

CRTSIII 型轨道板流水机组法智能制造工法

中铁三局集团有限公司
王海员 张传顺 谷波涛 郭发民 梁卿恺

1. 前言

新建郑州至济南高速铁路是河南‘米’字形成高铁枢纽网络的重要组成部分，新建郑州至济南铁路郑州至濮阳段濮阳轨道板场，承担 DK211+796.87 ~ DK307+594.8 段（I、II、III标段）34255 块 CRTSIII 型板预制任务，设计生产节拍是 10 分钟 1 块。中铁三局集团有限公司组成课题组，在总结国内流水机组法的基础上，创造性提出了采用轨道小车来实现各工位灵活流转的方式，各工位实现了智能化生产、形成了国内最先进的流水机组法智能制造技术，具有可靠性、先进性、易控制性、易维护性、可重复利用性、效率高、成本低等特点。

通过该技术在郑济铁路郑濮段 CRTSIII 型板预制中的大规模成功应用，总结形成了一套完善的 CRTSIII 型轨道板流水机组法智能制造技术，为进一步大规模推广应用，特总结形成工法。

2. 工法特点

2.1 采用的流水机组法使各工序无缝衔接，智能小车无线控制，实现模具在各工位间的自动转运，各工位尤其是入水等待、打码标识、轨道板翻转、立式光电检测实现了自动化、智能化，整条生产线信息化程度高。

2.2 振动工位的振动电机装置可以快速自动安拆，操作简便，附

着式振动技术，振动效率高、效果好。

2.3 双撑加内衬模具，模具与混凝土接触面不受张拉力，有效避免了张拉力对轨道板外形外观的影响，提高了产品合格率。

2.4 设备及系统具有高可靠性，较大的设计冗余、模块化设计、良好的恢复能力，设备与基础采用螺栓连接，转场方便。

3. 适用范围

适用于 CRTSIII 型轨道板的预制。

4. 工艺原理

将轨道板预制工艺按照智能化生产目标分解为相互联系又相互独立的各工位，工位之间主要通过智能轨道运输小车等来完成模板传送，按照 10 分钟一个流水节拍生产，以各工位智能化操作、工位间流转智能化为基础，实现整个预制智能化。

5. 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

清模--模板检测--喷涂脱模剂--安装预埋套管及螺旋筋--入模预紧--安装撑杆、起吊套管、紧固接地端子--张拉--钢筋骨架绝缘电阻测试--混凝土搅拌--混凝土运输--混凝土灌注、振动--板底粗糙度处置--轨道板蒸养（或自然养护）--放张--拆除撑杆--脱模--封锚--缓存--轨道板标识--翻板--水养（三天）--轨道板外形外观检查--

场地存放、洒水养护--出厂，共 24 个工艺流程。

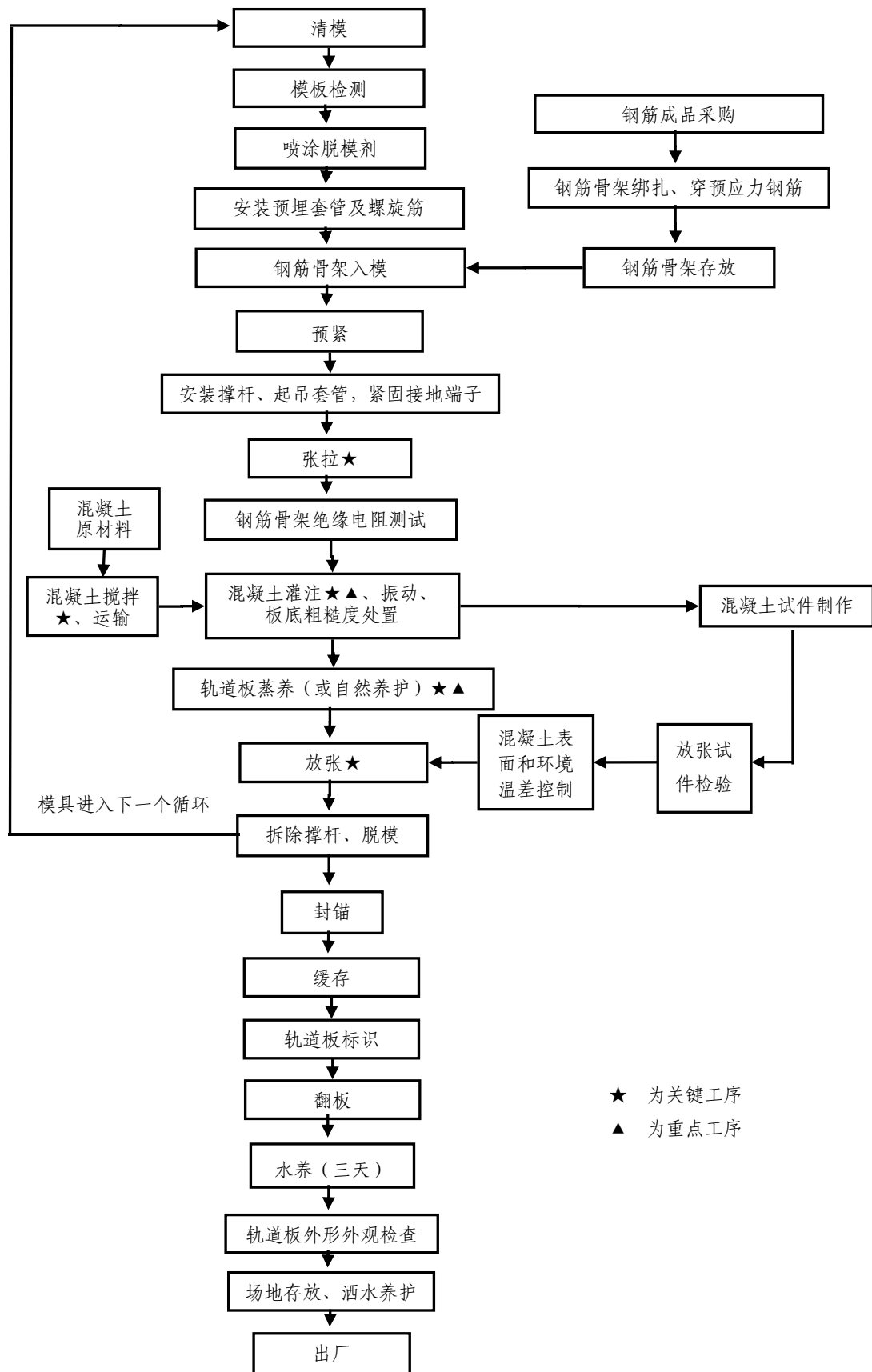


图 5.1-1 施工工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 生产线安装调试

1、在生产车间内将所有运行钢轨调整到同一水平高度，高度误差应在 $\pm 1\text{mm}$ 的范围内，保证流水作业时模板转运通畅。

2、调整每个工位设备位置与正常运行时模板位置相对应。

3、在养护区内，将养护通道内存放基础调整至同一水平高度，高度误差应在 $\pm 0.3\text{mm}$ 的范围内，保证轨道板养护时四角平稳不受外在环境影响。

5.2.2 钢筋骨架绑扎

1、轨道板钢筋骨架由双层双向钢筋网片组成，在专门可翻转式靠模上绑扎而成，见图 5.2.2-1，绑扎时除注意钢筋的间距外，还要注意钢筋交叉处绝缘处理以及避让扣件预埋位置，见图 5.2.2-2。



图 5.2.2-1 可翻转模式钢筋绑扎台



图 5.2.2-2 钢筋交叉处绝缘处理

2、为保证综合接地钢筋焊接质量和钢筋骨架的尺寸，需设置接地钢筋焊接胎具，在胎具上焊接成型（见图 5.2.2-3）。



图 5.2.2-3 接地端子焊接区



图 5.2.2-4 定位螺帽法定位

3、在接地端子焊接前，必须先定位接地端子的位置，采用定位螺帽的方式进行定位（见图 5.2.5-4），在接地端子设置好后再进行纵横向钢筋的布设。

5.2.3 模板清理

根据模板结构进行设计，采用机械化自动清理模板设备。脱模后的模板进入清模工位后，设备自动识别模板型号，钢丝刷从端模一次清理模板上的残渣污渍，吸尘器同步工作。清理时自动调节钢丝刷高度，液压动力输出清扫强劲无死角，见图 5.2.3-1。清理完成进行检查，尤其是承轨槽与定位销等表面结构复杂部位，检测合格后自动进入下个工位。

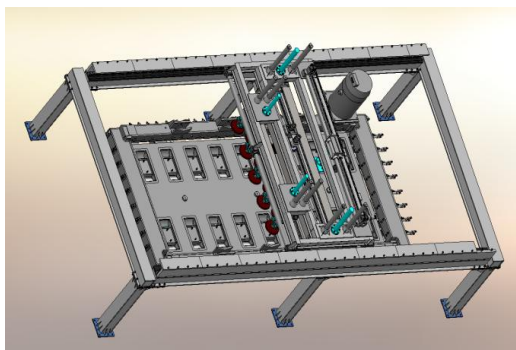


图 5.2.3-1 模板清理

5.2.4 喷涂脱模剂

清理干净的模板进入喷涂脱模剂工位后，一键启动设备，喷涂设备自动识别模板型号后，升降架将罩子落下与模板形成密闭空间，抽取配置好的脱模剂，7个喷头并排开始匀速喷涂在底模与内衬板上，同时将多余的雾化脱模剂进行回收再利用，见图 5.2.4-1，设备喷涂均匀、运行稳定可靠、废料及时回收、环保健康。

- 1、设备使用前应对各部位尽心检查，保证设备处于正常状态。
- 2、检查脱模剂油箱内脱模剂液位，不足时应及时加注。
- 3、定期对设备的喷头、脱模剂过滤器、油箱进行清洁，对喷淋水箱进行换水。
- 4、喷涂完毕后检查脱模剂喷涂是否有聚集、漏喷现象，如有发现及时处理后再进入下一工位。



图 5.2.4-1 自动喷涂脱模剂

5.2.5 预埋套管及螺旋筋的安装和固定

- 1、模板喷涂完脱模剂后，自动运至下个工位准备安装预埋套管及螺旋筋。
- 2、设备识别模板型号并进行自动调整，启动设备后，先将预埋套管通过液压压装方式压紧在模板承轨壳上的定位轴上，再将螺旋筋

拧于安装好的预埋套管上，见图 5.2.5-1，图 5.2.5-2，一脑多少同步进行，安装速度快，预埋套管安装紧固可靠，整过过程自动运行稳定可靠。



图 5.2.5-1 安装起吊套管与螺旋筋



图 5.2.5-2 设备细部构造

5.2.6 钢筋骨架预紧

1、用桁吊将检测合格的钢筋骨架吊至专用胎具中，检查钢筋骨架在钢筋骨架胎具中的定位，保证预应力钢筋都装入定位槽中，将周边挡板都立起来定位预应力钢筋。

2、钢筋骨架吊装机械手自动以灌浆孔的椎体为基准精准定位胎具，将钢筋骨架从胎具中自动抓取并放入轨道板模板中，同时以灌浆孔的椎体来保证钢筋骨架在轨道板内的位置，见图 5.2.6-1，见图 5.2.6-2。



图 5.2.6-1 钢筋骨架专用胎具定位



图 5.2.6-2 自动抓取钢筋骨架

3、预紧设备自动定位，自动将每根张拉杆与对应预应力钢筋对

接，将张拉杆旋紧至预应力筋螺纹根部并锁紧张拉杆，见图 5.2.6-3，图 5.2.6-4。

4、预紧完成后，将起吊套管与螺旋筋安装紧固，将接地端子紧固到位。



图 5.2.6-3 钢筋骨架自动定位入模



图 5.2.6-4 自动预紧

5.2.7 安装撑杆

预紧完成的模板转运至安装撑杆工位后，启动设备，机械手自动抓取位于侧模上的 4 个撑杆，将其放于模板设计位置，见图 5.2.7-1。全过程自动运行、稳定可靠。



图 5.2.7-1 安装撑杆

5.2.8 RFID 芯片自动识别

模板转运至安装撑杆工位过程中，设备自动识别钢筋骨架的 2 个 RFID 芯片及模板上的芯片，将模板信息与轨道板信息相关联，给每块轨道板建立全生命周期的身份证，见图 5.2.8-1。



图 5.2.8-1 RFID 芯片自动识别

5.2.9 张拉

1、张拉设备要求

1) 预应力钢筋张拉采用闭环直接测力的微机控制张拉系统, 见图 5.2.9-1, 图 5.2.9-2, 一个系统控制多个油缸, 实现轨道板横纵向预应力筋单端单根同时张拉, 可以设定张拉速度和张拉力, 并且自动生成张记录, 测力传感器示值误差不得大于 $\pm 0.5\%F.S.$

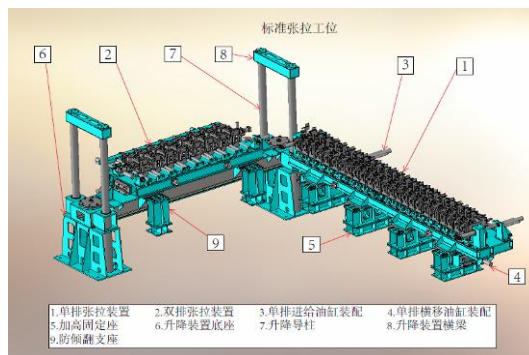


图 5.2.9-1 张拉工位示意图

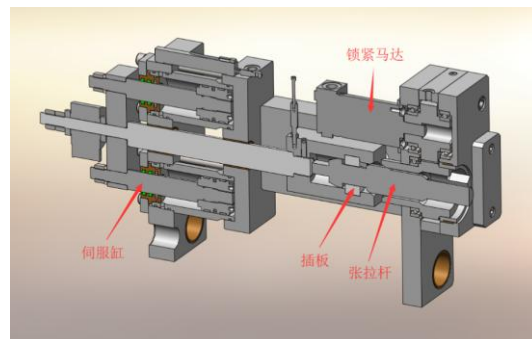


图 5.2.9-2 单个张拉装置示意图

2) 控制界面显示每根预应力钢筋的张拉力值。预应力张拉要均匀, 张拉速率不大于 4kN/s , 应有报警提示, 并能自动修正。

3) 张拉至设计应力时, 持荷要稳定、界面上显示出张拉力和荷载时间 (1min), 单根张拉力与设计张拉力偏差不大于 $\pm 3\%$, 持荷期间具有动态保压功能, 当压力下降时, 设备自动补压。

4) 张拉系统每月校核一次, 使用期间千斤顶和放大器及其之间

的连线不能互换，更换后必须进行重新校核。

5) 张拉设备需专人操作，避免有关参数修改或部件损坏，以保证使用时具有良好的性能。

2、预应力筋张拉

1) 模板就位后启动张拉设备，张拉装置调整到对应预应力筋水平位置，张拉底座进给横移，进行模糊定位。

2) 定位完成后，张拉装置进给与模板贴合，插入张位杆。马达锁紧张拉杆后，伺服油缸控制同时张拉，见图 5.2.9-3。

3) 张拉过程中，每个张拉装置上的力传感器对每根预应力钢筋的张拉力进行测试，并实时上传，见图 5.2.9-4。

4) 张拉到力值控制值持荷后，自动锁紧螺母。



图 5.2.9-3 预应力筋张拉

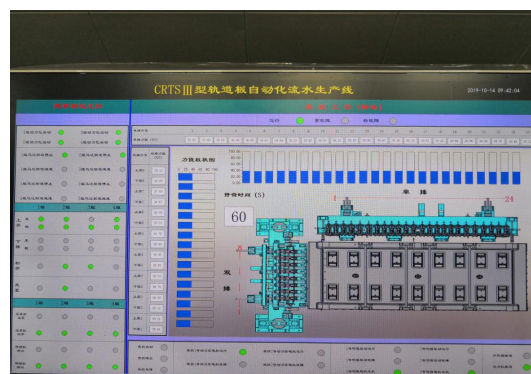


图 5.2.9-4 张拉信息化上传

整过张拉过程自动运行，利用帕斯卡定律原理，即通过管道油压平衡控制张拉力的平衡与同步，伺服控制确保力值精准。模块化设计，便于维修更换。

5.2.10 绝缘检测

张拉完成后，模板运至绝缘检测工位，识别模板型号后，设备自动调整，实现钢筋骨架上下层绝缘性能同时快速检测，见图 5.2.10-1，

如有钢筋间电阻不大于 $2M\Omega$ 时，会进行报警提示，并显示明确位置，待调整合格后进入下个工位。



图 5.2.10-1 钢筋骨架绝缘性能自动检测

5.2.11 模板自动降温升温装置

模板绝缘检测合格后，自动进入模板，模板温度控制工位，该工位自动检测模板的温度，当不符合规范要求时，自动启动温控装置，对其进行加温或降温，实时检测合格后，自动判断进入下一个工位。见图 5.2.11-1。



图 5.2.11-1 模板温度自动检测控制设备

5.2.12 混凝土浇筑

1、混凝土的浇筑由混凝土的运输、布料、振动密实等工序组成。

实现了混凝土的自动运输、机械化布料、自动振动成型，施工速度快，5分钟内浇筑完一块板，效率高、振动效果好。

2、混凝土的运输由运输小车、小车行走框架等组成，实现混凝土自动将搅拌站运输到布料机内。运输距离短，速度快，确保了运输质量及施工效率。

3、布料装置由布料机、布料机走行框架等组成，实现自动接料，通过布料小车的来回移动，完成混凝土均匀布置在模板内。见图 5.2.12-1。实现了布料均匀，运行稳定可靠。

4、振动密实装置由减震支座、振动装置、升降托架、推拉小车、振动电机等组成。实现轨道板混凝土自动密实。见图 5.2.12-2。实现了按照工艺试验设置的振动频率、时间、振幅自动振捣。实现了振动电机快速自动安装拆除，附着式振捣，效率高，噪音小。

5、减震支座由 150mm 厚橡胶弹簧制成。最大限度的减小振动力的损失，有效降低噪音。

6、振动装置由碟簧缸、振动电机、锁紧 T 型头等组成。碟簧缸控制 T 型头的升降，锁紧力为碟簧弹力，T 型头升起、旋转 90 度、缩回实现振动装置与模具底座的固定。

7、升降托架由升降缸、导柱、转角装置等组成。升降缸将振动装置平稳贴合模具底座底板，转角装置将 T 型头旋转 90 度或 0 度。

8、推拉小车由推拉缸、车轮装配、小车轨道等组成，负责将振动装置送入或移出模具底部。



图 5.2.12-1 混凝土运输及布料行走架



图 5.2.12-2 振动密实装置

5.2.13 板底粗糙度处置

混凝土振动成型后板底混凝土粗糙，骨料略有外露，外露量不大于 6mm，不抹面。终凝前严禁踩踏混凝土。如底面粗糙度不满足要求，需要进行拉毛，拉毛采用拉毛机自动进行，底板粗糙度处置合格后及时入养护通道。



图 5.2.13-1 混凝土拉毛设备

5.2.14 轨道板的养护

1、蒸养系统介绍

蒸汽养护系统主要由蒸汽发生器、管道、蒸养棚、雾化水系统、蒸汽控制系统、空气内循环系统及自动控制系统构成。采用型号为 BST-Y/Q-1T 的蒸汽发生器 2 台；蒸养管道包括蒸汽输送管道和分气缸，蒸汽输送管道由主管道和支管道组成，主管道与分气缸、支管道与分气缸均焊接相连，在支管道与分气缸型出汽管之间连接管设置截

止阀，用于控制轨道板养护期间需用的蒸汽量。

雾化水系统，通过对管道增压，安装雾化喷头及控制系统等，实现自动对轨道板的湿度、温度控制。见图 5.2.14-1。

为了确保养护室内温度湿度均匀，安装了养护室内空气循环系统，确保温度湿度均匀。见图 5.2.14-2。

蒸养房模板支座地基考虑非均衡沉降问题，模板支座具有快速调整高度功能，且为了避免非均衡地基沉降带来的质量隐患，需要每 10d 检测一个蒸养通道的模板支座高度差，循环检测。



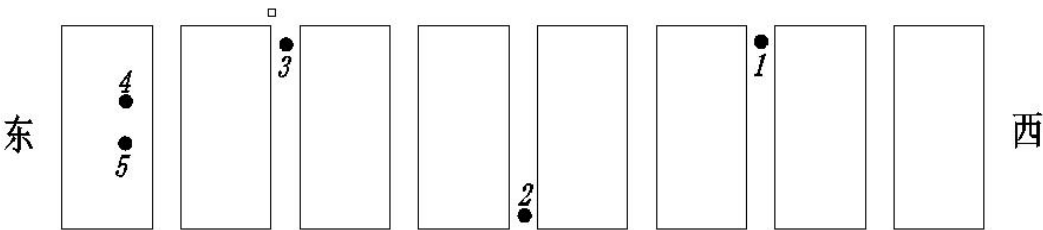
5.2.14-1 养护雾化降温加湿系统



5.2.14-2 温度湿度循环系统

2、温度采集

1) 共设置 12 个蒸养车间，在每个蒸养棚内设 5 个温度传感器，其中 3 个温度传感器用于测试养护车间内环境温度轨道板静停、升温、恒温、降温的过程。另外两个分别用于测试轨道板芯部温度和板面温度。见下图图 5.2.14-3。



说明：1-3为测试环境的探头，4为测试板面温度的探头，5为测试板芯温度的探头。

图 5.2.14-3 轨道板养护温度监测布置图

2) 测温点的布置: 轨道板蒸汽养护设备采用电脑自动采集记录, 生产初期, 进行工艺性总结: 以芯部温度不超过 55℃, 恒温不超过 45℃为基础进行测试, 混凝土达到 45MPa, 弹性模量达到 3.35×10^4 MPa, 根据季节不同, 车间温度变化, 确定升温、恒温、降温阶段所需要的时间与温度关系, 采集系统进行设定。

3) 生产初期, 每天对每个蒸养芯部和养护环境测试温度, 进行工艺性总结, 确定升温、恒温、降温阶段所需要的时间与温度设定。

3、蒸汽养护过程

轨道板蒸汽养护分为静置、升温、恒温、降温四个阶段, 通过控制系统调节蒸汽量、雾化水、通风系统等进行控制。参考有关轨道板的蒸汽养护资料、规范、标准和相关试验数据, 及根据混凝土配合比、混凝土强度增长规律, 蒸汽养护制度为: 3+2+6+3, 就是静停 3 小时, 升温 2 小时, 恒温 6 小时, 再用 2 小时的时间降至环境温度, 总时间 14 小时。根据环境温度进行调节升温及降温时间。蒸养蓬内温度控制模拟曲线图见图 5.2.14-4。

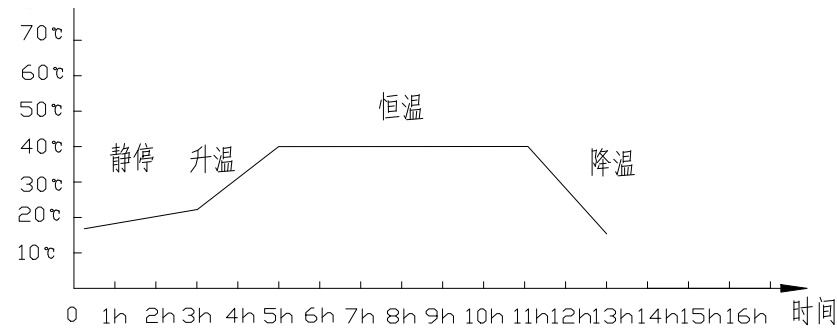


图 5.2.14-4 轨道板养护温度监测布置图

在蒸养过程中, 对轨道板进行全程温度监控, 每 30min 测记一次, 并按要求填写养护记录。

1) 静停

静停指轨道板浇筑完毕至升温前的一段时间，静停 3 小时，以增强混凝土对升温阶段结构破坏作用的抵抗能力。在轨道板混凝土表面拉毛后及时用蓬布覆盖，要求此时棚内温度控制在 5℃ 至 30℃ 之间。当气温低于 5℃ 时，在静停期间通蒸汽保证棚内温度在 5℃ 至 30℃。

2) 升温

升温是混凝土的定型阶段，升温速度 $\leq 15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，根据环境温度变化时可进行调节升温。

3) 恒温

恒温是混凝土强度的主要增长阶段，恒温时间为 6 小时，蒸汽温度不超过 45℃。恒温时板体芯部混凝土温度不超过 55℃。

4) 降温

降温是蒸养的关键阶段，施工时严格控制，并根据环境温度变化时可进行调节降温时间，降温速度 $\leq 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，养护期间板表面与环境、板芯与板表面温差不大于 15℃。

4、自然养护过程

轨道板自然养护时，应在振动成型后，立即进行覆盖保温、保湿养护，开始养护的环境温度为 5℃ 至 35℃。

轨道板养护期间，板内芯部混凝土温度不大于 55℃；轨道板芯部混凝土与表面混凝土之间、表面混凝土与环境之间的温差均不大于 15℃。

5、实现了智能化养护工艺，智能小车纵向横向自动运行，养护温度、湿度自动采集，控制系统根据采集数据，按照设定程序合理控制雾化蒸汽、水、风机循环系统、通风系统等有效控制养护棚内的温度、湿度，养护工位与生产线合理布置，确保轨道板先进先出，且养

护过程中,轨道板处于静止状态,避免了养护过程中对混凝土的扰动,确保了产品质量。

5.2.15 预应力钢筋放张

1、预应力筋采用放张工位机械旋出张拉杆的方式同时放张,放张顺序为纵横向同步放张,放张均匀缓慢,首先由放张工位机械与张拉杆对位连接,然后转角器慢速放张,最后马达快速旋拧拉杆达到设备复位,单根预应力筋名义放张速率不大于 2kN/s。见图 5.2.15-1。

2、放张工位设置双工位,互为替补。

3、通过放张装置液压扳手旋松与预应力钢筋连接的张拉杆,对蒸养完成后模具中的轨道板进行预应力放张,并将张拉杆与预应力钢筋松开,完成张拉杆与轨道板的分离。

4、主要由放张模块、移动横梁、底座、模块定位系统、调整机构、模糊定位机构、升降装置等组成。

5、一根预应力钢筋对应一个放张模块,模块间距可调整。模块由齿轮箱、旋转马达、转角器、单向轴承、拉杆扳手、计数开关等组成。扳手与拉杆及螺母咬合,转角器通过齿轮箱带动扳手旋转进行放张。调整转角器线速度,使得扳手旋转速度满足工艺要求(4KN/S)。放张后,马达快速旋转将拉杆旋出。模具拉杆固定端若加装力传感器,可检测放张速率。

6、移动横梁为钢板焊接件。放张模块安装横梁上。该横梁与固定底座为滑板面接触,在固定底座上为浮动状态。

7、单排模块定位系统由直线滑轨、滑块、定位链板组成。双排模块定位系统由定位槽、定位链板组成。

8、模糊定位机构由限位缸、进给缸、横移缸组成,实现模块与

拉杆的定位。

9、整机构为油缸调整，实现 P5600 与 p4925、p4856 与 p4925 间的规格调整。

10、标准工位底座为圈梁结构。四边移动横梁均放置于圈梁上，四个升降缸带动圈梁同时上升或下降。非标工位为独立底座，为钢板焊接件，用于支撑移动横梁。且被动端移动横梁可升降，用于模具的进出。

11、实现了同步放张装置技术、模糊精准定位、模块化集成化设计、适合多种型号轨道板放张施工，放张速度： $\leq 2\text{kN/s}$ ，可无级调速。



图 5.2.15-1 预应力钢筋自动放张

5.2.16 撑杆拆除

1、轨道板脱模后，由物流小车将轨道板运至撑杆转运工位，将四个撑杆依次撑起，放置模板两侧。见图 5.2.16-1。

2、撑杆转运工位由龙门架、撑杆抓取机构、调整机构、开模装置等组成。功能为：实现端侧模的自动打开，将撑杆自动移入端模料框中。

3、龙门架由立柱、横梁、钢轨、链条组成。撑杆抓取机构在钢轨上移动。

4、撑杆抓取机构由驱动马达、链轮、车架、拉杆、动力包、轮轴装配、夹子、夹子升降装置等组成。模具就位后，抓取机构展开到位并抓取撑杆，端侧模打开，撑杆被提起并移入端模料框中。

5、调整机构用于满足 P5600、P4925、P4856 三种板型件的切换。

6、开模机构有油缸座、导柱、升降缸、开模机械手等组成。用于端侧模的自动打开。

7、实现了兼容多板型撑杆拆除技术，自动调整、自动开边摸，同时拆除四周 80 根（按 P5600 型板型计）张拉杆，全过程效率高，几分钟内完成全部动作、液压动力输出、运行平稳可靠、全程自动控制、智能化运行。



图 5.2.16-1 撑杆自动拆除

5.2.17 脱模

1、由物流小车将拆除撑杆后的轨道板运至脱模工位，进行脱模。通过脱模工位实现了轨道板与模板之间平衡稳定分离。模板通过智能小车运输到模板清理工位，轨道板运输到封锚工位，见图 5.2.17-1。

2、脱膜工位由龙门架、立柱、升降缸、脱膜装置、调整装置组成。实现板模分离，并将轨道板放到托板小车上。

3、龙门架为无缝方管与 H 型钢焊接而成，刚性大。

4、脱模装置由马达、插板、插板缸、张紧缸、螺栓扳手等组成。马达带动扳手旋转将灌浆锥体固定螺栓松开。张紧缸小压力缩回可消除插板与灌浆锥体间的间隙。

5、调整装置可实现三种板型的同时在线生产

6、升降缸安装于立柱内，并与龙门架铰接，可慢速将轨道板脱出，并快速提升轨道板。

7、实现了兼容多板型脱模技术，自动调整、利用锥体悬吊无损平衡起模技术、脱模效率高，4分钟内完成全部动作、液压动力输出、运行平稳可靠、全程自动控制、智能化运行。



图 5.2.17-1 轨道板自动脱模

5.2.18 封锚

对预应力钢筋锚穴孔用专用的封锚砂浆进行封堵，防止预应力钢筋腐蚀。

5.2.19 水养等待

1、轨道板封锚完毕后运至水养等待即缓存工位，物流小车根据封锚工艺性试验时间进行设置，通过水养等待，封锚砂浆具备了入水条件，期间设备自动将灌浆孔三个椎体脱离轨道板，图 5.2.19-1。

2、水养等待工位主要由脱椎体小车、固定升降支座、步进小车、步进小车传动系统组成。

3、脱椎体小车主要由车体、推拉油缸、脱椎体装置、装置伸缩油缸等组成。在固定升降支座将轨道板举起后，推拉油缸将小车开进轨道板下方，装置伸缩油缸将脱椎体装置送至轨道板上椎体的位置，并使脱椎体装置挂住椎体，将椎体用液压力拔下并运出。

4、水养等待设有 9 个相连的步进小车，小车间距 6 米。每个步进小车旁设有 4 个固定升降支座，固定升降支座将轨道板举起后，所有步进小车通过油缸驱动向后移动 6 米，固定支座将轨道板放上对应位置的步进小车后，步进小车将轨道板再向前运送一次。依次类推，每生产一块轨道板，步进小车向前运送一次。直至将轨道板送至下一工位。

5、实现了 9 个轨道板同时向前移动，效率高；液压动力输出，运输平稳，无噪音，科学合理设计，传送轨道板时晾干轨道板上封锚的沙浆，具备了轨道板入水条件。避免了码垛，为轨道板自动识别打码标识、轨道板自动翻转实现了无缝衔接。



图 5.2.19-1 水养等待

5.2.20 自动打码标识

轨道板运至自动打码标识工位，自动识别器自动识别轨道板信息，打码设备按照设定的程序对轨道板生产信息进行自动喷码，喷码完成后，智能运输小车将轨道板运至翻板机内将轨道板翻转直立，桁车直接吊起进行入水养护。全程无需人工干预，准确无误、安全可靠，见图 5.2.20-1。



5.2.20-1 轨道板自动打码标识

5.2.21 轨道板制动翻转

1、对智能运输小车运输至翻转工位的轨道板，实现智能识别，并翻转 90°，为轨道板垂直起吊创造条件。见图 5.2.21-1。

2、翻板工位由底座、转角器、轨道板旋转架、锁紧缸、挂钩装置等组成。轨道板由托板小车运入翻板机内，翻板机将轨道板翻转 90 度或 180 度。

3、底座为钢板焊接件，用于安装转角器。转角器驱动轨道板旋转架翻转

4、轨道板旋转架由型钢与钢板焊接而成，强度高、刚性大。旋

转架上部与后部装有锁紧油缸，使得轨道板在翻转过程中与大架成为一个整体。最大限度的避免对轨道板的损伤。

5、轨道板进出翻板机，挂钩为打开状态。



5. 2. 21-1 轨道板智能翻转机

5. 2. 22 水中养护

轨道板脱模后，需要水养三天以上。见图 5. 2. 22-1。



图 5. 2. 22-1 轨道板水养

5. 2. 23 轨道板清洗

当养生期满后从养生池中吊起轨道板，并用高压水枪进行清洗，见图 5. 2. 23-1。



图 5.2.23-1 高压水枪清理轨道板

5.2.24 轨道板自动检测

1、轨道板冲洗完成后，将轨道板直立放在检测设备上进行外形外观检测，检测完毕后直接运输至轨道板存放区，实现了轨道板检测与生产的无缝衔接。见图 5.2.24-1，5.2.24-2。

2、轨道板检测工位由检测架、底座、直线模组、激光测头、磁栅传感器、测头升降装置、轨道板夹紧装置等组成。

3、检测架为钢板焊接件，退火处理。刚性大、稳定性好。用于安装直线滑轨、磁栅传感器、移动横梁。

4、底座为钢板焊接件，退火处理，用于安装检测架。

5、长直线模组控制的两个测头用于检测轨道板的长度尺寸。短直线模组控制九个测头，根据不同板型调整测头的间距。

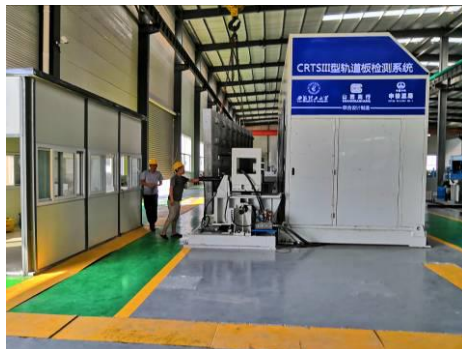
6、磁栅传感器用于检测测头的高度位置。

7、测头升降装置由双极油缸、滑轮组、钢丝绳等组成。实现测头的平稳升降。

8、轨道板夹紧装置由推拉缸、定位架、直线滑轨滑块、定位缸等组成。用于轨道板立式安装以及与测头间的相对位置。



5.2.24-1 轨道板立式起吊



5.2.24-2 轨道板立式检测

5.2.25 轨道板运输与存放

桁车将检测完毕的轨道板直立放置在运输车上，运输至存板区进行存放养护。见图 5.2.25-1、5.2.25-2。



立式外运



5.2.25-2 轨道板立式存放

5.2.25-1 轨道板

5

5.3 劳工组织（见表 5.3）

表 5.3 劳动力安排表

序号	名称	工种	人数
1	钢筋加工、绑扎	钢筋工	10
2	张拉	张拉工	1
3	混凝土输送、浇筑成型	桁车司机	5
4	放张、拆除撑杆、脱模	模板工	3
5	钢筋骨架就位	混凝土工	4
6	起重运输	桁车工	6
7	混凝土搅拌	拌站司机	2
8	养护	温度、湿度设备监控	1

9	轨道板吊装、转运	装配工	10
10	其他	辅助工	8
	合计		50

6. 材料和设备

主要设备投入见表 6.1，主要检验设备见表 6.2。

表 6.1 轨道板场主要投入设备表

序号	区域	设备名称	设备能力、型号	单位	数量
1	混凝土制备区	混凝土搅拌站	HSZ200, 电子称自动计量、实现自动控制并自动记录: 水泥、水、外加剂、掺合料 $\pm 1\%$, 骨料 $\pm 2\%$	座	1
2		洗石机		台	2
3		装载机	XG953III	台	1
4	轨道板生产区	流水机组生产线	混凝土运输系统、混凝土布料系统、混凝土振捣密实系统、成型混凝土模板、轨道板及模板流转系统、轨道板拉毛系统、轨道板蒸汽养护系统、轨道板放张系统、轨道板脱模系统、轨道板翻转系统、考虑轨道板的封锚及水养方便要求、模板清理工位、预留模板检测工位、预埋套管安装系统(工位)、钢筋骨架自动吊装机器人、钢筋骨架自动入模、预应力钢筋自动对位预紧、预应力钢筋张拉工位、钢筋绝缘检测、预留冗余设计、自动控制系统等	套	1
5		模型		台	91
6		桥式起重机	16t	台	1
7	钢筋加工区	绑扎平台		台	8
8		桥式起重机	16t	台	2
9	封锚区	空压机		台	2
10		封锚砂浆搅拌机		台	1
11		空气锤		个	8

12	养护 封锚区	水养池		座	8
13		桥式起重机	16t	台	2
14		水循环系统		套	2
15	保障系 统	蒸汽发生器	1T	台	2
16		供水系统		套	1
17		供气系统		套	1
18		供电系统		套	1
19		地磅	200t	台	1
20		存板门式龙门吊	16t	台	4
21		运输车	30t	台	2
22		叉车	5t	台	1

表6.2 轨道板生产主要检验设备表

序号	设备名称	规格型号	数量	精度	检验内容	备注
1	万能角度尺	0~300°	1	2′	模型及外观 尺寸	轨道板检验
2	游标卡尺	0~150、 300、 2000mm	2	0.02	模型及外观 尺寸	轨道板检验
3	深度游标卡尺	0~200mm		0.02	套管尺寸	轨道板检验
4	钢卷尺	10m	1	1mm	模型及外观 尺寸	轨道板检验
5	千分表	0-3 mm	2	0.001	弯曲变形	轨道板检验
6	塞尺	0.02-1.00 mm	2		模型及外观 平整	轨道板检验
7	读数显微镜	JC10	1		裂纹宽度	轨道板检验
8	全站仪	TCA1800	1	1mm+2pp m 0.5″	承轨槽调检 测	轨道板检验
9	自定心螺孔适配器		4个/台 全站仪		承轨槽调检 测	轨道板检验
10	承轨槽检测平板		1个/套 检测设 备		承轨槽调检 测	轨道板检验
11	球 棱 镜		4个/套 检测设 备	0.3mm	承轨槽调检 测	轨道板检验
12	LCR 数字电桥	LCR-819	1		轨道板绝缘 性能	轨道板检验

13	铁路轨道板预埋套管抗拔力检测仪	100kN	1	2.0 级 (FS)	预埋套管抗拔力	轨道板检验
14	混凝土钢筋检测仪	$\pm 1\text{mm}$; 80mm	1	$\pm 1\text{mm}$	保护层厚度	轨道板检验
15	轨道板静载试验机	50kN	1	0.1kN	轨道板静载裂纹检测	轨道板检验

7. 质量措施

7.1 质量技术培训

施工之前，现场对所有施工人员及管理人员进详细技术交底、培训，提高了质量意识。

7.2 质量控制措施

7.2.1 建立质量保证体系，开展全面 QC 质量管理活动，各工序指派专人负责，技术人员跟班作业。

7.2.2 加强对原材料质量检验，材料质量必须符合国家现行标准。

7.2.3 调模后钢模精度必须按设计要求及质量标准进行验收，验收合格的钢模方能投入生产。

7.2.4 钢筋骨架入模后，按标准要求对钢筋骨架和预埋件进行调整、校正；保证钢筋骨架的保护层和绝缘电阻，合格后方可进行混凝土浇注。

7.2.5 混凝土振捣时要严格控制振动频率和时间，避免过振和漏振产生气泡或浮浆。

7.2.6 轨道板混凝土达到 45MPa 强度后方可脱模，并在轨道板上

印刷生产日期、型号、编号。

7.3 冬季施工措施

7.3.1 生活办公区、生产车间、搅拌站封闭厂房均采用 100mm 厚保温防火岩棉板搭建，室内安装暖气片，车间门窗均采取了保温封闭措施。

7.3.2 根据生产计划，提前储备冬期施工原材料（尤其是河砂，碎石）。

7.3.3 场内配有取暖设备，供应全厂区供暖。

7.3.4 设置缓存区，可临时存储 400 块轨道板，缓存车间出板门口设置保温过渡通道。

7.3.5 室外埋入地下的蒸汽管道埋深均超过本地最大冻结深度。外露供汽通道中架空的蒸汽管道均用保温材料包裹，避免蒸汽管道在输送过程的热量散失。

7.3.6 冬季施工时，制板车间全部大门增加棉门帘，大门内再开小门（走人时候通过小门），并安排专人进行看护，减少进出车辆时热量散失，有效的做到保温隔热的效果。

7.3.7 针对混凝土搅拌、运输、轨道板养护等重点工序进行技术交底等专项培训，使操作工人 严格按照冬施方案进行施工。

7.3.8 轨道板外运存放时运输车辆安装防滑链。

7.3.9 料仓为暖气供暖，如环境温度低于-15℃时或料仓内气温不能满足施工条件时，再增加热风机供暖，对骨料进行加热。

7.3.10 料仓入口处均设置保温过渡棚。

7.3.11 搅拌站用水，采用蒸汽进行加热，安装温度控制系统，自动控制水温。

7.3.12 水养池内养护水，采用蒸汽进行加热，安装温度控制系统，自动控制水温。

7.4 夏季施工措施

7.4.1 对模板采取降温措施，设置模板降温工位、搭建专门棚子安装空调，确保模板温度符合规范要求。

7.3.2 搅拌站水泥罐安装遮阳网，避免阳光直晒。

7.3.3 搅拌站用水，加冰块，控制混凝土出机温度。

7.3.4 混凝土浇筑在夜间进行，避免高温浇筑混凝土。

7.3.5 砂石料在封闭的料仓内存放，避免阳光直晒。

7.5 轨道板翘曲控制措施

7.5.1 模板设置反拱，有效抑制轨道板翘曲变形。

7.5.2 模板纵向预应力钢筋位置，向下限设置，即靠近模板底部。

7.5.3 混凝土塌落度控制在 $80 \pm 20\text{mm}$ 之类。

7.5.4 轨道板养护过程中通过雾化补水，抑制后期轨道板翘曲变形。

7.5.5 脱模后及时进行水养，水养不少于 3 天。

7.5.6 存板区对轨道板进行覆盖，覆盖至 28 天。

7.6 避免张拉模板变形对轨道板尺寸的影响

开发了双撑加内衬板模板，实现了模板与混凝土接触面不受力，有效避免了模板承受大吨位张拉力变形对混凝土外形尺寸的影响。

8. 安全措施

施工过程中必须要坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的施工安全方针，坚持“安全为了生产、生产必须安全”的原则，广泛开展安全标准工地建设，严格执行国家、交通部有关施工安全的法规、规定，无重大人身安全事故，并狠抓施工中的落实，确保安全生产。

8.1 建立健全安全生产管理机构，成立以项目经理为组长的安全生产领导小组，全面负责并领导本项目的安全生产工作。实行安全生产三级管理，即：一级管理由项目经理负责，二级管理由专职安全员负责，三级管理由领工员（或班组长）负责，各作业点设安全监督岗。

8.2 实行逐级安全技术交底制，由项目部组织有关人员对工程项目或专项进行书面详细安全技术交底。项目部专职安全员要对安全技术措施的执行情况进行监督检查，并作好记录。

8.3 针对工程特点，对所有从事管理和生产的人员进行全面的安全教育，通过安全教育，增强职工安全意识，树立“安全第一、预防为主、综合治理”的思想；掌握基本生产知识和安全操作技能；提高职工遵守施工安全纪律的自觉性，认真执行安全操作规定，做到：不违章指挥、不违章操作、不伤害自己、不伤害他人、不被他人伤害，达到提高职工整体安全防护意识和自我防护能力。

8.4 施工过程阶段的安全保证措施

8.4.1 各个作业层及操作人员必须熟悉、清楚所从事施工项目的安全设计、安全技术措施及工艺流程安全注意事项，并在实施中严格遵守。

8.4.2 各工作岗位或现场张挂安全操作注意事项和警示牌。

8.4.3 轨道板场、施工班组定期或不定期地组织安全生产大检查，监督和保证安全操作规程及安全技术措施的顺利执行。

8.4.4 坚持每周安全小结、班前讲话制度，充分发挥党、团员安全监督岗的积极作用。

8.4.5 实行安全否决制，杜绝违章指挥和违章作业。

8.4.6 开展创建“安全标准工地”活动，以此为载体把经常性的安全教育、管理和控制统一起来，落实安全技术和防护措施，确保按章操作，保障生产安全。

8.5 防火、防盗安全措施

8.5.1 建立轨道板场、班组二级防火责任制，明确职责。

8.5.2 重点部位，如仓库，配置相应消防器材；一般部位，如宿舍、食堂等处设常规消防器材。

8.5.3 施工现场用电应严格执行有关规定，加强电源管理，防止发生电气火灾。

8.5.4 焊、割作业地点与氧气瓶、乙炔气瓶等危险物品的距离不得少于 10m，与易燃易爆物品的距离不得少于 30m，焊接人员必须持证上岗。

8.5.5 特种作业人员必须按照国家规定做到持证上岗。

9. 环保措施

9.1 成立环保管理工作小组，在生产过程中严格遵守国家和地方

政府下发的有关环境保护的法律、法规和规章，加强对施工燃油、工程材料、设备、废水、生产生活垃圾、弃渣的控制和治理，遵守有防火及废弃物处理的规章制度，随时接受相关单位的监督检查（《污水综合排放标准》GB 8978-1996）。

9.2 搅拌站的废水不得直接外排，经五级沉淀处理合格后循环使用（《污水综合排放标准》GB 8978-1996）

9.3 做好混凝土振捣的消音、隔音工作，杜绝噪音扰民（参考《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523-2011 第 4.1、4.2、4.3 条规定）。

9.4 扬尘控制

9.4.1 粉煤灰、水泥、碎石、必须用专用运输车运送。粉煤灰、水泥用封闭管道输送。

9.4.2 对施工场地道路进行硬化，并在晴天经常对施工通行道路进行洒水，防止尘土飞扬，污染周围环境。

9.4.3 车辆在运料过程中，对易飞扬的物料用篷布覆盖严密，且装料适中，不得超限；车辆轮胎及车外表用水冲洗干净，保证道路的清洁。

10. 效益分析

10.1 经济效益

该工法采用流水机组法生产，以机电液一体化为基础，实现自动化（且具备特殊情况下转为手动操作模式功能）、标准化、信息化生

产，降低了人工劳动强度，提高了生产效率。人工节约 425 万元，建厂费用节约 225 万元，设备基础节约材料 225 万元，成本共计节约 875 万元，经济效益显著。

10.2 社会效益

该工法对轨道板预制施工的工装设备及工艺进行了大胆创新，研制了流水机组法生产线智能化工装设备及生产工艺，实现了工厂化、机械化、自动化、标准化、信息化、智能化生产，确保了安全、质量、工期、环保，赢得了建设、监理单位的一致好评，提升了企业形象，取得了良好的社会效益。

10.3 环保节能效益

整个施工过程中采取环保工艺：采用的附着式振动技术，是振动器直接紧密贴附在模板上，激振力直接作用在模板上，避免了损失，提高了振动效率，降低了振动噪音；模板清理实现了自动化，并对灰渣及时吸取收集，避免了人工清理对操作人员职业健康危害；喷涂脱模剂实现了智能喷涂，整个过程在密闭的空间内设备自动喷涂，设备对雾化的残留物进行自动清理收集，避免了环境污染及对操作人员的伤害。整个施工过程做到了绿色环保，得到了建设、监理单位一致好评，为公司赢得了信誉，树立了形象，节能环保效益十分显著。

11. 应用实例

中铁三局集团有限公司郑济铁路站前 ZPZQ-1 标濮阳轨道板场位于河南省濮阳市华龙区岳村镇，郑济高铁郑州至濮阳段正线

DK213+200 左侧 6 公里处, 承担郑济铁路郑州至濮阳 DK211+796.87 ~ DK307+594.8 段 (I 、 II 、 III 标段) 34255 块 CRTSIII 型板预制任务, 配置智能化、信息化流水机组法生产线一套, 配备 91 套模具 (含异型板), 在施工中采用了 CRTSIII 型轨道板流水机组法智能制造技术。

该工法有效地提高了轨道板制造水平, 开发了多项专利, 有效减少了施工人员, 降低了劳动强度, 保证了施工中的安全与质量水平, 并且也缩短了工期, 提高了施工效率, 也降低了成本, 同时也取得了良好的社会、经济效益, 取得了良好的效果, 得到了当地政府和业主的一致好评。