

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 直插式減速齒輪機之設計與研製

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2622-E-164-007-CC3

執行期間：93年11月01日至94年10月31日

執行單位：修平技術學院工業管理系

計畫主持人：吳家宏

計畫參與人員：趙慶博

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 95 年 1 月 31 日

# 國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：機械固力

計畫名稱：直插式減速齒輪機之設計與研製

計畫編號：93-2622-E-164-007-CC3

執行期間：2004.11.01 至 2005.10.31

執行單位：修平技術學院工業管理系

主持人：吳家宏

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
趙慶博	碩士班	尚未畢業	擔任文獻資料之蒐集、文書處理工作、直插式齒輪減速機CAD圖形及有限單元模型之建立、力學分析。

## 合作企業簡介

合作企業名稱：新竹齒輪廠股份有限公司

計畫聯絡人：傅文祺

資本額：1,100 萬元

產品簡介：精密齒輪、蝸輪減速機、萬能彎曲機及其零件製造加工

網址：  
電話：(03)5381239

## 研究摘要：

若製造商為一單純的齒輪減速機生產廠商，而馬達上已經有與齒輪減速機匹配的齒輪，這表示齒輪減速機製造商必須受到上游馬達廠商所提供馬達型式的箝制，其所製造的齒輪減速機必須與上游馬達廠商的馬達型式搭配，對齒輪減速機製造商而言，其設計、製造、研發及營運將受到嚴重的箝制。

本計畫主要的目的是針對齒輪減速機作一部份的設計修改，開發出所

謂的直插式齒輪減速機機種，如此不但避免了上游馬達廠商的壟斷而開拓更寬廣的市場，也提高了合作廠商之設計能力及設計人才素質的提升。直插式齒輪減速機與馬達匹配的齒輪部份，已於前一年度計畫”利用參數式設計法以提升減速齒輪機之研製效率”發展完成，其中的齒輪減速機中文化人機介面設計軟體，可以減少齒輪減速機設計時查閱圖表的程序，以增進設計的效率，降低設計工時；本年度以電腦輔助設計軟體 Solidworks 將直插式齒輪減速機與馬達批配的外型部份以參數化設計方式建構完成，以作為合作廠商未來設計修改及研發新一代齒輪減速機之藍圖。

另外，本計畫對整個直插式齒輪減速機在安全係數以內的受力情況，以 Solidworks/COSMOSWorks 分析軟體對直插式齒輪減速機齒輪部份作一有限單元力學分析，以達到設計時安全係數的要求。最後再利用所發展之程式，完成直插式齒輪減速機相關的設計與製作。

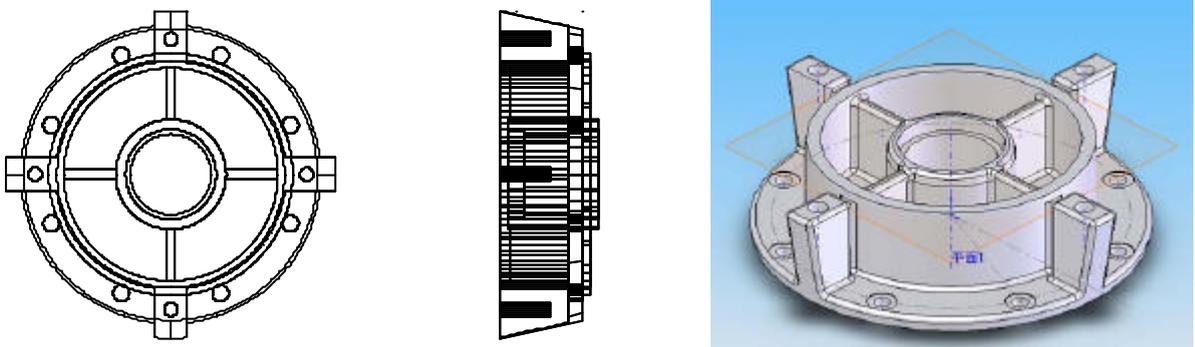
#### 人才培育成果說明：

本計畫在人才培育方面，將其分為直插式齒輪減速機之設計及分析兩部份。在設計部份，本計畫以 AutoCAD 及 Solidworks 電腦輔助設計繪圖軟體，對合作廠商的研發人員作繪圖軟體的指導教學，將直插式齒輪減速機與馬達批配的外型設計過程及參數式設計的方法予與示範及教學，並以書面講義的教學方式增加學習的效能。並以 2D 平面三視圖及 3D 立體圖的繪製與模具開發廠商共同討論製作模具時的修改重點，建立合作廠商與模具開發廠商互動的機制，以訓練合作廠商模具開發人員在模具的出圖方式上能與模具開發廠商有良好的配合默契。另外，分析部份，本計畫以 Solidworks 附加的分析軟體 COSMOSWorks 對直插式齒輪減速機內之齒輪作有限單元力學分

析，也將直插式齒輪減速機之齒輪受力分析方法及應力集中情況之改善方式，對合作廠商的研發人員作示範教學及講解，並以書面講義的教學方式增加學習的效能。

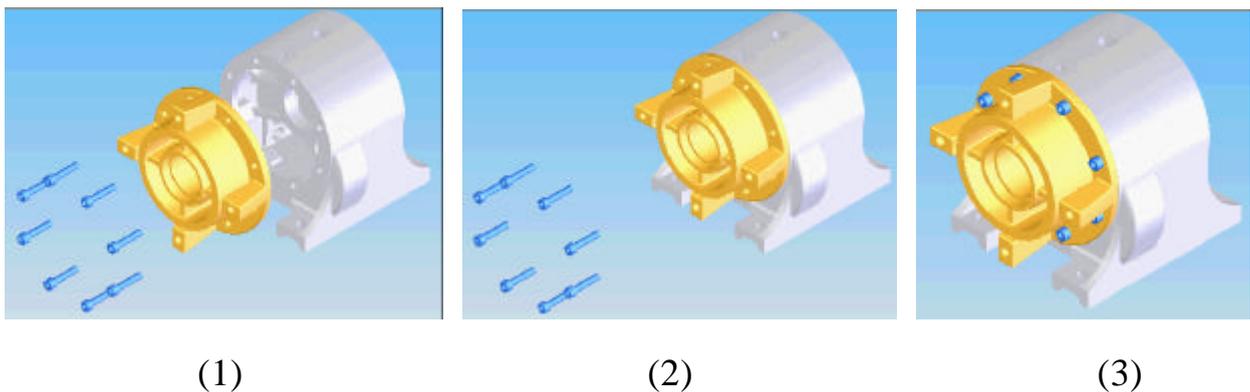
#### 技術研發成果說明：

本計畫完成以 AutoCAD 及 Solidworks 電腦輔助設計繪圖軟體，對直插式齒輪減速機與馬達批配的外型作參數式的設計，以一馬力的直插式齒輪減速機為例，其 2D 平面三視圖及 3D 立體圖的繪製，如圖一所示。



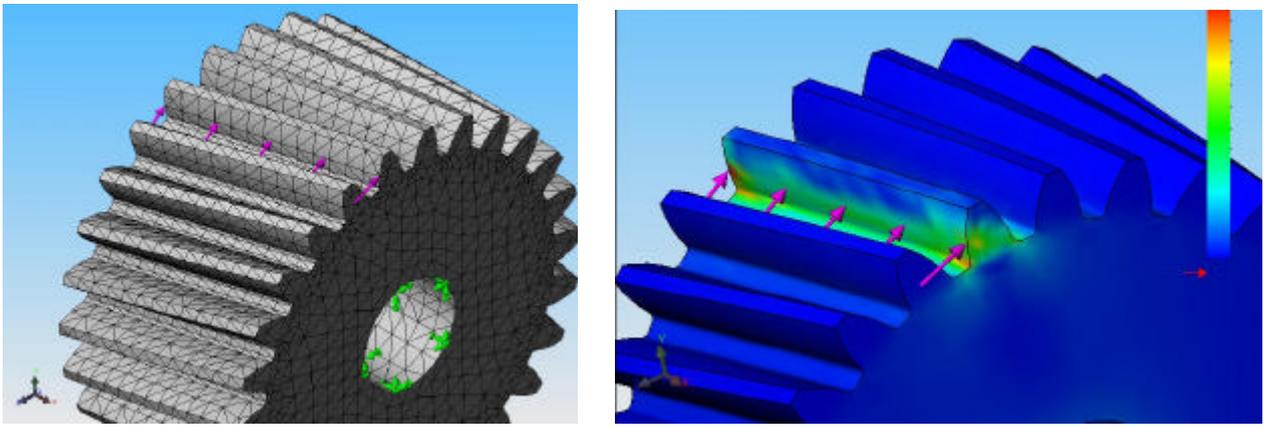
圖一、直插式齒輪減速機與馬達批配的外型 2D 平面圖及 3D 立體圖(一馬力)

並將此直插式齒輪減速機與馬達批配的外型與齒輪減速機本體組合起來，其組合步驟，如圖二所示。



圖二、直插式齒輪減速機與馬達批配的外型與本體組合步驟圖

本計畫以 Solidworks 附加的分析軟體 COSMOSWorks 對直插式齒輪減速機內之齒輪作有限單元力學分析，其網格分割及受力( $W_t = 10\text{kgf}$ )分析之應力分佈情況如圖三所示。



圖三、齒輪網格分割及施力後應力分佈情形

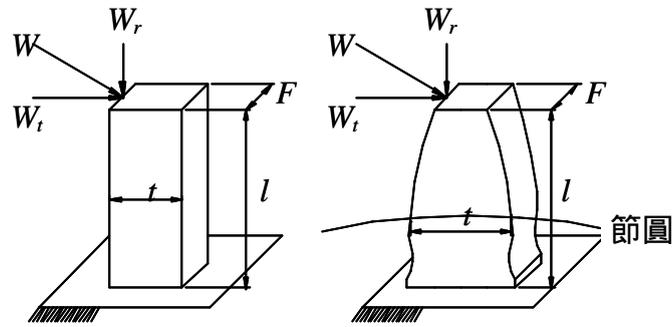
然後以齒根緣線計算平均應力數值如表一所示，以 Y 方向應力(SY 應力)計算的平均值為 41.3 ( kgf/cm<sup>2</sup> )。

表一、 齒輪齒根緣線平均應力

Node	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	SX	SY	SZ	VON
100163	1.875	21.894	10.181	1.97E+01	5.81E+01	1.60E+01	4.66E+01
100172	3.75	22.038	9.8649	1.95E+01	4.72E+01	1.94E+01	3.78E+01
100181	5.625	22.179	9.5477	1.98E+01	4.56E+01	1.97E+01	3.72E+01
100192	7.5	22.316	9.2286	1.92E+01	4.03E+01	2.12E+01	3.89E+01
100199	9.375	22.447	8.9072	2.07E+01	4.62E+01	1.96E+01	4.50E+01
100206	11.25	22.573	8.5836	2.06E+01	4.96E+01	1.77E+01	3.69E+01
100214	13.125	22.693	8.258	2.19E+01	5.08E+01	2.21E+01	3.82E+01
100222	15	22.81	7.9307	1.85E+01	4.56E+01	1.67E+01	3.54E+01
100230	16.875	22.922	7.6019	2.02E+01	4.54E+01	2.13E+01	3.40E+01
100238	18.75	23.029	7.2717	2.02E+01	4.40E+01	2.28E+01	3.77E+01
100245	20.625	23.131	6.9399	2.02E+01	4.72E+01	1.93E+01	3.61E+01
100252	22.5	23.228	6.6065	2.07E+01	4.67E+01	2.11E+01	3.57E+01
100261	24.375	23.319	6.2715	1.92E+01	4.00E+01	2.52E+01	3.74E+01
100267	26.25	23.405	5.9352	2.24E+01	5.35E+01	2.39E+01	4.34E+01
100277	28.125	23.488	5.5981	1.65E+01	4.13E+01	2.52E+01	3.97E+01
111231	0	21.749	10.496	4.33E-02	2.33E-01	-1.09E-01	4.83E+01
115586	30	23.569	5.2605	-8.98E-04	2.88E-01	-3.16E-01	3.99E+01
平均值				1.76E+01	4.13E+01	1.83E+01	3.93E+01

取懸臂樑模擬齒輪上的一個齒受力的狀況如圖四所示，使用公式 (1) 來計算平均正向應力。

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{6W_t \ell}{Ft^2} \quad (1)$$



圖四、 懸臂樑模擬齒輪

分析時齒輪的參數設定如表二所示：

表二、 齒輪規格表

齒輪規格(mm)			
模數(m)	2	節圓直徑(d)	52
齒數	26	齒冠( $l_1$ )	2.5
螺旋方向	左手	齒根( $l_2$ )	2
螺旋角度	11.5°	齒寬(F)	30
壓力角( $\phi$ )	20°	節圓齒厚(t)	3.4

則運用公式(1)計算懸臂樑模擬齒輪受力後齒根緣線的平均應力數值為，

$$\frac{6 \times 10 \times 0.2}{3 \times 0.34^2} = 34.602(\text{kgf/cm}^2), \text{ 其中 } W_t \text{ 作用於齒冠}(l_1) \text{ 與齒根}(l_2) \text{ 間的位置。}$$

則公式(1)模擬與 COSMOSWorks 有限單元分析的平均應力數值結果，

如表三所示：

表三、 理論與有限單元分析平均應力數值結果表

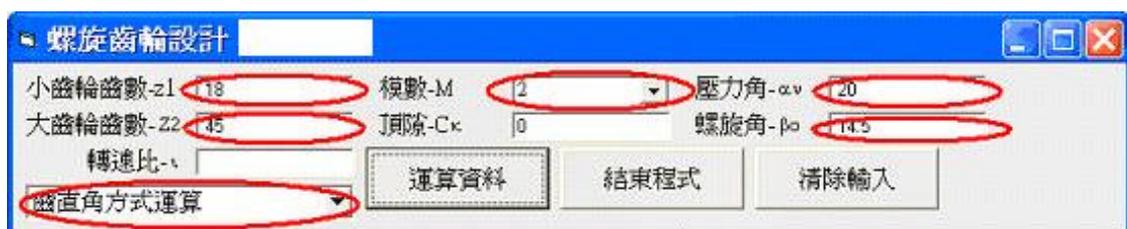
平均應力	數值(kgf/cm <sup>2</sup> )
理論 (A)	34.602
COSMOSWorks 分析 (B)	41.3
誤差 ( $\frac{B-A}{B} \times 100\%$ )	16.2%

懸臂樑模擬單個齒的理論分析與真正齒輪上的齒做一比較得知，已經有相當接近的結果，雖然平均應力少了 16.2%，這是因為理論分析在齒根的部分沒有考慮應力集中的現象所造成。

經過有限單元與理論分析的比對後得知，只要確知齒輪減速機齒輪的材料、設計數據及受力大小，即可計算出相對應的最大應力及安全係數了。

### 技術特點說明：

本計畫的技術特點在於設計與分析皆電腦化及參數化，例如：中文化人機介面齒輪減速機設計軟體，如圖五所示，若想要快速設計齒輪減速機中的齒輪對以減少設計工時及降低成本，利用此軟體將有相當大的助益。加上電腦輔助設計繪圖軟體 AutoCAD、Solidworks 及電腦輔助分析軟體 Solidworks/COSMOSWorks，更可以方便且容易的對於任何型式的直插式齒輪減速機作設計、修改及分析，以達到產品設計參數化、修改電腦化以及分析自動化的目標。



小齒輪運算資料	共同運算資料	大齒輪運算資料
18 齒數-z1	2 齒冠高-hk	45 齒數-z2
451.703115287 導程-L1	2 齒根高-hf	1129.25778821 導程-L2
37.1844091834 節徑-d01	4 全齒高-h	92.9610229586 節徑-d02
41.1844091834 齒頂圓直徑-dk1	65.0727160710 中心距離-a	96.9610229586 齒頂圓直徑-dk2
19.8357058397 相當正齒輪齒數-Zv1	2 齒直角模數-mn	49.5892645993 相當正齒輪齒數-Zv2
0.53846645377 A.跨齒數	6.283185242 齒直角節距	0.59616613442 A.跨齒數
1113698.81146 A.跨齒厚	3.141592621 齒(軸)直角圓弧齒厚	2784247.02865 A.跨齒厚
10.5571070896 齒直角法線節距-ten	2.06580051019 正面模數-Ms	4.22284283585 齒直角法線節距
	6.48990363928 正面節距-ts	
	1.71768410217 正面壓力角	
	6.48894625968 正面法線節距-tes	
	3.24495181964 正面圓弧齒厚-s0s	
	62.4778316562 基圓直徑	
	0.99862947124 基圓筒螺旋角	

圖五、中文化人機介面齒輪減速機設計軟體

### 可利用之產業及可開發之產品：

本計畫開發的中文化人機介面齒輪減速機設計軟體，可利用在所有應用齒輪傳動的行業上；而電腦輔助設計繪圖軟體 Solidworks 的參數化設計方法也可以廣泛的應用於機構設計上；至於電腦輔助分析軟體 Solidworks/COSMOSWorks，也可以廣泛的應用於元件靜態、頻率響應、挫曲、熱流、最佳化設計、非線性、掉落測試及疲勞分析上，是一種相當泛用的問題解決方案。因此本計畫所使用的方法對與中小企業開發產品有相當顯著的效應。

### 推廣及運用的價值：

本計畫可以將合作廠商 (1)目前直插式減速齒輪機的設計自人工設計提昇至電腦化設計；(2)目前直插式減速齒輪機產品與大部份馬達匹配；節省了合作廠商設計開發成本 25%。而直插式減速齒輪機的齒輪及外型結構設計及擴廠製作組立方面，因(1)設計效能提昇，相對原本人工設計，每年節省了 160 萬的人工設計成本，(2)合作廠商本身亦從事齒輪研製工作，因增資擴廠製作組立，則產品因自動化設計，節省了成本約 350 萬元。合作廠商因此開發了性能好、具價格競爭力且符合國內相關業者需求的新一代直插式減速齒輪機，每年多增加一倍的需求量。綜合上述改善效益，共節省了成本約仟萬元，對中小型企業而言是想當可觀的一筆數目。