

平行軸齒輪減速機構同心軸減速機的開發

工藤 裕二

舊有的平行軸齒輪減速機構減速機採用了減速機出力軸偏置於馬達中心的構造。相對地，新開發的 **CS** 減速機所採用的雖依舊是平行軸齒輪減速機構，但減速機出力軸與組合馬達中心呈現同心構造，可以更為輕鬆簡單地設計馬達安裝板等設備。此外，與舊有產品相比，更新設計所帶來的容許轉矩與容許懸吊載重皆有大幅提升。2 相步進馬達 **PKP** 系列以及無刷馬達 **BLH** 系列連接器型皆有採用了 **CS** 減速機的產品種類。在此說明 **CS** 減速機的構造及特徵。

1. 前言

1950 年代，當腳座安裝型（床型馬達）產品還是業界主流的時候，東方馬達即已發售便於使用的凸緣型馬達。1951 年 **H** 系列上市後，帶動了小型 AC 馬達的「標準化」，安裝尺寸及安裝螺距開始依照各種輸出統一（參閱圖 1）。與此同時，為運用凸緣安裝型馬達的優點，產品種類內也出現採用平行軸齒輪減速機構的專用平行軸減速機。

可將減速機改為減速比不同，但具有安裝尺寸及安裝螺距互換性的其他減速機（參閱圖 2）。

舊有的平行軸減速機採用了減速機出力軸偏置於組合馬達出力軸（下稱馬達出力軸）的構造。

而本次開發出的同心軸減速機（**CS** 減速機）（參閱圖 3、圖 4）雖依舊是平行軸減速機，馬達出力軸與減速機出力軸卻呈同心構造。步進馬達 **PKP** 系列 安裝尺寸 42mm **CS** 減速機型榮獲 2020 年"超"工藝零件大獎機械、機器人零件獎。在此說明 **CS** 減速機的構造及特徵。



圖 1 AC 馬達 H 系列



圖 2 平行軸減速機 2G

此後，東方馬達便帶領馬達走向小型、高輸出的方向。同時，我們也致力於提高平行軸減速機的性能，讓其具備高轉矩、高強度、長壽命、低噪音等特性。

工藝
零件大獎



圖 3 步進馬達 PKP 系列
CS 減速機型

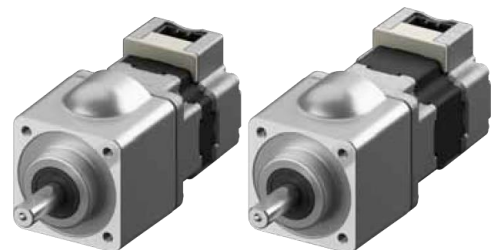


圖 4 無刷馬達 BLH 系列
CS 減速機型

2. 平行軸減速機

2.1 構造

平行軸齒輪減速機構的平行軸減速機構造如圖 5 所示。平行軸減速機的減速機出力軸在配置時需要避開馬達出力軸，因此減速機出力軸通常會採用偏置於中心的構造。在輸出部分配置儘可能大的齒輪，可獲得高容許轉矩，亦可實現具備多種減速比的減速機設計。OFFSET 量與齒輪設計關係密切，因此構思時需要深思熟慮（參閱圖 6）。

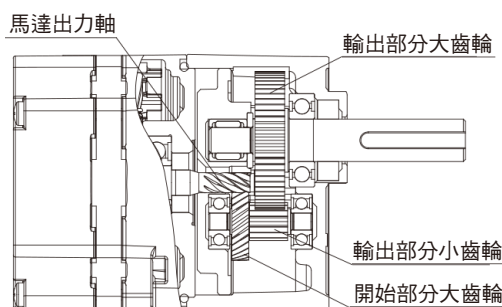


圖 5 平行軸減速機的構造

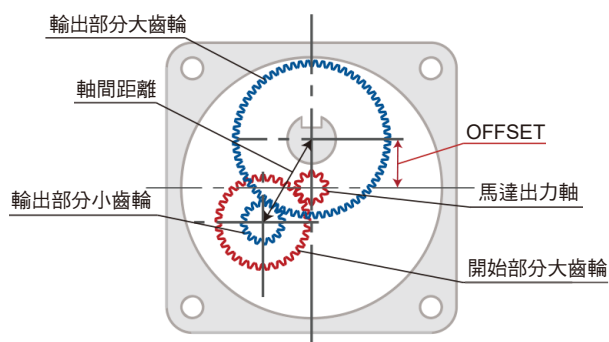


圖 6 平行軸減速機的齒輪配置（正面）

東方馬達推出的產品種類豐富，包含 BL 馬達用的 GFS、GFV 減速機；AC 馬達用的 GN、GV 減速機；2 相 PKP 馬達的 SH 減速機等。

2.2 組裝至設備上

欲將舊有的平行軸減速機組裝至設備上時，由於出力軸偏置於減速機安裝尺寸的中心，因此需要於設計安裝板時將減速機出力軸與設備端運轉軸中心的 OFFSET 量納入考量（參閱圖 7）。

相對地，出力軸位於減速機中心的同心軸減速機則可運用設備端的運轉軸中心設計安裝板，使設備設計更加輕鬆簡單。

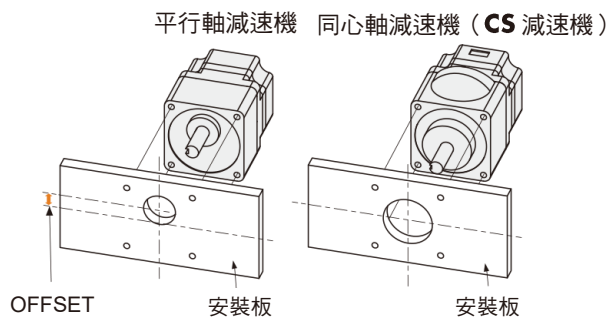


圖 7 組裝至設備上

3. 同心軸減速機

3.1 行星式齒輪減速機構

行星式齒輪減速機構是足以代表同心軸減速機的機構。轉矩分散於多個行星式齒輪上，容許轉矩較平行軸減速機大為上升為其特徵。東方馬達的 PS 減速機（參閱圖 8）及 PN 減速機即為採用行星式齒輪減速機構的同心軸減速機。

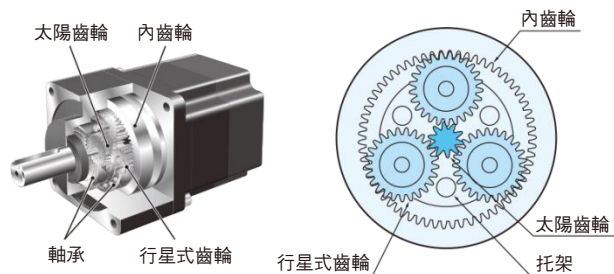


圖 8 行星式齒輪減速機構範例（PS 減速機）

行星式齒輪減速機構既需要高精度的內齒輪加工，亦需多個軸承以保持行星式齒輪。因此，與平行軸齒輪減速機構減速機相比，其製造工時及零件件數均大幅增加。此外，依據減速比不同，可能需要變更馬達出力軸（太陽齒輪）的齒輪規格，因此需按照減速機減速比採用專用馬達（參閱圖 9）。

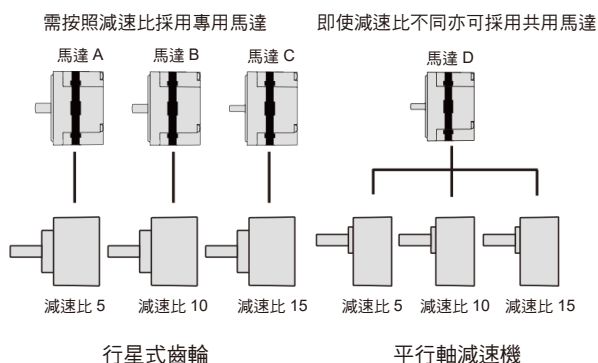


圖 9 與組合馬達比較

3.2 CS 減速機的開發

3.2.1 更新平行軸減速機構造

本次開發的 **CS** 減速機可以在沿襲舊有的平行軸減速機構造的基礎上，實現同心軸構造。

首先，為了讓減速機外型不會超過馬達安裝尺寸的投影面內，舊有的平行軸減速機基本上均會進行減速機設計。欲兼顧此設計限制及同心構造時，馬達出力軸及開始部分大齒輪的軸間距離即會受限，各齒輪對的軸間距離亦會因而變短，導致輸出部分大齒輪的直徑變小。因此，減速比超過 10 的減速比設計以及大轉矩傳動均會碰到困難。為克服此問題，需要加長齒輪對的軸間距離，並加大輸出部分大齒輪直徑（參閱圖 10）。

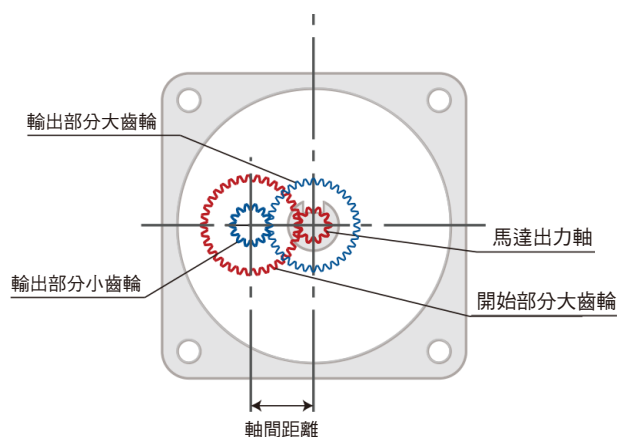


圖 10 採用舊有平行軸減速機設計的同心構造（正面）

於是，我們於 **CS** 減速機上維持安裝孔螺距，讓減速機外殼形狀部分突起，並將開始部分大齒輪配置於上述空間，確保軸間距離。（參閱圖 11、圖 12）採用此方法後，即可加大輸出部分大齒輪直徑，設計時減速比可達 20，亦可實現大轉矩傳動。

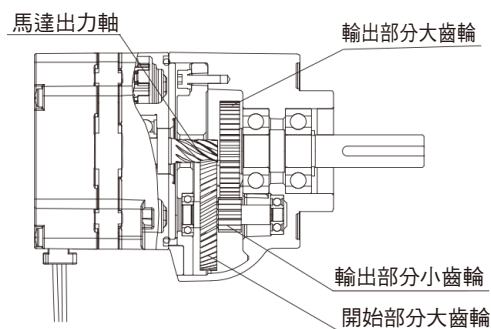


圖 11 CS 減速機的構造

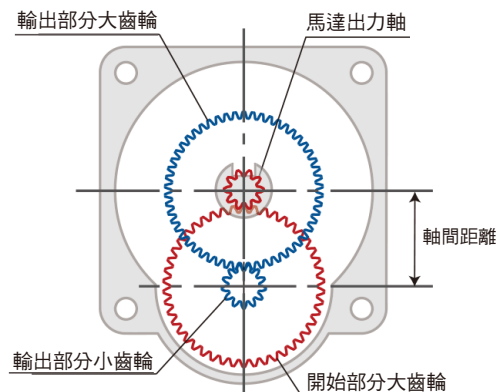


圖 12 CS 減速機的同心構造（正面）

3.2.2 減速機外殼曲面形狀

減速機外殼的突起採用特殊的曲面形狀，不會超出減速機外殼外接圓內側，且為了盡量減少對周圍的影響，設置於馬達導線的出線方向側（參閱圖 13）。

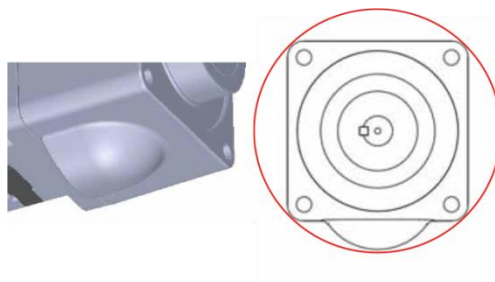


圖 13 減速機外殼特殊形狀

3.2.3 改善軸承支撐構造

運用舊有的設計，將平行軸減速機改為新構造時，需要使用減速機外殼及中間凸緣支撐減速機出力軸的軸承(參閱圖 14)。如採用此構造，將導致零件數增加，減速機總長亦會變長。因此，我們對 **CS** 減速機採用僅以減速機外殼支撐出力軸軸承的構造，取消中間凸緣(參閱圖 15)，並藉此減少零件數，減速機總長亦變得較短。

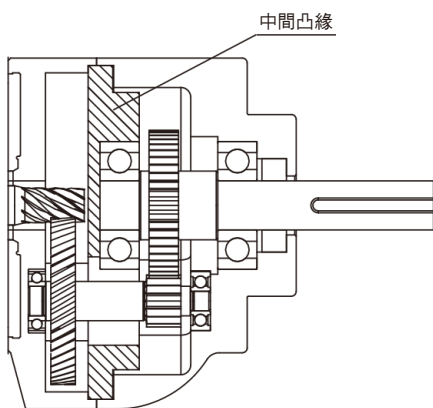


圖 14 軸承支撐構造 (有中間凸緣)

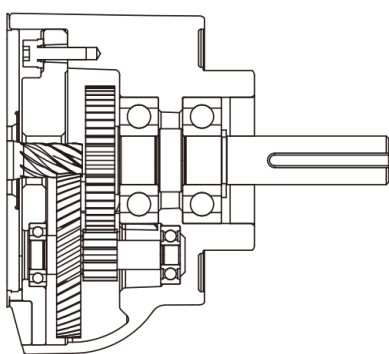


圖 15 軸承支撐構造 (無中間凸緣)

3.2.4 提升容許轉矩及懸吊載重

CS 減速機不僅加大開始部分及輸出部分的齒輪大小，更對齒輪施予熱處理，讓容許轉矩大幅上升，約達 **SH** 減速機的 2 倍(參閱圖 16)。

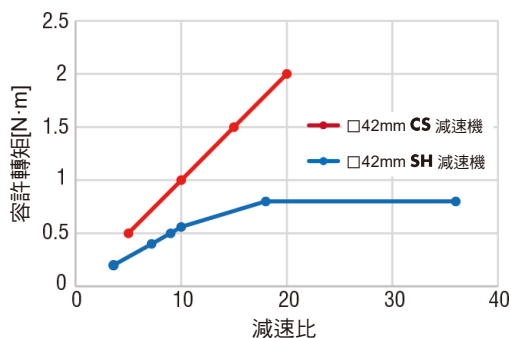


圖 16 PKP 系列 容許轉矩比較

此外，加長齒輪的軸間距離，即可讓軸承尺寸更大，進而使容許懸吊載重最高達到 **SH** 減速機的 4 倍。如需使用皮帶傳動高負載，進行適當的張力管理即可(參閱圖 17)。

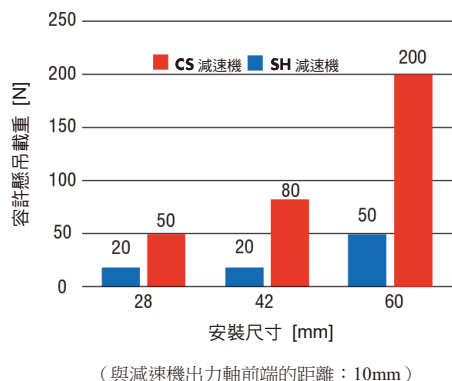
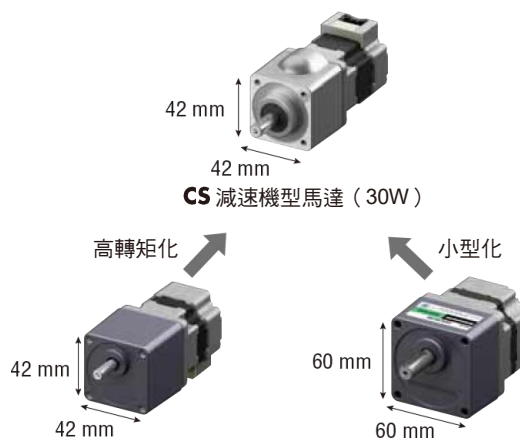


圖 17 PKP 系列 懸吊載重比較 (減速比 10)

3.2.5 將產品小型、高轉矩化

舊有的無刷馬達 **BLH** 系列安裝尺寸 42mm 的輸出為 15W，安裝尺寸 60mm 的輸出為 30W，但本次與容許轉矩提升的 **CS** 減速機組合後，產品種類新推出輸出可達 30W，安裝尺寸卻僅有 42mm 的小型產品，(參閱圖 18)。



舊有產品 (GFS 減速機 15W) 舊有產品 (GFS 減速機 30W)

圖 18 BLH 系列尺寸比較 (減速比 10)

有鑑於此，需要使用舊有產品中安裝尺寸 42mm **BLH** 系列（輸出 15W）、減速比 10 的產品時，僅需將其變更為安裝尺寸同樣為 42mm 的 **CS** 減速機型（輸出 30W），即可於同樣減速比下以 2 倍的容許轉矩驅動。如轉矩相同，僅需採用減速比 5，即可將轉速提升為 2 倍，擴大使用範圍（參閱圖 19）。

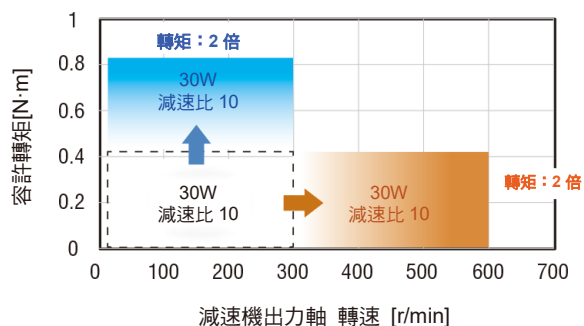


圖 19 BLH 系列舊有產品與 CS 減速機型特性比較

此外，容許懸吊載重亦較舊有產品高（參閱圖 20）。有助於設備的小型化及高性能化。

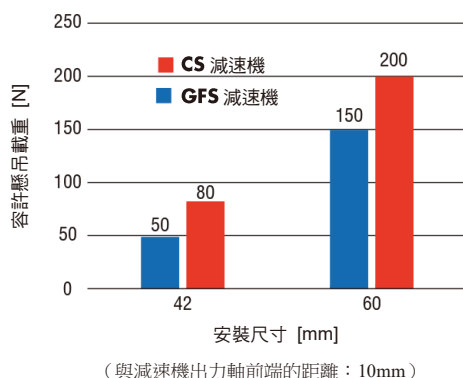


圖 20 BLH 系列 容許懸吊載重比較（減速比 10）

4. 總結

檢視舊有平行軸減速機的設計限制後，我們實現了平行軸齒輪減速機構同心軸減速機的產品化。加入齒輪及軸承的大型化、齒輪的熱處理後，減速機的容許轉矩及懸吊載重均獲得了提升。即使輸出與舊有產品相同，但更小的馬達有助於設備的小型、輕量化。今後我們亦會持續開發足以回應客戶期待的產品。

參考文獻

- (1) 塚本 成紀，「新行星減速機 PS 減速機的開發」，RENGA，No.174，(2011)，p16
- (2) 大塚 衛，「GV 減速機的高強度、長壽命設計」，機械設計，Vol.42-No.8，(1998)，p86-88

作者



工藤 裕二

AC/BL 馬達事業部