

Research and Information Platform Management Method on the Precise Adjustment and Inclination of Subway Track Slabs

Jianping Chai

China Railway Third Bureau Group Line and Bridge Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the continuous development of rail transit in my country, the technology of high-speed rail panel adjustment has become increasingly mature and stable. The introduction of high-speed rail panel adjustment technology into the subway has greatly improved the progress and quality of subway construction. Subway track slab fine-adjustment and inclined station setting breaks the traditional station setting method, and also improves the efficiency of track slab fine-tuning; the information management platform provides a guarantee for the control of construction quality and progress, and also provides a data basis for later maintenance.

Keywords

precise adjustment; inclined station; informatization; management

关于地铁轨道板精调倾斜设站研究与信息化平台管理方法

柴剑平

中铁三局集团线桥工程有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘 要

中国轨道交通不断发展, 高铁调板技术也日益成熟稳定, 将高铁调板技术引入地铁, 极大的提高了地铁施工的进度和质量。地铁轨道板精调倾斜设站打破了传统的设站方式, 也提高了轨道板精调的效率; 信息化管理平台为管控施工质量和进度提供了保障, 也为后期维护提供了数据基础。

关键词

精调; 倾斜设站; 信息化; 管理

1 引言

随着中国城市轨道交通的不断发展, 越来越多的地铁线路引入了高铁轨道板施工的工艺。经过高铁各种型板的不断发展和优化, 调板技术在中国已经十分成熟, 但目前轨道板精调的数据分散在各个工区, 管理不够统一, 如何进一步提高调板效率以及对调板的数据进行有效管理值得各个项目部去探究。特别是作为管理者, 一方面要协调各个部门之间的配合, 另一方面也要管控现场的施工质量和进度, 当现场的作业面越来越多的时候, 如何顾及每个工作面也是一个很大的难题。对此, 深圳地铁 14 号线中铁三局项目部提出了快速调板及轨道板信息化平台的方案, 实现快速调板, 为其他工序挤出更多的时间和缩短工期提供了保证; 轨道板数据的信息化管理, 为整体工程的质量以及后期维护等提供了准确的数据基础。

2 轨道板精调现状

在传统的调板过程中, 每块板选取其中正数第二排和

倒数第二排的两排承轨槽(四个点)定位, 图 1 是调板示意图, 全站仪依次测量这四个点并且与设计数据进行比较, 计算出距离设计值的偏差值, 指导现场工人进行调整。测量的点从目前来看已经十分精简, 若要进一步精简测量的点来提高工效比较困难。

3 倾斜设站的研究及引入

由于轨道板精调的点位已经什么精简, 对此, 我们从其他方面进行优化作业方式, 以提高工效。在调板流程中, 每次调板前都需要进行自由设站, 而每站 2~3 块板, 这其中自由设站会占用不少时间, 主要包括整平和 CP III 点的测量一一对应。为了减少自由设站的时间, 我们引入了新的设站方式——倾斜设站, 即不需要整平全站仪, 通过任意测量全站仪附近的三个(或者以上) CP III 点, 通过测量的 CP III 点的位置关系与事先输入的 CP III 控制点位置关系来进行查找和匹配, 确定出测量 CP III 点的实际点名和坐标, 然后再计算出测站坐标和倾斜补偿值。在调板过程中通过倾斜补偿值对测量的坐标等进行补偿, 以保证测量的精度。

【作者简介】柴剑平(1983-), 男, 中国山西长治人, 本科, 工程师, 从事轨道交通研究。



图 1 调板示意图

3.1 原理及算法

处于脚架上的全站仪，没有人工整平，直接观测周围 4~8 个已知的 CPIII 控制点，通过 7 参数坐标转换模型，求 7 个坐标转换参数（3 个平移参数、3 个旋转参数和 1 个尺度变化参数），最后利用空间坐标转换公式，求出全站仪中心的绝对三维坐标。

由空间三维坐标转换过程可得其转换模型：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_T = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+m)\mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S \quad (1)$$

式中， $[X \ Y \ Z]^T_S$ 表示原坐标系下的坐标； $[X \ Y \ Z]^T_T$ 表示目标坐标系下的坐标； $[\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]^T$ 为平移因子； m 为尺度变化参数，通常令 $k = 1 + m$ ； $\mathbf{R}$ 为坐标旋转矩阵。

将模型（1）在 7 参数初值 ΔX^0 、 ΔY^0 、 ΔZ^0 、 θ^0 、 φ^0 、 ψ^0 、 κ^0 处按泰勒级数展开，且仅保留一阶项，通过迭代计算控制舍入误差，即：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_T = \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} + k^0 \mathbf{R}^0 \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S + \begin{bmatrix} d\Delta X \\ d\Delta Y \\ d\Delta Z \end{bmatrix} + \mathbf{R}^0 \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S dk + k^0 d\mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S \quad (2)$$

式中：

$$d\mathbf{R} = \begin{bmatrix} -(\cos\psi\sin\theta + \sin\psi\sin\theta\cos\varphi)d\theta & (\cos\psi\cos\theta - \sin\psi\sin\theta\sin\varphi)d\theta & -\cos\psi\cos\theta d\varphi \\ -(\sin\psi\cos\theta + \cos\psi\sin\theta\sin\varphi)d\theta & +(\cos\psi\sin\theta - \sin\psi\sin\theta\cos\varphi)d\theta & +\sin\psi\cos\theta d\varphi \\ -\sin\psi\sin\theta\sin\varphi d\theta & +\sin\psi\cos\theta\cos\varphi d\theta & +\cos\psi\sin\theta d\varphi \\ \sin\psi\sin\theta d\varphi - \cos\psi\cos\theta d\theta & -\sin\psi\cos\theta d\varphi - \cos\psi\sin\theta d\theta & \cos\psi d\varphi \\ (\cos\psi\cos\theta - \sin\psi\sin\theta\sin\varphi)d\theta & (\cos\psi\sin\theta + \sin\psi\sin\theta\cos\varphi)d\theta & -\sin\psi\cos\theta d\varphi \\ +(\cos\psi\sin\theta\cos\varphi - \sin\psi\sin\theta)d\theta & +(\sin\psi\cos\theta + \cos\psi\sin\theta\sin\varphi)d\theta & -\cos\psi\sin\theta d\varphi \\ +\cos\psi\cos\theta\sin\varphi d\theta & -\cos\psi\cos\theta\cos\varphi d\theta & \end{bmatrix}$$

对式（2）进行变换，可得：

$$\mathbf{X}_T = \mathbf{R}'\mathbf{x} - \mathbf{l} \quad (3)$$

式中： $\mathbf{x}_T = [X \ Y \ Z]^T_T$ ， $\mathbf{R}' = \begin{bmatrix} \mathbf{E} & m\mathbf{M} & \mathbf{N} \\ 3 \times 3 & 3 \times 3 & 3 \times 1 \end{bmatrix}$ 。

$$\mathbf{N} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S, \mathbf{l} = - \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} - k^0 \mathbf{R}^0 \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S$$

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \cos\psi(Y\cos\theta - X\sin\theta) & \sin\psi\cos\psi(Y\cos\theta - X\sin\theta) & -\sin\psi(X\cos\theta + Y\sin\theta) \\ -\sin\psi\sin\psi(X\cos\theta + Y\sin\theta) & +Z\sin\psi\sin\psi & -\cos\psi\sin\psi(X\sin\theta - Y\cos\theta) \\ -\cos\psi(X\cos\theta + Y\sin\theta) & \sin\psi(X\sin\theta - Y\cos\theta) + Z\cos\psi & 0 \\ \sin\psi(Y\cos\theta - X\sin\theta) & \cos\psi\cos\psi(X\sin\theta - Y\cos\theta) & \cos\psi(X\cos\theta + Y\sin\theta) - Z\sin\psi\cos\psi \\ +\cos\psi\sin\psi(X\cos\theta + Y\sin\theta) & -Z\cos\psi\sin\psi & -\sin\psi\sin\psi(X\sin\theta - Y\cos\theta) \end{bmatrix}$$

由式（3）可得误差方程：

$$\mathbf{V} = \mathbf{R}'\mathbf{x} - (\mathbf{l} + \mathbf{X}_T) \quad (4)$$

此时， $\mathbf{x}$ 为 7 参数的改正数。利用 3 个或 3 个以上公共点，通过计算，即可求解参数的最优估值。

评定精度用单位权中误差 $\sigma_0 = \sqrt{\mathbf{V}^T \mathbf{P} \mathbf{V} / f}$ 为自由度。此时， $f=3n-7$ ， n 为公共点的个数。

3.2 实验及精度分析

3.2.1 实验环境

温度：18~25 摄氏度。

气压：1000~1001hPa。

湿度：70%~80%。

风速：1.5m/s。

仪器型号：LeicaTCRP1201。

仪器精度：1 秒（测角）；1mm+1.5ppm（测距）。

实验现场是为了模拟控制网，而做的一段 CP III 控制网，全长 40 米，共 4 对 CP III 控制点。控制网测量采用 Leica1201 全站仪进行观测；仪器精度：1 秒（测角）；1mm+1.5ppm（测距）。CP III 控制点成果如表 1 所示。

表 1 控制点成果表

点名	东坐标 (米)	北坐标 (米)	高程 (米)
11	2979.8566	2017.4558	98.9408
22	2975.0046	2012.0728	98.7205
33	2996.9095	2008.0509	99.0474
44	2992.8481	2000.5652	98.8393
55	3002.9479	2008.7487	98.9466
66	3007.3259	2005.7971	98.5995
77	3007.0600	2015.3717	98.9494
88	3012.1249	2013.5221	98.6097

3.2.2 实验及结果

全站仪架在线路中间，前后分别观测 8 个 CP III 点，分别为 11、22、33、44、55、66、77、88。

观看全站仪水准气泡，调整全站仪螺旋或脚架，分别将全站仪水平、任意方向倾斜 10 秒、30 秒、1 分、5 分、

10分、倾斜超限、搬站,并测量各棱镜,共完成8次自由设站,软件计算并分析精度,具体见表2。

表2 实验结果

实验序号	倾斜角度	单位权中误差 (mm)
1	水平	0.1875
2	10 秒	0.2249
3	30 秒	0.1708
4	1 分	0.2257
5	5 分	0.2191
6	10 分	0.2012
7	倾斜超限	0.1724
8	搬站且倾斜超限	0.2840

通过实验数据可知,设站中误差并不是随着全站仪的倾斜增大而增加。全站仪倾斜测量对测角和测距精度基本上没有影响,全站仪水平自由设站和全站仪倾斜自由设站精度基本一致,在控制点稳定的情况下自由设站单位权中误差最大不超过0.3毫米。说明算法可靠并能满足现场自由设站的要求,现场可以通过不整平进行设站,以节省时间。

4 轨道板信息化平台

信息化平台是方便施工单位、业主以及监理等查看现场施工质量和进度的管理平台。施工单位轨道板精调完毕后便可将精调数据上传至信息化平台,具体见图2。

终端用户按照平台设定的用户权限登录到平台服务器,用户可以直接登录平台的页面对系统进行访问,在权限范围内进行数据的浏览和查询等操作,数据的上传必须使用平台提供的加密包进行,保证数据的安全性^[1]。

4.1 用户管理

用户管理是管理员拥有的权限。用户注册有两种途径:

①由超级管理员直接添加用户,分配好用户名、密码和用户类别。

②用户信息在用户注册界面,输入用户名、密码、以及用户类别等信息后进行注册,等待超级管理员审核、授权后方可登录。

其中,用户可分为业主、监理、施工人员等多种类别,根据用户类别的不同,权限也不一样,登录后可以看到的内容也不同。

4.2 项目管理

项目管理也是管理员拥有的权限。项目管理主要是本项目下进一步进行划分,分为标段管理、工区管理和用户管理,管理员依次创建标段、工区和用户。标段管理即对本标段的信息进行设置,包括标段名称、起点里程、终点里程,总板数等。工区管理就是本对工区的信息进行设置,包括所属标段、工区名称、地点里程、终点里程、总板数以及调板时的允许偏差。人员管理即对本工区下人员管理,包括所属工区、标段、角色、身份证、手机号等信息。



图2 轨道板信息化平台示意图

4.3 施工信息管理

施工信息管理主要是对施工工程中的调板数据进行管理,包括轨道板精调数据、灌浆前平顺性数据以及灌浆后平顺性数据管理。

轨道板精调数据即现场调完板后的数据,包括每块板的里程、每块板上四个点的偏差值,平台通过两个折线图分别展示了左轨偏差和右轨偏差的横向偏差、高程偏差在各个里程段的详细信息情况,通过折线图可以看到各偏差信息在里程段里的微弱变化起伏^[2]。

灌浆前平顺性数据是在灌浆前对轨道板精调的复核,确保轨道板精调准确无误,检测完后数据上传到平台,平台可以浏览每一块板的偏差值,并且以折线图的形式展示左轨偏差和右轨偏差的横向偏差、高程偏差在各个里程段的详细信息情况,可以看出轨道整体的平顺性。

灌浆后平顺性数据是在灌浆后对轨道板再一次检测,主要是检测灌浆过程中轨道板位置是否受到影响,横向和高程是否发生变化等。

轨道板数据的信息化管理,为整体工程的质量以及后期维护等提供了准确的数据基础。

4.4 施工质量管理

施工质量管理便于各施工质量管理包括施工进度查询和施工质量评估。施工进度查询,根据项目新建初期管理员录入的各个标段、工区总共需要调板的总块数与已经精调上传的板块数、已经灌浆的板块数进行对比,可以看出施工进度,施工进度查询在平台上以柱状图来显示,更为直观。另外,在调板过程中记录了每一块板的调板时间,随着大量调

板数据的上传,便可以统计出调板时间的分段情况,大致估算出剩余的板精调需要的工时,从而更好地来确定是否需要增加作业面来保证工期^[3]。

施工质量评估是对整个精调和灌浆后轨道板数据的整体评估,主要是统计各个工区上传数据偏差与限制值比较的统计,在限差范围内的数据占比,限差 1.5 倍以内数据占比以及超过限差 1.5 倍以上数据的占比。

提高了调板效率,为按时完成工期节点要求作出了贡献,同时通过本次活动提升了个人的技能水平和管理能力和解决问题的能力。同时,提高了小组成员团结协作的意识,为共同优质完成深圳市轨道交通 14 号线轨道工程打下了坚实的基础。

5 结语

通过快速设站的方式,我们在保证精度的前提下提高了调板效率,为按时完成工期节点要求作出了贡献,也为下一步轨道精调奠定了基础。轨道板信息化平台为业主、监理以及施工单位达到了数据共享,快速掌握现场施工进度和质量提供了便利,为共同优质完成深圳市轨道交通 14 号线轨道工程打下了坚实的基础。

参考文献

- [1] 於宗伟,鲁林成.测量平差基础[M].北京:测绘出版社,1983.
- [2] 张宏.布尔莎-沃尔夫转换模型的几何证明[J].测绘与空间地理信息,2006(29):46-47.
- [3] 李潇,尹晖.基于最小二乘配置的三维空间坐标转换[J].测绘工程,2008,17(2):16-18+29.