

臺灣鐵路系統 噪音調查、成因 分析及沿線超標 範圍預估

關鍵詞：鐵路交通噪音、噪音量測、噪音預測

交通部臺灣鐵路管理局／臺北工務段／施工主任／連建智 ①

交通部臺灣鐵路管理局／臺北工務段／技術助理／潘麒宇 ②

臺灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／副理／胡秀蘭 ③

臺灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／正工程師／王聰貴 ④

臺灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／正工程師／顏彬任 ⑤

國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系／教授／許榮均 ⑥

國立臺灣海洋大學 系統工程暨造船學系／研究員／林太山 ⑦

摘要 ABSTRACT

本文研究範圍為臺灣北部路段鐵路縱貫線的噪音問題，路線總長度為127.27公里。本研究依鐵路特性及環境現況，選定沿線噪音敏感點共60處進行噪音量測，調查結果顯示共31處超出鐵路噪音管制標準。經分析其超標成因包含營運客貨列車之鼓風機、發電機等運轉噪音、通過鋼軌不連續處、道岔與鋼軌焊接口之輪軌衝擊音以及鳴笛音。經噪音模擬軟體預估沿線噪音超標範圍，此範圍約為外側軌道中心線水平距離10.2~74.7公尺內，垂直距離為距軌道路面上方4~49公尺內，如為鳴笛其超標範圍預估可達100公尺。



壹、研究背景

因應能源短缺，運輸系統朝向節能減碳已為全球之趨勢，使屬綠色運具之捷運、傳統鐵路及高鐵之軌道系統相較於公路系統更為世人所青睞，鐵路為台灣境內極為重要之大眾交通工具，為提供優質之運輸服務，近年全島陸續推動多項鐵路工程建設及車輛汰換購置計畫。然而隨著鐵路營運逐步捷運化，衍生運輸旅次

隨之增加，噪音振動問題亦接踵而至，由於台灣地區地狹人稠，軌道系統接近住戶，廠站連接及提供服務之區域往往為噪音振動影響所及之範圍，加上現今民眾環保意識抬頭，鐵路沿線噪音陳情案件逐年攀升，因此，政府於西元2010年訂定「陸上運輸系統噪音管制標準」(以下簡稱管制標準)，規定軌道系所發出之音量若超過管制標準，明定營運或管理機關應於限期內訂定噪音改善計畫於通過審查後執行(參見圖1)。

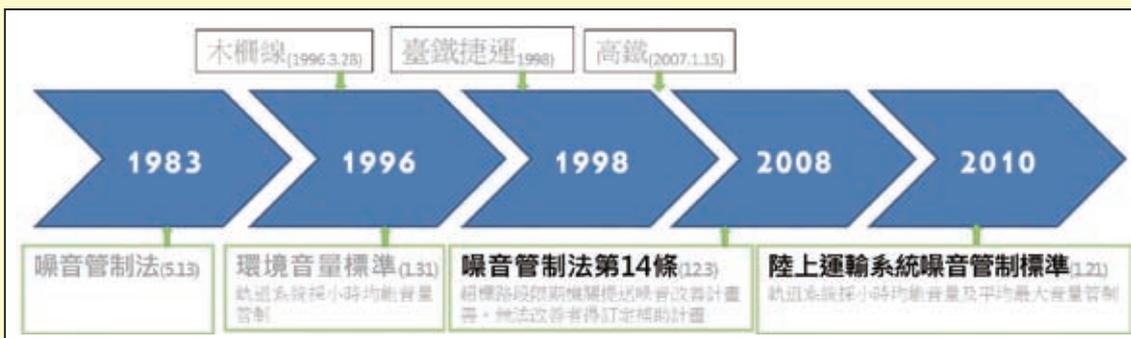


圖1 國內交通噪音管制法令沿革



圖4 鐵路音源組成

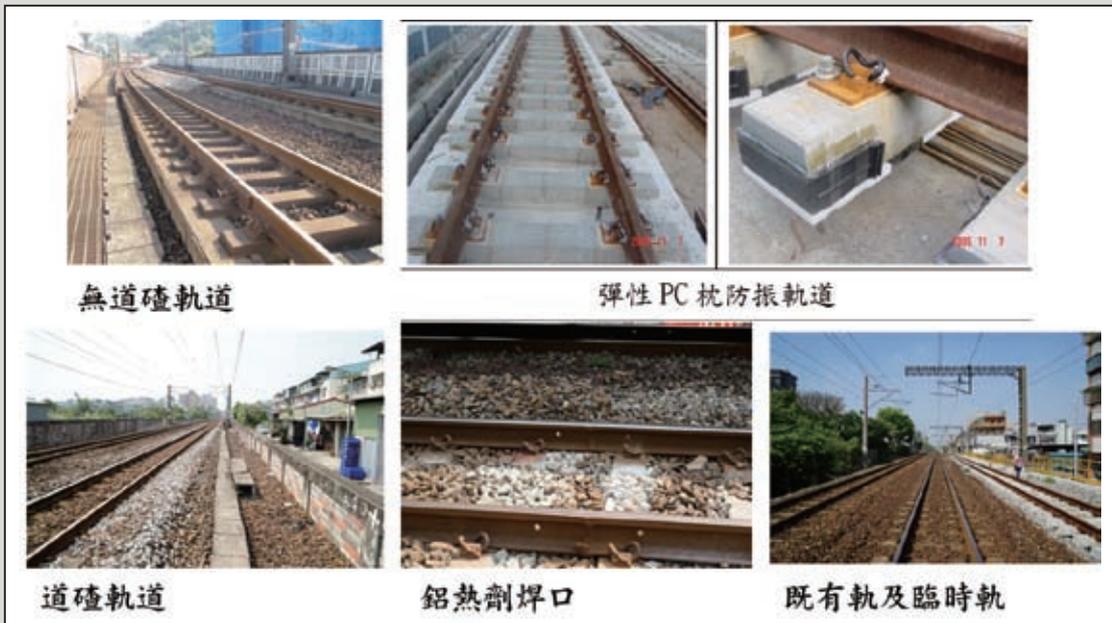


圖5 沿線軌道現況

沿線軌道以有道碴軌道為主，採50N鋼軌，新建、改建路段採道碴軌道及無道碴軌道，採UIC60長焊鋼軌(參見圖5)。易發生噪音軌道區域有車站兩端之道岔、營運路線之鋼軌接頭、曲線段($R < 500m$)。

參、噪音調查計畫

依現勘紀錄沿線共85處噪音敏感路段，依圖6選點原則研選60處量測代表點進行連續24小時鐵路噪音量測。量測代表點包括沿線平面段、

高架段、隧道口及車站附近住宅，測點與最近軌道中心距離4.1~40.2公尺，相對軌道踏面高度1.2~22.5公尺，多為第三、四類噪音管制區，管制標準為“小時均能音量”(L_{eq,1h})「早」、「晚」、「日間」時段75dB(A)、「夜間」時段70dB(A)，全天“平均最大音量”(L_{max,mean,1h})85dB(A)。

針對超標測點依通過之車種、軌道及結構型式探討噪音發生成因，同時為鑑別超標測點所測得整體音量之主次噪音源分布及其貢獻量，參照ISO 3095量測方法，分別於平直長路段

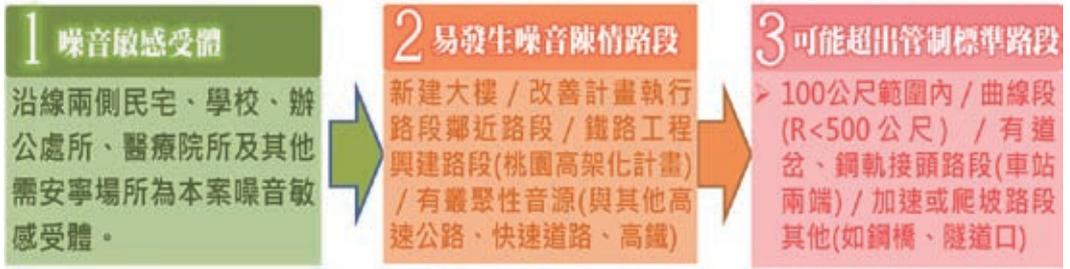


圖6 選定噪音敏感路段量測代表點原則

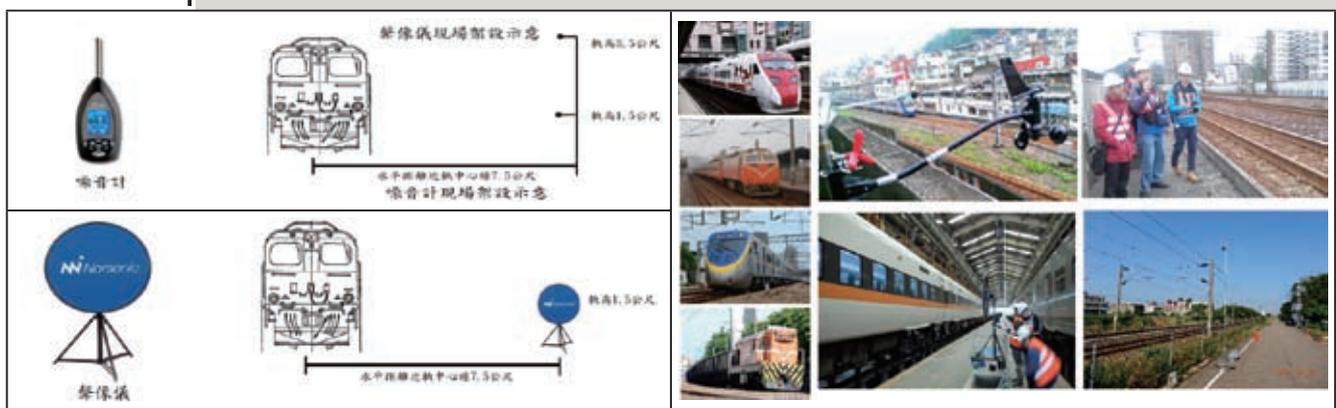


圖7 研究範圍鐵路噪音調查工作情形

進行超標車種動態噪音量測，以及於調車場進行相同車種靜態量測，現場均同步採用聲像儀(Acoustic Camera)及噪音計(參見圖7)。

肆、噪音調查結果

研究範圍60處量測代表點調查結果顯示，“小時均能音量”(L_{eq,1h})於「早」時段介於50.8~72.5dB(A)、「日間」時段介於55.1~76.1dB(A)、「晚」時段介於58.3~74.2dB(A)、「夜間」時段介於39.3~72.0dB(A)；“平均最大音量”(L_{max,mean,1h})於「早」時段介於70.2~93.5dB(A)、「日間」時段介於72.8~97.5dB(A)、「晚」時段介於73.5~91.3dB(A)、「夜間」時段介於65.2~93.2dB(A)。

超標測點包括“小時均能音量”5處，測點距軌道中心約5~9m，高度在軌道踏面上方

1.5~4m；“平均最大音量”31處，測點距軌道中心約4~26m，高度在軌道踏面上1.2~20m(參見圖8)。統計超出標準小時數介於1~20小時，超出標準0.1~12.5dB(A)。

統計31處測點平均最大音量之超標發生於鋼軌不連續接頭或焊接處、路基沈陷、彎道、道岔，以及列車鳴笛。超標列車包括電聯車、太魯閣號、普悠瑪號、電力機車客貨列車、推拉式自強號、柴電機車貨運列車、柴油客車。

伍、音源鑑別調查

為釐清超標路段列車超出標準之成因，依據ISO 3095量測標準及陸上運輸系統噪音管制標準規定，選定於兩處校估路段、兩處調車場等場所，針對超標車種各音源(車輛之車頂空調噪音、車底下之機電動力噪音以及輪軌噪音、

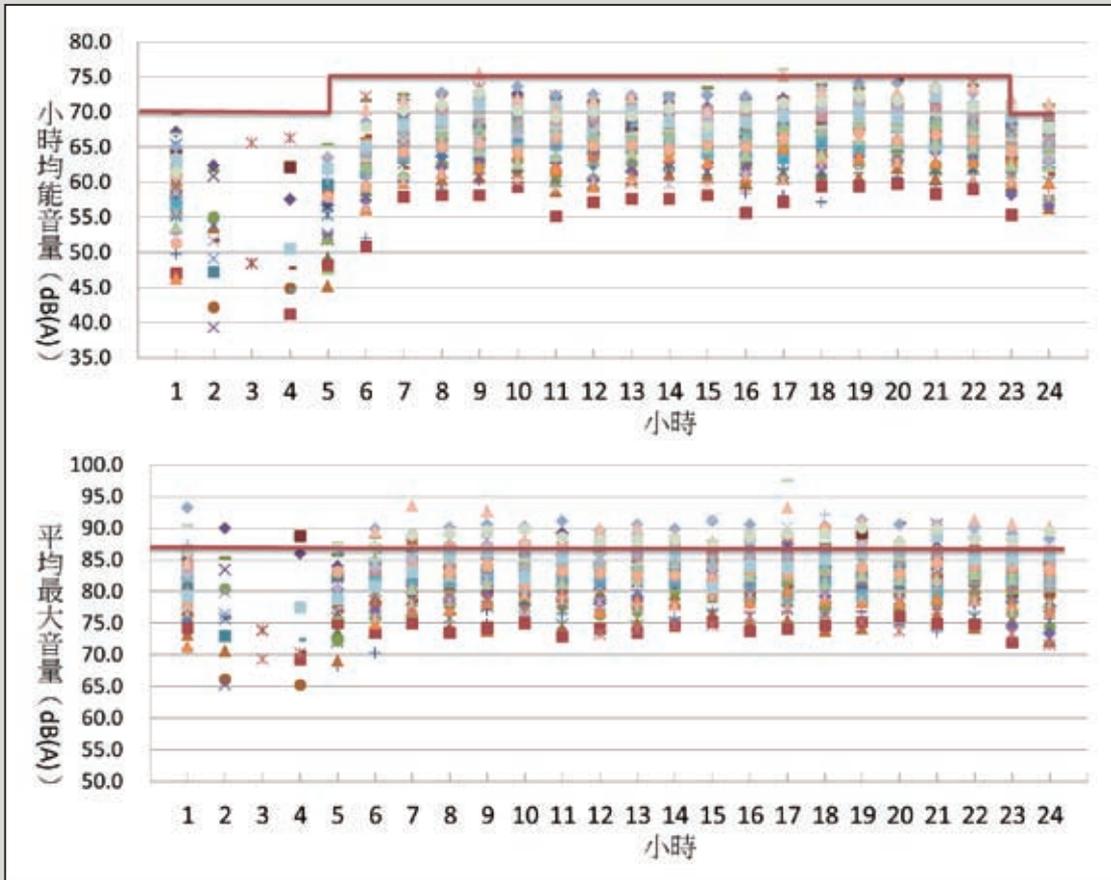


圖8 60處量測代表點“小時均能音量”及“平均最大音量”逐時分布

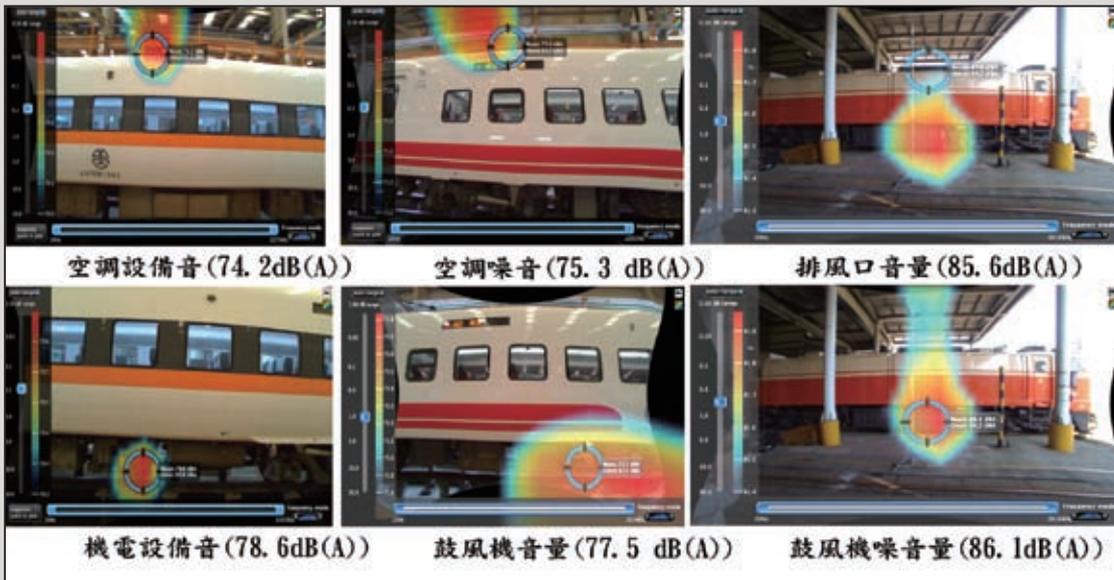


圖9 各車種靜態測試主要噪音源發生位置及音量

鳴笛音，路線之鋼軌接頭音、橋梁結構噪音等) 進行動態、靜態音量量測，就整體音量之貢獻

量及頻譜進行分析，各車種各設備音位置、音量及各音源能量比詳見圖9、表1及圖10、表2。

表1 各車型靜態檢測各設備音位置及能量比

車種	音源位置	位置 (距軌道踏面高度1.5m)	音量 (dB(A))	能量比 (%)	檢測車數
太魯閣號 (TEMU1000)	機電設備	0.8	78.6	73	1
	空調設備	3.4	74.2	27	
普悠瑪號 (TEMU2000)	機電設備	0.8	77.5	62	1
	空調設備	3.4	75.3	38	
PP自強號	排風口	3.1	90	68	1
	電軔電阻器	3.9	86.8	32	
電聯車(EMU500)	機電設備	0.86	79.9	40	1
	空調設備	1.5	81.6	60	
柴油客車 (柴油客車DRC)	引擎噪音	0.86	94.4	94	1
	空調設備	3.9	82.7	6	
E系列機車 (E209)	機電設備	2.1	77.2	34	1
	鼓風機	0.9	75.6	24	
	排風口	4.1	78.1	42	
E系列機車 (E307)	機電設備	2.1	84.0	33	1
	鼓風機	0.9	84.8	39	
	排風口	4.1	83.3	28	
E系列機車 (E403)	機電設備	2.1	85.0	29	1
	鼓風機	0.9	86.6	42	
	排風口	4.1	84.9	29	

註：資料來源為104.2.10及104.2.13於樹林調車廠以及七堵調車場實測分析數據。

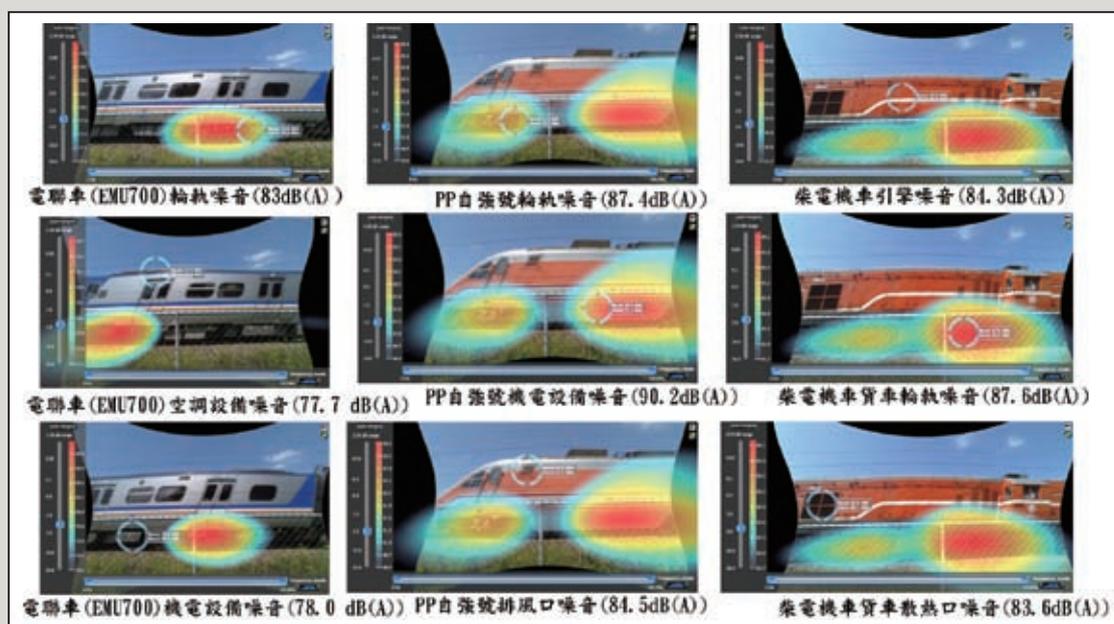


圖10 各車種動態測試主要噪音源發生位置及音量

表2 各車種動態檢測輪軌音及設備音之位置及能量比

車種	音源位置	位置 (距軌道踏 面上高度)	車速 (km/h)	聲像儀測值 (L=7.5M,H=1.5M)		噪音計測值 (L=7.5M,H=1.5M)	
				音量(dB(A))	能量比(%)	整體音量	音量(dB(A))
太魯閣號 (TEMU1000)	機電設備	0.8	122	83.8	16.8	87.9	80.2
	空調設備	3.4		86.8	33.6		83.2
	輪軌	0.8		88.5	49.6		84.9
普悠瑪號 (TEMU2000)	機電設備	0.8	123	77.2	2.8	89.6	74.1
	空調設備	3.4		74.3	1.4		71.1
	輪軌	0.8		92.6	95.8		89.4
PP自強號	電軔電阻器	3.1	106	82.8	9.3	89.3	78.9
	機電設備	0.8		90.2	50.6		86.3
	排風口	3.1		84.5	13.6		80.6
	輪軌音	0.86		87.4	26.5		83.5
EMU400 電聯車	機電設備	0.86	92	81.8	41.6	84.2	80.4
	空調設備	2.3		78.7	20.4		77.3
	輪軌	0.86		81.4	38.0		80.0
EMU700 電聯車	機電設備	0.86	105	78.0	19.6	88.0	80.9
	空調設備	3.67		77.7	18.3		80.6
	輪軌	0.86		87.0	62.1		85.9
EMU800 電聯車	機電設備	0.86	101	77.1	12.0	87.0	77.8
	空調設備	3.67		77.7	13.8		78.4
	輪軌	0.86		85.0	74.2		85.7
柴電機車	散熱口	2.8	63	83.6	20.2	88.4	81.4
	排風口	3.75		82.0	13.9		79.8
	引擎	2.5		84.3	15.3		80.2
	輪軌	1		87.6	50.6		85.4
DRC 柴油客車	動力設備	0.86	61	80.0	40.1	79.2	75.2
	空調設備	3.9		79.9	37.4		74.9
	輪軌	0.86		77.7	22.5		72.7
DR 柴油客車	動力設備	0.86	122	86.9	55.1	86.3	83.7
	空調設備	3.9		78.3	7.6		75.1
	輪軌	0.86		85.2	37.3		82.0
E系列客車 (莒光號)	動力設備	2.1	90	84.4	13.1	89.6	80.8
	鼓風機	0.9		86.4	20.8		82.8
	排風口	4.1		81.9	7.4		78.3
	輪軌	0.9		90.9	58.7		87.3
E系列貨車	動力設備	2.1	85	83.0	20.5	84.3	77.4
	鼓風機	0.9		84.2	28.3		78.8
	排風口	4.1		82.8	19.6		77.2
	輪軌	0.9		85.1	31.7		79.3

註：資料來源為104.2.10及104.2.13於新竹湖口路段里程K91+700及104.4.1宜蘭員山路段里程K69+396距軌道中心線水平距離7.5公尺在軌道踏面高度1.5公尺實測值。

陸、超標成因分析

綜合超標主因包括因軌道狀況、車速快所產生之軌輪音、以及列車引擎、鼓風機、發電機等所產生之設備音及鳴笛音。統計通過鋼軌接頭及鋼軌焊接處之衝擊音，共27處超標測點，佔總超標數31處之87%最多(參見表3)。針對各測點超標成因綜合歸納逐項說明如下：

表3 測點超標之成因

音源種類	超標主因	發生所在	超標測點數
輪軌音	軌道	鋼軌接頭	14
		焊接處	13
		彎道	4
		道岔	2
		路基沈陷	3
	車速快	電聯車	24
		太魯閣號	20
普悠瑪號		22	
設備音	引擎、鼓風機、發電機、空調機等	電力機車客運列車	26
		推拉式自強號	28
		柴電機車貨運列車	10
		柴油客車	4
	鳴喇叭	4	

一、列車通過鋼軌不連續接頭或焊口之音量差異分析

比較各營運車種通過平滑長焊鋼軌與鋼軌不連續接頭或不同焊接焊口之音量差值，其中通過魚尾板接頭平均噪音增量約6.1dB，通過鋁熱劑焊接焊口平均差值為5.4dB，通過瓦斯壓接焊口平均差值為2.3dB，通過電阻火花接焊口平均差值為1.7dB為最低，即是列車通過此種焊口衝擊音最小(參見圖11及圖12)。

二、各車種最大音量超標範圍分析

在平直又無接頭音檢測路段，不同營運車種測得最大音量超過管制標準85dB(A)以上，超標音量介於0.2~4.6dB(A)，電聯車、E系列客車、推拉式自強號、部分柴電機車等車種於距離近軌中心水平15公尺外可符合最大音量標準85dB(A)以下，然太魯閣號及普悠瑪號須於距離近軌中心水平25公尺外可符合最大音量標準(參見表4)。

由於上述各車種通過檢測路段之車速並非實際最高營運車速，且不含設備音影響，因此實際超標影響範圍將更大。

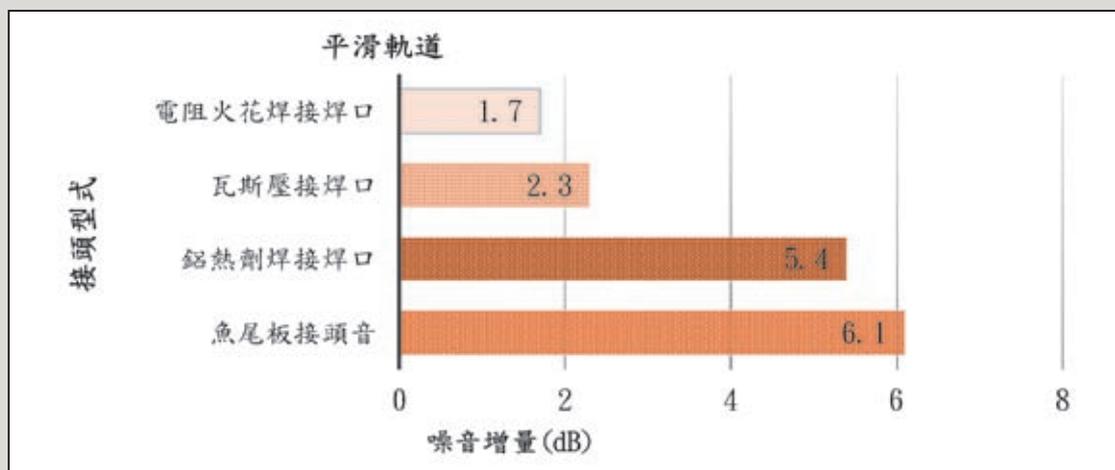


圖11 鋼軌不同接頭音差異分析

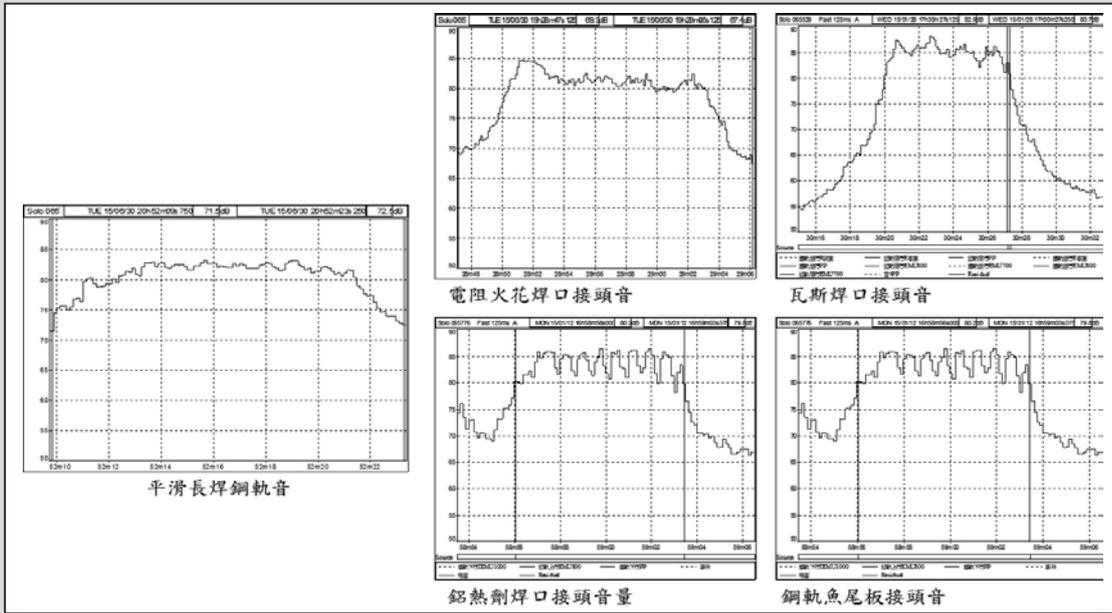


圖12 列車通過鋼軌不同接頭音歷時音量變化

表4 不同距離各車種行駛噪音量調查及推估

車種	車速 (km/h)	L _{max,H7.5,v1.5} 實測值	L _{max,H15,v1.5} 推估值	L _{max,H25,v1.5} 實測值
電聯車(EMU400)	92	84.2	81.2	74.8
電聯車(EMU700)	100	82.5	79.5	74.0
	92	82.2	79.2	73.5
電聯車(EMU800)	92	83.0	80.0	73.6
	99	83.1	80.1	73.9
	101	85.5	82.5	76.4
	99	85.2	82.2	75.9
	56	77.5	74.5	67.8
	91	84.9	81.9	75.9
	99	80.3	77.3	73.2
E系列客車	101	84.5	81.5	74.9
	86	87.4	84.4	78.0
	61	82.1	79.1	73.8
PP自強號	80	87.8	84.8	79.5
	110	87.4	84.4	79
柴電機車(R)	92	85.4	82.4	77.2
	52	85.8	82.8	75.2
	63	88.4	85.4	78.5
太魯閣號(TEMU1000)	122	87.9	84.9	78.0
普悠瑪號(TEMU2000)	123	89.6	86.6	80.5

註：■表示超出管制標準85dB(A)以上;H:水平距離(m);v:垂直距離(m)

三、各車種鳴笛音超標範圍分析

調查結果顯示各車種之喇叭音量分布約在102.6~115.6 dB(A)，其中以電力機車E403型最高，DRC柴油客車最低。

四、列車通過不同橋梁型式之音量差異分析

於研究範圍選擇兩處高架路段，各處橋梁結構包括鋼橋及混凝土橋，以同一列車通過鋼橋及混凝土橋時，於橋面下方離橋底板1公尺處同步進行噪音量測，結果顯示列車通過鋼橋所產生之音量大於混凝土橋，兩處鋼橋增加之“均能音量”為3.2 dB(A)及4.6dB(A)，增加之“最大音量”為3.5 dB(A)及4.7dB(A)。

五、列車通過大樓垂直音量差異分析

於研究範圍高架段之選定西正線大樓之1樓、7樓、13樓，以及東正線之1樓、6樓、13樓進行噪音量測，由於1樓測點位於高架橋下方，主要音量組成為橋梁結構音，其他樓層測點之

噪音源主要列車直接音，及軌道區與對面建物之反射音。列車行駛中間軌時，高樓層測得音量未隨距離衰減，反而大於低樓層音量，尤其以車速快之太魯閣號及普悠瑪號更為明顯(參見圖13)。

柒、沿線噪音超標範圍預測

依據超標測點附近鐵路線形、軌道及結構型式，以及地形資料，以德國CadnaA/Schall103噪音預測模式建立預測模型(參見圖14)，以超標車種之平均最大音量估計最大超標範圍。預測各車種輪軌音超標水平範圍約介於外側軌道中心線10.2~74.7公尺，超標垂直範圍為軌道踏面上方4~49公尺，最大超標範圍之車種為普悠瑪號。另外，鳴笛超標範圍預測可達100.4公尺，預測柴電機車設備音之超標範圍約介於營運路線外側軌道中心線水平距離9.4~58.5公尺，最大超標範圍發生於機車加油爬坡路段(參見圖15)。

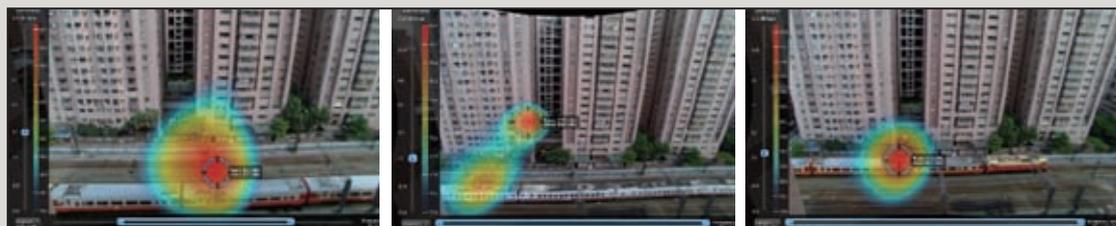


圖13 各車種行駛不同軌道(近軌、中間軌及遠軌)主要音源發生位置

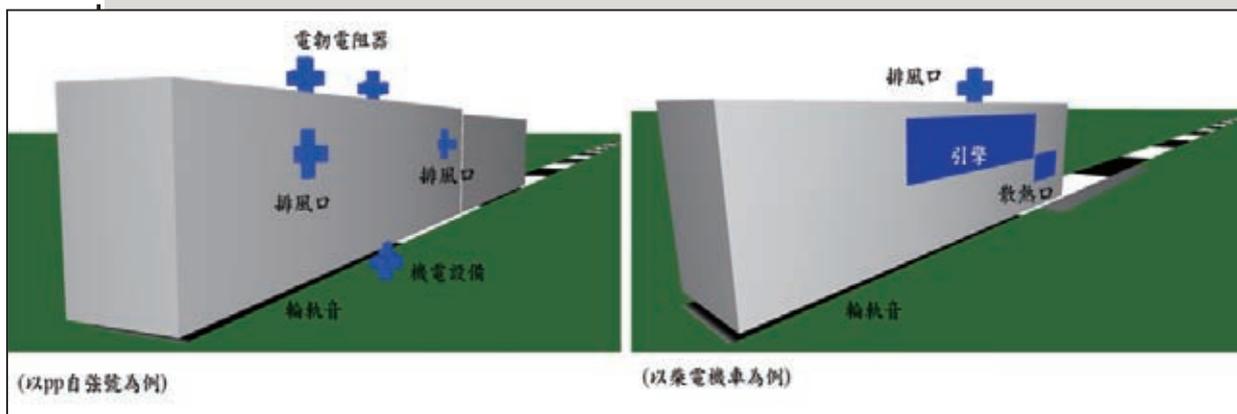
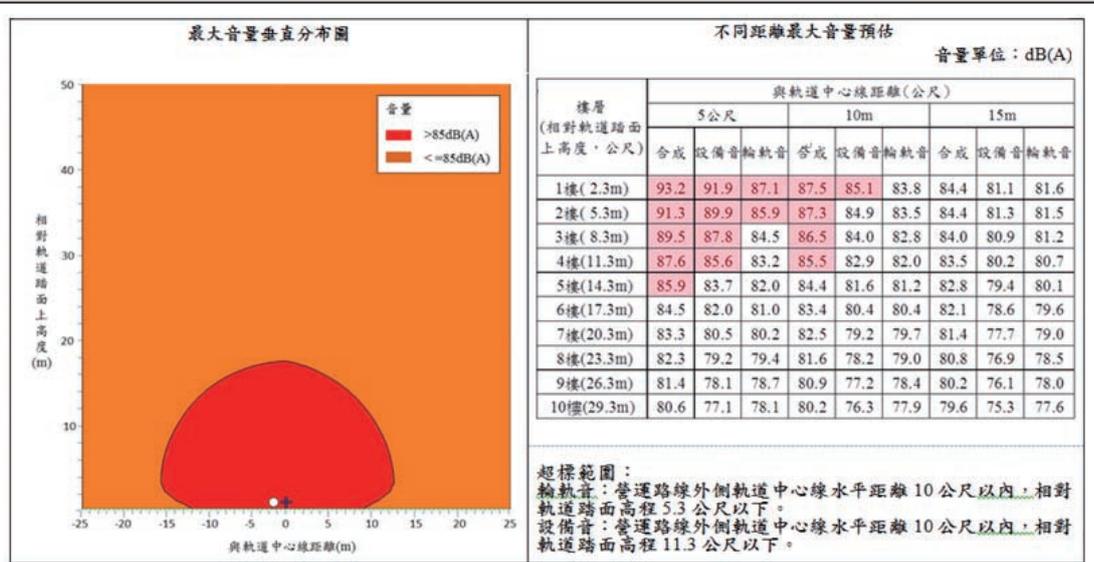
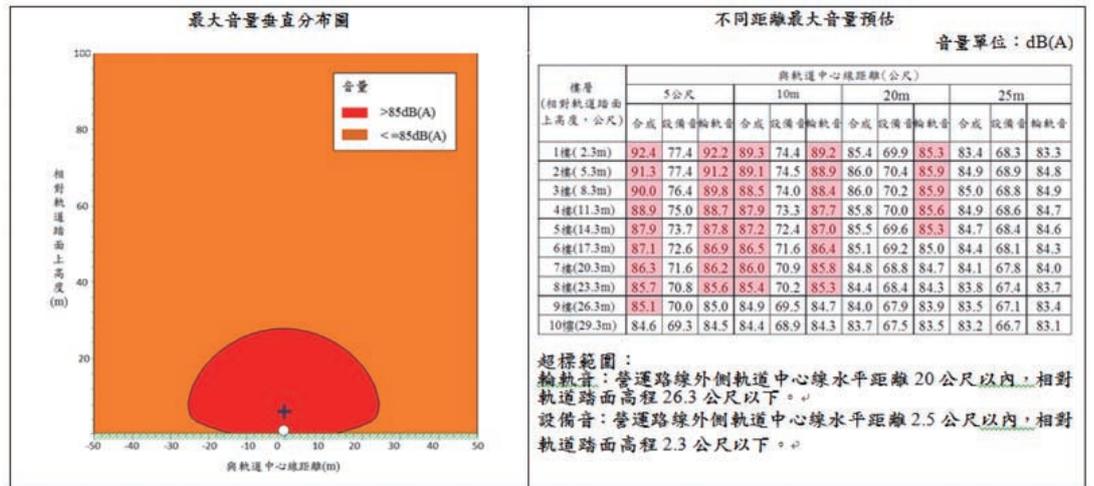


圖14 噪音預測模型



PP 自強號(車速 130km/h)最大音量超標範圍預估



普悠瑪號(車速 140km/h)最大音量超標範圍預估

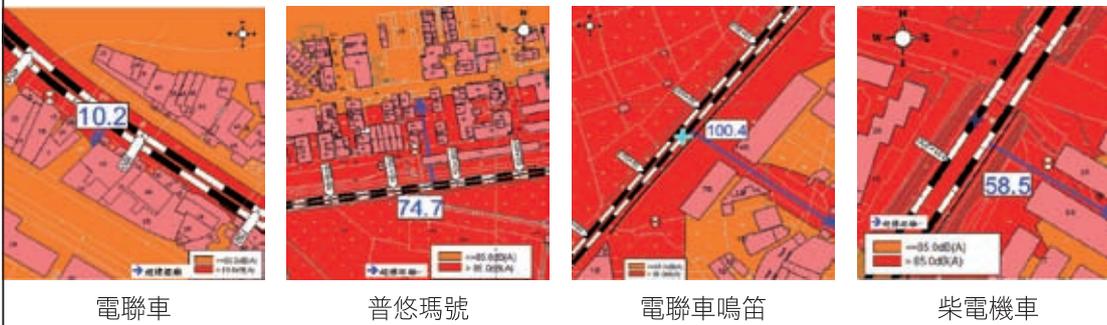


圖15 各車種最大音量超標範圍預測

捌、結果討論

研究範圍60處量測代表點共有31處之“平

均最大音量”超出管制標準，依據於路線上及調車場之成因分析、音源鑑別調查，以及模式預測，本研究結論歸納如下：

- 一、超標主因包括因軌道狀況、車速快所產生之軌輪音、以及列車引擎、鼓風機、發電機等所產生之設備音及鳴笛音。經統計通過鋼軌接頭及鋼軌焊接處之衝擊音，超標測點共27處，佔總超標數31處之87%最多，平均噪音增量約介於1.7~6.1dB(A)。
- 二、營運路線超標車種包括電聯車、太魯閣號、普悠瑪號、電力機車客貨列車、推拉式自強號、柴電機車貨運列車、柴油客車等。
- 三、預測模式推估各車種超標範圍約介於外側軌道中心線水平距離10.2~74.7公尺，垂直距離為距軌道踏面上方4~49公尺，鳴笛超標範圍預測可達100公尺。

參考文獻

1. 陸上運輸系統噪音管制標準(102.09.11.修正公告)
2. 陸上運輸系統噪音測量方法(103.12.8)公告
3. ISO3095, "Railway applications - Acoustic-Measurement of noise emitted by railbound vehicles.", 2005年。
4. ISO9613-2, "Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors-Part 2: General method of calculation", 2005年。
5. Norsonic, "Metro station in Taipei, Taiwan", 2013年。
6. Norsonic, "Acoustic Camera Nor848A Product Data"。
7. Schall 03, Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (the Calculation of Sound Immission from Railways, in German), Akustik 03, Ausgabe 1990, Deutsche Bundesbahn, Bundesbahn-Zentralamt München。
8. 『交通噪音管制及改善措施成效提升計畫』，行政院環境保護署計畫，民國102年12月。
9. 『Transit Cooperative Research Program-Report 23 Wheel/Rail Noise Control Manual』，Transportation Research Board National Research Council。
10. 環保署，「鐵路交通噪音評估模式技術規範」。
11. 交通部臺灣鐵路管理局，「宜蘭線K8+050~150左側噪音改善計畫書」，2012年2月。
12. 交通部臺灣鐵路管理局，「宜蘭線K8+250~550左側噪音改善計畫書」，2012年。
13. 黃勢淵，「台鐵系統振動噪音調查與分析」，國立台灣海洋大學系統工程暨造船學系碩士論文，2009年。
14. DataKustik GmbH，「CadnaA_Reference_v45」，2014年。
15. 王聰貴，「CadnaA於交通系統之應用與實例說明及意見」簡報，交通噪音改善計畫及補助計畫研商會議，2011年6月21日。



3

專題報導