

# 可變氣門正時



製作：鄭富禎

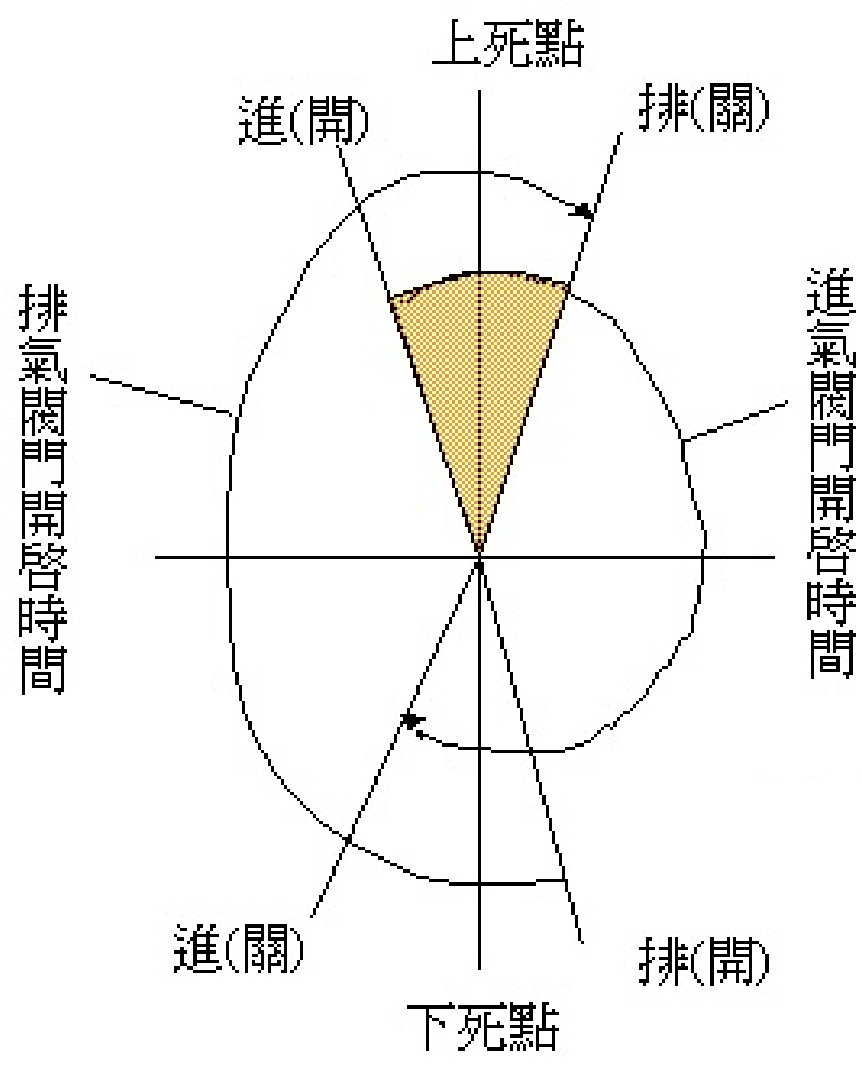
## 一、前言

引擎科技日新月異，爲了達到良好的引擎燃燒效率，所以發明了噴射引擎取代空燃比控制不易的化油器，加上許許多多的先進感應器及電子科技，讓引擎成爲台灣「電子花車」大戰的導火線，但是大量使用電子科技應用在汽車上非引擎科技莫屬。

當今，量產的自然吸氣引擎中單位容積燃燒效率極高的BMW車系（馬力、扭力兼具），運用了各缸獨立的節氣門以及進氣歧管直噴技術、電子節流閥、連續式可變氣門正時機構、優異的引擎管理電腦讓M5、M3成爲車迷崇拜的對象。但是在環保的努力上，同樣具有超高燃燒效率的HONDA車廠所做的研究，確實走在全世界車廠的最尖端。



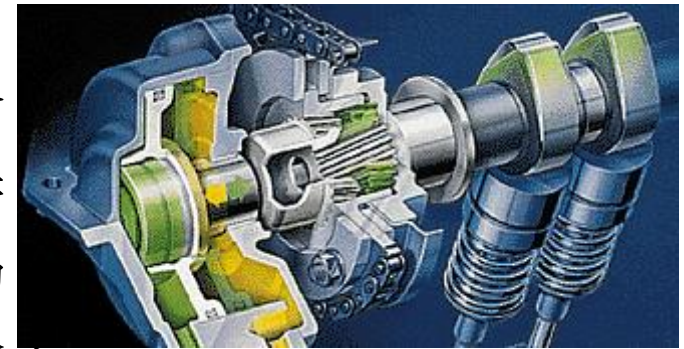
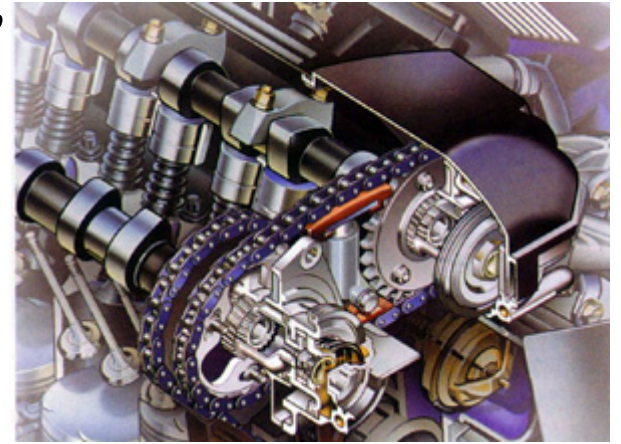
圖一 BMW E46 M3之M-POWER引擎單缸獨立電子節氣門加六喉直噴設計，此乃高轉速高進氣效能保證



圖三 橘色部分-進排氣閥門之"配氣相位重疊角"

#### 四、BMW VANOS可變氣門

BMW的VANOS是Variable Camshaft Control，“可變凸輪軸控制系統”，它能隨著引擎轉速與負載情況，自動且連續式的移動凸輪軸位置，還達到變化不同轉速時的進排氣之配氣相位夾角，使怠轉穩定，中低轉速扭力充足，高轉速馬力湧現，而且還兼顧到廢氣排放標準。而控制凸輪軸位置的裝置如圖四，VANOS利用一個可開關的電磁閥，在不同轉速時，藉由油壓來控制電磁閥的位置，以決定油壓是走黃色的管路還是綠色的管路，而不同的管路將推動活塞的移動，它的移動將推動一螺旋齒輪，這齒輪就可以把凸輪軸移動位置，達到改變“氣門正時”(重疊角也改變)的目的，這類引擎就是可變氣門引擎。



圖四 VANOS中調整凸輪軸位置的裝置

## 五、Toyota VVT-i可變氣門

VVT-i(Variable Valve Timing-Intelligent)譯成『智慧型可變氣門正時引擎』，它跟VANOS是一樣的設計理念，也是移動凸輪軸的位置，以改變氣門正時與氣門重疊角，只是移動凸輪軸的機構有點不同，而它也是無段連續式的可變氣門正時引擎，它的模式是：

- 1)怠轉時：沒有氣門重疊角。
- 2)一般行駛時：跟VANOS一樣是隨轉速增加而加大氣門重疊角。
- 3)加速、爬坡、高速行駛時：除了大氣門重疊角以外，它的進閥門還會提早關閉，那樣可以有充足的扭力以外，也達到進排氣順暢的優點。



圖五 Toyota VVT-i引擎的可變氣門裝置

## 六、Honda VTEC可變氣門

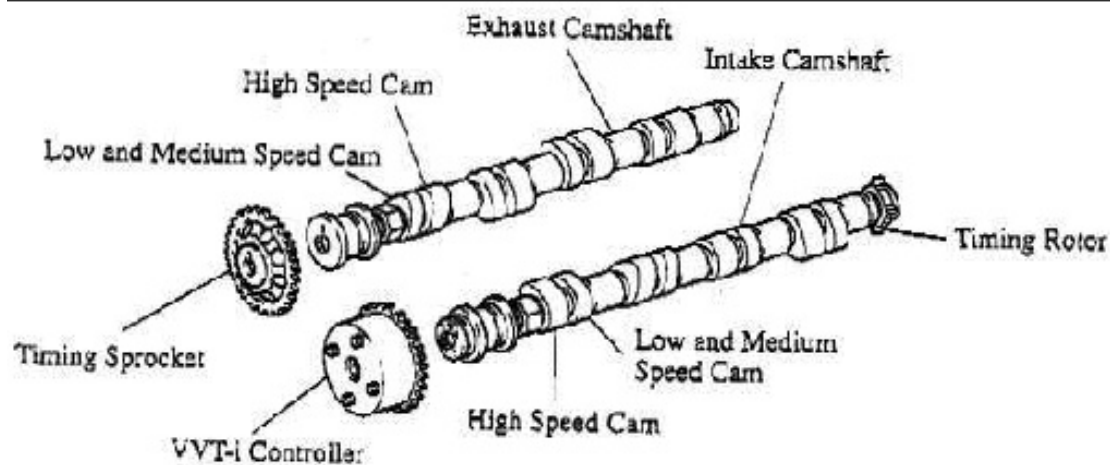
Honda VTEC跟BMW的VANOS與Toyota的VVT-i是用不同方式來解決無法兼顧低、中、高轉速引擎的問題，Honda的idea也很簡單，它發展一顆引擎，在低轉速時用小凸輪軸，進入高轉速時換成較大的凸輪軸，如此不是一舉兩得。Honda解決之道是切換size不同的凸輪軸來滿足不同狀態的需要，也由於對不同凸輪軸的切換，VTEC除了改變氣門正時與進、排氣的重疊角以外，它還改變了氣門開關的“揚程(lift)”深度，而這是VANOS與VVTi所沒有的。



圖六 Honda VTEC引擎的可變氣門裝置

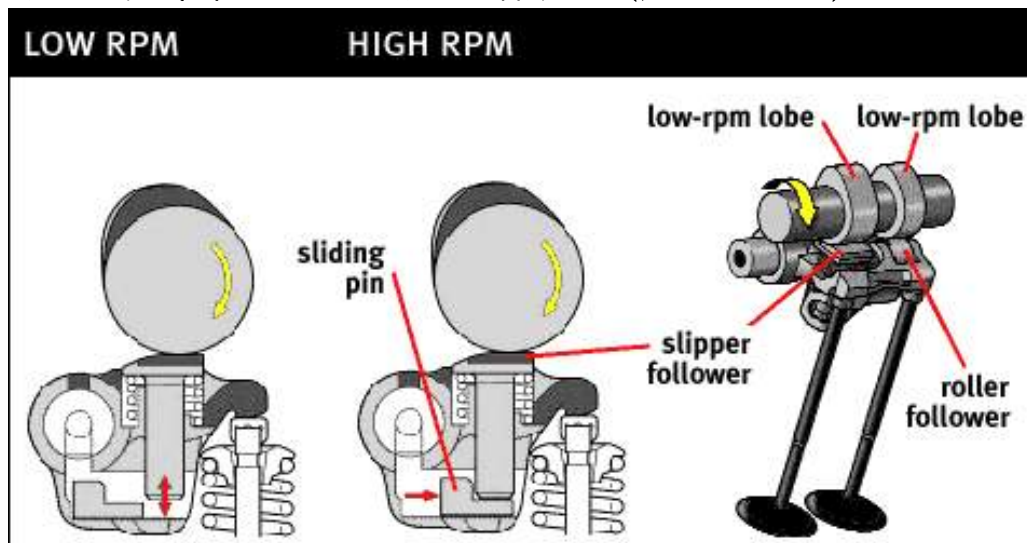
## 七、2000年Toyota的VVTL-i

豐田的VVTL-i引擎全名就是-Variable Valve Timing & Lift – Intelligent，它跟VVT-i是不同的引擎，VVT-i目前已漸漸必被Toyota或Lexus旗下車款所使用，從最高級的LS430、GS300、IS200到最平民的Corolla身上都已經廣泛地運用到這項科技，而2000年中發表的全新一代 Celica(可惜台灣還沒引進)則進一步地發展VVTL-i引擎，這引擎也用類似Honda VTEC的原理，在原本的VVT-i引擎上的凸輪軸，多了可以切換大小不同角度的凸輪(lobe)，也利用“搖臂”的機置來決定是否頂到高角或小角度的凸輪，而作到“可連續式”地改變引擎timing(正時)，duration(重疊相位角)與“兩階段式”的lift(揚程)。



圖八 VVT-i controller 來轉動凸輪軸,而達到氣門的正時改變(此為VVTL-i的凸輪軸)

VVT-i引擎是如何作到變化進氣時的氣門正時呢？就是在圖一中有一個VVT-i control圓盤，以轉動此控制盤，而來提早或延遲氣閥的開與關的時間，VVT-i跟BMW Vanos一樣的原裡，VVT-i用類似的機置來作到“連續式”的可變氣門timing，只是VVT-i是用電動方式來驅動這controller，而Vanos則是用油壓的方式，兩者皆能跟著不同引擎轉速來達到氣門正時的連續性變化。而VVTL-i則在VVT-i引擎上再多了於“搖臂”與“凸輪軸”內下功夫，它這回就運用到跟VTEC一樣的方法來根本解決引擎在高轉速時所需要更多的 duration重疊時間與valve的開關揚程深度，小小不同的地方在搖臂內VVTL-i藉由油壓來使一小個pin的移動來決定頂到那種size的凸輪。(如圖九)



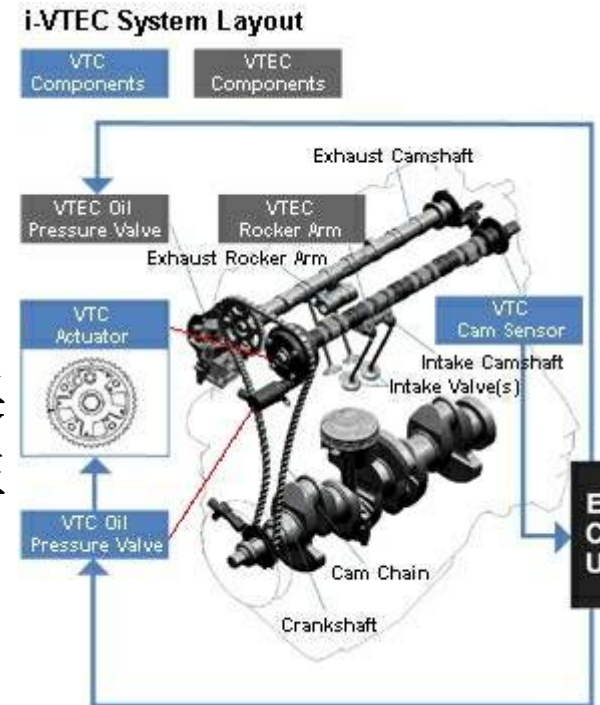
圖九 VVTL-i上以搖臂中的"pin"來巧妙地決定是否頂到那種角度的凸輪



## 八、Honda的i-VTEC

本田的VTEC引擎不只是輸出馬力超強，還強調低轉速能有排氣標準環保又低油耗的特點，而這樣完全不同的特點在同一具引擎上面發生，就因為它在一支凸輪軸上有2種，甚至於3種不同角度的凸輪(lobe)，中、低轉速用小角度lobe，高轉速時，就再切換成高角度的lobe，所以才有兩種完全不同性能表現的輸出曲線而同一顆引擎上發生，但是就因為這樣的特性，它也種下VTEC被批評成“stage”式的可變氣門引擎。

Toyota的VVTL-i發表之後，VTEC的技術已經受到嚴厲的挑戰，幾個月後，本田發表的i-VTEC終於加入“可連續性”變化的正時與重疊角的設計，配合原本的VTEC機置，使i-VTEC也跟VVTL-i一樣達到“近似”完美的可變氣門引擎。



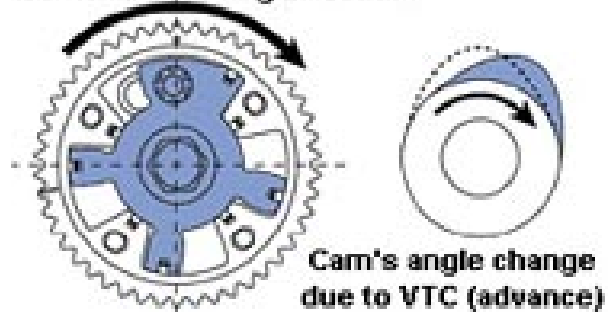
圖十二

i-VTEC=VTEC+  
VTC+intelligent

VTEC如何切換凸輪(lobe)的機置，i-VTEC多的就是在VTEC引擎上加入 VTC=valve overlap control，其利用到跟VANOS與VVT-i類似的方式來“連續式”地轉動凸輪軸的開與關，所以就達到了所謂的“氣門重疊角的控制”，這就是進、排氣閥門的正時(timing)與開啓的重疊時間(duration)的可變；如圖十三，由油壓控制的VTC，使凸輪軸轉動些角度(向右、向左)，進而提早或延遲去驅動到valve的開或關的時間，這跟VVT-i中的controller有一樣的功能。

### VTC Actuator

\* During Valve Timing Advance  
Camshaft Turning Direction



VTC's angle position (at full advance)

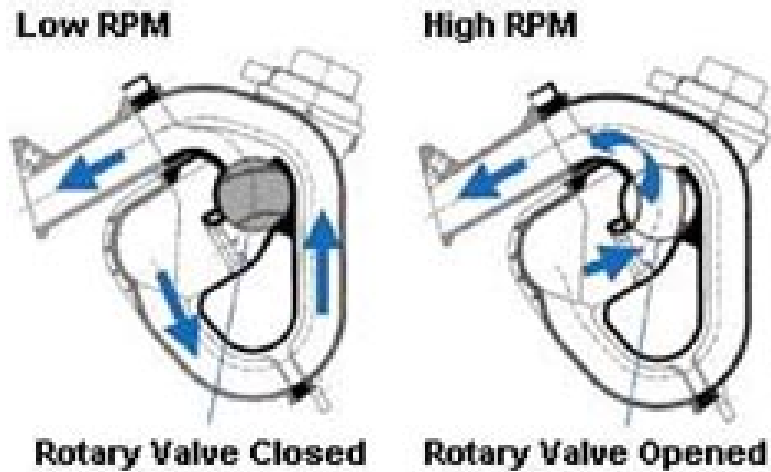
\* During Valve Timing Retard  
Camshaft Turning Direction



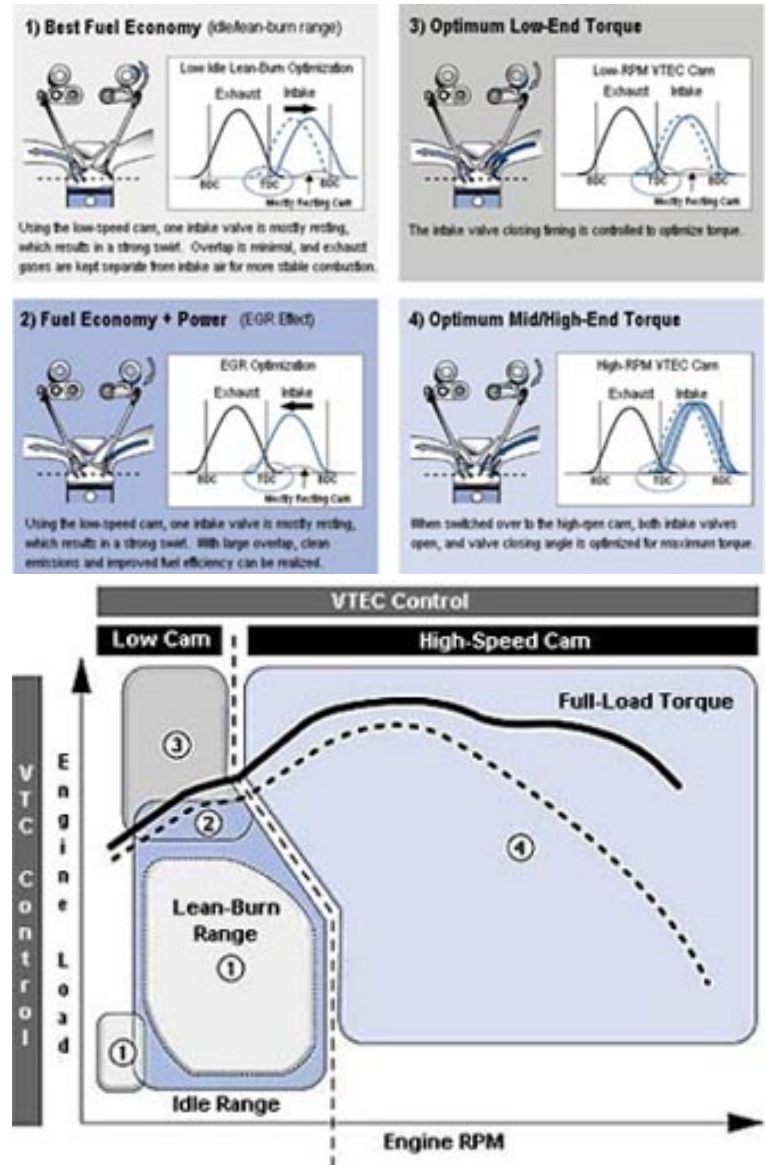
VTC's angle position (at full retard)

圖十三 VTC於不同轉速時,提早(上)或延遲(下)valve的開關

i-VTEC也跟VVTL-i一樣的組合出“可連續性”變化的timing與duration，“2-stage”改變lift的可變氣門機構於引擎的進氣端與排氣端；而i-VTEC身上也用上S2000一樣的金屬正時鏈條，而爲了進一步改善低轉速扭力，與高轉速時更有效率與直接的換氣，i-VTEC也加上可變進氣歧管爲標準裝置(如圖十五)。



圖十五 i-VTEC已全面加入『可變進氣歧管』爲標準裝置



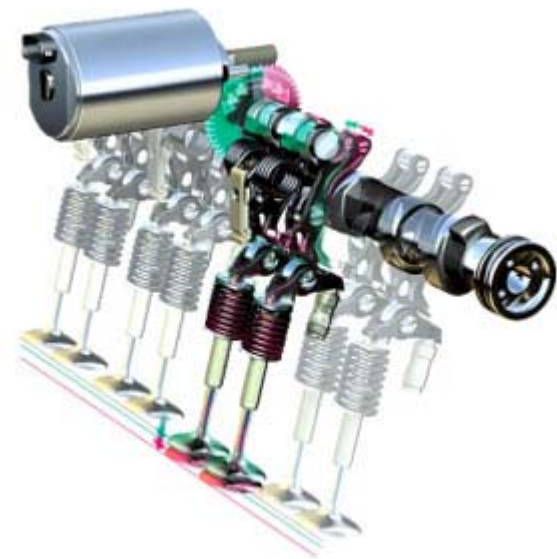
圖十四 進.排氣關於不同timing、duration與lift搭配與組合下有不同的性能表現

## 九、BMW的VALVETRONIC

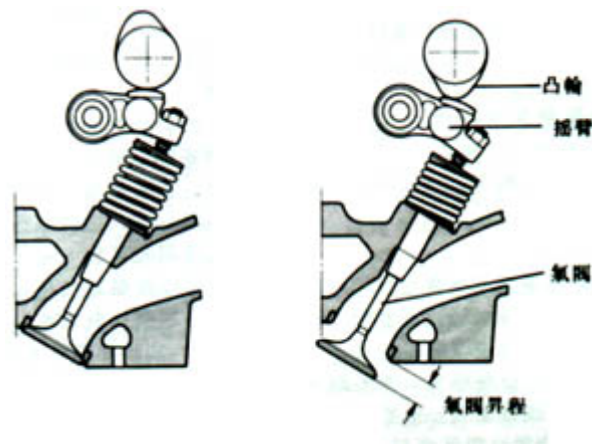
BMW的VANOS是連續性的可變氣門timing與duration，但是由於沒有變化進、排氣閥門的"lift"，使得它總是有那麼點點的缺憾，特別是Toyota與Honda都已經克服這樣的問題，那麼以引擎科技傲視全球的BMW車廠怎會就此罷休呢？

Valvetronic少了節流閥(throttle)的設計，引擎在進新鮮空氣時，將更順暢，少掉因為空氣流動的一些黏著力與磨擦力，而使引擎在運轉時省去不必要的損失。一般的車子，當我們用腳踏加油門時，是驅動著鋼索而通到throttle這開關的，而踏油門的深淺正控制著throttle的開或關的程度，而引進的就是將進入引擎燃燒室燃燒的新鮮空氣，所以，throttle正控制著燃燒室的空氣量與流動速率；然而，取代這“機械式”的進氣節流閥(throttle)機置後，取代的是“電子式”的可變電阻，依我們踏油門的深淺，經過這可變電阻而來決定“進氣量”。

Valvetronic比起VVTL-i與i-VTEC更進一步的地方是它除了可連續性變化valve的開管timing與 phase外,Valvetronic連揚程(lift)也是連續性微調,這比VVTL-i與跟i-VTEC在life上是“階段式”地更進一步了。要作到valve的lift變化幾乎都要透過搖臂的設計來完成這動作,而BMW更進一步的地方就是在此處比Honda或Toyota多下點功夫,Valvetronic的搖臂是“偏心軸”的轉動,所以當搖臂作動時,非固定在圓心轉動,而是稍微偏離中心點,雖然量不大,但是一經過搖臂的長度施力(如槓桿原理一樣),閥門開與關的“深度”就可以被改變了。(如圖十七,是正常的搖臂,它作動時即固定在圓心,而Valvetronic的“偏心軸”搖臂則巧妙地使它在作動時,會有不等量的伸長來驅動到valve的開關深度,所以lift就被微量的變化了)



圖十六 Valvetronic引擎是“可微調”valve的『揚程(lift)深度』的



圖十七 凸輪軸藉由搖臂去驅動氣門的開與關(此搖臂是正常地在圓心處來回轉動)

Valvetronic配合著雙VANOS原本就有的連續性可變氣門正時機構，而作到了“timing與 duration，還有lift”都可以『連續性』的變化。

	正時(timing)	進排氣重疊角(時間)(duration)	揚程(lift)
<i>VVT-i</i>	C,B	C,B	X
<i>VVTL-i</i>	C,B	C,B	2,B
<i>VTEC</i>	2,B	2,B	2,B
<i>i-VTEC</i>	C,B	C,B	2,B
<i>VANOS</i>	C,B	C,B	X
<i>Valvetronic</i>	C,B	C,B	C,B

C=可連續性變化    B=進排氣兩端都可以    2=兩階段式變化

X=不能改變