

## 《汽车发动机电控系统检修》电子教材

### 任务 6.3 氧传感器的故障诊断与检修

#### 学习目标

1. 能准确讲述三元催化转换器、氧传感器的作用，并在轿车上指明部件所在位置。
2. 能准确讲述三元催化转换器、氧传感器的类型。
3. 结合原理图能准确叙述空燃比传感器的工作原理。
4. 能准确规范地完成氧传感器的诊断与检修。

#### 任务描述

一辆 2013 款 1.6 自动挡科鲁兹轿车，发动机指示灯点亮，排气管冒黑烟，对故障车进行检测，发现氧传感器故障，经维修处理后，车辆运行正常。

#### 知识储备

##### 一. 三元催化转换器

##### 1. 三元催化转换器的作用

为了达到排放法规的要求，国外 1996 年以后生产的车辆必须配置 OBD II 系统，也就必须安装三元催化转换器（TWC）。所谓“三元”，是指能同时处理一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和氮氧化合物 NO<sub>x</sub> 三种有害气体，而早期的二元式，仅能针对一氧化碳 CO 和碳氢化合物 HC 做转化。三元催化转换器安装在排气管中部，如图 4-34 所示。其功能是利用转换器中的三元催化剂，将发动机排出废气中的有害气体一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和氮氧化合物 NO<sub>x</sub> 转变为无害气体水蒸气 H<sub>2</sub>O、二氧化碳 CO<sub>2</sub> 和氮气 N<sub>2</sub>。

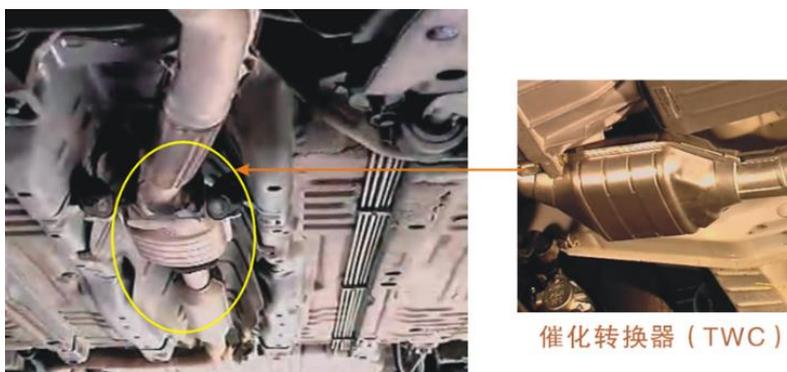


图 6-1 三元催化转换器

##### 2. 三元催化转换器的构造

根据三元催化剂载体的结构特点，三元催化转换器可分为颗粒式和整体式两种类型。颗

粒式载体将催化剂沉积在颗粒状氧化铝载体表面，主要用于美国和日本生产的汽车上，其应用趋向减少。整体式载体分为陶瓷和金属两种，将催化剂沉积在蜂巢状氧化铝载体表面，氧化铝表面有形状复杂的表层，可增大催化剂与废气的实际接触面积。

以整体式三元催化转换器为例，其主要由四部分组成：载体、屠宰载体上的催化活性层、承载载体的钢板壳体 and 钢板壳体之间的隔离层或缓冲层，如图 6-2 所示。

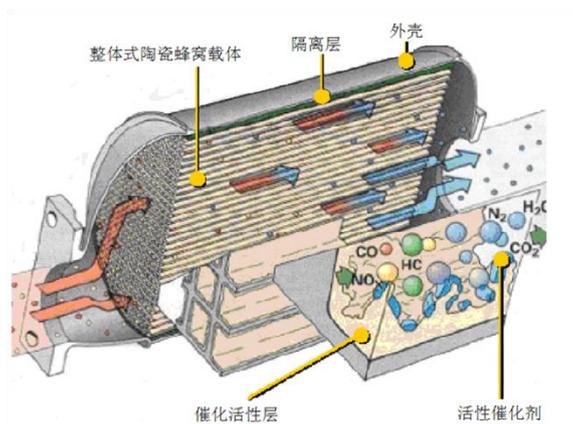


图 6-2 三元催化转换器构造图

### 3. 三元催化转换器的工作原理

三元催化的含义是指该种催化剂可同时对一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和氮氧化物 NO<sub>x</sub> 三种有害气体进行的无害化催化转换处理。

当在一定温度范围内，发动机燃烧废气流经蜂巢状陶瓷载体表面，涂层表面上的催化剂（铂、钯和铑）将会促进废气中的有害化学成分一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和氮氧化物 NO<sub>x</sub> 的化学反应。其过程分为碳氢化合物 HC 和一氧化碳 CO 的氧化反应与氮氧化物 NO<sub>x</sub> 的还原反应两种，如图 6-3 所示。

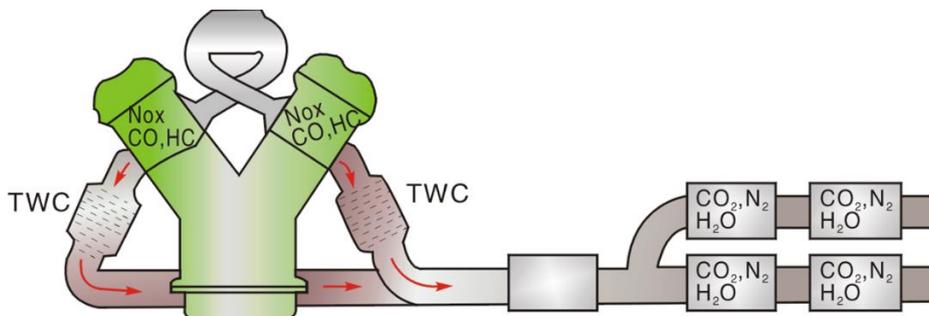


图 6-3 三元催化转换器的催化作用

一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和氮氧化合物 NO<sub>x</sub> 的转化需要在载体的温度达到 300℃ 左右时方可达到较高的转化效率。因此，三元催化转换器通常安装在靠近排气歧管的位置，以保证三元催化转换器能迅速达到正常工作温度。

#### 4. 开环和闭环控制

(1) 开环控制 在控制系统中，如果输出端与输入端之间不存在反馈回路，输出量对系统的控制作用没有影响，该系统就称为开环控制系统，如图 6-4 所示。

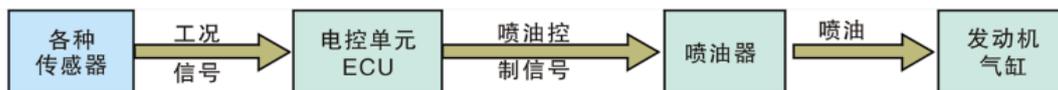


图 6-4 开环控制系统

在任何开环控制系统中，既不需要对输出量进行测量，也不需要将输出量反馈到系统输入端与输入量进行比较。对应于每一个输入量，相应的就有一种工作状态与之对应。因此，开环控制系统的精度主要取决于系统的校准精度、工作过程中保持校准值的程度以及系统组成元件性能参数的稳定程度。在系统不存在内部扰动和外界扰动、元件性能参数又比较稳定的条件下，开环控制系统是比较简单并可保证足够的控制精度的。在汽车电子控制系统中，燃油喷射式发动机发动机的起动机工况和加速工况以及汽车前照灯光束的控制就采用了开环控制方式。

(2) 闭环控制 凡是系统的输出端和输入端之间存在反馈回路，即输出量对控制作用有直接影响的系统，就称为闭环控制系统，如图 6-5 所示。

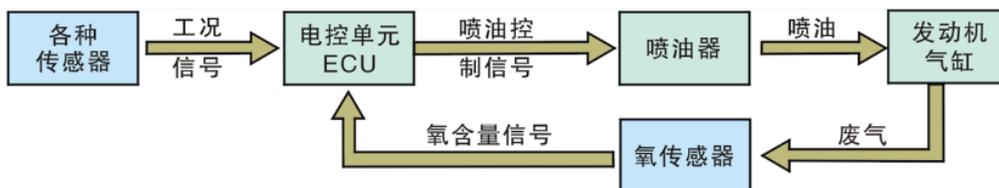


图 6-5 闭环控制系统

由于采用了反馈，对外界扰动和系统内部参数变化引起的偏差，系统就会产生调节作用来减少这一偏差。在汽车电子控制系统中，空燃比反馈控制、发动机爆燃控制、废气再循环控制等都采用了闭环控制方式。

在装有氧传感器的电控燃油喷射发动机上，电控燃油喷射系统（EFI）并不是在所有工况下都进行闭环控制。在发动机起动、怠速、暖机、加速、全负荷、减速断油等工况下，发动机不可能以理论空燃比（14.7:1）工作，仍采用开环控制方式。此外，氧传感器温度在 400℃ 以下、氧传感器或其电路发生故障时，也只能采用开环控制。电控燃油喷射系统进行

开环控制还是闭环控制，由 ECU 根据相关输入信号确定。

三元催化转换器的转换效率与发动机的空燃比也有关系。根据实验发现，当空燃比维持在理论空燃比（14.7：1）上下 0.3% 时，三元催化转换的效率几乎可以达到 90% 以上，如图 6-6 所示。因混合气浓时，碳氢化合物 HC、一氧化碳 CO 含量将增多，使转换的效率降低；但若混合气稀，氮氧化物 NO<sub>x</sub> 排量也会增加，如此亦将使转换的效率下降。

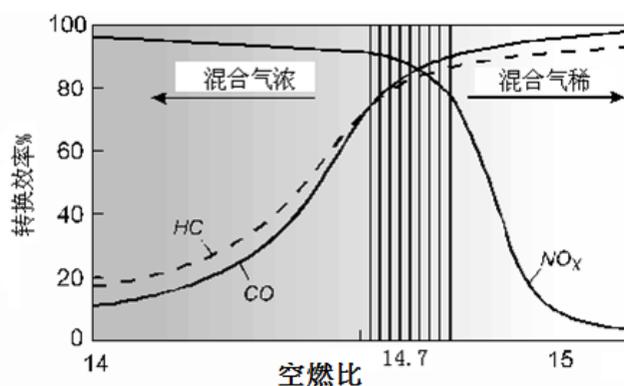


图 6-6 三元催化转换器的转换效率与混合气浓度的关系

空燃比由发动机 ECU 控制，即控制喷油量，喷油量的大小取决于氧传感器送给 ECU 有关废气之中含氧量的多少。发动机 ECU 根据氧传感器的信号调节喷油量，这就是所谓的发动机闭环控制。ECU 将发动机空燃比尽可能地控制在理想空燃比附近，此时发动机燃烧完全，工作效率最高，三元催化转换器的转换效率也最高，即发动机工作时最省油，动力性最佳，污染排放量最少。

## 二、氧传感器

为了保证三元催化转换器最佳的转换效率，使其燃烧严格保持控制在理想空燃比 14.7:1 ( $\lambda=1$ ) 附近。为此，现代汽车发动机管理系统普遍采用由氧传感器组成的空燃比反馈控制方式，即闭环控制方式。

### 1. 氧传感器的作用

氧传感器安装在发动机排气管上，如图 6-7 所示。其作用是监测排气管中氧的含量，用于确定实际空燃比比较理论空燃比是浓还是稀，并将其转变为电信号输入 ECU，ECU 根据氧传感器信号对喷油时间进行修正（增加或减少喷油量），实现空燃比反馈控制，从而将空燃比控制在理论空燃比附近（过量空气系数  $\lambda$  控制在 0.98—1.02 之间），使发动机获得最佳浓度的混合气，从而达到降低有害气体的排放量和节约燃油的目的。



图 6-7 氧传感器

## 2. 氧传感器的分类

- (1) 按氧传感器的材料和结构分 氧化锆 ( $ZrO_2$ ) 式和氧化钛 ( $TiO_2$ ) 式
- (2) 按是否具有加热装置分 加热型和非加热型
- (3) 按检测范围分 窄型氧传感器和宽型氧传感器 (空燃比传感器)

窄型氧传感器在理论空燃比的附近, 输出电压常会急剧变化, 如图 6-8 所示。一旦超过此范围, 其反应性能降低, 信号电压变化微弱。当发动机需要作稀混合或浓混合控制时, 这种传感器就无法胜任了。和窄型氧传感器相同, 宽型氧传感器 (空燃比传感器) 也探测排气中的氧浓度, 相比而言, 宽型氧传感器能检测的空燃比范围大 ( $0.7 < \lambda < 4$ ), 且空燃比探测精度高, 用宽型氧传感器参与闭环控制, 喷油脉宽修正将更加准确。

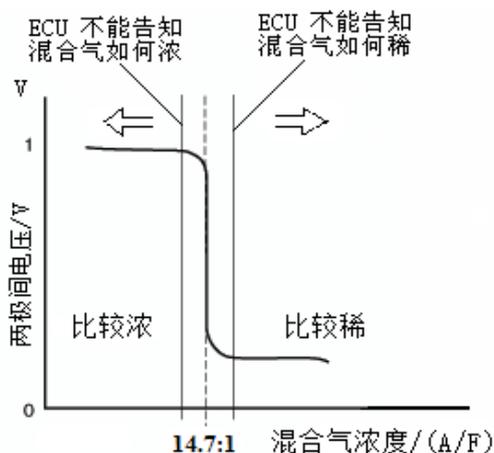


图 6-8 氧传感器电压特性

- (4) 按检测功能分 上游氧传感器和下游氧传感器, 如图 6-9 所示。

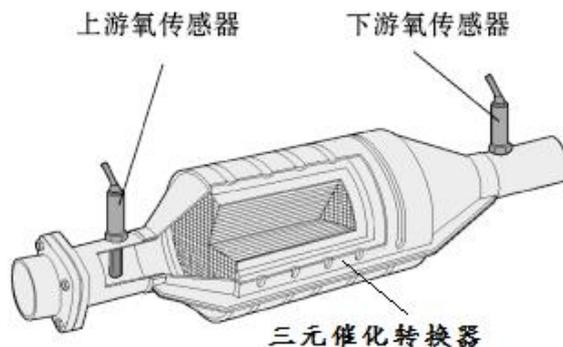


图 6-9 上游氧传感器和下游氧传感器

上游氧传感器俗称前氧传感器，安装在三元催化转换器的上游位置。用于检测发动机燃烧废气中氧的浓度，并生成电压信号反馈给 ECU，以实现空燃比的反馈控制。下游氧传感器俗称后氧传感器，安装在三元催化转换器的下游端。用于检测三元催化转换器的转换效率。

(5) 按传感器接线数分 1 线、2 线、3 线和 4 线式氧传感器

1 线、2 线—非加热型氧传感器 3 线、4 线—加热型氧传感器

### 3. 氧化锆 ( $ZrO_2$ ) 式氧传感器

(1) 氧化锆 ( $ZrO_2$ ) 式氧传感器的结构 氧化锆式氧传感器主要由钢质护管、钢质壳体、锆管、加热元件、电极引线和线束连接器等组成。如图 6-10 所示。

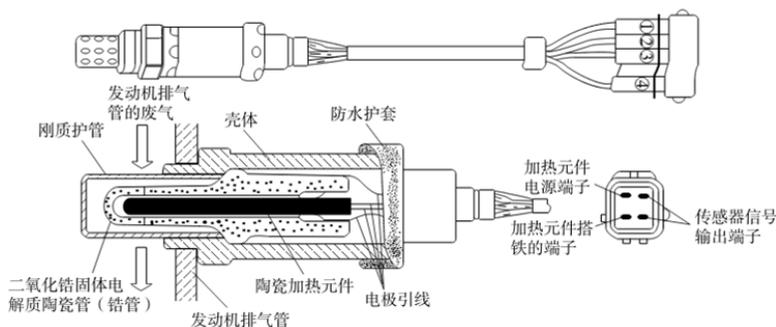


图 6-10 氧化锆式氧传感器

氧化锆式氧传感器的基本元件是专用陶瓷体，即二氧化锆固体电解质。陶瓷体制成试管式的管状，亦称锆管。锆管固定在带有安装螺丝的固定套中，其内表面与大气相通、外表面与废气相通。锆管内外表面都覆盖着一层多孔性的铂膜作为电极。氧传感器安装于排气管上，为了防止废气中的杂质腐蚀铂膜，在锆管外表的铂膜上覆盖有一层多孔的陶瓷层，并且还加装一个防护套管，套管上开有槽口。氧传感器的接线端有一个金属护套，其上开有一孔，用于锆管内表面与大气相通，电线将锆管内表面铂极经绝缘套从传感器引出。

目前，氧化锆式氧传感器主要有：单引线式、两线式、三线式和四线式四种形式。

单引线式：氧传感器只有一根信号线，以壳体作为搭铁回路。这种氧传感器依靠排气管中的废气热量才能保证正常工作温度，当发动机怠速工作达不到正常工作温度是，ECU 会以一个固定值代替氧传感器信号值。

两线式：一根为信号线，另一根为搭铁线。

三线式：使用在加热型氧传感器上，其中两根线分别为信号线和搭铁线，第三根线为来自继电器或点火开关的 12V 加热电源线。

四线式：其中两根线分别为信号线和搭铁线，另外两根线分别为加热线圈供电线和控制线。

(2) 氧化锆 ( $ZrO_2$ ) 式氧传感器的工作原理 氧化锆式氧传感器实质是一个化学电池，又称氧浓差电池。在 400℃ 以上的高温时，氧气发生电离，若氧化锆管内、外表面接触的气体中存在氧的浓度差别，则在固体电解质内部氧离子从大气一侧向排气一侧扩散，形成微电池，氧化锆管内、外表面的两个铂电极之间将会产生电压。发动机工作时，由于氧化锆管内表面接触的大气中氧浓度是固定的，而与锆管外表面接触的废气中氧浓度时随空燃比变化的，所以可将氧化锆管内、外表面两个电极间产生的电压输送给 ECU，作为判断实际空燃比的依据。当混合气过稀时 ( $\lambda > 1$ )，排出的废气中氧的含量高，锆管内外侧氧浓度差小，两电极间产生的电压（氧传感器输出电压）几乎为 0，一般为 0.1V，当混合气过浓时 ( $\lambda < 1$ )，排出的废气中的氧的含量低，锆管内外侧氧浓度差大，两电极间产生的电压接近 1V 或 0.9V，如图 4-3-8 所示。在发动机混合气闭环控制的过程中，氧传感器相当于一个浓稀开关，根据空燃比变化向 ECU 输送脉冲宽度变化的电压信号。

因为氧传感器的工作特性与温度密切相关，温度强烈地影响着氧化锆管对氧离子的导通能力。氧化锆只能在 400℃ 以上的高温时才能正常工作，低于 350℃ 时几乎没有信号。另外，输出信号电压随混合气空燃比变化的响应时间也与温度有关。为保证发动机在进气量少、排气温度低时也能正常工作，有的氧传感器内装有加热器，加热器也由发动机 ECU 控制，如图 6-11 所示。加热式的锆管内有加热元件，通电 30s 便达到工作温度。加热元件为正温度系数 (PTC) 电阻，温度较低时电阻很小，加热电流、功率大，加热很快。加热后电阻升高，功率不大。

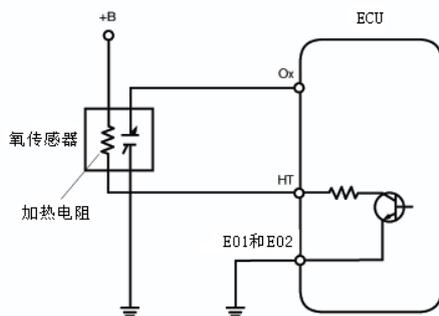


图 6-11 氧传感器控制电路

#### 4. 氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 式氧传感器

(1) 氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 式氧传感器的结构 氧化钛式氧传感器是利用二氧化钛材料的电阻值随排气中氧含量的变化而变化的特性构成的，故又称电阻型氧传感器。

氧化钛式氧传感器的外形与氧化锆式氧传感器相似，主要由二氧化钛元件、热敏电阻、加热元件、金属保护管、金属外壳和电极引线等组成，如图 6-12 所示。

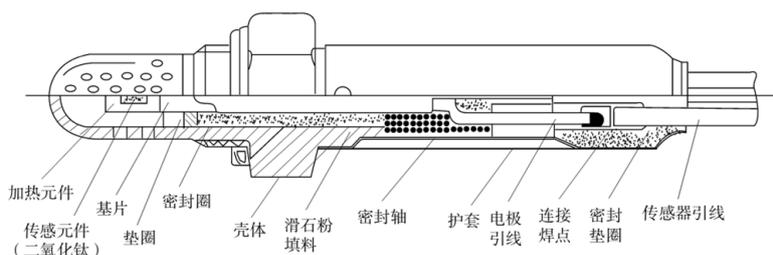


图 6-12 氧化钛式氧传感器

氧化钛式氧传感器具有二氧化钛元件，一个具有多孔性用来感测排气中氧含量的二氧化钛陶瓷，另一个则为实心二氧化钛陶瓷用来作加热调节，补偿温度的误差。该传感器外端以具有孔槽的金属管作为防护套，一方面让废气可以进出，另一方面防止里面二氧化钛元件受到外物撞击。传感器接线端以橡胶作为密封材料，防止外界气体渗入。它一般安装于排气歧管或尾管上。同时可借助排气高温将传感器加热至适当的工作温度。

(2) 氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 式氧传感器的工作原理 由于二氧化钛半导体材料的电阻具有随氧离子浓度的变化而变化的特性，因此，氧化钛式氧传感器的信号源相当于一个可变电阻。当发动机混合气稀时 ( $\lambda > 1$ )，排气中氧离子含量较多，传感器元件周围的氧离子浓度较大，二氧化钛呈现低阻状态。当发动机混合气浓时 ( $\lambda < 1$ )，由于燃烧不完全，排气中会剩余少量氧气，传感器元件周围的氧离子很少，二氧化钛呈高阻状态，电路图如图 6-13 所示。

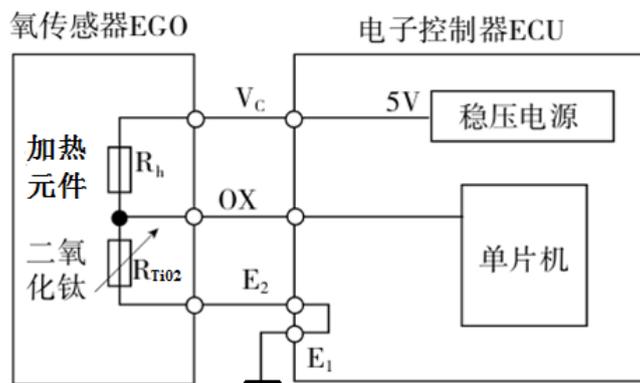


图 6-13 氧化钛式氧传感器电路图

氧化钛式氧传感器与氧化锆式氧传感器相比，具有结构简单、体积小、价格低等优点，但有电阻随温度变化大的缺点。因此，需要温度补偿回路，或安装在温度较高的排气管上并通过内装加热器来确保温度稳定性。

#### 5. 宽型氧传感器（空燃比传感器）

由于普通传感器只能定性检测到排出气体浓度的高低，而不知道浓稀的程度。因此要使空燃比保持在理论空燃比就显得非常困难，且当发动机需要作稀混合或浓混合控制时，这一类型的氧传感器就无法胜任了，而空燃比传感器不但可以检测出排出气体浓度的高低，还可以检测出实际的空燃比状况。

（1）空燃比传感器的结构 以德国 BOSCH 公司生产的空燃比传感器为例，它是 4 线平面型氧化锆氧传感器，内有两组传感元件，读取氧含量的方式与常规的氧化锆管一样。该种氧传感器选用层状陶瓷氧化锆，采用筛网—印刷技术将电极、导电陶瓷层、绝缘介质和加热器等都集成在一起，厚度仅有 1.5mm，这样的传感器体积小、质量轻、不容易污染。

（2）空燃比传感器的工作原理 如图 6-14 所示为空燃比传感器的原理示意图，废气流经过气室，只有当“气室氧浓度”是标准空燃比 14.7 时，窄型氧传感器信号才在 0.45V，这时电脑控制泵单元不泵也不排出气室内的氧气，信号电压在 1.5V 左右。

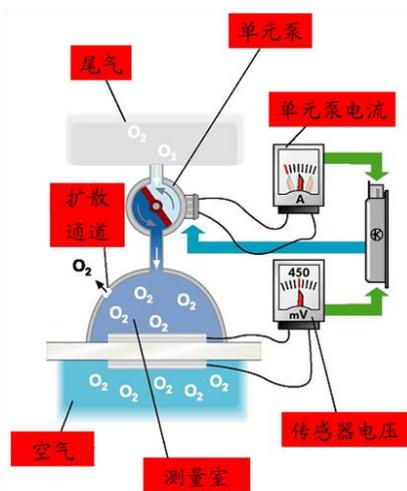


图 6-14 空燃比传感器的原理示意图

当混合气浓时，气室中的氧气浓度会变低，电压高于 0.45V 时，ECU 识别后让泵电流改变方向，这时向气室中泵入氧气，电流越大，泵入氧气越多，气室内氧气变多，浓度恢复到窄型氧传感器电压为 0.45V 时，泵电流大小即可反映废气中氧的浓度，信号电压为 1.0—1.50V。

当混合气稀时，气室中的氧气浓度会高，电压低于 0.45V 时，ECU 识别后让泵电流改变方向，电流越大，排出越多，气室中氧气变少，浓度恢复到窄型氧传感器电压为 0.45V 时，泵电流大小即可反映废气中氧的浓度，信号电压为 1.5—2.0V。

泵电流的曲线走势如图 6-15 所示，废气稀时得到正的泵电流，而废气浓时则得到负的泵电流。

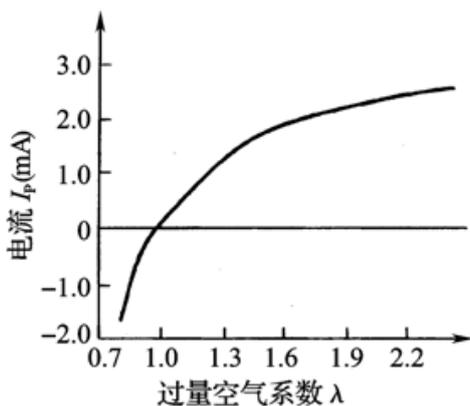


图 6-15 泵电流与过量空气系数的关系

和有些氧传感器相同，空燃比传感器上也配有加热器，在排气温度低时用来保持探测性能。但是，空燃比传感器的加热器比氧传感器的加热器需耗用大得多的电流，故其 10s 内即可进入正常工作温度范围内。

### 任务实施

### 解析 1 科鲁兹轿车氧传感器

以雪佛兰 2013 款科鲁兹发动机采用的氧传感器的检测为例，加以说明，图 6-16 为其实物图。



图 6-16 氧传感器实物图

### 解析 2 科鲁兹轿车空气流量计电路图解读

图 6-17 为氧传感器系统电路图。

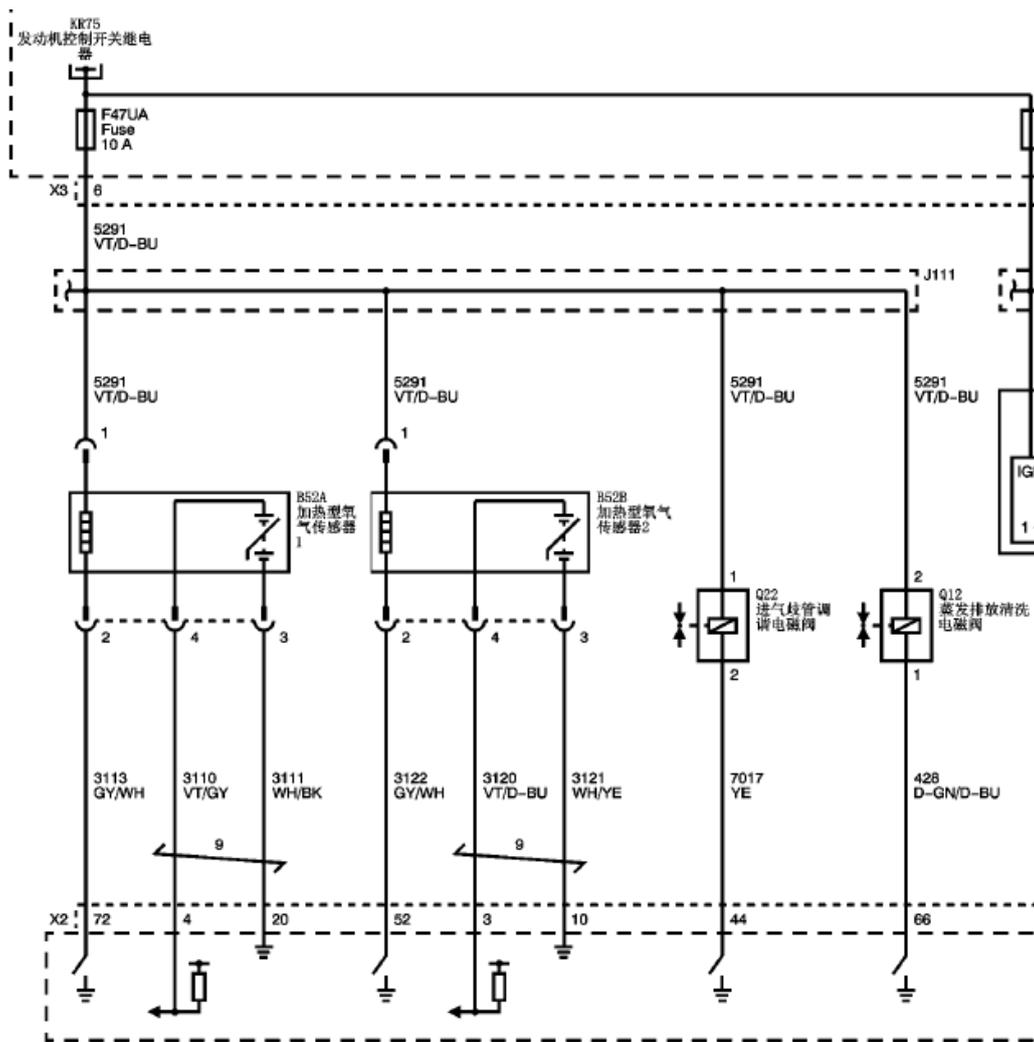


图 6-17 氧传感器系统电路图

加热型氧传感器(HO2S)用于燃油控制和后催化剂监测。每个加热型氧传感器将周围空气的氧含量与排气流中的氧含量进行比较。每个加热型氧传感器必须达到工作温度才能提供准确的电压信号。每个加热型氧传感器内部的加热元件可最大限度缩短传感器达到工作温度所需的时间。点火电压电路通过一个保险丝将电压提供给加热器。发动机运行时，加热型氧传感器加热器低电平控制电路通过发动机控制模块内部的一个低电平侧驱动器向加热器提供搭铁。发动机控制模块利用脉宽调制控制加热型氧传感器加热器的工作，以将加热型氧传感器保持在一个特定的工作温度范围内。

1 号线：点火电压电路    2 号线：低电平控制电路

3 号线：低电平参考电压电路（搭铁电路）    4 号线：信号电路

### 科鲁兹轿车氧传感器维修过程

- 1) 读取静态故障码、冻结帧和数据流。
- 2) 检查氧传感器的安装状态。
- 3) 确认故障症状。起动发动机前，确认车辆周围环境是否安全。起动发动机时，观察起动状况，确认故障症状并记录症状现象。
- 4) 动态下再次读取故障码、冻结帧和数据流。
- 5) 将点火开关置于“OFF（关闭）”位置，断开相应 B52 加热型氧传感器上的线束连接器，再将点火开关置于“ON（打开）”位置，确认点火电压电路端子 1 和搭铁之间的测试灯点亮。

如果测试灯未点亮，如图 6-18 所示（图中测试灯不亮），则电路保险丝状态良好，将点火开关置于“OFF（关闭）”位置。测试点火电路端对端的电阻是否小于 2 欧。如果为 2 欧或更大，则修理电路中的开路/电阻过大故障（断路故障）。如果小于 2 欧，如图 6-19 所示（图中数值为  $0.6\Omega$ ），则确认保险丝未熔断且保险丝处有电压。



图 6-18 点火电压电路检查



图 6-19 线路断路检查

如果测试灯未点亮，则电路保险丝熔断，将点火开关置于“OFF（关闭）”位置。测试点火电路和搭铁之间的电阻是否为无穷大。如果电阻不为无穷大，如图 6-20 所示（图中数值

为  $0.2\Omega$ ), 则修理电路上的对搭铁短路故障。如果电阻为无穷大, 则测试所有连接至点火电压电路的部件并在必要时予以更换。

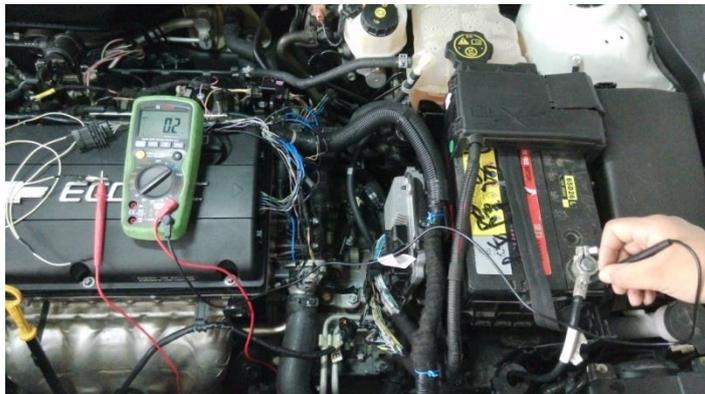


图 6-20 线路短路检查

6) 如果测试灯点亮, 在控制电路端子 2 和点火电路端子 1 之间连接一盏测试灯。当用故障诊断仪指令加热型氧传感器加热器传感器打开和关闭时, 确认测试灯点亮和熄灭, 如图 6-21 所示。



图 6-21 控制电路检查

如果测试灯始终熄灭, 将点火开关置于“OFF (关闭)”位置, 断开蓄电池负极接线柱, 断开 K20 发动机控制模块的线束连接器, 再将点火开关置于“ON (打开)”位置。测试控制电路和搭铁之间的电压是否低于 1V。如果是 1V 或更高, 则修理电路上的对电压短路故障。如果低于 1V, 将点火开关置于“OFF (关闭)”位置。测试控制电路端对端的电阻是否小于 2 欧。如果为 2 欧或更大, 如图 6-22 所示 (图中数值为无穷大), 则修理电路中的开路/电阻过大故障 (断路故障)。如果小于 2 欧, 则更换 K20 发动机控制模块。



图 6-22 线路断路检查

如果测试灯始终点亮，点火开关置于“OFF（关闭）”位置，断开 K20 发动机控制模块的线束连接器。测试控制电路和搭铁之间的电阻是否为无穷大。如果电阻不为无穷大，如图 6-23 所示（图中数值为  $0.3\ \Omega$ ），则修理电路上的对搭铁短路故障。如果电阻为无穷大，则更换 K20 发动机控制模块。

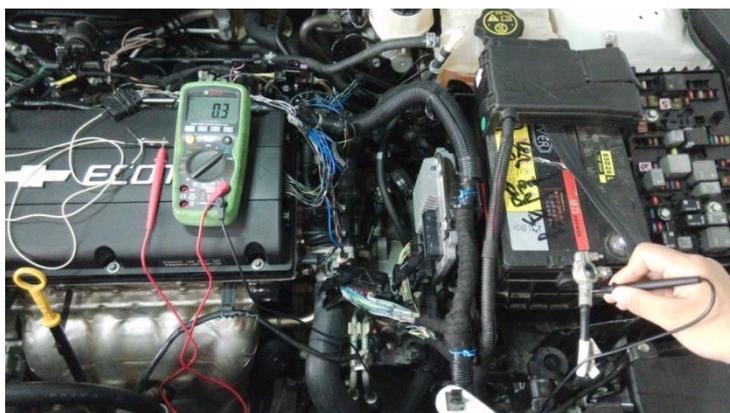


图 6-23 线路短路检查

7) 如果测试灯点亮并熄灭，测试或更换 B52 加热型氧传感器。

8) 部件测试：将点火开关置于“OFF（关闭）”位置，断开 B52 加热型氧传感器上的线束连接器。测试控制端子 2 和点火端子 1 之间的电阻是否为 8—20 欧，如果不在 8—20 欧之间，更换 B52 加热型氧传感器，如图 6-24 所示（图中数值为  $10.6\ \Omega$ ）。

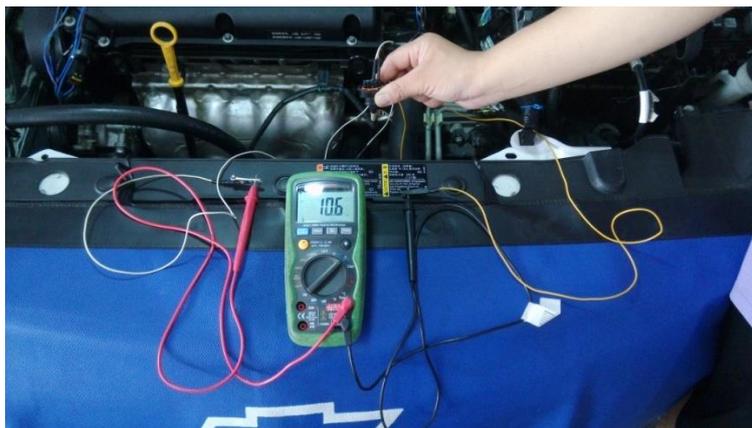


图 6-24 B52 加热型氧传感器检查

9) 将点火开关置于“OFF (关闭)”位置, 所有车辆系统关闭, 断开相应的 B52 加热型氧传感器的线束连接器。可能需要 2 分钟才能让所有车辆系统断电。测试低电平参考电压电路端子 3 和搭铁之间的电阻是否小于 5 欧, 如图 6-25 所示, (图中数值为 0.5  $\Omega$ )。

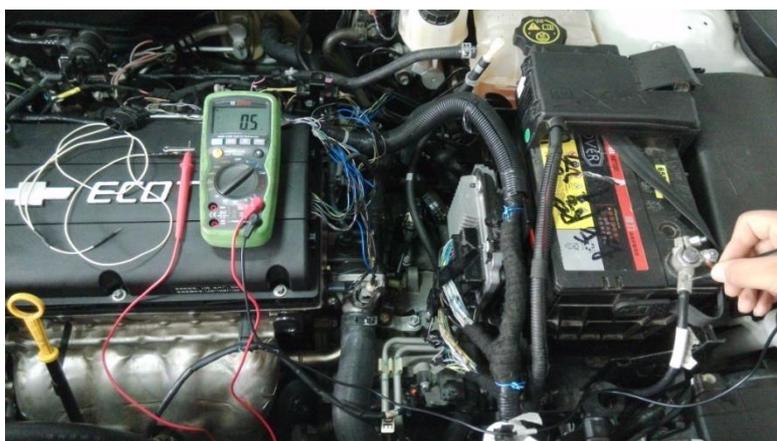


图 6-25 低电平参考电压电路检查

如果等于或高于 5 欧, 点火开关置于“OFF (关闭)”位置, 断开蓄电池负极接线柱, 断开 K20 发动机控制模块的线束连接器。测试低电平参考电压端对端的电阻是否小于 2 欧。如果为 2 欧或更大, 则修理电路中的开路/电阻过大故障 (断路故障)。如果小于 2 欧, 如图 6-26 所示 (图中数值为 0.7  $\Omega$ ), 则更换 K20 发动机控制模块。



图 6-26 线路断路检查

10) 如果小于 5 欧, 将点火开关置于“ON (打开)”位置, 测试高速信号电路端子 4 和搭铁之间的电压是否为 1.5—2.5V, 如图 6-27 所示 (图中数值为 1.78V)。

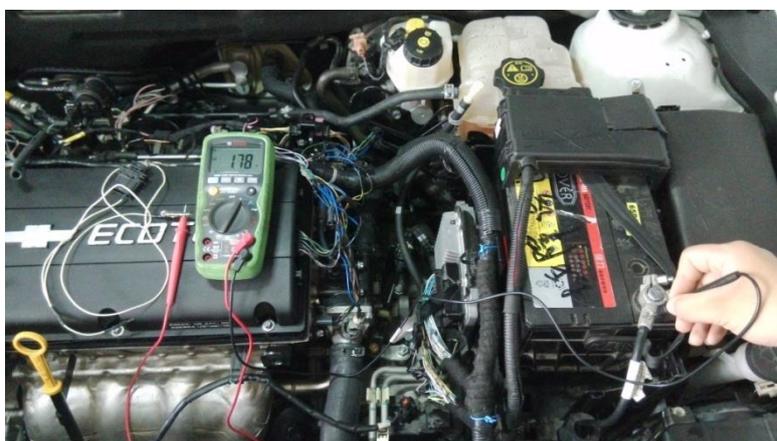


图 6-27 高速信号电路检查

如果小于 1.5V, 点火开关置于“OFF (关闭)”位置, 断开蓄电池负极接线柱, 断开 K20 发动机控制模块的线束连接器。测试信号电路和搭铁之间的电阻是否为无穷大。如果电阻不为无穷大, 则修理电路上的对搭铁短路故障。如果电阻为无穷大, 如图 6-28 所示 (图中数值为无穷大), 则更换 K20 发动机控制模块。



图 6-28 线路短路检查

如果大于 2.5V，将点火开关置于“OFF（关闭）”位置，断开蓄电池负极接线柱，断开 K20 发动机控制模块的线束连接器，再将点火开关置于“ON（打开）”位置。测试信号电路和搭铁之间的电压是否低于 1V。如果是 1V 或更高，则修理电路上的对电压短路故障。如果低于 1V，将点火开关置于“OFF（关闭）”位置，测试信号电路端对端的电阻是否小于 2 欧。如果为 2 欧或更大，则修理电路中的开路/电阻过大故障（断路故障）。如果小于 2 欧，如图 6-29 所示，则更换 K20 发动机控制模块。



图 6-29 线路断路检查

11) 如果在 1.5 - 2.5V 之间，全部正常。

12) 修复后再次检查故障码和数据流。

### 任务评价

表 4-2 任务评价表

任务名称	氧传感器的故障诊断与检修	姓名		日期	
序号	评价内容	要求	分值	自评	互评
1	讲述三元催化转换器、氧传感器的作用，并在轿车上指明部件所在位置	表达清楚准确	20		
2	讲述三元催化转换器、氧传感器的类型	表达清楚准确	20		
3	结合原理图叙述空燃比传感器的工作原理	原理图解析要清楚，思路要清晰	20		
4	操作完成氧传感器的诊断与检修	思路清晰，操作规范	20		
5	操作过程 5S	工具摆放，场地整理按 5S 要求	20		
6	总分				

教师评语	
------	--

### 课后测评

#### 一、填空题

1. 根据三元催化载体的结构特点，三元催化转换器可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种类型。

2. 以整体式三元催化转换器为例，其主要由四部分组成：\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和钢板壳体之间的隔离层或缓冲层。

3. 氧传感器的分类：按氧传感器的材料和结构分：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，按是否具有加热装置分：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，按检测范围分：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，按检测功能分：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

4. 氧化锆式氧传感器主要由\_\_\_\_\_、钢质壳体、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和线束连接器等组成。

5. 氧化钛式氧传感器的外形与氧化锆式氧传感器相似，主要由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、金属保护管、金属外壳和\_\_\_\_\_等组成。

#### 二、简答题

1. 三元催化转换器的作用？

2. 氧传感器的作用？

3. 氧化钛（ $\text{TiO}_2$ ）式氧传感器的工作原理？

