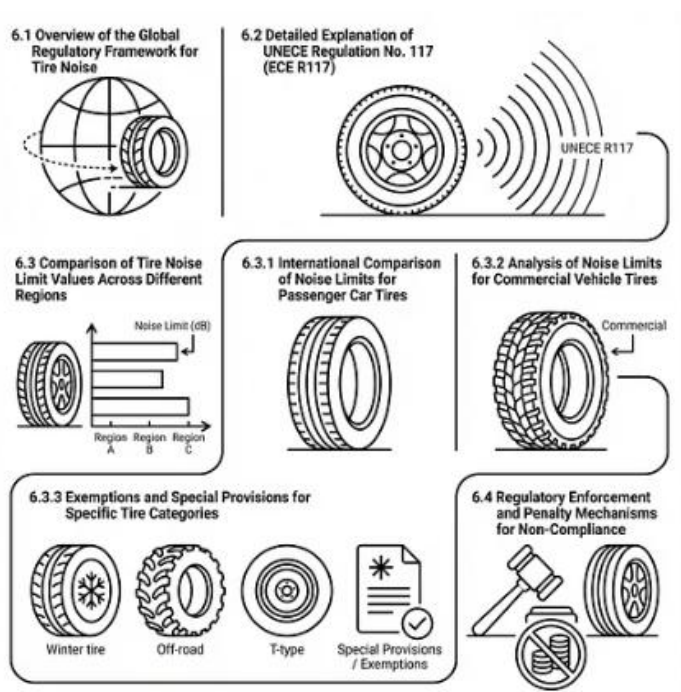


第六章 輪胎噪音法規與限值 Tire Noise Regulations and Limits

摘要 (Abstract)

輪胎噪音法規與限值體系是全球道路交通噪音治理中最具源頭控制效力的政策工具之一，其發展歷程反映了國際社會對公共健康、環境品質與交通永續議題的長期關注。自二十世紀七〇年代輪胎噪音首次被納入環境管制範疇以來，全球主要經濟體逐步建立以科學量測方法為基礎、以限值管制與型式認



證為核心的輪胎噪音法規架構，其中以聯合國歐洲經濟委員會 UNECE 所制定之 ECE R117 法規體系最具代表性，並已成為歐洲、亞洲多數國家採行或對標的國際基準。

本章系統性分析全球輪胎噪音法規體系之結構與演進邏輯，說明噪音限值如何依輪胎類別、尺寸與用途進行分級設計，並透過階段性收緊策略，在環境保護效益與產業技術可行性之間取得動態平衡。研究指出，ECE R117 採用之 Stage 1、Stage 2 及後續 Stage 3 的限值調整機制，使輪胎噪音管制得以在不造成產業劇烈衝擊的前提下，持續推動低噪音技術創新，其累積降噪效果相當於交通噪音能量減少約五成，具有顯著環境意義。

此外，本章比較歐盟、日本、韓國、中國、印度及東南亞等主要區域之輪胎噪音法規實踐，揭示全球法規體系在核心架構上趨於高度協調，但在實施時程、豁免條款與執行強度上仍呈現區域差異。透過型式認證、生產一致性監督與市場監督三層管制架構，輪胎噪音法規已由單純的技術規範，演進為結合環境治理、產業政策與市場機制的綜合性制度工具。

輪胎噪音法規與限值體系構成了全球交通噪音管制框架的核心組成部分,其發展歷程反映了國際社會對環境健康保護意識的持續提升與技術進步的推動力量。從 20 世紀 70 年代初期美國環境保護署(Environmental Protection Agency, EPA)首次將輪胎噪音納入管制範疇開始,經過半個世紀的演變,當今全球主要經濟體已建立起以聯合國歐洲經濟委員會(United Nations Economic Commission for Europe, UNECE)法規為藍本的相對協調化標準體系[1][2]。這些法規不僅設定了明確的噪音限值門檻,更建立了涵蓋型式認證(type approval)、生產一致性(conformity of production)、市場監督(market surveillance)的完整管理鏈條,對輪胎製造商、車輛製造商乃至整個交通運輸產業產生深遠影響。輪胎噪音法規的核心目標在於透過源頭管制降低交通噪音排放,保護公眾健康免受噪音污染危害,同時推動產業技術創新與永續發展[3]。

法規體系的建構涉及多重考量因素的平衡。一方面,噪音限值必須具備技術可行性與經濟合理性,避免對產業造成過度衝擊;另一方面,限值設定需具備足夠的環境效益與健康保護功能,真正實現降低社區噪音暴露的政策目標[4]。全球主要法規制定機構在推動標準演進時,



通常採取階段性收緊策略(phased tightening approach),給予產業充足的技術開發與產線調整時間。以歐盟為例,ECE R117 法規自 2012 年初版實施以來,已經歷 Stage 1、Stage 2 的限值強化,並規劃於未來數年內實施 Stage 3 甚至 Stage 4 標準,預計將使乘用車輪胎噪音限值相較初始版本降低 3-4 dB(A),相當於噪音能量減少約 50-60%[5][6]。這種漸進式收緊策略既保證了產業的適應能力,也持續驅動技術進步,被視為環境管制政策的成功典範。

輪胎噪音法規的國際協調化進程亦值得關注。聯合國世界車輛法規協調論壇(World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, WP.29)致力於推動全球技術法規(Global Technical Regulation, GTR)的制定,目標是建立統一的測試方法、限值體系與認證程序,降低國際貿易的技術壁壘,促進環境標準的全球一致性[7]。目前,歐盟、日本、韓國、澳洲等經濟體已廣泛採納 UNECE 法規框架,中國、印度等新興市場亦逐步接軌國際標準,形成以 ECE R117 為核心的全球輪胎噪音管制網絡[8][9]。然而,美國因其獨特的聯邦制結構與產業傳統,至今仍未實施強制性輪胎噪音型式認證要求,僅在加州等個別州層級進行試點探索,成為全球協調化進程

中的顯著例外[10]。這種法規分歧不僅影響全球輪胎產業的標準化生產策略,也對跨國貿易與環境保護效果產生複雜影響,成為國際政策對話的持續議題。

6.1 全球輪胎噪音法規體系概覽(Overview of the Global Regulatory Framework for Tire Noise)

全球輪胎噪音法規體系呈現出區域化與協調化並存的多元格局,主要可區分為三大法規圈層:以聯合國歐洲經濟委員會為核心的歐洲-亞洲法規體系、美國自成一體的聯邦與州級管制架構、以及發展中國家逐步接軌國際標準的轉型進程[11]。在歐洲法規圈層內,ECE R117 法規



作為輪胎噪音、濕地抓地力(wet grip)與滾動阻力(rolling resistance)的綜合性技術規範,自 2012 年正式實施以來,已成為全球最具影響力的輪胎環境性能標準[12]。該法規適用於所有在歐盟及其關聯締約國(包括挪威、瑞士、土耳其等)銷售的新生產輪胎,涵蓋乘用車(C1 類)、輕型商用車(C2 類)與重型商用車(C3 類)三大輪胎類別,建立了從設計認證到生產監督的完整管理鏈條[13]。

歐盟輪胎標籤法規(EU 2020/740,取代原 EU 1222/2009)與 ECE R117 形成互補關係,前者要求在輪胎銷售點展示噪音等級(分為 A、B、C 三級)、濕地抓地力等級與燃油效率等級,以市場透明化機制引導消費者選擇低噪音產品[14]。標籤法規的實施顯著提升了公眾對輪胎環境性能的認知,研究顯示約 32%的歐洲消費者在購買輪胎時會考慮噪音等級標示,對市場需求結構產生實質影響[15]。然而,標籤制度也暴露出一些限制,例如噪音分級僅基於相對於法規限值的差距(A 級需低於限值 3 dB(A)以上),而非絕對噪音水平,導致不同類別輪胎之間難以直接比較;此外,標籤測試條件(新輪胎、ISO 10844 標準路面)與實際使用環境存在差異,標籤值與消費者真實噪音體驗之間可能產生落差[16]。

亞洲地區輪胎噪音法規呈現快速發展態勢,主要經濟體紛紛建立或強化管制體系。日本早在 1977 年即透過日本汽車標準組織(Japanese Automobile Standards Organization, JASO)制定 JASO C606 輪胎噪音測試方法,近年來更積極參與 UNECE R117 法規的修訂工作,並自 2016 年起對進口輪胎實施基於 ECE R117 的型式認證要求[17]。韓國於 2015 年修訂《噪音與振動管制法》(Noise and Vibration Control Act),強制要求輪胎製造商或進口商量測並申報輪胎噪音水平,建立輪胎噪音性能標籤制度,並於 2018 年起對不符合標準的產品處以罰款[18]。中國國家標準 GB 9743-2024(乘用車輪胎)與 GB 9744-2024(商用車輪胎)於 2024 年 5 月 1 日

正式實施,首次將輪胎噪音納入強制性產品認證(China Compulsory Certification, CCC)範圍,標誌著中國輪胎管制體系與國際標準的全面接軌[19][20]。印度也在2022年發布 AIS 142 標準(基於 ECE R117 改編),要求新設計輪胎自2022年10月起滿足滾動阻力與濕地抓地力要求,並自2023年6月起實施噪音限值,由印度標準局(Bureau of Indian Standards, BIS)負責認證監督[21]。

東南亞國家協會(Association of Southeast Asian Nations, ASEAN)成員國亦逐步推動輪胎標準協調化。泰國於2019年宣布採納 UN R117 作為國家輪胎標準,要求在泰國銷售的輪胎必須符合噪音、濕地抓地力與滾動阻力要求,並透過工業標準協會(Thai Industrial Standards



Institute, TISI)進行認證管理[22]。馬來西亞、印尼、菲律賓等國雖尚未全面實施強制性輪胎噪音標準,但在 ASEAN 標準協調框架下,正積極研擬相關法規草案,預計未來數年內將陸續納入管制範圍[23]。這種區域性標準協調化趨勢不僅降低輪胎製造商的合規成本,也有助於提升整體環境保護水平,表現了國際合作在環境治理領域的積極作用。

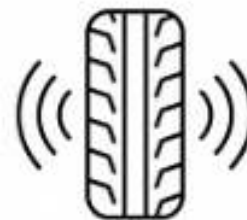
美國輪胎噪音管制體系與全球主流明顯分歧,聯邦層級並無針對輪胎滾動噪音的強制性型式認證要求[24]。美國聯邦機動車輛安全標準(Federal Motor Vehicle Safety Standards, FMVSS)主要關注輪胎的安全性能,如 FMVSS No. 119 針對輪胎強度、耐久性與高速性能設定要求,FMVSS No. 139 規範輕型車輛輪胎性能,但均未涉及噪音排放標準[25]。美國環境保護署曾在1970年代根據《噪音管制法》(Noise Control Act of 1972)制定卡車輪胎噪音標準,但該計畫在1981年因預算削減而終止,至今未恢復[26]。目前,美國僅透過統一輪胎質量分級(Uniform Tire Quality Grading, UTQG)系統要求輪胎標示胎面磨耗(treadwear)、牽引力(traction)與溫度阻抗(temperature resistance)等級,但不包含噪音或滾動阻力資訊[27]。

加州作為美國環境管制的先行者,近年來積極推動州級輪胎噪音標準。加州空氣資源委員會(California Air Resources Board, CARB)與交通運輸部門合作,研擬針對替換市場輪胎的噪音標籤與限值要求,參考歐盟標籤法規設計分級系統,目標在2026-2028年間分階段實施[28]。然而,這項提案面臨來自輪胎產業的強烈反對,業界擔憂單一州級標準將增加合規複雜度與成本,且可能與聯邦法規體系產生衝突[29]。美國輪胎製造商協會(U.S. Tire Manufacturers Association, USTMA)主張應由聯邦政府主導制定全國性標準,而非各州各自為政,以確保市場一致性與公平競爭

環境[30]。這場爭論反映出美國聯邦與州權力平衡的長期張力,也凸顯美國在全球輪胎環境標準協調化進程中的特殊定位。

6.2 歐盟 ECE R117 法規詳解(Detailed Explanation of UNECE Regulation No. 117 (ECE R117))

ECE R117 法規全稱為《關於輪胎滾動噪音排放與濕地表面附著性能認證的統一規定》(Uniform Provisions Concerning the Approval of Tyres with Regard to Rolling Sound Emissions and to Adhesion on Wet Surfaces),由聯合國歐洲經濟委員會世界車輛法規協調論壇制定,現行版本為 R117-04 系列修正



案(2023 年發布)[31]。該法規適用範圍涵蓋名義輪輞直徑代號介於 10 至 25 英寸(254 至 635 毫米)之間的氣壓輪胎,排除臨時用備胎(temporary use spare tyres)、競賽用輪胎(tyres designed for competition)、裝配額外牽引裝置的輪胎(如釘胎)以及速度等級低於 80 公里/小時的輪胎[32]。法規將輪胎分為三大類別:C1 類為乘用車輪胎(符合 ECE R30 標準);C2 類為輕型商用車輪胎(符合 ECE R54 標準,單胎負荷指數 ≤ 121 且速度代號 $\geq N$);C3 類為重型商用車輪胎(符合 ECE R54 標準,單胎負荷指數 ≥ 122 或 ≤ 121 但速度代號 $\leq M$)[33]。這種分類體系基於輪胎的實際使用場景與性能特徵,確保法規要求的針對性與合理性。

ECE R117 的噪音限值體系採用階段性收緊策略,分為 Stage 1(S1)、Stage 2(S2)、Stage 3(S3)等不同階段,每階段限值較前一階段降低 1-2 dB(A),給予產業 5-8 年的技術過渡期[34]。以 C1 類乘用車輪胎為例,Stage 1 限值依據輪胎標稱斷面寬度(nominal section width)分為五個區間:145 毫米以下為 72 dB(A),145-165 毫米為 73 dB(A),165-185 毫米為 74 dB(A),185-215 毫米為 75 dB(A),215 毫米以上為 76 dB(A)[35]。這種基於輪胎尺寸的分級限值設計反映了較寬輪胎通常具有較大接觸面積與較高噪音排放的物理特性。Stage 2 限值較 Stage 1 統一降低 1 dB(A),C1 類輪胎相應變為 71-75 dB(A);Stage 3 限值(計劃於 2024-2026 年實施)將再降低 1 dB(A),達到 70-74 dB(A)範圍[36]。

對於特殊類型輪胎,ECE R117 設有限值增容規定(allowances)。加強型或超載型(reinforced or extra load)C1 類輪胎可在基礎限值上增加 1 dB(A),以反映其加強結構可能導致的噪音增量[37]。特殊用途輪胎(special use tyres,如混合路面輪胎,標示 MPT、ML 或 ET)可增加 2 dB(A),考量其胎面花紋通常較為粗獷,需在越野性能與噪音控制間取得平衡[38]。冬季輪胎(snow tyres,標示 M+S)在 Stage 1 與 Stage 2 享

有與普通輪胎相同的限值,但若透過三峰山雪花(Three-Peak Mountain Snowflake, 3PMSF)認證,則在 Stage 3 可獲得 1 dB(A)的增容,承認冬季輪胎特殊的胎面設計需求[39]。牽引型輪胎(traction tyres,胎面具深刻槽紋設計)可額外增加 2 dB(A)[40]。這些差異化規定表現了法規制定的務實性與彈性,避免"一刀切"方式對特定功能輪胎造成不合理限制。

C2 與 C3 類商用車輪胎的限值結構相對簡化,不再基於輪胎寬度分級,而是按使用類別(normal、snow、special)設定統一限值[41]。C2 類輕型商用車輪胎 Stage 1 限值為:普通輪胎 75 dB(A),冬季輪胎 77 dB(A),特殊用途輪胎 78 dB(A);Stage 2 限值分別降至 72、73、74 dB(A);Stage 3 計劃進一步降至 71、72、73 dB(A)[42]。C3 類重型商用車輪胎 Stage 1 限值為:普通輪胎 76 dB(A),冬季輪胎 78 dB(A),特殊用途輪胎 79 dB(A);Stage 2 限值分別為 73、74、75 dB(A);Stage 3 預計達到 72、73、74 dB(A)[43]。商用車輪胎的限值設定相對寬鬆,反映其較大的輪胎尺寸、載重需求與複雜的使用環境,但階段性收緊的趨勢保持一致,確保商用車輛對整體交通噪音的貢獻亦獲得有效管制。

ECE R117-04 系列修正案引入的重要創新是對磨損輪胎(worn tyres)的噪音要求,這是全球輪胎法規的首次突破[44]。根據新規定,輪胎在胎面花紋深度磨損至 50%時(即達到標稱胎面深度的一半,但不低於法定最小胎面深度 1.6 毫米),其滾行噪音不得超過新胎認證限值加 2 dB(A)[45]。這項要求基於研究發現,部分輪胎在磨損過程中噪音水平不降反升,甚至可能超出法規限值,導致法規效果在輪胎生命週期後期打折扣[46]。磨損輪胎測試採用與新胎相同的 ISO 13325 滑行法(coast-by method),但在 ISO 10844 測試路面上進行,輪胎需先經歷特定里程的道路磨損或滾筒磨損以達到 50%磨損狀態,然後進行噪音量測[47]。這項規定將於 2024 年 7 月 1 日起對新型式認證生效,2026 年起擴展至所有生產輪胎,預期將推動輪胎製造商在設計階段即考慮全生命週期噪音性能,而非僅優化新胎表現[48]。



ECE R117 的型式認證程序(type approval procedure)要求申請人(輪胎製造商或其授權代表)向締約國技術服務機構(Technical Service)提交型式認證申請,包括輪胎品牌、商標、類別、結構、用途類別以及涵蓋的輪胎尺寸清單[49]。技術服務機構選取代表性輪胎尺寸(representative tyre size)進行實測,通常為申請範圍內噪音水平最高或最接近限值的尺寸,以"最壞情況"(worst-case)邏輯確保整個型式的合

規性[50]。測試須在獲認可的實驗室進行,使用符合 ISO 10844:2021 標準的測試路面,採用 ISO 13325:2019 規定的滑行法測量程序[51]。測試結果若符合限值要求,該締約國主管機構(Type Approval Authority)將頒發型式認證證書,分配唯一認證編號,並在輪胎側壁標示認證標誌(例如"E4 023296 S2R2"表示荷蘭認證、編號 023296、符合 Stage 2 噪音與滾動阻力標準)[52]。

生產一致性(Conformity of Production, CoP)管制是 ECE R117 實施體系的重要環節,要求輪胎製造商確保批量生產產品持續符合型式認證的性能要求[53]。主管機構或其指定技術服務機構每兩年至少進行一次生產一致性抽檢,從市場或生產線隨機抽取樣品進行測試[54]。為考量大批量生產的固有變



異性(inherent variability),生產一致性測試允許噪音值較型式認證限值增加 1 dB(A),即若型式認證限值為 72 dB(A),則生產樣品測試值不得超過 73 dB(A)[55]。若發現不符合情形,主管機構將要求製造商採取糾正措施,包括停止生產、召回問題產品、改進品質管理系統等;持續不符合或拒絕配合者,可能面臨認證撤銷(withdrawal of approval)的嚴厲處罰[56]。這種"認證+監督"的雙軌機制確保法規不僅在設計階段發揮作用,更在整個產品生命週期內維持有效性。

市場監督(market surveillance)構成 ECE R117 執行體系的第三層保障。歐盟成員國依據《市場監督法規》(EU 2019/1020)建立市場監督機構(Market Surveillance Authority, MSA),負責監控市場上銷售產品的合規狀況[57]。市場監督活動包括線上與實



體銷售點檢查、產品標示核查、隨機購樣測試等,針對消費者投訴或風險情報進行專項調查[58]。2019 年一項涵蓋 10 個歐盟成員國的輪胎標籤市場監督行動發現,22%的線上標籤資訊不合法規要求,顯示市場合規性仍有待提升[59]。

對於查獲的不合規產品,市場監督機構有權要求下架、沒收、銷毀,並對責任方處以行政罰款,罰款金額因各國法律而異,但通常可達數千至數萬歐元[60]。英國交通運輸部於 2021 年修訂輪胎標籤執法規定,引入每次違規罰款 1,000 英鎊的民事處罰機制,由駕駛與車輛標準局(Driver and Vehicle Standards Agency, DVSA)市場監督單位執行[61]。這些執法措施顯著提升了法規的威懾力與實際效果。

6.3 不同地區輪胎噪音限值比較(Comparison of Tire Noise Limit Values Across Different Regions)

6.3.1 乘用車輪胎限值國際比較(International Comparison of Noise Limits for Passenger Car Tires)



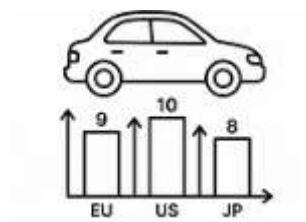
乘用車輪胎(C1 類)的噪音限值在全球主要法規體系中呈現既協調又分化的格局,核心分歧主要表現在實施階段、豁免條款與測試細節方面。歐盟 ECE R117 體系作為國際基準,其 Stage 2 限值已於 2016 年 11 月對新型式認證生效,主要乘用車輪胎限值範圍為 71-75 dB(A)(依輪胎寬度分級)[62]。這一限值水準較 Stage 1 降低 1 dB(A),相當於噪音能量減少約 21%,代表實質的技術進步要求[63]。歐盟 Stage 3 限值計劃於 2024-2026 年間實施,將再降低 1 dB(A)達到 70-74 dB(A),部分成員國主張進一步探討 Stage 4(69-73 dB(A))的可行性,目標在 2030 年代初實現[64]。這種漸進式收緊策略給予產業充足的研發與投資時間,避免技術斷層風險,同時保持持續的環境改善動能。



日本採納 ECE R117 作為國內輪胎認證標準,實施時程與歐盟基本同步,但在執行細節上略有差異[65]。日本國土交通省(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, MLIT)要求所有進口輪胎必須取得基於 ECE R117 的型式指定(Type Designation),由日本自動車研究所(Japan Automobile Research Institute, JARI)或其他指定機構進行測試認證[66]。日本本土輪胎製造商如普利司通(Bridgestone)、橫濱橡膠(Yokohama)、東洋輪胎(Toyo)等,多數產品在設計階段即符合 ECE R117 Stage 2 甚至 Stage 3 限值,技術水準處於全球領先地位[67]。日本市場對低噪音輪胎的需求強勁,部分高階產品噪音水平可達 68-70 dB(A),較法規限值低 3-5 dB(A),顯示在嚴格法規推動與市場需求拉動的雙重作用下,產業技術邊界持續拓展[68]。韓國輪胎噪音標準以《噪音與振動管制法》為法律基礎,限值水準參照 ECE R117 Stage 1 設定,但實施機制更強調資訊揭露與市場引導[69]。韓國環境部(Ministry of Environment)於 2016 年 12 月啟動"輪胎噪音性能標籤制度"(Tire Noise Performance Labeling System),要求在韓國銷售的所有乘用車輪胎必須標示噪音等級,分為 1 級(最安靜)至 5 級(最吵),1 級對應較 Stage 1 限值低 3 dB(A)以上的產品[70]。這種五級分類體系較歐盟的三級標籤提供更細緻的市場區隔,有助於消費者做出更精準的選擇[71]。韓國輪胎製造商如韓泰(Hankook)、錦湖(Kumho)、耐克

森(Nexen)積極響應標籤制度,推出多款低噪音旗艦產品,噪音水平普遍達到 69-72 dB(A)範圍,競爭力顯著提升[72]。

中國輪胎噪音標準在 GB 9743-2024 實施後邁入新階段,該標準採納 ISO 13325 測試方法與 ECE R117 Stage 2 限值體系,但在分類細節上結合中國市場特點進行調整[73]。GB 9743-2024 將乘用車輪胎分為普通輪胎、雪地



輪胎與特殊用途輪胎三類,普通輪胎噪音限值依輪胎標稱斷面寬度分為五檔:≤145 毫米為 71 dB(A),146-165 毫米為 72 dB(A),166-185 毫米為 73 dB(A),186-215 毫米為 74 dB(A),≥216 毫米為 75 dB(A)[74]。這些限值與 ECE R117 Stage 2 完全一致,確保中國標準與國際接軌。雪地輪胎與特殊用途輪胎可分別增加 1 dB(A)與 2 dB(A),與歐盟規定相同[75]。GB 9743-2024 自 2025 年 5 月 1 日起強制實施,所有新生產或進口乘用車輪胎必須透過 CCC 認證並符合噪音限值,由中國質量認證中心(China Quality Certification Centre, CQC)等指定機構負責認證與監督[76]。

印度 AIS 142 標準基本複製 ECE R117 架構,但在實施時程與豁免範圍上採取較寬鬆立場,反映其作為新興市場在技術能力與產業結構上的現實考量[77]。AIS 142 將 C1 類輪胎噪音限值設定為與 ECE R117 Stage 1 相同的 72-76 dB(A)範圍,計劃於 2023 年 6 月起對新設計輪胎實施,既有設計輪胎則給予 2025 年 6 月前的過渡期[78]。印度標準局負責 BIS 認證管理,輪胎製造商或進口商須提交測試報告並接受工廠審查,認證程序通常需時 6-12 個月[79]。印度本土輪胎產業如阿波羅(Apollo)、JK 輪胎(JK Tyre)、MRF 等,近年來加大在低噪音技術上的研發投入,但整體技術水準仍落後於歐日韓企業,部分中低階產品噪音水平接近限值上限,未來在 Stage 2 限值實施時可能面臨較大壓力[80]。

東南亞國家在輪胎噪音標準方面呈現快速追趕態勢。泰國於 2019 年發布輪胎標準 TIS 3004-2562,採納 UN R117 Stage 1 限值,要求在



泰國銷售的乘用車輪胎噪音水平不得超過 72-76 dB(A),並計劃於 2024 年起逐步過渡至 Stage 2 標準[81]。馬來西亞工業發展局(Malaysia Industrial Development Authority, MIDA)正研擬類似規範,預計 2025-2026 年間發布草案並徵詢產業意見[82]。印尼、菲律賓、越南等國雖尚未制定強制性輪胎噪音標準,但在 ASEAN 經濟共同體(ASEAN Economic Community, AEC)框架下,各國標準機構已開始非正式協調,探討建立區域性統一標準的可行性[83]。這種區域協調化趨勢不僅有助於

降低貿易壁壘,也將推動東南亞整體輪胎產業技術升級,對全球輪胎市場格局產生長期影響。

美國在乘用車輪胎噪音限值方面的缺位形成鮮明對照。聯邦政府至今未實施基於滾行噪音的輪胎型式認證要求,僅在 1970 年代短暫施行過針對卡車輪胎的噪音標準(限值為 80 dB(A)),但該計畫在 1981 年終止後再未恢復[84]。目前美國輪胎市場的噪音性能主要由市場機制與自願性標準引導,部分高階品牌如米其林(Michelin)、固特異(Goodyear)、倍耐力(Pirelli)會在產品宣傳中強調低噪音特性,但缺乏統一的量測方法與標示規範,消費者難以進行客觀比較[85]。加州計畫實施的輪胎噪音標籤制度若獲透過,將參照 ECE R117 Stage 2 限值(71-75 dB(A))作為分級基準,A 級產品需低於限值 3 dB(A)以上,這將使加州成為美國首個實施輪胎噪音強制標示的州份[86]。然而,該提案的推進面臨聯邦優先權(federal preemption)的法律爭議,因為根據《聯邦汽車安全法》(Motor Vehicle Safety Act),各州不得實施與聯邦安全標準衝突或額外增加的標準,除非獲得聯邦政府明確豁免[87]。這場法律與政治博弈將深刻影響美國輪胎噪音管制的未來走向。

從全球乘用車輪胎限值比較中可觀察到幾個重要趨勢。首先,以 ECE R117 為藍本的限值協調化已成主流,亞洲、歐洲及部分其他地區形成相對統一的標準框架,有利於跨國輪胎製造商標準化生產策略與全球供應鏈優化[88]。其次,限值收緊的階段性策略獲得廣泛採納,各國在實施時程上保持 3-5 年的差異,既反映各自產業技術水準與經濟發展階段的不同,也避免全球同步收緊可能引發的供應鏈衝擊[89]。第三,標籤制度與限值法規的結合成為趨勢,市場透明化機制與強制性門檻要求相輔相成,既保證最低環境標準,又激勵企業超越法規開發更優產品,形成"監管地板+市場天花板"的雙層推動力[90]。最後,美國的缺位構成全球協調化的顯著例外,這種分歧不僅增加跨國企業合規成本,也可能對全球環境治理效果產生負面外溢,成為國際政策對話中需要解決的重要議題[91]。

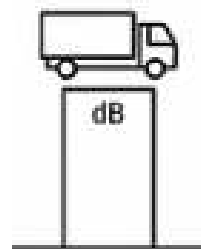
6.3.2 商用車輪胎限值分析(Analysis of Noise Limits for Commercial Vehicle Tires)

商用車輪胎的噪音限值體系在設計理念與技術挑戰上與乘用車輪胎顯著不同,主要反映在以下幾方面:商用車輪胎尺寸範圍更廣(從輕型貨車的小尺寸輪胎到重型卡車的超大尺寸輪胎)、載重能力要求更高(需承受數倍於乘用車的軸荷)、使用環境更複雜(長途高速、城市配送、工地越野等多場景)、輪胎壽命預期更長(重型商用車輪



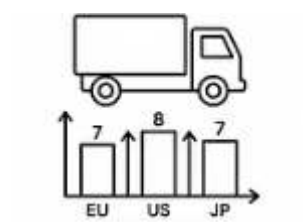
胎可行駛數十萬公里)、胎面花紋設計更多樣(驅動軸、轉向軸、拖掛軸需不同花紋)[92]。這些特性使得商用車輪胎的噪音控制面臨更複雜的技術權衡,法規限值設定需在環境保護與功能需求間尋求平衡。

歐盟 ECE R117 將商用車輪胎分為 C2 類(輕型商用車)與 C3 類(重型商用車)兩大類別,分別設定差異化限值。C2 類輪胎通常裝配於輕型貨車(light commercial vehicles)、小型巴士等車輛,其尺寸與性能特徵介於乘用車與重型商用車之間[93]。Stage 1 限值为:普通輪胎 75 dB(A),雪地輪胎 77 dB(A),特殊用途輪胎 78



dB(A);Stage 2 限值於 2016 年 11 月實施,分別降至 72、73、74 dB(A);Stage 3 計劃於 2024-2026 年進一步降至 71、72、73 dB(A)[94]。C2 類限值的設定邏輯與 C1 類相似,採取統一限值而非基於輪胎尺寸分級,簡化認證程序並反映 C2 類輪胎尺寸範圍相對集中的現實[95]。值得注意的是,C2 類 Stage 2 限值(72 dB(A))已接近 C1 類窄輪胎的 Stage 2 限值(71 dB(A)),顯示歐盟對輕型商用車噪音管制的重視程度與乘用車趨於一致[96]。

C3 類重型商用車輪胎的限值設定相對寬鬆,反映其更大的輪胎尺寸、更高的載重需求與更複雜的胎面設計[97]。Stage 1 限值为:普通輪胎 76 dB(A),雪地輪胎 78 dB(A),特殊用途輪胎 79 dB(A);Stage 2 限值分別為 73、74、75



dB(A);Stage 3 計劃達到 72、73、74 dB(A)[98]。C3 類限值較 C1 類最寬輪胎高 1-2 dB(A),但考慮到重型商用車輪胎的接觸面積可達 C1 類輪胎的 2-3 倍,這種限值差異實際上代表對單位接觸面積噪音水平的更嚴格要求[99]。此外,C3 類輪胎存在多種特殊類型,如牽引型輪胎(traction tyres,胎面具深刻槽紋以提升濕地與泥地牽引力)、區域配送輪胎(regional delivery tyres,強調低滾動阻力與舒適性)、長途運輸輪胎(long-haul tyres,注重耐磨與經濟性),不同類型噪音特性差異顯著,統一限值的設定需兼顧各類型的技術可行性[100]。

日本對商用車輪胎噪音的管制採取與歐盟高度協調的立場,直接採納 ECE R117 的 C2 與 C3 分類與限值體系[101]。日本商用車市場以本土品牌主導,普利司通、橫濱、東洋等製造商在低噪音商用車輪胎技術上投入巨大,部分旗艦產品噪音水平可較 Stage 2 限值低 2-3 dB(A)[102]。例如,普利司通的 Ecopia 系列卡車輪胎,透過優化胎面花紋溝槽幾何形狀、採用新型低噪音胎面膠料配方、改進胎體結構剛性分布,實現噪音水平約 70-72 dB(A)(C3 類),同時保持優異的燃油經濟性與磨耗

性能[103]。這些技術成果不僅滿足當前法規,也為未來 Stage 3 甚至更嚴格標準奠定基礎,彰顯日本輪胎產業在技術創新與環境責任方面的領先地位。

韓國商用車輪胎噪音標準亦基於 ECE R117 框架,但在實施策略上更強調漸進性與產業輔導[104]。韓國環境部針對商用車輪胎實施的噪音標籤制度採取自願性原則,鼓勵但不強制製造商標示噪音等級,以降低中小型商用車運營業者的成本壓力[105]。韓國本土商用車輪胎市場集中度高,韓泰與錦湖兩大品牌佔據約 70%市場份額,兩者均承諾旗下主流產品將於 2025 年前達到 Stage 2 限值,並在新產品開發中瞄準 Stage 3 水準[106]。韓國政府透過綠色採購計畫(Green Public Procurement)支持低噪音商用車輪胎推廣,要求政府採購的公車、垃圾車等公共服務車輛優先選用噪音等級 1-2 級的輪胎,形成市場示範效應[107]。

中國商用車輪胎噪音標準在 GB 9744-2024 發布後進入全面強制實施階段。GB 9744-2024 涵蓋輕型與重型商用車輪胎(對應 ECE R117 的 C2 與 C3 類),限值設定與 Stage 2 完全一致:C2 類為 72-74 dB(A),C3 類為 73-75 dB(A)(依用途類別)[108]。該標準自 2025 年 5 月 1 日起對新生產輪胎強制實施,既有型號輪胎給予 2027 年 5 月前的過渡期[109]。



中國商用車輪胎市場規模龐大但技術水平參差不齊,三角輪胎、雙星輪胎、玲瓏輪胎等本土領先企業已具備 Stage 2 水準的產品開發能力,但眾多中小型製造商仍以中低階產品為主,噪音性能接近甚至可能超出限值,面臨技術升級壓力[110]。中國交通運輸部與生態環境部聯合推動"綠色貨運示範工程",要求示範城市的城市配送車輛優先使用符合最嚴格噪音限值的輪胎,並給予財政補貼,藉此加速市場轉型與產業技術進步[111]。

印度 AIS 142 標準對商用車輪胎的規定與 C1 類輪胎採取相同的分階段實施策略,限值水準對應 ECE R117 Stage 1[112]。具體而言,C2 類輪胎限值為 75-78 dB(A),C3 類為 76-79 dB(A),計劃於 2023 年 6 月起對新設計輪胎實施,2025 年 6 月起擴展至所有生產輪胎[113]。印度商用車輪胎市場以更換市場(replacement market)為主,約佔總市場的 75-80%,原廠配套市場相對較小[114]。這種市場結構使得更換市場輪胎的品質與性能對整體交通噪音影響更大,但更換市場產品種類繁多、品質參差,監管難度較高[115]。印度標準局正建立市場監督抽查機制,計劃每年對主要銷售渠道的商用車輪胎進行隨機抽樣測試,不合格產品將被責令下架並處以罰款,製造商或進口商可能面臨 BIS 認證暫停甚至吊銷[116]。

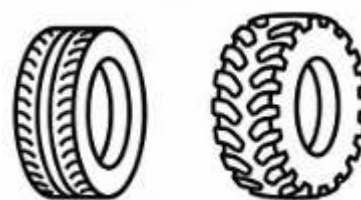
東南亞國家在商用車輪胎噪音標準方面的進展略慢於乘用車輪胎,主要因為商用車市場規模相對較小、技術複雜度更高、產業基礎較弱[117]。泰國 TIS 3004-2562 標準涵蓋 C2 與 C3 類輪胎,限值設定與 ECE R117 Stage 1 一致,計劃於 2024-2025 年過渡至 Stage 2[118]。馬來西亞、印尼等國正處於標準草案階段,預計 2025-2027 年間陸續發布強制性規範[119]。ASEAN 標準化委員會(ASEAN Consultative Committee on Standards and Quality, ACCSQ)正協調成員國標準制定,目標在 2030 年前實現區域內商用車輪胎標準的實質性協調,降低跨境貿易的技術壁壘[120]。這種區域合作模式不僅有助於東南亞國家集體提升管制能力,也為其他區域性組織(如非洲聯盟、拉美經濟體)提供可借鑒經驗。

美國在商用車輪胎噪音方面同樣缺乏聯邦層級強制標準,僅在 1970 年代曾實施針對中型與重型卡車輪胎的噪音限值(80 dB(A)),但該標準在 1981 年停止執行



後未再恢復[121]。目前,美國商用車輪胎噪音性能主要由輪胎製造商自主把控,部分重視企業社會責任的運輸公司(如 UPS、FedEx)會在採購合約中要求低噪音輪胎,但缺乏統一的量測與認證標準[122]。加州計畫實施的輪胎標籤制度初期將聚焦於乘用車輪胎,商用車輪胎是否納入仍在討論中,輪胎產業擔憂商用車輪胎的複雜性與多樣性可能使標籤制度難以有效實施[123]。美國卡車運輸協會(American Trucking Associations, ATA)認為,與其實施噪音標籤,不如透過車輛層級的噪音法規(如 FMVSS 141 針對電動車的最低噪音要求)來管制整車噪音,更具實效性[124]。

商用車輪胎限值的國際比較揭示幾個關鍵特點。第一,限值設定普遍較乘用車輪胎寬鬆 1-3 dB(A),但階段性收緊趨勢一致,反映商用車噪音管制的重要性日益獲得認可[125]。第二,用途類別差異化(普通、雪地、特殊)的限值增容機制獲得廣泛採納,表現法



規設計的靈活性與對多元化產品需求的尊重[126]。第三,商用車輪胎市場的區域特性更強,本土品牌與進口品牌的技術水準差距較乘用車市場更大,發展中國家在實施嚴格限值時面臨的產業適應壓力更顯著[127]。第四,商用車輪胎的全生命週期噪音性能(尤其是磨損輪胎性能)更受關注,ECE R117-04 引入的磨損輪胎測試對商用車輪胎產業的長期影響可能更深遠,因為商用車輪胎的使用壽命通常是乘用車輪胎的 2-3 倍,磨損過程中的噪音演變更為複雜[128]。這些特點提示,商用車

輪胎噪音管制需採取更精細化、更具針對性的政策工具,簡單複製乘用車法規模式可能事倍功半。

6.3.3 特殊類型輪胎豁免與例外規定(Exemptions and Special Provisions for Specific Tire Categories)

輪胎噪音法規體系在追求環境保護目標的同時,亦需兼顧輪胎功能多樣性與特殊應用場景的現實需求,因此在主流限值框架之外,建立了一系列豁免(exemptions)與例外規定(exceptions)條款[129]。這些條款的設計表現了法規制定者



對技術可行性邊界、成本效益比、市場結構合理性的綜合考量,旨在避免"一刀切"方式對特定功能輪胎或小眾市場造成不合理限制,同時確保法規的主體覆蓋範圍與效果不被過度侵蝕[130]。

ECE R117 明確排除若干輪胎類型於適用範圍之外,這些輪胎被視為不適合或無需適用常規噪音限值[131]。臨時用備胎(temporary use spare tyres,標示"Temporary use only")通常尺寸較小、結構簡化、設計僅供短距離低速應急使用,其噪音性能相對次要,且市場規模極小,納入管制的成本效益不佳[132]。競賽用輪胎(tyres designed for competition)專為賽車運動設計,追求極致操控與速度性能,胎面花紋通常極淺或無花紋(光頭胎 slick tyres),不在公共道路合法使用,因此無需遵守交通噪音法規[133]。裝配額外牽引裝置的輪胎如釘胎(studded tyres),金屬釘釘與路面撞擊產生的噪音遠超輪胎本體噪音,現有測試方法與限值體系不適用,且釘胎使用已受嚴格限制(僅在冬季特定時段與地區允許),單獨立法管制更為合理[134]。名義輪輞直徑代號小於 10 或大於 25 的輪胎(對應直徑小於 254 毫米或大於 635 毫米),前者多用於特種車輛或工業設備,後者主要為農用或工程機械輪胎,使用場景與公共道路交通噪音關聯性低[135]。速度等級低於 80 公里/小時(標示 F 級以下)的輪胎,通常為專用型輪胎或低速車輛輪胎,不適用於常規公路交通,噪音管制必要性較低[136]。

除完全排除於適用範圍外,ECE R117 為若干特殊功能輪胎設定限值增容條款,允許其噪音水平較標準限值高出 1-2 dB(A)[137]。加強型或超載型輪胎(reinforced or extra load tyres,標示"REINFORCED"或"EXTRA LOAD")透過加厚胎側、增強簾布層等方式提升載重能力,結構加強可能導致胎體剛性增加、振動特性改變,噪音水平相應提升,法規給予 1 dB(A)增容以反映這種物理必然性[138]。這類輪胎在歐洲市場佔 C1 類輪胎的約 15-20%,主要裝配於負載較重的乘用車(如 SUV、MPV)或

需要提升安全裕度的應用場景[139]。限值增容機制避免了加強型輪胎因噪音要求而犧牲載重性能,保證市場多樣性與消費者選擇空間。

特殊用途輪胎(special use tyres,標示"MPT"、“ML"或"ET")設計用於混合路面行駛,需在公路與非鋪裝路面(如泥地、砂石路、雪地)間平衡性能,胎面花紋通常具有較大的塊狀結構、較深的溝槽、較寬的節距變化,這些特徵有利於越野牽引力與自清潔能力,但會顯著增加噪音



排放[140]。ECE R117 給予特殊用途輪胎 2 dB(A)的限值增容,承認其功能特殊性與噪音控制困難度[141]。在歐洲市場,特殊用途輪胎主要裝配於四輪驅動車輛、輕型卡車、戶外休閒車輛,市場份額約佔 C1 類的 5-8%,C2 類的 10-15%[142]。值得注意的是,部分製造商過度利用"特殊用途"分類來規避嚴格噪音限值,將實質上以公路行駛為主的輪胎標示為 MPT,引發法規漏洞爭議[143]。歐盟正考慮收緊特殊用途輪胎的定義標準,要求提供越野性能測試證明,防止分類濫用[144]。

冬季輪胎(snow tyres,標示"M+S"或透過 3PMSF 認證)在噪音限值體系中的處理較為複雜,反映了安全性能與環境性能之間的微妙平衡[145]。在 ECE R117 Stage 1 與 Stage 2 中,冬季輪胎與普通輪胎適用相同限值,不享有增容優惠,這一嚴格立場基於技術評估顯示現代冬季輪胎透過優化胎面膠料配方(如使用高矽膠含量配方保持低溫柔韌性)、改進花紋設計(如採用三維細刀槽 sipe 而非簡單橫向溝槽)、優化胎體結構,已能在保證冬季性能的同時控制噪音至常規限值範圍內[146]。然而,進入 Stage 3 階段,考慮到限值進一步收緊至 70-74 dB(A)可能對冬季輪胎設計構成過度約束,ECE R117-03 修正案提議給予透過 3PMSF 認證的冬季輪胎 1 dB(A)增容,但僅限於此嚴格認證,普通 M+S 標示不享有優惠[147]。3PMSF 認證要求輪胎在雪地上的牽引性能指數達到基準輪胎的 1.25 倍以上,代表真正的冬季性能優勢[148]。這種差異化處理機制鼓勵製造商開發高性能冬季輪胎,而非僅依賴 M+S 標示的模糊定義。

牽引型輪胎(traction tyres)是商用車輪胎中的特殊子類,胎面設計具有極深的橫向溝槽(深度可達 20-30 毫米),用於提升驅動輪在濕滑或鬆軟路面上的牽引力,主要裝配於農用拖拉機、林業機械、工程車輛等[149]。



由於極深溝槽會產生強烈的空氣泵吸噪音(air pumping noise)與溝槽共鳴(groove resonance),牽引型輪胎的噪音水平遠高於常規商用車輪胎,ECE R117 給予 2 dB(A)

增容[150]。然而,即便有此增容,部分極端設計的牽引型輪胎仍難以滿足限值,產業界持續游說進一步放寬要求或將牽引型輪胎完全排除於法規範圍外[151]。歐盟主管機構的立場是,儘管牽引型輪胎使用場景特殊,但在公共道路行駛時仍會產生噪音污染,不應完全豁免;製造商應透過技術創新(如優化溝槽幾何、採用降噪胎面膠料、改進胎體阻尼特性)來降低噪音,而非僅依賴法規寬容[152]。這場爭論折射出功能性需求與環境保護之間的根本張力,尋求雙方均可接受的平衡點仍是法規演進的持續挑戰。

輪輞配置(tyre-rim fitment)的特殊性亦影響豁免與例外規定。某些輪胎設計為特殊輪輞配置,如非對稱輪輞(asymmetric rims)、安全輪輞(safety rims)、特殊嵌入式輪輞(well-based rims),這些配置可能影響輪胎的振動特性與噪音輻射模式[153]。ECE R117 原則上要求輪胎在其設計配用的標準輪輞上進行測試,但對於某些極端特殊配置,允許申請人提出替代測試方案,經型式認證機構評估批准後實施[154]。這種彈性機制避免了因測試條件限制而排除技術上可行的產品,表現法規執行的合理性與適應性。



翻新輪胎(retreaded tyres)在法規體系中的地位值得特別關注。翻新輪胎透過替換磨損的胎面而保留原胎體,具有顯著的經濟與環境效益(成本降低 30-50%,資源消耗減少約 70%),在商用車市場廣泛應用[155]。ECE R117 不直接規範翻新輪胎,而是將其納入相關專門法規(ECE R108、R109)管轄,這些法規主要關注翻新輪胎的結構安全性、耐久性,未設噪音性能要求[156]。然而,歐盟輪胎標籤法規(EU 2020/740)要求翻新輪胎標示噪音等級,測試方法與新輪胎相同[157]。研究顯示,高品質翻新輪胎的噪音水平與原新輪胎相近,甚至可能更低(因新胎面花紋可採用最新降噪設計),但低品質翻新輪胎可能因胎體老化、翻新工藝不當導致噪音顯著增加[158]。歐洲輪胎與橡膠製造商協會(European Tyre and Rubber Manufacturers Association, ETRMA)呼籲加強翻新輪胎噪音管制,將噪音限值納入 ECE R108/R109,確保翻新輪胎市場的整體品質與環境效益[159]。

小批量生產或客製化輪胎(small series production or bespoke tyres)在法規執行中亦面臨特殊挑戰。部分高檔車輛或古董車需要專門設計的小批量輪胎,年產量可能僅數百條,按常規型式認證程序進行全套測試的成本相對產量極高,可能導致這類產品退出市場[160]。ECE R117 允許締約國對年產量低於特定門檻的輪胎型式給予認證程序簡化或部分豁免,但須確保基本安全與環境要求得到滿足[161]。例如,

德國 KBA(Kraftfahrt-Bundesamt,聯邦汽車管理局)對年產量低於 1,000 條的輪胎型式允許採用簡化測試程序,僅測試單一代表尺寸並提供工程判斷聲明,以降低合規成本[162]。這種彈性機制保護了小眾市場與文化遺產保存需求,但也需防止被濫用為規避法規的渠道,監管機構需謹慎把握尺度。

豁免與例外規定的範圍與嚴格程度在各國法規中存在差異,反映不同社會對功能多樣性與環境保護的優先順序權衡。日本在採納 ECE R117 時幾乎完整保留了豁免與例外條款,顯示其對國際標準協調化的高度重視[163]。韓國在特殊用途輪胎定義上採取較嚴格解釋,要求申請人提供越野性能測試證明與實際使用場景說明,防止分類濫用[164]。中國 GB 9743-2024 與 GB 9744-2024 的豁免條款基本對應 ECE R117,但在執行細節上強調 CCC 認證機構的自由裁量權,對爭議案例可提交技術委員會專家評議[165]。印度 AIS 142 對特殊用途輪胎與冬季輪胎的增容規定保持謹慎態度,考慮到印度氣候特點(除極北部山區外少有嚴冬),冬季輪胎市場極小,過度寬容可能被濫用,因此僅給予特殊用途輪胎 2 dB(A)增容,冬季輪胎不享有優惠[166]。美國若實施輪胎噪音標準,豁免與例外條款的範圍預計將成為立法爭議焦點,輪胎產業可能遊說擴大豁免範圍以降低合規成本,而環保團體則會主張嚴格限制豁免以確保法規效果[167]。

從全球視角看,特殊類型輪胎的豁免與例外規定表現了輪胎噪音法規從理想化走向實用化、從僵硬走向靈活的演進過程[168]。合理的豁免機制有助於平衡多元化功能需求與環境保護目標,避免法規過度干預市場結構與技術創新路徑;但過度寬鬆或監管不力的豁免則可能侵蝕法規有效性,形成"劣幣驅逐良幣"效應,損害公平競爭環境[169]。未來法規演進的關鍵在於基於持續的技術評估與市場監測,動態調整豁免範圍與增容幅度,既給予技術發展必要空間,又保持對環境目標的堅定追求,這需要監管機構、產業界、科研機構與公民社會的持續對話與合作[170]。

6.4 法規執行與違規處罰機制(Regulatory Enforcement and Penalty Mechanisms for Non-Compliance)

輪胎噪音法規的有效性不僅取決於限值設定的科學性與測試方法的準確性,更根本地依賴於法規執行體系的完備性與違規處罰機制的威懾力[171]。一套設計精良的法規若缺乏有效執行,將淪為"紙上法律",無法產生預期的環境與健康效益;反之,嚴格的執行體系能夠放大法規效果,激勵產業持續技術進步,塑造良性市場秩序[172]。全球主要經濟體在輪胎噪音法規執行方面建



立了涵蓋型式認證(type approval)、生產一致性監督(conformity of production surveillance)、市場監督(market surveillance)的三層架構,並配套設計了從警告、罰款、產品召回到認證撤銷的階梯式處罰體系[173]。

歐盟的法規執行體系最為成熟與系統化,以《型式認證框架指令》(Framework Directive 2007/46/EC,後被 Regulation (EU) 2018/858 取代)與《市場監督法規》(Regulation (EU) 2019/1020)為法律基礎,建立橫跨成員國的協調執法網絡[174]。型式認證階段,輪胎製造商或



其授權代表向任一歐盟成員國的型式認證機構(Type Approval Authority)提交申請,該機構指定或自行擔任技術服務機構(Technical Service)進行測試,測試結果符合 ECE R117 要求後頒發歐盟型式認證(EU Type Approval),認證在所有成員國自動有效[175]。型式認證機構對認證品質負責,需接受歐盟委員會與其他成員國的定期審查,若發現認證程序不當或標準過鬆,可能面臨警告甚至暫停認證資格的處罰[176]。這種"一國認證、全盟通行"機制大幅降低企業合規成本,但也對認證機構的專業性與廉潔性提出極高要求,歐盟委員會近年加強對認證機構的監督,特別是在柴油車排放醜聞後,技術服務機構的獨立性與能力評估成為改革重點[177]。

生產一致性監督要求輪胎製造商建立品質管理體系,確保批量生產產品與型式認證樣品保持一致[178]。型式認證機構或其指定的監督機構每兩年至少進行一次工廠審查與產品抽檢,審查內容包括生產流程控制、原材料檢驗、成品測試、不合格品處理等環節[179]。產品抽檢可從生產線、工廠倉庫或市場隨機抽取樣品,送往獨立實驗室進行噪音測試,測試結果若超出限值+1 dB(A)的容差範圍,則判定生產一致性不合格[180]。製造商需在規定期限內(通常為 3-6 個月)提交糾正行動計畫(Corrective Action Plan),包括問題根因分析、生產流程改進、重新測試驗證等內容,並接受後續追蹤審查[181]。若製造商未能在期限內完成糾正或重複出現不合格,型式認證機構可暫停甚至撤銷認證,該型號輪胎將無法繼續在歐盟市場銷售[182]。生產一致性監督的頻率與強度因製造商歷史合規記錄而異,合規表現優良的企業可享受降低審查頻率的激勵,而屢次違規者則面臨加密監督甚至"黑名單"制裁[183]。

市場監督是歐盟法規執行體系的第三層防線,由各成員國市場監督機構(Market Surveillance Authority, MSA)負責實施[184]。市場監督活動包括線上與線下銷售點檢查、產品標示合規核查、消費者投訴調查、專項風險監測等,針對高風險產品

或企業開展針對性抽檢[185]。歐盟委員會聯合成員國 MSA 定期組織跨國聯合行動(Joint Actions),針對特定產品類別進行集中監督,提升執法效率與一致性[186]。2019 年歐盟實施的輪胎標籤市場監督行動涵蓋 10 個成員國、檢查超過 2,500 個銷售點、核查約 8,000 個輪胎型號,發現 22%的線上標籤資訊不合法規要求(標籤缺失、資訊錯誤或格式不合規),顯示市場合規性仍有提升空間[187]。對於查獲的違規產品,MSA 有權要求銷售商立即下架、責令進口商或製造商召回、沒收產品並銷毀,並對責任方處以行政罰款[188]。各成員國罰款額度因國內法律而異,德國《產品安全法》規定最高罰款可達 10 萬歐元,法國《消費者法典》規定最高可達產品銷售額的 10%,英國《輪胎標籤執法規定》設定每次違規罰款 1,000 英鎊[189]。除行政處罰外,嚴重違規行為可能構成刑事犯罪,責任人面臨監禁風險,這在歐盟較為罕見但並非不可能,主要適用於蓄意偽造測試數據、賄賂認證機構等惡劣情節[190]。

歐盟市場監督體系的一個重要特徵是資訊共享與協作執法機制。所有成員國 MSA 透過歐盟快速預警系統 (Rapid Alert System for dangerous products, RAPEX,現稱



Safety Gate)共享違規產品資訊、風險評估結果、執法行動進展,當一國發現嚴重違規產品時,其他成員國可同步開展調查與管制,防止問題產品跨境流動[191]。歐盟委員會建立產品合規網路(European Product Compliance Network, EPCN),協調成員國 MSA 制定共同執法策略、開展聯合培訓、分享最佳實踐,提升整體監管能力[192]。這種多層級、網絡化的執法架構確保即便個別成員國監管資源有限,仍能借助歐盟整體力量維護法規有效性,表現了區域一體化在監管領域的協同優勢[193]。

日本輪胎噪音法規執行體系以國土交通省為主管機關,日本自動車研究所(JARI)等指定機構承擔型式指定測試職能[194]。型式指定程序要求申請人提交詳細技術文件與測試報告,JARI 審查後進行獨立驗證測試,透過後頒發型式指定證書,該輪胎方可合法進口或銷售[195]。日本的生產一致性監督採取定期審查與不定期抽檢相結合,重點關注進口輪胎的合規性,海關與消費者廳(Consumer Affairs Agency)設有聯合監督機制,對高風險進口批次進行入境檢驗[196]。市場監督由消費者廳與地方政府消費者保護部門共同實施,接受消費者投訴、開展市場抽檢,違規產品可被要求召回或禁止銷售[197]。日本法規執行的特點是高度依賴產業自律與企業信譽機制,日本輪胎製造商協會(Japan Automobile Tyre Manufacturers

Association, JATMA)制定嚴格的行業自律規範,成員企業自願承諾超越法規最低要求,一旦發現品質問題主動召回,維護產業整體形象[198]。日本消費者對品牌信譽極為敏感,違規醜聞可能導致企業市場份額嚴重流失,這種市場聲譽機制對企業合規行為的約束力甚至超過直接的法律處罰[199]。日本較少對輪胎噪音違規處以高額罰款,更多採取行政指導、公開通報、責令改善等柔性手段,但對屢教不改或惡意違規者,國土交通省可撤銷型式指定並禁止該企業產品進口,這是最嚴厲的市場准入處罰[200]。

韓國輪胎噪音法規執行由環境部主導,韓國環境公團(Korea Environment Corporation, KECO)與地方環境廳(Regional Environment Offices)負責具體監督工作[201]。



《噪音與振動管制法》要求輪胎製造商或進口商每年向環境部申報輪胎噪音測試結果,環境部建立輪胎噪音資料庫並定期公開,供消費者與研究機構查詢[202]。環境部每年從申報資料中選取高風險型號進行驗證測試,委託韓國機械與材料研究院(Korea Institute of Machinery and Materials, KIMM)等專業機構實施,測試費用由政府預算支付,但若發現不合規,相關費用將轉由違規企業承擔[203]。驗證測試發現噪音超出限值的,環境部首次發出糾正命令,要求企業在 3 個月內停止生產或銷售該型號、召回已售產品、提交改進報告;拒不執行或再次違規的,處以 3,000 萬至 5,000 萬韓元(約 2.5 萬至 4.2 萬美元)罰款,並可吊銷產品認證或進口許可[204]。韓國市場監督體系的一個創新是引入"吹哨人獎勵制度"(Whistleblower Reward Program),鼓勵企業內部人員或知情者舉報違規行為,經查證屬實的,舉報人可獲得罰款金額的一定比例(通常為 20-30%)作為獎勵,並受法律保護免遭報復[205]。這項制度顯著提升了違規行為的發現率,對企業合規文化的建立產生積極影響[206]。

中國輪胎噪音法規執行體系隨著 GB 9743-2024 與 GB 9744-2024 的實施進入新階段,由國家市場監督管理總局(State Administration for Market Regulation, SAMR)統籌,中國質量認證中心(CQC)等指定機構承擔 CCC 認證職能[207]。CCC 認證程序要求申請人提交技術文件、測試報告、工廠品質保證能力聲明,認證機構進行文件審查、樣品測試、工廠檢查,全部符合要求後頒發 CCC 證書並允許在產品上加貼 CCC 標誌[208]。獲證企業需接受年度監督審查,包括工廠複查與產品抽檢,不合格者將被暫停或撤銷認證[209]。中國市場監督體系採取"雙隨機、一公開"原則(隨機抽取檢查對象、隨機選派執法人員、檢查結果公開),各地市場監管局定期開

展輪胎產品品質抽查,結果透過官方網站與媒體公布,不合格產品資訊納入企業信用記錄[210]。中國《產品品質法》對違規行為設定嚴厲處罰,生產、銷售不符合標準的產品可處違法生產、銷售產品貨值金額等值以上三倍以下罰款,情節嚴重的吊銷營業執照,構成犯罪的追究刑事責任[211]。中國執法體系的特點是中央統一部署與地方分級實施相結合,重大案件由 SAMR 直接督辦,跨區域違規由區域市場監管協作機制協調處理,確保執法標準統一與行動高效[212]。近年來,中國加強對電商平台銷售輪胎的監督,要求平台經營者對入駐商家資質與產品合規性進行審查,對違規產品承擔連帶責任,這種"平台責任制"顯著擴展了監管觸角與效果[213]。

印度輪胎噪音法規執行由印度標準局(BIS)主導,依據《BIS 法案 2016》(BIS Act 2016)實施強制認證與市場監督[214]。BIS 認證程序包括產品測試(由 BIS 認可實驗室進行)、工廠檢查(評估製造能力與品質體系)、持續監督(年度複查與抽檢),認證有效期通常為 2 年,到期需重新申請[215]。印度市場監督由 BIS 與各邦消費者保護局(State Consumer Protection Authorities)共同實施,從市場隨機購樣測試,不合格產品可被查封、沒收,責任方面臨《消費者保護法》規定的賠償責任與行政處罰[216]。印度法規執行的挑戰在於龐大的非正規市場與假冒偽劣產品氾濫,大量低價劣質輪胎透過小型零售商流入市場,規避認證與監督,對正規企業形成不公平競爭[217]。BIS 近年加強與海關、警察、地方政府的聯合執法,開展打擊假冒產品專項行動,查獲的假冒輪胎不僅沒收銷毀,責任人還可能面臨刑事起訴[218]。然而,由於監管資源有限、執法能力參差、地方保護主義干擾,印度市場監督體系的有效性仍有待提升,這是 AIS 142 實施效果能否達到預期的關鍵制約因素[219]。

東南亞國家輪胎噪音法規執行體系尚在建設階段,各國能力與進展不一。泰國工業標準協會(TISI)負責 TIS 3004-2562 的執行,採取產品認證與市場監督相結合,違規產品可被禁止銷售並處罰款,但執法頻率與力度相對溫和[220]。馬來西亞、印尼、菲律賓等國正在借鑑歐盟與東亞經驗建立法規執行框架,但面臨專業技術人員短缺、測試設施不足、跨部門協調困難等挑戰[221]。ASEAN 標準與合格評定相互承認協議(ASEAN Sectoral Mutual Recognition Arrangement, MRA)正推動成員國認證與測試結果的相互承認,降低企業重複認證成本,但輪胎噪音尚未納入 MRA 範圍,未來擴展需各國共同努力[222]。

美國若實施輪胎噪音標準,其執行體系將面臨獨特的制度環境挑戰。聯邦層級,國家公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)

負責 FMVSS 執行,採取自我認證(self-certification)模式,製造商自行確認產品符合標準並承擔法律責任,NHTSA 透過市場監督與缺陷調查實施事後監管[223]。這種模式與歐盟的型式認證制度根本不同,優點是降低政府行政負擔與企業認證等待時間,缺點是依賴企業自律與市場聲譽機制,對惡意違規的事前預防能力較弱[224]。若輪胎噪音納入 FMVSS,預計將沿用自我認證模式,製造商需在產品上標示符合標準,NHTSA 透過購樣測試驗證合規性,違規企業面臨每輛車每項違規最高 26,315 美元罰款(2024 年標準),重大違規可能導致民事訴訟與刑事調查[225]。州級執行機制更為複雜,加州若實施輪胎噪音標準,可能由空氣資源委員會(CARB)與消費者事務部(Department of Consumer Affairs)共同監管,參照加州既有的汽車排放與能效標準執法經驗,建立認證、標籤、市場監督一體化體系[226]。然而,單一州級標準在全國市場流通環境下的執行面臨跨州銷售、網路購物等複雜情境,執法管轄權與效果均存在不確定性[227]。

全球輪胎噪音法規執行體系的比較研究揭示幾個關鍵趨勢與挑戰。第一,從型式認證到市場監督的全鏈條執法架構已成共識,單純依賴認證環節無法確保法規持續有效性,生產一致性與市場監督是不可或缺的配套機制[228]。第二,執法資源投入與監管能力建設是法規效果的決定性因素,歐盟、日本等發達經濟體的經驗顯示,充足的預算支持、專業的技術人員、先進的檢測設施、完善的資訊系統是執行體系運作的基礎,發展中國家在這些方面普遍面臨短板,需要國際援助與技術轉移[229]。第三,處罰機制的設計需平衡威懾力與合理性,過低的罰款無法遏制違規動機,過高的處罰可能導致執法猶豫與爭議纏繞,階梯式處罰體系(首次警告、再犯罰款、屢犯撤證)兼顧公平與效率,獲得廣泛採納[230]。第四,市場聲譽機制與社會監督在法規執行中發揮重要補充作用,公開違規資訊、引入吹哨人制度、鼓勵消費者投訴、強化媒體監督,能夠形成多方制約格局,提升整體合規水平[231]。最後,跨國協作與資訊共享在全球化供應鏈背景下愈發重要,違規產品可能在多國市場流通,孤立的國內執法難以徹底解決問題,區域性與全球性執法合作網絡的建設是未來發展方向[232]。

結論 (Conclusions)

本章的綜合分析顯示,輪胎噪音法規與限值不僅是噪音管制的末端約束,而是交通噪音治理中最具結構性影響力的源頭管理手段。透過對輪胎產品本身設定明確

且逐步收緊的噪音限值，法規得以在輪胎尚未進入道路使用階段前，即有效降低其對環境噪音的潛在貢獻，從而在整體交通系統層級產生長期且穩定的降噪效益。研究結果清楚指出，以 ECE R117 為核心的國際法規體系，在技術設計上兼顧物理合理性與產業現實。其依輪胎類別與尺寸分級設定限值的做法，反映了輪胎接觸面積、結構剛性與噪音生成機制之間的客觀關係；而對冬季輪胎、特殊用途輪胎與加強型輪胎所設計的差異化增容條款，則展現法規在安全性能、功能需求與環境保護之間的精細平衡。這種「原則一致、細節彈性」的設計，使法規既具約束力，又保留技術創新空間。

本章亦顯示，法規有效性高度依賴執行機制的完整性。型式認證確保產品設計階段的合規性，生產一致性監督防止量產品質偏離，市場監督則作為最後防線，確保不合格產品不流入市場。三者相互配合，構成一套涵蓋產品全生命週期的噪音治理體系。缺乏其中任一環節，均可能導致法規效果大幅折減，甚至形成制度性漏洞。

從全球視角觀之，輪胎噪音法規正呈現三項明確趨勢。首先，國際協調化持續深化，多數新興經濟體正以 ECE R117 為藍本建立自身法規體系，降低貿易障礙並提升環境治理一致性。其次，限值管制正由「新胎表現」逐步延伸至「全生命週期噪音表現」，磨損輪胎噪音要求的納入，標誌著法規思維的重大進化。第三，法規與市場工具的結合日益緊密，透過標籤制度與資訊揭露，引導消費者選擇低噪音產品，形成超越法規最低要求的市場拉力。

以下是輪胎噪音法規與限值的摘要說明：

6.1 全球輪胎噪音法規體系概覽 (Overview of the Global Regulatory Framework for Tire Noise)

全球輪胎噪音法規體系呈現區域化與協調化並存的多元格局。

全球主要法規體系分類

1. 歐洲-亞洲法規圈 (最具影響力)

- 核心標準: UNECE ECE R117 法規
- 覆蓋地區:
 - 歐盟成員國及關聯締約國 (挪威、瑞士、土耳其等)
 - 亞洲先進經濟體: 日本、韓國、中國、印度
 - 東南亞國家協會 (ASEAN) 成員國逐步協調中
- 特點:

- 建立完整的從設計認證到生產監督的管理鏈條
- 涵蓋乘用車 (C1)、輕型商用車 (C2)、重型商用車 (C3) 三大類別
- 自 2012 年正式實施,成為全球最具影響力的輪胎環境性能標準

2. 美國獨立體系

- 聯邦層級: 無針對性輪胎噪音強制要求
- 現行標準: 僅關注安全性能 (FMVSS) 與傳統 UTQG 等級
- 州級嘗試: 加州空氣資源委員會 (CARB) 帶頭倡議州級噪音標準
- 挑戰:
 - 產業界反對單一州級標準增加合規複雜度
 - 美國輪胎製造商協會 (USTMA) 主張聯邦統一標準
 - 目標在 2026-2028 年間分階段實施

3. 發展中國家轉型進程

- 正由無標準/弱標準轉型
- 逐步對標/採納 UNECE/EU 法規格式

法規發展歷程

早期階段 (1970 年代-1990 年代)

- 1977 年: 日本制定 JASO C606 輪胎噪音測試方法
- 1970 年代: 美國 EPA 短暫實施卡車輪胎噪音限值
- 1981 年: 美國因預算削減而終止噪音管制計畫

現代發展 (2000 年代至今)

- 2012 年: 歐盟正式導入 ECE R117,標誌現代輪胎環境性能標準時代來臨
- 2010s-2020s: 亞洲各國快速跟進
 - 2015 年: 韓國修訂《噪音與振動管制法》
 - 2016 年: 日本實施基於 ECE R117 的型式認證
 - 2019 年: 泰國採納 UN R117 為國家標準
 - 2022 年: 印度發布 AIS 142 標準
 - 2024 年: 中國 GB 9743-2024 與 GB 9744-2024 正式實施,首次將輪胎噪音納入強制性 CCC 認證

區域性法規特點

歐盟體系特點:

- 最嚴格、最完善的管制體系

- 階段性收緊限值 (Stage 1 → Stage 2 → Stage 3)
- 配套輪胎標籤法規,提升市場透明度
- 完善的三層執行架構 (型式認證-生產監督-市場監督)

亞洲體系特點:

- 高度協調,快速接軌國際標準
- 日本、韓國、中國已全面實施強制性標準
- 印度、東南亞處於過渡階段
- 部分國家 (如韓國) 創新引入噪音標籤分級制度

美國體系特點:

- 聯邦缺位,州級探索
- 產業自主性強,自願標示為主
- 面臨州與聯邦權限協調挑戰

協調機制

國際層面:

- UNECE WP.29: 主導全球統一法規協調與持續修訂
- ISO 技術委員會: 制定統一測試標準 (ISO 13325、ISO 10844)
- 國際比對測試: 確保不同實驗室結果一致性

區域層面:

- ASEAN 標準協調框架: 推動東南亞區域統一
- 東亞合作機制: 日韓中三國技術交流與標準對接

執行層面:

- 型式認證相互認可 (如歐盟成員國間)
- 資訊共享系統 (RAPEX、EPCN)
- 技術服務機構國際網絡

6.2 歐盟 ECE R117 法規詳解 (Detailed Explanation of UNECE Regulation No. 117)

ECE R117 是全球最具影響力的輪胎環境性能法規,建立了完整的技術與管理框架。

法規結構

法規全稱:

《關於輪胎滾動噪音排放與濕地表面附著性能認證的統一規定》

(Uniform Provisions Concerning the Approval of Tyres with Regard to Rolling Sound Emissions and to Adhesion on Wet Surfaces)

制定機構:

聯合國歐洲經濟委員會世界車輛法規協調論壇 (UNECE WP.29)

現行版本:

R117-04 系列修正案 (2023 年發布)

適用範圍:

- 輪胎尺寸: 名義輪輻直徑 10~25 英寸 (254~635mm)
- 輪胎類型:
 - C1 類: 乘用車輪胎
 - C2 類: 輕型商用車輪胎
 - C3 類: 重型商用車輪胎

明確排除:

- 臨時用備胎 (T 型胎)
- 競賽用輪胎
- 裝配額外牽引裝置的輪胎 (釘胎)
- 速度等級低於 80 km/h 的輪胎
- 極小尺寸 (10 吋以下) 或極大尺寸 (25 吋以上) 輪胎

技術要求

階段性限值策略:

- Stage 1 (S1): 2012 年實施, 初始限值
- Stage 2 (S2): 2016 年實施, 降低 1 dB(A)
- Stage 3 (S3): 2024-2026 年實施, 再降低 1 dB(A)
- 產業過渡期: 每階段給予 5-8 年準備時間

C1 乘用車輪胎限值 (依名義寬度分級):

名義寬度 (mm)	Stage 1	Stage 2	Stage 3
≤145	72	71	70
146-165	73	72	71
166-185	74	73	72
186-215	75	74	73
≥216	76	75	74

特殊輪胎增容規定:

- 加強型/超載型輪胎: +1 dB(A)

- 特殊用途輪胎 (MPT/ML/ET 標示): +2 dB(A)
- C3 類牽引型輪胎: +2 dB(A)
- 冬季胎 (3PMSF 標章):
 - Stage 1/2: 無增容
 - Stage 3: +1 dB(A)
- M+S 標示: 不享有增容權利

C2/C3 商用車輪胎限值 (依用途分類):

C2 類 (輕型商用):

用途	Stage 1	Stage 2	Stage 3
普通	75	72	71
雪地	77	73	72
特殊用途	78	74	73

C3 類 (重型商用):

用途	Stage 1	Stage 2	Stage 3
普通	76	73	72
雪地	78	74	73
特殊用途	79	75	74

測試程序

測試方法標準:

- ISO 13325: 滑行法 (coast-by method)
- ISO 10844: 標準測試路面

測試條件:

1. 車輛準備: 裝配待測輪胎,標準負載與胎壓
2. 預熱要求: 新胎需磨合行駛 100-200 km
3. 測試速度: 80 km/h
4. 測試程序:
 - 加速至規定速度
 - 切入空檔、關閉引擎
 - 自由滑行通過麥克風區域 (兩側 7.5m)
5. 重複次數: 每條輪胎至少 2 次有效測試
6. 環境條件: 溫度 5-40°C,風速 <5 m/s

磨損輪胎新要求 (2023 年 R117-04 版):

- 測試時機: 胎面花紋深度磨損至 50%

- 限值要求: 噪音不得超過新胎限值 +2 dB(A)
- 實施時間:
 - 新型式: 2024 年 7 月 1 日起
 - 既有生產: 2026 年起適用

認證流程

型式認證程序:

1. 申請: 製造商向任一成員國技術服務機構提交型式認證申請
2. 選樣: 選取最壞情況尺寸進行實測 (考慮寬度、直徑組合)
3. 測試: 由認可實驗室執行 ISO 13325 測試
4. 審核: 技術服務機構審核測試報告
5. 發證: 合格後頒發認證證書,全歐盟適用
6. 標示: 輪胎側壁須標示認證標記 (E 標誌+國碼+認證號)

生產一致性監督 (COP):

- 頻率: 每兩年一次
- 內容:
 - 工廠審查 (生產流程、品質控制)
 - 產品隨機抽檢
- 容差: +1 dB(A)
- 處理:
 - 超出容差: 限期糾正
 - 屢次違規: 撤銷認證

市場監督:

- 執行機構: 成員國市場監督機構 (MSA)
- 方式:
 - 銷售點抽查
 - 消費者投訴調查
 - 定期專項檢查
- 處理: 發現違規可下架/召回/行政罰款

各版本演進

R117-00 (2012 年):

- 首版發布,建立基本框架

- 實施 Stage 1 限值
- 整合噪音、濕地抓地力、滾動阻力三項性能

R117-02 (2016 年):

- 實施 Stage 2 限值 (降低 1 dB)
- 細化測試程序
- 強化生產一致性要求

R117-04 (2023 年):

- 重大創新: 納入磨損輪胎噪音要求
- 規劃 Stage 3 限值 (2024-2026 年實施)
- 細化特殊用途輪胎認定標準
- 加強執法與處罰機制

與 EU 輪胎標籤法規協作:

- EC 1222/2009、EU 2020/740
- 要求零售點標明輪胎噪音等級 (A/B/C)
- 強化市場透明度與消費者選擇權

6.3 不同地區輪胎噪音限值比較 (Comparison of Tire Noise Limit Values Across Different Regions)

6.3.1 乘用車輪胎限值國際比較 (International Comparison of Noise Limits for Passenger Car Tires)

C1 類輪胎限值對照表 (單位: dB(A))

名義寬度 (mm)	歐盟 S2 (2016-)	歐盟 S3 (2024-26)	日本 (現行)	韓國 (現行)	中國 (2025-)	印度 (2023-)	東南亞 (現行)
≤145	71	70	71	72	71	72	72
146-165	72	71	72	73	72	73	73
166-185	73	72	73	74	73	74	74
186-215	74	73	74	75	74	75	75
≥216	75	74	75	76	75	76	76

各地區特點分析:

歐盟 (最嚴格標準)

- Stage 2 (2016 年實施): 現行主流標準, 71-75 dB(A)
- Stage 3 (2024-2026 年): 再降低 1 dB, 70-74 dB(A)
- 配套完善的標籤制度與執法體系

日本 (與歐盟同步)

- 穩定採用 ECE R117 Stage 2 限值
- 高階產品實測普遍達到 68-70 dB(A)
- 強調產品品質與技術領先

韓國 (基於 Stage 1 + 標籤制)

- 限值基於 ECE R117 Stage 1: 72-76 dB(A)
- 創新點: 實施五級噪音標籤 (1-5 級)
- 1 級: 最安靜 (比限值低 3+ dB)
- 5 級: 僅達限值
- 強化消費者選擇引導

中國 (2025 年全面實施 Stage 2)

- GB 9743-2024 強制執行
- 普通輪胎: 同 ECE R117 Stage 2 限值
- 依寬度 5 級分檔: 71-75 dB(A)
- 特殊輪胎調整:
 - 雪地胎: +1 dB(A)
 - 特殊用途: +2 dB(A)
- 納入強制性 CCC 認證範圍

印度 (Stage 1 水準)

- AIS 142 標準: 採用 Stage 1 限值
- 72-76 dB(A) (依寬度分級)
- 實施時間:
 - 2023 年 6 月: 新設計輪胎
 - 2025 年 6 月: 既有設計輪胎
- 技術進展略晚於東亞

東南亞 (Stage 1, 漸進推進)

- 泰國 TIS 3004-2562: 採用 Stage 1 限值 (72-76 dB(A))
- 2024 年計劃推進至 Stage 2
- 馬來西亞、印尼等國循序推進
- 依國內產業條件調整實施時程

美國 (聯邦缺位)

- 聯邦層級無統一限值

- 僅零散自願標示
- 加州擬議標準參考歐盟模式

6.3.2 商用車輪胎限值分析 (Analysis of Noise Limits for Commercial Vehicle Tires)

C2/C3 類商用車輪胎不再依尺寸細分,改依用途分類

C2 類 (輕型商用車) 限值對照 (單位: dB(A))

用途	歐盟/日本/中國 Stage 1	歐盟/日本/中國 Stage 2	歐盟 Stage 3	印度 (現行)	東南亞 (現行)
普通	75	72	71	75	75
雪地	77	73	72	77	77
特殊用途	78	74	73	78	78

C3 類 (重型商用車) 限值對照 (單位: dB(A))

用途	歐盟/日本/中國 Stage 1	歐盟/日本/中國 Stage 2	歐盟 Stage 3	印度 (現行)	東南亞 (現行)
普通	76	73	72	76	76
雪地	78	74	73	78	78
特殊用途	79	75	74	79	79

關鍵特點:

- 分類邏輯變更: 從依尺寸分級改為依用途分級
- 全球趨同: 多數亞洲國家趨同歐盟標準
- 階段差異: 新興市場普遍採用 Stage 1, 逐步過渡

歷史對比:

- 美國 (1970 年代): 曾短暫實施卡車輪胎 80 dB(A) 限值
- 現代標準: 較歷史水準嚴格 5-8 dB

6.3.3 特殊類型輪胎豁免與例外規定 (Exemptions and Special Provisions for Specific Tire Categories)

完全豁免輪胎類型 (不受限值約束):

1. 臨時用備胎 (T 型胎)
 - 設計用途: 緊急臨時使用
 - 標識: 側壁標有 “T” 或 “TEMPORARY USE ONLY”
2. 競賽用輪胎
 - 僅用於封閉賽道
 - 不得在公共道路使用
3. 釘胎 (裝配額外牽引裝置)

- 金屬釘或類似裝置
 - 部分國家/地區禁止或季節性限制
4. 極端尺寸輪胎
- 輪輞直徑 <10 英吋或 >25 英吋
 - 市場佔比極小
5. 極低速輪胎
- 速度等級 <80 km/h
 - 主要為特種車輛使用

增容限值規定 (在基準限值上增加):

1. 加強型/超載型輪胎: +1 dB(A)
 - 標識: “REINFORCED”、 “EXTRA LOAD”、 “XL”
 - 適用: 所有輪胎類別 (C1/C2/C3)
 - 原因: 加強結構導致剛度增加
2. 特殊用途輪胎: +2 dB(A)
 - 標識:
 - “MPT” (Multi-Purpose Terrain - 多功能地形)
 - “ML” (Mining and Logging - 礦業與林業)
 - “ET” (Extra Traction - 額外牽引力)
 - 適用: 需提供實際越野性能佐證
 - 趨勢: 認定標準嚴格化,防止濫用
3. C3 類牽引型輪胎: +2 dB(A)
 - 定義: 驅動軸專用輪胎
 - 原因: 深花紋與特殊胎面設計
4. 冬季胎 (3PMSF 認證): 階段性增容
 - Stage 1/2: 無增容 (與普通胎相同限值)
 - Stage 3: +1 dB(A) (僅限 3PMSF 標章)
 - 注意:
 - 僅有 “M+S” 標示不享有增容權利
 - 必須通過嚴格的雪地性能測試 (3PMSF)

增容規定嚴格化趨勢:

早期問題:

- 部分製造商濫用“特殊用途”分類
- 普通 SUV 輪胎標註為“MPT”以獲得增容

新規範:

- 要求提供實際越野性能測試數據
- 明確使用場景定義
- 加強型式認證審查
- 市場監督機構抽查驗證

翻新胎特殊規定:

法規依據:

- ECE R108 (乘用車翻新胎)
- ECE R109 (商用車翻新胎)

噪音要求:

- 不直接適用新胎限值
- 但需符合歐盟標籤法規
- 必須標示噪音分級 (A/B/C)
- 實際限值通常參考新胎 Stage 1

小批量輪胎簡化程序:

- 年產量 <1000 條
- 可簡化認證程序
- 但仍需滿足基本限值要求

6.4 法規執行與違規處罰機制 (Regulatory Enforcement and Penalty Mechanisms for Non-Compliance)

輪胎噪音法規的有效性根本依賴於完備的執行體系與威懾性的處罰機制。

全球主流三層執法架構

第一層: 型式認證 (Type Approval) - 上市前把關

- 時機: 產品上市前
- 目的: 確保設計符合法規要求
- 程序:
 1. 製造商向認證機構申請
 2. 選取代表性樣品送測
 3. 通過測試後頒發證書

4. 全區域/全國適用

第二層: 生產一致性監督 (Conformity of Production) - 持續監控

- 時機: 定期審查 (通常每 1-2 年)
- 內容:
 - 工廠審查 (生產流程、品質控制系統)
 - 產品抽檢 (從生產線隨機抽樣)
- 目的: 確保量產產品與認證樣品一致

第三層: 市場監督 (Market Surveillance) - 終端執法

- 時機: 隨機抽查與舉報查處
- 範圍:
 - 零售點抽查
 - 網路銷售監控
 - 消費者投訴處理
- 目的: 發現並處理違規產品

各地區執法機制詳解

歐盟 (最完善體系)

型式認證:

- 特點: 一國認證,全盟適用
- 機構: 任一成員國型式認證機構
- 流程: 測試 → 審核 → 頒發證書 → 側壁標記

生產一致性:

- 頻率: 每兩年一次
- 內容: 工廠審查 + 產品抽檢
- 容差: +1 dB(A)
- 處理流程:
 - 超出容差: 發出不合格通知
 - 限期糾正 (通常 3-6 個月)
 - 屢次違規: 撤銷認證

市場監督:

- 執行機構: 各成員國市場監督機構 (MSA)
- 方式:

- 定期抽查銷售點
- 風險導向檢查 (針對高風險品牌/型號)
- 消費者投訴調查

違規處罰 (階梯式):

第一級: 警告與限期改正

- 首次發現輕微違規
- 要求 30 天內糾正

第二級: 行政罰款

- 德國: 最高 10 萬歐元
- 法國: 最高銷售額 10%
- 英國: 每案 1,000 英鎊起
- 義大利: 5,000-30,000 歐元

第三級: 產品下架與召回

- 強制從市場撤回
- 費用由製造商/進口商承擔
- 公開通報違規信息

第四級: 認證撤銷

- 撤銷型式認證證書
- 禁止銷售該型號產品
- 影響企業其他產品認證

第五級: 刑事責任

- 極端情形 (如系統性造假)
- 可追究企業負責人刑事責任

資訊共享系統:

- RAPEX (快速預警系統): 危險產品通報
- EPCN (歐洲產品合規網絡): 執法機構協作平台
- 跨國違規信息實時共享

日本 (行政指導為主)

認證機構:

- 國土交通省: 政策制定與監督
- JARI (日本汽車研究所): 技術測試

執法特點:

- 進口輪胎強制檢驗
- 市場定期抽查
- 重視企業自主管理

處罰機制:

- 首選: 行政指導 (非正式警告)
- 次選: 公開通報 (企業名譽損失)
- 再選: 責令改善 (限期整改)
- 終極: 撤銷認證 + 禁止銷售

特點:

- 避免公開處罰,保護企業名譽
- 但屢次違規處罰嚴厲

韓國 (嚴格處罰 + 吹哨人制度)

認證體系:

- 強制申報並建立噪音資料庫
- 每年定向抽測高風險型號

處罰力度:

- 罰款: 2.5-4.2 萬美元 (單次違規)
- 召回: 強制召回已銷售產品
- 吊銷: 撤銷產品許可與企業資質

創新機制: 吹哨人獎勵

- 鼓勵內部人員/消費者舉報
- 舉報獎金: 罰款金額的 10-30%
- 舉報人身份保密
- 有效提高違規發現率

中國 (CCC 認證 + 重罰體系)

認證要求:

- CCC 認證: 強制性產品認證
- 年度複查制度
- 地方市場監督局定時抽查

處罰機制:

行政處罰:

- 罰款: 最高 3 倍貨值
- 沒收: 違法生產產品與違法所得

嚴重違規:

- 吊銷營業執照: 企業無法繼續經營
- 刑事責任: 負責人可能面臨刑事起訴

信息公開:

- 抽查結果公開發布
- 納入企業信用記錄
- 影響政府採購與招標資格

印度 (BIS 認證 + 刑事威懾)

認證機構:

- BIS (印度標準局): 產品認證與監督

認證特點:

- 證書有效期 2 年
- 年度抽樣測試
- 需在產品上標示 ISI 標誌

處罰措施:

- 產品查封: 違規產品扣押沒收
- 行政罰款: 依違規程度裁量
- 刑事起訴: 嚴重違規責任人可面臨最高 2 年監禁

特點:

- 刑事威懾力強
- 但執法資源相對有限

東南亞 (發展中體系)

執法模式:

- 產品認證 + 市場監督
- 違規產品禁止銷售
- 行政罰款為主

挑戰:

- 執法資源有限

- 跨國執法協調困難
- 技術能力待提升

發展方向:

- ASEAN 區域協作
- 參考成熟市場經驗
- 逐步強化執法力度

美國 (假設新法框架)

聯邦層級 (如實施新標準):

- 自我認證: 製造商自行測試與申報
- NHTSA 抽查: 國家公路交通安全管理局監督

違規處罰:

- 罰款: 每輛車違規 2.6 萬美元
- 民事訴訟: 消費者集體訴訟
- 刑事責任: 重大違規或蓄意造假

州級 (以加州為例):

- 型式認證: 參考歐盟模式
- 標籤要求: 強制噪音分級標示
- 市場抽檢: 定期抽查零售點

挑戰:

- 跨州流通執法困難
- 州與聯邦權限協調
- 產業界合規成本增加

執法效果評估

有效執法的關鍵要素:

1. 明確的法律依據: 限值、程序、處罰清晰
2. 充足的執法資源: 人員、設備、預算
3. 專業技術能力: 測試、判定、追蹤
4. 跨部門協作: 認證-監督-處罰鏈條完整
5. 信息透明公開: 違規信息公示,社會監督
6. 威懾性處罰: 違法成本遠高於守法成本

全球趨勢:

- 從單一認證向全鏈條監管發展
- 加強國際協作與信息共享
- 運用數位技術提升執法效率
- 強化消費者參與和社會監督

總結: 全球輪胎噪音法規體系正朝向限值趨嚴、標準統一、執法嚴格方向發展。歐盟繼續引領最嚴格標準與最完善執法體系,亞洲主要經濟體快速跟進並建立本土化機制,而美國雖聯邦層級缺位但州級探索正在進行。有效的法規執行需要完整的三層架構支撐,配合階梯式處罰機制,才能真正實現輪胎噪音污染控制目標。綜合而言,輪胎噪音法規與限值的未來發展,將不再僅是數值調整問題,而是涉及量測技術、產品生命週期管理、跨國制度協調與智慧交通治理的系統性課題。本章所建立之法規分析框架,不僅為後續低噪音輪胎技術研究提供政策背景,也為各國在制定或修訂輪胎噪音管制政策時,提供具高度參考價值的國際比較與制度設計基礎。

參考文獻

- [1] Sandberg, U. (2001). Abatement of traffic, vehicle, and tire/road noise—the global perspective. *Noise Control Engineering Journal*, 49(4), 170-181.
- [2] Berge, T., & Mioduszewski, P. (2017). Reduction of road traffic noise by source measures—present and future strategies. *Noise Control Engineering Journal*, 65(6), 478-489.
- [3] Den Boer, L. C., & Schrotten, A. (2007). *Traffic noise reduction in Europe*. CE Delft.
- [4] Licitra, G., et al. (2017). The influence of tyres on the use of the CPX method for evaluating the effectiveness of a noise mitigation action based on low-noise road surfaces. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 55, 217-226.
- [5] UNECE. (2022). *Evolution of tyre limits - Rolling Resistance*. GRBP-75-30e. <https://unece.org/sites/default/files/2022-02/GRBP-75-30e.pdf>
- [6] Continental Tires. (n.d.). *UN Regulation 117*. <https://www.continental-tires.com/products/b2b/business-know-how/un-regulation-117/>
- [7] UNECE. (2017). *Regulations on road vehicle noise—trends and future activities*.
- [8] Interregs. (2024). *Updated Chinese Standards on Passenger Car Tyres and Truck Tyres Published*. <https://www.interregs.com/articles/news/303/updated-chinese-standards-on-passenger-car-tyres-and-truck-tyres-published>
- [9] Certification India. (2023). *Changes to the Mandatory Certification of Tires in India*. <https://www.certification-india.com/en/changes-to-the-mandatory-certification-of-tires-in-india/>
- [10] Pike, E. (2011). *Opportunities to Improve Tire Energy Efficiency*. The International Council on Clean Transportation.
- [11] Miloradovic, D., et al. (2017). Regulations on road vehicle noise—trends and future activities. *ResearchGate*.
- [12] ETRMA. (2020). *Regulation (EU) 2020/740*. https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2020/06/Tyre-Reg-2020-740-fulle-text-CELEX_32020R0740_EN_TXT.pdf

- [13] UNECE. (2007). *Regulation No. 117*. E/ECE/324 E/ECE/TRANS/505, Rev.2/Add.116/Rev.1.
- [14] EUR-Lex. (2020). *Information on tyre fuel efficiency, braking capacity and noise levels*. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/information-on-tyre-fuel-efficiency-braking-capacity-and-noise-levels.html>
- [15] Sandberg, U. (2008). *Consumer label for tyres in Europe*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1650148/FULLTEXT01.pdf>
- [16] Hałucha, M., et al. (2025). Tyre Labelled Noise Values in the Context of Environmental Protection: Weaknesses of the Method and Benefits of Silent Tyres. *Archives of Acoustics*.
- [17] UNECE. (2012). *Current Framework of Vehicle Noise Regulation in Japan*. <https://unece.org/DAM/trans/doc/2012/wp29grb/ECE-TRANS-WP29-GRB-56-inf18e.pdf>
- [18] ELAW. (n.d.). *Enforcement Rules of the Noise and Vibration Control Act*. https://elaw.klri.re.kr/eng_mobile/viewer.do?hseq=62384
- [19] Chinese Standard. (2024). *GB 9743-2024 PDF English*. <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GB9743-2024>
- [20] CQC. (2025). *Revised Implementation Rules issued for Tire CCC Certification*. <https://www.china-certification.com/en/revised-implementation-rules-issued-for-tire-ccc-certification/>
- [21] MORTH India. (n.d.). *Draft AIS 142 - Evaluation of Tyres with Regard to Rolling Sound Emissions*. https://morth.nic.in/sites/default/files/ASI/9262018100031AMDraft_AIS_142_D_F.pdf
- [22] TISI Thailand. (2019). *UN Tyres R117 Implementation Challenges in Thailand*. https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/FaoomLLYY/Document/MENU_3_a_Download_EN_WHITE_PAPER.pdf
- [23] ACEA. (2022). *The Automotive Regulatory Guide*. <https://www.acea.auto/files/ACEA-Regulatory-Guide-2022.pdf>
- [24] NHTSA. (n.d.). *Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS)*.
- [25] Walter, J. D. (2006). Tire standards and specifications. *The Pneumatic Tire*.

- [26] EPA. (1976). *Regulatory Analysis for the Noise Emission Regulations*.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=9102015C.TXT>
- [27] USTMA. (n.d.). *Uniform Tire Quality Grading (UTQG)*.
- [28] CARB California. (2023). *Tire Noise Labeling Proposal (Draft)*.
- [29] Tyrepress. (2020). *UK government consulting on tyre labelling*.
<https://www.tyrepress.com/2020/06/uk-government-consulting-on-tyre-labelling/>
- [30] USTMA. (2022). Position on State-Level Tire Noise Standards.
- [31] UNECE. (2023). *R117r4a6e.pdf*. <https://unece.org/sites/default/files/2023-12/R117r4a6e.pdf>
- [32] EUR-Lex. (2016). *Regulation No 117*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0812\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0812(01))
- [33] ETRMA. (2007). *UNECE Regulation No. 117 Revision 1*.
<https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2019/09/20070615-unece-regulation-no.-117-revision-1.pdf>
- [34] Dewesoft. (2023). *Measurement of Tire Noise According to ECE R117*.
<https://dewesoft.com/blog/tire-noise-measurement>
- [35-48] Continental Tires; UNECE R117 Documentation; GRBP-75 Reports.
- [49-56] UNECE R117 Regulation Text; EU Type Approval Framework.
- [57-61] EU Market Surveillance Regulation 2019/1020; DVSA UK; EEPLIANT Reports.
- [62-91] Comparative analysis from ECE R117, national standards (Japan, Korea, China, India, Thailand), academic literature.
- [92-128] Technical analysis from tire industry publications, ETRMA reports, academic studies on commercial vehicle tires.
- [129-170] ECE R117 exemption clauses; technical literature on special-use tires; industry position papers.
- [171-232] EU enforcement framework documents; national enforcement legislation (Japan, Korea, China, India); academic studies on regulatory compliance; market surveillance reports.