

文章编号: 1674—8247(2022)02—0031—06

DOI:10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2022. 02. 006

高速铁路到发线无砟轨道接轨技术应用研究

郦 晔

(中国铁路上海局集团有限公司南京铁路枢纽工程建设指挥部, 南京 210000)

摘 要:为提高线路利用率和实现联网运输,我国新建高速、城际铁路多采取在已开通运营线路车站到发线咽喉区接入道岔的接轨方式引入既有客运站。为减小接轨施工对既有线路运营的干扰,本文以新建江苏南沿江城际铁路通过既有到发线引入江宁站的接轨工程为例,确定了施工改造范围,并分析了锁定轨温差、扣件纵向阻力及植筋锚固措施对 18 号无缝道岔受力和位移的影响,最后结合施工要求给出合理的施工建议,为类似工程提供理论支撑和技术参考。

关键词:高速铁路;运营到发线;无砟轨道;接轨;无缝道岔

中图分类号:U213. 2⁺44

文献标志码:A

Study on Application of Ballastless Track Connection Technology to Arrival and Departure Tracks of High-speed Railway

LI Ye

(Nanjing Railway Hub Project Construction Headquarters of China Railway
Shanghai Bureau Group Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: In order to improve the utilization rate of the line and enable the access to the railway network, most of the newly-built high-speed railways and intercity railways in China are connected to the existing passenger stations by connecting switches in the throat area of the arrival and departure tracks of the stations of operating lines. For the purpose of reducing the interference of junction construction on the operation of the existing line, this paper took the junction of new Nanjing-Taicang Intercity Railway connecting to Jiangning Station through the existing arrival and departure track as an example, determined the scope of reconstruction, and analyzed the impact of the difference of fastening-down rail temperatures, the longitudinal resistance of fasteners and the anchorage measures of embedded bars on the stress and displacement of No. 18 continuous welded rail turnout, finally, reasonable construction suggestions were given in combination with construction requirements to provide theoretical support and technical reference for similar projects.

Key words: high-speed railway; operating arrival and departure track; ballastless track; connection; continuous welded rail turnout

随着我国高速铁路、城际铁路的大规模发展,为节省工程投资、提高既有线路利用率、实现联网运输,新

建高速、城际铁路往往需要通过在已开通运营的高速铁路到发线接轨引入既有高速铁路客运站^[1-2]。目

收稿日期:2022-03-17

作者简介:郦晔(1986-),男,工程师。

基金项目:中国铁路上海局集团有限公司课题(2019121)

引文格式:郦晔. 高速铁路到发线无砟轨道接轨技术应用研究[J]. 高速铁路技术,2022,13(2):31-36.

LI Ye. Study on Application of Ballastless Track Connection Technology to Arrival and Departure Tracks of High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(2):31-36.

前,我国运营的高速铁路到发线大多铺设无砟轨道,且由于无砟轨道结构型式较多,在接轨时,通常采用到发线插入道岔的方式,而道岔区轨道结构型式、结构宽度及高度等,与既有到发线无砟轨道存在较大差异,如何合理匹配两种轨道结构,同时快速恢复既有无砟轨道道床结构、无缝线路工程,减小对既有线路的干扰,使既有高速铁路满足快速恢复运营的要求,需针对高速铁路典型路基地段车站无砟轨道结构特点,开展系统、全面、深入的研究,确定合理的高速铁路运营到发线无砟轨道接轨技术方案,及时指导工程设计。

道岔接轨时应考虑既有道岔的受力问题,减小对既有线路的干扰。许实儒^[3]利用三点力学模型和二次松弛法求解出固定辙叉类型的无缝道岔位移及各轨节的温度力分布。基于“两轨相互作用原理”,卢耀荣^[4]提出了考虑导轨与基本轨相互作用的无缝道岔纵向力计算方法。范俊杰^[5]以非线性分析和力图叠加原理为基础,建立了当量阻力系数法。蔡成标^[6]建立了无缝道岔钢轨温度力与变形分析的力学模型。耿建增^[7]利用有限元法分析了轨枕、扣件和道床阻力对固定辙叉无缝道岔各个部分的受力和位移规律;在考虑各零部件阻力的非线性特征条件下,王平^[8]则建

立了可用于计算可动心轨式无缝道岔钢轨附加温度力及位移的模型。孙大新^[9]和王树国^[10]等对桥上无缝道岔以及大号码无缝道岔的受力及位移进行了分析;晏资皇^[11]等研究了位于桥上不同位置的无缝道岔各钢轨受力与变形。陈秀方^[12]在无缝道岔计算中首次引入广义变分原理,用有限长 Winkler 弹性地基梁代替岔枕,并考虑扣件阻力的非线性特性,提出了一种全新的方法。

即将投入运营的新建江苏南沿江城际铁路(以下简称“南沿江铁路”)需通过既有铁路到发线引入宁杭高速铁路江宁站,结合该工程项目,开展高速铁路已开通运营的到发线无砟轨道接轨技术方案研究,为类似工程提供理论支撑和技术参考。

1 研究背景

南沿江铁路布设于江宁站北侧,江宁站规模为2台4线,正线设计速度350 km/h。宁杭高速铁路计划通过新建两条从既有车站两股到发线引出的联络线(设计速度120 km/h),将南沿江铁路引入该车站,需实施到发线轨道断道拆除及恢复配套工程,车站接轨各线关系示意如图1所示。

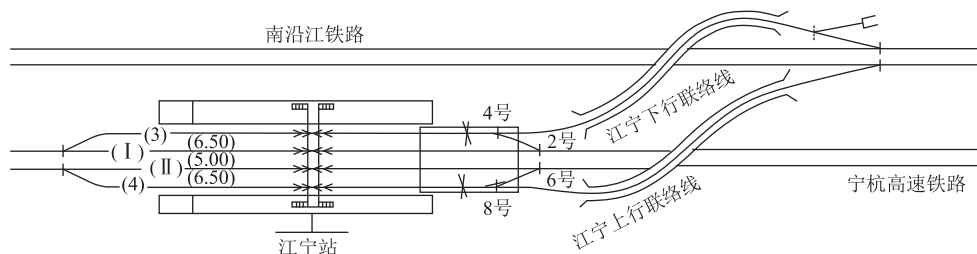


图1 车站接轨各线关系示意图

由图1可知,该车站现有4条股道,其中含2条正线(I)、(II)道,2条到发线(3)、(4)道,其中2条到发线均为60 kg/m无缝线路。图中方框所示为接轨区域。(I)、(II)道线间距5 m,采用CRTS II型板式无砟轨道;到发线与其相邻正线线间距6.5 m,轨道结构形式为CRTS I型双块式无砟轨道。

施工改造过程中,既有正线(I)、(II)道需限速运营至80 km/h,为了在不中断正线列车通过的条件下进行改造施工,本文将针对既有线路拆除范围,分析锁定轨温差、扣件纵向阻力及既有运营线路的加固措施对既有道岔的影响,为降低施工对既有正线的运营影响而采取一定的措施。

2 接轨方案

接轨方案示意如图2所示,分别在站内3道、4道

南端拆除无砟轨道261.86 m,插铺2组18号道岔。

2.1 既有无砟轨道拆除范围的确定

既有到发线与宁杭正线的线间距为6.5 m,插铺道岔的岔心位置与既有2号道岔的位置关系为固定值,同时新建路基岔区轨枕埋入式无砟轨道的长度为固定值,故江宁站插铺18号单开道岔的拆除范围的终点里程根据到发线与正线线间距确定。根据搜集的江宁站岔区轨枕埋入式无砟轨道和到发线双块式无砟轨道资料,到发线双块式无砟轨道(连续结构)的端梁设置在岔区轨枕埋入式无砟轨道的岔后侧股位置,拆除到发线后到发线无砟轨道在杭州端与既有的连续结构断开,拆除后的到发线在南京端的岔区轨枕埋入式无砟轨道的岔后侧股位置有1处端梁,经过研究决定在到发线杭州端按照通用图要求补设端梁。现有的端梁设计方案中端梁结构长度

为 31 ~ 35 m,考虑到临近正线施工与轨枕布置,到发线双块式无砟轨道的拆除还建长度为 32.53 m。故江宁站插铺 18 号单开道岔,每股到发线既有无砟轨道计划拆除长度为 130.93 m,其中新建路基岔区轨枕埋入式轨道 98.4 m,新建到发线 CRTS I 型双块式无砟轨道 32.53 m。

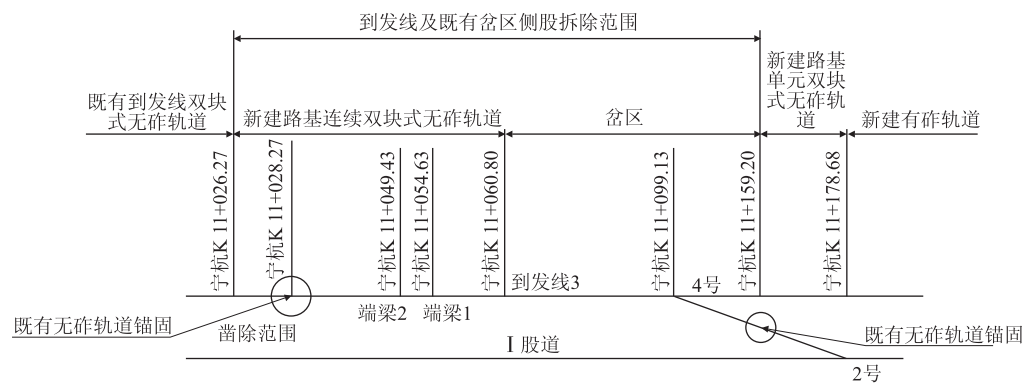


图2 接轨方案示意图

2.2 既有线路加固措施

拆除无砟轨道后,轨道结构自由端会发生伸缩位移,其原因是在双块式无砟轨道纵向连续道床板的建造施工过程中,无砟轨道中的混凝土及钢筋产生胀缩变形,在基底和边界的约束作用下,产生分布在钢轨及轨下结构内部的温度应力。在拆除既有无砟轨道的过程中,结构中纵向截面中的对称约束被放开,内部的温度应力被释放,导致轨道结构自由端发生纵向位移。因而采取锁定拆除范围两侧无缝线路200 m,植筋锚固道床板 15 m 的方式,保证两侧既有无砟轨道不发生纵向位移。

3 接轨方案理论仿真计算

本文以计划接入的 18 号道岔为研究对象,建立有限元模型,研究无砟轨道锁定轨温差、扣件纵向阻力及植筋锚固措施对无缝道岔受力的影响。

3.1 无砟轨道锁定轨温差

拆轨段锁定轨温与既有锁定轨温相差 0℃、5℃、10℃时,岔区钢轨的受力情况如图 3 所示。其中,无缝道岔直股前后连接锁定轨温发生变化的无砟轨道,侧股连接既有轨道,根据研究道岔两端分别为新建轨道和既有轨道且两端存在锁定轨温差时对岔区钢轨受

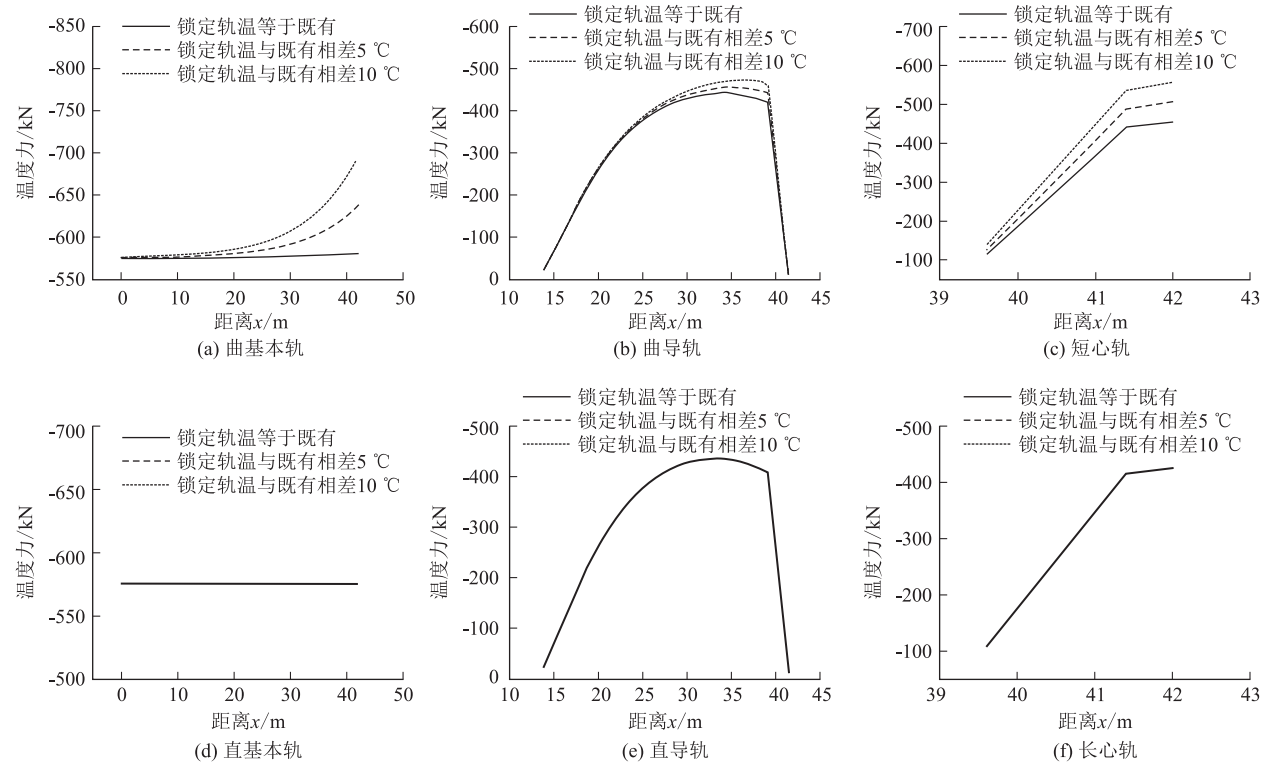


图3 岔区各轨温度力图

力的影响,计算得到的钢轨温度力的绝对值进行对比分析。

经分析可知,随着无缝道岔直股前后连接的轨道与侧股连接的轨道间的钢轨锁定温差的增加,曲基本轨、曲导轨、短心轨温度力均增大,而直股钢轨所受的温度力则无明显变化。无缝道岔直股前后轨道与侧股轨道间的钢轨锁定温差从 0℃ 向 10℃ 增长时,曲基本轨和短心轨最大温度力随之增加。曲基本轨和短心轨的受力增幅显著,其中前者最大温度拉力从 580.84 kN 上升至 695.48 kN,增加了 114.64 kN,增幅达 19.74%;后者最大温度拉力从 453.51 kN 上升至 558.34 kN,增加了 104.83 kN,增幅达 23.12%;两者

最大温度力随锁定轨温差的改变几乎呈线性变化。
较大的锁定轨温差会对正线道岔部分钢轨的温度力及道岔的对称性产生不利影响,困难条件下,无砟无缝道岔侧股和直股轨道的锁定轨温差可放宽至 10℃。

3.2 扣件纵向阻力

为清晰的描述道岔扣件纵向阻力对无缝道岔受力和变形的影响,选择了以道岔弹条Ⅱ型扣件实际阻力值的 0.5 倍、0.75 倍、1.0 倍、1.25 倍及 1.5 倍的数值分别进行研究。取岔区轨温变化幅度为 50℃ 为例,计算得到扣件阻力变化下的岔区基本轨及导轨温度力如图 4 所示,不同扣件纵向阻力下道岔尖轨位移及心轨位移如表 1 所示。

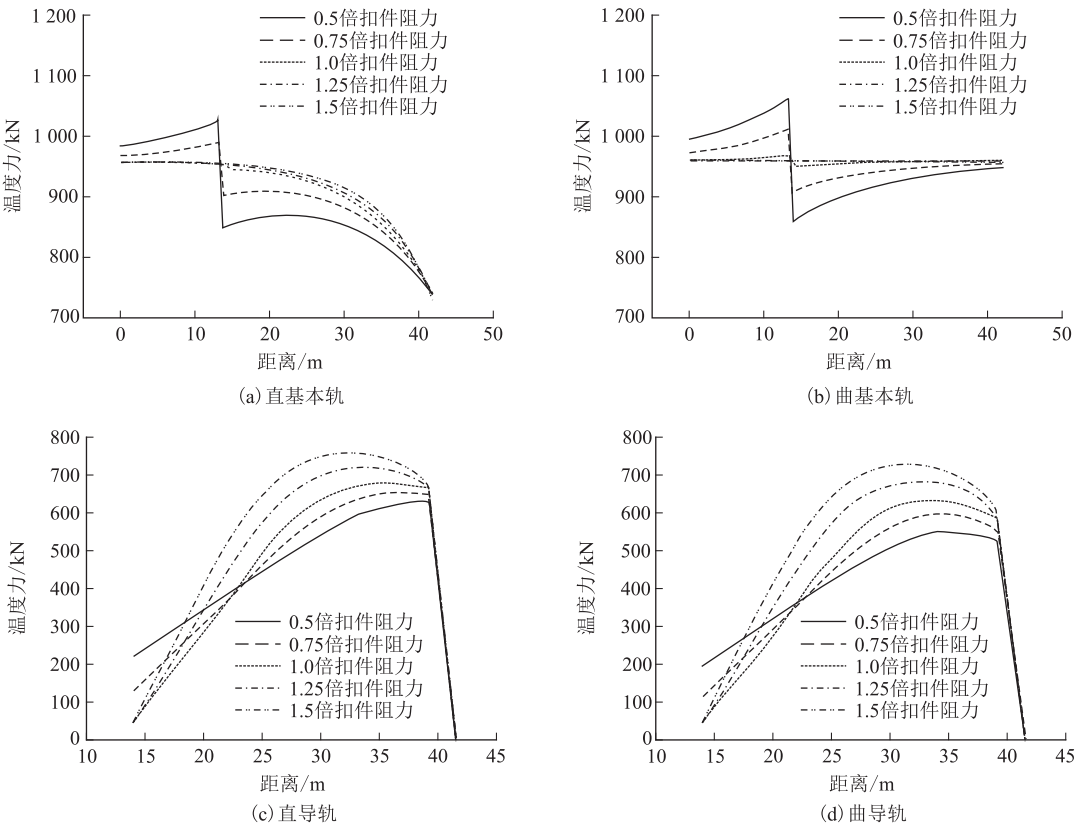


图 4 基本轨及导轨温度力图

表 1 不同扣件纵向阻力下道岔尖轨及心轨位移比较表

| 项目 | 位移/mm | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|----------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | 曲尖轨 第一牵引点 | 直尖轨 第一牵引点 | 曲尖轨 跟端 | 直尖轨 跟端 | 尖轨跟端 相对位移 | 心轨 尖端 | 曲股翼轨在心轨 第一牵引点处位移 | 直股翼轨在心轨 第一牵引点处位移 | 两翼轨在心轨第一 牵引点处相对位移 |
| 0.5 倍扣件阻力 | 16.2 | 14.8 | 9.7 | 8.2 | -1.5 | 10.7 | 4.5 | 1.8 | -2.6 |
| 0.75 倍扣件阻力 | 15.1 | 14.4 | 8.6 | 7.8 | -0.8 | 9.1 | 2.9 | 1.4 | -1.5 |
| 1.0 倍扣件阻力 | 14.6 | 14.2 | 8.0 | 7.5 | -0.5 | 8.3 | 2.1 | 1.1 | -1.0 |
| 1.25 倍扣件阻力 | 14.3 | 14.0 | 7.7 | 7.3 | -0.3 | 7.9 | 1.6 | 0.9 | -0.8 |
| 1.5 倍扣件阻力 | 14.1 | 13.8 | 7.4 | 7.2 | -0.3 | 7.6 | 1.3 | 0.7 | -0.6 |

随着扣件纵向阻力的增加,基本轨限位器子母块由接触状态逐渐转变为不接触状态,因此扣件阻力增

加对基本轨温度力产生了有利影响,而导轨的温度力则随扣件纵向阻力的增加而增加。

表1反映了尖轨及心轨位移随扣件纵向阻力的变化规律。随着扣件纵向阻力的增加,直、曲尖轨尖端第一牵引点位移和跟端位移均减小,同时直、曲尖轨跟端位移差也减小;心轨尖端位移减小,直股、曲股翼轨在心轨第一牵引点处位移均减小,同时直股、曲股翼轨在心轨第一牵引点处位移差也显著减小。因此扣件纵向阻力对道岔位移控制有重要意义。

扣件纵向阻力对控制基本轨温度力和道岔位移有利,但对导轨温度力产生不利影响;可结合现场实际条件,通过增大扣件纵向阻力50%,即可控制既有正线道岔的位移,从而保证施工过程中对既有正线运营不受影响,同时应避免因过度增大扣件纵向阻力对导轨温度力的不利影响。

3.3 植筋锚固措施

对既有正线无缝道岔侧股末端15 m进行植筋锚固后,不同温差幅度下道岔直向钢轨温度力如图5所示。

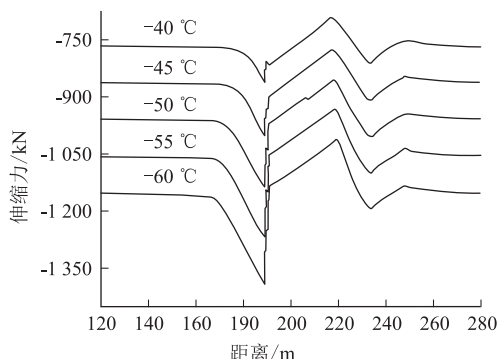


图5 道岔直向钢轨温度力图

由图5可知,拆除道岔侧股并在剩余部分采取植筋锚固措施时,结合江宁站历年的温度变化情况,取所在地区最大温差幅度为50 °C,道岔直向钢轨后端温度力为1 000 kN。可见通过采取植筋锚固的加固措施,可以抵抗道岔侧股拆除后产生的剪切力对既有直股钢轨温度力的影响,故拆除道岔侧股并不影响既有正线道岔直股钢轨的受力及变形。

4 接轨方案铺设施工

由上述理论分析可知,锁定轨温差的存在并不会影响正线运营,但会导致道岔的不对称性;适当增大扣件阻力和采取植筋锚固措施可维持正线的正常运营。基于上述研究结果,可针对拆除部位进行植筋锚固与接轨道岔铺设等施工。

4.1 植筋锚固

为保证既有到发线区段的无砟轨道拆除后,两端的无砟轨道及无缝道岔直股不发生纵向位移,在需拆

除区段向岔前15 m范围内和既有道岔区15 m范围内,对道床板与支承层植销钉加固。每间隔两根轨枕便设置1排锚固销钉,每1排设置4根 $\phi 25$ mm、长400 mm的HRB400螺纹钢筋,均采用植筋胶锚固及封顶。植筋锚固的具体操作步骤简述如下:

(1)用油漆标识植筋位置,探测道床板内钢筋,调整钻孔位置。

(2)在标识位置钻孔,控制钻孔深度,避免道床板内钢筋断裂。

(3)清理钻孔粉尘,注入粘合剂,植筋并封孔。

4.2 接轨道岔铺设施工

接轨道岔的铺设采用“工厂预组装、散件段运输、现场组装道岔、精调并灌注混凝土”的无砟道岔原位铺设施工方法。

无砟道岔道床板支承结构为底座板,底座直接浇筑在已填筑完毕的路基上,底座混凝土强度等级设计为C30。首先应对施工现场测量放样,紧接着绑扎道岔区底座的钢筋并进行模板安装,再浇筑混凝土底座,并进行拆模和养护;其次绑扎道床板底层钢筋,对道岔进行初步安装和联接;然后对道岔进行第一次精调,后使用精调小车对道岔进行检测,不合格则需要继续精调,直至检测合格后才可以进行下一步的铺设。直至合格并进行工电联调后,开始道岔的第二次精调。合格后对道岔区道床板混凝土进行施工并采取相应的养护措施;最后拆除支撑螺杆和模板,对道岔进行焊接,完成18号道岔的铺设。

钢轨焊接采用铝热焊焊接。岔区内部钢轨接头与前后无缝线路的焊接宜控制在各自相应的设计锁定轨温范围内进行。进行焊接时应注意控制18号道岔与相邻的单元轨节间的锁定轨温的差值不应大于5 °C。为保证道岔直向有较高的平顺性并避免钢轨在焊接时产生的内力对道岔受力变形的不利影响,结合无缝道岔受理及变形分布规律分析,道岔区钢轨的焊接顺序如图6所示,即按1~8的顺序进行。主要焊接顺序如下:

- (1)辙叉轨排与导轨连接部,先直股,后曲股。
- (2)导轨与导轨之间,先直股,后曲股。
- (3)导轨与尖轨跟部,先直尖轨,后曲尖轨。
- (4)基本轨焊接,先直股,后曲股。
- (5)道岔前后钢轨焊接顺序为先岔前,再岔后。

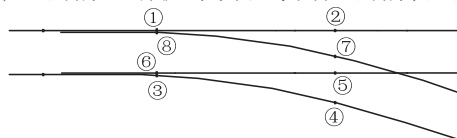


图6 道岔焊接顺序示意图

先直股,再曲股。

5 结论

南沿江铁路引入既有车站,在接轨时需拆除部分既有无砟轨道并铺设2组18号道岔,为合理匹配道岔轨道与既有到发线轨道结构,减小接轨施工对既有线路的影响,本文确定了接轨方案实施范围,研究了无砟轨道锁定轨温差、扣件纵向阻力及植筋锚固措施对无缝道岔受力的影响,最后针对性地提出了具体施工方案,主要结论如下:

(1)结合实际需求,需新建路基岔区轨枕埋入式无砟轨道98.4 m,新建到发线CRTS I型双块式无砟轨道32.53 m,故每股到发线既有无砟轨道计划拆除长度为130.93 m。

(2)随着道岔直股与侧股轨道锁定轨温差的增加,直股钢轨受力无明显变化,侧股钢轨受力随之增大,道岔受力的不对称性愈发显著;道岔两端轨道锁定轨温差的存在并不会影响道岔直股的受力情况,但较大的锁定轨温差对岔区部分钢轨温度力及道岔的对称性产生不利影响。困难条件下,无砟无缝道岔侧股和直股轨道的锁定轨温差可放宽至10℃。

(3)随着扣件纵向阻力的增加,基本轨限位器子母块由接触状态转为不接触状态,导轨温度力增大,道岔位移减小;扣件纵向阻力的增加对控制基本轨温度力及道岔位移有重要意义,但对导轨温度力产生不利影响。可采用适当增大纵向阻力的方法控制既有正线的道岔位移及直导轨温度力。

(4)采取植筋锚固时,拆除道岔侧股并不会影响道岔直股的受力;接轨方案施工时可采取对拆除范围附近既有轨道的植筋锚固等加固措施,控制无砟轨道拆除对既有线路及道岔的影响。接轨道岔铺设时采用原位铺设施工方法;岔区及其前后钢轨使用铝热焊焊接,焊接时应注意控制18号道岔与相邻的单元轨节间的锁定轨温的差值不应大于5℃。

参考文献:

- [1] 刘杰. 济南站至济青高速铁路联络线方案研究[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(3): 101-105.
LIU Jie. Study on Options of Connecting Line from Jinan Railway Station to Jinan-Qingdao High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 101-105.
- [2] 张红, 秦文达, 张海凤, 等. 联络线施工对邻近线路基扰动影响[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 35-40.
ZHANG Hong, QIN Wenda, ZHANG Haifeng, et al. Disturbance of Construction of Connecting Line to Earthworks of Adjacent Lines[J].

- High Speed Railway Technology, 2021, 12(1): 35-40.
- [3] 许实儒, 童本浩. 无缝道岔的温度力分布与变形分析[J]. 铁道学报, 1994, 16(1): 73-79.
XU Shiru, TONG Benhao. Temperature Force Distribution and Deformation Analysis of Welded Switches[J]. Journal of the China Railway Society, 1994, 16(1): 73-79.
- [4] 卢耀荣. 无缝线路研究与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
LU Yaorong. Research and Application of Continuous Welded Rail Track[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2004.
- [5] 范俊杰, 谷爱军, 陈岳源. 无缝道岔的理论与试验研究[J]. 铁道学报, 2000, 22(2): 55-59.
FAN Jun jie, GU Aijun, CHEN Yueyuan. Theoretical Calculation and Testing Analysis for Continuous Welded Turnouts[J]. Journal of the China Railway Society, 2000, 22(2): 55-59.
- [6] 蔡成标, 翟婉明, 王其昌. 无缝道岔钢轨纵向力与位移的研究[J]. 铁道学报, 1997, 19(1): 83-88.
CAI Chengbiao, ZHAI Wanning, WANG Qichang. A Study of Longitudinal Force and Displacement of Welded Switches[J]. Journal of the China Railway Society, 1997, 19(1): 83-88.
- [7] 耿建增, 范俊杰, 于胜利, 等. 用有限元法分析无缝道岔的受力与变形[J]. 北方交通大学学报, 1996, 20(5): 550-553.
GENG Jianzeng, FAN Junjie, YU Shengli, et al. Force and Deformation Analysis to Welded Turnout by Finite Element Method[J]. Journal of Northern Jiaotong University, 1996, 20(5): 550-553.
- [8] 王平, 黄时寿. 可动心轨无缝道岔的非线性计算理论研究[J]. 中国铁道科学, 2001, 22(1): 84-91.
WANG Ping, HUANG Shishou. Study on the Nonlinear Theory of Welded Turnout with Movable-Point Frog [J]. China Railway Science, 2001, 22(1): 84-91.
- [9] 孙大新, 高亮, 刘衍峰. 桥上无砟轨道无缝道岔力学特性分析[J]. 北京交通大学学报, 2007, 31(1): 89-92.
SUN Daxin, GAO Liang, LIU Yanfeng. Analysis of Mechanical Characteristics to the Jointless Switch on Ballastless Bridge [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2007, 31(1): 89-92.
- [10] 王树国, 林吉生. 大号码无缝道岔温度力与变形的有限元计算[J]. 中国铁道科学, 2005, 26(3): 68-72.
WANG Shuguo, LIN Jisheng. Analysis on the Temperature Stress and Deformation of Large-Size Continuously Welded Turnout by Finite Element Program[J]. China Railway Science, 2005, 26(3): 68-72.
- [11] 晏资皇, 唐进锋, 谭亚, 等. 利用ANSYS计算桥上无缝道岔的温度力与位移[J]. 中国西部科技, 2014, 13(3): 41-42.
YAN Zihuang, TANG Jinfeng, TAN Ya, et al. The Calculation of the Temperature Force and Displacement of Bridge Seamless Turnout by ANSYS[J]. Science and Technology of West China, 2014, 13(3): 41-42.
- [12] 陈秀方, 李秋义, 向延念, 等. 高速铁路无缝道岔结构体系分析广义应变原理[J]. 中国铁道科学, 2002, 23(1): 58-62.
CHEN Xiufang, LI Qiuyi, XIANG Yannian, et al. Generalized Variation Methods for Analysis of Railway Welded Turnout Structures [J]. China Railway Science, 2002, 23(1): 58-62.