

用超高精密度與天才設計，打造終極黑膠重播機器

Vertere Reference唱盤

文 | 陶忠豪



在上一期的「類比風」單元中，我介紹了Vertere的Reference唱臂，前Roksan設計者Touraj Moghaddam用完全創新的軸承設計，徹底顛覆了音響界對黑膠重播的認知。Touraj說他曾在許多唱盤上使用這支唱臂，不論唱盤等級高低，聲音都有顯著提升。問題是，就算搭配的唱盤等級再高，Touraj也不認為這支唱臂的實力被完全發揮，因為真正理想的唱盤尚未出現，只存在於Touraj心中。在Vertere Reference唱臂推出剛滿半年之際，夠資格與之搭配的Reference唱盤終於誕生。

用F1科技打造轉盤軸承

Reference唱盤的起點，從轉盤的

軸承開始，軸承是直接與轉盤及唱片接觸的重要元件，所以降低軸承轉動噪音至關重要，要達到這個目標沒有捷徑，唯有全力提升軸承精密度一途。市面上所有黑膠唱盤製造廠都宣稱他們的轉盤軸承極度精密，但是到底有多精密，卻從來沒人明確說明。Touraj這次終於詳細公開了軸承加工製造的內幕，並且以實際行動證明他的軸承有多精密。

Reference唱盤的軸承分為Standard (SG-1) 與等級較高的Reference (RG-1) 兩個版本，兩種軸承的結構、尺寸完全相同，差別在於材質與加工方式不同，兩者的軸承都是碳化鎢材質，軸承套也都是由磷青銅打造，不過前者銅的成分多了一些，後者的錫成分

則較高。這種成分上的差異，主要是為了配合不同的金屬加工方式，SG-1的軸承套採用製造槍管 (gun drilling) 的方式加工，鑽出管道之後，再將套筒內壁細磨至平滑，這已經是極度精密的加工方法了，套筒誤差低於1 micron (百萬分之一米)，就算是最頂尖的唱盤也未必具備此等精密度。驚人的是，對Touraj來說，這只是的一般水準而已，高階RG-1套筒因為材質特性，可以使用當今最精密的加工機具，一次性鑽出通道，無需再次打磨，套筒內壁就達到鏡面般光滑的程度，這種加工法可以讓RG-1的管道更直、更圓、內壁更平滑，與SG-1的差異其實非常細微，肉眼無法分辨，用手觸摸也感覺不出來，但是實際使用卻有明顯區別。



01



02



03



04

- 01. 兩種軸承的設計與尺寸完全相同，但是軸承套的材質、加工方式與精密度不同。
- 02. 軸承先放入套筒，再鎖上底部的蓋子，套筒內就形成真空狀態。請注意蓋子裡以一顆碳化鎢鋼珠與軸承接觸。
- 03. 即使這樣拿著，頗有重量的軸承套也不會滑落，照片中的只不過是等級較低SG-1，而且還沒有上油，否則真空吸附的效果更強。
- 04. Reference轉盤的雙層結構，表面凹凸形狀是刻意設計，當兩層轉盤相疊，並且完全貼合，就會因為摩擦力而消除共振。

當今最高精密度

Touraj實際示範兩者的差別，將軸承插入SG-1軸承套後，因為兩者的間隙極微，空氣幾乎跑不進去，所以套筒內部形成真空狀態，吸附在軸承上無法拔開，過了許久才慢慢滑落。再換上RG-1套筒，狀況相同，只不過這次軸承套就算過了很久也不滑落。此時只見Touraj用手輕輕轉了一下套筒，套筒隨即高速旋轉，不但久久不停，而且沒有減速跡象。這個有如特技表演般的示範，顯示RG-1與軸承的間隙更為緊密，軸承在套筒中不會搖晃，幾乎合為一個整體，但是轉動時卻又極度滑順，幾乎沒有摩擦力產生，堪稱是當今精密度最高的轉盤軸承。

這種可怕的超精密金屬加工，到底

出自哪間廠商之手？Touraj告訴我，這兩種軸承分別由不同工廠製造，製造SG-1套筒的工廠同時也是Red Bull紅牛F1車隊的指定廠商，製造RG-1的工廠則涉足軍事與航太領域，一般Hi End廠根本接觸不到技術層次這麼高的專業廠家，但是Touraj說他認識這兩間廠家都將近三十年了，為什麼？因為Touraj是機械專家，除了設計黑膠唱盤之外，他還是許多高科技公司的幕後顧問，他就曾幫製造RG-1的廠家設計過醫療用精密儀器，可見Touraj莫測高深的專業實力。

零共振轉盤結構

有了超機密的軸承之後，還要有夠水準的轉盤搭配才行，Reference唱盤

的轉盤也有Standard與Reference兩種版本，前者是鋁合金車製一體化結構，後者則是雙層結構，原本我以為這兩層是由不同材質構成，可以利用材質特性差異化解共振，這是許多黑膠唱盤常用的作法，但令我意外的是，這兩層轉盤竟然都是鋁合金結構。把兩塊鋁合金轉盤疊在一起，跟一大塊鋁合金轉盤有何差別呢？Touraj實際把Reference版本的兩層轉盤拆開給我看，單獨輕敲其中一層轉盤時，高頻共振竟然清晰可聞，而且綿延不絕，簡直像是音叉一般，但是兩層疊合之後，輕敲卻聽不到任何聲響，共振幾乎完全消失。難道這是魔術嗎？Touraj告訴我，關鍵在於兩層轉盤之間刻意設計的凹凸表面必須100%貼合，不能

存有任​​何空隙。在這種狀況下，兩層轉盤將會因為彼此的摩擦力而將共振能量徹底消除！他還告訴我，許多唱盤企圖利用不同材質特性消除共振，但不同材質之間只會形成阻尼，無法消除共振能量，只會將共振轉移成不同頻率。Reference的設計則完全不同，透過兩層轉盤之間的摩擦作用，共振能量不但能完全消除，而且是全頻段線性的消除，轉盤當然安靜無聲，不會產生任何共振噪音。唯一的缺點，是加工難度非常高，兩層轉盤之間一旦存有​​空隙，就會產生空腔共振，完全失去消除共振的效果。負責製造這個轉盤的廠家也是紅牛F1車隊的協力廠商，製造成本是一般鋁製轉盤的三倍之多。

四層懸吊阻尼底座

再看底座設計，Reference唱盤的底座結構類似Roksan時代的TMS旗艦唱盤，不過設計更為複雜，共分為四層結構，最上層頂板以腳座直接接地，並且透過六個懸吊裝置，用倒吊方式

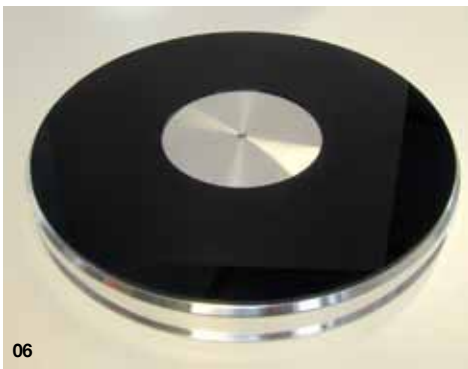
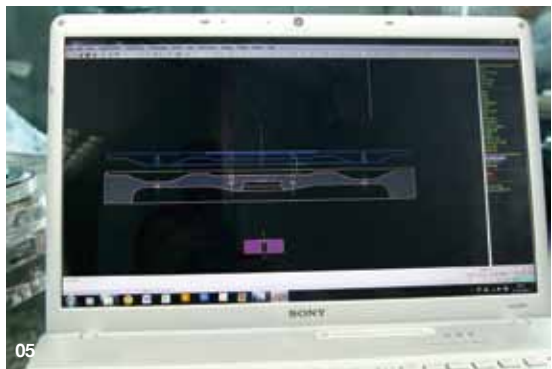
連接最下層的底板，每個懸吊裝置用兩個矽膠環懸掛，這些矽膠環是經過多次實驗試做的特別定製品，硬度各不相同，藉此控制整個底座的共振與水平。底板之上，再用四個半球形橡膠阻尼撐起中間層，中間層之上再用六個相同的半球阻尼與副底座耦合，轉盤與唱臂座就固定在副底座上，馬達則固定在頂板上。這種複雜的結構有三大優點？一、馬達與轉盤、唱臂座透過多層阻尼完全隔離，可以徹底避開馬達振動。二、這種多層水平懸吊阻尼不但可以化解垂直振動，甚至可以化解水平振動。三、這種阻尼設計完全不用調整，不像一般軟盤的彈簧容易疲乏老化，必須經常調整。因為結構極度穩定，Touraj甚至大方提供二十年保固，可見他對這款唱盤的耐用度深具信心。

到底Touraj是如何設計出這麼複雜的底座結構？各種阻尼與懸吊的共振特性又該如何控制計算呢？他笑著告訴我，現在設計唱盤要比三十年前容易多了，原來這次他利用電腦模擬

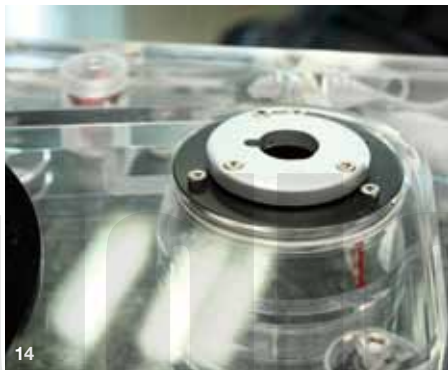
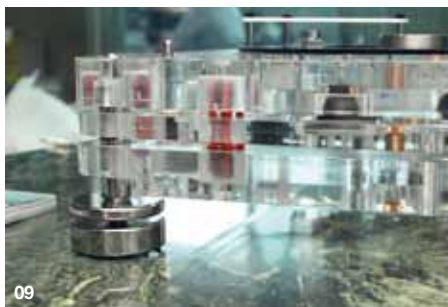
軟體輔助設計，每一個變數都可以精確掌握，並且模擬共振狀態，連每一個矽膠環的粗細與硬度都可以精密計算，難怪可以設計出如此複雜的唱盤結構。

徹底排除馬達震動

馬達部分也有特殊設計，Touraj採用瑞士製48極AC同步馬達，比TMS唱盤使用的24極馬達更為精密。極數越多，代表馬達轉動越平順，頓挫振動越小。Touraj將這顆馬達設置在一個金屬外殼中，馬達與外殼不直接接觸，而是用六個金屬小尖錐頂著馬達，讓馬達懸浮在金屬外殼中。馬達下方還有一個塑鋼小珠子頂住轉軸，讓馬達運轉更為穩定，藉此降低馬達噪音。這種設計其實早在TMS唱盤就已採用，只不過這次的小珠子高度可調，讓它剛好頂著轉軸，卻又不會頂得太緊，將穩定轉軸、降低噪音的效果發揮到最大。厲害的是，這個馬達與外殼機構本身也可以轉動，如此一來，就能巧妙抵消橡膠皮帶在帶動轉盤時



05. Reference雙層轉盤的剖面結構圖。
06. Standard版轉盤採一體式鋁合金結構，黑色唱片墊是壓克力材質，共振特性與黑膠最接近，因此做為轉盤與唱片的耦合介質。
07. 從這個角度可以清楚看到四層底座結構，之所以選擇用壓克力打造底座，外觀並非主因，而是因為壓克力的共振特性更能配合整體設計。
08. 矽膠環懸吊裝置，以及可調唱盤水平的腳柱機構。



09. 從這個角度可以看到頂板與底板之間是如何靠矽膠環相連懸吊的。
10. 馬達與金屬外殼沒有接觸，只靠六支金屬小尖錐頂著馬達，懸浮在金屬外殼之中，藉此隔離馬達震動。
11. 請注意馬達與底座之間也有紅色矽膠環連接，藉此控制馬達自身轉動，利用這種設計就可排除皮帶張力變化所造成的轉速飄移問題。
12. 請注意照片中那顆白色塑鋼小珠子，這就是用來頂著馬達轉軸，藉此降低馬達振動的重要裝置。
13. Standard版電源供應器可以切換33及45轉，兩種轉速分別用一個石英震盪器精密鎖定轉速。
14. 唱臂座由塑鋼、鋁合金與壓克力三種材料構成，如果使用100克以上的重量級唱臂，必須將唱臂座下方的鋁環換成重量較輕者，以維持唱盤阻尼的平衡性。
15. 這個調整道具其實是唱臂的附件，可以快速調整超距。請注意Reference唱盤不支援12吋長臂，因為12吋唱臂的極低頻共振太嚴重，與他的設計理念不合。

的張力變化，避免轉速飄移，解決了皮帶傳動唱盤的一大缺陷。

從刻片領域開始研究

值得注意的是，這款唱盤的電源供應也有兩個版本，Standard版本分別在33轉與45轉各設一個石英震盪器鎖定電源頻率，藉此確保馬達轉速恆定，再透過控制輸出相位與出力，將馬達振動調到最低。Reference版的基本設計相同，但是獨立石英震盪器的數量更多，可以藉此微調33轉與45轉轉速。這種設計的原因之一，是為了補償美國與歐洲的黑膠刻片轉速差異。怎麼說呢？原來美國與歐洲的電源頻率不同，在刻製45轉母盤時，會對轉速造成影響，如果在歐洲聽美國刻製

的45轉唱片，轉速會有些微偏差，反之亦然，要修正這個問題，只能靠調整唱盤轉速進行補償。另一個原因，是有些古樂器會採用特殊調音，如果刻片時轉速不對，音高就會失準，無法重現這類音樂原本的風貌，這也必須靠微調轉速解決。Touraj怎麼會顧慮到這麼細微的問題呢？原來這幾年他一直與黑膠刻片產業與刻片錄音師密切合作，試圖從唱片製作的源頭開始探究，找出提升黑膠重播之道。這款Reference電源供應器，就凝聚了他這段時間的研究成果。

全新視野

一如Reference唱臂用獨創軸承開啟了黑膠重播的全新可能性，Reference

唱盤也為黑膠唱盤設計開闢了全新視野，它不但將轉盤軸承的精密度提升到令人驚異的超高水準，也用巧妙的設計告訴我們，唱盤不一定要又大又重，只要設計得當，黑膠唱盤就可以在極其合理的體積、重量，以及簡單耐用的架構下，將各種共振、噪音問題降到最低程度。Touraj向我透露，今年他將運用開發Reference唱臂得到的知識，推出兩款價格便宜許多的唱臂，軸承設計雖然不同於Reference唱臂，但是也與任何傳統設計不同。另一款唱片墊正在實驗階段，也將會有革命性的突破。看來這位機械設計大師還有許多創新構想等著實現，讓我們拭目以待！