印尼巨港轻轨小半径曲线轨道施工控制分析

The Analysis of Small Radius Control Regarding Track Work Construction for Palembang LRT

刘田刚
Tiangang Liu
中交二公局铁路工程有限公司,中国·陕西 西安 710065
CCCC-SHEC Railway Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710065, China

【摘要】结合印尼巨港轻轨小曲线轨道道床施工的成功经验,分析由于线路设计过程中考虑周边环境、交通条件等限制条件的影响,在线路中设置小半径曲线时,小曲线轨道道床施工过程中的方法措施、注意事项及控制要点,采用提前配轨、提前预弯、焊接长轨、钢轨安装等控制措施,以达到线路的平顺性、舒适性、几何形位尺寸等要求。

【Abstract】Based on the successful experience regarding track plinth construction at small curve area in Palembang LRT, analysis the construction method, precautions and control points when setting the small curve due to consider the affection of surrounding environment and limited transportation condition during alignment design. Meanwhile, take action such as rail layout plan, pre-bending, long rail welding and rail installation to match the alignment requirement of smoothing, comfortable and geometric.

【关键词】轻轨;小半径曲线;轨道;无砟道床

【Keywords】light rail transit; small-radius curve track; track; ballastless track plinth

【DOI】https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v3i1.1385

1 引言

近几年随着社会的进步,世界各地都在发展城市轨道,而轻轨作为城市轨道的一种,也得到了广泛的应用,在城市轻轨设计中,由于受到地面及地下构造物、原有道路、人流密度及城市的周边环境等因素的影响[1],轻轨线路的线路走向就会因避让而不得不设计小半径曲线,以达到线路所要求的坐标位置以便更好更快捷的服务于大众[2],本文结合以印尼巨港轻轨项目小半径曲线施工为依托,对小曲线轻轨施工进行分析,以便类似工程可以得到借鉴。

2 工程概况

印尼巨港轻轨项目线路全长23.17km双线,轨距为1067mm,设计最大时速为80km/h,轨道型式为无枕式条形基础无砟道床,基础两侧设置有对置式L墙,扣件为VOSSLOH-DFF21,钢轨为R350HT-54E1,全线为跨区间无缝线路,焊接方式为铝热焊焊接,全线共136处曲线,最小曲线半径为78.1m,共10处,道岔15组,其中交叉渡线2组,单渡13组。

3 小曲线半径施工

本项目钢轨均为25m标准轨,小曲线轨道安装过程中接头位置处理难度大,线性不平顺、硬弯、轨道的几何形位等问题成为主要控制点,也是轨道施工过程中需要注意的关键控制点[3]。本项目采用钢轨为54E1,其断面尺寸为:钢轨高159mm,轨底宽度为140mm。常规施工方法根本无法将钢轨弯曲成78m或80m的半径的定型尺寸,并保证线型的平顺。如果提前在厂内对钢轨进行预弯,那么25m标准钢轨预弯成所需要的半径后,由于道路及车辆条件的限制,根本无法运输到施工现场[4]。针对此问题,制定了以下施工方法:

3.1 结合现场进行配板、配轨,对钢轨进行预弯

提前根据图纸及现场实测梁长对道床进行配板、配轨,并结合CAD图模拟钢轨接头位置,保证钢轨接头距扣件边缘不小于10cm。将钢轨运输至施工现场,并做好钢轨预弯的一切准备工作。现场弯轨采用弯轨器,对钢轨距离接头1m及0.5m位置进行预弯,所需要进行预弯的钢轨为接头在曲线内的,如钢轨一端在曲线段,另一端在直线段,则只需要对曲线内接头进行预弯。预弯前,在钢轨上标出预弯点位置、曲线半径、所需要预弯达到的正矢量,弯轨时严格按照正矢进行预弯,正矢计算公式为$f=L^2/8R$,各符号的含义见下图:

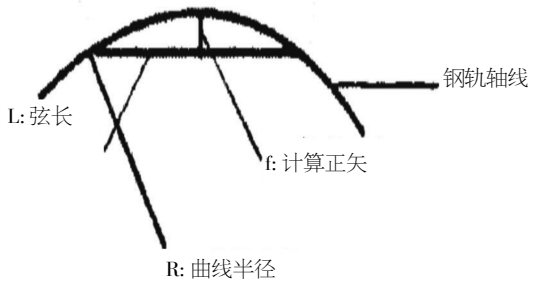

图1

弯轨时应分清钢轨左右股,根据每股钢轨的半径大小来计算正矢,开始弯轨时应先对钢轨回弹量进行测试,先将弯轨器放置在需要弯曲的点位后,在加力过程中要随时对正矢进

行测量，加力到要求的正矢后，松开弯轨器油阀，使钢轨自由钢轨回弹后，测量被弯曲点弯曲后的正矢，若未达到要求正矢，则可以加大弯曲力度，再次进行预弯，按照此方法反复对钢轨预弯几次后，直至达到要求的正矢后结束预弯，预弯过程中记录下弯轨器压力大小、钢轨预弯时矢量及回弹后矢量。

图2　钢轨预弯

3.2 钢轨焊接

由于线路为无缝线路，且全线采用铝热焊焊接，在钢轨预弯完成后，对钢轨进行焊接，焊缝大小、轨头预拱度、工作边误差等要素按照铝热焊剂厂家的技术参数进行调整，焊接完成后，应在钢轨安装前对钢轨完成焊头打磨，并做完UT探伤及外观检测。如不合格，应及时切除，并重新进行焊接，并保证焊缝要调节到距扣件边缘不小于10cm位置。

3.3 钢轨安装

钢轨焊接完成后，应按照提前模拟好的钢轨位置进行钢轨安装，轨道调节系统提前按照1.8m间距摆放到位并安装好，在距钢轨接头位置0.5m处弯曲点各放置一组调节系统，安装时先安装基准轨，再安装另一股钢轨。钢轨架设完成后，根据放样中线及标高，利用轨道调节系统对钢轨进行粗调，要求曲线超高值、轨道标高、轨距等要素均满足控制要求，粗调完成后，利用轨检车及全站仪对轨道进行精调，对轨道超高、水平位置、轨距及轨面标高进行复核调整，由于钢轨自身存在刚性连动，在精调时，对前后轨道会有所影响，因此精调过程中需来回对前后轨道的几何位置进行调整复核，直至到达要求后精调方能结束。

3.4 混凝土浇筑

精调完成后，应在24小时内进行混凝土浇筑，并在浇筑前对轨道再次进行复核[5]，确保浇筑前轨道的几何尺寸及位置在要求范围内，方可进行混凝土施工，施工过程中，严禁有平板车、模板等重物在轨道上行走或堆放，以免对轨道造成扰动，发生位移。

图3　钢轨安装

图4　成型后轨道

4 轨道几何形位的控制措施及分析

4.1 钢轨位置确定

在施工前根据现场实测梁长及图纸设计配板原则进行道床的布设，并根据钢轨长度确定轨缝预留位置，由于全线均为铝热焊，焊缝处的焊带如果落在扣件上，钢轨的平顺性将受到影响，因此在施工前必须提前在图上模拟出焊缝具体位置，另一原因在钢轨应力放散时，焊头焊缝将有一定的位移量，因此，在保证焊缝不落在扣件的基础上还要保证，焊缝距扣件边缘距离应大于10cm。

4.2 钢轨预弯控制

4.2.1 为何要进行钢轨预弯及焊接

倘若钢轨不焊接、不预弯，直接利用轨道调节系统来安装，钢轨接头位置由于横向抗弯力较大，再加上曲线半径过小，钢轨接头位置将会形成硬弯，由于钢轨接头位置弯曲程度无法控制，因此后序铝热焊及一些施工将无法进行，且轨道方向将会严重偏移，因此不能直接进行轨道安装；如若先将钢轨进行焊接成长钢轨再进行轨道安装，由于钢轨在弯道上由于弯曲变形所形成的弹性压力，半径越小，弹性压力越大，而钢

轨焊头采用的是铝热焊，而铝热焊相对钢轨原材质只是一种填充料，很容易致使钢轨焊头断裂或出现质量问题，因此需要提前将钢轨接头前后0.5m及1m位置进行预弯，并在0.5m两处位置各架设一组轨道调节系统，钢轨在空间的定位调节到位后，将钢轨锁死并将轨道调节系统固定，让焊头前后0.5m以内达到钢轨自然弯曲状态或减小钢轨弯曲产生的弹性压力，这样既保证了钢轨线性的平顺及几何形位，又保证了焊头质量。

4.2.2 预弯过程中控制措施

在钢轨预弯时，要对钢轨正矢进行不断的测量观察，由于每根钢轨的弹性模量均不相同因此应根据实际的正矢对预弯力及时进行现场调整，在预弯过程中应遵循“宁欠勿超”的原则，切勿由于预弯力过大，导致正矢偏大，如若正矢偏大，再调整到合适的正矢是非常困难的，会造成不必要的浪费，甚至将预弯部分切除。最重要的是在预弯时，一定要根据钢轨左右股的半径来进行预弯，左右股的半径是不一样的，预弯完成后，应在钢轨上标注清楚曲线半径大小、安装位置。

4.3 轨道调节系统的选择

由于小半径曲线施工时，钢轨弯曲所形成的弹性压力，再加上曲线外股超高致使的轨道调节系统整体重心倾斜，因此针对小半径曲线施工，调节系统除一般轨道达到了要求外，还应考虑到能达到以下要求的调节系统：

（1）调节系统的横向及竖向调节系统应有足够的强度及耐变形性。

（2）各连接件精度高，杜绝由于各部件变形引起的误差。

（3）系统承轨面自带1/40坡度，避免由于超高致使轨底坡错误[6]。

（4）在精调轨道几何形位时，便于操作，精度以控制[7]。

（5）精调完成后，系统易固定，易加固，各系统之间为独立，不会因为个别扰动带动整体。

4.4 轨道安装控制措施

在小半径曲线施工时，应加密轨道调节系统，使之更易控制钢轨的轨向，由于施工中各种因素的影响，致使个别调节系统发生变形、移动或者失稳，导致轨道的几何形位无法达到正确的位置，因此在安装前应检查各调节系统，如发生变形、弯曲等情况，应及时更换调节系统。

在轨道安装时，应遵循“先安装基准轨，再安装另一轨；先粗调，后精调；先水平，后轨距；先中线，后高程”的原则。在轨道调节过程中，通过对高程螺杆、横向螺杆、轨向螺栓、压紧螺栓等部件的调节，使小半径曲线轨道的轨距、水平、方向、前后高低、轨底坡、轨距加宽、曲线外轨超高等几何形位达到要求[8]。

在调节过程中，应检查各部件的缝隙是否密贴，如若存在及时进行紧固，避免发生位移。轨道调节系统在安装过程中应与模板加固系统分开，避免由于模板系统扰动，带动轨道几何形位的变动。

4.5 混凝土施工控制措施

在浇筑前对轨道再次进行精调复核，确保浇筑前轨道的几何形位符合要求，方可进行混凝土施工[9]，施工浇筑过程中，应避免对轨道调节系统及钢轨的扰动，并派专人对轨道几何形位进行检查，发现问题后，及时进行纠正。混凝土终凝后，其强度达到5MP以上时方可拆除调节系统。

5 结语

为保证列车运行的安全性、平稳性和舒适性，轨道的几何形位起着十分重要的作用[10]，也是轨道结构有别于其它工程结构的显著特征，提高小半径曲线施工质量对轻轨轨道施工意义重大。本文中所介绍的施工方法，通过对印尼巨港轻轨轨道项目实践，该方法施工质量高、适用性强，对城市轻轨中小半径曲线轨道施工具有推广意义。

参考文献

[1]闫晓军.城市轻轨工程技术难点分析[J].企业技术开发,2012,31(32):158-159.

[2]何洪涛.城市轻轨施工技术难点分析[J].城市建设理论研究:电子版,2012(6).

[3]曲铭.基于列车运行特性的轨道管理方法[D].同济大学,2009.

[4]纪显照.城市轻轨施工难点剖析及对策[J].中国高新技术企业,2011(13):84-86.

[5]张正.城际隧道双块式无砟轨道道床施工技术[J].城市建设理论研究:电子版,2016(12).

[6]夏波.曲线钢轨磨耗原因及整治方法的探讨[J].管理学家,2012(2).

[7]王青元.浅谈隧道内小半径曲线整体道床轨道几何形位控制[J].科技与企业,2013(04):202-203.

[8]高亮.轨道工程[M].重庆:重庆大学出版社,2014.

[9]杜方元.CRTSⅠ型双块式无砟轨道轨排框架法施工技术[J].山西建筑,2012,38(33):162-164.

[10]葛启程.高速铁路轨道平顺性的维修管理[J].科学与财富,2015(4):199-199.