

Study on the noise reduction mechanism of porous low-noise asphalt pavement

Yuhao Wang

Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056004, China

Abstract

With the rapid development of China's transportation industry, the problem of noise pollution is becoming increasingly prominent. It has a great impact on people's quality of life, physical and mental health, and the surrounding ecological environment. To effectively reduce traffic noise, low-noise asphalt pavement is proposed. The new pavement structure and performance make it have great noise reduction potential, aiming to reveal the noise reduction mechanism of porous low noise asphalt pavement, and provide scientific basis and technical support for solving the problem of road noise pollution. On this basis, the material properties, structural design and propagation characteristics of asphalt mixture pavement are studied, and the key factors affecting the noise reduction effect of asphalt mixture are explored, so as to provide a theoretical basis for the popularization and application of asphalt mixture pavement.

Keywords

porous low noise; asphalt pavement; noise reduction mechanism

多孔隙低噪声沥青路面降噪机理的研究

王宇豪

河北工程大学, 中国 · 河北 邯郸 056004

摘要

随着中国交通运输业的迅猛发展, 噪声污染问题日益突出。它对人们的生活质量、身心健康和周围的生态环境都有很大的影响。为了有效地降低交通噪声, 提出了基于多孔隙的低噪声沥青路面。新型路面结构与性能使其具有较大的降噪潜力, 旨在揭示多孔隙低噪声沥青路面降噪机理, 为解决道路噪声污染问题提供科学基础与技术支撑。在此基础上, 研究沥青混合料路面的材料性能、结构设计和传播特性, 探索影响沥青混合料降噪效果的关键因素, 为沥青混合料路面的推广应用提供理论依据。

关键词

多孔隙低噪声; 沥青路面; 降噪机理

1 引言

随着中国交通运输业的迅速发展, 道路噪声污染也日趋严重。交通噪声是影响人们生活质量、身心健康的重要因素之一, 同时也会给周边环境带来许多负面影响。在现代社会, 人们对居住环境提出了更高的要求, 因此, 如何有效地降低交通噪声已成为一个迫切需要解决的问题。为有效地降低道路噪声, 改善人们居住环境, 对低噪声路面的研究与开发已成为交通领域的一个重要课题。作为一种新型低噪声路面, 多孔隙低噪声沥青路面以其良好的降噪效果和优良的路用性能而备受关注。多孔隙低噪声沥青路面是一种新型路面结构, 其内部具有丰富的孔隙结构, 对交通噪声具有很好的吸收与降噪作用。通过理论分析、数值模拟与试验相结合

方法, 深入研究多孔隙低噪声沥青路面降噪机理及影响因素, 为该类路面的推广应用提供理论支撑。

2 多孔隙低噪声沥青路面的材料特性

2.1 集料特性

多孔隙低噪声沥青路面主要采用玄武岩、辉绿岩等石料, 其硬度高, 耐磨性好。这类石料表面粗糙度高, 有利于改善沥青-集料间的粘附性, 提高路面耐久性。同时, 颗粒级配更加均匀, 这样的颗粒级配可以形成良好的孔结构, 从而有效地改善路面噪声。如玄武岩骨料具有抗压强度高、抗磨损能力强等特点, 能经受住车辆反复碾压而不容易破损等特点。粗糙的表面能使沥青与集料之间形成牢固的粘结, 从而降低沥青路面在服役期间的离析。均匀的颗粒级配可以形成稳定的孔隙结构, 使声波在孔隙内发生多次反射、散射, 达到降噪的目的^[1]。

【作者简介】王宇豪(1996-), 男, 中国河南郑州人, 硕士, 从事道路工程沥青路面降噪性能分析研究。

2.2 沥青特性

多孔隙低噪声沥青路面所使用的沥青，一般都是粘性强、回弹性能好的沥青。高粘度沥青能有效填充集料间的空隙，增强路面整体稳定性。高粘度沥青能更好地包裹集料，减小空隙连通性，改善路面噪声。具有良好回弹性的沥青路面，在车辆荷载作用下，能够发生一定程度的变形，吸收一部分噪声能量，从而达到降噪的目的。汽车行驶过程中，由于轮胎与路面的接触，产生了振动、噪声等现象。沥青材料具有较好的弹性回复特性，对振动能量有一定的吸收作用，降低噪声。同时，弹性沥青还能减少路面开裂、损坏，延长使用寿命。

2.3 添加剂特性

为进一步改善沥青路面使用性能，通常在沥青路面中加入纤维、胶粉等特种添加剂。纤维能够提高沥青混合料的韧性、抗裂性能，从而改善沥青混合料的耐久性。纤维能有效分散路面应力，避免路面开裂、破坏。橡胶粉能提高沥青路面的弹性、吸声性能，提高路面降噪效果。橡胶粉具有很好的回弹力、吸声性能，在沥青中加入橡胶粉后，可使沥青混合料变软，对声波有较好的吸收作用。另外，橡胶粉还能改善路面抗滑性能，降低汽车行驶时的打滑现象^[2]。

3 多孔隙低噪声沥青路面的结构设计

3.1 孔隙率设计

孔隙率是影响沥青路面降噪效果的一个重要因素。一般情况下，较大的空隙率有利于降低路面的噪声。这是因为孔隙率越大，路面内部的孔隙就越大，能够吸收声波的能量。声波入射到路面孔隙中后，将在孔隙中产生多次反射与散射，使声波能量逐渐衰减。但是，过高的空隙率会导致路面强度及稳定性下降，从而降低路面使用寿命。如果空隙率太大，路面结构将变得疏松，很难承受车辆荷载及外部环境的作用。因此，在沥青路面设计中，应根据实际情况合理选取空隙率，才能取得最好的降噪效果及路用性能。例如，通过调节集料的粒度分布，沥青用量，添加剂的类型等，可以对路面空隙率进行控制。在实际工程中，应综合考虑车流量、车速和气象条件等因素，确定合理的空隙率区间。孔隙率如图1所示：

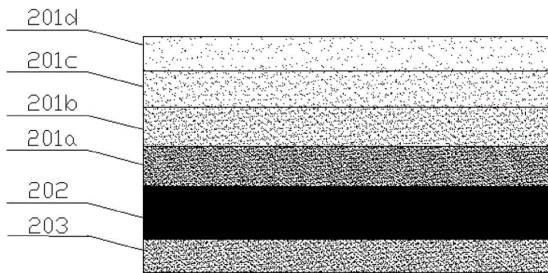


图1 孔隙率

3.2 厚度设计

对沥青路面隔声降噪效果也有一定的影响。一般情况下，随着路面厚度的增加，降低噪声的效果也相应提高。这是因为路面厚度越大，孔隙空间越大，声波在路面内的传播路径就越长，衰减的幅度也就越大。但过厚的路面结构会增加工程造价，并对路面排水性能产生不利影响。当路面厚度过大时，路面排水不良，易形成积水，影响行车安全。因此，在设计多孔隙低噪沥青路面时，应根据实际情况对路面厚度进行合理选择，才能取得最好的降噪效果及路用性能。在确定沥青混合料路面厚度时，应综合考虑交通流、车辆速度和基层承载力等因素。对于车流量大、车速快的路段，可适当增大路面厚度以改善噪声。同时，在保证结构稳定性的前提下，应充分考虑基层的承载能力^[3]。

3.3 层间结合设计

多孔隙低噪声沥青路面是一种多层次的结构，包括面层、基层和底基层。为改善路面结构的整体性、稳定性，需加强各层间的粘结。在设计多孔隙低噪声沥青路面时，可采用透层油、粘结层等措施来增强层间粘着力，从而改善沥青路面的抗剪及抗弯性能。透层是指在基层表面喷注一种能渗入基层内部、提高基层与面层间粘结的液态物质。粘结层是指在面层和面层之间、面层与其他结构层之间喷出的一种粘结材料。另外，可在路面结构中设置橡胶夹层、纤维夹层等特殊结构层，以改善路面减振降噪性能。中间隔层具有吸收车辆振动能量的作用，从而达到减振降噪的目的。

4 多孔隙低噪声沥青路面的降噪机理

4.1 吸声降噪机理

多孔隙低噪声沥青路面具有丰富的孔隙结构，能够有效地吸收交通噪声。声波入射到路面孔隙中后，将在孔隙中产生多次反射与散射，使声波能量逐渐衰减。孔隙的大小、形状类似于声波的波长，使声波在孔隙中发生反射与散射。声波入射到孔隙中后，在孔壁上发生反射，并与入射声波发生干涉，产生驻波。由于驻波的存在，声波的能量在孔隙中不断地被反射、叠加，从而导致声波能量的衰减。同时，孔隙中的空气还与声波产生摩擦、粘滞作用，从而进一步吸收声波的能量，从而达到降噪的目的。声波在孔隙中传播时，会使孔隙中的空气发生振荡。空气在振动过程中与孔隙壁发生摩擦、粘滞等作用，将声波能量转换成热能，从而进一步降低声波能量。

4.2 减振降噪机理

多孔隙低噪声沥青路面具有一定的弹性与变形能力，当车辆通过路面时，路面将因车辆荷载而发生一定程度的形变，吸收一部分振动能量，从而达到减振降噪的目的。汽车在行驶过程中，轮胎和路面的接触将产生振动，并经路面传导至周围环境，形成噪声。多孔隙低噪声沥青路面具有弹性

变形能力,能够在车辆荷载下产生一定的变形,以吸收部分振动能量,降低振动传递。同时,路面弹性变形还能减小车辆与路面间的碰撞、摩擦,从而减小轮胎与路面间的噪声。汽车行驶过程中,轮胎与路面的碰撞、摩擦是噪声的主要来源。多孔隙低噪声沥青路面的弹性变形能使轮胎与路面接触变得柔软,减小碰撞、摩擦,从而达到降噪的目的。

4.3 阻尼降噪机理

沥青及添加剂对沥青路面具有一定的阻尼作用,能有效地吸收声波的能量,达到降噪的目的。当声波在路面内传播时,会使路面材料发生振动,而路面材料具有阻尼特性,可使振动能量逐渐衰减,从而达到降噪效果。阻尼指的是材料在振动时的耗能能力。多孔隙低噪声沥青路面中沥青及添加剂具有一定的阻尼作用,当声波在路面内传播时,将导致路面材料发生振动。路面材料具有良好的阻尼性能,能够将振动能逐步转换成热能,并逐渐衰减振动能量。如添加橡胶微粉,可提高沥青的阻尼特性,提高路面振动时的能耗,降低噪声等。此外,添加纤维对路面材料的阻尼性能有一定的改善作用,同时对路面抗裂、耐久性能也有一定的作用。

5 提高多孔隙低噪声沥青路面降噪效果的注意事项

5.1 交通流量和车速

交通流、车辆行驶速度是影响沥青路面降噪效果的主要因素。一般情况下,随着交通流量和车辆速度的增加,道路噪声也会随之增大,因此,多孔隙低噪声沥青路面的降噪效果将会越来越显著。随着车流量的增加,车辆间距变小,车速下降。这就造成了汽车引擎的噪声,轮胎与路面的摩擦噪声等,从而增加了车辆的噪声。多孔隙低噪声沥青路面的孔隙结构能够有效吸收这些噪声,从而达到降噪的目的。随着车辆速度的增加,轮胎与路面间的摩擦噪声及空气动力学噪声也随之增加。多孔隙低噪声沥青路面具有良好的弹性变形性能,能有效降低轮胎与路面间的碰撞摩擦,从而达到降噪的目的。同时,路面的孔隙结构还能吸收一部分空气动力学噪声,从而达到降噪的目的。但随着车流、车辆速度的增加,对路面噪声的抑制作用逐渐减弱。其原因在于,当车流、车速过大时,车辆间距过小,车速过快,会造成路面孔隙结构堵塞,降低降噪效果。

5.2 路面孔隙率和厚度

孔隙率与厚度是影响沥青路面降噪效果的一个重要因素。一般情况下,较高的孔隙率和较厚的路面对噪声有较好的抑制作用。路面孔隙率越大,孔隙空间越大,声波传播路径越长,衰减幅度越大。路面厚度越大,吸声材料越多,声波就越容易被吸收、衰减。但当路面空隙率及厚度超出一定范围后,其强度与稳定性就会下降,进而影响其使用寿命。因此,在沥青路面设计中,应根据实际情况合理选择空隙率与厚度,才能取得最好的降噪效果与路用性能。

5.3 路面材料和结构

路面材料与结构对降噪效果也有很大的影响。不同的路面材料及结构对噪声的抑制作用不同,因此,在设计中应因地制宜地选择适当的材料与结构,才能获得最好的降噪效果与路用性能。例如,采用高吸声性能的集料、沥青等材料,能够有效地降低噪声。同时,通过对路面结构的合理设计,如增加孔隙连通度和设置特殊夹层等,也能改善路面的噪声^[4]。

6 结论

多孔隙低噪声沥青路面是一种新型低噪声路面,在降低噪声、改善路用性能方面有较好的应用前景。从材料性能、结构设计及降噪机理等方面进行深入研究,为该类型路面的推广应用提供理论支撑。在实际工程中,要根据实际情况对路面材料、结构、空隙率、厚度等进行合理的选择,才能取得最好的降噪效果与路用性能。同时,应加强施工质量控制及后期养护管理,以保证路面使用寿命。随着中国交通运输水平的不断提高,人们对居住环境质量的要求也越来越高。在此基础上,进一步研发更先进的多孔隙低噪声沥青路面材料与结构,提升路面降噪效果与路用性能,为人们营造宁静舒适的居住环境。

参考文献

- [1] 戴胜. 低噪声沥青路面混合料的最佳配合比设计研究 [J]. 低碳世界, 2017, (33): 314.
- [2] 王涛. 低噪声沥青路面降噪原理及影响因素分析 [J]. 山东交通科技, 2016, (04): 113-115+117.
- [3] 刘长革, 乔捷, 刘宝林, 等. 低噪声沥青路面的应用研究 [J]. 城市道桥与防洪, 2010, (04): 154-157+14.
- [4] 魏建军, 孔永健. 多孔隙低噪声沥青路面降噪机理的研究 [J]. 黑龙江工程学院学报, 2004, (01): 11-13+19.