

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2020.04.010

温拌沥青路面实体工程病害调查与分析评价

杨彦海¹, 胡艳丽¹, 刘岩², 张旭³, 杨野¹

(1. 沈阳建筑大学 交通工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 朝阳市公路管理处; 3. 中南置地东北区域公司)

摘要:通过对辽宁省温拌沥青路面实体工程的调查分析和钻芯取样,分析温拌沥青路面与非温拌沥青路面使用效果,根据温拌沥青路面的病害分布特点,提出温拌沥青路面技术的应用建议。结果表明:温拌沥青路面与非温拌沥青路面对比呈现出无差异病害、突出病害及优化病害3类:①温拌沥青路面无差异病害为修补和横纵缝;②突出病害为龟裂和松散,破损率较非温拌沥青路面分别增加10.19%和5.10%;③优化病害为泛油和车辙,破损率较非温拌沥青路面分别降低6.45%和9.80%。路面技术状况调查分析与笔者前期进行的混合料路用性能试验结果互为验证。

关键词:道路工程;温拌沥青路面;路面技术状况;病害调查;分析评价

在当今提倡“低碳节能、循环经济”理念的社会大背景下,绿色环保成为公路建设的首要需求,能够同时满足低碳节能需求与路用性能标准的温拌技术得以迅猛发展。温拌沥青技术能够有效降低施工拌和温度10~40℃,每单位产量可节省燃油量约30%,有害气体及有毒物质排放量减少20%~90%,并且路用性能可达到热拌沥青混合料技术要求。但由于对实体工程的监测较少,温拌沥青路面建成投入使用后的实际效果能否达到传统热拌沥青的路面性能,有待进一步探究。为正确把握温拌技术的发展方向,对比分析温拌沥青路面与非温拌沥青路面的实际使用效果,该文以辽宁省为例,考虑气候、水文、地质及降水等自然条件差异性,对不同气候分区的公路进行路面技术状况调查,并与非温拌沥青路面进行横向比较。总结温拌沥青路面出现的病害并剖析病害成因,提升温拌技术的

应用水平。

1 辽宁省气候分区下温拌沥青混合料调查路段选取

考虑到辽宁省自然状况和气候影响因素,在系统聚类法的指导下,根据极端最高和最低气温、极端年降水量等指标,确立了5个不同特性的气候分区。温拌沥青路面在辽宁省内应用广泛,主要分布在Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区和Ⅴ区内。笔者分别在这4个气候分区内,对采用温拌沥青技术使用年限相近的干线公路进行筛选,最终确定了覆盖9个区县的14条二级公路,调查路段共计51.5 km,其中G203公路采用泡沫沥青温拌技术,其他公路均采用表面活性剂法实现沥青混合料温拌化,调研路段具体情况见表1。

表1 辽宁省温拌技术公路选线情况

序号	路线编号	地点	混合料类型	级配	气候分区	年平均温度/℃	检测长度/km	路面宽度/m
1	S312	岫岩	温+非温	AC-10	Ⅰ	7.9	5.0	12.0
2	X408	新宾	温	AC-16	Ⅰ	5.9	4.0	9.0
3	S303	新宾	温	AC-10	Ⅰ	5.9	4.0	8.5
4	G203	康平	温	AC-10	Ⅱ	6.9	4.0	15.0
5	G203	法库	温+非温	AC-10	Ⅱ	6.7	4.0	15.0
6	X408	清源	温	AC-13	Ⅱ	5.1	4.0	12.0

续表 1

序号	路线编号	地点	混合料类型	级配	气候分区	年平均温度/℃	检测长度/km	路面宽度/m
7	X407	清源	温	AC—10	Ⅱ	5.1	2.0	8.5
8	X013	抚顺	温	AC—13	Ⅱ	7.0	2.0	7.0
9	X403	抚顺	温	AC—10	Ⅱ	7.0	2.0	7.0
10	X435	抚顺	温	AC—13	Ⅱ	13.9	2.0	7.0
11	X431	抚顺	温	AC—16	Ⅱ	13.9	2.0	12.0
12	X441	抚顺	温+非温	AC—13	Ⅱ	13.9	3.9	12.0
13	G102	新民	温	AC—10	Ⅲ	7.4	2.0	12.0
		黑山	非温	AC—10		7.8	4.0	
14	S312	海城	温+非温	AC—10	V	10.4	4.6	15.0

为提高结果的正确性与针对性,对基础数据进行筛选,选出公路等级相同、路龄相同、路面结构相同、交通量相近的 5 条代表性路段。每条代表路段均由温拌沥青路面和非温拌沥青路面组成,分布于 4 条辽宁省

干线公路,见表 2。为了对比分析温拌沥青路面和非温拌沥青路面的差异性,对每条公路路面技术状况进行逐一现场调查,路段分布如图 1 所示。

表 2 温拌沥青路段与非温拌沥青路段对比情况

区间路线	混合料类型	桩号	交通荷载等级	路面结构	养护历史	路龄/年	公路等级
S312 岫岩	温拌	K45+000~K47+600	轻	3 cmWAC—10+4 cmAC—16+旧路	2015 年中修	2	二
	非温拌	K47+600~K50+000	轻	3 cmAC—10+4 cmAC—16+旧路			
S312 海城	温拌	K123+400~K125+760	中	3 cmWAC—10+4 cmAC—16+30 cm 水泥稳定碎石基层	2015 年大修	2	二
	非温拌	K125+760~K128+000	中	3 cmAC—10+6 cm 厂拌冷再生沥青混凝土+30 cm 水泥稳定碎石基层			
G203 法库	温拌	K642+000~K644+200	重	3 cmWAC—10+4 cmAC—13+0.6 cm 稀浆封层+水泥稳定碎石基层	2015 年大修	2	二
	非温拌	K644+200~K646+000	重	3 cmAC—10+4 cm AC—13+0.6 cm 稀浆封层+水泥稳定碎石基层			
G203 康平	温拌	K567+000~K569+000	中	3 cmWAC—10+4 cmWAC—13+水泥稳定碎石基层	2015 年大修	2	二
G102 黑山	非温拌	K639+000~K643+000	轻	3 cmARAC—10+4 cmAC—16+35 cm 水泥稳定砂砾基层	2015 年大修	3	二
X408 新宾	温拌	K1+000~K3+000	轻	5 cmWAC—16+0.6 cm 稀浆封层+水泥稳定砂砾基层	2014 年大修	3	二
X441 抚顺	非温拌	K6+000~K7+240	轻	5 cmAC—13C+透层+35 cm 水泥稳定碎石	2015 年大修	2	二

注:表中数据调查截止时间为 2017 年 6 月。

2 调查方法

为研究温拌沥青技术的使用效果,采取现场统计

与测量、钻芯取样和室内试验 3 种方法相结合。首先进行各个调查路段的病害调查,分别对病害类型与破损程度进行统计,并计算路面损坏状况指数(PCI)和路面行驶质量指数(RQI),然后对调查路段的使用状

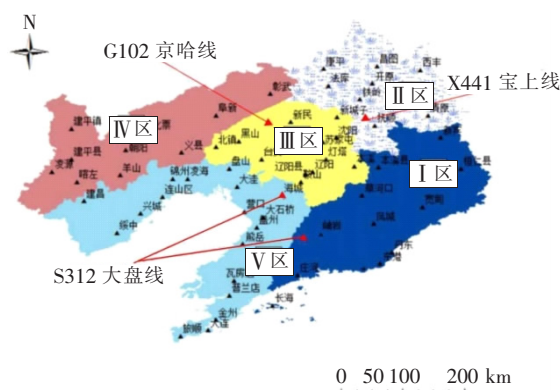


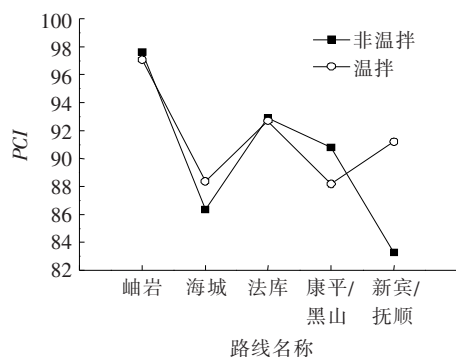
图1 辽宁省沥青路面气候分区及选线位置

况良好处和主要病害处进行钻芯取样,分析各类病害特征及其损害程度。

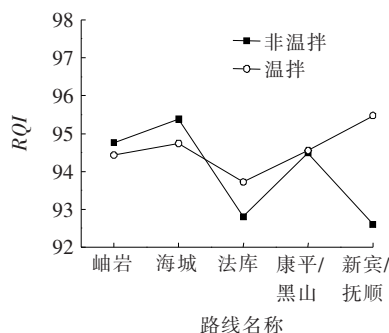
3 路面技术状况调查数据分析

3.1 PCI与RQI总体对比

PCI和RQI是评价路面使用性能的重要指标,PCI通过路面破损状况反映路面结构完好程度,RQI反映路面平整程度。对比温拌沥青路面与非温拌沥青路面的PCI和RQI可在总体上评价路面的技术状况,对比结果如图2所示。



(a) PCI对比



(b) RQI对比

图2 温拌沥青路面与非温拌沥青路面路用性能对比

由图2可知:温拌沥青路面和非温拌沥青路面二者的整体技术状况均为优良。由图2(a)可知:由于施工工艺不同,X441抚顺段(非温拌沥青路面)采用单面层结构,PCI为83.29。X408新宾段(温拌沥青路面)采用单面层结构,PCI为91.21。其余路段采用双面层结构,PCI均为85以上,温拌沥青路面的PCI与非温拌沥青路面基本持平,甚至优于非温拌沥青路面。由图2(b)可知:温拌沥青路面与非温拌沥青路面的RQI值均为92以上,且每条代表路段中温拌沥青路面与非温拌沥青路面的RQI基本相等,最大仅差2.87。说明当使用年限为两年时,温拌技术能够使沥青路面保持较高或正常水平,甚至优于非温拌沥青路面,这与参考文献[4]研究结论基本一致。

3.2 病害类型分布

由图2、3可知:温拌沥青路面与非温拌沥青路面状况良好。为深入探究温拌沥青路面的使用效果,以5条代表路段的温拌沥青路段与非温拌沥青路段为分析对象,对各类病害做更具体的对比分析。对车辙、松散、纵向裂缝、横向裂缝、修补、泛油、龟裂共7种常见病害进行分类统计,分别计算温拌沥青路段和非温拌沥青路段的路面破损率DR,病害统计分析结果如图3所示。

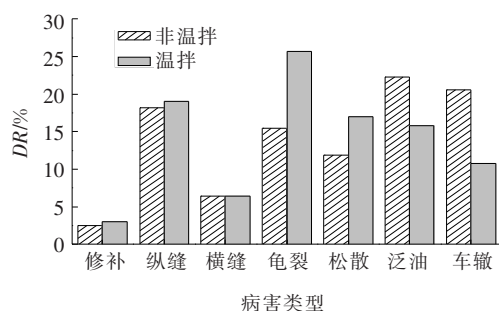


图3 病害总体分布

由图3可知:

(1) 温拌沥青路面和非温拌沥青路面在修补与横、纵缝上的破损率差异很小,温拌沥青路面与非温拌沥青路面的DR值基本相等,可视为无差异病害。其中,修补和横缝破损率较低,对沥青路面技术状况影响较小。纵缝的破损率较高,二者均值达19.67%,病害分布相对密集,对沥青路面技术状况影响较大。

(2) 温拌沥青路面的龟裂和松散病害较为突出,破损率较非温拌沥青路面分别增加10.19%、5.10%。即温拌沥青路面相对于非温拌沥青路面更容易发生龟裂、松散、坑槽等典型病害。

(3) 采用温拌技术的沥青路面出现泛油和车辙的

情况较少,泛油破损率、车辙破损率较非温拌沥青路面分别降低 6.45%、9.80%,温拌技术能够有效减少沥青路面泛油和车辙病害的发生。

4 温拌沥青路面病害分析

通过以上统计分析可知,各调查路段路面状况指数 $PCI>80$, $RQI>90$,即路面状况较为良好,进而深层次分析病害特征差异性。其中,修补和横、纵缝在温拌沥青路面与非温拌沥青路面上的破损率未表现出明显差异,可视为温拌技术对修补和横、纵缝的产生和发展无明显影响,此处不做具体分析。重点分析温拌沥青路面破损率高于非温拌沥青路面的突出病害和低于非温拌沥青路面的优化病害,并将其与对应的温拌沥青混合料的路用性能相对比,探究温拌沥青路面实际使用效果与温拌沥青混合料路用性能之间的关联关系。

4.1 温拌沥青路面突出病害

通过与大量非温拌沥青路面实体工程对比分析,龟裂、松散在温拌沥青路面的破损率明显高于非温拌沥青路面。在使用过程中,温拌沥青路面的表面层混合料更易出现松散、剥落的现象,进而发展为龟裂、松散、坑槽等病害。

4.1.1 龟裂

对温拌沥青路面重度龟裂处取芯样,发现路面结构基本无明显变形,基层基本保持完好。初步判定龟裂不是由于沥青层底拉应变和基层层底拉应力产生,主要原因在于面层材料本身。

为探究温拌沥青路面产生龟裂的原因、不同级配类型对温拌沥青混合料路用性能的影响以及实体工程的病害特征与室内试验的相关性。在调研的温拌沥青代表路段中,选取 3 段位于抚顺市内采用不同级配类型混合料的温拌沥青路段作为研究对象。其中 X403 抚顺段作为 AC-10 级配沥青混合料的代表路段, X435 抚顺段作为 AC-13 级配沥青混合料的代表路段, X431 抚顺段作为 AC-16 级配沥青混合料的代表路段,具体对比结果见图 4。

从图 4 可以看出:随 X403、X435、X431 的混合料粒径增大,龟裂现象越严重。从后文低温性能室内试验结果可见,相同级配的情况下,温拌沥青路面最大弯拉破坏应变低于非温拌沥青路面,更易产生裂缝,加之沥青胶结料黏聚力不足,在各种荷载反复作用下,材料最终形成疲劳龟裂。

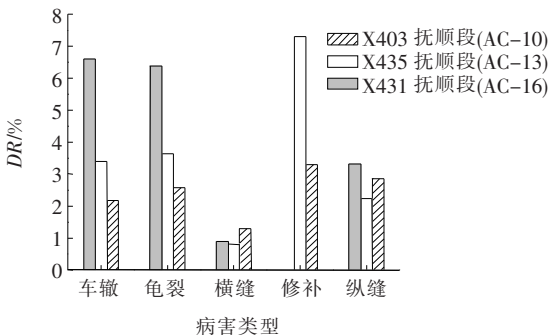


图 4 不同级配类型代表路段病害对比

4.1.2 松散

由于拌和条件差异,温拌沥青混合料内部有大量水分存在,在水分蒸发后留下较多空隙造成沥青与矿料之间的黏附性降低导致松散。从后文分析可以看出,随着温拌沥青混合料的粒径增大,水稳定性有劣化趋势。水稳定性下降引起沥青与集料之间的黏附性降低,沥青与集料发生脱离,从而出现松散病害。

4.2 温拌沥青路面优化病害

温拌沥青路面的优化病害为泛油和车辙,二者的破损率相比于非温拌沥青路面明显减少。调查路段中,温拌沥青路面的车辙平均深度为 1.7 cm,程度较轻,多为压密性车辙,轮迹带处常有少量泛油现象;非温拌沥青路面的车辙平均深度为 2.3 cm,程度较重,轮迹带处及路表其他位置均有泛油现象发生。

5 温拌沥青混合料路用性能试验对比

沥青路面病害形成与发展受沥青混合料路用性能的影响,笔者在实际调查前期做了大量的室内试验与数据分析,针对温拌沥青混合料的路用性能展开相关试验研究。原材料采用石灰岩、机制砂、矿粉、辽河 90# 道路石油沥青,混合料级配类型选择 AC-13、AC-16、AC-20 型,经马歇尔试验确定最佳沥青用量分别为 4.6%、4.4%、4.2%。

5.1 低温性能

沥青混合料试件在破坏时的弯拉应变越大,表示弯曲劲度模量越小,说明低温时混合料的脆性越小,路面越不容易开裂。分别对 3 种级配类型的混合料进行低温弯曲试验,以最大弯拉破坏应变指标来评价混合料的低温抗裂性能,试验结果如图 5 所示。

由图 5 可知:温拌沥青混合料的最大弯拉破坏应变均略低于非温拌沥青混合料。AC-13、AC-16、AC-20 共 3 种级配条件下,分别下降了 2.6%、

2.1%、2.0%,说明在实现沥青混合料的温拌化过程中降低了混合料的低温抗裂性,而病害调查显示龟裂和松散为温拌沥青路面突出病害,其形成、发展与沥青混合料低温性能有关,与温拌沥青混合料路用性能试验结果互为验证。

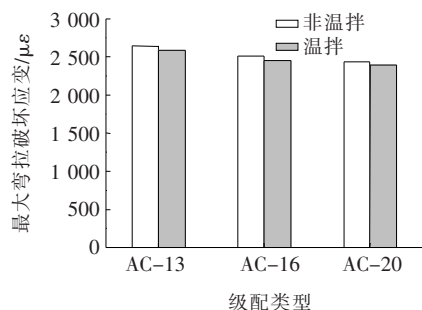


图5 低温性能对比

5.2 高温性能

沥青混合料的高温性能对沥青路面使用效果存在影响,高温稳定性不足会导致沥青路面产生车辙、推移、拥包等病害。分别测定沥青混合料在不同级配下的车辙动稳定度,试验结果如图6所示。

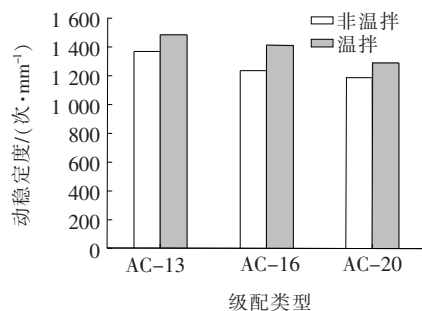


图6 高温性能对比

由图6所知:3种不同的级配条件下,温拌沥青混合料的动稳定度均比非温拌沥青混合料高,说明温拌技术提高了沥青混合料的高温性能。沥青路面病害调查显示车辙和泛油的破损率优于非温拌沥青路面,其产生和发展均受高温性能影响,与温拌沥青混合料路用性能试验结果互为验证。

6 结论及建议

6.1 主要结论

(1) 5条公路等级为二级、轻交通量、路龄两年且路面结构一致的温拌沥青路段和非温拌沥青路段中,PCI和RQI保持优良水平,温拌沥青路面甚至更优。

(2) 温拌沥青路面与非温拌沥青路面的修补和横纵缝无明显差异,修补和横纵缝的产生与温拌技术的应用并无明显相关性。

(3) 温拌沥青路面的突出病害是龟裂和松散,破损率分别增大10.19%和5.10%,与温拌沥青混合料的低温抗裂性能低于热拌沥青混合料互为验证。

(4) 温拌技术的应用能够有效减少泛油和车辙等病害的产生,其破损率分别减小6.45%和9.80%;与温拌沥青混合料的高温稳定性高于热拌沥青混合料互为验证。

6.2 应用建议

基于以上研究,建议在冬季寒冷地区应用温拌技术时,考虑其低温抗裂性能不足,应用在交通量较轻、采取预防裂缝发生技术措施路段;建议在夏季高温炎热地区采用温拌技术时,在保证路用性能的基础上,优化泛油和车辙等受高温稳定性影响的病害,提高行车舒适度和道路美观效果。

参考文献:

- [1] 王清洲,范鑫,刘淑艳,等.温拌沥青路面建设期内节能减排效益测算[J].中外公路,2017(5).
- [2] 刘海龙.温拌沥青混合料应用技术研究[D].哈尔滨工业大学硕士学位论文,2011.
- [3] 杨彦海,董帅,侯博,等.基于聚类分析法的沥青路面气候分区研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2018(1).
- [4] 周沛延.温拌沥青混合料的长期使用性能[D].哈尔滨工业大学硕士学位论文,2013.
- [5] 孙菲,周卫峰,张月,等.胶粉改性沥青混合料温拌效果研究[J].中外公路,2018(3).
- [6] 李佳坤,孔令云,陈先勇,等. Evotherm 温拌再生沥青混合料路用性能研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2013(5).
- [7] 刘彦珍. R24G 型半温拌乳化沥青及其混合料性能研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.
- [8] 徐世法,颜彬,季节.高原高节能低排放型温拌沥青混合料的技术现状与应用前景[J].公路,2005(7).
- [9] 杨彦海,刘梦晴,孙贯益.温拌沥青混合料可压实性与路用性能分析[J].公路,2016(1).
- [10] 侯月琴,郑南翔,李栓.掺 Sasobit 的沥青及混合料性能研究[J].中外公路,2018(5).
- [11] 郭瑞.沥青混合料高温抗车辙性能影响因素的试验研究[D].兰州理工大学硕士学位论文,2010.