

文章编号: 1674—8247(2012)06—0075—04

高速铁路道岔板精调及验收测量方法

王晓凯

(中铁第一勘察设计院集团有限公司航测遥感设计处, 西安 710043)

摘 要:道岔板施工完成后具有不可逆、不可再调整的特点,因此,做好道岔板的精调及验收测量工作是十分重要的。文章结合具体工程实例,探讨高速铁路道岔板在施工过程中的精调及验收测量控制方法,并提出相应的注意事项,为在建高速铁路在道岔板施工测量过程控制方面提供必要的理论和技术支持。

关键词:高速铁路; 道岔板; 精调; 验收测量

中图分类号:U213.2⁺44;U213.6 **文献标识码:**A

The Method of Fine Adjustment and Acceptance Survey of Turnout Slab on High-speed Railway

WANG Xiao-kai

(Aerial Survey & Remote Sensing Design Department, China Railway First Survey and
Design Institute Group Ltd., Xi'an, 710043, China)

Abstract: Upon completion of construction, turnout slab is irreversible and can not be adjusted anymore. Therefore, fine adjustment as well as acceptance survey of turnout slab is of great significance. With specific project example in the paper, control methods of fine adjustment and acceptance survey during turnout slab construction of high speed railway are discussed, and also corresponding precautions are given, which provide necessary theoretical and technical support for Turnout slab construction survey of high speed railway in process control.

Key words: high-speed railway; turnout slab; fine adjustment; acceptance survey

1 概述

我国的高速铁路正处于大规模的建设期,受平顺、稳定、安全、经济及环保等综合因素影响,大量以桥代路的无砟轨道结构在高速铁路设计中得到了广泛应用,其中板式无砟轨道已经成为一种比较成熟的轨道结构设计模式。在各种无砟轨道的线路条件中,道岔是轨道结构过渡的咽喉区,也是轨道平顺稳定控制的薄弱环节。在高架桥上实现轨道与道岔间的高平顺、高稳定过渡是决定高速列车舒适度及安全性能的重要环节,因此,板式轨道到板式道岔的一体化设计也越来越多地在高速铁路的设计施工中被采用。

板式道岔采用道岔板替代传统轨道结构的轨枕和道床。一方面,岔区的结构基础得到加强,减少了残余变形对轨道维护的影响;另一方面,板式结构也更有利于保证岔区轨道平顺及稳定的控制。比较有砟道岔、长枕埋入式道岔及板式道岔,可以发现,对于轨道几何状态的施工测量控制而言,已经由对轨枕间的点、线的平顺调整转而成为对道岔板及板间错台的面平顺调整。这样的结构对道岔的基础稳定及轨道的几何状态控制显然是有利的,但随之也带来了一些限制,道岔的下部结构在施工完成后不再可以调整并且道岔本身安装的调节量也变小了。这就要求在道岔施工的过程中必须重点做好道岔板的精调及施工过程验收测量工作。如果在这个环节上处理不当,就会造成道岔在施工完成后出现无法调到位的情况,甚至成为高速铁路运行及维护上的一个重要限制因素,成为高速铁路建成后的一处“硬伤”。

收稿日期:2012-03-19

作者简介:王晓凯(1978-),男,工程师。

2 道岔板精调及复测

道岔板施工的主要控制流程为:找平层混凝土施工→精调数据准备(CPⅢ复测、基准网测量及精调数据准备)→道岔板粗铺→道岔板精调→限位装置安装→道岔板复测检核测量→道岔板灌注(砂浆或自密实混凝土)施工→养护→道岔板复测验收测量。关键控制要点在于道岔板的精调、复测及灌注施工,并安装有效的限位装置。

2.1 测量数据准备

道岔板在精调前需要计算道岔板定位孔理论坐标、板角坐标以及放样特征点坐标,计算过程可由下列几个步骤实现。

2.1.1 基本定义

(1)道岔板编号:直股道岔板由岔首至岔尾方向采用两位数顺序编号,曲股道岔板顺延编号,如18号道岔正线板编号为“01、02、03……23”,曲线板编号为“24、25、26、27”。

(2)定位孔编号:如图1所示,共4位,前两位为道岔板编号,对于直股道岔板,后两位为板角定位孔由岔首至岔尾方向逆时针编号;对于曲股道岔板,后两位为板角定位孔由岔首至岔尾方向顺时针编号。

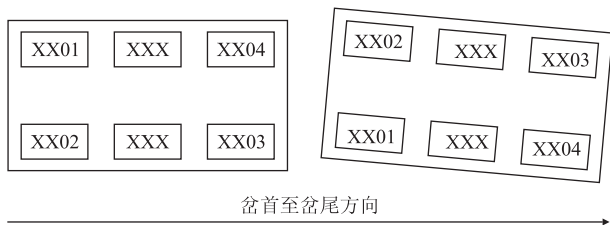


图1 道岔板定位孔编号示意图

(3)坐标系:因不同的需要,道岔板在设计、生产、施工过程中的每个步骤都定义了不同的坐标系。要实现道岔板的精密安装,需要在这些坐标系间转换定位孔的精确定位数据。

道岔板坐标系:道岔板生产胎具的坐标系,即每一块道岔板在生产后定位孔在胎具坐标系中的坐标。由于打磨偏差的客观存在,每块道岔板的定位孔位置会有轻微差异,需要生产厂家对应测量提供,道岔板坐标是针对每一块道岔板的。

道岔坐标系:道岔在设计时定义的坐标系,也就是在设计图纸上,道岔定位孔相对于设计原点的坐标,道岔坐标是针对每一组道岔的。

施工坐标系:道岔施工坐标系,对高速铁路而言,一般为全线设计施工所处的国家坐标系统。施工坐标是针对道岔所处施工区段在设计施工时选择

的投影面。

精调局部坐标系:全站仪在精调测量中,采用独立的临时坐标系。因前期的系统和偶然误差的积累,道岔板在精调前需要对各个定位孔整体测量后计算修正值以消除误差影响。因此精调局部坐标系是针对精调时的测站,每一个测站都有一个局部坐标系。

2.1.2 定位孔及特征点理论值计算

道岔板在精调时用到的理论值(定位孔精调后期望达到的位置)需要经过由厂家提供的道岔板坐标转换至由设计提供的道岔坐标,然后转换到施工坐标系中。

(1)道岔板坐标转换至道岔坐标

将道岔板生产后厂家测量的定位孔坐标,转换至设计院设计的道岔坐标系中。方法是选择每块道岔板首尾3个定位孔作为转换基准点(道岔板坐标系成果由厂家测量提供,道岔坐标系成果在设计院提供的设计图纸上读取),然后通过坐标系的平移和旋转,获得岔区内所有定位孔的道岔坐标系成果。坐标系转换的方法采用平面直角坐标系的相似变换(赫尔默特法四参数模型)。

$$\begin{aligned} x'_i &= \Delta x_0 + X_i m \cos \alpha + Y_i m \sin \alpha \\ y'_i &= \Delta y_0 - X_i m \sin \alpha + Y_i m \cos \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

式中 x'_i, y'_i ——道岔坐标系中的坐标;
 X_i, Y_i ——道岔板坐标系中的坐标;
 $\Delta x_0, \Delta y_0$ ——平移参数;
 m ——尺度比参数;
 α ——旋转参数。

定位孔转换后的成果与设计成果会存在一定的差异,应该计算出所有孔位在道岔坐标系中的偏差,并解算偏差平均值对转换成果进行修正。

(2)道岔坐标转换至施工坐标

将道岔板定位孔坐标从道岔坐标转换至施工坐标,可以选择首尾各2块道岔板间的中线点的理论设计坐标,采用直接参数法完成转换。 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 分别为2点在2坐标系中的坐标,则有:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad (2-a)$$

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (2-b)$$

$$A = \arctan(\Delta Y / \Delta X), \alpha = \arctan(\Delta y / \Delta x) \quad (2-c)$$

$$\text{平移参数} \begin{bmatrix} D_x \\ D_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, \text{尺度因子 } m =$$

$\frac{S-s}{S}$, 旋转参数 $\theta = A - \alpha$ 。

则其它点 (X_i, Y_i) 的坐标转换公式为:

$$\begin{bmatrix} \Delta X_i \\ \Delta Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix} \tag{3-a}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \end{bmatrix} = (1+m) \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_i \\ \Delta Y_i \end{bmatrix} \tag{3-b}$$

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} D_x \\ D_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \end{bmatrix} \tag{3-c}$$

2 个中线点的道岔坐标 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 可在设计图纸上读取; 施工坐标 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 可由布板软件采用贯通里程及线路参数推算, 如图 2 所示。

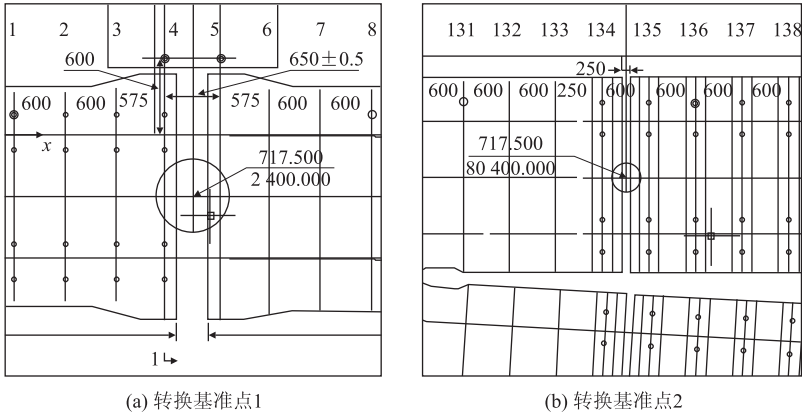


图2 道岔坐标转换至施工坐标共用点示意图(单位:mm)

通过坐标转换, 计算获得道岔板精调所用的理论定位位置, 其它放样特征点可用同样的方法求解, 如表 1 所示。

表1 道岔坐标转换至施工坐标成果表(单位:m)

道岔坐标系成果			施工坐标系成果		
点号	Y 坐标	X 坐标	点号	Y 坐标	X 坐标
1	2.400 0	0.717 5	1	497 302.525 2	3 435 451.090 9
2	80.400 0	0.717 5	2	497 275.001 6	3 435 524.073 4
0111	-1.500 0	1.681 0	0111	497 302.999 9	3 435 447.101 8
0112	-1.500 0	-0.246 0	0112	497 304.802 9	3 435 447.781 8
0113	1.500 0	1.681 0	0113	497 301.941 3	3 435 449.908 8
0114	1.500 0	-0.246 0	0114	497 303.744 3	3 435 450.588 8
...
2711	84.829 0	4.632 5	2711	497 269.775 5	3 435 526.836 0
2712	84.935 8	2.708 5	2712	497 271.538 1	3 435 527.614 9
2713	87.225 3	4.765 6	2713	497 268.805 4	3 435 529.031 2
2714	87.332 1	2.841 5	2714	497 270.568 1	3 435 529.810 1

2.2 道岔板精调

道岔板的精调通过专用的精调系统实现, 原理是根据已知点(基准点)测定定位棱镜的实际位置与其设计位置的偏差, 据此调整道岔板的位置, 同轨道板的精调相比增加了纵向调节的内容。精调之前应检查好系统各部件的状态及规格(全站仪及棱镜加常数的检测、使用标件的检测以及目标棱镜的量高等)。设站于基准点上, 后视调板区尾端基准点, 对设站 6.5 ~ 25 m 范围内的道岔板完成精调。

一般情况下, 精调道岔板按照专用精调系统的程序来执行, 常规的精调流程是:

- (1)先调整 4 个角点定位孔高度, 使角点处于同一高程面上(角点间高程差 < 1 mm);
- (2)对道岔板进行平整度和钻孔精度的检核, 并计算定位孔修正值(长板以直股一侧两点为基准, 检核曲股一侧 2 点, 短板测量对角线, 修正计算 4 点调整后的最优位置);
- (3)整体测量, 获得 4 个角点的位置偏差, 精调至偏差达标为止;
- (4)调整板中部高程后, 重复第(3)步, 直至道岔板平面、高程、纵向精调结果达标;
- (5)整体测量, 检核精调成果数据以及与上一块板的搭接情况。

道岔板精调实测与设计偏差应满足: 纵向偏差 ≤ 0.3 mm, 横向偏差 ≤ 0.3 mm, 竖向偏差 ≤ 0.3 mm。

2.3 道岔板验收测量

道岔板精调后验收测量的目的是测量各定位孔棱镜的三维坐标, 获得实测值与理论值的偏差量, 判断是否达到铺设精度要求。测量内容包括 2 个部分:

- (1)道岔板在扣压限位装置安装及封边工作完成后, 应完成一次验收测量。测量采用轨道基准点定向, 方法及验收指标与精调时的整体测量一致, 验收测量成果全部达标后才可进行灌注作业。
- (2)道岔板在拆除限位及封边装置后, 需要对其安装精度再次完成检验。测量采用前后 4 对 CPⅢ 点进行设站、定向, 测量定位孔棱镜的三维坐标, 测站之

间应至少搭接一块道岔板,以计算板间的搭接偏差。每块道岔板允许偏差:横向 $\leq 1\text{ mm}$,纵向 $\leq 3\text{ mm}$,竖向 $\leq 1.5\text{ mm}$;板间搭接允许偏差:横向 $\leq 1\text{ mm}$,竖向 $\leq 1.5\text{ mm}$ 。

(3) 每块道岔板的定位偏差;可由验收测量值与理论设计值的坐标差转换求解;相邻板点位定位偏差之差即为板间搭接偏差,道岔板与相邻正线轨道板的搭接偏差也用同样的方法计算。若定位孔验收测量值为 (X_i, Y_i, Z_i) ,理论设计值为 (x_i, y_i, z_i) ,那么定位孔偏差 $(\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$ 可按式(4)计算。

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i &= (X_i - x_i) \sin \alpha + (Y_i - y_i) \cos \alpha \\ \Delta y_i &= (X_i - x_i) \cos \alpha - (Y_i - y_i) \sin \alpha \\ \Delta z_i &= Z_i - z_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中: α ——道岔方位角。

3 道岔板精调及验收测量注意事项

(1) 精密控制网的测设

道岔板在铺设前所处区段的沉降应该趋于稳定且轨道控制网(CPⅢ网)测设已经完成,道岔板不应与轨道控制网的搭接区段临近。

道岔板区域的轨道基准点应考虑与前后正线调整区内的轨道基准点统一搭接平差处理;处于道岔关键区域的轨道基准网应在一站内完成测设(每测站距离不大于80 m),且道岔两端头不宜处于基准网测量的搭接区内;存在渡线的道岔板铺设区段,应检测两侧基准点的相对偏差,偏差大于2 mm时应重新观测基准网。

(2) 道岔板精调及验收测量

道岔板施工坐标转换选择基准点需要用到线路里程及线路参数。线路里程必须使用设计提供的贯通里程,不可采用包含断链的施工里程。

为保证道岔板在铺设后与前后线路的平顺搭接,道岔前后应预留不少于200 m的无砟轨道,待道岔板铺设完成后再组织施工。岔前、岔尾可精调不少于5块的正线轨道板并安装好扣压限位装置,与精调后的道岔板整体完成验收测量(只精调搭接,不施工),确保道岔及前后线路的平顺。

道岔板精调及验收测量的全过程应选择较好的观测环境与气象条件,且周围不能有大的荷载影响,尤其注意不能出现大型吊装机械处于梁体中部的情况;精调前应先取掉中间位置的精调爪,当两端位置调整完成后,再安装中间的精调爪进行调整;调整横向和纵向位置时,一定要同步进行,否则,容易造成精调爪损坏或轨道板崩裂;在调整中间高程时两端必须同步进行,否则,容易造成板位置翘曲及定位孔点位超限。

4 结语

道岔板的精调定位,决定着后续道岔安装的扣件调节量及结构的平顺、稳定。由于道岔区段是高速铁路的咽喉地带、薄弱环节,其精密施工质量对于整个高速铁路的建设都是十分重要的。了解和研究道岔板精密安装技术,可以减少或避免道岔板精调及验收测量过程中产生的各类误差累积,为后续道岔安装的施工进度及结构质量提供保证。只有在道岔板施工过程中做到精益求精、不放过一点瑕疵,才能实现高速铁路的高标准建设、高质量运营。

参考文献:

- [1] TB 10601-2009 高速铁路工程测量规范[S].
TB 10601-2009 Code for Engineering Survey of High-speed Railway [S].
- [2] TB 10754-2010 高速铁路轨道工程施工质量验收标准[S].
TB 10754-2010 Standard for Constructional Quality Acceptance of High-speed Railway Track Engineering[S].
- [3] 铁建设[2010]241号,高速铁路轨道工程施工技术指南[S].
Tie Jian She [2010] No. 241, Guide for Construction Technology of High-speed Railway Track Engineering[S].
- [4] 何华武. 无砟轨道技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 2006.
He Huawu. Ballastless Track Technology [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2006.
- [5] 武瑞宏. 工程独立坐标系的建立方法研究[J]. 工程勘察, 2009(3): 71-74.
Wu Ruihong. Study on Method of Establishment of Independent Engineering Coordinate System[J]. Engineering Survey, 2009(3): 71-74.