

复杂环境下铁路站房大跨度空间管桁架安装施工技术

文 / 单云波 中国铁路济南局集团有限公司

摘要：日照站站房采用采用钢筋混凝土框架+大跨度空间管桁架组合结构体系，候车厅楼盖采用钢筋混凝土结构，屋盖由大跨空间桁架、水平支撑体系组成。施工场地狭小，周边施工环境复杂，针对工程实际情况，提出了采用汽车吊上楼盖，分区分块吊装施工方法。介绍了钢结构屋盖施工流程，计算了汽车吊上楼盖行走及吊装过程中结构的内力，确保了施工安全。为类似站房改造扩建工程提供借鉴。

关键词：站房；钢结构；改造工程；吊车上楼盖；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.046

引言

随着我国高铁建设飞速发展，高铁网络已具规模。高铁建成后凭借高速度、高舒适度、高安全性和高密度运营等特点，促进了沿线地区经济发展，高铁车站成为区域经济新增长极。经济增长带来大量客流，部分车站现有站台规模、候车室容量及客运配套设施无法满足需求，需扩建、改造。既有站房扩建、改造工程中，站房钢结构屋面安装是必要内容，目前高铁客站大跨度空间钢结构施工常用高空散装法、提升法、顶升法、滑移法、分区安装法、整体吊装法等。既有站房改建、扩建、更新工程存在施工区横跨既有线、周边铁路正常运营、“四电”工程复杂、施工场地狭小等制约施工进度的难点。因此，探索更集约化、精细化的站房屋盖钢结构施工方法，破解施工难点很有必要且迫切。

一、工程概况

日照站分为侧站房及高架站房两部分，侧站房最大平面尺寸轴线顺轨方向长207m，垂直轨道方向最宽处52m、最窄处20m；高架站房最大平面尺寸轴线顺轨方向长197m，垂直轨道方向81m，建筑高度34.65m，总建筑面积43500m²。其外观效果图如图1所示。站房地下一层，地上两层，两侧设局部夹层。站房主体采用钢筋混凝土框架结构，候车层楼板厚度为120mm~150mm，候车层框架梁截面主要尺寸为1600mm×2200mm，候车厅钢屋盖结构体系由大跨空间桁架和水平支撑体系组成，最大跨度74.10m，桁架高度2m~5m，桁架杆件截面规格φ140×6~480×28。站房管桁架示意图如图2所示。



图1 外观效果图

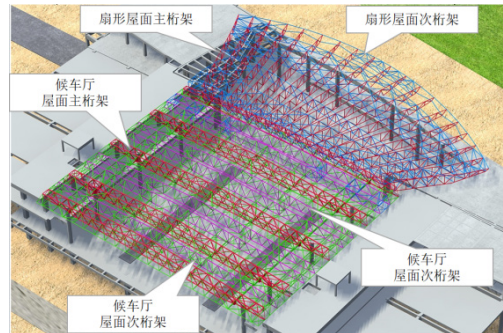


图2 日照站屋面管桁架示意图

二、施工重难点分析及解决对策

本工程施工场地狭小，周边施工环境复杂。在钢构件堆放及吊装方面，如何合理的布置构件堆放区域以及选择合理的屋盖施工方法，更有效提高施工效率，是钢结构施工的重点和难点问题。

侧站房屋面管桁架北侧钢柱及框架柱为8根，西侧框架柱为4根，东侧框架柱为3根，北侧型钢柱共4根（主要分布东西两侧，中间部位无支座点），考虑扇形屋面为不规则形状，提升点数量不足，悬挑最大长度约为23米。对比分析采用整体提升和先吊装后提升两种常见施工方法，发现日照站测站房不具备原位拼装的条件，后补杆件吊次较多，塔吊无法满足吊次需求，对工期影响较大。基于此提出了汽车吊上楼板分区（分块）吊装的施工方法，具体而言，采用大吊小的方式把小型吊车送上既有钢筋混凝土楼盖，汽车吊上楼盖、支撑架支撑的形式进行拼装、吊装。针对该施工方法，如何保证吊车楼盖上行走、吊装时下部混凝土梁、板的安全是必须要解决的关键问题。

同时，本工程钢屋盖散件进场并现场拼装，因构件数量多、编号复杂，深化设计工作繁重，深化设计管理是重点之一。为此，本工程根据施工分区对钢构件深化图纸编号，制定BIM深化设计制度与流程，按统一标准和精度建模型，统一安排深化设计工作，还安排专人与外部对接，加强沟通协调以提高效率。

三、钢结构安装施工流程

（一）地面拼装胎架布置

平面胎架主要选用HM440×300×11×18型钢

+PL15×200 调节刀板；立面胎架主要选用型钢制作而成，底部转换梁选用 HM440×300×11×18，立柱及横梁选用 HW200×200×8×12，斜撑选用 14# 槽钢，胎架下部与钢板连接。

(二) 管桁架地面拼装流程

主桁架、次桁架、联系桁架、水平支撑等杆件单元散件运输至现场后，工程现场采用平面桁架的拼装胎架。采取地面卧拼的方式，如图 3 所示，整榀拼装完成后进行吊装施工，卧拼时以桁架支座撑杆端部为定位原点 0(0, 0)，其余节点采用计算机进行坐标放样后，在拼装施工时采用全站仪进行坐标定位。



图 3 拼装胎架轴测示意图

(三) 侧站房屋面管桁架安装

(1) 侧站房分成两个区域进行吊装，如图 4 所示，HXHJ-3 下部为分区一，上部为分区二，300t 汽车吊位于侧站房北侧把 25t、35t 汽车吊送上落客平台，由落客平台开至进站厅最后到高架候车厅。

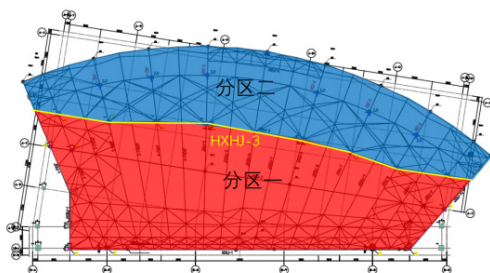


图 4 侧站房分区示意图

(2) 按照吊车行驶路线，分区块依次完成该区域屋盖管桁架吊装工作，有支座处直接放置在支座上，无支座处，底部需放置支撑架。吊装分区如图 5 所示。

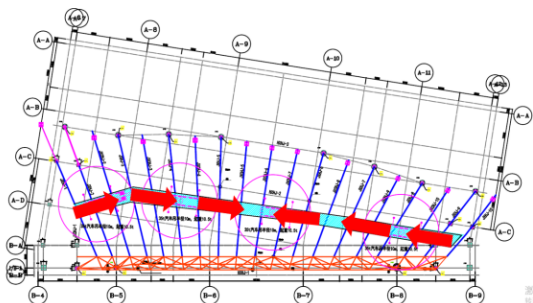


图 5 吊装分区示意图

(四) 吊车支腿位置的保障措施

吊车支腿位置提前在楼板上进行放线标记，汽车吊支腿位置可能无法保证正好位于底部的混凝土梁上，此时在支腿底部铺设路基箱，保证力传递到底部混凝土梁上。

四、施工过程仿真分析验算

(一) 汽车吊行走状态计算

以侧站房分区一区域楼盖吊装验算为例，汽车吊上楼盖吊装施工作业时，采用 35t 汽车吊，进行钢桁架的吊装，吊机行走状态最大自重 35.7t，为保证施工有序及结构安全，需制定相应的上楼盖吊装作业相关方案，以指导现场施工作业。汽车吊上楼盖时，对行走路径进行合理的规划，作业前，弹出所有行车道路中心线，汽车吊沿规定路线行走。

1. 混凝土板弯矩、剪力计算

在行走工况下，单个车轮与地面接触面积为 0.08m^2 ，前轮每个轮压荷载为 481.3kN/m^2 ，后轮每个轮压荷载为 437.5kN/m^2 。该行走路线上铺设重 20kN ，尺寸为 $1300\text{mm} \times 6000\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的路基箱，车轮压在路基箱均布荷载为 22kN/m^2 。

根据楼盖主次梁布置情况，结合吊车行走路径，分为路基箱铺设在梁上吊车对称行走和一侧路基箱跨中行走两种情况，如图 6、图 7 所示。荷载组合采用 1.3 自重 + 1.5 活载，对处于行走路径上所有板进行行走验算分析。以板 1 为例，厚度为 120mm ，混凝土强度等级为 C35、配筋主要为 $\Phi 8@150\text{mm}$ 。

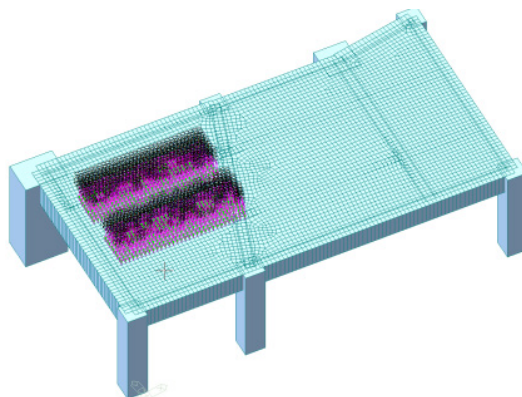


图 6 路基箱铺设梁上对称行走

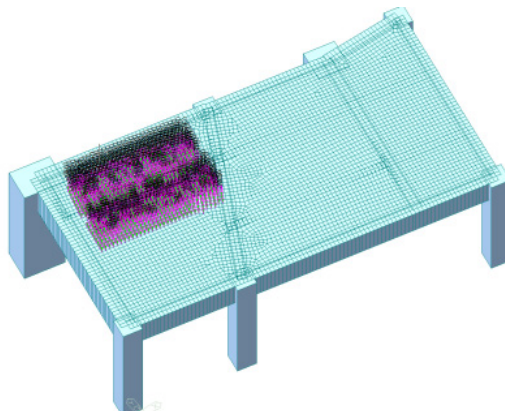


图 7 一侧路基箱跨中行走

经计算，板 1 最大正弯矩为 $15.4\text{kN} \cdot \text{m}$ ；最大负弯矩为 $19.6\text{kN} \cdot \text{m}$ ，最大剪力为 61.5kN ，板弯矩、剪力分布云图如图 8、9 所示。

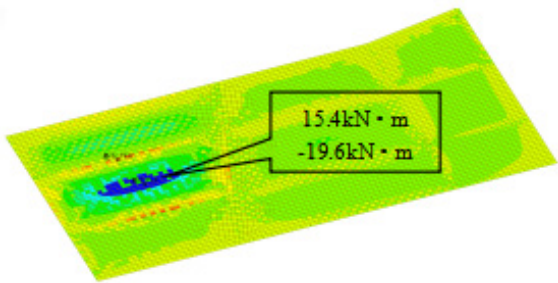


图8 板弯矩云图

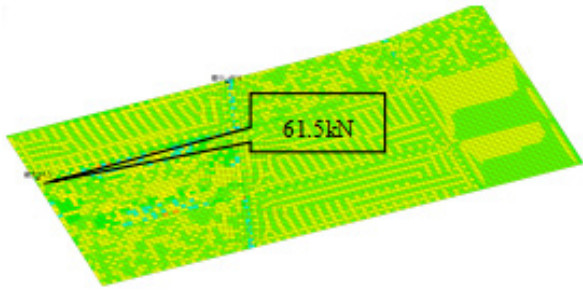


图9 板剪力云图

2. 混凝土楼板验算

根据上述混凝土板的最大弯矩和剪力计算值，结合板中实配钢筋，对混凝土板承载力进行验算，验算结果如表1所示。

表1. 楼板验算结果

	承载能力	计算值	是否满足
正弯矩	19.2kN·m	15.4kN·m	是
负弯矩	24.7kN·m	19.6kN·m	是
剪力	109kN	61.5kN	是

(二) 汽车吊吊装状态计算

1. 汽车吊吊装站位要求

汽车吊打腿前划出相应区域所有梁中心线，在打腿时，支腿下方需设置2m×0.4m×0.2m的枕木，各支腿作用在混凝土梁上，避免支腿直接作用于混凝土楼板上，确保吊装时支腿上的力可以先传递到枕木上再分散作用在混凝土梁上。汽车吊吊装时支腿荷载计算结果如表2所示。

表2. 吊装时支腿荷载计算结果

支腿集中力	枕木面荷载
106.07	132.59 (kN/m ²)
106.07	32.59 (kN/m ²)
149.78	87.22 (kN/m ²)
149.78	87.22 (kN/m ²)

2. 混凝土梁弯矩及剪力验算

吊装工况支腿最大集中荷载为190kN，荷载组合说明采用1.3自重+1.5活载，取跨度较大、配筋较小、截面较小的400mm×800mm梁进行打支腿吊装验算，计算模型如图10所示。

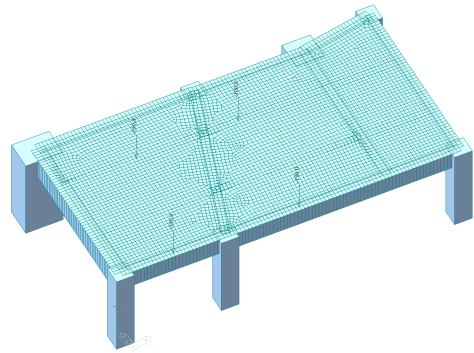


图10 梁跨中打腿吊装

吊装工况下混凝土梁弯矩、剪力计算结果如图11~13所示。

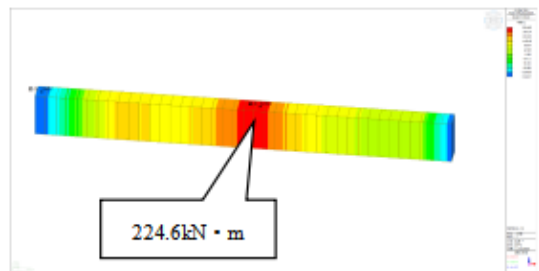


图11 跨中弯矩计算结果

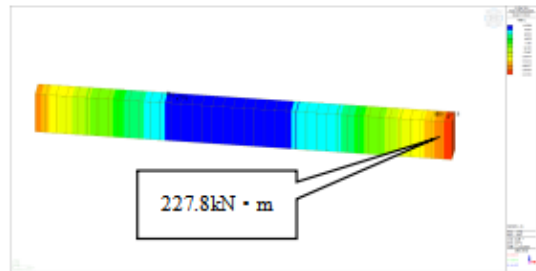


图12 梁端弯矩计算结果

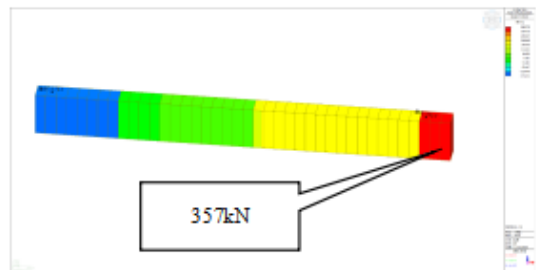


图13 梁剪力计算结果

根据上述混凝土梁的最大弯矩和剪力计算值，对混凝土梁承载力进行验算，经验算，按此弯矩、剪力计算的配筋值均小于该梁实际配筋值，验算结果满足。

(三) 计算分析结论

经计算35t汽车上楼盖吊行走须铺设路基箱，且路基箱应铺设在梁上，吊车行走时，楼板承载力满足要求；35t汽车上楼盖吊装时，支腿直接作用在混凝土梁上的工况下，混凝土梁承载力满足要求。若支腿不能直接作用混凝土梁上方时，必须用转换梁转换到混凝土梁上。

吊装施工时应标记出混凝土梁中心线位置，避免支腿直接作用在混凝土楼板上方。

五、钢结构安装技术措施

(一) 钢结构安装施工装备

安装前项目经理部及有关人员应提前到达施工现场进行安装前的各项准备工作。对现场施工的技术、管理人员进行技术交底，并编制相应的施工计划。

(二) 施工现场布置

本工程的总平面的主要布置内容为：项目部办公室、临时生活设施，材料运输通道和吊机吊装（开行）通道，原材料、设备、零部件的堆放场地，钢构件堆场（3000m²），钢构件拼装场地。

(三) 与土建交接准备工作

进行现场交底，如原材料、零部件及设备的堆放场地，行车通道、水、电、食宿，办理好施工许可手续，协调并确定施工日期和各工序施工计划，与其他施工单位交叉作业协调计划；对施工前道工序（支座构件及相关设施）进行复核，确保预埋件质量、标高、中心轴线、几何尺寸、平行度等正确，做好交接手续；做好机具及辅助材料的准备工作，如吊机、工作平台材料、电焊机、测量仪器、手动工具及其他辅助用具；检查、复核胎架、支架及工作平台等；对制作、施工的机械、机具及零部件进行适当放置，以使施工方便、搬运合理便于保管；根据现场实际情况，对施工作业计划进行适当的调整和补充。

(四) 预埋件和支座的安装

根据土建的定位轴线，对预埋件轴线、标高进行复测、交接验收，做好记录，确保符合相关规范和设计要求。

(五) 临时支架设置

临时支撑架设置时应尽量设置在土建混凝土柱和混凝土梁上，减少对土建结构安全带来的影响；支撑架下部设置转换梁，通过转换钢梁扩大支撑架体与混凝土结构的接触面积，减小混凝土结构承受的荷载，如图 14 所示。



图 14 临时支撑架布置

(六) 桁架合拢区安装施工

先焊接合拢段一端的焊缝，合拢段杆件另一端通过两块限位夹板固定，并预留一定的伸缩预留，让其自由伸缩。待温度达到设计温度时，将合拢口处限位夹板焊接牢固，然后再进行焊缝焊接合拢。

(七) 桁架安装施工

桁架吊装安装施工时，主要采用 4 点进行吊装作业，并设置吊装带或手拉葫芦用于调节桁架吊装起钩时的空

中状态及安装角度，并采用全站仪复核其就位状态，如图 15 所示。

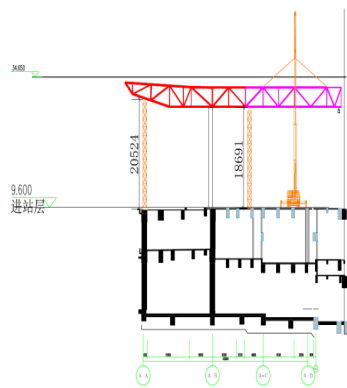


图 15 钢结构安装示意图

(八) 下部混凝土监测

本工程下部混凝土需设置监测点，用于桁架吊装过程中的变形监测，及时监测下部结构应力的变化情况，特别是吊装的过程中，吊装完成后还需继续监测观察，直至桁架结构稳定方可解除。

(九) 临时支撑拆除

临时支撑架的拆除将根据结构在自重作用下的挠度值，采用分级同步卸载。卸载工程中，必须做到缓慢卸载。

结语

本文介绍了日照站站房改造工程钢结构安装施工方法，根据改造现场状况合理规划分区并设置板上吊车吊装的方法，解决了既有站房钢结构改造工程拼装吊装受场地制约的问题；对部分板、梁承载能力不足的路线，采用设置路基箱的方式，使得板上吊车吊装可以实现，对既有站房改造改建工程有重要借鉴意义。

参考文献

- [1] 王加宏. 浅谈钢网架结构高空散装法施工技术应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022, (11): 20-22.
- [2] 石开荣, 涂张旭, 姜正荣, 等. 双曲面斜交网格编织筒壳结构提升卸载施工模拟与监测研究[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(09): 95-101.
- [3] 蔡蕾, 张翔宇, 苏芳洲, 等. 郑州南站站房屋盖钢桁架提升施工技术分析[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(06): 143-146.
- [4] 孔德芒. 球形钢结构网架整体顶升法施工技术分析[J]. 江西建材, 2023, (09): 236-237+240.
- [5] 李金荣. 大跨度钢结构顶升法施工控制探讨——以福州市某综合类医院项目为例[J]. 住宅产业, 2022, (12): 74-77.
- [6] 姬建华, 刘新乐, 赵庆国, 等. 高铁站房异形钢桁架屋盖曲面累积滑移施工关键技术[J]. 施工技术(中英文), 2021, 50(20): 49-52+74.
- [7] 王静波, 姬建华. 单元式伞状网架屋盖分区施工技术[J]. 施工技术, 2021, 50(02): 112-116.
- [8] 颜世健. 高速公路大跨度钢箱梁整体吊装施工技术[J]. 城市住宅, 2020, 27(03): 217-218.