

## 屏科大校園室內音場環境量測與分析

<sup>1</sup>王栢村 <sup>2</sup>蘇信宇 蔡進潔

<sup>1</sup>國立屏東科技大學機械工程系教授

<sup>2</sup>國立屏東科技大學機械工程系大學部學生

E-mail: [wangbt@mail.npust.edu.tw](mailto:wangbt@mail.npust.edu.tw)

### 摘要

本研究主要是探討屏科大校園內教學環境的音場特性。首先，應用噪音分析儀量測室內教學場所之背景噪音，之後利用室內噪音評估指標做分析，最後將分析所得結果與國外之室內音場容許標準相互比較，可以看出該室內音場品質的好壞。不同指標分析所得結果顯示，校園內部之教學場所合格率大約為30%左右，且風扇所產生之風切聲音，確實為教學場所內主要的噪音來源。本研究所用之評估方法與作業流程，未來將可作為其它關於室內音場評估之參考依據。

**關鍵詞：**背景噪音、室內噪音評估指標、室內音場。

### 1. 前言

近年來由於台灣的經濟發展，人民對生活品質的要求日益提高，使得噪音的問題越來越受重視。在現代生活環境中，噪音環境到處可見，如：工地施工的打樁、敲打聲，車輛飛馳時而發出的引擎聲及刺耳的喇叭聲，還有印刷廠、地下工廠隆隆的機器聲，學校過大的擴音，以及營業場所如小鋼珠、電動玩具店發出的吵雜聲處處可聞，基於環境噪音處處環繞在生活周圍，因此行政院環境保護署也制定了環境噪音的法令規範[1]，以維護國民健康及環境安寧。因此要防止一般人受噪音的危害，必須先了解噪音的特性後才能適當選擇良好的工程控制方法，在此國內有關噪音分析之相關書籍如[2-5]，對噪音之原理與分析方法就做了許多相關之介紹。

外界環境噪音對學校的影響，一直是受重視的課題。但是在環境噪音之外，校內噪音所涉及的因素及複雜度較校外環境噪音為低，因此防治改善的可能性較高。此外，大部分學校噪音的探討均以中小學為對象，對於大專院校的噪音現況較不受重視。而目前國內關於室內音場評估技術的相關文獻相對少於關於環境噪音的評估報告，而不同來源的噪音對應不同的檢測方法與評估，常見的有運用噪音技術評估指標和音場模擬軟體等方法來做室內音場特性的分析探討。

黃和賴[6]針對住宅案例，進行噪音現況之量測，以透天住宅、公寓住宅為調查對象，內容包括住宅之各類噪音源之音量及位置之分析，並指出國外對於建築物室內噪音之標準，大部分以30dB(A)至40dB(A)為容許標準。謝[7]探討台灣地區演藝廳室內空調噪音之實際狀況，研究結果顯示演藝廳室內背景噪音大多數不符合容許值基準之要求，其主要原因是空調系統之噪音過大，平均而言，約比不開空調時高出14 dB(A)。謝等人[8]探討縣市文化中心室內背景噪音現況，進行各部門主要

空間的背景噪音(有空調)的客觀量測調查，結果顯示該室內環境其主要噪音來源九成五以上來自空調系統。王和黃[9]運用「用後評估」之研究方式，以現場觀察紀錄及內部空間測繪、儀器現場噪音量測與館員訪談及一般讀者問卷調查方法，評估圖書館內噪音現況，結果顯示圖書館最主要之噪音來源為外部之交通噪音。陳和鐘[10]介紹某新建攝影棚之聲學特性，包括迴響時間、空氣隔音及樓版衝擊隔音等之設計、驗收量測結果，並探討其若干缺陷處，以為改進之參考。江等人[11]探討三種不同類型的劇場，將現場量測的脈衝響應，以Hyper Signal 的分析程式解析資料，獲得相關的音響性能物理參數，並比較圍閉方式造成的建築環境之不同對音響性能造成之影響。Hardy[12]則是探討火車內部噪音對乘客舒適品質的影響，比較A、B、C、D四種加權及不同噪音曲線的差異。

葉等人[13]以聲強法量測音源之聲功率與音場之殘響時間，並運用室內音場模擬軟體Ramsete配合室內聲學計算公式，預估室內之聲壓分布。盧等人[14]是以噪音計量測之音壓級作為輸入數據，應用最小平方差的觀念，並由程式計算推估室內最大噪音源之影響。吳等人[15]使用電腦軟體計算各項與聲響性能相關的客觀指標，用以輔助中正廳聲響環境的設計，並在施工後期作現場量測，確認完工後之聲響環境已達到預定的目標。甘[16]利用CATT-Acoustic 室內聲場模擬軟體，建立音場模擬與預估之技術，並利用頻譜分析儀、音源產生器及相關量測設備進行現場量測，並將殘響時間及聲壓實際量測值與軟體所得結果比對，以驗證聲場模擬軟體的精準度。Suebsak et al. [17]和Suebsak and Nuttapol[18]發展出噪音等高線圖，以針對室內工作場所之多種不同機器所產生之音壓位準預測出整體噪音現況。

學校是老師傳授知識的場所，更是學生們吸收知識的寶貴殿堂，但是老師往往透過聲音的傳遞以作為傳遞專業知識的途徑，也因此教室內部之噪音源大小與噪音的分佈也直接影響到老師們的教學心情與教學內容，進一步也會直接影響學生們上課的注意力與思考力，因此改善噪音環境已成為刻不容緩的問題。

綜合以上所述，歸納出本研究的主要方向在探討屏科大校園室內音場環境：

- (1) 透過室內噪音評估指標以了解室內音場的特性與相關物理意義，並對室內音場評估流程有整體的觀念，圖1為本文之研究流程圖，但並未探討實際之噪音改善部分。
- (2) 經由分析使用現況與噪音現況，以提供改善或新建的參考，可作為日後興建校舍，在噪音問題上的防制及改善工程之參考。

## 2. 室內音場環境評估之客觀指標

對於噪音的評估，有許多可用的方法與指標，各有不同的分析目的。以下將介紹適用於室內噪音評估的指標[5]：

### (1) 噪音準則曲線(NC Curve)

或稱噪音定規曲線，為美國廣泛應用於評估室內噪音問題，及達成規劃背景噪音目標之評估指標。噪音準則曲線評定室內噪音級步驟：

- 量測八音頻帶音壓位準值。
- 將量測值套入噪音準則曲線。
- 曲線之最高值，即為該室內音場環境。

### (2) 較佳噪音準則曲線(PNC Curve)

評定室內噪音級步驟與 NC 曲線相同。

### (3) 噪音率定曲線(NR Curve)

評定室內噪音級步驟與 NC 曲線相同。

### (4) 平衡噪音準則曲線(NCB Curve)

平衡噪音準則曲線評定室內噪音級步驟：

- 找出語言干擾位準為多少 XX(dB)，即為其音場環境。
- 將量測所得頻帶音壓位準值各點數值連接。
- 求 NCB-YY，NCB-YY 為 NCB-XX+3。
- 考慮以下 3 種狀況：

- **Rumble**：頻率在 1000Hz 以下的音壓位準值，超出 Rumble 這條曲線，這間音場可能會有 Rumble 的問題，標註為 NCB-XX(R)。
- **Hiss**：頻率在 1000Hz 以上的音壓位準值，若高於 Hiss 這條曲線，則顯示這間音場可能會有 Hiss 的問題發生，標註為 NCB-XX(H)。
- **Vibration**：當 16、31.5、63Hz 等低頻的音壓位準值位於 A 或 B 區域時，則這間音場可能會有振動的問題，標註為 NCB-XX(A 或 B)。

### (5) Mark II 室內準則曲線(RC Mark II Curve)

Mark II 室內準則曲線評定室內噪音步驟：

- 找出優先語言干擾位準為多少 XX(dB)。
- 求出 LF、MF、HF。

$$LF = 10 \log \left( \frac{10^{\Delta L_{16}/10} + 10^{\Delta L_{31.5}/10} + 10^{\Delta L_{63}/10}}{3} \right) \quad (1)$$

$$MF = 10 \log \left( \frac{10^{\Delta L_{125}/10} + 10^{\Delta L_{250}/10} + 10^{\Delta L_{500}/10}}{3} \right) \quad (2)$$

$$HF = 10 \log \left( \frac{10^{\Delta L_{1000}/10} + 10^{\Delta L_{2000}/10} + 10^{\Delta L_{4000}/10}}{3} \right) \quad (3)$$

其中， $\Delta L_{16}$  指的是在 16Hz 的頻帶，將實際量測得到的數值和 RC-XX 曲線對應數值的差，其餘以此類推。

- 找出 QAI(LF、MF、HF 相差之最大值)。

- 求出 QAI 後，考慮以下 3 種狀況：

- 當 QAI < 5，表示此音場環境為最佳理想狀態，標註為 RC-XX(N)。
- 當 QAI 為 5-10，表示音場環境勉強可以接受。若 HF

比 LF、MF 大，則紀錄為 RC-XX(HF)。

- 當 QAI > 10，表示音場環境極不理想。

### (6) A-加權全音域音壓位準( $L_A$ )

$$L_A = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{p_i} - f_i}{10}} \right) \quad (4)$$

式中， $i$ ：第  $n$  個八音頻帶中心頻率、 $L_{p_i}$ ：第  $n$  個八音頻帶中心頻率之聲音壓力位準、 $f_i$ ：第  $n$  個八音頻帶中心頻率之聲音壓力位準加權值、 $n$ ： $n$  個八音頻帶中心頻率。

### (7) 語言干擾位準(SIL)

係由四個頻帶的聲音位準求其算數平均而得，方程式如下、

$$SIL = \frac{L_{p,500} + L_{p,1000} + L_{p,2000} + L_{p,4000}}{4} \quad (5)$$

### (8) 優先語言干擾位準(PSIL)

係由三個頻帶的聲音位準求其算數平均而得，方程式如下、

$$PSIL = \frac{L_{p,500} + L_{p,1000} + L_{p,2000}}{3} \quad (6)$$

## 3. 噪音測定方法與步驟

由於校內面積廣闊，且各系館都相距很遠，因此，本研究將校園內簡單的劃分為六大區域，以作為量測之標的，分別為：A 區：管理大樓。B 區：資源工程館。C 區：農規、農園、植保、畜產系。D 區：綜合大樓。E 區：養殖系。F 區：機械系。

### 1. 室內音場環境之種類與量測原則

由於並不是每一系所館都有 2 間以上的監測點，因此，本研究在每一系所館至少都會取一間教室來做室內噪音的監測點，並考慮風扇門窗全開及風扇門窗全關兩種狀況，並以風扇門窗全關做為量測之基準。

假如是有 2 間以上之監測點，也是只量測一間音場之風扇門窗全開與風扇門窗全關之狀況，其餘教室部分都只是量測風扇門窗全開的狀況。

### 2. 噪音測定時注意事項

若考慮周圍(隔壁)噪音之影響時，最少需要量測如圖 2 所示的 5 個測點，本篇報告都是選取教室的正中央做為量測點。

測點的高度以平常人站立時，肩膀之高度 1.2~1.5 公尺為基準。測點距離牆面須在 1 公尺以上，以減少近距離牆面反射音的影響。圖 3 為管理學院 CM105 教室之室內噪音監測示意圖。

在量測現場除了使用 CEL-593.C1 噪音計，來全程進行噪音記錄之外，量測者必須針對量測現場的實際情況，來進行記錄工作，例如：量測時窗戶有無正常的開關、教室內有無空調設備或是電風扇、教室內的空間尺寸室內和室外噪音源的記錄等等。

## 4. 結果與討論

### 4.1 單一教室音響環境特性分析

為了確實了解教室音場之特性，本篇報告在此是以管理學院 CM105 教室作為討論例，比較當教室之門窗及風扇全開(on)和門窗及風扇全關(off)的情況下之音場環境特性之差異，討論分析如下：

#### 時間域與頻率域探討

分析門窗風扇開與閉時室內噪音的分布，由圖 4(a)得知，可以看出教室音場為一非常穩定的音源，噪音級非常的平順。而門窗風扇全開時音壓級大約為 60dBA，門窗風扇全關時音壓級大約為 39dBA，兩者相差約為 21dBA。

進一步分析風扇系統開與閉時室內噪音差異值頻譜。如圖 4(b)所示，兩者之間於各個頻率帶域的差異值，從 125Hz 到 8000Hz 都大於 10dBA，其中以 250Hz 到 2000Hz 之中高頻率帶域最高，最大差異值 24.8dBA，出現在 500Hz 左右的頻率帶域，產生此一頻率帶域的主要原因應該為風扇的風切聲音所造成的。

#### 不同室內噪音評估指標分析

以下將針對教室之門窗風扇全開(on)和門窗及風扇全關(off)的情況，應用不同指標分析所得結果依序做討論。以下將針對教室之門窗風扇全開(on)和門窗及風扇全關(off)的情況，應用不同指標分析所得結果依序做討論。

##### 1. 噪音準則曲線

將量測所得之頻帶音壓位準值，見表 2，套入噪音準則曲線中，得到噪音準則曲線之最高值分別為 **NC-24** 和 **NC-45**，如圖 5 為 管理學院 CM105 教室之 NC 曲線。

##### 2. 較佳噪音準則曲線

評估方法同噪音準則曲線，圖 6 為 CM105(off) 和 CM105(on)之音場環境分別為 **PNC-24** 和 **PNC-45**。

##### 3. 噪音率定曲線

評估方法同噪音準則曲線，CM105(off) 和 CM105(on)之音場環境分別為 **NR-24** 和 **NR-45**。

##### 4. 平衡噪音準則曲線

CM105(off)之音場評估所得為 **NCB-24(N)** 並沒有超出標準，表示是良好的狀況；而 CM105(on)之音場評估所得為 **NCB-45(R)**。顯示其超出標準，且此室內音場有 Rumble 聲音的問題，猜測可能是風扇之噪音所造成的效應。若要改善的話，則需將超出 Rumble Curve 之頻率音壓值降低，這樣才可以改善其音場品質。

##### 5. RC Mark II 室內準則曲線

由於 CM105 (off)的 RC Mark II 曲線分析結果中，QAI 並沒有大於 5，所以該環境是處於理想的狀態，其音場環境標示為 **RC-26(N)**；而 CM105(on)的分析結果 QAI 高達 17，且其 MF 比 LF、HF 還大，所以其音場環境標示為 **RC-48(MF)**，若要改善的話，則需將 500Hz 頻率之音壓值降低，才可以改善其環境品質。

##### 6. A-加權全音域音壓位準

對照圖 7 可以得知，由於 CM105(on)教室的 A-加權全音域音壓位準是 54.9dBA，因此在 CM105 教室內

只要距離不超過 8 呎(2.4m)以上，以正常的聲音交談，皆可以清楚的聽到；不過只要兩人距離超過 16 呎(4.8m)以上，可能要以非常聲音交談，才可以清楚的聽到。

##### 7. 優先語言干擾位準

對照圖 7 可以得知，CM105 教室之優先語言干擾位準是 48dB，所評估之結果和 A-加權全音域音壓位準相同。

由於 CM105 教室講台至最後一排座位至少有 8m 的距離，因此，可能還需要更大聲的聲音才能互相交談；亦及，可預期教師必須加大聲音或麥克風輔助才能有好的上課音場環境。

### 4.2 各區域噪音現況

本研究總共量測了 6 個區域，完整分析結果如表 3，在此以將以 F 區(機械系)作為討論範例，將依序針對室內噪音評估指標分析所得結果做說明。

#### 1. 噪音準則曲線

分析結果顯示，5 間教室全部都是高於容許標準的。推測超出容許標準之原因，應該為 500Hz 頻率之音壓位準過高所造成的。

#### 2. 較佳噪音準則曲線

分析結果顯示，只有 ME206 教室之 PNC 曲線剛好到達容許標準上限，其餘教室都是高於容許標準的。

#### 3. 噪音率定曲線

分析結果顯示，5 間教室全部都是高於容許標準的。推測超出容許標準之原因，應該為 500Hz 頻率之音壓位準過高所造成的。

#### 4. 平衡噪音準則曲線

分析結果顯示，有 2 間教室(ME205、ME206)符合容許標準，另外 3 間(ME209、ME210、ME211)則是超過容許標準。5 間教室皆無 Vibration 和 Rumble 的效應，但是都有 Hiss 的效應產生。

#### 5. RC Mark II 室內準則曲線

5 間教室中，只有 ME206 教室是符合容許標準的，分析結果顯示此區域之教室也是有高頻音的問題，造成之原因皆為 HF deviation 過高導致。

### 4.3 室內音場合格率討論

#### 1. 以單一指標來評估

表 4 為本文所有量測教室在不同標準條件下所佔之百分比，討論如下：

- (1) 本研究總共量測了 24 間教室，以單一指標之標準來看的話，當中只有 12.5%符合 NC 曲線的標準；29.1%符合 PNC 曲線的標準；4.16%符合 NR 曲線的標準；58.3%符合 NCB 曲線的標準；8.3%符合 RC Mark II 曲線的標準；16.6%符合  $L_A$  的標準。
- (2) 若將所有評估指標的教室原有標準提高 5dB 分析(如 NC 曲線標準為 NC-35 就變成 NC-40 來評估)，結果顯示大部分仍沒到達標準，顯示教室音場環境不利於教師授課。
- (3) 應用 NCB 曲線分析得到的結果，在正常容許標準，高達 58.3%的比例有通過標準，但是卻是都有 Hiss 或 Rumble 的現象，因此，需將

頻帶之音壓值降低，消除 Hiss 或 Rumble 的現象，這樣才算真的符合標準。

## 2. 交叉評估

完全符合 6 個評估指標標準的只有 HO306 這間教室，但是若以高於 5dB 的評估指標標準來看的話，則有 RE011、AG103、IH302、ME206 等 4 間教室也符合。

## 4.4 不同室內評估指標優劣比較

### 1. 依照噪音計類型來分別

#### (1) 普通噪音計

假如使用的噪音監測儀器是屬於此種類型，由於只能得到一個平均音壓值，並沒有噪音源各個頻率的組成，因此只可以使用 A 加權音壓位準加以評估。

#### (2) 精密實時噪音分析儀

假設是使用此種儀器的話，因為可以獲得各個噪音源頻率音壓的組成，包括 1/1 八音頻帶或 1/3 八音頻帶，故適用於文中介紹的所有指標。

### 2. 依照評估方法之難易來分別

表 5 為不同指標所得結果比較，討論如下：

- (1) NC、PNC、NR 等三種評估方式只能得到單一數值結果而 NCB 和 RC Mark II 還考慮了音場可能有振動的現象，及高、中和低頻帶的效應。
- (2) 文中所介紹之各項指標，對於評估室內音場環境而言都是適用的，並沒有嚴格規定要使用哪種指標，端看使用者之需求而定。

## 5. 結論

本文探討室內噪音環境之量測與評估，對屏科大室內教學空間之音場環境進行分析，總結如下：

1. 藉由室內噪音評估指標分析結果顯示，風扇所產生之噪音，確實為校園內室內音場環境之主要噪音來源，尤其以 500Hz 之頻率音壓貢獻最大。
2. 本研究總共量測了 24 間教室，以單一指標之容許標準來看的話，當中只有 12.5% 符合 NC 曲線的容許標準；29.1% 符合 PNC 曲線的標準；4.16% 符合 NR 曲線的容許標準；58.3% 符合 NCB 曲線的容許標準；8.3% 符合 RC Mark II 曲線的容許標準；16.6% 符合  $L_A$  的容許標準。若提高標準 5dB，大部分仍不及半數，顯示教室音場環境不利於教師授課。
3. 完全符合 6 個評估指標標準的只有 HO306 這間教室，但是若以高於 5dB 的評估指標標準來看的話，則有 RE011、AG103、IH302、ME206 等 4 間教室也符合。
4. 本篇報告在室內音場的量測結果，僅能代表在室內音場上的現象，並不足以論定理想的音響性能標準數值，仍需要另外以主觀方法來進行評估，以真正了解師生對於教學環境之感受。

## 6. 參考文獻

- [1] 行政院環境保護署，1991，「噪音管理法-噪音管制標準」，行政院環境保護署印行。
- [2] 蘇德勝，1993，「噪音原理及控制」，臺灣書店出版。

- [3] 張錦松，韓光榮，1993，「噪音振動控制」，高立圖書股份有限公司。
- [4] 王栢村，2000，「工業噪音控制」，國立屏東科技大學機械工程系。
- [5] 王栢村，2004，「噪音檢測、分析與防治」，國立屏東科技大學機械工程系。
- [6] 黃士賓，賴榮平，2002，「建築物境界噪音管制之研究-住宅設備之噪音」，中華民國音響學會第十五屆學術研討會論文集，台南，論文編號 A1-1。
- [7] 謝育穎，2003，「台灣地區演藝廳空調噪音特性分析」，中華民國音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 238-242 頁。
- [8] 謝宏仁，賴榮平，謝育穎，吳宗儒，2000，「縣市文化中心室內背景噪音現況調查與分析」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-4。
- [9] 王文安，黃敏政，2000，「台北市立圖書館分館噪音之現況調查與評估研究」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-5。
- [10] 陳金文，鐘兆均，2000，「某新建攝影棚之聲學特性」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-14。
- [11] 江維華，許晏堃，蔡金照，2001，「中國傳統劇場音響環境調查」，中華民國音響學會第十四屆學術研討會論文集，台北，第 279-284 頁。
- [12] Hardy, A. E. J., 2000, "Measurement and Assessment of Noise within Passenger Trains," *Journal of Sound and Vibration*, Vol.231, pp. 819-829.
- [13] 葉文裕，盧士一，于台珊，2002，「噪音場所聲壓分布預估方法之研究」，中華民國音響學會第十五屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C2-5。
- [14] 盧士一，葉文裕，于台珊，2003，「以音壓級測定值預估音源貢獻度研究」，中華民國音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 133-139 頁。
- [15] 吳宜昌，徐茂濱，江維華，徐裕健，2000，「中山堂中正廳聲響環境之改建」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-13。
- [16] 甘東績，2002，「艦艇噪音預估與降低方法之研究」，碩士論文，國防大學中正理工學院，桃園。
- [17] Suebsak, N., Tawan, Boonyawat., and Suphawat, W., 1999, "Analytical Procedure for Constructing Noise Contours," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 23, pp. 123-127.
- [18] Suebsak, N., and Nuttapol, A., 1999, "Determination of Dominant Facility Locations with Minimum Noise Levels for the Cost Contour Map," *International Journal of Production Economics*, Vol. 60, pp. 319-325.

# Indoor Environmental Noise Measurement and Analysis of NPUST

Bor-Tsuen Wang, Hsin-Yu Su, Chin-Chien Tsai

Department of Mechanical Engineering  
National Pingtung University of Science and Technology

## Abstract

This work aims to discuss the indoor acoustic environments for classrooms and laboratories in NPUST campus. First, background noise of rooms in normal condition is measured by using real-time sound pressure level meter. Different indoor noise evaluation indices are introduced and applied to assess the suitable use of classrooms or laboratories in comparison to the recommended allowable criteria. Results show only about 30% in amount of 24 rooms is eligible for their use in terms of acoustic environmental properties. The major noise source comes from the flow-induced noise of fans. The developed methodology and its operational procedure can also be adopted for other indoor noise assessment.

Keyword: background noise, indoor noise evaluation index, indoor noise.

表 1 校內量測地點之分類及抽樣數目

區域	A	B	C	D	E	F	總和
教室	4	7	5	1	2	5	24
實驗室	-	-	-	-	-	3	3
會議室	1	-	-	-	-	-	1

表 2 管院 CM105 教室不同條件下之頻譜分布

頻率 (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
off	47	42	35	31	26	22	19	16
on	53	56	55	56	47	41	36	27

表 3 所有評估地點之室內噪音評估指標分析結果彙整

室內噪音評估指標	NC	PNC	NR	NCB	RC Mark II	$L_A$	SIL	PSIL
教室標準	低於 NC-35	低於 PNC-40	低於 NR-35	低於 NCB-40	低於 RC-35	低於 40dB(A)	-	大約 33dB
CM 105(off)	NC-24	PNC-26	NR-27	NCB-24	RC-26(N)	33.4	24.4	26.1
CM 105(on)	NC-52	PNC-52	NR-52	NCB-45(R)	RC-48(MF)	54.9	44.9	48
CM 110	NC-43	PNC-45	NR-48	NCB-43(H)	RC-45(HF)	50.4	43.4	45.5
CM 206	NC-39	PNC-42	NR-46	NCB-39(R)	RC-42(MF)	48.5	38.9	41.5
CM 306	NC-40	PNC-43	NR-45	NCB-40(R)	RC-43(HF)	50.3	39.9	43.4
RE 127(off)	NC-30	PNC-31	NR-34	NCB-30	RC-31	31.3	29.5	30.9
RE 127(on)	NC-41	PNC-42	NR-43	NCB-39(H)	RC-42(HF)	47.6	39.1	41.7
RE 011	NC-35	PNC-37	NR-38	NCB-35(H)	RC-37(HF)	42.5	34.7	36.6
RE 018	NC-40	PNC-41	NR-41	NCB-39(H)	RC-41(HF)	45.9	38.9	40.7
RE 101	NC-62	PNC-59	NR-65	NCB-59(H)	RC-59(HF)	65.9	58.9	59.1
RE 114	NC-39	PNC-41	NR-41	NCB-40(H)	RC-41(HF)	46.6	39.8	41.2
RE 117	NC-60	PNC-58	NR-64	NCB-58(H)	RC-58(HF)	64.6	57.7	57.8
RE 223	NC-42	PNC-42	NR-46	NCB-41(H)	RC-42(HF)	48.5	41.2	42.2
AG 20(off)	NC-40	PNC-42	NR-44	NCB-40(H)	RC-42(HF)	41.2	40.2	41.9
AG 20(on)	NC-44	PNC-46	NR-48	NCB-44(H)	RC-46(HF)	45.7	44.2	45.8
AG 103	NC-37	PNC-39	NR-40	NCB-37(H)	RC-39(HF)	38.3	37.5	39.0
AS 305(off)	NC-25	PNC-27	NR-29	NCB-25(H)	RC-27(HF)	26.5	25.1	26.8
AS 305(on)	NC-38	PNC-40	NR-42	NCB-38(H)	RC-40(HF)	39.1	37.6	39.5
AS 308	NC-39	PNC-40	NR-42	NCB-39(H)	RC-40(HF)	39.2	38.6	40.5
HO 306(off)	NC-27	PNC-28	NR-32	NCB-27(H)	RC-28(HF)	28.2	26.6	27.7
HO 306(on)	NC-33	PNC-35	NR-35	NCB-33(H)	RC-35(HF)	33.6	32.9	34.8
IH 302(off)	NC-27	PNC-27	NR-32	NCB-27(H)	RC-27(HF)	34.2	26.9	27.2
IH 302(on)	NC-34	PNC-36	NR-38	NCB-34(R)	RC-36(N)	42.8	34.3	36.4
AO 304(off)	NC-29	PNC-30	NR-31	NCB-29(H)	RC-30(HF)	36.2	28.8	29.8
AO 304(on)	NC-45	PNC-47	NR-48	NCB-45(H)	RC-47(HF)	50.9	45.9	45.8
AO 302	NC-44	PNC-46	NR-47	NCB-44(H)	RC-46(HF)	51.8	45.2	46.8
ME205	NC-43	PNC-47	NR-46	NCB-38(H)	RC-37(HF)	50.3	43	45
ME206	NC-36	PNC-35	NR-37	NCB-34(H)	RC-35(N)	41.5	33.6	35.5
ME209	NC-45	PNC-44	NR-46	NCB-42(H)	RC-44(HF)	51	41.8	44.2
ME210	NC-46	PNC-47	NR-48	NCB-45(H)	RC-47(HF)	51.5	44.6	46.6
ME211	NC-46	PNC-46	NR-48	NCB-45(H)	RC-46(HF)	51.6	45.1	45.9

表 4 室內音場在不同標準條件所佔之百分比

NC	≤ NC35	≤ NC40	≤ NC45
間數	3/24	11/24	19/24
百分比	12.5%	45.8%	79.1%
PNC	≤ PNC40	≤ PNC45	≤ PNC50
間數	7/24	14/24	21/24
百分比	29.1%	58.3%	87.5%
NR	≤ NR35	≤ NR40	≤ NR45
間數	1/24	5/24	11/24
百分比	4.16%	20.8%	45.8%
NCB	≤ NCB40	≤ NCB45	≤ NCB50
間數	14/24	22/24	22/24
百分比	58.3%	91.6%	91.6%
RC Mark II	≤ RC35	≤ RC40	≤ RC45
間數	2/24	8/24	9/24
百分比	8.3%	33.3%	37.5%
$L_A$	≤ 40	≤ 45	≤ 50
間數	4/24	7/24	13/24
百分比	16.6%	29.1%	54.1%

表 5 不同評估指標之優劣比較

效應	NC	PNC	NR	NCB	RC Mark II	$L_A$
單一	○	○	○	○	○	○
高頻				○	○	
中頻					○	
低頻				○	○	
振動				○	○	

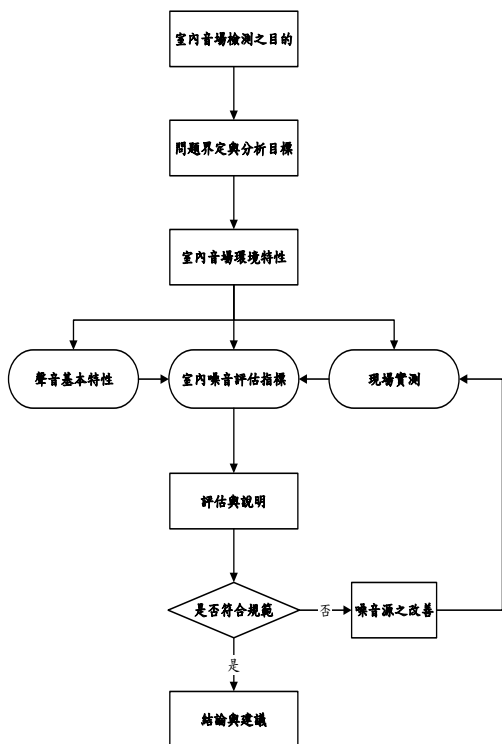


圖 1 研究流程圖

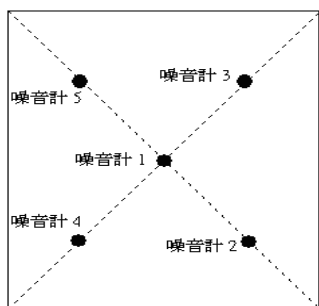


圖 2 噪音計測點安排原則

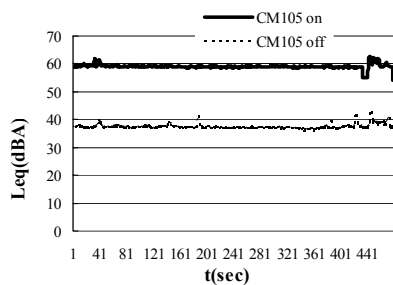


(a) 風扇門窗全關

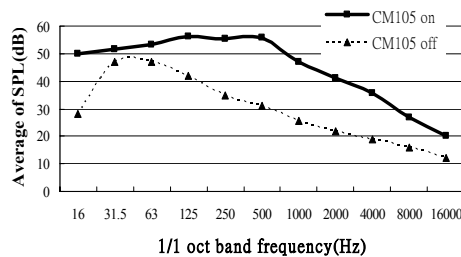


(b) 風扇門窗全開

圖 3 管理學院 CM105 教室之噪音監測示意圖

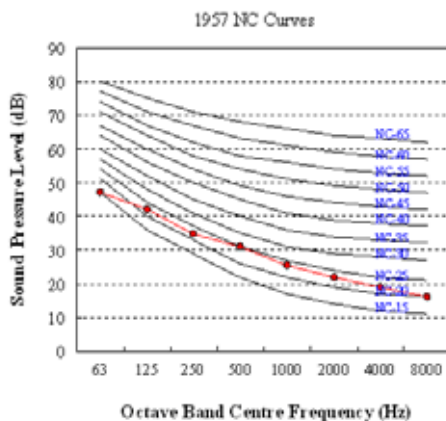


(a) 時間域

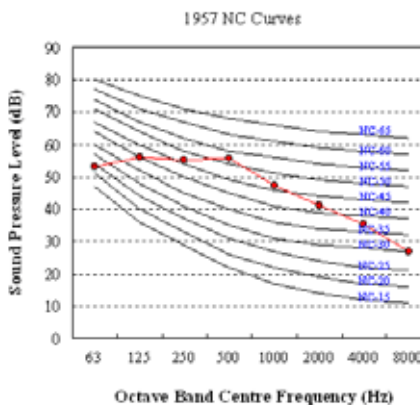


(b) 頻率域

圖 4 管理學院 CM105 教室之音場特性

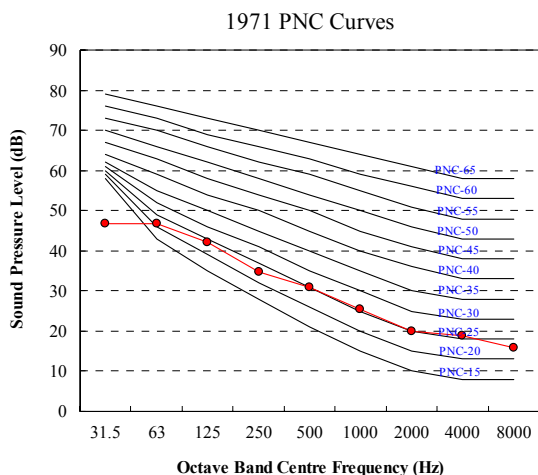


(a) 門窗風扇關閉的狀態

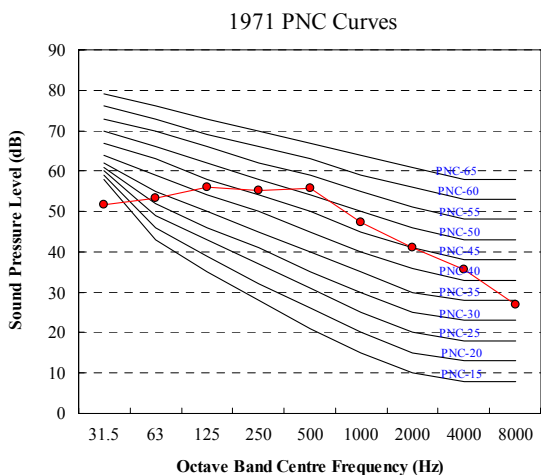


(b) 門窗風扇開啟的狀態

圖 5 管理學院 CM105 教室之 NC 曲線



(a)門窗風扇關閉的狀態



(b)門窗風扇開啟的狀態

圖 6 管理學院 CM105 教室之 PNC 曲線

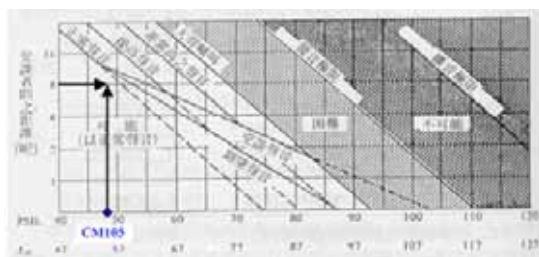


圖 7 噪音對語言與交談之遮蔽效應圖