

CRTS 双块式无砟轨道关键工序优化施工技术研究

郭文超

(中铁十二局集团第一工程有限公司, 陕西 西安 710038)

摘要 根据淮北至宿州至蚌埠城际铁路站前 V 标 CRTS 双块式无砟轨道标段首件工程施工技术展开研究可知, 目前国内主要施工工艺为轨排架法和工具轨法, 通常大多数使用轨排架法, 但是这种方法需反复搭设轨排架、模板, 工序繁多, 要求精度极高, 劳动强度大, 工作效率低下, 且在后期验收运营时会出现诸多问题。尤其对于工期要求紧的工点施工来说, 需投入大量的人力、物力等要素来满足现场施工进度, 不能从工艺上调整来满足施工需求。本文通过分解施工过程中各个工序, 逐个分析, 改进关键工序施工工装, 以期对大幅度提高施工功效及成品外观质量有所裨益, 在一定程度上节约成本, 提高经济效益, 为淮宿蚌城际铁路 CRTS 双块式无砟轨道施工提供指导性的经验。

关键词 CRTS 双块式无砟轨道; 施工工艺; 关键工序; 节约成本; 经济效益

中图分类号: U213

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.09.003

0 引言

我国无砟轨道技术的发展大致经历了普速铁路无砟轨道探索及实践、高速铁路无砟轨道研究与试验、高速铁路无砟轨道规模应用及创新三个阶段^[1-2]。自 2008 年我国首条设计时速 350 km/h 的京津城际铁路开通以来, 我国高速铁路进入快速发展期。我国无砟轨道型式主要有 CRTS 型双块式、CRTS II 型板、CRTS I 型板、CRTS III 型板等结构形式。近年来, 大多数在建城际铁路为了降低造价, 同时伴随 CRTS 双块式无砟轨道施工技术日趋成熟, CRTS 双块式无砟轨道在城际铁路建设中成为国内目前无砟轨道的主流技术。

1 CRTS 双块式无砟轨道施工技术现状

1.1 底座板方面

国内桥梁地段双块式无砟轨道底座板以往施工关键工序为: 梁面处理→底座板与梁体连接钢筋安装→底座板钢筋加工与安装→底座模板安装→底座混凝土浇筑及养护→底座侧面及凹槽模板拆除→底座及凹槽外形尺寸验收, 根据国内以往 CRTS 双块式无砟轨道施工工艺及已运营铁路出现的问题来看, 无砟轨道底座板施工工序繁多, 人为干扰因素较大, 过程数据不可控, 在建设时期通常由于人为因素导致振捣频次不足、钢筋保护层控制不准、收面不规范及养护不到位等问题导致出现大面积裂纹、整体结构标高控制不准、凹槽四角易产生裂纹及表面漏筋产生锈蚀通道等病害。

在运营阶段出现诸多问题, 导致后期运营成本大幅度增加, 大大降低了使用年限^[3]。

1.2 道床板施工方面

国内桥梁地段双块式无砟轨道道床板以往施工关键工序为: 隔离层及弹性垫层铺设→钢筋帮扎安装→模板安装→轨排组装→轨排粗铺→轨排精调→混凝土浇筑→养生, 典型的全人工作业模式, 工序繁琐、人力及物力投入较大、劳动强度大、效率低下, 且因受人为因素干扰较大, 使要求精度得不到有效控制, 个别情况由于精度达不到, 出现返工现象, 在一定程度上造成经济浪费。截至目前, 国内 CRTS 双块式无砟轨道在施工过程中尚未形成一套完整的、易上手、操作性强及熟练度高的施工工艺。

2 CRTS 双块式无砟轨道施工关键工序技术解决方案

2.1 工程背景

新建淮宿蚌城际铁路起始于蚌埠北特大桥 214# 墩, 向南经固镇县、淮上区及龙子湖区, 最终接入蚌南联络线。线路全长 30.829 km, 正线大桥及特大桥 4 座 28.71 km, 占线路总长度的 93%, 涵洞 5 座, 框架中桥 1 座, 框架小桥 1 座, 改建既有蚌南联络线 0.435 km, 既有线均为桥梁结构; 无砟道床 59.48 单线 km; 依托新建淮宿蚌城际铁路工程站前 V 标 CRTS 双块式无砟轨道标段首件工程, 选取具有一定程度代表性及研究价值

的施工段落,即蚌埠北特大桥440#~530#墩,总计2.879 km,其中直线段共计1.737 km;缓和曲线段共计0.59 km;圆曲线段共计0.552 km,曲线半径为R=8 000。

2.2 底座板关键工序

2.2.1 钢筋绑扎

底座板钢筋采用HRB400Φ12 mm钢筋,半成品经钢筋场统一制作加工,经检验合格后运至现场,由于底座板钢筋在绑扎完成后保护层厚度不易进行现场检测,传统拉线尺量的方式既不准确又不快捷,应制作简单实用的钢筋保护层检测工装对底座板上层钢筋保护层厚度进行全面检测,对不符合要求的通过垫块进行调整,确保底座板钢筋保护层厚度达标。面层钢筋在人踩踏后容易变形,现场应采用钢筋卡具及马凳筋进行定位和支撑,确保钢筋骨架具有较强的受压能力,避免后期出现露筋现象。

2.2.2 模板安装及加固

底座板模板通常采用钢模板,长度为2.83 m/块,模板高度30 cm。安装模板前,需逐块检查底座模板结构尺寸、表面平整度、刚度及加固支撑点是否满足施工要求,对模板表面进行打磨除锈干净,表面统一涂刷脱模剂。以32.6 m标准简支梁为例,单孔桥梁底座板长度65.2单侧延米,需多块模板拼接,对线形要求高,同时根据相关设计文件CRTS双块式无砟轨道线间梁面防水多数采用薄涂型防水层,对梁面完整性要求高。传统模板加固方式采用梁面植筋加可调节拉杆进行加固,对梁面造成多处破损,导致后期薄涂型防水层易脱落,影响后期列车运营安全。为了解决以上问题,现场梁面中间采用免打孔加固方式进行多点加固,防护墙一侧模板采用带底座的三角撑固定,底座直接顶在防护墙内侧。三角撑分别在模板的两端、中部各一道,拉杆规格为中间带有30 cm可调节正反丝套筒的。一方面,现场易操作、降低因需植筋而导致原材浪费及对梁面有一定保护;另一方面,现场板间缝处采用插板式模板,模板长度2.8 m,高度为0.3 m,相邻两块模板之间采用T型卡固定,每一道板缝固定五处。经过以上优化方式,大幅度降低了劳动强度及对成品梁面破坏程度,同时后续防水工序施作的稳定性在一定程度上得到保证^[4]。

2.2.3 砼浇筑、收面及养护

由于底座板混凝土易产生裂纹,侧面已出现蜂窝麻面等质量通病。现场采用凹槽四角加设防裂网片,严格控制保护层厚度,混凝土侧面振捣采用震动铲对底座四周进行加强振捣,收面过程严禁洒水,对凹槽四角采用阴阳抹子进行精细收面,底座表面进行拉毛处理,形成毛面,同时在养护过程中前期3天采用蓄

水养护,后续11天采用一布一膜覆盖滴灌养护。设置两道水管滴灌的方式养护。滴灌管铺设在土工布与塑料薄膜间,直线地段以布设在凹槽两侧距离凹槽边缘35 cm处,曲线地段宜一条布设在凹槽中部,一条布设在曲线外侧距离底座板边缘20 cm处、开孔间距30 cm,每个断面开两个孔,孔间距15 mm,辅以继电器定时补水。滴灌养护期间,限位凹槽蓄满水,将上层塑料薄膜留洞,方便补水。经过以上优化方式,大幅度降低了裂纹及蜂窝麻面的产生。

2.3 道床板关键工序

2.3.1 隔离垫层及弹性垫层

隔离层铺设必须由底座板同一方向连续铺设,确保平整、无错位、无褶皱,不得有搭接或离缝。每边预留50 mm余量,保证土工布铺上后满足要求。按照每块底座板的长度采用美工刀或裁纸刀进行裁割,并采用3 m长铝合金尺将土工布分块截取为与底座板长度相同,平整无褶皱在底座板顶面进行铺设,底座板四周土工布采用胶水进行固定,后期土工布切割不得采用切割机施工(宜使用裁纸刀),避免底座表面损伤。

弹性垫层施作时由于凹槽四角为圆弧倒角,弹性垫板与底座凹槽侧壁不易粘贴,易出现产生离缝或空洞现象。施工过程中采用斜撑支撑10~20 min。该工装加工制作简单,使用操作性简单,定做成本低,通过限位凹槽顶撑可以解决弹性垫板与混凝土不密贴的问题,大大提高了施工质量。

2.3.2 凹槽钢筋安装

由于道床板凹槽钢筋安装需先绑扎后反预弯,对钢筋间距控制极高,避免在后期预弯后钢筋间距发生偏差,现场采用自制环氧涂层钢筋绑扎胎具进行绑扎,该工装制作简单,使用方便,制作成本低。可以批量化进行环氧涂层钢筋绑扎,大大提高了施工效率。有效控制钢筋间距及位置准确性,大大提高了施工质量。另外,经运营单位后期验收,由于道床板接地端子定位不准,多数未密贴道床板模板,导致后期在安装板间接地钢缆时需凿除道床板侧面接地端子外表面混凝土,且个别接地钢缆前后距离偏差较大无法安装,严重影响道床板外观质量。现场采用G型卡进行逐个固定,在一定程度上确保了成品的外观质量^[5]。

2.3.3 轨枕运输及存放

由于双块式无砟轨道道床板是在现场进行逐块依次现浇成型,轨枕统一进行厂制,需逐条运输至现场进行使用,从生产到使用过程倒运次数较多,且轨枕的好坏是保证列车正常运行的关键因素,通常采用板车进行倒运,过程中造成轨枕二次破损比较严重,同

时部分轨道由于运输导致变形开裂，无法用肉眼辨别，导致使用后成品不达标而进行更换，更换成本代价太大，为了保证轨枕的完整率和使用率，出场前在存放地对轨枕进行逐条验收，并提供轨枕相关质量证明书，验收合格后，再进行装车。装车时每 5 根 \times 6 层为 1 塚，层间用 8 \times 8 cm 方木支撑，放置位置在桁架距端部第三个波纹钢筋的波谷位置。装车完成后采用柔性绳索对轨枕进行捆绑进行整车捆绑，防止运输过程中发生二次损伤，同时捆绑位置在两侧承轨槽内，严禁在轨枕中部的桁架上进行捆绑^[6]。采用吊车按前期城垛卸车，统一将轨枕吊装至桥下暂存，每 5 根 \times 6 层为 1 塚，两轨枕冢之间最小间距为 0.5 m，每冢轨枕冢底以及每层轨枕之间采用 20 \times 20 cm 方木支垫，并采用塑料布等遮盖措施，防止轨枕外漏钢筋锈蚀。通过以上措施，在一定程度上保证了轨枕的完整率和使用率，大幅度提高了后期无砟轨道成品率。

2.3.4 轨排安装

传统组装轨排是使用龙门吊将待用轨枕采用吊具吊放在分枕平台上，二次按轨枕间距分枕，按前期存枕冢逐层起吊（5 根轨枕），吊装时低速起吊、运行，人工辅助分枕，轨枕间距进行逐一量尺，工作强度大，人为因素干扰大，后续复测轨枕间距偏差大，现场自制轨枕安装定位卡具工装代替逐一量尺，并使用轨枕翻转定位卡具在组装平台上按轨枕块的定位线进行人工匀枕，及放正每条轨枕，在使用定位卡具后可使轨枕间距误差控制在 5 mm 内，在一定程度上保证了轨枕间距精度，极大程度上降低了作业人员劳动强度，功效大幅度提高。

2.3.5 轨排粗铺

传统工艺采用龙门吊从分枕组装平台上吊起轨排运至铺设地点，相邻轨排间使用夹板联接，每接头安装 4 套螺栓。往往铺设数据偏差较大，下道精调工序因轨排粗铺偏差较大，大幅度降低精调功效，精度受人工干扰因素极大，精度得不到有效保证。现场采用自制轨排粗调卡具，卡具尖点与线路中心相对应，在轨排框架铺设过程中即可对轨排进行相对“精调”，节约后期精调时间。在使用轨排粗调卡具后，可使粗调中线偏差控制在 ± 1 mm 之内，使用方便，制作简单，大幅度提高了粗调精确度，有效减少了精调时间，提高了施工效率及施工质量。

2.3.6 砼浇筑、收面及养护

基于底座板常出现的质量问题，道床板同样存在，同时在无砟轨道完成后，站后四电相关专业进行交叉作业时，对成品四周棱角易造成二次破坏。且在直线段混凝土浇筑过程中为了避免道床板顶面 2% 人字坡达到设计要求及轨排下方收面易出现凹陷积水现象，现场采用

自制混凝土整平工装，加强对道床板顶面坡度控制，大幅度提升道床板表面“人”字坡的精度，提升道床板表面施工质量及施工精度，该工装制作简单，使用方便，容易上手。同时每条轨枕八角加设“燕尾状”菱形钢板网以防止八字裂纹产生，过程中严格控制保护层厚度，混凝土侧面振捣采用震动铲对底座四周进行加强振捣，收面过程严禁洒水，同时对道床板侧面棱角采用圆弧抹子进行精细弧面收面，将设计直角优化成 1 cm 圆弧角，一定程度改善了混凝土表面应力而造成的裂纹，养护是否及时、到位是决定混凝土成品质量好坏的关键，养护 14 天采用一布一膜覆盖滴灌养护，同时设置两道水管滴灌的方式养护。滴灌管铺设在土工布与塑料薄膜间，直线地段以布设在凹槽两侧距离凹槽边缘 35 cm 处，曲线地段宜一条布设在凹槽中部，一条布设在曲线外侧距离底座板边缘 20 cm 处、开孔间距 30 cm，每个断面开两个孔，孔间距 15 mm，辅以继电器定时补水^[7]。经过以上优化方式，大幅度降低了裂纹、轨枕四周离缝及蜂窝麻面的产生，同时也保证了成品的外观质量。

3 结束语

通过对 CRTS 双块式无砟轨道关键工序的优化，进一步完善无砟轨道的施工体系，相比传统施工工艺能更加有效地解决现场施工存在的实际问题，通过自制小型工装，在现场底座钢筋绑扎、底座模板加固、底座浇筑、弹性垫层安装、限位凹槽钢筋绑扎、轨排安装、轨排粗铺等主要工序上起到关键性作用，同时可大幅度提高施工功效及成品外观质量，在一定程度上节约成本，提高经济效益，具有一定的实用性价值，对国内高铁轨道交通工程建设发展起到承上启下的作用。同时，通过上述关键工序优化，CRTS 双块式无砟轨道施工可实现“精度提升、工期缩短、成本可控、质量增强”的目标。

参考文献：

- [1] 马正明. 郑万铁路数字化平台建设实践 [J]. 铁道技术创新, 2018(05):13-17.
- [2] 耿冬梅.CRTS III型板式无砟轨道智能化铺设关键技术研究 [J]. 铁道建筑技术, 2022(01):40-43.
- [3] 同 [1].
- [4] 同 [2].
- [5] 龚振洲. 双块式无砟轨道安装合格率影响因素及优化措施研究 [J]. 低碳世界, 2025(01):115-117.
- [6] 魏东堂. 双块式无砟轨道施工质量控制要点 [J]. 铁路技术创新, 2022(05):109-113.
- [7] 何振克, 梁述峰, 靳玉栋, 等. 高铁 CRTS III型板式无砟轨道施工管控平台设计及应用 [J]. 中国铁路, 2024(09): 93-99.