

# 水泥路面碎石化技术在桂柳高速公路中的应用

满新耀

(广西交通投资集团有限公司, 广西 南宁 530001)

**摘要:** 针对桂(林)一柳(州)高速公路共振碎石化、多锤头碎石化技术应用的实际情况,研究提出了相应的路面结构设计方案,总结了实施过程中的关键施工工艺和控制参数,并对改造路段进行了定期跟踪观测。结果发现:就地碎石化技术具有十分良好的应用效果,实施共振碎石化和多锤头碎石化路段的路面损坏状况指数 *PCI*、行驶质量指数 *RQI*、车辙深度指数 *RDI*、抗滑性能指数 *SRI* 以及路基技术状况指数 *SCI* 均优于全线其他路段的平均值。

**关键词:** 道路工程; 共振碎石化; 多锤头碎石化; 水泥路面

广西是中国高速公路水泥路面通车里程较长的几个省份之一。自2009年开始,柳州至南宁高速公路、南宁至北海高速公路陆续进行了水泥路面加铺改造,均采用了更换破碎水泥路面板之后加铺沥青面层的技术方案。

近年来,共振碎石化、多锤头碎石化等就地碎石化技术在中国水泥混凝土路面改造工程中使用较多,与更换水泥路面板相比,就地碎石化通过施工机械将水泥板破碎成块后用做路面基层或垫层,因无需对旧路进行开挖处理、废弃材料少,旧水泥板的就地再生利用率一般可达80%以上,是一种节能环保的水泥路面改造方案。为了进一步积累工程经验,有必要针对广西的特点,研究碎石化技术在广西地区的应用。该文以桂柳高速公路水泥路面改造工程为依托,在换板率高、病害严重的路段开展就地碎石化技术的研究和应用。

## 1 桂柳高速水泥路面碎石化结构设计

桂柳高速公路原水泥路面为双向四车道,设计年限30年,路面结构为:15 cm天然砂砾垫层+18 cm水泥稳定砂砾基层+24 cm水泥混凝土面层。通过路况调查发现,该高速公路K1 147+000~K1 149+411路段病害较重,双向共有破碎板925块、裂缝板2 111块、板角断裂3 436块,*PCI*评分为82分,断板率为7.39%。为探索和研究水泥混凝土路面加铺改造技术,分别在该路段上、下行线开展共振碎石化技术和多锤头碎石化技术研究。

共振碎石化技术可将持续产生的高频低幅振动能量,通过破碎锤头传递到水泥板块内,让水泥板与之产生共振后达到破碎,施工发现原有水泥混凝土的共振碎石层有着比级配碎石更为紧密的嵌锁结构,这样在没有被破坏的原有水稳下基层上,形成了合格的碎石柔性上基层,其上只需正常铺筑沥青路面结构即可。针对这一特点,桂柳高速公路共振碎石化路段采用表1所示的路面结构设计方案。

多锤头碎石化技术通过多个锤头垂直下落的冲击作用使原面板破碎,破碎作用点分布均匀且密集,破碎后路面标高降低较多、下承层强度不高,其上需要设置半刚性基层以起到结构补强的作用。针对这一特点,桂柳高速公路多锤头碎石化路段采用表2所示的路面结构设计方案。

## 2 桂柳高速水泥路面碎石化施工工艺与控制参数

### 2.1 共振碎石化路段施工工艺与控制参数

桂柳高速公路K1 147+000~K1 149+411路段上行线实施共振碎石化技术。根据实际工程使用情况,在应用共振碎石化技术时,桂柳高速公路采用下述施工工艺和控制参数。

(1) 设置应力释放切割渠和隔振沟。应力释放切割渠沿旧水泥混凝土路面纵向切割开挖并贯穿面层厚度,隔振沟沿路肩外侧边缘开挖成深度不小于0.8 m、宽度不小于10 cm的沟渠。

表 1 共振碎石化路段加铺结构形式

结构层次	厚度/cm	材料类型	
		行车道	硬路肩
表面层	4	SMA-13 改性沥青混凝土	SMA-13 改性沥青混凝土
黏层		改性沥青	改性沥青
中面层	6	AC-20C 改性沥青混凝土	AC-20C 改性沥青混凝土
黏层		改性沥青	改性沥青
下面层	10	ATB-30 改性沥青碎石	ATB-30 改性沥青碎石
封层	1	沥青碎石封层+透层	沥青碎石封层+透层
原路面	24	共振破碎混凝土面板	旧硬路肩结构层

表 2 多锤头碎石化路段加铺结构形式

结构层次	厚度/cm	材料类型	
		行车道	硬路肩
表面层	4	SMA-13 改性沥青混凝土	SMA-13 改性沥青混凝土
黏层		改性沥青	改性沥青
中面层	6	AC-20C 改性沥青混凝土	AC-20C 改性沥青混凝土
黏层		改性沥青	改性沥青
下面层	8	AC-25C 沥青混凝土	AC-25C 沥青混凝土
封层	1	沥青碎石封层+透层	沥青碎石封层+透层
基层	30	水泥稳定碎石	水泥稳定碎石
封层		乳化沥青封层	乳化沥青封层
原路面	24	多锤头破碎混凝土面板	多锤头破碎混凝土面板

(2) 由外侧车道边缘开始向内进行破碎,若相邻车道沿纵缝进行了切割,亦可由中间向两边破碎。

(3) 每 1 遍锤头破碎宽度 0.2~0.3 m,在破碎 1 遍后,紧接着破碎第 2 遍时,第 2 遍破碎区域间隔应控制在半个锤头宽度以内,严格控制隔行破碎现象。

(4) 共振碎石化一个车道的过程中,实际破碎宽度应超出一个车道,与相邻车道搭接部分宽度不少于 15 cm。

(5) 在进行破碎层碾压前对破碎层进行清理,以保证碾压后破碎层的强度及稳定性。

(6) 破碎层碾压按初压、复压、终压 3 个阶段进行。直线和不设超高的平曲线段,由两侧路肩开始向路中心碾压;设超高的平曲线段,由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。碾压遍数不得少于 5 遍,碾压速度不允许超过 5 km/h,钢轮压路机相邻碾压带应重叠 100~200 mm 的碾压宽度,轮胎压路机相邻碾压带应重叠 1/3~1/2 的碾压轮宽度。

(7) 共振破碎后破碎层技术参数按表 3 的要求进行控制。

表 3 共振破碎后破碎层技术参数要求

项目	粒径/cm				破碎层厚度/原水泥板厚	破碎层的回弹模量 (静态)/MPa	平整度/ cm	纵断高程/ cm	横坡/ %
	无钢筋		有钢筋						
	上部松散层(应 小于 $h/2$ 厚度)	下部嵌 锁层	钢筋以 上部分	钢筋以 下部分					
设计参数	≤9.5	≤23	≤9.5	≤23	≤1.05	≥500	<2	±2	±0.5
保证率/%	85	80	80	80		80	80	80	80

2.2 多锤头碎石化路段施工工艺与控制参数

桂柳高速公路 K1 147+000~K1 149+411 路段下行线实施多锤头碎石化技术。根据实际工程使用情况,在应用多锤头碎石化技术时,桂柳高速公路采用下述施工工艺和控制参数。

(1) 清除现有的沥青混合料修补层,修复、增设排水设施,按照试验路段确定的相关施工参数,破除旧水泥混凝土路面,清除嵌缝料。

(2) Z 型单钢轮振动压路机碾压 2~3 遍,钢轮压路机碾压 2~3 遍,洒布乳化沥青封层后再撒布集料,钢轮压路机碾压 2~3 遍。

(3) 破碎施工时按先破碎路面两侧车道,再破碎中间行车道的顺序进行,破碎时应有重复破碎搭接面,搭接宽度不小于 10 cm。

(4) 施工中应及时清除填缝料、胀缝材料、暴露的加强钢筋或其他杂物。

(5) 破碎后应及时测量顶面高程,采用级配碎石调平,并立即施工乳化沥青封层。乳化沥青固含量为 50%~55%,乳化沥青用量为 2.0~3.5 kg/m<sup>2</sup>。乳化沥青封层表面均匀撒布粒径为 4.75~9.5 mm 具有良好的颗粒形状的碎石。

(6) 乳化沥青封层破乳稳定后立即检测顶面当量

回弹模量值,计算代表值。代表值应满足试验路段顶面当量回弹模量代表值的要求,否则应调整施工参数直至满足要求为止。

(7) 多锤头碎石化施工按表 4 要求进行质量控制。

表 4 多锤头碎石化施工质量检验标准

顶面最大 粒径/cm	中部最大 粒径/cm	合格率/ %	检查方法及频率
≤7.5	≤22.5	75	直尺,每车道每 公里不宜少于 2 处

3 就地碎石化技术应用效果

桂柳高速公路于 2016 年完成了就地碎石化施工,2017、2018 年年底针对实际应用效果进行了不定期跟踪监测,结果如表 5 所示。从表 5 可以看出:实施共振碎石化和多锤头碎石化路段的路面损坏状况指数 PCI、行驶质量指数 RQI、车辙深度指数 RDI、抗滑性能指数 SRI 以及路基技术状况指数 SCI 均优于全线其他路段的平均值,表明就地碎石化技术具有十分良好的应用效果。

表 5 共振、多锤头碎石化路段路况跟踪观测结果

年度/ 年	PCI			RQI			RDI			SRI			SCI		
	①	②	全线	①	②	全线	①	②	全线	①	②	全线	①	②	全线
2017	100.0	100.0	99.9	94.9	95.0	93.5	93.9	93.8	93.1	88.1	92.2	88.0	100.0	100.0	100.0
2018	99.2	98.7	98.2	94.9	95.1	93.7	93.2	92.9	92.8	90.2	95.0	87.8	100.0	100.0	100.0

注:①为共振碎石化路段;②为多锤头碎石化路段。

4 结语

该文针对桂柳高速公路共振碎石化、多锤头碎石化技术应用的实际情况,提出了相应的路面结构设计方案,总结了实施过程中的关键施工工艺和控制参数。通过定期跟踪观测发现,实施共振碎石化和多锤头碎石化路段的路面损坏状况指数 PCI、行驶质量指数 RQI、车辙深度指数 RDI、抗滑性能指数 SRI 以及路基技术状况指数 SCI 均优于全线其他路段的平均值,表明就地碎石化技术具有十分良好的应用效果,可为广西区内外同类工程提供一定的参考和借鉴。

参考文献:

[1] 齐艳.应用损伤理论分析旧水泥混凝土路面上沥青罩面层反射裂缝[J].公路运输文摘,2003(10).

[2] 王金昌,朱向荣.动荷载作用下含裂缝公路结构体的应力强度因子[J].振动工程学报,2003(1).

[3] 廖卫东.基于应力吸收层的旧水泥混凝土路面沥青加铺层结构与材料研究[D].武汉理工大学博士学位论文,2007.

[4] 何雄伟,薛永杰,等.旧混凝土路面沥青混合料加铺层的结构设计[J].武汉理工大学学报,2003(12).

[5] 王敏,张东长,窦彦磊.“白加黑”工程中常用反射裂缝防治材料效果分析研究[J].公路交通科技,2010(4).

[6] 王朝辉,王选仓,杨维国.格栅加筋沥青加铺层结构荷载疲劳模拟对比试验[J].长安大学学报(自然科学版),2008(6).