



● 裝備壽期管理

探討鏡頭總成焦距驅動鏈條 研改之可行性分析

提要

陳俐伶

- 一、本文以國軍目前服役之陸軍主力戰車CM11/CM12戰車上鏡頭總成焦距驅動鏈條實施研改。由於焦距驅動鏈條損壞率極高，經常影響戰車瞄準系統影像觀測之清晰度，間接影響戰車火炮精準度，妨礙戰場火力的發揚。作者先針對焦距驅動鏈條損壞原因分析、探討進而研改，希望藉此能有效提升我主要戰鬥裝備妥善率。
- 二、焦距驅動鏈條容易斷裂主要原因之一乃係料件材質特性影響所致，因此，希望藉由鏡頭總成焦距驅動鏈條研改達到：1.改善零件使用壽限，2.減少操作不當所造成的損壞，3.降低本零件採購及維修成本。
- 三、我國軍軍購最大來源國-美國，在地理、氣候，國情民性上的差異，使我國所獲得之裝備或多或少均有水土不服的現象，尤其以潮濕多雨影響最大，且目前陸軍主力戰車服役均超過20年，許多當年使用的零附件材質，放眼於今日，已甚為落伍，為使高齡裝備能「回春」，執行戰訓任務，裝備的研改，實為刻不容緩之課題。

關鍵詞：熱源成像儀、焦距驅動鏈條、優力膠

壹、前言

CM11/12戰車熱源成像儀中，用以調整影像焦距及清晰度的焦距轉鈕（詳如圖一）經常失效，其失效原因是操作人員使用裝備時，在影像未清晰時，強行於焦距轉鈕旋轉範圍外，過度施力旋轉轉鈕而造成內部焦距驅動鏈條斷裂（詳如圖二），裝備妥善率不易維持；焦距驅動鏈條（詳如圖三）容易斷裂原因乃因料件材質特性不佳所致，因此，希望藉由鏡頭總成-焦距驅動鏈條研改，以有效減少裝備損壞，進而維持射控系統裝備的妥善率。

貳、本文

一、熱源成像儀功能概述

熱源成像儀為戰車射控系統中負責提供射手及車長等人員能於白晝、夜間或視線欠佳之野戰狀況下進行目標觀測與瞄準射擊之用；其設計係由鏡頭總成（Head Assembly）、射手顯示器（Gunner's Display）、車長顯示器（Commander's Display）、電纜總成（Cable）及電源轉換器（Power Converter）等五種總成所組成。

（一）鏡頭總成：鏡頭總成主要功能為接收及轉換紅外線視頻為可見光，天（氣）候良好時，戰車上之射擊手可直接由一倍目鏡或八倍接目鏡瞄準目標，當晝、夜視線不明之戰場環境下，即由熱像系統提供戰車在靜止及行進間對目標偵測、識別及接收提供來自戰車外之光學外部景象（目標影像）。



圖一 鏡頭總成焦距轉鈕

（資料來源：作者拍攝）



圖二 焦距驅動鏈條斷裂

（資料來源：作者拍攝）



圖三 焦距驅動鏈條

（資料來源：作者拍攝）



(二) 射手顯示器：射手顯示器固定在鏡頭總成上，可將鏡頭總成所產生的白晝及熱像波道影像接收後，提供射手觀測射擊之用。

(三) 車長顯示器：車長顯示器特殊彎曲造型主要為配合戰車內狹隘空間設計而成，目標影像亦是由鏡頭總成產生後傳送至車長顯示器。車長顯示器提供車長所觀測之目標影像與射手顯示器相同。

(四) 電源轉換器：電源轉換器總成係使用戰車所輸入之電源(24VDC)，藉以產生熱源成像儀所需之電壓。

(五) 電纜總成：內部連接電纜總成係將鏡頭總成、射手顯示器、車長顯示器及電源轉換器使其發揮系統功能。

二、焦距驅動鏈條作動原理

焦距轉鈕係位於鏡頭總成的前蓋(詳如圖一)，主要功用是調整無焦鏡總成之焦距以控制影像之清晰度；其作動原理乃是由內部焦距驅動鏈條與一組增速齒輪結合後，帶動鏡頭總成內無焦鏡總成的傳動接頭控制焦距行程範圍。焦距驅動鏈條是由二條直徑1.4mm之絞股環狀鋼索作為鏈條主要結構，以類似硬塑膠材質射出成形方式連結二條鋼索(詳如圖三)。

三、現況探討與構型改良分析

我國目前支援主力戰車鏡頭總成計有數百餘臺，配賦焦距驅動鏈條合計約數百餘臺，經作者向陸軍五級廠查證100年度焦距

驅動鏈條野戰段及基地段總申請數計有三百餘條，料件損壞率高達約90%以上。

本研究經由作者經驗累積及專家訪談分析得知焦距驅動鏈條高故障原因主要成因有以下3點：

(一) 人為因素：操作人員在操作裝備調整影像清晰度時，為讓畫面更清晰，卻沒有注意焦距行程範圍已經調整到最極限，而強行施力旋轉焦距轉鈕，導致焦距驅動鏈條上膠質肋條斷裂。

(二) 天候因素：由於我國地處於亞熱帶地區，氣候較潮濕，加上裝備多數位於露儲區，日夜溫差大，故容易造成機件內部產生水氣，受潮時間久將導致焦距驅動鏈條結構脆化。

(三) 材質特性影響：焦距驅動鏈條材質是以二條細鋼索及硬塑膠所組合而成，但鋼索及硬塑膠材質強度及彈性差距甚大。當初用此材料設計的原因最主要功能是藉由膠質肋條的斷裂吸收過大之扭力以保護內部齒輪等機件，避免因過度轉動焦距轉鈕而造成齒輪、軸承等機件變形及損壞(詳如圖二)。

綜觀上述3點常見問題分析中，「人為因素」問題，幹部可加強管制操作人員的訓練，當焦距轉鈕旋轉至略緊時，請勿再強行旋轉；「天候因素」問題，保養及保修人員能針對裝備採定期及不定期方式充填氮氣，降低裝備受潮及因溫度差異過大產生水珠，降低受損

機會，由於這兩點僅能治標無法治本，唯有針對原因分析（三）材質特性影響，實施焦距驅動鏈條的研改，希望藉此能徹底解決操作人員的問題。

本項研改的重點主要是著重於「零件的材質」及「結構研改」。

（一）材質改良之目標

- 1.須較高的強度及可靠度。
- 2.較高工作溫度範圍。
- 3.耐潮、耐油。
- 4.具有自潤性（塑膠材質表面磨擦係數低，不因缺乏潤滑而造成磨損）。
- 5.彈性及延展性佳（能提高人員操作失誤的容忍度）。
- 6.價格低廉。

（二）結構改良的目標

- 1.不更動原始機件。
- 2.提高剪力耐受度（詳如圖四所示）。

3.製造容易。

為滿足上述研改目標，就「零件的材質改良」部分，材質選擇的考量重點以：1.材料成本不貴、2.材料取得容易且市面廣泛流通、3.研改鏈條目前採手工製作，故選擇加工容易者為佳；因此作者選擇束帶、時規皮帶、輪胎內胎及優力膠等不同材質，實施相互比對方式（比較結果詳如表一）。

作者以原始零件為標準，幾經研究比較後，採用業界俗稱優力膠（聚氨酯類，Polyurethane，簡稱PU，是一種高分子聚合物）。聚氨酯類（PU）是種環保無毒新材料，其成份通過SGS檢測並符合環境保護的標準，聚氨酯類會經過水解而降解成胺、乙醇及二氧化碳，此產物皆對生物無害，為可分解材料。由於其具有高強度、高韌性、耐磨、耐油等性能，廣泛地應用於機械配件、醫療衛生、電纜護套、室內裝飾、塗料、薄膜以及鞋

表一各材質特性比較表

材質	特性
軍規鏈條	由兩條直徑約1.4mm之絞股環狀鋼索作為鏈條主要結構並以硬塑膠材質射出成形方式連接兩條鋼索，由於是異材結合，材質彈性及強度差異較大，易受水氣導致鏈條脆化。
束帶	由於材質較硬，導致加工製作過程不易，容易造成塑性變形及尺寸變化，齒距無法與孔徑配合。
時規皮帶	近似於輪胎橡膠，由棉紗芯線層或尼龍芯線層提供強度，經打洞，夾紗層經緯線斷裂，強度降低，使用過程變形量將增大。
輪胎內胎	彈性過大及延展性大，易受高溫影響導致材質裂化。
優力膠	具有耐水性、耐磨損、高機械強度，可依用途及需求調整產品硬度，具高度彈性，吸震力好，不傷機具。

資料來源：本研究整理

材等領域¹。

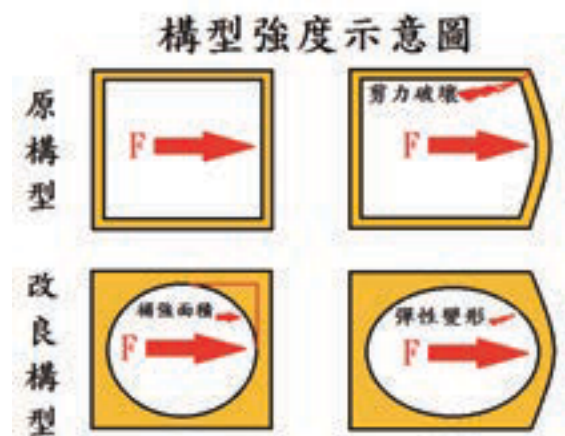
優力膠主要是琥珀色，硬度在JIS硬度60° A以上時，優力膠在機械強度方面，比其他一般橡膠超越甚多。在高硬度範圍內，優力膠比其他一切橡膠具有更優越之彈性及伸縮性，可以稱之為橡膠與塑膠間之材料。優力膠的優點：具耐磨損、耐高溫（至少可達80°C）、具有高度彈性、高耐油、吸震力強、自潤性、不傷機具，因此選擇此材質作為焦距驅動鏈條材質，最接近本次研改需求。

優力膠力學特性（詳如表二）及熱物理特性（詳如表三）分析如下²：

就「結構改良」部分，作者針對構型強度實施比較，原構型為平行四邊形，於受力時，在四邊直角處，會承受較大的剪應力，進而造成破壞。而改良後的構型，內部為圓形，在四邊直角處，補強增大受力面積，在受力不

變時，單位體積受力變小，使改良構型強度更加提升，以彈性變形保護機件，替代原構型以破壞變形保護機件（詳如圖四）。

再加上若材質使用為優力膠則有較高度的彈性，在焦距旋鈕轉動至左右極限時，過度的扭力使優力膠驅動鏈條產生彈性變形，鏈條圓周長度變長，使驅動齒輪產生跳齒空



圖四 構型強度示意圖

（資料來源：作者自行繪製）

表二 優力膠力學特性

拉抗強度	拉抗伸長率	拉抗係數	缺口衝擊強度	抗彎強度	抗彎係數	壓縮強度	壓縮係數	摩擦係數
70.55 Mpa	150%	2190.50	135.63Kj/m ²	100.59 Mpa	2478	532Mpa	635	0.22

資料來源：同註2

表三 優力膠熱物理特性

熱變形溫度 (0.45Mpa)	熱變形溫度 (1.8Mpa)	短期最高使用溫度	連續使用溫度
110°C	80°C	90°C	70°C

資料來源：同註2

- 1 王權泉、蔡官旺、郭柏謙、林澤龍、孫茂誠、陳忠益，〈聚氨酯/聚乳酸製備可分解高分子發泡材之機械、分解性及熱性質研究〉，頁2，經濟部工業局第六屆全國紡織技術論文競賽，<http://paper.tipo.org.tw/ward6.aspx>，民國104年2月26日。
- 2 華郁塑膠有限公司，[Http://www.huayu.com.tw](http://www.huayu.com.tw)，民國104年2月26日。

轉的現象；此現象猶如汽車油箱蓋「限扭力設計」一般，當扭力超過限度，產生單向棘輪空轉，達到保護機件的功能；而運用於此，則有「防呆」的效果，也就是可以防止新手操作不當，或於戰場緊張狀態下，操作手過度施力所造成的損壞，提升戰場存活率。

由於本研究尚屬於試驗階段，故以純手工製作方式實施構型研改，研究成功將尋商開模量產，以下為「焦距驅動鏈條」構型研改試做程序：

（一）以新臺幣240元購平板優力膠乙片，尺寸為：長400mm×寬350mm×高1.6mm。

（二）在量測原始焦距驅動鏈條尺寸時，因鏈條塑膠部分具有彈性，以及量測工具游標卡尺的精度問題，測量原始焦距驅動鏈條尺寸：圓周長：320mm、寬度：5mm（肋條長為5.8mm）、細鋼索直徑：1.4mm、肋條直徑寬1.9mm、鋼索間隔（隙）：2.2mm、肋條間隔

（隙）：2.2mm（詳如圖五）。

（三）將優力膠片裁切尺寸為：長350mm、寬6mm之條狀，扣除耗損約為50條；又原始焦距驅動鏈條寬度為5mm（最寬點為5.8mm），採用6mm的尺寸是因為寬度增加可使強度提升，也較容易加工製作，經量測原安裝空間可容納8mm以上之寬度，無運轉干涉之疑慮。長度350mm為預留黏合裁切空間（詳如圖六）。

（四）將原始焦距驅動鏈條之尺寸以繪圖軟體繪製尺寸圖，並輸出於紙張上（詳如圖七）。

（五）將紙張上之尺寸圖剪下，黏貼於以裁剪下的優力膠條平面上，以獲得正確的打孔點。

（六）優力膠條進行打孔的製作工序時，因以手工打孔器施工，在視覺上所造成的誤差，使每個孔的間距有些許的誤差，中



圖五 焦距驅動鏈條

（資料來源：作者拍攝）



圖六 裁切後優力膠

（資料來源：作者拍攝）



圖七 繪製鏈條尺寸

(資料來源：作者拍攝)

心線也有所偏移，因此，在實際安裝使用時，會有少許區段有些微干涉的情形產生，這些狀況若是以開模製作的生產方式，則不會產生；因此在實測過程中，齒輪與鏈條的干涉情形可以忽略不計。以孔徑2.2mm之打孔機，將尺寸圖上標示肋條間隙中心點（打孔點）一一打孔，其打孔點共有78孔（詳如圖八）。

（七）完成打孔後，將優力膠條兩端點



圖八 優力膠打孔

(資料來源：作者拍攝)

作黏合。本次試做採用兩種黏合工法：

熔接法：經詢問相關業者（手工製作優力膠驅動皮帶業者，使用於遙控汽車上），他們所採用的是熔接法，以高溫的傳統電熨斗或電烙鐵，將兩端點加溫熔溶後加壓接合；此工法須精準的控制熔接溫度，溫度過高會造成溶解，冷卻後也無法硬化，溫度過低則無法接合，施作的穩定度要求及成本過高；由於作者以電熨斗及電烙鐵各試做5次結果皆失敗，因此放棄此工法。

膠合法：以3M三秒膠將優力膠條兩端點加壓接合；初始以優力膠條橫截面作黏合，但因黏合面積太小（1.6mm×6mm），造成黏合困難，且黏合後強度不佳，黏合面非常容易斷裂。為增加膠合面積，優力膠條兩端平面（6mm的一面）徑向梯形斜切斷面，產生約5mm×6mm的截面積，再加上膠合此工法需要製作簡易夾具，用以固定膠條，使斜切面積較為一致，以增加成功率（詳如圖九）；以此法製作完成之優力膠條，其膠合黏接面強度相當好（詳如圖十），可進入實裝測試。

實裝測試階段，在無測試儀的情況，作者以手動測試一邊轉動焦距轉螺，同時也對驅動耦合器實施阻力測試（詳如圖十一），當轉動阻力過大時，優力膠材質研改的鏈條會呈現跳齒的現象但研改鏈條並無損壞（詳如圖十三）；同時也以相同方式針對軍規鏈條實施測試（詳如圖十二），測試結果，軍規鏈條肋條已斷裂（詳如圖十四）。



圖九 優力膠斜切面黏合處
(資料來源：作者拍攝)



圖十 研改後鏈條
(資料來源：作者拍攝)



圖十一 優力膠鏈條測試
(資料來源：作者拍攝)



圖十二 軍規鏈條測試
(資料來源：作者拍攝)



圖十三 測試後優力膠鏈條
(資料來源：作者拍攝)



圖十四 測試後軍規鏈條
(資料來源：作者拍攝)

在成本分析方面，五級廠軍規鏈條製作費用：開模10萬元，鏈條單價210元，優力膠鏈條製作費用，作者詢商訪價後，開模費用3000元，鏈條單價約200元。綜合上述分析，可得知研改後鏈條成本較軍規鏈條低外，可承受的扭力也較軍規鏈條大。此外，作者以問卷調查方式，由30位受試者實際操作並測試研改後鏈條，測試後的鏈條狀況依舊良好，無斷裂損毀現象，倘若研改後鏈條能開模製作，相信鏈條強度能增強外，也能節省料件採購的成本。

參、研究分析

本研究欲瞭解「焦距驅動鏈條研改可行性」，囿於本中心無相關實驗測試儀器可供實驗，故本研究採用社會科學法，以問卷調查方法探討鏈條研改的可行性，問卷設計是與從事熱源成像儀相關維修工作超過10年且具有豐富經驗的修護人員討論，取得其對問題之看法後確認研究問題與方向才將問卷定稿。本研究問卷抽樣方法是採用「立意抽樣法」衡量受試者對「焦距驅動鏈條研改可行性」的滿意度實施調查。「立意抽樣³」是根據研究人員憑其經驗和專業知識選取他具有代表性的對象而加以抽樣，採用此種抽樣方

法其優點具有簡便易行，符合調查目的和特殊需要，被調查者配合度較好，資料回收率高等優點。本問卷調查對象是以本中心受訓取得射控專長的學員生及部隊具實務經驗的保修人員進行調查，研究主要探討焦距驅動鏈條「材質研改滿意度」及「操作使用滿意度」兩個構面進行分析，問卷衡量問項採用李克特尺度 (Likert Scale) 衡量，受試者將其感受以「非常同意」、「同意」、「尚可」、「不同意」、「非常不同意」五尺度量表實施作答（詳如表四）。此次問卷發放方式為紙本問卷，共30份問卷，有效問卷30份，回收率為100%。回收問卷經整理、編碼與鍵入相關數據資料後，以SPSS 22.0版社會科學統計套裝軟體進行問卷資料的分析。

一、信度分析

在設計妥一套評價量表後，為了避免問卷資料統計時誤植或題意不清誤導受試者，通常得再進行信度及效度分析，增加問卷的可靠度及有效性。信度係指測驗結果（受試者的回答）的穩定性及可靠性（可相信的程度）。一個量表的信度越高，代表量表之穩定性越高，等值性高，內部一致性高⁴。信度高是一份有效度測驗的基本條件，沒有信度就沒有效度。在量表中，通常信度檢定方法為「Cronbach's α 」來測量信度，信度值測出來

3 謝邦昌，〈第八章 抽樣〉，輔仁大學統計資訊學，<http://bidm.stat.fju.edu.tw/school/Download/08.pdf>，民國104年2月26日。

4 余洪亮、蔡義清、莊懿妃，《商管研究資料分析SPSS的應用》（華泰文化，西元2007年9月），頁334。

表四 焦距驅動鏈條研改可行性問卷

請在補充說明欄說明圈選原因（同意或不同意的原因）					
各選項代表	非常不滿意	不滿意	尚可	滿意	非常滿意
一、我覺得優力膠（PU）材質鏈條彈性佳。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
二、我覺得優力膠（PU）材質鏈條自潤性佳。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
三、我覺得優力膠（PU）材質鏈條自撓性佳（物體可承受外力造成的彎曲變形耐性）。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
四、我覺得優力膠（PU）材質鏈條不易受潮氧化。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
五、我覺得優力膠（PU）材質鏈條採均一材質製作較為簡單。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
六、我覺得優力膠（PU）材質鏈條操作順暢度佳。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
七、我覺得優力膠（PU）材質鏈條可降低人為操作不當的損壞。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
八、我覺得優力膠（PU）材質鏈條可節省維保人力。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
九、我覺得優力膠（PU）材質鏈條可節省維保工時。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐
十、我覺得優力膠（PU）材質鏈條可節省維保成本。 補充說明：	☐	☐	☐	☐	☐

資料來源：本研究整理

只要大於0.7的程度，就代表這個量表具有相當高的穩定性與精確性⁵（Cronbach's α 係數的判斷標準如表五）。

本研究針對受試者對「焦距驅動鏈條研改可行性」設計十個問項，經由SPSS統計套裝軟體分析結果，可以看到這十個變數之量表總信度Cronbach's α 係數為0.865，表示本研究所建立的量表信度水準具高度信度。

二、效度分析

效度是指衡量的工具是否能真正衡量到研究者想要衡量的問題，最常使用為建構效度，指問卷或量表能測量到理論上的構念或特質程度，而檢測量表是否具備建構效度，最常使用之方法為因素分析法。其原理係藉由問卷題目之共同相關性發覺共同因子，並據以建構抽象概念之「構面」（因素）⁶。

KMO必須要在0.6以上，KMO越接近，表示量表題目間的相關情形良好，越適合進行因素分析（KMO值的判斷標準如表六）。

為探討受試者對「焦距驅動鏈條研改可行性」，我們可藉由因素分析法將十個問項，縮減為

「材質滿意度」、「操作使用滿意度」兩個因素構面，將所獲得之資料，先經由KMO取樣適當性檢定及巴氏球形檢定， $KMO=0.692$ ，大於0.6表示分析結果不好也不壞，巴氏球形檢定值158.610，顯著性 $=0.000 < \alpha = 0.01$ ，結果顯示資料非常適合進行因素分析（詳如表七）。

表五 Cronbach's α 係數判斷標準

項次	Cronbach's α 係數範圍	考驗結果
1	$\alpha \leq 0.30$	不接受
2	$0.30 < \alpha \leq 0.40$	初步接受
3	$0.40 < \alpha \leq 0.50$	稍微接受
4	$0.50 < \alpha \leq 0.70$	合理接受（最常接受範圍）
5	$0.7 < \alpha \leq 0.90$	可信度很高

表六 KMO值判斷標準

KMO值	因素分析適用性
$0.9 \leq KMO$	非常適合 (marvelous)
$0.8 \leq KMO \leq 0.9$	良好 (meritorious)
$0.7 \leq KMO \leq 0.8$	還算可以 (middling)
$0.6 \leq KMO \leq 0.7$	普通 (mediocre)
$0.5 \leq KMO \leq 0.6$	不太適合 (miserable)
$KMO \leq 0.5$	不能使用 (unacceptable)

表七 KMO 與 Bartlett 檢定

Kaiser-Meyer-Olkin 測量取樣適當性		0.692
Bartlett 的球形檢定	大約 卡方	158.610
	df	45
	顯著性	0.000

資料來源：本研究整理

5 楊世瑩，《PASW/SPSS統計分析即學即用》（基峯資訊股份有限公司，西元2011年6月），頁14-2。

6 同註4，頁339-340。

三、敘述統計分析

本研究區分本研究區分兩個構面十個問項，以下區分十個問項分析，首先針對「材質改良滿意度」構面分析，資料顯示30位受試者對「我覺得優力膠材質鏈條彈性佳」這一題項，滿意程度達96.7%（滿意66.7%，非常滿意30%）（詳如表八），由此可知，受試者對以優力膠材質製作鏈條的彈性呈現高度滿意。

另外，「材質改良滿意度」構面分析第二個問項「我覺得優力膠材質鏈條自潤性佳」此題問項滿意程度達90.0%（滿意66.7%，非常滿意23.3%）（詳如表九），資料顯示，受試者對以優力膠材質製作鏈條本身具有自潤的

效果呈現高度滿意。

針對「材質改良滿意度」構面分析第三個問項「我覺得優力膠材質鏈條自撓性佳」此題問項滿意程度達100.0%（滿意56.7%，非常滿意43.3%）（詳如表十），資料顯示，受試者對以優力膠材質製作鏈條的自撓性呈現高度滿意。

針對「材質改良滿意度」構面分析第四個問項「我覺得優力膠材質鏈條不易受潮氧化」此題問項滿意程度達90.0%（滿意60%，非常滿意30%）（詳如表十一），資料顯示，受試者對以優力膠材質製作鏈條可降低零件受潮氧化呈現高度滿意。

表八 材質改良構面第一題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
1 我覺得優力膠材質 鏈條彈性佳	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	1	3.3%	3.3%
	滿意	20	66.7%	70%
	非常滿意	9	30%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表九 材質改良構面第二題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
2 我覺得優力膠材質 鏈條自潤性佳	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	3	10%	10%
	滿意	20	66.7%	76.7%
	非常滿意	7	23.3%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

「材質改良滿意度」構面分析第五個問項「我覺得優力膠材質鏈條採均一材質，製作較為簡單」此題問項滿意程度達100.0%（滿意43.3%，非常滿意56.7%）（詳如表十二），資料顯示，受試者對以優力膠材質製作鏈條採同一材質，一體成型而非異材結合的方式呈

現高度滿意。

另外，針對「操作使用滿意度」構面分析，資料顯示30位受試者對「我覺得優力膠材質操作順暢度佳」這一題項，滿意程度達93.4%（滿意56.7%，非常滿意36.7%）（詳如表十三），由此可知，受試者對以優力膠材質製

表十 材質改良構面第三題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
3 我覺得優力膠材質 鏈條自撓性佳	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	0	0%	00%
	滿意	17	56.7%	56.7%
	非常滿意	13	43.3%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十一 材質改良構面第四題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
4 我覺得優力膠材質 鏈條不易受潮氧化	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	3	10%	10%
	滿意	18	60%	70%
	非常滿意	9	30%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十二 材質改良構面第五題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
5 我覺得優力膠材質 鏈條採均一材質，製 作較為簡單	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	0	0%	0%
	滿意	13	43.3%	43.3%
	非常滿意	17	56.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

作鏈條研改後操作的順暢度呈現高度滿意。

「操作使用滿意度」構面分析第二個問項滿意程度達96.7%（滿意50%，非常滿意46.7%）（詳如表十四），受試者對以優力膠材質製作鏈條可降低人為操作不當的損壞呈現高度滿意。

「操作使用滿意度」構面分析第三個

問項，93.4%受試者（滿意46.7%，非常滿意46.7%）（詳如表十五）滿意以優力膠材質製作鏈條可節省維保人力。

「操作使用滿意度」構面分析第四個問項，96.7%受試者（滿意40%，非常滿意56.7%）（詳如表十六）滿意以優力膠材質製作鏈條可節省維保工時。

表十三 操作使用構面第一題次數分配表

問項	程度區分	次數（人數）	有效百分比	累積百分比
6 我覺得優力膠材質 鏈條操作順暢度佳	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	2	6.7%	6.7%
	滿意	17	56.7%	63.3%
	非常滿意	11	36.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十四 操作使用構面第二題次數分配表

問項	程度區分	次數（人數）	有效百分比	累積百分比
7 我覺得優力膠材質 鏈條可降低人為操作 不當的損壞	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	1	3.3%	3.3%
	滿意	15	50%	53.3%
	非常滿意	14	46.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十五 操作使用構面第三題次數分配表

問項	程度區分	次數（人數）	有效百分比	累積百分比
8 我覺得優力膠材質 鏈條可節省維保人力	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	2	6.7%	6.7%
	滿意	14	46.7%	53.3%
	非常滿意	14	46.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

「操作使用滿意度」構面分析第五個問項，100%受試者（滿意33.3%，非常滿意66.7%）（詳如表十七）滿意以優力膠材質製作鏈條可節省維保成本。

四、綜合分析

本研究所探討兩個構面十個問項中，在材質改良構面（詳如表十八）「我覺得優力膠材質鏈條採均一材質，製作較為簡單」平均數4.57、標準差0.504。在操作使用構面（詳如表十九）「我覺得優力膠材質鏈條可節省維保工時」平均數4.53、標準差0.571。

焦距驅動鏈條的故障率極高，希望藉由零件材質及構型的改良，以維持裝備的妥善，囿於無實驗室可提供優力膠材質扭力及耐熱度等相關數據的測試，唯有將研改後的鏈條安裝置教學裝備上實裝測試，並以問卷調查方式探討使用者對研改後鏈條的滿意度。研究結果得知，受試者對焦距驅動鏈條研改後，在「材質改良」及「操作使用」兩個構面的滿意度中，對以優力膠材質取代目前軍規所使用的焦距鏈條的滿意度呈現高度認同。

案內構改試做是以純手工方式製作，在試做過程中無可避免的有許多次的失敗，且尺寸的誤差值也較大，若是開模委商製造，其精度及強度定能倍增。

肆、結論與建議

表十六 操作使用構面第四題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
9 我覺得優力膠材質 鏈條可節省維保工時	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	1	3.3%	3.3%
	滿意	12	40%	43.3%
	非常滿意	17	56.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十七 操作使用構面第五題次數分配表

問項	程度區分	次數(人數)	有效百分比	累積百分比
10 我覺得優力膠材質 鏈條可節省維保成本	非常不滿意	0	0%	0%
	不滿意	0	0%	0%
	尚可	0	0%	0%
	滿意	10	33.3%	33.3%
	非常滿意	20	66.7%	100.0%
	合計	30	100%	-

資料來源：本研究整理

表十八 敘述性統計「材質改良」構面分析表

衡量構面		我覺得優力膠材質鏈條彈性佳	我覺得優力膠材質鏈條自潤性佳	我覺得優力膠材質鏈條自撓性佳	我覺得優力膠材質鏈條不易受潮氧化	我覺得優力膠材質鏈條採均一材質，製作較為簡單
N	有效	30	30	30	30	30
	遺漏	0	0	0	0	0
平均數		4.27	4.13	4.43	4.20	4.57
中位數		4.00	4.00	4.00	4.00	5.00
標準偏差		0.521	0.571	0.504	0.610	0.504
最小值		3	3	4	3	4
最大值		5	5	5	5	5

資料來源：本研究整理

表十九 敘述性統計「操作使用」構面分析表

衡量構面		我覺得優力膠材質鏈條操作順暢度佳	我覺得優力膠材質鏈條可降低人為操作不當的損壞	我覺得優力膠材質鏈條可節省維修人力	我覺得優力膠材質鏈條可節省維修工時	我覺得優力膠材質鏈條可節省維修成本
N	有效	30	30	30	30	30
	遺漏	0	0	0	0	0
平均數		4.30	4.43	4.40	4.53	4.67
中位數		4.00	4.00	4.00	5.00	5.00
標準偏差		0.596	0.568	0.621	0.571	0.479
最小值		3	3	3	3	4
最大值		5	5	5	5	5

資料來源：本研究整理

雖然研改測試仍在進行中，但以優力膠在近年受到廣泛的使用（例如：軸承、避震器、輪子、引擎腳、油封、密封墊圈、滾輪），其強度與可靠度是有目共睹的。本研改的主要裝備約30年前便已經問世，也許在當時在設計及材質的採用軍事一時之選，但科技的進步一日千里，如今我們使用現代的材質改良舊式裝備的不足，進而能延長裝備壽限，減輕國防經費的負擔。

作者簡介

陳俐伶士官長，女性專業士官班第10期，後校保修管理士官長正規班98-1期，現任職於陸軍後勤訓練中心通電組教官。