

第二章 不考慮機台時之進給系統溫升熱位移測 與分析

2.1 前言

近年來由於三C產業的蓬勃發展，模具加工的技術需求愈來愈高，在「質」與「量」兩方面都需要有大量的提升，方足以因應市場的需求。因此，國內外大廠莫不往「高速化」來發展，藉由轉速、進給速度的來達到「快速」與「精準」的目標，因此高速化可說為近幾年立式切削中心機技術發展的重要趨勢。然而高速加工雖可產生許多效益，但其快速運動所產生的大量熱源及其伴隨而來的熱位移，都可能對最終工件的精度造成相當程度的影響。因此，進給軸溫升熱位移測試之目的在於探討三個方向的進給軸因運動所產生的熱源對立式切削中心機精度的影響。

2.2 進給系統簡介

本研究以立式切削中心機為研究對象，針對Y軸於來回全行程與搖擺式（模擬加工狀態）兩種狀態下，進行溫升熱位移量測，並且量測滾珠導螺桿之螺帽與軸座的溫升，比較有來回全行程與搖擺式（摸

擬加工狀態)兩種狀態的溫升熱位移之關係。另外測試滾珠導螺桿預拉時的影響，而滾珠導螺桿預拉目的如下：

1. 抑制滾珠導螺桿熱膨脹。
2. 增加滾珠導螺桿軸向剛性。
3. 防止滾珠導螺桿彎曲。

立式切削中心機進給機構機械傳動系裝置的主要元件，可包括支撐軸承、滾珠導螺桿與螺帽、聯軸器與驅動平台，以下針對上述構成元件的功能與需求及設計重點加以說明：

2.3 滾珠導螺桿與螺帽



滾珠導螺桿亦稱為球螺桿，導螺桿...等，其包含螺桿、螺帽、循環系統及鋼珠。滾珠導螺桿為立式切削中心機和精密機械上最常使用的傳動元件。滾珠導螺桿與螺帽主要是將馬達的旋轉運動轉換成運動軸直線運動的元件，也是進給系統中影響移動件速度的主要關鍵元件。若與傳統利用螺桿與螺帽之間滑動面接觸來傳動的方式比較，則利用滾動點接觸的滾珠導螺桿，有較小的摩擦力可使被驅動體精確及快速的做極小位移，其驅動力約為傳統螺桿的 1/3 左右，因此機械效率較高。與螺桿配合的螺帽，亦可分成單螺帽與雙螺帽兩種，且在製

作過程中加有預壓，可消除軸向背隙且降低因軸向力造成的彈性位移，亦可改善滾珠導螺桿剛性(避免失步)。為了得到高速低慣量的需求，滾珠導螺桿的導程與導程/直徑比也都越來越大。另外。馬達轉速也相對提高，以達需求。但相對的，轉速提高也增加了滾珠導螺桿的溫升與熱位移，而造成定位精度不良。因此，為降低因轉速提高所衍生的精度問題，可使用軸座冷卻軸承，利用循環的冷卻液將熱量帶走，以抑制伺服馬達所產生的熱傳導至滾珠導螺桿而影響熱位移誤差。

2.3.1 雙螺帽預壓方式

此預壓藉由兩螺帽間之預壓片產生(如圖 2.1 所示)。“拉伸預壓”是由過大的預壓片有效的擠壓分開螺帽。“壓縮預壓”是由過小預壓片，再以螺栓將兩螺帽拉在一起。

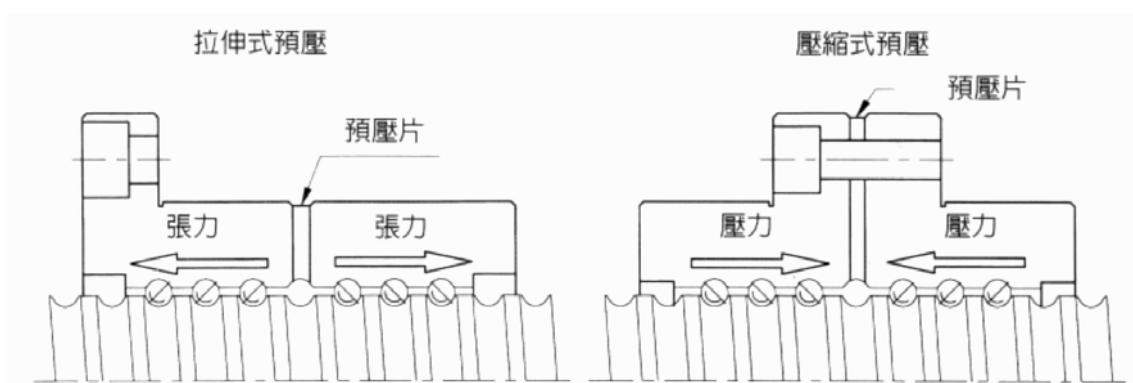


圖 2.1 以預壓片尺寸調整預壓方式

2.3.2 單螺帽預壓方式

單螺帽有兩種預壓方式其中一種稱為"過大鋼珠預壓方式"。此種方式內容的鋼珠比珠槽空間大(過大鋼珠)使鋼珠產生4點接觸(如圖 2.2 所示)。另一種稱為"導程偏移預壓方式"(如圖 2.3 所示)。在螺帽節距上有 δ 值的偏移。這種方式用來取代傳統雙螺帽預壓方式，並在較短螺帽長度及較小預壓力下擁有較高剛性。然而此方式不適用於太高預壓力。最好將預壓量設計在 5% 動負荷以下。

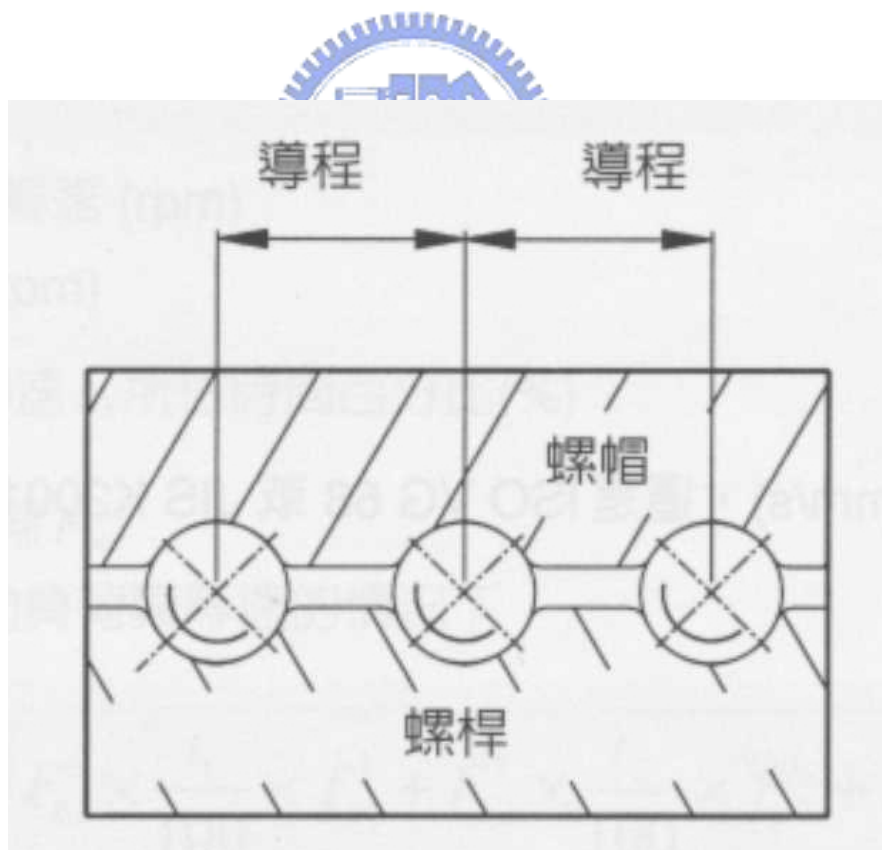


圖 2.2 以鋼珠尺寸調整預壓方式

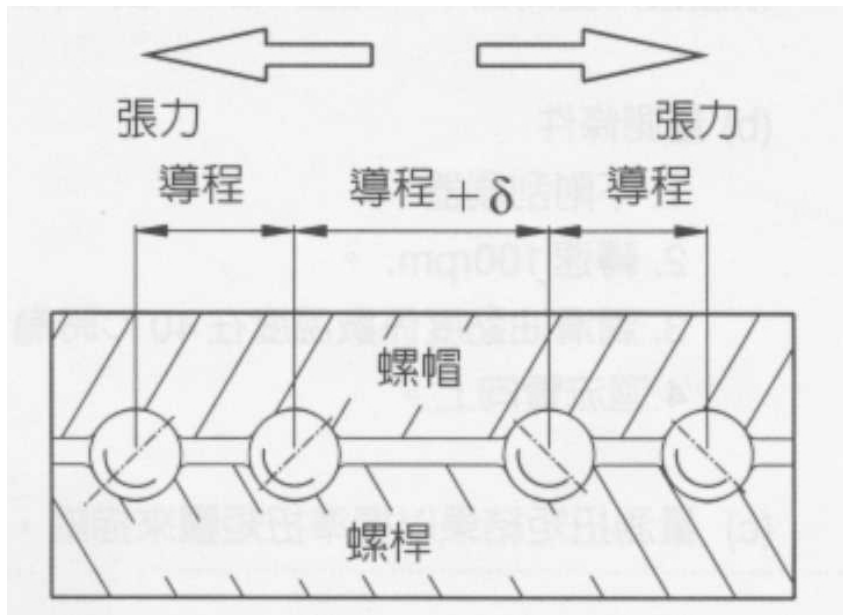


圖 2.3 以導程偏移調整預壓方式

2.4 支撐軸承

滾動軸承為支撐立式切削中心機進給系統中滾珠導螺桿最為重要元件之一，必須要正確選擇與調整才能獲得滿意的性能。滾珠導螺桿為一長跨距的旋轉軸，而邊界的條件決定了其挫曲負荷(Buckling Load)（如圖 2.4 所示）及臨界轉速(Critical Speed)（如圖 2.5 所示）。所以進給系統特性的好壞與軸承安裝方式有重要關係，大致可分成如四種。其中以兩端固定的支撐方式剛性最高（如圖 2.6 所示），亦可對滾珠導螺桿做預拉安裝以消除熱位移。若熱位移量超過預拉值，滾珠導螺桿無法做軸向位移，如此將使支撐軸承螺桿承受更大的負荷。因此，有部分廠商將如圖 2.7 所示的支撐方式用深溝軸承或斜角軸承代替原有支撐端之支持方式。這樣，不但可提高剛性，亦

可對其滾珠導螺桿做預拉行為，所以滾珠導螺桿因熱位移所造成的膨脹伸長問題亦可獲得改善，但是整體剛性值不如兩端固定的支撐方式。

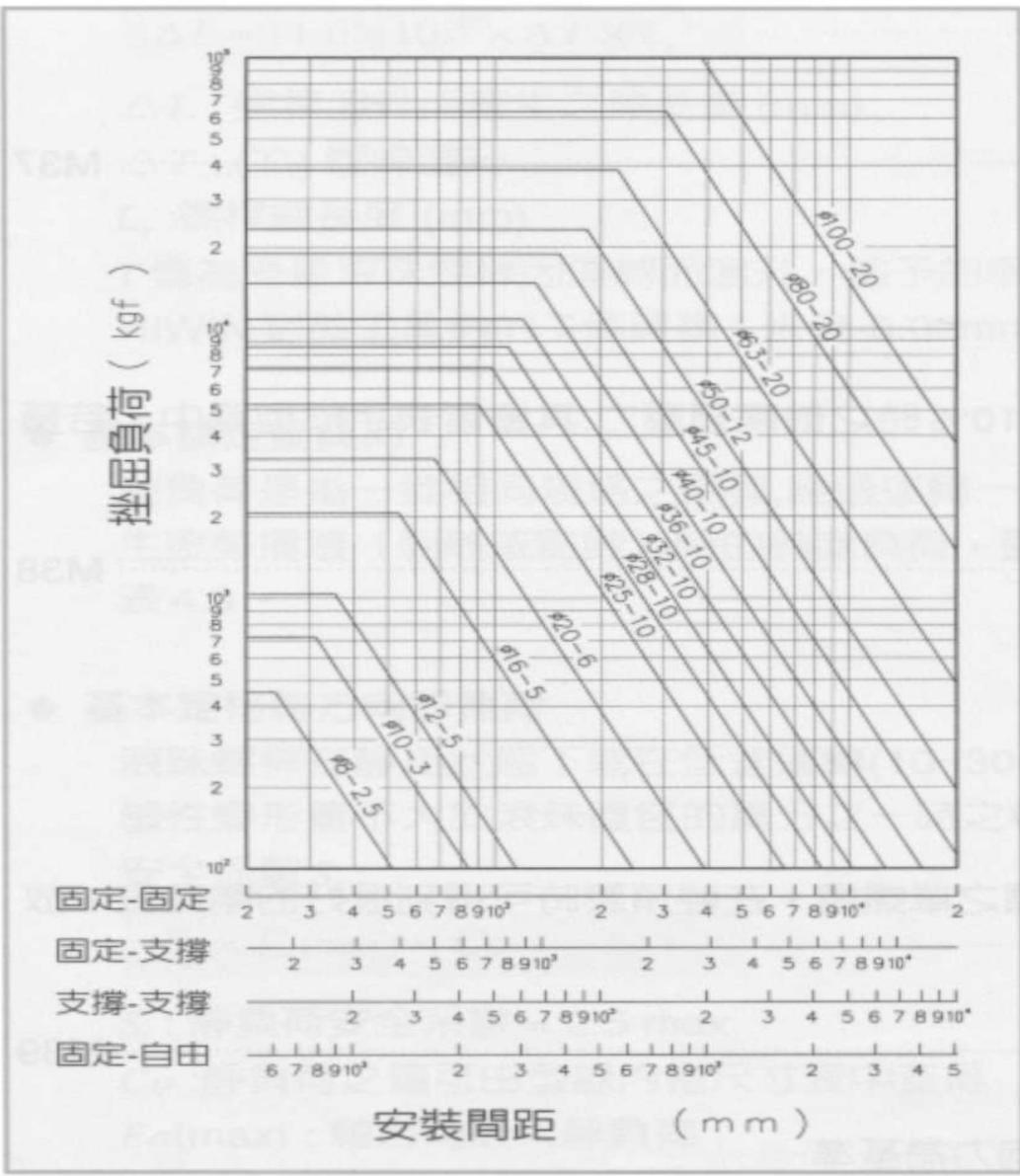


圖 2.4 軸徑和安裝距離相對於挫屈負荷之關係

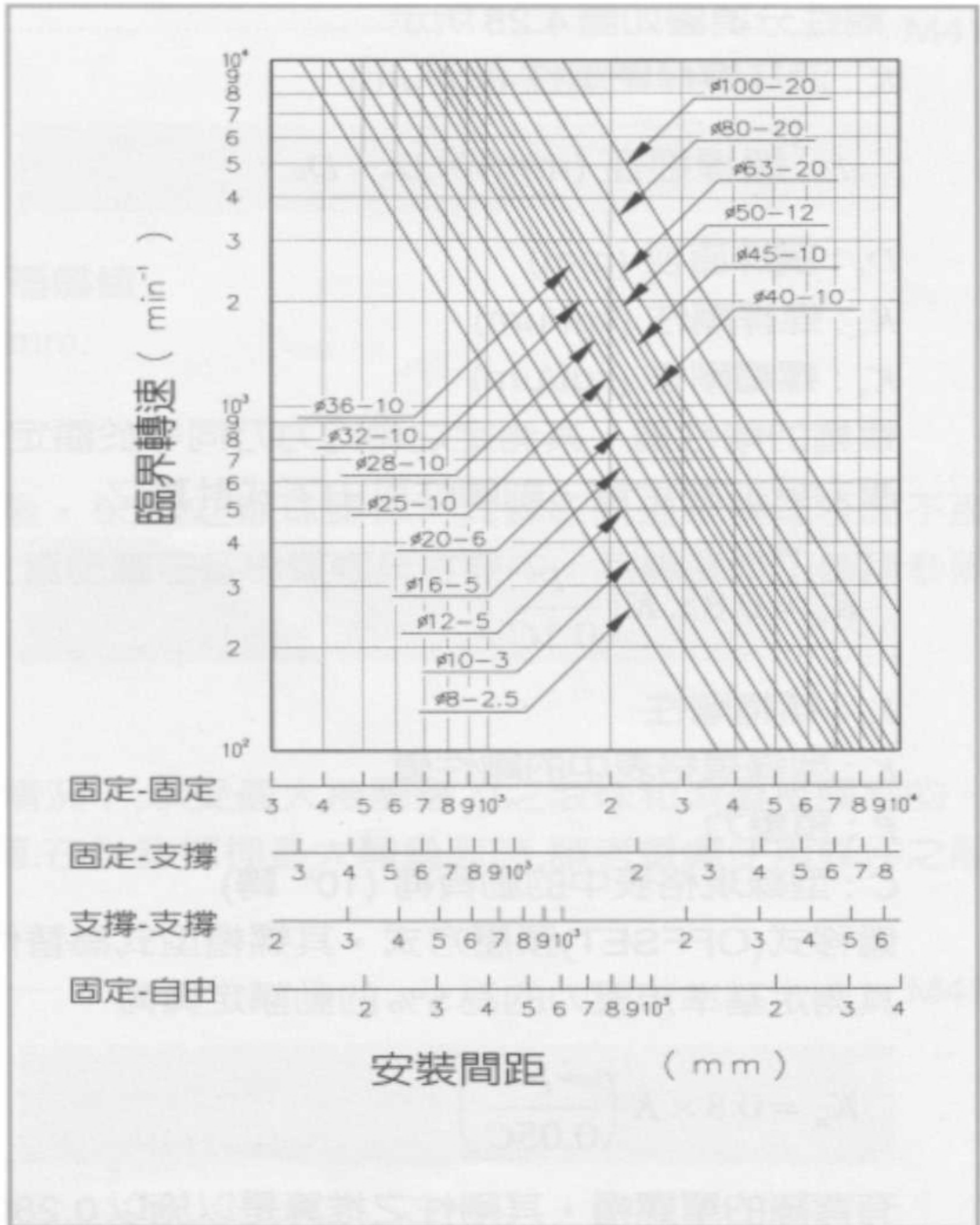


圖 2.5 軸徑和安裝距離相對於臨界轉速之關係

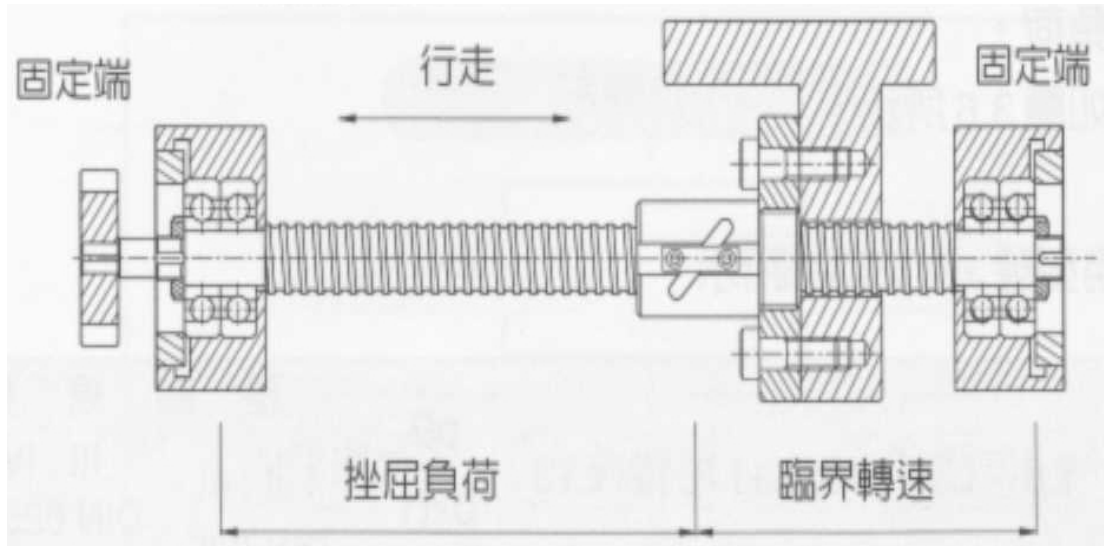


圖 2.6 兩端固定

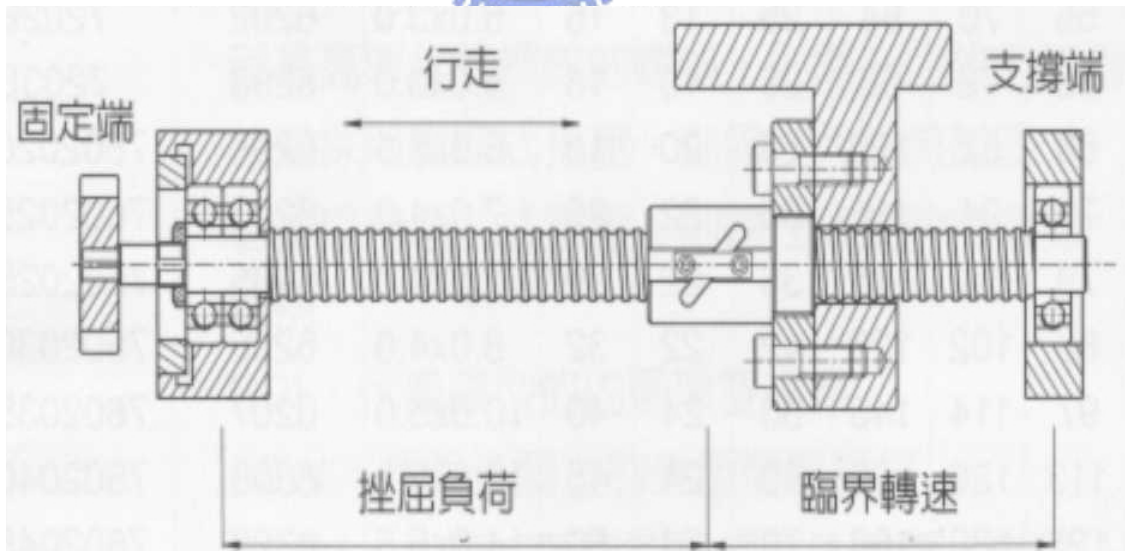


圖 2.7 一端固定另一端支撐

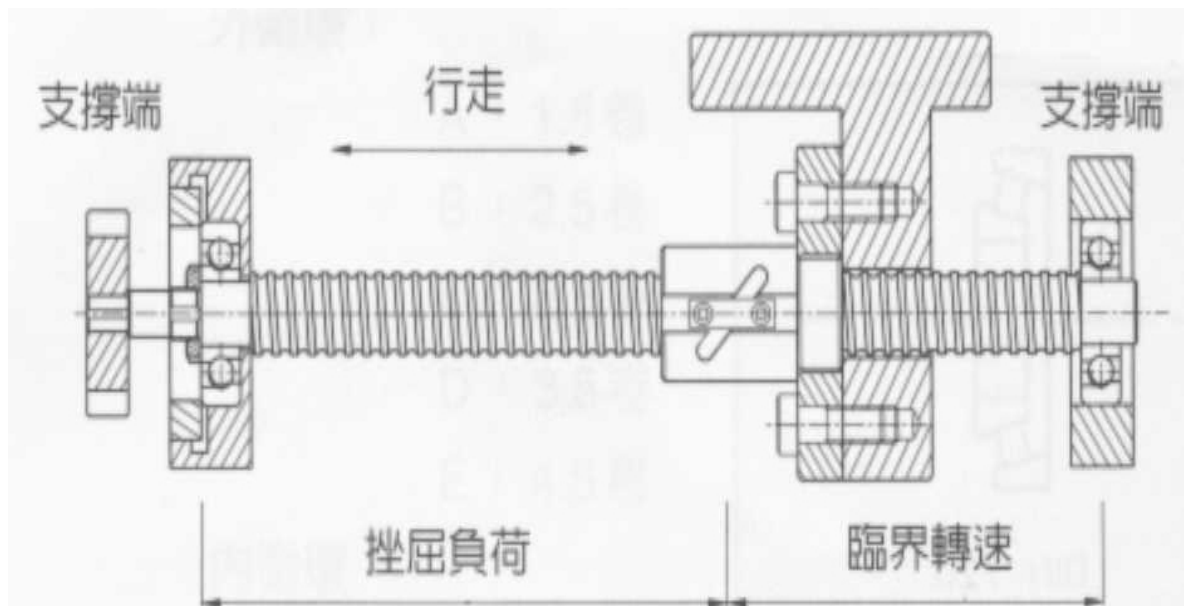


圖 2.8 兩端支撐

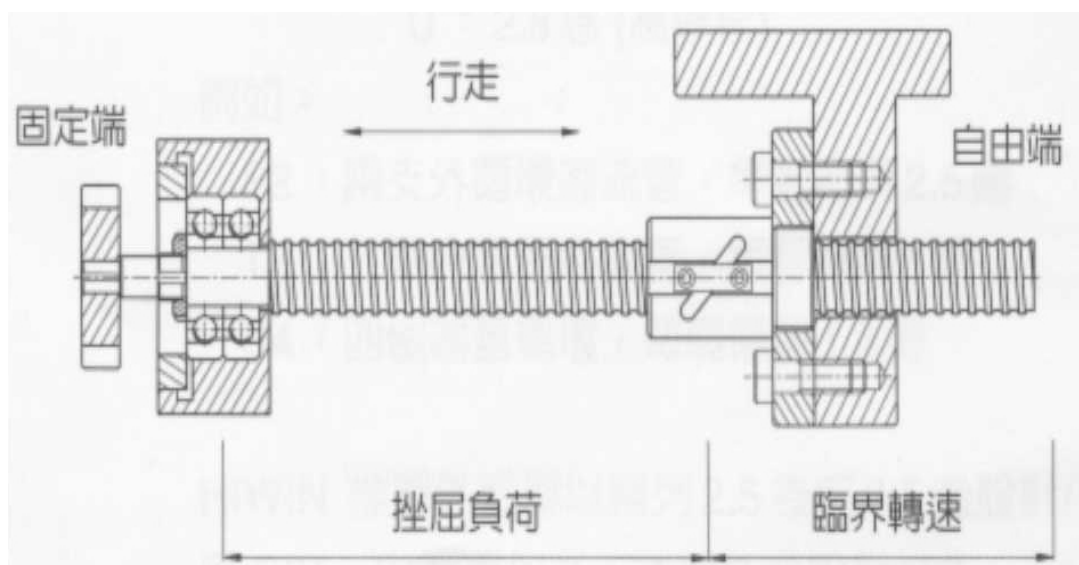


圖 2.9 一端固定另一端自由

2.5 聯軸器

聯軸器是將伺服馬達與滾珠導螺桿兩同軸線在直接傳動下作相聯結的元件，使得伺服馬達可以準確將速度與位置精確的轉換於移動件上，但由於伺服馬達與滾珠導螺桿兩中心軸線，很難真正同心或重合。所以，以撓性聯軸器作為伺服馬達與機械(負荷)傳動的橋樑，可以有效的吸收安裝時所產生的如偏心、偏角及軸間隙等誤差及運轉中產生的震動，達到保護伺服馬達及機械的功能，以減少運轉時的不正常現象。因此大多聯結裝置並無法使用剛性聯軸器聯接

，均是利用撓性聯軸器加以接合。



2.6 光學尺

光學尺是編碼器的一種，即是將量測時所得到的類比信號轉換成數位的編碼信號。工作原理係使用一支帶透光與不透光的光柵玻璃主尺及相同柵距光柵的玻璃副尺，以光源照射光柵玻璃主尺及玻璃標示尺，並以光偵測模組收集光訊號，當光柵主、副尺相對移動時，通過之光訊號產生週期性正弦波訊號，且輸出訊號週期與光柵尺之柵距相同，再經由電子計數器數出主、副光柵相對移動的距離，即可量測立式切削中心機之位移量。

2.7 滾珠導螺桿溫昇熱位移實驗設備

在溫度量測方面，本研究使用熱電偶(thermocouple)，其優點體積小、容易架設且輸出為電壓訊號，故適合量測滾珠導螺桿表面之螺帽與軸座溫度。滾珠導螺桿熱位移量測方面，本研究將採用渦電流式位移計，渦電流式位移計解析度可達 $0.1 \mu\text{m}$ ，故可精確的量測到滾珠導螺桿因熱所產生的熱位移量。

