

文章编号: 1674—8247(2020)01—0056—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.01.012

CRTS Ⅲ型轨道板平整度检测方法对比研究

马元清

(上铁芜湖轨道板有限公司, 芜湖 241012)

摘 要:平整度是 CRTS Ⅲ轨道板外形尺寸一个重要检测指标,规范、有效、快速的检测轨道板平整度对生产企业控制轨道板翘曲变形具有重要意义。本文通过对现阶段常见的 3 种快速测定方法进行总结分析,阐述各检测手段对平整度检测结果、检测效率的影响,并与传统检测方法进行对比,对比分析结果表明:(1)全站仪法和快速检测平台法可对轨道板进行全尺寸测试,其他测试方法仅能测试轨道板的平整度;(2)六工位测量机和激光 PSD 检测法对轨道板铺设要求相对较低,减少了轨道板吊铺工序,提高了检测效率;(3)全站仪可以进行有效检定,其他检测方法所配套的新型检测设备暂无公认的检定方法,检测结果的确认需通过与全站仪法的检测结果进行比较。

关键词:高速铁路; 检测技术; CRTS Ⅲ型; 轨道板; 平整度
中图分类号:P234.1 **文献标志码:**A

56

Comparative Study on Flatness Detection Methods of CRTS Ⅲ Track Slab

MA Yuanqing

(Shanghang Railway Wuhu Track Slab Co., Ltd., Wuhu 241012, China)

Abstract: The flatness is an important detection index of the outer dimensions of the CRTS Ⅲ track slab. The standardized, effective and rapid detection of the track slab flatness is of great significance for the production enterprise to control the warping deformation of the track slab. Through the summary and analysis of three kinds of common rapid detecting methods at present, this paper expounds the influence of different detecting method on the flatness detection result and detection efficiency and compares with the traditional detecting methods. The results show that: (1) the total station instrument method and the rapid detection platform method can detect the full-scale track slab, while the other detecting methods can only detect the flatness of the track slab; (2) the six-station measuring machine and laser PSD detection method has relatively low requirements for laying of the track slab, which reduces the hanging process of the track slab and improves the detection efficiency; (3) the results detected by total station instrument method can be effectively verified, while at present, there is no recognized verification method for the new type of detecting equipment supported by other detecting methods, and the verification of detecting results needs to be compared with the results detected by total station instrument method.

Key words: high-speed railways; detecting technology; CRTS Ⅲ; track slab; flatness

收稿日期:2019-06-09

作者简介:马元清(1971-),男,工程师。

基金项目:中国铁路上海局集团有限公司科研计划项目(2017139)

引文格式:马元清. CRTS Ⅲ型轨道板平整度检测方法对比研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(1): 56-59.

MA Yuanqing. Comparative Study on Flatness Detection Methods of CRTS Ⅲ Track Slab[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 56-59.

CRTS III型板式无砟轨道是我国具有自主知识产权的一种轨道型式^[1]。作为无砟轨道结构的主要传力构件, CRTS III型轨道板是结合高速铁路 CRTS III型板式无砟轨道受力特点和我国南北环境条件差异较大的状况而研制的一种双向预应力混凝土轨道板^[2]。京沈、成贵、昌吉赣、商合杭等铁路项目均采用 CRTS III型混凝土轨道板。根据轨道板长度和铺设部位, CRTS III轨道板通常有 P5600、P4925 和 P4856 共 3 种板型, 轨道板宽度、厚度分别为 2 500 mm 和 200 mm。

板顶面平整度是轨道板外形尺寸的一个重要检测指标, 平整度超差过大, 将导致轨道板精调时轨道高低调整量增大, 使用的扣件调整件增多, 对建设成本和工期进度造成不利影响。依据 Q/CR567-2017《高速铁路 CRTS III型板式无砟轨道先张法预应力混凝土轨道板》标准要求: 板顶面平整度包括轨道板四角的承轨面水平和单侧承轨面中央翘曲量, 允许偏差分别为 ± 1.0 mm 和 ≤ 2.0 mm, 且均为全检项目^[3]。目前, 应用最多的轨道板平整度检测方法是基于马达驱动型全站仪+特殊装置的方式, 该检测方式是在 CRTS II型轨道板尺寸检测的基础上, 对装置进行改进, 对全站仪数据采集和分析软件进行升级, 实现 CRTS III型轨道板外观尺寸的直接检测。全站仪法检测完成 1 块轨道板的平整度检测时间约 25 min, 效率上很难满足轨道板厂的实际生产需求^[4]。此外, 部分轨道板生产企业也采用水准仪法进行轨道板平整度检测。水准仪水准测量是利用水准仪提供的水平视线, 借助于带有分划的水准尺, 直接测定轨道板承轨面上两点间的高差, 然后根据已知点高程和测量的高差, 计算出轨道板平整度。

针对全站仪法检测轨道板平整度效率低的缺点, 开发快速、准确的轨道板平整度检测设备成为热点。目前, 除普遍认可的全站仪外, 还相继研制出了六工位测量机、激光 PSD 检测仪等平整度快速测定设备。本文通过介绍几种平整度测试仪器, 分析其测试原理和性能特点, 为轨道板平整度快速检测提供借鉴。

1 六工位测量机快速测定法

六工位测量机是为轨道板平整度快速测试而研制的一种测量设备, 测量范围仅针对测定轨道板两侧承轨台的翘曲量。该平整度测量方法的优点在于检测效率和精度较高, 操作方便, 缺点在于实用范围较小, 不能检测轨道板全部外形尺寸。

1.1 设备构造及测试原理

六工位测量机框架采用三角框架结构布局, 用 20 mm \times 20 mm 铝型材接组合, 触摸式显示屏, PLC 控

制模板, 锂电池集成在中间铝钣金内。测试原理是以测量单侧承轨台中心线高度差代替平整度, 以承轨台上两个预埋套管及承轨台面(三点式接触面)定位, 每个承轨台上用两个接触式传感器(测量精度为 0.005 mm)测量承轨台坡度的高度差, 用以计算单个承轨台中心线的高度, 再比较单侧每个承轨台中心线高度的差值。六工位测量机如图 1 所示。

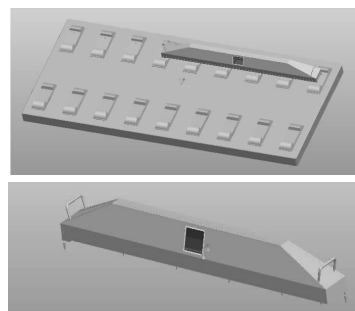


图1 六工位测量机示意图

1.2 测试方法和数据处理

每次同时检测单侧 6 块承轨台, 每次至少重复检测 2 个承轨台, 单侧承轨台需测 2 次, 每块轨道板测试时间约为 4 min。具备数据无线传输功能, 可通过 4G 网络上传测量数据。

2 快速检测平台检测法

快速检测平台是中国铁道科学研究院针对 CRTS III型轨道板研制的一款测量精度高、可对轨道板进行全尺寸高效率测试的设备^[5]。

2.1 设备构造及测试原理

检测平台由高精度检测框架、光电检测模块和可控走行机构组成, 如图 2 所示。轨道板就位后, 走行机构带动光电检测模块实现对轨道板的精确测量。采用激光图像技术生成轨道板三维图像与数据。



图2 快速检测平台示意图

2.2 数据处理

运板机具将被测轨道板运至检测平台处, 测量模块沿轨道板纵向 Y 连续检测, 得到不同位置 Y 处的断面数据 X、Z(高度值)。结合纵向位置 Y 和断面轮廓数据 X、Z 值, 对轨道板三维数据进行解算处理, 生成

需要的轨道板关键尺寸信息。1 块轨道板的全尺寸检测时间约 5 min。

3 激光 PSD 检测仪快速检测法

激光 PSD 检测仪是目前最为常见的快速检测设备,其优点在于可快速、简便测量轨道板平整度,缺点在于设备易受轨道板光洁程度、环境温度等客观因素的影响^[6-7]。

3.1 设备构造及测试原理

利用“激光准直”原理,在轨道板的 1 号承轨槽内安装激光发射器的发射端,逐次在 2~9 号承轨槽上插放 PSD 接收器,即可得到一条与轨道板顶面平等的激光基准线,PSD 的垂直方向上得到的读数差即为轨道板的翘曲变化量^[8]。激光 PSD 检测仪设备构造如图 3 所示。

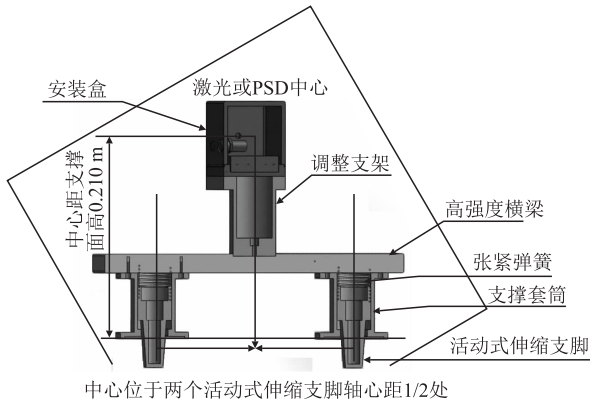


图 3 激光 PSD 检测仪设备构造示意图

3.2 测试方法和数据处理

3.2.1 测试方法

激光 PSD 检测仪快速测试方法如图 4 所示。先将激光发射端和 PSD 接收端安放于图①位,微调至 PSD 的 X 、 Y 接近 0,移动 PSD 接收端至同侧各个承轨槽位,记录 PSD 位于同侧各个承轨槽的 X 、 Y 读数;再将①位的激光发射端和 PSD 接收端移至②位的承轨槽,微调至 PSD 的 X 、 Y 接近 0,移动 PSD 接收端至同侧各个承轨槽位,记录 PSD 位于同侧各个承轨槽的

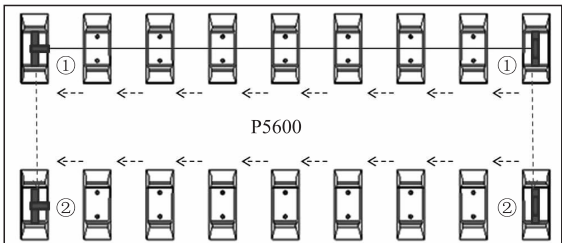


图 4 激光 PSD 快速测试方法图

X 、 Y 读数;最后通过对测量数据的终端计算,得出 CRTS III 型轨道板的变形值。

3.2.2 数据处理

以一侧发射端坐标(0,0)与最远接收端坐标(X_9 , Y_9)或(X_8 , Y_8),建立一条直线,其他承轨台测出的坐标(X_n , Y_n),与其增量计算值的差值即为各测点的直线度。1 块板平面度的测试时间约 3 min。

将现阶段 5 种 CRTS III 轨道板平整度检测方法(全站仪法、电子水准仪检测法、六工位测量机快速测定法、快速检测平台法、激光 PSD 检测仪快速检测法)的优缺点进行对比,结果如表 1 所示。

表 1 CRTS III 轨道板平整度测试方法优缺点对比表

测试方法	优点	缺点
全站仪法	可进行轨道板全尺寸检测,设备可进行有效检定,是判定其他测试方法准确性的依据	检测耗时较长,约 25 ~ 30 min,工序繁多,受场地影响大
电子水准仪检测法	检测效率优于全站仪法,数据处理方便	仅可检测平整度,检测耗时较长,约 25 ~ 30 min
六工位测量机快速测定法	检测效率和精度较高,操作方便	仅可检测平整度,检测时间约 4 min
快速检测平台法	可进行轨道板全尺寸检测,检测效率和精度较高,操作方便	检测时需吊装轨道板至指定位置,受场地影响较大,检测时间约 5 min
激光 PSD 检测仪快速检测法	检测效率和精度较高,操作方便	仅可检测平整度,受轨道板光洁程度、环境温度等客观因素的影响大,检测时间约 3 min

由表 1 可知,在检测效率和检测精度上,六工位测量机快速测定法、快速检测平台法和激光 PSD 检测仪快速检测法较全站仪法和电子水准仪检测法的检测效率提高了 5~6 倍,且操作简便,对检测人员技能要求也较低,但设备精确性受环境、温度等因素的影响较大。

4 精度分析

为了验证六工位测量机快速测定法、快速检测平台法、激光 PSD 检测仪快速检测法 3 种检测方法的可靠性,以 P5600 型轨道板为测试对象,与传统全站仪和水准仪检测方法进行对比,检测单侧各承轨台翘曲量,检测结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,不同检测设备处理数据的方式不同,全站仪、激光 PSD 检测仪采用第 1 个和第 9 个承轨面为基准面,水准仪和六工位测量机采用第 2 个和第 8 个承轨面为基准面,检测结果中,各承轨面翘曲量虽有所不同,但计算得出的单侧承轨面中央翘曲量

结果基本相同。

表 2 平整度检测结果精度对比表

检测方法	各承轨台检测平整度/mm									单侧承轨面中央 翘曲量/mm
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
全站仪法	0	0.4	0.8	0.9	1.3	0.8	0.8	0.6	0	1.3
电子水准仪检测法	-0.5	0	0.3	0.6	0.8	0.5	0.2	0	-0.4	1.3
六工位测量机快速测定法	-0.4	0	0.5	0.5	0.7	0.4	0.3	0	-0.5	1.2
快速检测平台法	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3
激光 PSD 检测仪快速检测法	0	0.4	0.6	0.8	1.3	0.7	0.6	0.3	0	1.3

注:快速检测平台法将平整度检测作为全尺寸检测的一个项点,故在检测结果中不体现各承轨台翘曲量

5 结论及建议

(1)全站仪法和快速检测平台法均可对轨道板进行全尺寸测试,电子水准仪检测法、六工位测量机快速测定法、激光 PSD 检测仪快速检测法仅能测试轨道板的平整度。

(2)全站仪法和电子水准仪检测法对轨道板铺放要求较高,且需反复吊铺,不仅增加检测成本,降低工作效率,而且还增加了轨道板磕碰的风险。

(3)全站仪和电子水准仪可进行有效检定,可作为判定其他检测方法准确性的依据。

(4)现阶段各种测试方法都未将快速检测设备嵌入轨道板生产流程,并不能实现流水作业和信息化管控。快速检测平台法和激光 PSD 检测仪快速检测法可逐步作为工艺潜入、信息化测试方法;全站仪法和水准仪检测法可作为标准测试方法;其他方法可作为内控和轨道板交接时的平整度快速测定方法。

参考文献:

[1] 卢书,李宗春,冯其强,等. 高铁轨道板快速检测方法研究[J]. 测绘工程, 2012, 21(6): 56-59.
LU Shu, LI Zongchun, FENG Qiqiang, et al. Research on Measuring High-speed Railway Track Slabs [J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2012, 21(6): 56-59.

[2] 许磊. 高速铁路Ⅲ型轨道板尺寸快速检测技术研究[J]. 铁道勘察, 2016, 42(3): 5-8.
XU Lei. Research on Quick Detection Track Slab of High Speed Railway[J]. Railway Investigation and Surveying, 2016, 42(3): 5-8.

[3] Q/CR567-2017 高速铁路 CRTSⅢ型板式无砟轨道先张法预应力混凝土轨道板[S].
Q/CR567-2017 Pretensioned Prestressed Concrete Slab of CRTSⅢ Slab Ballastless Track for High-speed Railway[S].

[4] 薛峰. 轨道板关键几何尺寸快速检测系统的设计及应用[J]. 铁道建筑, 2016, 56(4): 118-122.
XUE Feng. Design and Application of Rapid Inspection System for Key Geometric Dimension of Track Slab[J]. Railway Engineering, 2016, 56(4): 118-122.

[5] 于建军,肖宏. CRTSⅢ轨道板模具设计与检测技术研究[J]. 铁道标准设计, 2014, 58(4): 28-32.
YU Jianjun, XIAO Hong. Mould Design and Detection Technique for CRTSⅢ Track Slab [J]. Railway Standard Design, 2014, 58(4): 28-32.

[6] 范生宏. 基于数字摄影测量的轨道板快速检测关键技术研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2014.
FAN Shenghong. Research on the Key Technologies of Track Slab Quick Detection Based on Digital Photogrammetry [D]. Beijing: China University of Mining & Technology, Beijing, 2014.

[7] 杨铭. 三维激光扫描技术在 CRTS Ⅲ型无砟轨道板检测中的应用[C]//第三届全国 BIM 学术会议论文集. 上海: 中国建筑工业出版社, 2017: 253-256.
Yang Ming. Application of 3D Laser Scan Technology in the Detection of CRTS III Ballastless Track Slab [C]// Proceedings of the Third National BIM Academic Conference. Shanghai: China Architecture & Building Press, 2017: 253-256.

[8] 鲁宁生,王红亮. 高速铁路 CRTSⅢ型无砟轨道板钢模系统设计与应用[J]. 铁道建筑, 2012, 52(5): 158-161.
LU Ningsheng, WANG Hongliang. Design and Application of Steel Mold System for CRTSⅢ Ballastless Track Slab of High Speed Railway [J]. Railway Engineering, 2012, 52(5): 158-161.

(编辑: 苏玲梅 张红英)