

地铁高架段施工中的预制装配化技术研究

文 / 黄彩倩 粤水电轨道交通建设有限公司

摘要: 分析了神岗站高架车站采用的预制装配化技术, 位于太平镇105国道之上, 具有独柱墩和双层双柱盖梁体系的三层地面结构。文中详细描述了车站建筑的结构特性和主要承重架构的分布, 阐释了预制构件的设计和安装过程。研究显示, 预制装配技术有效提升了建造效率, 确保了施工安全, 并减少了对环境的影响。同时, 文章还概述了在高架道路建设中应用预制施工技术的优势和所面临的挑战。

关键词: 预制装配化技术; 高架车站; 结构设计; 施工效率; 环境影响

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.046

引言

预制装配化技术为城市交通建设中高架车站的构建提供了创新方式, 本研究选取神岗站作为研究案例, 探讨其特有构造模式与预置技术的融入过程, 进而审视施工流程的优化、效率的提升以及环境影响的减轻, 本研究通过分析神岗站高架段的施工案例, 旨在阐明预制装配化技术在现代城市轨道交通建设中所带来的实际效益及发展潜力。

一、预制装配化技术的概念与发展

(一) 现代预制技术的演变

在现代预制技术领域, 涉及的物质基础、概念构思、产品生产以及组件拼接等多个环节, 均展现了显著的创新特征, 广泛采用计算机辅助设计(CAD)及计算机辅助制造(CAM)技术, 显著提高了预制构件的精确度和种类丰富度, 计算机辅助下, 工程师能够对建筑组件进行模拟建造及测试, 以此验证其结构合理性与安全性, 例如, 高性能混凝土与复合材料等新型材料的运用, 显著增强了预制构件的承载能力和使用寿命。

在预制构件制造领域, 3D打印技术的应用, 正在尝试生产更加复杂形状和设计, 为该技术发展提供了新路径, 技术融合不仅增强了预制构件的功能, 而且丰富了建筑外观和设计的独特性。

(二) 预制技术在国内外轨道交通中的应用

预制装配化技术在轨道交通设施的建造中得到了广泛运用, 这一领域成了其技术应用的先锋, 在包括日本、德国与美国等国的轨道交通建设领域, 预制构件的应用已成为规范化的施工手段, 在日本, 铁路建设普遍采用了预制的轨道板, 这种方式大大提升了施工效率, 同时降低了环境干扰和日常交通的影响。

预制装配化技术在中国城市轨道交通的快速发展中得到了广泛应用, 在包括北京在内的大城市中, 地铁站及其高架轨道区域, 均已开始大规模应用预制梁与各类结构组件, 预制技术的运用不仅显著提升了建筑施工的效率, 进而缩短了项目周期, 而且有效管理了项目的成本和品质, 从而极大增强了建筑工程的安全性及可信度。

在轨道交通等大型基础设施项目中, 预制装配化技术通过模块化和标准化生产显著提高了成本和时间的控制精度, 同时提升了结构品质和性能。

二、神岗站高架车站设计特点

神岗站, 作为一个典型的架空铁路站点, 运用了前沿的结构设计理念, 在满足实用性与视觉审美需求的同时, 还确保了其建筑结构的稳固与可靠, 车站的主体结构设计因其独创性和实用性而闻名, 这主要表现在其空间利用的高效性以及对环境适应能力的提升上。

(一) 结构布局与设计原理

神岗站的规划布局, 是依据其地理位置特性以及城市交通需求, 经过周密设计而成的, 位于105国道上一个交通节点, 该车站扮演着联结众多关键地带的角色, 日均人流量巨大, 在规划和构建车站时, 须将顺畅的人流运输、有序的交通管理以及与周围环境的协调统一作为关键考量因素。

采用三级分层设计的车站, 各个层面承担着不同的职责:

位于地面的底层空间, 主要功能是搭建起通向车站的多个通道, 并在此设置应急撤离通道。

该楼层配备了候车大厅以及设施管理区, 同时包含一座横跨两侧的人行桥, 为乘客提供了方便的穿行设施。

该层级专门用于乘客候车, 设有双边站席以及专设的候车空间与服务设施。

设计原理着重于结构的持久性与安全性, 借助如高性能混凝土和钢结构等现代工程技术材料, 确保车站能够应对高强度运作及自然环境的挑战。

(二) 独柱墩与双层盖梁体系分析

神岗站显著的特点是采用单柱支撑结构, 这一设计既有效地节省了地表空间, 又确保了结构的稳固性, 独柱墩的结构设计, 一般需深入的基础建造和繁复的力学推算, 以保障其整体的稳定特性, 神岗站采用独立的柱墩结构, 每个柱墩的截面尺寸为3.0米乘以1.4米, 这种设计能够承担车站建筑整体的重量以及动态荷载。

双层盖梁的体系构成了一个重要的特性, 它标志着设计中的独特创新, 在此结构体系中, 上部梁构件承担了支撑车站站台及其下方中间层的责任, 而底部梁构件则负责承载站厅水平力的需求, 本设计成功地将车辆及乘客产生的荷载进行了有效的分散, 进而显著增强了结构的抗震特性与整体稳定性。

在双层盖梁结构中, 为确保整体的结构稳定性, 采取了横向与纵向的联结方式将梁体相互结合, 通过预应

力混凝土技术，能够有效增强梁结构的承载力与持久性，在盖梁的设计过程中，美观性同样被纳入考量范畴，其形状及其表层处理密切遵循着车站总体建筑风格的统一标准，从而确保了功能与视觉呈现的协调一致性。

这些建筑作品不仅满足了现代立体交通的需求，有时也在繁忙都市的背景下，巧妙地融入了高效流通与安全措施的规划理念，如图1所示。

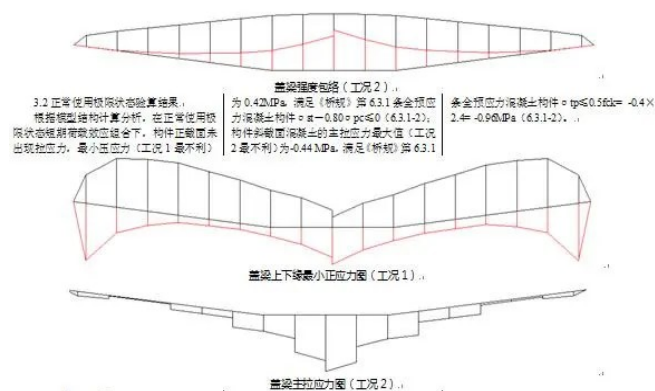


图 1 独柱墩与双层盖梁体系的示意图

三、施工过程中的预制装配技术应用

(一) 现场安装与连接技术

在现场安装阶段，预制装配化技术要求操作精确且遵守规范，预制构件的制造需严格遵照设计图样与相关规范，以保障现场施工时各部分能够精确对接，神岗站项目采用预制构件技术，诸如梁、板、墩柱等关键结构部件，在运输至工地之前，已完成了大部分的工业化生产。

现场安装主要涉及以下步骤：

运输与吊装：专门设计的运输工具负责将预制的构件运送至建设场地，对于体积与质量均较大的构件，通常须借助重型起重机械与其他专门的吊运工具，完成其位移与精确定位工作。

定位与校准：在安装任何部件之前，必须对其进行严格的定位和校正，以保证与现存结构或其他新部件的连接精确无误。

连接与固定：预制装配过程中，连接作业扮演着决定性角色，此环节涵盖了多种机械及化学固定技术，在神岗站的建设过程中，通过运用高强度的螺栓连接以及焊接工艺，成功保障了架构的稳固与安全，在某些接合部位，为加强密封效果及延长使用寿命，采用了环氧树脂等作为黏合剂。

(二) 施工期间的质量控制

预制装配技术领域中，对产品质量进行严格把关，以及确保施工安全，是两个必不可少的流程，对预制构件的质量管理涉及从对原材料的检测到对成品的最终验收，其目标是满足设计和规范的所有要求。

以下措施被采取以确保神岗站施工质量符合规定标准：

原材料检验：在构建过程中，应用于工程项目中的所有物质，诸如混凝土与钢材等，须符合国家的相关质

量检测规范。

构件生产过程监控：预制构件在工厂通过多个生产阶段，每个阶段均进行严格质量控制，涉及尺寸的精确度和混凝土的强度等方面。

现场安装检验：安装完毕的部件，需利用激光扫描等先进测量手段，对其位置及对接精度进行二次校验。

在神岗站的项目中，采用预制装配施工技术，严格控制质量与安全，这不仅提高了建设效率，还保障了工程质量和施工安全，为其他类似项目提供了可信赖的实践经验。

四、预制构件的设计与优化

(一) 预制构件的标准化与模块化

预制构件的生产，通过遵循特定规范和标准，实现部件的通用性与替换性，模块化涉及的构件设计，是以标准化的尺寸和形状为特点，从而使得这些构件能够在多种建筑项目中实现便捷且灵活的应用，在预制构件的生产过程中，这两种设计原则起到了至关重要的作用，它们能够显著提升建筑项目的经济效率。

生产预制构件的过程通过标准化，可在受控环境中实现批量制造，从而降低了人工失误和现场调整的需求，利用标准化部件，设计师与工程师能基于既定性能指标，简化工程项目的设计与施工流程。

模块化的应用，为施工流程带来了更大的灵活性和效率提升，利用专门设计的连接方式，将各种标准化组件迅速拼接完成，极大缩减了建筑工程的总体建设周期，模块化的设计方法为建筑提供了易于未来调整与发展的特性，从而简化了升级改造的过程。

在神岗站的项目实施过程中，采用了众多按照严格工业标准制造的标准化及模块化预置构建，包括预置梁、板以及墩柱等，在设计阶段，对组成部分的接口及连接方法进行了周密考虑，以保障在现场能够迅速且精确地进行组合作业。

(二) 结构强度与耐久性的设计要求

在建筑设计初期，必须对预制构件进行严格的力学性能评估和材质选择，以确保其强度和耐久性符合或超越建筑标准。设计应考虑到静态和动态载荷，如地震和风压，确保所有构件具备必要的承重和稳定性，特别是关键的连接部分。

构件的设计需确保其在预定寿命周期内持久性，包括抵抗温度波动、湿度和化学生物侵害。通过使用高性能混凝土和防腐蚀钢筋，精心选择材料和制定保护措施，显著提升构件的持久性。

在神岗站建设中，根据当地高湿度和雨量设计了特别的防水和防潮措施，所有预制建筑构件均进行加工处理。针对高交通荷载，如站台层预制梁，采用高强度材料并执行优化加固方案，确保长期结构安全和功能完整。

五、预制装配化的效益与挑战

(一) 提升施工效率与经济性分析

施工项目中采用预制装配化技术，带来了效率的大幅提升与成本的显著降低，这一优势源于几个关键方面：

加速施工进度：预制构件的生产在工厂内部提前完

成，与现场的施工活动同时进行，极大地缩短了整体的建设时间，在神岗站的项目施工过程中，采用预制的梁、板和墩柱，使得原本需要数月才能完成的结构安装工作，在短短数周内便得以顺利完成。

减少现场作业：大部分组件在工厂内制作完成后，现场仅涉及拼装与联接工作，这极大地减少了现场施工所需的人力和机械设备，这样做不仅缩减了建筑的经济开销，同时亦减轻了工程地点周围环境的压力。

提高材料利用率和减少浪费：在工业生产场所，通过对物质的精准裁剪处理，实现了利用率的最大化，避免了不必要的损耗，在工厂环境中，通过执行严格的质量监管程序，保障了零部件的质量标准，从而大幅度降低了现场施工中的返工次数以及修正工作量。

经济效益：尽管预制构件初期成本高，但通过缩短建设周期和减少人力材料成本，可显著降低总体项目开支，增强预算控制。

（二）环境影响与可持续发展考量

现代建筑领域中，预制装配化技术的广泛应用，主要得益于其对环境保护所具有的积极作用：

降低能耗和碳排放：通过预制构件减少了现场作业时长和设备运行，降低了能源消耗和碳排放，使工厂生产更加高效和环保。

减少施工现场的环境干扰：在传统建筑手段的实施过程中，现场的建设活动往往会对周边环境带来持久的不利影响，这包括噪声污染、尘埃产生以及物理性的干扰，预制技术主导下的生产活动大量迁往工厂环境，由此带来显著的环境影响降低。

提升资源循环利用：相较于传统现场浇筑的方式，预制构件的拆解与重复使用过程显得更为便捷，此举有利于促进建筑材料的循环利用，推动建筑行业转型，朝向可持续性更强的未来进步。

然而，预制装配化技术也面临一些挑战：

高初始投资：与传统建筑业相比，预制构件的应用要求在前期拥有更先进的技术支持与更完备的设备投资，在部分预算紧张的项目的应用过程中，此因素可能施加了一定限制。

运输挑战：特殊的大型预制构件，因其庞大的体积和重量，必须依赖特定的运输工具和方案，这往往导致项目经费的增加，并进一步制约了构件设计和制造的尺寸与形态。

设计和计划的严格要求：在项目早期阶段，必须精确制定预制构件的细致规格，这增加了设计和初步规划的复杂性，在设计过程中，错误的产生可能会引起后续调整，进而引发高额的费用支出。

六、案例研究：神岗站的实际施工经验

（一）施工流程与关键技术点

作为一项高架车站建筑项目，神岗站运用了众多前沿技术和手法，这些措施有效保障了施工的高效率和高水平质量，施工流程主要包括以下几个阶段：

设计与预制阶段：项目启动时，设计团队精细规划以确保预制构件的功能性和结构标准，工厂生产的主要结构部件经过严格质控以确保精确配合。

物流与运输：特别针对尺寸庞大和重量级预置构件，其物流运输需作出特殊调度安排，在神岗站项目中，对各个构件的搬运活动进行了详尽的策划，旨在降低对道路交通的妨碍及运输费用。

现场安装：施工开始时，首先建立坚固地基和支撑体系，然后精确地将预制构件吊装到位，技术人员严格监控安装确保系统稳固。

结构连接与验收：安装的构件通过焊接和螺栓连接实现结构整合，确保稳定性和安全。精细的检测和评估是必须的，这加速了建设并提高了工程质量。

（二）项目成果与未来推广的可能性

预制装配化技术的应用，在大型公共交通项目——神岗站项目的顺利完成中，充分展现了其巨大的潜力，项目的主要成果包括：

施工效率的显著提高：在神岗站的项目建设中，采用预制的构件，将建设周期大幅度减少，大约减少了30%的时间，项目的完成速度得到提升，同时减少了建筑总体的开支。

质量与安全的提升：预制构件的运用保证了施工质量稳定与可操控性，同时降低了现场作业可能引发的品质隐患，伴随现场施工活动的降低，工地安全环境因此显著好转。

环境影响的最小化：预制装配化技术通过预先组装，显著降低了施工现场的噪音和粉尘污染，促进了周边环境保护。该技术在城市轨道交通建设中展现出高效能和环境友好的优势，被视为城市基础设施建设的未来首选方案。

结语

神岗站项目利用预制装配化技术，突显了该技术在现代基础设施建造领域的诸多优势，该技术通过提高施工效率、确保建设质量和安全，以及最小化环境影响，不仅增强了工程项目的经济和可持续性，还为未来城市的发展创新提供了解决方案，这些成就预示着预制装配化技术在全球范围内将得到广泛推广与应用的前景。

参考文献

- [1]王金.高速公路机电安装工程预制装配化施工技术应用[J].建设机械技术与管理,2024,37(03):132-134.
- [2]张嘉敏.基于预制装配的徐州地区乡村住宅空间设计研究[D].中国矿业大学,2022.
- [3]陶诗君,汤伟,于文韬.预制装配墩柱的特点与施工工艺[J].公路,2021,66(03):132-135.
- [4]陈雨嘉,许茜,徐广舒.浅谈预制装配式建筑[J].江西建材,2020(04):9+11.
- [5]王祚远.机电安装工程预制装配化施工技术分析[J].居舍,2020(12):58.
- [6]杨文武,蔡俊镜,柳欣荣,黄军,何益迪.预制装配化桥梁技术发展及应用[J].广东公路交通,2019,45(05):67-73.

作者简介：黄彩倩，1984.11.8，女，汉族，广东博罗，本科，中级工程师，粤水电轨道交通建设有限公司，研究方向：建筑施工。