

沥青混合料

材料组成与特性

彭 波
李文瑛 编著
危拥军

郝培文 主审



人民交通出版社

China Communications Press

沥青混合料

材料组成 特性

彭 波
李文瑛 编著
危拥军

郝培文 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统阐述了沥青混合料材料性能和施工工艺。全书共分八章,涉及四部分内容。第一部分介绍沥青混合料路面的发展概况、沥青气候分区;第二部分介绍沥青、集料、沥青混合料性能、强度形成机理、沥青混合料结构组成理论;第三部分介绍沥青路面修筑技术;第四部分介绍了新型沥青混合料。

本书内容丰富、针对性强,可供公路与城市道路设计、施工和管理(监理)部门的工程技术人员以及高等院校相关专业的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

沥青混合料材料组成与特性/彭波等编著. —北京:人民交通出版社, 2007.9
ISBN 978-7-114-06699-3

I. 沥... II. 彭... III. 沥青拌和料-研究 IV. U414.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 107735 号

书 名: 沥青混合料材料组成与特性

著 作 者: 彭 波 李文瑛 危拥军

责任编辑: 丁润铎

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)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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14.5

字 数: 357 千

版 次: 2007 年 9 月 第 1 版

印 次: 2007 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06699-3

印 数: 0001—3000 册

定 价: 30.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

随着我国现代化建设事业的不断发展,我国公路建设事业取得了长足的进步。截至2006年,全国高速公路总里程达到4.52万km。这些公路,大部分以沥青路面为主。我国在沥青路面修筑特别是高等级公路的沥青路面修筑方面,形成了以路面材料、结构、设计、施工和检测为核心的成套技术,工艺水平明显提高。

沥青路面使用品质既与路面材料性能有关,又与设计水平和施工质量有关。现在广泛使用的重交通道路石油沥青和规范确定的沥青混合料矿料级配,在大多数情况下是能够满足目前交通和气候环境的需要的。但在某些情况下,常规的沥青混合料的性能却不能满足要求。原材料的性能对沥青混合料的性能起着至关重要的作用。相比国外而言,我国规范对原材料要求不严,导致沥青混合料过早发生损害,严重影响公路的使用品质与使用寿命。因此,总结和探索沥青混合料材料性能与沥青混合料路面修筑技术,特别是近几年出现的新型沥青路面结构,如沥青玛蹄脂碎石混合料路面(SMA)、多碎石沥青混凝土(SAC)以及美国SHRP计划提出的沥青混合料(Superpave)路面的材料性能与修筑技术,对于加快我国公路建设步伐,提高工程质量,节约投资,具有十分重要的意义。为此,本书根据作者多年来的工程实践和研究成果,结合交通部最新颁布相关规范,参考国内外的工程实践经验及最新研究成果,系统地阐述了沥青混合料材料性能与沥青路面修筑新技术。

全书共分八章,第一、二、三、六、七章由彭波编写;第四、五章由李文瑛编写;第八章由彭波、危拥军编写。全书由彭波统稿。

本书由长安大学公路学院副院长、博士生导师郝培文教授主审,并且撰写过程中得到长安大学博士生导师戴经梁教授、陈忠达教授的悉心指导,在此一并表示衷心感谢!

本书所引用的文献均列于书末,文中不再一一注明,对被引用文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限,书中缺漏之处在所难免,恳请国内外同行专家批评指正。

编者著

2007年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 沥青路面发展史	1
第二节 沥青路面使用性能及损坏形式	6
第三节 沥青路面工作特性	9
第四节 沥青及沥青混合料气候分区	11
第二章 道路集料技术性能及加工	14
第一节 集料的矿物组成	14
第二节 我国沥青混合料集料要求	25
第三节 SHRP 集料要求	29
第四节 集料生产	32
第三章 道路石油沥青技术性能	35
第一节 道路石油沥青分类及性能	35
第二节 我国道路石油沥青技术标准	53
第三节 SHRP 沥青技术指标	56
第四节 改性沥青及其技术标准	62
第四章 沥青混合料结构组成理论与力学性能	75
第一节 沥青混合料分类	75
第二节 沥青混合料级配理论	77
第三节 沥青混合料强度理论及强度参数	84
第四节 沥青混合料应力—应变特性	92
第五章 沥青混合料配合比设计	97
第一节 热拌沥青混合料配合比设计	97
第二节 SMA(沥青玛蹄脂碎石混合料)配合比设计	108
第三节 Superpave 沥青混合料	110
第六章 沥青混合料路用性能	121
第一节 沥青混合料高温稳定性	121
第二节 沥青混合料的低温抗裂性	132
第三节 沥青混合料水稳定性	139
第四节 沥青混合料疲劳性能	144
第五节 沥青混合料抗老化性	157
第六节 沥青面层的表面特性	161
第七章 沥青混合料路面施工	171
第一节 概述	171
第二节 热拌热铺沥青混合料路面的施工	172



第八章 特殊类型沥青混合料.....	198
第一节 沥青玛蹄脂碎石混合料.....	198
第二节 透水性沥青混合料.....	202
第三节 半刚(柔)性沥青混合料	205
第四节 浇注式沥青混合料.....	207
第五节 再生沥青混合料.....	209
第六节 其他类型沥青混合料.....	212
参考文献.....	220





第一章 绪 论

第一节 沥青路面发展史

人类远在公元前 3800 年~公元前 2500 年就开始使用沥青,先后在埃及的尼罗河、美索不达米亚的底格里斯河及幼发拉底河、巴基斯坦的扁河等流域开发沥青矿藏并应用于日常生活中。约公元前 600 年,古巴比伦王国铺筑了人类历史上第一条沥青路面,但这种技艺不久便失传了,一直到 19 世纪,人类才真正开始利用沥青筑路。1833 年在英国开始采用煤沥青碎石路面铺装;1854 年在巴黎首次用碾压法进行沥青路面铺装;1870 年前后在伦敦、华盛顿、纽约等地采用沥青做路面铺装。

中国是一个有 5000 多年文明史的国家。中国古代道路和桥梁建筑,在世界上曾处于领先地位,在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。

据《史记》记载,早在 4000 多年前,中国已有了车和行车的路。商代开始有驿道传送。西周开创了以都市为中心的道路体系,建立了比较完善的道路管理制度,非常重视道路工程建设、养护和环境保护。《小雅·大东》记载:“周道为砥,其直如矢,君子所履,小人所视。”说明周道路线顺直,路面平坦。秦代修驰道、直道,建立了规模宏大的道路交通网。西汉时期设驿站 3 万处,道路交通呈现出更加繁荣的景象。特别是连接欧亚大陆的“丝绸之路”的开通,为东西方经济文化交流做出了贡献。唐代是中国古代经济和文化的昌盛时期,据《李吉甫和郡县图志》记载,唐代建成了以长安城为中心约 2.2 万多公里的驿道网。到了宋、元、明、清各代道路交通又有了发展。宋代市际交通较前发展主要是水运方面,陆路交通较前代差异不大。元代交通发展极快,主要体现在陆路交通方面,这与蒙古民族的游牧特点以及武功扩展是分不开的。明代的道路交通基本上是在这个基础上进行扩展充实的。清代盛时,官家车马大路约 46 000 里,步行之路 10 万里(不包括城市道路),此时,已对道路进行了分级,分为“车马大路”、“大路”、“小路”三个等级。

我国于 1908 年建成了历史上第一条公路,即在广西修建的龙州—那堪公路(约 30km)。从此我国公路有了初步发展,1912~1949 年期间,全国先后修建了 13 万 km 公路,但这些公路大多标准很低,设施简陋,路况很差。到 1949 年底勉强维持通车的仅有不到 8 万 km,其中铺有高级、次高级路面的还不到 350km,全国有 1/3 的县不通公路,西藏地区没有一条公路,全国公路网密度仅 $0.8\text{km}/100\text{km}^2$,高速公路为零。

这一时期,在一些石油资源开发较晚或贫油的国家中,沥青路面也开始了试验应用。我国于 1935 年在南京附近利用进口沥青修筑了沥青路面试验路段;1941 年又在滇缅公路修筑了双层沥青表面处治路面 155km;抗日战争胜利后又在宁杭公路修筑了沥青贯入式及双层沥青表面处治等路面。



一、新中国成立后公路发展的三个阶段

1. 20 世纪 50 年代初——恢复阶段

1949 年以后,我国公路交通经历一段时期的恢复后开始获得长足发展,1952 年公路里程达到 12.67 万 km。50 年代中、后期,为适应经济发展和开发边疆的需要,我国开始大规模建设通往边疆和山区的公路,相继修建了川藏公路、青藏公路,并在东南沿海、东北和西南地区修建国防公路,公路里程迅速增长,1959 年达到 50 多万公里。

2. 20 世纪 50 年代末至 80 年代末——大规模建设阶段

1960 年开始,我国在继续大力兴建公路的同时,加强了公路技术改造。这一改造以改善路面行车质量、增加车速、减轻养护为特征,使有路面道路里程,高级、次高级路面比重显著提高,公路交通量明显增长。随着大庆原油的开发,推广应用渣油表面处治路面,渣油表处加石灰土基层成了最主要的路面结构形式。与此同时,由于胜利等油田的开发,开始生产符合一定规格的沥青。沥青碎石结构、贯入式路面得到了发展,成为干线公路的主要路面结构形式。20 世纪 70 年代中期我国开始对青藏公路进行技术改造,20 世纪 80 年代全面完成,建成了世界上海拔最高的沥青路面公路。

1959 年到 1978 年,尽管国民经济发展道路曲折,但全国公路里程仍基本保持持续增长,1978 年底达到 89 万 km,公路网密度达到 $9.3\text{km}/100\text{km}^2$,是 1949 年的 11.6 倍。

3. 20 世纪 80 年代末以后——高等级公路大发展阶段

改革开放以来,我国公路建设发展迅速。该时期公路发展历程见表 1-1。截至 2005 年底,全国公路总里程达到 193.05 万 km,路网结构进一步完善。全国公路总里程中,各种性质的公路组成见表 1-2。全国有铺装路面和简易铺装路面公路里程 99.46 万 km,占总里程的 51.5%。按公路路面类型分组,各类型路面里程见表 1-3。

我国公路发展历程

表 1-1

年份	总里程 (万 km)	高速公路 (km)	一级公路 (km)	二级专用路 (km)	二级公路 (万 km)	三级公路 (万 km)	四级公路 (万 km)	等外公路 (万 km)	高速公路比例 (%)
1985	94.24	0	422	0	2.12	12.85	45.63	33.6	0
1986	96.28	0	748	0	2.38	13.68	47.64	32.51	0
1987	98.22	0	1 341	0	2.80	14.84	49.12	31.39	0
1988	99.96	147	1 673	0	3.29	15.94	50.31	30.28	0.015
1989	101.43	271	2 101	683	3.74	16.43	51.11	29.84	0.027
1990	102.83	522	2 617	1 199	4.2	17.00	52.50	28.70	0.051
1991	104.11	574	2 897	1 459	4.63	17.80	53.54	27.65	0.055
1992	105.67	652	3 935	2 086	5.27	18.49	54.24	26.98	0.062
1993	108.35	1 130	5 202	2 750	6.06	19.36	55.95	26.13	0.106
1994	111.70	1 603	6 334	2 840	6.95	20.07	58.03	25.64	0.043
1995	115.70	2 141	9 580	3 564	8.13	20.28	60.68	24.62	0.185
1996	118.58	3 422	11 779	4 130	9.29	21.67	61.93	23.77	0.289
1997	122.70	4 771	14 637	4 928	10.66	23.08	63.57	22.89	0.389
1998	127.80	8 733	15 277	并入二级	12.52	25.79	66.20	20.92	0.683
1999	135.20	11 605	17 716		14.00	26.91	71.84	19.50	0.823
2000	140.27	16 134	20 088		15.26	27.67	75.03	18.67	1.140
2002	176.50	25 130	27 468		19.71	31.51	81.80	38.22	1.423
2004	187.07	34 288	33 522		23.17	33.54	88.10	35.48	1.832
2005	193.05	41 005	38 381		24.64	34.47	92.13	33.88	2.124



2005 年底全国公路总里程构成情况

表 1-2

公路类别	里程(km)	所占比例(%)
国道	129 815	6.9
省道	227 871	12.2
县道	479 372	25.6
乡道	945 180	50.5
专用公路	88 424	4.7

2005 年底全国公路铺装情况

表 1-3

铺装情况	有铺装路面		简易铺装	未铺装路面
	沥青混凝土路面	水泥混凝土路面		
里程(km)	226 075	306 622	461 901	1 935 945

高速公路建设是改革开放后我国公路事业取得的突出成就。1985 年,我国开始修建一级公路;1988 年 10 月 31 日,我国第一条高速公路——沪嘉高速公路(18.5km)建成通车;1990 年,沈大高速公路通车,从此,我国高等级公路的发展呈直线增长,年增长幅度之大在世界公路建设史上罕见;1998 年末达到 8 733km,居世界第六;1999 年 10 月,突破了 1 万 km,跃居世界第四位;2000 年末,达到 1.6 万 km,跃居世界第三。2005 年,我国高速公路里程达 4.1 万 km,跃居世界第二,比世界第三的加拿大多出近一倍。其中,京、津、沪及辽宁、山东、广东、河北、江苏等大部分沿海地区已经建成省内的高速公路网。

虽然我国公路建设取得了长足的发展,但交通运输在整体上仍不能满足社会经济发展和人民生活的需求,交通运输仍然是制约国民经济的“瓶颈”。从公路技术等级看,在全国公路总里程中还有 33 万多公里等外公路,等外公路占的比重达到 18%,西部地区更高。全国公路技术等级构成仍不理想。从行政区划分布看,由于经济发展和人口分布的不平衡,公路发展在各地区之间存在着较大差距。我国高等级公路的比例和路面铺装率都很低,绝大部分公路仍然是等级低、质量差的中低级路面,只能说是一种粗放型的公路网。已通车的高速公路中,4 车道公路占绝大部分,6 车道和 8 车道的高速公路极少,而且这些高等级公路最大缺点是没有联网,达不到规模效应。

我国公路网存在的主要问题:(1)公路网密度低;(2)结构性矛盾突出,大通道尚未形成,农村公路交通落后,西部地区公路网密度只有全国平均水平的 56%;(3)技术水平低,三级以下公路占 84%,其中等外公路占 18%,中级以下路面占 58%,其中低级以下占 34%。

我国公路交通发展的长远计划:(1)力争在 2010 年,使国道基本达到二级以上标准,形成高标准的干线公路网,使乡镇和行政村通路率达到 100% 和 96%;(2)若 2020 年我国汽车保有量达 1.1 亿辆(美国 2001 年的水平,2.76km/百辆汽车),则适应汽车水平的我国公路总里程应为 304 万 km 左右,需新增 110 多万公里,每年新增约 7 万 km。

2005 年,我国发布了《国家高速公路网规划》,该规划提出将用 20~30 年时间,使公路网总规模达到 300 万 km,形成 8.5 万 km 国家高速公路网,其中主线 6.8 万 km,地区环线、联络线等其他路线约 1.7 万 km。新路网由 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线组成,称为“7918 网”(图 1-1)。根据规划方案,国家高速公路网将连接全国所有的省会级城市、





目前城镇人口超过 50 万的大城市以及城镇人口超过 20 万的中等城市,覆盖全国 10 亿多人口。实现东部地区平均 30min 上高速,中部地区平均 1h 上高速,西部地区平均 2h 上高速的快速出行。

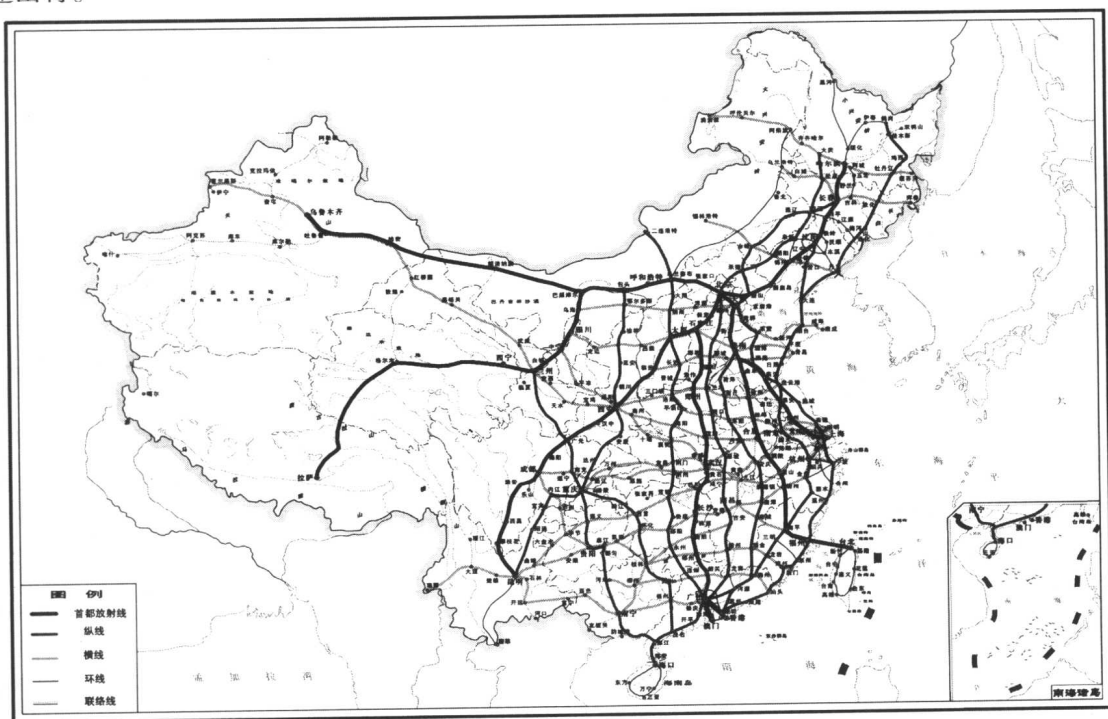


图 1-1 国家“7918”高速公路网布局方案

21 世纪,高速公路的发展趋势已不再是互不连接的分散的线路,而是向高速公路网的方向发展,欧洲正将各国主要高速公路连接起来,逐步形成国际高速公路网。总之,当今世界公路基础设施的发展趋势是发达国家以完善、维护和提高现有路网和通行能力为主,发展中国家则是以普及和提高相结合,在增加公路通车里程的同时,大力提高干线公路的技术水平。

二、沥青及沥青混合料发展史

自从沥青用于道路工程之后,由于自原油蒸馏所得的渣油感温性差,迫切需要加以处理,于是各种沥青改性措施便应运而生。大约在 1866 年,曾有人采用硫化法,即用硫磺与沥青共热的方法,使所得产品软化点升高,针入度降低,其商品被命名匹兹堡沥青(Pittsberg flux)。1881 年 E. J. De Smedt 使用化学氧化剂制取氧化沥青,成功地改善了沥青的性质。1894 年美国的 F. X. Byerleg 在沥青温度为 316℃(600°F)时吹入空气,成功地制取了氧化沥青。

人们在筑路或其他作业时,常感到沥青需要加热,使用上很不方便,1910 年在科诺大学广场上开始第一次使用稀释沥青。当时,沥青的铺路技术还只限于在道路表面上涂刷一层沥青,即当今的单层沥青表面处治。在此之前,沥青材料在道路工程中的使用还只是一个启蒙时期。

第二个时期大约是 20 世纪的 20 年代到 50 年代,在这个时期中,沥青路面技术在欧美等





许多国家得到迅速发展。1911年美国首先提出按针入度作为沥青的分级指标。1916年德国马尔库逊(Malculson)提出了最初的沥青组分分析方法,研究了沥青组分含量和路用性能的关系。其后,经过雷西希娜(Jluu Xe Ha)、哈巴尔特(Habalt)、科贝特(kobelt)、饭岛博等人的补充和修正,形成了目前的组分分析法。在这一时期中,各国对沥青的物理性能、化学结构及试验方法等进行了大量的研究。但是由于沥青组成和结构的复杂性,研究未取得重大的突破。

近几十年来,随着公路等级的不断提高,对沥青材料提出了更高的要求,促使研究工作进一步深入开展。除针入度、延度、软化点等目前常用的三大指标外,先后提出了脆点、含蜡量、族组分分析、黏附性以及旋转薄膜烘箱老化等一系列非常规指标。还应用流变学的理论和方法研究了沥青的黏弹性力学特性、蠕变、应力松弛、沥青性能对温度和时间依赖关系,以及劲度和针入度指数等与流变学有关的指标。与此同时,出现了各种改性沥青,如往沥青中掺入橡胶、树脂、硫磺及其他高聚物等。

在沥青混合料的发展史上,有三个堪称为里程碑的大事件,它们有力地推动了沥青材料的发展。

(1)在路面结构类型方面,由于单层沥青表面处治已不能满足交通要求,出现了用沥青混合料摊铺的沥青路面,并开始制定沥青混合料的技术要求和质量评定方法。这些要求和方法至今仍在沿用,只是根据交通发展的要求对标准进行了适当修订。

(2)20世纪60年代初,美国AASHTO试验路的铺筑和大量的试验研究成果的发表,使沥青路面的设计、施工、结构、材料发生了根本的变化。AASHTO试验中的成果是集当时研究成果之大成,许多成果后来成为美国AASHTO路面设计指南及一系列施工规范制定的依据。

(3)20世纪90年代初,美国战略公路研究计划(SHRP)、Superpave等一大批研究成果的发表,使沥青及沥青混合料的研究开创了一个新的纪元。延续了半个世纪的沥青标准、沥青混合料的体积设计方法,受到了沥青结合料路用性能规范及沥青混合料性能设计的挑战和冲击。就世界范围而言,这方面的工作目前正在紧张地进行,尚未最终完成。

美国SHRP计划的沥青研究项目的主要任务是制定一个以路面性能为基础的沥青材料规范和沥青混合料规范,以及相配套的沥青混合料设计方法。其基本思路是将沥青的化学性质和物理性质分别同其路用性能的研究联系起来。

尽管国内外许多学者在沥青和沥青混合料方面作了大量的研究,但是由于沥青是一种成分比较复杂的无定型高分子化合物的混合物,同时沥青路面又是工作在复杂多变的气候条件与交通荷载的情况下,如何将各种情况下沥青路面的使用品质同沥青及沥青混合料的性能指标联系起来,尚需进行大量的工作。具体有以下几个方面:

(1)进一步验证与完善已提出的沥青及沥青混合料的性能指标,使其与路面的使用性能相适应;

(2)进一步深入研究改善沥青与沥青混合料性能的新型改性剂及改性工艺,以期提高在不同条件下沥青路面的使用品质;

(3)研究新型沥青路面结构与铺筑工艺,以提高沥青路面的使用品质,延长其使用寿命;

(4)改进与完善沥青混合料设计方法,以满足各种不同环境下沥青路面的使用要求;

(5)研究半刚性基层沥青路面结构中沥青面层的功能及其合理厚度;

(6)研究沥青路面使用性能的评价与预测方法,提出合理的维修养护时机与方法。





第二节 沥青路面使用性能及损坏形式

一、沥青路面使用性能

沥青路面的使用性能是指:高温稳定性,低温抗裂性,耐久性,抗滑性,防渗性和平整性。

1. 高温稳定性

沥青路面的强度与刚度,随温度升高而显著下降,在高温季节和行车荷载的反复作用下,为了保证沥青路面不致产生诸如波浪、推移、车辙、泛油、粘轮等病害,沥青路面应具有良好的高温稳定性,即在高温时具有足够的强度与刚度。

为了提高沥青路面的高温稳定性,可采用在混合料中增加粗集料含量;或控制剩余空隙率,使粗集料形成空间骨架结构,以提高沥青混合料的内摩擦力;适当地提高沥青材料的稠度,控制沥青与矿粉的比例,严格控制沥青用量,采用活性较高的矿粉,以改善沥青与矿料之间的相互作用,从而提高沥青混合料的黏结力。此外,在沥青中掺入聚合物改善沥青性能,亦可取得较为满意的结果。

2. 低温抗裂性

裂缝是沥青路面的一种主要破坏形式,且裂缝的出现往往是路面损坏急剧增加的开始。

沥青路面的裂缝可归为两种类型:一种是在交通荷载反复作用下的疲劳开裂;另一种是由于降温而产生的温度收缩裂缝,或由于半刚性基层开裂而引起的反射裂缝。

由于沥青路面在高温时变形能力较强,而低温时较差,故不论哪种裂缝,以在低温时发生的居多。从低温抗裂性的要求出发,沥青路面在低温时应具有较低的劲度和较大的抗变形能力,且在行车荷载和其他因素的反复作用下不致产生疲劳开裂。

使用稠度较低及温度敏感性低的沥青,可提高沥青路面的低温抗裂性能。沥青材料的老化使其低温抗裂性能恶化,故为了提高沥青路面的低温抗裂性能,应选用抗老化能力较强的沥青。在沥青中掺加橡胶类高分子聚合物,对提高沥青路面的低温抗裂性具有较为明显的效果。在沥青路面结构层中铺设沥青橡胶、土工布或塑料格栅等应力吸收薄膜,对防止沥青路面的低温开裂具有显著的作用。

3. 耐久性

沥青路面应具有抵抗温度、空气、水等各种大气因素作用的能力,即在这些因素的作用下,沥青路面的性质不致很快恶化,而失去黏性、性质变脆,以致在行车荷载和其他因素的作用下发生脆裂,乃至沥青与矿料脱离,使路面松散破坏。

研究表明,沥青路面的使用寿命与沥青混合料的沥青含量有很大关系。当沥青用量不足时,则沥青膜变薄,沥青路面的延伸能力降低,脆性增加,且沥青路面的空隙率增大,使沥青膜暴露增多,从而促进了老化作用。此外,空隙率增大也会使混合料的渗水率增加,从而加剧了水对沥青的剥落作用。

4. 抗滑能力

现代交通车速不断提高,对路面的抗滑能力也提出更高的要求。沥青路面应具有足够的抗滑能力,以保证在最不利的情况下(当路面潮湿时),车辆能够高速安全行驶,而且在外界因





素作用下其抗滑能力不致很快降低。

沥青路面的抗滑性与矿质集料的微表面性质、混合料的级配组成以及沥青用量等因素有关。为保证沥青路面的抗滑性不致很快降低,应选择硬质有棱角的石料。研究表明,沥青用量对抗滑性的影响相当敏感,当沥青用量超过最佳用量 0.5% 时就会导致抗滑系数的明显降低。

5. 防渗能力

当沥青路面防渗能力较差时,不仅影响路面本身的稳定性,而且还会影响到基层的稳定性。因此,沥青路面必须具有较好的抗渗能力。防渗能力在潮湿多雨地区尤为重要。

6. 平整性

主要指沥青路面的平整度,直接影响着车辆在路面上的行驶质量和高速公路基本功能的充分发挥。路面的平整度是一项综合性指标,涉及到施工过程各个环节的许多因素,它是路基、路面施工全过程各个环节质量的最终体现。

以上性能中,除平整性与沥青混合料本身关系较小外,其他性能都是由面层自身决定的。表 1-4 汇总了沥青、矿料、沥青混合料、沥青路面各种性能的有机联系。沥青路面的指标要求见表 1-5。

沥青材料与沥青路面性能的关系

表 1-4

沥青路面性能		沥青结合料	矿 料	沥青混合料	备 注
高温稳定性		比较重要	重要	重要	—
低温抗裂性		重要	有影响	重要	—
耐久性	水稳定性	有影响	比较重要	重要	—
	抗老化性能	重要	几乎无关	重要	与空隙率关系大
抗滑性能		有影响	重要	重要	—
路面渗透性		比较重要	重要	重要	与空隙率关系大
平整性		几乎无关	有影响	有影响	取决于施工水平和结构

沥青路面技术要求与指标体系

表 1-5

技 术 要 求	病 害 类 型	技 术 指 标
高温稳定性	车辙、拥包	马歇尔稳定度、动稳定度
低温抗裂性	横向开裂	低温蠕变速率、应变能、冻断温度
水稳定性	松散、剥落、坑槽	马歇尔残留稳定度、冻融劈裂强度
疲劳特性	纵裂、网裂	疲劳强度
气候稳定性	龟裂、松散	老化试验后强度与稳定性
刚度	不均匀沉降、平整度下降	回弹模量、整体弯沉
抗滑性能	表面光滑	路面摩擦系数、石料磨光值、构造深度

二、沥青路面损坏形式

高等级公路沥青路面上常见的损坏现象主要有裂缝(横向、纵向及网状裂缝)、车辙、松散剥落和表面磨光等。





1. 裂缝

沥青路面上出现的裂缝,按其成因不同分为**横向裂缝**、**纵向裂缝**和**网状裂缝**三种类型(图1-2)。裂缝是高等级公路沥青路面最主要的一种破损形式。

(1)横向裂缝。**横向裂缝**是指垂直于行车方向的裂缝。按其成因不同,横向裂缝又可分为**荷载型裂缝**与**非荷载型裂缝**两大类。

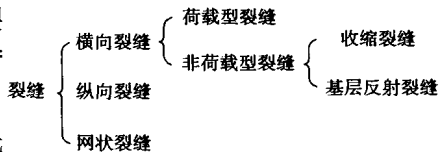


图 1-2 裂缝分类

荷载型裂缝是由于路面结构设计不当或施工质量低劣,或者由于车辆严重超载,致使半刚性基层沥青路面在反复的交通荷载作用下,沥青面层或半刚性基层内产生的

拉应力超过其疲劳强度而断裂。荷载型裂缝首先在路面的底面发生,在车辆荷载的反复作用下,裂缝逐渐向上扩展至表面。由车轮荷载产生的裂缝反映在面层上,往往不是单独的、稀疏的或较有规则的裂缝,而是稠密的、有时是互相联系的裂缝。

非荷载型裂缝是横向裂缝的主要形式。这种裂缝又有两种情况:**沥青面层收缩裂缝**和**基层反射裂缝**。

沥青面层收缩裂缝多发生在冬季气温较低的地区或易发生温度骤变的地区。当沥青面层中的平均温度低于其断裂温度时,或者说在降温过程中沥青面层所产生的拉应力超过其在该温度时的抗拉强度时,沥青面层即发生断裂。另外,当骤然降温(如南方高温天气突然降雨,或北方寒流袭击)时,沥青面层骤然收缩,其产生的应力来不及松弛,也会导致沥青面层的开裂。应指出的是,沥青面层的温缩裂缝经常是在温度应力的反复作用下,逐渐发展与扩张的。

基层反射裂缝是指半刚性基层先于沥青面层开裂。在荷载应力与温度应力的共同作用下,在基层开裂处的面层底部产生应力集中而导致面层底部开裂,尔后逐渐向上扩张而使裂缝贯穿。半刚性基层的开裂通常由温缩或干缩引起,多数情况是在基层铺筑后,由于未及时按规定养生或由于未及时铺筑沥青面层,使基层长期暴露在大气中,在降温和水分蒸发联合作用下而开裂;当然也可能是在铺筑沥青面层后,路面在使用过程中,由于温度骤变使基层的日温差超过某一范围致使其温度应力超过其抗拉强度时而断裂。后者一般发生在沥青面层较薄且在日温差较大的地区。

非荷载型横向裂缝一般比较规则,每隔一定的距离产生一道裂缝,裂缝间距的大小取决于当地的气温和沥青面层与半刚性基层材料的抗裂性能。气温高、日温差变化小、面层和基层材料抗裂性能好的路段,一般间距较大,且出现裂缝的时间也较晚。

(2)纵向裂缝。**纵向裂缝**产生的原因有两种可能性,一种情况是沥青面层分路幅摊铺时,两幅接茬处未处理好,在车辆荷载与大气因素下逐渐开裂;另一种情况是由于路基压实度不均匀或由于路基边缘受水侵蚀产生不均匀沉陷而引起。

(3)网状裂缝。**网状裂缝**主要是由于路面的整体强度不足而引起的,其原因可能是路面结构设计不合理,路基路面压实度不足,路面水分渗入下层,尤其在融雪期间冻融交加,加剧了路面的破损。沥青在施工期间以及在长期使用过程中的老化也是导致沥青面层形成网裂的原因之一。

2. 车辙

车辙是渠化交通的高等级公路沥青路面的主要损坏类型之一。当车辙达到一定深度时,





由于辙槽内积水,极易发生汽车飘滑而导致交通事故。车辙一般是在温度较高的季节,沥青面层在车辆的反复碾压下产生永久变形和塑性流动而逐渐形成。车辙通常是在伴随着沥青面层压缩沉陷的同时,出现侧向隆起,二者组合起来构成车辙。应指出的是,对于半刚性基层沥青路面,由于半刚性基层具有较大的刚度,路面的永久变形主要发生在沥青面层中。因此,为了延缓车辙的形成,应主要从提高沥青面层材料的高温稳定性着手。

3. 松散剥落

松散剥落是指沥青从矿料表面剥落。在车辆的作用下沥青面层呈现松散状态,以致部分沥青混合料从路面剥落形成凹坑。产生松散剥落的原因主要是由于沥青与矿料之间的黏附性较差,在水或冰冻的作用下,沥青从矿料表面剥离所致。产生松散剥落的另一种可能性是由于施工中混合料加热温度过高,致使沥青老化失去黏性。

4. 表面磨光

沥青路面在使用过程中,在车轮反复滚动摩擦的作用下,集料表面被逐渐磨光,有时还伴有沥青的不断上翻,从而导致沥青表面光滑。表面磨光,行车时危险性增加,尤其是在雨季常会因此而酿成车祸。表面磨光的内在原因是集料质地软弱,缺少棱角,或矿料级配不当,粗集料尺寸偏小,细料偏多,或沥青用量偏多等。

第三节 沥青路面工作特性

一、工作特性

当前,世界各国的高等级公路大多采用沥青路面,其原因是沥青路面具有下列诸多固有的良好性能。

- (1) 具有足够的力学强度,能很好地承受车辆荷载施加到路面上的各种作用力;
- (2) 具有一定的弹性和塑性变形能力,能承受荷载而不破坏;
- (3) 与汽车轮胎的附着力较好,可保证行车安全;
- (4) 有高度的减振性,可使汽车快速行驶,平稳且无噪声;
- (5) 不扬尘,容易清扫和冲洗;
- (6) 维修简便,且沥青路面可再生利用。

沥青路面的使用经验表明,由于选料或施工养护不当,常常过早地发生各种变形和损坏,导致其使用期限缩短或维修费用增加;为了提高沥青路面的使用品质和耐久性,必须认清沥青路面的工作条件和特性。

作用于路面上的行车荷载是比较复杂的,从荷载的方向来看,有垂直荷载和水平荷载;就荷载的动力性质而言,有静荷载与动荷载;而荷载作用的时间和频率,不仅有较长时间的作用,而且有瞬时的多次反复作用等。

行车荷载对路面施加的作用力,大致可分为以下几种:

- (1) 通过车轮传给路面的垂直压力;
- (2) 由于制动、加速、转向以及克服前进中的各种阻力对路面施加的水平力;
- (3) 由于路面高低不平、汽车颠簸和汽车机件振动而施加于路面的冲击力和振动力;





(4) 由于车轮后方与路面之间形成暂时的真空而产生的真空吸力。

沥青路面在车轮荷载的反复作用下,塑性变形逐步积累,导致产生永久变形或车辙,从而使路面平整度降低,这种塑性变形主要发生在高温季节沥青路面的软化时期。

沥青路面在车轮垂直荷载作用下,当基层强度较低时,将产生较大的弯拉应力和弯拉应变,在低温季节,沥青路面变脆,抵抗变形能力极差,在车轮荷载的反复作用下,当应力或应变超过沥青路面的极限荷载应变时,则产生裂缝,这是导致路面破坏的主要原因之一。

行车荷载的水平力作用对沥青面层的力学特性有着重要意义。在垂直力与水平力的综合作用下,沥青面层中将产生较大的剪切应力,在高温季节,路面强度降低,当所产生的剪切应力超过其本身的抗剪强度时,常发生沥青路面的推移、拥包等,这种现象多发生在急弯、陡坡以及停车站、十字路口等水平力作用较大之处。

沥青路面由于刚度较低,对来自荷载的冲击、振动有一定的缓冲与减振能力。铺筑在路表的沥青面层还承受着车轮的磨耗作用,由于沥青膜包裹了矿料表面,使得沥青路面的耐磨性有所提高,由于沥青路面中的细料被沥青牢固地黏结在一起,故在真空吸力作用下不会导致扬尘。

各种自然因素对沥青路面的物理、力学性质有直接的影响,尤其是温度和水这两个因素对沥青路面具有极其重要的影响。

在低温、短时间荷载作用下,沥青路面接近于弹性体;随着温度升高,特别是荷载时间的增长,或荷载重复次数的增多,逐渐接近塑性体。沥青路面的变形则由其黏滞性质决定。当荷载时间较短时,沥青路面的变形基本上是弹性的,但又不像弹性体那样变形瞬时就能恢复,而是受黏滞度的影响而逐渐恢复。

水对沥青路面的影响主要表现在:①沥青路面在水的作用下会使沥青与矿料分离,还会将沥青中某些可溶性化合物溶解让其冲走,尤其是当水中有易溶盐时会发生乳化作用,从而加剧了溶蚀作用;②沥青路面长时间浸水后,会因含水量增加而发生体积膨胀,强度降低。沥青路面受水影响的程度,取决于当地的气候、水文情况、路表的排水能力、路面的渗透性以及沥青路面本身的水稳定性。

此外,在使用过程中,由于阳光、温度、空气等大气因素的作用,沥青中的轻质组分逐渐挥发,并不断发生氧化聚合反应,使沥青中的油分、树脂逐渐减少,沥青质相对增多,且因为沥青质部分转化为沥青炭,致使沥青路面黏塑性降低,路面相继出现干涩、开裂、松散,即发生沥青路面的老化。随着老化现象的发展,沥青变脆,沥青路面的抗变形能力降低,在行车荷载和冰冻的作用下,极易产生裂缝,最终形成龟裂而导致路面的破坏。沥青路面的老化速度取决于当地气候、沥青路面的层位以及沥青和沥青混合料的性能。在气温较高及日照时间较长的地区,受大气因素作用较为剧烈的表层,老化速度最快;沥青中不饱和烃及芳香烃较多时,也易发生老化,沥青混合料的空隙率大会加速老化。

二、影响沥青路面工作特性的因素

沥青路面裸露在大气中,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。因此,应深入调查公路沿线的自然条件,调查从总体到局部,从大区域到具体路段的自然情况,分析研究,掌握其规律及对路面稳定性的影响,因地制宜地采取有效的工程措施,以确保路面具有足够的强度





和稳定性。

1. 地理条件

公路沿线的地形、地貌和海拔高度不仅影响路线的选定,也影响到路面的设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路面的水温状况也不同,丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路面排水至关重要,路面结构层应结合不同情况,选择水稳定性良好的材料,并采用一定的结构排水设施;否则会出现破坏现象,导致稳定性下降。

2. 地质条件

沿线的地质条件,如岩石的种类、成因、节理、风化程度和裂隙情况,岩石走向,倾向、倾角、层理和岩层厚度,有无夹层或遇水软化的夹层,以及有无断层或其他不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震等)都对路面的稳定性有一定的影响。

3. 气候条件

气候条件如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量、风向、风力等都会影响公路沿线地面水和地下水的状况,并且影响到路面的水温情况。

4. 水文和水文地质条件

水文条件如公路沿线地表水的排泄,河流洪水位、常水位,有无地表积水和积水时期的长短,河岸的淤积情况等。水文地质条件如地下水位,地下水移动的规律,有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影响路面的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

5. 交通条件

交通荷载是造成路面损伤的主要成因,路面结构设计中要对通行车辆按不同类型、不同轴重以及交通流量进行分类,应考虑交通荷载对路面的综合累积损伤作用。

6. 环境条件

路面结构是修筑于自然界之中的带状结构。随着弹性层状体系理论以及在此基础上发展起来的设计方法不断完善并得到实际的应用。单纯由荷载造成的路面结构破坏现象已不断减少。环境因素的影响以及环境因素与交通荷载的联合作用已成为造成路面结构破坏不容忽视的主要原因。

路面结构受环境条件影响的因素很多,外部因素如气温、地温、湿度、地理纬度、太阳辐射,内部因素如路面结构层材料的热物理特性参数、热传导率、热容量和对辐射热的吸收能力等,都会影响路面的使用性能。

第四节 沥青及沥青混合料气候分区

我国幅员辽阔,气候变化大,各个地区对沥青路面的使用性能的要求应有差别。“八五”期间,交通部公路科学研究所与中国气象科学研究院合作,使用了全国 600 多个气象台站 30 年的气象数据进行统计分析,提出了我国“沥青及沥青混合料气候分区指标”及相应的“分区图”。

沥青路面的使用性能,除主要受温度影响外,还与水分有关,因此有关研究部门对影响沥青路面使用性能的三个主要因素进行了研究,按照概率大体相等的原则,提出了温度和水分影响分区指标界限,见表 1-6、表 1-7,气候分区图见《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)。

