

## 雙螺旋壓縮機之聲功率與噪音值宣告

王栢村<sup>1</sup>、王文志<sup>1</sup>、謝長鴻<sup>1</sup>、黃啟順<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學機械工程系

<sup>2</sup> 漢鐘精機股份有限公司

國科會計畫編號：NSC101-2622-E-194-002-CC2

### 摘要

本文對單一雙螺旋式壓縮機於典型工況下，求得該雙螺旋壓縮機之聲音功率位準，依據 ISO/DIS 3746.2 與 4871.2 之國際標準，建立雙螺旋壓縮機之聲音壓力位準量測程序與噪音值宣告，首先說明聲音功率位準計算與噪音值宣告方式之理論分析，其次依量測步驟對單一雙螺旋壓縮機進行實驗量測，最後由量測獲得 A 加權聲音壓力位準，求得雙螺旋壓縮機之聲音功率位準與噪音值宣告，未來可依據求得的聲音功率位準來進行工廠或不同機型之噪音評估，而本文建立的量測程序亦可套用於其他機械噪音之量測宣告。

**關鍵字：**聲音功率位準、噪音值宣告、1/3 八音頻帶、雙螺旋壓縮機

### 1. 前言

凡是會動的機械必定會產生噪音，而在我們的生活環境中經常暴露於噪音底下，高分貝的噪音會使人感到不舒適、煩噪甚至危害聽力造成永久性傷害，因而如何預防噪音所帶來的種種問題，就值得我們一同探究，已知聲音功率位準無法直接量測獲得，需透過量測聲音壓力或聲音強度後計算而得，本文參考 ISO/DIS 3746.2[1]國際標準訂定之聲音功率位準量測與計算方式，建立雙螺旋壓縮機之噪音量測程序，也參考 ISO/DIS 4871.2[2]國際標準，建立噪音值宣告方式，Paulauskis et al. [3]提出一種判斷純音方法，將 1/3 八音頻帶定義 25-125Hz、160-400Hz 及 500-10000Hz 共 3 個區間，各區間具純音頻帶之條件為左右相鄰頻帶 dB 差異值達到 15、8 及 5dB 之差異。

關於聲音功率位準量測之文獻回顧，王等人[4]探討傳統工具機於環境噪音與作業員聽力影響評估，宣告六種工具母機之噪音，並建立聲音功率位準與暴露量之量測與分析方法。王等人[5]以 ISO/DIS 3746.2 與 ISO/DIS 4871.2 建立數值控制工具機噪音量測與宣告方法。M. J. Lucas et al. [6] 探討工業空氣壓縮機之噪音量測，文中指出量測噪音必須大於量測不確定性 +3dB 以上，並採 ISO 2151 比較美國 (CAGI-PNEUROP)與歐洲 (PN8NTC2.3)之噪音量測

規範，結果顯示 ISO 2151 量測誤差較小，且量測方式簡易。郭等人[7]建立一種參考音源之聲功率校正技術，並指出半球形量測表面所獲得環境修正值較小，表示較接近實際聲功率位準輸出值。胡等人[8]文中對多種營建施工機具於低頻與全頻噪音影響進行評估，並建立聲功率量測方法進行現場量測，透過量測機具低頻聲功率值，以傳遞路徑為低頻噪音改善對策，運用噪音預測軟體，比較不同高度之施工圍籬與防音屋之減音量模擬。

本文主要依據 ISO/DIS 3746.2 與 ISO/DIS 4871.2 國際標準，對單一雙螺旋壓縮機於一般典型工況下進行噪音檢測與評估，並建立雙螺旋式壓縮機之聲音功率位準量測程序與噪音值宣告。

### 2. 理論分析

本節說明 ISO/DIS 3746.2 與 ISO/DIS 4871.2，計算聲音功率位準與噪音值宣告方式，其中包含聲音壓力位準宣告 ( $L_{pAd}$ ) 與聲音功率位準宣告 ( $L_{WA_d}$ )。

#### 2.1 應用 ISO/DIS 3746.2 之聲音功率位準計算

依據 ISO/DIS 3746.2 國際標準求得 A 加權聲音功率位準，首先了解 A 加權全音域音壓位準、A 加權均能音壓位準，以及環境噪音修正值計算方式，其說明如下：

(1) A 加權全音域音壓位準計算 ( $\bar{L}_{pA}$ )

$$\bar{L}_{pA} = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pA,i}} \right] \text{dB} \quad (1)$$

式中

$L_{pA,i}$ ：第 i 秒之  $L_{pA}$  值

$N$ ：總量測時間(sec)

(2) A 加權均能音壓位準計算 ( $\bar{L}'_{pA}$ )

$$\bar{L}'_{pA} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pA,i}} \right] \text{dB} \quad (2)$$

式中

$L_{pA,i}$ ：第 i 秒之  $L_{pA}$  值

$N$ ：總量測次數

(3) A 加權聲音功率位準計算( $L_{WA}$ )

$$L_{WA} = \bar{L}_{pA} + 10 \log \frac{S}{S_0} \text{dB} \quad (3)$$

$$\bar{L}_{pA} = \bar{L}'_{pA} - K_{1A} - K_{2A} \quad (4)$$

式中

$\bar{L}_{pA}$ ：立方體表面 A 加權均能音壓位準

$S$ ：量測立方體表面積

$S_0$ ：1 m<sup>2</sup>

(4) 環境噪音修正因子計算( $K$ )

$$K = K_{1A} + K_{2A} \quad (5)$$

$$K_{1A} = -10 \log(1 - 10^{-0.1\Delta L_A}) \quad (6)$$

$$K_{2A} = 10 \log[1 + 4(S/A)] \text{dB} \quad (7)$$

$$\Delta L = \bar{L}'_{pA} - \bar{L}''_{pA} \quad (8)$$

式中

$K_{1A}$ ：環境背景噪音影響之修正值

$K_{2A}$ ：室內環境噪音影響之修正值

$\bar{L}'_{pA}$ ：背景噪音 A 加權均能音壓位準

$\bar{L}''_{pA}$ ：工況噪音 A 加權均能音壓位準

$A$ ：1kHz 之等效室內吸音面積 ( $A = \alpha S_v$ )

$\alpha$ ：平均聲音吸收係數

$S_v$ ：量測場所室內表面積

當背景噪音與被測音源相差 10dB 以上，則  $K_{1A}$  可忽略不計，而室內量測時必須  $K_{2A} \leq 7 \text{dB}$ 。

### 2.2 應用 ISO/DIS 4871.2 之單一機器噪音值宣告

依據 ISO/DIS 4871.2 國際標準對單一雙螺旋壓縮機之噪音值宣告，包含聲音壓力位準宣告與聲音功率位準宣告，其說明如下：

(1) 量測不準確性標準差( $\sigma_r$ )

當  $K_{2A} < 5 \text{dB}$ ，則  $\sigma_r = 3 \text{dB}$ ，而  $K_{2A} = 5 \sim 7 \text{dB}$ ，則  $\sigma_r = 4 \text{dB}$ ，具純音則  $\sigma_r = \sigma_r + 1 \text{dB}$ 。

(2) 噪音值宣告 ( $L_d$ )

$$L_d = L + 1.645\sigma_r \quad (9)$$

式中

$L$ ：均能音量音壓位準或聲音功率位準

當  $L_d < 75 \text{dBA}$  時，標示均能音輻音壓位準；  
 $L_d > 75 \text{dBA}$  時，標示均能音輻音壓位準及聲音功率位準。

### 3. 量測程序與步驟

本節主要建立雙螺旋壓縮機之聲音功率位準與噪音值宣告量測程序，首先說明量測前準備，包含量測儀器、測試場地及待測試物相關設定與規格，再依量測步驟，由規劃麥克風量測點位置，依序量測背景噪音與待測物音源，最後經理論分析來獲得雙螺旋壓縮機之聲音功率位準與噪音值宣告。

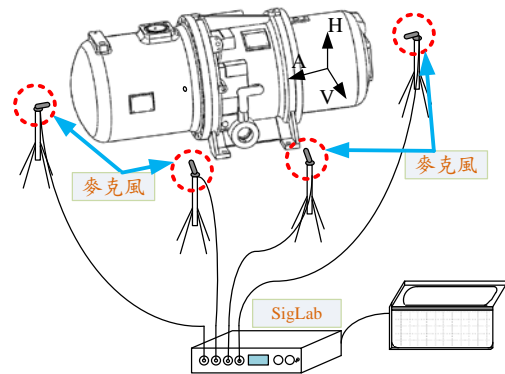


圖 1 實驗儀器架設示意圖



圖 2 雙螺旋壓縮機示意圖

表 1 雙螺旋壓縮機規格與量測工況參數

型號	RC 系列	
機械尺寸	機械高度	760 mm
	長×寬	1330×550 mm
工況參數	轉速	3600 rpm
	蒸發/冷凝	2/55 °C

### 3.1 量測前準備

需說明量測儀器之量測參數設定，以及測試場地與待測機器之狀況，以下分成 3 點步驟說明：

- (1) 量測儀器：使用頻譜分析儀(Siglab)與 4 組麥克風(PCB 101E20)進行實驗量測，圖 1 為實驗儀器架設示意圖，量測頻寬為 20kHz，解析頻率為 6.25Hz，量測時間為 30 秒以上。
- (2) 測試場地：場地為長方形室內廠房，表面積為 590 m<sup>2</sup>，量測時無其他機器運作，除了被測之機器外，測試場地背景噪音低於被測物噪音 10dB 以下。
- (3) 測試機器：本文所測試機型為 RC 系列之雙螺旋壓縮機，圖 2 為雙螺旋壓縮機示意圖，其長度 1330mm 寬度 550mm 高度 760mm，欲量測轉速為 3600rpm 於滑閥負載 100% 全載下，蒸發/冷凝溫度為 2/55 °C 之典型工況進行量測，表 1 為雙螺旋壓縮機規格與量測工況參數表。

### 3.2 聲音功率位準之量測步驟

本小節說明量測表面與麥克風量測點位置規劃，依量測點順序進行雙螺旋壓縮機之背景噪音量測與工況噪音量測，以下分成 6 點步驟說明：

- (1) 麥克風量測點位置：雙螺旋壓縮機量測為單一反射面，圖 4 為立方體量測表面示意圖，圖 4 中量測點數(N)鏈結形成一長方體量測表面，其定義參考箱為雙螺旋壓縮機，d 為 2.5m 於各量測點(1)-(8)與參考箱之水平距離，其 d 不得小於 0.15m，其式(2-7)為量測表面積計算：

$$S = 4(ab + bc + ac) \quad (10)$$

式中

$$a = 0.5l_1 + d \quad (11)$$

$$b = 0.5l_2 + d \quad (12)$$

$$c = l_3 + d \quad (13)$$

量測點數(N)依據量測立方體表面之長( $l_1$ )、寬( $l_2$ )及高( $l_3$ )進行定義，當某一方向尺寸大於 3d 時，必須增加該方向量測點數，例如  $d=2$ ， $a=7$ ，則  $a > 3d$ ，因此長度方向必需規劃 2 個以上量測點，而本文所量測的雙螺旋壓縮機之量測點數位置規劃如表 2 所示。

- (3) 背景噪音測試：對所規劃的麥克風量測點位置進行背景噪音測試，背景噪音必需低於被測噪音 3dB 以下，其 10dB 以下較為理想不需修正，圖 3 為實際量測示意圖。
- (4) 啟動待 30 分鐘後，使雙螺旋壓縮機之工作狀況穩定
- (5) 量測工況噪音：對所規劃的麥克風量測點位置進行工況噪音量測，每一量測點重複量測三次以上

- (6) 理論分析：由量測結果依據本文第 2 節理論分析，進行聲音功率位準計算與噪音值宣告。

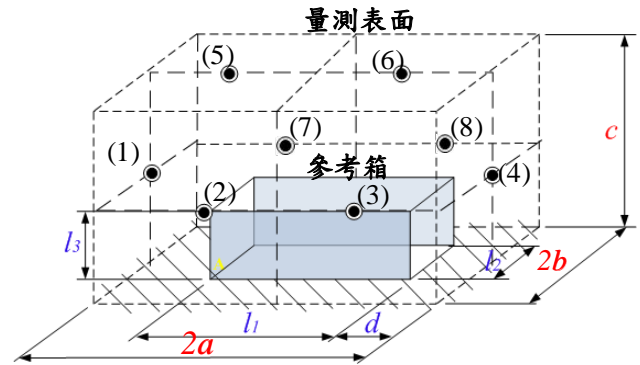
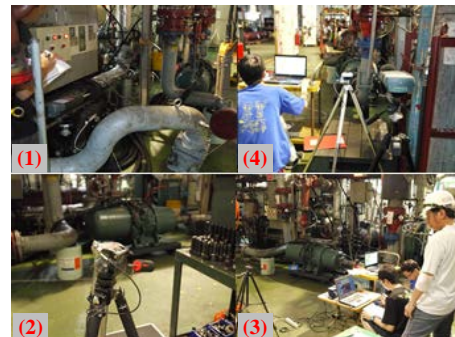


圖 4 長方體量測表面示意圖

表 2 量測點座標位置

量測點數	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
(1)	0	2775	1000
(2)	1582.5	5550	1000
(3)	3165	5550	1000
(4)	6330	2775	1000
(5)	1582.5	2775	3260
(6)	3165	2775	3260
(7)	1582.5	0	1000
(8)	3165	0	1000



(a) 量測點(1)-(4)



(b) 量測點(5)-(6)

圖 3 實際量測示意圖

表 3 聲音功率位準量測結果

量測次數		量測點數						計算聲音功率位準				
背景噪音		1	2	3	4	5	6	$L_{pA}$	$\Delta L$	$K_{2A}$	$L_{WA}$	
1	dB	71.3	74.2	73.2	73.4	71.7	71.8	72.7		6.084		
	dBA	60.0	62.2	60.4	59.9	61.0	60.3	60.7				
2	dB	65.6	68.4	69.4	67.5	69.2	69.4	68.5				
	dBA	53.4	55.3	55.5	57.2	58.5	57.6	56.6				
3	dB	70.9	74.0	73.2	72.9	-	-	71.1				
	dBA	59.7	62.2	60.1	59.3	-	-	58.7				
工況噪音		1	2	3	4	5	6					
1	dB	86.0	89.1	85.1	88.2	89.9	88.1	88.0	15.3			102.5
	dBA	83.6	84.6	82.6	84.6	85.8	84.1	84.3	23.6			98.8
2	dB	86.0	89.2	84.9	87.8	90.2	87.5	88.0	19.5			102.4
	dBA	83.5	84.7	82.6	84.5	85.9	83.7	84.3	27.7			98.7
3	dB	86.2	88.7	85.8	88.2	89.9	86.9	87.9	16.7			102.3
	dBA	83.6	84.3	82.9	84.6	85.8	83.1	84.2	25.5			98.6

4. 量測結果與討論

本節將麥克風所量測之各點聲音壓力位準結果，進行理論分析求取聲音功率位準與噪音值宣告，包含聲音壓力位準宣告與聲音功率位準宣告，比較三次量測結果是否一致，後續可依噪音宣告值，進行雙螺旋壓縮機之噪音評估作業。

4.1 雙螺旋壓縮機之聲音功率位準分析

由前二節理論分析與量測程序，對雙螺旋壓縮機進行聲音功率位準量測，量測中考慮量測點(7)、(8)有其它設備影響不易進行量測，因此排除量測點(7)、(8)進行量測，由量測結果進行聲音壓力位準與聲音功率位準計算，表3為聲音功率位準量測結果，表3比較三次背景噪音量測聲音壓力位準( $\bar{L}_{pA}$ )誤差在2dB以內，且三次背景噪音皆低於工況噪音10dB以下，表示環境背景噪音影響之修正值不須修正，而室內環境噪音影響之修正值為6.084。

其中背景噪音第三次量測時無量測到(5)、(6)量測點，不影響量測結果。表3中各量測點之A加權聲音壓力位準約在83dB~85dB之間，各量測點相差約2dB左右其變化不大，表示各方向量測噪音相當一致。表3中顯示A加權聲音功率位準計算結果，由三次量測顯示雙螺旋壓縮機之聲音功率位準介於98.6 - 98.8dBA之間，其誤差為0.2dBA以下，已表示重複性量測結果相當一致。

4.2 雙螺旋壓縮機之噪音值宣告

本文所量測雙螺旋壓縮機之室內環境噪音修正值=6.084，圖5為典型工況第1量測點之1/3八

音頻帶，圖3中315Hz頻帶與相鄰頻帶相差5dB以上依據[3]判斷有純音效應，因此量測不準確性標準差( $\sigma_R$ )為5。

表4為噪音值宣告，表4中A加權聲音壓力位準宣告值為92.4dB-92.6dB與A加權聲音壓力位準相差8.2dB符合ISO/DIS 4783.2規範。表4中A加權聲音功率位準宣告值為98.6dB-98.8dB，與A加權聲音功率位準相差8.2dB符合ISO/DIS 4783.2規範。

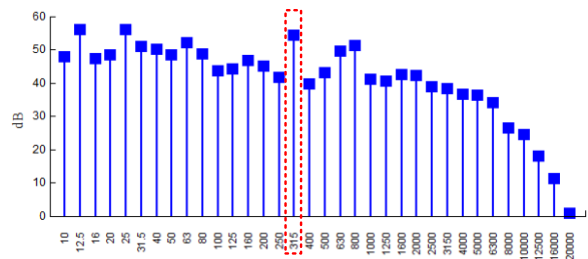


圖 5 典型工況 1/3 八音頻帶

表 4 噪音值宣告

A加權聲音壓力位準			
量測次數	$L_{pAd}$	$L_{pA}$	$L_{pAd} - L_{pA}$
1	92.6	84.3	8.2
2	92.5	84.3	8.2
3	92.4	84.2	8.2
A加權聲音功率位準			
量測次數	$L_{WA d}$	$L_{WA}$	$L_{WA d} - L_{WA}$
1	107.0	98.8	8.2
2	106.9	98.7	8.2
3	106.8	98.6	8.2

## 5. 結論

本文中建立出雙螺旋壓縮機之聲音功率位準量測程序與噪音值宣告方式，藉由典型工況下之實驗量測，求得 RC 系列雙螺旋壓縮機之聲音功率位準與噪音值宣告，未來應用便可將雙螺旋壓縮機視為點音源，評估雙螺旋壓縮機對環境噪音之影響，以及作為不同機型之噪音評估辦法。

## 6. 誌謝

漢鐘精機股份有限公司與國科會 101 年度產學合作計畫「環保冷媒雙螺旋壓縮機之關鍵技術開發(2/2)」(國科會計畫編號：NSC101-2622-E-194-002-CC2)，經費補助提供，特此致謝。

## 7. 參考文獻

1. ISO/DIS 3746.2, Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound Pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane, 1995
2. ISO/DIS 4871.2, Acoustics - Declaration and Verification of Noise Emission Value of Machinery and Equipment, 1994
3. J. A. Paulauskis, 1999, Addressing Noise Problems in Screw Chillers, ASHRAE Journal, pp.22-25
4. 王栢村，王弘仁，吳泉錦，施建成，林建宏，鄭宗文，1998，傳統工具機噪音檢測與作業員暴露量之評估，中華民國振動與噪音工程學會第六屆學術研討會論文集，第 293-301 頁
5. 王栢村，李經緯，1999，數值控制工具機噪音檢測，屏東科技大學學報，屏東，第八卷，第二期，第 119-125 頁
6. M. J. Lucas, Noise Test Codes Used in the Air Compressor Industry, NOISE-CON 2004, pp. 583-592, USA, 2004
7. 郭淑芬，盧奕銘，劉育翔，蕭榮恩，2010，參考音源聲功率校正技術及應用之探討，中華民國音響學會第二十三屆學術研討會論文集，台中，第 116-123 頁
8. 胡秀蘭，王聰貴，顏彬任，2011，施工機具低頻噪音影響評估方法及減音對策研究，第十九屆中華民國振動與噪音工程學術研討會，彰化，論文編號：C-04

## Sound Power Levels and Noise Declaration for Twin Screw Compressor

Bor-Tsuen Wang<sup>1</sup>, Wen-Chih Wang<sup>1</sup>,

Chang-Hung Hsieh<sup>1</sup>, Chi-Shun Huang<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup> National Pingtung University of Science and Technology, Department of Mechanical Engineering, Pingtung

<sup>2</sup>Hanbell Precise Machinery Co., LTD.  
NSC Project No.: NSC101-2622-E-194-002- CC2

## Abstract

This article aims to find out the sound power levels of a twin screw compressor on the typical working condition of the compression system. In accordance with ISO/DIS 3746.2 and 4871.2, the sound pressure levels testing procedure and noise declaration on measurement of a twin screw compressor is defined. The analysis of measurement of sound power levels and noise declaration is first explained. Then, an experiment study of measuring procedures for a twin screw compressor is conducted. Finally, based on the measurement of the A-weighted sound pressure level, the sound power levels of a twin screw compressor and noise declaration can be calculated. The developed evaluation method in this work can be applied to other machineries for noise measurement and declaration.

**Keywords** : Sound power levels, Noise declaration, 1/3 octave band, Twin screw compressor