# 行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

## 營建業從業人員之局部振動暴露量之評估與降低暴露可行性之探討

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC94-2211-E-041-011-
執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日
執行單位：嘉南藥理科技大學職業安全衛生系


計畫主持人：何先聰
共同主持人：劉玉文
計畫參與人員：胡世明、黃靖茹


報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中　華　民　國 95 年 10 月 30 日

# 營建業從業人員之局部振動量測與評估

胡世明[1]、劉玉文[1]、何先聰[1]、黃靖茹[1]、程彥鈞[1]

## 摘　要

營建業是國內使用最多樣化動力手工具的行業之一，而英國在 2006 年 7 月 16 日所通過之手-手臂振動防治行動綱領內亦將營建工程使用之動力手工具列入須特別注意的行業之一。本研究針對營建業經常使用之動力手工具，在從業人員實地操作機具時，分別取得機體、握把處施以推力、握力時之振動加速度值，以及實地操作時之推力及握力之大小。

本研究依國際標準組織(ISO)訂定的動力手工具標準量測方法(ISO 5394-2)及機械振動經由手掌傳遞至手-手臂系統之量測評估標準(ISO 10819)使用三軸加速度規(Dytran 3143D)、Lutron FG-20KG 修改設計之推、握力計、NI 之加速規訊號電源供應器、資料擷取卡、筆記型電腦及應用 NI Labview 及 Sound & Vibration Tools Kit 所開發之三頻道實時間振動加速度頻譜分析軟體取得各種狀態時之振動加速度值。並利用 Lutron 所開發 RS232 介面資料傳輸軟體取得於採樣過程與變化情形來和振動加速度值做為比對之用。取得之數據整理後之結果再與振動危害評估標準(ISO 5394-1)及我國勞工安全衛生設施規則第 302 條之允許最大暴露之加速度值比較。

研究結果顯示國內動力手工具之振動加速度值皆高過英國之行動基準值(action level) 2.5m/s$^2$ 甚多，電動鎚鑽(Hitachi V-14)之振動加速度總量 21.04m/s$^2$，混凝土破壞機(Makita HM0818)之振動加速度總量 15.29m/s$^2$，拋光機(Makita BO4510)之振度加速度值 19.27m/s$^2$，以平均每日操作動力手工具四小時計算，依 ISO 5349-1 百分之十罹患白指病機率之工作年齡皆低於十年，這應該是國內主管官署及僱主、員工所必須面對的一個課題。

【關鍵詞】手-手臂振動、動力工具、電動工具

[1] 嘉南藥理科技大學 職業安全衛生系

# 壹、前　言

營建業是台灣的大行業之一，很多家庭都倚賴營建業為生，相對的從事營建業的人口也相當多，在營建業中，動力手工具的使用是不可或缺的。然而動力手工具潛在的危險性”振動”是危害勞工的物理性因子，勞工長期暴露於手-手臂振動，會使勞工末梢神經病變、或腕道症候群之機率大大增加。英國在 2006 年 7 月 16 日所通過之手-手臂振動防治行動綱領內亦將營建工程使用之動力手工具列入須特別注意的行業之一。振動危害造成的病變無法藉由藥物治療而復原，且暴露劑量的危害屬於長期累積，使勞工不知不覺中病變惡化。隨著國內勞工政策漸受重視，政府與學術界正積極致力於作業環境改善之研究，本研究就是以這個背景所擬定。過去的文獻指出鏈鋸引起的手-手臂病變主要以末梢神經與循環系統病變為主(白指病)，但現今的林場業務僅限於植林，但其他行業如石材業、營造業、金屬鑄造業、機械操作、電子場裝配等類型的勞工，其振動量的大小與主要顯著頻率、每天暴露的時間、所處的位置溫濕條件，均有所差異，在職業病防治受重視的今天，調查營建業常使用的動力手工具其振動量與暴露情形，是刻不容緩的。研究之執行除了從相關法規標準來探討勞工的暴露情形，另從危害程度探討一般熟知的白指病，亦可了解手臂骨骼及關節韌帶可能造成相當嚴重之危險(腕道症候群 carpal tunnel syndrome, CTS)，長期振動暴露的嚴重程度和工作年資與作業時間有直接相關，動力手工具的使用年份與因機體磨損產生的振動量是有相關性的，這些都是值得我們深入探討的。本研究目的包括：1.營建業常使用之動力手工具的特性了解 2.動力手工具運轉時，X、Y、Z 三軸向振動量，加權總量及其顯著頻率之分析評估 3.以安全衛生的觀點探討振動症候群的預防與建議。

# 貳、 研究方法與步驟

一、研究設備

三軸加速度規(Dytran 3143D)、Lutron FG-20KG 修改設計之推、握力計、NI 之加速規訊號電源供應器、資料擷取卡、筆記型電腦及應用 NI Labview 及 Sound & Vibration Tools Kit 所開發之三頻道實時間振動加速度頻譜分析軟體取得各種狀態時之振動加速度值。並改裝 Lutron FG-20KG 推拉力計成推、握力計及所開發 RS232 介面資料傳輸軟體取得於採樣過程中全部之之推(握)力大小與變化情形來和振動加速度值做為比對之用。有關本研究所使用之研究設備與相關動力手工具分別如下圖 1 至圖 13 所示。

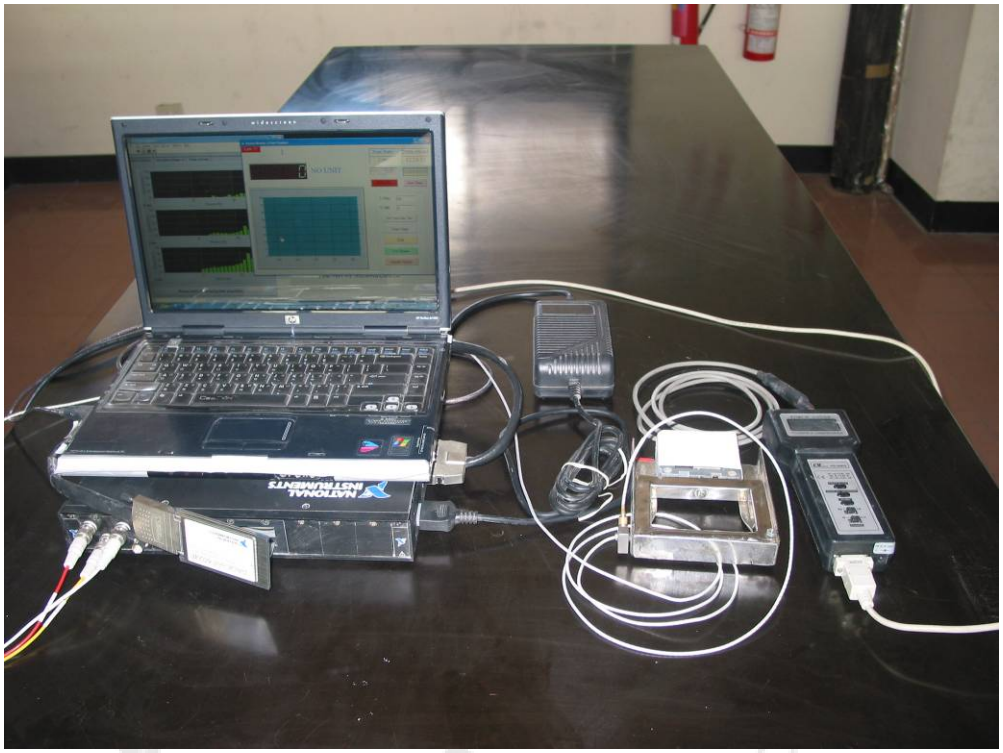

**圖 1. 研究設備**

**圖 2. 電動鎚鑽 Hitachi V-14**

**圖 3. 電動鎚鑽 B&D BD154R-H1E**

**圖 4. 電動電鑽 Hitachi D-10C**

**圖 5. 電動平面砂輪機 Hitachi Q-103BH**

圖 6. 電動平面砂輪機 B&D P54-04

圖 7. 電動平面砂輪機 Hitachi 91-18271

圖 8. 拋光機 Makita BO4510

圖 9. 拋光機 B&D 4011

圖 10. 水泥攪拌機 AGP 1318

圖 11. 混凝土破壞機 Makita HM0810

圖 12. 木工用修邊機 Jepson 7106

圖 13. 電動圓鋸機 Makita 5601N

二、研究步驟

1. 將 NI LabView 7.4 、Sound & Vibration Tools Kit 所開發之三頻道實時間振動加速度頻譜分析軟體及 RS232 介面資料傳輸採樣軟體安裝於筆記型電腦並熟悉軟體的操作方法。
2. 將三軸加速度規(Dytran 3143D)及改裝後推、握力計(Lutron FG-20KG)與筆記型電腦相連接，並測試操作方法。
3. 搜集營建業相關動力手工具的資料並租借研究所需的動力手工具。
4. 熟悉動力手工具的操作方法。
5. 將三軸加速度規固定於動力手工具握把上或推、握力計上，將推、握力計固定於動力手工具握把上。
6. 按照研究設計，動力手工具施力於受體(混凝土、木頭、水泥)上依不同的動力手工具施力範圍為推力(電動鎚鑽 V-14 80N、100N、120N)或握力(電動平面砂輪機 40N)。
7. 記錄動力手工具對受體施力大小及動力手工具之振動加速度值。
8. 記錄五次後利用 Excel 算出五次的平均總量及三軸各別振動加速度值。
9. 將五次平均總量與我國勞工安全衛生設施規則第 302 條之允許最大暴露之加速度值比較及振動危害評估標準(ISO 5349-1)圖 14.比較得到結果。

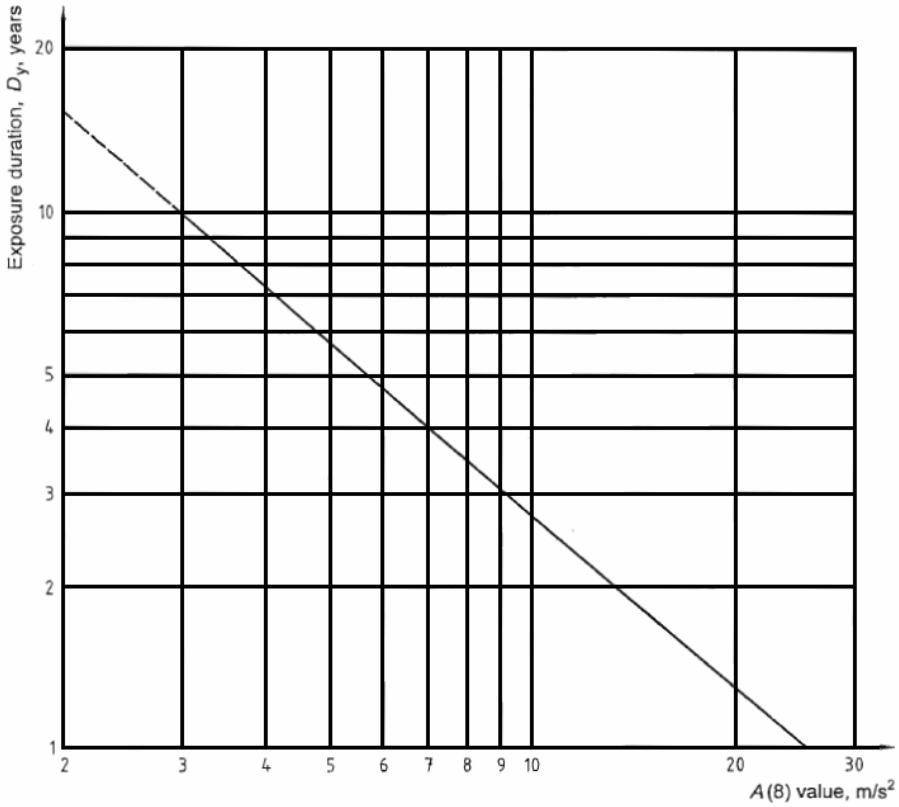


Figure C.1 — Vibration exposure for predicted 10 % prevalence of vibration-induced white finger in a group of exposed persons

**圖 14.手-手臂振動暴露預測罹患白指病之機率圖(ISO 5349-1：2001)**

# 參、 結果與分析

**表 1. 電動鎚鑽以不同推力下(打擊)之手-手臂振動加速度及容許暴露時間**

| 鑽頭 8mm<br>型號　推力大小(N) | | 最大軸<br>Z 軸($m/s^2$) | 總量<br>($m/s^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得到<br>白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hitachi<br>V-14 | 80N | 18.46 | 21.04 | <1 | 1.8 |
| | 100N | 19.45 | 22.37 | <1 | 1.7 |
| | 120N | 19.71 | 22.65 | <1 | 1.7 |

**表 2. 電動鎚鑽以不同推力下(打擊)之機體振動加速度及容許暴露時間**

| 鑽頭 8mm<br>型號　推力大小(N) | | 最大軸<br>Z 軸($m/s^2$) | 總量<br>($m/s^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得到<br>白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hitachi<br>V-14 | 80N | 14.44 | 20.52 | <1 | 1.9 |
| | 100N | 13.93 | 19.91 | <1 | 1.9 |
| | 120N | 13.58 | 19.54 | <1 | 2.0 |

由表 1 跟表 2 可以看出，當電動鎚鑽在(打擊)情況下，Z 軸由於鑽頭往復來回打擊以至於 Z 軸呈現出最大振動加速度量，使得整體總量因而變的很大，施以推力 80~120N 的力量時，Z 軸及總量會隨施力大小不同而我們暴露的加速度值也會不同，就機體與手-手臂振動暴露來說雖施以相同的力道但出來的結果卻不相同，這點是我們可以再深入研究的，以我國勞工安全衛生設施規則 302 條，容許時間均小於一小時，而且當勞工工作不滿兩年時就有 10%機率會使勞工得到白指病，就以長期使用電動鎚鑽的勞工而言，的確是一大警訊。

**表 3. 電鑽以不同推力下(旋轉)之手-手臂振動加速度及容許暴露時間**

| 鑽頭 6mm<br>型號　推大小(N) | | 最大軸<br>X 軸($m/s^2$) | 總量<br>($m/s^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得<br>到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hitachi<br>D-10C | 52N | 2.37 | 3.31 | >8 | 12.9 |
| | 150N | 3.01 | 4.28 | 4~8 | 9.8 |
| B&D<br>BD154R-H1E | 77N | 0.66 | 1.12 | >8 | 40.7 |

**表 4. 電鑽以不同推力下(旋轉)之機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號　推大小(N) | 鑽頭 6mm | 最大軸 X 軸($m/s^2$) | 總量 ($m/s^2$) | 容許暴露時間 (h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hitachi D-10C | 50N | 3.15 | 4.06 | 4~8 | 10.4 |
| | 147N | 4.01 | 5.03 | 4~8 | 8.3 |
| B&D BD154R-H1E | 60N | 0.67 | 1.18 | >8 | 38.4 |

**表 5. 電鑽以不同握力下(旋轉)之手-手臂振動加速度及容許暴露時間**

| 型號　握大小(N) | 鑽頭 6mm | 最大軸 Z 軸($m/s^2$) | 總量 ($m/s^2$) | 容許暴露時間 (h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Hitachi D-10C | 49N | 2.26 | 3.77 | >8 | 11.3 |
| | 83N | 1.57 | 2.84 | >8 | 15.2 |
| B&D BD154R-H1E | 47N | 0.71 | 1.13 | >8 | 40.4 |

由表 3 到表 5 來看 D-10C 電鑽施力大小不同而總量呈現的結果也有不同，就表 3 與表 4 來看，D-10C 推力越大，總量與最大軸 X 都隨推力變大而加速度值也變大，但以 D-10C 與 BD154R-H1E 施以差異不大的推力但總量與最大軸都有明顯的差異，可能是因為機器老舊而導致結果，就握力而言 ISO 10819 規定握力在 30N ± 5N，結果握力越大振動量越小，可能因握力越大，把手與手-手臂之間產生共振較小以至於握力越大振動量越小。

**表 6. 電動平面砂輪機之手-手臂振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 握大小(N) | | 最大軸 X 軸($m/s^2$) | 總量 ($m/s^2$) | 容許暴露時間 (h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| B&D P54-04 | 39N | 1.80 | 2.44 | >8 | 17.8 |
| Hitachi Q-103BH | 39N | 4.22 | 5.08 | 4~8 | 8.2 |
| Hitachi 91-18271 | 39N | 6.98 | 7.87 | 2~4 | 5.2 |

**表 7. 電動平面砂輪機之機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 握大小(N) | | 最大軸 Z 軸 ($m/s^2$) | 總量 ($m/s^2$) | 容許暴露時間 (h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| B&D P54-04 | 39N | 1.64 | 2.14 | >8 | 20.5 |
| Hitachi Q-103BH | 40N | 4.44 | 5.78 | 4~8 | 7.2 |
| Hitachi 91-18271 | 39N | 4.91 | 8.35 | 1~2 | 4.8 |

由表 6 與表 7 來看三支不同的動力手工具呈現的結果，P54-04 與其他兩隻手工具測得結果差異較大，原因是手工具較新，相對新舊機器所產生的振動量大小，也會隨著手工具使用率及保養有一定的相關性。

**表 8. 拋光機以不同推力下之手-手臂振動加速度及容許暴露時間**

| 型號<br>推大小(N) | | 最大軸<br>X 軸(m/s$^2$) | 總量<br>(m/s$^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得<br>到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Makita BO4510 | 57N | 8.29 | 10.77 | 1~2 | 3.7 |
| | 113N | 16.69 | 19.27 | <1 | 2.0 |
| B&D 4011 | 58N | 3.10 | 3.91 | <8 | 10.8 |
| | 109N | 8.72 | 12.34 | <1 | 3.2 |

**表 9. 拋光機以不同推力下之機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號<br>推大小(N) | | 最大軸<br>X 軸(m/s$^2$) | 總量<br>(m/s$^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得<br>到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|
| Makita BO4510 | 55N | 12.00 | 15.34 | <1 | 2.5 |
| | 121N | 14.26 | 17.73 | <1 | 2.2 |
| B&D 4011 | 60N | 4.34 | 5.38 | 4~8 | 7.7 |
| | 119N | 9.05 | 10.42 | 1~2 | 3.8 |

由表 8 與表 9 來看拋光機施以的推力越大，其產生的振動量也隨之變大，如前面訴及電鑽施力大小不同其總量也有不同，如表 3 表 4 所列，D-10C 推力越大，總量與最大軸向的振動量也隨之變大。因此，我們如何在工作效率上與容許暴露時間取得一個平衡點，這是一個值得探討的問題。

**表 10. 混凝土破壞機推力之手-手臂振動與機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 Makita HM0818<br>推大小(N) | 最大軸<br>Z 軸(m/s2) | 總量<br>(m/s2) | 容許暴露<br>時間(h) | 暴露幾年有機率會得<br>到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|
| 85N (手-手臂振動) | 11.36 | 15.29 | <1 | 2.5 |
| 84N (機體振動) | 11.39 | 16.80 | <1 | 2.3 |

以表 10 來看，實地操作下所取得的振動量大小，機體與手-手臂振動均遠大英國之行動基準 2.5m/s2 且容許暴露時間均小於一小時，而暴露未滿三年就有 10%機率可能罹患白指病，這是需要受到重視的。

**表 11. 水泥攪伴機握力之手-手臂振動與機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 AGP 1318<br>握大小(N) | X 軸<br>(m/s2) | Y 軸<br>(m/s2) | Z 軸<br>(m/s2) | 總量<br>(m/s2) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得<br>到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 65N (手-手臂振動) | 0.30 | 0.30 | 0.58 | 0.72 | >8 | 65.2 |
| 85N (機體振動) | 1.18 | 1.07 | 0.89 | 1.83 | >8 | 24.3 |

**表 12. 木工修邊機推力之手-手臂振動與機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 Jepson 7106<br>推大小(N) | X 軸<br>(m/s2) | Y 軸<br>(m/s2) | Z 軸<br>(m/s2) | 總量<br>(m/s2) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 13N (手-手臂振動) | 1.24 | 1.42 | 1.45 | 2.38 | >8 | 18.33 |
| 25N (機體振動) | 1.87 | 1.73 | 1.25 | 2.84 | >8 | 15.21 |

**表 13. 電動圓鋸機握力之手-手臂振動與機體振動加速度及容許暴露時間**

| 型號 Makita 5601N<br>握大小(N) | X 軸<br>($m/s^2$) | Y 軸<br>($m/s^2$) | Z 軸<br>($m/s^2$) | 總量<br>($m/s^2$) | 容許暴露時間<br>(h) | 暴露幾年有機率會得到白指病(year) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 103N (手-手臂振動) | 0.84 | 0.72 | 0.68 | 1.30 | >8 | 34.7 |
| 98N (機體振動) | 0.85 | 0.98 | 0.81 | 1.53 | >8 | 29.3 |

由表 11 到表 13 這些種類的手工具所產生的振動量均較小，以一個長期工作的勞工而言，使用這類的手工具所帶來的潛在傷害較小，這是我們其他種類手工具所希望達成的目標。

# 肆、 結論

上述各種不同的手工具之振動加速度值大多皆高過英國之行動基準值 2.5$m/s^2$ 甚多，在電動鎚鑽(Hitachi V-14)其加速度振動暴露總量約 20$m/s^2$，容許暴露時間小於 1 小時，以平均每日操作動力手工具四小時計算，依 ISO 5349-1 百分之十罹患白指病機率之工作年齡低於兩年，在電鑽(Hitachi D-10C)其加速度振動暴露總量約 3~4$m/s^2$，容許暴露時間 4~8 小時，百分之十罹患白指病機率之工作年齡約十年，在電動平面砂輪機方面，Hitachi Q-103BH、Hitachi 91-18271 其百分之十罹患白指病機率之工作年齡不到十年，以及拋光機與混凝土破壞機，其百分之十罹患白指病機率之工作年齡也低於十年。

以一個勞工工作三十年來說，工作了十年就有百分之十的機率得到白指病，而且白指病屬於不可逆的疾病，若當工作了十年就得了白指病，這個病痛將伴隨一生，這不是人生的一大遺憾嗎? 該如何預防因職業上所造成的傷害，除了在操作手工具時使用減振手套，工作時間的規劃，以減少勞工的暴露，當勞工自覺身體有不適時就能立即去追蹤檢查，這都是預防職業疾病的方法之一。

對於本次的研究我們發現到推力大小的不同與產生的加速度振動量有很高的相關性，以及使用大小不同的鑽頭施以相同的推力其產生的加速度振動量會隨著鑽頭變大而有正相關性，由於經費及時間的限制，未能夠更身入探討推力大小與鑽頭大小在不同的情況下產生出的加速度振動量，若能加以量化，那麼就可讓國內使用動力手工具的勞工，以及政府在制定相關法規時可以作為參考。

# 伍、 參考文獻


[1] International Standard (ISO)：Mechanical vibration-Guidelines for the measurements and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. ISO.5349-1986(E), 1986.

[2] International Standard (ISO)：Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. ISO.5349-1:2001(E).

[3] International Standard (ISO)：Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand.ISO.10819:1996(E).

[4] 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。

[5] 何先聰：振動的危害，行政院勞委會七十六年度全國勞工安全衛生研討會論文集,1987。

[6] 劉玉文: 手工具振動暴露傷病預防手冊，行政院勞委會勞工安全衛生研究所職業傷病預防宣導，1998/2。

[7] 詹聚法，葉仲基；“把手振動量測系統之建立及其應用在農用動力式手工具之應用”，農業機械學刊，第九卷，第三期，2000/9。

[8] 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。

[9] 何先聰、劉紹興、劉玉文、陳秋蓉、杜宗禮：重覆性職業傷病監視研究----手-手臂振動作業暴露，行政院勞委會勞工安全衛生研究所八十六年度專案研究計畫報告，1997/6。

[10] Mirbod, M. , Yoshida, H. , Nagata, C. , Inaba, R. , Komura,Y. and Inata, H.,1992," Hand-arm Vibration Syndrome and Its Prevalence in The Present Status on Forestry Enterprises in Japan ", Int. Arch. Occup. Environ.Health 64:93-99

[11] Bovenzi,M.,1994," Hand-arm Vibration Syndrome and Dose-response Relation for Vib-raion Induced White Finger among Quarry Drillers and Stonecarvers ", Occup. Environ. Medicine,51;603-611.

[12] Rasmussen,G. ,1984, "Measurement Techniques for Hand-arm Vibration" , Hand-arm Vibration Techinques,:173- 176.

[13] Burstrom,L. and Lundstrom, R.,1988, " Mechanical Energy Absorption in Human Hand-arm Exposed to Sinusoidal Vibration", Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61:213- 216.

[14] Robert, G. R. , Thomas, J. A and Ernst V.,1990," Vibration Exposure for Selected Power Hand TooIs Used in Automobile Assembly",Am. Ind. Hyg. Assoc. J.,5l(9)510-518.

[15] 何先聰、劉玉文、胡世明，2003，”動力手工具之局部振動量測與評估”，國科會技專院校先期研究計劃報告

[16] International Standard Organization (ISO), 1994," Hand-held portable power tools -- Measurement of vibrations at the handle -- Part 6: Impact drills” ,ISO 8662-6/1994

[17] 行政院勞工委員會，1994；“勞工安全衛生設施規則”，台北，行政院勞工委員會。
[18] Nilsson, T. , Burstrom, L. and Hagberg, M.,1989,"Risk Assessment of Vibration Expo-sure and White Fingers among Platers", Int. Arch. Occup. Environ. Health 61:473-481 .