

影響中國傳統劇場音響性能之建築元素

許晏堃¹、江維華²、吳啟哲³

¹ 國立台灣科技大學建築系博士班研究生

² 國立台灣科技大學建築系副教授

³ 國立台灣科技大學建築系博士班研究生

台北市基隆路四段 43 號

電話：02-2737-6719 FAX：02-2737-6721

E-mail：D9013004@mail.ntust.edu.tw

摘要

本研究在於利用電腦模擬的方式，探討影響中國傳統戲曲表演場地音響性能的建築元素，將影響傳統戲臺與周邊建築整體音響性能之元素簡化逐一分析，作為改善或新建相同類型建築的設計參考。

製作電腦模型時將建築物的組成元素予以簡化，戲臺部份簡化為天花板、戲臺底座、耳牆三個基本元素，柱子與欄杆則因為電腦模型採用音線法計算，而無法對音波的繞射做出良好的模擬，因此予以去除。周邊建築則簡化為外牆、屋簷、外廊等基本元素，其他細節也一樣予以簡化。評估參數包括舞臺支持度、響度、早期衰減時間、餘響時間。

由電腦模型模擬的結果可知，戲臺本身的建築元素與周邊建築的元素雖皆對整個場地的音響性能有所影響，但除了戲臺是否有頂蓋以及周邊建築物高度有較顯著的影響之外，其餘因素的影響程度並不明顯。

關鍵字：中國傳統戲曲、傳統劇場、模型音響量測

壹、前言

進行現場實地音響性能量測的目的，在於瞭解現有場地的既有音響性能與特性，優點在於可瞭解場地的實際情況，能確實的反映出繞射、吸音、反射等聲波的物理現象。缺點是不容易做出系統化研究，無法了解組成戲臺與劇場的建築元素對於劇場音響性能之影響。透過電腦模擬或縮尺模型試驗，可以有限度的避免實體建築的空間限制，提供較多變因的可能性，對於不同元素對音響性能之影響而言是較為有利的工具。

本研究以電腦模擬為工具，其成果可瞭解各種建築元素之影響，並提供作為後續縮尺模型實驗之參考。

貳、本文

一、研究對象與研究方法

本研究以 ODEON 5.0 Combined 版本進行電腦模擬分析，電腦模型的參考對象為以本研究團隊於實地調查的庭院式戲樓 案例，尺度以各案例的平均值來設計，並控制各種變因比較其造成之影響。

製作電腦模型時將建築物的組成元素予以簡化：

1. 戲臺部份簡化為天花板、戲臺底座、耳牆三個基本元素。
2. 柱子與欄杆則因為電腦模型採用音線法計算，無法對音波的繞射做出良好的模擬，因此予以去除。
3. 周邊建築則簡化為外牆、屋簷、外廊等基本元素，其他細節也一樣予以省略。

所使用之音響性能參數包括舞臺支持度 (ST1)、響度 (G)、早期衰減時間 (EDT)、餘響時間 (T₃₀)，並以 250Hz 到 2000Hz 頻帶的平均值來探討。

在軟體設定方面，建材吸音係數與擴散係數之設定依照使用手冊的說明，另外，由於 ODEON 只允許建立封閉的模型來模擬，因此天空的部份也設定為一個平面，使模型形成封閉空間。天空的吸音係數與擴散係數均設為 1，以模擬天空的音響特性。模擬環境之設定亦參照使用手冊，音線數設為 5000 條。

二、傳統劇場建築元素與變因設定

建築元素區分為二個主要部份，一是戲臺本身，另一個則是將戲臺圍閉的周邊建築與觀戲場，其組成如圖 1 所示。戲臺的部份包括天花形式、天花高度、挑簷深度、戲臺的耳牆角度與位置等變因，周邊建築物則部份包括高度、屋簷深度、加設外廊等變因。經過簡化後的傳統劇場電腦模型如圖 2 所示。

在戲臺方面之變因設定如下：

1. 天花形式：天花形式分為藻井、露明天花、平頂、露天四項，如圖 3 所示。
2. 天花高度：天花高度以戲臺平面為基準來計算，由調查資料的平均天花高度 3.6m 為標準，以有天花的戲臺來予以各加、減 0.8m 的高度來測試。
3. 挑簷深度：戲臺頂篷的挑簷深度以與戲臺同寬為基準，以 0.8m 的間距向外延伸，取 0.8m 和 1.6m 二個不同的深度來與基準模型來比較。
4. 戲臺的耳牆角度與位置：耳牆分別設為與戲臺正面夾角 15 度、30 度、45 度三種傾斜度，寬度皆為 2m。除此之外，耳牆亦分為戲臺後方、中央、前方三種位置來探討，耳牆的位置如圖 4 所示。

在周邊建築物方面之變因設定如下：

1. 建築物高度：將周邊的建築物高度以案例的平均值 6.2m 高為基準，再分別以 1.5m 的高差做出 4.7m、6.2m、7.7m、9.2m 四種周邊建築高度的模型來探討。
2. 屋簷深度：屋簷的深度方面以 1.0m、1.5m、2.0m 三種深度。
3. 外廊深度的影響：部份場地會在二樓的部份加設外廊，除了作為走道之外，亦可作為觀戲的地方。屋簷與外廊以相同的深度來分析，深度方面為 1.0m、1.5m、2.0m 三種深度。周邊建築的組成與變因如圖 5 所示。

三、實驗結果

1 在戲臺方面：

- a 天花形式：由測試結果可知，天花形式對於舞臺本身的音響性能有相當程度的影響，而對於觀戲場的部份來說，影響程度並不是很大，其結果列於表 1。藻井、露明天花、平頂三種天花形式的音響性能相近，而無頂蓋的露天戲臺則明顯的在

戲臺的舞臺支持度以及觀戲場的響度兩方面是比較弱的，對於餘響時間卻沒有太大影響。圖 6 為不同天花形式之 ST1 比較，無頂蓋的戲臺 ST1 明顯低於其他的天花形式之戲臺，比其他戲臺的平均值低 4.3dB，由此可知戲臺的頂蓋可以提供上方的音響反射路徑，能提供更多的反射音來加強舞臺部份的音響效果，不過對於觀戲場整體的音響性能沒有明顯的影響。

- b 天花高度：三種天花形式均顯示出當天花高度降低時，戲臺的反射能量也會增加，高度增高則會降低。但整體而言，除了舞臺支持度有較明顯的相差 2.5dB 之外，對於其餘音響性能之影響並不顯著，其結果列於表 2。
 - c 挑簷深度：挑簷深度對於餘響時間的影響也和天花形式、天花高度相同，並沒有顯著之影響，最寬與最窄的屋簷深度其餘響時間僅相差 0.2 秒，對戲臺本身而言，舞臺支持度僅有 1dB 的差異。對於平頂天花而言，越深的挑簷深度則在觀戲場的響度上有加強的效果，可增加 1.5dB，其結果列於表 3。
 - d 戲臺的耳牆角度與位置：耳牆角度與位置對於觀戲場的影響不大，響度方面最大值 10.3dB 與最小值 9.1dB，僅有 1.2dB 的差異，相同條件下不設耳牆時響度可達 10.1dB。在舞臺支持度上，裝設在舞臺前方的耳牆不論角度為多少，皆會降低舞臺支持度，而角度越小降低越多，這是因為前方的耳牆會將周邊建築物的側向反射遮蔽掉一部份，反而降低了整體的反射應能量，其結果列於表 4。
- 2 在周邊建築物方面：
- a 建築物高度：實驗結果列於表 5。由結果發現，周邊建築物的高度對於整體的音響性能有較為明顯的影響，也就是說周邊建築物圍閉的程度與音響性能有直接的關係。如圖 7 所示，周邊建築高度越高餘響時間越長，但當高度高於 7.7m 時，高度的影響便開始不明顯。在響度方面，高度的影響並不明顯，雖然會因為高度增加而加強，但幅度並不明顯，最高和最低僅有 1.3dB 的差異。當高度高於 7.7m 時，音響性能參數的變化會不顯著，早期衰減時間達 0.94 到 1 秒，餘響時間達 1.7 秒，響度也可達 10.4 到 10.7dB。和其他變因相比較，高度對餘響時間的影響較為顯著。
 - b 屋簷深度：屋簷的深度方面以 1.0m、1.5m、2.0m 三種深度來探討，其結果列於表 6。周邊建築物屋簷深度對於舞臺的音響性能而言並沒有太大影響，對觀戲場的部份則有影響，屋簷越深，餘響時間和響度皆會增加。餘響時間有 0.2 秒的差異，響度則有 0.9dB 改變，但整體來說影響並不是很顯著。
 - c 外廊深度的影響：部份場地會在二樓的部份加設外廊，除了作為走道之外，亦可作為觀戲的地方，外廊深度影響之結果列於表 6。由結果顯示，增加外廊後對於音響性能的影響並不明顯，這是因為外廊的高度與戲臺高度接近，深度也有限，加上與觀戲場高差不高，無法提供有效的音響反射面，因此會有此現象。

參、結論

本研究獲得以下結論：

1. 戲臺有沒有設置頂蓋，對於戲台本身音響性能有所影響，基本上戲臺頂蓋的存在對於舞臺支持度是有幫助的，而沒有頂蓋的露天戲臺所能提供的反射音就相當有限。在不考慮細部裝飾可能造成擴散的前提下，目前既有頂蓋形式所造成的差異並不大。
2. 由目前的模擬結果得知，對於傳統劇場整體音響性能影響最大的變因為周邊建築物的高

度，也就是說場地的圍閉情況對音響性能而言是最重要的變因，但是當高度達 7.7m 以上時，影響的程度則逐漸趨緩。

肆、誌謝

感謝國科會提供本研究計畫的經費補助，計畫編號：NSC 91-2411-H-011-005。

伍、參考文獻

- [1] 陳炯堯、林葳、孫振義，“古建築之音響特質初探”，中華民國音響學會第十三屆學術會議論文集，2000, C63-C70。
- [2] 王季卿，“中國建築聲學的過去和現在”，(中國大陸)聲學學報第 21 卷第 1 期 1996, pp1-9。
- [3] 王季卿，“中國古典傳統劇場建築及音質初探”，(中國大陸)第八屆全國建築物理學術會議報告,天津, 2000。
- [4] 王強，“會館戲臺與戲劇”，文津出版社, 2000。
- [5] 王育才，“西元 1970 年代前臺灣公共集會型建築之調查研究”，國立台灣科技大學碩士論文，1999。
- [6] 中國戲曲志編輯委員會，“中國戲曲志.江蘇卷”，中國 ISBN 中心, 1992。
- [7] Chu,S.and C.S.Wang,”TITLE,”CSITER-668-72,Chung Shan Institute of Science and Technology ,Lungtan, Taiwan(1977)
- [8] Etkin, B. , Dynamics of Atmospheric Flight, John Wiley and Sons, New York, pp.166-188(1970).
- [9] Barron,M. , Auditorium Acoustics, E & FN Spon, London, 1993.
- [10] Kyoungsoo, P., and Sung, K. “Criteria for Korean Traditional Music Hall”. The Proceedings of the Seventh Western Pacific Regional Acoustics Conference, 2000, 1001-1004.

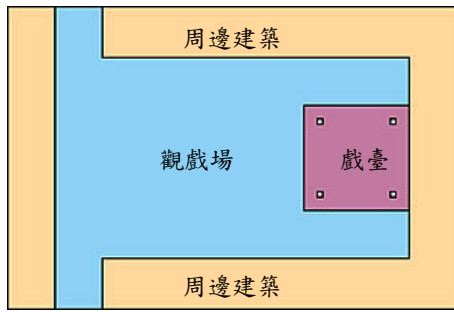


圖 1 傳統戲場的基本組成

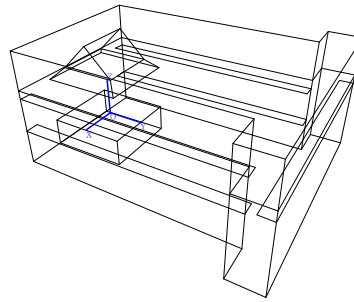


圖 2 簡化後的電腦模型

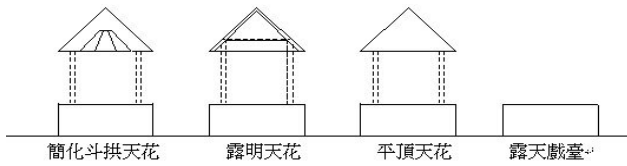


圖 3 戲臺天花形式

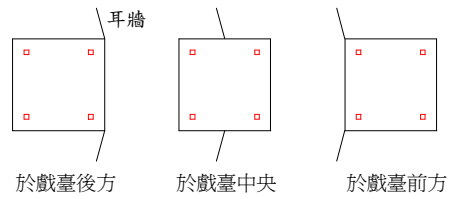


圖 4 耳牆位置示意圖

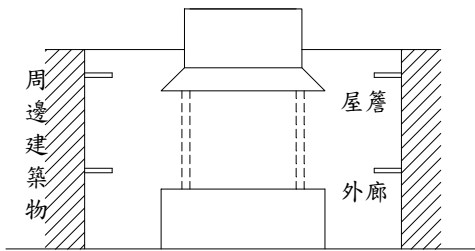


圖 5 周邊建築元素組成

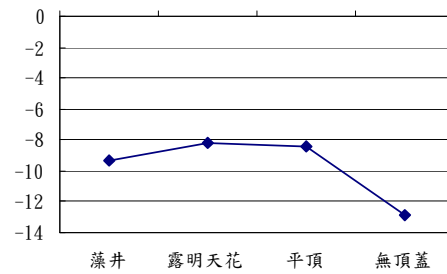


圖 6 不同天花形式之 ST1 比較

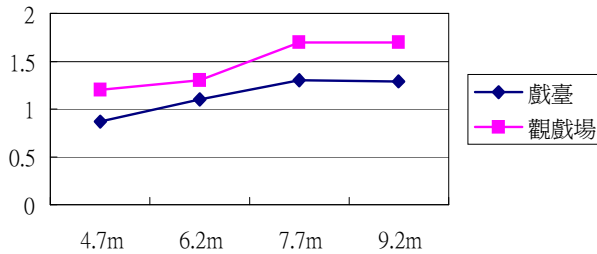


圖 7 周邊建築高度對整體 T_{30} 之影響

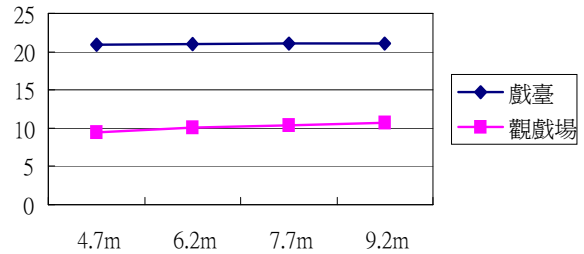


圖 8 周邊建築高度對整體 G 之影響

表 1 戲臺天花之影響

測點	參數	天花形式			
		藻井	露明天花	平頂	無頂蓋
戲臺	T30 (S)	1.13	1.09	1.07	1.16
	ST1 (dB)	-9.3	-8.2	-8.4	-12.9
觀戲場	EDT (S)	0.92	1.00	0.93	0.98
	T30 (S)	1.39	1.26	1.28	1.28
	G (dB)	10.6	10.1	10.4	8.9

表 2 戲臺天花高度之影響

測點	參數	天花形式	天花高度		
			2.8m	3.6m	4.4m
戲臺	T30 (S)	藻井	1.09	1.1	1.16
		露明天花	0.9	1.07	1
		平頂	0.86	1.01	0.99
觀戲場	ST1 (dB)	藻井	-8.2	-9.6	-10.7
		露明天花	-6.7	-8.4	-10.1
		平頂	-7.9	-8.6	-9.5
觀戲場	EDT (S)	藻井	0.75	0.77	0.91
		露明天花	0.85	0.98	0.89
		平頂	0.76	0.85	0.85
觀戲場	T30 (S)	藻井	1.12	1.32	1.29
		露明天花	0.92	1.27	1.19
		平頂	1.28	1.19	1.21
觀戲場	G (dB)	藻井	10.3	10.1	9.7
		露明天花	9.6	9.7	9.2
		平頂	10.5	9.9	9.5

表 3 戲臺挑簷深度之影響

測	項目	天花形式	挑簷深度		
			與台同寬	+0.8m	+1.6m
戲	T30 (S)	藻井	1.1	0.98	1.15
		露明天花	1.07	0.9	1.05
		平頂	1.01	1.06	1.11
	ST1 (dB)	藻井	-9.6	-8.9	-8.6
		露明天花	-8.4	-7.1	-7.7
		平頂	-8.6	-8.0	-7.7
觀	EDT (S)	藻井	0.77	0.82	0.87
		露明天花	0.98	0.89	0.94
		平頂	0.85	0.84	0.84
	T30 (S)	藻井	1.32	1.21	1.11
		露明天花	1.27	1.19	1.29
		平頂	1.19	1.21	1.34
G (dB)	藻井	10.1	11.0	11.5	
	露明天花	9.7	10.0	10.6	
	平頂	9.9	10.7	11.4	

表 4 戲臺加設耳牆之影響

測點	耳牆位置	戲臺前方			戲臺中央			戲臺後方		
		15度	30度	45度	15度	30度	45度	15度	30度	45度
戲臺	T30 (S)	0.94	0.96	0.96	1.12	0.97	1.04	1	0.96	1.05
	ST1 (dB)	-8.8	-9.33	-9.4	-10.1	-10.3	-10.5	-10.1	-10	-9.35
觀戲場	EDT (S)	0.87	0.92	0.83	0.82	0.87	0.81	0.86	0.85	0.79
	T30 (S)	1.08	1.25	1.1	1.28	1.14	1.25	1.16	1.29	1.17
	G (dB)	9.13	9.83	10.1	9.35	9.85	10.2	9.43	9.83	10.33

表 5 周邊建築物高度之影響

測	參數	周邊建築物高度			
		4.7m	6.2m	7.7m	9.2m
戲	T30	0.87	1.1	1.3	1.29
	ST1	-10.6	-9.6	-9.6	-9.2
觀	EDT	0.72	0.77	0.94	1
	T30	1.2	1.3	1.7	1.7
	G	9.4	10.1	10.4	10.7

表 6 周邊建築物屋簷深度之影響

測點	參數	周邊建築物屋簷深度		
		1.0m	1.5m	2.0m
戲臺	T30	1.16	1.12	1.17
	ST1	-9.1	-9	-8.8
觀戲場	EDT	0.93	0.97	1
	T30	1.29	1.28	1.5
	G	10.5	11.03	11.43

表 7 周邊建築物屋簷與外廊深度之影響

測	參數	周邊建築物屋簷與外廊深度		
		1.0m	1.5m	2.0m
戲	T30	1.07	1.11	1.1
	ST1	-9.1	-8.9	-8.6
觀	EDT	0.93	0.99	0.94
	T30	1.29	1.27	1.24
	G	10.5	10.78	10.95