

前 言

截至 2024 年底,我国公路总里程达到 549.04 万 km,比 2023 年末增加 5.35 万 km。公路密度为 $57.19\text{km}/100\text{km}^2$,比 2023 年末增加 $0.56\text{km}/100\text{km}^2$ 。与此同时,公路养护工作日益重要,养护里程逐年增加,2023 年公路养护里程达到公路总里程的 99.9%,即基本上所有的公路均开展了不同程度、不同方式的养护维修工作。因此,如何高效地进行道路设施的养护维修和管理,是我国交通基础设施建设面临的重要课题之一,也为高等院校交通运输工程学科的人才培养提出了新的要求。道路设施养护工作一直受到我国交通主管部门和高等教育部门的重视,有关部门制定了相关的技术标准和规范,相关领域的高等院校相继开设了路面管理系统、公路养护与管理、道路养护技术、路面性能分析与评价等课程。2018 年,国务院学位委员会办公室委托国务院学位委员会学科评议组和全国专业学位研究生教育指导委员会编写《学术学位研究生核心课程指南(试行)》,交通基础设施评价与养护决策成为面向交通基础设施工程主干学科方向、兼顾交通运输工程一级学科各方向的一门专业技术课程,使我国交通基础设施养护维修和管理的人才培养工作进入一个新的阶段。

在上述行业发展和人才培养的大背景下,作者依托多年从事道路路面养护管理领域的科学研究和研究生教学工作,完成了本书的撰写。道路设施的养护维修不仅仅是一个提升道路设施技术性能的过程,还与提升养护投资使用效益、提升用户使用效益等因素直接相关。本书以我国庞大道路设施养护管理工作为行业背景,以道路路面的科学养护管理为核心,参考有关部门颁布的标准、规范,重点对道路路面设施的性能检测、技术状况评估、技术性能预测、养护维修技术和方法、养护维修方案经济性评价与决策、全寿命分析与优化、养护管理系统构建等进行全面、系统的介绍。主要内容涵盖各项技术的发展历史、发展现状、存在的技术问题、今后的发展趋势等,并主要以作者等的研究成果和工程应用为案例,介绍路面养护管理的新观点、新知识、新成果。本书在路面附加性能检测评价方法、路面性能的多因素评价方法、路面性能预测方法、考虑交通和环境的养护决策方法等方面,提出了具有一定新颖性的思路和方法。本书各章还设置了一定的习题,帮助读者进一步练习和深化学习内容。

全书共 8 章,由北京工业大学张金喜编著。本书在撰写过程中参考了博士研究生王书云、孔祥杰、敬超、宋波、郭旺达,硕士研究生杜艳花、张晨、崔亚萍、

赵帅、丁立亚、张倩等的毕业论文研究成果，博士研究生郭旺达、杨策、聂磊、王进成、宋永鹏、王广琛参与了图表校核、制作等工作。本书得到 2022 年度北京工业大学城市建设学部研究生课程建设项目“交通基础设施评价与养护决策原理”（项目编号：CJXB-YJSKC-01）、国家自然科学基金项目“行车大数据驱动的道路路面智能养护管理决策理论及方法”（项目编号：52278423）的资助，在此表示衷心感谢！

限于作者水平，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

2025 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 交通基础设施概述	1
1.2 道路路面概述	2
1.2.1 道路路面性能的概念	2
1.2.2 路面类型与特点概述	3
1.3 路面性能的研究历史	11
1.3.1 国外路面性能研究历程简介	12
1.3.2 我国路面性能研究历程简介	14
1.4 路面养护维修决策的科学问题	17
1.4.1 路面性能衰变特征	17
1.4.2 路面养护维修决策需要解决的问题	20
1.5 本章小结	21
习题	21
第 2 章 路面性能评价指标及其采集方法	22
2.1 路面性能分类概述	22
2.2 我国常用路面性能评价指标	23
2.2.1 路面破损程度	23
2.2.2 路面承载力	27
2.2.3 路面抗滑性能	29
2.2.4 路面平整度	36
2.2.5 路面车辙	43
2.2.6 跳车	46
2.2.7 路面磨耗	48
2.2.8 多功能路况检测车	48
2.3 路面功能性附加评价指标	49
2.3.1 路面-轮胎噪声	49
2.3.2 路面明度	51
2.3.3 路面温度低减性能	52
2.3.4 路面振动性能	54

2.3.5 其他性能	61
2.4 本章小结	61
习题	62
参考文献	62
第3章 路面性能评价方法与评价指标	63
3.1 概述	63
3.2 我国公路技术状况和路面性能评价方法	63
3.2.1 路面损坏状况指数	63
3.2.2 路面行驶质量	64
3.2.3 路面车辙	65
3.2.4 路面抗滑性能	65
3.2.5 路面结构强度	66
3.2.6 路面跳车指数	66
3.2.7 路面磨损指数	67
3.2.8 路面技术状况指数	67
3.2.9 公路技术状况评定	68
3.3 城市道路设施技术状况评价方法与指标简介	69
3.4 道路设施技术状况评价案例	72
3.4.1 公路路面技术状况评价案例	73
3.4.2 城镇道路设施技术状况评价案例	76
3.5 基于统计特征的沥青路面平整度评价方法研究案例	80
3.5.1 路面状况与平整度数据检测	81
3.5.2 沥青路面平整度概率特性分析	81
3.5.3 沥青路面平整度分布正态性检验	82
3.5.4 基于偏态分布的平整度分布特征	84
3.6 水泥路面抗滑性能评价研究案例	87
3.6.1 水泥混凝土路面及其抗滑性能测试方法	87
3.6.2 动态摩擦系数结果及其分析	88
3.6.3 路面抗滑性能与构造深度特征	92
3.6.4 小结	94
3.7 沥青路面抗滑性能评价研究案例	94
3.7.1 普通沥青路面抗滑性能	94
3.7.2 雾封层预养护路面抗滑性能	99
3.7.3 小结	101
3.8 路面技术状况评价指标细化研究案例	101
3.8.1 公路路面性能评价问题的探讨	102

3.8.2 路面性能评价指标细化	106
3.9 基于主客观评价的路面性能评价方法研究案例	108
3.9.1 概况	108
3.9.2 基于驾驶员心理生理反应的路面抗滑性能评价方法	109
3.9.3 基于驾驶员心理生理反应的路面平整度评价方法	114
3.9.4 小结	128
习题	128
第4章 路面性能预测方法	130
4.1 路面性能预测基本理论和方法	130
4.1.1 路面性能衰变的影响因素	130
4.1.2 确定型模型	131
4.1.3 概率型模型	137
4.1.4 其他预测模型	138
4.1.5 小结	139
4.2 基于流动性塑性变形的车辙深度预测方法研究案例	140
4.2.1 基于动稳定度的沥青路面车辙预测模型	140
4.2.2 模型参数的确定方法	141
4.2.3 应用实例与模型验证	143
4.2.4 小结	148
4.3 基于不同养护状态的路面性能预测方法研究案例	148
4.3.1 高速公路路面性能变化特点分析	149
4.3.2 考虑不同养护状态的高速公路路面性能预测模型	153
4.3.3 小结	160
4.4 基于机器学习算法的路面性能预测方法研究案例	160
4.4.1 基本原理	160
4.4.2 算法流程	161
4.4.3 模型开发	161
4.4.4 小结	167
4.5 本章小结	168
习题	168
参考文献	170
第5章 路面养护分类与养护技术	171
5.1 道路设施病害调查和分析方法	171
5.2 道路路面养护分类	176
5.2.1 路面养护分类的概念和意义	176

5.2.2	路面养护分类	177
5.2.3	不同路面养护类型的养护技术选择	179
5.3	典型路面预防性养护维修技术	180
5.3.1	雾封层	180
5.3.2	碎石封层	181
5.3.3	稀浆封层类技术	183
5.3.4	薄层罩面和超薄罩面	185
5.3.5	小结	187
5.4	在役沥青路面养护分类决策技术与实施案例	187
5.4.1	在役沥青路面结构状况分类方法与标准研究	187
5.4.2	在役沥青路面加铺层设计方法	194
5.4.3	在役沥青路面大修设计案例	198
5.4.4	小结	203
5.5	本章小结	203
	习题	204
第6章	道路路面养护维修费用分析	205
6.1	全寿命周期费用分析	205
6.2	全寿命周期费用分析方法	205
6.2.1	全寿命周期费用组成	206
6.2.2	费用分析期	207
6.3	经济分析比较的方法	207
6.4	路面养护管理的效益与费用分析方法	208
6.4.1	路面养护管理的效益与效果	208
6.4.2	路面养护的效益-费用分析方法	210
6.4.3	路面养护的效益-费用比分析计算案例	215
6.5	基于全寿命周期分析的养护规划编制案例	225
6.5.1	概况	225
6.5.2	五环路路面中长期养护规划方案拟定	227
6.5.3	五环路路面中长期养护期内的效益-费用分析	231
6.5.4	五环路路面中长期养护资金需求预测	236
6.6	考虑交通和环境影响的路面养护效益分析案例	237
6.6.1	概况	237
6.6.2	交通和环境影响分析	238
6.6.3	交通影响成本	241
6.6.4	公路养护作业工程案例	242
6.6.5	小结	245

6.7 本章小结·····	246
习题·····	246
第7章 路面养护维修决策与优化方法·····	249
7.1 养护排序方法·····	250
7.1.1 排序的影响因素·····	250
7.1.2 常用的排序方法·····	250
7.2 路网路面养护决策的数学优化模型·····	252
7.2.1 财政规划问题的数学优化模型·····	252
7.2.2 项目规划问题的数学优化模型·····	257
7.3 高速公路路面养护维修决策案例·····	260
7.3.1 高速公路沥青路面养护决策·····	260
7.3.2 基于0-1整数规划的路网级沥青路面养护决策模型·····	263
7.3.3 高速公路沥青路面养护决策方法·····	265
7.3.4 路网路面养护方案决策实施案例·····	268
7.3.5 养护费用分析系统·····	277
7.3.6 小结·····	281
7.4 本章小结·····	281
习题·····	282
第8章 路面养护管理系统简介·····	283
8.1 路面管理系统的含义及发展历史·····	283
8.2 路面管理系统简介·····	285
8.3 公路资产管理系统案例简介·····	290
8.4 本章小结·····	292
习题·····	293

第1章 绪 论

1.1 交通基础设施概述

交通基础设施涵盖范围较广，主要包括公路、铁路、桥梁、隧道、机场、港口、航道以及城市轨道、城市道路及配套设施等。根据交通运输部统计，我国交通基础设施建设状况如下。

截至 2024 年底，全国铁路营业里程达到 16.2 万 km，其中，高铁营业里程达到 4.8 万 km。铁路复线率为 60.8%，电化率为 76.2%。全国铁路路网密度为 165.2km/万 km²。

截至 2024 年底，全国公路总里程达到 549.04 万 km，比上年底增加 5.35 万 km。公路密度为 57.19km/100km²，比上年底增加 0.56km/100km²。全国四级及四级以上等级公路里程为 534.47 万 km，比上年底增加 7.46 万 km，占公路里程比重为 97.3%，提高 0.4 个百分点。其中，二级及二级以上等级公路里程为 77.75 万 km，增加 1.53 万 km，占公路里程比重为 14.2%，提高 0.2 个百分点；高速公路里程为 19.07 万 km，增加 0.70 万 km，其中，国家高速公路里程为 12.41 万 km，增加 0.18 万 km。

截至 2024 年底，全国内河航道通航里程为 12.87 万 km，比上年底增加 528km。等级航道通航里程为 6.84 万 km，占内河航道通航里程比重为 53.2%，其中三级及三级以上航道通航里程为 1.60 万 km，占内河航道通航里程比重为 12.4%。全国港口生产用码头泊位 22219 个，比上年底增加 196 个。其中，沿海港口生产用码头泊位 5730 个，增加 140 个，内河港口生产用码头泊位 16489 个，增加 56 个。

截至 2024 年底，颁证民用航空运输机场 263 个，比上年底增加 4 个，其中，定期航班通航机场 262 个，定期航班通航城市(或地区)258 个。全年旅客吞吐量达到 100 万人次以上的运输机场有 107 个，增加 5 个，其中，全年旅客吞吐量达到 1000 万人次及以上的运输机场有 40 个，增加 2 个。全年货邮吞吐量达到 10000t 以上的运输机场有 67 个，增加 4 个。

可以看出，我国的铁路、公路建设居于世界前列，航运业快速发展，机场数量逐年递增，我国已经建成了庞大的交通基础设施网络。预计今后将会继续开展交通基础设施建设，并且智能化、智慧化、绿色化将成为我国交通基础设施建设的主要发展方向。

另外，庞大的基础设施存量带来了巨大的养护维修工作任务。根据对道路工程建设领域的统计，我国已经建立起庞大、高效的公路和城市道路设施系统，已

建成设施的养护和管理工作将成为公路和城市道路建设工作的核心任务。根据有关部门统计,2022 年我国公路养护里程 535.03 万 km,占公路总里程比重达到 99.9%。2015 年,我国用于公路养护的资金达到 3389.9 亿元。在养护工作内容方面,国、省干道路面大中修率在 15%以上,每年路面大修养护工程量达到约 50 万 km,大修养护费用达到数千亿元。以北京市为例,2006~2013 年,北京市普通公路投资每年平均在 60 亿元左右,其中用于路面大修养护的投资每年平均在 10 亿元左右,且二者均呈逐年增长的趋势。可以看出,已建成道路设施的养护维修已经成为我国道路建设领域的重点工作,具有规模庞大、投资巨大的特点,加强道路设施的维修养护对于提高社会效益和经济效益具有重要意义。铁路、航运、机场等交通基础设施建设也是如此,基础设施的科学合理养护管理不仅是保证设施安全、可靠运行的前提条件,也具有显著的经济效益,对做好基础设施的养护管理决策具有重要的社会和经济意义。

不同交通基础设施的设计、建设和养护技术具有不同的特点,需要根据不同的设施开展不同的技术状况检测、评价,采用不同的养护频率、养护方法进行养护维修。但不同基础设施的养护管理具有共性,即需要根据设施的使用状况、使用年限开展定期检测,评估设施的技术状况,在此基础上进行科学的养护决策,制定和编制养护计划,实施养护工程设计和施工。因此,交通基础设施的性能检测、技术状况评估、技术性能预测、养护维修技术和方法、养护维修方案经济性评价与决策、全寿命分析与优化、养护管理系统构建等,成为交通基础设施评价和养护决策的核心内容。

本书以道路交通基础设施中道路路面的技术状况评价和养护决策为核心,主要介绍道路基础设施的性能检测、技术状况评估、技术性能预测、养护维修技术和方法、养护维修方案经济性评价、全寿命分析与优化、养护管理系统构建等,为开展相关研究和工作奠定专业知识基础。

1.2 道路路面概述

1.2.1 道路路面性能的概念

道路交通是人类最古老的交通方式之一,也是现代最便捷和常用的交通方式,在人类发展历史中发挥着重要作用。道路是道路基础设施,道路设施的好坏决定了道路交通的服务水平,因此道路设施建设和管理水平对道路交通的运营具有重要影响。

从宏观上来讲,道路路面是道路设施的实体部分,包括路基、基层、面层和附属设施,道路路面设施的建设质量、建设水平、养护管理水平决定了道路设施

的使用寿命和服务质量。没有良好的道路路面设施,再好的道路线形也不能保证道路交通的高效运行。道路路面的各个部分是相互支持、相互作用的,良好的路基为路面提供了稳定的基础,保证路面在不同的使用环境下都具有良好的使用性能;良好的基层为路面承担交通荷载提供了坚实的基础;面层材料与自然环境接触,抵抗自然破坏因素对道路结构的侵蚀,同时为车辆运行提供舒适、安全的环境;附属设施则为道路设施提供保护,同时为道路交通提供安全保障。因此,现代道路路面的路基、基层、面层、附属设施成为道路设施的必要组成部分,缺一不可,而且均需保持良好的技术状态。

虽然道路路面的各个组成部分都具有不同的性能和评价指标,但对于一个已经投入运行的道路路面来讲,路基、基层、面层和部分附属设施性能各自承担不同的功能,具有不同的衰变特征,路面表面性能的变化可以认为是道路设施服务性能的综合表征。因此,对于实际使用中的道路路面,道路路面表面性能更多地用来评价道路路面设施的技术状况和服务水平。

道路路面表面性能也简称为路面性能,或称为路面使用性能。20世纪60年代,Carey和Irick首次提出了路面使用性能的概念,并将路面使用性能定义为路面服务能力的演变历程,按此定义提出了路面服务性能指数(present serviceability index, PSI)这一使用性能指标。1987年,美国公路战略研究计划(Strategic Highway Research Program, SHRP)扩大了路面性能的含义,包含了路面行驶质量、损坏状况、结构的力学响应、行驶安全性以及路面材料的疲劳、变形、开裂、老化特性等各方面的含义,成为一个泛指路面和材料各种技术行为的术语。进入21世纪以来,我国一些专家将路面性能与其形成内因联合在一起提出了路面结构行为概念,其定义为路面结构(和材料)的物理特征和力学特征在外界因素(荷载、环境)作用下的相互关系,包括路面破坏、路面变形、材料特性、力学特性四个方面。

综合国内外大量相关文献,路面性能可定义为道路路面在预定的设计年限内,在规定的荷载和气候条件下,达到预期功能要求,实现和保障各类车辆安全、经济、舒适和快速行驶的能力和属性。

1.2.2 路面类型与特点概述

道路等级不同所采用的路面材料也不同,不同等级路面、不同材料建设的路面,其路面性能的评价方法也不相同。根据路面面层建设材料的不同,目前路面类型可划分为土路面、碎砾石路面、无机结合料稳定路面、块料路面、水泥混凝土路面、沥青混凝土路面等。

土路面是最原始的路面。为了便于人和车辆行走,人们将自然地面进行平整,或将地面开挖至生土而形成道路路面。为了提高路面的性能,也选用砂或碎砾石进行表面的稳定处理,从而形成了砂土或砂石路面。由于建设技术的缺乏,古代

道路一般均为土路面,目前土路面主要用在农村道路、农田道路、厂矿矿区道路等。土路面为低等级路面,一般为临时性道路、自有道路,不作为承担公共交通功能的主要道路。土路面材料为松散颗粒,容易变形、飞散和移动,雨雪天容易出现积水、淤泥现象,严重影响交通通行。因此,土路面的病害一般表现为松散、坑槽、车辙、飞散等。

碎砾石路面是一种在土路面基础上进行改进的较高等级的路面形式。1816年,苏格兰工程师马卡丹对碎石路面进行了研究,提出了使用两层碎石铺筑路面的马卡丹式路面结构。1858年,发明轧石机后,碎石路面得到广泛应用。现在,碎砾石路面技术已与19世纪的碎石路面结构有较大不同,但一般来讲,具有一定级配的碎砾石通过混合、摊铺和压实等工艺形成的路面均可称为碎砾石路面,施工中根据施工工艺的不同还有水结碎石路面和泥结碎石路面等不同的类型。

碎砾石路面具有较高的强度和良好的路面性能,养护管理得当可以使路面具有较长的使用寿命,为不同交通出行方式提供良好的服务。但碎砾石路面材料没有使用良好的胶结材料,颗粒材料之间主要通过嵌挤作用形成稳定的、具有一定强度的整体。如果路面某一部分发生松散,则会引起路面的快速破坏,因此碎砾石路面的养护管理非常重要。碎砾石路面仍属于低等级路面,主要用于低等级公路、厂矿道路和临时施工便道,主要病害类型包括松散、飞散、坑槽、车辙等。

另外,也有些道路将碎砾石用石灰、水泥类材料进行稳定处理,形成具有较高强度和稳定性的水泥稳定碎石或水泥稳定砂砾等路面。但一般情况下,这种材料主要用于路面基层的铺筑,称为半刚性材料,用于沥青路面或水泥路面基层,承担主要交通荷载。将这种材料直接作为路面材料使用的情况较少。

无机结合料稳定路面是在土路面基础上修建的路面,路面等级低,一般用于低等级公路或临时性道路上。无机结合料稳定路面是利用水泥、石灰、粉煤灰或其他无机结合料对土路面表层进行稳定处理,通过摊铺、压实形成的路面。无机结合料类型较多,除上述材料外,还可以使用电石渣等具有一定活性的材料。无机结合料稳定路面强度亦较低,不能承担重载交通,路面也较容易产生变形、坑槽等病害,目前只应用于一些低等级的公路、农村道路或临时性道路等。

块料路面是利用规则的石块、烧制的或压制的黏土方砖、水泥混凝土方砖等块状材料,在经过处理的基层上铺筑成的路面。块料路面具有较长的使用历史,公元前400年前后古罗马时期修建的罗马大道,大部分是由边长为1~1.5m的石板镶嵌于灰浆中形成的,有些道路路面是用方形大理石或厚18cm左右的琢石铺砌的,说明公元前400年前后,人们就通过对石料进行雕琢处理,以修建规则的、高质量的道路路面。

近代机动化交通的发展对道路路面性能提出了更高的要求。随着道路建设材料的改变和施工工艺的提高,块料路面也得到广泛应用。图1.1为20世纪初中国

哈尔滨石块砌筑的城市道路路面，图 1.2 为 20 世纪初英国伦敦石块砌筑的城市道路路面，图 1.3 为 20 世纪初美国纽约石块砌筑的城市道路路面，图 1.4 为国外 20 世纪初铺筑路面使用的方砖。



图 1.1 20 世纪初中国哈尔滨石块砌筑的城市道路路面



图 1.2 20 世纪初英国伦敦石块砌筑的城市道路路面

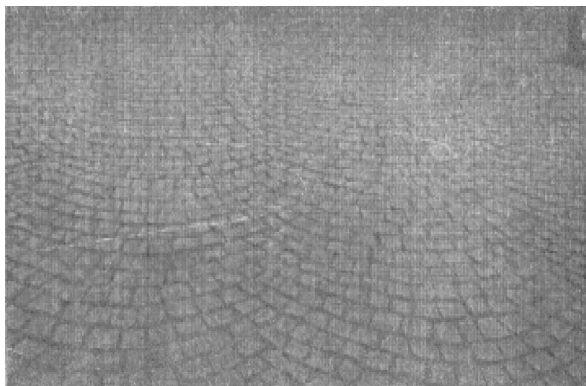


图 1.3 20 世纪初美国纽约石块砌筑的城市道路路面



图 1.4 国外 20 世纪初铺筑路面使用的方砖

块料路面有大量的缝隙，易于雨水下渗并造成路基强度下降，出现唧泥现象，影响道路的使用。因此，20 世纪初道路建设者在铺砖路面的缝隙中灌注水泥浆或热沥青将缝隙堵塞，可以部分减轻上述病害的发生，如图 1.5 和图 1.6 所示。



图 1.5 铺砖路面缝隙中灌注水泥浆



图 1.6 铺砖路面缝隙中灌注热沥青

现在块料材料类型更加多样，有机械精确加工生产的规则石料，有水泥混凝土生产的普通方砖，有具有透水功能的混凝土方砖，还有各种颜色的彩色方砖，因而块料路面仍有较大的应用范围。目前，块料路面主要用于人行道路、广场道路、景区道路，经过专门材料和结构设计的路面也用于高等级公路和城市道路。

图 1.7 和图 1.8 分别为使用中的景区公路和城市道路的块料路面。块料路面的使用性能和寿命取决于材料的种类，在具有足够强度的基层上铺筑规则、平整的块料可以形成高等级道路路面，路面性能优良，用于高等级公路和城市道路建设。



图 1.7 景区公路块料路面



图 1.8 城市道路块料路面

水泥混凝土路面是高等级路面类型之一，在世界各国具有广泛应用。现代水泥发明于 19 世纪 20 年代，水泥的发明使土木建筑行业发生了革命性变化，建筑物可以建设得更加复杂、高度更高，桥梁的建设更加容易，桥梁跨度更大。据文献介绍，我国最早的水泥厂诞生于 1889 年，坐落在唐山市，当时日产量不足 30t，年产量小于 1 万 t。2011 年我国水泥产量超过 20 亿 t，占全世界水泥产量的近 50%。目前，水泥材料不仅应用于房屋建筑、水电设施、桥梁等基础设施建设，也广泛应用于道路路面建设。有关资料显示，2023 年底我国公路里程达到 535 万 km，其中有铺装的路面占比在 90% 左右。在有铺装的路面中，水泥混凝土路面占比达到 70% 左右。

经过多年的发展，水泥混凝土路面建设技术逐步提高。从结构形式来看，有无配筋水泥混凝土路面、配筋水泥混凝土路面、连续配筋水泥混凝土路面。从

施工工艺来看，有普通水泥混凝土路面施工技术和水泥混凝土滑模摊铺施工技术。从路面表面构造来看，有普通路面、刻槽路面、拉毛路面等施工方法。图 1.9 为公路水泥混凝土路面。



图 1.9 公路水泥混凝土路面

水泥混凝土路面具有强度高、承载力大、稳定性好、耐久性好、识认性好等优点，适合重载交通道路，在各种等级道路上均有广泛应用。水泥混凝土路面由于存在施工缝等各种接缝，容易产生颠簸，影响行车舒适性。但水泥混凝土路面的施工工艺和技术不同，路面性能也不同，良好的水泥混凝土路面的行车舒适性可以达到沥青混凝土路面的水平。水泥混凝土路面的使用寿命较长，一般可达到 20~30 年，图 1.10 为保存下来的秦皇岛市于 1959 年铺筑的水泥混凝土路面的局部照片，至今已有 67 年的历史。

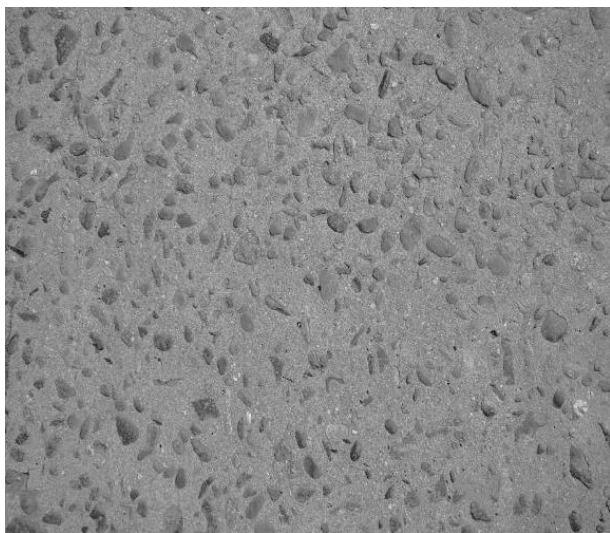


图 1.10 1959 年铺筑的水泥混凝土路面的局部照片

水泥混凝土路面经过长时间的使用也会发生各种病害,主要包括断板、裂缝、错台、麻面、剥落、嵌缝料破损、接缝损坏等。各种病害的典型照片如图 1.11 所示。水泥混凝土路面损坏后的维修时间长,影响道路交通通行,这是影响水泥混凝土路面使用的一个不利因素。

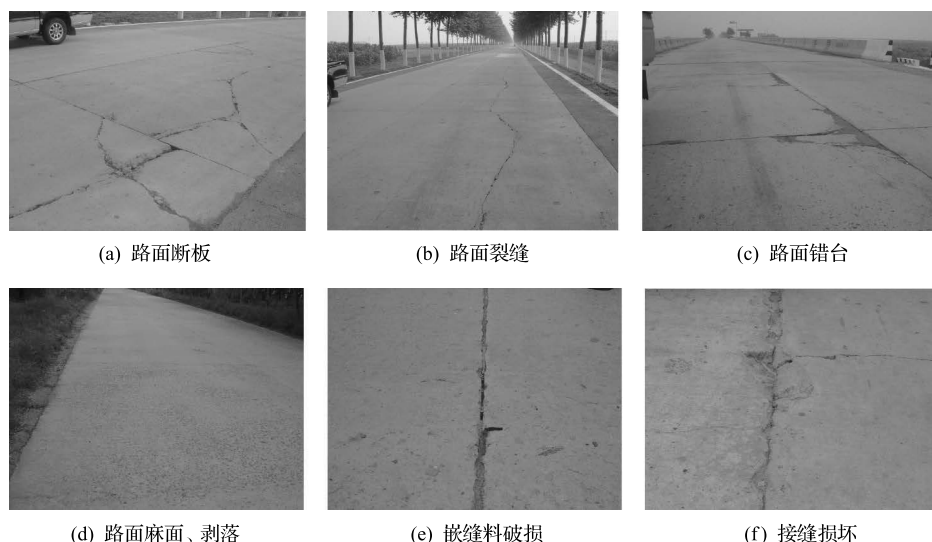


图 1.11 水泥混凝土路面常见病害

沥青路面泛指以沥青为结合料、以砂石材料为骨料而修建的沥青类路面。人类了解沥青材料的时间较长,但将其应用于修筑道路路面始于 19 世纪末至 20 世纪初。最开始时,为防止碎石路面出现扬尘问题,人们将地沥青、柏油等黏结材料加热后,喷洒于整平、压实的碎石路面上,静置 3d 后在其上加铺砂或石屑,防止沥青类黏结料黏结到车轮上。100 多年来,沥青路面的设计和建设技术逐步提高,按材料类型分类,有沥青混凝土路面、沥青碎石路面、沥青贯入式路面、沥青表面处治路面等。按施工工艺分类,有厂拌法、路拌法、层铺法等。按路面材料强度形成机理分类,有密实型、骨架密实型、嵌挤型等。近几十年来,沥青路面种类更加多样,施工技术更加先进,乳化沥青技术、沥青温拌技术、沥青路面再生技术逐步研发并得到推广应用,彩色沥青混凝土、透水沥青混凝土、遮热沥青混凝土、防结冰沥青混凝土等功能性沥青混凝土路面也得到研发和推广应用。

沥青混凝土路面是高等级路面,用于高等级公路和城市道路路面建设。根据有关统计资料数据,2023 年底,在我国有铺装的公路路面中,沥青路面占 28%,而绝大部分的城市道路路面为沥青混凝土路面。图 1.12 为典型沥青路面。沥青混凝土路面具有表面平整、无缝缝、行车舒适、耐磨、振动小、噪声小、施工期短、养护维修简便、适宜分期修建等优点。



(a) 公路沥青路面



(b) 高速公路沥青路面



(c) 城市道路沥青路面

图 1.12 典型沥青路面

沥青材料为有机材料，在日晒、雨淋等自然因素作用下会发生老化，使路面逐渐失去原有性能而出现破坏。沥青材料具有高温变软、低温变硬的特点，因此沥青路面的夏季车辙等高温病害、冬季开裂等低温病害和水作用下的水损坏成为沥青路面的典型病害特征。同时，在交通荷载特别是重载作用下，路基材料和基层材料会发生永久性变形，路面材料和基层材料在荷载的反复作用下发生疲劳破坏，最终引起路面的车辙、坑槽、松散、裂缝等病害。图 1.13 为沥青路面典型病害。



(a) 车辙病害



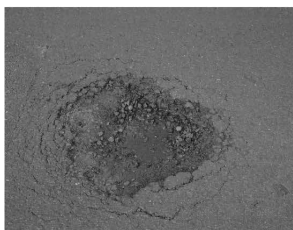
(b) 裂缝病害(龟裂)



(c) 裂缝病害(块裂)



(d) 裂缝病害(纵横裂缝)



(e) 松散病害



(f) 坑槽病害



(g) 拥包病害



(h) 泛油病害

图 1.13 沥青路面典型病害