

投稿類別：工程與技術類

篇名：捲布機安全輔助機構

作者：

林烜揚。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班
林澤叡。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班
許宸瑄。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班

指導老師：

陳添財 老師

胡銘軒 老師

壹、前言

現今大多新建體育館都採用木質地板，為防止地板受損，常使用大型地墊保護，因地墊大而笨重，在收納時都配合捲布機使用，但捲布時常發生操作者手被打傷或夾傷等危險現象，如何改善此一現象是一個值得探討的課題。

一、研究動機

我們在學校上體育課時，常幫老師整理活動場地，在使用捲布機回收地墊時，一不小心就會發生捲軸把手快速逆轉現象，如躲避不及，手就會被打傷；此外，在捲布過程中，負責抽拉地墊之同學，如反應不及也很容易發生手被地墊捲進去的傷害。為此，我們想去探討發生這些現象的原因，進而去解決此一問題。

二、研究目的

基於上述研究動機，我們除了探討發生上述危險現象的原因外，並想運用在學校學習過的機械相關知識與技能，設計製造可以解決問題的安全輔助機構，讓同學在使用捲布機時可以更加方便與安心。具體而言，本研究有以下兩項目的：

- (一) 探討捲布機捲布時發生逆轉及夾手之原因。
- (二) 設計並製造捲布機安全輔助機構。

三、研究流程

本研究利用高三專題製作課程的時間，和組員們討論想法後，開始收集資料及文獻，並作機構之設計與製作，最後再進行機構之測試及修正，直到可行後，將其撰寫成研究報告。研究流程如圖 1 所示：

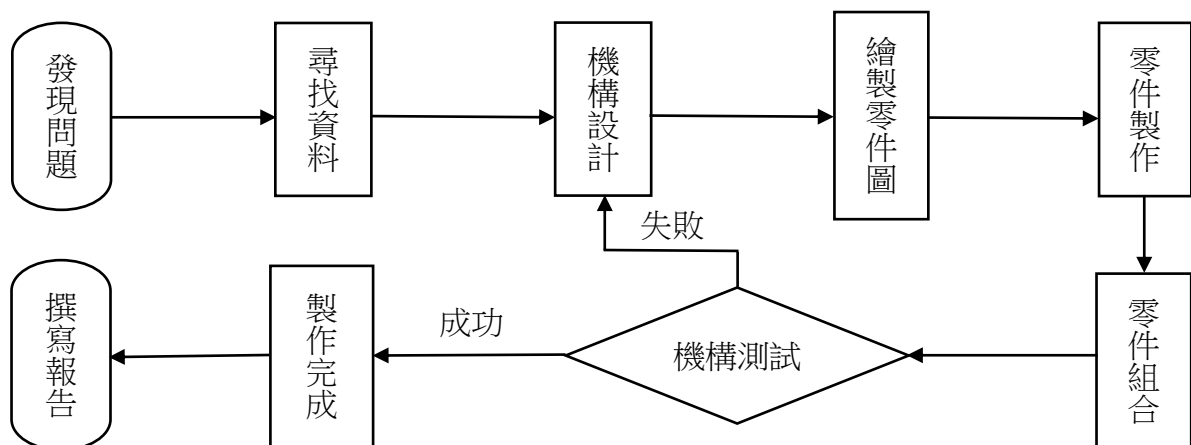


圖 1 研究流程圖

貳、正文

一、捲布機捲布時發生逆轉及夾手之原因

捲布機之操作是先將大型地墊一端繞於空心捲軸上一圈，再用數個扣環固定，然後打開固定用之蓋子，把鐵製手把插入空心軸中進行旋轉捲布，捲收布時，須有兩位協助者位於捲軸前方兩旁不遠處用力抽拉地墊，使之保持張力平衡，才能整齊捲好完成收布，最後再將固定用之蓋子扣上，保持捲軸位置。如圖 2、圖 3。在這整個捲布過程中，稍一不慎，就會發生捲軸快速逆轉而手把打傷手，或是協助者手被地墊捲進去的危險，分析其造成的原因如下：



圖 2 捲布機構



圖 3 捲布機

(一) 捲布時發生逆轉原因

捲布機在捲布時，因地墊重量的增加及前方協助者抽拉地墊之力的影響，捲布的負荷會越來越重，操作者如臂力不夠，或未能確實抓緊捲軸把手，把手會很容易鬆脫，進而發生捲軸快速逆轉現象，與捲軸鬆配合的鐵製手把也可能會因快速迴轉而脫離，操作者如躲避不及，就會被把手打傷，如圖 4、圖 5。



圖 4 捲軸把手



圖 5 捲軸把手逆轉打傷手

(二) 捲布時發生夾手原因

捲布機在捲布過程中，須有兩位協助者在捲軸前不遠處的地墊兩側抽拉地墊，以保持地墊之張力平衡，因協助者係站在捲軸前用力抽拉地墊，如圖 6 所示，因此很容易在回收地墊時，發生協助者反應不及而手被捲進去之危險，如圖 7。



圖 6 協助者抽拉地墊



圖 7 抽拉地墊時手被捲進

二、防逆轉機構探討

如何防止捲軸逆轉，經我們利用網路及圖書館查閱相關文獻後發現，可分為電氣式及機械式兩大類，電氣式是利用防逆轉繼電器，而機械式則是使用附止動爪之棘輪、蝸桿與蝸輪或單向軸承，其特性分述如下：

(一) 防逆轉繼電器

乃是利用電氣原理，在開啟電源時，可判別正向或逆向，遇逆向狀態時，會阻止電磁接觸器的動作，因而可防止因配線錯誤，導致馬達逆轉的繼電器。此種繼電器因採電壓檢測方式，所以使用上無需考量負載電流，此外，亦可利用接線方法來防止電磁接觸器在逆向時啟動。



圖 8 防逆轉繼電器

(資料來源：歐姆龍 (OMRON) 股份有限公司。2018 年 10 月 27 日，取自 <http://www.omron.com.tw/products/family/845/>)

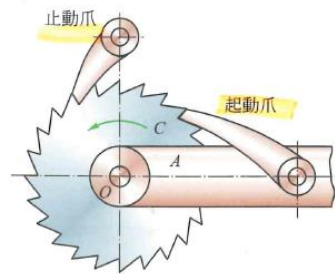


圖 9 附止動爪之棘輪

(資料來源：葉倫祝 (2015)。機件原理 II (171)。新北市：全華文化。)

(二) 附止動爪之棘輪

棘輪為一種由搖擺運動而產生單一方向旋轉的間歇運動機構，如圖 9 所示，當搖桿 A 以 O 點為中心逆時針方向擺動時，可驅使起動爪推動棘輪 C 往逆時針方向旋轉一角度，當搖桿回擺時，起動爪會滑過棘齒頂端，有可能因兩者間的摩擦力而帶動棘輪反轉，為防止這種逆轉現象，通常都會在機構中加裝止動爪裝置 (葉倫祝，2018)，「藉由止動爪之阻力，使棘輪不致往回反轉」(柯雲龍、潘建安，2012)。

(三) 蝸桿與蝸輪

蝸桿與蝸輪是用於不平行且不相交，但互成垂直之兩軸傳動，如圖 10 所示，使用時，以蝸桿為主動件，蝸輪為從動件，此種傳動機構非常適用於極高的減速比及較高的扭力之處（柯雲龍、潘建安，2012），其主動與從動的關係不易倒置，具自鎖作用，應用在起重機械時，可防止突降現象發生，具有較高之安全性，運轉時發出的聲音也很小，但傳動效率較差，蝸桿也會承受較大的軸向推力（葉倫祝，2018）。



圖 10 蝸桿與蝸輪

（資料來源：柯雲龍、潘建安（2012）。
機件原理 II(10-13)。新北市：台科大。）

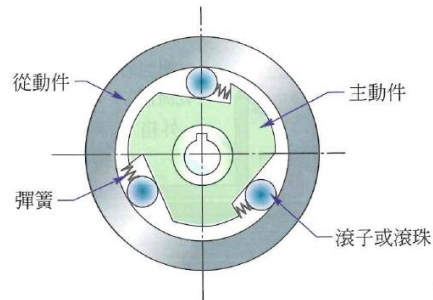


圖 11 單向軸承

（資料來源：葉倫祝（2017）。機件原
理 I（146）。新北市：全華文化。）

(四) 單向軸承

又稱為單向離合器，如圖 11 所示，其功能為當主動件傳動從動件時，若主動件改變轉向（如順時針變為逆時針方向），從動件將自動脫離或停止動力輸入，與主動件不產生任何連動關係，而停止轉動，也就是僅能作單一方向傳動，此種設計的主要目的在防止不預期的反向旋轉，由於只能單方向傳輸扭矩，另一方向為空轉，故可防止機構在無動力源時的倒退動作。

由於捲布機捲收及鋪放地墊係透過捲軸正、逆向旋轉來達成，而本研究目的雖在防止捲收地墊時產生逆轉，造成操作人員的傷害，但所設計使用的防逆轉機構也不能妨礙鋪放地墊的操作（捲軸逆向旋轉），因此，分析上述四種防逆轉機構，除了附止動爪之棘輪可藉扳動止動爪，使其不產生防逆轉作用，而使棘輪可以逆轉外，其餘三種均無法雙向使用，所以本研究最後選擇以附止動爪之棘輪來進行機構設計。

三、張力控制機構探討

捲布機在實際收捲地墊過程中，捲軸的直徑會隨著收捲量增加而不斷變更，而不斷變更的收捲直徑會引起角速度的變化，從而引起地墊上張力也隨之出現波動。張力過小，地墊收捲時會鬆弛起皺、橫向走偏，如圖 12；張力過大，地墊拉伸過度，在縱向上會出現張力紋，甚至出現縱向隆起。因此在收捲的過程中，為確保捲收效率和收卷的質量，張力控制系統就顯得尤為關鍵，良好的張力控制能保證地墊捲收的質量及提高收捲效率。（中國工控網，2018）

為設計出適合學校捲布機使用之張力控制機構，我們聯想到印刷廠與造紙廠是如何將生產好的產品捲收整齊，想去了解，但因無法實際去工廠參訪，因此我們至網上查詢有關工廠的生產線影片，發覺他們都是使用一種叫複捲機的張力控制機構，如圖 13 所示，乃是藉由多重滾軸將布拉平拉緊來控制張力，使其張力平衡，不再使布橫向走偏。



張力過小
使地墊捲偏

圖 12 地墊橫向走偏



圖 13 複捲機張力控制示意圖

(資料來源：寧波潤冠電子有限公司。2018 年 10 月 27 日，取自 <http://www.runguan-hfm.com/d/?43.html>)

三、機構設計

(一) 附止動爪之棘輪防逆轉機構

因為需安裝在現有捲軸上，且不允許做太大的改裝，以及要符合零件實作的精神，我們在捲布機捲軸上加裝附止動爪之棘輪，但去掉起動爪，將搖擺運動改成旋轉運動，使其符合本研究之需求。

本機構是藉由棘輪與止動爪配合達到防逆轉之功用。由於機器為學校財產，機構設計的條件是以不破壞為原則，且捲布機可收納的地墊數量不只一個，會有數個捲軸，所以我們希望設計出的機構能快速拆卸及安裝，使機器達到方便操作的目的，因此綜合上述的情況，機構的固定方式我們選用六角螺栓與螺帽。而此機構之棘輪是固定於捲軸一端，並在同側支撐架上加裝一個本組設計之防護蓋，且透過六角螺栓鎖固於支撐架上，則止動爪的部分是利用另一六角螺栓與螺帽安裝在防護蓋上，如圖 14 所示。而為將棘輪固定在捲軸上又不破壞捲軸，我們選用非破壞性之機件來做固定。我們利用鞍鍵不需鍵座就能裝配及「其僅靠摩擦力來傳達動力」(柯雲龍、潘建安，2012)之特性，與帶頭斜鍵「在較厚的一端製成鉤頭形狀，使其容易拆卸」(柯雲龍、潘建安，2012)之便利性，製作出帶頭鞍斜鍵，這些特性能具便利性且有效符合非破壞之限制條件，達到本研究機構所需之要求，如圖 15 為附止動爪之棘輪防逆轉機構。



圖 14 防護蓋裝置圖

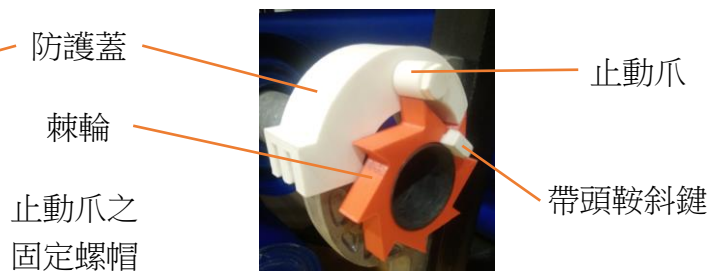


圖 15 附止動爪之棘輪防逆轉機構

(二) 張力控制機構

此機構為我們參考複捲機所製成的簡易版機構，複捲機之原理為利用多重滾軸將地墊持續拉緊拉平，達到張力控制之功效。因此，為了將機構簡化且又能具有一樣的成效，我們取複捲機的其中一部分，利用三根滾軸距離與位置的不同，使地墊在捲收時能緊實且平整，如圖 16、圖 17 所示。本機構不但能解決張力不均之問題，還能避免協助者在使用捲布機時有夾手之危險，達成本研究之目的。

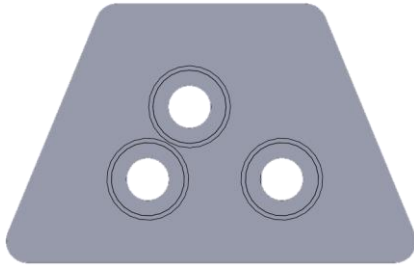


圖 16 滾軸位置圖

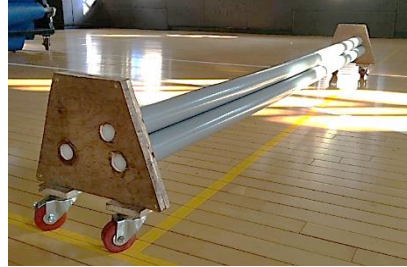


圖 17 張力控制機構

(三) 捲布機安全輔助機構裝置完成圖

我們把機構之各零件依照草圖設計以 3D 繪圖軟體 Solidworks 繪製完成後，將零件於軟體中組合起來，檢查機構各個零件是否有尺寸錯誤或設計不良等問題，接著將機構模擬圖與捲布機模擬圖相組合，從軟體的模擬動作中，分析本機構是否符合初始的設計概念，並將各零件修改至最佳的設計，依照改良設計後的零件圖與其功能，選擇最適當之加工方法，捲布機安全輔助機構裝置完成圖如圖 18 所示。



圖 18 捲布機安全輔助機構裝置完成圖

四、機構製作

(一) 使用材料及設備

- 1、使用材料：橡皮帶、木板、PVC 長管、6008ZZ 軸承、腳輪、PLA 塑料軸、木螺釘、M11 x 1.5 螺絲、M10 x 1.5 螺絲。

2、使用工具：什錦銼、圓銼、螺絲攻、螺絲攻扳手、捨棄式車刀、鑽頭、游標卡尺、手工鋸、手提砂輪、多功能電鑽。

3、使用設備：3D 列印機、車床、虎鉗、鑽床。

(二) 附止動爪之棘輪防逆轉機構製作

此機構經我們思考與計算後，認為 3D 列印之模型仍然能夠承受逆轉時產生之作用力，且能使機構之製作能較省時省力且又不減少預期之功效。為此，本機構皆由 3D 列印之模型所組成，其列印步驟如下：首先將我們構思之設計圖用 Solidworks 軟體繪製出，再將其儲存成.stl 圖檔，並載至 Aurora 3D Printer 中改為 G-code 檔存入 SD 卡，最後放入 3D 列印機列印製造。其機構之零件分為防護蓋、六角螺栓與螺帽、止動爪與帶頭鞍斜鍵、棘輪等四個部分進行說明，其詳細敘述如下：

1、防護蓋

防護蓋列印完成且將其去除支撐材與毛邊後，我們使用 M11x 1.5 螺絲攻及螺絲攻扳手將防護蓋右方之通孔攻螺紋，如圖 19，而中央安裝止動爪之孔則改用 M10 x 1.5 的螺絲攻。

2、六角螺栓與螺帽

本機構所有的六角螺栓都需承受剪力，而剪力為「作用力係平行於受力面積時」（陳崇彥，2015）的作用力。因此，當六角螺栓持續受剪力所作用時，容易發生剪斷，導致機構無法發揮其功能。所以我們列印密度實心之六角螺栓，增強其強度，並藉由螺絲模加深其螺紋，使其較易鎖固，如圖 20，而六角螺帽則如上述防護蓋進行攻螺紋，使其能配合 M10 x 1.5 之螺栓。

3、棘輪

本零件也由 3D 列印機製作而成，其流程如上述之作法，但為確保棘輪不於捲軸上空轉打滑，我們在其內孔之面上加裝橡皮帶，如圖 21 所示，使其增加摩擦力，且能與捲軸同步旋轉，達到本機構所需之功效。



圖 19 攻保護蓋之螺紋



圖 20 加深螺栓之螺紋



圖 21 附橡皮帶之棘輪

4、止動爪、帶頭鞍斜鍵

此兩項機件在列印完成後，我們需將其去除毛邊，避免其毛邊干擾機構之配合，導致機構無法如期運作。

(三) 張力控制機構製作

本機構係為一個放置捲布機前端的輔助機構，因此機構長度必須大於地墊且可以隨著捲布機之位置移動，因此製作方式設定為，將三根水管所製成的滾軸安裝於固定架木板，使其成為一簡易的張力控制機構。此機構分為固定架木板與滾軸兩部分進行說明，其詳細說明如下：

1、固定架木板

此機件之製作為先將木板依設計圖用奇異筆畫在其表面，並將其鋸切成所需大小，如圖 22 所示，但為增加其強度與厚度，我們將木板兩兩以木螺釘對合鎖緊，且利用手提砂輪將多出的螺釘部分磨除，其完成後在木板上畫出與滾軸配合之位置並加工成通孔。但因本機構需加裝腳輪，所以額外鋸切四個木塊來當作腳輪之安裝基座，組合方式為將基座以木螺釘鎖入木板底部，再將腳輪鎖上基座。然而基座在鎖入木板底部時，會因螺釘頭裸露在外，導致腳輪無法貼平基座鎖上，因此我們在基座鎖上木板之位置上，先以較大直徑之鑽頭鑽削一定深度後才將其鎖上木板，目的是為了使螺釘頭能夠埋入基座，將腳輪鎖固時的障礙排除。如圖 23 為螺釘鎖入之示意圖。

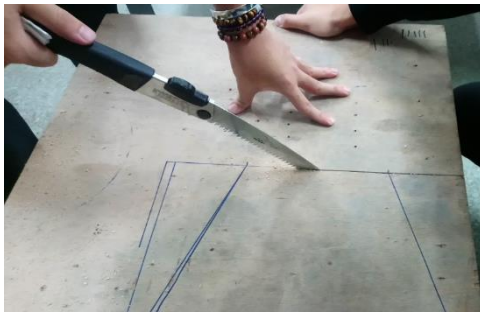


圖 22 木板之鋸切

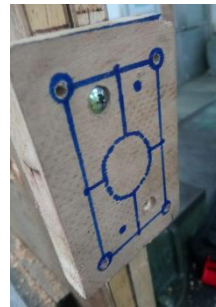


圖 23 螺釘埋入孔內

2、滾軸

本機構之滾軸為購買的 PVC 長管，其尺寸尚未達到所想長度，所以我們將其鋸切成所需之長度，並在其兩端塞入軸承，而為使機構在運作時能順暢的旋轉，我們在木板與滾軸間裝配 PLA 塑料的固定軸，且一端固定於木板上，但因固定軸另一端需插入 6008ZZ 軸承中，因此我們利用車床將其外徑加工成軸承內徑之尺寸，如圖 24 所示，使其能順利與滾軸部分相配合。如圖 25 所示。



圖 24 加工 PLA 塑料



圖 25 固定軸與滾軸相配合

五、機構測試

為了證實我們所製作出來的捲布機安全輔助機構能達到防逆轉及張力控制之功效。因此，我們透過實際測試來查看機構運作之情形，本組分別觀察兩機構之狀況，其步驟如下：

（一）附止動爪之棘輪防逆轉機構之測試

附止動爪之棘輪防逆轉機構之測試步驟為先在捲軸端套入棘輪，並插入帶頭斜鞍鍵使其固定後，將設有止動爪之防護蓋安裝於捲軸支架上，再利用六角螺栓鎖固於捲布機上，完成此機構之設置。而為了更符合實際使用情形，我們先將地墊捲收一半才開始測試，目的是模擬操作者操作到一半時發生逆轉的情況。經過多次測試後，我們發現此機構均能使逆轉的捲軸立即停止，且因捲軸不會快速逆轉，也解決了鐵製把手打傷操作者的問題，但由於擔心列印之螺栓無法承受較大的剪力，因此本組將其改為金屬製螺栓，使此機構之強度增加，如圖 26。

（二）張力控制機構之測試

測試張力控制機構之首要步驟為將其移動至捲布機前方後並固定腳輪，使其不會任意移動，而捲收前先將地墊一端穿過張力控制機構後以扣環固定於捲布機上，完成此動作後即可開始實施捲收。有使用此機構之地墊外觀除了剛開始捲收時有些微偏差，但之後的捲收情況都很順利，與未使用此機構而地墊完全偏向一旁之情形差異甚大。如圖 27 所示，我們可看到地墊從原本使用前側邊端面之傾斜，改善為使用後之平整，解決了張力不平均的問題。由此證明本組所設計之張力控制機構具有可以控制張力的能力，達到一開始設計此機構來調整地墊張力之目的。



圖 26 具金屬螺栓之防護蓋



（使用前-傾斜） （使用後-平整）

圖 27 使用與未使用張力控制機構之地墊側邊端面比較圖

參、結論

一、研究結果

由前文可了解到，捲軸逆轉之原因為地墊重量的增加以及人為的疏失所造成，而附止動爪之棘輪防逆轉機構能藉由止動爪與棘輪之配合，順利的在逆轉發生瞬間使捲布機停止運轉，以達到防止逆轉與打手之目的。此外，原先協助者因不注意而手被捲入之問題，也能因張力控制機構解決，地墊捲收的情況在張力控制機構的運作下，從原本使用前側邊端面之傾斜改善為使用後之平整，解決了張力不平均的問題。擁有本組所設計之捲布機安全輔助機構後，將不再需要兩位協助者，能得以節省人力資源。且能讓同學在未來辦理活動使用捲布機時，可以更加方便以及安全的操作，避免不必要的意外發生，使體育館的木質地板也能因為此機構而延長使用之壽命。

二、問題討論與未來研究方向

儘管本次製作的機構經過了多次的測試與修改，但仍有幾個問題礙於目前的設備與資源使我們無法解決，其一為安裝在捲布機上的防護蓋強度不足，若過度鎖緊六角螺栓，容易造成防護蓋破裂，如果能將其材質改為鋁合金，便能增加防護蓋的承受力量，改善問題；其二則是張力控制機構因資金有限，我們無法使用金屬的滾軸和固定架，只能用 PVC 管和木板來代替，但由於 PVC 管不是完全真直之長軸，在操作過程中會有地墊拉不緊的現象，雖然無法達到我們所想的最佳效果，但和未使用此機構之捲布情形，已有顯著的改善。希望在未來擁有更多資源與技術時，能夠對此機構加以改良，使機構之功用更為完善。

肆、引註資料

- 一、葉倫祝（2017）。**機件原理 I**。新北市：全華文化。
- 二、葉倫祝（2018）。**機件原理 II**。新北市：全華文化。
- 三、柯雲龍、潘建安（2012）。**機件原理 I**。新北市：台科大。
- 四、柯雲龍、潘建安（2012）。**機件原理 II**。新北市：台科大。
- 五、陳崇彥（2015）。**機械力學 II**。台北市：華興文化。
- 六、中國工控網。基於伺服及 PLC 的收卷張力控制系統。2018 年 10 月 26 日，取自 <http://www.gongkong.com/article/201101/18521.html>