

阳离子乳化沥青路面

(修订版)

交通部阳离子乳化沥青课题协作组 编著

人民交通出版社

Yanglizi Ruhua Liqing Lumian

阳离子乳化沥青路面

(修订版)

交通部阳离子乳化沥青课题协作组 编著

U418.2-2

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

阳离子乳化沥青路面/交通部阳离子乳化沥青课题
协作组编著. —2版. —北京:人民交通出版社,1997.

10

ISBN 7-114-02788-5

I. 阳… II. 交… III. 阳离子-乳化沥青-沥青路面
IV. U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21170 号

责任印制:孙树田

阳离子乳化沥青路面

(修订版)

交通部阳离子乳化沥青课题协作组 编著

插图设计:高静芳 版式设计:崔凤莲 责任校对:张莹

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张:7 字数:157 千

1998 年 1 月 第 1 版

1998 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3 500 册 定价:14.00 元

ISBN 7-114-02788-5

U · 01986

内 容 提 要

阳离子乳化沥青筑路、养路技术曾获国家技术进步二等奖,本书即为全面介绍该项技术的应用书籍。全书共分七章,其内容包括:阳离子乳化沥青的技术经济效益、应用范围;乳化原理及乳化剂;乳化工艺及设备;检验标准及方法;阳离子乳化沥青混凝土的配合比设计;阳离子乳化沥青路面的施工技术;筑路质量要求及检测等。附录中还列有阳离子乳化沥青各项试验的操作方法。本次修订又增加了聚合物改性乳化沥青的检验标准与方法、稀浆封层技术及稀浆封层混合料试验方法等内容。

本书可供公路、城市道路、林业、厂矿道路工程技术人员和筑路工人,以及大专院校有关专业师生使用参考。

修 订 版 前 言

阳离子乳化沥青筑路的技术经济效益,尤其是节能效益与环保效益,已为广大群众所认识。在交通部的积极推动下,这项技术已在全国迅速推广。十年来,由于乳化剂与乳化生产设备的发展,显著地提高了乳化沥青的产量与质量;由于施工技术与施工机械的发展,稀浆封层施工技术得到迅速地推广。目前稀浆封层施工技术不仅大量地应用于低交通量的地方道路,而且迫切需要向大交通量主干线道路与高等级公路上发展。为此,必须解决稀浆封层后缩短封闭交通的时间(小于1h),同时解决稀浆封层如何适应高等级公路路面耐久性的要求,也就是说,解决我国改性的阳离子乳化沥青与改性的阳离子乳化沥青稀浆封层是发展我国乳化沥青技术的当务之急。

为能积极稳妥地尽快发展我国的改性阳离子乳化沥青与改性稀浆封层技术,提出我国的技术标准与试验检验方法,使我们的工作有章可循,少走弯路,为此对原书进行补充修订再版。

此书原由七人合作编写,目前七人中大部分已退休或多年不从事这方面工作,这次修订再版特邀姜云焕研究员(乳化沥青学组委员会高级顾问),担任该书主编。因时间仓促,书中难免仍有不当之处,请批评指正。

编 者

1997年8月

前 言

阳离子乳化沥青是近些年来迅速发展起来的一种路面新材料,它深受广大筑路部门的欢迎。阳离子乳化沥青有较优越的路用性能和有重大节能效果,它的社会效益和经济效益均较高。1978年以来我国对阳离子乳化沥青及其路用性能的研究取得较好的成绩,该项技术1985年荣获国家技术进步二等奖。为此,原国家经济委员会、国家计划委员会将“阳离子乳化沥青筑路、养路技术”定为“七·五”期间国家重点新技术推广项目。为配合推广工作,我们根据交通部“阳离子乳化沥青及其路用性能研究”课题协作组多年研究成果,并参阅了国内外有关技术文献,编写出这本生产上实用书籍,以供广大道路工程技术人员和筑路工人参考使用。希望该书对发展我国阳离子乳化沥青路面有所裨益。

本书内容包括:乳化原理及乳化剂;乳化工艺及设备;阳离子乳化沥青的检验标准及试验方法;乳化沥青混凝土配合比设计;阳离子乳化沥青路面施工技术、质量要求及检验方法等。

本书共分七章,由以下七人分别执笔编写:第一章由姜云焕编写;第二章由权勇编写;第三章由姬光才编写;第四章由吴富生编写;第五章由习应祥编写;第六章由周汉民编写;第七章由钟滨先编写。

全书由姜云焕主编。鉴于编写人员水平,错误与不当之处,敬希广大读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 乳化沥青的特性及其发展过程.....	1
第二节 阳离子乳化沥青筑路的技术经济效益.....	6
第三节 阳离子乳化沥青在道路工程中的应用范围 ..	12
第二章 乳化原理与乳化剂	14
第一节 沥青的乳化原理及条件	14
第二节 乳化剂的作用与分类	17
第三节 阳离子型乳化剂分类及选择	27
第四节 复合乳化剂的作用	33
第五节 稳定剂与 pH 值的选择	38
第六节 沥青乳液的分解破乳	47
第三章 乳化工艺与乳化设备	51
第一节 概述	51
第二节 乳化工艺	51
第三节 乳化设备及乳化车间的布置	55
第四节 乳化机的种类和特点	60
第四章 阳离子乳化沥青与聚合物改性乳化沥青的检验 标准及方法	72
第一节 阳离子乳化沥青与聚合物改性乳化沥青 的分类	72
第二节 阳离子乳化沥青与聚合物改性乳化沥青 的检验标准	73

第三节	各项检验的目的、意义与方法·····	75
第五章	阳离子乳化沥青混凝土的配合比设计	
及试验方法	·····	86
第一节	阳离子乳化沥青配制沥青混凝土的特性 ·····	86
第二节	材料的组成及技术要求 ·····	96
第三节	阳离子乳化沥青混合料的配合比设计方法 ···	99
第四节	阳离子乳化沥青混合料配合比设计举例·····	110
第六章	阳离子乳化沥青路面施工技术 ·····	120
第一节	概述·····	120
第二节	材料·····	121
第三节	路面施工·····	123
第四节	旧沥青路面的维修与养护·····	135
第七章	筑路质量要求及检测方法 ·····	145
第一节	对路基与基层的质量要求·····	145
第二节	各种结构的阳离子乳化沥青路面的质量 要求·····	151
第三节	各项检测方法·····	160
附录一	阳离子沥青乳液试验方法 ·····	173
附录二	阳离子乳化沥青混凝土修正的马歇尔稳定度 试验方法 ·····	193
附录三	稀浆封层混合料试验方法 ·····	204

第一章 概 述

第一节 乳化沥青的特性及其发展过程

所谓乳化沥青,就是将沥青热融,经过机械的作用,以细小的微滴状态分散于含有乳化剂的水溶液之中,形成水包油状的沥青乳液。使用这种沥青乳液修路时,不需加热,可以在常温状态进行喷洒、贯入或拌和摊铺,铺筑各种结构路面的面层及基层,也可用作透层油、粘层油以及用于各种稳定基层的养护。

当前世界各国筑路技术的水平,直接关系到各国国民经济的发展。经济发达国家,一方面重视发展高级路面的公路,另一方面努力提高地方道路的铺装率,同时,十分重视已铺路面的经常性的维修与养护,使其能经常地保持着良好的路用性能与运输效率。在世界性的能源危机的影响下,在筑路工程中要求节省能源、节省资源、保护环境、减少污染的呼声越来越高。在这种形势下,如何节约能源和资源,如何改善热沥青油路的施工条件,已引起广大筑路部门的重视。在长期的筑路实践中,人们越来越深刻认识到:发展应用阳离子乳化沥青铺筑路面,是达到上述要求的可取途径。

首先,采用乳化沥青铺路,现场施工简化,不需将沥青加热到 $170^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ 高温后再去使用,砂石等矿料也不需烘干加热,可以节省大量的燃料与热能。据美国调查,铺设 1m^2 、

2.5cm厚热沥青混凝土路面需要热能 35.07MJ,而铺同样数量的乳化沥青混凝土只需要热能 19.69MJ;据法国统计,而使用 1t 热沥青需要热能 133.65MJ,使用 1t 乳化沥青只需要 27.82MJ(将乳化沥青厂设在炼油厂或沥青库附近);据日本调查,用乳化沥青铺筑贯入式和拌和式路面与热沥青混合料铺筑路面进行比较,铺 5cm 厚、1 万米² 的各种路面所消耗的燃油量分别为:乳化沥青贯入式与热沥青混凝土路面相比为 2.465kL : 21.443kL 即为 $1/8.7=11.5\%$,乳化沥青路上拌和式与热沥青混凝土相比为 3.103kL : 21.443kL,即为 $1/6.9=14.5\%$ 。从上述调查数据中可以看出,用乳化沥青修路,比热沥青铺路节省热能在 50%以上。

其次,由于沥青乳液具有良好的工作度,可以均匀地分布在骨料表面上,并与骨料产生较好的粘附性,因而可以节省沥青用量。还由于使用沥青乳液施工,现场不需要砌炉、支锅、盘灶、熬油等等,简化了施工程序,改善了油路工人的施工条件,避免了烟熏火烤和火灾的发生,也减少了对于周围环境的污染。由于以上这些优点,乳化沥青不仅适用于铺筑路面,而且在填方路堤的边坡保护,建筑屋面及洞库防水,金属材料表面防腐,农业土壤改良及植物养生,铁路的整体道床,沙漠的固沙等等工程中得到广泛应用。由于乳化沥青既改善热沥青的施工技术,又使沥青的应用范围得到不断的扩大,因而乳化沥青得到不断地发展。

人们从本世纪初即进行乳化沥青的研究,自商品化的乳化沥青生产以来,至今已有 60 多年的历史,在其前 40 年的发展过程中,主要发展的是阴离子乳化沥青。这种乳液有如前所述的许多优点,但是,这种乳液使沥青的微粒上带有阴离子电荷,当乳液与骨料表面接触时,由于湿润骨料表面普遍也带有阴离子电荷,同性相斥的原因,致使沥青微粒不能尽快地粘附

到骨料表面上。若要使沥青微粒裹覆到骨料表面,必须待乳液中水分的蒸发,见图 1-1。

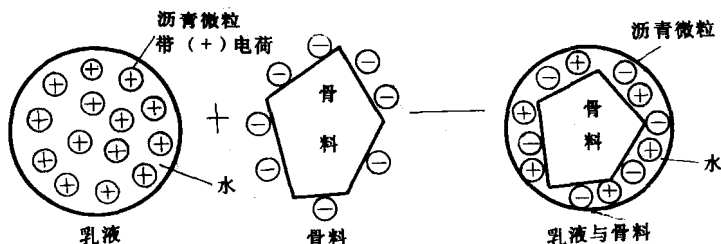


图 1-1 阴离子乳化沥青与骨料表面的粘附

由图 1-1 可见,乳液中沥青微粒带(+)电荷,湿骨料表面也带(+)电荷,两者在有水膜的情况下,难以相互结合。

这种沥青乳液与骨料的裹覆只是单纯的粘附。沥青与骨料之间的粘附力低,若在施工中遇上阴湿或低湿季节,乳液中的水分蒸发缓慢,沥青裹覆骨料的时间延长,影响路面的早期成型,延迟开放行车时间。另外,因目前石蜡基与混合基原油的沥青增多,阴离子乳化剂对于这些沥青难以进行乳化。因而,在这一时期中,乳化沥青虽然在发展着,但是发展的速度并不快。

随着近代界面化学与胶体化学的发展,近 20 年来,阳离子乳化沥青发展速度很快。这种沥青乳液是使沥青的微粒上带有阳离子电荷,当与骨料表面接触时,异性相引的作用,使沥青微粒吸附在骨料的表面上,见图 1-2。

由图 1-2 可见,乳液中沥青微粒带(+)电荷,湿骨料表面带(+)电荷,两者在有水膜的情况下,仍可以吸附结合。因而,即使在阴湿或低温季节(5°C 以上),阳离子沥青乳液仍可照常施工。由于阳离子乳化沥青可以增强与骨料表面粘附力,提高路面的早期强度,因而铺后可以尽早通车。筑路的实践证明:阳离子乳化沥青发挥了阴离子乳化沥青的优点,同时又弥补

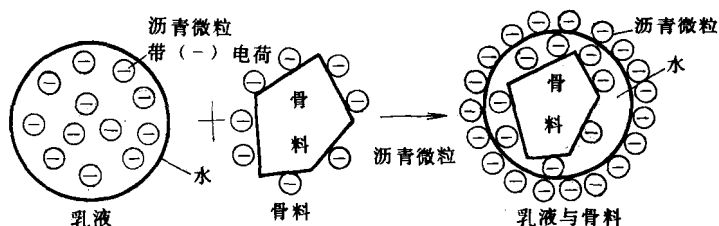


图 1-2 阳离子乳化沥青与骨料表面的粘附

了它的缺点。这样,就使乳化沥青的发展进入了一个新的历史阶段。目前,世界上有许多国家,在低交通量支线和在大交通量的干线上,均大量应用阳离子乳化沥青铺筑道路的面层和基层。尤其在旧沥青路面的维修与养护中,由于施工简便,现场不需加热,用量节省,效果显著,更易于显示出阳离子乳化沥青特有的长处,深受养护部门的欢迎,从而使阳离子乳化沥青的产量成倍的增长,参见图 1-3。

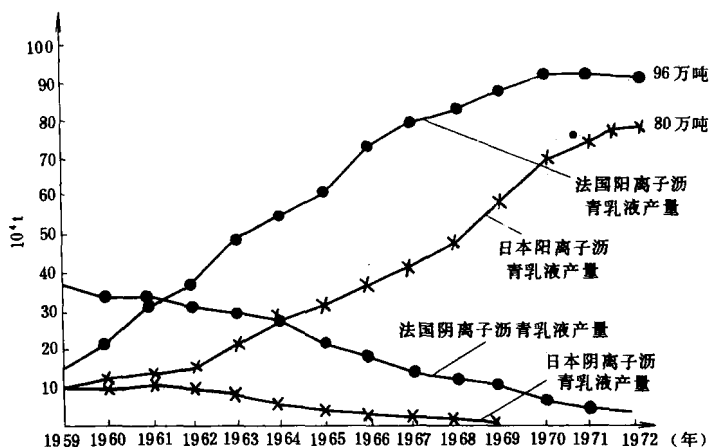


图 1-3 法国与日本沥青乳液年产量的发展趋势

1955 年法国的阴离子沥青乳液产量为 44.5 万吨,阳离子

子沥青乳液刚开始商品化生产,至 1972 年,法国的阴离子沥青乳液的年产量降为 5 万吨,阳离子沥青乳液产量已达 96 万吨;日本 1959 年阴离子与阳离子沥青乳液的年产量都是近 10 万吨,至 1972 年,阴离子沥青乳液年产量已降为 4 万吨,阳离子沥青乳液年产量已上升到 80 万吨。其它国家如西班牙、原联邦德国、英国、瑞士、瑞典、加拿大、美国、前苏联等国家,尽管这些国家热沥青搅拌厂很发达,沥青路面也很发达,但是,这些国家每年仍然使用大量(90%为阳离子沥青乳液)的阳离子乳化沥青修路和养路,从而提高了这些国家公路的好路率与铺装率。

自 1978 年初,我国由交通部组织成立了“阳离子乳化沥青及其路用性能研究”课题协作组。参加协作组的 11 个单位,在分工协作,共同努力下,为发展我国的阳离子乳化沥青,多年来做了大量的研究工作。该课题 1981 年列为交通部重点科研项目,1983 年列为国家计划委员会与原国家经济委员会的节能应用项目。在上级领导的重视与支持下,课题协作组已对阳离子型沥青乳化剂的研制与生产;乳化工艺与乳液的配方;乳化机械与乳化车间的设置;阳离子沥青乳液的检验标准及试验方法,沥青混凝土配合比设计及试验方法;阳离子乳化沥青的筑路及养路的施工技术等等关键性技术问题,逐项进行研究解决。

到目前为止在全国 14 个省市已铺筑贯入式、黑色碎石、沥青混凝土、表面处治、旧沥青路面材料冷法再生、防尘处理、稀浆封层等各种结构形式试验路面 400 万米²,其中在施工方法上有用人工拌和与洒布,也有用机械拌和与喷洒;在气温方面有在寒冷的北方,也有在湿热的南方;沥青的品种有胜利与茂名的,也有高升与大庆的;在交通量上有的铺在大交通量的

主干线上(6000 辆/d^①),也有铺在低交通量的地方公路上。这些试验路已经受 3~5 年以上的行车考验,至今仍然坚实、平整,经过检测证明,各项指标符合有关技术规范的要求。1985 年由交通部代表国家计划委员会与原国家经济委员会进行了技术鉴订,并列为国家“七·五”、“八·五”期间重点新技术推广项目在全国范围推广应用。

第二节 阳离子乳化沥青筑路的技术经济效益

随着我国多种阳离子型沥青乳化剂和乳化机械的研制成功,以及各典型地区铺筑试验路取得的良好效果,阳离子乳化沥青筑路的技术已被许多筑路部门所掌握,并大量应用于生产(1984 年已铺筑 150 万米²)。实践证明,用阳离子乳化沥青铺筑路面有如下四大优点:

一、节约能源

采用热沥青修路时,一般都要为沥青加热和矿料加热,消耗大量的燃料。

例如将 1t 沥青由 18℃ 升温至 180℃ 时,所需热能为:

$$(180-18) \times 2.094 \times 10^3 \times 1000 / 0.8 = 423.9 \text{ MJ}$$

式中: 2.094×10^3 ——沥青的比热[J/(kg·K)]

0.8——热效率。

获得上述热能需要柴油 10kg(按 1kg 柴油可产生热能 44.8MJ 计),或用普通煤 20kg(按 1kg 普通煤产生热能 20.9MJ 计)。但是,由对各地铺筑热沥青路面调查资料得知,1t 沥青实际消耗的燃料,远远超过上述燃料的用量,而且常常超

① 天即指 1 个昼夜。

过十倍或几十倍。据调查以下各有关筑路部门 1t 沥青实际消耗燃料量为：甘肃省兰州市达 500kg 煤，河南省郑州市为 110kg 煤加上 300kg 木柴（折合 320kg 煤），河南省信阳地区为 1000kg 木柴（折合 700kg 煤），湖南省岳阳地区为 500kg 木柴加上 50kg 燃油（折合 450kg 煤），辽宁省金县为 580kg 煤，青海省西宁市为 1000kg 煤，浙江省杭州市 800kg 木柴（折合 560kg 煤），北京市密云县为 200kg 煤。仅从上述各地平均 1t 沥青耗煤 557kg。

采用热沥青筑路所以要消耗这么多燃料，主要是在施工过程中，为了时刻保持沥青应有的高温，常常对沥青要进行重复加温与持续加温。例如，在施工中，沥青每倒运一次就要加热一次。如果施工中机械出故障，或因气候、材料、劳力等各种意外情况造成停工时，运至现场的沥青必须持续不断地进行加热，因之常常消耗大量的热能与燃料。

采用阳离子乳化沥青筑路时，只需在沥青乳化时一次加热，而且沥青加热温度只需达 $120^{\circ}\text{C} \sim 140^{\circ}\text{C}$ ，仅此就比热沥青降低 50°C ，1t 沥青可节省热能为 130.9MJ，其计算方法如下：

$$(130-18) \times 2.094 \times 10^3 \times 1000 / 0.8 = 293\text{MJ}$$

$$423.9\text{MJ} - 293\text{MJ} = 130.9\text{MJ}$$

制成的沥青乳液，可以在现场随时使用，不需要重复加温或持续加温，即使在阴湿或低温季节，也可照常施工。

尽管在生产沥青乳液时，在其它方面还要消耗一些能源，例如：

(1) 制备沥青乳液的乳化剂水溶液（占 40%~50%）需要加热（1t 沥青按 800kg 用水计），将 18°C 水升温至 70°C 时，需要热能为：

$$(70-18) \times 4.187 \times 10^3 \times 800 / 0.8 = 217.7\text{MJ}$$

(2)乳化机械消耗电能,1t 沥青按 $8\text{kW} \cdot \text{h}$ 计($1\text{kW} \cdot \text{h}$ 需热能为 3.6MJ)共消耗电能为:

$$3.6\text{MJ} \times 8 = 28.8\text{MJ}$$

1t 沥青可以制备约 1.8t 乳液,在其乳化过程中,其所需热能为:

$$293\text{MJ} + 217.7\text{MJ} + 28.8\text{MJ} = 539.6\text{MJ}$$

生产上述热能需煤 26kg,考虑各种热效率的损失,将所需热能再增加 4 倍,用煤量为:

$$26 \times 4 = 104\text{kg}$$

这个用煤量与热沥青实际用煤量相比,1t 沥青可节省用煤量为:

$$557 - 104 = 453\text{kg}$$

另一方面,采用热沥青拌制混合料时,大宗的矿料(砂、石料)需要烘干与加热,消耗大量的热能。例如,砂石料原有温度为 18°C ,含水量为 4%时,烘干 1t 砂石料水分需要热能为:

$$1000 \times 0.04 \times 2.26 \times 10^6 = 90.4\text{MJ}$$

式中: 2.26×10^6 为 1kg 水蒸发时所需汽化热(J)

1t 砂石料升温达 170°C 时所需热能:

$$(170 - 18) \times 0.837 \times 10^3 \times 1000 = 127.2\text{MJ}$$

式中: $0.837 \times 10^3\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 为砂石料的比热。

1t 砂石料的烘干与加热共需热量:

$$(90.4\text{MJ} + 127.2\text{MJ}) / 0.8 = 272\text{MJ}$$

生产这些热能需煤 13kg(燃油 7kg)。而采用阳离子乳化沥青筑路时,砂石矿料不需烘干与加热,而且可以在湿润状态下与沥青乳液拌和铺路,因之可以全部节省这部分热能。当用阳离子乳化沥青铺筑 7m 宽、3cm 厚的沥青混凝土路面时,1km 约需沥青 27t,混合料 483t(其中砂石料为 456t),从中可以节省:

煤 $27 \times 0.453 = 12.2t$

燃油 $456 \times 0.07 = 3.2t$

二、节省资源

阳离子沥青乳液与骨料表面具有良好的工作度与粘附性,可以在骨料表面形成均匀的沥青膜,容易准确地控制沥青的用量,保证骨料之间能有足够的结构沥青,使其自由沥青降低到适宜程度,因而提高了路面的稳定性、防水性与耐磨性。从已铺的阳离子乳化沥青试验路面的观察,每年高温季节较少出现油包、推移、波浪,低温季节较少见到开裂。与相邻的热沥青路面相比,显示出其特有的优越性。这是由于在铺路过程中,沥青的加热温度低,加热次数少,沥青的热老化损失小,因之增强了路面的稳定性与耐久性。

沥青节约量随路面结构型式与施工方法而异,参见表 1-1。

一般可以节省沥青用量为 10%~20%。节省沥青既是节省资源,也是节省能源,因为沥青也是一种能源材料,又是当前筑路中短缺的材料,随着沥青价格的上升,采用阳离子乳化沥青筑路的经济效益将更为显著。

另外,阳离子沥青乳液与碱性和酸性骨料都有良好的粘附效果,从而扩大了骨料的来源,更便于就地取材,减少材料的运输,降低工程造价。据初步调查,对于只产酸性骨料的地区,一般筑路工程可降低造价 35%,同时节省大量运输工具。

三、延长施工季节

阴雨与低温季节,正是沥青路发生病害较多的季节。我国多雨的南方与寒冷的北方,常因多雨和冰冻,造成沥青路面路况急速下降,出现了病害又无法用热沥青及时修补,在行车的