

Gonglu Yanghu: Changbanre Zaisheng Jishu

公路养护:

厂拌热再生技术

● 凌 杰 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

公路养护:厂拌热再生技术

凌 杰 著

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书阐述了公路养护技术原理及现场施工工艺;厂拌热再生混合料的设计;厂拌热再生设备的技术要求;各种厂拌热再生设备设计思想;厂拌热再生设备关键组件的设计计算方法;厂拌热再生技术工程应用要求等内容。有助于读者深入而全面地了解公路养护机械的设计要求和回收沥青路面材料的处理方法。

该书可供从事工程机械研究与产品开发、使用与管理人员参考,也可作为从事公路运营管理、养护工作的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

养护公路:厂拌热再生技术/凌杰著. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.12

ISBN 978-7-5646-0564-3

I. 公… II. 凌… III. 公路养护 IV. U418

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 242889 号

书 名	公路养护:厂拌热再生技术
著 者	凌 杰
责任编辑	付继娟 章 毅
责任校对	杜锦芝
出版发行	中国矿业大学出版社 (江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线	(0516)83885307 83884995
网 址	http://www.cumtp.com E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版	徐州中矿大印发科技有限公司排版中心
印 刷	徐州中矿大印发科技有限公司
经 销	新华书店
开 本	850×1168 1/32 印张 6.875 字数 179 千字
版次/印次	2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
定 价	26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着时间的推移和公路通车里程的不断增加,我国早期建成的等级公路陆续进入大、中修期,维修养护、翻修重建的任务越来越重。我国公路已经开始由原来建设为主的发展阶段步入建养并重的发展阶段,建设、维修、重建和升级改造的任务交织在一起。

交通发展面临的资源和环境形势日趋严峻,继续沿用传统的增长方式推进交通发展难以为继,必须坚决走出一条资源节约和环境友好的交通发展之路。因此,我们要大力发展交通循环经济,推进工业废料综合利用、再生资源回收利用,扩大废弃路面材料的回收利用,研发推广能源替代、材料再生等新技术。我国道路路面结构以沥青路面居多,尤其是高等级公路中沥青面层公路所占比重很大(我国已建成的高等级公路路面,据不完全统计,约有 80% 为沥青路面),大、中修工程从技术指标、施工工艺、工期、环保等方面都有很高的要求。这些都在客观上给国内公路的养护工作增加了压力。在公路养护中,机械化养护是保持和提高养护质量的重要保障。

沥青路面的翻修和再生技术发展的原动力来自人类社会进步的要求和巨大利益的驱动,而且这两方面的因素是长期起作用的。沥青路面的翻修技术与废旧材料的再生利用是紧密联系而共同发展的。

沥青路面的翻修再生技术是在材料、工艺、设备三者相互作用、相互制约、相互促进的过程中发展起来的,具有很强的综合技术特点。因此,在路面再生技术的研究、开发、应用时应十分重视这一技术的综合性,避免由于材料、工艺、设备三者的分离而造成的片面性。

本书主要包括以下内容:①路面的破损及维修养护工艺。不同的路面破损状况,需要不同的养护维修方法,也将对应着不同的施工工艺,并且决定着相应的养护机械所需要具有的功能构成及使用特征。②厂拌热再生混合料的设计。在现代热再生理念下,厂拌热再生混合料追求其路用性能等同于普通的热拌沥青混合料。因此,厂拌热再生混合料生产时需要严格的实验室内配比设计及相应的路用性能评价;在工程生产时也应了解混合料与室内实验之间的差异,以控制混合料生产时的变异,这也是再生混合料生产设备设计、使用的基础。③厂拌热再生混合料生产设备设计思想。作为一种添加回收沥青路面材料生产路用混合料的设备,合理的方法应充分利用现有普通混合料生产设备,避免重复投资;但由于回收料特性不同于普通混合料拌制时添加的集料,因此处理回收料时将导致普通再生设备需要作相应的改变。④厂拌热再生设备相关设计计算方法。回收料再生处理时需要避免高温老化、黏结积料及蒸发水蒸气的不利影响,在设计关键部件时须严格地计算同时为相关控制策略提供依据。⑤厂拌热再生技术的工程应用。为保证再生混合料的性能,需要在回收料的获取、预处理及存储过程中采取适当的方法以避免不利的影响。

公路养护中回收沥青路面材料,涉及政策、材料、设备、工艺及人们的公路养护理念等多个方面,是一个复杂的系统工程。本书旨在抛砖引玉,为我国公路交通事业尽绵薄之力。由于本人水平所限,书中一些观点和结论可能还需要进一步研究和完善,对于书中存在的错误和不妥之处,恳请读者和同行批评指正。

作者

2009年8月

目 录

1	路面破损与维护	1
1.1	公路养护	1
1.2	路面损坏的主要因素	1
1.3	路面损坏的类型	3
1.4	道路养护维修技术	5
1.5	道路维修工艺的选择	41
1.6	路面再生方案的选择	44
2	厂拌热再生混合料设计	48
2.1	热拌沥青混合料	48
2.2	回收沥青路面材料再生	57
2.3	厂拌热再生沥青混合料设计	78
3	厂拌热再生方案及分析	87
3.1	间歇式厂拌热再生类型	88
3.2	连续式厂拌热再生类型	101
3.3	厂拌热再生方案的确定及关键技术问题	113
4	厂拌热再生设备相关计算方法	157
4.1	回收料预热滚筒尺寸设计方法	157
4.2	避免滚筒内黏结积料的叶片设计方法	169
4.3	热回收料斗式提升机黏结积料处理方法	176
4.4	烟气量计算	184

4.5	燃烧器燃烧温度计算·····	185
5	厂拌热再生工程应用 ·····	187
5.1	旧沥青路面的挖除·····	187
5.2	回收料的粉碎与筛分·····	192
5.3	回收料的堆放·····	198
5.4	再生混合料的生产与使用·····	200
	参考文献 ·····	202

1 路面破损与维护

1.1 公路养护

公路养护的目的和任务是及时消除病害,修复破损,保持公路完好状态。主要包含以下内容:

(1) 及时修复损坏部分,保证各种设施完好无缺,保持公路状况良好,确保行车安全、畅通、舒适,以提高公路运输的经济效益。

(2) 采用正确的技术措施,使用先进的机具,提高养护质量,延长维修周期和使用年限,以节省工程费用。

(3) 通过长期维修保养和技术改造,消除遗留的缺陷和隐患,逐步改善公路整体技术指标,以提高公路使用质量和服务水平。

(4) 经常清除公路上的杂物和污染,保持路容整洁美观,以美化环境。

(5) 及时清除冰雪和各种障碍物,以保证车辆全天候畅通无阻。

1.2 路面损坏的主要因素

公路在使用过程中,由于承受行驶车辆荷载的反复作用和自然环境因素的侵蚀与破坏,以及材料的老化和环境污染,加上设计和施工遗留的某些缺陷和隐患,使得公路产生各种形式的损坏,从而降低了公路使用质量,影响各种设施功能的正常发挥。

环境因素是造成大多数路面表面产生开裂的主要原因,其对

路面工程特性的影响结果表现为温度效应、冰冻效应、辐射效应、水损坏等。紫外线辐射造成沥青逐渐老化变硬,硬化导致沥青弹性下降;当气温降低时,引起沥青的收缩,最终导致开裂。当裂缝产生后,路面就不再完整,水将侵入路面结构从而使路面使用状况加速恶化。

交通荷载是造成路面车辙和引起路面结构内部产生裂缝的主要原因。行驶在路面上的每一辆车都将引起路面结构微小短暂的变形。大量车辆的通行将造成一种累积作用,导致路面永久变形以及疲劳裂缝的出现。超重荷载对路面有着更大的破坏作用,因而对这种累积起加速作用。

重复的荷载使路面颗粒材料排列更加紧密,导致混合料空隙率下降。对于沥青混合料,其空隙率的下降使材料性质更接近于流体,对轮胎荷载产生的压力起传导作用,更容易形成车辙,造成沥青混合料的侧向流动或沿车辙边缘的推挤。

一旦路面底部产生的疲劳裂缝扩散,水分就将渗入下面的结构层,水的软化作用引起路面强度的降低,在重复行车荷载作用下加速路面损坏。

另外,材料在饱水状态下,并伴随行车荷载的作用,水成为材料破坏的重要因素。因为水在行车荷载的作用下,将造成沥青混合料中集料上面的沥青剥离,并且水还会对沥青混合料中的细集料产生冲刷,使细集料沿着裂缝唧出路面,形成唧浆,最终导致路面结构层产生更大的空隙,从而引发更大坑洞产生。

在气温低于 4°C 时,路面内任何自由水的膨胀,即使在没有行车荷载作用的情况下,也将产生一种流动压力。因而反复冻融循环引起材料的冻胀对已产生裂缝的路面来说更是一种破坏,这将导致路面的断裂。

1.3 路面损坏的类型

路面损坏的类型主要分为以下几类：

(1) 表面破损

这种类型的损坏包括泛油和磨光。

泛油是指沥青面层中的沥青溢出路表的现象。混合料中的沥青向上迁移到路表面，形成一种有光泽的沥青膜。沥青用量过高、混合料中空隙太少、沥青的高温稳定性差、油石比不当等是泛油产生的原因。

磨光是指路表外露的集料在行车作用下表面逐渐变光滑的现象。集料棱角被磨成圆滑或平滑状，表面纹理丧失，路面抗滑能力下降，当路面潮湿积水时，道路就会变得十分危险。这主要是由于采用的集料不耐磨和车轮的反复作用造成的。

(2) 变形

变形包括波浪、车辙和推挤等不同类型。

波浪是指路表面产生横向波纹的损坏现象。这些损坏是在交通荷载频繁起停或在下波的路段，热拌沥青混凝土丧失稳定性的结果。混凝土缺乏稳定性的原因是由于沥青太多或沥青太软，较高的沙含量和混合料中过多的圆平集料所致。

推挤是路表面局部突起的现象，这种类型的病害也是由于混合料缺乏足够稳定性所致。

车辙是路面在纵向行车轮迹产生变形的现象，这种损坏是由于混合料的空隙率低、交通量大和轮胎压力高所致。

(3) 裂缝

各种不同类型的荷载型和非荷载型裂缝，包括龟裂、块裂、纵缝、横缝和反射裂缝等。这些损坏是由于不稳定路基或基层，使得路表面过多变形所致，或者是交通荷载超过路面允许的荷载所致。

轮迹裂缝是在轮迹范围内路面产生破裂的现象。这些裂缝是由一个或多个纵裂缝开始,并随着时间的推移,最终发展成为龟裂现象。路面边缘车辙是在路面外侧或与拓宽路面之间连接处产生0.3~0.6 mm的纵向车辙。裂缝是由于缺乏横向支撑,基层软弱或排水不良所致。

块裂现象是由于基层或土基体积变化,导致沥青混凝土收缩所致。

纵向连接裂缝是施工接缝所致,是由于较差的摊铺连接或不正确的施工工艺引起的。横向裂缝贯穿路中心线,是由温度变化引起的路面收缩或沥青变硬所致。

反射裂缝是由于路面以下结构产生裂缝从而导致沥青层开裂的现象。

(4) 水损坏

水损坏较为普遍的现象包括松散、坑槽和唧浆。

松散是指沥青面层中的集料由于丧失相互之间的黏结而逐渐疏松的现象。这主要是由于混合料中沥青偏少,沥青与集料之间的黏结性差,没有充分地压实和使用高硬度的沥青,或者由于沥青老化造成的。起初是粗集料的散失,随着损坏的加剧使得细集料接着剥落。

坑槽是沥青表面早期损坏的常见现象。沥青路面在水或者冻融循环的条件下,由于行车动载的作用,进入路面空隙中的水不断产生动水压力或真空负压抽吸的反复循环作用,水分逐渐渗入沥青与集料的界面上,使沥青的黏附性降低,并逐渐丧失黏结力,沥青膜从集料表面脱落(剥离),沥青混合料出现掉粒、松散,继而形成沥青路面的水损性坑槽。

唧浆是指在行车作用下,有泥浆从沥青路面裂缝中被挤出的现象。

(5) 修补槽

修补槽是在原路面损坏区域用新的混合料进行修补或再直接加铺薄的罩面。

(6) 基层或路基问题

未稳定或排水不良的基层或路基会导致沥青路面产生严重开裂、沉降或车辙。

1.4 道路养护维修技术

沥青路面在交通载荷与气候影响的作用下,随着时间的推移,将会出现各种损坏,使路面状况和服务能力将逐渐地恶化。为了保持路面良好的使用性能和延长使用寿命,在路面寿命周期的各个不同阶段需要采用不同的养护维修措施。沥青路面的养护维修工作对保持路面的服务能力,延长其寿命周期,以及改善噪音、振动等对周边环境的污染有着重要的作用。在我国高速公路建设的初期,路面养护的工作量还不是很大,人们容易产生重建设、轻养护的思想,但是随着我国公路建设的重点逐步向中、西部地区推移,在东南沿海地区将迎来一个路面养护维修的高潮,因而养护维修技术正日益成为人们关注的一个热点。

当前,我国公路主干道交通流量大、车辆行驶速度高,其养护与维修工作应及时、快速、安全、可靠且尽可能不中断交通。同时,应最大限度实行机械化养护,保证公路维修员工的安全,避免频繁调动机械设备。

沥青路面的养护技术是一门综合性技术。加强对材料、工艺、设备的综合研究,不论是对发展国产养护机械,还是引进、消化、吸收国外的先进技术,都是值得关注和重视的。

在对病害处治之前,要对病害进行实地调查。根据病害的类型、面积大小、施工的难易程度、交通流量的大小等确定最佳处治方案,保证养护工作快速、高效、安全。

我国现行的沥青路面养护技术规范通常根据工程量的规模大小、技术的难易程度将沥青路面的养护维修作业分为保养小修、中修、大修、改善(改建)等四类。这种分类方法的核心是“修理”,它是 20 世纪 50 年代从前苏联的规范中引入的,至今已经沿用了数十年。但是,随着路面养护维修技术在材料、工艺、设备方面的不断发展和进步,这种分类方法已经很难反映出现代路面养护维修技术的特点和要求,因而也越来越显示出难以与现代养护维修技术的发展相适应了。

现行分类方法所反映的并不仅仅是一个分类的方法问题,其实质是反映了一种“重修理,轻预防”的观念。更为合理的分类方法是根据病害的类型、路面损害的程度,以及所需采用养护维修措施的性质和功能来对养护维修作业进行分类。在美国等西方国家,根据施工的目的有时常分为预防性养护(Preventive Maintenance)、修复性养护(Corrective Maintenance)、路面翻修(Pavement Rehabilitation)、路面重建(Pavement Reconstruction)四类。这种分类方法的核心是作业的功能和目的,因此不仅在概念上是十分清晰的,而且有着很强的目的性和针对性。

预防性养护是指防止病害的进一步扩展,以减缓路面使用性能的恶化速率以及延长路面使用寿命为目的的养护作业,它通常用于没有发生损坏或只有轻微缺陷与病害迹象的路面。预防性养护没有路面补强的功能,因而不应期望预防性养护具有改善路面强度和承载能力的作用。

修复性养护是指那些用来修复路面的局部损害或某种特定病害的养护作业,它通常用于路面已经发生局部的结构性损坏,但还没有波及全局的情况。

路面翻修是指路面的损坏已经波及路面的大部分面积,使之发生结构性损坏,从而需要在一定的深度下进行面层的再生和重铺的修理作业。

当路面的损坏由于没有及时进行翻修、补强而进入整个路面各结构层发生结构性破坏时,这时不仅路面的面层,而且它的基层和底基层,甚至于路基也需进行翻修,这样的养护维修作业称为重建。当路基也需翻修时则称为道路的重建。

1.4.1 预防性养护技术

(1) 雾封层技术

雾封层就是利用专用雾封层撒布车在沥青面层上喷洒一层薄薄的、高渗透性乳化沥青或者改性乳化沥青,以形成一层严密的防水层将路面封闭,起到隔水、防渗以保护路面功能的作用,能够最大程度地减少路面水损坏造成的不利影响,加大沥青路面集料间的黏结力,由此达到延长路面使用寿命和节约养护资金的目的。雾封层采用沥青撒布车一次性施工,为一超薄喷洒层,要求喷洒层与下面层接触密、均匀,并具有良好的耐磨耗能力。将在施工前24小时内按稀释比例为1:1的乳化沥青(含水率一般43%),装进沥青撒布车的储存罐内。保持撒布车匀速行驶喷洒乳化沥青,撒布量一般为 $0.23\sim 0.45\text{ L/m}^2$ 。雾封层刚喷洒后,路面呈现褐色,随着乳化沥青破乳,路面开始变黑,说明雾封层开始硬化,待完全硬化后路面是黝黑的,犹如新铺路面一样。一般用于轻度到中度细料损失或松散的道路,对于混合料出现松散,雾封层可有效解决。图1-1是具体施工流程。

雾封层技术主要用来处理沥青路面的渗水问题,费用低,能够加大路面集料间的黏结力,填补微小裂缝,防止向下渗水,最大限度减少路面的水破坏,改善外观。

(2) 还原剂封层技术

还原剂封层就是将专门研制的还原剂或者再生剂通过相应的设备,喷洒在已经老化的沥青路面上,更新和还原表面已经老化的沥青膏体,同时保护尚未老化的那部分沥青,使其维持原有性能,

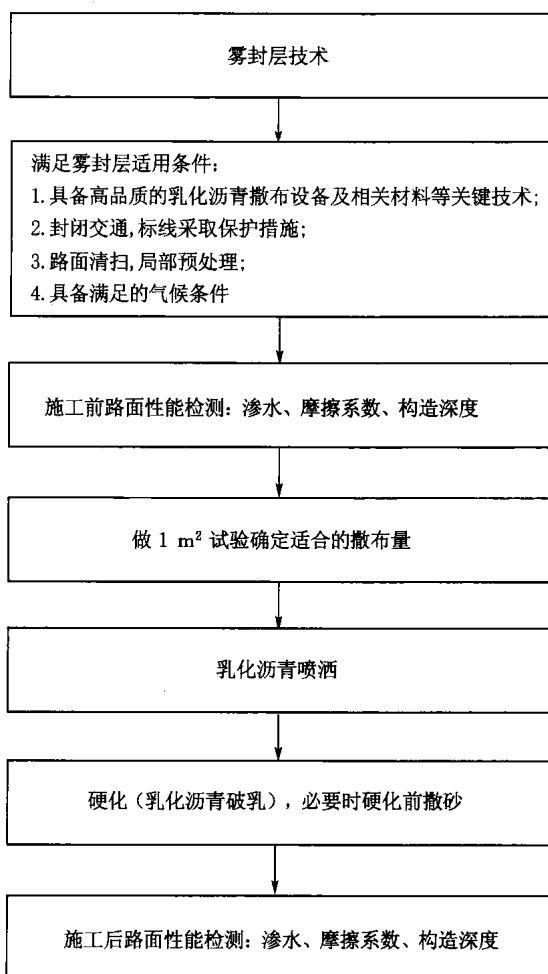


图 1-1 雾封层技术施工工艺流程

减缓老化时间。从施工角度来看,与雾封层类似,也是在沥青路面的表面增加一个薄薄的养护层来达到防水、封缝、抗老化等养护目的,只是这里喷洒的是还原剂(专用的再生剂要求渗入路面 6 cm 左右)。常用的有 TL—2000 聚合路面强化剂、沥再生 Rejuva Seal、魁道沥青复原剂 CAP、ERA—C 型沥青再生剂等。其施工工艺流程与图 1-2 所示相同。

雾层封层和还原剂封层都有一些共同的特点:施工后需要经过一段时间才能开放交通;必须严格掌握单位面积的喷洒量,过多的喷洒量会在路表面形成一层薄膜而使路面丧失摩擦阻力,必要时需用铺砂的方法来改善其抗滑阻力。撒砂虽然可以提高抗滑阻力,但它与路面的黏结力较差,即便经过碾压,在高速行驶的车轮作用下仍会被带出,而导致抗滑能力很快衰减。由于上述原因,雾层和还原剂封层通常主要用于低交通流量、低速的道路和停车场上。

为改进雾层封层缺点,可通过以下两个方面加以解决:一方面是从材料上采用黏附性更高的黏结料,另一方面是从工艺上来改善黏结剂与砂粒之间的裹覆性能,例如将砂粒与黏结剂事先拌和后再喷洒至路面上。

美国 STAR-SEAL 公司开发的“SUPREME”牌沥青路面封涂层就是一个例子。“STAR-SEAL SUPREME”是一种以精制煤焦油沥青乳液为主,添加有橡胶类高分子聚合物和表面活性剂的混合物。一般来说,煤焦油具有抵抗汽、柴油等轻质油分的侵入和改善集料湿润性的能力,因而也改善了它们之间的粘附性能,高分子聚合物则增强了黏结剂的黏韧性,而表面活性剂则改善了附着表面的抗水性。将此种乳液与细的石英砂(粒径 0.425~0.212mm)搅拌混合后将其喷洒、涂刷在沥青路面上,2~3 遍后便可形成一层极薄的保护层。它对沥青路面具有一种屏蔽保护作用,可以抵抗阳光、空气对沥青黏结剂的老化,阻止水分侵入沥青路面而导致

的水损害,保护路面沥青不受泄漏的汽油、柴油、机油等轻质油分的软化作用,防止冬天防冻盐或其他化学品对沥青路面的侵蚀。高粘附性的黏结材料和事先与高耐磨性集料(例如石英砂)的充分裹覆,保证了表面必要的抗滑性能以及耐久性。

(3) 石屑封层

单层的石屑封层是最早出现的预防性养护技术,其施工方法是利用沥青撒布车在路面上喷洒一层沥青材料(热沥青、轻质沥青、乳化沥青等),紧接着用石屑撒布机撒布砂、单粒径或集料,并紧跟着进行碾压。石屑封层是一种敷设简单、易行,价格低廉的养护方法。它的缺点是要有较长的初期养护时间,高速行驶时噪音过大,路面上的松散集料还会被高速行驶的车轮带出而撞击、黏附在车身和挡风玻璃上,集料的损失还会导致抗滑能力的衰减,所以一般很少用在大交通流量和高速行驶的道路上。

石屑封层的新发展是围绕着减缓抗滑性能的衰减速率所作的努力。这种努力同样表现在从材料和工艺两方面对黏结剂和集料之间黏附性能等方面。材料的改善主要是采用改性沥青和改性乳化沥青,以及改善它们与集料之间的相容性。在工艺方面的改善,同步碎石封层(Synchronous Surface Dressing)的出现就是一个典型的例子。

(4) 同步碎石封层

同步碎石封层技术作为一种路面养护技术,在欧美国家被广泛使用。所谓同步碎石封层就是利用专用的同步碎石封层车将碎石及黏结料(改性沥青或者改性乳化沥青)同步撒铺在路面上,通过胶轮压路机或自然行车碾压形成单层沥青碎石磨耗层,主要作为路面表面处理层使用。

同步碎石封层车将黏结剂的喷洒和集料撒布两道工序集中在一台车辆上同步进行。这样作的好处是使碎石颗粒立即与刚喷洒的黏结剂相接触,此时由于热沥青或乳化沥青的流动性较好而使