



作者：徐業良(2002-01-21)；推薦：徐業良(2001-01-21)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2002年五月號，史丹福專欄。

## 汽車工業中的“異端”——轉子引擎又回來了？！

馬自達的 RX-8 明年初將正式量產上市。

Mmmm，馬自達推出新車，很特別嗎？

特不特別，要看您從那個角度看一部新車囉！RX-8 是一部轉子引擎的車子。

前一部轉子引擎的量產汽車也是馬自達的車子，您答對了，RX-7，大約是 1995 年的事情，七年之後，當所有車廠都把心力放在電動車、燃料電池車的開發時，馬自達以 RX-8 提醒全世界的汽車迷，轉子引擎還沒死哦！

汽車工業自亨利福特以來，就講究標準化、大量生產，也是自亨利福特以來，往復式活塞引擎便一直是汽車引擎的標準機械形式。轉子式引擎則一直是汽車工業中的“異端”，其優雅、簡單的動作與構造，深受機械迷、汽車迷的喜愛，還一度鬧起“革命”，幾乎有機會扳倒大巨人，取代往復式活塞引擎，成為汽車引擎的標準。

RX-7、RX-8 的故事相信許多新車介紹的文章都提過了，這個月的史丹福專欄想跟大家談一談這個汽車工業中的“異端”，迷人的轉子引擎。

轉子引擎其實也是一個標準的內燃機引擎，進氣、壓縮、點火、排氣，四個衝程動力產生的原理和標準的往復式內燃機引擎完全相同。您如果瞭解活塞式引擎動

作原理的話，可能就知道活塞式引擎整體搭配相當複雜，曲柄帶動活塞前後移動，搭配進排氣閥門適時開啟閉合來吸氣與排氣，點火系統也得配合準確點火產生動力，四個汽缸的動力衝程還得互相搭配，才能產生平順的動力輸出，一具四汽缸活塞式引擎至少需要四十個搭配精準的運動零件才行。

相對的，轉子引擎的構造就簡單許多，主要的運動零件只有一個偏心式的轉子在一個氣室中心轉動，取代了往復式引擎中所有活塞和汽缸。搭配著圖形來看，所謂“轉子”是一塊三角形的金屬零件，這個三角形轉子在曲線設計巧妙的氣室中轉動時，把器室分割成三個區間。



圖 1. 轉子引擎動作示意圖[<http://www.monito.com/wankel/rce.html>]

三個區間中第一區間空間比較大，是屬於四個衝程中進氣的部分。轉子引擎的進氣口就只是氣室壁上的一個固定開口，不需要任何閥門、凸輪、挺桿、凸輪軸、正時皮帶之類的零件，轉子轉入此區間吸進油氣混合氣，而尖端掃過進氣口後，吸入的油氣混合氣便自然被封閉起來壓入第二區間。第二區間的空間遠較第一區間的空間小，油氣混合氣隨著轉子旋轉轉入這個區間的過程也自然被壓縮，而火星塞也就是裝置在此區間中心，直接被轉子帶動點火產生動力，推動轉子繼續轉入第三區間。第三區間的空間也漸漸變大，屬於膨脹、排氣的衝程，同樣是由氣室壁上固定的排氣口排氣。轉子引擎便是靠著這個轉子單一方向連續的旋轉運動，產生四個動力衝程。

Mmmm，轉動一圈便完成了四個衝程，您是不是也覺得轉子引擎的動作遠較往復式活塞優雅而簡單呢？！

往復式活塞引擎每一個衝程的動作都是明確分離的，轉子引擎卻把四個衝程混合在三個區間內連續地發生，而且一個轉子、一個氣室，卻有好幾個衝程同時在動作。簡單的說，轉子引擎最大的優點，也就是其能以更輕、更簡單、更小型化的設計，完成同樣的內燃機動力程序，省去了許許多多的運動零件，同樣排氣量的轉子引擎，動力輸出會是活塞式引擎的兩倍。而單方向連續旋轉的動作和較長的動力衝程，也使得轉子引擎遠較採用往復的移動動作、僅有四分之一動力衝程的活塞式引擎更為平順，轉速也可以提得更高。

如果您不太熟悉 RX-7、RX-8 的故事，舉幾個數字給您聽聽，RX-8 的引擎的規格是，排氣量 1.3 升，最大馬力 250 匹 / 8500 轉。

和您熟悉的數字不太一樣吧！RX-7 的轉子引擎有渦輪增壓才能達到 250 匹馬力的數字，RX-8 則是完全自然進氣的引擎，重量比 RX-7 的引擎還輕了 30%，體積也更小，號稱是有史以來動力密度（單位重量可以產生的動力）最高的引擎。

既然轉子引擎這麼好，為什麼至今仍然沒有取代活塞式引擎，成為汽車引擎的主流呢？

其中原因可以從兩方面解釋，首先，轉子引擎當然還是有一些缺點的。轉子引擎愛好者專為轉子引擎設立了一個網站(<http://www.monito.com>)，其中提到轉子引擎有三個主要缺點，第一個缺點是前面提到轉子火星塞引擎點火的第二區間十分細長，火焰得要走一大段路才能將油氣混合氣完全燃燒，燃燒的熱效率較差。不過馬自達 RX-7 的轉子引擎採用雙火星塞點火，有的跑車車款甚至用三火星塞，已經改進了這個問題。這個網站上舉出轉子引擎的第二、第三個缺點，是“在無知的設計上(in naive designs)”，轉子引擎比較耗油，且一氧化碳排放較高。對於耗油性方面的缺點網站上也同時提出辯護，表示這只是從 1973 年石油危機後反轉子引擎者對轉子引擎貼上的標籤，事實上 RX-7 和同級車相比耗油性已經不相上下了。另外馬自達也宣稱 RX-8 的轉子引擎比前一代更加省油，而且既然要量產上市，當然得符合所有嚴苛的廢氣排放標準。

所以轉子引擎的缺點，似乎不是這麼致命或者難以改進（想一想電池驅動的電動汽車，或是國內最近被環保署取消補助的電動機車）。轉子引擎沒有能夠取代活塞式

引擎成為汽車引擎的主流，第二個原因便是，要取代一個已經成為標準的技術，實在是太難了。事實上現在汽車工業界投注了數以十億計的研發經費在電動車、燃料電池汽車的研發上，轉子引擎提供了一個足供警惕的好故事，為何這樣一個絕佳的科技卻沒能滿足大家的期待。

這中間有些有趣的歷史故事，二十世紀初期，德國是機械工業強國，出了好幾位機械天才，轉動式活塞引擎的概念便是在 1927 年一位當時年僅二十六歲的德國機械天才 Wankel 先生發明的，1929 年 Wankel 先生獲得了這項專利，1936 年 Wankel 先生又獲得了 DKM 轉子引擎的專利，所以轉子引擎也常被直接叫做“Wankel engine”。納粹統治德國和二次大戰的期間，轉子引擎並沒有受到重視，Wankel 先生甚至還被關過兩次（戰前被納粹，戰後被法國）。不過 Wankel 先生始終沒有放棄轉子引擎的研究，直到 1951 年德國一家叫做 NSU 的製造廠看到了 Wankel 先生的工作，轉子引擎才開始有真正的生命。1957 年，Wankel 先生獲得專利二十一年後，才有第一具 DKM 型轉子引擎原型運轉測試，有 21 匹馬力輸出；1958 年 NSU 公司又做出了第一具 KKM 型轉子引擎，現代的轉子引擎都是屬於 KKM 型；1961 年 NSU 公司推出第一部使用轉子引擎的量產汽車 Prinz，開啟了工程師對轉子引擎無限的想像。

接下來 1960 年代到 1970 年代初，是轉子引擎大紅大紫的年代。這裡有個時代背景必須要瞭解，60 年代是追求動力的年代，噴射機取代了螺旋槳飛機，汽車尾翼一個比一個翹得高，駕駛人對性能的飢渴遠遠超過對省油性的要求。NSU 公司轉子引擎在當時被認為是內燃機引擎革命的下一步，在轉子引擎熱潮極盛時期，各家公司生產的使用轉子引擎產品包括摩托車、遊艇、飛機、甚至割草機。

汽車方面的發展，NSU 接下來又推出了一款搭配轉子引擎的 Ro80 轎車，當時美國的大汽車廠通用汽車和“American Motors”都有在量產車上採用轉子引擎的計畫（雖然計畫始終沒有實現）。日本馬自達汽車廠的前身“Toyo Kogyo”也是在此時發現了轉子引擎的未來性，在此時加入了轉子引擎的發展。1969 年 Mercedes 也著手發展一系列跑車，原型車測試時最高時速可以跑到 180 英里。轉子引擎在歐亞美三大洲都蓬勃發展中。

在那個節骨眼，看起來轉子引擎就快要扳大巨人，取代長久以來汽車工業的標準活塞式引擎。但是大巨人實在太大了，’50 年代末期 NSU 開始對轉子引擎感興趣時，

全美國活塞式引擎的數量已經超過抽水馬桶的個數，背後代表的使用者的習慣、既有的商業利益、和汽車業者在活塞式引擎上的投資等等阻力，大到無法想像。造成轉子引擎發展完全停頓的直接原因，則是 1973 發生的能源危機，整個汽車引擎研發的方向頓時從性能追求一百八十度轉向到省油、低污染，以高性能見長的轉子引擎還來不及改善其耗油和廢氣排放的缺點時，批判這兩項這兩項缺點的聲音便已經被高度放大，轉子引擎也就幾乎被判了死刑，所有車廠發展轉子引擎相關的 program 紛紛被取消，轉子引擎好不容易建立的脆弱的研發基礎完全崩潰。

只有馬自達仍然堅持到底（或者說只有馬自達是轉子引擎真正的信仰者？），此後三十年來仍然持續發展轉子引擎車，維持著轉子引擎技術的香火，也藉著製造轉子引擎車參與世界各地賽車，凝聚著一批轉子引擎的信仰者。更重要的是，這三十年的時間，馬自達有機會能夠持續改進轉子引擎的省油性、可靠性、和廢氣排放，RX-8 的一項重要意義，便是馬自達向世人宣示他們的信仰沒有錯，轉子引擎性能比活塞式引擎更為優異，且同樣可以滿足相同標準的省油性、可靠性、和廢氣排放。

您說，這“持來的正義”是不是有點太遲了？現代汽車動力追求的是極低廢氣排放(ULEV)，甚至是零廢氣排放(ZEV)，新能源取代汽油引擎似乎是不得不然的趨勢，即使馬自達證明自己的堅持是對的，也不會有哪家車廠會回頭再發展轉子引擎…

汽車用乾淨的新能源中最受矚目的是氫燃料，氫燃料主要是提供燃料電池車輛發電之用，活塞式引擎並不能直接使用氫燃料。然而最近許多研究發現，由於轉子引擎的進氣區和燃燒區是分開來的兩個區域，使得轉子引擎特別適合使用氫燃料，馬自達已經有使用氫燃料的轉子引擎了，七年後下一部轉子引擎車（RX-9？）如果是使用同樣四衝程燃燒原理，但是使用氫燃料，排放出來的廢氣只有水蒸氣，您可不要過份驚訝。

看起來，轉子引擎不但沒死，可能還有機會找到自己的一片天了！