

# 印尼铁路新型钢筋混凝土曲线轨道板 预制技术研究

杨旭, 张光荣, 程鹏军

(中国水利水电第七工程局有限公司国际公司, 四川 成都 611730)

**摘要:**作为高铁技术的中坚部分,CRTSⅢ型普通钢筋混凝土轨道板制造技术得到了长足发展。该轨道板主要包括P5600、P5600A、P4925、P4856、P3710五种板型。轨道板在固定台座上采用反向模筑法生产,通过高精度、高刚度定型钢模保证了轨道板的制造精度和工效,同时,通过与直曲线轨道板模具共用,实现了轨道板预制过程中对承轨台空间几何位置的变化和控制,曲线段轨道板的制造仅通过调整承轨台(当调整精度满足设计要求时)即可实现无砟轨道铺设后线路的高平顺性要求,使高铁运行安全得到保障。阐述了对曲线轨道板预制技术及重难点问题进行的分析研究。

**关键词:**高铁;CRTSⅢ型;曲线轨道板;预制技术;研究;雅万高铁

**中图分类号:**U214;U215;U215.1;U215.7

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2021)06-0050-04

## Study on Prefabrication Technology for a New Type of Reinforced Concrete Curved Track Slab Used on Railway Project in Indonesia

YANG Xu, ZHANG Guangrong, CHENG Pengjun

(International Engineering Company of Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 711730)

**Abstract:** As the backbone of high-speed railway technology, prefabrication technology of ordinary reinforced concrete track slab CRTS III has made great progress. Ordinary reinforced concrete track slab CRTS III mainly includes P5600, P5600A, P4925, P4856 and P3710. The track slab is produced by reverse molding method on the fixed pedestal, and the fabrication accuracy and work efficiency of the track slab are ensured by high precision and rigidity setting steel mold. At the same time, it is shared by straight curve track slab mold, and the change and control of the space geometry position of the track platform in the prefabrication process are realized. The track slab in the curve section is manufactured only by adjusting the track platform. When the adjustment accuracy meets the design requirements, the high smoothness requirements of the railway line after laying the slab track is realized, and the operation safety of the high-speed railway can be guaranteed. This paper analyzes and studies the prefabrication technology of curved track slab and its key and difficult points.

**Key words:** high-speed railway; CRTS III; curved track slab; prefabrication technology; study; Jakarta-Bandung High-speed Railway

### 1 概述

随着高铁技术日新月异的发展,轨道板预制技术从Ⅰ型、Ⅱ型发展到了Ⅲ型,CRTSⅢ型板式无砟轨道即是在Ⅰ型板、Ⅱ型板和双块式无砟轨道的研究基础上发展而来的<sup>[1]</sup>。CRTSⅢ型无砟轨道板与CRTSⅠ型、CRTSⅡ型轨道板相比具有显著的优越性,主要表现在其能够实现轨道板在圆曲线及缓和曲线段的一次成型,即轨道板预制出来不再需要通过扣件系统的调整或场内轨道板精确打磨实现,而是通过独特设计的钢模系统予

以实现,从而减少了设备投入、降低了环境污染,提高了工效<sup>[2]</sup>。针对雅万高铁CRTSⅢ型普通钢筋混凝土曲线轨道板的预制技术及重难点问题进行了分析与研究。

### 2 雅万高铁采用的曲线轨道板

雅万高铁线路的曲线分为圆曲线及缓和曲线,当曲线半径 $R \geq 3\ 500\text{ m}$ 时,缓和曲线地段采用一维垂向调整轨道板,即在线路外侧钢轨下部承轨台进行高低调整;当曲线半径 $R < 3\ 500\text{ m}$ 时,圆曲线地段采用一维横向调整轨道板,而横向轨道板则通过承轨台的横向偏移实现,同时,缓和

收稿日期:2021-11-11

曲线地段采用二维调整轨道板,即承轨台同时进行横向偏移和垂向高低的调整。

### 3 曲线轨道板预制技术

CRTSⅢ型普通钢筋混凝土曲线轨道板预制的核心技术是轨道板承轨台调整精度的控制,因此,曲线板模具与成品板的检测重点是承轨台。曲线板生产的质量控制要点与标准板的主要区别在于对曲线板模具精度的控制。除正常进场检验合格后,更重要的是在调整、检测过程中如何保证精度:(1)模具调整、检测完成后的参数要达到制板精度要求;(2)在轨道板混凝土浇筑振捣过程中如何确保模具各细部尺寸不会发生位移变化,尤其是承轨台部位。

为了保证曲线轨道板预制的精度,需要做到以下几点:

(1)曲线轨道板模具的制造在满足精度要求的同时在设计上要科学、合理,同时具备可操作性,在其使用过程中能够准确、快捷地达到施工要求,提高功效;

(2)研发和改进曲线轨道板模具的调整和检测工装,优化曲线板模具调整和检测的方法以保证曲线轨道板成品板的质量。

#### 3.1 曲线模具的设计原则

(1)在轨道板模具设计过程中,应遵循科学、合理、经济、高效、操作简便的原则。通常情况下,直线板模具的承轨槽均为固定、不可调整的,而曲线板模具则是通过承轨槽的垂向和横向调整以满足不同曲线地段轨道板的生产,同时,其亦可兼顾直线板的生产。其中二维调整型、垂向一维调整型模具主要用于缓和曲线地段轨道板的生产,而横向一维调整型模具则主要用于圆曲线地段轨道板的生产;

(2)相对于直线模具,一维垂向模具采取仅对承轨槽垂向高低进行调整的方法实现模具可调;

(3)一维横向模具采取仅对承轨台垂向进行调整的方法实现模具可调,亦可针对固定的曲线半径采用固定式模具(即模具制作时已考虑承轨台偏移量)生产;

(4)二维模具采取同时对横向和垂向可调的方法实现模具可调,所有曲线地段轨道板的每个承轨台的偏移量应根据设计文件确定,模具承轨槽的调整偏移量与之相对应;

(5)各曲线模具的配置数量应根据各类曲线板的总数及工期确定。

#### 3.2 曲线模具的技术要求

曲线模具承轨槽除具有直线模具的相关技术要求外,还包括以下技术要求:

(1)每套曲线模具需配备足够且多种厚度的橡胶条,在曲线模具承轨槽调整后能选择适配的橡胶条进行安装并填充紧固,以保证承轨槽与底板之间密闭性好且不易受混凝土浇筑过程中的振捣而发生位置偏移,保证所生产的成品板无外观缺陷;

(2)为保证曲线模具的适用范围得到最大化利用,在两长边均设置接地端子预埋接口并匹配防护装置,以保证单套模具可满足左线、右线、前缓曲线、后缓曲线等曲线轨道板的生产;

(3)横向一维调整型模具在一侧承轨槽设置了横向偏移装置,在调节偏移装置时,位于同一个横断面上的左右线承轨槽均可同时移动且偏移量一致;

(4)因P4925型轨道板大小里程为非对称,故在制作P4925型一维垂向调整型模具时需考虑线路的左右取向;

(5)二维模具一侧的承轨槽设置有横向偏移装置,两侧均设置有垂向偏移装置;

(6)所有模具的承轨槽可调整范围应大于轨道板承轨台的设计参数。

#### 3.3 曲线轨道板预制技术及重难点问题

曲线轨道板正式施工前应进行工艺性试验,以摸索出曲线轨道板预制施工中的重难点问题,总结曲线轨道板生产施工经验,掌握承轨槽调整要点、规律及技巧,从而达到固化曲线模具调整的施工工艺、保证所生产的曲线轨道板质量稳定、满足出场要求。其预制技术及重难点问题如下。

##### 3.3.1 曲线模具的清理

(1)每套曲线模具在每次使用前必须进行全面清理,如局部有混凝土残留或模具板面不洁净时需进行打磨处理,清理过程应将承轨槽与板面之间的橡胶条取出,对其中的残留物进行仔细清理,以免影响后续承轨槽的调整;

(2)在清除混凝土残留物后需少量喷涂脱模剂进行模具板面的润洁,再用柔软的抹布擦拭清洁,以确保混凝土接触板面洁净。

### 3.3.2 曲线模具调整参数

根据设计下发的、针对不同曲线半径的各类曲线轨道板的每个承轨台调整量编制曲线轨道板生产技术通知单,经轨道板场总工程师审批后予以下发。通知单内容显示该套模具所生产的曲线轨道板所属曲线里程段、曲线的半径和长度、线路转向、线别、轨道板型号和流水号、接地端子在模具中的位置、模具中每个承轨槽的调整值和调整方向等,通过该通知单,可以清晰明了地知道该曲线轨道板的主要信息、每个承轨槽的调整方向和调整量以及接地端子安装的位置,避免出错。

### 3.3.3 曲线模具的调整

曲线模具使用前应进行全面检测。承轨槽调整前,应首先对整套模板的长宽厚、四边翘曲、四边旁弯、整体扭曲、底板平面度、固定承轨槽的横向及垂向位置偏差、固定承轨槽与底板的高差、所有承轨槽小钳口距离、承轨面坡度、承轨面与钳口面的夹角、同一承轨槽两套管中心距离进行检测,检测标准应严格执行设计要求和规范要求,待上述项目检测合格后,再按照生产技术通知单对计划预制的曲线轨道板进行承轨槽的调整和检测。

(1)一维横向模具的调整。一维横向模具的调整机构由可调承轨台模、调整块、调整螺杆、锁紧螺母、把合螺栓等组成。调节时应依次松开需调节承轨槽的把合螺栓,然后松开锁紧螺母,旋转调节杆使承轨槽横向移动。

当顺时针旋转调节杆时,承轨槽整体向模具边缘侧横向移动;当逆时针旋转调节杆时,承轨槽整体向模具中心线整体横向移动,调节杆旋转一圈,承轨槽横向调整偏移约0.8 mm左右。

调整过程中,应采用GOCOM码软件配合全站仪、定位销检测爪、球型棱镜等进行动态监测调整,待单个承轨槽横向调整数据满足设计要求后锁紧螺母、把合螺栓,进入下一承轨槽的调整。

(2)一维垂向模具的调整。一维垂向模具调整机构由支撑箱体、可调承轨槽、可滑动楔块、上(下)垂向调节杆、锁紧螺母等组成。

调节时,应首先松开上、下调节杆的锁紧螺母,旋转上、下垂向调节螺杆使承轨槽垂向移动。注意上、下调节杆应配合使用,当其中一个调节杆往一个方向无法再继续旋转时,需要调整另外一个调节杆往反方向旋转以释放其可旋转量,单个

调节杆旋转的圈数不宜大于两圈。当上调节杆顺时针旋转时,下调节杆逆时针旋转,则承轨槽垂向上移动;反之,其垂直向下移动。待单个承轨槽垂向调整数据满足设计要求后锁紧螺母,进入下一承轨槽的调整。通过实践得知:调节杆旋转一圈,承轨槽垂向调整偏移约0.5 mm。

调整过程中,应采用水准仪进行动态监测调整,待单个承轨槽垂向调整数据满足设计要求后锁紧螺母、把合螺栓,进入下一承轨槽的调整。

(3)二维模具的调整。二维模具调整机构由支撑箱体、可调承轨台模、可滑动楔块、调整块、上(下)垂向调节杆、调整螺杆、锁紧螺母等组成。二维模具承轨槽的调整方法为一维横向和一维垂向模具调整方法相结合。调整时,应先进行横向调整,再进行垂向调整,待单个承轨槽横向和垂向调整数据满足设计要求后锁紧螺母、把合螺栓,进入下一承轨槽的调整。

### 3.3.4 曲线模具调整后的检测

各类曲线板模具承轨槽调整完毕,应对所有承轨槽外钳口距离、所有承轨槽外钳口距外侧套管中心距离、所有承轨槽两套管中心线距模具中心线距离、被调节承轨槽与底板的高差、被调节承轨槽横向及垂向位置偏差等项目进行检测,待其均检测合格后方可进入下道工序。

### 3.3.5 曲线模具调整的注意事项

(1)曲线模具检测过程中,相关人员应穿戴鞋套以避免对模具造成污染;

(2)承轨槽调整时,如螺栓调节出现异常,应立即停止作业并查找原因,严禁因强行野蛮操作而损坏承轨槽及零部件;

(3)待曲线模具所有检测项目验收合格后,根据承轨槽横向调整量的大小安装对应尺寸的橡胶条,局部空隙应采用玻璃胶填充密实和平整,对模具进行二次清理后,采用喷雾器对模具表面喷涂脱模剂,应喷涂均匀、无流淌现象出现,以避免造成轨道板板面的色差问题<sup>[3]</sup>。

### 3.3.6 曲线轨道板模具的维护与保养

曲线模具在日常使用过程中通常每周进行一次保养,保养内容为:

(1)拆下承轨槽调节装置,检查其内部部件,重点是滑块、螺杆及其锁紧装置等,对开裂、变形的构件进行更换,对有浮锈的构件进行除锈工作,

对所有构件进行打油保养工作;

(2)对承轨槽与板面之间的密封胶条及时进行更换,以确保在混凝土施工振捣过程中不漏浆;

(3)对各个易损易缺失的配件进行足够量的提前储备,以确保曲线模具的日常保养和维护。

### 3.3.7 曲线轨道板的预制

曲线轨道板混凝土的浇筑工艺及控制标准同标准板。混凝土浇筑时采用布料机分三层布料、附着式振动器振捣密实,其密实标准以混凝土不再下沉、表面泛浆,无气泡或少量气泡冒出为准,振捣后的混凝土表面应略有露石,露石高度不超过4 mm。

轨道板混凝土浇筑完成后、在达到初凝状态前进行拉毛处理,拉毛深度为2~4 mm,宽度为2~4 cm,拉毛完成后轨道板底面不应有浮浆,拉毛结束后覆盖塑料膜进行保湿养护<sup>[4]</sup>。

### 3.3.8 曲线轨道板的拆模与检测

(1)曲线轨道板的拆模。曲线轨道板达到拆模强度(轨道板强度 $\geq 40$  MPa)后进行拆模,先拆端模、再拆侧模,最后使用四台千斤顶同步将轨道板进行顶升以使其脱离模具,采用桥机将轨道板吊运至翻板静停区,轨道板翻转后,将承轨槽正面朝上,以便于检测。

(2)曲线轨道板的检测。采用轨道板外形尺寸快速检测系统对曲线板的外形尺寸进行检测,主要利用激光图像检测技术实现对轨道板三维尺寸的建模和外形尺寸的自动检测,采用激光扫描轨道板外形自动获取外形尺寸检测数据,并将其与标准板数据形成差值,其中预埋套管处承轨台垂向和横向位置相对于标准板的偏差值即为承轨台的实际调整量,再计算出每个承轨台的实际调整量与理论调整量的差值,该差值即为调整偏差,其横向位置允许偏差 $\leq \pm 0.5$  mm,垂向位置偏差 $\leq \pm 1$  mm。

### 3.3.9 轨道板的标识

为区分直、曲线轨道板,避免在轨道板发运过程中出现错误,曲线轨道板拆模后应立即进行标识,具体方法为:

(1)直线轨道板的标识方法。直线轨道板顶面按设计位置压出永久性标志,模具内有两块相同的永久性标志分布在底模中心线两侧,永久性标志内容包括轨道板的型号、模具编号、制造厂名

称和制造年份,成品轨道板四周还需加盖不宜褪色的印章,其内容包括该成品轨道板的型号、施工流水编号、生产日期和合格标记。

(2)一维横向曲线轨道板的标识方法。一维横向曲线轨道板预制前,应将模具板面永久标志中的模具编号更换为对应的曲线半径,在直线轨道板四周标识的基础上在曲线内侧长边中部位置标识“曲线内侧”字样。

(3)一维垂向曲线轨道板的标识方法。一维垂向曲线轨道板预制前,应将轨道板顶面永久性标志模具编号中的“O”更换为“C”,板面其余标志均与直线轨道板相同。四周标识在直线板的基础上新增一系列标识,内容为该轨道板铺设位置所对应的曲线半径、曲线超高、曲线长度,并在两个长边的两侧分别标识ZH(直缓点)、HZ(缓直点)、HY(缓圆点)、YH(圆缓点),曲线内侧长边中部位置标识“曲线内侧”字样。

(4)二维曲线轨道板的标识方法。二维曲线轨道板预制前,轨道板顶面的永久标志和直线板相同。四周标识在直线板的基础上新增一系列标识,标识内容为该轨道板对应的左线或右线铺板流水号(Z左线、Y右线)、二维曲线轨道板生产流水号、铺设的里程桩号,并在曲线内侧长边中部位置标识“曲线内侧”字样。

## 4 结 语

CRTSⅢ型普通钢筋混凝土曲线轨道板预制过程的技术控制重点和难点主要是对模具承轨槽的调整,在前期试生产过程中,对曲线轨道板的曲线参数进行了检测复核,并根据试验及检测结果进行可调模具调整方法的评价与再优化,最终形成了适用、精确、可靠的曲线轨道板的施工方法<sup>[5]</sup>。通过轨道板的预制方便了后期无砟轨道的铺设施工,简化了施工工艺,降低了施工成本,更能保证曲线段轨道板铺设的精度。目前,该工艺已在国内外CRTSⅢ型轨道板中得到了推广和应用。

### 参考文献:

- [1] 马荣生. 高速铁路CRTSⅢ型曲线轨道板预制重难点分析[J]. 硅谷, 2014, 13(13): 55-56.
- [2] 鲁宁生, 王红亮. 高速铁路CRTSⅢ型无砟轨道板钢模系统设计与应用[J]. 铁道建筑, 2012, 52(5): 158-161.
- [3] 张文丽. 板式无砟轨道混凝土轨道板预制施工浅析[J]. 建材与装饰, 2015, 11(4): 130-131.

(下转第65页)

封底导管采用 $\Phi 300$  mm 钢管,导管顶部装有一设法兰盘的管节与储料斗相接,储料斗采用桩基施工时首盘冲灌的储料斗。导管在使用前须进行水密试验;导管安装时,每个接头须预紧检查,下放固定时,导管下口悬空 $15\sim 20$  cm。导管布置按每根导管的作业半径 $3$  m考虑,将导管固定在平台分配梁上。

准备工作就绪后,利用吊机“拔球”使混凝土瞬间通过导管压向基底,在导管周围堆成一平坦的混凝土圆锥体,然后吊运混凝土漏斗通过导管源源不断地灌入锥体内、混凝土在水下摊开和升高,将混凝土的顶面高度控制在设计标高下 $20$  cm左右,待达到设计要求的混凝土强度后围堰内抽水后补浇 $20$  cm厚的混凝土。

#### 4.2.6 围堰拆除

内支撑拆除:内支撑拆除前,应将支撑下部结构与围堰之间的空隙用砂砾填充,然后由下至上逐级拆除内支撑。

钢管桩拔除:待堰内支撑钢管拆除完成后逐根拆除钢管桩。钢管桩的拔除顺序与插打相反,由围堰合龙位置开始拔桩。

### 5 实施效果评价

锁扣式钢管桩围堰在实施过程中取得了良好的效果,主要体现在以下几个方面:(1)安全方面。施工过程中,基坑围堰顶水平位移最大累计变形量为 $5$  mm,仅为控制标准 $50$  mm的 $1/10$ ;(2)质量方面。桩基检测合格率为 $100\%$ ,承台及墩身施工质量满足验收标准要求;(3)进度方面。水中

基础比原定施工计划提前 $4$ 个月完成;(4)经济效益方面。比原设计双壁钢围堰基础辅助措施节约 $400$ 万元。

### 6 结语

雅万高铁项目锁扣式钢管桩的成功实践充分证明锁扣式钢管桩围堰是一种适合复杂地质条件下安全经济快速施工的技术措施,该方法具有施工工艺简单、快捷、安全质量保障度高、施工成本低的优势,但对该结构所能适应的最大水深和水流问题仍需进一步开展研究。

#### 参考文献:

- [1] 王凯.深水基础锁扣钢管桩围堰施工工艺[J].工程技术研究,2020,5(10):94-95.
- [2] 罗国喜.TC锁扣咬合钢管桩围堰施工技术[J].福建建筑,2012,30(1):72-75.
- [3] 王建胜.深水基础施工围堰方案比选以淮河特大桥水中墩施工为例[J].中华建设,2016,23(3):132-133.
- [4] 杜宁.浅谈桥梁水中承台锁扣钢管桩围堰施工[J].建筑机械,2018,38(1):101-106.
- [5] 孙鸿飞,张飞.大西客运专线晋陕黄河特大桥主墩深水基础锁扣钢管桩围堰设计与检算[J].铁道标准设计,2011,20(增刊1):71-74.

#### 作者简介:

程鹏军(1986-),男,四川成都人,高级工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作;

余亮(1990-),男,四川成都人,工程师,从事水利水电与铁路工程施工技术与管理工作;

赵雪峰(1987-),男,四川成都人,工程师,从事公路与铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第53页)

[4] 山旭鸿.先张预应力CRTSⅢ无砟轨道板预制施工技术研究[J].工程建设与设计,2019,67(2):130-131.

[5] 李飨民,张锁彦,卞京.浅谈高速铁路CRTSⅢ型板式无砟轨道缓和曲线轨道板施工方法[J].城市建设理论研究(电子版),2011,1(36):1-4.

#### 作者简介:

杨旭(1992-),男,四川大竹人,助理工程师,从事铁路建设施工技术与管理工

张光荣(1983-),男,四川盐源人,高级工程师,从事铁路建设施工技术与管理工

程鹏军(1986-),男,四川成都人,高级工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 水电七局再添4项国优金奖

2021年12月7日,2020—2021年第二批国家优质工程金奖揭晓,水电七局参建的猴子岩水电站、成都地铁18号线、新京张铁路、巴基斯坦PKM高速公路荣获国家优质工程金奖;阿海水电站荣获国家优质工程奖,获奖数量创历史新高。此外,2021年4月,厦门大学马来西亚分校工程荣获中国建设工程鲁班奖;2021年12月,巴基斯坦PKM高速公路项目荣获中国土木工程詹天佑奖。

(中国水电七局国际工程公司 供稿)