

当代科技重要著作·交通领域

沥青及沥青

沈金安 主编

混合料

路用性能

LIQING JIJIQING HUNHELIAO LUYONG XINGNENG

人民交通出版社

The People's Communications Press

当代科技重要著作·交通领域

LIQING JI LIQING HUNHELIAO LUYONG XINGNENG

沥青及沥青混合料路用性能

沈金安 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系国家级重点图书,书中汇集我国“七五”、“八五”国家科技攻关专题优秀成果,对沥青—沥青混合料—沥青路用性能的关系做了较为全面的叙述,内容包括我国道路沥青的生产与应用、道路沥青材料的气候分区、道路石油沥青标准、沥青材料的感温性、沥青结合料的高温性能、低温性能、抗疲劳性能、沥青的各种性能、沥青混合料的路用性能(包括力学特性、高温稳定性、低温性能、水稳定性、动态特性及抗疲劳特性、耐老化性)、沥青及沥青混合料的流变学性能等。

本书可供从事公路设计、施工、科研人员学习参考,亦可供大专院校相关专业师生及石化领域有关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

沥青及沥青混料的路用性能 / 沈金安等编著. —北京:
人民交通出版社, 2001. 1. 4
ISBN 7-114-03848-8

I. 沥... II. 沈... III. ①道路工程—建筑材料:
沥青—可用性②道路工程—建筑材料: 沥青拌合料—可
用性 IV. U414.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 03991 号

沥青及沥青混合料路用性能

沈金安 主编

版式设计:王静红 责任校对:张捷 责任印制:张凯

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

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:34 字数:860千

2001年5月 第1版

2001年5月 第1版 第1次印刷

印数:0001~5000册 定价:68.00元

ISBN 7-114-03848-8
U·02791

前 言

改革开放以来的 20 年,是我国公路历史上交通发展速度最快,规模最大,最具活力的时期。自 1988 年沈大高速公路及沪嘉高速公路建成通车以来,高等级公路以前所未有的速度发展,我国的公路事业进入了以建设高速公路、一级公路等高等级公路为主的新时代。据中国交通报 2001 年 4 月 11 日发布的 2000 年公路交通行业发展统计公报称,2000 年经过全国交通系统广大职工的艰苦努力,交通基础设施建设成绩显著,建设质量明显提高。公路建设全年完成投资 2 315.8 亿元,比 1998 年的 2 118 亿元、1999 年的 2 157 亿元又有所增加。2000 年新增公路 5.1 万公里,全国公路通车总里程达到 140.27 万公里,公路密度达到每百平方公里 14.6km,比上年增加 0.48km。按公路路面等级分,高级路面里程达 19.14 万公里、次高级路面 40.41 万公里、中级和低级路面分别为 33.97 万公里和 38.77 万公里,无路面公路的里程已减少到 7.99 万公里。我国高速公路的总里程已经跃居世界第三位,2000 年新增高速公路 4 709km,超过“九五”期间平均增长 2835km 的水平,使“九五”期间平均增长速度达到了 50.1%。全国高速公路的通车里程已经达到 16 314km,全国拥有高速公路的省(自治区、直辖市)达到了 28 个,其中山东、河北、广东、江苏、辽宁、四川等六个省的高速公路通车里程超过了 1 000km,山东省高速公路通车里程达到了 2 006km。国道主干线“五纵七横”的大部分路段分路段开工建设,路网水平又有一定程度的提高。“两纵两横三条重要路段”中全长 658km 和 1 262km 的京沈、京沪两条高速公路重要干线相继通车,使连通东北、华北、华东的交通运输通道进一步完善。由于公路建设的发展,带动了交通运输事业的发展,在各种运输方式的总运量中,公路运输完成的客货运量和客货周转量所占比重从 1978 年的 58.7%、34.1% 和 29.9%、2.8%,分别上升为 91.3%、78.3% 和 54.8%、14.2%。

即便如此,我国与发达国家相比,差距还很大,例如美国,至 1997 年州际高速公路系统的总里程已经达到 7.46 万公里,占全美公路总里程的 1.2%,承担着 22.8% 的交通周转量。另外美国还有 25.65 万公里的国家干线公路系统(含高速公路),及 637.44 万公里的一般公路网。美国拥有各种汽车 2.08 亿辆,其中小汽车 1.3 亿辆、公共汽车 69.8 万辆、卡车 7 730.7 万辆,还有 382.6 万辆摩托车。在这样的基础上,美国“面向 21 世纪的交通运输平衡法案”还明确规定了 1998~2003 年的投资总额 2 178.9 亿美元,平均每年 363.2 亿美元。

在高速公路建设中,由于沥青路面具有良好的行车舒适性和优异的使用性能,建设速度快,维修方便,为此,高速公路绝大部分都是沥青路面。道路沥青作为沥青路面最主要的建筑材料,沥青及沥青混合料的质量好坏直接决定沥青路面的使用性能及使用寿命。众所周知,我国的道路沥青主要采用石蜡基原油炼制,沥青的温度敏感性较大,以前用国产普通沥青修筑的中低级公路路面,往往夏天泛油发软,冬天发脆开裂,遇雨松散、坑槽,早期破坏严重。这种情况与建设高速公路的需求极不适应。

自 20 世纪 80 年代中期起,为了建设京津塘等高速公路,交通部组织了以交通部公路科学研究所为主的一批科研单位,开始研究高速公路使用的沥青问题。包括国产沥青能否用来修筑高速公路沥青路面? 如何实现沥青国产化? 采用什么指标评价沥青及沥青混合料的路用性

能?等等。从“六五”交通部重大科研项目“道路沥青性能及国产化”开始,“七五”国家科技攻关课题“重交通道路沥青及其在高等级公路工程中的应用”,“八五”国家科技攻关课题“道路沥青及沥青混合料的路用性能”,以及现在正在进行中的研究课题“改性沥青技术”“沥青玛蹄脂碎石混合料路面”等等,还有相当数量的省部级科研课题。这样大规模地研究道路沥青,无论是人员及经费的投入,还是取得的成果,都是前所未有的。根据所取得的成果,交通部制定了“重交通道路沥青技术要求”,并作了几次修改,及时修订了《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》、《公路沥青路面施工技术规范》、《沥青路面施工及验收规范》、《公路改性沥青路面施工技术规范》、《公路工程路基路面现场测试规程》、《公路工程集料试验规程》等标准规范。

在这些研究项目中,“七五”“八五”国家科技攻关专题的成果尤其令人瞩目,专题成果总体上均达到了国际先进水平,并已在大量高速公路沥青路面建设工程中得到了推广应用,取得了重大的社会效益和经济效益,为此均获得了交通部科技进步一等奖及国家科技进步二等奖。

“七五”国家科技攻关专题“重交通道路沥青在高等级公路工程中的实用技术”(75—24—02—01)的承担单位为交通部公路科学研究所和石油大学重质油研究所,参加单位有上海市市政工程研究所、西安公路研究所、河北省交通厅(科研所、公路工程局)、胜利石油管理局,协作单位有克拉玛依炼油厂、东南大学、同济大学等。专题的攻关目标是与石油部门合作,研制出符合要求的单家寺稠油沥青、克拉玛依稠油沥青,铺筑试验路并应用于高速公路实体工程,研究国产重交通道路沥青及混合料的使用性能、评定指标、试验方法、施工工艺等,为修订《公路沥青路面施工技术规范》提出修改和补充意见。

“八五”国家科技攻关专题“道路沥青及沥青混合料路用性能的研究”(85—403—02—01)的承担单位为交通部公路科学研究所和交通部重庆公路科学研究所,参加单位有北京市市政工程研究院、西安公路交通大学(现长安大学)、山西省交通科学研究所、哈尔滨建筑大学。协作单位有长沙交通学院、中国气象科学研究院、黑龙江省交通科学研究所、北京市公路局、无锡市石油仪器设备厂、北京市广播器材厂(北京市华联机电研究所)、吉林省交通电子仪器厂、江苏沭阳智能仪器仪表研究所等。专题除提出了总报告外,还提出了10个分报告和28个子报告。根据攻关合同的规定,攻关的最终目标是在“七五”研究国产重交通沥青应用技术的基础上,进一步研究解决我国高等级公路沥青来源的技术途径,研究国产沥青、沥青混合料、沥青路面使用性能的关系,根据沥青路用性能要求提出新的评定沥青及沥青混合料质量的关键技术指标、试验设备、试验方法、技术要求。

随着大量最新研究成果在沥青路面中得到应用,我国高速公路沥青路面的质量及使用性能得到了很大的提高,不少高速公路已经达到或接近国际先进水平。为了使广大道路技术人员对十余年来关于道路沥青的研究成果有全面、深入的了解,提高全员技术素质,人民交通出版社组织编写了这本专著,介绍“六五”、“七五”、“八五”期间的这些重大科研项目的内容和成果,供设计、施工、科研、教育单位的广大技术人员参考使用。

在这个期间,也是国际上研究道路沥青材料的最受到重视并取得重大进展的时期,从1987年开始至1993年,举世瞩目的美国战略公路研究计划(SHRP)得以实施。此计划得到美国联邦政府和各州公路局的支持,从联邦政府交还给州公路局的燃油税中提取0.25%作为研究经费,5年期间耗费5000万美元,研究沥青及沥青混合料的标准、规范、性能评价、试验方法、配合比设计等等,取得了SUPERPAVE等大量的新研究成果,现在正在AASHTO及TRB验证使用,并开始逐步变成正式规范。此项研究被称为公路建设历程的第三个里程碑,而受到全世界普遍的重视。与此同时,欧洲制定了统一的道路沥青标准CEN,欧洲的SHRP即EU-

ROSHRP 正在执行中。可以说,全世界都在研究道路沥青性能及标准,这种局面也是从未有过的。我国从“八五”国家科技攻关起一直紧密注视并跟踪国际上的最新研究成果,将其精神、思路、方法尽可能贯彻在我国的研究工作中,使之符合我国国情,以提高我国的研究工作水平。因此,本书必然要对国际最新成果作广泛的介绍,相信这些介绍会给我们以新的启发和认识。

本书除非注明,道路沥青系指道路石油沥青。

本书对沥青—沥青混合料—沥青路用性能的关系作了比较全面的叙述,所谓沥青及沥青混合料的路用性能通常是指以下性能:

(1)高温抗车辙性能,也称为高温稳定性,即抵抗高温条件下流动荷载反复作用产生沥青混合料变形的能力;

(2)低温抗裂性能,即抵抗因降温产生低温收缩裂缝的能力;

(3)水稳定性,也称为抗水损害能力,即抵抗沥青混合料受水的浸蚀逐渐产生沥青膜剥离、掉粒、松散、坑槽而破坏的能力;

(4)耐疲劳性能,即抵抗路面沥青混合料在反复荷载作用下破坏的能力;

(5)抗老化性能,即抵抗因受气候影响沥青混合料逐渐丧失粘韧性等各种良好性能的能力;

(6)施工性能。

其中水稳定性、耐疲劳性能、抗老化性能统称为耐久性。沥青材料的流变学是研究沥青及沥青混合料流动与变形的科学,它从本质上揭示材料变形的机理,是深入研究的理论上的工具,无论是高温性能、低温性能、疲劳性能都可以借助于流变学理论得到更完善的解释。

本书的主要编写人员有:

沈金安 交通部公路科学研究所研究员、博士生导师,组织全书编写,负责编写沥青结合料性能,修改补充其他部分内容。

张登良 长安大学(原西安公路交通大学)教授、博士生导师,审查全书,负责沥青混合料性能部分的编写。

周进川 交通部重庆公路科学研究所研究员,负责沥青混合料高温稳定性部分编写。

张肖宁 华南理工大学教授,负责沥青流变学部分编写。

李福普 交通部公路科学研究所副研究员,负责沥青结合料老化部分编写。

王 哲 山西省交通规划设计院教授级高工,负责沥青混合料老化部分编写。

郝培文 长安大学副教授,负责沥青混合料的低温性能和抗疲劳特性部分编写。

如果本书的介绍能给读者以一定帮助的话,我们将深感荣幸,非常感谢。

作 者

2000年7月

目 录

第一篇 概 论

第一章 我国道路沥青的生产与应用	1
第一节 我国公路沥青路面发展概况.....	1
第二节 道路沥青的需求与生产.....	4
第三节 道路沥青的运输与营销问题	25
第二章 道路沥青材料的气候分区	29
第一节 沥青材料气候分区的研究	29
第二节 我国气候的特点及其对沥青路面的影响	33
第三节 沥青材料路用性能的气候区划	39
第四节 气候分区与沥青标号的关系	46
第三章 道路石油沥青标准	48
第一节 我国的道路石油沥青标准	48
第二节 重交通道路沥青技术要求	50
第三节 “八五”国家科技攻关专题的建议	57
第四节 美国 SHRP 沥青结合料路用性能规范及国外有关先进沥青标准	60

第二篇 道路沥青的路用性能

第一章 沥青材料的感温性	78
第一节 概述	78
第二节 沥青感温性指标	80
第三节 改善道路沥青感温性的措施.....	102
第二章 沥青结合料的高温性能	107
第一节 沥青的软化点与当量软化点.....	108
第二节 沥青结合料的粘度.....	118
第三节 沥青结合料的动态剪切试验.....	125
第三章 沥青结合料的低温性能	138
第一节 概述.....	138
第二节 沥青结合料的低温劲度模量.....	140
第三节 沥青的低温针入度.....	145
第四节 沥青的脆点与当量脆点.....	151
第五节 沥青的延度.....	156
第六节 沥青的低温收缩.....	161
第七节 沥青的直接拉伸试验.....	163

第八节	沥青的简支梁弯曲蠕变试验	165
第九节	沥青的低温粘度	171
第十节	沥青的玻璃化温度	177
第十一节	沥青低温抗裂性能指标的验证	179
第四章	沥青结合料的抗疲劳性能	181
第五章	沥青的老化性能	185
第一节	沥青老化的机理	185
第二节	沥青的短期老化评价方法	191
第三节	沥青的长期老化评价方法	194
第四节	国产沥青的老化性能和评价指标	200
第六章	沥青与集料的粘附性	213
第一节	沥青与集料粘附性的机理	213
第二节	提高沥青与集料粘附性的措施	217
第七章	沥青中的蜡对路用性能的影响	222
第一节	国产沥青的含蜡量问题	222
第二节	蜡对沥青性能的影响	223
第三节	沥青蜡含量标准	231
第四节	蜡含量的测定方法	234
第八章	沥青的化学组成与沥青性能的关系	241
第一节	沥青组分分析概述	241
第二节	国产沥青的组分特点	242
第三节	沥青组分与沥青指标的关系	244
第九章	沥青其他性能指标	247
第一节	沥青的密度	247
第二节	沥青的溶解度	250
第三节	沥青的闪点	253
第四节	沥青的电性能	255
第五节	沥青的热性质	256
第六节	沥青的透水性	257
第七节	沥青的减振性	258
第八节	沥青与癌症的关系	259

第三篇 沥青混合料的路用性能

第一章	总论	263
第一节	沥青混合料及其发展	263
第二节	沥青路面的工作条件与工作特性	266
第三节	沥青路面的损坏类型及对沥青混合料的基本要求	270
第二章	沥青混合料的组成结构与强度理论	275
第一节	沥青混合料的结构类型与破坏模式	275
第二节	沥青混合料的高温强度和稳定性原理	279

第三节	影响沥青混合料高温强度的因素	280
第四节	提高沥青混合料高温强度和稳定性的措施	283
第三章	沥青混合料的力学特征	286
第一节	沥青混合料的基本特征	286
第二节	沥青混合料的粘弹性性质	287
第三节	沥青混合料的力学模型	289
第四节	沥青混合料的模量	293
第五节	沥青混合料的强度	295
第四章	沥青混合料的高温稳定性能	300
第一节	概述	300
第二节	沥青混合料的高温特性	303
第三节	沥青混合料高温稳定性的影响因素	306
第四节	沥青混合料高温性能试验方法	308
第五节	沥青混合料的高温性能指标	346
第六节	沥青路面车辙预估	350
第七节	改善沥青混合料高温性能的措施	353
第五章	沥青混合料的低温性能	357
第一节	概述	357
第二节	沥青混合料低温开裂机理	358
第三节	沥青混合料低温开裂影响因素	362
第四节	沥青混合料低温抗裂性能的测试系统和试验方法	365
第五节	沥青混合料低温抗裂性能试验方法评价	400
第六节	沥青路面低温开裂预估	402
第七节	沥青路面温缩裂缝的防治	412
第六章	沥青混合料的水稳定性	414
第一节	沥青与矿料之间的吸附作用	414
第二节	沥青混合料的粘附 - 剥落理论	417
第三节	沥青混合料水稳定性评价指标与评定方法	422
第四节	沥青路面水损害的影响因素及防治对策	440
第七章	沥青混合料的动态特性及抗疲劳性能	453
第一节	概述	453
第二节	沥青混合料的动态特性	454
第三节	沥青混合料疲劳力学模型	458
第四节	影响沥青路面疲劳寿命的因素	466
第五节	沥青混合料的疲劳试验方法	475
第六节	沥青路面疲劳寿命预估	478
第八章	沥青混合料的耐老化性能	480
第一节	概述	480
第二节	沥青混合料老化的影响因素	482
第三节	沥青混合料老化过程的室内模拟方法	483

第四节	沥青混合物老化性能的评价方法	488
第五节	沥青混合物回收沥青试验	493
第六节	沥青混合物老化的预防措施	495

第四篇 沥青及沥青混合料的流变学性能

第一章	材料的基本性质	497
第二章	沥青材料的流动特性	506
第一节	沥青材料的牛顿流动与非牛顿流动	506
第二节	沥青结合料测粘原理	508
第三节	粘度的温度依赖性	510
第三章	蠕变与应力松弛	513
第一节	概述	513
第二节	粘弹性分析基本元件	513
第三节	粘弹性本构方程	515
第四节	蠕变函数和应力松弛函数	517
第五节	粘弹函数的线性叠加原理	520
第四章	时间温度换算法则	522
第一节	时间温度换算的原理	522
第二节	WLF 公式	523
第五章	沥青混合料的破坏特性	525
第一节	沥青混合料的破坏模式	525
第二节	应力累积	528
附录一	“七五”国家重点科技项目(攻关)(75-24-02-01)“重交通道路沥青在高等级公路工程中的实用技术”专题承担单位、参加单位名单,研究报告目录	530
附录二	“八五”国家重点科技项目(攻关)(85-403-02-01)“道路沥青及沥青混合物使用性能的研究”专题承担单位、参加单位名单,研究报告目录	532

第一篇 概 论

第一章 我国道路沥青的生产与应用

第一节 我国公路沥青路面发展概况

公路交通是为国民经济、社会发展和人民生活服务的公共基础设施,是衡量一个国家经济实力和现代化水平的重要标志。

我国的改革开放政策,党中央、国务院把交通作为国民经济发展的战略重点之一,为公路交通事业的快速发展提供了机遇。由于实施了“统筹规划、条块结合、分层负责、联合建设”的工作方针,有效地发挥了中央和地方两方面积极性,交通真正成为各地经济建设的重点项目,“要想富,先修路”的认识已经深入人心。同时各地在筹资渠道多元化上大胆探索和积极开拓,逐步形成“国家投资、地方集资、社会融资、引进外资”的格局,使我国的公路建设在较短的时间内取得了举世瞩目的成就,代表现代化交通水平的高速公路从无到有,得到了迅速的发展。

半个世纪以前,旧中国公路交通十分落后,1949年能通车里程仅8.07万公里,汽车约5.1万辆。从1949年到1978年的30年间,公路里程增加到89万公里。自十一届三中全会实行改革开放政策以来,20年间新增里程38.8万多公里,公路建设实现了历史性的飞跃。

我国从“七五”开始,公路建设进入了高等级公路建设的新阶段,公路建设的历史开始谱写最光辉灿烂的一页。交通部根据国家确定的国民经济发展目标,制定了“三主一支持”长远发展规划。规划从“八五”开始,用几个五年计划的时间,重点建成12条长约3.52万公里的“五纵七横”国道主干线路系统,其中一半以上为高速公路。至本世纪末,公路通车总里程将达到125万公里。在“五纵七横”国道主干线中的“两纵两横”和三个重要路段将在2002年左右全部贯通,使我国公路运输状况得到明显改善,并为下世纪公路交通的发展打下基础,预计到2010年“五纵七横”可全部完成。按照这一规划,到2000年,我国公路总里程中二级汽车专用公路(现已取消汽车专用公路)以上的高等级公路将达到1.85万公里(其中高速公路3000km),并基本实现高级或次高级路面铺装化,使沥青路面和水泥混凝土路面占国省道干线的比重超过75%。实际上,现在已经大大超额完成了这个目标,到2000年底,我国高速公路的通车里程已经达到1.63万公里,特别是,1997年7月,我国第一部公路建设和管理的法律《公路法》颁布,并于1998年1月1日起实施,1998年召开的第九届全国人民代表大会又确定了对公路、铁路等基础产业加强投入和加快发展的方针,公路投资大幅度增加,利用公路基础产业建设带动国民经济的发展已经成为全社会的共识,1998年我国完成公路投资2168亿元,1999年完成了2157亿元,2000年完成2315.8亿元据预测,到新世纪初,“两纵两横三个重要路段”将基本建成,初步形成贯通全国东西和南北的高速公路和一、二级公路大通道。自2000年起,我国开始

对西部进行大开发,公路建设又将在西部成为基本建设的重中之重。预计到 2002 年左右我国高速公路可望突破 20 000km。京、津、沪及辽宁、山东、广东、河北、江苏等大部分沿海地区将在进入 21 世纪不久首先建成省内的高速公路网。全国“五纵七横”的大部分路段开始建设,中国高速公路和一、二级公路将形成网络,为实现中国的公路交通现代化打下坚实的基础。这一方面给我们带来了相当好的机遇,同时也对道路工作者提出了更高的要求。

截至 2000 年,我国已有公路总里程 140.3 万公里,其中高速公路已达到 16 314km(含原一级汽车专用公路转为高速公路统计的里程),一级公路 20 088km,二级公路 15.3 万公里,全国 100%的县、98.3%的乡镇和 89.5%的行政村通了公路;一个干支衔接、布局合理、四通八达的全国公路网已经初步形成。尤其是高速公路的建设,虽然起步比发达国家晚了半个世纪,但起点高、发展快。1988 年 10 月 31 日上海到嘉定 18.5km 高速公路建成通车,标志着我国大陆高速公路实现了零的突破。此后,全长 375km 的沈大高速公路、全长 143km 的京津塘高速公路相继建成通车。90 年代起,高速公路的建设步伐明显加快,每年建成的高速公路由几十公里到上千公里。高速公路的建设有力地带动了沿线地区的经济发展,也使公路运输结构发生了深刻的变化,快速运输日益显示出巨大的经济效益和社会效益。公路建设改善了交通条件,扩大了需求,带动了相关产业的发展,为国民经济持续增长做出了重大的贡献。例如按 1998 年国民经济发展 7.8% 计算,公路建设直接拉动 0.57%,加上间接拉动占 1.16%。

我国公路及路面建设发展的情况如图 1-1-1、图 1-1-2 及表 1-1-1、表 1-1-2 所示。

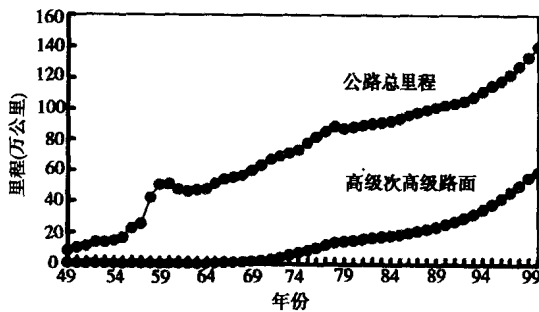


图 1-1-1 我国公路及路面里程的发展

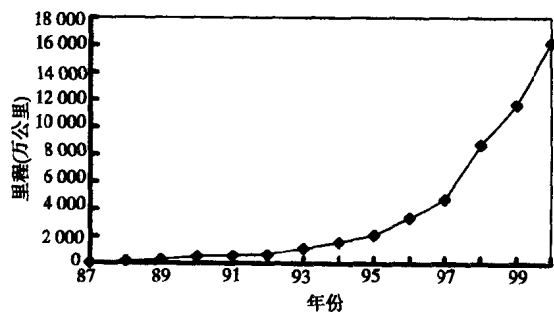


图 1-1-2 我国高速公路里程的发展

我国公路的发展里程

表 1-1-1

年份	总里程 (万公里)	高速公路 (km)	一级公路 (km)	二级专用 (km)	二级公路 (万公里)	三级公路 (万公里)	四级公路 (万公里)	等外公路 (万公里)
1985 年	94.24	0	422	0	2.12	12.85	45.63	33.6
1986 年	96.28	0	748	0	2.38	13.68	47.64	32.51
1987 年	98.22	0	1 341	0	2.80	14.84	49.12	31.39
1988 年	99.96	147	1 673	0	3.29	15.94	50.31	30.28
1989 年	101.43	271	2 101	683	3.74	16.43	51.11	29.84
1990 年	102.83	522	2 617	1 199	4.2	17.00	52.50	28.70
1991 年	104.11	574	2 897	1 459	4.63	17.80	53.54	27.65
1992 年	105.67	652	3 935	2 086	5.27	18.49	54.24	26.98
1993 年	108.35	1 130	5 202	2 750	6.06	19.36	55.95	26.13

续上表

年份	总里程 (万公里)	高速公路 (km)	一级公路 (km)	二级专用 (km)	二级公路 (万公里)	三级公路 (万公里)	四级公路 (万公里)	等外公路 (万公里)
1994年	111.70	1 603	6 334	2 840	6.95	20.07	58.03	25.64
1995年	115.70	2 141	9 580	3 564	8.13	20.28	60.68	24.62
1996年	118.58	3 422	11 779	4 130	9.29	21.67	61.93	23.77
1997年	122.70	4 771	14 637	4 928	10.66	23.08	63.57	22.89
1998年	127.80	8 733	15 277	并入二级	12.52	25.79	66.20	20.92
1999年	135.20	11 605	17 716		14.00	26.91	71.84	19.50
2000年	140.27	16 134	20 088		15.26	27.67	75.03	18.67

我国沥青路面及水泥混凝土路面的发展情况

表 1-1-2

年份	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	2000年
沥青路面	264 679	263 966	280 330	299 257	317 553	340 655	369 161	398 750	420 000	479 758
水泥路面	11 373	15 234	21 321	28 049	35 589	46 172	56 625	68 740	84 000	115 754

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,仍然是制约国民经济发展的“瓶颈”。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。在我国,高速公路、一级、二级公路是承担运量最大、经济上比较合理的技术等级较高的公路,但只占整个通车里程的 13.4%左右,与发达国家的 20%~25%相比,还有很大差距。高速公路仅占 1.15%,与发达国家的一般水平 2%相比,比例也很低。在已通车的高速公路中,4 车道公路占了绝大部分,6 车道和 8 车道的高速公路极少。而且这些高等级公路和高速公路的最大缺点就是许多还不联网,达不到规模效应。只有到 2003 年“两纵三横”完成,2010 年“五纵七横”完成,才能说基本建成了现代化的公路网;真正满足国民经济的需要,也许要到 2050 年,即再花 50 年的时间,建成 4 万~5 万公里的高速公路网的时候^[19]。

到 2000 年底,全部公路中已铺高级次高级路面里程 595 511km,铺面率仅为 42.46%,还有 58%的路面是中低级路面,其中大部分几乎都是砂石路面和土路,现在还有 13%左右的公路列不上等级。尤其是公路发展与汽车保有量的快速增长情况不相适应,汽车保有量的速度远比公路建设的发展速度快得多,1999 年与 1978 年相比,公路里程从 89 万公里增长到 135.2 万公里,增长了 32%,全国民用汽车从 1978 年的 135.8 万辆增加到 1999 年的 1 452.9 万辆,比 1978 年增长了 9.7 倍。另外还有其他类型的机动车 3 456.96 万辆,轮胎式拖拉机 764.47 万辆,致使有 50%的国道的交通量已经超过了设计通行能力,全国干线平均行车时速只有 30~40km,为设计和经济时速的一半左右。尽管公路建设的突飞猛进使各种运输方式中公路运输的比重大幅度增长,2000 年公路运输完成的客货运量和客货周转量所占比重从 1978 年的 58.7%、34.2%和 29.9%、2.8%分别上升到 91.3%、78.3%和 54.8%、14.2%,为提供综合运输能力发挥了重大作用。但与国际先进水平相比,还有很大的差距。这种情况一方面将进一步刺激公路的建设速度,同时也将给公路以更大的压力。

由于汽车保有量的迅速增加,尤其是新驾驶员剧增,交通事故也不断增加。据预测,至 2020 年,全球交通事故死亡人数将达 200 万,其中工业化发达国家的交通事故将基本保持稳定,中国的交通事故还将增加,图 1-1-3 是我国交通事故死亡人数增多的情况。

在新世纪来临之际,作为国民经济和社会发展的重要保障,交通事业也制订了明确的发展

目标,即分三个阶段实现公路交通现代化:第一个阶段是从“瓶颈”制约、全面紧张走向“两个明显”,即交通运输的紧张状况有明显缓解,对国民经济的制约状况有明显改善,这个目标将在近期实现;第二个阶段是从“两个明显”到基本适应国民经济和社会发展的需要,这个目标要在2020年左右实现;第三个阶段是从“基本适应”到基本实现交通运输现代化,达到中等发达国家水平,这个目标将在下世纪中叶达到。

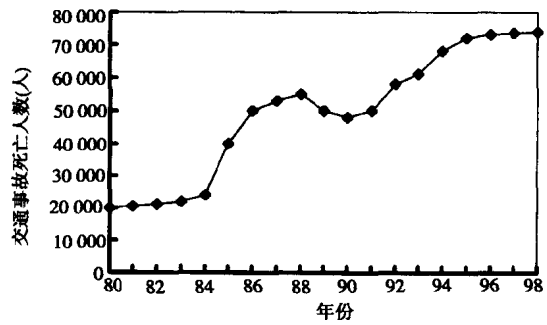


图 1-1-3 我国交通事故死亡人数增多的情况

在公路路面的选择方面,由于沥青供应及价格等方面的原因,为了充分利用当地材料,带动地方经济的发展,我国采取了一系列鼓励发展水泥混凝土路面的政策,使我国水泥混凝土路面以很快的速度发展,1988年前全国仅8 264km,至1997年已达68 740km,占高级次高级路面里程的15%。有些地区多年来很少修建沥青路面,沥青的质量不好,数量不足是重要原因。

京津塘高速公路、沪宁高速公路、首都机场高速公路、八达岭高速公路等沥青路面项目得到社会普遍认可,国内外专家赞誉其建设质量已达到或接近了国际先进水平。但是,公路质量的通病仍未根除,部分地区质量水平有待进一步提高。例如,沥青路面炎热季节在重车作用下造成的车辙、推拥的永久性变形,冬季低温开裂和半刚性基层开裂的反射性裂缝,在雨季及春融季节造成的坑槽、松散等水损害破坏,路表抗滑性能的迅速下降,以及局部龟裂等等都在一些高速公路上显现出来。

新建高速公路沥青路面产生早期损坏的原因,除了设计、施工方面的原因外,材料性能差是很重要的原因。公路发展的历史也是路面材料的发展史。现在广泛使用的重交通道路沥青和规范规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,这些常规的沥青混合料的性能就显得不能满足要求,这就要求我们进一步提高沥青混合料的路用性能。采用改性沥青和沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA),就是当前受到国内外普遍重视和青睐的先进技术措施之一。

另外,我国公路沥青路面的成本之高也是国际上少见的,有时已经与水泥混凝土路面持平,甚至有超过的情况。表 1-1-2 列出了一些国家的主要价格的对比情况。

一些国家沥青路面的成本对比情况

表 1-1-2

比较项目	美国	加拿大	日本	法国	德国	中国
道路沥青单价(每吨)	120 美元	150 加元	15 500 日元	800 法郎	330 马克	国产 1 600 进口 2 600
合人民币(元)	1 000	1 000	1 000	1 100	1 500	
沥青混合料单价(每吨)	25 美元	25 加元	7 500 日元	180 法郎	50 马克	300 ~ 400
合人民币(元)	210	200	450	250	450	

第二节 道路沥青的需求与生产

一、道路沥青的需求

沥青的需求基于公路的发展,新建公路及旧路维修养护两方面都需要沥青。在我国,由于

公路建设体制、公路发展政策与资金来源等各种原因,公路建设规划的可靠性受到各种因素的制约。要准确地预测公路建设发展的数字和沥青的需求是困难的。

1995年,“八五”国家科技攻关专题曾经根据当时的调查,对道路沥青的需求做过预测^[2],按高等级公路的90%、新建三级路的50%、四级及等外公路的20%铺筑沥青路面估计,平均每年新建沥青路面约需沥青68万吨,其中重交通道路沥青约需总量的四分之一。

实际上,由于公路建设的速度大大快于估计,沥青的使用量远比估计的要多得多。以1997年为例,仅新建的1400km高速公路、3000km一级公路及1.5万公里二级公路,估计使用了道路沥青达250万吨,其中进口沥青达76万吨,加上其他新建中低级道路和乡镇道路使用的沥青,以及30多万公里已建沥青路面的养护维修用沥青,沥青的年使用量已经突破400万吨。

据美国《油气杂志》统计,1996年世界上年产沥青1.12亿吨,石油沥青的年产量超过200万吨沥青的国家列于表1-1-3。与国外相比,我国的沥青不仅在总量上,尤其是按人口或国土面积计算的平均沥青拥有量,与世界先进国家的差距很大。这充分说明了我国沥青供应数量和水平,我国道路沥青的潜在市场还是相当大的,这也是世界上许多石油公司极力抢占中国市场的原因所在。

1996年世界主要国家石油沥青年产量(据美国《油气杂志》统计) 表1-1-3

国家	年产量(万吨)	人均值(t/万人)	国土面积平均值(t/km ²)
美国	4162.4	1671.6	4.46
原苏联	1301.7	447.3	0.58
德国	567.0	581.5	10.56
加拿大	526.2	1978.2	0.53
中国	341.0	28.4	0.36
印度	310.9	36.4	1.06
伊朗	303.3	545.5	1.84
西班牙	261.0	662.4	5.17
日本	260.0	210.4	6.88
英国	258.6	150.5	10.59
法国	240.6	426.6	4.36
委内瑞拉	238.8	1218.3	2.61
意大利	204.7	354.8	6.80

二、我国道路沥青的生产概况

我国道路沥青的生产有五个方面的力量:

(1)中国石油化工总局下属的中国石油化工集团公司(SINOPEC,简称南方公司)系统所属的炼油厂,基本上是在黄河以南的地区,主要炼厂有茂名石化公司、镇海炼化股份公司、齐鲁石化公司、广州石油化工厂、九江炼油厂等。

(2)中国石油化工总局下属的中国石油天然气集团公司(CNPC,简称北方公司)系统的沥青厂,基本上是在黄河以北的地区。截止到1998年底,CNPC拥有辽河石化总厂、兰州炼油厂、

锦西炼化总厂、克拉玛依炼油厂、独山子炼油厂、胜华炼油厂等 13 家专业沥青生产厂,总能力 155 万吨。1998 年生产沥青近 140 万吨,各厂的生产能力如图 1-1-4 所示。

(3)中国海洋石油总公司(CNOOC,简称海洋公司)所属中海油气开发利用公司所属的炼油厂,现在主要利用渤海绥中 36-1 原油定点生产道路沥青。包括盘锦北方沥青股份有限公司、江苏泰州石化总厂、山东滨化集团有限责任公司、青岛广源发集团公司沥青厂等。

(4)中油燃料油公司的江阴兴能沥青厂、秦皇岛沥青厂及广东中油高富燃油公司等。

(5)地方化工部门及其它部门所属的沥青厂,以及许多地方乡镇集体的小炼油厂。

我国石化系统从 1983 年到 1997 年全国原油加工能力由 1.04 亿吨/年增加到 2.27 亿吨/年,年均增长 5.72%,在全球排名已升至第四位。SINOPEC 和 CNPC 两大集团统计(不含中油公司及地方炼厂的产量在内)的道路沥青生产量增长的情况如图 1-1-5 所示,年均增长率为 8.9%。1997 年我国实际沥青总产量 401 万吨(含地方炼厂在内),其中道路沥青 268.8 万吨,占沥青总产量的比例 67%。在道路沥青中,普通道路沥青 209.3 万吨,占道路沥青总产量的

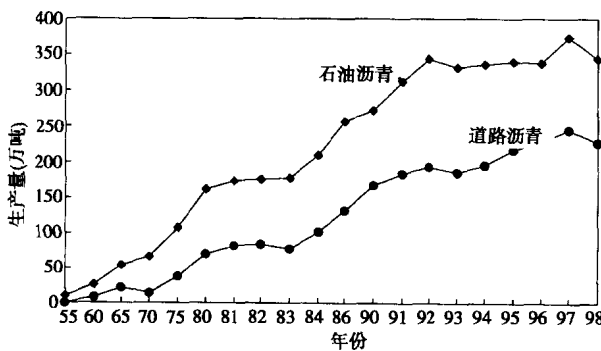


图 1-1-5 沥青逐年增长情况

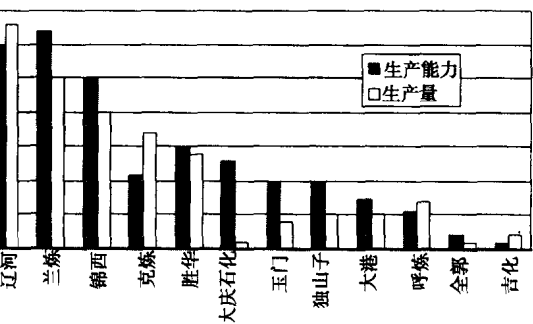


图 1-1-4 CNPC 所属炼厂 1998 年的生产能力和生产量

77.87%,符合石化部门高等级道路沥青标准(无含蜡量指标)的 59.5 万吨,占总量的 22.1%。此比例与国际水平相比有很大差距,美国、日本道路沥青在沥青总产量的比例都在 80%以上,质量上的差距更大。

中国石化总公司从 1985 年起开始组织“重交通道路沥青”的行业攻关,取得了许多成果,并获得了国家科技进步一等奖,主要沥青品种的指标如表 1-1-4。但是遗憾的是,出于行业保护的观点,一直以日本沥青

标准作为攻关目标,而回避了沥青蜡含量指标的要求,致使沥青的质量并不能满足公路部门的要求。一直到 1998 年底,新成立的石化总局组建两个特大型石油石化企业集团 - SINOPEC 和 CNPC,开始把用户的要求作为炼油厂的生产目标,把蜡含量指标作为一个重要的指标考虑。

石化总公司攻关研制的重交通道路沥青的质量情况

表 1-1-4

沥青品种	欢喜岭	济南	独山子	胜利 (孤岛;单家寺以 7:3 混合)	单家寺 (1988 年)	茂名
针入度(0.1mm)	90	90	87	89	95	63
软化点(℃)	44	44	43	45	46	49
15℃延度(cm)	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
闪点(℃)	> 260	> 260	> 260	> 260	> 260	> 260
溶解度(%)	99.1	99.9	—	—	99.9	99.9

续上表

沥青品种	欢喜岭	济南	独山子	胜利 (孤岛,单家寺以7:3混合)	单家寺 (1988年)	茂名
相对密度	> 1.0	> 1.0	—	1.002 5	1.000 5	1.008
蜡含量(%)	3.0	—	2.36	5.8	2.5	4.5
TFOT质量损失(%)	0	0.12	0.088	0.144	0.045	—
针入度比	74	55	75	73	72	—
延度(25℃)	> 100	—	> 100	> 100	> 100	—

近年来,由于石油及石化部门的努力,适宜于生产道路沥青的原油资源越来越多,除了原来的新疆原油、辽河欢喜岭稠油外,渤海油田的绥中36-1原油也是生产道路沥青的好原料,特别是随着进口原油的数量和品种的增加,又为开发进口沥青资源提供了良好条件。SINOPEC的镇海炼化股份公司、茂名石化公司、齐鲁石化公司和广州石化总厂利用进口沙特阿拉伯原油、伊朗原油、阿曼原油、科威特原油、也门马希拉原油等成功地炼制了符合要求的重交通道路沥青,使沥青的质量不断提高。

按国际上的分类,根据原油的API度可以将原油分为轻油(API度 ≥ 33.4)、中油(API度33.3~28.5)、重油(API度28.5~24.7)、稠油(API度 < 24.7)。表1-1-5列出了中东部分原油的主要性质。

中东主要原油的基本性质^[18]

表 1-1-5

原油产地及名称		API度	密度 (20℃, g/cm ³)	倾点 (℃)	硫含量 (%)	康氏残碳 (%)
轻质原油(API度 ≥ 33.4)						
沙特阿拉伯	阿拉伯轻质 Ras Tanura and Yanbu also Sidon Lebanon	33.4	0.8 539	-34.4	1.79	
	阿拉伯轻质	37.8	0.8 314	-31.7	1.19	
伊朗	伊朗轻质	33.8	0.8 520	-28.9	1.35	4.6(兰氏)
	道瑞德(大留士)原油	33.6	0.8 531	-20.3	2.35	
	鲁斯塔木原油	35.9	0.8 412	-22.5	1.55	
	萨莫原油	33.9	0.8 515	-20.6	1.91	
阿曼	阿曼出口原油	36.3	0.8 392	-26.9	0.79	
伊拉克	巴士拉轻质原油	33.7	0.8 523	-15	1.95	4.8
	基尔库克混合原油	35.1	0.8 450	-22	1.97	
	北拉玛拉原油	33.7	0.8 559	-18.9	1.98	
中质原油(API度33.3~28.5)						
阿联酋	阿布扎比,拉布布科什	31.5	0.8 634	-12	2.0	4.3
	迪拜,费佳原油	31.1	0.8 664	-9	2.0	4.62
沙特阿拉伯	阿拉伯中质 Ras Tanura	30.8	0.8 677	-15	2.4	
	阿拉伯中质 Juayma	31.1	0.8 661	-28.9	2.48	
伊朗	弗鲁兹(弗来敦)原油	31.3	0.865 3	-37.2	2.5	5.4(兰氏)
	伊朗中质	31.0	0.867 0	-20.6	1.65	
	锡瑞原油	30.9	0.8675	-9	2.3	