# 動力系統感測器的基本考量

Sandeep Tallada
汽車系統工程師
德州儀器

# 設計優異動力系統是減少汽車排放最有效的方式。

從提升燃油引擎效率到設計電動車 (EV) 或油電混合動力車 (HEV)，電氣化使傳統動力系統大幅進化。此白皮書將透過電動車與油電混合動力車的內燃機引擎 (ICE) 和感測器電氣化，說明動力系統感測器的未來和動力系統最佳化的重要性，以有效管理電池、轉換器與馬達基本組件。

## 動力系統感測說明

如**圖 1** 所示，動力系統中高度準確的電子感測器會負責監控相關條件以提升效率。

動力系統包含數個模組，各模組彼此獨立運作，並分別具備不同感測器和反饋控制機制。車輛效率主要視動力系統感測器和傳動器的精確度、精確度和反應時間而定。

這些感測器可幫助傳輸感測資訊所需的封閉迴路運作，以進行引擎管理和變速箱控制 (如**表 1** 所述)。促進動力系統發展的主要因素為經濟效益與廢氣排放，兩者都會影響性能與行駛能力。

在引擎和變速箱系統中，感測器與反饋控制機制透過精確監控激發來提高效率，並利用燃燒程序效率提升以減少廢氣排放。

感測器和反饋控制機制透過準確監控激發來提高效率，進而促進引擎和變速箱系統效率。

為了增加電動車和油電混合動力車中的電氣化程度，工程師必須針對動力系統架構和控制裝置重新構思。

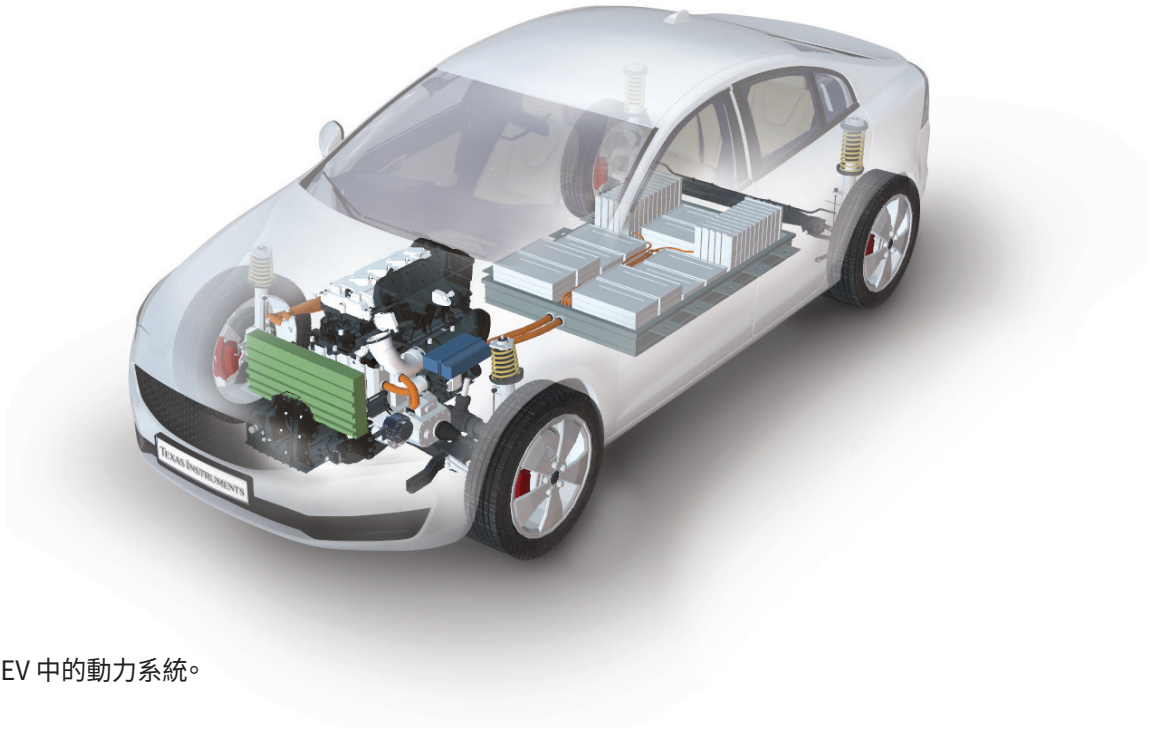


**圖 1**。HEV 中的動力系統。

| | 經濟性 | 廢氣排放 | 效能 |
|---|---|---|---|
| **設計目標** | 動力系統<br>能源運用最佳化 | | 行駛能力 |
| **汽車運作程序需仰賴感測器** | 引擎<br>燃油回饋控制、超低廢氣排放量、可變汽門正時、汽缸停用 | 傳輸/傳送<br>無縫換檔、線傳換檔、持續可變檔位 | 動力轉向車載診斷<br>引擎不點火、劣化、氧感測器效能降低 |

**表 1:**動力系統剖析:與建構單元的關係及如何實現最頂尖設計目標。

動力系統感測器在 ICE 車輛中扮演的角色也同等重要。如**圖 2** 所示,車輛電氣化最初從智慧型感測器開始。減少 ICE 車輛廢氣排放的主要方式,是運用動力系統感測器與其性能。

## 動力系統感測器概覽

動力系統感測器可依提供的測量功能進行分類,如**圖 3** 所述。

動力系統感測器通常可提供以下特性:

- 低功耗 (~10 mA)。
- 高準確性,亦代表提供精確的控制機制。
- 對激發改變具高靈敏度。
- 在汽車環境中強固耐用。
- 電磁干擾 (EMI)電磁干擾相容性。

附錄 A 依終端設備列出感測器類型與定義。

「汽車高溫感測器 (HTS) 參考設計」可提供高密度、低成本、高準確的熱電偶類比前端。

## 動力系統溫度感測器

動力系統共有三種主要溫度感測器類型:

- **熱電偶溫度.**隨著新型柴油引擎問世,對高溫感測器的需求也越來越高,因為排氣系統就在引擎正下方。這種配置需要具備高精確度、高解析度和高整合度的溫度偵測功能。可承受和偵測高溫的排氣系統溫度感測器通常運用熱電偶,並以多個 熱電偶溫度感測器和一個獨立模組來進行控制。

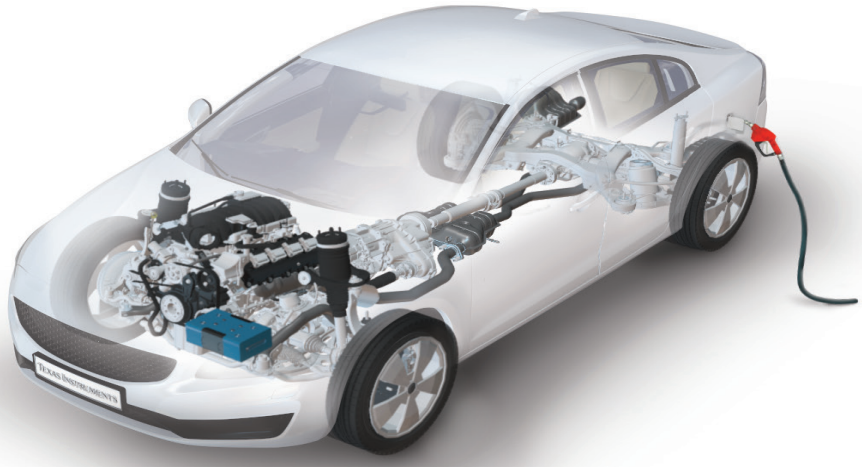

**圖 2**。傳統內燃機引擎。

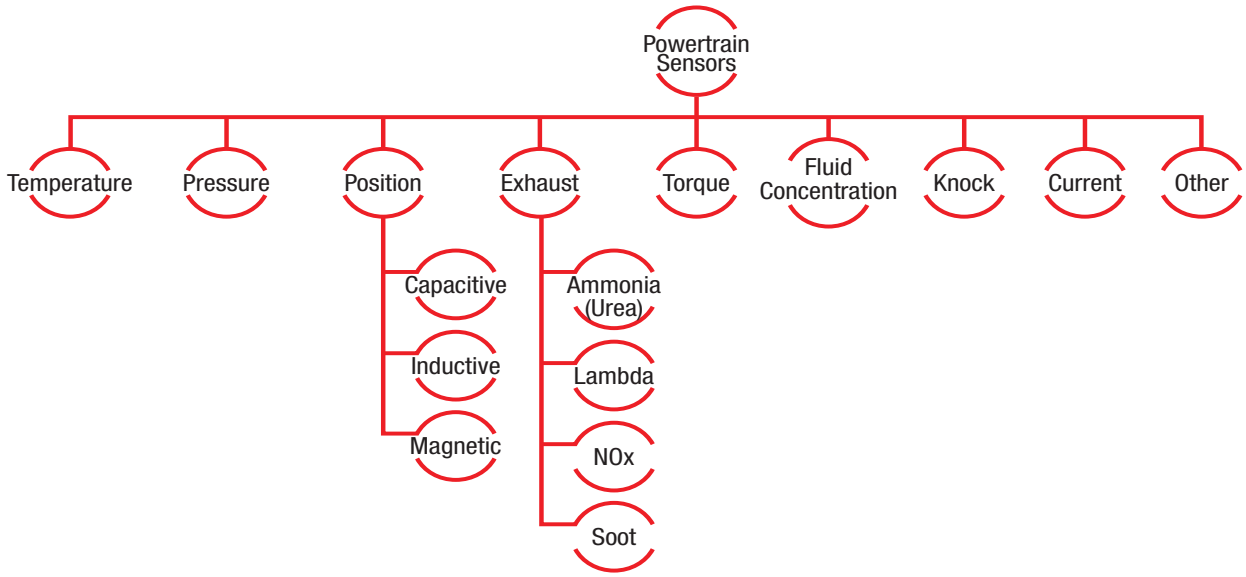


**圖 3。**依測量基礎分類動力系統感測器。

- **熱敏電阻。**市面上新熱敏電阻提供高溫度範圍，以滿足高溫感測器的需求。以矽基線性熱敏電阻取代標準負溫度係數和正溫度係數類型，也是目前的趨勢。透過新式智慧型熱敏電阻，汽車動力系統的特定需求便得以滿足，可在廣泛的動態範圍中實現高線性。
- **矽晶。**由於具備以下優點，矽晶溫度感測器在 HEV/EV 和 ICE 車輛中扮演著關鍵角色：
  - o 於廣泛的溫度範圍中提供高線性。
  - o 可在支援溫度範圍內維持精確度。
  - o 提供溫度感測器高解析度和 第0級認證。
  - o 提供數位輸出介面，促進資料數位傳輸。
  - o 提供觸發警示功能，大幅提升控制 作業效率。
  - o 成本低廉且執行簡單。

## 動力系統壓力感測器

整合式動力系統壓力感測器運用電容與電阻原理。搭配放大器、類比至數位轉換器、微控制器和數位至類比轉換器/數位介面，在一個晶片上進行訊號調整。一般來說，壓力感測元件在溫度方面多呈非線性，因此傳統壓力感測器訊號調整電路中包含溫度與線性補償機制。

由於壓力感測器模組線路需要多個線束，因此最好能防止線束發生過電流、過電壓或短路等故障。

「汽車電阻橋壓力感測器參考設計」和「汽車電容式壓力感測器參考設計」可幫助您防止線束故障產生。

動力系統壓力感測器的基本考量包含：

- 訊號調整元件需具備較高的絕對最大額定值。
- 容許線束故障。
- 高靈敏、壓電電阻壓力感測器 需求增加。

在汽車應用中，動力系統壓力感測器的訊號調整必須讓感測器能在極惡劣環境中運作，並且能夠承受各種震動、溫度波動、各種電磁條件和撞擊。

## 動力系統液位與濃度感測器

動力系統液位與濃度感測器通常以超音波電容運作基礎。液位必須在車內數個位置進行測量，例如水箱、油箱、液壓油箱、機油箱與尿素箱等，皆位於車輛動力傳輸系統內。為了讓控制迴路運作更有效率，我們必須監控這些液體的液位與濃度。

以超音波法進行液體感測有以下優點：

- 縮短量測時間。
- 可在廣泛的偵測範圍內驅動各種轉換器。
- 適合各種中型儲槽和中等距離。
- 可與高電壓電路介接，進而驅動轉換器以進入更深的儲槽中。
- 能夠整合各種保護級。
- 可使用控制器區域網路(CAN) 介面。

在排氣系統中，AdBlue 噴射會在柴油微粒過濾器 (DFP) 之後執行，以減少廢氣中的氨氣濃度。液體濃度與液位感測器在液體濃度與 adblue 液位量測中扮演著很重要的角色。

## 動力系統位置感測器

位置感測器是另一種運用在 ICE、HEV 和 EV 動力系統中的感測器。這種感測器可在電動轉向、牽引反相器、自動變速和防鎖死煞車系統等重要操作下，測量轉速、角度、速度和開啟/關閉位置。

**TI 的液位、濃度與流動感測超音波感測類比前端，以及汽車超音波訊號處理器和轉換器驅動器，皆支援這些超音波參數。進一步了解「汽車超音波液位/品質測量參考設計」。**

位置感測器主要以磁性 (霍爾式和磁電阻) 與電感為運作基礎，依應用而有所不同。動力系統位置感測器的考量與需求包含：

- 在重要位置提供耐用性。
- 具備偵測較小變化的靈敏度。
- 提供高頻寬以進行速度感測。
- 整合式數位輸出。
- 輸入處低雜訊。
- 陣列感測器或其他靈敏度軸。
- 可耐受溫度與震動。
- 非線性磁鐵。
- 能夠實現高頻寬位置感測。

電感式位置感測器可透過減少維修來提升耐用性與精確度。

| | 霍爾 | LDC | FG | RF 絕對位置 |
|---|---|---|---|---|
| 感測器元件 | 磁性 + 霍爾 | 磁性 + 霍爾 | 磁性 + FG | 金屬 |
| 溫度範圍限制器 | 磁性 & 霍爾受限 | 線圈受限 | 磁性 & FG 受限 | 金屬熔點受限 |
| 故障可能性 | 磁性，霍爾，AFE + ADC | 線圈，AFE + ADC | 磁性，FG，AFE + ADC | AFE + ADC |
| 屏蔽 | 磁性屏蔽 + 機殼 | 機殼 | 磁性屏蔽 + 機殼 | 機殼 |
| 絕對位置 | 需要多個感測器與控制電子元件 | 需要多個感測器與控制電子元件 | 需要多個感測器與控制電子元件 | 可擴充感測器 |
| 量測範圍 | 0.1 mm 至數 cm (陣列) | 1 um 至數 cm (陣列) | 0.01 mm 至數 cm (陣列) | 0.1 um 至 6000 mm |
| 解析度 | 10-16 位元 | 10-16 位元 | 10-16 位元 | 16-24 位元 (可 >24 位元) |

**表 2：**位置感測器類型 (依使用原理分類)。

## 動力系統排氣感測器

所有 ICE 車 (包括油電混合車) 皆採用排氣感測器。為了因應廢氣排放新規定，越來越多國家/地區皆針對廢氣排放訂立規範，對排氣感測器的相關要求亦隨之增加。

如**圖 4** 所示，車輛排氣系統中有各種類型的感測器。過去的感測器採用化學方式，利用兩個電極和電極電位基礎來進行感測。這種化學式感測器需要較多維護成本和反應時間。

新型射頻 (RF) 排氣感測器可縮短反應時間、降低維護成本並提升精確度。這類感測器的運作基礎是各種氣體都有其發生共振的 吸收頻率，並由一個傳送天線和一個接收天線負責感測氣體。

**若想降低廢氣排放，「汽車 RF 煤灰感測器參考設計」中有針對 RF 感測器在各種汽車排氣系統上的氣體偵測功能加以說明。**

排氣感測需要以下：

- 符合第 0 級資格的產品。
- 由於每個排氣感測器都具備不同模組，因此需透過 CAN 協定與主要電子控制單元 進行通訊。
- 高精確度。
- 降低維護成本。
- 高溫下的耐用性 與耐受性。由於排氣感測系統位於引擎蓋下方，因此排氣感測器 溫度範圍將近可達 1,500°C。

## 動力系統電流感測器

不論是燃油引擎、HEV 還是 EV，電流感測器都是車輛動力系統中最重要的一環。磁性分流基礎可滿足車輛電流感測的需求。您可依感測器位置來選擇 適當運作基礎。燃油車輛中的電流感測主要為 12 V，HEV/EV 車輛則為 48 V，其中 EV 的範圍可從 400 V 到 600 或 800 V。

**「安全應用之汽車解析器至數位轉換器參考設計」是根據晶片系統感測器介面所打造的完整解析器解決方案。**

以下是電流感測各子系統的重要需求：

- **ICE**。ICE 的電流感測適用 12V 電池，其中精確度和高度整合是主要影響因素。這種電流感測器必須能在高溫下提供精確度。溫度 和補償演算法可在廣泛溫度範圍內維持精確度，以避免獨立式電流感測器發生線數故障。
- **HEV**。HEV 中的電流感測器適用12V 和 48V電池、DC/DC 轉換器和馬達控制.毫安培至千安培範圍內的電流感測對電池來說尤其重要，必須以共模電壓 電流分流感測器來耐受 48V 電池。電池電流感測必須能在低電流下提供高準確性，才能進行 SoC 和 SoH 計算。DC-DC 轉換器電流感測需要更高頻寬，才能針對對故障快速進行反應。馬達 控制電流感測需高電壓轉換率和低反應時間。

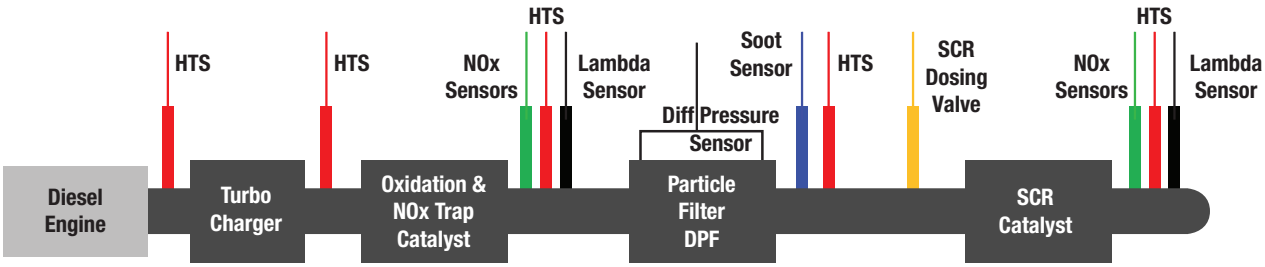


**圖 4**。汽車排氣系統內的感測器類型。

- **EV。**EV 的車載充電器、DC/DC 轉換器、牽引馬達和 400 V 至 800 V 高電壓電池都需要進行電流感測。此外也需隔離電流感測，以進行高電壓處理。分流式電阻器可提供磁性或強化型隔離、高頻率隔離和高線性。電阻器。低功率消耗和隔離式放大器電流感測的設計廣受歡迎。其中 EV 高電壓電池的低側 電流感測結果較為理想，必須透過低電流下的準確度、 高整合度及廣泛動態範圍電流感測，來進行電池充電狀態和健康狀態計算。

**在精確感測非常重要的情況下，「汽車分流式 ±500 A 精確電流感測參考設計」可在 -40°C至 +125°C 溫度範圍下，為電池管理系統、馬達電流與其他汽車應用提供 <0.2% 的全幅範圍。**

- **其他用途。**電磁閥和其他數個閥門也需要電流感測才能在整個溫度範圍內得到準確結果，因此必須減少溫度漂移和偏移，並需降低分流容忍度。在這種情況下，較理想的方式是採用整合式分流。

針對 EV 與 HEV 中的高容量電池，**「汽車、mA 至 kA 範圍、電流分流感測器參考設計」**說明如何利用匯流排式分流電阻器，偵測來自毫安培至千安培範圍的電流。

## 結論

隨著新汽車技術的推出和車輛持續電氣化，也對動力系統感測器與相關電子元件帶來了許多影響。在 HEV 和 EV 中，電流和位置感測器的設計需求出現大幅提升。

具高度準確性的訊號調節器和高精確度的運算放大器，是讓動力系統感測器在嚴峻汽車環境下可靠運作的主要功臣。感測器訊號調節電子元件可幫助克服許多挑戰，例如高溫和震動條件、EMI 保護，以及汽車安全標準相符性等。

**請至 TI.com/powertrain 存取設計資源、參考設計和產品資訊。**

在最終分析中，我們可看到動力系統感測器已準備好面對本時代最大的顛覆性創新科技之一：車輛電氣化。但您選擇動力系統感測器和相關訊號調節電子元件時，應仔細回顧基本的設計考量。

附錄 A 引擎管理感測器。

| 測量類型 | 感測器名稱 | 意義/重要性 |
|---|---|---|
| 壓力 | 歧管 | 將即時歧管壓力資訊提供至工程師的電子控制單元。 |
| | 氣壓計 | 感測氣壓絕對壓力 (大氣壓力) 的微小改變。感測器會直接將氣體排放至大氣中。 |
| | 汽缸 | 偵測引擎中 (汽缸內側) 異常燃燒週期，並可幫助封閉迴路燃燒減少廢氣排放。 |
| | 空氣流量 | 測量進入引擎的空氣量與密度。由電腦計算需要多少燃油才能維持正確燃油混合。 |
| | 燃油壓力蒸氣 | 測量蒸發排放控制系統中的蒸氣壓力。可能位於油箱內、活性碳罐總成或較遠位置。 |
| | 燃油軌 | 測量燃油噴射器附近的燃油壓力。動力系統控制模組利用此訊號來調整燃油噴射器脈衝寬度，並量測流至各燃燒汽缸的燃油。 |
| | 引擎機油 | 偵測引擎內的機油壓力量 (機械)，並以電壓讀數/數值方式送至動力系統控制模組。 |
| | 壓差<br>(微粒) 過濾器 | 測量廢氣中的壓力差。位於微粒過濾器中。 |
| 液體濃度/<br>品質 | 尿素<br>濃度 | 測量尿素/AdBlue 溶液的品質和濃度，並指示電子控制單元提供<br>正確液體量與廢氣混合，<br>以減少氮氧化物。 |
| | 機油濃度感<br>測器 | 測量機油濃度和品質，並指示系統何時應更換機油，以達更高效率。 |
| 位置 | 廢氣再循環閥<br>位置感測器 | 監測廢氣再循環閥樞軸的位置，並將此樞軸的機械移動轉換成電壓訊號，並轉送至動力系統控制模組。 |
| | 凸輪軸 | 提供凸輪軸位置資訊，供動力系統控制模組進行燃油同步。 |
| | 曲軸 | 提供曲軸位置資訊，供動力系統控制模組進行燃油同步。 |
| | 節氣門 | 決定蝶型閥的開啟角度，進而決定引擎所需的空氣量，並將此資訊傳送到動力系統控制模組。 |
| | 節氣門踏板 | 偵測踏板位置並將此資訊傳送到電子控制單元，以進行節氣門開啟和關閉所需動作。節氣門會透過油門踏板，由驅動器直接驅動。 |
| | 燃油油位 | 可在各種車輛油箱中進行精確油位量測，主要用來定義車輛燃油量和進行遠端油箱監測。 |

附錄 A 引擎管理感測器。(繼續)

| 測量類型 | 感測器名稱 | 意義/重要性 |
|---|---|---|
| 溫度 | 進氣 | 測量進入引擎的空氣溫度，並將此資訊傳送到電子控制單元，以實現最佳燃燒。電子控制單元會採取必要動作進行燃油配送最佳化，使空燃比產生有效率燃燒。 |
| | 廢氣/高溫感測器 | 偵測廢氣溫度並轉換成電壓，接著連同電壓訊號一起送回電子控制單元，以控制引擎條件並有效減少排放。廢氣/高溫感測器位於柴油氧化觸媒和/或柴油微粒過濾器前方。 |
| | 廢氣再循環閥溫度感測器 | 有助於控制廢氣再循環閥功能，以減少引擎排放。這些系統會將廢氣從排氣處送至進氣處以降低燃燒溫度，進而減少氮氧化合物排放。 |
| | 引擎冷卻液 | 於內燃機引擎中測量引擎冷卻液溫度。此感測器的讀數會送回電子控制單元，並利用此資料調整燃油噴射器和點火正時。在部分車輛中，此感測器可能也會在電子冷卻風扇上開啟。 |
| | 引擎機油 | 計算引擎機油溫度。測量範圍通常為 -40°C 至 +170°C。 |
| 排氣 | 煤灰或懸浮微粒 | 偵測廢氣中的煤灰。經診斷的柴油微粒過濾器故障會觸發車載診斷故障，並控制過濾器再生。 |
| | 氮氧化合物 | 偵測排氣管中的氮氧化合物，並將此資訊傳送到電子控制單元以進行所需動作。通常位於觸媒轉換器和微粒過濾器後方。 |
| | Lambda/氧氣 | 此為氧氣濃度感測器，負責測量廢氣中的剩餘含氧量，並以電壓形式將訊號送至引擎控制單元。氧氣感測器電壓讓控制單元能夠偵測混合氣體是否過濃或過稀。若混合氣體過濃，控制單元會減少 A/F 比中的燃油量，若混合氣體過稀則會增加燃油量。 |
| | 氨氣 | 在配備可選觸媒減少後處理系統的車輛中，測量排氣系統中的氨氣等級。感測器輸出可為這類系統提供回饋，幫助減少氮氧化合物排放。 |
| 爆震 | 爆震 | 偵測汽缸氣體/燃油燃燒時發生的引擎爆震。 |

**變速箱管理感測器**

| | 感測器名稱 | 地點 |
|---|---|---|
| 速度 | 前車輪 | 測量車輪速度以將資訊傳送到防鎖死煞車系統、循跡控制系統和電子穩定程式控制單元，並個別控制每個車輪的煞車力。 |
| | 後車輪 | 測量車輪速度以將資訊傳送到防鎖死煞車系統、循跡控制系統和電子穩定程式控制單元，並個別控制每個車輪的煞車力。 |
| | 中間軸 | 偵測副軸檔位的旋轉速度。透過比較副軸檔位速度訊號和直接離合器速度感測器訊號，電子控制單元可根據各種條件偵測換檔時機並控制引擎扭力和液壓，以幫助換檔順暢。 |
| | 變速箱輸入軸 | 測量變速箱輸入軸速度。電子變速箱控制模組利用渦輪軸感測器的資訊，決定扭力變換器離合器滑轉量。 |
| | 車速感測器 | 讀取車輛車輪旋轉速度，並測量變速箱/聯合傳動器輸出或車輪速度。電子控制單元使用此資訊修改點火正時、空燃比和變速箱換檔點等引擎功能，並啟動診斷程序。 |
| | 柴油燃油泵 | 使用輪齒感測器來估計燃油泵速度，並將此資訊送至電子控制單元，以控制泵浦確切位置和速度。 |
| 位置 | 排檔桿 | 將排檔桿位置資訊提供至電子控制單元，以控制換檔機構。並可建議下一個檔位。 |
| | 離合器 | 測量離合器總泵的活塞位置。適用定速控制、引擎管理、連鎖和電子手煞車應用等。 |
| 溫度 | 自動變速箱油溫度感測器 | 將輸入提供至變速箱控制模組，並使用此感測器來監控變速箱油溫度。位於變速箱或聯合傳動器的閥體或油底殼。 |
| 壓力 | 自動變速箱油壓力感測器 | 監測變速箱 (與感測器連接者) 中的變速箱油壓力，反應液壓變化，並將此資訊轉送到變速箱控制單元。 |

**電動轉向**

| | 感測器名稱 | 地點 |
|---|---|---|
| 扭力 | 方向盤/轉向桿扭力 | 估計轉向柱的旋轉力，並將此資訊轉送到電動馬達，致動器再以此扭力量輔助車輪。 |
| 位置 | 方向盤角度 | 使用磁性位置感測器計算方向盤的角度資訊，並將此資訊送到電動馬達。 |
| 速度 | 電動轉向馬達速度 | 計算馬達位置/角度/速度以調整無碳刷 DC 馬達的脈衝寬度調變週期，精確控制車輪。 |
| 溫度 | 變速箱溫度感測器 | 監測變速箱控制單元、離合器與換檔控制器的溫度。 |

HEV/EV

| | 感測器名稱 | 地點 |
|---|---|---|
| 位置 | 馬達控制位置 | 利用解析器計算牽引馬達位置，以控制無碳刷 DC 操作。 |
| | 馬達控制角度 | 利用解析器計算牽引馬達角度，以控制無碳刷 DC 操作。 |
| | 馬達控制速度 | 利用解析器計算牽引馬達速度，以控制無碳刷 DC 操作。 |
| 電流 | 車載充電器電流感測器 | 位於一次側和二次側以控制迴路操作，並防止發生過電流故障。功率因數校正配置中的電流感測可改善開啟/關閉順序。 |
| | DC/DC 電流感測器 | 主要位於一次側和二次側，一次側主要可提供保護，二次側則並可供控制迴路操作使用。 |
| | 電池管理電流感測器 | 電池管理系統必須有獨立式和車載電流感測器，以計算充電狀態和健康狀態。 |
| | 牽引馬達電流感測器 | 位於熱側以提供保護，也位於冷測或場效電晶體相位以進行馬達驅動操作。 |
| | 馬達電流感測器 | 適用車輛中各種馬達、低側電流感測器，可用來進行馬達診斷和控制迴路運作。 |
| | 變速箱電流感測器 | 正比電磁閥使用電流感測來準確地監測電流，並將資訊送到微處理器中調整 PWM 工作週期百分比，以提升電磁驅動效率。 |
| 電壓 | 車載充電器電壓感測器 | 電壓感測會監測 DC/DC 輸入/輸出的電壓強度。電阻分壓器通常可用來進行高電壓分壓。通常需要採用 Galvanic 隔離來避免高壓電擊危害。 |
| | DC/DC 電壓感測器 | 一次側電壓感測會監測高壓電池的電壓強度。電阻分壓器通常可用來進行高電壓分壓。 |
| | 電池管理電壓感測器 | 電池監測 IC 會測量電池芯電壓和電流與溫度，並執行電池芯平衡來監測和保護電池芯。 |
| 溫度 | 車載充電器溫度感測器 | 溫度監測電路會在啟用操作時，依感測器位置檢查外殼或內部溫度，以維持電晶體的健康狀態。當溫度高於臨界值，即會立即關閉系統。 |
| | DC/DC 溫度感測器 | 溫度監測電路會在啟用操作時，依感測器位置檢查外殼或內部溫度，以維持電晶體的健康狀態。當溫度高於臨界值，即會立即關閉系統。 |
| | 電池管理溫度感測器 | 電池監測 IC 會測量溫度，並執行電池芯平衡來監測和保護電池芯 |
| | 牽引馬達溫度感測器 | 監測 IGBT 溫度以防止系統發生過熱故障。 |

**重要聲明：**本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

此平台列是德州儀器的商標。所有其它商標皆屬於其各自所有人之財產。

© 2019 Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES “AS IS” AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI’s products are provided subject to TI’s Terms of Sale (www.ti.com/legal/termsofsale.html) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI’s provision of these resources does not expand or otherwise alter TI’s applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated