

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

動力手工具之振動評估與減振技術之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2626-B-041-004-

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

執行單位：嘉南藥理科技大學工業安全衛生系

計畫主持人：何先聰

計畫參與人員：劉玉文；胡世明

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 3 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

動力手工具之振動評估與減振技術之研究

Study for Technology of Measurement and Reduction on Power Handheld Tools.

計畫編號：NSC 91-2626-B-041-004

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：何先聰 教授

嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

協同主持人：劉玉文 教授

嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

研究人員：胡世明 講師

嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

一、中文摘要

本研究主要對使用中的鏈鋸操作時引起之手-手臂振動量，進行振動危害量測評估及減振披覆效果探討，以預防振動症候群之發生。本研究首先調查現今國內常使用鏈鋸之廠牌及型號作為研究對象。實驗依據 ISO 7505 (1986) 規範來進行，並以 ISO 5349 (1986) 規範評估振動檢波器 (RION PV-93) 及 K-SHEAR 三軸向加速計 (Type 8794A500) 等不同檢拾器振動量之差異，實驗時，以不同鏈鋸配合不同減拾器或減振材料，對木材切割，量測其振動量，記錄於錄音座 (SONY PC204AX) 中，完成實驗後，在實驗室內重新播放作三軸向頻譜分析。

本研究獲得初步結果如下：使用振動波檢拾器量測之振動量比使用 K-SHEAR 三軸向加速計量測之振動量高出許多，發現以 K-SHEAR 三軸向加速計較接近人體實際感受之暴露量；另一實驗結果發現，以減振手套 (愛德蒙、台製手套) 和減振材料 (硬海綿) 披覆於鏈鋸前、後把手，高頻區 (大於 200Hz) 及低頻區 (小於 80 Hz)、敏感區 (80~200 Hz)，分別在某些頻率 (愛德蒙手套：630~1000 Hz；台製手套：630~1250 Hz；硬海綿：400~630 Hz) 可以看出明顯之減振效果。而減振手套 (棉紗手套) 及減振材料 (軟海綿、泡泡膜) 沒有明顯的減振效果。

關鍵詞：手-手臂振動、鏈鋸、減振手套、減振材料、振動症候群

ABSTRACT

The main purposes of this study are to assess the vibration acceleration of chain-saw during operating, to estimate the hazards of hand-arm vibration of chain-saw to develop the vibration-reduction methods, in order to the decrease prevalence of vibration syndrome. In the first step, different model of chain-saws were collected by using RION PV-93 pick up and K-SHEAR vibration-accelerator in the work place. Then, there were measured according to ISO7505, triaxial accelerator (TYPE 8794A500) to compare the difference between these two type of pick up. finally, by using the above-mentioned pick up marching with different vibration-reduction materials to assess the efficiency of vibration-reduction.

The following results were achieved: The vibration-acceleration were higher when using RION PV-93 than using K-SHEAR triaxial accelerator. The vibration acceleration tested by K-SHEAR triaxial accelerator was more similar to the sensation of human body. By mounting the vibration-reducing glove including Admon and Taiwan glove as well as hand sponge covering the anterior and posterior hands, the vibration acceleration were significantly reduced in 630~1000Hz, 630~1250Hz, 400~630Hz by Admon glove, Taiwan glove and hand sponge respectively. However, the cotton glove most often wear, soft sponge and air bubble membrane did not show any vibration reduce.

Keyword: hand-arm vibration, vibration-reducing glove, chain saw, Vibration-reducing materials, vibration-syndrome.

二、緣由與目的

振動危害便是作業場所中主要危害勞工的物理性因子。振動對人體的影響蓋可分為全身振動與局部振動兩種。這些振動能量藉由固體介質從振動源傳遞至操作勞工的身體、手及手臂，這種長期職業性的振動暴露可分為全身振動(whole body vibration, WBV)與手-手臂振動(hand-arm vibration, HAV, 或稱局部振動)，前者係指固體震盪能量經由腳部或臀部傳至全身容易造成勞工脊椎骨、椎間盤突出、消化系統、前庭器官異常病變；後者則為固體震盪能量由手部傳至身體，以手部末梢神經與末梢循環的傷害為主，一旦病變顯現，將無法由藥物治療而復原，且其危害屬於長期累積，致使人們在不知不覺中病變惡化。長期操作振動手工具(如表 1)的職業傷害程度決定於機具振動暴露劑量、振動傳遞方向、氣候狀況、操作者的工作方法及技術、影響末梢循環之媒介物等，條件不同會有顯著的差異。

為了解現階段台灣地區使用鏈鋸而有手-手臂振動且其振動量高之勞工振動暴露情況，本研究主要針對鏈鋸之振動特性進行初步調查與評估其振動特性。除了對其振動量進行評估，以行政管理方式來調整勞工之暴露劑量外，更有必要從機體本身或勞工握把界面來探討如何降低振動量的傳入，而本次研究主要針對減振方法（市售減振手套、減振材料）評估其是否具有減振特性，探討可否減低鏈鋸產生之頻率，降低白指病之發生機率，以避免勞工受到鏈鋸產生的振動量引起之危害。

在林務作業中，鏈鋸屬於高振動量之機具（圖 1 鏈鋸工人操作），因其廠牌、種類繁多，故本研究之初，先行調查國人普遍使用的鏈鋸為何種廠牌及型號，以目前仍有勞工使用之型號為採樣對象，特地找尋代理商詢問現今台灣最常使用三大鏈鋸廠牌及型號之最新情況，台南總代理商熱情提供大量相

關資料，因而取得較具代表性的樣本，之後設法租借得到鏈鋸，加強本次研究計劃，並針對其中二型鏈鋸（TANAKA ECS-4000、KOMATSU G561 AV）作減振技術之探討。



圖 1 鏈鋸工人操作

表 1 暴露於手-手臂振動之行業及工具類表

行 業 別	動力工具別
岩石切割、鍋爐、汽車製造、造船、橡膠製造業	氣動手工具
鋼鐵機械製造業	振動手工具
鐵路砸道工	手持式砸道機
郵差	重型機車駕駛
營造、礦業、傢具製造、水電業	鑽孔、鑽岩機具
鑄造業、石材加工、營造業	研磨機具
營造業、礦業	混凝土破碎機、鑿岩機
電子業、機械維修	電動手工具
農業、伐木及木材加工業	鏈鋸

整個計畫的工作項目敘述如下：

- (1)收集現有之 ISO 及 DIN 相關規範對手 - 手臂振動量測方法與評估原理。
- (2)調查台灣常使用的鏈鋸廠牌及型號，進而得到國人手 - 手臂振動量之分布情形，並設法租借得到鏈鋸，以利本研究之進行。
- (3)確定可以租借的鏈鋸，規劃採樣流程，進行動力手工具的振動量量測。

- (4)搜集國內減振手套、減振材料之相關資訊，包覆於動力手工具的手把上，進行振動量測並評估其減振效果。
- (5)振動檢波器（RION PV - 93）依據 ISO 7505(1986)之規範裝設於鏈鋸前、後把手，進而得到鏈鋸機體本身之振動量。
- (6)K - SHEAR 三軸向加速計(Type 8794A500)依據 ISO 5349(1986)之規範，設法夾在第三掌骨的頭，模擬林務工作者手 - 手臂振動量之情形。
- (7)回實驗室後將紀錄所得之振動波重新輸出，依 1/3 音度頻帶實時間頻譜分析所對應的實效振動加速度量測。
- (8)依據 ISO 5349(1986)之規範及本國勞工安全衛生設施規則，加以評估其振動量，探討對人體之危害程度。
- (9)比較振動檢波器與 K - SHEAR 三軸向加速計兩者間之振動量差異。
- (10)依據 ISO 5349(1986)之規範使用 K - SHEAR 三軸向加速計量測振動量，比較各種減振方法與未使用減振方法時振動量之差異，檢討其減振效果。

依規劃時間將振動檢波器裝置於鏈鋸把手並連接至各儀器，；首先設定振動分析器(RION VM 19A)於校正狀態，調整各軸的位準至滿刻度，並將三軸之校正信號存入數位式資料儲存磁帶上以做為日後讀出分析時的參考值。然後設定振動分析器於測量加速度位準及選擇適當的位準範圍後即可開始測量及儲存所測得的振動波，期間模擬勞工操作鏈鋸時的三種操作狀態之引擎轉速 Idling(怠速)、Full Load(滿載 Maximum Power)、Racing(最高轉速)並記錄之，此乃本次研究異於往日研究動力手工具之最大差別，即在於操作鏈鋸時，皆以廠商所提供之滿載(Maximum Power)時的引擎轉速(rpm)值來作測量，以達到 ISO 7505(1986年)之要求。振動量測方向，依據 ISO 7505(1986)

規定振動傳遞到手-手臂的直角坐標系統(圖2 振動檢波器裝置於鏈鋸之把手位置)，鏈鋸切割位置依據 ISO 7505(1986)規定。其中 Idling(怠速)之定義為準備操作時按下開關，為了在使用能使鏈鋸更加平穩，先行熱機，轉速較慢、聲音平穩、耗油量較少；Full Load(滿載；Maximum Power)之定義為使用中，壓下轉速按鈕，全負荷、最佳狀況，耗油量不見得最少。Racing(最高轉速)之定義為啟動鏈鋸，將轉速按鈕壓到底，鏈鋸所能達到極限之轉速。

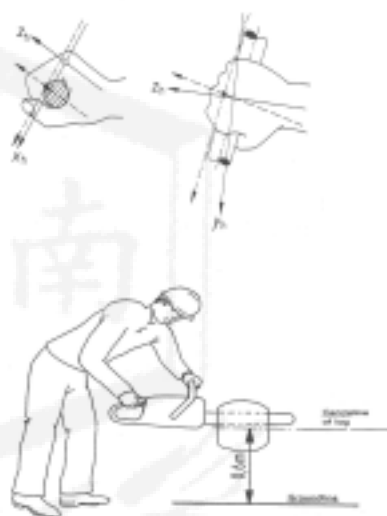


圖 2 鏈鋸切割位置及手持軸向



圖 3 持握加速計正確的姿勢

依規劃時間將 K - SHEAR 三軸向加速計使用原廠配備的螺絲固定於特製的把手上，將特製的把手依據 ISO 5349 (1986) 夾在第三指縫及第四指縫之間如圖 3 所示，並將 K - SHEAR 三軸向加速計連接至各儀器；首先將 K - SHEAR 三軸向加速計使用蜜蠟固著在指示振動器上，K - SHEAR 三軸向加速計之連接線連接至頻道聯結器，頻道聯結器連接至振動波紀錄器，並分別將三軸之校正信號存入數位式資料儲存磁帶上以做為日後讀出分析時的參考值。期間模擬勞工操作鏈鋸時的三種操作狀態之引擎轉速並記錄之，此乃本次研究異於往日研究動力手工具之最大差別，即在於操作鏈鋸時，皆以廠商所提供之滿載(Maximum Power)時的引擎轉速(rpm)值來作測量，以達到 ISO 7505 (1986 年) 之要求。振動量測方向，依據 ISO 5349 (1986) 規定振動傳遞到手-手臂的直角坐標系統，鏈鋸切割位置依據 ISO 7505 (1986) 規定 (圖 2 鏈鋸切割位置)。

本節所要討論減振手套及減振材料對鏈鋸之振動量差異性為何？主要研究實驗方法，乃先購買在市面上宣稱其有減振效果之手套及減振材料，然後將其裁切，披覆於 K - SHEAR 三軸向加速計與把手之間，作為減振材料測試。目前購得三種款式之減振手套(愛得蒙手套、台灣製手套、棉紗手套)如圖 4 及三種減振材料(硬海綿、軟海綿、泡泡膜)如圖 5，來作實驗分析評估是否具有減振成效。



圖 4a 愛德蒙手套



圖 4b 棉紗手套



圖 4c 台灣製手套



圖 5a 軟海綿材料



圖 5b 硬海綿材料



圖 5c 泡泡膜材料

三、結果與分析



圖 6 鏈鋸實際採樣情形 - 使用振動檢波器



圖 7 未戴手套持握加速計之情形



圖 8 鏈鋸實際採樣情形 K - SHEAR 三軸向加速表

圖 6~圖 8 分別為本研究實際採樣鏈鋸手-手臂振動之照片，使用 K - SHEAR 三軸向加速計與振動檢波器對 TANAKA ECS-4000、KOMATSU G561 AV 二型鏈鋸產生之振動量做總量分析結果顯示振動檢波器所量測之振動量高於 K - SHEAR 三軸向加速計之振動量，實驗結果發現鏈鋸機體產生之振動量並非手-手臂直接感受到之振動量，是有其差異性存在，使用 K - SHEAR 三軸向加速計來測量勞工實際暴露情況較具代表性，符合 ISO 5349 (1986) 模擬手-手臂實際暴露之振動量。棉

紗手套與愛得蒙手套對於 TANAKA ECS - 4000 並無顯著減振效果，台製手套在高頻 (500、800 和 1000 Hz) 具有減振效果，在相同頻率具有減振之一致性，由數據結果推論台製手套可以降低 TANAKA ECS - 4000 在高頻產生之振動量。軟海綿與泡泡膜對於 TANAKA ECS - 4000 並無顯著減振效果，硬海綿在中高頻 (100 和 125 Hz) 以及高頻 (500 和 1000Hz) 具有減振效果，在相同頻率具有減振之一致性，硬海綿可以降低 TANAKA ECS - 4000 在高頻產生之振動量。棉紗手套及台製手套對於 KOMATSU G561 AV 並無顯著減振效果，愛得蒙手套在高頻 (500~1250 Hz) 具有減振效果，在相同頻率具有減振之一致性，由數據結果推論愛得蒙手套可以降低 KOMATSU G561 AV 在高頻產生之振動量。

研究數據結果顯示，軟海綿及泡泡膜對於 KOMATSU G561 AV 並無顯著減振效果，硬海綿在中高頻 (400~630 Hz) 具有減振效果，在相同頻率具有減振之一致性，由數據結果推論硬海綿可以降低 KOMATSU G561 AV 在高頻產生之振動量。將減振手套分別安裝在 TANAKA ECS-4000 和 KOMATSU G561 AV 鏈鋸之減振效果比較可以看出棉紗手套並無減振效果；愛得蒙手套在高頻 (630~1000 Hz) 和台製手套在 (800~1250 Hz) 具有很明顯之減振效果。將表減振材料披覆於 TANAKA ECS-4000 和 KOMATSU G561 AV 鏈鋸之減振效果對照可以看出軟海綿及泡泡膜並無減振效果；硬海綿在高頻 (400、500、630~800 Hz) 具有很明顯之減振效果。

本研究依據 ISO5349(1986)之規範，將測定位置(前、後把手)分別分成九個軸向及狀態分析和評估使用棉紗手套是否具有可以降低鏈鋸產生之振動量。結果顯示，只有最高轉速-後把手-X 軸：800 Hz、滿載-後把手-Y 軸：800 Hz 具有減振效果，但整體看來，棉紗手套並無明顯有效減振之功效。使用台製

手套時結果顯示，在怠速-前把手-Z 軸：800 Hz、最高轉速-前把手-Z 軸：1000 Hz、怠速-後把手-X 軸：630 Hz、滿載-後把手-X 軸：800 Hz、怠速-後把手-Y 軸：250 Hz、最高轉速-後把手-Y 軸：在 1250Hz，整體看來，台製手套具有明顯減振之功效。使用軟海綿時之結果顯示，只有滿載-後把手-Y 軸在 800 Hz 具有減振效果，整體看來，軟海綿手套並無明顯有效減振之功效。使用硬海綿時之結果顯示在怠速-前把手-Y 軸：400 Hz、最高轉速-前把手-Y 軸：800 Hz、怠速-後把手-X 軸：100 Hz、滿載-後把手-Z 軸：630 Hz 具有減振效果，整體看來，硬海綿有較明顯減振之功效。使用泡泡膜時之結果顯示，只有怠速-前把手-X 軸：125 Hz、滿載-後把手-Y 軸：630 Hz 具有減振效果，整體看來，泡泡膜並無明顯有效減振之功效。

減振手套最有效果為台灣製手套，而棉紗手套完全沒有效果，把三種手套剪開來發現棉紗手套只是由一層薄薄棉紗織成，所以沒有減振的效果；愛得蒙手套剪開後有一塊類似橡膠具有彈性的吸振材料，在高頻的地方可以明顯看出有減振效果；台灣製手套剪開後是由數層棉布織成，但最外層由一層硬的塑膠包覆雖其減振較好，但因其材質較硬所以在握鏈鋸時不好操作。減振材料方面硬海綿為最有效果最差為泡泡膜，硬海綿因具有硬度較會吸振所以減振效果較好；軟海綿之彈性佳，但不會吸振所以減振效果較差；泡泡膜減振效果也不理想。

四、結論

本研究經不同廠牌的鏈鋸進行各種狀況之手-手臂振動量測，主要依據 ISO 7505 (1986) 及 ISO 5349 (1986) 之規定進行採樣、分析結果獲得初步結論如下：

1. 手-手臂振動量測技術

為了更符合鏈鋸操作者實際暴露於手-手臂振動量，本研究使用兩種檢拾器量測，第一種是依據 ISO 7505 (1986) 之規範模擬鏈鋸本體之振動量，使用儀器為振動檢波器 (RION PV-93) 進行測定；第二種依據 ISO 5349 (1986) 之規範，模擬勞工手-手臂暴露情形，使用儀器為 K-SHEAR 三軸向加速計 (Type 8794A500)。振動檢波器使用管束 (Hose Binder) 固定於鏈鋸機體上，K-SHEAR 三軸向加速計則夾在第三指及第四指指縫之間，測試結果可以明顯發現機體本身的振動量比模擬手-手臂暴露量還要來的大，故本研究選擇 K-SHEAR 三軸向加速計進行減振手套、材料減振效果實驗，因 K-SHEAR 三軸向加速計較接近於勞工手-手臂振動暴露量。

2. 鏈鋸披覆減振材之振動降低效果與說明

本研究主要對減振手套及減振材料兩種披復於鏈鋸之可行性探討，主要對象以 TANAKA ECS-4000 和 KOMATSU G561 AV 等兩型鏈鋸來作測試，其結果說明如下：

(1) 減振手套效果說明

本研究以三種減振手套(棉紗手套、愛得蒙手套、台製手套)分別披覆鏈鋸前、後把手，以 K-SHEAR 三軸向加速計進行測試，測試的結果可以發現棉紗手套沒有很明顯的減振效果；愛得蒙手套在高頻區具有顯著減振效果，在低頻區及敏感區則無明顯減振情形；台製手套在高頻區具有顯著減振效果，但在低頻區及敏感區則無明顯減振情形。台製手套及愛得蒙手套在後把手高頻區具有顯著減振效果，在前把手則比較不明顯，三種手套以台製手套減振效果最好。

(2) 減振材料效果說明

本研究採用三種減振材料(泡泡膜、軟海綿、硬海綿)分別披覆鏈鋸前、後把手，以 K-SHEAR 三軸向加速計進行測試，測試的結

果可以發現泡泡膜在愈高頻率則減振效果越大，但減振效果不是很明顯，軟海綿在後把手高頻區具有顯著減振效果，在低頻區及敏感區則無明顯減振情形；台製手套在高頻區具有顯著減振效果在低頻區及敏感區則無明顯減振情形。三種材料中以硬海綿之減振效果最佳。在所有減振的材料及手套以台製手套的減振效果最明顯。

五、參考文獻

- (1) 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2000；”振動作業危害預防技術手冊”，台北，IOSH89-T-037。
- (2) International Standard (ISO)：Forestry machinery - Chain saws- Measurement of hand-transmitted vibration，ISO7505，1986-05-01。
- (3) International Standard (ISO)：Mechanical vibration-Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration，ISO 5349，1986-05-15。
- (4) 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，1998，工作環境安全衛生狀況調查----受雇者認知調查，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，台北，IOSH88-H309。
- (5) Hsin-Su Yu，Tsing-Hua Yao，Ho-Ming Tseng，Shien-Tsong Ho and Chung-Ho Chien：Vibration Syndrome - With Special Reference to the Effect of Temperature on Vibration-induced White Finger - Reprinted from the Journal of Dermatology Vol.15. No.6 pp.466-472.December 1988.
- (6) 劉玉文、何先聰，“機車局部振動引起末梢循環及感覺機能障礙之研究”，嘉南學報，第十六期，pp.24~30（1990）
- (7) Ho-Ming Tseng，.Hsin-Su Yu，.Shien-Tsong Ho and Tsing-Hua Yao：Vibration Syndrome-Pathophysiological and Electronmicroscopic studies，Reprinted from The Kaohsiung Journal of Medical Sciences，Vol.2.No.12.732-744.December 1986
- (8) 胡世明，劉玉文，何先聰，1989，動力手工具局部振動及其對人體危害評估，技術學刊，第四卷，第三期：219-226。
- (9) 日本工業規格（JIS），手持動力手工具振動之測定方法（Method of measurement and description of hand-transmitted vibration level），1986。