

中国交通运输协会团体标准

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）

编制说明

2023-06

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2022 年度中国交通运输协会团体标准申报工作的通知”（中交协秘字〔2022〕3 号）要求，由中铁物轨道科技服务集团有限公司主编单位，主持《钢轨平直度自动检测设备评估技术指南》编制工作。

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。

二、制订标准的必要性和意义

随着钢轨检测技术的不断发展，钢轨平直度的检测已经由人工测量逐步向自动化在线设备检测转变，从国内相关标准来看，钢轨平直度检测仅涉及到检测结果的判定要求，然而对于设备功能及精度要求，目前尚无明确的指导规范，因此有必要制定钢轨平直度自动检测设备评估技术指南，以便规范平直度自动检测设备的应用，保障钢轨平直度数值检测的准确性及有效性。本标准的制定是为了规定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，其适用于钢轨平直度在线自动检测设备的有效性评估。

三、主要工作过程

本技术指南在制定前充分征求了目前行业内两家平直度自动检测设备生产厂的意见，对其设备结构进行模块化分解，并结合标准要求提出了设备需要具备的基本功能。随后根据 TB/T2344.1-2020《钢轨 第 1 部分：43kg/m～75kg/m 钢轨》和 TB/T 2344.2-2020《钢轨 第 2 部分：道岔用非对称断面钢轨》对钢轨平直度的要求，以检测设备允许综合偏差最多不大于标准最小允许偏差的 1/3 原则确认了设备应达到的精度要求，同时针对目前行业内确认设备精度的方法进行了大量的试验及数据分析，最终形成相应的评估方案。结合以上调研情况及数据分析整理成该文件，并征求编写组单位及个人意见，形成该征求意见稿。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本技术指南制定的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，依据

TB/T 2344.1-2020《钢轨 第1部分：43kg/m～75kg/m 钢轨》；TB/T 2344.2-2020《钢轨 第2部分：道岔用非对称断面钢轨》标准中对钢轨平直度的基本规定要求，针对钢轨检查验收标准对平直度要求和平直度检测设备设计特点进行定义、描述和规范。

本技术指南编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

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

本规范直接引用了 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》异常数据格拉布斯检验法的条款，直接引用 TB/T2344.1-2020《钢轨 第1部分：43kg/m～75kg/m 钢轨》和 TB/T 2344.2-2020《钢轨 第2部分：道岔用非对称断面钢轨》关于平直度结果判定的条款，参考了 JJF 1097-2021《平尺校准规范》和 JJG 62-2017《塞尺检定规程》中关于工具精度要求的相关条款。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 总则

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 引用文件

本文件引用了下列文件中的内容，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。

标定板及标定尺是根据平直度检测设备工作原理而特别定制的标准件工具；校准的定义主要是为了说明该工作由第三方机构进行，以区别于设备采用标定板或标定尺进行自标定的操作。

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，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。

明确了设备的测量原理，并明确了设备需要完成平直度检测所必须具备的基本模块。

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。

明确了设备正常工作时环境及被测物需要达到的基本状态。

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。

明确了设备需要用于自动检测并判定钢轨平直度所必须具备的基本技术参数要求。其中重复精度及测量的误差确认是按照采用“1/3 原则”进行确认，即根据标准中最小的允许偏差为 0.2mm，以允许偏差半宽的 1/3 确认允许综合偏差为 0.04mm，通过试验确认设备最大重复精度为 0.04mm，并通过不确定度计算公式得到其测量误差不大于 0.05mm。

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。

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。

明确设备根据标准进行平直度检测判定时软件需要具备的基本功能，并明确了要实现检测结果追溯时软件的基本功能要求。

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。

根据设备的使用要求及日常使用维护建议制定。

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（显示分辨力 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。

根据标准条款以平尺测量结果为测量参考值，根据行业内常用的评估方法进行确认。

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。

$$A_2 = \frac{\sum c_{j r} - c_{j s}}{m} \quad (2)$$

式中：

A_2 ——测量误差评估结果

$C_{j r}$ ——第 j 个比对点人工测量结果

$C_{j s}$ ——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。

$$D = \frac{\sum d_{j r} - d_{j s}}{m} \quad (3)$$

其中：

D ——测量误差评估结果

$d_{j r}$ ——第 j 个比对点人工定位距离

$d_{j s}$ ——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。

计算方法采用行业内常用方法进行评估，异常值处理参考 GB/T4883-2008 要求。

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

八、作为推荐性标准建议及其理由

中国高铁的平稳性、舒适性和安全性处于全球领先水平而备受关注，钢轨是引导列车车轮运行，直接承受车轮载荷，并将载荷下传至轨枕的重要组成部件，其质量好坏将直接影响铁路运营，而平直度作为钢轨质量的一个重要指标，影响列车的运行，因此对于平直度的检测至关重要。目前钢轨平直度的测量主要使用平尺和塞尺通过人工进行测量，不仅测量效率低，测量结果也无法实现量化，不利于质量追溯及钢轨质量提升，随着钢轨智能制造水平的提升，自动化检测设备正逐步投入使用。

针对目前行业缺少相应标准评估自动化检测设备有效性，导致从生产厂、用户到第三方机构对设备检测结果的判定存在分歧，减缓了自动检测设备使用进程。该标准的制定有利于推进在线平直度检测设备使用，提升平直度检测效率，获取数字化检测结果，在助力钢轨检测向自动化转变具有重大意义。

九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的钢轨制造、生产加工、线路使用、线路维护等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确钢轨平直度自动检测设备评估技术指南术语和定义、技术要求、检验方法等方面的具体要求，指导钢轨平直度自动检测设备评估技术指南的实施，有效推动钢轨平直度控制水平的不断提升。

(2) 组织相关人员对检测设备工作原理、检测方法、检测结果验证的学习。

十、其他应说明的事项

暂无。