

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2023

钢轨平直度自动检测设备评估技术指南

Technical Guide for the evaluation of automatic rail flatness testing equipment

征求意见稿

(本稿完成日期：2023年6月26日)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

| | |
|---------------------|---|
| 前 言 | I |
| 1 范围 | 2 |
| 2 规范性引用文件 | 2 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 设备构成 | 2 |
| 4.1 测量成像系统 | 3 |
| 4.2 机械结构 | 3 |
| 4.3 控制系统 | 4 |
| 4.4 标定系统 | 4 |
| 4.5 硬件系统 | 4 |
| 4.6 软件系统 | 4 |
| 4.7 电气系统 | 4 |
| 5 技术要求 | 4 |
| 5.1 使用环境及被测钢轨 | 4 |
| 5.2 检测要求 | 5 |
| 5.3 软件要求 | 5 |
| 6 评估 | 5 |
| 6.1 频次 | 5 |
| 6.2 方法 | 6 |
| 6.3 数据处理及判定 | 6 |
| 6.4 不合格处理 | 7 |
| 附 录 A （资料性） | 8 |

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。

本文件由中国交通运输协会新技术分会发起。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本技术指南起草单位：中铁物总技术有限公司、中铁物总运维科技有限公司、中铁物轨道科技服务集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司、中铁检验认证中心有限公司、鞍钢股份有限公司、包钢钢联股份有限公司、攀枝花钢钒有限公司、武汉钢铁有限公司、邯郸钢铁集团有限责任公司、中国铁路成都局集团有限公司、中国铁路北京局集团有限公司、中国铁路上海局集团有限公司、北京冶自欧博科技发展有限公司、海克斯康制造智能技术（青岛）有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司。

本技术指南主要起草人：刘懿乐、王启明、董华利、易军、王军平、许海龙、蒋俊、刘丰收、杨威、李闯、郭泽策、柳郁达、邓小和、梁婕、陈殿武、侯景利、贵瑶、王志、程皖南、丁静波、刘威、马东、唐杰、吕攀峰、杜秀峰、顾双全、马晓阳、张佳新、滕旭升、梁景文、邓国伟、马小华。

钢轨平直度自动检测设备评估技术指南

1 范围

本文件规定了钢轨平直度自动检测设备评估的设备构成、技术要求、评估等。
本文件适用于钢轨平直度在线自动检测设备的有效性评估。

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 4883 | 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理 |
| JJF 1097 | 平尺校准规范 |
| JJG 62 | 塞尺检定规程 |
| TB/T 2344.1 | 钢轨 第 1 部分：43kg/m~75kg/m 钢轨 |
| TB/T 2344.2 | 钢轨 第 2 部分：道岔用非对称断面钢轨 |

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 标定板

在一定形状平板的特定位置安装标定柱或采用白底黑色圆点，用以标定单个测量单元的内部参数。

3.2 标定尺

一段特定长度的直尺，用于标定多组传感器协同工作状态下的检测准确性。

3.3 钢轨规格

钢轨的断面型式尺寸，种类包括 43kg/m、50kg/m、60kg/m（含 60N）及 75kg/m（含 75N）等。

3.4 校准

将计量器具送至具有计量校准资质的单位确认其示值误差的操作。

4 设备构成

钢轨平直度检测设备利用光电测量原理获取运动钢轨轨头廓形，运用快速计算方法处理数据，消除钢轨运行中的运动干扰，提取轨头相应位置的数据，在长度方向连接形成平直度曲线，如图 1 所示，根据标准通过软件算法对钢轨平直度结果进行判定。钢轨平直度检测设备构成包括测量成像系统、机械结构、控制系统、标定系统、硬件系统、软件系统、电气系统等。

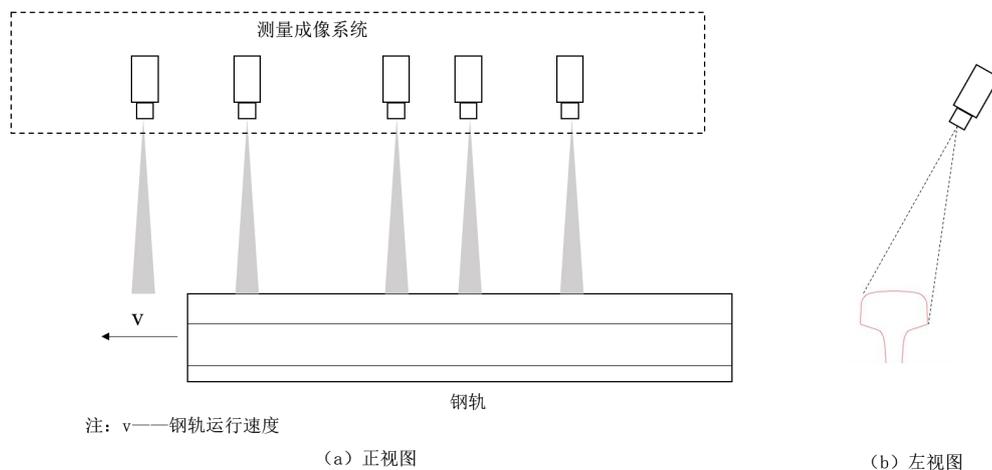


图1 钢轨平直度检测示意图

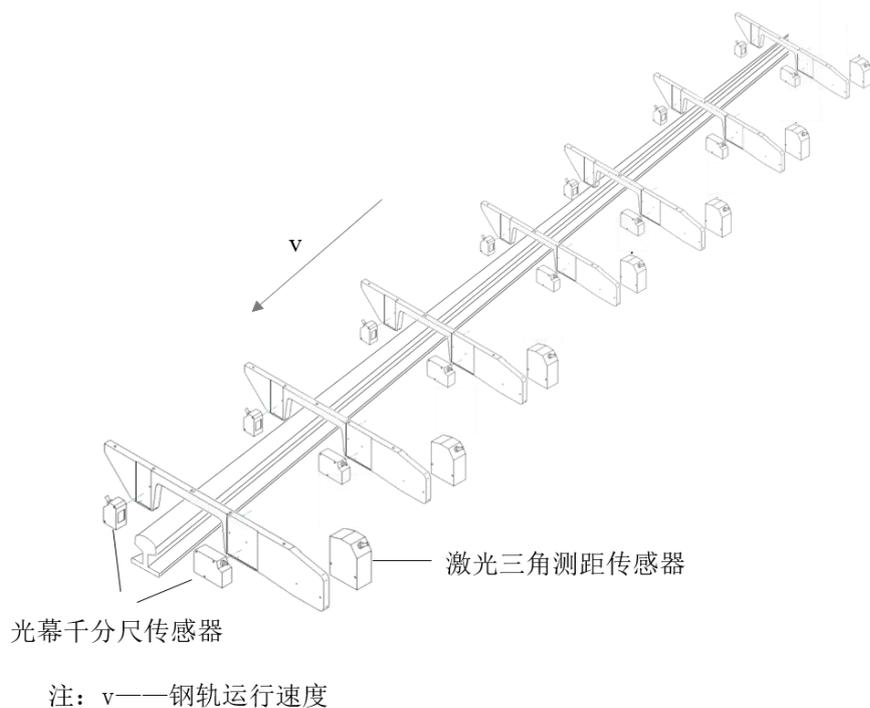


图2 具有垂直、水平测量传感器的钢轨平直度检测示意图

4.1 测量成像系统

- 4.1.1 测量成像系统包括测量单元、光电开关组件、编码器等。
- 4.1.2 具有至少 5 组测量单元，每组测量单元包括 1 个激光光源、1 台相机及固定调节装置等。
- 4.1.3 钢轨进出设备位置装有光电开关组件以控制测量单元工作状态。
- 4.1.4 具有至少 2 组编码器或 1 台激光测速测长仪以测量钢轨运行速度、钢轨长度等。

4.2 机械结构

- 4.2.1 机械结构包括框架、传送辊或传送链等。

4.2.2 框架结构应完整，各测量成像系统单元安装正常，无松动、变形等情况。

4.2.3 钢轨传送辊或传送链能够正常传动。

4.3 控制系统

4.3.1 能够控制测量成像系统正常工作。

4.3.2 能够控制传送辊或传送链启停，并调节传送速度。

4.3.3 能够通过测速测长系统实现成像系统拍摄频率的控制。

4.4 标定系统

4.4.1 标定系统包括标定板、标定尺及其安装支架等。

4.4.2 标定板应校准合格，并处于校准周期内。标定板校准周期不应大于十二个月。

4.4.3 标定时，标定板能够稳定放置在测量单元测量范围内。

4.4.4 标定尺工作面直线度应满足《平尺校准规范》（JJF 1097-2021）第 4.4 条款中 2 级精度要求，经校准合格，并处于校准周期内。标定尺校准周期不应大于十二个月。

4.4.5 标定时，标定尺能够稳定放置在测量单元测量范围内。

4.5 硬件系统

4.5.1 硬件系统包括计算机、服务器、网络接口等。

4.5.2 计算机应能正常输入、输出。

4.5.3 服务器能够对图像进行识别、处理、分析，并能储存至少 10 万支钢轨平直度检测结果。

4.5.4 网络接口能够与生产管理系统通讯，获取钢轨生产信息等。

4.6 软件系统

4.6.1 软件系统包括主程序、历史数据查询程序、标定程序、通讯模块等。

4.6.2 主程序测量控制、工作状态查看、参数设置、检测结果显示等功能能够正常使用。

4.6.3 历史数据查询程序搜索、查询历史数据等功能能够正常使用。

4.6.4 标定程序能够控制设备进行标定。

4.6.5 通讯模块能够接收生产管理系统传递的生产信息。

4.7 电气系统

4.7.1 电气系统包括电气柜、中继箱、线缆等。

4.7.2 电气系统应满足设备正常工作需求。

5 技术要求

5.1 使用环境及被测钢轨

5.1.1 测量环境温度应在-20℃~40℃。

5.1.2 被检测钢轨温度应不大于 70℃。

5.1.3 被检测钢轨表面应光洁，不得有水渍、结冰、附着物及其他影响测量结果的杂质等。

5.2 检测要求

5.2.1 测量单元有效视场范围 0.3~2m。

5.2.2 检测速度不大于 2.0m/s。

5.2.3 长度方向测量间隔应不大于 100mm。

5.2.4 重复精度应不大于 $\pm 0.04\text{mm}$ 。

5.2.5 测量误差应不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

5.2.6 定位偏差应不大于 $\pm 0.5\text{m}$ 。

5.2.7 因设备异常导致的测量偏差可通过平尺及塞尺测量确认或完成设备标定后再次复检。

5.3 软件要求

5.3.1 测量界面应包括参数设置、测量、标定、外部设备状态监控及历史查询等功能。

5.3.2 参数设置功能应能设置时间、钢轨规格、判定标准、检测钢轨炉号、流序号、钢轨长度、钢轨轨头平直度数据取点位置等参数。

5.3.3 设备时间与中国国家标准时间（北京时间）偏差应不超过 60s。

5.3.4 测量功能应包括自动测量模式及手动测量模式。

5.3.5 测量时显示实时测量进度。

5.3.6 应能对 1m、1.5m、3m 的平直度进行结果判定，判定时应测量模拟平尺与钢轨测量曲线间的最大内弦值，如图 3 所示。

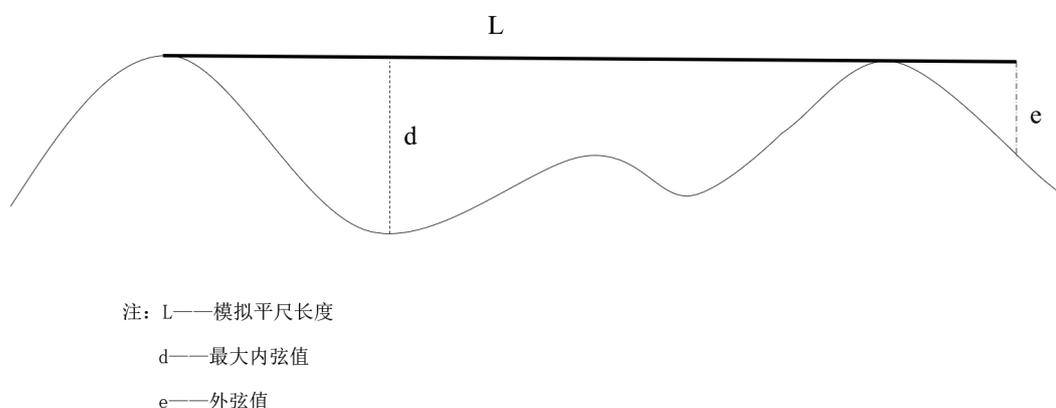


图 3 模拟平尺平直度结果判定示意图

5.3.7 单次测量结束后应显示平直度测量结果，并标注不合格区段。

5.3.8 可查看特定范围钢轨平直度曲线及结果判定。

5.3.9 测量结果信息应包括检测时间、检测标准、钢轨规格、钢轨炉号及流段号、钢轨长度、平直度测量结果等。

5.3.10 应能对单组测量单元或多组测量单元进行标定，标定结果应包括标定时间及结果判定。

5.3.11 能够通过检测时间、钢轨炉号及流段号等信息查询检测钢轨信息。

6 评估

6.1 频次

6.1.1 新设备首次使用前、设备维护或维修后、系统升级后。

6.1.2 正常使用每十二个月至少进行 1 次。

6.1.3 出现其他异常情况时。

6.2 方法

6.2.1 评估前应使用校准合格且在有效期内的标定板、标定尺对设备进行标定。

6.2.2 重复精度评估：采用同一支钢轨在相同检测速度下进行不少于 3 次检测，记录至少三个位置多次测量结果。

6.2.3 测量误差及定位误差评估：选用三支钢轨进行人工测量与设备测量结果比对，每支钢轨至少选择 3 个测量比对点，比对点的平直度数值宜大于 0.3mm，使用经校准合格的平尺（工作面直线度准确度等级 2 级）和塞尺测量所选比对点的平直度数值，使用校准合格且在有效期内的钢卷尺（分度值 1mm）或激光测距仪（显示分辨率 1mm）确认比对点距钢轨端部距离，分别记录人工测量与设备测量结果。

6.2.4 参照 6.3 进行数据处理及结果判定，重复精度、测量误差及定位误差评估记录见附录 A。

6.3 数据处理及判定

6.3.1 重复精度评估判定：计算同一位置测量结果的最大与最小值之差，不同位置最大、最小差值的平均值为评估的重复精度结果，如公式（1）所示，结果应符合 5.2.4 要求。

$$A_1 = \frac{\sum S_{i\max} - S_{i\min}}{n} \quad (1)$$

式中：

A_1 ——重复精度评估结果

$S_{i\max}$ ——第 i 个位置多次测量的最大值

$S_{i\min}$ ——第 i 个位置多次测量的最小值

n ——钢轨上的测量位置个数

6.3.2 测量误差评估判定：计算同一比对点人工测量与设备测量结果差值，所有比对点的差值的平均值为评估的测量误差结果，如公式 2 所示，结果应符合 5.2.5 所示。

$$A_2 = \frac{\sum C_{jr} - C_{js}}{m} \quad (2)$$

式中：

A_2 ——测量误差评估结果

C_{jr} ——第 j 个比对点人工测量结果

C_{js} ——第 j 个比对点设备测量结果

m ——比对点个数

6.3.3 定位误差评估：计算同一比对点人工测量位置与设备定位位置差值，所有比对点的差值的平均值为评估的定位误差结果，如公式 3 所示，应符合 5.2.6 所示。

$$D = \frac{\sum d_{jr} - d_{js}}{m} \quad (3)$$

其中：

D ——测量误差评估结果

d_{jr} ——第 j 个比对点人工定位距离

d_{js} ——第 j 个比对点设备定位距离

m ——比对点个数

6.3.4 测量过程中出现异常值时，参照标准 GB/T 4883-2008《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》中格拉布斯（Grubbs）检验法处理。

6.4 不合格处理

6.4.1 标定、评估不合格的，应将设备调整合格后，进行再次标定及评估。

6.4.2 评估不合格的设备不能用于平直度判定。

附录 A

(资料性)

钢轨平直度自动检测设备评估记录(推荐)

重复精度、测量误差及定位误差记录见表A.1。

表 A.1 钢轨平直度自动检测设备评估记录表

日期及时间:

单位:

设备编号:

| | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|-----|----------|--|----|--------|
| 平尺 | 编号 | 平尺规格 | | 精度等级 | | 校准合格证书编号 | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 塞尺 | 编号 | 量程 | | 校准合格证书编号 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 距离测量设备 | 编号 | 量程 | | 校准合格证书编号 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 重复精度评估 | | | | | | | | | |
| 钢轨炉号及流段号: | | | | | | | | | |
| 测量位置 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 最大值 | 最小值 | 差值 | 数据是否有效 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 评估结果 | 差值平均值: | | | 评定依据: $\leq \pm 0.04\text{mm}$ | | | 评估结论: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 | | |
| 测量精度评估 | | | | | | | | | |
| 钢轨炉号及流段号 | 测量位置 | 平尺长度 | 平尺测量结果 | 设备测量结果 | 差值 | 数据是否有效 | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 评估结果 | 差值平均值: | | | 评定依据: $\leq \pm 0.05\text{mm}$ | | | 评估结论: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 | | |
| 设备有效性评估结论: | | | | | | | | | |
| 钢轨炉号及流段号 | 人工定位位置 | 设备定位位置 | 差值 | 数据是否有效 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 评估结果 | 差值平均值: | | | 评定依据: $\leq \pm 0.05\text{mm}$ | | | 评估结论: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 | | |

测试人:

审核人:

注: 1. 测量位置填写应注明距钢轨一端的距离, 如距 A 端 30m;

2. 可根据实际需要, 在不改变表格式的基础上增加相应填写行数。