

利用冷却液余热解决曲轴箱通风系统结冰故障

张大龙

哈尔滨东安汽车动力股份有限公司 黑龙江 哈尔滨 150060

摘要: 发动机冬季运转时因低温使曲轴箱通风系统产生结冰, 发动机无法运转最终售后更换发动机, 导致的重大经济损失和索赔风险, 本课题旨在解决曲通系统结冰问题, 防止重大经济损失的产生。

关键词: 发动机; 内燃机; 曲轴箱通风系统; 结冰

1 故障背景

冬季时, 发动机在高寒地区曲轴箱通风管路可能会出现结冰现象, 结冰严重时阻塞管路造成曲轴箱内部产生的废气累积, 曲轴箱压力过大从而压溃油封, 机油流出, 最终导致发动机曲轴连杆等运动部件因缺少润滑而干磨烧结, 发动机产生重大故障无法运转如图1。

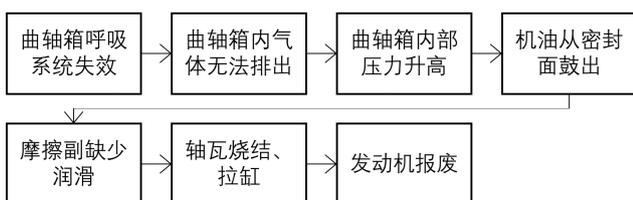


图1 故障导致的结果

故障发生在管路内部, 很难直接发现, -25°C 的低温环境下, 缺乏保护的曲轴箱呼吸系统在2小时内即可完全堵死, 此时继续行驶机油开始流出, 如果未能发现问题, 发动机在1天之内即因此报废。

针对此问题, 需要设计一种装置, 保证曲轴箱通风管路畅通, 使曲轴箱压力保持平衡。设计了三种方案如下:

1.1 利用护套进行局部保温: 使用发泡橡胶护套作为保温层, 尝试维持温度, 此方案成本最低, 但仅延缓结冰, 经理论分析可靠性不足。

1.2 利用电能维持局部温度: 即电加热方案。在原结冰位置布置电加热装置, 并增加温度传感器监测温度, 在低于零度时装置启动, 使管路不产生结冰。因此在原发动机基础上需增加温度传感器、电加热装置、更新ECU控制策略、增加线束端子。此方案使用成本、替换成本和安全成本较高。

1.3 利用冷却液循环维持温度: 因冷却液循环系统习惯性简称为水路, 因此本设计也简称为水加热方案。利用发动机的冷却液在发动机启动时升温迅速, 停机后冷却过程较慢的特性, 借用发动机冷却液循环系统, 在曲轴箱通风管路外增加水套用于加热管路如图2。

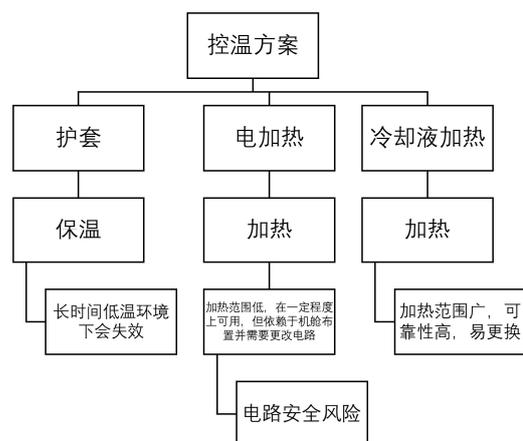


图2 三种控温方案

水加热方案可以完善的解决结冰问题并且无需其他能源支持, 相比电加热方案更加节约能源, 不增加发动机用电器和传感器、也不需要更改ECU, 仅仅通过车辆本身的冷却液循环实现。故障检测手段也可借助整车自带的冷却液故障检测手段, 通过整车原有的冷却液预警系统即可保障整体管路的安全可靠, 且售后市场更换便捷。

因此与电加热方案相比, 水加热方案不仅设计成本更低, 而且改制和售后维护成本也更低。选择水加热方案解决曲轴箱通风管路结冰问题更有优势^[1]。

2 原理分析

2.1 曲轴箱通风系统原理

发动机工作时, 一部分可燃混合气和废气会从活塞环与汽缸套之间穿过, 以活塞漏气的形式进入曲轴箱内, 业内将这种泄露称为“窜气”, 窜气中含有燃油、水蒸气和废气等大量污染物, 如果不加处理, 发动机曲轴箱内压力会升高破坏发动机的密封, 导致发动机油封失效、机油渗漏, 这些窜气逸入大气还会造成大气污染; 另外水蒸气凝结在机油里, 会形成油泥, 阻塞油路; 废气中的酸性气体进入润滑系统将会导致发动机零部件的腐蚀和加速磨损; 机油渗漏和油路阻塞最终将导致各摩擦副润滑失效, 活动部件因此严重受损导致发动

机报废，造成巨大售后成本支出如图3。

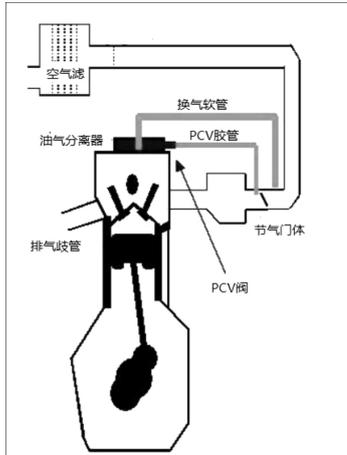


图3 一种曲轴箱通风系统结构

2.2 结冰故障的产生

根据售后市场调查及低温试验验证，曲轴箱通风系统结冰的主要原因如下：

(1) 环境影响：高寒环境中系统外部气温过低，曲轴箱窜气在传递过程中会因在管路中逐步失温导致其中的水汽冷凝并逐渐结冰，此为结冰故障根本原因。

(2) 气流影响：曲轴箱内部气体混合了燃烧后的尾气，相对于外部低温环境温度较高，而曲轴箱通风过程中会接触到发动机进气系统中的冷空气，在冷热交汇处水汽产生冷凝，此交汇处即结冰位置，也是产生结冰故障的主要原因如图4。

(3) 整车布置影响：对于货运车型，驾驶室与货厢分离，曲轴箱通风系统及整车进气系统布置在驾驶室与货厢之间，完全裸露的布置形式使整个系统受到环境温度影响较大，导致管路结冰。

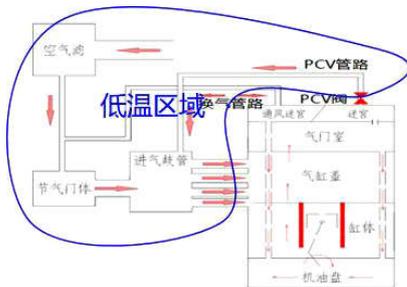


图4 曲轴箱通风系统主要低温区域

(4) 燃料影响：汽油燃烧时会产生一定的水（1kg汽油可产生约371g水，1kg乙醇汽油可产生约1290g水），CNG燃料主要成分为甲烷（ CH_4 ），每1kg燃料完全燃烧后会产生约2250g水。此原因不可避免。

3 解决方案

低温环境结冰作为故障形成的根本原因，使结冰区

域维持较高的温度可以直接解决主因使故障无法产生。

使用加热组件，进行强制加热，使其失去结冰条件，根据方法不同可以分为下列两种理论方案：

(1) 电加热解决方案：在原结冰位置布置电加热装置，并增加温度传感器监测温度，在低于零度时装置启动，使管路不产生结冰。因此在原发动机基础上需增加温度传感器、电加热装置、更新ECU控制策略、增加线束端子。此方案使用成本、替换成本和安全成本较高。

(2) 水加热解决方案：这里的水指的是发动机冷却液，发动机本身冷却液在发动机启动时升温迅速，停机后温度也能保持一段时间，因此借用整车冷却液循环设计水加热管路可以完善的解决问题，此方案不需要额外消耗能源，且借助整车自带的冷却液故障检测手段，也不需要额外的传感器、温控等部件，售后市场更换便捷^[2]。

下面对上述理论方案进行详细设计阐述。

3.1 电加热方案

在易结冰位置上加装电加热接头，修改线束为该装置供电，增加温度传感器用于判断温度，在ECU中设置根据温度启用电加热的策略如图5。

电加热接头包括外壳和内部嵌合的导热金属片，并有绝缘层嵌套在导热金属片的外部，并将加热芯片设置在导热金属片和绝缘层之间，通过芯片加热导热金属片，使管路在低温环境下持续加热。

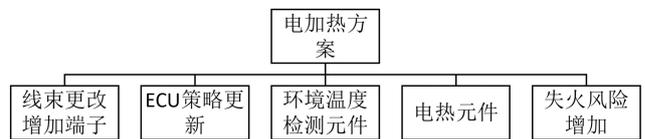


图5 电加热方案涉及的变更

3.2 水加热方案

在易结冰位置上加装水加热管路，管路由内部的气路和外部的水套组成，通过连接至整车冷却液循环来持续提供热量如图6。

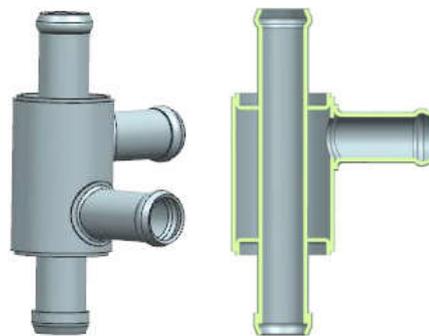


图6 水加热管路及内部结构

整个系统通过借助发动机自身冷却循环中的余热，使易结冰部位温度维持在冰点以上如图7。

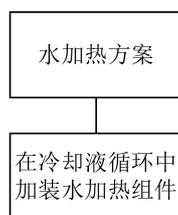


图7 水加热方案涉及的变更

整个加热系统仅下图中序号9为新增零件，其余皆为 发动原有配置如图8。

曲通加热系统

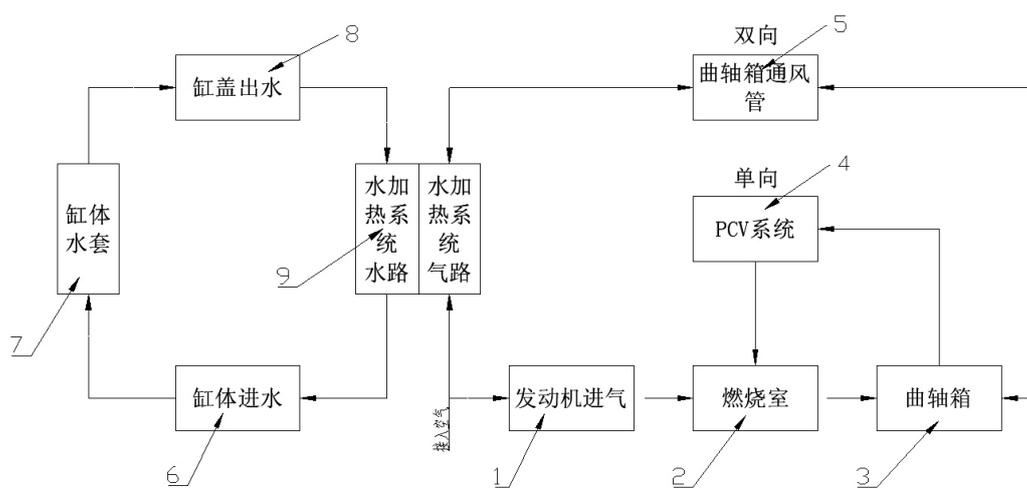


图8 水加热系统布置形式

4 总结和应用

通过冬季试验验证，电加热方案成本高且仅部分可行，水加热方案不仅可以解决结冰问题，同时充分利用了发动机本身特性，除本身套水管路外未增加任何装置增加成本。且更换与安装更加简便，是装置与发动机的完美结合，在解决结冰问题上，均处于国内外的领先水

平且可以广泛应用。

参考文献

- [1]王红学,姜文涛.汽油车国六快插式曲轴箱通风管结冰问题改善[J].汽车知识,2023,23(1):239-241.
- [2]张猛,石彦明,杜文一,等.曲轴箱通风系统试验开发研究[J].重型汽车,2020(2):35-36.