

线开始浮动,制动功率也出现波动;当柴油机转速达到 1900~2000r/min,或更高时,气缸内压力升高较快,发动机运行不稳定,EVB 压板螺栓不安全,相对来说,装用 B 气门桥的气门升程曲线最好,几乎没有排气门在压缩行程时关闭的现象。

(4) 从图 14 可以看出,在高转速区,排气门开度几乎已经超出位移传感器的测量范围,从气缸内压力最大时的排气门升程可以看出,当间隙为 a 时,EVB 制动效果相对较好。

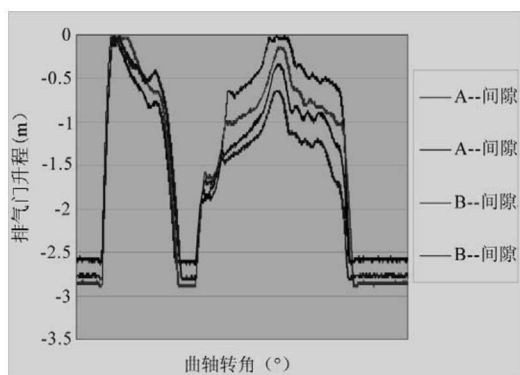


图 14 排气门升程对比曲线(2000r/min)

(5) 从装用 B 的新气门桥的波形图与其他波形比较可以看出,装用 B 气门桥的 EVB 制动功率相对较好,与制动功结果相符。

(6) 根据计算,当排气门打开,气缸内压力和排气管内压力差小于 39bar 时,EVB 螺栓的覆盖系数 ≥ 2 ,EVB 压板螺栓是安全的,因此在柴油机低转速范围内,EVB 压板螺栓基本安全,如图 15 所示。当

在高转速及超速范围内,当排气门行程超过 I 时,气缸内压力最大时的排气门行程波动较大,气缸内压力也跟着波动,制动功率也有较大波动;在同一转速下,排气门升程越小,气缸内最高压力越大。

5 结论

通过各个试验获得大量数据,经计算、分析、对比后,得出如下结论:

(1) 采用不同厂家的气门桥做 EVB 排气门制动试验,采用 B 后的排气门升程曲线比采用 A 的要好,制动功率也相对较高,由此得出排气门桥的配合尺寸和加工精度会影响排气门升程及气缸内压力,最终影响制动功率。

(2) EVB 活塞行程加大后,气缸内压力相对较低,气门行程相对较大,理论上制动功率应该相对较高,但实际测得制动功率相对较低,故在确保 EVB 系统可靠性前提下,行程不易加大,取行程值为 I。

(3) EVB 间隙 b 时,额定转速点的功率比额定功率要高出 10kW,而其他各转速时的功率也比 EVB 蝶阀匹配试验时的要高;EVB 间隙 a 时,各转速点的倒拖摩擦功与 EVB 蝶阀匹配试验时差不多,故 EVB 间隙取 a 较为合理。

(4) 在低转速时,不同气门桥、不同间隙、不同活塞行程的气门升程相对比较稳定,制动功率也较好。但在高转速时气门升程曲线开始浮动,制动功率也出现了波动,当超转速时,缸内压力相对较高,排气门已经完全落座。

参考文献

- [1] 李玉生. 重型汽车发动机排气辅助制动效能的分析研究[J]. 重型汽车,1998(3): 15~18.
- [2] Hankinson N. Device for regulating the engine braking power in a turbocharged internal combustion engine [J]. Automotive Engineering,1999 (11): 40~43.
- [3] 余强. 发动机制动和排气制动对客车制动稳定性的影响[J]. 交通运输工程学报,2003(3).
- [4] 陈萌三. 辅助制动试验研究[J]. 西安公路交通大学学报,2000(2).

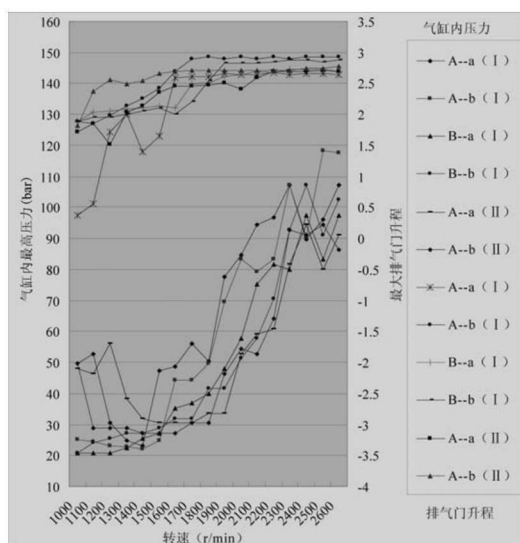


图 15 气缸内最高压力及最大排气门升程对比曲线

ICP - AES 法测定内燃机连杆小头衬套合金层 CuPb10Sn10 成分的研究

徐婷婷,张红侠,王 伟,杨 震,延 娜,裴洪磊,吕婧妍

(中国石油集团济柴动力总厂,山东济南,250306)

摘 要: 内燃机连杆小头衬套合金层成分 CuPb10Sn10,本文旨在建立电感耦合等离子体原子发射光谱法(简称 ICP - AES 法)完成对合金层成分分析。本文采用浓盐酸、过氧化氢等溶解纯金属配备标准溶液,在高温条件下分解试样,以 ICP - AES 法直接同时进行连杆小头衬套合金层 Sn、Pb、Zn、Fe 元素的测定,检测结果具有很高的准确度和精密度。本法简单、实用。

关键词: ICP - AES 法;连杆小头衬套;CuPb10Sn10

连杆小头衬套是内燃机的重要零件也是主要易损件之一,其工作的可靠性与寿命,将直接影响到内燃机的工作可靠性指标。其常用合金层成分是 CuPb10Sn10,多年来对其成分检测手段多为化学分析方法,需多次溶样,逐个元素检测,耗时长,且只能完成 Sn、Cu、Fe 三种元素的检测,而 Pb 元素为排除掉主要元素 Cu、Sn 后的剩余量。电感耦合等离子体原子发射光谱法(简称 ICP - AES)具有灵敏度高、精密度好、线性范围宽、可同时测定多元素的特点,已成为材料分析的主要手段。ICP - AES 法不仅可以一次进样完成对 Sn、Pb、Zn、Fe 四种元素的检测,且快速、准确,周期可缩短一半。

1 实验部分

1.1 仪器及工作条件

仪器:美国热电公司的 Thermo ICP 6300 电感耦合等离子体光谱仪。

工作参数:发生器功率为 1150W;雾化器压力为 0.2MPa;氩气辅助气流量为 1.0L/min;蠕动泵转速为 50r/min;积分时间为长波 15s,短波 15s;垂直观测高度为 12.0mm。

分析波长:

Pb: 182.205,216.999,220.353;

Zn: 206.200,334.502,481.053;

Fe: 238.204,239.562,259.940;

Sn: 189.989,242.949,283.999。

1.2 主要试剂和标准物质

主要试剂:浓盐酸(37%,分析纯),浓硝酸(66%,分析纯),盐酸(1+1),H₂O₂(30%,分析纯),实验室用水为二次去离子水(电阻率 18.2MΩ·cm)。

标准物质:纯铁(99.99%);纯铜(99.99%);纯铅(99.99%);纯锌(99.99%)。

1.3 标准溶液

1.3.1 CuPb10Sn10 主要化学成分

Pb: 9.0%~11.0% Sn: 9.0%~11.0%

Fe: ≤0.70% Zn: ≤0.50% Cu 余量

1.3.2 根据 CuPb10Sn10 各元素含量配制标准溶液

a. 配制 Cu 标准溶液,作为基体

称纯铜 0.5000g,加入 50mL 浓 HCl,加入 5mL 浓 HNO₃,加热溶解,稀释到 500mL 容量瓶中。

b. 配制 Sn 标准溶液

称纯锡 0.2000g,加入 40mL 浓 HCl,滴加浓 HNO₃,加热溶解后,稀释到 200mL 容量瓶中。

c. 配制 Pb 标准溶液

称纯铅 0.2500g, 加入 1 : 1 HNO_3 20mL, 加热溶解后, 稀释到 200mL 容量瓶中。

d. 配制 Fe 标准溶液

称纯铁 0.0500g, 加入 1 : 1 HCl 10mL, 滴加 H_2O_2 , 加热溶解后, 稀释到 200mL 容量瓶中。

e. 配制 Zn 标准溶液

称纯锌 0.0400g, 加入 1 : 1 HCl 10mL, 加热溶解, 稀释到 200mL 容量瓶中。

f. 配制 CuPb10Sn10 标准溶液

1# 标准溶液: 吸取 10mL Sn 标准溶液, 5mL Pb 标准溶液, 1mL Fe 标准溶液, 3mL Zn 标准溶液到 100mL 容量瓶中, 用 Cu 标准溶液稀释到刻度。

2# 标准溶液: 吸取 5mL Sn 标准溶液, 10mL Pb 标准溶液, 3mL Fe 标准溶液, 1mL Zn 标准溶液到 100mL 容量瓶中, 用 Cu 标准溶液稀释到刻度。标准溶液化学成分如表 1 所示。

表 1 标准溶液化学成分

	Sn (%)	Pb (%)	Fe (%)	Zn (%)
1#	10.00	6.25	0.25	0.60
2#	5.00	12.5	0.75	0.20

1.3.3 建立工作曲线

ICP 仪器上 Sn、Pb、Zn、Fe 四元素分析波长见 1.1, 建立工作曲线, 依次运行标准溶液 1# 和 2#, 线性良好, 如图 1 所示。

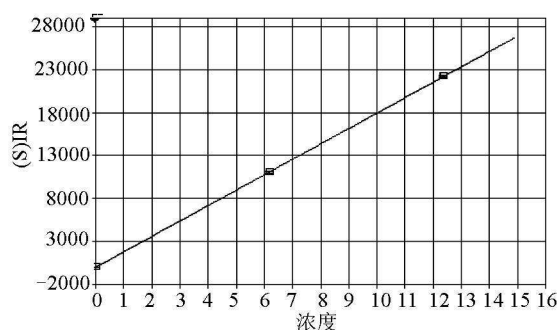


图 1 Pb 元素的工作曲线

2 结果与讨论

2.1 试样处理

称取 0.1000g 试样于 150mL 锥形瓶中, 加入浓

盐酸 10mL, 加入 1mL H_2O_2 (30%), 加热溶解, 完成后, 移入 100mL 容量瓶中, 用水稀释到刻度, 摇匀。

2.2 不同方法的比对实验

试样 1#、2# 均为小头衬套, 对试样 1#、2# 分别进行 ICP-AES 分析与化学法分析, 结果比对见表 2。从数据中可以看出两种分析方法所测得的结果一致, 且化学法无法测重要元素 Pb, 只能用基体元素 Cu 和主要元素 Sn 排除法确定 Pb 大致含量是否在范围内。

表 2 两试样进行 ICP 分析与化学法分析结果比对

	ICP 分析				化学法分析		
	Sn (%)	Pb (%)	Fe (%)	Zn (%)	Sn (%)	Cu (%)	Fe (%)
1#	10.51	9.88	0.12	0.16	10.47	79.88	0.19
2#	10.32	10.20	0.17	0.11	10.38	79.45	0.14

2.3 精密度实验

取同一样品, 按实验方法进行 6 次平行测定, Sn、Pb、Fe、Zn 四元素相对标准偏差均小于 2% (见表 3), 该方法精密度很高。

表 3 三元素 RSD

元素	测定值 (%)	平均值 (%)	RSD (%)
Sn	10.56, 10.64, 10.40, 10.42, 10.38, 10.55	10.49	1.01
Pb	9.90, 9.85, 9.82, 9.75, 9.77, 9.72	9.80	0.69
Fe	0.28, 0.28, 0.27, 0.28, 0.28, 0.28	0.28	1.47
Zn	0.110, 0.109, 0.111, 0.111, 0.113, 0.108	0.11	1.58

3 结论

(1) 本实验建立了电感耦合等离子体原子发射光谱法测定行连杆小头衬套合金层 Sn、Pb、Zn、Fe 四元素分析方法, 该方法一次溶样就可完成对四元素的检测, 比起化学法对 Sn、Cu、Fe 三元素要分别溶样检测更简便、快速, 且可以直接测重要元素 Pb。该方法有效地缩短了分析周期, 提高了检