



作者：徐業良(2002-01-16)；推薦：徐業良(2002-01-16)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2002 年二月號，史丹福專欄。

從油壓煞車到 BBW(Brake-By-Wire)—談汽車煞車系統的技術 演進

您正以 100 公里時速在高速公路上開車，接著您踩下煞車在收費站前停下來準備繳費，您汽車的煞車系統忠忠實實地執行它的工作。汽車煞車的功能是要將汽車的動能轉變成熱能，您多多少少應該有些理解，但是您知道嗎？在收費站前這麼一丁點的煞車操作，您的汽車煞車來另片產生的熱量，已經幾乎足以燒開 2000c.c.的水了。

煞車可能是和汽車安全性最相關、最重要的系統，不過這裡的目的倒不是要和您討論如和利用汽車煞車來燒開水（雖然這可能是很好的節約能源的方式），而是要討論汽車的煞車系統正面臨的重要革新。

在談煞車系統的革新之前，咱們先稍稍回顧一下汽車煞車系統的發展歷史。早期汽車煞車也是用鋼索帶動，和機車、腳踏車煞車一樣，1920 年左右才改成了油壓式煞車。1950 年代汽車煞車開始有真空動力輔助設計，減輕了煞車踏板的重量而一直到 1960 年代，汽車煞車都還是鼓式煞車，接著有前碟後鼓煞車出現，一直到現在您所熟悉的四輪碟式煞車。隨後電子科技的興起，造就了 1980 年代 ABS 煞車系統的出現，到了 1990 年代煞車系統開始有了循跡控制和前後俯仰穩定度(yaw stability)控制的功能，都是拜電子科技之賜。

Mmm，汽車煞車的發展歷史聽起來一點兒也不複雜，而這一連串的發展中，大部分還是在煞車功能不斷提升，唯一煞車工作原理上完全的變革，可能得一路追溯到 1920 年代由鋼索帶動煞車轉換成油壓煞車。未來十年汽車的煞車系統面臨的重要變革，也有同等重要性，您所熟悉的油壓車將要讓位給完全電子式的煞車系統，所謂 BBW – Brake-By-Wire。

仔細討論一下這個演化的思考過程，油壓煞車系統中，當您踩下煞車踏板，您帶動了引擎室內煞車油壓主幫浦中的活塞，這個壓力經過油壓元件放大之後，經由油壓管路傳達至車輪上的油壓分幫浦，帶動來另片施力於煞車上讓汽車停下。接下來的演化則都是在考慮如何讓煞車更有效率，能在更短的距離把車停下，不果這一階段的演進都只是穩定、緩慢地修改油壓煞車的機械元件，直到 ABS 和煞車動力輔助(Brake Assist)的出現才有一個技術發展的跳躍。ABS 系統以感測裝置感測煞車過程中輪胎是否鎖死，一有鎖死的跡象，便暫時中斷煞車油壓系統的壓力，而煞車動力輔助則在偵測煞車踏板被快速踩下時，驅動油壓系統立即提供最大的煞車力。

ABS 和動力輔助煞車都還是附加在原有的油壓煞車系統上，主體動作仍是以煞車踩踏的機械動作啟動煞車油壓系統，同時經過電子感測器接收、判斷車況訊號後，再轉回控制機械煞車動作。但是煞車系統中需要經過電子感測器接收、判斷車況訊號越來越多，循跡控制、穩定度控制等機械煞車動作控制越來越受重視，配角太搶戲漸漸變成主角了，工程師們開始轉一個思考方向，是不是要改以電子訊號傳送為主軸，把開始那段煞車踩踏的機械動作直接變成電子訊號，整合 ABS 之類電子系統的訊號後，再啟動煞車油壓系統。

這就是“電控液壓式(electrohydraulic)”煞車系統的思考，煞車踏板的角色變成類似電門開關，不是直接驅動煞車油壓幫浦，而是轉成一個電子訊號傳送至系統的電子控制單元(Electronic Control Unit, ECU)，ECU 考慮了來自駕駛人的輸入，以及 ABS、煞車動力輔助、循跡控制、穩定性控制所需的各種車況訊號輸入後，決定了獨立施加在各個車輪的最佳煞車力，再經由油壓系統施加到各個車輪上，對煞車力道的控制可以作得更精細，不會像目前 ABS 對煞車油壓輔助力只是“有一沒有”，“on-off”的控制而已。汽車工程師們在煞車系統研究上有個所謂“三十米車(30-meters car)”的目標關卡，意思是說希望車子以 100 公里時速行駛時能在 30 公尺內煞停，比目前

一般油壓煞車的車子減少約 20%的煞車距離，而工程師們相信電控液壓式的煞車系統是突破三十米車關卡的關鍵。當然除了縮短煞車距離之外，電控液壓式的煞車系統在重量、組裝空間、零件數目上都節省不少。

電控液壓式的煞車系統不是未來式，2002 年朋馳的 SL 豪華車款上便搭載了 Bosch 的“Electro-Hydraulic-Brake, EHB”煞車系統，一般預料各大汽車廠都會跟進。不過下一步，真正的 BBW 純電子式煞車，則是把整個油壓系統都省了，最後作用在四隻輪子上的煞車力不是由油壓系統輸出，而是由電控制動器輸出。這個改變更徹底，所有油壓管線、油壓元件都被電子線路、電子元件所取代，相對來說更容易安裝且可靠度更高。此外純電子式煞車對煞車系統功能的整合也有很大幫助，包括 ABS、煞車動力輔助、循跡控制、穩定性控制等等所有聽起來很厲害的東西，在油壓煞車系統上必須以硬體一層一層的包覆，是獨立、分離的硬體系統，而在 BBW 煞車系統上都只是軟體程式撰寫的問題了，變成只是整體系統中個別的功能，更多可能的輸入和功能都可以輕易被整合在 BBW 煞車系統中。

不過 BBW 這一步會不會被踏出去，或者什麼時候會被踏出去，目前還有不少疑問，有些是法規和技術上的問題，有些則是投資或商業利益上的考慮。技術面來說 ABS 經過 20 年的發展，相關的感測技術已經相當成熟，不是什麼問題，主要的問題反而是長久以來駕駛人已經習慣了煞車踏板驅動油壓幫浦的力道、感覺、及路面回饋，電控液壓式煞車或 BBW 系統中，煞車踏板已經變成冷冰冰沒有個性的電路開關，發展 BBW 系統的工程師反而在試圖以機械彈簧的方式模仿油壓式煞車踏板踩踏的感覺。

在法規方面對照於汽車動力系統的發展，不管是耗油性、廢氣排放、乃至於電動車，技術的發展幾乎是被法規推著走的，然而在煞車系統上從 1920 年到現在，汽車煞車相關法規，如煞車系統的安全性、可靠度等等，都是以油壓煞車系統為前提下發展的，儘管 BBW 技術已經成熟但相關法規還沒有跟上，因此對於汽車廠來說 BBW 似乎沒有必須符合法規的迫切性。

法規上沒有推的力量，相對的也等於多多少少“拉”住了一些 BBW 的技術發展，因為大部分車廠在傳統油壓煞車研發或設備上都已經有相當的經驗和投資，同時也要顧慮到油壓管路、油壓元件、煞車油等等下游廠商的生計，沒有特別強烈的理由，

主觀上可能更希望維持現有的油壓煞車系統，或只小小前進一步到電控液壓式的煞車系統。

不管如何，除了發熱燒開水以把車子煞停之外，未來您的煞車系統必定會更聰明。