

傳統工具機噪音檢測與作業員曝露量之評估

王柏村、王弘仁、吳泉錦、
施建成、林建宏、鄭宗文、

國立屏東科技大學機械系

摘要

本文旨在建立六部工具母機（車床、銑床、鉋床、磨床、鑽床、砂輪機）之噪音量測步驟，包括靜止怠速時聲壓之測定，以及一個工作循環和單一操作型態之噪音測定。藉由量測工具母機在怠速時，長方形測量面各測量點之聲壓，可以求得該工具母機之聲能。又分別定義六種工具母機之工作循環，並實地量測工具母機工作循環之五分貝 A 一加權聲壓位準以及單一操作型態之 A 一加權聲音壓力位準，可用以計算工具母機作業員之曝露量。本文所建立六種工具母機之噪音量測程序，以及聲能與曝露量之分析方法，可對環境噪音及作業員聽力之影響做評估，更可進一步提供工業衛生法令之參考。

關鍵字：車床；銑床；鉋床；磨床；鑽床；砂輪機；工作循環；單一操作型態；長方形測量面；聲能；曝露量量測；曝露量。

一、前言

世界在進步，國內也步上了環保之要求，而在工廠林立的台灣，隨處可見大型及小型機械在運作，而作業員身處於刺耳的噪音之間，更造成其職業傷害。於是為了保護勞工與環保標準，特訂定了法令規範〔1-4〕。近年來，世界先進國家如：美、英、法、日等各國更致力於提高工作品質，分別訂定了噪音測量方法和噪音宣告的標準〔5-11〕，近來歐洲共同市場更明文規定〔12〕，任何進出口之產品，需明確標示其機器噪音宣告值。

過去幾年間國內已有一些關於噪音的研究，汪志揚〔13〕施工機械噪音檢測與作業員曝露量之評估，宋洪丁〔14〕針對木材鋸切加工機械應用之噪音分佈情形，呂銘宏、余忠和〔15〕更針對 100W 發電機所發出之噪音做改善及繆爾培〔16〕對整個工廠所發出之噪音對周遭環境之影響，更進一步改善其噪音。〔17〕也對台灣所使用頻率最高的機車，做了噪音評估，並改善噪音污染。除了這些研究外，仍有許多噪音防治及控制的書籍〔18-21〕和噪音個案研究報告〔22-23〕，供我們參考研究。

目前工業已走向自動化，但仍有不少工廠使用傳統工作母機（車床、銑床、鑽床、鉋床、磨床及砂輪機...等）作為生產工具，於是作業員在操作機器時，受到噪音影響之程度，工具母機之聲音能量位準、工作循環之噪音量測、單一操作型態之噪音量測方法和作業員所受曝露量之評估，為本文之重點。

二、理論分析

1、A—加權全音域音壓位準， L_{PA} (dBA) [5]

$$L_{PA} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{PA_i}} \quad (1)$$

式中 L_{PA_i} : 第 i 秒之 L_{PA} 值(dBA)
 N : 總量測時間 (sec)

2、A—加權均能音量音壓位準， L_{eq} (dBA) [5]

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{PA_i}} \right) \quad (2)$$

式中 L_{PA_i} : 第 i 秒之 L_{PA}
 N : 總量測次數

3、五分貝 A—加權均能音量音壓位準， $L_{eq(5)}$ (dBA)

$$L_{eq(5)} = 16.6 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 2^{0.2L_{PA_i}} \right) \quad (3)$$

式中 L_{PA_i} : 第 i 秒之 L_{PA}
 N : 總量測次數

4、聲音能量位準， L_W (Bels) [5]

$$L_W = (\bar{L}_{eq} + 10 \log_{10} \frac{S}{S_0} - K) / 10 \quad (4)$$

$$\bar{L}_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{eq_i}} \right) \quad (5)$$

\bar{L}_{eq} : 長方體表面 A—加權均能音量音壓位準，(dBA)

L_{eq_i} : 第 i 個量測點之 A—加權均能音量音壓位準(dBA)

N : 總量測次數

S : 測量表面積

S_0 : $1m^2$

$$K = K_{1A} + K_{2A} \quad (6)$$

$$K_{1A} = -10 \log_{10} (1 - 10^{-0.1\Delta L_a}) \text{dB} \quad (7)$$

$$K_{2A} = 10 \log_{10} \left(1 + 4 \frac{S}{A} \right) \text{dB} \quad (8)$$

$$A = \alpha \times S_V \quad (9)$$

K 為背景噪音修正因子、 K_{1A} 為因環境背景噪音影響之修正值、 K_{2A} 為因環境音場產生之反射及吸音影響修正值、 A 為房間吸音力、 α 為房間材料之吸音係數取 0.15 及 S_V 為房間內之表面積 $1041 m^2$ ，假如背景噪音和被測音源相差 10dBA 以上，則 K_{1A} 可忽略不計 [7]。

車床、銑床、鉋床、磨床係四周無遮蔽物，其計算公式如下[5]：

$$a = 0.5l_1 + d \quad (10)$$

$$b = 0.5l_2 + d \quad (11)$$

$$c = l_3 + d \quad (12)$$

$$d_0 = \sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + l_3^2} \quad (13)$$

$$S = 4(ab + bc + ac) \quad (14)$$

鑽床、砂輪機係四周有一面遮蔽，其計算公式如下[5]：

$$a = \frac{1}{2}(l_1 + d) \quad (15)$$

$$b = 0.5l_2 + d \quad (16)$$

$$c = l_3 + d \quad (17)$$

$$d_0 = \sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 + l_2^2 + l_3^2} \quad (18)$$

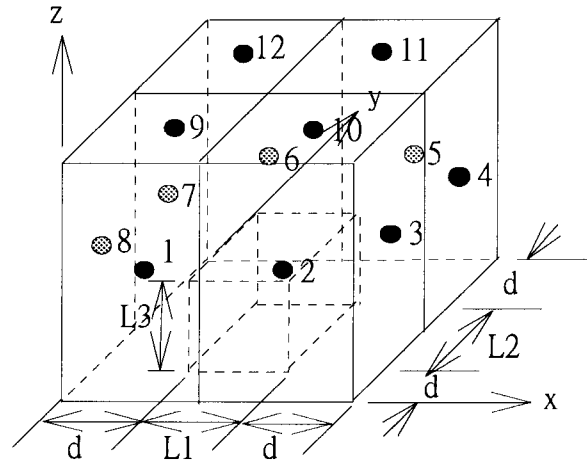


圖 1、麥克風 12 個測量點座標位置圖

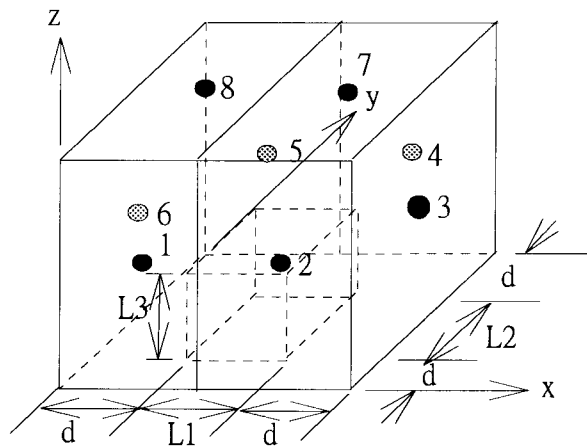


圖 2、麥克風 8 個測量點座標位置圖

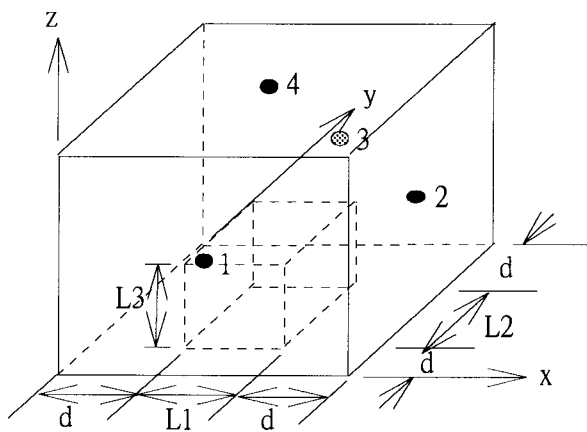


圖 3、麥克風 4 個測量點座標位置圖

$$S = 2(2ac + 2ab + bc) \quad (19)$$

其中 l_1 、 l_2 、 l_3 及 d 之表示如圖 1、2、3。

5、工具母機噪音曝露量， $L_{eq(5)_{machine}}$ (dBA)

$$L_{eq(5)_{machine}} = 16.6 \log \left(\frac{\%t_w}{100} 2^{0.2L_{eq(5)_w}} + \frac{\%t_A}{100} 2^{0.2L_{eqA}} + \frac{\%t_B}{100} 2^{0.2L_{eqB}} \right) \quad (20)$$

其中

$L_{eq(5)_{machine}}$: 任一工具母機之噪音曝露量

$\%t_w$: 工作循環作業之時間百分比

$\%t_A$ 、 $\%t_B$: 單一操作型態 A 或 B 之時間百分比

$L_{eq(5)_w}$: 工作循環作業之五分貝 A - 加權均能音量音壓位準

L_{eqA} 、 L_{eqB} : 單一操作型態作業 A 或 B 之 A - 加權聲均能音量音壓位準

6、作業員曝露量， E (dBA)

$$E = 16.6 \log \left[\begin{array}{l} A_1 \left(2^{0.2L_{eq(5)_{machine} A_1}} \right) + A_2 \left(2^{0.2L_{eq(5)_{machine} A_2}} \right) + \dots \\ + B_1 \left(2^{0.2L_{eqs_1}} \right) + B_2 \left(2^{0.2L_{eqs_2}} \right) + \dots \end{array} \right] \quad (21)$$

其中

E : 作業員曝露量(dBA)

A_i : 工具母機 A_i 之實際工作時間比例

$L_{eq(5)_{machine} A_i}$: 工具母機 A_i 之噪音曝露量(dBA)

B_i : 曝露於其他噪音源 s_i 之時間比例

L_{eqs_i} : 其他噪音源 s_i 之噪音曝露量(dBA)

7、量測不準確性標準差， σ_R (dBA)

當 $K_{2A} < 5$ dB 時，則 $\sigma_R = 3$ dB、而 $K_{2A} = 5 \sim 7$ dB 時，則 $\sigma_R = 4$ dB；且當聲源具純音時，則 $\sigma_R = \sigma_R + 1$ dB。

8、噪音宣告值， L_d (dBA)

$$L_d = L + 1.645\sigma_R \quad (22)$$

其中

L : 均能音量音壓位準或聲音能量位準

當 $L_d < 75$ dBA 時，標示均能音量音壓位準； $L_d > 75$ dBA 時，標示均能音量音壓位準及聲音能量位準。

三、量測程序與步驟

1、量測儀器、測試場地、操作者、測試工具母機

a. 量測儀器

本文所使用之噪音計為 CEL-593 型，麥克風為 MK5，以一 12V 之外接蓄電池提供電源。

b. 測試場地

(1) 為一長 20m 寬 15m 高 6.3m，體積為 1890m³ 之長方形一般機具場房。

(2) 量測時無其他機器運作，除了被測試之機器外。

(3) 環境背景噪音低於機器噪音 10dBA 以下。

(4) 其他溫度、濕度、風速等條件均合於規範〔10〕要求。

c. 操作者

僅有操作者可在量測範圍內，且操作者應為普通身材，如表 1 所示之操作者體裁要求，身高應在 1600mm-1735mm 之範圍內〔11〕。

d. 測試工具母機

本文針對六種工具母機，車床、銑床、鉋床、磨床、鑽床砂輪機，其型號規格如 2。

2、聲音能量位準之量測步驟

聲音能量位準 (L_w) 之測量，係根據 ISO/DIS 3746.2 規範〔5〕進行量測，步驟如下：

a. 暖機五分鐘後，才開始進行量測。

b. 將機器轉速設為約 2/3 最高轉速，麥克風架設於量測點位置與適當高度，量測位置如表 3 所示，量測點示意圖如圖 1(銑床、鉋床)、圖 2(車床、磨床)、圖 3(鑽床、砂輪機)所示。

長方形測量面分割標準以 $L/3d$ 為分割格數標準 (L 為量測表面之各邊長度)。

c. 噪音計設定為 A-加權，1/3ENV，Rang 為 25~100dBA，記錄每分鐘 A-加

表 1. 操作者體裁要求〔11〕

身高	1600mm-1735mm
耳朵高度	715mm-721mm
頭部寬度	129mm-135mm

權全音域音壓位準 (L_{PA})，每點每次量測 30 秒，以計算 A-均能音量音壓位準 (L_{eq})

d. 每一量測點量測五次，取 L_{eq} 平均值。

e. 重複 2-4 步驟，測量全部量測點。

f. 銑床量測時，基於安全因素，點 9、10、11、12 均未量測。

3、工具母機工作循環之定義

車床工作循環切削為軸面加工刀具使用碳化鎢刀具(M 型)，材料為低碳鋼 S15C。

a. 車床

(1) 暖機五分鐘。

(2) 以四檔切削側面，切削厚度 1mm，行進 30mm，自動進給，速率為 0.6~0.7mm/s。

(3) 退回原點。

(4) 停機、踩煞車，完成一循環。

b. 銑床

銑床工作循環切削為面銑削刀具使用高速鋼端銑刀，材料為低碳鋼 S15C。

(1) 暖機五分鐘。

(2) 以轉速 1800 rpm 切削一平面，進刀量 0.5mm，刀寬 $\phi 20$ mm，行進 88mm，自動進給速率 3~4mm/s。

(3) 回程無進刀量，其餘同(2)。

(4) 直向移動一刀具直徑距離 20mm。

(5) 重複(2).(3)一次。

(6) 停機、踩煞車、完成一循環。

c. 鉋床

鉋床工作循環切削為面鉋加工刀具使用碳化鎢刀具，材料為低碳鋼 S15C。

(1) 暖機五分鐘。

(2) 以三檔鉋一平面，進刀量 0.5mm，行進 120mm，鉋削速率 2~3 s/次，自動進給，速率為 1~1.5mm/s。

(3) 停機退回原點，完成一循環。

d.磨床

磨床工作循環切削為面研磨砂輪片為氧化鋁磨料，材料為低碳鋼 S15C。

(1)暖機五分鐘。

(2)來回磨一平面，磨削量 0.05mm，單程行進 88mm，進給速率為 20~25mm/s，磨削寬度 13mm。

(3)寬度進給 5mm。

(4)重複(2).(3)十次。

(5)停機，完成一循環。

e.鑽床

鑽床工作循環切削為鑽孔加工刀具使用高速鋼刀具，材料為低碳鋼 S15C。

(1)暖機五分鐘。

(2)鑽穿一孔，鑽頭直徑為 $\phi 5\text{mm}$ ，轉速 1500rpm，鑽深為 6mm，手動進給，速率約 0.6~0.7mm/s。

(3)退回後，停機，完成一循環。

f.砂輪機

砂輪機工作循環切削為車刀研磨砂輪片使用氧化鋁磨料，車刀材料為低碳鋼S15C。

(1)暖機五分鐘。

(2)磨削車刀，以正常之磨削方式，每次磨削一秒，間隔一秒，轉速 3450rpm。

(3)重複(2)十次。

(4)停機完成一循環。

表 2. 機械型號規格

型號	長、寬、高(mm)			製造商	序號	年份	馬力(kw)	技術資料(最高轉速)
車床	1550	505	1130	楊鐵	YAM-550A87329	1989	馬力 2.2kW	1800rpm
銑床	1070	1115	2000	龍昌	212006	1989	馬力 18KW	2760rpm
鉋床	1180	1650	1550	加吉	XIQ-062	1989	馬力 2.2kw	無轉速標示
磨床	1310	605	1640	眾程	ESG-618 10081	1989	馬力 1.02kw	8300rpm
鑽床	320	650	1030	龍昌	LC-14 7094- 976	1989	馬力 0.18kw	2350rpm
砂輪機	705	495	1050	順帆	20006	1990	馬力 0.75kW	3450rpm

表 3、麥克風量測點座標位置

工具機	座標	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
車床	X(m)	0.888	2.663	3.55	2.663	0.888	0	0.888	2.663				
	Y(m)	0	0	1.253	2.505	2.505	1.253	1.253	1.253				
	Z(m)	1.115	1.115	1.115	1.115	1.115	1.115	2.23	2.23				
銑床	X(m)	0.768	2.303	3.07	3.07	2.303	0.768	0	0	0.768	2.303	2.303	0.768
	Y(m)	0	0	0.779	2.336	3.115	3.115	2.336	0.779	0.779	0.779	2.336	2.336
	Z(m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3	3	3	3
鉋床	X(m)	0.795	2.385	3.18	3.18	2.385	0.795	0	0	0.795	2.385	2.385	0.795
	Y(m)	0	0	0.913	2.738	3.65	3.65	2.738	0.913	0.913	0.913	2.738	2.738
	Z(m)	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275	1.275	2.55	2.55	2.55	2.55
磨床	X(m)	0.828	2.483	3.31	2.483	0.828	0	0.828	2.483				
	Y(m)	0	0	1.3	2.6	2.6	1.3	1.3	1.3				
	Z(m)	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.64	2.64				
鑽床	X(m)	0.825	1.65	0.825	0.825								
	Y(m)	0	1.16	2.32	1.16								
	Z(m)	1.26	1.26	1.26	2.52								
砂輪機	X(m)	0.75	1.495	0.75	0.75								
	Y(m)	0	1.35	2.705	1.35								
	Z(m)	1.025	1.025	1.025	2.05								

4、工作循環測量步驟

- a. 暖機五分鐘後進行測量。
- b. 將麥克風架於操作者耳朵右側 160mm 處，麥克風面朝工具機。
- c. 噪音計設定為 A 一加權，1/3ENV，Rang 為 25~100dB，記錄每分鐘 A 一加權全音域音壓位準 (L_{PA})。
- d. 依上述定義之工作循環做噪音量測，以計算每一工作循環之五分貝 A 一加權均能音量音壓位準 $L_{eq(5)}$ 。
- e. 每一工具母機工作循環量測三次取 $L_{eq(5)}$ 之平均值。

5、單一操作型態之量測步驟

各工具母機之單一操作型態定義，係根據操作時最長時間之單一操作型態而定，亦或有輔助設備之運作而定，測量項目如表 4，測量步驟類似於工作循環之量測，惟噪音值之計算取 A 一加權均能音量音壓位準 L_{eq} ，不同於工作循環之噪音值計算，取五分貝 A 一加權均能音量音壓位準 $L_{eq(5)}$ 。

四、量測結果與討論

1、聲音能量位準量測結果

車床、銑床、鉋床、磨床、鑽床及砂輪機各量測點之 A-加權全音域音壓位準 (L_{PA})，及其 A-加權均能音量音壓位準 (L_{eq}) 和聲音能量位準 (L_w) 顯示於表 5。聲音能量位準以 Bels 單位表示，為 $\frac{1}{10}$ 分貝而有別於音壓位準 dBA 之單位，避免混淆。車床為 8.02Bels，銑床為 7.04Bels，鉋床為 7.84Bels，磨床為 6.52Bels，鑽床為 7.74Bels，及砂輪機為 8.50Bels。根據 [24]，聲音能量位準依機器之馬力，有最高聲音能量位準之標準如表 6，本文測試之機器，均低於 10.6Bels，故均在標準內。

2、工作循環五分貝 A-加權均能音量音壓位準 ($L_{eq(5)}$) 量測結果：表 7 顯示六部工具機依前述工作循環量測步驟所得之結果，車床為 66.43dBA，銑床為 67.31 dBA，鉋床為 66.51 dBA，磨床為 61.34 dBA，鑽床為 67.18 dBA，及砂輪機為 75.64 dBA。

3、單一操作型態 A-加權均能音量音壓位準量測結果：表 8 分別顯示六部工具機依前述單一操作型態量測步驟所得之結果 (L_{eq})。

4、作業員曝露量計算實例

假設一作業員操作車床 2 小時，銑床 2 小時，磨床 1 小時，鑽床 1 小時，曝露於其他音源 2 小時，又車床作業中，工作循環佔 40%，單一操作型態高怠速佔 40%，單一操作循環煞車佔 20%。

表 4、單一操作型態之量測項目

工具機	項目	操作條件
車床	高怠速	以最大轉速空轉 30 秒鐘
	煞車	以最大轉速空轉，停機踩煞車至停止，重複三次
銑床	高怠速	不切削工件，以最大轉速動作 30 秒鐘
鉋床	高怠速	不切削工件，以四檔動作 30 秒鐘
磨床	高怠速	不切削工件，以最大轉速運轉 30 秒鐘
	幫浦	砂輪不轉動，只開切削液 30 秒鐘
鑽床	高怠速	不切削工件，以最大轉速運轉 30 秒鐘
砂輪機	高怠速	不切削工件，以最大轉速運轉 30 秒鐘

銑床作業中，工作循環佔 60%，單一操作型態高怠速佔 40%。磨床作業中，工作循環佔 40%，單一操作型態高怠速佔 40%，單一操作循環幫浦運轉佔 20%。鑽床作業中，工作循環佔 60%，單一操作型態高怠速佔 40%。作業員曝露量之計算如下：

a. 首先將前述量測之工作循環 $L_{eq(5)}$ 及單一操作型態 L_{eq} 值，及其相關作業時間百分比整理如表 9 所示。

b. 以式(5)計算車床(machine A_1)之曝露量

$$L_{eq(5)_{machineA}} = 166 \log_0 \left(\frac{40}{100} 2^{0.2(66.43)} + \frac{40}{100} 2^{0.2(73.13)} + \frac{20}{100} 2^{0.2(67.22)} \right) = 69.94 \text{ dB}$$

以式(5)計算銑床(machine A₂)之曝露量

$$L_{eq(5)_{machineA}} = 166 \log_0 \left(\frac{60}{100} 2^{0.2(67.3)} + \frac{40}{100} 2^{0.2(63.82)} \right) = 66.07 \text{ dB}$$

c. 以式(5)計算磨床(machine A₃)之曝露量

$$L_{eq(5)_{machineA}} = 166 \log_0 \left(\frac{40}{100} 2^{0.2(61.34)} + \frac{40}{100} 2^{0.2(55.4)} + \frac{20}{100} 2^{0.2(45.86)} \right) = 57.6 \text{ dB}$$

d. 以式(5)計算鑽床(machine A₄)之曝露量

$$L_{eq(5)_{machineA}} = 166 \log_0 \left(\frac{60}{100} 2^{0.2(67.9)} + \frac{40}{100} 2^{0.2(71.83)} \right) = 69.36 \text{ dBA}$$

e. 以式(6)計算作業員工作 8 小時之曝露量

$$E = 166 \log_0 \left(\frac{2}{8} 2^{0.2(69.94)} + \frac{2}{8} 2^{0.2(66.07)} + \frac{1}{8} 2^{0.2(57.6)} + \frac{1}{8} 2^{0.2(69.36)} + \frac{2}{8} 2^{0.2(70)} \right) = 68.17 \text{ dBA}$$

此例作業員曝露量為 68.17dBA 並不超過我國勞工安全衛生法〔1〕規定之 90dBA。

表 5、聲音能量位準量測結果

(a)車床

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	68.57	67.52	8.02
2	66.77		
3	65.74		
4	68.17		
5	69.40		
6	65.99		
7	66.72		
8	66.36		

(b)銑床

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	59.60	57.15	7.04
2	56.88		
3	56.50		
4	55.62		
5	56.46		
6	56.76		
7	57.38		
8	56.78		

表 5、聲音能量位準量測結果 (續)

(c) 鉋床

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	62.23	65.15	7.84
2	63.46		
3	64.66		
4	65.76		
5	66.52		
6	65.90		
7	65.40		
8	64.56		
9	63.73		
10	65.03		
11	67.20		
12	65.06		

(d) 磨床

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	52.85	52.29	6.52
2	52.42		
3	53.18		
4	51.89		
5	53.08		
6	51.69		
7	50.43		
8	52.13		

(e) 鑽床

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	66.58	66.45	7.74
2	66.50		
3	66.62		
4	66.08		

(f) 砂輪機

量測點	L_{eq} (dBA)	$\overline{L_{eq}}$ (dBA)	L_W (Bels)
1	73.68	74.53	8.50
2	75.06		
3	74.36		
4	74.90		

表 6、不同馬力最高聲音能量位準〔24〕

Neb (kw)	<40	>40 <50	>50 <65	>65 <80	>80 <100	>100 <130	>130 <160	>160< 200	>200 <250	>250 <350
L_w (Bels)	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4

表 7、工作循環五分貝 A 一加權聲壓位準

(a)車床

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	60	66.60	66.43
2	59	66.12	
3	48	66.67	

(b)銑床

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	108	67.27	67.31
2	95	67.19	
3	98	67.59	

(c)鉋床

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	170	66.24	66.51
2	164	66.57	
3	168	66.82	

(d)磨床

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	54	62.26	61.34
2	59	60.12	
3	68	61.59	

(e)鑽床

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	33	66.84	67.18
2	35	67.79	
3	30	66.98	

(f)砂輪機

測試數	秒數 N(sec)	$L_{eq(5)}$ (dBA)	$\bar{L}_{eq(5)}$ (dBA)
1	60	77.47	75.64
2	72	75.52	
3	59	73.54	

表 8、六種工具母機單一操作型態 L_{eq} 值(dBA)

	車床	銑床	鉋床	磨床	鑽床	砂輪機
高怠速	73.13	63.82	69.67	55.40	71.82	76.83
煞車	67.22					
幫浦				45.86		

5、機器噪音之宣告

本文六部工具母機之 K_{2A} 值均未超過 5dB，故其不準確度修正值為

$$\sigma_R \times 1.645 = 3 \times 1.645 = 4.935dB$$

以式(22)計算噪音宣告值(L_d)，本文六部工具母機之噪音宣告顯示於表 10，砂輪機之聲音能量位準 90dBA 及 A-加權均能音量音壓位準 79dBA 及 81dBA 均為最高，而磨床之聲音能量位準 70dBA 及 A-加權均能音量音壓位準 57dBA 及 66dBA 最低。

五、結論

本文旨在建立六部工具母機，車床、銑床、鉋床、磨床、鑽床及砂輪機之噪音量測步驟，包括聲音能量位準之量測，工作循環五分貝 A-加權之噪音量測，以及各種單一操作型態之量測，工具母機之聲音能量位準可用以評估對工廠環境噪音之影響，工作循環及單一操作型態量得的噪音值，透過一實例分析可用以計算工具母機作業員之曝露量，並可進一步計算作業員每日曝露量，最後對六部工具母機做噪音宣告，以供參考。

本文所建立六種工具母機之噪音量測程序，以及聲音能量位準與曝露量之分析方法，可對環境噪音及作業員聽力之影響評估，更可提供工業衛生法令之參考。

表 9、曝露量分析實例

作業時間	作業機器	工作內容	作業時間比	噪音值 dBA
2 小時	車床 <i>Machine A1</i>	工作循環:40% 單一操作循環:40%(高怠速) 單一操作循環:20%(煞車)	$t_w = 40\%$ $t_a = 40\%$ $t_b = 20\%$	$L_{eq(s)_w} = 66.43$ $L_{eqA} = 73.13$ $L_{eqB} = 67.22$
2 小時	銑床 <i>Machine A2</i>	工作循環:60% 單一操作循環:40%(高怠速)	$t_w = 60\%$ $t_a = 40\%$	$L_{eq(s)_w} = 67.31$ $L_{eqA} = 63.82$
1 小時	磨床 <i>Machine A3</i>	工作循環:40% 單一操作循環:40%(高怠速) 單一操作循環:20%(幫浦)	$t_w = 40\%$ $t_a = 40\%$ $t_b = 20\%$	$L_{eq(s)_w} = 61.34$ $L_{eqA} = 55.40$ $L_{eqB} = 45.86$
1 小時	鑽床 <i>Machine A4</i>	工作循環:60% 單一操作循環:40%(高怠速)	$t_w = 60\%$ $t_a = 40\%$	$L_{eq(s)_w} = 67.18$ $L_{eqA} = 71.82$
2 小時	其他音源 S1			$L_{eq} = 70$

表 10.噪音宣告值

工具母機	Idling(dBA)		Operating(dBA)
	A-weighted Sound Power Level	A-weighted Emission Sound Pressure Level	
車床	85	72	71
銑床	75	62	72
鉋床	83	70	71
磨床	70	57	66
鑽床	82	71	72
砂輪機	90	79	81

六、誌謝

本文承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫補助，計畫編號：NSC87-2211-E-020-001，特此誌謝。

七、參考文獻

1. 行政院勞工委員會，1981，「勞工安全衛生法」，行政院勞工委員會印行。
2. 行政院勞工委員會，1990，「作業環境測定-噪音測定」，行政院勞工委員會印行。
3. 行政院勞工委員會，1990，「勞工健康管理規則」，行政院勞工委員會印行。
4. 行政院勞工委員會，1991，「噪音管理法-噪音管制標準」，行政院勞工委員會印行。
5. 汪志揚，1995，「施工機械噪音檢測與作業員曝露量之評估」，大專學生參與專題研究計畫成果報告，NSC85-2815-C020-01-010E。
6. 宋洪丁，1988，「木材鋸切加工機械噪音改善之研究」，中華民國音響學會第二屆學術研討會論文集，pp.47-53。
7. 呂銘宏與余忠和，1989，「100W 發電機噪音改善實例」，中華民國音響學會第三屆學術研討會論文集，pp.55-62。
8. 繆爾培、方德凱、趙以諾與吳泰昌，1988，「中油高雄煉油總廠噪音整體評估規劃」，中華民國音響學會第二屆學術研討會論文集，pp.127-135。
9. 賴耿陽，1990，*環境噪音防治技術*，復漢出版社。
10. 沈永寧，1992，*噪音控制技術*，文笙書局。
11. 張柏成譯，1992，*噪音控制之原理與實務*，徐氏基金會出版社。
12. 中野有朋，黃忠良譯，1990，*噪音工學的基礎*，復漢出版社。
13. 顏清明與李新欉，1988，「聲強量測技術在聲功率與聲源鑑別上的應用」，中華民國音響學會第二屆學術研討會論文集，pp.145-155。
14. Jeng, J.H., and Y.M Hsu, 1989, "The Noise Source Identification of on 80 c.c. Motorcycle By Using Sound Intensity Technology."，中華民國音響學會第三屆學術研討會論文集，pp.83-

15. Henrik, 1995, " Calculation of Uncertainty on Noise Generated by Several Sound Sources. " Proceedings of inter - Noise 95 Newport Beach , CA , USA.
16. Shiyun, C., and C. Chonghou, 1990, " Case History : A Study on the Noise Control for Wheel Loaders," *Noise Control Engineering Journal*, Vol.35, No.3, pp.85-94.
17. ISO/DIS 3746.2, 1995, "Acoustics-Determination of Sound Power Levels of Noise Source Using Sound Pressure-Survey Method Using an Enveloping Measurement Surface over a Reflecting Plane."
18. ISO/DIS 4871.2, 1994, "Acoustics-Determination and Verification of Noise Emission Values of Machinery and Equipment."
19. ISO/DIS 11202, 1993, "Acoustics-Noise Emitted by Machinery and Equipment-Measurement of Emission Sound Pressure Positions-Survey Method in Situ."
20. SAE J1805 Apr87, 1987, "Sound Power Level Measurement-Earthmoving Machinery (Dozer, Loader, Excavator, and Backhoe)-in Place Dynamic -Sound Pressure Level or Sound Intensity Method."
21. SAE J1372 Jun83, 1983, "Sound Power Determination-Earthmoving Machinery-Static Condition."
22. SAE J1166 Jun87, 1986, "Sound Measurement-Earthmoving Machinery-Operator-Work Cycle Singular."
23. SAE J919 Jun86, 1996, "Sound Measurement-Earthmoving Machinery-Operator-Singular."
24. Higginson, R.F., 1992, "Standards on Machinery Noise Needed to Support European Community Directives," *Proc.I.O.A.*, Vol. 14, Part 4.

**Noise Measurement and Operator's Exposure
Evaluation for Machine Tools**

Hong-Ren Wang

Quan-Jin Wu

Jian-Cheng Shi

Jian-Hong Lin

Zong-Wen Zheng

Bor-Tsuen Wang

**Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and Technology**

Abstract

This paper presents the noise measurement for six types of machine tools including engine lathe, horizontal push cut shaper, surface grinder, drill machine and abrasive machine. The sound pressure level measurements are made for static condition, work cycle and singular types. As the machine tools is running at idle for static condition, sound pressure levels at several measuring points on a reference box are measured so as to calculate the sound power level of the machine tools. Work cycles for the six types of machine tools are defined respectively. The A - weighted sound pressure level on the 5dB increase in level for halving of time is calculated for work cycle measurement, and the sound pressure level is calculated for singular type measurement. These values can be used to determine the operator's exposure of the machine tools, and so forth the operator's daily exposure can be calculated. This work establishes the noise measurement procedures for the six types of machine tools. The sound power level and operator's exposure can be obtained and used to study the environmental noise and operator's hearing influence. The evaluation procedures can also be adopted for legislation.

Key Word : Engine Lathe; Vertical Milling Machines; Horizontal Push Cut Shapers; Surface Grinder; Drill Machine; Abrasive Machines; Work Cycle; Singular Type; Reference Box; Sound Power; Noise Measurement; Exposure