

# 低噪声沥青路面 设计与施工养护

伍石生 编著



人民交通出版社

China Communications Press

# 低噪声沥青路面

## 设计与施工养护



伍石生 编著

 人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

本书依据国内外低噪声沥青路面设计与施工现状,系统阐述了低噪声沥青路面的修筑技术,具有较强的理论指导性和实践推广价值。全书共分九章,主要包括:低噪声沥青路面降噪原理、低噪声沥青路面的材料组成及特性、低噪声沥青混合料配合比设计、低噪声沥青混合料的性能分析、低噪声沥青路面的结构设计、低噪声沥青路面的施工、低噪声沥青路面的养护与维修、低噪声沥青路面的应用示例。

本书较全面地介绍了低噪声沥青路面设计与施工技术的最新发展成果,可供公路工程设计、施工、监理、科研等单位的工程技术人员学习使用,也可作为高等院校有关专业师生参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

低噪声沥青路面设计与施工养护 / 伍石生编著. —北京:人民交通出版社, 2005.4  
ISBN 7-114-05502-1

I. 低… II. 伍… III. 沥青路面—道路工程—施工技术 IV.U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 025388 号

Dizaosheng Liqing Lumian Sheji Yu Shigong Yanghu

书 名: 低噪声沥青路面设计与施工养护

著 作 者: 伍石生

责任编辑: 张 森

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京明十三陵印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14

字 数: 344 千

版 次: 2005 年 4 月第 1 版

印 次: 2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN7-114-05502-1

印 数: 0001—3000 册

定 价: 53.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 作者简介

### 伍石生

男,湖南祁东县人,1970年5月生,高级工程师,西安公路研究所道路研究设计室主任、陕西省土木建筑学会道路专业委员会委员、世界道路协会路面委员会委员。1999年5月获长安大学(原西安公路交通大学)交通运输工程博士学位。2000年3月至2002年3月在日本国土交通省国土政策技术综合研究所从事路面材料与结构方面的博士后研究工作。2003年3月至今,在东南大学土木学院博士流动站从事路面材料研究。获第三十四批中国博士后科学基金奖励,2004年获陕西青年科技奖。

近年来,主要从事道路材料与结构方面的研究,承担了十多项代表我国道路技术研究开发前沿的纵、横向科研课题,取得了创新性成果,并在实践中得到了应用。

## 前 言

近年来,公路交通事业的发展,带动了周边地区的经济快速增长,交通运输与经济的发展起到了相互促进的作用。但是,随着公路通车里程、车流量和行驶车速的快速增加,公路交通公害之一——噪声污染已经逐渐变成沿线居民最为关注的环境污染问题。尽管降低交通噪声污染的途径很多,但多数为事后补救措施,目前普遍认为推广修筑低噪声沥青路面以减弱噪声是一种切实有效的环保途径。

低噪声沥青路面的主要特征是其空隙率比较高(一般在20%左右),又称多孔性路面,因这种路面能将路表的水通过空隙及时排除,故也称排水性路面或透水性路面。英国将这种路面称为大空隙沥青碎石,美国称为开级配磨耗层(简称OGFC),欧洲称为多空隙沥青或排水层,日本则称为排水性路面。由于国内对此尚无系统论述的书籍,为此,作者收集了大量国内外文献资料,并结合我们近年的科研成果编写成书,以满足有关设计、施工、科研、监理等工程技术人员需要。

本书编写的指导思想在于针对低噪声沥青路面的特点,依据我国最新颁布的沥青路面设计与施工技术规范,结合陕西省两条低噪声沥青路面修筑情况并参考河北等省低噪声沥青实验路段,尽可能系统阐述低噪声沥青路面的组成、材料要求、配合比设计方法、低噪声沥青混合料性能测试、结构设计、施工技术以及养护与维修技术等。本书注重理论指导与实践相结合,具有很强的实用性和可操作性。

全书共分九章:第一章主要简述了低噪声沥青路面的特点,并介绍其在国内发展应用情况;第二章论述了低噪声沥青路面降噪原理;第三章分析了低噪声沥青路面的材料组成及特性;第四章详细论述了低噪声沥青混合料配合比设计方法并举例说明;第五章从与混合料性质、功能性相关联以及耐久性相关联的三方面系统地介绍了低噪声沥青混合料的性能指标及其测试方法;第六章介绍了低噪声沥青路面的结构设计,重点介绍了排水系统设计;第七章重点介绍了低噪声沥青路面的施工要点及检测评定标准;第八章介绍了低噪声沥青路面的养护与维修技术;第九章介绍了陕西两条低噪声沥青路面修筑和使用情况。全书由长安大学戴经梁教授审稿。

由于作者的水平有限,书中难免有不周之处,敬请读者批评指正。

编著者

2005年4月

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第一章 综述</b> .....              | 1  |
| 第一节 概述.....                      | 1  |
| 第二节 低噪声沥青路面的特点.....              | 8  |
| 第三节 低噪声沥青路面在国内外的发展与应用 .....      | 10 |
| <b>第二章 低噪声沥青路面降噪原理</b> .....     | 15 |
| 第一节 轮胎噪声的分类 .....                | 15 |
| 第二节 低噪声沥青路面降噪理论分析 .....          | 16 |
| 第三节 影响低噪声沥青路面降噪的因素 .....         | 19 |
| <b>第三章 低噪声沥青路面的材料组成及特性</b> ..... | 24 |
| 第一节 沥青 .....                     | 24 |
| 第二节 集料 .....                     | 32 |
| 第三节 填料 .....                     | 35 |
| 第四节 乳化沥青 .....                   | 36 |
| 第五节 纤维 .....                     | 37 |
| 第六节 其他添加剂 .....                  | 42 |
| <b>第四章 低噪声沥青混合料配合比设计</b> .....   | 44 |
| 第一节 沥青混合料设计方法的回顾 .....           | 44 |
| 第二节 国外关于低噪声沥青混合料配合比设计方法概述 .....  | 45 |
| 第三节 低噪声混合料配合比设计的基本要点 .....       | 49 |
| 第四节 低噪声混合料配合比设计方法 .....          | 50 |
| 第五节 低噪声沥青混合料配合比设计实例 .....        | 53 |
| <b>第五章 低噪声沥青混合料的性能指标分析</b> ..... | 59 |
| 第一节 与混合料性质相关联的性能指标 .....         | 59 |
| 第二节 与功能性相关联的性能指标 .....           | 70 |
| 第三节 与耐久性相关联的性能指标 .....           | 80 |

|             |                      |     |
|-------------|----------------------|-----|
| <b>第六章</b>  | <b>低噪声沥青路面的结构设计</b>  | 92  |
| 第一节         | 结构组合设计               | 92  |
| 第二节         | 下封层设计                | 94  |
| 第三节         | 排水设计                 | 98  |
| <b>第七章</b>  | <b>低噪声沥青路面的施工</b>    | 105 |
| 第一节         | 低噪声沥青路面施工对机械的要求      | 105 |
| 第二节         | 施工温度控制               | 107 |
| 第三节         | 混合料的拌制               | 108 |
| 第四节         | 低噪声混合料的运输与摊铺         | 108 |
| 第五节         | 低噪声沥青路面的碾压           | 109 |
| 第六节         | 接缝处理技术               | 110 |
| 第七节         | 下封层施工技术              | 112 |
| 第八节         | 低噪声沥青路面施工质量管理        | 116 |
| <b>第八章</b>  | <b>低噪声沥青路面的养护与维修</b> | 121 |
| 第一节         | 水损害产生的机理及防止措施        | 121 |
| 第二节         | 沥青混合料老化机理            | 126 |
| 第三节         | 病害的类型及维修方法           | 127 |
| 第四节         | 奥地利整修低噪声沥青混合料路面实例    | 129 |
| <b>第九章</b>  | <b>低噪声沥青路面的应用示例</b>  | 132 |
| 第一节         | 宝鸡—牛背一级公路试验段         | 132 |
| 第二节         | 西安—咸阳机场高速公路的低噪声沥青路面  | 141 |
| <b>附 录</b>  | <b>排水性路面技术指南</b>     | 151 |
| <b>参考文献</b> |                      | 214 |

# 第一章 综 述

## 第一节 概 述

### 1. 交通噪声的现状及其危害

近年来,伴随着公路交通事业的快速发展,交通噪声环境污染日渐严重,已干扰到周边民众的正常工作和生活,尤其在大力提倡环保建设的今天,公路交通噪声污染逐渐成为沿线居民最为关注的环境污染问题。

2003 年国家环保总局对我国主要城市道路的交通噪声进行了监测,监测结果见表 1-1。监测结果显示,所有监测道路的交通噪声均值均在国家标准昼间 70dB(A)上下,其中大部分城市道路交通噪声超标路段达 30% 以上,这表明,城市交通噪声已十分严重,到了非治理不可的地步。

以大连为例,大连环境监测部门对 60 条道路交通噪声实施了测量,涉及总长度 155.95km,其中噪声超标长度为 66.77km,占总长度的 42.8%。2003 年,大连市区暴露在 66~70dB 下的路段长度为 77.08km,占总长度的 49.4%;暴露在 71~75dB 下的路段长度为 63.45km,占总长度的 40.7%(国家环保总局环函(1999)46 号《关于公路建设环境影响评价中环境噪声适用标准有关问题的复函》规定,距路中心线 100m 范围内执行昼间 70dB(A),夜间 55dB(A)的要求)。

交通噪声污染具有干扰持续、危害性大的特点,伴随公路通车里程、车流量、车辆通行速度的增加,公路交通噪声对沿线居民正常生活、工作、学习、休息环境的干扰程度和范围也在加剧和扩大,在特定条件下甚至成为社会不稳定的因素之一。有证据表明噪声对语言交流、学校教学、休息睡眠,甚至人们的脾气性格都有不利影响,同时对心脑血管疾病有负面影响,更有甚者可能造成听力损伤。

噪声对人们正常生活产生以下危害:

#### 1) 交流障碍

一般而言,环境噪声在 A 声级 45dB 以下,语音交流 100% 可以听清楚,但超过 A 声级 55dB (女性平均水平),声调就不得不提高。在该环境背景下人们的注意力不容易集中,语言清晰度会下降。所以,在老人、听力受损者或儿童(尤其是对噪声损伤敏感者)使用的教室和会议室中,环境背景噪声应该比讲话者的语音低 A 声级 10dB。

#### 2) 干扰睡眠

噪声可导致睡眠障碍,减少深度睡眠时间,延长觉醒时间,造成诸如劳累和疲乏等不利影



响。如果保持室内连续性噪声低于 A 声级 30dB 或最大噪声低于 A 声级 45dB,即可避免上述不利影响。

### 3)行为困难

主要城市道路交通噪声监测情况

表 1-1

| 城 市   | 路段总长度<br>(m) | 超标路段<br>(m) | 路段超标率<br>(%) | 路段平均宽度<br>(m) | 平均车流量<br>(辆/h) | 噪声均值<br>[ $L_{eq}$ dB(A)] |
|-------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------------|---------------------------|
| 北 京   | 596.1        | 260.0       | 43.6         | 36.0          | 5822           | 69.7                      |
| 天 津   | 270.7        | 46.0        | 17.0         | 26.0          | 2214           | 68.2                      |
| 石 家 庄 | 179.4        | 38.2        | 21.3         | 28.8          | 1513           | 67.8                      |
| 太 原   | 137.6        | 32.5        | 23.6         | 23.0          | 2154           | 67.8                      |
| 呼和浩特  | 82.6         | 26.4        | 32.0         | 29.3          | 2016           | 69.3                      |
| 沈 阳   | 144.0        | 3.2         | 2.2          | 33.7          | 2048           | 67.8                      |
| 长 春   | 123.6        | 29.4        | 23.8         | 29.8          | 2670           | 68.4                      |
| 哈 尔 滨 | 91.8         | 14.4        | 15.7         | 17.0          | 2120           | 68.3                      |
| 上 海   | 213.9        | 112.5       | 52.6         | 20.0          | 2319           | 70.4                      |
| 南 京   | 169.8        | 40.8        | 24.0         | 29.4          | 1678           | 68.9                      |
| 杭 州   | 193.9        | 38.4        | 19.8         | 16.3          | 2078           | 67.9                      |
| 合 肥   | 94.0         | 2.9         | 3.1          | 38.9          | 1933           | 67.7                      |
| 福 州   | 111.2        | 18.5        | 16.6         | 22.9          | 2393           | 68.4                      |
| 南 昌   | 67.5         | 41.6        | 61.7         | 29.3          | 2809           | 69.9                      |
| 济 南   | 206.6        | 64.0        | 31.0         | 46.9          | 2117           | 68.7                      |
| 郑 州   | 84.1         | 10.7        | 12.7         | 43.5          | 2019           | 68.0                      |
| 武 汉   | 223.4        | 123.8       | 55.4         | 18.7          | 2205           | 69.9                      |
| 长 沙   | 95.8         | 50.2        | 52.4         | 28.3          | 2552           | 70.0                      |
| 广 州   | 237.1        | 65.2        | 27.5         | 23.0          | 3421           | 68.4                      |
| 南 宁   | 102.0        | 54.1        | 53.0         | 19.8          | 3276           | 69.7                      |
| 海 口   | 107.3        | 20.4        | 19.0         | 34.2          | 2679           | 67.9                      |
| 重 庆   | 331.4        | 90.1        | 27.2         | 14.4          | 1461           | 67.5                      |
| 成 都   | 313.2        | 58.3        | 18.6         | 44.7          | 2543           | 68.0                      |
| 贵 阳   | 52.3         | 28.2        | 53.9         | 23.7          | 2466           | 70.2                      |
| 昆 明   | 91.5         | 40.9        | 44.7         | 30.0          | 2044           | 70.5                      |
| 拉 萨   | 52.9         | 11.5        | 21.8         | 17.5          | 622            | 67.4                      |
| 西 安   | 195.1        | 69.7        | 35.7         | 23.6          | 2673           | 68.0                      |
| 兰 州   | 125.4        | 47.6        | 38.0         | 19.7          | 1550           | 69.1                      |
| 西 宁   | 85.7         | 47.6        | 55.6         | 19.0          | 2247           | 70.6                      |
| 银 川   | 94.6         | 15.0        | 15.9         | 29.1          | 1502           | 68.0                      |
| 乌鲁木齐  | 112.5        | 63.2        | 56.2         | 40.0          | 1549           | 70.0                      |

儿童长期暴露于车辆产生的噪声中,易表现为获得性阅读损伤、注意力减弱、解决问题的能力下降。噪声可干扰注意力、记忆力和处理复杂问题能力等脑力活动,并会使血压和激素应激水平提高。

#### 4)烦躁不安

人的烦躁反应会随着声级的升高而明显增强,大多数人在 50dB 时即出现轻微的烦躁情绪,当声级达到 55dB 时,烦躁情绪更加严重。仅有 1/3 的情绪变化由声级水平引起,另有其他因素影响人类对噪声的反应。

#### 5)助长攻击性行为

高声的噪声可助长个人的攻击性行为,而且声级超过 80dB 时会减少互助行为(人类自发有效地去帮助别人)。

#### 6)心脏疾病与高血压

越来越多的证据表明,65~75dB 范围的噪声对心脏疾病和高血压病有影响。这种影响虽然轻微,但是因很多人暴露于此,所以有着重要的公共卫生学意义。

#### 7)听力损伤

对一般人群,尽管暴露在低于 70dB 的噪声中超过 24h 其危险性可以忽略,但高强度噪声确能引起听力损伤。

另外,交通噪声还会影响到公路沿线的经济发展。例如,交通噪声影响严重的房地产、工厂、商厦等的经济效益和生产效益都有不同程度的下降,噪声还直接影响到公路周围的土地价值。有资料表明:交通噪声每升高 1dB,土地的价格就会下降 0.08%~1.26%,平均为 0.9%左右。反过来说,将交通噪声水平降低 1dB,则相当于沿线土地增值 0.9%,对于土地批租来说,这是一个可观的数值。

### 2. 交通噪声环境标准

#### 1) 中国标准

根据《城市区域噪声标准》(GB 3096—93)的要求,现将城市 5 类环境噪声标准值列于表 1-2。

城市环境噪声标准值(等效声级  $L_{Aeq}$ )

表 1-2

| 类 别 | 昼 间(dB) | 夜 间(dB) | 类 别 | 昼 间(dB) | 夜 间(dB) |
|-----|---------|---------|-----|---------|---------|
| 0   | 50      | 40      | 3   | 65      | 55      |
| 1   | 55      | 45      | 4   | 70      | 55      |
| 2   | 60      | 50      |     |         |         |

表中,0 类标准适用于疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域,位于城郊和乡村的这类区域分别按严于 0 类标准 5dB 执行;1 类标准适用于以居住、文教机关为主的区域,乡村居住环境可参照执行该类标准;2 类标准适用于居住、商业、工业混杂区;3 类标准适用于工业区;4 类标准适用于城市中的道路交通干线道路两侧区域。夜间突发的噪声,其最大值不准超过标准值 15dB。

#### 2) 日本标准

日本的环境标准是基于公害对策基本法制定的,于 1971 年 5 月 25 日在内阁会议上通过,称为《与噪声有关的环境标准》。这是一个可望保证人们生活环境和身体健康的标准。该标准

列于表 1-3,其标准值按道路沿线以外区域和道路沿线区域划分为两种,各自按区域类别、时间区间来确定。由于车道数的不同,道路沿线区域的标准值比一般区域高 5~10dB(A)。环境标准的测定按 JISZ8731 规定的方法以中值  $L_{50}$  来确定。中值  $L_{50}$  用于噪声不规律且变动幅度较大的情况,它是累积次数曲线中累积次数为 50% 时的值。

日本交通噪声环境标准

表 1-3

| 区域类型         | 时间 区 间 |    |    | 评定、评价方法                                                                          |
|--------------|--------|----|----|----------------------------------------------------------------------------------|
|              | 白天     | 早晚 | 夜间 |                                                                                  |
| 道路沿线以外区域     |        |    |    | 早晚各测一次以上,昼夜各测两次以上的噪声水平[dB(A)]的中间值 $L_{50}$ 低于标准值。测定方法按 JISZ8731,测定地点取当地有代表性的噪声区域 |
| A A:极安静区域    | 45     | 40 | 35 |                                                                                  |
| A:住宅区        | 50     | 45 | 40 |                                                                                  |
| B:工商业与住宅合用区域 | 60     | 55 | 50 |                                                                                  |
| 道路沿线区域       |        |    |    | 同上。测定地点原则上应在距公路 1m 的建筑物中挑选                                                       |
| A:2 车道       | 55     | 50 | 45 |                                                                                  |
| 2 车道以上       | 60     | 55 | 50 |                                                                                  |
| B:2 车道       | 65     | 60 | 55 |                                                                                  |
| 2 车道以上       | 65     | 65 | 60 |                                                                                  |

### 3. 降噪措施分析

道路交通噪声是由各种各样的复杂因素造成的,图 1-1 按噪声源、传播路径、受声点 3 个特点将其大致整理划分归类。从噪声源角度看,公路交通噪声主要是车辆行使时车辆本身以及轮胎与路面间的相互作用产生的,它由发动机噪声、传动机件噪声、排气噪声、进气噪声、交通气流和轮胎一路面噪声等声源组成。研究表明,当行驶速度大于 50km/h 时,对于大、中型载货车,发动机的噪声大于轮胎与路面间相互作用的噪声,而对于小汽车和轻型车,则后者的噪声大于前者。

表 1-4 归纳了防治交通噪声的主要对策。从道路交通噪声测定评价的角度来看,第 2 项道路构造方面的对策、第 3 项交通流和第 4 项道路沿线方面的对策,都是以实际的公路交通流量作为对象,通过实测来求得统计量;而第 1 项单项限制则是测定、评价汽车单个行驶时的噪声水平。

防治交通噪声的主要对策

表 1-4

| 项 目       | 主 要 对 策                    |
|-----------|----------------------------|
| 1. 单项限制措施 | 限制由汽车产生的噪声,改善汽车性能和行驶状态     |
| 2. 道路构造措施 | 设置隔音墙、环境设施带、植树带,改善路面结构     |
| 3. 交通流措施  | 控制交通量、车辆种类和行驶速度,鼓励利用公共运输系统 |
| 4. 道路沿线措施 | 道路沿线整治,强化环境保护,住宅隔音措施       |

随着汽车设计和制造水平的改进和提高,由汽车本身产生的噪声已降到较低的水平,同时实践表明,靠改进汽车本身来降噪,其效果是十分有限的,仅可降低 1dB(A) 左右,而其研究费用巨大。因此,国际上普遍采用改善道路行车环境,提高轮胎与路面的噪声控制能力的方法降噪。控制轮胎一路面噪声主要有 3 个途径:一是种植降噪绿化林带;二是采用吸隔音技术,在路边建声屏障;三是从改进路面的结构形式、改善面层混合料的组成等方面入手谋求降低轮胎一路面噪声的技术措施,即低噪声沥青路面。

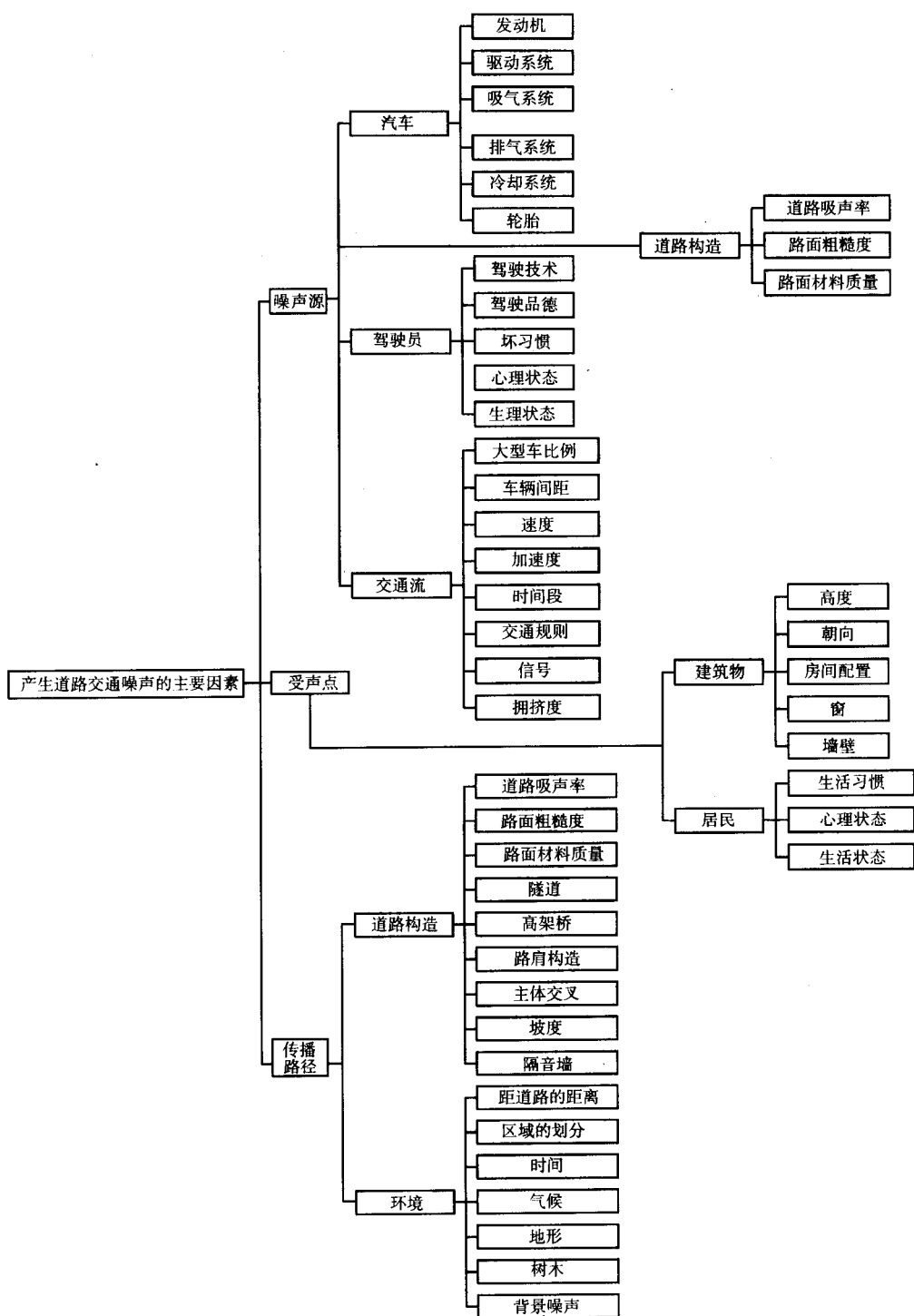


图 1-1 产生道路交通噪声的主要因素

### 1) 种植降噪绿化林带(图 1-2)

公路绿化有改善行车条件和美化景观的作用,可分为功能栽植与景观栽植两个方面。功能上的栽植如视线诱导栽植、指示性栽植、防眩栽植等;景观栽植是为了改善景观,创造优美的公路环境,可采用的方式有整形的栽植、自然风景栽植、群落栽植等。公路绿化的使用相当普遍,但对公路绿化减噪效果的研究相对较少。

树木及绿化植物形成的绿带,能有效降低噪声。在公路两侧植树绿化,是防治交通噪声的有效措施之一。选择合适树种、植株的密度、植被的宽度,可以达到吸纳声波,降低噪声的作用。同时绿化林带还可以起到吸收二氧化碳及有害气体、吸附微尘以及改善小气候,防止空气污染,截留公路排水、防眩和美化环境等作用。

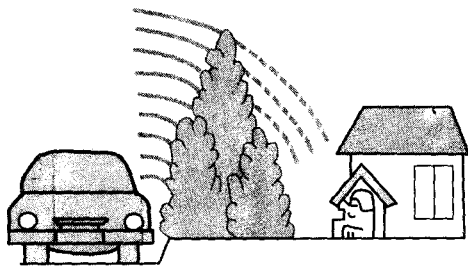


图 1-2 降噪绿化林带

据铁道部的资料显示,绿化林带的降噪效果可用下式表示:

$$\Delta l = \sum \log \frac{d + \sum_{m=1}^2 B_m + \sum_{m=1}^2 A_m}{d} + 1.52 + \beta \sum_{m=1}^2 B_m \quad (1-1)$$

式中:  $\Delta l$ ——绿化林带的降噪量(dB);

$d$ ——声源到绿化林带的距离(m);

$A_m$ ——林带行距(m);

$B_m$ ——栽植宽度(m);

$\beta$ ——单位吸声量。

式中,第1项:声源与接收断面因距离的增加而产生的声衰减;

第2项:两行组成的绿化林带正面反射降低的噪声;

第3项:单位吸声量为  $\beta$  时,树冠和灌木丛吸声引起的声衰减。

据有关研究资料表明,当绿化林带宽度大于 10m 时,可降低交通噪声 4 ~ 5dB。这是因为投射到植物叶片上的声能 74% 被反射到各个方向,26% 被叶片的微振所消耗。噪声的降低与林带的宽度、高度、位置、配置方式以及植物种类都有密切关系。

该方法的优点是:生态效益明显;局限性是:占地较多,早期降噪效果不显著。

### 2) 声屏障技术(图 1-3)

由于我国大部分高等级公路都经过经济发达、人口密度大的地区,公路交通噪声的污染问题越来越明显,因此,在某些路段,高等级公路的隔声墙已经成为人们阻断公路噪声源的一种极为有效的方法。

广义来讲,声屏障可以分为隔音墙和防噪堤。防噪堤一般用于路堑或有挖方地区,公路的土方不必运走直接用作防噪堤,在土堤上还可以种上植被形成景观,但我国华东地区高速公路多采用高路堤,不适合此类方式。声屏障的另一种方式为隔音墙,它又可分为吸声式和反射式两种,吸声式主要采用多孔吸声材料来降低噪声,陕西西三(西安—三原)一级公路,贵州贵黄(贵州—黄果树)一级汽车专用公路均有试验研究,据测试,降噪效果达 10dB(A);反射式声屏

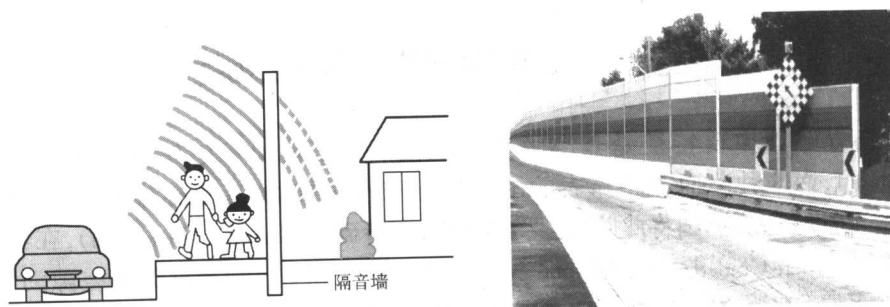


图 1-3 声屏障

障主要是对噪声声波的传播进行漫反射,使受保护区域噪声降低。

采用构筑声屏障的方式来降低公路交通噪声是目前应用比较广泛的降噪方式。声屏障降噪主要是通过声屏障材料对声波进行吸收、反射等一系列物理反应来降低噪声,据测试,采用声屏障降噪效果可达 10dB 以上。声屏障按其结构外形可分为:直壁式、圆弧式;按降噪方式可分为:吸收型、反射型、吸收—反射复合型;按其材质可分为:轻质复合材料、圬工材料等。由于声屏障的类型各异,所以在降噪效果、造价、景观方面各有特点。因此,在选用声屏障时,应根据受声点的敏感程度、当地的经济状况、自然环境来合理选择适用的声屏障类型。

该方法的优点是:节约土地(如日本,使用声屏障比较普遍),降噪效果比较明显。局限性是:长距离的声屏障使行车有压抑及单调的感觉,而且造价较高,如使用透明材料,则易发生眩目和反光现象,另外,还要经常清洗。

### 3) 低噪声沥青路面(图 1-4)

对于中小型汽车,随着行驶速度的提高,轮胎噪声在汽车产生噪声中的比例越来越大,因此修筑降噪路面对于控制交通噪声具有重要的实际意义。所谓低噪声沥青路面,也称多空隙沥青路面,又称为透水(或排水)沥青路面。它是在普通的沥青路面或水泥混凝土路面结构层上铺筑一层具有很高空隙率的沥青混合料,其空隙率通常在 15%~25%之间,有的甚至高达 30%。国外研究资料表明,根据表面层厚度、使用时间、使用条件及养护状况的不同,与普通的沥青混凝土路面相比,此种路面可降低交通噪声 3~8dB。

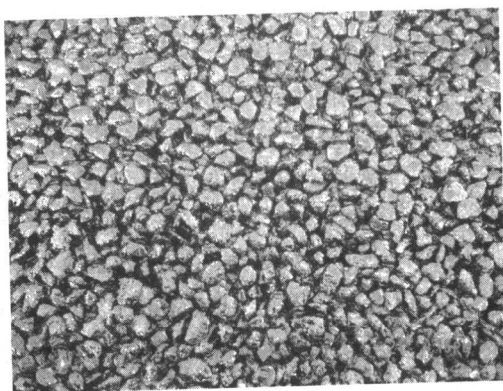


图 1-4 低噪声沥青路面

该方法的优点是:由于混合料空隙率高,不但能降低噪声,行驶舒适,还能提高排水性能,在雨天能提高行驶的安全性。局限性是:对集料、粘结料要求高,使用一段时间后,空隙易被堵塞。

由于低噪声沥青路面的独特功效,目前普遍认为更多地推广修筑低噪声沥青路面以减弱噪声是一种有效的环保途径。

## 第二节 低噪声沥青路面的特点

低噪声沥青路面主要特征是其空隙率比较高(一般在 20% 左右)故又称多孔性路面(Porous Asphalt),而这种路面能将路表的水通过空隙及时排除,故也称排水性路面(Drainage Asphalt)或透水性路面。英国将此路面称为大空隙沥青碎石(Pervious Macadam),在美国,称作开级配磨耗层(Open-Graded Asphalt Friction Course,简称 OGFC),欧洲称为多空隙沥青(Porous Asphalt)或排水层(Drainage Course),日本则称为排水性路面(Drainage Pavement)。虽然称呼稍有不同,但指的均是采用大量单一尺寸集料之间断级配所构成的高空隙含量沥青混凝土。现在,低噪声沥青路面在许多发达国家已成为对噪声要求高的地段的公路,为提高行车安全及舒适性的优先选择。

低噪声沥青路面在欧、美、日等发达国家已发展多年,国内则仍尚在研究与试验路铺筑的起步阶段。低噪声沥青路面为提升驾乘人员的安全性与舒适性,采用大量单一尺寸集料,称为间断级配(Gap-Draded)或开级配(Open-Graded),粗料含量高达 70% ~ 85%,使空隙率达 20% 左右以达到降噪功能,而沥青混合料的强度则依靠颗粒间的石对石(Stone-on-Stone)接触,使粗集料产生互锁(Interlocking)作用,又因颗粒间空隙甚大,为使沥青有足够膜厚包裹集料以增加耐久性,而沥青能具有足够劲度又不会产生流淌(Draindown)现象,多采用粘度较高的地沥青或改性沥青,有时也添加纤维(Fiber)或石灰。

国外文献指出,铺设低噪声沥青路面主要目的是为提高驾乘人员的安全性及舒适性。它具有下述特点:

### 1. 良好的降噪效果

行车噪声是由轮胎与路面间空气的抽空与压缩,轮胎在路面上的振动产生的。低噪声沥青路面在很大程度上消除了空气的抽空与压缩,因此起到了降低噪声的作用。

由于各国测量噪声的方法不同,所以得出的多孔沥青路面降低噪声的结果也不一样。

奥地利测得低噪声沥青路面比水泥混凝土路面降低噪声至少 6 ~ 7dB。集料尺寸由 8mm 增至 11mm,噪声量增加 2dB,由 11mm 增至 16mm,噪声量又增加 2dB。这表明空隙率不是降低噪声的惟一因素。

比利时测得最大噪声的传统路面比最小噪声的低噪声沥青路面的噪声大 15dB。在雨天潮湿路面情况下,低噪声沥青路面增加噪声 1.5dB,而密实沥青路面增加噪声 4dB。

西班牙测得低噪声沥青通常降低噪声约 4dB,最有效的降低噪声范围是在大于 1500Hz 的高频区。

低噪声沥青路面产生的噪声随集料尺寸的增加而增加。由于空隙阻塞,噪声降低量随时间的增加而减小。

### 2. 透水性好

由于具有互通的空隙结构,空隙率达 15% ~ 25%,铺筑厚度为 4 ~ 5cm 的低噪声沥青路面结构存在大量有效空隙,所以雨天路面不积水。

因此,透水性是低噪声沥青路面又一重要的特性,但这一特性随时间的增加而减弱。这主要是由于空隙阻塞造成的。法国通过对试验路的观测发现:低噪声沥青路面经过 7 年后,空隙

阻塞较严重地段透水率由新建时的  $1\text{cm/s}$  降至  $0.25\text{cm/s}$ 。而在高速、重载、大交通量的公路上,空隙阻塞现象不十分严重。

防止空隙阻塞、延缓透水性衰减的措施如下:

- (1)选择合适的沥青结合料。
- (2)优化集料成分以实现耐久性和多孔性。
- (3)空隙率大于 20%,且集料尺寸大于  $11\text{mm}$ 。
- (4)保证较大的宏观纹理。
- (5)采用耐磨集料。
- (6)在低交通量道路上不使用多孔沥青路面。
- (7)定期清洗空隙。
- (8)层厚宜在  $50\text{mm}$  左右。

### 3. 抗滑性好

由于表面粗糙度大,不仅在干燥路面条件下,中、低车速时,其抗滑性与传统的密实沥青路面略高;高车速时,其抗滑性较高,而且,在潮湿路面条件下,大大提高了路面的抗滑性能。

新建的低噪声沥青路面其抗滑阻力比期望值低。只有当集料上的薄沥青层被磨耗掉后,抗滑阻力才会提高到正常水平。所以低噪声沥青路面的抗滑阻力在铺筑的第一年里逐渐增加,以后若干年轻微下降,5年后抗滑阻力保持在一个令人满意的水平。

低噪声沥青路面在雨天湿路面条件下,可改善高车速的抗滑阻力。在干燥路面条件下,在中、低车速时,低噪声沥青路面的抗滑阻力不比传统的密实沥青混凝土高。而在高车速时,低噪声沥青路面确有较高的抗滑阻力。

### 4. 安全性高

由于路面无积水,可提高轮胎与路面的附着力,防止水漂事故的发生,而且可减少溅水和喷雾,提高雨天行车的能见度。另一方面,由于表面粗糙,易于形成漫反射,在白天可以防止阳光耀眼,在夜晚则能减缓对向车灯的眩目。

但由于低噪声沥青路面改善了行车条件,且车内噪声较低,会使驾驶员提高车速,从而又形成了新的不安全因素。从一些国家的统计资料来看,普遍反映低噪声沥青路面最终是否能提高交通安全性还有待进一步的调查论证。

### 5. 强度和耐久性好

由于低噪声沥青仅用于路面面层,结构强度不成问题。每年的车辙增加深度一般不超过  $0.5\text{mm}$ ,低噪声沥青路面的典型破坏是脱层。

对于重载、大交通量的道路,低噪声沥青路面的耐久性优于传统的密实沥青路面。

西班牙的研究表明,只要设计方法得当,结构强度不成问题,低噪声沥青路面每年的车辙增加深度一般不超过  $0.5\text{mm}$ ;耐久性方面,对于一般交通量道路,使用年限在 10 年以上,对于重交通量道路,其使用年限在 8 年以上。

低噪声沥青路面为发挥良好的降噪和排水功能,使雨水不致渗透而软化路基,其功能层下应有一不透水层(一般采用密级配沥青混合料),并应有良好坡度及平整度以利迅速排水,但空隙率及减噪能力会随时间因车辆碾压及灰尘或石屑堵塞而降低,另外,若粘层设计及施工不当,也可能造成排水层与不透水层之结合面剥脱及松散。图 1-5 为低噪声沥青路面排水设计示例。



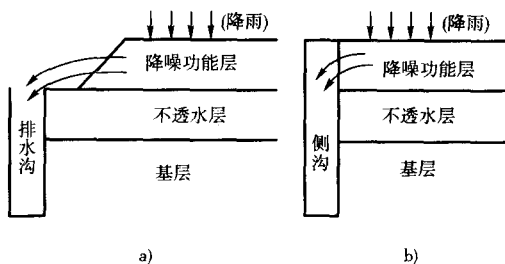


图 1-5 低噪声沥青路面排水设计示例  
a)路肩排水形式;b)侧沟排水形式

### 第三节 低噪声沥青路面在国内外的应用

低噪声沥青路面起源于欧洲,1960年,前联邦德国首次兴建此种路面,美国在20世纪50年代已有许多州使用开级配,以改善表面积水;欧洲的西班牙、英国、法国、荷兰、瑞士、比利时等国在20世纪70年代开始使用。法国是推广使用低噪声路面最快的国家之一,目前总计已铺设了2000万 $\text{m}^2$ 的低噪声路面,而且还以每年400万 $\text{m}^2$ 的速度递增。比利时1981年就修筑了300万 $\text{m}^2$ 。奥地利已有650万 $\text{m}^2$ ,并计划将这种路面应用于城区。荷兰每年铺设这路面250万 $\text{m}^2$ ,而且计划到2010年,所有的主要道路都铺设成低噪声路面。尽管意大利和西班牙最近才开始铺设这种路面,但发展很快,如西班牙1991年全年修筑了400万 $\text{m}^2$ ,1993年全年修筑了800万 $\text{m}^2$ 。美国的许多州(如俄勒冈、马里兰、佛罗里达、佐治亚、得克萨斯等)也开始指定在道路上铺设这种路面。日本则在20世纪80年代开始发展。中国台湾在建造中山高速公路时开始使用。中国大陆于2002年在西安—咸阳机场高速公路上开始大面积使用。

#### 一、国内、外相关研究

##### 1. 国内相关研究

近年来,我国在低噪声沥青路面的研究中,取得了一定的成果。长安大学张玉芬教授利用驻波管测定了沥青路面不同空隙率、级配和厚度的吸声系数,得出以下结论:①空隙率在16%~24%之间对频率在250~1000Hz的中频声,即交通噪声的主要频率范围,具有最大的吸声系数,因此建议低噪声沥青路面的空隙率控制在20%左右;②在沥青空隙率相同的情况下,石料的粒径较大的混合料易生成吸声效果较好的表面与内部、内部相互之间连通的空隙;③吸声系数随混合料的厚度增大而增大,且吸声系数的峰值向低频方向偏移,由于交通噪声以中频为主,综合考虑技术和经济上的合理性,多空穴低噪声沥青路面的面层厚度取4~5cm是适宜的。

同济大学吕伟民和王佐民教授通过对轮胎/路面噪声形成机理、低噪声沥青路面的吸声性能、路面对单极子声源的影响机理等低噪声沥青路面声学性能的研究,以及对此种路面结构的空隙特性、排水性能的研究,指出低噪声沥青路面的优良性能。为了验证此种路面的降噪和透水性能以及施工情况,1996年8月在杭(州)金(华)线K18+200~K18+375处铺筑了700 $\text{m}^2$ 的试验路面,后对该路段进行了噪声测量表明:与普通沥青路面相比,低噪声沥青路面可降低轮胎/路面噪声4.7~5.4dB,路面钻芯测量垂直入射吸声系数的峰值对应的频率在630~800Hz附近,与车辆行驶噪声的峰值频率基本一致,证明了此路面厚度以40mm为宜。通过对试验路