

## 发动机故障警告灯点亮、启动困难且无法加速

### 故障描述

一辆行驶里程约 2.4 万公里，搭载 2.3L 发动机，匹配 5 档手/自一体变速器的 2008 年一汽马自达 6 轿车。用户反映：该车发动机故障警告灯点亮，启动困难，无法加速。经进一步询问用户得知，该车此前在低速行驶过程中拖了一下底，发动机故障警告灯便点亮了。用户自行找当地修理厂进行检查发现，除发动机胶皮带因磨空调管稍有损伤外，未发现其他损伤。为此，维修人员前去救援。到达现场后，维修人员利用故障诊断仪对发动机控制系统进行检测，设备提示点火正时方面存在故障，因现场无法解决，便将车拖回维修站。

### 故障诊断

接车后连接故障诊断仪对发动机控制系统进行检测，设备显示故障码“P0011-CMP（凸轮轴位置信号）正时过早”。根据维修资料可知，在正常工作温度条件下，当发动机转速低于 4000r/min 时，若实际的气门正时比目标正时提前超过 17°，发机控制单元便会记录该故障码。根据该故障码分析，产生故障的原因包括：

- 机油控制阀(OCV)故障，柱塞被卡在正时提前位置；
- 可变气门正时执行器被卡在提前位置；气门正时错误（转速瞬间变化可能引起齿带跳齿）及 PCM 故障。

利用故障诊断仪观察发动机控制系统动态数据流如下：

- 发动机转速：560r/min（正常值：700r/min）
- 冷却液温度：80℃
- 节气门开度：1.5%（正常值：> 1.17%）
- 实际正时（VTACT1）：23°（正常值：0°）
- 实际正时与目标差值（VTDUTY1）：230（正常值：0°）

以上数据表明实际气门正时确实异常，这样就排除了 PCM 出故障的可能性，因此需要重点检查气门正时系统。

按照由易至难的原则，决定先检查 OCV。利用万用表测量 OCV 电阻为 7.2Ω（标准值为 6.9~7.9Ω）。在不通电情况下，OCV 中柱式滑阀在最大延迟位置（阀孔左侧）；若对 OCV 通电，OCV 中柱式滑阀在最大提前位置（阀孔右侧），可以确定 OCV 正常。接下来，需要继续检查可变气门正时执行器。拆下发动机上盖，顺时针转动曲轴 2 圈，确认执行器盖子上的凸起和转子上的标记对齐（可变气门执行器属精密零件，不可拆卸，如果标记没有对齐，则需要更换）。经过检查，可变气门执行器正常。至此，需要检查配气正时。经使用专用工具校验，配气正时完全正常。

经过以上检查未发现故障点，但真实数据显示，配气正时确实出现了偏差。PCM 是依据转速传感器与凸轮轴位置传感器两个信号之间的相位差来确定正时是超前还是延迟的。如果凸轮轴位置传感器信号正常，则转速信号可能会存在问题。于是决定检查发动机转速传感器及靶轮。经检查，发动机转速传感器外观良好，

线束亦正常，靶轮外观良好，未有缺齿、损伤。在检查时，发现靶轮是镶在曲轴胶带盘上的，之间并未焊接或用螺栓联接。如果靶轮错位，则有可能造成 PCM 判断第 1 缸活塞上止点位置错误。是否是拖底时造成了靶轮位置移动呢（后来被证实发动机前部曾卷入一个木块）？经与正常胶带盘对比发现。在第 1 缸活塞上止点时，转速传感器对应缺齿后第 5 齿，而这个损坏的胶带盘转速传感器对应的是缺齿后第 2 齿，相差 3 个齿。因此，当 PCM 依据转速信号判定曲轴为第 1 缸活塞上止点时，实际曲轴已经转过第 1 缸活塞上止点，相应进气凸轮轴也已经超前，所以 PCM 记录配气正时超前的故障码。更换曲轴胶带盘并重新校检配气正时后，试车，故障排除。

### 维修总结

当车辆发生事故时，往往会因转动惯性造成气门正时齿带跳齿，所以维修此车时，过多考虑了气门正时不对。校验正时更多地关注了厂家标注的正时记录，而忽略了对外在规律的认知。就像如何判断发动机第 1 缸处于做功行程一样，是认“正时标记”还是看“凸轮位置”。