

空調風管系統噪音測試實驗室之規劃設計

趙以諾*1 姜巍棠*2 趙浩廷*3

*1 趙以諾建築師事務所、齊揚工程顧問股份有限公司總經理

*2 台灣顯隆(ASLI)機械股份有限公司實驗室主任

*3 工業技術研究院能源與環境研究所副工程師

摘 要

本文在說明符合國際標準之消音箱音響實驗室規劃設計。此實驗室是依據 ASTM E477-99 及 AMCA 300-05 等相關標準進行設計，能提供空調消音箱之音響插入損失 (Insertion loss)、氣流噪音 (Air flow generated noise)、壓力損失 (Pressure drop) 等性能及風機聲功率位準 (Sound power level) 測試。本實驗室包括消音箱測試用音源室二間、餘響室二間、可變風量風向系統、測試用風管系統、音響、氣流測試儀器等，興建完成後將會是國內設備完善之空調噪音測試實驗室。

一、前 言

本案為一空調消音箱測試用音響實驗室之設計與興建。業主為空調風管設備製造商，消音箱與各式空調出風口為其重要生產項目，為提昇其產品品質，提供公司內部研發並取得國際相關產品認證，針對空調風管相關設備之檢測規劃了一系列實驗室，本實驗室為其中之一環。基於需求，有關風管消音箱產品業主擬通過 AMCA 1011-03(文獻 1)(美國送風及控制協會 AIR MOVEMENT AND CONTROL ASSOCIATION INC.)性能認證。依據此認證程序，消音箱應遵循 ASTM E-477-99(文獻 2)之相關標準執行測試，此標準亦為本案之設計基準。

類似之性能測試除 ASTM 外，ISO7235-2003(文獻 3) 亦是國際上廣為使用之測試標準，目前我國相關之國家標準 CNS A3414(文獻 4) “聲學—風管消音箱及空氣終端單元之實驗室量測程序—插入損失、氣流噪音及總壓力損失”亦是以 ISO 7235-2003 為基準編譯，中國大陸則有 GB/T 4760-1995(文獻 5) “聲學消聲器測量方法”之類似標準。

完工後，本實驗室預期將俱備下列測定功能，包括：風管式消音箱(含/不含氣流)之插入損失(Insertion loss)、風管式消音箱氣流噪音(或再生音)、有氣流狀態下之消音箱總壓力損失等。除消音箱相關測試外，此音響實驗室亦計劃提供風車音功率 AMCA 300-05(文獻 6)、傳透損失(TL)相關音效測試。

二、規劃設計內容

1、本實驗室針對消音箱測試主要系統及規格如下：(位置詳下頁圖說)

- (1)、第一音源室(直通消音箱用)；第二音源室(彎管消音箱用)。
- (2)、測試段前連結風管。
- (3)、a.消音箱測試段 4.8m 長，測試斷面 1.0m(W)*0.6m(H)。
b.90°彎管消音箱測試段。最大容許測試面風速<20m/s。
- (4)、測試段後連結風管。
- (5)、第一餘響室:六面不整型浮動構造，室容積 873m³。

- (6)、風車餘響室側消音箱。
 - (7)、正反向送風可調風車室。
 - (8)、風車: 風量可變軸流式, 最大風量 25000 CFM。
 - (9)、風車音源室側消音箱。
 - (10)、風量、靜壓測試系統。
- 2、本實驗室另有下列空間供風車音功率(AMCA300)及隔音性能測試
- (1)、第二餘響室, 室容積 620m³ (非浮動構造)。
 - (2)、消音風道。
 - (3)、測試開口 (第一與第二餘響室之間, 開口尺寸 2.2m*2.2m)。
 - (位置詳圖二、三、四)
- 3、本實驗室主要音響測試儀器系統如下:
- (1)、分析儀: B&K 3560 B T23 PULSE Acoustics Analyzer
 - (2)、麥克風: B&K 4943 MIC+B&K2639 Preamplifier
 - (3)、B&K 3923 Rotating Boom
 - (4)、B&K 4204 Reference Sound Source
 - (5)、B&K 4296 Omni Power Source
 - (6)、Loudspeaker JBL AM4315/95

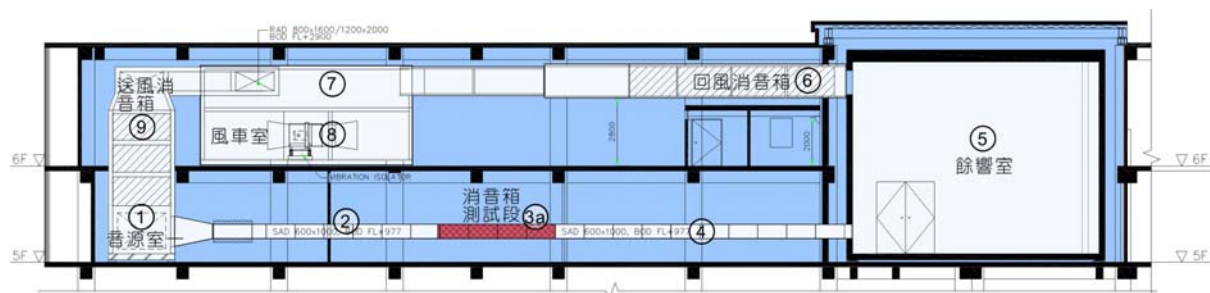
三、設計說明

(一)、空間配置

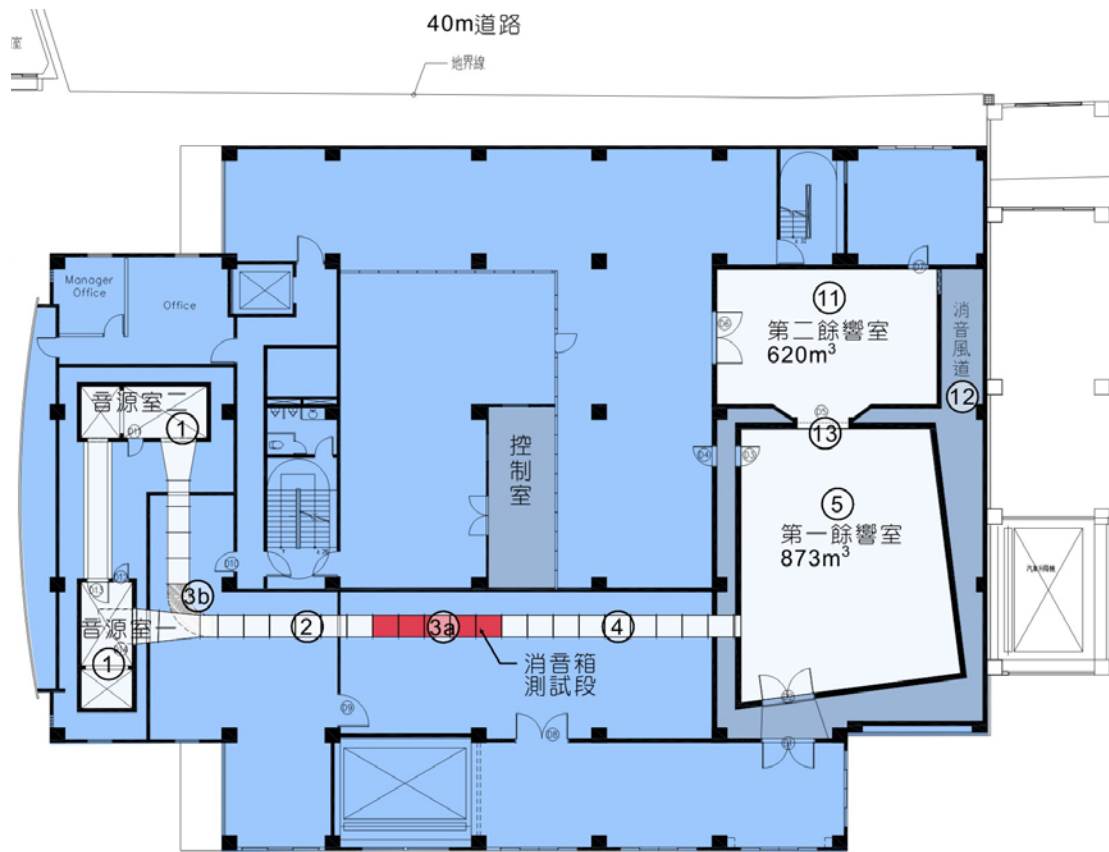
本實驗室設置於該公司林口二廠廠房, 基地位處桃園縣龜山鄉之工業區, 廠房南向面對 40m 道路, 側面則為 12m 寬工業區內部道路, 建物為六層樓高之鋼筋混凝土建築, 其中第五、六層規劃為一系列之實驗室區, 一~四樓為一般廠房, 本消音箱實驗室配置於五、六兩個樓層。



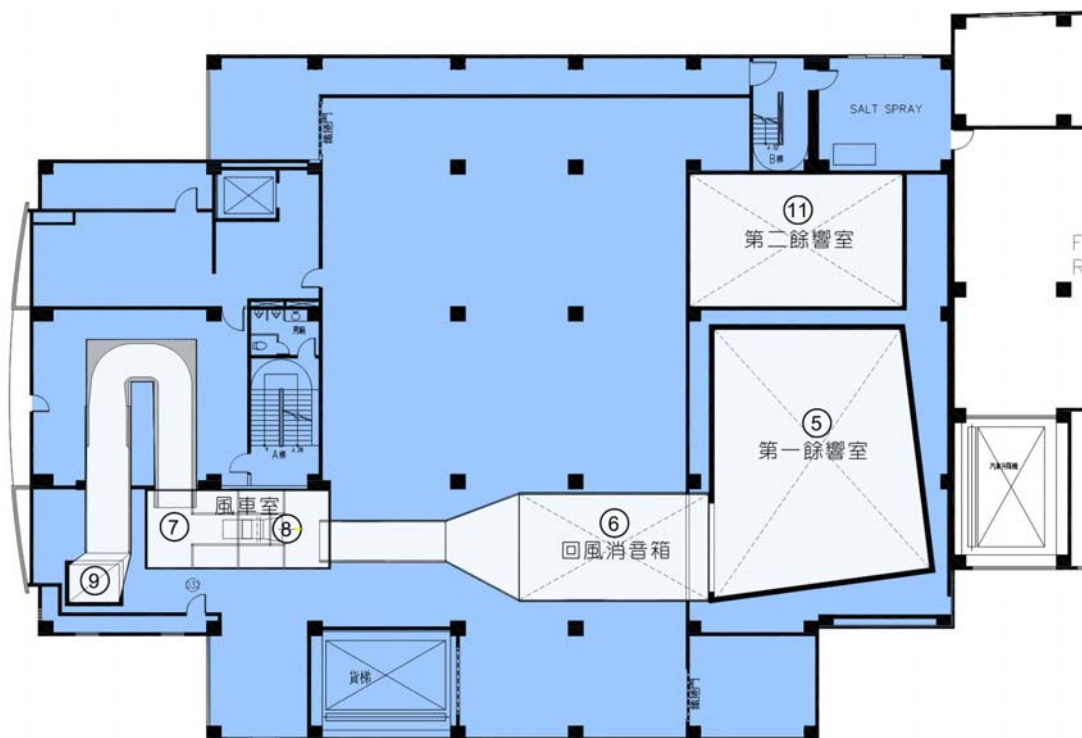
圖一、實驗室座落



圖二、實驗室剖面



圖三、實驗室測試段（5F）平面



圖四、實驗室 6F 平面

(二)、設計要點

1、法規適用性之檢討

實驗室規劃是遵照 AMCA 認可之 ASTM E477-99 標準設計，但實質面上，性質相近的 ISO7235-2003 測試標準在國際上使用亦相當廣泛，而我國於 98 年公布 CNS A3414 相關測試標準基本上亦遵照 ISO7235-2003 相關規定，故設計過程中亦考量兩種標準中之差異性進行檢討，使得本實驗室能在不同國際標準中轉換。

2、結構補強

本案為在既成建物中興建大型餘響室，故現有建物之結構補強及餘響室之減重為設計過程中之考量要點。本建物原設計即是供廠房使用，整體檢討後水平耐震力尚符合法規要求，故本案之結構補強主要在配合餘響室浮動構造之避震彈簧所需，在餘響室正下方之第 5 層樓板外加小樑，以提供足夠之剛性供避振彈簧安置。



圖五、第一餘響室隔振彈簧配置

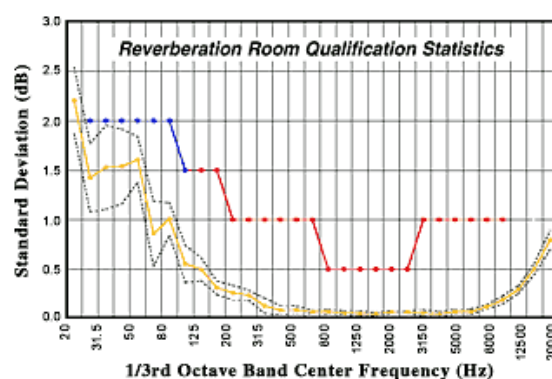


圖六、餘響室下之結構補強

另餘響室牆面一般期望能以較厚重之混凝土構造施作，以提升低頻隔音性能，但限於荷重考量，此餘響室除牆面是採 25cm 混凝土外，天花部分是改採複層鋼板構造，以降低餘響室整體重量；並同時利用此複層構造提供低頻吸音，以減少低頻餘響時間，有利於低頻音壓分布。



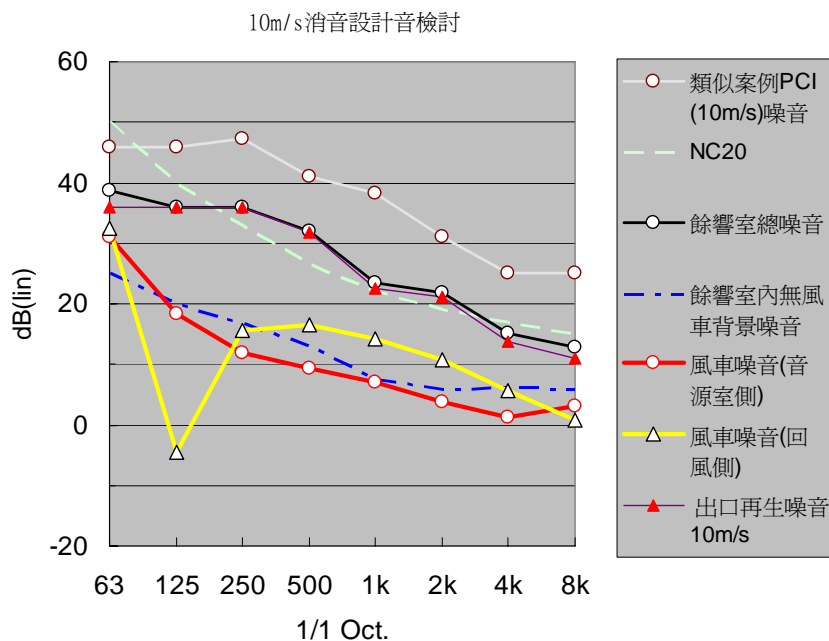
圖七、第一餘響室上方複層鋼板構造



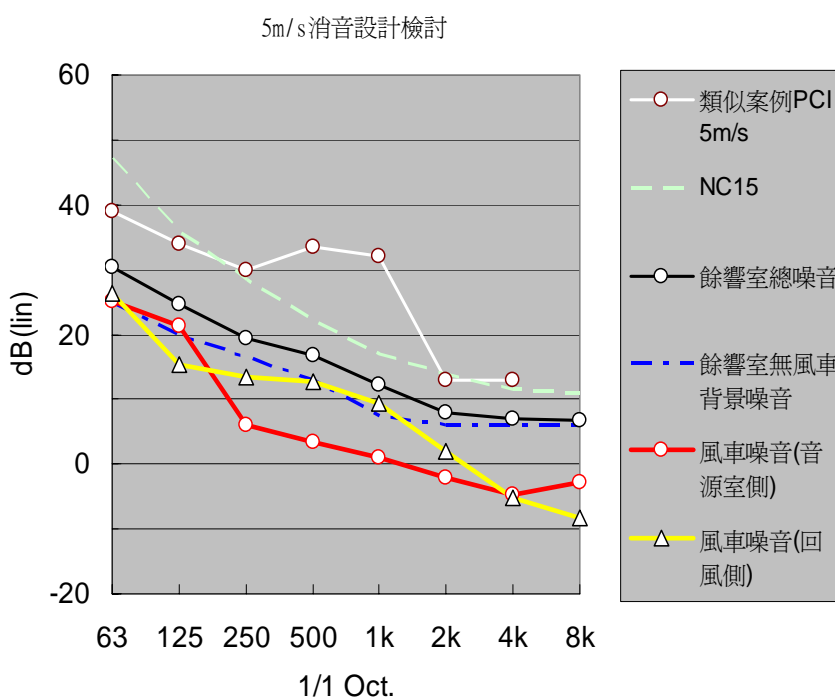
圖八、ANSI S12.31 餘響室認證容許標準偏差範圍

3、設計及施工過程中進行各項噪音消音檢討

消音箱測試環境背景噪音越低越有利於測試進行。設計過程中，各項噪音消音檢討是為重點。我們有檢討在各種風速下餘響室內最終之噪音值，包括風車噪音、消音箱音量、再生噪音檢討等。亦檢討了各項外來噪音之影響，如車輛噪音、其他廠房噪音等。反應於實際構造中包括全面浮動構造（音源室、風車室、餘響室）、風管消音系統、彈性吊架、彈性支撐、撓性接頭等隔音構造等。實際施作過程中，我們亦對各項施工成果進行檢測，確保各項施作成果符合設計需求。



圖九、面風速 10m/s 狀況下餘響室噪音檢討



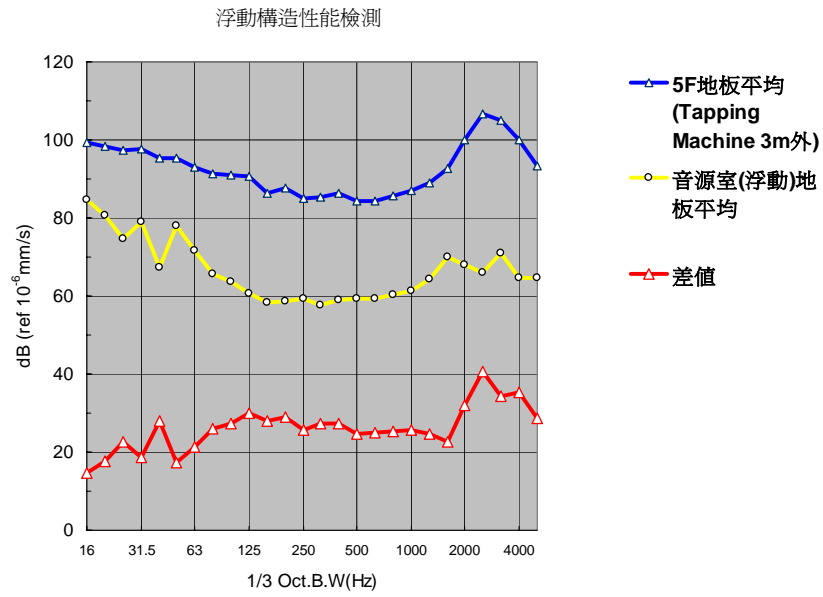
圖十、面風速 5m/s 狀況下餘響室噪音檢討



圖十一、風管消音箱施作



圖十二、音源室浮動地坪施作與施工中振動隔絕檢測



圖十三、浮動地坪檢測結果約有 20~25dB 之衰減值



圖十四、風管系統彈性吊桿及撓性接頭



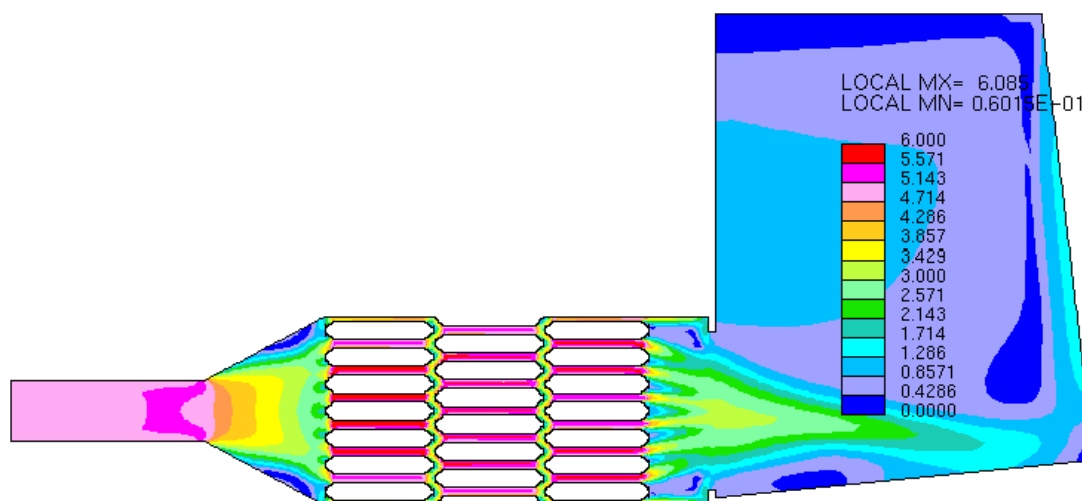
圖十五、落地風管支撐架橡膠墊隔振處理



圖十六、風管穿牆與結構體分離及密封處理

4、CFD 氣流模擬

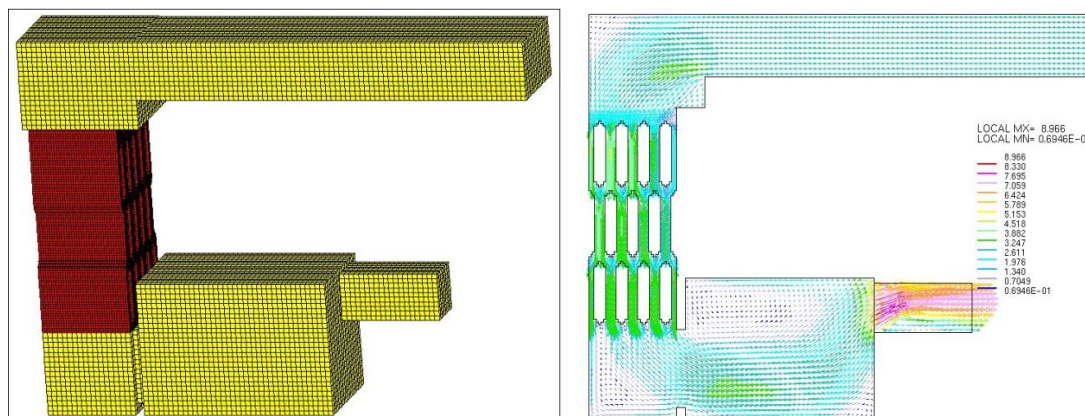
氣流之再生噪音是為整體噪音控制的一環，由於本案受限於既有建物，某些風管之轉折位置無法盡如人意，故氣流的流暢度上要加以注意，對於部分細部，我們利用 CFD 軟體 STAR-CD 模擬氣流之狀況，以做為設計之參考。另外對於餘響室內過高之氣流速度亦有可能對麥克風位置選定造成困擾，在設計進出餘響室之風口位置時，亦經由 CFD 模擬，用以確認各開口位置造成之影響。



圖十七、餘響室與消音箱之氣流檢討



圖十八、風管由 6F 風車室轉入 5F 音源室



圖十九、風管由 6F 風車室轉入 5F 之 CFD 模擬構架及結果

四、結語

至本文撰寫期間為止（2009/11），本工程仍持續施工中，實驗室完工後仍有許多調整與驗證的工作需要持續進行。

本工程由於業主本身即為設備製造商，故相關的工項均自行製作施工，在各項隔音細部的配合度上較一般工程為佳。

由於實驗室所在大樓之一到四樓為生產廠房，其產生之機械操作噪音對日後實驗室運作會有影響。針對此問題之解決方案，業主將以行政管理方式來處理，錯開生產與實驗時間，然而整體運作情形仍有待完工後進一步評估。

五、謝誌

本規劃設計承蒙勇博工程股份有限公司及 Mr. Jerry G. Lilly 技術協助特此申謝。
特別感謝 賴榮平教授、江哲銘教授、江維華教授三位恩師多年來之鼓勵及教誨。

六、參考文獻

1. AMCA PUBLICATION 1011-03, CERTIFIED RATINGS PROGRAM ACOUSTICAL DUCT SILENCERS.
2. ASTM E477-99 Standard Test Method for Measuring Acoustical and Airflow Performance of Duct Liner Materials and Prefabricated Silencers.
3. ISO7235-2003 Acoustic-Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal unites-Insertion loss, flow noise and total pressure loss
- 4.中華民國國家標準 CNS A3414 聲學－風管消音箱及空氣終端單元之實驗室量測程序－插入損失、氣流噪音及總壓力損失
- 5.中華人民共和國國家標準 GB/T 4760-1995 聲學消聲器測量方法
6. AMCA Standard 300-05 Reverberant Room Method for Sound Testing of Fans