

計劃名稱：防彈衣柔軟性測試法與舒適性之相關研究

計劃編號：NSC 88-2216-E-034-004

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

計劃主持人：李貴琪

執行機構：中國文化大學紡織工程學系

一、中文摘要

防彈衣柔軟度的量測為評估防彈衣舒適性的主要因素。本研究為了顧及防彈衣柔軟度測試之再現性、精確性及客觀性之目的，嘗試以影像與數值分析的觀念，用以改善本人所開發，目前正為台灣警方所採用的警用防彈衣剛柔性試驗法。藉由整合 Cusick 的垂挺度觀念與影像分析及數值分析等技術，開發「防彈衣柔軟性測試系統」。藉由擷取防彈衣之影像資料，供作防彈衣柔軟度的計算，並提供數值與統計分析用。這些數值是建立在防彈衣面積的計算，而不是由防彈衣單一方向的垂挺度量測所得，其計算方法則是以像素為評估防彈衣柔軟度之基準。

關鍵詞：防彈衣、柔軟性、像素、影像與數值分析、自然垂落投影法、懸垂係數

Abstract

The stiffness coefficient is clearly a major factor in determining the pleasure property of soft body armor. In this project, we attempt to improve the method of testing for stiffness of police soft armor by image and numerical analysis in order to achieved reliable, objective and precision test of soft body armor. By integrating Cusick's drape principle, image analysis and numerical analysis technique, a soft body armor stiffness measuring system will be set-up. It was used to obtain an image file to allow the calculation of soft body armor stiffness coefficients and mathematical and statistical analysis. These values are not calculated using the unidirectional drape coefficient of soft body armor but using soft body armor area; the calculation of soft body armor area is based on

the number of pixels.

Keywords: **Soft Body Armor**, Softness, Pixel, Image and Numerical Analysis, drape tester, drape coefficient

二、緣由與目的

隨著時代的進步，科技發展迅速，而在槍砲方面，其攻擊性能與殺傷能力也日益增強，而其相對於攻擊武器外約為防護裝備。防彈裝備又分為重裝甲、輕裝甲及軟裝甲，而軟裝甲是用於人體的保護亦即防彈背心類之產品以預防小口徑槍械的攻擊[1]。近年來由於黑槍的氾濫，使整個社會的安全達到極大的危害，而警員們在值勤時的安全也更加受重視，而其所穿的防彈衣也隨著黑槍性能的提升而需提高其抗彈性能。硬式防彈衣對於警員或軍人穿著之柔軟及舒適性並不重視，大多以抗彈性能為主，然而近年來防彈衣的發展方向有三：最佳的防彈能力，重量輕及柔軟度[2]。就最佳防護能力而言，國內採用美國 **NIJ** 之標準。其次為考慮單位面積的重量和防護能力的關係。就柔軟度而言，為了追求防彈較佳的效果，就會需以疊層或縫合以增加防護能力，但增加了車縫線或多層疊層又會降低其柔軟性。探討柔軟性的因素在於當著衣者在值勤時無論走、跑、開車、翻滾或以至於追逐時，必須以不妨礙著衣者之行動為主，若影響其活動會對勤務有所影響。而目前並未有用於防彈衣之柔軟性及舒適性之標準。但用於日常衣著上就有。其舒適性以對衣著來，一般定義係「物理、化學的人類的或情報的環境因素對人類身心的適合性，會伴隨有舒適、不舒適之感情」。對舒適性有影響的環境要因可列舉出：生理的環境要因，心理的環境要因，社會的環境要因。然而舒適性的評價法，係當從事開發機能性且舒適之衣物時，首先闡明人會感覺到舒適之條件，而將其條件以機器量測替代[3]。就柔軟性而言，現今

只有織物的測量方法:45 度懸樑法(45° Cantiliver Method), 41.5 度懸樑法(41.5° Cantiliver Method), 心臟形環法(Heart Loop Method), 彎曲法(Berding Method), 柯氏軟度檢驗器法(Clark Softness stiffness Tester Method), 自然垂落投影法等。

本研究使用國內的硬式防彈衣與軟式防彈衣二種, 並從所有測試織物柔軟度的方法中, 找出最適合應用於防彈衣者, 將其改良成防彈衣自然垂落測量法, 且輔以顯微影像處理以增加其精確性。

三、研究方法

在標準溫溼度狀態下, 進行防彈衣之前處理, 以為標準測試樣本。擺設儀器與攝影機, 以水平儀校正儀器與攝影機是否水平。將實驗組或對照組支架放置於攝影機之正下方。將防彈衣的重心點放於對照組支架上的回盤中心點。此時開始計時, 依照時間放置後, 經攝影機拍攝且使用 VMMS 電腦擷取影像。將影像經由二值化的處理及電腦計算出懸垂係數及其所代表的柔軟程度。

附註: 懸垂係數可表示防彈衣之柔軟性, 懸垂係數愈小, 柔軟性愈好。

四、結果與討論

4-1 各種柔軟度測試法之評估

4-1-1 柔軟度測試法之優缺點比較

方法	優點	缺點
41.5 度懸垂法	操作檢驗方便, 設備儀器有較嚴格的規定, 列入 CNS 國家標準	並非靠機械操作人為因素影響大
45 度懸垂法	操作簡易方便	受人為因素的影響大, 準確性低, 不適用於針織物
心臟形環法	操作簡單, 可觀察織物在下垂時有較大改變	由於所測量的時間短, 硬的織物不會產生任何變化, 其儀器並無嚴格規定基本條件
彎曲法	適用於比較挺度相接近之織物	較柔軟之織物不能使用
柯氏軟挺度檢驗法	以儀器操作較為方便, 所得之結果, 受人為的因	織物不夠軟到能向羅拉傾斜則不能檢測

	素影響較小	
自然垂落投影法	其經向與緯向的特性相互牽制, 設備儀器有較嚴格的規定, 精確度較高	無法單以經向或緯向去量測

4-1-2 柔軟度測試法使用於織物與防彈衣之比較

方法	使用於織物	使用於防彈衣
41.5 度懸垂法	測量其經向或緯向, 由於其斜面淺緩, 可適用於更多種織物, 此法較適於梭織物, 不適用於針織物	需將儀器大型化, 且防彈衣經緯向互相牽制不能測量
45 度懸垂法	不適用於針織物	需將儀器大型化, 且防彈衣經緯向互相牽制不能測量
心臟形環法	將織物試樣之中間橫向作一摺痕, 摺痕並無嚴格規定	無法在不破壞防彈衣的防彈性能下作摺痕
彎曲法	適用於比較挺度相接近之織物	將儀器改良大型化至能放置防彈衣, 操作不便
柯氏軟挺度檢驗法	適用織物少	羅拉過重且搬運、操作不便, 耗時費力
自然垂落投影法	無法單測經向或緯向	需將儀器大型化且改良設備

4-2 防彈衣形狀對防彈衣柔軟性測試的影響

硬式防彈衣的前片之懸垂係數最高為 91.5, 後片為 91.9, 而軟式防彈衣前片懸垂係數為 46.0, 後片為 74.4, 由此知道, 不論硬、軟式防彈衣之前片或後片, 其形狀不同, 懸垂係數會跟著改變, 亦即量測防彈衣的柔軟度時, 形狀會影響防彈衣的柔軟度, 因此必需只選擇前片或後片的其中一個, 由於硬式防彈衣的前片與軟式防彈衣前片的差距較顯著為 45.5, 因此在本研究中, 以前片為測試的樣本。

4-3 擷取影像之大小對防彈衣柔軟性測試的影響

硬式防彈衣與軟式防彈衣在進行柔軟性測試擷取影像時, 需有一比對標準做為依據, 於是, 將不同大

小之防彈衣放置於適當之紙板上，依序拍攝防彈衣懸垂前與懸垂後之對照組。因此在本研究中使用之紙板為 65×65、70×70、80×80、90×90 平方公分。圖 1 為擷取影像大小對硬式防彈衣前片柔軟性測試的影響；圖 2 為影像大小對軟式防彈衣前片柔軟性測試的影響。影像大小對硬、軟式防彈衣均有相同之趨勢。在紙板大小為 65 至 70cm 處，懸垂係數變化較緩；70cm 以上則懸垂係數隨紙板大小的增大而減小。紙板愈大，亦即代表所擷取之影像相對變小，就相同目標物而言，當其懸垂係數逐漸減小時，即代表其精度及準確性有下降之趨勢。最小紙板為 65 公分之正方形是放置防彈衣的最小面積。

4-4 置放圓盤之大小對防彈衣柔軟性測試的影響

硬式、軟式防彈衣依其大小使用適當的紙板後，改變置放台圓盤大小，置放 15 分鐘後，所測得之懸垂係數如圖 3,4 所示。硬式防彈衣如圖 3 所示，改變圓盤大小對懸垂係數的影響很小，懸垂係數在 90.3% - 91.5% 之間。此乃因防彈衣太硬、繃緊，故改變圓盤大小對懸垂係數的影響很小。而圓盤大小則對軟式防彈衣柔軟性測試影響甚大，如圖 4 所示，圓盤大小為 7 公分時，軟式防彈衣前片的懸垂係數為 46.5%。隨著圓盤大小的減小其懸垂係數急激變小；在圓盤大小減至 3 公分以下時懸垂係數變化趨於平緩，而圓盤 3 公分為穩定而可適用的圓盤。若將硬式與軟式防彈衣前片二者之結果作一比較，則可看出圓盤 1.8 至 3 公分間較為平緩，而後之 4 至 7 公分處其差距急速減少。硬式與軟式防彈衣二者懸垂係數之差距亦代表其精確度，亦即二者懸垂係數之差距愈大，顯示使用此種大小圓盤愈敏感。

4-5 置放時間對防彈衣柔軟性測試的影響

圖 5,6 為二種防彈衣在常溫及不受到任何外力作用下，放置於 3 公分、6 公分的圓盤上，依放置時間的長短所得之懸垂係數。其放置時間由 0 分鐘開始，每隔 5 分鐘拍攝一次，至 30 分鐘後停止。圖 5 顯示硬式防彈衣之置放時間較短，僅需 10-15 分鐘以上，即可達到平衡狀態。此乃因其內部的防彈纖維織物層數

多，又將防彈織物全部車縫緊密，使之完全繃緊，而無法伸展，因此在短時間之放置下即達到平衡狀態。而軟式防彈衣如圖 6 所示，其置放於圓盤 3,6 公分，其置放時間為 20 分鐘後，漸趨平衡狀態。因其織物並未完全緊密車縫，而是稍微車縫中間部分，故懸垂係數隨著置放時間的增加而漸趨平緩。因此為確保其準確性及精度，在訂定的標準中，對兩種不同的防彈衣，置放時間採用 20 分鐘為測量標準的依據最佳。隨著防彈衣的柔軟度愈硬，所需的置放時間則需愈長。

五、計劃成果自評

- (1) 本研究選擇以仿照自然垂落投影法來改良測試防彈衣的柔軟度，因此改良後的防彈衣自然垂落拍攝法精度好且適合使用於防彈衣上，加上輔助電腦等運作，可增加其準確度。
- (2) 拍攝時就相同目標物而言，實物與背景之相對面積比愈大時，其懸垂係數減小，即代表其精度及準確性有下降之趨勢。故所使用之背景紙板大小越小則其精確度越高。
- (3) 防彈衣的形狀不同，其懸垂係數也跟著改變，因此在測試防彈衣的柔軟性時，選用前片做為試樣樣本的標準。
- (4) 圓盤大小減至 3 公分以下時懸垂係數變化趨於平緩，而圓盤 3 公分為穩定而可適用的圓盤。
- (5) 將所需置放之時間訂定為 20 分鐘，因防彈衣為厚重之衣物，其懸垂時不僅是柔軟而造成的，也會因其本身之重量而再逐漸下垂，而經實驗得知時間在 20 分鐘之後，防彈衣之懸垂會趨於平穩，不再變化。

六、參考文獻

- [1] 梁大同，謝新龍，複合防彈裝甲先進材料應用簡介，材料與社會，第 68 期，89-93(1992)
- [2] Technology Assessment Program, Ballistic Resistance of Police Body Armor, National Institute of Justice, NIJ0101.03, 3-5(1987)
- [3] 邢文藻，織物挺性與柔軟度，紡織檢驗實務，龍岡出版社，台北，中華民國，387-394(0994)

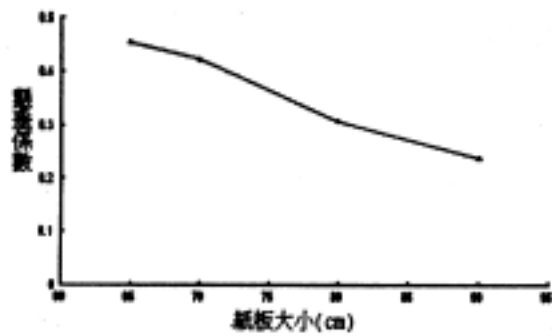


圖1 擷取影像之大小對硬式防彈衣柔軟性測試的影響

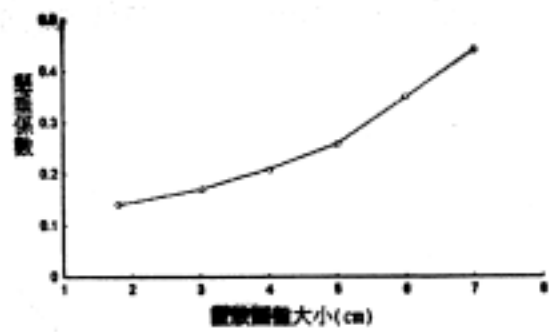


圖4 軟式防彈衣前片置放於直徑1.8至7公分圓盤放置15分鐘後之變異係數

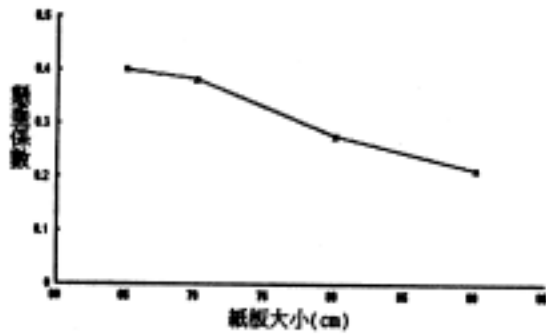


圖2 擷取影像之大小對軟式防彈衣柔軟性測試的影響

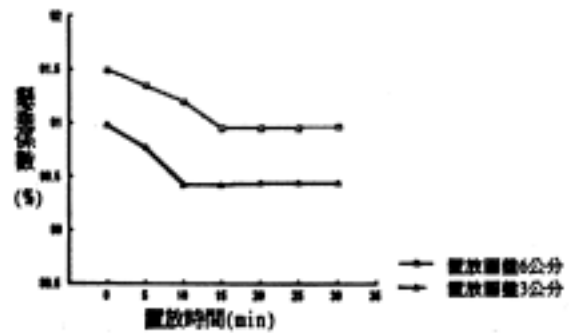


圖5 硬式防彈衣前片置放於直徑3及6公分圓盤上放置時間為0至30分鐘時之變異係數

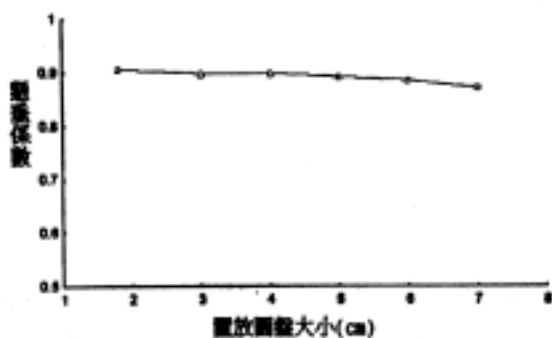


圖3 硬式防彈衣前片置放於直徑1.8至7公分圓盤放置15分鐘後之變異係數

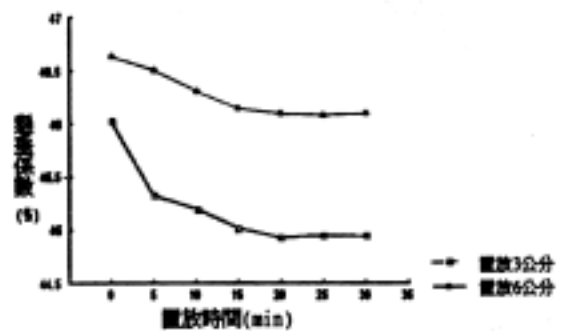


圖6 軟式防彈衣前片置放於直徑3及6公分圓盤上放置時間為0至30分鐘時之變異係數

計劃名稱：防彈衣柔軟性測試法與舒適性之相關研究

計劃編號：**NSC 88-2216-E-034-004**

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

計劃主持人：李貴琪

執行機構：中國文化大學紡織工程學系

摘要

防彈衣柔軟度的量測為評估防彈衣舒適性的主要因素。本研究為了顧及防彈衣柔軟度測試之再現性、精確性及客觀性之目的，嘗試以影像與數值分析的觀念，用以改善本人所開發，目前正為台灣警方所採用的警用防彈衣剛柔性試驗法。藉由整合 Cusick 的垂挺度觀念與影像分析及數值分析等技術，開發「防彈衣柔軟性測試系統」。藉由擷取防彈衣之影像資料，供作防彈衣柔軟度的計算，並提供數值與統計分析用。這些數值是建立在防彈衣面積的計算，而不是由防彈衣單一方向的垂挺度量測所得，其計算方法則是以像素為評估防彈衣柔軟度之基準。