

沥青加热技术

王志廷 靳长征 韩宪锁 娄小珍 编著

人民交通出版社

Liqing Jiare Jishu

沥青加热技术

王志廷 靳长征 编著
韩宪锁 姜小珍

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

沥青加热技术/王志廷等编著. —北京:人民交通出版社,1997

ISBN 7-114-02720-6

I. 沥… II. 王… III. 沥青路面-路面铺层-沥青-加热 IV. U426.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 13745 号

沥青加热技术

王志廷 靳长征 韩宪锁 娄小珍 编著

责任印制:张 凯 版式设计:崔凤莲 责任校对:王静红

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:10.25 字数:275 千

1998 年 3 月 第 1 版

1998 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:20.00 元

ISBN 7-114-02720-6

U · 01933

内 容 提 要

本书介绍了沥青材料的基本知识、沥青与加热的关系及加热方法的选择,对明火加热、重燃油加热、水加热、导热油加热、太阳能加热、红外辐射加热及综合加热等加热方式的加热机理及其设备的工作原理、工艺设计、控制方法和使用技术进行了论述。本书是根据国内外现有沥青加热技术成果和作者多年实践经验编著的,内容丰富,理论性与可操作性兼备,是生产、选购和使用沥青加热设备以及研究和学习沥青加热技术的一本难得的参考书。

前 言

沥青是一种有机的胶结性工程材料，具有粘结性、延性、防水性和防腐性，广泛用于交通、市政和水利等基础设施建设工程。公路交通建设使用沥青主要是用来修筑高级、次高级和过渡式的沥青路面。由于沥青路面有良好的使用性能且投资较少，因而被大部分高等级公路所采用。我国现有沥青路面 30 余万公里，占有路面公路总里程的 90% 以上。随着公路建设的蓬勃发展和沥青材料性能不断改进，我国还将修筑更多的沥青路面。为修筑新的沥青路面和对现有路面进行维修养护，需要大量的沥青材料，全国每年以千万吨计。

沥青材料的生产、贮运和使用都需要进行加热，使之达到一定的温度。加热沥青不仅要消耗大量的能源，也直接影响沥青的使用性能、工程成本、生产安全和环境保护。所以，采用合适的加热方法，对提高社会经济效益有着重要意义。多年来，我国有关部门通过生产施工、科学实验和消化引进技术，创造了许多可行的沥青加热方法，收到了显著效果。推广这些加热沥青的方法，促进沥青加热技术的不断进步是编著《沥青加热技术》这本书的宗旨所在。

本书介绍了沥青材料的基本知识，论述了沥青与加热的关系和沥青加热方法的选择。对明火加热、重燃油加热、水加热、导热油加热、太阳能加热、红外辐射加热及综合加热技术的加热机理进行了分析，并介绍了各种加热设备的工作原理、工艺设计、控制方法和生产使用技术。

本书共 9 章。第 1、2、4 章由王志廷编写，第 5、7、8 章由新长征编写，第 3、6 章由韩宪锁编写，第 9 章及各章的电器自控

部分由娄小珍编写。

在编写过程中，原交通部副部长郑光迪给予了热情支持，并亲自题写了书名；中国道路运输协会筑养路机械分会副理事长兼秘书长黄家德高级工程师、交通部科技信息研究所李殿健高级工程师、交通部公路科学研究所朱文天副研究员和姬光才高级工程师也给予了大力支持；此外还得到了山西省晋中公路分局及其祁县、介休公路管理段的帮助。谨此，一并致谢。

由于作者水平所限，加之编写时间仓促，书中不足不当之处难免，恳望读者批评指正。

作 者

1996年8月于山西省太原市

目 录

第一章 沥青材料	1
第一节 沥青.....	1
第二节 石油沥青.....	2
第三节 石油沥青的化学组成分析	12
第四节 道路石油沥青基本性质	14
第五节 改性道路沥青	21
第六节 煤沥青	25
第七节 乳化沥青	29
第八节 沥青在道路工程中的应用	39
第二章 沥青与加热	45
第一节 沥青的加热	45
第二节 沥青加热方法	48
第三节 加热沥青所需热量的计算	51
第四节 燃料的燃烧	51
第五节 燃烧室的计算	55
第六节 通风的计算	56
第七节 沥青加热方法的选择	58
第三章 明火直接加热	62
第一节 概述	62
第二节 加热原理及设备基本结构	63
第三节 设备分类及基本工作参数的选取	65
第四节 应用方法	70
第四章 重燃油加热	72
第一节 重燃油加热的应用	72

第二节	重燃油的燃烧	73
第三节	加热机理及工艺	78
第四节	加热设备基本构造	82
第五节	燃油喷嘴	85
第六节	生产使用技术	93
第七节	效益分析	98
第五章	水加热	99
第一节	加热特点及应用	99
第二节	加热机理	99
第三节	中压水加热	102
第四节	蒸汽加热	108
第五节	效果分析	110
第六章	导热油加热	111
第一节	概述	111
第二节	导热油	114
第三节	导热油种类及其性能	128
第四节	导热油加热沥青工艺	144
第五节	总体设计与设备安装	155
第六节	供热装置	160
第七节	用热装置	194
第八节	导热油加热沥青设备的运行与保养	204
第七章	太阳能加热	217
第一节	太阳能	217
第二节	太阳辐射理论	218
第三节	到达地面的日辐射总量	229
第四节	太阳能加热机理	237
第五节	平板集热固定式太阳能沥青加热器的设计	241
第六节	太阳能沥青加热器典型结构	250
第七节	跟踪式太阳能加热装置	254
第八章	红外线加热	261

第一节	简述·····	261
第二节	红外辐射基本理论·····	262
第三节	红外辐射加热原理·····	265
第四节	利用红外辐射加热沥青·····	267
第五节	红外辐射器·····	269
第六节	加热方式及元器件的选择·····	276
第七节	红外沥青加热装置的设计·····	278
第八节	红外沥青加热装置典型结构·····	287
第九章	沥青加热系统的温度检测与控制·····	292
第一节	简述·····	292
第二节	测温仪表的原理和分类·····	293
第三节	玻璃液体温度计·····	296
第四节	压力式温度计·····	297
第五节	双金属温度计·····	299
第六节	热电阻·····	300
第七节	热电偶·····	303
第八节	温度显示与控制仪表·····	305
第九节	典型温控电路·····	309

第一章 沥青材料

第一节 沥 青

1. 基本特性

沥青是一种有机胶结建筑材料，是由一些极其复杂的高分子碳氢化合物及碳氢化合物与氧、氮、硫的衍生物所组成的混合物。沥青在常温下呈固体、半固体或液体状态，颜色为褐色或黑褐色。沥青不溶于水，能溶于二硫化碳、四氯化碳、三氯甲烷等有机溶剂中。

2. 简要分类

按照沥青的来源不同，沥青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两种。

天然沥青是石油通过地壳运动从裂缝流出地表，在自然条件下经过长时间阳光等地球物理因素作用所形成的沥青。天然沥青大多是固体或半固体状态，含有较多的矿物质和其它杂质，在有机溶剂中的溶解度较低，但粘度高，相对密度大。天然沥青中的地沥青酸及地沥青酸酐含量较多，表面活性比一般的石油沥青高，所以常用来掺入石油沥青中，以提高粘结力和改善沥青使用性能。

石油沥青按加工方式和所得到产品性能的不同可分为直馏沥青、半氧化沥青或氧化沥青、溶剂沥青及调和沥青等。页岩沥青是从油母页岩中炼制的产品，其性能接近石油沥青，而生产工艺接近焦油沥青。

焦油沥青是对从干馏各类有机燃料，如煤、木材等所得的焦油再进行加工得到的沥青。如干馏煤得到煤焦油，对煤焦油再进

行加工而得到煤沥青，通称柏油。煤沥青可分为高温、中温和低温煤焦油、软煤沥青和硬煤沥青。除上述各种沥青外，根据建筑工程的需要，为了提高沥青的使用性能，近年来又研究开发出各种改性沥青，诸如橡胶沥青、聚合物沥青、树脂沥青和掺硫沥青等。

3. 主要用途

由于沥青具有良好的粘结性、塑性、防水性和防潮性，因而广泛用于工业、交通、水利及民用工程建设。由于沥青的主要用途是作为道路工程建筑材料，所以一般所说的沥青就是指道路沥青而言。将沥青用于道路工程已有百余年的历史，目前全世界80%的道路路面是沥青路面，沥青一直是道路工程用的主要材料之一。

第二节 石油沥青

一、石油沥青的分类

1. 按生产方法分

石油沥青按生产方法可分为直馏沥青、氧化沥青、裂化沥青、溶剂沥青、调合沥青五种。

(1) 直馏沥青

炼油厂将原油进行常压蒸馏，提取汽油、煤油、柴油后存留在蒸馏塔底部的残渣称为塔底重油。将塔底重油再进行减压蒸馏，提取一些柴油、机油后，所得到的残留物称为渣油。将渣油再次吹进过热蒸汽减压蒸馏，分馏出重质油后所得的残留物称为直馏沥青。

由于原油的性质不一样，直馏沥青的化学成分相差很大，饱和烃含量和组分中的碳氢比(C/H)也不同，其使用性能相差悬殊。用我国大庆原油生产的沥青属于石蜡基沥青，石蜡含量高，粘度低，塑性差；用胜利、盘锦、新疆原油生产的沥青，碳氢比大，粘

度高，塑性好。

（2）氧化沥青

为了满足使用性能的要求，将渣油或稠度较低的沥青在 $250^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的高温下吹进压缩空气，使沥青中分子量较低组分发生氧化、聚合或缩合反应，向分子量较高组分转化，从而可提高沥青的稠度和热稳性，用这种方法生产的沥青叫氧化沥青。根据加热温度高低、吹入空气多少和氧化时间长短，所得到的沥青可分为氧化沥青和半氧化沥青。

（3）裂化沥青

为了提高出油率，在炼油时将蒸馏后的重油隔绝空气在高温、高压条件下进行热裂化，使其长链烃分子的重油转化为短链的汽油、煤油等轻质油类，所得到的沥青称为裂化沥青。

（4）溶剂沥青

溶剂沥青是对含蜡量较高的重油采用溶剂萃取的方法，再炼出润滑油后所得到的残留物。在溶剂萃取过程中，一些石蜡溶解在溶液中后被提出，使石蜡成分相对减少，因而改善了沥青的物理力学性质。

（5）调合沥青

当上述沥青的物理力学性质不能满足使用技术要求时，可将两种不同稠度的沥青或用某些轻质油分，按一定比例进行混合，这样所得到的沥青称为调合沥青。

2. 按原油成分分

由于各地原油的成分不同，炼油后所得沥青的成分也就不一样，特别是蜡的含量各有不同。据此石油沥青可分为石蜡基沥青、环烷基沥青、混合基沥青三种。

（1）石蜡基沥青

石蜡基沥青是用含大量烷属烃的石蜡基原油炼制后得到的沥青。这种沥青含蜡量高，一般不小于50%。在常温下蜡以晶体存在，降低了沥青的粘结性和塑性。

（2）环烷基沥青

用环烷基原油炼油后得到的沥青称为环烷基沥青。这类沥青含蜡量一般小于 2%，使用性能较好。

(3) 混合基沥青

采用含蜡量介于石蜡基原油和环烷基原油之间的原油炼制的沥青称为混合基沥青，其含蜡量在 2%~5% 之间，性能也介于两者之间。

3. 按常温下的稠度分

按在常温条件下的稠度石油沥青可分为慢凝液体沥青和粘稠沥青。粘稠沥青又可进一步分为固体沥青和半固体沥青。它们常以 25℃ 时的针入度来划分，针入度大于 300 者为液体沥青；小于 80 者为固体沥青；针入度在 80~300 之间者为半固体沥青。

二、石油沥青的化学组成结构

1. 化学组成

石油沥青的化学组成元素主要是碳 (80%~87%) 和氢 (10%~15%)，氧、氮、硫元素的总和一般不超过 5%。由于沥青化学组成复杂，在研究时往往利用沥青各种化合物在不同溶剂中的选择性溶解，或在不同吸附剂上的选择性吸附，将其分成化学成分和物理性质相近而具有一定特征的几个组分。近年来国内外普遍应用溶剂沉淀和冲洗色谱法将沥青分离为沥青质、饱和分、芳香分、胶质和蜡五个组分。饱和分和芳香分相当于油分，胶质相当于树脂。石油沥青各组分的基本特性如表 1-1 所示。

石油沥青各组分的基本特征

表 1-1

组分名称		外观特征	相对密度	平均分子量	对沥青性质的影响
饱和分	相当	无色粘稠液体	<1.0	300~1 000	赋予沥青流动性
芳香分	油分	茶色粘稠液体			
胶质 (即树脂)		红褐色至黑褐色 粘稠半固体	≈1.0	500~1 000	赋予胶体稳定性， 提高粘附性及可 塑性，也带给感温 性

续上表

组分名称	外观特征	相对密度	平均分子量	对沥青性质的影响
沥青质	深棕色至黑色的固体粉末	>1.0	2 000~10 000	提高热稳定性和粘滞性
蜡 (石蜡和地蜡)	白色结晶	<1.0	300~1 000	破坏沥青结构的均匀性,降低塑性
地沥青酸、酐 (酸性树脂)	与 胶 质 大 致 相 同			
碳沥青似碳物	黑色固体微粒	>1.0	10 000 以上	增大脆性,降低粘附性

2. 胶体理论

沥青的组分可简略反映其使用性能。一般组分分析法是按沥青中化合物的分子量大小,将沥青分成几组。而各组常有小范围的分子量搭接,某些分子量相同的化合物在化学结构上存在着一定的差异,从而使某些组分相近的沥青呈现出性能的差异。因此,组分还不能全面地反映沥青的性能,还必须研究沥青的化学组分结构。现在,研究沥青化学组成结构的理论有许多种,诸如胶体理论、高分子溶液理论等,其中胶体理论是应用较多的一种。

胶体理论认为构成沥青组分的沥青质与油分是互不相溶的物质,沥青质总浮在油分中,是一种不稳定的混合物,容易集聚絮凝,失去均匀分散特性。树脂则是一种“两亲”物质,既可与油分亲溶,又可与沥青质亲溶。树脂裹覆吸附在沥青质的表面,形成胶团分散在油分中,使沥青成为稳定的胶体。不同的沥青,由于原油基属的不同,其组分的含量也就不一样了。

3. 胶体结构

由于沥青各组分的化学结构和含量不一样,形成的胶体结构类型也不同。一般按沥青的流变性分为溶胶、溶凝胶和凝胶三种

结构。

(1) 溶胶结构

当沥青油分和胶质组分数量较多、沥青质较少时，胶团全部分散，能在分散介质粘度许可范围内自由运动，这种胶体结构称为溶胶结构。溶胶结构的特点是胶团能均匀分散在油分之中，胶团间没有吸引力或吸引力较小，应力与变形速度成直线关系，弹性效应小，温感性强，使用性差。

(2) 凝胶结构

当沥青质含量多，有一定的胶质，而分散介质少时，胶团互相接触，形成不规则的空间网络结构，胶团移动比较困难，这种结构称为凝胶结构。凝胶结构型沥青的特点是耐热性和弹性好，但低温塑性和自愈性差，氧化沥青多属这种结构。

(3) 溶凝胶结构

这种结构中沥青质含量没有凝胶结构多，部分胶团相互接触有一定吸引作用。因为沥青质的含量不多，又有相当多的胶质保护物质，胶团仍悬浮在油质中，这是介于溶胶和凝胶二者之间的结构，称为溶凝胶结构。其性质也介于两者之间，如粘稠状态的半氧化沥青，是理想的道路沥青材料。

三、道路沥青的技术要求

为适应经济发展和现代化建设的需要，我国近十多年来高等级公路有了很大的发展，特别是高速公路增加更快。由于公路技术等级的提高，原道路沥青的技术标准已无法满足实际的需要。为此，交通部在征求有关部门使用意见，搜集国内外大量试验资料的基础上，结合施工生产实践和有关科研成果，对道路沥青技术要求进行了修订，并于1993年2月30日以交工发(1993)72号文批准作为中华人民共和国交通行业标准发布，自1993年8月1日起实行。新的道路沥青技术要求分为石油沥青、煤沥青、液体石油沥青和乳化石油沥青四种。

1. 道路石油沥青技术要求

道路石油沥青根据公路路面使用性能的不同要求，分为重交通量道路石油沥青和中、轻交通量道路石油沥青两个等级的技术要求，如表 1-2、1-3 所示。

重交通量道路石油沥青技术要求 (M0671—93) 表 1-2

试验项目		AH—130	AH—110	AH—90	AH—70	AH—50	试验方法
薄膜加热试验 (163℃, 5h)	针入度(25℃, 100g, 5s) (0.1mm)	120~140	100~120	80~100	60~80	40~60	T 0604
	延度(5cm/min, 15℃) (cm)	>100	>100	>100	>100	>80	T 0605
	软化点(环球法) (℃)	40~50	41~51	42~52	44~54	45~55	T 0606
	闪点(COC) (℃)	>230					T 0611
	含蜡量(蒸馏法) (%)	≥3					T 0615
	密度(15℃) (kg/m ³)	实测记录					T 0603
	溶解度(三氯乙烯) (%)	>99.0					T 0607
	质量损失 (%)	<1.3	<1.2	<1.0	<0.8	<0.6	T 0609
	针入度比 (%)	>45	>48	>50	>55	>58	T 0609 T 0604
	延度(25℃) (cm)	>75	>75	>75	>50	>40	T 0609 T 0605
	延度(15℃) (cm)	实测记录					T 0609 T 0605

注：①在有条件时，应测定沥青在 60℃动力粘度(Pa·s)、135℃运动粘度(m²/s)，并在检验报告中注明；

②如有需要表中密度及薄膜加热试验后的 15℃延度的用户可向供方提出要求。

中、轻交通量道路石油沥青技术要求 (M0671—93)

表 1-3

标号	A—200	A—180	A—140	A—100 甲	A—100 乙	A—60 甲	A—60 乙	试验方法
试验项目								
针入度 (25℃, 100g, 5s) (0.1mm)	200 ~300	160 ~200	120 ~160	90 ~120	80 ~120	50~80	40~80	T 0604

续上表

标 号		A—200	A—180	A—140	A—100 甲	A—100 乙	A—60 甲	A—60 乙	试 验 方 法
试验项目									
延度 (25℃, 5cm/min) (cm)		—	>100 ^①	>100 ^②	>90	>60	>70	>40	T 0605
软化点 (环球法) (℃)		30~45	35~45	38~48	42~52	42~52	45~55	45~55	T 0606
溶解度 (三氯乙烯) (%)		>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	>99.0	T 0607
蒸发损失 试验 (163℃, 5h)	质量损失 (%)	≧1	≧1	≧1	≧1	≧1	≧1	≧1	T 0608
	针入度比 (%)	≦50	≦60	≦60	≦65	≦65	≦70	≦70	T 0608 T 0604
闪点 (COC) (℃)		≦180	≦200	≦230	≦230	≦230	≦230	≦230	T 0611

注：①当 25℃延度达到 100cm 时，如 15℃延度不少于 100cm，也认为是合格的；

②本要求等同于中华人民共和国石油化工行业标准 SH 0522—92（强制性标准）的技术要求。

道路石油沥青技术要求的分级是根据沥青针入度大小划分的，重交通量道路石油沥青分为五个标号，中、轻交通量道路石油沥青分为七个标号。由表 1-2、1-3 可知，高标号道路石油沥青的针入度和延度小，但软化点较高；低标号的则相反。

我国生产的石油沥青，除了道路石油沥青外，还有普通石油沥青和建筑石油沥青。道路石油沥青大多数属于直馏沥青或氧化沥青，建筑石油沥青则是氧化沥青。道路石油沥青的主要特点是粘度低、稠度小、易浸透和乳化、弹性小、耐热性差。普通石油沥青是用多蜡渣油经氧化而得到的粘度较大的产品，含蜡量较高，又称多蜡沥青。其特点是温度稳定性低，熔点和软化点低，塑性差，一般不单一使用，多作为掺配料使用。

2. 液体石油沥青技术要求

液体石油沥青按其凝固速度分为快凝、中凝和慢凝三种。根据沥青的粘度又将快凝液体沥青分为两个标号，中凝和慢凝各分为六个标号，其技术要求如表 1-4 所示。