

NEBB 的噪音、振動量測說明

蔡佩樺、徐廷珪、李哲豪、徐庭興*

一、前言

美國國家環境平衡局 NEBB(National Environmental Balancing Bureau)創立於 1971 年，屬於非營利事業組織，致力於

- (一)發展出建築物測試、平衡與驗證的標準與步驟
- (二)發展課程去認證公司或個人成為 NEBB 標準的執行者

二、目的

NEBB 在以下幾個部分建立標準、流程與規格

- (一)測試調整與平衡(Testing Adjusting--Balancing)
- (二)噪音振動量測(S&V)
- (三)無塵室的測試(CPT)
- (四)房屋系統的驗證(Commissioning)(BSC)

三、儀器標準與校正

主要的儀器分別為噪音計與振動計。

- (一)噪音計：可量測噪音，1/3 八度音頻
 - (二)音響校正器：可現場校正噪音計，確保量測數值的準確
 - (三)振動計：可量測振動、加速度與頻譜
 - (四)加速度規：振動計的量測探針 (sensor) 可確實掌握振動的大小
- 各種設備需符合的規格與校正頻率如表 3.1

表 3.1 各種噪音振動量測的標準與種類

儀器名稱	量測種類	規格	校正頻率
噪音計	音壓	符合 ANSI S1.4 type1 , type2 等級	一年
頻譜分析儀	音壓	符合 ANSI S1.11	一年
振動計	振動量測	位移：0.1~100mils 速度：0.005~100in/sec 加速度：0.01~100G ' s 頻寬範圍：1~100HZ	一年
加速度規	振動量測	Sensitivity 100mv/G 頻率響應：1~1000HZ	一年
校正器	音壓校正	符合 ANSI S1.40	一年

*環協工程顧問有限公司

四、噪音振動的量測

(一) 噪音量測步驟

1. 儀器要求

在量測噪音之前，工程檢查者應該先確定儀器符合表 4.1 的規範與校正期限內。

2. 噪音來源

NEBB S&V 公司有責任完成噪音標準測試以及完整報告數據來符合最新版的 NEBB 的要求。

噪音標準測試是量測機械和轉動設備之噪音有無超過相關規定。這些噪音可能導致建築，及相關單位大樓住戶困惱或者是引起一些敏感儀器失準的問題。噪音標準測試必須遵照環保署規定。

(譯註：在台灣，建築物周界需符合環保署噪音管制標準 dBA，室內則可遵循 ASHRAE 的 NC(RC)標準)

噪音標準測試是種典型測試報告，它可用 dB(L), dB (A), 噪音音量標準(Noise criteria NC)或房間音量標準(Room Criteria RC).(譯註：ASHRAE 建議以 RC 標準來當作室內音量標準)

3. 噪音標準

(1) 噪音標準的訂定

驗收之噪音標準可以明顯區分為三種契約：工程合約文件，NEBB 的最低要求。

(2) 工程合約文件

合約文件應該明確說明驗收噪音測試的範圍以及標準。包含量測位置、儀器、單位等。

(3) NEBB 的最低要求

一些合約文件並沒有正確說明噪音測試範圍與標準，當噪音測試的範圍與標準未定義在工程合約文件裡，則噪音測試範圍與標準應該符合 NEBB 的最低要求。

以下這些條件是 NEBB 的最低要求：

A. 在一個空間進行噪音測試時應該包含水平向和垂直向去測驗全部機械設備。

B. 選取百分之十的地點進行噪音測試，並在各類不同空間進行測試。

- 私人辦公室
- 開放式辦公室區域
- 會議室
- 禮堂/大型會議廳/演講室
- 教室/訓練室
- 病房/檢驗室
- 噪音或振動敏感之實驗室
- 飯店房間/公寓房間
- 圖書館的開放式空間
- 公共地區(如：大廳、走廊、休息室)

C. 所有空間進行測試應該小於 NC(或 RC)25。

(譯注：NEBB 的 NC25 標準值非常嚴格，設計單位可依 ASHRAE 建議來要求各房間的安寧程度)

4. 測量程序

(1) 測量程序

不管噪音測試範圍服務，這些要做的程序應該遵守以下規定。

(2) 避免干擾

當在進行噪音振動測試時需控制建築物的系統，避免外來的聲音影響到噪音測值，為了減低噪音來源，以下建議應該要執行：

- a. 關閉所有門窗。
- b. 關閉大樓內會影響到測試結果之設備。
- c. 關掉空間裡所有會影響到測試噪音的設備(如：個人電腦、印表機、傳真機等等)
- d. 當外來振動來源 (如：火車經過、臨近工地施工等等)最低時是最好的測量時候。

(3) 儀器的等級噪聲

做任何聲音測試之前要確定所有儀器符合要求的規格(表 4.1)及校正期限內。

(4) 背景噪音程度

當採取噪音測試時大樓系統背景應該是停止的狀態，同時也要量測大樓系統背景活動的噪音，計算兩者的差距，應採取修正兩者的差距和調整測量。但在某種狀況下，是不可能把整棟大樓的系統停止下來來獲得背景聲音，在這情況下，背景聲音無法測量。在所有情況下，要將大樓系統停止之前 NEBB 的監督人應該聯絡大樓的管理員。

(5) 數據說明

除非合約上另有說明，噪音的測量應該記錄和報告依照以下方法：整體噪音或八度音頻噪音：

- a. 整體 dB (L) or dB (A) 噪音。(譯注：dB(L)：線性無加權，dB(A) A 加權，採頻率加權)
- b. 噪音計應該設定在 slow 的時間加權。
- c. 從 31.5 到 8,000Hz，每一個的八度音階數值。

(釋註：此部分應依台灣環保署要求，以 fast 的時間加權為主。)

(6) 測量地點

依合約要求測量各空間的噪音值(其中空調需穩定運轉下來量測，部分 Fan coil 有快速、中速、漫溯三種轉速，若合約有規範，以合約為主，合約沒有規範建議以中速為主)。

噪音測量時，麥克風要離地 1-2m(譯注：環保署依 95.11.8 噪音管制標準建議 1.5 ~1.8m)噪音計要離牆壁、柱子或是任何大型物體至少 1m 以上，避免反射影響數據量測的誤差。

(二)振動量測步驟

振動的量測目的是為了瞭解建築物內轉動設備的運轉狀態，以瞭解該轉動設備是否影響到住戶的安寧，振動的量測單位一般以**加速度(mm/s²)、速度(mm/s)與位移(mm)為單位**。

1. 需量測振動的設備：

- (1) 超過 3Hp 以上的泵 (pumps) 與風機 (fan)(含 AHU、PAH 的內部風機)
- (2) 超過 5Hp 的冰水主機 / 壓縮機
- (3) 其他

2. 量測振動的步驟：

(1) 避免干擾

- a. 關閉建築物內其它可能影響振動量測的振動源。
- b. 禁止建築物內人員進出活動影響振動量測。
- c. 選擇戶外振動源 (卡車、火車等) 活動最少的時候量測振動。

(2) 加速度規的介紹

a. 加速度規

加速度規是振動計的感應器 (Sensor)，因為加速度規的放置應依製造廠商 (如 PCB、WR ...) 的說明放置，原則上加速度規應放於平坦且乾淨的面上，加速度規的重量最好不要大於待測振動原件的 10% 以上。

b. 加速度規的固定

加速度規的固定方式有以下幾種方式：

磁座 (Magnetic Base)：透過磁體吸住待測物的表面，而加速度規鎖在磁座上。

蜜蠟 (Bees Wax) : 不能用磁體吸住待測物表面時 , 可以用蜜蠟固定在待測物上。

其他如手持式等固定加速度規的方式。

3. 量測的頻帶與加速度規的感度

振動主要的量測頻寬如下 :

(1) 離散 (discrete) 振動 : 1~200Hz (以 1Hz 增量) 頻寬。

(2) 1/3 八度振頻 : 12.5~200Hz 頻寬。

a. 量測 discrete 振動常以 FFT (Fast Fourier Transfer 快速傅利葉轉換) 方式來量測窄頻 (Narrow band) 振動 , 量測此類型的振動需載明以下要項

- 量測時間
- 最大或平均值
- 所選用加權方式 (Windowing, 如 Manning...)

b. 量測振動需注意地板振動與機器振動的差別由於地板振動量較少 , 需用感度 (Sensitivity) 較大的加速度規 (1000 mv/G 以上); 而轉動設備的振動量較大 , 可用感度較小的加速度規 (100 mv/G) 即可。

4. 量測位置 :

量測機器振動主要量測的位置為機器本體 (Equipment) 基礎座 (Equipment Bases) 與地板 (building Structure) 主要量測機器設備的加速度、速度、位移 , 並因應合約需求與否來量測垂直向 (vertical) 與水平向 (Horizontal) 的振動量。

(1) 轉動設備本身的量測

設備名稱	量測位置
泵	馬達 培林
風機和有風機的 HVAC 設備	馬達 培林
冰水主機和有壓縮機的 HVAC 設備	馬達 培林

(2) 轉動設備基礎的量測

需要量測每一個避振器上方 Base 與下方樓板 (距離避振器 15cm 以內) 的振動量。

設備基礎	量測位置
泵	離避振器上方 15cm 以內的基礎
風機與有風機的 HVAC 設備	離避振器上方 15cm 以內的基礎
冰水主機與有壓縮機的 HVAC 設備	離避振器上方 15cm 以內的基礎

(3)轉動設備所在地板的量測

轉動設備所在地板的量測如下：

設備所在的樓板	量測位置
泵	離避振器下方 15cm 以內的樓板
風機與有風機的 HVAC 設備	離避振器下方 15cm 以內的樓板
冰水主機與有壓縮機的 HVAC 設備	離避振器下方 15cm 以內的樓板

5. 標準：

NEBB 並未列出機器與地板合理的振動標準，依筆者的經驗機器設備可採 ISO 2372 的標準，樓板的振動可採 ISO 2631 標準，高科技廠房的製程地板需要更低的振動標準，可採 Gordon 1991 年提出的 5 個等級標準，VC-A，VC-B，VC-C，VC-D，VC-E。有關隔振能力的部份，筆者參與部分高科技廠房要求的避振效率為 90~99%。

振動標準

機器振動標準 (ISO 2372)

ISO 2372 一般機器的震動標準

Range of vibration severity		Example of quality judgment for separate classes of machines			
Range	rms-velocity(mm/s)	Class I	Class II	Class III	Class IV
0.28	0.28	A (0.7)	A (0.5)	A (0.14)	A (2.0)
0.45	0.45				
0.71	0.71	B (1.0)	B (0.6)		
1.12	1.12				
1.8	1.8		C (2.0)	B (0.5)	B (0.5)
2.8	2.8	C			
4.5	4.5				
7.1	7.1				
11.2	11.2				
18	18	D	D		
28	28			D	
45	45				
71	71				

Class I: 150w以下的小型機器。
 Class II: 15-75kw中型機器。
 Class III: 大型機器在基礎上。
 Class IV: Turbo機器在基礎上。
 A: 良好可滿足 C: 不可滿足 D: 不可接受。
 *震動速度單位: 0.1 mm/s, 10-100 Hz 範圍單位: Root-mean-square

加速度規感度要求: 100mw/g 以上之振動計量測。

樓板振動標準 (Gordon, 1991)(1/3Octave 4-80Hz)

振動規範	振動量	振動描述
	μ m/sec (rms)	
工廠(ISO)	800	可以明顯感受到振動
辦公室(ISO)	400	可以感覺到振動
住家(ISO)	200	勉強可以感覺到振動。 適用於低頻率(20倍以下)之靜音機
手術室(ISO)	100	感覺不到振動。 適用放大倍率低於100倍之醫療機
VC-A	50	適用放大倍率低於400倍之光學顯微鏡， microbalances, optical balances
VC-B	25	適用放大倍率低於1000倍之光學顯微鏡， 以及精度在3微米之製版印刷或檢驗儀器
VC-C	12.5	適用於精度在1微米之製版印刷或檢驗儀器
VC-D	6	適用於大多數之儀器。 包含電子顯微鏡(TEM及SEM)
VC-E	3	對於大多數的情形，這是一項嚴格的標準， 應可滿足對振動相當敏感之設備

加速度規感度要求: 1000mw/g 以上之振動計量測。

五、報告的標準格式

主要報告格式

- (一) 標題
- (二) 認證公司
- (三) 目錄
- (四) 結論

本文重點著重在噪音、振動的量測儀器、量測步驟、量測結果與建議標準，並針對量測出來的結果作成報告所需注意的要點、格式與內容做一個範例，以提供建物的設備之噪音、振動量測參考。

附錄

量測報告範本

1. 報告抬頭
 2. 認證格式
 3. 儀器校正報告
 4. 防振設備檢查報告 - 移動自由度
 5. 防振設備檢查報告 - 管路的防振
 6. 設備的振動分析 - 振動計
 7. 空間的噪音分析 - 噪音計
 8. 量測圖例，說明與其他條件
 9. NR (Noise Criteria) 格式
 10. NC (Room Criteria) 格式
- 外部噪音量測描述與音源設備操作條件

噪音振動量測報告

報告日期：_____

建物名稱：

地址：

設計單位：

名稱：

地址：

HVAC.承包商：

名稱：

地址：

量測單位：

名稱：

地址：

Note：註明本量測報告的對象與量測單位

專案名稱：_____

本報告內噪音與振動量測數據都是根據 NEBB 的要求來執行

審核與認證 (submitted 與 certified)

NEBB 合格的 S&V 監督 (印刷體) : _____

NEBB 合格的 S&V 監督 (簽名) : _____

NEBB 認證通過的 S&V 公司 : _____

認證號碼 : _____ 認證有效期限 : _____

報告日期 : _____

環協工程顧問有限公司

Tel:04-23584334 Fax:04-23584500

Note：註明量測單位的基本資料

專案名稱：

儀器的校正報告

儀器種類	製造商	型號	序號	校正日期	有效期限
噪音計					
振動儀					

PS：註明量測儀器的基本資料

環協工程顧問有限公司

Tel:04-23584334 Fax:04-23584500

專案名稱：

設備說明：

量測軸向：

機器設備振動量測

設備名稱	速度 $V(mm/s^2)$	加速度 $a(mm/s^2)$
冰水主機		
泵		
抽排風機		

專案名稱：_____

設備說明：_____

量測振動方向 (X、 Y、 Z)：_____

地板振動量測

1/3 八度音頻	加速度		速度		位移		說明
	La, dB	m/sec^2	Lv, dB	m/sec	Ld, dB	m	
12.5							
16							
20							
25							
31.5							
40							
50							
63							
80							
100							
125							
160							
200							

說明：

量測日期：

量測人員：

環協工程顧問有限公司

Tel:04-23584334 Fax:04-23584500

專案名稱：

系統：

位置：

位置說明：

量測位置圖說



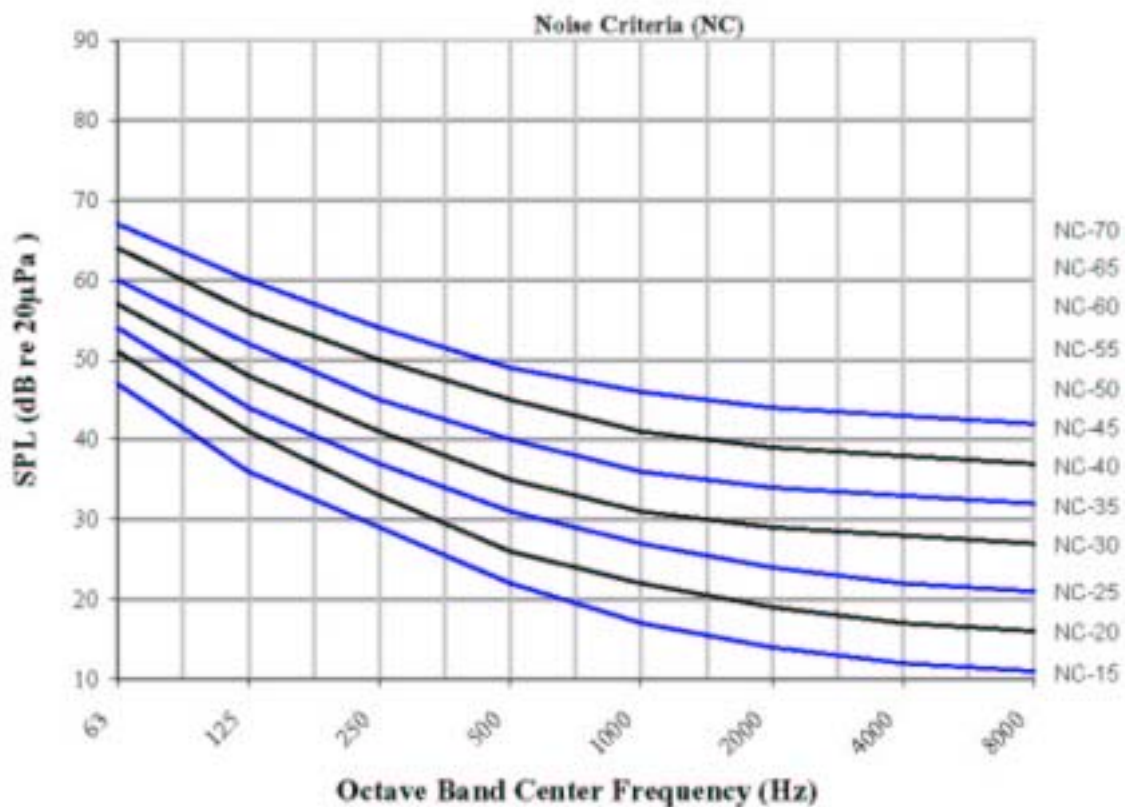
專案：

系統：

位置：

NC 標準

	1/1 八度音頻, Hz							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
量測數值								



說明：

量測日期：

量測人員：

專案：

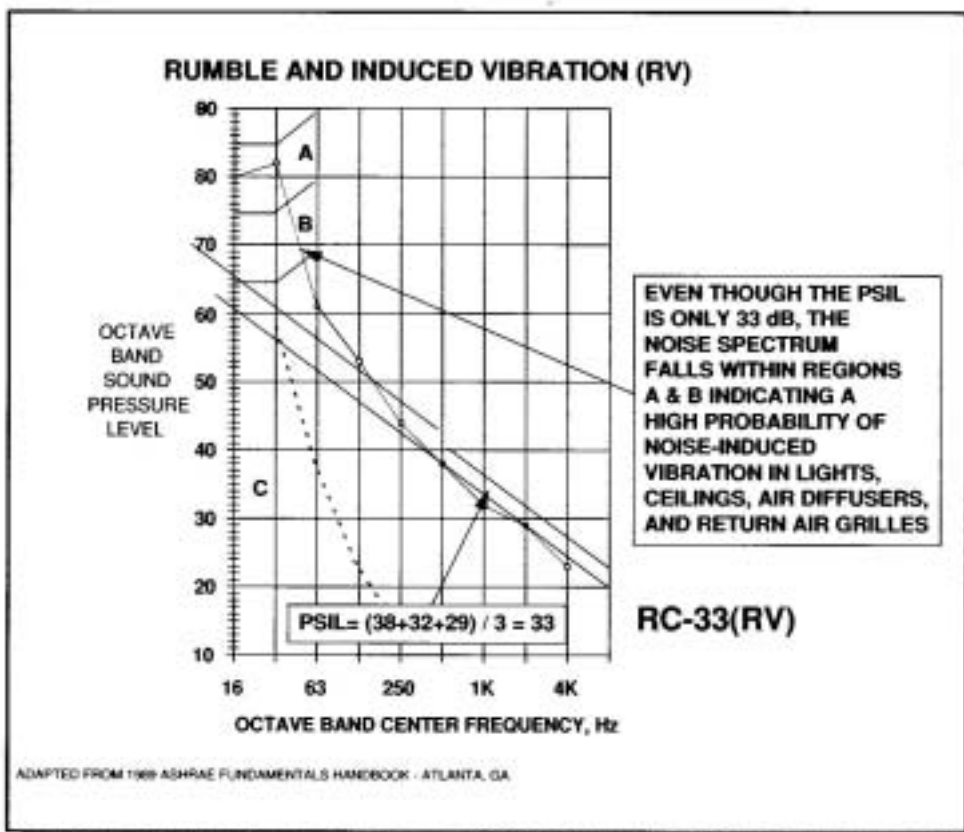
系統：

位置：

RC 標準

	1/1 八度音頻, Hz							
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k
量測數值								
PSIL 值								

$PSIL = (500+1K+2K)/3$



說明：

量測日期：

量測人員：

專案：

位置：

描述環境狀況：

溫度：

相對溼度：

大氣壓力：

風速(風速要小於 5MPH)：

風向：

設備噪音

設備	噪音, dBA
冷卻水塔	68 @ 1m 進氣端
變壓器	76 @ 1m
壓縮機	82 @ 1m
冰水主機	79 @ 1m
其他	

設備噪音頻譜

	1/1 8 度音頻								dBA	
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k		8k
噪音源 # 1										
噪音源 # 2										
噪音源 # 3										
噪音源 # 4										

受體的背景噪音

受體名稱	噪音, dBA
大同國小	38 @ 1m
民宅	36 @ 1m

對最遠建築物的影響

建築物 #	距離, m
# 1 大同國小	30m
# 2 民德路 301 號民宅	36m
# 3	

環協工程顧問有限公司

Tel:04-23584334 Fax:04-23584500

現場噪音量測圖



說明：

量測日期：

量測人員：