

# 大跨度钢结构屋面安装技术应用

秦元茂

(中铁十九局集团第五工程有限公司, 辽宁 大连 116000)

**摘 要** 大跨度钢结构屋面广泛应用于体育场馆、会展中心、机场航站楼等大型公共建筑, 其安装技术直接影响结构安全、施工效率与工程品质。本文分析了大跨度钢结构屋面主要结构形式特征, 并从结构精度与变形控制、临时支撑与稳定等方面解析了大跨度钢结构屋面安装要求, 同时针对大跨度钢结构屋面安装关键技术展开研究, 以为同类工程提供技术参考。

**关键词** 大跨度钢结构; 屋面安装; 滑移施工; 高空散装

**中图分类号:** TU765

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.013

## 0 引言

在现代城市建筑功能升级以及建筑美学高速发展的背景下, 大跨度空间结构在现代公共建筑领域中应用范围日益扩大。大跨度钢结构具备自重轻、强度高、可预制化等特点, 其已经在现代建筑工程领域中广泛应用。钢结构作为大跨度屋盖体系使用时, 其屋面跨度通常在 60 m 以上, 有些超限工程能够达到 200 m 以上, 这使钢结构构件存在尺寸大、重量高、节点连接复杂的特点, 对钢结构安装精度和施工安全提出更高要求。然而, 目前大跨度钢结构屋面安装施工存在各项问题, 需综合考虑累积滑移法、整体提升法等先进施工措施的应用价值, 再以实际工程案例展开分析, 促进大跨度钢结构屋面安装技术应用到实践中<sup>[1]</sup>。

## 1 大跨度钢结构屋面主要结构形式

大跨度钢结构屋面按受力体系可分为网架结构、桁架结构、拱形结构、张弦梁结构及索一膜混合结构等。网架结构由杆件与节点组成空间网格, 受力均匀, 适用于矩形或圆形平面; 桁架结构以三角形单元为基础, 跨越能力强, 常用于线性空间; 拱形结构通过轴向压力传递荷载, 造型流畅, 多用于文化建筑; 张弦梁结合刚性上弦与柔性拉索, 实现轻质大跨; 索一膜结构则以预应力索网支撑柔性膜材, 自重极轻。不同结构形式对安装方法提出差异化要求, 需在方案比选阶段综合考虑跨度、平面形状、场地条件及工期约束。

## 2 大跨度钢结构屋面安装要求

### 2.1 结构精度与变形控制要求

大跨度钢结构屋面安装对几何精度要求严格, 支座中心偏移不得大于 5 mm, 相邻支座高差控制在  $\pm 3$  mm

以内。构件就位后, 整体挠度不得超过设计值的 1.05 倍, 且满足规范限值 (通常为跨度的 1/250 至 1/500)。安装过程中需考虑温度、风荷载及施工荷载引起的附加变形, 关键合拢阶段应选择日出前或阴天作业, 避免日照温差导致热胀冷缩影响对接。对于超长结构, 应设置合理的合拢口, 并采用强制就位或预调措施确保顺利闭合。所有测量数据须经全站仪或激光跟踪仪复核, 形成闭环校验机制。

### 2.2 临时支撑与稳定性要求

大跨度钢结构屋面安装施工作业阶段, 特别是钢结构在滑移、提升、分块吊装时, 将其作为非完整状态进行分析, 需要设置水平撑杆、缆风绳或抗侧力桁架等方式, 确保施工达到稳定性要求。基于此, 根据大跨度钢结构屋面施工需求, 选择刚度高、承载力强、抗倾覆能力高的临时支撑结构体系。此时由技术人员展开计算验证, 以保证支撑稳定性达到要求, 且屋盖与主体结构稳定连接。而在钢结构屋面施工结束后, 采取分级卸载方式进行拆除, 保证整体结构达到平稳过渡到自承重状态<sup>[2]</sup>。

### 2.3 高空作业与安全防护要求

大跨度钢结构屋面安装阶段应设置操作平台与通道, 能够有效应对施工阶段高空、临边以及交叉作业的特殊需求。在钢结构屋面施工中, 所有人员佩戴安全带, 并且脚手架或操作平台铺设脚手板, 在施工平台周边布置高度 1.2 m 以上的双道防护栏以及挡脚板。而在现场起重吊装阶段, 由专人进行指挥、设置警戒线, 以防交叉作业引发安全事故。如果大跨度钢结构屋面施工遇到雨雪、大雾、风力超 6 级的恶劣天气, 禁止

作者简介: 秦元茂 (1994-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 房建施工。

开展高空作业。此外,现场施工时配置应急救援装备,并组织施工团队展开应急演练,以便在发生安全事故时能够快速进入抢救通道。

### 3 大跨度钢结构屋面安装技术应用分析

#### 3.1 前期准备与测量放线

大跨度钢结构屋面在生产制作阶段,要重点进行质量检测,尤其要保证钢结构部件规格、数量、表面质量等方面符合设计标准。如果钢结构表面存在裂纹、变形或涂层破坏等情况,需及时进行退货处理,以免影响大跨度钢结构屋面施工质量。钢结构部件表面存在积水、障碍物、冰雪等情况,需及时进行清理,并保证地面达到承载力以及平台搭设施工需求。而在现场钢结构屋面部件安装阶段,通过全站仪进行三维放样,保证其与主体结构连接具备稳定性。根据大跨度钢结构屋面施工需求,在现场施工阶段保证支座定位线偏差 $\pm 3$  mm内,轴线整体闭合误差5 mm内。此外,根据大跨度钢结构屋面施工需求,检测预埋件位置,确保预埋件平面偏差5 mm下、标高偏差 $\pm 4$  mm下,一旦超出上述标准,则及时进行纠正处理<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 支座安装与固定

大跨度钢结构屋面支座安装尤为重要,需按照测量放线要求进行支座安装精度管控。而在钢结构吊装过程中,需保证吊装环节钢结构具备稳定性,并且将钢结构部件直接吊装到预埋件上方,再缓慢下落到安装位置。在钢结构部件安装阶段,使用钢制楔形垫片或千斤顶进行微调,在现场使用水准仪测量顶面标高偏差 $\pm 2$  mm内。支座顶板安装阶段控制不平整度1 mm/m以下,由技术人员使用电子倾角仪或高精度水平尺进行检测校正。支座安装结束后,使用焊接或高强度螺栓进行连接,并保证支座和下部预埋件连接达到高强度要求。若支座连接采用螺栓连接方式,先将其拧紧到设计扭矩50%。而焊接则应保证焊角尺寸超过8 mm,且没有任何焊接缺陷而影响支座连接强度。

#### 3.3 檩条及次结构安装

大跨度钢结构屋面在施工作业阶段,主檩条在验收结束后分类存放到作业现场。檩条吊装以履带吊或汽车吊方式为主,其按照工艺方案中分片吊装到屋面安装部位。檩条安装环节保证其不会发生扭曲变形,采用柔性吊带或吊梁方式,将檩条放置在支座顶部。檩条与支座连接部件极为重要,其选择使用焊接或螺栓连接方式紧固。通常情况下,螺栓连接时保证接触

面没有油污、油漆等影响连接效果,并且焊接时焊角高度超过6 mm。檩条安装阶段使用钢卷尺检测,确保檩条直线度偏差3 mm内,中心间距偏差 $\pm 5$  mm下<sup>[4]</sup>。

相邻檩条端部高差用水平仪复核,控制在2 mm以内,以保证屋面板铺设基面平整连续。次檩条垂直于主檩条方向布置,间距依据屋面板规格及荷载要求确定,通常为1 500~3 000 mm,定位偏差不超过 $\pm 10$  mm。同步安装Z形或C形檩间支撑、圆钢斜拉条及角钢隅撑。拉条两端设花篮螺栓调节张紧度,安装后无明显松弛或下垂;隅撑一端连接主梁腹板,另一端连接檩条下翼缘,角度符合设计要求,连接牢固。所有螺栓连接节点按规范完成初拧与终拧,外露丝扣不少于2扣;焊接节点焊缝长度、厚度及外观质量严格按图纸执行,无夹渣、气孔或未熔合缺陷。全部安装完成后,对整个檩条系统进行整体复测,检查平面度、标高一致性 & 结构稳定性,确认无松动、变形或连接失效现象。

#### 3.4 主屋面钢结构吊装

由于大跨度钢结构屋面的尺寸较大,其主屋面吊装环节,采取分部件吊装方式,此时需综合分析屋面钢结构部件的受力特性、构件重量、外形尺寸、现场起重设备需求等。在钢结构部件吊装时,以汽车吊或履带吊作为主要施工设备,并对于吊装设备和钢结构部件进行分析,保证两者匹配以提高吊装过程稳定性。而在屋面结构部件吊装过程中,需要对每个吊装单元进行预拼装检测,并由技术人员计算确定吊点位置,以防吊装环节引发安全事故。钢结构部件吊装前重点检测锁具、卸扣、平衡梁状态,并且在吊升到距离地面2 mm后暂停。在钢结构部件吊装时保证整体吊装稳定性,现场地面配置指挥人员,以防吊装环节引发严重安全事故。在钢结构部件吊装到规定位置后,按照设计方案要求进行安装精度检测,此时选择激光测距仪和全站仪进行跨度方向尺寸检测,保证其偏差不超过 $\pm 10$  mm。而在钢结构部件吊装阶段,利用倾角传感器、经纬仪测量垂直度,确保单榀桁架侧向垂直度控制在 $H/1000$ ( $H$ 为构件高度)以内,且不大于15 mm。主屋面钢结构吊装后,使用两颗以上螺丝临时紧固,并确保相邻结构安装间隔时间在合理范围内<sup>[5]</sup>。

#### 3.5 节点连接与焊接

主屋面钢结构吊装且校正完成后,由施工人员进行节点连接的永久连接。根据主屋面连接需求,采用焊接或高强度螺栓连接方式,具体连接工艺需执行设

计方案,以提高钢结构连接稳定性。在主屋面钢结构连接选择焊接方式时,需要先将连接节点周边 20 m 范围内清理干净,确保没有锈迹、油污、水分等影响焊接强度。而在焊接开始前应进行焊接节点的预热处理,尤其在环境温度 5 ℃ 以下,保证预热温度达到 80 ~ 150 ℃。根据焊接作业要求,选择手工电弧焊或 CO<sub>2</sub> 气体保护焊,并保证焊材选择与母材强度相同或以上,以增强焊接强度。在焊接连接阶段,应保证焊角高度达到技术标准,并由技术人员检测焊接质量,禁止存在任何焊接缺陷。若钢结构选择螺栓连接方式,采取分级拧紧措施,先将拧紧力矩达到设计方案 50%,在各方位校正结束后,继续将其拧紧到规定扭矩值。

### 3.6 屋面围护结构安装

屋面围护结构安装从一端山墙或指定起始线开始,沿屋面坡向连续铺设压型金属板或复合保温板。板型、厚度及涂层类型严格按设计要求选用,进场材料核对规格与表面质量,无划伤、变形或涂层剥落。铺设时板肋对齐,纵向搭接长度不小于 250 mm,横向搭接宽度按板型确定,通常为一个完整波距。固定采用专用自攻螺钉或隐蔽式咬合连接,螺钉间距沿板肋布置,一般为 300 ~ 500 mm,穿透式固定点设在波峰位置,避免在波谷打孔。所有固定件配备耐候密封胶垫,防止雨水渗入。板缝搭接处满涂丁基密封胶或铺设密封胶条,确保气密与水密。屋面板铺设完成后,依次安装屋脊盖板、檐口封板、山墙包边及泛水收边等配件。屋脊板与屋面板搭接长度不小于 150 mm,两侧用拉铆钉固定,间距 300 mm;泛水板与墙体或突出构件交接处嵌入预留槽口,外侧打耐候硅酮密封胶,胶宽不小于 8 mm,厚度 5 ~ 7 mm。所有转角、穿出屋面管道及天窗周边均按节点详图安装专用收边件,接缝连续密封。整个围护系统安装完成后,表面平整无翘曲,板面无踩踏凹陷,紧固件排列整齐,密封胶线连续均匀,形成完整封闭的外围护体系。板材在铺设的阶段中,由施工人员同步检查搭接的贴合度,如果发现施工区域存在错位,要及时进行调整,使得衔接整体规整。考虑到安装件的固定性,必须要做好安装固定件的精准对接控制,减少偏离位置影响到整体结构的牢固性。密封胶施工需随配件安装同步进行,完成一处密封一处,防止后续作业污染接缝。安装屋脊、泛水等配件时,同步做好与屋面板的贴合度控制,及时地将存在的偏差进行调整,以使得大跨度钢结构屋面安装工程质量符合总体实际需求。

### 3.7 防腐与防水处理

大跨度钢结构屋面在施工结束后,需检测连接强度,尤其是连接节点以及外露位置采取防腐蚀措施,以延长钢结构屋面使用寿命。按照钢结构屋面处理要求,采取打磨处理方式,使得钢结构表面达到 St3 级,粗糙度 40 ~ 70 μm。在钢结构防腐阶段,按底漆、中间漆、面漆要求进行喷涂,确保在喷涂结束后,钢结构部件表面总干膜厚度达到 ±10 μm 以上。在钢结构防腐施工中,应保证环境温度 5 ℃ 以上、相对湿度 85% 以上,禁止在大风、降雨、大雪等天气进行防腐施工作业。在钢结构屋面的泛水收头、板缝搭接、天窗周边穿、屋面管道等核心位置进行封闭处理,防止后续投入使用过程中,因为积水进入结构内部导致钢结构部件腐蚀加剧。在大跨度钢结构屋面防水施工结束后进行喷淋试验,通常选择水压 0.2 MPa 喷淋 2 h,或者在平缓区域进行闭水试验,按照蓄水深度 20 ~ 30 mm 静置 24 h。

## 4 结束语

大跨度钢结构屋面作为现代建筑工程中的重要组成结构形式,需根据现场施工需求制定改进工艺方案,从而保证大跨度钢结构屋面施工质量达到要求。大跨度钢结构屋面施工工具备较高的安全性与可靠性,其已经成为建筑的主要组成结构形式。然而,在大跨度钢结构屋面施工中容易发生安全事故,特别是分块吊装时影响安装的精度。基于此,深入研究数字孪生、智能传感、自动化装配等技术的应用,使大跨度钢结构屋面在安装施工阶段具备较高的可靠性与稳定性,并在整个施工过程中严格落实施工工艺和技术参数控制工作,为现代大型空间结构构造水平提升奠定基础。

### 参考文献:

- [1] 张强.多连跨钢结构车间安装施工技术[J].安装,2019(01):27-29.
- [2] 刘西仙,赵峰,马春亮.大跨度单层门式钢架钢结构厂房施工关键技术[J].城市住宅,2020,27(01):123-125.
- [3] 王志刚.浅谈钢结构屋面网架结构施工技术[J].中国建筑金属结构,2022(06):35-37.
- [4] 刘占强,郭晓娟,李龙,等.弧形钢结构屋面机电管线安装技术[J].城市建筑空间,2022,29(09):242-244.
- [5] 刘虎林.工业厂房特殊钢结构屋面安装施工技术分析[J].全面腐蚀控制,2024,38(08):90-92.