

### 摘要

#### 作品名稱：伸縮 T 型套筒扳手

近年來 T 型扳手的運用使維修人員在拆解汽車、機車、腳踏車或是水電等等，都有很大的幫助，其主要也可以幫助使用人員方便拆解，利用槓桿原理能夠順利的把螺絲拆下來。但是市面上的 T 型扳手大部分都是一隻只能鎖一種尺寸的螺栓，或者是可替換不同的套筒，但是還是需要一個一個拔下來換，這樣不僅使用不方便，攜帶不方便，重量又不輕，因此本製作將針對 T 行扳手進行改良與創新。

本製作利用栓槽軸增加扭力的特性搭配圓錐形離合器來進行多個栓槽軸的伸縮及鎖固，藉由利用栓槽軸在鎖固的過程中，探討栓槽軸鍵的運作與配合關係、機構的設計以及計算鎖緊時所需的力量，是否符合鎖緊時所需的扭矩是否可以達到我們的需求。

# 機械領域特優

## 專題內容

### 一、前言

#### (一)、研究動機:

在市面上，有許許多多不同樣式的外六角扳手，大部分都是一體成形的，所以一次只能鎖一個規格尺寸的六角螺栓，如果要一次鎖好幾個不同尺寸的六角螺栓，就需要好幾隻外六角扳手才能達成，不僅增加許多重量，也不好收納，我就在想要如何去運用機械中的機構來達到，不需要攜帶多種不同尺寸的套筒六角扳手，以達減輕重量、與好收納的效果。

在我國目前市面上尚未出現類似的產品，所以我們需要自己去想要怎麼做才能達成，在一次的原理課上，老師教到了鍵與銷，並介紹到了栓槽軸鍵可用較小的容許應力來傳遞極大的扭力，這時候我便突發奇想，或許栓槽軸鍵可以幫助我們製作和加以應用，這樣在製作上一定會有幫助。

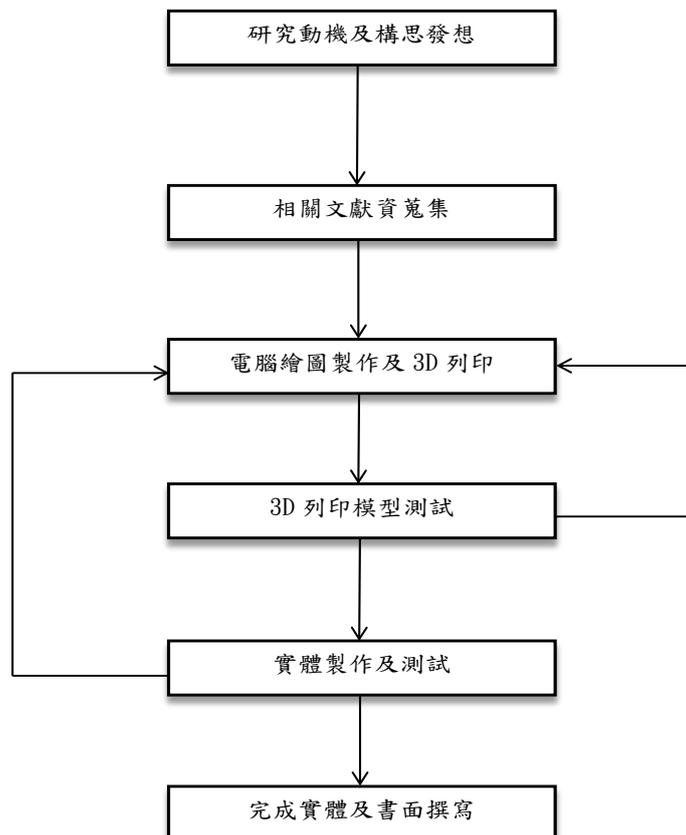
#### (二)、研究目的:

我們的目的是在於利用簡單的機械原理，嘗試製作出原理簡單，機構簡易且材料價格便宜的伸縮扳手，幫助我們達到一支多用的功用，且不用侷限一支六角扳手卻只能鎖一種螺栓尺寸的問題。而在攜帶和收納也不是很方便，竟而讓我們突發奇想造就出能一隻就鎖多種不同大小的伸縮 T 型套筒扳手。

透過高職三年來所學到的各種專業與實習科目等相關知識，來幫助我們研究伸縮 T 型套筒扳手的運作，研究要使用哪一種軸進行伸縮，使它可以保持一定的滑順度，卻又不會發生干涉，首先我們研究栓槽軸和鍵的運作模式，利用 3D 製圖軟體來進行設計、建模，進而模擬出初步的外型，接著就要設計出整個伸縮 T 型套筒扳手，其中包含該使用何種材質、整體形狀，才可以既保持強度又不影響主要的功能，可以加入的功能、甚至運作方法等，並且可以在製作中同步進行思考及改良，最終才可以達到強度與實用性的平衡。等到主架構做好了之後，我們就會進行套筒伸縮運作的穩定性和在轉動的時候是否會產生滑動，導致無法鎖緊。

### 二、研究過程

#### (一)步驟流程圖



## 機械領域特優

### 二、市面上相似的工具

目前市面上的 T 型扳手大部分都是拆卸式的套筒如(圖 1)所示，但是在鎖零件的時候還要拿其它的外六角套筒來更換，這樣不僅太麻煩、浪費時間，而且還很佔空間，外出在工作的時候身上還要攜帶一大堆的外六角套筒，我們這項產品則只須要準備 2~3 支的 T 型扳手就可以鎖一些常見尺寸的套筒，另外現在市面上還有另一種式折疊式的扳手如(圖 2)所示，也可以說是十字架的形狀，但實用性並沒有很高，因為如果沒有用東西固定好，它轉到一半關節就會鬆脫然後就會自己折回去，所以使用起來就會變得比較麻煩，現代人講究的是輕巧攜帶方便而且使用方法簡單，就算是平時手殘的人也能輕易上手。

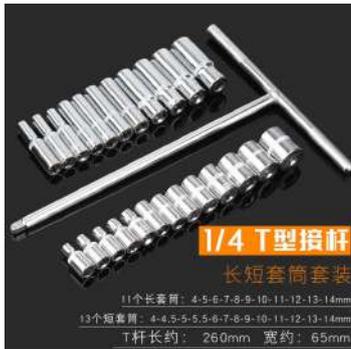


圖 1 市面替換式扳手



圖 2 市面摺疊扳手

### 三、設計的應用

一開始我們是想利用摩擦的方式鎖固如(圖 3)所示，但後來發現這個方法不夠力，有可能會產生滑動，接下來我們想到可以使用插銷如(圖 4)所示來做固定但是經過計算與實驗發現，銷並無法承受兩邊的剪應力，進而造成插銷的損壞甚至斷裂，最後我們想到可以利用栓槽軸鍵來做連接，不過它並沒辦法連接多個套筒，因為前端為了防止滑落，做了凸出的部分，這樣雖然可以防止滑落，但伸縮的時候，就會卡住。

因此我們決定結合圓錐形離合器和栓槽軸鍵的優點，在栓槽軸鍵連接的部分做成 12.5 度，這樣既可以保持傳遞較大的動力和自動調心，還可以利用錐度來增加摩擦力，這樣不僅能避免滑落，還可以增加連接鎖緊能力如(圖 5)所示。

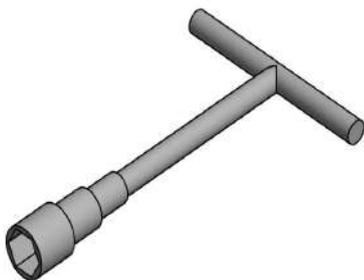


圖 3. 最初設計模型



圖 4. 改良後插銷設計



圖 5 最終設計模型

# 機械領域特優

## 四、栓槽軸原理：

將軸與輪轂製成與齒輪相似之齒形，互相組合而成一體，使彼此間不發生相對迴轉運動，但允許軸與輪轂有軸向滑動。它是利用多鍵可防止軸因鍵槽導致強度減弱，利用多齒可以分散鍵部位的作用力，因此可用較小的容許應力來傳遞極大之轉矩（動力），還可以自動調心，所以常使用於馬達及汽車引擎之處。

## 五、機構設計原理

前面我們有說到栓槽軸鍵是我們這次伸縮 T 型套筒扳手主要的構想，也是這次伸縮 T 型套筒扳手的核心，所以我們要先了解栓槽軸鍵所運用的原理，栓槽軸鍵是將軸與輪轂製成與齒輪相似之齒形，互相組合而成一體，使彼此間不發生相對迴轉運動，但允許軸與輪轂有軸向滑動的簡單機構。屬於一種傳遞能量的簡單機構。

## 六、軸向之摩擦力設計

我們在栓槽軸鍵的中後段，設計出類似圓錐離合器的結構，在藉由圓錐形的摩擦面來傳遞分離與結合力量，圓錐最大直徑為(Do)，圓錐的最小直徑為(Di)圓錐的平均直徑為(Dm)式為  $Dm=(Do+Di)/2$ 。（圖 6）是圓錐離合器的自由體圖，(Fa)是離合器的軸向推力，圓錐離合器的半錐角為  $\alpha$  角，半錐角所示。

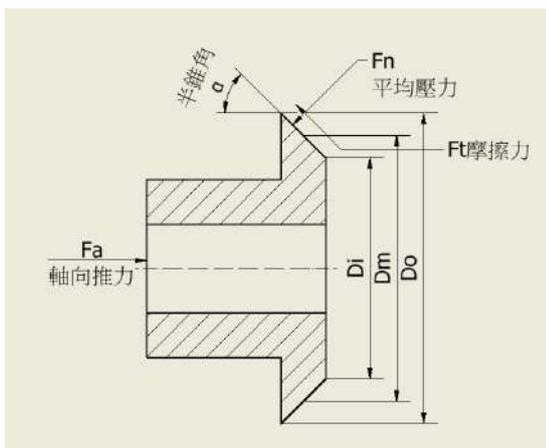


圖 6 圓錐形離合器

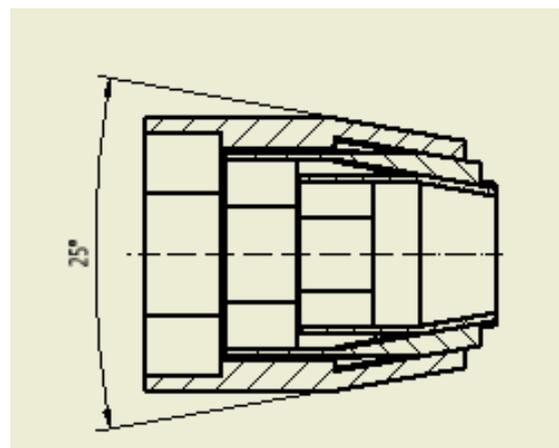
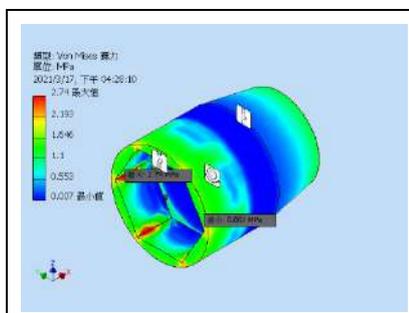
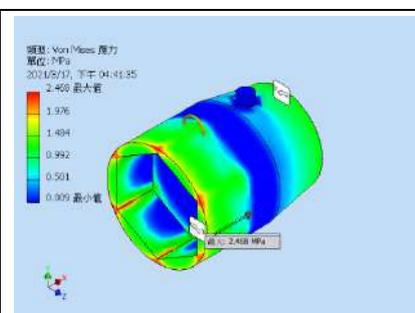


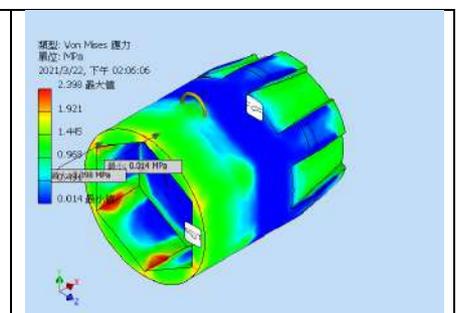
圖 7 套筒扳手前端局部剖視圖



(圖 8) 利用摩擦力鎖固



(圖 9) 利用銷鎖固



(圖 10) 利用栓槽軸鎖固

圖 8 至 10 是經過我們利用 Inventor 下去進行三種不同方式結合時扭力分析：

1. 依(圖 8)所示我們可以看到如果用摩擦力進行鎖固的話，在要鎖的時候是僅依靠著摩擦力下去做扭轉，可想而知這樣是根本是不夠的，在剛要鎖的時候，套筒與套筒間就會因

## 機械領域特優

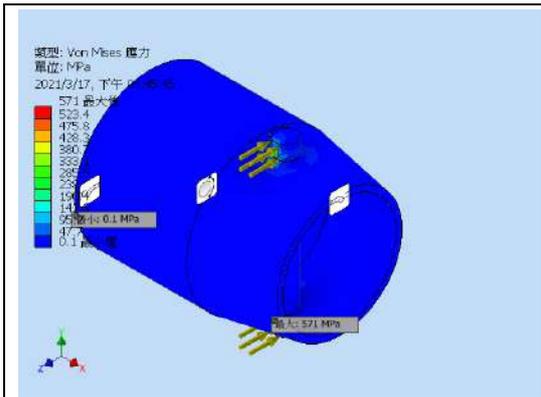
為無法有效的卡住而產生扭轉，導致無法將螺栓或螺帽鎖緊。

### 2. 用銷進行鎖固如圖 9 所示：

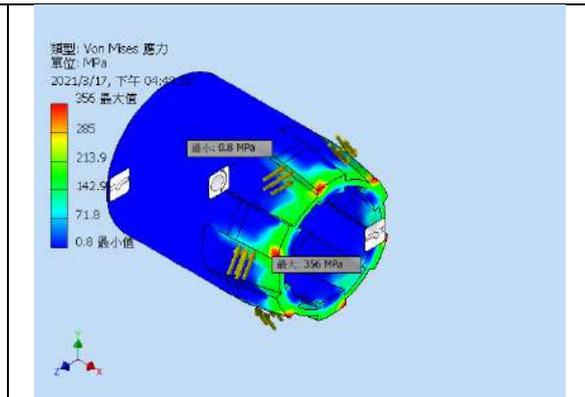
是比上一種用摩擦力還進行鎖固還要好，但是在轉動的過程中，為了要鎖緊會出一定的力氣，由於銷是插進去的，所以應力主要是集中在兩端，很有可能在鎖緊之前銷會扭曲，導致無法達成我們的目的。

### 3. 用栓槽軸進行鎖固如圖 10 所示：

如果只使用栓槽軸進行連接在伸縮的時候會導致軸向負荷無法有效固定，因此打算結合圓錐形離合器的優點，在栓槽軸的前端改成半錐角 12.5 度，這樣一來不僅可以利用摩擦力達到自鎖加強鎖固，還可以防止套筒與套筒軸向連接的時候不會掉落，而且栓槽軸還有增加扭矩的功能，使可以用較小的力量，轉動較緊的螺絲或螺帽。



(圖 11) 模擬銷壓應力的負荷



(圖 12) 模擬 6 個栓槽軸壓應力的負荷

經過我們利用 Inventor 下去進行二種不同方式鎖固的壓應力分析，因為用摩擦力鎖固的沒辦法測壓應力，所以我們就只測用銷鎖固和用栓槽軸鎖固的，這兩種鎖固方式的壓應力分析。

依(圖 11)所表現我們看到用銷雖然也是可以承受一定的扭力，但是因為每更換一種的套筒就要把銷拿起來調到適當的尺寸後再插回去，這樣就違背我們一開始想要實現伸縮的概念了，我們本來想的是可以有效且快速的進行伸縮，讓使用者可更快進行使用，如果用銷固定的話，這樣一來不僅操作非常不方便，還有可能在使用的過程中，銷會掉落遺失掉，導致無法卡住。但是如果是使用栓槽軸的話依(圖 12)所示，我們可以看到因為是用栓槽軸進行套筒與套筒間的鎖固，所以在伸縮的部分可快速前後移動，進行立刻更換套筒大小，而且擁有多個鍵，可以平均分散傳達扭矩的力量，不會只集中在兩端，導致承受不住而彎曲。

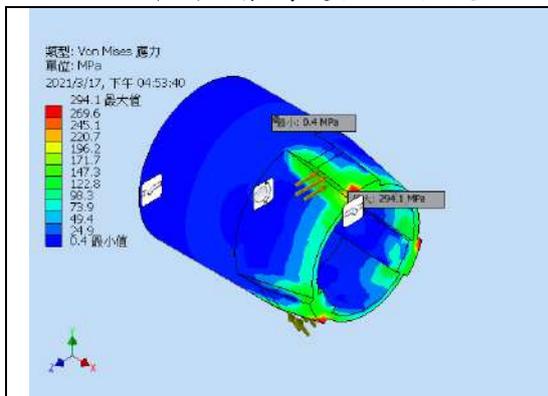


圖 13 模擬 3 個栓槽軸壓應力的負荷

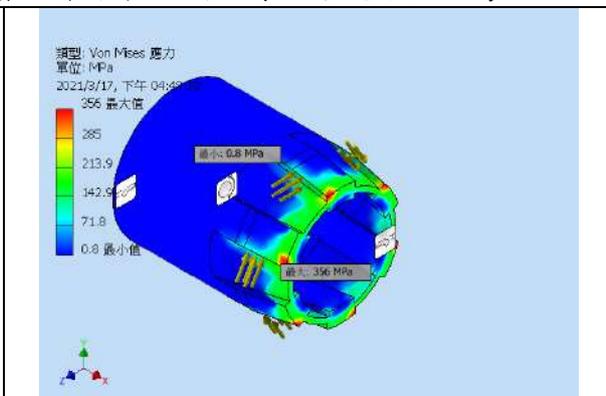


圖 14 模擬 6 個栓槽軸壓應力的負荷

上面的表格是我們去模擬三個和六個的栓槽軸鍵的壓應力，看哪一個所能承受的壓應力能符合我們產品的需要，可以承受一定的負荷，讓我們鎖緊螺栓或螺帽，而不發生變形。經過軟體的模擬，我們得出了一個結論，三個栓槽軸鍵所能承受的壓應力遠小於六個栓槽軸鍵，故我們最終設計是用 6 個栓槽軸鍵下去製作，這樣一來我們既可以保持產品應有的強度，也

## 機械領域特優

可以節省成本。

### 三、研究結果

根據我們最終模型的概念，我們將材料以及零件大多都自行製作，並且結合了不同的材料來達成我們伸縮 T 型套筒扳手最終的成品。

根據我們架構，解說如下圖 15 及 16:

圖 15 名稱與解說:



●圖 15：伸縮 T 型套筒扳手上半部

1. 把手:與 2 連接，轉換旋轉的力給 2

2. 栓槽軸鍵(小):連接 1 與 2，利用栓槽軸傳達把手的力給 3

圖 16 名稱與解說:



●圖 16：伸縮 T 型套筒扳手前端

3. 栓槽軸鍵(中): 連接 2 與 3，利用栓槽軸傳達 2 的力給 4

4. 栓槽軸鍵(大): 連接 3，利用栓槽軸，接收 3 的力

2、3、4 在進行鎖固的時候，可隨時伸縮變換不同套筒尺寸

# 機械領域特優

## 四、結論

在本次研究中，我們發現了許多在實際製作上會發生的難題；單就軟體內的模擬，理論上很多都是可以的，但是在製作上就會出現許多我們未曾發現的錯誤，包含材料的加工、製作、還有重量、摩擦力等，有時在構思上不會想到那麼多變因，因此製作並實驗就給了我們許多的修正機會，以避免過多成本的損耗。實際上在製作上也会有很多難以控制的變因，例如3D列印的精度不符合我們的需求，材料剛性不夠等，實際上更多的是在構想上往往達不到我們的現實情形。

### 一、丁字扳手強度

在設計這個東西的時候，我們就曾經有考慮到扳手強度的問題，有可能在鎖緊放鬆的過程讓扳手中段部分斷裂，所以在設計時我們就有考慮進去，包括材質、與本體的大小，在製造的過程，在中間連接的部分進行加強的作業，並在鍛造完成後，進行熱處理，上述這些的目的在於消除加工硬化和殘餘應力，降低硬度，改善切削加工性能，就不會發生鎖一鎖斷裂的問題。

### 二、各套筒的連接方法

\*在套筒與套筒間，連接的部分，是利用栓槽軸作連接，來達到伸縮的概念

\*栓槽軸鍵介紹：

將軸與輪轂製成形狀大小相似的齒型，使其互相合成一體，使彼此間不會發生迴轉運動，但允需軸與輪轂有軸向滑動，進而達成伸縮的目的。栓槽軸利用多個鍵，可防止軸因鍵槽導致強度減弱，利用多齒可以分散鍵部位的作用力，因此可以用較小的容許應力來傳遞極大的動力。

### 三、增加使用收納的方便性

市面上的T型扳手有的是一隻只能鎖一種，還有可以替換的，但每一次都要帶好幾隻出門，或帶一組才可下去替換，不僅不好收納帶出門也顯得厚重，我們的一隻就可以抵其他的三隻，前端利用栓槽軸鍵設計，達到伸縮，進而攜帶方便好收納，而且利用伸縮的概念還可以讓在使用的時候可以依照不同大小的螺絲，馬上切換套筒，增加使用方便性不需要再替換，或是拿其他隻，才可以辦到。

### 四、套筒尺寸的選擇

因為套筒多多種不同大小與形狀，我們可以選擇了日常最常是使用到的公制:10、11、12等常用的尺寸，將常用的尺寸放在一組，可以一次替代3到4支的套筒扳手。

### 五、栓槽軸滑動的鬆緊度

我們將栓槽軸的特性使用在伸縮T型套筒扳手上，在使用時可使另外2個套筒保持固定，就不會在鎖緊的時候去造成干擾。

### 六、依照其特性做加強

增加其使用的方便性伸縮T型套筒扳手最初是以方便使用為出發點，所以在前端套筒位置增加兩種套筒的尺寸，讓一支伸縮T型套筒扳手可以代替3支或以上的扳手。

由此我們發現我們的專題中還有很多可以改進的方案，因此我們仍會不斷的嘗試改進，因為我們的專題還有非常多的可能性。



# 伸縮T型套筒扳手

## 壹、前言

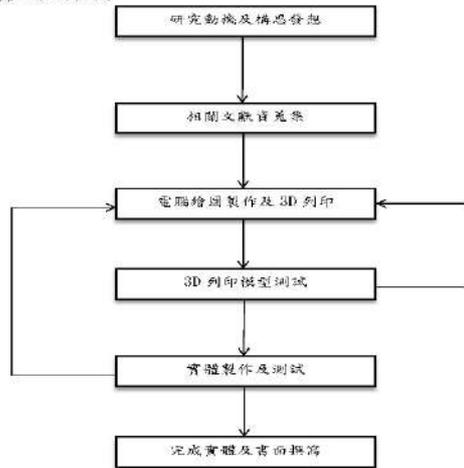
### (一)、研究動機

在市面上，有許多不同樣式的外六角扳手，大部分都是一體成形的，所以一次只能鎖一個規格尺寸的六角螺絲，如果要一次鎖好幾個不同尺寸的六角螺絲，就需要好幾隻外六角扳手才能達成，不僅增加許多重量，也不好收納，我就在想如何運用機械中的機構來達到，不需要攜帶多種不同尺寸的套筒六角扳手，以達成輕重量、與好收納的效果。

我們的目的是在於利用簡單的機械原理，嘗試製作出原理簡單，機構簡易且材料價格便宜的伸縮扳手，幫助我們達到一支多用的功用，且不用像限一支六角扳手卻只能鎖一種規格尺寸的問題。而在攜帶和收納也不是很方便，竟讓我們突然奇想就造出一隻就能鎖多種不同大小的伸縮T型套筒扳手。

## 二、研究過程

### (一)步驟流程圖



## 二、市面上相似的工具

目前市面上的T型扳手大部分是拆卸式的套筒如(圖1)所示，但是在鎖零件的時候還要拿其它的外六角套筒來更換，這樣不僅太麻煩，浪費時間，而且還很佔空間，外出工作的時候身上還要攜帶一大堆的外六角套筒，我們這項產品則只需要準備2-3支的T型扳手就可以鎖一些常見尺寸的套筒，另外現在市面上還有另一種折疊式的扳手如(圖2)所示，也可以說是十字架的形狀，但實用性並沒有很高，因為如果沒有用東西固定好，它轉到一半關節就會鬆脫然後就會自己折回去，所以使用起來就會變得比較麻煩，現代人講究的是輕巧攜帶方便而且使用方法簡單，就算是平時手機的人也能輕易上手。



(圖1)市面上換式扳手



(圖2)市面上摺疊扳手

## 三、設計的應用

一開始我們是想利用磨擦的方式鎖固如(圖3)所示，但後來發現這個方法不夠力，有可能會產生滑動，接下來我們想到可以使用插銷如(圖4)所示來做固定但是經過計算與實驗發現，插銷無法承受兩邊的剪應力，進而造成插銷的損壞甚至斷裂，最後我們想到可以利用栓槽軸鍵來做連接，不過它並沒有辦法連接多個套筒，因為前端為了防止滑落，做了凸出的部分，這樣雖然可以防止滑落，但伸縮的時候，就會卡住。

因此我們決定結合圓錐形離合器和栓槽軸鍵的優點，在栓槽軸鍵連接的部分做成12.5度，這樣既可以保持傳遞較大的動力和自動調心，還可以利用角度來增加摩擦力，這樣不僅能避免滑落，還可以增加連接鎖緊能力如(圖5)所示。



(圖3)最初設計模型



(圖4)改良後插銷設計



(圖5)最終設計模型

## 四、設計與原理

### 一、栓槽軸原理:

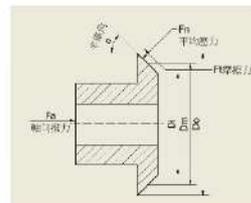
將軸與輪製成與齒輪相似之齒形，互相組合而成一體，使彼此間不發生相對迴轉運動，但允許軸與輪設有軸向滑動。它是利用多鍵可防止軸因鍵槽導致強度減弱，利用多齒可以分散鍵單位的作用力，因此可用較小的容許應力來傳遞極大之轉矩(動力)，還可以自動調心，所以常被用於馬達及汽車引擎之處。

### 二、機構設計原理:

前面我們有說到栓槽軸鍵是我們這次伸縮T型套筒扳手主要的構想，也是這次伸縮T型套筒扳手的核心，所以我們要先了解栓槽軸鍵所運用的原理，栓槽軸鍵是將軸與輪製成與齒輪相似之齒形，互相組合而成一體，使彼此間不發生相對迴轉運動，但允許軸與輪設有軸向滑動的簡單機構。屬於一種傳遞能量的簡單機構。

### 三、軸向之摩擦力設計:

我們在栓槽軸鍵的中後段，設計出類似圓錐離合器的結構，在藉由圓錐形的摩擦面來傳遞分離與結合力量，圓錐最大直徑為(Do)，圓錐的最小直徑為(Di)圓錐的平均直徑為(Dm)式為 $Dm = (Do + Di) / 2$ 。(圖6)是圓錐離合器的自由體圖，(Fa)是離合器的軸向推力，圓錐離合器的半錐角為α角，半錐角所示。



(圖6)圓錐形離合器

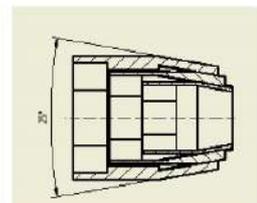
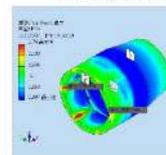
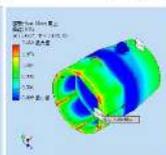


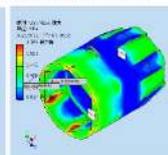
圖7套筒扳手前端局部剖視圖



(圖8)利用摩擦力鎖固



(圖9)利用鎖固



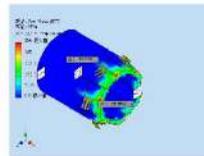
(圖10)利用栓槽軸鎖固

圖8至10是經過我們利用Inventor下去進行三種不同方式結合時拉力分析:

- 1.依(圖8)所示我們可以考到如果用摩擦力進行鎖固的話，在要鎖的時候是僅依靠著摩擦力下去做扭轉，可想而知這樣是根本是不夠的，在剛要鎖的時候，套筒與套筒間就會因為無法有效的卡住而產生扭轉，導致無法鎖緊或螺絲鎖緊。
- 2.用銷進行鎖固的話依(圖9)所示，是比上一種用摩擦力進行鎖固還要好，但是在轉動的過程中，為了要鎖緊會出一定的力氣，由於銷是插進去的，所以應力主要是集中在兩端，很有可能在鎖緊之前銷會扭曲，導致無法達成我們的目的。
- 3.用栓槽軸進行鎖固(圖10)所示  
如果只使用栓槽軸進行連接在伸縮的時候會導致軸向負荷無法有效固定，因此打算結合圓錐形離合器的優點，在栓槽軸的前端改成半錐角12.5度，這樣一來不僅可以利用摩擦力達到自鎖加強鎖固，還可以防止套筒與套筒間連接的時候不會掉落，而且栓槽軸還有增加扭力的功能，使可以用較小的力量，轉動較緊的螺絲或螺帽。



(圖11) 模擬軸壓應力的負荷



(圖12) 模擬6個套槽軸壓應力的負荷

上面的表格是我們去模擬三個和六個的控槽軸的壓應力的負荷，看哪一個所能承受的壓應力能符合我們產品的需要，可以承受一定的負荷，讓我們鎖緊螺絲或螺帽，而不發生變形。經過軟體的模擬，我們得出了一個結論，三個控槽軸所能承受的壓應力遠小於六個控槽軸，故我們最終設計是用6個控槽軸下去製作，這樣一來我們既可以保持產品應有的強度，也可以節省成本。

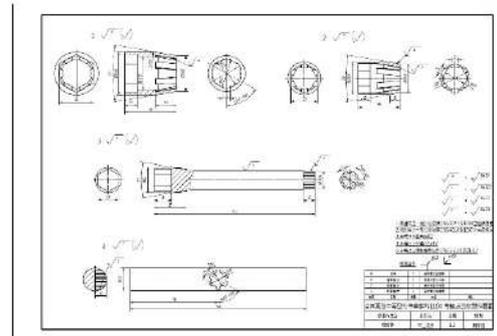


圖18為伸縮T型套筒扳手各零件的工作圖

陸、成品製作流程



伍、結論

在本次研究中，我們發現了許多在實際製作上會發生的難題；畢竟軟體內的模擬，理論上很多都是可以的，但是在製作上就會出現許多我們未曾發現的錯誤，包含材料的加工、製作、還有重量、摩擦力量等，有時在構思上不會想到那麼多變因，因此製作並實驗就給了我們許多的修正機會，以避免過多成本的損耗。實際上在製作上也會有很多難以控制的變因，例如3D列印的精度不符合我們的需求，材料剛性不夠等，實際上更多的是在構思上往往達不到我們的現實情形。

一、T字扳手強度

在設計這個東西的時候，我們就曾經有考慮到扳手強度的問題，有可能在鎖緊放鬆的過程讓扳手中段部分斷裂，所以在設計時我們就有考慮進去，包括材質、與本體的大小，在製造的過程，在中間連接的部分進行加強的作業，並在鍛造完成後，進行熱處理，上述這些的目的在於消除加工硬化和殘餘應力，降低硬底，改善切削加工性能，就不會發生鎖一鎖斷裂的問題。

二、各套筒的連接方法

\*在套筒與套筒間，連接的部分，是利用控槽軸作連接，來達到伸縮的概念

\*控槽軸簡介：

將軸與輪齒製成形狀大小相似的齒型，使其互相合成一體，使彼此間不會發生迴轉運動，但允許軸與輪齒有軸向滑動，進而達成伸縮的目的。控槽軸利用多個齒，可防止軸因鬆動導致強度減弱，利用多齒可以分散鍵部位的作用力，因此可以用較小的容許應力來傳遞極大的動力。

三、增加使用收納的方便性

市面上的T型扳手有的是一隻只能鎖一種，還有可以替換的，但每一次都要帶好幾隻出門，或帶一組才可下去替換，不僅不好收納出門也顯得厚重，我們的一隻就可以抵其他的三隻，前端利用控槽軸設計，達到伸縮，進而攜帶方便好收納，而且利用伸縮的概念還可以讓在使用的時候可以依照不同大小的螺絲，馬上切換套筒，增加使用方便性不需要再替換，或是拿其他隻，才可以辦到。

四、套筒尺寸的選擇

因為套筒有多種不同大小與形狀，我們可以選擇了日常最常用到的公制10、11、12等常用的尺寸，將常用的尺寸放在一組，可以一次替代3到4支的套筒扳手。

五、控槽軸滑動的鬆緊度

我們將控槽軸的特性用在伸縮T型套筒扳手上，在使用時可使另外2個套筒保持固定，就不會在鎖緊的時候去造成干擾。

六、依照其特性做加強

增加其使用的方便性伸縮T型套筒扳手最初是以方便使用為出發點，所以在前端套筒位置增加兩種套筒的尺寸，讓一支伸縮T型套筒扳手可以代替3支或以上的扳手。