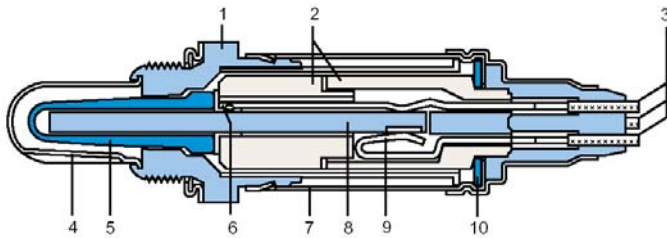


含氧感知器與波形之研究

前言：相信看過許多雜誌、書籍或是在本站上的一些文章，都有遇上這類的話題，也應該大略了解其作用。不過在本篇將更詳盡的敘述到含氧感知器的種類，及在引擎回饋控制與廢氣管理上的作用與重要性。在這裡我們也介紹到如何利用示波器來截取含氧感知器之訊號，並加以判斷其作用、控制、回饋及性能好壞。

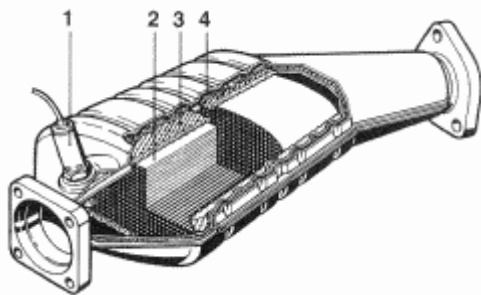
含氧感知器實圖



含氧感知器構造圖

一、含氧感知器之構造與作用

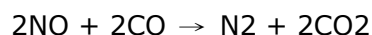
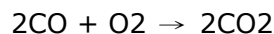
在討論含氧感知器(Oxygen Sensor 或簡稱 O2 sensor)之前，我們先來研究引擎燃燒後所產生的有害廢氣。一般汽車所排放的廢氣特別是對人體有害的，主要有三種：一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、氮氧化物(NOx)，其中 CO,HC 只要使汽油完全地燃燒即可將這兩者廢氣減至最低，然而當汽油達到完全燃燒時溫度容易升高，連帶的也就使得 NOx 劇增，在這部份可利用 EGR 來減少其發生量。但這對於廢氣的管制顯然還不夠的，要使引擎所有的轉運範圍皆達到其控制標準，因此加入了三元觸媒轉化器(Three-Way Catalyst Converter 或簡稱 TWC) 的控制。觸媒轉化器基本上就是氧化與還原的作用，如下圖所示

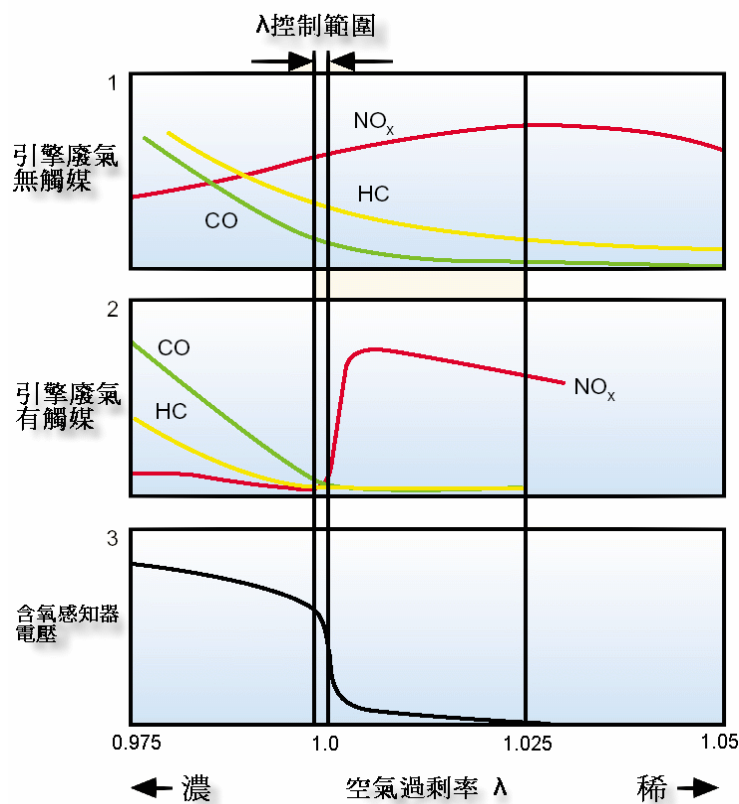


圖

1.含氧感知器 2.觸媒結構 3.金屬網 4.隔熱殼

內部有著極為細微的孔洞並含有大量的貴金屬：鉑(氧化觸媒)及銻(還原觸媒)，它能將上述三種有害的氣體藉由氧化及還原的作用，轉化成無害的氣體或是一般的廢氣，其化學作用如下：



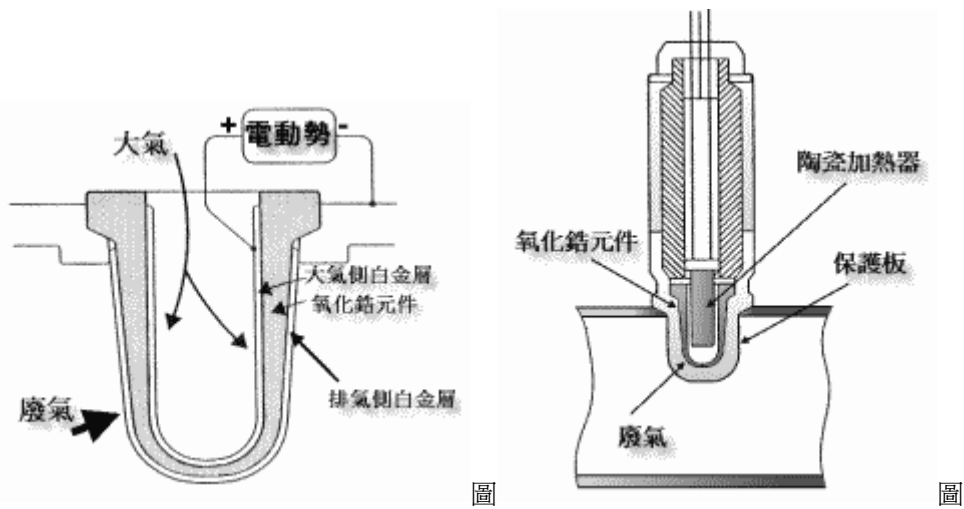


有無觸媒所造成的廢氣影響

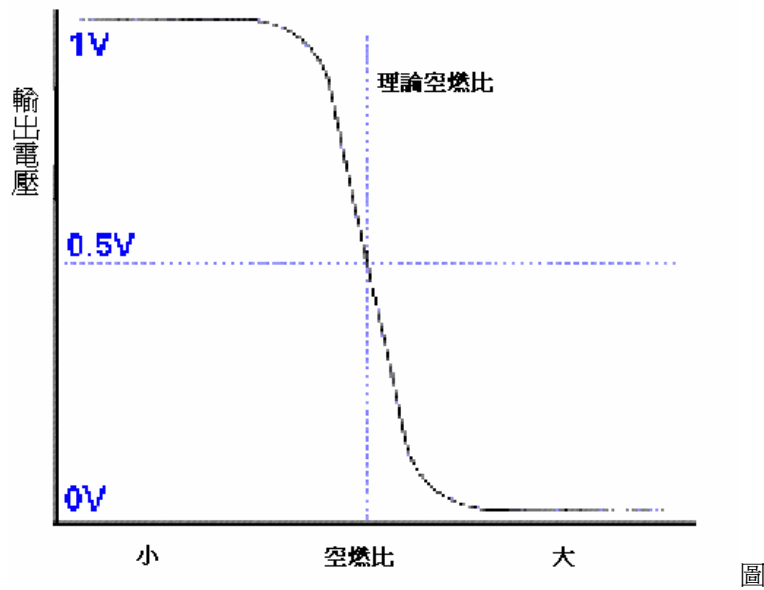
然而觸媒轉化器的使用條件相當嚴苛，除了須達到較高工作溫度外，最重要的是它的最大淨化率是發生在理論混合比附近(14.7:1)如上圖，也就是說引擎的燃燒須控制在 14.7:1 空燃混合之下，要達到此細微之標準並不容易，所以才藉由含氧感知器的作用將空燃比轉換成數據供給引擎電腦進而調整到理論範圍，稍後也將述說到引擎電腦如何利用含氧感知的訊號來作回饋的作用，使其空燃比維持在 14.7:1 附近。

二、氧化鋯型含氧感知器(ZrO₂ Oxygen Sensor)

氧化鋯(ZrO₂)為固態電解質的一種，它有一種特性就是在高溫時氧離子易於移動。此型含氧感知器將氧化鋯燒結成管狀，並與內層與外層塗上白金(Pt)，這就是氧化觸媒的作用，當氧離子移動時即會產生電動勢，而電動勢的大小是依氧化鋯兩側的白金所接觸到的氧而定，最外層則覆蓋一層保護殼。如下圖所示



內層白金面所大氣接觸，所以氧氣濃度高，外層白金與排氣接觸，氧氣濃度低。當混合比較高時，排放的廢氣所含的氧相對地減少，因此氧化鋯兩側的白金所接觸到的氧氣高低落差大，所產生的電動勢也相對高(將近 1V)；當混合比稀時，燃燒完所多餘的氧氣較多，氧化鋯兩側的白金層的氧氣落差小，因此所產生的電動勢低(將近 0V)。由上述的情形可得到下圖表



所以引擎控制電腦由此電壓訊號即可偵測到當時混合比的狀況。然而含氧感知器須在高溫才能發揮正常用作(400°C~900°C)，因此當引擎剛開始發動時，含氧感知器尚未開始作用，須等到達到其作工溫度才開始有電動勢的產生，所以之後的含氧感知器皆改良成加熱型，如前圖 4 所示，也就是利用陶瓷加熱器來使得感知器能也迅速地達到正常的作工狀態，因此目前的車型幾乎可以在引擎發動 30 秒後，含氧感知器即可供給電腦正確的訊號，有些車型甚至可以達到更低的時間。

三、氧化鈦型含氧感知器(TiO₂ Oxygen Sensor)

相對於氧化鋯型的含氧感知器是以產生電壓的訊號，氧化鈦(TiO₂)型則是利用電阻的變化來判別其中的含氧量。在某個溫度以上鈦與氧的結合微弱，在氧氣極少的情况下就必須放棄氧氣，因此缺氧而形成低電阻的氧化半導體。相反的，若氧氣較多，則形成高電阻的狀態。就像水溫度感知器一樣，有著電阻高低的變化，這時只要供給一參考電壓，即可由電壓來可知冷卻水的溫度。假設電腦供給含氧感知器 5V 的參考電壓，當混合比濃時電阻低所得到的電壓較高(將近 5V)，若混合比較稀時電阻高所得到的電壓較低(將近 0V)，因此由電阻的變化即可得知當時混合比的狀況，不過近來的車型為了使氧化鈦型含氧感知器有著與氧化鋯型相同的變化，即將參考電壓改成 1V，所以其電壓即成了 0~1V 的範圍內。另外由於高溫下電阻容易產生變化，因此氧化鈦型含氧感知器會設一溫度補償電路，以反應溫度高低所產生誤差。

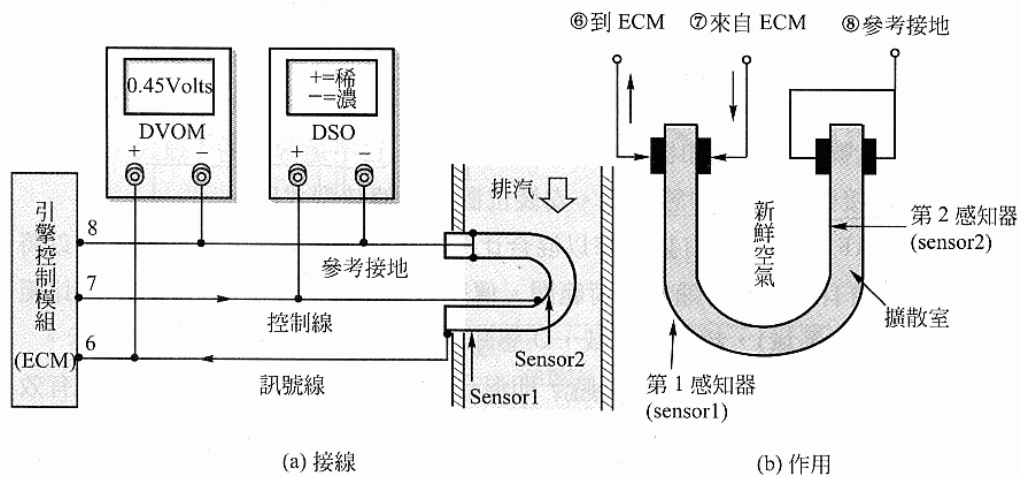
四、稀混合比感知器(Lean Air Fuel Sensor)

面前所敘述到的氧化鋯及氧化鈦型含氧感知器其工作範圍都是在 $\lambda=1$ 附近 (λ Lamda 空氣過剩比率，當 $\lambda=1$ 時為是理論混合比)，一旦超出此範圍，其反應性能便降低，如下圖 1 所示。當引擎須要作稀混合控制時、甚至超稀薄燃燒(20:1 以上)這一類型的含氧感知器便無法勝任了。



稀混合比感知器，外觀與一般的感知器差不多
不過大多為 5pin 插座，因為多了一條控制線

所以才有稀混合比感知器的產生，它的基本控制原理就是以氧化鋯型含氧感知器為基礎而加以擴充，前面有述說過：氧化鋯型含氧感知器有一特性，就是當氧離子移動時會造成電動勢的產生。若採一反向程序，將電壓施加於氧化鋯元件上，即會造成氧離子的移動，根據此一步驟即可由電腦控制我們所想要的比例值。以下我們以 HONDA LAF Sensor 控制為例作一解說：如下圖所示

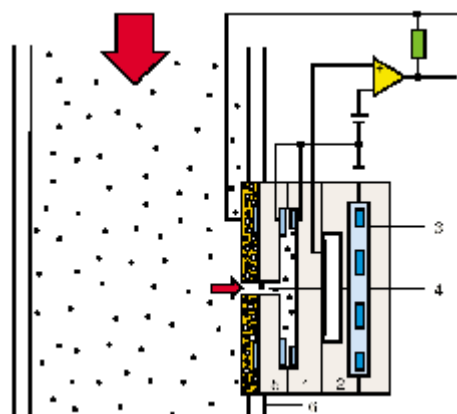


將感知器的感應元件分為兩部份，與排氣管廢氣接觸的 Sensor 1，及與大氣接觸的 Sensor 2。比較不同的是 Sensor 1，它不是比較廢氣與大氣之間的含氧量，而是比較廢氣與擴散室 (Diffusion chamber) 之間的含氧量，與氧化鋯型的感知器一樣，它會將電壓訊號傳送給電腦。但重點在於擴散室的含氧量是 ECU(引擎電腦)所製造出來的，就如上面所說到一樣，只要我們送入一電壓訊號即可改變氧離子的移動，一樣的，只要改修電壓的大小即可改變含氧量。此一目的就是要讓 Sensor 1 持續維持著 0.45V 的電壓訊號，也就是說 Sensor 1 一直在 $\lambda=1$ 附近變化。

當混合比漸漸變濃時，Sensor 1 電壓訊號持續增加，不過 ECU 並不想讓 Sensor 1 有這樣的反應，為了使它能維持 0.45V 的訊號，ECU 將 Sensor 2 上的控制線的電壓降低，使得擴散室的含氧量降低，必要時甚至送出負電壓。因此 Sensor 1 電壓訊號即會下降。同樣的，當混合比變稀時，Sensor 1 的電壓值慢慢的減低，Sensor 2 上的控制線便調升其電壓值，讓擴散室的含氧量升高，Sensor 1 的訊號值又開始回升，於是經由電腦的強制作用，使得 Sensor 1 能一直保持在 0.45 附近。引擎電腦由 Sensor 2 控制線的電壓值及 Sensor 1 的反應電壓值，經由計算即可得知當時實際的混合比為何。

四、寬域型含氧感知器(Wide-band Oxygen Sensor)

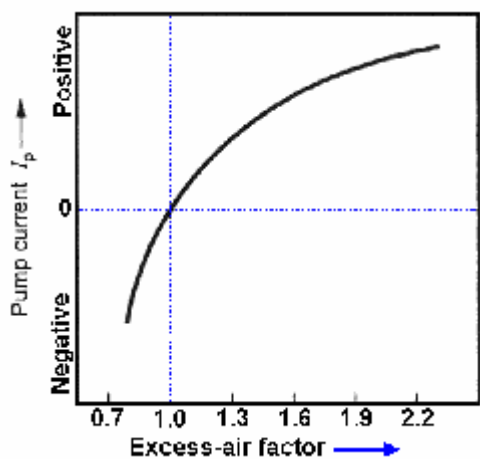
接下所介紹的是 BOSCH 的寬域型含氧感知器，其實它的作用原理與稀混合比感知器相同，都是再利用一條控制線來改變含氧的反應，其構造圖如下：



圖

- 1.感應室(Nernst cell)
- 2.參考室(Reference cell)
- 3.加熱元件(Heater)
- 4.擴散孔(Diffusion gap)
- 5.加壓室(Pump cell)
- 6.排氣管(Exhaust pipe)

它的構造大致上包括含氧感應室(Nernst cell)，這部份就是和 LAF 的 Sensor1 一樣的作用，及含氧加壓室(Pump cell)和一個加熱元件(Heater)。引擎的廢氣會經由擴散孔(Diffusion gap)，來到感應室與加壓室之間。引擎電腦會送一訊號來到加壓室以作為廢氣中含氧的參考值，藉由改變電流大小及方向來改變感應室的輸出，並且由這個加壓電流 I_p (Pump current) 可得到與空氣過剩率(λ 值)的相對圖表

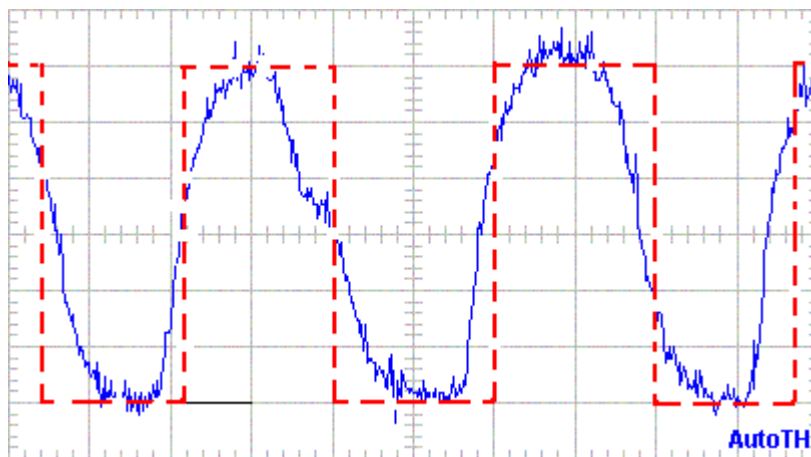


圖

當 $\lambda=1$ 時 $I_p=0$ 也就是理論混合比，當 λ 大於 1 時也就是稀混合比時， I_p 漸漸升高；當 λ 小於 1 時也就是濃混合比， I_p 轉為負值。引擎電腦藉由 I_p 控制即可得到連續的含氧感應值。

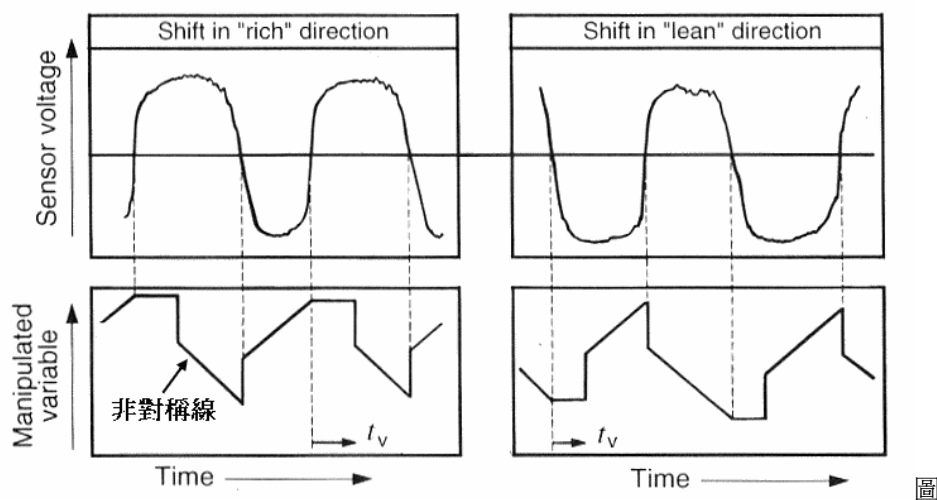
五、含氧感知器的回饋作用

一般含氧感知器在正常情況下，也就是在引擎封閉迴路控制之下(Close Loop)是呈現類似正弦波形，但這不是含氧感知器所製造出的波形，而是反應出引擎所作出的控制，電腦會根據含氧感知器之訊號不斷出修正，換句話說，引擎根據訊號作出控制再反應出訊號，因此才稱為封閉的控制迴路，但電腦如何根據含氧感知器的電壓訊號作出相對的控制呢？如下圖：圖含氧感知器在怠速下的波形(95 Ford Liata)，紅色虛線為電腦判斷的數位訊號



一般氧化鋯型含氧感知器有個特性，就是當 $\lambda=1$ 時電壓反應較為急遽，利用這個特性可作為濃與稀的分界而形成兩段式控制(Two-step Control)，當引擎電腦接收到此電壓時是屬於類比訊號，經類比數位轉換大致可得到紅色虛線的數位訊號，電腦即可判斷出混合比的濃與稀，分別以 1 與 0 來表示，當數位訊號為 1 時作出減量控制，也就是減少噴油量；當訊號為 0 時作出增量控制。

然而為了因應廢氣細微變化所產生的些微誤差現象，可以藉由選擇性控制(Selective Control)做補償，如下圖



將回饋控制線設計成非對稱的斜直線，可跟著感知器電壓的變動，在控制區內延續前一階段斜直



線的電壓值。

不過為引擎某個區域或時段的考量，仍然有些情況不在 Close Loop 控制範圍之內：

- 1.引擎起動時
- 2.起動後增量或冷卻水溫度較低時(有些性能較佳的車型仍然可作 Close Loop 控制)
- 3.加速或減速
- 4.稀薄訊號持續一段時間以上
- 5.輸出增量修正中
- 6.燃料切斷時
- 7.引擎有存在故障或處於跛腳模式(Lame mode)