



作者：徐業良(2016-04-10)；推薦：徐業良(2016-04-10)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2016年五月號，史丹福專欄。

怠速熄火系統讓汽車更省油環保

世界各國汽車油耗標準都越訂來越嚴苛，為了讓引擎更省油，各大車廠幾乎可以想到的點子都想了，像是把排檔箱從六速增加到九速甚至十速以組合出更省油的工作狀況、動力方向盤從機械式改為電動式、降低輪胎的滾動摩擦係數以減低摩擦阻力、或者用更高壓力將燃油噴射到引擎汽缸中讓燃燒更有效率等等，五花八門的招式都有，只求把油耗在降低幾個百分點。

然而不管怎麼省，汽油、柴油等內燃機引擎整體省油效率理論上便有一個先天的極限，除非將引擎熄火，不然引擎一發動就要吃油...

不知道您有沒有類似的經驗，我每次在家中地下室車庫發動車子準備出門時，引擎發動後只要在車庫裡多停個幾秒鐘，整個車庫就充滿著汽車廢氣令人窒息的味道，久久不散。想像交通壅塞時馬路上一片車海塞在一塊兒，甚至只是同時停下來等紅燈幾十秒鐘，車子那兒也去不了，但是多少引擎廢氣和二氧化碳被排放到大氣裡，都市地區 PM2.5 經常飆高到紫爆也就不足為奇了。

可不是嗎？！如果開車時駕駛人預期將會怠速暫停一段時間，便應該把引擎熄火，省油又環保。

怠速暫停時將引擎熄火，我自己試驗了好幾次，台灣許多紅綠燈都有計時裝置，這時便挺有用的，遇上要等幾十秒鐘的紅燈，我就先把引擎熄火，直到紅綠燈計時器倒數 3、2、1 再把引擎起動。試驗心得，這樣一熄一發還真的挺麻煩的。引擎一熄火，空調、音響、雨刷等等耗電的設備也就同時關閉了，重新起動引擎要是手腳慢一點兒，或者引擎一次沒打著，後面車子不耐煩的喇叭聲立刻就響了起來。

「怠速熄火—重新啟動」這件事其實不必煩勞駕駛人，汽車技術演進正在靜悄悄地發生，越來越多的車子裝有怠速熄火(start-stop)系統作為標準配備或選擇配備。怠速熄火技術最早是由德國車廠開始發展，早期僅限於手排車，但近年來自動排檔車中也越來越普及，目前大約 60% 歐洲新車，包括 BMW、Audi、Mercedes 等廠牌，都搭配有怠速熄火系統。日本車廠如馬自達也早有類似配備，美國車廠走得稍慢一些，由福特汽車帶頭，怠速熄火系統也逐漸進入美國的汽車市場。

怠速熄火系統基本的目的當然就是省油，許多車廠似乎把怠速熄火系統當作是壓榨出引擎最後幾個百分點的終極省油技術。每家車廠的怠速熄火系統也許有不同的名字，start/stop、idle stop、i-Stop 等等，但是基本功能都是一樣的，在汽車停下來時將引擎熄火，駕駛人右腳一離開煞車踏板、踏上油門，引擎又立刻發動。

怠速熄火系統另一個重要的功能是減少空氣污染，在市區停停走走的交通，加裝怠速熄火系統的話平均來說估計大約可以減少 10% 汽車廢氣排放量。噢，停下來等紅燈時如果沒有引擎的嗡嗡聲和連帶車體的抖動，開起車來可能也會更平靜、舒服一些。

不同車廠的怠速熄火系統操作上稍有不同。以 Mercedes 的 ECO start/stop 系統為例，手排車款上當駕駛人踩下煞車、打入空檔，車速降低到時速 8 公里以下時，引擎便會自動熄火；當駕駛人踩下離合器準備換檔，引擎又適時起動。Mercedes 的自動排檔車款，ECO start/stop 系統則是要在汽車完全停止後引擎才會熄火，踩下油門則立刻起動。怠速熄火系統核心元件是一個整合式的起動馬達兼發電機(integrated starter-alternator)，取代了原先獨立分開的起動馬達和發電機，這顆起動馬達/發電機除了使用電瓶中的電力快速發動汽油引擎外，也可以和油電混合動力汽車一樣，將引擎的能量轉換成電力儲存在電瓶中。怠速熄火系統也經常加入「再生式煞車(regenerative brake)」的機制，在煞停汽車的過程中汽車車輪帶動發電機，將汽車車速減緩損失的動能轉換成電力儲存下來，進一步提升省油效率。在市區停停走走的交通，Mercedes 宣稱 ECO start/stop 可以降低油耗達 9%。

電瓶是怠速熄火系統另一個關鍵元件。引擎起動需要很高的電力負載，裝置怠速熄火系統的車子，熄火一起動的次數會是一般車輛十倍以上，因此電瓶的電量要特別加大。引擎熄火時，車子上收音機、風扇、冷氣、燈光等等所有耗電的產品都還是開著，也會持續消耗電瓶電力，因此有些系統在整車電力負載過大時（例如冷氣開得很強或車內電子用品耗電過高）不會執行怠速熄火功能；也有系統對於怠速熄火時間長度有限制，以免電池中的電量被吃光了，反而沒有足夠電量重新起動引擎。也有系統在原本的鉛酸電池之外，額外搭配一個鋰離子電池，專門提供起動引擎之用。

OK，這個汽車的怠速熄火系統聽起來還不錯，但似乎不像是太華麗的尖端技術。

怠速熄火系統當然不是最新的技術，但是要能做到「平滑無縫」的怠速熄火—重新起動，特別是起動引擎反應要快、動作要平順，不能有太多噪音或振動，這也是各大車廠在怠速熄火系統技術競爭的焦點。

馬自達的 i-stop 怠速熄火系統便針對快速重新起動引擎下了一番功夫。一般使用起動馬達帶動引擎曲軸旋轉，幾個燃燒衝程（進氣—壓縮—點火—排氣）循環有足夠轉速之後引擎本身獲得足夠動力而起動，然而這個方式在怠速熄火系統應用上反應似乎不夠快速；馬自達的系統不是用起動馬達，而是直接在引擎停止時處於進氣衝程的汽缸噴油、點火，燃燒讓活塞產生向下衝力而啟動引擎，這樣的設計引擎重新啟動更為快速而安靜。

馬自達這個 i-stop 怠速熄火系統技術上最厲害的地方，就是引擎熄火時能精確控制壓縮衝程和排氣衝程的活塞停在正確的相對位置，重新起動時才能保持平衡，系統辨認正確的汽缸序列噴油、點火，很快把引擎動力和轉速帶起來恢復運轉。馬自達的 i-stop 怠速熄火系統在自動排檔車上引擎重新起動僅需要 0.35 秒，是其他使用起動馬達系統一半左右，在「平滑無縫」的怠速熄火—重新起動上，算是很棒的成就。

相關技術雖然不斷進步，怠速熄火系統「怠速熄火—重新起動」的過程越來越平順、反應越來越快速，然而仍然需要克服一項很困難的問題，使用者的經驗和接受度。幾個世代以來，使用者經驗上即使停下車來，也習慣還是要聽到引擎怠速嗡嗡聲才安心。也有駕駛人對不斷引擎熄火、起動覺得很煩，或者對省油、降低空氣汙染不那麼有意識，幾乎所有的怠速熄火系統都提供一個解除開關，駕駛人還是可以一上車就關掉怠速熄火開關。

這個使用者經驗和接受度的問題，也許只能靠時間來克服。怠速熄火系統正在悄悄地普及到所有汽車，也許有一天，車子停下來時，時速表歸零、引擎轉速表也同時歸零，對所有駕駛人來說都是再自然也不過的事。