

# 基于数据流发动机动力不足故障诊断方法研究

周平, 杨浩泉

上海第二工业大学机电工程学院, 上海 201209

**摘要** 发动机动力不足是影响汽车使用性能的常见故障之一。由于涉及供油、点火、怠速、排放等多个子系统, 是汽车故障诊断的难点。本文基于发动机控制原理, 阐述了发动机动力不足的 3 类原因, 给出了故障状态下混合气特征值和点火提前角的变化规律, 建立了每转喷油时间等 5 项参数的关联模型, 使参数与故障的关联度大大增加, 增强了参数在故障诊断时的适用性。由此出发, 比较全面地分析了可能发生故障的部位, 并给出了故障诊断流程。

**关键词** 发动机; 动力不足; 故障诊断; 诊断流程

**中图分类号** TK414.11

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.03.07

## Diagnosis Method to Power Shortage Fault in Engine Based on the Data-stream

ZHOU Ping, YANG Haoquan

*Mechanical and Electrical Engineering Faculty, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China*

**Abstract** Insufficient driving force is one of malfunctions that frequently occurs for engines. Due to complicated causes and overloading conditions, it is a difficult point in engine malfunction diagnoses. Based on the engine control principle, from a new visual angle, four kinds of causes of insufficient engine driving force are discussed, the variations of mixture characteristic values and the ignition angles in the fault conditions are obtained, together with a relationship among five parameters in fault conditions, including the injection time of each turn, which increases the correlation of these parameters greatly, and enhances their applicability in fault diagnosis. Based on this method, the locations may be identified where failure may occur.

**Keywords** engine; driving force insufficient; malfunction diagnose; diagnose process

### 0 引言

发动机动力不足是影响汽车使用性能的常见故障之一, 由于产生这一故障的原因错综复杂, 既有发动机气缸密封性、配气正时准确性等方面原因, 又有发动机点火系统、燃料供给系统、怠速控制装置、排放控制装置等电子控制系统的原因<sup>[1-2]</sup>, 甚至可能是与发动机无关的传动系统、行驶系统和制动系统故障所致, 因此动力不足是发动机故障诊断的难点之一。目前关于发动机动力不足故障诊断的相关成果多侧重于单一典型故障的分析, 尤其缺少利用发动机数据流进行故障诊断方面的成果。本文对每转喷油时间等 4 项发动机工况参数的关联性进行了分析, 使参数与故障的关联度大大增加, 增强了这些参数在故障诊断时的适用性。在进行故障诊断时, 首先要求能够从原理出发, 全面分析可能导致故障的原因, 然后按照诊断操作由简到繁的顺序, 设计故障诊断

流程, 既能将所有可能的故障原因都包含在流程中, 又能够以最小的人力物力消耗, 最快的速度查找出故障点<sup>[3-4]</sup>。

汽车动力不足的故障现象是, 空载时踩下油门踏板, 发动机转速可以较快地升高, 反映灵敏, 但当带负荷运行时, 踩下加速踏板, 发动机转速上升迟缓, 踏板踩到底时, 车辆不能达到最高车速。

### 1 故障机制分析

发动机动力性影响因素可以归纳为以下 3 类。

(1) 燃料供给的“量”或“质”不符合要求, 即进入气缸的混合气总量不足, 或浓度达不到要求;

(2) 点火不良, 包括火花弱或者点火正时失准, 使混合气不能被可靠点燃;

(3) 气缸压力不足。发动机气缸内部密封不严, 缸内压力

收稿日期: 2010-05-12; 修回日期: 2010-12-21

作者简介: 周平, 副教授, 研究方向为发动机控制技术, 电子信箱: zhouping@meef.sspu.cn

过低,使混合气不能被点燃或者点燃后缸内压力不足,使发动机做功无力。

分别从这 3 方面问题入手,基于发动机的工作原理,找出导致每一方面问题的诸多原因(表 1),即可全面、快速地查找到具体的故障部位。

表 1 发动机动力不足故障原因分类  
Table 1 Classification of causes of insufficient force

系统	故障原因	
燃料供给系统	进气系统	节气门不能全打开 空气滤清器堵塞
	喷油系统	油压过低 喷油器堵塞
	混合气控制系统	废气再循环阀开度过大或常打开 负荷传感器故障 温度传感器故障
	配气正时系统	正时失准 可变配气正时装置故障
点火系统	气缸缺火或火弱 点火正时不当	
气缸压力	气门脏污或变形 气缸垫泄漏 活塞环老化	

## 1.1 燃料供给系统

### 1.1.1 可燃混合气总量不足

(1) 进气不畅。节气门开度不足、节气门喉管处脏污或者空气滤清器脏污堵塞是导致进气不畅的最主要原因。

(2) 配气正时失准。发动机配气正时机构通过配气凸轮轮廓的设计以及正时传动机构安装记号的标识,确保进排气门在适当的时刻打开和关闭,以达到增大进气量的效果。原厂设计的配气正时可以最大限度地提高发动机的进气量,如果在维修操作时,配气正时机构的同步皮带轮正时记号未对准,使得进排气门开闭时刻偏离了设计要求,势必会导致发动机进气不足。

目前许多车辆装有可变配气正时装置,当发动机转速升高时,该装置可以增大进气门的迟闭角,以充分利用高速时气流强大的惯性,实现更多进气的目的。在发动机低速时,气流惯性小,可变配气正时装置会减小进气门的迟闭角,防止进入气缸的可燃混合气被推出缸外。如果可变配气正时装置出现故障,发动机得到了相反的控制结果,将会使发动机高速和低速时的进气量都受到极大影响<sup>[5-7]</sup>。

### 1.1.2 可燃混合气过浓或过稀

混合气浓度不达标,也会导致发动机动力不足,此时一般表现为混合气浓度过稀,可能有以下 3 个原因。

(1) 供油系统故障。由于燃油滤清器堵塞、油压调节器调定压力失准等原因导致的油压过低,都会引起喷油量不足,

从而使混合气过稀。由于喷油器堵塞导致的喷油不畅或者雾化不良,同样会导致混合气过稀。

(2) 电控系统故障。负荷传感器具体指空气流量计、进气压力传感器、节气门位置传感器,如果这些传感器信号失准,如输出的进气量大于实际值,会导致发动机控制单元输出的喷油量大于实际需要量,使混合气过浓。在输出信号没有达到系统设定的不合理界限时,系统不会产生故障码,因此需结合数据流中的混合气控制自适应值进行分析。

温度传感器信号是控制混合气浓度的另一个重要依据。当水温过低时,电控单元控制增加喷油量,以适应低温下汽油不易挥发的情况;当进气温度降低时,由于空气密度增加,电控单元计算出的进气量也会增加,进而控制增加喷油量。可见,温度传感器信号失准,对混合气浓度同样会带来很大影响。

值得注意的是,电控发动机具有混合气浓度的自学习功能,即当混合气浓度为非标准值时,通过一段时间的自适应学习,发动机控制单元能够通过调节喷油量,使混合气浓度回到标准值。但是,这种自学习功能需要在发动机稳定工况(一般为怠速工况)时才能实现。汽车在正常运行时多处于变工况状态,由于没有足够的自适应时间,使得自学习功能得不到充分发挥,混合气浓度得不到修正,产生发动机动力不足故障。

(3) 废气再循环系统故障<sup>[8]</sup>。在非稳定工况(如怠速、加速、起动等)下,废气再循环系统应该关闭,在故障情况下,废气再循环系统可能非正常打开或者开度过大,进入气缸的废气量增加,使得混合气被废气过度稀释。

### 1.1.3 基于混合气特征值的故障诊断模型

车辆在生产过程中存在的制造误差以及长期使用后技术状况的变化,都会使混合气浓度偏离设计要求,而混合气浓度的闭环控制及空燃比自学习策略避免了发动机运行过程中各种故障因素对混合气总量和浓度的影响。这一控制过程有 5 个特征值,即:氧传感器信号电压、每转喷油时间、循环喷油时间、进气量和自适应值  $\lambda$  的控制值,这些数据可以通过故障诊断仪在发动机数据流中实时地读出。通过对这 5 项数据的综合分析,并与表 2 所列的典型情况进行对照,可以准确地判明发动机燃料供给系统的许多故障,由此建立起了基于混合气特征值的发动机故障诊断模型。

表 2 列出了桑塔纳 GSI 发动机燃料供给系统不同故障时各数据项变化的实验结果,可归纳为下面 3 种情况。

(1) 喷油器流量小,需要通过增加实际喷油时间来补偿。这类情况的特点是: $T_2 > 2T_1$  ( $T_1$  为每转喷油时间,  $T_2$  为循环喷油时间),  $\lambda$  值为“+”(序号 2, 6, 8)。

(2) 喷油器流量大,需要通过减少实际喷油时间来补偿。这类情况的特点是: $T_2 < 2T_1$ ,  $\lambda$  值为“-”(序号 5, 7)。

(3) 空气流量信号不能反映真实进气量,分为两种情况:

① 空气流量计故障,其信号是虚假的(过大或过小),由此计算出的每转喷油时间  $T_1$  同样错误,需要靠实际喷油时间

表2 不同故障时各数据的变化情况

Table 2 Variations of data in different faults

故障	$T_1$ (1.0~2.5ms)	$T_2$ (2.0~5.0ms)	$\lambda$ 控制值 (-10%~+10%)	进气量 (2~4g/s)
1 进气管漏气	过小	$>2T_1$	+	过小
2 喷油器堵塞	正常	$>2T_1$	+	正常
3 空气流量	过大	$<2T_1$	-	过大
4 计故障	过小	$>2T_1$	+	过小
5 电压 过高	正常	$<2T_1$	-	正常
6 电压 过低	正常	$>2T_1$	+	正常
7 燃油 过高	正常	$<2T_1$	-	正常
8 压力 过低	正常	$>2T_1$	+	正常

和  $\lambda$  控制值进行补偿(序号 3,4);

② 进气管漏真空,大量空气从泄露部位进入,使流经空气流量计的空气量减少,由此计算出的每转喷油时间  $T_1$  不能满足发动机的实际需要,需要通过实际喷油时间和  $\lambda$  控制值做增量补偿(序号 1)。

### 1.2 点火不良

(1) 气缸缺火或火弱。由于火花塞积碳、烧蚀,或者点火线圈、高压线老化等原因,使得个别气缸点火过弱甚至缺火,导致发动机动力不足,这类问题通过常规的断缸检验法可以判断。另外,在故障诊断仪的数据流功能中对各缸缺火故障有显示,有些车型还会显示缺火故障码。

(2) 点火正时不当。在故障诊断仪的发动机数据流显示功能中,对各缸点火提前角都有显示。热车怠速运转时的点火提前角为  $10^\circ\sim 15^\circ$ ,加速时点火提前角应增大到  $20^\circ\sim 30^\circ$  [9]。当爆震传感器出现故障时,点火系统进入开环控制,在发动机数据流中读取不同工况下的点火提前角(图 1)可以看出,此时点火提前角会大大减小(曲线 3),点火提前角过小会导致缸内高压到来得比较晚,即活塞越过上止点后向下运动较大距离后,气缸内才出现最高压力,此时混合气燃烧做功的

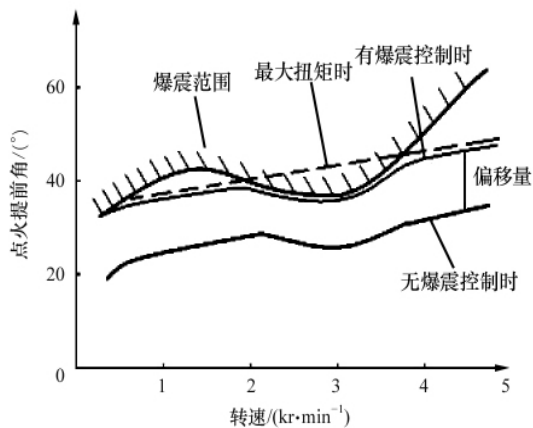


图 1 无爆震控制时的点火提前角

Fig. 1 Ignition advance angle of non-engine

效果差,体现为发动机动力不足。

### 1.3 气缸压力不足

这一问题涉及到与燃烧室密封相关的 3 个部位,即:气门脏污或变形导致的气门关不严,气缸垫泄漏,以及活塞环老化导致燃烧室内混合气窜入曲轴箱。

气门脏污主要指的是进气门背后的积胶和排气门背后的积碳,前者更为严重。如果有上述物质的较大颗粒体脱落至气门与气门座之间,会导致气门关闭不严。经验证明,10 万 km 以上未采用过发动机免拆清洗剂的车辆,由于已经有大量气门沉积物,不再适合采用发动机免拆清洗剂进行清洗,以免出现上述颗粒物脱落带来的问题。

由于配气正时安装记号没有对准,导致活塞与气门相撞,使气门变形,同样会导致气门关闭不严。

## 2 诊断流程设计

根据上述故障原因,遵循诊断操作由简到繁的原则,设计故障诊断流程,如图 2 所示。

首先应排除行驶系统的轮毂轴承间隙不当,或者制动间隙过小,或者牵引力控制系统在车辆正常行驶时对车轮实施制动等可能性,确保行驶系统和制动系统不发生运动阻滞情况。然后,通过道路试验,对比发动机转速与车速,如果发动机转速明显偏高,而车速仍然达不到正常值,说明传动系统有打滑故障 [10-11]。

只有排除了上述可能性之后,才能将动力不足问题归结到发动机。对于发动机,首先应该尽可能地采用先进的检测设备进行诊断,通过故障码和数据流进行分析,这样可以尽量减少拆卸的工作量,其次才由简到繁,对发动机的各部位进行检查。

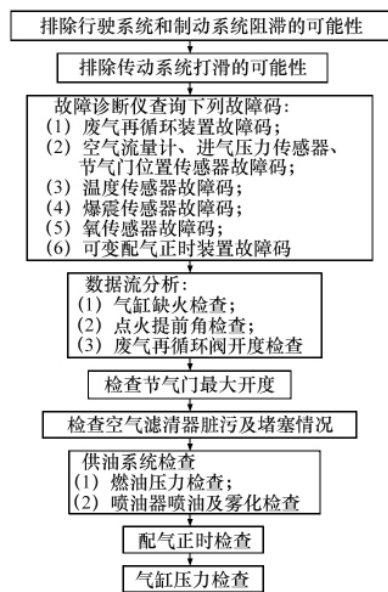


图 2 故障诊断流程

Fig. 2 Flow chart of malfunctions diagnosis

### 3 结论

本文从充分利用发动机综合分析仪读取数据流功能的角度出发,根据数据的关联度将它们分成相关数据组,建立了包含每转喷油时间等4项参数的关联模型。利用该模型,可以大大提高故障诊断的准确性,为目前汽车维修企业提高维修质量,降低维修成本提供了一个可以借鉴的方法。

#### 参考文献 (References)

[1] 卓斌. 车用汽油机燃料喷射与电子控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.  
Zhuo Bin. Vehicle gasoline engines with electronically controlled fuel injection[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2001.

[2] 袁银南, 朱磊, 张彤, 等. 小排量汽油机电控管理系统怠速稳定性研究 [J]. 车用发动机, 2007(3): 64-67.  
Yuan Yinnan, Zhu Lei, Zhang Tong, et al. Vehicle Engine, 2007(3): 64-67.

[3] 周兴利, 于世涛, 敖国强, 等. 电子油门故障自诊断策略及标定方法研究 [J]. 车用发动机, 2006(2): 29-33.  
Zhou Xingli, Yu Shitao, Ao Guoqiang, et al. Vehicle Engine, 2006(2): 29-33.

[4] 马长林, 孙日新, 汪益林. 柴油机润滑系统故障分析 [J]. 现代化农业, 2006(7): 27-28.

Ma Changlin, Sun Rixin, Wang Yilin. Modernizing Agriculture, 2006(7): 27-28.

[5] 李清明. 汽车发动机故障分析详解 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.  
Li Qingming. Automobile engine failure analysis cheung solution [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007.

[6] 秦志斌, 郑钟名, 边耀璋, 等. 基于电子控制技术的多模式燃烧 [J]. 小型内燃机与摩托车, 2005, 34(6): 39-41.  
Qin Zhibin, Zheng Zhongming, Bian Yaozhang, et al. Small Internal Combustion Engine and Motorcycle, 2005, 34(6): 39-41.

[7] 周平, 杨浩泉. 基于数据流的混合气控制故障诊断方法的研究 [J]. 小型内燃机与摩托车, 2009, 38(6): 76-79.  
Zhou Ping, Yang Haoquan. Small Internal Combustion Engine and Motorcycle, 2009, 38(6): 76-79.

[8] 吴建明. 离合器操纵系统的检查和调整 [J]. 汽车配件, 2005(7): 50-51.  
Wu Jianming. Automobile & Parts, 2005(7): 50-51.

[9] 顾炉彬. 新型延安载重车离合器制动器的正确使用与故障排除 [J]. 重型汽车, 2004(1): 42-43.  
Gu Lubin. Heavy Truck, 2004(1): 42-43.

[10] 李昕哲. 离合器常见故障的判断与排除 [J]. 公路与汽运, 2003(4): 13-14.  
Li Xinzhe. Highways & Automotive Applications, 2003(4): 13-14.

[11] 黄鸿浩. 巧排三菱车离合器助力器的空气 [J]. 建筑机械, 2000(5): 53-55.  
Huang Honghao. Construction Machinery, 2000(5): 53-55.

(责任编辑 代丽)

#### ·学术动态·



## “第三届中国信息融合学术年会(CIFC'2011)”征文

中国航空学会将于2011年8月4—7日在西安市召开“第三届中国信息融合学术年会(CIFC'2011)”。本次会议将广泛开展学术交流,研究发展战略,进一步加强我国信息融合领域的交流与合作,共同促进信息融合理论方法与技术的发展和应用。

征文内容:信息融合基础理论;概率统计理论,模糊与灰色理论,粗糙集理论,证据理论,本体论,随机集理论,可能性理论,认知理论等;信息融合方法与技术:目标检测与跟踪,目标识别,状态估计与决策,态势与威胁估计,图像融合,融合性能评估及优化,基于数据的信息融合方法,基于网络的信息融合技术,传感器管理,融合系统结构设计及方法等;信息融合应用:航空(海)电子综合系统,航空(海)交通管制,机器人信息融合,自主导航系统,生物医学信息融合及处理,无线传感器网络,视频跟踪与监控,遥感测绘,智能交通、金融、经济等与信息融合的相关方面。

征文截止时间:2011年3月31日。

联系方式:西安市西北工业大学自动化学院(710072),赵春晖;电话:029-88431306;传真:029-88431306;电子信箱:cifc2011@nwpu.edu.cn;会议网站:www.csa.org.cn。

#### ·学术动态·



## “第十一届全国青年岩石力学与工程学术大会”征稿

由中国岩石力学与工程学会主办,青岛理工大学承办的“第十一届全国青年岩石力学与工程学术大会”将于2011年11月18—19日在青岛市召开。会议主题:低碳时代的城市地下空间与工程。

征文范围:岩土力学基本性质与本构关系,岩土力学新理论、新方法,岩土工程数值分析与仿真,地下空间与城市可持续发展,地下空间设计理论与建设技术,地下工程稳定性与风险分析,城市环境岩土工程问题与防治技术,岩土力学测试、监测、检测新设备、新技术。

征文截止时间:2011年4月30日。

联系方式:青岛市抚顺路11号青岛理工大学工程力学系(266033)王在泉;电话:0532-85071570,传真:0532-85071136,电子信箱:qdrock@163.com;会议网址:www.csrme.com。