

公路设计手册

# 路面

(第二版)

姚祖康 主编

人民交通出版社

U412  
Y-912.2  
1

公路设计手册

**Lumian**

# 路面

(第二版)

姚祖康 主编

人民交通出版社

图书在版编目 ( C I P ) 数据

公路设计手册:路面/姚祖康主编.-2版.-北京:人民交通出版社, 1999  
ISBN 7-114-03304-4

I . 公… II . 姚… III . ①公路-设计-技术手册②路面-设计-技术手册 IV . U412.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 1999 ) 第 08601 号

公路设计手册  
路面  
(第二版)

姚祖康 主编

责任印制: 孙树田 版式设计: 刘晓方 责任校对: 张捷

人民交通出版社出版发行

( 100013 北京和平里东街 10 号 )

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 558 千

1993 年 6 月 第 1 版

1999 年 7 月 第 2 版

1999 年 7 月 第 2 版 第 1 次印刷

印数: 0001 — 7000 册 定价: 46.00 元

ISBN 7-114-03304-4

U · 02360



## 第二版前言

《公路设计手册——路面》第一版自 1993 年问世以来,我国的公路建设迅猛发展,高等级公路和高级路面的比重迅速增长,短短几年内积累了丰富的路面工程设计、施工和养护经验,技术水平有了很大的提高。在此期间,交通部发布了新修订的《公路工程技术标准》(JTJ001-97)、《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012-94)和《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014-97)。为反映这一进展,以适应路面设计的需要,按新修订设计规范所采用的设计方法和参数,对第一版进行了修订。

手册第二版维持第一版的篇章编排体系,但对大部分内容作了补充和修改。第一篇介绍路面设计系统的基本概念和设计原理,作为设计人员必须掌握的基础知识和参阅其它篇章的引导。该篇第四章结合我国 90 年代路面结构设计可靠性研究的最新成果,对相关内容作了修改。第二篇汇集了进行路面设计所需的各种参数,包括交通、环境、土基和路面材料诸方面的概念、特性、确定方法和数值范围,其中对路面材料参数结合新规范作了补充。第三篇介绍路面结构分析的各种计算方法、公式和图表,包括弹性半空间体、弹性层状体系和弹性地基板模型三种力学模型。第二版对前两种力学模型的有关公式作了删减,而对弹性地基板模型的计算方法和公式则结合新设计规范的要求作了补充。第四篇阐述新建路面设计方法,既介绍我国新修订的沥青路面和水泥混凝土路面设计规范,也介绍国外具有代表性的经验法(美国 AASHTO 法)和力学-经验法(Shell 法和 PCA 法),并且增加了对于改善和提高路面使用性能有重要作用的路面内部排水设计和表面特性设计两部分。第五篇重点介绍现有路面使用性能调查和评定方法以及各种加铺层结构的设计方法,第二版在内容和编排上较第一版有较大的改动。结构和材料是路面设计不可分割的两个方面,各种路面混合料的组成设计方法汇集于第六篇,其中增添了一些新型的沥青混合料[多孔沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石(SMA)、优质路面(Superpave)沥青混合料]和水泥混凝土(碾压混凝土、钢纤维混凝土)的组成设计方法。一些常用的路面材料试验方法则汇总于手册附录中。

手册第二版第三篇的第一章和第二章以及第四篇的第三章和第四章由许志鸿撰写,第四篇的第一和第二章由杨孟余撰写,第六篇及附录由郭忠印撰写,其余篇章由姚祖康撰写。

鉴于编写者的水平,文中定有不少疏漏之处,恳请读者批评指正。

姚祖康

1998 年 9 月

## 内 容 提 要

本手册是根据中华人民共和国交通部最新颁布的有关公路工程技术标准、规范,并结合我国近几年来公路路面设计中的新经验,在第一版基础上进行补充修订完成的。

本手册内容包括:路面设计概念和原理、路面设计参数、结构分析方法、新建路面设计、路面状况评定和加铺层设计、材料组成设计,共六篇二十一章及十一个附录。

本手册系统性、实用性较强,资料全,图表多,查用方便,为道路工程技术人员必备的工具书,也可供有关院校道路工程专业师生和研究人员参考使用。

# 目 录

## 第一篇 路面设计概念和原理

|                  |    |
|------------------|----|
| 第一章 路面结构组成       | 1  |
| 第一节 行车道路面类型和结构层次 | 1  |
| 第二节 路肩类型和结构层次    | 2  |
| 第三节 路面排水         | 3  |
| 第二章 路面使用性能与路面设计  | 4  |
| 第一节 路面使用性能       | 4  |
| 第二节 路面设计的任务和内容   | 7  |
| 第三节 结构设计方法和过程    | 8  |
| 第三章 设计方案的经济评价    | 10 |
| 第一节 费用组成         | 10 |
| 第二节 经济评价方法       | 11 |
| 第四章 结构可靠性分析      | 13 |
| 第一节 可靠度定义和分析模型   | 13 |
| 第二节 极限状态函数的方差组成  | 16 |
| 第三节 目标可靠度        | 17 |
| 参考文献             | 18 |

## 第二篇 路面设计参数

|                  |    |
|------------------|----|
| 第一章 交通           | 19 |
| 第一节 车辆荷载的特性      | 19 |
| 第二节 交通分析         | 23 |
| 第二章 环境           | 25 |
| 第一节 公路自然区划       | 25 |
| 第二节 路面温度状况       | 32 |
| 第三章 土基           | 36 |
| 第一节 路基土分类        | 36 |
| 第二节 土基干湿类型和压实度   | 39 |
| 第三节 路基土回弹模量      | 41 |
| 第四节 路基反应模量和加州承载比 | 45 |
| 第四章 路面材料         | 46 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一节 应力 - 应变特性 ..... | 46 |
| 第二节 强度特性 .....      | 54 |
| 第三节 疲劳特性 .....      | 59 |
| 第四节 材料参数的变异性 .....  | 61 |
| 第五节 其它材料特性 .....    | 62 |
| 参考文献 .....          | 63 |

## 第三篇 结构分析方法

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一章 弹性半空间体 .....                  | 67  |
| 第一节 集中力作用下的应力与位移——布辛氏课题及其推广 ..... | 67  |
| 第二节 圆形均布荷载作用下的应力与位移 .....         | 68  |
| 第二章 弹性多层体系 .....                  | 73  |
| 第一节 一般表达式 .....                   | 73  |
| 第二节 双层体系 .....                    | 76  |
| 第三节 三层体系 .....                    | 81  |
| 第四节 多层体系位移的近似表达式 .....            | 86  |
| 第三章 弹性地基板 .....                   | 88  |
| 第一节 荷载应力分析 .....                  | 88  |
| 第二节 温度应力分析 .....                  | 112 |
| 参考文献 .....                        | 120 |

## 第四篇 新建路面设计

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第一章 沥青路面设计 .....               | 122 |
| 第一节 结构组合设计 .....               | 122 |
| 第二节 我国公路沥青路面厚度设计方法 .....       | 138 |
| 第三节 美国 AASHTO 沥青路面厚度设计方法 ..... | 150 |
| 第四节 SHELL 沥青路面厚度设计方法 .....     | 156 |
| 第二章 水泥混凝土路面设计 .....            | 159 |
| 第一节 结构组合设计 .....               | 159 |
| 第二节 接缝构造设计 .....               | 167 |
| 第三节 配筋设计 .....                 | 172 |
| 第四节 我国水泥混凝土路面厚度设计方法 .....      | 176 |
| 第五节 美国 PCA 水泥混凝土路面厚度设计方法 ..... | 183 |
| 第六节 美国 AASHTO 厚度设计方法 .....     | 190 |
| 第三章 路面内部排水 .....               | 196 |
| 第一节 内部排水系统布置方案 .....           | 196 |
| 第二节 组成材料 .....                 | 200 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第三节 排水系统设计 .....           | 204 |
| <b>第四章 路面表面特性和设计</b> ..... | 209 |
| 第一节 路面表面特性 .....           | 209 |
| 第二节 路面抗滑措施设计 .....         | 214 |
| 第三节 降低滚动噪音措施设计 .....       | 217 |
| 参考文献 .....                 | 219 |

## 第五篇 路面状况评定和加铺层设计

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>第一章 路面状况评定</b> .....        | 221 |
| 第一节 调查内容和路段划分 .....            | 221 |
| 第二节 路面损坏状况调查和评定 .....          | 223 |
| 第三节 路面结构承载能力评定 .....           | 227 |
| 第四节 平整度测定 .....                | 234 |
| 第五节 抗滑能力测定 .....               | 238 |
| <b>第二章 加铺层设计</b> .....         | 239 |
| 第一节 旧柔性路面上的加铺层设计 .....         | 239 |
| 第二节 旧水泥混凝土路面上的水泥混凝土加铺层设计 ..... | 242 |
| 第三节 旧水泥混凝土路面上的沥青加铺层设计 .....    | 246 |
| 参考文献 .....                     | 251 |

## 第六篇 材料组成设计

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>第一章 矿质集料组成设计</b> .....             | 252 |
| 第一节 集料级配与理论计算式 .....                  | 252 |
| 第二节 集料组成设计 .....                      | 253 |
| <b>第二章 沥青混合料组成设计</b> .....            | 257 |
| 第一节 沥青混合料组成参数 .....                   | 257 |
| 第二节 沥青混合料的类别与材料组成 .....               | 260 |
| 第三节 沥青混合料组成设计(马歇尔法) .....             | 271 |
| 第四节 多孔沥青混凝土组成设计(OGFC) .....           | 278 |
| 第五节 沥青玛蹄脂碎石(SMA)混合料组成设计 .....         | 283 |
| 第六节 优质路面(Superpaver)沥青混合料组成设计方法 ..... | 286 |
| <b>第三章 水泥混凝土组成设计方法</b> .....          | 298 |
| 第一节 路用水泥混凝土的主要类别和组成材料 .....           | 299 |
| 第二节 普通水泥混凝土配合比设计 .....                | 302 |
| 第三节 碾压式水泥混凝土配合比设计 .....               | 308 |
| 第四节 钢纤维混凝土组成设计 .....                  | 313 |
| <b>第四章 稳定类材料组成设计</b> .....            | 315 |



|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一节 稳定类材料的种类及组成材料 .....           | 315 |
| 第二节 稳定类材料组成设计 .....               | 319 |
| 参考文献 .....                        | 322 |
| 附录一 土基回弹模量测试(承载板法) .....          | 323 |
| 附录二 承载比(CBR)试验 .....              | 325 |
| 附录三 无机结合料稳定土的击实试验 .....           | 328 |
| 附录四 无机结合料稳定土的无侧限抗压强度试验 .....      | 332 |
| 附录五 无机结合料稳定土的间接抗拉强度试验(劈裂试验) ..... | 334 |
| 附录六 沥青混合料马歇尔稳定度试验 .....           | 336 |
| 附录七 沥青混合料回弹模量间接拉伸试验 .....         | 338 |
| 附录八 沥青混合料弯曲试验 .....               | 340 |
| 附录九 沥青混合料车辙试验 .....               | 343 |
| 附录十 水泥混凝土劈裂抗拉强度试验 .....           | 345 |
| 附录十一 水泥混凝土弯拉强度及弯拉弹性模量试验 .....     | 347 |

# 第一篇 路面设计概念和原理

## 第一章 路面结构组成

路面结构由图 1-1-1 中所示的各个部分组成。图中,左半侧为沥青路面,右半侧为水泥混凝土路面。

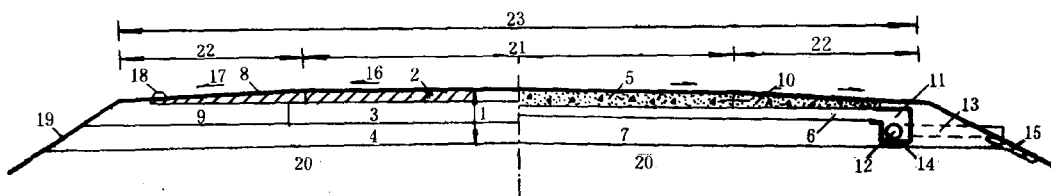


图 1-1-1 路面结构组成横断面

1-路面结构;2-行车道沥青面层;3-基层;4-垫层;5-行车道水泥混凝土面层;6-排水基层;7-不透水垫层;8-路肩沥青面层;9-路肩基层;10-路肩水泥混凝土面层;11-集水沟;12-纵向排水管;13-横向出水管;14-反滤织物;15-坡面冲刷防护;16-行车道横坡;17-路肩横坡;18-拦水带;19-路基边坡;20-路基;21-行车道宽度;22-路肩宽度;23-路基宽度

### 第一节 行车道路面类型和结构层次

按面层所用材料的不同,路面可分为沥青路面、水泥混凝土路面、块料路面、粒料路面和复合式路面五类。

各类路面的结构可分为面层、基层和垫层三个主要层次。

面层是直接承受行车荷载作用及大气降水和温度变化影响的路面结构层次,并为车辆提供行驶表面,直接影响行车的舒适、安全性和经济性,给周围环境带来一定程度的不良影响。因此,面层应具有足够的结构强度和稳定性、良好的表面特性。面层由一层或多层组成;其上层可为磨耗层或多孔层,其下层可为整平层或联结层。

基层主要起承重作用,应具有足够的强度。基层厚度大时,可分设两层,分别称为上基层(或基层)和底基层,并选用不同强度(或质量)要求的材料。

在路基土质较差、水温状况不良时,宜在基层之下设置垫层,起排水、防冻胀、扩散应力等作用。基层为排水层时,垫层应采用密级配材料,并能起反滤层作用。

各类路面各结构层次可选用的组成材料如表 1-1-1 所示。

路面类型、结构层次和组成材料的选择,依据道路等级、交通繁重程度、路基承载能力、当地材料供应情况、气候条件(气温、降水和冰冻等)、施工考虑(设备、工艺、分期修建、施工期限和经验等)、寿命周期费用分析、资金筹措等因素,综合考虑和分析后作出决定。

各类路面各结构层可选用的组成材料

表 1-1-1

| 结构层次 | 路 面 类 型                                                   |                                                        |                                     |                      |                           |
|------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------------|
|      | 沥青路面                                                      | 水泥混凝土路面                                                | 复合式路面                               | 块料路面                 | 粒料路面                      |
| 面层   | 沥青混合料<br>沥青表面处治<br>沥青贯入碎石                                 | 普通混凝土<br>钢筋混凝土<br>连续配筋混凝土<br>钢纤维混凝土<br>预应力混凝土<br>碾压混凝土 | 连续配筋混凝土<br>+ 沥青混凝土<br>碾压混凝土 + 沥青混凝土 | 嵌锁式混凝土块料<br>整齐或半整齐块石 | 级配碎石或砾石<br>泥灰结碎石<br>粒料改善土 |
| 基层   | 水泥或石灰-粉煤灰稳定碎石或砾石粒料<br>贫水泥混凝土<br>沥青碎石、沥青贯入碎石<br>水结碎石、泥灰结碎石 |                                                        |                                     |                      | 石灰、水泥或石灰-粉煤灰稳定土<br>砂砾     |
| 垫层   | 水泥、石灰或石灰-粉煤灰稳定土<br>碎石、砂或砂砾                                |                                                        |                                     |                      | —                         |

## 第二节 路肩类型和结构层次

路肩设在行车道两侧,供车辆临时或紧急停靠,或者在路面大、中修期间,作为临时车道供车辆行驶。

按面层所用材料的不同,路肩结构可分为沥青路肩、水泥混凝土路肩和粒料或土路肩三类。前两类路肩结构设面层和基层两个层次。

路肩铺面结构应具有一定的承载能力,并应同行车道路面作为一个整体进行结构设计,协调结构层次和组成材料的选用,统一考虑路面和路肩结构的内部排水,提供路面和路肩结构交界面处的良好衔接。

路肩铺面结构的横断面,除图 1-1-1 中所示外,还可参照图 1-1-2 中所示的型式布置。行车道路面结构的垫层通常按路基全宽铺筑。垫层选用优质材料并透水(细料含量少)时,此垫层材料也可用作路肩铺面的基层。垫层选用非优质材料或者不透水(密级配)时,路肩铺面的面层下应设置透水性基层。行车道路面结构的基层如也按路基全宽铺筑,路肩铺面的面层可以采用与行车道面层相同的厚度,或者采用较薄的面层,并设置透水性基层。

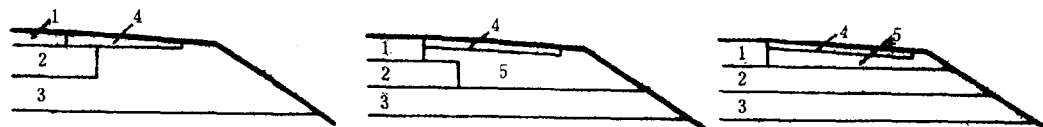


图 1-1-2 路肩铺面结构横断面型式

1-面层;2-基层;3-垫层;4-路肩面层;5-路肩基层(透水性粒料)

### 第三节 路面排水

通过裂缝、接缝或面层材料孔隙渗入,或者由地下水位毛细上升进入路面结构内的自由水,会降低路基土、路面结构层材料的强度,导致唧泥、错台、断裂(水泥混凝土路面)或者剥落、松散、开裂、唧泥、坑槽(沥青路面)等病害出现。因此,路面排水对于保证路面使用性能和使用寿命起着重要作用,是路面设计时应予充分考虑的一项重要内容。

路面排水设计包括表面排水和内部排水两部分。

降落在行车道和路肩表面的雨水,首先通过横坡向路基两侧排流。在路线纵坡平缓、汇水量不大、路堤较低且坡面不会受到冲刷的情况下,可采用通过路堤坡面横向漫流的方式排除这部分表面水。在路堤较高、边坡坡面未做防护而易遭受表面水冲刷,或者坡面虽已采取防护措施但仍有可能遭受冲刷时,应沿路肩外侧边缘设置拦水带,汇集路面表面水,然后通过间隔一定距离设置的泄水口和急流槽排离路堤。设拦水带时,在设计降雨重现期内,其过水断面的水面,在高速及一级公路上不得漫过右侧车道的外边缘,在二级及二级以下公路上不得漫过右侧车道的中心线<sup>[4]</sup>。

为排除渗入并积滞在路面结构内的自由水,可沿路面边缘设置边缘排水系统,或者在路面结构内设置排水基层或垫层。边缘排水系统由透水性填料集水沟、带孔纵向排水管、横向出水管和反滤织物等组成(图 1-1-3),它使路面结构层层间空隙或透水层内的自由水,横向流入纵向集水沟和排水管,再由横向出水管排出路基。对于因排水状况不良而产生病害的旧路面,采用边缘排水设施方案,可以在不改变原路面结构的情况下改善其排水状况,从而提高原路面的使用性能和使用寿命。排水基层排水系统由直接设在面层下的透水性基层、边缘纵向集水沟和排水管、横向出水管及反滤织物等组成(图 1-1-1)。排水基层由多孔隙的水泥或沥青处治开级配碎石集料组成,厚度为 8cm~15cm。纵向集水沟可设在面层边缘外侧、路肩下或路肩边缘外侧,后者适用于混凝土路肩(图 1-1-1);集水沟中的填料采用与排水基层相同的透水性材料。采用排水基层时,渗入路面结构内的自由水,先竖向渗流进入排水层,而后通过横向渗流进入纵向集水沟和排水管,再由横向出水管排出路基。这种排水系统的排水效果,由于自由水进入排水层的路径短,渗流速率快,要比边缘排水系统好得多。为防止排水基层内的自由水继续下渗,或者下卧层内的细粒上移而堵塞排水层,应在排水层下设置不透水的垫层(密级配材料组成),或者采用反滤层或反滤织物。

为拦截地下水、滞水或泉水进入路面结构,或者排除因负温差作用而积滞在路基上层的自由水,可直接在路基顶面设置透水性材料(如砂或砂砾)组成的排水垫层,并酌情配置纵向集水沟和集水管以及横向出水管等。

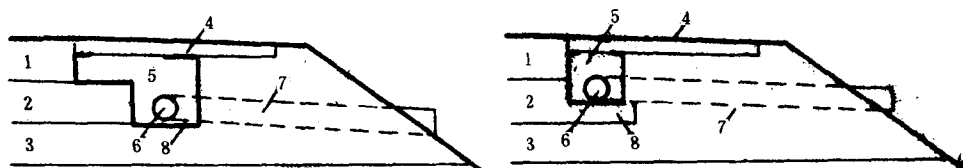


图 1-1-3 边缘排水系统

1-面层;2-基层;3-垫层;4-路肩面层;5-纵向集水沟;6-纵向排水管;7-横向出水管;8-反滤织物

## 第二章 路面使用性能与路面设计

### 第一节 路面使用性能

路面使用性能包括功能性能和结构性能两方面。前者主要表现为行驶舒适、行车安全、运行经济以及对环境的不良影响等;而后者则为路面的损坏状况和结构的承载能力。

#### 一、功能性能

##### 1. 行驶舒适性

车辆在路面上行驶的舒适性与路面表面的不平整程度、车辆悬挂系统的振动特性以及乘客对振动的反应和接受能力三方面因素有关。从路面的角度看,影响行驶舒适性的主要是路面的平整度。

路面平整度可定义为路面表面诱使行驶车辆出现振动的高程变化(其纵向起伏的波长范围约为  $0.5\text{m} \sim 50\text{m}$ ),它可用仪器进行量测。而乘客对振动的感受和接受能力则带有主观性,往往采用小组评分的方法进行主观评定。

路面使用初期的平整度与施工技术水平(工艺和设备)、施工质量控制、面层构造(如接缝)和材料(如粗集料粒径)等因素有关。而在使用期间,随着车辆荷载的反复作用、周围环境周期变化的影响以及路面龄期的增加,路面的平整度会随各种路面病害的出现而逐渐下降[图 1-2-1(a)]。当平整度(也即行驶舒适性)下降到某一预定的限值时,路面便不能满足基本功能的要求,而需采取适当的改建措施以恢复其功能。行驶舒适性的限值标准,在很大程度上依据道路等级、交通量和资金条件等确定。

##### 2. 行车安全性

路面在行车安全方面的功能性能包括抗滑(摩阻和漂滑)、溅水和喷雾、夜间亮度或反光性等。

车辆低速行驶( $30\text{km/h} \sim 50\text{km/h}$ )时,路表面的细构造为轮胎胎面提供粘着力。高速行驶时,胎面下的路表面水来不及排除,而在胎面与路表面间形成水膜,使轮胎在水面上漂滑。因而,对于高速行驶的路表面需设置粗构造以迅速排除路表水,使胎面与路表面的细构造相接触而提供足够的抗滑能力。车辙的出现,不利于路表水的排除。在车辙深度超过  $10\text{mm} \sim 13\text{mm}$  时,也会使高速行驶的车辆出现漂滑。

路表面的细构造和粗构造,可以采用不同的仪器进行测定,以摩阻系数(滑移数 SN 或侧向力系数 SFC)和平均构造深度等指标表征。随着行驶车轮的不断磨耗作用,路表面细构造和粗构造的抗滑能力会逐渐下降[图 1-2-1(b)]。当抗滑能力指标下降到危及行车安全的水平时,便需采取措施以恢复其抗滑功能。

路面表面水在高速行驶车轮的滚压下,会向两侧和后方喷溅,影响后随车辆的视线,并可能危及行车安全。路表面的粗构造可加速路表水的排除,也可相应减轻溅水和喷雾现象,从而保障行车安全。

### 3. 运行经济性

车辆在路上行驶的运行费用主要包括燃油、轮胎、车辆维修配件和工时等消耗。道路线型(平面、纵断面和横断面)和交通状况对于车辆的运行费用有较大的影响,而路面的表面状况,如粗构造、宏构造和不平整等,也影响到车辆的运行费用。因而,车辆运行的经济性与路面的平整度有关。

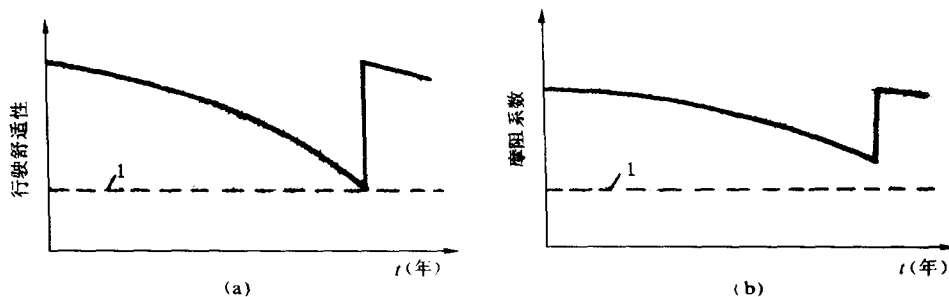


图 1-2-1 路面功能性能随时间的变化

(a)平整度;(b)抗滑能力

1-最低可接受水平

### 4. 对环境的不良影响

道路交通噪声是环境噪声污染的最主要来源。随着交通的增长,降低交通噪声对人们工作、生活以及生理和心理健康的不良影响,成为公众日益关注的问题。交通噪声产生于以车辆发动机为主的动力系统以及轮胎与路表面间的滚动接触。滚动接触噪声一方面来源于车辆驶过时轮胎前沿和后缘的空气压力差产生的涡流所引起的空气泵吸作用,另一方面则产生于轮胎胎面花纹与不规则路表面间的相互撞击。降低噪声应从汽车、轮胎和路面表面三方面着手。而在路面表面方面,影响轮胎-路表面噪声产生的主要因素为表面构造及其声阻抗(或声吸收)。

孔隙率低于8%的密实路表面,可高度反射噪声,其声阻抗接近于无限大,因而这种路表面的噪声生成仅取决于其表面构造。波长处于  $1\text{mm} \sim 500\text{mm}$  范围内的表面构造(粗构造和宏构造)可以产生噪声。改进施工工艺和采用小粒径的集料,可以降低宏构造。

对于多孔隙的路表面,噪声不仅同表面构造有关,也与其声吸收性能有关,而且后者对路表面的声学性能更为重要。多孔表面的声吸收,主要取决于多孔层的孔隙率和厚度。孔隙率应尽可能高,一般要求大于20%,最好达到25%以上,以高度吸收宽频带的噪声。薄多孔层宜于吸收高频噪声,而厚多孔层则吸收低频噪声较为有效。

## 二、结构性能

### 1. 损坏状况

路面结构的损坏状况,反映路面结构在行车荷载和自然因素作用下保持其结构完整性或完好的程度。

路面在使用过程中出现的各种损坏可归纳为以下四大类(表 1-2-1):

- (1)裂缝或断裂类——路面结构的整体性受到破坏。
- (2)永久变形类——路面结构虽仍保持完整,但其形状产生较大变化而影响使用性能。
- (3)表层损坏类——路面表层部分面积出现的局部缺陷。



(4)接缝损坏类——水泥混凝土路面接缝及其邻近范围出现的损坏。

路面损坏类型

表 1-2-1

| 类 别    | 沥 青 路 面                          | 水 泥 混 凝 土 路 面                            | 粒 料 路 面                               |
|--------|----------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| 裂缝或断裂类 | 纵向、横向裂缝<br>龟裂或网裂<br>块裂<br>反射裂缝   | 纵向、横向、斜向裂缝<br>角隅裂缝<br>交叉裂缝(碎裂)           | —                                     |
| 永久变形类  | 车辙<br>波浪(搓板)<br>沉陷<br>冻胀隆起<br>推移 | 沉陷<br>冻胀隆起                               | 波浪(搓板)<br>沉陷<br>冻胀隆起<br>车辙<br>平路拱或倒路拱 |
| 表层损坏类  | 泛油<br>松散<br>坑槽<br>磨损、露骨          | 纹裂、起皮<br>网裂(碱-硅反应)<br>坑洞<br>磨损、露骨        | 松散<br>坑槽                              |
| 接缝损坏类  | —                                | 唧泥、错台<br>接缝碎裂<br>填缝料失效或丧失<br>拱起<br>耐久性裂纹 | —                                     |

路面损坏状况用类型、严重程度和范围(或密度)三方面属性表征,并采用单项损坏类型指标或综合指标进行评定。路面损坏状况程度随时间而发展[图 1-2-2(a)],采用日常保养和维修措施可以延缓路面损坏的发展速度。路面结构出现损坏,会在不同程度上影响路面的平整度。当路面损坏状况恶化到某一预定水平时,便需采取改建措施以恢复其结构完整性和使用性能。

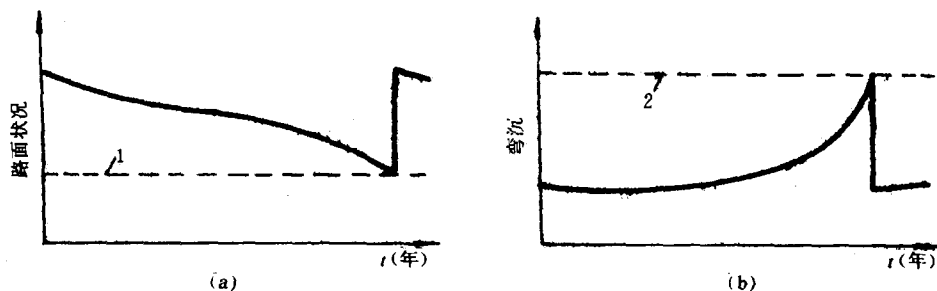


图 1-2-2 路面结构性能随时间的变化

(a)损坏状况;(b)承载能力

1-最低可接受水平;2-最大可接受水平

## 2. 结构承载能力

路面结构的承载能力,通常指路面在达到预定的损坏状况(水平)之前还能承受的行车荷

载作用次数,或者还能使用的年数。因而,路面在使用过程中,其承载能力随已经受的行车荷载作用次数或使用年数而逐渐下降[图 1-2-2(b)]。

结构承载能力同损坏状况存在着内在的关联,随着承载能力的下降,路面的损坏逐步出现和发展。承载能力低的路面结构,其损坏迅速发展,而在承载能力接近临界或极限状态时,路面的损坏达到严重危及其使用性能的程度,必须采取改建或重建措施以满足行车要求。

通常采用无破损试验(如路表弯沉测定)和破损试验(钻取芯样测定各结构层的厚度和材料力学性质)评定路面结构的承载能力(剩余寿命)。依据评定结果,可以分析结构损坏程度及其发展,并判断是否需要采用改建(加铺层)措施。

## 第二节 路面设计的任务和内容

### 一、设计任务

路面设计的任务是以最低的寿命周期费用提供一种路面结构,它在设计使用期内能按目标可靠度满足预定的使用性能要求。同时,这种路面结构所需的材料、施工技术和资金,符合当地所能提供的条件和经验。

路面设计使用期是指新建或改建的路面从开始使用到其使用性能退化到预定的最低标准时的时段。设计使用期以年数或该时段内标准轴载累计作用次数表示。到设计使用期末,路面并非损坏到完全无法使用的程度,而是必需采取重大的改建措施以恢复其使用性能,使之达到与使用要求相适应的水平。

设计使用期的选择,涉及技术的合理性和可能性、投资的效益和使用者的费用,可依据路面类型、交通繁重程度、道路等级、资金供应等条件确定。

### 二、设计内容

路面设计的内容包括结构、构造、材料和表面特性等方面,或者分为以下六部分:

(1)行车道路面与路肩铺面的类型选择和结构层组合设计——依据道路等级、当地环境、交通要求、路基支承条件、材料供应、施工和养护技术水平、资金来源等情况,选择路面和铺面类型,设计符合使用性能要求的路面和铺面结构的结构层组合方案。

(2)水泥混凝土路面面层的接缝构造和配筋设计——选择和布设接缝的类型和位置,设计接缝构造,确定配筋量和布置钢筋。

(3)路面内部排水设计——需设置路面内部排水设施时,选择排水系统的布设方案,确定各项排水设施的构造尺寸和材料规格要求。

(4)各结构层材料组成设计——依据对所选材料和混合料的性状要求以及当地自然条件,进行各结构层混合料的组成设计和性质试验。

(5)路面表面特性设计——按抗滑、透水或低噪声等使用要求,进行路面上面层的材料组成设计。

(6)经济评价和最终方案选择——对各备选方案进行寿命周期费用分析,依据资金筹措情况、目标可靠度以及其它非经济因素,选择费用-效果最佳设计方案。

## 第三节 结构设计方法和过程

### 一、结构设计方法

路面结构设计方法可分为经验-力学法和力学-经验法两大类。

#### 1. 经验-力学法

通过试验路的行车荷载试验和观测,采集大量路面结构、轴载和作用次数以及路面使用性能指标的数据,经统计分析和整理后,建立使用性能指标同路面结构和荷载参数间的经验关系式。同时,进行试验路面结构的力学分析,建立力学指标同荷载参数和使用性能指标间的关系式。组合这两方面关系式而建立的设计模型,可用以预估不同路面结构的使用性能指标随标准轴载作用次数的变化,从而可按预定的使用性能要求估计路面的使用寿命,或者确定所需的路面结构尺寸。

本手册介绍的美国各州公路和运输官员协会(AASHTO)路面结构设计方法,就属于这类设计方法。

#### 2. 力学-经验法

这类方法首先将路面结构模型化(简化为理想的结构图式或力学模型),并将行车荷载和环境因素的作用典型化(转化为代表值或等效当量值),采用结构分析理论(弹性层状体系理论或弹性地基板理论等)和计算方法(解析法或有限元法等),建立起荷载和环境作用与路面结构的应力和位移反应之间的计算模型和公式,作为分析各结构设计变量对使用性能指标影响程度的手段,检验是否达到或超过预定使用性能指标的工具。所选用的使用性能指标(设计标准),往往是可以用力学指标表征的结构性能,如应力、应变、弯沉等。而设计标准和各项设计参数的选取,都需通过试验标定和使用经验的验证或修正。

我国的沥青路面和水泥混凝土路面结构设计方法,都属于力学-经验类设计方法。本手册介绍的壳牌(SHELL)沥青路面设计方法和美国波特兰水泥协会(PCA)混凝土路面设计方法,也属于这类方法。

### 二、结构设计过程

路面结构设计的过程,可大致按下述步骤进行:

(1)采集数据——包括交通(如交通量、轴载组成、年平均增长率等),环境(道路气候区、月平均气温、最大温度梯度等),材料(料场位置、材料品质、供应条件等),地质和水文(岩质和土质、地下水位等),经济(概预算定额、资金来源等),当地技术和设备条件,路面使用经验等;进行路面改建设计时,还应调查和收集有关现有路面使用状况的数据。

(2)初拟路面类型和结构层组合方案——包括行车道和路肩的面层类型、各结构层类型和组合、材料组成和结构层大致厚度;采用路面内部排水设施时,还包括排水系统的布设方案、各项排水设施的构造和大致尺寸;对于水泥混凝土路面,结构方案包括面层板的平面尺寸及接缝布置和构造。

(3)各结构层混合料组成设计和相应的力学性质试验。

(4)选择确定有关设计参数——如分析期,目标可靠度,荷载、环境和材料方面的有关参数。