

目 錄

	頁次
第一章 前言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目標	1-2
1.3 工作內容	1-2
1.4 工作流程	1-4
第二章 蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法	2-1
2.1 蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形	2-1
2.1.1 機場噪音管理作法個案分析	2-1
2.1.2 小結	2-23
2.2 彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料並維護航空噪音監測資料判讀工具功能	2-31
2.2.1 彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料	2-31
2.2.2 維護航空噪音監測資料判讀工具功能	2-34
2.2.2.1 判讀工具開發管理作業	2-34
2.2.2.2 資料庫欄位說明	2-35
2.2.2.3 判讀輔助工具系統安裝	2-37
2.3 邀集地方環保局辦理航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會	2-39
第三章 研提適用國內機場最大音量管制方案並規劃管制作法與環境相關效益評估	3-1
3.1 依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案	3-1
3.1.1 ICAO 與 ACI 噪音管理措施建議	3-1
3.1.2 國內機場運量與噪音相關資料	3-9
3.1.3 我國機場可行噪音管理措施建議	3-12
3.2 針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析，且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估	3-29

第四章	彙整各國綠色節能建築之控制式通風隔音窗技術規範及作法，並擇一公共場所裝設通風隔音窗進行示範觀摩	4-1
4.1	蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）	4-1
4.2	彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法（至少 5 個國家），並進行優劣比較與研析	4-35
4.2.1	近年各國主動控制隔音窗之進展	4-35
4.2.2	日本	4-36
4.2.3	新加坡	4-37
4.2.4	香港	4-38
4.2.5	中國	4-39
4.2.6	法國	4-40
4.2.7	韓國	4-41
4.2.8	德國	4-41
4.2.9	西班牙	4-42
4.2.10	討論	4-43
4.3	規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經環保署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益	4-45
4.3.1	研究流程及內容	4-45
4.3.2	規劃設計和測試報告	4-59
4.4	邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動	4-63
4.4.1	民國 108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議	4-63
4.4.2	「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」記者會	4-65
第五章	規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作	5-1
5.1	參考前年度計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作	5-1

5.1.1 我國使用中機動車輛噪音管制現況	5-1
5.1.1.1 管制歷程	5-2
5.1.1.2 量測方法	5-2
5.1.1.3 告發處分	5-3
5.1.1.4 實務困擾	5-4
5.1.2 各國「噪音偵測照相系統」應用	5-5
5.1.2.1 臺北市環保局、臺中市環保局「高噪車輛照相系統」	5-6
5.1.2.2 臺中市警察局「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」	5-14
5.1.2.3 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」	5-16
5.1.2.4 新加坡「高噪音車輛監控攝影系統」	5-18
5.1.2.5 法國「噪音雷達（noise radar）」	5-26
5.2 彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據，並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析	5-28
5.3 選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試並配合環保署需求召開觀摩活動與各界進行技術交流分享	5-48
5.3.1 立法委員呂孫綾宣導會	5-48
5.3.2 三立新聞網採訪空保處蔡處長	5-51
5.3.3 新北市淡水區商工路	5-52
5.3.4 臺北市士林區仰德大道	5-53
5.3.5 新北市淡水區淡金路中油加油站（一）	5-54
5.3.6 臺北市中正區南昌公園旁	5-54
5.3.7 新北市淡水區淡金路中油加油站（二）	5-55
5.3.8 新北市新店區青潭國小（立法委員羅明才）	5-56
5.4 邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理高噪偵測照相測量系統說明會	5-58
5.4.1 改管噪音要認證・聲音照相大執法・維護安寧好生活記者會	5-58
5.4.2 108 年度 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩會議	5-59
第六章 實際進度及查核重點	6-1

6.1 實際進度	6-1
6.2 查核重點	6-1
第七章 工作成果及建議	7-1
參考文獻	參-1

附 件 目 錄

附件一、評選會會議紀錄暨回覆說明
附件二、「108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議」相關資料
附件三、「改管噪音要認證・聲音照相大執法・維護安寧好生活」記者會相關資料
附件四、「彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩會議」相關資料
附件五、航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會議 相關資料
附件六、第 1 次工作進度報告審查會議紀錄暨回覆說明
附件七、期中審查會議紀錄暨回覆說明
附件八、英文縮寫及對應之中英文全名
附件九、期末審查會議紀錄暨回覆說明
附件十、「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」記者會相關資料

圖目錄

	頁次
圖 1.4-1 整體工作流程圖	1-4
圖 2.2-1 判讀工具之建置流程示意圖	2-34
圖 2.2-2 判讀輔助工具之系統架構示意圖	2-38
圖 2.2-3 判讀輔助工具之系統畫面說明	2-39
圖 2.3-1 「航空噪音監測資料判讀工具」教育訓練說明會議照片	2-43
圖 3.1-1 飛機持續降落進場示意圖	3-2
圖 4.1-1 德國公司 Eilenburger 受歐盟資助研發之傾斜式被動通風箱型隔音窗原理	4-2
圖 4.1-2 德國公司 Eilenburger 之 4 區域傾斜式被動通風箱型隔音窗	4-4
圖 4.1-3 德國公司 Eilenburger 之 2 區域傾斜式被動通風箱型隔音窗	4-4
圖 4.1-4 德國公司 Eilenburger 之傾斜式被動通風箱型隔音窗應用	4-5
圖 4.1-5 德國 HUECK 公司之傾斜式被動通風隔音窗原理	4-6
圖 4.1-6 德國公司 HUECK 之傾斜式被動通風隔音窗應用	4-7
圖 4.1-7 丹麥自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶原理	4-8
圖 4.1-8 丹麥 Folehaven 自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶應用	4-9
圖 4.1-9 丹麥 Folehaven 之開放式窗戶 ISO 140-5 隔音測量結果	4-9
圖 4.1-10 丹麥 Jægersborg 自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶應用	4-10
圖 4.1-11 香港研發之二種減音窗原理	4-12
圖 4.1-12 香港於交通繁忙路段旁安裝減音窗做實地測試應用	4-13
圖 4.1-13 中國大陸之門窗自然通風器原理	4-14
圖 4.1-14 中國大陸之 PM _{2.5} 隔音通風器原理	4-15
圖 4.1-15 雙通風窗系統的設計原理	4-17
圖 4.1-16 各種通風開口尺寸和吸音材料的 R' _w 結果之比較	4-18
圖 4.1-17 新加坡公共房屋中不同窗戶配置的示例	4-21
圖 4.1-18 新加坡住宅窗口上的窗口限制器	4-21
圖 4.1-19 新加坡國立大學設計的 Sonic Crystal Window	4-24
圖 4.1-20 通風隔板聲音穿透損失之測量設置	4-27
圖 4.1-21 玻璃纖維的吸音係數及通風隔板的聲音穿透損失 (TL)	4-28

圖 4.1-22	NOISESTOP 面板的吸音性能	4-29
圖 4.1-23	Pomute 材料的吸音性能	4-30
圖 4.1-24	實驗設置照片及示意圖	4-30
圖 4.1-25	麥克風（左：室外；右：室內）和吸音材料的安裝位置	4-30
圖 4.1-26	所有揚聲器位置的吸音性能	4-31
圖 4.1-27	噪音衰減傳輸路徑及配置	4-32
圖 4.1-28	10 平方公尺的房間內透過自然通風的聲音衰減	4-33
圖 4.2-1	日本：(a) AAS 基本概念；(b) AAS 單元示意圖	4-36
圖 4.2-2	新加坡：(a)開敞通風窗 ANC 系統示意圖；(b)8 AAS 單元開敞通風窗 ANC 系統	4-37
圖 4.2-3	香港：配置傢俱試驗室照片	4-39
圖 4.2-4	中國：(a)試驗設置照片；(b)原型自然通風 ANC 窗；(c)ANC 啟動（紅色實線）或關閉（綠色虛線）時誤差麥克風處的音壓位準	4-40
圖 4.2-5	法國：(a)主動通風窗配置示意圖；(b)主動通風窗配置試驗台照片	4-40
圖 4.2-6	韓國主動通風窗系統試驗設置：(a)試驗設置照片；(b)主動噪音控制系統略圖	4-41
圖 4.2-7	德國：(a)聲傳播試驗室平面圖；(b)斜窗搭配適應式噪音阻隔器配置照片	4-42
圖 4.2-8	西班牙：(a)主動通風窗略圖；(b)主動噪音控制系統略圖	4-42
圖 4.3-1	臺北市立南湖高中物理實驗室窗戶的尺寸	4-59
圖 4.3-2	臺北市立南湖高中物理實驗室之尖峰（實線）和非尖峰（虛線）的平均噪音頻譜	4-60
圖 4.3-3	臺北市立南湖高中物理實驗室之主動式（有源）降噪自然通風隔音窗單元的尺寸	4-61
圖 4.3-4	主動式（有源）降噪自然通風隔音窗單元的組合示意圖	4-61
圖 4.3-5	採用 4 個單元的覆蓋整個右邊窗戶的主動式（有源）降噪自然通風隔音窗示意圖	4-62
圖 4.3-6	臺北市立南湖高中物理實驗室之自然通風隔音窗設置完成照片	4-62
圖 4.4-1	108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議	4-65
圖 4.4-2	「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」記者會	4-66

圖 5.1-1 臺北市環保局、臺中市環保局「高噪車輛照相系統」示意圖	5-7
圖 5.1-2 「高噪車輛照相系統」觸發位準 84 dB(A)設定示意圖	5-7
圖 5.1-3 「高噪車輛照相系統」設置環境示意圖	5-12
圖 5.1-4 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」示意圖	5-15
圖 5.1-5 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」輸出示意圖	5-16
圖 5.1-6 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」示意圖	5-17
圖 5.1-7 新加坡 NoivelCam 系統流程圖	5-19
圖 5.1-8 新加坡 NoivelCam 系統設置於高架陸橋	5-20
圖 5.1-9 新加坡 NoivelCam 系統圖形使用者介面 (GUI)	5-21
圖 5.1-10 NoivelCam 系統實驗設置於新加坡南洋理工大學校區內	5-22
圖 5.1-11 麥克風陣列 SPL 相對於槍型及全向性陣列之音源位置	5-23
圖 5.1-12 擷取自廣角影片片段：(a)至(d)分別代表各種交通情境	5-26
圖 5.1-13 法國新安裝的噪音雷達 (noise radar)	5-27
圖 5.1-14 法國新安裝的噪音雷達 (noise radar) 聲音尾跡的圖片	5-28
圖 5.2-1 新北鶯歌改善計畫設置 3m 高空心磚隔音牆照片	5-30
圖 5.2-2 桃園平鎮改善計畫設置 6m 高金屬吸音板隔音牆照片	5-31
圖 5.2-3 桃園楊梅改善計畫設置 4m 高金屬吸音板隔音牆照片	5-32
圖 5.2-4 新竹湖口改善計畫設置 6m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆照片	5-33
圖 5.2-5 新竹新豐改善計畫設置 4m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆照片	5-35
圖 5.3-1 立法委員呂孫綾宣導會議	5-50
圖 5.3-2 三立新聞網採訪空保處蔡處長	5-51
圖 5.3-3 新聞採訪淡水分局局長	5-52
圖 5.3-4 臺北市士林區仰德大道執勤照片	5-53
圖 5.3-5 新北市淡水區淡金路中油加油站執勤照片 (一)	5-54
圖 5.3-6 臺北市中正區南昌公園旁執勤照片	5-55
圖 5.3-7 新北市淡水區淡金路中油加油站執勤照片 (二)	5-56
圖 5.3-8 新北市新店區青潭國小 (立法委員羅明才) 執勤照片	5-57
圖 5.4-1 改管噪音要認證・聲音照相大執法・維護安寧好生活記者會	5-59
圖 5.4-2 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩現場規劃	5-60
圖 5.4-3 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩會議	5-62

表 目 錄

	<u>頁次</u>
表 2.1-1 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之 2018 年運量	2-1
表 2.1-2 荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場之噪音管制項目與內容	2-2
表 2.1-3 法國巴黎戴高樂機場之噪音管制項目與內容	2-3
表 2.1-4 美國舊金山機場之噪音管制項目與內容	2-5
表 2.1-5 丹麥哥本哈根機場之噪音管制項目與內容	2-7
表 2.1-6 比利時布魯塞爾機場之噪音管制項目與內容	2-8
表 2.1-7 紐西蘭奧克蘭機場之噪音管制項目與內容	2-10
表 2.1-8 日本大阪伊丹機場之噪音管制項目與內容	2-12
表 2.1-9 英國倫敦蓋特威克機場之噪音管制項目與內容	2-14
表 2.1-10 英國曼徹斯特機場噪音管制項目與內容	2-16
表 2.1-11 英國倫敦斯坦斯德機場之噪音管制項目與內容	2-18
表 2.1-12 英國倫敦盧頓機場之噪音管制項目與內容	2-19
表 2.1-13 英國倫敦城市機場之噪音管制項目與內容	2-21
表 2.1-14 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之噪音管制作法彙整	2-23
表 2.1-15 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之最大噪音限制彙整	2-24
表 2.1-16 9 個機場之最大噪音限制（管制最大音量、時段、量測或認證 噪音、罰款）	2-29
表 2.2-1 各機場航空噪音監測站之資料彙整表	2-31
表 2.2-2 各機場航空噪音監測站之噪音監測資料分析與建議表	2-32
表 2.2-3 判讀輔助工具之軟硬體說明	2-38
表 2.3-1 「航空噪音監測資料判讀工具」教育訓練說明會議議程表	2-42
表 3.1-1 ACI 政策與建議作法（噪音方面）	3-3
表 3.1-2 各航空站 2018 年客貨運量與飛機起降數	3-10
表 3.1-3 各航空站歷年噪音防制費概估金額與應補助住戶數量統計	3-11
表 3.1-4 噪音防制費與機場回饋金	3-11
表 3.1-5 我國目前航空噪音減量相關措施並與 ICAO 平衡作法對照	3-12
表 3.1-6 我國機場可行之噪音管理措施	3-13
表 3.1-7 各式機場自主管理措施與噪音防制	3-14

表 3.1-8 主要機場靜飛計畫評比指標比較	3-15
表 3.1-9 英國倫敦 Heathrow 機場 Fly quiet and green 評比結果	3-16
表 3.1-10 舊金山機場 Fly Quiet 各航空公司各季總評比	3-17
表 3.1-11 芝加哥 O' Hare 機場各航空公司夜間偏離航道架次	3-18
表 3.1-12 機場徵收噪音相關費用之國家	3-19
表 3.1-13 噪音費機制分類	3-19
表 3.1-14 ACI 飛機噪音等級分類	3-20
表 3.1-15 英國倫敦 Heathrow 機場依照噪音等級之降落費	3-20
表 3.1-16 採用噪音量限制之主要機場 – 以 ICAO 認證噪音為基準	3-21
表 3.1-17 採用噪音限額之主要機場	3-22
表 3.1-18 採用持續下降操作之主要機場	3-25
表 3.1-19 採用跑道交替使用之主要機場	3-26
表 3.1-20 採用噪音優先路線之主要機場	3-27
表 3.1-21 與民眾溝通之噪音指標	3-28
表 3.1-22 建置噪音追蹤網站之主要機場	3-29
表 4.1-1 德國公司 Eilenburger 之傾斜式被動通風箱型隔音窗比較	4-3
表 4.1-2 各種通風開口尺寸和吸音材料添加量的視隔音指標之比較	4-17
表 4.1-3 各種窗口配置的壓降 (Pa) 和氣流測量 (L/s) 之結果	4-19
表 4.1-4 5 種不同配置的通風隔板之隔音等級 (STC)	4-28
表 4.1-5 透過窗口打開配置的聲學衰減	4-33
表 4.2-1 近年各國主動控制隔音窗之進展情形	4-44
表 4.3-1 各類交通系統沿線之敏感點彙整表	4-45
表 4.4-1 108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議議程表	4-63
表 5.1-1 「高噪車輛照相系統」執行現況調查表	5-10
表 5.1-2 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」	5-14
表 5.1-3 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」	5-17
表 5.1-4 受監測車道內 5 個音源位置之 TDOA 和 Δ SPL	5-24
表 5.2-1 新北鶯歌改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-30
表 5.2-2 桃園平鎮改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-31

表 5.2-3 桃園楊梅改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-33
表 5.2-4 新竹湖口改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-34
表 5.2-5 新竹新豐改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-35
表 5.2-6 軌道系統 5 處改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析	5-36
表 5.2-7 不同類型鐵路噪音之頻率範圍表	5-37
表 5.4-1 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩議程表	5-60
表 6.1-1 預定進度及查核點	6-3
表 6.2-1 實際進度及查核點說明	6-5

第一章 前言

1.1 計畫緣起

機場周圍航空噪音的監測作為環境噪音監測的一類，一般都是由監測網點將測得的資料送至控制中心，配合因應的雷達資料（飛航動態資料）控制中心對這些資料進行處理分析，以得到機場周圍航空噪音的分布情況，為噪音的管制提供依據。基於上述監測系統現狀，有關航道下航空噪音最大音量的監測包括：監測方法、航空噪音最大音量評估指標、航空噪音監測點的選取和監測設備的要求。國際間建立『航空最大音量』的管制，乃以國際民間航空組織（ICAO）公約附件16為基礎而制定，而航空噪音最大音量的管制，一般由各個機場根據所處區域特點自行制定，各個機場有其『航空最大音量』。評估指標上，國際上常用最大音量 L_{Amax} 、有效感覺噪音量EPNL及單一事件噪音暴露級SENEL。我國希望亦以ICAO公約附件16為依據，透過執行本計畫以建立我國航空噪音最大音量管制方案（研究範圍不包括軍用機場），且希望持續維護航空噪音監測資料判讀工具，以有效、準確進行機場航空噪音監測資料查驗等工作。

環保署於民國96年～97年已完成圖書館25所及醫院45所等公共場所室內音量研究工作，並初步建議各種室內音量容許值；98年～101年更完成39處陸上運輸系統場站室內音量研究工作，並初步建議我國陸上運輸系統車站大廳、聯絡道及月台室內音量容許值；於106年～107年完成住宅區室內外音量品質的研究工作，參考世界各國室內音量建議指標與音量容許、標準值，完成室內音量建議值及相關測量方法及指標，現地測量之開關窗的 L_{eq} 結果與國外文獻之結果相近，關（門）窗之平均隔音量初估約有20分貝；開（門）窗之平均隔音量約有10分貝。而隨著環境噪音問題的日益嚴重，降低噪音的方法顯得越來越重要，為改善居住環境品質，今年度將針對控制式通風隔音窗防制技術進行研究及示範觀摩，以供環保署未來擬訂室內外音量品質管制策略及管理措施之參考。

近年來陳情案件中，其中有很多是汽機車改裝產生巨大噪音，在夜間嚴重妨害安寧、擾人清眠，許多年輕人趕流行，在裝修汽機車時，將消音器拆除，造成車子行經時「呼嘯而過」、發出巨響，不論是白天或夜晚，都製造惱人的噪音，半夜時更是擾人清夢，故有許多抱怨或陳情電話，控訴汽機車噪音過大。改裝車（

拆除消音器或經過改裝）屢於夜間呼嘯來回，嚴重影響睡眠，實有必要針對偵測照相系統應用於使用中機動車輛進行評估，以期透過「超音照像」科技執法提高篩選高噪音機動車輛，規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以供環保署未來擬訂使用中機動車輛噪音管制策略及管理措施參考。

本年度期盼藉由此計畫蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法；研提適用國內機場最大音量管制方案並規劃管制作法與環境相關效益評估；彙整各國綠色節能建築之控制式通風隔音窗技術規範及作法；規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作。爰此，環保署乃提出 108 年度「機場周圍地區噪音管理與控制式通風隔音窗對環境交通噪音示範改善計畫」專案研究計畫（以下簡稱本計畫）。

1.2 計畫目標

- 一、蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法。
- 二、研提適用國內機場最大音量管制方案，並規劃管制作法與環境相關效益評估。
- 三、彙整各國綠色節能建築之控制式通風隔音窗技術規範及作法，並擇一公共場所裝設通風隔音窗進行示範觀摩。
- 四、規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作。

1.3 工作內容

- 一、蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法
 - (一)蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施（至少 8 個國家）及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形（至少 4 個國家）。
 - (二)彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料，並維護航空噪音監測資料判讀工具功能。
 - (三)邀集地方環保局辦理至少 2 場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- 二、研提適用國內機場最大音量管制方案，並規劃管制作法與環境相關效益評估
 - (一)依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制

方案，內容包括因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容。

- (二)針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析（包括至少 2 個航空噪音固定監測站），且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估。

三、彙整各國綠色節能建築之控制式通風隔音窗技術規範及作法，並擇一公共場所裝設通風隔音窗進行示範觀摩

- (一)蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）。
- (二)彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法（至少 5 個國家），並進行優劣比較與研析。
- (三)規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經環保署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益。
- (四)邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理 2 場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。

四、規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作

- (一)參考前年度環保署「偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制評估之研究」計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作。
- (二)彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據（至少 5 處次），並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析，供環保署未來擬訂管制策略及管理措施之參考。
- (三)選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試，並配合環保署需求召開至少 3 場次觀摩活動，與各界進行技術交流分享（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- (四)邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理至少 2 場次高噪偵測照相測量系統說明會（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。

1.4 工作流程

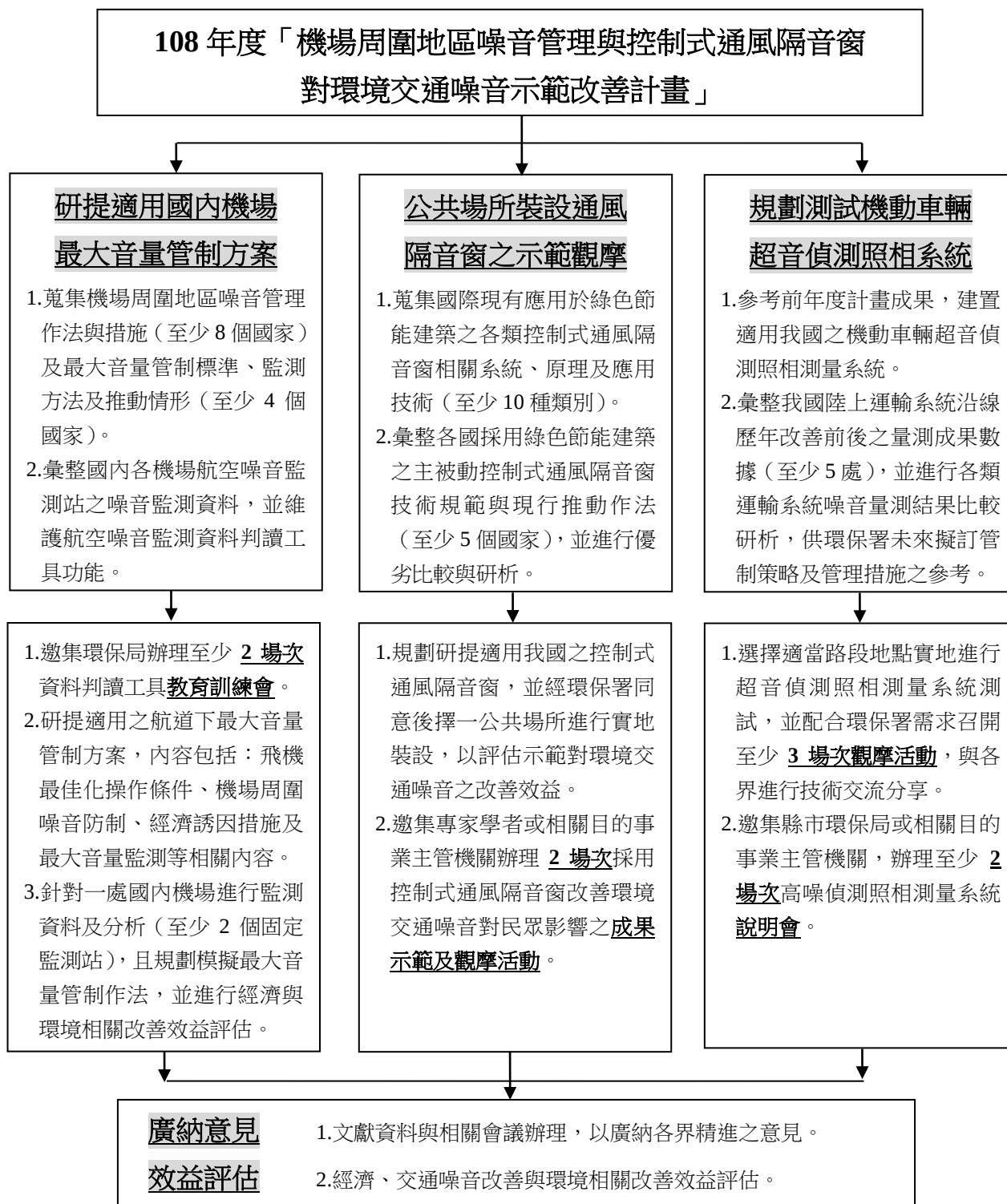


圖 1.4-1 整體工作流程圖

資料來源：本計畫整理繪製。

第二章 蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法

2.1 蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形

機場營運產生航空噪音會對機場周圍的居民造成影響，為了減輕對環境及居民的影響，全球已有不少機場實施噪音管制。本計畫依據運量、機場特性、所在地區選取了 8 個國家的 12 個機場做為個案分析，探討各機場對周圍地區噪音管理作法與措施，以及最大音量管制標準及監測方法等，提供我國機場可參考之相關指標。各機場 2018 年客運量與飛機起降數，彙整如表 2.1-1 所示。

表 2.1-1 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之 2018 年運量

國家	機場	旅客量（人）	飛機起降架次
荷蘭	阿姆斯特丹史基浦機場（AMS）	71,053,157	499,446
法國	巴黎戴高樂機場（CDG）	72,229,723	480,945
美國	舊金山機場（SFO）	57,700,433	470,164
丹麥	哥本哈根機場（CPH）	30,298,531	266,096
比利時	布魯塞爾機場（BRU）	25,685,939	235,459
紐西蘭	奧克蘭機場（AKL）	20,530,048	178,755
日本	伊丹機場（ITM）	16,000,000	138,188
英國	倫敦蓋特威克機場（LGW）	46,075,400	283,926
英國	曼徹斯特機場（MAN）	28,292,797	201,247
英國	倫敦斯坦斯德機場（STN）	27,996,116	189,919
英國	倫敦盧頓機場（LTN）	16,581,850	136,270
英國	倫敦城市機場（LCY）	4,820,292	78,036

資料來源：本計畫彙整，（）內縮寫表示國際航空運輸協會（International Air Transport Association, IATA）/ICAO 國際民用航空組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）之 CODE。

2.1.1 機場噪音管理作法個案分析

一、荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場（Amsterdam Schiphol Airport, AMS）

史基浦機場位於阿姆斯特丹西南方約 9 公里的市郊，共有 5 條跑道。2018 年旅客量 71,053,157 人次；起落架次為 499,446 架次，為荷蘭主要進出門戶。其噪音管理相關項目範圍廣泛，所有飛機除特殊原因外，都應遵照相關降低噪音的程序。機場噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-2 所示。

表 2.1-2 荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
一般	以下到離場程序對於史基浦機場附近的噪音消除有顯著效果。除了安全原因或航空交通管制（air traffic control, ATC）指示外，飛機應遵守這些程序。
離場 (僅適用噴射機)	最低噪音路線：航空資料出版物（aeronautical information publication, AIP）荷蘭 EHAM AD 2.22 第 1.5 段中包含的標準儀表出發路線，儘可能避開住宅區，必須考慮最低噪音路線。
到達 (所有飛機)	對於 RWY 06 和 RWY 18R RNAV 低噪音程序，噴射式飛機的持續下降進場（continuous descent approach, CDA）將在 22:00~05:30（21:00~04:30）之間使用，否則飛機將被雷達導向攔截 3,000 英尺平均海拔（above mean sea level, AMSL）的最終航段。
跑道使用及限制	- 一般情況下，最常使用的跑道為： 著陸：06, 18R, 36R, 18C, 36C, 27 起飛：36L, 24, 36C, 18L, 18C, 09 - 在特殊情況下，例如：強風、跑道不可或尖峰時段，可以選擇其他方式。 - 在尖峰時段和夜間，將分配 1 條離場跑道和 1 條著陸跑道的組合；在離場尖峰時段，可以使用 2 條離場跑道和 1 條著陸跑道的組合。 - 在進場高峰時段，可以使用 1 條離場跑道和 2 條著陸跑道的組合。跑道的分配基於優先跑道系統，通常會分配 04/22 跑道。考慮到噪音減量，除非飛行員出於安全原因特別要求，否則不允許使用非優先跑道進行起飛和降落。 - 使用限制： (1) 18R 不適用於出發，36L 不適用於抵達。 (2) 36R 不適用於出發，18L 不適用於抵達。 (3) 22:00~05:30（21:00~04:30）04/22 不適用於出發和抵達。 (4) 22:00~05:30（21:00~04:30）09/27 不適用於出發和抵達。 (5) 22:00~05:30（21:00~04:30）18C 不適用於抵達，36C 不適用於出發。 (6) 22:00~05:30（21:00~04:30）18L 不適用於出發。 (7) 22:00~05:30（21:00~04:30）24 不適用於出發。 (8) 22:00~05:30（21:00~04:30）36R 不適用於抵達。
推力反向器	- 白天 06:00~22:00（05:00~21:00）： 著陸後，除 04/22 外，建議在安全許可的情況下，在所有跑道上使用空轉反向推力。為了實現儘可能高的跑道容量，跑道占用時間應減少到最低限度。 - 夜間 22:00~06:00（21:00~05:00）： 著陸後，在安全許可的情況下，不得在任何跑道上使用高於空轉的反向推力。
引擎測試限制	僅允許在專用位置運行發動機測試。
連續下降 (所有飛機)	對於 06 跑道和 18R RNAV 低噪音程序，噴射飛機的持續下降進場（CDA）將在 22:00~05:30（21:00~04:30）之間使用，否則飛機將被雷達導向攔截 3,000 英尺平均海拔（AMSL）的最終航段。
宵禁	對第 2 章和第 3 章飛機的限制： 對於按照國際民航組織附件 16 第 2 章噪音標準認證的飛機，不允許起飛和降落。根據國際民航組織附件 16 第 3 章的噪音標準認證的飛機，其餘額為三個認

項目	內容
	證噪音水平，相對於三個適用的 ICAO 附件 16 第 3 章認證噪音限值的總和，小於 5 EPN dB： (1)對於配備旁通比 ≤ 3 的發動機之飛機，不允許進行新的操作。 (2)對於配備旁通比 ≤ 3 的發動機之飛機，17:00~07:00（16:00~06:00）之間不允許起飛和降落。 (3)對於配備旁通比 > 3 的發動機之飛機，不允許在 22:00~05:00（21:00~04:00）之間計劃起飛。
噪音預算	為了保證阿姆斯特丹史基浦機場周圍的年度噪音負荷不超過法定限制，機場得全面協調。這意味著需要協調時間帶。協調時間帶旨在提供一個中立、透明和非歧視的系統，用於在法定噪音限制內分配可用的噪音容量。最初宣布的 2005/2006 冬季季節容量為 180,000 架次，2006 年夏季為 270,000 架次。在為航空公司分配航班時，航班協調員應鼓勵航空公司使用更安靜的飛機，但是，此時關於時段分配流程，阿姆斯特丹史基浦機場沒有針對每家航空公司的特定噪音預算。

資料來源：彙整 Schiphol Airport 網頁 <https://www.schiphol.nl/en/>，以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/schiphol.html#nl>。

二、法國巴黎夏爾戴高樂機場（Aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle, CDG）

戴高樂機場座落於巴黎市中心東北 25 公里處，共有 4 條跑道。2018 年旅客量為 72,229,723 人次；飛機起降架次為 480,945 架次，為法國最大的國際機場，也是歐洲第二繁忙的機場。戴高樂機場之機場噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-3。

表 2.1-3 法國巴黎戴高樂機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
機場使用限制	— 跑道使用程序： 著陸：RWY 08R / 26L / 27R； 起飛：RWY 08L / 26R / 27L。 — 跑道使用限制： 除完全或部分關閉 RWY 27L 外，RWY 27R 僅可用於飛機起飛。 — 飛機使用限制： 沒有符合 ICAO 附件 16 第 3 章標準的噴射機不得起飛或降落在戴高樂機場。 — 禁止不定期的夜間起飛： 除非在規定的時間範圍內分配出發時間，否則禁止在當地時間 00:00~04:59 離場。 — 超過特定噪音水平的飛機夜間限制： 在符合 ICAO 附件 16 規定的標準的超過飛行點處具有經認證的噪音水平的飛機，超過 99 EPN dB 的飛機，應在當地時間 00:00~04:59 之間起飛。降落噪音超過 104.5 EPN dB 的飛機不得在當地時間 00:30~05:29 之間抵達機場。

項目	內容
	— 噪音較大的飛機在白天起飛： 著陸：06:15～23:30； 起飛：06:00～23:15。 — 法國機場噪音管制機構 ACNUSA 會針對違反噪音法規的航空公司進行試聽後，最高可裁罰 40,000 歐元。
引擎測試 限制	自 1998 年 1 月 1 日起，發動機的測試可能不會在當地時間 22:00～06:00 進行。在安全原因的特殊情況下，飛機的所有者、維修人員或營運者可要求在當地時間 22:00～23:00 之間，其次是當地時間 05:00～06:00 進行測試。
空中交通申請 限制	— 限制使用某些出境航線： 噪音較大的飛行器必須在當地時間 23:15～06:00 之間，離開停機坪。 — 在第一次無線電話聯繫期間由機長指示空中交通管制服務。 — 遵守特定的起飛和初始爬升程序，以限制噪音污染。 — 飛行員有義務遵循某些出境航線： 除安全或控制原因外，渦輪噴氣飛機的飛行員應遵循航空資料出版物（AIP）中描述的標準儀表離場程序（standard instrument departure, SID）的初始軌跡： — RWY 26L 和 26R：直到距離 VOR / DME PGS 11 海里以便起飛； — RWY 27R 和 27L：6.1 NM 的 VOR DME 起飛； — RWY 09L 和 09R 直到飛越 RSY 地面裝置起飛； — RWY 08L 和 08R 直到飛越 CGZ 地面裝置起飛。 注意：在任何情況下，開始轉彎都應該在飛越 RSY 和 CGZ 之前進行。
機場 宵禁	— Chapter 3 累積餘量小於 5 EPN dB 的飛機無法在機場運行。 — Chapter 3 累積餘量大於或等於 5 EPN dB 且小於 8 EPN dB 的飛機不得在 23:30～06:15 之間降落或在 23:15～06:00 之間起飛。 — 通過 Chapter 3 minus requirements 但起飛大於 99 EPN dB 的飛機無法在 00:00～04:59 起飛。 — 通過 Chapter 3 minus requirements 但著陸大於 104.5 EPN dB 的飛機無法在 00:00～04:59 降落。
噪音等級 限制	(1)如果此時段內的出發尚未發出，在 00:00～04:59 之間禁止飛機起飛。 (2)根據 ICAO 附件 16 中規定的標準，任何飛機在飛越點的噪音超過 99 EPN dB，禁止於 00:00～04:59 間起飛。 (3)根據 ICAO 附件 16 中規定的標準，任何飛機在飛越點的噪音超過 104.5 EPN dB，禁止於 03:30～05:29 間降落或抵達停機區。 (4)基於人道主義、救援、政府或由於飛行安全原因而處於緊急狀態的航班，不受這些條件限制。 機場當局使用噪音測量儀器，分析機場及其周圍的飛機噪音。透過將這些值與飛機軌跡相結合，在戴高樂機場起飛或著陸的每架飛機都可以得出其噪音等級，噪音監測站位於跑道 09R / 27L 和 08L / 26R 的航道下方。

資料來源：彙整自 Paris Charles de Gaulle airport, Cohor Airport Coordination, France 網站，拜訪日期：2019 年 11 月 11 日，網址：[http://www.cohor.org/en/aeroport-paris-charles-de-gaulle-cdg/Airports with Noise and Emissions Restrictions](http://www.cohor.org/en/aeroport-paris-charles-de-gaulle-cdg/Airports%20with%20Noise%20and%20Emissions%20Restrictions)。以及波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/degaulle.html>。

三、美國舊金山國際機場（San Francisco International Airport, SFO）

舊金山國際機場位於舊山市南方約 21 公里，共有 4 條跑道。2018 年旅客量為 57,700,433 人次；飛機起降架次為 470,164 架次，為北加州最大的國際機場。在噪音管制方面，舊金山機場使用的是「Fly Quiet Program（靜飛計畫）」¹，其目的是影響航空公司在舊金山灣區能安靜的營運。此計畫有 6 個要素，內容節錄如表 2.1-4 所示。

表 2.1-4 美國舊金山機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
機隊噪音質量等級	Fly Quiet Program Fleet Noise Quality Rating 評估每個航空公司之機隊在舊金山機場營運時的噪音。航空公司通常擁有多種類型的飛機，並根據營運和營銷進行安排。若航空公司使用較新、較安靜的新型飛機會獲得較高的評級，反之，航空公司則會得到較低的評級。這樣的評級方式，會使航空公司從他們的機隊裡安排特定的飛機飛入舊金山機場。
噪音超標等級（SEL）	降低噪音是機場和附近社區的長期目標。因此，機場在每個噪音監測站建立了單一事件最大的噪音級別限制，並確切記錄噪音超標的航空公司及飛機型號。舊金山國際機場周圍有 29 個永久性遠端監控站，從舊金山北部的太平洋高地社區到南部的紅木城。這些站點是安裝在高桿上的聲學麥克風，可測量噪音，並將數據一年 365 天，一天 24 小時的資料傳輸到位於機場的電腦化噪音監測和飛行追蹤系統。透過使用精確噪音測量設備、電子校準檢查和現場校準設備的年度實驗室認證來確保準確性。
夜間優先跑道使用評級	減少夜間噪音（尤其是睡眠干擾）是 SFO 飛機降噪計畫的主要目標。SFO 的夜間優先跑道使用計畫於 1988 年開展，旨在最大限度地提高水上航班，並最大限度地減少凌晨 01:00 至 06:00 之間陸地和人口稠密地區的飛行，從而減少機場周邊社區的夜間噪音。 （1）該計畫的主要目標是使用 Runways 10 L/R 起飛，它們提供舊金山灣的離場路線，減少 SFO 周圍社區的噪音影響。 （2）當不能從 10 L/R 跑道起飛時，第二個優先選擇是在 Shoreline 或 Quiet Departure Procedures 上離開 28 L/R 跑道。這兩個程序都包括在出發後立即右轉，以避開 SFO 西北部的住宅社區。 （3）第三個偏好是在 01 L/R 跑道上離場。雖然這一程序將飛機引導到海灣上，但這些航班的噴射衝擊影響了 SFO 以南的社區。
海岸線出發質量等級	每當使用海岸線離港程序時，Fly Quiet 分級系統也會考慮使用 28 L/R 跑道離開 SFO 的飛機。這種主要的 VFR（目視飛行規則）起飛後不久飛往東北部，試圖將飛機噪音遠離 SFO 西北部的居民區。透過將飛機保持在 101 號高速公路以東，大多數飛越工業和商業園區，而不是住宅區。

¹ 美國舊金山機場網站，網址：<https://www.flysfo.com/community/noise-abatement/fly-quiet>，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日。

項目	內容
間斷離場質量等級	使用 28 L/R 跑道離開 SFO 的飛機經常使用稱為 Gap Departure 的程序直接離場。這個程序指示空中交通沿著機場西北方向飛越南舊金山、聖布魯諾和太平洋。為了減輕這一特定區域的噪音，Gap 離場質量等級被列為飛行安靜計畫中的一個類別。由於“更高、更安靜”，而沿著出發路線記錄飛機高度。分數在指定距離大約一英哩的點分配，飛行越高的飛機獲得越高的分數。
福斯特城抵達質量評級	為了進一步減少鄰近社區的夜間噪音，該等級最大限度的在晚上 11:00～早上 6:00 之間對 28 L/R 跑道進行降落。在這些時間內抵達跑道 28 L/R 的航空公司是根據飛行路徑進行評估。經由海灣的飛行路線會得的較好的評分，若經由社區的飛行路線則會拿到較低的分數。
引擎測試限制	在 22:00～07:00 之間，禁止飛機引擎進行維護或測試。在以下條件下允許對單個引擎進行空轉檢查： (1) 可以在特定的航空公司租賃保持區域中進行不超過 5 分鐘的單個引擎的空轉檢查。如果要檢查多個引擎，則必須單獨檢查每個引擎，並且急速檢查的累計持續時間不能超過 5 分鐘。 (2) 將在指定的啟動中完成對將持續超過 5 分鐘的單個引擎或多個引擎（單獨檢查）的空轉檢查。出於噪音消滅監測的目的，這將被視為電力啟動。 (3) 必要時，引擎可以於 19R 跑道接近端的地方進行檢查。
輔助動力系統 (auxiliary power unit, APU) 限制	- 鼓勵經營者在可行的情況下使用地面電源和空調。在拖曳飛機時可以使用輔助動力系統 (APU)。 - 國內線航廈：除了出發前 30 分鐘，乘客在已登機或需要測試其他飛機設備時，禁止在 22:00～06:00 之間使用輔助動力系統 (APU)。 - 國際線航廈：在 07:00～22:00 之間，登機區 A 和 G 的登機口超過 45 分鐘的飛機需要使用 400Hz 地面電源和預先調節的空調（如果有的話）。使用地面電源和預調節空調直到後推前 30 分鐘，未經機場營運部門事先許可，輔助動力系統 (APU) 不被授權使用。 - 所有計劃在 22:00～07:00 之間靠橋的飛機，無論在登機口停泊的時間多久，都需要使用 400Hz 地面電源和預處理空調。使用地面電源和預調節空調直到後推前 30 分鐘，未經機場營運部門事先許可，輔助動力系統 (APU) 不被授權使用。

資料來源：彙整自 Fly Quiet Program - San Francisco International Airport，舊金山機場網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.flysfo.com/community/noise-abatement/fly-quiet>。

四、丹麥哥本哈根機場 (Copenhagen Airport, CPH)

哥本哈根機場位置距離哥本哈根市中心以南 8 公里，共有三條跑道。2018 年旅客量為 30,298,531 人次；飛機降架次為 266,096 架次，為北歐國家中最大的機場。哥本哈根機場的噪音消滅規定是根據「丹麥空中航行法」第 82 節制定的，該機場之噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-5 所示。

表 2.1-5 丹麥哥本哈根機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
一般規定	著陸（除了 RWY12）：應遵守哥本哈根以下的最低高度（距離 DME KAS 15 海里以內）： a.螺旋槳和渦輪螺旋槳飛機：1,500 ft； b.噴氣式飛機：2,500 ft。 RWY 04L/R 和 22L/R 是優先跑道。 如果特殊氣象條件如積雨雲（cumulonimbus cloud, CB）在進近和起飛區域有明顯的風力變化等，航空交通管制（ATC）可自行決定。
丹麥時間 06:00~23:00 使用跑道	RWY 04L/R 起飛：RWY 04R；著陸：RWY 04L。 丹麥時間 07:00~22:00：RWY 22L/R 起飛：RWY 22R；著陸：RWY 22L。 丹麥時間 22:00~23:00 和 06:00~07:00：RWY 22L/R 起飛/降落：RWY 22L。
限制	— 起飛限制： RWY 22L：起飛應從 TWY V1 或 TWY V2/ TWY I 開始，必須在 RWY 軌道上進行離場，以便在轉彎開始前通過 DME KAS 2.0。 RWY 22L：必須在 RWY 軌道上爬升才能通過 DME KAS 2.0。 RWY 12：TWY K1/F1 不得用於起飛。 RWY 30：如果在 RWY 04L/R，RWY 22L/R 或 RWY 12 從 TWY K2，TWY K3 或 TWY D 計劃的起飛，由於天氣條件或跑道條件發生變化而不能超過 1 小時前進行計劃的起飛時間，在 07:00~22:00 丹麥時間內允許在 RWY 30 上起飛，在測量位置 10 最大聲級不得超過 110 PN dB。在轉彎開始前，必須在 RWY 軌道上爬行以穿越 KAS 358。 — 著陸限制： RWY 04L / 04R：視覺方法必須在第 2 頁 EKCH 噪音監測系統所示的扇區內進行。
反向推力	僅出於安全原因允許使用超過空轉的反向推力。
引擎測試限制	在當地時間 23:00~05:00 間，不得進行發動機的啟動。 在當地宵禁時間 19:00~23:00 和 05:00~07:00，以及週日和節假日的午夜至午夜以及憲法日期 12:00~:00，只有在準時執行計畫航班時才進行發動機啟動。發動機啟動只能在特定的測試地點進行。所有發動機啟動和發動機怠速運轉應保持在最低功率，並按照現行報告規則提出報告。
噪音等級限制 （含宵禁） （L _{max} ）	- 23:00~06:00 期間位於周邊房屋部門的 6 個監測站，起飛和降落時的最大 A 加權音壓級不得超過 80 dB(A)。但是，在 06:00~23:00 之間的定期航班，有延遲或提前到達情況的飛機例外。 - 如果哥本哈根機場已經預先批准，則可能僅在 23:00~06:00 之間起飛。 - 哥本哈根機場建置了名為 Web Track 的網頁，除了可顯示即時的飛機動態外，設置於機場周圍的 12 個噪音監測點亦能同步顯示 5 分鐘的音量，讓周圍居民及旅客能隨時監督噪音。網址：https://webtrak.emsbk.com/cph

資料來源：彙整自 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：

<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/copenhagen.html>。

五、比利時布魯塞爾機場（Belgium Brussels Airport, BRU）

布魯塞爾機場位於布魯塞爾市東北方約 11 公里處，共有 2 條跑道，2018 年旅客量達 25,685,939 人次，起降架次為 235,459 架次，其相關噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-6 所示。

表 2.1-6 比利時布魯塞爾機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
推力反向器	除了安全原因外，不得使用反向推力。在機坪上的任何時間都禁止使用。
地面程序 (含引擎測試)	— 22:00~04:59 之間的滑行限制： 最多 4 架飛機被授權同時滑行至使用中的跑道的等待位置。此外，只允許 3 架飛機同時等待在起飛位置的起飛許可。 - 除了作為起飛程序的一部分在起飛前立即進行的起動測試外，不允許在等待位置發動機起動。 — 發動機測試運行和怠速檢查： 露天發動機測試運行和怠速檢查必須限制在最低限度，並且需要事先獲得機場管理局的許可。發動機試車僅允許在 06:00~21:00 之間進行。 — 在噪音防護室裡進行引擎的測試。
到達程序	— 儀表降落系統（instrument landing system, ILS）進場： 執行 ILS 方法的飛機不得攔截以下地理位置（geographical position, GP）： (1)跑道 25L/R 的 2,000 英尺修正海平面氣壓（QNH）（同時進場時分別為 3,000 英尺和 2,000 英尺）； (2)跑道 02 的 2,000 英尺 QNH； (3)跑道 20 的 3,000 英尺 QNH。 攔截後，飛機不得下降到 GP 以下。 — 監視雷達進場： 在沒有 ILS 輔助的情況下執行進近監視雷達（surveillance radar approach, SRA）的飛機，在距離著陸 6 海里之前不得下降到 2,000 英尺 QNH 以下，此後也不會在 3° 的下降路徑下飛行。 — 目視進場： 在沒有 ILS 或雷達輔助的情況下執行目視進場的飛機，在攔截精密進近航道指示器（precision approach path indicator, PAPI）進近坡度之前不得下降到 1,800 英尺 QNH 以下，此後也不得低於它。 — 在 22:00~04:59 之間抵達的特別程序： 離開 IAF KERKY 近進到 25L/R 跑道將不被允許下降到低於 FL70 直到通過 R-360 BUB。 - 執行 ILS 進場的飛機不得在早於 11 海里的 THR 攔截 ILS LLZ / GP，也不得低於 3,000 英尺 QNH。當同步進近時，ILS LLZ / GP 不得在 3,000 英尺（25R 跑道）和 4,000 英尺（25L 跑道）下被截獲。 — 永久執行所需導航性能（required navigation performance, RNP）進場程序。
離場程序	— 飛行員應儘可能地遵守這些噪音消減程序，如不能遵守，應立即通知航空交通管制（ATC）。 — 為了最大限度地減少噪音滋擾並清除出發區域的障礙物，飛機應保持 7% MNM 的淨爬升梯度，直至通過 3,200 英尺 QNH。如果無法遵守，飛行員在請求

項目	內容																								
	啟動許可時應通知空中交通服務（air traffic service, ATS）。 在 22:00~04:59 之間出發的特別程序： — 從 25R 起飛的所有飛機應在跑道起點開始起飛，最好從 P3 開始不間斷起飛。																								
宵禁	最大起飛重量（maximum take-off weight, MTOW）≥ 34t 或超過 19 個座位的噴射飛機的操作受到限制： (1)在 22:00~04:59 之間禁止 $QC^2 > 8$ 起飛或降落； (2)在 05:00~05:59 之間禁止 $QC > 12$ 的起飛或降落； (3)在 06:00~19:59 之間禁止 $QC > 48$ 的起飛； (4)在 06:00~19:59 之間禁 $QC > 24$ 著陸； (5)在 20:00~21:59 之間禁止 $QC > 24$ 的起飛； (6)在 20:00~21:59 之間禁止 $QC > 12$ 著陸。 06:00~21:59 之間的限制不適用於 2008 年 10 月 25 日至 2009 年 10 月 24 日期間，在布魯塞爾機場營運的飛機。 豁免權： (1)20:00~21:59 之間起飛， $QC \leq 26$ （此時段內每年起飛次數最多為 3%） (2)起飛於 22:00~04:59 之間， $QC \leq 12$ （每年最多 200 次起飛，僅適用於 2008 年 10 月 25 日至 2009 年 10 月 24 日期間在布魯塞爾機場營運的飛機） (3)在 22:00~04:59 之間著陸， $QC \leq 12$ （2010 年最多 500 個豁免，2011 年 430 個，2012 年 360 個，之後每年 300 個）。 使用公式 $QC = 10^{[(G-85)/10]}$ 計算 QC，其中 “G” 等於： (1)起飛：飛機在其 MTOW 的 EPN dB 認證起飛和側向噪音水平之和的一半； (2)著陸：飛機在其最大著陸重量下的 EPN dB 認證進近噪音水平，減去 9 EPN dB。 在 22:00~04:59 之間禁止起飛或降落合格邊緣的飛機。																								
噪音等級限制 （sound exposure level, SEL）	(1)噪音限制僅適用於布魯塞爾地區，該地區位於布魯塞爾機場以西； (2)此 3 個區域的限制由每個區域決定； (3)沒有為單個噪音監測終端（noise measurement terminals, NMT）設置限制，而是為區域設置限制； (4)在這些區域內，限制比機場更加嚴格； (5)噪音限值也以每個單獨起降（SEL）的限制表示，與 L_{Aeq} 一樣； (6)白天和黑夜都有單獨的限制。 無論天氣條件如何，L-Levels LEVT 和 LSP 飛機（LAEQ,T specific to noise produced by a source of ambient noise, generated by aeroplanes and calculated for a defined period of observation）均不得超過以下數值： <table><tr><th rowspan="2">Locations</th><th colspan="2">LEVT in dB(A)</th><th colspan="2">LSP aeroplane in dB(A)</th></tr><tr><th>day</th><th>night</th><th>day</th><th>night</th></tr><tr><td>0</td><td>80</td><td>70</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>1</td><td>90</td><td>80</td><td>60</td><td>50</td></tr><tr><td>2</td><td>100</td><td>90</td><td>65</td><td>55</td></tr></table> 調整限制：	Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)		day	night	day	night	0	80	70	55	45	1	90	80	60	50	2	100	90	65	55
Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)																						
	day	night	day	night																					
0	80	70	55	45																					
1	90	80	60	50																					
2	100	90	65	55																					

² QC (quota count) 噪音額度：依照飛機 ICAO 認證之起飛/側向/降落之三個噪音值，給予不同噪音等級飛機不同 QC，以控制機場之總噪音量。

項目	內容																								
	在政府決定的調適期結束時，每次起飛和每個時期的限制都是自動進行的，並且執法部門按照以下數值進行： <table><tr><th rowspan="2">Locations</th><th colspan="2">LEVT in dB(A)</th><th colspan="2">LSP aeroplane in dB(A)</th></tr><tr><th>day</th><th>night</th><th>day</th><th>night</th></tr><tr><td>0</td><td>75</td><td>70</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>1</td><td>85</td><td>75</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>2</td><td>90</td><td>80</td><td>60</td><td>50</td></tr></table>	Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)		day	night	day	night	0	75	70	55	45	1	85	75	55	45	2	90	80	60	50
Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)																						
	day	night	day	night																					
0	75	70	55	45																					
1	85	75	55	45																					
2	90	80	60	50																					
	布魯塞爾機場透過測量和報告配合聯邦政府和 Belgocontrol 的噪音政策。自 1996 年以來，每年都在監測機場周圍的噪音污染。2017 年，在運量增長的情況下，受噪音干擾的人數下降，其主要原因是飛機變得愈來愈安靜。為記錄噪音污染，布魯塞爾機場當局在最常用的航線上設置了 21 個監控點，透過噪音管理系統將測量的數據與飛行的數據連接起來，透過等噪音線圖，機場當局可確定有多少居民受到噪音干擾。機場當局將等噪音圖區分成白天、傍晚及黑夜，然後將這三個組成一個等噪音線圖，給予傍晚時段 +5 dB，夜間時段 +10 dB 的更多權重。																								

資料來源：彙整自 Envisa Aviation & Environmental Solutions，Brussels National Airport，拜訪日期 2019 年 11 月 16 日，網址：

https://mobilit.belgium.be/sites/default/files/resources/files/final_chapter_two_report_d2_bru_noise_impact_study_31052019.pdf。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：

<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/brussels.html>。

六、紐西蘭奧克蘭機場（Auckland Airport, AKL）

奧克蘭機場座落於奧克蘭市以南約 21 公里，是紐西蘭最繁忙的國際機場，共有 1 條跑道。2018 年旅客量達 20,530,048 人次；起落架次為 178,775 架次，是目前紐西蘭唯一有實施噪音管制的機場。紐西蘭航空公司及奧克蘭機場致力於實施 Smart 進場的飛行路線進入奧克蘭機場。Smart 進場是以衛星導航的方式，不僅可以使飛機減少燃料的消耗及減少二氧化碳的排放，更能安靜地降落。目前奧克蘭機場有 4 條 Smart 的飛行路線。相關噪音管制節錄如表 2.1-7 所示。

表 2.1-7 紐西蘭奧克蘭機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
離場程序	— 起飛爬升的飛機操作程序必須確保維持飛行操作的必要安全性，同時最大限度地減少對地面噪音的影響。 減噪離場程序（noise abatement departure procedure, NADP）： — 旨在為靠跑道出發端的噪音敏感區域提供降噪功能，不得在機場領空 800 英尺以下啟動。該程序涉及在規定的最低高度或以上的功率降低以及襟翼/前緣縫翼縮回的延遲，直到達到規定的最大高度。在規定的最大高度，按計畫加速和收回襟翼/前緣縫翼，同時保持正爬升率，並

項目	內容
	完成向正常航線爬升速度的程序。 － 離場減噪程序： (a) 每架渦輪噴射或渦輪式動力飛機的機長須 (1) 在離開 23 號跑道時，遵守 - (i) 國際民航組織減少噪音的起飛 - 國際民航組織文件中定義的程序 A 或 B. 8168-OPS-611，Vol. 1，第五部分，第 3 章；或 (ii) 噪音消滅離場規章 - 附錄 D 所界定的程序 C 或 D；和 (2) 在離開 05 跑道時，遵守 - (i) 國際民航組織減少噪音的起飛 - 國際民航組織文件中規定的程序 B. 8168-OPS-611，Vol. 1，第五部分，第 3 章；或 (ii) 噪音消滅離場規章 - 附錄 D 所界定的程序 C 或 D；和 (b) 從 05 號跑道起飛的每架渦輪噴射式或渦輪式動力飛機的機長都應在延長的跑道中心線上爬升至 - (1) 左轉前至少 3,000 英尺 QNH；或 (2) 在向右轉之前至少 2,000 英尺長的 QNH；或 (3) 至少 500 英尺 QNH 並在 McLaughlins 山的一個位置右轉，以不小於 15 度的傾斜角度改變低於 90 度的方向。 (c) 離開 23 號跑道的每架渦輪噴射式或渦輪式動力飛機的機長應在延長的跑道中心線上爬升至 - (1) 左轉前至少 500 英尺 QNH；或 (2) 在向右轉之前至少 3,000 英尺長的 QNH。
進場程序	減噪進場程序： (a) 除非航空交通管制 (ATC) 另有指示，否則每架渦輪噴射式或渦輪式風扇動力起飛的飛機，從延伸的跑道中心線北部抵達並計劃降落在 23 號跑道上的每名機長均應如此： (1) 在目視進場時，在不低於 2,000 英尺 QNH 的高度攔截跑道的延伸跑道中心線；和 (2) 在當地時間 23:00~06:00 之間，在距離跑道入口不小於 14 海里且在不低於 4,000 英尺 QNH 的高度處攔截延長的跑道中心線。 (b) 為 23 號跑道進行右側機場交通線路的渦輪噴射式或渦輪式風扇動力飛機的每名機長，都不得在距離小於 4 nm QNH 的情況下轉向最終進近路徑。
減噪區域	除非按照儀表進近程序，或由航空交通管制 (ATC) 或在起飛爬升期間進行雷達或目視進近 23 號跑道時操作，否則渦輪噴射式或渦輪式風扇動力飛機的機長，不得在海拔低於 5,000 英尺 QNH 的附錄 A 中規定的奧克蘭減噪區域內作業。
跑道使用	渦輪噴射式或渦輪風扇動力飛機的每名機長應在當地時間 23:00~06:00 之間，使用 23 號跑道起飛和 05 號跑道著陸，除非： (1) 順風超過 5 節；或 (2) 符合飛機性能操作限制要求使用其他跑道方向；或

項目	內容
	(3) ATC 另有指示。
引擎測試限制	於主要住宅區的任何住宅或機場指定區域外以及飛機噪音區域之外，發動機測試的噪音不得高於 55 dB(A) (7 天平均)，在上午 10 點至下午 7 點最大噪音不得超過 75 dB(A)。
噪音預算	基於 12 個月的平均值，社區中的飛機噪音不得超過設定限值。在高飛機噪音區域外，飛機噪音不得超過 65 dB(A)，並且在中等飛機噪音區域的邊界噪音不得超過 L_{dn} 60 dB(A)。
噪音等級限制 (L_{eq})	高噪音區域外的飛機噪音，在 365 天的平均值不得超過 65 dB(A)。 中等噪音區域外的飛機噪音，在 365 天的平均值不得超過 60 dB(A)。

資料來源：彙整自奧克蘭機場官網，拜訪日期：2019 年 11 月 6 日，網址：

<https://corporate.aucklandairport.co.nz/corporate-responsibility/managing-aircraft-noise/flying-smarter>

。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/auckland.html>。

七、日本大阪伊丹機場 (Osaka Itami Airport, ITM)

伊丹機場座落於日本兵庫縣伊丹市、大阪府豐中市和大阪府池田市之間，共有 2 條跑道。2018 年旅客量為 1,610 萬人次；飛機起降架次為 138,188 架次。伊丹機場、神戶機場和關西國際機場為關西地方三大機場，而伊丹機場主要為國內航線專用機場。伊丹機場已採取措施以降低飛機的噪音，像是限制飛機起降次數、限制運行時間及鼓勵安靜飛行，透過不間斷的噪音監測，去檢視是否有效降低噪音污染。伊丹機場之機場噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-8 所示。

表 2.1-8 日本大阪伊丹機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
噪音優先路線	- 對於所有起飛的飛機，為了防止機場周圍噪音影響區域的擴大，除安全原因外，應採用以下噪音優先路線： - 從 RWY 32L/R 起飛： 起飛後，執行連續左轉彎，以便在 OW NDB 附近經過，並在北端 Chugoku Express Way 定義的區域內保持飛行軌跡，南端的 Zuga 和 Koya ponds 和西端的 Muko River 直到穿越 OWE VOR / DME R-270，然後透過標準儀表離場程序 (SID) 前進。 - 從 RWY14L/R 起飛： 起飛後，嚴格遵循延長的跑道中心線，直到通過阪神高速公路，然後執行攀爬轉彎，以便透過標準儀表離場程序 (SID) 進行。
其他降低噪音程序	a) 起飛的飛機不得在滑行道 W-1 上行駛。 b) 飛行器的架次應該保持在較低的總量。 c) 在可行的情況下，要求飛行員在不停止在起點的情況下進行連續起飛，並在超過起點後，隨著動力桿逐漸前進，在距離起點 370m 處達到起飛功率。

項目	內容							
	- RWY 14 和 32 著陸：不得以小於儀表降落系統（ILS）下滑路徑或精密進近航道指示器（PAPI）指示確定的角度進行儀器或視覺進近。 - 盤旋降落在 RWY14：在天氣條件允許的情況下，應要求一架飛機進近的航空器保持儘可能高的高度。							
機場宵禁	12:00 UTC (21:00 JST) 至 21:00 UTC (07:00 JST)。							
營運配額	每日 370 架次預定起降，其中最多 200 次可為噴射機。							
引擎運行限制	- 13:00 UTC (22:00 JST) 和 21:30 UTC (06:30 JST) 之間不允許發動機啟動。 - 除非在以下期間不可避免的情況下，否則不允許發動機啟動： 從星期一到星期六（例如國定假日）：12:00 UTC (21:00 JST) 至 13:00 UTC (22:00 JST)；21:30 UTC (06:30 JST) 至 22:00 UTC (07:00 JST)。 週日和國定假日： 21:30 UTC (06:30 JST) 至 13:00 UTC (22:00 JST)。 - 發動機功率： (1)在 21:30 UTC (06:30 JST) 和 22:00 UTC (07:00 JST) 之間怠速至 50% 推力； (2)在 22:00 UTC (07:00 JST) 和 11:00 UTC (20:00 JST) 之間怠速到全推力； (3)在 11:00 UTC (20:00 JST) 和 13:00 UTC (22:00 JST) 之間僅能怠速。							
噪音等級限制 (L_{max})	除緊急情況外，任何產生噪音超過下列最高允許限值的飛機均不得運作。但是從 Runway 32L/R 起飛時，A300 型飛機的噪音等級不得超過 97 dB(A)。 機場管理當局在機場周圍安裝了 11 個噪音監測器。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>時段</th><th>最大容許噪音等級</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22:00 UTC (07:00 JST) ~ 11:00 UTC (20:00 JST)</td><td>107 dB(A)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">11:01 UTC (20:01 JST) ~ 12:00 UTC (21:00 JST)</td><td>起飛 100 dB(A)</td></tr> <tr> <td>降落 107 dB(A)</td></tr> </tbody> </table> (1)所有飛機營運者都被要求要事先向機場當局提供操作手冊，並包含各個時間段和航空器類型及下列項目的詳細資訊： (i)使用每條跑道的最大起飛重量、溫度和逆風分量； (ii)襟翼角度； (iii)爬升速度。 (2)本表所示的噪音等級是安裝在距離 Runway 14R (315 度磁場) (Kushiro 小學) 2,400 米 (1.3nm) 處的噪音監測設備測量的值。	時段	最大容許噪音等級	22:00 UTC (07:00 JST) ~ 11:00 UTC (20:00 JST)	107 dB(A)	11:01 UTC (20:01 JST) ~ 12:00 UTC (21:00 JST)	起飛 100 dB(A)	降落 107 dB(A)
時段	最大容許噪音等級							
22:00 UTC (07:00 JST) ~ 11:00 UTC (20:00 JST)	107 dB(A)							
11:01 UTC (20:01 JST) ~ 12:00 UTC (21:00 JST)	起飛 100 dB(A)							
	降落 107 dB(A)							

資料來源：彙整自 Noise Control Measure at ITAMI, Kansai Airports, 拜訪日期：2019 年 11 月 16 日，網址：http://www.sea-acustica.es/fileadmin/INTERNOISE_2019/Fchrs/Proceedings/1274.pdf。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions, 波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/osaka.html>。

八、英國倫敦蓋特威克機場 (London Gatwick, LGW)

倫敦蓋特威克機場位於倫敦市以南約 39 公里處，2018 年旅客量達 46,075,400 人次；起降架次為 283,926 架次，以乘客量計算，是英國第二大機場，亦是世界上最繁忙的單跑道機場。作為指標機場，蓋特威克機場使用了噪音和軌跡追蹤系

統，持續追蹤檢視所有距離機場 30 英哩範圍內的飛航活動（高達 40,000 英呎），並自動記錄下任何違反噪音限制與航機偏離的飛行器，並監控它們對噪音減量的改善情況。機場雖有 2 條跑道，但其中 1 條為備用跑道，只在緊急情況下使用。其噪音管制相關內容，節錄如表 2.1-9 所示。

表 2.1-9 英國倫敦蓋特威克機場之噪音管制項目與內容

項目	內容																
連續下降	如果飛機正在接近機場降落，則其應與其航空交通管制（ATC）配合，使用連續下降和低功率、低阻力操作程序來減少噪音干擾。																
宵禁	(1) QC 系統已被證明是有效的並且將被保留。噪音認證級別仍然是音量控制分類的基礎。 (2) 保持對於夜間（23:00～07:00）和夜間配額期間（23:30～06:00）的定義。 (3) 保持到達 9 EPN dB 調整。 (4) 豁免類別不再按重量，而是按噪音等級確定（飛機低於 84 EPN dB 可免於夜間限制）。 (5) QC / 0.25 頻段為 84 至 86.9 EPN dB。此類飛機在夜間總配額中占 0.25。 (6) QC / 4 分類飛機在夜間配額期間（23:30～06:00）受到時間安排的限制。這不是一項禁止營運，在飛機嚴重延誤的情況下，將允許飛機在此期間起降。 (7) 此外，目標是逐步鼓勵使用更安靜的飛機，意即未來幾年每季整體夜間配額逐步減少。 Certification noise levels (EPNLs) are used for determining the QC category. Takeoff = (Takeoff+Sideline)/2 for Chapter 3 or ((Takeoff+Sideline)/2)+1.75 for Chapter 2 Approach = Approach - 9 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Certificated Noise Level (EPNdB)</th><th>Quota Count</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Greater than 101.9</td><td>16</td></tr> <tr> <td>99-101.9</td><td>8</td></tr> <tr> <td>96-98.9</td><td>4</td></tr> <tr> <td>93-95.9</td><td>2</td></tr> <tr> <td>90-92.9</td><td>1</td></tr> <tr> <td>87-89.9</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>84-86.9</td><td>.25</td></tr> </tbody> </table>	Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count	Greater than 101.9	16	99-101.9	8	96-98.9	4	93-95.9	2	90-92.9	1	87-89.9	0.5	84-86.9	.25
Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count																
Greater than 101.9	16																
99-101.9	8																
96-98.9	4																
93-95.9	2																
90-92.9	1																
87-89.9	0.5																
84-86.9	.25																
噪音優先路線	蓋特威克機場有 9 條噪音優先路線（noise preferential routes, NPR），所有離開蓋特威克機場的飛機都會遵循 NPR，最高可達 3,000 英呎或 4,000 英呎。一旦飛機達到所需的高度，它可以更直接地到達目的地。																
引擎測試限制	- 除非有緊急操作原因而要求在夜間進行發動機測試，否則地面運轉必須限制在當地時間 07:00～22:00 期間。 - 夜間測試（22:00～07:00）： (1) 在任何情況下都不允許高功率、高旁通比的發動機接受測試。 (2) 在有緊急操作原因的情況下，可以特別允許高旁通比發動機在空轉功率下進行發動機測試。 (3) 如需要可允許“Start-Stop”程序，但必須是在緊急情況下或經過空側服務分配人員（airside service delivery leader, ASDL）批准。基於維修原因的測試不																

項目	內容										
	允許在 23:00~07:00 間於北側航廈的機坪和滑行道上進行。 - 日間測試 (07:00~22:00) : (1) 允許在指定位置對高旁通比發動機進行測試。 (2) “Start-Stop” 程序沒有限制，機場營運部門已授權進行。 螺旋槳飛機的發動機測試與噴氣式飛機的條件相同。但是根據運行需要和環境因素，可能會在當地時 06:00~07:00 和 22:00~23:00 之間進行測試。 - 聖誕節期間： 一般情況下，聖誕節期間發動機測試的請求將不被授予，但以下情況除外：飛機不能以其他方式離開，這種不起飛會給乘客帶來困擾（難）。										
APU 限制	當飛機停放在具固定接地電源（fixed electrical ground power, FEGP）安裝的機位時，一旦 FEGP 可用且乘客下機，輔助動力系統（APU）必須在抵達時立即關閉。在特殊情況下，除非經機場值班經理事先許可，否則 APU 可能不會在窄體飛機預定起飛時間前 15 分鐘和寬體飛機預定起飛時間前 50 分鐘重新啟動。除緊急情況外，在當地時間 23:00~07:00 之間，北側航廈的滑行道和機停機位不得運行 APU。如果需要使用 APU 來診斷和修正飛機故障，必須事先獲得機場值班經理的許可。										
噪音等級限制 (L_{Aeq})	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th><th>Take-Off Limit</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0700-2300</td><td>94dBA</td></tr> <tr> <td>0600-0700</td><td>89dBA</td></tr> <tr> <td>2300-2330</td><td>89dBA</td></tr> <tr> <td>2330-0600</td><td>87dBA</td></tr> </tbody> </table> There are penalties associated with these limits. 英國政府對社區如何應對飛機噪音的研究使用了一種稱為“等效連續聲級”的特定措施或分貝“L_{Aeq}”。經過研究，政府宣布統計上會造成顯著的社區干擾噪音為 54 dB L_{Aeq}。噪音圖以等噪音線的形式描繪。政府使用這些等噪音線顯示受機場周圍噪音影響的區域。每年英國民航局計算在 6 月至 9 月的 92 天期間 07:00~23:00 之間的噪音，以提供 L_{Aeq} 日間噪音等值線。夜間等噪音線則計算在 23:00~07:00 之間。噪音模型建構使用了蓋特威克的噪音和持續追蹤（noise and track keeping, NTK）系統的雷達和噪音數據，使用這些數據計算每條航線的平均飛行航跡和橫向擴散，以及每種航空器類型的飛機高度、速度和推力的平均飛行剖面。	Time	Take-Off Limit	0700-2300	94dBA	0600-0700	89dBA	2300-2330	89dBA	2330-0600	87dBA
Time	Take-Off Limit										
0700-2300	94dBA										
0600-0700	89dBA										
2300-2330	89dBA										
2330-0600	87dBA										

資料來源：彙整自 Gatwick Airport Flight Performance Team Annual Report 2018，Gatwick Airport 網站，拜訪日期：2019 年 11 月 16 日，網址：

<https://www.gatwickairport.com/globalassets/business--community/new-sub-category-landing-pages/air-craft-noise--airspace/fpt-reports/2018-annual-report-final.pdf>。以及 Airports with Noise and Emissions

Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：

<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/gatwick.html>。

九、英國曼徹斯特機場（Manchester Airport, MAN）

曼徹斯特機場位於曼徹斯特市中心西南方約 14 公里處，共有 2 條跑道，2018 年客運量達 28,292,797 人次；起降架次為 201,247 架次，為英國第三繁忙的機場。目前曼徹斯特機場致力於持續下降進場（CDA）的使用率在 24 小時內達到 90% 以上。其噪音管制相關項目及內容，節錄如表 2.1-10 所示。

表 2.1-10 英國曼徹斯特機場噪音管制項目與內容

項目	內容
減噪程序	- 所有從該機場入境或離境的班機都必須遵守減噪程序。起飛後，每架噴射飛機除了遵守每條跑道規定的噪音優先路線外，還應在距離噪音監測地點的高度不低於 1,000 英尺的地方運行。每架噴射飛機在起飛或重飛後，應在通過相關監測點後，每分鐘至少爬升 500 英尺，確保各點的噪音等級在超出監測點的飛行路徑下的地面上逐步降低。 - 22:00～06:00 下降進入機場之飛行器均應使用持續下降程序進場。 - 每架飛機在起飛或重飛後應以最安靜的方式運行，日間（07:00～23:00）超過 90 dB(A)（103 PN dB）及夜間（23:00～07:00）超過 83 dB(A）（96 PN dB），將被處以日間 750 英鎊的罰款和夜間 750 英鎊的罰款以及此後每分貝額外 150 英鎊的罰款。
宵禁（含噪音等級限制） （ L_{eq} ）	(1)限制夜間起降不超過機場總起降量的 7%。 (2)23:00～06:59 間，不允許 QC16 或 QC8 飛機到達或離開。23:30～05:59 之間，QC4 飛機將不被安排起飛。 (3) 23:00～06:59 之間，將對超過噪音限值的航空器實施處罰： 23:00～23:29：82 dB(A)； 23:30～05:59：81 dB(A)； 06:00～06:59：82 dB(A)。 對於超出限值的第 1 分貝將處以 750 英鎊的罰款，此後每增加 1 分貝罰款 150 英鎊。 (4) 23:00～06:59 之間不允許使用目視進場。 (5)非標準班次通常不會在 23:00～06:59 之間簽發。 (6)早班時間不會在 23:00～06:59 之間發出。 (7)所有飛機將於 22:00～05:59 之間進場曼徹斯特。 (8)除非使用 1 號跑道不安全或關閉進行維修，2 號跑道在 22:00～05:59 之間不能被使用。 (9)飛行員在著陸後在合乎安全的情況下避免使用反向推力（高於空轉功率），特別是在 23:00～06:59 之間。

項目	內容																
	Certification noise levels (EPNLs) are used for determining the QC category. Takeoff = (Takeoff+Sideline)/2 for Chapter 3 or ((Takeoff+Sideline)/2)+1.75 for Chapter 2 Approach = Approach – 9 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Certificated Noise Level (EPNdB)</th><th>Quota Count</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Greater than 101.9</td><td>16</td></tr> <tr> <td>99–101.9</td><td>8</td></tr> <tr> <td>96–98.9</td><td>4</td></tr> <tr> <td>93–95.9</td><td>2</td></tr> <tr> <td>90–92.9</td><td>1</td></tr> <tr> <td>87–89.9</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>84–86.9</td><td>0.25</td></tr> </tbody> </table> 曼徹斯特機場使用噪音和航跡訊息系統（manchester airport noise and track information system, MANTIS）監控與機場有關的航空運輸。此系統基於洛克哈德的全球環境管理系統（global environment management system, GEMS）。策略性地從機場周圍的噪音監測儀器蒐集數據，從二級監視雷達接收飛行軌跡，並從機場管理運行支援系統（airport management operational support system, AMOSS）接收飛行計畫訊息。天氣等其他即時資訊的輸入使系統更完善。數據可自動連接，使用者能夠在發生的幾分鐘內確認噪音事件的詳細資料以及噪音事件的來源。該系統結合了雷達、噪音和空中交通控制數據，檢查並記錄機場 30 公里範圍內的每架飛機，最高可達 12,000 英尺，監測飛機噪音以及 24 小時飛行的航線。此系統會自動記錄違反噪音限值的飛機，以及在達到適當的高度之前偏離優先噪音路線（preferred noise routes, PNR）的飛機。	Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count	Greater than 101.9	16	99–101.9	8	96–98.9	4	93–95.9	2	90–92.9	1	87–89.9	0.5	84–86.9	0.25
Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count																
Greater than 101.9	16																
99–101.9	8																
96–98.9	4																
93–95.9	2																
90–92.9	1																
87–89.9	0.5																
84–86.9	0.25																
引擎測試限制	(1) 22:00~06:00 之間，不允許在測試機坪以外的地方進行發動機測試。 (2) 在週六和週日 06:00~07:30 間，不允許在測試機坪以外的地方進行發動機測試。 (3) 在 22:00~06:00 間，每年不得超過 20 次發動機測試。																

資料來源：彙整自 Manchester Airport 網站，拜訪日期 11 月 13 日，網址：

<https://live-webadmin-media.s3.amazonaws.com/media/7138/man-nap-consultation-lr-4719.pdf>。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址 <https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/manchester.html>。

十、英國倫敦斯坦斯德機場（London Stansted Airport, STN）

斯坦斯德機場位於倫敦市東北方約 48 公里處，是倫敦第三大機場（旅客量），屬於低成本航空之樞紐機場，2018 年旅客量達 27,996,116 人次；起降架次為 189,919 架次。其相關噪音管制內容，節錄如表 2.1-11 所示。

表 2.1-11 英國倫敦斯坦斯德機場之噪音管制項目與內容

內容	項目																
宵禁	(1)噪音額度（QC）系統已被證明是有效的並且將被保留。噪音認證級別仍然是音量控制分類的基礎。 (2)保持對於夜間（23:00～07:00）和夜間配額期間（23:30～06:00）的定義。 (3)保持到達 9 EPN dB 調整。 (4)豁免類別不再按重量，而是按噪音等級確定（飛機低於 84 EPN dB 可免於夜間限制） (5) QC / 0.25 頻段為 84 至 86.9 EPN dB。此類飛機在夜間總配額中占 0.25。 (6) QC / 4 分類飛機在夜間配額期間（23:30～06:00）受到時間安排的限制。這不是一項禁止營運，在飛機嚴重延誤的情況下，將允許飛機在此期間起降。 (7)此外，目標是逐步鼓勵使用更安靜的飛機，意即未來幾年每季整體夜間配額逐步減少。 Certification noise levels (EPNLs) are used for determining the QC category. Takeoff = (Takeoff+Sideline)/2 for Chapter 3, Approach = Approach - 9 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Certificated Noise Level (EPNdB)</th><th>Quota Count</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Greater than 101.9</td><td>16</td></tr> <tr> <td>99-101.9</td><td>8</td></tr> <tr> <td>96-98.9</td><td>4</td></tr> <tr> <td>93-95.9</td><td>2</td></tr> <tr> <td>90-92.9</td><td>1</td></tr> <tr> <td>87-89.9</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>84-86.9</td><td>0.25</td></tr> </tbody> </table>	Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count	Greater than 101.9	16	99-101.9	8	96-98.9	4	93-95.9	2	90-92.9	1	87-89.9	0.5	84-86.9	0.25
Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count																
Greater than 101.9	16																
99-101.9	8																
96-98.9	4																
93-95.9	2																
90-92.9	1																
87-89.9	0.5																
84-86.9	0.25																
噪音優先路線	斯坦斯德機場有 6 條噪音優先路線（NPR），在此起飛的所有噴氣式飛機和大多數螺旋槳驅動的飛機，都遵循 NPR。這些航線的設計使飛機避免飛越較大的人口密集區域，因為所有飛機的性能都不同，並且可能受到天氣條件的影響，導致它們向左或向右漂移。因此，每條 NPR 都在路線中心線兩側 1.5 公里處進行延伸，從而產生 3 公里寬的虛擬走廊。只要飛機在這 3 公里的走廊內飛行，它們就被認為是在航道上。一旦飛機爬升到正確的高度（3,000～4,000 英尺），航空交通管制（ATC）可以指示飛行員離開 NPR 並飛向目的地。																
噪音等級限制 (L_{eq})	- 日間離場 07:00～23:00： 在此期間，飛機起飛需要滿足白天噪音在任何固定離場噪音監測儀器測得的 94 dB(A)限值。超過噪音限制達 3 dB(A)的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A)以上的飛機，每超過 1 dB(A)額外罰款 250 英鎊。 - 夜間離場 23:00～23:29 及 06:00～07:00：																

內容	項目
	在此期間，飛機起飛需要滿足在任何固定離場噪音監測儀器測得的 89 dB(A) 限值。超過噪音限制達 3 dB(A) 的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A) 以上的飛機，每超過 1 dB(A) 額外罰款 1,000 英鎊。 - 主要夜間離場 23:30~06:00： 在此期間，飛機起飛需要滿足在任何固定離場噪音監測儀器測得的 87 dB(A) 限值。超過噪音限制達 3 dB(A) 的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A) 以上的飛機，每超過 1 dB(A) 額外罰款 1,000 英鎊。 - 斯坦斯德的固定噪音監測儀器設置在起飛路徑下方記錄飛機噪音，此外，機場還有移動式噪音監測設備，用於測量機場附近社區的噪音等級，並評估可能隨時間而改變的影響。這些噪音監控設備持續 3 個月蒐集飛機活動的實際軌跡，透過分析，可以辨別出與其相關和不相關的噪音。
連續下降進場	- 預計所有在 22 跑道下降的飛行器皆使用持續下降進場（CDA）程序，並預期 22 跑道 24 小時使用 CDA 的比率，達到 94%。 - 斯坦斯德機場將在可行的範圍內推廣 CDA，並尋求將 CDA 引入 04 跑道。

資料來源：彙整自 Stansted Airport 網站，拜訪日期 2019 年 11 月 14 日，網址：

https://live-webadmin-media.s3.amazonaws.com/media/6065/stn-noise-action-plan-consultation_lr-15319-1.pdf。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/stansted.html>。

十一、英國倫敦盧頓機場（London Luton Airport, LTN）

倫敦盧頓機場位於倫敦是以北約 45 公里處，為低成本航空 EasyJet, Ryanair 等低成本航空之樞紐機場，共有 1 條跑道，2018 年旅客量為 16,581,850 人次；起降架次為 136,270 架次，其相關噪音管制項目與內容，節錄如表 2.1-12 所示。

表 2.1-12 英國倫敦盧頓機場之噪音管制項目與內容

項目	內容
宵禁	盧頓機場的夜間限制，包括：較低的噪音限制（80 dB(A)）、移動限制和配額系統。這些措施限制了夜間營運的數量，並鼓勵航空公司使用更安靜飛機，旨在幫助減少對鄰近區域的干擾，同時平衡對環境的影響和機場的經濟效益。
到場噪音	進場飛機操作的靈活性低於起飛時的靈活性，是因為飛機必須在幾英哩外與跑道對齊，以便採取穩定的方法，以免危及飛機安全。機場當局要求所有飛入的飛機採用持續下降進場（CDA），以顯著的降低噪音。CDA 使飛機離地面更長時間，使用更少的推力並鼓勵連續穩定下降。
地面噪音 （包含 APU、引擎 測試限制）	基於安全原因，飛機必須定期進行維護檢查。在任何發動機更換後，將執行一系列發動機地面運行。但是，機場當局只在白天進行測試（除特殊情況外），並將此限制在專用的引擎測試機坪。此外，機場鼓勵飛機只用一台發動機在跑道上滑行，以減少相關的噪音和排放。輔助動力系統（APU）也會在地面上產生噪音，機場限制可以使用 APU 的時間，並鼓勵飛機使用更安靜的地面電源系統（ground power unit, GPU）。

項目	內容																								
噪音優先路線	除空中交通管制另有指示，否則從盧頓機場起飛的飛機必須遵循稱為噪音優先路線（NPR）的特定飛行路徑。在這條走廊內飛行的飛機被認為是在航跡上飛行。盧頓的 NPR 旨在儘可能避免飛越建築區域，設置了飛機從跑道起飛到英國主要空中交通路線的路徑。居住在其中一個噪音優先路線下的居民，當某些特定飛行路徑被使用時，可能會聽到一些噪音。離場的飛機必須保持在 NPR 內，直到白天達到 3,000 英尺或晚上達到 4000 英尺（釋放高度）。一旦飛機達到 NPR 釋放高度，航空交通管制（ATC）可以指示飛行員離開 NPR 並飛向目的地。																								
噪音等級限制 (L_{Aeq})	噪音違規限值： 日間 07:00~23:00：82 dB(A)； 夜間 23:00~07:00：80 dB(A)。 對於不同時段超出限制的噪音另外收取附加費： <table><tr><td colspan="3">噪音等級附加費</td></tr><tr><td colspan="3">對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。</td></tr><tr><td rowspan="3">日間航班</td><td>06:00~22:59 當地時間</td><td>星期一至星期六</td></tr><tr><td>07:00~22:59</td><td>星期日</td></tr><tr><td>> 94 dB(A)</td><td>400%附加費</td></tr><tr><td rowspan="5">夜間航班</td><td>23:00~05:59</td><td>星期一到星期六</td></tr><tr><td>23:00~06:59</td><td>星期日</td></tr><tr><td>> 82~85 dB(A)</td><td>300% 附加費</td></tr><tr><td>> 86~89 dB(A)</td><td>500% 附加費</td></tr><tr><td>> 高於 89 dB(A)</td><td>600% 附加費</td></tr></table> 日間：06:00~22:59（星期一到星期六），07:00~22:59（星期日） 夜間：23:00~05:59（星期一到星期六），23:00~06:59（星期日） 機場當局設有專業人員監控和追蹤噪音，在機場附近監控約 25 英哩半境內的空中交通，約到海拔 12,000 英尺，從 3 個位於跑道兩端約 6.5 公里處固定式噪音監測儀器下載數據，此方法可記錄最大噪音等級。2018 年時，該團隊新增 3 組移動式噪音監測儀器，進一步擴大了噪音計畫。	噪音等級附加費			對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。			日間航班	06:00~22:59 當地時間	星期一至星期六	07:00~22:59	星期日	> 94 dB(A)	400%附加費	夜間航班	23:00~05:59	星期一到星期六	23:00~06:59	星期日	> 82~85 dB(A)	300% 附加費	> 86~89 dB(A)	500% 附加費	> 高於 89 dB(A)	600% 附加費
噪音等級附加費																									
對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。																									
日間航班	06:00~22:59 當地時間	星期一至星期六																							
	07:00~22:59	星期日																							
	> 94 dB(A)	400%附加費																							
夜間航班	23:00~05:59	星期一到星期六																							
	23:00~06:59	星期日																							
	> 82~85 dB(A)	300% 附加費																							
	> 86~89 dB(A)	500% 附加費																							
	> 高於 89 dB(A)	600% 附加費																							

資料來源：彙整自 London Luton Airport 網站，拜訪日期 11 月 13 日，網址：
<https://www.london-luton.co.uk/corporate/community/noise/noise-action-plan>。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：
<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/luton.html>。

十二、英國倫敦城市機場（London City Airport, LCY）

倫敦城市機場位於倫敦市以東約 11 公里處，鄰近倫敦金融中心金絲雀碼頭，因其位於商業住宅密集區域，城市機場僅可起降可以 5.5 度角進場的固定翼飛機，機場有 1 條跑道，最大可起降機型為 Airbus A318，2018 年旅客量為 4,820,292 人次；起降架次為 78,036 架次。其相關噪音管制內容，節錄如表 2.1-13 所示。

表 2.1-13 英國倫敦城市機場之噪音管制項目與內容

項目	內容																																				
宵禁	- 機場允許在以下時間內營運航班： 工作日 06:30~22:00 之間； 週六 06:30~12:30； 週日 12:30~22:00； 銀行假期的 09:00~22:00 之間。 - 在 06:30~06:59 之間只允許 6 架飛機起飛，在 06:30~06:45 之間只允許 2 次飛行。機場在聖誕節期間關閉。 - 在緊急情況下或飛機遭受不可避免的延誤，在機場關閉後 30 分鐘內被允許起飛或降落，這些航班在任何年度不得超過 400 次，在連續 3 個月的期間內不得超過 150 次。																																				
引擎測試限制	飛機發動機的地面運行只能在機場的開放時間內進行測試或維護。但是，在銀行放假期間，為這些目的而進行的地面運行可能要到 09:00 才能開始。飛機的位置和要採用的噪音措施，都需要得到當地規劃部門的同意。在毗鄰機場測量的地面運行噪音不得超過 60 dB L_{AeqT} 。																																				
飛行器數量限制	週末：每週六，100 架/天；每週日，200 架/天；連續兩天總架次不能超過 280； 平日：每週不可超過 592 架次（例假日除外）。																																				
噪音等級限制 (L_{Aeq})	- 新的飛機噪音分類計畫（aircraft noise categorisation scheme, ANCS）是基於 2009 年許可和 CADP1 的三個原則： (1) 每年允許多達 120,000 架飛機起降和 120,000 架噪音因數移動（noise factored movement, NFM），一旦實施 CADP1，減少到 111,000 次實際起降數和 120,000 次 NFM； (2) 限制在機場運行的最嘈雜的飛機類型； (3) 設定噪音配額，控制每週和每年發出的噪音量。 - 在機場運行的每架飛機將根據其認證的噪音水準，為進場和離場操作分配單獨的 QC（Quota Count）分數，並以 1 dB 作為分級： <table border="1"> <thead> <tr> <th>Noise Level Band, EPN dB</th><th>Quota Count (QC) Classification</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>94~94.9</td><td>2</td></tr> <tr><td>93~93.9</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>92~92.9</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>91~91.9</td><td>1</td></tr> <tr><td>90~90.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>89~89.9</td><td>0.63</td></tr> <tr><td>88~88.9</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>87~87.9</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>86~86.9</td><td>0.315</td></tr> <tr><td>85~85.9</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>84~84.9</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>83~83.9</td><td>0.16</td></tr> <tr><td>82~82.9</td><td>0.125</td></tr> <tr><td>81~81.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>80~80.9</td><td>0.08</td></tr> <tr><td>79~79.9</td><td>0.063</td></tr> <tr><td>78~78.9</td><td>0.05</td></tr> </tbody> </table>	Noise Level Band, EPN dB	Quota Count (QC) Classification	94~94.9	2	93~93.9	1.6	92~92.9	1.25	91~91.9	1	90~90.0	0.8	89~89.9	0.63	88~88.9	0.5	87~87.9	0.4	86~86.9	0.315	85~85.9	0.25	84~84.9	0.2	83~83.9	0.16	82~82.9	0.125	81~81.9	0.1	80~80.9	0.08	79~79.9	0.063	78~78.9	0.05
Noise Level Band, EPN dB	Quota Count (QC) Classification																																				
94~94.9	2																																				
93~93.9	1.6																																				
92~92.9	1.25																																				
91~91.9	1																																				
90~90.0	0.8																																				
89~89.9	0.63																																				
88~88.9	0.5																																				
87~87.9	0.4																																				
86~86.9	0.315																																				
85~85.9	0.25																																				
84~84.9	0.2																																				
83~83.9	0.16																																				
82~82.9	0.125																																				
81~81.9	0.1																																				
80~80.9	0.08																																				
79~79.9	0.063																																				
78~78.9	0.05																																				

項目	內容	
	77~77.9	0.04
	76~76.9	0.0315
	75~75.9	0.025
	74~74.9	0.002
	73~73.9	0.016
	72~72.9	0.0125
	71~71.9	0.01
	70~70.9	0.008
	69~69.9	0.0063
	68~68.9	0.005
	灰色噪音頻段僅供參考，由於需要遵守該方案內的噪音認證等級限制，因此，不允許在這些噪音頻段內的航空器於倫敦城市機場營運。	
	- 根據英國法規，只有符合 Chapter 4 噪音標準的飛機可在倫敦城市機場起降。 - 只有滿足以下條件的飛機才能在倫敦城市機場運行：	

(1)應提供特定航空器類型的噪音證書，證明符合以下三個噪音認證等級 15，其中所有三個等級的總和不超過 271：

- (i)飛越：88.0 EPN dB；
- (ii)側向：93.5 EPN dB；
- (iii)進場：98.0 EPN dB。

(2)任何飛機被允許在倫敦城市機場營運之前，應提交符合上述要求的證明給 LBN，並以書面型式批准。

- 在配額計數系統每年運行期間，於 6 個地點進行噪音監測，以便在每個噪音監測器中記錄有效感知噪音水平（EPNL）。最近安裝了 2 個新的固定噪音監測器，以確保在機場附近的社區監測噪音。它們將在監督飛機噪音分類計畫（ANCS）的績效和新的獎勵和處罰計畫的運作方面發揮重要作用。
- 倫敦城市機場將與每年噪音表現最佳（基於單一機型）的航空公司合作，提供年度社區計畫基金。該基金每年至少提供 75,000 英鎊，旨在支持當地社區的各項活動。航空公司將因噪音表現不佳而受到處罰，每次飛行超過設定的門檻，每分貝最低罰款 600 英鎊。
- 每年對數據進行審查，為每個航空公司、每種機型確定以下資訊：
 - (1)年均側向離場噪音等級；
 - (2)年均飛越離場噪音等級；
 - (3)年均進場噪音等級。
- 噪音管理計畫自 1990 年開始運作，監測儀器位於機場東邊和西邊界外一小段距離。在新的噪音管理計畫中，他們將被使用為：
 - (1)確定新飛機的臨時噪音類別；
 - (2)用於飛機噪音類別的年度審查；
 - (3)製做每年 57 L_{Aeq16} 小時的等噪音線圖。

資料來源：彙整自 London City Airport 網站，拜訪日期：2019 年 11 月 13 日，網址：
https://assets.ctfassets.net/ggj4kbqgcch2/5OvmkWej5kwQopprH5T90P/995d6f59b252e1df2c92318e656c69bf/LCY_Noise_Action_Plan_2018-2023.pdf。以及 Airports with Noise and Emissions Restrictions，波音公司網站，拜訪日期：2019 年 7 月 2 日，網址：
https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/noise/london_city.html。

2.1.2 小結

綜合上述 12 個機場噪音管制及最大音量限制內容可發現，多數機場在噪音管制方面均有實施離場（倫敦蓋特威克、倫敦城市機場除外）、到達（倫敦城市機場除外）、引擎測試及宵禁之噪音管制措施，此 4 項亦為航空噪音影響最顯著之項目。其中，史基浦機場、蓋特威克機場及斯坦斯德機場在到達的減噪措施，均是使用持續下降進場（CDA）程序。此外，史基浦機場、奧克蘭機場、戴高樂機場、哥本哈根機場及舊金山機場之靜飛計畫均有跑道使用限制；史基浦機場、奧克蘭機場、布魯塞爾機場及哥本哈根機場有使用推力反向器之限制，在輔助動力系統（APU）使用限制方面，則有蓋特威克機場、斯坦斯德機場及盧頓機場，詳如表 2.1-14 所示。

表 2.1-14 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之噪音管制作法彙整

機場	運量分類	噪音管制作法									
		離場	到達	跑道使用限制	推力反向器限制	引擎測試限制	APU 限制	宵禁	噪音優先路線	最大噪音限制	備註
AMS	Group1	V	V (CDA)	V	V	V	-	V	-	-	-
CDG	Group1	V	V	V	-	V	-	V	-	V	-
SFO	Group1	V	V	V	-	V	V	-	-	V	靜飛計畫
CPH	Group1	V	V	V	V	V	-	V	-	V	-
BRU	Group1	V	V	-	V	V	-	V	-	V	-
AKL	Group2	V	V	V	V	V	-	V	-	-	-
ITM	Group2	V	V	-	-	V	-	V	V	V	-
LGW	Group1	-	V (CDA)	-	-	V	V	V	V	V	-
MAN	Group1	V	V	-	-	V	-	V	-	V	-
STN	Group1	V	V	-	-	V	V	V	V	V	-
LTN	Group2	V	V (CDA)	-	-	V	V	V	V	V	-
LCY	Group4	-	-	-	-	V	-	V	-	V	-

資料來源：本計畫彙整。

在機場最大噪音管制方面，各機場最大噪音限制內容彙整如表 2.1-15；表 2.1-16 則進一步將機場之管制最大音量值、時段、量測獲認證噪音、罰款等進行比較。在比較的9個機場中，3個機場僅有夜間管制，其餘為全天候區分不同時段與音量之管制。而在管制音量部分，由於量測點以及飛機起飛降落差異，噪音值從 70 分貝至 107 分貝皆有，而其中約有半數採用量測之起飛噪音；半數採用量測之全部噪音，法國戴高樂機場、英國數個機場均採用國際民用航空組織（ICAO）認證噪音值。除此之外，僅有英國的機場（包括：蓋特威克、斯坦斯德及曼徹斯特機場），對於超出最大噪音限值之航空器有實施罰款或附加費之制度。

另外，依據及參考國際機場理事會（Airports Council International, ACI）針對機場年客運量，將機場分類如下：

- 第一類（Group 1）：年客運量 2,500 萬以上；
- 第二類（Group 2）：年客運量 1,000 萬至 2,500 萬之間；
- 第三類（Group 3）：年客運量 500 萬至 1,000 萬之間；
- 第四類（Group 4）：年客運量低於 500 萬。

表 2.1-15 本計畫所選取 8 個國家的 12 個機場之最大噪音限制彙整

機場	最大噪音限制	監測方法
AMS	-	-
CDG	根據 ICAO 附件 16 中規定的標準，任何飛機在起飛噪音超過 99 EPN dB，禁止於 00:00~04:59 間起飛；任何飛機降落噪音超過 104.5 EPN dB，禁止於 03:30~05:29 間降落或抵達停機區。	機場當局使用噪音測量儀器，分析機場及其周圍的飛機噪音。透過將這些值與飛機軌跡相結合，在戴高樂機場起飛或著陸的每架飛機都可以得出其噪音等級，噪音監測站位於跑道 09R/27L 和 08L/26R 的航道下方。
SFO	-	降低噪音是機場和附近社區的長期目標。因此，機場在每個噪音監測站建立了單一事件最大的噪音級別限制，並確切記錄噪音超標的航空公司及飛機型號。
CPH	23:00~06:00 期間位於周邊房屋部門的 6 個監測站，起飛和降落時的最大 A 加權音壓級（maximum A-weighted sound pressure level）不得超過 80 dB(A)。但是，在 06:00~23:00 之間的定期航班，有延遲或提前到達情況的飛機例外。	哥本哈根機場建置了名為 Web Track 的網頁，除了可顯示即時的飛機動態外，設置於機場周圍的 12 個噪音監測點亦能同

機場	最大噪音限制	監測方法																																																
	如果哥本哈根機場已經預先批准，則可能僅在 23:00～06:00 之間起飛。	步顯示 5 分鐘的音量，周圍居民及旅客能隨時監督噪音。																																																
BRU	噪音限值以每個單獨起降（SEL）的限制表示，與 L_{Aeq} 一樣。無論天氣條件如何，L-Levels LEVT 和 LSP 飛機均不得超過以下數值： <table><tr><th rowspan="2">Locations</th><th colspan="2">LEVT in dB(A)</th><th colspan="2">LSP aeroplane in dB(A)</th></tr><tr><th>day</th><th>night</th><th>day</th><th>night</th></tr><tr><td>0</td><td>80</td><td>70</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>1</td><td>90</td><td>80</td><td>60</td><td>50</td></tr><tr><td>2</td><td>100</td><td>90</td><td>65</td><td>55</td></tr></table> 調整限制：在政府決定的調適期結束時，每次起飛和每個時期的限制都是自動進行的，並且執法部門按照以下數值進行： <table><tr><th rowspan="2">Locations</th><th colspan="2">LEVT in dB(A)</th><th colspan="2">LSP aeroplane in dB(A)</th></tr><tr><th>day</th><th>night</th><th>day</th><th>night</th></tr><tr><td>0</td><td>75</td><td>70</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>1</td><td>85</td><td>75</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>2</td><td>90</td><td>80</td><td>60</td><td>50</td></tr></table>	Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)		day	night	day	night	0	80	70	55	45	1	90	80	60	50	2	100	90	65	55	Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)		day	night	day	night	0	75	70	55	45	1	85	75	55	45	2	90	80	60	50	布魯塞爾機場當局在最常用的航線上設置了 21 個監控點，透過噪音管理系統將測量的數據與飛行的數據連接起來，透過等噪音線圖，機場當局可確定有多少居民受到噪音干擾。機場當局將等噪音圖區分成白天、傍晚及黑夜，然後將這三個組成一個等噪音線圖，給予傍晚時段 +5 dB，夜間時段 +10 dB 的更多權重。
Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)																																															
	day	night	day	night																																														
0	80	70	55	45																																														
1	90	80	60	50																																														
2	100	90	65	55																																														
Locations	LEVT in dB(A)		LSP aeroplane in dB(A)																																															
	day	night	day	night																																														
0	75	70	55	45																																														
1	85	75	55	45																																														
2	90	80	60	50																																														
AKL	高噪音區域外的飛機噪音在 365 天的平均值，不得超過 65 dB(A)。 中等噪音區域外的飛機噪音在 365 天的平均值，不得超過 60 dB(A)。	3 個固定監測站及 1 個移動式監測站。																																																
ITM	除緊急情況外，任何產生噪音超過下列最高允許限值的飛機均不得運作。但是從 Runway 32L/R 起飛時，A300 型飛機的噪音等級不得超過 97 dB(A)。 <table><tr><th>時段</th><th>最大容許噪音等級</th></tr><tr><td>22:00 UTC（07:00 JST）～ 11:00 UTC（20:00 JST）</td><td>107 dB(A)</td></tr><tr><td rowspan="2">11:01 UTC（20:01 JST）～ 12:00 UTC（21:00 JST）</td><td>起飛 100 dB(A)</td></tr><tr><td>降落 107 dB(A)</td></tr></table> (1)所有飛機營運者都被要求要事先向機場當局提供操作手冊，並包含各個時間段和航空器類型及下列項目的詳細資訊： (i)使用每條跑道的最大起飛重量、溫度和逆風分量； (ii)襟翼角度； (iii)爬升速度。 (2)本表所示的噪音等級是安裝在距離 Runway 14R（315 度磁場）（Kushiro 小學）2,400 米（1.3nm）處的噪音監測設備測量的值。	時段	最大容許噪音等級	22:00 UTC（07:00 JST）～ 11:00 UTC（20:00 JST）	107 dB(A)	11:01 UTC（20:01 JST）～ 12:00 UTC（21:00 JST）	起飛 100 dB(A)	降落 107 dB(A)	機場管理當局在機場周圍安裝了 11 個噪音監測儀器，以掌握航空噪音。																																									
時段	最大容許噪音等級																																																	
22:00 UTC（07:00 JST）～ 11:00 UTC（20:00 JST）	107 dB(A)																																																	
11:01 UTC（20:01 JST）～ 12:00 UTC（21:00 JST）	起飛 100 dB(A)																																																	
	降落 107 dB(A)																																																	

機場	最大噪音限制	監測方法												
LGW	最大噪音限制如下表： <table><tr><th>Time</th><th>Take-Off Limit</th></tr><tr><td>0700-2300</td><td>94dBA</td></tr><tr><td>0600-0700</td><td>89dBA</td></tr><tr><td>2300-2330</td><td>89dBA</td></tr><tr><td>2330-0600</td><td>87dBA</td></tr><tr><td colspan="2">There are penalties associated with these limits.</td></tr></table>	Time	Take-Off Limit	0700-2300	94dBA	0600-0700	89dBA	2300-2330	89dBA	2330-0600	87dBA	There are penalties associated with these limits.		噪音模型建構使用了蓋特威克的噪音和持續追蹤（NTK）系統的雷達和噪音數據，使用這些數據計算每條航線的平均飛行航跡和橫向擴散，以及每種航空器類型的飛機高度、速度和推力的平均飛行剖面。
Time	Take-Off Limit													
0700-2300	94dBA													
0600-0700	89dBA													
2300-2330	89dBA													
2330-0600	87dBA													
There are penalties associated with these limits.														
MAN	23:00～06:59 之間，將對超過噪音限值的航空器實施處罰： ● 23:00～23:29：82 dB(A)； ● 23:30～05:59：81 dB(A)； ● 06:00～06:59：82 dB(A)。 對於超出限值的第 1 分貝將處以 750 英鎊的罰款，此後每增加 1 分貝罰款 150 英鎊。 23:00～06:59 間，不允許 QC 16 或 QC 8 飛機到達或離開（即 ICAO 認證噪音超過 99 EPN dB 者不允許起降）。	曼徹斯特機場使用噪音和航跡訊息系統（MANTIS）監控與機場有關的航空運輸。策略性地從機場周圍的噪音監測器蒐集數據，從二級監視雷達接收飛行軌跡，並從機場管理運行支援系統（AMOSS）接收飛行計畫訊息。該系統結合了雷達、噪音和空中交通控制數據，檢查並記錄機場 30 公里範圍內的每架飛機，最高可達 12,000 英呎，監測飛機噪音以及 24 小時飛行的航線。此系統會自動記錄違反噪音限值的飛機，以及在達到適當的高度之前偏離優先噪音路線（PNR）的飛機。												
STN	(1)日間離場 07:00～23:00： 在此期間，飛機起飛不得超過 94 dB(A)限值。超過噪音限制達 3 dB(A)的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A)以上的飛機，每超過 1 dB(A)額外罰款 250 英鎊。 (2)夜間離場 23:00～23:29 及 06:00～07:00： 在此期間，飛機起飛不得超過 89 dB(A)限值。超過噪音限制達 3 dB(A)的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A)以上的飛機，每超過 1 dB(A)額外罰款 1,000 英鎊。 (3)主要夜間離場 23:30～06:00： 在此期間，飛機起飛不得超過 87 dB(A)限值。超過噪音限制達 3 dB(A)的飛機，將被處罰 1,000 英鎊罰款；超過噪音限制 3 dB(A)以上的飛機，每超過 1 dB(A)額外罰款 1,000 英鎊。	斯坦斯德的固定噪音監測器設置在起飛路徑下方記錄飛機噪音，此外，機場還有移動式噪音監測設備，用於測量機場附近社區的噪音等級，並評估可能隨時間而改變的影響。這些噪音監控設備持續 3 個月蒐集飛機活動的實際航跡，透過分析，可以辨別出與其相關和不相關的噪音。												

機場	最大噪音限制	監測方法																									
LTN	噪音違規限值： 日間 07:00～23:00：82 dB(A)； 夜間 23:00～07:00：80 dB(A)。 對於不同時段超出限制的噪音另外收取附加費 <table><tr><td colspan="3">噪音等級附加費</td></tr><tr><td colspan="3">對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。</td></tr><tr><td rowspan="3">日間航班</td><td>06:00～22:59 當地時間</td><td>星期一至星期六</td></tr><tr><td>07:00～22:59</td><td>星期日</td></tr><tr><td>> 94 dB(A)</td><td>400%附加費</td></tr><tr><td rowspan="4">夜間航班</td><td>23:00～05:59</td><td>星期一到星期六</td></tr><tr><td>23:00～06:59</td><td>星期日</td></tr><tr><td>> 82～85 dB(A)</td><td>300% 附加費</td></tr><tr><td>> 86～89 dB(A)</td><td>500% 附加費</td></tr><tr><td></td><td>> 高於 89 dB(A)</td><td>600% 附加費</td></tr></table> 日間：06:00～22:59（星期一到星期六），07:00～22:59（星期日）夜間：23:00～05:59（星期一到星期六），23:00～06:59（星期日）	噪音等級附加費			對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。			日間航班	06:00～22:59 當地時間	星期一至星期六	07:00～22:59	星期日	> 94 dB(A)	400%附加費	夜間航班	23:00～05:59	星期一到星期六	23:00～06:59	星期日	> 82～85 dB(A)	300% 附加費	> 86～89 dB(A)	500% 附加費		> 高於 89 dB(A)	600% 附加費	機場當局設有專業人員監控和追蹤噪音，在機場附近監控約 25 英哩半境內的空中交通，約到海拔 12,000 英呎，從 3 個位於跑道兩端約 6.5 公里處固定式噪音監測器下載數據，此方法可記錄最大噪音等級。2018 年時該團隊新增 3 組移動式噪音監測器，進一步擴大了噪音計畫。
噪音等級附加費																											
對於起飛前的任何著陸，如果超出下列噪音限制，將對綜合著陸和導航服務費收取 300%至 600%的附加費。																											
日間航班	06:00～22:59 當地時間	星期一至星期六																									
	07:00～22:59	星期日																									
	> 94 dB(A)	400%附加費																									
夜間航班	23:00～05:59	星期一到星期六																									
	23:00～06:59	星期日																									
	> 82～85 dB(A)	300% 附加費																									
	> 86～89 dB(A)	500% 附加費																									
	> 高於 89 dB(A)	600% 附加費																									
LCY	- 新的 ANCS（飛機噪音分類計畫）是基於 2009 年許可和 CADP1 的三個原則： (1)每年允許多達 120,000 架飛機起降和 120,000 架噪音因數移動（noise factored movement, NFM），一旦實施 CADP1，減少到 111,000 次實際起降數和 120,000 次 NFM； (2)限制在機場運行的最嘈雜的飛機類型； (3)設定噪音配額，控制每週和每年發出的噪音量。 - 在機場運行的每架飛機將根據其認證的噪音水準，為進場和離場操作分配單獨的 QC（Quota Count）分數，並以 1 dB 作為分級： <table><tr><th>Noise Level Band, EPN dB</th><th>Quota Count（QC） Classification</th></tr><tr><td>94～94.9</td><td>2</td></tr><tr><td>93～93.9</td><td>1.6</td></tr><tr><td>92～92.9</td><td>1.25</td></tr><tr><td>91～91.9</td><td>1</td></tr><tr><td>90～90.0</td><td>0.8</td></tr><tr><td>89～89.9</td><td>0.63</td></tr><tr><td>88～88.9</td><td>0.5</td></tr><tr><td>87～87.9</td><td>0.4</td></tr><tr><td>86～86.9</td><td>0.315</td></tr><tr><td>85～85.9</td><td>0.25</td></tr></table>	Noise Level Band, EPN dB	Quota Count（QC） Classification	94～94.9	2	93～93.9	1.6	92～92.9	1.25	91～91.9	1	90～90.0	0.8	89～89.9	0.63	88～88.9	0.5	87～87.9	0.4	86～86.9	0.315	85～85.9	0.25	監測儀器位於機場東邊和西邊界外一小段距離。在新的噪音管理計畫中，他們將被使用為： (1)確定新飛機的臨時噪音類別； (2)用於飛機噪音類別的年度審查； (3)製做每年 57 LAeq16 小時的等噪音線圖。			
Noise Level Band, EPN dB	Quota Count（QC） Classification																										
94～94.9	2																										
93～93.9	1.6																										
92～92.9	1.25																										
91～91.9	1																										
90～90.0	0.8																										
89～89.9	0.63																										
88～88.9	0.5																										
87～87.9	0.4																										
86～86.9	0.315																										
85～85.9	0.25																										

機場	最大噪音限制		監測方法
	84~84.9	0.2	
	83~83.9	0.16	
	82~82.9	0.125	
	81~81.9	0.1	
	80~80.9	0.08	
	79~79.9	0.063	
	78~78.9	0.05	
	77~77.9	0.04	
	76~76.9	0.0315	
	75~75.9	0.025	
	74~74.9	0.002	
	73~73.9	0.016	
	72~72.9	0.0125	
	71~71.9	0.01	
	70~70.9	0.008	
	69~69.9	0.0063	
	68~68.9	0.005	
	灰色噪音頻段僅供參考，由於需要遵守該方案內的噪音認證等級限制，因此，不允許在這些噪音頻段內的航空器於倫敦城市機場營運。		
	- 根據英國法規，只有符合 Chapter 4 噪音標準的飛機可在倫敦城市機場起降。 - 只有滿足以下條件的飛機才能在倫敦城市機場運行： (1)應提供特定航空器類型的噪音證書，證明符合以下三個噪音認證等級 15，其中所有三個等級的總和不超過 271： (i)飛越：88.0 EPN dB； (ii)側向：93.5 EPN dB； (iii)進場：98.0 EPN dB。 (2)任何飛機被允許在倫敦城市機場營運之前，應提交符合上述要求的證明給 LBN，並以書面型式批准。 - 航空公司將因噪音表現不佳而受到處罰，每次飛行超過設定的門檻，每分貝最低罰款 600 英鎊。		

資料來源：本計畫彙整。

表 2.1-16 9 個機場之最大噪音限制（管制最大音量、時段、量測或認證噪音、罰款）

國家	都市	機場	運量分類	最大音量限制	噪音值單位	時段	量測或認證噪音	罰款	備註
法國	Paris	Charles de Gaulle (CDG)	Group 1	99~104.5	EPN dB	夜間： 00:00~04:59 03:30~05:29	ICAO 認證起飛/降落噪音	-	禁止起降
丹麥	Copenhagen	Copenhagen (CPH)	Group 1	80	L _{max} dB(A)	夜間： 23:00~06:00	量測所有噪音	-	
比利時	Brussels	Brussels (BRU)	Group 1	70~100	SEL dB(A)	白天： 07:00~23:00 夜間： 23:00~07:00	量測所有噪音	-	
日本	Itami	Itami (ITM)	Group 2	97~107	L _{max} dB(A)	2 個時段： 07:00~20:00 20:01~21:00	量測起飛降落噪音	-	
英國	London	London Gatwick (LGW)	Group 1	87~94	L _{Aeq} dB(A)	4 個時段： 07:00~23:00 06:00~07:00 23:00~23:30 23:30~06:00	量測起飛噪音	有	
				99	EPN dB	夜間： 23:00~06:59	ICAO 認證起飛/降落噪音	-	禁止起降
英國	Manchester	Manchester (MAN)	Group 1	81~82	L _{eq} dB(A)	夜間： 23:00~06:59	量測所有噪音	第一分貝 750 英鎊，之後一分貝 150 英鎊	

國家	都市	機場	運量分類	最大音量限制	噪音值單位	時段	量測或認證噪音	罰款	備註
				99	EPN dB	夜間： 23:00～06:59	ICAO 認證起飛/ 降落噪音	-	禁止起降
英國	London	London Stansted (STN)	Group 1	87～94	L _{eq} dB(A)	4 個時段： 07:00～23:00 23:00～23:29 06:00～07:00 23:00～06:00	量測起飛噪音	每分貝 250 至 1,000 英鎊	
				96	EPN dB	夜間： 23:30～06:00	ICAO 認證起飛/ 降落噪音	-	禁止起降
英國	London	London Luton (LTN)	Group 2	82～94	L _{Aeq} dB(A)	白天： 06:00～22:59 07:00～22:59 夜間： 23:00～05:59 23:00～06:59	量測起飛噪音	降落費的 3 倍～6 倍	
英國	London	London City (LCY)	Group 4	271(ICAO 飛機 三種噪音認證 值加總)	EPN dB	全天	ICAO 認證起飛/ 側向/降落噪音	每分貝最低 罰款 600 英 鎊。	只有 Chapter 4 飛機可起 降(低於此 噪音值)

資料來源：本計畫彙整。

2.2 彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料並維護航空噪音監測資料判讀工具功能

2.2.1 彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料

全國各機場航空噪音監測站之噪音監測資料，目前依據機場周圍地區航空噪音防制辦法（民國 98 年 6 月 8 日行政院環境保護署環署空字第 0980047907 號令修正發布）第 6 條：「經中央主管機關公告應設置自動監測設備，連續監測其所在機場周圍地區飛航噪音狀況之航空站，應自公告之日起 1 年內完成設置並運作 1 年後，於每季結束次月 15 日前，檢具附錄一規定之監測報告書向直轄市、縣(市)主管機關以電子網路傳輸或書面申報」。又航空噪音監測站、監控中心查核及機場周圍地區航空噪音監測報告書審查事宜，業自（101）年度起已移由各機場所在地縣市政府環境保護局納入年度例行執行工作項目辦理，相關執行績效並已納入各縣市年度考核項目由環保署進行管考，故各機場航空噪音監測站之噪音監測資料審查皆由縣市政府環境保護局辦理。

目前全國共有 17 座公告應設置自動監測設備連續監測機場周圍地區飛航噪音狀況之航空站，共有 199 座固定式航空噪音監測站。首先彙整各機場航空噪音監測站之數量、操作維護公司、所在地縣市政府環境保護局，現況列示如表 2.2-1 並說明如後。

表 2.2-1 各機場航空噪音監測站之資料彙整表

機場名稱 \ 測站數量	測站數量 (座)	操作維護公司	機場所在地 縣市政府 環境保護局
1. 臺北松山機場	15	臺灣思百吉股份有限公司	臺北市
2. 臺灣桃園國際機場	18	臺灣思百吉股份有限公司	桃園市
3. 桃園龍潭基地（陸軍601旅）	8	佳利得有限公司	桃園市
4. 新竹機場（499聯隊）	10	維呈顧問股份有限公司	新竹市
5. 臺中清泉崗機場（427聯隊）	10	山衛科技股份有限公司	臺中市
6. 臺中新社基地（陸軍602旅）	5	佳利得有限公司	臺中市
7. 嘉義水上機場（455聯隊）	15	臺灣思百吉股份有限公司	嘉義縣
8. 臺南機場（443聯隊）	12	臺灣思百吉股份有限公司	臺南市
9. 臺南歸仁基地（陸軍飛行訓練指揮部）	17	佳利得有限公司	臺南市
10.高雄小港機場	13	臺灣思百吉股份有限公司	高雄市
11.高雄岡山基地（空軍官校）	9	山衛科技股份有限公司	高雄市
12.屏東機場（439聯隊）	12	臺灣思百吉股份有限公司	屏東縣
13.臺東豐年機場	7	臺灣思百吉股份有限公司	臺東縣
14.臺東志航基地（737聯隊）	10	佳利得有限公司	臺東縣
15.花蓮機場（401聯隊）	19	山衛科技股份有限公司	花蓮縣
16.澎湖馬公機場	13	中環科技事業股份有限公司	澎湖縣
17.金門尚義機場	6	臺灣思百吉股份有限公司	金門縣
17座	199座	5家公司	12縣市

資料來源：本計畫整理。

表 2.2-2 各機場航空噪音監測站之噪音監測資料分析與建議表

機場名稱	分析與建議說明
1.臺北松山機場	由季噪音監測資料知，機場消防隊、RUN-UP 1及RUN-UP 2等三測站噪音監測值與模擬值之差異大，其餘各監測站尚屬合理，此因INM沒有辦法模擬滑行與待機的噪音，所以模擬值會偏低。
2.臺灣桃園國際機場	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。其中，新設置「觀音幼兒園」並於104年4月1日正式執行監測。
3.桃園龍潭基地（陸軍601旅）	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。桃園龍潭基地因已新增東航線分散架次，故季平均值較低。
4.新竹機場（499聯隊）	各監測站監測值與模擬值之差異不一，建議進行臨時性航空噪音平行監測作業，另機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作。其他建議：(1)航空噪音等音線之整合噪音模式(INM)模擬之參數設定確認無誤。(2)等噪音線圖方面：確認等噪音線圖輸入參數是否正確，並標示航空噪音監測站位置；申報之等噪音線涵蓋面積統計結果與上季所提報範圍如有明顯差異，須變化趨勢原因分析與說明，以供劃定防制區參考資料。(3)有關飛航動態資料輸入部分，與實際飛行架次仍有不符。應確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。監測值與模擬值差距較大的監測站，所測得之航空噪音是否具有代表性，宜瞭解目前航空噪音監測點與常用航道的關連性。雖僅豐田國小稍超過所在航空噪音防制區劃定標準，建議持續監測追蹤。
5.臺中清泉崗機場（427聯隊）	臺中清泉崗機場整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。另機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作。其中，大楊國小因受施工噪音、廣播及鐘聲影響，建議持續監測追蹤。
6.臺中新社基地（陸軍602旅）	由臺中新社基地航空噪音監測站之107年第一季、第二季、第三季、第四季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。
7.嘉義水上機場（455聯隊）	由季噪音監測資料知，各監測站監測值與模擬值之差異不一，建議進行臨時性航空噪音平行監測作業，另機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作。其他建議：(1)航空噪音等音線之整合噪音模式(INM)模擬之參數設定確認無誤。(2)等噪音線圖方面：確認等噪音線圖輸入參數是否正確，並標示航空噪音監測站位置；申報之等噪音線涵蓋面積統計結果與上季所提報範圍如有明顯差異，須變化趨勢原因分析與說明，以供劃定防制區參考資料。(3)有關飛航動態資料輸入部分，與實際飛行架次仍有不符。應確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。監測值與模擬值差距較大的監測站，所測得之航空噪音是否具有代表性，宜瞭解目前航空噪音監測點與常用航道的關連性。
8.臺南機場（443聯隊）	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。
9.臺南歸仁基地（陸軍飛行訓練指揮部）	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。
10.高雄小港機場	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。

機場名稱	分析與建議說明
11.高雄岡山基地 (空軍官校)	由季噪音監測資料知，監測站監測值與模擬值之差距以石潭里較大，後續建議進行臨時性航空噪音平行監測作業。另機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作，建議機場：(1)航空噪音等音線之整合噪音模式(INM)模擬之參數設定確認無誤。(2)等噪音線圖方面：確認等噪音線圖輸入參數是否正確，申報之等噪音線涵蓋面積統計結果與上季所提報範圍如有明顯差異，須變化趨勢原因分析與說明。(3)有關飛航動態資料輸入部分，與實際飛行架次仍有不符，應確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。
12.屏東機場 (439聯隊)	由屏東機場航空噪音監測站之107年第一季、第二季、第三季、第四季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。另外，機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請屏東機場儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作。屏東機場南場測站因目前大部份航空器移往北場起降，故季平均值較低。
13.臺東豐年機場	由季噪音監測資料知，臺東航警所、建農里活動中心監測值與模擬值之差異較大，建議機場：(1)監測值與模擬值差距較大的監測站，所測得之航空噪音是否具有代表性。(2)瞭解目前航空噪音監測點與常用航道的關連性，是否考慮遷(增)站。(3)針對監測值與模擬值差距較大的監測站，進行臨時性航空噪音平行監測作業。(4)確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。
14.臺東志航基地 (737聯隊)	由季噪音監測資料知，整體而言，各監測站監測值與模擬值之差異尚屬合理。第三季期間，中央氣象局臺東氣象站表示尼伯特2016.07.08清晨5時50分從臺東市和太麻里間登陸，瞬間陣風超過17級，破了臺東60年紀錄，颱風造成航空噪音監測站設備損壞，故無第三季監測季報告書。經環保署於105年8月3日以環署空字第1050062239號函核備105年7月1日至12月31日期間暫停噪音監測，並於106年1月1日新系統建置完成後恢復監測。
15.花蓮機場 (401聯隊)	季平均值中，東華美崙校區、鑄強國小、新城國中、花崗國中、慈濟科技大學、四維高中、國風國中等測站多有超過所在航空噪音防制區劃定標準。後續建議進行臨時性航空噪音平行監測作業，進行比對；另外，機場的固定式噪音監測設備已使用多年，請花蓮機場儘速提升相關監控設備（如錄音功能），並建議辦理新設固定式噪音監測站設置評估規劃工作。
16.澎湖馬公機場	由澎湖馬公機場航空噪音監測站之107年第一季、第二季、第三季、第四季噪音監測資料知，第四季所有監測站之噪音監測值與模擬值之差異大，此因INM沒有辦法模擬滑行與待機的噪音，所以模擬值會偏低，建議機場：(1)監測值與模擬值差距較大的測站，所測得之航空噪音是否具有代表性。(2)瞭解目前航空噪音監測點與常用航道的關連性，是否考慮遷（增）站。(3)確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。
17.金門尚義機場	由金門尚義機場航空噪音監測站之107年第一季、第二季、第三季、第四季噪音監測資料知，整體而言，珠沙里辦公室測站監測值與模擬值差異大，因測站位置未能在航道下。建議機場：(1)監測值與模擬值差距較大的監測站，所測得之航空噪音是否具有代表性。(2)瞭解目前航空噪音監測點與常用航道的關連性，是否考慮遷(增)站。(3)針對監測值與模擬值差距較大的監測站，進行臨時性航空噪音平行監測作業。(4)確實掌握雷達軌跡系統，以掌握航次及實際航機影響範圍。

資料來源：本計畫整理。

2.2.2 維護航空噪音監測資料判讀工具功能

目前行政院環境保護署依據噪音管制法第 16 條第 1 項業已公告「應設置自動監測設備連續監測機場周圍地區飛航噪音狀況之航空站」；另依噪音管制法第 16 條第 3 項規定訂定「機場周圍地區航空噪音防制辦法」（民國 98 年 6 月 8 日行政院環境保護署環署空字第 0980047907 號令修正發布全文 10 條），其中第 7 條規定自動監測設備之監測內容及監測紀錄格式依附錄二之內容完成建立航空噪音監測資料判讀輔助工具，進行資料查核的工作，而進一步輸出相關報表，並方便機場所在地縣市環保局查核。航空噪音監測資料判讀輔助工具之目的為用以轉換及儲存監測資訊，進而用以進行標準格式的查核，以節省人力。判讀工具主要之工作有下列幾種：

- 一、匯入功能：將數種格式之資料進行匯總以便查詢。
- 二、瀏覽功能：查看匯入之資料。
- 三、報表：查看匯入之資料是否符合規定之格式。

2.2.2.1 判讀工具開發管理作業

一、管理之方法

本判讀工具所採用之開發方法為『系統雛型法』（Prototype Approach）。首先瞭解「機場周圍地區航空噪音防制辦法」附錄二之內容與相關格式，然後建立一個雛型系統供執行參考，而後再依相關需求的變更進行功能的修正。期透過精密的系統分析程序與開發過程，以確實的建立判讀工具，其開發過程如圖 2.2-1 所示。本系統架構之下，廣泛支援目前常用的各種資料庫，如：MySQL、MS SQL 和 Oracle 等，而相關的資訊傳遞與事件分析模組亦規劃於系統的底層當中。

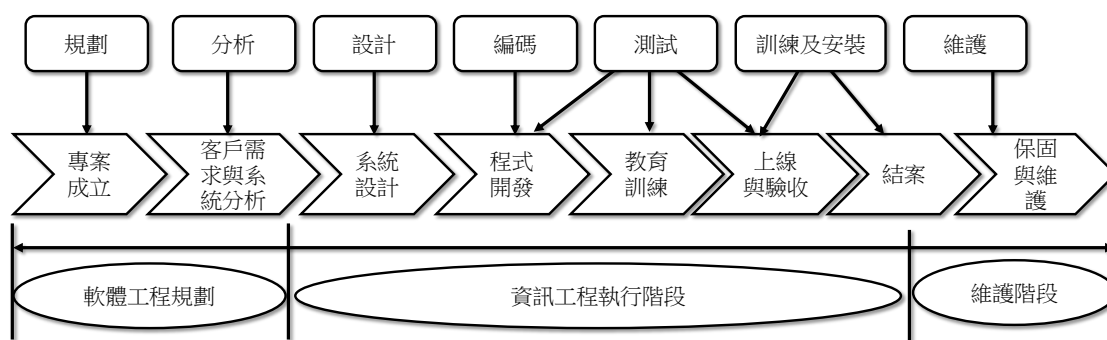


圖 2.2-1 判讀工具之建置流程示意圖

資料來源：本計畫整理。

二、開發設計之方法

本判讀工具結合了資料庫管理系統 (DBMS) 架構，透過資料庫管理系統讓使用者有能力去建立與維護資料庫。因此，資料庫管理系統 (DBMS) 便於各種應用程式定義、建構與處理資料庫。所謂定義資料庫是有關欲儲存在資料庫裡的資料的資料型態、結構與限制等的指定。建構資料庫則是在 DBMS 的控制下，將資料儲存到儲存媒體上的過程。資料庫的處理 (manipulating) 包括：查詢資料庫以取回所要的資料、更新資料及讀取資料產生報表等。

2.2.2.2 資料庫欄位說明

一、資料庫表格清單及使用關係

序號	資料表代號	資料表名稱	後台管理	
			一般使用者	系統管理者
1.	Flight_Timetable	飛航動態資料	✓	✓
2.	Monitor_Record	監測資料	✓	✓
3.	Noise_Event	噪音事件監測資料	✓	✓
4.	Run_up_Noise	試車噪音監測資料	✓	✓
5.	Weather	氣象監測資料	✓	✓
6.	Import_log	資料匯入紀錄資料	✓	✓
7.	Imp_Type	匯入時匯入種類資料表	✓	✓
8.	Imp_Error_log	匯入時錯誤資料紀錄表	✓	✓
9.	acft_Information	航空器型式資料表	✓	✓
10.	Nmt	測站資料紀錄表	✓	✓

二、監測紀錄格式：

依據機場周圍地區航空噪音防制辦法（民國 98 年 6 月 8 日行政院環境保護署環署空字第 0980047907 號令修正發）附錄二、自動監測設備之監測內容及監測紀錄格式之「二、自動監測設備監測紀錄格式應包含下列內容」規定辦理。

(一)飛航動態（涉及軍事機密部分，留存軍方備查）

資料名稱	欄位名稱	型式	欄位寬度 (位元)	小數點 以下位數
開始日期	START_DATE	文數字	10	—
開始時間	START_TIME	文數字	8	—
航空器型式	ACFT_ID	文數字	8	—
離(到、衝)場	OPERATION	文數字	3	—
使用跑道號碼	RUNWAY	文數字	8	—
航線	FLIGHT_ROUTE	文數字	20	—

(二)每小時/每日/每月/每季/一年噪音監測資料格式

資料名稱	欄位名稱	型式	欄位寬度 (位元)	小數點 以下位數
測站編號	NMT_NUMBER	文數字	4	—
測站名稱	NMT_NAME	文數字	80	—
開始日期	START_DATE	文數字	10	—
開始時間	START_TIME	文數字	10	—
有效蒐集秒數	ACTIVITY	純數字	8	—
事件曝露音量	TOTAL_EVENT_SEL	純數字	8	1
總計均能音量	TOTAL_Leq	純數字	5	1
事件均能音量	EVENT_Leq	純數字	5	1
背景均能音量	BACK_Leq	純數字	5	1
總計日夜音量	TOTAL_Ldn	純數字	5	1
事件日夜音量	EVENT_Ldn	純數字	5	1
背景日夜音量	BACK_Ldn	純數字	5	1
統計音量 (L ₅)	L ₅	純數字	5	1
統計音量 (L ₁₀)	L ₁₀	純數字	5	1
統計音量 (L ₅₀)	L ₅₀	純數字	5	1
統計音量 (L ₉₀)	L ₉₀	純數字	5	1
統計音量 (L ₉₅)	L ₉₅	純數字	5	1
統計音量 (L ₉₉)	L ₉₉	純數字	5	1
噪音事件數	NUM_OF_EVENT	純數字	5	—
總持續時間	DURATION	純數字	8	—

(三)噪音事件監測資料格式

資料名稱	欄位名稱	型式	欄位寬度 (位元)	小數點 以下位數
測站編號	NMT_NUMBER	文數字	4	—
測站名稱	NMT_NAME	文數字	80	—
開始日期	START_DATE	文數字	10	—
開始時間	START_TIME	文數字	8	—
事件持續時間	DURATION_TIME	純數字	4	—
噪音事件觸發位準	SETL	純數字	5	1
最小持續時間	MIN_DUR_TIME	純數字	5	—
事件均能音量	EVENT_Leq	純數字	5	1
事件曝露位準	EVENT_SEL	純數字	5	1
事件最大音量	EVENT_MAX_LEVEL	純數字	5	1
事件最大音量 發生時間	EVENT_MAX_TIME	文數字	8	—
歷史紀錄 (122 筆)	SL ₀ ~SL ₁₂₁	純數字	5	1

(四)試車噪音監測資料格式

資料名稱	欄位名稱	型式	欄位寬度 (位元)	小數點 以下位數
測站編號	NMT_NUMBER	文數字	4	—
測站名稱	NMT_NAME	文數字	80	—
開始日期	START_DATE	文數字	10	—
開始時間	START_TIME	文數字	8	—
持續時間	DURATION	文數字	4	—
最大音量	RUNUP_L _{Amax}	純數字	5	1
均能音量	RUNUP_L _{eq}	純數字	5	1

(五)每小時氣象監測資料格式

資料名稱	欄位名稱	型式	欄位寬度 (位元)	小數點 以下位數
測站編號	NMT_NUMBER	文數字	4	—
測站名稱	NMT_NAME	文數字	80	—
開始日期	START_DATE	文數字	10	—
開始時間	START_TIME	文數字	8	—
結束時間	END_TIME	文數字	8	—
平均風速	MEAN_WINDSPEED	純數字	5	1
最大風速	MAX_WINDSPEED	純數字	5	1

2.2.2.3 判讀輔助工具系統安裝

一、計畫目標

建置機場所在地縣市環保局航空噪音監測資料判讀及航空噪音監測站查核能力，以確保航空噪音監測之品質及正確性。建置航空噪音監測資料判讀輔助工具，以有效進行航空噪音監測資料查驗。

二、系統架構

本系統的架構如圖 2.2-2 所示，其中系統安裝至操作系統的電腦中。設備操作人員將相關資料繳交給查核人員，而查核人員則可利用此系統進行相關資料的查核及將查核結果進行記錄及產生報表。

三、系統所需的軟硬體說明

本系統所需的軟硬體需求，如表 2.2-3 所示。

四、資料處理流程說明

有關本系統目前所接受的資料庫格式為 DBF 格式，其 DBF 格式再經過資料庫匯入引擎後，會儲存入資料庫中備查，而相關的資訊，除了可顯示在視窗中外，亦可利用報表模組輸出給予使用者使用。

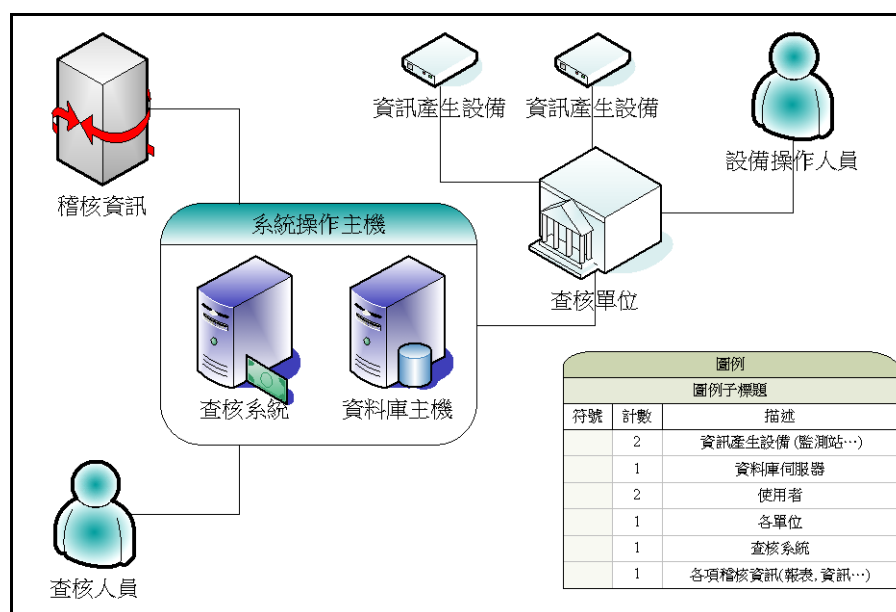


圖 2.2-2 判讀輔助工具之系統架構示意圖

資料來源：本計畫整理。

表 2.2-3 判讀輔助工具之軟硬體說明

軟體需求			
編號	項目	需求內容	備註
1.	作業系統	Windows XP以上	
2.	資料庫	MSDE（SQL 伺服器）	
3.	其他	.Net Framework 2.0	
硬體需求			
編號	項目	需求內容	備註
1.	CPU	P4 2.0以上	
2.	記憶體	512 MB以上	
3.	儲存容量	1G以上	
4.	其他	鍵盤、Mouse、螢幕...	

本系統目前所接受的資料庫格式為 DBF 格式，其 DBF 格式再經過資料庫匯入引擎後，我們會將之儲存入資料庫中備查，而相關的資訊，除了可顯示在視窗中外，我們可利用報表模組輸出給予使用者使用。而設備操作人員將相關資料繳交至查核人員中，而查核人員則可利用此系統進行相關資料的查核及將查核結果進行記錄及產生報表。其中，相關的功能說明如下：

一、作業系統：可執行在微軟視窗 XP 以上作業系統。

二、本系統之目的為建立一查核系統，用以轉換及儲存監測資料，進而用以進行標準格式的查核，以節省人力。

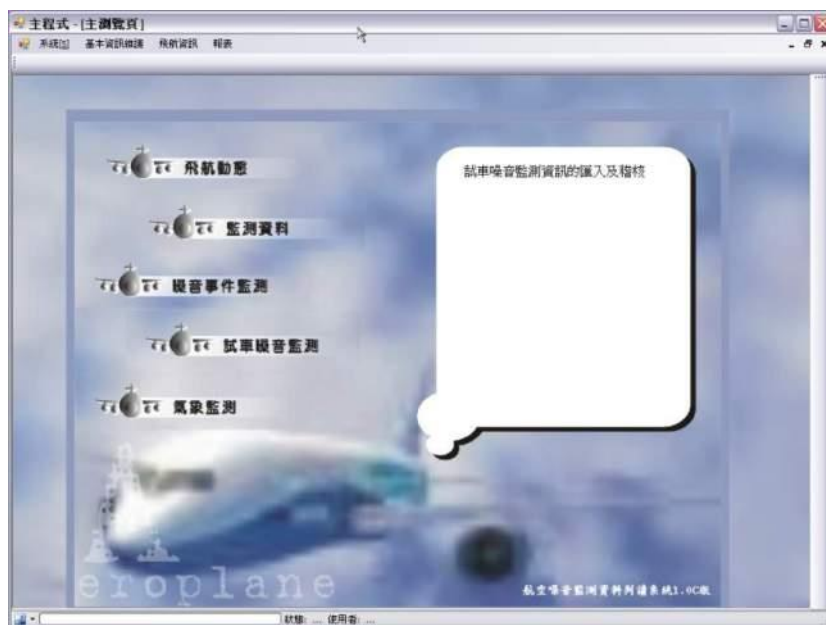


圖 2.2-3 航空噪音監測資料判讀系統主視窗 資料來源：本計畫整理。

2.3 邀集地方環保局辦理航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會

一、辦理依據

(一)邀集地方環保局辦理2場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會

航空噪音監測站、監控中心查核及機場周圍地區航空噪音監測報告書審查事宜，業自（101）年度起已移由各機場所在地縣市政府環境保護局納入年度例行執行工作項目辦理，相關執行績效並已納入各縣市年度考核項目進行管考，故請各機場所在地縣市環保局派員參加教育訓練會議。隨文並檢送「107 年各監測站模擬值與實測值對照表」，請各環保局填報，以利彙整國內噪音監測資料。

二、會議目的

國內各機場航空噪音監測站及監控（測）中心常見缺失如：噪音監測資料漏失、檔格式不符環保署規定要求、防風球及防鳥踏毀損、監控中心與噪音監測站之間通訊不良、無維護保養紀錄、缺噪音儀檢定及校正紀錄或過期、無標準作業程序手冊、無定期操作訓練計畫、基本專業知識嚴重不足、不熟悉系統操作等。

有待改進之處甚多，希望透過執行本計畫可以輔導縣市環保局辦理機場航空噪音監測站及監控中心查核，以強化航空噪音管制並提升航空噪音監控品質。

另為建立航空噪音監控（測）中心查核及機場周圍地區航空噪音監測報告書審查標準作業程序，協助縣市環保局執行航空噪音監控（測）中心查核及機場周圍地區航空噪音監測報告書審查，並將查核結果報知機場管理單位進行改善或建議提昇監測設備與能力，以確保航空噪音監測之品質及正確性。爰此，辦理機場所在地縣市環保局航空噪音監測資料判讀工具訓練會。

三、教育訓練之目標

- (一)訓練出一至多位種子教師，未來可參與相關事宜之推動及協助。
- (二)使技能教育訓練的結果可轉移。
- (三)使系統上線之操作人員的使用方式可以更完備。

1.教育訓練內容

而教育訓練的內容可分為以下幾種：

(1)教育訓練計畫：本團隊所提供之訓練綜合相關單位之技術方面的需求及實際作業需求，使得訓練之相關人員可以充分瞭解本團隊所發展及建置的相關功能、環境及特性，並且可使得受訓人員可在系統上線之正式作業時，使之更有效率的施行，發揮其系統之整體效益。訓練採用講習及實作並行之方式，利用數位簡報系統等之電腦教學，以加深訓練人員的印象，並採用集中訓練的方式對使用者、系統管理人員進行教育訓練，且提供本案專門的講師及講義。

(2)教育訓練方式：A.集中式講授：包括系統功能及操作之相關說明。

B.實機訓練：包括實機之線上操作及功能使用與管理說明。

2.教育訓練課程

訓練課程內容規劃如下，以利本案之順利運行及系統推廣：

(1)一般使用者課程：A.內容：使用者操作流程訓練（含系統架構及說明）。B.對象：各單位使用者及未來推廣人員。C.目標：提供本系統之各項功能及操作的說明，以促進線上使用者可以熟練系統之各項操作命令及模式，以方便系統使用時的說明及推廣。D.方法：本團隊提供訓練手冊，針對每一系統之功能及相關操作進行說明，並提供操作案例及錯誤排解方法及步驟。

(2)系統操作、管理及維護課程：系統管理人員，內容：A.系統帳號、權限、版權之維護。B.系統架構、資料庫格式、維護模組操作及相關檔案設定。對

象：各單位系統管理人員。目標：提供系統使用人員本案相關軟硬體基礎、系統規格以利其他人員可以進行系統維護工作及基本系統之修正。方法：本訓練建議由有技術基礎的人員參加，本團隊就本案之系統規格進行訓練。

3.課程規劃

(1)一般使用者課程：網站資訊輸入、建置及維護課程，以廣播型式之電腦教學實作方式，提供學員手冊，以講師授課為主，原則上依手冊講授一般使用者所需使用之內容，且於每節課程中或後期讓學員進行實機演練，上課時有講師及助理協助學員相關操作之問題。

(2)系統操作、管理及維護課程：其內容主要為安裝系統、系統參數建置及維護，同樣以廣播型式之電腦教學，此課程提供學習手冊，原則上依手冊講授一般使用者所需使用之內容，且於每節課程中或後期讓學員進行實機演練，上課時有講師及助理協助學員相關操作之問題。

(3)教材企劃：教材會因為訓練課程的不同而有所區別，但可依訓練當時之需要及訓練結束後來進行區分，因此，會有學習手冊及線上導引等兩種不同的教材。其紙本教材之數量會因課程做其需要的調整，其教材的內容包括：A.系統介紹；B.作業流程說明；C.使用導引；D.使用手冊電子書等。

(4)師資：本團隊擁有多位豐富經驗之講師，使學員上課後，能獲得實質之學習成效。

(5)邀請單位：機場所在地縣市環保局及機場相關人員。環保署發文通知並邀請環保局與機場管理單位參加。

四、預期成效

(一)提升及維護航空噪音監測資料判讀工具之功能。

(二)簡化查核判讀時間人力，減少查核判讀人為誤判。

(三)避免人為更改航空噪音監測資料。

(四)使各環保局人員瞭解航空噪音監測季報告書查核內容，要求文件內容完整，使監測內容更正確。

(五)協助環保局人員對監測資料判讀技術能力，要求文件內容正確、完整。

(六)建立各機場航空噪音監測站及監控中心查核標準程序。

五、會議時間：民國 108 年 7 月 25 日（星期四），機場管理單位上午 10：00 正；機場所在地縣市環保局下午 13：30 正。相關資料請參閱附件五。

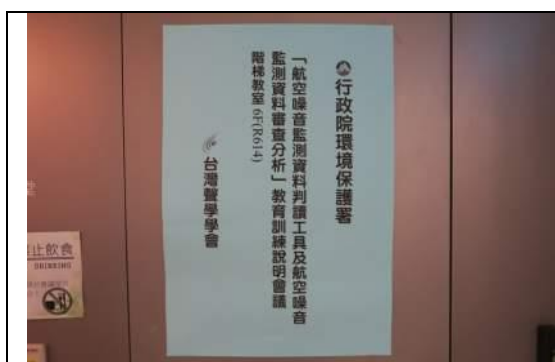
六、會議地點：地址：法鼓德貴學苑(臺北市延平南路 77 號)。階梯教室 6F(R614)。
法鼓德貴學苑開會地點聯絡電話：02-8978-2110。

表 2.3-1 「航空噪音監測資料判讀工具」教育訓練說明會議議程表
會議議程表(上午, 機場管理單位)

民國 108 年 7 月 25 日(星期四) 機場管理單位, 上午 10:00 正		
時間	議程內容	主講人
09:50~10:00	報到	
10:00~10:10	致詞	行政院環保署
10:10~10:40	航空噪音基本專業知識	台灣聲學學會
10:40~11:00	航空噪音監測報告書審查	台灣聲學學會
11:00~11:20	航空噪音監測資料判讀工具安裝、操作、資料判讀說明	
11:20~12:00	綜合座談意見交換	行政院環保署
12:00	賦 歸	

會議議程表(下午, 環保局)

民國 108 年 7 月 25 日(星期四) 機場所在地縣市環保局, 下午 13:30 正		
時間	議程內容	主講人
13:20~13:30	報到	
13:30~13:40	致詞	行政院環保署
13:40~14:10	航空噪音基本專業知識	台灣聲學學會
14:10~14:30	航空噪音監測報告書審查	台灣聲學學會
14:30~14:50	航空噪音監測資料判讀工具安裝、操作、資料判讀說明	
14:50~15:30	綜合座談意見交換	行政院環保署
15:30	賦 歸	



會議海報



人員簽到 (1/2)



圖 2.3-1 「航空噪音監測資料判讀工具」教育訓練說明會議照片

資料來源：本計畫實地拍攝。

第三章 研提適用國內機場最大音量管制方案並規劃管制作法與環境相關效益評估

3.1 依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案

依照第二章蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法之資料，有關各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形。進一步彙整國內機場運量，以及其地理位置周邊人口狀況與營運特性；接著考量與國內類似之各國機場、客運量與機場起降架次之運量多寡及機型混和型式，探討其現有噪音管理之相關措施與成效等¹。最後依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案，內容包括：因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容。

3.1.1 ICAO 與 ACI 噪音管理措施建議

有關各種噪音減量措施，依據國際民用航空組織（ICAO）的 Balanced approach（平衡作法）分類，包括：由發生源減少噪音（使用低噪音機型）、土地使用規劃與管理、降低噪音之飛機操作程序與營運限制。此外，ICAO 亦提出機場徵收噪音費（Noise charges²）之執行準則。分別說明如下：

（一）由發生源減少噪音（Reduction of noise at source）：ICAO 主要透過逐漸嚴格之飛機噪音認證，達到航空業者使用低噪音機型之目標。附約 16 第一冊中已明訂飛機之各種噪音監測標準³。1977 年以前生產之噴射機與螺旋槳機型為 Chapter 2 噪音認證；而 1977 至 2005 年間生產之機型需通過 Chapter 3 之認證；從 2006 年起新式機型則需通過 Chapter 4 之認證，或現有之 Chapter 3 機型亦可申請 Chapter 4 噪音認證。2014 年 ICAO 通過了修正噴射機與螺旋槳飛機的新的 Chapter 14 噪音標準，這是未來幾年亞音速噴射客機和螺旋槳飛機的噪音適用指標。適用於 2017 年 12

¹ 將參考歐盟之 MIME 計畫資料。

https://www.researchgate.net/publication/260024105_State_of_the_Art_on_Tradable_Permits_Noise_Legislation_Noise_Restriction_Methods_and_Noise_Modelling

² <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Land-use-Planning-and-Management-.aspx>

³ ICAO Environmental Protection, Volume I – Aircraft Noise to the Convention on International Civil Aviation (Doc 9501).

月 31 日或之後提交認證的新飛機類型，以及 2020 年 12 月 31 日或之後的質量小於 55 噸的飛機。新的 Chapter 14 噪音標準，預計可將受嚴重飛機噪音影響的人數減少，在 2020 年至 2036 年間，超過一百萬人可免受 DNL 55 dB 的影響。而各種機型噪音值資料庫（Noise dB database）目前由歐洲航空安全局（European Union Aviation Safety Agency, EASA）負責管理⁴。

(二)土地使用規劃與管理（Land-use planning and management）：透過有效之機場周邊土地使用規劃與分區作業，亦可降低對於鄰近居民之影響。ICAO 附約 16 中提出機場規劃手冊-土地使用與環境控制⁵，其中包括：各種減少、控制或預防噪音對周遭居民影響之作法，以及幾個會員國所採用之措施。此外，為了能夠有一致之噪音衡量方式，ICAO 也提出計算機場等噪音線之準則與方法⁶。

(三)降低噪音之飛機操作程序（Noise abatement operational procedures）：透過飛機操作之方式達到減少噪音之目的，包括：優先跑道與飛行路線設計，以及飛機起降階段之較低噪音進離場程序，如持續下降進場（Continuous Decent Approach, CDA，圖 3.1-1）；ICAO 有關飛機噪音降低程序之建議亦包括於附約 16 中飛航導航服務-飛機操作⁷。

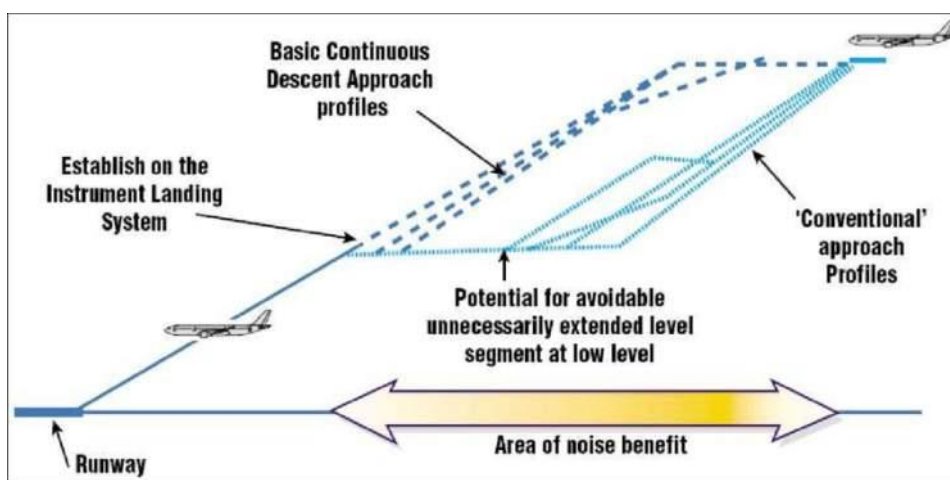


圖 3.1-1 飛機持續降落進場示意圖

資料來源：https://www.researchgate.net/figure/9-Continuous-descent-Approach_fig16_260024105。

⁴ EASA 飛機噪音認證資料(EASA Certification Noise Levels)。

<https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/environment/easa-certification-noise-levels>

⁵ ICAO, Annex 16, Volume I, Part IV and in the Airport Planning Manual, Part 2 — Land Use and Environmental Control (Doc 9184).

⁶ ICAO, Recommended Method for Computing Noise Contours around Airports (Circular 205).

⁷ ICAO, Annex 16, Volume I, Part V and Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations (PANS-OPS, Doc 8168), Volume I — Flight Procedures, Part V.

(四)營運限制 (Operating restrictions)：此種作法主要是限制高噪音之飛機於機場起降。90 年代許多機場已禁止或限制 Chapter 2 飛機起降；而目前則有許多機場限制高噪音之 Chapter 3 飛機起降，但 ICAO 建議此種限制必須依照飛機或特定機型對於所考量之機場所產生之噪音影響後採行。除逐步淘汰高噪音飛機外，其他可能的營運限制包括：宵禁、夜間限制、噪音配額/預算、上限規則及與航班性質相關的限制。

(五)噪音費 (Noise charges)：透過噪音費之徵收，其收入可投注於機場噪音防制措施，因此，ICAO 建議噪音相關費用之徵收應以所需之噪音防制成本為基礎，相關之規範則於機場經濟手冊與機場與飛航導航設施費用中⁸。

而國際機場理事會 (Airports Council International, ACI) 針對機場與飛機噪音則提出如表 3.1-1 之政策與建議作法。

表 3.1-1 ACI 政策與建議作法（噪音方面）

政策	建議作法
1.減輕或降低有關飛機噪音對人體的影響	- 遵循ICAO噪音認證標準。國際民航組織ICAO在1944年制定芝加哥公約，其中的附件16第1卷制定航空器在起飛與降落時的噪音標準。這個標準通常是由其會員國共同認知通過的，而這些標準是ICAO在解決飛機噪音問題上有效且主要的手段。 - 機場衡量噪音的地點分為三部分，包括：起飛中線測量點、起飛側向測量點以及降落中線測量點。附件16第1卷的噪音的限制適用於第二、第三以及第四代的航空器。大多數的先進國家已於2002年禁止第二代機型的營運，故目前大多數的飛機須符合第三代的標準。 - 有關第四代機型的限制由2001年制定後已於2006年1月1日起開始生效。對於第四代航空器的限制標準，是其在三個測量點的分貝值上，相加後至少需小於第三章的標準10分貝以上，並未要求各測量點皆有改善，而是加總後降低至少10分貝即可。
2.ACI 支持 ICAO 的噪音平衡方法 (BA)	ICAO建議之降低飛機噪音措施，四項措施包括： - 減少噪音源； - 土地的利用規劃； - 減少噪音的產生過程； - 營運上的限制。
3.減少噪音源是最有效且最持久的方法	- 未來航空運量的增加應由不斷改善的技術與科技來抵消增加的噪音。 - 支持ICAO組織下之航空運輸環境保護委員會 (Committee on Aviation

⁸ ICAO Airport Economics Manual (Doc 9562); ICAO Manual of Airport and Air Navigation Facility Tariffs (Doc 7100).

政策	建議作法
	Environmental Protection, CAEP) 對噪音標準定期更新之作法。
4.土地的利用與規劃是減少噪音的有效工具	- 機場應與當地或地區政府溝通，並確保在機場周遭的土地使用是不受噪音影響的。 - 在大多數情況下，機場是以等噪音線圖來衡量噪音（如：L_{eq}、L_{dn}、L_{den}、NEF、ANEF等），並依其進行周遭的土地規劃。在特殊情況下（如夜間），可使用平均噪音值，而在部分特定事件上使用L_{max}、SEL、EPNL來測量。 - 在噪音衡量上，應將未來的交通量增長、未來新的機隊、新的基礎設施（如：跑道、航廈、滑行道等）都納入預測。而預測應至少預測未來30年。 - 在受噪音影響的地區，一定存在現有的住宅或無法與噪音兼容的事物，因此，在土地利用規劃上，應避免再增加更多無法兼容的事物，包括：增加居住密度等。 - 國家（或地區）政府應密切的與機場及航空公司協商並立法；機場周圍的土地規劃應避免會受到噪音嚴重影響的建設。 - 如果當地狀況無法避免新增住宅或其他會受噪音影響的建築物，則地方政府應規定新建築應採用適當的隔音與空調設施，來降低室內受影響的噪音。
5.對於噪音和其他易受噪音影響的建築，隔音是解決辦法之一	- 隔音的目的是為改善建築物內部的噪音，但通常僅限於有人居住的地方，如：寢室、客廳、廚房等。車庫、浴室及洗衣間不在範圍內。 - 一般情況下，噪音進入屋內的主要途徑有窗戶、天窗、屋頂、天花板、牆壁和通風口。輕型建築的窗戶、天花板、牆壁等可能需要相當程度的升級。扭曲變形、不適合或沒有密閉功能的窗戶可能全部需要更換。 - 隔音應該只視為解決辦法的一部分，因為不能解決外部噪音的問題。 - 根據當地氣候、通風及空調設備的安裝是必要的，因為隔音只有在窗戶或通風口關閉的狀態下才能發揮作用。因此，舉例來說，熱帶地區的永久通風口可能需要永遠關閉。 - 隔音及改造方案的成本應由機場使用者負責。而新建築隔音設備的成本應由業者或開發商負責。
6.透過噪音減量操作方式可降低航空器的噪音量	- 透過營運程序改善來降低噪音的方案，應由相關利益者，包括：機場營運者、駕駛員、飛航服務提供組織、社區代表共同參與制定。 措施包括： - 減少起飛噪音的方法，如：限制引擎推力以及翼襟使用的管理； - 減少降落噪音的方法，如：使用CDA； - 提出對飛行軌跡及使用跑道的優惠； - 將航班集中在人口密度低或對噪音不敏感的地區； - 在人口密集區分散航班； - 班機重新編排； - 限制引擎運轉及地面設施的使用。 - 以上措施應通過檢測及法定程序。

政策	建議作法
	- 以上措施應該評估對燃油消耗以及廢氣排放上的影響。
7.限制營運可以在敏感時間降低噪音，通常指夜間	- 可以限制營運的數量（起降數限制）或限制跑道的使用及飛行軌跡等。 - 通常夜間有較嚴格之噪音規定，在此情況下使用較安靜的航空器則可營運較多班次數。
8.機場的噪音監測，是在解決噪音上一項重要的過程	- 噪音監測必須使用專業設備，包括：麥克風、電腦自動記錄設備、測量儀等。監測的原因主要包括：確定和追蹤住宅區的噪音量；單一航空器及整體機場的噪音監督與遵守情況；測量噪音量來衡量收費標準。 - 在選定一個永久或臨時的監測點時，應考慮到背景及環境噪音，如：公路、鐵路、氣象、動物以及安全和定期維護等問題。 - 如果測量點的位置過於遠離機場，則測量上就會缺乏準確性。而最重要的是，必須能夠清楚區分航空器噪音與其他噪音源。 - 自動化系統應與雷達及其他航空器識別系統連線，以確保記錄的是航空器產生的噪音，並確保每一狀態的噪音皆有捕捉到。
9.與受到噪音影響的社區居民互動是一個重要的工具	- 各式各樣的因素影響著居民對機場噪音的感受程度。透過溝通互動來最大化居民可以接受的噪音。可增加機場的營運量，增加機場的成長潛能。 - 許多機場提供專用設施給社區居民投訴，包括：專線電話、圖文傳真、電子郵件等。 - 一個投訴處理系統，應該包括下列項目： 投訴服務的良好宣傳以及方便使用的電話線、網路等； 系統性的投訴處理過程，分析內部、外部報告確保一致性及透明； 有保障的回應、解釋、確認與後續行動。 - 對投訴處理制度定期的績效評估。
10.噪音指標提供了一個與社區溝通的寶貴工具	- 許多機場發現，以單一事件為基礎的噪音指標，與居民溝通上會較優良。以平均噪音量來衡量，在越來越多的地方被認為是無意義的。 - 替代或補充的噪音指標如： L_{max} 、SEL及超過最大噪音量的事件數（N60或N70）。 - 為了與地方社區與政府建立信任和夥伴關係，機場應提供有關噪音與飛行活動一個明確且易於理解的公式。 - 它可以提供詳細的噪音量、航空器起降等的重要訊息。允許個人可清楚的瞭解過去、現在和未來有關航空活動的影響。如：澳洲開發的TNIP。 - A加權噪音不涉及會對窗戶及物體產生振動的低頻噪音。C加權噪音值或低頻噪音值可有更好的估計效果。
11.ACI在航空環保委員會問題上的職責	- CAEP應該至少每兩個週期（即6年）重新審查其所訂定的嚴格標準。 - ACI認為ICAO的標準應該是引領整個航空業，而不是為現有的航空器背書。 - 未來對噪音的標準應該對3個測量點以及總噪音量都要進行改善：新的跨音速航空器以及超音速運輸機都應該符合和亞音速航空器同樣的噪音標準。 - ACI支持對航空器單一噪音認證值；ACI反對使用多重認證標準，噪音值

政策	建議作法
	與其最大起飛重量相關。 - 在合格邊緣的Chapter 3航空器 (Marginally compliant chapter 3 aircraft)：最吵雜的Chapter 3航空器對機場的環境噪音量有相當大的影響。ACI認為那些僅高於認證標準5分貝以內的航空器，應逐步淘汰。
12. 徵收噪音相關費用，鼓勵營運者經營較安靜的機隊	- 許多機場都有將噪音相關費用納入收取的降落費當中。收費機制可以透過航空器的噪音認證標準或者實際測得的噪音量或其他相關系統。日本的成田機場是使用ACI的噪音評估指標為收費基準。而機場也都有規定違反標準的罰款，這些罰款通常用來回饋附近社區。 - ACI噪音評估指標 (ACI Noise Rating Index)：目前ICAO噪音認證分類系統並不足以分類Chapter 3及Chapter 4的航空器。ACI建議使用其噪音評估指標 (Noise Rating Index) 來做更詳細的評估。根據此指標，航空器根據他們三個噪音測量值，使用兩個評級標準，將所有航空器分類為A到F⁹ (ACI, 2005)。
13. 由地面產生的噪音源也必須納入減排措施中	- 由機場地面活動產生的噪音，包括：航空器的啟動、滑行、引擎測試、輔助動力裝置、地面服務設備、道路交通、供熱/供冷設備等。噪音限制通常應用在最接近機場的住宅區、房地產等。對於這些噪音源的噪音限制，管轄權通常來自當地或地區政府。 - 引擎啟動和滑行時產生的噪音可以透過屏障或柵欄來遮蔽。這個措施只對距離噪音源50公尺～100公尺的地區有用。然而，部分選擇居住於機場的居民，其原因可能是為了可以觀看滑行道的景色。而在超過100公尺的範圍，這些遮蔽就沒有用了，但可透過森林來吸收噪音，不過若是僅有單個或部分行道樹則沒有任何效果。 - 由引擎在原地運行或地面測試時產生的噪音，通常需要一個測試地區，這個區域通常為U形。這個地區，隔離牆必須堅固且高於引擎高度，並在表面有隔音防水層。U形半密閉設施通常可以減少3個方向10分貝的噪音，但在開放的那一面就幾乎沒有減少。 - 一個完全密閉的建築可以減少來自各方向10分貝的噪音，但必須有適當的通風。限制引擎的運轉時間是一個簡單的改善方法，但通常夜間維修需要在早上首次飛行前先測試引擎。 - 要減少由輔助動力系統產生的噪音，可以在航廈或貨物進出點，提供400 Hz的電源以及使用預先空氣調節系統 (pre-conditioned air, PCA)。 - 由地面服務設施所產生的噪音，可透過新式技術或隔音屏障來改善。 - 道路交通所產生的噪音通常管理權不在機場本身。要減少噪音（不減少交通量的狀況下），可透過建置屏障、多孔隙路面和調整道路。 - 由電力設施及供熱/供冷卻站以及其他設施所產生的噪音，最好是在設計階段解決，會比後續再進行改善較佳。

資料來源：ACI, 2009。

⁹ 參見民航局委託研究計畫期末報告，「航空噪音防制費收費公式之檢討」，民國 96 年 12 月。

目前全球機場主要之噪音減量措施包括：

- 飛機使用機場地面電源系統（Ground Power Unit, GPU），而限制飛機輔助動力系統之使用（Auxiliary Power Unit, APU）；
- 限制引擎測試時間；
- 使用單一引擎滑行；
- 機場夜間宵禁；
- 每年飛機起降架次數量限制；
- 噪音額度（Noise budget 或 Noise quota）規範，限制機場每月/年總噪音量，或航空公司噪音量額度，超出額度則給予罰款；
- 單一事件噪音量限制；
- 降落費依照飛機噪音量徵收或是徵收噪音費。

此飛機噪音問題可採用之措施又可大致分類為管制（regulations）和經濟措施（economic instruments）兩方面來進行說明。在管制方面又可包括：飛航操作、地面操作和機場營運管制等三方面，詳細之管制手段涵蓋：

一、在飛航操作（Flight operations）方面

- (一)飛航航線規劃（環保航線）（Preferred noise route, PNR）：避開住宅密度高之航線規劃。
- (二)持續下降操作（Continuous Descent Operation, CDO）：飛機起降階段採較低噪音進離場程序。
- (三)噪音管制進離場程序（Noise abatement procedures on landing and takeoff, NAP）：航線規劃避開住宅密集區域，許多主要之歐洲與美國機場，通常機場當局與主要飛航之航空公司會共同測試研擬，在不影響飛機操作安全之情況下，使用各機型之噪音干擾最小之飛航操作程序。例如：荷蘭 Amsterdam Airport Schiphol 與 AirFrance-KLM 航空、華盛頓 Reagan 機場與紐約 Kennedy 機場等。
- (四)優先跑道使用規劃（Preferential runway systems）：跑道起飛或降落之指派；可為噪音影響較小之某一跑道，在天氣狀況許可下優先指派；或跑道輪替使用，分散對鄰近居民噪音之影響程度等。此方式需要先進之飛航管理系統（Air Traffic Management, ATM），航管人員可在不影響飛航容量之下，達

到噪音干擾最小之目標。例如：美國波士頓 Logan 機場使用 ENPRAS (Enhanced Preferential Runway Assignment System)，協助航管人員指派飛機之起降。

二、在地面操作 (Surface operations) 方面

- (一)拖曳飛機 (Towing of aircraft)：包括將飛機拖曳至維修棚廠或另外一個登機門。
- (二)引擎發動或測試時間與地點之管制。
- (三)飛機輔助動力系統 APU (Auxiliary power unit) 之使用限制。
- (四)飛機降落滑行時引擎之反推力 (Reverse Thrust) 之限制。
- (五)滑行起飛之飛機數量限制：避免尖峰時間太多飛機停等於跑道起點，可於不影響跑道容量之情況下，降低噪音以及引擎污染物排放量。

三、在機場營運管制方面

- (一)時間帶指派 (Slot allocation) 參考飛機之噪音等級，進行航空公司機型與班次時間規劃：歐洲數個機場，例如：荷蘭 Schiphol 機場將飛機噪音納入 Slot coordination，以進行時間帶之規劃。
- (二)營運限額 (Operating quota)、夜間限額 (Night quota)：通常為各種不同機型給訂一噪音額度，將各種機型依飛航降次計算噪音總額，不可超過政府規定之夏季、冬季或一年之總營運限額。例如：英國 Heathrow 機場即使用此一規範。噪音總量限制 (Noise budget、Noise limit)：噪音之影響範圍或戶數不可超過一給訂之限制。例如：荷蘭 Schiphol 機場每年於等噪音線圖 (Noise contour) 內之噪音總影響戶數與涵蓋範圍，須於荷蘭政府之規定內。禁止 Chapter 2 或噪音量大之 Chapter 3 飛機使用，或老舊飛機使用限制。例如：荷蘭 Amsterdam 機場多年前已禁止 Chapter 2 之飛機起降，並進一步針對 Chapter 3 飛機引擎之旁通比 (Bypass ratio) 限制部分機型之使用。
- (三)宵禁 (Night curfews)：通常為夜間至清晨禁止飛機起降（但各機場之宵禁時間或相關規定均不同），星期假日有時有不同之宵禁限制；有些機場甚至針對違反宵禁規定之航班課徵重罰 (penalty)，例如：英國 London-Heathrow 機場。

(四)噪音罰款徵收 (Noise penalty)：可屬噪音管制方式之一。全球少數機場已徵收噪音罰款，徵收之時機包括：偏離航道、違反晚間營運限制、超過最大容許噪音值。

在經濟措施方面，則主要為徵收噪音費或是降落費依照飛機噪音進行加成或減少。機場通常利用所徵收之噪音費或降落費補助機場周邊受噪音影響之住戶，主要方式仍以補助噪音防制區內住戶之住宅隔音設備為主。我國之補助住戶單位多以行政區域（村、里）為最小單位，因此，應補助戶數較實際受影響戶數多出許多¹⁰。在現有之收費制度下，隨著國內線部分機場航班運量之下降，噪音防制費徵收金額減少，預期補助住戶設置噪音隔離設備之作業將會更加緩慢與困難。而運量快速上升之機場（如松山機場）則因為新增受影響住戶，因此，所需補償之住戶數勢必將增加。

相較於荷蘭、法國或美國，這幾個國家之機場，噪音補助範圍完全針對等噪音線 (Noise contour) 內之居民，進行非常嚴格之區分¹¹；在一定噪音值上則給予補助，以戶為單位，並非依照村里之整體概念。

至於補償區域因各國使用之噪音指標不同，因此，甚難有一比較基準，但以美國為例（與我國相同皆使用 L_{dn} (Day Night Noise Level) 噪音指標），其補助區域乃至 DNL 65 分貝，較我國嚴格。在補償金額方面，各國通常規定室內音量應低於一定值，因此，依照所需之隔音設備多寡，其補償金額差異相當大。

3.1.2 國內機場運量與噪音相關資料

目前全國共有 17 座公告應設置自動監測設備連續監測機場周圍地區飛航噪音狀況之航空站，共有 199 座固定式航空噪音監測站（表 2.2-1）。表 3.1-2 列出我國 17 個機場之客運量與飛機起降數資料，表 3.1-3 則列出我國設置噪音監控並徵收噪音防制費之 10 個機場。

¹⁰ 我國目前噪音補助範圍界定完全依據航空噪音防制區，與等噪音線沒有絕對的相關；建議未來相關政策可明訂在等噪音線之下限值 (Threshold) 內之影響戶數，依法可給予補助，此舉將可使得補助戶數即為實際受影響戶數。

¹¹ 依據荷蘭民航局之規定，若等噪音線通過一個住戶之房屋，則噪音隔離設施僅包括等噪音線內之門窗，而等噪音線外之門窗則依照規定不予設置任何隔離措施。

依照我國機場運量與營運特性，將機場區分約 4 種類型，分別為：

- 特等機場（桃園國際航空站）；
- 主要甲等機場（臺北、高雄國際航空站）；
- 軍民合用機場（臺南、花蓮、馬公、嘉義、臺中）；
- 其他乙、丙等機場（金門、臺東航空站）；
- 離島機場（七美、望安、蘭嶼、綠島、北竿、南竿）。

依據各類機場特性，與國外之類似特性機場比較其噪音管理措施。

機場航機起降、維修及地面試車產生之噪音，影響所及機場周圍地區居民生活環境品質，需透過不同管道不斷要求環保單位及民（軍）航管理單位解決。然因國內地狹人稠，加上航空噪音具有高空傳遞及影響面積廣大等特性，致使單就減低噪音源或阻絕傳播途徑等防制措施不易產生效果。表 3.1-4 說明現行民航噪音防制補助之經費來源、申請人、回饋範圍及經費用途重點。

表 3.1-5 統整我國機場目前之噪音管理措施並與 ICAO 建議之平衡作法（Balanced Approach, BA）進行對照。所以我國機場在由發生源減少噪音、土地使用規劃、飛航操作限制、機場營運限制，以及徵收噪音費等均有相關之作法。

表 3.1-2 各航空站 2018 年客貨運量與飛機起降數

航空站	客運量（人次）	貨運量（噸）	飛機起降數（架次）
1.桃園國際航空站	46,535,180	2,322,820	256,069
2.臺北國際航空站	6,225,932	47,133	58,056
3.高雄國際航空站	6,973,845	73,542	60,155
4.臺南航空站	475,844	758	6,367
5.花蓮航空站	192,900	157	4,193
6.臺東航空站	327,107	241	42,857
7.馬公航空站	2,528,820	38,958	6,183
8.嘉義航空站	83,032	190	1,483
9.臺中航空站	2,638,774	3,757	30,838
10.金門航空站	2,429,828	6,778	32,874
11.七美航空站	19,723	4	1,990
12.望安航空站	1,524	-	186
13.蘭嶼航空站	49,617	42	3,316
14.綠島航空站	25,871	27	2,702
15.北竿航空站	92,203	374	2,018
16.南竿航空站	303,931	1,331	5,809
17.恆春航空站	-	-	42

資料來源：民航局民航統計月報，本計畫整理。

表 3.1-3 各航空站歷年噪音防制費概估金額與應補助住戶數量統計

航空站	概估金額（元）	數量（戶）
1.桃園國際航空站	4 億元	25,130
2.臺北國際航空站	1 億元	75,800
3.高雄國際航空站	1 億元	51,884
4.臺南航空站	3,655 萬元（含空軍 2,055 萬元）	116,169
5.花蓮航空站	3,355 萬元（含空軍 2,155 萬元）	68,285
6.臺東航空站	750 萬元	3,370
7.馬公航空站	2,300 萬元（含空軍 200 萬元）	1,409
8.嘉義航空站	1,645 萬元（含空軍 1,145 萬元）	8,443
9.臺中航空站	1,700 萬元（含空軍 1,000 萬元）	9,080
10.金門航空站	1,500 萬元	1,265

資料來源：交通部民用航空局及國防部軍用機場，2010。除了恆春航空站已幾無航班營運之外，七美、望安、蘭嶼、綠島、北竿及南竿等 6 座航空站僅辦理「機場回饋金」工作，故相較表 3.1-2 之 17 座機場，僅有 10 座機場徵收噪音防制費。其中，純軍用機場無徵收噪音防制費，為編列預算制。

表 3.1-4 噪音防制費與機場回饋金

項目	噪音防制費	機場回饋金
經費來源	依據「民用航空法」第 37 條暨「使用航空站飛行場助航設備及相關設施收費費率表」之規定向航空公司徵收噪音防制費。	依據「民用航空法」第 37 條規定提撥場站降落費之 8%作為機場回饋金。
申請人及回饋範圍	係指申請時位於各級航空噪音防制區內之住戶、學校、圖書館、醫院、托育機構及劃設航空噪音防制區之各直轄市、縣（市）政府。	經直轄市、縣（市）政府公告之各航空站周圍航空噪音防制區；未公告噪音防制區之航空站，其回饋金之回饋範圍，由航空站與所在地鄉（鎮、市、區）公所會同訂定之。
經費用途	依據「國營航空站噪音防制費分配及使用辦法」第 6 條之規定，噪音防制費之用途如下： 1.補助航空站附近航空噪音防制設施所需之費用，含設置費用及學校、圖書館、托育機構噪音防制設施所需之維護費用。 2.補助相關居民健康維護、電費、房屋稅及地價稅。 3.辦理各項航空噪音防制措施所需之航空噪音監測、防制、審查作業及技術研發等相關工作之費用。 4.辦理第一款至第三款航空噪音防制業務所需之行政作業費用。	依據「國營航空站回饋金分配及使用辦法」第 4 條之規定，機場回饋金之用途如下： 1.維護居民身心健康之補助：指有關提升生活環境品質及醫療保健事項。 2.獎助學金之補助：指有關獎勵成績優異及補助清寒學生事項。 3.社會福利之補助：指有關補助中低收入戶、身心障礙者及急難救助事項。 4.文化活動之補助：指有關補助地方民俗節慶及提升教育文化水準事項。 5.基層建設經費之補助：指有關改善村（里）道路、交通、水利、治安、環境、清潔衛生及宗教文化設施遷、改建事項。 6.公益活動之補助：指與促進公共利益有關活動事項。 7.航空站或鄉（鎮、市、區）公所辦理回饋金業務之行政作業費用。

資料來源：本計畫整理。

表 3.1-5 我國目前航空噪音減量相關措施並與 ICAO 平衡作法對照

類別	措施
一、由發生源減少噪音-飛機噪音認證標準	依循 ICAO 針對噴射機、螺旋槳飛機與直昇機之認證標準。
二、機場周邊土地規劃與管理	1.航空噪音防制區分級標準 機場周圍地區依其受航空噪音影響程度，分為三個等級之航空噪音防制區。 2.航空噪音防制區土地規劃原則 地方政府應依下列原則，檢討及規劃各級航空噪音防制區內之既有土地使用及開發計畫： - 第一級航空噪音防制區：應檢討現有土地使用及開發計畫； - 第二級航空噪音防制區：不得新建學校、圖書館及醫療機構； - 第三級航空噪音防制區：不得新建學校、圖書館、醫療機構及不得劃定為住宅區。
三、飛機操作噪音管制程序	- 採用噪音減量飛航操作程序； - 噪音減量環保航線。
四、機場營運限制	- 機場宵禁； - 飛機輔助動力系統使用限制； - 引擎測試與熱車限制。
五、市場措施	針對航機起降徵收噪音防制費，以作為各機場噪音防制工作之經費來源。
機場布設型式改善	- 重新規劃試車區域； - 機場周圍保留綠地； - 建造隔音牆。
噪音監控系統	依據噪音管制法第 16 條第 1 項，經中央主管機關公告之航空站，應設置自動監測設備，連續監測其所在機場周圍地區飛航噪音狀況。前項監測結果，應作成紀錄，並依規定向當地主管機關申報。

資料來源：本計畫整理。

3.1.3 我國機場可行噪音管理措施建議

綜合上述，並與前一章全球主要機場噪音措施回顧進行比較，以及考量全球噪音管理趨勢，本研究提出以下幾項措施為我國未來可以施行之方向（表 3.1-6），並詳細說明如後。

表 3.1-6 我國機場可行之噪音管理措施

面向	建議之可行措施
在自主管理與經濟誘因方面	1. 飛機噪音自主管理措施； 2. 降落費依照飛機噪音（與廢氣排放）計算；
在噪音量限制方面	3. 單一噪音量限制，以認證噪音為基準； 4. 夜間噪音限額（Night noise quota）；
在飛航操作方面	5. 飛航採用持續下降操作（Continuous Descent Operation, CDO）； 6. 噪音優先路線（Noise Preferential Routes, NPRs）； 7. 優先跑道使用規劃（Preferential runway systems）；
在與民眾溝通方面	8. 反應居民感受之噪音指標； 9. 建置航線追蹤網站。

資料來源：本計畫整理。

一、飛機噪音自主管理措施

國際間有數個機場採用航空公司自主管理措施，通常稱為「靜飛計畫（Fly quiet program）」，表 3.1-7 列出英國倫敦 Heathrow 機場、美國舊金山、芝加哥、休士頓與奧克蘭機場之靜飛計畫主要內容。其中以倫敦 Heathrow 機場使用 7 項之評比指標最多，且除了噪音外並考量飛機之廢氣排放量；舊金山機場使用了 6 項噪音指標；芝加哥 O' Hare 機場則主要使用 1 項指標評比，其他則僅列出資料方式展現。休士頓行政機場與奧克蘭機場則主要由塔台航管人員以減噪航線與程序方式執行，並未針對航空公司進行評比。表 3.1-8 進一步列出倫敦 Heathrow、舊金山與芝加哥 O' Hare 機場之評比指標。

英國倫敦 Heathrow 機場自從 2003 年開始施行 Fly quiet 計畫，近年來又考量航班起降之廢氣排放，因此，稱為 Fly quiet and green 計畫，共有 7 項不同指標，每一項又給予不同權重，並依照航空公司於各項指標之表現結果給予綠色/橘色/紅色之評比（綠色通常在前 60%/75%/90%等不同，紅色通常為較差之 10%），最後再加總給予總評分（0 分～1,000 分）並排序，並公布在機場網頁（參見表 3.1-9 之部分評比資料）。而由於機場之降落費依照飛機之廢氣排放變動（於後續有關降落費中說明），因此，透過此經濟誘因希望航空公司使用安靜與乾淨之機型。

舊金山機場依照其 6 項評比指標（評分間距 0 分～10 分）給予評分，最後加總給予總評比將各航空公司排序（參見表 3.1-10）。每年會選取最安靜航空公司（Quietest overall airline）、改善最多航空公司（Most improved airline）、主席獎

（Chairperson's award）等三家航空公司給予頒獎，希望透過此計畫影響航空公司於舊金山使用之機隊與飛行航道，使得噪音影響範圍減少。

芝加哥機場在航空公司評比方面則主要展現夜間偏離航道之架次與平均距離（參見表 3.1-11）。

表 3.1-7 各式機場自主管理措施與噪音防制

國家	都市	機場	主旨	說明
英國	倫敦	Heathrow (LHR)	Fly Quiet and Green	- 共使用 7 項噪音與廢氣排放相關指標。每隔 3 個月，希思羅機構就會發布這張排行榜，顯示 7 種噪音和排放標準的紅/橘色/綠色評級。 - 它展示了希思羅機場成功的 Fly Quiet 計畫，該計畫追蹤了自 2013 年以來航空公司的噪音表現，並激勵航空公司在機場使用更安靜的飛機類型和操作程序。它增加了兩個基於排放的標準，評估飛機使用的發動機類型（“CAEP”得分）和飛機在每個座位的 NO_x 排放（“氮氧化物/座位”得分）時的效率。 - 作為機場減少夜間飛機數量的努力的一部分，並為當地居民提供更可預測的噪音暫停時間，新表還包括一個新的指標，追蹤 23:30 到 04:00 之間的非表定航班起降。
美國	舊金山	舊金山 (SFO)	靜飛計畫 Fly Quiet Program	- 採用 6 項噪音指標評比。其中 Fleet Noise Quality Rating 評估每個航空公司之機隊在舊金山機場營運時的噪音。 - 航空公司通常擁有多種類型的飛機，並根據營運和營銷進行安排。若航空公司使用較新、較安靜的新型飛機會獲得較高的評級；反之，航空公司則會得到較低的評級。這樣的評級方式，會使航空公司從他們的機隊裡安排特定的飛機飛入舊金山機場。
美國	芝加哥	O' Hare (ORD) Midway (MDW)	靜飛計畫 Fly Quiet Program	Fly Quiet Program 為一項自願性的計畫，鼓勵飛行員及空中管制人員使用由芝加哥航空局（CDA）與 O'Hare 噪音委員會（ONCC）合作開發的指定夜間優先跑道和飛行軌道。這些優先跑道旨在將飛機引導至人口密度較低的地區，例如：森林保護區或高速公路，以及商業和工業區。
美國	休士頓	Houston Executive (KTME)	靜飛計畫 Fly Quiet Program	休士頓行政機場重視周遭居民對於噪音的感受，所以實施了自願性的靜飛計畫。靜飛程序由塔台管理，所有的減噪程序旨在最大程度地降低住宅區附近的噪音，此項計畫應在不影響安全的前提下實施。

國家	都市	機場	主旨	說明
美國	奧克蘭	Oakland (OAK)	靜飛計畫 Fly Quiet Program	奧克蘭機場一直致力於減少噪音對周圍居民的影響，鼓勵所有機師使用減噪程序，儘可能避開對噪音高度敏感的住宅區，應在不影響安全的前提下實施。

資料來源：本計畫整理。

表 3.1-8 主要機場靜飛計畫評比指標比較

機場	評比指標
倫敦 Heathrow (LHR)	1. 每一座位之噪音額度 (Quota/seat)：依據 Heathrow 之飛機噪音額度 (Quota count) 點數，除上每架飛機之座位數； 2. ICAO 飛機噪音認證類別：依照 ICAO 飛機認證噪音值類別給予不同評分，類別區分為 Chapter 3、Chapter 4 高噪音/基本、Chapter 14 高噪音/基本/低噪音等 6 類； 3. 每一座位之氮氧化物排放 (NO_x/seat)：每一架次起降階段排放之氮氧化物總量，除上每架飛機之座位數； 4. ICAO CAEP 引擎排放認證標準：依照 CAEP 引擎排放認證給予不同評分，分別為 CAEP 前/2/4/6/8 等 5 類；Heathrow 之降落費亦依照飛機引擎排放物計算； 5. 未遵守 CDA 之航班：使用 CDA 抵達之航班噪音可減少約 5 分貝，本指標可以記錄未使用 CDA 之航班； 6. 偏離航道航班：未使用噪音優先航道之航班； 7. 深夜航班：計算 23:30 至 04:30 之架次。
舊金山 (SFO)	1. 機隊噪音品質：以飛機 ICAO 認證噪音為基準； 2. 噪音超標：超過各噪音監測點之可容許噪音值； 3. 夜間優先跑道利用：在 01:00 a.m.~06:00 a.m.時段，儘可能增加飛越海域的班機數； 4. 海岸線離場品質：利用 SFO 28 L/R 跑道離場的飛機，採取目視飛航規則之海岸線離場程序； 5. 間隙離場品質：利用 SFO 28 L/R 跑道離場的飛機，飛機飛得越高，得分越高； 6. 福斯特城進場品質：11:00 p.m.~06:00 a.m.之間，儘可能導引飛機飛越海灣利用 28 L/R 跑道進場，飛越海灣進場的飛機評分較高，飛越社區進場的飛機評分則較低。
芝加哥 O'Hare (ORD)	1. 夜間噪音優先航道：計算各航空公司夜間 (20:00~07:00) 偏離航道班機數，以及其平均偏離距離；在 0.5 海里間用綠色標示、0.5 海里至 1.0 海里用橘色、1.0 海里用紅色表示 (參見表 3.1-11)。 2. 夜間抵達架次：顯示各航空公司於不同跑道夜間抵達架次； 3. 地面引擎測試作業：顯示未於標示區域之比例。

資料來源：本計畫整理。

表 3.1-9 英國倫敦 Heathrow 機場 Fly quiet and green 評比結果

The League Table

Q2 2019

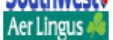
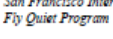
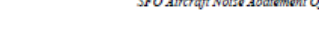
Airline		Score 
1.	 Scandinavian Airlines System	948 
2.	 British Airways - short haul	948 
3.	 Aer Lingus	922 
4.	 United Airlines	914 
5.	 British Airways - long haul	892 
6.	 Qantas Airways	892 
7.	 Oman Air	887 
8.	 Air Malta	884 
9.	 Delta Air Lines	877 

<https://www.heathrowflyquietandgreen.com/q2-2019/>

1/5

資料來源：英國倫敦 Heathrow 機場網頁，<https://www.heathrowflyquietandgreen.com/q2-2019/>。

表 3.1-10 舊金山機場 Fly Quiet 各航空公司各季總評比

Airline Fly Quiet Summary Report - 1st Quarter 2019							January 1 to March 31, 2019	
Airline	Fleet Noise Quality	Noise Exceedance	Nighttime Runway Use	Departures Shoreline Gap	Arrivals Foster City	Final Score	Airline Fly Quiet Rating	
 VIR	8.17	9.97	10.00	-	9.69	-	9.46	
 JAL	7.15	9.94	-	-	8.61	-	8.57	
 ANA	7.15	9.94	-	-	8.23	-	8.44	
 SAS	8.12	9.83	-	-	6.39	-	8.11	
 UAE	10.00	9.77	-	-	4.46	-	8.08	
 AAY	6.43	10.00	-	-	6.88	-	7.77	
 SKW	10.00	9.93	5.28	9.11	5.88	5.55	7.62	
 ANZ	7.01	9.76	-	-	5.88	-	7.55	
 CES	6.06	10.00	-	-	6.41	-	7.49	
 CRK	9.50	10.00	-	-	2.67	-	7.39	
 SWR	7.15	9.88	-	-	5.10	-	7.38	
 CCA	9.90	9.89	0.00	-	9.33	-	7.28	
 AIJ	4.85	9.60	5.00	-	9.25	-	7.18	
 DAL	6.27	9.64	5.19	7.30	7.39	6.93	7.12	
 AFR	7.15	9.94	-	-	4.11	-	7.07	
 JZA	10.00	9.95	6.67	7.38	3.33	5.00	7.06	
 ACA	7.10	9.57	6.67	6.90	6.85	5.23	7.05	
 FFT	4.97	9.60	4.84	10.00	4.55	7.98	6.99	
 UAL	5.96	9.51	4.62	8.39	7.45	5.55	6.91	
 SWA	5.93	9.60	4.25	9.82	5.28	6.46	6.89	
 EIN	4.05	9.94	-	-	6.22	-	6.74	
 ICE	4.29	10.00	-	3.75	8.75	-	6.70	
 IBE	4.05	10.00	-	10.00	2.74	-	6.70	
 FBU	9.50	9.81	0.00	6.67	9.17	5.00	6.69	
 CSN	7.15	6.87	-	-	5.82	-	6.61	
 FDX	3.83	8.78	-	8.13	7.14	5.14	6.60	
 THY	7.15	9.66	-	-	2.97	-	6.59	
 CKS	3.81	7.34	-	8.00	8.69	5.00	6.57	
 SCX	5.82	9.48	5.00	7.50	4.25	7.14	6.53	
 ASA	5.08	9.56	5.44	8.33	4.46	5.59	6.41	
							6.38	SFO AVERAGE
 KLM	5.34	10.00	-	0.38	9.58	-	6.33	
 JBU	4.75	9.54	5.98	7.34	3.36	6.60	6.26	
 AAL	4.91	9.48	4.62	8.32	3.52	6.61	6.24	
 DLH	9.09	7.57	3.33	5.00	7.04	5.00	6.17	
 TAI	4.87	7.54	4.00	-	7.50	5.00	5.78	
 CPA	7.54	6.77	2.00	-	6.05	-	5.59	
 VOI	4.85	8.77	0.00	-	9.17	5.00	5.56	
 AMX	5.82	8.45	2.78	-	4.29	5.83	5.44	
 HAL	4.05	8.80	3.33	-	5.43	5.00	5.32	

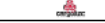
San Francisco International Airport
Fly Quiet Program

Page 1

SFO Aircraft Noise Abatement Office

資料來源：舊金山機場 Fly Quiet report，2019 年第 1 季。

表 3.1-11 芝加哥 O'Hare 機場各航空公司夜間偏離航道架次

Nighttime Preferential Flight Track Summary Chicago O'Hare International Airport Period: 2 nd Quarter 2019 Time of Day: Fly Quiet Mode (FQM)						
Runway 10L Departures			2 nd Quarter 2019		2 nd Quarter 2018	
Airline	Name	Type ¹	Departures	Average Deviation (nautical miles)	Departures	Average Deviation (nautical miles)
Aerologic		C	9	0.16	12	0.20
AeroMexico		P	40	0.21	52	0.24
Air China Cargo		C	1	1.01	--	--
Air France		P	20	0.12	6	0.12
Air India		P	1	0.17	1	0.29
AirBridge Cargo Airlines		C	15	0.24	19	0.30
Alaska Airlines		P	6	0.18	7	0.13
American Airlines		P	174	0.28	124	0.24
American Eagle/Envoy		P	22	0.20	17	0.20
American Eagle/PSA Airlines		P	1	0.29	3	0.27
Asiana Airlines		P	37	0.17	57	0.26
Atlas Air		C	56	0.18	23	0.15
Avianca		P	6	0.47	--	--
British Airways		P	2	0.32	--	--
CargoLogicAir		C	4	0.10	--	--
Cargolux Airlines		C	14	0.21	23	0.23
Cathay Pacific Airways		P	6	0.29	22	0.41
China Airlines		C	3	0.62	5	0.18
China Cargo Airlines		C	4	0.17	6	0.22
China Southern Airlines		C	3	0.09	2	0.11
Delta Air Lines		P	11	0.22	--	--
Delta Connection/Endeavor Air		P	1	0.15	--	--
Emirates		P	9	0.19	7	0.16
Ethiopian Airways		P	2	0.16	--	--
Eva Airways		P	26	0.11	37	0.14
FedEx		C	82	0.18	84	0.19
Finnair		P	1	0.38	--	--
Frontier Airlines		P	12	0.20	12	0.19
General Aviation		--	6	0.24	8	0.14
Icelandair		P	7	0.15	--	--
Interjet		P	42	0.31	44	0.21
JetBlue Airways		P	5	0.12	6	0.14
Kalitta Air		C	12	0.19	26	0.24
Korean Air Lines		P	17	0.21	14	0.15
LOT		P	4	0.18	17	0.15
Lufthansa		P	35	0.16	32	0.13
Lufthansa Cargo		C	6	0.21	9	0.12
National Air Cargo		C	1	0.13	3	0.26
Nippon Cargo Airlines		C	2	0.47	24	0.25
Norwegian Air UK		P	1	0.26	4	0.13
Qantas Airways		C	8	0.22	9	0.16
Qatar Airways		P	20	0.15	15	0.16
Republic Airlines		P	6	0.25	8	0.14
Scandinavian Airlines		P	2	0.09	7	0.20
Silk Way West Airlines		C	3	0.38	4	0.42
Sky Lease Cargo		C	1	0.43	--	--
Sky West Aviation		P	35	0.24	29	0.15
Spirit Airlines		P	31	0.18	32	0.16
Suparna Airlines		C	3	0.31	1	0.04
Turkish Airlines		P	14	0.22	9	0.42
United Airlines		P	53	0.17	60	0.24
United Express/Air Wisconsin		P	10	0.27	17	0.23
United Express/ExpressJet		P	3	0.28	2	0.29
United Express/Gojet		P	6	0.19	4	0.20
United Express/Trans States		P	3	0.05	2	0.17
UPS		C	25	0.19	36	0.18
Volaris		P	9	0.27	6	0.61
Western Global Airlines		C	6	0.26	4	0.20
Overall			944	0.22	951	0.22

Green represents a deviation of less than 0.5 nautical miles
Orange represents a deviation between 0.5 and 1.0 nautical miles
Red represents a deviation greater than 1.0 nautical mile
 Note 1: Passenger Carrier (P) or Dedicated Cargo (C)

二、降落費依照飛機噪音（與廢氣排放）計算

依據 Boeing 網頁之資料彙整，全球有 21 個國家超過 120 個機場，有噪音相關之機場使用費（Noise charges 或 Noise surcharges），其中以歐洲地區之國家最多，其次為亞洲（參見表 3.1-12）。而噪音相關費用之徵收，除了如我國之噪音防制費外（其中又區分為使用量測噪音或 ICAO 認證噪音），亦有多國之降落費依照飛機噪音等級加成或減少，其中又以依據 ACI 飛機噪音分類為基準之作法居多（表 3.1-13）。ACI 飛機噪音等級分類乃是依據各機型 ICAO 噪音認證實際值與標準值之差異（減少之分貝數），將機型區分為 8 類（表 3.1-14）。

我國自 1996 年開始徵收噪音防制費，至今已超過 20 年了，為了進一步增加航空公司使用安靜機型之誘因，有必要檢討此噪音費之徵收公式與成效，考量國際間最新趨勢（例如：降落費依照飛機噪音等級加成或減少），以經濟誘因方式減少機場噪音影響。（民航局曾於 2007 年委託計畫協同主持人等團隊進行「航空噪音防制費收費公式之檢討」研究計畫，考量國際間噪音費徵收公式最新發展與國內行政作業現況，提出適用於我國之噪音防制費徵收公式供民航局參考。）

表 3.1-12 機場徵收噪音相關費用之國家

區域	國家
歐洲	奧地利、比利時、克羅埃西亞、賽普勒斯、捷克、芬蘭、法國、德國、匈牙利、盧森堡、荷蘭、波蘭、羅馬尼亞、西班牙、瑞典、瑞士、英國
亞洲	日本、南韓、台灣
北美	美國*

資料來源：本研究彙整，參考自 Lu, Acoustics, Hong Kong, 2012.

註：*僅 Palm Beach 機場。

表 3.1-13 噪音費機制分類

噪音依據基準	分類	國家（機場）
依據 ACI 飛機噪音分類為基準	以降落費為基準加成或減收	比利時（布魯塞爾）、法國（巴黎 CDG）、日本（東京成田）、荷蘭（阿姆斯特丹 Schiphol）、南韓（金浦）、西班牙（馬德里）
	噪音費	捷克（布拉格）、波蘭（華沙）
依據絕對噪音值（噪音費）	依據量測噪音之噪音費	德國（法蘭克福）、瑞士（蘇黎世）
	依據 ICAO 認證噪音之噪音費	奧地利（維也納）、匈牙利（Budapest）、日本（東京羽田）、瑞典（Stockholm）、台灣（11 個機場）、英國（倫敦 Heathrow）、美國（Palm Beach）
其他	夜間噪音附加費	賽普勒斯（Pafos）、芬蘭（Helsinki）、盧森堡、羅馬尼亞（Bucharest）
	針對老舊之 Chapter 3 機型收費	澳洲（Brisbane）

資料來源：本研究彙整，參考自 Lu, Acoustics, Hong Kong, 2012.

表 3.1-14 ACI 飛機噪音等級分類

Criteria to be met concurrently	Categories (and Former Categories)							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
	(F)	(E)	(D)	(C)	(B)	(A)		
Cumulative EPNdB reduction from ICAO Chapter 3 standard of at least:	Less than 0	0 or more	5 or more	10 or more	15 or more	20 or more	25 or more	30 or more
Individual EPNdB reduction from ICAO Chapter 3 Standard at each noise measurement point of at least:	Not applicable	0	1	2	3	4	5	6

資料來源：Airports Council International, ACI Noise Rating Index, 2010.

如前述說明，英國倫敦 Heathrow 機場的降落費包含噪音費（Noise charges）及排放費（Emissions charges），此費用是基於最大起飛重量、引擎 NO_x 的排放以及側向、飛越及降落的噪音認證值。此外，全球目前已有英國、德國、瑞士、瑞典與丹麥等國家共 20 幾個機場，徵收飛機引擎排放費（Aircraft engine emissions charges），主要皆依據 NO_x 的排放有不同之單位費用。表 3.1-15 列出噪音費之徵收機制，依照飛機噪音量區分為 6 個等級，有不同之噪音費用（Heathrow Airport, 2019）。

此外，針對夜間航班，任何非定期或未分配配額的到離航班，噪音費是一般收費的 2.5 倍。除噪音收費外，所有超過 8,618 公斤的固定翼飛機，每次降落均須繳納氮氧化物（NO_x）排放費，每公斤 NO_x 的排放費為£18.33。以 777-300ER 為例：每一起降程序大約排放 70 公斤的 NO_x，排放費則為£1,283（以匯率 39 元計之，則約為新臺幣 50,000 元）；若以 A321 為例，大約排放 13 公斤的 NO_x，排放費則為£238（以匯率 39 元計之，則約為新臺幣 9,300 元）。

表 3.1-15 英國倫敦 Heathrow 機場依照噪音等級之降落費

噪音費種類						
直升機	£1,378.08					
小於 16 公噸的固定翼飛機	£3,010.03					
	Chapter 3	Chapter 4 High	Chapter 4 Base	Chapter 14 High	Chapter 14 Base	Chapter 14 Low
超過 16 公噸的固定翼飛機－	£11,705.68	£3,344.48	£3,010.03	£2,441.14	£1,672.24	£1,003.34

非夜間配額期間						
超過 16 公噸的固定翼飛機－夜間配額期間	£29,264.20	£8,361.20	£7,525.08	£5,852.85	£4,180.60	£2,508.35
噪音收費標準						
標準	Chapter 3	Chapter 4 High	Chapter 4 Base	Chapter 14 High	Chapter 14 Base	Chapter 14 Low
Chapter 14 或當量	否	否	否	是	是	是
從 ICAO Chapter 3 標準累計減少 EPN dB 至少*：	低於 10	低於 15	低於 17	低於 20	低於 23	23 或以上

資料來源：Heathrow Airport Limited Conditions of Use including Airport Charges from 1 January 2019, 3 August 2018。註：*代表三個監測點（側向、飛越、降落）的特定飛機噪音認證值與 Chapter 3 限制之間的差異總和。

三、單一噪音量限制，以認證噪音為基準

以 ICAO 認證噪音值為單一噪音量限制之機場包括：法國戴高樂機場、英國 Manchester、倫敦 Gatwick、Stansted 與 City 等數個機場。表 3.1-16 列出這些機場之主要限制說明。因是採用認證噪音，因此，超出認證噪音之機型無法起降，異於監測噪音限制採用罰款之型式。

表 3.1-16 採用噪音量限制之主要機場 – 以 ICAO 認證噪音為基準

國家	城市	機場	說明
法國	Paris	Charles de Gaulle (CDG)	使用 ICAO 認證起飛/降落噪音，最大音量限制在 99 EPN dB~104.5 EPN dB，分為 2 個管制時段：(1) 00:00~04:59、(2) 03:30~05:29。
英國	Manchester	Manchester (MAN)	使用 ICAO 認證起飛/降落噪音，最大音量限制在 99 EPN dB，適用在夜間（23:00~06:59）時段。
英國	London	London Gatwick (LGW)	使用 ICAO 認證起飛/降落噪音，最大音量限制在 99 EPN dB，適用在夜間（23:00~06:59）時段。
英國	London	London Stansted (STN)	使用 ICAO 認證起飛/降落噪音，最大音量限制在 96 EPN dB，適用在夜間（23:30~06:00）時段。
英國	London	London City (LCY)	使用 ICAO 認證起飛、側向、降落噪音，最大音量限制為起飛、側向、降落噪音之加總不得超過 271，全天實施管制。

資料來源：本計畫整理。

四、夜間噪音限額（Night noise quota）

英國希斯羅機場、蓋特威克機場及曼徹斯特機場實施限額制度（Quota Count, QC）已行之有年，主要用於限制夜間（23:30～06:00）飛機活動產生的噪音。飛機越安靜，QC 值越小；反之則愈大。通常為各種不同機型給訂一噪音額度，根據飛機噪音認證數據，將各種機型依飛航降次計算噪音總額，不可超過政府規定之夏季、冬季或一年之總營運限額。例如：英國曼徹斯特機場即使用噪音限額（Noise quota）。而 QC 系統經過改編，適用於馬德里、布魯塞爾機場。表 3.1-17 列出採用噪音限額之主要機場。

表 3.1-17 採用噪音限額之主要機場

國家	城市	機場	說明
英國	Manchester	Manchester (MAN)	(1)限制夜間起降不超過機場總起降量的 7%。 (2)23:00～06:59 間，不允許 QC 16 或 QC 8 飛機到達或離開。23:30～05:59 之間，QC 4 飛機將不被安排起飛。 (3) 23:00～06:59 之間，將對超過噪音限值的航空器實施處罰： 23:00～23:29：82 dB(A)； 23:30～05:59：81 dB(A)； 06:00～06:59：82 dB(A)。 對於超出限值的第 1 分貝將處以 750 英鎊的罰款，此後每增加 1 分貝罰款 150 英鎊。 (4) 23:00～06:59 之間不允許使用目視進場。 (5)非標準班次通常不會在 23:00～06:59 之間簽發。 (6)早班時間不會在 23:00～06:59 之間發出。 (7)所有飛機將於 22:00～05:59 之間進場曼徹斯特。 (8)除非使用 1 號跑道不安全或關閉進行維修，2 號跑道在 22:00～05:59 之間不能被使用。
英國	London	Gatwick (LGW)	(1) QC 系統已被證明是有效的並且將被保留。噪音認證級別仍然是音量控制分類的基礎。 (2)保持對於夜間（23:00～07:00）和夜間配額期間（23:30～06:00）的定義。 (3)保持到達 9 EPN dB 調整。 (4)豁免類別不再按重量，而是按噪音等級確定（飛機低於 84 EPN dB 可免於夜間限制）。 (5) QC / 0.25 頻段為 84 EPN dB 至 86.9 EPN dB。此類飛機在夜間總配額中占 0.25。 (6) QC / 4 分類飛機在夜間配額期間（23:30～06:00）受到時間安排的限制。這不是一項禁止營運，在飛機嚴重延誤的情況下，將允許飛機在此期間起降。 (7)此外，目標是逐步鼓勵使用更安靜的飛機，意即未來幾年每季整體夜間配額逐步減少。

國家	城市	機場	說明																																																
英國	London	Stansted (STN)	(1) QC 系統已被證明是有效的並且將被保留。噪音認證級別仍然是音量控制分類的基礎。 (2)保持對於夜間（23:00～07:00）和夜間配額期間（23:30～06:00）的定義。 (3)保持到達 9 EPN dB 調整。 (4)豁免類別不再按重量，而是按噪音等級確定（飛機低於 84 EPN dB 可免於夜間限制） (5) QC / 0.25 頻段為 84 EPN dB 至 86.9 EPN dB。此類飛機在夜間總配額中占 0.25。 (6) QC / 4 分類飛機在夜間配額期間（23:30～06:00）受到時間安排的限制。這不是一項禁止營運，在飛機嚴重延誤的情況下，將允許飛機在此期間起降。 (7)此外，目標是逐步鼓勵使用更安靜的飛機，意即未來幾年每季整體夜間配額逐步減少。																																																
英國	London	City (LCY)	- 新的 ANCS（飛機噪音分類計畫）是基於 2009 年許可和 CADP1 的三個原則： (1)每年允許多達 120,000 架飛機起降和 120,000 架 NFM（Noise Factored Movement），一旦實施 CADP1，減少到 111,000 次實際起降數和 120,000 次 NFM。 (2)限制在機場運行的最嘈雜的飛機類型。 (3)設定噪音配額，控制每週和每年發出的噪音量。 - 在機場運行的每架飛機將根據其認證的噪音量，為進場和離場操作分配單獨的噪音額度（QC）分數，並以 1 dB 作為分級： <table><tr><th>Noise Level Band, EPN dB</th><th>Quota Count (QC) Classification</th></tr><tr><td>94～94.9</td><td>2</td></tr><tr><td>93～93.9</td><td>1.6</td></tr><tr><td>92～92.9</td><td>1.25</td></tr><tr><td>91～91.9</td><td>1</td></tr><tr><td>90～90.0</td><td>0.8</td></tr><tr><td>89～89.9</td><td>0.63</td></tr><tr><td>88～88.9</td><td>0.5</td></tr><tr><td>87～87.9</td><td>0.4</td></tr><tr><td>86～86.9</td><td>0.315</td></tr><tr><td>85～85.9</td><td>0.25</td></tr><tr><td>84～84.9</td><td>0.2</td></tr><tr><td>83～83.9</td><td>0.16</td></tr><tr><td>82～82.9</td><td>0.125</td></tr><tr><td>81～81.9</td><td>0.1</td></tr><tr><td>80～80.9</td><td>0.08</td></tr><tr><td>79～79.9</td><td>0.063</td></tr><tr><td>78～78.9</td><td>0.05</td></tr><tr><td>77～77.9</td><td>0.04</td></tr><tr><td>76～76.9</td><td>0.0315</td></tr><tr><td>75～75.9</td><td>0.025</td></tr><tr><td>74～74.9</td><td>0.002</td></tr><tr><td>73～73.9</td><td>0.016</td></tr><tr><td>72～72.9</td><td>0.0125</td></tr></table>	Noise Level Band, EPN dB	Quota Count (QC) Classification	94～94.9	2	93～93.9	1.6	92～92.9	1.25	91～91.9	1	90～90.0	0.8	89～89.9	0.63	88～88.9	0.5	87～87.9	0.4	86～86.9	0.315	85～85.9	0.25	84～84.9	0.2	83～83.9	0.16	82～82.9	0.125	81～81.9	0.1	80～80.9	0.08	79～79.9	0.063	78～78.9	0.05	77～77.9	0.04	76～76.9	0.0315	75～75.9	0.025	74～74.9	0.002	73～73.9	0.016	72～72.9	0.0125
Noise Level Band, EPN dB	Quota Count (QC) Classification																																																		
94～94.9	2																																																		
93～93.9	1.6																																																		
92～92.9	1.25																																																		
91～91.9	1																																																		
90～90.0	0.8																																																		
89～89.9	0.63																																																		
88～88.9	0.5																																																		
87～87.9	0.4																																																		
86～86.9	0.315																																																		
85～85.9	0.25																																																		
84～84.9	0.2																																																		
83～83.9	0.16																																																		
82～82.9	0.125																																																		
81～81.9	0.1																																																		
80～80.9	0.08																																																		
79～79.9	0.063																																																		
78～78.9	0.05																																																		
77～77.9	0.04																																																		
76～76.9	0.0315																																																		
75～75.9	0.025																																																		
74～74.9	0.002																																																		
73～73.9	0.016																																																		
72～72.9	0.0125																																																		

國家	城市	機場	說明
			71~71.9
			70~70.9
			69~69.9
			68~68.9
			灰色噪音頻段僅供參考，由於需要遵守該方案內的噪音認證等級限制，因此，不允許在這些噪音頻段內的航空器於倫敦城市機場營運。
比利時	Brussels	Brussels (BRU)	MTOW ≥ 34t 或超過 19 個座位的噴射飛機的操作受到限制： (1)在 22:00~04:59 之間禁止 QC > 8 起飛或降落； (2)在 05:00~05:59 之間禁止 QC > 12 的起飛或降落； (3)在 06:00~19:59 之間禁止 QC > 48 的起飛； (4)在 06:00~19:59 之間禁 QC > 24 著陸； (5)在 20:00~21:59 之間禁止 QC > 24 的起飛； (6)在 20:00~21:59 之間禁止 QC > 12 著陸。 06:00~21:59 之間的限制不適用於 2008 年 10 月 25 日至 2009 年 10 月 24 日期間在布魯塞爾機場營運的飛機。 豁免權： (1)20:00~21:59 之間起飛，QC ≤ 26（此時段內每年起飛次數最多為 3%） (2)起飛於 22:00~04:59 之間，QC ≤ 12（每年最多 200 次起飛，僅適用於 2008 年 10 月 25 日至 2009 年 10 月 24 日期間在布魯塞爾機場營運的飛機） (3)在 22:00~04:59 之間著陸，QC ≤ 12（2010 年最多 500 個豁免，2011 年 430 個，2012 年 360 個，之後每年 300 個）。使用公式 $QC = 10^{[(G-85)/10]}$ 計算 QC，其中“G”等於： (1)起飛：飛機在其 MTOW 的 EPN dB 認證起飛和側向噪音水平之和的一半； (2)著陸：飛機在其最大著陸重量下的 EPN dB 認證進近噪音水平，減去 9 EPN dB。 在 22:00~04:59 之間禁止起飛或降落合格邊緣的飛機。

資料來源：本計畫整理。

五、持續下降操作（Continuous Descent Operation, CDO）

指執行非精確進場時在最後進場階段的一種飛行操作方式。它包含了穩定進場的概念；自高於最後進場定位點高度，下降至高於跑道頭約 50 呎或開始仰轉落地之高度；過程中無平飛階段，持續穩定的下降。

據統計在非精確進場方面，因飛行員在下降及平飛的反覆操作中，進行航空器動力、俯仰姿態等的改變及調整，易增加工作負荷及錯誤風險，為造成可控飛行撞地事故的原因之一。持續性下降可使飛行操作簡化，降低於不良天候情況下額外操作負擔及潛在操作錯誤之可能性。其對於環境保護具有潛在效益，包括：節省能源

、減低噪音及廢氣排放（持續性下降進場方式 continuous descent final approach, CDFA，飛航安全調查委員會，2018.01.04）。EUROCONTROL 曾在 2008 年時展開一項提高歐洲 CDA 使用之計畫，使用 CDA 預計每年能節省超過 150,000 噸的燃料；節省約 1 億歐元的開銷；同時每年減少近 500,000 噸二氧化碳排放，且每次飛行約可減少 1 分貝～5 分貝的噪音影響。截至 2012 年，全球已有 80 個以上的機場採用 CDA 法。表 3.1-18 列出採用 CDA 之主要機場與其內容。

表 3.1-18 採用持續下降操作之主要機場

國家	城市	機場	說明
荷蘭	Amsterdam	Schiphol (AMS)	所有飛機採用持續下降，對於 06 跑道和 18R RNAV 低噪音程序，噴射飛機的持續下降進場 (CDA) 將在 22:00～05:30 (21:00～04:30) 之間使用，否則飛機將被雷達導向攔截 3,000 英尺平均海拔 (AMSL) 的最終航段。
香港	Hong Kong	Chek Lap Kok (CLK)	從 2000 年 8 月中起，在 23:00 至 07:00 時段內，由東北方向進入機場的航機，在運作情況許可下，會使用持續降落模式降落。採用該模式降落的航機會安排在較高的高度開始下降，從而減低飛機噪音對西貢及馬鞍山一帶的影響。
英國	London	London Gatwick (LGW)	如果飛機正在接近機場降落，則其應與其航空交通管制 (ATC) 配合，使用持續下降和低功率、低阻力操作程序來減少噪音干擾。
英國	London	London Heathrow (LHR)	LHR 實施持續下降的抵達程序已有多多年，CDA 會讓飛機保持穩定的進近角度，直到它們到達最終進近，透過使飛機保持更長時間的下降路徑，來降低噪音、減少燃料燃燒和排放，從而帶來整體環境效益。平均約 87% 的飛機在 LHR 使用 CDA。
英國	London	London Luton (LTN)	進場飛機操作的靈活性低於起飛時的靈活性，是因為飛機必須在幾英里外與跑道對齊，以便採取穩定的方法，以免危及飛機安全。機場當局要求所有飛入的飛機採用 CDA，以顯著的降低噪音。CDA 使飛機離地面更長時間，使用更少的推力並鼓勵持續穩定下降。

資料來源：本計畫整理。

六、優先跑道使用規劃

表 3.1-19 列出採用跑道交替使用之主要機場。我國僅有桃園機場有 2 條跑道，未來將增為 3 條跑道，建議維持跑道交替原則，以便為桃園國際機場鄰近社區提供噪音暫歇期 (respite regimes)；不同季節區域的喘息比例之空間分析 (Spatial analysis of the proportion of respite)，例如：觀音區、新屋區。

惟因目前桃園機場第三跑道開發案仍處於環評階段，故建議未來可對噪音影響，包括：應規劃最大運量、飛機機種、預測航空噪音日夜音量及繪製全年等噪音線圖等，對航空管制區、敏感受體分布情況等提出相關監測計畫，以考量不同跑道調整（優先跑道使用規劃（Preferential runway systems））之可行性。

表 3.1-19 採用跑道交替使用之主要機場

國家	城市	機場	說明
荷蘭	Amsterdam	Schiphol (AMS)	在尖峰時段和夜間，將分配 1 條離場跑道和 1 條著陸跑道的組合；在離場尖峰時段，可以使用 2 條離場跑道和 1 條著陸跑道的組合。在進場高峰時段，可以使用 1 條離場跑道和 2 條著陸跑道的組合。跑道的分配基於優先跑道系統，通常會分配 04/22 跑道。考慮到噪音減量，除非飛行員出於安全原因特別要求，否則不允許使用非優先跑道進行起飛和降落。
美國	San Francisco	San Francisco (SFO)	減少夜間噪音（尤其是睡眠干擾）是 SFO 飛機降噪計畫的主要目標。SFO 的夜間優先跑道使用計畫於 1988 年展開，旨在最大限度地提高水上航班，並最大限度地減少凌晨 01:00 至 06:00 之間陸地和人口稠密地區的飛行，從而減少機場周邊社區的夜間噪音。
英國	London	London Heathrow (LHR)	飛機的噪音可能對 LHR 周圍的社區造成影響，因此，白天時，飛機向西起飛、向西降落，LHR 會採取跑道交替原則，為周圍社區提供暫歇期。交替模式意味著在一天中的一部分時間，LHR 使用一條跑道進行著陸；而另一條用於起飛，然後在每天下午 3 點時將兩條跑道起飛、降落互換，如此可為周圍社區提供大約 8 小時的暫歇期。由於很少有飛機在夜間起飛或降落，因此，無論是東風還是西風，都有更多的跑道交替空間。LHR 可以在北、南跑道之間切換降落，如果天氣允許，可以從東邊或西邊引入飛機。此交替模式以 2 週作為一個循環，但是在實務中，跑道交替更為複雜，考慮氣候、空中交管等因素，有時會暫停使用跑道交替。

資料來源：本計畫整理。

七、噪音優先路線（Noise Preferential Routes, NPRs）

優先噪音路線的設計旨在使飛機從跑道起飛到主要空中交通路線的路徑時，避免飛越人口密度較高的區域，以達到減少噪音影響居民的目的。目前，日本伊丹機場、英國希思羅機場、蓋特威克機場、斯坦斯德機場以及盧頓機場皆有此設計（表 3.1-20）。建議未來可結合地理資訊，設計適用於我國機場之優先噪音路線。

表 3.1-20 採用噪音優先路線之主要機場

國家	都市	機場	說明
日本	Osaka	Itami (ITM)	對於所有起飛的飛機，為了防止機場周圍噪音影響區域的擴大，除安全原因外，應採用噪音優先路線。
英國	London	London Heathrow (LHR)	從希思羅機場起飛的飛機遵循預先確定的路線，稱為標準儀表離場航線 (Standard Instrument Departures routes, SIDs)。所使用的 SID 由航空公司決定，主要取決於飛機的目的地。由於飛機的性能不同且可能受到會導致它們向左或向右漂移的天氣條件影響，因此，不同的飛機相對於 SID 的中心線飛行的位置會有一些變化。基於這個原因，政府設置了稱為噪音優先路線的走廊，在 SID 航線中心兩側各延伸 1.5 公里。希斯羅機場共有 6 調 NPR 路線。飛機不必對準 SID 的中心線，只需要在 3 公里寬的 NPR 內飛行到 4,000 英尺，一旦飛機達到 4,000 英尺的高度，空中交通管制員可以將飛機從出發路線引導到目的地。大約有 96% 的離場航班都遵循這些路線。
英國	London	London Gatwick (LGW)	蓋特威克機場有 9 條 NPR 路線，所有離開蓋特威克機場的飛機都會遵循 NPR，最高可達 3,000 英尺或 4,000 英尺。一旦飛機達到所需的高度，它可以更直接地到達目的地。
英國	London	London Stansted (STN)	斯坦斯德機場有 6 條 NPR 路線，在此起飛的所有噴氣式飛機和大多數螺旋槳驅動的飛機都遵循噪音優先路線 (NPR)。這些航線的設計使飛機避免飛越較大的人口密集區域，因為所有飛機的性能都不同，並且可能受到天氣條件的影響，導致它們向左或向右漂移。因此，每個 NPR 都在路線中心線兩側 1.5 公里處進行延伸，從而產生 3 公里寬的虛擬走廊。只要飛機在這 3 公里的走廊內飛行，它們就被認為是在航道上。一旦飛機爬升到正確的高度 (3,000~4,000 英尺)，航空交通管制 (ATC) 可以指示飛行員離開 NPR 並飛向目的地。
英國	London	London Luton (LTN)	除空中交通管制另有指示，否則從盧頓機場起飛的飛機必須遵循稱為噪音優先路線 (NPR) 的特定飛行路徑。在這條走廊內飛行的飛機被認為是在航跡上飛行。盧頓的 NPR 旨在儘可能避免飛越建築區域，設置了飛機從跑道起飛到英國主要空中交通路線的路徑。居住在其中一個噪音優先路線下的居民，當某些特定飛行路徑被使用時，可能會聽到一些噪音。離場的飛機必須保持在 NPR 內，直到白天達到 3,000 英尺或晚上達到 4,000 英尺 (釋放高度)。一旦飛機達到 NPR 釋放高度，ATC 可以指示飛行員離開 NPR 並飛向目的地。

資料來源：本計畫整理。

八、反應居民感受之噪音指標

目前航空噪音為社區居民所抱怨的，主要是航空之低頻噪音與單一航空事件噪音，這類型噪音與影響程度，以目前之指標與標準常被忽略。應研擬適合與民眾溝通之噪音指標，模擬不同飛行航線之噪音量，以有效降低噪音對於居民之干擾。表 3.1-21 列出易與民眾溝通之噪音指標，其中雪梨機場使用之 N70，表示一個區域中超過 70 分貝之噪音事件次數，此指標可明確與民眾所受干擾程度連結，故較容易產生共鳴。

表 3.1-21 與民眾溝通之噪音指標

國家	都市	機場	主旨	說明
澳洲	Sydney	雪梨 (SYD)	N70 等噪音 線圖	對於社區而言，重要的是要知道一個區域中特定噪音量的超過次數。因此，使用基於頻率的飛機噪音測量，通常顯示大於 70 dB(A) 的事件數之等噪音線圖，也被稱為 N70 等噪音線圖。選擇 N70 音量是因為它相當於澳洲標準 AS 2021-2015 中規定的 60 dB(A) 的單一事件音量，作為住宅中正常家庭區域的室內設計音壓級。外部單一噪音事件傳遞入住宅內將衰減約 10 dB(A)。噪音事件的音壓級，可能會干擾對話或收聽廣播或電視。
比利時	Brussels	Brussels (BRU)	L_{den} > 55 dB	布魯塞爾 2/3 的地區受到空中交通的噪音影響。從該區域東北方延伸並沿布魯塞爾市中心方向延伸的地帶特別明顯。它顯示了某些航線下的主要干擾區域，最高噪音等級 L_{den} > 55 dB 影響略高於領土的 1/10，主要涉及該地區的東北部；夜間造成干擾的噪音等級為 L_n > 45 dB(A)，該值為世界衛生組織 (WHO) 對中度至嚴重睡眠不安的噪音值。
美國	San Francisco	San Francisco (SFO)	L_{den} > 65 dB	加州使用社區噪音均能音量 (community noise equivalent level, CNEL) 度量來描述與飛機噪音暴露相關的土地利用兼容性。生活在機場附近的人們可接受的飛機噪音等級是 65 分貝 A 加權 (dB(A)) CNEL。該指標代表 24 小時內平均噪音的標準測量值，其中每個飛機噪音事件發生在晚上 07:00 至晚上 10:00 之間，加權增加 4.77 dB(A)；每個飛機噪音事件發生在夜間 10:00 至早上 7 點加權是額外的 10 分貝。該加權 (懲罰) 是為了解釋夜間對噪音的較高敏感度以及通常在夜間發生的背景噪音量預期將進一步降低。CNEL 指標是加州獨有的，並且被聯邦政府認可用於噪音測量。其餘 49 個州使用日夜平均音量 (DNL)。這兩個指標之間的主要區別在於：CNEL 包括晚上作業的額外加權 (懲罰) 計算。

資料來源：本計畫整理。

九、建置 Web Track / Flight tracking 網站

航空噪音資訊公開化，針對固定式航空噪音監測站部分，建議未來可考量將監測資訊公開化，讓民眾一同參與及瞭解即時的航空噪音資訊為何？或可藉由手機 APP 軟體以即時讓民眾瞭解航空噪音資訊。丹麥哥本哈根機場及紐西蘭奧克蘭機場皆建置了噪音追蹤相關網站（表 3.1-22），透過機場周圍的固定式噪音監測站蒐集資料，這些噪音監測站主要設置於航道、住宅附近，結合航班、天氣資訊以及噪音通報功能，提供受噪音影響之民眾一個追蹤、通報噪音事件的平台。我國桃園機場於機場內、機場外及機場周圍已設置 18 處固定式噪音監測站，建議未來可整合相關資訊、系統，建置一噪音追蹤、通報之平台。除此之外，我國目前有噪音監測之機場皆可於機場網頁提供即時資訊予民眾查詢。

表 3.1-22 建置噪音追蹤網站之主要機場

國家	都市	機場	網站名稱	說明
丹麥	Copenhagen	Copenhagen (CPH)	Web Track	使用 Web Track，可以追蹤進出哥本哈根機場的航班活動，以及每架飛機的訊息。由於航空安全原因，所有飛機活動都顯示延遲至少 40 分鐘。Web Track 將在所選時間段內搜尋飛行操作（參見圖 3.1-2）。可以按小時查看航班詳細資料，並可選擇加速重播。系統將保留近 3 個月的資料。使用 Web Track 可以調查附近發生的噪音事件或航班，並可依照指示提交噪音投訴。
紐西蘭	Auckland	Auckland (AKL)	Flight tracking	奧克蘭機場的飛行監控系統結合了空中交通管制雷達及機場噪音和運行監控系統的資訊，可以準確瞭解可空中交通情況。所有資訊將在飛行活動發生 25 分鐘後提供，以維持航空安全並確保準確度。系統將保留近 30 天的資料。

資料來源：本計畫整理。

3.2 針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析，且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估

本研究於計畫書中說明預計使用歐盟航管組織（European Organisation for the Safety of Air Navigation, EUROCONTROL）所開發之噪音軟體（IMPACT）作為模擬工具，進行各種噪音管制措施之分析。但因使用權購買之行政作業時間較冗長，加上軟體所知之資料蒐集、型式及使用皆花費相當多時間，礙於本計畫執行時間較短

暫，因此，乃改由本計畫團隊已熟悉且已具備機場基本飛航資料之美國聯邦航空總署（Federal Aviation Administration, FAA）所開發之整合噪音模式（integrated noise model, INM）進行模擬，而 IMPACT 軟體中之相關飛機噪音資料仍可作為本計畫之參考依據。將各種噪音管制方案之資料及飛機操作程序等之飛航資料輸入至 INM 模式中，可產生模擬之等噪音線圖。接著再將此等噪音線圖對應至人口資料進行分析，以推算於各式噪音管制方案下，不同噪音分貝數之等噪音線圖下之受影響戶數。再與基準值進行比對，即可推估各種噪音管制方案之環境改善成效。

在不同之噪音管制方案與最大音量管制標準下，希望受影響戶數減少，但同時亦將對於機場營運與航空公司之影響降至最低之數量。比較各方案之效益，即可提出最佳噪音與最大音量管制方案建議。在經濟效益方面，機場營運主要之經濟效益包括：節省旅行時間、提升貨物運送速度、帶來就業機會和促進該地區與國家之經濟活動等。而國際間通常以所得與就業為主要衡量機場經濟效益之指標，機場除了產生直接就業外（如：機場、航空公司、地勤人員、免稅商店等主要之就業），尚有依賴機場所產生的供應鏈之就業數，如：餐廳、旅館、物流業者、貿易公司等為間接就業，即為經濟學所稱之乘數效果（Multiplier effects）（Graham, 2013¹²）。依據國際機場理事會（Airports Council International, ACI）之推估通常機場每百萬旅客之運量可帶來約 1,100 個直接就業數（ACI, 2007）。本計畫參考學者發表於國際期刊論文之研究成果，某國際機場於 2008 年時，飛機起降數為 145,992 架次，衡量之總體經濟效益（包括：直接就業與間接就業所帶來之所得）約為 410 億（臺幣/年），其中直接就業所得約占 60%，間接就業所得占 40%。在假設相關之外部因素相同，且機場經濟效益與飛機起降數成正比下，若以 2018 年飛機起降數 253,866 架次計之，則機場總經濟效益則約為 713 億臺幣（Lu, 2011¹³）。換言之，機場每增加一班次，可增加之就業所得經濟效益約為 28 萬臺幣。

¹² Graham, A. (2013) *Managing airports: An international perspective*, 4th Edition, Routledge.

¹³ Lu, C. (2011) "The economic benefits and environmental costs of airport operations: Taiwan Taoyuan International Airport," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 17, No. 6, pp. 360-363.

第四章 彙整各國綠色節能建築之控制式通風隔音窗技術規範及作法，並擇一公共場所裝設通風隔音窗進行示範觀摩

4.1 蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）

一、德國公司 Eilenburger Fenstertechnik GmbH & Co. KG^[1、2、3、4]

以德國為例，如果由於外部噪音污染而需要關閉窗戶（導致缺乏新鮮空氣、隔離感），約 80% 的人們會感到非常惱火，因此，窗戶是被動隔音（passive sound insulation）的最大挑戰。在封閉的建築物中，技術上可以實現對外部噪音的被動隔音。而歐盟各地的管轄權已要求採用傾斜窗戶進行隔音，例如：

- 健康保護對歐盟非常重要，這就是為什麼許多法律要求新鮮空氣供應加上低噪音量，特別是在受保護區域，例如：臥室、兒童房。（BVerwG, Urteil vom 21.09.2006 Az. 4 C 4/05）
- 例如：慕尼黑的行政法院在一項司法判決中，要求晚上之臥室隔音窗必須允許至少在傾斜位置。（VHG Munich, Dec. 2, 2018, Az. 15 ZB 08.1328）
- 規劃條例有規律地規定，當窗戶傾斜時，室內音量不得超過 30 dB(A)。（e.g.: development plan for Hamburg, Altstadt / HafenCity 1 §2）

德國公司 Eilenburger Fenstertechnik GmbH & Co. KG 受歐盟補助執行「soundproof4win」計畫，其總預算：€1,501,250，其中歐盟補助€1,050,875，計畫執行日期由 2017 年 10 月 1 日至 2019 年 9 月 30 日。茲將其創新的部分開窗的隔音有效解決方案（Effective solutions for soundproofing for partially open windows）說明如下。

（一）系統及原理

1. 通用模型

Eilenburger 製造的隔音窗戶是專門設計的帶有隔音玻璃的箱型窗戶（box-type），該原理基於兩個可以偏移打開的窗口平面，有多種版本可供選擇。根據設計，部分傾斜的窗扇為垂直放置；或者如果需要，也可以水平放置。

2. 空氣通道

該隔音窗（名為 HAFENCITY）是被動通風的窗戶，如圖 4.1-1 所示。

它們可以傾斜 4cm，從而形成大的幾何通風橫截面。元件內部的氣流以這樣的方式構造，即不會發生相關新鮮空氣供應的減少，例如：在標準窗口上進行的空氣體積流量測量，得出的值已超過 1,000 m³/h。

3.隔熱性能

當關閉時，隔音窗具有與底層箱型窗相同的良好熱轉換效果（取決於設施）。由於“工作模式”中的通風窗是一個打開的窗口，因此，沒有關於有效隔熱性能的具體資訊。所需的空氣交換自然會導致房間降溫。

4.需要哪種壁厚？

箱型窗的一般建築壁厚為 24cm，介於 24cm～36.5cm 是完美的。



圖 4.1-1 德國公司 Eilenburger 受歐盟資助研發之傾斜式被動通風箱型隔音窗原理^[1]

- 安靜、舒適、自然空氣流通的傾斜窗戶；
- 室內無噪音干擾，享受新鮮空氣；
- 可滿足建設專案的需要而訂制；
- 使用傾斜窗將室內噪音量保持低於 30 dB(A)；
- 沒有負面影響，如：感知隔離 (perceived isolation) 或聲音封裝 (acoustic

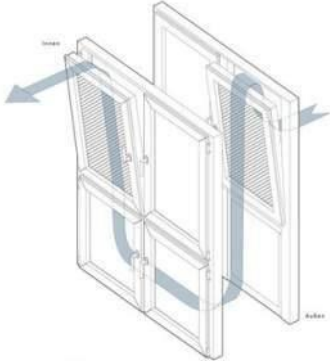
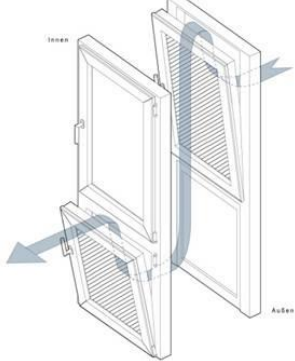
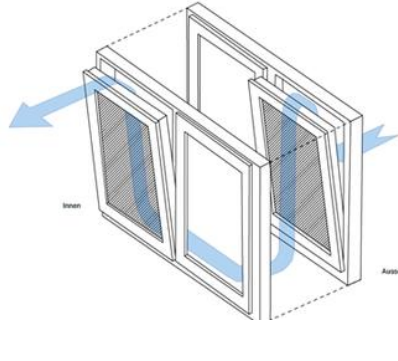
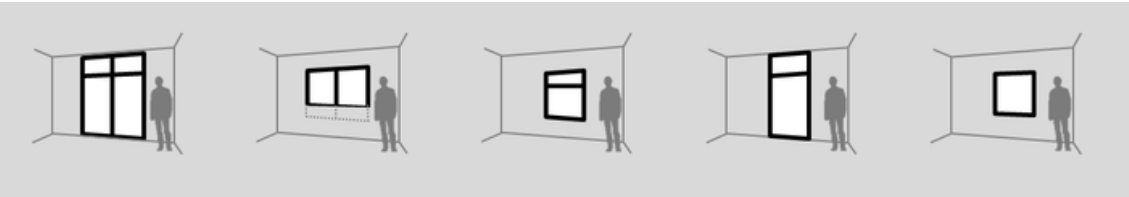
encapsulation)；

- 空氣的自然循環，同時保持習慣性使用窗戶；
- 無需額外的維護、電力費用和無噪音排放；
- 增強隔熱性能和防盜性能；
- 易於安裝，也可整合到現有建築中；
- 技術原理：聲音的吸收和重新定向（re-direction）。

(二)相關應用技術

目前已研發之結構類型分為 4 個區域及 2 個區域，可以提供各種建築設計選擇。明亮的房間充滿了光線；此外，透過部分打開的窗戶，可以達到最大隔音量 46 dB，實現最大的隔音舒適度和自然新鮮空氣供應，所有這些都沒有背景噪音和額外的通風機成本。不同類型及應用，請參考表 4.1-1 及圖 4.1-2～圖 4.1-4。

表 4.1-1 德國公司 Eilenburger 之傾斜式被動通風箱型隔音窗比較^[3]

		
隔音 46 dB 傾斜吸音窗 ● 四個區域箱型窗 ● 房高 (Room-high) ● 隔音 R_w 達： ➢ 傾斜 46 dB ➢ 關閉超過 50 dB ● 空氣循環率達 70 m³/h (10 Pa)	隔音 39 dB 傾斜吸音窗 ● 二個區域 ● 房高 (Room-high) ● 隔音 R_w 達： ➢ 傾斜 35 dB～39 dB ➢ 關閉超過 50 dB ● 空氣循環率達 120m³/h (10 Pa)	隔音 35 dB 傾斜吸音窗 ● 二個區域 ● 房高 (Room-high) ● 隔音 R_w 達： ➢ 傾斜 35 dB ➢ 關閉超過 50 dB ● 空氣循環率達 70m³/h (10 Pa)
		
傾斜隔音窗的進一步變化		

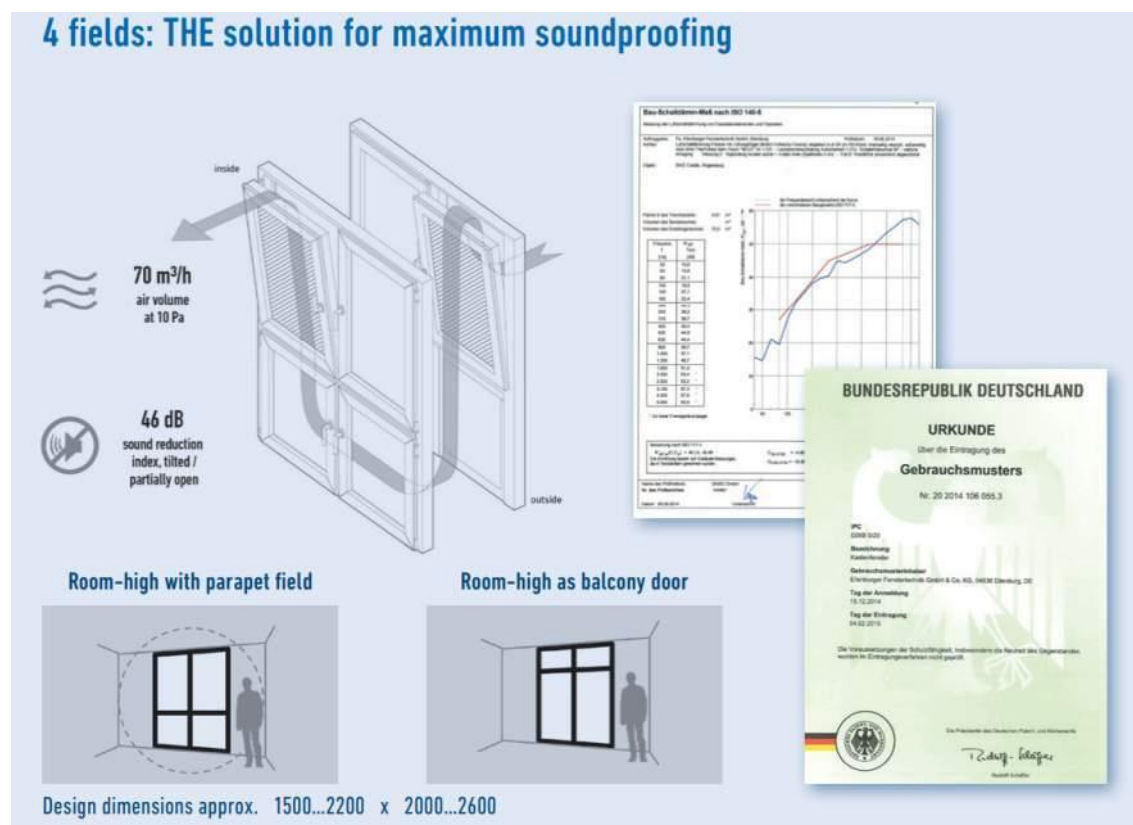


圖 4.1-2 德國公司 Eilenburger 之 4 區域傾斜式被動通風箱型隔音窗^[1]

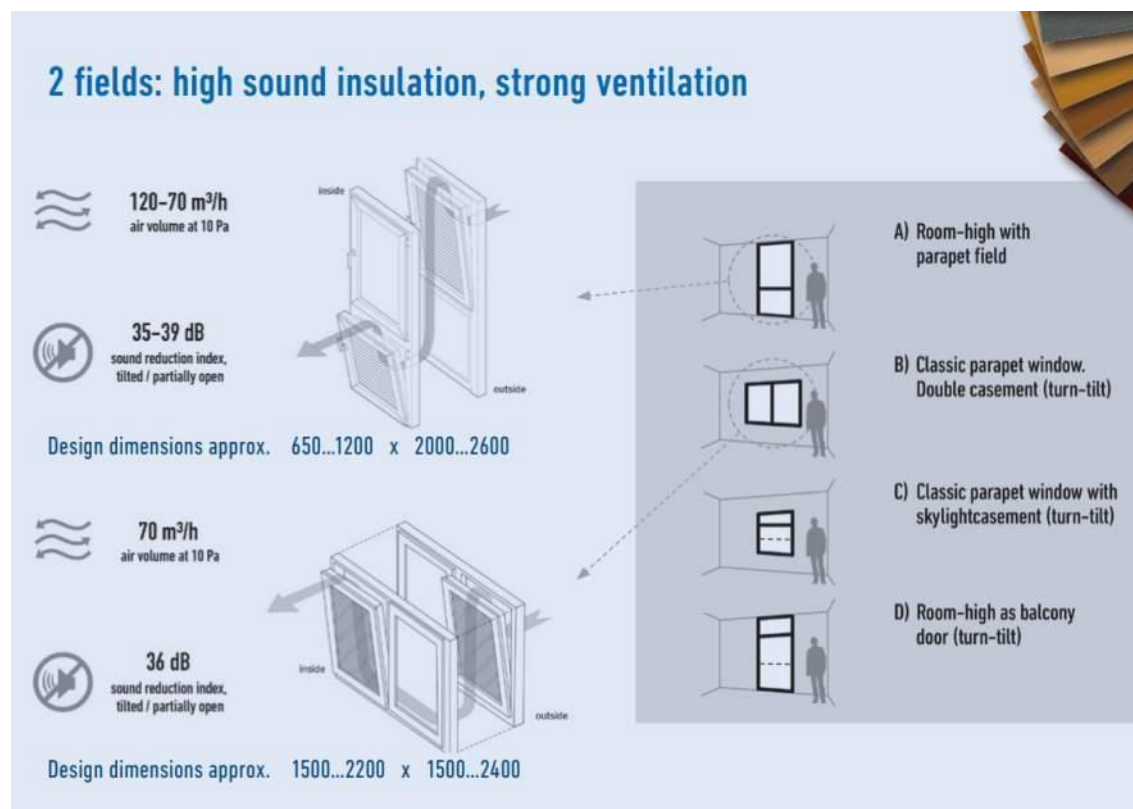


圖 4.1-3 德國公司 Eilenburger 之 2 區域傾斜式被動通風箱型隔音窗^[1]



圖 4.1-4 德國公司 Eilenburger 之傾斜式被動通風箱型隔音窗應用^[4]

二、德國公司 HUECK ^[5、6、7]

HUECK 公司成立於 1814 年，是歐洲最大的鋁門窗和立面（facade）解決方案製造商和供應商之一，專門從事標準系統和定制應用。根據 TA-Lärm 關於噪音防護的指導原則，令人愉悅的室內音壓級在白天被認為是 35 dB(A)，在夜間則是 25 dB(A)。在這種情況下，將室外噪音降低僅 10 dB 被認為是噪音量的減半。然而，如果來自室外的噪音完全被阻擋，大多數人都會有被阻斷的不愉快感。與此同時，

他們更加強烈地感受到建築物內部的刺激性噪音。因此，需要的是「降低噪音，減少阻斷噪音」。

(一)系統及原理

該隔音窗（名為 **Lambda Silent Air**，簡稱 **Lambda SA**，如圖 4.1-5）為一種創新的窗戶解決方案，可同時實現通風和隔音，即使在通風位置也能提供高達 31 dB 的隔音量，提供比傳統隔音窗更適用的窗戶系統，不僅可確保隔音效果，還可以減少與外界隔離的感覺。**Lambda SA** 透過以下方式實現了更高的生活質量：

- 即使窗戶打開，晚上也很平靜；
- 在聲音上沒有被“困”的不愉快的感覺；
- 由於持續的空氣交換，房間舒適宜人；
- 避免因自然通風造成的結構損壞。

在視覺上，**Lambda SA** 為規劃者和建築師提供了一個有吸引力的替代品，可以用來影響窗格或雙窗戶的選擇。**Lambda SA** 可以在 **Lambda** 模塊化系統中以多種方式組合，可以整合到窗條中或作為單獨的解決方案使用，帶有氣窗或底部天窗，可用於湧入通風。**Lambda SA** 還可從以下規格中獲益：9cm 型材深度、31 分貝隔音、5cm 傾斜開口深度、傳熱係數 $U_w \geq 0.97 \text{ W/m}^2\text{K}$ 和傾斜位置的 2 級隔音。9cm 的型材深度允許一個和諧的外觀，**Lambda SA** 還提供出色的隔熱效果。



圖 4.1-5 德國 HUECK 公司之傾斜式被動通風隔音窗原理^[7]

(二)相關應用技術

目前已研發之類型分為 4 種，分為不同的傾斜開口深度及單層或雙層結構，可以提供各種建築設計選擇。透過部分打開的窗戶，可以達到最大隔音 39 dB，達到室內音量舒適度和自然新鮮空氣供應。相關應用詳如圖 4.1-6 所示。

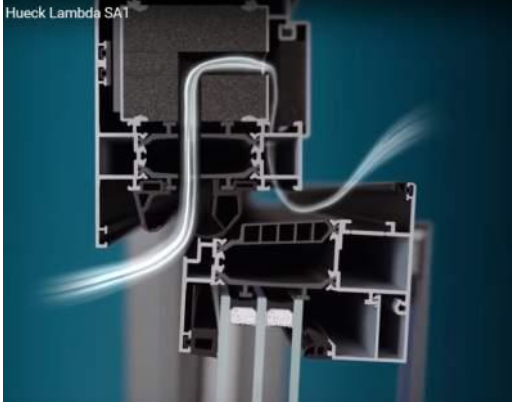
 HUECK Lambda SA I Kippweite Unterlicht / Tilted width bottom light window ~ 40 mm = 31 dB	 HUECK Lambda SA II Kippweite Unterlicht / Tilted width bottom light window ~ 165 mm = 26 dB
4cm 傾斜開口深度，單層，隔音量 31 dB	16.5cm 傾斜開口深度，雙層，隔音量 26 dB
 HUECK Lambda SA II Kippweite Unterlicht / Tilted width bottom light window ~ 50 mm = 32 dB	 HUECK Lambda SA III Kippweite Unterlicht / Tilted width bottom light window ~ 40 mm = 39 dB
5cm 傾斜開口深度，雙層，隔音量 32 dB	4cm 傾斜開口深度，雙層，隔音量 39 dB
 I can recommend the Hueck Lambda SA1 window in areas with high levels of noise pollution...	 Hueck Lambda SA1
位於德國漢堡“Pergolenviertel”之實際應用	

圖 4.1-6 德國公司 HUECK 之傾斜式被動通風隔音窗應用^{[6]、[7]}

三、丹麥^[8·9]

應用良好聲學設計的原則：這包括對場地布局、建築量體、方向和內部布局的審查，以便在儘可能多的住宅中實現合理的內部噪音量，同時打開窗戶提供自然通風。但是，如果可居住房間的某些外立面暴露在一定噪音量下，這可能會導致室內噪音量無法透過簡單的開窗進行，那麼減弱的自然通風是一個值得考慮的選擇。以下概述了丹麥可提供自然通風的現場案例，與典型的開窗相比，增強了隔音效果。

(一)系統及原理

丹麥已經對不同類型的開放式窗戶進行了聲學測試，以實現自然通風和增強隔音效果。二種不同設計的特殊通風窗的原理，如圖 4.1-7 所示。其中，空氣流用箭頭表示。圖 4.1-7(a)：透明外部百葉窗，帶有吸音狹縫，可沿窗側通風；圖 4.1-7(b)：通風窗口，內部和外部玻璃窗，吸音材料沿腔體的所有側面安裝。窗戶向下開有一個下窗框，向上開有一個上窗框。

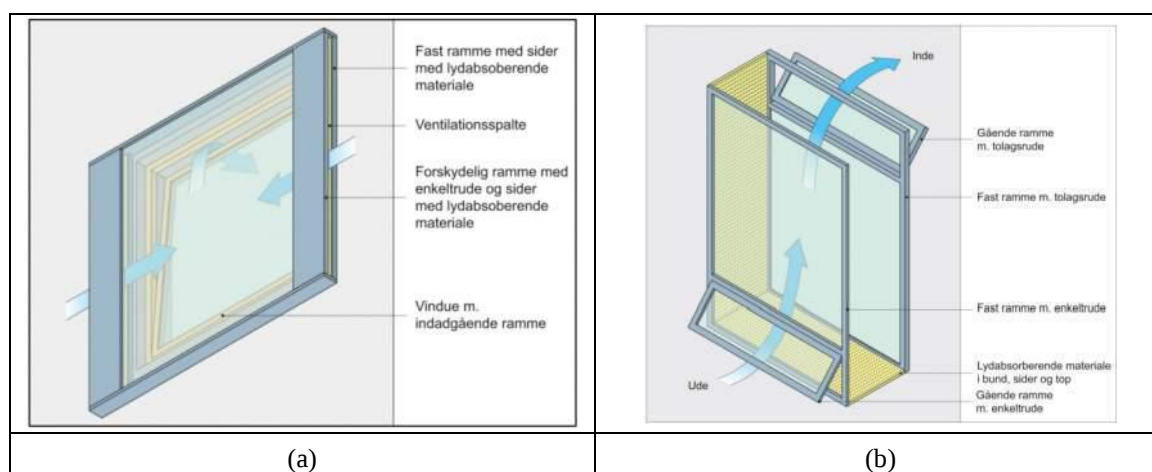


圖 4.1-7 丹麥自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶原理^[8]

(二)相關應用技術

以下介紹二種現場案例，一種是在現有窗戶前安裝有聲音百葉窗（如圖 4.1-7(a)），位於 Folehaven；另一種是在學生宿舍之 Jægersborg 水塔上安裝了一個特殊的通風窗（如圖 4.1-7(b)）。

1.Folehaven（圖 4.1-7(a)）

Folehaven 的關閉和打開位置的聲音百葉窗如圖 4.1-8 所示。百葉窗狹縫的通風面積為 0.14 m^2 ，即丹麥環境保護署（Noise from roads, Guideline No.4/2007

）規定面積的 1/3 左右（自然通風面積須為 0.35 m^2 ）。聲音對於二種情況，隔音量 $R'_w + C_{tr}$ 分別為 20 dB 和 10 dB，詳如圖 4.1-9（M02 和 M05）。



圖 4.1-8 丹麥 Folehaven 自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶應用^[9]

註：左側照片顯示聲音百葉窗關閉，右側照片打開聲音百葉窗。

在二張照片中，窗戶都是敞開的（向內傾斜）。

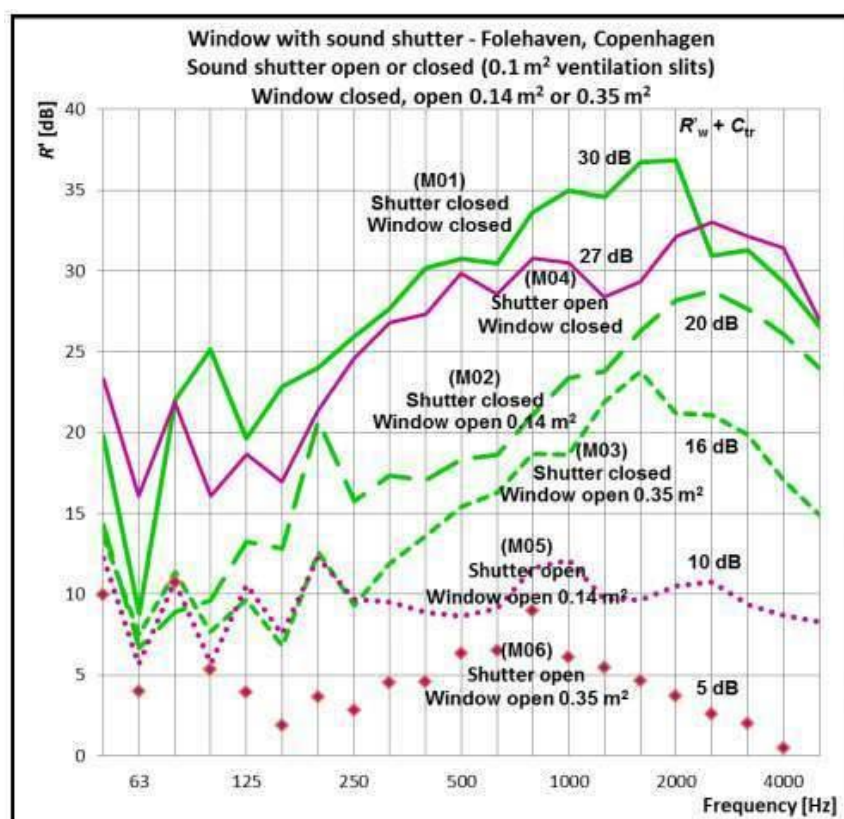


圖 4.1-9 丹麥 Folehaven 之開放式窗戶 ISO 140-5 隔音測量結果^[9]

2. Jægersborg 水塔與學生宿舍（圖 4.1-7(b)及圖 4.1-10）

在 2005 年轉換為學生宿舍之過程中，對室內噪音量進行了測量，室內 L_{den} 的結果大約為：關閉窗口為 37 dB，打開窗口為 40 dB，即室內開啟窗口僅增加 3 dB。然而，開口面積為 0.11 m^2 ，即新房屋所需面積約 2007 年實施的準則之 1/3（自然通風面積須為 0.35 m^2 ）。在[L.S. Søndergaard & S.V. Legarth, Investigation of sound insulation for a Supply Air Window – field measurements and occupant response. InterNoise2014, (2014)]報告的另一個案例中，通風面積約為 0.3 m^2 ，打開和關閉位置的室內音量差異超過 10 dB。



圖 4.1-10 丹麥 Jægersborg 自然通風和增強隔音效果之開放式窗戶應用^[9]

四、香港^[10、11]

香港土地資源緊絀，覓地建屋是近年政府面對的重大挑戰，要在人口稠密、早已大廈林立的市區內興建公營房屋，更加是困難重重。有些位於鬧市的公營房屋地段，無可避免會受到道路交通噪音的影響，因此，房委會早於規劃及設計階段，便需要考慮採納各種噪音緩解措施，包括：適當的樓宇布局、設置隔音牆、建築簷片和「減音窗」等。

香港理工大學新建的學生宿舍採用了由上下兩個交疊部分組成的擋音式減音窗；其後，房委會聯同環境保護署和香港理工大學利用了二年時間，成功研發一款有效減低交通噪音而又適合住宅樓宇使用的「減音窗」，並應用於受交通噪音影響的公營房屋發展項目，如：位於新蒲崗的景泰苑。

(一)系統及原理

1.香港理工大學之減音窗（擋音式）

圖 4.1-11 理大新建的學生宿舍是一新穎解決方案的例子。宿舍樓高 27 層及有 828 個居住單位，部分居住單位因俯視交通繁忙的道路，會受高達 80 分貝 L_{10} （1 小時）的過量交通噪音影響。這次發展商採用了由上下兩個交疊部分組成的擋音式減音窗，窗框內側更設有吸音物料。這樣的設計令噪音繞射後會被吸收，減音效果比傳統玻璃窗多 8 dB(A)。更出色之處是該設計容許打開窗戶通風，無須依賴冷氣。

2.香港環保署聯同房委會和香港理工大學研發之減音窗（推窗+滑動）

這款共同研發的減音窗（如圖 4.1-11），利用了雙層玻璃窗的設計概念，外層是推窗，內層是滑動窗；使用強化玻璃製造，堅固安全。有別於一般雙層窗的設計，減音窗的外層窗和內層窗構成一個通風口；中間設有吸音物料，加強消音的效果；而通風口的距離、大小、位置，均經過嚴謹的考量和設計，利用噪音反射、折射的特性，來達到減音效果，並且必須同時保持通風。經實驗室及現場模擬單位進行實地測試，證明減音窗能有效緩減交通噪音（減音幅度最高可達 8 分貝），並且讓空氣流通。

(二)相關應用技術

上述二款減音窗的特性是不需要將窗戶完全關閉，亦能提供減音效能。根據在安裝了減音窗的模擬單位進行測試的結果，顯示該二款減音窗比傳統的窗戶更能有效減低交通噪音。相關應用詳如圖 4.1-12 所示。

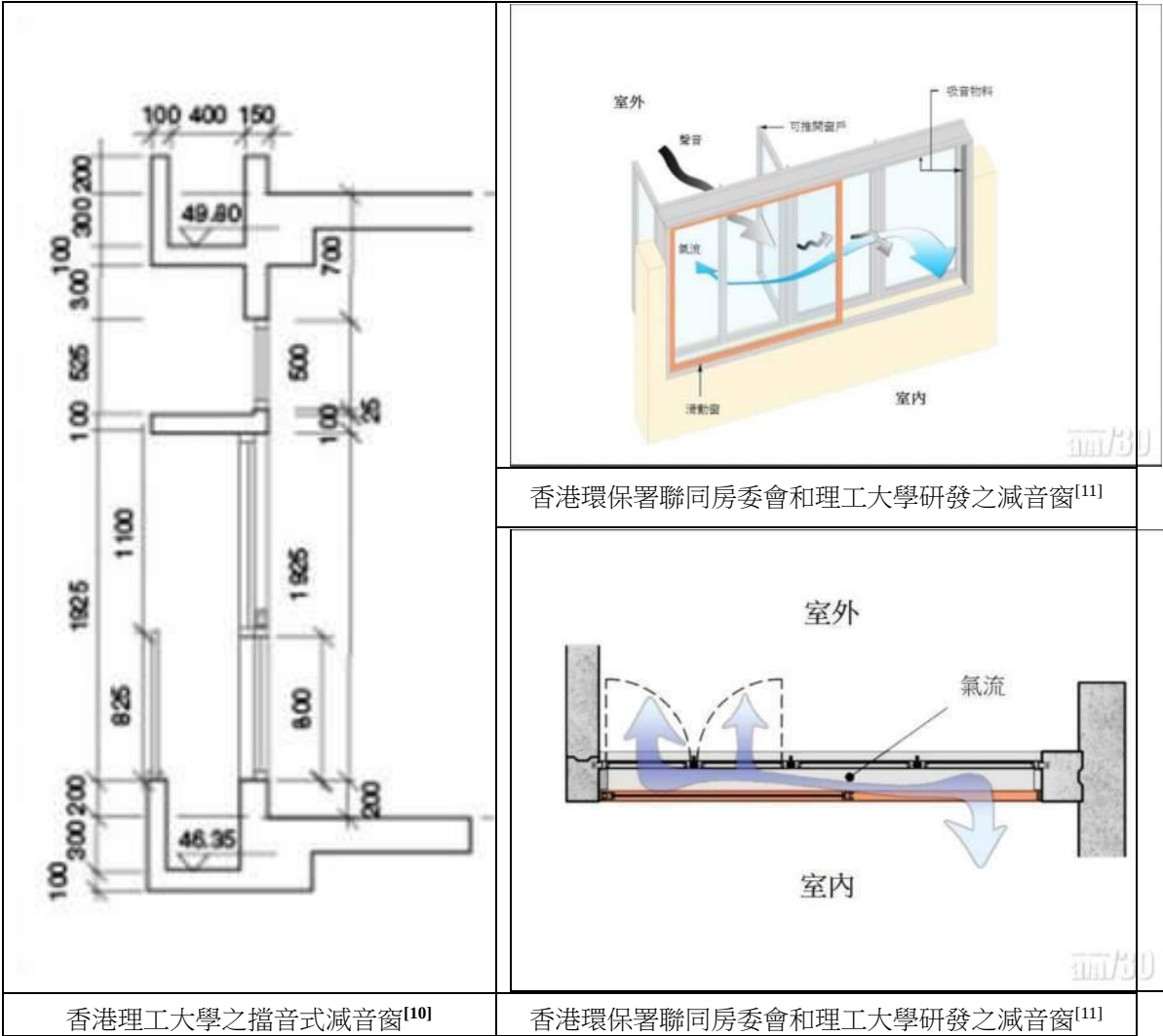


圖 4.1-11 香港研發之二種減音窗原理





圖 4.1-12 香港於交通繁忙路段旁安裝減音窗做實地測試應用

五、中國大陸^[12]

民眾的生活離不開新鮮空氣，且不能總關門、關窗生活，室內空氣不流通帶來的鬱悶遠比空氣污染來得更直接且更明顯。空氣污染的影響如 $PM_{2.5}$ 可吸入微小顆粒物的存在，已嚴重影響到了民眾的呼吸健康。目前中國大陸市面上已有數款門窗自然通風器，及既不影響通風又能隔離室外空氣污染物之 $PM_{2.5}$ 高效過濾隔音通風器，以下摘錄幾款做說明。

(一)系統及原理

1.門窗自然通風器（圖 4.1-13）

此隔音窗帶出風口結構之自然通風器，可安裝於隔音窗之上部或下部，易有專門用於廚房之型式。隔音通風器裝在窗戶上進行室內通風換氣，在有效隔離噪音的同時，保證了室內空氣的流通，尤其適用於靠近馬路邊噪音大、夜晚不適於開窗的住宅。一般設計原理包括：(1)結構消音設計，同時進風通道採用吸音

材料，可阻擋和吸收室外噪音；(2)室外進風口可增加防蟲網，新鮮空氣進入室內的同時，隔離室外的飛絮和蚊蟲；(3)前面板可以打開，方便內部清洗及配件更換；(4)防水性、防風性能優良，雨、雪天氣時仍可正常通風；(5)關窗通風，通風時不必擔心防盜問題；及(6)殼體斷熱條設計，有效防止能量損失。

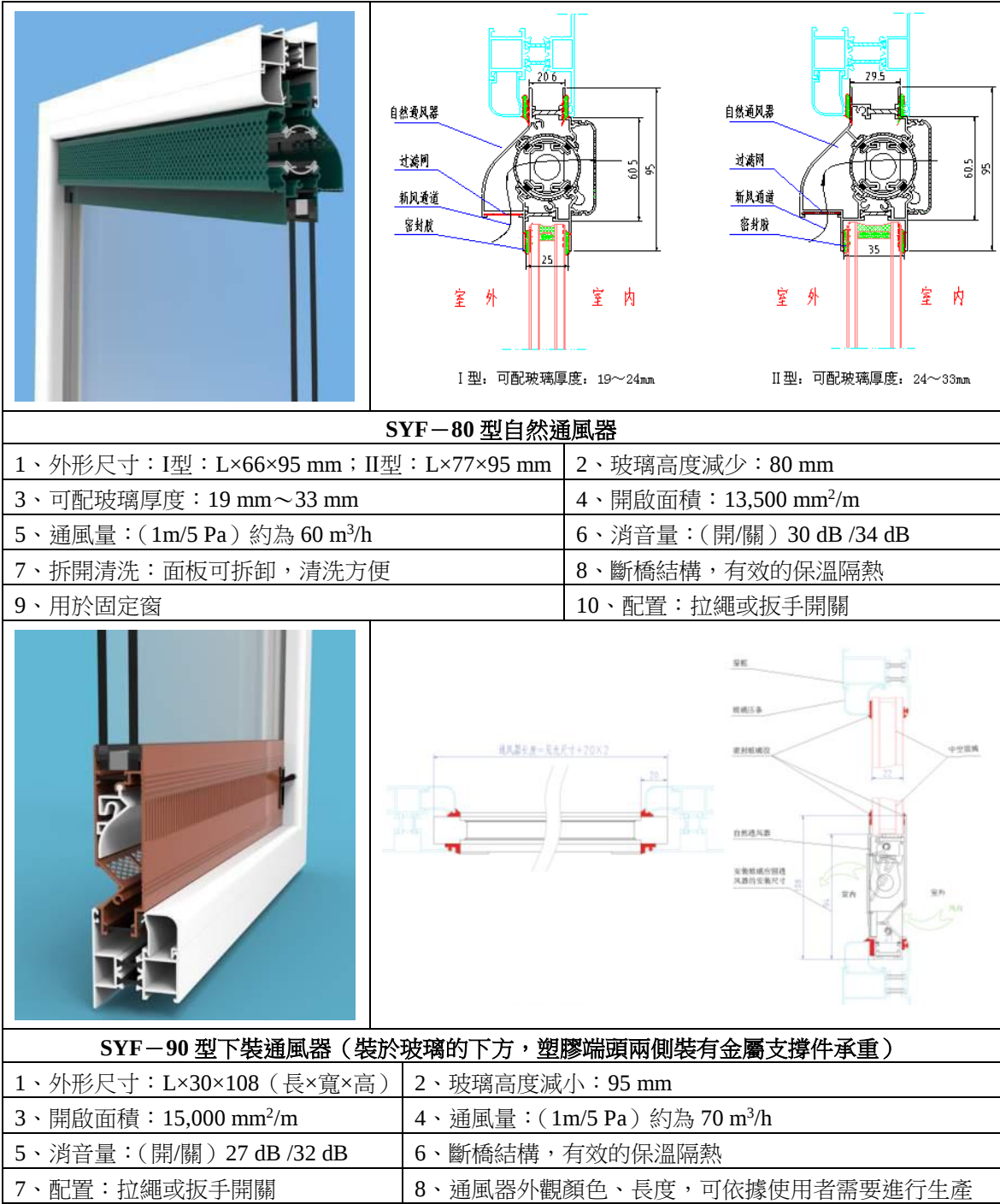


圖 4.1-13 中國大陸之門窗自然通風器原理^[12]

2. PM_{2.5} 隔音通風器（圖 4.1-14）

本產品是在與隔音窗配合使用的情況下達到室內在隔離噪音的同時保持空氣流通的作用。在空氣的進出通道上均設計有消音裝置，以隔離室外噪音。新風在進入室內的通道中，在動力作用下先經過濾網過濾，再經過消音、殺菌處理後送入室內。室內廢氣在氣壓差的作用下，經排氣通道排向室外，完成室內空氣迴圈。PM_{2.5} 高效過濾網為多層組合：粗效過濾網+HEPA 高效過濾網+活性炭過濾網。PM_{2.5} 除去率：99.1%；苯淨化效率：99.5%；可吸入顆粒物：99.2%；潔淨空氣量（CADR）達 100 m³/h。



圖 4.1-14 中國大陸之 PM_{2.5} 隔音通風器原理^[12]

(二) 相關應用技術

上述系列隔音通風器裝在窗戶上進行室內通風換氣，在隔離室外噪音的同時，保持室內的空氣流通，尤其適用於靠近馬路邊噪音大、夜晚不適於開窗的住宅。例如：目前於浙江省財政廳、天津、杭州及南京之部分酒店及社區已有所應用。

六、2019 年西班牙馬德里 INTER-NOISE（6 月 16 日～6 月 19 日）

除了前述之通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術之外，本計畫亦蒐集今年（2019）於西班牙馬德里國際噪音年會所發表最新關於通風隔音窗之研究。本年度於該會議所發表之文獻幾未包括主動控制式通風隔音窗，皆以自然通風隔音窗為主：「T.04. ARCHITECTURAL AND BUILDING ACOUSTICS：TS.04.12. VENTILATION（NATURAL）- ENABLING NOISE REDUCTION DEVICES（T.04 建築與建築聲學：TS.04.12 通風（自然）- 能夠減少噪音之裝置）」，茲說明如後。

（一）澳洲：Acoustically Treated Dual Vented Window System（經過聲學處理的雙通風窗系統）^[13]

1.引言

自然通風（natural ventilation）被廣泛接受為建築物的永續設計策略。自然通風在建築物中的作用可歸納如下：

- 透過降低室內空氣污染物的濃度來改善室內空氣質量；
- 改善室內空間的熱舒適條件；
- 降低空調建築的能耗。

因為需要提供通風口，故在建築物中使用自然通風通常與通過立面（facade）進入的外部噪音控制相衝突。在許多項目中，由於噪音問題，使用自然通風被認為是不可行的。要麼因為感知到的高噪音環境無法透過實際控制措施來達到國家標準中建議的噪音水準限制，要麼降低噪音措施之成本超過了自然通風的好處。

聲學顧問在考慮自然通風外牆的聲學性能時遇到的問題之一是量化這些立面的隔音性能。雖然實驗室隔音測試數據廣泛用於一般牆壁的外牆玻璃，但一般來說，可打開的窗戶和通風幕牆的不同配置的資訊很少。本文旨在為可打開的雙通風窗系統的各種配置提供測試測量數據，以更好地理解聲學性能。

2.雙通風窗系統設計

所提出的雙通風窗的設計原理如圖 4.1-15 所示。窗戶系統的設計是基於用一個簡單、易於操作、平衡的無框窗戶代替一個標準的雙懸窗。該無框窗戶由兩塊玻璃片組成，允許通風開口大小由用戶控制。

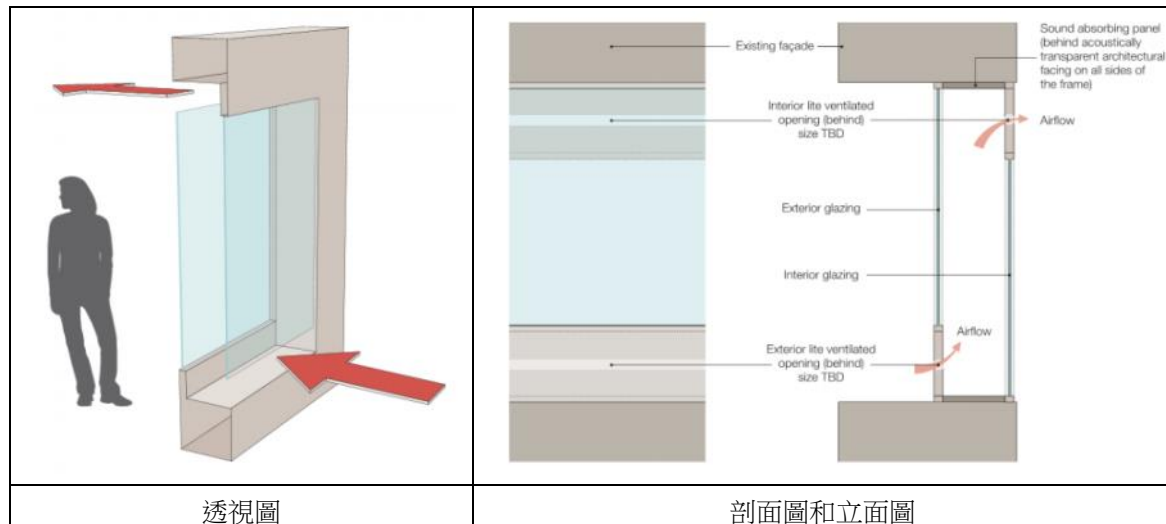


圖 4.1-15 雙通風窗系統的設計原理^[13]

3.通風尺寸和吸音材料

不同通風孔尺寸和添加到窗框內表面的吸音材料數量之八音階頻帶測試結果，詳如表 4.1-2 所示。

表 4.1-2 各種通風開口尺寸和吸音材料添加量的視隔音指標之比較^[13]

Opening size (開口尺寸)	Absorptive Material (吸音材添加量)	Apparent Sound Reduction Index R'(dB) (視隔音指標)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2kHz	4k Hz
50mm	Unlined	13	15	15	19	21	25
	Vertical Sides Only	15	17	22	29	27	32
	All Sides	19	22	27	35	36	41
100mm	Unlined	12	14	13	18	22	23
	Vertical Sides Only	13	16	19	28	28	29
	All Sides	15	17	22	33	33	33
200mm	Unlined	13	12	12	18	21	22
	Vertical Sides Only	14	14	18	27	26	27
	All Sides	15	14	20	30	28	30

(1)隨著通風口尺寸的增加：

- 對於無襯裡(無吸音材料)窗框，所有八音階頻帶的聲學性能從 50mm 到 200mm 的開口尺寸，一般只有降低 1 dB~3 dB。
- 當吸音材料添加至窗框時，低頻段(<500 Hz)的聲學性能從 50mm 到 200mm 的開口尺寸，通常降低 3 dB~5 dB。
- 當增加窗框的吸音材料時，中高頻段(500 Hz~4kHz)的聲學性能通常會降低 3 dB~5 dB。

(2)與無吸音材料之窗框相比，當窗框添加吸音材料時：

- 對於較小的通風口尺寸，聲學性能的最顯著改善發生在所有倍頻帶上，因為與通風口的面積相比，增加的吸音材料之面積較大。
- 聲學性能的最大改善發生在中高頻段（500 Hz～4kHz 頻段高達 16 dB），其吸音材料的聲吸收係數最佳。

4.加權視隔音指標（Weighted Apparent Sound Reduction Index）

各種窗口開口尺寸和吸音材料配置的加權視隔音指標(R'_w)，如圖 4.1-16 所示。結果顯示，隨著通風口尺寸的減小，水平窗口和垂直框側的吸音材料的加入對隔音性能有顯著的改善。這是因為與較小開口的通風開口面積相比，吸音材料面積的相對增加較大。結果顯示，具有 50mm 開口的雙通風窗口，在窗框的內表面上添加聲學襯裡（吸音材料）時，其 R'_w 性能與一個完全密封的 6.38mm 夾層玻璃窗相同。

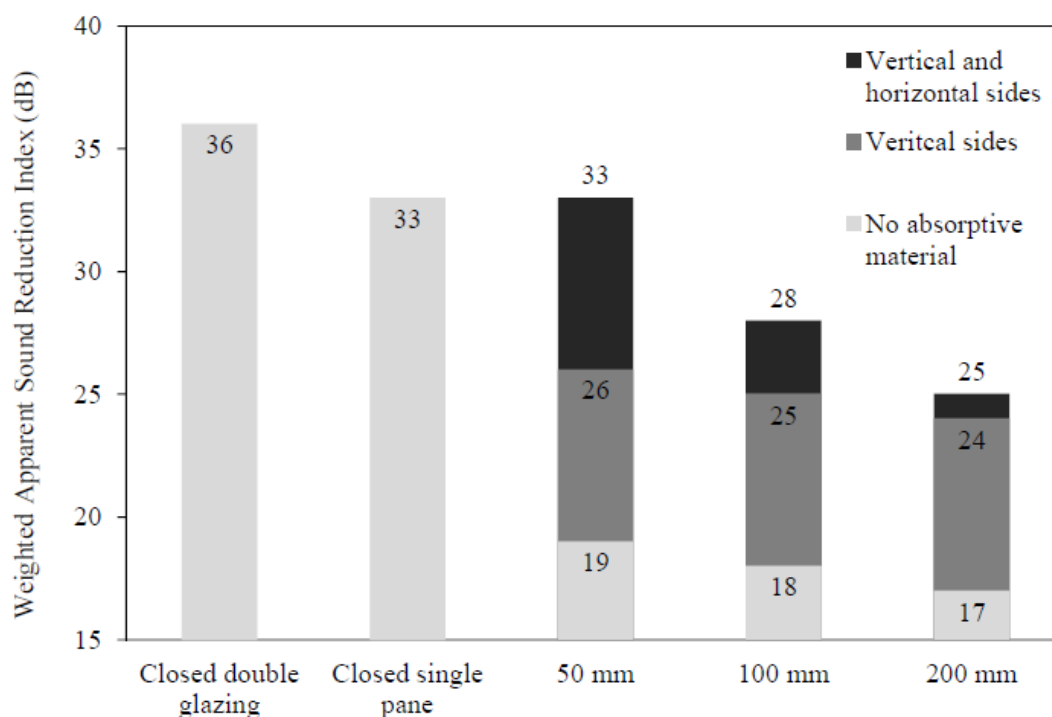


圖 4.1-16 各種通風開口尺寸和吸音材料的 R'_w 結果之比較^[13]

5.氣流測量

測量有安裝或未安裝吸音材料的通風孔中的氣流，以確定隨著通風開口尺寸減小和/或隨著吸音材料添加到窗框內表面，預計壓降（或氣流體積減小）的

相對增加。為混響室提供服務的遠端空氣處理單元（air handling unit, AHU）在整個測量期間提供恒定的空氣供給量，對房間進行充分加壓，以便能夠在靠近接收室通風孔的固定位置測量壓力降和氣流。其結果詳如表 4.1-3 所示。

結果顯示，對於 50mm 的通風口尺寸，當將吸音材料添加到窗戶的所有內表面時，通風口上的壓降增加一倍以上。正如預期的那樣，隨著通風口尺寸的增加，當添加聲學襯裡（吸音材料）時，開口上的壓降增加不那麼大。

表 4.1-3 各種窗口配置的壓降（Pa）和氣流測量（L/s）之結果^[13]

Ventilation Opening Size (通風口尺寸)	Absorptive Material (吸音材料)	Pressure Drop (Pa) (壓力降)	Airflow (L/s) (氣流)
50 mm	- None	9.5	56
	- Vertical only	10.3	53
	- Vertical and Horizontal	19.7	44
100 mm	- None	6.0	101
	- Vertical only	6.9	96
	- Vertical and Horizontal	10.2	56
200 mm	- None	3.9	113
	- Vertical only	4.9	116
	- Vertical and Horizontal	5.3	110

6.討論

上述結果顯示，正如預期的那樣，當通風口尺寸最小時，雙通風窗系統的隔音性能表現最佳。整體 R'_w 結果顯示：

- 對於無吸音材料系統，當通風口尺寸從 50mm 增加到 200mm 時， R'_w 從 19 dB 減小到 17 dB。
- 在窗框的所有內表面均採用吸音材料，具有 50mm 開口的雙通風窗口，其 R'_w 性能與一個完全密封的 6.38mm 夾層玻璃窗相同。
- 在窗框的所有內表面均採用吸音材料，當通風口尺寸從 50mm 增加到 200mm 時， R'_w 從 33 dB 減少到 25 dB。
- 僅在窗框的垂直內表面上應用吸音材料，隨著通風口尺寸從 50mm 增加到 200mm， R'_w 從 26 dB 減小到 24 dB。

因此，與通風開口區域相比，聲學襯裡（吸音材料）的相對面積對於窗戶系統的隔音性能是至關重要的。當考慮到表 4.1-3 中所示的壓降和氣流測量結果時，需要根據通風要求權衡這種系統的聲學性能要求。氣流和聲學測量確實顯示

這種雙通風窗系統在住宅應用中是可行的。

(二)新加坡：Land Traffic Noise Management at Recipient's End in Singapore（新加坡住戶端的陸路交通噪音管理）^[14]

1.引言

隨著城市密度的不斷增加以及經濟和交通活動的土地使用競爭，新加坡居民面臨更多噪音。與此同時，公眾對更安靜的生活環境的期望越來越高。新加坡實施了噪音管理框架，其中包括一套噪音標準和指引，以保障公眾健康和減少滋擾。國家環境局（National Environment Agency, NEA）透過陸路交通噪音影響評估，確保將噪音影響納入土地利用規劃和擬議開發項目的設計中。

2016 年 7 月，針對公路和鐵路基礎設施附近的住宅和噪音敏感開發項目，引入了一套陸路交通噪音影響評估技術指南。住宅和噪音敏感的開發應設計成滿足技術指南中要求的噪音限制。如果開發項目無法達到噪音限制，則必須採取緩解措施。

本文提供了一些在自然通風條件下，於噪音源、傳播途徑和受體端的緩解措施，它還分享了管理公眾對交通噪音滋擾的期望所採取的方法，以實現有利的生活環境。茲將受體端的窗口配置及窗口限制器等措施，摘錄說明如後。

2.緩解措施

(1)窗口配置

因為大部分交通噪音係透過窗戶進入住宅的內部，故窗戶是減輕受體端受到交通噪音影響的重要因素，如圖 4.1-17 所示。該文研究了不同類型窗戶配置的「插入損失（insertion loss）」性能（如：雙層窗、雙層夾層玻璃、雙層帶底掛窗、帶散熱片雙層窗...等）。研究顯示，具有底部懸掛窗口配置的雙層窗是最有效的，可以提供 1 dB~3 dB 的減音量。

(2)限制器（Restrictors）

住宅開發還安裝了限制器來限制窗戶開啟和推拉門之開口，以最大限度地減少從外部空間到內部空間的噪音干擾，如圖 4.1-18 所示。限制開口必須滿足新加坡建設局（Building and Construction Authority, BCA）要求的自然通風要求。限制開口通常產生 1 dB~3 dB 的噪音降低。



圖 4.1-17 新加坡公共房屋中不同窗戶配置的示例^[14]



圖 4.1-18 新加坡住宅窗口上的窗口限制器^[14]

(三)中國：The Current Status of Natural Ventilation - Enabling Noise Reduction Devices in Urban Green Buildings(自然通風的現狀－在城市綠色建築中實現降噪裝置) [15]

在城市化過程中，為了降低能耗及改善室內環境品質，自然通風系統被廣泛應用於許多綠色建築中。但在噪音污染的干擾下，很難平衡通風和降噪之間的關係。本文總結了城市綠色建築中自然通風降噪裝置的現狀，重點介紹了窗戶、陽台和通風管道的隔音性能。與交通管理、綠化帶和隔音牆相比，這些設備更易於實施，並且具有更高的成本效益。此外，本文還分析了現有設備的缺點和設備的發展前景。

1.引言

噪音可能導致對健康的聽覺和非聽覺影響，特別是長期接觸後。這些影響是心理和生理困擾的結果，也是生物體內穩態的擾動和增加的靜態負荷。在城市峽谷效應（urban canyon effect）下，噪音會加劇其對市民的干擾，特別是在高密度高層建築的城市。雖然高層建築緩解了城市人口迅速增加與土地短缺之間的矛盾，但也加劇了控制城市噪音污染的難度。如何為住家提供令人滿意的室內聲學環境一直是政策制定者和公眾日益關注的問題。

通常，道路交通噪音被認為是城市噪音的主要因素。根據中國環境噪音防治（制）年度報告，市和省會城市的平均日間道路交通噪音為 68.9 dB(A)，遠遠高於世界衛生組織強烈推薦的 53 dB。

隨著中國城市化的蓬勃發展，城市車輛越來越飽和，難以及時調整交通管理政策（如：改變車速、交通強度或交通組成）以應對這種情況。與白天相對穩定的城市噪音相比，夜間間歇性噪音對住家的危害更大。

使用大量土地設置道路隔音牆和綠化帶被認為是奢侈的，特別是在道路非常狹窄的地方。噪音很容易通過繞射或兩側高層建築立面的多次反射而擴散。因此，對於住家來說，減少噪音的最直接方法是關閉窗戶；但同樣，這是以犧牲自然通風和室內空氣品質為代價的。雖然機械通風系統可以提供室內通風，但它不符合綠色建築和零能耗建築的永續發展的概念。如何滿足自然通風的要求，同時減弱外部噪音是自然通風降噪裝置的設計理念。

本節簡要介紹了近年來自然通風降噪裝置的研究和發展現狀，並展望了該裝置的未來發展方向。

2.自然通風—使噪音減少裝置成為可能

通風窗是現有住宅建築隔音改造的關鍵內容和降噪的主要手段。通常，壓力通風窗被定義為具有進氣口（室外）和出氣口（室內）的窗戶，其在通風室中形成 S 形通風流線；在腔室中設置橫向或垂直穿孔板以分隔腔體，或者使用包含吸音材料的消音通道來阻擋腔體。在完全關閉的情況下，住家建築外窗的隔音能力可達 20 dB~40 dB。

通風窗結構的研究主要集中在開口的大小、開口的位置、兩層開口的相對位移。為了系統地分析具有交錯開放結構的自然通風降噪裝置的不同結構參數，Egzon Bajraktari 等人（2015）研究了多個開口的組合，以便可以透過經驗和計算來評估不同系統參數的影響。本實驗是少數幾個可以系統地分析各種結構參數對通風窗降噪性能的影響。

为了提高通風窗的降噪性能，研究人員經常在窗戶的內壁添加吸音材料或裝置。原則上，它類似於在道路隔音牆中安裝吸音材料。Tang（2018）研究了在窗洞中安裝剛性圓柱陣列的可能性，以改善通風窗的隔音損失，並詳細分析充氣窗（inflatable window）中的音場及其與聲音傳遞損失增強的關係。

與增加吸音裝置的原理相似，新加坡國立大學 Hsiao Mun Lee 等人（2017）設計了一種新型的聲學水晶窗（Sonic Crystal Window），如圖 4.1-19 所示。SC 窗口可以在 700 Hz 到 1,400 Hz 的全頻範圍內分別衰減額外的 4.59 dB(A)和 9.40 dB(A)白噪音，最重要的是，實驗不僅基於噪音計測量的資料，而且還考慮了受試者的心理。

然這兩個通風窗提供的降噪效果不是很明顯，但與微穿孔板（Micro-Perforated panels）的簡單安裝相比，原則上有了很大的突破。由於微穿孔板的降噪性能與穿孔率有很大關係，普通小窗戶製造商很難掌握。因此，透過該技術製造自然通風隔音窗的技術更加困難，故成本更高。

近年來，儘管吸音裝置或材料的發展非常困難並且測試成本非常高，但它仍是研究人員關注的焦點。專利發明者提供了更多的結構解決方案，但很少有人真正系統地分析窗戶。大多數從事噪音污染控制的人都在研究機構和大學，但實踐性人才較少。

Sonic crystals to fight noise pollution

NUS researchers have developed a prototype window made of “sonic crystals” that can halve the loudness of traffic and construction noise entering a room through the window.

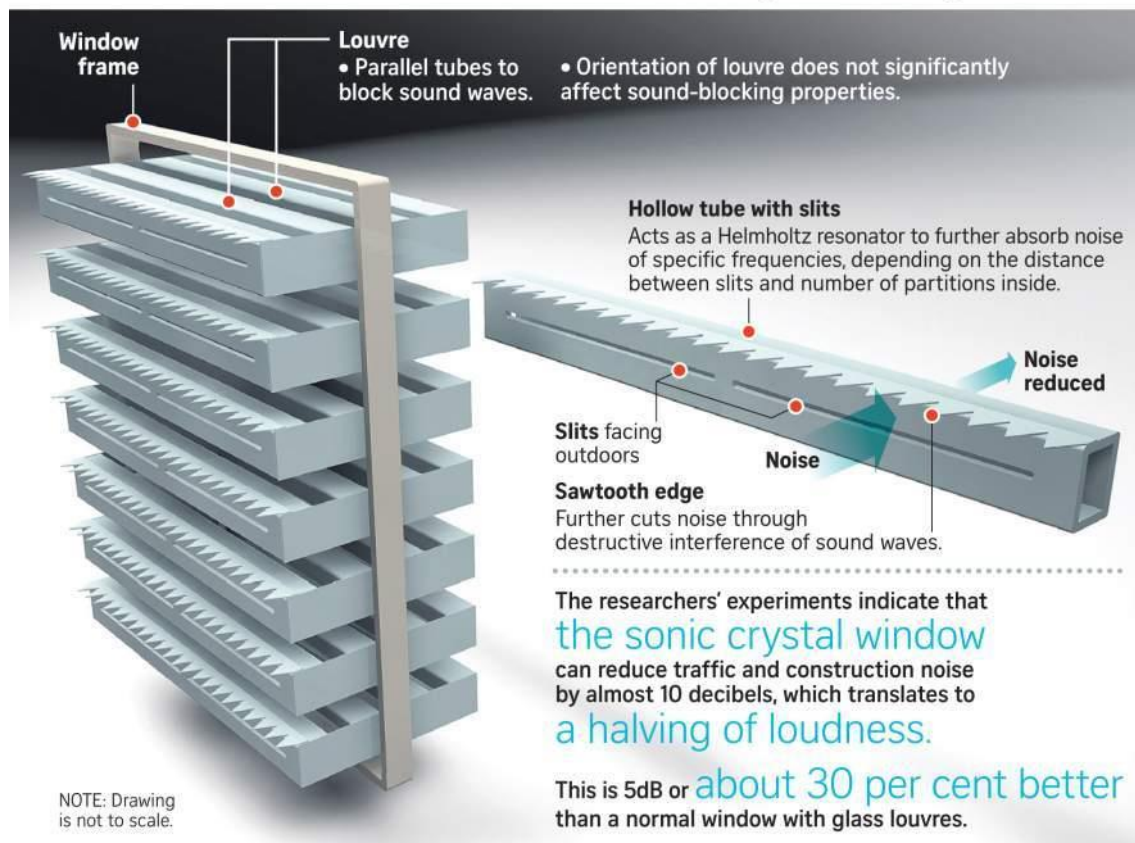


圖 4.1-19 新加坡國立大學設計的 Sonic Crystal Window^[16]

除了通風窗外，陽台還具有良好的降噪性能。陽台作為隔熱和隔音的緩衝空間，透過直接遮擋地面噪音源的視線，為居民提供舒適的噪音控制環境發揮著重要作用。但是在兩棟相鄰的高層建築之間，在不平的牆壁上經過多次反射後，噪音很容易從外露的半封閉式陽台進入陽台內部，並透過陽台內牆的多次反射形成局部混響場降低陽台的降噪性能。即使陽台被重建為一個全封閉的陽台，與半封閉陽台相比，降噪能力也沒有太大提高。還發現封閉的陽台將導致較低的 cross-hall wind effect、較低的室內風力和較低的風速。

未來的綠色建築在自然通風和降噪的努力下，不僅要做通風窗或隔音陽台，還應該發展成整個建築的通風系統。以國際會展中心之降噪工程為例，在項目初期，對 8 個通風設備機房及其相應的功能區進行了噪音檢測。每個風扇室的

噪音在 77.1 dB(A)~80 dB(A)之間，除總統套房外，每個功能區的平均噪音在 63.2 dB(A)~67.5 dB(A)之間。儘管在所有通風管的外壁上安裝了具有多孔材料的絕緣層，但其降噪性能有限。

因此，我們希望能夠預測施工初期可能面臨的噪音問題，並選擇相應的建築材料進行安裝。但事實上，隨著城市功能的不斷增強，城市噪音的主導因素不僅是交通噪音。新的城市噪音，主要是擴音器 (loudspeakers)，也會干擾家庭休息。與交通噪音相比，這種噪音在振幅和頻率上有很大的差別，給通風降噪裝置的研究帶來了很大的困難。

3.結論

透過對自然通風研究和應用現狀及存在問題的分析，可以看出自然通風是建築設計的一個不可或缺的概念，其涉及到許多內容。目前，大部分研究工作分散，尚未形成完全整合的技術。整個建築物的隔音性能很容易受到單個裝置的隔音性能損壞，而變得非常差。

自然通風在城市和郊區各種建築中的正常應用和成功應用還需要大量的研究工作。考慮到建築外殼 (building envelope) 結構、材料、自然通風方式、通風控制和使用壽命，特殊城市氣候下建築物綜合自然通風技術的發展需要進一步探索，但必然是自然通風的發展方向。

(四)新加坡：Sound Insulation of Ventilation Partitions with Different Configurations (不同結構的通風隔音性能)^[17]

1.引言

根據新加坡住房和發展委員會 (Housing and Development Board, HDB) 的調查，高噪音在 HDB 住宅區 23 個最不喜歡的居住環境方面排名第一。具體而言，交通噪音是新加坡和香港等高密度城市的主要噪音源之一。對於交通道路或鐵路附近的住宅，隔離外部交通噪音的一種簡單方法是關閉面向公路和鐵路的門窗，但這阻礙了自然通風。為了在保持自然通風的同時增強噪音隔離，在過去的幾十年中已經提出了各種解決方案，其中一些將在下述討論。

已採用主動噪音控制 (active noise control, ANC) 技術來減輕透過傳統開窗的噪音傳播。次級噪音源可以安裝在窗框中以產生反相聲音以對抗入射聲音，從而減少透過窗口的噪音傳播。然而，ANC 技術僅限於低頻噪音降低。

為了控制寬頻率範圍內的聲音傳播，由兩個交錯的玻璃窗格組成的壓力

通風窗口（plenum window）首先由 Ford 及 Kerry（1973）提出。他們的測量結果顯示，對於交通噪音而言，壓力通風窗比開放式單窗口的聲音降低指數高出 9 dB(A) 左右。基於這樣的設計，Tong 等人（2015）對壓力通風窗的聲音插入損失進行了全尺寸現場測量。壓力通風窗和傳統的側掛式平開窗分別安裝在兩個相同的模擬試驗室中，這些試驗室並排建造並面向繁忙的道路，通風窗的聲學效益介於 7.1 dB(A)~9.5 dB(A)。

為了提高壓力通風窗的降噪性能，許多研究人員已經研究了被動噪音控制（passive noise control, PNC）技術。Kang 和 Brocklesby（2005）在一個壓力通風窗的兩個玻璃板之間安裝了透明的微穿孔吸音器，而不會犧牲窗戶的透明度。然而，由於透明材料的低吸音性能，降噪的改善並不顯著。後來，Sondergaard 等人（2011）測試了各種配置的壓力通風窗的隔音效果。將不透明的吸音板與窗框或通風口一起放置在一個玻璃板上。他們發現聲音降低指數在 22 dB 到 30 dB 之間變化；作為一個比較基線，相同尺寸的開放式單上懸窗為 8 dB。此外，沿窗框安裝有後腔的多孔板也有助於提高降噪性能，其中聲音降低量取決於穿孔率和空腔深度。

事實上，為了在不犧牲透光性的前提下提高壓力通風窗的降噪性能，兩塊玻璃板之間的間距很大，使得沿窗框的側壁有足夠的空間進行隔音處理。因此，大多數經過隔音處理的通風窗厚度都超過 200mm。厚窗系統意味著從房間或辦公室獲得更多的可用空間，這在實務中可能是用戶不能接受的。

本文研究了由兩個交錯面板組成的通風隔板。在不考慮光穿透的情況下，通風隔板可以與許多聲學處理相結合，因此，可以實現更好的降噪性能。此外，通風隔板與牆壁齊平，不會占用房間和辦公室的額外空間，從實際應用的角度來看，這是一個優勢。

2.測量設置

本文用實測的聲音穿透損失（transmission loss, TL）性能來評估隔板的降噪性能。如圖 4.1-20 所示，兩個混響室透過牆壁與隔板連接。參照 ISO 140-3，粉紅噪音源由噪音發生器產生，由放置在混響室（即音源室）角落的全向性音源播放。接收室與音源室相似，但略大。根據音源室和接收室內的平均音壓級 L_s 及 L_r ，可透過以下公式計算聲音傳遞損失。其中 S 表示試樣的面積，A 是根據 ISO 345 測量的接收室之等效吸音面積。

$$TL = L_s - L_r - 10 \log \frac{S}{A} \quad (4.1.1)$$

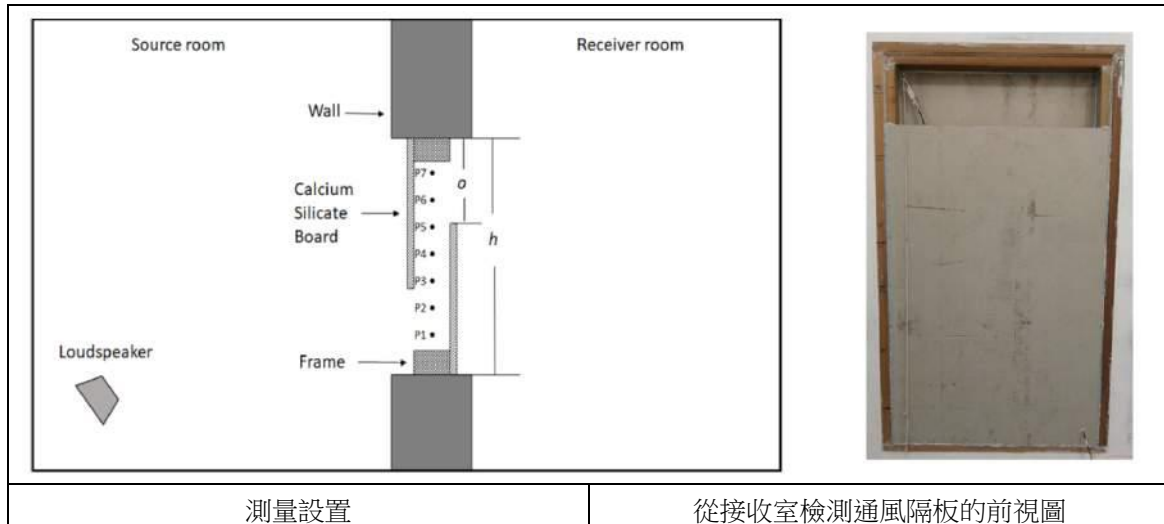


圖 4.1-20 通風隔板聲音穿透損失之測量設置^[17]

3.通風隔板

沒有任何聲學處理的通風隔板由兩個交錯的面板組成，如圖 4.1-20 所示。在本研究中，所有隔板的寬度均為 1m，高度為 1.8m；兩個交錯的開口具有相同的高度 0.225m；隔板是厚度為 9mm，質量密度為 1,050 kg/m³ 的矽酸鈣板；兩塊板之間間距為 0.082m，因此，通風隔板的總厚度為 0.1m。5 種不同配置的通風隔板之隔音等級（sound transmission class, STC），詳如表 4.1-4 及圖 4.1-21 所示。

4.結論

該論文提出了沒有聲學處理和經過聲學處理的通風隔板之聲音穿透損失。沒有聲學處理的通風隔板由兩個隔板（矽酸鈣板）組成，具有交錯的開口。就具有聲學處理的三個通風隔板而言，玻璃纖維以各種樣式放置在兩個面板之間，以增強降噪性能。

在實驗室條件下測試通風隔板的聲音穿透損失，測量結果顯示，附加玻璃纖維的通風隔板可以達到隔音等級（STC）22 dB~31 dB，比沒有任何聲學處理的通風隔板高出 11 dB 以上。除降噪性能外，未來通風隔板設計階段應考慮供氣效率。

表 4.1-4 5 種不同配置的通風隔板之隔音等級 (STC) ^[17]

Cases (案例)	Description (描述)	STC (隔音等級)
B0	無任何聲學處理的通風隔板	11 dB
B1	封閉的單層隔板	31 dB
C1	沿隔板框架放置厚度為 25mm 的玻璃纖維	22 dB
C2	沿隔板框架放置厚度為 25mm 的玻璃纖維，並在一個隔板上放置一層	31 dB
C3	覆蓋空腔頂部和底部的厚度為 25mm 的玻璃纖維；沿空腔左側和右側放置 10 個邊長為 200mm、厚度為 82mm 的三角形塊	26 dB



(a) C1, STC 22dB



(b) C2, STC 31dB



(c) C3, STC 26dB

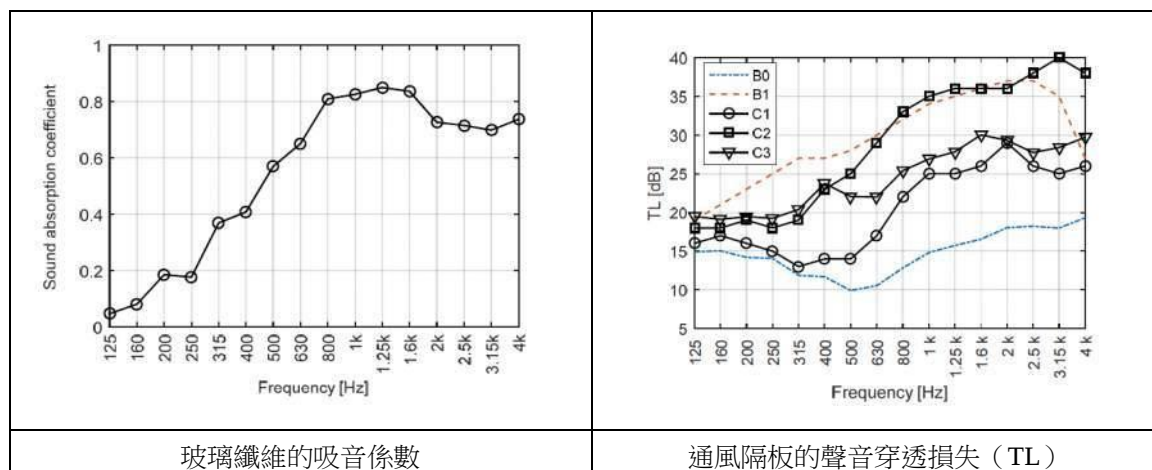


圖 4.1-21 玻璃纖維的吸音係數及通風隔板的聲音穿透損失 (TL) ^[17]

(五)香港：Effects of sound incidence angle on the effectiveness of noise reduction measures applied to acoustic windows (聲入射角對隔音窗降噪措施效果的影響) ^[18]

1.引言

香港是住宅區發展有限的最擁擠的城市之一，因此，許多新的高層住宅建築靠近交通量大的繁忙道路，受到嚴重的噪音影響。根據香港環境保護署的資料，香港有超過一百萬人受到過量交通噪音的影響。香港的高密度生活環境的噪音緩解措施通常集中在噪音源、傳播途徑和受體端。

大多數建築物只能專注於適用於受體端的解決方案，例子包括：建築退縮、隔音陽台和隔音窗等。但是，由於缺乏土地可用性，有些情況下建築物退縮不起作用。因此，其研究重點是提高面向交通噪音的窗戶之降噪能力。微孔板（micro-perforated panel, MPP）以及 pomute 材料在隔音窗改善的當前性能方面顯示出很高的潛力，而不會大大降低自然通風效率，它們也易於維護。

2. 實驗架構

(1) 隔音板

NOISESTOP

聲學滑動面板能夠滿足自然通風、室內聲學以及白天照明。它由透明微穿孔板吸音板（Micro-Perforated Plate Acoustic Panel, MPA）組成，吸音度高而無光損失。面板的滑動設計可使空氣自由流動，增強室內空氣的循環。圖 4.1-22 顯示了在不同頻率下測試設置中使用的 MPA 之性能。

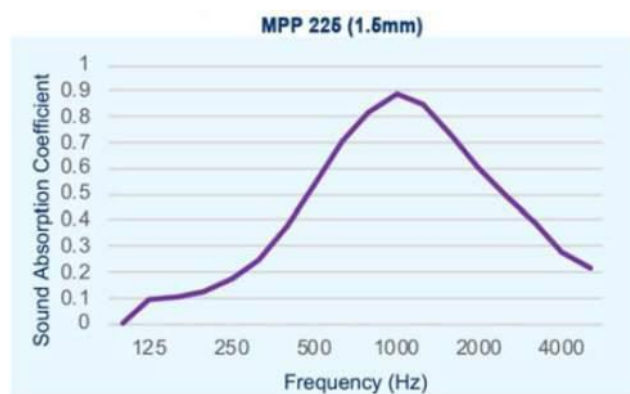


圖 4.1-22 NOISESTOP 面板的吸音性能^[18]

(2) Pomute 材料

Pomute 是一種透氣的金屬面板，可取代傳統的打孔加工。Pomute 可以結合到吸音板、天花板的裝飾、牆壁、擋板、隔音牆等。Pomute 的聲學性能根據 ASTM C423-09a 標準測試方法進行測試，透過混響室方法獲得吸音和吸音係數，面板的結構可在寬頻率範圍內提供吸音性能，如圖 4.1-23 所示。

(3) 實驗設置

在這項研究中，作者透過構建所提議窗口設置的實際模型來進行實驗。圖 4.1-24 及圖 4.1-25 顯示了設置和實際測試點。音源是一組揚聲器，它們彼此間隔相等，並且與測試窗口的距離為 15m。揚聲器傾斜，其法線軸直接指向窗口

邊緣的高度，以模擬較高樓層的平面。

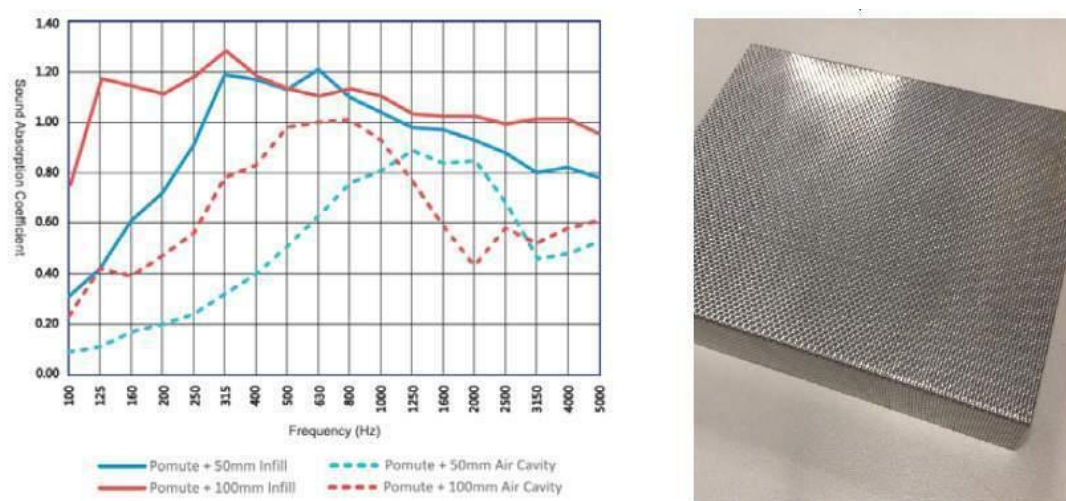


圖 4.1-23 Pomute 材料的吸音性能^[18]

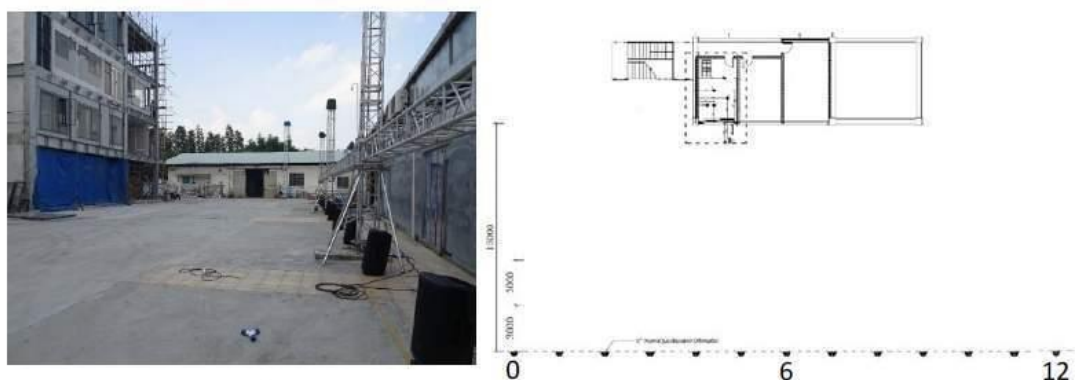


圖 4.1-24 實驗設置照片及示意圖^[18]



圖 4.1-25 麥克風（左：室外；右：室內）和吸音材料的安裝位置^[18]

作者設置了 13 個面向窗戶及不同的角度之揚聲器，所有揚聲器具有相同的方向，以模擬道路交通噪音。測試了 4 種不同的測試用例：

- (a)打開窗口場景，無滑動面板，無 MPA，無 Pomute 材料填充；
- (b)打開窗戶場景，有滑動面板，無 MPA，無 Pomute 材料填充；
- (c)打開窗戶場景，有滑動面板，無 MPA，有 Pomute 材料填充；
- (d)打開窗戶場景，有滑動面板，有 MPA，有 Pomute 材料填充。

測試中的窗口尺寸為 1,515mm 高，寬度為 600mm。用於測試的 MPA 面板厚 1.5mm，空氣腔 40mm 並與滑動門隔開。Pomute 材料是鋁和 1mm 厚。

3.結果和討論

參考圖 4.1-26，其繪製了當單獨使用每個揚聲器（水平軸）時窗口的插入損失。在每個測試案例中添加了吸音材料後，可以看到插入損失的改善。比較測試例(a)和測試例(b)，無 MPA 及無 Pomute 材料填充的滑動面板，提供了大約 3.5 dB(A)~7.9 dB(A)的額外插入損失。添加吸音材料進一步提供了額外的 0.6 dB(A)~1.6 dB(A)減音量。在最終測試案例中，觀察到進一步改善 0.5 dB(A)~1.4 dB(A)的插入損失。

4.結論

進行了全尺寸的模型試驗，以研究不同噪音吸收材料性能對不同角度噪音的有效性，並比較如何改善窗戶的聲學性能。發現透過將聲音吸收材料安裝到具有窄間隙寬度的窗口中，可以附加 1.1 dB(A)~3.0 dB(A)的隔音效果。

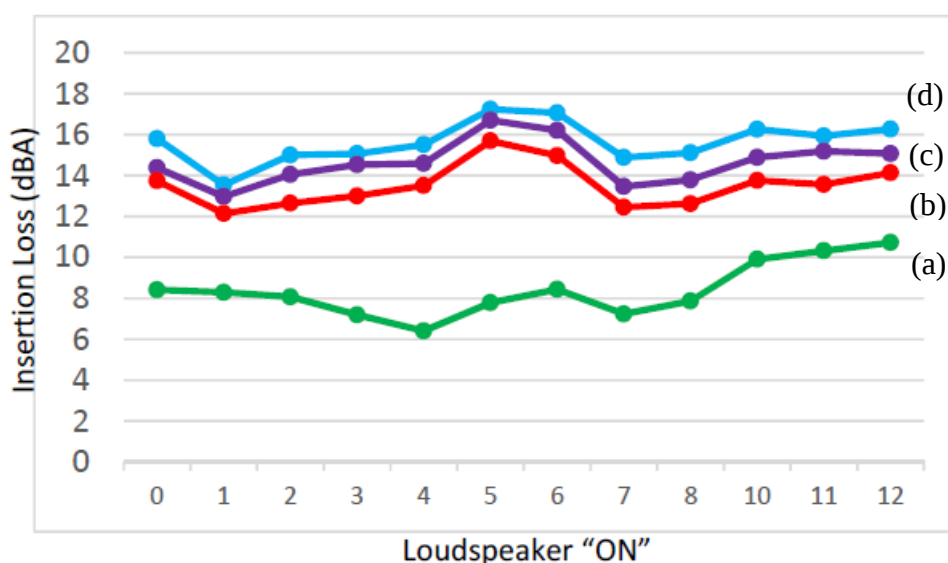


圖 4.1-26 所有揚聲器位置的吸音性能^[18]

(六)丹麥：Noise control through open windows - A solution model（透過開窗進行噪音控制－解決方案模型）^[19]

不斷增加的道路交通噪音使得透過窗戶的自然通風成為城市住宅的一個難題。由於噪音量的普遍提高和自然通風的要求，丹麥環境保護局自 2007 年以來，一直敦促市政當局採用解決方案來減少透過開窗的噪音。

1.自然通風消音設計的初步概念（圖 4.1-27）

- 垂直框，內置於窗框一側。
- 在開放式配置中，外部噪音透過垂直彎曲的傳輸路徑加以抑制，並有不同的吸收厚度。

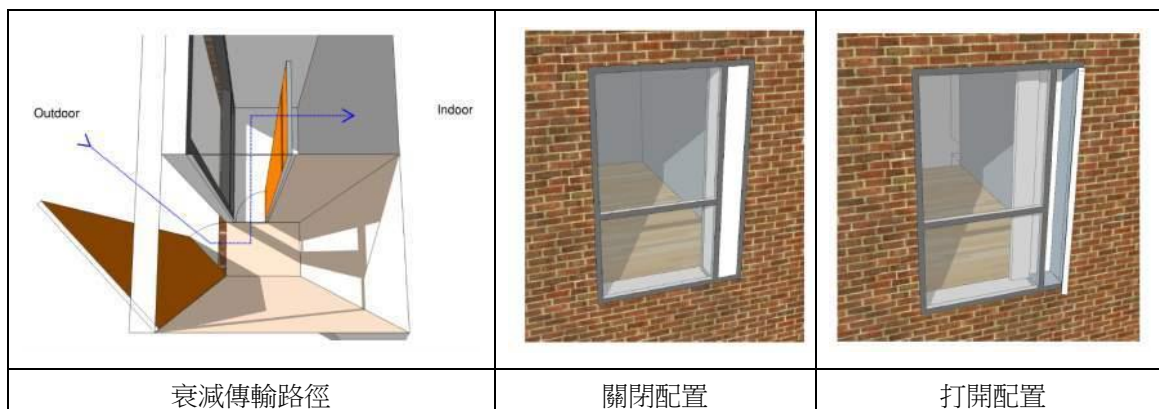


圖 4.1-27 噪音衰減傳輸路徑及配置^[19]

2.模擬方法

ISO 16283-3 中的兩種現場測試方法“建築物和建築構件中的隔音現場測量 - 外牆隔音”，在電腦模擬軟體中建立模型。其應用的方法是：

- (1) “Element loudspeaker” $R'_{45 \text{ degree}}$ ；
- (2) “Element road traffic” $R'_{tr,s}$ 。

模擬軟體：

- (1)窗戶的聲學特性在室內聲學模擬軟體 ODEON 15 中進行了測試。
- (2)噪音建模軟體 SoundPLAN 8.0 用於預測道路交通噪音頻譜。
- (3)隔音預測軟體 INSUL 9.0 用於將傳輸資料分配給 ODEON 中的材料。

3.現地測試方法

(1) ISO 16283-3 “Element loudspeaker” 和 “Element road traffic”，在一樓的竣工建築立面中進行了測量。

(2)使用 3 個揚聲器位置測量 $R'_{45 \text{ degree}}$ 。相對於窗口的中間，位置分別以負 45 度向下和方位角-45 度、0 度和+45 度傾斜。

(3) $R'_{tr,s}$ 是使用來自繁忙道路的交通噪音測量的，與建築物外立面平行。

4.結果（表 4.1-5）

(1)顯示的結果是透過窗口打開配置的聲學衰減。

(2)參考面積為 0.35m^2 的開口面積。

表 4.1-5 透過窗口打開配置的聲學衰減^[19]

Noise reduction through the open ventilation box (透過打開的通風箱降低噪音)	Modelled results (模擬結果)	Measured results (測量結果)
ISO 16283-3 "Element loudspeaker" $R'_{45 \text{ degree}} + C_{tr}$	15 dB	13 dB
ISO 16283-3 "Element road traffic" $R'_{tr,s} + C_{tr}$	14 dB	11 dB

5.限制

(1)內部橫梁將開口面積減少到 0.27m^2 。

(2)由於交通號誌而導致的交通量波動可能會影響 "Element road traffic" 測量期間的結果。

(3) ODEON 和 ISO 16283-3 均未設計用於測試打開窗戶的隔音性能。

6.結論（圖 4.1-28）

(1)測量結果的開口參考面積為 0.35m^2 ，顯示聲衰減 $R'_{tr,s} + C_{tr} = 11 \text{ dB}$ 。

(2)在 10m^2 （體積 26m^3 ）的房間內透過自然通風，這相當於內部噪音量 L_{den} 為 46 dB，外部噪音量 L_{den} 為 67 dB 的可能性。

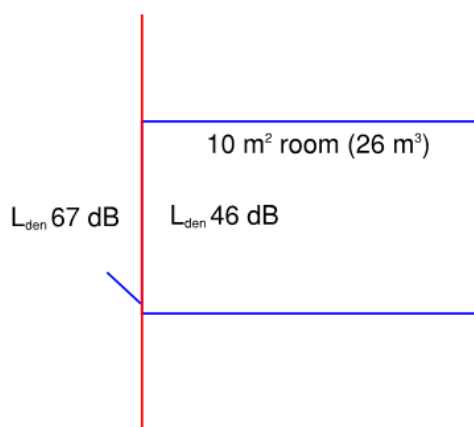


圖 4.1-28 10 平方公尺的房間內透過自然通風的聲音衰減^[19]

六、小結

窗戶的兩大功能：一是採光，二是通風。現在窗戶越來越大採光不是問題；而可開啟面積越來越小，加之室外噪音越來越吵，窗戶的通風功能與噪音的矛盾變得越來越顯著；“開窗吵、關窗悶”已是一個無奈的現實。由國際上近 3 年來應用於綠色節能建築之被動式通風隔音窗之資料回顧，通風窗結構的研究主要集中在開口的大小、開口的位置、兩層開口的相對位移。大致上可分為 4 種結構：

(一)雙層窗（傾斜式）

將窗口傾斜並透過雙層玻璃窗提供高隔音量（帶有吸音狹縫），提供高空氣交換率並增強隔熱性能。該原理基於兩個可以偏移打開的窗口平面，有多種版本可供選擇。根據設計，部分傾斜的窗扇為垂直放置；或者如果需要，也可以水平放置。例如：德國及丹麥之相關應用。

(二)雙層窗（擋音式；推窗式+滑動式）

利用了雙層玻璃窗的設計概念，擋音式採用了由上下兩個交疊部分組成的擋音式減音窗，窗框內側更設有吸音物料。推窗式+滑動式之外層是推窗，內層是滑動窗，有別於一般雙層窗的設計，減音窗的外層窗和內層窗構成一個通風口，中間設有吸音物料，加強消音的效果。例如：香港之相關應用。

(三)隔音窗帶出風口

隔音通風器的使用解決了“關窗通風”的難題，使窗戶的功能變成了一是採光，二是隔音，而通風的功能則由與窗互相配合的通風器來行使，這樣隔音與通風不再矛盾。自然通風器是根據自然環境造成的局部氣壓差和氣體的擴散原理而產生空氣交換的一種換氣方式。例如：中國大陸之相關應用。

(四)隔音窗和主動通風裝置

隨著居家生活的外部環境改變，為居室採光和通風換氣設置的窗戶已無法滿足現代生活環境需要。在健康意識的抬頭下，PM_{2.5} 隔音通風器與隔音窗搭配使用，可帶來室內新鮮空氣及隔音之要求，惟此結構類型需要額外安裝電源及能源消耗。例如：中國大陸之相關應用。

由以上關於綠色節能建築之被動式通風隔音窗之文獻資料回顧，以「圖 4.1-9 丹麥 Folehaven 之開放式窗戶 ISO 140-5 隔音測量結果」為例，可發現被動式通風隔音窗對於低頻部分之隔音仍較差。為解決此一問題，學界提出主動式噪音控制（ANC）技術，故下節將回顧近年來各國之主被動控制式通風隔音窗相關資料。

4.2 彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範 與現行推動作法（至少 5 個國家），並進行優劣比較與研析

由外界音源傳入室內的傳聲損失而言，隔音窗經常是建築物中最容易穿透的部分。針對此點，許多研究人員採取主動噪音控制方法，來改善通風窗的傳聲損失，包括在通風窗開口處設置一陣列揚聲器、在窗玻璃上裝設振動致動器（vibration actuators）、和在靜壓式通風窗（plenum windows）的間隙內裝設揚聲器。本文的焦點在於探討近年來透過自然通風窗實施主動聲傳播控制的進展。文中首先概述和比較 8 個國家或地區在過去 5 年間的進展，接著針對當前的研究局限、實施問題和未來方向等議題提出討論。

4.2.1 近年各國主動控制隔音窗之進展

針對通風窗噪音控制的問題，學界與業界做過許多嘗試，希望能發展出一種既具良好減音性能，又能充分通風提供新鮮空氣的適宜通風窗系統。早在 1973 年，Ford 和 Kerry 便針對通風窗開口對隔音量的影響做了研究。他們發現，雙層玻璃部分開啟時，隔音效果比同樣部分開啟的單層玻璃好 10 dB(A)，且雙層玻璃即使開啟 100mm，其隔音能力仍與單層玻璃關閉時差不多^[20]。1998 年，Field 和 Fricke 證明，不同長度的 1/4 波長諧振器可用於建築外部的通風開口，以減少廣泛頻率範圍的噪音傳進建築物。在某些 1/3 八音階頻帶，此一方法的減音效果約 7 dB^[21]。

2005 年，Kang 和 Brocklesby 研發出一種交錯式窗系統（Staggered Window System）。在這套窗系統中，間隔式雙層玻璃窗的窗扇開啟呈交錯狀，以建立自然通風路徑和防止直接音傳播，同時沿著通風路徑裝設透明微孔吸音板，以降低外部噪音^[22]。他們發現，此一方法可有效降低頻率 500 Hz 至 8,000 Hz 的外部噪音。然而在低頻範圍，交錯式窗系統的減音性能便不甚令人滿意。2009 年，Yuya 等人藉由優化輸入/輸出開口位置和輸入範圍，提出了一種隔音平開窗（Casement Windows）模型^[23]。

2013 年，Tong 和 Tang 在半消聲室中，利用 1:4 縮小比例模型，研究建築牆面裝設靜壓式通風窗對非平行線性音源之插入損失（Insertion Losses）。他們發現，此一方法的插入損失約為 5 dB~18 dB，實際數值則視不同的取向狀況而定^[24]。二年後，他們又在香港一條交通繁忙的幹道附近，利用與香港一般公共住宅同尺寸的兩間同式模型試驗室，進行全尺寸現場測量，其中一間裝設靜壓式通風窗，另

一間則裝設傳統的側吊式平開窗。他們並比較了 4 種不同的房間內部擺設情況。試驗結果顯示，以靜壓式通風窗取代側吊平開窗所達成的隔音效益約為 7.1 dB(A) ~9.5 dB(A) [25]。

在低頻範圍，被動式通風窗的隔音性能通常很差。為解決此一問題，學界提出主動式噪音控制(ANC)技術。2002 年，Zhang 等人提出檢驗參考信號(Reference Signals)與誤差信號(Error Signals)之相干性的模型[26]。2005 年，Ise 在一個開敞的通風窗上設置 16 個獨立的單通道 ANC 系統，以反射傳入的外部噪音。在 200 Hz 至 700 Hz 的範圍內，此一方法在誤差傳感器上達到超過 10 dB 的減噪效果[27]。2011 年，Qiu 等人報告了當時 ANC 自然通風窗的研究進展[28]。

全世界許多研究人員都曾做過或正在從事相關領域的研究。下文概述 8 個國家或地區近年來的相關研究，以說明當前的進展方向。

4.2.2 日本

過去近十年裡，日本鳥取大學(Tottori University) Masaharu Nishimura 教授和他的團隊一直在研發主動聲屏蔽(Active Antenna System, AAS)系統。2008 年起，他們幾乎每年都在國際噪音控制工程會議(Internoise Conferences)報告研究進展[29]。AAS 系統包含許多排成陣列的同式 AAS 單元。圖 4.2-1 顯示 AAS 應用於開敞通風窗以控制聲傳播的基本概念和 AAS 單元示意圖。

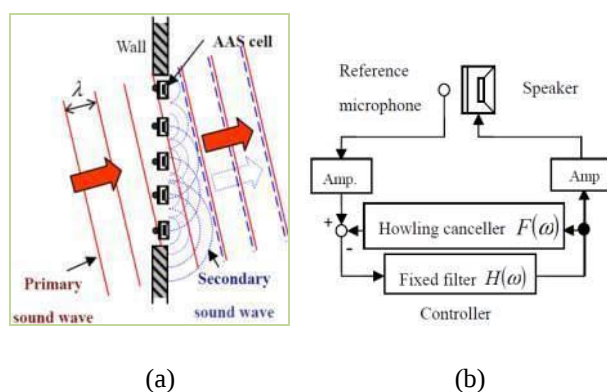


圖 4.2-1 日本：(a) AAS 基本概念；(b) AAS 單元示意圖[29]

每個 AAS 單元都是一個簡單的前饋式主動控制系統，在儘可能接近次級音源的前方，都設有一個參考麥克風(Reference Microphone)。控制濾波器(Control Filter) $H(\omega)$ 為離線設計，作用為消除 AAS 單位前方的聲波，嘈雜聲補償濾波器

(Howling Compensation Filter) $F(\omega)$ 的作用則在降低從次級音源回傳至參考麥克風的聲反饋 (Acoustical Feedback)。由於參考麥克風和次級音源近於並列，同一控制濾波器應可控制來自不同方向的入射聲^[30]。研究團隊將一個包含 4 個 AAS 單元的小型 AAS 通風窗 (250mm×250mm) 裝設於消聲室的門上。測量結果顯示，AAS 通風窗可有效降低 500 Hz 至 2,000 Hz 範圍內的隨機入射噪音傳播。這項研究的挑戰是，面對實務上的大型通風窗，將需要裝設大量 AAS 單元，因此需要發展新的分散式控制器及相關演算法^[31]。目前研究團隊正利用 FPGA (Field-Programmable Gate Array，現場可程式化閘陣列) 來發展控制硬體，以縮短系統延遲時間。

4.2.3 新加坡

新加坡有兩個團隊正在進行通風窗實施主動聲傳播控制的相關研究，其經費來源分別為新加坡國家發展部 (MND) 和國家研究基金會 (NRF)。一個團隊由新加坡南洋理工大學 (NTU) 的 Woon Seng Gan (顏允聖) 博士領導，專注於開敞通風窗多通道 ANC 系統的發展。另一個團隊則由新加坡科技研究局 (A*STAR) 所屬材料及工程研究院 (IMRE) 的 Kui Yao 博士領導，專注於針對 ANC 及被動噪音緩解，發展透明壓電膜揚聲器 (Piezoelectric Film Speakers) 和高性能多孔材料^[32-36]。圖 4.2-2 顯示根據聲類別選擇的開敞通風窗 ANC 系統、在 NTU 建造的 8 AAS 單位開敞通風窗 ANC 系統及 IMRE 針對 ANC 研發的透明壓電膜揚聲器。NTU 團隊與日本的 Masaharu Nishimura 教授和英國的 Steven Elliott 教授合作，在 AAS 系統之分散式多通道前饋 ANC 演算法方面，投入相當多的心力^[32-36]。

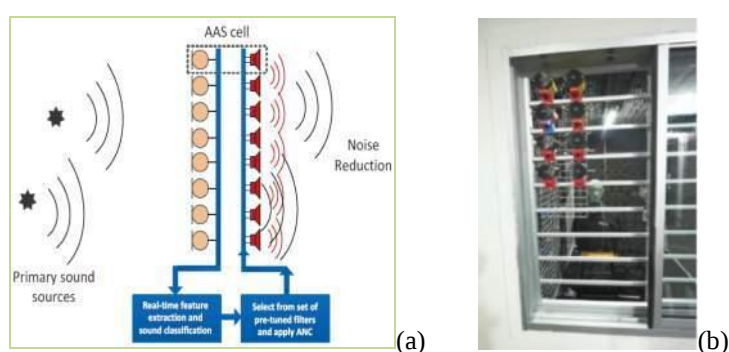


圖 4.2-2 新加坡：(a)開敞通風窗 ANC 系統示意圖^[32]；
(b)8 AAS 單元開敞通風窗 ANC 系統^[36]

根據目前最新進展報導，南洋理工大學研發噪音消除設備，未來只需安裝在窗戶上，無需關窗就能把噪音減半，讓住戶享有寧靜又通風的室內空間，從而減

少使用冷氣。上述噪音消除設備採用「主動噪音控制（Active Noise Control）」科技，產生與噪音頻率相同，但相位卻是相反的聲波，借由兩種聲波產生抵消噪音的作用。目前這種科技也使用在一些品牌的轎車音箱和抗噪耳機，研究團隊加以改造，讓它適用於規模更大的空間。這個設備目前還處於原型階段，相信是全球首個在完全打開窗戶的情況下也能減低噪音的設備^[37]。

根據初步設計，該設備體積像一個迷你藍牙音箱，一般房屋單位的窗戶，安裝 24 個噪音消除設備就能有效地減少 50% 的外部噪音進入室內。目前，製造一個噪音消除設備的費用需要新加坡幣 15 元至 20 元，不過負責這項研究的南大電機與電子工程學院以及資訊通訊科技中心主任顏允聖說，日後大批生產將會降低成本價。這個四人研究團隊花了三年時間才成功研發出原型，目前已花了 50 萬元，主要是花在聘用研究員方面。研究團隊接下來也會與政府機構合作，繼續改進設備，有望兩三年後在商業和住宅區展開測試。除了力求讓設備更輕巧和更符合經濟效益，團隊日後也會與窗戶製造商合作，把噪音消除設備融入窗戶，讓窗口更美觀^[37]。

此外，該設備未來也能識別不同的噪音，確保不是所有聲音都被消除，例如：警報聲。同時，設備日後也可能連接到手機應用，讓住戶隨意選擇想消除的反覆性噪音，如：繁忙的街道、地鐵軌道以及附近建築工地發出的噪音。此項目是與英國南安普敦大學（University of Southampton）和日本鳥取大學（Tottori University）共同研發，由土地與宜居國家創新挑戰計畫（Land and Liveability National Innovation Challenge，簡稱 L2NIC）資助。L2NIC 是由國家發展部與國立研究基金會於 2013 年推出，為獲選的科研項目提供資助，以助新加坡更好地應對人口增長及土地有限的挑戰，協助打造更宜居的生活環境^[37]。

4.2.4 香港

香港理工大學（HKPU）Shiu-Keung Tang 教授針對近年為承受嚴重交通噪音之城市高樓研發自然通風噪音控制裝置的進展，進行了檢討。他的研究發現，由於城市混響現象，突出設計（如：陽台、窗楣和鰭片）通常效果不大^[38]。靜壓式通風窗和其他有利交錯空氣進出的類似雙壁靜壓結構，是很有用的自然通風致能噪音控制設計。他們採用 ANC 來改善靜壓式通風窗的減音效果^[39]。研究團隊並進行一系列試驗，以瞭解建置 ANC 系統將如何影響靜壓式通風窗的聲傳播。在他們

進行的 3 通道 ANC 試驗中，主音源是放置於音源室地板上的 6 吋揚聲器，次級噪音控制揚聲器則被固定於接近通風窗室外開口處。研究團隊並探討了次級噪音控制揚聲器相對於靜壓箱的取向與位置，和接收室內混響對主動噪音控制性能的影響。圖 4.2-3 顯示在配置傢俱的試驗室內進行靜壓式通風窗現場全尺寸聲傳播試驗的照片和試驗設置。



圖 4.2-3 香港：配置傢俱試驗室照片^[39]

4.2.5 中國

中國南京大學的研究團隊 2010 年開始研究應用 ANC 技術於靜壓式通風窗的可行性^[40]。圖 4.2-4 顯示研究團隊在現場試驗時的設置和原型窗^[41]。原型窗安裝於一個玻璃房（2.0m 長×2.5m 寬×2.5m 高）。玻璃房的內牆鋪有吸音材料，以降低房間內部的混響現象。

整個原型平開窗（1.1m 寬×0.6m 高）分為左、中和右三部分。原型窗有兩層玻璃，間隔 0.1m。中間部分無法開啟，左右兩部分則可交錯開啟，以建立自然通風路徑。中間窗分為上下兩個部分，每個部分可被視為分離的通風道。

原型窗採用兩個分離的單通道 ANC 系統，每個通風道的參考麥克風設在通道入口處，控制揚聲器則設在通道出口處。誤差麥克風設在原型窗的右邊牆壁上。圖 4.2-4(c)顯示開啟或關閉 ANC 時誤差麥克風處的音壓位準。圖中顯示所獲得的寬帶控制超過 12 dB，有效頻率高達 800 Hz。

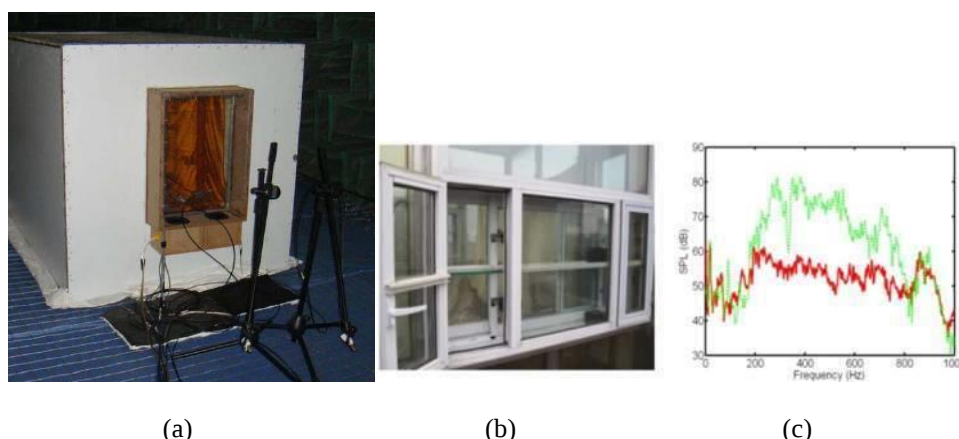


圖 4.2-4 中國：(a)試驗設置照片^[41]；(b)原型自然通風 ANC 窗；(c)ANC 啟動（紅色實線）或關閉（綠色虛線）時誤差麥克風處的音壓位準^[40]

4.2.6 法國

法國的 TechnoFirst 公司與法國環境暨能源管理署（EEMA）合作（2011 年開始），研發一種自然通風主動雙層玻璃窗^[42]。研究團隊針對兩種配置進行研究。在第一種配置中，他們將揚聲器整合於窗框內，藉由通風窗開口直接消除入射聲，此種配置的噪音控制有效頻率範圍為 500 Hz 以下，通過窗口的聲音傳輸可減少 25 dB。

第二種配置是一套 ANC 靜壓式通風窗系統，其有效噪音消減頻率範圍高達 1,700 Hz，與典型的半開窗口相比，該系統能夠將噪音量降低 30 dB。圖 4.2-5 顯示主動通風窗（Active Window）及主動通風窗配置的試驗台照片。

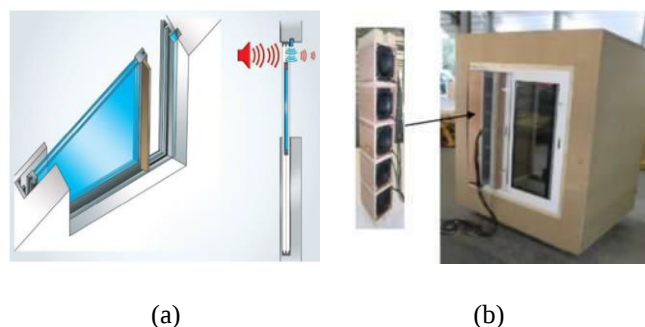


圖 4.2-5 法國：(a)主動通風窗配置示意圖；
(b)主動通風窗配置試驗台照片^[42]

4.2.7 韓國

韓國科學技術院（KAIST）Youngjin Park 教授的研究團隊針對建築物內部空間未裝設傳感器和控制音源的開啟通風窗，建議一套 ANC 系統^[43]。研究團隊在一個比例模型房間（1.45m×1.2m×1.2m）內裝設開啟通風窗（0.3m×0.3m），進行比例模型試驗。模型外部設置 8 個揚聲器，柱形通風道從揚聲器延伸至控制音源的位置。如圖 4.2-6(a)所示，控制音源均勻分布於通風窗的邊緣。圖 4.2-6(b)顯示主動噪音控制系統略圖。這套系統採取一種前饋控制機制，無須為實用性裝設誤差傳感器。噪音控制器的控制係數係運用 Rayleigh 積分方程和格林函數（Green's function）離線理論計算得出。

主動通風窗系統的減音性能藉由方向性外部噪音得到驗證。驗證過程中，入射聲的方向係利用參考傳感器的接收信號估算得出。試驗結果顯示，所建議的系統在 400 Hz 至 1,000 Hz 頻率範圍內，平均噪音消滅可達到 10 dB。

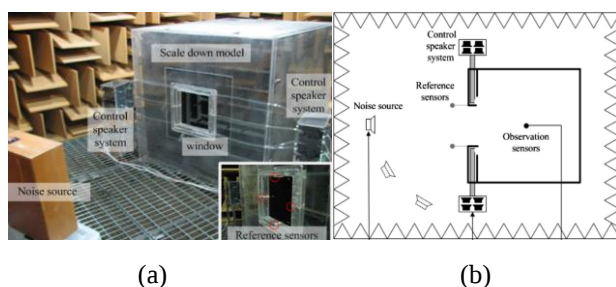


圖 4.2-6 韓國主動通風窗系統試驗設置：(a)試驗設置照片；
(b)主動噪音控制系統略圖^[43]

4.2.8 德國

德國漢堡聯邦國防軍大學（Helmut Schmidt University of Germany）Delf Sachau 教授和他的團隊執行一項由德意志銀行（DBU）出資的產學聯合計畫，運用適應式噪音阻隔器，改善居家及工作環境的品質^[44]。如圖 4.2-7 所示，一套多通道前饋 ANC 系統（包含：1 個參考傳感器、8 個次級音源和 14 個誤差傳感器）被用來阻隔噪音經由開啟斜窗傳入室內。

在消聲室中，通風窗的尺寸為 0.91m×0.91m，主音源是一個設置於距離窗戶約 3m 的揚聲器。研究團隊針對不同的系統元件配置做試驗。結果發現，誤差傳感器位置對於噪音控制表現非常重要。在 100 Hz 至 1,000 Hz 的頻率範圍內，這套系統的平均寬頻減音可達 13 dB。



圖 4.2-7 德國：(a)聲傳播試驗室平面圖；
(b)斜窗搭配適應式噪音阻隔器配置照片^[44]

4.2.9 西班牙

西班牙加泰羅尼亞理工大學（Universitat Politècnica de Catalunya）Romeu 教授和他的團隊於 2014 年對有限開啟底鉸鏈窗實施主動聲傳播控制進行試驗^[45]。

研究團隊利用單入單出系統（single-input single-output system）來消減飛機越過機場附近一棟民宅時，經由外牆部分開啟通風窗開口傳入的聲傳播。他們發現，在低頻範圍內（100 Hz 至 125 Hz 之 1/3 八音階頻帶），運用主動消音可有效降低噪音約 3 dB。

此一設計可大幅恢復因通風窗部分開啟而造成的隔音效果損失。在某些頻率上，誤差信號與參考信號的相干性不佳，加上折疊鉸鏈窗開口處的複雜幾何關係，限制了這套系統的性能。圖 4.2-8 顯示民宅中試驗通風窗和房間的位置，以及主動通風窗和 ANC 系統的略圖。

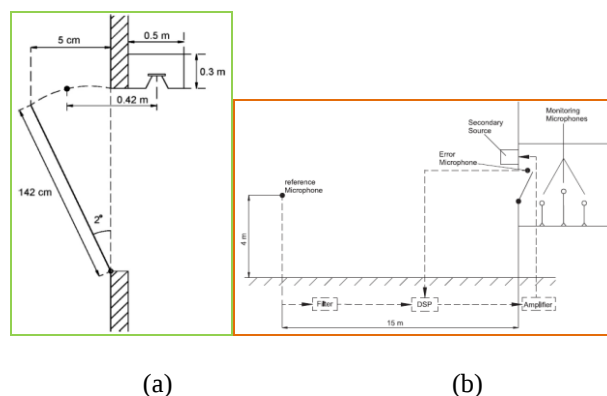


圖 4.2-8 西班牙：(a)主動通風窗略圖；(b)主動噪音控制系統略圖^[45]

4.2.10 討論

近年來自然通風窗實施主動聲傳播控制研究的進展大致可分為兩類。第一類為直接控制通風窗開口聲傳播，亦即在通風窗開口處或其邊緣裝設次級音源，以控制開口處的聲傳播。日本及新加坡研發的 AAS 通風窗、法國的主動通風窗配置、韓國、德國及西班牙的相關研究，都屬於這一類。AAS 通風窗將次級音源裝設在開啟式通風窗（Opening Windows）的通風路徑上，以大型通風窗為適用目標。其他研究則是將次級音源裝設在通風窗開口處或其邊緣，以小型開口為適用目標，例如：小型通風窗的開口或部分開啟的通風窗。這類系統的優點為安裝簡易和高通風率。然而，這類系統在中頻至高頻範圍性能不佳，且潛在成本偏高。

第二類則是 ANC 靜壓式通風窗。這類系統在開啟式通風窗改裝的靜壓式結構上採用 ANC。香港及中國的相關研究和法國的主動迷宮結構，都屬於這一類。ANC 靜壓式通風窗在系統中同時採用被動和主動噪音控制方法。其中，靜壓箱（Plenum Chambers）在中頻至高頻範圍發揮減音效果，同時提供相當程度的自然通風。ANC 元件可以衰減經由靜壓箱傳播的低頻噪音元素。靜壓箱將原來的三維自由空間聲場問題轉化為單維聲通道問題或低階聲腔問題。因此，ANC 應用不僅更能有效減音，成本也較低。然而，這類系統的缺點為結構複雜，且換氣率略有減損。

目前為止，針對良好隔音自然通風窗的問題，業界尚無成熟而實用的解決方案。許多問題仍有待解決，才能推出可望成功商品化的 ANC 自然通風窗產品。首先，控制音源的尺寸需要縮小，且需要具合理良好低頻響應性能的輕巧而有效的揚聲器系統。其次，主動控制系統的堅固性和性能須要提升，以使得系統在各種情況下（例如：強風、豪雨和雷陣雨），均能發揮良好的減音性能。最後，控制音源和系統的成本須要降低，以利量產市場和建築業的接受度。由於因果性的要求，前述兩類系統都必須做到短延遲 AD/DAS（直連式儲存 Direct Attached Storage）和強大 DSP（數位訊號處理 Digital Signal Processing）或 FPGA（現場可程式邏輯閘陣列 Field Programmable Gate Array）。為達降低成本要求，可能需要特殊設計晶片。

就第一類的 AAS 系統而言，所面臨的挑戰是大型通風窗需要許多通道，導致實際應用的可行性降低。未來的研究方向可以聚焦於發展密實的分散式多適應性 ANC 控制器，以及了解多向入射聲系統的機制和物理性。在某些應用中，將次級音源裝在通風窗開口中央，執行上可能會有困難，因此，僅在通風窗開口邊緣裝設次級音源，似乎是較為務實的做法。研究發現，當次級音源裝設於開口邊緣時，

全面有效控制噪音會面臨有頻率上限的問題，因此，可能有必要為 ANC 通風窗裝設窗格，將大型通風窗分割為若干較小的窗格，如此便可將次級音源裝設在窗格的邊框上。目前，ANC 靜壓式通風窗似乎是最實用的解決方案。它們的性能已得到驗證，多套原型系統已成功示範。儘管仍需要更多試驗才能做出更成熟的產品，但這套系統的真正挑戰仍在於行銷和成本。

本計畫蒐集近 5 年來自然通風窗實施主動聲傳播控制的進展，摘錄如表 4.2-1 所示。ANC 靜壓式通風窗能以合理的成本提供寬頻噪音控制，是最接近需求的應用。將 ANC 直接應用於通風窗或其開口雖仍須要進一步研究，但在這類通風窗上設計窗格或許是個解決方案^[46]。

表 4.2-1 近年各國主動控制隔音窗之進展情形

國家	研究成果
1. 日本 [29~31]	日本鳥取大學 Masaharu Nishimura 教授和團隊進行研發，採用一個簡單前饋式主動控制系統，通風窗可有效降低 500 Hz 至 2,000 Hz 範圍內的隨機入射噪音傳播，但該研究的挑戰是實務上需面對大型通風窗，且需裝設大量的控制單元。
2. 新加坡 [32~37]	南洋理工大學研發採用噪音消除設備安裝在窗戶上，以一般房屋單位的窗戶為例，安裝 24 個噪音消除設備，就能有效地減少 50% 的外部噪音進入室內。該研究團隊花了三年時間才成功研發出原型，後續將與政府機構合作且改進設備效益，也規劃未來在商業和住宅區展開測試。除期望未來能讓設備更輕巧和更符合經濟效益之外，團隊日後也會與窗戶製造商合作，希望把噪音消除設備融入窗戶且讓其看來更為美觀。
3. 香港 [38~39]	香港理工大學採用 3 通道 ANC 試驗，主聲源是放置於聲源室地板上的 6 吋揚聲器，次級噪音控制揚聲器則是固定於接近通風窗室外開口處。研究團隊並探討了次級噪音控制揚聲器相對於靜壓箱的取向與位置，和接收室內混響對主動噪音控制性能的影響。
4. 中國 [40~41]	南京大學 2010 年開始研究應用 ANC 技術，原型窗採用兩個分離的單通道 ANC 系統，每個通風道的參考麥克風設在通道入口處，控制揚聲器則設在通道出口處。誤差麥克風設在原型窗的右邊牆壁上。顯示寬帶控制超過 12 dB，有效頻率高達 800 Hz。
5. 法國 ^[42]	法國針對兩種配置進行研究。在第一種配置中，他們將揚聲器整合於窗框內，藉由通風窗開口直接消除入射聲。此種配置的噪音控制有效頻率範圍為 500 Hz 以下。第二種配置是一套 ANC 靜壓式通風窗系統，其有效噪音消減頻率範圍高達 1,700 Hz。
6. 韓國 ^[43]	韓國科學技術院研究在一個比例模型房間(1.45m×1.2m×1.2m)內裝設開啟通風窗(0.3m×0.3m)，進行比例模型試驗。系統在 400 Hz 至 1,000 Hz 頻率範圍內，平均噪音消減可達到 10 dB。
7. 德國 ^[44]	德國漢堡聯邦國防大學研究一套多通道前饋 ANC 系統(包含 1 個參考傳感器、8 個次級聲源、和 14 個誤差傳感器)被用來阻隔噪音經由開啟斜窗傳入室內。在消聲室中，通風窗的尺寸為 0.91m × 0.91m，主聲源是一個設置於距離窗戶約 3 m 的揚聲器。團隊針對不同的系統元件配置做試驗。結果發現，誤差傳感器位置對於噪音控制表現非常重要。在 100 Hz 至 1,000 Hz 的頻率範圍內，這套系統的平均寬頻降噪可達 13 dB。

國家	研究成果
8. 西班牙 [42]	西班牙加泰羅尼亞理工大學 Romeu 教授和團隊於 2014 年實施主動聲傳播控制進行試驗，經由外牆部分開啟通風窗開口傳入的聲傳播。發現低頻範圍內（100 Hz 至 125 Hz 1/3 八音度頻帶），運用主動消音可有效降低噪音（約 3 dB）。

資料來源：本計畫由相關文獻整理。

4.3 規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經環保署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益

4.3.1 研究流程及內容

一、選擇某個有降噪和自然通風需求的場合，如：臨街道的圖書館閱覽室、教室、辦公室或臥室。噪音的來源主要是透過窗戶傳遞進來的周邊環境噪音，如：交通噪音、施工（建築）噪音或社會活動噪音。本計畫現勘之各類交通系統沿線敏感點，整理如表 4.3-1 所示。

表 4.3-1 各類交通系統沿線之敏感點彙整表

沿線敏感交通系統	距交通系統100m內（31點）	距交通系統50m內（21點）
新生高架	稻江高護	—
文湖線	南湖高中、南湖國小、明湖國小、明湖國中、文德女中、內湖高中、內湖國小、臺北市立圖書館西湖分館、五常國中、聯合醫院仁愛院區、大安高工、開平餐飲學校、萬芳醫院、興華國小、臺灣警察專科學校	南湖國小、明湖國小、明湖國中、內湖高中、萬芳醫院、臺灣警察專科學校、興華國小、南湖高中
建國高架	中山女高、臺北大學建國校區、郵局、人力發展學院、臺北市立圖書館、文化大學建國本部、新民小學	中山女高、臺北大學建國校區、郵局、人力發展學院、臺北市立圖書館、文化大學建國本部、新民小學
捷運淡水線	銘傳大學、明德國中、石牌國中、幼華高中	明德國中、石牌國中
國道一號	格致中學、明倫高中、南湖高中	格致中學、明倫高中、南湖高中
其他	大安區行政中心	大安區行政中心

資料來源：本計畫現勘及整理。

施做地點篩選原則：

噪音量夠大、車流量大、簡報場址、施做便利、方便展示、類音影區。



南湖國小（1~5）、明湖國小（6~8）

資料來源：本計畫現勘及整理。



明湖國小（9~10）、明湖國中（11~15）、內湖高中（16）

資料來源：本計畫現勘及整理。

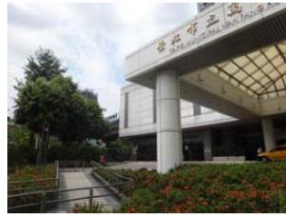


內湖高中（17～20）、萬芳醫院（21～24）

資料來源：本計畫現勘及整理。

施做地點篩選

- ☐ 噪音夠大
- ☐ 車流量大
- ☒ 簡報場址
- ☐ 施做便利
- ☒ 方便展示
- ☐ 類音影區



已有隔音罩，成效無法展現

25

施做地點篩選



26

施做地點篩選



27

施做地點篩選



28

施做地點篩選



29

施做地點篩選

- ☐ 噪音夠大
- ☐ 車流量大
- ☒ 簡報場址
- ☐ 施做便利
- ☒ 方便展示
- ☐ 類音影區



已有隔音罩，成效無法展現

30

施做地點篩選



31

施做地點篩選



32

萬芳醫院（25）、興華國小（26～30）、臺灣警察專科學校（31～32）

資料來源：本計畫現勘及整理。



臺灣警察專科學校（33~35）、中山女高（36~40）

資料來源：本計畫現勘及整理。



臺北大學建國校區（41～45）、信義路三段郵局（46～48）

資料來源：本計畫現勘及整理。

施做地點篩選



49

施做地點篩選

- ☐ 噪音夠大
- ☐ 車流量大
- ☐ 簡報場址
- ☒ 施做便利
- ☒ 方便展示
- ☒ 音影區



不會開窗，民眾會抱怨
噪音量小，成效無法展現

50

施做地點篩選



51

施做地點篩選



52

施做地點篩選



53

施做地點篩選



54

施做地點篩選

- ☐ 噪音夠大
- ☐ 車流量大
- ☒ 簡報場址
- ☒ 施做便利
- ☒ 方便展示
- ☐ 音影區



噪音量小，成效無法展現

55

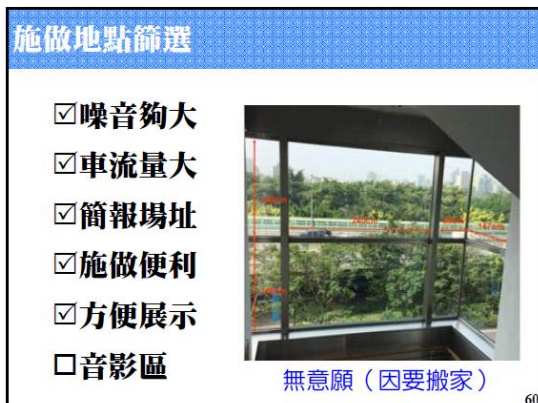
施做地點篩選



56

信義路三段郵局（49～50）、人力發展學院（51～55）、臺北市立圖書館（56）

資料來源：本計畫現勘及整理。

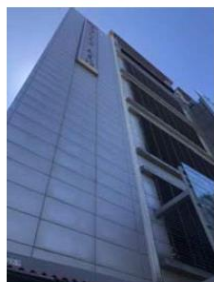


臺北市立圖書館（57~60）、文化大學建國本部（61~64）

資料來源：本計畫現勘及整理。

施做地點篩選

- ☒ 交通系統旁。
- ☒ 噪音夠大。
- ☒ 簡報場址。
- ☐ 施做便利。
- ☒ 方便展示。
- ☐ 配合意願。



無法施做

65

施做地點篩選

新民小學



2019 08 12 66

施做地點篩選



2019 08 12 67

施做地點篩選



2019 08 12 68

施做地點篩選



2019 08 12 69

施做地點篩選

- ☐ 噪音夠大
- ☐ 車流量大
- ☒ 簡報場址
- ☒ 施做便利
- ☒ 方便展示
- ☒ 音影區



噪音量小，成效無法展現

70

施做地點篩選



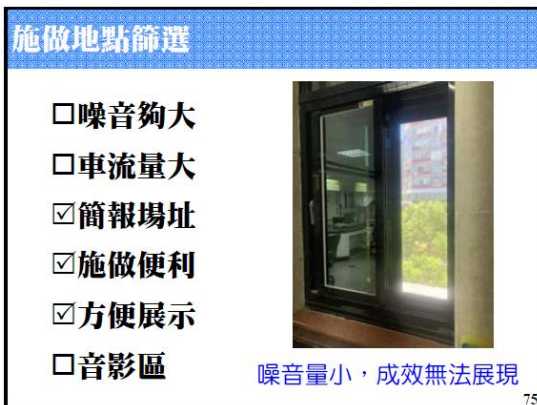
施做地點篩選



72

文化大學建國本部（65）、新民小學（66～70）、大安區行政中心（71～72）

資料來源：本計畫現勘及整理。



大安區行政中心（73～75）、明德國中（76～80）

資料來源：本計畫現勘及整理。



石牌國中（81~85）、格致中學（86~88）

資料來源：本計畫現勘及整理。



格致中學（89～90）、明倫高中（91～95）、南湖高中（96）

資料來源：本計畫現勘及整理。



南湖高中（97～100）

資料來源：本計畫現勘及整理。

二、在室內敏感點測量噪音，確定噪音的時域和頻域特性。時域特性包括是否是平穩噪音、非平穩噪音還是脈衝噪音？最大音量是多少？噪音時域時間和分布規律？頻域特性包括噪音是低頻還是高頻分量為主，是寬頻噪音還是存在單頻音？

三、在窗戶內外之典型位置測量噪音頻譜特性，對現有窗戶的隔音性能進行評估。

四、根據對現有窗戶隔音性能的評估結果，重新設計或者改進現有窗戶。

五、擬設計的自然通風隔音窗為內外兩層的雙層交錯窗。每層窗戶的玻璃厚度、兩層窗戶之間的距離、內窗和外窗開口處相互錯開的距離，均需要設計最佳化，以保證在有限的尺度內達到最大限度的隔音和通風效果。

六、上述雙層交錯窗對中高頻噪音有較好的隔音效果，但低頻噪音仍可以通過。擬採用有源（Active 主動式）噪音控制技術來降低低頻噪音。在雙層交錯窗的氣流通道安裝一個或者多個單通道有源降噪系統，用揚聲器降低通過氣流通道的低頻噪音，從而使整個隔音窗的降噪性能得到提升。

七、有源降噪系統包括：參考麥克風、次級源揚聲器、誤差麥克風和自適應控制器。麥克風和揚聲器的位置都需要根據實際窗戶尺度和噪音頻譜進行最佳化；自適應控制器需要有足夠的魯棒性以保證在跟蹤環境變化的同時，保證系統的穩定性。

八、設計中，先進行數值模擬，以保證所設計的自然通風隔音窗能達到設計目標。

九、模擬完成後，製做窗戶及採用有源控制系統，包括：購買參考麥克風、次級源揚聲器、誤差麥克風和自適應控制器，並進行測試和實驗。

十、實驗室簡單實驗驗證通過後，到現場安裝並進行測試和調整，達到最佳和可靠的降噪和通風性能。

十一、撰寫報告、現場實地裝設示範和系統驗收。

4.3.2 規劃設計和測試報告

經前述之現勘工作，因臺北市立南湖高中場址具有如：噪音量夠大、車流量大、簡報場址、施做便利、方便展示、願意配合（為物理實驗室，亦具寓教於樂效果）等優點，且校長及總務主任皆同意該現場實地裝設示範，故最後選擇於南湖高中施做，旨揭場址窗戶的高度約 128.5 cm，寬度約 314 cm，如圖 4.3-1 所示。

註：本小節所有圖表均來自於本計畫工作團隊所產出。

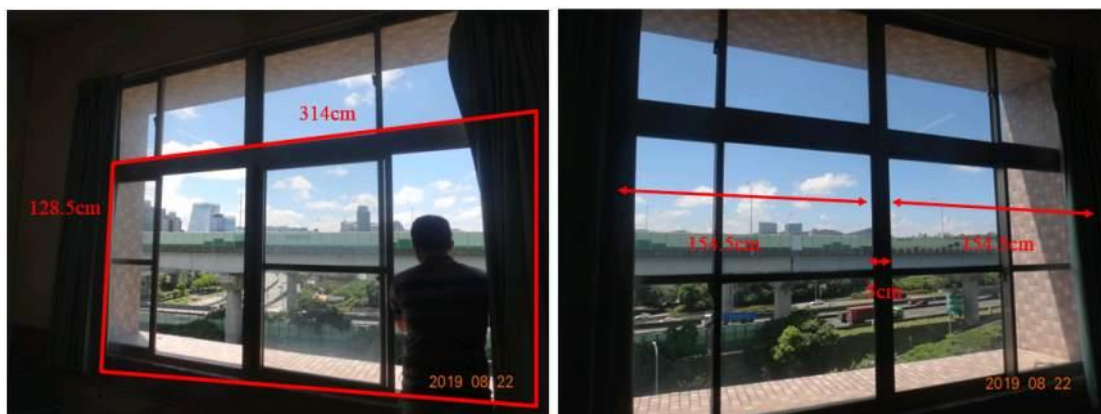


圖 4.3-1 臺北市立南湖高中物理實驗室窗戶的尺寸

圖 4.3-2 說明了 2019 年 8 月 22 日實測的不加權和 A 加權噪音頻譜的平均結果。測量每次測 30 s，重複 10 次，分別在尖峰（實線）和非尖峰（虛線）時段測量。圖中曲線從噪音量大到小分別為窗外、室內開窗和室內關窗。因沒有測非尖峰時刻之室內開窗的頻譜，故圖中沒有這條曲線。尖峰和非尖峰時段的平均總噪音量差別不大，窗外為 69 dB(A) (81 dB)，室內開窗為 59 dB(A) (72 dB)，室內關窗為 51 dB(A) (71 dB)。窗子的插入損失約為 8 dB(A) 左右。

主動式（有源）隔音窗的設計目標是在通風條件下接近現有窗戶關閉時的噪音衰減量，保證在通風條件下室內噪音量為 51 dB(A) (71 dB)。

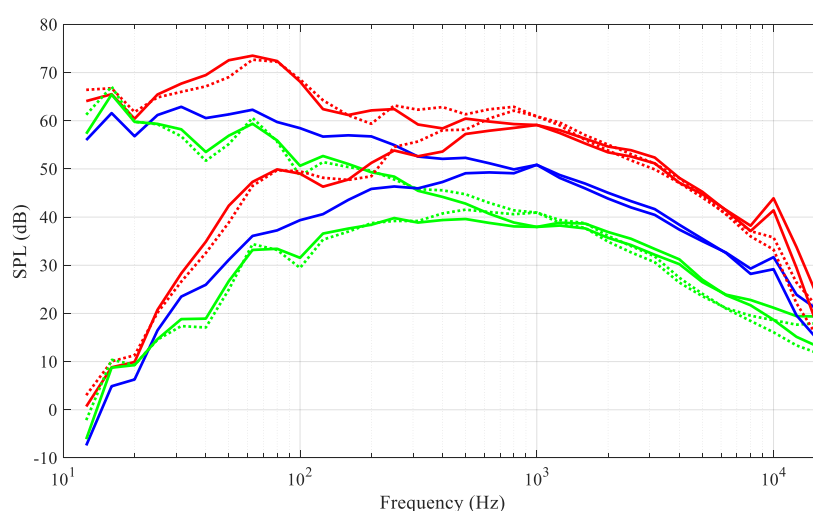


圖 4.3-2 臺北市立南湖高中物理實驗室之尖峰（實線）和非尖峰（虛線）的平均噪音頻譜

註：不加權的曲線的 SPL 值在低頻較大，加權的曲線的 SPL 值在低頻很小。圖中曲線從噪音量大到小分別為窗外、室內開窗和室內關窗（沒有測非尖峰時刻之室內開窗的頻譜，故沒有這條曲線）。

由於本計畫的科學研究性質和經費的原因，故僅針對圖 4.3-1 中右半邊窗戶的 1/4 進行改裝，以驗證主動式（有源）降噪自然通風隔音窗設計的可行性。設計的單元的高度為 40 cm、寬度為 145.5 cm，厚度可以根據空間選擇，圖中以 23 cm 為例。具體尺寸見圖 4.3-3。圖 4.3-3(a)中的實線紅框表示窗戶前面（室外）開口，虛線表示窗戶背面（室內）開口。這兩個開口可根據降噪和通風需要全部或者部分打開或者關閉。主動控制系統的揚聲器和控制器放在單元的底部，但也可以放在頂部。主動控制系統的參考麥克風放在室外開口處的牆壁上，而誤差麥克風則放在室內開口處的牆壁上。系統設備的接線均通過單元底部完成。

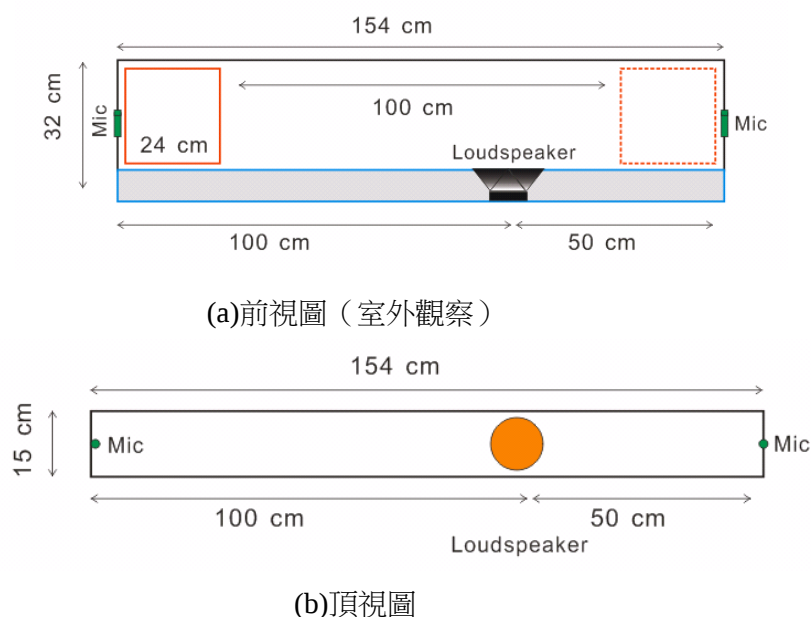


圖 4.3-3 臺北市立南湖高中物理實驗室之主動式（有源）降噪自然通風隔音窗單元的尺寸

註：(a)前視圖（噪音從前面開口進入，經管道傳播後，從後面開口進入室內）；
(b)頂視圖（左邊的麥克風是參考麥克風，右邊的麥克風是誤差麥克風）。

將來若有需要，這些單元可以組合而覆蓋整個窗戶。圖 4.3-4(a)說明了一種採用 4 個單元來覆蓋整個右邊窗戶的示意圖，圖 4.3-4(b)說明了一種採用 2 個單元來覆蓋右邊半個窗戶的示意圖，其中控制器分別裝在上面頂部和下面底面以增加美觀性。圖 4.3-5 說明了另外 2 種組合方式，圖 4.3-6 為實際設置完成照片。

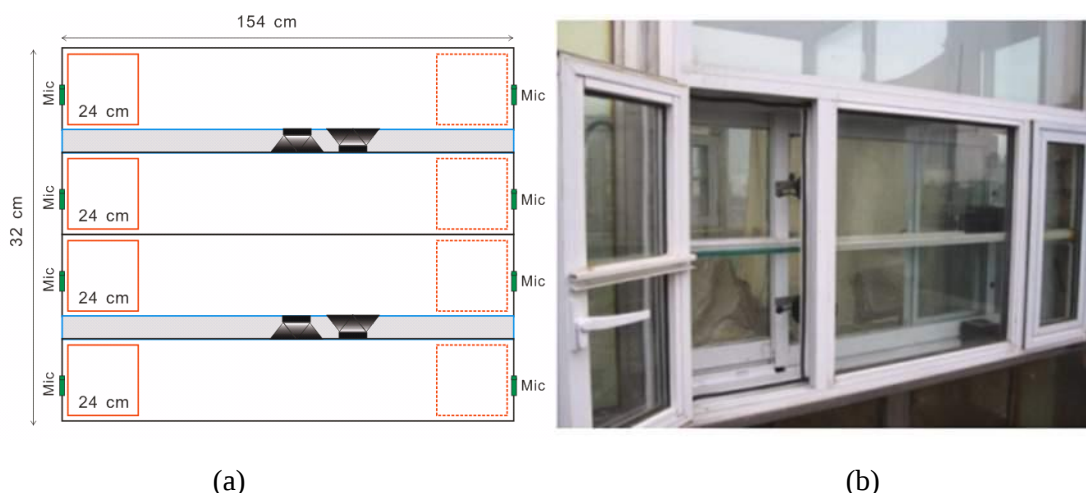


圖 4.3-4 主動式（有源）降噪自然通風隔音窗單元的組合示意圖

註：(a)採用 4 個單元的覆蓋整個右邊窗戶的有源降噪自然通風隔音窗示意圖（前視圖，室外觀察）；
(b)採用 2 個單元來覆蓋右邊半個窗戶的示意圖，其中控制器分別裝在上面頂部和下面底面以增加美觀性。

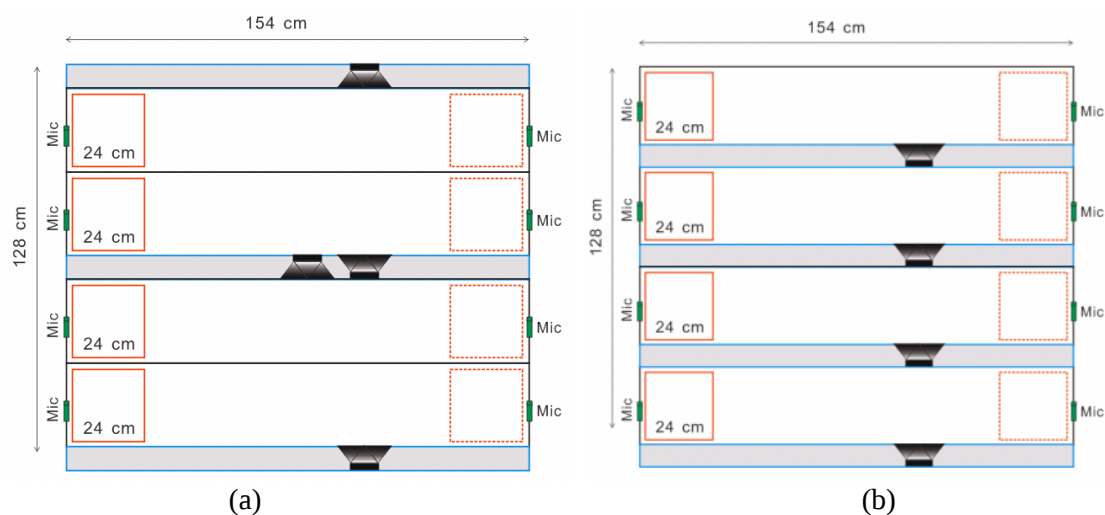


圖 4.3-5 採用 4 個單元的覆蓋整個右邊窗戶的
主動式（有源）降噪自然通風隔音窗示意圖

註：前視圖，室外觀察。



圖 4.3-6 臺北市立南湖高中物理實驗室之自然通風隔音窗
設置完成照片

經實驗結果顯示，雙層隔音窗在引入主動控制後，該通風隔音窗可將頻率 300 Hz 以下低頻噪音減小，在 200Hz 頻率的噪音可降低 10 dB 左右，明顯減小；透過這套系統可以消除大約 2~3 分貝左右的噪音，因為噪音是對數方式計算，增加 3 分貝約等同增加一倍的噪音能量，整個窗子在保持一定通風量的同時，共可降低約 15 分貝的噪音量傳入室內。本案屬本署推動之創新研發概念與想法，初步以高速公路旁之學校場所來測試噪音改善效果，設置主動式隔音窗後約可比原先降低 3 分貝，且對低頻音改善有幫助，兼具通風效益。

4.4 邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動

4.4.1 民國 108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議

為加強取締不當改裝車輛製造噪音維護環境安寧，環保署提報行政院 102 年度第 6 次治安會報「防制不當改裝車輛影響治安及環境安寧執行情形與策進作為」，並請各縣市政府環保局賡續依其轄境噪音狀況，結合警察及監理機關藉由專業任務分工，共同辦理聯合稽查勤務，執行各項防處作為。本年度為精進聯合取締成效，邀集環保、警察及公路監理等相關機關協調聯合稽查、排氣管認證及防止排氣管再次改裝等業務，以強化各機關間合作。

一、會議活動日期：108.06.11（二）～06.12（三），議程及現場照片分別如表

4.4-1 及圖 4.4-1 所示，相關資料請參閱附件二。

二、會議活動地點：桃園市大園區大觀路 777 號（桃禧航空城酒店）。

**表 4.4-1 108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查
業務聯繫會議議程表**

時間	第一天議程	主持人/主講人
13:00~14:00	報到（午餐自理）	
14:00~14:15	開幕致詞	行政院環境保護署
14:15~14:35	108 年機動車輛噪音聯合稽查 及改裝排氣管認證機制	行政院環境保護署
14:35~15:00	桃園市車輛噪音稽查分享	桃園市政府環境保護局
15:00~15:20	新北市科技執法分享	新北市政府環境保護局
15:20~15:40	休息	
15:40~16:10	聲音照相科技執法技術分享	行政院環境保護署

時間	第一天議程	主持人/主講人
16:10~16:40	使用中車輛查詢及識別方法	財團法人車輛研究測試中心
16:40~17:30	綜合討論	行政院環境保護署
18:00~19:00	晚餐	
時間	第二天議程	主持人/主講人
07:00~09:00	早餐	
09:00~10:30	路邊攔檢作業示範	桃園市政府環保局 、警察局及監理所
10:30~11:30	聲音照相實做操作示範	行政院環境保護署
11:30	賦歸	



會場



主席致詞



簡報畫面



會議過程



現場提問



聲音照相實做操作示範 (1/3)



圖 4.4-1 108 年度全國防制不當改裝車輛噪音聯合稽查業務聯繫會議

資料來源：本計畫實地拍攝。

4.4.2 「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」記者會

壹、背景說明

環保署本（108）年透過科技研究計畫研發相關交通噪音防制改善技術，規劃臺北市立南湖高中進行實地裝設主動控制式隔音窗，以評估示範不開冷氣又開窗通風的情形下，可以降低噪音量。

貳、記者會內容

一、主題：「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」。

二、日期：民國 108 年 12 月 3 日（星期二）。

三、地點：臺北市立南湖高中。

四、參與對象：擬邀請各家平面及電視新聞媒體。

五、進行方式（現場照片如圖 4.4-2 所示，相關資料請參閱附件十）：

（一）簡報說明：由環保署長官說明通風隔音窗原理及應用，包括安裝主動噪音控制系統，可以無需關窗就能把噪音量減低，讓用戶享有較安靜又通風的室內空間，從而減少冷氣的使用，達到減碳省電節能之目的。可透過主動控制式通風隔音窗之裝設，又兼顧改善後續推動噪音防制衍生之室內空品問題。

（二）現場示範 1：由環保署長官操作示範「主動噪音控制（ANC）」設備與原理說明。

（三）現場示範 2：通風又減噪的隔音窗成效。



圖 4.4-2 「創新主動隔音窗・兼顧通風與降噪」記者會

資料來源：本計畫實地拍攝。

參、活動亮點及效益

一、透過科技研究計畫研發相關主動控制式隔音窗，以評估示範不開冷氣又開窗通風的情形下，可以降低噪音量，其中亮點「主動噪音控制（Active Noise Control, ANC）」科技展示，可提升民眾對於報導的興趣，提高新聞關注度。

二、藉由此次記者會，提高環保署科技研究曝光度，讓一般民眾瞭解環保署推動噪音防制與室內空品問題之相關積極作為，讓民戶享有較安靜又通風的聲氣候（acoustic climate），從而減少冷氣的使用，達到減碳省電節能之目的。

肆、活動成果及心得

噪音防制一直以來是民眾相當關切的議題，環保署除了從制訂法規加強管制噪音源頭外，亦持續積極研擬防制策略。本計畫已參考國際上採用主動式隔音之創新概念與想法，今（108）年度在臺北市立南湖高中示範裝設國內首座主動式隔音窗，初步研究成果發現主動式隔音窗可達到減少約 3 分貝之改善效益，且能兼顧室內環境通風需求，而在全頻帶有約 15 dB(A)的噪音衰減，從而驗證了該主動式通風隔音窗的有效性。

伍、建議

本計畫屬環保署推動之創新研發概念與想法，初步以高速公路旁之學校場所來測試噪音改善效果，設置主動式隔音窗後約可比原先降低 3 分貝，且對低頻音改善有幫助，兼具通風效益。針對公共場所裝設主動式隔音窗進行改善噪音，是今年度科技計畫初步研究成果與創新想法。考量主動式隔音窗尚未商品化，且國際上尚仍處在研究階段，本計畫建議未來可再針對主動式控制隔音系統之民生實務上應用與可適用空間大小等進行後續相關研究，希望未來能降低成本並實際應用於環境噪音改善，以有效維護環境安寧與生活品質。後續建議可再針對主動控制系統應用改善對象（例如：其他陸上運輸系統噪音、工廠噪音等）與場所（例如：住家）及適用空間規格（例如：屬較封閉空間之列車駕駛室、大窗戶）等進行後續研究，期降低成本以應用於相關噪音改善。

第五章 規劃測試機動車輛超音偵測照相系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作

5.1 參考前年度計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作

近年來，隨著道路交通網路的快速發展，特別是都會區機動車輛數量的激增，帶來了很多交通問題和安全隱患，同時使得城市噪音問題進一步惡化。隨著民眾日益升高的抱怨，已廣泛引起各界的重視，希望能找出有效且高效率的道路上高噪音車輛防制解決方案。

國內外自 1960 年代起就開始重視機動車輛噪音污染問題，陸續制定了許多法規和標準來控制機動車輛噪音的排放，如：歐洲經濟委員會（Economic Commission for Europe, 簡稱 ECE）的 ECE R41.03、ECE R63.01 和 ECE R9 等；美國的 SAE J47、SAE J1287 和 SAE J331 等；中國大陸的 GB 16169 和 GB 4569 等；我國的機動車輛噪音管制標準和機動車輛噪音量測方法等。以上法規不僅制定出機動車輛噪音管制標準，並且擬定了機動車輛噪音量測方法。

5.1.1 我國使用中機動車輛噪音管制現況

我國使用中機動車輛噪音超過標準的主要原因為車輛老舊或改裝，而目前的執法作為有三：“攔檢、檢舉(通知到檢)及攔巡查”。攔檢屬於【主動式管理】，係以人工方式檢測車輛排氣管的噪音量，這種方法需要大量人力和成本，如：噪音工程師、環保同仁、監理同仁與交警；此外，這種方式是在車輛停止的狀態下，逐漸提高引擎每分鐘轉數（revolutions per minute, RPM），以人工方式測量全車噪音，無法測得駕駛人在公路上實際行車模式所產生的噪音。檢舉及攔巡查均屬於【被動式管理】，係針對民眾或機關攔巡查發現妨害安寧車輛後透過各種管道提出檢舉、通報之案件，經主管機關受理後進行查證，並通知被檢舉、通報車主於指定時間至特定地點，進行原地噪音檢測工作。但由於高噪音車輛往往車速過快，不易拍到清楚的照片，亦或拍到照片後，也常因無法顯示噪音值、是否處於使用狀態而引發爭議，使得民眾、警政及環保單位苦無證據舉發。彙整我國針對使用中機動車輛噪音管制相關法規及歷程如下：

5.1.1.1 管制歷程

我國自民國 80 年 1 月 1 日正式實施第一期機動車輛噪音管制標準，即已將使用中機動車輛納入噪音管制標準內。國內機動車輛噪音管制法規，主要依據「機動車輛車型噪音審驗合格證明核發廢止及噪音抽驗檢驗處理辦法」、「機動車輛噪音管制標準」及「機動車輛噪音驗證核可準則」等，管制新車型開發、生產乃至販售前的噪音品質，包含所有於交通道路行駛的車輛均須通過機動車輛噪音車型組合格證審驗方得生產及販售。而生產過程為確保品質一致性，需要配合執行品管測試及新車抽驗等機制，以確保車輛生產製造階段的噪音品質與最初申請審驗認證時相同。

對於已在路上行駛的使用中車輛，除於「機動車輛噪音管制標準」須符合使用中車輛噪音管制標準，並制定「使用中機動車輛噪音管制辦法」及「使用中機動車輛噪音妨害安寧檢舉辦法」，為各縣市環保局管制使用中車輛噪音的主要依據。

在民國 98 年以前主要稽查模式為環保局人員會同警察機關不定期於馬路邊、停車場、休息站等地進行「攔檢」；而自 98 年 9 月公告「使用中機動車輛噪音妨害安寧檢舉辦法」後，即新增「通知到檢」模式，一般民眾可自行檢舉妨害安寧之車輛，受檢舉之車輛接到通知後，須於指定期限內至指定地點接受檢驗。目前在使用中機動車輛噪音管制實務執行面，係採上述二種稽查模式並行，再加上「攔巡查」模式，期發揮更大的管制成效。

5.1.1.2 量測方法

量測使用中車輛的噪音的方式與新車型認證時執行原地噪音測試的方法相同，其管制標準為新車型審驗合格證明文件所載該車型之原地噪音檢驗值，加 5 dB(A)；但不能高於該管制期別新車型審驗上限值。因此，每部使用中車輛受測時皆須查詢該車型最初認證時的測試轉速與噪音審驗值。規定不得高於與新車型審驗噪音值加 5 dB(A)的精神，係為確保使用中車輛可適當保養維護，不因劣化或改裝而與新車狀態產生明顯差異。

目前量測使用中車輛的噪音的方法係依據民國 105 年 9 月 14 日行政院環境保護署環署空字第 1050073925 號公告修正之「機動車輛噪音量測方法」，其係依據噪音管制法第 20 條第 3 項訂定，公告事項如下。

一、第一期及第二期機動車輛噪音管制標準之量測方法為機器腳踏車噪音量試驗法（如附件）及 76 年 9 月 17 日修訂公布之中華民國國家標準 CNS 5799 汽車噪音量試驗法。

二、第三期機動車輛噪音管制標準之量測方法為 97 年 7 月 21 日修訂公布之中華民國國家標準 CNS 5799 機動車輛噪音量試驗法；第四期及第五期機動車輛噪音管制標準之量測方法為 102 年 3 月 8 日修訂公布之中華民國國家標準 CNS 5799 機動車輛噪音量試驗法。

三、第六期機動車輛噪音管制標準之量測方法為 105 年 6 月 8 日修訂公布之中華民國國家標準 CNS 5799：2016 機動車輛噪音量試驗法；汽車噪音量測方法為國際規範 UN/ECE Regulation NO. 51-03 及其後續修正相關規範。試驗場地應於 110 年 1 月 20 日符合 ISO 10844：2014 規定。（107 年 6 月 26 日環署空字第 1070048530 號函公告修正本項）

5.1.1.3 告發處分

一、通知到檢

「通知到檢」係針對民眾發現妨害安寧車輛後透過各種管道提出檢舉之案件，經主管機關受理後進行查證，並通知被檢舉車主於指定時間至特定地點受檢。其多由環保單位稽查人員獨立實施，由於檢測時間可視檢舉數量調配檢測人力與時段，且更能確保場地符合標準，故較無人力或環境限制等問題。

通知到檢量測結果違反「機動車輛噪音管制標準」或逾期未到檢者，可依「噪音管制法」第 28 條規定略以：「不依第 13 條規定檢驗，或經檢驗不符合管制標準者，處機動車輛所有人或使用人新臺幣 1,800 元以上 3,600 元以下罰鍰，並通知限期改善；屆期仍未完成改善者，按次處罰。」

二、不定期路邊攔檢

「攔檢」係篩選高噪音車輛常出沒、民眾陳情等路段，配合警政機關及監理機關共同執行「環、警、監聯合稽查」勤務，於攔檢位置針對改裝車輛進行攔停檢查及噪音量測工作，各單位權責分工如下：

(一)環保局

負責協調訂定執行期程及全般規劃工作事宜；執行改裝車輛之噪音量測，違反「機動車輛噪音管制標準」者，可依「噪音管制法」第 26 條規定，處

機動車輛所有人或使用人新臺幣 1,800 元以上 3,600 元以下罰鍰，並通知限期改善；屆期仍未完成改善者，按次處罰。

(二)警察局

負責規劃聯防工作期程，執行改裝車輛攔停檢查，包含駕駛人身分、車籍查證，經認定車輛違規改裝者，可依違反「道路交通管理處罰條例」第 16 條、第 18 條、第 43 條等規定舉發，並協助噪音量測場地之借用。

若違反道路交通管理處罰條例第 16 條第 1 項第 5 款裝置高音量喇叭或其他產生噪音器物，處新臺幣 900 元以上 1,800 元以下罰鍰，且該高音量喇叭或噪音器物並應沒入；若違反道路交通管理處罰條例第 43 條第 1 項第 5 款拆除消音器，或以其他方式造成噪音者，處新臺幣 6,000 元以上 24,000 元以下罰鍰，並須接受道路交通安全講習。

(三)監理站

指派檢驗技術人員，認定改裝機車，並登錄車輛臨檢紀錄表，據以召回臨時檢驗；另依實車改裝情形，技術指導員警如何認定，增加實務經驗交流。

三、攔巡查

「攔巡查」係篩選校園、車輛改裝店周邊，或高噪音車輛常出沒、民眾陳情等路段，針對該區域及其周圍 500 公尺內進行巡查。主要以目視巡視是否有不當改裝車輛，優先針對裝設直通管之車輛，其次則為排氣管無打刻辨識碼車輛，將疑似不當改裝汽機車拍照蒐證紀錄，並夾釘巡查勸導單以通知車主。該車輛若經辨識後，判定為不當改裝有妨礙安寧之虞者將發函通知車主通知到檢，其後循「通知到檢」程序執行。

5.1.1.4 實務困擾

一、不定期路邊攔檢

針對使用中車輛不定期於路邊進行「攔檢」的執行模式，在場地的選擇上，除須考量高噪音車輛經過頻率外，亦應避免測試環境受周邊交通、商家之干擾，及不影響交通順暢及附近居民的安寧等原則。因此，依據國內實施路邊不定期攔檢的經驗，多於高速公路休息站、山區主幹道旁空地、市區機關大停車場等較適合量測。然而若車輛噪音的問題發生在都會中道路交通繁忙且商家林立的地

點，若該處無明顯空地可做量測，要實施路邊不定期攔檢仍有困難，尤其量測過程若周邊噪音干擾，會有民眾質疑量測公正性的問題。

二、通知到檢

針對使用中車輛不定期於路邊進行「通知到檢」的執行模式，實務面常有下列困擾及弊端：

(一)民眾發現妨害安寧車輛後，因人身安全問題無法提供佐證資料，導致檢舉案件無法成案受理。

(二)因被檢舉車主到檢的時間無法事前精確掌握，可能當日通知 40 輛次卻只來 10 輛次，或 40 輛次中有 20 輛次集中於某一時段到檢，導致檢測速度跟不上，民眾久候心情躁動或影響檢測等問題。

(三)多數車主為規避罰則，車輛若有消音器破損或改裝亦多於到檢前自行修復或換回原廠配件，因此，檢測不合格的比例甚低。

(四)車主受檢時將車輛回復正常，但檢測後很可能再更換成改裝部品，其嚇阻效用不像路邊攔檢可即時、準確的掌握違規事實。

三、攔巡查

針對「攔巡查」的執行模式，由於蒐證對象多為路邊停放之車輛，會有民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題。關於【使用中機動車輛之定義】，民國 99 年 07 月 21 日行政院環境保護署環署空字第 0990056640 號函進行說明，略以：「噪音管制法第 11 條及第 13 條使用中機動車輛之定義，係指凡向公路監理機關請領牌照後之機動車輛，不論其是否有停駛、報廢、繳銷牌照及註銷牌照等情事，而有行駛或發動等使用情形者。」

5.1.2 各國「噪音偵測照相系統」應用

機動車輛基本上是由引擎、車架、電器和附屬設備等組成，包括各種不同性質噪音的綜合噪音源，且機動車輛在公路上行駛時，輪胎與路面之間的摩擦碰撞、汽車自身零件的運轉（如引擎、排氣管等）以及偶發的駕駛員行為（如按喇叭、剎車等）都是產生噪音的原因。由於機動車輛噪音源中，沒有一個是完全密封的（有的僅是部分的被密封起來），因此，機動車輛所輻射出來的噪音就取決於各音源的強度、特性以及向周圍環境傳遞的情況。

使用中機動車輛超速照相監測系統使用已久，其即為使用中機動車輛超速違法行為監控與圖形舉證的成熟系統，是測速技術與畫面蒐集技術的結合，透過對監測車道內機動車輛行駛速率的實時、自動測量，對超速違法的機動車輛觸發畫面(含車輛牌號、車型等)拍攝，自動記錄機動車輛行駛時的速率值、車輛畫面、日期、時間、地點等相關訊息作為執法證明。

如前所述，目前使用中機動車輛噪音管制的困難與弊端主要發生於採證困難的問題；為此，國內外相關管理部門亦不斷探索新的管理方法，隨著科學技術的發展，也借鑑“超速照相監測系統”，思考增加使用中機動車輛噪音量測，建立“噪音偵測照相系統”，讓自動監測與管理系統在噪音管理領域不斷發揮更大的作用。以我國為例，臺北市環保局研發出「高噪車輛照相系統」，只要車輛噪音分貝數超過 84 分貝，就會自動拍照取證，後續臺中市環保局亦跟進使用；臺中市警察局為達「立即蒐證」的效果，採購 5 台「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」，可同步偵測車輛的時速及噪音分貝數，超速車輛由警方逕行舉發，噪音超標則函請環保局進一步檢測。成熟的科技執法確實能提高篩選高噪音機動車輛的準確性，以下彙整說明我國、中國大陸、新加坡及法國之實際使用案例。

5.1.2.1 臺北市環保局、臺中市環保局「高噪車輛照相系統」

臺北市環保局研發出「高噪車輛照相系統」，上年度（民國 107 年）臺中市環保局亦跟進使用，整套系統主要包含噪音計、可換鏡頭數位相機、紅外線光遮斷器及系統本身，如圖 5.1-1 之示意。透過該系統，只要有車輛經過偵測地點且產生的音量經噪音計量測超出系統所設定的分貝值時，一旦該車行駛通過前方紅外線光遮斷器所發出的紅外線，系統即會自動拍照及同步記錄車輛所產生之分貝數，以科學量測作為認定擾民之依據，強化執法公信力及提升採證效能。

原理：(1)觸發位準 (Trigger Level) 84 dB(A)的設定：當音源距離麥克風 0.5 m 時量測結果為 96 dB(A)，考量一般道路設計車道寬 3.5 m，假設一般雙車道情形下，使用中機動車輛行駛於內側車道中線，此時距路緣約為 5 m，另再退縮 2 m 架設麥克風，透過距離衰減計算 ($96-10\times\log(7.5/0.5)$)，於人行道端量測時約為 84 dB(A)，如圖 5.1-2 之示意。



圖 5.1-1 臺北市環保局、臺中市環保局「高噪車輛照相系統」示意圖

資料來源：華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/general/201701/201701051838542.html#.WJlzBvl96UI>



圖 5.1-2 「高噪車輛照相系統」觸發位準 84 dB(A)設定示意圖

資料來源：本計畫整理。

當車輛經過噪音計設置點，噪音計立刻讀取噪音值，當噪音值超過觸發位準 84 dB(A)，即透過軟體連結紅外線光遮斷器及數位單眼相機，俟高噪音車輛通過紅外線光遮斷器時，即同時啟動數位單眼相機進行拍照蒐證，並記錄測值（最大噪音值、背景噪音值）、時間及照片資料。其原理等同測速照相，但是目前該系統仍需人力操作，無法仿效測速相機定點設置。對於完成拍照蒐證之高噪音車輛，環保局將通知車主到指定地點接受檢查，若車主逾期未到檢或到檢後仍不合規定，環保局將依「噪音管制法」視超過分貝數開罰 1,800 元至 3,600 元罰鍰。

噪音計約為 40 萬元、軟體約為 10 萬元、筆記型電腦（13 吋）約為 3 萬元、數位單眼相機約為 10 萬元、高速回電專業影棚閃光燈約為 2 萬元、紅外線光遮斷器約為 1 仟元、腳架×4 約 4 仟元，總計約為 65.5 萬元（資料來源：同圖 5.1-1 之華視新聞）。

為瞭解臺北市環保局、臺中市環保局「高噪車輛照相系統」使用情形，本計畫製做執行現況調查表如表 5.1-1 所示，彙整說明調查結果與分析如後。

一、臺北市環保局及臺中市環保局之執行狀況

(一)臺北市環保局

- 1.系統無法升級，不具測速功能。
- 2.使用經驗 2 年以內。
- 3.勤務人數 2 員。
- 4.值勤時間 2 小時以內。
- 5.設置點位置選擇：單向雙車道（標線分隔）、雙向雙車道（標線分隔），如圖 5.1-3（1/2）之示意。
- 6.環境光源：高、低光源環境均可。
- 7.觸發位準：84 dB(A)或依背景音量加成。
- 8.總計出勤照相數：3,811 件，經查證後應發函通知到檢案件數：2,835 件，發函率 74.4%；未發函原因：原廠排氣管、照片影像模糊、照片車種與車籍資料不同、查無車籍資料、車牌已停駛、報廢、繳銷、註銷、吊銷、失竊等改函轉權責單位處置、三個月內併案處理中 / 通知到檢中 / 已檢測。
- 9.發函通知案件數：2,432 件，到檢超標數：12 件，到檢排氣管狀況與機動車輛超音偵測照相不符數：未針對到檢排氣管狀況和高噪車輛相片做比對，到檢超標率：因無統計前項而無法計算。
- 10.常見爭議：有貼查驗標識、憑照片就可說我妨礙安寧？照片上的音量準確嗎？量測結果符合法規嗎？其他：已經驗過合格，為什麼又要去驗？
- 11.「高噪車輛照相系統」優點：佐證資料明確、消彌民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題、節省人力資源、篩出高噪音車輛、相較於攔檢場地較易選擇、較不影響交通流量、量測過程不影響設置位置附近居民安寧。
- 12.「高噪車輛照相系統」缺點：照片焦點受限於環境、設置環境需考量其他音源干擾、無法逕行舉發、無法令要求。
- 13.建議事項：降低設置成本、縮小設備體積、研發現場無人系統。

(二)臺中市環保局

- 1.系統升級簡便，不具測速功能。

- 2.使用經驗 1 年以內。
- 3.勤務人數 2 員。
- 4.值勤時間 2 小時以內。
- 5.設置點位置選擇：雙向多車道(3 線以上且安全島分隔)，如圖 5.1-3 (2/2) 之示意。
- 6.環境光源：僅高光源環境。
- 7.觸發位準：依儀器位置與待測車輛位置距離衰減計算或依背景音量加成。
- 8.總計出勤照相數：155 件，經查證後應發函通知到檢案件數：150 件，發函率 96%；未發函原因：經判定已至本局檢驗合格，且符合相同排氣管。
- 9.發函通知案件數：150 件，到檢超標數：0 件，到檢排氣管狀況與機動車輛超音偵測照相不符數：34 件，到檢超標率：23%。
- 10.常見爭議：憑照片就可說我妨礙安寧、照片上的音量準確嗎？
- 11.「高噪車輛照相系統」優點：佐證資料明確、消彌民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題、節省人力資源、篩出高噪音車輛、相較於攔檢場地較易選擇、較不影響交通流量、量測過程不影響設置位置附近居民安寧。
- 12.「高噪車輛照相系統」缺點：系統儀器成本昂貴、照片焦點受限於環境、設置環境需考量其他音源干擾。
- 13.建議事項：降低設置成本、研發現場無人系統。

二、臺北市環保局、臺中市環保局之使用缺點

(一)臺北市環保局

- 1.由未發函原因：照片影像模糊推測，可能問題點有二：快門設定與環境光源要求，建議應使用高速快門，且雖配置有補光燈，但因非為閃光燈，故僅適合高光源環境。
- 2.到檢超標數低，推測原因包括：到檢時多數已換回原廠管與值勤時觸發位準設置精準度。如有比對統計到檢排氣管狀況與機動車輛超音偵測照相不符情形，即可視其為超標，則到檢超標數將提高；另觸發位準可能設置偏低，導致出勤照相數雖提高，但多包含可能合乎標準車輛，致使到檢超標率降低。

(二)臺中市環保局

- 1.因未調查通知到檢率，故無法精確分析到檢超標數低之原因。

(三)結論與建議

1.值勤時觸發位準設置精準度極為重要，在相同勤務時間下，若將觸發位準提高，則到檢超標率提高，但出勤照相數降低；反之，若將觸發位準降低，則到檢超標率亦降低，但出勤照相數提高。

2.如何精準設置觸發位準，是執行「噪音偵測照相系統」重要課題之一，惟此需大數據支援分析，建議後續對此規劃進行研究，以有效使用「噪音偵測照相系統」此一利器。

表 5.1-1 「高噪車輛照相系統」執行現況調查表

項目	選項（可複選）			備註 （補充說明）
系統種類 （現行使用）	☐ 主要包含： ☐ 噪音計、 ☐ 可換鏡頭數位相機、 ☐ 紅外線光遮斷器及 ☐ 相關軟體。 ☐ 其他：_____			
系統升級	☐ 移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備。 ☐ 其他：_____			
測速功能	☐ 以上均有。（選本項者，請依系統種類分開填寫本表）			
系統升級	☐ 簡便、 ☐ 不易升級、 ☐ 無法升級。			
測速功能	☐ 有，方法簡述：_____、 ☐ 無。			
使用經驗	☐ 半年以內、 ☐ 1年以內、 ☐ 2年以內、 ☐ 3年以內、 ☐ 4年以內。			
人力需求 （每次出勤）	☐ 1人、 ☐ 2人、 ☐ 3人、 ☐ 4人、 ☐ 5人、 ☐ 6人。			
值勤時間 （每次出勤）	☐ 1小時以內、 ☐ 1.5小時以內、 ☐ 2小時以內、 ☐ 2.5小時以內、 ☐ 3小時以內。			
位置選擇 （設置環境）	☐ 單行道、 ☐ 單向雙車道（標線分隔）； ☐ 雙向雙車道（標線分隔）； ☐ 雙向多車道（3線以上且標線分隔）、 ☐ 雙向多車道（3線以上且安全島分隔）； ☐ 其他：_____。 範例詳附表一			
適用光源	☐ 僅高光源、 ☐ 高、低光源均可。			
觸發位準	☐ 84 dB(A)、 ☐ 87 dB(A)、 ☐ 90 dB(A)、 ☐ 93 dB(A)、 ☐ 100 dB(A)、 ☐ 依儀器位置與待測車輛位置距離衰減計算、 ☐ 依背景音量加成、 ☐ 其他：_____。			
發函率= 經查證後應 發函通知到 檢案件數總 計出勤照相	經查證後 應發函通知到 檢案件數	總計出勤照相數	發函率	

項目	選項（可複選）				備註 （補充說明）
數					
經查證後未發函原因	☐ 電動車、 ☐ 原廠排氣管、 ☐ 照片影像模糊、 ☐ 照片車種與車籍資料不同、 ☐ 查無車籍資料、 ☐ 車牌已停駛、報廢、繳銷、註銷、吊銷、失竊等改函轉權責單位處置、 ☐ 無法判定音源（如有多輛車、爆竹、廣告車等）、 ☐ 其他_____。				
到檢超標率 = （到檢超標數 + 到檢排氣管狀況與機動車輛超音偵測照相不符數）/發函通知案件數	到檢超標數	到檢排氣管狀況與機動車輛超音偵測照相不符數	發函通知案件數	到檢超標率	
常見爭議	☐ 我有貼查驗標識？ ☐ 憑照片就可說我妨礙安寧？ ☐ 照片上的音量準確嗎？ ☐ 量測結果符合法規嗎？ ☐ 其他：_____。				
機動車輛超音偵測照相的優點	☐ 佐證資料明確 ☐ 消彌民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題 ☐ 節省人力資源 ☐ 篩出高噪音車輛 ☐ 相較於攔檢，場地較易選擇 ☐ 較不影響交通流量 ☐ 量測過程不影響設置位置附近居民安寧 ☐ 以上皆是 ☐ 其他：_____。				
機動車輛超音偵測照相的缺點	☐ 系統儀器成本昂貴 ☐ 僅能辨識單一車輛 ☐ 照片焦點受限於環境 ☐ 設置環境需考量其他音源干擾 ☐ 無法逕行舉發 ☐ 測值不準確 ☐ 無法令要求 ☐ 人力需求多 ☐ 其他：_____。				
建議事項	☐ 朝向逕行舉發建立配套法規 ☐ 降低設置成本 ☐ 縮小設備體積 ☐ 研發現場無人系統 ☐ 其他：_____。				

資料來源：本計畫整理。



圖 5.1-3 「高噪車輛照相系統」設置環境示意圖（1/2）



圖 5.1-3 「高噪車輛照相系統」設置環境示意圖（2/2）

圖 5.1-3 之圖片來源：Google 街景圖。

5.1.2.2 臺中市警察局「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」

一、設備

有關其設備組成，整理如表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」

RS-V3 主機 (嵌入式一體成型 機體結構)		內含 (1) 雷達測速感應器：發射頻率 24.125 GHz $\pm$25 MHz，測速距離可達 3 車道（含）以上，雷達偵測準確度：時速 100 公里以下$\pm$1 公里，時速 100 公里以上 1%。 (2) 工業級彩色數位照相機：具備自動光圈調整功能，自動因應環境變化及光線明暗調整最佳化設定，靜態影像：4,240$\times$2,824，JPEG，高達約 1,200 萬畫素，具備設定拍攝 1 張或 2 張違規相片功能。 (3) 中文彩色操作顯示器：解析度 640$\times$480，5 吋以上，觸控式螢幕。 (4) 影音記錄器。 (5) 行動式電源。 (6) 機動式固定外箱。 (7) 內建硬碟：512 GB SSD 固態硬碟；儲存媒體：最高支持 32G，可使用 SD/SDHC 卡。 (8) 防護等級：IP65。
噪音偵測模組		可動態偵測特定方向噪音量或環境噪音值（30 dB(A)~130 dB(A)），噪音值可直接顯示於顯示器上。
閃光燈		功率為 400 瓦/秒（含）以上，連續閃光：1 秒 2 次（含）以上。

筆記型電腦		可用 Windows 7 以上或 LINUX 作業系統
系統控制 作業軟體		系統介面具備設定違規舉發影像資料欄位：日期、時間、中文地點、速限（公里/小時）、偵測方向（來車或去車）、雷達偵測範圍及選定噪音功能啟用等設定功能。

資料來源：凱辰科技有限公司。

二、配置

有關其配置組成，如圖 5.1-4 所示。



圖 5.1-4 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」示意圖

資料來源：聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/7321/2232067>。

三、原理

本系統主要應用於測速，故其原理等同測速照相，係以車速作為系統啟動觸發位準（Trigger Level），再透過連接噪音偵測模組，同步記錄噪音值。本系統若應用於機動車輛超音偵測照相，可透過軟體設定，降低啟動系統之車速觸發位準，再藉由軟體篩選噪音值超過 84 dB(A)之案件進行輸出，如圖 5.1-5 所示。



圖 5.1-5 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」輸出示意圖

資料來源：凱辰科技有限公司。

對於完成拍照蒐證之高噪音車輛，由警方函請環保局進一步檢測，環保局將通知車主到指定地點接受檢查，若車主逾期未到檢或到檢後仍不合規定，環保局將依「噪音管制法」視超過分貝數開罰 1,800 元至 3,600 元罰鍰。

四、費用

軟硬體設備合計約為百萬元。

（資料來源：聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/7321/2232067>）

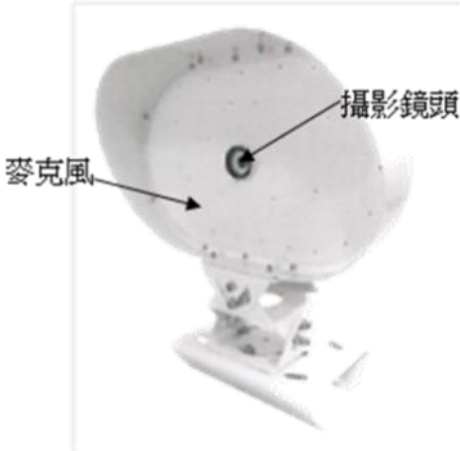
5.1.2.3 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」

目前中國不少城市的主城區內都是禁止機動車輛鳴笛的，為了整治違法鳴笛，聲納照相（音源定位）系統，可以幫助警察執法；但是警察在查處此類違法時卻遭遇了執法難題，吵雜的車流中，究竟是哪輛車長按了喇叭？靠人耳分辨還真是件難事。中國聲納照相違鳴系統正式在上海、南京、瀋陽、深圳等多個城市啟用鳴笛照相系統，高科技助力警察查處此類交通違法行為。

一、設備

有關其設備組成，整理如表 5.1-3 所示。

表 5.1-3 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」

陣列式麥克風 +攝影機	
麥克風參數	參數值
性能指標	頻率範圍：200 Hz～8,000 Hz
	最遠有效探測距離：安裝投影位置前方 50m
	最近有效探測位置：安裝投影位置
	最寬有效探測寬度：3 車道～5 車道
	橫向解析度：可區分有效探測區域內相鄰車道並排車輛的鳴笛聲
	縱向解析度：可區分有效探測區域內前後車輛的鳴笛聲
	行進車輛鳴笛：典型城市道路車輛行進速率下均可抓拍
麥克風	種類：32 個 MEMS（微電子機械系統，micro electro mechanical system）
	可測音壓級範圍：50 dB(A)～115 dB(A)
物理參數	重量：5 kg
	尺寸：400 mm × 300 mm × 300 mm
	三防等級：IP 54，可直接暴露於雨水中

資料來源：<http://www.keygotech.com/>。

二、配置（圖 5.1-6）：

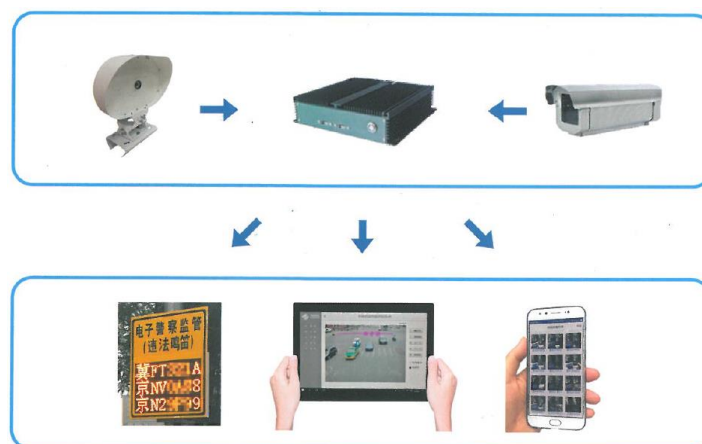


圖 5.1-6 中國大陸「麥克風陣列監測違法鳴笛系統」示意圖

資料來源：<http://www.keygotech.com/>。

三、原理

鳴笛抓拍系統透過麥克風陣列技術精確鎖定任意的噪音源位置，並透過聲紋識別技術提取喇叭聲音特徵，將環境干擾（如：剎車聲、鳥叫聲、廣場舞、人聲、口哨聲等）濾除，準確定位到實際的鳴笛車輛，從而對鳴笛的車輛進行影像抓拍和車牌識別，以確定違規鳴笛車輛。偵測「亂按喇叭」違法鳴笛抓拍系統是高科技時代下應運而生的智慧抓拍系統，相較於以往在執法中，只能憑藉人耳判定是否鳴笛，而無法給出可信服的證據，鳴笛抓拍系統的核心在於能夠即時精準定位並抓拍在道路上違法「亂按喇叭」的車輛，並符合中國大陸 GAT 832-2014《道路交通安全違法行為圖像取證技術規範》要求的處罰依據圖片，同時生成抓拍影片（包括聲音），即時將違法「亂按喇叭」過程的照片、聲音影片等證據存儲到中心後臺進一步查證。中國大陸違法「亂按喇叭」抓拍系統目前主要安裝在城市道路的十字路口、重點路段、學校、醫院、碼頭、機關等重點禁鳴區域。

5.1.2.4 新加坡「高噪音車輛監控攝影系統」

交通噪音是都市聚落噪音污染的主要來源之一，為了持續追蹤新加坡的車輛噪音排放問題，新加坡政府執行一項先導研究計畫，以期找出噪音排放超過新加坡國家環境署所制定之噪音限值的違規車輛。為了提供另一種有效的自動化高噪音車輛監測方法，新加坡南洋理工大學設計和發展出一套稱為「NoivelCam」的獨立整合式車輛噪音追蹤系統，在快速道路上進行單一車道噪音監測。研究計畫的下一階段，將升級成為可監測多個車道的噪音。噪音量超過規定之噪音閾值的車輛，將透過 NoivelCam 系統的相機和攝影機予以追蹤和擷取，所蒐集到的證據包括：擷取的音頻和影片片段、車牌號碼的影像及載有時間戳的音壓位準（SPL）數據紀錄檔。在現場操作中，這些證據可作為辨識違規車輛的手段。

新加坡南洋理工大學設計和製造一套部署於高架陸橋上，針對單一車道進行監測之高性能、獨立式和自動化的交通噪音監控系統。這套系統從遠端估算每一輛通過受監測車道車輛的 SPL。本系統配備一具高速相機和廣角攝影機，分別擷取車牌影像和周邊影片證據。NoivelCam 系統還能夠辨識和濾除因相鄰車道高噪音干擾而觸發誤報的情形。這套系統經過在戶外測試環境中以擴音器模擬車輛噪音進行校準，之後又被部署於高速公路高架陸橋上，在實際交通情境中，進行進一步測試。NoivelCam 系統設計選擇從很狹窄的範圍擷取車輛噪音。如果採用相位陣列技術的麥克風陣列原本是

滿意的解決方案，可惜成本高了些，因為所需要的麥克風數量很多。此外，為了在快速移動的交通車流中進行即時處理，還需要配置一個高速處理單元。因此，NoivelCam 系統採用『一對指向性麥克風』，以滿足區域擷取快速移動噪音源的需求。同時，NoivelCam 系統也採取兩階段（即時和離線）處理，來追蹤及分析超過規定噪音閾值之通過車輛的噪音特性。（5.1.2.4 節之資料來源：[Inter-noise 2014, A Noisy Vehicle Surveillance Camera \(NoivelCam\) System, 11/2014.](#)）

一、設備與配置

NoivelCam 系統的流程圖和設置情形分別顯示於圖 5.1-7 和圖 5.1-8。系統包含兩個相隔 51 公分的高度指向性槍型麥克風（Audio Technica BP4071L），裝設在一個可折疊結構的末端，可直接監測高架結構下方的噪音。此一設置在指向性麥克風正下方形成一個直徑 3.5 公尺（相當於單一車道的寬度）的有效測量範圍。可折疊結構焊接於一個堅固的鋁箱，其中裝著一個採用 Gigabit 乙太網路（GigE）用於擷取車牌的高速相機，和一個用於持續記錄周遭影像及聲音的廣角攝影機，如圖 5.1-8 所示。

高速相機聚焦於推進距離，即距離所監測車道之測量區數公尺處；廣角攝影機則持續擷取測量區及其周邊環境的影像畫面和聲音。高速數據擷取利用一個多通道資料擷取模組。DAQ 模組連接於一個高性能控制器。如圖 5.1-8 右下角所示，該控制器牢牢安裝於螢幕後方鋁箱的上隔層內，負責所有即時和離線處理，並觸發系統內的相機和攝影機，前置放大器和電源電路等元件則裝在鋁箱的下隔層。這套系統所有外露部件均可防水，並可耐受各種天氣狀況。

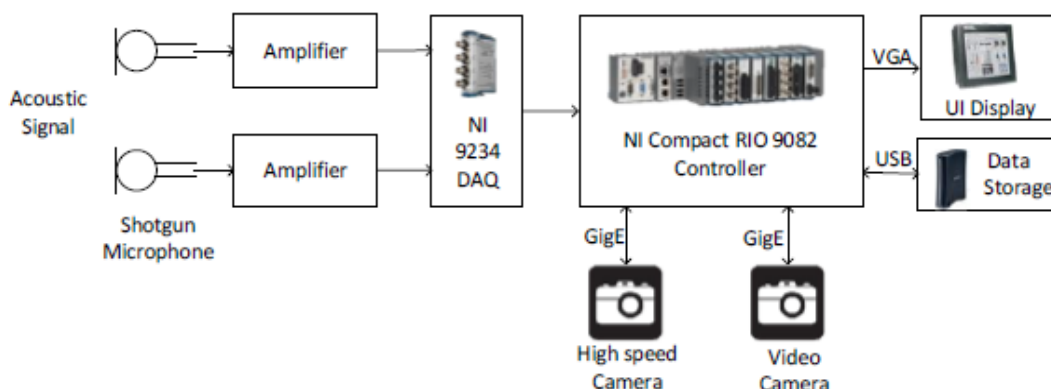


圖 5.1-7 新加坡 NoivelCam 系統流程圖

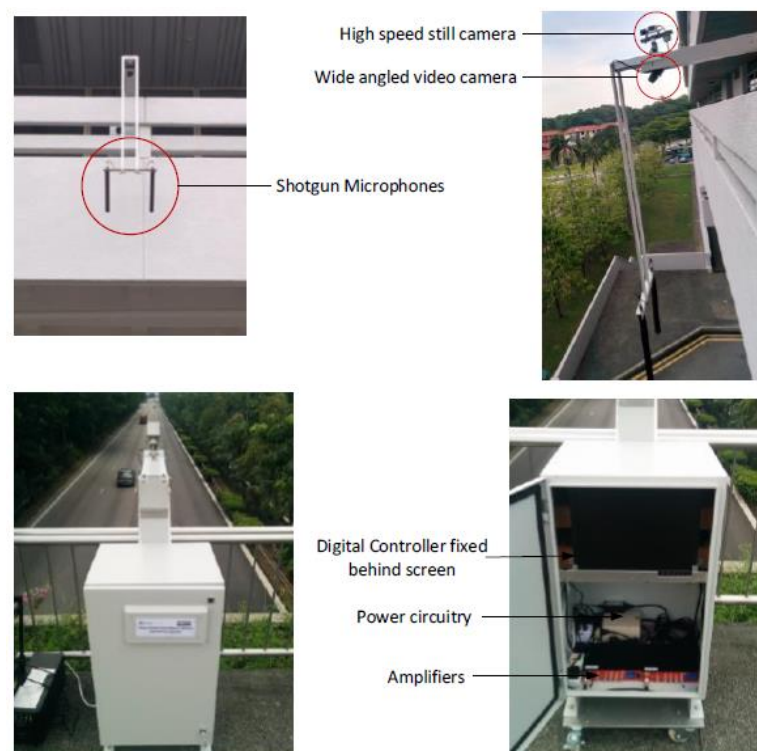


圖 5.1-8 新加坡 NoivelCam 系統設置於高架陸橋

二、軟體建置

如圖 5.1-9 所示，演算法係採用 NI Lab VIEW 圖形化編程介面建置，以發展簡單且友善使用者的圖形使用者介面（GUI）。

系統編程架構分為兩個階段，分別敘述如下：

(一)第一階段程式在所規劃的整個噪音監測期間持續即時運作

噪音信號被以高取樣率（ $F_s=51.2\text{ kHz}$ ）擷取，並以每數據塊 100 毫秒的速度加以處理。進入的數據塊經過低通濾波和處理，以快速模式計算 A 加權指數平均音壓位準（SPL）。根據計算得出之指向性麥克風處 SPL 值和聲音傳播模型，推估出距離車輛排氣管上方 0.5 公尺處的 SPL。每個數據塊的推估 SPL 被用來與 SPL 閾值（指定為排氣管上方 0.5 公尺處）相比較。如果連續三個數據塊的推估 SPL 都超過 SPL 閾值，此一現象便被認定為一次超標事件。隨即，一個觸發信號便被傳送至高速照相機，啟動以點放模式拍攝車牌相片，並將之儲存於磁碟。此外，系統仍持續以原始資料格式記錄每個麥克風接收到的信號，計算每個麥克風的 SPL 值及其差動幅度，並將之連同時間戳儲存於紀錄檔中。此外，廣角攝影機攝得的連續影片片段經過壓縮處理

並附加日期和時間戳後，被儲存於磁碟。這些儲存的數據將在稍後被用於第二階段計畫。

(二)第二階段計畫是在離線的情況下（NoivelCam 處於非監測模式時）運作

在這個階段，觸發數據被進一步分析和驗證，以有力的證據確定違規車輛。這個階段的主要目的在於評估所有擷取的事件，以發掘出因相鄰車道高噪音干擾而產生之誤報情況。信號抵達時間差（TDOA）和差動 SPL 模式決策演算法被用來發掘和濾除誤報情形。本階段結束時，每個擷取事件均會產生一份報告，載明其噪音、影片和車牌證據，以及記錄之 SPL 值和日期時間戳，以便政府機關向車主寄發驗車通知。此外，儲存的數據還可用來從事進一步分析，產生長時間 SPL 模式、特定時段交通密度和車速等資訊。

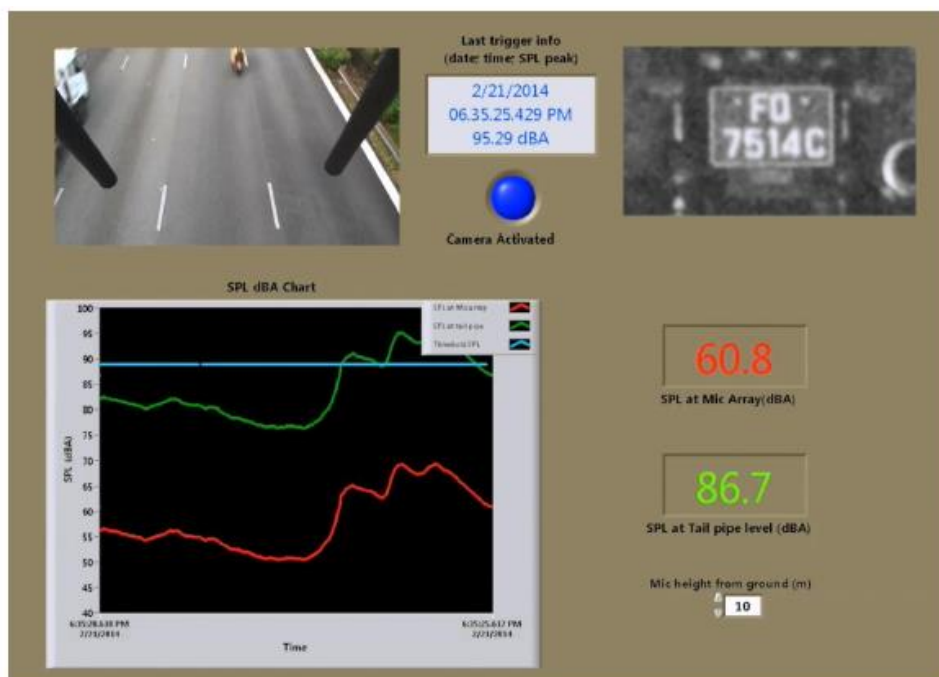


圖 5.1-9 新加坡 NoivelCam 系統圖形使用者介面（GUI）

GUI 面板顯示最新擷取的尖峰 SPL 讀數、日期&時戳、車牌相片及影片片段，麥克風陣列的 SPL 和距離排氣管高度 0.5 公尺處的推估 SPL 均即時顯示，同時顯示既定的 SPL 閾值。

三、實驗設置

NoivelCam 系統被設置於新加坡南洋理工大學校區內一個有高架陸橋的位置，如圖 5.1-10 所示。



圖 5.1-10 NoivelCam 系統實驗設置於新加坡南洋理工大學校區內

四、分析與結果

設置的方式為兩支槍型麥克風被對稱裝置於受監測車道中線的正上方。麥克風距離地面的高度為 4.15m，每條車道的寬度為 3.5m。每支槍型麥克風旁邊臨時附加一支全向性麥克風。一個放置在地面，射極朝天空發出白噪音的擴音器，被用來模仿車輛排氣管的噪音。每個擴音器位置進行兩次試驗，擴音器位置從受監測車道中線開始，沿著麥克風正下方的直線，朝著與車道正交的方向移動，每次位移 0.5m，直到相鄰車道的邊緣。每次試驗時，從擴音器播放的恆振幅白噪音，均被 4 支麥克風記錄下來（槍型麥克風和全向性麥克風各 2 支）。

在第一個目的中，利用一個三腳架，將 A 級型音壓計固定於擴音器射極上方 0.5 公尺處。槍型麥克風陣列的外推 SPL 值被計算並記錄下來，同時以人工方式記下音壓計 SPL 讀數。當擴音器位於受監測車道中線位置播放恆振幅白噪音信號時，進行兩次試驗。在第二個目的中，藉由比較麥克風陣列與全向性麥克風陣列之計算 SPL 值，證明槍型麥克風的高信號抑制能力。由於其中空干擾管結構，槍型麥克風通常會

擷取到沿著其軸線之音源位置的信號，沒有任何衰減。為了證明此一現象，研究團隊記錄兩組麥克風陣列的 SPL。做法是在每個擴音器位置播放白噪音信號，從受監測車道的中線開始，擴音器朝車道正交方向每次位移 0.5 公尺，直到移至相鄰車道的邊緣。在各個不同擴音器位置下，每個陣列計算之 SPL 值顯示於圖 5.1-11。同時，研究團隊也注意到，當音源位於受監測車道中線時，兩個麥克風陣列所計算之 SPL 值相同。然而，隨著音源移開受監測車道中線，相較於全向性麥克風陣列，槍型麥克風陣列的信號明顯衰減，如圖 5.1-11 所示。

當音源移至受監測車道之外時，槍型麥克風陣列的信號衰減至少達 10 dB。槍型麥克風的方向性行為表現有助於在高速公路的實際交通情境中，抑制相鄰車道高噪音車輛的干擾。然而，值得注意的是，單單指向性麥克風還不足以完全消除錯誤觸發，因此，研究團隊在系統中採用了差動信號處理方法。在第三個目的中，研究團隊計算出槍型麥克風陣列在 5 個音源位置（從受監測車道中線到邊緣）的 Δ SPL 和 TDOA 值。研究團隊運用兩個音頻信號的互相關性，計算出各個音源位置的相對應 TDOA 值。同樣地，研究團隊也運用個別麥克風所記錄之 SPL 讀數差，計算出各個音源位置的相對應 Δ SPL 值。各個擴音器位置之相對應 Δ SPL 和 TDOA 值，顯示於表 5.1-4。

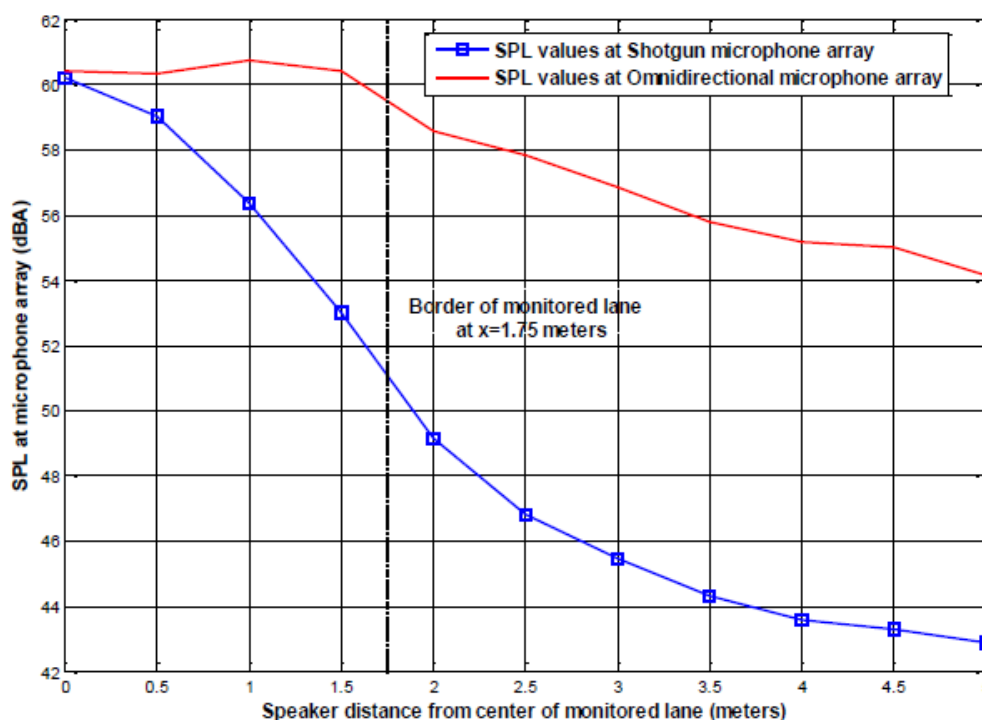


圖 5.1-11 麥克風陣列 SPL 相對於槍型及全向性陣列之音源位置

表 5.1-4 受監測車道內 5 個音源位置之 TDOA 和 Δ SPL

與受監測車道中線之距離 (公尺)	TDOA 絕對值 (毫秒)	Δ SPL 絕對值 (dB)
0.00	0.0000	0.3000
0.50	0.1953	1.1396
1.00	0.3906	3.1163
1.50	0.5664	3.6252
1.75	0.6250	3.9524

如表 5.1-4 所示， Δ SPL 和 TDOA 值隨著音源與中線距離的增加而上升。研究團隊還觀察到，當音源進一步移至相鄰車道時，TDOA 和 Δ SPL 值上升得更多。因此，這套實驗設置之 TDOA 和 Δ SPL 閾值分別為 0.625 毫秒和 3.95 dB。

在實際交通情境中，當多線道高速公路的一個車道在監控中時，任何車輛之 SPL 曲線高峰均發生於最接近麥克風的進入點。只要假設麥克風處的 SPL 高於環境 SPL，此一說法便可成立。在如此情境中，最接近麥克風的進入點始終在麥克風正下方的線上，並與車道呈正相交。因此，前述校準實驗設置所產生的閾值，可被用於實際交通情境中。

為了偵測和濾除第二階段計畫中的誤報情況，NoivelCam 系統仔細檢查所有登錄的超閾值事件。在監控作業期間，所有超閾值事件之相對應日期和時間戳，均記錄於一個檔案中。針對特定超閾值事件，在 SPL 峰值被偵測到的瞬間，各麥克風所記錄的噪音檔為 ± 0.5 秒。計算之 TDOA 和 Δ SPL 值被用來與閾值比較。如果兩個計算值分別超過其各自的閾值，即表示存在著來自相鄰車道的強大干擾，此一事件便被標記為誤報，而被排除於最終報告外。然而，如果只有一個計算值超過其各自的閾值，即表示可能出現誤報，但不具高度信心。這些事件便需要以人工方式處理，並檢視廣角影片片段才能下定論。

五、現場測試

為了測試 NoivelCam 系統在實際交通情境中的表現，設計了 NoivelCam 系統，將之設置在橫跨新加坡最繁忙快速道路的一個高架陸橋上。白天和夜間監測的 SPL 閾值分別設定為 95 dB(A)和 80 dB(A)。研究團隊在一天中不同時間進行了多次數據蒐集和測試。在 4 小時的監測期間，總共收集到 300 GB 數據。所擷取的事件在稍後的第二階段作業中加以處理，以發掘誤報情形。選之 4 個不同事件的現場測試結果分別描述如下：

(一)受監測車道上的高噪音摩托車：相鄰車道無車輛

系統追蹤到一輛高速行駛的高噪音摩托車，其 SPL 峰值達到 112 dB(A)（見圖 5.1-12(a)）。摩托車車牌影像、廣角影片片段、噪音片段和 SPL 值，均被記錄下來，並編製成一份報告。

(二)相鄰車道上的卡車：受監測車道上無車輛

SPL 峰值記錄為 97 dB(A)。然而，在第二階段作業中，該事件被偵測為一次高信心誤報。為進一步證明偵測之精確性，研究團隊檢視廣角影片片段，以人工方式驗證相鄰車道干擾的存在（見圖 5.1-12(b)）。

(三)受監測車道上的轎車：相鄰車道有輛卡車與之並行

在此事件中，SPL 峰值記錄為 96.8 dB(A)。然而，該事件被偵測為一次高信心誤報。雖然系統認定這次事件為高信心誤報（此認定在戶外校準實驗中測試過），但在確知這輛轎車和相鄰車道卡車之實際 SPL 值之前，研究團隊無法證實這點（見圖 5.1-12(c)）。

(四)一輛高噪音摩托車行經受監測車道邊緣

在此事件中，系統追蹤到該摩托車的 SPL 峰值為 97.6 dB(A)。然而，在第二階段作業中，系統將之標記為可能為一次低信心誤報。這些類型的事件（如圖 5.1-12(d)所示）通常被直接排除，以避免任何混淆狀況。

此系統的下一個階段：這套系統將以多項新增特性升級為一套模組化的多車道監測設置。新特性包括透過 3G 連線持續將記錄的數據傳送至伺服器，以及藉由數據分析工具產生有用的資訊，例如：車速、交通密度及長時間 SPL 模式。現階段其系統特性如下：

- 1.高架陸橋部署設置，用於交通噪音監測。
- 2.利用指向性麥克風進行單一車道噪音監測。
- 3.藉由強大的演算法分辨並抑制來自相鄰車道的干擾，準確率約 80%。
- 4.兩台高速相機和攝影機與系統同步作業，分別擷取車牌影像和廣角影片做為證據。
- 5.根據運用都市情境聲波傳播模型的外推技術，估算車輛排氣管的 SPL 值。
- 6.持續記錄巨量類比數據，以利數據分析。

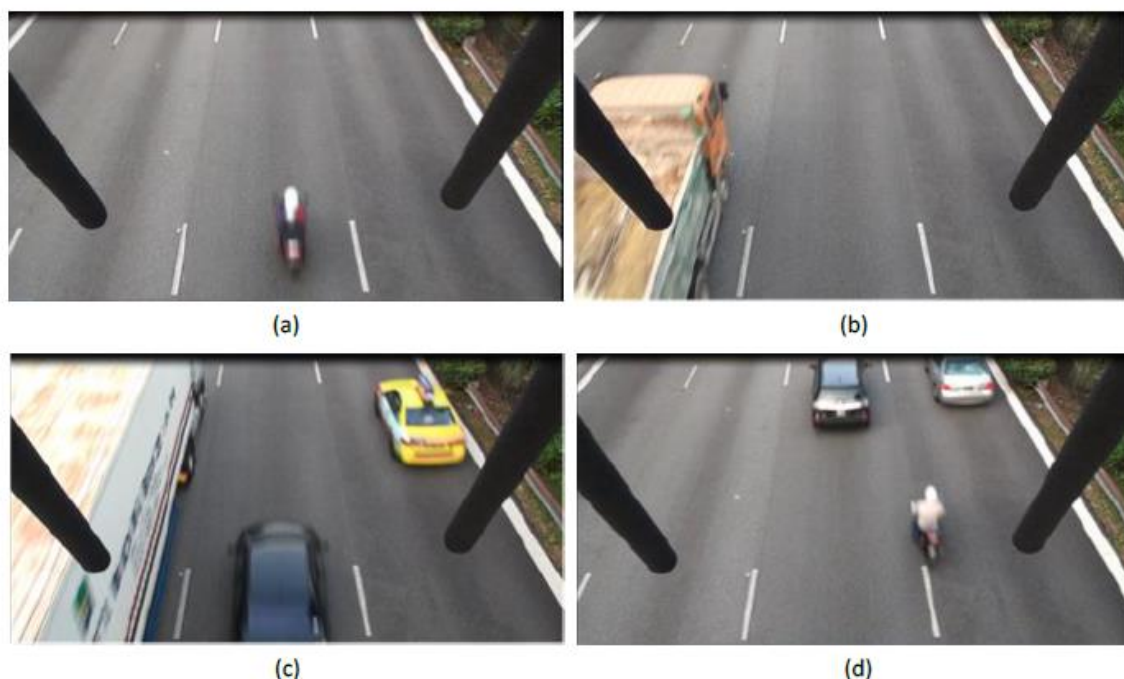


圖 5.1-12 擷取自廣角影片片段：(a)至(d)分別代表各種交通情境

5.1.2.5 法國「噪音雷達 (noise radar)」

摩托車轟鳴著穿過居民區，發動引擎，吵醒街上的每一個孩子，在法國可能很快就會成為過去。巴黎一個郊區正在嘗試一種新的系統，可以識別噪音車輛，精確定位它們的位置，並自動給它們開罰單。

這個被市長 Didier Gonzales 稱為「噪音雷達 (noise radar)」的裝置已經安裝在 Villeneuve-le-Roi 市中心的一個燈柱上（圖 5.1-13），該鎮緊鄰著巴黎-奧利機場。市長 Gonzales 表示：「一旦新的政府法律草案通過，這一系統就會啟動。該鎮將把錄音與警方閉路電視攝影機連接起來，並自動向違法者開罰單。有了這個工具，就無法對造成噪音的人提出異議」。

這項法律草案預計將於今年（2019）秋天表決，將允許地方當局試驗系統，記錄和罰款超過噪音限制的車輛。法國已經制定了限制車輛噪音的立法，但由於它依賴警方單獨抓捕違法者，因此，很難實施。

Villeneuve 的官員 Remy Jourdan 表示：「我們並不反對法拉利 (Ferrari) 或哈雷 (Harley Davidsons)，但他們的車主有時喜歡展示他們的汽車動力，噪音確實讓居民感到困擾」。

（5.1.2.5 節之資料來源：[“Paris suburb pioneers 'noise radar' to fine roaring motorcycles”](#), Reporting by Geert De Clercq; Editing by Peter Graff, AUGUST 30, 2019.）



新安裝的「噪音雷達（noise radar）」，一種可以精確測量和定位移動車輛聲音及登記車牌的測量裝置，可以在法國巴黎-奧利機場附近的 Villeneuve-le-Roi 看到（August 30, 2019. REUTERS/Charles Platiau）

圖 5.1-13 法國新安裝的噪音雷達（noise radar）

這個由 Bruitparif 工程師開發的新裝置有 4 個麥克風，每十分之一秒測量一個分貝級，可以三角定位聲音的來源。它顯示了一幅聲音尾跡的圖片，在一個高噪音源（如一輛加大馬力的摩托車）後面有彩色的點跡（圖 5.1-14）。根據 Bruitparif 之介紹，這個設備最初是用於測量飛機起飛對附近居民造成的噪音，後來開始用在一些大型活動和工地的噪音監測。

Bruitparif 總監（director）Fanny Mietlicki 表示：「近 40 台設備在巴黎娛樂區繁忙的酒吧附近已運行數月，另有 17 台安裝在主要建築工地」。Bruitparif 現在開始跟蹤車輛噪音，並在巴黎附近的一個受摩托車騎士歡迎的山區農村地區 Saint-Forget 也安裝了 1 台。今年（2019）9 月，它將在巴黎市中心安裝 2 台。

到目前為止，該系統僅處於試用模式，尚未開出罰款，但 Villeneuve 市正在與交通部聯繫，以便在新法律通過後立即啟動該系統。政府計畫為期 2 年的試驗期來測試技術，並確定將罰款的噪音量。

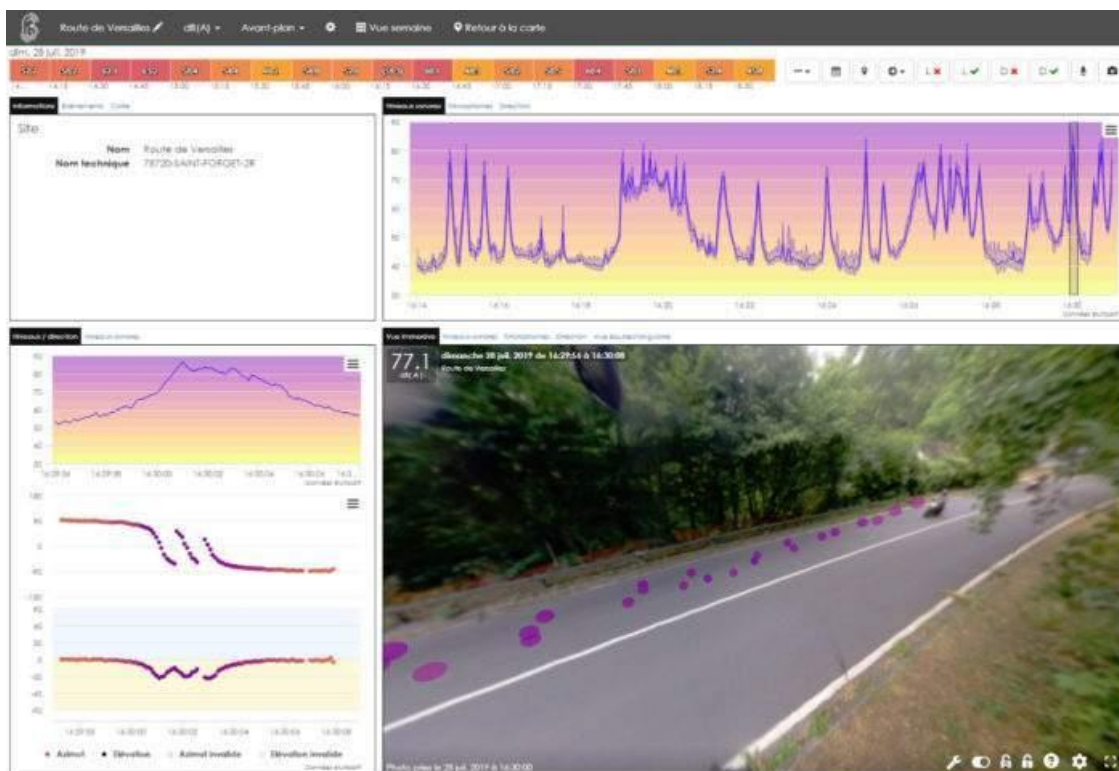


圖 5.1-14 法國新安裝的噪音雷達（noise radar）聲音尾跡的圖片

資料來源：巴黎交通警察要用「噪音雷達」開罰單，高分貝改車族將無所遁形，作者 愛范兒，發布日期 2019 年 09 月 03 日 8:15，分類 交通運輸，科技政策。

<https://technews.tw/2019/09/03/paris-vehicle-noise-radar/?fbclid=IwAR1hrB9WduYXUGuB4SOQHjqhfUFOvyxe2YhBEgqzIMMBdTYLfx6G4DEgLAJ>

5.2 彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據，並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析

壹、噪音資料來源及分析方式

一、噪音資料來源

改善效益之噪音資料來源係分為三部分進行比較分析，分別為：

(一)實測背景音量（改善前）

以縣（市）環保局之陳情量測報告數據（即因民眾陳情，由環保局與相關人員共同會勘後，擇定代表點所進行之陳情監測），作為後續改善比較之背景資料（防制措施設置前）。將陳情量測代表點於“列車開行之各小時平均最大音量（ $L_{max,mean,1h}$ ）”取“算術平均值”作為“改善前”之代表音量。

(二)實測改善音量（改善後）

為同一處陳情量測代表點之成效追蹤量測資料（防制措施設置後）。將陳情

量測代表點於“列車開行之各小時平均最大音量 ($L_{\max, \text{mean}, 1h}$)”取“算術平均值”作為“改善後”之代表音量。

(三) 預估改善音量

本計畫所分析案例皆係透過德國 DataKustik 公司所發展之「CadnaA version 4.3.144」噪音預測評估軟體建立三維音場模型，並採用環保署公告之「鐵路交通噪音評估模式技術規範」所認可之德國 Schall 03 鐵路交通噪音計算規範，模擬評估隔音牆之減音效果。將改善前後各車種之“事件最大音量 ($L_{\max}$)”的模擬值，分別取“算術平均值”，將“改善前後音量相減”即可得代表減音成效。

二、效益評估與比較分析

本計畫所分析案例之實際改善及預估改善完成後的效益比較，說明如下。

- 實際改善之前 → 環保局陳情量測 → $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ 之算術平均值；
- 實際改善之後 → 改善後成效追蹤 → $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ 之算術平均值；
- 實際改善效益 → 環保局陳情量測－改善後成效追蹤 → 改善減音量。
- 預估改善之前 → 軟體改善前模擬值 → 各車種 $L_{\max}$ 之算術平均值；
- 預估改善之後 → 軟體改善後模擬值 → 各車種 $L_{\max}$ 之算術平均值；
- 預估改善效益 → 改善前模擬值－改善後模擬值 → 改善減音量。

因預估係採單班列車之事件最大音量，故其值會高於實測之 $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ 。

貳、新北市鶯歌區：臺鐵西部縱貫線西正線（北上）51k+870

一、改善計畫核定之改善方式

本案位於新北市鶯歌區永智街 42 號 4 樓，民宅背對軌道側為四層樓高（1 樓～4 樓），惟面向軌道側則地勢漸高，約為三層樓（2 樓～4 樓），即由正門口至後門軌道側約上升近一層樓之高度。陳情路段位於鶯歌站（上行）及桃園站（下行）之間，距離場站仍有數公里遠，量測代表點 4 樓面向軌道，約位於西部縱貫線西正線（北上）51k+870。本案屬第三類噪音管制區，改善前連續 48 小時量測，其平均最大音量 ($L_{\max, \text{mean}, 1h}$) 介於 76.1 dB(A)～87.1 dB(A)，已超過管制標準 85 dB(A)，超標時數共 8 小時（合格率 80.5%），其中以早及日間各 3 小時為最多，以早時段合格率 25.0% 為最低。

本案經新北市環境保護局核定後，針對隔音牆之改善方式係設置「3m 高空心磚隔音牆」，位於西正線（北上近軌）既有鐵絲網圍籬內，區間 51k+600～52k+200，長約 600m，其改善前後之照片如圖 5.2-1 所示。



圖 5.2-1 新北鶯歌改善計畫設置 3m 高空心磚隔音牆照片

資料來源：工作團隊拍攝。

二、預估及實際改善完成之成效比較

本案之預估及實際改善完成後的效益比較，詳如表 5.2-1 所示並說明如下。於代表陳情 4 樓處之實測平均減音量約 2.9 dB(A)；以 CadnaA 軟體模擬之平均減音量約 4.0 dB(A)，二者之差異約 1.1 dB(A)。

表 5.2-1 新北鶯歌改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

音量單位：dB(A)

項目	改善“前後”陳情量測代表點：新北市鶯歌區永昌裡永智街 42 號 4 樓		
	改善前(1)	改善後(2)	減音量(1)-(2)
1.預估改善完成效益	87.5	83.5	4.0
2.實際改善完成效益	83.2	80.3	2.9

註：1.改善方式係設置「3m高空心磚隔音牆」。

2.預估音量係各車種之 L_{max} 取「算術平均值」；實測音量係逐時之 $L_{max,mean,1h}$ 取「算術平均值」。

3.改善前實測值取自環保局於102年11月27日11時（星期三）～11月28日11時（星期四）之陳情量測；改善後實測值係由中環科技事業股份有限公司（環署環檢字第020號）於108年3月27日17時（星期三）～3月28日17時（星期四）辦理量測。

參、桃園市平鎮區：臺鐵西部縱貫線西正線（北上）69k+120

一、改善計畫核定之改善方式

本案位於桃園市平鎮區榮興街 147 巷 3 號 1 樓（地上總樓高共 8 層），陳情位址介於中壢車站（上行）與埔心車站（下行）之間，量測代表點 1 樓面向軌道，里程約：西部縱貫線西正線（北上）69k+120。本案屬第三類噪音管制區，改善前連續 24 小時量

測，其平均最大音量（ $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ ）介於 84.4 dB(A)~89.1 dB(A)，已超過管制標準 85 dB(A)，超標時數共 12 小時（合格率 36.8%），其中以日間之 9 小時為最多，以早時段合格率 0.0% 為最低。

本案經桃園市環境保護局核定後，針對隔音牆之改善方式係設置「6m 高金屬吸音板隔音牆」，位於西正線（北上近軌）既有鐵絲網圍籬內，區間 69k+064~69k+194，長約 130m，其改善前後之照片如圖 5.2-2 所示。



圖 5.2-2 桃園平鎮改善計畫設置 6m 高金屬吸音板隔音牆照片

資料來源：工作團隊拍攝。

二、預估及實際改善完成之成效比較

本案之預估及實際改善完成後的效益比較，詳如表 5.2-2 所示並說明如下。於代表陳情 1 樓處之實測平均減音量約 14.5 dB(A)；以 CadnaA 軟體模擬之平均減音量約 17.5 dB(A)，二者之差異約 3.0 dB(A)。

表 5.2-2 桃園平鎮改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

		音量單位：dB(A)		
項目	測點及音量	改善“前後”陳情量測代表點：桃園市平鎮區榮興街 147 巷 3 號 1 樓		
		改善前(1)	改善後(2)	減音量(1)-(2)
1.預估改善完成效益		90.7	73.2	17.5
2.實際改善完成效益		85.6	71.1	14.5

註：1.改善方式係設置「6m高金屬吸音板隔音牆」。

2.預估音量係各車種之 $L_{\max}$ 取「算術平均值」；實測音量係逐時之 $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ 取「算術平均值」。

3.改善前實測值取自環保局於民國102年10月23日18時（星期三）~10月24日18時（星期四）之陳情量測；改善後實測值係由中環科技事業股份有限公司（環署環檢字第020號）於107年1月23日13時（星期二）~1月24日13時（星期三）辦理量測。

肆、桃園市楊梅區：臺鐵西部縱貫線東正線（南下）K74+755

一、改善計畫核定之改善方式

本案之陳情戶位於桃園市楊梅區新農街二段 121 巷 6 號，改善前實際量測代表點為：新農街二段 79 巷 1 號 4 樓陽台，陳情位址介於埔心（上行）及楊梅（下行）二車站之間，量測代表點緊鄰且面向軌道，約位於西部縱貫線瑞塘裡平交道 K74+631 以南約 124m 處，里程：東正線（南下）K74+755。本案屬第三類噪音管制區，改善前連續 24 小時量測，其平均最大音量（ $L_{\max, \text{mean}, 1h}$ ）介於 82.3 dB(A)~92.1 dB(A)，已超過管制標準 85 dB(A)，超標時數共 7 小時（合格率 63.2%），於早、日間及夜間時段均有超標之狀況。

本案經桃園市環境保護局核定後，針對隔音牆之改善方式係設置「4m 高金屬吸音板隔音牆」，位於東線（南下近軌）既有混凝土牆外側，區間 74k+762~74k+956，長約 194m，其改善前後之照片如圖 5.2-3 所示。



圖 5.2-3 桃園楊梅改善計畫設置 4m 高金屬吸音板隔音牆照片

資料來源：工作團隊拍攝。

二、預估及實際改善完成之成效比較

本案之預估及實際改善完成後的效益比較，詳如表 5.2-3 所示並說明如下。於代表陳情 1 樓處之實測平均減音量約 15.3 dB(A)；以 CadnaA 軟體模擬之平均減音量約 16.4 dB(A)，二者之差異約 0.9 dB(A)。

表 5.2-3 桃園楊梅改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

音量單位：dB(A)

項目	測點及音量	改善“前”陳情量測代表點：桃園市楊梅區新農街二段 79 巷 1 號 4 樓陽台 改善“後”陳情量測代表點：桃園市楊梅區新農街二段 121 巷 6 號 1 樓		
		改善前(1)	改善後(2)	減音量(1)-(2)
1.預估改善完成效益		89.1	72.7	16.4
2.實際改善完成效益		84.6	69.3	15.3

註：1.改善方式係設置「6m高金屬吸音板隔音牆」。

2.預估音量係各車種之 L_{max} 取「算術平均值」；實測音量係逐時之 $L_{max,mean,1h}$ 取「算術平均值」。

3.改善前實測值取自環保局於民國101年4月19日12時（星期四）～4月20日12時（星期五）之陳情量測；改善後實測值係由中環科技事業股份有限公司（環署環檢字第020號）於107年1月23日12時（星期二）～1月24日12時（星期三）辦理量測。

伍、新竹縣湖口鄉：臺鐵西部縱貫線西正線（北上）89k+430

一、改善計畫核定之改善方式

本案位於新竹縣湖口鄉信勢村德興路 15 巷 32 號 2 樓，為湖口老人會館，總樓高 3 樓。陳情路段介於北湖（上行）及新豐（下行）二車站之間，量測代表點緊鄰且面向軌道“道岔段”，約位於西部縱貫線德興路平交道 89k+243 以南約 187m 處，里程：西正線（北上）89k+430。本案屬第三類噪音管制區，改善前於有列車開行時段，其平均最大音量（ $L_{max,mean,1h}$ ）介於 88.4 dB(A)～93.7 dB(A)，即當列車通過時，逐時均超過所屬管制區之標準 85 dB(A)。本案經新竹縣環境保護局核定後，針對隔音牆之改善方式係設置「6m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆」，位於西線（北上近軌）既有混凝土牆內側，區間 89k+250～89k+500，長約 250m，其改善前後之照片如圖 5.2-4 所示。



圖 5.2-4 新竹湖口改善計畫設置 6m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆照片

資料來源：工作團隊拍攝。

二、預估及實際改善完成之成效比較

本案之預估及實際改善完成後的效益比較，詳如表 5.2-4 所示並說明如下。於代表陳情 2 樓處之實測平均減音量約 18.8 dB(A)；以 CadnaA 軟體模擬之平均減音量約 14.8 dB(A)，二者之差異約 4.0 dB(A)。

表 5.2-4 新竹湖口改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

音量單位：dB(A)

項目	改善“前後”陳情量測代表點：新竹縣湖口鄉信勢村德興路 15 巷 32 號 2 樓		
	改善前(1)	改善後(2)	減音量(1)-(2)
1.預估改善完成效益	95.5	80.7	14.8
2.實際改善完成效益	90.4	71.6	18.8

註：1.改善方式係設置「6m高倒L型金屬吸音板隔音牆」。

2.預估音量係各車種之 L_{max} 取「算術平均值」；實測音量係逐時之 $L_{max,mean,1h}$ 取「算術平均值」。

3.改善前實測值取自環保局於民國101年1月11日13時（星期三）～1月12日13時（星期四）之陳情量測；改善後實測值係由國立臺灣海洋大學噪音振動檢驗室（環署環檢字第168號）於105年7月29日14時（星期五）～7月30日14時（星期六）辦理量測。

陸、新竹縣新豐鄉：臺鐵西部縱貫線東正線（南下）96k+290

一、改善計畫核定之改善方式

本案位於新竹縣新豐鄉松林村松柏林 138 號 2 樓，上有鐵皮屋加蓋，總樓高約 3 樓。陳情路段介於新豐（上行）及竹北（下行）二車站之間，量測代表點緊鄰且面向軌道，約位於西部縱貫線新豐南方平交道 96k+179 以南約 111m 處，里程：東正線（南下）96k+290。本案屬第三類噪音管制區，其平均最大音量（ $L_{max,mean,1h}$ ）介於 83.7 dB(A)～89.6 dB(A)，已超過管制標準 85 dB(A)，改善前於有列車開行時段僅 2 個小時合格（04:00～06:00），超標時數共有 19 個小時。

本案經新竹縣環境保護局核定後，針對隔音牆之改善方式係設置「4m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆」，位於東線（南下近軌）鐵絲網圍籬外側，區間 96k+180～96k+350，長約 170m，其改善前後之照片如圖 5.2-5 所示。



圖 5.2-5 新竹新豐改善計畫設置 4m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆照片

資料來源：工作團隊拍攝。

二、預估及實際改善完成之成效比較

本案之預估及實際改善完成後的效益比較，詳如表 5.2-5 所示並說明如下。於代表陳情 2 樓處之實測平均減音量約 9.5 dB(A)；以 CadnaA 軟體模擬之平均減音量約 9.3 dB(A)，二者之差異約 0.2 dB(A)。

表 5.2-5 新竹新豐改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

音量單位：dB(A)			
項目	改善「前後」陳情量測代表點：新竹縣新豐鄉松柏林 138 號 2 樓		
	改善前(1)	改善後(2)	減音量(1)-(2)
1.預估改善完成效益	93.2	83.9	9.3
2.實際改善完成效益	86.9	77.4	9.5

註：1.改善方式係設置「4m高倒L型金屬吸音板隔音牆」。

2.預估音量係各車種之 L_{max} 取「算術平均值」；實測音量係逐時之 $L_{max,mean,1h}$ 取「算術平均值」。

3.改善前實測值取自環保局於民國101年4月11日0時（星期三）～4月12日0時（星期四）之陳情量測；改善後實測值係由國立臺灣海洋大學噪音振動檢驗室（環署環檢字第168號）於105年7月29日14時（星期五）～7月30日14時（星期六）辦理量測。

柒、小結

將上述 5 處既有且經各縣（市）環保局核定之軌道系統交通噪音改善計畫，以：(1)德國 CadnaA 噪音預測評估軟體模擬之改善前後減音量；及(2)實際量測之改善前後減音

量，彙整比較如表 5.2-6 所示。預估與實際之減音量差值範圍約-4.0 dB(A)~3.0 dB(A)，算術平均誤差絕對值約 1.8 dB(A)。因 CadnaA 軟體之模擬值係以改善前後相同的營運基準進行減音評估，此與軌道系統之音量受實際上下行開行車種之營運狀況影響有所差異，故與實測值之間有些落差。惟整體而言，二者之間的算術平均誤差絕對值已小於 3.0 dB(A)，且實質上具有不錯的減音成效。

表 5.2-6 軌道系統 5 處改善計畫之預估及實際改善完成效益之比較分析

測點及改善方式		音量單位：dB(A)		
		1.預估改善完成減音量 (1)	2.實際改善完成減音量 (2)	3.預估與實際之差值 (3)=(1)-(2)
改善“前後”陳情量測代表點：新北市鶯歌區永昌裡永智街 42 號 4 樓	3m 高空心磚隔音牆	4.0	2.9	1.1
改善“前後”陳情量測代表點：桃園市平鎮區榮興街 147 巷 3 號 1 樓	6m 高金屬吸音板隔音牆	17.5	14.5	3.0
改善“前”陳情量測代表點：桃園市楊梅區新農街二段 79 巷 1 號 4 樓陽台 改善“後”陳情量測代表點：桃園市楊梅區新農街二段 121 巷 6 號 1 樓	4m 高金屬吸音板隔音牆	16.4	15.3	0.9
改善“前後”陳情量測代表點：新竹縣湖口鄉信勢村德興路 15 巷 32 號 2 樓	6m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆	14.8	18.8	-4.0
改善“前後”陳情量測代表點：新竹縣新豐鄉松柏林 138 號 2 樓	4m 高倒 L 型金屬吸音板隔音牆	9.3	9.5	-0.2

註：預估與實際之減音量差值範圍約-4.0 dB(A)~3.0 dB(A)，算術平均誤差絕對值約 1.8 dB(A)。

目前國內外於鐵路噪音改善之方法，基本上可分為：(1)噪音源減少；(2)控制傳播途徑；及(3)受體者保護三部分。其中於噪音源減少及控制傳播途徑方面，大致上可包括：

1.軌道噪音：輪軌表面不平（輪軌音）、車輪噪音的控制、車裙、道岔（特殊軌道工程設計）；2.車體噪音的控制：車體內、車體外；3.牽引動力系統：傳動機構、集電弓；4.煞車噪音的控制：煞車型式；5.控制傳播途徑：工程手段、自然景觀、土地利用的均衡性；6.交通營運管理：車輛管理、駕駛人；7.其他：營運模式。依據目前國內外相關作法，彙整鐵路噪音防制措施之優缺點分析，詳如表 5.2-7 所示。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表（1/12）

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	輪軌表面不平 (輪軌音)	1.鋼軌研磨 (定期磨軌)	1.以磨軌方式(如：臺北捷運)來降低軌道噪音，成效較為顯著。 2.增加軌道平整度。 3.維持軌型和減少表面缺陷。 4.增加行車舒適度。	1.成本較高，容易造成污染。 2.研磨所產生的金屬屑若無適當處理，會沾黏於鋼軌或車輪上，行駛時易生噪音或振動。 3.週期過度頻繁，除增加維修成本亦可能增加營運之風險，如何決定最佳磨軌週期為問題點。
		2.鋼軌防磨塗布器 (噴油系統)	1.使軌面潤滑，成本較低。 2.降低輪緣與鋼軌之磨耗，提升兩者之使用壽命。 3.減少磨軌、換軌或車削等作業。 4.降低行車噪音或振動，減少軌道材料損傷，降低軌道養護成本。 5.車輛動搖小，增加行車舒適度。	1.容易造成污染。 2.增加養護作業人力。 3.調車煞車恐較不易，使用前提為不影響原行車安全。
		3.抽換新軌 (抽換基本軌)	1.減少鋼軌磨耗，增強軌道強度。 2.減低噪音或振動，增加行車安全。 3.車輛動搖小，增加行車舒適度。 4.介面協調較易，減少車輪磨耗。 5.初期建造成本較低。	1.後期養護成本較高。 2.須投入較多養護人力，使人力資源無法作更有效之運用。
		4.軌面硬化 (基本軌改採硬頭鋼軌)	1.減緩鋼軌磨耗及尖軌損傷，減少換軌次數，延長軌道使用年限。 2.車輛動搖小，增加行車舒適度。 3.後續養護維修成本較低。	1.增加初期成本。 2.增加車輪磨耗。 3.介面協調困難。
		5.加設防磨護軌	4.減低噪音或振動。另防磨護軌有防止車輪爬軌(防脫)之作用，使列車行車更加安全。	1.初期建造成本較高。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (2/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	輪軌表面不平 (輪軌音)	6. 重型鋼軌	1. 愈能承受鋼輪的重壓，適合高運量列車行駛。 2. 使用年限長、性能穩定和抗振性能(垂向振動)良好。	1. 成本較高。
		7. 增加鋼軌斷面	1. 增加磨耗面積。 2. 延長使用時間。 3. 增加軌道強度。	1. 增加成本。 2. 增加養護人力。
		8. 鋼軌接頭焊接	1. 成本較低。 2. 接縫減少，整體結構強度提高。 3. 減少衝擊噪音或振動，減少軌道材料損傷，降低軌道養護成本。 4. 車輛動搖小，增加行車舒適度。	1. 鋼軌焊接處如與原材料強度之間有所差異，如鋁熱劑焊接其強度就相對低，形成一弱點。 2. 若焊接品質控制不良，營運後反覆受力很可能產生龜裂，將影響號誌信號之傳輸，對行車安全影響甚鉅。
		9. 長焊鋼軌 (連續焊接鋼軌、無縫鋼軌)	1. 軌道維修週期長，作業量減少。 2. 減少衝擊噪音或振動，減少軌道材料損傷，降低軌道養護成本。 3. 車輛動搖小，乘車舒適度良好。 4. 枕木配置間距全線相同，適合機械砸道作業。 5. 約可減少列車行車摩擦阻力 5%，提升列車運轉速率。 6. 可減少道床或基座、扣件及軌枕等磨耗，增加使用壽命。	3. 焊接的焊口在完成之後，定期要檢查焊道有沒有劣傷。如果在焊接過程中，焊道之內有氣泡，導致焊接強度變弱，焊接點會裂開，反而無法有效減輕衝擊噪音或振動。 4. 在營運時間外，要四處去檢查保養，亦增加養護人力。
		10. 安裝可吸振之扣件系統(軌道吸振器)	1. 安裝容易。 2. 可明顯降低隧道結構及地面上建築物之振動量。 3. 增加行車舒適度。	1. 須定期檢修更換。 2. 增加養護人力。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (3/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	輪軌表面不平 (輪軌音)	11. 版式軌道(無道碴軌道)	1.不須要定期夯實和補充由於因振動而鬆散了的道碴來維持道床的形狀。 2.可長期免予維修和養護的特性。	1.初建造成本約高出道碴軌道約 1.3 倍~1.75 倍。 2.減振抑噪效果較道碴軌道差，需另有其他搭配設備，如：彈性基鈹。
		12. 更換支承墊之勁度	1.基鈹之勁度降低可降低輪軌之互制力，減低波狀磨耗。 2.勁度的下降，對於減小道床振動加速度反應亦有明顯之效果。 3.減少噪音振動，增加行車舒適度。 4.減少軌材損傷，增加使用年限。	1.須定期檢修更換。 2.增加養護人力。
		13. 浮動道床(彈性基鈹)	1.為隧道段軌道工程有實績中最佳之減振軌床。 2.北捷新莊線及蘆洲線已有實例。 3.可大幅降低輪軌振動所引起的地傳振動，達最有效的隔減振效果。	1.造價為一般軌道之 3 倍~5 倍。 2.壽年不易評估。 3.支承墊維修檢視或置換不易。 4.工程難度較高。
		14. 改善線型(道岔幾何，曲率加大，外軌加高)	1.減少磨耗，降低噪音或振動。 2.增加行車安全。 3.增加行車舒適度。	1.調車運轉須改變，介面協調困難。 2.用地取得不易，成本增加。 3.若曲率加大，道岔號數須加大，站場區有效長度受限。
		15. 軌距加寬	1.適度的加寬軌距可以使列車運轉順暢並可減少噪音。 2.增加列車穩定性、安全性及行車舒適性。	1.成本較高。 2.曲線段時，曲線阻力大，空氣阻力亦較大。
		16. 車輛速率變化	可讓波狀磨耗較不易形成，因波狀磨耗會增加輪軌之間的噪音。	1.可能影響營運及管理單位之整體服務水準。 2.影響大多數旅客行的權利，如：乘車舒適性、到站率…等。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (4/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	輪軌表面不平 (輪軌音)	17. 加裝軌腹減振吸音材	1. 拆裝方便。 2. 增加軌道阻尼，減低輪軌噪音或振動，增加行車舒適度。	1. 容易損壞。 2. 耐候性能較差。 3. 增加維護成本。
		18. 路基夯實 (砸道、加鋪道碴肩部)	1. 減低噪音及振動，增加行車安全。 2. 車輛動搖小，增加行車舒適度。 3. 減少列車通過時，產生較大之衝擊力，減輕軌道變形程度。	1. 增加養護作業人力。 2. 維護費用較高，需定期夯實和補充由於因振動而鬆散了的道碴來維持道床的形狀。
		19. 撒布固結安定劑(或吸音道碴)	1. 施工快速、便捷且節省經費。 2. 改善原有道碴軌之結構穩定性。 3. 降低列車通過時產生之振動。 4. 改善鋼軌磨耗現象。 5. 宜蘭線蘇新至蘇澳間小半徑(半徑 300m)曾有實例。	
		20. 曲線段框式軌枕	1. 臺鐵局曾委託工研院研發曲線段框式軌枕，後續亦有推廣應用。 2. 路基上增大了支承面，提高了單個軌枕的橫向移動阻力。 3. 改善軌道的水準框架承載功能。	1. 妨礙橫向軌枕下所需的碎石路基的壓實，增加壓實工作的費用及時間消耗。 2. 影響軌道的高度位置，在軌道維護較差時，將導致框架的扭曲及損壞，增加維護成本。
		21. 軌枕安裝挫屈防止鉸	1. 長期而言，軌道較為穩定。 2. 進而減低噪音或振動，增加行車舒適性。	1. 成本較高。 2. 須開挖軌枕木端部石碴，對軌道橫向阻力極為不利。 3. 石碴擾動後需長時間才能復原。
	車輪噪音的控制	1. 彈性車輪	1. 使用壽命長，明顯降低車輪的噪音，縮短噪音衰減時間。 2. 改善頻譜特性，降低高頻音尤佳。	1. 結構複雜。 2. 成本較高。 3. 運行安全性較差。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表（5/12）

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	車輪噪音的控制	2. 阻尼車輪	1. 增加輪對阻尼是一項有效的降低噪音措施。 2. 共振阻尼車輪阻尼器不易老化，可重複使用。	1. 環狀阻尼車輪阻尼器安裝困難，易影響車輪使用壽命。 2. 約束阻尼車輪阻尼器，易妨礙車輛檢修。
		3. 車輪形狀的最佳化	1. 與經過阻尼處理的車輪之噪音性能相差無幾。 2. 最佳化效果對高頻音尤其明顯。	1. 所需投入設備及成本較高。 2. 技術層面較高。
		4. 鋼輪車削	1. 增加輪緣平整度，可減低輪緣不整所造成之噪音或振動。 2. 維持輪型和減少表面缺陷。 3. 增加行車舒適度。	1. 成本較高，影響車輛調度，容易造成污染。 2. 車削的金屬屑若無妥當處理，會沾黏於鋼軌或車輪上，行駛時易生噪音或振動。 3. 週期過度頻繁，除增加維修成本亦可能增加營運之風險，如何決定最佳車削週期為問題點。
		5. 輪緣潤滑	1. 不須額外加裝設備，成本較低。 2. 降低輪緣與鋼軌之磨耗，提升兩者之使用壽命。 3. 減少磨軌、換軌或車削等作業。 4. 降低行車噪音或振動，減少軌道材料損傷，降低軌道養護成本。 5. 車輛動搖小，增加行車舒適度。	1. 容易造成污染。 2. 增加養護作業人力。 3. 調車煞車恐較不易，使用前提為不影響原行車安全。
		6. 降低車輪材質硬度(膠輪)	1. 減少鋼軌磨耗。 2. 低行駛噪音。 3. 更高的加速及減速率。 4. 列車可輕易爬行陡峭(最高坡度：13%)的斜坡。 5. 可行走弧度半徑較小的彎位。	1. 造價格比鋼輪便宜，但損耗速度較快，使更換次數頻密得多，變相令膠輪系統的保養費用較昂貴。 2. 不像鋼輪系統已經被定立諸如標準軌具有國際共識的規格。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表（6/12）

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
一、軌道噪音	車裙	隔音裙(車輪隔音罩)	1.舒緩行車時的噪音。 2.降低車輪的音輻射效率。	1.妨礙車輛檢修。 2.養護需投入更多成本及人力。 3.安裝隔音裙時，要保證隔音裙不會產生過大的振動，即要彈性安裝，並在連接處有足夠的阻尼。
	道岔(特殊軌道工程設計)	1. 更換PC(預力混凝土)枕道岔	1.改善使用多年之木枕道岔在平穩性及安全性上之不足。 2.提高路線強度、降低噪音量並降低後續養護成本。 3.較不受環境及氣候等因素影響。	1.購置費用較高。 2.施工成本較高。
		2.可動式岔心	1.將車輛通過岔心軌距線不連續處，產生之振動或噪音予以消除。	1.材料及施工成本較高。 2.岔心轉轍器與尖軌轉轍器連動之安裝、系統設定、操作及整體之維修均較複雜。
		3.檢討道岔尖軌削切型式及尺寸	2.減少鋼輪無支承區間，將輪軌撞擊所產生之二次噪音減少。	3.線型布設較受限制，故以地下化為主之系統(如：捷運)大多未採用，目前採用者多為高鐵系統。
		4.分析岔心區鼻軌幾何形狀及輪緣槽尺寸		4.因牽涉經費之增加及增加機械動作之裝置，故多採用在大號數道岔上，因其鋼輪無支承區間較長，實施後效果較為顯著。
		5.道岔區間鋼軌接頭焊接	1.成本較低。 2.減少衝擊噪音或振動，減少軌道材料損傷，降低軌道養護成本。 3.車輛動搖小，增加行車舒適度。	1.鋼軌焊接處如與原材料強度之間有所差異，如鋁熱劑焊接其強度就相對低，形成一弱點。 2.若焊接品質控制不良，反無法有效減輕衝擊噪音或振動。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表（7/12）

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
二、車體噪音的控制	車體內	阻尼漿噴塗於車體內壁	1.抑制並部分吸收車體振動能量。 2.減弱車體二次輻射噪音。	1.阻尼性能可能受固化溫度、濕度的影響。 2.對結構表面形狀及材質之要求較高。
	車體外	1.車頭流線型	減少列車高速運行(約 250 km 以上)時，外表空氣動力性噪音。	購置費用較高。
		2.消音包覆	可降低引擎音、散熱系統及排氣管噪音。例如： 1.柴電客車之引擎音與散熱系統防制措施，於機車下方引擎處設置隔音罩，機車上方散熱口處風扇改成下吹式軸向風扇。 2.柴電貨車排氣管設置消音器，引擎與散熱口處，增加隔吸音與消音能力。	1.妨礙車輛檢修。 2.經費較龐大，後期養護成本較高。 3.須投入較多養護人力。
三、牽引動力系統	傳動機構	直線電機牽引	使動力系統不須要從旋轉運動轉換成直線運動，省去齒輪箱等一系列傳動機構，從而減少噪音。	直線電機輪軌交通系統牽引能耗較高，相對付出的營運成本將增加。
	集電弓	1.集電弓罩	使用與車頂結構形成良好流場之集電弓罩，能順利將集電弓氣流噪音降為次要噪音。	1.初期建造成本較高。 2.對高速行駛列車較為有效。
		2.集電弓改良	1.減少集電弓數量及更改集電弓截面形狀、構造以降低離線率，進而降低高速行駛之氣流噪音。 2.集電弓與架空電纜接觸面之滑動噪音可透過減低集電弓之數量而改善。	

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (8/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
四、煞車噪音的控制	煞車型式	盤型煞車 (碟式煞車, Disc Brake)	1.改善了踏面狀態，消除了波狀磨耗，進而降低軌道噪音。 2.若在煞車零件上加減振裝置，裝設彈性衰減振動阻尼器，或裝阻尼環，可進一步降低煞車噪音。	1.相對於踏面塊式煞車(Tread brakes)價格較昂貴。 2.後期養護成本較高。
五、控制傳播途徑	工程手段	1.裝設隔音牆	1.可改善室內及室外的聲環境。 2.可長期使用，使用年限較長。 3.結構技術成熟，施工期較短。 4.國內已有相關豐富實績，為目前國道高速公路及其他交通噪音防制最普遍之作法。	1.安裝費用較高，維護不易。 2.可能產生阻隔影響，造成居民外出不方便，影響逃生。 3.減音量有限，針對較高樓層無防制效果，僅對隔音牆所在高度樓層或往上一層樓高度較具減音功效。 4.設置高度有限(如：高鐵胸牆端最高 4m)，須考量結構荷重、乘客及住家之景觀、日照、風壓、壓迫感等。 5.因隔音牆與大樓壁面可能構成煙囪效應，使橋下道路汽機車排氣之懸浮微粒上升，如開窗時較易進入房屋內。
		2.簡易隔音牆(吸音圍籬)	1.相較隔音牆，其價格較便宜。 2.拆裝較方便，可視現場地形環境隨時做改變。 3.適用於過渡期的施工或行車噪音保護(如：鐵路高架化或地下化完工前之階段)。	防制效果相較於隔音牆而言，較不穩定。
		3.建築物防音改善計畫	1.提高建物隔音能力，敦睦睦鄰。 2.費用較便宜，經濟可行性較佳。 3.使用年限較長，施工期較短。國內於軍民用機場及高鐵公司辦理改善上已有相關豐富實績。	1.須時常緊閉門窗，空氣較不流通。 2.無法改善室外的聲環境。 3.須多考量建物通風換氣之能力。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (9/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
五、控制傳播途徑	工程手段	4. 隔音罩	1. 一般減音量可達 30 分貝以上。 2. 可長期使用，使用年限較長。 3. 結構技術成熟(國內目前於臺北捷運內湖線及木柵線有應用實例)。	1. 安裝費用相當高，維護不易。 2. 施工期較長。 3. 國內於道路及高鐵尚無實績。 4. 施工困難、造價昂貴、結構安全、通風、採光、排廢氣及駕乘人壓迫感等因素須多加考量，最佳之施工時間點為新工時，即一併設計並施作完成。
		5. 頂端改良型的隔音牆	1. 若屬繞射音較大的案例(如：高架段隔音牆)則其效果較大。 2. 比單純直立型隔音牆加高更有優勢，因其性價比更高，減音量更佳。 3. 使用年限長。 4. 結構技術成熟，施工期較短。 5. 國內已有相關豐富實績。例如：倒 L 型或吸音筒應用實例。	1. 安裝費用較高，維護不易。 2. 對直接音大的案例效果不大(如：平面段隔音牆)。 3. 設置高度仍有限，需考量結構荷重、住家景觀、風壓、駕乘人壓迫、經費成本…等因素。
	自然景觀	鐵路兩側的綠化	1. 可以美化環境、淨化空氣、穩定路基、防止鐵路邊坡受雨水沖刷、削弱噪音的傳播。 2. 綠化帶的存在，對降低人們對噪音的主觀煩惱度，有一定的作用。 3. 樹木遮住了鐵路的視線，有助於減輕噪音的厭煩感。	1. 樹林對噪音的降低只有成為密植林帶才有明顯的效果。 2. 靠一兩排樹木來降低噪音，其效果是不明顯的，特別是在都市中，不可能有大片的樹林。 3. 提供的降低噪音效果非常有限。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (10/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
五、控制傳播途徑	土地利用的均衡性	1. 合理的都市規劃(路權線外)	1. 可以有效減低交通噪音，例如：按照噪音幾何衰減原理安排不同功能建築物與鐵路之間的距離、合理設計建築物外形佈局、利用自然地形地貌的隔音牆作用、利用建築物形成隔音牆防止噪音擴散。 2. 於路權線兩旁與民宅之間設立公園及道路等，可減輕噪音對鄰近居民之影響。	國內都市發展已久、土地狹小、人口稠密、房屋越蓋越密集及汽機車數量較多，故於建築物興建之前，考量噪音影響面之都市規劃較不易。
		2. 鄰近地質改良	改變地質狀態，進而改變噪音傳遞介質，得以減少振動之傳送量。	
六、交通營運管理	車輛管理	1. 降速	1. 降低噪音最好之方法是降低速限(率)與限制交通量。 2. 減少瞬間高噪音。 3. 民眾可明顯感受到行經之班次減少，並有效改善心理因素。 4. 如以交通管理方式即可達到改善的效果，則儘量以交通管理之方式取代如增設隔音牆工程，可以避免公部門需籌措大筆工程改善經費。	1. 可能影響營運及管理單位之整體服務水準。 2. 需要相關單位的配合，但又要符合大多數旅客行的權利。 3. 部分居民可能對此作法仍不滿足，仍舊要求須進行如隔音牆之改善。
		2. 減班		

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表 (11/12)

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
六、交通 營運管理	車輛管理	3.更換機車頭(以電力機車拖曳)	1.具有較高的加速性。 2.加速或煞車時較平穩，增加行車舒適度。 3.以電力貨車取代柴電貨車，行駛時噪音較低，較無空氣污染。 4.操作較安全且維修容易。	1.須較高的投資成本。 2.電力中斷時，會影響全線列車的運轉。 3.在車輛不足的狀況下，可能影響營運調度，影響旅客權益。
		4.使用較低噪音電力貨車	單純以電力貨車取代柴電貨車恐無法完全符合噪音管制標準；若採較低噪音電力貨車，有助於符合標準。	
		5.禁駛柴電貨車	1.直接且有效的降低影響最大之噪音源(特別為深夜擾民之時段)。 2.應可符合噪音管制標準。	1.可能影響營運及管理單位之整體服務水準。 2.在無鐵路電氣化路段，實不可行。
		6.汰換老舊或噪音量大之車種(車輛採購更新、檢修維護)	3.避免對居民休憩之強烈干擾，減少民怨。	
	駕駛人	駕駛操作管理及定期教育訓練	1.避免列車不必要之鳴笛，可減少突發性之高噪音。 2.降低油電門段位，減低噪音。 3.控制列車速率一定，以避免不必要之煞車音。 4.緩速進站，出站避免急速加速等。	1.不確定性較大，受限於駕駛本身之操作習慣。 2.需定期執行之，才能確保成效。

資料來源：本計畫整理。

表 5.2-7 鐵路噪音防制措施之優缺點分析彙整表（12/12）

分類	控制項目	改善方法	優點	缺點
七、其他	營運模式	1.鐵路高架化	1.改善平交道造成之交通問題，大幅提升安全度。 2.改善市容景觀，提升都會區環境生活品質及土地利用價值並增加經濟活動力。 3.沿線低樓層住宅位於「音影區」內，改善噪音問題。 4.提高行車效率與路線容量，改善都會區大眾運輸之服務品質。	1.需要投入大筆資金，施工期長。 2.需徵收土地或拆除建物。 3.需規劃臨時軌，可能引發噪音陳情。 4.高樓層仍無法完全避免噪音問題。 5.針對伸縮縫及橋工段結構引發之噪音及振動，需仔細檢視確認，避免新的噪振問題。如：下部結構覆蓋隔音板，用以阻隔下部結構因列車通過造成土建結構振動產生之結構噪音；或安裝橋面板底部吸音裝置。
		2.鐵路地下化	1.改善平交道造成之交通問題，大幅提升安全度。 2.改善市容景觀，提升都會區環境生活品質及土地利用價值並增加經濟活動力。 3.提高行車效率與路線容量，改善都會區大眾運輸之服務品質。 4.最“直接且有效”的改善噪音及振動問題，為【治本】方式。 5.民眾看不到列車，聽不到噪音，大幅改善心理因素及觀感，減少陳情案之發生。	1.需要投入龐大資金，施工不易，施工期長。 2.需規劃臨時軌，可能引發噪音陳情。 3.鐵路地下化經過之住宅區，民眾可能會反彈，故須事前溝通，採取適當保護措施，如：隧道上方建築物的基礎可設置彈性裝置(如橡膠墊塊等)，以有效降低振動。 4.車廂內會有隧道壁面反射音，影響乘車舒適性，須考慮在隧道面噴覆吸音材。

資料來源：本計畫整理。

5.3 選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試並配合環保署需求召開觀摩活動與各界進行技術交流分享

5.3.1 立法委員呂孫綾宣導會

一、活動日期：108.07.17（三），現場照片如圖 5.3-1 所示。

二、活動地點：新北市淡水區中正東路二段 33 號。

三、活動概要（資料來源：<https://news.ltn.com.tw/news/NewTaipei/breakingnews/2855352>）：

違法改裝車噪音惹民怨，環保署今年（108）開發「聲音照相車」，車輛噪音超過標準，就會被下拍照並通知到檢，檢測未過即開罰，節省人力又可機動取締。目前全台只有一台的聲音照相車，週末將選一天深夜在淡水區首度執法。立法委員呂孫綾表示，如果成效不錯，希望量產推行全國，突破過往攔檢人力不足困境。立法委員呂孫綾今天（108.07.17（三））邀環保、警政等單位，在淡水中正東路二段展示全台第一台聲音照相車如何協助取締違法改裝的噪音車輛，環保署並宣導目前規劃的排氣管認證制度。立法委員呂孫綾說，每逢假日，不少違法噪音改裝車行經淡水台二線、北新路天元宮等路段，干擾民眾安寧，因此，爭取聲音照相車至淡水取締違法改裝的噪音車輛。

環保署空氣品質保護及噪音管制處科長謝仁碩說，環保署今年開發的機動車輛超音偵測照相系統，由聲音照相機（陣列麥克風）、處理主機和攝影機組成，整合聲音測量儀器和車牌辨識系統，擺放聲音照相設備，篩選 30 米至 50 米範圍內超過設定分貝數的車輛。謝科長仁碩表示，「聲音照相車」上的機動車輛超音偵測照相系統，可裝在不同車輛上移動稽查，每組造價約 200 萬元，配合 7 月 1 日起上路的「環警監聯合大執法」，週末依序在淡水區、台北市執法，若試辦效果良好，會擴大生產。

其他成果：

1. 「抓噪音照相車，週末到淡水」

https://udn.com/news/story/11322/3935052?fbclid=IwAR2_k83W3DY58GpjnzLDOQO3opnMqlaMCUYsfgJ1PTb4GZMCP9RYFOy-Gug

2. 『抓噪音車「聲音照相車」淡水大執法』

<https://m.ltn.com.tw/news/life/paper/1304076>

3. 『取締違法改裝車噪音，全台第一台「聲音照相車」淡水初登場』

<https://news.ltn.com.tw/news/NewTaipei/breakingnews/2855352>

4. 「淡水噪音檢測車執法，地方里長盼還安寧」

<https://udn.com/news/story/7323/3936785>

新北市科技執法 守護安寧

噪音車輛管理智能化

噪音車管理-從標準加入行為罰

標準

- 易受天氣影響
- 易受場地影響
- 考量車種與時段與檢測距離

標準罰

- 須經儀器量測判定
- 須超過原廠審驗標準

行為罰

- 106年5月12日公告「新北市噪音管制區域內禁止行為及管制區域與時間」
- 任意變更原主管機關核准之(原)靜音標誌
- 於晚上10時至翌日上午6時，使用未經主管機關核准之靜音標誌或靜音裝置之車輛行駛於道路

管理智能化 - 自動辨識

評估運用警察局車牌辨識系統，進行策略規劃與優化管制成效

自動辨識

跨域合作

車牌運用方式

固定式

- 板橋、三重、中和、新莊等主要道路
- 24小時稽查(不受氣候限制)

移動式

- 高車流量路段
- 陣情熱區

民眾檢舉照片

通知到檢照片

案例

New system takes aim at noisy vehicles

MOBILE ENFORCEMENT: The noise detection vehicle has an array of microphones and is linked to the license plate database to help police find those breaking the law

By Chen Hsin-yu and Jake Chung / Staff reporter, with staff writer



A noise detection vehicle devised by the Environmental Protection Administration (EPA) aims to streamline personnel allocation by the police, as well as offer greater mobility in enforcing noise pollution laws.

Democratic Progressive Party Legislator Lu Sun-ling (呂孫綾) on Wednesday attended an exhibition of the vehicle on Zhongzheng E Road in New Taipei City's Tamsui District (淡水) alongside agency officials and police officers.

Democratic Progressive Party Legislator Lu Sun-ling speaks in front of a noise detection vehicle developed by the Environmental Protection Administration in New Taipei City's Tamsui District on Wednesday. Photo: Chen Hsin-yu, Taipei Times

If a trial is successful, the vehicle — currently the only one in the nation — could be mass-produced and deployed nationwide to help alleviate a shortage of traffic enforcement personnel, Lu said.

The NT\$2 million (US\$64,356) vehicle is equipped with an array of microphones, a processing unit, cameras and a sound analysis system linked to the license plate database, EPA Air Quality Protection and Noise Pollution Control Division Director Hsieh Jen-shuo (謝仁碩) said.

The equipment can detect vehicular sounds above a programmed decibel limit within 30m to 50m of where it is deployed, Hsieh said, adding that the system could be mounted on a variety of vehicles, which would allow for flexibility in deploying the system, instead of establishing checkpoints.

資料來源：
http://taipeitimes.com/News/taiwan/archives/2019/07/19/2003718949?fbclid=IwAR0NGEq71E2w5ewp6-Pzv6xZSLDCHCb2f1j30qsD3x1lkyMKPW89NC7_GUA

	
現場宣導 (2/2)	記者採訪 (1/2)
	
記者採訪 (2/2)	宣導會合影

圖 5.3-1 立法委員呂孫綾宣導會議

資料來源：本計畫實地拍攝。

5.3.2 三立新聞網採訪空保處蔡處長

一、活動日期：108.07.19（五），現場照片如圖 5.3-2 所示。

二、活動地點：臺北市中山堂、中華路。

三、活動概要：

本採訪節目係以直播的方式呈現，故不會有剪接與後製，因此，整個採訪拍攝為一次完成，時間大約是 25 分鐘至 35 分鐘。

四、採訪綱要：

(一)聲音科技執法從何時開始？

(二)只要是改裝排氣管都抓嗎？

(三)是不是只針對容易肉眼辨識的機車排氣管，對汽車相對寬鬆？

(四)執法熱點在哪裡？

(五)目前有幾套機動車輛超音偵測照相系統？

(六)機動車輛超音偵測照相系統造價？有哪些厲害的科技配備？

(七)遭檢舉該怎麼辦？



圖 5.3-2 三立新聞網採訪空保處蔡處長

資料來源：本計畫實地拍攝。（專訪資料：<https://www.facebook.com/setnews/videos/341969540071262/>）

5.3.3 新北市淡水區商工路

一、活動日期：108.07.19（五），現場照片如圖 5.3-3 所示。

二、活動地點：淡水區商工路和台 2 線路口。

三、活動概要：

（資料來源：https://times.hinet.net/mobile/news/22472320?fbclid=IwAR2O4ti8wJiLLMgmuOmeP6XlCWY7wjpKX7wyIXb3_uHfjiq2evD87KjY2UI）

【淡水環警聯手科技大執法，全臺首創噪音照相機，秒拍秒罰處女秀】近來不少車主喜歡私自改裝汽機車排氣管，甚至拆除消音器，製造噪音污染擾人清夢，影響居住安寧。鑑此，環保署今年首度開發「噪音機動車輛超音偵測照相系統」，該系統由 32 個陳列麥克風及 1 個高解析度攝影機組成，可辨識 30 公尺至 50 公尺範圍內分貝最大的車輛並自動拍攝，最快每秒拍 1 次。另有數據採集及分析功能，可辨識超過一定分貝數車輛的噪音特性，拍攝過程篩選出屬於改裝車輛的聲波，再透過麥克風多音源監測，由攝影機準確拍下發出最大噪音的車輛。目前該系統全國僅 1 台，要價 200 萬元，可裝載於車頂移動至各地，強力取締噪音車。



圖 5.3-3 新聞採訪淡水分局局長

資料來源：本計畫實地拍攝。

其他成果：

1. 「全臺第一台噪音照相機首執法，一晚開 30 罰單」

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190720001679-260402?chdtv>

<http://gotv.ctitv.com.tw/2019/07/1098402.htm>

2. 『全臺首座「噪音車照相機」登場，淡金公路開拍一晚抓 30 件』

<https://www.ettoday.net/news/20190720/1494838.htm>

3. 『全國首創「噪音車照相機」執法取締』

<https://www.msn.com/zh-tw/news/national/%E5%85%A8%E5%9C%8B%E9%A6%96%E5%89%B5%E3%80%8C%E5%99%AA%E9%9F%B3%E8%BB%8A%E7%85%A7%E7%9B%B8%E6%A9%9F%E3%80%8D%E5%9F%B7%E6%B3%95%E5%8F%96%E7%B7%A0/ar-AAECptV>

4. 『全國首創「噪音車照相機」警執法首日逮 30 件』

<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=573319&p=0>

5. 「科技抓夜間噪音，首度執法分局長視察」

<https://www.youtube.com/watch?v=S3kw52vo4m4&fbclid=IwAR3XRl5f9gIQ0O8P-1xzxfbLD4ZpgL4NUvMrx3mf4BwbI5aiDhGa5DPk2I>

6. 「淡水環警聯手科技大執法，全臺首創噪音照相機，秒拍秒罰處女秀」

<http://www.mypeople.tw/index.php?r=site/article&id=1616856>

<https://www.tamsui.police.ntpc.gov.tw/cp-249-63250-21.html>

7. 專抓「飆高音」！全台首款「聲音照相車」淡水率先執法

<https://c.8891.com.tw/news/9287>

5.3.4 臺北市士林區仰德大道

一、活動日期：108.07.20（六），現場照片如圖 5.3-4 所示。

二、活動地點：士林區仰德大道一段 80 號前。



圖 5.3-4 臺北市士林區仰德大道執勤照片

資料來源：本計畫實地拍攝。

5.3.5 新北市淡水區淡金路中油加油站（一）

- 一、活動日期：108.07.26（五），現場照片如圖 5.3-5 所示。
- 二、活動地點：淡水區淡金路 132 號。
- 三、活動概要（資料來源：<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=576733>）：

每到週末假日，許多愛車民眾，都會相約到新北市淡水、三芝、北海岸一帶出遊、兜風，噪音車發出轟隆隆的噪音，讓當地民眾飽受困擾。新北市淡水警方有鑑於此，昨天深夜再度出擊，配合環保署出動「機動車輛超音偵測照相系統」配合執法，針對非法改裝、噪音擾人的車輛加強取締，共計通報 15 輛召回檢驗車輛；另外攔查違反噪音管制法車輛 31 件、變更車體 1 件、無照駕駛 3 件、一般違規 25 件，期盼還給民眾寧靜的生活環境。

其他成果：

1. 「噪音車照相機再出擊！一晚狂抓 60 件」

<https://www.msn.com/zh-tw/news/national/%E5%99%AA%E9%9F%B3%E8%BB%8A%E7%85%A7%E7%9B%B8%E6%A9%9F%E5%86%8D%E5%87%BA%E6%93%8A%E7%BC%81%E4%B8%80%E6%99%9A%E7%8B%82%E6%8A%9360%E4%BB%B6/ar-AAEWc4q>

2. 「暑期連續週末夜，淡水警聯合環保署聲音照相系統稽查遏止淡水改裝噪音車」

<https://times.hinet.net/news/22482316>



圖 5.3-5 新北市淡水區淡金路中油加油站執勤照片（一）

資料來源：三立新聞網。

5.3.6 臺北市中正區南昌公園旁

- 一、活動日期：108.07.27（六），現場照片如圖 5.3-6 所示。

二、活動地點：中正區和平西路一段 55 巷口。



圖5.3-6 臺北市中正區南昌公園旁執勤照片

資料來源：本計畫實地拍攝。

5.3.7 新北市淡水區淡金路中油加油站（二）

一、活動日期：108.08.02（五），現場照片如圖 5.3-7 所示。

二、活動地點：淡水區淡金路 132 號。

三、活動概要（資料來源：

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2872599?fbclid=IwAR>

[07Qu2hNM4ekkHHRY048PSg9CsJC5LxkrhCLudpkLBkDbGrDAQ909z-UUg](https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2872599?fbclid=IwAR07Qu2hNM4ekkHHRY048PSg9CsJC5LxkrhCLudpkLBkDbGrDAQ909z-UUg)）：

暑假期間常見青少年深夜遊蕩、集體夜遊、違法改裝車體、不戴安全帽、改管噪音、沿路狂飆蛇行，惡性違規嚴重影響用路人行車安全。新北警察局分析飆仔出沒路段，加派警力強力執法，結合臺北區監理所、市府環保局及行政院環保署等單位，於車輛攔檢地點以「聲音照相採證車」等專業器材查驗，當場確認改裝車體及噪音違規事實，現場開罰，讓民眾得以安心駕駛。

其他成果：

1. 『防飆結合專業「聲音採證車」，新北警今晚動員強力執法』

<https://news.ltn.com.tw/news/NewTaipei/breakingnews/2872599>

<https://www.tamsui.police.ntpc.gov.tw/cp-249-63776-21.html>

2. 『暑假校門關！淡水警「封城掃蕩」噪音車，一晚連開 46 罰單』

<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=580228>



圖5.3-7 新北市淡水區淡金路中油加油站執勤照片（二） 本計畫實地拍攝。

5.3.8 新北市新店區青潭國小（立法委員羅明才）

一、活動日期：108.10.26（六），現場照片如圖 5.3-8 所示。

二、活動地點：青潭國小。

三、活動概要（資料來源：

http://www.mypeople.tw/index.php?r=site%2Farticle&id=1620510&fbclid=IwAR1glD5CMwUAeyMqSIm9tkuZ4TnXvqi_ngIVvbXtNAiEmibA0uGz8SCm9Yk）：

因應北宜公路每逢假日前往跑山的重機川流不息，且不少車主因改裝排氣管或是拉轉加速，皆會導致車輛產生極大噪音，時而影響居民的安寧。新北市新店分局邇來接獲民眾反映，北宜公路每逢假日早晨常被車輛排氣管高分貝的音量吵醒，讓附近住戶苦不堪言。為遏止此等擾寧情形，新店警方與環保局特於 26 日清晨 4 點至 6 點，在青潭國小前共同執行「環警聯合稽查改裝致噪音車勤務」，當場攔查疑似噪音車輛後，由環保局稽查人員檢視車輛是否安裝非經主管機關噪音審驗或檢驗合格的改裝排氣

管，如未符合相關標準將拍照紀錄作後續裁罰，以共同防處噪音車輛。在當車輛被民眾檢舉，或是警察通報需檢驗時，被檢舉車輛須至環保局進行噪音檢測，有鑑於部分車主將排氣管改回原廠樣式以規避檢驗，經檢驗合格的排氣管會貼上認證標籤，並且將相關資料上傳至環保署雲端，未來在環警監聯合稽查下，執法人員會依據排氣管上有無認證標籤，來判定是否需要進行驗車。

其他成果：

1. 「破曉突擊稽查，新店警與環保局共阻擾寧噪音車」

<https://times.hinet.net/times/mobile/news/22621960>

<https://news.pchome.com.tw/society/mypeople/20191026/index-57207197859448219002.html>

<http://www.mypeople.tw/index.php?r=site/article&id=1620510>



圖 5.3-8 新北市新店區青潭國小（立法委員羅明才）執勤照片

5.4 邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理高噪偵測照相測量系統說明會

5.4.1 改管噪音要認證・聲音照相大執法・維護安寧好生活記者會

一、會議活動日期：108.07.02（二），現場照片如圖 5.4-1 所示，相關資料請參閱附件三。

二、會議活動地點：臺北市中正區中華路一段 83 號（環保署）。

近日新聞媒體報導民眾反映高噪音車輛呼嘯而過嚴重影響生活安寧案件，原因多為車主不當改裝排氣管或拆除消音器所致。為維護環境安寧，環保署將採取源頭排氣管認證、強化環警監大執法及聲音照相三管齊下，聯合環（地方政府環保局）、警（警政機關）、監（監理機關）加強管制力道，以有效管制不當改裝製造高噪音車輛擾寧問題。

「抓吵不抓改」：環保署指出改裝排氣管車輛除應遵守道路交通安全相關法令外，亦應符合噪音與排氣等規定。環保署已推動並輔導車商或進口商進行改裝排氣管源頭噪音認證，未來車主若使用未認證或未經環保局查驗合格之改裝排氣管於路上行駛時將受限。「聲音照相科技執法」：環保署自 108 年 7 月 1 日起擴大執行環警監聯合大執法計畫，同時將搭配「聲音照相」技術，整合噪音測量儀器及車牌辨識等系統，在民眾陳情高噪音車輛出沒熱點地區及時段，擺放聲音照相設備，篩選高噪音車輛進行查證取締，以守護民眾生活安寧。

環保署懇切呼籲車主勿改裝高噪音排氣管擾亂環境安寧，環警監聯合稽查及聲音照相科技執法將持續強力取締，違反者將依相關法規處罰，刻意製造噪音的車主勿存僥倖心態，以免受罰得不償失。

部份成果：

<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2025935>

<https://news.ltn.com.tw/news/Taipei/breakingnews/2840277>

<https://www.youtube.com/watch?v=n06mnKEcGb4>

<https://www.youtube.com/watch?v=iFdKcxBIfsk>

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190702003218-260405?chdtv>

<https://www.mobile01.com/newsdetail/30057/motorcycle-exhaust-noise-epaey>

<https://www.youtube.com/watch?v=mXYUYL3L8U>

<https://tw.news.appledaily.com/life/realtime/20190702/1593516/>

<https://www.supermoto8.com/articles/4644>



圖 5.4-1 改管噪音要認證・聲音照相大執法・維護安寧好生活記者會

資料來源：本計畫實地拍攝。

5.4.2 民國 108 年度 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩會議

- 一、時間：108.09.18（三）下午，相關資料請參閱附件四。
- 二、地點：彰化縣芬園鄉大彰路三段 194 號（安山派出所 3F）。
- 三、主辦單位：行政院環境保護署、彰化縣環保局；協辦單位：彰化縣政府警察局、彰化監理站、臺中市政府環境保護局、南投縣政府環境保護局、凱鉅科技實業股

份有限公司、環境永續工程顧問有限公司、冠昇驗證股份有限公司及財團法人車輛研究測試中心。

四、執行方式：如表 5.4-1 及圖 5.4-2 所示。

表 5.4-1 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩議程表

時間	議程	主持人/主講人
13:00~14:00	報到（午餐自理）	
14:00~14:15	開幕致詞	環境保護署、彰化縣環保局
14:15~14:25	使用中車輛排氣管噪音認證	環境保護署
14:25~14:35	139 縣道大型重機車輛噪音聯合稽查規劃	彰化縣環境保護局
14:35~14:45	聲音照相科技執法技術分享	環境保護署
14:45~15:00	綜合討論	
15:00~16:00	聲音照相科技執法示範	環境保護署
	環警監聯合稽查示範	彰化縣、南投縣及臺中市環境保護局、彰化縣警察局、彰化監理站
	大型重機噪音檢測及排氣管認證示範	彰化縣環保局、車測中心等
16:00~	賦歸	

註 1：環警監聯合稽查：由警察機關攔下高噪音車輛；監理單位協助辨識不當改裝；環保署執行車輛噪音原地檢測作業，並說明檢測流程。

註 2：聲音照相技術：聲音照相車展示拍攝方式畫面，向觀摩人員解說聲音照相原理及優點。



圖 5.4-2 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩現場規劃

資料來源：本計畫整理。

五、活動概要：

為強化管制改裝排氣管製造噪音擾寧問題，環保署於本（108）年 9 月 18 日邀集各縣市政府環保局、警察局及監理等單位，於 139 縣道（芬園路段）舉辦「環警監聯合大執法」示範觀摩，環保署特展示「聲音照相」及「雷達測速聲音照相」科技執法新法寶（圖 5.4-3），希望透過科技執法來提升噪音管制成效。

環保署指出，每逢週末 139 縣道及台 3 線等通往風景區路段，因蜿蜒山徑及迷人山景，常吸引大批重機車友、超跑等車輛聚集、馳騁。因少數車主不當改裝排氣管、拆除消音器甚至出現刻意猛催油門、拉高轉速等製造高分貝噪音等行為，所產生之噪音困擾也嚴重影響當地居民生活。

環保署表示，為維護交通安全及守護民眾居住安寧，自 108 年 7 月 1 日起，除強化執行「環警監聯合大執法」計畫，聯合各地方環保局、警察及監理機關，不定期於 139 縣道、台 3 線等風景區路段，加強高噪音車輛的攔查取締，並進一步整合各縣市稽查能量同步選定於不同路段配合最新「科技執法」聲音照相車，採攔檢網方式執行科技稽查，以期加強管制力道，有效管制不當改裝製造高噪音車輛擾寧問題。

環保署指出，為協助及加強第一線執勤同仁對於取締高噪音車輛流程熟悉度，特邀集相關單位觀摩「環警監聯合稽查」實務操作流程，並請噪音法規實驗室示範車輛噪音檢測技術及儀器操作，同時介紹最新「科技執法」聲音照相車技術成果，透過分享交流取締對策、檢測流程與技術，提升稽查取締效果，使妨害安寧車輛無所遁形，展現環警監強勢稽查的決心。

環保署懇切呼籲車主行駛 139 縣道及台 3 線等風景區道路時，切勿在住宅區高速催轉或改裝高噪音排氣管擾亂環境安寧，環保、警察及監理機關將持續強力取締，違反者依相關法規處罰。

其他成果：

1. 「聲音照相新科技，重機噪音無所遁形」

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190918004079-260405?chdtv>

<https://m.ctee.com.tw/livenews/ch/chinatimes/20190918004079-260405>

2. 「暢遊山道不催轉，自然聲音不留噪，賞景你我享安寧」

https://enews.epa.gov.tw/enews/fact_Newsdetail.asp?InputTime=1080918102311

3. 「彰化 139 縣道環警監聯合稽查示範觀摩，展現強力防制噪音車輛決心」

http://www.chcg.gov.tw/ch/03news/01view.asp?kind=3&bull_id=302500



圖 5.4-3 彰化縣 139 縣道重型機車噪音聯合稽查示範觀摩會議

資料來源：本計畫實地拍攝。

第六章 實際進度及查核重點

6.1 實際進度

本計畫之執行期限為自決標日起至民國 108 年 12 月 31 日止，為確實掌握本計畫各分項工作執行進度及成果能符合 鈞署之要求，本計畫將在計畫執行中設立三個階段性成果查核點，定期查核工作進度及內容是否符合工作期程，以有效達成作業進度與品質控管目標。各項工作項目預計及實際完成之期程及查核點，分別如表 6.1-1 及表 6.2-1 所示，使 鈞署業務承辦人員對本計畫之工作進度一目了然，讓本計畫依既定工作期程完成各項工作目標，展現最佳成效。

6.2 查核重點

各查核點之時間及查核重點如下：

一、第一次查核點（第 1 次工作進度報告）

自決標日起至 108 年 7 月。

- (一)蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施（至少 8 個國家）及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形（至少 4 個國家）。
- (二)邀集地方環保局辦理至少 2 場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- (三)蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）。
- (四)彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法（至少 5 個國家），並進行優劣比較與研析。
- (五)提交第一次工作進度報告審查。

二、第二次查核點（期中報告）

自決標日起至 108 年 9 月。

- (一)依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案，內容包括因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容。

- (二)針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析（包括至少 2 個航空噪音固定監測站），且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估。
- (三)彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料，並維護航空噪音監測資料判讀工具功能。
- (四)規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經環保署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益。
- (五)參考前年度環保署「偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制評估之研究」計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作。
- (六)彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據（至少 5 處次），並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析，供環保署未來擬訂管制策略及管理措施之參考。
- (七)提交期中報告審查。

三、第三次查核點（期末報告(初稿)）

自決標日起至 108 年 11 月。

- (一)邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理 2 場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- (二)選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試，並配合環保署需求召開至少 3 場次觀摩活動，與各界進行技術交流分享（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- (三)邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理至少 2 場次高噪偵測照相測量系統說明會（每場次為期至少半天，參與人數預計 30 人，並提供茶水便當及場地租金）。
- (四)提交期末報告（初稿）審查。

四、期末報告定稿：108 年 12 月。修訂報告及報告定稿等相關契約作業。

有關上述預定進度、實際進度及查核點說明，請分別詳「表 6.1-1 預定進度及查核點」及「表 6.2-1 實際進度及查核點說明」所示。

表 6.1-1 預定進度及查核點

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
第一次查核點 (工作進度報告)	108 年 7 月	(一)蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施（至少 8 個國家）及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形（至少 4 個國家）。 (二)邀集地方環保局辦理至少 2 場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會。 (三)蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）。 (四)彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法（至少 5 個國家），並進行優劣比較與研析。 (五)提交第一次工作進度報告審查。
第二次查核點 (期中報告)	108 年 9 月	(一)依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案，內容包括因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容。 (二)針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析（包括至少 2 個航空噪音固定監測站），且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估。 (三)彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料，並維護航空噪音監測資料判讀工具功能。 (四)規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經環保署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益。 (五)參考前年度環保署「偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制評估之研究」計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作。 (六)彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據（至少 5 處次），並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析，供環保署未來擬訂管制策略及管理措施之參考。 (七)提交期中報告審查。
第三次查核點 (期末報告 (初稿))	108 年 11 月	(一)邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理 2 場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動。 (二)選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試，並配合環保署需求召開至少 3 場次觀摩活動，與各界進行技術交流分享。 (三)邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理至少 2 場次高噪偵測照相測量系統說明會。 (四)提交期末報告（初稿）審查。
期末報告 定稿	108 年 12 月	修訂報告及報告定稿等相關契約作業。

備註：上表須經執行單位確認，並明訂於契約書中。期中、期末應明列查核重點。本計畫之執行期限為自決標日起至民國 108 年 12 月 31 日止。

表 6.1-1 預定進度及查核點（續）

工作內容項目	時間 工作 權重%	108年5月	108年6月	108年7月	108年8月	108年9月	108年10月	108年11月	108年12月
1.蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形	4%		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%			
			25%	50.0%	75.0%	100.0%			
2.邀集地方環保局辦理至少2場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會	4%		2.0%	2.0%					
			50%	100%					
3.蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術	4%		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%			
			25%	50.0%	75.0%	100.0%			
4.彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法並進行優劣比較與研析	4%		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%			
			25%	50.0%	75.0%	100.0%			
5.依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道上最大音量管制方案，內容包括因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容	15%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
6.針對一處國內機場進行航道上敏感地區航空噪音監測資料及分析且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估	15%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
7.彙整國內各機場航空噪音監測站之噪音監測資料，並維護航空噪音監測資料判讀工具功能	5%		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
8.規劃研提適用我國之控制式通風隔音窗，並經本署同意後擇一公共場所進行實地裝設，以評估示範對環境交通噪音之改善效益	15%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
9.參考前年度本署「偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制評估之研究」計畫成果，建置適用我國之機動車輛超音偵測照相測量系統，以應用於使用中機動車輛噪音管制工作	5%		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
10.彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據（至少5處次），並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析，供本署未來擬訂管制策略及管理措施之參考	15%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		
			20%	40%	60%	80%	100%		
11.邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理2場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動	4%						2.0%	2.0%	
							50%	100%	
12.選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試，並配合本署需求召開至少3場次觀摩活動，與各界進行技術交流分享	6%					2.0%	2.0%	2.0%	
						33%	67%	100%	
13.邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理至少2場次高噪偵測照相測量系統說明會	4%						2.0%	2.0%	
							50%	100%	
工作進度報告、期中報告、期末報告				☆		○		◎	■
預定進度累積百分比（%）	100%	0.0%	19.0%	38.0%	55.0%	74.0%	94.0%	100.0%	

註：本計畫之執行期限為自決標日起至民國 108 年 12 月 31 日止。

表 6.2-1 實際進度及查核點說明

契約書之預定進度 累積百分比(%)		100%			實際執行進度 (%)	100%
工作內容項目		差異分析(打√)			實際執行情形	
		符合	落後	超前	內容簡述	章節
第一次 查核點 (工作進度報告) 108 年 7 月	(一)蒐集各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形。	√			依據運量、機場特性、所在地區選取了“8 個國家的 12 個機場”做為個案分析，探討各機場對周圍地區噪音管理作法與措施，以及最大音量管制標準及監測方法等，提供我國機場可參考之相關指標。	2.1
	(二)邀集地方環保局辦理至少 2 場次航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會。	√			1.時間：民國 108 年 7 月 25 日(星期四)。場次 1 機場管理單位 - 上午 10:00 正；場次 2 機場所在地縣市環保局 - 下午 13:30 正。 2.地點：法鼓德貴學苑(臺北市延平南路 77 號)階梯教室 6F。	2.3
	(三)蒐集國際現有應用於綠色節能建築之各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術。	√			1.由國際上近 3 年來“至少 10 種類別”應用於綠色節能建築之被動式通風隔音窗之資料回顧，通風窗結構的研究主要集中在開口的大小、開口的位置、兩層開口的相對位移。 2.包括如：(1)雙層窗(傾斜式)；(2)雙層窗(擋音式；推窗式+滑動式)；(3)隔音窗帶出風口；及(4)隔音窗和主動通風裝置等，惟被動式通風隔音窗對於低頻部分之隔音仍較差。	4.1
	(四)彙整各國採用綠色節能建築之主被動控制式通風隔音窗技術規範與現行推動作法，並進行優劣比較與研析。	√			1.蒐集和比較“8 個國家或地區”在過去 5 年間的進展，接著針對當前的研究局限、實施問題和未來方向等議題提出討論。 2.ANC 靜壓式通風窗能以合理的成本提供寬頻噪音控制，是最接近需求的應用。將 ANC 直接應用於通風窗或其開口雖仍須要進一步研究，但在這類通風窗上設計窗格或許是個解決方案	4.2

契約書之預定進度 累積百分比(%)		100%			實際執行進度 (%)	100%
工作內容項目		差異分析(打√)			實際執行情形	
		符合	落後	超前	內容簡述	章節
第二次 查核點 (期中 報告) 108 年 9 月	(一)依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案，內容包括因應航空噪音最大音量管制之飛機最佳化操作條件、機場周圍噪音防制、經濟誘因措施及最大音量監測等相關內容。	√			1.已依照第二章蒐集各國機場周圍地區噪音管理與最大音量管制作法之資料(8個國家的12個機場)，有關各國機場周圍地區噪音管理作法與措施及航空噪音最大音量管制標準、監測方法及推動情形。進一步彙整國內機場運量，以及其地理位置周邊人口狀況與營運特性；接著考量與國內類似之各國機場、客運量與機場起降架次之運量多寡及機型混和型式，探討其現有噪音管理之相關措施與成效等。 2.最後依國內機場適航條件及相關特性，研提適用我國機場航道下最大音量管制方案(表3.1-23、表3.1-24)。	3.1
	(二)針對一處國內機場進行航道下敏感地區航空噪音監測資料及分析(包括至少2個航空噪音固定監測站)，且以前述研提管制方案針對該國內機場規劃模擬最大音量管制作法，並進行經濟與環境相關改善效益評估。	√			1.本研究已利用桃園國際機場航空噪音監測報告書(107年Q1至108年Q1)，選取噪音量較高之6個噪音量測點(4個跑道起降端R/W 05L、05R、23R、23L，及量測噪音量較高之海湖國小與大園國小)，並比較其各季之噪音值。 2.將各種噪音管制方案之資料及飛機操作程序等之飛航資料輸入至INM模式中，可產生模擬之等噪音線圖。接著再將此等噪音線圖對應至人口資料進行分析，以推算於各式噪音管制方案下，不同噪音分貝數之等噪音線圖下之受影響戶數。再與基準值進行比對，即可推估各種噪音管制方案之環境改善成效。 3.在不同之噪音管制方案與最大音量管制標準下，希望受影響戶數減少，但同時亦將對於機場營運與航空公司之影響降至最低之數量。比較各方案之效益，即可提出最佳噪音與最大音量管制方案建議(表3.2-5、表3.2-6)。	3.2

契約書之預定進度 累積百分比(%)		100%			實際執行進度 (%)	100%
工作內容項目		差異分析(打√)			實際執行情形	
		符合	落後	超前	內容簡述	章節
第二次 查核點 (期中 報告) 108 年 9 月	(三)彙整國內各機場航空 噪音監測站之噪音監 測資料,並維護航空噪 音監測資料判讀工具 功能。	√			1.目前全國共有 17 座公告應設置自動 監測設備連續監測機場周圍地區飛 航噪音狀況之航空站,共有 199 座 固定式航空噪音監測站。本計畫已 針對 17 座機場之航空噪音監測站之 噪音監測資料,彙整相關分析與建 議事項(表 2.2-19)。 2.已協助維護航空噪音監測資料判讀 工具功能,並於民國 108 年 7 月 25 日(星期四)召開“2 場次”「航空 噪音監測資料判讀工具及航空噪音 監測資料審查分析教育訓練會」。	2.2
	(四)規劃研提適用我國之 控制式通風隔音窗,並 經環保署同意後擇一 公共場所進行實地裝 設,以評估示範對環境 交通噪音之改善效益。	√			1.本計畫已完成現勘各類交通系統沿 線之敏感點,計有“31 點次”(表 4.3-1)。 2.因臺北市立南湖高中場址具有如:噪 音量夠大、車流量大、簡報場址、 施做便利、方便展示、願意配合(為 物理實驗室,亦具寓教於樂效果) 等優點,且校長及總務主任皆同意 該現場實地裝設示範,故最後選擇 於南湖高中施做。 3.已完成包括:現場噪音量測、規劃、 設計、裝設、模擬及實際測量效益 等工作(4.3.2)。	4.3
	(五)參考前年度環保署 「偵測照相系統應用 於使用中機動車輛噪 音管制評估之研究」計 畫成果,建置適用我國 之機動車輛超音偵測 照相測量系統,以應用 於使用中機動車輛噪 音管制工作。	√			1.藉由我國使用中機動車輛噪音管制 現況、各國「噪音偵測照相系統」 應用及「噪音偵測照相系統」使用 評估(5.1.1~5.1.3)及資料蒐集彙 整分析,以作為建置之參考依據。 2.已完成「噪音偵測照相系統」建置, 包括:SWOT 分析、組成、輸出畫 面及彙整評估,另外,針對實測相 關經驗累積、設備準確性、取締方 式及相關問題等進行彙整說明 (5.1.4)。	5.1

契約書之預定進度 累積百分比(%)		100%			實際執行進度 (%)	100%
工作內容項目		差異分析(打√)			實際執行情形	
		符合	落後	超前	內容簡述	章節
	(六)彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據(至少5處次),並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析,供環保署未來擬訂管制策略及管理措施之參考。	√			1.資料蒐集鐵路系統實際改善完成5處,包括:(1)鶯歌永智街;(2)桃園平鎮;(3)桃園楊梅;(4)新竹湖口;及(5)新竹新豐改善計畫書,建立預估與實際之差異,藉以供防制改善應用。設置隔音牆之預估與實際之減音量差值的算術平均誤差絕對值約1.8 dB(A)(表5.2-6)。 2.已彙整不同防制措施之減音效能及防制措施供參考(表5.2-9、表5.2-10及表5.2-11)。	5.2
第三次查核點 (期末報告(初稿)) 108年11月	(一)邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理2場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動。	√			本計畫已完成“2場次”採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動(4.4.1~4.4.2)。	4.4
	(二)選擇適當路段地點實地進行超音偵測照相測量系統測試,並配合環保署需求召開至少3場次觀摩活動,與各界進行技術交流分享。	√			本計畫已完成“16場次”高噪偵測照相測量系統測試暨觀摩活動(5.3.1~5.3.10)。	5.3
	(三)邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關,辦理至少2場次高噪偵測照相測量系統說明會。	√			本計畫已完成“2場次”高噪偵測照相測量系統說明會(5.4.1~5.4.2)。	5.4

註：1.上表於期中、期末審查時，由執行單位提出實際執行情形，明列於報告中，作為審查依據。

2.本計畫之執行期限為自決標日起至民國108年12月31日止。

第七章 工作成果及建議

本學會已依本年度契約要求完成各項計畫工作內容，主要執行工作成果包括機場周圍地區噪音管理與最大音量管制、綠色節能建築之控制式通風隔音窗、建置機動車輛超音偵測照相測量系統等共三大部份，分述如下：

一、機場周圍地區噪音管理與最大音量管制

(一)本計畫依據運量、機場特性、所在地區已完成了 8 個國家的 12 個機場個案分析，探討各機場對周圍地區噪音管理作法與措施，以及最大音量管制標準及監測方法等，瞭解多數機場在噪音管制方面，實施「離場、到達、引擎測試及宵禁」之噪音管制措施。其中約有半數採用量測之起飛噪音，半數採用量測之全部噪音，法國戴高樂機場、英國數個機場均採用國際民用航空組織（ICAO）認證噪音值。除此之外，僅有英國的機場，對於超出最大噪音限值之航空器有實施罰款或附加費之制度；另外，本計畫亦完成機場管理單位及機場所在地縣市環保局「航空噪音監測資料判讀工具及航空噪音監測資料審查分析教育訓練會」之工作。

(二)航空噪音最大音量管制方面，已完成蒐集各國機場作法包括：靜飛計畫之自主管理措施、降落費依照飛機噪音計算、單一噪音量限制、夜間噪音限額、持續下降操作、優先跑道使用規劃、噪音優先路線及居民感受指標等。自主管理措施方面，已完成蒐集各國機場採用指標如：各機型 ICAO 噪音認證值、主要監測站之噪音值、夜間航班及偏離航道等，研提完成初步航空噪音最大音量管制方案。本研究計畫建議可針對各機型 ICAO 噪音認證值、主要監測站之噪音值、夜間航班等三種指標持續進行資料之蒐集與分析，以做為飛機噪音自主管理之參考指標。

二、綠色節能建築之控制式通風隔音窗

本計畫已完成蒐集國際現有各類控制式通風隔音窗相關系統、原理及相關應用技術（至少 10 種類別）和比較 8 個國家或地區在過去 5 年間的進展，並於南湖高中設置控制式通風隔音窗，且對低頻音改善有幫助，兼具通風效益；計畫中亦邀集專家學者或相關目的事業主管機關辦理 2 場次採用控制式通風隔音窗改善環境交通噪音對民眾影響之成果示範及觀摩活動。因本計畫屬環保署推動之創新研發概念與想法，初步以高速公路旁之學校場所來測試噪音改善效果，設置主動式隔音窗後約可比原先降低 3 分貝，且對低頻音改善有幫助，兼具通風效益。針對

公共場所裝設主動式隔音窗進行改善噪音，是今年度科技計畫初步研究成果與創新想法。

考量主動式隔音窗尚未商品化，且國際上尚仍處在研究階段，本計畫建議未來可再針對主動式控制隔音系統之民生實務上應用與可適用空間大小等進行後續相關研究，希望未來能降低成本並實際應用於環境噪音改善，以有效維護環境安寧與生活品質。後續建議可再針對主動控制系統應用改善對象（例如：其他陸上運輸系統噪音、工廠噪音等）與場所（例如：住家）及適用空間規格（例如：屬較封閉空間之列車駕駛室、大窗戶）等進行後續研究，期降低成本以應用於相關噪音改善。

三、建置機動車輛超音偵測照相測量系統

本計畫已完成建置機動車輛超音偵測照相測量系統及彙整我國陸上運輸系統沿線歷年改善前後之量測成果數據並進行各類運輸系統噪音量測結果比較研析，供環保署未來擬訂管制策略及管理措施之參考；並配合環保署完成 3 場次觀摩活動，與各界進行技術交流分享，邀集縣市環保局或相關目的事業主管機關，辦理 2 場次高噪偵測照相測量系統說明會。

建議未來可針對行駛中車輛音量與原地噪音檢驗結果（標準）間之關聯性進行瞭解，依現地環境狀況，精準設置噪音觸發位準以提高執勤效率。為執行聲音照相科技執法高噪音車輛查證取締，未來可與「機動車輛噪音量測方法（中華民國國家標準 CNS 5799 機動車輛噪音量試驗法）」進行比對測試，訂出「聲音照相科技執法系統及機動車輛噪音量試驗法比對規範」，在民眾陳情高噪音車輛出沒熱點地區及時段，擺放聲音照相設備，篩選高噪音車輛進行查證取締，以守護民眾生活安寧。

參考文獻

- [1] Sound-absorbing HAFENCITY windows from Eilenburg (拜訪日期：2019/5/24)
[file:///C:/Users/User/Downloads/Brochure_Hafencity-Windows_A4_2018-02_engl_digital%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Brochure_Hafencity-Windows_A4_2018-02_engl_digital%20(3).pdf)
- [2] Periodic Reporting for period 1 - soundproof4win (Soundproof window with ventilation function), Reporting period: 2017-10-01 to 2018-09-30. (拜訪日期：2019/5/24)
<https://cordis.europa.eu/project/rcn/212159/reporting/en>
- [3] Sound-Absorbing Window: The Soundproof Window with Ventilation (This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 programme under the grant agreement no. 783717.) (拜訪日期：2019/5/24)
<https://www.hafencity-fenster.de/english/>
- [4] Sound-absorbing HAFENCITY windows from Eilenburg (拜訪日期：2019/5/24)
[file:///C:/Users/User/Downloads/Hafencity-Window-References_A4_2018-08_EN%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Hafencity-Window-References_A4_2018-08_EN%20(2).pdf)
- [5] HUECK Lambda Silent Air – an innovative window solution, achieving ventilation and sound-proofing simultaneously, Date : 14 March 2018. (拜訪日期：2019/5/24)
<https://www.glassonweb.com/news/hueck-lambda-silent-air-innovative-window-solution-achieving-ventilation-and-sound-proofing>
- [6] WINDOW SYSTEM HUECK LAMBDA SA, Soundproofing and Ventilation - no contradiction (拜訪日期：2019/5/24)
<https://www.hueck.com/alu-sys/de/en/home/products/window-systems/hueck-lambda-SA>
- [7] HUECK Lambda SA I, SOUND-PROOFING AND VENTILATION. AT THE SAME TIME. (拜訪日期：2019/5/24)
https://schallgrenze.com/index_en.php
- [8] Birgit Rasmussen, Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2015. (拜訪日期：2019/5/24)
<https://sbi.dk/Assets/Erfaringer-med-lydisolerende-aabne-vinduer-i-trafikstoejbelastede-boligomraader/sbi-2015-08-1.pdf>
- [9] Birgit Rasmussen, Experiences with sound insulating open windows in traffic noise exposed housing, internoise , 9-12 August, 2015. (拜訪日期：2019/5/24)
https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/217981618/InterNoise2015_Paper833BiR_ExperiencesSoundInsulatingOpenWindows.pdf
- [10] 香港環境保護 2016 第 15 頁。(拜訪日期：2019/5/24)
https://www.epd.gov.hk/epd/misc/ehk16/tc/pdf1/web/EPD_AR_EHK2016.pdf

- [11] 研發「減音窗」有效緩減交通噪音 2018-03-14 (拜訪日期：2019/5/24)
<https://www.am730.com.hk/column/%E6%96%B0%E8%81%9E/%E7%A0%94%E7%99%BC%E3%80%8C%E6%B8%9B%E9%9F%B3%E7%AA%97%E3%80%8D-%C2%A0%E6%9C%89%E6%95%88%E7%B7%A9%E6%B8%9B%E4%BA%A4%E9%80%9A%E5%99%AA%E9%9F%B3-118807>
- [12] 南京三月風通風設備有限公司。(拜訪日期：2019/5/24)
<http://www.syxf.com/index.asp>
- [13] Field Chris and Cuthbert Grant, Acoustically Treated Dual Vented Window System, Arup Australia Pty Ltd, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [14] Chee Kwan BIN, Charles Chiou Kang LEE, Swee Kheng TEH, Ho Zong CHAN and Ming Teck SIM, Land Traffic Noise Management at Recipient's End in Singapore, National Environment Agency of Singapore, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [15] Maoxin Ge and Ji Li, The Current Status of Natural Ventilation- Enabling Noise Reduction Devices in Urban Green Buildings, Department of Mechanical Engineering, The Dalian University, Liaoning, China, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [16] Too noisy? Sonic crystal windows to the rescue (拜訪日期：2019/7/4)
<https://www.straitstimes.com/singapore/too-noisy-sonic-crystal-windows-to-the-rescue>
- [17] Du Liangfen, Lau Siu-Kit and Lee Siew Eang, Sound Insulation of Ventilation Partitions with Different Configurations, Department of Architecture, National University of Singapore, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [18] Leung, Mors, Tang, S.K. and Fung, M.L., Effects of sound incidence angle on the effectiveness of noise reduction measures applied to acoustic windows, Architectural Acoustics Limited, Hong Kong S.A.R. (China) and The Hong Kong Polytechnic University, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [19] Peter AC. Lorenzen, Noise control through open windows A solution model, ÅF Buildings Denmark, Madrid, inter.noise, June 16-19, 2019.
- [20] Ford, R. D. and Kerry, G. The sound insulation of partially open double glazing, Applied Acoustics, 6 (1), 57–72, (1973).
- [21] Field, C. D. and Fricke, F. R. Theory and applications of quarter-wave resonators: a prelude to their use for attenuating noise entering buildings through openings, Applied Acoustics, 53 (1), 117–132, (1998).
- [22] Kang, J. and Brocklesby, M. W. Feasibility of applying micro-perforated absorbers in acoustic window systems, Applied Acoustics, 66 (6), 669–689, (2005).
- [23] Yuya, N., Sohei, N., Tsuyoshi, N, et al. Sound propagation in soundproofing casement windows, Applied Acoustics, 70 (9), 1160–1167, (2009).
- [24] Tong, Y. G. and Tang, S. K. Plenum window insertion loss in the presence of a line

- source — A scale model study, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133 (3), 1458–1467, (2013).
- [25] Tong, Y. G., Tang, S. K., Kang, J., Fung, A. and Yeung, M. K. L. Full scale field study of sound transmission across plenum windows, *Applied Acoustics*, 89 (3), 244–253, (2015).
- [26] Zhang, J., Jiang, W. and Li, N. Theoretical and experimental investigations on coherence of traffic noise transmission through an open window into a rectangular room in high-rise buildings, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112 (4), 1482–1495, (2002).
- [27] Ise, S. The boundary surface control principle and its applications, *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences*, E88-A, 1656–1664 (2005).
- [28] Qiu, X., Huang, H. and Lin, Z. Progress in research on natural ventilation ANC windows, *Proceedings of the 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2011)*, Osaka, Japan, 4–7 September, (2011).
- [29] Murao, T., Nishimura, M. and Sakurama, K. Basic study on active acoustic shielding: phase 4 improving noise reducing performance in low frequency-2, *Proceedings of the 41th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2012)*, New York, The U.S., 19–22, August, (2012).
- [30] Murao, T., Nishimura, M., Sakurama, K. and Nishida, S. Basic study on active acoustic shielding: phase 6 improving the method to enlarge AAS window-2, *Proceedings of the 43th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2014)*, Melbourne, Australia, 16–19, November, (2014).
- [31] Murao, T., Nishimura, M., He, J., Lam, B., Ranjan R., Shi, C. and Gan, W. S. Feasibility study on decentralized control system for active acoustic shielding, *Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016)*, Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [32] Ranjan, R., He, J. Murao, T., Lam, B. and Gan, W. S. Selective active noise control system for open windows using sound classification, *Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016)*, Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [33] He, J., Lam, B., Murao, T., Ranjan, R. and Gan, W. S. Symmetric design of multiple-channel active noise control systems for open windows, *Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016)*, Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [34] Lam, B., He, J. Murao, T., Shi, C., Gan, W. S. and Elliott, S. Feasibility of the full-rank fixed-filter approach in the active control of noise through open windows, *Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control*

- Engineering (INTER-NOISE 2016), Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [35] Shi, D. Y., Shi, C. and Gan, W. S. A systolic FxLMS structure for implementation of feedforward active noise control on FPGA, Proceedings of the Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, Jeju, Korea, 13–16, December, (2016).
- [36] Sharifzadeh Mirshekarloo, S., Tan, C. Y., Zhang, L., Chen, S., Lai, S. C., Guo, S. and Yao, K. Transparent piezoelectric film speakers for active noise mitigation, Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016), Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [37] 南大新研發窗花添裝置噪音可減半，LIANHE ZAOBAO, TUESDAY, 1 MAY 2018, PAGE 8 (最後訪問日期：2019/06/14)
http://www3.ntu.edu.sg/CorpComms2/Documents/2018/05_May/LHZB_180501_8_NTU%20develops%20a%20device%20that%20can%20reduce%20noise%20pollution%20when%20installed%20on%20window%20grilles.pdf
- [38] Tang, S. K. A review on natural ventilation-enabling façade noise control devices for congested high-rise cities, Applied Sciences, 7(175), 1–16, (2017).
- [39] Tang, S. K., Tong, Y. G. and Tsui, K. L. Sound transmission across a plenum window with an active noise cancellation system, Noise Control Engineering Journal, 64 (4), 423–443, (2016).
- [40] Qiu, X., Huang, H. and Lin, Z. Progress in research on natural ventilation ANC windows, Proceedings of the 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2011), Osaka, Japan, 4–7 September, (2011).
- [41] Huang, H., Qiu, X. and Kang, J. Active noise attenuation in ventilation windows, The Journal of the Acoustical Society of America, 130 (1), 176–188, (2011).
- [42] Carme, C., Schevin, O., Romerowski, C. and Clavard, J. Active opening windows, Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration (ICSV23), Athens, Greece, 10–14, July, (2016).
- [43] Kwon, J. and Park, Y. Interior noise control with an active window system, Applied Acoustics, 74 (5), 647–652, (2013).
- [44] Hanselka, J., Jukkert, S. and Sachau, D. Experimental study on the influence of the sensor and actuator arrangement on the performance of an active noise blocker for a tilted window, Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2016), Hamburg, Germany, 21–24 August, (2016).
- [45] Pàmies T., Romeu J., Genescà M., and Arcos, R. Active control of aircraft fly-over sound transmission through an open window, Applied Acoustics, 84 (5), 116–121, (2014).
- [46] 劉嘉俊、邱小軍，“近年各國主動控制隔音窗之進展”，第 25 屆中華民國振動與噪音工程學術研討會 長庚大學 中華民國 106 年 6 月 3 日。