

戶外空調設備噪音對住戶影響的推估

徐廷珪

摘要

戶外空調設備所產生的噪音是目前各地環保單位陳情來源，本文依ARI275 討論音源設備的聲功率，及其擺設區位、傳遞衰減、隔音牆效應、室內戶外等影響因素，期能從設備的聲功率推估到受體的聲壓位準，以瞭解設備的選擇是否會對鄰居安寧造成影響並瞭解是否超過相關噪音管制法規。

關鍵字：ARI275，Sound power，Sound pressure，Sound Barrier

一、前言

戶外空調設備運轉時（如冷卻水塔、氣冷主機、冷水泵、分離式冷氣戶外機等）經常影響民眾的安寧，其影響的程度大小、是否超過環保法規標準，是設計單位須事先規劃與計算，以期降低對周遭環境的安寧干擾，尤其環保署針對噪音管制標準第三條的修正，使得許多設備不僅須符合噪音總量標準，亦須符合低頻噪音管制標準。本文擬就ARI 275（戶外空調設備的噪音計算）的標準來說明一般戶外空調設備可能對民眾的干擾與其影響程度。

二、功率位準與聲壓位準

所有的噪音計算都需要回到最主要音源指標，我們稱之為聲功率（sound power）。聲功率可由ARI 270 與ARI 370 於實驗室（無響室或餘響室）量測出來，其中ARI 270（<135000 BTU/h 的空調設備）與ARI 370（>135000 BTU/h 的空調設備）計算聲功率的方式為 $SWL=10\log(W/W_0)$ ，

其中參考的聲功率 $W_0=10^{-12}$ watt，

W：設備的聲功率(watt)

SWL：設備的聲功率(dB)

ARI (Air-conditioning & refrigeration institute): 是美國空調與冷凍業者組成的協會，制定各種空調相關標準以利產業的發展。

聲功率為能量不滅定律中的能量消耗，與熱能一樣，都是能量轉換過程中的損失。

任何設備都有固定的聲功率（或在固定的操作條件下有固定的聲功率），而設備的聲壓位準（sound pressure level）卻是一個變數，因位置、方向、距離而明顯改變。環保法規（噪音管制標準）要求的管制即是聲壓位準的管

制，以 8 分鐘的噪音平均值為管制標準，以 A 為頻率加權(dBA)。如何從設備的聲功率，考慮設備離民宅與受體的距離，設備周遭的反射面與圍牆，藉以推估出受體（最近民宅或居住空間）處的聲壓位準，即為本文討論的要點。

三、聲壓位準(LP)的計算與推估⁽¹⁾

從音源處聲功率(L_w)推估到受音者所在的聲壓位準 (L_p) 需考慮以下五個因素：

1. 設備所在區位

一般設備擺於不同的位置，其反射音的影響亦會造成大小不同的聲壓位準。例如同樣設備放在空曠處與機房內，其噪音值（聲壓位準）會有不同，現將其影響的程度整理如表 1。

表 1：設備（噪音源）擺設區位對聲壓位準的影響

位置	影響 dB	說明
一面反射面	+0dB	地板
反射面 + 一面牆	+3dB	地板 + 女兒牆
反射面 + 二面牆	+6dB	地板 + 女兒牆 90 度轉角

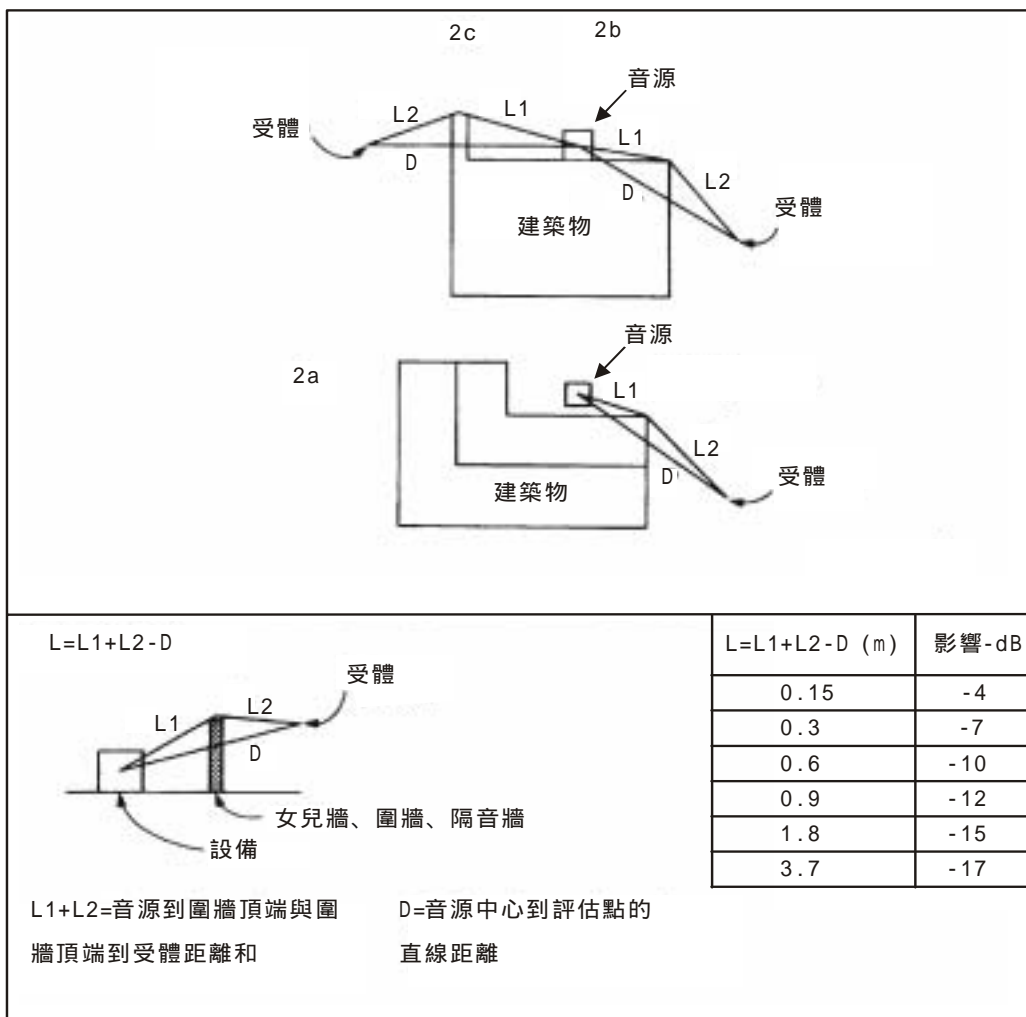
p. s. 牆是否為反射面的判斷，在於設備與牆的距離是否在 3m 以內。

由表 1 可知，設備放於地面上，四周無圍牆，僅有一個反射面(地面)，聲壓位準並不會增加，當設備放在離圍牆邊 3m 以內，即有 2 個反射面(地面與圍牆)，噪音值（聲壓位準）即增加 3 分貝。

2. 與隔音牆（或女兒牆）的關係

當設備附近有女兒牆或建築物的阻隔時，其減音量可整理如表 2。

表 2：設備附近隔音牆的效應



3. 傳遞途徑的阻隔 (sound path factor) 效應 - 室內外戶與開窗關窗

因應評估點 (受體) 是否開窗或評估點位於室內或戶外可整理其傳遞途徑阻隔效應如表 3。

目前噪音管制法規定戶外設備是否吵到別人，其判定位置有二：一為陳情人所在位置；另一為音源所有者的周界 (如圍牆與財產界限外)。而評估的狀況幾乎以陳情人住戶關窗 (陳情人可要求開窗) 下量測為主。

表 3：傳遞阻隔的影響

受音體的位置與開窗情形	影響dB
a. 受音體位於戶外 b. 受音體位於室內，開窗 c. 受音體位於室內，開窗 d. 受音體位於室內，開窗（隔音窗）	-0dB -10dB -17dB -23dB

4. 距離衰減效應

距離衰減主要是因為設備（點音源）能量傳遞以球體（ $4 r^2$ ）或半球體（ $2 r^2$ ）來傳播，距離愈大，聲音能量分佈愈廣，聲音的值（聲壓位準）會愈小，整理距離與噪音衰減值如表 4。

表 4：距離衰減效應

音源與受體距離 (m)	衰減 dB	音源與受體距離 (m)	衰減 dB
1.2	-9.5	15.2	-31.0
1.5	-11.5	18.3	-33.0
1.8	-13	21.3	-34.5
2.1	-14.5	24.4	-35.5
2.4	-15.5	27.4	-36.5
2.7	-16.5	30.5	-37.5
3.0	-17.5	38.1	-39.5
4.6	-21.0	45.7	-41.0
6.1	-23.5	53.3	-42.5
7.6	-25.5	61.0	-43.5
9.1	-27.0	122.0	-49.5
12.2	-29.5		

5. 音源相加效應

不同的噪音源其噪音相加屬於 log 相加方式 ($50+50=53$), 非屬線性相加 ($50+50=100$), 所以二個噪音源的相加可整理如表 5。

表 5：不同噪音值的相加效率

音量差(分貝)	加下表數值到音量大的音源
0-0.5	3.0dB
1-1.5	2.5 dB
2-3	2.0 dB
3.5-5	1.5 dB
5.5-7	1.0 dB
>7	0.0 dB

例：一個設備 80 分貝的冷卻水塔與 75 分貝的冷卻水泵，放在一起其噪音值合成如下：

音量差=80-75=5，對應表 5 的加值為 1.5，取二個音源較大者+1.5 分貝， $80+1.5=81.5$ ，此為二個設備相加後的噪音值；而非一般線性加法 $75+85=160$ 分貝。

一個空調設備擺在戶外，屬於半自由音場，離設備 n 米外的住戶是否會被干擾、被影響的程度大小為何？是否超過環保法規標準，如何來進行防範，都是設計單位與工程公司需要注意的地方。綜上，從戶外設備所在區位的聲功率推估受體處的聲壓位準，需依下列方式考慮各種效應。因此可推估出受體處的音壓值是否超出環保標準。

設備聲功率 (sound power level)

- + 所在區位影響 (反射面與否)
- + 隔音牆效應 (如圍牆、女兒牆、隔音牆)
- + 傳遞阻隔 (受體位於室內或戶外，是否關窗)
- + 距離衰減 (受體距音源距離)
- = 受體處的聲壓位準 (與環保法規比較)

四、 噪音的相關管制法規

一般談論噪音的標準常可分成以下幾個方面考量：

1. 戶外噪音：以聲壓位準之總量噪音 (20 - 20kHz), A 加權來管制, dBA。
(一般採 8 分鐘均能平均值), 現在的低頻管制標準採 20 - 200Hz 的頻

寬範圍。

2. 室內噪音：以聲壓位準之分類噪音(八度音頻)，不加權來規範，如 NC、NR、RC。以美國冷凍空調協會 (ASHARE) 所建議標準來要求。
3. 產品噪音：以聲功率來要求，以 ISO 3741 ISO 3745 為綱本，而此類群標準應用到不同領域(空調、電機、資訊產業)有相對應的量測方法如 ARI 27、ARI 37(冷凍空調設備) AMCA 300(風機設備)與 ISO7779 (資訊產業)。另部份 IT 產業 (information technology) 以聲音品質 (sound quality) 的一些指標,如 (sharpness, loudness, fluctuation 等) 來做更嚴格的主觀感受要求。

而在台灣部分有關空調設備的噪音要求分別在 CNS3615(室內空氣調節機) CNS7779(送風機)與 CNS7620(空氣清潔機)做了相關的量測規定與標準要求。

4. 工安標準：以工廠內 8 小時 90 分貝的工廠環境噪音來要求，若工廠內噪音超過 90 分貝，則強制戴耳塞。

本文僅就環保標準來做說明，環保標準針對噪音源的管制考慮以下幾個要素：

1. 噪音源為何：工廠、營業(娛樂)場所、營建工地、擴音設施等，不同的噪音源，管制值也不一樣。
2. 受音體(附近住戶、學校)所在位置：分不同管制區，其管制標準值也不同，住宅區(第二類管制區)住商混合(第三類管制區)與工業區(第四類管制區)，更確實的管制區資料以各地環保局公告的噪音管制區圖為主。
3. 音源產生的時間：可分成早(05~07)、日(07~20)、晚(20~22)、夜(22~05)四個時段，其中早晚時段的管制標準一樣，所以時段管制上有 3 個標準。

今將噪音管制標準值列如表 6，並舉例說明如下：(以工廠噪音管制標準為例)

表 6 噪音管制標準值⁽⁴⁾

工廠(場)噪音管制標準

管制區	音 量	時 段		
		早、晚	日間	夜間
第一類		四五	五	四
第二類		五五	六	五

第三類	六五	七	五五
第四類	七五	八	七

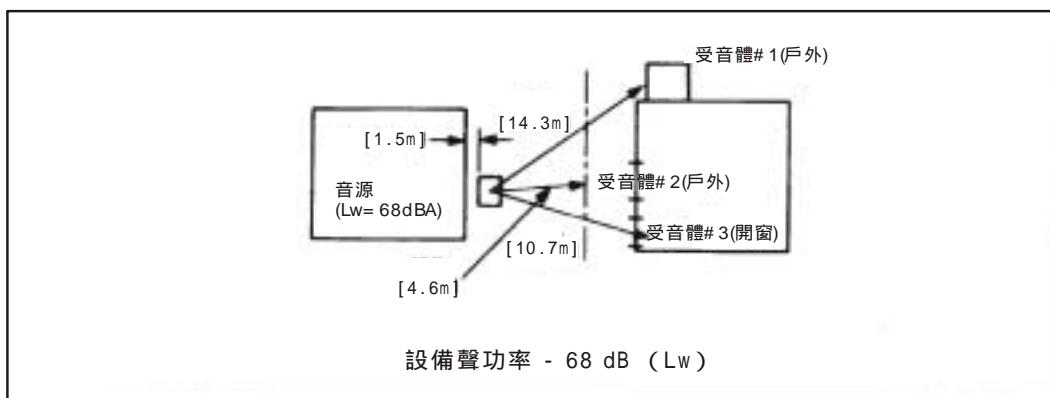
娛樂場所、營業場所噪音管制標準

管制區 \ 音量 \ 時段	早、晚	日間	夜間
	第一類	五	五五
第二類	六	六五	五
第三類	六五	七五	五五
第四類	七	八	六五

五、外空調設備噪音傳遞計算實例（1）

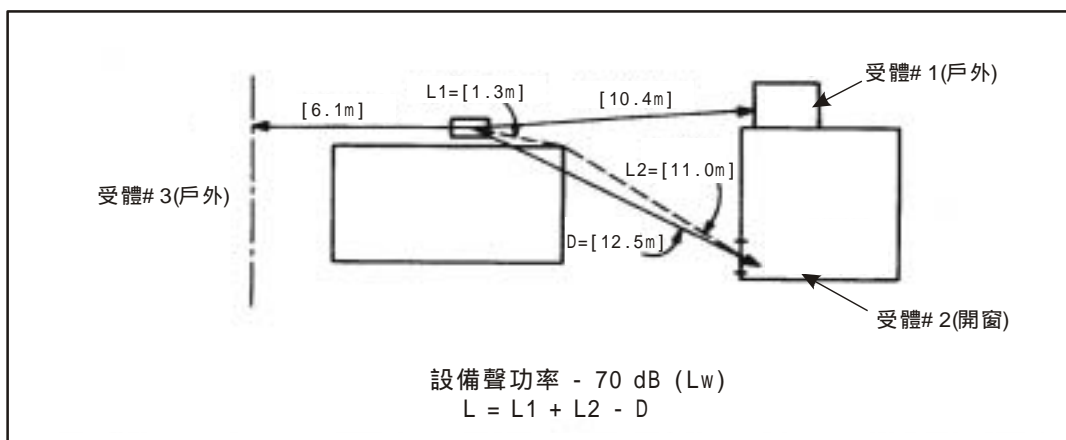
今將空調設備放在戶外可能對附近多個受體產生的影響及多種設備對單一受體產生的影響及其計算方式說明如下：

範例一：單一設備影響不同受體的計算



列	評估點到音源距離	受體#1	受體#2	受體#3
		14.3m	4.6m	10.7m
1	噪音源的總量聲功率（根據廠商提供）	68	68	68
2	區位影響（參考表 1）	+3	+3	+3
3	隔音牆效應（參考表 2）	-0	-0	-0
4	傳遞阻隔開、關窗（參考表 3）	-0	-0	-10
5	距離衰減（參考表 4）	-31	-21	-28
6	列 1+ + 5，評估點之受體噪音（聲壓位準）	40	50	33

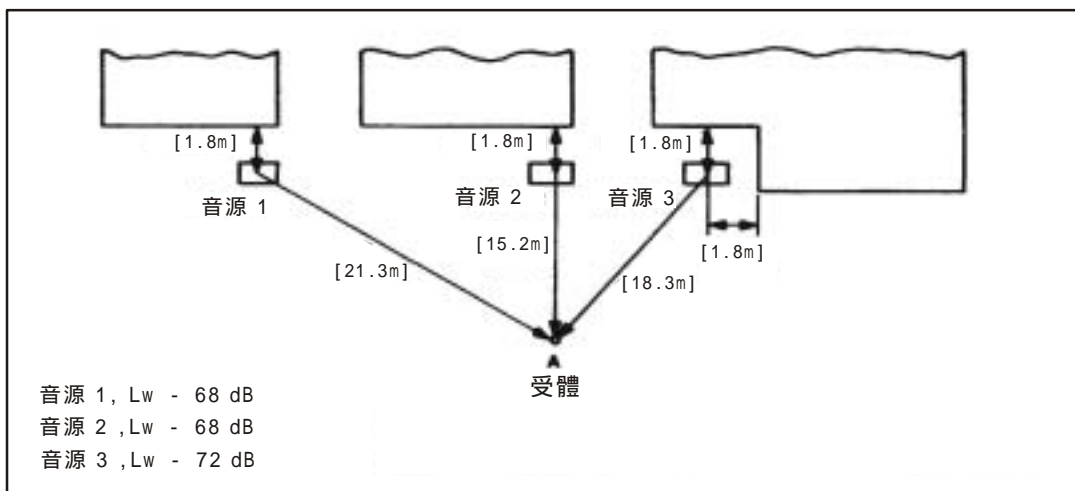
範例二：單一設備影響不同受體的計算 - 有隔音牆（女兒牆、建築物阻隔等）



列	評估點到音源距離	受體#1	受體#2	受體#3
		10.4m	12.5m	6.1m
1	噪音源的總量聲功率（根據廠商提供）	70	70	70
2	區位影響（參考表 1）	+ 3	+ 3	+ 3
3	隔音牆效應（參考表 2）	0	0.3	0
4	傳遞阻隔開、關窗（參考表 3）	0	-10	0
5	距離衰減（參考表 4）	-28	-29.5	-23.5
6	列 1+ + 5，評估點之受體噪音（聲壓位準）	45	27*	50

背景噪音的高低會影響所計算的值。以本例而言，受體#2 的噪音值經計算僅 27 分貝（此為該音準傳至該受體的噪音值）。該受體可能因為背景噪音（如馬路聲音、鄰居看電視聲音等）高於此值，而使此值大於 27 分貝。

範例三：多噪音源對單一受體的影響



列	評估點到音源距離	音源#1	音源#2	音源#3
		21.3m	15.2m	18.3m
1	噪音源的總量聲功率 (根據廠商提供)	68	68	72
2	區位影響 (參考表 1)	+ 3	+ 3	+ 6
3	隔音牆效應 (參考表 2)	0	0	0
4	傳遞阻隔開、關窗 (參考表 3)	0	0	0
5	距離衰減 (參考表 4)	-34.5	-31.0	-33
6	列 1+2+3+4+5	37	40	45
37+40, 依(表 5)二者相差 3, 加 2 到大的數值 40+2=42				
42+45, 依(表 5)二者相差 3, 加 2 到大的數值 45+2=47				
7	3 個噪音源到同一個評估點的合成噪音音壓	47		

六、設備的聲功率推估⁽⁵⁾

較大型的戶外冷凍空調設備以冷卻水塔、氣冷主機、冷卻水泵為主，由於大部份廠商沒有做 ARI 270/ARI 370 的聲功率量測。使得噪音的計算上因缺乏聲功率資料而不易進行，今將一些文獻上出現的聲功率或聲壓位準推估資料整理如下：

冷卻水塔：

$$L_w = 100 + 8 \log kw \text{ (dB re } 10^{-12} \text{ w)} \quad \text{風扇馬力小於 75kw}$$

$$L_w = 96 + 10 \log kw \text{ (dB re } 10^{-12} \text{ w)} \quad \text{風扇馬力大於 75kw}$$

各頻率的修正值如下表

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
修正值	-5	-5	-8	-11	-15	-18	-21	-29

氣冷主機：

氣冷主機的聲壓位準 $L_p @ 1m \text{ (dB re } 20 \mu\text{Pa)}$

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
往復式								
35-175kw	83	84	85	86	84	82	78	72
175-615kw	86	87	80	91	90	87	83	78
螺旋式								
350-1050kw	76	80	92	89	85	80	75	73
離心式								
1750kw 以下	93	94	95	91	91	81	80	---
1750kw 以上	93	94	95	93	98	98	93	87

泵：

不同的轉速與不同的馬力修正如下：

泵的聲壓位準 $L_p @ 1m \text{ (dB re } 20 \mu\text{Pa)}$

轉速	75kw 以下	75kw 以上
3000-3600	72+10 log kw	86+3 log kw
1600-1800	75+10 log kw	89+3 log kw
1000-1500	70+10 log kw	84+3 log kw
450-900	68+10 log kw	82+3 log kw

各頻率的修正值如下表

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
修正值	-12	-11	-9	-9	-6	-9	-13	-19

由於 ARI 275 所需的設備噪音需以聲功率來推估，若真的無法獲得聲功率的資料，亦可以聲壓位準來推估，唯此部分需考量的要素甚多：如量測所在位置為自由音場或擴散音場（室內或戶外）、量測的點數（1 點或多點）、量測的位置與方向性（高度 1 米，距離設備 1 米、與角度），需要細心求証數據，或委託專業的顧問公司來評估，或必要時，可以進行現場的聲功率量測（參考 ISO 3746），以獲得設備的聲功率，俾利後續的計算。

七、結論：

在民眾意識日益高漲並重視生活品質的今天，噪音已愈來愈被重視，環保署（含環保局）每年接獲的噪音陳情案件多達數千件，其中又以空調設備為最主要的陳情對象之一。針對戶外空調設備，其噪音值必須妥善的計算，評估它對周遭環境的影響，並事先判斷設備置於戶外是否超過管制標準，如何以距離衰減（放置位置）與圍牆阻隔，來降低受體處的噪音值，以達到環保標準。而環保標準因音源類別（工廠、營業場所、營建工地、擴音設施）不同而異，如何在最嚴格的夜間時段（10PM~05AM）尚能達成環保標準，是一個團隊（設計、施工）努力考量的表現。透過變頻器的使用，亦可在夜間噪音標準嚴格時段下，使音源噪音降低。若真的需要考慮做防音設備時，特別需注意減音量的計算、壓損增加可能造成系統跳機與系統的維修等事項。期望本文可使戶外設備擺設時可完整考慮其噪音對附近居民的影響。

參考文獻：

1. Application of sound Rating Levels of outdoor unitary equipment, ARI 275, 1997.
2. Sound Rating of outdoor unitary equipment, ARI 270, 1995.
3. Sound Rating of Large Outdoor Refrigerating and Air-conditioning Equipment, ARI 370
4. 噪音管制標準，環保署，2005 .
5. Engineering Noise Control theory and Practice, David A. Bies and Colin H. Hansen, Spon Press