



## 小小一片 大大學問

# 車輛制動的神奇推手-煞車襯

財團法人車輛研究測試中心 林裕翔

### 一、前言

日前多家國際車廠因為車輛瑕疵問題，而陸續採取車輛召回或零件更換維修措施，其中尤以煞車系統與動力系統之瑕疵最受關注，影響層面相當大，也讓車輛安全議題再次引起廣泛討論及注意。

其實對於所有用車人而言，車子不只要會跑、跑得快，更要能煞得住、煞的穩。煞車是車輛最重要的主動性安全系統，因此，相信絕大部份的人對於煞車煞不煞得住之重視程度，可能遠大於車子能跑多快。在煞車系統中，實際擔負將車輛停下來作用的，便是煞車襯 (Lining pad，也就是國人俗稱的來令片)，其重要性不言而喻。

也許大多數的駕駛都知道要定期更換煞車襯，但真正關於煞車襯的結構及原理可能只是一知半解。本篇即是由車輛中心「零組件檢測實驗室」針對這小小一片，卻有大大學問的「煞車襯」所做的分析介紹，從煞車原理、測試一直到常見的煞車問題，以及更換煞車襯要注意的事項，讓所有讀者更進一步了解煞車襯在車輛安全所扮演的重要角色。

### 二、煞車原理簡介

#### (一) 煞車傳導路徑

以一般小型車煞車系統的傳遞路徑為例，在駕駛者踩下踏板後，踏力經由真空倍力器、總泵、管路及分泵到達卡鉗活塞，並由活塞推動煞車襯，使位於固定側的煞車襯對位於輪圈旋轉側的碟盤施加一正向壓力，藉由兩側物質間接觸產生的摩擦力，來達到減速的效果。也因為在這車輛煞車系統的終端，產生與車輛前進慣量反向的煞車力，使車輛能穩定減速停止。

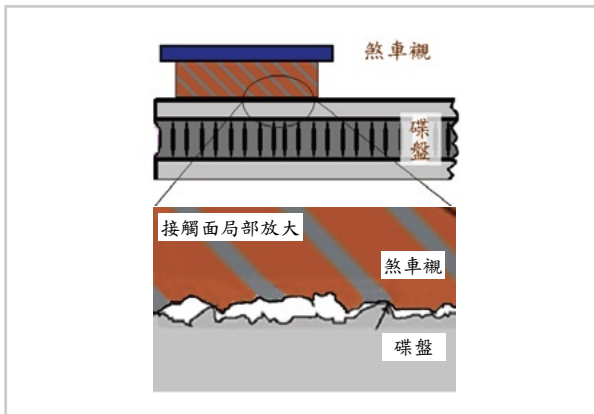
#### (二) 煞車力產生的物理機制

由兩個表面看似光滑的摩擦材料接觸產生的煞車力由巨觀的物理現象來看，可用摩擦定律表示：

摩擦力=摩擦係數x正向壓力 ( $F = \mu \cdot N$ )；

從公式中可知產生的摩擦力大小，除了受施加的正向壓力影響外，另一個主要影響因素即為煞車襯與碟盤間的摩擦係數。

再從微觀的角度來剖析煞車過程，煞車襯及碟盤兩個摩擦材料微米等級 ( $\mu\text{m}$ ) 的粗糙表面，在受正向壓力及高溫 (兩物體摩擦時，微米等級的接觸點可產生將近 $1,000^{\circ}\text{C}$ 之高溫) 後互相嵌進對方，而互相承受剪應力，產生煞車力來達到減速效果，如圖1所示。



▲ 圖1. 碟盤及卡鉗之摩擦示意圖

### 三、摩擦材料的使用

煞車襯的摩擦材料是一種複合材料，其主要的成分可依功用分為下列幾項。

#### (一) 耐磨材料

其為主要承受剪應力的摩擦材料，因此需有好的剪切強度、耐高溫、耐磨耗等特性。常見的有銅、鋁、鋼等金屬系材料、石棉纖維（對人體有害，已有許多國家禁用）、水鎂石、玻璃纖維、陶瓷及碳纖維等。

#### (二) 黏結劑

將摩擦纖維材料、輔助填料均勻分散並成型的重要成分，其特性、配方及處理方式往往也是影響煞車襯性能的關鍵。主要成分為酚醛樹脂、橡膠等。

#### (三) 輔助填料

輔助填料的目的是為了配合調整煞車襯的性能，添加增磨、減磨、導熱等特性材料，來提高摩擦力、延長使用壽命或是降低成本、改善熱衰竭等問題。常見的有氧化鋁、石墨、二硫化鉬、橡膠粉末等。

上述這些材料成份依特殊比例混合，經過高溫高壓等製程後成型，與背板結合後即成煞車襯。通常影響煞車襯特性的因素在於材料的成份及比例，此外，製程中的參數設定也是能否把材質特性充分發揮的另一項關鍵。

而在另一側的碟盤，需要使用什麼材料來配合呢？市售車種的碟盤材質大都是鑄鐵，這是因為鑄鐵韌性極佳，且內含有潤滑作用的石墨，使其具有良好的耐磨耗性；也由於鑄鐵內分佈的細小石墨宛如微孔隙，可吸收震動，減少煞車不適感。或許大多數的車主都以為碟盤很堅硬，不像煞車襯般會磨損且需定期更換，其實不然，碟盤在正常使用狀況下也是有磨損的可能，因此在更換煞車襯時，也應一併留意碟盤是否過薄變形、磨耗不均，以免影響煞車效能與安全。

### 四、煞車常見之問題

開車行駛在平坦的道路上，當踩下煞車踏板減速時，是否有時會感覺到方向盤或是煞車踏板有異常的抖動？或是發出高頻尖銳音或低頻鳴音？產生異音和振動的來源可能有很多，且可能因為使用環境（如溫度、濕度、砂塵）不同而有差異，以下介紹幾種常見的異音及振動形態：

1. 為了提醒駕駛煞車襯即將磨耗完畢，需要進行更換，現在的煞車襯上面多會安裝金屬材的更換提醒裝置，如圖2。此裝置在煞車襯厚度不足

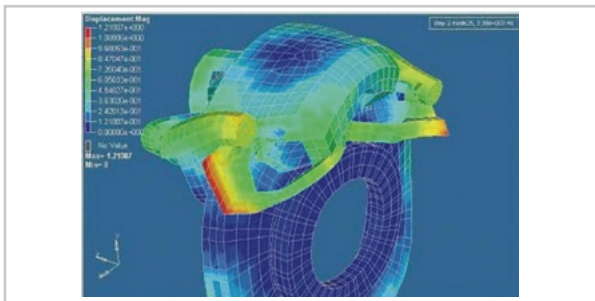


▲ 圖2. 具隔音襯片及更換提醒裝置之煞車襯

時會直接與碟盤接觸摩擦，而發出高頻的金屬摩擦聲，提醒駕駛者盡快更換煞車襯。

2. 有可能從煞車襯與碟盤摩擦產生振動，並傳導至卡鉗產生共鳴，因此某些廠商在煞車襯設計上，會在煞車襯背板後方(如圖2)或是在卡鉗活塞前加上隔音襯片，用以改善異音發生或傳導。

當然也有些異音的改善不是那麼容易，其可能來自於煞車零組件原本設計時即存在，需要做結構或是材質使用上之修改；就製造業者而言，可利用專業音頻分析技術實際在試驗機台或是實車上量測，並搭配CAE動態結構分析，尋找異音來源，直接針對產品設計進行整體改善，如圖3。



▲ 圖3. CAE整體機構模態分析

3. 駕駛在踩下煞車時，若感覺到方向盤抖動，這可能是煞車襯前後摩擦不均所引起，除了更換之外，還要檢查是否因為與卡鉗間作動不良而造成；另外最常見的是因碟盤變形引起，若變形量小，可用車削研磨方式來改善；若變形量太大，就應直接更換碟盤。而會發生明顯變形原因，可能是因為碟盤於煞車高溫工作後，接觸到水急速冷卻，形同淬火處理，使其產生形變。

## 五、煞車襯之選擇及注意事項

1. 煞車襯與輪胎相仿，為車輛使用的一種消耗品，需要定期檢查是否需要更換，而市面上售服市場產品琳琅滿目，究竟該如何選擇呢？每款新車在設計開發過程中，對於煞車系統的整體效能、效率分配、制動穩定度、機構強度、耐久可靠度、主觀感受等項目，均會經過長時間的測試及調校，找出最均衡的設計與設定。而煞車襯的摩擦性能表現，是影響最終煞車力的關鍵，因此可以說，採用OEM原廠的煞車襯，一定能滿足一般消費者駕車上的性能與安全需求。但如果更換的煞車襯非原廠件，若摩擦係數比原廠設定高出許多(在各種溫度條件下)，煞車時操作輸入(踏力)與作動輸出(煞車力)的關係，可能會超出駕駛預期，而造成輪胎提前鎖死；反之，若摩擦係數過低，則可能有煞車力不足之狀況。因此建議車主最好選擇更換原廠OEM產品或與原廠產品特性相近之煞車襯。

市面上另有一類煞車襯改裝件，通常稱為運動版或競技版，特色是工作溫度範圍較一般煞車襯高，即在高溫時摩擦係數較高。此類煞車襯通常含較高含量之金屬或陶瓷，在長時間使用煞車時相對較不易產生熱衰退，但也因為其工作溫度區間較高，使得在低溫未達工作溫度時，煞車效能反而較差。因此在選購此類改裝件時須考量駕駛環境與需求特性，尤其應評估未達工作溫度時所存在的風險。



2. 煞車襯之更換里程大約在20,000~30,000公里左右，但會因每位駕駛的使用環境及煞車習慣而有明顯差異。一般而言，常在一般市區使用比高速公路使用磨損快，而常跑山路的相對於常跑平路的更換時程短。因此建議每次進廠保養時就一併檢查煞車襯厚度是否過薄，以及表面是否有不良磨損或破裂情況，如圖6所示，以減少使用中煞車作動問題產生。



▲ 圖6. 煞車襯產生裂痕 [1]

而在更換煞車襯時，也要檢視卡鉗滑動栓作動是否正常，煞車襯裝上後前後移動是否順暢，以及碟盤表面是否有溝槽產生。如果有明顯溝槽時，碟盤及煞車襯接觸面積變小，將使得煞車效能降低，也會使煞車襯摩擦不均勻。一般而言，碟盤若出現溝槽或是變形，依實際狀況可以先進行碟盤表面的車削處理，如圖7所示，但若狀況嚴重或是厚度不足，還是更換新品較為保險。



▲ 圖7. 車削碟盤表面作業 [2]

## ※ 產業服務專區 ※

### 煞車襯之專業測試介紹

一般售服市場 (After market, AM) 的煞車襯製造廠商對於新的產品，目前大多以實車在來往車輛較少的一般道路或是山路上進行簡易測試。但由於這樣的測試主要是靠非專業試車駕駛的主觀感覺做評斷，其所得結果亦非專注於新產品的煞車效能；同時，若在測試途中產生熱衰竭或是其他無法控制之情況，對於駕駛及其他用路人的安全亦是一大問題。因此，藉由慣性動力試驗機台 (如下圖所示) 對煞車襯進行效能測試，不僅是相對安全，還能針對煞車襯做各種測試條件下的性能比較，提升產品開發之效率及準確性。



▲ 煞車慣性動力計

### 『煞車慣性動力計』應用於產品開發測試

在一般公用道路測試時，許多環境上或操作上的變數無法操控，例如每次煞車之起始溫度、踏板踩下時之液壓及液壓上升速率或減速度值等；若無法控制變數，就無法確認單一變數下之測試結果，亦無法進行系統性的偵錯改善。相對而言，煞車慣性動力計可輕易控制各變項，進行系統化的測試，且獲得穩定、可重複性的測試結果。

另一方面，使用煞車慣性動力計可模擬煞車系統在實車使用下的各種狀況，例如平路煞車、下坡路段、急煞、高溫煞車、浸水回覆、冷卻速率等，甚至許多罕見的極端條件，例如高速煞車、高減速度煞車等，將所有可能產生的實際道路狀況完整考量；除此

之外，亦可進一步研究煞車系統之性能或強度極限，當然最重要的是相對於實車道路測試安全許多。

現階段針對煞車襯煞車慣性動力計測試，常見的測試規範有以下幾項，提供業界參考：

#### 1. UN/ECE R90

主要為歐洲地區所採用，為強制性認證測試，適用所有車輛之替換用AM煞車襯。此規範之要求，其精神是將測試件與OEM件進行比較，要求測試件的性能不應差距OEM件過大，例如以M1類車輛（3,500kg以下客車）為例，AM煞車襯性能表現必須在原廠OEM煞車襯性能的 $\pm 15\%$ 內。

#### 2. SAE J2430

由於美國對於煞車襯整體性能並無強制性認證，只對於摩擦材料的摩擦係數有要求（VESC V-3），因此美國煞車系統協會（BMC，

非官方團體），自行研擬並發展一套自主認證系統，用於AM煞車襯產品之認證。其採用的測試規範為SAE J2430，內容主要是由整車煞車規範延伸而來，希望由慣性動力計測試來推估整車煞車效能。

#### 3. JASO C406

為日本車輛標準組織學會所建立，主要測試各減速度下之效能、緊急煞車試驗、熱衰退試驗及浸水回復試驗，目前國內CNS 8565之試驗條件便是參考其內容。



▲ 摩擦性能測試過程

本中心具有東南亞最完整的試車場地，可執行各項整車煞車測試；也具備先進的煞車慣性動力計，可進行1/4車之煞車系統測試分析。此外，更有豐富的振動噪音(NVH)與電腦輔助分析(CAE)技術，可提供完整的煞車測試、分析與設計改良能量，若對於煞車相關之測試研究有興趣，請洽：

品質性能課/林裕翔  
電話:04-7811222 分機3336  
E-mail:rosolin@artc.org.tw  
或  
品質性能課/林章能  
電話:04-7811222 分機7226  
E-mail:cnlin@artc.org.tw

#### 參考資料：

- [1] Juratek ([www.juratek.com](http://www.juratek.com))
- [2] NVH Strategies for Disc Brakes ([www.brakeandfrontend.com](http://www.brakeandfrontend.com))