

基于固定点的轨道长弦测量及其应用

刘铁军

(广州铁路(集团)公司 工务处, 广东 广州 510600)

摘 要: 为提高养路机械作业精度, 保证列车运行稳定性与安全性, 采用基于固定点的养路机械作业施工方法。对 EM-SAT 测量系统的原理及方法进行了分析, 并对其测量作业效果进行了试验验证。结果表明: EM-SAT 的这种基于固定点的轨道长弦测量方式在国内的既有线及新建线均得到很好的应用。

关键词: EM-SAT; 轨道; 长弦; 测量; 固定点; 养路机械

中图分类号: U216.6

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.04.023

Measurement and Application of Track Long String Based on Fixed Points

LIU Tiejun

(Maintenance Department, Guangzhou Railway (Group) Corporation, Guangzhou, Guangdong 510600, China)

Abstract: For improving rail maintenance machine operation precision and ensuring the stability and safety of train operation, maintenance machine operation based on fixed points was adopted. The measurement principle and method of EM-SAT measurement system were analyzed, and the results were verified by experiments. The results showed that EM-SAT, the track long string measurement method based on fixed points, could be well applied in the domestic existing and new lines.

Keywords: EM-SAT; track; long string; measurement; fixed point; rail maintenance machine

0 引言

目前, CP III 精测网已广泛应用于国内铁路线路的精密测量, 成效显著。国外高精度测量发展较早, 典型的成功案例有: 瑞士玛蒂莎公司 PALAS(轨道绝对几何参数测量系统——带陀螺的定位测量系统)以及 NEMO(轨道相对几何参数测量系统——固定光弦测量)自动测量系统, 奥地利普拉塞公司开发的 EM-SAT 测量系统。本文主要对 EM-SAT 测量车的测量原理进行分析, 并对该测量车的测量效果进行现场验证。

1 EM-SAT 测量原理

EM-SAT 轨道测量车采用的是基于固定点的轨道

长弦测量原理, 通过对测量值与理论值进行对比, 从而得到轨道线路的偏差值。其测量包括 2 部分, 一部分是固定点的测量, 另一部分是固定点间的线路测量。施工方法见图 1 所示。测量车包括卫星车和测量记录车 2 部分, 卫星车主要用来激光定位, 测量记录车用来测量和记录固定点的数据和固定点间的数据。

1.1 固定点测量

固定点要求坚固可靠, 空间坐标稳定不变化, 安装于接触网支柱、站台边缘、隧道拱圈、桥台等不易沉降或平移处, 通常由不锈钢制作, 作为棱镜或反射镜的支座。其安装高度要求便于测量仪器观测, 且考虑曲线上便于通视等因素, 布设距离 60~70 m 左右为宜, 一般在轨面 20~50 cm 左右。

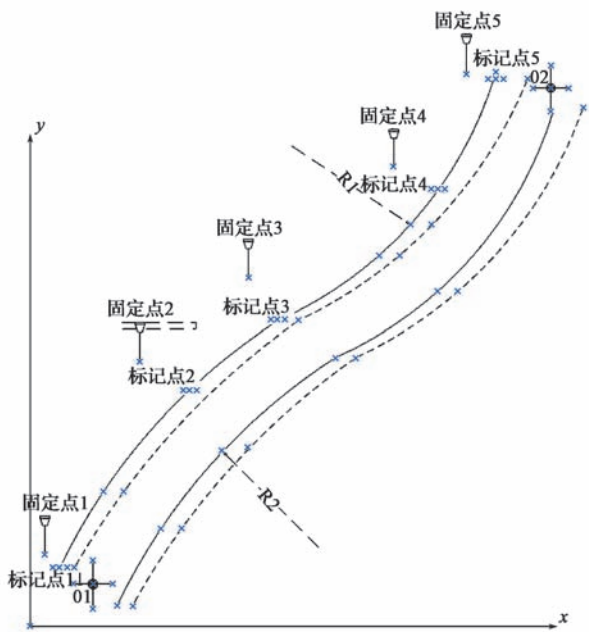


图 1 基于固定点的施工方法

EM-SAT 测量记录车通过车载固定测距仪进行测量，测量方法如图 2 所示。测距仪测量到的距离和水平角，通过勾股定理计算出平距 L_x 和 L_y 高差。

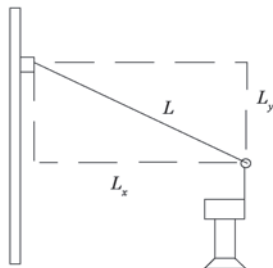


图 2 固定点测量原理

1.2 固定点间测量

因为测量过程中激光测量系统得到的是轨道测量记录车上定位标靶中心点在激光测量系统下的 x 、 y 坐标，如图 3 所示。在一个测量段 AB 中，轨道记录车从一个固定点对应的标记点 A 运行到下一个固定点对应的标记点 B 处。卫星车停靠在 B 点后约 10 m 处的 C 点。激光系统主光轴与轨道交于 D 点（ D 点可能和 A 点重合）。在测量过程中可以实时得到的标靶车的水平位移即为轨道上 AB 间的每一点到弦 CD 的矢量距离。根据测量要求，需要在标靶车到达 B 点后将激光系统的测量原始数据转化为轨道上 AB 间的每一点到弦 AB 的矢量距离。

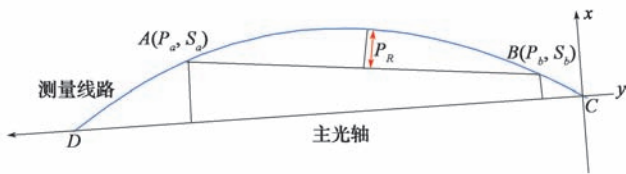


图 3 矢量距离转换示意图

转换过程中以 C 点为坐标原点，以测量系统的水平轴为 x 轴，以主光轴 CD 为 y 轴建立直角坐标系（如图 3 所示）， AB 间的任一点在测量过程中得到的水平位移即为此点的 x 坐标值。由于测量的轨道半径很大，测量距离比较短，可以认为测量段上的弧长等于弦长。因此 AB 间任一点的里程值即为此点的 y 坐标值。根据

这些已知坐标，可以计算出弦 AB 在此坐标系下的方程，再根据点到直线距离的公式即可以算出弧 AB 上的点到弦 AB 的矢量距离 P_R ，由此实现了从弦 CD 的矢量距离到固定弦 AB 的矢量距离的转换。

假设测量段起始点 A 、 B 对应的理论标记点为 A' 、 B' 。通过测距仪即可测得 A 点相对于理论点的水平偏移为 a ， B 点相对于理论点的水平偏移为 b 。两标记点之间里程差为 m ， AB 间轨道上据起始测量点 A 里程为 x 的点记为 D ，如图 4 所示。

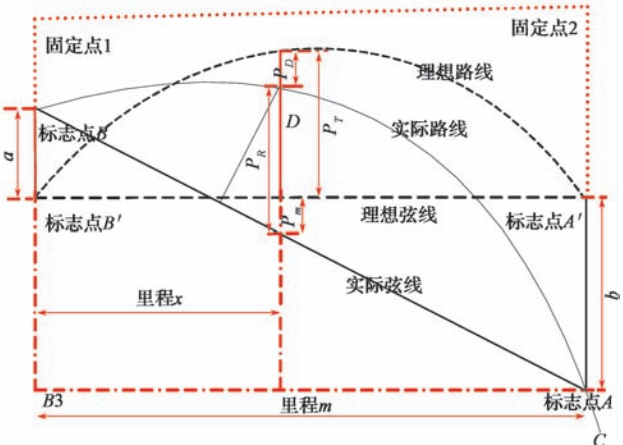


图 4 实际线路到理想线路偏差的计算示意图

图 4 中黑色虚线表示基准轨标准位置，实线表示基准轨发生了位移的实际位置，位于里程 x 处作业点前端。由于 2 个标记点偏移，会产生一个对标准位置的线性偏移，计为 ΔP_m ；由几何学关系可以得出：

$$\Delta P_m = b + x(a - b) / m \tag{1}$$

由于 AB 之间的标准线型已知，因此当标靶沿线路前进时，任一里程 x 处的理论偏移 P_T 均可以由里程值与标准线型计算得出，由于线路的变形，实测偏移 P_R （即图 3 中转换计算得到的矢距）与理论偏移 P_T 间存在差值，该差值即为相对测量法下的前端偏移，计为 ΔP_r ，二者相加，其合计为 ΔP_D ：

$$\Delta P_D = \Delta P_r + \Delta P_m \tag{2}$$

ΔP_D 即为绝对参考系下 D 点在水平方向上的绝对偏移。

同理，对于竖直方向上做相同的处理即可得到轨道的抄平值和轨道上任一点在高程方向上的绝对偏移。

2 试验验证及结果分析

本试验采用 2 次测量数据对比及线路作业后效果分析的方法进行。EM-SAT 测量速度达到 3~5 km/h。

EM-SAT 第一次测量后，将测得的线路拨道量提供给捣固车作业，作业后又进行了一次 EM-SAT 的测量，2 次测量得到的起拨道量如图 5、图 6 所示。

从图 5 的拨道数据可以看出，捣固前线路存在多处拨道量大于 20 mm 的区段，部分区段拨道量大于 40 mm，最大拨道量达到 50 mm。进行一次捣固后，线路拨道量变化明显，绝大部分地段拨道量下降到

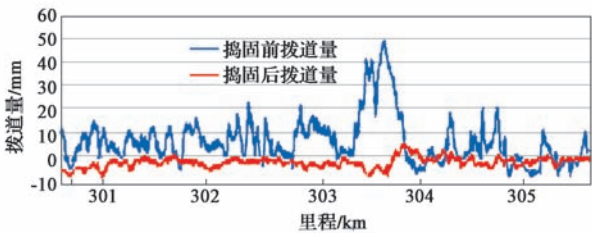


图 5 作业前后拨道量对比

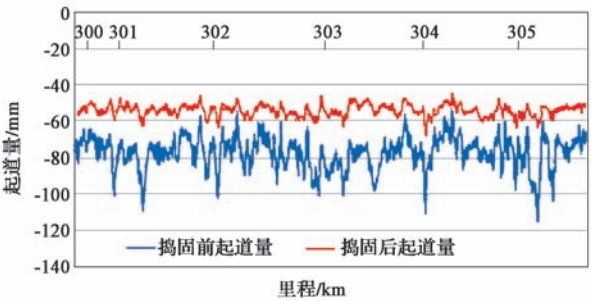


图 6 作业前后起道量对比

10 mm 以内。

从图 6 的起道数据可以看出，捣固前线路起道量均大于 60 mm，最大的起道量达到 118 mm，且起道量波动幅度较大。进行一次捣固后，线路起道量变化非常明显，因为起道时预留了 50 mm 的起道量，因此起道后的起道量基本处在 50 mm 左右。

捣固前后均进行了轨道不平顺质量指数 TQI 测量，线路 TQI 下降明显，TQI 从捣固前的 7.6 下降到 5.8。

3 结语

本文分析了 EM-SAT 测量算法，通过测量试验后，得出试验测量数据以指导捣固作业，可以有效改善线路的长波不平顺及高低不平顺现象。通过精测数据导入捣固车载 ALC 计算机进行精确捣固作业，还能有效解决捣固车的作业残差问题，提高线路养护质量。

综上所述，基于固定点的轨道长弦测量既能提高测量效率，又保证了线路质量，对线路的运营维护具有重要意义。

参考文献：

[1] 任晓春, 周东卫. 高铁运维阶段 CPⅢ 平面网复测方法研究与应用 [J]. 铁道建筑技术, 2013(8): 72-83.

[2] 李明领. 高速铁路无砟轨道 CPⅢ 控制网建立与精度控制 [J]. 铁道标准设计, 2010(1): 84-86.

[3] 刘铁军, 李佳. 轨道适应几何参数计算方法研究 [J]. 机车电传动, 2015(1): 37-39.



作者简介：刘铁军（1975 - ），男，高级工程师，现从事铁路工务养路机械技术工作。

动态消息

《机车电传动》编辑部声明

为顺应网络环境下期刊出版的新要求，推进期刊网络出版传播，凡向本刊投稿并被本刊录用，在著作权法的框架内，该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、

翻译权、汇编权等权利在全世界范围内转让给本刊及本刊授权的相关数据库。凡被本刊录用的稿件将同时通过因特网、手机等进行网络出版或提供信息服务，根据本刊编辑部稿酬标准一次性支付作者著作权使用报酬（即稿费，包含印刷版、光盘版和网络版等各种使用方式的报酬）。

《机车电传动》编辑部