

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 機械科

佳作

090903

高效率車床用車刀免墊片刀架

學校名稱：國立北門高級農工職業學校

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 職三 謝宗翰 | 張進國   |
| 職三 吳龍憲 | 沈建平   |
| 職三 王宏珉 |       |

關鍵詞：免墊片、方刀柱螺桿、斜度

# 作品名稱：高效率車床用車刀免墊片刀架

## 摘要

機械加工在工件夾持及刀具夾持方面，是兩大攸關成敗之課題，不論是傳統機械或是自動化機械，同樣要面對這兩大難題。工件或刀具夾持之穩固性及便捷度，是每位機械操作者必需克服及要求的。

機械科一年級學生都要操作機械，而且都要參加機械加工及車床技能檢定。操作車床第一步是將車刀安裝於車刀架上，要墊高車刀對準工件中心，是很頭疼的項目，車刀忽高忽低、一墊再墊，就是差那一點點。向老師抱怨，老師的回覆竟是「那你去研究改進，說不定還可以申請專利」。

到二年級上專題製作科目時，便仔細思考如何在不使用車刀墊片下，能快速將車刀對準中心，以提高工作效率，而且可以省下購買墊片之花費，希望藉此研究發明，能使將來學弟妹們，於操作車床時，不再有無效率之批評及遺憾。

## 壹、研究動機

一、自動化機械在機械工業上，已經非常普遍，但是每一家機械公司，都還要配置傳統機械。老師說傳統機械不可能被淘汰，理由是不可能每一零組件，都用 CNC 數控機械來加工，CNC 數控機械是針對有一定數量零件加工，才合乎成本，單一零組件，都還是用傳統機械加工比較划算，因此，我們高一進到機械科時，首先就是要操作車床，並且要參加車床技能檢定。

二、工件校正中心已經是夠頭大了，沒想到車刀還要就工件旋轉中心再調整一次，墊了好幾片車刀墊片，車削端面後，發現車刀高出工件中心一點，要鬆開固定之螺栓，取出一片墊片，車削第二次時，比工件中心低了一點，每次更換車刀時都要如此反反覆覆調了好幾次，才正確將車刀中心調整好。

- 三、墊高一把車刀使用之墊片，數量常常需要 5-6 片，因介面多，固定螺栓必需相當用力，才能鎖固，否則車削時因震動，將使工件表面產生震紋，影響到工件表面光度及精度。
- 四、每一把車刀高低不同，老師教我們一個辦法，調整好高度之墊片，使用膠帶將它和車刀黏在一起，但是車刀有好幾把，每把都要用好幾片，那豈不得買很多之墊片，而且車刀鈍了要研磨，磨好了其高度又降了，得要重新調整一次，此方法只能應急，經不起時間之考驗。
- 五、專題製作課程，使我回想起一年級時老師刺激我們改進它之動力，創新及改良一樣都可使技術提昇、增進效能，因此著手針對費時費力之車刀墊片，進行研究改進。
- 六、機件原理第二章介紹螺旋是斜面應用，將斜面推向前，可將斜面上之重物昇高，本組將利用此原理，作為設計昇高車刀架之理論基礎。

## 貳、研究目的

- 一、捨棄車刀用墊片，節省購買墊片之花費。
- 二、能快速調整車刀至工件之中心。
- 三、提高鎖固後之穩固性。
- 四、以現有車床方刀柱為主，不必改造方刀柱結構，就能達到省時、省力、省錢之目的。
- 五、構造很簡單，效能卻很高，節省機構製作之時間及成本，以達普遍化。

## 參、研究設備及器材

本研究朝向簡化製作之方向邁進，因此，均以學校現有設備及器材為主。

|       |                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|
| 機器設備  | 銑床、鑽床                                                                   |
| 工具及刀具 | 端銑刀、鑽頭、螺絲攻                                                              |
| 量具    | 附錶游標卡尺、量錶、高度規、組合角尺                                                      |
| 材料    | 中碳鋼 65×88×106 37×37×65 22×22×105 M5×0.8 內六角螺絲 6 支 拉伸彈簧外徑 6.5 線徑 0.8 4 條 |

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究進度甘特圖：

| 項次及進度      | 101/10 | 101/11 | 101/12 | 102/01 | 102/02 | 102/03 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 擬定科展題目     |        |        |        |        |        |        |
| 蒐集資料       |        |        |        |        |        |        |
| 機構設計       |        |        |        |        |        |        |
| 機構製作       |        |        |        |        |        |        |
| 車削成品表面粗糙檢驗 |        |        |        |        |        |        |
| 機構改良       |        |        |        |        |        |        |
| 撰寫報告       |        |        |        |        |        |        |
| 製作動畫及簡報    |        |        |        |        |        |        |
| 參加科展比賽     |        |        |        |        |        |        |

### 二、蒐集資料：

(一)、從歷屆科學展覽作品中，曾經有過類似免用墊片相關之創作：

- 1、第 52 屆和第 32 屆作品，是針對方刀架之構造改進，亦即徹底改造方刀柱之形狀，再加上一些機構，達到調整車刀高度之目的，因為改變方刀柱之形狀，工程浩大。
- 2、第 49 和第 34 屆作品，都是在車刀鎖緊端，加一斜度機構提供上升及下降之移動，結構也較複雜，尤其是鳩尾槽之銑削，其製造及量測都較為困難，加工時間也較為冗長。
- 3、墊高車刀，實為車床工作一大困擾之問題，解決此困擾，是很熱門之話題，前面幾屆提出之策略都不錯，但是本小組認為構造複雜、加工困難、花費不輕乃至於不能普遍推廣，不符合本小組簡化加工過程之目標。

(二)、抗壓及抗剪應力資料收集：

1、機件原理第四章鍵與銷介紹抗壓應力及抗剪應力之計算。

2、中碳鋼之抗拉強度、抗壓及抗剪強度。

中碳鋼抗拉強度為  $\geq 58\text{kgf/mm}^2$ ，抗壓強度大於抗拉強度，抗剪強度約為抗拉強度百分之四十。

3、車削工件之切向力、軸向力及徑向力資料、表面粗糙度量測資料。

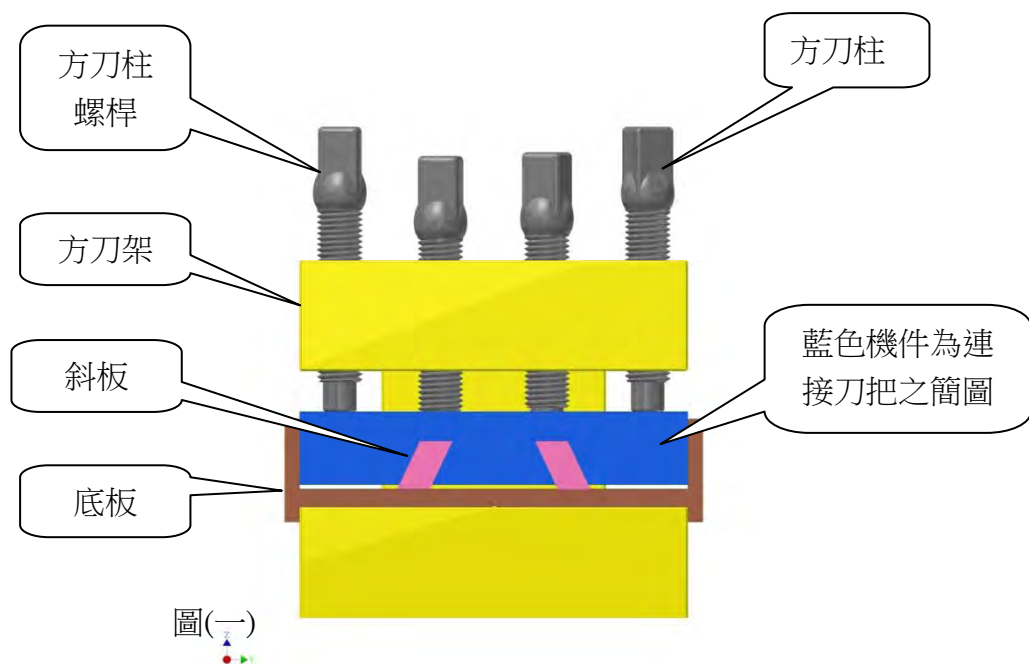
(三)、機構設計基礎：

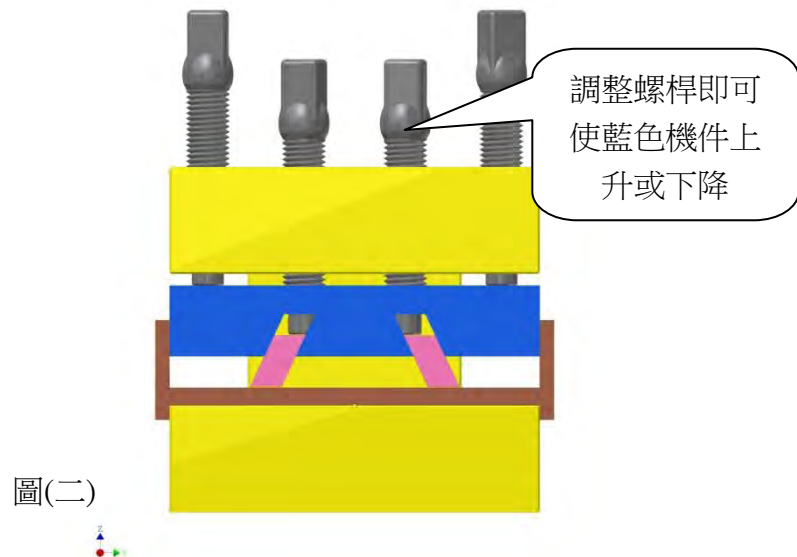
1、機件原理第二章螺旋是斜度之應用，利用斜度可使機構升降。

2、電腦輔助繪圖 Autodesk Inventor 機構設計之組合圖，可提供機構動作之動態模擬。

三、機構設計：提高效率，善用方刀柱上四支螺桿，之前各參展作品，均未利用方刀柱上四支螺桿直接做為調整上下運動用。本小組設計構想，朝向夾持刀把之同時，方刀柱上四支螺桿，二支負責上升，另二支負責下降，刀架鎖定之同時，車刀高度也調好了，如此，可以節省時間，也可以減少螺桿的數量。

(一)、設計方案一：



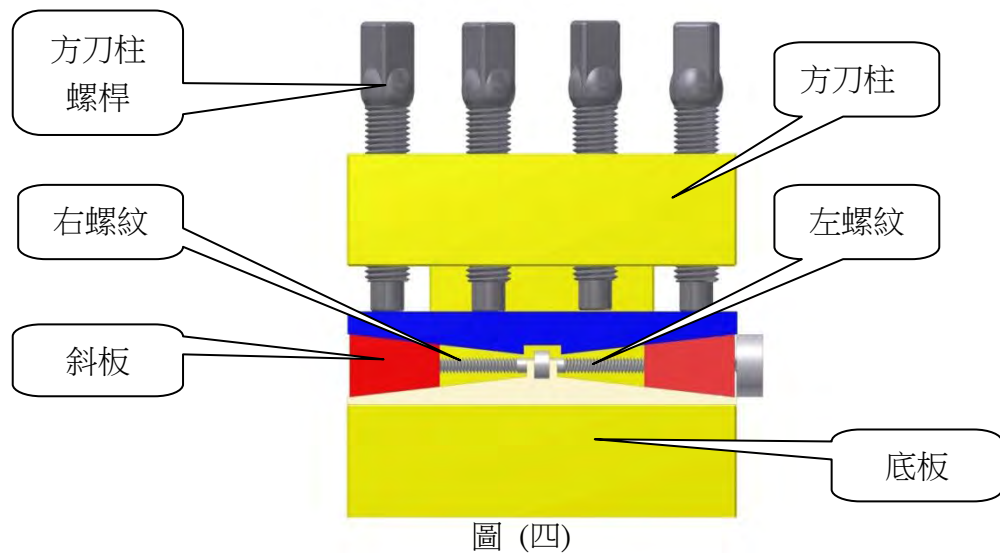


- 小組討論 1、使用動態模擬，方刀架上外側螺桿旋轉向下移動，藍色機件被壓迫向下降，螺桿旋轉向上移動，藍色零件則上升，中間兩支螺桿可調整粉紅色斜板之水平位置。
- 2、此構圖確實可控制機件上下運動。
- 3、斜板和底板之間支撐力不足，藍色機件前後旋空，車削時容易產生震動。



- 4、因支撐力不足及震動之考量，此設計放棄。

## (二)、設計方案二



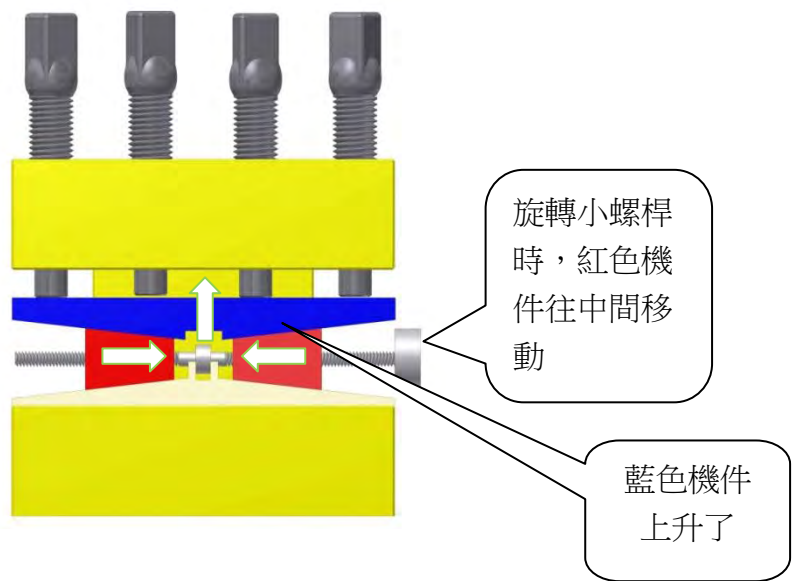


圖 (五)

小組討論 1、本次機構設計，使用具有左螺紋及右螺紋之螺桿，搭配具內螺紋(左螺紋及右螺紋)之斜塊各 1 塊，底板及藍色機件之斜度等於斜塊之斜度，螺桿旋轉時可帶動斜塊同時外移，反轉螺桿斜塊同時內縮，藍色機件即可上升或下降。

2、此機構其上下運動可藉小螺桿微調控制。

3、上升至最大高度時，藍色機件前後旋空，車削時容易產生震動。

4、當藍色機件向下壓時，小螺桿受拉力拉伸，小螺桿恐有斷裂之疑慮。

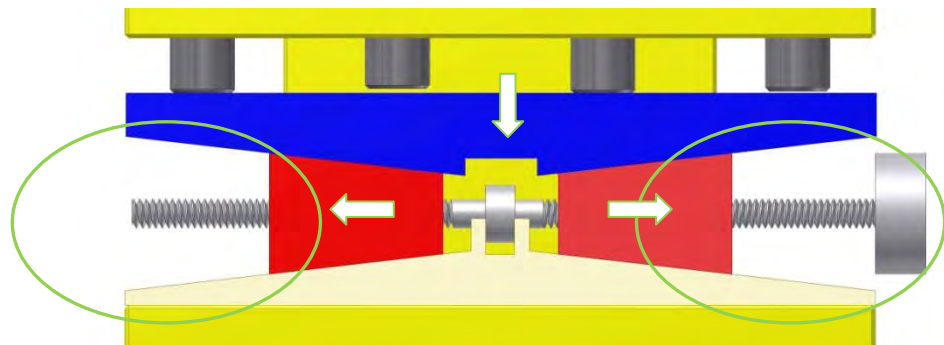


圖 (六)

5、因小螺桿不足以抵抗拉力，不符合本組理念，故此構想排除。

(三)、設計方案三：

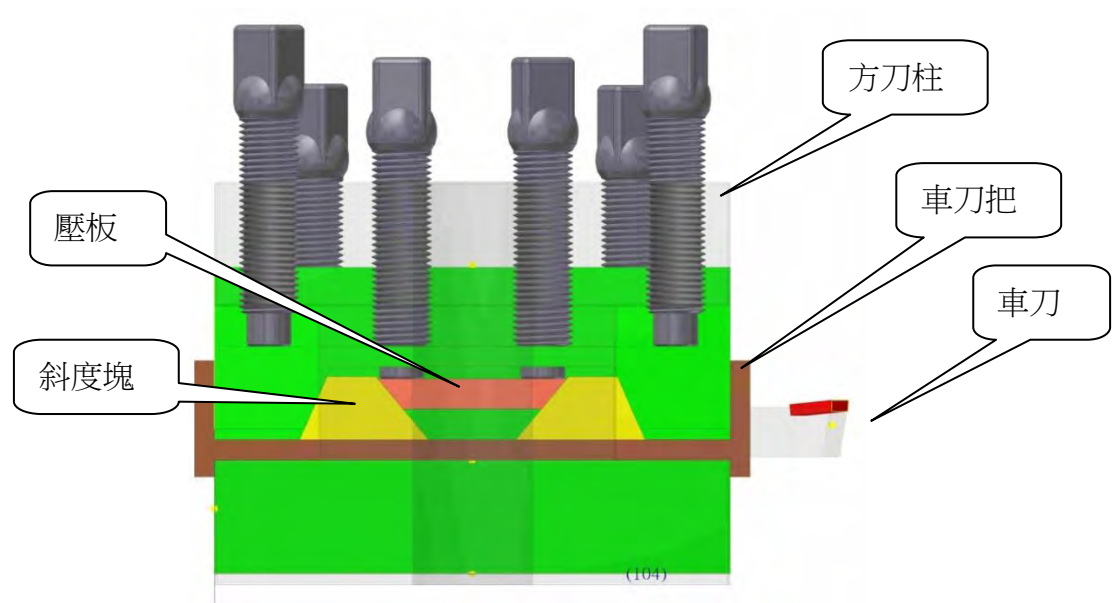


圖 (七)

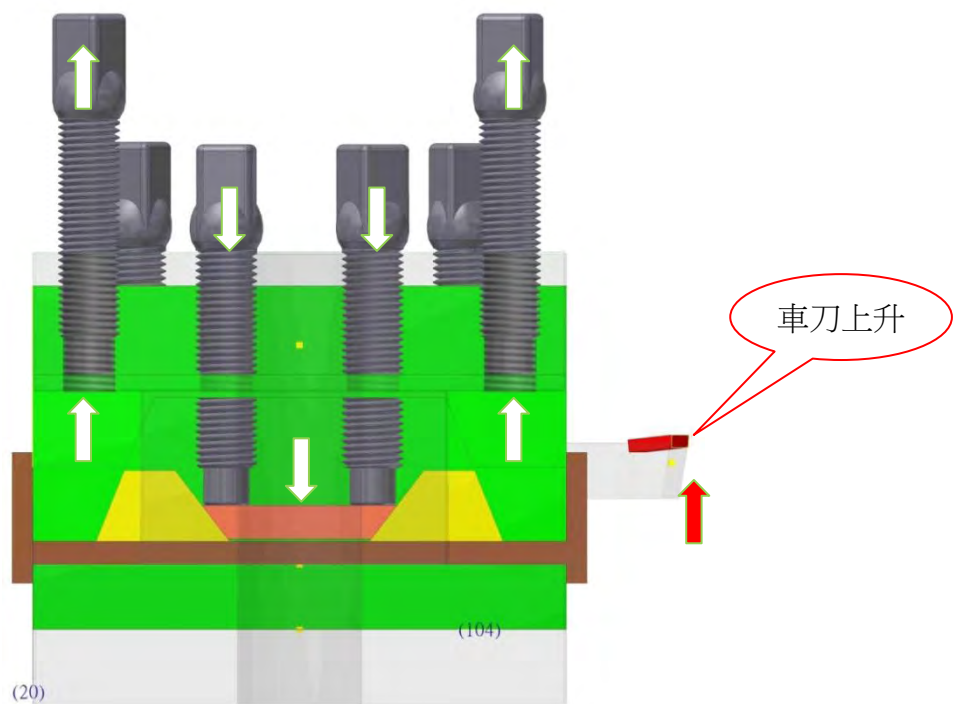


圖 (八)

小組討論 1、斜度塊和藍色機件接觸線與水平構成  $70^\circ$ ，當紅色壓板下壓時，所產生之上升力  $F \times \cos(70^\circ)$  不足(如圖十)，若將角度改成  $55^\circ$ ， $F \times \cos(55^\circ)$  值會加大，如圖(十一)。

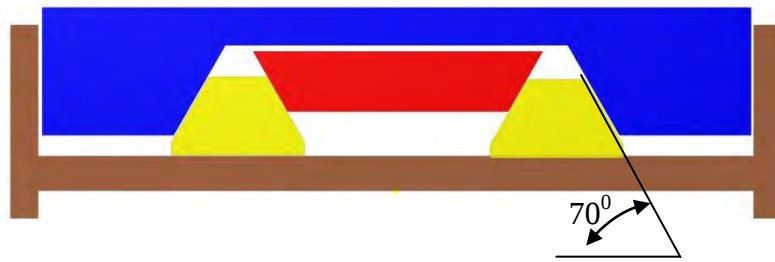


圖 (九)

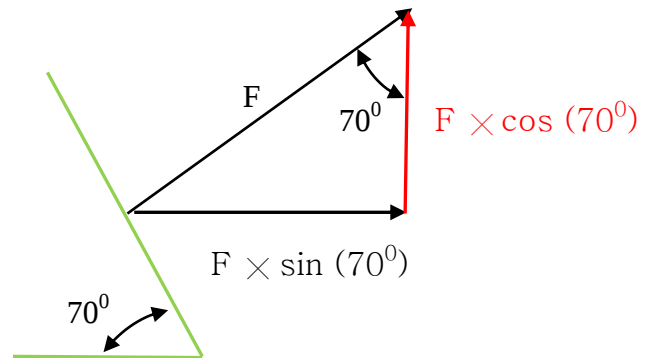


圖 (十)

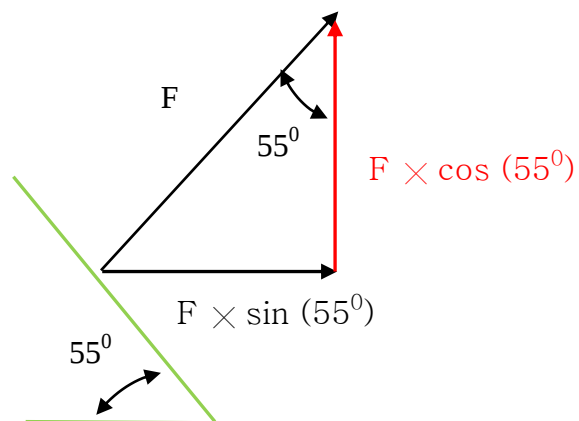


圖 (十一)

2、製作機構實物測試。



圖 (十二)

圖 (十三-1)  
下降

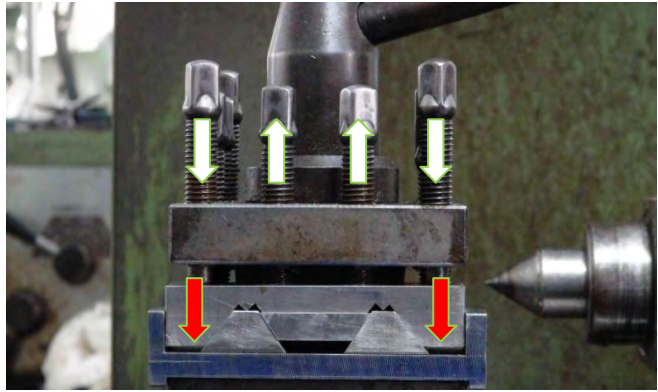
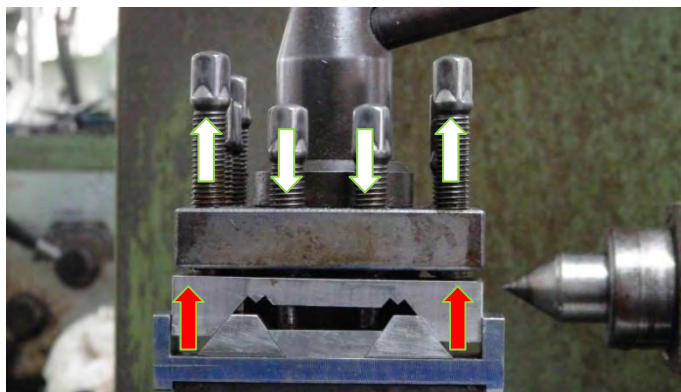


圖 (十三-2)  
上升



- 3、圖十三-1 外側兩根螺桿下壓，機構下降，反之如圖十三-2，中間兩根螺桿下壓，機構上升。方刀柱四根螺桿，可控制機構上升及下降之假設，經實物測試後，證明假設成功。
- 4、本小組將利用此特性，設計利用四根螺桿及可控制會上升及下降之車刀架。
- 5、螺桿下壓時因受力不均，壓板失去平衡而傾斜(如圖十四)，調整車刀高度過程中，傾斜現象一發生，車刀架鎖固力不足，機構還需要針對傾斜之缺點進行改良。

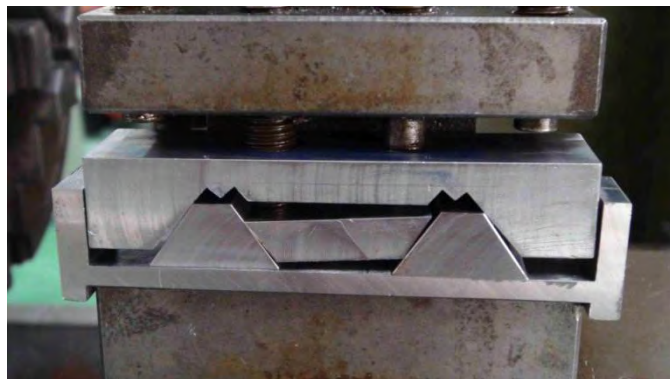


圖 (十四)

(四)、設計方案四：

- 1、方案三經小組討論後，發現傾斜之原因，是施力點在兩端下壓時，壓板跟隨發生傾斜，若壓板有支撐面(如圖十五)，並且將支撐面約束於導槽內(如圖十六)，壓板上下運動過程中能保持水平，就不會傾斜。



圖 (十五)

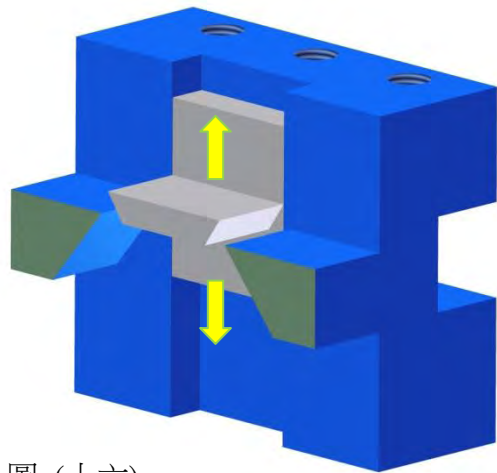


圖 (十六)

- 2、設計圖面如下圖：

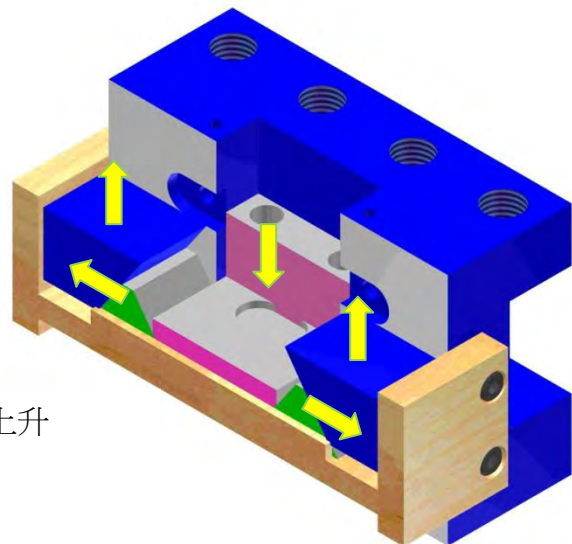


圖 (十七)刀架上升

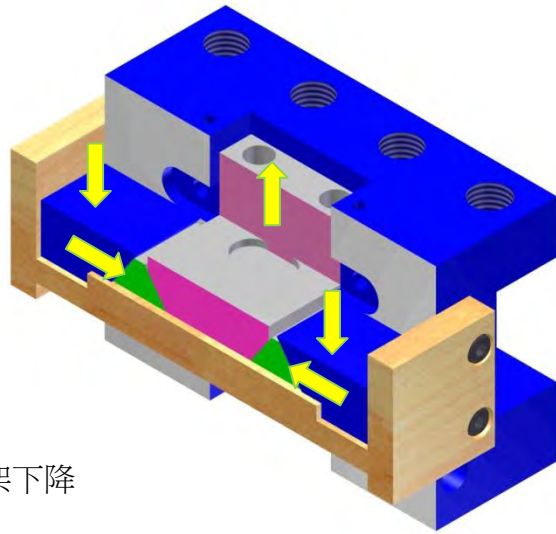


圖 (十八)刀架下降

3、本方案經小組討論確定功能性可行後，著手進行機械加工及組合。



圖 (十九)

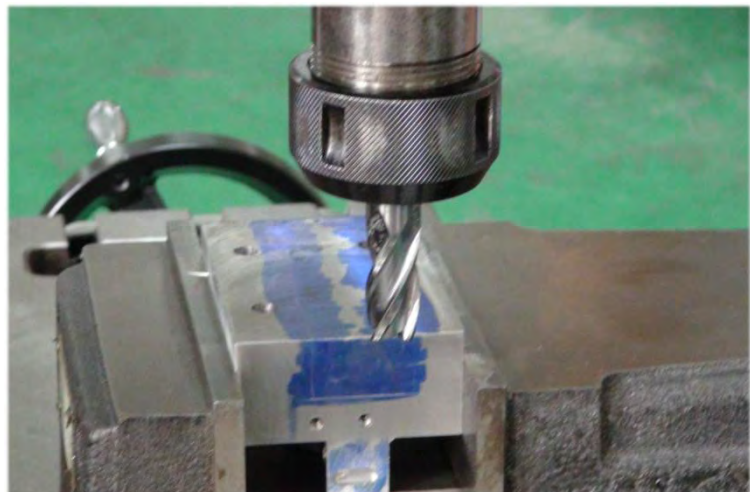


圖 (二十)

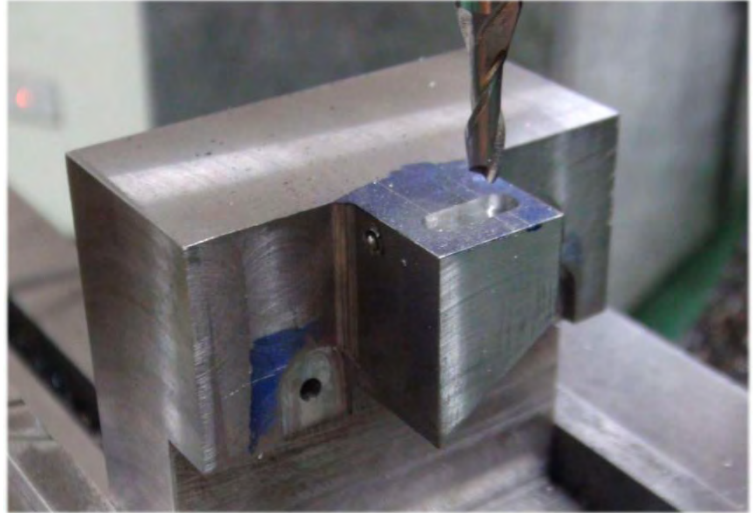


圖 (二十一)

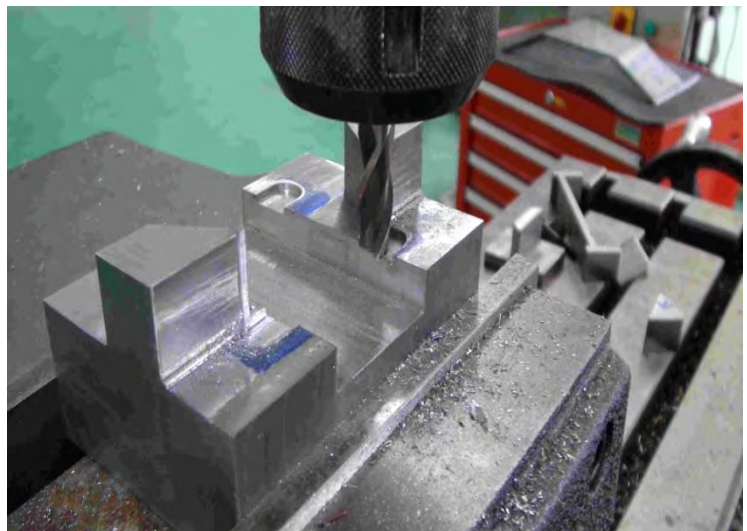


圖 (二十二)

4、完成組合。

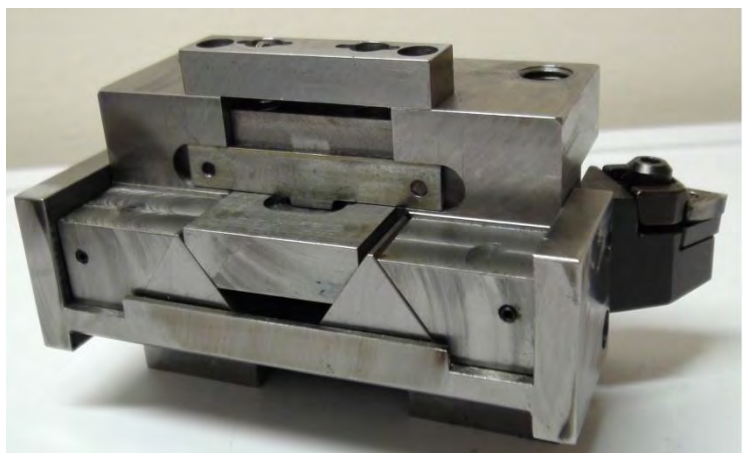


圖 (二十三)

## 伍、研究結果

(一)、成品圖：

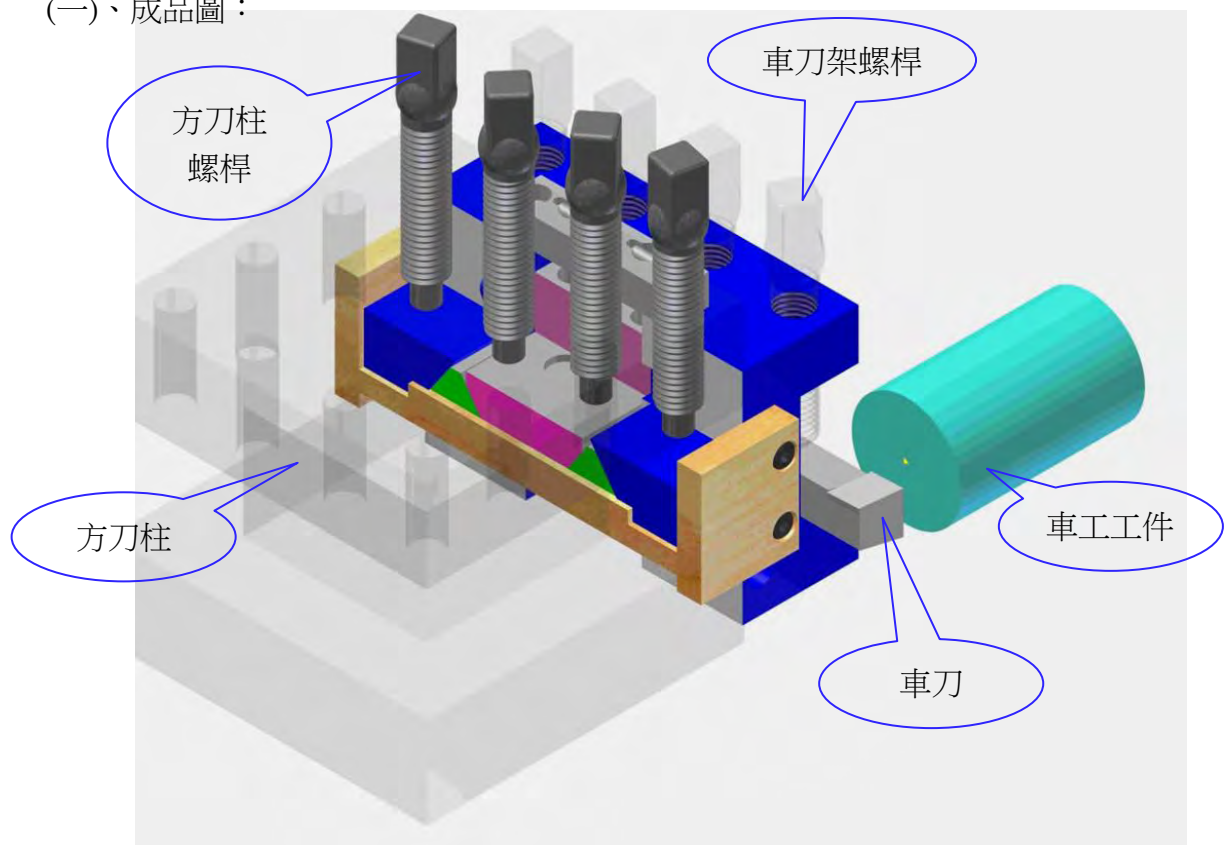


圖 (二十四) 免墊片車刀架裝設於方刀柱上

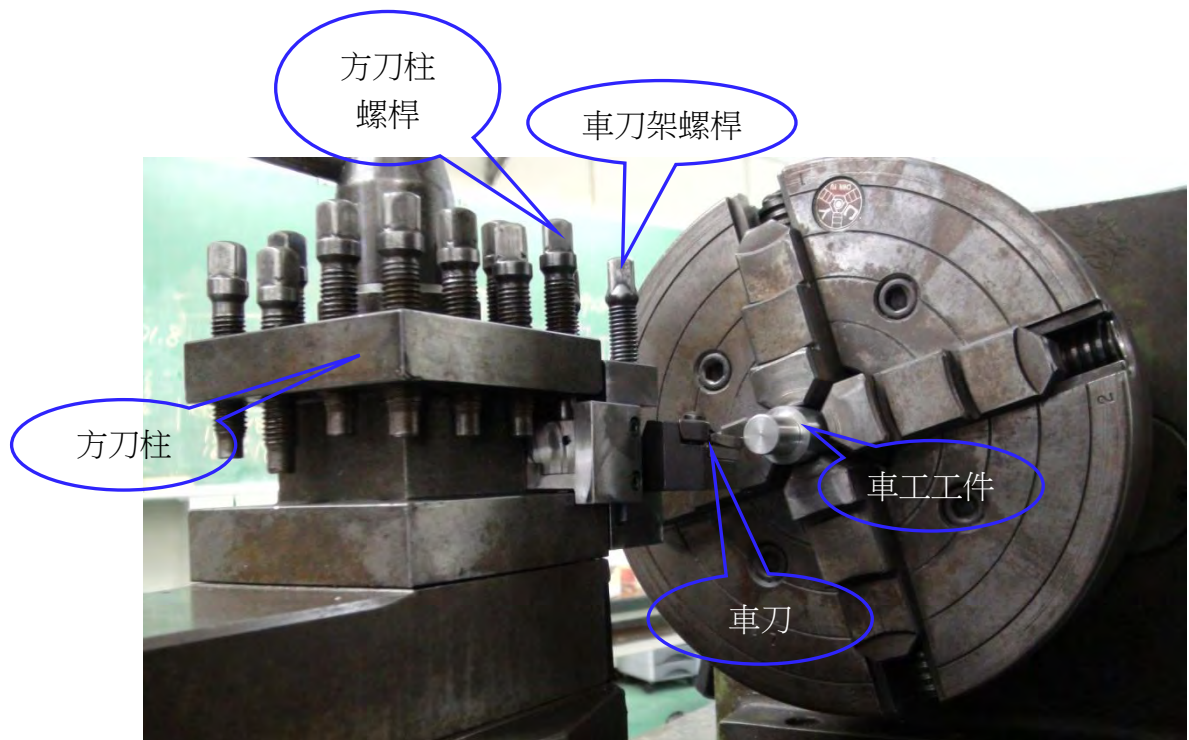


圖 (二十五)

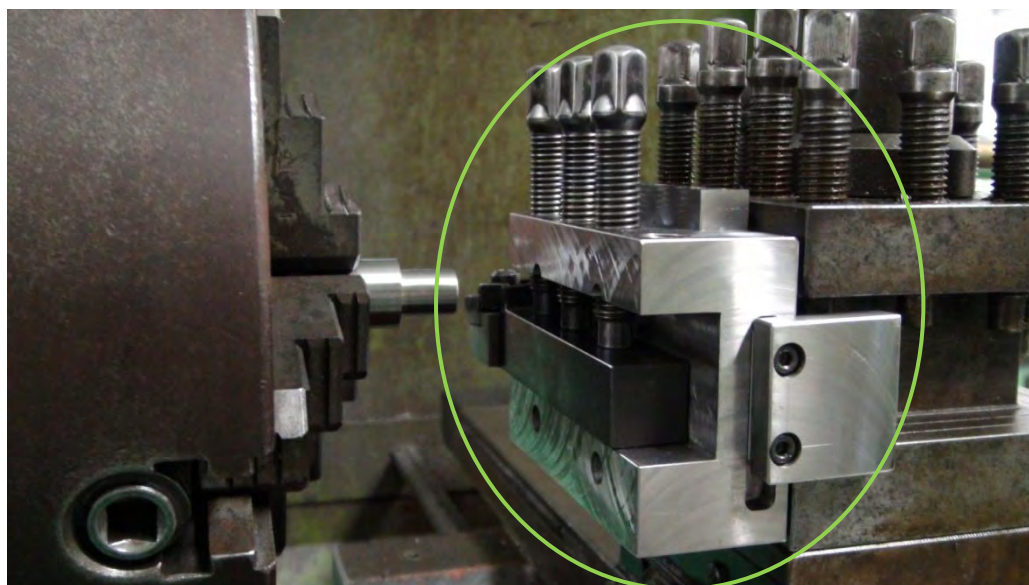


圖 (二十六)

(二)、成品完成後，為印證功能性及效率，特以傳統墊片校正車刀中心，及免墊片車刀架校正中心，兩種操作方式來比較，結果如下：

|        | 墊片校正車刀中心 | 免墊片車刀架 |
|--------|----------|--------|
| 操作所需時間 | 1 分 15 秒 | 12.7 秒 |

(註：測定過程全程錄影供檢視)

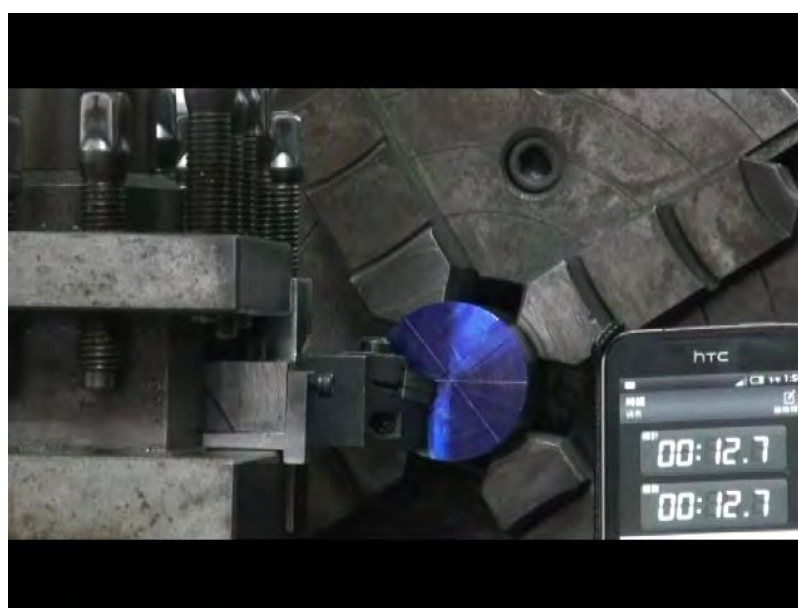
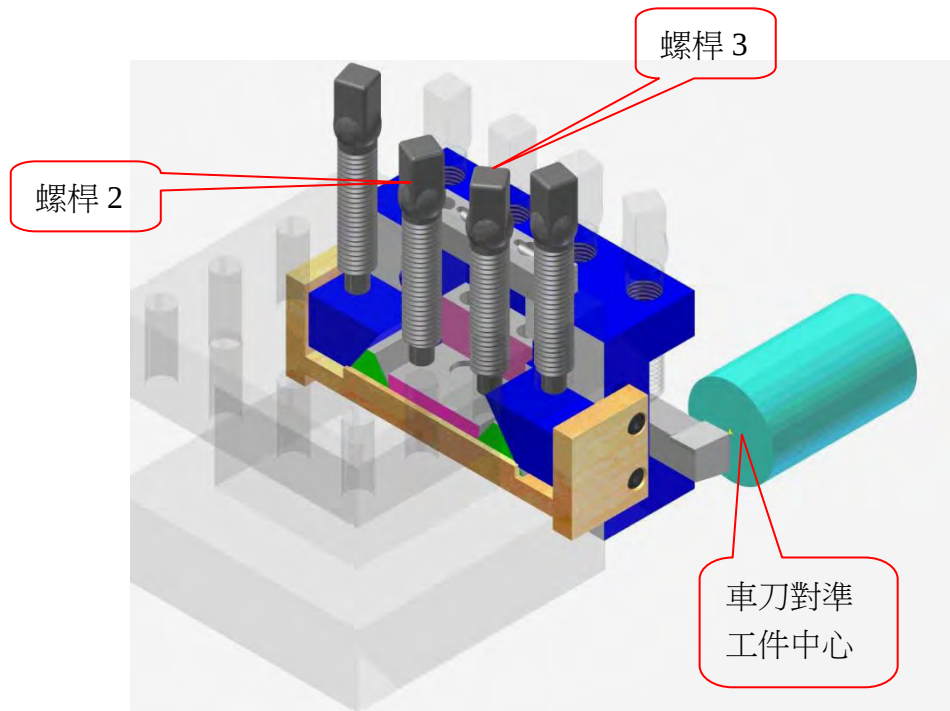
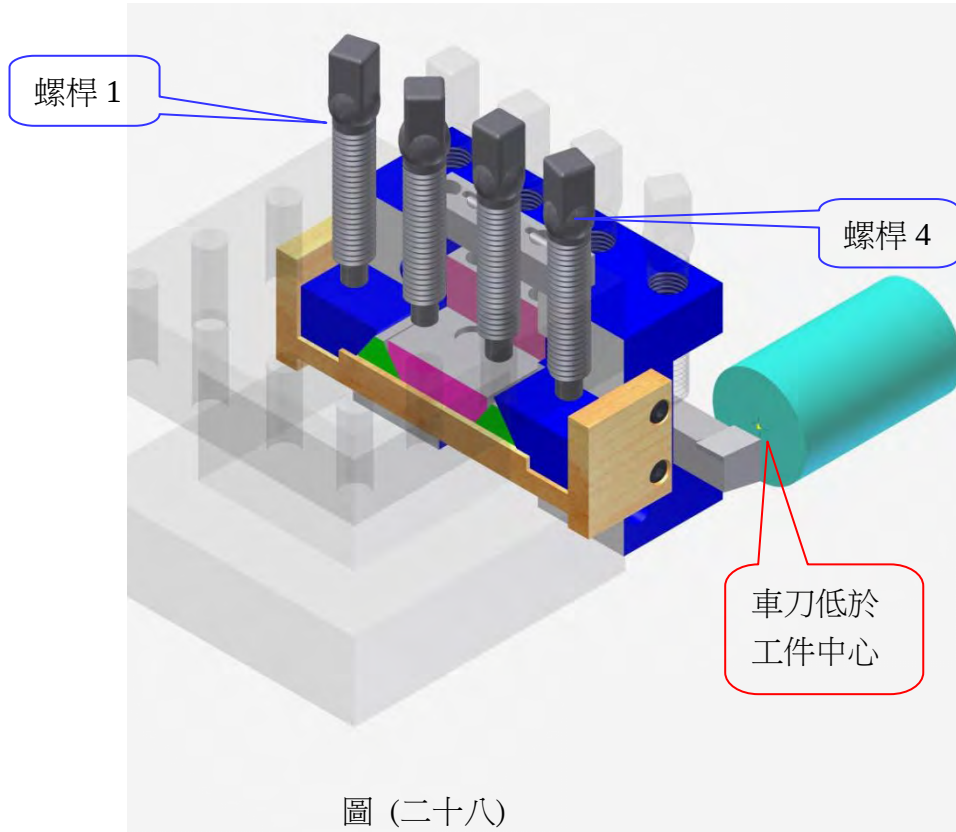


圖 (二十七)

## 陸、討論

- 一、本車刀架安置於方刀柱時，車刀低於工件中心如圖(二十八)。旋轉方刀柱第 2 或第 3 根螺桿，刀架隨即上升如圖(二十九)，車刀上升至對準中心所費時間甚短，再將其餘 3 根螺桿旋緊，即完成對準中心之工作。



二、之前發表之作品，除了要鎖緊方刀柱上四根螺桿外，還需旋轉調整高低之螺桿，調整至正確高度後，還要將升降機構鎖緊，固花費時間比較長。

三、為測試本刀架有無震刀之情況，特別做表面粗糙度之試驗：

(一)、車削條件及使用之設備：

- 1、使用同一把車刀，車削同一份材料之兩端，A 端為使用車刀墊片車削端，B 端為使用本刀架之車削端。
- 2、工件直徑 45mm 車床主軸迴轉速 1800 rpm。
- 3、自動進刀量 0.09 mm/rev。
- 4、車削深度 0.5 mm。
- 5、表面粗糙度測定儀器使用 Mitutoyo SJ-201 型。
- 6、表示法採用中心線平均粗糙度 (Ra)。
- 7、精切面基準取樣長度 L 設定為 0.8mm(陳春明、謝旻淵、鄧翔宇 2010。機械製造 II。新北市。新文京。P13)。



圖 (三十)



圖 (三十一)



圖 (三十二)

(二)、測定結果(測試值為 Ra)：

|            | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 第四次  | 第五次  |
|------------|------|------|------|------|------|
| A 使用傳統墊片車削 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.99 |
| B 使用本刀架車削  | 0.99 | 1.01 | 0.97 | 1.00 | 1.01 |

(註：測定過程全程錄影供檢視)

測定結果顯示：使用本刀架車削和傳統車削，在表面粗糙度方面，測定值很接近，並無明顯差異，顯示使用免墊片刀架並無震刀之情形，並且符合 CNS 表面粗糙度精切面 0.25~1.6Ra 之要求(陳春明、謝旻淵、鄧翔宇 2010。機械製造 II。新北市。新文京。P14)。

7-5 CNS 表面粗糙度符號新舊標準對照表

| 表面符號 | 名稱  | 說明          | 加工例          | 相當於表面粗糙度 Ra 之範圍 (μm) |
|------|-----|-------------|--------------|----------------------|
|      | 毛胚面 | 自然面         | 壓延、鍛鑄等       | 125 以上               |
|      | 光胚面 | 平整胚面        | 壓延、精鑄、模鍛等    | 32~125               |
|      | 粗切面 | 刀痕可由觸覺明顯辨認者 | 銼、刨、銑、車、輪磨等  | 8.0~25               |
|      | 細切面 | 刀痕尚可由視覺辨認者  | 銼、刨、銑、車、輪磨等  | 2.0~6.3              |
|      | 精切面 | 刀痕隱約可見者     | 銼、刨、銑、車、輪磨等  | 0.25~1.60            |
|      | 超光面 | 光滑如鏡者       | 超光、研光、拋光、搪光等 | 0.070~0.20           |

#### 四、刀架強度計算：

(一)、車刀車削工件時，受到三個阻力作用：切向力、徑向力及軸向力，當中以切向力最大。(黃增輝(2003)。鋼材切削性質評估指標之研究。國立成功材料科學及工程學系碩士論文，未出版，臺南市)。

該論文以中碳鋼為被切削之工件實施切削阻力之實驗，車刀進給量為  $0.2\text{mm/rev}$ ，車削深度為  $1\text{mm}$ ，車削速度為  $200\text{m/min}$ 。實驗結果：最大切向力為  $350(\text{NT})$ 約  $35.7\text{Kg}$ 、最大軸向力及最大徑向力為  $125(\text{NT})$  約  $12.8\text{Kg}$ 。(p51~p52)

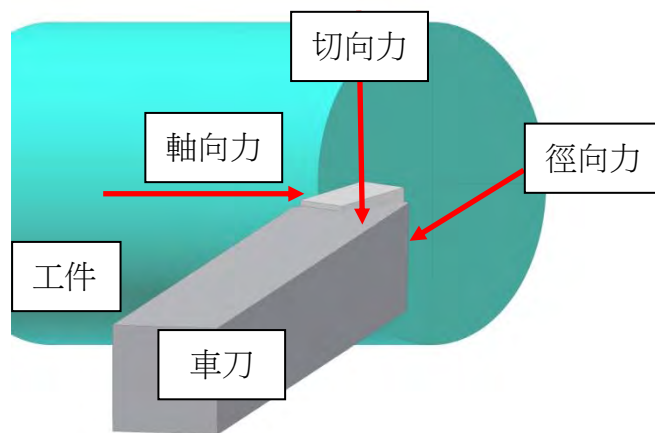


圖 (三十三)

(二)、刀架抗剪強度：刀架承受之剪力來自於切向力。

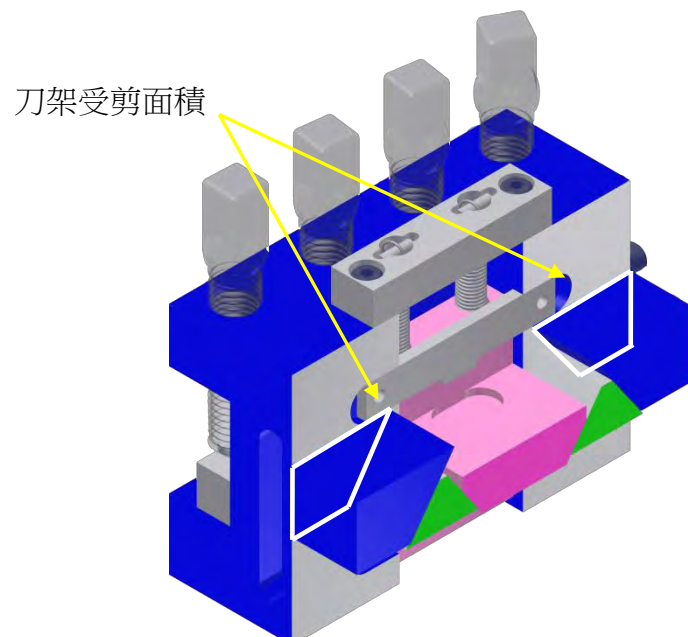


圖 (三十四)

$$1、剪應力 = \frac{\text{剪力}}{\text{受剪面積}} \quad \text{受剪面積} = (20 \times 14 + \frac{20 \times 17}{2}) \times 2 = 900 \text{ mm}^2$$

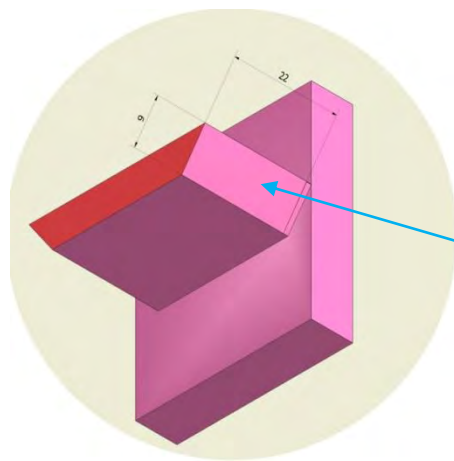
$$2、中碳鋼抗剪應力 = 58 \times 0.4 = 23.2 \text{ kgf/mm}^2$$

$$3、剪力 = \text{剪應力} \times \text{受剪面積} = 23.2 \text{ kgf/mm}^2 \times 900 \text{ mm}^2 = 20,880 \text{ kg}$$

4、刀架能承受 20,880 kg 之剪力，為切削 1mm 深度所產生切向力的 587 倍，  
大膽假設：切削深度加倍時，切向力以 2 的次方倍增加：如切削 5mm 深，  
切向力  $= 35.7 \times 2^5 = 1,142 \text{ kg}$ ，僅為刀架能承受剪力之 5%，由此證明本刀架之抗剪強度足夠。

(三)、刀架抗壓強度：

1、刀架最小抗壓面在壓板兩側之斜面，中碳鋼抗壓強度  $> 58 \text{ kgf/mm}^2$ 。



$$\begin{aligned} \text{抗壓面積} &= 22 \times 9 \\ &= 198 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

圖 (三十五)

$$\therefore \text{壓應力} = \frac{\text{壓力}}{\text{受壓面積}} \quad \therefore \text{壓力} = \text{壓應力} \times \text{受壓面積}$$

$$= 58 \text{ kgf/mm}^2 \times 198 \text{ mm}^2 = 11,484 \text{ kg}$$

(刀架受壓面能承受之壓力)

2、旋緊方刀柱螺桿所產生之壓力：

(1)、T 型板手半徑  $R = 50 \text{ mm}$

(2)、方刀柱螺桿導程  $L = 1.75 \text{ mm}$

(3)、旋緊方刀柱螺桿施力  $F = 10 \text{ kg}$

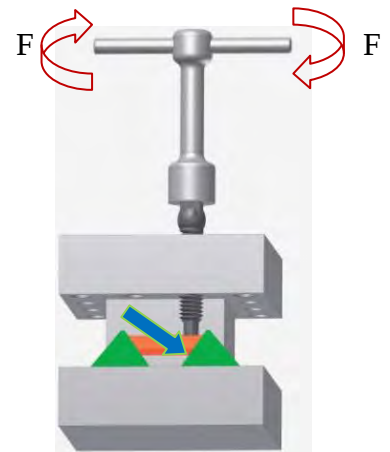


圖 (三十六)

$$(4)、\text{所產生之壓力} = \frac{2F \times 2 \pi R}{L} = \frac{2 \times 10 \times 2 \times 3.14 \times 50}{1.75}$$

$$= 3.589 \text{ kg}$$

3、刀架受壓面能承受之壓力(11.484 kg)，大於旋緊方刀柱螺桿所產生之壓力(3.589 kg)加切向力(以 1.142 kg 計)之和，由此證明本刀架抗壓強度足夠。

## 柒、結論

- 一、使用墊片是車床車削之第一大不便，也是機械科所有同學之痛，能捨棄它，是大家共同之期盼。
- 二、免墊片刀架機構加工容易，使用學校設備即可加工完成，銑削 55° 角，利用之旋轉虎鉗，是銑床標準配備。
- 三、不用切削方刀柱，利用方刀柱螺桿，可同時做升降及夾緊工作，操作簡便，效率提升。
- 四、抗剪及抗壓强度高，而且無震刀之情形發生，表面光度正常。
- 五、只要熟練銑床操作，均可加工完成，材料費很便宜，只要 4 百多元。
- 六、介紹給一、二年級學弟使用(目前正準備機械加工及車床技術士技能檢定術科考試)，滿意度很高。

### 使用免墊片車刀架滿意度問卷調查

- 1、您有購買車刀墊片嗎？  
☐有 ☐沒有
- 2、平常使用墊片，大約要花多少間才能校正到中心？  
☐5 分鐘 ☐4 分鐘 ☐3 分鐘 ☐2 分鐘 ☐1 分鐘
- 3、您在車削工件時，使用墊片墊高車刀的速度快或慢？  
☐很快 ☐快 ☐中 ☐慢 ☐很慢
- 4、使用墊片墊高車刀校正中心，您覺得效率高嗎？  
☐很高 ☐高 ☐中 ☐低 ☐很低
- 5、使用免墊片車刀架，您覺得速度快嗎？

☐很快 ☐快 ☐中 ☐慢 ☐很慢

6、使用免墊片車刀架，您覺得效率高嗎？

☐很高 ☐高 ☐中 ☐低 ☐很低

7、您覺得使用免墊片車刀架滿意嗎？

☐很滿意 ☐滿意 ☐適中 ☐不滿意 ☐很不滿意

8、將來車工工作時，您選用墊片或是免墊片刀架？

☐墊片 ☐免墊片車刀架

問卷共 56 份，第 2 題勾選 5 分鐘者 18%

4 分鐘者 18%

3 分鐘者 48%

2 分鐘者 13%

1 分鐘者 3%

第 3 題勾選慢及很慢者達 98%

第 4 題勾選低及很低者達 93%

第 5 題勾選很快者達 98%

第 6 題勾選很高者達 95%

第 7 題勾選很滿意者達 95%

第 8 題勾選免墊片車刀架者達 100%

。

7、建議科主任於下學年度實習課，讓學弟們製作本刀架，每部車床製作一組，並由學校統一購買材料，如此，墊片將從此於本科消失，也解決長期困擾機械科同學之問題。

## 捌、參考資料及其他

李榮華(2011)。機件原理一。新北市。龍騰。(第二章)

李榮華(2011)。機件原理二。新北市。龍騰。(第十三章)

楊仁聖(2010)。機械基礎實習。新北市。科友。(第十章)

陳勤仁、施忠良(2009)。銑床實習。新北市。台科大。

陳春明、謝旻淵、鄧翔宇(2010)。機械製造Ⅱ。新北市。新文京

陳崇彥。表面粗糙度量測。中華民國職業訓練研究發展中心。(編號：PMT-LAT0608)

陳順同、蔡俊毅。車床實習Ⅰ。新北市。全華。

陳順同、蔡俊毅。車床實習Ⅱ。新北市。全華。

陳順同、蔡俊毅。車床實習Ⅲ。新北市。全華。

黃增輝(2003)。鋼材切削性質評估指標之研究。國立成功材料科學及工程學系碩士論文，未出版，臺南市。

## 【評語】 090903

- 一、設計確實可達到車刀對正中心免墊片功能。
- 二、部分機構設計強度不佳，請考量車削時震動問題。
- 三、作者僅進行 1-2mm 之輕車削，應實際進行 3-8mm 粗車削測試，讓本設計更具說服力。