

浅析高空悬挑钢桁架施工技术

孙书云

北京兴创东兴投资有限公司, 北京 102600

[摘要]随着建筑施工技术的发展,悬挑钢结构越来越多的运用在现代建筑中,悬挑钢结构的运用使建筑获得了更开放的空间,更美观的外形,建筑空间也得到了进一步延伸。但是高空悬挑钢结构施工,因其高空悬挑、重量大、节点复杂,一直是工程施工的难点。

[关键词]高空悬挑钢桁架;施工;技术

DOI: 10.33142/aem.v3i5.4230

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

Brief Analysis of Construction Technology of High-altitude Cantilevered Steel Truss

SUN Shuyun

Beijing Xingchuang Dongxing Investment Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: With the development of building construction technology, cantilevered steel structure is more and more used in modern buildings. The application of cantilevered steel structure makes the building obtain more open space, more beautiful appearance, and the building space has been further extended. However, the construction of high-altitude cantilever steel structure has always been a difficulty in engineering construction because of its high-altitude cantilever, large weight and complex nodes.

Keywords: high-altitude cantilevered steel truss; construction; technology

引言

大兴区西红门商业综合区三期是北京南城大型的商业综合体,由“凯达环球”和“悉地国际”两家世界著名建筑设计公司联手打造,为了实现建筑的美观效果,屋顶采用了大跨度悬挑钢桁架屋盖体系,由于施工场地狭小,给施工增加很大的难度。根据现场施工条件,项目部最终采用分段安装,对钢桁架屋盖合理分段,采取不同的吊装方式。为了保证高空作业安全,在悬挑钢桁架下方搭建了悬挑操作平台和悬挑三脚架防护网。

在工业信息化时代,项目部大量借助计算机软件辅助施工。运用钢结构详图设计软件 Tekla 辅助下料和节点模型分析,运用 midas-Gen 有限元分析软件验算杆件最大应力应变,运用 BIM 软件模拟吊装过程。

本文的创新点在于作者在实际工作中,针对大跨度高空悬挑钢桁架,合理分段,科学组织,借助计算机软件辅助施工,成功完成大跨度高空悬挑钢桁架结构安装。实现了科学、高效、安全的工程目标,对同类型施工也有借鉴意义。

1 工程概况

大兴区西红门商业综合区三期工程主要建设内容为写字楼、商业、零售等,项目是由曾经设计过“北京水立方”、“望京 SOHO”等国际知名项目的“凯达环球”和“悉地国际”两家世界著名建筑设计公司联手打造的力作。项目设计以中国文化的“流水穿石”作为设计灵感,打造出具有时代气息的地标性建筑群,项目效果图见图 1。



图 1 项目效果图

大兴区西红门商业综合区三期工程有 5 座单体建筑，其中 4 座为写字楼及商业，另外一座为酒店。为了造型美观，每个单体都采用了钢桁架结构屋盖体系，包括单向片桁架、钢架和折曲箱型钢梁。以 3H 酒店为例，屋盖钢桁架沿轴线矩形布置，见图 2，桁架杆件采用箱型截面，桁架最大长度 77.4m，跨度 21.2m，立面高度 5.4m。钢桁架部分外挑，最大外挑长度 6.35m，重 30t，距离地面高度 39.8m。

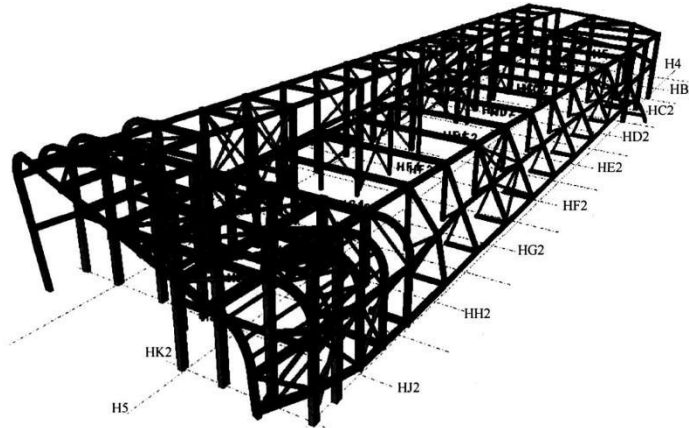


图 2 3H 楼钢桁架结构屋盖体系

2 施工难点

由于屋盖钢桁架结构悬挑长度长，重量大，距地面高度高，因此施工的难度较大。项目部技术人员首先分析了钢桁架结构的施工难点。

(1) 悬挑钢桁架位于楼顶屋面，施工难度大

3H 酒店的屋顶角部悬挑钢桁架最大悬挑长度 6.35m，距离首层地面 39.8m，整个悬挑部分重约 30t。采取何种安装方式保证该部分安装质量和施工安全是最要考虑的关键问题。选用有支撑体系安装还是无支撑体系安装？如果选用有支撑体系安装如何搭设支撑胎架？

(2) 施工场地狭窄，现场没有钢桁架组装作业面

(3) 高空作业安全系数要求高：

3H 酒店屋盖钢桁架悬挑长度长，距地面高度高，单个构件重量大，垂直运输难度大、安全系数要求高，属于危险性较大的分部分项工程。如此大规模的高空吊装作业，如何保证施工人员的安全？

3 施工方案选择

3.1 悬挑钢桁架分段

对于悬挑钢桁架部分，由于跨度大、重量大、距地面高度大，如果现场搭设支撑胎架不但费时费力，安全还得不到保证。项目部最终决定将 3H 楼悬挑钢桁架在不影响受力的情况下按桁架节点合理分段，在地面分段组装完毕后由汽车起重机吊装到屋顶钢桁架主体上。悬挑桁架梁的最大悬挑长度约 6.35m，重 5.64t，西北角悬挑钢桁架包含三根悬挂式悬挑钢柱，无生根位置，为确保构件安装符合设计及规范要求，将 HK2 轴交 H4 轴西侧四根钢柱及钢梁、支撑组合成悬挑空间曲面桁架进行吊装，重约 5.57t。

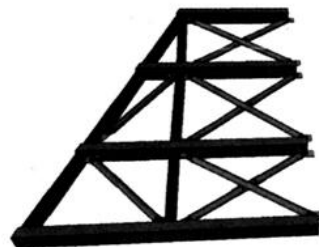


图 3 悬挑梁组合桁架

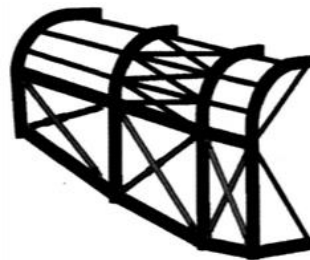


图 4 悬挑曲面组合桁架

3.2 悬挑钢桁架组装场地选择

屋顶钢桁架结构施工时, 施工现场小市政已经开始施工, 场地狭窄, 没有组装悬挑钢桁架的场地。项目部研究分析当时 3H 楼与 3L 楼中间的连廊已经施工完毕, 经与结构设计师确认, 连廊屋顶的平台可以作为悬挑钢桁架的组装场地, 见图 5。将汽车起重机停放在 3H 楼东侧的市政道路上, 提前确定起重机的行走路线、站位和回转半径等参数, 当悬挑钢桁架组合梁组装完毕后, 由汽车起重机进行吊装。



图 5 楼间连廊平台

3.3 汽车起重机的选择

根据钢桁架屋盖分段划分, 悬挑构件最大重量 5.64t, 悬挑高度 39.8m, 超出施工塔吊 QTZ80 (5612) 的吊装能力范围。现场采用 QY130K 汽车起重机整体吊装。QY130K 伸缩臂汽车式起重机最大主臂提升高度 58m, 无配重时, 主臂最大提升高度 58m 时的有效起重量 13.5t, 满足本工程的要求。

3.4 安全防护措施

由于悬挑钢桁架长度长, 距地面高度大, 安全施工难度大。为了保证高空悬挑钢桁架结构施工安全, 在悬挑钢桁架作业面下分别搭建了封闭的悬挑操作平台和三脚架悬挑防护网, 进行双层防护, 所有作业人员佩戴安全防护用品, 保证高空作业安全。

吊装作业前工程技术人员编制了吊装作业专项施工方案, 并按规定报送审批。吊装作业前进行安全交底, 吊装过程严格执行吊装专项施工方案。

4 施工关键技术

4.1 钢构件加工制作

钢桁架的杆件在工厂下料, 利用钢结构详图设计软件 Tekla 协助放样, 放样和号料必须准确, 复杂的连接节点使用 Tekla 软件三维实体放样。构件放样尺寸确定后, 应进行自检, 检查样板是否符合图纸要求, 并报质检人员检验。下料的杆件采用抛丸除锈, 除锈等级为 sa2.5 级, 刷车间底漆成半成品后运至现场组装, 见图 6。



图 6 屋顶钢桁架现场安装

4.2 悬挑操作平台及安全网脚手架搭设

为了保证高空作业施工安全,采用了在作业面以下搭设悬挑操作平台和悬挑防护平网的双层保护措施,并采用 midas-Gen 有限元分析软件建模验算,通过对模型施加相应荷载及约束,验算悬挑操作平台及悬挑脚手架承载力满足要求。

4.2.1 悬挑操作平台制作及安装

悬挑操作平台安装在悬挑段中心线以下 1.2m 位置,以满足施工需求。悬挑操作平台依据悬挑钢桁架悬挑长度搭设,悬挑长度不同,以下选用了悬挑长度最大的一组进行说明,见图 7。

水平横梁和纵向横梁:水平横梁采用规格为 HN175×90×5×8 的 H 型钢制作,纵向横梁采用规格为 HN250×125×6×9 的 H 型钢制作。纵向横梁与桁架柱焊接,水平横梁与纵向横梁焊接。在节点处采用加筋肋以加大节点的刚度。

平台的斜支梁采用规格为 HN150×75×5×7 的 H 型钢,与横梁连接。斜支撑与屋面板通过埋板焊接,埋板规格为 300×300×10,并用 2Φ10 的锚栓锚固在屋面板上。以保证其底部与主体结构有效连接。为增加斜撑弱轴稳定性,在斜撑之间增加两根槽钢进行加固。

水平横梁间距 1.5m,两根横梁之间设置 10 号槽钢,槽钢与水平横梁之间通过螺栓连接,槽钢上铺脚手板。在工作平台上设置竖向护栏,形成整体围护结构。

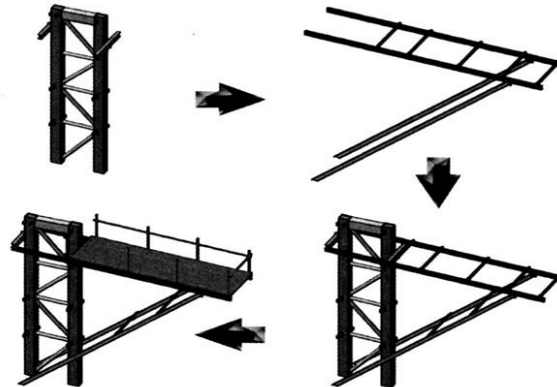


图 7 悬挑操作平台安装流程

4.2.2 悬挑脚手架及水平安全网搭设

外挑水平安全网搭设在 3H 楼结构层 6 层,沿建筑边缘框架柱搭设 6m 宽水平安全网挑架,挑架上满铺 6m 宽单层防护安全平网,见图 8。

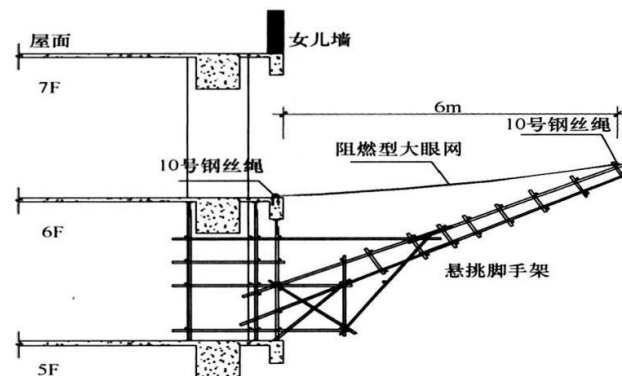


图 8 悬挑脚手架防护示意图

4.3 分段悬挑组合桁架吊装

分段悬挑组合桁架在连廊屋顶平台组装完毕检测合格后开始准备吊装,所有悬挑组合桁架在吊装前应做好吊装记

号, 制定吊装顺序计划。

首先通过钢结构详图设计软件 Tekla 查找悬挑组合桁架的重心位置, 合理布置吊点, 确保悬挑组合桁架起吊时的倾斜角接近理论值, 减少校正工作量。利用 madis-Gen 软件建立模型, 验算最不利荷载下桁架杆件的应力应变。确保吊装过程中桁架不产生永久变形, 保证工程施工安全, 避免实际施工过程中一些不必要的损失。利用 BIM 软件进行吊装模拟分析, 选择最佳吊装方案, 降低工程施工费用。利用 Tekla 软件确定吊点位置, 吊点位置如图 9。

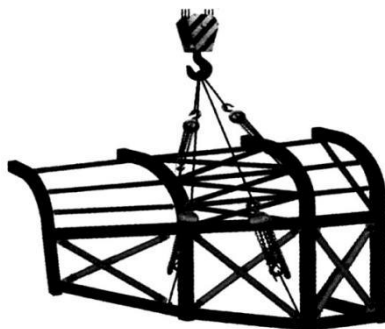


图 9 吊点位置示意图

吊装过程中控制点测量和定位是关键, 根据测量控制点, 计算出构件的控制点坐标, 用全站仪进行单机、远程、高精度快速测量, 确定测量平台上的基准点, 在悬挑构件上画好中心线, 并打样冲眼, 在已安装好的钢结构上提前焊接已抄测好标高的定位板, 定位板设置在已安装完成的钢结构与悬挑构件连接部位, 定位板上端标高与悬挑构件底板标高一致。在安装过程中, 利用定位板对桁架安装进行位置控制, 动态跟踪监测桁架位移变化, 及时校正, 保证安装的精度。

悬挑钢桁架组合梁安装时, 先调整悬挑桁架组合梁使其中心线与已安装完成钢桁架上的中心线重合, 将悬挑组合桁架梁中双圆柱底板靠紧定位板, 然后在悬挑钢桁架组合梁上的控制点贴反射片, 通过全站仪进行校正, 根据控制点设计坐标与反射片处实测坐标进行对比, 判断校正方向并指挥吊装人员对构件进行相应调整。当控制点坐标符合设计要求时, 将悬挑构件两侧焊接定位板进行加固, 防止由于风力的原因, 造成构件摆动, 影响安装精度。待悬挑钢桁架组合梁固定好主要受力位置, 方可摘钩。依次安装相邻悬挑组合桁架, 再安装悬挑钢桁架之间的弦杆或箱型梁使其形成稳定整体。

5 结语

本文通过西红门商业综合区三期项目的具体实例, 讲述了高空悬挑钢桁架施工技术。在这个项目中, 项目部综合考虑了工程特点和现有条件, 选取最科学、安全、高效的施工方案。特别是对于高空悬挑钢桁架结构, 充分考虑吊装设备的性能, 现场的作业场地, 悬挑操作平台搭设、施工安全等多个因素, 合理对屋盖钢桁架进行分段, 同时借助计算机软件模拟分析计算, 为工程施工保驾护航, 确定科学合理的施工方案, 最终圆满的完成了施工任务, 施工过程实现了零伤亡事故, 项目最终获得了结构长城杯等多项表彰奖励。

[参考文献]

[1] 曾强, 陈放, 台登红, 鲍广鉴. 上海环球金融中心钢结构综合施工技术[J]. 施工技术, 2019(6): 22-26.

[2] 苏富华, 庄惠英. 悬挑空间曲面桁架的施工技术[J]. 中国房地产业, 2016(9): 1.

作者简介: 孙书云 (1980.8-), 男, 天津大学, 土木工程专业, 北京兴创东兴投资有限公司, 工程师。