

DB61

陕西省地方标准

DB 61/T 1613—2022

公路路面病害冲击映像技术检测规程

Testing Specifications of Impact Imaging Method for Highway Pavement Distress

地方标准信息服务平台

2022 - 10 - 12 发布

2022 - 11 - 12 实施

陕西省市场监督管理局

发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 仪器设备.....	3
5 检测流程与方法.....	4
6 数据分析与评价.....	5
7 检测报告.....	7
附录 A（规范性）仪器设备示意图.....	8
附录 B（规范性）标定.....	9
附录 C（规范性）记录用表.....	10

地方标准信息服务平台

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：中交高新科技产业发展有限公司，江苏筑升土木工程科技有限公司。

本文件主要起草人：赵杨东、冯少孔、陈峰、赵文琛、翟敏刚、李翔、邵雪军、金小勇、许润、张杰、吴凯、彭冬、宫少博、袁剑锋、沈飞峰、翟振涛、赵邦皓、杜冰、任青。

本文件由中交高新科技产业发展有限公司负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：中交高新科技产业发展有限公司

电话：029-89565735

地址：陕西省西安市高新区纬二十六路169号中交科技城11号楼16层

邮编：710065

地方标准信息服务平台

公路路面病害冲击映像技术检测规程

1 范围

本文件规定了冲击映像技术检测公路路面病害的仪器设备、检测流程与方法、数据分析与评价及检测报告的要求。

本文件适用于各等级公路路面病害的检测。

2 规范性引用文件

本文件无规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语适用于本文件。

3.1

冲击映像法 impact imaging method

基于弹性波动场特征，通过击打路面，激发弹性波动场，分析波场能量特征规律，识别并判定公路路面病害的方法。

3.2

激发点 shot point

激发装置的作用点，也称击打点。

3.3

检波点 receiver point

检波器的设置点。

3.4

检测点 detecting point

激发点与检波点的中点。

3.5

偏移距 offset

激发点与检波点间的距离。

3.6

测线 testing line

由检测点构成的检测路径。

3.7

测区 testing zone

可以进行冲击映像技术施测的路面范围，可指定或随机布置一个或若干个测区。

3.8

耦合底座 coupling base

用于使检波器与地面紧密接触的装置。

3.9

点式检测 point test

使用单个检波器检测的方式。

3.10

阵列检测 scanning type

使用多个检波器组成阵列的检测方式。

3.11

冲击响应波形 impact response waveform

由激发装置锤击产生的弹性波波形。

3.12

冲击响应强度 impact response intensity

冲击响应波形的平均振幅。

3.13

冲击响应强度基准值 reference value of impact response intensity

与测区路面结构相同的无病害测区的冲击响应强度平均值。

3.14

冲击响应强度指数 impact response intensity index

检测点冲击响应强度与冲击响应强度基准值的比值，是表征病害对波动场放大效应的参数。

3.15

冲击力度基准值 reference value of impact force

与测区路面结构相同的无病害测区的冲击力度平均值。

3.16

冲击力度影响系数 influence coefficient of impact force

检测点冲击力度与冲击力度基准值的比值。

4 仪器设备

4.1 一般规定

- 4.1.1 仪器设备应包括激发装置、检波器、数据采集模块、数据处理模块和辅助设备，仪器设备连接见图 A.1。
- 4.1.2 仪器设备在使用前应进行检定校准。
- 4.1.3 仪器设备在使用、运输和保管过程中应采取防水、防潮、防暴晒、防冰冻和防振动等措施。
- 4.1.4 辅助设备主要为数据传输电缆、触发器和电源。

4.2 激发装置

- 4.2.1 激发装置宜采用圆头钢锤、橡胶锤、电磁锤等，应安装力传感器。
- 4.2.2 圆头钢锤直径宜为 3 cm~5 cm，重量宜为 1 kg~2 kg。
- 4.2.3 电磁锤应具有可靠、稳定的冲击力，吸合力宜为 100 kN~200 kN，行程宜为 5 cm~10 cm，构造见图 A.2。
- 4.2.4 力传感器的量程不应小于 50 kN，线性度不应大于 1%。

4.3 检波器

- 4.3.1 宜采用垂直方向的速度型或加速度型检波器。
- 4.3.2 固有频率宜为 4 Hz~100 Hz，工作范围宜为 100 Hz~4000 Hz。
- 4.3.3 采用阵列检测时，检波器之间的固有频率、灵敏度和阻尼系数的偏差不大于 5%。

4.4 数据采集模块

- 4.4.1 数据采集模块的通道不低于 4 通道。
- 4.4.2 数据采集模块的动态范围不低于 90 dB；模数转换（A/D）的位数不低于 16 位。
- 4.4.3 在 5 Hz~5000 Hz 范围内，数据采集模块具有平坦的频率响应曲线。
- 4.4.4 数据采集模块最高采样频率不应低于 40 kHz。
- 4.4.5 采集软件应具有设置采样间隔、记录长度和激发方式等参数，实时显示背景噪音、冲击响应波形和采集系统工作状态界面，实时记录冲击力度、冲击响应波形等功能，宜具有超量程报警功能。

4.5 数据处理模块

- 4.5.1 应具有预处理、波形处理、频谱分析、归一化处理、响应强度计算等功能，宜具有流程化快速处理功能。
- 4.5.2 应具有记录、保存处理流程和处理参数的功能，宜具有与 Surfer、CAD 等专业作图软件的数据接口。
- 4.5.3 应具有计算检测点（或测线）在指定时间段（或频率段）波形特征值的功能，宜具有计算病害面积、占比等功能。
- 4.5.4 应具有显示点布图、分布云图等功能，宜具有三维显示功能。

4.6 辅助设备

- 4.6.1 数据传输电缆应采用屏蔽电缆，具备良好的绝缘、抗环境电磁干扰性能。
- 4.6.2 触发器应具有良好的灵敏度、稳定性和抗干扰能力。
- 4.6.3 耦合底座质量不应小于 1 kg，且具有良好的滑动、耐磨性能。

5 检测流程与方法

5.1 检测准备

- 5.1.1 现场踏勘应包括下列主要内容：交通流量、场地条件、干扰震源和电磁干扰等。
- 5.1.2 资料收集包括但不限于：
 - a) 检测路段新建、改造阶段的勘察、设计、检测报告等；
 - b) 检测路段日常养护的台账、技术状况调查与评定报告等；
 - c) 与检测工作相关的其他资料。
- 5.1.3 仪器设备安装调试：
 - a) 应检查仪器设备的外观、连接情况，保证稳定、牢固；
 - b) 应检查检波器、多通道数据采集模块等的一致性；
 - c) 应识别检测路段典型干扰信号。
- 5.1.4 采集参数设置：
 - a) 采样时间间隔应根据路面结构确定，沥青路面采样间隔不大于 500 μs ，混凝土路面采样间隔不大于 50 μs ；
 - b) 记录长度不短于 0.1 s；
 - c) 采集参数在检测过程中应保持不变。
- 5.1.5 检测实施前，应制定检测方案，方案应包括：
 - a) 检测路段各阶段资料分析、现场踏勘情况等；
 - b) 检测要求、目的、内容、依据和重难点分析等；
 - c) 测区划分、数据采集、处理分析方法等；
 - d) 工作量评估与进度计划；
 - e) 仪器设备、人员安排、安全保障措施等。
- 5.1.6 标定：
 - a) 选取无病害测区和典型病害测区，见附录 B；
 - b) 应测定冲击力度基准值、冲击响应强度基准值；
 - c) 应测定典型病害测区的冲击力度、冲击响应强度，并计算各典型病害的冲击响应强度指数；
 - d) 采用探地雷达、钻孔和内窥镜等验证手段，形成“冲击响应强度指数—路面病害类别”对照表。

5.2 测区布点

- 5.2.1 划分测区：
 - a) 以测区为单位进行现场检测，同一测区内路面结构应相同；
 - b) 测区长度宜为 100 m~200 m，不足 100 m 的应按一个测区计。
- 5.2.2 布设测线、测点：
 - a) 测线应平行于道路纵断面，阵列检测测线间距不大于 0.5m，宜按等间距布设；
 - b) 激发点和检波点，应不跨越施工缝、变形缝等路面结构变化位置；
 - c) 偏移距应不大于检测深度；
 - d) 检波点与测区边界的最小距离，应不小于偏移距；
 - e) 点式检测检测点沿测线逐点布设，阵列检测检测点宜根据测线布设为矩形阵列，检测点间距应不大于 0.5m，见图 1。

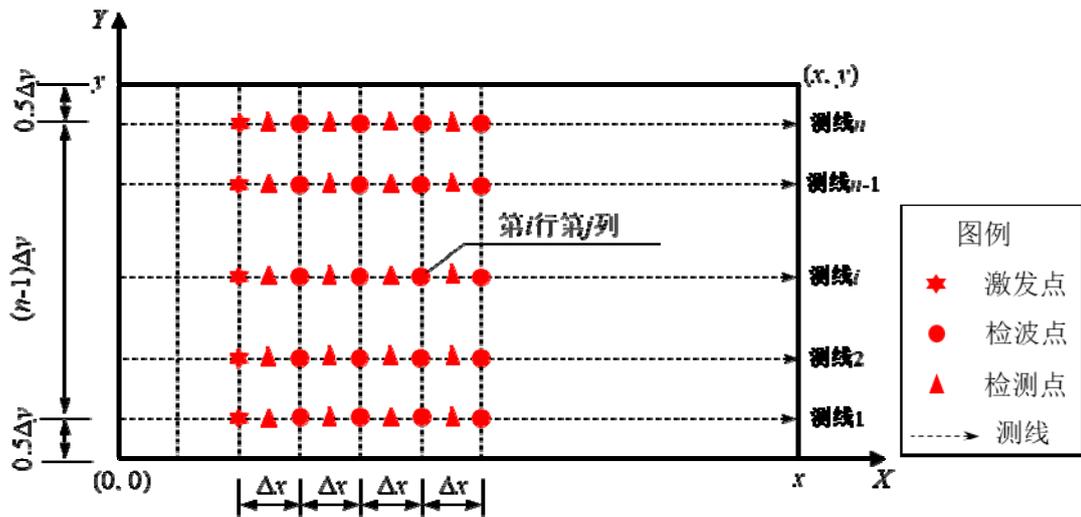


图1 阵列检测测线、测点布设平面示意图

5.3 检测作业

- 5.3.1 激发装置应垂直于路面快速击打，不得二次激发。
- 5.3.2 人工激发采用钢锤和橡胶锤，锤击时激发装置的起落高度、速度等应保持基本一致。
- 5.3.3 机械激发采用电磁锤，锤击时可调节冲击力度和偏移距。
- 5.3.4 应采集连续、完整的波形，并实时进行冲击响应波形评价，见图2。
- 5.3.5 数据异常时应重新检测或补测。
- 5.3.6 现场记录应符合表 C.1、C.2 的要求。

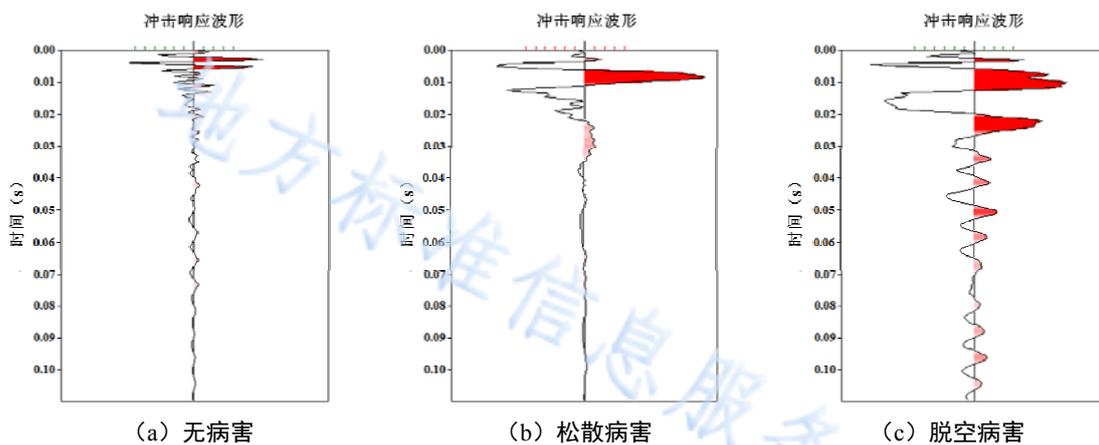


图2 不同状况的典型波形示例

6 数据分析与评价

6.1 数据处理

- 6.1.1 数据处理前，应进行资料整理，包括：绘制测线、检测点平面布设图、数据文件整理等。

- 6.1.2 原始数据的整理和编辑，应以测线为单位，包括：剔除无效数据，输入检测点坐标信息等。
- 6.1.3 应通过波形处理，去除干扰信号，提高信噪比，包括：噪音分析、时窗设计和滤波器设计。
- 6.1.4 应通过归一化处理，消除冲击力度的误差对响应强度的影响。
- 6.1.5 冲击力度基准值按公式（1）计算。

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=b, j=a} K_{ij}}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- \bar{K} ——冲击力度基准值，单位kN；
- m, n ——测区纵向、横向的检测点数量，单位个；
- i, j ——检测点位置编号，表示第 i 行第 j 列， $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ ；
- K_{ij} ——第 i 行第 j 列的检测点冲击力度，单位 kN；
- N ——测区检测点总数，单位个， $N=m \cdot n$ 。

- 6.1.6 冲击力度影响系数按公式（2）计算。

$$k_{ij} = \frac{K_{ij}}{\bar{K}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- k_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击力度影响系数；
- K_{ij} ——第 i 行第 j 列的检测点冲击力度，单位 kN；
- \bar{K} ——冲击力度基准值，单位 kN。

- 6.1.7 冲击响应强度按公式（3）计算。

$$A_{ij} = \frac{\sum_{s=1}^{s=n} |F_s|}{k_{ij}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- A_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击响应强度，单位 cm/s^2 或 cm/s ；
- n ——采样点数，单位个；
- s ——记录时长内的采样点数， $s=1, 2, \dots, n-1, n$ ，单位个；
- F_s ——采样点冲击响应波形的振幅，单位 cm/s^2 或 cm/s ；
- k_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击力度影响系数。

- 6.1.8 冲击响应强度基准值按公式（4）计算。

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=b, j=a} A_{ij}}{N} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- \bar{A} ——检测路段冲击响应强度的标准值，单位 cm/s^2 或 cm/s ；
- m, n ——测区纵向、横向的检测点数量，单位个；
- i, j ——检测点位置编号，表示第 i 行第 j 列， $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ ；
- A_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击响应强度，单位 cm/s^2 或 cm/s ；

N ——测区检测点总数，单位个， $N=m \cdot n$ 。

6.1.9 冲击响应强度指数按公式（5）计算。

$$I_{ij} = \frac{A_{ij}}{A} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

I_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击响应强度指数；

A_{ij} ——第 i 行第 j 列检测点的冲击响应强度，单位 cm/s^2 或 cm/s ；

A ——检测路段冲击响应强度的标准值，单位 cm/s^2 或 cm/s 。

6.1.10 对进行冲击力度归一化之后的冲击响应波形，进行快速傅里叶（FFT）变换，计算其卓越频率和病害埋深。路面病害埋深按公式（6）计算。

$$H = \frac{v}{2f} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

v ——纵波波速，单位 m/s ；

f ——卓越频率，单位 Hz ；

H ——病害埋深，单位 m 。

6.2 结果分析

6.2.1 采用“冲击响应强度指数—路面病害类别”对照表，对公路路面病害检测结果进行分析。

6.2.2 结果判定为病害时，应按照相关规范进行验证。

6.2.3 编制病害统计表，见表 C.3。

7 检测报告

7.1 检测报告应根据任务要求、工程特点和工程地质条件等具体情况编写。

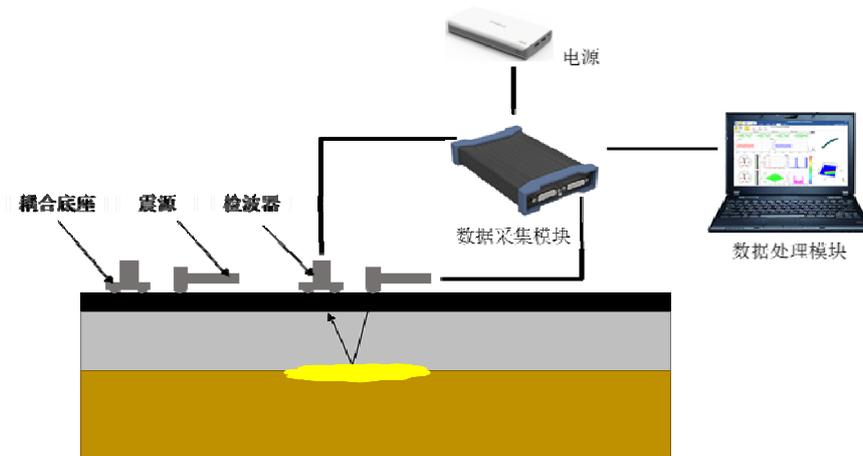
7.2 检测报告应包括但不限于下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 检测目的、要求；
- c) 检测内容、范围和依据等；
- d) 检测方法；
- e) 检测结果，包括冲击响应强度和卓越频率、频谱峰值点布图、冲击响应强度分布云图、冲击响应强度指数分布云图、病害平面分布图、深度推断图和病害统计表、检测结论等；
- f) 附图和附表。

附录 A
(规范性)
仪器设备示意图

A.1 检测仪器设备连接

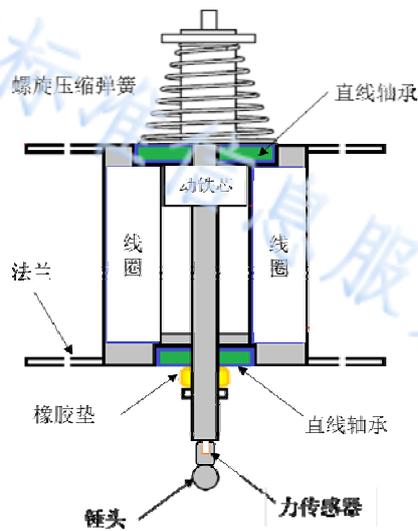
冲击映像技术检测仪器设备连接见图A.1。



图A.1 仪器设备连接示意图

A.2 电磁锤构造

冲击映像技术检测电磁锤构造见图A.2。



图A.2 电磁锤构造示意图

附录 B
(规范性)
标定

B.1 标定方式

按照下列方式选定标定测区：

- a) 采用路面技术状况（PQI）调查、探地雷达和取芯法，综合选定标定测区；
- b) 路面技术状况评定为优或良，且雷达图像同相轴连续、波形结构规则，选定为无病害测区；
- c) 雷达图像同相轴不连续、波形结构杂乱、不规则，选定为松散病害测区；
- d) 雷达图像同相轴错断，存在反射界面，或取芯芯样不连续，选定为脱空病害测区。

B.2 测区数量

测区数量不少于3处，且每处不少于64个检测点。

地方标准信息服务平台

附录 C
(规范性)
记录用表

C.1 点式检测公路路面病害原始记录表

表C.1 冲击映像技术检测公路路面病害原始记录表（点式检测）

项目名称			检测路段	
委托单位			测区号	
检测单位			测线	
检测日期			起点坐标/终点坐标	
天气			测点间距/偏移距	
测点序号	测点位置	测点编号	有效性	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
测线（检测点）布设示意图：				
检测：	校核：	审核：	第 页 共 页	

C.2 阵列检测公路路面病害原始记录表

表C.2 冲击映像技术检测公路路面病害原始记录表（阵列检测）

项目名称			检测路段	
委托单位			测区号	
检测单位			阵列形式	例如 6 列×2 排
检测日期			横向间距/纵向间距	例如 0.5m/0.5m
当日天气			测点间距/偏移距	
阵列序号	阵列位置	测点编号	有效性	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
测线（检测点）布设示意图：				
检测：	校核：	审核：	第 页 共 页	

C.3 病害统计表

表C.3 病害统计表

项目名称				检测路段			
委托单位							
检测单位							
序号	病害编号	中心位置		病害区域情况			
		里程桩号	车道编号	长度 (m)	宽度 (m)	面积 (m ²)	病害类别
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
备注:							
制表:		校核:		审核:		第 页 共 页	

地方标准信息服务平台