

台灣地區演藝廳空調噪音特性分析

The Noise Characteristic Analysis of due to Air condition system in Auditorium of Taiwan

謝育穎

高苑技術學院建築工程系助理教授

821 高雄縣路竹鄉中山路 1821 號

電話：07-6077067 Fax：07-6077113

E-mail：n7884105@ccmail.ncku.edu.tw

摘要

本研究主要在探討台灣地區演藝廳室內空調系統噪音之現況及其成因，以期能找出降低空調噪音之對策。在經過 18 個演藝廳室內背景噪音（background noise）的現場量測之後發現，在空調系統全開的狀況下，比空調系統關閉時之室內噪音量平均高出 14dB(A)。進一步的空調噪音頻譜分析顯示，室內空調噪音的主要來源為廳內出回風（out-flow and return）系統。其主要的的原因在於出回風之風速過大以及出回風口清潔維護不良，以致風阻增大而提高噪音量。因此，台灣地區演藝廳室內空調噪音改善之道，在於 1.增加並均勻的配置出回風口數目以降低風速；2.甚選出回風口型式並加強出回風口之定期清潔維護，以減小風阻產出之噪音。

關鍵字：演藝廳、空調噪音、頻譜分析

ABSTRACT

This research is mainly in investigating the reality and causes of indoor noise of air-condition systems in Auditorium in Taiwan. After site measuring of the background noise of 18 auditoriums in Taiwan, it is found that the average indoor noise level of auditoriums in Taiwan is 14dB(A) higher when the air-condition system is operating in full capacity than it is shut down. Further spectrum analysis of the air-condition noise shows that main source of indoor air-condition system noise is the outflow & return air system. The main causes are the excessive air velocity of the outflow & return air and the cleaning and maintenance of the air inlet and out let at the outflow & return air system, which lead to the increased air-resistance and increased the noise level. Therefore, the ways to improve the indoor air-condition noise of auditoriums in Taiwan are: 1. Increase and evenly place the outflow & return air system to reduce the air velocity; 2. Be careful while selecting the type of the louver of the outflow & return air system and intensify the regular cleaning and maintenance of the outflow & return air system of the air-condition system to reduce the noise generated from the wind resistance.

KEYWORDS: Auditorium, The noise of Air Condition System, Spectrum Analysis

壹、前言

演藝廳是一個人多聚集的空間，而且為了節目演出時不受外界噪音干擾，必須採用密閉的構造型式。因此，在演藝廳使用空調系統是必然的。台灣位處亞熱帶氣候區，使用空調之季節一般來說可能橫跨春、夏、秋三季，演藝廳更需全年使用。然而根據本研究於西元 2000 年針對台灣地區主要文化展演空間之調查結果顯示，空調噪音為演藝廳室內背景噪音之主要來源，而專業演藝團體大約只有 30% 的受訪者對台灣地區主要的演藝場所之室內背景噪音狀況感到滿意，且有將近 20% 的演藝廳管理者認為其演藝廳之空調噪音有迫切改善之需要。本研究之目的即在於透過現場背景噪音量測，以評估演藝廳室內空調噪音之實際狀況，並透過頻譜分析找出空調系統中產出空調噪音之主要部位，最後透過整個空調系統之現場勘查評估，分析出造成空調噪音之原因，以期能謀求解決之道。

貳、台灣地區演藝廳室內空調噪音之現況

本研究於台灣地區選擇 18 處表演節目頻繁（每年超過 100 場次）之縣市文化中心演藝廳為研究之對象，分別量測這些演藝廳於空調系統全開與關閉狀況下之室內背景噪音。由表 1 的量測結果可知，各演藝廳之室內背景噪音在空調系統關閉、出入口門扉緊閉的情況下，都能控制在 NC-20 以下，顯示各文化中心演藝廳在建築構造上，對隔絕環境噪音之性能尚佳。而當演藝廳內之空調系統全開時，每個廳的室內背景噪音值都提高。其中，只有四個演藝廳仍能符合國際間通用之演藝廳室內噪音容許基準值 35dB(A) 或 NC-25 的標準；另有四個演藝廳之室內背景噪音值控制在 NC-30 以下，尚屬可接受之程度；除此之外，有 10 個演藝廳在 NC-35 以上，甚至有高達 NC-45 者。整體而言，演藝廳空調系統開與閉之間的室內噪音級差平均值為 14dB(A)，由此可見，空調噪音的確為演藝廳室內背景噪音之主要來源。

表 1. 各演藝廳室內背景噪音現場量測結果彙整表

演藝廳 背景噪音		TP	KS	BC	TY	CL	ML	FY	TC	NT	YL	SY	TN	FS	PT	HL	TD	PH	KL	平均 值
		空調系 統關閉	噪音級 dB(A)	19.6	29.1	31.6	34.0	30.8	35.0	33.5	26.8	26.0	27.0	30.7	22.0	25.0	29.8	24.6	32.2	33.8
NC 值	15		20	20	20	20	20	25	15	15	15	20	15	15	20	15	20	20	15	—
空調系 統全開	噪音級 dB(A)	23.5	40.6	43.6	47.8	49.8	48.2	51.1	44.6	55.6	48.3	47.9	24.7	45.0	42.1	38.7	48.0	39.3	33.3	42.9
	NC 值	15	30	30	40	40	40	40	35	45	40	40	15	35	30	25	35	30	20	—
噪音級差 dB(A)		3.9	11.5	12.0	13.8	19.0	13.2	17.6	17.8	29.6	21.3	17.9	2.7	20.0	12.3	14.1	15.8	5.5	5.3	14.0

參、演藝廳空調噪音頻譜特性分析

3-1 室內背景噪音平均值頻譜分析

為了確實了解演藝廳空調噪音之成因，本研究進一步針對 18 個調查案例中，室內背景噪音值大於 NC-30 的 14 個案例，進行空調噪音之頻譜特性分析。這 14 個案例在空調系統全開與關閉的狀況下，其室內背景噪音 1/3 八度音程中心頻率（1/3 octave band center frequency）的平均值與差異值頻譜，如圖 1. 所示。空調系統關閉時之室內背景噪音平均值為 30.1dB(A) (NC-20)，空調系統全開時之室內背景噪音平均值則高達 47.1dB(A) (NC-40)。

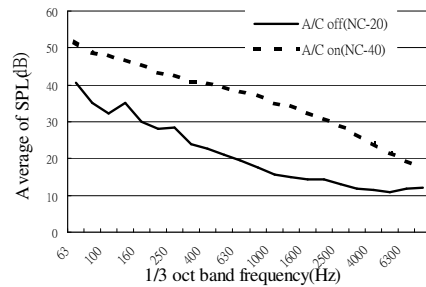


圖 1. 室內背景噪音平均值頻譜

3-2 空調系統噪音平均值頻譜特性分析

圖 2. 是這 14 個案例空調系統全開時之室內背景噪音頻譜圖。在一般空調系統中較常發生噪音困擾的部分主要是冰水主機、傳輸泵、冷卻水塔、鼓風機、風管以及出回風口等。從本研究案例之頻譜分布狀況來看，較符合出回風口噪音之特性。以現場調查作業實際之感受而言，在舞台與觀眾席區內確實較能察覺廳內出回風口發出之噪音，其他空調機械設備由於配置在離廳內較遠的位置，通常感受不到其運轉所產生的噪音。因此，由空調系統噪音平均值頻譜圖趨勢可以推測，出回風口噪音乃是造成演藝廳室內背景噪音增加之最主要來源。

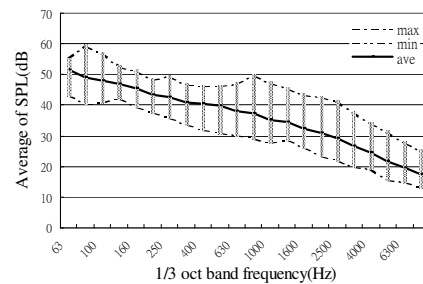


圖 2. 空調系統噪音平均值頻譜

3-3 室內噪音差異值頻譜特性分析

進一步分析這 14 個演藝廳空調系統開與閉時室內噪音差異值之頻譜。如圖 3. 所示，兩者之間於各個頻率帶域 (frequency band) 的差異值，從 63 Hz 到 5000 Hz 都大於 10dB，其中以 500Hz-2000Hz 之中高頻率帶域較高，最大差異值 19.6dB，出現在 1000Hz 左右的頻率帶域。產生此一頻率帶域噪音之主要原因為速度較高（超過 4.0m/s）的氣流，通過出回風口之風切聲音。在比較過本研究所有調查的 18 個案例之空調系統後發現，只有 TP、TN 兩個案例出回風口之風速低於 4.0 m/s，約 2.0 m/s 左右，空調噪音抑制性能在所有案例中表現最佳。KL、HL 兩個案例出

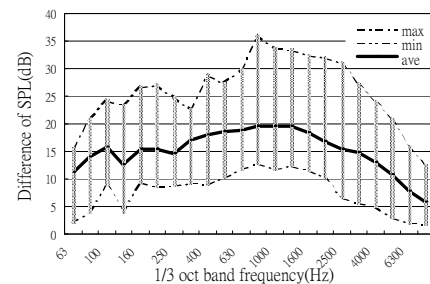


圖 3. 室內背景噪音差異值頻譜

回風口之風速約為 4.0 m/s，空調噪音尚能符合演藝廳之容許基準。而進行空調噪音頻譜分析的 14 個案例出回風口之風速均高於 4.0 m/s，空調噪音抑制性能亦均不佳。因此，可以進一步推論，演藝廳空調系統噪音應可歸咎於出回風口過高的風速。

肆、台灣地區演藝廳空調噪音成因分析

表 2. 為本研究於各個演藝廳進行空調系統勘查之結果。由勘查評估表之結果可知，只有 TP、KL 兩個演藝廳的空調系統，在各個有關噪音抑制之評估項目中表現較為良好，空調噪音 NC 值亦能符合演藝廳室內容許噪音基準之要求。其餘各廳之空調系統噪音抑制，於現場勘查過程中可發現，在空調箱的防音隔振、清潔維護與出回風口的型式、配置、風速、清潔維護等方面，有明顯之缺失。勘查結果再一次印證，出回風口噪音的確為影響演藝廳室內背景噪音大小之最大因素。而造成空調系統出回風口噪音增加之主要因為：

1. 出、回風口風量設計不當及配置數量不足，致使須加大風速而產生風切聲。
2. 出風口蓋板 (louver) 型式選擇不當，致使風阻係數大噪音量增加。
3. 空調箱 (AHU) 濾網及回風口未定時清掃堆積灰塵，致使風阻增大產生噪音。

因此，台灣地區演藝廳空調噪音過大之原因，部份是空調系統規劃設計不當所致，另一部份卻必須歸責於日常維護工作不確實。

表 2. 縣市文化中心演藝廳空調系統噪音現場調查結果評估表 (◎-優; ◯-佳; △-可; ×-劣)

演藝廳		評估項目																	
		TP	KS	BC	TY	CL	ML	FY	TC	NT	YL	SY	TN	FS	PT	HL	TD	PH	KL
冰水主機	主機是否防振良好且無振動	○	△	△	△	×	×	△	△	△	×	×	×	△	△	△	×	×	△
	主機房是否防音良好且無外傳	○	△	△	×	×	×	△	×	×	×	△	×	△	×	△	×	×	△
空調箱	空調箱是否防振良好且無振動	○	△	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	×	×	×	×	△
	空調箱室是否隔音良好	○	△	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	×	×	×	×	△
出回風系統	空調箱濾網清潔維護情形	△	×	×	×	×	×	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	△
	出風口型式與配置是否適當	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	△
	出風口風速	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	△	×	×	△
	回風口配置是否適當	○	△	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	回風口清潔維護情形	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△
空調系統噪音 NC 值		15	30	30	40	40	40	40	35	45	40	40	15	35	30	25	35	30	20
空調系統噪音級 dB(A)		235	406	436	478	498	482	511	446	556	483	479	247	450	421	387	480	393	333
空調系統噪音抑制性能評估		◎	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	◎	×	△	○	×	△	○

伍、結論

本研究經過 18 個台灣地區主要的演藝廳的現場室內背景噪音量測、噪音量測值頻譜分析與空調系統勘查之後，獲得以下之結論：

1. 台灣地區演藝廳室內背景噪音大多數（14/18）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)。
2. 根據空調系統噪音平均值頻譜圖之分析，出回風口之噪音是台灣地區演藝廳室內背景噪音之最主要來源，而進一步之分析顯示是導因於出回風口的風速過高（超過 4.0m/s）。
3. 出回風口風量、型式、配置規劃設計不當及日常維護工作不確實，是造成出回風口噪音增加的主要原因。因此，台灣地區演藝廳室內空調噪音改善之道，在於：
 - 增加並均勻的配置出回風口數目以降低風速；
 - 慎選出回風口型式並加強出回風口之定期清潔維護，以減小風阻產出之噪音。

陸、參考文獻

1. 賴榮平、謝育穎等，「縣市文化中心擴展計畫－演藝廳功能評估」，行政院文化建設委員會委託研究計畫（1996）
2. 賴榮平、謝育穎，「縣市文化中心擴展計畫執行成果評估」，行政院文化建設委員會委託研究計畫（2000）
3. 謝育穎、賴榮平，「縣市文化中心演藝廳建築音響性能用後評估研究」，*建築學報*第四十二期，p45-60（2003）
4. 日本噪音制御學會編，「建築設備の騒音對策」，技報堂出版（1999）