

## 单元一 汽车故障诊断与检测的基本知识

汽车故障诊断与检测技术是随着汽车的发展从无到有逐渐发展起来的一门技术。国外一些发达国家早在 20 世纪 40 ~ 50 年代就发展成为以故障诊断和性能调试为主的单项检测技术。进入 60 年代后,故障诊断与检测技术获得较大发展,逐渐将单项检测技术联线建站(汽车检测站)。70 年代初出现了检测控制自动化、数据采集自动化、数据处理自动化、检测结果自动打印的综合故障检测技术。进入 80 年代后,国外的诊断检测技术已发展到广泛应用阶段,给交通安全、环境保护、能源节约、降低运输成本和提高运输力等方面带来了明显的社会效益和经济效益。

我国的汽车诊断与检测技术起步较晚,20 世纪 60 ~ 70 年代开始引进和研制汽车检测设备。进入 80 年代以后,汽车诊断与检测技术成为国家“六五”重点推广项目,并视其为推进汽车维修管理现代化的一项重要技术措施。交通部门自 1980 年开始,有计划地在全国公路运输系统筹建汽车综合性能检测站;公安部门也在全国的中等以上城市建成了许多安全性能检测站。到 20 世纪 90 年代末,我国汽车检测诊断技术已初具规模,基本形成了全国性的汽车检测网。国家颁布了《机动车运行安全技术条件》(GB 7258)、《营运车辆综合性能要求和检验方法》(GB 18565),交通部颁布了第 13 号部令《汽车运输业车辆技术管理规定》、28 号部令《汽车维修质量管理办法》和 29 号部令《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》;公安部颁布了《机动车安全检验项目和方法》(GA 468)等,对汽车故障诊断与检测技术、检测制度和综合性能检测站等均做出了明确规定。

### 一、汽车故障诊断与检测的目的

汽车故障诊断与检测包括汽车诊断技术和汽车检测技术。通过对汽车进行诊断与检测可以在不解体情况下判断汽车的技术状况,为汽车继续运行或进厂维修提供可靠依据,其目的因检测项目的不同而有差异,归纳起来有以下几个目的:

#### 1. 汽车故障的检测诊断

对故障汽车的检测诊断,目的是在不解体(或仅卸下个别小件)情况下,查出故障的确切部位和产生的原因,从而确定故障的排除方法,提高排除故障的效率,使汽车尽快恢复正常。

#### 2. 汽车维修时的检测

汽车维修前的检测是要找出汽车技术状况与标准值相差的程度,从而确定汽车是否需要大修或应采取何种技术措施修复,以实现视情修理;汽车维修过程中的检测是要确定故障的部位和原因,提高维修质量及维修效率;汽车维修后的检测是要检验汽车的使用性能是否得到恢复,以确保维修质量。

#### 3. 汽车安全、环保性能检测

汽车安全环保检测指的是在不解体情况下定期和不定期地对汽车的外观、制动与转向性能、排放与噪声、前照灯以及车速表等进行检测 从而建立安全和环保监控体系 强化汽车的安全管理 确保运行车辆具有符合要求的外观容貌、良好的安全性能 并控制其对环境的污染 使车辆在安全、高效状态下运行。

#### 4. 汽车综合性能检测

对汽车实行定期和不定期的综合性能检测，是在汽车不解体情况下，确定营运车辆的技术状况和工作能力，对维修车辆实行质量监控，确保运输车辆具有良好的动力性、经济性、安全性、可靠性等使用性能和减少对环境的污染程度。

### 二、汽车故障诊断与检测和汽车维修行业的关系

诊断与检测技术是改革汽车维修制度、实行视情维修的必要手段。汽车的维修制度发展至今已经历了 3 个阶段。

第一阶段是“事后维修制”该制度产生于 20 世纪 50 年代。所谓事后维修，是指在汽车出现故障之后才进行检修，汽车不损坏就不修理，维修只是在机器出现故障或损坏之后不得不采取的一种措施。

第二阶段是“计划预防修理制”。它是指按照间隔期有计划地实行定期强制维修，根据零件的磨损规律或零件的使用寿命来合理制定维修时间间隔，在汽车维修工作中发挥了积极的作用，其经历的时期也最长。但是，由于零件之间的使用寿命的不平衡性，使得理论维修时间间隔与机器的实际技术状况的变化往往不相符合，从而造成还没到该维修的程度就进行“早修”或还没到维修时间间隔就出现了故障的“失修”现象。

第三阶段即目前实行的维修制度。它始于 1990 年，是针对计划预防修理制度的不足而制定的全新概念的“视情维修制度”，其核心就是根据汽车实际技术状况来确定修理作业（广度和深度）的一种制度。这种维修制度要求通过检测诊断设备定期地检测汽车的各种技术状况，按照检测结果分析判断汽车技术状况是否正常，发现故障或隐患，进行针对性修理。与前两种维修制度相比，“视情维修制度”能最大限度地发挥各零部件的使用潜力，减少不必要的拆装，提高了机器的使用寿命和使用经济效益。

交通部令 13 号《汽车运输业车辆技术管理规定》中规定：“车辆修理应贯彻视情修理的原则，即根据车辆检测诊断和鉴定的结果，视情按不同作业范围和深度进行，既要防止拖延修理造成车况恶化，又要防止提前修理造成浪费。车辆检测诊断技术是检查、鉴定车辆技术状况和维修质量的重要手段，是促进维修技术发展，实现视情修理的重要保证，各地交通运输管理部门和运输单位应积极组织推广检测诊断技术。”可见，这一视情维修制度的实施必须是建立在大量的检测诊断工作的基础之上的，没有检测诊断手段和检测诊断设备，要实现“视情维修制度”是不可能的。

### 三、汽车故障诊断与检测的基本概念及术语

参照国标《汽车维修术语》（GB/T 5624—1985）的规定 对汽车诊断与检测技术的常用术语解释如下。

(1) 汽车诊断 在不解体 或仅卸下个别小件 的条件下 为确定汽车技术状况或查明故障

部位、原因所进行的检查、分析和判断工作。

- (2) 汽车检测：确定汽车技术状况或工作能力的检查。
- (3) 汽车技术状况：定量测得的表征某一时刻汽车外观和性能参数值的总和。
- (4) 汽车故障：汽车部分或完全丧失工作能力的现象。
- (5) 诊断参数 供诊断用的表征汽车、总成及机构技术状况的参数。
- (6) 诊断标准 对汽车诊断的方法、技术要求和限值的统一规定。
- (7) 诊断周期 汽车诊断的间隔期。
- (8) 汽车维修：汽车维护和修理的总称。
- (9) 故障树 表示故障因果关系的分析图。

#### 四、汽车故障诊断方法

汽车技术状况的诊断是通过检查、测量、分析、判断等一系列活动完成的。传统的汽车故障诊断建立在人工经验检查基础上，主要依赖于人工观察、推理分析和逻辑判断。现代汽车故障诊断则通过先进的仪器设备，利用电子控制技术，对汽车故障做出科学、快速的诊断。目前汽车故障诊断可归纳为以下几种方法。

##### 1. 直观诊断法

直观诊断法又称为人工经验诊断法，是指诊断人员凭丰富的实践经验和一定的理论知识，在汽车不解体或局部解体情况下 依靠直观的感觉印象、借助简单工具 采用眼观、耳听、手摸和鼻闻等手段 进行检查、试验、分析 确定汽车的技术状况 查明故障原因和故障部位的诊断方法。人工经验诊断法多适用于中、小维修企业和运输企业的故障诊断过程，即使普遍使用了现代仪器设备诊断，也不能完全脱离人工经验诊断法。近年来刚刚起步研制的专家诊断系统，也是把人脑的分析、判断 通过计算机语言变成了微机的分析、判断。

##### 2. 仪器设备诊断法

仪器设备诊断法是在人工经验诊断法的基础上发展起来的一种诊断方法，是指在汽车不解体情况下 利用测试仪器、检测设备和检验工具 检测整车、总成或机构的参数、曲线和波形，为分析、判断汽车技术状况提供定量依据的诊断方法。现代仪器设备诊断法具有检测速度快、准确性高、能定量分析、可实现快速诊断等优点，而且采用微机控制的现代电子仪器设备能自动分析、判断、存储并打印出汽车各项性能参数。其缺点是投资大、占用厂房、操作人员需要培训、检测成本高等。这种诊断方法适用于汽车检测站和中、大型维修企业。仪器设备诊断法是汽车诊断与检测技术发展的必然趋势。

##### 3. 自我诊断法

自我诊断法是车载计算机根据一定的预设程序，自动监测汽车受控系统范围内发生的故障并将其以代码的形式储存于汽车电脑中，驾驶员和维修检测人员根据自诊断系统发出的提示（如声响或闪光）将故障码提取出来 从而得到汽车故障信息 然后对症 进行故障排除。

汽车电脑故障诊断仪，也称解码器，它能把汽车电控单元储存的各种故障信息提取出来，进行译码整理、比较和分析，并将结论和处理意见以清晰的文字、曲线或图表方式显示出来。可以根据这些传送出来的信息，判断故障的类型、发生部位以及解决的方法。自我诊断法可以进行静态和动态诊断，是未来汽车诊断技术的发展方向之一。

以上 3 种汽车故障诊断方法，各自保持着不可替代的特点。在应用中通常是几种方法相结合 在重视传统经验诊断法的同时 力求充分利用现代检测诊断技术 取长补短 以提高诊断效率和诊断效果。

实际上 上述 3 种方法往往同时综合使用，故称为综合诊断法。

## 五、故障树分析方法

汽车是由多个不同功能的子系统构成的复杂机电系统，其故障产生的原因往往较为复杂，采用故障树分析法进行汽车故障原因的诊断，效果较好。在清晰的故障树图形下，系统的内在联系，零部件和系统之间发生故障的逻辑关系会清晰地展露出来，因此容易找出系统的薄弱环节。故障树诊断法的分析过程也是一个对系统更深入认识的过程。通过故障树分析，分析人员能把握系统的内在联系，弄清各种潜在因素对故障发生影响的途径和程度，从而使分析人员对系统具有更深入的认识。故障树对不曾参与系统设计的管理和维修人员来说相当于有了一个形象的维修指南。

### 1. 故障树基本概念

故障树分析法在汽车诊断中被广泛应用，它是根据汽车的工作特性与技术状况之间的相互关系构成的树状图形(图 1-1)来对故障发生的各种原因进行定性分析，其目的是查明基本故障，最终确定故障的具体原因。它也可对汽车的故障进行预测和诊断，找出其薄弱环节，以便防患于未然，使汽车的技术状况处于良好状态。

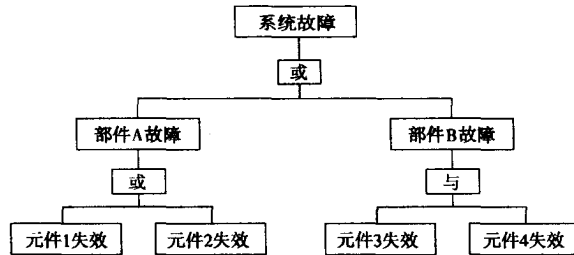


图 1-1 故障树示意图

### 2. 故障树分析过程

由于分析的系统不同，故障性质不同，故障树在实际分析中其步骤会有所差异，也就是其故障分析程序也不同。故障树分析程序如图 1-2 所示。

在分析过程中，首先根据对系统的熟悉了解查明故障的出处，绘制框图；然后逐步分析故障产生的原因 建立“故障树”(建树时首先确定出分析目标即故障事件作为顶事件 随后列出系统各层次中有可能导致该顶事件发生的故障原因，最后得出产生顶事件的各故障的组合)；最后根据“故障树”模型 针对每一故障模式进行分析 从而确定其具体故障原因。

### 3. 故障树的建立

在故障树图中，为表明事件与原因之间的因果、逻辑关系，常使用一些符号表示。故障树分析法中常用的符号可分作两类，即：代表故障事件的符号，以及联系事件之间相互关系的符号。故障树分析法的常用符号及其含义见表 1-1。

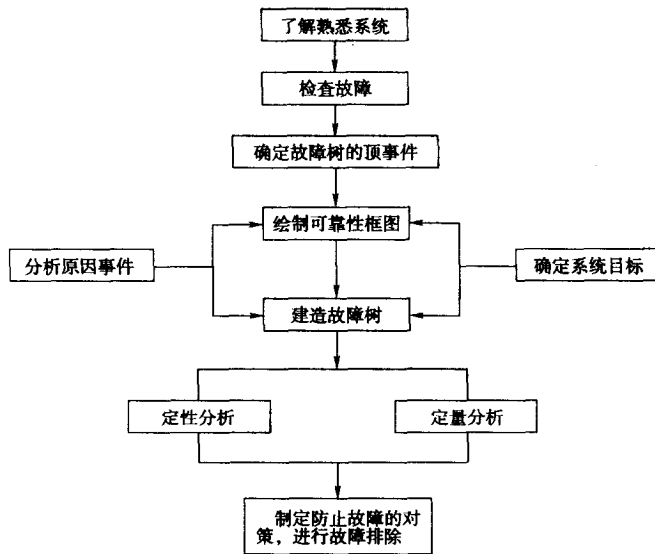
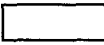



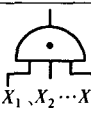
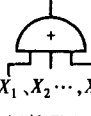


图 1-2 故障树分析程序框图

故障树分析法常用符号表

表 1-1

符 号	名 称	含 义
 矩形符号	故障事件	表示除事件之外的所有中间事件和顶事件
 圆形符号	基本事件	表示初始事件。它是不能再分解的事件,即故障发生的基本原因
 屋形符号	非故障性事件	表示偶然发生的非故障性事件
 菱形符号	省略事件	表示暂时不分析或发生概率极小的事件
 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 与门符号(AND)	“与”逻辑关系	事件 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 同时发生,事件 A 才发生
 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 或门符号(OR)	“或”逻辑关系	事件 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 有一个发生,事件 A 就会发生

下面以汽车发动机的故障（图 1-3）为例介绍具体的建树步骤：

第 1 步：确定系统（如汽车发动机）的故障并把它作为故障树的顶事件，然后用规定的符号表示；

第 2 步 并列写出导致顶事件发生的直接故障原因 如硬件故障、软件故障、环境因素、人为因素等，并用相应的符号连接，作为第二级事件；

第 3 步：找出产生第二步各故障事件的直接原因作为第三级事件，并用相应的符号连接在第二级各事件的后面。

第 4 步：按照相同的方法逐级演绎下去，一直追溯到引起系统发生故障的全部原因为止，也就是找到不能再往下分的最基本原因（底事件或基本事件）为止。

第 5 步 检查各故障的结点故障是否周详、完善 完整整个故障树 用规定的符号表示。

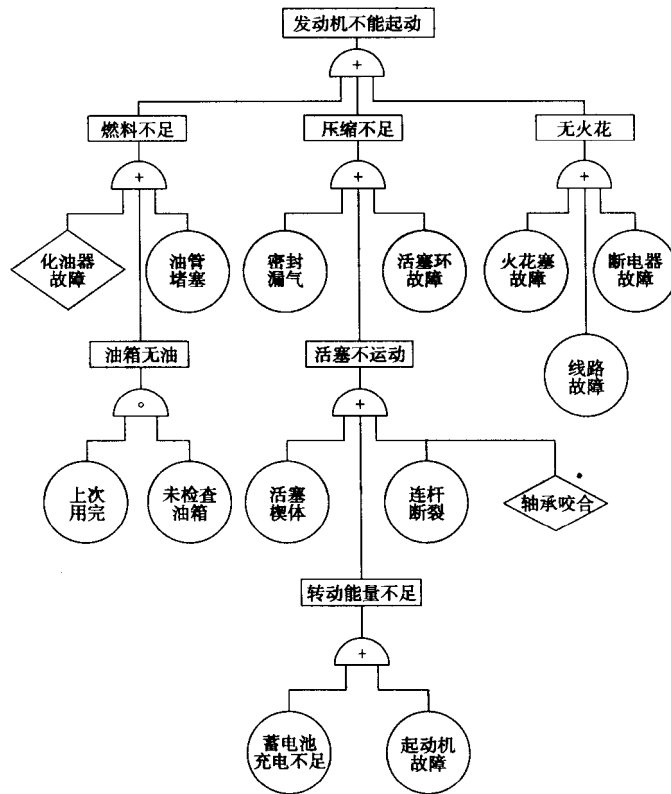


图 1-3 汽车发动机不能起动故障树

## 六、汽车诊断参数

汽车在使用过程中 随着行驶里程的增加 技术状况会逐渐变坏 将导致动力性下降、经济性变差、可靠性降低。汽车的故障诊断与检测是确定汽车技术状况的应用性技术，不仅要求有完善的检测、分析、判断手段和方法 而且要有正确的理论指导。为此 在诊断与检测汽车技术状况时，必须选择合适的诊断参数，确定合理的诊断参数标准和最佳诊断周期。诊断参数、诊

断参数标准、最佳诊断周期是从事汽车故障诊断与检测工作必须掌握的基础理论知识。

### 1. 诊断参数的概念与分类

在不解体条件下直接测量汽车结构参数常常受到限制，因此，在进行汽车诊断时，需要找出一组与汽车结构参数有联系并能足够表达汽车技术状况的直接或间接指标，并通过对这些指标的测量来确定汽车技术状况的好坏。这种供诊断用的，表征汽车技术状况的指标称为汽车诊断参数。

诊断参数与结构参数紧密相关，它包含有关诊断对象技术状况的足够信息，是一些能够实际反映汽车技术状况的可测物理量和化学量。虽然每一类诊断参数都有不同的含义，但在确定汽车技术状况或判断某些复杂故障时，需采用不同的诊断参数进行综合诊断。汽车诊断参数可分工作过程参数、伴随过程参数和几何尺寸参数。

#### 1) 工作过程参数

工作过程参数是汽车、总成和机构在工作过程中输出的一些可供测量的物理量和化学量。或指体现汽车或总成功能的参数 例如 发动机功率、驱动车轮输出功率或驱动力、汽车燃料消耗量、制动距离、制动力或制动减速度以及滑行距离等。它们往往能表征诊断对象总的技术状况，适合于总体诊断。若通过检测得知底盘输出功率符合要求，说明汽车输出功率符合要求，也说明发动机技术状况和传动系技术状况符合要求。反之，若底盘输出功率不符合要求，说明汽车输出功率不符合要求，也说明发动机输出功率不足或传动系功率损失太大，通过进一步深入检测诊断，可确知是发动机技术状况不佳还是传动系技术状况不佳。所以，工作过程参数反映了汽车或总成技术状况的主要信息，是对汽车技术状况进行综合评价的主要依据，通常用作初步诊断。工作过程参数也是深入诊断的基础。汽车不工作时，工作过程参数无法测得。

#### 2 伴随过程参数

它是指伴随工作过程输出的一些可测量(常用的参数有热、噪声、振动等)可反映有关诊断对象技术状况的局部信息，常用于复杂系统的深入诊断。伴随过程参数提供的信息较窄，但这种参数较为普遍。汽车不工作或工作后已停驶较长时间的情况下，无法检测伴随过程参数。

#### 3) 几何尺寸参数

它是由各机构零件尺寸间的关系决定的参数。几何尺寸参数提供的信息量有限，却能直接表明诊断对象的具体状态，如间隙、自由行程、车轮定位参数等。几何尺寸参数与其他参数配合使用，无论是在初步诊断，还是深入诊断中，均可对汽车技术状况的评价或故障诊断起到重要的作用。

### 2. 常用的诊断参数

一些常用的汽车诊断参数如表 1-2 所示。

在汽车诊断中所测得的诊断参数与结构参数一样是可变的且具有随机性 有的是连续的，有的是离散的 诊断参数的随机性是由结构参数的变化引起的。所采用的诊断参数可以是相对稳定的值 如间隙等 也可以是周期迅速变化的过程 如振动、脉冲等。对于相对稳定值 只要知道诊断参数的额定值及其随行驶里程的变化规律 通过定期诊断结果 就可以发现其故障 并预测该诊断对象在无故障工作条件下的寿命 而对于周期性变化值 例如用点火示波器诊断点火系故障时 需要知道实际示波图像与标准示波图像 才能预测诊断对象的无故障工作寿命。

汽车常用诊断参数

表 1-2

诊断对象	诊断参数(单位)	诊断对象	诊断参数(单位)
汽车总体	最高车速(km/h) 最大爬坡度(%) 0~100km/h的加速时间(s) 驱动车轮输出功率(kW) 驱动车轮驱动力(N) 汽车燃料消耗量[L/100km·L/(100t·km)]	配气机构	气门间隙(mm) 配气相位(°)
	发动机总体	额定转速(r/min) 怠速转速(r/min) 功率(kW) 燃料消耗量(L/h) 单缸断火(油)时功率下降率(%) 汽油车废气成分,体积分数(%) 柴油车排气中可见污染物(消光系数)	汽油机供给系
曲柄连杆机构		气缸压力(MPa) 气缸间隙(mm) 曲轴箱窜气量(L/min) 气缸漏气量(kPa) 气缸漏气率(%) 进气管真空度(kPa)	柴油机供给系
点火系统	蓄电池电压(V) 一次电路电压(V) 各缸点火电压(kV) 各缸短路点火电压(kV) 各缸断路点火电压(kV) 断电器触点间隙(mm) 断电器触点闭合角(°) 各缸点火波形重叠角(°) 点火提前角(°) 电容器容量(μF)	制动系统	制动距离(m) 制动力(N) 左右制动力差值(N) 制动阻滞力(N) 制动减速度(m/s <sup>2</sup> ) 制动系协调时间(s) 制动完全释放时间(s)
润滑系统	机油压力(kPa) 机油温度(°C) 理化性能指标变化量 洁净性系数变化量 介电常数变化量 金属微粒的含量,质量分数(%) 机油消耗量(kg)	转向系统	车轮侧滑量(m/km) 车轮前束(mm) 车轮外倾角(°) 主销后倾角(°) 主销内倾角(°) 转向盘最大自由转动量(°) 转向盘外缘最大切向力(N)
冷却系统	冷却液温度(°C) 散热器冷却液入口与出口温差(°C) 风扇传动带张力(N/mm)	行驶系统	车轮静不平衡量(g) 车轮动不平衡量(g) 车轮端面圆跳动量(mm) 车轮径向圆跳动量(mm)
传动系统	传动系游动角度(°) 传动系机械传动效率(%) 传动系功率损失(kW) 滑行距离(m) 传动系噪声(dB) 总成工作温度(°C)	其他	前照灯发光强度(cd) 前照灯光轴偏斜量(mm) 车速表允许误差范围(%) 喇叭声级(A声级)(dB) 车外最大允许噪声级(A声级)(dB) 车内噪声级(A声级)(dB)

## 七、诊断标准

诊断标准是汽车技术标准中的一部分。诊断标准是对汽车诊断的方法、技术要求和限值等的统一规定，而诊断参数标准仅是对诊断参数限值的统一规定。诊断标准中包括诊断参数标准。

### 1. 诊断标准的类型

汽车诊断标准与其他技术标准一样，分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等类型。

#### 1) 国家标准

它是一类国家制定的标准的总称，冠以中华人民共和国国家标准字样。国家标准一般由某行业部委提出，由国家技术监督局批准、发布，全国各级各有关单位和个人都要贯彻执行，具有强制性和权威性。例如《机动车运行安全技术条件》(GB 7258—2004)、《营运车辆综合性能要求和检验方法》(GB 18565—2001)、《在用汽车排气污染物限值及检测方法》(GB 18285—2005)等都是强制推行的国家标准。《汽油车排气污染物的测量——怠速法》(GB/T 3845—1993)、《柴油车自由加速烟度的测量——滤纸烟度法》(GB/T 3846—1993)等是推荐性国家级标准。

#### 2) 行业标准

该标准也称为部、委标准，是部级或国家委员会级制定、发布并经国家技术监督局备案的标准。在部、委系统内或行业内贯彻执行，一般冠以中华人民共和国某某部或某某行业标准，也在一定范围内具有强制性和权威性，有关单位和个人也必须贯彻执行。例如《载货汽车燃料消耗量试验方法》(JB 3352—1983)是中华人民共和国机械工业部部标准；《汽车维修工艺规范》(JT/T 201—1995)、《汽车技术等级评定标准》(JT/T 198—1995)是中华人民共和国交通行业标准，属于推荐性标准。

#### 3) 地方标准

该标准是省、直辖市、自治区、地级、市地级、市县级制定并发布的标准，在地方范围内贯彻执行，也在一定范围内具有强制性和权威性，所属范围内的单位和个人必须贯彻执行。地方标准中的限值可能比上级标准中的限值要求还要严格，如北京市地方标准《汽油车双怠速污染物排放标准》(DB 11/044—1999)。

#### 4) 企业标准

该标准包括汽车制造厂推荐的标准、汽车运输企业和汽车维修企业内部制定的标准和检测设备制造厂推荐的参考性标准。

#### 5) 汽车制造厂推荐的标准

汽车制造厂推荐的标准是指汽车制造厂在汽车使用说明书中公布的汽车使用性能参数、结构参数、调整数据和使用极限等，从中选择一部分作为诊断参数标准来使用。该类标准是汽车制造厂根据设计要求、制造水平，为保证汽车的使用性能和技术状况而制定的。

### 2. 诊断参数标准

为了定量评价汽车及总成的技术状况，单有诊断参数是不够的，还必须建立诊断参数标准。诊断参数标准是从技术、经济的观点出发，表示汽车处于某种工作能力状态下所测的诊断

参数界限值。汽车诊断参数标准，一般都应包括：诊断参数初始标准、诊断参数极限标准和诊断参数许用标准。

#### 1) 初始值

初始值相当于无故障新车和大修车诊断参数值的大小，往往是最佳值，可作为新车和大修车的诊断标准。当诊断参数测量值处于初始值范围内时，表明诊断对象技术状况良好，无需维修便可继续运行。

#### 2) 许用值

诊断参数测量值若在许用值范围内，表明诊断对象技术状况虽发生变化但尚属正常，无需修理（但应按时维护）即可继续运行。若超过此值，则可勉强许用，但应及时安排维修；否则，汽车带病行车，会导致故障率上升，可能行驶不到下一个诊断周期。

#### 3) 极限值

诊断参数测量值超过极限值，说明诊断对象技术状况严重恶化，此时汽车的动力性、经济性和排气净化性大大降低，行驶安全性得不到保证，有关机件磨损严重，甚至可能发生机械事故，所以必须立即停驶修理，以免造成更大损失。

### 3. 诊断周期

诊断周期是指汽车诊断的间隔期，以汽车行驶里程或使用时间表示。科学地确定诊断周期，对于经济、可靠地保障汽车技术状况具有重要的作用。最佳诊断周期是根据技术与经济相结合的原则进行的，它能保证车辆的完好率最高而维修的费用最少。

根据交通部《汽车运输业技术管理规定》运输业汽车实行“定期检测、强制维护、视情修理”的制度。该规定要求车辆二级维护前应进行检测诊断和技术评定，根据结果，确定附加作业或修理项目，结合二级维护一并进行。又规定车辆修理应贯彻视情修理的原则，即根据车辆检测诊断和技术鉴定的结果，视情按不同作业范围和深度进行，既要防止拖延修理造成车况恶化，又要防止提前修理造成浪费。既然规定在二级维护前进行检测诊断，则二级维护周期（间隔里程）就是我国目前的最佳诊断周期。

另外，根据中华人民共和国交通行业标准《汽车维修工艺规范》(JT/T 201—1995)规定，二级维护周期在10000 ~ 15000 km 范围内依据各地条件不同选定

## 单元二 汽车发动机故障诊断与排除

本单元将培养学生熟悉常用发动机故障诊断设备的使用方法，掌握常见故障产生的原因及常见故障的诊断与排除方法。对汽车发动机故障的诊断与排除过程进行较全面的了解。

### 课题一 发动机曲柄连杆机构、配气机构故障的诊断与排除

技术状况良好的发动机在以不同的转速运转时虽然发出声响的频率、波长、声级和衰减系数不同，但都有一定的规律和范围。如果发动机在运转过程中伴随有其他声响，如发出间歇或连续的金属敲击声、连续的金属摩擦声等，即表明发动机运转不正常，所伴随的声响为发动机异响。发动机声响异常往往是发动机某些故障的表现，若不及时排除，将会造成机件的加速磨损，甚至发生事故性的损坏。因此必须及时判断，采取必要的维修措施排除故障。

汽车停驶时发动机运转所发出的响声，来自发动机、离合器或变速器。若踩下离合器踏板响声消失，多为离合器、变速器所致。若响声仍有，则首先判断是来自发动机内部还是来自外部附件的响声。在发动机运转时可用长柄起子或听诊器触在可能发出响声的附件上来判断。还可在相继松掉发动机前端的传动带，停止空气压缩机、水泵、发电机、动力转向液力泵、风扇、空调压缩机等附件时发动机运转状况来判断，若异响消失，为该附件产生异响所致。

#### 一、产生发动机异响的原因

发动机各系统和机构中的某些故障，均可导致不同异响的出现。例如发动机过热、气门间隙过大、曲轴或连杆轴承松旷、点火时间过早、机油严重不足、气缸垫烧穿等。引起发动机异响的原因归纳如下：

- (1) 爆震与早燃。
- (2) 机件磨损。
- (3) 机件装配、调整不当，配合间隙过大或过小。
- (4) 紧固件松脱。
- (5) 机件损坏、断裂变形、碰擦。
- (6) 机件工作温度过高或由此而引起熔化卡滞。
- (7) 润滑不良。
- (8) 回转件平衡遭破坏。
- (9) 使用材料、油料和配件的材质、型号、规格、品质不符合要求。

#### 二、发动机异响的特性

发动机异响常与发动机的转速、温度、负荷、缸位、工作循环等有关。

### 1. 异响与发动机转速的关系

大多数异响的出现与发动机转速有关，诊断时为了便于判断，应将转速稳定于异响最明显状态。通常有 3 种类型 如表 2-1 所示。

与发动机转速有关的异响

表2-1

异响与发动机转速的关系	产生原因
异响在发动机急加速时出现;维持高速运转时声响仍存在	1. 连杆轴承松旷、轴承烧熔、尺寸不符而松动 2. 曲轴轴承松旷、轴承烧熔 3. 活塞销折断
维持某转速时,声响紊乱;急加速时,相继发出短暂声响	1. 凸轮轴正时齿轮破裂,其固定螺栓松动 2. 活塞销衬套松旷 3. 凸轮轴轴向间隙过大或其衬套松旷
异响只在怠速或低速时存在	1. 活塞与气缸壁间隙过大 2. 活塞销装配过紧或连杆轴承装配过紧 3. 挺柱与其导孔间隙过大 4. 凸轮磨损 5. 起动爪松动影响皮带轮响

### 2. 异响与负荷的关系

曲柄连杆机构的异响基本上与负荷有关，诊断时可采取逐缸解除负荷的方法进行试验。通过单缸或双缸断火法解除一缸或二缸的负荷，以鉴别异响与负荷的关系，如表 2-2 所示。

异响与发动机负荷的关系

表 2-2

异响与缸位的关系	产生原因
某缸断火,异响消失或减轻称为上缸,表明该缸有故障	1. 活塞敲缸 2. 连杆轴承松旷 3. 活塞环漏气 4. 活塞销折断
某缸断火,声响加重或原来无响,反而出现声响,称为反上缸,表明异响是机械间隙过大所致	1. 活塞销铜套松旷 2. 活塞裙部锥度过大,活塞间隙过小 3. 活塞销窜出 4. 连杆轴承盖固定螺栓过松或轴承合金烧熔 5. 飞轮固定螺栓过松

### 3. 异响与温度的关系

发动机的某些异响与发动机的工作温度有关，如表 2-3 所示。

### 4. 异响与发动机工作循环的关系

一般来说，属于曲柄连杆机构的异响，曲轴每旋转一圈响一次（即火花塞每跳火一次响二次）称为连响。例如 活塞敲缸响、活塞销响、连杆轴承响、活塞漏气响等 而属于配气机构的异响，曲轴每旋转两圈响一次（即火花塞每跳火一次响一次）称为间响。例如：气门间隙过大、气门弹簧过软或折断、气门座圈松脱等。

异响与温度的关系	产生原因
低温发响,温度升高后声响减轻甚至消失	1. 活塞与缸壁间隙过大 2. 连杆或曲轴因主轴承间隙过大或机油压力低而润滑不良
温度升高后有声响,温度降低后声响减轻或消失	1. 过热引起的早燃 2. 活塞反椭圆 3. 活塞椭圆度过小 4. 活塞与缸壁间隙过小 5. 活塞变形 6. 活塞环各间隙过小

### 5. 异响与发动机其他故障的关系

发动机异响除了与发动机转速、负荷、温度、工作循环有关外,往往还与其他故障有内在的联系。这些伴随出现的故障现象可作为故障诊断的重要依据,见表 2-4。除了表中的现象外,还有许多现象可以从结构、原理上可以分析出来。

异响与发动机其他故障的关系

表 2-4

异响原因	伴随故障现象
曲轴轴承径向间隙过大或轴承合金烧毁脱落	机油压力下降、机体振抖
连杆轴承过于松旷	机油压力下降
进排气门卡滞不能关闭	个别缸不工作、功率下降、机体抖动,若排气门卡滞,排气管会出现“喘气”声,怠速不稳
活塞与缸壁间隙过大,活塞环对口或抱死	机油加注口脉动冒烟,排气管冒浓蓝烟,机油消耗多,机油品质恶化,燃油消耗多而功率下降
点火正时不准	燃油消耗多、功率下降。过早,引起爆震;过迟,引起排气管放炮、化油器回火

### 三、发动机异响的振动区域

发动机异响所引起的振动区域,一般离故障所在的位置越近,振动越明显,声响越大。所以不同的汽车结构判断异响的位置就不同,不能一概而论。有的异响因为传播介质的不同而传播得更远。振动位置的确定对于判断故障零件起着重要的作用。对于顶置凸轮轴顶置气门的发动机,常见异响引起的振动可分为如下几部分,如图 2-1 所示:

气缸体与油底壳之间，可使用螺丝刀或听诊器辅助听诊曲轴轴承响、曲轴裂纹响、连杆轴承响等故障。

而气缸体与气缸盖之间，可使用螺丝刀或听诊器辅助听诊活塞击顶、气门座圈脱落响、气缸上部凸肩响等故障。

对于气缸盖与气缸盖罩壳之间，可用螺丝刀或听诊器辅助诊断凸轮轴轴承响、液压挺杆响或气门脚响等，必要时还可以拆下气缸盖罩壳观察，有些车还可起动发动机观察，以进一步确诊。

发动机前端的附件部分，可用螺丝刀或听诊器辅助诊断发电机等附件及传动带的异响。

正时皮带防护罩部位，可听诊正时皮带张紧轮轴承异响。

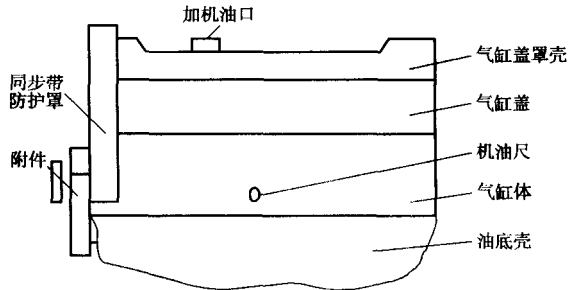


图 2-1

#### 四、发动机异响故障的诊断程序

##### 1 异响的确定

所谓异响的确定，是指从声响中找出异响；在众多混杂的发动机运转声响中，确定哪些是正常的声响，哪些是异响。异响中哪些是尚允许存在的，哪些是不允许继续存在，必须予以排除的，这是异响诊断过程中首先应当明确的。

异响的确定原则是：

(1)若声响在低速运转时显得轻微、单纯，在高速运转时虽显得轰鸣但却平稳均匀，在加速和减速时声响显得过度圆滑，则为正常声响。

(2)若声响中伴随着沉闷的“啞啞”声、清脆的“铛铛”声、短促的“嗒嗒”声、细微的“喇喇”声、尖锐强烈的“嘎嘎”声等声响，即表明发动机存在不正常的异响。至于异响是否允许存在，可依据以下情况决断：

声响仅在怠速运转时存在，转速提高后即自行消失，在整个使用过程中声响又无明显变化的，则属于危害不大的异响，允许暂时存在，待适当时机再行修理。

声响在突然加速或突然减速时出现，而且在中、高速运转期间并不消失，同时又引起机体振抖，则属于不允许继续存在的异响，应立即查明原因，予以排除。

如果声响是在运转中突然出现的且又较猛烈，则不应继续运转或试听诊断，而应立即停机拆检。一般先拆油底壳观察，后拆气缸盖。

在诊断过程中，首先要区分发动机附件的异响、空气动力的异响、电磁异响，然后确定是否是早燃、爆燃，最后再诊断发动机内部机件异响，以避免乱拆乱卸。

##### 2. 异响的确诊

所谓异响的确诊是指对异响进行特性分析，进而认定异响的部位、原因和程度。

在诊断过程中，应注意观察发动机温度的变化对异响的影响。逐渐改变发动机转速，观察异响的变化情况，将发动机稳定在异响最明显的时候，利用单缸断火法查明异响的缸位，并同时检查异响与工作循环的关系，同时还应注意机油加注口、机油压力、排气管等处伴随现象的

变化。

## 五、曲柄连杆机构异响的诊断

曲柄连杆机构产生的常见异响有曲轴轴承响、连杆轴承响、活塞敲缸响、活塞销响和活塞环响等。此类异响都严重地影响发动机的正常工作，加剧发动机的损坏，缩短使用寿命，必须认真诊断排除。

### 1. 曲轴轴承响

#### 1) 故障现象

(1) 发动机稳定运转时，一般没有异响。发动机转速突然变化时，发出沉闷连续的“啜啜”敲击声，同时伴有发动机振动的现象。

(2) 发动机负荷变化时，振动明显。

(3) 发动机转速越高，声响越大。

(4) 单缸断火时，声响无变化，而相邻两缸断火时，声响明显减弱。

#### 2) 故障原因

(1) 曲轴轴承与轴颈间隙过大。

(2) 曲轴轴向间隙过大。

(3) 曲轴轴承盖螺栓松动。

(4) 曲轴轴承与轴颈润滑不良，使轴承合金烧蚀脱落。

(5) 曲轴弯曲。

#### 3 故障诊断与排除

(1) 若在低、中速状态下抖动节气门，发动机发出明显而沉闷的连续敲击声，同时伴有发动机振抖现象，在气缸体与油底壳之间听诊，声响特别明显，则为曲轴轴承响。

(2) 如果进行单缸断火试验，声响变化不大，而相邻两缸断火时，声响明显减弱或消失，则可诊断为两缸之间的曲轴轴承响。

(3) 高速运转发动机，若机体振动较大，同时伴有机油压力显著下降，可诊断为曲轴轴承与轴颈间隙过大或轴承合金烧蚀脱落。

(4) 发动机转速不高，机体却振动较大，甚至有摆动摇晃现象，同时发出沉重、粗闷而较大的“嘣嘣”敲击声，可诊断为曲轴断裂。

(5) 声响随温度升高而增大，高速声响变得杂乱，可能是曲轴弯曲。

(6) 在发生声响时，踩下离合器踏板，异响减弱或消失；放松离合器踏板后，又产生响声，并可看到带轮有明显的轴向移动时即为轴向间隙过大。

### 2. 连杆轴承响

#### 1) 故障现象

(1) 发动机怠速运转时无明显声响，而高速时有“滴滴”敲击声，急加速时声响尤其明显。

(2) 进行断火试验，声响明显减弱或消失。

(3) 当发动机负荷增加时，声响随之增大。

(4) 连杆轴承声响较曲轴轴承声响轻缓而短促。

(5) 当发动机温度变化时，声响并无变化。

## 2 故障原因

- (1) 连杆轴承与轴颈磨损过量，径向间隙过大。
- (2) 连杆轴承盖紧固螺栓松动。
- (3) 连杆轴承合金烧蚀、脱落。
- (4) 连杆轴颈失圆。
- (5) 连杆轴承润滑不良。

### 3) 故障诊断与排除

- (1) 发动机转速由怠速向中速过渡，声响越加清晰。随着转速的增高，敲击声更为突出，在气缸体与油底壳之间听诊明显，可诊断为连杆轴承响。
- (2) 对某缸进行断火试验，声响减弱或消失，说明该缸连杆轴承响。
- (3) 不论转速和温度的高低，发动机都发出严重而无节奏的“铛铛”声响，且伴有振动，进行断火试验声响不改变，可诊断为连杆轴承合金烧蚀。

## 3. 活塞敲缸响

活塞敲缸是指工作行程开始的瞬间或当活塞上行时，活塞在气缸内摆动或窜动，其头部或裙部与缸壁、缸盖相碰撞 这种声响为活塞敲缸响。

### 1)故障现象

- (1) 低温时有敲击声，温度正常后声响减弱或消失。
- (2) 怠速时发出有节奏的“嗒嗒”敲击声 转速提高后声响消失。
- (3) 火花塞每跳火一次，响两次。
- (4) 某缸断火试验，声响减弱或消失。

### 2) 故障原因

- (1) 活塞与缸壁的间隙超过极限值。
- (2) 缸壁润滑不良。
- (3) 机油压力过低。

### 3 故障诊断与排除

- (1) 冷车运转时将发动机转速控制在声响明显处，查看机油加注口是否冒蓝烟，并用螺丝刀抵住机油加注口处一侧的缸壁，将耳朵贴在螺丝刀的木柄上，倾听是否有振动的敲击声。若有以上状况，则为活塞敲缸响。
- (2) 进行逐缸断火试验。若某缸断火后声响减弱或消失，复火时声响明显增大 1~2 声后，又恢复原来声响，当发动机温度升高后声响减弱或消失，可诊断为活塞裙部与缸壁敲击。
- (3) 将有敲击声响气缸的火花塞拆下 注入少量机油 装上火花塞 摇转曲轴数圈后 起动车再行试验。若声响消失或减弱，但不久又复出，可确诊为该缸活塞敲缸。
- (4) 发动机仅冷车时敲缸，热车后声响消失，发动机可继续使用，等待机会再修。

## 4. 活塞拉缸响

### 1) 故障现象

- (1) 怠速时发出“嗒嗒”声 高速时发出“嘎嘎”的连续金属敲击声 且机体伴有抖动现象。
- (2) 温度升高，声响加大。
- (3) 火花塞每跳火一次，响两次。

(4) 某单缸断火试验 声响加大。

## 2 故障原因

- (1) 活塞与缸壁的间隙过小。
- (2) 活塞与活塞销装配过紧而致活塞变形或反椭圆。
- (3) 连杆轴颈与曲轴轴颈不平行。
- (4) 连杆弯曲、扭曲或连杆衬套轴向偏斜。
- (5) 活塞环背隙、端隙过小。

## 3 故障诊断与排除

(1) 发动机低温时不响，但温度升高后在怠速时出现“嗒嗒”声，并伴有机体振动现象，且温度越高 声响越大 听诊位置与活塞敲缸相同 可诊断为活塞变形或活塞环过紧 导致活塞与缸壁配合间隙过小而润滑不良。

(2) 发动机低温时不响，温度升高后在中、高速时发出急剧而有节奏的“嘎嘎”声，进行断火试验时声响变化不大，可诊断为连杆装配位置不准。

(3) 进行某缸断火试验，声响反而加大，可诊断为该缸拉缸。

(4) 发动机在热起动后拉缸，且单缸断火声响加大，遇此情况应停机检修，以免使故障恶化。

## 5. 活塞销响

### 1) 故障现象

(1) 发动机怠速时发出有节奏而又清脆的“嗒嗒”声响，突然加大节气门时，声响随之加大。高速时，声响混浊不清。

(2) 进行断火试验时，声响减弱或消失。

(3) 火花塞每跳火一次，响两次。

### 2 故障原因

- (1) 活塞销与活塞销座孔松旷。
- (2) 活塞销与连杆衬套磨损过度而松旷。
- (3) 机油压力过低，润滑不良。
- (4) 活塞销严重烧蚀。
- (5) 活塞销折断。
- (6) 活塞销锁环脱落致使活塞销窜动。

### 3 故障诊断与排除

(1) 使发动机处于怠速位置，抖动节气门到中速位置，如声响能灵活地随之变化，并且每抖动一次节气门 都能听到明显、清晰、尖锐而连续的“嗒嗒”声响 可诊断为活塞销响。

(2) 将发动机转速控制在声响最明显处，然后逐缸进行断火试验。若断火后，声响减弱或消失 复火时发出“嗒嗒”的敲击声 且气缸上、中部比下部声响大 可诊断为活塞销响。

(3) 若声响较严重，且发动机转速越高，声响越大，而在声响最大的转速下进行断火试验，声响变得更加杂乱，可诊断为活塞销与衬套配合松旷。

(4) 当发动机怠速运转时 出现有节奏而较沉重的“吭吭”撞击声 转速提高后 声响不消失 同时伴有机体抖动现象 断火试验时 声响反而增大 可诊断为活塞销自由窜动。