

2 Chapter

道路噪音

2.1 噪音特性

- 2.1.1 噪音源
- 2.1.2 車輛噪音特性
- 2.1.3 道路噪音特性
- 2.1.4 車外加速噪音標準
- 2.1.5 高速公路兩側高層建築物噪音影響
- 2.1.6 隧道口噪音
- 2.1.7 有無隔音牆比較

2.2 噪音預測和評估

- 2.2.1 道路噪音預測
- 2.2.2 道路噪音評估

2.3 噪音控制

- 2.3.1 車輛噪音的控制
- 2.3.2 低噪音路面
- 2.3.3 隔音牆
- 2.3.4 隔音綠化帶
- 2.3.5 高架道路裡吸音設施

2.3.6 隔音罩

2.3.7 伸縮縫

2.4 管制法規、指標及標準

- 2.4.1 中華人民共和國
- 2.4.2 香港
- 2.4.3 美國
- 2.4.4 日本
- 2.4.5 歐盟
- 2.4.6 國外交通噪音法特點
- 2.4.7 各國汽車噪音限制標準比較
- 2.4.8 國外交通噪音量測指標
- 2.4.9 中華民國

2.5 偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制

2.6 高架橋梁下之噪音改善

習題



本章的道路噪音指高速公路、快速公路和隧道相關的交通噪音，但不包括鐵路、捷運和輕軌等軌道交通噪音。本章將介紹道路噪音的噪音源及其特性、測量、指標、標準、評估和預測方法，最後，提出道路噪音的常用控制方法及高速公路橋梁下之噪音改善方式。

2.1 噪音特性

行駛中車輛是環境噪音主要污染源之一，影響面積最廣，時間最長，依據相關統計，通常都市受交通噪音影響的區域佔全市範圍的 30%~70%。我國目前交通噪音污染 80% 的都市超過 70 dB(A)，甚至有超過 80 dB(A) 的。國外自 20 世紀 30 年代就開始了對道路交通噪音的研究，60 年代開始進入了全面、系統的研究，不少國家的道路交通噪音已低於 65 dB(A)。隨著都市交通的不斷發展和加快，陸上交通噪音污染已變得日趨嚴重，成為引人注目的環境問題之一。交通噪音一般是 60~80 dB(A) 的中等強度噪音，而當聲音強度達到 50 dB(A) 以上時，開始影響腦力思考；80~90 dB(A) 時將明顯影響工作，使人談話須提高音量。

一般來講，交通噪音來源於交通工具自身及其與路面、軌道的相互作用。汽車工業界定義凡是不經過結構傳遞力至車身而產生之噪音為空氣噪音 (airborne noise)。常見的風切音、進排氣音、風扇噪音等都屬於空氣噪音。空氣噪音主要包含：

1. 振動體表面輻射的噪音，穿透車身的隔音材料而傳到乘座艙。
2. 空氣吹打在汽車上，因空氣流場變化所造成之噪音 (例如氣流流經孔、縫隙及空氣流場變化而產生的噪音)。

因此，防制這類噪音時，除了檢查可能的噪音源外，尚須從隔音、吸音、消音及伸縮縫上著手。

2.1.1 噪音源

道路交通噪音主要是由於車輛在行駛時，車輛自身動力系統 (包括發動機系、變速箱、傳動系統及輪軸等) 以及輪胎與路面磨擦所產生的，汽車是一個包括各種不同性質噪音的綜合噪音源。汽車在公路上行駛時，輪胎與路面之間的磨擦碰撞、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、煞車等) 都是產生噪音的原因。由於汽車噪音源中，沒有一個是完全密封的，因此，汽車整車所產生的噪音，就決定於各音源的噪音量、特性和它們的相互作用。道路交通噪音能量主要集中在 250 Hz~1,000 Hz 頻率範圍內，而高速公路輪胎磨擦低頻噪音小時均能音量多在 50 dB(A) 至 60 dB(A) 之間。

一 動力系統噪音

車輛動力系統噪音 (又稱驅動噪音) 主要指動力系統輻射的噪音，包括發動機系統噪音及傳動系統噪音等。其中發動機系統是主要的噪音源，包括進氣噪音、排氣噪音、冷卻風扇噪音、燃燒噪音和機械噪音等。其中，燃燒噪音和機械噪音是通過發動機表面向空氣輻射的，而其餘幾種發動機系統噪音是直接向空氣輻射的。進氣噪音通常可高出燃燒噪音和機械噪音 5 dB(A) 左右，

而排氣噪音則高出燃燒噪音和機械噪音達 5 dB(A) ~ 20 dB(A)。當發動機高速運轉時，冷卻風扇也會成為發動機系統的主要噪音源。動力系統噪音的強度主要取決於發動機的排量及轉速，與車型及車速有直接關係。如大型車的動力系統噪音要大於小型車，車速增大及車輛爬坡時，動力系統噪音也會增大。

二 輪胎噪音

整體而言，在汽車噪音來源中，當車速較低或路面乾燥時，引擎噪音佔主要成分；而當車速較高或路面較濕時，輪胎噪音佔主要成分。一般車輛行駛速度 > 55 km/h 時，以輪胎噪音為主，產生輪胎噪音的原理一是車輛與路面磨擦所產生的噪音，屬於低頻噪音，這種噪音是路面噪音；二是輪胎與路面之間輪胎紋路中空氣壓縮而產生的空氣動力系統噪音，屬於高頻噪音，這種噪音是胎紋噪音。車速一般 < 55 km/h 時，以機械部分：包括引擎、風扇、進氣和排氣、傳動和輔助設備，汽車負載的上下跳動、煞車以及喇叭鳴號等噪音為主。當車輛高速行駛時 100 km/h，引擎噪音約 65 dB(A)，輪胎噪音約 78 dB(A)，合成噪音約 78 dB(A)，輪胎噪音佔約 100%。輪胎噪音的大小與輪胎花紋構造、胎壓、承載量、輪胎磨損、路面特性（材料構造、路面紋理）及車速有關，其噪音量隨車速的增大而增大。

輪胎噪音是指車輛在行駛過程中輪胎與路面的接觸噪音，又稱輪胎 - 路面噪音。它由輪胎直接輻射的噪音和由輪胎激勵車體振動產生的車內噪音兩部分構成。輪胎直接輻射的噪音，按其產生原理可分為以下幾類：

1. **輪胎表面花紋噪音（空氣泵噪音）**：由於輪胎的滾動，在接觸地面時花紋溝部容積變小，離開地面時容積恢復，這樣會導致空氣的壓縮膨脹從而產生爆破音（類似於空氣泵），其主要頻率範圍在 800 Hz ~ 5 kHz。
2. **道路凹凸噪音**：由於路面小的凹凸內空氣被壓縮，產生的排氣噪音。
3. **輪胎彈性振動噪音**：由於路面的凹凸不平和輪胎的不均勻性，引起胎面和胎側的彈性振動噪音。
4. **輪胎自激振動噪音**：當汽車急速啟動和急速制動、急速轉向時，輪胎胎面相對於道路表面發生局部自激振動，由此產生刺耳的噪音，又稱尖嘯噪音。自激振動噪音的頻率範圍大約為 500 Hz ~ 1 kHz。
5. **輪胎空氣紊流噪音**：由於輪胎的滾動，在輪胎周圍產生空氣的紊流誘發出的噪音。此類噪音一般比較小，可以忽略。

2.1.2 車輛噪音特性

在討論交通噪音時，通常將車輛分為大車、中車、小車三類，大型車是指大型客車和重型貨車，中型車是指中型客車和中型卡車，小型車是指小客車和輕型貨車，但交通噪音電腦模擬不

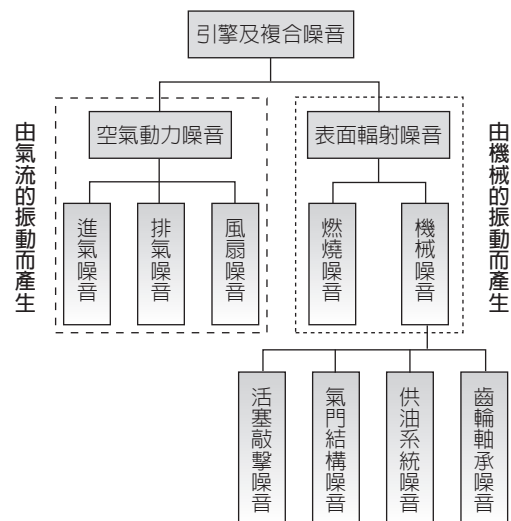


圖 2.1-1 引擎及複合噪音源分類示意圖

同，只分為大車、小車二類。下面簡要介紹各類車輛的行駛噪音和輪胎噪音的強度、頻譜分佈及其影響因素。

一 車輛噪音強度

(一) 行駛噪音強度

經測量，在距行車線 7.5 m (參考點) 處的平均噪音值 $L(\text{dB(A)})$ 與車速 $V(\text{km/h})$ 之間有如下經驗關係式：

1. 小型車

瀝青混凝土路面：
$$L = 12.6 + 34.73 \log_{10} V \quad (2-1)$$

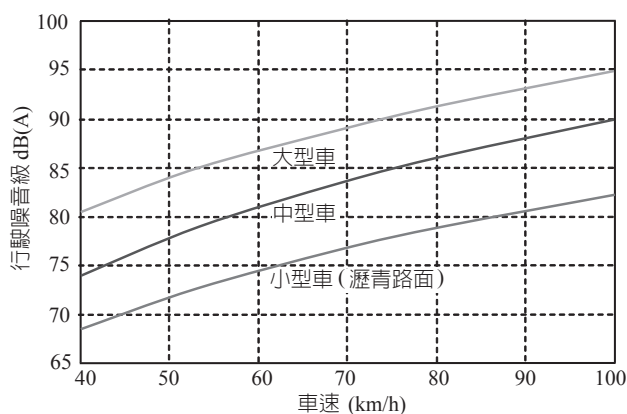


圖 2.1-2 車輛行駛噪音值與車速關係圖

2. 中型車

$$L = 8.8 + 40.48 \log_{10} V \quad (2-2)$$

3. 大型車

$$L = 22.0 + 36.32 \log_{10} V \quad (2-3)$$

根據以上關係式繪製的車輛行駛噪音值與車速的關係見圖 2.1-2。影響行駛噪音強度的主要因素有載重量、路面材料、路面粗糙度、路面平整度及路面縱坡等。

(二) 輪胎噪音強度

1. 小型車

測量結果表明，路面材料對小型車的輪胎噪音影響很大。在剛性路面上，其強度隨車速增大而迅速增加 (見表 2.1-1)。

表 2.1-1 小型車輪胎噪音值

車速 (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
水泥混凝土路面 (dB(A))	69.8	72.6	75.1	77.4	79.4	81.3	83.0	84.6
瀝青混凝土路面 (dB(A))	69.1	70.9	72.5	73.9	75.2	76.3	77.4	78.3
噪音值差值 (dB(A))	0.7	1.7	2.6	3.5	4.2	5.0	5.6	6.3

當車速大於 80 km/h 時，行駛噪音中輪胎噪音佔主導地位。在柔性路面上，行駛噪音中輪胎噪音也略高於動力系統噪音。經測量，在距行車線 7.5 m 處，輪胎噪音值 $L(\text{dB(A)})$ 與車速 $V(\text{km/h})$ 的關係式如下：

水泥混凝土路面：
$$L = 29.5 \times V^{0.220} \quad (2-4)$$

瀝青混凝土路面：
$$L = 39.7 \times V^{0.142} \quad (2-5)$$

2. 中型車

據測量，中型車的輪胎噪音與路面材料關係不大，且在任何車速下其輪胎噪音值與動力系統噪音值十分相近。距行車線 7.5 m 處的輪胎噪音值 $L(\text{dB(A)})$ 與車速 $V(\text{km/h})$ 的關係式如下：

$$L = 28.77 \times V^{0.25} \quad (2-6)$$

3. 大型車

據測量，路面材料對大型車的輪胎噪音影響不大，且在任何車速下行駛噪音中動力系統噪音值均略大於輪胎噪音值，但載重量會增加輪胎噪音。距行車線 7.5m 處的輪胎噪音值 $L(\text{dB(A)})$ 與車速 $V(\text{km/h})$ 的關係式如下：

$$L = 32.12 \times V^{0.225} \quad (2-7)$$

二 車輛噪音頻譜

表 2.1-2 中所示為三種車型的噪音頻率範圍。由表可見，小型車的噪音以中高頻音為主，中型、大型車的噪音以中低頻音為主。另外，水泥混凝土路面 (cement concrete pavement) 上的噪音頻率比瀝青路面上的要高。

表 2.1-2 車輛噪音的頻率分佈

車型	車速 (km/h)	行駛噪音頻率 (Hz)		輪胎噪音頻率 (Hz)	
		瀝青混凝土路面	水泥混凝土路面	瀝青混凝土路面	水泥混凝土路面
小型車	60 ~ 120	500 ~ 2 k	630 ~ 2.5 k	630 ~ 2 k	800 ~ 2.5 k
中型車	40 ~ 80	80 ~ 800	125 ~ 1.6 k	160 ~ 1 k	315 ~ 1.6 k
大型車	40 ~ 80	80 ~ 1 k	250 ~ 2 k	250 ~ 1 k	315 ~ 2 k

2.1.3 道路噪音特性

道路交通噪音是由各種機動車輛行駛而產生的，因此具有連續性。當機動車輛駛近或遠離時，路側的環境噪音值會逐漸變大或逐漸衰減；並且，道路上行駛的車輛很多，類型眾多，各車載重情況及車間距又各不相同，因而噪音錯綜複雜；再之，道路上的交通量隨時、隨地變化，一般上午 8 ~ 10 點，下午 17 ~ 19 點交通量最大，在夜間車輛流量又大規模減少，這些都增加了道路交通噪音的複雜性。

一 道路噪音評估量

許多的實測資料及分析表明，道路交通噪音是一種典型的隨機非穩態噪音，道路暫態噪音值隨時間的變化情況較為複雜 (如圖 2.1-3 所示)，它與道路上車輛流量、各車型構成比例、行駛狀態及道路條件等多種因素有關。道路交通噪音的這些特點，使得它的評估不能用簡單的噪音值大小來衡量，應採用包含噪音值別、發生次數、持續時間、噪音變動幅度等內容的統計參數，這樣才能反應出交通噪音的特點和對人感覺上和心理上的影響。目前，國際上還沒有統一的道路交通噪音評估標準，常用的是累積百分比均能音量 L_x 和 A 加權均能音量 L_{Aeq} 。

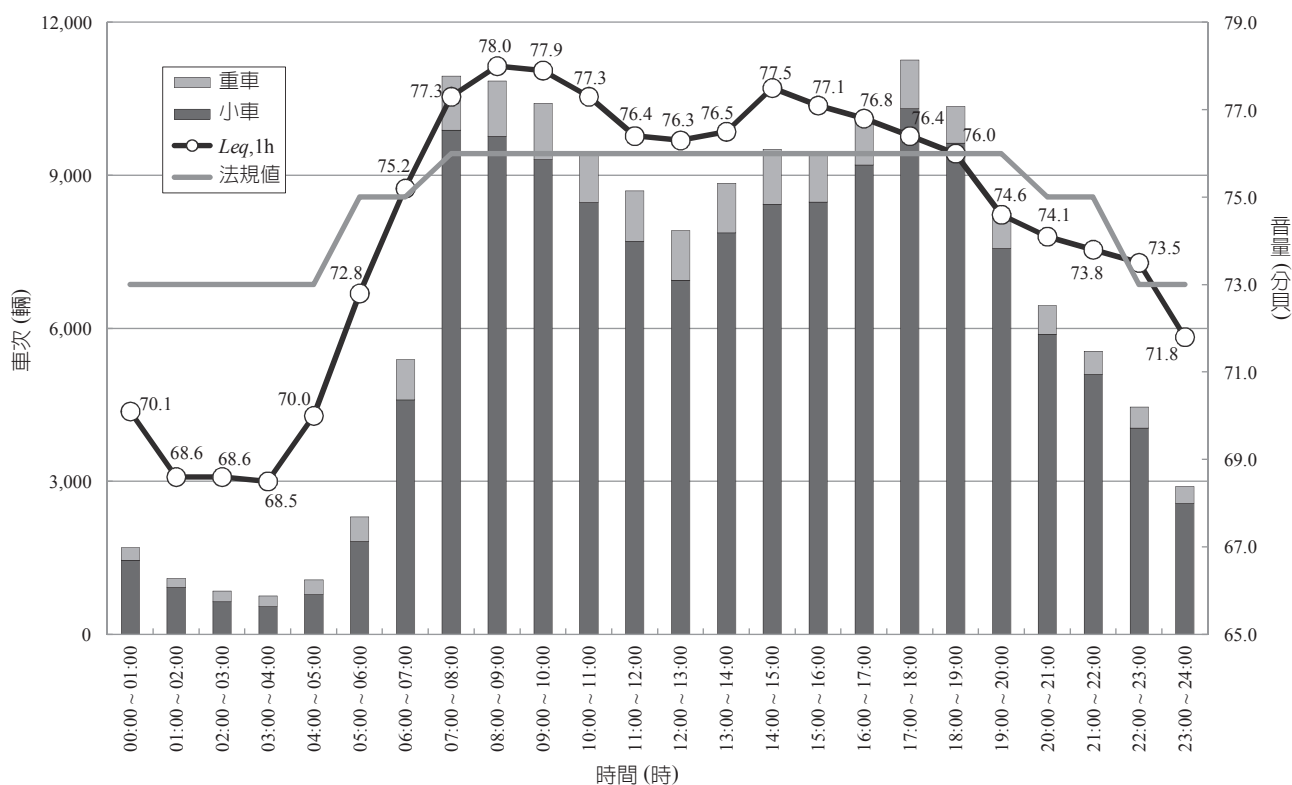


圖 2.1-3 典型的交通與噪音一日變化圖

在對環境噪音進行連續監測時，在監測時間內的噪音值超過某一噪音值的時間佔總監測時間的百分率為 x ，這一被超過的最低噪音值使用累積百分比均能音量 L_x 表示，常用的有 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 。例如， $L_{10} = 75 \text{ dB(A)}$ ，表示在整個監測時間內有 10% 的時間其噪音值超過 75 dB(A)； $L_{50} = 65 \text{ dB(A)}$ ，表示在整個監測時間內有 50% 的時間其噪音值超過 65 dB(A)； $L_{90} = 55 \text{ dB(A)}$ ，表示在整個監測時間內有 90% 的時間其噪音值超過 55 dB(A)。因此，累積百分比均能音量 L_{10} 常作為該噪音環境在監測時間內的「峰值」或「事件」噪音值； L_{50} 為中值噪音值，相當於平均噪音值； L_{90} 為「背景」噪音值。對於像交通噪音這種隨時間變化或不連續的噪音，採用噪音能量按時間平均的方法來評估噪音對人的影響更為確切，為此提出了 A 加權均能音量 L_{Aeq} 評估指標。

二 道路噪音影響因素

(一) 車輛行駛狀況

道路上的車輛行駛狀況對交通噪音的影響很大。一般隨行駛速度的增加或採用加速行駛時，道路交通噪音隨之增大；在同一行駛速度下，變速器所處檔位越低，交通噪音也越大。

(二) 交通量及車型比例

道路交通噪音與交通流量的關係實例如圖 2.1-4 及 2.1-5 所示。其中圖 2.1-4 為道路交通噪音 A 加權均能音量與交通量的關係，而圖 2.1-5 為累積百分比均能音量隨交通量的變化關係。從圖中可以看出，隨著交通量的增加，道路交通環境中的噪音源增多，均能音量和累積百分比均能音量都隨之增加。另外，交通量對累積百分比均能音量 L_{50} 、 L_{90} 影響較大，而對「峰值」或「事件」噪音值 L_{10} 影響相對較小。

道路交通噪音不僅和車流量有關，還與車流中各種車型所佔比例有關。圖 2.1-6 及 2.1-7 分

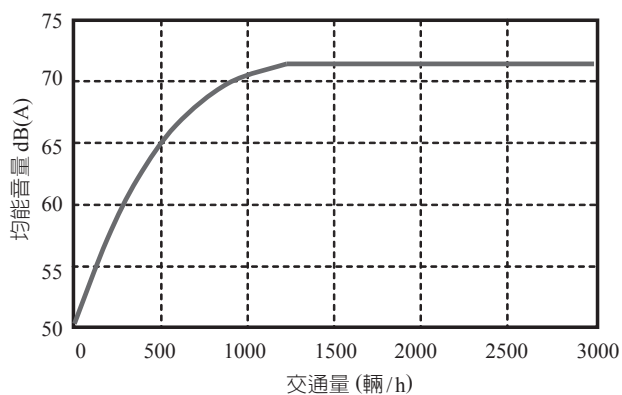


圖 2.1-4 道路噪音均能音量與交通量關係

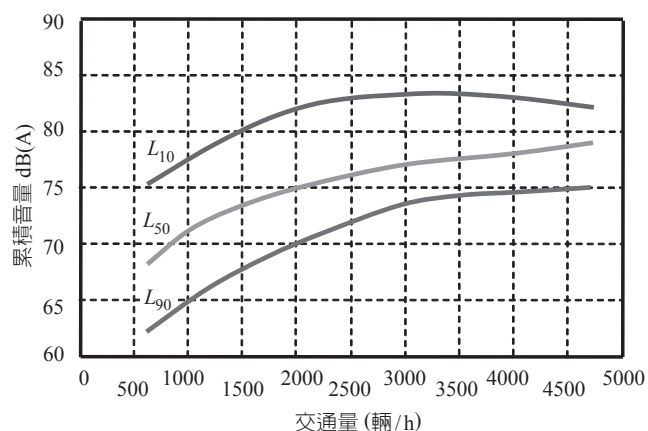


圖 2.1-5 道路噪音累積百分比均能音量與交通量關係

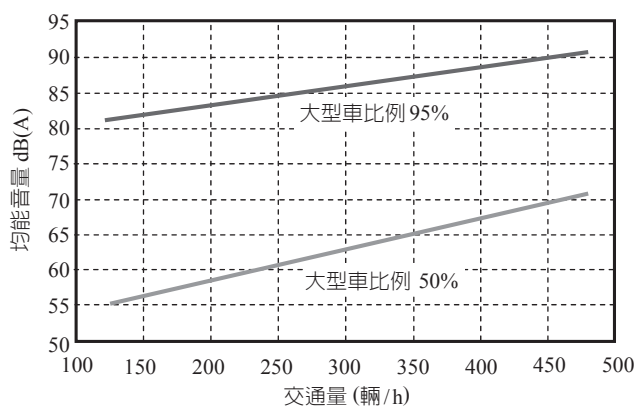


圖 2.1-6 大型車比例對道路均能噪音值的影響

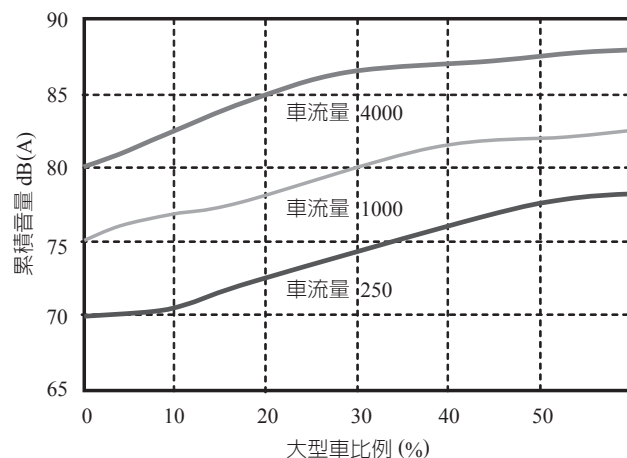


圖 2.1-7 大型車比例對道路累積噪音值 L_{10} 的影響

別提出了車流中大型車比例對交通噪音均能音量和累積百分比均能音量 L_{10} 的影響。由圖可見，隨著噪音較大的大型車比例的增加，交通噪音值有較快的增長。因而，在都市道路噪音的控制中，必須減少駛入市區大型車的數量。一般而言，車流量增加 1 倍，噪音量增加 3 dB(A)。

(三) 道路結構與路面狀況

影響道路交通噪音大小的道路因素有很多，如道路的縱橫斷面形狀、路面狀況、有無護欄(胸牆)和隔離設施、沿路建築物多少等等。

圖 2.1-8 所示為幾種道路結構對交通噪音的影響曲線。從圖中可以看出，不論是採用高架路段(elevated road 或稱橋工段)還是路塹段(cutting road)，路堤段(或稱路工段)的交通噪音要低，其中路塹段的降低噪音效果最好。路塹段降低噪音原理主要在於路側壁面對噪音的阻隔(或吸收)作用，但在路側 10 m 以內，由於噪音在路溝中反射加強的緣故，使噪音有所增加。

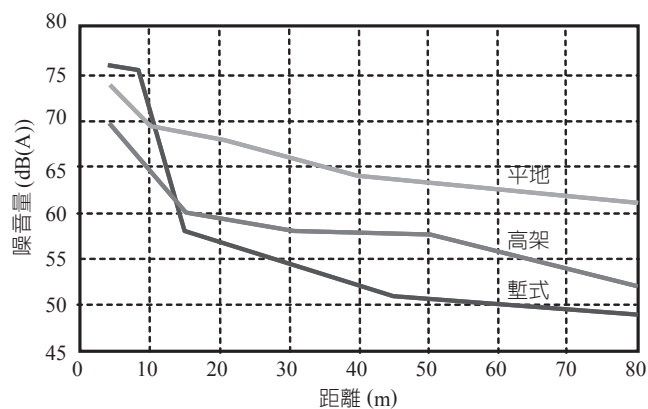


圖 2.1-8 道路結構對道路噪音的影響

當車輛在坡道上行駛時，由於發動機負荷和轉速增加，車輛噪音明顯增加，因而坡道上的交通噪音也隨之增大，尤其是大型車輛的影響更為顯著。表 2.1-3 提出了不同大型車比例的車流在不同坡度的道路上行駛時均能音量的變化情況。

表 2.1-3 路面坡度對道路噪音的影響

路面坡度 (%)	5								7							
	1,000				4,000				1,000				4,000			
車流量 (輛/h)																
大型車比例 (%)	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
均能音量 (dB(A))	67	68.8	70	72	72.5	74.3	75.6	76.7	67.3	72.7	75	77.5	73.7	73.8	81	83.5

2.1.4 車外加速噪音標準

表 2.1-4 加速噪音降低到 80 dB(A) 以下車輛噪音源要求 (距噪音源 8 m 處)

噪音源	音量
引擎噪音 (包括齒輪箱)	75 dB(A)
進氣噪音	66 dB(A)
輪胎噪音	72 ~ 75 dB(A)
傳動軸噪音	65 dB(A)
冷卻風扇噪音	65 dB(A)
排氣噪音	65 dB(A)

如果要把整車最大加速噪音降低到 80 dB(A) 以下，應要求其主要噪音源在 8 公尺處低於下表 2.1-4 數值。

為了進一步降低噪音和減少排氣污染，在一些國家的大都市已經開始試用電動汽車，也有不少國家在研究新的能源車輛。控制機動車輛整車噪音控制主要為機動車輛主要噪音源的控制、設計生產各種低噪音的零件、機動車輛的綜合控制措施。發動機 (引擎) 噪音主要由燃燒噪音和機械噪音組成，在

低轉速時，以燃燒噪音為主，高轉速時以機械噪音為主，機械噪音以活塞敲擊噪音和氣門機械噪音為主，排氣噪音以排氣口輻射噪音和排氣系統本身輻射噪音為主，進氣噪音是不可忽略的主要噪音源，特別是在高轉速時，冷卻系統的風扇噪音在高轉速時對其輻射音能佔總能的 26%，已是不可忽略的噪音源。要控制整車的噪音，必須採用綜合的控制措施，各種降低噪音措施的效果如表 2.1-5 所示。一般而言，車速增加 1 倍，噪音量增加 6 dB(A)。

表 2.1-5 車輛主要噪音源控制措施及其對整車降低噪音效果

音源	控制措施	整車降低噪音 /dB(A)
引擎	安裝引擎隔音裝置	3 ~ 6
	對引擎表面輻射噪音的隔音	2 ~ 4
	選用低噪音引擎	2 ~ 6
排氣系統	安裝高效消音器	2 ~ 3
	採用雙層複合結構的消音器和排氣管	1 ~ 2
	排氣管減振	0 ~ 1
進氣系統	合理設計空氣濾清器，使具有消音效果，或設計濾清 - 消音器	1 ~ 2
冷卻系統	採用低噪音風扇	1 ~ 2
	採用自動風扇離合器	2 ~ 3
傳動系統	提高齒輪精度，採用低噪音齒輪箱	1 ~ 2
輪胎噪音	採用低噪音的花紋結構和材料	高速時 2 ~ 6

不同類型汽車噪音的特性及各噪音源所佔整車噪音能量的比率差異很大。載重汽車、公共汽車等大型車輛的噪音在 90 ~ 92 dB(A)；而轎車、吉普車等輕型車輛噪音約有 80 ~ 85 dB(A)。同時，車速若提高 1 倍，噪音增加 6 ~ 10 dB(A)。

日本對汽車噪音控制較早，在 1951 年就制定了《道路車輛法》。那時對車輛等速行駛的排氣噪音就統一規定在 85 dB(A) 以下。1976 年頒布了《公害對策基本法》，把噪音正式列為公害。後來根據該法制定了《噪音控制法》，於 1968 年 6 月 1 日頒布。為進一步限制城市交通噪音，日本自 1970 年開始限制車輛的加速行駛噪音，在《機動車輛安全標準》中按車輛類型規定了限值。

美國的汽車噪音法規包括聯邦的和各州、市自立的。1972 年美國政府制定了《噪音法》(Noise Act of 1972)，對於新型中、大型載貨車和大客車 (gross vehicle mass, GVM > 4.5t) 規定了兩個階段的噪音限值：第一階段是 83 dB(A)，1978 年生效；第二階段是 80 dB(A)，原來規定 1982 年生效，但因技術和成本的原因，直到 1988 年才生效。目前，這個限值仍保持在此水平上。美國聯邦法規從來沒有對小客車和輕型載貨車噪音進行限制，只是州或市的地方法規對此有規定，有的把限值降到 80 dB(A)，一些地方 (如加州等) 也採用或建議限值是 75 dB(A)，甚至低到 70 dB(A)。表 2.1-6 世界主要國家 (地區) 車外加速噪音標準。

表 2.1-6 世界主要國家 (地區) 車外加速噪音標準

車輛類型		車外最大加速噪音 /dB(A)							
		中國	美國	日本	歐洲經濟委員會規章 (ECE)	歐洲聯盟指令 (EEC)	澳大利亞	法國	德國
轎車		82		78	80	77	81	77	77
乘用車	GVM ≤ 3.5t	83		78	81	78	82	78	78
	GVM > 3.5 t, P < 147 kW	86		83	82	80	86	80	80
	GVM > 3.5 t, P > 147 kW	86		86	85	83	88	83	83
載貨汽車	GVM > 12t, P < 147 kW	86		83	85	83	88	83	85
	GVM < 3.5t	84		78	81	78	82	78	78
	GVM > 3.5 t, P < 147 kW	86		83	86	81		81	81
	GVM > 3.5 t, P > 147 kW	86		83	86	84		84	84
	3.5 t < GVM ≤ 12t	86	83		86		87		
	GVM > 12 t, P ≤ 147 kW	89	83	83	86	81	87	81	81
	GVM > 12 t, P > 147 kW	89	83	83	86	84	89	84	84

1. GVM 為汽車總質量，中國噪音標準限定的車型是按載重量分級的，表中所列為大致數字。

2. t 為公噸。

3. P 為引擎額定功率。

4. kW 為千瓦。

當小車高速行駛時 100 km/h，引擎噪音佔約 8.9%，輪胎噪音佔約 91.1%。行駛中小車之引擎與輪胎噪音所佔百分比請詳表 2.1-7 說明。

當大車高速 80 km/h 行駛時，引擎與輪胎噪音各佔約 50%。100 km/h 行駛時，引擎噪音佔約 38.7%，輪胎噪音佔約 61.3%。速度不同所佔百分比不同。行駛中大車之引擎與輪胎噪音所佔百分比請詳表 2.1-8 說明。

表2.1-7 行駛中小車之引擎與輪胎噪音所佔百分比

車速 (km/h)	百分比	引擎 (%)	輪胎 (%)
20		71.5	28.5
40		33.4	66.6
60		16.6	83.4
80		11.2	88.8
100		8.9	91.1

表2.1-8 行駛中大車之引擎與輪胎噪音所佔百分比

車速 (km/h)	百分比	引擎 (%)	輪胎 (%)
20		96.2	3.8
40		79.9	20.1
60		66.6	33.4
80		50.0	50.0
100		38.7	61.3

2.1.5 高速公路兩側高層建築物噪音影響

高速公路興建後，除促進經濟發展及增加交通便利外，亦將造成鄰近既有住家受到高速公路引進車流之噪音影響，另有些新開發建築物亦會引進毗鄰而建。本節係為探討緊鄰高速公路旁高樓層之噪音防制策略，並界定高速公路噪音影響之範圍，同時分析不同車流量條件及高速公路結構形式下之法規符合度及影響程度。首先介紹高速公路兩側高層建築物後方住宅區遮蔽建築概念，與噪音源平行建造的住宅區可以對其他建築起到很好的隔音效果，如果其他條件允許得到採用，當然面臨高速公路第一排高層建築物當作遮蔽建築，自身也要求有很高的隔音性能。這種並非將環境噪音分散開來分別承擔，而是讓一部分建築來負擔噪音的措施作為方法論是成立的，但是在應用時需要有關成本負擔達成協定。圖 2.1-9 表示出了遮蔽建築的概念。建築用地四周和用地內部的圍牆、土堤等應盡可能的使用，上述構造可以給低層建築或是高層建築的較低的位置帶來很好的隔音效果，可以認為是相對來說比較容易實施的隔音措施。圖 2.1-10 表示出

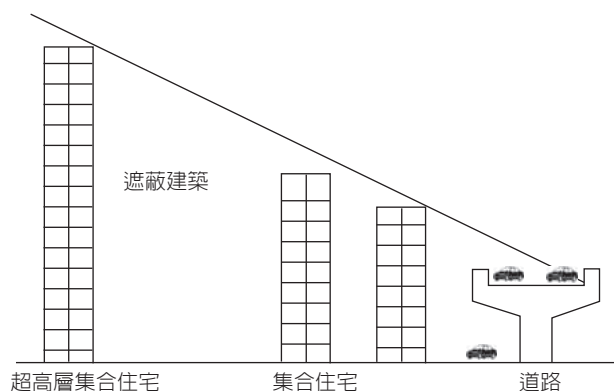


圖2.1-9 遮蔽建築的概念

面向高速公路高架公路的場所的垂直方向噪音強度分佈。如果在設計中將非居住和停車場設置在靠近音源的地方，並且有隔音效果，對於建築規劃來說是值得期待的。因為這些都是必要的基礎設置，所以經濟負擔較少。水平距離方面，高速公路兩側夜間小時均能音量範圍為：距路邊 27.2 ~ 130.9 m。早、晚間小時均能音量範圍為：距路邊 21.1 ~ 96.7 m。日間小時均能音量範圍為：距路邊 18.1 ~ 78.1 m。即想要夜間小時均能音量也符合噪音管制標準，未來高速公路交通噪音管制

區範圍在無任何防制措施下為約 130 m，與中國、美國高速公路兩側約 200 m 範圍內不等 (中國為 200 m，美國為 150 m) 相近，本節其他詳細內容，可另詳 3.3.4 節討論。

2.1.6 隧道口噪音

聲音在隧道中會因不斷的在隧道內壁上反射傳播而增加音量，同樣的這種在密閉或半密閉空間所產生的多重反射現象 (multiple reflection)，亦會在高架橋下及街谷 (兩旁大廈或住宅林立的街道) 中產生。由於隧道內壁形狀係屬長形管狀的半封閉空間，因此除了與車流行進方向平行的聲波可能直接傳播至隧道外，其他聲音將在隧道內壁不斷地反射傳播；再加上許多隧道並非筆直而呈平曲線，則更使得噪音不易傳播至洞口外。至於隧道內噪音能量消失則有三種途徑：第一可經由隧道內壁不斷反射而傳達至洞口以外，第二種方式則是能量被隧道內壁所吸收，第三種方式係因噪音之能量由傳播距離的增加而衰減。另就隧道內任一點而言，其音量以車輛即將通過 (通過前) 與恰好通過時出現最大音量，因為車輛即將通過時，由於車輛移動時的都普勒效應使噪音頻率升高，人體易於感受；且車輛通過某一點時則為音源最接近時，由於隧道內為狹長管狀半封閉空間，因此噪音量極大，當車輛通過時，甚至可產生 100 dB(A) 以上之噪音。以隧道噪音分佈而言，由於隧道中點距兩端洞口最遠其能量較不易傳播至洞口外，因此噪音值通常最大，噪音量另由中央向兩端依距離遞減；雖然隧道內噪音也有干擾現象，但因傳播方向不一且頻率範圍頗廣，因此不易產生抵消現象，一般如欲進行隧道噪音防制，多從隧道內壁吸收減音著手。

隧道內噪音對外側環境最大噪音發生在出口處；而且經 100 ~ 150 m 距離後衰減量漸明顯，因此隧道噪音影響附近居民以出口處最大，沿線次之。於國 3 北上中寮隧道口 1 m 處 (380.6 K) 及隧道口 50 m 處 (378.8 K) 進行實際量測，時段區分：早：指上午五時至上午七時。晚：指晚上八時至晚上十時。日間：指上午七時至晚上八時。夜間：指晚上十時至翌日上午五時。由量測結果知 $L_{早}$ 、 $L_{日}$ 、 $L_{晚}$ 、 $L_{夜}$ 、 L_{max} 、 L_{Aeq} 二者差約 3 ~ 4 dB(A)，即隧道口 1 m 處 > 隧道口 50 m 處約 3 ~ 4 dB(A)，影響頗大。

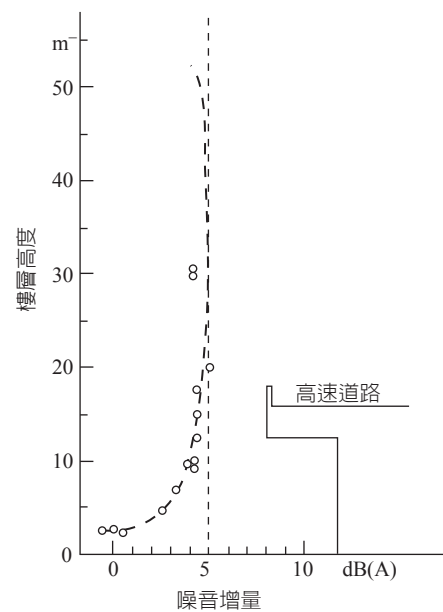


圖 2.1-10 樓層與噪音值的關係

表 2.1-9 中寮隧道口噪音監測實測值

項目	日期	測站	國 3 北上	國 3 北上	差值
			378.8 K	380.6 K (隧道口)	
			98.01.21	98.01.21	
$L_{早}$ dB(A)			74.8	77.7	2.9
$L_{日}$ dB(A)			76.3	79.9	3.6
$L_{晚}$ dB(A)			74.2	78.3	4.1
$L_{夜}$ dB(A)			70.6	74.3	3.7
L_{max} dB(A)			101.3	104.5	3.2
L_{Aeq} dB(A)			75.0	78.5	3.5



國3北上380.6 K



國3北上378.8 K

圖2.1-11 中寮隧道口噪音監測作業照片

2.1.7 有無隔音牆比較

進行有無隔音牆交通噪音量測，測量位置距離護欄 1.6 m，由量測結果知，有無隔音牆減音量非假日介於 5.1 ~ 7.8 dB(A)，有無隔音牆減音量假日介於 3.1 ~ 7.3 dB(A)，有無隔音牆減音量平均介於 4.1 ~ 7.6 dB(A)。

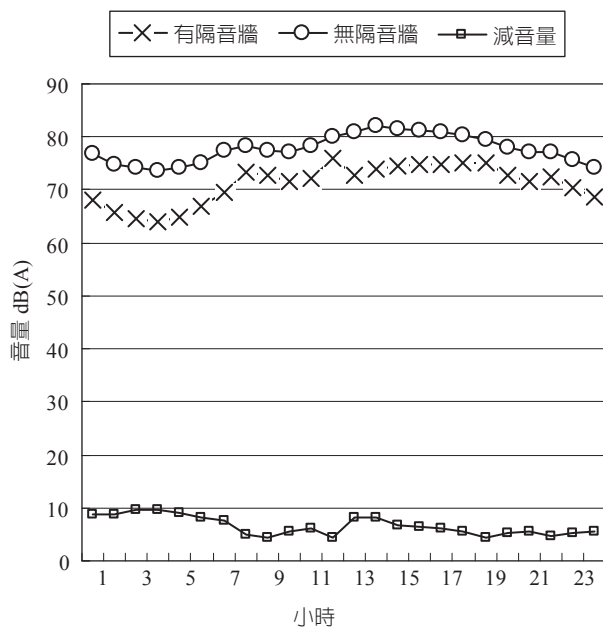


圖2.1-12 有無隔音牆 L_{Aeq} (非假日)(平均減音量 6.6 dB(A)，距護欄 1.6 m)

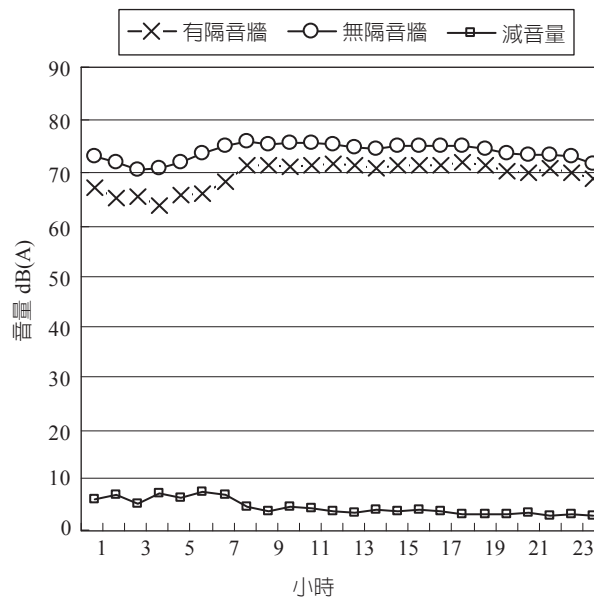


圖2.1-13 有無隔音牆 L_{Aeq} (假日)(平均減音量 4.6 dB(A)，距護欄 1.6 m)

2.2 噪音預測和評估

2.2.1 道路噪音預測

道路交通噪音預測模型分為圖表模型、物理縮尺模型、理論計算模型三類。圖表模型要求手工從各類圖表上查找噪音計算中間值，計算過程十分繁瑣而且精度有限。物理縮尺模型造價昂貴，而且不可重複利用。因此現在最常用的是理論計算模型。由於影響道路交通噪音的因素主

要包括兩大類：第一類因素決定音源的性質，例如車流量、車速、車型、路面材料以及道路的寬度、坡度和平整度等；第二類因素影響噪音傳播的路徑和強度，如接受點到音源的距離、接受點對音源的視角、地面植被狀況、各類隔音牆對噪音的阻擋作用、各類地面物體對噪音的反射以及空氣的溫度、濕度、風等。因此幾乎所有的道路交通噪音預測理論模式都具有相似的基本形式，預測點噪音是由車輛參考噪音值加上各類修正項得到。

一般情況下，當預測點到音源距離適中時，預測結果可以達到模式發布時公佈的誤差精度。如果預測點太靠近交通道路，預測結果會比實測結果明顯偏高，系統誤差為正，因為預測模式並不考慮不同車道的車輛間相互遮避作用。如果噪音傳播受到地面植被吸收和隔音牆阻擋，預測結果也會比實測結果偏高，系統誤差也為正，因為模式對地面植被吸收和隔音牆的阻擋都採用了簡化處理辦法，噪音衰減計算值會小於實際衰減值。如果預測點距音源太遠，複雜的音傳播環境會大大降低預測精度，使預測誤差可能達到 4.5 ~ 7.0 dB(A)。另外，道路車流的車型、車齡、車況、輪胎類型、路面狀況在不同地區、不同時間差異甚大，即車輛參考噪音值具有地區差異、時間差異，而預測模式一般沒有允許用戶自己設定不同車輛的參考噪音值的功能，這使得預測模式在離開其原產地後預測精度會有一定程度的降低，而且隔一定時間就需要修正。另外，現有的交通預測模式中，對空間三維實體的處理能力不足。若將預測模式和 GIS (geographical information system, 地理資訊系統) 等具有空間三維分析功能的技術系統相結合，便可準確模擬噪音傳播過程中的折射、反射、散射和吸收，從而提高模式的預測精度和效率。

美國 FHWA 公路交通噪音預測模式，以 A 加權均能音量 L_{Aeq} 為評估指標，自發布以來經過數次改進，現已日趨完善。該模式將道路上的車輛假設為勻速的點音源，並按車種進行分類，先求出某一類車輛的小時均能音量。

英國的 CoRTN 模式以交通噪音峰值 L_{10} 為評估指標，該模式的假設為一個線音源和恆定速度交通流，適用於長的順暢的高峰交通流或距離觀察者有一定距離的交通音源。這個模式考慮了大小車比、車流量、車流速度、環境資料、傳播距離、反射和建造的隔音牆等對交通噪音的影響。

德國的 RLS 90 模式以均能音量 L_{Aeq} 為評估指標，包括音源模式和音傳播模式，考慮因素包括交通類型、車流量、停車場和道路、環境資料、傳播能量類型，允許簡單的交通中斷和未知交通流。

我國依據「開發行為環境影響評估作業準則」第 58 條規定訂定「道路交通噪音評估模式技術規範」。使辦理環境影響評估作業時，道路交通噪音評估模式之使用，評估模式考量開發行為及區位環境之特性、道路分類及交通條件、模式之限制條件，模式名稱如表 2.2-1 所示。

2.2.2 道路噪音評估

一 噪音管制法規

我國噪音管制法於民國 97 年 12 月 3 日總統華總一義字第 09700253151 號令修正公佈，第十四條第一項規定，將快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統，納入陸上運輸系統噪音管制標準予以規範。「陸上運輸系統噪音管制標準」：配合噪音管制法於民國九十七年十二月三日修正公佈施行，爰依據本法第十四條第二項規定訂定陸上運輸系統噪音管制標準，以

管制快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統內車輛行駛所發出之噪音。

表2.2-1 道路交通噪音評估模式

道路分類	模式名稱
高速公路、快速公路	<ul style="list-style-type: none"> • RLS-90 : SoundPLAN • Cadna-A • ASJ • TNM • FHWA • CoRTN
主要幹道、次要幹道及地區公路	<ul style="list-style-type: none"> • RLS-90 : SoundPLAN • Cadna-A • ASJ • TNM • 施鴻志模式： $L_{eq} = 69.6 - 19.0 \log_{10} D + 0.55PT + 7.21 \log_{10} Q + 2.5RF$ • 張富南模式： $L_{eq} = 38.1 + 12.3 \log_{10} Q + 0.247PT + 2.22RF$

二 噪音指標

(一) 道路系統

除英國(以及大英國協會員國)採用 L_{10} 指標外,世界其他國家多數採用 L_{Aeq} 指標,日本原本採用 L_{50} ,但近亦改為 L_{Aeq} 指標。

(二) 管制值訂定原則

有訂定室外音量標準,或同時訂有室內音量標準者。室外量測位置有訂在建築物表面者,或需遠離建築物反射者。兩者量測音量受反射音影響相差約 3 dB(A)。

陸上運輸系統噪音管制標準自現行環境音量標準抽離後,與其他噪音相關法規之架構可示如圖 2.2-1 說明。

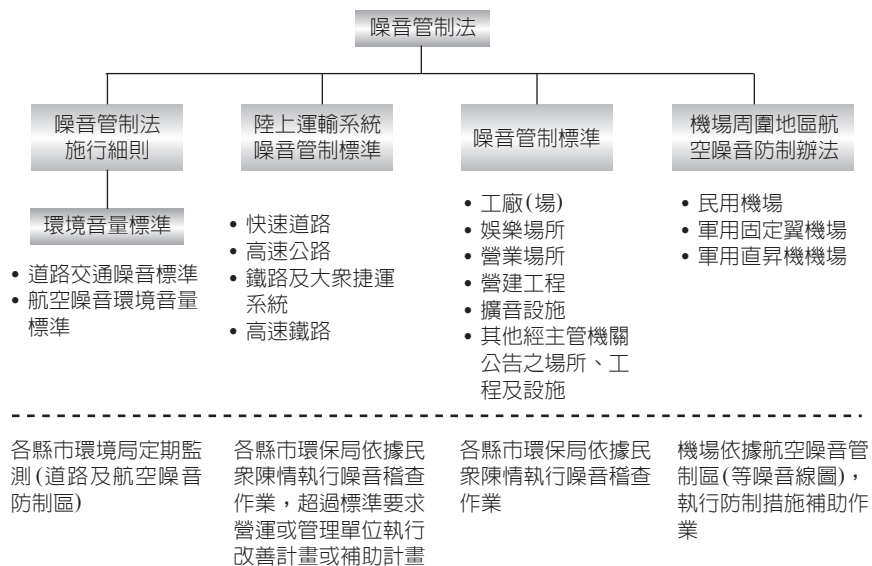


圖2.2-1 陸上運輸系統噪音管制標準與相關法規架構

2.3 噪音控制

2.3.1 車輛噪音的控制

在低速行駛時，汽車的主要噪音源是引擎噪音，這是普通都市道路的主要噪音源；在高速行駛時，汽車的主要噪音源是輪胎及路面噪音，這是高速公路、快速道路、高架公路的主要噪音源。汽車引擎的噪音比較複雜，主要有燃燒噪音、機械噪音、風扇噪音、排氣噪音、進氣噪音等，而降低車輛引擎噪音的措施有以下七種，分別說明如後。

一 降低燃燒噪音

降低引擎的燃燒噪音，主要有兩個方面的措施：一是控制引擎汽缸壓力，二是增加引擎結構對燃燒噪音的衰減：選用燃燒噪音低的燃燒室，採用引擎增壓，阻尼控制，這樣便不會輻射很大的噪音。另外，在骨架上緊固一些抑制共振的高阻尼面板，這樣就構成阻尼控制的引擎，剛度控制，用比重小的材料，在總重不增加的情況下製成特厚的壁面，以便大幅度增加引擎壁面的彎曲剛度和固有頻率。

二 降低機械噪音

1. 為了降低引擎的活塞敲擊噪音，常用的方法有：減小活塞與汽缸壁的間隙。如將活塞製成直徑上小下大的階梯形或截錐形、採用低噪音的活塞。
2. 降低引擎的氣門結構噪音的方法有：採用新型凸輪、提高凸輪的加工精度和表面光潔度；採用液力挺桿及氣門液力驅動、減小氣門間隙。
3. 降低引擎供油系統的噪音主要措施有：減小噴針質量、在噴桿彈簧中附加阻尼、改進噴桿設計。

三 降低進氣噪音

降低進氣噪音最有效的措施是，設計合適的空氣濾清器，或採用進氣消音器，由於空氣濾清器具有一定的空腔容積和過濾材料，一般都有一些消音作用，對於噪音指標要求不高的車輛（如各種載重汽車、工程車等），通常是在空氣濾清器的設計過程中，既考慮它的濾清效果，同時又使它具有較好的消音效果，而對於噪音指標要求較高的客車和公共汽車等，往往另加進氣消音器，經常採用的進氣消音器有阻性、共振型和擴張型消音器。

四 降低排氣噪音

對於排氣噪音，通常使用排氣消音器。消音器的作用是，既能減少噪音的傳播，又可以使氣流順利的通過，對排氣消音器的要求有：消音性能好、空氣動力性能好、具有機械強度和結構剛度，汽車引擎排氣消音器，常採用多個單元組合的消音器。

五 降低風扇噪音

降低風扇噪音的主要方法為降低風扇轉速，如在結構尺寸允許下，適當加大風扇直徑；研究高冷卻效率的風扇等。安裝風扇自動離合器。在汽車行駛中，需要風扇工作的時間，一般不到

10%。因此，可以裝用自動離合器來控制風扇的風量。採用葉片非均勻分佈的風扇，當葉片非均勻分佈時，可以降低風扇噪音中突出的線狀頻譜成分，使噪音頻譜較為平滑。採用形狀較好的導風罩及風扇擴散器，在風扇後部的適當位置，安裝擴散器，既可以增加氣流流量，減少風扇所需功率，有利於降低噪音。

六 採用隔音罩

為了降低引擎整體噪音，另外一個非常重要的措施是加上引擎隔音罩，此隔音罩一般可採用 1 mm 左右的鋼板或鉛板，內部也可以飾一些多孔吸音材料，如玻璃棉等。吸音材料護面板可採用多孔金屬板，其穿孔率可在 25%~35% 範圍。這種隔音罩在引擎的主要噪音頻率範圍 (500~8,000 Hz) 所具有的插入損失值約為 20 dB(A)。

七 降低輪胎噪音

由於輪胎噪音主要是因胎面花紋中凹部空氣被擠壓而產生的，所以為了控制和降低這種噪音，可採用改變節距花紋來實現，即在輪胎胎面上配置兩種以上不同節距長度的花紋。這樣，可使輪胎花紋噪音的突出峰值有明顯降低。特別是對於高速行駛的小客車、載重汽車等車輛，採用改變節距花紋的輪胎後，可顯著降低輪胎噪音。為了減少間接噪音的產生，可在輪胎至車體的振動傳播途徑中，使用橡膠軸套和其他具有彈性的隔振材料。此外，還可以在車體上採用阻尼和吸音材料等措施。

2.3.2 低噪音路面

輪胎噪音是交通噪音中不可忽視的噪音源，當車速大於 50~60 km/h 時它起到舉足輕重的作用。又因輪胎噪音的頻率較高，夜間它是干擾人們睡眠的主要「兇手」(除按喇叭等突發噪音外)。20 世紀 80 年代起各國開始研究並採用多孔性低噪音瀝青鋪設城市路面，由於這種多孔性瀝青路面有若干連通的小孔，具有較強的吸音功能，所以能夠吸收外界噪音，同時輪胎滾動在路面上也不容易形成因空氣壓縮產生的噪音。隨著行駛速度的提高，輪胎噪音在汽車產生的噪音中的比例越來越大，因此修築降低噪音路面對於控制交通噪音具有重要的實際意義。現在普遍所採取的措施是在環境噪音要求嚴格的路段鋪築低噪音瀝青路面。

路面吸音能力四項因素：

1. 表面層的多孔性。
2. 表面層氣流阻力。
3. 孔隙連通之彎曲度。
4. 多孔隙層之厚度。

對低噪音路面的研究興起於 20 世紀 50 年代的歐洲。英國於 1950 年末開發了多孔瀝青路面，最早應用於機場跑道，並從 1960 年開始在公路上修築試驗路以研究其降低噪音特性。美國自 20 世紀 60 年代以來，已在幹線公路上鋪築了許多的多孔瀝青路面。由於低噪音路面與其他降低噪音措施(如隔音牆)相比，具有經濟合理、保持環境原有風貌、降低噪音效果好和行車安全等優點，目前世界上很多發達國家(如法國、荷蘭、德國、西班牙、日本等)都已對其廣泛研

究與應用。2003 年在北京勁松路改造工程中，鋪築了一千多公尺長的多孔隙瀝青路面，這是低噪音瀝青路面在中國都市道路中的首次使用，經現場測量，它比普通瀝青路面平均可降低交通噪音 3 dB(A) ~ 5 dB(A)。

一 低噪音路面的原理

在道路交通噪音源的相關分析已經指出，道路交通噪音主要音源為車輛動力系統噪音及輪胎噪音，車速較低時以動力系統噪音為主，車速較高時輪胎噪音為主。輪胎噪音有以下幾種產生原理：

(一) 衝擊 (振動) 噪音

該噪音主要由路面的不平整度、橫向刻槽等引起輪胎振動 (甚至連帶車身振動) 而輻射噪音，該噪音的頻率較低。

(二) 氣泵噪音

輪胎在路面上滾動時，表面花紋槽中的空氣被壓縮後迅速膨脹釋放而發出噪音，噪音產生的過程類似於空氣泵壓縮 - 膨脹發出爆破音的現象。氣泵噪音的強度隨車速的增加而增加，且以高頻音為主，在輪胎噪音中佔主要地位。

(三) 附著噪音

是由輪胎橡膠在路面上附著作用力而產生的類似於真空吸力噪音。低噪音路面的降低噪音原理可概括如下：

1. 面層孔隙的吸音作用。除了吸收發動機和傳動機件輻射到路面的噪音外，還可吸收通過車底盤反射回路面的輪胎噪音及其他介面反射到路面的噪音。其吸音原理類似於多孔吸音材料的吸音作用。
2. 降低氣泵噪音。由於面層具有互通的孔隙，輪胎與路面接觸時表面花紋槽中的空氣可通過孔隙向四周逸出，減小了空氣壓縮爆破產生的噪音，且可使氣泵噪音的頻率降低。
3. 降低附著噪音。與密實路面相比，輪胎與路面的接觸面減小，有助於附著噪音的降低。
4. 路面材料的高彈性和大阻尼，使得低噪音路面具有吸收、衰減輪胎振動和衝擊的效果，因而大大降低了輪胎的振動噪音。
5. 良好的表面紋理也能吸收噪音，從而達到降低噪音的目的。
6. 良好的平整度，降低了衝擊噪音。

二 低噪音路面類別

低噪音路面可分為瀝青混凝土和水泥混凝土兩大類，目前各國對瀝青混凝土低噪音路面研究較多。

(一) 低噪音瀝青混凝土路面

1. 多孔隙瀝青路面

多孔隙瀝青路面 (porous asphalt pavement, PAP) 與普通瀝青路面相比較，區別在於它的

空隙率高達 15% ~ 20%，甚至超過 20%，而普通瀝青路面的空隙率僅 3% ~ 6%。

- (1) 單層多孔隙瀝青混合料面層路面 (single-layer porous asphalt mixture pavement)：該路面的構造是在普通密集配的瀝青混凝土路面上，再鋪築一層開級配多孔隙瀝青混合料面層。大量實驗資料表明，面層的厚度以 4 ~ 5 cm、空隙率 15% ~ 25% 為佳。這種路面的鋪築較為簡單經濟。
- (2) 超厚多層多孔隙瀝青混合料面層路面 (ultra thick multi-layers porous asphalt mixture pavement)：該路面的多孔隙瀝青混合料面層厚度為 40 ~ 50 cm，一般設四層排水瀝青混合料和 4 cm 厚的多孔隙瀝青混凝土面層，每層的材料級配不同，其目的是增加降低噪音效果。

2. 密實骨架橡膠瀝青路面

廢橡膠粉 (crumb rubber modified, CRM) 應用於瀝青路面的技術，主要分為濕法 (wet process) 和乾法 (dry process) 兩大類。濕法是指 CRM 先行與瀝青拌和，製成一種稱為橡膠瀝青 (asphalt rubber) 的改性瀝青膠結料，然後再與石料拌和；乾法是指將 CRM 作為一部分細集料先與石料乾拌，然後噴入瀝青拌製成廢橡膠粉 (或顆粒) 改性瀝青混合料 (rubber modified hot mix asphalt concrete)。用上述混合料鋪築的路面簡稱橡膠瀝青路面。

3. 瀝青瑪蹄脂碎石路面

瀝青瑪蹄脂碎石路面 (stone matrix asphalt, SMA)，產生於 20 世紀 60 年代的德國。當時為了抵抗帶釘輪胎對路面的磨耗而在澆注式瀝青混凝土 (guss-asphalt) 的基礎上增加碎石用量而發展起來的，以後逐漸推廣應用到公路和都市道路。歐美許多國家，如荷蘭、瑞典、挪威、捷克、美國等鋪築了相當多的 SMA 路面。

4. 超薄瀝青磨耗層路面

一般來說，國際上通常稱瀝青混凝土 (asphalt concrete) 鋪裝層厚度 2.0 ~ 2.5 cm 的為超薄瀝青磨耗層；厚度 3 cm 的為薄層瀝青路面。超薄瀝青磨耗層是一種小粒徑、多碎石瀝青混合料，一般的攤鋪厚度為 2.0 ~ 2.5 cm，這種瀝青混合料具有抗滑性能好、行車噪音低的特點，是一種很有應用前景的高等級路面。

5. 多孔彈性路面

為進一步提高道路的降低噪音能力改善交通環境，日本、瑞典及挪威首次引入了多孔彈性路面作為低噪音路面。多孔彈性路面 (porous elastic road surface, PERS) 是指在瀝青混合料中摻入橡膠顆粒 (廢舊輪胎磨製而成)，並由聚氨醋樹脂固結而成。橡膠顆粒摻量一般為混合料品質比的 1% ~ 3%，空隙率為 30% ~ 40%，面層板的厚度為 2 ~ 5 cm。

(二) 水泥混凝土低噪音路面

水泥混凝土低噪音路面相對多孔隙瀝青路面 (porous asphalt pavement) 而言，技術還不太成熟。國際常設公路協會 (PIARC) 的混凝土協會 1988 年設立了水泥混凝土路面 (cement concrete pavement) 降低噪音音委員會，他們負責收集匯總各國的研究成果，其成果表明低噪音水泥混凝土面層的降低噪音方式可以歸納如下：

1. 路面具有良好的平整度，不允許存在間距為數釐米的橫向不平整度，以降低輪胎衝擊（振動）噪音。
2. 以縱向條紋代替橫向條紋。縱向條紋不但可降低輪胎的氣泵效應，還可降低衝擊（振動）噪音。
3. 表面鋪壓編織物（如麻袋片），或用水刷洗混凝土，以增加表面粗糙度，從而降低輪胎氣泵噪音的強度和頻率。
4. 加氣混凝土面層：30 cm 厚的加氣混凝土面層，其孔隙為 20% 左右，對降低輪胎噪音有利，但其造價較高，表面強度較低，抗凍性差。因此，只能在特殊場合使用。
5. 粗糙面層：在新鋪築的水泥混凝土路面（cement concrete pavement）上（可不設封面層，但強度要足夠），用環氧樹脂和礫石鋪設面層。該面層既有粗糙度，又有彈性，部分試驗表明其降低噪音效果比多孔隙瀝青路面還要好。

目前已發現的具有低噪音特性的水泥混凝土路面主要有露石混凝土路面（exposed-aggregate concrete pavement）和無細集料混凝土路面（no fines concrete pavement）兩種。

1. 露石混凝土路面

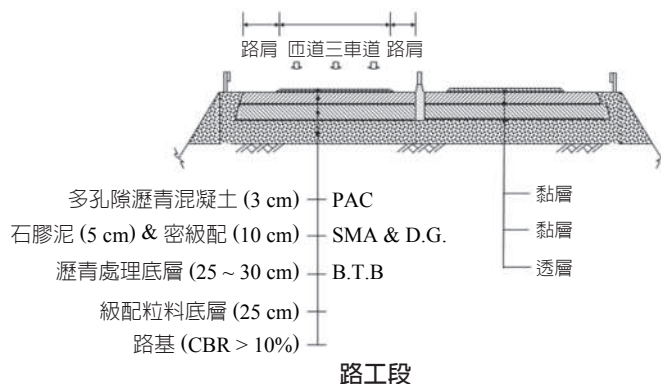
露石混凝土路面是一種將面層混凝土中的粗集料外露，形成粗糙表面的路面。目前，澳大利亞、德國、比利時、法國和英國等已經開始使用。露石混凝土路面由於具有隨機凸起集料的表面，使聲波和壓力波在輪胎花紋下的空隙中自行消散，因此降低了噪音，快速道路的降低噪音效果尤為顯著。

2. 無細集料混凝土路面

無細集料混凝土是用水泥和水作結合料，將單一粒徑的粗集料黏結而形成的混凝土。如同多孔瀝青路面一樣，無細集料混凝土其集料為開級配的粗集料，它的結構不同於通常的密級配或半密級配水泥混凝土，而屬於骨架空隙結構，具有噪音低、排水快等特點。

（三）國道 6 號瀝青混凝土鋪面

國道 6 號工程，除隧道內採剛性路面外，路工段在傳統 BTB 及 DGAC 上層鋪設石膠泥瀝青混凝土（SMA, Stone Mastic Asphalt）及多孔隙瀝青混凝土（PAC, Porous Asphalt Concrete），橋工段則在 DGAC 上層全面使用 PAC（資料來源：中興工程顧問公司）。鋼橋梁承受載重時，產生較大的變形，採用對鋼床板迎合性較高之 GUSS，其上再鋪 PAC。國道 6 號路工段瀝青混凝土鋪面設計示意圖如下。



1. 石膠泥瀝青混凝土 (SMA)

使用高比例粗粒料所形成的跳躍級配瀝青混凝土。

主要組成材料：

瀝青：黏稠度較高。

粒料：#4 篩以上粗粒料高達 70 ~ 80%。

礦物填充料：通過 #200 篩含量約 8 ~ 10%。

纖維：約 0.3 ~ 0.4%。

2. 多孔瀝青混凝土 (PAC)

主要為高比例粗粒料及少量細粒料所組成的多孔特性跳躍級配瀝青混凝土，路面孔隙率約 15% 至 25%。

主要組成材料：

- 瀝青：黏稠度較高。

- 粒料：#4 篩以上粗粒料高達 70 ~ 80%。

- 礦物填充料：通過 #200 篩含量約 3 ~ 7%。

- 纖維：約 0.3 ~ 0.4%。

3. 熱鑄膠泥瀝青混凝土 (GUSS)

高瀝青含量及高礦物填充料的流動性瀝青混凝土。

主要組成材料：

- 瀝青：針入度 20 ~ 40 直餾石油瀝青與精緻千里達湖瀝青混合，比例約 3 : 1，用量約 8 ~ 9%。

- 粒料：#4 篩以上粗粒料約 15 ~ 35 %。

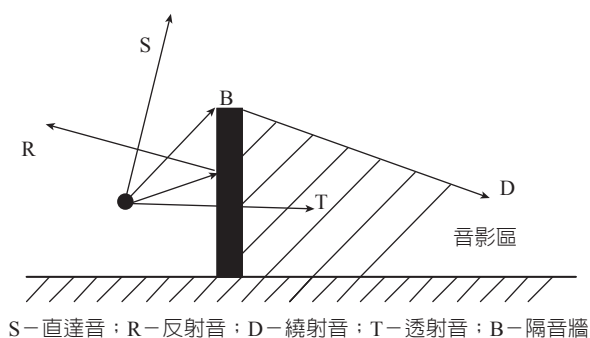
- 礦物填充料：通過 #200 篩含量約 20 ~ 27 %。

2.3.3 隔音牆

在 60 年代就開始對道路隔音牆技術的研究，到 70、80 年代這些經濟發達國家已經在隔音牆的選材、設計、施工、維護方面積累了豐富的經驗，隔音牆成為控制道路交通噪音的主要的工程技術手段。

一 隔音牆概述

隔音牆是使聲波在傳播中受到阻擋，從而達到某特定位置上的降低噪音作用的裝置。隔音牆



S—直達音；R—反射音；D—繞射音；T—透射音；B—隔音牆

圖 2.3-1 隔音牆隔音原理

擋住音源到聲音接受點的傳播，從而在隔音牆後面建立一個「音影區」，在音影區內，聲音的強度比沒有隔音牆時的衰減要大。頻率越高，音影區範圍越大。

噪音源輻射的噪音遇到隔音牆後，它將沿著四條途徑向外傳播，如圖 2.3-1 所示。首先，是直達聲波直接傳給未被隔音牆遮罩的觀測點。該觀測點可躍過隔音牆頂部看見道路上的行駛車輛，因而，無論隔音牆吸音性能好壞，都不能阻止聲波的傳

播。噪音傳播第二條途徑是繞射至隔音牆遮罩區，聲波繞射角越大，音影區中噪音值越低。第三，聲波還可以直接透過隔音牆到達遮罩區。例如，在很大繞射角的音影區中，透射噪音將比繞射噪音要高。在這些場合中，必須完善隔音牆的隔音性能，如採用較重的結構材料等。第四，噪音在傳播時還存在反射，從而影響道路對面居民的生活。正是因為這種原因，一般隔音牆表面應具有吸音性能，以減少聲波的反射。但這種反射不會降低音影區中的噪音值，因而，隔音牆的反射性能一般不是隔音牆設計時考慮的主要因素，隔音牆設計流程圖如圖 2.3-2 所示。

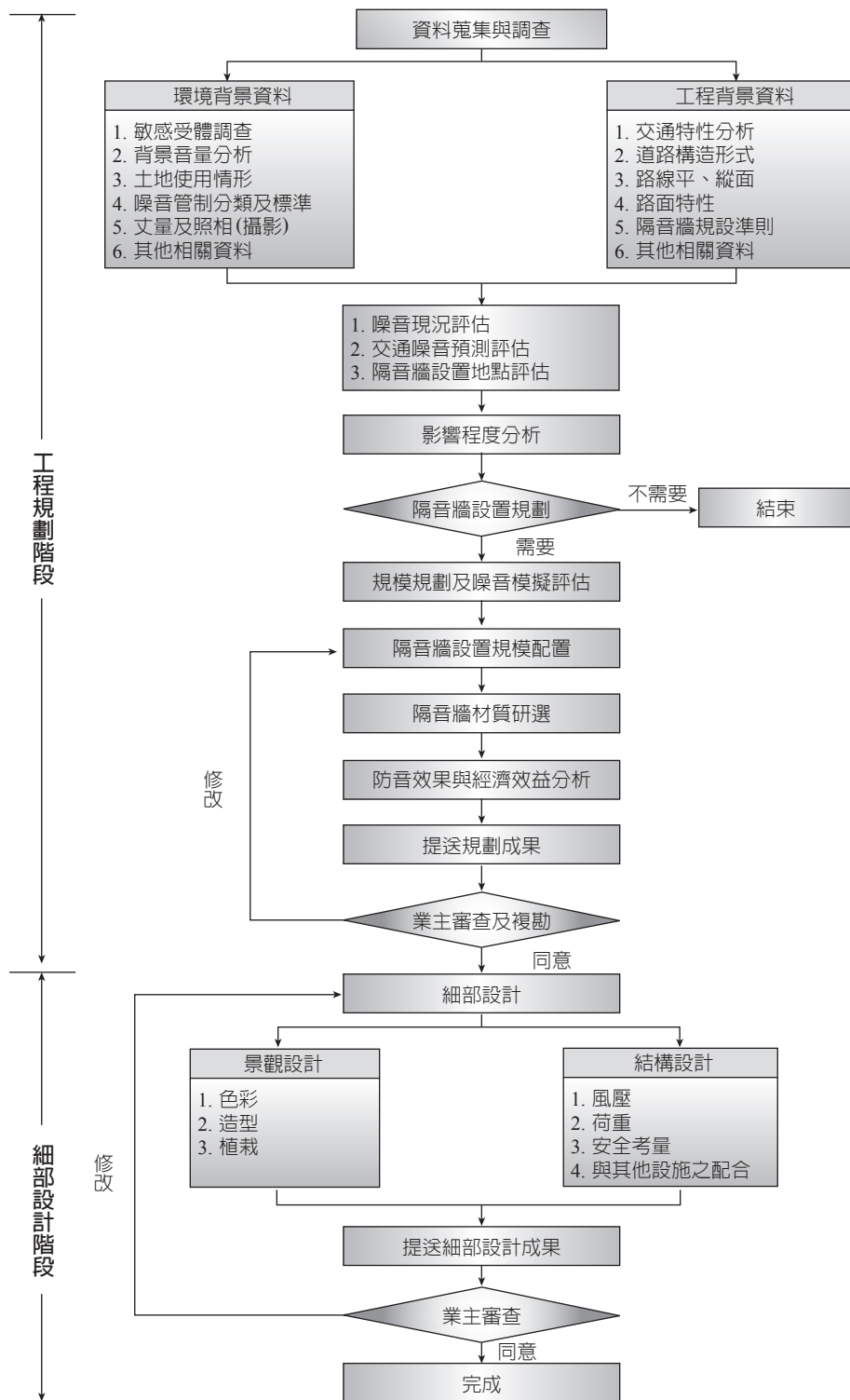
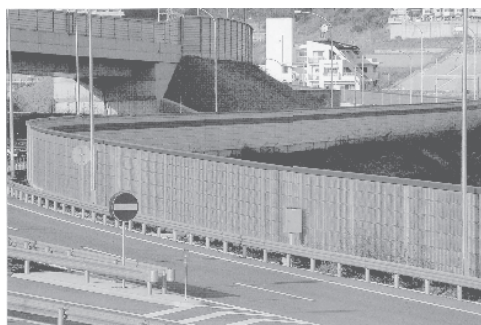


圖 2.3-2 隔音牆設計流程圖

二 隔音牆類型

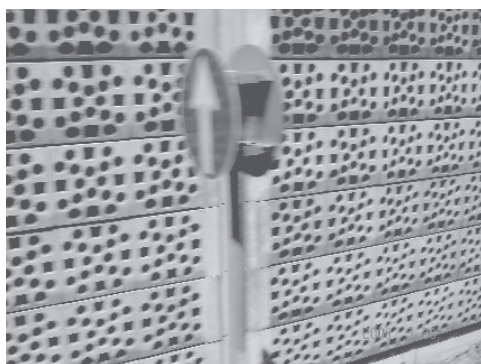
各式隔音牆詳見圖 2.3-3 所示。



日本高速公路支柱隱蔽型吸音隔音牆



日本高速公路透光型 + 吸音隔音牆



日本北九州都市高速公路隔音牆



德國慕尼黑高速公路吸音隔音牆



中國南京捷運吸音隔音牆



日本隧道內二側吸音隔音牆

圖 2.3-3 高速公路各式隔音牆

三 隔音牆理論

(一) 無限長隔音牆噪音衰減量

音接受點在隔音牆建造前後的噪音值差值稱為隔音牆的噪音衰減量。當隔音牆為無限長時 (如圖 2.3-4 及 2.3-5 所示)，其噪音衰減量計算公式如下：

$$\Delta L = 5 + 20 \log_{10} \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}} \quad (2-8)$$

$$N = \frac{2}{\lambda} \delta = \frac{2}{\lambda} (a + b - c) \quad (2-9)$$

式中：

ΔL ：音衰減量 (dB)，

$N = \frac{\delta f}{170}$ 為菲尼爾數 (Fresnel number)，無因次，

$\delta = a + b - c$ 為噪音傳播的音程差 (m)，

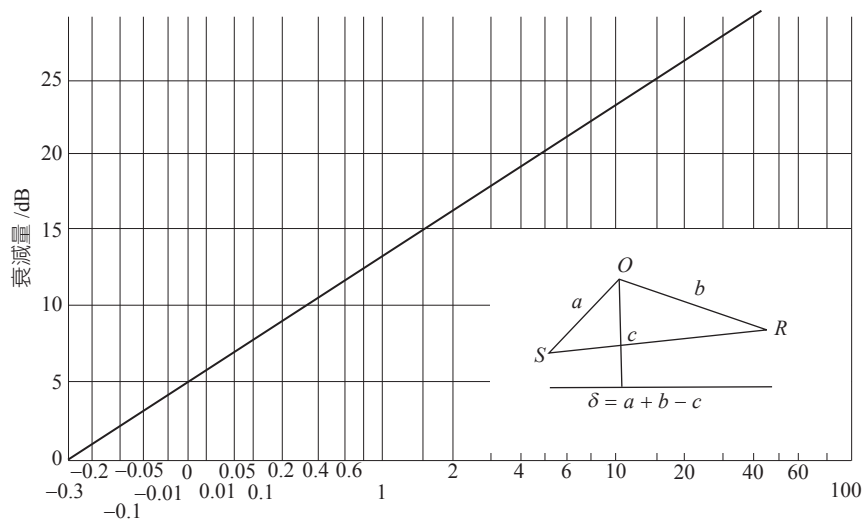
f ：噪音頻率 (Hz)，

λ ：入射聲波波長 (m)，

a ：音源至隔音牆頂端的距離 (m)，

b ：隔音牆頂端至接收者的距離 (m)，

c ：音源至接受者之間的直線距離 (m)。



$$N = \frac{2}{\lambda} \delta$$

註：負值表示隔音牆的高度低於音源與接收點的連線的高度。

圖 2.3-4 隔音牆音量衰減計算

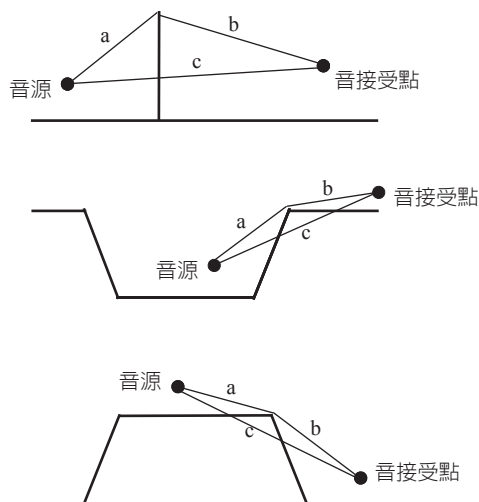


圖 2.3-5 無限長隔音牆噪音衰減量計算示意圖

當 $N \geq 1$ 時，(2-8) 式可簡化為：

$$\Delta L = 10 \log_{10} N + 13 \quad (2-10)$$

由 (2-9) 式看出， N 值和波長成反比例的關係，當高度一定，波長越小， N 值越大，隔音牆越高， δ 值越大， N 值也就大。當 N 值在 $-0.2 \sim 0$ 之間，此時音衰減值在 $0 \sim 5$ dB 範圍內，在自由聲場中隔音牆的最大衰減量不超過 24 dB。工程上為了簡便，可查閱圖 2.3-4 進行隔音牆音級衰減的計算，該圖是將公式 (2-8) 轉換成座標計算圖。

(二) 有限長隔音牆噪音衰減量

實際使用的都是有限長隔音牆，由於有限長隔音牆兩端漏音效應，使得它的噪音衰減量比同樣高度的無限長隔音牆要小。有限長隔音牆的噪音衰減量可由下式估算：

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left(1 - \frac{\theta_2}{\theta_1} + \frac{\theta_2}{\theta_1} 10^{0.1\Delta L} \right) \quad (2-11)$$

式中：

ΔL ：無限長隔音牆的噪音衰減量，dB(A)，

θ_2 ：接受點對有限長隔音牆的張角，

θ_1 ：接受點對道路的張角。

四 隔音牆設計

(一) 設計噪音衰減量

接受點處的道路交通噪音值 (實測值或預測值) 與期望環境噪音值之差，稱為隔音牆的設計噪音衰減量。接受點處的期望環境噪音值應根據環境標準容許值和背景值來確定。當背景值 (無道路時的環境噪音值) 大於標準限值時，取背景值為期望環境噪音值；當背景值小於標準時，期望環境噪音值取為標準容許值。

(二) 隔音牆的位置

隔音牆的位置，應根據受保護物件與音源之間的地形條件綜合確定。一般情況下，當地形平坦，即受保護對象與音源處於同一高度，隔音牆越接近音源或接受點，其噪音衰減量越大。通常將隔音牆建於公路之側，為了行車安全，隔音牆應與道路保持一定的距離。該距離依路基結構不同而異，都市高架路一般將隔音牆設在防撞護欄上，而郊區公路則設在路肩外，一般距路邊緣應不小於 2 m，如美國規定隔音牆距行車道邊的最小距離約 9 m，日本規定隔音牆至少應架設在護欄 (胸牆) 外 1.5 m 或路塹坡頂外 1 m。

(三) 隔音牆的高度

在隔音牆的高度確定中，首先需要確定音源及接受點的高度。美國的統計資料顯示，常見機動車音源的高度是：小汽車為 0 m，卡車為 0.7 m，重型卡車為 2.44 m，典型接受點高度為 1.5 m。常採用的機動車音源平均高度為 1 m，接受點的高度為 1.2 m。當隔音牆的位置、音源及接受點的高度確定後，隔音牆與接受點、噪音源三者之間的相對距離及高度差便隨之確定。確定

的設計噪音衰減量，計算出音程差，進一步便可算出隔音牆的高度。一般，隨著隔音牆的高度增加，音衰減量也增加，而且頂部越厚音衰減效果越好。但當衰減達到 24 dB(A) 時，隔音牆的高度再增加也不會使音衰減量有明顯地改善。在滿足噪音衰減的前提下，應努力使隔音牆的高度經濟合理。如鄰近居住區、學校和醫院等公共社區的高速公路上的隔音牆，其高度一般為 2~5 m。為了降低隔音牆的風荷載，隔音牆的高度不宜超過 5 m。若不得不超過 5 m，則可將隔音牆的上部做成折形或弧形，將頂端伸向道路側，以增大有效高度。如圖 2.3-6 所示，在設置 2 m 高隔音牆後之計畫路線範圍 (水平距離 1~5 m 內) 約可降低 8~9 dB(A)，設置 3 m 高隔音牆約可降低 13~14 dB(A)，設置 4 m 高隔音牆 (或 3 m 高隔音牆加吸音圓筒) 約可降低 16~17 dB(A)。

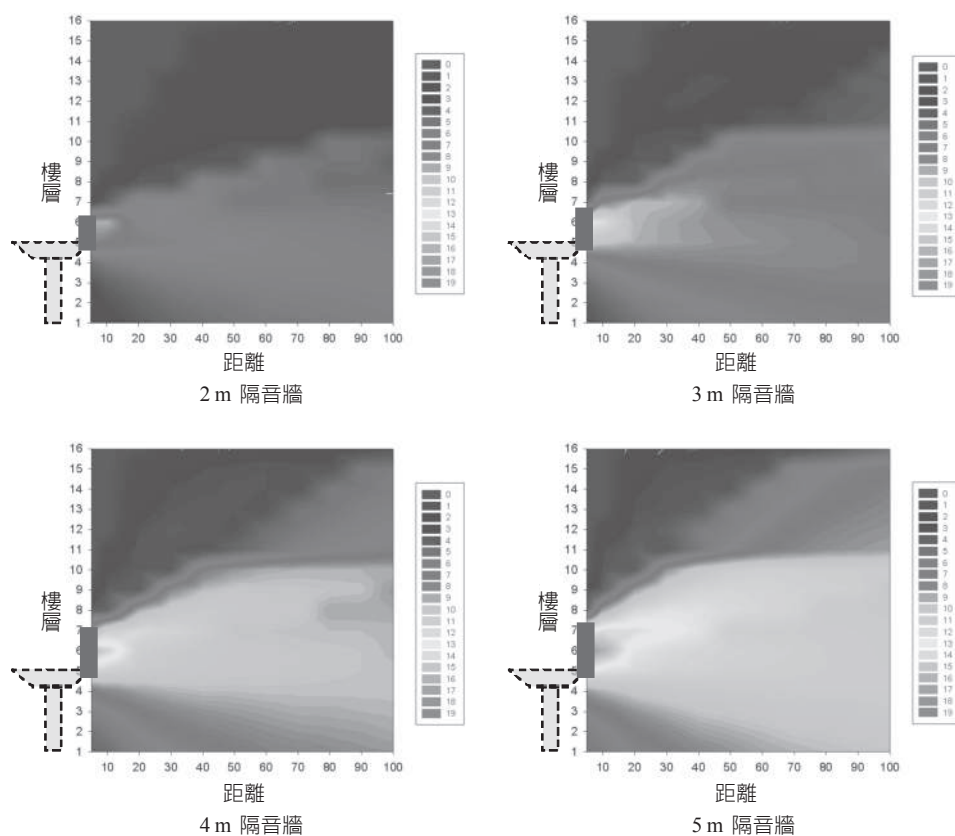


圖 2.3-6 設置不同高度隔音牆之減音成效示意圖

(四) 隔音牆的長度

隔音牆的長度應大於敏感點沿公路方向的長度，一般來講，隔音牆的長度應大於受保護對象到隔音牆距離的 2~3 倍。我國由於有限長隔音牆的噪音衰減量比無限長時要小，因此一般為避免隔音牆水平繞射音，隔音牆於噪音敏感點兩側之延伸長度，原則上建議為 50 m。

(五) 隔音牆的材質

當具有一定能量的聲音入射到一個隔音材料上時，在聲波的作用下，隔音材料依一定方式導致振動，這部分音能稱為透過音能，另外向外幅射噪音。對於大多數隔音材料來說，透過音能僅為入射音能的幾百分之一，或者更小，而絕大部分音能被反射 (reflection) 回去。為了計算方便，通常採用透過損失 TL (transmission loss) 來表示一個隔音設備的隔音能力。當要求降低噪音

量大於 10 dB(A) 時，要求隔音牆的透射音衰減量一般應大於 25 dB(A)，這就需要使用密度高的材質，相應的材料要求面密度大於 10 kg/m^2 。一般像玻璃鋼及 20 mm 厚木板等實體材料都可滿足要求。常用的隔音牆材料有磚、混凝土塊及輕質材料等。為了減少反射噪音，可在隔音牆表面採取吸音措施。

(六) 隔音牆的結構材料

隔音牆的荷載以風載和自重為主，必要時考慮冰雪載等。結構形式上常使用懸臂結構，其設計比較簡單。為了安全，結構設計時還應考慮防撞擊措施。隔音牆的結構材料是支撐聲學材料的結構或部件。它必須保證本身具有足夠的強度和剛度，同時保證與聲學材料結合處盡可能緊密貼合，最大減少噪音的透射量。通常，結構材料包括安裝隔音牆體結構的框架構件如預埋件、立柱、彈性固定件、螺栓連接件等及地基基礎。結構材料的選擇主要考慮材料本身在任何情況下都能支撐隔音牆，能抵抗當地出現的最大風力，耐腐防鏽，經濟上的合理性，與聲學材料配合的可行性，施工安裝方便，同時還要考慮日後養護維修方面的因素。

牆的材料構造直接影響其技術性能、造價及壽命等，是隔音牆設計的關鍵之一。隔音牆的材料構造設計應滿足技術經濟合理、高強度、施工簡便、美觀、耐久、防火等性能。隔音牆的構造因材料不同而各異，歸納起來可分為：(1) 混凝土；(2) 土堤式；(3) 磚牆式；(4) 金屬板式；(5) 透明板式；(6) 木料式；(7) 混合式；(8) 密植栽等。混凝土構築的隔音牆具有堅固、牢靠、不需經常保養維護等優點，但其缺點為厚重，予人以壓迫感，需藉由植栽和造型等減輕此種感覺，較能為人所接受。

土堤式的隔音牆是國外較早的做法，其上亦可栽植花草樹木以達美化之效果，但因其所需的土地較多，因此在寸土寸金的臺灣無法適用。牆式隔音牆因結構及構材尺寸限制，可塑性不佳，但有時亦配合景觀及造型上的設計而使用。金屬板式隔音牆乃藉金屬的遮音特性反射聲波而防音，此型隔音牆多正面開許多小孔或長條狀之孔，讓聲波傳入隔音牆內後，經內裝之吸音材料 (absorptive material) (可為岩棉或玻璃纖維或蜂網狀結構等) 將音能量吸收，至於穿過吸音材料的音能可經由背面的鋼板反射折回再經吸音材吸收，如此反覆吸音以達減音的目的，此種方式的隔音牆在臺灣使用的相當普遍。木料式的隔音牆在美國產木材較多的地方有採用，此型隔音牆因屬自然的產物因此較能結合當地之自然景觀，惟木材之耐久耐候性不良須塗防腐塗料，且在臺灣木材頗貴，故不太適用；以上所介紹的隔音牆皆屬非透明式的，即駕駛者無法看到隔音牆外景物，因此對駕駛者的心理上可能會造成影響，故需配合景觀及造型上的設計以減輕駕駛者的心理壓力。在透明式的隔音牆部分，有壓克力、聚碳酸酯板等材質，其耐久及耐候性能佳，設置透光型隔音牆及植栽綠化降低對景觀衝擊，但易於表面累積灰塵而予人不清潔的感覺，且在清洗時較耗人力。混合式隔音牆為各種不同材料的混合造型，其上方多採用透明式的材質，而下方則多採用金屬式吸音材質來加以配合；密植栽式的隔音方式，主要在考量於噪音影響不是很嚴重的地區，予人心理上的舒適感，除可達美化道路的功能外，亦可慰藉道路旁住戶的心理，但其實際上所能達到的減音效果十分有限。表 2.3-1 中所示為一些不同材質類型的隔音牆適用範圍及其隔音降低噪音效果。在材質透過損失的研選上，應選擇比較隔音牆所要達到的減音功能多 10 dB(A) 透過損失的材質，各相關材料的穿透損失可詳表 2.3-2。

表2.3-1 不同材質隔音牆適用範圍及效果比較

類型	適用範圍及效果
土堤結構	適用於公路與受保護物件之間有充足空間可以利用的場合，是經濟有效的降低噪音辦法，降低噪音效果依土堤高度而異。
混凝土磚石結構	適用於郊區和農村區域，易與周圍自然環境相協調，價格便宜，且便於施工與維護，降低噪音效果約 10 ~ 13 dB(A)。
木質結構	適用於農村、郊區個人住宅或院落且木材資源比較豐富的地區的噪音防護，降低噪音效果約 6 ~ 14 dB(A)。
金屬和複合材料結構	目前世界各國普遍使用的結構形式，材料易於加工，便於安裝，可加工成各種形狀，易於景觀設計和規模化生產，降低噪音效果也很好。
組合式結構	根據現場條件、周圍環境、景觀要求和經濟條件因地制宜。

表2.3-2 各種隔音牆材料的穿透損失

材料種類	厚度 (公分)	穿透損失 (dB(A))	備註
(一) 金屬類			
鋁	0.16	23	
	0.32	25	
	0.64	27	
鋼	0.06	18	
	0.09	22	
	0.15	25	
鉛	0.16	28	
(二) 混凝土及石材類			
混凝土塊	10	36	
	15	39	
磚	10	32	
(三) 木材類			
杉木	2.5	18	
松木	2.5	19	
三合板	2.5	23	
(四) 透明板類			
聚碳酸脂板	0.95	27	
壓克力板	1.5	30	
塑膠玻璃	0.5	25	

資料來源：FHWA-RD-76-58 “Noise Barrier Design Hand Book” 及廠商資料。

(七) 敏感受體之選擇

隔音牆設計受音點應設在建築群中受噪音襲擊最大，或噪音敏感性最大的建築處。設計時，視具體情況而定，一般設計範圍為凡於計畫路線沿線兩旁附近有五戶以上之聚集住屋、醫療院所或學校等噪音敏感地點者，即進行隔音牆設置考量。

(八) 隔音牆的設計法令與準則

1. 依據行政院環保署民國 97 年 12 月 3 日公佈之「噪音管制法」第十四條及民國 99 年 3 月 11 日「噪音管制法施行細則」第三、和十條之規定辦理。隔音牆減音目標應綜合考量行政院環保署民國 99 年 1 月 21 日發布之「環境音量標準」第四條「道路交通噪音環境音量標準」、民

- 國 99 年 1 月 21 日發布之「陸上運輸系統噪音管制標準」第四條「快速道路交通噪音管制標準」及第五條「高速公路交通噪音管制標準」，判斷影響程度準則詳環保署技術規範「噪音影響評定作業流程」，在評定中度影響以上之區域應考量將其影響降低至輕微影響。
2. 隔音牆減音目標應綜合考量以下相關環保規定及環評承諾 (如果有環評)。行政院環保署民國 99 年 1 月 21 日公告之「陸上運輸系統噪音管制標準」第五條高速公路交通噪音管制標準。行政院環保署訂定「道路交通噪音評估模式技術規範」中之「噪音影響等級評估基準」。環境影響評估書件噪音防制承諾事項、歷次審查意見及結論 (如果有環評)。
 3. 路肩外側約 100 公尺範圍內密集住宅或醫院、學校等敏感受音處得考量設置隔音設施，並應配合現場地形、勘查、當地民眾陳情及噪音管制區分類等，進行研判及評估隔音牆設置之位置、長度及高度。
 4. 隔音牆之型式、材質、景觀美化、防音效果及經濟效益等，應依各區路段之背景環境特性及相關規定個案評估考量，並配合附近隔音牆配置，考慮其整體景觀美化進行設計。
 5. 隔音牆應配合其他設施如照明、標誌、維護梯道、緊急電話、景觀植栽等之維護及整體美觀之需求，並考量行車視距之影響及其間標誌之視讀效果 (參照交通工程設施佈設原則) 而進行設計。隔音牆設置之位置、長度應在道路平面配置圖上標示，俾相關設施配合施工。設置長度凡連續超過 200 m 以上路段，為顧及未來維修人員之進出，與考量隔音牆後方邊坡失火及火燒車等之滅火對策，其位置 (除高架橋外) 以隔音牆任一點到維修門不超過 100 m 為原則。
 6. 為顧及未來都市發展而配合設置隔音牆之需要，本工程之橋梁護欄、擋土牆及鋼筋混凝土護欄等不論有無必要設置隔音牆，均應於設計時考慮隔音牆之荷重及承受風壓。(設置隔音牆路段，應以實際規劃牆高加載設計；其餘路段，設計時均應予以三公尺牆高加載。)
 7. 隔音牆單位荷重：依設計考量採用之材質核算。
 8. 若路線兩側均屬高層建築或雙側隔音時，得考慮採用吸音型板材，以避免兩側多重反射影響。
 9. 隔音牆設計風壓： $\geq 390 \text{ kg/m}^2$ (風力約 12 級風)。
 10. 隔音牆材質音響特性 (吸音係數及穿透損失) 及其他材料性能應參照公共工程會制定之「公共工程施工綱要規範第二篇現場工作第 02863 章隔音牆」相關規定進行設計，必要時得考量加設隔音牆頂端減音設施。

五 日本隔音牆實例

日本針對隔音上之需要，早已使用 4 公尺以上之隔音牆。但國內由於隔音牆抗風壓規定為 390 kg/m^2 ，遠較日本道路公團高架道路的 200 kg/m^2 及路工段的 150 kg/m^2 為嚴，導致使用上要注意結構上的負荷和經費的增加。此外超高隔音牆尚有日照、電磁干擾及景觀上的問題，一般為降低隔音牆設置對景觀衝擊或對駕駛人產生的壓迫感，可採用透光型隔音牆及植栽綠化以降低其影響，但在國內因空氣中粒狀物污染嚴重，未來維護時需耗費頗多人力以定期清洗，建議使用上仍需謹慎。至於一般 4~5 m 高隔音牆，約可較 3 m 高隔音牆多出 1~3 dB(A) 的減音量，半密閉式隔音牆 (圖 2.3-7) 總體減音量約在 15~20 dB(A)，全密閉式 (圖 2.3-8) 隔音牆則約在 25~30 dB(A) 左右，但仍需視結構配置、敏感點位置及背景噪音量而變動。

我們很容易就想到，要完全防止噪音，只要把道路全部遮蔽就行了。例如，把道路全部做



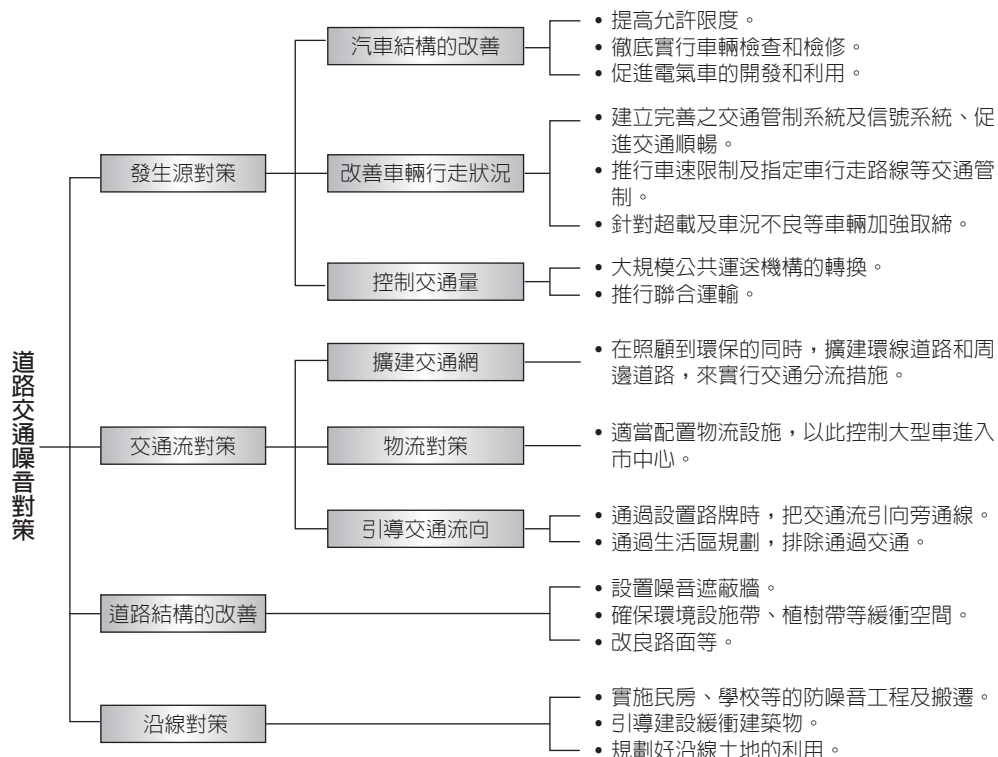
圖 2.3-7 日本半密閉型隔音牆



圖 2.3-8 日本全密閉型隔音牆

成隧道(全密閉型、隔音罩)，或者把其中的一部分弄成隧道形式(半密閉型、雙弧型)。這樣的話，噪音問題就可以基本解決了。可是我們不僅要考慮環境，也要注意道路的安全性和預防災害的能力，因此在制定計畫的時候要結合技術、財政等問題綜合考慮。實際上，隧道型道路的實例極其少見，只有在下面的情況才會用到：在穿過道路兩邊，單靠隔音牆無法解決問題的時候，不過另一方面，考慮到徵用土地的困難程度以及防制環境污染對策的提高，另外是半地下構造的道路，一部分道路在地下，道路的上方是部分露天部分設有頂棚的，這種形式就是半地下構造的道路。這種形式也可認為是水渠式的道路，上面兩側有突出的頂棚構造。突出的頂棚部分可以超過整個的 1/2，如圖 2.3-10。

有關日本道路交通噪音對策請詳圖 2.3-9 說明。



(備考) 作為其他對策還有：(1) 在新建或改建道路時，實施環境影響評估；(2) 強化實施監測系統；(3) 推進防止噪音技術的開發研究；(4) 開發新交通系統；(5) 進行正確使用汽車的宣導活動等。

資料來源：行政院環保署，83 年 6 月，中日工程技術研討會道路鐵路捷運交通噪音防治對策。

圖 2.3-9 日本道路交通噪音對策圖

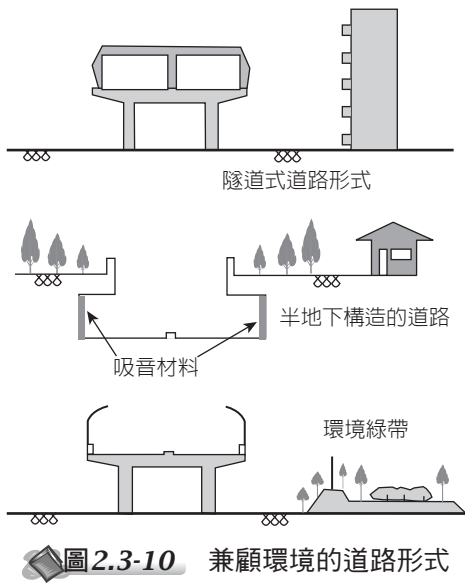


圖 2.3-10 兼顧環境的道路形式

這種形式的特點是，汽車發出的噪音可以經過側壁、頂棚、路面的多次反射，反射面如果具有吸音性，那麼沿途的噪音就會減少。並且，路面低於地面，在視覺上不會有損地域景觀。在市區和郊區的住宅地，這種兼顧環境的道路形式是很有效的，這樣的道路，可以在主幹道路通過市區的地方常常看到。即使不是半地下構造，我們也可以把道路兩邊有廣闊的環境設計為綠帶，兼顧環境的道路形式。我國與日本的道路都是在比較狹窄的地方建設的，所以這種綠化帶道路很難實施，然而減少噪音的基本方法就是把住宅區和道路物理性的分開，在環境綠帶可以設置隔音牆，牆後面可以栽樹，樹木不但可以減少噪音而且還具有視覺上的美感。

(一) 低層隔音牆

低層隔音牆在國內尚無使用實例，主要在於國內一般道路規劃時並未預留環境設施帶，導致對平面道路的噪音防制，無法設置隔音牆阻隔音量，故國內大多數的隔音牆均設置在高架道路的胸牆或路堤上，但低層隔音牆之設置為避免太高阻礙視線造成壓迫感，一般高度多僅在 1 公尺左右，其隔音牆背後 2 公尺高度以下之減音量在 3 ~ 5 dB(A)(日本各式低層隔音牆詳圖 2.3-11 所示)，主要仍在保護步道及沿街低層住宅的安寧，在日本使用的實例亦不多，實際應用仍待進一步研究。



日本金屬吸音式低層隔音牆



日本混凝土吸音式低層隔音牆



日本金屬組合式低層隔音牆



日本金屬共鳴吸音式低層隔音牆

圖 2.3-11 日本各式低層隔音牆

(二) 頂端改良型的隔音牆

頂端改良型的隔音牆國內外皆有應用實例 (詳圖 2.3-12 所示)，日本使用實例相當多。其原理係應用聲波在尖銳物體表面容易聚集，當聲波欲繞經隔音牆頂端時，則設置吸音圓筒予以吸音衰減。一般而言，其效果可達到 3~5 dB(A)(高架橋段)，相當於再加高 2 公尺高隔音牆之設置效果，但也有日本實例資料顯示其效果僅在 1~3 dB(A) (平面段)。顯示其效果因道路結構的不同而有差異，由於其原理係利用聲波繞經隔音牆頂端時予以吸音衰減，故對直接音大的案例效果不大 (如道路平面段隔音牆)，而若屬繞射音較大的案例 (如道路高架段隔音牆) 則其效果較大。



日本京都高速公路 (笠型)



日本兵庫縣芦屋市 (ASE)



日本小田急線鐵路 (消音箱型)



日本京都高速公路 (吸音筒)

圖 2.3-12 新型隔音牆應用實例

為了減少道路交通噪音，近年來大型的隔音牆開始設置起來，不過這卻引起弊端，比如電波輻射，日照受阻，美感不足，安全性能不夠等等。我們需要研究一種隔音牆，不是依賴高度而要使其隔音效果與其巨大的牆體相適應。基於這種需求，近十年來，對隔音牆頂端形狀以及隔音特性的改善方法的研究正急速發展。

頂端改良型的隔音牆的研究，在海外，最初是由加拿大的 May 和他的同事發起的，問題的關鍵如下。例如，在道路兩邊建 3 公尺高的頂端改良型的隔音牆，這種情況與在原有的 3 公尺高的牆壁上再加高 3 公尺的情況相比，顯然前者更有優勢，即頂端改良型的隔音牆的設置效果每單位高度是 5 dB(A)/m，而加高卻只有 1.5 dB(A)/m。如果是在原有的 3 公尺高的牆壁上再加高 3 公尺的情況，即加高的情況，用同樣的材料可以有更好的效果。因此，用改變隔音牆頂端的形狀來增強隔音功效，也就是說同樣高度的隔音牆用什麼樣的形狀更有隔音效果。那時考慮到的頂端形狀有下列三種，即 Y 型 T 型和箭頭型，如圖 2.3-13 所示。而在日本有藤原氏進行這方面的研

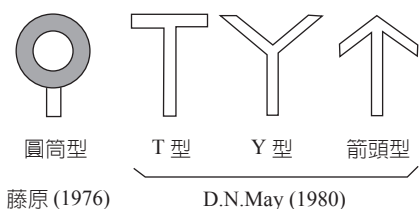


圖 2.3-13 1990 年以前的新型隔音牆研究例子

究，他把隔音材料塗在隔音牆頂端，這樣隔音牆後面的音壓就會大幅度減少，關於這方面的研究正在飛速進展。

D.H.Crombie 等人於 1994 年指出：利用多重反射可以得到比加高單層牆壁更大的插入損失量。也就是說，使用相同的材料，與單純的加高一層牆壁相比，把材料分散開建幾道牆，使得聲波發生多重反射，這樣有利於提高效率減少費用。只是，分散的多道牆的形式會佔用更多的土地，這是它的缺點。因此就出現了在

隔音牆的頂端弄幾個分支來實現多重反射的形式。這就是 Multi-Edge 型隔音牆，圖 2.3-14 表示的是它的橫斷面，圖中，杯子狀的 c 圖的性能相對較好，這種形狀和後面的 1/4 影響管型很相似。

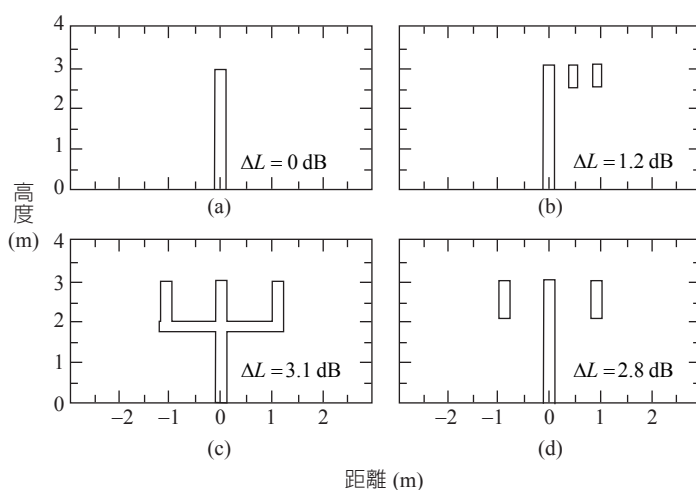


圖 2.3-14 D.H.Crombie 等人的 Multi-Edge 型隔音牆

(三) 圓筒型及其變形

在日本藤原等人在 1987 年提出圓筒型隔音牆之後，與 1990 年前後開始了道路用隔音牆的實際建設階段，最初考慮到視覺的美感因素，出現了蘑菇型隔音牆。現在在城市的高速公路上可以看到圓筒形隔音牆和蘑菇型隔音牆，這種隔音牆的設置效果最大是 2.5 dB(A)，直徑達到 0.5 m。

藤原的研究不僅僅是把隔音牆的頂端做成圓筒狀，還把圓筒的表面弄得比較柔軟，這樣可以顯著降低隔音牆背面的音壓。柔軟的表面可以降低反射率，用英語說就是 pressure release，這個柔軟的表面就相當於音響管入口的部分。藤原在 1995 年的共同研究者大久保把音響管的入口排成圓周，從而實現了圓筒型的表面。其橫斷面的形狀如圖 2.3-15a 所示，是一個水車型。圖 2.3-15b 所示的，是金等人在 T 型的隔音牆上面的水平面的表面加上了音響管的入口，從而形成一個柔軟表面 (1996 年)。兩者的調諧頻率設置在 400 ~ 500 Hz 之間，通過模式進行試驗。結果，調諧頻率得到一個超過 10 dB(A) 的插入損失。如圖 2.3-15c 所示，頂部出現分叉的 Y 型隔音牆是渡邊等人開發的。這種隔音牆還有一個別名，叫馴鹿型 (鹿角型) 隔音牆。牆的頂端有樹枝狀的分叉，就像鹿角，現在日本第二東名公路的隔音牆就是採用的這種形式。

它是 Crombie 所設計的 Multi-Edge 型隔音牆的一種，也可以認為是音響管型隔音牆的一種。噪音非常嚴重的高等級公路，因為限制建築的規則很少，所以其上部的寬度可以達到 1 ~ 2 m。牆壁增高有利於減小噪音。在更早的時候，1982 年，水野等人開發了一個帶有像天窗一樣的開口的

箱子，稱為干涉型控制聲波裝置，如圖 2.3-15d。該裝置可以在相位上延緩進入箱子的聲波，使得從箱子上產生的繞射波受到影響，從而達到減少噪音的目的。新幹線的隔音牆採用的就是這種方式。英國的 G.R.Watts 等人也把它作為減少噪音的方法進行過計算和試驗，證明它的功效。

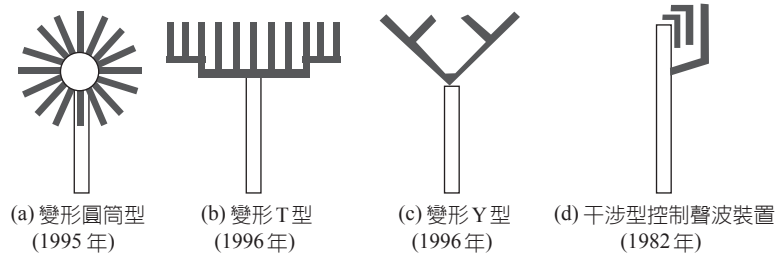


圖2.3-15 各種變形隔音牆

如上所述，關於新型隔音牆的研究開發，國外正進行著研究，實際應用也有一些例子。比如：藤原氏的圓筒型隔音牆，莊野的蘑菇型隔音牆，Y 型隔音牆的變形 (就是馴鹿型隔音牆) 圖 2.3-16，水車型隔音牆的變形 (詳圖 2.3-17 所示)，倒 L 型隔音牆及其他型式 (詳圖 2.3-18 所示)，其設置效果由牆與道路的距離和繞射角的不同而不同，大體上說，噪音可以減少 2~3 dB(A)。



圖2.3-16 第二東名高速公路應用的變形 Y 型隔音牆

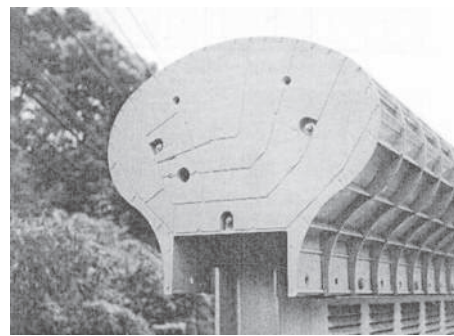
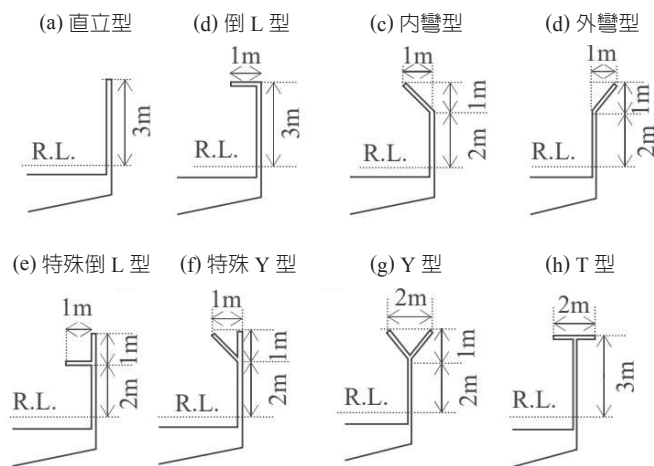


圖2.3-17 大久保等人設計的變形水車型隔音牆



資料來源：Kaoru MURATA etc. "Noise Reduction Effect of Noise Barrier for Shinkansen Based on Y-shaped Structure" QR of RTRI, Vol. 47, No. 3, Aug. 2006.

圖2.3-18 倒 L 型及其他隔音牆型式示意圖

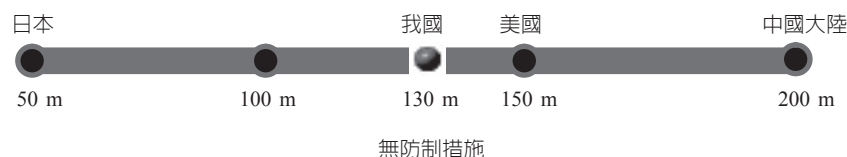
2.3.4 隔音綠化帶

隔音綠化帶，也稱為隔音林帶，是指道路兩旁人工栽植的成行列分佈，以喬木、灌木為主的林帶。

推估高速公路交通噪音管制區範圍如：

- 早、晚間 21.1 ~ 96.7 m
- 日間 18.1 ~ 78.1 m
- 夜間 27.2 ~ 130.9 m

以夜間標準 (73 dB(A)) 判定，影響範圍約為道路邊起算 30 m ~ 130 m 以上；以早、晚間標準 (75 dB(A)) 判定，影響範圍約為道路邊起算 20 m ~ 100 m；以日間標準 (76 dB(A)) 判定，影響範圍約為道路邊起算 20 m ~ 80 m。在設計車流量條件下，車道數越多，衍生的車流噪音越多，故其影響範圍越大，以車流量較少的單向 2 車道而言，即使設置 4 m 高隔音牆後，高架段之影響範圍仍可達 40 m。以車流量最多的雙向 6 車道而言，即使設置 4 m 高隔音牆後，路堤段之影響範圍更可達 80 m 以上。經設置不同高度隔音牆後，受影響區域則有明顯減少現象。



綠化帶降低噪音原理在於當聲波通過高於音線 1 m 以上的密集植物時，植物的吸收效應，即會因植物阻擋而產生音衰減。綠化帶的降低噪音效果因聲波頻率、樹林密度和寬度而異，要得到綠化降低噪音的良好效果，樹要種得密，林帶要寬，而且要種植常綠闊葉林。一般道路的行道樹最多僅 1 dB(A) 的衰減，不同的樹種降低噪音的效果相差較大，但最大的效果也只是 0.3 dB(A) / m 左右，一般是 0.1 ~ 0.3 dB(A) / m，40 m 寬的林帶，可降低噪音 10 dB(A) ~ 15 dB(A)；30 m 寬的林帶，可降低噪音 6 dB(A) ~ 8 dB(A)，20 m 寬的多層行道樹可降低噪音 8 dB(A) ~ 10 dB(A)，多少也包含了距離衰減的因素成分在內，窄的綠化帶的實際降低噪音效果並不明顯，僅有心理作用。

聲波通過森林時產生的衰減量近似公式為：

$$\Delta L = 0.01 f^{1/3} r \quad (2-12)$$

聲波通過灌木叢及草地時產生的衰減量近似公式為：

$$\Delta L = (0.18 \log_{10} f - 0.31) r \quad (2-13)$$

上二式中：

f ：聲波頻率，Hz，

r ：聲波在森林及灌木叢和草地上傳播的距離，m。

隔音綠化帶的設計宜遵守以下原則：

1. 選用樹冠矮、分枝低、枝葉茂密的灌木與喬木上下搭配，複層植栽，構成隔音林帶。

2. 林帶位置應盡量靠近公路，水平距離宜在 6~15 m 之間，林帶寬度不小於 15 m，一般為 20~30 m。
3. 林帶高度宜在 10 m 以上。
4. 林帶可以分層，在車道近旁可栽種灌木綠籬帶，稍遠處可種植草地，再遠處可栽種喬木林帶。

隔音綠化帶適用於滿足下列條件的環境敏感點的保護：

1. 公路營運中未來噪音超標。
2. 受保護的敏感點噪音超標量較小。
3. 公路與受保護物件之間有足夠的空間。

隔音綠化帶除了具有降低噪音功能外，還具有吸收 CO、NO₂ 等氣體，濾除灰塵，美化景觀，調節氣候，防風固沙，防止水土流失，涵養水源，淨化地表徑流等功能，因此在公路設計中應充分利用公路邊坡及路界內區域進行植樹綠化。在通過人群居住區域時，可適當增加路邊至路界寬度，進行植樹綠化。例如在日本，對於新建公路，當其通過居民區時，通常設計有 20 m 寬的綠化帶；在各國的一些高速公路環保設計中，對一些路旁有學校和醫院等環境敏感建築的路段，亦設計有綠化帶以降低噪音除塵。圖 2.3-19 是落葉樹和常綠樹混合的濃密樹林中的音衰減量。

總而言之，要靠一兩排樹木來降低噪音，其效果是不明顯的，特別是在城市中，不可能有大片的樹林，但如果能種上幾排樹木，開闢一些草地，增大道路與住宅之間的距離，則不但能增加噪音衰減量，而且能美化環境。另外，有關研究表明，綠化帶的存在，對降低人們對噪音地主觀煩惱度，有一定的作用，在穿越市區的路段，營造寬度較大的（如 15~20 m 以上）綠化帶，對降低噪音有較大的作用。

樹木和灌木叢被認為是很差的隔音牆，由於遮面的關係，它們提供的降低噪音效果非常有限，雖然樹葉可以提供不錯的視覺遮面，但由於音散射作用，它們只能對高頻噪音（通常為 2,000 Hz 以上）提供明顯的降低噪音效果。這些噪音的波長與樹葉尺寸差不多，如果樹木的樹枝或樹幹光禿，就更難有降低噪音效果了。

觀葉植物和樹木對低頻噪音的主要作用在於提高地面的降低噪音效果，因為它們的根部可以增加地面孔隙。地面的降低噪音效果產生於從噪音源到受體的直接音線與地面反射音線之間的音干擾。地面吸收取決於地表類型。在典型狀況下，地面吸收對數百赫茲的頻率效果最大。在某種程度上，變更地面狀況可以改變最大衰減的頻率，而利用植樹以外的其他方式，也可以達到此一效果。頻率在 100 Hz 以下時，穿過高大濃密草叢或灌木叢的音衰減為每公尺 0.01 dB(A) 以下，100 m 的地面覆蓋地帶而言，可期待之低頻噪音衰減還不到 1 dB(A)。

如果觀葉植物的濃密程度像個樹籬、灌木叢或樹林，頻率在 100 Hz 以下時，穿過這片觀葉植物的額外音衰減不超過每公尺 0.02 dB(A)。此外，如果樹林帶寬度超過 200 m，或甚至未達

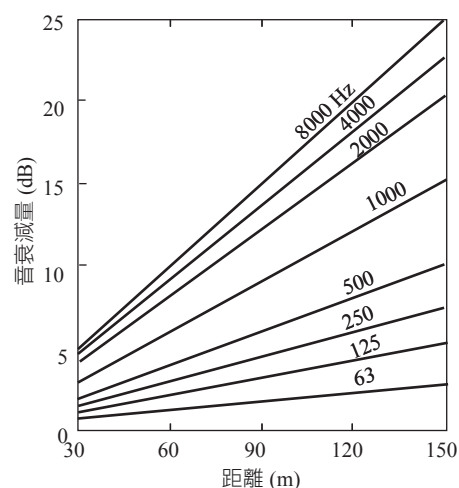


圖 2.3-19 視線可達 2.5 m 的濃密樹林中的音衰減值

200 m，其衰減效果將大打折扣。因此，就低頻噪音而言，可期待之額外衰減不會超過 4 dB(A)。為了提供降低噪音效果，樹木的高度必須高於從音源到受體路徑 10 m (30 呎) 以上，密集生長的深度也要超過 10 m 於風速和溫度垂直梯度 (音折射) 在樹林上方產生之曲線路徑的作用，儘管在樹頂高度的梯度減少，樹木的降低噪音效果可能更低。

在道路沿線兩側及路肩以外道路用地範圍內種植樹木和花草，不僅可以美化環境、穩定路基、防止道路邊坡受雨水沖刷，而且可以通過樹木枝葉搖擺和樹葉的生長方向來削弱噪音的傳播；路邊的草皮可以減少噪音的反射，從而衰減交通噪音，樹木對噪音的衰減在高頻範圍內效果較好。從樹木種類來看，樹冠矮的喬木比樹冠高的喬木降低噪音效果好；闊葉類樹木比針葉類樹木降低噪音效果好，在公路布局時，最好選用喬木、灌木相結合種植，闊葉樹與針葉樹結合種植，樹木與花草結合種植的方案。值得注意的是，儘管樹木並無可測得的降低噪音效果，但人們卻仍然相信，樹木有助降低噪音。可能的原因是：人們喜歡樹木、樹木能夠「柔化」環境、或微風吹過樹梢的聲音很順耳，可能是樹木遮住了機場的視線，如「眼不見為淨」之心態，有助於減輕噪音的厭煩感。

2.3.5 高架道路裡吸音設施

高架裡面吸音板係日本新開發之道路噪音防制技術，其配置位置同如圖 2.3-20 所示，其主要原理係利用高架橋裡面敷設吸音板或吸音圓筒之方式，降低車輛噪音在高架橋，兩旁建築物及地面間之多重反射 (multiple reflection)。由日本模式實驗結果顯示，其效果約在 2~3 dB(A) 左右，其設置又可分為吸音板及吸音圓筒兩種不同的形式。表 2.3-3 為高架裡面吸音板比較表。

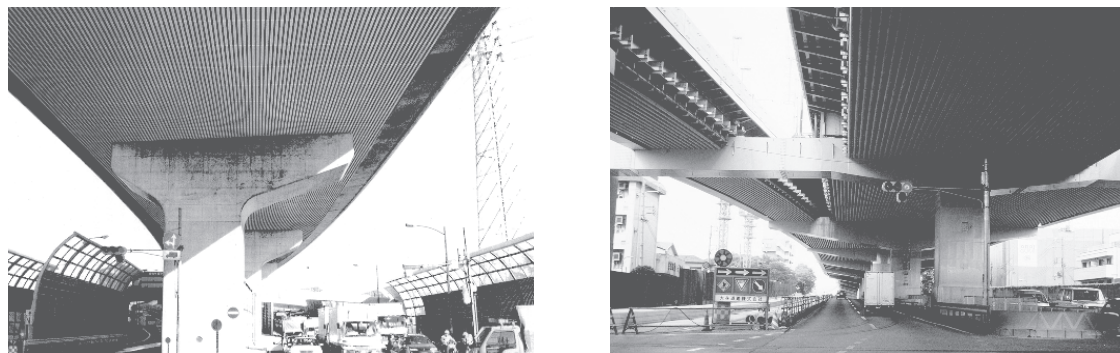


圖 2.3-20 日本高架裡面吸音板防制技術示意圖

表 2.3-3 高架裡面吸音板比較表

形式	特性	(NT/m ²)
多孔質 + 表面處理材料	適用於中、高頻率噪音，如發泡水泥、岩棉、噴結棉、玻璃纖維等材料，一般需加表面處理以增加其耐候性。	2,000 ~ 4,000
共振構造材料	適用於中、高頻率噪音，結構單純，清理維護較易固定性佳，但吸音範圍較窄。	3,000 ~ 6,000
混合式吸音材	將上述兩種綜合使用可得到廣頻率之吸音能力且具有較佳之耐候及固定能力。	4,000 ~ 7,000

註：施工費用不含高空鷹架搭設作業費用。

降低(高架橋-地面)複合型道路交通噪音對周圍環境影響的主要措施是隔音牆及於橋面板底部安裝吸音材料。如果增加高架橋及橋下公路側的隔音牆的高度,可有效地增大音影區面積,從而減小交通噪音對周圍環境的影響。而由圖 2.3-21 可知,高架橋板面底部反射音對附近較低處的影響較為嚴重。而抑制這種反射音的最好方法就是在高架橋板面底部加裝吸音材料。

如圖 2.3-21 所示,高架橋下方道路上的交通噪音在通過板面底部反射時,被覆蓋在橋面板底上的吸音結構消耗掉大部分音能,從而使反射音減弱;同時高架橋上方的交通噪音在透射途中經過吸音結構時,也被吸收掉部分音能。如果再在道路兩側設置合適的隔音牆,可使高架橋交通噪音對附近區域的影響降到最低。

圖 2.3-22 中所鋪設的吸音結構剖面圖。它是雙層結構,每層吸音結構的構造基本一致,即均由 PVF 材料構成外表面,並在其內部填充多孔吸音材料(玻璃棉)。同時,其內部還留有空氣層以構成空腔。通過合適的調整吸音結構各參數(包括玻璃棉特性、吸音結構尺寸形狀、空氣層厚度等),可使其在交通噪音能量集中的中高頻段內吸音性能最佳,以達到降低噪音的目的。

在半消音室中用微縮高架橋-地面模式(縮尺模型)並在其板面底部鋪設該吸音結構,所測得的吸音效果曲線如圖 2.3-23 所示。

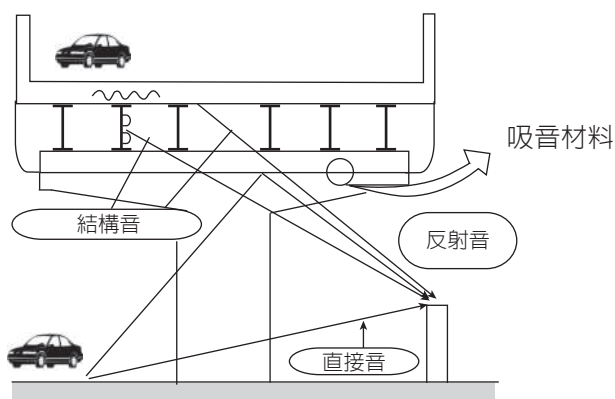


圖 2.3-21 高架橋-地面複合型道路防制噪音措施示意圖

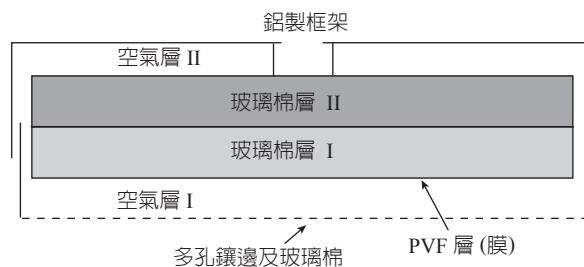


圖 2.3-22 某吸音結構示意圖

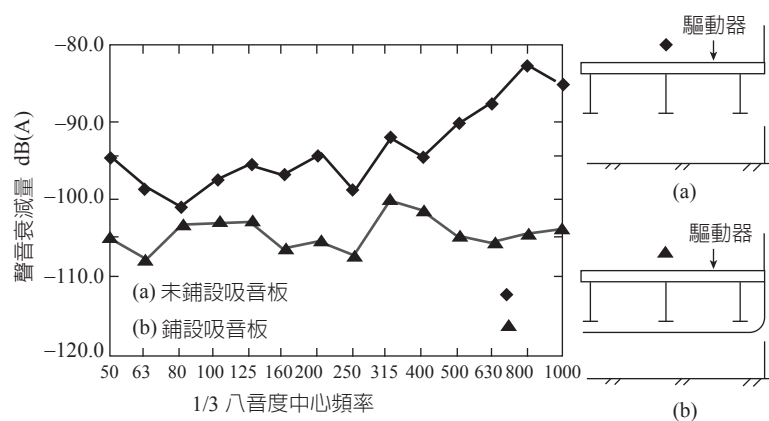


圖 2.3-23 某吸音結構吸音量測量曲線

菱形曲線是未鋪設吸音材料時的交通噪音量曲線;三角形曲線是鋪設吸音材料後的交通噪音量曲線。由這兩條曲線之差可以明顯地看出,該吸音材料對中高頻噪音的吸音量較大,可達 10~20 dB(A),這是因為多孔吸音材料對中高頻音能吸收較大。同時高架橋上的車速較普通城區道路

的車速更快，交通噪音能量主要也集中在中高頻部分，因此該吸音結構能夠有效地吸收交通噪音能量，減小高架橋 - 地面複合型道路結構的交通噪音對周圍環境的影響。

同時，應當在高架橋的設計中，充分考慮自身的綠化（植栽）來降低噪音問題，可因地制宜地在橋下種植灌木，灌木下種草。橋上兩側的檔欄要隔段設置能栽種下垂植物的永久性構築物，種植一些能抗旱、耐寒、抗廢氣污染的往下生長性植物及橋梁上爬藤類植物。

2.3.6 隔音罩

以隔音罩方式就是把整個道路都用隔音設施（隔音牆）全封閉起來，就如同隧道一般，使車輛與外界隔離，幾乎沒有噪音（反射、繞射）逸出，其降低噪音效果非常好，國外實有案例（圖 2.3-24）。惟設置包覆隔音（隔音罩）方式的隔音設施（隔音牆）造價高，結構設計要求較複雜；另全封閉隔音罩使採光性降低，即使採用透明式隔音罩也效果有限，如果隔音罩較長，對駕乘人員也產生較大壓抑感，易產生疲勞。另外，全封閉的隔音罩內空氣不易流通，汽車排放之廢氣及造成之揚塵不易於隔音罩內擴散，影響隔音罩內之空氣品質。但除了隔音罩之設置對高架段結構荷重須另外審慎考量計算外，針對高架段之路面以上兩旁住戶之減音效果對策中，仍以包覆隔音（隔音罩）方式效果最好，惟在考量上述相關造價、結構、廢氣、駕乘人壓抑等因素，要審慎考量。



中國北京高架段半封閉式隔音罩



日本阪神高速公路（神戶線）隔音罩

圖 2.3-24 半封閉式與全封閉型隔音罩



圖 2.3-25 北京動物園的隧道（封閉）式隔音牆

經過北京西外大街，一條新修的高架路已經建成，2008 年北京動物園上的隔音空中隧道正式建成通車，「這是因為它縱貫動物園」，為了不打擾動物園中珍稀動物們的生活，這條路被隔音罩圍成了一條空中隧道，高架路長約 1,800 公尺，這是北京第一條全封閉隔音屏道路。（資料來源：<http://gb.cri.cn/13524/2007/11/12/2246@1838205.htm>）

2006 年 12 月 25 日，全長 10.3 公里的遼寧大連城市西部大通道工程建成通車。是大連市最長的隧道，全

長 3,100 米，是迄今為止全國大中型城市中心城區規模最大的山嶺隧道之一。(資料來源：http://www.sosol.com.cn/html/2006/200612/20061227_61435_1.html)

2.3.7 伸縮縫

伸縮縫噪音峰值頻率發生於 72 Hz 與 106 Hz，並針對一般小型車與休旅車做探討，得知小型車於 80 Hz 時瞬間之最大噪音量為 78 dB(A)，休旅車為 87 dB(A)，比小轎車高出 9 dB(A)，可知此頻帶所產生之最大噪音量與車種或車重有關，另外將單一小型車、單一休旅車與混合車流做比較，其峰值頻率都發生在 80 Hz 與 315 Hz。量測數據顯示伸縮縫所產生之噪音為空腔共鳴之低頻噪音，且因低頻音無方向性，較不受遮蔽物之阻絕，因此若欲從音源外部隔絕噪音，可預期其效果必然不彰，較有效之解決方案須從音源本身著手，譬如以適當之方法填充除去伸縮縫下方之空腔體積。

高速公路伸縮縫取而代之的鋸齒型伸縮縫不但維修較簡便，對駕駛者的危險性也更低，而車輛在通過模組式伸縮縫時所產生之「鏘鏘」的彈跳聲，車速每降低 10 km/h 音強約會減少 1.8 至 2.5 dB，音壓約會減少 1.3 至 2.2 dB。不同種類輪胎(一般轎車胎)會有 1.1 dB(A) 至 2.3 dB(A) 之差異，且在同一種車速下越野胎較一般轎車胎音壓高出約 4.1 至 5.0 dB(A)。因此從國道高速公路之減噪對策來看，在對噪音敏感之路段，以小型車而言，如果車速可以降低 20 km/h (譬如從 110 km/h 降低至 90 km/h)，配合安靜之輪胎與低噪音之柔性路面，則保守地估計，行車噪音約可降低 6~8 dB(A)。此外對於大型車輛而言，降低車速亦能降低其動力系統的噪音，故若能降低大型車輛之車速，其所能降低之行車噪音就更不止於此。伸縮縫噪音源及振動源特性須先量測頻譜，伸縮縫處所量得之頻譜中的峰值頻率約 160 Hz 左右，此頻率之噪音即為民眾陳情之低頻噪音。改善噪音方式可使用低噪音伸縮縫如豎齒型伸縮縫，如圖 2.3-27 所示，或以吸音填充物除去伸縮縫下方之空腔體積或再包覆，如圖 2.3-28 所示。伸縮縫不同加權，典型之噪音頻譜詳如圖 2.3-29 所示。



圖 2.3-26 石門山隧道(封閉式)隔音牆



圖 2.3-27 豎齒型伸縮縫形式



圖 2.3-28 伸縮縫包覆形式

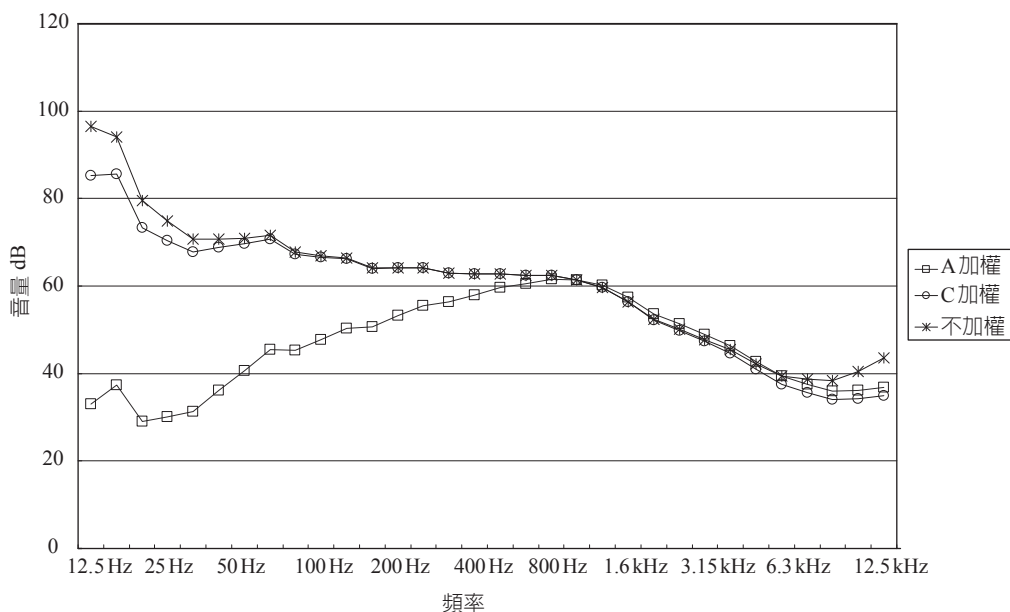


圖2.3-29 伸縮縫不同加權頻譜圖

2.4 管制法規、指標及標準

2.4.1 中華人民共和國

一 概述

中華人民共和國環境保護始於 20 世紀 70 年代，中華人民共和國的環境保護方針為：推行可持續發展戰略，貫徹「三同步」方針，推進兩個根本性轉變，實現「三效益」統一。中華人民共和國環境保護的基本政策包括「預防為主、防制結合、綜合防制」、「誰污染誰防制」、「強化環境管理」政策，簡稱為環境保護的「三大政策」。目前中華人民共和國的環境管理有以下八種制度：(1) 環境影響評估制度；(2) 「三同時」制度；(3) 排污收費制度；(4) 環境目標責任制度；(5) 都市環境綜合整治定量考核制度；(6) 排污申報登記與排污許可證制度；(7) 限期污染防制制度；(8) 污染集中控制制度。中華人民共和國環境立法飛速發展，國家頒布了 6 部環境法律和 9 部相關資源法律，國務院發布了 29 件環境法規，環保部門發布了 70 多件環境規章，地方性環境法規達 900 多件。中華人民共和國的環境立法體系基本形成，其結構層次見圖 2.4-1，包括：(1) 憲

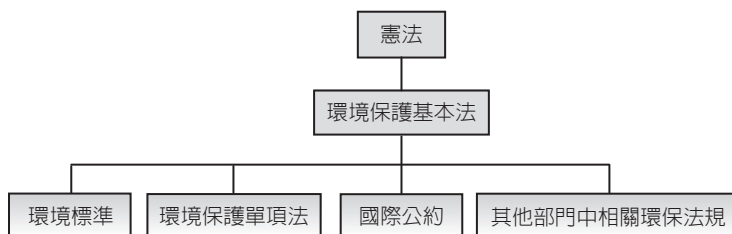


圖2.4-1 中華人民共和國環境保護法規體系示意圖

法；(2) 綜合性的環境保護基本法；(3) 環境保護單項法；(4) 環境標準；(5) 其他部門法中的環境保護相關法律規範；(6) 中華人民共和國參加的國際公約。

目前，中華人民共和國環境標準體系的三級標準是國家標準、國家行業標準和地方標準三個級別。同時，按照《中華人民共和國環境保護法標準管理辦法》的規定，將國家環境標準分為環境質量標準、污染物排放標準、環境基礎標準、方法標準和環境樣品標準五類。國家標準與地方標準的關係，可遵循根據《中華人民共和國環境保護法》第 9、10 條的規定，即「省、自治區、直轄市人民政府對國家環境質量標準中沒有規定的項目，可以制定地方環境質量標準」、「省、自治區、直轄市人民政府對國家污染物排放標準中沒做規定的項目可以制定地方污染物排放標準，對國家污染物排放標準已做規定的項目，可以制定嚴於國家污染物排放標準的地方污染物排放標準，兩種標準並存的情況下，執行地方標準」。環境標準不是一成不變的，它要與一定時期內的技術經濟水準、環境污染與破壞的狀況相適應，這就意味著環境標準將隨著國家的技術經濟發展、環保要求的提高而不斷變化。

二 《中華人民共和國環境保護法》

中華人民共和國環境保護的基本法是《中華人民共和國環境保護法》，《環境保護法》是一部環境保護基本法，它在中華人民共和國環境法體系中佔有核心地位，同時在中華人民共和國法律體系中也有重要位置。《環境保護法》在第二十四條「產生環境污染和其他公害的單位，必須把環境保護工作納入計畫，建立環境保護責任制度；採取有效措施，防制在生產建設或者其他活動中產生的廢氣、廢水、廢渣、粉塵、惡臭氣體、放射性物質以及噪音、振動、電磁波輻射等對環境的污染和危害」。其中談到了噪音污染防治的問題。因此中華人民共和國的環保的基本法律體系，明確指出了噪音污染的防制問題，對中華人民共和國噪音污染防治有極其重要的指導意義。

三 噪音限制標準

中華人民共和國國家標準為國家和地方在制定噪音防制法律法規時提供了定量參考的依據。在中華人民共和國，與交通噪音有關的標準有《機動車輛允許噪音標準》(GB 1495 — 79)、《機動車輛噪音測量方法》(GB 1496 — 1979)、《汽車定置噪音值》(GB 16170 — 96)、《都市區域環境噪音標準》(GB 3096 — 93)、《機動車輛定置噪音測量方法》(GB/T 14365)、《汽車加速行駛外噪音限制及測量方法》(GB 1495 — 2002)、《鐵路邊界噪音噪音極限及其測量方法》(修改方案)。

(一) 《機動車輛噪音測量方法》(GB 1496 — 1979)

適用於各類型汽車、機車、輪式拖拉機等機動車輛的車外、車內噪音的測量。其規定了機動車輛車內、車外噪音測量的一般方法和噪音測量記錄表格格式。

(二) 《機動車輛允許噪音標準》(GB 1495 — 79)

由中華人民共和國國家總局公佈，1979 年 7 月 1 日試行。本標準是機動車輛產品的噪音標準，也是都市機動車輛檢查的依據。

表 2.4-1 中華人民共和國機動車輛允許噪音標準 dB(A)

車輛種類		車外最大允許噪音量不大於	
		1985 年 1 月 1 日以前生產的產品	1985 年 1 月 1 日起生產的產品
載重汽車 (卡車)	8 t ≤ GVM < 15 t	92	89
	3.5 t ≤ GVM < 8 t	90	86
	GVM < 3.5 t	89	84
輕型越野車		89	84
公共汽車	4 t < GVM < 11 t	89	86
	GVM ≤ 4 t	88	83
轎車		84	82
摩托車		90	84
拖拉機 (60 馬力以下)		91	86

註：t：公噸。GVM：汽車總質量。

(三)《機動車輛定置噪音測量方法》(GB/T 14365)

本標準適用於道路上行駛的各類型的機動車輛在定置時噪音的測量。定置是指車輛不行駛，引擎處於空載運轉狀態。用本標準規定的方法所得到的測量數據可評估、檢查機動車輛的主要噪音源——排氣噪音和引擎噪音標準。但是本方法直接測量的數據不能表徵車輛行駛最大噪音值。本標準規定了測量環境、測量儀器、測量程序和數據處理方法。《汽車定置噪音值》(GB 6170—96) 中的噪音值就是按照本標準規定的測試條件下得到的。

(四)《汽車定置噪音值》(GB 16170—96)

本規定了汽車定制噪音的限制，適用於都市道路允許的在用汽車。其規定的噪音限制 (按照《機動車輛定置噪音測量方法》(GB/T 14365) 測量) 按表 2.4-2 執行。

表 2.4-2 中華人民共和國汽車噪音限制 dB(A)

車輛類型	車輛出廠日期 燃料種類	1998 年	1998 年
		1 月 1 日前	1 月 1 日起
轎車	汽油	87	85
微型客車、貨車	汽油	90	88
輕型貨車、客車 越野車	汽油 $n_r \leq 4300 \text{ r/min}$ $n_r > 4300 \text{ r/min}$	94	92
	柴油	97	95
中型貨車、客車 大型客車	汽油	100	98
	柴油	103	101
重型貨車	$N \leq 147 \text{ kW}$	101	99
	$N > 147 \text{ kW}$	105	103

註： n_r 表引擎轉數。kW：千瓦特。

(五)《汽車加速行駛外噪音限制及測量方法》(GB 1495—2002)

按照本標準規定的測量方法規定不同汽車的噪音限制如表 2.4-3。

表2.4-3 中華人民共和國汽車加速行駛噪音限制

汽車分類	噪音限值 dB(A)	
	第一階段	第二階段
	2002. 10. 1 ~ 2004. 12. 30 期間生產的汽車	2005. 1. 1 以後生產的汽車
M ₁	77	74
M ₂ (GVM ≤ 3.5 t) , 或 N ₁ (GVM ≤ 3.5 t) :		
GVM ≤ 2 t	78	76
2t < GVM ≤ 3.5 t	79	77
M ₂ (3.5 t < GVM ≤ 5 t) , 或 M ₃ (GVM > 5 t) :		
P < 150 kW	82	80
P ≥ 150 kW	85	83
N ₂ (3.5 t < GVM ≤ 12 t) , 或 N ₃ (GVM > 12 t) :		
P < 75 kW	83	81
75 kW ≤ P < 150 kW	86	83
P ≥ 150 kW	88	84

說明：

1. M₁、M₂ (GVM ≤ 3.5 t) 和 N₁ 類汽車裝用直噴式柴油機時，其限值增加 1dB(A)。
2. 對於越野汽車，其 GVM > 2 t 時：
如果 P < 150 kW，其限值增加 1 dB(A)；如果 P ≥ 150 kW，其限值增加 2 dB(A)。
3. M₁ 類汽車，若其變速器前進檔多於四個，P > 140 kW，P/GVM 之比大於 75 kW/t，並且第三檔測試時其尾端出線的速度大於 61 km/h，則其限值增加 1 dB(A)。

(六)《鐵路邊界噪音限值及其測量方法》(GB 12525 — 90)(修改方案)

本標準規定了都市鐵路邊界處噪音的限制及其測量方法，適用於對都市鐵路邊界噪音的評估。其規定既有鐵路(2010年12月31日前已建成運營的鐵路或環境影響評估文件已透過審查的鐵路建設項目)邊界鐵路噪音值(均能音量 L_{eq})：日間 70 dB(A)，夜間 70 dB(A)；新建鐵路(2011年1月1日起環境影響評估文件透過審查的鐵路建設項目(不包括改、擴建既有鐵路建設項目))邊界鐵路噪音值(均能音量 L_{eq})：日間 70 dB(A)，夜間 60 dB(A)。

(七)《都市區域環境噪音標準》(GB 3096 — 93)

規定了都市 5 類區域的環境噪音最高限制，見下表：

表2.4-4 中華人民共和國都市各類區域環境噪音 dB(A) 限制

類別	區域	日間	夜間
0	安靜住宅區	50	40
1	居民、文教區	55	45
2	居民、商業和工業混合區	60	50
3	工業區	65	55
4	道路兩側	70	55

其中，1 類標準適用於以居住、文教機關為主的區域。鄉村居住環境也可參照上表執行。

四 《中華人民共和國環境噪音污染防治法》

《中華人民共和國環境噪音污染防治法》是中華人民共和國大陸的噪音污染保護的單項法，其中第五章「交通運輸噪音污染防治」詳盡的具體防制交通噪音污染的條款。具體內容如下：

「第三十一條 本法所稱交通運輸噪音，是指機動車輛、鐵路機車、機動船舶、航空器等交通運輸工具在行駛時所產生的干擾周圍生活環境的聲音。

第三十二條 禁止製造、銷售或者進口超過規定的噪音限值的汽車。

第三十三條 在都市市區範圍內行駛的機動車輛的消音器和喇叭必須符合國家規定的要求。機動車輛必須加強維修和保養，保持技術性能良好，防制環境噪音污染。

第三十四條 機動車輛在都市市區範圍內行駛，機動船舶在都市市區的內河航道航行，鐵路機車駛經或者進入都市市區、療養區時，必須按照規定使用聲響裝置。警車、消防車、工程搶險車、救護車等機動車輛安裝、使用警報器，必須符合國務院公安部門的規定；在執行非緊急任務時，禁止使用警報器。

第三十五條 都市人民政府公安機關可以根據本地都市市區區域音環境保護的需要，劃定禁止機動車輛行駛和禁止其使用聲響裝置的路段和時間，並向社會公告。

第三十六條 建設經過已有的噪音敏感建築物集中區域的高速公路和都市高架、輕軌道路，有可能造成環境噪音污染的，應當設置隔音牆或者採取其他有效的控制環境噪音污染的措施。

第三十七條 在已有的都市交通幹線的兩側建設噪音敏感建築物的，建設單位應當按照國家規定間隔一定距離，並採取減輕、避免交通噪音影響的措施。

第三十八條 在車站、鐵路編組站、港口、碼頭、航空港等地指揮作業時使用廣播喇叭的，應當控制音量，減輕噪音對周圍生活環境的影響。

第三十九條 穿越都市居民區、文教區的鐵路，因鐵路機車行駛造成環境噪音污染的，當地都市人民政府應當組織鐵路部門和其他有關部門，制定減輕環境噪音污染的規劃。鐵路部門和其他有關部門應當按照規劃的要求，採取有效措施，減輕環境噪音污染。

第四十條 除起飛、降落或者依法規定的情形以外，民用航空器不得飛越都市市區上空。都市人民政府應當在航空器起飛、降落的淨空周圍劃定限制建設噪音敏感建築物的區域；在該區域內建設噪音敏感建築物的，建設單位應當採取減輕、避免航空器行駛時產生的噪音影響的措施。民航部門應當採取有效措施，減輕環境噪音污染。」

另外，《中華人民共和國環境噪音污染防治法》還規定對製造交通噪音污染的個人或單位的懲罰和強制措施：

1. 機動車輛擅自安裝報警器或者在市區內使用氣喇叭等高噪音聲響裝置的，由公安機關根據不同情節，給予警告或者處以(人民幣)200元罰款；
2. 營運車輛採用發出高噪音的方法招攬乘客的，由公安機關責令改正，可以並處(人民幣)100元罰款。

2.4.2 香港

香港和其他大都市一樣，道路交通噪音已成為重大的環境問題，影響很多市民的生活。為

了控制交通噪音，香港政府採取了一些卓有成效的措施，其中就包括制定並切實貫徹落實相關法規。

一 噪音限制標準

由於大部分進口香港的汽車均來自歐洲和日本，為了使香港的汽車噪音國際認可的最新標準，因此相對應的噪音污染防制法規都是採用了歐洲和日本的標準。

表2.4-5 歐盟車輛噪音標準

汽車分類	噪音限值 dB(A)
	行駛中噪音
用以載客的車輛 (座位數目 ≤ 9)	74
用以載客的車輛 (座位數目 > 9 及 GVW > 3.5 t) 而引擎馬力為： • < 150 kW • ≥ 150 kW	78 80
用以載客的車輛 (座位數目 > 9)，用以載貨的車輛 GVW 為： • < 2 t • > 2 t 及 ≤ 3.5 t	76 77
用以載貨的車輛 (GVW > 3.5 t) 而引擎馬力為： • < 75 kW • ≥ 75 kW 及 < 150 kW • ≥ 150 kW	77 78 80
電單車具有下列引擎容量： • ≤ 80 C.C. • > 80 C.C. 及 ≤ 175 C.C. • > 175 C.C.	75 77 80

說明：GVW：gross vehicle weight，全車總量。kW：千瓦特。

表2.4-6 日本車輛噪音標準

汽車類別			噪音標準 (dB(A))**		
			近距固定 噪音測試	穩定駕駛 噪音測試	加速駕駛 噪音測試
大型特別汽車及小型特別汽車			110	85	~
普通體積汽車、小型汽車及超小型汽車	GVW > 3.5 t 引擎輸出 > 150 kW	動力系統傳送動力至所有車輪的車輛	99	83	82
		動力系統傳送動力至所有車輪的車輛除外	99	82	81
	GVW > 3.5 t 引擎輸出 ≤ 150 kW	動力系統傳送動力至所有車輪的車輛	98	80	81
		動力系統傳送動力至所有車輪的車輛除外	98	79	80
GVW ≤ 3.5 t			97	74	76
專用以載客的普通體積汽車、小型汽車及超小型汽車 (座位數目 ≤ 10)		引擎設置在車輛後部的車輛	100	72	76
		引擎設置在車輛後部的車輛除外	96		
電單車	引擎排氣量 > 250 C.C.		94	72	73
	引擎排氣量 > 125 C.C. 及 ≤ 250 C.C.		94	71	73
	引擎排氣量 > 50 C.C. 及 ≤ 125 C.C.		95	70	72
	引擎排氣量 ≤ 50 C.C.		84	65	71

說明：GVW：gross vehicle weight，全車總量。

t：公噸。

** 準確測試條件及測量點位置應參照上述規例所載。

二 法律法規

(一)《環境影響評估條例》

1997年2月5日，香港制定《環境影響評估條例》，並於1998年4月1日開始正式實施。條例規定了設施設計標準及準則，用以規定各類交通運輸設施。例如，條例規定了各道路類別的設計規範和建築場所的停車泊位，其中一部分原因就是考慮到了最大限度降低交通噪音的影響；並且還規定所有主要新建道路或大型道路改建工程必須符合所制定的交通噪音標準。

(二)《噪音管制條例》(汽車)

《噪音管制條例》是香港政府在1988年制定的，並且經過多次修改和補充以適應不同時間的噪音管制的要求和標準：

「第4條 規定了汽車所發出的噪音標準，規定：除第5條另有規定外，在2002年6月1日當日或之後獲首次登記的——(2002年第45號法律公告)：

1. 每輛汽車(電單車除外)，須符合以下噪音發出標準，即：
 - (1) 按照附表第I部第1段所提述的指令而適用於位於歐洲聯盟成員國並須符合歐洲聯盟成員國法律規定的汽車的噪音發出標準。
 - (2) 按照附表第I部第2段所提述的條文而適用於位於日本並須符合日本法律規定的汽車的噪音發出標準。
2. 每輛電單車，須符合以下噪音發出標準，即：
 - (1) 按照附表第II部第1段所提述的指令而適用於位於歐洲聯盟成員國並須符合歐洲聯盟成員國法律規定的電單車的噪音發出標準。
 - (2) 按照附表第II部第2段所提述的條文而適用於位於日本並須符合日本法律規定的電單車的噪音發出標準。」

第5條 規定了第4條不適用的車輛，規定：「第4條不適用於以下車輛：機動三輪車；特別用途車輛；鄉村車輛；因車輛的構造而不能依靠其本身動力使其速度在平地上超越每小時50公里的任何汽車。」

第6條 規定了更嚴格的標準：「即使本規例有任何規定，監督如認為從任何汽車發出的噪音符合與憑藉第4條訂明的標準同樣嚴格或比該等標準更加嚴格的標準，則該汽車可被當作符合憑藉該條訂明的標準。」

條例還規定了一些特殊的可以豁免情況：對於為搶救生命或財產或為工程安全而必須施行的緊急工程，可以豁免。

管制條例中的附表：

車輛所發出的噪音的訂明標準

第I部

1. 由歐洲共同體理事會就各成員國關於汽車的可容許音量標準和廢氣系統的法律的近似化而訂立並經由1992年11月10日的《第92/97/EEC號理事會指令》及1996年3月27日的《第96/20/EC號委員會指令》修訂的1970年2月6日的《第70/157/EEC號理事會指令》。

2. 由日本運輸省訂立並經由 2000 年 2 月 21 日的《運輸省條例第 5 號》修訂的《道路車輛安全規例》第 30 條。

第 II 部

1. 由歐盟議會及歐洲聯盟理事會就兩輪或三輪汽車的若干零件及特性而訂立的 1997 年 6 月 17 日的《第 97/24/EC 號指令》。(2002 年第 45 號法律公告)
2. 由日本運輸省訂立並分別經由 2000 年 2 月 21 日的《運輸省條例第 5 號》及 1996 年 12 月 20 日的《運輸省條例第 66 號》修訂的《道路車輛安全規例》第 30 及 65 條。」

(三)《道路交通條例》

條例中《道路交通 (車輛構造及保養) 規例》第 30 條管制了消音器及膨脹室等裝置：

1. 每部由內燃引擎推動的車輛，須安裝一個適合或足以在合理的情況下，盡量減少由引擎溢出的廢氣所引致的聲響的消音器、膨脹室或其他機械裝置。
2. 每部由內燃引擎推動並在任何道路上使用的車輛，須經構造及維修以能令到由引擎溢出的廢氣，在未先經過根據第 (1) 款裝配的消音器、膨脹室或其他機械裝置前，不會向外溢出。
3. 當車輛在道路上使用時，每個上述的消音器、膨脹室或其他機械裝置，無論何時均須保持良好及有效的工作運作，而且不得改裝或替換，以致令溢出廢氣發出更大的聲響。

另外條例中《道路交通 (交通管制) 規例》管制了發生報警設備：

1. 每部汽車須裝配一個能夠發出聲音並可就其駛近或出現而給予充分警告的儀器：
 - (1) 每部貨車亦須裝配一個能夠在其倒車時及即將倒車時發出聲音並可給予充分警告的自動裝置。(2000 年第 1 號法律公告)
 - (2) 為第 (1) 款的目的而裝配的儀器必須能夠發出連續而不變的聲音而不得發出其他聲音。(2000 年第 1 號法律公告)
 - (3) 第 (1-1) 款所描述的自動裝置如：為該款的目的而裝配於貨車內，或裝配於其他汽車內，該裝置必須能夠發出間歇而不變的聲音而不得發出其他聲音。(2000 年第 1 號法律公告)。
2. 雖然第 (1)、(1-1)、(1-2) 及 (1-3) 款另有規定，任何汽車不得裝配：銅鑼或鈴；警報器；可連續發出不同音調的多音喇叭；雙音喇叭；發出過度刺耳、尖銳、嘈吵或駭人聲音的發聲器；或發出的聲音相當可能會與設於《道路交通 (交通管制) 規例》(第 374 章，附屬法例) 所指的交通燈控制的過路處的該規例第 33 條所訂明的交通燈在運作時所發出的聲音混淆的發聲器，[比照 S.I. 1986/1078 r. 99(3)(b) U.K.] (2000 年第 1 號法律公告)。

2.4.3 美國

1969 年頒布的《國家環境政策法》(Nation Environmental Policy Act) 是美國環境立法史上的劃時代創舉，它作為一部綜合性的環境保護基本法，在國際上產生了較大的影響。其不僅標誌著美國環境保護全面統一立法的完成，同時也賦予環境保護以新的觀念，即由防制為主轉變為預防為主，並向改善環境方向發展；此外它還首次推出了環境影響評估 (Environment Impact Assessment) 制度。為此，其被美國國家環境質量委員會稱為是「保護環境的國家基本章程」。它

的頒布在美國國內引起了巨大的連鎖效應，有力地推動了美國各州的類似立法，而其創造的環境影響評估程序亦為世界各國和地區所借鑒和效仿，從而推進了環境保護的進程。

一 噪音控制法

《噪音控制法》要求 EPA 研究制定適用於州際商業運輸的噪音控制標準，並授權聯邦公路局 (FHA) 實施。所有最大總質量超過 1 萬磅的商業車輛均需執行行駛狀態和定置狀態兩種不同的噪音標準，但用於安全目的的警告設備，例如喇叭、警報器則不受此限制。

在行駛狀態下，根據行駛速度、測量距離的不同，噪音值變化範圍為 81 ~ 93 dB(A)。定置狀態下的噪音標準也大致相同，數值範圍 83 ~ 91 dB(A)，依賴測量距離的不同而不同。該標準適用於任何時間、任何公路等級、機動車負載、加速、減速條件。

《噪音控制法》也要求從事州際商業運營的火車、鐵路車站符合以下噪音控制標準建造於 1980 年以前的鐵路機車，定置噪音和低速行駛噪音限制在 73 dB(A)，在正常巡航速度下，噪音限值則為 96 dB(A)。建造於 1980 年以後的機車執行更加嚴格的標準，定置和低速行駛噪音為 70 dB(A)，巡航噪音為 90 dB(A)。對於火車車廂的噪音，若速度每小時小於等於 45 英里，噪音要求不超過 88 dB(A)，車速大於每小時 45 英里，噪音不得超過 93 dB(A)。鐵路車站的車廂接合活動，噪音限值為 92 dB(A)。EPA 制定了機車和機動腳踏兩用車、重量大於 1 萬磅的中、重型卡車、可移動空氣壓縮機的噪音控制標準。

機車噪音標準僅適用於 1982 年以後生產的車輛，限值 80 ~ 86 dB(A)，隨型號、年限、道路用車還是非道路用車而異。機動腳踏兩用車限制更為嚴格，為 70 dB(A)。對於重量超過 1 萬磅的卡車，標準僅限制了 1978 年以後生產的車輛，根據型號的年份，限值為 80 ~ 83 dB(A) 不等。可移動空氣壓縮機的噪音限值為 76 dB(A)。

二 噪音限制標準

表 2.4-7 美國一般地區環境噪音標準 (日/夜)[dB(A)]

區域	基本噪音水平	常見的峰值	不常見的峰值	備註
醫院療養院	45/35	50/45	55/50	室內噪音值： 生活區為 50 臥室為 35 新學校 45 老學校 55
安靜的居民區	55/45	65/55	70/65	
混合區	60/45	70/55	75/65	
商業區	60/50	70/60	75/65	
工業區	65/55	75/60	80/70	
主要交通幹線	70/65	80/70	90/80	

表 2.4-8 美國聯邦公路局交通噪音標準

適用區域	L_{10} (dB(A))
需要特別安靜的地區，如療養院等	60 (戶外)
居民區、旅館、醫院、會議室、學校等	70 (戶外)
不包括上述兩類的一般區域	75 (戶外)
住宅、旅館、會議室、學校、圖書館醫院等	55 (室內)

三 軌道交通噪音標準和規範

有關軌道交通的規範和標準分為兩部分，第一部分為軌道車輛和結構噪音與振動的設計標準；第二部分為系統沿線公共區域的噪音和振動標準。

(一) 車輛內部噪音標準

1. 地面行駛

為了保證車內的通訊廣播系統正常工作和乘客的舒適程度，車輛內部噪音值應不超過 70 dB(A)。在正常的行駛條件下，對於最大行駛速度，碎石枕木道床結構，這一限值是可以達到的。但是，在一定程度上乘客的交談應不受干擾，若做到這一點則困難較大。當列車在地面或者在混凝土道床的高架結構上行駛，在最大的行駛速度下，車內噪音值不應超過 74 dB(A)。

表 2.4-9 美國軌道車輛內部噪音標準 (dB(A)，空載)

地面或高架結構 (碎石枕木道床)，最大行駛速度，焊接鋼軌 (接觸鋼軌增加 5 dB(A))	70
地面或高架結構 (混凝土道床)，最大行駛速度	74
隧道內部最大行駛速度	80
列車停站，所有輔助設備運轉	68
列車停站，單一輔助設備運轉	65
車門開啟 (噪音計快特性)	72

2. 地下行駛

在捷運結構中，車輛內部噪音值的最大設計標準規定為 80 dB(A)。這一標準必須採取車體隔音或在隧道內進行吸音處理，或在兩種方法並用的基礎上予以實現。儘管車輛的吸音處理增加了車體的重量和車輛的造價，但是透過車體隔音來降低車輛內部噪音值是行之有效的。若採用理想的、耐久的吸音材料對隧道進行吸音處理，則車體的隔音要求可以適當降低。如果地面上行駛的列車其車內噪音值較低，對車壁、門窗和頂板不必進行附加的隔音，只需對地板進行隔音處理便可達到控制車輛內部噪音值的目的。

3. 輔助設備

列車停站時，車輛輔助設備，空調和通訊系統的噪音標準為 68 dB(A)。同樣，任何一種輔助設備運轉，如發電機、空氣壓縮機、牽引電機的冷風扇或者冷卻系統，車輛內部噪音值應不超過 65 dB(A)。列車車門開啟產生的噪音，使用噪音計快特性，距車門 3 m 以外的噪音值不應超過 72 dB(A)。

(二) 車輛外部噪音標準

1. 碎石枕木道床

在正常條件下，列車靜止狀態，所有設備同時工作，距軌道中心線 15 m，地面高度 1.2 m 處的噪音值應不超過 60 dB(A)。兩節編組的列車在地面以 130 km/h 的速度行駛，軌道表面平滑，所有設備運轉，距軌道中心線 15 m 處的噪音值不超過 84 dB(A)，在 100 km/h 的速度下不超過 80 dB(A)。

2. 高架結構和混凝土道床

由於混凝土板對噪音起反射作用，所以高架和地面混凝土道床產生的噪音高於碎石枕木道床，因此規定兩節編組的列車在離軌道中心線 15 m 處的路旁噪音值在 130 km/h 時應低於 88 dB(A)，100 km/h 時應低於 85 dB(A)。

在高架結構的設計中，可以忽略高架所引起的低頻噪音。儘管低頻噪音對建築物外界的噪音值影響不大，但是極易傳播到鄰近的建築物內，產生干擾。

3. 車輛尖銳磨擦聲

在曲率半徑小的彎道上，由於輪軌間的相互作用，導致產生非常強烈的車輪尖銳磨擦聲。為了使尖銳噪音控制在較小的範圍內，曲率半徑不得低於 330 m。如果必須選擇曲率半徑小的彎道，則降低和減小輪軌的尖銳磨擦噪音應透過採取有效的阻尼車輪或者彈性車輪來實現。

表 2.4-10 美國車輛外部噪音標準 (dB(A))

	2 節車	4 節車	6 ~ 8 節車
碎石枕木道床：列車速度 130 Km/h	84	86	87
列車速度 100 Km/h	80	82	83
混凝土道床：列車速度 130 Km/h	88	90	91
列車速度 100 Km/h	85	87	88
所有設備運轉：列車停站		60	

(三) 車輛設備噪音標準

當列車正常速度行駛時，主要噪音源為牽引系統（電機和齒輪）及輪軌作用，中速行駛時輪軌噪音佔主導地位，高速行駛時牽引系統再次成為主要音源，減速時以機械制動噪音為主。

1. 牽引設備

噪音值的檢驗條件是在距車輛中心線 4.5 m 處，用千斤頂將車輛支撐起來使車輪空轉。齒輪的噪音特性主要是純音噪音在車輪空轉的條件下，齒輪箱產生的噪音應低於 < 牽引系統總噪音值 3 ~ 4 dB(A)。

2. 制動系統

列車制動產生的噪音值不應超過輔助設備、牽引系統和輪軌磨擦等噪音值之和。制動引起的噪音距軌道中心線 1.5 m 處應限制在 75 dB(A) 以下。

3. 輔助設備

列車停站時距中心線 4.5 m 處，輔助設備噪音應低於 68 dB(A)。

(四) 捷運車站噪音標準

1. 列車噪音

列車進站和出站時的噪音值取決於站臺長度，進站和出站的縱斷面坡度以及站間距等

等。透過選用適當的軌道扣件和車站吸音處理形式，使站臺噪音值在列車進站和出站時達到 80 ~ 85 dB(A)，透過車站時限制在 85 dB(A) 以下。列車停站時距列車中心線 4.5 m 處的最大噪音值為 68 dB(A)。

表 2.4-11 美國捷運車站噪音標準 (dB(A))

地點	噪音標準
站臺噪音值，列車進站和出站	80 ~ 85
站臺噪音值，列車通過	85
站臺噪音值，列車停站	68
站臺區域的混響時間	1.2 ~ 1.4 s
軌道複雜的大截面站臺區域	1.4 ~ 1.6 s
站臺噪音值，車站通風系統和自動電扶梯停止運行	55
車站值班室噪音值	50

2. 車站聲學環境

為了保證站臺的語言清晰程度，必須使站臺公共區域的混響限制在很短的時間內。對於一般的雙軌道車站，中頻範圍的混響時間為 1.2 ~ 1.4 s 對於多軌道的大型車站，混響時間規定為 1.4 ~ 1.6 s。這一設計標準的建立便足以控制車站噪音，降低乘客交談的干擾度，為車站廣播提供良好的聲學效果。

3. 輔助設備噪音

車站通風系統和其他機械設備的噪音為穩態噪音，應限制在 55 dB(A) 以下，除在事故狀態下，自動扶梯噪音的最大限值也是 55 dB(A)。車站值班室的噪音值應規定為 50 dB(A)。在最大的列車行駛速度下，列車內部噪音值的限值標準為 80 dB(A)，為滿足這一標準應在隧道牆壁表面進行吸音處理，其效果可使車內噪音值降低 5 dB(A) 以上，同時也可改善工作人員的工作環境，滿足職業安全和健康條例中的要求。

(五) 其他標準

表 2.4-12 美國城區各類區域環境噪音標準 (dB(A))

序號	區域類型	環境噪音值 (平均值)
I	低密度城市住宅區、市郊	白天：40 ~ 50
		夜間：35 ~ 45
II	中密度城市住宅區、公寓、飯店、市郊	白天：45 ~ 55
		夜間：40 ~ 50
III	高密度城市住宅區、商業混合區、公園、音樂廳和非商業用辦公樓	白天：50 ~ 60
		夜間：45 ~ 55
IV	有辦公樓的商業區、商業中心等	60 ~ 70
V	工業區和高速公路沿線	60 以上

表2.4-13 美國列車行駛通過相關區域時的最大噪音值標準

序號	區域類型	最大噪音值 (dB(A))		
		一個家庭的住宅	多個家庭的住宅	商業樓
I	低密度住宅區	70	75	80
II	中密度住宅區	75	75	80
III	高密度住宅區	75	80	85
IV	商業區	80	80	85
V	工業區和公路兩側	80	85	85

表2.4-14 美國列車行駛通過相關建築物類型時的最大噪音值標準

建築物類型	最大設計噪音值 (dB(A))
會堂	60
安靜的室外娛樂場所	85
音樂行、電台和電視台、體育館	70
教堂、劇院、學校、醫院、影院、圖書館	75

表2.4-15 美國室內噪音值標準

序號	區域類型	室內噪音值 (dB(A))		
		一個家庭的住宅	多個家庭的住宅	商業樓
I	低密度住宅區	30	35	40
II	中密度住宅區	35	40	45
III	高密度住宅區	35	40	45
IV	商業區	40	45	50
V	工業區和公路兩側	40	45	55

表2.4-16 美國室內噪音值標準

建築物類型	室內噪音值 (dB(A))
音樂行和電視台	25
會堂	30
教堂和劇院	35
醫院病房	30 ~ 40
法院	35
學院和圖書館	40
大學和宿舍區	35 ~ 40
辦公樓	35 ~ 40
商業大樓	45 ~ 55

表2.4-17 美國輔助設備的噪音標準

序號	區域類型	最大噪音值設計標準 (dB(A))	
I	低密度居民區	50	40
II	中密度居民區	55	45
III	高密度居民區	60	50
IV	商業區	65	65
V	工業區和高速公路沿線	75	75

四 部分州市交通噪音規定、條例

(一) 美國阿拉斯加州安克拉治市 (Anchorage)

表 2.4-18 美國阿拉斯加州安克拉治市的機動車輛噪音排放標準

交通工具類型	速度小於 35 mph 的地域 (dB(A))	速度大於 35 mph 的地域 (dB(A))	固定加速地點 (dB(A))
洲際運管的 GVWR 或 10,000 磅或更多的 GCWR 的車輛	86	90	88
10,000 磅更多的 GVWR 和 GCWR 的所有其他車輛	86	90	—
摩托車	76	80	—
其他機動車輛以及組裝的機動車輛	76	80	—

表 2.4-19 美國阿拉斯加州安克拉治市娛樂型車輛噪音排放標準

交通工具類型	噪音限值 dB(A)
雪上汽車	76
摩托車	76
其他車輛	76

(二) 亞利桑那州梅薩市 (Mesa, Arizona)

其都市交通車輛，以及火車正常行駛產生的噪音不受下表所示的噪音標準條例的限制。

表 2.4-20 美國亞利桑那州梅薩市的噪音標準

單位：dB(A)

機動車輛的噪音限值 (Measured at 50 Feet or 15 Meters)		
交通工具類型	當地街道測量	鋪設過的表面測量
達到 GVWR 等級的毛重的機動車輛，或毛重大於 10,000 磅的 GCWR 車輛組合	86 dB(A)	90 dB(A)
其他機動車輛或機動車輛組合	76 dB(A)	82 dB(A)
公共街道或者高速公路上運行的摩托車	82 dB(A)	86 dB(A)

(三) 科羅拉多州博爾德縣 (Boulder County, Colorado)

在公共道路或者高速公路上限速行駛的車輛噪音不可超過以 dB(A) 為刻度測量所得的以下各項：

表 2.4-21 美國科羅拉多州博爾德縣交通噪音標準

單位：dB(A)

交通工具類型	速度 35 mph 或以下	大於 35 mph
73 年 1 月 1 日前生產的機動車輛	82 dB(A)	86 dB(A)
73 年 1 月 1 日及以後生產的機動車輛	80 dB(A)	84 dB(A)
車輛重量超過 10,000 磅的機動車輛，或者此類車輛的任意組裝	86 dB(A)	88 dB(A)
其他交通工具	80 dB(A)	84 dB(A)

在私人場地而非道路或者高速公路行駛的所有的交通工具生產噪音不可超過 78 dB(A)。違反該規定的，每次違反處以 30 美元的罰款，自己承擔相對應的訴訟費用，一年之內多次違反的，每次加罰 30 美元，至 300 美元最高。

(四) 科羅拉州多斯普林斯市 (Springs, Colorado)

車重不超過一萬磅的車輛噪音發出超過 80 dB(A)，在 A 級重量中，噪音強度過大，視為違法：

1. 任何車輛重量超過一萬磅，噪音超過 88 dB(A) 的強度則認為發出過多的異常聲音，視為非法。
2. 上午七點鐘 (7:00) 到下午七點鐘 (7:00) 的時段，上述 dB(A) 標準應適用於所有街道都市。
3. 之間的時間下午七點鐘到上午七點鐘 (7:00)，上述 dB(A) 標準應只適用於指定的街道都市。

緊急車輛不受此限制。違反該規定，每次處以不超過 500 美元的處罰，但不可被判監禁。

(五) 佛羅里達州杰克遜維爾市 (Jacksonville)

人為或者是嚴重疏忽導致的嚴重交通噪音污染，可以處以 500 美元以下罰款，或者九十天以下的監禁，或者，二者同時實施。

(六) 印第安納州韋恩堡市 (Fort Wayne)

違反相對應的交通噪音條例，每次違反將處以 150 美元以上，500 美元以下的罰款。

2.4.4 日本

一 概述

日本環境法的發展是與其現代化的推進互為促進的。二戰後，在日趨嚴重的環境危機的壓力下，日本環境法得到了突飛猛進的發展。其環境立法體系之完備，內容之具體，法律、法規編纂、出版之及時，居於世界之冠。日本的環境法原先稱為公害法，其公害基本法為 1967 年制定的《公害對策基本法》，後於 1970 做重大修訂。在 1993 年，鑒於《公害對策基本法》在環境保護方面的缺陷，日本制定了《環境基本法》，作為其綜合性的環境保護基本法。日本的立法體系注重整體化的架構，形成了以憲法關於環境保護規定為基礎，以綜合性的環境基本法為中心，其他相關部門法為補充，以及包括污染防治、自然保護、環境糾紛處理及損害救濟、環境管理組織等內容的環境法律、法規、制度和環境標準組成的完備體系。主要包括以下幾個方面：(1) 關於環境保護的基本法，如《環境污染控制基本法》、《公害對策基本法》、《環境基本法》、《循環型社會基本法》等；(2) 關於環境保護的專業法律，《煙塵排放規制法》、《大氣污染防止法》、《噪音管制法》；(3) 關於環境保護的綜合法，如《工廠廢物控制法》、《資源有效利用促進法》等；(4) 雖然不直接屬於環保，但和環保有密切關聯的法律，如《公害健康損害賠償法》、《能源使用合理化法》、《居住生活基本法》等。在整個日本環境法大體系中，與交通噪音有關的相關法規如表 2.4-22 所示：

表 2.4-22 日本交通噪音相關法律法規

類別		主要立法	主要關係法
公害防治	公害基本對策	公害對策基本法	—
	噪音振動	噪音控制法	道路交通法
		振動控制法	道路運輸車輛法
		關於防治民用機場對周圍居民造成噪音公害之法律	航空法
			關於在公用機場周圍防治飛機噪音等法律
		關於整頓防衛措施周圍環境法	

二 噪音限制標準

表 2.4-23 日本一般地區噪音標準

單位：dB(A)

地區類型	時間		
	白天	早晚	夜間
要求特別安靜的療養地區	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
一般住宅區	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
有居民的工商業區	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)

表 2.4-24 日本面向道路區域噪音標準

單位：dB(A)

地區類型		時間		
		白天	早晚	夜間
住宅區	二車道	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
	三車道以上	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
有住宅的工商業區	二車道	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
	三車道以上	65 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

表 2.4-25 日本汽車噪音標準

單位：dB(A)

機動車輛種類			正常行駛噪音	加速行駛噪音
全部汽車			85	
卡車公共汽車	大型	車輛總重量 3.5 噸以上發動機最大功率 200 馬力以上	80	89
	中型	車輛總重 3.5 噸以上發動機最大功率 200 馬力以下	78	87
	小型	車輛總重量 3.5 噸以下	74	83
轎車			70	82
兩輪汽車	小型汽車	> 250 C.C.	74	83
	輕型汽車	≤ 250 C.C.	74	83
機器腳踏車	第一種	≤ 50 C.C.	70	79
	第二種	≤ 125 C.C.	70	79
		> 50 C.C.		

表2.4-26 日本機動車輛噪音規定

單位：dB(A)

	1971	1976	1979	1982	1983	1985
重型車輛 (> 3.5 t > 147 kW)						
卡車	92	89	86			*83
公共汽車	92	89	86			83
中型車輛 (> 3.5 t < 147 kW)	89	87	86		83	
輕型車輛 (< 3.5 t)	85	83	81			
小轎車	84	82	81	78		
摩托車 (> 250 mL)	86	83	78			*75
(125 ~ 250 mL)	84	83	78			75
機器腳踏車 (50 ~ 125 mL)	82	79	75			*72
(< 50 mL)	80	79	75			72

表2.4-27 日本鐵道噪音標準

單位：dB(A)

地區類型	標準值
I：主要為供居住的地區	70 以下
II：供工商業地區等 I 類以外有必要保證正常生活的地區	75 以下

三 《噪音控制法》

日本 1968 年 6 月 10 日第 98 號法律最新修訂，1995 年第 75 號法律。其中與交通噪音有關的相關條款如下，包括本法的總則、有關汽車噪音的容許限度、罰則 (所有罰則) 等：

「第一條 本法的目的，是透過對企業伴隨其活動和建築工程而發生的，相當範圍的噪音實施必要的控制的同時制定汽車噪音容許限度等，以保護生活環境和國民的健康。

第二條 本法所稱「汽車噪音」，是指伴隨汽車 [係指 (道路運輸車輛法)(1951 年第 185 號法律) 第 2 條第 2 款規定的汽車，即以總理府令規定的汽車和同條第 3 款規定的，安裝有原動機的自行車，以上同] 行駛而產生的噪音。

第九條 規定的受勸告者不聽從勸告而設置特定設施時，或者受前款規定的勸告者不聽從勸告時，都、道、府、縣知事可以命令其在規定的期限為消除同條或同款的事態所必要的限度內改善噪音的防制方法，變更特定設施的使用方法或配置。

第十六條 都、道、府、縣知事應根據汽車在一定條件下行駛時所產生的汽車噪音噪音值，制定其容許限度。為了謀求控制汽車噪音，運輸大臣在根據 (道路運輸車輛法) 以命令規定有關汽車噪音控制的必要事項時，應考慮能夠確保前款的容許限度。

第十七條 都、道、府、縣知事在實施了第 21-2 條的測定時，如果認為在指定地區內的汽車噪音超過了以總理府令規定的限度，會明顯危害路邊的生活環境時，可以要求都、道、府、縣公安委員會根據 (道路交通法)(1960 年第 105 號法律) 的規定，採取必要的措施。

都、道、府、縣知事除根據前款的規定提出要求以外，如果認為還有必要實施第 21-2 條的測定時，可以就有關該部分道路結構的改善及其他有助於降低噪音噪音值的事項，向道路管理人或有關行政機關長官陳述意見。

第二十一條第二則 都、道、府、縣知事應對指定地區實施噪音的噪音值測定。

第二十二條 都、道、府、縣知事，為了達到本法的目的而認為有必要時，可以請求有關行政機關的長官或有關地方公共團體的長官提供有關特定設施的狀況、特定建築作業的狀況等的資料及其他協助，或者陳述有關噪音防制的意見。

第二十九條 違反第 12 條第 2 款規定的命令者，處以 1 年以下的徒刑或 10 萬日元以下的罰金。

第三十條 不按第 6 條第 1 款的規定申報或作虛假申報者，或者違反了根據第 15 條第 2 款規定的命令者，處以 5 萬日元以下的罰金。

第三十一條 不按第 7 條第 1 款、第 8 條第 1 款、第 14 條第 1 款的規定申報或作虛假的申報者，或者不按第 20 條第 1 款的規定報告或作虛假報告，或者拒絕、妨礙或回避依據同款規定檢查人的檢查，處以 3 萬日元以下的罰金。

第三十二條 法人的代表人、法人或自然人的代理人、使用人及其他從業人員，實施了與其法人或自然人的業務有關的前 3 條的違法行為時，除處罰行為人外，還要對該法人或自然人處以各該條的罰金刑。

第三十三條 不按第 10 條、第 11 條第 3 款或第 14 條第 2 款的規定申報，或者作虛假申報者，處以 1 萬日元以下的過失罪罰款。」

在上面第二十一條中，針對汽車噪音的限度和規定如下：

「第三條 內幹線交通接近道路地區 (有二行車道以下的行車道的道路的情況是指從道路的地基境界線超過十五公尺、二行車道的行車道的道路的情況是指從道路的地基境界線到二十公尺的範圍) 不論情況，在白天是在 75 dB(A)、夜間方面，是 70 dB(A)。

第四條 在前三條規定的限度，測量的方法：

1. 噪音的測量，在測量法第七十一條的條件合格的噪音合計之後進行。
2. 噪音的測量，要測的道路受到住宅，醫院，學校等用途的建築物影響。在這些情況進行測量，應在該地點的垂直方向，對生活環境影響最大的位置測量。
3. 噪音的測量，以作該道路當中除了十字路口之外的有關部分的汽車噪音作為對象，連續七日，在被承認代表該汽車噪音的情況下，取連續 3 日測量結果。
4. 噪音的評估手法，由均能音量標準決定。
5. 噪音的測量，標準的測量方法，應在避開由建築物帶來的無法忽視的反射的影響的位置進行測量。但是，建築物和道路之間 (包含道路的地基境線) 的地點在舉行測量，在無法避開由該建築物帶來的無法忽視的反射的影響的情況下，應考慮該影響，補正實際測量值等適當的措施的時候，補充不限。
6. 有汽車噪音以外的噪音或有關該道路以外的道路的汽車噪音帶來影響的話，在其被承認的情況下，考慮這些影響，補正實際測量值的人作為。
7. 以每個 3 日為時段而透過測量的數值的全時間能量平均數值作為噪音的大小。」

四 日本汽車噪音控制的新標準

1. **大型汽車**：全驅動大型汽車和大型載貨汽車，在今後 10 年內噪音標準控制在 82 dB(A) 以下；

- 大型汽車，在今後 6 年內噪音標準控制在 81 dB(A) 以下 (大型汽車是指裝載質量超過 3.5 t，引擎功率超過 147 kW 的汽車。目前該類汽車的噪音限值為 83 dB(A))。
2. **中型汽車**：全驅動中型汽車，在今後 10 年內噪音標準控制在 81 dB(A)；中型貨車和客車，在今後 10 年內噪音標準控制在 80 dB(A)(中型汽車是指裝載質量超過 3.5 t，引擎功率低於 147 kW 的汽車，目前，該類汽車的噪音限值為 83 dB(A))。
 3. **小型汽車**：在今後 10 年內，其噪音標準控制在 76 dB(A)(小型汽車是指裝載質量小於 3.5 t 的汽車，目前該類車的噪音限值為 78 dB(A))。
 4. **客車**：乘載 6~10 人的客車，在今後 10 年噪音標準控制在 76 dB(A)，承載 6 人以下的客車在今後 6 年內噪音標準控制在 76 dB(A)(目前客車的噪音限值為 80 dB(A))。
 5. **三輪汽車**：小型三輪汽車，在今後 10 年內汽車噪音標準控制在 73 dB(A)；微型三輪汽車，在今後 6 年內汽車噪音標準控制在 73 dB(A)(目前三輪汽車的噪音限值為 73 dB(A))。
 6. **機車**：第二級機車，在今後 10 年內噪音標準均控制在 71 dB(A)；第一級機車，在今後 6 年內噪音標準控制在 71 dB(A)(目前機車的噪音限值為 72 dB(A))。

五 日本道路交通噪音測定方法

表 2.4-28 日本道路交通噪音測定方法一覽表

對象	環境噪音		汽車交通噪音
名稱	新幹線鐵路噪音的相關環境基準	傳統鐵路的新設或大規模改良時的噪音對策方針	噪音管制法 要求限度
適用地區	除了車站用地等以外，距離東海道新幹線鐵路及東北新幹線之軌道中心 200 m 以內的地區 (1975 告示 46 號)	為普通鐵路及類似軌道之新建成或大規模改良線上，列車行駛噪音影響的地域	特別區及市的區域、工業專用地區、臨港地區、東京國際機場、美軍設施以外的地區 (1969 年告示第 156 號)
噪音的測量方法等	評估值	尖峰值測得之前面半數的能量平均	噪音均能音量 L_{eq}
	測量場地	代表該地區噪音的地點或容易發生噪音問題的地點為了進行比較，最好合併測量 25 m 及 50 m 地點	最好是能代表該地區的地點，無法從距離近接軌道中心線 12.5 m 處測量時，為儘可接近軌道的地點。會形成問題的地點最好能同時測量，可供參考
	時期、時間	可以掌握平均狀況之時期上午 6 時至下午 12 時的新幹線道路噪音、延遲等時，也適用於該時間外	原則上為所有列車 (1 日)
	測量次數	連續 20 車次的列車，但 4 小時內未滿 20 列車次時，為其列車次數，若尖峰值一定時，也可以減少為 10 列車次	原則上為全列車，但也可注意列車種別，進行適當減少，然後進行加重計算 (同一種別必須三列以上)
	測量儀器	計量法的特定計量器 (普通噪音計及精密噪音計)	
	測量方法	在可看到路線的場所，背景噪音比尖峰值低 10 dB(A) 的地點之尖峰值。原則上為地上 1.2 m、距離牆壁 1 m。若高層住宅等也有問題時，最好能以其高度進行測量。	在和背景噪音的差在 10 dB(A) 以上之區測量 L_{AE} 無法確保和背景噪音之差時，測量尖峰後推算 L_{AE} = 地上 1.2 m、距離外壁 3.5 m
動特性	Slow		

2.4.5 歐盟

一 概述

歐盟環境法體系包括歐盟基礎條約、歐盟簽署或參加的國際環境條約、歐盟機構制定的歐盟法規 (包括條例、指令和決定)、其他具有法律規範性的文件、其他相關法律淵源等。

歐盟環境法的體系包括成文法和判例法，但以成文法為主；包括憲法性規範、條例、指令、決定、決議、標準等成文法律形式，但以指令、決定和條例為主；包括國家級環境法、歐盟級環境法和國際級環境法。

可以認為：國家級環境法是歐盟環境法與國內環境法的交叉；國際級環境法是歐盟環境法與國際環境法的交叉。歐盟環境法作為介於傳統國內法與傳統國際法之間的法律，既具有國內環境法的某些特點，也具有國際環境法的某些特點，它是國內環境法和國際環境法的結合。

二 噪音限制標準

Council Directive 92/97/EEC 制定於 1992 年 11 月 10 日，規定了機動車輛允許噪音值和排氣系統標準：

1. Council Directive 92/97/EEC 規定歐盟各國家的車輛必須符合歐盟規定的噪音標準，否則不會得到 EEC 和各成員國的認可，將不允許使用；
2. 載客量不足 9 人 (包括司機) 的客運車輛最大噪音值不得超過 74 dB(A)；
3. 載客量超過 9 人 (包括司機)、最大載重量大於 3.5 噸並且引擎功率小於 150 kW 的客運車輛最大噪音值不得超過 78 dB(A)；
4. 載客量超過 9 人 (包括司機)、最大載重量大於 3.5 噸並且引擎功率大於 150 kW 的客運車輛最大噪音值不得超過 80 dB(A)；
5. 允許乘坐 9 人 (包括司機)、最大載重不足 2 噸的貨運車輛最大噪音值不得超過 76 dB(A)；
6. 允許乘坐 9 人 (包括司機)、最大載重超過 2 噸但不足 3.5 噸的貨運車輛最大噪音值不得超過 77 dB(A)；
7. 最大載重超過但引擎功率小於 75 kW 的貨車最大噪音值不得超過 77 dB(A)；
8. 最大載重超過但引擎功率大於 75 kW 不足 150 kW 的貨車最大噪音值不得超過 78 dB(A)；
9. 最大載重超過但引擎功率大於 150 kW 的貨車最大噪音值不得超過 80 dB(A)；
10. 如果 2、4 中的車輛裝配的是柴油引擎時，相對應的噪音極限可以提高 1 dB(A)；裝配柴油引擎最大載重量低於 2 噸的越野車，當其功率小於 150 kW 時，相對應的噪音極限可以增加 1 dB(A)，而如果其功率大於 150 kW 時，相對應的噪音極限可以提高 2 dB(A)。

對於其他交通工具或交通環境的噪音限制標準如下：

表 2.4-29 歐盟關於貨運列車的噪音限制標準

單元軸長	速度	貨車通過時噪音限制		貨車穩態噪音限制 dB(A)
		未改進	改進後	
0.15	80 km/h	84	82	65
0.15 ~ 0.275 m	80 km/h	85	83	65
大於 0.275 m	80 km/h	87	85	65

表 2.4-30 歐盟關於 trainset 高速列車噪音限制標準

速度	列車穩態噪音限制 dB(A)
250 km/h	87
300 km/h	91
320 km/h	92

表 2.4-31 歐盟關於陸上交通工具的穩態行駛噪音限制標準

交通工具	穩態行駛噪音限制 dB(A)
電動機車	75
內燃機車	75
電動動車組	68
內燃動車組	73
客車	65

表 2.4-32 歐盟關於陸上交通工具的最大加速噪音限制標準

交通工具	最大加速噪音限制 dB(A)
電動動車 邊緣功率 < 4,500 kW	82
電動動車 邊緣功率 ≥ 4,500 kW	85
內燃機車 軸功率 < 2,000 kW	86
內燃動車 軸功率 < 2,000 kW	89
電動動車阻	82
內燃動車阻 功率 < 500 kW / 發動機	83
內燃動車阻 功率 ≥ 500 kW / 發動機	85

表 2.4-33 歐盟關於陸上交通工具通過時的噪音限制標準

交通工具	通過噪音限制 dB(A)
電動機車	85
內燃機車	85
電動動車組	81
內燃動車組	82
客車	80

表2.4-34 歐盟部分成員國住宅區夜間道路交通噪音限制標準

歐洲成員	住宅區夜間道路交通噪音限值 dB(A)
法國	62
德國	49
西班牙	45
荷蘭	40
奧地利	50
瑞士	51
芬蘭	46
匈牙利	55
拉脫維亞	40
愛沙尼亞	45
瑞典	50

在歐洲，除了摩托車外，各種車輛噪音限值是由歐洲經濟共同體制定的，如表 2.4-35 所示。表中規定了 80 年代的十年裡，大型公共汽車和載重卡車這些主要噪音源的輻射噪音值下降約 10 dB(A)。

表2.4-35 歐洲共同體的公路車輛噪音限值

單位：dB(A)

規定編號 執行日期	噪音限值				總的噪音降 低值 dB(A) 計數
	70/157/EEC 1970	77/212/EEC 1982.10.1	81/334/EEC 1985.10.1	84/424/EEC 1989.10.1	
小轎車	82	80	80	77	5~8
麵包車，小公共汽車 < 2 t	84	81	81	78	6~9
麵包車，小公共汽車 2~3.5 t	84	81	81	79	5~8
大於 3.5 t 車輛					
公共汽車 < 150 kW	89	82	82	80	9~11
公共汽車 > 150 kW	91	85	85	83	8~12
卡車 < 75 kW	89	86	86	81	8
卡車 75~150 kW	89	86	86	83	6~10
卡車 > 150 kW	91	88	86	84	8~12

註：1. 對城市外行駛的車輛噪音限值，如大於 2 t 的，可高 1dB(A)(< 150 kW)；或高 2 dB(A)(> 150 kW)。

2. 一年後，適用於柴油麵包車、小公共汽車和卡車。

3. 對直接噴射的柴油發動機，噪音限值允許高 1 dB(A)。

三 奧地利

在奧地利，沒有全面的立法關於噪音排放或影響。奧地利聯邦憲法，最早可追溯到 20 世紀 20 年代，沒有將環境保護看作一項明確的問題，因此削減噪音成為次要問題的立法。例如，個別條例存在於每個不同來源的環境噪音，包括鐵路和公路交通。

道路交通噪音的排放量由歐洲共同體指令機動車法 / 車輛法實施令，1993 (KFG/KDV [RL. 70/157/EEG]) 規定。這是由公共經濟和交通聯邦內政部 (BMöWV) 實施和管理。聯邦公路的噪音影響受聯邦公路噪音控制法令的控制，1983 (Ersatz Zl. 920 080/1-III/14/82)，各省 (Bundesländer) 負責其實施。

軌道交通噪音的排放量和影響由車輛噪音排放的法規法令 1993 (SchLV BGBl. Nr. 414/1993) 和車輛噪音影響的法規法令來分別控制，這些法令有 BMöWV 實施。

空中交通噪音的排放量由飛機噪音排放的法規法令 (ZLZV) 1992 來控制，也是由 BMöWV 實施。用於管制飛機噪音的飛機噪音管制法目前正在籌備中。

此外，1994 年的環境影響評估法旨在透過評估一個新的發展 (如鐵路) 利用環境影響評估的一部分，規劃進程來防止健康風險和煩惱。

奧地利立法實施分為兩個層次：在聯邦一級的政府部門 (如 BMöWV)；9 個聯邦省 (Bundesländer) 一級的。奧地利聯邦一級沒有統一的關於環境噪音的立法存在，但是，有不同的法規和法律存在於每個聯邦省 (Bundesländer)。還有一個 ÖNORM (S 5021 'Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung', Ausgabe 1st August, 1990) 和 (ÖAL-Guideline No 3 'Beurteilung von Schallimmissionen, Lärmstörungen im Nachbarschaftsbereich' 5th Edition, December 1986)，其中規定了最高的環境噪音標準。

四 丹麥

丹麥的環境管理在 1974 年 10 月分配到當地的縣或市政局。因此，每個都市在自己的管轄範圍之內負責管制噪音。環境噪音的要求規定了一個要求遵守的限制值 (例如，在 7 點和 18 點之間最大的噪音 dB(A)，基於現有的最佳技術 (BAT))。歐洲共同體有關噪音的指令已經直接被納入了丹麥法律，對每種類型的噪音源有不同的立法。

在道路交通噪音方面，立法薄弱，雖然有標準規定新住房的噪音標準不得超過 30 dB(A)(24 小時均能噪音值)。根據丹麥城鎮和農村規劃系統，要求新的房屋不得修建在地方道路噪音超過自由場 55 dB(A) 的地方。此外，在建造新的道路或機場時，進行環境影響評估 (EIA)，需要和環境影響評估的公共指令相符合。在這種情況下，自由場 55 dB(A) 也適用於作為住房外的噪音限制。

在鐵路噪音方面，立法也較弱。這是因為相比道路交通噪音，鐵路噪音被認為是滋擾較少的，也許是因為其環境效益超過了公路運輸。在居民區的鐵路交通噪音 (自由場值) 限制擴大了 5 dB(A) 至 60 dB(A)。通常用於鐵路噪音的限額 L_{Amax} 是 85 dB(A)。

對於所有的空中交通活動，丹麥環保局建議設立噪音限值。這些限值取決於正在使用的區域。所有機場和機場地區受法規法令的管制，1995 年至 1999 年，以滿足一系列的噪音限制。對於住宅區，此限制是 55 dB(A)。這個白天 - 晚上 - 深夜標準是用來描述空中交通噪音，根據 L_{Aeq} 計算 3 個月的平均值，噪音區將計算出這些噪音限制確保新房子不建在這樣的地區。

根據噪音標準，如上所述，噪音標準有了新發展。丹麥第 388 號法律 91 年 6 月 6 日闡述了規劃系統。這是一個多層次規劃系統 (全國範圍內)，適用於所有區域，市政和地方各級。在區域一級法律規定了一般的區域計畫，包括大型建築物，主要道路，射擊場和汽車運動領域的分區噪音標準。工業或住宅發展由市政機構或地方一級管理。在地方一級，新的住宅建設或改變公路或鐵路的位置應得到統一的都市和地區一級的規劃。

五 法國

1992 年 12 月 31 號的《削減噪音法》主要處理以下幾個來源的噪音：

1. 吵雜的休閒活動，例如射擊場。
2. 公路和鐵路的噪音。
3. 公共建築的聲學特性，如學校。
4. 飛機噪音。
5. 區域環境噪音。

來自所有交通工具的噪音條例被一系列不同的文件涵蓋。在道路交通，在現有建築物旁建造新的道路受 1976 年 7 月有關影響研究法律的規定，首次申請案文於 1978 年出版。這項法律規定了新道路的 65 dB(A) 的噪音限制。1983 年修改了 1978 年的最初案文，關於接近全國道路網絡基礎設施的噪音。修正案的目的是使公路範圍內的 L_{Aeq} 標準值維持在 60 ~ 65 dB(A)。此外，地方當局建議使用在 1983 年修訂的規則來規範地方公路。

交通基礎設施附近的建築物受都市規劃法和建築法規範。施工期間的噪音控制，按照 1978 年 10 月 6 日部際決定。1992 年 12 月 31 號的削減噪音法顯著地改變了所有的現行法律。特別是，該法為新的基礎設施建設和使用情況區分不同的時間段。

對於鐵路噪音法，環境影響研究 (EIE) 需要保護接近新的基礎設施的建築物，噪音陸路運輸的噪音指南概述了初步的建議限制。這些噪音準則對噪音標準超過 65 dB(A) 時要求提供健全的保護措施。此外，鑒於新的高速交通和鐵路，1992 年 12 月的噪音法應將噪音限制分別進一步降低到 62 dB(A) 和 60 dB(A)。

曾試圖建立工業設施的噪音劃分，但沒有成功。但是，有立法明確規定工業設施與周邊居民區的噪音限制：

1. 1978 年 10 月 6 號部級決定。
2. 95 年 1 月 9 號的 95-21 號法令將地面運輸基礎設施分類，同時修改了法國都市規劃法和建築法。
3. 決定適用於各類地面運輸基礎設施和受噪音污染的住宅建築的隔音。

法國行政當局負責清點和分類地面運輸基礎設施可能產生的噪音 (決定的第 2 條)。基礎設施根據日夜噪音的參考標準分為 5 個類別。當局已規定受噪音污染的區域，這種線性基礎設施 (最大 300 m)，受到過量噪音的地方建設是不成功的，規劃當局有義務通知負責建設工作的單位這些建築物將受到噪音干擾。其交通噪音保護條例的目的是保護新的或修改過的道路附近的居民。將建造的新道路或對現有的道路進行修改，接近現有建築物，相關的法律條文是：

1. 95-22 號法令關於交通基礎設施附近的噪音限制。
2. 限制道路噪音的法令。

當建造新的道路，噪音限制調製須考慮到時間、原有的噪音標準和建設使用情況。對於軌道交通，按照噪音準則「陸路運輸噪音指南」，當噪音標準超過 65 dB(A) 時要求提供健全的保護措施。

六 荷蘭

在荷蘭有三個主要的規範噪音的法律：

1. 1979 年的削減噪音法。
2. 環境保護法 (環保局，上世紀 80 年代修訂)。
3. 1978 年有關飛機噪音的民航法。

削減噪音法是 1979 年通過的。到 1987 年底，這一法案已成為強制性的。這項法案旨在透過預防性行動消除新的噪音問題，並認識到存在的問題。該法適用於所有來源的環境噪音。特別是，該法案各個部分成為強制性的日期：

1. 機場周圍地帶 -1982 年。
2. 接近新道路和工業區 -1982 年。
3. 住宅隔音 -1983 年。
4. 防制現有鐵路的周圍噪音 -1986 年。
5. 鐵路線附近 -1987 年。

道路交通噪音的立法於 1982 年成為強制性，1987 年鐵道部的法令在 1989 年進行了小的改動，持續的修改一直到 1993 年。削減噪音法規定了所有來源的噪音，環保署尤其針對相關的小企業，逐步實行削減噪音法，航空，公路和鐵路交通，以及工業分區已成為一種強制性要求：

1. 機場周圍的分區 - 自 1982 年以來。
2. 新道路和工業區附近的分區 - 自 1982 年以來。
3. 防制現有鐵路的周圍噪音 - 自 1986 年以來。
4. 鐵路線附近的分區，1987 年鐵路法令。

外部環境的噪音標準在荷蘭如下：

1. 對於道路噪音限制取決於道路類型 (最高速度限制 50 公里每小時或更高的速度極限)。外部噪音標準是：55 dB(A) (L_{Aeq} ，期間除非另有說明) 作為都市交通首選的噪音值；高速公路為 53 dB(A)。對於新的住房這些限制分別增加至 70 dB(A)(新道路 65 dB(A)) 和 58 dB(A)。現有住房的噪音最高標準分別為 75 dB(A) 和 73 dB(A)(新高速公路 63 dB(A))。
2. 對於行業，基本噪音標準不得超過 50 dB(A) L_{den} 。對於新的和現有住房的限制分別是 55 和 60 dB(A) L_{den} 。

住宅或內部環境的噪音標準不得超過 35 dB(A)：

1. 對於鐵路噪音，在居民區首選的噪音標準是 60 dB(A)，有隔音措施的新的和現有的住房此限制增加至 73 dB(A)。在 2000 年之前這些限制值將減少到 57 和 70 dB(A)。內部噪音標準不得超過 37 dB(A)。1987 年的鐵路法令包括分區的規則。
2. 飛機噪音，噪音區劃分是根據噪音標準 K_e (Kosten 單位) 來衡量的，並已在機場周圍設立。最好的標準是 35 K_e 。對於新的和現有住房的限制分別是 45 至 65 K_e 。對於現有的住房噪音標準超過 40 K_e ，必須執行隔音方案。在 1995 年，晚上的內部噪音限制是 26 dB(A)(L_{Aeq}) 也適用於住房。關於隔音或補償，在荷蘭有各種隔音規定。例如，改善主要道路附近的 8,000 戶住宅和 2,000 戶鐵路附近的住宅的隔音牆及隔音設施。荷蘭政府 (環境部和運輸部和公共工程部) 主要負責管理和實施 1979 年的削減噪音法。地區和城鎮也有責任進行普查所有住宅的噪音標準，作為都市規劃的一部分，並制定行動計畫，執行該法。

七 聯邦德國

噪音污染法的依據是 1974 年的德國聯邦清潔空氣法案 (全稱：防止空氣污染，噪音，振動和類似的現象對環境造成的有害影響法 - Bundes-Immissionsschutz – BImSchG) 和技術指導 - 噪音 (噪音的技術指導意見)。

其在噪音污染控制方面的立法主要有：1965 年發布的《建築噪音控制法》(Gesetz zum Schutz gegen Baulärm)，1971 年發布的《飛機噪音控制法》(Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm) 等法律、法規。

BImSchG 第 47 段 (a) 要求，社區要推薦噪音限制，以保護健康的一般公眾，並作為部分的噪音排放規劃，許多城鎮已開始為地區不同的噪音源計算，並編寫噪音地圖。此外，如果高標準的噪音產生一定的危險，需要合作來緩解居民受到的影響，同時城鎮必須建立降低噪音計畫。如果有不同來源的噪音，如道路交通和工業，噪音計畫是必要的。有些地區，透過他們的環保機構制定噪音規劃。

根據 1974 年 3 月的聯邦排放保障法和 1974 年 10 月的聯邦公路法，要求位於聯邦公路沿線的住宅被保護，免受道路交通噪音的干擾。道路交通法還包含若干規定旨在減少道路噪音的干擾。

1980 年曾有過提議制定一項道路交通噪音保護法，但是最後未通過。然而，在 1983 年條例 (不是法律) 獲得通過，其內容包含了適用於德國所有的聯邦公路噪音排放限制。根據這一條例，資金提供給沿現有道路的所有住宅進行隔音措施，這些限制在 1986 年和 1990 年進一步修訂。負責機關有防止道路交通噪音的職責。

聯邦公路的噪音限值也適用於由國家建設的新道路。對當地的道路沒有任何法規——市政府按照自己的要求。那些人口超過 80,000 人的城鎮負責在各自領域內建造聯邦公路上的隔音牆。

在鐵路交通噪音方面，從 1990 年 6 月條例為鐵路幹線建立了同樣的噪音排放限制。由鐵路交通產生的噪音干擾比起那些來自公路交通的噪音干擾要好的多。因此限制放寬 5 dB(A)。超過這種噪音標準要採取保護措施。對現有的鐵路目前沒有限制。

德國聯邦的 16 個州已經透過降低噪音規劃。1990 年的交通噪音 16 號法令概述了噪音限制：59 dB(A) 白天；49 dB(A) 夜間。第 16 號法令的根據是 BImSchG，這些限制只適用於新建或修改的道路。

聯邦政府規定了德國所有法律的框架。統一的噪音立法由聯邦一級決定，然後由個別聯邦國家和直轄市執行這些法律。

八 英國

英國是世界環境立法最早的國家之一，其歷史可追溯到 13 世紀之時，故堪稱歷史悠久。但是，在 19 世紀之前，其環境立法大多屬於地方性立法，直到 1847 年的《都市改善法》(Town Improvement Clauses Act) 實施後，其國家環境立法才漸具雛形。其在噪音污染控制方面的立法主要有 1960 年制定的《噪音防制法》(Noise Abatement Act)。在上述環境立法的基礎上，英國於 1974 年制定了《污染控制法》(Control of Pollution Act)。該法作為英國環境保護的基本法，將廢棄物、水污染、空氣污染、噪音污染等控制上的一般內容全部囊括，是一部綜合性的法典，共 6 章 109 條，附表 4 件。

九 瑞典

表2.4-36 瑞典機動車輛噪音限制 單位：dB(A)

車輛類型	1982	1986
小轎車	77	75
麵包車、小型公共汽車	79	77
大型公共汽車		
(< 147 kW)	82	80
(≥ 147 kW)	84	82
載重卡車		
(< 75 kW)	84	80
(75 ~ 147 kW)	84	82
(> 3.5 t 和 147 kW)	86	84
摩托車		
(50 ~ 125 mL)	81	79
(125 ~ 350 mL)	83	81
(> 350 mL)	85	83

2.4.6 國外交通噪音法特點

一 適用於生活環境區域

噪音是感覺公害，是能量污染，這就決定了噪音法的適用範圍是生活環境區域，它不包括自然環境區域。如日本的《噪音控制法》只適用於被都、道、府、縣知事指定的地區，包括居民集中地區，醫院或學校周圍地區，其他需要保護的居民生活區。

二 控制噪音的地方立法顯得更重要

有些國家對噪音不做全國統一規定，而將立法權交由地方。美國許多污染的防制都有聯邦一級的立法，但是對噪音控制幾乎被認為是屬於地方立法管轄範圍的。

三 制定噪音標準，是各國控制噪音污染的重要手段

噪音標準包括環境噪音標準和噪音控制標準又稱為產品噪音標準，不包括排放標準。產品噪音標準並不象排放標準那樣與環境質量有密切關係，主要與控制需要和技術經濟可行性有關，各國制定的《汽車噪音最大允許標準》就屬於產品噪音標準。在噪音標準中最重要的是環境噪音標準，該標準分為一般區域環境噪音標準和特殊區域環境噪音標準。

四 鼓勵發展低噪音的交通工具

發展低噪音的產品是噪音控制治本之策。特別是在美國，鼓勵發展低噪音的產品成為《噪音限制法》的一大特色。該法規定環保局局長負責確認哪些產品屬於低噪音產品，確認後要頒布低噪音發射產品證書為保證其確認的準確性，環境保護局局長應組建一個「低噪音產品諮詢委員會」。聯邦政府和其他採購機構應優先購買低噪音產品，低噪音產品可進行法定價格的浮動等。

五 許可證和其他呈報審查制度的適用性非常廣泛

歐洲經濟共同體國家普遍採用噪音許可證制度。將噪音許可證的頒發與土地規劃、建築布局結合起來，有效地控制噪音污染。這些國家一般都透過頒發和拒發許可證兩種頒發，對產生噪音的固定污染源的座落地點實行管理如擬議中的項目會產生噪音污染或擬議中的建築物可能受附近噪音污染源的危害，則拒發噪音許可證。許可證制度不僅適用於工業噪音，也同樣適用於營建噪音、交通噪音和社會生活噪音。日本實行的噪音呈報制度規定在指定地區內，工廠或企業設置特定設施者，負有向地方政府呈報的義務。

六 普遍採用噪音罰款，噪音收費也在開始發展

在許多國家罰款已經成為對噪音違法者的主要處罰方式。目前，大多數國家還未對工業和營建施工噪音實行收費，但一些國家已開始對機動車輛和飛機噪音實行收費。如荷蘭實行機動車輛噪音收費制度，瑞士對降落在日內瓦和蘇黎士機場的超過國家噪音標準的飛機加收「噪音稅」。

七 公民享有廣泛的監督權

與其他污染相比噪音污染由於對受害者的侵害更直接，使人更容易感覺到，所以在此方面行使公民權利更有必要和可能。各國的法律也就賦予公民在噪音方面廣泛的權利，如：有權反對給強噪音污染源頒發許可證；有權審查噪音登記文件；有權提出訴訟，請求賠償或補償。

2.4.7 各國汽車噪音限制標準比較

世界各國對汽車噪音認識都有一個不斷演變的過程，以日本為例，日本在 50 年代初對於所有類型汽車都規定了同一限制值，正常行駛噪音和引擎怠速運轉時的排氣噪音均不得超過 85 dB(A)。隨著日本國內汽車擁有量迅速增加，日本於 1971 年大幅度加強了對汽車正常行駛和排氣噪音的限制，同時又開始限制汽車在市區行駛時產生的最大噪音及加速行駛噪音，1975 年又修改了加速行駛噪音最大允許限制值，並制定了分兩階段實施目標的長期規劃。透過以降低引擎噪音為中心的各項措施，引擎噪音佔整車噪音的比重（以大型車為例）從開始實施長期規劃初期的 65%~75% 降低到實現第二階段目標的 30% 左右。各主要車型的加速行駛噪音實測值也平均下降了約 10 dB(A)，降低噪音成效是十分顯著的。中華人民共和國從 1979 年開始實施的《機動車輛允許噪音》(GB 1495-79)，從當時的汽車工業標準出發，以 1985 年 1 月 1 日為分界點，分別規定了在此之前之後機動車輛車外最大允許噪音。從中華人民共和國車輛現狀來看，合資引進的一些車型例如捷達、依維柯等由於直接採用了歐洲共同體法規體系，其噪音指標已遠遠優於中華人民共和國現行標準，而一些大型車輛（例如引擎後置大客車）其加速噪音值則在 89 dB(A) 左右，高於國外同類型汽車約 4~7 dB(A)。

一 加速噪音

加速噪音由於其能反映出汽車在常用工況下車輛的最大噪音，特別是在市區行駛時的最大噪音，目前被大部分工業國家列入汽車定型試驗的必測項目，成為考核汽車整車噪音的主要指標，其值也基本反映了各國在控制汽車噪音方面所達到的技術水準。各國在規定噪音限值所基於的

試驗方法不盡相同，中華人民共和國汽車整車噪音控制水準還停留在相當於日本 70 年代的水準上。

二 車內噪音

車內噪音是影響乘員的舒適性、聽覺損害程度、語言清晰度以及對車外各種音響訊號識別能力的重要因素，目前中華人民共和國僅制定了勻速行駛車內噪音試驗方法，而 ISO、歐美日等國除制定了勻速行駛車內噪音試驗方法，還制定了車輛加速行駛和車輛靜止狀態下引擎怠速工況和加速工況對車內各個區域位置影響的測量方法。

三 車輛定置狀態噪音

歐美日車型試驗中都規定車輛必須進行定置狀態噪音測量，中華人民共和國曾參照 ISO 5130-1982，制定了《機動車輛噪音定量測量方法》，但一直未正式頒布執行。車輛定置噪音測量主要是針對排氣噪音和引擎噪音的測量。車輛定置狀態噪音測量對測量場地要求較低，測試簡便、時間短，便於汽車製造廠對新車噪音的檢測和車輛管理部門隨時隨地對使用車輛的噪音進行檢測監督和控制，同時便於維修調試人員對引擎和消聲設備的損壞和失效做出判斷，可使車輛保持在較好的技術狀態，減少對車輛的毀壞和對環境的污染。

四 車外勻速行駛噪音、輪胎噪音

中華人民共和國 GB 1496-79 只規定了一種測試 50 km/h 車速的車外勻速行駛噪音測量方法。勻速行駛車外噪音試驗在許多國家都已不再列入車型試驗，主要是方法和交通噪音的實際狀態對應差，且與加速行駛噪音試驗比較，其結果的再現性也差，且已經進行加速行駛噪音測量，沒有必要再做勻速噪音測量。目前國外傾向於對車速較高的汽車按照高速公路限定的最高車速進行以評估輪胎噪音為目的的高速行駛噪音試驗，國際標準化組織正在開展此項研究工作。

五 引擎噪音

引擎噪音仍是影響整車噪音的首要因素。中華人民共和國於 1986 年制定了內燃機噪音限值，1993 年又做了修訂，從目前情況看要使中華人民共和國汽車整車噪音達到發達國家標準，仍應把重點放在引擎降低噪音上。

2.4.8 國外交通噪音量測指標

國外道路交通噪音量測指標方面，表 2.4-37 列出了不同國家或地區的道路交通噪音指標及限值標準，由表 2.4-37 知，各國或地區對交通噪音的限值差異很大，從 50 dB(A) 直至 70 dB(A)，相差 20 dB(A)，其中大多數設置限制在 60 dB(A) 左右，這個值高於世界衛生組織的指導限值。不管怎樣，如果噪音超過 65 ~ 70 dB(A)，多數國家都支持對現有道路採取降低噪音措施，而指標多以 L_{Aeq} 表示。

表 2.4-37 道路交通噪音指標與限值規定

單位：dB(A)

國家與地區	噪音指數	限值類型	白天	休息期間	夜間
澳大利亞	$L_{10(18h)}$	新道路 現有道路採取降低噪音措施	60 80		55
奧地利	L_{Aeq}	新道路規劃值 聯邦新道路 聯幫道路補救措施	50 ~ 55 60 65		40 ~ 45 50 55
加拿大	L_{Aeq}	新居民區	55		50
英國	L_{Aeq} L_{Aeq} $L_{10(18h)}$	新居民區目標值 新住宅區 新道路隔聲	55 63 68		42 57
丹麥	$L_{Aeq(24h)}$	新道路和居民區	55		
法國	L_{Aeq}	新道路	60 ~ 65		55 ~ 57
德國	$L_r = L_{Aeq} - K$ $K = 0 \sim 3 \text{ dB(A)}$ 依交通信號燈而定	新居民區規劃值 新的和改變較大的道路 採取了補救措施的聯邦道路	50 ~ 55 59 70		40 ~ 45 49 60
香港	L_{10}	新居民區規劃值	70		
義大利	L_{Aeq}	一些市區限值	65		
韓國	L_{Aeq}	環境標準	65		55
日本	L_{Aeq}	道路環境標準 (目標值)	55~60	50~55	45~50
荷蘭	L_{Aeq}	新道路目標值 地方新道路規定值 地方新道路最大允許值 現有地方道路最大允許值	50 (+5) 55 (+5) 65 (+5) 70 (+5)	45 (+5) 50 (+5) 60 (+5) 65 (+5)	40 (+5) 45 (+5) 50 (+5) 60 (+5)
西班牙	L_{Aeq}	新道路 現有道路	60 65		50 55
瑞典	$L_{Aeq(24h)}$	新道路指南值	55		
瑞士	$L_r = L_{Aeq} + K$ $K = 0 \sim -5 \text{ dB(A)}$ 由交通量決定	新道路規劃值 產生影響閾值 警告值	55 60 70		45 50 65
美國	L_{DN}	路旁新住宅的發展無限制	65		

2.4.9 中華民國

一 噪音管制法規

我國「噪音管制法」首先於 72 年 5 月 13 日公佈 (最新民國 97 年 12 月 3 日總統華總一義字第 09700253151 號令修正公佈)，其主旨在維護國民健康及環境安寧，提高國民生活品質。主要規範下列噪音之管制：

1. 工廠(場)。
2. 娛樂場所。
3. 營業場所。
4. 營建工程。
5. 擴音設施。
6. 其他經主管機關公告之場所、工程及設施。

依噪音管制法第七條第一項規定訂定「噪音管制區劃定作業準則」(民國 98 年 9 月 4 日行政院環境保護署環署空字第 0980078181 號令訂定發布)，第二條噪音管制區劃分為下列四類。第五條未實施都市計畫、區域計畫之地區，須劃定噪音管制區者，應於適當地點設置監測點蒐集全日環境音量，依一般地區音量標準值，劃定各類噪音管制區。第六條前條之一般地區音量標準值如下：

單位：dB(A)

噪音管制區	時段 音量	均能音量 (L_{eq})		
		日間	晚間	夜間
第一類		55	50	45
第二類		60	55	50
第三類		65	60	55
第四類		75	70	65

第八條學校、圖書館、醫療機構及其他有特別需要安寧之場所，得將該場所之周界外五十公尺範圍內，劃為各該類噪音管制區之特定噪音管制區。

依噪音管制法第九條第二項規定訂定「噪音管制標準」(民國 102 年 8 月 5 日行政院環境保護署環署空字第 1020065143 號修正發布)

第四條 工廠(場)噪音管制標準。

第五條 娛樂場所、營業場所噪音管制標準。

第六條 營建工程噪音管制標準。

第七條 擴音設施噪音管制標準。

噪音管制法第十四條第一項規定，將快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統，納入陸上運輸系統噪音管制標準予以規範；依本法第十五條第一項規定，則將民用機場、民用塔台所轄軍民合用機場產生之航空噪音及其他交通產生之噪音納入環境音量標準規範。依噪音管制法第十五條第三項規定訂「環境音量標準」(民國 99 年 1 月 21 日行政院環境保護署環署空字第 0990006225D 號令、交通部交路字第 0990085001 號令會銜修正發布)。

1. 考量國人生活型態變化及城鄉差距，修正時段區分之定義。(修正條文第二條)
2. 依噪音管制法第十五條第一項規定，民用機場、民用塔台所轄軍民合用機場產生之航空噪音，為本標準規範對象，爰增列航空噪音環境音量標準及相關名詞定義與計算方式。(修正環境音量標準條文第二條、第五條)
3. 依噪音管制法第十五條第一項規定，鐵路、大眾捷運系統之噪音管制非屬本標準規範對象，爰將有關一般鐵路、高速鐵路及大眾捷運系統相關規定予以刪除。(修正環境音量標準條文第二條、第三條、現行條文第六條至第十一條)
4. 一般地區環境音量標準因移列噪音管制區劃定作業準則另為規定，爰刪除一般地區之定義及一般地區環境音量標準之規定。(修正環境音量標準條文第二條、現行條文第十二條)
5. 依環境音量標準規範對象，將環境音量測定之測定高度、測定地點、動特性、測定時間及氣

象條件等項目，依「道路」與「航空」二類，予以分別規定。(修正環境音量標準條文第三條)

6. 道路交通噪音之環境音量標準。(修正條文第四條)

二 噪音指標

(一) 道路系統

除英國(以及大英國協會員國)採用 L_{10} 指標外，世界其他國家多數採用 L_{eq} 指標，我國也是 ($L_{eq,1h}$)。日本原本採用 L_{50} ，但近亦改為 L_{eq} 指標。

(二) 鐵路系統

世界其他國家有採用 L_{eq} 指標或 L_{max} 指標，我國也是 ($L_{eq,1h}$ 、 $L_{max,mean,1h}$)，也有兩種指標同時都採用。

(三) 管制值訂定原則

- 有訂定室外音量標準，或同時訂有室內音量標準者，我國則無。
- 室外量測位置有訂在建築物表面者，或需遠離建築物反射者。兩者量測音量受反射音影響相差約 3 dB(A)(目前國內環保法規訂定測量建物外部噪音時，聲音感應器須距離建物牆面線 1 m ~ 2 m，惟並未考量牆面反射音修正係數，亦未有建物外部與建物內部之音量關係的研究，參考國外之研究成果，對於建物外部噪音之評估，皆顯示須對牆面反射音之影響進行修正，多數文獻對法規測量距離之修正建議約為 3 dB。)

三 陸上運輸系統噪音管制標準

配合噪音管制法於 97 年 12 月 3 日修正公佈施行，依據噪音管制法第十四條第二項規定訂定陸上運輸系統噪音管制標準，以管制快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統內車輛行駛所發出之噪音，其訂定重點如下：

1. 本標準之授權依據。(第一條)
2. 本標準用詞定義。(第二條)
3. 陸上運輸系統交通噪音測定之相關規定。(第三條)
4. 快速道路交通噪音管制標準。(第四條)
5. 高速公路交通噪音管制標準。(第五條)
6. 一般鐵路交通噪音管制標準。(第六條)
7. 高速鐵路交通噪音管制標準。(第七條)
8. 大眾捷運系統交通噪音管制標準。(第八條)

陸上運輸系統噪音管制標準係依據噪音管制法第十四條第二項授權規定，於 99 年 1 月 21 日訂定發布，以管制快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統內車輛行駛所發出之噪音。第二條本標準用詞：

1. **快速道路**：指高速公路及快速公路交通管制規則規定之快速公路，及市區道路及附屬工程設計標準規定之快速道路。

2. 高速公路：指高速公路及快速公路交通管制規則規定之高速公路。

表2.4-38 快速道路交通噪音管制標準 單位：dB(A)

管制區	時段與音量	小時均能音量 ($L_{eq, 1h}$)		
		早、晚	日間	夜間
第一類、第二類		70	74	67
第三類、第四類		75	76	72

表2.4-39 高速公路交通噪音管制標準 單位：dB(A)

管制區	時段與音量	小時均能音量 ($L_{eq, 1h}$)		
		早、晚	日間	夜間
第一類、第二類		70	74	67
第三類、第四類		75	76	73

環保署將原定於施行細則有關道路、鐵路交通噪音管制所採防制措施，提升至法律位階，並細分為快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統。由於快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等交通設施上之行駛車輛速度較快，如緊鄰住宅區，將嚴重影響居家環境安寧，爰增訂其營運或管理機關（構）應於超過陸上運輸系統噪音管制標準時，訂定改善計畫，並據以執行。

新修正通過之「噪音管制法」(民國 97 年 12 月 3 日總統華總一義字第 09700253151 號令)第十四條快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統內，車輛行駛所發出之聲音，經直轄市、縣（市）主管機關量測該路段音量，超過陸上運輸系統噪音管制標準者，營運或管理機關（構）應自直轄市、縣（市）主管機關通知之日起一百八十日內，訂定該路段噪音改善計畫，其無法改善者得訂定補助計畫，送直轄市、縣（市）主管機關核定，並據以執行。但補助計畫以改善噪音防制設施並以一次為限。

陸上運輸系統交通噪音管制標準中高速公路交通噪音之日間管制標準值與荷蘭、西班牙、日本及香港標準相當，夜間管制標準值則僅與荷蘭、日本標準相當。為了有效地控制環境噪音，僅依靠採取技術措施是不夠的，配合時代，順應潮流，頒發或更新必要的噪音標準和法規也是十分重要的。它不僅可以保證技術措施的實施，而且也能促進噪音控制技術的發展。

2.5 偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制

偵測照相系統應用於使用中機動車輛噪音管制即「超音照相」，部分民眾為使個人擁有機動車輛更具酷炫感、個性化及高性能，多從排氣管改裝入手，但行駛時發出高亢的聲響，震天的噪音已擾人安寧。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而引發爭議，使得民眾、警政及環保單位苦無證據舉發。

為解決噪音車輛製造噪音卻採證困難的問題，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 dB(A)，就會自動拍照取證；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。

透過科技執法確實能提高篩選高噪音機動車輛的準確性，惟前述兩套系統不管在使用、原理及價格上都有很大的差異，以下即就兩套系統分別概要說明，並就其差異及因應法規進行評估分析，以供科技執法選擇之參考。

一 臺北市環保局「高噪車輛照相系統」

(一) 設備

噪音計		數位單眼相機		紅外線光遮斷器	
筆記型電腦		系統控制作業軟體			

資料來源：華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/general/201701/201701051838542.html#.WJlzBvI96UI>



資料來源：華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/general/201701/201701051838542.html#.WJlzBvI96UI>

圖 2.5-1 「高噪車輛照相系統」設備配置






(二) 執行流程

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。(資料來源：華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/general/201701/201701051838542.html#.WJlzBvI96UI>)

二 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

<p>RS-V3 主機 (嵌入式一體成型機體結構)</p>		<p>內含：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 雷達測速感應器：發射頻率 24.125 GHz ± 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 ±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：4240 × 2824，JPEG，高達約 1200 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 × 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
<p>噪音偵測模組</p>		<p>可動態偵測特定方向噪音音量或環境噪音值 (30 dB(A) ~ 130 dB(A))，噪音值可直接顯示於顯示器上。</p>
<p>閃光燈</p>		<p>功率為 400 瓦/秒(含)以上，連續閃光：1 秒 2 次(含)以上。</p>
<p>筆記型電腦</p>		<p>可用 Windows 7 以上或 LINUX 作業系統</p>
<p>系統控制 作業軟體</p>		<p>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。</p>



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

圖2.5-2 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」設備配置

(二) 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。本系統若應用於超音照相，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。



資料來源：凱辰科技有限公司。

圖2.5-3 「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」案件輸出範例

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。臺北市環保局的「高噪車輛照相系統」及臺中市警察局的「移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備」差異分析說明如下。

項目	高噪車輛照相系統	移動數位式雷達測速照相結合噪音偵測器設備
軟硬體設備費用	約 65.5 萬元	約百萬元
觸發位準	噪音值	車速
偵測範圍	軸心線	軸心線前後 20°
儀器組裝	非嵌入式一體成型	嵌入式一體成型
攜帶便利性	至少三組儀器及腳架	一組儀器及腳架
儀器架設	至少需三個儀器位置，分別為相機、噪音計及紅外線光遮斷器，且三個儀器間須留置反應距離，場地需求條件較高。	單點設置，場地需求條件較低。
機動性	需至少 3 人操作，無法仿效測速相機定點設置。	機動性高，可因應勤務特性無需施工即可達成固定式、移動式、車裝式等多種安裝樣態，符合機動輕巧、多元使用與迅速裝卸三大訴求。在勤務執行上，考量人身安全至少需 2 人。
低光源環境	若使用一般市售數位單眼相機外接閃光燈，ISO 100 時 GN 值約 34，且有配合快門限制，可用範圍較局限；若搭配價格較高之高速回電專業閃光燈，較易於低光源環境執行勤務。	閃光燈功率為 400 瓦 / 秒 (含) 以上，並可連續閃光：1 秒 2 次 (含) 以上，可於低光源環境執行勤務。
儀器升級	因由三組儀器組成，可各自因應升級，較不受局限。	因為嵌入式一體成型，需整組升級，較受限制。
儀器檢驗	需經檢驗，測值具公信力。	需經檢驗，測值具公信力。
對應環保法規或檢測方法	目前無對應環保法規或檢測方法	目前無對應環保法規或檢測方法

三 法規研析

(一) 管制歷程

我國自 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 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。

(二) 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。

1. 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 日修訂公佈之中華民國國家標準 CNS 5799 汽車噪音量試驗法。
2. 第三期機動車輛噪音管制標準之量測方法為 97 年 7 月 21 日修訂公佈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 日修訂公佈之中華民國國家標準 CNS 5799 機動車輛噪音量試驗法。
3. 第六期機動車輛噪音管制標準之量測方法為 105 年 6 月 8 日修訂公佈之中華民國國家標準 CNS 5799:2016 機動車輛噪音量試驗法。試驗場地應於 110 年 1 月 20 日符合 ISO10844:2014 規定。

(三) 告發處分

1. 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一千八百元以上三千六百元以下罰鍰，並通知限期改善；屆期仍未完成改善者，按次處罰。」

2. 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「警、環、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：

(1) 環保局

負責協調訂定執行期程，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一千八百元以上三千六百元以下罰鍰，並通知限期改善；屆期仍未完成改善者，按次處罰。

(2) 警察局

負責規劃工作期程，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，處新臺幣九百元以上一千八百元以下罰鍰，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，處新臺幣六千元以上二萬四千元以下罰鍰，並須接受道路交通安全講習。

(3) 監理站

指派檢驗技術人員，認定改裝機車，並登錄車輛臨檢記錄表，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。

3. 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記錄，並夾釘巡查勸導單，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。

(四) 實務困擾

1. 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：

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。

2. 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。

3. 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 7 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。」

四 偵測照相系統使用評估

如前所述，目前在使用中機動車輛噪音管制實務執行面，係採上述三種模式，其中「通知到檢」及「攔檢」均已執行現場量測。受囿於現行量測方法及管制標準，若欲採用「偵測照相系統」協助使用中機動車輛噪音管制，僅可應用於「攔巡查」執行模式。

(一) 優點

1. 協助消弭民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題

由於目前「攔巡查」執行模式蒐證對象多為路邊停放之車輛，故有民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題，雖已經行政院環境保護署進一步函釋，但與民眾說明過程中仍常有矛盾衝突情事產生。若採用「偵測照相系統」協助管制，由於蒐證對象為行駛中車輛，故可協助消弭民眾質疑非屬使用中機動車輛的問題。

2. 協助進一步篩出高噪音車輛

目前「攔巡查」執行模式蒐證對象多為路邊停放之車輛，僅能目視其排氣管是否為直通管或有無打刻辨識碼等改裝行為，無法直觀判斷其是否屬高噪音車輛。若採用「偵測照相系統」協助管制，由於蒐證時有以噪音值作為篩選條件，故可提高篩出高噪音車輛比例，提高「攔巡查」執行效率。

(二) 缺點

1. 僅能辨識單一車輛

現階段「偵測照相系統」原理等同測速照相，當有 2 部以上機動車輛同時通過時，系統當下所量之噪音值為多部機動車輛之合成，屬複合性音源，系統無法辨識哪一部屬高噪音車輛，僅能當下目視判斷記錄或事後目視判斷，對於蒐證對象經判斷為改裝管者，一律發函通知車主進行通知到檢。

2. 無法逕行舉發

根據現行法規，不同廠牌不同車型對應不同測試轉速及不同標準，由於「偵測照相系統」所量得之噪音值並無對應相應車種的測試轉速，故僅能作為判別是否屬高噪音車輛之用，無法作為逕行舉發之依據，僅能發函通知車主進行通知到檢，其後循「通知到檢」程序執行告發處分。

五 應用麥克風(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鳴笛的，為了整治違法鳴笛，聲納照相(音源定位)系統，可以助力警察執法；但是警察在查處此類違法時卻遭遇了執法難，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。



在路的交界口安裝一整套聲納測違鳴的系統。這是擺放在離路口十多米處有一個的聲納裝置，一旦有車輛在它的範圍內長按喇叭，前方攝影鏡頭就會拍下車輛牌照和聲場圖片，在後方的大螢幕上進行顯示，現場的警察就可以根據這個，對違法鳴笛的駕車人進行處罰。



據瞭解，在這套聲納照相系統上線前，警察整治違法鳴笛只能靠現場觀察，舉證難度很大。聲納照相系統上線後，固定違法證據便容易多了。違法鳴笛車輛的號牌除了會被顯示在現場大螢幕上之外，高速攝影機照相的聲場圖和車輛牌照圖，還會在第一時間上傳到警察的手機中。(資料來源：<https://kknews.cc/zh-tw/society/r9qqkgo.html>)

六 新加坡高噪音車輛監控攝影系統

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“NovelCam”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。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錄影片段、車牌號碼的影像、和載有時戳的聲壓位準 (SPL) 數據記錄檔。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錄影證據。NoivelCam 系統還能夠辨識和濾除因相鄰車道高噪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。

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)。我們在一天中不同時間進行了多次數據蒐集和測試。在四小時的監測期間，總共蒐集到 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。選之四個不同事件的現場測試結果分別描述如下：

1. 受監測車道上的高噪音摩托車 —— 相鄰車道無車輛。
2. 相鄰車道上的卡車 —— 受監測車道上無車輛。
3. 受監測車道上的轎車 —— 相鄰車道有輛卡車與之並行。
4. 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)。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。新特性包括藉透過 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，譬如車速、交通密度、和長時間 SPL 模式。

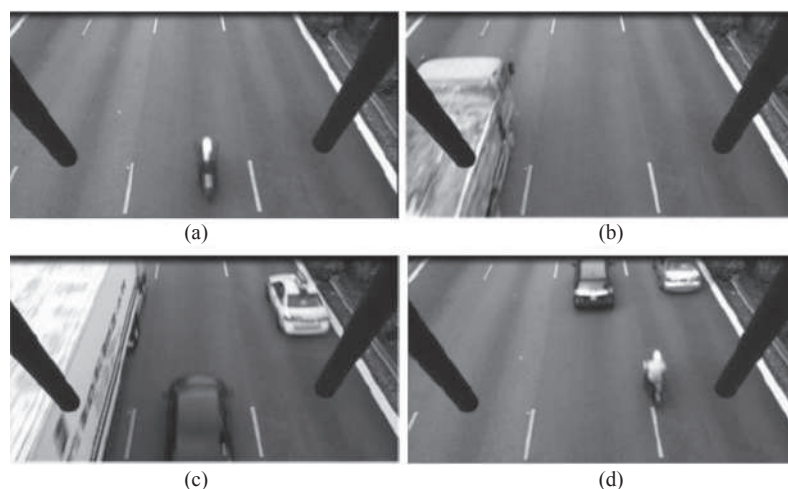


圖 2.5-4 影像 (a) 至 (d) 均擷取自廣角錄影片段，分別代表各種交通情境

七 聲學照相機及噪音源定位原理在汽車行業的應用

解決汽車噪音 (BSR ; Buzz , Squeak and Rattle) 的關鍵在於確定噪音源位置，而由於 BSR 噪音往往比較短促，且具有高頻或寬頻特徵，無論從時域或者頻域上都不好分析，因此對於噪音源的定位尤其困難。聲學照相機，又稱麥克風陣列，通常配備幾十個麥克風同步採集聲音信號，並通過攝影鏡頭採集視頻，由後端信號處理算法合成「聲音圖片」和「聲音錄影」，以實時直觀的方式顯示噪音源位置，可用來定位產品或零件的異音異響。對麥克風陣列 Beamforming 算法呈現高的「聲音錄影」的實時性和解析度，快速成像達到每秒 25 幀。

一般來說，數據採集完成之後，我們通常採用延遲相加波束成形算法對其進行分析，當麥克風陣列正對著音源的時候，其收到的信號應該是最大的，所以從理論上來說，我們轉動麥克風陣列，當在某一位置上它收到的值最大，便說明聲音來自於這個位置。「但在實際操作的時候，我們一般不採用手動轉動麥克風的方式，而是通過電腦中算法的設置調整信號間的延遲，選擇不同的來波方向。這樣就相當於麥克風轉到了相應的位置，但其實麥克風是不動的。」

正如以上所說，通過「波束成形」，麥克風陣列構成了對來波方向高度敏感的傳感器。例如將人耳看作一個非常精密的麥克風，它通過大腦的處理能夠分辨出很微小的時間差，從而判斷聲音的大概位置。而聲學相機其實是把「耳朵」的數量增加了，如配備了 30 個麥克風，就相當於加上了 30 個「耳朵」，這也是為什麼它能夠更準確定位聲音來源的主要原因。(資料來源：聲學照相機及噪音源定位原理在汽車行業的應用，<https://kknews.cc/digital/xm6kqq9.html>)

2.6 高架橋梁下之噪音改善

隨著地區經濟發展需求，為了消除交通擁塞瓶頸，建構完善運輸環境，遂有高架橋、平面複合型道路之修建，因噪音特性有別於傳統道路，高架橋下兩側行駛車輛產生的噪音於橋面板底部產生反射現象 (以下簡稱橋下反射音)，近來已有民眾陳情相關之噪音影響問題。本研究透過文獻回顧，規劃三種高架橋梁下之改善設施配置構想，並針對結構工程分析、工程施工程序、交通維持計畫及景觀色彩計畫等進行全面性的檢討。經電腦軟體之模擬分析，於橋面板下方設置吸音板及民宅側橋緣吊掛隔音牆對於橋下反射音具有較佳之減音成效。若再搭配低噪音鋪面及外路肩處之隔音牆等綜合治理，預估將可對道路邊民宅達到較佳之保護效果，俾降低民眾陳抗，相關規劃設計及研究可作為噪音防制之參考。

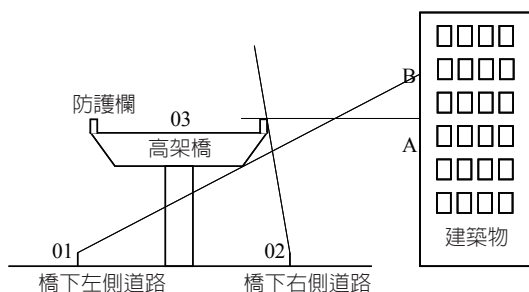


圖 2.6-1 複合型道路結構之音影區示意圖

為舒緩日益嚴重的都市交通壓力和交通擁擠現狀，許多都市紛紛在城市內交通幹道、大型十字路口修建高架橋、平面複合型道路，通過這種立體式的道路結構可以很好地舒解交通壓力，減少車輛阻塞現象。然而由於這種立體式道路結構方便行車，從而使車速上升、車流量加大，導致這種結構的道路噪音陳情案件也在日益上升。如圖 2.6-1 所示，從另一方面而言，此種道路結構對高架橋右側的建築物來說，B

點以上的空間主要受到了高架橋橋上道路和高架橋下右側道路交通噪音的聯合影響；A 點以下則主要受到了高架橋下左、右兩側道路交通噪音的影響；A 和 B 之間的範圍將受到 3 條道路交通噪音的聯合影響。高架橋下橋面也會對橋下兩側行駛車輛產生的噪音造成反射而使噪音增強，且對高架橋附近較低處範圍的影響較為顯著，如聲波反射作用圖 2.6-2 之示意。

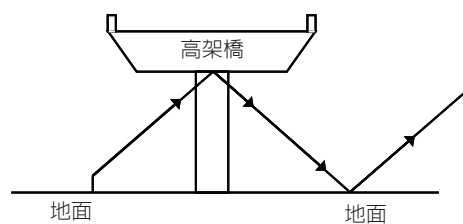


圖 2.6-2 高架橋下橋面對聲波的反射作用示意圖

國內隨著高架道路新工(如：五股楊梅高架橋)，國道 1 號主線與五楊高架並存之處，因路面高地差之因素，國 1 主線噪音透過高架橋底反射而再形成二次噪音。隨著五楊高架於民國 102 年全線通車後，沿線陸續有居民陳情橋下反射音之影響。故於道路沿線兩側設置隔音牆、鋪設低噪音路面等之傳統減音措施似已不足，本研究基於此特殊聲場結構的特性及傳播規律，規劃及評估高架橋梁下之噪音改善設施，並進行全面的減音配置構想、結構分析、施工程序、交通維持及景觀色彩等實務考量，進而作為相關單位噪音減音設計或防制措施採用等之參考。

一 文獻回顧

(一) 中國大陸

孫強等人對中國大連市高架橋交通噪音污染的調查結果說明，臨近高架橋建築物的 2 樓～5 樓受橋下噪音影響最為嚴重。袁九毅等人的調查研究結果說明，高架橋 - 地面道路的這種複合型交通結構，其交通噪音大體上是隨高度的增加而減小的，但在不同高度範圍內是有一定波動起伏的。因此建築物低層(1 樓～3 樓，約 1.2 m～12.5 m)的噪音變化較為顯著，建築物中層(3 樓～8 樓，12.5 m～27.5 m)噪音量雖有所升高但是變化較為平緩，建築物高層(8 樓以上，約 27.5 m)噪音量的衰減較為顯著。這樣的變化特點與一般道路噪音在空間上的噪音變化分佈是有所區別的。

(二) 美國

州際公路 I-5 船渠橋 (I-5 Ship Canal bridge) 建造於 1950 年代末期，為一雙層道路，請參考圖 2.6-3。當初工程師對於高速公路反射音所知甚少，亦不知快車道的反射音會對橋下住宅及公司行號的日常生活造成影響。華盛頓州運輸部 (WSDOT) 研究發現，雙層道路除交通噪音所造成之直接音外，較低層高架快車道的噪音傳遞到上層高架底部造成反射音，因而影響道路下方沿線居民安寧。WSDOT 藉由實際測量並配合公路交通噪音模式 (Highway Traffic Noise Model, TNM) 模擬，評估反射音貢獻度及後續改善措施之成效，作為改善規劃之參考。測量及模擬結果顯示，反射音為該地區主要的噪音來源，最高可使噪音量增加 10 dB(A) 以上。

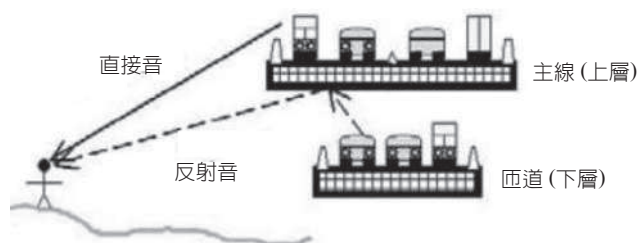


圖 2.6-3 華盛頓州 I-5 船渠橋直接音與反射音傳播示意圖



圖2.6-4 華盛頓州 I-5 船渠橋吸音材質鋪設照片

美國華盛頓州運輸部 (WSDOT) 研究指出，在上層高架底部鋪設類似玻璃纖維的吸音材質 (acoustic material) 或於上層高架底部邊緣垂吊吸音材質 (如圖 2.6-4)，可顯著的吸收並降低來自橋面板底部的噪音。WSDOT 估計，此方法可降低 10 dB(A) 之噪音。在 1992 年東湖未來 (Eastlake Tomorrow) 優先工作事項中，亦將減少快車道日以繼夜車流作為另一降低反射音之方法。最重要的措施之一，即是 WSDOT 在 1997 年 11 月 3 日起，開始在晚間 11 點到凌晨 5 點關閉車道。

美國俄亥俄州運輸部 (ODOT) 曾藉由實際測量並配合公路地下道模式 (highway underpass model, HUM) 模擬涵洞中直接音及反射音對附近區域之貢獻度，並模擬吸音材料設置前後之音量。雖然 ODOT 在涵洞擋土牆上設置吸音材料，但模式模擬結果顯示，在上方高架橋面板底部裝設吸音材質較在擋土牆設置吸音材質，更可有效降低噪音量。研究中亦建議，使用低噪音鋪面亦可有效降低反射音。

(三) 日本

有關公路橋梁噪音改善設施，特別是高架橋面板底部反射音的影響及防制方法，日本已有相當多的研究與實例。降低 (高架橋 - 路面) 複合型道路交通噪音對周圍環境影響的主要措施是於橋面板底部安裝吸音材料 (吸音板及吸音圓筒)；另亦有相當多的超高型隔音牆 (頂端改良) 作為道路噪音防制之用。本研究團隊亦曾於日本關西地區 (大阪、京都及神戶一帶) 實地勘查，現場相關照片請參考圖 2.6-5。



隧道超高彎曲式吸音板



高架超高型彎曲式透明板



橋下吸音板 (包覆式)



橋下吸音板 (包覆式)



橋下吸音圓筒 (懸吊式)



橋下吸音板 (懸吊式)

圖2.6-5 日本地區高架橋梁及相關噪音改善設施照片

(四) 臺灣

利用 256 個麥克風陣列之聲音攝影機儀器 (Norsonic Nor848 Acoustic Camera)，針對桃園南崁附近的國道 1 號及五楊高架路段進行測量。當民眾站在底下時，會以為噪音大都是從國道 1 號上的行進汽車產生，但透過 Nor 848 測量發現，其實聲音從五楊高架底部反射下來的聲音影響是最大的。臺北部分捷運路線是高架段，所以當底下的公車及汽機車路過時，產生的聲音在捷運站底下反射混合之後會形成擾人的噪音，所以目前於西湖捷運站站底下有鋪上吸音材，透過 Nor 848 測量可以清楚分辨出有無吸音材的差異。上述之實例如圖 2.6-6 所示。

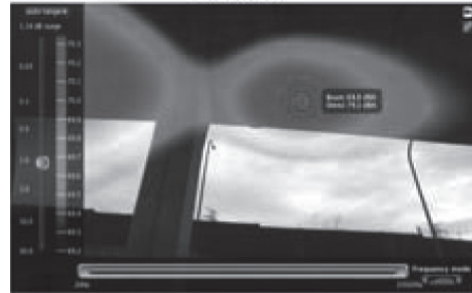


圖 2.6-6 國內高架橋橋下反射音測量示意圖

綜整上述國內外之研究及成果，對於反射音所採取之主要防制改善方式詳如表 2.6-1 所示。

表 2.6-1 高架橋梁下之噪音防制改善措施一覽表

方式	措施
噪音源減少	• 鋪設低噪音路面
	• 交通管理
控制傳播途徑	• 橋下吸音材料 (吸音板及吸音圓筒)
	• 路肩隔音牆 (頂端改良型、超高型)
	• 高架橋邊緣垂吊吸音材質

二 研究方法

本研究挑選曾遭民眾多次陳情之路段進行高架橋梁下之噪音改善設施規劃設計，里程約位於國道 1 號北上 33k + 580，改善路段陳情民宅所面臨之道路係屬於「複合型結構」，包括：國道 1 號、出入口匝道及五楊高架，現場照片請參考圖 2.6-7。目前國道 1 號及五楊高架之外路肩皆已



路堤段及高架段



國 1 及五楊之隔音牆全景

圖 2.6-7 研究案例之現場相關照片

設置 4 m 高隔音牆 (主線隔音牆頂端與橋面板底部高差約 8.6 m)，並鋪設低噪音多孔滲青混凝土 (porous asphalt concrete, PAC) 路面，屬於新北市環境保護局公告之第 3 類噪音管制區。

(一) 減音設施配置構想

防止橋下反射音即設法將產生反射之空間給遮蔽，即於主線外路肩處設置超高型隔音牆，惟考量造價、結構安全等因素，國內於實務上一般較難實現。參考國外文獻，本研究規劃以下三種方案，請詳圖 2.6-8 ~ 圖 2.6-10。利用德國 DataKustik 公司所發展之 CadnaA 軟體進行噪音預測與分析，並採用環保署公告認可之德國 RLS-90 道路交通噪音計算規範評估噪音影響。

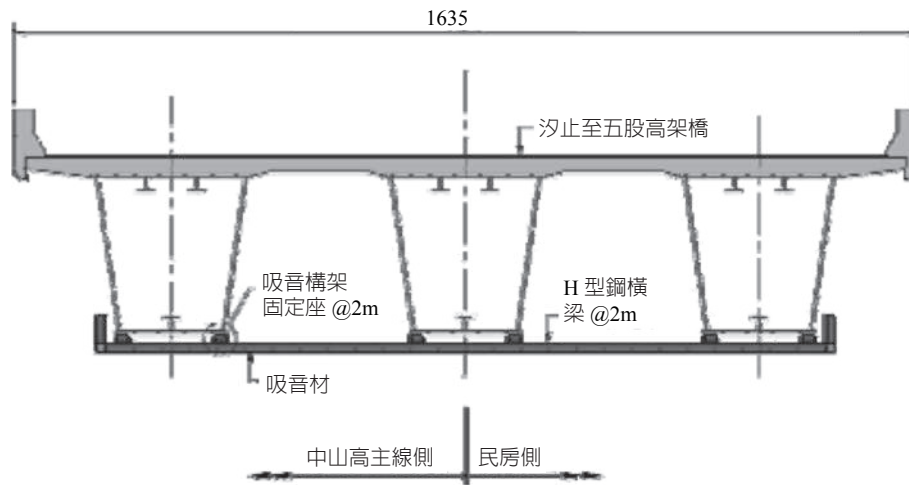


圖 2.6-8 橋面板下方吸音板

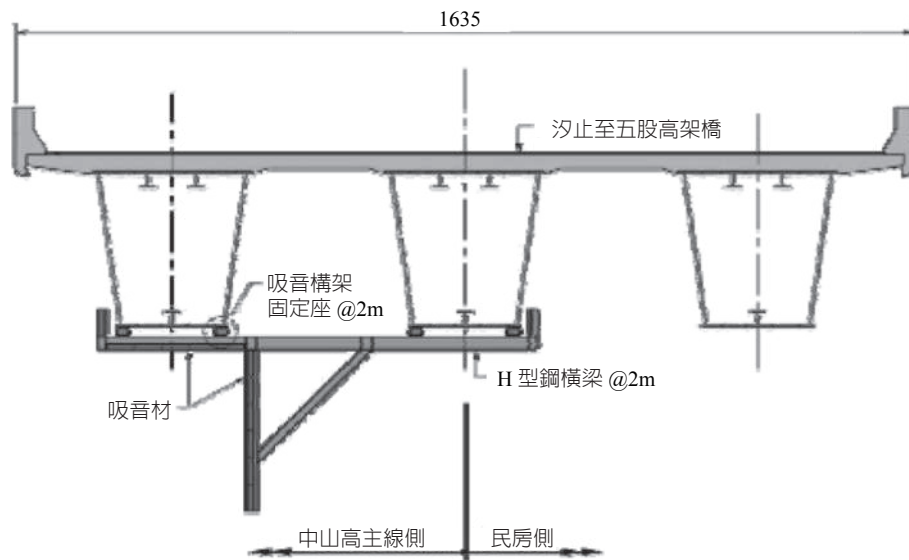


圖 2.6-9 橋面板下方吸音板及主線側吊掛隔音牆

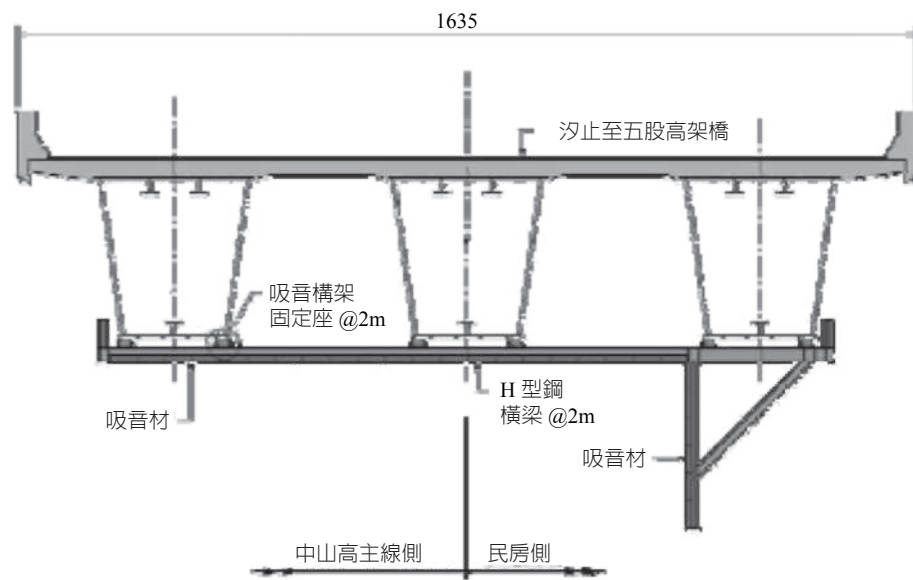


圖2.6-10 橋面板下方吸音板及民宅側吊掛隔音牆

(二) 結構工程分析

本路段緊鄰國道 1 號高速公路，擬設置減音設施之路段位於五股至楊梅高架北上線第 C901 標，橋梁結構形式為預力箱型梁，詳如圖 2.6-11 所示。

(三) 工程施工程序構想

施工區域經施工圖及計畫書審查同意後隨即進行連結吊掛設施工作，依施工圖說並配合橋梁上部結構，開始進行施工位置檢測；吊掛點施工、結構補強；連接吊掛設施加工完成後開始吊掛組裝，並配合生產構件效能予以組立；最後進行隔音及吸音設備組立。



圖2.6-11 五楊高架預力箱型梁示意圖

(四) 交通維持計畫構想

本研究之實施區域位於高速公路五楊高架(北上段)，依據施工規劃及考量機具作業空間，施工期間需佔用長 30 m、寬 5 m 之道路範圍。惟現況工區緊鄰既有建物且周邊社區巷道現況寬度多僅為 4 m，如施工機具架置於周邊社區巷道，施工期間將視情況採取道路封閉，對於鄰近住戶及行人通行之影響將為較大。

(五) 景觀色彩計畫構想

色彩是視覺環境中最具決定性之因子，在景觀視覺經營計畫裡扮演舉足輕重的角色，不僅可調和設施與環境的視覺關係，減少設施對景觀之衝突，亦可美化環境提升整體視覺美感。藉全線色彩計畫的實施，以達到減低高架道路下方之壓迫感，增進周邊環境之協調性，提升周邊住戶及用路人之環境品質。

三 研究成果

(一) 現況噪音影響評估

初估橋面下噪音反射增量列示如表 2.6-2。對於 1 樓處而言，車流量較大之日間時段的反射音增量約有 8.4 dB(A)，此噪音增量一般人耳之感受程度約介於清楚及強烈察覺之間；3 樓亦有約 4.2 dB(A)；4 樓及 5 樓反射音增量已減小許多。而隨著樓層的增加，6 樓以上已無反射音影響，且因受到高架橋結構體屏障之影響，可阻擋來自於國 1 之車輛噪音，反而有減低噪音之效果。

表 2.6-2 橋下噪音反射增量模擬分析表

單位：dB(A)

樓層	與橋面板高差約 (m)	日間有反射音 (1)	日間無反射音 (2)	日間噪音增量 (1) - (2)
1F	-15.1	77.1	68.7	8.4
3F	-8.2	80.5	76.3	4.2
4F	-5.0	80.8	80.1	0.7
5F	-1.8	82.1	82.0	0.1
6F	1.4	83.0	83.1	-0.1
7F	4.6	81.6	83.0	-1.4
8F	7.8	80.0	83.0	-3.0

註：灰階表超過陸上運輸系統第 3 類管制區日間標準 76 dB(A)。評估之社區 1 樓挑高設計，故無 2 樓。

(二) 減音設施配置

經分析評估，於主線側吊掛隔音牆 3 m 時，因既有直接音部分會被橋下吸音板給吸收，所以方案二之組合式效果 (表 2.6-4) 相較方案一 (表 2.6-3) 僅有橋下吸音板之減音效果的差異並不大，請參考圖 2.6-12 之音線示意。若於民宅側吊掛隔音牆 3 m 時，可阻擋來自主線之直接音及向上傳遞之繞射音，加上橋下吸音板之組合後，方案三對各樓層可產生較佳之減音效果 (表 2.6-5)。

(三) 結構工程分析

C901 標預力箱型梁橋之預力鋼腱配置於箱梁腹板，故為避免減音設施固定座之化學黏著錨栓施作時造成預力箱型梁之鋼腱受損而影響橋梁安全，固定座設置於預力箱梁間之下翼板，減音設施之吸音材附掛於 H 型鋼橫梁 (H 型鋼橫梁沿車行方向每 2 m 配置一支)，H 型鋼橫梁藉由固定座之化學黏著錨栓與預力箱型梁結合，減音設施配置方案一之結構配置構想詳見圖 2.6-13，減音設施配置方案三之結構配置構想詳見圖 2.6-14。

表2.6-3 方案一之日間時段減音成效模擬評估一覽表

單位：dB(A)

方案一： 橋面板下方吸音板								
	樓層	1F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
	改善後	69.0	74.5	77.3	79.0	80.0	78.6	77.0
減音量	8.1	6.0	3.5	3.1	3.0	3.0	3.0	

表2.6-4 方案二之日間時段減音成效模擬評估一覽表

單位：dB(A)

方案二： 橋面板下方吸音板 + 主線側吊掛隔音 牆 3 m								
	樓層	1F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
	改善後	66.5	74.0	77.1	79.0	79.8	78.5	76.7
減音量	10.6	6.5	3.7	3.1	3.2	3.1	3.3	

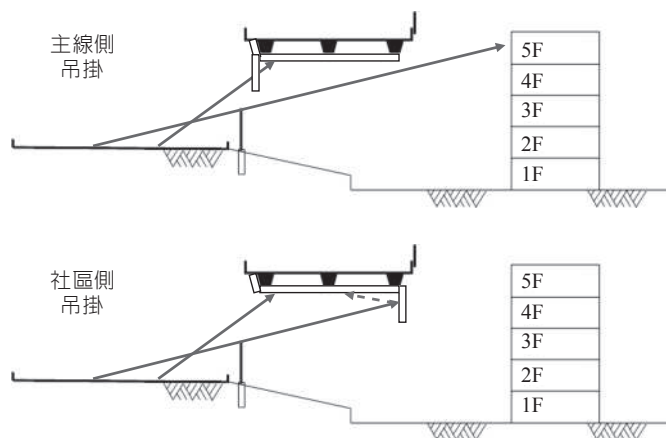


圖2.6-12 不同隔音牆吊掛位置之音線示意圖

表2.6-5 方案三之日間時段減音成效模擬評估一覽表

單位：dB(A)

方案三： 橋面板下方吸音板 + 民宅側吊掛隔音 牆 3 m																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>樓層</th> <th>1F</th> <th>3F</th> <th>4F</th> <th>5F</th> <th>6F</th> <th>7F</th> <th>8F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>改善後</td> <td>68.6</td> <td>73.4</td> <td>77.1</td> <td>78.9</td> <td>77.2</td> <td>70.6</td> <td>72.1</td> </tr> <tr> <td>減音量</td> <td>8.5</td> <td>7.1</td> <td>3.7</td> <td>3.2</td> <td>5.8</td> <td>11.0</td> <td>7.9</td> </tr> </tbody> </table>	樓層	1F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	改善後	68.6	73.4	77.1	78.9	77.2	70.6	72.1	減音量	8.5	7.1	3.7	3.2	5.8	11.0
樓層	1F	3F	4F	5F	6F	7F	8F																	
改善後	68.6	73.4	77.1	78.9	77.2	70.6	72.1																	
減音量	8.5	7.1	3.7	3.2	5.8	11.0	7.9																	

註：減音量已考量低噪音路面減音 3 dB(A)；灰階表超過陸上運輸系統第 3 類管制區日間標準 76 dB(A)。

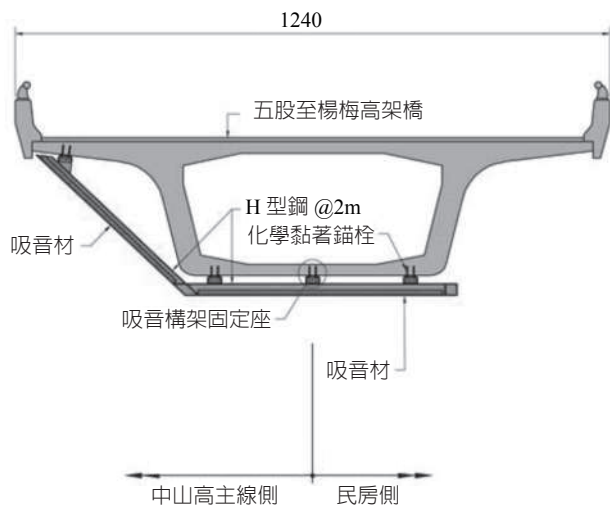


圖2.6-13 方案一之減音設施結構配置圖

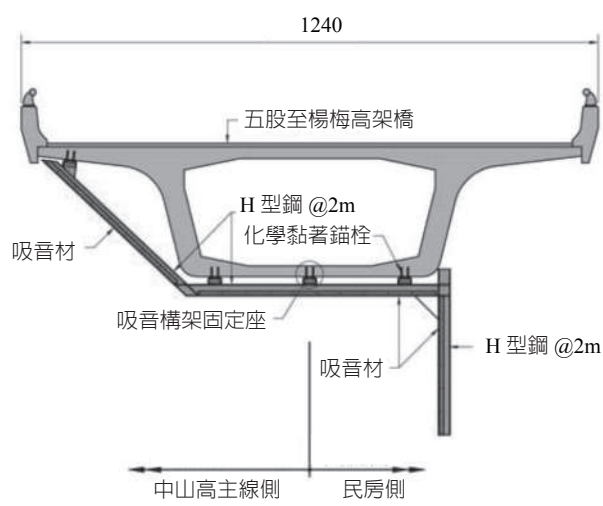


圖2.6-14 方案三之減音設施結構配置圖

(四) 工程施工程序

施工程序詳如圖 2.6-15 所示並說明如後。

1. 施工配置

本減音工程受限於施工環境，橋下區域現況臨近社區構造物，地區道路設有障礙物且道路寬度不足，導致不適宜規劃使用橋下區域為本工程之施工作業場所。國道 1 號道路目前該路段已設置隔音設施，且無適當條件改善增高現有隔音設備，因此，利用國道 1 號道路亦不可行。故規劃由高架段進行減音工程施工，乃為較適宜之場所。

本案施工因橋梁環境條件限制，因此，建議規劃以高空橋梁檢驗車 (圖 2.6-16)，進行橋梁減音工程作業。利用高空橋梁檢驗車進行施工可解決施工動線問題，減少機具車輛二次搬運作業，節省成本，並降低對高速公路交通及環境之衝擊。

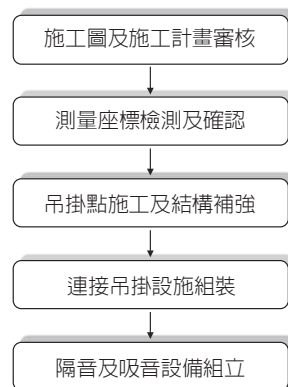


圖 2.6-15 工程施工程序流程圖

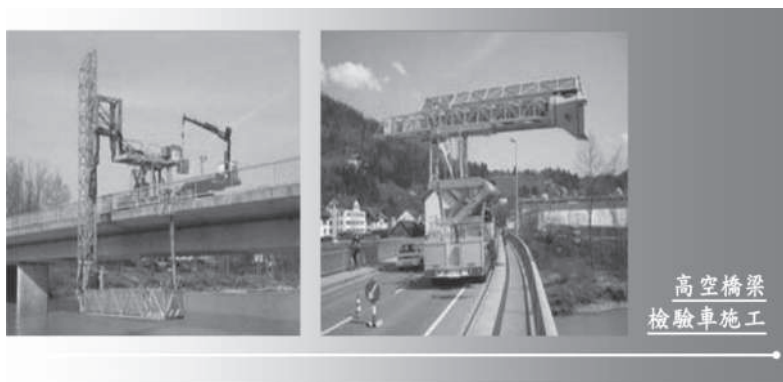


圖 2.6-16 高空橋梁檢驗車工程作業示意圖

2. 施工方式

本減音工程規劃於高架段進行工程施工，由於高架段該側路肩不足施工機具施工，因此，必須封閉 1 車道進行 (請詳交通維持計畫)。施工位置上部結構分別為鋼梁結構與混凝土預力構造物，分述如下：

(1) 鋼梁結構

確定設計圖施工位置 → 進行鋼梁開孔、吊掛點施工與結構補強 → 支撐鋼梁吊掛組裝 → 隔音及吸音設施安裝 → 高速公路復原。

(2) 混凝土預力構造物

確定設計圖施工位置 → 進行錨栓施工、吊掛點施工與結構補強 → 支撐鋼梁吊掛組裝 → 隔音及吸音設施安裝 → 高速公路復原。

施工注意事項之主要考量在於新設減音設施，吊裝支撐鋼梁時可能影響高速公路及既有地方道路之交通維持、安全衛生與界面協調。

3. 施工預定進度及經費

綜合考量施工各階段所需期程等因素，預估施工 100 m 長之期程約為 3.6 個月，經費初估約新台幣 1,300 萬元。

4. 施工安全衛生管理

徹底執行安全衛生管理，以達工程零災害之目標，詳如表 2.6-6 所示。

表 2.6-6 施工安全衛生管理一覽表

符合法令	職業安全衛生組織管理及自動檢查辦法	<ul style="list-style-type: none"> 進場危害告知及安全衛生教育訓練 落實各項安全衛生管理作業 	
	職業安全衛生法及職業安全設施規則	<ul style="list-style-type: none"> 危險性機械或設備之管理及安全作業標準 工作場所及通路之警戒標示 	
	營造安全衛生設施標準	<ul style="list-style-type: none"> 特別注意高架作業、上下設備、防護器具等墜落災害之防範措施 	
危害辨識分析	測量與放樣 墜落、衝撞	吊掛設施組裝 被夾、掉落、墜落	附屬工程復原 衝撞、墜落、感電
	吊掛點施工及結構補強 崩落、墜落、感電	支撐吊掛設施加工 翻倒、被夾、掉落	隔音及吸音設備組裝 崩落、墜落、感電

(五) 交通維持計畫

為維持地區民眾之通行需求，除建議可採夜間施工 (22 時至隔日 6 時)，亦將採分段漸進式施作，對於施工範圍影響將可僅限於施工側之道路，其影響屬短暫性與局部性。

初步評估，施工期間需佔用高架橋內側 1 車道及內側路肩，而考量施工期間避免相關料件掉落於主線段車流產生工安問題，主線段亦建議配合封閉外側路肩。

(六) 景觀色彩計畫

工程規劃處緊鄰五楊高架道路，高架下方空間寬裕，陣列的基礎成為當地強烈的視覺軸線，另外帶狀的空間也具有強烈的視覺引導特性，藉此可塑造未來景觀路廊的整體性。

考量到用路人心理感受的調性營造，本工程之色彩以營造輕盈愉悅的感覺為目標。將分析所得之環境色彩，調高其明度，並引入地域性植栽色彩考量，來決定營造橋梁輕盈感之色調，示意圖請參考圖 2.6-17。

四 結論與建議

(一) 結論

1. 高架橋下橋面會對橋下兩側行駛車輛產生的噪音造成反射作用，由相關文獻資料知，實地測量這種反射作用會使橋下噪音增加，且對高架橋附近較低處範圍的影響較為顯著。
2. 經國內外之文獻回顧，針對橋下反射音之防制及改善方式主要包括：鋪設低噪音路面、交通管理、橋下吸音材料 (吸音板及吸音圓筒)、路肩隔音牆 (頂端改良型、超高型) 及高架橋邊緣垂吊吸音材質等。
3. 高架橋下方道路之交通噪音在通過板面底部反射時，被覆蓋在橋面板底的吸音結構消耗掉大部分音能，從而使反射音減弱；同時高架橋上方的交通噪音在透射經過吸音結構時，也被吸收掉部分音能。

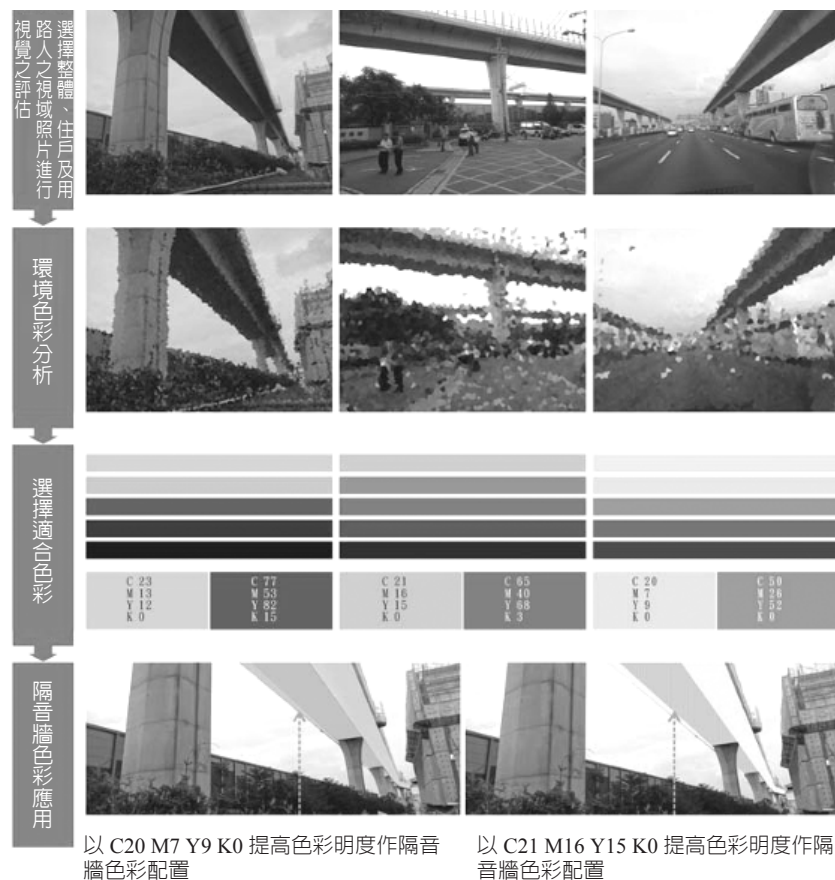


圖2.6-17 五楊高架段之環境色彩分析應用圖

4. 增加橋下道路側之隔音牆的高度，可有效地增大音影區面積，從而減小交通噪音及橋下反射音對周圍環境的影響。惟需考量結構荷重、風壓、駕乘人壓迫、經費成本、現場施工難易度、施工封路擾民等問題，故超高型隔音牆於國內實務上一般較難實現。
5. 本研究針對高架橋梁下之噪音改善，主要規劃了三種方案：(1) 橋面板下方吸音板；(2) 橋面板下方吸音板及主線側吊掛隔音牆；及 (3) 橋面板下方吸音板及民宅側吊掛隔音牆。其中以方案三可阻擋較多來自平面主線之直接音、向上傳遞之繞射音及橋下反射音，對各樓層可產生較佳之減音效果。
6. 除了高架橋梁下之噪音改善設施之外，若搭配低噪音鋪面及外路肩處之隔音牆，預估採取此綜合治理之方式，將可對道路邊民宅達到較佳之保護效果，俾降低民眾之陳抗。

(二) 建議

1. 本研究之減音方案係以電腦軟體模擬評估，若未來有現地實務化之機會，建議施作前後皆進行噪音測量及訪談陳情民眾之意見，俾瞭解改善後之減音成效及作為模式模擬等之參考。
2. 建議固定座設置於預力箱梁間之下翼板，減音設施之吸音材附掛於 H 型鋼橫梁 (H 型鋼橫梁沿車行方向每 2 m 配置一支)，H 型鋼橫梁藉由固定座之化學黏著錨栓與預力箱型梁結合，可避免減音設施固定座之化學黏著錨栓施作時造成預力箱型梁之鋼腱受損而影響橋梁安全。
3. 若因橋梁環境條件限制，建議規劃以高空橋梁檢驗車進行橋梁減音工程作業。由高架段進行

減音工程施工乃為較適宜之場所，俾解決施工動線問題，減少機具車輛二次搬運作業，節省成本，並降低對高速公路交通及環境之衝擊。

4. 建議可採夜間施工 (22 時至隔日 6 時)，亦採分段漸進式施作，對於施工範圍影響將可僅限於施工側之道路，降低主線段之交通影響衝擊，俾使影響屬短暫性與局部性。
5. 建議透過自然色彩系統 (natural colour system, NCS) 的科學性研究方法，整理分析工程沿線路廊的景觀區段，以實景照片挑選出主要視點具代表性之景觀同質單元照片，進行影像色彩萃取。挑選出最佳與環境融合色系，運用於整體隔音設施之色彩表現。