

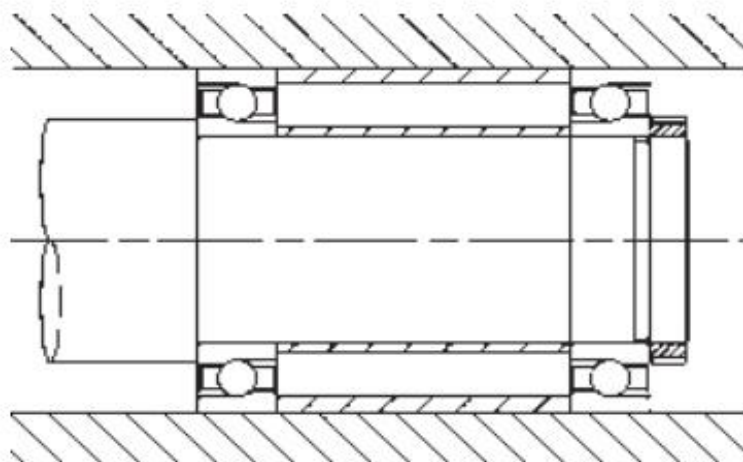
## 主軸的剛性

當設計工具機時，依經驗想得到好的加工結果，選擇容許的靜變形量是不二法門。工具機的主軸剛性分為軸的剛性與軸承剛性。主軸鼻端或加工點之撓曲是討論主軸剛性的重點，影響主軸徑向剛性之參數包括主軸垂懸端、主軸直徑、軸承間跨距、及軸承之徑向剛性等；而影響主軸軸向剛性主要來自預壓下組配軸承之軸向剛性。

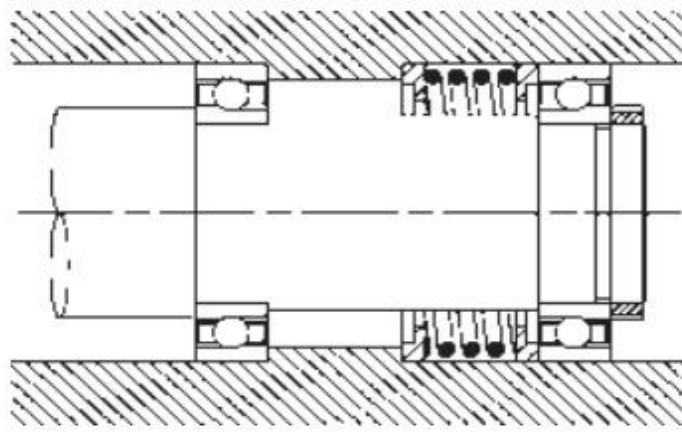
軸承剛性是在負荷情況下軌道面與滾動體間的彈性變形所決定，通常軸承會施加預壓以提高剛性。當需要高徑向剛性時，常使用圓筒型滾子軸承，但由於接觸與滑動比滾珠軸承增加，對高速運轉不利。軸向負荷則多使用斜角滾珠軸承來承受，接觸角大的斜角滾珠軸承擁有較大的剛性。滾動體的大小與數量亦會影響軸承的剛性表現。近來，Si3N4陶珠之高楊氏係數特性，使用陶珠混合(hybrid)軸承可以提高軸承的剛性。TPI之高速版HS軸承是兼顧低摩擦熱產生率或滾動體滑動(Ball skidding)程度與高剛性之內部最佳化設計之軸承。

## 軸承的預壓

軸承的預壓方式有定位預壓和定壓預壓兩種，參考圖 5-1所示。定位預壓是採用隔環固定軸承的位置，對提高剛性有效。因為定壓預壓是採用彈簧作預壓，所以在運轉中即使有熱影響及負荷影響而使軸承間位置發生變化，也可保持恒定的預壓量，適用於高速的應用。



定位預壓



定壓預壓

圖5-1 軸承定位預壓和定壓預壓方式

圖5-2用來解釋軸承預壓後剛性增加的效果。如圖中，組合斜角滾珠軸承內環作軸向緊壓密接後，軸承A、B分別產生 $\delta_{a0}$ 之軸向位移，即施加了 $F_{a0}$ 之預壓。

此時進一步，從外部再加上軸向負荷 $F_a$ 時，則軸承A的位移量會增加 $\delta_a$ 、而軸承B則減少 $\delta_a$ ；這時候，施加於軸承A、B的負荷，分別為 $F_{aA}$ 和 $F_{aB}$ 。在沒有預壓狀態的軸承A，若施加予軸向負荷 $F_{a0}$ 時的位移量為 $\delta_{a0A}$ ；比較施加預壓與否的相同 $F_{aA}$ 軸向負荷狀況下，顯然 $\delta_{aA}$ 比 $\delta_{a0A}$ 大，顯示提高了軸承剛性。當持續施加軸向負荷 $F_{aA}$ 使 $\delta_{aA} = 2\delta_{a0A}$ ，也就是 $\delta_{aB} = 0$ 即 $F_{aA} = 2.83 F_{a0}$ 。這時，軸承B完全沒有預壓，軸承A的負荷 $2.83 F_{a0}$ 稱為界限軸向負荷，此負荷與軸承配列和接觸角有關。

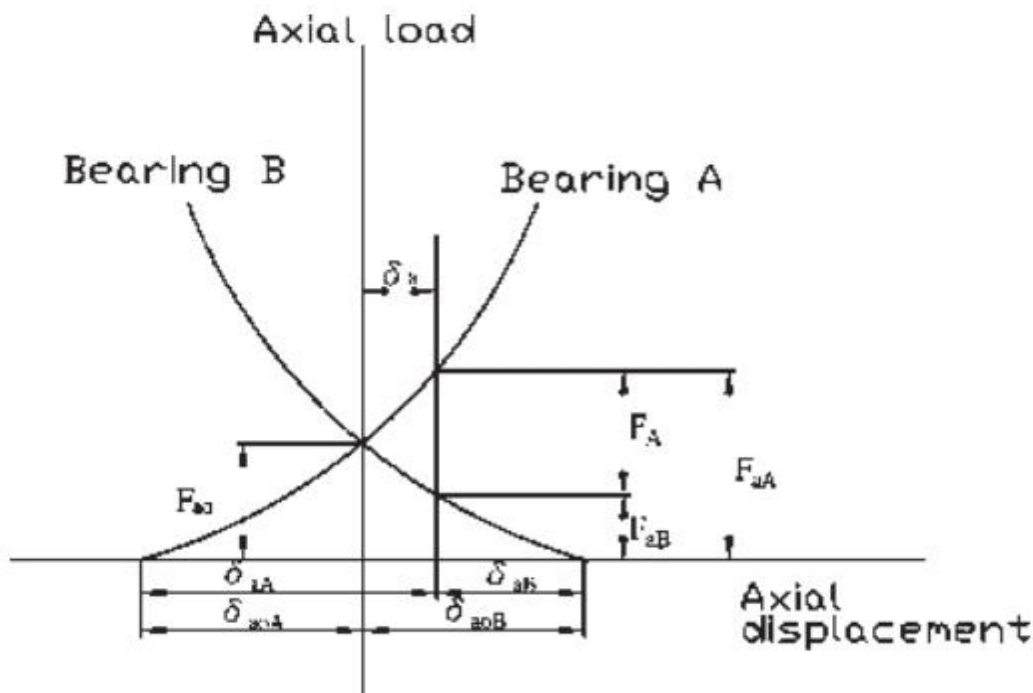


圖5-2 預壓負荷示意圖