

# 一种单层双曲网壳安装方法的探究

秦先建 陈大荣 付尧 张浩 欧柏杉

中国华西企业股份有限公司钢结构工程公司 四川 成都 610000

**【摘要】** 本文章结合四川天府省级文化中心外立面网架施工，外网网架采用小拼装单元进行现场组装，通过深化设计将整个外网划分为若干个小拼装单元，使用专用拼装胎架将构件按照设计角度拼装焊接完成，再使用机械进行整体吊装，通过三维空间定位控制小拼单元位置、角度满足设计要求。该方法可以有效释放焊接产生的残余应力，控制构件形变量及安装精度，缩短施工工期，减少施工成本。

**【关键词】** 小拼单元；空间定位；焊接质量

## 引言

随着社会发展，建筑风格多种多样，各种异型结构逐渐增多，钢结构网架因其自重轻、强度高、跨度大、抗震性能优异等结构特点被广泛应用于屋面及装饰性外立面。外立面装饰网架因其造型新颖独特多为空间曲面，且建筑外网架立面一般采用幕墙或其他装饰，所以在安装过程中的空间定位及精度控制直接影响最终效果及后续装饰的施工。

## 1.工程概况

四川天府省级文化中心钢结构外立面网架为单层双曲网壳结构，网架总共两层分为外层及内层，内层网架通过底部固定球铰支座及二层钢平台于主体结构相连，顶部于屋面网架连接，外层网架通过铰支座及钢雨棚与内层连接形成一个整体。外网及内网围绕建筑一周，形成外立面整体造型，总工程量约为 5000t。

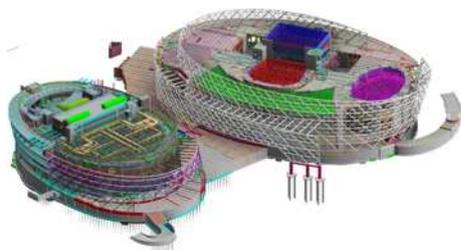


图 1 立面外网

## 2.网架施工工艺分析

### 2.1.外网划分

根据外网的实际情况按照拼装简单、减少高空作业的原则，将外网 A、B 区分解为若干个小拼装单元，总共 11 种小拼装单元。按照该方法分解后，在拼装时的拼合点最少，减少高空安装及焊接作业，同时也能够减少在安装时的误差累积。

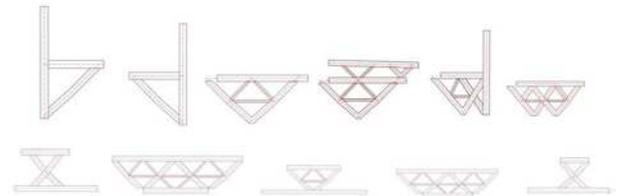


图 2 外网小拼单元分解示意图

### 2.2.小拼单元拼装

为满足小拼单元的拼装精度及质量，应在专用拼装胎架上完成拼装，放置胎架的地面应夯实硬化，保证拼装过程中不会发生沉降。因该小拼单元杆件间未在同一平面且相互间存在一定夹角，在拼装胎架处建立拼装空间坐标系，将小拼单元各构件吊运至拼装胎架，采用高精度无棱镜全站仪对构件的连接点进行定位，通过拼装胎架上的调节装置对其微调，位置确认后初步固定。复核整个小拼单元空间坐标无误后，即进行最终的焊接，焊接完成后检查其变形、位移量是否满足要求。



图 3 小拼单元拼装

### 2.3.小拼单元吊装倾角计算及控制

外网网架并非垂直，部分网架存在向外或向内倾斜，为减少吊装时在空中对小拼单元的调整，吊装前应根据每个单元的倾角计算合适的吊点。使用 Revit 找到拼装单元的重心，垂直延伸至水平管件，通过此点对称设置吊点吊装即可使水平管件保持水平，整个拼装单元保持垂直，可用于垂直单元的吊装。

对于与水平面存在一定夹角的小拼单元,采用三点吊装,上弦杆设置两点下弦杆设置一点,上弦杆处的两根钢丝绳(L1、L2)应等长且与构件重心保持对称,然后通过控制下弦杆钢绳(L3)的长度来控制构件的倾角。起吊时可使用全站仪对小拼单元的倾角进行复核,保证拼装单元与设计倾角相差不大,减少安装人员后续调整的工作量及高空作业的风险。

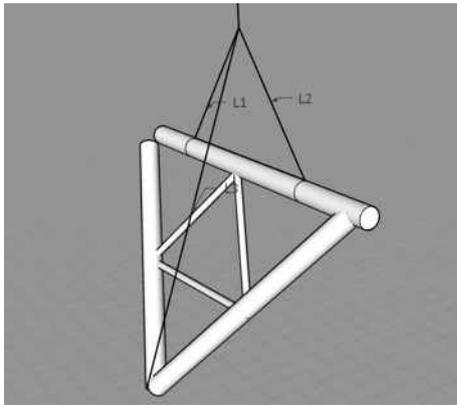


图4 小拼单元吊装倾角控制示意图

## 2.4.网架的空中定位

在外网网架施工前,应根据施工情况建立三维控制网,根据设计图确定小拼单元在拼装时几个拼合点的三维坐标,存在几个拼合点则设置几个观测点。通过对外网的分解,小拼单元仅需控制水平主管的拼合点的位置。吊装前使用全站仪输入所观测拼合点的三维坐标,当所吊装的小拼单元逐渐靠近拼合点后,通过全站仪中所显示的位置偏差,对几个拼合点逐步调整到位。然后对拼装单元进行初步固定,再使用全站仪对拼合点的三维坐标进行精确测量,同时对构件进行微调,直到所有坐标的偏差值均满足设计、规范要求后,进行最终的焊接固定。

## 3.施工质量控制

### 3.1.小拼单元质量控制

每个小拼单元在拼装完成后,按照《钢结构工程施

工质量验收规范》(GB 50205-2020)进行检查验收,检查其各节点偏移量及尺寸偏差是否满足要求。

每个小拼单元应在地面焊接完成形成一个整体后才能进行吊装,以保证吊装的精度,同时通过减少焊接连接点,降低焊接残余应力对结构的影响。<sup>[1]</sup>

### 3.2.焊缝质量控制

外网网架杆件间均为焊接连接,且焊接量比较大,大部分为高空施焊,使用自主设计的专用焊接施工平台既能保证焊接操作人员的安全,同时可以减小高空中风对焊缝成型及质量的影响,可以有效避免因保护气体未完全保护而产生的氮气孔。焊缝质量对网架的安全、质量起着最关键作用。焊接前应对焊接的环境及焊接材料进行检查是否符合要求,坡口处不得有夹渣、裂纹、毛刺等缺陷。焊接完成后,先由施焊人员进行自检,检查焊缝是否有裂纹、未焊透、气孔等缺陷,检查合格后再使用超声波探伤抽查焊缝质量。

### 3.3.焊接应力控制

焊接残余应力是由于焊缝在冷却过程中,因其收缩导致焊缝内部产生的应力,残余应力是构件发生变形及开裂的主要因素,对构件刚度、均有影响。为减小焊接残余应力,在焊接前对母材进行预热,焊接后使用锤头均匀锤击焊接区域,可消除部分残余应力。同时做好焊缝的保温,通过封闭式的焊接操作平台,减少风对焊缝的影响,防止温度变化、过快产生裂缝。

## 4.结语

外网网架通过分解为小拼单元进行吊装,减少了高空拼装、焊接的工作量,同时通过高精度的空间定位确保了工程质量,使设计的造型完美呈现。

## 【参考文献】

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构工程施工质量验收标准:GB 50661-2011.北京:中国计划出版社,2020.