

(修訂版)

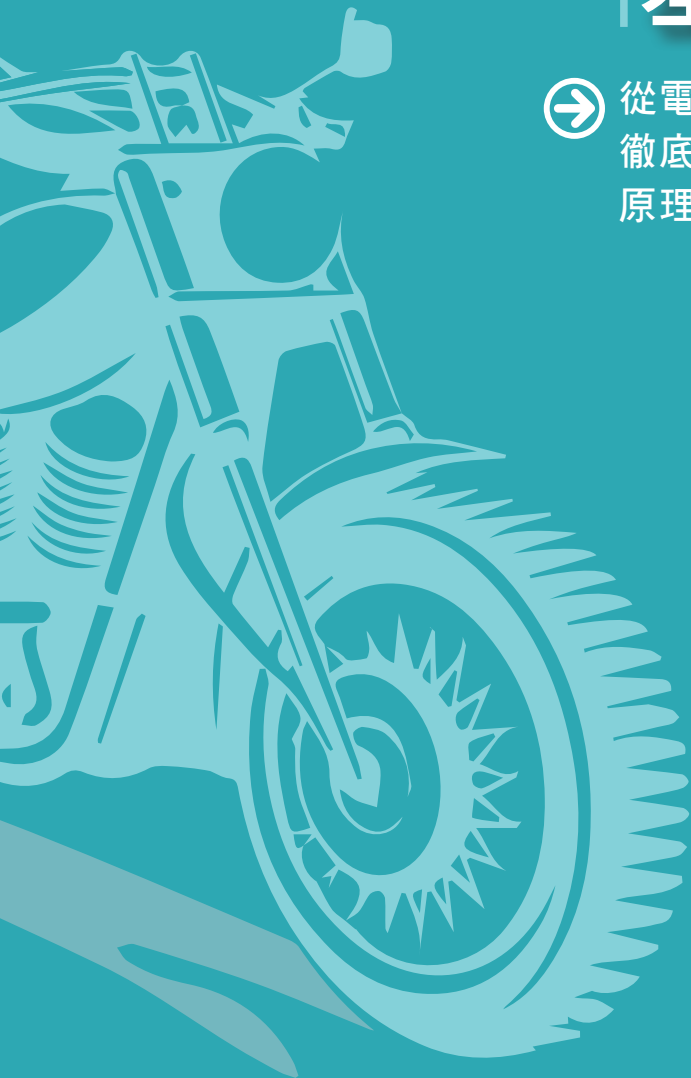
# 摩托車的基本構造



從電動機車到重型機車，  
徹底解析機械構造與運作  
原理

市川克彥◎著

溫欣潔◎譯





# 關於摩托車你應該知道的

真的很高興晨星出版社發行這本《摩托車的基本構造》，為那些喜愛機車的新手開啟探索大門，而對於本來就愛好機車的車迷提供更完整的資訊。這本書的內容相當完善，講解機車所有構造，搭配清楚的圖示，讓你能清楚了解機車運作的原理。閱讀完畢一定對機車有更多認識，對於每部車輛所散發之特性，能有更敏銳的感受，就好比DUCATI獨特出眾、高亢洪亮排氣聲，在機車界被公認為最有特色的旋律！

Ducati 台灣總代理 – 碩文 吳坤楠總經理

如果您跟我一樣熱愛摩托車  
除了擁有它、駕馭它、保養它、改裝它  
相信您也渴望能更深入地了解它  
了解它的構造、了解它的原理、了解它的進化  
對於摩托車迷而言，這是一門學問，一項知識，更是一個樂趣

透過這本書，以圖文並茂、深入淺出的方式  
引領您進入摩托車的內心世界  
探索內燃機引擎的奧妙與各組件的作用原理  
相信本書絕對讓您愛不釋手，也絕對能豐富您的騎士人生  
MotoCity重車論壇 推薦給您

重型機車入口網站 – MotoCity重車論壇



## 盡情享受迎風奔馳的快感

全身沉浸在迎風奔馳的快感——就算這是大家對於「騎摩托車」的普遍看法，仍改變不了處在日本氣候之下，摩托車絕對稱不上是個令人感到舒適的交通工具這個不可抹滅的事實。下雨天、烏煙瘴氣、冬冷、夏熱，作為一個移動工具，摩托車絕非首選。然而，我們周遭仍有這麼多摩托車騎士，為什麼？

原因只有一個，當然就是騎乘摩托車時的快感。參雜著痛苦與痛快的奇妙滋味，摩托車就是有這種令人訴諸感性，擄獲人心的魅力。

騎士在俗稱「皮包鐵」的狀態下，運用全身細胞駕馭摩托車。若你曾經親身體驗，與僅用手腳就能駕駛的汽車相比，摩托車是全然不同的交通工具。它比較近似於騎馬，可以和它一起感受風的吹拂，感受它的氣息，和它一同奔馳。

騎士用皮膚感受周圍的溫度，呼吸前方的空氣，各種氣味都刺激著嗅覺。這種行走間的體驗，使我們更能感受到移動的真實感。騎著摩托車出遊，彷彿讓人覺得遠離塵囂。不僅如此，利用全身駕馭，更能夠強烈感受到一體感，就如同自己也成為摩托車的一部分，享受著身體機能和自身能力更加強化的愉悅。

然而令人困擾的是，摩托車並非是誰都會騎的交通工具。比起即使是初學者多少都能駕駛的汽車，要讓一台摩托車奔跑，可能更需要一些技術。摩托車與汽車之間的決定性差異，是摩托車需要運用全身來駕馭，不僅用手、腳操作油門及煞車，還得用全身前後左右地移動重心，才有辦法操縱。即便只是油門及煞車，它都需要更為細膩的操作，遑論在操縱和重心移動之間所必要的完美協調。

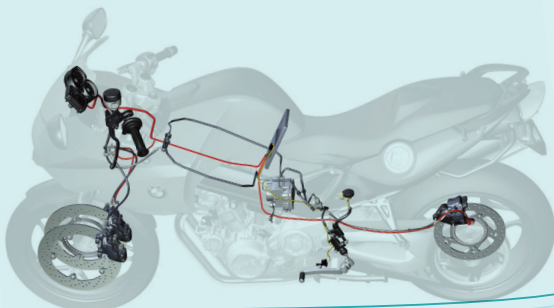
例如在過彎時，開車只需要旋轉方向盤，而摩托車就必須隨著車體傾斜。駕訓班也許會說：「轉彎時必須傾斜身體並移動重心」，但是，具體來說，到底該如何傾斜身體和移動重心？摩托車不會有讓車體傾斜的裝置，最具體的方式，就是用身體去學習。

摩托車和運動一樣，要領很重要。一旦抓住運動的要領，動作會瞬間變得流暢，突然進步神速。但是，要能抓住要領，靠的是經驗不斷地累積。而和經驗同等重要的，就是要了解「摩托車構造」。了解摩托車的構造，才可以理解摩托車的運轉方式，從而提升騎乘摩托車的技巧。

在書中，不僅說明了摩托車的構造，也會介紹各種構造的用途以及各種機械構造之間的關係，讀者透過精美的照片和詳細的解說，便能夠輕鬆地理解。

作為一種交通工具，汽車因為便利性而受人歡迎，而摩托車卻因為可以刺激人心，給予人們歡愉而令人珍惜。因此，真心地希望這本書可以對所有期待享受摩托車樂趣的人、正準備要騎騎看摩托車的人，和還想繼續騎摩托車的人都能有所助益。

最後，我想對寫這本書時提供我幫助的各摩托車相關廠商，和編輯部的石井顯一先生致上最高謝意。



# 第 1 章

## 引擎的構造

「引擎」— 摩托車的心臟

在此，我們將解說引擎是如何產生讓摩托車奔馳的力量、用於摩托車的引擎種類以及引擎內部的重要零件。此外，馬力和扭力的差別、最高速度及加速性能之間的關係，也將一併說明。



照片提供：YAMAHA發動機

YAMAHA最自豪的超級跑車 — 「YZF-R1」的心臟部位。利用活塞旋轉曲軸，將往返動作轉變為回轉動作，使得後輪得以運轉。



# 引擎的原理

— 爲什麼只要燃燒燃料就可以產生動力？

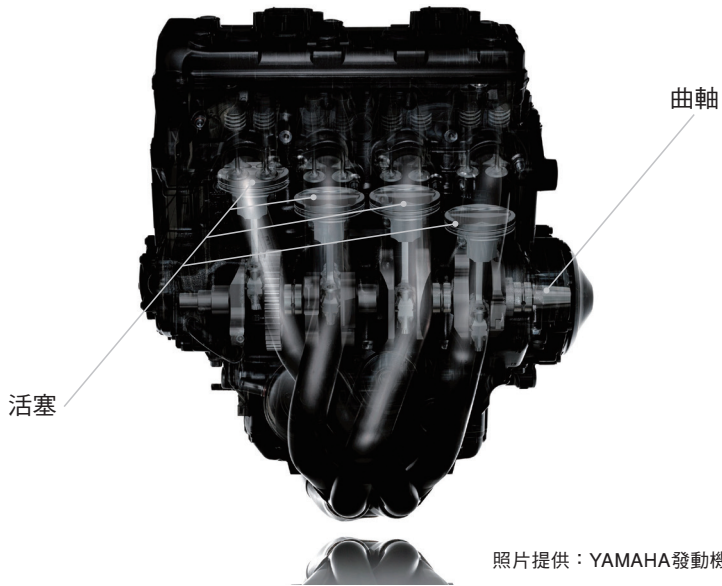
摩托車的引擎是透過燃燒燃料，也就是汽油來產生動力。說的更確切一點，其動力來源，是利用汽油與空氣混合後所產生的物質點火燃燒，燃燒生成的氣體遇熱膨脹所產生。也就是說，引擎是從汽油中取得「熱能」，再將其轉變爲「機械能」作爲動力的一種機械構造。

如此，將熱能轉變爲機械式能量，也就是「透過熱能取得動力的裝置」，通常也被稱爲「熱機關」。就燃料燃燒的方式分類，熱機關可分爲「內燃機」和「外燃機」。摩托車的引擎，就是屬於燃料封閉在內部燃燒的內燃機，藉由將燃料燃燒轉變爲氣體以產生動能。它的優點是體積小、重量輕，且可有效率地轉換熱能；而缺點則是它無法選擇可使用的燃料種類。

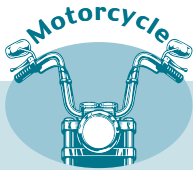
外燃機則是燃料在外部燃燒，再將熱能傳導至內部氣體以產生動力。比較廣爲人知的例子是利用燃燒煤炭等物質，使水蒸汽膨脹的蒸汽構造。外燃機的缺點是很難達到小型輕量化，但好處則是它可以使用氣體、液體、固體等各種燃料，甚至是核能。

你可能會覺得蒸汽摩托車很不可思議，但搭載蒸汽構造的摩托車（或許應該說是類似摩托車的東西），確實曾在19世紀出現過。但很遺憾地，它不像蒸汽汽車已經達到可以實際運用的階段，蒸汽摩托車始終都無法普及。終究，要將又大又笨重的蒸汽構造架在摩托車上本來就會有很多困難，因此從那時起，人們就開始思考如何把內燃機的引擎運用在摩托車上了。

## 高性能摩托車的引擎內部



汽油引擎是藉由引擎內部的汽缸燃燒汽油以產生動力。由此可知，汽油引擎是屬於內燃機。



### 瓦斯也可作為內燃機的燃料

從前，日本曾因為戰爭而陷入燃料不足，使得以木炭作為主要燃料的「木炭公車」風行了一段時間。而雖然名稱是木炭，但並非是燃燒木炭來驅動蒸氣機構，而是蒸烤木炭以產生一氧化碳，進而轉為引擎燃料。通常一提到引擎燃料，大家都自然而然地聯想到像汽油這種液體燃料，但其實瓦斯也可以作為引擎燃料。現今也有許多計程車是使用LPG（Liquefied Petroleum Gas），還有少部分是使用CNG（Compressed Natural Gas）。不過，確實是尚未出現用瓦斯作為燃料的摩托車。



# 引擎的種類

## — 摩托車用的是哪一種引擎？

摩托車的引擎屬於內燃機，不過即使是內燃機，也有各式各樣的種類，必須做更進一步的分類。摩托車的引擎種類，被歸類為「往復式活塞引擎」，它的英文名稱是「Reciprocating Engine」，Reciprocating是往復運動的意思，因為是由活塞的往復運動帶動引擎轉動，因而被稱作「往復式活塞引擎」。順道一提，還有一種引擎稱作「轉子引擎」，不使用活塞，取而代之的是直接利用轉子進行迴轉運動的構造，與往復式活塞引擎並不相同。

往復式活塞引擎又可以更細分為「汽油引擎」和「柴油引擎」。汽油引擎是將壓縮成十分之一比例的混合氣，利用火星塞點火燃燒的火花點火式引擎，因為是以汽油作為燃料，因此稱作汽油引擎。汽油引擎尚分「四行程」及「二行程」，目前以四行程引擎居多。其實二行程引擎也有許多優點，因此長期受到小排氣量引擎的青睞，然而因為無法達到環保標準，現在僅有一小部分在使用。

柴油引擎則是將空氣強力壓縮到約二十分之一的比例，然後再將燃料（如柴油）噴射後使之燃燒的引擎。強力壓縮後的空氣氣溫會高達攝氏600度，再以這樣的溫度使燃料起火。它比汽油引擎的效率更高，但是卻因為體積太大且太過笨重，加上震動過大，因此較不適用於摩托車。



## 配備轉子引擎的摩托車

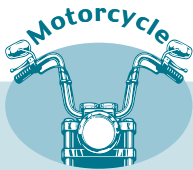
照片提供：SUZUKI



引擎

巨大的水箱

1974年開始販售（僅外銷）的SUZUKI「RE-5」是目前唯一搭載轉子引擎的量產摩托車。



### 轉子引擎及柴油引擎的摩托車

「所謂專業技術人員，就是即使只有一絲絲的可能性，都會試著去挑戰」，就如同這句話，摩托車也曾經不斷地挑戰轉子引擎和柴油引擎，只可惜一直都無法普及。先不論主要運用在卡車和巴士的柴油引擎，轉子引擎擁有震動小且可流暢地轉到高轉速的特性，既然可以運用在跑車，那理應也適合摩托車。但很遺憾地，當時的技術終究敵不過二行程和四行程的往復式活塞引擎，因而淡出了這個市場。

## 引擎的進化

### — 從工具到娛樂

世界上第一台摩托車，是在19世紀後半（1885年）由德國人戈特利布·戴姆勒（Gottlieb Daimler）所發明。因為和卡爾·賓士（Karl Benz）共同發明世界第一台汽油汽車而廣為人知的戴姆勒，為這一台值得被永久紀念的摩托車，配置了排氣量264cc，馬力僅有0.5ps的單汽缸四行程汽油引擎。0.5ps的馬力，僅有目前50cc引擎的十分之一，可說是非常使不上力的引擎。

在那之後，發展初期的摩托車屬於實用車，大多數都被用來運送貨物，引擎不過就是一個動力來源，首要追求的就是耐用。但是，當摩托車因為其騎乘樂趣而開始漸漸受到關注，引擎不再只是動力源，而成為了能讓摩托車產生速度感的重要構造。

接著，摩托車開始關注於速度的追求，引擎動力也一躍而上。引擎一枝獨秀地獨自進化，「行走」得靠高性能，「過彎」和「停車」得靠騎士的技巧，這就是摩托車所具備的刺激感。當然還有摩托車的外型也不可同日而語。

到了現在，曾經身為全動力引擎代名詞的二行程引擎漸漸淡出車界，摩托車的排氣和噪音問題也引發了許多爭論，但不會改變的是，引擎永遠是摩托車的魅力來源。



## 第 2 章

# 引擎周邊機構的構造

車子無法單靠引擎發動。

此章節，將介紹供給引擎進氣的機構構造、各種燃料供給方式以及燃燒後的排氣系統等。

此外，還有讓引擎運轉流暢的機油、冷卻系統以及點火開關等。



圖片提供：KAWASAKI MOTORS JAPAN

KAWASAKI「ZRX1200 DAEG」所採用的排氣集合管。四支排氣歧管合流為一之後，再與消音器連接。



# 排氣系統的構造

## — 排氣管就是消音器？

排氣系統是由降低音量的消音器和引導排氣氣體的排氣管所組成。然而，普遍認為「排氣系統＝降低排氣音量的裝置」，因此，通常就被直接稱作「消音器」。

汽缸內的已燃燒混合氣，只不過是燃燒剩餘的氣體，必須迅速地排出。但是，排氣所被分配到時間，僅有一眨眼的工夫。因此，排氣系統不僅僅只是讓排放氣體從汽缸順暢地排出，更必須要積極地將氣體引導出去。雖然降低噪音對排氣系統而言非常重要，但「迅速地排出廢氣」也是任務之一。

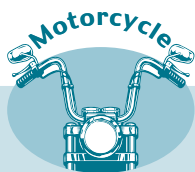
然而，令人困擾的問題是，對於二行程引擎來說，光是能夠順暢地排除廢氣，並不代表引擎的性能沒有問題。因為，二行程引擎會發生新的混合氣隨著廢氣一同排出的竄跑現象。

能夠解決這項問題的，是在排氣管前段膨脹增大的膨脹室。膨脹增大的膨脹室，到了消音器前又會縮小變細，因為暫時地膨脹而壓力減低的廢氣，在這裡會再度增壓。然後，接踵而至的廢氣會被壓回，而與廢氣一起竄跑的混合氣則會被安全地留在汽缸內。由此可見，若少了膨脹室，動力確實會降低不少。

## 四行程引擎的排氣系統



從引擎排出的廢氣，通過排氣歧管、排氣管，最後由消音器降低音量後排於大氣之中。



### 為什麼排氣管都從摩托車前端伸出？

摩托車的排氣管，大多是裝置在引擎前側，理所當然排氣汽門也一樣位在前側。而排氣汽門之所以設置在前側，是為了將受排放氣體影響造成高溫的排氣汽門周圍，能夠透過行走時的風力冷卻。這種裝置方式的主要目的是將排氣汽門冷卻，因此也有不透過行走風力，而是使用水冷引擎的例子。在這種情況下，排氣管就不需要特地設置在前側了。除此之外，V型引擎向前傾斜的設計，也是為了要讓外側的汽缸可以受風冷卻所下的工夫。



# 集合管

## — 消音器的數量是固定的嗎？

當四汽缸引擎還不普遍的時候，「四汽缸引擎必須搭配四支消音器」幾乎是理所當然的事。四支消音器，正是搭載四汽缸引擎的證據，普遍認為，消音器的數量愈多，意味著性能愈好。

然而，集合管的出現，顛覆了原本的常識。將複數的排氣管匯集成一支束管，才是真正高性能的表現。集合管的發想源自於電路，最早是作為賽車用零件而開發。將消音器束在一起提升排氣效力，可以提高動力；又因為集合管能夠減少消音器數量，更加滿足了輕量需求，是能夠同時提高賽車動力和輕量化的畫時代產品。這樣的效果當然也適用於一般市售摩托車，再加上其充滿魅力的排氣音浪，使它成為眾所矚目的焦點。

單汽缸引擎的排氣氣體流動並不固定，其壓力是如同脈搏跳動般變化，這是因為引擎間歇性地排氣所造成的現象；而集合管可以巧妙地利用這個壓力變化，積極地導出廢氣，進而提高排氣效率。

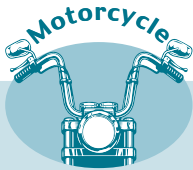
不過，排氣時間點會因汽缸不同而有所差異，若沒有精準地匯集，反而會造成排氣氣體相互撞擊而導致排氣阻塞的副作用。此外，依匯集方式不同，會改變引擎偏高轉速或低轉速的特性，因此必須仰賴高度的技術。

## 一般市售車的集合管



照片提供：KAWASAKI MOTORS JAPAN

在集合管的概念還尚未產生時，每個汽缸會各自搭配一支消音器，消音器的數量等於汽缸數，代表性能的展現。



### 4-2-1式是什麼？

集合管是以將排氣管最終匯集成一支或兩支的形式呈現。雙汽缸的集合管設計較單純，而四汽缸則有幾種設計。其中較常被採用的，是四支排氣管集合成一支的「4-1」（四合一），及四支先匯集成兩支，最後再匯集成一支的「4-2-1」；也有匯集成一支之後，再分岔成兩支，消音器也左右分流的設計方式。此外，為了提高排氣效率，會在排氣管上設置旁通管（Bypass pipe）或是控制排氣流動的閥門。



# 消音器

## — 消音器是如何使聲音變小？

當燃燒完成，從汽缸猛烈噴出的排氣氣體，因為溫度和壓力皆高，而帶有強大的能量。如果這樣的氣體直接排出，會使氣體在大氣中一鼓作氣膨脹，強力地碰撞周圍的空氣而產生巨大聲響。消音器的主要任務，就是抑制這個噪音，利用各種方式降低排氣氣體的能量，使氣體排出時不至於發出過大的聲響。

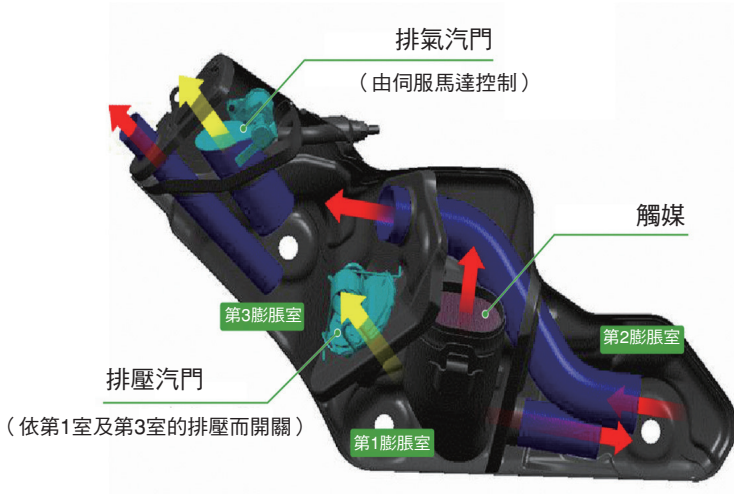
消音器抑制音量的構造，有分膨脹式及吸音式等方式。膨脹式是將排氣氣體由狹小的通路引導至大膨脹室，使壓力下降，進而降低音量。摩托車通常都是採取數個膨脹室，以反覆降低排氣氣體壓力的多段膨脹式。在消音器內部，分隔為數個膨脹室，而作為排氣氣體通路的管線，則如迷宮般相連。

吸音式則是採用直接將排氣氣體排出的方式。在消音器內部，有一支開孔的細管，包覆著如玻璃纖維棉般的吸音材，藉由吸音材與排氣氣體能量的相互摩擦以降低音量。

和必須置入通路的多段膨脹式相比，吸音式的排氣效率較好，因此吸音式消音器常用於重視性能的賽車等。不過，吸音材會隨著使用時間愈長而劣化，造成消音效果下降，因此定期地更換、保養是不可省略的。

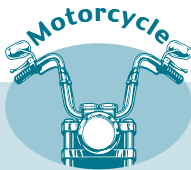


## 消音器的構造



圖片提供：本田技研工業

HONDA「CBR1000RR」的多段膨脹式吸音器，利用三段的膨脹室減低噪音程度。



### 摩托車的噪音法規（日本）

近幾年，日本製造商的新車發表大幅地減少。雖然理由之一是嚴格的排氣法規，但噪音規定的強化也是很大的阻礙。日本的摩托車噪音法規是在1971年制定，其後經過了多次的修法強化，到今日，加速的行走噪音，與1971年所制定的法規相比，必須降低90%以上，已經達到全世界最嚴格的標準。接著在2010年春天，又將進一步提高更換用消音器的規定，不難預測，法規又將更為嚴格。



# 火星塞的構造

## — 高性能火星塞的優點是？

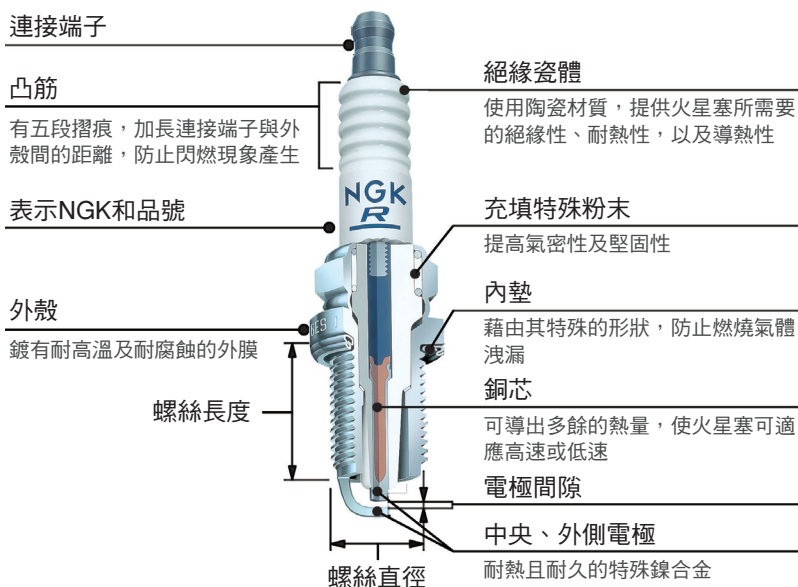
火星塞是裝置在汽缸蓋的塞孔，在最前端的兩個電極（中央電極和外側電極）之間放電，讓高壓混合氣濺起火花。在火星塞前端的正中央突起是中央電極；而延伸於金屬外殼的L型部分則是外側電極。

白色的部分是絕緣磁體，作用是將兩電極絕緣。絕緣體的中心是與中央電極相連的中央軸，在尾端的部分則有一連接端子與高壓導線相連。絕緣體的外側金屬部分是外殼，而分割的螺紋槽，則是為了要能裝置在塞孔上。火星塞最前端的外側電極並無連接高壓導線，這是因為引擎須接地，當火星塞裝置在汽缸蓋上時，電力才會流通。

要讓混合氣燃燒完全，好的火花很重要，因此火星塞的優劣，對引擎的性能影響極大。要產生好的火花，和電極間隙或電極的形狀等要素息息相關。

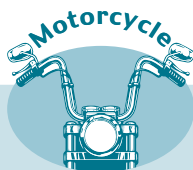
較廣為人知的高性能火星塞有鈦合金火星塞和白金火星塞，是藉由極細的中央電極濺出火花，較容易點火。一般而言，中央電極太細會造成放熱不佳、消耗較快等缺點，但正因為使用較抗消耗的鈦合金和白金材質，才成功克服了原本的缺陷。

## 火星塞的構造



圖片提供：NGK

火星塞的絕緣體部分凹凸不平的摺痕，稱為凸筋，最大功能是提高絕緣性。



## 點火進角

各位是否知道，混合氣從進氣汽門到汽缸，這之間可以製造燃燒的時間其實非常短暫。特別是當轉速高時，要配合上死點的時間點濺出火花的時間相當緊迫。因此點火系統有一功能稱作「進角功能」，會依照引擎轉速及油門狀況，將點火時機提前。進角功能可以在活塞到達上頂點前點火，再同時配合燃燒壓力最大的時間點和活塞下降的時間點，讓燃燒能量有效地轉換成動力。



# 引擎啓動系統

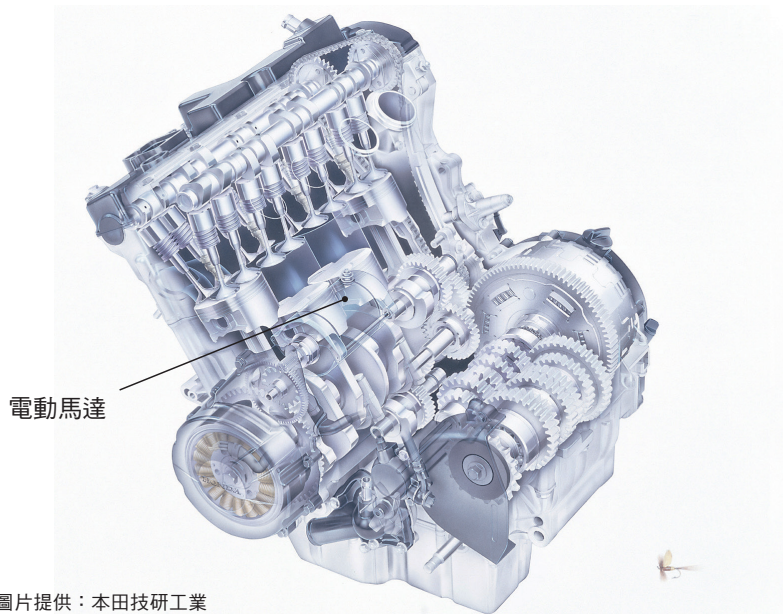
## — 自動啓動器的性能比較好？

與電動馬達不同，引擎無法自行發動。爲了要燃燒混合氣以取得動力，必須先壓縮混合氣，而要在取得動力前，又必須要讓活塞活動。因此，讓引擎轉動的啓動裝置絕對是不可或缺的。啓動裝置有分爲腳踩發桿以轉動引擎的踩發桿式，和利用啓動馬達轉動引擎的自動啓動式。

踩發桿式，是利用腳踩發桿帶動齒輪，進而使曲軸迴轉。而將踩發桿的動作傳送到離合器的前方（引擎側）則稱爲主要式，使用這種方式，即使關閉離合器引擎也可以運作。相對於此，踩發桿的動作傳送到變速器的爲次要式，這是透過離合器使曲軸迴轉，因此若無離合器則無法啓動引擎。

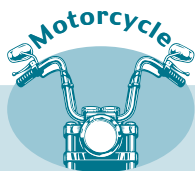
自動啓動式則是利用齒輪使電動馬達的迴轉速度降低，並增大扭力以使曲軸迴轉。這種方式只需透過手邊按鍵進行簡單操作，起動性也不錯，但必須配備可以供應強力電動馬達或強大電流的電池。因此，從前自動啓動器只用在較大型的摩托車，而現今則是取代踩發桿式啓動，成爲標準配備。不過，對於較欠缺電器配線的摩托車或是追求輕量的摩托車而言，仍會選擇踩發桿式啓動方式。還有一部分是因爲「用腳踩啓動引擎才算是摩托車」的想法，才特地採取踩發桿式啓動方式。

## 電動馬達的位置



圖片提供：本田技研工業

上圖是自動式啓動裝置所採用的電動馬達，不一定非要專用的電動馬達，有些摩托車也會將發電機作為電動馬達。



### 被踩發桿反踢一腳！？

從前，發動引擎就如同一種儀式，「是否能安全無虞地順利發動，就憑個人運氣了」。其中排氣量大的引擎並不容易發動，而若僅僅是無法發動就算了，有時還可能發生踩發桿回彈的狀況。踩發桿沒有踩到底，活塞沒有被完全壓縮即返回，造成引擎逆迴轉，使踩發桿回彈。快速逆迴轉的踩發桿可能會打中腳踝，更嚴重的話，還可能造成扭傷或骨折。