

# GPF 压差管结冰融冰识别诊断逻辑的实现与标定

冯华帅,王端营,黄东兴,杨晓彤,朱海龙,任强

(上汽通用五菱汽车股份有限公司,广西柳州 545007)

**摘要:** GPF(Gasoline Particle Filter)又称为颗粒捕集器,而 GPF 压差管路在极低温度下容易产生结冰,会引起一系列的 GPF 诊断误触发,为改善这种现象,EMS 控制系统引入了压差管路结冰融冰控制和诊断逻辑,本文结合工程实践经验具体说明 GPF 压差管路结冰融冰识别在整车上的标定和应用。

**关键词:** EMS 控制系统;标定;GPF 压差信号;CCF 值;热值积分;紧耦式

中图分类号:U472

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2022)36-0178-03

## 0 引言

当前 GPF 集成在三元催化器上,布置形式一般分为紧耦式、底盘式。而 GPF 压差传感器用于采集 GPF 上游和下游的压力/压力差信号,由 EMS 控制系统对压力信号经过滤波处理后用于控制系统逻辑的输入信号。一般来说,由于传感器有高温限值的要求,GPF 压差传感器不会直接与 GPF 载体直接连接,而是会通过从三元催化器引出来的压差管路连接,且连接方式为金属管加软管总成,管路长度要求不超过 50cm,且还需要方便拆装。受到整车空间布置及设计结构限制,GPF 压差管路在极低的温度下容易产生结冰,从而影响 GPF 压差信号,造成相关诊断如 GPF 管路脱落、GPF 移

除等故障误报码。所以,需要增加 GPF 结冰和融冰诊断控制逻辑,在结冰的时候抑制相关诊断,同时触发融冰机制,在融冰成功后能成功识别,重新使能相关诊断,满足国六 OBD 诊断法规要求<sup>[1]</sup>。

## 1 GPF 结冰诊断原理

在使能条件下,如环境温度极低且发动机上一个驾驶循环后的停机时间足够久、没有 GPF 压力传感器故障等的情况下。压差管路结冰过程分为上电识别、启动识别和驾驶过程中的识别,上电和启动过程识别的原理相似,都是根据 GPF 压力信号差是否在一个合理阈值内,峰值压力和谷底压力是否具有明显差异去判断结冰情况,如图 1、图 2 所示<sup>[2]</sup>。

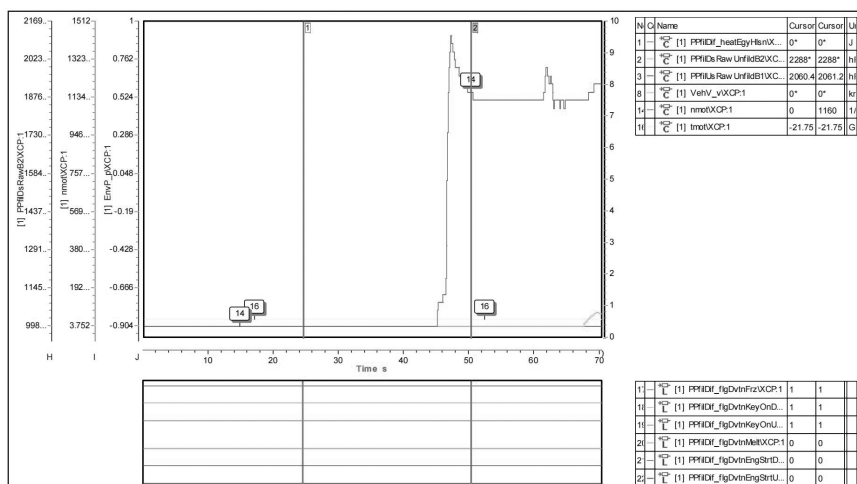


图 1 上电结冰识别

而车辆行驶过程中则可以通过 CCF 值(Cross correlation factor,即压力相关系数)更准确可靠的去识别结冰,由于 GPF 体积一般较小,压差较小,且发动机通常运行于动态工况,故引入压差/压力梯度计算而来

的 CCF 值。通过 CCF 监测颗粒捕捉器的性能,CCF 值的变化实际也反映了整车系统 GPF 压差管路的波动情况,如图 3 所示,而 CCF 值的定义如式所示<sup>[3]</sup>:

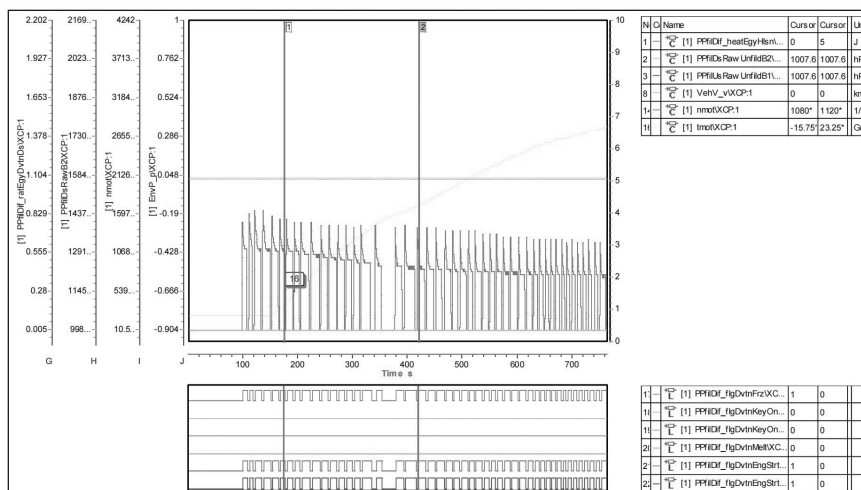


图2 重复启动结冰识别

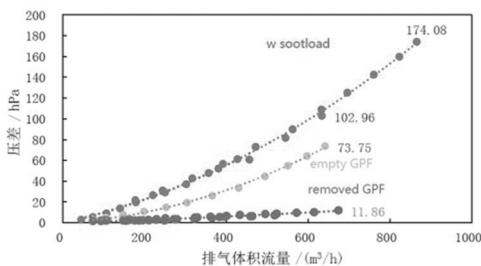


图3 GPF 流量与压差信号的关系

$$\text{前后管(上游/下游)CCF 值} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n P_{\text{model}} \times P_{\text{measure}}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n P_{\text{model}} \times P_{\text{model}}}$$

前后压差(上游压力-下游压力)CCF 值

$$= \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta P_{\text{model}} \times \Delta P_{\text{measure}}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta P_{\text{model}} \times \Delta P_{\text{model}}}$$

其中： $P_{\text{measure}}$ ——GPF 压差传感器实测压力； $P_{\text{model}}$ ——EMS 系统预估的模型压力； $\Delta P_{\text{measure}}$ ——GPF 压差传感器实测上下游压力差； $\Delta P_{\text{model}}$ ——EMS 系统预估的上下游模型压力差； $n$ ——采样点数。

结冰识别成功后，EMS 系统根据状态机逻辑抑制 GPF 相关诊断，从而防止误诊断，且会进入对应逻辑的融冰识别阶段。

## 2 GPF 融冰工作原理

融冰过程主要是通过发动机燃烧产生的热量进行，融冰成功与否的判定方法如下。

(1) 车辆静态怠速过程中，一般采用热值积分判定是管路否融冰成功。

(2) 车辆行驶过程中，系统一般优先使用前后管路的 CCF 值作为融冰判定条件，热值积分值一般作为辅助条件使用，在一些失效模式如前后管路与 GPF 压差

传感器连接处脱落的情况下，CCF 值已经不能正确反映系统实际压力状态。

热值积分的方法实际是一种能量守恒定律的应用，具体热力学公式如下<sup>[4]</sup>。

(1) 当环境温度 $<0^{\circ}\text{C}$ 时且 GPF 载体中心内部温度 $\geq$ 标定值(一般设定为  $600^{\circ}\text{C}$ )，则认为存在吸热现象。

$$\text{热值积分} = \sum_{t_0}^{\text{tend}} [\text{模型燃烧热量} \times \text{修正系数(标定值)} + \text{壁面模型热传递热量}]$$

(2) 当环境温度 $<0^{\circ}\text{C}$ 时且 GPF 载体中心内部温度 $<$ 标定值(一般设定为  $600^{\circ}\text{C}$ )，则认为存在散热现象。

$$\text{热值积分} = \sum_{t_0}^{\text{tend}} [\text{模型燃烧热量} \times \text{修正系数(标定值)} - \text{壁面模型热传递热量}]$$

其中： $t_0$ ——开始计算的时间； $\text{tend}$ ——计算结束的时间。

## 3 逻辑架构

GPF 结冰融冰控制逻辑架构一般如图 4 所示。

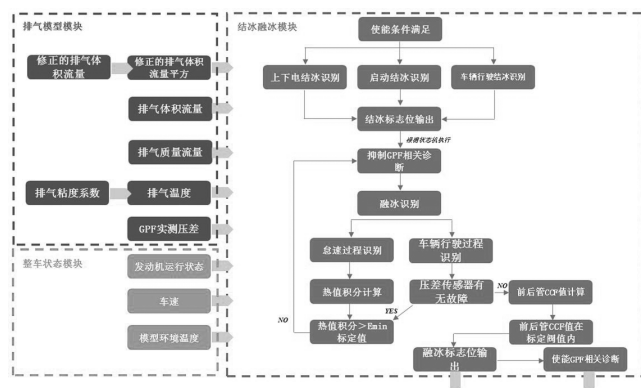


图4 GPF 压差管结冰融冰逻辑架构设计

#### 4 整车道路试验

图5是上汽通用五菱某款车型的压差管路在整车上的布置示意图,由于结冰一般只发生在环境温度 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,所以只进行冬季道路试验,并且推荐在管路壁面布置热电偶7#实时采集发动机仓内温度,方便标定参数的调整,一般认为当7#热电偶采集到的温度 $<0^{\circ}\text{C}$ 时认为此时不会融冰,采集到的温度 $>0^{\circ}\text{C}$ 时才有可能融冰过程。其他热电偶仅作为辅助,用于准确识别具体的结冰位置,有必要的可对压差管路的布置、走向、角度等进行调整。

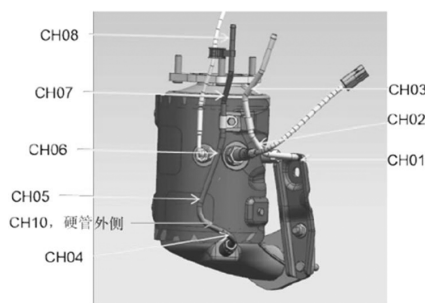


图5 热电偶编号及布置

路试过程一般分为动态、稳态过程。由于实际的驾驶工况较为复杂,所以先进行稳态工况,在环境温度为 $-30^{\circ}\text{C}/-20^{\circ}\text{C}/-10^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$ 都分别进行验证,如环境温度条件受到限制,一般只进行环境温度为 $-20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的道路测试和验证,试验方法如下。

- (1) 空碳载量下的 GPF 前管(上游)CCF 值、后管(下游)CCF 值标定校准。
- (2) 上下电结冰识别标定和验证。
- (3) 重复启动结冰识别标定和验证。
- (4) 原地基本怠速热值积分融冰标定和验证。
- (5) 原地高高怠速热值积分融冰标定和验证。
- (6) 20kph/40kph/60kph/80kph/100kph 稳态行驶热值积分融冰标定及前管 CCF 值、后管 CCF 值融冰验证。
- (7) 动态驾驶工况下的融冰热值积分、前管 CCF 值、后管 CCF 融冰验证。

具体道路试验流程如图6所示<sup>[6]</sup>。

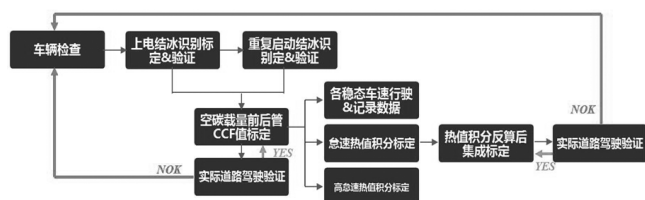


图6 冬季结冰融冰道路试验流程

#### 5 标定过程

将试验过程中实时采集的数据导入专用软件中,手动调整参与热值积分计算的车速修正系数数值,再次反算热值积分。怠速工况下的热值积分增长情况,一

般设置的标定值较为保守,预估融冰时间一般是实际融冰时间1.5倍以上,保证 GPF 压差管路充分融冰。当前仅且前后管 CCF 值的应能准确反映融冰情况,行车工况下热值积分增长到融冰识别阈值的时间则按照前后管 CCF 值在融冰点时间基础上的4倍左右。

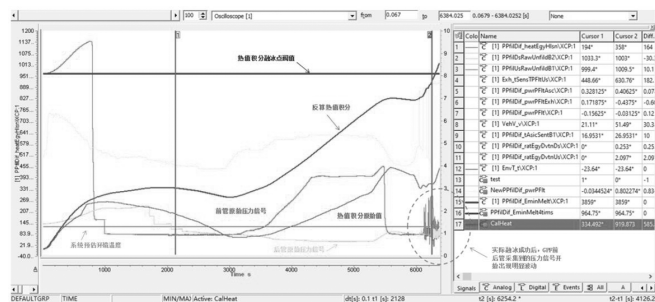


图7 热值积分标定反算

标定完成后,需要再次进行冬季道路试验验证动态检查,应确保在实际融冰发生前,热值积分增长数值和 CCF 值变化数值应在结冰识别阈值内,有效激活 GPF 相关诊断抑制功。另外还应该在不同车辆上进行验证,将融冰散差出现较大的数值继续优化和收敛,有必要的可以适当放宽预估的融冰点时间<sup>[6]</sup>。

#### 6 结语

本文阐述了 GPF 压差管路结冰和融冰诊断和控制原理,并结合上汽通用五菱某款车型的冬季道路试验开发标定经验,说明 GPF 压差管路在极度温度下容易产生结冰,而应用 GPF 结冰融冰逻辑后,EMS 系统能正常抑制 GPF 相关诊断,防止相关诊断的误触发,说明了该逻辑的必要性和可行性。并且结合开发过程遇到的实际问题,提供了一些标定参数设定的经验和指标,以供参考。

#### 参考文献

- [1] 李贺,张峰,冒薛军,等.GPF 压差传感后运行 Offset 检查值不合理问题探讨[J].时代汽车,2021(21):150-152.
- [2] 冯观华.汽油机颗粒物捕捉器(GPF)的碳载模型计算介绍[J].时代汽车,2021(6):21-23.
- [3] 王成君,黎苏,周文瑾,等.GPF 故障诊断策略研究[J].汽车实用技术,2021,46(19):89-93.
- [4] 杨玉顺.工程热力学[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [5] 康拉德·赖夫.汽油机管理系统-控制、调节和监测[M].北京:机械工业出版社,2017.
- [6] 康拉德·赖夫.柴油机管理系统-系统、部件、控制和调节[M].北京:机械工业出版社,2016.

作者简介:冯华帅(1990—),男,汉族,广西北海人,本科,助理工程师,主要从事汽车制造业相关工作。