



扣件的類別與功能

文 / Peter Standing

每個人都知道「緊固」的詞意就是鎖緊牢固，大多數緊固件的作用的確也是如此，但並非所有的扣件都會有全面鎖固的機能，因為有些扣件的設計用意並不是為了鎖固。

在構造設計的領域中，各種元件的制約和移動是促成任何一種組裝物能成功運作的關鍵。

如圖1所示，透過六個平移自由度(six degrees of freedom of translation，譯按：物體在空間具有六個自由度，即沿x、y、z三個直角坐標軸方向的移動自由度和繞這三個坐標軸的轉動自由度)，以及沿著或圍繞XYZ直角坐標軸旋轉的運動，這些運動學上的動作會在三度空間中被描繪出來。

笛卡兒(17世紀數學家、哲學家、物理學家)的祖母說年少的他整天都待在床上(譯按：笛卡兒自幼體弱多病，所以學校特別準許他不必到校上課，可以在自家的床上讀書)。

那可能是憑空幻想出來的故事，但如果年輕的他如同祖母說的一樣如此空間，也就不難想像他會躺在床上思索著偉大的理論，例如他的那句名言：「我思故我在」。或許他當時可能翹著二郎腿看著自己的腳趾，思索怎麼延伸歐基里德的空間理論來測定他的腳趾在房內的位置。

或許他把牆緣和地板當作他的參考軸，然後發明了笛卡兒座標系統？

機床和相關設備當中的動作會被允許或被制約，這些機械體現了六個自由度之設計的重要性。

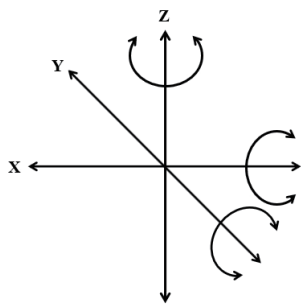


圖1. 三度空間中的六個自由度(沿著XYZ軸的三個平移與圍繞XYZ軸的三個旋轉)

其中一個典型的例子是長方形平面的機床檯面，它為了妥善運作必須維持在水平面上，且要抑制它橫向移動或圍繞著縱軸旋轉，同時讓它能在氣溫的變化中自由地水平延展或收縮。

眾所周知的好作法是把三個可垂直調整的球形腳座裝在檯面的下側，讓他們的位置連成一個等腰三角形且其底部與寬度平行。

檯面的支架可能會有一個球形腳座安裝在三角形頂端的錐形孔洞中。三角形的底部上會有一個腳座位在平坦面上，另一個位在對齊檯面長軸的V形凹槽中。

透過這種做法，錐形孔洞中的腳座可避免檯面沿著XY軸平移，而凹槽中的腳座可避免台面圍繞著Z軸旋轉，在平坦面上的腳座可讓檯面不受約束地延展或收縮。

車床、銑床等等機械的基本幾何設計都是基於六個自由度的原則。好了，那麼扣件又是如何呢？

彈性化扣件

「彈性化扣件」這一詞看似是個誤稱，但這種物件隨處都有。

孩子的派對用氦氣球的頸部會被「緊固住」，並用一條繩子綁著以免飛走。同樣地，小船、馬、旗幟、綁了鞋帶的鞋子也是如此。但在此情況下，這種緊固用物件的「伸縮彈性」程度僅限於其使用的材料所能及。

本文所呈現的例子中，「彈性化扣件」的材質會是金屬，且常見於業界和國內。沒有了它們，生活會有什麼不同的變化將難以想像。

將六個自由度納入考量後，顯然為了實現扣件的彈性化，就必須允許沿特定的直角坐標軸平移或圍繞著直角坐標軸旋轉。若只允許平移，就可能代表X、Y、Z各個軸的平移，或XY、XZ、YZ軸平移，或XYZ軸平移，這總共有6種可能性。若只允許平移的話也是如出一轍。

若全部加總起來，就會得出49種不同的可能性來實現扣件的彈性化。

既然沿著或圍繞一個軸移動的動作和其他軸的狀況都一樣，那麼要把49種可能性整併成15種就很簡單，其中有3種是單向性的，5種是平面延伸的，7種是3D維度的。表1列出了15種動作。

我們必須知道是扣件將機械裝配的物體緊固在一起，藉此扣件得以發揮設計的功能。

這類配對一般稱為「滑動對偶(sliding pair)」或「螺紋對偶(screw pair)」，例如車床的導螺桿會搭配使用螺帽。針對沖壓作業、人工關節、等速方向接頭，為了要對齊，通常會採用旋轉式的滑動。



種類	動作	軸	動作的數目	維度(次元)	用途
1	T	X, Y OR Z	1	1	彈簧銷
2	R	X, Y OR Z	1	1	剪刀
3	T (1+2) R	X, Y OR Z X, Y OR Z	2	1	卡口式組裝件
4	T	XY, XZ OR YZ	2	2	止轉棒軛 (scotch yoke)
5	R	XY, XZ OR YZ	3	2	方向接頭
6	T (4+2) R	XY, XZ OR YZ X, Y OR Z	3	2	含樞紐的止轉棒軛
7	T (5+1) R	X, Y OR Z XY, XZ OR YZ	3	2	變速叉
8	T (4+5) R	XY, XZ OR YZ XY, XZ OR YZ	4	2	雙重作用的
9	T	X, Y AND Z	3	3	含彈簧銷的止轉棒軛
10	R	X, Y AND Z	3	3	球形接頭
11	T (8+2) R	X, Y AND Z X, Y OR Z	4	3	含旋轉鉤的止轉棒軛
12	T (9+1) R	X, Y OR Z X, Y AND Z	4	3	含彈簧的球掣
13	T (8+5) R	X, Y AND Z XY, XZ OR YZ	5	3	五通聯動裝置
14	T (9+4) R	XY, XZ OR YZ X, Y AND Z	5	3	含止轉棒軛的 球形接頭
15	T (8+9) R	X, Y AND Z X, Y AND Z	6	3	球形接頭+止轉棒軛+ 彈簧銷

表1. 整合的彈性化扣件六個自由度

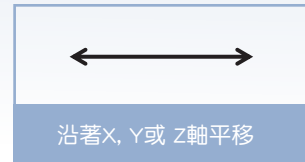
色碼： 代表單向性、 代表平面延伸、 代表 3D維度

表1中的第一欄列出各種類的彈性化扣件，第二欄是說明必須要有彈性化扣件的動作，包括沿著或繞著特定軸平移(T)或旋轉(R)。

針對同時會有平移和旋轉的扣件，則會以括號標示個別的扣件種類，例如表格內第三個種類，其平移與旋轉的組合就標示為「(1+2)」。

第三欄列出緊固裝置沿著或圍繞哪些軸(XYZ軸)平移或旋轉。第四欄標示出作業中出現的動作次數。第五欄標示扣件是以哪種次元的方式移動，1代表單方向、2代表平面移動、3代表三次元移動。第六欄列出一些彈性化扣件的用例。

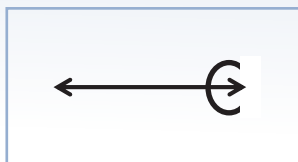
第一種彈性化扣件沿著單一個軸移動，是搭載了彈簧的促動器且用於制轉桿或凸輪裝置。



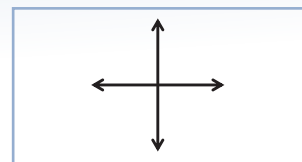
第二種是繞著一個軸旋轉的剪刀活結或是球閥。



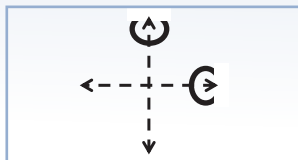
第三種是第一和第二種的結合，例如卡口式組裝件、步槍栓、套釘索。這三種都代表單向的動作。



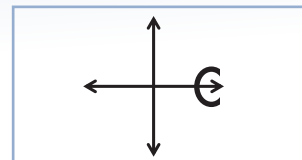
第四種是沿著一個平面上的兩個軸移動，常見於機械傳輸系統，例如一般所知的止轉棒軛。



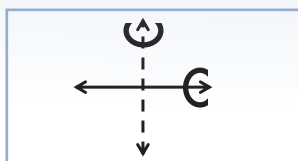
第五種是繞著兩個軸旋轉，它基本構成了船用指南針的方向接頭以及某些類型的冷熱混合式水龍頭。



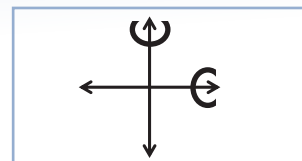
第六種扣件裝置是將止轉棒軛與樞紐銜接起來以同時實現平面式平移以及圍繞單軸旋轉。



第七種與第六種相同，但不同的是會在圍繞雙軸旋轉以及沿單軸平移時發生。這可透過固定在促動器連桿(actuator rod)上的變速叉的動作來實現。



第八種結合了第四與第五種，同時擁有沿雙軸平移和繞雙軸旋轉。這可透過具雙重作用的螺栓來實現。

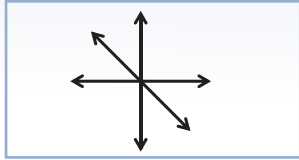




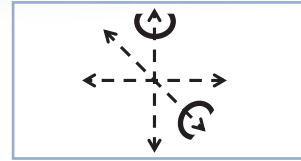
第四種至第八種則是在平面上動作的彈性化扣件。

3次元式彈性化扣件是平移且(或)旋轉發生在XYZ三個軸上,且與以下將描述的扣件種類有關。

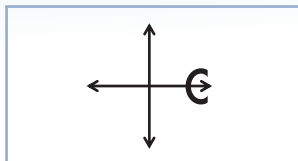
第九種是第四種再加上第一種之後的結果,這種扣件可能會是止轉棒軛,搭載含有彈簧的促動器,促動器會沿著Z軸的方向運轉。



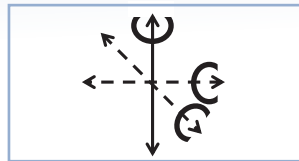
同樣地,第十種也是如此,透過球形接頭裝置可實現繞三軸的旋轉。



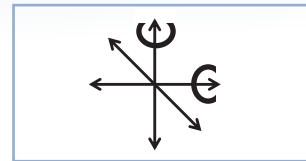
第十一種扣件可能會是搭載旋轉栓的止轉棒軛。



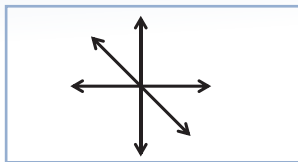
第十二種扣件是含有彈簧的球擊。



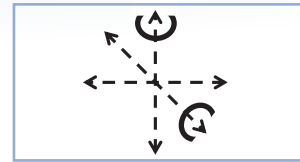
第十三種會需要三個平移和兩個旋轉,可透過飛機的自動調節懸掛裝置來實現。



第十四種是透過球形接頭(三個旋轉)和止轉棒軛(兩個平移)來實現。



第十五種有三個平移和三個旋轉,透過球形接頭、止轉棒軛以及含彈簧的栓合體運作來實現。



簡言之,舉凡珠寶首飾到非常現代的回轉裝置,有很多例子顯示扣件必須在其操作功能上發揮彈性化。採用六個自由度的理論有助於讓設計的發想實現輕鬆製造。

未來又是如何?

這一篇希望能發人深省的文章鼓勵扣件的設計師與使用者以更寬廣的角度,去思考扣件除了緊固之外還具備的功能。

最聰明的裝置必會結合簡單化與效力,且鮮少會再改良。例如小小不起眼的迴紋針就是如此,當我們生活在完全數位化的世界時,它才能可能會變成多餘而不被需要的產品。

雨傘中棒的開槽上搭載彈簧的隆起平面受到空間的制約,卻能依照它被沖壓出來的形狀發揮功能。原子筆的鋼珠的作用方式和用來移動重型沖壓工具的輸送帶相同,也與天文望遠鏡或角度計的原理類似。

促動器的插銷、連桿和滑動元件透過鍵、花鍵、彈性定位環和剪切銷來維持運作。在任何情況下,都是透過六個自由度來劃分元件的限制,以確保扣件實現它們被設計的功能。

若沒有金屬製的彈性化扣件,這世界還能否存續?這並不是一種橫向思維式的哲學問題,而是實實在在地去試著眺望未來。

積層製造(additive manufacture)提供許多在大量生產中可運用的潛在利益。零件設計的創新性是傳統製造所不能及

的,它已從聚合體的原型生產,拓展到高價值的金屬與陶瓷製航太產品以及其他採用雷射燒結技術的高科技產品。

成本的降低會進化以符合世間對新世代商品的無盡需求,其中每一樣商品可能是延續常見的製造業基因,或是偶爾變異成又新又具市場破壞性的商品種類。

這一切的關鍵就在於設計出來的功能,它必定會導向少量化的組裝件以降低製造與倉儲成本並增加效率(但須慎重考量),並在過程中把功能濃縮成最簡單的形式。

笛卡兒直角坐標軸對三次元空間的精闢描述讓這套理論近400年來無可取代。就像數學理論使用的數字「0」一樣,直角坐標軸理論開創了許多可運用與發掘新發現的機會。

六個自由度是工程師採用電腦輔助設計(CAD)與電腦輔助教育(CAE)來設計機械系統的一個基礎。

設計跨入現代的3D製造顯然衝擊著事物發揮功能的方式、生產方式、以及接合的位置。因此,若考量到彈性化扣件製造商的未來變革,他們在將來將會有好的榮景。