

公路工程钢质护栏立柱埋深（冲击弹性波） 无损检测技术规程

Technical specification for nondestructive testing of buried depth (impact elasticity wave) of sSteel guardrail column in highway engineering

2022 - 06 - 23 发布

2023 - 01 - 01 实施

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 基本要求	2
5 检测方法和工作流程	3
6 检测结果评判	5
7 检测报告	5
附录 A（资料性）立柱标称波速的标定	7
附录 B（规范性）传感器的安装	8
附录 C（规范性）激振系统的安装	9
附录 D（规范性）检测记录表	10

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。

本文件由江西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江西交通职业技术学院、江西交苑公路工程试验检测中心、四川升拓检测技术股份有限公司、江西省公路工程检测中心、上海先行建设监理有限公司、江西道桥教育科技有限公司。

本文件主要起草人员：温永华、邓超、吴琼、张远军、林俊、李仙仙、莫海云、宋喻、裴丽娜、王立军、涂映颖、刘令令、刘建忠、王慧君、魏小红、潘鹏、彭志云、胡胜荣。

公路工程钢质护栏立柱埋深（冲击弹性波）无损检测技术规程

1 范围

本文件规定了钢质护栏立柱埋深无损检测的范围、规范性引用文件、术语和定义、基本要求、检测方法和工作流程、检测结果评判、检测报告以及文件附录。

本文件适用于公路工程钢质护栏立柱埋深冲击弹性波法无损检测。

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。

JIG 173 钢制护栏立柱埋深冲击弹性波检测仪

JTG/T D81 公路交通安全设施设计规范

JTG F71 公路交通安全设施施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冲击弹性波 Impact elasticity waves

冲击作用下质点的振动以波动形式传播，在弹性范围内产生的运动，亦称应力波。

3.2

标称波速 Nominal wave velocity

通过冲击弹性波在已知长度的标准立柱中的传播时间计算得出的波速。

3.3

弹性波反射法 Elastic wave reflection method

在立柱顶端施加瞬态冲击，引发立柱内部质点的振动，形成沿立柱长度方向传播的弹性波，在到达立柱底面时，由于介质差异产生反射回波。通过实测反射回波在立柱中的传播时间和标称波速，计算得出立柱总长度，实现对立柱埋置深度评价的检测方法。

3.4

测线 Survey line

沿立柱的长度方向，传感器与激振点的连线称为测线。

3.5

有效波形 Valid signal

在分析时间范围内信号应满足起始波形完整清晰、反射回波信号电压幅值大于现场噪音电压幅值5倍以上、波形幅值整体呈衰减趋势几点要求。

3.6

公路护栏立柱埋深检测仪 Deepness detector for roadway guardrail column

满足行业标准JIG 173《钢制护栏立柱埋深冲击弹性波检测仪》中规定条件的检测设备。

4 基本要求

4.1 一般规定

4.1.1 冲击弹性波反射法适用范围如下：

- 1) 适用于总长度为 5.0m 以内的钢质护栏立柱检测；
- 2) 适用于未经加长、加厚的钢质护栏立柱检测；
- 3) 适用于柱帽可拆卸的钢质护栏立柱检测。

4.1.2 冲击弹性波无损检测方法适用于按照 JTG/T D81 设计，JTG F71 要求施工的钢质护栏立柱的埋置深度检测。

4.1.3 冲击弹性波无损检测方法适用于使用年限不超过 5 年的打入式钢质立柱，超过 5 年的应通过拔桩尺量的方法验证方法的适用性。

4.1.4 当被检立柱处于强振动、强电场和强磁场等特殊环境时，不宜采用冲击弹性波法。

4.2 标称波速的确定

根据立柱的材质、规格和工程环境确定立柱的标称波速，标称波速获取宜参照附录 A 执行。

4.3 抽检频率

4.3.1 抽检应以每 1km 为一个检验批次，且每个检验批次的抽样应覆盖每侧的立柱。

4.3.2 高等级公路、一级公路的立柱，每检验批抽样频率应不低于 10%，且应按照每 5 根一组，每 10 组抽检一组的方式检测。

4.3.3 对于一级以下公路的立柱，每检验批抽样频率应不低于 3%，宜采用随机抽检的方式检测。

4.3.4 对于连续下坡、路基高填方、线形指标偏低等特殊路段，单侧抽检频率不低于 25%、中央分隔带单侧不低于 10%，且应按照每 5 根形成 1 组，按组抽检的方式检测。

4.4 检测方法测量精度要求

4.4.1 总长度大于 2.0m 的单根钢质护栏立柱总长度平均测量误差应优于 $\pm 4\% \times L$ ，总长度小于 2.0m 的单根钢质护栏立柱总长度平均测量误差应优于 $\pm 80\text{mm}$ 。

4.4.2 测试误差不符合 4.4.1 的要求时，应增加波速标定，或拔桩尺量进行波速校准。

4.5 检测步骤

4.5.1 安装激发与接收装置。

4.5.2 冲击弹性波反射法宜采用端发侧收的方式。安装激振装置时，应拆除柱帽，除去端面焊渣、锈渍、镀层等，打磨平整，并保持激振装置的激振点与传感器在同一测线上，同时避开立柱的螺孔和焊缝的轴向位置，以及激振点与检测面应充分接触。安装激发与接收装置宜按附录 B、附录 C 执行。

4.5.3 根据立柱现场实际情况，合理设置激励载荷、采样时长、增益倍数等参数。

4.5.4 信号激振装置产生激励信号，利用传感器对反射回波信号进行拾取。

4.5.5 通过采集与分析软件对接收到的信号进行采集、存储、分析、处理，记录检测信号波形，提取信号特征。每根立柱的有效波形数量应不少于 5 个，且有较好的一致性。

5 检测方法和工作流程

5.1 检测方法

5.1.1 钢质护栏立柱埋置深度检测应采用冲击弹性波反射法。

5.1.2 冲击弹性波反射法检测钢质护栏立柱埋置深度测试应按图 1 进行。立柱测试总长度 L 按式 (2) 计算，立柱测试埋置深度 H 按式 (3) 计算。立柱顶端到地表面长度 $L_{外}$ 及传感器 1 至立柱顶端长度 L_1 通过钢卷尺测量得出，精确至 0.01m。

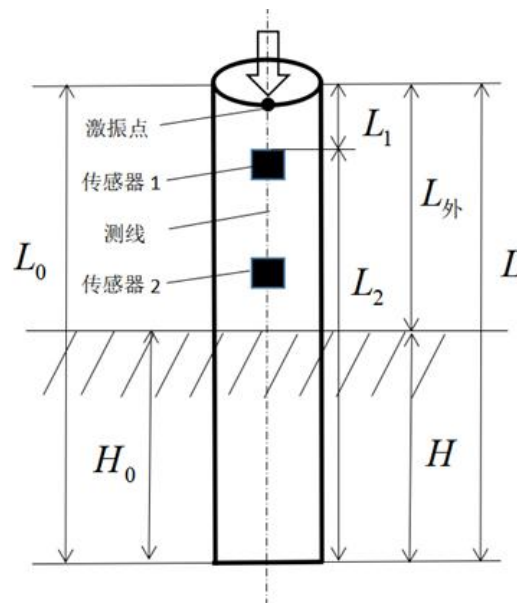


图 1 立柱埋置深度测试示意图

$$L_2 = (C \times T) / 2 \text{ 或 } L_2 = C / 2f \dots\dots\dots (1)$$

$$L = L_1 + L_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$H = L - L_{外} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C ——标称波速，单位为米每秒 (m/s)；

T ——冲击弹性波在立柱中的传播时间，单位为毫秒 (ms)；

f ——频率 $1/T$ ，单位为千赫兹（kHz）；

L ——立柱测试长度，单位为米（m）；

H ——立柱计算埋入深度，单位为米（m）；

$L_{外}$ ——立柱外露测量长度，单位为米（m）；

L_1 ——传感器 1 距立柱顶端距离，为 0.1m；

L_2 ——传感器 1 距立柱底部距离，单位为米（m）；

5.2 检测前的准备

5.2.1 调查工程现场，收集工程设计图纸、施工工艺、施工记录，调查现场环境条件、现场地质条件，了解立柱相关参数、埋设条件、柱帽状态等情况。

5.2.2 根据调查结果，制定检测方案。

5.3 检测流程

5.3.1 现场检测工作检测流程应按图 2 进行。

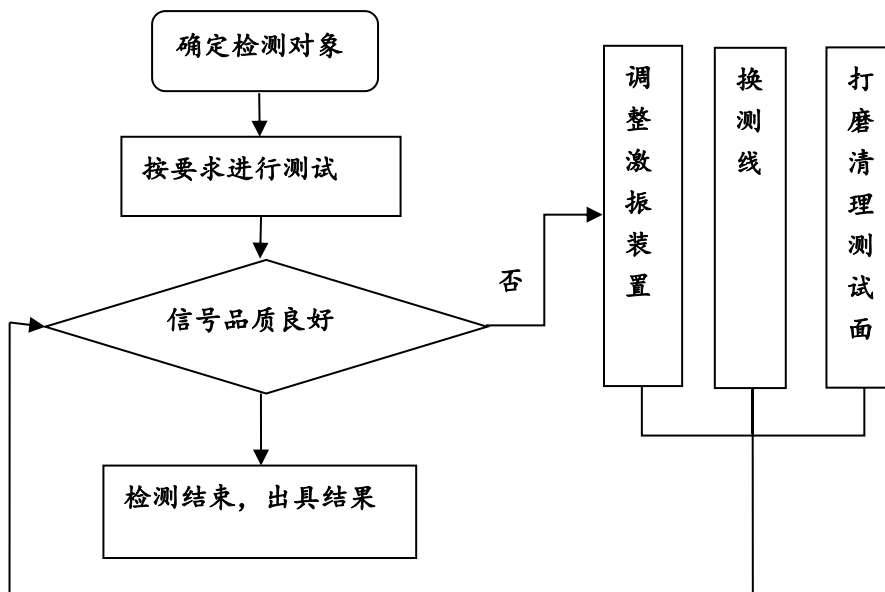


图 2 检测工作流程

5.4 数据处理

5.4.1 单根立柱长度数据中大于 2 倍标准差的单个检测值应予以舍弃，其余检测值的最优推定值作为检测结果，精确至 0.01m。

5.4.2 单根立柱的测试总长度相对偏差按下式计算：

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

δ ——总长度相对偏差值；

L_0 ——立柱设计长度，单位为米（m）；

5.4.3 单根立柱的计算埋置深度绝对偏差按下式计算：

$$\Delta H = H - H_0 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

ΔH ——埋置深度绝对偏差，单位为米（m）；

H_0 ——立柱设计埋置深度，单位为米（m）；

6 检测结果评判

6.1 单根立柱评判

总长度大于 2.0m 的单根钢质护栏立柱测量总长度不小于设计长度 96%，或总长度小于 2.0m 的单根钢质护栏立柱测量总长度相对设计长度偏短量小于 80mm，可评判为合格。

6.2 检验评判

检验批按照表 1 进行评判

表 1 立柱测试分级判定表

序号	检验批平均测试值与设计值的对比情况,即: $X=(\text{平均值}-\text{设计值})/\text{设计值} \times 100\%$	分级	检验批评价结果及补充说明
1	$X \geq -2\%$ ，且每根立柱合格	I 类	合格
2	$-2\% > X \geq -4\%$ ，且埋深合格	II 类	抽取 3 根测试最短立柱进行拔柱验证,若满足设计要求,则该检验批立柱判定合格,否则判定不合格。
3	$X < -4\%$ ，或埋深不合格	III 类	不合格

7 检测报告

7.1 检测报告应用词规范，结论明确，文字简练。

7.2 检测报告数据样式参见附录 D。

7.3 检测报告宜包含以下内容：

- a) 工程概况；
- b) 委托单位、设计单位、施工单位及监理单位名称；
- c) 检测单位名称、检测依据、设备型号等；

- d) 检测原因、检测目的、检测项目、检测方法、检测位置、检测数量等；
- e) 检测结果、评判结论；
- f) 检测日期、报告完成日期；
- g) 异常情况说明等附件。

附 录 A
(资料性)
立柱标称波速的标定

A.1 被检立柱具有如下一项或多项特征时，应对立柱的标称波速进行实测标定：

- 1) 被检立柱埋设时间大于 3 年。
- 2) 被检立柱表面喷塑。
- 3) 被检立柱内部或外部埋设条件为全混凝土或砂浆时。
- 4) 被检立柱出现明显锈蚀时。

A.2 对立柱标称波速进行标定，应按以下步骤进行：

- 1) 获取标定立柱的实际长度。
- 2) 按照检测设备要求连接并安装传感器、安装激振系统、连接检测设备及采集记录信号。
- 3) 记录的有效波形不少于 5 次。
- 4) 按式 A.1 计算立柱的标称波速。
- 5) 每次测试数据的标称波速与平均值的差不超过平均值的 5%，取标称波速平均值作为该批次立柱的标称波速值。

$$C = 2L_0 / T \text{ 或 } C = 2L_0 \times f \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

C ——标称波速，单位为米每秒 (m/s)；

T ——冲击弹性波在立柱中的传播时间，单位为毫秒 (ms)；

f ——频率 $1/T$ ，单位为千赫兹 (kHz)；

L_0 ——标准立柱的长度，单位为米 (m)；

A.3 当不能获取标定立柱的实际长度时，可采用推荐波速 5180m/s 的速度作为该批次立柱的标称波速。

附 录 B
(规范性)
传感器的安装

B.1 测线

测线的选择应遵循如下规定：

- 1) 测线选择时应避开立柱的螺孔、焊缝。
- 2) 测线宜选择端面（立柱上沿）未卷曲、平整处。
- 3) 测线应与立柱的轴线方向平行。

B.2 传感器安装位置

传感器安装位置的选择应遵循如下规定，安装示意图参见图B.2：

- 1) 传感器到立柱顶端距离是指从立柱水平端面到传感器最近接触位置的直线距离；
- 2) 两个传感器的出线方向应一致，且其轴线方向应与立柱长度方向平行；
- 3) 与触发频道（CH0）连接的传感器安装的位置距立柱顶端为 0.1m；
- 4) 与接收频道（CH1）连接的传感器安装的位置距立柱顶端为 0.6m。

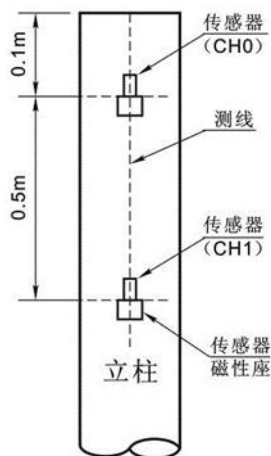


图 B.1 传感器的安装示意图

附 录 C
(规范性)
激振系统的安装

C.1 自动激振装置的安装

自动激振安装应按照如下规定：

- 1) 若立柱安装有柱帽，需要移开柱帽，用打磨工具将立柱端面打磨平整；
- 2) 传感器磁性座的弧面与立柱之间应尽量吸附紧密，且弧面的纵轴线应保证与立柱轴线平行；
- 3) 橡胶帽的中心线应通过立柱壁厚中心线，且尽量靠近测线，如图 C.1 所示；
- 4) 橡胶帽需要与立柱上沿平整接触。

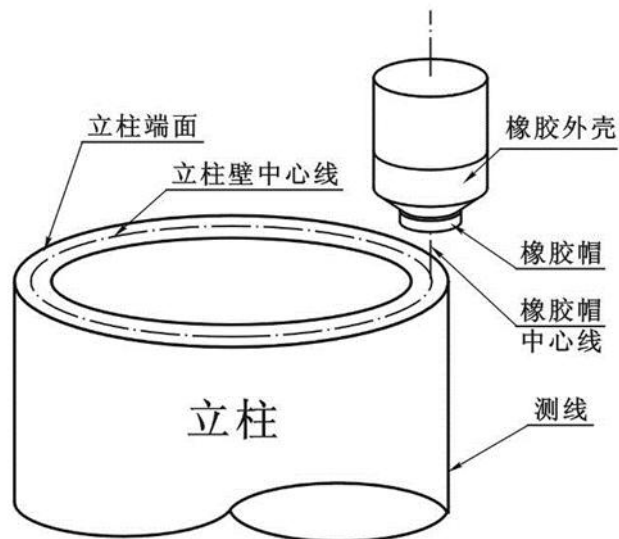


图 C.1 激振装置安装示意图

附 录 D
(规范性)
检测记录表

表 D.1 _____至_____公路钢质护栏立柱埋置深度无损检测记录表

共____页 第____页

记录单位:

记录编号:

工程名称				完工时间		
立柱类型	<input type="checkbox"/> 圆形立柱 <input type="checkbox"/> 方形立柱			桩号范围		
检测条件	温度: 风速:			检测方法		
设备仪器名称				仪器编号		
检测依据						
序 号	桩 号	埋置介质	设计埋置深度 (m)	设计立柱总长度 (m)	实测立柱外露长度 (m)	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
备注						

注1: 埋置介质主要包括土、石、土石混填及混凝土。

检测人:

复核人:

日期: 年 月 日