



黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

旧水泥混凝土路面共振碎石化 施工技术规范

联系单位：中咨数据有限公司
联系人：钱振宇
联系电话：18810645094

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 4 月 3 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发 布

目次

前言 II

引言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 基本规定 5

5 旧水泥混凝土路面调查与分析 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 旧路调查与分析 5

 5.3 碎石化技术适应性 错误!未定义书签。

6 共振碎石化施工 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 施工设备 6

 6.3 施工准备 7

 6.4 试验段 8

 6.5 共振碎石化 9

7 施工质量检查及验收 11

 7.1 碎石层质量检验 11

 7.2 沥青加铺层质量检查 13

附录 A 水泥混凝土路面碎石层顶面当量回弹模量的确定 错误!未定义书签。

 A.1 适用范围 13

 A.2 测点碎石层顶面当量回弹模量值 13

 A.3 碎石层顶面实测回弹模量代表值 13

 A.4 碎石层顶面回弹模量计算值 13

附录 B 水泥混凝土路面碎石层取芯与评定 错误!未定义书签。

 B.1 适用范围 15

 B.2 仪器与材料要求 15

 B.3 试验步骤 15

 B.4 芯样评定 15

附录 C 沥青加铺层结构设计 错误!未定义书签。

 C.1 一般规定 16

 C.2 预估设计 17

 C.3 优化设计 18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出。

本文件由黑龙江省交通运输厅归口。

本文件起草单位：黑龙江省交通运输厅、中咨数据有限公司、黑龙江省公路事业发展中心、黑龙江省隆兴公路勘测设计有限公司、黑龙江省公路建设中心、黑龙江省路畅工程设计有限公司、黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、华设设计集团股份有限公司、黑龙江省林业设计研究院、中国公路工程咨询集团有限公司、黑龙江省交通基础设施建设投资有限公司

本文件主要起草人：张嘉恒、董元帅、王佳昌，钱振宇、张婷婷，王浩、邢洪涛、贺咏楠、吕宝伟、刘昊、张嵩、林杨、赵德鹏、郑玉鑫、宋志国、姜斌、张胜彬、张腾骞、方圆、矫震、赵国强、郝金东、魏丹、孟祥燕、朱明珠、赵春菲、李星辰、贾亮、王刚、高翊、范明亮

引 言

旧水泥混凝土路面共振碎石化施工技术规范

1 范围

本文件规定了旧水泥混凝土路面共振碎石化技术的术语和定义、基本规定、旧水泥混凝土路面调查与分析、共振碎石化施工和施工质量检验。

本文件适用于各等级公路旧水泥混凝土路面共振碎石化施工技术。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTJ 073.1 公路水泥混凝土路面养护技术规范
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG/T F31 公路水泥混凝土路面再生利用技术细则
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JTG H30 公路养护安全作业规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

共振破碎机

一种能够产生高频低幅的振动，通过与旧水泥混凝土路面形成共振，将水泥路面就地共振碎石化的专用破碎设备。

3.2

共振碎石化再生利用技术

通过共振原理，采用共振破碎机与旧水泥混凝土路面形成共振，将水泥混凝土板块破碎成上部相对松散类似于级配碎石、下部为斜向嵌锁碎石层，作为基层或底基层使用的技术，可较好地消除反射裂缝。

3.3

试振区

共振碎石化正式施工前，为确定基本施工参数选定的代表性试振区域。

3.4

检查坑

为检验共振碎石化效果，在试振区和共振碎石化正式施工段内随机开挖的试坑。

3.5

隔振沟

在道路附近存在敏感构造物或设施的局部路段，施工前在道路两侧或路肩外侧边缘处开挖的具有一定深度和宽度的沟渠。

3.6

当量回弹模量

用现场测试方法获得的碎石层顶面以下部分的回弹模量值。

4 基本规定

4.1 旧水泥混凝土路面改造前，应对旧路技术状况、交通状况、经济指标及环境条件等进行全面调查分析，确定共振碎石化技术的适宜性。

4.2 共振碎石化施工前，应先通过试振确定设备参数与质量控制指标。施工过程中应加强参数检测与质量控制，并应根据质量情况及时进行适度调整。

4.3 道路下埋设有军用管、燃气管、给排水管等压力管线，以及板底埋深小于 0.5m 的非压力管线，不应采用共振碎石化施工。

4.4 旧水泥混凝土路面共振碎石化技术除应符合本文件的规定外，还应符合相关国家标准和行业规定的规定。

4.5 沥青加铺层结构设计应按现行的《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）中新建路面设计方法进行。

5 旧水泥混凝土路面调查与分析

5.1 一般规定

旧水泥混凝土路面改造前，应对旧路技术状况、交通状况、经济指标及环境条件等进行全面调查分析，确定共振碎石化技术的适宜性。

5.1.1 应对水泥混凝土路面共振碎石化再生利用路段开展有针对性的调查分析工作，为共振碎石化技术的应用决策、设计与施工提供依据。

5.1.2 旧水泥混凝土路面调查应符合现行《公路水泥混凝土路面养护技术规范》（JTJ 073.1）和《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）的有关规定。

5.2 旧路调查与分析

5.2.1 应调查水泥混凝土路面病害，绘制病害分布图，水泥混凝土路面损坏类型应符合《公路水泥混凝土路面养护技术规范》（JTJ 073.1）的要求，并计算路面损坏状况指数 PCI、断板率 DBL 等；

5.2.2 应对旧水泥混凝土路面结构强度进行检测。检测方法可采用《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）中 T0951 贝克曼梁测定路基路面回弹弯沉试验方法或 T 0953 落锤式弯沉仪测定弯沉试验方法，宜每车道每 5m 检测 1 点。

5.2.3 应对旧水泥混凝土路面板按照路面病害、路面技术状况、路面结构强度相近情况分段，一般分段最大长度不宜大于 10 km。进行面层和基层取芯实测水泥混凝土路面的厚度、面板钻芯劈裂强度及基层钻芯抗压强度。每公里取样个数不少于 3 个；超过 3km 路段，每公里取样个数不少于 1 个，取芯位置

宜避开已有裂缝。

5.2.4 应通过开挖试坑的方式对基层稳定性、路基 CBR 值与路基含水率进行调查，每段应不少于 1 个试坑。试坑开挖到基层时，应清理基层表面，并记录基层的松散、沉陷、裂缝、破碎粒径大小等情况。基层开挖完成后清理表面，在每个试坑的露出路基区域内，应随机选择至少 6 个点测试 CBR 值。在测试点附近，清除浮土采集土样，采用环刀法或酒精法实测路基含水率。

5.2.5 应收集旧路通车运营期间的养护和路面检测资料，了解旧路面的病害类型、处置方案及效果，为旧路处治提供依据。

5.2.6 应收集旧路设计文件、竣工图纸、路段历史交通量、交通组成及轴载谱等相关资料，了解路面结构组成、排水设施设计、交通量及组成等情况，为加铺层的结构设计提供依据。

5.2.7 应对旧路的排水设施及使用状况等进行调查，为排水设计提供依据。

5.2.8 应收集和分析气象、水文地质情况、沿线构造物及施工环境等资料，保证施工质量及安全。

6 共振碎石施工

6.1 一般规定

6.1.1 共振碎石化施工前，应根据工程设计文件，进行现场调查，核实工程数量，划分施工段落，合理确定施工设备，按工期要求、施工难易程度、气候条件制定可行的施工组织计划，符合要求后方可施工。

6.1.2 应根据旧路调查结果，按照面板损坏情况、厚度、抗压强度和路面整体强度接近的原则划分施工段落，每个施工段落不宜大于 10km。

6.1.3 周边设施及环境应符合下列规定：

（1）对旧水泥混凝土路面进行共振碎石化施工时，应避开城镇及居住集中地段，以防止共振碎石化噪音对居民的干扰；

（2）对于建筑物、构筑物 and 管线等构造物的最小净距应满足表 3 的规定，不满足要求时，应按设计要求采取隔振措施或其他破碎方法。

表1 共振碎石化施工作业最小净距

沿线构造物					周边建筑物	
类型	桥梁和涵洞	挡土墙		地下管线和 地下构造物	有隔振沟	无隔振沟
		有隔振沟	无隔振沟			
最小净距（m）	1.5	—	0.5	1.0	3.0	5.0

（3）共振碎石化施工过程中，对环境污染相对严重，同时会有飞石溅出。在环境要求较高地段，应禁止采用共振碎石化施工。

（4）受净空限制，不容许加铺新路面的路段不宜进行共振碎石化施工。

6.2 施工设备

（1）共振破碎机宜采用高频低幅类，其技术参数应满足表 6.2 技术要求。

表2 共振破碎机主要技术参数

设备参数	振动频率（Hz）	振幅（mm）	激振力	锤头宽度（mm）	有效破碎深度	
要求	40~60	10~20		150~300		

- (2) 其它设备如单钢轮振动压路机（自重不宜小于 12t）、小型振动压路机（自重 1t~2t）、轮胎压路机、洒水车 and 乳化沥青碎石封层洒布车等。
- (3) 施工前应做好设备保养和调试，保证施工所需的破碎机械、碾压设备、检测仪器的完好性。

6.3 施工准备

6.3.1 碎石化技术适应性

- (1) 应从路面状况、承载能力及周边环境设施等方面综合考虑，决定是否适合共振碎石化施工技术。
- 路面状况应符合下列表 1 的规定：

表3 适用共振碎石化加铺的旧路技术状况要求

评价指标	技术要求
路面损坏状况指数PCI	<70
断板率DBL（%）	5~80
破碎板率（%）	<30
回弹弯沉值（0.01mm）	≤30

- (2) 承载能力应符合下列规定：
- a. 旧水泥混凝土面板强度应无明显下降。具体标准为旧水泥混凝土面板劈裂强度代表值换算为弯拉强度后，应不低于原水泥混凝土板强度设计值的 80%。
- b. 路基顶面 CBR 值应符合表 2 的规定，二级以下公路的路基顶面 CBR 值参照二级公路执行。

表4 路基顶面 CBR 值要求

评价指标	公路等级	
	高速、一级公路	二级公路
CBR值（%）	≥8	≥6

- c. 基层应未松散。即基层无明显裂缝、沉陷，或虽有但破碎成的块体粒径不小于 40 cm。

6.3.2 排水系统修复或增设

施工前应对原有排水系统进行仔细检查评估，若原有排水系统较为完善，可仅对原排水系统进行疏通或修整，否则应在施工前2~4周根据设计文件重新设置排水系统。

在路基平均含水率与最佳含水量之差大于10%、凹形竖曲线底部、平曲线超高路段的低边及现有混凝土板块明显唧泥等明显排水不畅的路段应增设横向排水盲沟。

6.3.3 旧水泥混凝土路面的清理

施工前应先清除旧混凝土板块上存在的沥青加铺层或沥青表面修补材料。

6.3.4 路基软弱路段的处治

对于发生唧泥翻浆、路基沉陷、严重碎板等需局部补强段落应采用换填方式进行处治，处治后不再进行共振碎石化作业，换填要求应符合下列规定：

(1) 应按旧路路面结构逐层开挖至满足该层设计承载力要求的深度。

(2) 路基可采用结构层碎块、级配碎石、填隙碎石，或其它符合要求的透水性材料换填处理，基层可采用贫混凝土或水稳碎石(具备施工作业面时使用)回填至距水泥板顶面标高18cm~20cm，再采用级配碎石回填至水泥板顶面标高并压实，级配碎石应满足《公路水泥混凝土路面再生利用技术细则》(JTG F31)表4.3.1技术要求。

(3) 换填层的顶面当量回弹模量应不低于250MPa。

6.3.5 构造物标识和保护

(1) 核实沿线上跨构筑物、房屋、桥梁、管涵、地下管线和地下构造物、挡土墙、边沟等需要保护的构造物的位置，并区分标注，注明相关信息及注意事项。

(2) 对道路沿线上的可利用的旧交通标识、标志进行保护，降低共振碎石化施工对交通标识、标志的影响。

(3) 对于施工区域周边受振动影响敏感的构造物，为减小或消除破碎施工产生的不良影响，可采取以下隔振措施：

a. 破碎前，对道路边缘0~80cm内的水泥板预先打裂；

b. 沿路肩外侧边缘或道路路基外侧开挖深度不小于80cm，宽度不小于50cm的隔振沟。

(4) 共振碎石化施工期间，应派人沿线周围的敏感建筑物及构造物进行实时观察，发现建筑物开裂现象应立即停止施工，调查分析其原因并采取措施后方可继续施工。

6.3.6 设置高程控制点

应在代表性路段的施工影响区域外设置高程水准控制点，以便在施工中复测高程的变化，指导加铺层施工。

6.3.7 扬尘控制

破碎前30min内，宜用洒水车在需要破碎的车道上洒水以控制施工中的扬尘现象。

6.4 试验段

6.4.1 基本要求

加强试验段质量管理工作，试验段的实施应形成施工方案、开工报告和总结报告，相关参与单位人员签字后形成正式文件。

6.4.2 试验段选择

不同施工段落大面积施工前，应分别选择具有代表性的旧水泥混凝土路段作为试验段，试验段长度不少于300m，宽为单幅路面宽度。

6.4.3 施工技术参数初定

共振破碎机的振动频率可参照下列公式计算。

$$f = \frac{\pi}{2} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{D}{\rho h}}$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$$

式中：
 f ——四边简支时，水泥面板的自由振动频率；
 m, n ——振动频率的阶数；
 a, b, h, ρ ——水泥面板的长度、宽度、厚度和密度；
 D ——水泥面板抗弯刚度；
 E ——水泥面板的回弹模量；
 μ ——水泥面板的泊松比。

缺乏调查数据时可参考表5的试振参数范围，通过逐级调整机械破碎参数，分区域对试验路段进行共振碎石化施工，并记录每个区域采用的施工参数。

表5 试振参数范围

振动频率（Hz）	振幅（mm）	横向锤间距（mm）	锤头宽度（mm）	工作速度（km/h）
35~53	10~20	200~300	150~250	<5
注：根据调查，现有共振碎石机的锤头宽度有150mm、200mm、250mm三种规格。				

6.4.4 施工技术参数确定

试振破碎完成后按本文件7.2.1的要求进行施工过程自检，将满足技术要求的施工参数作为正式的共振碎石化施工技术参数。应通过试验段确定下列施工技术参数：

- a. 共振破碎机的振动频率、振幅、横向锤间距、锤头宽度、工作速度；
- b. 压路机碾压遍数、碾压速度；
- c. 乳化沥青及集料用量。

6.4.5 试验段总结

试验段结束后，应及时整理施工资料，明确标准施工工艺流程，编制试验路段总结报告，完善施工组织方案。

6.5 共振碎石化

6.5.1 破碎顺序

破碎施工应从路面低处向高处进行，先破碎路面两侧车道，再破碎中间行车道；不应漏破、斜向破碎、重复破碎和叠合破碎。

破碎单车道路面时，锤头应破碎至路面最外侧边缘；破碎多车道路面时，相邻车道破碎搭接宽度不应小于15cm。

6.5.2 边缘路段处理

紧靠车道边缘、内侧分隔带边缘的难破碎路面，当距路面两侧边缘50~75cm破碎时，应将锤头与路面边缘调成30°~50°的夹角进行边缘破碎。

6.5.3 过高过厚路段处理

基层强度高或水泥板过厚路段，应适当提高振动频率或在施工前采用打裂或其他手段对混凝土路面进行预裂处理。预裂后的区域应重新进行试验段施工，确定共振碎石化的各项施工参数。

6.5.4 碎石层的清理

- (1) 人工清除破碎层上的填缝料、胀缝料及其它杂物。
- (2) 如果破碎层表面有钢筋外露，若钢筋埋深较浅且条件允许，应移除整片钢筋，否则应将外露部分剪除至与破碎层顶面齐平，破碎层中的钢筋可保留在原处。
- (3) 对于一次破碎后个别面积大于1m²的板块，宜在碾压前用人工或小型气动冲击设备补充破碎。
- (4) 对于碎石层表面局部存在的大于10 cm的碎块，应清除并采用级配碎石回填。

6.5.5 隔振沟的恢复

隔振沟的回填材料经碾压后强度不应小于原有强度，宜采用级配碎石回填。

6.5.6 碎石层碾压

- (1) 直线和不设超高的平曲线段，由路肩向路中心碾压；设超高的平曲线段，由内侧向外侧进行碾压；超高路段由低处向高处碾压。
- (2) 为加强碾压效果，应洒水碾压，洒水量宜控制在3kg/m²。并在施工允许条件下，尽可能提高碾压遍数。
- (3) 初压采用单钢轮静压1~2遍，单钢轮高频低幅振动碾压2遍后使泥浆翻出表面，通过补撒石屑，必要时补撒水泥进行碎石层的调平，后采用胶轮碾压1遍进行收面。
- (4) 采用振动压路机碾压时相邻碾压带应重叠10cm~20cm的碾压宽度，折回时应先停止振动；轮胎压路机碾压时相邻碾压带应重叠不少于1/3的碾压轮宽度。
- (5) 对路面边缘、加宽及港湾式停车带等大型压路机难以碾压的部位，宜采用小型振动压路机作补充碾压。

6.5.7 碎石层调平与衬垫

碾压完毕后，对于纵断面高程、平整度、路拱横坡度不满足设计要求时，在铺筑沥青结构层之前，宜采用沥青稳定类材料进行调平与衬垫。

6.5.8 碎石层保护

- (1) 共振碎石化碾压调平后应将表面水分充分晾晒干燥后及时进行封层施工，防止扬尘和雨水渗入。封层所用乳化沥青和集料应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的质量要求，乳化沥青和集料的用量宜根据试验段具体确定。

表6 碎石层顶面封层材料的规格和用量

集料		高渗透乳化沥青	
规格	用量（m ³ /1000m ² ）	破乳速度	用量（kg/m ² ）
S14	以碾压时不粘轮为准	中裂或慢裂	2.0~3.5

注：表中乳液用量按乳化沥青的蒸发残留物含量50%~55%计算，如沥青含量不同应予计算。

表7 高渗透乳化沥青技术要求

试验项目		单位	技术要求
粒子电荷		—	阳离子(+)
筛上剩余量(1.18mm)		%	≤0.1
黏度	恩格拉黏度E25	—	1~6
	沥青标准黏度计 (C25, 3)	s	8~20
蒸发残留物性能试验	含量	%	≥50
	针入度(100g, 25℃, 5s)	0.1mm	60~100
	软化点	℃	≥42
	延度(15℃)	cm	≥40
	溶解度(三氯乙烯)	%	≥97.5
贮存稳定性	1天	%	≤1
	5天	%	≤5
与矿物的黏附性	裹覆面积	—	≥2/3

(2) 共振碎石化应做好雨水的防治工作。遇雨、雪等恶劣天气，不宜进行共振碎石化施工，已破碎而未施工封层的路段宜采取防排水措施，碎石层不应受水浸泡。

(3) 施工期间禁止车辆随意在未施工封层的已破碎路段上刹车与启动；禁止通行与施工无关的车辆，同时也要减少施工车辆不必要的来回通行。

6.5.9 施工技术参数调整

按照试验路段确定的施工参数进行共振碎石化施工，施工中可结合施工路段状况的差异合理微调施工技术参数。当路段状况发生较大改变，应对施工参数作出调整。

6.5.10 共振碎石化特殊情况处理

当旧水泥混凝土路面进行共振碎石化后，当其共振碎石化后的顶面弯沉值不满足设计要去时，应分析其原因。对局部路段出现弯沉值超标时，可将该局部区域进行挖除换填级配碎石或低标号混凝土。当弯沉超标面积较大时应考虑推除该区域混凝土路面，重新对道路的基层和路基进行处治，待病害处理完成后按新建道路进行路面结构计算以便确定路面结构形式。

7 施工质量检查及验收

7.1 碎石层质量检验

7.1.1 施工过程自检

- (1) 应在距路肩2.0 m~2.5m处随机开挖检查坑，检查坑尺寸为：1.2m（长）×1.2cm（宽）×h（旧水泥混凝土板厚度）。试坑检查完后，应采用级配碎石回填；
- (2) 若检查坑深度达不到旧混凝土板厚h，采用取芯方式检测破碎情况，取芯规格为Φ150 mm×h1（h1为剩余板厚）；
- (3) 水泥路面共振碎石化施工自检应符合表8中的要求；不满足要求时，应及时查明原因，调整施工参数。

表8 水泥混凝土路面共振碎石化施工自检项目

项次	检查内容			标准	合格率	检查方法和频率
1	破碎程度	其余部分	顶面 (深度≥6 cm)	粒径≤5cm	75%	检查坑检测、直尺，试验段每 50m 一处；正常施工段每车道每公里不少于 2 处
			破碎深度	裂缝贯穿板厚	100%	按附录B取芯或检查坑检测，试验段每 50m一处；正常施工段每车道每公里不少于2处
			裂缝走向	35° ~60° 斜向裂缝		
			碎块结合状态	嵌锁咬合、裂而不散		
2	回弹弯沉值 a			≤90 (0.01mm)	95%	落锤式弯沉仪全线连续、每车道每 20m 测一点/贝克曼梁每车道每公里不少于 20 个测点
3	顶面综合回弹模量			≥200 MPa	95%	承载板，试验段 50m 一处；正常施工段每车道每公里不少于 3 处
4	平整度			≤2.0 cm	75%	3m 直尺，每 100 m 测 1 处×5 尺
5	纵断面高程			±2.0 cm	75%	水准仪，1 处/200 m，4 个断面/处
6	横坡			±0.5%	75%	水准仪，1 处/200 m，4 个断面/处
7	排水设施			顺畅	75%	目测，观察出水口情况，200m 一处。

注：乳化沥青封层破乳稳定后，立即检测顶面回弹弯沉值，弯沉值应满足表8要求。若不满足要求，应通过承载板实测顶面回弹模量进行复核，当回弹模量低于设计要求时，应查明原因并进行相应处治。

7.1.2 质量检验验收

- (1) 水泥混凝土路面共振碎石化外观质量应符合下列规定：
- a. 碎石层表面应平整、坚实，不得有松散、不稳定的现象。
 - b. 共振碎石化后的路面破碎程度应满足设计要求。
- (2) 水泥混凝土路面共振碎石化实测项目应符合表9中的规定：

表9 水泥混凝土路面共振碎石化实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
1	顶面综合回弹模量	不小于路段当量回弹模量代表值 b		T0934：每 3000m ² 测一处
2	破碎程度	顶面（深度≥6cm）	粒径≤5cm	钢直尺、检查坑/取芯：每 1500m ² 测一处
		破碎深度	裂缝贯穿板厚	
		裂缝走向	35° ~60° 斜向裂缝	
		碎块结合状态	嵌锁咬合、裂而不散	

注：路段当量回弹模量代表值参照附录A.3确定

7.2 沥青加铺层质量检查

沥青加铺层检查验收应参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）、《公路养护工程质量检验评定标准》（JTG 5220-2020）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）等执行。

附录 A

（资料性）

水泥混凝土路面碎石层顶面当量回弹模量的确定

A.1 适用范围

本方法适用于旧水泥混凝土板共振碎石化后，通过实测碎石层顶面的回弹弯沉值，确定碎石层顶面计算回弹模量值。

A.2 测点碎石层顶面当量回弹模量值

乳化沥青封层破乳稳定后，采用《公路路基现场测试规程》（JTG 3450）中T0953落锤式弯沉仪测定弯沉的方法测定碎石层顶面的回弹弯沉，按式A.1 计算碎石层顶面当量回弹模量。

$$E_{tci} = \frac{176Pr}{l_{oi}} \quad (\text{A.1})$$

式中：

E_{tci} ——各测点碎石层顶面当量回弹模量值（MPa）；

P ——落锤式弯沉仪承载板施加荷载（MPa）；

r ——落锤式弯沉仪承载板半径（mm）；

l_{oi} ——各测点落锤式弯沉仪承载板中心点弯沉值（0.01mm）。

A.3 碎石层顶面实测回弹模量代表值

在路段各测点当量回弹模量数据的基础上，按照公式A.2、A.3、A.4 计算确定路段碎石层顶面当量回弹模量代表值。路段当量回弹模量代表值用以评定共振破碎后路段结构承载力，各测点当量回弹模量不应小于路段当量回弹模量代表值。

$$\bar{E}_{tc} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{tci}}{n} \quad (\text{A.2})$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{tci} - \bar{E}_{tc})^2}{n-1}} \quad (\text{A.3})$$

$$E_{tc} = \bar{E}_{tc} - Z_\alpha S \quad (\text{A.4})$$

式中：

n ——测点数；

$\bar{E}_{tc}$ ——所用测点的当量回弹模量平均值（MPa）；

S ——标准差；

Z_α ——保证率系数，高速、一级公路取1.645，二级及以下公路取1.282；

E_{tc} ——碎石层顶面实测回弹模量代表值（MPa）。

A.4 碎石层顶面回弹模量计算值

碎石层顶面当量回弹模量代表值经修正后用以优化设计阶段加铺层结构验算分析，按照式A.5 计算确定。

$$E_{sj} = aE_{tc} \tag{A.5}$$

式中：

E_{sj} ——碎石层顶面回弹模量计算值（MPa）；

a ——考虑到碎石层通车稳定后密实度变化确定的模量修正系数，可取1.05～1.15。交通等级高、加铺层厚度大取高值，反之取低值。

附 录 B
(资料性)
水泥混凝土路面碎石层取芯与评定

B.1 适用范围

本方法为旧水泥混凝土板共振碎石化后，对下部嵌挤层进行取芯。该方法适用于检查坑深度达不到旧混凝土板厚 h ，采用取芯方式观测碎石层的破碎深度、裂缝开裂角度，以及碎块结合的状态。

B.2 仪器与材料要求

- B.2.1 盛样器（袋）或铁盘等；
- B.2.2 试样标签；
- B.2.3 挖坑用的铲子、铁锹、毛刷等；
- B.2.4 取芯机，应配备淋水冷却装置，钻头直径为 $\Phi 150\text{mm}$ 。
- B.2.5 量尺：钢板尺、钢卷尺等。

B.3 试验步骤

- B.3.1 宜参照《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）中T0902规定的方法确定取芯位置，应避开板边、板角和接缝处。
- B.3.2 用铲子清除掉上部松散层碎石，并用毛刷清扫干净；
- B.3.3 按JTG 3450-2019中T0903的方法进行钻芯取样。在钻进的过程中，开裂的碎块易形成卡钻。当遇到这一情况时，应将钻头提起，并再次钻进，反复多次直至钻至板底；

B.4 芯样评定

针对下列项目进行芯样分析评定：

- a. 观测裂缝贯穿的深度，确定裂缝有无贯穿板厚；
- b. 观测裂缝走向，是垂直裂缝，还是斜向裂缝；
- c. 判断碎块结合的状态，是嵌锁咬合、裂而不散的状态，还是松散状态。



图 B.1 碎石层合格芯样

附录 C
(资料性)
沥青加铺层结构设计

C.1 一般规定

- C.1.1 旧水泥混凝土路面共振碎石化后可直接作为基层或底基层进行沥青路面加铺层设计，用作底基层时，宜采用柔性基层进行结构补强。
- C.1.2 加铺层结构设计应根据公路等级和使用要求、交通量、气候条件、当地材料供应情况、共振碎石化后的结构强度等因素，结合已有经验，通过技术经济比较确定。
- C.1.3 加铺层结构设计宜采用动态设计理念，分为预估设计与优化设计两个阶段。实测计算回弹模量值与预估回弹模量值差超出20MPa时，宜重新进行加铺层结构设计。
- C.1.4 水泥路面共振碎石化沥青路面加铺结构组合设计流程见图C.1。

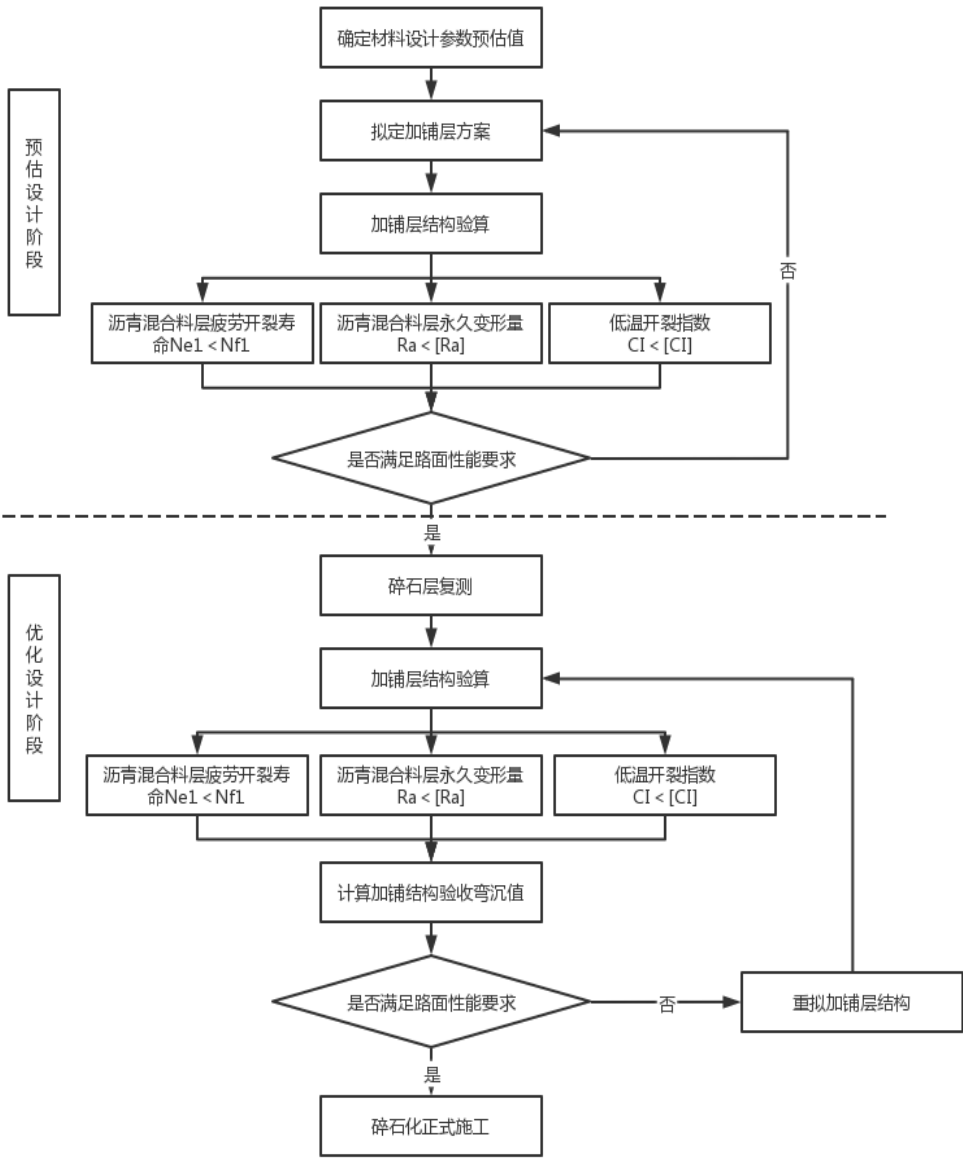


图 C.1 碎石层合格芯样

C.2 预估设计

C.2.1 材料设计参数预估值

- a. 旧路面共振破碎后顶面的综合回弹模量预估代表值的计算确定参照《公路水泥混凝土路面再生利用技术细则》（JTG/T F31）中4.4.7条的相关规定执行；
- b. 沥青加铺层材料设计参数预估值参照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）中5.5.11和5.6.1节要求确定。

C.2.2 加铺层结构设计

- a. 对于中轻交通，缺少经验时，可参考表C.1进行结构试算。

表 C.1 水泥混凝土路面共振碎石化加铺层参考结构

公路等级	交通荷载等级	加铺层典型结构（自下而上）
高速、一级公路	中等、轻	8cm~10cm 沥青稳定碎石/10cm~12cm 厂拌冷再生基层+5cm~6cmAC-20 中粒式沥青混凝土+4cm~5cmAC-16 中粒式沥青混凝土
二级公路及以下	重、中等	8cm~10cm 沥青稳定碎石/10cm~12cm 厂拌冷再生基层+5cm~6cmAC-20 中粒式沥青混凝土+4cm~5cmAC-16 中粒式沥青混凝土
	中等、轻	8cm~10cm 沥青稳定碎石/8cm~12cm 厂拌冷再生基层+4cm~5cmAC-16 中粒式沥青混凝土
		5cm~6cmAC-20 中粒式沥青混凝土+4cm~5cmAC-16 中粒式沥青混凝土

注：应积极回收利用旧沥青路面材料，推荐采用乳化沥青/泡沫沥青厂拌冷再生技术，应用于下面层（轻交通）或基层。

b. 沥青加铺层材料参照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）中5.5条规定执行。

c. 按照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）路面结构设计要求对沥青加铺层疲劳开裂寿命、沥青加铺层永久变形量和低温开裂指数进行验算，根据验算结果完善加铺层设计。

C.3 优化设计

C.3.1 碎石层复测

a. 应优先采用《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）中承载板法（T0943）现场实测碎石层顶面的综合回弹模量值。碎石层顶面回弹模量计算值确定参照 JTG/T F31中4.4.9条的相关规定执行。

b. 若现场实测的是碎石层顶面的回弹弯沉值，应参照附录A计算碎石层顶面当量回弹模量代表值和当量回弹模量计算值。

C.3.2 加铺层结构验算

依据碎石层顶面当量回弹模量修正值，按照《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）路面设计要求对拟定的加铺层结构进行验算并优化，使之满足路面性能设计要求，并且经济合理。