

基于 PDA 平台的高铁轨道板检测技术的研究

冯梅¹, 王永生¹, 朱怀汝², 闫文政³

(1. 河南省遥感测绘院, 河南 郑州 450003; 2. 河南省测绘产品质量监督站, 河南 郑州 450003;
3. 郑州辰维科技股份有限公司, 河南 郑州 450001)

摘要: CRTS II 型板是我国引进国外板型改进后的无砟轨道板, 文章主要介绍基于 PDA 平台的 3 维工业测量的 CRTS II 型板制板检测系统。CRTS II 型板制板检测系统采用索佳高端 NET 05 电子全站仪建立空间 3 维坐标系并对各个目标点进行高精度 3 维坐标测量, 依据空间解析几何、最小二乘法等数学计算方法, 根据全站仪测量的有关坐标进行 3 维空间点、线、面及其相互之间关系的计算, 达到 CRTS II 型板制板过程中实时检测的目的。

关键词: PDA 平台; NET 05 全站仪; CRTS II 型轨道板; 最小二乘法; 工业测量

中图分类号: TB2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-5867(2011)06-0226-03

The Research on High-Speed Rail Track Plate Detection Technology Based on PDA Platform

FENG Mei¹, WANG Yong-sheng¹, ZHU Huai-ru², YAN Wen-zheng³

(1. Institute of Remote Sensing and Surveying and Mapping, Henan 450003, China;
2. Mapping Product Quality Supervision Station of Henan Province, Henan 450003, China;
3. Zhengzhou Sunward Technology Co., Ltd, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: CRTS II-type board is an improved foreign plate type without ballast rail board. This paper mainly introduces the plate making detection system of CRTS II based on 3d industry PDA platform. CRTS II-type board making detection system establishes three-dimensional coordinate system and makes high progress 3d coordinate measurement of different target by using SOKKIA NET 05 Electronic Total Station, and calculates the relevant coordinate measuring features such as 3d points, line, surface and the relationship between each other based on space analytic geometry and least-square method of mathematic calculation square, in order to achieve the purpose of real-time detection during the making plate progress.

Key words: PDA platform; net 05 Electronic Total Station; CRTS II-type track slab; least square method; Industrial Measuring

0 引言

CRTS II 型无砟轨道板, 源自于德国博格公司的博格板, 国内通过对博格板制作技术的全面消化吸收与设备工装的研发改进, 形成的 CRTS II 型轨道板。CRTS II 型的制造质量往往决定了它在线上的铺设精度, 直接影响整条线路的平顺性、施工进度与施工成本。因此, 为了保障轨道板的制板质量, 控制毛坯板的打磨量、制板成本, 提高制板效率, 需要对轨道板在制造过程进行几何尺寸(大、小钳口间距, 轨底坡度, 承轨台平面度等)的检测与控制。

1 轨道板的主要检测内容

在实际工作中, 轨道板检测内容主要围绕承轨台展

开, 例如, 承轨台坡度、承轨台大小钳口尺寸和左右(I, II型)承轨台平面度、整个轨道板承轨台面的翘曲度, 等等。

需要补充说明的是, 每个轨道板分为 I 型承轨台和 II 型承轨台两列, 轨道板将板面向右倾斜 0.5% 后, I 型承轨台和 II 型承轨台与水平面的坡比都为 1:40。按照标准, 我们可以计算出整体承轨台面的空间夹角为 177.136°, 通过这两个空间面的夹角可以充分保证钢轨将来的空间放置姿态。轨道板有关检测项目和几何尺寸位置标示如图 1 至图 3 所示。

收稿日期: 2011-05-10

作者简介: 冯梅(1964-)女, 河南济源人, 高级工程师, 大学本科, 主要从事航空摄影测量与遥感、数字城市建设等工作。

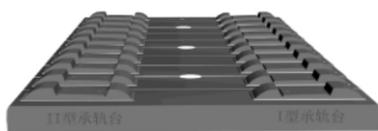


图 1 I, II 型承轨台
Fig. 1 I, II - type bearing rail station

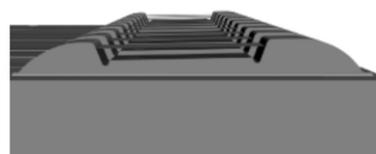


图 2 小钳口尺寸空间表示(绿色)
Fig. 2 Small jaw size space representation (green)



图 3 左、右承轨台各自的平面度反映打磨量或平顺性, 两平面之间的夹角准确反映轨道空间姿态(理论值为: 177. 136°)
Fig. 3 Left and right bearing rail station reflect their flatness or smoothness of the amount of grinding, the angle between two planes accurately reflects the attitude orbit space (theoretical value: 177. 136 degrees)

2 轨道板的几何尺寸检测技术指标

依据《京沪高京徐施轨修二 01 - 09. 2. 12(1)》和科技

基【2008】173 号《有挡肩轨道板技术条件》中的轨道板技术参数要求见表 1, 其主要参数说明如图 4 所示。

表 1 轨道板外形尺寸允许偏差表

Tab. 1 Orbital plate dimensions allowed deviation table

检验项目	允许偏差	每批检查数量 (出厂检验)	检查项别
单个承轨台钳口间距	$\pm 0.5 \text{ mm}$	1 块	A
轨道板 承轨台	承轨面与钳口面夹角 $\pm 1^\circ$	1 块	A
	轨底坡 $\pm 0.1^\circ$	1 块	A
	承轨台之间钳口间距 $\pm 1.0 \text{ mm}$	1 块	A

1) 外部尺寸(大钳口 $1889.8 \pm 1.0 \text{ mm}$): 外部尺寸就是同一个 X 坐标值下 L1(左 1) 和 R1(右 1) 承轨台的 P1 点之间的距离, P1 点位于 1:40 承轨台底面上方 28 mm 处;

2) 内部尺寸(小钳口 $375.7 \pm 0.5 \text{ mm}$): 内部尺寸就是同一个承轨台上 P1 点和 P6 点之间的距离, 这些点均位于 1:40 承轨台底面上方 28 mm 处;

3) 轨底坡(1:40 即 $1.432^\circ \pm 0.1^\circ$): 承轨台底面的倾斜度 通过 L1(左 1) 承轨台 P4 点与 P9 点的连线和 R1(右 1) 承轨台 P4 与 P9 的连线可分别反映出其倾斜度。

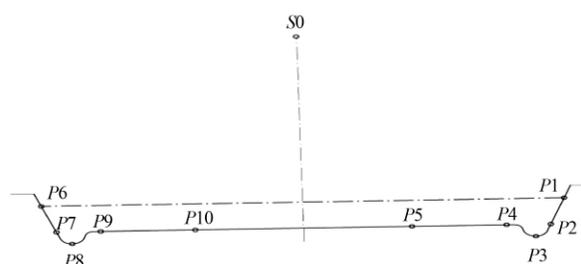


图 4 轨道板承轨台特征点位示意图
Fig. 4 Orbital plate bearing rail station features point diagram

3 轨道板几何尺寸检测方法

3.1 平台式检测工装的研发

轨道板承轨台的几何尺寸检测, 其实现难点有很多, 如轨道板大、小钳口的几何尺寸也是空间概念, 也需要通过专门工装来体现测量位置, 如图 5 所示。

根据轨道板的特点自主研发出平台式检测工装, 在

工装上也雕刻花瓣形球棱镜放置位置, 保证测量精度。工装采用特制钢材 经过多次试验改进后形成 3 点支撑一个平板 接触面采用线和点的接触方式, 并保证棱镜中心位置为承轨台底面上方 28 mm 处。顶面中心位置花瓣形球棱镜位置下面带有强磁, 以免球棱镜拿取时滑脱。



图 5 轨道板平台式检测工装
Fig. 5 Rail board test tooling Platform

3.2 数据处理方法与软件开发

轨道板检测的几何尺寸模型中,涉及的数学计算内容有点与点之间的距离计算,多点组成的直线拟合与直线度分析,多点组成的平面拟合与平面度分析及平面与平面间的夹角计算等。

1) 两点之间空间距离的计算

已知空间两点的坐标 $P1(X_1, Y_1, Z_1)$, $P2(X_2, Y_2, Z_2)$, 由式 (1) 计算两点间的空间距离 S :

$$S = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2} \quad (1)$$

2) 直线方程与直线拟合

空间直线数学方程如式 (2) 所示:

$$\frac{x - x_0}{m} = \frac{y - y_0}{n} = \frac{z - z_0}{p} \quad (2)$$

式中 x, y, z 为点位观测坐标; x_0, y_0, z_0, m, n, p 为 6 个未知参数。一般来讲,空间两点就可确定一条直线,即空间两点共 6 个坐标值的观测值组合方程,就可求解上述 6 个未知参数。

3) 平面方程与平面拟合

空间平面的数学方程一般表达式如式 (3) 所示:

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (3)$$

一般来讲,空间 3 个点就可以确定一个平面,而在每列轨道板承轨台平面度检测中,采集的空间点一般有 20 来个。因此同样存在多余观测条件,可以组成误差方程,按最小二乘法拟合计算由该 20 个观测点共同组成的最佳空间平面,并由此可以进行平面度的统计分析。

4) 平面夹角

如上所述,通过空间拟合计算,确定如式 (3) 所示的平面方程后,即可按式 (4) 方便地计算该两平面的夹角 θ 。

$$\cos \theta = \frac{|A_1A_2 + B_1B_2 + C_1C_2|}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}} \quad (4)$$

4 轨道板检测的具体实施

1) 建立测量坐标

如图 6 所示,在轨道板的一侧任意地方架设 NET 05 全站仪,用球棱镜直接放置在如图 7 所示的左、右承轨台的检测工装上,通过 PDA 测量手簿控制仪器双面观测左、右两个预埋套管上的球棱镜中心坐标,确定坐标系中的 X 轴,由此建立右手直角坐标系。

2) 承轨台几何尺寸检测

如图 7 所示,把平板式检测工装分别左靠、右靠同一承轨台的挡肩面,NET 05 双盘位精确测量工装上的球型棱镜,完成左右两列承轨台的数据采集后,现场就可以调

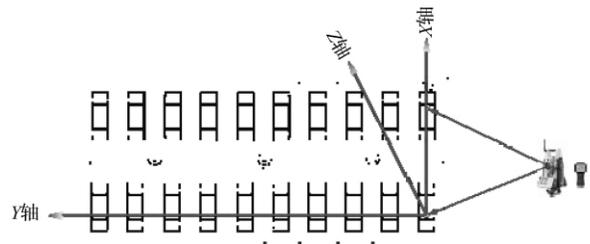


图 6 轨道板检测坐标系示意图
Fig. 6 Schematic diagram of the track coordinate system board test

用软件计算出内、外部尺寸,轨底坡,平面度(打磨量)及钳口直线度等。

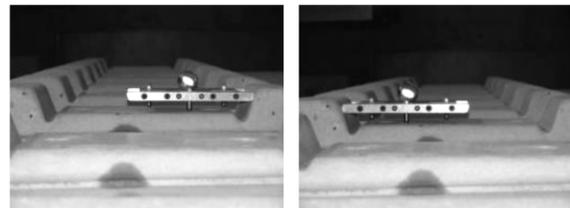


图 7 利用平台式工装检测轨道板承轨台
Fig. 7 Test track using a flatbed tooling plate bearing rail station

3) 轨道板承轨台尺寸检测分析结果报表

在 PC 机上运行的轨道板检测结果分析软件可以自动分析、生成信息量更丰富的报表,以此进一步帮助分析轨道板的制造质量。

如图 8 所示,在每个承轨台的位置上标注了实际检测的内部小钳口尺寸(括弧内的数字为与标准值的差值);在轨道板的中间部位标注了外部大钳口尺寸(括弧内的数字为与标准值的差值);钳口与轨道板中心线的直线示意一端(表的右侧)标注了直线度;在表的下方统计显示了承轨台大、小钳口的超限个数与合格率。

-0.0 375.79 (0.09)	-0.1 375.89 (0.19)	-0.3 375.86 (0.16)	-0.5 375.89 (0.19)	-0.7 375.86 (0.16)	-0.8 375.90 (0.20)	-1.0 375.95 (0.25)	-1.1 376.02 (0.20)	-1.3 375.97 (0.21)	-1.5 375.86 (0.16)	0.126	
-0.7 (0.17)	-1.0 (0.19)	-1.1 (0.16)	-1.3 (0.19)	-1.5 (0.16)	-1.6 (0.20)	-1.8 (0.25)	-2.1 (0.20)	-2.2 (0.21)	-2.3 (0.16)	0.115	
1.899.66 (0.17)	1.899.83 (0.18)	1.899.85 (0.18)	1.899.88 (0.18)	1.899.88 (0.18)	1.899.88 (0.18)	1.899.00 (0.20)	1.899.03 (0.20)	1.899.06 (0.20)	1.899.08 (0.20)	1.899.99 (0.18)	0.236
1.6 375.92 (0.22)	1.4 376.04 (0.34)	1.2 375.99 (0.29)	0.9 376.09 (0.39)	0.8 375.95 (0.29)	0.6 376.02 (0.32)	0.3 376.02 (0.32)	0.1 376.01 (0.31)	-0.1 375.96 (0.28)	-0.2 375.94 (0.28)	0.130	
2.5	2.4	2.1	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	0.8	0.7	0.164	

承轨台小钳口超限: 0个; 合格率: 100%; 承轨台大钳口超限: 0个; 合格率: 100%

图 8 承轨台尺寸和钳口直线度分析

Fig. 8 Bearing rail station size and jaw line analysis

如图 9 所示,每个承轨台有两个测点,每列承轨台各拟合一个平面。图表中每个承轨台位置标志的是测点的

(下转第 231 页)

清楚,记录明白。

8 作业中的几点经验及方法

1) 对测区有了一定的了解后,可因地制宜地确定作业顺序,一般情况下按像片从上到下,从左到右顺序进行,以免漏掉。开始工作选择最佳的行走路线,以便事半功倍。

2) 如测区砖瓦结构的房屋较多时,在作业中可对土房做特殊记号,反之对砖瓦房做特殊记号;如果篱笆墙较多时,对砖、土墙做特殊记号,反之对篱笆墙做特殊记号。

3) 对高层建筑的房檐,一般情况下直接测量不到,可根据房檐的雨滴线来测量。

4) 对于烟囱水塔的测量

①利用皮尺直接测烟囱、水塔的周长,然后利用几何原理求得($D = C/3.14$, $C =$ 周长, $3.14 =$ 圆周率);

②采用切线延长法量取烟囱、水塔直径;

③在烟囱、水塔有投影的情况下,直接量取烟囱、水塔根部的投影直径;

④对于阴影掩盖或影像不清的地物,一般最好用皮尺采用交会法、截距法、或用平板仪实地测量。但在缺少丈量工具时,可采用目估、步量和相关位置的判调,结合像片比例尺共同确定准确位置。

9 外调结束后,要及时内业清绘

外业调绘结束后,要逐段、逐片、逐项仔细认真地清绘,不要虎头蛇尾,眉毛胡子一把抓,以免产生丢漏现象,清绘结束后要认真自查自校。

总之,大比例尺航外调绘是一项内容多,工序复杂的工作,所以每个调绘工作者都应本着对工作高度负责的态度,仔细、认真、一丝不苟地完成每一道工序,从而确保调绘工作的质量。

10 结束语

随着测绘科学技术的不断发展,测绘技术的不断更新,地形图、成图质量的要求显得更为重要。航外调绘是航测成图的关键环节,有待同行更进一步的探讨。

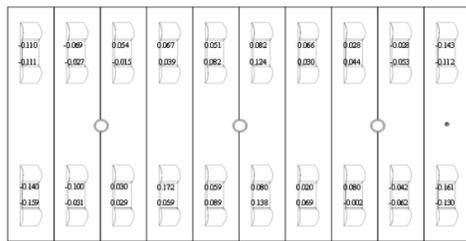
参考文献:

- [1] 王青祥. 航空摄影测量学 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2011.
- [2] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2010.
- [3] 田来春, 张盈. 遥感技术用于土地更新调查的研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31(4): 74-76.

[编辑: 胡雪]

(上接第 228 页)

平面法线方向偏差量(单位为 mm) 根据法向偏差可以调节模具。另外在表中下方分别统计标注了左、右两列的承轨台平面度,以及这两个平面之间的夹角(括弧内的数字为与标准值的偏差),该夹角可以确保将来在轨道板上放置钢轨的姿态。



左承轨台平面度: 0267; 右承轨台平面度: 0333; 左右承轨台面夹角: 177.13(-0.01)

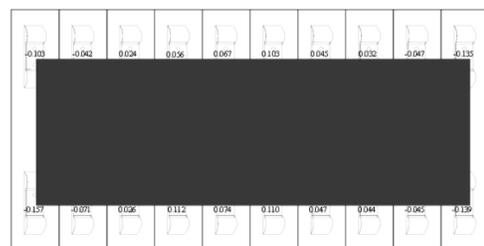
图 9 轨道板承轨台平面度分析

Fig. 9 Orbital plate bearing rail station plate analysis

如图 10 所示,每个承轨台有两个测点,承轨台整体拟合一个平面。图表中每个承轨台位置标志的是测点的平面法线方向偏差量(单位为 mm),在表中下方统计标注了承轨台翘曲度。

5 结束语

基于 PDA 平台开发采用工业测量系统的原理与方法,成功研发高精度全站仪、特制工装等设备组成的 CRTS II 型轨道板制板检测系统,系统基于全 3 维数据采集与数据处理,依据坐标解析几何的数学模型,采用最小



整体承轨台面中心点的翘曲度为: 0269

图 10 轨道板承轨台翘曲度分析

Fig. 10 Orbital plate bearing rail station warp analysis

二乘法数据处理方法,可以方便、快捷和准确地计算并输出点、线、面信息,极大地丰富了轨道板几何尺寸的检测信息,完全摆脱了游标卡尺、水平测量等 1 维的测量手段。

制板检测系统的成功研发,为控制轨道板的打磨量,延长打磨机的寿命,降低制板成本,保证制板质量起到了关键性的作用,直接产生了巨大的经济效益。

参考文献:

- [1] 李广云,倪涵,徐忠阳. 工业测量系统 [M]. 北京: 解放军出版社, 1994.
- [2] 于来法,段定乾. 实时经纬仪工业测量系统 [M]. 北京: 测绘出版社, 1996.
- [3] 黄维彬. 近代平差理论及应用 [M]. 北京: 解放军出版社, 1992.

[编辑: 宋丽茹]