

行政院國家科學委員會專題研究成果報告

傾斜作業面對鎚鉗作業的適用性

The Usability of Slanted Working Surface for Tasks with Hammer and Pliers

計畫編號：NSC88-2213-E011-022

執行期限：87 年 8 月 1 日至 88 年 9 月 31 日

主持人：許勝雄 國立台灣科技大學工業管理系所

E-mail: Shhsu@im.ntust.edu.tw

一、中文摘要

本研究旨在探討不同作業面高度與作業面傾度下，使用直柄鐵鎚與鉗子手工工具，從事工作檯敲擊作業(Bench hammering task)與鉗夾作業(Bench clinching task)時，對其工作姿勢與作業績效的影響效應，藉以測定傾斜作業面在鉗鉗作業之適用性，亦即檢驗「彎曲工具握柄轉化成傾斜作業面」此一原則的可行性。10 位健康慣用右手之男性作業員在其站肘高、站肘高下方 10、20 與 30cm 四種作業面高度與 0°、15°、30° 與 45° 四種作業面傾度下，實施鐵釘釘入木板敲擊作業；在作業員座肘高、座肘高上方 10、20 與 30cm 四種作業面高度與 0°、15°、30° 與 45° 四種作業面傾度下實施鉗夾作業。經由軀幹角度測量系統(goniometer system)，量測作業員上肢段之工作姿勢，並測量其作業的速度績效。結果顯示，受測者執行兩種作業並量測其上肢段四個角度中，作業面高度與作業傾度對其上肢段工作姿勢產生顯著影響關係者，達 75% 以上；不但作業面高度對鉗擊時間績效有影響，而且作業傾度對鉗擊與鉗夾時間績效之影響皆為顯著，而檢驗「彎曲工具握柄轉化成傾斜作業面」之替代效果，似乎也得到相當之驗證。特別注意作業面高度與作業傾度之交互作用對受測者工作姿勢與作業速度，也大多具有顯著之影響關係。

關鍵詞：傾斜作業面、鉗擊作業、鉗夾作業、工作姿勢、績效評量

Abstract

The main purpose of this study is to examine the usability of slanted working surface for tasks, in our preliminary case, with hammer and pliers; in other words, to test the feasibility of such ergonomic proposal — “slanting working surface instead of bending tools handle”. Ten healthy, right-handed male skilled workers will be recruited as experiment subjects. Independent variables are slantedness of working surface with four levels and working surface height with four levels to perform bench hammering task and clinching task. Working posture and performing speed are chosen as dependent variables. The subject's postures will be recorded with goniometer system. Performing speed will be measured by the completing time of the number asked of nails hammered down and clinches pin with pliers. The results show that working surface height and slanted working surface are significantly different on work posture for the upper extremities more than seventy-five percent. Not only working surface height has significantly different on performing speed of hammering task, but also slanted working surface has significantly different on performing speed of hammering task and clinching task as well. In addition, we identified the substitution effect of

“ slanting working surface instead of bending tools handle” . Especially, we would like to stress the interaction of working surface height and slanted working surface has significantly different on subject’s working posture for the upper extremities and performing speed.

Keywords: Slanted working surface, Hammering task, clinching task, Working posture , performance evaluation .

二、緣由與目的

2.1 緣由

(一)鐵鎚與鉗子引起的職業工作傷害之嚴重性

在調查美國 23 州的工業傷害保險給付資料,發現手工工具關連的傷害案件,在全部工作關連可給付傷害案件中,約佔 9%,估計全美一年有 26 萬多件,有關成本損失單是醫療一項即高達四億美元上下,而每年的此類損失成本約高達 10 億美元,其中由非動力手工工具引起的佔此類傷害事件的 79%。這些由非動力手工工具造成的立即性傷害事件中,由於使用鐵鎚所引起的佔其中 10%,傷害比例僅次於刀子的 44.3%

(Aghazadeh and Mital,1987)。又根據 Ohio Industrial Commission 統計資料顯示,在 1984、1985 和 1986 由於使用鐵鎚造成之累積性傷害,佔所有此類傷害的 12.5%、12.5% 與 5.3%(Ohio Industrial Commission, 1984-1986)。然而,鐵鎚與鉗子此兩種工具是工業與日常生活常用之非動力手工工具之一,亦可能是非動力手工工具引發累積性傷害的主要來源之一,因此本研究選取此兩種手工工具,做為所欲探討的手工具對象。

(二)彎柄式鐵鎚未見普及且非各種工作場合均適用

雖然,很多學者利用“彎曲工具,非彎曲手臂”(Bend the tool, not the wrist)的人因設計原則,設計出許多的“彎柄式”非動力手工工具,以避免骨骼肌肉傷害之發生,如鐵鎚(Schoenmarklin and Marras,1989 ; Knoz,1986)、鉗子(Tichauer,1976,1978 ; Lewis and Narayan, 1993.)等,亦有充分的證據顯示,彎柄式的鐵鎚與鉗子明顯優於直柄式(Knowlton and Gilbert,1983 ; Schoenmarklin and Marras,1989a ; 1989b ; Tichauer,1976, 1978 ; Lewis and Narayan, 1993 ; Dempsey and Leamon,1995a)。許多學者亦紛紛提出最佳的鐵鎚握把彎曲角度(Knoz,1986 ; Schoenmarklin and Marras, 1989a ; 1989b),但彎柄式手工工具並非合各種工作場合,而僅僅適用小部份作業條件之特定工作(Dempsey and Leamon,1995b)。且經我們實地調查台灣金屬加工等五大產業,共 15 家工廠,125 位受訪者,發現各工廠仍使用直柄型式的鐵鎚與鉗子,而非彎柄的型式(許勝雄與陳元和,1998)。綜合以上資料,吾人可發現:(1)彎柄式手工工具使用條件受到限制;(2)工業上仍大量使用直柄型式之非動力手工工具,而非彎柄型。故本研究嘗試以「傾斜」作業面的工作站設計,測定是否具有類似「彎曲」手工工具握柄的「替代效應」;嘗試解決上述彎柄式手工工具本身應用上之限制與不廣泛使用之問題,此即本研究最主要欲探討的問題,此即本計畫的主要研究動機。

(三)作業面高度亦是影響作業員姿勢的重要因素之一

據研究報告顯示,在比較 Western Electric 型與傳統型的夾鉗(Dempsey and Leamon,1995b)之作業績效發現,工具外型與作業高度二者間有顯著的交互作用效果($p < 0.0001$)。此外,肉品處理作業人

員手腕偏差最小的刀具握把與刀刀最佳角度，亦需視作業高度而定 (Fogleman, Freivalds and Goldberg, 1993)。可見，除了鐵鎚握柄彎曲角度會影響作業員手腕彎曲角度外，作業面高度是另一個影響作業員姿勢的重要因素。作業面高度不僅影響作業員手腕彎曲角度外，亦會影響作業人員全身姿勢(手肘、肩膀和軀幹)。雖然，有些學者提出有關不同工作類型作業面高度的建議 (Grandjean, 1988; Ayoub, 1973; Humantech, 1993)，且其一致建議粗重工作的立姿作業面高度應在肘高以下，愈粗重之作業其作業面高度應愈低，但其所建議之最佳作業高度卻不一致，值得進一步釐精；且仍有 50% 的廚房作業員在費力的作業下仍偏好於肘高之作業面高度 (Ward and Kirk, 1970)。是故，本研究亦選取作業高度為變數，釐清鉗鉗作業高度與傾度之間，是否具有交互作用之關係。

(四) 作業面傾度設計甚少有討論

一般對於工作檯之人因評量，大都著重於作業面高度之探討 (Grandjean, 1988; Ayoub, 1973; Humantech, 1993)，對於作業面傾度因素則較少有討論；但工業上已有作業面傾斜的製圖桌與閱讀桌之實例設計 (Bridger, 1988) 與肉品加工作業檯之傾斜效應研究 (Magnusson and Ortengren, 1987)；所以製造業對於鉗擊作業或鉗夾作業之工作檯作業面的傾斜設計之可行性，頗值得加以探討。

2.2 目的

本研究探討作業面高度與作業面傾度對直柄鐵鎚敲擊作業與鉗夾作業時的工作姿勢與作業速度績效之影響關係，期望測定傾斜作業面，在此二種作業的適用性；亦即檢驗「彎曲工具握柄轉化成傾斜作業面的可行性，冀求在降低職業工作傷害與/或提高作業績效上，提出另一有效之解決

措施。

三、方法

3.1 受測者

10 位健康、慣用右手的男性受測者。所有受測者對鐵鎚敲擊與鉗子夾持作業皆有實務經驗的技術工人 (三年以上之年資)，且無任何上肢段之骨骼肌肉傷害。

3.2 儀器設備

3.2.1 直柄鐵鎚與夾鉗

本研究採用國內市面販賣之此二種工具類型，做為實驗測試之手工具具。

3.2.2 軀幹角度測量系統

採用 goniometer system 量測作業員上肢段作業角度，此系統由上肢段角度偵測器、資料收集器與資料分析軟體所構成。

3.2.3 可調整式工作檯

本研究自行設計與製作之可調整作業高度與角度之實驗用工作檯。

3.3 實驗設計

本研究採多因子隨機完全集區化實驗設計方式，每位受測者被視為集區 (block)。研究的自變項 (independent variables) 有二：作業面高度與作業面傾度，共有 16 種 (4*4) 可能之實驗情境。每位受測者均在此 16 種實驗情境，使用直柄式鐵鎚將 2 根 3 英吋的鐵釘，釘入木板之敲擊作業與使用直柄式夾鉗實施夾出 25 根鉛棒之作業，各施行二次。

3.4 實驗變數

本研究係由鐵鎚敲擊與鉗子夾持兩種不同之實驗所組成，兩實驗之實驗變數分別為：

3.4.1 實驗一：鉗擊測試

(一) 自變數

1.作業面高度

本實驗以受測者之站肘高為基準，選取受測者站肘高、肘高下方 10、20 與 30cm 四種作業面高度，做為作業面高度變項之水準。之所以選取此四種作業高度水準，係參考 HUMANTECH's (1993)建議之站姿重工作下，作業高度約為作業員肘高下方 10-20cm (48 英吋)、Ayoub (1973) 建議的 20cm (8 英吋) 與 Grandjean (1988) 建議的在站姿、重工作下且需同時利用上半身重量作業時，其作業高度應為作業員肘高下方 15-40cm (6-16 英吋) 之資料。在傾斜作業面測試中，作業面高度定義為“工作中心之高度”。

2.作業面傾度

參考彎柄式鐵鎚 (Schoenmarklin and Marras, 1989a, 1989b; Knoz, 1986) 與彎柄式鉗子 (Tichauer, 1976, 1978; Lewis and Narayan, 1993.) 之研究資料，轉換成作業面傾度之依據，因此本研究選取作業面傾斜 0° 、 15° 、 30° 與 45° ，做為作業面傾度之水準。

(二)因變數

本實驗之依變項(dependent variables)可分成兩類：

- 1.工作姿勢：測量受測者上肢段的手腕尺/橈偏、屈曲/伸展角度、肩部內/外展與軀幹屈曲四個角度。
- 2.作業績效：測量作業員實施鐵釘釘入木板的平均時間。

3.4.1 實驗二：鉗夾測試

(一)自變數

1.作業面高度

本實驗以受測者之座肘高為基準，參酌精密、輕作業，作業面高度宜較高之人因準則，本實驗選取受測者座肘高、座肘高上方 10、20 與 30cm 四種作業面高度，做為作業面高度變項之水準。

2.作業面傾度

同實驗一。

(二)因變數

本實驗之依變項分成：

- 1.工作姿勢：測量受測者上肢段的手腕尺/橈偏、屈曲/伸展角度、肩部內/外展與頸椎屈曲四個角度。
- 2.作業績效：測量作業員實施夾持出 25 根 (60mm*10mm) 圓鋁棒之平均時間。

四、結果與討論

4.1 實驗一：鎚擊測試

受測者使用直柄式鐵鎚於上述四種作業高度與四種作業傾度下，釘入二根 3 英吋鐵釘於木材作業中，作業撞擊點時受測者上肢段工作姿勢與執行時間，如下所敘：

4.1.1 右手腕尺/橈偏

受測者實施鎚擊作業時，其在四種作業高度作業撞擊點時，右手腕平均尺偏角度為 17.0° ~ 17.5° ；受測者在四種作業傾度之作業撞擊點時，右手腕平均尺偏角度範圍為 16.9° ~ 17.9° 。結果顯示四種不同之作業高度與傾度，對受測者右手腕尺/橈偏之影響皆不顯著($p>0.05$)，但其交互作用成顯著效果($p<0.05$)。

4.1.2 右手腕屈曲/伸展角度

受測者實施鎚擊測試時，受測者於站肘高之作業高度，右手腕平均屈曲 7.7° ；其次為站肘高下方 10 cm 與 20 cm 之作業高度 (6.0° 與 6.3°)；而於站肘高下方 30 cm 作業高度，受測者右手腕平均屈曲角度為 4.6° 為最小。受測者於 0° 、 15° 、 30° 與 45° 之作業傾度下，受測者右手腕平均屈曲角度，依序為 11.1° 、 7.4° 、 5.7° 與 0.4° ；其有一共通之趨勢，作業高度愈低，作業面傾度愈大，則受測者右手腕平均屈曲角度愈小。結果顯示四種不同之作業高度與傾度對受測者右手腕屈曲/伸展角度之影

響，皆為顯著($p<0.001$)，且兩者之交互作用效果對受測者右手腕屈曲/伸展角度之影響，亦呈顯著($p<0.001$)。

4.1.3 右肩部內/外展

受測者在四種不同作業高度中，其右肩部內/外展平均偏差角度，各為 7.9° 、 26.9° 、 34.2° 、與 39.0° ，而值得一提的是除了在站姿肘高作業高度，受測者右肩部平均內/外展角度發生外展姿勢外，其餘皆為內展姿勢。受測者在四種作業面傾度，右肩部內/外展平均偏差為 20.6° 、 23.8° 、 27.6° 、與 34.8° ；由資料顯示，作業高度愈高，作業面傾度愈大，則受測者右肩部內/外展平均偏差角度愈大。四種不同之作業高度與傾度對受測者右肩部內/外展之影響，皆為顯著($p<0.001$)，且兩者之交互作用，亦呈顯著($p<0.001$) 效果。

4.1.4 軀幹屈曲

作業高度與作業面傾度對鉗擊作業員之軀幹屈曲之影響皆為顯著($p<0.001$)；受測者在四種作業高度作業下，軀幹屈曲角度各為 4.8° 、 13.1° 、 16.4° 與 24.1° ；在四種作業面傾度作業下，軀幹屈曲角度為 8.4° 、 12.9° 、 15.5° 與 21.7° 。資料顯示，作業高度愈低，作業面傾度愈大，受測者軀幹屈曲平均偏差角度也愈大。

4.1.5 完成時間

受測者執行二根 3 英吋鐵釘入木材作業之平均完成時間績效分析上，以受測者站肘高、肘高下方 10cm 與 20cm 作業高度，受測者平均完成時間績效較高(12.7~13.3 秒)，而以站肘高下方 30cm 之作業面高度之平均完成時間績效最差(13.7 秒)；在作業面傾度對受測者平均完成時間之影響方面，以 15° 傾斜之作業面績效最高(11.3 秒)，其次則為平面作業面與 30° 傾斜作業面(12.4 與 12.7 秒)，而以傾斜 45° 之作業面績效最差(16.1 秒)。作業高度與傾度對受測者平均完成作業時間之影響，皆為顯著($p<0.001$)，且兩者之交互作用效果亦呈顯著差異($p<0.05$)。

4.2 實驗二：鉗夾測試

受測者使用直柄式夾鉗夾持出 25 根圓鋁棒之作業中，作業夾持點時受測者上肢段工作姿勢與執行時間，如下所敘：

4.2.1 右手腕尺/橈偏

受測者實施鉗擊作業時，其在受測者座肘高與座肘高上方 10cm 之作業面高度，右手腕平均尺偏角度為 16.3° 與 17.4° 為最佳，而以座肘高上方 20cm 與 30cm 作業面高度最差，右手腕平均尺偏角度為 19.4° 與 19.8° ；整體而言，作業高度、作業傾度與右手腕平均尺偏角度成反比之趨勢，作業高度與傾度，對受測者右手腕尺/橈偏之影響皆為顯著($p<0.001$)，但其交互作用亦成顯著差異($p<0.05$)。

4.2.2 右手腕屈曲/伸展角度

鉗夾作業時，受測者於座肘高上方 30cm 作業面高度之右手腕平均伸展(extension) 1.1° 與座肘高上方 20cm 作業面高度，右手腕平均屈曲 3.4° 為最小；而以座肘高與座肘高上方 10cm 之作業高度，受測者右手腕平均屈曲 7.5° 與 5.0° 為最差；在平作業面，受測者右手腕平均伸展 4.5° ，而其他 15° 、 30° 與 45° 三種不同傾斜作業面，受測者右手腕產生 2.0° 、 7.4° 與 9.8° 之平均屈曲角度；整體而言，在平作業面與 15° 傾度作業面，受測者右手腕屈曲/伸展角度優於 30° 與 45° 之作業面。不同之作業高度與傾度對受測者右手腕屈曲/伸展角度之影響，皆為顯著($p<0.001$)，但其交互作用效果，則呈不顯著現象($p>0.05$)。

4.2.3 右肩部內/外展

坐姿鉗夾作業作業面高度對受測者右肩部內/外展的影響是非常顯著的($p<0.001$)，受測者右肩部外展角度由受測者座肘高之作業高度的 6.5° ，隨著作業面高度的增加而遞增至座肘高上方 30cm 的 27.8° 。作業面傾度對受測者右肩部外展角度的影響也是顯著的($p<0.01$)，作業面傾度在 $0^\circ\sim 30^\circ$ 時，受測者平均右肩部外展角度在 $16.6^\circ\sim 17.5^\circ$ 間，但在傾斜 45° 之作業面，

受測者平均右肩部外展角度得以降低至 14.7°。作業面高度與作業面傾度之交互作用對受測者右肩部內/外展之影響，也為顯著關係($p < 0.001$)。

4.2.4 頸椎屈曲

坐姿鉗夾作業作業面高度對受測者頸椎屈曲的影響是顯著的($p < 0.001$)，以受測者座肘高與座肘高上方 10cm 之作業高度，受測者平均頸椎屈曲為最佳(35.1°與 36.4°)，隨著作業面高度的增加而增至座肘高上方 30cm 之作業高度，受測者平均頸椎屈曲 45.8°為最差；在四種作業面傾度作業下對受測者平均頸椎屈曲之影響並不顯著($p > 0.05$)，但作業面高度與作業面傾度之交互作用對受測者頸椎屈曲的影響，卻呈顯著之差異($p < 0.01$)。

4.2.5 完成時間

鉗夾作業受測者之執行時間分析中，於座肘高 0~30cm 坐姿鉗夾作業高度範圍，吾人發現作業高度對受測者之平均執行時間，並無顯著差異($p > 0.05$)；但作業傾度對受測者作業執行時間有影響($p < 0.01$)，傾斜 0~30° 之作業面，受測者之平均執行時間(17.5~17.9 秒)明顯優於 45° 之傾斜作業面(18.1 秒)。作業高度與傾度之交互作用對受測者平均完成作業呈無顯著差異關係($p > 0.05$)。

五、結論

本研究選取受測者站姿手肘高度下方 0cm~ 30cm 作業面高度與 0° ~45° 作業面傾度之作業環境下，受測者從事直柄式鐵鎚之敲擊作業，作業面高度與傾度除不影響手腕之尺/橈偏外，其餘皆會影響受測者手腕屈曲/伸展、肩部外展、軀幹屈曲上肢段角度與執行速度績效，且兩者之交互作用對上述效標皆有顯著影響。

另外，受測者在坐姿座肘高度上方 0cm~ 30cm 範圍之作業面高度，從事直柄式尖鉗之夾持作業，作業面高度均會影響上述四種上肢段姿勢，但不會影響作業執行速度績效；值得注意的是，於 0° ~45° 作

業面傾度範圍中，受測者頸部屈曲角度皆超過 39°，屬於罹患頸部肌肉骨骼職業傷害之高風險因素(Chaffin, 1973; Aarås et al., 1988)，除此之外作業面傾度對其他三種上肢段角度與執行速度績效皆有影響。

綜合而言，鉗鉗作業中作業面高度與傾度將影響受測者上肢段工作姿勢與執行速度，且使用直柄式手工具於鉗鉗作業中，尺偏將無可避免(超過 15°)。本研究之主要目的，檢驗「彎曲工具握柄轉化成傾斜作業面」之可行性，也得到相當之驗證。特別需注意作業面高度與作業傾度之交互作用對受測者工作姿勢與作業速度，也大多具有顯著之影響關係。

六、參考文獻

1. 許勝雄，陳元和，1998，非動力手工具設計指引之編訂，勞工安全衛生研究季刊，第六卷第一期，第 101-111 頁。
2. Aarås et al., A., Westgaard, R.H. and Strandén E., (1988). Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations, *Ergonomics*, 31(6), 915-933.
3. Aghazadeh, F., and Mital, A. (1987). Injuries due to handtools: Results of a questionnaire, *Applied Ergonomics*, 18(4), 273-278.
4. Ayoub, M.M. (1973). Work place design and posture, *Human Factors*, 15(3), 265-268.
5. Bridger, R. (1988). Postural adaptations to a sloping chair and work surface, *Human Factors*, 30(2), 237-247.
6. Chaffin, D.B. (1973). Localized muscle fatigue: definition and measurement, *Journal of Occupational Medicine*, 15, 346-354.
7. Dempsey, P.G., and Leamon, T.B.

- (1995a). Bending the tool and the effect on productivity: An investigation of a simulated wire-twisting task, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(7), 686-692.
8. Dempsey, P.G., and Leamon, T.B. (1995b). Implementing bent-handled tools in the workplace *Ergonomics in Design*, October, 15-21.
 9. Fogleman, M.T., Freivalds, A., and Goldberg, J.H. (1993). An ergonomic evaluation of knives for two poultry cutting tasks, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11(3), 257-265.
 10. Grandjean, E. (1988). *Fitting the Task to the Man* (4th ed.), London: Taylor & Francis.
 11. Humantech Inc. (1993). *Applied Ergonomics Training Manual*, South Poudre Island: Humantech Inc.
 12. Knowlton, R.G., and Gilbert, J.C. (1983). Ulnar deviation and short-term strength reductions as affected by a curve-handled ripping hammer and conventional claw hammer, *Ergonomics*, 26(2), 173-179.
 13. Konz, S. (1986). Bent hammer handles. *Human Factors*, 28(3), 317-323.
 14. Lewis, W.G. and Narayan, C.V., 1993. Design and sizing of ergonomic handles for hand tools, *Applied Ergonomics*, 24(5), 351-356.
 15. Magnjusson, M. and Ortengren, R. (1987). Investigation of optimal table height and surface angle in meatcutting, *Applied Ergonomics*, 18(2), 146-152.
 16. Ohio Industrial Commission. (1984-1986). *Injuries to carpenters/woodworkers caused by hammer*. (Available from the Research and Statistics Section, Division of Safety and Hygiene, Ohio Industrial Commission, Columbus, OH.
 17. Schoenmarklin, R.W., and Marras, W.S. (1989a). Effects of handle angle and work orientation on hammering. I: Wrist motion and hammering performance, *Human Factors*, 31(4), 397-411.
 18. Schoenmarklin, R.W. and Marras, W.S., (1989b). Effects of handle angle and work orientation on hammering; Part II: Muscle fatigue and subjective ratings of body discomfort, *Human Factors*, 31(4):413-420.
 19. Tichauer, E.R., (1976). Biomechanics sustains occupational safety and health, *Industrial Engineering*, 8(2), 46-56.
 20. Tichauer, E.R. (1978). *The Biomechanical Basis of Ergonomics: anatomy Applied to the Design of Work Stations*. New York: Wiley.
 21. Ward, J.S., and Kirk, N.S. (1970). The relation between some anthropometric dimensions and preferred working surface heights in the kitchen, *Ergonomics*, 13(6), 783-797