

路面快速养护技术的研究现状

吴润华¹, 周游佳¹, 陈爽², 王佩卿³

(1.清华大学 土木工程系, 北京市 100084; 2.武汉东湖新技术开发区建设管理局; 3.台州市公路管理局)

摘要:该文给出路面快速养护的定义,并针对沥青和水泥混凝土两类型路面的快速养护技术进行介绍:① 沥青路面,主要从材料和设备工艺两方面介绍快速养护技术的现状;② 水泥混凝土路面,根据快速养护的病害类型,从裂缝修补、接缝修补、板块修补及板下封堵灌浆4方面进行总结。

关键词:路面快速养护;材料与工艺;研究现状

1 研究背景

当前,中国公路建设经历了高速增长后期后,公路总里程居世界首位,公路覆盖范围已取得显著改善,今后发展的重心将逐渐由公路建设转向公路养护管理。养护是指在保证公路基本运输功能的前提下,对其进行破损修复以及功能提升,如果公路基础设施得不到必要的养护,基本运输功能必然会受到阻碍,也会对社会、经济建设产生影响。传统的养护工艺一般是针对地点集中、工程量较大的养护目标,而对于零星分散、工程量小的设施养护就很不方便,尤其在冬春、多雨季节,受气温、雨水限制较大,养护工作无法开展,存在较大局限性。相比而言,公路资产越重要,如高速公路、桥梁铺面等,养护时间越长,其损坏产生的影响越大,这种影响来自于养护施工占道导致的长时间封闭交通所引起的出行延误增加、交通拥堵、安全事故频发、环境污染严重等现象,对正常交通运输势必产生较大影响,而普通养护方式由于自身材料和工艺的局限不仅不能及时对公路进行高质量养护,还因为养护时间长极易造成上述现象。因此,公路快速养护成为当下的迫切需求。与传统养护方式相比,公路快速养护不仅可以提高养护效率、降低占道时间,设备对于气候、时间的依赖性也大大降低,可进行全天候的养护,同时机械化的养护设备具有良好的技术性能,可以发挥更加稳定的养护效果;另外,快速养护工艺和设备可以提高施工效率,缩短施工时间,减少车道的占用时间,大大降低交通堵塞和不顺畅的可能,也因此可以提高施

工期间作业的安全性,高度机械化的措施可以减少公路上人员的数量,因此减少了许多不确定的潜在危险。

现有规范未对路面快速养护给出明确定义,工程经验表明:已有部分养护技术可在1 h内完成路面局部病害的修补养护。考虑路面养护和交通通行的安全性,施工过程中道路至少需满足1/2的设计交通通行能力,因此快速养护的时间容许值应为1 d中满足1/2设计通行能力的最短时间段。研究表明:通常情况每天中午的2 h内,道路实际交通量小于1/2设计交通量,故可将快速养护的施工时间确定为2 h以内。

该文主要介绍沥青路面和水泥混凝土路面的快速养护技术。

2 沥青路面快速养护技术

路面快速养护技术主要包含材料和工艺两部分,就沥青混凝土路面而言,该文主要介绍公路基础设施综合养护车和快速修补沥青混合料,其中快速修补沥青混合料又可以分为以乳化沥青或以聚合物预聚体为主要功能材料的两种形式。

2.1 公路基础设施综合养护车

中国对道路综合养护车的研究始于20世纪80年代,由于可以将路面加热、翻松、破碎、复拌、摊铺和压路等程序融为一体并实现机械化操作,综合养护车已成为实现市政道路基础设施和高等级公路机械化养护的理想设备,目前中国开发的主要产品包括预拌热补道路养护车、配备加热墙的就地热再生养护车、沥青混合料再生功能养护车、滚筒式综合养护车、喷射式综合

收稿日期:2018-08-12

作者简介:吴润华,男,副教授,博士生导师,E-mail:guorh@mail.tsinghua.edu.cn

养护车等。上述几种产品中,配备加热墙的就地热再生养护车最适用于公路快速养护。2015年,重庆市从德国引进了“就地热再生列车”,该养护车由2台路面加热机、1台铣刨复拌机和3台压路机组成。加热机可将路面温度加热到130℃以上,铣刨复拌机把地面翻松的同时,搅拌好道路所需的沥青等材料并摊铺在路面,紧随其后的压路机,对沥青路面进行整平、压实。同时,养护过程只需要占用施工车道,为半开放交通,道路压实后也仅需要几个小时降温即可开放交通,对交通影响较小。从工作效率上考虑,该列车1d可维修1.5 km路面,工作效率是传统技术的3~4倍。虽然该项目已经为重庆市节省了数百万元养护成本,但其高昂的初期成本和折旧费用也成为这种技术进一步推广的主要阻碍因素。

中国研究者以养护车的基本功能为基础,已开发出多种高集成度的综合养护机械,如基于金属纤维红外加热方法的道路养护车、基于冷/热修补技术以及乳化沥青材料的路面养护车、基于“汽车底盘+加热墙+料贮加热保温+手持式破碎和压实机具+附件”模式的路面养护车等。养护车的具体功能配置可以配合具体的养护需求与当地经济条件进行“组装”,但针对快速养护的基本要求,养护车至少应当满足如下条件:

(1) 基本功能:公路基础设施综合养护车的基本功能应包括就地加热、旧料再生、路面铣刨、沥青喷洒、新料摊铺、路面压实等,并且应满足快速进入、快速作业、快速转移的“三快”功能,即拥有稳定的行走系统和控制系统,这些不仅是路面设施快速养护工作的基本需求,也是普通就地热再生养护车应具有的基本功能。

(2) 路面加热技术:对适用于快速养护的养护车来说,就地热再生技术是为保证养护质量和养护速度不可或缺的工艺,该工艺的关键技术就是路面加热软化的过程,可供选择的技术主要包括加热墙、红外辐射加热、微波加热、热风循环加热等。

(3) 储料保温技术:储料一般从沥青拌和站直接通过养护车运送至现场,当运输距离较远时,会严重影响养护效果,因此需要储料仓具有良好的保温性能或者可以对混合料进行快速加热,可供选择的技术主要包括红外加热型保温仓、柴油燃烧器加热导热油、电陶瓷加热等。

(4) 现场无环境污染:资源节约、节能减排的绿色养护符合政策导向也是公路养护的趋势,在养护车设计中可通过使用天然气加热保温仓、回收再加热路面破损材料、避免滚筒式养护车等措施减小现场污染。

受路面加热软化技术的限制,综合养护车对于路面的最大养护深度为6 cm,但由于快速养护的对象均为中、高等级公路,其“随坏随补”的养护模式使得正常情况极少出现病害深度超过6 cm的情况,对于暴雨、车祸等极端情况下出现的局部严重毁损,可通过其他方式进行养护。

总体来说,公路综合养护车可对裂缝、坑槽、沉陷、脱皮、车辙、搓板、泛油等几乎所有沥青路面病害进行养护,并且由于占道时间短,对正常公路交通影响极小。同时也可通过适当添加新的材料对原路面沥青进行性能改善,如加入聚合物改性剂以改善路面的稳定性等,或加入吸波材料以方便配合后期养护中的微波热再生工艺。

2.2 快速修补沥青混合料

由于快速养护对养护时间的高要求,相比于热拌修复材料,冷拌冷补或温拌温补材料能免去加热环节以及养护工作结束后路面降温所耗费的时间,不受施工现场温度限制,并且由于在常温环境下施工操作简便,对养护设备的要求较低,对环境污染较小,且容易储存,具有明显的优势,已成为快速养护材料的发展趋势。

根据混合料中主要功能材料的区别,可将快速修补沥青混合料分为乳化沥青和聚合物预聚体两类。

(1) 乳化沥青

(改性)乳化沥青是目前使用最广泛的公路养护材料之一,可以应用于透层油、封层油、稀浆封层、雾状封层、微表处、罩面、灌浆、现场冷再生等几乎所有养护工艺。工程经验证明:在道路养护中使用慢裂快凝阳离子乳化沥青可在1 h内开放交通。目前,中国已经开发出的慢裂快凝型阳离子沥青乳化剂包括kzw801(BH-MK)、NE-6、CMK-20、MQK-1M等型号。

(2) 聚合物预聚体

聚合物预聚体是指将不同种类的高分子单体(聚烯烃类的烯烃或聚酯中的酸或醇)在一定条件下反应所生成的聚合度介于单体与最终聚合物之间的可反应性低分子量聚合物,主要用于对沥青养护材料进行改性处理,其技术性能主要取决于预聚体的种类及其固化方式。

中国对以聚氨酯、聚硫环氧树脂为代表的聚合物预聚体改性剂已经有较为丰富的研究经验,目前性能较好的产品包括SBS/MAH(马来酸酐)改性乳化沥青材料、高分子聚合物贴缝带、聚丙烯纤维乳化沥青、同济大学道路与交通工程系开发的GRH结合料、郑州

大学开发的 NH 冷补材料、高远路业开发的 MOH 材料、广东能达高等级公路维护有限公司研发的 HU-L 冷补材料、安徽公路局开发的 AH 冷补材料等。

此外,聚合物预聚体可以显著改善沥青养护材料与原路面的黏结性,提高混合料的抗老化性能及高温稳定性,可配合微表处(病害比较密集)、封缝(病害未影响路面结构)、注浆(病害对结构强度产生影响)等工艺用于沥青路面裂缝类及松散类的快速养护。

2.3 其他快速养护方法

对于承担变换车道、转弯等功能的路段或长大纵坡等特殊路段,路面抗滑性不足时,可应用超薄抗滑保护层施工工艺进行养护。利用该方法铺筑的超薄磨耗层不仅可以改善路面抗滑性能,还兼备良好的黏结和防水性能。对于路面破碎工艺难以实施的地方,如井盖周围、桥面底部有钢板处,可以用热补板法进行快速养护。热补板法是以丙烷为燃料,通过特定发热元件对路面进行循环加热软化,然后进行养护。整个过程类似于公路综合养护车的养护流程,不受气候限制,可对废弃沥青料全部再利用,并且可以一次性处理 $2.4\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 的路面,施工时间不到 30 min,可以迅速开放交通,满足快速养护的要求,可适用于坑洞、啃边、车辙、龟裂、网裂、麻面、松散、脱皮、拥包、泛油等快速养护对象。

3 水泥混凝土路面快速养护技术

水泥混凝土路面病害种类繁多,并且一旦产生某种破损,很容易在短时间内扩展以及引起其他病害,养护起来比较困难,因此应加强路面的预防性养护,并注重路面接缝、桥头衔接、软基路段等薄弱环节。该文借鉴 JTJ 073.1—2001《公路水泥混凝土路面养护技术规范》的分类方式将水泥混凝土路面快速养护分为裂缝修补、接缝修补、板块修补和板下封堵灌浆 4 种情况。

3.1 裂缝修补

水泥混凝土路面裂缝可以根据其严重程度分为对路面板强度有影响和无影响两种情况:

(1) 若路面仅出现裂缝而不影响面板强度时,可直接用贴缝带(也称压缝带/填缝带)对裂缝进行封缝处理。相比于填缝或灌缝,贴缝带不需要对路面开槽,因此也不会产生开槽带来的啃边、侧缝等次生道路病害,施工工艺上只需进行清扫路面即可,养护速度快,可在 1 h 内开放交通。

(2) 若裂缝发展已经影响到面板强度,应对裂缝

进行灌浆处理或注浆加固。一般来说裂缝灌浆材料包括聚合物改性快凝水泥、改性聚合物材料或聚合物乳液改性乳化沥青;对于水泥砂浆类灌浆材料,水泥的凝结速度是养护施工总时长的关键影响因素,通常可通过使用快硬快凝水泥或添加早强剂、促凝剂等外加剂以达到减少凝结时间的目的。国外有代表性的快凝快硬水泥包括日本的喷射水泥、美国的派拉蒙特水泥、德国的 ADDIMENT 水泥,其终凝时间可控制在 15 min 左右,但价格昂贵;中国具有代表性的产品有超快硬磷酸盐修补水泥和“快凝快硬硫铝酸盐水泥+特种添加剂”组合,价格适中且可分别在 6、30 min 内凝结硬化。

3.2 接缝修补

水泥混凝土路面接缝是路面板的薄弱环节,若接缝失养,容易迅速导致裂缝、唧泥、板底脱空、错台、断板等其他病害,直接降低路面板的整体性能和寿命周期,因此应当加强接缝的养护工作,包括接缝料的填料和传力杆的修复。

根据施工工艺的不同,可将接缝料填料分为热施工填缝料和常温施工填缝料两种。

(1) 热施工填缝料

热施工填缝料需要对填料进行加热处理,考虑到快速养护的时间限制,可使用 QF-94 III 型和 QF-97 IV 型两种加热施工式嵌缝料。使用时只需放入专用加热箱内熔融即可进行灌缝,配合 XQ-95 I 型嵌缝机以及 YQ-95 I / YQ-95 II 型清缝机进行配套施工,经过清缝、灌缝操作后等待 10 min 左右可开放交通,满足快速养护对时间的要求。

(2) 常温施工填缝料

常温施工填缝料不需加热即可施工。使用道康宁硅酮路面专用密封胶同类的产品进行常温填缝养护,基本可在 1 h 内失去与原有结构的黏性,且无需加热,施工过程不受现场条件的影响,在实际工程应用中表现出良好的回弹性和耐久性,满足快速养护对时间和质量的要求,类似的填缝料还包括鱼刺型道路嵌缝条等。

3.3 板块修补

水泥混凝土路面板块的修补包括坑洞、角隅断裂、磨损、拱起等局部板块修补以及密集连续的大面积整体板块修补,两者在材料及工艺上都存在较大区别。

对于局部板块的修补,根据施工工艺分为冷补和热补。其通用养护流程可总结为:凿除失效混凝土形成规则槽—表面清洁处理—养护材料填补—压实—现场清理—开放交通。其中养护时间的控制环节在于养

护材料的填补。

对于板块病害较多且连成一片或者面积较大的一大片病害,可采用浅层结合式表面修复或者沥青混凝土罩面处理。

对于板块结构承载能力已经低于“良好”的情况,为缩短养护时间,应对路面板凿除并安装预制水泥混凝土路面板。

3.4 板下封堵灌浆

水泥混凝土路面板下封堵灌浆是对面板以下基层以上部分进行灌浆,以填补其中空隙的工艺,主要针对板底脱空、唧泥、沉陷等病害。

灌浆工艺流程可参考规范,常用灌浆材料包括沥青灌注、水泥浆、水泥粉煤灰浆和水泥砂浆灌浆4种类型;其中沥青灌注需要对现场进行加热,且沥青洒布机效率较低,不适用于快速养护;对于水泥类灌浆材料,宜采用快硬快凝水泥或超细水泥作为原料进行养护。

3.5 其他快速养护方法

(1)路面废料破碎技术。水泥混凝土快速养护中经常需要对路面废弃混凝土进行破碎、清除,锤式破碎技术、板式破碎技术以及共振碎石化技术的破碎工艺简单,成型迅速,可配合其他工艺与材料用于快速养护。

(2)排钻钻孔技术。在接缝的传力杆以及板下封堵灌浆养护作业中,需要对路面进行钻孔,可以利用排钻提高钻孔效率。

(3)外加剂。快凝快硬水泥混凝土养护材料虽然可以很快达到开放交通所需的强度,但是容易出现早期裂缝、收缩较大的问题,可以在混合料中添加一定比例的钢纤维、高聚物纤维、碳纤维等来提高养护材料与原路面的黏结性以及稳定性能。另外,添加一定量的减水剂、加气剂等也可以在快速养护中提高混合料的施工性能。

(4)快速修复材料。以美国开发的“Fast Patch”产品为代表的专用快速修复材料可以在常温下对路面坑洞、磨损等表面病害进行养护,且在低温等恶劣条件下也可保持较好的性能,可在摊铺后1 h内开放交通。

公路快速养护应该做到一旦发现损坏情况就及时修复,但还应注意病害养护的最佳时机,比如北方季节性冻土区春融前、南方多雨地区的雨季前,裂缝病害会发展到最大,此时进行养护的效果最佳,可以最大程度避免水损害对路基、路面结构的影响。

另外,快速养护的效果也与养护材料自身性质、混

合料配比、材料拌和温度、养护人员对施工机械操作的熟悉程度、关键施工步骤的控制等息息相关,为保证养护质量还应注意:①在现场施工前对养护材料进行室内试验,确定混合料的配比以及检验材料的各项性能;②在现场养护过程中严格遵守相关规范以及产品技术手册,对于机械化程度高的养护设备,应由经过专业培训的工作人员进行操作。对于不同的公路基础设施快速养护对象,其养护工艺和材料相差较大,但无论如何变化都应满足一定要求以适应快速养护的基本需求以及养护后公路的正常运输功能。

4 结语

针对路面快速养护给出量化概念:运用快速养护材料及工艺,在2 h内完成针对路面局部病害的养护修复并开放交通。此外,针对快速养护技术的发展及现状,从材料和工艺两方面进行了介绍。针对沥青混凝土路面,主要从材料和设备工艺两方面进行总结;对于水泥混凝土路面,根据快速养护的病害类型,从裂缝修补、接缝修补、板块修补、板下封堵灌浆4方面对快速养护技术进行总结。

参考文献:

- [1] Pigman Jerry G, Agent Kenneth R. Highway Accidents in Construction and Maintenance Work Zones[J]. Transportation Research Record, 1986.
- [2] 常魁和,高群.公路沥青路面养护新技术[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 李江.交通工程学[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [4] 武道.沥青路面多功能综合养护车设计与研究[D].长安大学硕士学位论文,2014.
- [5] 解德杰.沥青路面养护车研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.
- [6] 于勇.沥青路面养护车开发[D].重庆交通大学硕士学位论文,2011.
- [7] 邓久军.沥青路面养护车开发[D].重庆大学硕士学位论文,2008.
- [8] 郑志涛,徐颖.吸波材料在沥青路面微波热再生快速养护中的应用[J].中外公路,2014(3).
- [9] 况栋梁.SBS/MAH 改性沥青裂缝修补材料的制备与性能研究[D].武汉理工大学硕士学位论文,2007.
- [10] 徐培华,聂绍社.水泥混凝土路面接缝养护技术研究[J].筑路机械与施工机械化,1998(3).