

陶瓷壓力感測器的特性及典型應用

壓力感測器是感測器中較大門類，廣泛應用於汽車、工業、物聯網等領域，陶瓷電容作為壓力感測器中一種主要技術路線，具有耐腐蝕、抗衝擊、介質相容性好的優點。

常用壓力感測器技術類型

壓力感測器用於對敏感裝置氣壓或液體氣壓感測器的壓力測量，一般回饋給系統主控單元，實現精確的系統控制。感測原理來區分，主要包括以下幾大類：

- 矽壓阻技術；
- 陶瓷電阻技術；
- 玻璃微熔技術；
- 陶瓷電容技術；

矽壓阻技術由半導體的壓阻特性來實現，半導體材料的壓阻特性取決於材料種類、摻雜濃度和晶體的晶粒尺寸等因素。的特性、成本低、訊號輸出明顯有較高優勢。特殊封裝製程提高了矽壓阻技術的介質耐受程度的方案，如充油、背壓等技術，但隨之帶來成本大幅增加等問題。

陶瓷電阻技術採用厚膜印刷製程將惠斯登電橋印製在陶瓷結構的表面，利用壓敏電阻效應，實現將介質的壓力訊號轉換為電壓訊號，其中有國內廠商所提供陶瓷電阻壓力感測器芯體，陶瓷電阻感測器會存在膜片破裂、介質洩漏的風險。

玻璃微熔技術採用高溫燒結工藝，將矽應變計與不銹鋼結構結合。微小形變將造成電橋變化，形成正比於電壓變化的電壓訊號。如 10MPa~200MPa，應用較大設定。

陶瓷電容技術採用固定式陶瓷底座和可動陶瓷膜片結構，可動膜片透過玻璃料等方式與底座密封漿固定在一起。片上所承受的介質壓力變化時交互間的電容量需求變化，透過調理晶片將訊號轉換後輸出給後級使用。穩定性好等優勢。要求，感測器設計時需要將電容和訊號調理晶片 ASIC 仔細考慮，目前國內僅有蘇州納芯微電子股份有限公司能夠同時提供兩種整合的完整解決方案。

陶瓷電容壓力感測器的產品設計

陶瓷電容壓力感測器芯體測壓原理

典型的陶瓷電容壓力感測器芯體為密封表壓結構，由陶瓷底座及可變形膜片及中空密封腔體三部分組成，承壓面為可變形膜片，當芯體承壓改變時，變形膜承壓後發生彎曲，導致大部分發生變化，造成極板間電容的變化，電容變化透過晶片轉換為標準輸出（如 0~5V 電壓輸出、4~20mA 電流輸出、I2C、SPI 數位輸出等）。



圖 1：陶瓷電容壓力感測器承壓前約束圖

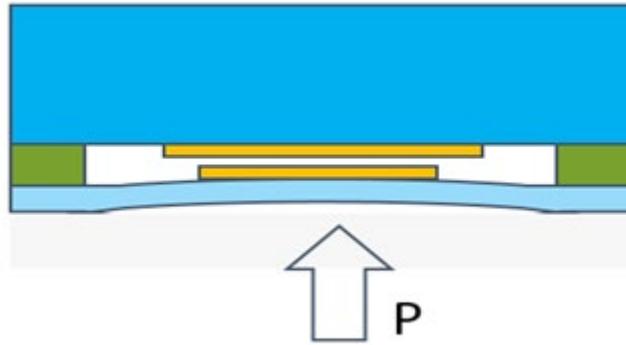


圖 2：陶瓷電容壓力感測器承壓後約束圖

典型陶瓷電容壓力感測器密封結構

為確保氣密性，在陶瓷電容壓力感測器的產品設計種，採用 O 型圈或墊片作為密封的關鍵部件，其中 O 型圈較為常見。範圍寬於墊片（墊片一般建議用於 2MPa 以內的密封）等優點。

O 型圈的尺寸、材質選擇、硬度等參數將直接影響最終壓力感測器的產品性能，需要結合總成尺寸、待測介質類型、工作溫度範圍等因素綜合考量後選型。

壓力感測器常見的 O 型圈材質有三元乙丙橡膠（EPDM）、氫化丁橡膠（HNBR）、矽橡膠（QM）、氯丁橡膠（CR）、氟橡膠（FKM）、氟矽橡膠（MFQ）等。

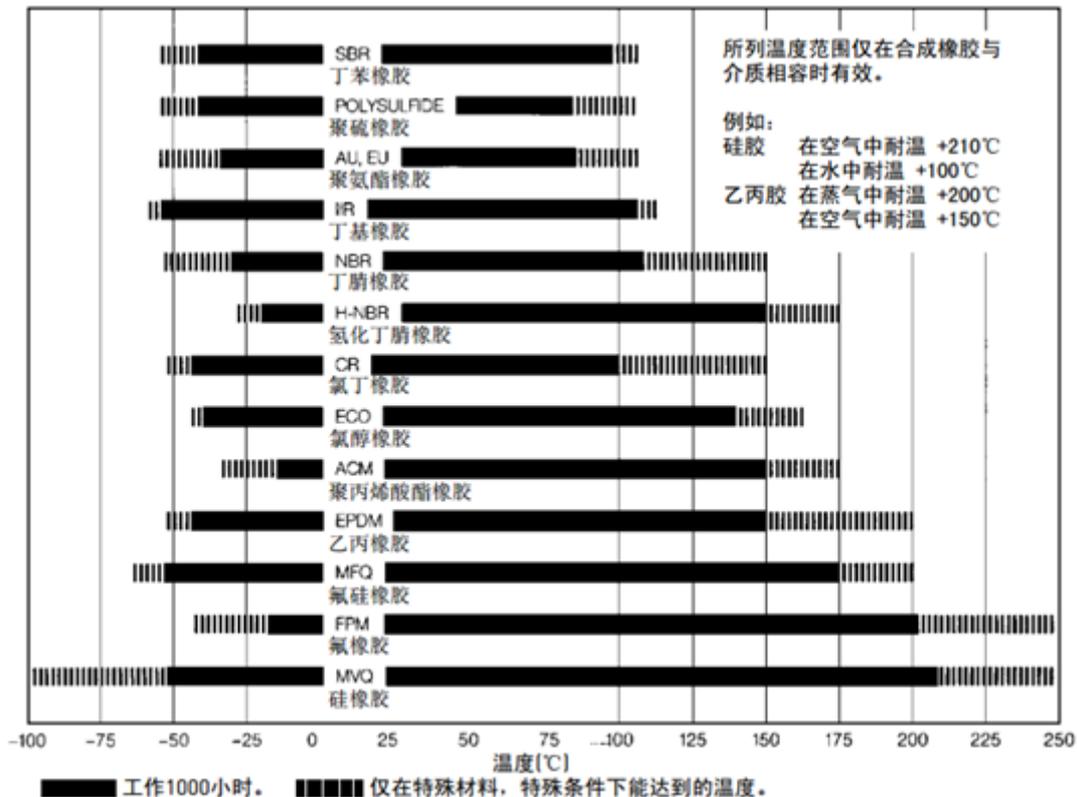


圖 3：典型 O 型圈材質的使用溫度範圍（資料來源：Parker）

總結來說，汽車空調壓力感測器，採用 HNBR 或 CR 材料的 O 型圈，終止壓力感測器採用橡膠等。廠商透過特殊的摻雜或聚合處理，可擴展其使用溫度範圍。選擇合適的 O 型環材質及牌號進行感測器結構設計。

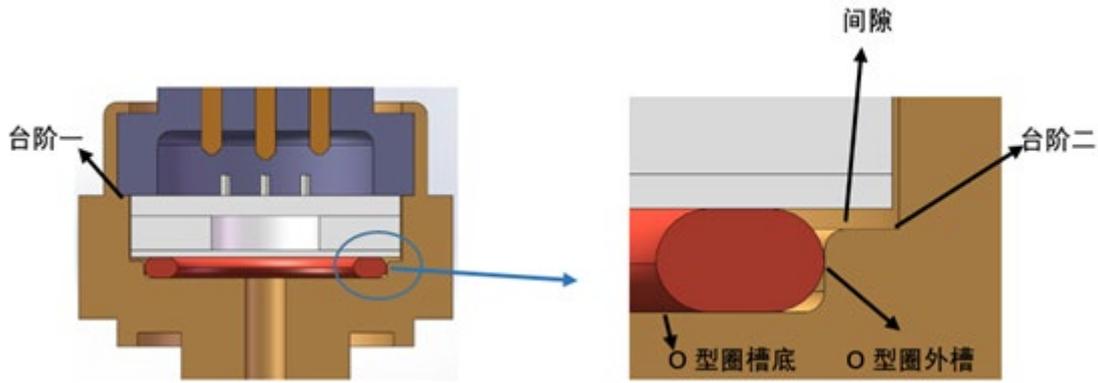


圖 4：陶瓷電容典型密封結構示意圖

壓力感測器組裝完成後，陶瓷電容底部需要與金屬外殼保持一定的距離（上圖間隙）。

透過控制上階梯一與 O 型圈槽底的高度差，對 O 型圈壓縮量進行控制。

階梯二與 O 型圈槽底構成 O 型圈槽，對 O 型圈組裝位置進行限定，另外需要 O 型圈槽的頂槽進行倒圓角以防止 O 型圈承壓後被殼體切割，對 O 型圈槽底倒圓角以降低組裝重量。

陶瓷電容壓力感測器的典型應用

陶瓷電容壓力感測器具有耐腐蝕、抗衝擊、無滯流、介質相容性強等優勢，可廣泛應用於水、氣、液多種介質的壓力檢測，特別適合在汽車系統的電化學環境下工作。物聯網及家電等壓力感測器的新興應用市場，陶瓷電容抗衝擊優勢可滿足供水管網的水壓測量，完美應對水錘效應；針對可變壓力的壓力鉗應用，陶瓷電容平膜結構可以避免堵塞。

汽車領域陶瓷電容壓力感測器典型應用如下表：

應用程式類型	典型壓力量程	感測器作用	方案優勢
汽車空調壓力感知器	3.5 兆帕	為電容器提供高低壓保護，支援風扇可變風量控制與電容器工作控制	耐腐蝕，製冷劑相容性好，膜結構平坦，無洩漏風險
車用氣煞車壓力感知器	1.0MPa	即時監測煞車系統儲氣罐內壓力，為煞車系統提供閉環回饋訊號	平膜，適合含靜脈充氣，無阻塞、洩漏風險
產生壓力感測器	1.5 兆帕	測量並輸出引擎產生壓力，壓力過低時 ECU 警報並保護引擎	平膜，適合含靜脈充氣，無阻塞、洩漏風險
排氣背壓感知器	0.5MPa	測量並輸出引擎排氣背壓，以計算引擎負荷，調整 EGR 率	準確性高，消耗長，對含糖代謝不敏感

極限壓力感測器	6 兆帕	測量並輸出最小油壓	測量準確度高，介質相容性好，在因果環境下工作
---------	------	-----------	------------------------

物聯網及家電領域陶瓷電容壓力感測器應用典型如下

應用程式類型	典型壓力量程	感測器作用	方案優勢
無線消防水壓感知器	1.0MPa	間歇式測量水路壓力並透過無線訊號回饋給系統	抗水錘效應，介質相容性好，並支援低功耗及數位輸出
壓力煲壓力感測器	0.2MPa	測量內建壓力，為控制系統提供壓力閉回饋環訊號	平膜結構，不易阻塞、可長期高溫下工作
空調壓力感知器	3.5 兆帕	測量並回饋冷媒壓力給控制系統，保護壓縮機，並提高控制系統效率	精度高，溫度特性好，抗衝擊，耐腐蝕，無洩漏風險

*Data Form Novosense website