

钢结构施工技术在济莱高铁钢城站站房工程中的应用

文 / 徐亮 中铁十四局集团建筑工程有限公司

摘要: 文章以济莱高铁钢城站站房工程为研究对象,分析了钢结构施工技术在工程施工中的应用。文章首先分析了基于BIM技术的钢城站站房大跨度钢结构屋面深化设计,并分析具体的施工技术要点。研究发现,在钢结构施工过程中采用基于BIM的钢结构虚拟预拼装技术,可以提升钢结构的安装进度,提升钢结构施工质量,加快施工进度。该项目在应用钢结构施工技术后,在施工进度、施工安全、施工空间、人力、成本等方面节省了大量资源,提升了钢结构安装精度,具有较高经济效益和社会效益。

关键词: 钢结构施工; 钢城站; 站房工程

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.021

引言

近年来,我国在高速铁路建设上持续发力,使得高速铁路里程、覆盖规模不断扩大。在高速铁路工程项目中,高铁站房是重要的配套设施,发挥着旅客集散、班次中转等作用,所以高铁站房是否安全,直接影响着整个高铁系统的运行安全^[1]。高铁站房与普通建筑相比,由于建筑内部人员密度较大,一旦发生安全事故可能造成巨大损失,需要更重视提升高铁站房的质量,如何正确使用钢结构施工技术是建设行业关注的重点,也是学术界研究的焦点。

一、工程概况

济莱高铁钢城站位于山东省济南市钢城区主城区东部,站区邻近木牟汶河生态带和S234省道(北外环路),距离钢城区最主要的产业中心莱钢产业区距离3.2km,钢城站中心里程DK117+562,建筑群结构主要包括站房工程、基本站台雨棚工程。站房建筑面积9988.94m²,局部地下1层。钢城站站房基础为桩基础,结构形式为框架结构,屋面为空间网架,钢屋盖结构体系由大跨空间网架、钢檩条和水平支撑体系组成,站房屋盖结构南北向长度约150m,东西向约80m。车站设基本站台一座(尺寸为450m*9m*1.25m),二站台一座(尺寸为450m*9m*1.25m)。

二、基于BIM技术的大跨度钢结构屋面深化设计

该项目建设规模大、施工组织难度大、技术难点多、工期紧张,传统施工作业与管理方式可能无法满足工程项目对工期、造价等提出的要求,为降低工程建设难度,本文采用BIM技术对钢结构施工进行全生命周期全程设计深化跟踪管控。

(一) 参数化构件处理

钢结构技术交底所呈现的效果、构件编码以及工程量精确提取等,均与BIM模型的精度有关,此精度除了构件的外观尺寸外,还涵盖了施工时间、构件安装标准、安装位置、构件责任人等附属信息。BIM模型的呈现效果和精确提取主要受“模型是否正确确定构件编码”的影响,因此,在模型构建过程中,统计好构件编

码及构件数量,并与工厂生产对接,发挥“一模多用”的作用。在钢结构安装的球形节点与杆件上显示构件属性和业务信息,构件经历的不同阶段信息通过模型阶段按不同颜色与展示形式呈现。

焊接空心球模型的重点为空心与肋板的参数化建模,由于其焊缝处理在施工现场完成,不用考虑下料对节点的处理,只用控制直径、厚度、肋板与材质,不用考虑连接节点处的焊缝问题^[2]。螺栓球为实心球。

焊缝技术参数信息可以通过现场人员手持移动终端查询信息,根据不同构件的编码,校核现场施工参数和模型中录入的技术参数是否符合相关要求,以此保证安装精度。焊接空心球的参数化建模中,可以设置螺栓球的连接杆件,优化相关编码,保障设计效果。

(二) 焊接空心球节点变更螺栓球混节点

该项目的原设计方案中所有网架焊接空心球节点面临着工期紧张的问题,再加上受雨季施工影响,大面积焊接空心球节点会严重影响工期。因此,决定将该项目的焊接空心球节点改为混合螺栓球节点。由于原方案中已建立螺栓球LOD450的三维模型,因此在基于BIM技术的深化设计中,可以保持原模型的节点坐标不变,在原模型中进行提取分析操作,导出DWG格式文件作为3D3S软件的交互文件,并在软件操作中做好变更设计,生成计算书和施工图,在3D3S软件中设置好涂层后将节点图导入revit软件,根据材料表在族中输入螺栓球参数,用dynamo拾取涂层之后,即可直接将焊接空心球族替换为螺栓球族,以此提升建模速度,随后分别将上下弦杆、腹杆等按照同样的方式翻模。

(三) 装配式结构构件识别

在预制构件的设计中,可以利用BIM模型进行模拟,在综合考虑施工效率、构件质量的基础上,在BIM模型上拆分构件,准确计算预制构件的重量、体积、装配率、预制率,形成钢结构施工中需要的各类预制构件模型,基于各类预制构件模型进行深化设计,合理布置钢筋和各类埋件,生成构件生产需要的图纸,并对构件的型号、规格、数量等信息进行统计。预制构件生产厂

家可以根据中心数据库中保存的构件生产信息，详细记录检查和查询信息，对每个构件定制唯一编码，便于在后期施工中对各类预制构件进行跟踪。

（四）钢结构模拟预制拼装

该项目中涉及大量复杂钢构件的安装，为顺利完成钢结构安装工作，保证钢结构施工的整体质量，需要开展钢构件的预拼装工作，防止在现场施工过程中构件安装与设计图纸存在偏差，提前制定整改措施，减小钢构件安装的累积误差，提升整个钢结构的质量。传统钢构件预拼装工作需要消耗大量人力、物力、场地、运输等资源，不但需要大片场地，检测过程繁琐、耗时较长，而且无法保证检测精度，难以消除钢结构施工中存在的安全或质量隐患。由于钢构件之间的节点主要通过螺栓或焊缝进行连接，所以检测焊缝周边的点以及螺栓孔圆心的精度，基本能覆盖钢构件预拼装中的检查需求。因此，可以利用BIM模型辅助开展钢构件预拼装工作，通过在BIM模型中输入各类构件的参数信息自动提取测控点，在减少人工测量作业的基础上，精准获取各点的距离和夹角，防止误测和漏测的问题。除此之外，还可以利用BIM模型提取测控点、焊缝类型、螺栓群各螺栓孔圆心等信息，利用BIM技术提升检测结果的准确性，从而保障现场施工中钢构件安装的精度。

三、钢结构施工技术应用要点

（一）施工工艺流程

本项目采用网架屋盖钢结构，钢结构长度约158.7，宽度约61.3m，建筑支座底标高约17.5m，网络为螺栓球节点与焊接球相结合的形式，双层网架正四角锥体系，支撑形式采用下弦层多点支撑，支撑点最大跨度约49.5m。施工前，区域范围内地面未发生扰动，采用泥结碎石换填30cm，上层采用C25混凝土硬化，硬化厚度为20cm，按设计要求在基础承载力达到150KPa/m²后，采用吊车开始吊装钢构件。吊装钢构件时，在吊车四条支腿底部设置2.5m*2.5m的钢板，钢板厚度25mm，再垫长度在2m以上的枕木^[3]，提升钢结构构件吊装时吊车的稳定性，保证吊装施工的安全性，起步网架吊装结束后，其余部分采取高空散拼的形式。

（二）钢结构虚拟预拼装

为提升钢结构安装精度，提升钢城站站房钢结构施工质量，在BIM模型的基础上应用钢结构虚拟预拼装技术来控制钢构件的安装精度，辅助现场施工，在保证钢构件安装精度的基础上加快施工进度。钢结构虚拟拼装前，应建立BIM基准模型，根据钢结构施工图纸逆向创建三维模型，建模流程如下：

1、建模

（1）空间定位

该项目的钢结构杆件均为直杆，在线模中采用直线段Line表示，利用线段两个端点对直杆进行定位，只需要获取线模各线段端点的三维坐标。线模TXT文件中，

采用以下格式进行定位：Lin: P0=7191129, 162788 36856 P1=7194558160928 3666。

其中，Line代表直线段，P0与P1分别代表了直线段两端点的三维坐标。在Revit模型中，线模的位置即杆类构件的定位线。

（2）确定构件类型

由于线模能附着的构件信息有限，在其中难以区分其结构类型，用族来定义构件类型的优势较为明显，不仅能在类型上划分定义，还能在三维模型的基础上实现可视化分析，提升三维模型辅助现场施工的作用，并为后续的校核提供可靠的数据支持。

2、截面对正

在确定好杆类构件的“定位线”后，还要对构件在模型中的空间位置进行定位，确定构件截面和定位线之间的对正偏心关系。该项目涉及的杆件截面类型有圆钢、圆管、螺栓、球节点、锥头等^[4]，按照中心对正的形式生成；支座类、柱类，按照线模和族原点重合的方式。

（1）数据格式

线模除了空间定位外，利用“图层”这一信息载体，将截面格式信息作为杆类构件的图层名，便于简单地进行区分，并利用线模文件将相同截面格式的杆类构件整合起来，每种截面格式组成一个数据板块，生成一个由多个类似数据板块组成的大文件。

（2）截面格式

截面格式主要是截面规格和材质。该项目施工中杆类结构的截面规格较多，因此可以采取dynamo可视化读取Excel表格自动批量匹配。

3、虚拟预拼装

虚拟与拼装过程中，要基于BIM信息码，根据各类设计图纸按比例建模，确保建立的BIM模型和设计值相同，体现出设计的真实信息，以便后续测量的对比校核^[5]。可以根据从BIM模型中呈现的各类信息，如构件尺寸、数量、定位等，将需要预拼装的构件进行分类、编号，建立对应的预拼装构件信息编码库，该信息库要囊括预拼装构件的各类信息，将编码贯穿于钢结构施工的全过程，在BIM模型的帮助下通过对施工过程进行模拟以及建立设计值模型，将二者进行对比，为网架安装以及网架内的机电管线布置提供依据。

4、模拟吊装

该项目屋面钢结构跨度大，利用有限元软件MIDAS800按吊装、安装、卸载等最不利工况进行应力、变形分析；利用Naviswork进行施工模拟，利用BM软件深化建模，在完成整体钢结构模型后对地面组装、分段吊装、高空对接方案等分别进行动画模拟演示，再利用可视化时间进度安排辅助现场施工快速完成钢结构吊装，基于钢构件预拼装和模拟吊装提升钢结构施工质量。利用BIM技术进行模拟吊装的过程中，利

用Naviswork和Revit软件根据施工现场设置的吊装设备、施工队伍，以天为单位，按计划进度和实际进度模拟^[6]。在正式开展钢结构吊装施工前，相关人员需要在BIM模型中详尽地开展钢结构吊装模拟工作，实现与施工现场实际施工进度同步，并合理规划路线、预安装场地、机械数量与类型等。

（三）主要施工内容

在完成钢结构深化设计以及钢结构预拼装等工作后，相关人员要将BIM模型、设计图纸等作为指导，有序开展钢结构施工活动，主要施工内容如下：

1、吊装前准备工作

该项目在吊装起步网架前，先根据施工图纸的内容选择部分焊接球区域安装起步架，采用3D3S软件提前计算区域范围内网架的四个计划吊点，汽车吊停车分别位于网架的四个不同节点。

2、吊装施工

在吊装起步架前，操作人员要先进行试吊，在试吊结束并调整好汽车吊操作参数后，将起步架吊升至设计高度，随后对支座进行微调，在网架制作求与制作中心重合后缓慢将起步网架静止固定停在固定支座正上方，利用现场塔吊和高空散装法补齐杆件至网架支座位置。

完成起步架吊装施工后采用高空散装法安装其余杆件。在安装其余杆件前，需要先安装支架用塔吊，安装时支架从网架的杆件空格中放到地面，在支架底部设置一层钢板，支架顶部和下弦球采用绳索来固定，采用缆风绳固定支架，倒链挂在支架顶部，将倒链下部和下弦球捆绑连接，对网架下挠进行调整。在安装其余杆件时，先从起步架向跨度方向安装，先安装好横向起步架后，再从中间起步架向两端开始安装，在汽车吊与塔吊相互配合的基础上完成高空散装作业。安装网架的过程中，要结合施工现场的具体情况，将网架合理地划分为若干施工单元，由单根杆件、单个节点、一球一杆、两球一杆的方式安装网架；由小品单元——球四杆、一球三杆安装网架；由小品单元组成中拼单元后再安装完整的网架^[7]。

四、钢结构施工技术在高铁站房工程中的应用效果

（一）经济效益分析

（1）该项目利用BIM技术进行了施工深化设计，提高了施工总体部署的科学性与合理性，避免了在现场施工中可能出现的反复拆改、挪动等问题，节省了大约13天工期，在合同约定时间内完成了施工任务。

（2）该项目利用BIM技术形成的施工方案，支持现场施工前的可视化较低，通过轻量化模型、视频等形式，为现场施工和技术交底等提供了有力保障，节省了大约8天工期。

（3）该项目通过BIM技术对大跨度钢结构屋面进行了深化设计，优化了施工过程中的各类资源配置，减少了在钢结构施工中浪费的资源，通过一物一码的方式避

免了施工过程中因信息不对称可能造成的经济损失。

（4）该项目利用BIM模型从源头上指导工厂生产——发运——工地收获——现场安装，支持随时进行技术交底和查询汇报，通过BIM虚拟预拼装提升了钢构件的安装精度，保障了工程的整体质量。

（5）该项目施工中，通过BIM深化设计与虚拟预拼装，优化了设计方案和施工图纸，防止了在施工过程中返工拆改等问题，节省了大量成本，缩短了施工进度，显著提升了站房工程的钢结构施工质量，总共节省工期21天，节约成本约137万元。

（二）社会效益

（1）凭借BIM技术的优势，管理人员可以在施工现场实时监控各类设备的运行情况，及时发现并处理问题，从源头上控制了钢结构施工可能面临的隐患，进一步保护了公共财产，因此具有较高的社会效益。

（2）该项目在BIM技术的帮助下，凭借装配式技术的优势，开发了一条新的施工工艺路线，实现了技术优势的相互结合，为装配式建筑领域的创新发展创造了一定程度的价值。

结语

综上所述，济莱高铁钢城站站房工程的钢结构施工工程量庞大，涉及各类构件的吊装、连接等操作，各类构件的体积重量较大，施工过程非常复杂。要想在规定时间内完成施工任务，合理配置和利用施工资源，提升钢结构施工的质量，必须借助现代技术手段，辅助开展钢结构施工活动。本文选择在钢结构施工前采用BIM技术进行深化设计以及虚拟预拼装，此项技术方案可以从进度、造价、质量等多个方面为钢结构施工提供保障，提升钢结构施工技术应用的综合效益。

参考文献

- [1] 吕洪涛. 屋盖钢结构施工技术在高铁站房工程中的应用[J]. 中华建设, 2024, (06): 114-116.
- [2] 王新明. 钢结构屋盖整体提升施工技术研究与分析——以浙江某高铁站项目为例[J]. 建筑科技, 2024, 8(05): 188-192.
- [3] 赵建峰. 高铁站房钢结构施工及抗震性能分析[J]. 中国新技术新产品, 2024, (08): 93-95.
- [4] 赵明军. 某高铁站房大跨度屋盖钢结构安装施工技术[J]. 建设监理, 2024, (04): 99-103.
- [5] 闫强. 高铁站站前广场大跨度钢结构吊装施工技术[J]. 工程技术研究, 2023, 8(23): 85-87.
- [6] 杨石杰. 极端天气下的大型高铁站房金属屋面系统防水设计与施工[J]. 建筑施工, 2023, 45(11): 2198-2201.
- [7] 范立军, 稂学斌, 范春生, 吴新烨, 张建国. 高铁站房大跨度屋盖钢结构整体提升数值模拟及施工安全监测[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2023, 62(04): 719-724.