

一种发动机轻载节油方法的研究

沈建军¹, 冯忠绪¹, 杨建辉²

(1. 长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 中联重科路面机械分公司, 湖南 长沙 410025)

摘要: 汽车在减速滑行状态下,有很大一部分能量消耗在发动机制动阻力上,为了减小这一部分能量消耗,提出一种发动机轻载节油的新方法,设计了轻载节油的工作机构与控制系统,使汽车在挂档减速滑行状态时,能控制发动机停止喷油,同时强制打开排气门释压,从而充分利用汽车惯性能量,使汽车滑行距离更远,达到节能减排的目的.汽车挂档滑行距离对比试验表明,在相同时间内,发动机在轻载节油工况下的滑行距离与正常挂档滑行距离基本相同,但由于此时发动机停止了喷油,节油7.2%,证实发动机轻载节油方法可行.

关键词: 发动机;轻载;节油;制动能量

中图分类号: U464;TP273

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.06.011

0 引言

汽车制动过程是一个将大量的动能转化为热能而耗散的过程,当汽车在城市工况行驶时,制动器所消耗的能量占总驱动能的50%左右^[1].例如在FUDS(Federalurban Driving Chedule)循环工况下,制动能量与总体驱动能的比例为48.3%;在日本10.15循环工况下,该比例为53%^[2].如果能回收或利用这部分被消耗的能量,可使汽车燃油消耗降低30%~50%,行驶里程增加10%~30%^[2].文献[1-2]均是采用混合动力模式来回收和再利用制动能量.采用这种方式存在一个问题就是必然存在惯性能量的两次转换和再利用,环节较多、利用率低、投资费用较高^[3].笔者提出了一种发动机轻载节油方法,能直接利用汽车减速滑行状态下的制动能量,达到汽车节能减排的目的.

1 发动机轻载节油方法

1.1 发动机轻载节油机理的提出

据相关资料统计,汽车在减速滑行过程中行驶里程占总里程的30%~50%^[3].汽车在减速滑行状态下,汽车动能主要消耗在传动系统零部件

之间的摩擦、发动机制动阻力、风阻以及轮胎滚动阻力之中.据专家介绍,汽车在前进时燃料产生的动力65%用来克服空气阻力,20%用来克服轮胎滚动阻力,15%用来克服零部件之间的摩擦力^[4].因而,减小汽车滑行阻力对汽车节能具有重要意义.目前,减小汽车滑行阻力的研究主要集中在减小滚动阻力和减小风阻等上面^[5-6].文献[7-8]研究了轮胎充气压力、温度、车速和轮胎材料等对滚动阻力系数的影响,为了充分利用汽车动能滑行,必须选取较小的滚动阻力系数.在减小传动系统阻力的研究上,发明了一种安装在传动系末端的超越滑行半轴离合器^[9],该装置就是在汽车滑行时,使车轮与传动系分离,充分利用车轮惯性滑行.从超越滑行半轴离合器的节能分析中可知,在此状态下,发动机一直怠速喷油.

目前,汽车在减速滑行状态下,减小发动机制动阻力的研究甚少.其中,发动机制动阻力包括活塞压缩行程的气体压缩阻力、内摩擦力和进排气阻力(泵气阻力).为了减小发动机制动阻力,合理利用汽车在减速滑行状态下的动能,笔者提出了发动机轻载节油机理,就是在汽车减速滑行状态下,控制发动机不喷油,同时排气门释压,减小发动机制动阻力,充分利用汽车制动能量,滑行更

收稿日期:2012-06-12;修订日期:2012-07-28

基金项目:陕西省科学计划项目(2010K01-106)

作者简介:沈建军(1974-),男,陕西宝鸡人,长安大学高级工程师,主要从事工程机械动力特性分析与控制研究,E-mail:lang7406@126.com.

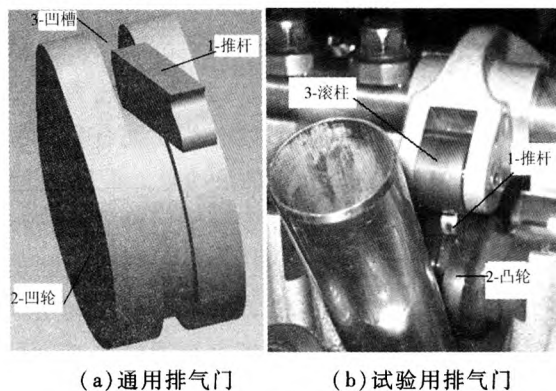
远的距离.

1.2 发动机轻载节油方法的提出

发动机轻载是指发动机排气门释压后的工况(相当于减少了发动机压缩行程气体压缩阻力和泵气损失,使发动机制动阻力减小).当发动机的空气系数过量时,发动机的泵气损失为 10%,因此,汽车在挂档滑行状态下(交通法规规定不允许熄火空档滑行),强制打开排气门释压,可利用的制动能量是比较可观的.在不影响汽车各项性能的基础上,结合发动机轻载节油机理,笔者提出了发动机轻载节油方法,就是汽车在档滑行状态下,当节气门和制动踏板均松开,并且发动机转速在合理范围内,控制发动机喷油器电磁铁不被激励,达到停油的目的,同时通过排气门开启机构的液压系统^[10]使排气门开启释压,减小发动机制动阻力.其中,具体停油方法的实现以及气门开启机构液压系统分别在文献[3]和文献[10]中已有详细论述,由于篇幅限制,故不再赘述.

1.3 排气门开启机构

如何强制打开排气门是发动机轻载节油的关键技术之一,某型号凸轮顶置式发动机强制打开排气门机构如图 1 所示.



(a) 通用排气门 (b) 试验用排气门

图 1 排气门强制开启工作示意图

Fig. 1 Figure of the exhaust forced open work

从图 1(a)可知,排气门强制开启机构主要是在凸轮上加工一道凹槽,发动机处于轻载节油状态时,推杆在液压力作用下,进入凹槽,使摇臂的滚柱一直处于最高点,从而使排气门完全开启.图 1(b)为发动机在轻载节油状态下,测试排气门强制开启机构的工作示意图.

2 发动机轻载节油控制系统设计

2.1 发动机轻载节油控制策略分析

根据发动机轻载节油方法可知,发动机轻载节油的状态应同时满足如下要求:① 节气门松

开;② 制动踏板松开;③ 离合器踏板松开;④ 发动机转速在一定的范围内.

前两个要求是发动机轻载节油的前提条件,节气门不松开时,表示汽车在加速或保持匀速,发动机不应轻载节油.踩下制动踏板,表示前方有障碍物或有紧急情况,为了行车安全,驾驶人员必须制动,发动机也不应轻载节油.第 3 个要求是为了防止汽车在启动或换档的时候,发动机轻载节油.因为汽车启动瞬间,节气门松开,制动踏板也松开,并且发动机转速也达到了要求,此时,发动机会轻载节油.换档时,节气门松开,制动踏板松开,并且发动机转速也达到要求时,发动机也会轻载节油.因而必须满足第 3 个要求.第 4 个要求是为了防止由发动机轻载节油模式切换到发动机正常工作时,由于发动机转速过低而造成熄火或车速太低而使传动系抖动^[11].因此,发动机转速必须在某一值以上,发动机才能轻载节油.发动机轻载节油的临界转速由汽车最低稳定车速来确定,因为汽车在最低稳定车速下,发动机不熄火,传动系不抖动,汽车能平稳加速.因而,第 4 个要求是必要条件.

2.2 发动机轻载节油控制器设计

根据发动机轻载节油的控制策略,发动机轻载节油控制器设计的流程如图 2 所示.

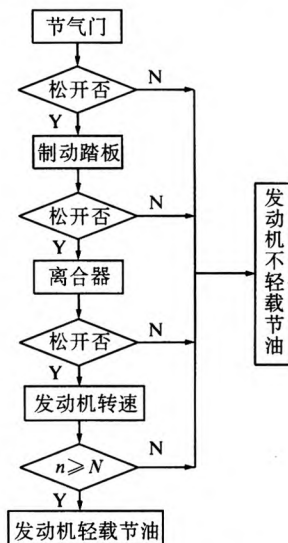


图 2 发动机轻载节油控制器设计流程图

Fig. 2 Figure of the design of controller on engine light load saving fuel

图 2 中 n 为发动机转速, N 为汽车最低稳定车速下所对应的发动机转速.由于节气门信号、制动踏板信号和离合器信号均为开关量,因此在控制电路设计中均选用 DC12V 接近开关(如果发动

机节气门和制动踏板信号为模拟量,则在控制电路中采用比较器),根据某车型发动机曲轴位置传感器输出信号经处理后送入 ECU 的信号为方波频率信号,因此在发动机轻载节油控制电路中采用 F/V 频率转换器,根据上述发动机轻载节油控制策略设计控制器,如图 3 所示。

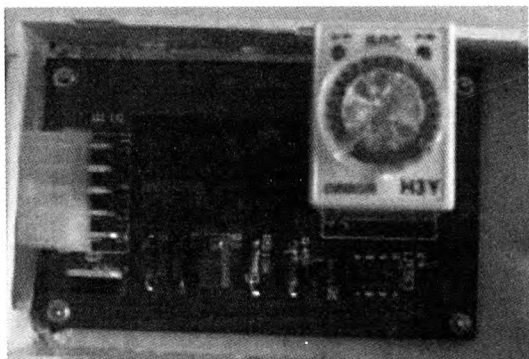


图 3 发动机轻载节油控制器

Fig. 3 Figure of the controller on engine light load saving fuel

3 发动机轻载节油下汽车挂档滑行试验

根据 GB/T 14951—2007《汽车节油技术评定方法》,对汽车进行挂档滑行距离对比试验. 试验仪器为 CTM-2002A/B 汽车拖拉机综合测试仪,试验在长安大学汽车综合测试场进行. 试验车辆为普桑,速度传感器安装如图 4 所示. 根据发动机轻载节油控制策略以及试验场地限制,汽车排档为最高档,以稳定车速 80 km/h 进入滑行段,迅速松开油门开始滑行,直至车速降至 30 km/h 停止记录,发动机轻载节油状态下和正常挂档滑行状态下试验数据记录如下表 1 所示。

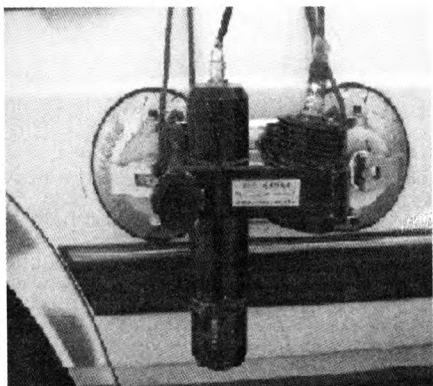


图 4 速度传感器安装图

Fig. 4 Figure of the installation of speed sensor

根据表 1 对时间和位移数据进行拟合得到正常挂档滑行和轻载节油挂档滑行工况下时间位移曲线,如图 5 所示。

表 1 汽车滑行试验数据

Tab. 1 Test data of car sliding

正常挂档滑行			轻载节油挂档滑行		
速度/ (km · h ⁻¹)	位移/ m	时间/ s	速度/ (km · h ⁻¹)	位移/ m	时间/ s
78.9	0.00	0.00	79.8	0.00	0.00
75.0	46.64	2.16	75.0	72.55	3.30
70.0	93.74	4.47	70.0	120.90	5.69
65.0	170.23	8.40	65.0	124.93	5.93
60.0	225.82	11.60	60.0	126.19	6.01
55.0	290.43	15.64	55.0	148.66	7.35
50.0	309.48	16.94	50.0	183.24	9.41
45.0	390.62	22.85	45.0	416.98	25.26
40.0	468.87	29.45	40.0	479.49	30.52
35.0	583.94	40.37	35.0	520.91	34.48
30.0	683.32	51.35	30.0	574.70	40.29

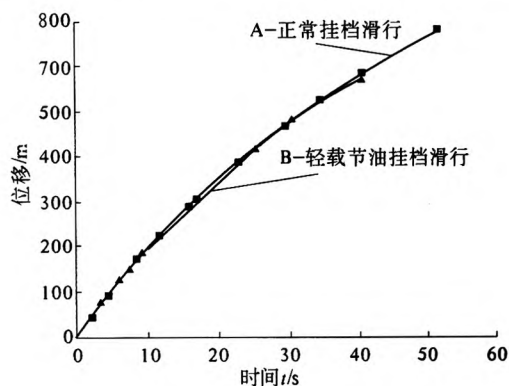


图 5 滑行时间-位移曲线

Fig. 5 Curve of the car sliding time-displacement

从图 5 可知,在 0~40 s 时间段,曲线 A 与曲线 B 基本相同,即正常挂档滑行与轻载节油挂档滑行了相同的时间,滑行的位移基本相同. 在 40 s 时,正常挂档滑行速度约为 35 km/h,轻载节油挂档滑行速度约为 30 km/h,说明在滑行相同的时间内,滑行距离基本一致,而速度稍有差异. 虽然轻载节油挂档滑行速度有所下降,但是其速度仍在最低稳定车速之上,因而不会导致汽车再次加速时,传动系抖动或发动机熄火,从而影响车辆的舒适性. 从实验可知,发动机轻载节油工况下,在相同时间内,滑行距离与正常挂档滑行基本相同,而此时发动机停止喷油,能把此时间段内汽车怠速所需燃油节省下来。

4 车辆油耗对比试验

对改装的发动机轻载节油车辆与同排量、同型号车辆进行油耗对比试验,2 台车辆技术性能基本相同. 试验路段为西安到韩城往返高速路段,

路况良好,交通流量较小.采用后车跟前车的驾驶方法,并且不允许空挡滑行,燃油消耗对比试验数据如下表 2 所示.从表 2 可知,改装的发动机轻载节油车辆节油率为 7.2%.

表 2 燃油消耗对比试验数据

Tab.2 Test data of the fuel consumption

车辆	里程/km	燃油量/L	百公里油耗/L
改装车辆	395	23.9	6.05
未改装车辆	397	25.9	6.52

5 结论

(1)针对汽车惯性能量的利用问题,提出了一种发动机轻载节油的方法.根据发动机轻载节油的机理,结合驾驶员的驾驶习惯和在不影响汽车各项性能的基础上,提出了相应的控制策略,开发了发动机轻载节油控制机构与电路,为汽车节能提供了一种新方法.

(2)对发动机轻载节油进行汽车挂档滑行距离对比试验可知,发动机轻载节油工况下,在相同时间内,滑行距离与正常挂档滑行距离基本相同,而此工况下发动机停止喷油,节省了此时间段内汽车怠速所需燃油.通过车辆油耗对比试验可知,发动机轻载节油的节油率达 7.2%.

参考文献:

- [1] WALKER A M, LAMPERTH M U, WIKLINS S. Friction braking demand with regenerative braking [C]// 20th Annual Brake Colloquium and Exhibi-

- tion. Phoenix, Arizona, USA, 2002:2581-2590.
- [2] LIN Chan-chao, KANG Jun-mo, GRIZZLE J W, et al. Power management strategy for a parallel hybrid electric truck [C]//Proceedings of the American Control Conference. 2001:2878-2883.
- [3] 赵昌霞. 车辆减速和轻载状态下的能量的利用研究 [D]. 西安:长安大学汽车学院, 2011:40-46.
- [4] 杨沿平,唐杰,胡纾寒,等. 中国汽车节能思考 [M]. 北京:机械工业出版社, 2010:67-89.
- [5] GILLESPIE T D. 车辆动力学基础 [M]. 赵六奇,金达锋,译. 北京:清华大学出版社, 2006:78-102.
- [6] 刘玉梅. 汽车节能技术与原理 [M]. 北京:机械工业出版社, 2010:56-68.
- [7] HOGUE J R. Aerodynamics of six passenger vehicles obtained from full scale wind tunnel tests [C]//SAE 800142 Paper, Warrendale, PA: SAE, USA, 1980:17.
- [8] CLARK S K. Rolling resistance of pneumatic tires [C]. Michigan: The University of Michigan, 1974:65.
- [9] 张恒奇,张毅. 汽车超越滑行半轴离合器节能性分析 [J]. 吉林大学学报:工学版, 2006, 36(3): 89-93.
- [10] 杨建辉,王福亮,沈建军,等. 基于 AMESim 的气门开启机构动态特性研究 [J]. 液压气动与密封, 2010(5):26-28.
- [11] 岑少起,潘筱,秦东晨. ADAMS 在汽车操纵稳定性仿真中的应用研究 [J]. 郑州大学学报:工学版, 2006, 27(3):55-58.

Research on Engine Fuel-efficient Method of Light Load

SHEN Jian-jun¹, FENG Zhong-xu¹, YANG Jian-hui²

(1. Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Zoomlion Road Machinery Branch Company, Changsha 410025, China)

Abstract: When automobile is slowing and sliding, a large part of energy is consumed in engine braking resistance. In order to reduce this part of energy consumption, a new way of saving fuel on engine light load was put forward, which included the design of the working mechanism and control system. When automobile is slowing and sliding in gear, the above way can stop the injection of engine and force exhaust valve to open for releasing pressure, which finally makes full use of automobile inertia energy to make car's sliding distance greater and further save energy as well as reduce the emission. Through the experiments on the distance of automobile sliding, it is well known that, at the same time, the distance of car sliding in condition of engine light load is almost the same as the distance of car sliding normally in gear. Meanwhile, the engine's stopping injection leads to a 7.2% fuel consumption reduction. So the way of saving fuel on engine light load is proved to be feasible.

Key words: engine; light load; oil saving; braking energy