

沥青路面微波加热养护施工工艺

Microwave Heating Maintenance Technique of Asphalt Pavement

黄允江 湖北省交通厅高速公路管理局, 湖北 武汉 430034

杨 瑾, 黄玉松 佛山市威特公路养护设备有限公司, 广东 佛山 528311

0 引言

微波加热热再生是指在施工现场用微波加热路面, 使可再次利用的旧沥青混合料与新添加的冷新料升温至合适的施工温度, 再将乳化沥青喷洒到料里, 搅拌均匀, 最后摊铺碾压完成养护工作的一种施工工艺。微波加热热再生可根据现场情况决定是否喷洒乳化沥青并确定加入乳化沥青的量等, 以便于现场施工控制。可利用的旧料现场再生利用, 不可利用的旧料用新料代替。微波加热时间短, 仅10 min多即可加热数百公斤新料, 温度可控, 不会产生因用热风长时间加热沥青混合料而导致沥青混合料老化等问题, 还可避免冷接缝。本文对微波加热处理公路常见病害的施工工艺加以介绍, 供养护单位参考使用。

1 沥青道路各种病害的微波加热修补工艺

1.1 裂缝的施工工艺

裂缝分为纵裂、横裂、网裂(龟裂)。纵裂、横裂通用的养护方式是

灌缝, 因此不在微波加热修复的考虑范围之内, 只考虑网裂的养护工艺。网裂的工艺可分为以下2种。

1.1.1 轻微至中等的网裂

这种网裂仅是公路表面有裂缝, 而没有明显的路面下陷, 裂纹虽然连通但宽度不大于3 mm, 深度也不大, 通常仅限于一层。这样的裂缝, 出现时间较早, 通常在建成通车后2~3年内产生, 施工工艺可采用现场热再生法。

(1) 确定加热面积和需要添加的新料量。由于路面沥青混合料的损失不大, 故需要添加的新料量一般为20~30 kg。

(2) 将新料放置于裂缝处, 摊平, 高度不要超过9 cm(加热墙净空不大于10 cm), 以免挤压加热墙上的透波材料板使其变形。

(3) 加热墙罩在病害处加热, 根据路面材料不同, 设定相应的加热时间, 一般设为12~25 min, 温度为120 °C~160 °C^[1]。加热时间与温度的关系见表1。

(4) 移走加热墙, 视路面情况决定是否喷洒乳化沥青, 将新料与路

面原材料翻松, 摊铺均匀, 碾压成型即可完成养护。

1.1.2 严重网裂

这种网裂病害面积大, 缝宽大于5 mm, 路面明显下陷, 泥浆上泛或沥青混合料内充满泥浆, 深度可达底层。这种料不能用热再生法再生利用。由于病害深度大, 处理的范围广, 多用风镐切割至病害以下位置, 再添新料重新分层碾压, 其施工工艺如下。

(1) 用风镐切割路面至要求深度。风镐和空气压缩机一般用所在养护段原有的配置, 最好不用微波车上配的风镐。

(2) 用微波辅料盒加热所需数量的沥青混合料。微波辅料盒为自己制造的梯形铁盒, 尺寸与微波加热墙相吻合, 微波加热墙罩在盒上加热盒内冷料, 此盒一次可加热松料800 kg左右, 能修补3层沥青路面。

(3) 将加热好的新料分层填入施工处, 每层松铺约6~8 cm, 视病害深度分2层或3层碾压^[2]。

(4) 每层之间喷乳化沥青作为粘结层。严重网裂还有其他微波加热修复的方式, 但由于耗能较大, 一般不推荐使用, 紧急情况时也可备用。在没有风镐或液压镐时, 可用加热墙进行路面加热, 人工清理加热好的旧料, 与此同时, 按(2)所述开始加热新料、摊平、碾压。

1.2 坑槽、松散病害施工工艺

坑槽、松散为表面病害, 深度一般不超过表层厚度, 面层沥青混合料有损失, 但损失数量不多, 无泥浆污



www.rmcmchina.com

染,可采用热再生法修复病害。

(1) 确定加热面积和需要添加的新料量。

(2) 将新料放置于病害处摊平,高度不要超过9 cm(加热墙净空不大于10 cm),以免挤压透波材料板使其变形。

(3) 加热墙罩在病害处加热,根据路面材料不同,加热时间可调整,时间一般为12~25 min,温度为120℃~160℃(表1)。

(4) 移走加热墙,视路面情况决定是否喷洒乳化沥青,将新料与路面翻松,均匀摊铺,碾压成型即可。

1.3 车辙病害施工工艺

车辙病害主要是在重载车和高温天气的作用下,沥青混合料在行车轮胎的受压面下沉,在行车轮胎受压面的边缘凸起,这种病害对行车转向有很大的危害。

1.3.1 表面凹陷在3 cm左右

当表面凹陷在3 cm左右时,基本上是表、中层沥青混合料变形,可以采用热再生法再生施工。

(1) 估计需要添加的新沥青混合料量。

(2) 将新料置于加热墙下摊平,高度不超过9 cm,以免挤压加热墙的透波材料板。

(3) 加热路面至合适的温度。

(4) 翻松路面沥青混合料,搅拌均匀,碾压即可。

1.3.2 表面凹陷超过5 cm

当表面凹陷超过5 cm时,下层沥青混合料已经被破坏,路基也可能被破坏,不能采用热再生法施工。

(1) 用风镐切割路面至病害以

下深度,处理好基层。

(2) 用辅料加热盒加热新沥青混合料。

(3) 分层摊铺热料,压实。

(4) 每层之间喷洒乳化沥青作为黏结层。

由于车辙是带状病害,可长达数百米甚至数千米,用加热墙修复并不是最佳的方式,主要的问题是效率偏低,施工速度慢,相比这下,铣刨工艺更适合此病害。

1.4 翻浆(唧浆)病害施工工艺

翻浆病害为深层病害,常见于南方多雨季节、北方春冬交替季节,路面基层被破坏,泥浆顺着沥青混合料中的裂缝或薄弱处挤出地面。翻浆伴随有路面下陷,沥青混合料被泥浆污染,不能再生利用。在桥面也可能出现翻浆的病害,桥面铺装的水泥混凝土破坏后,水泥浆泛出沥青混合料面层。养护方法可采用风镐切割至基层,对基层进行处理后再回填新沥青混合料压实,施工工艺如下。

(1) 用风镐切割病害至基层。

(2) 处理基层。

(3) 将800 kg沥青混合料辅料加热盒内,用加热墙加热。

(4) 分层摊铺热料,碾压,每层松铺8 cm左右。

(5) 每层之间喷洒乳化沥青作为黏结层。

1.5 泛油病害施工工艺

泛油是指沥青路面行车轨迹下出现油膜,油膜表面光滑,导致雨天打滑,妨碍紧急刹车,可能造成重大的行车安全事故。泛油病害沿行车方向

带状分布,可长可短。加热车对泛油病害的修复效率不高。

不严重的泛油常用处理方法是撒细砂或细碎石,用压路机碾压入泛油区域,增加表面摩擦力。严重泛油的区域就要挖出旧料,重新回填新料。严重泛油的沥青混合料大大改变了正常的沥青含量,降低了路用性能,而在现场不能对其采用加热后掺加碎石等搅拌均匀再生的方法,因为沥青膜不能包裹新加入的碎石表面,故这样的沥青混合料只能挖出来,但可运回厂拌再生,施工工艺如下。

(1) 用风镐切割路面至病害以下位置。

(2) 在辅料加热盒内装入冷沥青混合料,用加热墙加热。

(3) 分层摊铺热料,碾压,每层松铺8 cm左右,如果厚度小,则一层完成碾压。

(4) 每层之间喷洒乳化沥青作为黏结层。

混合料中的沥青是以薄膜形式包裹着集料,新添加净碎石进去,用人工搅拌,新碎石表面无法完全包裹上一层沥青膜,故无法用此法再生利用旧料;而泛油沥青混合料的含油量远超正常含油量,加入新沥青混合料进去,无法改变其过高含油量的情况,因此,泛油的沥青混合料都是作为废料处理的。

2 微波养护工艺与其他养护工艺的比较

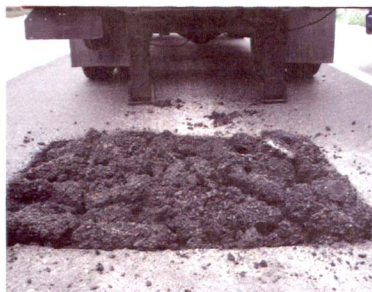
2.1 传统方式的养护工艺、成本与养护效果分析

2.1.1 养护工艺

一般采用切割法切割路面,人工搅拌新料回填或用从搅拌站运来热料回填;在临时修补时可用冷补料修补路面坑槽;带状病害多用铣刨法除去病害,再回填热料修补。

2.1.2 养护效果分析

采用切割法修补路面,施工简单,但修补质量有待提升,主要是冷料与热料间温差过大,形成冷接缝,



此缝闭合不密实,水易于渗入,或成为受力薄弱面,在修复一段时间后,从接缝处重新破坏;人工拌和料均匀性差,路用性能差。采用冷补法只能临时修补,在冬天不利于正式修补时可用冷料填补,速度快,但冷料的路用性能达不到热拌料那么高,质量差,很快就要重新修补。铣刨法施工速度快,配合机械多,需要长时间封路,同样也有冷接缝的问题。

2.1.3 成本分析

切割法成本低廉,投入机械少,人工费少,如果有拌和站配合,施工速度相对较快。但单独开动拌和站的费用高,除了大规模修补外,并不宜使用拌和站生产热料;冷补法的成本最低,仅包含材料费和人工费,前期投入少;铣刨法前期机械投入费用高,配合施工的机械、人员多,施工成本高。

2.2 红外加热修补工艺、成本、养护效果分析

2.2.1 养护工艺

红外加热是以红外线为加热源,利用其蕴含的热量辐射到地面加热路面,再利用温差向下传导热量,从而达到加热路面的目的。红外车一般配有辅料加热箱,但必须在施工前8h加热冷料,然后在现场出料摊铺碾压。红外施工工艺具体流程如下。

(1) 采用切割法进行路面切割,然后从辅料加热箱里出热料,摊铺碾压。

(2) 加热墙罩在病害处,加热路面浅层沥青混合料,然后人工刨除加热的路面,清理干净,出热料摊铺碾压;或者加热完成后,出热料和旧料搅拌均匀摊铺碾压。

2.2.2 养护效果

红外加热仅有3 cm左右的加热深度,故对浅层病害修复效果好,对深

表1 常见沥青混合料微波加热时间与温度的关系

沥青混合料种类	玄武岩 (SMA)		玄武岩 (AC)		花岗岩、石灰石 (AC)	
冷料温度 (初温) / °C	40		40		40	
加热时间t / min	12	16	12	16	12	25
加热后温度 / °C	120~140	140~160	100~120	120~140	80~100	140~160
通用计算公式	8t+初温		7t+初温		4.5t+初温	

层病害效果差,同样有冷接缝的问题;红外加热温度高,表面沥青混合料容易烧焦,再生效果差。

2.2.3 成本分析

红外加热的机械成本高,使用液化石油气或电加热,成本高于切割法,但施工质量要好于切割法。

2.3 微波加热与红外加热对比

(1) 可与切割法相容,并且施工工艺独特。

(2) 红外加热辅料需提前数小时加热;微波加热辅料在现场进行,可灵活安排工序。

(3) 红外加热辅料的时间长,沥青混合料的老化程度高,使用寿命长;微波加热辅料的时间短,沥青混合料老化程度很低,基本不影响路用性能。

(4) 微波加热无冷接缝的问题,红外加热有冷接缝的问题。

(5) 微波加热深度大,红外加热深度小。

总之,使用微波技术加热沥青混合料的效果要好于红外加热技术。

3 湖北楚天高速公路微波养护工艺介绍

微波加热车实际使用时,有的养护段摸索出了符合自己项目的养护方式,其中以湖北楚天高速公路养护段的使用方法为代表。现将其养护施工工艺介绍如下。

(1) 做好路面病害的调查工作,集中处理病害密集路段或计划好处理不同路段的病害面积、不同路段施工时间安排等工作。

(2) 按病害数量准备冷料,将冷料打成小块装在冷料运输车上,一般每车可装3 t冷料。所用的风镐和空气压缩机是养护段原有的配置。

(3) 微波养护车先行开到病害处,用风镐切割病害路面。通常平均每天可切割出25~30 m²,月平均修复面积600~700 m²。

(4) 切割完所有病害之后,把冷料分放于切割出来的坑槽内,保证修补用的数量。

(5) 加热墙罩于冷料上,这时料的高度超过加热墙的净空高度,微波车先加热5 min,等冷料软化后,加热墙完全放下,再加热7 min,沥青混合料温度可达130 °C~140 °C。(测量当时环境温度是35 °C,冷料温度为40 °C,使用玄武岩的SMA-13沥青混合料)。

(6) 摊平沥青混合料,碾压成型即可。

(7) 微波养护车开到另一个病害处加热,同样施工。

这个方法的好处是形成流水作业,可最大限度地利用新设备和原设备配合施工,能够快速修复病害。此方法不考虑病害的类型,只考虑病害深度,统一性强,易于按统一工艺进行施工。缺点是由于冷料开始铺得过高,加热墙处于离开地面的状态,有微波泄漏的危险。加热墙压在冷料上面,变形很大,整个加热墙的波导安装板变形形成一个明显的碟状,中间最大变形近5 cm,对波导、磁控管、电路、水路等均有危害。采用此法要注意分层压实施工,微波加热路面养护工艺和原有施工工艺并不冲突,充分利用原有配置,可以大大提高微波加热养护的效率。

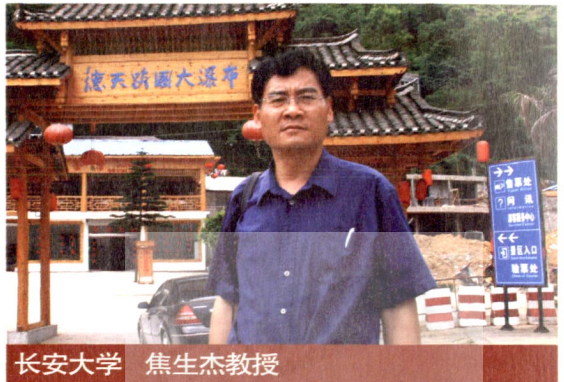
4 结语

微波加热养护路面工艺是近几年出现的新工艺,施工工艺也在摸索和完善中,使用微波加热车的单位和人员可根据路面病害情况和具体使用要求,创新养护工艺,提高路面养护的质量。图

参考文献:

- [1] JTG F40-2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [2] JTJ 073.2-2001,公路沥青路面养护规范[S].

微波在日常生活中的应用随处可见，微波加热技术也正凭借其独特的优势而逐渐被用于路面的养护和除冰等领域。本刊主编焦生杰教授正在进行微波养护车关键技术、微波除冰除雪技术、旧沥青混合料厂拌微波加热技术等项目的研究，理论深刻、经验丰富，故在此邀其对微波加热技术的发展历程和当前的研究、应用进行评述。



长安大学 焦生杰教授

国外最初将微波加热技术应用于厂拌热再生始于20世纪90年代，当时仅美国CYCLEAN公司设计开发出了相应的再生设备。实践证明，该公司提供的热拌再生混合料至少在质量上与新混合料一样好。

而国内的一些厂家也于近年开始了对微波养护设备的研制开发工作。2004年，威特公路养护设备有限公司开发了世界上首台应用微波加热原理的沥青路面养护设备；长沙天和工程机械有限公司进行了微波加热沥青路面再生修复机产业化工程；东南大学也在从事基于微波加热的沥青路面热再生技术研究；上海通用电子技术服务有限公司生产了航天牌系列微波沥青路面（热再生技术）修复机。

对于微波除冰，由于冰层基本不吸收微波，所以微波可以穿过冰层，加热沥青路面。路面吸收微波后温度升高，并将热量传递给冰层，使与路面结合处的冰层融化，降低冰层与路面的结合力后再用机械装置破碎冰层，实现道路的快速除冰。

1987年，在美国联邦公路局实施的公路战略研究计划项目（SHRP）中，由Jack Monson对道路非接触式除冰项目进行了研究，同时还提出了微波除冰车的设计方案，但是由于除冰效率太低，该项目未能继续实施。2005年，美国明尼苏达大学的Hopstock提出将铁燧岩作为沥青路面面层材料，以增强路面表层的微波吸收能力，提高微波除冰效率。美国的NRII组织现已转向对吸收微波能力强

的路面材料的研究，并将修筑“微波路”用于路面的快速微波修补和快速除冰。

北方交通大学的徐宇工教授也曾使用微波炉做了部分室内试验，验证了微波除冰理论的正确性，同时设计了微波除冰车的原型，并申请了2个关于微波除冰车的专利。

长安大学公路学院的郝培文教授对微波、红外再生沥青混合料路用性能进行了研究，并得出以下结论：正常加热的动稳定度最小，红外再生的动稳定度最大，微波再生的动稳定数据介于两者之间。

长安大学与美的联合实验室、长安大学机械工程博士后流动站、美的集团博士后流动工作站一起对微波除冰雪技术进行相关试验研究，研究结果表明：频率为2.45 GHz微波具有良好的除冰效果，且不损害路面，但除冰效率不能令人满意；频率为5.8 GHz的微波除冰效果明显优于2.45 GHz的微波，效率约提升4倍。

在中国多年冻土达 $2.15 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，主要分布在青藏高原和西北高山地区，大多连续、成片；东北、内蒙古的冻土则呈岛状分布。对冻土进行的开挖方法多种多样，如融化开挖法（烟火烘烤法、蒸汽法、热水法、电热法）、破碎开挖法（人工法、机械法、爆破法）以及微波解冻开挖法。由于微波对土壤有很好的穿透性，可以使冻土在一定深度内同时融化，融化后使用开挖工具即可轻松地进行土石方作业，故解冻速度快，作业时间

短，对于发展寒冷地区的工程作业和城建作业有很大的帮助。

同时，微波加热对水泥路面拉毛也具有良好的效果。美的威特公路养护设备有限公司从2005年开始相继开发了微波王综合养护车、14 t灵特、14 t运特、风驰、5 t灵特、5 t运特等相关微波产品，给道路养护设备增添了新的一族。

微波加热技术与传统加热技术相比有其独特的优势，如加热过程温度梯度均匀、环保、易于控制、不会造成沥青老化等，这些优势使得微波加热技术将成为一个新的热点。微波应用于沥青混合料的加热，不会像蒸汽加热那样使沥青形成泡沫状堵塞除尘器，从而易于快速脱水且环保；微波用于道路除冰，绿色环保，可使路面与冰层间快速脱离，实现机械化快速除冰。

新一代微波加热设备的研制要大幅度降低制造成本、提高作业效率、减少机重与体积；需要研制新型的高压发电机组，直接给磁控管进行高压供电；解决高压电控技术与安全问题及磁控管阻抗的不一致性；研制不同频率和不同功率的磁控管；提高微波泄漏安全防护等级。

微波技术自2005年开始应用于公路养护行业，随着应用研究的不断深入，引起了行业内专家们的高度关注和认可。相信随着微波技术的进一步研究与设备的技术提升，无疑将会为中国公路交通行业注入新的活力，产生积极影响。图