

ICS 93.080

CCS P66

团 体 标 准

T/GDHS 012—2024

公路波形梁钢护栏工程质量现场测试规程

Code of field test for engineering quality of corrugated beam
steel guardrail on highway

2024 - 08 - 14 发布

2024 - 08 - 14 实施

广东省公路学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
4.1 测试环境	2
4.2 测试阶段工作内容	2
5 测试方法	2
5.1 外观质量	2
5.2 波形梁板基底金属厚度	3
5.3 立柱基底金属壁厚	5
5.4 防阻块基底金属厚度	6
5.5 镀（涂）层厚度	6
5.6 横梁中心高度	7
5.7 立柱中距	8
5.8 立柱垂直度	9
5.9 立柱外边缘距土路肩边线距离	10
5.10 立柱埋置深度	10
5.11 螺栓终拧扭矩	12
6 记录和报告	12
6.1 检测记录	12
6.2 检测报告	13
附录 A（资料性） 波形梁钢护栏立柱埋置深度冲击弹性波法现场检测记录表	14
参考文献	15

前 言

本文件按照GDHS-BZBX-01-2021《广东省公路学会标准编写规则》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这些专利的责任。

本文件由广东交科检测有限公司提出。

本文件由广东省公路学会归口。

本文件起草单位：广东交科检测有限公司、广东省交通运输建设工程质量事务中心、广州诚安路桥检测有限公司、广东省高速公路有限公司。

主编：温伟标

参加编写人员：张勇、廖荣、陶子政、唐振兴、吴晓生、廖舜亭、马扬业、邱金水、魏戈炜、刘钊、程俭廷、胡朝辉、李志鹏

主审：张永刚

参加审查人员：闫书明、黄强、洪显诚、李海军、刘经法、林晓峰、何惟煌、刘永翔、杨力、王佳胜、庄明融

引 言

波形梁钢护栏是应用最为广泛的公路交通安全防护设施，其工程质量对于行车安全至关重要。目前《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671—2021）、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）、《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220-2020）和《公路工程竣（交）工验收办法实施细则》（交公路发〔2010〕65号）等对公路波形梁钢护栏工程质量检验的测试项目、检测频率、规定值或允许偏差均作出了明确的规定，但缺少现场测试的方法，这造成了不同检测单位、不同检测人员进行现场测试时的作业方式不统一，极大地影响了检测数据的有效性。为科学、规范指导公路波形梁钢护栏工程质量的现场测试工作，特制定本文件。

本文件是在总结广东省近年来开展公路波形梁钢护栏竣（交）工质量检验及养护工程质量检验现场测试工作经验和吸纳国内公路波形梁钢护栏工程质量现场测试方法最新研究成果的基础上编写而成。

请各有关单位在执行文件过程中将发现的问题和意见及时反馈至广东交科检测有限公司（地址：广州市白云区钟落潭镇广从八路1180号，邮政编码：510550），以便修订时研用。

公路波形梁钢护栏工程质量现场测试规程

1 范围

本文件确立了公路波形梁钢护栏工程质量现场测试的程序。

本文件适用于公路两波形梁钢护栏、三波形梁钢护栏工程质量的现场测试，其他类似构件工程质量的现场测试可参照使用。

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。

GB/T 15729 手用扭力扳手通用技术条件

GB/T 24967 钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

外观质量 appearance quality

通过观察和必要的量测所反映的波形梁钢护栏外在质量。

3.2

波形梁板基底金属厚度 corrugated beam plate base metal thickness

波形梁钢护栏梁板防腐处理前的厚度。

3.3

立柱基底金属壁厚 column base metal wall thickness

波形梁钢护栏立柱防腐处理前的厚度。

3.4

镀（涂）层厚度 coating thickness

波形梁钢护栏钢构件防腐层的厚度。

3.5

横梁中心高度 center height of beam

波形梁钢护栏梁板中心距设计基准线的高度。

3.6

立柱中距 distance between columns

波形梁钢护栏相邻两立柱中心轴线间的距离。

3.7

立柱竖直度 uprightness of column

波形梁钢护栏立柱相对于铅垂方向的偏差度。

3.8

立柱外边缘距土路肩边线距离 distance between the outer edge of the post and the side line of the dirt shoulder

立柱外边缘到土路肩边线或桥梁外边缘的最短水平距离。

3.9

立柱埋置深度 Depth of column embedment

波形梁钢护栏立柱埋入基础（土基或混凝土）中的深度。

3.10

螺栓终拧扭矩 bolt final twist torque

波形梁钢护栏在安装中连接螺栓、拼接螺栓最终拧紧扭矩。

3.11

钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波法 impact elastic wave-based embedding depth measurement apparatus for steel guard rail post

采用冲击弹性波测量仪，测量冲击弹性波在钢质护栏立柱中的传播时间，计算出立柱总长，反算出立柱埋置深度的测量方法。

3.12

标称波速 nominal wave velocity

检测时采用的弹性波在立柱中的传播速度，主要受弹性波波长、立柱材质、规格等因素影响。

4 基本规定

4.1 测试环境

4.1.1 测试环境温度宜为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。特殊温度下测试，环境温度应满足设备正常工作温度范围。

条文说明

温度变化对波形梁钢护栏梁板、立柱、量测仪器设备均有影响，影响测试数据的可靠性； $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 是大部分设备工作温度范围，且 40°C 是户外作业的温度上限。

4.1.2 测试工作不应在强风、雨雾、振动等环境下进行。

条文说明

强风、雨雾、振动对现场测试工作开展不利，且存在人员、设备安全风险。

4.2 测试阶段工作内容

4.2.1 公路波形梁钢护栏工程质量现场测试工作一般分为测试前准备、现场测试、测试结果分析 3 个阶段。

4.2.2 测试前准备阶段工作内容应包括：

- a) 技术资料收集。包括：工程项目概况、设计图纸、车流量状况等；
- b) 测试方案编制。根据测试对象、波形梁钢护栏数量、实测项目、检测频率等，编制现场测试方案；
- c) 前期准备。在确认测试方案后，进行检测人员组织、交底，仪器设备筹备等工作。

4.2.3 现场测试阶段工作内容应包括：

- a) 测试准备。包括设备检查、调试等；
- b) 现场测试。按照测试方案进行检测，记录各测点检测数据和相关信息。

4.2.4 测试结果分析阶段工作内容应包括：

- a) 数据处理。对检测数据进行计算、分析、处理；
- b) 报告编制。根据检测数据统计分析，得出检测结论，编制公路波形梁钢护栏工程质量检测报告。

5 测试方法

5.1 外观质量

5.1.1 外观质量的测试方法应采用目测，可辅以量测。

5.1.2 外观质量应检查以下内容：

- a) 检查波形梁钢护栏的类型、等级和各构件的安装是否满足设计文件要求；
- b) 检查波形梁钢护栏总体线形与公路线形是否协调，有无明显凹凸、起伏现象；
- c) 检查各构件表面色泽是否均匀一致，防腐涂层是否完整，构件有无锈蚀痕迹；
- d) 检查波形梁钢护栏梁板是否翘曲、变形，接头是否平顺，搭接方向是否正确；
- e) 检查立柱及柱帽安装是否牢固，立柱顶部是否有明显塌边、变形、开裂等缺陷；

- f) 检查梁板、立柱是否有现场焊割、钻孔等情况；
- g) 检查螺栓类型、规格是否正确，螺栓是否缺漏，安装是否紧固；
- h) 立柱基础处理是否符合要求：位于土基中的立柱，立柱周边填土是否平整密实；预留套筒或钻孔施工的立柱，立柱周边孔隙是否回填捣实；采用法兰基础的立柱，法兰焊缝外观是否存在明显缺陷。

条文说明

波形梁钢护栏外观质量是波形梁钢护栏工程质量的基本要求，同时也是开展波形梁钢护栏实测项目质量检验的基础。

5.2 波形梁板基底金属厚度

5.2.1 波形梁板基底金属厚度的测量方法应采用板厚千分尺法或超声波测厚仪法。

5.2.2 测试设备应符合下列要求：

- a) 板厚千分尺：分辨力不低于 0.001mm，弓深不小于 50mm；
- b) 涂层测厚仪：分辨力不低于 1 μm；
- c) 普通型超声波测厚仪：分辨力不低于 0.01mm，声速范围 1000m/s~9999m/s，具有良好的稳定性；
- d) 其他辅助工具：记号笔、钢直尺、耦合剂等。

条文说明

目前超声测厚仪的型号较多，根据测量原理大致分为两种类型，即普通型和穿透型。普通型是测量发射脉冲和一次底面回波之间的时间差（包含构件涂层厚度），穿透型是测量两个连续底面回波之间的时间差（不包含涂层厚度），由于梁板镀锌层厚度较薄，一般在（84~150）μm 范围内，穿透型较难有效识别其厚度，测量误差较大。

5.2.3 准备工作应包括：

- a) 测试前将仪器设备及配套的校准厚度块置于现场环境同条件预热 5min~10min，消除或减少环境对测试结果的影响。
- b) 板厚千分尺使用前应进行零位校验。
- c) 普通型超声波测厚仪应通过与被检构件相同材质的校准厚度块或现场用板厚千分尺核验进行声速校验。
- d) 涂层测厚仪应采用厚度与被测构件涂层厚度相近的校准片进行校验。

条文说明

设备校验是正式开展现场测试前一项非常重要的准备工作，考虑到超声波脉冲在不同介质中传播速率的不同，在使用超声波测厚仪检测波形梁钢护栏梁板厚度时，采用与被检构件相同材质的校准厚度块或板厚千分尺核验的方法来进行声速校验，保证测试结果的准确性。涂层测厚仪往往配备有不同厚度规格的校准片，校验时采用厚度相近的校准片进行校验，确保测试结果的可靠性。

5.2.4 板厚千分尺法测试波形梁板基底金属厚度应符合下列要求：

- a) 在抽取的每片波形梁板平缓部位选取 4 个测点，板左侧一点、中部两点，右侧一点，测点宜在距边部 50mm 处，测点分布位置示例如图 1。测点表面应平整光滑、清洁干燥，用记号笔标记好测点位置；

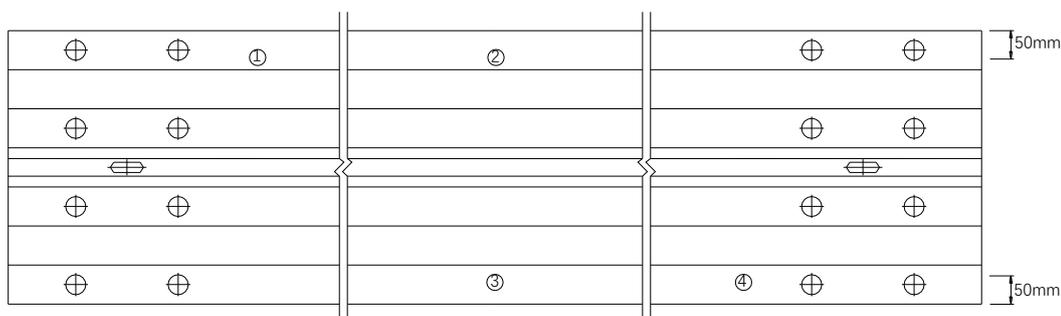


图1 板厚千分尺法测试波形梁板基底金属厚度测点分布示例图

- b) 转动千分尺微分筒，扩大测砧与测微螺杆间距，夹入波形梁板，调整千分尺位置，使测微螺杆能落在标记测点处，缓慢旋紧微分筒至测微螺杆及测砧分别与波形梁板测点两侧接触，待数值稳定，读取千分尺刻线或显示屏读数即为该测点波形梁板总厚度值 t_0 ，精确至0.001mm；
- c) 移走千分尺，将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测点处，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测点正、反面各测3次，取3次测试结果的平均值作为该标记测点正、反面涂层厚度值 t_1 、 t_2 ，精确至 $1\mu\text{m}$ ；
- d) 重复步骤b)~c)，测出其他3个标记测点的波形梁板总厚度及正、反面涂层厚度值；
- e) 测点处波形梁板基底金属厚度按公式(1)计算。

$$t = t_0 - (t_1 + t_2) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- t ——测点波形梁板基底金属厚度 (mm)；
- t_0 ——测点波形梁板总厚度 (mm)；
- t_1 、 t_2 ——测点波形梁板正、反面涂层厚度 (μm)；

- f) 以梁板4个测点基底金属厚度的算术平均值作为该波形梁板基底金属厚度值，结果保留两位小数。

条文说明

波形梁钢护栏拼接安装后，拼接部位梁板基底金属厚度测试受限，现场测试的测点分布区别于《波形梁钢护栏 第1部分：两波形梁钢护栏》(GB/T 31439.1)和《波形梁钢护栏 第2部分：三波形梁钢护栏》(GB/T 31439.2)梁板基底金属厚度“四点法”的测点位置分布，故采用板厚千分尺法现场测试时，测点选取在梁板的上部和下部便于测试位置，板左侧一处、中部两处，右侧一处。

5.2.5 超声波测厚仪法测试波形梁板基底金属厚度应符合下列要求：

- a) 在抽取的每片波形梁板平缓部位选取4个测点，板左侧一点、中部两点，右侧一点，测点宜距边部不少于50mm处，测点分布位置示例如图2。测点表面应平整光滑、清洁干燥，用记号笔标记好测点位置；

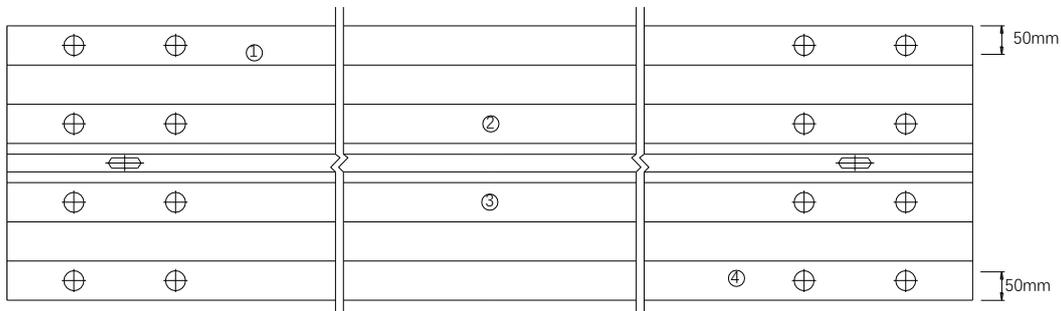


图2 超声波测厚仪法测试波形梁板基底金属厚度测点分布示例图

- b) 将超声波测厚仪探头涂上适量耦合剂后垂直贴紧标记好的测点表面，待数值稳定后，读取数值，精确至0.01mm；每个测点应采用单点相互垂直测试2次，取其最小值作为该点超声波检测厚度值 t_c ；
- c) 将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测点处，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测点正、反面各测3次，取3次测试结果的平均值作为该标记测点正、反面涂层厚度值 t_1 、 t_2 ，精确至 $1\mu\text{m}$ ；
- d) 重复步骤b)~c)，测出其他3个测点的波形梁板超声波检测厚度值及正、反面涂层厚度值；
- e) 测点波形梁板基底金属厚度按公式(2)计算：

$$t = t_c - (t_1 + t_2) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- t ——测点波形梁板基底金属厚度 (mm)；
- t_c ——测点波形梁板超声波检测厚度 (mm)；
- t_1 、 t_2 ——测点波形梁板正、反面涂层厚度 (μm)。

- f) 以梁板 4 个测点基底金属厚度的算术平均值作为该波形梁板基底金属厚度值，结果保留两位小数。

5.2.6 当测试结果发生争议时，以板厚千分尺法作为仲裁试验方法。

条文说明

超声波测厚仪是根据超声波脉冲反射原理来进行厚度检测的，当探头发射的超声波脉冲通过被测物体到达材料分界面时，脉冲被反射回探头，通过精确测量超声波在材料中传播的时间来确定被测材料的厚度。超声波脉冲的传播速度、脉冲接收受影响因素较多，如接触面粗糙度、耦合剂、材料内部缺陷、构件表面覆盖层、环境温度等，因此当超声波测厚仪测试结果与板厚千分尺测试结果发生争议时，以板厚千分尺法作为仲裁试验方法。

5.3 立柱基底金属壁厚

5.3.1 立柱基底金属壁厚的测试方法应采用板厚千分尺法或超声波测厚仪法。

5.3.2 测试设备和准备工作应符合 5.2.2 和 5.2.3 的要求。

5.3.3 板厚千分尺法测试立柱基底金属壁厚应符合下列要求：

- 在抽取的每根立柱上选取 3 个测点，测点应距立柱端口不少于 50mm，圆管立柱测点宜沿环向均匀分布，方管立柱测点宜分布在三个侧壁上；测点应避开塌边变形、焊缝等部位，测点表面应平整光滑、清洁干燥，用记号笔标记好测点位置；
- 旋动千分尺微分筒，扩大测砧与测微螺杆间距，夹入立柱，调整千分尺位置，使测微螺杆能落在标记测点处，缓慢旋紧微分筒至测微螺杆及测砧分别与立柱测点两侧接触，待数值稳定，读取千分尺刻线或显示屏读数即为该测点立柱总壁厚 t'_0 ，精确至 0.001mm；
- 移走千分尺，将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测点处，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测点处内、外壁各测 3 次，取 3 次测试结果的平均值作为该标记测点内、外壁涂层厚度值 t'_1 、 t'_2 ，精确至 1 μ m；
- 重复步骤 b) ~ c)，测出其他 2 个标记测点立柱总厚度和立柱内、外壁涂层厚度；
- 测点处立柱基底金属壁厚按公式 (3) 计算；
- 以立柱 3 个测点基底金属壁厚的算术平均值作为该根立柱基底金属壁厚值，结果保留两位小数。

$$t' = t'_0 - (t'_1 + t'_2) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- t' ——测点立柱基底金属壁厚 (mm)；
 t'_0 ——测点立柱总厚度 (mm)；
 t'_1 、 t'_2 ——测点立柱内、外壁涂层厚度 (μ m)。

5.3.4 超声波测厚仪法测试立柱基底金属壁厚应符合下列要求：

- 超声波测厚仪法测试. 立柱基底金属壁厚测点分布同 5.3.3，测点表面应平整光滑、清洁干燥，必要时应清除测点表面异物，用记号笔标记好测点位置；
- 选取大小合适的超声波测厚仪探头，在探头涂上适量耦合剂，将探头垂直贴紧标记好的测点表面，读取数值，精确至 0.01mm；每个测点应采用单点相互垂直测试 2 次，取较小值作为该点超声波检测厚度值 t'_c ；
- 将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测点处，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测点处内、外侧各测 3 次，取 3 次测试结果的平均值作为该标记测点内、外侧涂层厚度值 t'_1 、 t'_2 ，精确至 1 μ m；
- 现场不具备立柱内侧涂层厚度检测条件时，可仅测立柱外侧涂层厚度，计算时内侧涂层厚度参照外侧涂层厚度取值。
- 重复步骤 b) ~ c)，测出其他 2 个测点的立柱超声波检测厚度值及内、外侧涂层厚度值；
- 测点处立柱基底金属壁厚按公式 (4) 计算；
- 以立柱 3 个测点基底金属壁厚的算术平均值作为该立柱基底金属壁厚值，结果保留两位小数。

$$t' = t'_c - (t'_1 + t'_2) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

- t' ——测点立柱基底金属壁厚 (mm)；

t'_c ——测点立柱超声波检测厚度 (mm)；

t'_1 、 t'_2 ——测点立柱内、外壁涂层厚度 (μm)。

5.3.5 当测试结果发生争议时，以板厚千分尺法作为仲裁试验方法。

5.4 防阻块基底金属厚度

5.4.1 防阻块基底金属厚度的测试方法应采用板厚千分尺法或超声波测厚仪法。

5.4.2 测试设备及准备工作应符合 5.2.2 和 5.2.3 的要求。

5.4.3 防阻块基底金属厚度测试应符合下列要求：

- 在抽取的每件防阻块上选取 3 个测点，测点应距边部 50mm 处，且在防阻块上均匀分布，测点应避开塌边变形、焊缝、螺孔等部位，测点表面应平整光滑、清洁干燥，用记号笔标记好测点位置；
- 用板厚千分尺或超声测厚仪测试标记测点防阻块的总壁厚，精确至 0.001mm；
- 将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测点处，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测点处内、外壁各测 3 次，取 3 次测试结果的平均值作为该标记测点内、外壁涂层厚度值，精确至 $1\mu\text{m}$ ；
- 重复步骤 b) ~ c)，测出其他 2 个标记测点防阻块总厚度和防阻块内、外壁涂层厚度；
- 以防阻块 3 个测点基底金属壁厚的算术平均值作为该件防阻块基底金属壁厚值，结果保留两位小数。

5.4.4 当测试结果发生争议时，以板厚千分尺法作为仲裁试验方法。

5.5 镀（涂）层厚度

5.5.1 测试设备应符合下列要求：

- 磁性涂层测厚仪：分辨力应不低于 $1\mu\text{m}$ ；
- 电涡流涂层测厚仪：分辨力应不低于 $1\mu\text{m}$ ；
- 辅助工具及试剂：记号笔，钢直尺、脱塑剂等。

5.5.2 准备工作应包括：

- 测试前将仪器设备及配套校准片置于现场环境同条件预热 5~10min，消除或减少环境对测试结果的影响；
- 涂层测厚仪应采用厚度与被测构件涂层厚度相近的校准片进行校验。

5.5.3 镀（涂）层厚度现场测试应符合下列要求：

- 波形梁板正、反面各选取 4 个测区，测区宜在距波形梁板边部不小于 50mm，测区分布位置示例图如图 3；立柱、防阻块、托架应在内、外壁各选取 3 个测区，测区应在构件上均匀分布；立柱外壁测区应均匀分布在立柱的上、中、下部，立柱内壁测区应在距端部 50mm 处环向均匀分布；每个测区面积约为 1cm^2 ，用记号笔标识好测区位置；

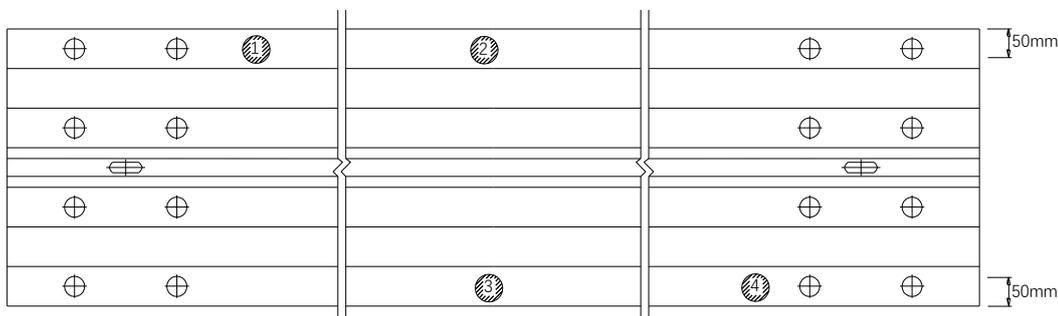


图3 波形梁板镀（涂）层厚度测点分布示例图（测区阴影）

- 测区应选在构件表面平整处，且应清除构件表面的灰尘、油脂、腐蚀物等；测区不宜靠近构件边缘、螺孔及构件界面内转角处，且应避开焊缝、腐蚀斑、锌瘤、氧化物等表面较粗糙位置；
- 将涂层测厚仪探头垂直放置于标记测区内，轻轻按压测头，读取涂层厚度值；每个标记测区测量 3 次，取 3 次测试结果的平均值作为该测区镀（涂）层厚度；

- d) 若测试对象为复合涂层且需要进行分层厚度测试时,宜按照下列方法之一进行测试:
- 1) 测试方法 1:先用磁性测厚仪测试测区镀(涂)层总厚度,再用电涡流涂层测厚仪测试该区域外涂层厚度,该测区总厚度减去外涂层厚度得到该测区内涂层厚度;
 - 2) 测试方法 2:用磁性测厚仪测试测区镀(涂)层总厚度后,对该测区进行脱层处理,对裸露的内涂层做适当清洁,再用磁性涂层测厚仪测试内涂层厚度,该测区总厚度减去内涂层厚度得到该测区外涂层厚度;
 - 3) 当两种方法测试结果发生争议时,以测试方法 2 作为仲裁试验方法。
- 5.5.4 测试结果计算及处理应符合下列要求:

- a) 测区镀(涂)层厚度按公式(5)计算:

$$t_{\text{涂}} = \sum_{i=1}^n t_i / n \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$t_{\text{涂}}$ ——测区镀(涂)层总厚度(μm);

t_i ——测区内第*i*次测量结果(μm);

n ——测区内测量次数。

- b) 复合涂层中内、外涂层厚度分别按公式(6)、公式(7)计算:

$$t_{\text{内涂层}} = t_{\text{涂}} - t_{\text{外涂层}} \dots\dots\dots (6)$$

$$t_{\text{外涂层}} = t_{\text{涂}} - t_{\text{内涂层}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$t_{\text{涂}}$ ——测区镀(涂)层总厚度(μm);

$t_{\text{内涂层}}$ 、 $t_{\text{外涂层}}$ ——分别为测区复合涂层中内、外涂层厚度(μm)。

- c) 以各测区镀(涂)层厚度的算术平均值作为单个构件的镀(涂)层厚度值,结果保留整数。

5.6 横梁中心高度

5.6.1 测试设备应符合下列要求:

- a) 钢卷尺:量程范围:0m~5m,分辨力不低于0.5mm;
- b) 其他辅助工具:水平尺。

5.6.2 横梁中心高度测试应符合下列要求:

- a) 每处取连续 5 跨护栏作为一个测试范围,测试 5 个横梁中心高度;
- b) 护栏横梁中心高度为护栏横梁中心距设计基准线的高度 H,横梁中心高度测试示例图如图 4 所示;设计基准线的选取遵循下列规定:
 - 1) 无路缘石、拦水带等构造物时,以护栏横梁竖向立面与路面的相交线为设计基准线;
 - 2) 有路缘石、拦水带等构造物,且靠近车流方向构造物面与护栏面重合时,以护栏横梁竖向立面与路面的相交线为设计基准线;
 - 3) 有路缘石、拦水带等构造物,且靠近车流方向构造物面与护栏面不重合时,以护栏面与构造物的相交线为设计基准线。
- c) 先把水平尺水平放在波形梁板上缘,用钢卷尺测量波形梁板上缘距设计基准线的高度 h_1 (或 h_3);
- d) 把水平尺水平放在波形梁板下缘,用钢卷尺测量波形梁板下缘距设计基准线的高度 h_2 (或 h_4);
- e) 每个测点横梁中心高度按公式(8)或公式(9)计算,结果保留整数。

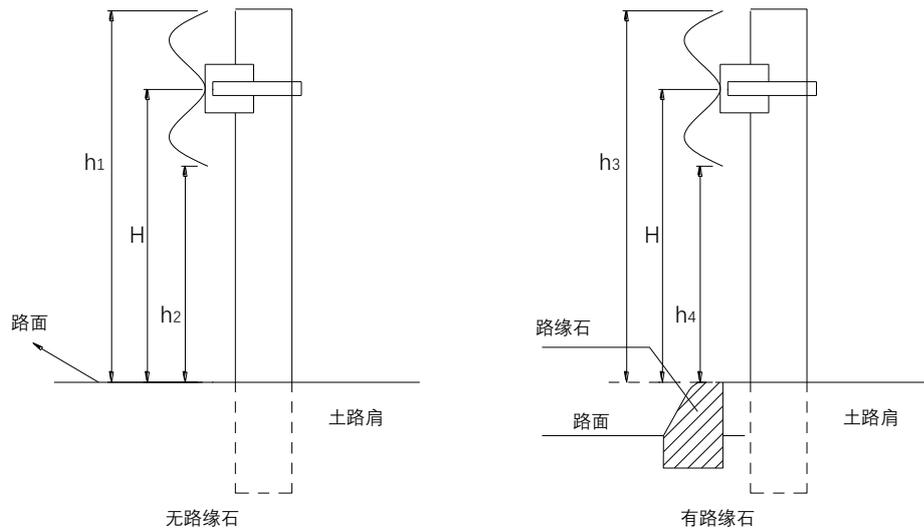


图4 波形梁钢护栏横梁中心高度测试示例图

$$H = (h_1 + h_2)/2 \dots\dots\dots (8)$$

$$H = (h_3 + h_4)/2 \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- H ——波形梁钢护栏横梁中心高度 (mm) ;
- h_1 ——波形梁板上缘距路面的高度 (mm) ;
- h_2 ——波形梁板下缘距路面的高度 (mm) ;
- h_3 ——波形梁板上缘距构造物顶面的高度 (mm) ;
- h_4 ——波形梁板下缘距构造物顶面的高度 (mm) 。

5.7 立柱中距

5.7.1 测试设备应符合下列要求:

- a) 钢卷尺: 量程范围: 0m~5m, 分辨力不低于 0.5mm;
- b) 游标卡尺: 量程范围: 0m~600mm, 分辨力不低于 0.1mm;
- c) 其他辅助工具: 记号笔等。

5.7.2 游标卡尺在使用前应先检查, 并进行零位校验。

5.7.3 立柱中距测试应符合下列要求:

- a) 立柱中距为相邻两立柱中心轴线间的距离, 测量示例图如图 5 所示, 每处取连续 5 跨护栏作为一个测试范围, 测试 3 个立柱中距;
- b) 先用钢卷尺在立柱高度中间位置测试相邻两立柱内边缘间的最小水平距离, 用游标卡尺分别测试相邻两立柱的外径 (或边长) Φ_1 、 Φ_2 ;
- c) 相邻两立柱的中距按公式 (10) 计算, 结果保留整数;

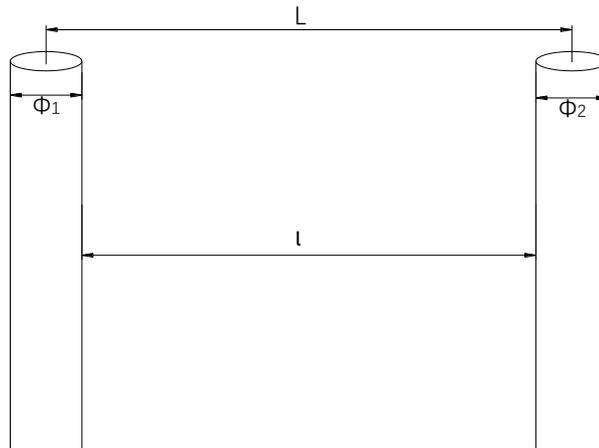


图5 立柱中距测试示例图

$$L = l + (\Phi_1 + \Phi_2) / 2 \dots\dots\dots (30)$$

式中：

- L——立柱中距（mm）；
- l ——相邻两立柱外边缘间的距离（mm）；
- Φ₁、Φ₂——相邻两立柱的外径（或边长）（mm）。

5.8 立柱竖直度

5.8.1 立柱竖直度的测试方法应采用垂线法或数显工程检测尺法。

5.8.2 测试设备应符合下列要求：

- a) 钢卷尺：量程范围：0m~5m，分辨力不低于 0.5mm；
- b) 钢直尺：量程范围：0m~300mm，分辨力不低于 0.5mm；
- c) 线锤：质量应按每 1m 检测高度 100g 取值，且不小于 500g，带磁性吸附功能；
- d) 数显工程检测尺：分辨力不低于 1mm。

5.8.3 立柱竖直度测试时，每处取连续 5 跨护栏作为一个测试范围，测试 3 根立柱，每根立柱应测试两个方向，即沿行车方向和垂直于行车方向。

5.8.4 垂线法测试立柱竖直度应符合下列要求：

- a) 垂线法测试立柱竖直度时，应避免铅锤线受到风、振动等外界影响而晃动；
- b) 将铅锤盒顺直吸附到测试立柱上，用钢卷尺以线锤为起点向下拉到设定高度 h_5 ，从铅锤盒底部拉出铅锤线至设定高度，如图 6 所示，用钢直尺测量锤尖到立柱壁的距离 L_1 ，精确至 1mm；

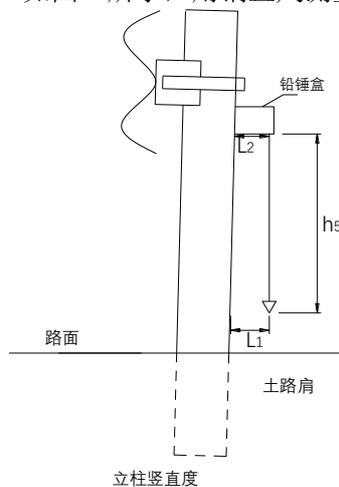


图6 立柱竖直度测试示例图

- c) 立柱竖直度 S 按公式 (11) 计算, 结果保留整数;
 d) 重复步骤 b)~c), 分别测出立柱两个方向的竖直度, 取两个方向的测试值作为该立柱竖直度测试结果, 精确至 1mm/m。

$$S = |L_1 - L_2|/h_5 \dots\dots\dots (41)$$

式中:

- S ——立柱竖直度 (mm/m);
 h_5 ——线锤的设定高度 (m);
 L_1 ——在设定高度范围内锤尖到立柱侧壁的水平距离 (mm);
 L_2 ——在设定高度范围内锤尖到磁铁边缘的水平距离 (mm)。

5.8.5 数显工程检测尺法测试立柱竖直度应符合下列要求:

- a) 将数显工程检测尺数值调整至需测试定尺长度 1m;
 b) 将数显工程检测尺沿行车方向和垂直于行车方向分别顺直放置于立柱测试面上, 并调整数显工程检测尺使垂直, 读取两个方向的竖直度值, 取两个方向的测试值作为测试结果, 精确至 1mm/m。

5.9 立柱外边缘距土路肩边线距离

5.9.1 测试设备应符合下列要求:

钢卷尺: 量程范围: 0m~5m, 分辨力不低于 0.5mm。

5.9.2 立柱外边缘距土路肩边线距离测试应符合下列要求:

- a) 每处取连续 5 跨护栏作为一个测试范围, 测试 3 根立柱;
 b) 用钢卷尺直接测量立柱外边缘距土路肩边线或桥梁外边缘的最短水平距离, 每根立柱测试 1 次, 测试结果精确至 1mm。

5.10 立柱埋置深度

5.10.1 立柱埋置深度的测试方法应采用拔桩法或冲击弹性波法。

5.10.2 测试设备应符合下列要求:

- a) 钢卷尺: 量程范围: 0m~5m, 分辨力不低于 0.5mm;
 b) 冲击弹性波检测仪: 应符合《钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪》GB/T 24967 的要求;
 c) 其他辅助工具: 记号笔、直尺等。

5.10.3 拔桩法测试立柱埋置深度应符合下列要求:

- a) 用钢卷尺测量立柱外露长度, 应在不同的位置测试 3 次, 取最大值作为该立柱的外露长度值 $d_{外}$, 精确至 1mm;
 b) 采用机械设备将立柱竖直拔出, 清除立柱埋入部分外壁存在的泥土、砂浆等附着物;
 c) 检查立柱管口有无塌边、变形、开裂等缺陷, 如有, 应重新选取立柱后再行拔出;
 d) 用钢卷尺测试拔出立柱长度, 在相互垂直的两个方向上各测试 1 次, 取 2 次测试结果的平均值作为立柱长度值 D , 精确至 1mm;
 e) 测试完成立柱长度后, 应将立柱重新埋入, 夯实整平立柱周围土体;
 f) 立柱埋置深度按公式 (12) 进行计算, 结果保留整数。

$$d = D - d_{外} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

- d ——立柱的埋置深度 (mm)
 D ——立柱的长度 (mm)
 $d_{外}$ ——立柱的外露长度 (mm)

条文说明

拔桩法虽然存在测试时间长、人工或机械成本高、立柱重新安装质量易受影响等问题, 但安装后的立柱作为隐蔽工程, 施工过程中可能因截短、端头卷曲等引起立柱埋置深度不足, 拔桩法借用机械或人工将立柱整根取出, 可直接测试立柱总长度, 方法直观、结果准确, 仍是目前测量立柱埋置深度最为有效、最为准确的测试方法。

5.10.4 冲击弹性波法测试立柱埋置深度应符合下列要求：

- a) 冲击弹性波法不适用于混凝土基础护栏立柱埋置深度测试；
- b) 冲击弹性波法测试立柱埋置深度时，周边应无强磁场、无较大振动和冲击，被检立柱应保持外露端管内无水及其它杂物；
- c) 测试之前应根据立柱的材质、规格和工程环境确定立柱的标称波速，标称波速应符合下列要求：
 - 1) 对于新安装立柱，同型号、同埋设方式等相同条件的立柱，宜拔出 1 根立柱测量长度，校验波速；当不具备校验条件时，采用《钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪》（GB/T 24967-2010）规定取标称波速为 5180 m/s；
 - 2) 在役路段立柱，标称波速应采用拔出立柱实测长度进行校验；
- d) 标称波速校验应按照《钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪》（GB/T 24967-2010）附录 A 进行；
- e) 冲击弹性波法测试立柱埋置深度可采用重复反射法（1 个频道）和单一反射法（2 个频道）进行测试，激振器及传感器安装采用端发端收（重复反射法）或端发侧收（单一反射法），如图 7 所示，激振采用自动激振装置激振或人工锤击两种方式；

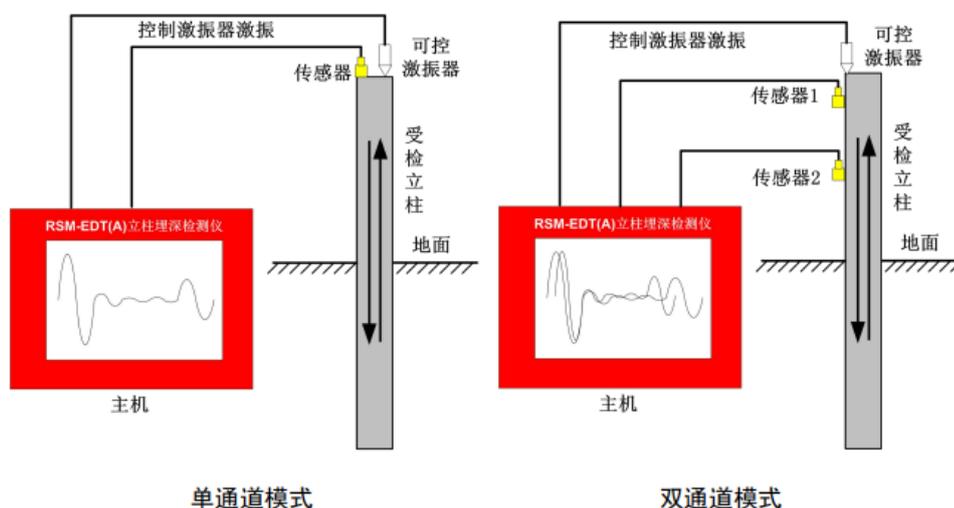


图7 冲击弹性波测试钢立柱埋置深度示例图

- f) 测试前应拆除柱帽，激振点应选在立柱壁厚的中心位置，清除激振点处立柱端口的焊渣、锈渍、镀层等，并打磨平整；
- g) 采用自动激振装置时，自动激振装置须与立柱上沿紧密接触，其中心线应通过立柱壁中心线，且尽量靠近测线；
- h) 加速度传感器安装点应清洁、干燥。采用端发端收方式安装加速度传感器时，加速度传感器宜靠近激振点；采用端发侧收方式安装加速度传感器时，两加速度传感器应在同一条测线上且与激振点同侧；测线应与立柱轴线方向一致，且应避开螺栓孔及焊缝；两传感器安装方向应一致，距离立柱顶部分别为 0.1m 和 0.6 m；
- i) 激振装置和传感器安装好后，进行开机预热。测试前应根据仪器使用说明设置各项参数并对环境噪声进行标定；
- j) 采用激振装置或人工锤击进行信号测试，测试不少于 3 个波形，其信噪比大于 10 倍，且信号一致性较好时，方可开始正式测试；信号不好时，可通过调节激振能量大小、变换测线、激振面处理等方式进行调整；
- k) 在立柱端口相互垂直的方向上选取 2 个测点，每个测点测量 5 个有效数据，结果精确至 1mm，可参考附录 A 记录现场测试数据，信息应详细、准确；

- 1) 以单根立柱 10 个测试数据的算术平均值作为立柱长度测试结果；当测量值与平均值之差大于 2 倍标准差时，则该测量值应舍弃，取剩余测量值的平均值作为立柱长度测试结果。单根立柱长度测试结果精确至 1mm。
- m) 按照 5.9.2 测得立柱外露长度，并计算测试立柱埋置深度，结果保留整数。

条文说明

冲击弹性波法是测试立柱埋置深度主要的无损检测方法之一，其利用弹性波的反射特性，根据校验所得的弹性波波速，并通过立柱底部的反射时刻进而推算立柱的长度及埋置深度。当立柱埋置于混凝土基础中时，由于反射面不清晰导致误差较大，因此冲击弹性波法不适用于混凝土基础护栏立柱埋置深度的测试。

5.10.5 当测试结果发生争议时，以拔桩法作为仲裁试验方法。

条文说明

波形梁立柱为中空结构，激振残留时间长且存在空腔共鸣，使激振信号衰减变慢，同时激振能量易逸散到周围土体中造成反射信号衰减较快，因此经常在激振信号尚未完全收敛之前，反射信号即已到来，大大增加了反射信号识别的难度，影响测试结果的准确性和可靠性。《钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪》（GB/T 24967-2010）规定了钢质护栏立柱埋置深度冲击弹性波检测仪的测试精度要求：在钢质护栏立柱弹性波波速经过事先标定的前提下，检测仪对已埋入地下的护栏立柱埋置深度测试时，平均测量误差优于±4%或不大于±8cm。实际测试过程中，外界环境（风速、振动、噪声等）、激振方式（激振能量、激振锤材质）、埋设介质（土、石、土石混填及混凝土）、立柱施工方式（打入、埋入）、立柱状态（与梁板连接方式、立柱底部是否卷曲）、立柱使用年限等因素均会影响波的传播进而影响测试精度，因此当对测试结果有争议或异议时，采用拔桩法复测，以拔桩法测试结果为最终检测结果。

5.11 螺栓终拧扭矩

5.11.1 测试设备应符合下列要求：

- a) 扭力扳手：螺栓终拧扭矩宜大于扭矩扳手最大扭力值的 20%且宜小于最大扭矩值的 80%，允许误差应符合《手用扭力扳手通用技术条件》（GB/T 15729）的有关规定；
- b) 其他辅助工具：活动扳手、记号笔等。

5.11.2 螺栓终拧扭矩测试应符合下列要求：

- a) 每处取连续 5 跨护栏作为一个测试范围，随机抽取 5 个螺栓作为测点，其中拼接螺栓和连接螺栓均不少于 2 个。
- b) 对已拧紧的螺栓，在螺杆端面和螺母上用记号笔画一条直线，用扳手将螺栓头部夹紧，然后将螺母拧松约 60°，以防止转动，再用扭矩扳手向拧紧方向缓慢而均匀地加力拧紧，使两线重合，读取扭矩值，即为该螺栓的终拧扭矩，精确至 1N·m。

条文说明

波形梁梁板通过拼接螺栓相互连接成纵向横梁，梁板由连接螺栓固定于防阻块、托架或横隔梁上，并与立柱连接，作为车辆碰撞时受力整体结构。波形梁护栏板在安装过程中需要不断进行调整，因此不能过早拧紧其连接螺栓和拼接螺栓，待调节完成后再按规定扭矩拧紧螺栓，实际施工过程中由于连接螺栓紧固受作业面限制，作业工人在安装过程中往往未能完全紧固，因此在螺栓终拧扭矩测试现场取点时拼接螺栓和连接螺栓均不少于 2 个。

6 记录和报告

6.1 检测记录

检测记录应包含但不限于以下内容：

- a) 检测方法；
- b) 主要仪器设备信息；
- c) 检测时间、地点；
- d) 检测环境条件；
- e) 测区、测点位置信息；
- f) 检测数据；

- g) 检测、记录人员信息。

6.2 检测报告

检测报告应包含但不限于以下信息：

- a) 项目概况；
- b) 委托单位信息；
- c) 检测依据（如设计、施工资料等）；
- d) 检测时间、地点；
- e) 主要仪器设备及编号；
- f) 检测内容与方法；
- g) 检测数据与分析；
- h) 附件（如现场检测图片等）。

附录 A

(资料性)

波形梁钢护栏立柱埋置深度冲击弹性波法现场检测记录表

表A.1给出了波形梁钢护栏立柱埋置深度冲击弹性波法现场检测记录表的参考样式。

表A.1 波形梁钢护栏立柱埋置深度冲击弹性波法现场检测记录表

实验室名称：

记录编号：

建设项目			委托单位			
单位工程			分部/分项工程			
试验环境			检测日期			
检测方法			主要仪器设备			
立柱类型		立柱规格		设计长度 (m)		
使用年限		埋设介质		标准波速标定值		
外观检查	立柱外观有□无□明显差异，立柱端头、螺栓孔有□无□明显切割、加工痕迹，柱内有□无□积水、杂物等。					
序号	立柱桩号	立柱位置	外露柱长 (m)	立柱长度 (m)	立柱埋置深度 (m)	击打端面特征描述
平均值		标准差		代表值		

检测： 记录： 复核： 日期： 年 月 日

参 考 文 献

- [1] GB/T 18226 公路交通工程钢构件防腐技术条件
 - [2] GB/T 31439.1 波形梁钢护栏 第1部分：两波形梁钢护栏
 - [3] GB/T 31439.2 波形梁钢护栏 第2部分：三波形梁钢护栏
 - [4] JB/T 6040 工程机械 螺栓拧紧力矩的检验方法
 - [5] JGJ 82 钢结构高强度螺栓连接技术规程
 - [6] JTG D81 公路交通安全设施设计规范
 - [7] JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
 - [8] JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
 - [9] JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
 - [10] JTG/T 3671 公路交通安全设施施工技术规范
-