



沥青材料

LIQING CAILIAO

张金升 张银燕 夏小裕 郝秀红 编著



化学工业出版社

沥青材料

LIQING CAILIAO

张金升 张银燕 夏小裕 郝秀红 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面论述了沥青材料的组成、结构、性能、生产、应用等方面的理论和实践，主要内容包括：沥青材料综述，石油沥青成分、组成和结构，沥青的物理性质、化学性质和胶体性质，沥青的流变性质，石油沥青的路用性能，道路沥青技术标准和要求，改性沥青，乳化沥青，沥青再生技术，沥青生产和应用，沥青材料基本试验，沥青分析鉴定主要方法等。全书论述既有理论深度，又有实践经验，深入浅出，结构严谨。

本书综合了沥青材料各方面的知识和最新研究成果，体现了科学性和先进性。

本书可作为材料专业、土木工程专业或其他相关专业大学生和研究生的教材，也可供从事沥青材料研究和生产的科技人员参考，还可作为从事道路建设、公路维护和其他沥青材料应用的工程技术人员的工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

沥青材料/张金升等编著. —北京: 化学工业出版社,
2009.2

ISBN 978-7-122-04630-7

I. 沥… II. 张… III. 沥青-建筑材料 IV. TU535

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 004752 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 提 岩

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市白帆印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 26 字数 677 千字 2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 65.00 元

版权所有 违者必究

前言

沥青材料是重要的基础建设材料，通常分为道路沥青、建筑沥青、机场沥青、专用沥青。在专用沥青中现有的品种包括防水防潮石油沥青、管道防腐沥青、专用石油沥青、油漆石油沥青、电缆沥青、绝缘沥青、电池封口剂、橡胶沥青等。沥青材料主要用于公路建设，还可用于制造各种碳素材料（碳素纤维、活性炭、碳素质的离子交换剂、高密度均质碳素材料、高度各向异性的碳素材料、黏结材料等），用于农业方面（将沥青乳剂或沥青与肥料、农药混合后，喷洒到土壤表面，改良土壤保墒增肥），用于建筑砌块、保温泡沫沥青、冷沥青玛璃脂、制造民用炸药、分离煤粉或矿石、重负荷机具的润滑剂等，它在国家经济建设中起着十分重要的作用。

我国具有丰富的沥青资源，但长期以来，在沥青材料的研究、开发、生产、应用等方面显得很薄弱。例如，我国的改性沥青研究长期落后于国外，占沥青应用量最大份额的高等级道路沥青长期依赖进口，一方面使国产沥青得不到有效利用造成资源浪费，另一方面加大公路建设成本进而影响交通建设的发展。造成此类问题的原因，固然有我国的石油沥青基属大多为石蜡基，性能不良、较难改性这方面的不利因素，但更重要的是由于我国长期以来形成的重应用轻研究、重建设工程轻材料发展的片面倾向，造成我国在沥青材料的研究和开发方面大大落后于国际先进水平。实际上我国也有品质非常优良的烷烃基石油沥青（如克拉玛依石油沥青等），但由于种种原因，也未能得到合理有效的开发利用。

近年来，越来越多的有识之士和业内人士，逐步认识到沥青材料研究在经济建设中的重要作用，改变了以前那种自己生产沥青不如直接进口沥青的观念，树立了搞好国产改性沥青研究和应用工作的信心，由忽视沥青研究向着逐步重视沥青材料研究转变，这是一种可喜的趋势。

经济建设需要用到各式各样的材料。随着科技的发展，材料科学的地位和作用越来越重要，没有好的材料，再好的设计和结构也难以发挥作用，有了优质的材料和设计，还需要使材料在结构中合理搭配和相互适应，这就需要对材料的性能进行充分学习和研究，因此，对于工程人员来讲，对材料的深入了解就变得十分重要。本书的目的就是力求使读者对沥青材料的组成、结构、性能和应用等方面具有较深刻而全面的了解，为沥青材料的研究者提供理论工具，使沥青材料的生产者能够生产出更多更高质量的沥青，便于沥青材料的使用者在工程建设中更有效地使用沥青材料。

沥青材料的有关知识大多散见于各类工程应用类的图书中，作为个别章节加以论述，且大多侧重于沥青材料在某一领域的应用，这些零散的知识与当前沥青材料发展的要求极不适应，因此迫切需要一本全面论述沥青材料理论、实践和应用的图书问世。近年来，国内一些高等院校纷纷设置了主要服务于交通建设行业的材料专业，该专业要求学生掌握沥青材料较深入的知识，因此山东交通学院张金升教授、文登市科技局张银燕硕士、山东交通学院夏小裕讲师、郝秀红讲师等人共同撰写了这本教材，希望能够满足相关专业的教学要求，也希望能对沥青材料的研究、生产和应用起到一定的促进作用。

本书的出版得到山东交通学院科研基金资助。撰写过程中得到李浩、张爱勤、王琨、余

正昊、贺忠国、李志、尹文军、孙式霜等人的无私帮助，谨向上述单位和专家老师致以深深的谢意！

由于编者学识水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。同时希望抛砖引玉，将来能有更多更好的沥青材料专著问世，以促进我国沥青材料的研究、发展和应用。

编著者

2009年2月



目 录

第一章 概论	1
第一节 有关沥青的名词和术语	1
一、关于沥青的定义	1
二、名词和术语	1
第二节 沥青材料的分类	3
一、按在自然界中获得的方式分	3
二、其他分类方式	6
三、石油沥青的生产与加工	8
四、天然沥青	12
五、煤沥青	13
第三节 沥青的产品性能、规格和要求	15
一、道路沥青的规格和要求	16
二、建筑沥青的规格和要求	24
三、其他沥青（专用石油沥青）的规格和要求	27
四、标准对照	32
第四节 沥青材料的应用	33
一、石油沥青在国民经济中的地位	33
二、沥青的数量与质量	33
三、沥青材料应用概况	34
四、沥青材料在道路建设中的应用	36
五、水利工程中的沥青材料	37
六、以石油沥青为原料制造碳素材料	41
七、石油沥青的其他用途	46

第二章 石油沥青的成分、组成和结构	50
第一节 石油沥青概述	50
第二节 石油沥青的元素组成	51
一、渣油及沥青的元素组成	52
二、可溶质的元素组成	53
三、沥青质的元素组成	54
四、微量元素	56
第三节 沥青的化学组分及各组分的重要性质	58
一、沥青质	60
二、胶质	64
三、油分	66
四、蜡	67

五、沥青组分的分析方法	74
第四节 沥青的化学结构	75
第五节 沥青的胶体结构	75
第六节 石油沥青的族组成	78
第七节 石油沥青的结构族组成	81
<hr/>	
第三章 石油沥青的物理性质、化学性质和胶体性质	86
第一节 石油沥青的物理性质	86
一、密度和相对密度	86
二、沥青的热性质	88
三、沥青的电性质	89
四、表面及界面性质	91
五、黏附性	94
六、黏结性、黏度和黏度计	96
七、其他物理性质	97
第二节 石油沥青的化学性质	99
一、基本化学性质	99
二、磺化反应	100
三、加氢反应	101
四、沥青与氧化剂的反应	102
五、沥青与硫的反应	102
六、沥青与卤素的反应	103
七、沥青与酸或碱的反应	104
八、沥青的氯甲基化反应	104
第三节 沥青的胶体性质	105
一、概述	105
二、评价沥青胶体状态的几种方法	107
第四节 沥青胶结料	111
一、胶结料的物理性质	112
二、胶结料混合物	114
<hr/>	
第四章 石油沥青的流变性质	116
第一节 材料的流变性质	116
一、沥青的力学形态	116
二、沥青的黏流性	119
三、沥青流变性质的主要影响因素	126
四、沥青黏流指标之间的关系	126
第二节 沥青的流变学模型	129
一、基本流变模型及其本构方程	129
二、蠕变试验与试验曲线的拟合	132
三、松弛试验与试验曲线的拟合	133
第三节 沥青的劲度模量	134
一、沥青的黏弹性	134

二、蠕变和松弛	135
三、沥青的劲度模量	136
四、沥青劲度模量的现代测试方法	140
第四节 沥青的玻璃态	143

第五章 石油沥青的路用性能	145
第一节 沥青的黏滞性（黏度和稠度）	145
一、沥青的黏性	145
二、沥青的黏度和稠度	146
三、沥青黏度的测试方法	147
四、沥青黏度与路用性能的关系	152
第二节 沥青的感温性	153
一、沥青感温性概述	153
二、黏温指数	154
三、针入度-温度敏感性系数	156
四、针入度指数	156
五、针入度-黏度指数	159
六、塑性温度范围	160
七、沥青温度稳定性与其组成的关系	160
八、沥青试验数据图	160
第三节 沥青的延性与塑性	161
一、延性	161
二、塑性	161
第四节 沥青的低温性质	161
一、沥青的低温脆性	161
二、沥青的温缩系数	162
三、沥青的低温延度	162
四、沥青的低温流变指数	163
第五节 沥青的黏附性	164
一、沥青黏附性概述	164
二、黏附理论	165
三、影响沥青与石料黏附的因素	166
四、沥青黏附性的评定	167
五、沥青黏附性的改善	168
第六节 沥青的老化和耐久性（耐候性）	170
一、沥青耐久性概述	171
二、沥青老化的特征	171
三、沥青老化的原因	175
四、沥青耐久性的评价	185
五、延长沥青耐久性的可能途径	190
第七节 沥青的安全性	192
第八节 沥青质量九面图	192
一、表征沥青黏结性的关键试验	192

二、表征沥青黏附性能的关键试验	192
三、表征沥青耐久性能的关键试验	193
四、质量九面图的应用	194
<hr/>	
第六章 道路沥青技术标准与技术要求	195
第一节 沥青材料的分级体系和分级技术指标	195
一、针入度分级技术指标	195
二、沥青黏度分级的技术指标与标准	196
三、沥青性能分级的技术指标与标准	198
第二节 我国沥青材料技术标准	198
一、我国道路沥青技术标准	198
二、石油沥青技术要求	200
三、确定道路沥青技术指标的依据	201
第三节 美国 Superpave 沥青性能分级体系与标准	203
一、美国战略性公路研究计划 SHRP 的由来	203
二、美国 SHRP 沥青结合料路用性能规范	205
三、Superpave 的意义和应用	207
四、Superpave 试验方法	210
第四节 世界各国沥青标准举例	212
一、国外沥青技术标准举例	212
二、欧洲共同体 CEN 沥青标准	212
三、壳牌公司沥青质量控制体系图	218
四、加拿大新沥青标准	218
五、世界各国沥青标准的汇总	220
<hr/>	
第七章 改性沥青	223
第一节 改性沥青概述	223
一、国产沥青概况	223
二、改性沥青的分类	224
三、沥青改性的关键问题	225
四、进口沥青概况	226
第二节 改性剂的种类	227
一、工程高聚物材料	227
二、改性剂的种类	231
三、改性剂的选择	236
第三节 改性沥青的生产	238
一、母体法	238
二、直接投入法	239
三、机械搅拌法	239
四、胶体磨法和高速剪切法	240
五、橡胶类改性沥青的制备	241
六、热塑性树脂类改性沥青的配制	243
七、热塑性橡胶类改性沥青的制备	243

八、基质沥青的选择、混溶及施工	244
九、影响沥青改性效果的因素	245
第四节 改性沥青技术性能	246
一、改性沥青的技术性质	246
二、橡胶沥青的性质	250
三、热塑性树脂沥青和热塑性橡胶沥青的性质	251
第五节 改性沥青技术标准	253
一、改性沥青的技术标准	253
二、我国的改性沥青技术要求(标准)的特点	257
第六节 改性沥青评价技术	261
一、改性沥青的评价技术	261
二、评价改性沥青性能的新指标	261
第七节 改性沥青在道路工程中的应用	263
一、改性沥青的选择	263
二、改性沥青的应用	264
第八节 SBS 改性沥青	265
一、SBS 改性沥青的相容性与热贮存稳定性	266
二、SBS 改性沥青性能评价	272
三、SBS 改性沥青的生产工艺	274
第九节 纳米改性沥青	279
一、纳米改性沥青研究进展	279
二、纳米磁性液体制备工艺的研究	284
三、 Fe_3O_4 纳米磁性粒子改性沥青工艺的研究	289
四、纳米 Fe_3O_4 粒子对改性沥青三大指标的影响	293

第八章 乳化沥青	299
第一节 乳化沥青的发展过程	299
一、什么是乳化沥青	299
二、乳化沥青的发展过程	300
三、乳化沥青在我国的发展过程	302
四、乳化沥青的未来发展	303
第二节 乳化沥青的特点及社会效益	304
第三节 乳化沥青的机理及其制备	306
一、乳化沥青的材料组成	306
二、乳化沥青形成机理	307
三、乳化沥青分裂机理	309
四、乳化沥青的制备	309
第四节 乳化沥青的应用	310
一、乳化沥青的应用	310
二、改性乳化沥青的应用	312
三、乳化沥青稀浆封层	313
四、聚合物改性乳化沥青稀浆封层(微表处)	316

第九章 沥青再生技术	318
第一节 再生沥青混合料概述	318
一、沥青再生技术及其发展和意义	318
二、沥青老化程度的评定	320
三、沥青混凝土老化作用机理	320
第二节 沥青再生机理与方法	322
一、沥青的老化与再生	322
二、现场冷再生	323
三、现场热再生	324
四、工厂热再生	325
第三节 沥青再生剂	325
一、再生剂的作用与种类	325
二、再生剂的技术要求	325
三、再生剂质量技术标准	327
第四节 沥青混合料再生工艺	330
一、旧料的回收与加工	331
二、旧沥青混凝土质量要求	331
三、再生沥青混合料的制备	331
四、再生混合料的摊铺与压实	332
五、旧沥青混凝土路面的现场再生和利用	332
六、旧沥青混凝土在工厂和专用设备中的再生	337
第五节 再生沥青混合料设计方法	338
一、国内外再生沥青混合料组合设计程序	338
二、再生沥青混合料马歇尔设计方法	341
三、再生沥青混合料 Superpave 设计方法	348
第十章 石油沥青基本试验	350
第一节 试验的种类和基本原理	350
一、针入度试验	350
二、软化点试验	350
三、弗拉斯脆点试验	350
四、黏度试验	351
第二节 沥青三大指标试验方法	353
一、试验依据	353
二、取样方法	353
三、针入度测定	353
四、延度测定	354
五、软化点测定	355
第三节 沥青混合料试验	356
一、试验依据	356
二、沥青混合料的制备和试件成型（击实法）	356
三、沥青混合料的物理性能测定	359

四、沥青混合料马歇尔稳定度试验	360
-----------------------	-----

第十一章 石油沥青分析鉴定的主要方法	362
第一节 沥青的检验方法及其实用意义	362
一、常规检验方法	362
二、非常规检验方法	368
第二节 液体色谱法	373
一、液固吸附色谱 (LSC)	375
二、凝胶渗析色谱 (GPC)	378
第三节 红外吸收光谱	382
一、有关沥青分子结构的红外特征吸收	383
二、红外吸收光谱图的解析	385
三、红外吸收光谱定量分析沥青组成的特点	389
第四节 核磁共振 (NMR)	390
一、化学位移	390
二、核磁共振法在沥青分析中的应用	391
第五节 质谱法测定沥青油分中的结构族组成	397

参考文献	402
-------------------	------------

第一节 有关沥青的名词和术语

一、关于沥青的定义

长期以来,关于沥青的定义和涵义十分混乱,不同作者对于 bitumen、asphalt、asphaltic bitumen 赋予不同的涵义和解释。早在 20 世纪初,就有人试图统一沥青的名词,1931 年国际道路会议常设委员会(简称 PIARC)在巴黎出版了用 6 种语言编写的《道路名词技术词典》(《Technical dictionary of terms》),但是一直到目前为止,有关沥青的名词和术语还不能统一。

最初“bitumen”一词的涵义比较模糊,按照 H. 亚伯拉罕(abraham)的定义是“具有不同颜色、硬度和挥发分的主要由碳氢化合物所组成的天然出产的物质……大量溶解于二硫化碳”。而 PIARC 的定义为“由天然或热分解或两者兼而有之得到的烃类的混合物,它们通常可以是气体、液体、半固体或固体,完全溶解于二硫化碳”。美国材料与试验协会 ASTM D8-75 明确地指出所谓 Bitumens 系指“黑色或暗色黏稠状物(固体、半固体或黏稠物)由天然形成或由人工制造而得,主要由高分子烃类所组成。沥青、焦油、热解焦油和沥青矿为其代表”。

比较以上三种定义,可以看出 ASTM 的定义比较接近生产及应用的实际。在文章和著作中美国的习惯把来自石油加工所得渣油或由渣油氧化所得产品叫做“asphalt”,而欧洲则习惯地称之为“bitumen”,“asphaltic bitumen”系 PIARC 创造的名词,在美国实际上已不再采用。

法伊弗(Pfeiffer)在《沥青的性质》一书中对“bitumen”进行过详细的分类,他将 bitumen 族分为两个亚族,天然沥青(natural bitumen)和焦性沥青(pyrogenous bitumen)。每一个亚族中又分别分为 5 类和 6 类,亚类中再派生出许多次亚类,包括了天然气、原油、天然矿蜡、天然沥青等物质。这种分类方法在实用上已没有多少指导意义,读者不必拘泥于文字,若欲详细了解可参阅原文。

我国对 bitumen、asphalt、asphaltic bitumen 均译为沥青,在使用上不会造成混乱,但是,对于性质上接近沥青的“tar”和“pitch”译名却比较混乱,通常的意见“tar”译为焦油比较妥当,而“pitch”则译为热解沥青比较符合实际。例如 pine tar、coal tar 分别译为松焦油、煤焦油,而 coal tar pitch 可译为煤焦沥青。“tar”和“pitch”一般不用于石油炼制工业中。

二、名词和术语

① 沥青(asphalt)。指黑色到暗褐色的固态或半固态黏稠状物质,含有某些矿物质,其主要成分和石油沥青相同的一种混合物(在北美,asphalt 和 bitumen 经常是混用的)。加热时逐渐熔化,全部以固态或半固态存在于自然界或由石油炼制过程制得,主要由高分子的烃类和非烃类组成。

② 石油沥青(bitumen)。从处理渣油中得到的,由烃及其可溶于二硫化碳的衍生物组

成的暗褐色或黑色的半固体产品。

③ 道路沥青 (paving asphalt or road bitumen)。属于半固态的沥青, 其针入度 (25℃, 100g, 5s) 在 41~200 (0.1mm) 之间, 是主要用于铺设道路的一种石油沥青。

④ 建筑沥青 (bitumen for building)。主要用于建筑工程中作屋面、防水等方面的一种石油沥青。

⑤ 橡胶沥青 (bitumen for rubber)。在橡胶制品中作为软化、增强和填充剂来使用的一种石油沥青。

⑥ 油漆沥青 (bitumen for paint)。主要用于制造油漆中作为原料的一种石油沥青。

⑦ 天然沥青 [natural bitumen (英), natural asphalt (美)]。原油渗透到地表, 经自然蒸发过程而生成的一种沥青。石油在自然界长期受地壳挤压、变化, 并与空气、水接触逐渐变化而形成的、以天然状态存在的石油沥青, 其中常混有一定比例的矿物质。按形成的环境可以分为湖沥青、岩沥青、海底沥青、油页岩等。

⑧ 岩沥青 (rock asphalt)。存在于自然界岩石夹缝中的沥青。

⑨ 湖沥青 (lake asphalt)。一种天然沥青, 系地表凹陷的天然的表面沉积物。

⑩ 蒸发浓缩沥青 (steam-reduced asphalt)。原油或渣油在水蒸气的帮助下, 经蒸馏而得的沥青残渣。

⑪ 软化渣油 (flux or flux oil)。指液体或半固态状的石油沥青或其他重油。它同沥青混合后, 能使沥青软化点降低, 针入度升高。换言之, 它是使沥青软化的重石油产品。

⑫ 液体沥青 [liquid bitumen (英); cutback asphalt, liquid asphalt (美)]。用汽油、煤油、柴油等溶剂将石油沥青稀释而成的沥青产品, 也称轻制沥青或稀释沥青。在 25℃ 下, 在其上施加 50g 的重量 1s 后, 针入度大于 350 (0.1mm) 的沥青产品。

⑬ 半固态沥青 (semi-solid asphalt)。在 25℃ 下, 施加 100g 重量 5s 后, 针入度大于 10 (0.1mm) 的沥青; 或者在 25℃ 下, 加上 50g 重量 1s 后, 针入度不大于 350 (0.1mm) 的沥青。

⑭ 固态或硬质沥青 (solid or hard asphalt)。在 25℃ 时, 加上 100g 重量 5s 后, 针入度不大于 10 (0.1mm) 的沥青。

⑮ 氧化沥青 (blown or oxidized asphalt)。融熔的渣油在一定的温度下, 按一定的速率吹入空气进行氧化, 从而得到针入度较小的半固体或固体沥青。

⑯ 黏稠沥青 (asphalt cement)。有时也可译为沥青混凝土 (简称为砬), 专门指用以铺路的道路沥青, 尤指针入度 (25℃, 100g, 5s) 为 5~300 (0.1mm) 的沥青。

⑰ 稀释沥青 (cutback asphalt)。有时译为轻制沥青 (此译名不妥当)。将渣油与石油馏出油 (例如汽油、煤油和柴油等) 相调和而得到的一种使用上比较方便、流动性能好的沥青混合物。溶剂在使用过程中逐渐挥发而残留出沥青。我国并不将此列入沥青产品牌号。

⑱ 乳化沥青 [emulsified bitumen (英); asphalt emulsion, emulsified asphalt (美)]。将水和沥青在乳化剂存在下形成的沥青乳化液称为乳化沥青, 也称沥青乳液。所用乳化剂多为脂肪酸钠、脂肪胺等表面活性物质。因乳化剂不同, 乳化沥青分为阳离子乳化沥青 (cationic emulsion) 和阴离子乳化沥青 (anionic emulsion)。目前世界各国均趋向生产阳离子乳化沥青, 因其性能较优。乳化沥青按其凝固速度不同, 又可分为快速凝结 (rapid setting)、中速凝结 (medium setting) 和慢速凝结 (slow setting) 三种类型, 以备不同场合下选用。

⑲ 改性沥青 [modified bitumen (英), modified asphalt cement (美)]。掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或者其他材料等外掺剂 (改性剂), 使沥青或沥青混合料的性能得以改善而制成的沥青结合料。

⑳ 改性乳化沥青 [modified emulsified bitumen (英), modified asphalt emulsion (美)]。在制作乳化沥青的过程中同时加入聚合物胶乳, 或将聚合物胶乳与乳化沥青成品混合, 或对聚合物改性沥青进行乳化加工得到的乳化沥青产品。

㉑ 沥青胶 (asphalt mastic)。也称沥青玛蹄脂。系以石油、沥青为主体, 添加一定数量的固体或纤维状填充料以及少量添加剂制成的混合物。它可以作黏结油毛毡卷材、嵌缝补漏以及防水防腐蚀涂层之用。

㉒ 可溶质 (maltene or petrolene)。可溶于轻石油馏分或低分子烷烃 (正戊烷、正庚烷) 的沥青组分。它一般包括沥青中的油分和胶质, 是沥青去掉沥青质后所剩余的部分。

㉓ 沥青质 (asphaltene)。采用固定的沥青溶剂比, 用轻质烃类沉淀出来的高分子量组分。随所使用的溶剂不同 (溶剂可以用 30~60℃ 石油醚、正戊烷、正庚烷等), 沉淀出来的量也不同, 所以在涉及沥青质时, 必须说明采用的溶剂, 用“正庚烷 (或正戊烷、石油醚等) 沥青质”表示。

㉔ 碳青质 (carbenes)。或称之为半油焦质。可溶于二硫化碳, 但不溶于四氯化碳的沥青组分。

㉕ 油焦质 (carboids)。不溶于二硫化碳的沥青组分。油焦质系沥青质在热或其他因素的作用下进行缩合的产物。

㉖ 沥青质酸及酸酐 (asphaltous acids and anhydrides)。它们是存在于沥青中的游离的酸性物质及酸酐类。通常指能溶于苯及乙醇但不溶于石油醚的物质。

㉗ 沥青结合料 (asphalt binder, asphalt cement)。在沥青混合料中起胶结作用的沥青类材料 (含添加的外掺剂、改性剂等) 的总称。

㉘ 沥青混合料 [bituminous mixtures (英), asphalt (美)]。由矿料与沥青结合料拌和而成的混合料的总称。按材料组成及结构分为连续级配、间断级配混合料, 按矿料级配组成及空隙率大小分为密级配、半开级配、开级配混合料。按公称最大粒径的大小可分为特粗式 (公称最大粒径 $\geq 31.5\text{mm}$)、粗粒式 (公称最大粒径为 26.5mm)、中粒式 (公称最大粒径为 16mm 或 19mm)、细粒式 (公称最大粒径为 9.5mm 或 13.2mm)、砂粒式 (公称最大粒径 $< 9.5\text{mm}$) 沥青混合料。按制造工艺分热拌沥青混合料、冷拌沥青混合料、再生沥青混合料等。

第二节 沥青材料的分类

沥青材料是以沥青为主要成分的一种有机结合料, 它是由一些非常复杂的高分子碳氢化合物及其非金属元素 (氧、氮、硫) 的衍生物所组成。它们几乎能完全溶于二硫化碳、苯等有机溶剂, 颜色呈黑色乃至黑褐色, 常温时可为液态、半固态或固态, 具有高度非牛顿液体、复合黏-塑性或黏-弹性的力学性质。另外, 沥青材料具有不透水性, 不导电, 耐酸、碱、盐的腐蚀等特性, 同时还具有良好的黏结性。

沥青材料的品种很多, 按照沥青材料的来源、加工方法、用途、形态等可分为许多种类。

一、按在自然界中获得的方式分

沥青按其其在自然界中获得的方式或来源, 可分为地沥青和焦油沥青两大类。地沥青又分为天然沥青和石油沥青, 天然沥青是石油渗出地表经长期暴露和蒸发后的残留物; 石油沥青

是将精制加工石油所残余的渣油，经适当的工艺处理后得到的产品。焦油沥青是煤、木材等有机物干馏加工所得的焦油经再加工后的产品。工程中采用的沥青绝大多数是石油沥青，石油沥青是复杂的碳氢化合物与其非金属衍生物组成的混合物。通常沥青的闪点在 240~330℃ 之间，燃点比闪点高 3~6℃，因此施工温度应控制在闪点以下。

1. 地沥青 (asphalt or bitumen)

即通常所说的沥青，俗称臭油。有机化合物的混合物，溶于松节油或石油，可以制造涂料、塑料、防水纸、绝缘材料等，又可以用来铺路。由天然产物或石油精制加工得到，以“沥青”占绝对优势成分的材料。按其产源又可分为天然沥青和石油沥青。

(1) 天然沥青 (nature asphalt)

地壳中的石油在各种因素长时间作用下，其轻质油分蒸发，经浓缩、氧化作用形成以纯粹沥青成分存在（如湖沥青、泉沥青或海沥青等）、或渗入各种孔隙性岩石中（如岩沥青）与砂石材料相混（如地沥青砂、地沥青岩）。前者可直接使用，后者可作为混合料使用，亦可用水熬煮或溶剂抽提（萃取）得到纯地沥青后使用。天然沥青贮藏在地下，有的形成矿层或在地壳表面堆积。这种沥青大都经过天然蒸发、氧化，一般已不含有任何毒素。

① 湖沥青 (lake asphalt)。湖沥青是使用最广泛且最为人熟知的一种天然沥青，可以在已知的地面蕴藏处取得，最著名的是位于特立尼达、1595 年由沃尔特·雷利 (Walter Raleigh) 爵士发现的湖沥青。葡萄牙及西班牙也有这种沥青。我国新疆克拉玛依也有天然沥青。

在特立尼达岛上，有不少的小型沥青矿湖。硬焦沥青湖位于岛的南部，仅距海边 1km，是世界最大的沥青湖之一。湖的面积约为 $3.5 \times 10^5 \text{ m}^2$ ，深约 90m，贮量有 1000 万~1500 万吨。沥青湖表面的硬度足以承受履带拖拉机和自卸载重卡车。

关于硬焦沥青湖的成因曾提出过多种推测，但通常认为是由某种黏稠沥青涌溢出地面而形成的。由于地壳下陷和海水侵袭，使沥青上沉积了大量的淤泥和黏土，部分淤泥和黏土渗入沥青，形成一种淤泥、黏土、水和沥青的黏-塑性混合物。其后，由于陆地上升高出海平面，横向压力又使材料变形成为现在的形状，经冲刷移去覆盖的淤泥和黏土，把湖的表面暴露出来。

采掘的原材料经加热到 160℃，把水蒸发后得到粗炼产品。熔化的材料通过细的筛孔，除去杂质和一些植物得到精炼的产品称之为特立尼达精炼湖沥青 (trinidad epure)，其成分和重量比一般为：黏结料 54%，矿物质 36%，有机物 10%。

精炼湖沥青太硬，不能拌和沥青混合料 [它的针入度约为 2 (0.1mm)，软化点约在 95℃ 以上]，一般要求先与针入度 200 (0.1mm) 的沥青按 50/50 配制成针入度约为 50 (0.1mm) 的沥青。

在 20 世纪 50~60 年代，因为掺了特立尼达精炼湖沥青后可以改善沥青的高温稳定性，所以特立尼达精炼湖沥青与沥青配制的混合料广泛用于热压式沥青混合料磨耗层。由于沥青生产技术的改进，现有的普通重交通石油沥青已经基本能够满足路面高温稳定性的要求，且特立尼达精炼湖沥青需要加热几个小时才能使用，因此特立尼达精炼湖沥青的使用量迅速下降。

湖沥青资源有限，现在仅仅把它用作其他黏稠沥青材料性能改善的添加料，如某些欧洲国家使用特立尼达湖沥青改善沥青混合料抗车辙能力。

② 岩沥青 (rock asphalt)。存在于岩石缝隙的天然沥青，称为“岩沥青”。岩沥青是由石灰岩或砂岩等岩石被渗流的天然沥青浸透后形成的，沥青质含量可高达 12%，主要产地是法国的加德 (Gard)、瑞士瓦勒德特拉弗斯 (Valde Travers) 地区的纳沙泰尔 (Neuchat-

el) 和意大利的拉古萨 (Ragusa)。岩沥青与稀释油类或软沥青混合物是最早期的铺路材料, 现在已很少用于路面铺筑。

岩沥青是石油渗透到岩石内经长期自然因素作用所形成的天然沥青, 岩沥青中含有许多砂和岩石, 可以通过一定的提炼工艺, 经过水熬制, 得到纯净的沥青, 也可把含有沥青的岩石直接轧制, 并根据岩石的成分、沥青的含量进行掺配调整, 形成相应用途的沥青混合料。

(2) 石油沥青 (bitumen)

地壳中的原油经开采及各种石油精制加工所得的沥青为石油沥青。这是沥青材料的主要来源, 应用最为广泛。常用的有直馏沥青、氧化沥青、裂化沥青、溶剂脱沥青、调和沥青等。还可经过加工得到轻质沥青、乳化沥青等。根据石油沥青的用途可分为道路沥青、建筑沥青及专用沥青。道路沥青主要用于路面工程, 通常为直馏沥青或氧化沥青; 建筑沥青主要用于防水、防腐等土建防护工程中, 大多为氧化沥青; 专用沥青用作特殊用途。

石油沥青是原油蒸馏后的残渣。根据提炼程度的不同, 在常温下为液体、半固体或固体。石油沥青色黑而有光泽, 具有较高的感温性。由于它在生产过程中曾经蒸馏至 400°C 以上, 因而所含挥发成分甚少, 但仍可能有高分子的碳氢化合物未经挥发出来, 这些物质或多或少对人体健康是有害的。

一些学者将上述天然沥青也归入石油沥青大类中。

石油沥青是从原油中制造出来的。通常认为原油是由泥土及岩石碎屑与一起沉积在海洋底的海洋生物及植物等的有机物质经高温高压作用而形成。几百万年以来, 有机物和泥土沉积层有数百米厚, 上层无限大的重量将下层物质压成沉积岩。经过地壳内热量的作用和上部沉积层的压力, 再加上细菌作用和粒子辐射冲击的影响, 使有机物质和植物变成碳氢化合物等。多数油和气体埋藏在岩石孔隙中被不渗透的岩石覆盖, 形成了油田和气体层。油留存在那里直至使用地震探测和钻探穿通密封的岩石后才被挖掘出来。

全球四个主要产油地区是美国、中东、加勒比海周围诸国和俄罗斯联邦。各地生产的原油在物理及化学性质上均有所差异。它们的物理性能从黏稠的黑色液体到稀薄的稻草色液体不等, 化学结构主要是蜡、环烷烃和芳香烃, 前两种化学结构较为普通。

世界各地生产近 1500 种不同的原油, 其中仅有少数原油适用于制造沥青。一般的沥青主要是用中东或南美的原油生产。

石油沥青产量最大, 用途最广, 是本书论述的重点。在下面章节中如无特殊说明均指石油沥青。

2. 焦油沥青

焦油 (tar), 通常指煤焦油, 又称煤膏, 是煤干馏过程中得到的一种黑色或黑褐色黏稠状液体, 具有特殊的臭味, 可燃并有腐蚀性, 是一种高芳香度的碳氢化合物的复杂混合物。煤焦油经分馏加工以后, 所得残渣即煤沥青, 又称为煤焦油沥青。有时焦油和煤沥青两者经常被混同。这有两个原因: 第一, 这些材料肉眼看起来很相似, 都是黑色固体的热塑性材料, 在环境温度下有相当高的黏性; 第二, 两种材料的用途也相似, 被应用于道路建筑、屋面及许多工业用的防护覆盖层。然而, 它们不仅起源不同, 化学成分也不相同, 相应的物理和化学性质也有差异。

煤焦油沥青是炼焦的副产品, 即焦油蒸馏后残留在蒸馏釜内的黑色物质。它与精制焦油只是物理性质有分别, 没有明显的界限, 一般的划分方法是规定软化点在 26.7°C (立方块法) 以下的为焦油, 26.7°C 以上的为沥青。煤焦油沥青中主要含有难挥发的蒽、菲、芘等, 这些物质具有毒性, 由于这些成分的含量不同, 煤焦油沥青的性质也不同。温度的变化对煤焦油沥青的影响很大, 冬季容易脆裂, 夏季容易软化。加热时有特殊气味; 加热到 260°C 在