



# 徹底剖析 後避震器

文◎洪駿達

**車**輛要避震器，當然是騎車會有震動的力量出現，經輪胎、車架傳遞到車手身上。這股震動的力量，可能是來自輪胎與地面坑洞或凸起物的碰撞，如果車子沒有避震而路況太糟糕，等於是在騎碰碰車，震久了不舒服不打緊，還可能造成肢體疲勞、麻痺而失去對車子的操控力，釀成大禍。

震動力量還有另一個來源，那就是車手騎乘時踩踏的力量，也會經由車架傳遞被後避震器吸收；試想你拼命地踩、後避震器拼命地吸，豈不是白費力氣？好的後避震器，應該能在消除路面碰撞力道的同時，又不消耗踩踏的力量。

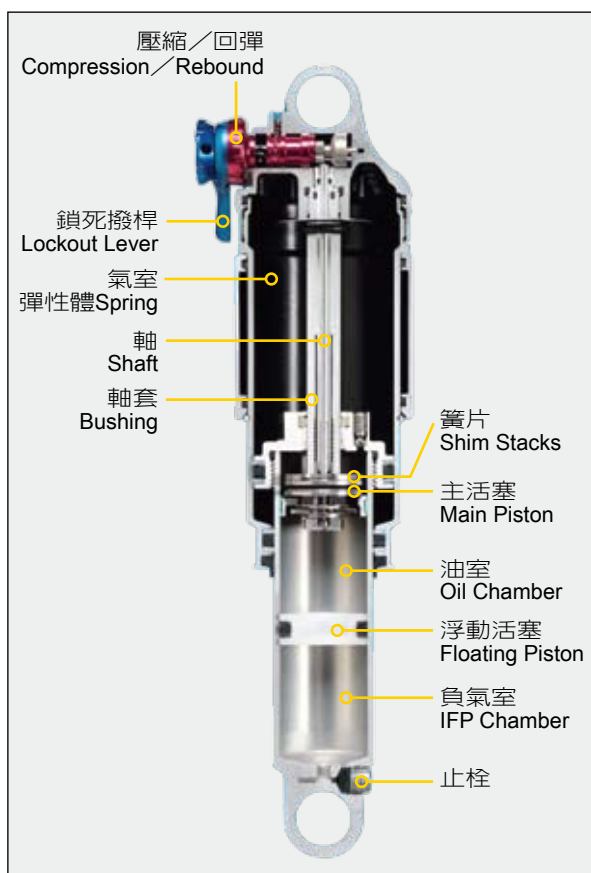


▲如何在地面衝擊與踩踏能量當中取得平衡，是後避震器的設計奧妙所在。

# 1. 後避震器的構成&作動

## 透視後避震器

先來看一下後避震器長什麼模樣，下圖是結構最基本的後避震器剖面圖，以及各部位組成元件的名稱：

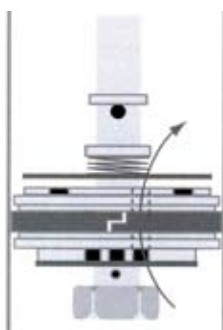


(Photo : FOX)

## 後避震器如何作動

騎乘時當車架遇到震動，這股震動力量會經由輪胎、車架連桿，最後傳遞到後避震器。

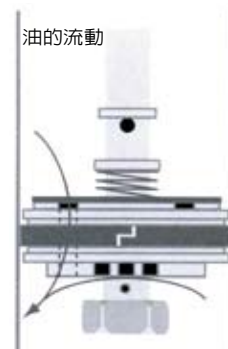
震動力量迫使彈性體向下壓縮，連帶內部的軸套 (Bushing)、主活



(Photo : SRAM)

塞等元件也向下壓；由於後避震器內部是密封的，所以當下壓所減少的體積，勢必會造成油室部分的油受到擠壓，而從閥門的孔徑流往上方的空間。

接著當彈性體回彈，上方的油便透過簧片堆疊的孔隙流回原本下方的空間。不過因閥門與簧片的孔徑大小有限，所以限制了油通過的速度，抵住了原本彈性體壓縮與回彈的力量，並將力量轉換為熱能，這個效果稱之為阻尼 (Damper)，如此達到避震的功能。



(Photo : SRAM)

- 上下配置的後避震器只是眾多配置中的其中一種，還有倒置或水平配置...
- 等方式。

油室下方的浮動活塞，隔離了最下端的負氣室，一般來說負氣室填充的氣體多為氮氣。負氣室的功用為，吸收一部分軸套、主活塞下壓所增加的體積；或是當油受到熱能影響而產生體積變化時，負氣室也能將之吸收掉。另外負氣室也能避免軸套、主活塞回彈時，油從上方回流速度太慢而產生氣泡的現象。

- 也有後避震器的油室和負氣室中間沒有浮動活塞，然而如此一來阻尼效果較差。

## 其他規格&用語

**長度 (eye to eye, 簡稱 E to E) :** 後避震器的上下兩端各有一個裝配孔 (Eyelet)，用來裝配在車架上，兩個裝配孔之間的距



離，就是所謂的後避震器長度（eye to eye length）。

**行程 (Travel)：**彈性體從零作動到完全作動所能壓縮的距離，稱之為行程 (Travel)。也有另一種說法叫「衝程 (Stroke)」。騎乘地形越顛簸、坡度落差越大，就會需要越大的行程，所以 FR、DH 車種的行程，勢必會比 XC、XC Trail 來得大。當然這還必須配合車架槓桿比的設計，才能取得較準確的後輪行程。

**硬／軟：**所謂避震太硬，指的是避震器對於路面上的突起或坑洞的敏感度低，不容易因碰觸到顛簸而產生避震，碰撞力量會傳遞到車手，但也有人認為這樣的路感較好。太軟則是避震過於敏感，稍微有小顛簸就作動避震，如此將連帶地吸收車手踩踏的力量。



▲坡度差極大的地形，容易造成後避震器觸底。  
(Photo: Scott)

**觸底 (Bottom Out)：**衝撞的力量過大，瞬間將行程壓縮到底，則避震功能無從發揮，容易損壞後避震器。為因應觸底的可能，坡度落差大的 FR、DH 車種會較講究彈性體的支撐力與阻尼是否夠硬。

## 2. 後避震器的分類

後避震器其中最主要發揮避震功能的兩個部分，第一個是「彈性體 (Spring)」，第二個則是由活塞、油封、閥門片等元件組成，稱之為「阻尼器 (Damper)」。而這兩個部份的材質、設計之不同，決定了後避震器的種類。

### 彈性體 (Spring)

彈性體是後避震器當中負責壓縮作動的元件（學理上準確來說是儲存或吸收能量），當有碰撞，這股力量就會引起彈性體的壓縮 (Compression) (吸收能量) 與回彈 (Rebound) (釋放能量)。

目前彈性體的常見有金屬線圈 (Coil) 與氣壓式 (Air) 兩種；除此之外還有一種名為優力膠 (MCU) 的材料，不過因為容易老化，所以好一點的後避震器都不會採用，在此不論。

**金屬線圈 (Coil)：**金屬材質是最早也是最多彈性體使用的材質，外觀是圍繞在避震器外部的線圈狀，其中以鋼簧最普遍，價格低但重量也最重，對於要求輕量的族群而言難以下嚥，因此有輕金屬如鈦合金的線圈彈簧出現，然而價格十分高檔。



◀ FOX 的 DHX Coil 5.0 後避震器。



**氣壓式 (Air)**：無論金屬再怎麼輕，也比不上氣體的輕盈，以外筒內所灌的氣體為彈性體來作動，大幅降低整支後避震器的重量，同時氣壓式彈性體也有易於調整氣體壓力值的優點。

此外，氣壓一開始建立的壓力，會影響其初始作動的壓力值，如 120psi 氣壓式避震器的初始作動條件是壓力必須大於 120psi，而線圈彈簧則沒有這種特性。對此問題，有的品牌如 Rock Shox 推出「雙氣室」設計，能將初始壓力以一個負氣室平衡，所以初始作動特性與線圈彈簧特性相同。



▶Rock Shox的Monarch後避震器。

相對地，氣壓式 K 值從頭到尾都不固定，通常呈現一個向上揚的弧線，一開始上揚角度和緩，愈往行程的後段，上揚的角度愈大；待到想得到更大的壓縮距離，就需要施加更大的力量才能壓得下去。就像我們用左右手擠壓籃球一樣，一開始很好壓；但是想要再壓得更扁，就需要施更大的力，而不是等比例的力量。

而氣壓式的作動性能，比起金屬線圈來得容易受後避震器作動所產生的熱能之影響，因此較金屬線圈不穩定。

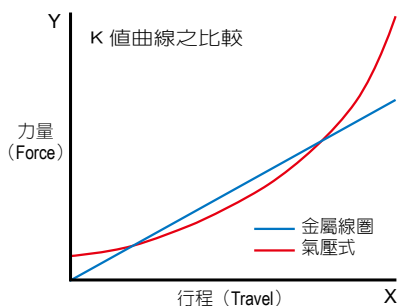
### 金屬&氣壓式比較表

	金屬線圈	氣壓式
K值曲線	線性，較優	非線性，較差，且易受溫度影響
重量	較重	較輕
敏感度	較細膩，極小衝擊也能快速反應	除少數有正負氣室設計的系統外，一般須突破內部氣壓方能作動
Sag調整	限制較大，須更換線圈	富彈性，靠高壓打氣筒即可調校
行程	較大	較小
適用車種	FR、DH All Mountain XC Trail、XC	FR、DH All Mountain XC Trail、XC
價格	較低	較高

### 金屬&氣壓式比一比

要比較這兩種材質的優缺點，有一個數值必須先了解：

**K 值曲線**：依照施加在彈性體的力量 (Y 軸)，對應彈性體所壓縮的行程 (X 軸) 所得到的點，將每一個點連成一條線，就是所謂的 K 值曲線。



可以看到金屬線圈的 K 值曲線為一直線，這表示我們可以預期施加在金屬線圈上多少力，就能讓金屬線圈彈性體壓縮多少距離，不會有誤差。

- 上述只是個大概的論述，目前也
- 已有許多氣壓系統推出長行程的
- 設計。

### 阻尼器 (Damper)

阻尼器由活塞、油封、閥門片等元件組成，是用來達成阻尼 (Damping) 的機構。日常生活中，我們常可見到阻尼的運用，以關門為例，當我們要快速、用力將門關上時，門上緣的關門器會產生一股阻力，這股力就是阻尼。

## 為何需要阻尼？

雖然後避震器負責吸收能量的還是彈性體，但只有彈性體而沒有阻尼，當彈性體瞬間接收到的力量而作動時，一開始有可能因為衝擊力量太大，使得彈性體壓縮觸底、人車受損。接著當彈性體回彈的時候，若沒有阻尼消耗能量，後避震器會持續壓縮、回彈地不斷晃動，就像一顆籃球掉到地上會持續彈跳一樣。

而且壓縮／回彈的頻率相當快，有甚者，晃動的頻率會加乘到原先震動的力量之上，形成所謂的共振，反而會造成更大的波動，並且在回彈時把大部分的能量傳遞到車手身上。因此我們需要阻尼來輔助彈性體壓縮時吸收部分能量，接著減緩彈性體回彈時的速度，以避免回彈能量過大過快，影響到車手。

- 上述功能只用在有壓縮阻尼
- (Compression Damping) 的後避震器。

## 阻尼的種類

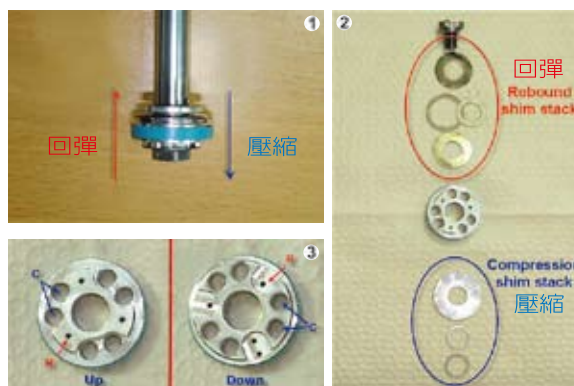
阻尼目前常見有油(Oil)和氣壓式(Air)：

**油 (Oil)：**Oil Damping 是以「油控迴路」來達到，控制油流通於主活塞、閥門片之間的路徑與速度，藉以將衝擊能量轉化為熱能，以緩和後避震器的壓縮與回彈之速度。

以 Rock Shox 的 Deluxe Damper 來看，在主活塞的上下兩側各有閥門與簧片堆疊，主活塞上方的閥門負責控制壓縮、下方薄片堆疊負責控制回彈，閥門與薄片堆疊以不同的孔徑、大小、多寡、厚薄及排列堆疊方式，來達成不同的阻尼效果。孔徑小／少，油流得慢，阻尼效果就明顯；

反之孔徑大／多，油流得快，阻尼效果就不明顯。

不過 Oil Damping 在油室裡經過長時間的上下作動摩擦而產生的熱能，會導致油的流速改變，溫度高、油較稀，流得就快；反之則慢。同時因阻尼器摩擦套筒內部側壁而產生的雜質，也會摻進油當中而讓油變得渾濁。



- ① Rock Shox Deluxe 的主活塞，箭頭是主活塞的移動方向，往上是避震器壓縮，往下則是回彈。
- ② 拆開後 Deluxe 主活塞與簧片後，上半部是負責回彈的簧片，下半部則負責壓縮阻尼。主活塞是以最上面的螺絲固定在阻尼軸 (damper shaft) 上，螺絲中心有個直通的孔。
- ③ 主活塞的上下面特寫，兩面的孔徑大小與高低皆不同。C 的是壓縮時流過油孔，R 則是回彈時的油孔，皆為上下直通，壓縮／回彈時簧片會各自將相對的油孔蓋住；而不同的高低使油在壓縮／回彈時，能通過各自的油路而達到不同的阻尼。

(Photo: 單車狂熱)

## 氣壓式 (Air)：

原理和 Oil Damping 相同，藉由改變氣體通過的孔徑之大小，來改變阻尼力量的大小。而且和油相比，不會有黏滯 (Stiction) 的問題；不過較易受熱能／溫度的影響。



▲ 跳躍動作會造成極大的衝擊力量，若無阻尼及時發揮吸震減震的功用，可能造成車手握不住車把而摔出車外。  
(Photo: Scott)

## 彈性體+阻尼的排列組合

將上述的兩種彈性體和兩種阻尼組合之後，可以得到下列表格：

彈性體 阻尼	金屬線圈 (Coil Spring)	氣壓式 (Air Spring)
油壓式 (Oil Damping)	1.最常見、傳統 2.重量最重 3.K值曲線佳 4.價格較低	1.重量較輕 2.K值曲線較差 3.會使用反向彈簧，以 避免黏滯 (Stiction) 的問題 4.價格較高
氣壓式 (Air Damping)	較為罕見	1.重量最輕 2.無黏滯 (Stiction) 的 問題 3.價格最高

此外，目前有後避震器做所謂的副油槽 (Piggyback Reservoir) 設計，將油室與高壓氣室延伸出來，這樣做的用意是：可以得到較長的行程、較多的油量，以及較大的散熱面積 (因暴露在空氣中的面積增加)，如此阻尼效果會較穩定，也比較適合激烈的用途。



▲Kind Shock的FD-65後避震器配備有副油槽。

## 3. 後避震器的調校&功能

不管是避震前叉還是後避震器，都有一些因應車手和騎乘環境不同的功能被開發出來，下面就目前常見的調整需求和功能稍做介紹：

### 下沉量 (Sag)

下沉量指的是車手坐在單車上且靜止未施力的情況下，光靠自己的體重壓縮後避震器的行程量。一般下沉量約在20%，假設行程為100mm，當車手坐在座墊上不動時，體重應該讓後避震器壓縮20mm的行程。



可能有人會問：我都還沒開始騎，行程就用掉了20%，這樣實際騎乘時，豈不是只剩80%的行程可用？這樣不是很虧嗎？

第一，人勢必有體重，體重勢必會對後避震器造成行程壓縮，這是自然不過的事情。

第二，假設不想有所謂「浪費」的情形，而把後避震器調到不會因體重而壓縮行程的程度，這時後避震器是處在零作動的情形。當路上遇到凸起物時，後避震器因凸起碰撞而壓縮避震，沒問題。但是當路上遇到下陷的坑洞時，後避震器有任何行程可以往凹陷處伸長以避震嗎？答案是沒有，這時候輪子經過凹陷處時就會出現懸空而失去抓地力的情況。

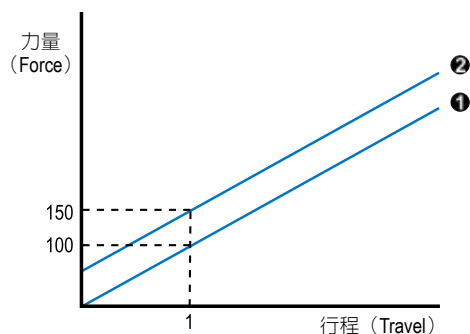
所以我們才需要 20% 的下沉量，以供後避震器遇到坑洞時能伸長保持輪胎的抓地力；當然 Sag 設定多少，主要還須取決於個人使用習慣及場合而異。

## 預壓 (Preload)

假設 20% 的下沉量最理想，可是每個人的體重不一樣，輕的人可能壓縮不到 20%，重的人可能壓縮超過 20%，那要怎麼辦呢？

針對這個疑問，於是有了預壓 (Preload) 功能的產生。預先加／減壓彈性體，使彈性體在未受外力的情況下更硬／軟，以針對騎士體重調整，達到所需下沉量，這就是預壓。

- 以線圈彈簧為例，Preload功能只能在原始彈簧K值下加壓彈簧，使之K值曲線上移，不能減喔，要減的話只有更換K值較小的彈簧一途。如果是氣壓彈簧就沒問題，可以雙向調整。



不過再回到 K 值曲線來看，設定了預壓會使得原本的曲線產生上／下移動，以線 1 來看，加壓之前 100 單位的力量可以造成 1 單位的行程位移；加壓之後看到線 2，原本 1 單位的行程位移需要 150 單位

的力量才能達到，會造成後避震器變硬、敏感度降低。另外預壓也會縮短原本的行程，以金屬線圈來說，線圈之間的距離因預壓而壓近，容易造成「密著（線圈貼在一起）」而觸底。

## 氣壓調整



比起金屬線圈，氣壓式彈性體的壓力是可調的，透過後避震器外部的氣嘴打／洩氣以調整氣壓，調整氣室（包括後避震器下方的負氣室）的壓力大小。

## 壓縮／回彈阻尼 (Compression / Rebound Damping)



顧名思義，壓縮阻尼就是藉由控制後避震器受力時的壓縮速度，以免過壓過快損及後避震器和車手；而回彈阻尼則是控制後避震器在壓縮後的回彈速度，減緩傳遞

到車手的衝擊能量。

調整阻尼的旋鈕多為紅色，一般設置在後避震器外面，但也有業者裝置在車把手上，利用線控操作。調整壓縮阻尼可以感受到車架變得軟 (Soft)、硬 (Hard)，而回彈阻尼可調整回彈速度的快 (Lively)、慢 (Deadly)。





## 鎖死 (Lockout)

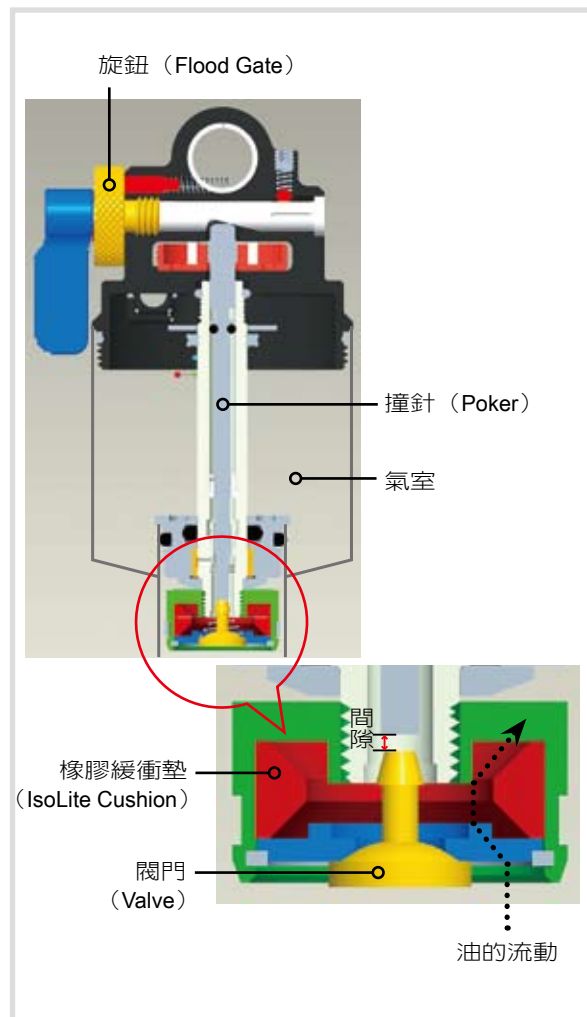
避震會吸收踩踏的力量導致做白工，所以如果騎乘在不需要避震的路面上，就把後避震器鎖死 (Lockout)，使後避震器無法作動，這麼一來就能免去後避震器抵銷踩踏能量了。Lockout 旋鈕多為藍色，目前同樣有裝在避震器上或線控的款式。

Lockout 多半用在 XC Trail、XC 車種，因為騎乘地形顛簸坡度相對較小，比較有機會用到 Lockout。而在騎乘環境坡度差大的 FR、DH 車種，則有另一個名稱— 踩踏平台 (Platform)，適用在嚴苛的路段中少數丘陵地使用，其實兩者是類似的設計，僅依車種不同而有不同稱呼。

## Flood Gate

當車手在坡度差大的地形跳躍、或是突然間下坡時，可能忘記或來不及打開 Lockout 以因應地形需求，過度的壓力可能會從後避震器較弱的地方破壞，車手也可能因沒有避震而受傷；長久以往也會後避震器疲勞、壽命減短。針對這樣的問題，Rear Shox 開發了 Flood Gate。

Flood Gate 在閥門 (Valve) 上方裝了一個橡膠緩衝墊 (IsoLite Cushion)，藉由外部金色旋鈕調整撞針 (Poker) 與閥門的間隙，來控制安全閥門開啓的難易度，間隙越小，閥門開啓的力量越小；反之則越大。Flood Gate 類似洩壓閥的功能，當壓力太大能夠適時宣洩，提升壽命與車手安全。



(Photo : SRAM)

### 參考資料：

自行車技術手冊／財團法人自行車研究中心  
單車狂熱網站／[www.bike-mania.net/](http://www.bike-mania.net/)

### 專業審稿：

凱薩科技股份有限公司總經理／許榮裕  
愛爾蘭商速聯亞洲區專案經理／卓志鴻  
野實科技股份有限公司