

風機設置消音器後噪音量測與環境聲場模擬

¹ 王志遠，中興工程顧問股份有限公司計畫主任

² 許勝聖，中興工程顧問股份有限公司工程師

中興工程顧問股份有限公司

台北市南京東路五段 171 號八樓，105

電話：(02)2769-2131 轉 20815；Fax：(02)8761-1589

E-MAIL：¹. cyw@mail.sinotech.com.tw；². sheng@mail.sinotech.com.tw

摘要

Abstract

國內大型抽排風機之噪音量，出廠時雖有實驗室測試結果，但往往因年代久遠資料散失，再加上風機設置消音器後，噪音量容易產生變化，為瞭解其噪音量，需進行實測。此外，考量鄰近有道路噪音干擾之情況下，應如何評估風機噪音對鄰近居民之貢獻量，亦為評估時之重要課題。本研究即對抽排風機進行噪音量實測，並與噪音模式分析結果進行比較。設置消音器之抽排風機以 ISO 3746 量測其聲功率，調查結果顯示研究案例中抽排風機 A 加權聲功率位準介於 80.5~111.2 分貝，馬力數愈大，聲功率愈大，頻譜主要分布於 500Hz 至 1000Hz 之間。再以抽排風機聲功率位準、鄰近地區環境狀況及交通音源等資料，輸入環保署認可之 Cadna-A 噪音模式後，可有效預測設置消音器後之現場環境噪音分布，並作為風機噪音防制改善之依據。

關鍵字：抽排風機、ISO 3746、Cadna-A

壹、前言

抽排風機噪音的產生主要是由於翼輪轉動引起氣流擾動所致，風機噪音因抽排風機用途不同而異，不論是導入乾淨空氣或是排出使用過廢氣，都有一段需與大氣直接接觸，使得噪音會由此端傳出而造成影響。當風機做為誘引通風連接至排氣出口時，主要問題是風機排氣出口因內部音能直接經管道傳至排氣口，並由排氣口擴散至外界，因工廠用大型風機通過風量往往高達 20 立方公尺/秒，抽排風時噪音量甚高。為降低對鄰近居民影響，一般以設置消音器為主要減音措施，惟消音器設置完成後，其減音量可能與廠商提供資料有所差異；此外，排氣出口常設置於機房頂樓，高度往往高數公尺至十多公尺，使得由排氣出口擴散之噪音在毫無阻擋遮蔽情況下可以傳至更遠的地方，如何評估風機噪音對鄰近居民之貢獻量，亦為評估時之重要課題。

貳、文字正文

一、評估流程

風機設置消音器後噪音量測與環境聲場模擬探討流程，大致可分為五個步驟包括 1.現場資料蒐集與調查 2.風機噪音量測分析 3.其他音源量測分析 4.噪音模式校估及 5.評估結果分析等。

二、現場資料蒐集與調查

資料蒐集與調查，可分為環境背景調查及音源評估分析等。在環境背景調查方面，主要係依據地形圖進行現勘，本研究案例抽風機鄰近其他噪音源主要為廠區東北側及北側道路，其中廠區東北側道路寬度 20~25 公尺，屬雙向四車道路；而北側道路寬度 5~7 公尺，屬雙向二車道路；經量測夜間車輛數分別為 668~2,128 輛/小時及 13~61 輛/小時，詳表一所示；另主要敏感點位於西北側，屬一般民宅。

三、風機噪音量測分析

在風機設置消音器後噪音量測分析方面，以下就風機種類、量測方法、量測條件及現場量測程序、量測計算與分析進行說明：

(一)風機種類

現場依不同風機馬力可區分為 6 種型式，排氣出口均設置消音器，其中型式二及型式六為抽風狀態，其餘型式為送風狀態，各種型式量測一台風機，詳表二所示。

(二)量測方法及量測條件

本研究參考 ISO 3746 的量測方式，進行風機排氣出口噪音量調查。為不影響正常操作，調查時段為晚間 18:00~21:00，於一台風機運作時進行連續測定，量測期間背景音量均低於風機噪音 15 分貝以上，風速小於每秒 5 公尺以下，以型式六風機為例，量測麥克風位置詳圖一所述，量測條件詳表三所示。

表一 本研究周邊道路交通量

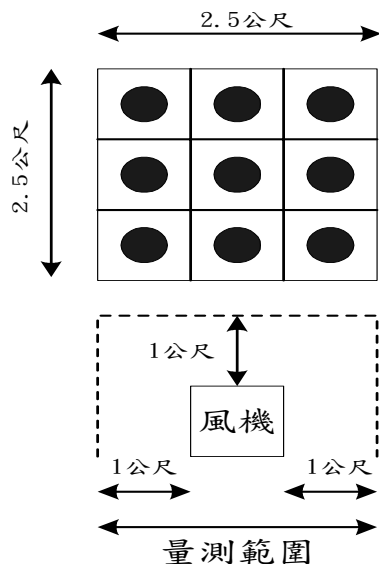
車流量單位：輛／小時

路名	調查時段 ^(註)	機車	小型車	大型車	特種車	總車輛數
東北側道路	22:00-01:00	813	1262	38	15	2,128
	01:00-05:00	216	413	23	16	668
北側道路	22:00-01:00	35	26	0	0	61
	01:00-05:00	7	6	0	0	13

註：本計畫調查，各車輛數係各調查時段平均小時車輛數。

表二 本研究測定風機

型式	馬力數	送風或抽風
一	5	送風
二	10	抽風
三	15	送風
四	30	送風
五	60	送風
六	75	抽風



●：麥克風位置，參照 ISO 3746
---：包絡面位置



現場實地量測風機噪音

圖一 量測麥克風位置及實地量測圖

表三 風機噪音量調查之量測條件

項目	量測條件
背景噪音(關掉所有風機)	52.4~54.7 分貝
風向	東北北/122.5 度
風速	3.5 公尺/秒
噪音計型式	01dB SLS95 符合 IEC 651 type2
風向風速計	Davis 7440

(三)現場量測程序

1. 儀器校正

量測前噪音計依儀器原廠說明使用校正器進行校正，與校正值之差值不得大於 $\pm 0.7\text{dB}$ ，並且記錄之；如果校正結果超過需進行調校。

2. 設備架設及現場資料記錄

參照 ISO 3746 規範，丈量風機排氣出口基本尺寸(長、寬、高)，並計算出包絡面及麥克風位置，同時需記錄當時環境現況及風機基本資料。

3. 進行量測及數據記錄

進行風機量測時，將各次量測自包絡面之麥克風傳至噪音計，所顯示之量測音壓位準填入相關紀錄表中。

4. 結束測定及背景量測

當完成風機量測後，需再作一次背景量測，以瞭解背景音量之情形。

5. 量測計算與分析

依據 ISO 3746，可將發聲源視為數個面的逸散，量測噪音源外圍 1 公尺處整個包絡面面積，並套用以下公式：

$$L_w = L_{p'} - K_1 - K_2 + 10 \log\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

$$L_{p'} = \frac{10 \log(10^{0.1L_{p1}} + 10^{0.1L_{p2}} + \dots + 10^{0.1L_{pn}})}{n}$$

L_w ：聲功率位準

$L_{p'}$ ：測量面平均音壓位準

K_1 ：背景校正值，其中 L 指噪音源音壓位準與背景音壓位準之差值，若 L 大於 15 分貝以上時可忽略不計；6 分貝 $\leq L \leq 15$ 分貝，依下式修正

$$K_1 = -10 \log(1 - 10^{-0.1L})$$

K_2 ：環境因子(在戶外半自由音場為 0)

S ：包絡面面積(平方公尺)

S_0 ：1 平方公尺，指參考面積

n ：量測包絡面切割數量，即麥克風數量。

以型式六風機為例，所採出風口包絡面為 $2.5 \times 2.5 = 6.25$ 平方公尺，將出風口面積切成 9 個面，每一個面均量測其包絡面上的音壓位準，合計 9 點，詳前圖一；不同麥克風音壓位準及出風口八音頻譜音壓位準與聲功率位準詳表四所示；而型式六風機前後左右包絡面，依上述方式進行量測計算後，音壓位準與出風口相差 10~15 分貝，可忽略不計。故型式六風機平均音壓位準為 104.3 分貝，聲功率位準經計算為 112.3 分貝，詳下式。

$$L_w = L_{p'} - K_1 - K_2 + 10 \log(S/S_0) = 104.3 - 0 - 0 + 10 \log(6.25/1) = 112.3(\text{dB})$$

而其它風機聲功率位準詳表五，結果顯示風機在抽送風狀態下 A 加權聲功率介於 80.5~111.2 分貝之間，以型式六風機聲功率最大，頻譜主要分布於 500Hz 至 1000Hz 之間。

表四 型式六風機出風口音壓位準及聲功率位準

頻譜(Hz)	不同切割面麥克風音壓位準(dB)									平均值 (dB)	聲功率 位準(dB)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
63	75.7	76.4	77.1	77.6	78.7	79.9	77.6	77.6	78.9	78	86
125	90.0	89.3	88.6	90.1	89.5	89.3	89.9	89.5	91.1	90	98
250	97.1	95.0	96.0	96.6	92.8	95.1	95.6	95.6	96.2	96	104
500	97.7	99.8	98.7	97.9	98.1	98.1	96.4	98.3	98.1	98	106
1k	97.8	99.1	98.4	97.3	98.6	98.1	97.2	97.8	98.0	98	106
2k	95.8	95.3	95.6	94.7	96.0	95.6	94.5	96.2	96.4	96	104
4k	94.7	95.4	95.4	94.3	96.2	95.4	94.2	94.9	95.1	95	103
8k	92.0	93.3	94.4	92.2	94.6	94.8	92.6	93.5	93.8	93	101
總合	104.2	104.9	104.6	103.9	104.4	104.3	103.3	104.3	104.5	104.3	112.3

表五 測定風機不同頻譜聲功率一覽表

聲功率單位：dB

型式 頻譜(Hz)	一	二	三	四	五	六
63	64	63	66	61	73	86
125	71	68	70	70	84	98
250	74	72	71	72	85	104
500	78	76	75	77	81	106
1000	80	75	78	78	75	106
2000	80	75	77	75	71	104
4000	76	71	72	71	72	103
8000	67	63	63	63	67	101
聲功率	85.4	81.5	82.8	82.7	88.9	112.3
A加權聲功率	85.0	80.5	82.2	81.7	82.6	111.2

四、其他音源量測分析

在其它音源量測分析方面，為不影響正常操作，故於夜間進行噪音量調查，計畫執行時段為晚間 22：00-05：00(連續 7 小時測定)，其中 22：00~01：00 屬風機完全關閉情況，01：00~05：00 屬風機正常操作啟動情況，比較有無風機操作時音量分布情形，東北側道路、北側道路及主要敏感點音量分別介於 67.6~70.4 分貝、56.8~60.3 分貝及 48.4~51.1 分貝，詳表六所示，由於在風機完全關閉時段交通量遠大於風機正常操作啟動時段交通量，故在風機完全關閉時段音量，反而大於風機正常操作音量。

表六 研究區噪音調查結果

單位：dB(A)

路名	項目	調查時段	實測值 (1)
西北側民宅	L _夜	22:00-01:00(無風機噪音)	51.1
		01:00-05:00(風機正常操作)	48.4
東北側道路	L _夜	22:00-01:00(無風機噪音)	70.4
		01:00-05:00(風機正常操作)	67.6
北側道路	L _夜	22:00-01:00(無風機噪音)	60.3
		01:00-05:00(風機正常操作)	56.8

註：本研究調查彙整。

五、噪音模式校估

完成資料蒐集與調查後，為確認德國 DataKustik 發展之 Cadna-A 噪音評估模式是否可進行風機設置消音器後之現場環境噪音分布，因此本計畫以鄰近道路之車次及風機聲功率輸入模擬有無風機噪音之噪音量，與本計畫實測值進行比對，經評估以 Cadna-A 模式之模擬值與實測之噪音值誤差均小於 3 分貝，適用於本計畫進行噪音模擬分析。以下就有無風機情況下進行說明：

(一)無風機噪音情況

以 Cadna-A 模式之模擬值與實測之噪音值比較後，其夜間音量誤差約

介於+2.2~+2.7 分貝，小於「道路交通噪音評估模式技術規範」所規定的 3 分貝容許誤差，詳表七及圖二所示，顯示 Cadna-A 模式可適用於本計畫進行噪音模擬分析。

(二)開啟風機噪音情況

當風機正常操作，並以 Cadna-A 模式模擬值與實測噪音值進行比較後，其夜間音量誤差約介於-1.2~+1.1 分貝，小於「道路交通噪音評估模式技術規範」所規定的 3 分貝容許誤差，詳表八及圖二所示，顯示 Cadna-A 模式可適用於本計畫進行噪音模擬分析。

表七 Cadna-A 噪音模式預測值與實測值比較表(22:00-01:00 未開風機時段)

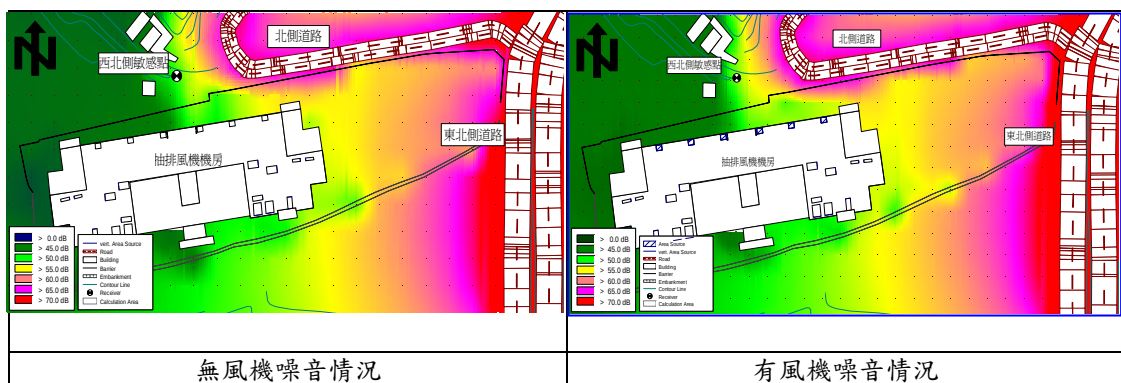
單位: dB (A)

受體	項目	實測值 (1)	Cadna-A 預估 (2)	與實測值之誤差 (2)-(1)
西北側民宅	夜間	51.1	53.3	+2.2
東北側道路	夜間	70.4	72.8	+2.4
北側道路	夜間	60.3	63.0	+2.7

表八 Cadna-A 噪音模式預測值與實測值比較表(01:00-05:00 風機正常操作時段)

單位: dB (A)

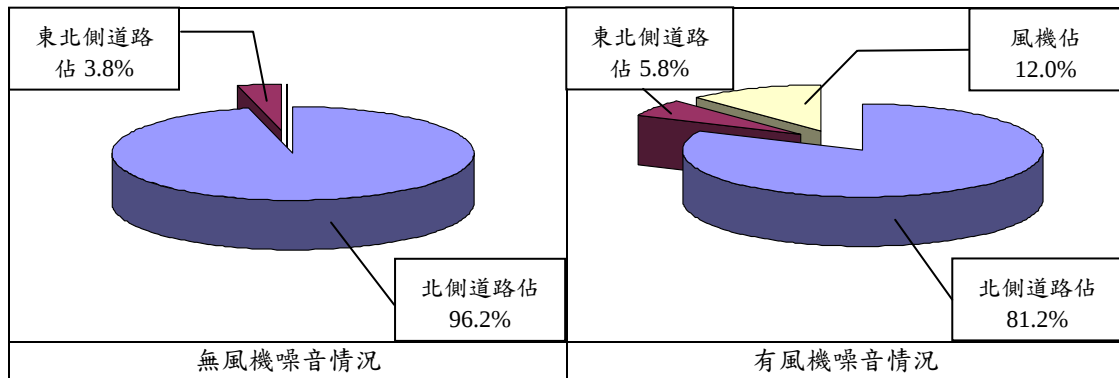
受體	項目	實測值 (1)	Cadna-A 預估 (2)	與實測值之誤差 (2)-(1)
西北側民宅	夜間	48.4	47.3	-1.1
東北側道路	夜間	67.6	68.7	+1.1
北側道路	夜間	56.8	55.6	-1.2



圖二 有無風機噪音等音壓線圖

六、評估結果分析

以 Cadna-A 噪音預測模式模擬有無風機噪音情況下，結果顯示西北側敏感受體在無風機噪音情況下，噪音量為 51.1 分貝，其中北側道路噪音貢獻量佔 96.2%，東北側道路噪音貢獻量佔 3.8%；在啟動風機後，噪音量為 48.4 分貝，其中北側道路噪音貢獻量佔 81.2%，東北側道路噪音貢獻量佔 5.8%，風機噪音貢獻量佔 12.0%，顯示啟動風機後雖會增加音量，但對西北側敏感點噪音貢獻量不大，詳圖四所示。在噪音頻譜方面，主要分布於 500Hz 至 1000Hz 之間。



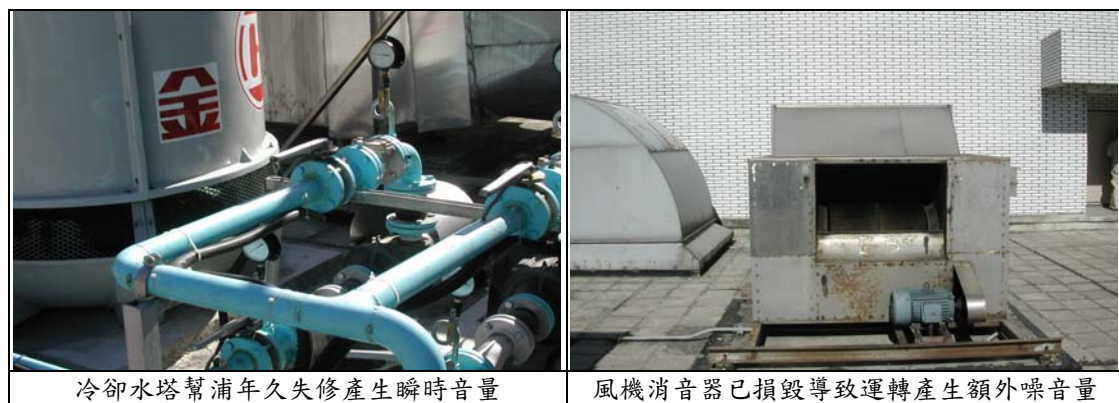
圖四 有無風機時不同音源對敏感點噪音貢獻度

參、結論

一、依據風機設置消音器後量測結果，抽排風機 A 加權聲功率位準介於 80.5~111.2 分貝。

二、以 Cadna-A 噪音預測模式模擬有無風機噪音情況下，顯示啟動風機後雖會增加音量，但對西北側敏感點噪音貢獻量不大。

三、經詢問當地居民及現場勘查，居民感覺干擾作息之主要噪音源為冷卻水塔幫浦年久失修產生之瞬時音量，另部分風機消音器損毀，故當運轉到此一風機時將產生額外噪音，故建議進行檢修，以降低噪音量，詳圖五所示。



圖五 本研究區風機操作額外產生之噪音

肆、誌謝

本計畫現場量測期間，承蒙環協工程顧問有限公司及松喬環保科技股份有限公司協助，特此致謝。

伍、參考文獻

1. 林啟修，淺談風扇之噪音控制技術，工安環保報導 No.5, Oct. 2001，經濟部工業局。
2. ISO 3746：1995” Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure –Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane”