

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 983—2015

旧水泥混凝土路面共振碎石化技术规范

Technical specifications for resonant rubblization of
old cement concrete pavement

2015 – 09 – 28 发布

2015 – 11 – 01 实施

陕西省质量技术监督局 发 布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由陕西省铜川公路管理局提出。

本标准由陕西省交通运输厅归口。

本标准起草单位：陕西省铜川公路管理局、陕西省公路局、长安大学。

本标准主要起草人：王海俐、张巍、李进成、郝苏民、路学敏、马磊、师延强、支喜兰、杜强。

本标准由陕西省交通运输厅负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省铜川公路管理局

电话：0919-3385105

地址：陕西省铜川市新区铁诺南路1号

邮编：727031

旧水泥混凝土路面共振碎石化技术规范

1 范围

本标准规定了旧水泥混凝土路面共振碎石化技术旧路况调查与评价、共振碎石化施工、加铺层结构设计及施工质量检查与验收的基本要求。

本标准适用于采用旧水泥混凝土路面共振碎石化技术的本省各等级公路改造。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 D40 公路水泥混凝土路面设计规范

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E30-2005 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG E60-2008 公路路基路面现场测试规程

JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则

JTG/T F31-2014 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 F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG H20-2007 公路技术状况评定标准

JTG H30 公路养护安全作业规程

3 术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碎石化技术 *rubblization technique*

采用各类破碎设备将旧水泥混凝土路面板就地破碎成具有一定尺寸的颗粒嵌挤体，以作为路面基层或底基层使用的技术。

3.2

共振破碎机 *resonant breaker*

一种通过共振梁或浮动式共振箱体的高频低幅振动将旧水泥混凝土板块破碎为一定尺寸颗粒的碎石化专用设备。

3.3

共振碎石化技术 *resonant rubblization technique*

采用共振破碎机进行旧水泥混凝土路面就地碎石化再生利用的技术。

3.4

试振区 test strip

采用共振碎石化技术大面积施工前，以确定基本施工工艺参数为目的而选定的代表性试振区域。

3.5

隔振沟 isolation trenches

为防止共振碎石化施工对道路附近设施造成破坏，在道路附近存在建筑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一定深度和宽度的沟渠。

3.6

综合回弹模量 composite modulus of resilience

用现场测试方法获得的碎石化层顶面以下部分的回弹模量值。

4 基本要求

- 4.1 应对将进行共振碎石化施工的旧水泥混凝土路面进行调查，划分施工段落。
- 4.2 通过试振，分别确定各段落的施工工艺参数。
- 4.3 共振碎石化施工后，应以碎石化层顶面弯沉值的均匀性作为碎石化效果评定与质量验收的指标。
- 4.4 为保证碎石化后整体强度的均匀性，对强度薄弱区域应采取必要的工程措施进行处理。
- 4.5 应以共振碎石化层顶面的综合回弹模量作为加铺层基础的设计参数。
- 4.6 加铺层的设计与施工应执行 JTG D40、JTG D50、JTG/T F30、JTG F40 的相关规定。
- 4.7 旧水泥混凝土路面共振碎石化技术除应符合本标准的规定外，还应符合相关国家标准和行业规定的规定。

5 旧水泥混凝土路面路况调查

5.1 一般规定

- 5.1.1 应对旧水泥混凝土路面的旧路基础资料、沿线设施和路面技术状况进行调查。
- 5.1.2 应收集共振碎石化施工机械与施工经验参数，调查加铺层设计所需要的交通量、环境条件、筑路材料等资料。
- 5.1.3 应记录与整理调查资料。

5.2 旧路现状调查

- 5.2.1 旧路现状调查应包括水泥混凝土路面板厚度、强度、损坏状况、换板与修补情况、基层与路基状况、排水状况、构造物位置、道路两侧建筑物情况、交通量及轴载谱等。
- 5.2.2 应调查水泥混凝土路面病害，并绘制病害分布图。水泥混凝土路面损坏类型应符合 JTG H20-2007 中 3.2 条的要求。
- 5.2.3 应对旧水泥混凝土路面板按路面病害相似、路面技术状况相近情况分段进行取芯，每个路段钻取 3 个 $\Phi 150\text{mm}$ 的芯样，并量测芯样高度，计算路面板实际厚度平均值；按照 JTG E30-2005 中 T0554 的规定测试芯样的轴心抗压强度，计算旧水泥混凝土路面板的水泥混凝土抗压强度平均值。

5.2.4 应对旧水泥混凝土路面进行整体强度检测和评价。检测方法可采用 JTG E60-2008 中 T0951 贝克曼梁测定路基路面回弹弯沉试验方法或 JTG E60-2008 中 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。

5.2.5 应调查沿线桥梁、涵洞、挡土墙、地下管线等构造物情况，实测并记录桩号；参照 JTG/T F31-2014 的 4.2.4 的规定调查道路两侧 8m 宽度范围内的建筑物、分布情况、以及到路面边缘的距离。

6 共振碎石化施工

6.1 一般规定

6.1.1 应根据旧水泥混凝土路面调查情况划分施工段落。

6.1.2 共振碎石化施工前应制定施工组织方案，确定施工设备，符合施工技术要求方可施工。

6.1.3 对不同状况的旧水泥混凝土路面应采用不同的施工工艺参数进行共振碎石化施工。

6.1.4 共振碎石化施工中应采取扬尘控制措施。

6.1.5 应减少共振碎石化施工产生的噪声与振动对环境的影响。

6.1.6 雨天不得进行共振碎石化施工，已碎石化路段应保持排水畅通。

6.1.7 共振碎石化施工作业面距离构造物或建筑物的最小距离应符合表 1 的要求。

表1 共振碎石化施工作业面距离构造物或建筑物的最小距离

单位为m

类型	构造物			建筑物
	桥梁和涵洞	挡土墙	地下管线和地下构造物	
最小距离	1.5	0.5	1.0	5.0

6.1.8 共振碎石化施工应有完善的交通控制方案，并按照 JTG H30 的相关规定进行交通组织。

6.2 设备要求

6.2.1 共振碎石化施工采用共振破碎机、单钢轮振动压路机、洒水车等设备。

6.2.2 共振破碎机的主要技术参数参照表 2 选用。

表2 共振破碎机主要技术参数要求

振动频率 Hz	振幅 mm	破碎锤头宽度 mm	最大破碎深度 mm	激振力 kN
35~55	10~30	150~300	180~300	8~10

6.2.3 单钢轮振动压路机的自重不应小于 18t，激振频率不应小于 50Hz，振幅不应小于 0.5mm。

6.3 共振碎石化施工工艺流程

共振碎石化施工工艺主要流程如图1所示。

6.4 施工准备

6.4.1 应根据旧路状况调查结果，按面板损坏情况、厚度、抗压强度及路面整体强度相接近的原则，对拟施工车道划分施工段落。每个施工段落长度不小于 50m。

6.4.2 施工中应保持路基路面临时防水排水系统畅通，施工完成后完善永久排水系统。

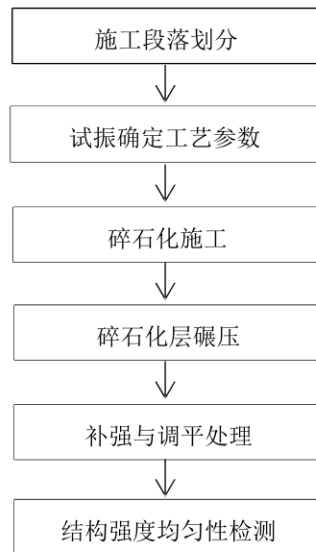


图1 共振碎石化施工工艺流程图

- 6.4.3 应先利用铣刨机将旧水泥混凝土路面上已存在的沥青加铺层清除，再进行碎石化。
- 6.4.4 对于已存在的沥青混合料补块破碎移除，应采用粒料或沥青碎石回填，回填区域将不再作碎石化处理。
- 6.4.5 对旧路调查中发现的断板、脱空、路基沉陷等基础软弱路段，应进行挖除换填或注浆等工程措施进行处治，不再进行共振碎石化作业。
- 6.4.6 沿线桥梁、涵洞、挡土墙、地下管线等构造物前后最小距离（见表1）范围内和路侧小于5m距离的建筑物路段，应采用挖除旧路面板换填基层处理。
- 6.4.7 对于旧水泥混凝土路面板强度过高或过厚路段，可在共振碎石化施工前采用打裂或其他手段对旧水泥混凝土路面板进行预裂处理。
- 6.4.8 道路两侧5m~8m距离内有建筑物的路段，应在共振碎石化施工前，设置隔振沟。隔振沟开挖深度不小于0.8m，宽度不小于0.4m。隔振沟的回填材料宜采用级配碎石，其级配要求应满足JTG/T F31-2014中表4.3.1的相关规定。
- 6.4.9 施工前应在施工影响区外设置水准点，并加以保护。

6.5 试振

- 6.5.1 不同施工段落大面积施工前，应分别选择具有代表性、长度不小于50m的旧水泥混凝土路面作为试振区，确定与旧路状况相匹配的共振破碎机的振动频率、振幅、锤迹横向净距、行进速度等施工工艺参数。
- 6.5.2 缺乏经验时，可参考表3确定共振碎石机的初始施工工艺参数。

表3 共振碎石机初始施工工艺参数

参数	振动频率 Hz	振幅 mm	锤迹横向净距 mm	行进速度 km/h
参考初始值	40~45	20	50~80	3.0~4.0

6.5.3 对试振区板块应分别采用不同的共振碎石化施工工艺参数，并通过观察和挖试坑观测碎石化效果。碎石化后若路表呈现出均匀的鳞片状则效果较好；试坑距路肩距离应为 2.0m~2.5m，试坑直径不得小于 1m；试振长度应为 50m~100m，公路等级高、里程长时取高值，反之取低值。旧水泥混凝土路面共振碎石化后的粒径宜符合表 4 的要求。

表4 旧水泥混凝土路面板共振碎石化粒径要求

单位为mm

沿板厚深度	普通水泥混凝土路面			钢筋水泥混凝土路面	
	0~30	30~1/2h	1/2h~h	0~1/2h	1/2h~h
粒径	<30	30~75	75~230	<75	75~230
注：h为旧水泥混凝土路面厚度。					

- 6.5.4 试振区破碎后应立即碾压，确定碾压施工工艺参数。
- 6.5.5 应做好试振区施工记录，确定合理的施工工艺参数和施工工艺流程，编制试振区施工总结报告，完善施工组织设计。

6.6 共振碎石化施工

- 6.6.1 施工过程应以相应旧路面技术状况试振区确定的施工工艺参数值为依据，个别路面板块可根据实际状况对参数值进行微调。
- 6.6.2 共振碎石化施工应按“先外后内”的车道顺序进行，有硬路肩时应在距硬路肩 0.3m~0.5m 位置处开始共振碎石化。
- 6.6.3 共振碎石化过程中应及时清除填缝料、胀缝材料、暴露的钢筋和其他杂物。
- 6.6.4 共振碎石化一个车道的路面板时，锤头应破碎至路面板纵缝边缘。
- 6.6.5 共振碎石化施工前或施工过程中应在旧路表面适量洒水，避免扬尘。
- 6.6.6 在共振碎石化施工期间，应安排专人对沿线周围的建筑物进行实时观察，若发现建筑物开裂现象应立即停止施工，在调查分析其原因并采取措施后方可继续施工。
- 6.6.7 应记录各施工段落共振碎石化施工实际采用的工艺参数值。

6.7 碎石化层碾压

- 6.7.1 应采用单钢轮振动压路机对碎石化层进行初压和终压各 2 遍。
- 6.7.2 直线和不设超高的平曲线段，应按“由外向内”的顺序碾压；设超高的平曲线段，应按“由低向高”的顺序碾压。
- 6.7.3 推荐的碎石化层的碾压方案及碾压参数按表 5 要求。

表5 碎石化层碾压参数

碾压顺序	压路机自重 t	碾压遍数	碾压速度 km/h	振动频率 Hz	振幅 mm
初压	18~22	静压一遍	2~3	0	0
		振动一遍		30	0.7~1.0
终压	18~22	振动两遍	3~6	30	0.4~0.7

- 6.7.4 振动压路机两遍碾压的相邻碾压带应重叠 1/3 碾压轮宽度，折返时应停止振动。

6.7.5 在第一遍和第三遍碾压之前、第四遍碾压之后，可适量洒水。

6.7.6 应在碎石化层碾压完成后，测量顶面高程。

6.8 补强与调平处理

6.8.1 共振碎石化层碾压后，表面沉降大于 20mm 时，应进行补强与调平处理。

6.8.2 共振碎石化施工后局部下陷小于 100mm 的路段，可采用级配碎石调平；局部下陷大于 100mm 的路段，可采用级配碎石、水泥稳定粒料类、低标号水泥混凝土等材料进行补强。

6.8.3 强度均匀性不满足要求时，应对强度薄弱区域采用水泥稳定粒料类、低标号水泥混凝土进行补强处理。

6.8.4 对碎石化层表面尺寸大于 0.1m 的凸出碎块，应予以清除并采用级配碎石回填。

6.8.5 碎石化层有钢筋外露时，应将外露部分剪除至与碎石化层顶面齐平，碎石化层中的钢筋可保留在原位置。

6.8.6 补强与调平处理完成后，应及时采用沥青混合料对共振碎石化路段进行封层处理。

6.9 共振碎石化后结构强度检测

6.9.1 应用贝克曼梁或落锤式弯沉仪检测弯沉值，每车道每 5m 检测 1 点。高速公路和一级公路按单幅、二级及以下等级公路按全幅将弯沉值比较接近的段落划分为同一区段，每区段长度不得小于 500m，并对其进行强度均匀性评价。

6.9.2 强度均匀性应采用弯沉值变异系数 C_v 进行评价，变异系数 C_v 的计算方法见公式（1）。

$$C_v = \frac{S}{\bar{l}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C_v ——弯沉值变异系数；

S ——区段内实测路表弯沉标准差，单位为 0.01 mm；

$\bar{l}$ ——区段内实测弯沉平均值，单位为 0.01 mm。

其中，区段内实测路表弯沉标准差 S 的计算方法见公式（2），区段内实测弯沉平均值 $\bar{l}$ 的计算方法见公式（3）

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S ——区段内实测路表弯沉标准差，单位为 0.01mm；

n ——区段内测点数；

l_i ——区段内各测点实测弯沉值，单位为 0.01mm；

$\bar{l}$ ——区段内实测弯沉平均值，单位为 0.01mm。

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\bar{l}$ ——区段内实测弯沉平均值, 单位为0.01mm;

n ——区段内测点数;

l_i ——区段内各测点实测弯沉值, 单位为0.01mm。

6.9.3 当变异系数 $C_v \leq 0.35$ 时, 则判定该区段满足强度均匀性要求。

6.9.4 当变异系数 $C_v > 0.35$ 时, 应对 $|l_i - \bar{l}| > 2S$ 的弯沉检测点区域按 6.8.3 规定的要求进行补强处理, 处理后的弯沉值应满足 $|l_i - \bar{l}| < 2S$ 的要求。重新计算弯沉值变异系数 C_v 应满足强度均匀性要求。

7 加铺层结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 旧水泥混凝土路面共振碎石化加铺层分为沥青加铺层和水泥混凝土加铺层两种结构。

7.1.2 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、纵横向调坡设计、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。

7.1.3 碎石化层可直接作为柔性基层或底基层; 用作底基层时, 宜采用柔性基层进行结构补强。

7.1.4 加铺层结构设计应按 JTG D40、JTG D50 中的新建路面设计方法进行。

7.1.5 加铺层分段设计时, 应考虑不同路面结构的衔接; 宜在施工段落划分的基础上对结构适当合并; 路面结构层不一致或变化时, 应通过加铺或加厚基层进行过渡衔接。

7.1.6 其他要求应按照 JTG/T F31-2014 中 4.4.2~4.4.4 的相关规定执行。

7.2 设计参数

7.2.1 共振碎石化加铺层结构厚度设计应以碎石化层顶面的综合回弹模量作为设计参数。

7.2.2 旧水泥混凝土路面共振碎石化层顶面的综合回弹模量预估代表值的计算确定应按照 JTG/T F31-2014 中 4.4.7 的相关规定。

7.2.3 旧水泥混凝土路面共振碎石化后, 通过实测方法确定碎石化层顶面的综合回弹模量值计算值。

7.2.4 应用刚性承载板现场实测并确定碎石化层顶面的综合回弹模量值时, 每双车道每 5m 检测 1 点。应根据实测结果分区段按公式(4)~公式(7)确定碎石化层顶面的综合回弹模量计算值。

$$E_{sj} = aE_{zc} \dots\dots\dots (4)$$

$$E_{zc} = \bar{E}_{zc} - Z_\alpha S \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{E}_{zc} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{zci}}{n} \dots\dots\dots (6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{zci} - \bar{E}_{zc})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_{sj} ——碎石化层顶面的综合回弹模量计算值 (MPa) ;

a ——考虑通车后碎石化层密度变化确定的模量修正系数, 可取1.05~1.15;

E_{zc} ——碎石化层顶面实测回弹模量代表值 (MPa) ;

$\bar{E}_{zc}$ ——所有测点的回弹模量平均值 (MPa) ;

Z_α ——保证率系数, 高速、一级公路取1.645, 二级及以下公路取1.5;

S ——标准差;

n ——测点数;

E_{zci} ——各测点实测回弹模量值 (MPa) 。

7.2.5 应用贝克曼梁现场实测回弹弯沉值并确定碎石化层顶面的综合回弹模量值时, 可在强度均匀性满足要求后, 按式(8)计算各区段的代表弯沉值 l_0 , 再按式(9)换算为碎石化层顶面的综合回弹模量代表值, 然后按式(4)确定碎石化层顶面的综合回弹模量计算值。

$$l_0 = (\bar{l} + Z_\alpha S) K_1 \dots\dots\dots (8)$$

$$E_{zc} = \frac{15000}{l_0} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

l_0 ——区段内实测弯沉代表值, 单位为0.01mm;

$\bar{l}$ ——区段内实测弯沉平均值, 单位为0.01mm;

S ——区段内实测路表弯沉标准差, 单位为0.01mm;

Z_α ——与保证率有关的系数, 高速公路、一级公路 $Z_\alpha = 1.645$, 其他公路 $Z_\alpha = 1.5$;

K_1 ——季节影响系数, 根据当地经验确定。

7.3 沥青路面加铺层设计

7.3.1 沥青路面加铺层结构应按 JTG D50 规定的结构组合设计原则, 合理确定基层类型和面层类型。

7.3.2 沥青加铺层可设双层或三层沥青面层, 至少有一层采用密级配沥青混合料, 视具体情况增加调平层或补强层等。加铺层厚度不宜小于 120mm。

7.3.3 加铺层结构厚度设计应按 JTG D50 中的新建路面设计方法进行,以共振碎石化层顶面的综合回弹模量预估代表值作为设计参数。

7.3.4 当通过实测确定的共振碎石化层顶面的综合回弹模量计算值与综合回弹模量预估代表值的差值大于 20MPa 时,应修正沥青路面加铺层厚度设计。

7.4 水泥混凝土路面加铺层设计

7.4.1 水泥混凝土路面加铺层结构应按 JTG D40 中水泥混凝土路面规定的结构组合设计原则,合理确定基层类型和面层类型。

7.4.2 共振碎石化层加铺水泥混凝土路面,应在碎石化层与加铺层之间设置沥青混合料隔离层。

7.4.3 加铺层一般采用普通水泥混凝土,厚度不宜小于 220mm。

7.4.4 加铺层结构厚度设计应按 JTG D40 中的新建路面设计方法进行,以共振碎石化层顶面的综合回弹模量预估代表值作为设计参数。

7.4.5 当通过实测确定的共振碎石化层顶面的综合回弹模量计算值与综合回弹模量预估代表值的差值大于 50MPa 时,应修正水泥混凝土路面加铺层厚度设计。

7.4.6 加铺层的接缝设计和配筋设计应按新建水泥混凝土面层的要求确定。

8 施工质量检查与验收

8.1 共振碎石化施工质量检查验收包括碎石化层质量检查验收和加铺层质量检查验收两方面。

8.2 碎石化层质量检查验收主要以碎石化层顶面弯沉值的均匀性为验收指标,应满足 $C_i \leq 0.35$ 的要求。平整度、横坡及高程等其他常规指标应按照 JTG F80/1 验收。

8.3 加铺层质量检查验收按照 JTG F80/1、JTG E60、JTG F40 和 JTG/T F30 的相关规定执行。
