

投稿類別：工程技術類

篇名：

捲尺-安全的收回裝置

作者：

李鑑恒。台北市立松山高級工農職業學校。機械科三年級仁班

陳 蔚。台北市立松山高級工農職業學校。機械科三年級仁班

楊博丞。台北市立松山高級工農職業學校。機械科三年級仁班

指導老師：

林俊呈老師

沈嵩博老師

## 壹●前言

### 一、摘要

本研究主要是思考如何讓捲尺在高速收回時確保使用者的人身安全，運用規格 5 公尺的捲尺作為主要研究工具，並利用電腦繪圖軟體設計減速機構，減速機構以齒條搭配齒輪與斜齒輪使捲尺於回復過程達到減速。齒輪材質方面：齒條採用具彈性及饒性的橡膠材質，其他齒輪則為 PB 塑膠（聚丁二烯）材質。齒條方面，將齒設計於可能傷害到使用者的位置，此段長度為不完全齒至全齒形式，如此的設計可減少衝擊。實驗發現捲尺拉伸愈長，當速度越大則愈可能造成使用者手部的傷害，因此本研究採用減速機構使捲尺於危險範圍內自動減速，一來可確保安全，二來亦可提升效率。

### 二、研究動機

許多發明與改進，來自於改善生活的不便與人身安全，而我們的研究來自於生活中的一項物品：捲尺。市面上的捲尺五花八門，有些利用電子顯示量測數據，另外亦有加裝光學裝置提高量測精度，然而關於減速裝置，本研究只發現將煞車裝置設計於儲存盒下方，且以手動方式減速。綜觀這些捲尺，多數隨著時代進步而逐漸改善使用上的不便，可是捲尺的一項缺點仍然存在，那就是當捲尺高速收回時，離使用者近處無自動減速。而我們經實驗亦發現，若收回時無減速，易使使用者手部受傷！

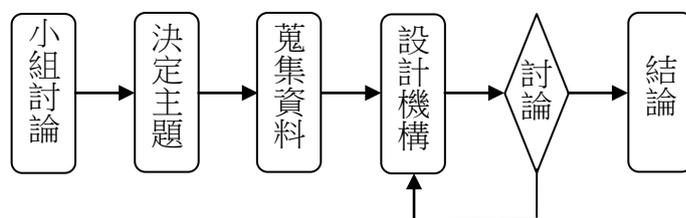
捲尺利用渦形彈簧的特點，當捲尺拉伸時儲存能量，收回時釋放儲存的能量將捲尺收回。然而，此動作可能會造成一項風險，即為我們可能因趕時間時，想讓捲尺快速收回，但其收回十分快速，且回復過程中若手部有輕微晃動，常容易造成捲尺甩動而使使用者劃傷。鑑於上述，我們想改良捲尺在高速抽回儲存盒時的安全性。

### 三、研究目的

根據我們的觀察，捲尺在 500 公分收回時，末速度高達每秒 666.67 公分，若反應不及將會造成捲尺快速抽回，而抽回的速度愈快，愈容易造成使用者割傷或劃傷！如果能將捲尺設計為自動減速，那便可排除不經意的失誤。有了自動的減速機構後，使用者便可直接放開，讓捲尺於靠近使用者的距離減速收回，也不會因為收回的速度過快，而造成使用者手部受到傷害。提高了工作效率，也增加了安全性。因此我們的研究目的在於：設計出一個安全的自動減速機構。

## 貳●正文

### 一、研究流程



### 二、文獻探討

#### (一) 捲尺原理

捲尺的原理為軟尺繞在一個輪子上，輪子可隨之旋轉，中心靠著渦形彈簧拉著，當捲尺向外拉伸時，與捲尺相接的輪子、彈簧會隨之旋轉，當彈簧越來越緊，其所儲存的能量亦不斷增加，當卡榫放開時，彈簧所儲存的能量就會帶動輪子，驅使軟尺回到原本的状态。

#### (二) 輪系與速度

##### 1、輪系值

凡兩個以上之齒輪、摩擦輪、帶輪、鏈輪、繩輪或凸輪，連接成一個系統，並能將一軸之動力傳達到另一軸，稱為輪系。在輪系中，其末輪之轉速與首輪之轉速的比值，稱為輪系值。在輪系值中我們所引用到的原理

為  $\frac{N_{大}}{N_{小}} = \frac{T_{小}}{T_{大}}$ 。

##### 2、速度

若物體作變速直線運動，且加速度為一定值，則此運動稱為等加速度運動。因等加速度運動之速度變化量均相同，故其位移為平均速度乘以時間：

$$S = \frac{v_0 + v}{2} t$$

### (三) 機構

#### 1、蝸桿與蝸輪

將一對螺旋齒輪中之一輪，使其齒數變為極少，則此螺旋齒輪即成為蝸桿，而與蝸桿嚙合的齒輪稱為蝸輪(葉倫祝，2009)，且均以蝸桿為主動件，蝸輪為從動件。

#### 2、行星齒輪

行星齒輪為輸出軸與輸入軸在同一軸心上的減速機構，將馬達的輸出軸和減速機的輸入中心齒作聯結(葉倫祝，2009)，而太陽齒將驅動支撐於行星臂架上，並以內環齒為中心轉動的行星齒，而達到減速之目的。

#### 3、斜齒輪

俗稱傘形齒輪，其輪齒的齒向與節圓之素線平行(葉倫祝，2009)，兩軸中心線夾角可為任意角度，但一般常用的角度為 90 度。

#### 4、塑膠齒條與小齒輪

齒條可視為是一個節圓半徑無窮大的外齒輪。其應用時，均以小齒輪為主動件，且可使小齒輪的迴轉運動轉換為齒條的往復直線運動(葉倫祝，2009)。材質之所以選用塑膠的原因在於，齒條若使用較重的材質，會使軟尺下垂，無法伸直。

#### 5、齒輪

齒輪為輪緣上有齒能連續嚙合傳遞運動和動力的機械元件，依靠齒的嚙合傳遞扭矩的輪狀機械零件(葉倫祝，2009)

#### (四) 文獻討論

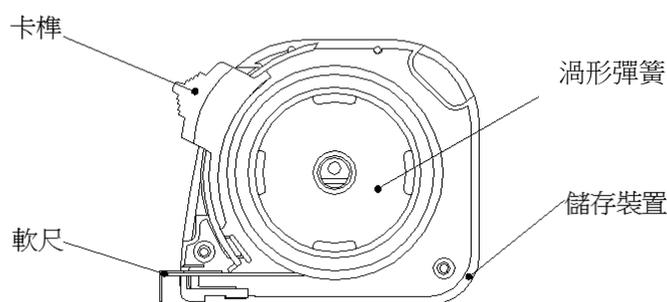
在開始設計機構之前，我們參考了各種減速機構，有蝸桿與蝸輪、行星齒輪與斜齒輪組，經過討論我們不選擇蝸桿與蝸輪和行星齒輪。

蝸桿與蝸輪不選擇的原因在於捲尺的內部空間十分狹小，若要應用此機構，會使捲尺變成一件很大的物品，重量也會隨之增加，攜帶不易。至於行星齒輪，則是當它裝置於渦形彈簧外殼時，會對渦形彈簧持續的減速，無法指定捲尺只在一段時間減速，雖然安全但也影響了工作效率。對於這次的設計我們決定利用斜齒輪的速比做為我們減速方法，再經過實驗與計算，設計一個減速機構。

### 三、機構設計

#### (一) 主要零件介紹

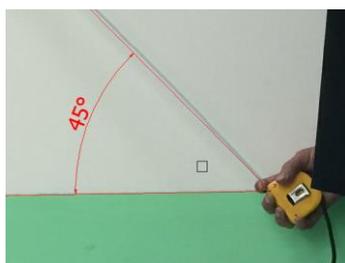
- 1、卡樺：當捲尺拉伸時，固定軟尺之零件。
- 2、軟尺：量測、顯示長度。
- 3、渦形彈簧：儲存能量裝置。
- 4、儲存裝置：軟尺收回後的儲存位置。



#### (二) 實驗

##### 1、方法

負責拉伸者，將捲尺拉至測量長度後向上 45 度，克服捲尺拉伸至 150 公分以上所產生的摩擦力，使軟尺卡在捲尺儲存裝置前端，而 45 度也是大部分使用者的習慣，藉此模擬平時使用捲尺的狀況進行測量(圖一)。計時者使用碼表計時，當手持捲尺者放開軟尺時，計時者同時開始計時，捲尺收回則停止計時(圖二)。



圖一



圖二

## 2、數據

本研究之數據以每 100 公分為單位，長度 100 公分~500 公分為極限長度，測量其各範圍完全收回時的數據(包含秒數與末速度)。分析方式為捲尺以 500 公分收回為範例，量得距離及秒數後，代入下列

$$S = \frac{V_0 + V}{2} t \text{ 的公式，得 } 1000 = \frac{1.5V}{2} \Rightarrow V = 666.67 \left( \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right) \text{。其餘極限長}$$

度之速度皆為相同計算方式。

表一

拉伸長度 (cm)	100	200	300	400	500
秒數 (sec)	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5
末速度 (cm/s)	285.71	444.44	545.41	615.39	666.67

## 3、實驗小結

從表一可以看出，當捲尺拉伸長度愈長，收回速度越快。而捲尺以此速度收回時，數據顯示捲尺由 500 公分收回時，末速度高達每秒 666.67 公分，容易因為收回的速度過快，使用者反應不及，而造成使用者手部受到傷害。

(三) 機構設計

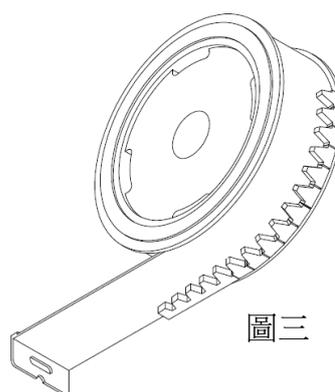
1、設計元件

(1)齒條

主要功能為將渦形彈簧拉回軟尺的動力傳至減速機構，黏貼於軟尺 50 公分至 30 公分處。

A.規格  
表二

齒條數據表	
模數	1
長度	200(mm)
齒數	60



B.排列方式

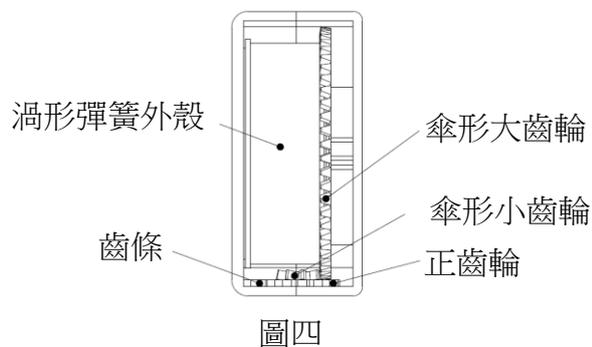
由小齒先接觸再轉到完全齒，在每一齒之間做切割使齒條能夠隨著軟尺收回 (如圖三)。

(2)斜齒輪

為最主要的減速機構，齒數比設計為 1：5。大齒輪黏貼於渦形彈簧外殼並與其同軸，之後將小齒輪放置於軟尺與外殼間的空隙(圖四)。

A.規格  
表三

斜齒輪數據表		
名稱	小斜齒輪	大斜齒輪
模數	1	
節圓直徑	10(mm)	50(mm)
齒數	10	50



### (3)正齒輪

主要功能為傳動捲尺的動力至渦形彈簧。位於儲存裝置與渦形彈簧之間，與小齒輪同軸，位於小齒輪之下，轉動時與小齒輪同步。

#### A.規格

表四

正齒輪數據表	
模數	1
節圓直徑	20(mm)
齒數	20

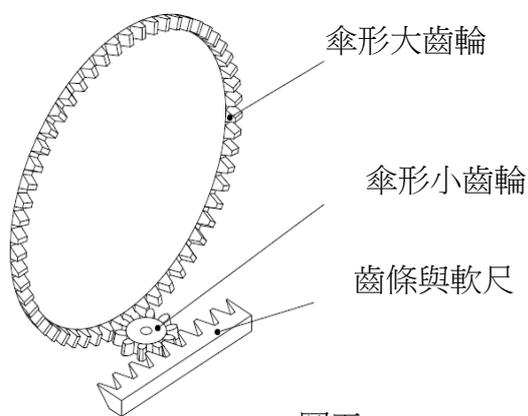
## 2、機構設計：

由於在市面上並沒有販售能與傘形齒輪傳動的「傘型齒條」。所以我們重新設計，將小斜齒輪與一個正齒輪同軸，以此來解決齒條與小斜齒輪的接合問題。而為了防止齒條因為衝擊而撞斷，在新的設計中也將齒條修改成完全齒，這樣就能夠減少剛接觸時的衝擊力。

### (1) 初步設計

#### A.動力傳達順序(圖五)：

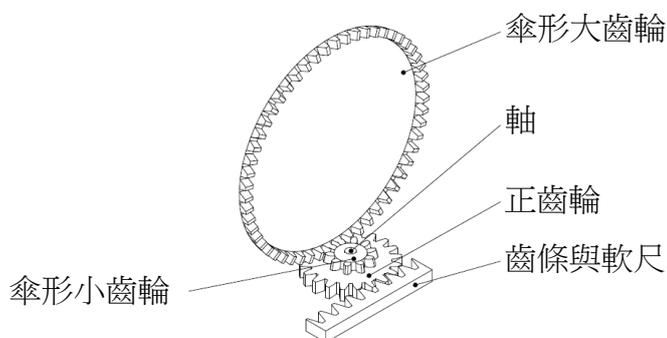
齒條與軟尺 → 傘型小齒輪 → 傘形大齒輪(渦形彈簧外殼)



(2)成品設計

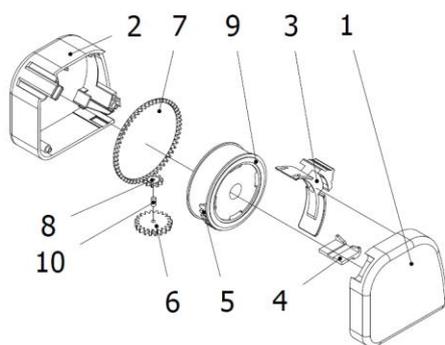
A. 動力傳達順序(圖六)：

齒條與軟尺 → 正齒輪、傘型小齒輪 → 傘形大齒輪(渦形彈簧外殼)



圖六

(3)作品系統位置

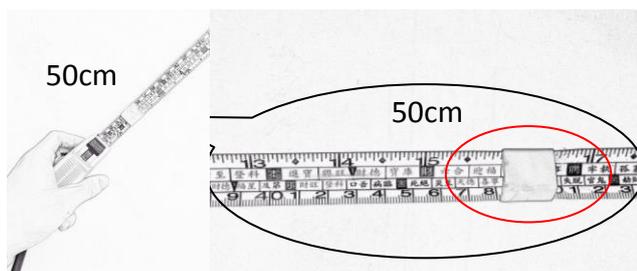


表五

件號	名稱	數量	材料	備註
9	軸	1	S45C	
8	渦形彈簧	1	彈簧鋼	
7	小斜齒輪	1	塑膠	
6	大斜齒輪	1	塑膠	
5	正齒輪	1	塑膠	
4	齒條	1	塑膠	
3	捲尺固定裝置	1	塑膠	
2	卡榫	1	塑膠	
1	捲尺外殼	1	塑膠	

3、實驗方法

從軟尺 50 公分處為減速起點，拉伸長度以每 100 公分為單位，測量 100 公分~500 公分收回至 50 公分時的數據，再經過計算了解減速機構對捲尺的影響。為了求得捲尺從各種長度收回至 50 公分的秒數，我們將橡皮擦黏貼於 50 公分處，使捲尺在 50 公分處停止，並測量時間，測量方式與實驗中的方法相同。(圖七)

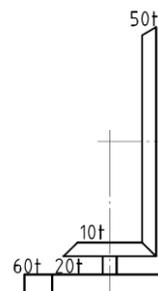


圖七

(1)減速前之速度分析

捲尺以 500 公分時收回至 50 公分，因知道距離以及秒數，所以我們使用：

$$S = \frac{V_0 + V}{2} t \text{ 的公式，得 } 450 = \frac{1.4V}{2} \Rightarrow V = 642.85 \text{ (cm/s)}$$



圖八

(2)減速後之速度分析

齒輪比為齒條動一齒小齒輪  $\frac{1}{20}$  圈，而正齒輪與小斜齒輪比為  $\frac{1}{2}$ ，斜齒輪組比值為  $\frac{1}{5}$ ，所以我們的齒輪比為  $\frac{1}{20} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{200}$ 。通過減速機構後的速度為：原始速度  $\times$  齒數比， $642.85 \text{ (cm/s)} \times \frac{1}{200} = 3.215 \text{ (cm/s)}$  (如圖八)

(3)實驗數據

表六

拉伸長度 (cm)	100	200	300	400	500
時間 (sec)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
減速起點 (cm/s)	166.66	375	500	583.33	642.85
減速終點 (cm/s)	0.833	1.875	2.5	2.916	3.215

我們計算出各段的末速度，並帶入齒數比後發現，我們可以看出捲尺經過減速機構後的速度達到明顯的減速，減速比高達 99.5%，可讓使用者使用捲尺時更安全。

## 參●結論：

### 一、研究結果

本研究利用小齒輪傳大齒輪的原理，使捲尺能夠確實達到 99.5%減速的效果，帶給使用者更大的安全性。減速效果能夠讓使用者遠離因疏忽而造成的傷害，讓使用者不會因為捲尺高速抽回而受傷。

### 二、討論

在設計出減速機構的同時另外發現一項問題，當捲尺收回時會產生甩動，而我們過程中也研究過如何防止甩動發生。但是經過長期的測試得知，捲尺收回時所產生甩動處並不規律。因此本研究只針對速度加以改善，不探討甩動所產生的危險。

## 肆●引註資料

一、維基百科--齒輪。取自(2014/8/13)：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BD%BF%E8%BD%AE>

二、百度知道--捲尺原理結構圖。取自(2014/8/13)：

<http://zhidao.baidu.com/question/51258055.html>

三、台灣科技大學 機械工程系--斜齒輪圖。取自(2014/8/13)：

[http://www.me.ntust.edu.tw/labintro/精密傳動實驗室\\_石伊蓓.htm](http://www.me.ntust.edu.tw/labintro/精密傳動實驗室_石伊蓓.htm)

四、李榮華(2014)。機械力學 I。龍騰文化。

五、葉倫祝(2009)。機件原理 II。台科大圖書。

六、柯著元(2013)。數學學習贏。翔宇文化。