

地铁预制板道床拼装精度控制技术研究

黄子彤

中铁三局集团线桥工程有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 预制板道床凭借装配化、低扰动和施工高效的优点,成为现代地铁轨道工程的主流结构形式,但其拼装精度直接决定轨道平顺性与后期运营稳定性。本文系统剖析预制板道床拼装施工的精度影响核心因素,从施工工艺、构件适配、测控体系及误差修正维度,梳理高精度控制关键技术,优化拼装施工管控体系,为地铁预制道床施工质量提升、降低轨道后期形变提供技术支撑。

关键词: 地铁工程; 预制板道床; 拼装施工; 精度控制; 轨道平顺性

引言: 城市地铁交通高速发展背景下,装配化道床施工模式逐步替代传统现浇施工模式,有效解决了传统道床施工周期长、现场作业量大、质量离散性大的行业痛点。预制板道床工厂标准化预制、现场模块化拼装的施工特性,对构件匹配度、现场对位精度及线形控制水平提出更高标准。拼装偏差累积会直接引发轨道平顺性超标、结构受力不均等问题,严重影响地铁行车舒适度与结构耐久性。基于此,开展预制板道床拼装精度控制技术系统性研究,对提升地铁轨道工程施工质量具有重要意义。

1 地铁预制板道床结构特性与精度控制核心要求

地铁预制板道床为装配式刚性轨道核心结构,主要由预制混凝土道床板、限位构件、缓冲垫层及连接配件组成,整体具备刚度均匀、整体性强、后期维护便捷的结构特征,适配城市地铁高频次、高负荷的运营工况。与传统现浇道床相比,预制道床的成型质量不再依赖现场浇筑养护工艺,而是取决于构件预制精度与现场拼装匹配精度,结构体系的装配化属性决定了精度控制是施工质量管控的核心核心环节。轨道拼装精度并非单一尺寸指标,而是涵盖平面线形、高程标高、板缝间距、平整度及结构对位的综合指标体系,各指标相互关联、相互影响,单一维度偏差均会产生连锁式质量问题。从轨道运营适配性角度分析,预制板道床拼装精度直接影响轮轨接触状态,微小的拼装偏差在列车长期动荷载冲击作用下,会持续放大轨道局部形变,引发轮轨磨损加剧、结构振动超标等问题,大幅缩短轨道结构使用寿命。从施工适配性角度来看,预制构件的标准化生产存在固有加工公差,现场拼装过程中的设备对位、环境干扰、工序衔接均会产生误差,多重误差叠加极易造成

整体线形偏差超标。因此,精度控制需贯穿构件预制、现场勘测、拼装对位、固定成型全流程,通过多维度管控手段压缩误差区间,保障轨道结构线形规整、受力均衡,满足地铁安全运营的核心技术要求^[1]。

2 地铁预制板道床拼装精度偏差成因分析

2.1 预制构件自身尺寸偏差成因

地铁预制道床板的工厂制作质量,会直接决定现场拼装作业的整体精度,构件本身存在的尺寸误差以及形体变形问题,也是拼装精度不达标的主要原因。构件生产阶段的模板安装状态、混凝土密实程度、养护环境条件以及脱模受力情况,都会对道床板的外形尺寸造成不同程度的影响;模板整体硬度不足、拼接缝隙密封不严、定位结构出现偏移,都会让道床板的外形尺寸和预埋孔洞位置产生偏差,这类加工误差很难在现场拼装作业中得到彻底修正。混凝土材质自带的变形特性,会让道床板在成型后出现细微形变,养护环境的温湿度波动、养护时长不足,都会加重构件翘曲、板面不平整等问题。构件搬运与存放过程中的受力不均、支撑点位不合理,会让构件产生永久性的细微变形,这些构件缺陷都会造成现场拼装对位偏移、板缝不均匀的问题,逐步积累为轨道线形施工隐患。

2.2 现场勘测与定位误差成因

现场勘测与点位定位工作的精准程度,是保障预制道床拼装质量的重要基础,勘测环节出现的各类精度问题,都会逐级传递至拼装施工阶段,进而引发整体的系统性偏差。地铁隧道的作业环境相对封闭,内部空间狭窄、采光条件有限,隧道结构还会出现持续的沉降与形变,这类环境特点会大幅影响勘测设备的检测准确性。施工现场基准点位布置不合理、点位稳定性较差、重复

检测次数不足,都会让基础勘测数据出现偏差,后续依托偏差数据开展的拼装定位工作,自然会出现轨道线形偏移的情况。勘测设备长期使用未及时校准、设备架设姿态不规范、点位对中精度不足,都会产生人为检测误差;隧道内部的温湿度变化、空气流动等因素,也会干扰设备读数,滞后的参数调整方式,会让定位数据和现场施工工况不匹配,进一步放大拼装精度误差^[2]。

2.3 拼装施工工艺操作偏差成因

现场拼装阶段的工艺管控力度,是影响道床最终拼装精度的关键动态因素,不规范的工序操作、粗放的工艺管理,都会持续产生各类施工偏差。预制道床的拼装作业包含构件对位、缝隙调节、限位固定、精细校准等多项核心流程,每一道工序的操作把控效果,都会直接影响整体施工质量。构件吊装对位速度过快、微调尺度把控不精准,容易造成道床板出现横向或纵向位移,进而引发轨道平面线形超标;人工管控模式下的板缝调节缺乏统一标准,操作随意性较强,容易造成板缝宽窄不一、轨道线形曲折等问题。市面上常规的拼装微调设备,精度水平存在一定局限,很难完成高标准的毫米级调整作业,构件初步定位后未及时完成校准与固定,后续施工产生的扰动会让构件发生位移,细小的施工误差会不断叠加,最终造成整体拼装精度不达标。

2.4 施工环境与结构形变偏差成因

隧道内部动态变化的施工环境,以及主体结构产生的形变问题,是诱发道床拼装精度偏差的主要外部因素,这类偏差的可控性相对较低。隧道主体结构施工完成后,会在后续阶段产生持续性的轻微沉降和断面收敛,这类结构形变会不断改变道床拼装的基础施工条件,让前期精准定位的道床板出现后期偏移。隧道内部温湿度的实时波动,会让混凝土道床板产生热胀冷缩的形体变化,板缝宽度、板面平整度都会受到相应影响。施工现场的交叉作业会产生持续振动与冲击,未完成固定的道床板容易出现微量位移;基底垫层铺设不平整、基底密实度分布不均,会让道床板支撑受力状态失衡,长期受力后会出现局部沉降、构件倾斜等问题。这类偏差具备隐蔽性和动态性的特点,整体管控与整改难度相对较高。

3 地铁预制板道床拼装高精度控制关键技术

3.1 预制构件出厂精度管控技术

从源头把控预制构件精度,是降低现场拼装偏差、实现高精度拼装的基础前提,需构建全流程构件质量管控体系,消除构件固有尺寸缺陷。在构件预制阶段,

需优化模板体系施工工艺,选用高刚度、高稳定性的定型钢模板,严控模板加工精度,确保模板尺寸偏差、平整度偏差控制在极小区间。模板拼装完成后,对模板拼缝、定位点位、整体平整度进行全面检测,对微小缝隙进行密封处理,杜绝混凝土浇筑过程中出现漏浆、涨模问题,保障道床板外形尺寸规整统一。优化混凝土养护工艺,搭建恒温恒湿标准化养护车间,精准管控养护温度、湿度及养护周期,缓解混凝土收缩徐变引发的构件形变,减少道床板翘曲、弯曲等缺陷。构件脱模、转运、存放环节,采用定点吊装、柔性支撑工艺,规范吊装受力点位,避免构件受力不均产生塑性形变。建立构件出厂精细化检测机制,针对道床板长宽尺寸、厚度、板面平整度、预埋孔洞位置、板体平整度等核心指标开展全方位检测,对存在微小偏差的构件进行预处理,对超标构件严禁进场,从源头规避构件固有偏差引发的拼装精度问题。通过标准化、精细化的出厂管控,保障所有进场构件参数统一、形态规整,为现场高精度拼装奠定基础^[3]。

3.2 高精度勘测定位与基准校准技术

针对隧道施工环境特性,优化勘测定位体系,构建动态化、高精度的基准管控模式,消除勘测系统性偏差与人为偏差。首先,优化基准控制点布设方案,结合隧道线形、施工分段及结构形变特征,均匀布设平面与高程基准控制点,保障控制点覆盖全面、分布均匀,同时强化控制点防护措施,避免施工扰动造成点位偏移,保障基准体系的稳定性与可靠性。严格执行仪器常态化校准制度,勘测作业前对全站仪、水准仪等设备进行精准校准,排查设备精度偏差,确保设备作业状态达标。优化现场勘测作业工艺,规范仪器架设、对中、观测全流程操作,规避人为操作失误引发的误差。结合隧道动态形变特性,建立基准数据动态复测机制,分段、分时段对基准控制点进行复测更新,实时修正隧道沉降、收敛带来的基准偏差,确保勘测数据与现场实际工况高度适配。采用多点位交叉勘测、反复校核的作业模式,对关键线形、高程数据进行多次复测比对,剔除异常数据,提升定位数据精准度。通过构建高精度、动态化的勘测基准体系,为道床板拼装对位提供精准的数据支撑,从根本上降低定位偏差。

3.3 精细化拼装施工工艺优化技术

依托预制道床拼装工序特性,优化精细化施工工艺,规范各工序操作标准,压缩人为操作误差,实现拼装过程的精准管控。在拼装准备阶段,清理基底垫层表面杂物、凸起,对基底平整度、密实度进行全面检测

预处理,保障道床板支撑基础均匀平整,避免基底缺陷引发板体倾斜、沉降偏差。优化吊装对位工艺,采用慢速、平稳的吊装作业模式,通过辅助限位装置控制板体吊装姿态,实现道床板初步精准对位,减少大幅度调整带来的位置偏移。细化微调校准工序,依托高精度勘测数据,对道床板平面位置、高程标高、板缝间距进行毫米级精细化调整,严格把控相邻道床板的平整度、线形顺直度,确保各维度指标均满足高精度施工标准。规范板缝管控工艺,统一板缝宽度标准,保障全线板缝均匀规整,规避缝隙不均引发的线形缺陷。建立工序即时复测机制,每块道床板拼装完成后,立即开展全方位精度检测,及时发现并修正微小偏差,避免误差累积。优化工序衔接模式,道床板校准完成后及时开展固定限位作业,强化临时固定防护,抵御后续施工扰动,保障拼装成型精度的稳定性^[4]。

3.4 动态误差修正与偏差防控技术

针对拼装过程中的动态误差与隐蔽性偏差,构建全过程动态误差修正体系,实现偏差的提前预判、实时修正。结合预制构件偏差、勘测误差、施工操作误差的产生规律,建立误差预判机制,梳理各工序误差高发点位与偏差范围,提前制定针对性防控措施,从被动修正转变为主动防控。拼装施工过程中,采用分段拼装、分段校准、分段成型的作业模式,每完成一段道床拼装后,开展整体线形复核,对局部微小偏差进行统一微调,保障整体线形平顺统一,避免单点偏差累积为整体偏差。针对隧道结构沉降、温湿度形变等动态影响因素,建立后期精度跟踪修正机制,在道床拼装成型后的固化阶段,持续监测轨道线形、高程及平整度变化,结合结构动态形变规律,开展二次微调校准,抵消环境与结构形变带来的精度偏差。优化误差修正逻辑,区分系统性误差与偶然性误差,针对勘测、构件带来的系统性误差进行整体参数修正,针对操作、扰动带来的偶然性误差进行单点精准修正,提升误差修正的针对性与有效性,全面提升拼装精度控制效果。

3.5 全过程精度管控体系构建技术

为保障精度控制技术落地见效,需构建覆盖施工全流程、多维度协同的精度管控体系,实现拼装精度的标

准化、常态化管控。建立分级精度管控标准,细化构件预制、勘测定位、拼装对位、成型复核各环节的精度指标,明确不同指标的允许偏差范围、检测标准及管控重点,让各工序精度管控有标准可依。构建专人专项管控模式,配置专业精度管控人员,负责全过程精度检测、偏差分析与工艺监督,规范施工操作行为,杜绝粗放化作业。完善多级检测复核机制,实行班组自检、工序互检、专项复检的三级检测制度,对拼装核心精度指标进行层层把控,确保偏差问题及时发现、及时整改。强化施工过程的动态管控,针对施工环境变化、工序衔接、设备状态等关键要素进行实时监管,及时排查精度风险隐患。同时,建立精度数据台账,记录各施工段的拼装精度数据、偏差类型、修正方案及整改结果,通过数据复盘总结偏差产生规律,持续优化施工工艺与管控模式,形成闭环式精度管控体系,稳步提升地铁预制板道床拼装施工整体质量^[5]。

结束语: 预制板道床拼装精度控制是保障地铁轨道线形质量、提升结构耐久性的核心工序,其精度管控效果直接关乎地铁运营安全与行车品质。本文系统分析了构件、勘测、工艺、环境四大维度的偏差成因,构建了从源头管控、精准定位、工艺优化到动态修正、全程管控的一体化精度控制技术体系。通过全流程精细化管理,可有效压缩拼装误差、规避偏差累积问题,全面提升预制道床拼装施工质量,为地铁装配式轨道工程高质量施工提供可靠的技术支撑。

参考文献

- [1] 毛江才. 地铁车辆段装配式底板高精度拼装技术[J]. 建筑技术开发,2026,53(8):58-60.
- [2] 陈帅. 地铁供电系统装配式施工技术的创新路径[J]. 智能城市,2026,12(6):158-160.
- [3] 潘安飞. 装配式地铁车站主体结构安装施工技术研究[J]. 建筑机械化,2026,47(8):97-101.
- [4] 范军. 预制装配式地铁车站施工技术研究[J]. 北方建筑,2025,10(2):74-77.
- [5] 王海良. 地铁盾构施工中管片拼装精度控制技术研究[J]. 魅力中国,2026,(3):0247-0249.