

Q I C H E G U Z H A N G Z H E N D U A N J I S H U

- 汽车运用与维修专业（方向）教学改革创新型精品教材
- 汽车类高素质技术技能人才理实一体化系列教材

汽车故障诊断技术

汽车故障 诊断技术

李小庆 叶国骏 李颖 ①②



QICHE
GUZHANG
ZHENDUAN
JISHU

李小庆 叶国骏 李颖 ①②

哈尔滨工业大学出版社



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

目 录

项目一 汽车故障诊断概述

任务一 汽车故障诊断的基础知识	1
-----------------------	---

项目二 发动机的故障诊断与排除

任务一 发动机异响的故障诊断	17
任务二 气缸密封性的检测	27
任务三 冷却系统的故障诊断	36
任务四 润滑系统的故障诊断	44
任务五 燃油系统的故障诊断	53
任务六 启动系统的故障诊断	64
任务七 点火系统的故障诊断	74

项目三 电气设备的故障诊断与排除

任务一 充电系统的故障诊断与排除	82
任务二 照明与信号系统的故障诊断与排除	90
任务三 空调系统的故障诊断与排除	100
任务四 车辆网络系统的故障诊断与排除	109

项目四 底盘的故障诊断与排除

任务一 离合器的故障诊断与排除	120
任务二 变速器的故障诊断与排除	132
任务三 制动系统的故障诊断与排除	141
任务四 转向系统的故障诊断与排除	150
任务五 行驶系统的故障诊断与排除	161

参考文献

项目一 汽车故障诊断概述

任务一 汽车故障诊断的基础知识

一、任务描述

一辆轿车，行驶里程 5 万 km，车辆发生故障，请问应该如何排除故障？

二、学习目标

(一) 知识目标

- (1) 了解汽车故障的成因及变化规律，正确叙述汽车故障诊断常用的方法。
- (2) 掌握汽车故障诊断的方法，了解汽车故障诊断注意事项。
- (3) 熟悉常用检测诊断设备的分类方式、可实现的功能及各自的适用范围。
- (4) 熟悉常用检测诊断设备的基本操作步骤。

(二) 技能目标

- (1) 能进行汽车故障的成因判断。
- (2) 能够正确运用直观诊断法对汽车的某些典型故障进行初步分析诊断。
- (3) 熟悉基本常用检测诊断设备的操作步骤。

三、汽车故障诊断与检测概述

汽车故障是指汽车部分或完全丧失工作能力的现象，包括汽车不能行驶，功能不正常和个别性能指标不符合规定的技术要求。

汽车因设计缺陷、材料问题、生产工艺问题、使用方式错误、检修保养不及时等原因，在使用过程中不可避免地会发生故障。汽车故障有的是突发性的，有的是逐渐形成的。当汽车发生故障时，如果能够用经验和科学知识准确快速地诊断出故障原因，找出损坏的零部件和部位，并尽快地排除故障，可有效提高汽车的使用可靠性和使用效率。

(一) 汽车故障产生的原因

汽车由各种零件和总成组成，在使用中，随着行驶里程的增加，由于机械磨损、化学腐蚀及变形，零件的原有尺寸、几何形状、配合间隙改变，在长期载荷作用下产生疲劳变形，橡胶、塑料制品及电子产品因长时间工作而老化等都会导致故障产生。另外，汽车因设计、材料、生产工艺、使用方式、检修保养等差异，在使用过程中不可避免地要发生故障。而汽车在使用过程中，由于某种或几种原因，其技术状况将随行驶里程的增加而变化，其动力性、经济性、可靠性、安全性将逐渐或迅速地下降，排气污



染和噪声加剧，也会产生故障。汽车故障产生的原因主要如下。

1. 设计制造上的缺陷

在汽车设计和制造过程中有些缺陷会给汽车机件带来先天性缺陷，以致汽车使用不久就出现故障。如发动机与底盘不匹配，造成换挡冲击；发动机散热系统设计不合理，导致发动机经常水温过高；曲轴材料存在缺陷、制造工艺不当、热处理工艺不良，造成曲轴早期断裂或变形等。设计引起的故障无法通过维修彻底解决，只能召回和改进产品。

2. 车辆使用外部环境复杂

汽车故障的发生与其工作的外部环境有很大关系，例如：炎热地区的车辆易出现发动机冷却液温度过高的故障，而寒冷地区的车辆会出现启动困难的故障；经常在崎岖山路或丘陵地区行驶，车辆会剧烈跳动及转向，将引起底盘的冲击和磨损，减振器、球头等部件易产生故障；多雨和沿海地区的车辆，车身和底盘腐蚀得较快；在高海拔地区，车辆行驶时易产生动力不足的故障。

3. 燃油使用不当

汽车燃油使用不当，例如标号不对、品质太差、含水过多、添加剂不良等，都会造成发动机故障，如引起爆燃、导致加速不良、损坏氧传感器、损坏三元催化器等。

4. 润滑油使用不当

发动机机油黏度不对、性能较差、等级低下，会增加发动机磨损，甚至导致发动机拉缸；变速器油品质较差，将直接腐蚀内部密封圈；不同品牌的自动变速器油液混合易产生化学反应，腐蚀部件，造成变速器出现故障。

5. 驾驶操纵不当或错误

驾驶人员的素质与车辆故障的产生有很大关系，驾驶技术不熟练、不按规定操纵车辆、违章驾驶机动车、不按规定保养汽车，都会造成汽车损坏和故障发生。

6. 维护不当

定期正确地维护车辆，是保证汽车技术状况完备、减少故障产生的重要措施，不按时、不按标准、不规范地维护和修理车辆，易使车辆产生故障。

7. 维修质量低下

维修人员的素质低，维修技术差，工具设备不齐全，配件质量差，维修工艺落后，流程不规范，甚至维修管理混乱，都易导致车辆产生故障。

8. 零件失效

汽车由上万个功能不同的零件和总成组成，其中包含大量橡胶件、塑料件、金属件。如前所述，随着行驶里程的增加，由于机械磨损、化学腐蚀及变形，零件的原有尺寸、几何形状、配合间隙将发生改变，并在长期载荷作用下产生疲劳变形，橡胶、塑料制品及电子产品因长时间工作而老化等都会导致故障产生。

(二) 汽车故障分类

汽车故障按性质及状态等的不同可分为不同类型。

1. 按工作状态分类

汽车故障按工作状态可分为永久性故障和间歇性故障。

永久性故障：不经人工维修排除便一直存在，无法消除的故障。

间歇性故障：有时发生，未经维修会自动消失，但会反复出现的故障。

2. 按汽车丧失工作能力的范围分类

汽车故障按汽车丧失工作能力的范围可分为局部故障和整体故障。

局部故障：汽车部分丧失工作能力，而其他部分功能正常，即使用性能降低了的故障汽车或其子系统的工作性能随着时间的延长而逐渐变差，当达不到规定的功能时即形成故障，这种故障即为局部故障。例如，摩擦副的磨损、弹性件的硬化、油料的变质等都会使汽车全部或部分性能下降。

整体故障：汽车某一功能丧失或完全丧失而不能行驶的故障。此类故障是指汽车或其零件、部件在正常工作状态下突然停止运转，造成整个汽车功能不能实现。例如：分火头击穿、中心高压线掉线、转向节折断等。

3. 按严重程度分类

汽车故障按严重程度可分为轻微故障、一般故障、严重故障和致命故障。

轻微故障：不会导致汽车停驶或性能下降，不需要更换零件，用随车工具能轻易排除的故障。例如：点火系统高压线掉线、气门芯渗气、车轮个别螺母松动、离合器因调整原因分离不彻底等。

一般故障：汽车运行中能及时排除的故障或不能排除的局部故障。此类故障会使汽车停驶或性能下降，但一般不会导致主要零部件或总成严重损坏，并可通过更换易损件或使用随车工具在较短时间内排除。例如：汽油泵膜片损坏使发动机停止工作，进而使汽车停驶；风扇传动带断裂使发动机冷却系统停止工作，进而使汽车停驶；刮水器在雨天损坏，使汽车在雨天难以工作等。

严重故障：汽车运行中无法排除的整体故障。此类故障可能导致主要零部件、总成严重损坏，或者影响行车安全，且不能用易损备件和随车工具在较短时间内排除。例如：发动机缸筒拉缸、后桥壳产生裂纹、操纵轮摆振、曲轴断裂、制动跑偏等。

致命故障：导致汽车、总成重大损坏的故障。此类故障危及汽车行驶安全，将导致人身伤亡，引起汽车主要总成报废；对周围环境有严重破坏，会造成重大经济损失。例如：发动机报废、转向节臂断裂、制动管路破裂、操纵失灵等。

4. 按故障发展过程分类

汽车故障按故障发展过程分为突发性故障和渐变性故障。

突发性故障：也称急剧性故障，是指突然发生，在发生之前没有任何迹象的故障。突发性故障的特点是技术性能参数产生跃变，在任何时候都可发生。例如：汽车超载引起的零件突然损坏。突发性故障发生后，若不停机维修，汽车将无法恢复正常运行。

渐变性故障：此类故障使汽车或机构由正常使用状况逐渐转变为故障状况。渐变性故障出现后，一般可以继续行驶到修理阶段，其发展平稳、缓慢，汽车上的一般动配合零件都是按这种规律出现故障和发生损坏的。对于渐变性故障来说，汽车（或总成、零件）技术状况的变化是一个连续的过程，由初始状况（完好的技术状况）转变到故障状况，要经过一系列的中间过程。渐变性故障发展平稳、缓慢，是对汽车进行及时维护的结果，在全部的汽车故障中，有40%~70%属于渐变性故障。

5. 按故障产生的原因分类

汽车故障按故障产生的原因分为设计原因引起的故障和使用原因引起的故障。

设计原因引起的故障：包括结构设计欠合理、加工工艺不完善等。例如：汽车前轮结构设计不合理造成汽车制动过程中跑偏等。

使用原因引起的故障：主要是指违反行车规定，如汽车超载、使用不符合标准的燃料和润滑油，以



及没有按规定进行维护等产生的故障。例如：两前轮轮胎气压不等造成制动跑偏。使用原因引起的故障属于人为故障。

(三) 汽车故障的表象

汽车故障的表象是指汽车故障的具体表现。现代汽车结构复杂，运行条件也极其复杂，因而产生的故障也多种多样，要准确诊断故障，必须首先熟悉其表现出来的不同的内在和外表的特征，并根据这些症状来排除故障。综合起来，汽车的故障表象可以归纳如下。

1. 运行工况异常

运行工况异常是指汽车在启动和运行中出现和存在不正常的工作状况。例如：发动机突然熄火后再启动困难，甚至不能启动；发动机不易启动或启动后运转不稳定；在行驶中动力性突然降低，使汽车行驶无力；行驶中突然制动失灵或跑偏、转向盘和前轮晃动甚至失控等。运行工况异常的故障症状明显，容易察觉，但其形成原因复杂，而且往往是从渐变到突变，因此，必须认真分析突变前有无可疑症状，去伪存真，才能判明故障所在。

2. 异响

汽车在发动或行驶时，由于机件的运转、振动会发出声响，这种声响可分为正常响声和异常响声（简称异响）。正常响声是指允许存在的轻微噪声，如发动机内部的活塞环与气缸壁的摩擦声、机油的搅动声、发动机爆燃形成时的声音以及汽车运行过程中允许出现的其他声音。异常响声是指不正常的金属敲击声或其他不应有的声音，如敲缸声、哨子声、轴承声、窜气声等。这些异常响声的存在说明有故障存在，应立即排除。应当指出的是，许多导致出现异常响声的故障会酿成重大机件事故，因此必须认真对待。

3. 温度异常

温度异常通常表现在发动机、变速器总成、驱动桥总成、制动鼓及电气元件上。在正常情况下，无论汽车工作多长时间，这些总成均应保持一定的温度。除发动机外，用手触摸这些总成时，应该能够忍受其温度，若感到烫痛难忍，则表明该处过热，说明有故障。一般电器工作一段时间也会有一定温度，若触摸无温感，应该确认其是否正常工作。

4. 排放异常

发动机工作过程中，正常燃烧生成物的主要成分是二氧化碳和少量的水蒸气，因此发动机尾气应该是无明显颜色的烟雾。若发动机燃烧不正常，则尾气中会掺有未完全燃烧的碳颗粒、甲烷、一氧化碳或大量水蒸气，这时尾气的颜色可能变蓝、变黑、变白，即排放异常。排放异常是发动机故障诊断的重要依据：当气缸窜入机油时，尾气呈蓝色；当混合气燃烧不完全时，尾气呈黑色；当燃油中掺有水时，尾气呈白色。

5. 消耗异常

消耗异常是指燃油、润滑油的消耗超过其规定值。燃油消耗量增多，一般为发动机工作不良或底盘的传动系统、制动系统调整不当所致。机油的消耗量过多，原因除了渗漏外，多是发动机有故障，这时常常伴有加机油口处大量冒烟或脉动冒烟、排气烟色不正常等表现。其主要原因是活塞与气缸壁的配合间隙过大或活塞环损坏失效。如果在发动机工作过程中机油量有增无减，可能是由于冷却液或汽油渗入油底壳。燃油、润滑油的消耗异常是发动机技术状况不良的一个重要标志。

6. 气味异常

气味异常是指可嗅出的不正常气味，如：电路短路，烧着时的橡胶臭味；汽车行驶中，发生制动拖

滞、离合器打滑等故障时散发出来的离合器摩擦片、制动蹄片烧蚀产生的焦烟味；排气管排出的烟雾味、生油味；发动机过热、机油或制动液燃烧时，散发出的特殊气味等。行车中感觉气味异常时，应尽快停车检查，确定并排除故障。

7. 失控或抖动

汽车或总成在工作中出现操作失灵、操纵困难、不允许的自身抖动等，表示有故障存在。四轮定位不正确、轮胎动不平衡、曲轴不平衡、传动轴动不平衡等，都会引起车辆抖动和控制困难。

8. 渗漏

渗漏是指汽车的燃油、润滑油、冷却液、制动液（或压缩空气）以及动力转向油等油液的泄漏。渗漏故障症状明显，可直接观察发现。渗漏包括漏油、漏水、漏气、漏电等，会造成过热，转向、制动失灵，耗油量增加等故障。渗漏还会污染机件和环境，严重渗漏会造成车辆工作性能变差甚至不能工作，因此一旦发现渗漏应随即排除。

9. 外观异常

汽车发生故障时，其外观上也可能出现变化。如将汽车停放在平坦的场地上，检查其外形，若有横向或纵向歪斜等现象，则为外观异常。汽车外观异常的原因多是车架、车身、悬架装置、轮胎等出现异常，这样会引起行驶方向不稳、行驶跑偏、重心偏移、轮胎摩擦不均匀等故障。

10. 仪表指示异常

汽车上的各种仪表（电流表、机油压力表、冷却液温度表和气压表等）指示车辆有关部分的工作状况，如果仪表读数指示异常，表明相应部位有故障，应立即停车检查排除。

四、汽车故障诊断方法

汽车故障诊断是通过检查、测量、分析、判断等一系列活动完成的，其基本方法主要分为以下几种：直观诊断法/人工经验诊断法、现代仪器设备诊断法和故障征兆模拟试验方法。

（一）直观诊断法/人工经验诊断法

直观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。

1. 看

看即目测检查，其目的是了解电控发动机的电子控制系统类型、车型，在进行更为细致的测试和诊断之前，能排除一些一般性的故障原因。

看车型和电子控制系统类型，注意看故障车型是何公司、何年代生产的，采用何种电控汽油喷射类型。因为不同公司不同年代生产的汽车，电控燃油喷射系统的形式不同，所以其故障诊断方法也不同。

检查滤清器，进、排气管，真空管，油、水相关部件等容易产生泄漏故障，又易于发现问题的部位。

检查电子控制系统线束的连接状况，传感器或执行器的插接是否良好，传感器和执行器有无明显的损伤等。

2. 问

为了迅速地查找故障源，首先必须了解故障出现时的情形、条件，如何发生，以及是否已检修过等与故障有关的情况和信息。为此，必须认真听客户对故障现象的描述。最好的做法是在倾听客户的初步



意见之后，进行一次初步诊断，随后询问客户一些相关的问题来帮助确定或否定初步诊断的结论，同时认真填写接车检查单。

3. 听

听主要是听汽车工作时的声音，即有无振动，有无敲缸，有无失速，有无回火或放炮、异响等。

4. 试

试主要是维修人员根据前述检查，有针对性地试车，以便进一步确定故障部位。

(二) 现代仪器设备诊断法

现代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、相关曲线和波形，为分析、判断汽车技术状况提供定量依据的诊断方法。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，但其投资大、检测成本高。

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。

目前，常用仪器设备有万用表、故障诊断仪示波器、喷油器清洗检测仪、气缸压力表、LED（发光二极管）试灯、尾气分析仪、四轮定位仪等。

汽车电子控制系统是一个相当复杂的系统，电子控制单元（ECU）在完成各项控制功能的同时，还带有自诊断功能，即控制系统中有一套监控程序。如果被监控的电路信号超出正常的范围，ECU会以故障代码的形式将其记录并储存下来，同时采用应急容错控制技术，启动备用程序，以维持车辆的基本工作状态。

利用故障诊断仪，在进行故障诊断时可以利用 ECU 的自诊断功能进行故障代码的读取和清除、数据在线检测（即数据流分析）、执行器功能测试和基本设定。

1. 故障代码的读取与清除

故障代码的读取方法有两种：一种是人工读码，另一种是用故障诊断仪读码。故障代码的清除，可以采用人工断电方式，将电控系统主电源熔断丝或车辆蓄电池拆除 10 s 以上，即可清除 ECU 中的记忆故障代码；也可利用故障诊断仪的消码功能，根据屏幕提示操作键盘，即可将故障代码清除。

在车辆线束总成上有一个故障诊断插座，故障诊断插座上设有一个串行数据传输线，接上故障诊断仪，操作键盘，按菜单提示进入故障代码读取通道，即可将 ECU 内储存的故障代码读出并显示在显示屏上。故障诊断插座一般位于仪表台下方（转向柱左侧），如图 1-1-1 所示。



图 1-1-1 故障诊断插座位置

汽车故障诊断仪有两类：一类是专用故障诊断仪，各汽车厂家一般都开发了自己的专用故障诊断仪，如通用的 GDS、丰田的 GTS、大众的 VAS6160 等；另一类是通用故障诊断仪，这种诊断仪能够适用于较多的车型，如美国 Snap-on 公司的 Scanner（即红盒子），我国的修车王、车博士、金德 KT600、金奔腾等。

2. 数据流分析

利用故障代码进行故障诊断，虽然在一定程度上方便、快捷，但存在两方面的局限性：一是故障代码只能指明某一部分电路有故障，只是一个范围，不能具体到故障部位；二是 ECU 只能监测信号的范围，不能监测被测信号的变化特性，即只能识别出值域区和时域区超出有效范围的信号，而不能识别出没有超出有效范围但不合理的信号。所以，故障代码只是一个重要参考，不能完全依赖故障代码，在排除故障时还必须做更进一步的检测。

车辆的自诊断系统除了具有故障代码的设置功能外，一般还具有行车记录功能，能记录车辆行驶过程中传感器、执行器及相关电路的数据和资料。将故障诊断仪通过故障诊断插座与车辆 ECU 相连，选择正确通道，在故障诊断仪的显示屏上便可以显示出上述数据，分析、比较这些数据，可以为进一步的故障诊断和排除疑难故障提供更多的信息和线索。

3. 执行器功能测试

利用故障诊断仪还可以通过车辆 ECU 向执行器发出控制指令，使某些执行器产生动作，以测试其功能，如喷油器动作的测试、活性炭罐电磁阀动作的测试、换挡电磁阀动作的测试、空调压缩机离合器动作的测试等。

4. 基本设定

某些车型换元件之后需要进行参数匹配，又称基本设定。如大众车系的电子节气门体，更换后需要将节气门体与 ECU 进行匹配；如果更换了 ECU，也需要在节气门体与新 ECU 之间进行匹配，否则会出现发动机怠速抖动、行驶无力等现象，这一工作必须由故障诊断仪来完成。

随着计算机技术在汽车诊断方面的深入应用，以微机控制为核心的汽车诊断设备能自动完成对诊断对象的检测，并利用仪器自存的诊断标准和分析软件实现检测结果的自动分析，进而自动对汽车技术状况、故障部位、故障原因做出判断。目前，汽车车载自诊断系统（OBD—II）是智能诊断系统的一种，但其智能化程度还远远不够。智能诊断法是汽车故障诊断技术的发展方向。需要说明的是，以上各种诊断方法都各有其优缺点，任何一种故障诊断方法都不能被其他方法完全取代。在实际应用中，常常将不同诊断方法结合使用，令它们之间互为补充。最佳的故障诊断方法是：丰富的实践经验与先进的检测设备两者结合，灵活运用。在实际故障诊断中，先进行人工直观诊断，必要时再用相应的仪器设备进行检测，这样可使故障的诊断速度和精度大大提高。

（三）故障征兆模拟试验方法

在故障诊断中最困难的情形是有故障，但没有明显的故障征兆。在这种情况下，必须进行彻底的故障分析，然后模拟与车辆出现故障时相同或相似的条件和环境。无论维修人员经验如何丰富，也无论其技术如何熟练，如果不经过对故障征兆的验证就进行诊断，也可能在维修工作中忽略一些重要的东西。这里介绍几种常用的故障征兆模拟试验方法。

1. 振动法

当振动可能是引起故障的原因时，可采用振动法进行试验。基本试验方法有以下几种：①插接器。在垂直和水平方向轻轻摇动插接器。②配线。在垂直和水平方向轻轻地摆动配线。③零件和传感器。用



手指轻拍装有传感器的零件，检查其是否失灵。切记不可用力拍打继电器，否则可能使继电器开路。

2. 加热法

当有些故障只是在热车时出现时，故障可能是由有关零件或传感器受热引起的。可用电吹风或类似加热工具加热可能引起故障的零部件或传感器，并检查其是否出现故障。但必须注意，加热温度不得高于 60 °C（温度限制在不致损坏电子元器件的范围内），不可直接加热电控单元中的零件。

3. 水淋法

当故障是在雨天或高湿度的环境下产生时，可将水喷淋在车辆上，检查是否发生故障。但应注意，不可将水直接喷淋在发动机等电子控制的零件上，尤其应该防止水渗漏到电控单元内部，应喷淋在散热器前面，间接改变湿度和温度。

4. 电气全接通法

若怀疑故障是由用电负荷过大引起的，可接通车上全部电气设备（包括加热器鼓风机、前照灯、后窗除雾器等），检查其是否发生故障。

五、汽车故障分析的基本方法

汽车故障形式多样，故障原因纷繁复杂，要进行快速准确的故障诊断，前提是熟悉汽车的构造与原理，熟悉各种检测设备的使用方法，熟悉各元件的检测方法；关键是具有清晰科学的诊断思路；核心是具有较强的分析和判断能力。

汽车故障分析的基本方法包括思维导图分析法和诊断流程图分析法。

（一）思维导图分析法

思维导图分析法在汽车故障诊断中主要用于对汽车故障原因进行定性分析，其表现形式是故障树。思维导图分析法是汽车故障诊断最常用的分析方法，绘制故障树的基本方法是将系统故障形成的原因由总体至部分按树枝状逐级细化，其作用是明确故障基本原因，找出所有可能的故障点，从而不会遗漏任何基本故障点。

用思维导图分析法进行汽车故障诊断，是将汽车的故障现象作为分析目标，然后寻找直接导致这一故障发生的全部因素，再寻找造成这些因素的全部直接因素，直至追查到那些基本的、无须再深究的因素为止，其结果是反映汽车故障因果关系的树枝状图形——故障树。

故障树的表现形式多种多样，只要遵循由总体至部分按树枝状逐级细化的原则即可。一个故障的基本故障点可能有很多，死记硬背会比较困难。通过绘制故障树，将故障原因由总体至细节层层分解直至最终基本故障点，可以锻炼我们归纳总结的能力，同时有助于提高我们的记忆力。

（二）诊断流程图分析法

诊断流程图分析法是汽车故障分析中检测思路、综合分析、逻辑推理和判断方法的表达方法，其表现形式是故障诊断流程图，它是汽车故障排除的操作流程。绘制诊断流程图的作用是确定检修流程，提高诊断效率。绘制诊断流程图的基本原则是先易后难、由表及里、分层推进。诊断流程图是根据汽车故障现象特征和技术状态之间的逻辑关系，反映汽车故障诊断检测思路、综合分析、逻辑推理和判断方法，描述汽车故障诊断操作顺序和具体方法，从原始故障现象到具体故障部位和原因的顺序框图。

建议在用思维导图分析法绘制出汽车故障树的基础上，依据汽车故障诊断和维修积累的经验，根据先易后难、由表及里、分层推进的原则，列出汽车故障诊断的操作顺序，阐明具体操作方法，并用流程

图的形式表达出来，最终提高诊断效率。

六、汽车电控部分故障诊断检修程序

下面以电控发动机为例，说明汽车电控部分故障诊断检修的一般程序，其可按图 1-1-2 所示的一般程序进行。

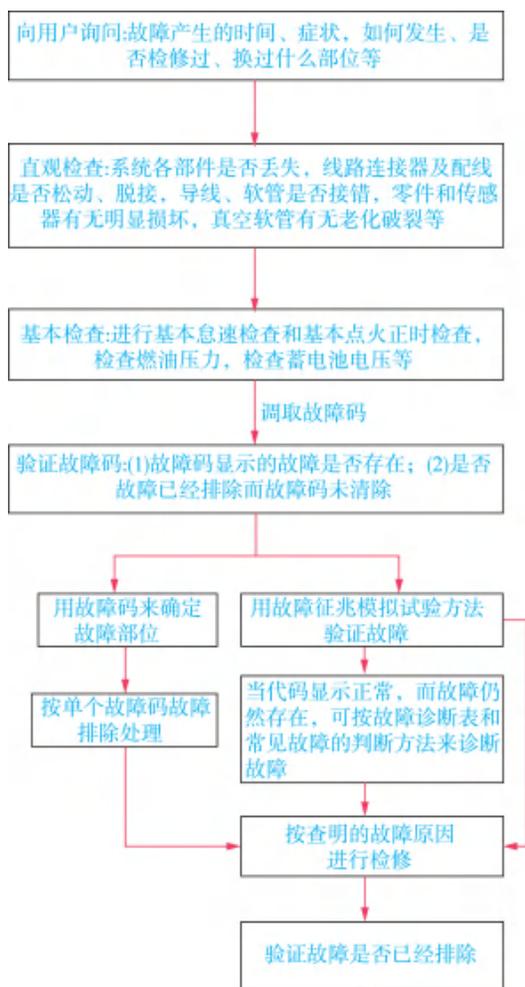


图 1-1-2 汽车电控部分故障诊断检修程序

七、汽车故障诊断与排除的一般步骤

1. 识别汽车故障

进行这一步时，应与客户交谈，以准确了解故障和其产生的条件，以及症状的严重程度，可以询问以下问题。

- (1) 故障是一直存在还是偶尔才出现？故障的出现是否有规律？故障现在是否还存在？
- (2) 故障是否发生于特定工况（如加速或爬坡）或特定温度（如冷启动或热启动）下？
- (3) 症状是什么？噪声、振动、气味、性能故障或是上述任意几项的组合？
- (4) 故障以前是否出现过，曾采取什么措施进行修理？
- (5) 汽车最近一次维修是什么时候？修理时采取了什么措施？



2. 确认故障

要注意客户描述症状的方式可能会与维修人员有些差异，维修人员最好自己驾车体验一下这些症状。另外要记住，没有症状就说明没有故障。如果没有体验到故障的症状，就不要试图去修理。无目的工作只会让维修人员浪费很多时间和精力而徒劳无获。所以，开始进行故障排除之前，应先确认故障是否存在。

3. 检查机械部分

检查有无明显的问题并先排除一些简单故障。检查连接插头、真空管、机油、冷却剂、驱动皮带。检查蓄电池电压：静止开路电压不应小于 12.2 V；发动机运转时电压不应小于 13.5 V，且应小于 14.5 V。交流电压值过高会使交流发电机的二极管损坏。

4. 检查发动机重要系统

发动机工作需具备的三个条件：燃料供给、压缩和点火。这些方面的故障通常被误认为是控制系统的问题。近期的电控系统带有自适性记忆功能，可以避免出现这种误判，使被掩藏的机械故障得以显现。试图仅靠检查电控系统来找出故障原因，只会事倍功半。应检测燃油供给、压缩压力、点火性能。

5. 系统性测试

检查控制系统要依照从整体到局部的原则。精确地检查局部之前，应先进行整体检查。对发动机控制系统进行全面测试时，应使发动机达到正常工作温度。可把发动机是否进入闭环工作状态作为一个基本测试。发动机以 2 000 r/min 以上的转速运转至少 2 min，使氧传感器参数、触媒转化器参数、水温进入工作范围，系统则应进入闭环状态。

(1) 排除故障指示灯（MIL）的故障。

带电控系统的汽车的仪表板上有一盏 MIL，开启点火钥匙而不发动发动机，灯就会亮。先开启一下钥匙检查指示灯是否良好。对大多数系统来说，若 MIL 不亮，PCM 不会进入诊断状态，解码器也无法利用。这种情况还可能阻碍系统进入闭环状态，造成驾驶性能故障。

(2) 利用解码器读故障码。

通过查看故障码，可以找出发生故障的具体回路或子系统，找到开始故障检修的地方，但还需进行进一步测试以确定故障原因。对于不产生故障码的系统，可以通过观察解码器的数据流参数来检查有无异常的状况，确定发生故障的回路。

(3) 回路或子系统检查。

所有有源回路都是一端与电源相连，一端搭铁。由于这种结构特点的存在，检修电子线路最明智的办法就是从一端检查到另一端，将目标缩小至某一具体回路，然后进行系统性测试。

6. 进行修理，更换为主

略。

7. 确认修理成功

检查完整个回路后，进行路试，以确保故障症状都已消除。

八、汽车故障诊断的设备

汽车故障的出现主要是由汽车技术状况的变化引起的，而汽车的技术状况是可以通过对状态参数的物理或化学特征的测量来反映的。因此，可用一定的诊断设备或仪器对汽车的技术状况加以诊断，从而找出导致汽车产生故障的原因，及时进行排除。

由于汽车故障诊断设备是根据汽车各个系统的结构特征和工作原理而专门设计的，因此其针对性比较强，一般只能用来测定某一系统或某一方面的故障参数。游标卡尺、千分尺、万用表等基本检测工具在此不再赘述。

（一）真空表

图 1-1-3 所示为真空表，通过使用真空表可以测试进气歧管真空度，从而可以鉴别发动机机械系统（例如进气、排气系统）的工作是否正常，也可以测量特定的靠真空伺服控制的执行系统工作是否正常，这有助于快速排除各种类型的汽车故障。

（二）燃油压力表

图 1-1-4 所示为燃油压力表。通过测试发动机燃油系统的压力，可以检查燃油供给系统包括汽油泵、滤清器、燃油压力调节器、喷油器、进油管、回油管等的工作是否正常。其也可以用来测试特定部位（如排气管）的压力是否符合要求。

（三）喷油器平衡性测试仪

图 1-1-5 所示为喷油器平衡性测试仪。在发动机运行过程中，喷油器以很高的频率在重复着打开和关闭的状态转换，这必然会造成针阀阀座的磨损，另外汽油中的重馏分也会在喷油器内外形成积炭，这些都会造成喷油器的工作性能发生变化。如果未能及时发现和排除这些故障，必然造成发动机的性能下降，例如发动机启动困难、怠速不良、动力不足等。因此，必须对喷油器进行全面的诊治，通常情况下是利用喷油器平衡性测试仪来对喷油器进行测试。需要完成的内容包括：

- （1）测量喷油器单位时间内的喷油量是否符合要求。
- （2）测量喷油器的喷射角度是否合适。
- （3）测量喷油器的密封性是否良好。
- （4）利用超声波技术对喷油器内部的积炭进行清洗。



1-1-3 真空表



1-1-4 燃油压力表



1-1-5 喷油器平衡性测试仪

（四）点火正时灯

图 1-1-6 所示为汽车检测和故障诊断过程中经常使用的点火正时灯，它可以测试在特定工况下，发动机的点火提前角是否满足技术要求。点火正时灯由高亮度发光二极管和电阻器组成，使用点火线圈次级点火电流作为触发点。其工作原理是：当发动机一缸火花塞点火时，点火正时灯上的电容式检测夹能同时检测到点火时刻信号，触发高亮度发光二极管闪烁，照射在发动机前端的正时刻度盘上，于是就可以读取到点火提前角。有些点火正时灯上带有数字显示屏，可以即时显示测试结果，对于这种类型的点火



正时灯，需要调整点火正时灯上面的提前、滞后旋钮，使点火正时灯闪烁时，点火正时灯、正时标记点、正时刻度盘的“0”刻度保持在一条直线上，此时点火正时灯上显示的数值即为点火提前角。



图 1-1-6 点火正时灯

(五) 汽车专用示波器

汽车专用示波器的作用是用电压波形曲线显示汽车电控系统或相关系统的工作过程。示波器通常由诊断模块、测试主机、存储卡、外接电源、测试线缆等部分组成，下面通过表 1-1-1 讲解各部分的功能。

表 1-1-1 示波器的组成及功能

组成	功能
诊断模块	电控系统传感器输出的电压、电阻和频率信号，须经诊断模块进行处理，使之成为测试主机能够识读的数字信号。有的示波器配备了两种诊断模块，一种是示波器诊断模块，另一种是发动机测试模块。诊断模块安装在测试主机顶部，对采集的信号进行预处理，测试线缆与它相连
测试主机	包括显示器、键盘和电路板。显示器为人机对话的界面，操作简单，测试结果、所测波形通过显示器显示。键盘为仪器的输入元件，测试元件的选择、波形的分析等功能均通过键盘来完成
存储卡	存储卡为主机提供内存、最新的软件程序。存储卡可以升级，以加强示波器的功能。存储卡安装在测试主机底部卡槽内，一般升级时才需要拔出
外接电源	示波器使用直流 12 V 电源，可接在车辆的 12 V 蓄电池上或用 AC 充电器充电
主电源开关	示波器配有主电源开关
串行接口	该接口用于连接打印机、PC 或尾气分析仪等
外部电源接口	示波器内装有可充电电池，当电池电力不足时，可使用外接电源充电
测试线缆	该线缆一端接到诊断模块接口，另一端为测试探头。示波器共有 4 根测试线缆，分别为黄、蓝、红、绿 4 种颜色，另一根为黑色搭铁线缆。测试线缆分为通用型和专用型。在进行不同项目测试时，可选用专用适配器

(六) 发动机气缸压力表

发动机气缸压力表用于检测气缸压缩压力，根据测试结果可以判断气缸衬垫及气缸体与缸盖之间的密封状况、活塞环与缸壁配合状况以及燃烧室内积炭是否过多等有关气缸的技术状况。发动机气缸压力表如图 1-1-7 所示。气缸压力表内圈的读数单位一般为 psi，外圈的读数单位一般为 kg/cm²，压强常见单

位换算公式为 $1 \text{ bar} = 1.02 \text{ kg/cm}^2 = 102 \text{ kPa} = 14.5 \text{ psi}$ 。

汽油发动机气缸压力一般为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ 。



图 1-1-7 发动机气缸压力表

实训工单 故障解码仪读取故障码/数据流

1. 车辆信息

项目	信息	项目	信息
车型		发动机型号	
VIN 码		行驶里程	

2. 实训准备及设备初步检查

序号	检查项目	结果确认	序号	检查项目	结果确认
1	汽车停放位置与举升机状况确认		6	发动机机油液位、冷却液检查	
2	放置车轮挡块		7	蓄电池电缆接头检测	
3	连接尾气尾排		8	仪器设备准备	
4	放置车外三件套		9	测量工具准备	
5	放置车内三件套		10	技术资料准备	

3. 故障现象确认

经确认，该车故障现象如下。

4. 故障诊断流程分析

经小组讨论，故障诊断流程如下。



5. 检测过程与分析

(1) 基础检测。

序号	检测项目	结果确认	序号	检测项目	结果确认
1	蓄电池电压		4	油气管路连接	
2	仪表板故障灯		5	电气元件连接	
3	燃油量		6	故障码	

(2) 进一步的检测与排除。

序号	检测项目	检测工况/方法	测量参数	结果分析
1	汽车故障码			
2	数据流：车速			
3	数据流：冷却液温度			
4	数据流：节气门开度			
5	数据流：加速踏板位置			
6	数据流：加热型氧传感器 1 电压			
7	数据流：加热型氧传感器 2 电压			
8	数据流：短期燃油修正			
9	数据流：长期燃油修正			

(3) 故障点及排除方法。

6. 设备复位

序号	检查项目	结果确认	序号	检查项目	结果确认
1	收起车轮挡块		5	仪器设备复位	
2	收起尾气尾排		6	测量工具复位	
3	收起车外三件套		7	技术资料复位	
4	收起车内三件套		8	场地清洁	

7. 评价与反馈

(1) 学习小结。

序号	项目	操作内容或要求	标准分	实际评分	备注
1	任务准备	实训准备及设备初步检查	10		
2	实施过程	故障解码仪读取故障码/数据流	30		
3	完成质量	测量数据准确、排除故障	20		
4	完成时间	90 min	10		

(续表)

序号	项目	操作内容或要求	标准分	实际评分	备注
5	安全操作	个人防护、设备安全等	20		
6	5S工作	设备复位等	10		
总分					

(2) 成绩评定。

小组评议等级: _____ 组长签名: _____

教师评议等级: _____ 教师签名: _____

课后习题

一、单选题

- () 不是汽车的故障表现。
 - 发动机异响
 - 变速器漏油
 - 仪表保养指示灯点亮
 - 尾气排放超标
- () 不是汽车故障诊断的基本方法。
 - 直观诊断法
 - 人工经验诊断法
 - 换件法
 - 现代仪器设备诊断法
- () 不属于汽车故障诊断的基本原则。
 - 问清故障缘由
 - 由简到繁
 - 多换备件
 - 逻辑分析
- 在不解体 (或仅拆卸个别小件) 条件下, 确定汽车技术状况或查明故障部位、故障原因, 进行的检测、分析和判断是 ()。
 - 汽车检测
 - 汽车诊断
 - 汽车维护
- () 是为确定汽车技术状况或工作能力进行的检查和测量。
 - 汽车检测
 - 汽车诊断
 - 汽车维护
- 可以作为汽油机燃油供给系统的诊断参数的是 ()。
 - 喷油器喷油压力
 - 车轮侧滑量
 - 车轮前束值
- 在用车发动机功率不得低于原额定功率的 (), 大修后发动机功率不得低于原额定功率的 90%。
 - 75%
 - 90%
 - 50%

二、判断题

- 具有较强的综合分析、逻辑推理和判断能力, 是实现快速、准确故障诊断的核心。()
- 直观诊断法又称人工经验诊断法, 主要是通过诊断仪对故障进行分析。()
- 需要启动发动机检查电路时, 应注意车下有无其他人工作, 预先打好招呼, 变速器置空挡, 拉紧手制动然后发动。()
- 手湿时不得扳动电力开关或电源插座。电源线路、保险丝应按规定安装, 无合适保险丝时可用铜线替代。()
- 举升机使用前应移走附近妨碍作业的器具及杂物, 并检查操作手柄是否正常。()
- 各工位应配备充足的灭火器材, 并加强维护保养使之保持良好的技术状态, 所有员工均应学会正确使用灭火器材。()

汽车故障诊断技术



7. 废油应倒入指定废油桶收集，然后倒入排水沟内，防止废油污染。()
8. 有毒、易燃、易爆物品和化学物品，粉尘、腐蚀剂、污染物、压力容器等应有安全防护措施和设施，压力容器及仪表等应严格按有关部门要求定期校验。()
9. 通过立即抛弃任何不需要的物品来提高空间的使用效率的做法是整理。()

项目二 发动机的故障诊断与排除

任务一 发动机异响的故障诊断

一、任务描述

一辆轿车，行驶里程 8 万 km，发动机异响，客户反映冷车时车辆不好启动，启动 7~8 次才行，启动后发动机发出异响。如果你是维修技师，能确定此故障是何种故障并将之排除吗？

为了排除该故障，应完成以下内容：

- (1) 熟悉发动机常见的异响现象。
- (2) 在实车上对发动机异响故障进行诊断与排除。
- (3) 完成并填写实施工单的相关项目。

二、学习目标

(一) 知识目标

- (1) 能描述发动机常见的异响。
- (2) 熟悉发动机异响的故障原因。
- (3) 能描述诊断并排除发动机异响故障的思路及方法。

(二) 技能目标

- (1) 能借助仪器确定发动机异响的位置。
- (2) 能对发动机异响故障进行诊断与排除。

三、故障原因分析

(一) 发动机异响

发动机异响的出现标志着发动机某一机构的技术状态已发生变化。其主要是由有些零件磨损过甚或装配、调整不当引起的。有些异响可预告发动机可能将发生事故性损伤，因此当发动机出现异响时，应及时修理，防止故障严重程度加深。在拆开发动机之前，先要进行检查，以初步确定故障的所在部位，然后对发动机异响特性进行分析，可以基本上诊断出异响的部位、原因和程度，避免拆检的盲目性。

(二) 发动机异响的影响因素

发动机异响与配合间隙、润滑条件、温度、负荷、转速等因素有关。

1. 配合间隙

当润滑、温度、负荷和速度等一定时，异响是随配合间隙的增大而变得明显的。如活塞与缸套的配



合间隙越大，响声越明显。

2. 润滑条件

品质好的润滑油和适宜的压力能产生较好的润滑油膜。润滑油膜越厚，机械冲击就越小，噪声也就越小，异响就不易发生。

3. 温度

金属零部件受到高温作用会引起几何形状变化，这种变形又会影响配合间隙，润滑油在高温下易变质和变稀（润滑油黏度下降），使润滑油膜厚变薄，润滑性能变差。①活塞敲缸响在低温时响声明显，温度升高后异响减弱或消失。②发动机过热引起的早燃突爆声，活塞因变形、配合间隙过小引起的敲缸异响等在低温时响声不明显，温度升高后响声明显或加重。

4. 负荷

负荷越大异响就越明显。根据异响随负荷变化的规律和特点就可判定故障的性质和位置。例如：发动机稳定在怠速下运转，就可听到清晰的活塞敲缸响；不严重的连杆轴承响需要急速抖动节气门才能听到；活塞敲缸响和连杆轴承响都有在单缸断火后响声减弱或消失的特点，利用这一特点不仅能确定故障的性质，还能找出故障的位置。

5. 转速

发动机每种异响都有其特定的振动频率，当发动机转速的频率是异响频率的整数倍时，会产生共振现象，于是异响加剧，即每种异响在其响声最明显时都对应一个转速范围。如活塞敲缸响在发动机的低速段最明显；连杆轴承响在发动机的中速段最明显；传动轴不平衡响在汽车中速以上行驶时最突出，随着车速的升高，传动轴的振动也随之加剧。

6. 工作循环

发动机异响与工作循环有很大关系，尤其是曲柄连杆机构和配气机构。一般曲柄连杆机构异响每工作循环发响2次，配气机构异响每工作循环发响1次。

异响听诊部位和振动区域：常见异响在发动机上引起振动的区域为气缸盖部位、气缸体中上侧部位、气缸体下侧部位、油底壳与曲轴箱分界面部位及正时齿轮室部位和加机油口部位（或曲轴箱通风管口部位）。

发动机出现异响时，常常伴随其他故障现象出现，如机油压力降低、排气管排烟颜色异常、功率下降、运转无力、燃油消耗过大、个别缸不工作或工作不良、振抖、运转不稳定、回火、放炮、机油变质、排气管有“突突”声、加机油口脉动冒烟等。

（三）发动机异响的诊断方法

1. 人工直观试探法

人工直观试探法主要是借助听诊器、断火试验，结合变换节气门开度等，凭耳、眼来听、察异响的变化情况。在听、察过程中，还要及时观察排气管排烟的烟色、烟量的变化和各仪表的工作情况等。

2. 仪器诊断法

发动机各类异响和振动的声级、声压、振幅等不同。只要发动机各摩擦副磨损，配合间隙增大或某一部分发生松动，就会产生异响与振动，形成特有的声级、声压和振幅并可通过仪器反映出来。

发动机异响的仪器诊断法，较常见的是示波器诊断法。利用示波器，能观测到异响波形，可实现快速诊断。其原理是利用加速度传感器（拾振器），把各种异响对应的振动信号拾取出来变为电信号，经过



选频、放大后送到示波器显示出振动波形，对异响进行频率鉴别和幅度鉴别，再辅以单缸断火（或单缸断油）、转速变化、听诊等传统手段，就能快速地判断出异响的种类、部位和严重程度。除了专用异响示波器以外，有些国产和进口发动机综合性能检测仪（均带有示波器部分）也能观测发动机异响波形。

（四）发动机异响的鉴别

发动机运行过程中伴随各种响声，有的是正常的响声，有的是异响，需要维修人员做好发动机响声鉴别，发动机常见的响声见表 2-1-1。

表 2-1-1 发动机常见的响声

位置	特点
发动机工作机械运转声	有规律的响声
曲轴主轴响	比较沉重的金属敲击“铛铛”声
连杆轴承响	比较清脆的金属敲击“铛铛”声
活塞敲缸声	清脆有节奏的金属敲击“嗒嗒”声
活塞销响	清脆有节奏的金属敲击“嗒嗒”声
气门脚响	气门室处发出的连续不断的有节奏的“嗒嗒”声
液压挺杆响	有节奏的金属敲击声
点火敲击响	清脆的“嘎嘎”的金属敲击响
其他声响	

1. 曲轴主轴承响

（1）故障现象。

发动机稳定运转时声响不明显，急加速或负荷较大时，发出较沉重、有力、有节奏的“铛铛”声，严重时机体振抖。

（2）故障原因。

- ①由主轴颈磨损失圆造成的主轴承配合间隙过大或配合不良。
- ②润滑不良。
- ③主轴承盖螺栓松动，轴承合金脱落、烧损、轴承破裂等。
- ④曲轴弯曲。

（3）故障诊断。

- ①改变发动机转速，转速增高，响声增大，中速向高速过渡时响声明显，急加速异响明显。
- ②负荷增大（如爬坡、载重），响声加大，负荷变化时响声较明显。
- ③发动机温度变化时，异响变化不明显。
- ④单缸断火时，响声不变（末道主轴承响，响声减弱），相邻两缸均断火时，响声明显减弱。
- ⑤发动机跳火 1 次，发响 2 次，即每工作循环响 2 次。
- ⑥润滑不良时，响声加重，一般有明显的油压降低现象。
- ⑦反复抖动节气门，从加机油口（或曲轴箱通风管口）处听诊，可听到明显的沉重有力的金属敲击声；或用听诊器触在油底壳或曲轴箱与曲轴轴线齐平的位置上听诊，响声最强的部位即为发出异响的主轴承。

⑧伴随现象。主轴承异响往往会伴随油压降低现象，严重时发动机振抖，尤其是在高速或大负荷时。



2. 连杆轴承响

(1) 故障现象。

发动机怠速运转时无异响或响声较小，急加速时有较重且短促的明显连续的“铛铛铛”敲击声。这是连杆轴承响的主要特征，严重时怠速也能听到明显响声。连杆轴承响比主轴承响清脆、缓和、短促。

(2) 故障原因。

- ① 连杆轴承或轴颈磨损，使配合间隙过大或配合不良。
- ② 油压过低，或机油变质，或连杆轴油道堵塞，致使润滑不良。
- ③ 连杆轴承盖螺栓松动或折断。
- ④ 连杆轴承尺寸与标准值不符，引起转动或断裂。
- ⑤ 连杆轴承减摩合金脱落或烧毁。

(3) 故障诊断。

① 改变发动机转速，怠速时声响较小，中速时较为明显，稍稍加大节气门有连续的敲击声，急加速时敲击声随之增大，高速时因其他杂音干扰而不明显。

② 负荷增大，响声增大。

③ 发动机温度变化时，响声通常不变，但有时也受润滑油温度的影响。

④ 单缸断火，响声明显减弱或消失，但复火时又能立即出现，即响声上缸。但当连杆轴承松旷过甚时，单缸断火声响无明显变化。

⑤ 点火1次，发响2次，即每工作循环响2次。

⑥ 连杆轴承响声在油底壳侧面较大。如用听诊器触在机体上听诊，响声不十分清晰，但在加机油口处或曲轴箱通风管口处直接察听，可清楚听到连杆轴承敲击声。

⑦ 伴随现象。连杆轴承响伴随油压明显降低现象，严重时机体振抖，这有别于活塞销响、活塞敲缸声。可用手将螺丝刀或听诊器抵住缸体下部或油底壳处，当触试相应的故障缸位时有明显振动感。

3. 活塞敲缸声

活塞敲缸声指活塞上下运动时在气缸内摆动或窜动，其头部或裙部与气缸壁、缸盖碰撞发出的响声，通常专指活塞与气缸壁间隙较大，活塞上下运动时撞击气缸壁发出的响声。

(1) 故障现象。

发动机怠速或低速运转时，在气缸的上部发出清晰而明显的、有节奏的“嗒嗒嗒”的连续不断的金属敲击声，严重时响声变沉重，即为“铛铛铛”声响。

(2) 故障原因。

- ① 活塞与气缸壁配合间隙过大。
- ② 活塞裙部腐蚀，或气缸磨损过大。
- ③ 油压过低，气缸壁润滑不良。

(3) 故障诊断。

① 怠速或低速时比较清晰，中速以上运转时，异响减弱或消失。

② 负荷加大，响声加大。

③ 一般冷车时响声明显，热车后响声减弱或消失，即冷敲缸；严重时冷热均敲缸，并伴有振抖。

④ 将发动机置于异响明显的转速下，进行单缸断火试验，响声明显减弱或消失。



⑤曲轴转1圈，发响1次，且有节奏性，转速提高响声加快。

⑥润滑不良响声加重。

⑦将听诊器或听诊杆触在机体上部两侧进行听诊。若响声较强并稍有振动，再结合断火试验，即可确定异响气缸。

⑧伴随现象。排气管排蓝烟、缸压降低等。以手将螺丝刀或听诊器抵紧气缸侧部触试，有明显振动感。

⑨其他敲缸特例。

4. 活塞销响

(1) 故障现象。

在怠速、低速和从怠速向低速抖动油门时，发出响亮、尖锐而有节奏的“嘎嘎嘎”金属敲击声，类似两个钢球相碰的声音，呈上下双响。略将点火时间提前，声响加剧，在同样转速下比活塞敲缸声更连续而尖锐。

(2) 故障原因。

①活塞销与销孔、连杆衬套磨损严重，配合间隙过大。

②卡环松旷、脱落。

③润滑不良等。

④活塞销断裂。

(3) 故障诊断。

①转速变化时，响声也随之周期性变化，加速时响声更大，在发动机转速稍高于怠速时比较明显，比轴承响清脆。抖动节气门，从怠速向低速加速时，响声能随转速的变化而变化，且在转速升高的瞬间，发出清脆、连续而有节奏的响声。

②温度上升，响声没有减弱，甚至更明显。有时冷车时响声小，热车时响声大。

③单缸断火时，响声减弱或消失。复火时响声会明显出现1响或连续2响。严重时，在响声较大的转速下进行断火试验时，往往响声不消失且变得杂乱。

④用螺丝刀或听诊器抵触在发动机上侧部或气缸盖上察听，同时变换转速，在气缸壁上部听诊比在下部明显。

⑤根据不同症状具体诊断：

a. 若转速越高响声越大，单缸断火时响声反而杂乱，则故障为活塞销与衬套间隙过大。

b. 怠速运转时，响声为有节奏而较沉重的响声，提高转速响声不减，同时伴有机体轻微抖动，断火试验响声加重，则说明活塞销自由窜动。

c. 若急加速时，声响尖锐而清晰，断火试验响声减弱或消失，则很可能是活塞销折断。

5. 气门脚响

(1) 故障现象。

怠速时，在气门室处发出连续不断的有节奏的“嗒嗒嗒”声，响声清脆有节奏，易区分。若有多只气门脚响，则声音杂乱，且断火试验响声无变化。

(2) 故障原因。

①气门脚润滑不良，或因磨损、调整不当造成气门间隙过大。



- ②气门间隙处两接触面不平。
- ③气门杆与气门导管配合间隙过大。
- ④摇臂轴配合松旷。

(3) 故障诊断。

- ①转速增高响声增大，节奏加快。怠速、低速时响声明显，中速以上变得模糊杂乱。
- ②负荷、温度、缸位对气门脚无影响，断火试验异响无变化。
- ③怠速下在气门室或气门罩处听诊异响非常明显，气门脚响清脆有节奏，在发动机周围就能听到较为清晰的响声。
- ④将气门室盖拆下，在怠速时用适当厚度的厚薄规插入气门间隙处，若响声消失或减弱即可确诊为该气门间隙过大。
- ⑤插入厚薄规后，气门没有间隙，若响声不变，可用螺丝刀撬动气门杆，若响声消除，说明气门杆与导管磨损过甚。

6. 液压挺杆响

(1) 故障现象。

- ①发动机怠速运转时发出有节奏的金属敲击声，中速以上响声减弱或消失。
- ②用听诊器察听，凸轮轴附近响声明显，断火试验，响声无变化。

(2) 故障原因。

- ①挺杆与导孔配合面磨损严重。
- ②挺杆液压偶件磨损。
- ③润滑油供油不足。

(3) 故障诊断与排除。

改变发动机转速并用听诊器察听响声的变化。怠速时发动机顶部响声明显，中速以上响声减弱或消失，断火试验响声无变化，即为液压挺杆响。具体部位可用听诊器根据响声变化来判断。在启动时液压挺杆有不大的响声是正常的（润滑油未充分进入液压挺杆），发动机转速达到 2 500 r/min 后继续运转 2 min，若挺杆仍有响声，应先检查调整机油压力。若机油压力正常，则应更换液压挺杆。

7. 点火敲击响

(1) 故障现象。

汽油机空转急加速或负荷较大时，发出尖锐、清脆的“嘎啦嘎啦”的金属敲击响，好像几个钢球撞击的声音，随转速升高而逐渐消失。

(2) 故障原因。

主要原因为混合气过稀、汽油质量差、辛烷值太低、点火时间过早、压缩比过高、燃烧室积炭过多、发动机过热、负荷过大等。

(3) 故障诊断。

路试是诊断点火敲击响常用的可靠方法。热车后以最高挡最低稳定车速行驶，然后将加速踏板急速踩到底，如在急加速中发出“嘎啦嘎啦”的强烈响声并长时间不消失，而当稍抬加速踏板时响声又会立即减弱或消失，再加速时又重新出现，即可确诊为点火敲击响。



课程思政引入

汽车发动机零部件的磨损是不可避免的，在更换零部件的过程中经常需要拆卸各种型号的螺栓。一个人或一个企业对于大局来说，就如汽车里的一颗螺丝钉，汽车由于有许多螺丝钉的连固，才能以坚实整体运转，每个人或企业都应永不松懈，坚守阵地，再小的螺钉，也能为集体、国家注入无限能量。

四、典型故障

一辆轿车，行驶里程 8 万 km，发动机异响，客户反映冷车时车辆不好启动，启动 7~8 次才行，启动后发动机发出异响。车辆到店检查，发动机上部声音类似气门发出“咔嗒”的声音，异响随着发动机转速的升高加大，到 1 300~1 800 r/min 时声音最为明显。检查发动机控制系统，没有故障码，正常。怀疑是气门间隙过大，将气门室盖拆下检查气门间隙（图 2-1-1），发现都在规定范围内，没有异常出现。



图 2-1-1 检查气门间隙

经过客户同意，将气缸盖拆下，发现气缸活塞顶部靠近进气侧有和气门干涉的痕迹（图 2-1-2）。拆解气缸，在拆卸气门时难以抽出，并发现气门座位置有大量胶质（图 2-1-3）。至此，故障点找到，由于气门在导管内滑动不畅，单纯依靠气门弹簧弹力无法使气门复位，活塞与气门相撞产生异响。



图 2-1-2 气缸活塞顶部靠近进气侧的和气门干涉的痕迹



图 2-1-3 气门座位置有大量胶质



经过上述故障诊断后，确定故障原因应该是燃油品质不良，燃烧后产生的胶质过多，阻碍气门的滑动。

维修方案：清洗气缸盖。将气门拆下彻底清洗气缸盖，装车后问题解决。

五、本章小结

1. 发动机的异响与配合间隙、润滑条件、温度、负荷、转速等因素有关。
2. 发动机异响的诊断方法：人工直观试探法、仪器诊断法。
3. 不同发动机异响的故障诊断步骤。

实训工单 发动机异响的故障诊断

工作任务	发动机异响的故障诊断				学时	4
姓名		学号		班级	日期	
任务载体	活塞气缸磨损导致发动机异响					
任务要求	分析故障原因，制订工作计划，实施诊断和排除，从而掌握发动机异响的故障类型、故障原因、故障诊断排除方法					

1. 车辆信息

项目	信息	项目	信息
车型		发动机型号	
VIN 码		行驶里程	

2. 实训准备及设备初步检查

序号	检查项目	结果确认	序号	检查项目	结果确认
1	汽车停放位置与举升机状况确认		6	发动机机油液位、冷却液检查	
2	放置车轮挡块		7	蓄电池电缆接头检测	
3	连接尾气尾排		8	仪器设备准备	
4	放置车外三件套		9	测量工具准备	
5	放置车内三件套		10	技术资料准备	

3. 相关知识

(1) 发动机异响的定义是什么？异响的实质是什么？



(2) 仔细看下表，对照填写连杆轴承响、活塞敲缸声、活塞销响、气门脚响对应内容。

异响	听诊部位	特性分析	故障诊断	故障原因
主 轴 承 异 响	D-D 加机油口	1. 急加速发出沉重发闷有节奏的“铛铛”声。 2. 转速增加，响声增大。急加速明显。 3. 负荷加大，响声加大。负荷变化时明显。 4. 温度升高，响声加大。 5. 单缸断火不变（末道除外）。 相邻缸断火明显减弱。 6. 跳火1次，发响2次。 7. 润滑不良加重，油压明显降低。 8. 伴随振抖现象	1. 抖动油门试验。 2. 断火试验。 3. 听诊。 4. 检查油压	1. 间隙过大。配合不良。 2. 润滑不良。 3. 瓦盖松动。 4. 轴承损坏。合金烧脱。 5. 曲轴弯曲

异响	听诊部位	特性分析	故障诊断	故障原因
连杆 轴 承 响				
活塞 敲 缸 声				
活塞 销 响				
气门 脚 响				



4. 故障现象确认

经确认，该车故障现象如下。

5. 故障诊断流程分析

经小组讨论，故障诊断流程如下。

6. 实施诊断和修复

诊断项目	性能要求	检查结果	修复方法
诊断曲轴主轴承异响			
诊断连杆轴承响			



(续表)

诊断项目	性能要求	检查结果	修复方法
诊断活塞敲缸声			
诊断活塞销响			
诊断气门脚响			
诊断液压挺杆响			
诊断点火敲击响			
其他			

7. 检查修复质量

检查发动机修复质量。

8. 设备复位

序号	检查项目	结果确认	序号	检查项目	结果确认
1	收起车轮挡块		5	仪器设备复位	
2	收起尾气尾排		6	测量工具复位	
3	收起车外三件套		7	技术资料复位	
4	收起车内三件套		8	场地清洁	

9. 评价与反馈

(1) 学习小结。

序号	项目	操作内容	标准分	实际评分	备注
1	任务准备	实训准备及设备初步检查	10		
2	实施过程	故障解码仪读取故障码/数据流	30		
3	完成质量	测量数据准确、排除故障	20		
4	完成时间	90 min	10		
5	安全操作	个人防护、设备安全等	20		
6	5S工作	设备复位等	10		
总分					

(2) 成绩评定。

小组评议等级：_____ 组长签名：_____

教师评议等级：_____ 教师签名：_____

课后习题

一、单选题

1. 活塞敲缸声在发动机的（ ）最明显。

- A. 低速段 B. 中速段 C. 高速段 D. 任意速段



2. 连杆轴承响在发动机的（ ）最明显。
 A. 低速段 B. 中速段 C. 高速段 D. 任意速段
3. 发动机异响的常用诊断方法有（ ）。
 A. 人工直观试探法 B. 仪器诊断法 C. 以上都是
4. 一般主轴承响和连杆轴承响严重时，发动机机油压力（ ）。
 A. 上升 B. 下降 C. 不变 D. 都有可能

二、判断题

1. 发动机异响的本质是噪声。（ ）
2. 发动机异响的声音越大，异响的频次就越高。（ ）
3. 活塞磨损后，活塞敲缸声只和缸位相关，和温度无关。（ ）
4. 点火敲击响就是发动机爆震异响。（ ）

三、简答题

1. 简述活塞敲缸声的故障原因。

2. 简述液压挺杆响故障诊断的步骤。

任务二 气缸密封性的检测

一、任务描述

一辆轿车，行驶里程 8 万 km，发动机加速无力，发动机故障指示灯不亮。如果主管让你先进行气缸压力检测，排除发动机本体机械故障，你能完成吗？

为了排除该故障，应完成以下内容：

- (1) 熟悉发动机气缸压力的定义等相关知识。
- (2) 在实车上对气缸压力进行测量。
- (3) 在实车上对气缸压力过低进行诊断与排除。
- (4) 完成并填写实施工单的相关项目。

二、学习目标

(一) 知识目标

- (1) 掌握气缸压力的定义。
- (2) 能描述检测气缸压力的步骤。



(3) 能描述诊断并排除气缸压力低故障的思路及方法。

(二) 技能目标

- (1) 能独立完成气缸压力的测量。
- (2) 能根据气缸压力测量结果判断其是否符合标准。
- (3) 能对气缸压力低的故障进行诊断与排除。

三、故障原因分析

(一) 气缸压力概述

气缸压力(缸压)是判断发动机气缸密封性的重要和主要依据,通过测量气缸压力,可以诊断气缸工作性能。气缸压力指发动机压缩行程终了时,气缸内的气体压力。在一定的压缩比、转速和温度下,气缸压力与机油黏度,气缸活塞组的技术状况,配气机构调整的正确性以及气门、气缸垫的密封性等有关。

气缸压力不是固定不变的,不同车型发动机在不同转速、不同工况下,发动机气缸压力也不一样。如果气缸压力不正常,会产生发动机无法启动或工作不良等故障现象。

气缸密封性与气缸体、气缸盖、气缸垫、活塞、活塞环和进气门、排气门等零件的技术状况有关。图 2-2-1 为气缸剖面图。



图 2-2-1 气缸剖面图

(二) 气缸压力过低的故障原因分析

1. 气门漏气

气门漏气引起缸压过低的故障部位和原因有:气门杆与气门座密封不严;气门弹簧或顶柱失效;气门间隙调整不当;气门积炭过多;气门杆或气门座缺损、变形。

2. 活塞漏气

活塞漏气引起缸压过低的故障部位和原因有:活塞环磨损、变形;活塞环装错;气缸筒磨损、拉伤、变形;活塞磨损,间隙大。

3. 缸盖漏气

缸盖漏气引起缸压过低的故障部位和原因有:缸盖螺栓力矩不足,缸盖松懈;缸盖变形;缸垫烧蚀;缸盖烧蚀;缸体、缸盖有裂纹。

4. 配气相位错误

配气相位错误引起缸压过低的故障部位和原因有:正时齿轮安装错误;齿轮键槽不正确;正时齿轮损坏或磨损过度;凸轮轴正时齿轮上的轮廓与轮松动;正时皮带跳齿或断裂。

(三) 诊断思路与流程

1. 气缸压力过低故障诊断思路

气缸压力过低,会导致发动机动力性、经济性下降,产生汽车行驶无力、油耗增加、启动困难等故

障。当气缸压力达到规定标准缸压的 75% 以下时, 表明气缸磨损过度, 发动机需要进行大修, 而且各缸缸压与平均缸压差不得相差 8%。

气缸压力降低的主要原因是气缸密封不严, 引起气缸泄漏, 造成气缸压力下降。

气缸压力偏低, 可以通过缸压测量方式分析确定故障原因和部位。

2. 测量气缸压力的原则

- (1) 测量气缸压力前, 必须断开点火和喷油电路。
- (2) 火花塞全部拆除。
- (3) 发动机转速必须在 300 r/min 以上。
- (4) 节气门必须全部打开。
- (5) 每缸测量不得少于 2 次, 取平均值。
- (6) 发动机运行期间禁止测量气缸压力。

3. 检测方法

- (1) 机油加注法。

当测量气缸压力过低时, 可以从火花塞孔注入少量机油, 运转一下发动机, 再次测量, 比较两者的差别, 若是两次测量得到的缸压一样过低, 故障在气门部位; 若第二次测量气缸压力比第一次高, 则故障在活塞环部位。

- (2) 启动检测法。

在启动机刚运转时, 气缸压力表的读数增大很小, 随着启动机运转时间的增长, 指针读数又慢慢增大, 但增大值不大, 最终指针不动, 压力表的读数仍很低, 以此可以判断故障为气门漏气。

在启动机刚转动时, 气缸压力表的读数很小, 但随着启动机运转时间的增长, 气缸压力由低逐渐升高, 但最终读数要比该气缸压力的标准值小, 这时故障应为活塞漏气。

- (3) 缸压比较法。

检测相邻两气缸的压力相等, 且都偏低, 故障原因为相邻两缸的气缸垫烧穿。

若各缸压力普遍偏低, 故障原因可能为配气相位、正时错误。

4. 气缸压力的检测步骤

- (1) 前期准备如图 2-2-2 所示。



图 2-2-2 前期准备

- (2) 车辆防护。

打开发动机舱盖, 放置翼子板布和前格栅布, 如图 2-2-3 所示。