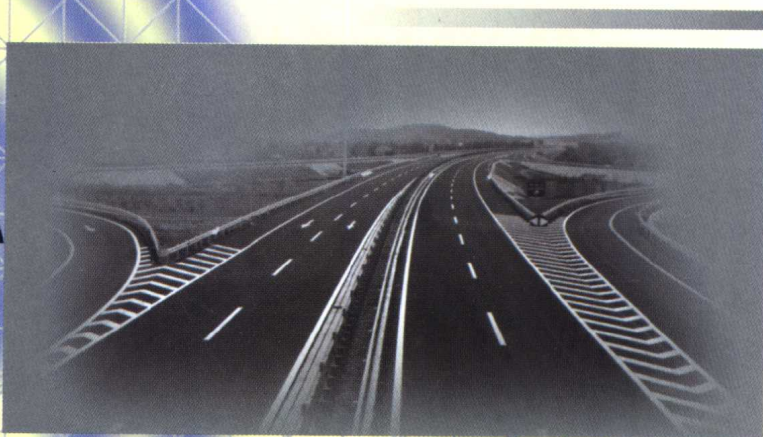




郭忠印 李立寒 主编

# 沥青路面 施工与养护技术



人民交通出版社

China Communications Press

郭忠印 李立寒 主编

# 沥青路面 施工与养护技术



人民交通出版社

China Communications Press

## 内 容 提 要

本书主要介绍沥青路面的施工与养护技术,共13章:第1章对本书的内容做了概括介绍。第2~6章主要讲述了沥青与沥青混合料、各类沥青路面施工技术(其中第2~5章由李立寒、郭忠印编写;第6章由黄彭、苏新编写)。第7~8章主要介绍沥青路面调查评价技术和设备(由郭忠印、万明编写)。第9~12章讲述沥青路面养护管理技术、养护技术措施、改建与再生利用技术(其中第9章、第11章由郭忠印、李立寒编写;第10章由黄颂昌、万明编写;第12章由杨群编写)。第13章讲述沥青路面施工与养护机械(由薛明编写)。全书由郭忠印统稿,汪晓军对书稿进行了编排工作。

本书作者长期从事沥青路面科学研究工作,来自于教学、科研、设计、施工等多个领域,这使得本书具有较高的理论学术水平和较强的实践指导作用。本书特色鲜明:内容新颖、条理清晰、编排合理、逻辑性强,内容涉及到沥青路面施工与养护技术的多方面技术问题,部分内容以实例加以辅助说明,理论与实践并重。

本书可供公路工程技术管理人员参考,也可供道路与机场工程专业的研究生作为教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

沥青路面施工与养护技术 / 郭忠印, 李立寒编. —北京: 人民交通出版社, 2003.11  
ISBN 7-114-04858-0

I. 沥… II. ①郭…②李… III. ①沥青路面—施工技术②沥青路面—公路养护 IV.U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 098624 号

Liqing Lumian Shigong Yu Yanghu Jishu  
沥青路面施工与养护技术

郭忠印 李立寒 主编

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 王静红 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京明十三陵印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 558 千

2003 年 11 月 第 1 版

2003 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 40.00 元

ISBN 7-114-04858-0

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第1章 概论                     | 1  |
| 1.1 国内外常用沥青路面结构类型及其特点      | 1  |
| 1.1.1 沥青表面处治               | 1  |
| 1.1.2 沥青贯入式                | 1  |
| 1.1.3 沥青碎石                 | 2  |
| 1.1.4 沥青混凝土                | 2  |
| 1.1.5 抗滑表层或磨耗层             | 2  |
| 1.1.6 机场道面与桥面铺装            | 3  |
| 1.2 沥青路面状况调查与评价            | 3  |
| 1.2.1 路面损坏分类与损坏原因鉴别        | 3  |
| 1.2.2 路面使用性能评价             | 3  |
| 1.2.3 检测仪器设备               | 4  |
| 1.3 预防性养护决策技术与养护技术措施       | 4  |
| 1.3.1 预防性养护决策技术            | 4  |
| 1.3.2 预防性养护工作类别与技术措施       | 5  |
| 1.3.3 表面特性恢复养护技术(稀浆封层与微表处) | 5  |
| 1.4 沥青路面加铺改建与再生利用          | 5  |
| 1.4.1 沥青路面加铺改建             | 5  |
| 1.4.2 沥青路面再生利用             | 6  |
| 1.5 沥青路面施工机械设备             | 6  |
| 第2章 沥青与沥青混合料               | 7  |
| 2.1 道路沥青及改性沥青的技术要求         | 7  |
| 2.1.1 道路沥青的技术性能及评价方法       | 7  |
| 2.1.2 路用沥青的质量要求            | 14 |
| 2.1.3 改性沥青类别和性能            | 17 |
| 2.1.4 改性沥青的制备              | 20 |
| 2.2 沥青混凝土面层用沥青混合料          | 23 |
| 2.2.1 沥青混合料的类别及其特点         | 23 |
| 2.2.2 沥青混合料的路用性能及影响因素      | 25 |
| 2.2.3 沥青混合料组成材料的要求         | 27 |
| 参考文献                       | 30 |
| 第3章 乳化沥青及乳化沥青混合料           | 32 |
| 3.1 乳化沥青的生产与性能要求           | 32 |
| 3.1.1 乳化沥青的组成材料与生产         | 32 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 3.1.2 乳化沥青的类型与质量要求 .....        | 36        |
| 3.2 乳化沥青混合料的性能与施工要求 .....       | 48        |
| 3.2.1 乳化沥青碎石混合料 .....           | 49        |
| 3.2.2 乳化沥青混凝土混合料 .....          | 50        |
| 3.2.3 袋装常温沥青混合料 .....           | 52        |
| 3.3 乳化沥青透层、粘层和封层 .....          | 52        |
| 3.3.1 透层 .....                  | 52        |
| 3.3.2 粘层 .....                  | 53        |
| 3.3.3 封层 .....                  | 54        |
| 参考文献 .....                      | 54        |
| <b>第4章 表面处治与贯入式沥青路面施工 .....</b> | <b>56</b> |
| 4.1 传统的层铺法表面处治施工技术 .....        | 56        |
| 4.1.1 材料的要求和规格 .....            | 56        |
| 4.1.2 表面处治层铺法施工技术 .....         | 57        |
| 4.2 贯入式沥青路面施工 .....             | 58        |
| 4.2.1 贯入式沥青路面的材料要求与规格 .....     | 59        |
| 4.2.2 贯入式沥青路面的施工工艺 .....        | 60        |
| 参考文献 .....                      | 61        |
| <b>第5章 沥青混凝土路面施工 .....</b>      | <b>62</b> |
| 5.1 沥青混合料生产配合比设计 .....          | 62        |
| 5.1.1 沥青混合料配合比设计标准 .....        | 62        |
| 5.1.2 沥青混合料的目标配合比设计 .....       | 63        |
| 5.1.3 生产配合比设计 .....             | 69        |
| 5.1.4 生产配合比验证 .....             | 69        |
| 5.2 沥青混合料路面的施工技术 .....          | 70        |
| 5.2.1 沥青路面的施工准备 .....           | 70        |
| 5.2.2 沥青混合料的拌和与运输 .....         | 71        |
| 5.2.3 热拌沥青混合料的摊铺与压实 .....       | 73        |
| 5.2.4 沥青路面的接缝处理 .....           | 76        |
| 5.3 改性沥青路面 .....                | 77        |
| 5.3.1 改性沥青混合料技术要求 .....         | 77        |
| 5.3.2 改性沥青的施工特点 .....           | 78        |
| 5.4 沥青路面施工质量控制 .....            | 80        |
| 5.4.1 施工前的材料与设备检查 .....         | 80        |
| 5.4.2 施工过程中的质量管理与检查 .....       | 81        |
| 5.4.3 施工质量动态管理方法 .....          | 85        |
| 5.4.4 沥青路面压实度的控制方法 .....        | 87        |
| 参考文献 .....                      | 88        |
| <b>第6章 桥面沥青铺装与机场沥青道面 .....</b>  | <b>90</b> |
| 6.1 桥面沥青铺装 .....                | 90        |

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| 6.1.1      | 桥面沥青铺装层的结构组成         | 90         |
| 6.1.2      | 混凝土桥铺装层沥青混合料         | 91         |
| 6.1.3      | 桥面铺装防水层              | 94         |
| 6.1.4      | 钢桥面沥青铺装              | 97         |
| 6.1.5      | 钢桥面防滑抗剪加筋措施          | 100        |
| 6.1.6      | 钢桥面防锈保护层             | 101        |
| 6.2        | 机场沥青混凝土道面施工          | 102        |
| 6.2.1      | 机场沥青混凝土道面结构类型和主要性能   | 102        |
| 6.2.2      | 机场石油沥青及改性沥青技术要求      | 103        |
| 6.2.3      | 沥青混合料组成材料的要求         | 106        |
| 6.2.4      | 机场沥青混凝土道面施工          | 108        |
|            | 参考文献                 | 113        |
| <b>第7章</b> | <b>沥青路面病害及其调查与评价</b> | <b>114</b> |
| 7.1        | 沥青路面的主要病害分类与原因诊断     | 114        |
| 7.1.1      | 常见损坏类型及其表现形式         | 114        |
| 7.1.2      | 路面破坏原因的确定            | 116        |
| 7.1.3      | 用于评价的损坏分类            | 122        |
| 7.2        | 沥青路面使用性能模型与建模        | 123        |
| 7.2.1      | 沥青路面评价模型影响因素与常用模型    | 123        |
| 7.2.2      | 路面使用性能评价模型的建立        | 136        |
| 7.2.3      | 建模示例:CPMS 的建模过程      | 141        |
| 7.3        | 沥青路面评价体系             | 146        |
| 7.3.1      | 沥青路面养护技术规范           | 146        |
|            | 参考文献                 | 150        |
| <b>第8章</b> | <b>路面无破损检测评价技术</b>   | <b>151</b> |
| 8.1        | 平整度与车辙               | 151        |
| 8.1.1      | 反应类                  | 151        |
| 8.1.2      | 断面类平整度仪              | 154        |
| 8.1.3      | 车辙的测量                | 157        |
| 8.2        | 抗滑阻力与纹理深度            | 159        |
| 8.2.1      | 抗滑阻力的测定方法            | 159        |
| 8.2.2      | 纹理深度                 | 160        |
| 8.3        | 结构状况(破损状况与结构组合)      | 160        |
| 8.3.1      | 结构层厚度——GPR           | 160        |
| 8.3.2      | 裂缝测量                 | 168        |
| 8.4        | 结构强度——弯沉             | 168        |
| 8.4.1      | 弯沉指标的作用与常用的现代测试仪器    | 168        |
| 8.4.2      | FWD 的应用              | 169        |
| 8.4.3      | 反算                   | 169        |
| 8.4.4      | 程序选用                 | 179        |

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| 8.4.5 综合应用(利用 FWD 弯沉值预测路面损坏状况) .....                     | 186        |
| 参考文献 .....                                               | 187        |
| <b>第 9 章 沥青路面预防性养护管理与养护技术</b> .....                      | <b>188</b> |
| 9.1 预防性养护管理技术 .....                                      | 189        |
| 9.1.1 公路养护工程分类 .....                                     | 189        |
| 9.1.2 沥青路面养护质量标准与日常保养工作要求 .....                          | 190        |
| 9.1.3 养护机具配备 .....                                       | 193        |
| 9.1.4 预防性养护技术类别与要求 .....                                 | 194        |
| 9.2 预防性养护计划与技术措施选择 .....                                 | 197        |
| 9.2.1 处治措施选择的工具 .....                                    | 197        |
| 9.2.2 养护处治的时间优化 .....                                    | 203        |
| 9.3 沥青路面裂缝修补 .....                                       | 205        |
| 9.3.1 工作步骤 .....                                         | 205        |
| 9.3.2 规范建议的裂缝修补方法 .....                                  | 206        |
| 9.3.3 灌缝(Cracking fill)和填缝(Cracking Sealing)(SHRP) ..... | 206        |
| 9.4 沥青路面坑槽的修补方法与储存式沥青混合料 .....                           | 214        |
| 9.4.1 坑槽的修补方法 .....                                      | 214        |
| 9.4.2 坑槽的修补材料 .....                                      | 214        |
| 9.5 其它损坏的维修处治 .....                                      | 216        |
| 9.5.1 麻面、骨料外露、松散和磨光 .....                                | 216        |
| 9.5.2 泛油、油包、拥包、波浪、搓板 .....                               | 216        |
| 9.5.3 啃边、脱皮 .....                                        | 217        |
| 9.5.4 车辙 .....                                           | 218        |
| 9.5.5 冻胀翻浆的处理 .....                                      | 218        |
| 9.5.6 桥面沥青铺装的养护与维修 .....                                 | 219        |
| 参考文献 .....                                               | 219        |
| <b>第 10 章 稀浆封层与微表处技术</b> .....                           | <b>220</b> |
| 10.1 稀浆封层和微表处的概念与技术特点 .....                              | 220        |
| 10.1.1 稀浆封层和微表处技术的出现和国外应用概况 .....                        | 220        |
| 10.1.2 稀浆封层和微表处在我国的应用情况 .....                            | 221        |
| 10.1.3 稀浆封层、改性稀浆封层和微表处的定义与异同 .....                       | 222        |
| 10.1.4 稀浆封层和微表处的技术特点和适用范围 .....                          | 225        |
| 10.2 材料选择与技术要求 .....                                     | 227        |
| 10.2.1 乳化沥青的选择与技术要求 .....                                | 227        |
| 10.2.2 矿料级配与集料技术要求 .....                                 | 230        |
| 10.3 混合料设计 .....                                         | 236        |
| 10.3.1 施工性能指标 .....                                      | 236        |
| 10.3.2 路用性能指标 .....                                      | 239        |
| 10.3.3 稀浆混合料设计步骤 .....                                   | 241        |
| 10.4 施工工艺 .....                                          | 244        |

|               |                          |            |
|---------------|--------------------------|------------|
| 10.4.1        | 施工前的准备工作                 | 244        |
| 10.4.2        | 摊铺的步骤                    | 244        |
| 10.4.3        | 施工常见问题及处理方法              | 246        |
| 10.4.4        | 微表处车辙填充施工                | 248        |
| 10.4.5        | 特殊路段施工                   | 248        |
|               | 参考文献                     | 248        |
| <b>第 11 章</b> | <b>沥青路面加铺改建设计</b>        | <b>250</b> |
| 11.1          | 沥青路面改建设计寿命费用周期分析         | 250        |
| 11.1.1        | 确定分析周期内的路面设计与养护方案        | 250        |
| 11.1.2        | 确定性能周期和养护对策时间表           | 251        |
| 11.1.3        | 用户费用                     | 251        |
| 11.1.4        | 道路养护作业区用户费用              | 253        |
| 11.1.5        | 计算现值                     | 255        |
| 11.1.6        | 结果分析(敏感性分析)              | 256        |
| 11.2          | 风险分析                     | 256        |
| 11.2.1        | 风险分析一般方法                 | 256        |
| 11.2.2        | 举例说明                     | 257        |
| 11.3          | 加铺沥青层面层(沥青路面补强设计——公路规范法) | 263        |
| 11.3.1        | 沥青路面和砂石路面的补强设计步骤         | 263        |
| 11.3.2        | 原有公路的路况调查                | 263        |
| 11.3.3        | 结构承载能力评定与当量回弹模量计算        | 263        |
| 11.3.4        | 补强厚度计算                   | 271        |
| 11.4          | AI 法                     | 272        |
| 11.4.1        | 有效厚度法                    | 272        |
| 11.4.2        | 弯沉法                      | 275        |
| 11.5          | AASHTO 法                 | 277        |
| 11.5.1        | 沥青加铺层的适用范围               | 277        |
| 11.5.2        | 加铺前预处理                   | 277        |
| 11.5.3        | 反射裂缝防止                   | 278        |
| 11.5.4        | 厚度设计                     | 278        |
| 11.6          | 土工合成材料在路面加铺工程中的应用        | 285        |
| 11.6.1        | 作用与功能                    | 285        |
| 11.6.2        | 土工织物的工程特性与功能             | 285        |
| 11.6.3        | 公路规范的有关规定                | 290        |
|               | 参考文献                     | 292        |
| <b>第 12 章</b> | <b>沥青混凝土路面再生利用</b>       | <b>293</b> |
| 12.1          | 概述                       | 293        |
| 12.1.1        | 沥青路面修复方案选择               | 293        |
| 12.1.2        | 旧沥青路面再生利用                | 293        |
| 12.1.3        | 国内外沥青路面再生技术应用概况          | 294        |



|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 12.2 再生利用类别 .....                   | 294 |
| 12.2.1 沥青路面现场冷再生 .....              | 295 |
| 12.2.2 沥青路面现场热再生 .....              | 296 |
| 12.2.3 沥青路面工厂热法再生 .....             | 296 |
| 12.3 沥青再生 .....                     | 297 |
| 12.3.1 沥青再生的定义 .....                | 297 |
| 12.3.2 沥青的老化特性 .....                | 297 |
| 12.3.3 沥青的老化机理 .....                | 298 |
| 12.3.4 沥青的再生方法 .....                | 300 |
| 12.3.5 再生剂的作用和技术标准 .....            | 300 |
| 12.4 再生沥青混合料配合比设计 .....             | 301 |
| 12.4.1 再生沥青混合料马歇尔设计方法 .....         | 302 |
| 12.4.2 再生沥青混合料 SUPERPAVE 设计方法 ..... | 306 |
| 12.5 再生沥青混合料施工技术 .....              | 311 |
| 12.5.1 工厂热法再生施工技术 .....             | 311 |
| 12.5.2 现场热法再生施工技术 .....             | 314 |
| 参考文献 .....                          | 315 |
| <b>第 13 章 沥青路面施工机械</b> .....        | 316 |
| 13.1 现代沥青路面的基本要求及与其适应的基础配置 .....    | 316 |
| 13.2 高等级沥青混合料拌和装置 .....             | 316 |
| 13.2.1 基本组成 .....                   | 316 |
| 13.2.2 高等级沥青混合料拌制系统的分类 .....        | 317 |
| 13.2.3 沥青混合料拌和装置的总体布置 .....         | 317 |
| 13.2.4 沥青混合料拌和装置主要部件的工作原理 .....     | 319 |
| 13.3 沥青混合料摊铺机械 .....                | 329 |
| 13.3.1 摊铺机的基本功能及分类 .....            | 329 |
| 13.3.2 沥青混凝土摊铺机摊铺作业系统简介 .....       | 329 |
| 13.4 沥青混凝土路面压实机械 .....              | 335 |
| 13.4.1 压实原理 .....                   | 335 |
| 13.4.2 高等级沥青路面施工用压路机简介 .....        | 338 |
| 13.5 沥青混凝土路面再生机械 .....              | 339 |
| 13.5.1 沥青混凝土路面再生机械及其组成 .....        | 339 |
| 13.5.2 路面再生机械的工作原理及主要构造 .....       | 340 |
| 13.6 稀浆封层施工机械 .....                 | 341 |
| 13.6.1 摊铺车的分类与构造 .....              | 342 |
| 13.6.2 摊铺车的标定 .....                 | 344 |
| 13.7 沥青路面施工中的其它辅助机械 .....           | 346 |
| 13.7.1 沥青洒布机 .....                  | 346 |
| 13.7.2 沥青混凝土锯切机 .....               | 347 |
| 参考文献 .....                          | 349 |

# 第1章 概 论

沥青路面具有行车平稳、舒适、噪声低、养护维修方便、可以再生利用等特点,在各类公路和城市道路,尤其是高等级道路中得以广泛使用。

沥青及沥青混合料的质量和施工方法直接影响着沥青路面的使用性能和使用寿命。在沥青路面服务期内,要维持良好的使用性能,应通过精心的施工和及时适宜的维护来保证。沥青施工质量不仅与施工质量控制技术有关,也与所使用的施工机械设备有关。应选用合适的施工机械设备并通过严格的质量控制措施确保沥青路面工程质量。沥青路面的表面特性(平整度、纹理深度、抗滑阻力、反光特性等)与行车安全和舒适性有直接的关系。在行车荷载和自然因素的作用下,表面特性比结构性能衰减更快,因此表面特性更应通过预防性养护予以保证。沥青路面结构功能首先由科学合理的设计和优质的施工实现,之后必须及时对出现的各类结构性损坏进行养护处治,养护维修不仅可以恢复路面使用性能,更重要地是还能延缓结构损坏的发展。

随着我国大量高等级公路的投入使用,养护维修工作会更加繁重,因此必须依据科学的养护决策方法,选择适用于特定环境的路面养护措施,制订技术经济合理的养护方案。

## 1.1 国内外常用沥青路面结构类型及其特点

根据沥青路面的材料组成和施工工艺的不同,沥青路面主要有4种类型,即沥青表面处治、沥青贯入式、沥青碎石和沥青混凝土。随着科学技术的发展,近年来,各种新型沥青防滑磨耗层,如排水性磨耗层、SMA等也在我国道路和机场工程中得到了大量应用。

本书第2~5章,对沥青表面处治、沥青贯入式、沥青混凝土路面的结构组成、施工工艺做了介绍,其中第2、3章专题讲述了沥青路面工程关键材料——沥青、改性沥青和乳化沥青。桥面沥青混凝土铺面和机场沥青道面则作为特殊工程的铺面技术在第6章讲述。

### 1.1.1 沥青表面处治

沥青表面处治路面是用沥青和细集料铺筑的一种薄层面层,厚度不大于3cm。除了传统的层铺法表面处治工艺外,还有稀浆封层、微表处、雾状封层、薄沥青罩面等表面处治形式。

沥青表面处治,特别是单层式表面处治厚度较薄,对路面结构整体强度和刚度提高不多,在结构分析时往往不计入路面体系内。其主要作用是抵抗行车磨耗,增强防水性,提高平整度,改善路面的行车条件;特点是表面摩擦系数大,表面构造深度大,有利于高速车辆行驶安全。它还具有良好的抗温度裂缝性能。

沥青表面处治可用于轻交通道路沥青面层或磨耗层,也可用于对旧沥青面层的养护维修或加铺罩面等。

### 1.1.2 沥青贯入式

沥青贯入式是在初步压实的碎石(或破碎砾石)上分层浇洒沥青、撒布嵌缝料,经压实并借

助行车压实而形成的一种较厚的面层。贯入式沥青路面采用粘稠沥青铺筑时,其厚度通常为4~8cm,采用乳化沥青时,其厚度不宜超过5cm。当贯入式层上部加铺拌和沥青混合料面层时,路面总厚度宜为6~10mm。

沥青贯入式面层是依靠集料颗粒的锁结作用以及沥青的粘结作用获得强度的,有着较大的荷载分布能力。在沥青路面的整体结构中,它起着较为重要的作用。由于沥青贯入式碎石面层的沥青用量较高,且下部的集料粒径较大,对于延缓半刚性基层引起的反射裂缝较为有用,可作为半刚性基本沥青路面的联结层。

沥青贯入式面层是一种多空隙的结构,尤其是下部粗碎石空隙更大,当其作为路面的最上层时,应撒布封层料或加铺拌和层,以改善路表的渗水情况,提高贯入式面层本身的耐用性。如果是在半刚性基层上铺筑乳化沥青贯入式面层,由于其成型慢、孔隙较大、渗水严重,应铺筑下封层。

### 1.1.3 沥青碎石

沥青碎石路面是由适当比例的粗集料、细集料及少量填料(或不加填料)组成,压实后剩余空隙率较大。沥青碎石路面的强度主要依靠粗集料颗粒的嵌锁作用,受沥青感温性影响较小,因此热稳性较好。

沥青碎石混合料的沥青用量较贯入式碎石的沥青混凝土路面少,工程造价较低。沥青碎石混合料可以采用集中厂拌生产,质量容易保证,均匀性和稳定性优于沥青贯入式碎石。沥青碎石的主要缺点是空隙率较大,空气和路表水易透入,路面的耐久性较差。由于沥青碎石混合料中细集料和矿粉含量较低、空隙率大,其抗疲劳性较沥青混凝土差。

目前我国高等级道路的沥青面层中已较少采用沥青碎石结构层,仅将其作为柔性基层的上基层或整平层使用。

### 1.1.4 沥青混凝土

沥青混凝土路面是采用粘稠沥青与连续级配的矿质集料拌和而成的混合料,经压实成型的路面结构。

沥青混凝土具有强度高、整体性好、抵抗行车和自然因素破坏作用能力强等优点。它的强度和密实度是各种沥青面层结构中最高的,适用于各种等级道路的沥青路面面层。高速公路、一级公路和城市快速路、主干路的沥青面层的上、中、下面层都应采用沥青混凝土铺筑,其它等级道路的沥青路面的上面层也宜采用沥青混凝土铺筑。

### 1.1.5 抗滑表层或磨耗层

抗滑表层或磨耗层的功能主要是提高路表平整度,改善路面的行车条件,特点是表面摩擦系数大,表面构造深度大,有利于高速车辆行驶安全。除了下文2.1.1中所述表面处治结构外,目前国内外用作抗滑表层或磨耗层的沥青混凝土有以下几种类型:

1. 抗滑表层混合料 AK。其矿料级配及压实后混合料剩余空隙率与 II 型沥青混凝土接近,对矿料的磨光值、磨耗值及压碎值有较高的要求。

2. 多孔隙沥青混凝土 OGFC。它采用单一粒径或开级配集料与沥青拌制,细集料及沥青用量较少,铺筑厚度3.5~4.0cm。压实后空隙率较高,通常在20%以上,雨水可以在其内部空隙流通、排走,减少路表溅水和喷射现象,并具有吸音效果。由于空隙率较大,水分和空气的自

由进出对沥青混合料的性能影响较大,为了提高沥青混合料的强度和耐久性,应采用高性能沥青。这种混合料也可用于排水基层。

3. 沥青玛蹄脂碎石 SMA。它是由沥青玛蹄脂填充碎石骨架组成的嵌挤密实结构的混合料。SMA 混合料的特点主要包括两个方面:一是大尺寸集料颗粒互相嵌挤组成高稳定性(高抗变形能力)的石—石“骨架”结构;二是由细集料、沥青结合料和稳定添加剂组成的沥青玛蹄脂填充“骨架”间隙,并将“骨架”胶结在一起,沥青玛蹄脂略有富余,使混合料获得较好的柔性和耐久性。SMA 混合料主要应用于高等级道路沥青路面的表层。

#### 1.1.6 机场道面与桥面铺装

考虑到沥青道面的优异使用性能和便于养护改建的特点,我国机场道面不仅大量采用沥青混凝土加铺层来改建已有水泥混凝土道面,而且修建了新的沥青混凝土道面。第 6 章对机场沥青混凝土道面包括沥青混凝土的技术要求和施工工艺作了简要地讲述。

由于桥面沥青混凝土铺装层与桥梁上部结构在刚度、强度、变形性能等方面的差异,桥面铺装沥青混凝土与路段沥青混凝土路面相比,在对材料的技术要求、施工工艺和构造等方面有较大差别。特别是大跨度钢桥桥面铺装仍是目前存在的技术难题之一。第 6 章对桥面沥青铺装包括铺装层结构组成、沥青混合料放水层等,以及相关的施工工艺作了介绍。

## 1.2 沥青路面状况调查与评价

制定沥青路面养护计划、确定养护维修对策,必须在对路面状况进行调查评价的基础上进行。路面管理系统的应用和现代无损检测技术的发展为此提供了可靠的基础。

### 1.2.1 路面损坏分类与损坏原因鉴别

路面调查与评价工作之前,应对路面损坏类别和基本鉴别技术有所了解。第 7 章首先对沥青路面损坏类型和破损原因做了简要介绍,给出了《沥青路面养护技术规范》关于沥青路面养护评价调查的损坏分类。

关于路面损坏原因鉴别,给出了几种典型损坏形式的鉴别流程图。虽然这些流程图不能代表所有损坏模式和不同等级、不同地区的情况,但它们能比较清楚地讲述从施工、材料、养护措施等方面如何分析路面损坏的原因,可作为参考,以帮助建立本地区不同沥青路面的损坏鉴别程序。沥青路面损坏原因鉴别应遵循严格的程序,深入分析施工质量、养护、材料等各方面的原因。我国目前高等级公路沥青路面早期损坏现象较为普遍,部分路段早期损坏还很严重,应该按照严格的工艺流程并依据一定的经验或技术,深入分析其原因,不能简单地归结到某种因素上,从而为制订养护措施提供科学的数据支持。

### 1.2.2 路面使用性能评价

路面使用性能评价必须建立在科学的路面使用性能模型基础之上。第 7 章对路面使用性能常见模型包括模型类别、建模方法、考虑的因素等作了介绍。路面管理系统在我国已得到了推广应用,在建模方面有一些数据积累,养护管理部门可针对地方特定的环境条件、道路状况等建立适用于本地区的路面使用性能模型。以 CPMS 为例,对其主要的建模过程做了介绍,可作为建模参考。HDM 4 路面管理系统提供了比较详细的单项损坏产生与扩展的模型,对于制

订养护措施具有一定的参考价值,第7章摘要介绍了其中的路面结构强度、车辙、平整度和抗滑能力等预测公式。《沥青路面养护技术规范》对沥青路面的调查评价做了较为详细的规定,制定了评价标准,该章较详细地介绍了规范的沥青路面评价体系。

### 1.2.3 检测仪器设备

在国道干线公路网中,高等级公路的里程比例越来越高。为了给高等级公路网制定养护维修计划,必须定期对路网内的路面状况进行调查评价。调查评价不仅应做到对路面状况进行客观、科学的测试和分析,为养护决策提供数据支持,还应尽可能减少对交通的干扰。现代无破损检测设备在路面调查评价中发挥了重要作用。

落锤式弯沉仪(FWD、HWD)、自动弯沉仪等在沥青路面结构承载力评价等方面得到了广泛的应用。应用落锤式弯沉仪可以测得沥青路面表面弯沉盆,是路面结构整体强度的反应。应用此弯沉盆和相关数据,可进行路面结构的反演分析,确定路面结构各层的回弹模量。路面结构损坏形式和严重程度对路面弯沉盆的形状有特定的影响,因此也可用弯沉盆资料分析路面结构损坏原因,或建立弯沉盆特征参数与路面结构损坏形式及其扩展规律的关系。

激光断面仪为快速和精确测量路面表面的平整度、车辙深度、纹理深度提供了科学的手段。摄像和计算机图像识别技术在路面表面裂缝测量中也发挥了作用。GPR雷达可用于测定路面结构组合情况,分析路面结构内脱空含水等情况。

第8章对路面平整度、抗滑阻力、车辙、纹理深度、路面结构承载力、路面结构状况的现代检测设备及其应用给予了介绍。以SHRP的研究成果为例,讲述了落锤弯沉仪和GPR雷达应用技术,包括其应用情况、GPR测试数据分析、路面结构反演分析方法和程序等。

现代测试设备只是给工程技术人员提供了快速精确的测试技术,更重要的是如何应用这些数据分析问题。当然,不是任何情况下都必须使用先进的大型测试设备,必要时还是要辅助于破损性调查。

## 1.3 预防性养护决策技术与养护技术措施

《沥青路面养护技术规范》明确规定,对沥青路面必须进行预防性、经常性和周期性养护,这是针对沥青路面的工程特点所提出的。与其它工程设施不同,路面一般在开放交通后不久,就会出现程度和范围不等的损坏。如果这些轻微的初始损坏得到了及时的预防性养护,损坏扩展受到控制,路面结构和服务性能就可得以维持;相反,初始损坏若得不到及时的预防性养护和维修,就可能加剧水、温度等自然因素对路面的不利影响,导致路面损坏扩展迅速,路面状况恶化加剧,极大地缩短路面服务寿命。

### 1.3.1 预防性养护决策技术

预防性养护也应依据一定的决策技术,选择合理的养护时间和具体技术措施。第9章讲述了目前常用的决策树和决策矩阵方法。养护管理单位建立适用于本地区的养护决策树和决策矩阵后,可通过不断经验积累,补充决策树和决策矩阵的内容,以利用不断发展的新技术、新材料。决策树和决策矩阵简单明了,可比较简单地编写成计算机程序,便于管理使用和积累经验。

### 1.3.2 预防性养护工作类别与技术措施

第9章依据《养护规范》，讲述了预防性养护工作的分类和技术要求。预防性养护必须配备一定的机械设备，特别是应注意应用一些先进灵活的小型设备。在第9章中，参照《沥青路面养护技术规范》和国外的经验，对养护措施进行了归类 and 定义。

关于预防性养护技术措施，主要参考《养护规范》和美国 FHWA 的养护手册，对裂缝处治、坑槽等病害的修补技术措施作了较详细的介绍。由于裂缝往往是沥青路面结构较早出现的病害，并由于裂缝的渗水等原因，极易带来其它路面病害，第9章对沥青路面裂缝的填灌技术作了比较多的介绍。裂缝填灌是否成功，与材料和工艺有很大关系，应不断改善裂缝填灌材料的性能，改进施工工艺。

### 1.3.3 表面特性恢复养护技术(稀浆封层与微表处)

沥青路面的使用性能随着服务年限的增加不断衰减，在结构性损坏之前，表面特性可能已经衰减到不能满足行车安全舒适性要求的程度。沥青面层材料直接承受自然因素的作用，老化后变脆，在荷载或温度应力作用下，表面形成微小裂纹。少量的车辙虽然不影响沥青路面结构的承载力，但辙槽内的积水不仅影响交通安全，而且通过车辙谷底的细小裂纹渗入路面内部，会加速路面的损坏。

为了保证行车安全和舒适性，衰减的路面表面特性应能及时得到恢复，裂纹和车辙应能得到及时的封填。稀浆封层和微表处养护技术在该方面发挥了重要作用，在国内外都得到了广泛的应用。稀浆封层和微表处在形式上有相同之处，但在原材料等方面有较大差异：稀浆封层是一种将乳化沥青、集料、水和特殊添加剂按合理配比拌和并均匀摊铺到已适当处理过的路面上的薄层；微表处是由聚合物改性乳化沥青、集料、填料、水和外加剂按合理配合比拌和并摊铺到原路面上的薄层结构。

我国高等级公路，特别是高速公路，对路面表面特性的要求高，应得到及时的维护。从技术和经济两个方面考虑，稀浆封层和微表处技术都具有较大的应用价值。对此，本书在第10章对稀浆封层和微表处技术在国内外应用研究的简单情况和原材料、组成设计与施工工艺等作了详细讲述。由于稀浆封层和微表处不能提高路面结构承载力，仍可以将其作为预防性养护措施。

## 1.4 沥青路面加铺改建与再生利用

### 1.4.1 沥青路面加铺改建

当沥青路面结构承载力不能满足行车荷载要求或表面损坏严重，采用预防性养护措施恢复技术在经济上不合理时，对沥青路面进行加铺改建可恢复其结构承载力。旧沥青路面上的加铺层可以是沥青混凝土加铺层，也可以是水泥混凝土加铺层。

若路面结构承载力仍能满足使用技术要求，可采用薄沥青混凝土加铺层。否则，加铺层总厚度应满足特定交通荷载的使用要求。但不论采用何种加铺方案，都应进行细致的技术经济分析与比较。为此，在第11章首先介绍了路面改建设计的寿命费用分析方法(LCCA)，包括LCCA中的费用分析、经济指标、方案敏感性分析，以及风险分析等。

关于加铺设计方法,本书提供了《养护规范》的沥青路面加铺设计方法、AASHTO(1993)的沥青路面加铺设计方法和 AI 的加铺设计方法。反射裂缝仍是加铺层主要的损坏形式,也是加铺设计的技术难点。为此,第 11 章也介绍了用于防止反射裂缝的土工合成材料的性能和规范关于土工合成材料用于防止反射裂缝的有关技术要求。

#### 1.4.2 沥青路面再生利用

由于公路标高和沿线土地、建筑物标高的限制,沥青混凝土路面往往不能采用加铺技术或只能有限厚度的加铺。路面改建带来大量的沥青混凝土废料,产生环境污染等问题。因此,20 世纪初,各国就开始了对于沥青混凝土旧料再生利用技术的研究。沥青混凝土再生工艺包括工厂热再生、现场热再生、现场冷再生等。特别是当沥青混凝土路面具有足够的结构承载力,而防滑磨耗层损坏严重(如车辙深、松散、龟裂等)时,可对防滑磨耗层进行再生利用,以恢复其表面特性和结构功能。

第 12 章介绍了沥青混凝土再生利用技术,包括再生工艺类别、再生沥青混合料组成设计、施工工艺等。

### 1.5 沥青路面施工机械设备

沥青路面的施工质量对路面的长期使用性能有重要影响。由于沥青路面的工程质量对沥青混合料组成材料的含量的变异性非常敏感,必须通过严格的质量控制和先进的施工工艺保证将沥青混合料的组成和物理指标控制在设计范围之内。原材料状况、拌和、运输、摊铺、碾压等每一个施工过程都会带来施工误差。如黏层油洒铺是沥青路面施工过程的一个相对简单的工艺过程,但往往由于洒铺机性能不过关或控制不严,导致黏层油洒铺不均匀等质量问题,影响了路面层间界面粘结状况,给路面质量留下隐患。

沥青路面施工质量除通过加强施工质量控制措施外,还必须使用合适的施工机械设备和工艺技术。从集料、乳化沥青、改性沥青等原材料的加工制备到沥青混合料的摊铺碾压,以及开放交通后的养护,设备种类繁多、用途各异。在第 13 章对沥青路面施工的相关机械,包括拌和机、摊铺机、压路机、沥青洒铺机、养护机械、稀浆封层施工机械等作了比较详细的介绍。

## 第2章 沥青与沥青混合料

### 2.1 道路沥青及改性沥青的技术要求

沥青路面中使用的沥青材料主要为道路石油沥青,它是采用不同的炼制工艺由原油经过蒸馏获得的粘稠沥青。为了使用和施工的需要,在粘稠沥青中掺加柴油、煤油或汽油等溶剂配制成慢凝、中凝或快凝液体石油沥青,也可以将沥青分散在乳化剂水溶液中制成乳化沥青。在重载交通道路或有特殊要求的沥青路面上应使用高性能改性沥青。本节重点介绍道路石油沥青及改性沥青应具备的路用性能、评价方法与指标。

#### 2.1.1 道路沥青的技术性能及评价方法

由于道路石油沥青化学组成和结构的特点,在车辆荷载作用以及使用区域气候和环境条件的影响下,其物理、力学性能较为复杂,对沥青路面的使用性能有较大的影响,如:在夏季高温季节,沥青强度下降,抗变形能力降低,在行车作用下导致沥青路面出现等永久变形类损坏;在气温骤降及温度反复升降时,沥青变硬变脆,容易引起路面的温缩裂缝和疲劳开裂;当水分渗入沥青与集料界面时,会使混合料松散导致路面出现坑槽;沥青的老化使沥青变硬变脆导致沥青路面的疲劳开裂等。为了沥青路面的使用质量,道路沥青应具备优良的路用性能,以适应车辆荷载和气候环境条件的作用。

##### 1. 道路沥青的基本性能——粘弹性

道路沥青在其使用条件下,是一种较为典型的粘弹性物体,对于某一给定的沥青材料来说,弹性变形部分和永久变形部分的比例,与应力、载荷时间和温度有关。在高温条件下,或在长时间荷载作用下沥青的行为接近粘性,而在低温条件或短时间荷载作用下则呈现弹性。在一般实际使用情况下,沥青表现为弹—粘性。

##### (1) 沥青的感时性

在恒定的应力或应变下,沥青的应变或应力随着时间变化的现象称为蠕变或松弛,这可能是由于沥青的分子结构由卷曲状态逐渐改其构像而伸直,也可能是由于某些分子发生位移而导致不可逆的塑性形变的结果。

##### 1) 蠕变特征

沥青材料作为一种粘—弹性体,在应力保持不变的情况下,应变随时间增加而增加的现象称为“蠕变”(见图 2-1)。由于沥青在受力过程中的蠕变特性,沥青路面若受到车辆荷载的长期重压则会出现车辙,这与沥青中不能恢复的蠕变变形积累有关,如在公共汽车车站、交叉口等处的车辙深度通常大于行驶路段的车辙深度,就是这种蠕变过程的表现。

##### 2) 应力松弛特征

对于沥青材料,在保持应变不变的情况下,应力随时间的增加而逐渐减弱(衰减),这一现象称为应力松弛(见图 2-2)。降温时沥青路面由于收缩变形产生的温度应力逐渐松弛,使得沥



青路面不必设置收缩缝而正常工作。但是如果降温幅度过大,或降温速率过快,或沥青的松弛能力不足,使得路面温度应力超过强度时,沥青路面还将出现裂缝。

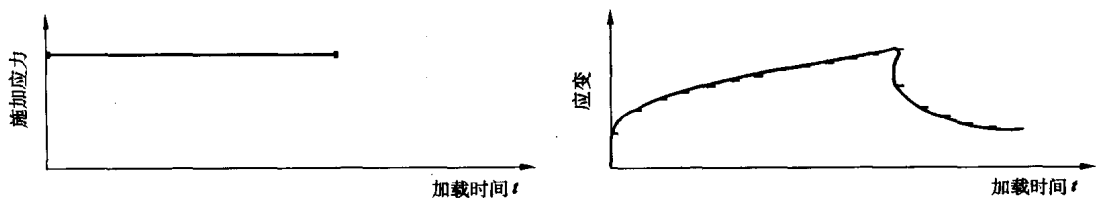


图 2-1 沥青蠕变试验特征示意图

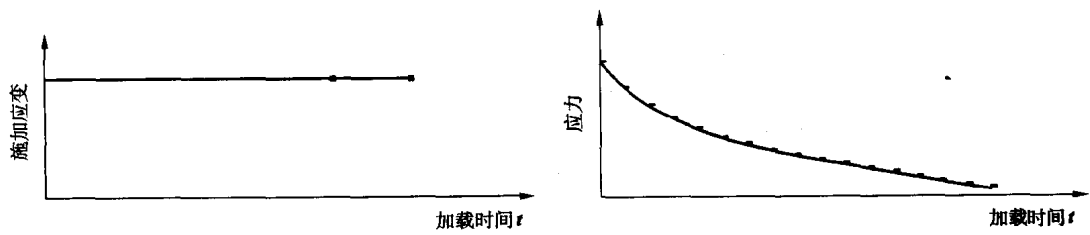


图 2-2 沥青应力松弛试验特征示意图

## (2) 沥青的感温性

沥青的粘度和强度等特性随温度的变化产生显著变化的特征感温性。道路沥青的感温性是沥青的极其重要的性能。如果沥青能够承受从低温到高温较宽的温度范围,就意味着沥青既能在夏季高温不发生显著的永久变形,又不会在冬季低温发生开裂,因而可以适应夏季酷暑和冬季严寒对沥青路面的作用。沥青的感温性常用针入度指数  $PI$  反映。

### 1) 针入度指数 $PI$

P·Ph·普费 (Pfeiffer) 和范·德·波尔 (Van Door-maal) 等通过不同温度条件下的针入度试验研究发现,若以对数纵坐标表示沥青针入度,以横坐标表示测试温度,可以得到图 2-3 所表示的直线关系。该关系可用公式(2-1)表征。

$$\lg P = AT + K \quad (2-1)$$

式中:  $P$ ——沥青的针入度,0.1mm;

$A$ 、 $K$ ——斜率与截距。

公式(2-1)的斜率  $A$  称为针入度—温度敏感性系数,反映沥青对温度的感应性。普费等人假定感温性最大的沥青( $A = \infty$ )的  $PI$  值为  $-10$ ,感温性最小的沥青( $A = 0$ )的  $PI$  值为  $+20$ 。由此,建立了针入度—温度感应性系数  $A$  与针入度指数  $PI$  的关系式,见式(2-2)。

$$PI = \frac{30}{1 + 50A} - 10 \quad (2-2)$$

一般认为选用  $PI$  值为  $-1 \sim +1$  的溶凝胶型沥青适宜于修筑沥青路面,目前由于对沥青路面的热稳定的要求逐渐提高,因此对  $PI$  值的要求趋向于  $0.5 \sim +1.0$ 。

### 2) 针入度—温度感应性系数 $A$ 的确定方法

#### ① 由针入度和软化点计算 $A$ 值

普费等人根据对多种沥青的研究,认为沥青在其软化点温度时,针入度值在  $600 \sim 1000$  之

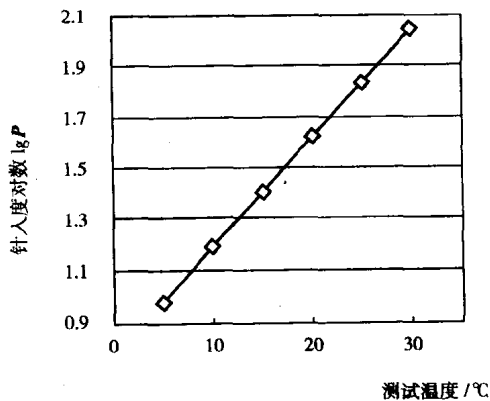


图 2-3 针入度—温度关系曲线