

附錄

相關標準清單 (List of Relevant Standards)

輪胎噪音測試與評估涉及多個國際標準化組織所制定的技術標準,這些標準涵蓋了測試方法、測量儀器、數據分析、結果報告等各個面向。國際標準化組織 (International Organization for Standardization, ISO) 作為全球最重要的標準制定機構,在輪胎噪音領域制定了一系列核心標準,其中 ISO 11819 系列標準專門針對路面對交通噪音影響的測量方法,該系列標準包含多個部分,分別規範了統計透過法 (Statistical Pass-By method)、近接法 (Close-Proximity method) 以及參考輪胎規格等技術細節。ISO 11819-1 標準規定了使用統計透過法測量路面對交通噪音影響的程序,這種方法透過測量大量車輛透過測試路段時的噪音水平,並進行統計分析來評估路面特性對交通噪音的影響,該標準詳細規範了測試場地的選擇標準、麥克風的配置位置、測量條件的控制、數據處理方法以及結果報告格式,確保不同地點、不同時間進行的測試結果具有可比較性。ISO 11819-2 標準則規範了近接法的測試程序,這種方法使用專門設計的測試拖車,將麥克風安裝在非常接近輪胎與路面接觸區域的位置,直接測量輪胎與路面相互作用產生的噪音,這種方法能夠排除車輛其他噪音源的干擾,更精確地評估路面特性對輪胎噪音的影響,該標準詳細規定了測試拖車的設計要求、麥克風的安裝位置與角度、測試速度的選擇、溫度修正方法以及數據分析程序。ISO 11819-3 標準則規範了參考輪胎的技術規格,包括輪胎尺寸、結構類型、胎面花紋設計、橡膠硬度範圍以及使用條件等,確保不同測試機構使用相同規格的參考輪胎進行測試時能夠獲得一致的結果,這對於路面噪音特性的標準化評估至關重要。

ISO 362 系列標準則專門規範加速行駛車輛噪音的測量方法,這是車輛型式認證過程中最重要的噪音測試標準之一。ISO 362-1 標準規範了工程法的測試程序,適用於 M 類與 N 類車輛,該標準詳細規定了測試場地的聲學特性要求、測試路面的規格、麥克風的配置方式、車輛行駛條件的控制、測量程序以及結果評估方法,測試過程中車輛必須以特定的加速狀態透過測試區域,麥克風記錄車輛透過時的最大噪音水平,這個數值反映了車輛在實際道路使用條件下的噪音排放特性。ISO 362-2 標準則規範了簡化工程法,這種方法簡化了部分測試程序,使測試過程更具效率,同時仍能確保測試結果的可靠性與可重複性。ISO 362-3 標準規範了室內測

試的工程法,允許在受控的室內環境中進行車輛噪音測試,這種方法特別適用於研發階段的噪音評估,能夠在不受外部環境因素影響的條件下進行精確測量,該標準詳細規範了測試設施的聲學設計要求、底盤測功機的技术規格、麥克風配置方式以及測試程序,確保室內測試結果與室外測試結果具有良好的相關性。

ISO 10844 標準規範了用於測量車輛噪音的測試路面特性,這是確保噪音測試結果可重複性與可比較性的基礎標準。該標準詳細規定了測試路面的材料組成、施工方法、表面紋理特性、聲學吸音特性以及維護要求,測試路面必須具有特定範圍的平均輪廓深度 (Mean Profile Depth, MPD) 與聲學吸音係數,以確保不同測試場地的路面特性一致,從而使不同地點進行的噪音測試結果具有可比較性。標準中規範的路面通常採用密集級配瀝青混凝土 (dense-graded asphalt concrete),其表面紋理與聲學特性經過嚴格控制,測試路面在使用過程中需要定期進行檢測與維護,確保其特性始終符合標準要求,當路面特性超出允許範圍時必須進行修復或更換,這對於維持長期測試結果的一致性至關重要。ISO 13325 標準規範了滑行法測量輪胎與路面噪音的程序,這種方法要求車輛在達到指定速度後切換至空檔滑行狀態,測量輪胎與路面相互作用產生的噪音,由於發動機處於怠速狀態,動力系統噪音被大幅降低,使得輪胎噪音成為主要的測量對象,該標準詳細規範了測試速度的選擇、滑行距離的控制、麥克風配置方式、環境條件要求以及數據分析方法,這種測試方法特別適用於評估輪胎在不同路面上的噪音排放特性。

ISO 13473 系列標準規範了路面紋理特性的測量方法,路面紋理對輪胎噪音的產生具有重要影響,因此準確測量與評估路面紋理特性是輪胎噪音研究的基礎工作。ISO 13473-1 標準規範了使用輪廓測量法測定平均輪廓深度的程序,這種方法使用雷射輪廓儀或其他非接觸式測量設備,沿著路面縱向掃描表面輪廓,然後根據標準規定的計算方法得出平均輪廓深度數值,這個參數反映了路面的宏觀紋理特性,與輪胎噪音的產生機制密切相關。ISO 13473-2 標準規範了術語與基本要求,統一了路面紋理測量領域的專業術語,確保不同研究機構與測試實驗室之間的溝通一致性。ISO 13473-3 標準規範了高速雷射輪廓儀的規格與校準方法,這類設備能夠在車輛正常行駛速度下連續測量路面輪廓,大幅提高了測量效率,該標準詳細規定了設備的技术性能要求、校準程序、測量不確定度評估方法以及數據品質控制標準。ISO 13473-4 標準則規範了光譜分析方法,透過對路面輪廓數據進行頻譜分析,

可以獲得路面紋理在不同波長範圍內的能量分布特性,這對於深入理解路面紋理與輪胎噪音之間的關係具有重要意義。

ISO 13472 系列標準規範了路面吸音特性的測量方法,路面的聲學吸音能力直接影響輪胎噪音向周圍環境的傳播,因此是低噪音路面設計與評估的重要參數。ISO 13472-1 標準規範了使用擴展表面法 (extended surface method) 測量路面吸音係數的程序,這種方法在現場條件下測量路面的聲學阻抗與吸音係數,測試裝置包括聲源、麥克風陣列以及數據採集分析系統,測量結果能夠反映路面在不同頻率下的吸音特性,這對於評估多孔隙瀝青路面等低噪音路面的聲學性能至關重要。ISO 13472-2 標準規範了使用原位雙麥克風阻抗管法 (in situ two-microphone impedance tube method) 測量路面吸音特性的程序,這種方法使用便攜式阻抗管設備,直接在路面上進行測量,操作簡便且測量精度高,特別適用於路面吸音特性的快速評估與品質管制,該標準詳細規定了阻抗管的設計要求、麥克風配置方式、測量頻率範圍、校準程序以及數據處理方法。

歐洲標準委員會 (European Committee for Standardization, CEN) 制定的 EN 標準系列在歐洲地區具有法律約束力,這些標準與 ISO 標準相互協調,共同構成完整的技術規範體系。EN 13036 系列標準規範了路面特性的測量方法,其中 EN 13036-1 標準規範了使用體積法測量路面宏觀紋理深度的程序,也就是傳統的鋪砂法 (sand patch method),這種方法雖然操作簡單但勞動強度大且效率低,目前逐漸被雷射輪廓測量法所取代,但在某些情況下仍然作為參考方法使用。EN 13036-5 標準規範了使用外流儀 (outflow meter) 測量路面滲透性的程序,路面的滲透性與其孔隙結構密切相關,進而影響路面的吸音特性,該標準規定的測試方法能夠快速評估多孔隙瀝青路面的排水性能與孔隙連通性。EN 13036-7 標準規範了使用輪廓測量法測定路面平整度與不規則度的程序,路面的平整度對車輛行駛舒適性與輪胎噪音都有重要影響,該標準詳細規定了測量設備的技術要求、測量程序、數據分析方法以及評價指標的計算方式。

聯合國歐洲經濟委員會 (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) 制定的法規系列是國際車輛型式認證體系的重要組成部分,這些法規具有國際法律效力,被全球眾多國家採納實施。UNECE R117 法規規範了輪胎在滾動噪音排放與濕地抓地性能方面的型式認證要求,該法規詳細規定了輪胎噪音的測

試方法、限值標準、標示要求以及認證程序,輪胎製造商必須確保其產品符合法規要求才能在市場上銷售,法規中的噪音測試方法基本採用 ISO 13325 標準規定的滑行法程序,但增加了更嚴格的环境條件控制要求與測試不確定度限制,確保測試結果的可靠性與可重複性。法規還規定了不同類型輪胎的噪音限值,包括 C1 類乘用車輪胎、C2 類輕型商用車輪胎以及 C3 類重型商用車輪胎,限值標準隨著法規版本的更新而逐步收緊,推動輪胎產業持續進行噪音降低技術的研發與應用。UN ECE R51 法規規範了 M 類與 N 類車輛的噪音排放限值與測試方法,該法規採用 ISO 362 標準規定的加速透過法進行測試,法規中的噪音限值根據車輛類型、動力系統類型以及功率質量比等因素分級設定,隨著法規階段的推進,限值標準持續收緊,促使車輛製造商在設計階段就充分考慮噪音控制措施,包括輪胎噪音、動力系統噪音、空氣動力噪音等各個噪音源的綜合管理。

美國材料試驗協會 (American Society for Testing and Materials, ASTM) 制定的標準系列在北美地區廣泛應用,這些標準涵蓋了輪胎材料性能測試、輪胎噪音測量以及路面特性評估等多個方面。ASTM F2493 標準規範了使用車載聲強法 (On-Board Sound Intensity, OBSI) 測量輪胎與路面噪音的程序,這種方法將聲強探頭安裝在測試車輛上,探頭位置非常接近輪胎與路面接觸區域,能夠直接測量輪胎與路面相互作用產生的聲功率,排除其他噪音源的干擾,這種方法特別適用於路面噪音特性的快速評估,已被美國多個州的交通運輸部門採用作為低噪音路面的驗收標準,該標準詳細規定了測試設備的技術規格、安裝方式、測試程序、數據處理方法以及品質控制要求。ASTM E303 標準規範了使用擺錘法測量路面摩擦特性的程序,雖然這個標準主要針對路面抓地性能,但路面摩擦特性與其表面紋理密切相關,而表面紋理又是影響輪胎噪音的重要因素,因此這個標準在輪胎噪音研究中也具有參考價值。ASTM E1845 標準規範了使用循環紋理儀 (circular texture meter) 測量路面宏觀紋理的程序,這種方法提供了另一種評估路面紋理特性的手段,測量結果與輪胎噪音之間存在相關性。

國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 制定的標準系列規範了聲學測量儀器的技術要求與校準方法,這些標準是確保噪音測量準確性與可靠性的基礎。IEC 61672 系列標準規範了噪音計的技術規格與性能要求,這是全球噪音測量領域最重要的儀器標準之一。IEC 61672-1 標準規範了噪音計的技術規格,根據測量精度將噪音計分為 1 級與 2 級兩個等級,1 級噪音計具有更

高的測量精度與更嚴格的性能要求,適用於精密測量與型式認證測試,2 級噪音計則適用於一般的環境噪音監測,標準詳細規定了噪音計的頻率響應特性、動態範圍、線性度、時間加權特性、頻率加權特性以及環境適應性等技術參數的要求與測試方法。IEC 61672-2 標準規範了噪音計的型式評估程序,確保不同製造商生產的噪音計符合統一的技術規格。IEC 61672-3 標準規範了噪音計的週期檢測程序,噪音計在使用過程中性能可能會發生漂移,因此需要定期進行校準與檢測,確保測量結果的準確性與可追溯性,該標準規定了檢測週期、檢測項目、檢測方法以及合格判定標準。IEC 61260 系列標準規範了倍頻程與三分之一倍頻程濾波器的技術規格,這些濾波器是頻譜分析的核心元件,標準規定了濾波器的中心頻率、頻寬、衰減特性、通帶波動以及阻帶衰減等技術參數的要求,確保不同測量系統進行頻譜分析時獲得一致的結果。

美國汽車工程師學會 (Society of Automotive Engineers, SAE) 制定的標準系列在汽車產業界具有廣泛影響力,這些標準涵蓋了車輛噪音測試、輪胎性能評估以及測試設備規格等多個方面。SAE J57 標準規範了使用室內鼓輪試驗台測量輪胎滾動噪音的程序,這種方法在受控的實驗室環境中進行測試,能夠排除外部環境因素的影響,提高測試結果的可重複性,該標準詳細規定了鼓輪試驗台的設計要求、測試環境的聲學條件、測試程序、數據分析方法以及結果報告格式,雖然鼓輪試驗結果與實際道路測試結果之間存在一定差異,但這種方法對於輪胎研發過程中的噪音評估與品質管制仍然具有重要價值。SAE J2977 標準規範了在半無響室中使用鼓輪測量輪胎聲音水平的程序,這是對 SAE J57 標準的改進與補充,增加了更嚴格的聲學環境控制要求,提高了測試結果與實際道路條件的相關性。SAE J2805 標準規範了使用車載聲強法測量輪胎與路面噪音的程序,這個標準與 ASTM F2493 標準相似,但在某些技術細節上有所差異,兩個標準共同推動了車載聲強法在北美地區的應用與推廣。

除了上述主要標準之外,還有許多其他相關標準在輪胎噪音測試與評估工作中發揮重要作用。ISO 1996 系列標準規範了環境噪音的描述、測量與評估方法,雖然這些標準主要針對環境噪音管理,但其中的測量方法與評價指標也適用於輪胎噪音的環境影響評估。ISO 3744 標準規範了使用包絡面法測量聲源聲功率級的程序,這種方法透過在聲源周圍多個位置測量聲壓級,然後計算得出聲源的總聲功率,這個方法可以應用於評估輪胎作為噪音源的聲功率特性。ISO 9613 系列標準規

範了室外聲傳播的衰減計算方法,這些標準中的理論模型與計算方法可以用於預測輪胎噪音在不同距離、不同環境條件下的傳播特性,支援交通噪音的預測與評估工作。ISO 10534 系列標準規範了使用阻抗管法測量材料吸音係數與聲阻抗的程序,這些方法可以應用於評估輪胎材料、路面材料以及噪音屏障材料的聲學特性。ISO 354 標準規範了在混響室中測量材料吸音係數的程序,這種方法適用於評估大面積材料的整體吸音性能。ISO 140 系列標準規範了建築構件隔音性能的測量方法,雖然這些標準主要針對建築聲學,但其中的測量原理與方法也可以應用於評估車輛內部隔音材料的性能。

在輪胎材料與性能測試方面,還有一系列相關標準提供技術規範。ISO 4649 標準規範了橡膠耐磨性能的測試方法,輪胎的耐磨性能與其噪音特性存在一定的相關性,因為磨損會改變胎面花紋深度與表面紋理,進而影響噪音排放。ISO 7619 系列標準規範了橡膠硬度的測量方法,包括使用 Shore 硬度計與國際橡膠硬度計 (International Rubber Hardness Degrees, IRHD) 的測試程序,橡膠硬度是影響輪胎噪音的重要材料參數,較硬的橡膠通常產生較高的噪音水平。ISO 48 系列標準規範了硫化橡膠或熱塑性橡膠硬度的測定方法,提供了標準化的測試程序確保測量結果的可比較性。ASTM D2240 標準同樣規範了橡膠硬度的測試方法,這個標準在北美地區廣泛應用,與 ISO 標準相互補充。ISO 525 標準規範了橡膠回彈性的測試方法,回彈性與橡膠的粘彈性特性相關,而粘彈性特性直接影響輪胎與路面相互作用過程中的振動與噪音產生機制。

在測試設備校準與計量方面,相關標準確保測量儀器的準確性與可追溯性。ISO 17025 標準規範了檢測與校準實驗室能力的一般要求,實驗室必須建立完善的品質管理體系,確保測試結果的可靠性與可追溯性,這個標準是實驗室認證的基礎要求。IEC 60942 標準規範了聲學校準器的技術規格與性能要求,聲學校準器用於在現場條件下快速校準噪音計,確保測量系統的準確性,標準根據校準器的精度將其分為 LS 級、1 級與 2 級,不同級別的校準器適用於不同精度要求的校準工作。ISO 266 標準規範了聲學領域優選頻率的選擇,統一了倍頻程與三分之一倍頻程分析中使用的標稱中心頻率,確保不同測量系統進行頻譜分析時使用一致的頻率劃分標準。

這些國際標準共同構成了輪胎噪音測試與評估的完整技術規範體系,涵蓋了測試方法、測量儀器、數據分析、結果評估、品質控制等各個環節,確保全球範圍內輪胎噪音測試工作的標準化、規範化與可比較性。標準的持續更新與完善反映了技術進步與認知深化,隨著低噪音輪胎技術的發展、測量技術的進步以及環境噪音管制要求的提高,相關標準也在不斷修訂與演進,為輪胎產業的永續發展提供技術支撐。從事輪胎噪音測試與研究的專業人員必須深入理解並正確應用這些標準,確保測試工作的科學性與規範性,同時也需要密切關注標準的更新動態,及時掌握最新的技術要求與測試方法,這對於維持測試結果的有效性與國際認可度至關重要。