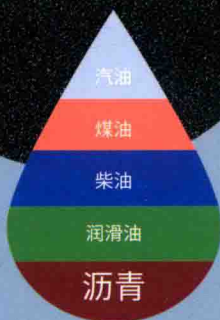


徐 剑 著

Popular Book on Asphalt Pavement



煤油

柴油

润滑油

沥青

[illegible]

人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Popular Book on Asphalt Pavement

沥青路面一点通

徐 剑 著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是一本有关沥青路面工程技术的科普读本,用较通俗的语言向读者详细介绍了沥青路面的有关知识。本书共分六章,具体包括:沥青路面材料、沥青路面工程常用的力学概念、沥青路面设计、沥青路面施工、沥青路面病害与维修养护、路面工程中的废弃物资源化。

本书可作为公路行业从业人员了解沥青路面的入门读物,也可作为公路类专业学生的教辅资料。

图书在版编目(CIP)数据

沥青路面一点通 / 徐剑著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017. 4

ISBN 978-7-114-13792-1

I. ①沥… II. ①徐… III. ①沥青路面—基本知识
IV. ①U416. 217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 079159 号

书 名: 沥青路面一点通

著 作 者: 徐 剑

责任编辑: 丁润铎 任雪莲

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 787×980 1/16

印 张: 12.75

字 数: 243 千

版 次: 2017 年 4 月 第 1 版

印 次: 2017 年 4 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13792-1

定 价: 58.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



序 一

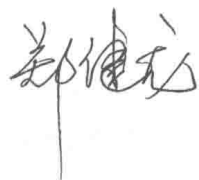
公路交通运输是国民经济与社会发展的重要组成部分,它包括基础设施、运载工具和运营管理系统三部分,在宏观经济产业链中发挥基础性、先导性作用。公路交通基础设施是提供公路交通运输服务的基础和前提,主要包含路基、路面、桥梁、隧道、沿线设施等构造物,其中沥青路面是为运载工具提供行驶条件的直接载体,是公路基础设施中影响出行最直接、单位造价最高、维修养护最频繁、百姓最为关注的主体工程之一,在保证公路交通运输效率和运输质量方面发挥着特别重要的作用。

沥青路面工程有其复杂性。首先,从材料角度讲,沥青路面需要用到沥青、水泥、砂石料、苯乙烯—丁二烯—苯乙烯等多种材料,它们既有黏弹性材料也有脆性材料,既有胶结料也有散体材料,各种性质完全不同的材料共混形成沥青混合料,其力学行为复杂且难以用经典理论精准描述,其材料组成设计和生产工艺带有较强的经验性。其次,从路面结构角度讲,沥青路面直接承受交通荷载和环境等因素的反复作用,而温度、降水、日照等路面服役环境因素的量化,以及轮胎压力、轮胎类型、轮组组合等车辆荷载的模拟,目前都还非常困难甚至难以实现。第三,从工程应用角度讲,沥青路面包括结构设计、材料设计、生产施工、维修养护等多个技术环节,工程质量受到“人、机、料、法、环、管”等多重因素的综合影响。第四,从技术进步的角度讲,各种功能性路面、耐久性路面新结构,改性沥青、温拌沥青等新材料,双层摊铺机、智能压路机等新装备,大比例再生、稳定型橡胶沥青等新工艺,预防性养护、标准化施工等新理念,品质工程、绿色公路等新要求都在源源不断地涌现。因此,要真正理解和掌握沥

青路面技术,需要有扎实的理论基础、丰富的工程经验以及不断的知识更新。

《沥青路面一点通》这本书的内容,在广度上涵盖了材料、设计、生产、施工、养护等诸多方面,内容丰富,在深度上涉及力学、材料学等方面的理论知识,在形式上采用了较为浅显的语言和较多的类比、比拟。我相信,大家可以轻松阅读完本书,从而帮助公路工程一线技术人员提升沥青路面理论水平,帮助沥青路面相关研究和教学人员更全面了解工程实践,帮助在校学生和行业外人士初步入门沥青路面知识。希望《沥青路面一点通》的出版进一步推动我国公路行业从业者知识水平的提升。

中国工程院院士
长沙理工大学教授





序 二

改革开放以来,我国公路交通基础设施建设日新月异、凯歌高奏,逐步发展成为“中国速度”“中国制造”的新名片。与此同时,我国公路交通基础设施维修与养护迅速跟进,有力保障着我国公路网的安全、畅通、高效运行。与公路基础设施建设发展相协调,我国公路工程领域的科研创新也在不断深入,科技发展突飞猛进,为工程建设提供了扎实有力的科技支撑。

公路交通基础设施包含路基、路面、桥梁、隧道、沿线设施等多种构造物。路面是在路基上车行道范围内铺筑的层状结构物,最直接地发挥着承受行车荷载、抵抗车轮磨损和保持公路表面平整的作用。沥青路面是我国高等级公路的主要路面结构形式,是公路工程建设和维修养护的重点对象,也是公路交通最活跃的科学研究领域之一。

沥青路面工程具有“三多”的技术特点:一是涉及的学科交叉多,需要交通运输工程、土木工程、机械工程、力学、化学、材料科学等不同学科,知识点纷繁复杂;二是沥青路面工程材料与结构行为的影响因素多,涉及诸多的理论、模型、假设,学术观点经常见仁见智;三是沥青路面工程涉及的工艺环节多,包括设计、生产、施工、养护、管理等多个工艺工序。沥青路面工程学科交叉多、影响因素多、工艺环节多的“三多”特点,再加上沥青路面工程学科本身也在迅速发展进步,新材料、新结构、新工艺、新装备、新技术不断涌现,使得公路工程从业者尤其是工程一线人员往往较难全面掌握和科学认知沥青路面技术。

《沥青路面一点通》的作者结合自己对沥青路面理论知识和工程经验的深刻理解和融会贯通,用尽可能简单、通俗、风趣的语言将沥青路面工程深奥难懂和枯燥乏味的知识点展现了出来,透过现象看本质,深入浅出、活发生动、内容丰富。书中为了解释一些相对不易理解的内容时用到了一些类比、比拟等,幽默但不失严谨,通俗但并不肤浅。我相信,本书的出版将有助于调动行业内外对沥青路面工程的兴趣,有助于相关人员迅速了解和掌握沥青路面工程有关知识,为提高我国公路行业总体知识水平发挥作用。

郑州大学教授
中国工程院院士

王复明



前言

沥青路面是我国公路路面的最主要形式之一,里程雄踞世界第一位的我国高速公路采用沥青路面的比例更是接近 100%,建设高水平的沥青路面对保证车辆安全、舒适、快速、经济运行方面具有特殊重要的地位。沥青路面技术一直是我国乃至全球范围内公路工程的重点研发方向,研究内容越来越广,研究深度越来越大,研究手段越来越多,技术发展越来越快,学科融合特征越来越明显,工程应用经验越来越丰富,形成了一大批有价值的研究成果和工程杰作,同时也将沥青路面技术推进到了空前的复杂程度,全面、系统、准确地了解和把握沥青路面技术变得越来越困难。

为了帮助公路工程建设者、管理者、学者乃至公路使用者更好地了解沥青路面技术,作者基于自己对沥青路面的认知,编写了《沥青路面一点通》这本科普读物,试图用通俗易懂的叙述方式把沥青路面知识展现给读者。

本书包括沥青路面材料、沥青路面工程常用的力学概念、沥青路面设计、沥青路面施工、沥青路面病害与维修养护、路面工程中的废弃物资源化等六章内容。第 1 章介绍了沥青、乳化沥青、泡沫沥青、改性沥青、沥青混合料等材料;第 2 章介绍了力与变形、应力与应变、强度与强度理论、刚度等路面工程常用的力学概念;第 3 章介绍了沥青路面设计理论、沥青路面典型结构、轴载换算、长寿命路面、功能性路面等路面结构相关内容;第 4 章介绍了沥青面层、半刚性基层、黏层、透层等的施工技术;第 5 章介绍了路面检测与评价、沥青路面病害及其成因、沥青路面养护工程技术、路面融冰除雪等内容;第 6 章介绍了路面工程中的废弃物资源化技术。

本书的出版得到了人民交通出版社股份有限公司的大力支持,在此表示衷心感谢!

由于作者知识水平和经验有限,书中难免有错误和不当之处,恳请同行专家和读者批评指正,以求改进。

作 者

2017 年 1 月

目 录

1 沥青路面材料	001
1.1 沥青	003
1.2 乳化沥青	010
1.3 改性沥青	016
1.4 泡沫沥青	018
1.5 矿料	021
1.6 热拌沥青混合料	025
1.7 温拌沥青混合料	037
1.8 乳化沥青稀浆混合料	040
1.9 再生沥青混合料	045
1.10 无机结合料稳定材料	054
1.11 路面结构对材料的要求	055
2 沥青路面工程常用的力学概念	059
2.1 力与变形、应力与应变	061
2.2 刚度与黏、弹、塑性	063
2.3 强度、强度理论	067
3 沥青路面设计	069
3.1 典型结构形式	071

3.2	沥青路面结构设计理论沿革	077
3.3	我国沥青路面设计方法发展与现状	080
3.4	轴载换算	083
3.5	长寿命路面	086
3.6	功能性路面	097
4	沥青路面施工	105
4.1	我国沥青路面生产施工技术沿革	107
4.2	沥青混凝土生产施工	111
4.3	半刚性基层生产施工	116
4.4	黏层、透层、封层施工	120
5	沥青路面病害与维修养护	123
5.1	沥青路面病害	125
5.2	沥青路面技术状况检测与评定	133
5.3	沥青路面养护工程技术	137
5.4	冬季路面融冰除雪	152
5.5	路面主要病害的成因与处治对策	157
6	路面工程中的废弃物资源化	161
6.1	重要意义	163
6.2	主要技术及发展方向	164
6.3	主要政策	169
6.4	问题与解决途径	170
	参考文献	175

1

沥青路面材料

1.1 沥 青

1) 沥青是什么

道路用沥青主要指的是石油沥青,它是石油炼制的副产品。它与煤油、汽油、柴油是肤色不同的“亲兄弟”,它们有一个共同的“母亲”——石油。石油炼制过程中,最轻质的部分首先从石油中分离出来,这就是煤油、汽油、柴油、燃料油、液化石油气等石油液体燃料;再重一些的部分晚一步分离出来,得到各种类型的润滑油、润滑脂;剩下的最重质的部分除了蜡、石油焦等材料则主要就是沥青。换言之,石油沥青是石油炼制提取轻质材料后剩下的“渣”(图 1-1)。

正是由于沥青是石油炼制剩下的“渣”,石油炼制过程中没有提取走的东西都残留在沥青中,导致了其组分的复杂性,甚至是说不清、道不明的,只能用“四组分分析法”将沥青组分划分为饱和分、芳香分、胶质、沥青质。饱和分和芳香分是软组分,在三组分分析法中统称为油分;胶质和沥青质是硬组分。同样由于沥青是石油炼制过程中剩下的“渣”,沥青组构成比例也取决于原油品种。我国大庆和胜利原油等石蜡基原油炼制出的沥青,沥青质、芳香分含量低,饱和分、胶质含量高,蜡含量高。

与亲兄弟煤汽柴(煤油、汽油、柴油)相比,沥青的成分复杂,长得又黑,也不太受关注,似乎很“low”。实际上,它才是闷声发大财的主儿。我国沥青价格曾经长期保持在 4500 元/吨左右,已经接近“高大上”的汽油的价格了。炼油剩下的“废品”竟然卖出正品的价钱,有意思。

除了石油沥青,还有煤沥青、天然沥青(岩沥青、湖沥青等)等其他类型的沥青材料。

(1)煤沥青。煤沥青是煤化工产业中煤焦油蒸馏后的残渣。煤沥青是 5000 多种多环芳香族化合物和少量与炭黑相似的高分子物质构成的多相体系和高碳物料。因此,煤沥青虽然也叫做沥青,但它是与通常使用的石油沥青完全不同的两种物质。目前煤沥青还没有在公路工程中得到广泛应用。

(2)天然沥青。如上所述,石油沥青是石油化工的副产品,煤沥青是煤化工的副产



图 1-1 石油炼制产物示意图

品,而与这些通过化学工艺得到的沥青不同,自然界中有以天然形态分布的沥青,即天然沥青。它是石油在自然界长期受地壳挤压并与空气、水接触逐渐变化而形成的,其中常混有一定比例的矿物质。按形成的环境不同,天然沥青可分为岩沥青(图 1-2)、湖沥青、海底沥青等。岩沥青在我国主要分布在四川广元龙门山一带,以及新疆、青海等地。最为知名的湖沥青是产于特立尼达和多巴哥的湖沥青。天然沥青目前在公路工程中主要是作为沥青的添加剂或者改性剂使用。

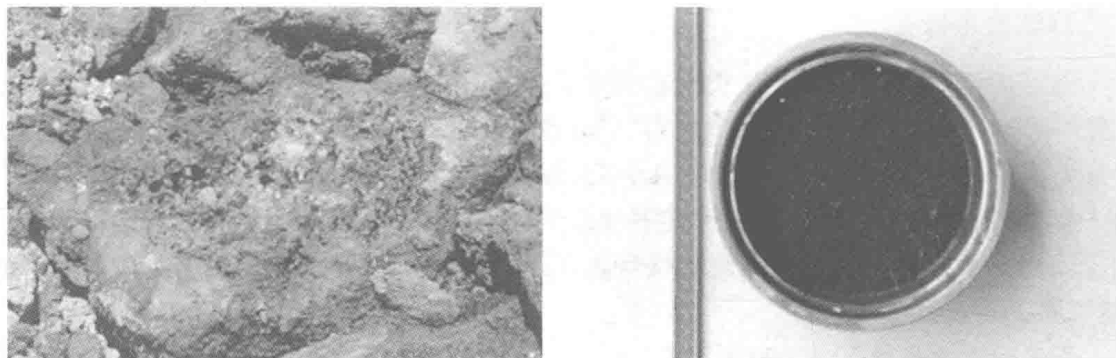


图 1-2 岩沥青

2) 沥青的基本材料学特性

沥青最基本的材料学特性是感温性,或者称之为对温度的敏感性。沥青是一种温度敏感性材料,是一个“知冷知热”的家伙,从物理学术语上讲,在 $-40\sim 160^{\circ}\text{C}$ 这个沥青通常的施工和工作温度范围内,沥青从低温时接近虎克弹性体逐步转变为高温时的牛顿流体,中间经历了黏弹性体的复杂阶段。通俗地讲,就是沥青随着温度的降低变硬、变脆,随着温度的升高变软、变黏,从低温到高温经历了从固态到半固态再到液态的转化。

沥青的这种感温性,从流变学(力学的一个分支)角度讲叫做黏弹性,也称为黏弹性(图 1-3),即它同时具有黏性、弹性和塑性特征。何为弹性?就是像弹簧一样,给一个力(手压一下)它就变形,撤掉这个力(把手拿走)它就恢复成原来的样子。何为塑性?就是像橡皮泥一样,给一个力(手压一下)它就变形,撤掉这个力(把手拿走)它无法恢复成原来的样子。何为黏性?黏性就是给它一个力,让它流动后它抵抗流动的性质。

那么,沥青的黏弹性性质就很好理解了。沥青既有像润滑油等一样的黏性,也有像橡胶一样的弹性,还有像橡皮泥一样的塑性。沥青表现出的黏、弹、塑性三种性质的程度随着温度的不同而发生变化,在低温时弹性占主导,随着温度的上升塑性逐步取代弹性,当温度继续升高使沥青变成液态后则主要是表现出黏性性质。这类似于生活中用到的黄油或者猪油。黄油存放在 0°C 以下环境时非常坚硬,用刀也劈不开;食用前,将黄油放到冰箱冷藏室里(5°C 左右),黄油虽然还是固体,但是可以用刀轻松切开;随着温度继续升高,黄油越来越软,像软泥一样,并最终融化成液态(图 1-4)。



弹性



黏性



塑性

图 1-3 弹性、黏性、塑性示意图

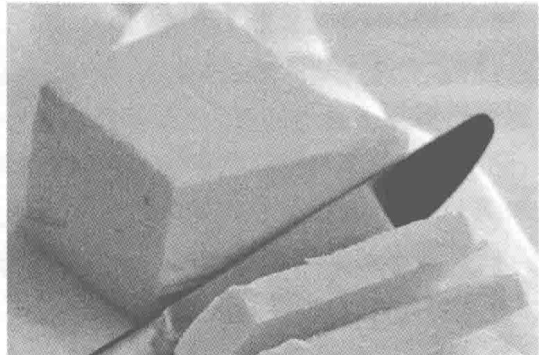
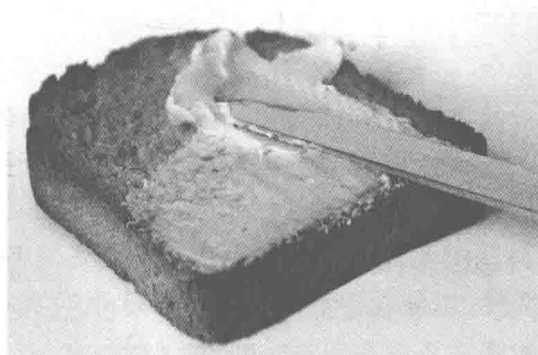


图 1-4 不同温度下不同软硬程度的黄油

我们在实际工程中,需要充分利用沥青的温度敏感性。沥青在常温下是一种半固体黏稠状物质,在公路工程中使用时,必须使它变为液态方能进行拌和或者喷洒。将沥青转化成液态,主要有以下四种方法:一是加热。沥青是温度敏感性材料,温度升高了,沥青自然就流动起来了。二是稀释。用汽油、煤油、柴油等溶剂将沥青稀释成液体沥青。

由于使用大量的轻质油分,稀释沥青实现了沥青的常温喷洒和拌和。三是乳化。在机械搅拌或者剪切的作用下,将热熔的沥青以细小微粒的状态分散到乳化剂水溶液中形成乳化沥青。四是发泡。将大量气泡引入沥青中,从而降低其黏度。沥青降黏的四种方式如图 1-5 所示。

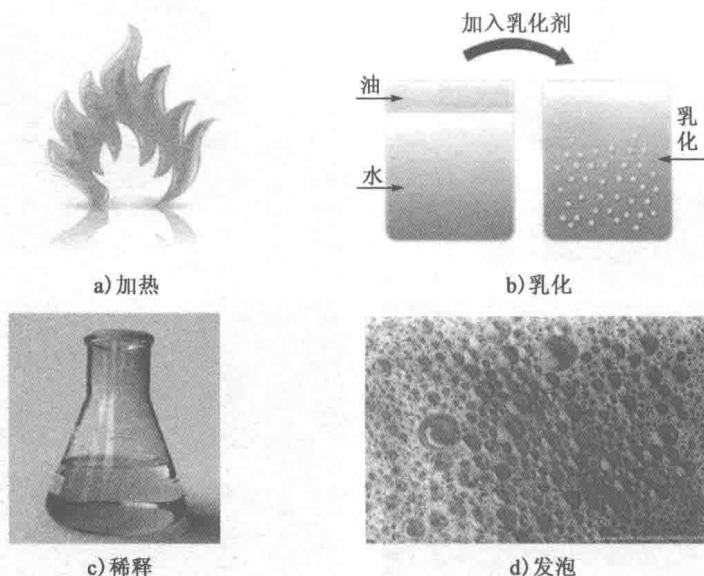


图 1-5 沥青降黏的四种方式

3) 沥青的评价指标

我国交通运输部颁布相关沥青标准中,沥青的评价指标主要包括针入度、针入度指数、软化点、延度、60℃动力黏度、蜡含量、闪点、密度、溶解度、薄膜烘箱老化后的性质等。

(1) 针入度。针入度、软化点、延度并称沥青的“三大指标”,是工程中最常用的沥青检测评价指标。通俗地讲,针入度就是用一根针扎在沥青上,针在重力作用下扎入沥青中,记录针扎入沥青的深度即为针入度(单位:0.1mm)。沥青越软(沥青标号越高),针扎入的深度就越大,反之扎入深度越小。沥青针入度试验仪如图 1-6 所示。

由于沥青是温度敏感性材料,试验温度的高低对检测结果影响显著。通常情况下,沥青的针入度是指 25℃ 情况下测得的。根据需要,也可以检测其他温度条件下的针入度,但是应该作出明确说明。

针入度指标十分重要,它是目前我国沥青分级的依据。70 号沥青就是针入度在 60~80(即针扎入深度范围在 6~8mm)之间的沥青,110 号沥青就是针入度在 100~120 的沥青。可见,沥青标号越大,说明在相同的环境温度条件下沥青越软。

沥青针入度越大或者越小就越好吗? 不是的。它要与所在的环境温度、交通荷载等匹配。从环境温度角度讲,在我国北方地区,环境温度低,适合使用软一点的沥青,最常