

自動剝線鉗之研發

徐正會¹、李志威²

¹ 國立台北科技大學機械工程學系副教授

² 國立台北科技大學製造科技研究所研究生

摘要

本研究所設計之自動剝線鉗在鉗口與握柄間之夾角約為45度，降低了累積性工作傷害發生的機率，同時在剝線作業完成後，可使鉗口快速釋放線材，提高了一般作業的效率。在設計過程中導入人因工程及易製性設計理念，減少累積性工作傷害的發生，同時在不影響性能之前提下，降低製造成本，包括減少零件數、增加易組裝度、簡化製程及使用標準化之零件等，此外，同時亦經由軟體分析來驗證本設計理論上之可行性，隨後再透過原型製作，將電腦模型實體化，了解理論與實務間之差異，最後透過分析檢查將此一差異修正，以達到既定目標，並確保本自動剝線鉗之可用性。

關鍵字：剝線工具、自動剝線鉗、手工具

1. 前言

手工具產業是因應社會的高度工業化而產生的，由於工業化造成機械的大量使用，無論是在生產設備、運輸工具之維修，或是機器與電器產品之裝配維修過程中，手工具都是一直扮演著不可或缺的角色。因此，工業化程度愈高，手工具的需求也愈大，而隨著科技的進步及工作品質的提升，手工具在使用上之功能性與舒適性也逐漸受到重視。

觀察目前手工具中的剝線鉗部分，可以發現所運用的構件大多為一般常用之元件，其雖可藉由不同類型之元件間的相配運用，以達成工作目的，但綜觀多數之剝線鉗設計，可發現其仍未能達到理想之境界，而根據所蒐集到的文獻及親自體驗可知，現有產品雖然有不錯的作動結果，但仍無法擺脫磨耗、變形及操作不順等問題。

2. 文獻回顧

本研究所謂「自動」之定義為當線材被夾持時，手部能一次操作而完成剝線之動作。而由文獻[1]中

可知，剝拉刀具上之刀口構形主要可區分為圓形、平直形、V形等三種，其中，以V形之刀口構形於剝線後所獲得之截斷面較佳；若依照鉗口方向區分則可分為與握把方向平行、與握把方向夾一特定角度等二種，其中，又以鉗口方向與握把方向間夾一特定角度之類型，可減少累積性工作傷害發生機率；而若依照作動機構區分，則可分為連桿式、槓桿式、凸輪式等三種型式，其中，凸輪式之作動機構可藉由控制凸輪運動軌跡及兩凸輪間之落差，使得在剝線完成後，可使鉗口先行被釋放，以讓線材先行抽離工具，進而提高工作效率。

由上述所提可知，V形之刀口構形、鉗口方向與握把方向間夾一特定角度、剝線完成後，鉗口先行被釋放等設計，皆有利於剝線作業之改善，並具有發展之潛力，因此本研究將此數點作為研發重點之一。

3. 自動剝線鉗之基本構造

自動剝線鉗的種類繁多，依剝線後鉗口之開合順序可略分為可先期釋放及不可先期釋放兩種；透過文獻蒐集及市面上已商品化之產品分析研究，可發現自動剝線鉗大體上主要由活動顎夾、主鉗體、活動握柄、剝拉刀具、刀口距離微調機構、剝拉作動機構、剪切刀片等構件所組成，如圖1所示[2]，其中，上顎件或下顎件可藉由延伸主鉗體來獲得，而用來剪切線材之兩刀片，則可擇其一固定於鉗體上。

一般自動剝線鉗的設計大多是延伸作動機構的輸入桿來作為活動握柄，透過作動機構先使活動顎夾作鉗口閉合的夾緊動作，接著持續對活動握柄作另一次的輸入，再次透過作動機構，使剝拉刀具產生近似直線的位移，以完成剝拉之動作。

另外，對於刀口距離微調的部分，則通常設計於活動顎夾上，並直接對剝拉刀具作控制；而對於剪切刀具來說，則多是利用作動機構上某根桿件的轉動或平移特性來達到剪切之目的。

而具有能使在剝線後鉗口可先期釋放性能的自動剝線鉗，其在設計上主要是藉由作動機構與活動顎夾在作動過程中產生一定的落差，或是透過連桿組導引活動顎夾作剝線後鉗口先期釋放的動作。

4. 自動剝線鉗之設計需求

手工具一般定義係指以手操作為主，用於物品的組立、分解、修理、檢查、調整等作業之工具，而一般環境使用之剝線鉗即是屬於手工具項目下的一環，因此對於其操作空間尺寸、重量、握把間距、施力範圍等都應有其基本之要求與限制，以達到作業目標及較佳之操作性能，本研究針對自動剝線鉗的工作特性歸納出下列幾點設計需求：

- (1) 當線材被夾持時，手部能一次操作而完成剝線之動作：為減少剝線時手部的動作，因此手掌由伸展到屈曲的過程中，需可完成夾持、剝線之動作。
- (2) 可剝拉24AWG至10AWG之線材：AWG即是指 American Wire Gauge (美國線徑標準) 的簡稱，其為雙絞線徑的量測單位，數目愈小，表示線徑愈粗，所能承載的電流就愈大；反之，數目愈大，表示線徑愈細，耐電流量愈小。市面上大多數線材的規格依據這樣的標準來製作，其中，24AWG至10AWG之線材更是一般常見之規格，因此，具備有能剝拉此一範圍規格之能力，亦是本設計之基本需求之一。
- (3) 具有剪切上述規格線材之能力：在一般電氣作業中，為使獲得後續作業良好之壓接效果，通常會在壓接端子前將線材予以剪切修整，因此在一般的剝線鉗設計上，不僅要能剝拉上述規格之線材，同時亦須具備剪切相同規格線材之能力。
- (4) 可提供足夠之夾持力以完成剝拉動作：為使剝線鉗在剝線作業中皆能適應各種線徑之線材，因此需提供足夠之夾持力以確實夾緊線材，若夾持力過小則將造成線材在剝拉過程中滑移，而若夾持力過大則易導致鉗口夾壞線材，因此夾持力大小程度仍需選取適當之範圍，其中，剝線鉗所需之夾持力大小至少應為「在剝拉最大線徑時，而仍能夾持之力量」。

- (5) 材質以輕質之塑膠材料為主：為避免作業人員直接與電氣設備接觸，同時更進一步提高作業效率並使操作上能輕巧靈活，因此除剝線鉗動作上必要之零件以金屬材質為主外，其餘零件皆盡可能以塑膠材料製作，以期同時達到輕量化之目的。
- (6) 鉗口方向與握把方向夾角約為45度：透過各相關文獻之回顧與分析可知，當腕部長期在臨界範圍活動時，則易產生累積性工作傷害，因此為降低傷害之產生，本研究在設計上以鉗口方向與握把方向夾角約為45度，以使能在較為自然之姿勢下完成作業。
- (7) 可控制剝線長度：為提高工作效率及剝拉絕緣被覆層之長度控制，使得在放置線材以供剝拉時得以快速定位，因此需加入可控制剝線長度之設計。
- (8) 鉗口可快速釋放：為使在剝線完成後，鉗口得以快速被釋放，讓線材可快速抽離工具，減少抽取線材及放置線材之時間，以提高工作效率，因此設計上亦將此列為設計需求之一。

5. 自動剝線鉗之作動順序分析

藉由蒐集自動剝線鉗的相關專利，並對其作動方式加以分析，同時再參照市面上已商品化之自動剝線鉗作一實質上的驗證，經由相互比對可得如圖2所示的作動流程。

6. 現有較佳設計之自動剝線鉗探討

目前市面上充斥著各式各樣的自動剝線鉗，本研究為求得一較佳新設計之自動剝線鉗，因此在親身操作數個產品後，挑選其中一個較佳設計之自動剝線鉗來作為新設計的參考，以期能研發出更佳之新一代的自動剝線鉗，如圖1所示即為本研究參考對象之相近構造圖 [2]。

藉由分析其結構圖，可得如圖3所示之骨架圖，由圖中可知，在作動機構上為由一個具有兩個自由度的五連桿五接頭運動鏈所構成，而當加入刀具組後，則變為具有三個自由度的八連桿九接頭運動鏈，此三個自由度中，第一個自由度為使鉗口閉合，第二個自由度為使機構產生剝拉動作，第三個

自由度則為使產生延遲剝拉之效果，以使鉗口能確實夾緊，而分析其作動方式，亦可視為透過五連桿迴路的作動機構來導引刀具產生剝拉動作，亦即在自動剝線鉗的作動機構上至少需具有兩個自由度以完成剝拉動作，因此本研究在機構設計上以兩個自由度之運動鏈為出發點。

7. 作動機構之設計需求及限制

本作動機構之設計可視為一平面連桿機構，機構主要特性為只需一個輸入桿，但必須能產生兩個動作，亦即在同一輸入桿作兩個階段的輸入，其中一個動作為使鉗口閉合，另一動作則為鉗口閉合後產生剝拉之動作，因此在鉗口閉合之前，作動機構具有兩個自由度。整理上述所言可知剝線鉗作動機構的拓樸構造特性有下列幾點：

- (1) 必須能夠使活動顎夾在剝線後能先期釋放。
- (2) 作動機構需能導引刀具作直線或近似直線運動。
- (3) 此機構使用一個輸入桿，完成剝線動作。
- (4) 所有接頭指定為旋轉對或滑動對，以減少製作上的複雜度。

在確定剝線鉗作動機構的拓樸構造特性之後，即可列出設計需求與限制如下：

- (1) 機構需具備雙自由度。
- (2) 以一個輸入桿來完成兩個動作。
- (3) 所有桿件中，一為主鉗體，一為活動握柄，另一則為活動顎夾。
- (4) 活動顎夾和活動握柄皆與主鉗體相鄰。
- (5) 輸入桿為活動握柄。
- (6) 產生剝拉動作時，耦點需有8mm以上之位移，以作為剝拉之行程。
- (7) 輸入桿總擺動角度約在24度以內。

8. 作動機構之分析與選定

經觀察圖4及圖5並加以比較可知，如圖4所示之七連桿八接頭第一型剝線作動機構，其刀具g之運動是直接由作動機構所導引，如此易造成刀具拉桿f之兩端發生卡死或是剝拉動作不順之現象。而經簡化接頭後之如圖5所示七連桿八接頭第二型剝

線作動機構，在第一個自由度使鉗口閉合的動作中，由於尚未產生剝拉動作，故可將c、b、d、e等桿件視為一體，此時機構的作動為由a、b、f、g所組成的曲柄滑塊機構所導引，如圖6(a)所示；而在鉗口閉合後，即活動顎夾c將固定不動，此時若對活動握柄b持續輸入，使第二個自由度產生剝拉的動作，則導引刀具組動作的是一組由桿件c、b、d、e所組成的曲柄滑塊機構，如圖6(b)所示，若同時考慮到刀具組，則此七連桿八接頭第二型剝線作動機構在鉗口閉合後將降階為六連桿七接頭Watt II型的連桿組，如圖7所示，相較之下發現，如圖8所示之機構較易於實現剝拉動作，因此選取此一型式作為本研究自動剝線鉗作動機構之骨架圖。

9. 電腦模組分析與原型製作

完成自動剝線鉗之合成與分析後，為確認新設計之自動剝線鉗模型在作動過程與零件受力上有無問題、機構設計是否能滿足需求，因此藉由套裝軟體之協助，以達到模擬驗證之目的。對此本研究採用Pro/MECHANICA對所設計之自動剝線鉗作力分析與結構分析，透過一系列的分析，驗證所設計之自動剝線鉗在理論上之可行性，當確定設計之可行性後，再進行原型製作以將之實體化，並確定實務上之可行性，圖8所示即為本研究所設計之自動剝線鉗。

為了解本研究所設計之自動剝線鉗是否能提供足夠之夾持力，因此先以人工的方式對各桿件進行分析，並輔以電腦程式加以計算，同時再以Pro/MECHANICA Motion模組作分析，以得互相驗證之功效，而對於參數之設定則為如圖9及圖10所示。而對於活動握柄施力大小及位置設定則如表1所示，參考人因工程學相關書籍[3]可知，在力握時，每個手指對握力的貢獻均不相同，第二至第五指的力量佔握力的比例依序為24.7%，32.8%，27%及15.5%，其中中指與無名指的屈指肌力提供握力的60%。

經疊加各指施力所得到之鉗口夾持力大小後，可知人工計算之鉗口總夾持力為98.8147(N)，而由Pro/MECHANICA Motion模組分析之鉗口夾

持力大小為98.9208 (N)，其與人工計算之結果非常相近。

由分析結果可知，本研究所設計之自動剝線鉗應可提供足夠之鉗口夾持力，因此接著便進行原型製作，以獲得進一步之實體驗證，如圖11所示即為所完成之自動剝線鉗原型，經由實際測試，證實本研究所設計之自動剝線鉗為一功能相符之可用設計。

10. 結論

本研究基於人因工程及易製性設計的理念，並且以舒適性、便利性、易生產以及低成本等為原則，再以機構的分析與合成為方法設計出此自動剝線鉗。此自動剝線鉗利用鉗口與握柄間之夾角修正操作姿勢，降低了累積性工作傷害發生的機率，同時在剝線作業完成後，可使鉗口快速釋放線材，提高了一般作業的效率。

本研究藉由Pro/ENGINEER建立自動剝線鉗之實體模型，並應用Pro/MECHANICA指令模組進行力分析，使得自動剝線鉗各構件之作用力獲得確認，最後經由原型製作以驗證本研究之設計。

11. 誌謝

在本研究之研發期間，感謝亨龍/太力工業有限公司對本研究之支持，並提供寶貴的實務經驗與原型製作上的協助，使本研究得以順利完成。

12. 參考文獻

1. 徐正會、李志威，“自動剝線鉗之分類與分析，”第七屆全國機構與機器設計學術研討會論文集，第371-378頁（2004）。
2. Hans, W., “Tool for Stripping the Sheathing form Sheathed Cables and the Link,” U.S. Pat. 3915037 (1975).
3. 李開偉，“實用人因工程學，”全華科技圖書股份有限公司（2003）。

13. 圖表彙整

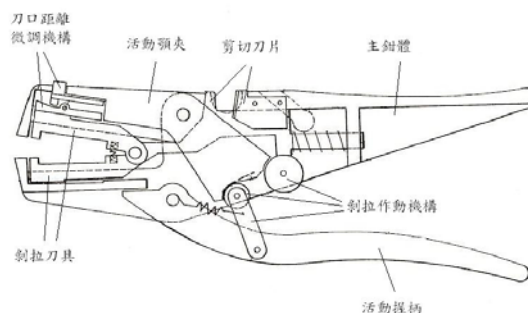


圖1 自動剝線鉗之主要構件示意圖[2]

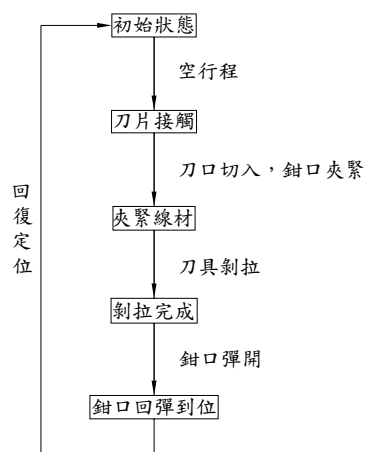
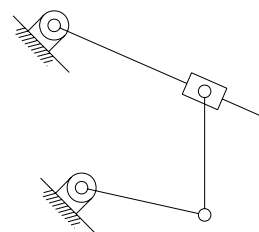
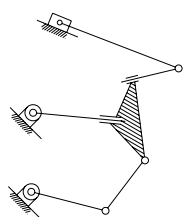


圖2 自動剝線鉗之作動流程



(a) 作動機構骨架圖

圖3 新設計參考之現有較佳設計產品骨架圖



(b) 加入刀具組之骨架圖

圖 3(續) 新設計參考之現有較佳設計產品骨架圖

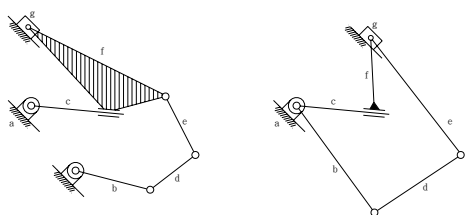


圖 4 七連桿八接頭第一型剝線作動機構及其接頭

簡化狀態

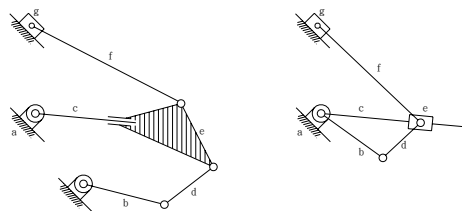
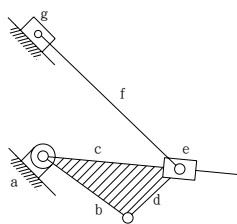
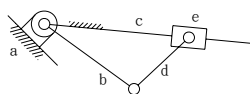


圖 5 七連桿八接頭第二型剝線作動機構及其接頭

簡化狀態



(a) 鉗口閉合動作



(b) 剝拉動作

圖 6 七連桿八接頭第二型剝線作動機構分析

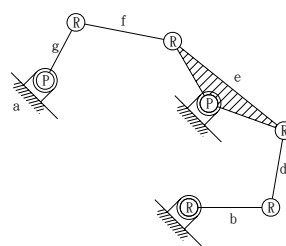
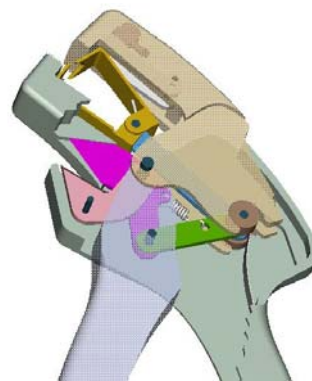


圖 7 六連桿七接頭 Watt II 型剝拉機構



(a) 整體組立圖



(b) 局部詳圖

圖 8 自動剝線鉗之組立圖

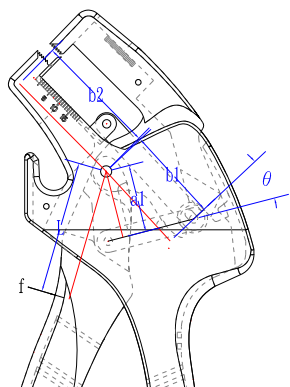


圖 9 人工計算之參數設定示意圖

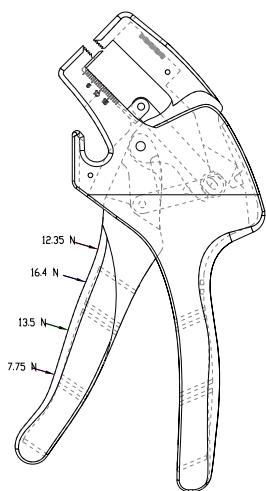


圖 10 握柄施力設定



圖 11 自動剝線鉗之原型組立狀態

表 1 施力負載設定

手指名稱	指力百分比	指力大小	施力點至活動握柄底端距離
四指	100%	50 N	
食指	24.7%	12.35 N	67 mm
中指	32.8%	16.4 N	52 mm
無名指	27%	13.5 N	30 mm
小指	15.5%	7.75 N	10 mm

Research and Development of Automatic Wire Stripper

Jenq-Huey Shyu¹, Zhi-Wei Li²

¹ Department of Mechanical Engineering
National Taipei University of Technology

² Institute of Manufacturing Technology
National Taipei University of Technology

Abstract

The automatic wire stripper's angle is about 45 degree between the jaws and handgrips, reduces the possibility of Cumulative Trauma Disorders. The wire could be release from the jaws after wire stripped. It raises the efficiency in generality operations. The design process of this automatic wire stripper conducted to the concept of "Human Factors Engineering" and "Design for Manufacturing". It reduces the possibility of Cumulative Trauma Disorders. Based on the performances can not be influence, knock the manufacturing cost down, include decreases the number of parts, increases the degree of easy assembly, reduces the process of manufacture, and using the standardize parts etc. Furthermore, by using the suit software verify the feasibility of the design concepts. Then through materialization the computerize model by manufacturing the prototype to understand the difference between the theory and reality. Finally correct these differences to the objective. And ensure the usability of this automatic wire stripper.

Keywords: stripping tool, automatic wire stripper, hand tool