

# 鱼腹式桁架钢结构大跨度工厂加工切割及安装技术

袁春保 杨 阳 高青山 黄一雄 李雪琴

中国建筑第七工程局有限公司 广东 深圳 518000

**摘 要:** 鱼腹式钢桁架是近年来被应用于大型建筑中的一种具有大跨度结构的建筑形式, 不仅造型美观且造价低廉, 该结构具有合理的承重结构和自身的重量较轻等特点。不过这种鱼腹式钢桁架虽然有着诸多的建筑优点, 但在实际的加工和应用当中, 还会产生一定的困难。本文将布吉文体中心的工程为例, 结合鱼腹式钢桁架的相关特性, 阐述其在施工时需克服的切割、安装、焊接等工作。

**关键词:** 鱼腹式钢桁架; 建筑; 土木工程

## Fish belly truss steel structure large span factory processing cutting and installation technology

Yuan Chunbao, Yang Yang, Gao Qingshan, Huang Yixiong, Li Xueqin

China Construction Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000

**Abstract:** Fish belly steel truss is a kind of architectural form with large-span structure applied in large buildings in recent years. It is not only beautiful in shape and cheap, but the structure has the characteristics of reasonable load-bearing structure and its own light weight. However, although this fish belly type steel truss has many architectural advantages, it will also produce certain difficulties in the actual processing and application. This paper will take the project of the Phuket Cultural and Sports Center as an example, combined with the relevant characteristics of the fish belly steel truss, to explain the cutting, installation, welding and other work to be overcome during the construction.

**Key words:** belly steel truss; construction; civil engineering

前言: 布吉文体中心的建筑地区, 使用了鱼腹式钢桁架大跨度构造, 该建筑的结构属于地上结构形式, 结合了大跨度空间钢结构与混凝土框架支撑结构。该工程包含地下3层, 地下结构标高-14.1m, 地上12层, 地上结构标高73.7m。主体结构东西方向长度136.5m, 南北方向宽度112m, 采用钢框架+大跨度桁架结构形式。此项目使用的钢桁架主结构钢柱都是箱型截面, 规格为1200×1200×40×40mm、1300×1300×58×58mm, 材质为Q390GJB。钢梁的截面, 大部分为H型和箱型, 使用经典的V型腹杆作为结构的主要腹杆, 每一层都有着6榀桁架, 间距控制在9米, 是一种经典的鱼腹式钢桁架布局, 其模型图如图1所示。

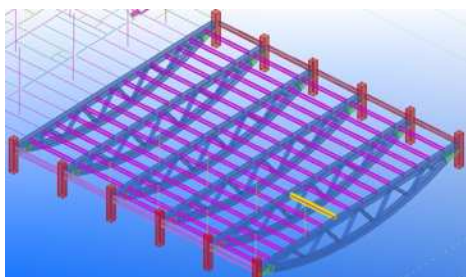


图1 鱼腹式钢桁架模型图

### 1 施工的难点

#### 1.1 鱼腹式钢桁架的弧度控制

首先鱼腹式钢桁架有其独特的特性, 主桁架并非直线, 而是具有一定曲度的曲线, 并且分为了上、下弦, 所有下弦都具有一定的曲度, 来满足鱼腹式钢桁架对承载力的需求。这种构造相当于是拱桥结构, 具有一定的承重能力且最大程度上节省了建筑用材, 不过该结构对弧度的精度有很高的要求。在加工时必须掌握好鱼腹式钢桁架的成型尺寸和曲率的精准, 精度的差别会严重影响到建筑的整体质量, 关系到其承重和建筑稳定, 同时这一部分也是鱼腹式钢桁架搭建的一大难点。

#### 1.2 切口焊接控制

鱼腹式钢桁架是由多个腹杆与弦杆相连接构成的, 鱼腹式钢桁架的稳定一方面取决于腹杆和弦杆之间的组合结构, 另一方面两种杆的连接也会影响到鱼腹式钢桁架的质量。鱼腹式钢桁架的多杆件集中、贯口的角度多样化, 一般的连接无法使其稳定, 需要使用相贯连接, 相贯连接需要保证切口的精准度, 只有切口能够与鱼腹式钢桁架的接口表面相一致, 才能保证最终的焊接点能够有良好的承载力效果和稳定

性,可以说切口的精准度,最终影响的是焊接的整体质量。鱼腹式钢桁架中接点的相贯口切割精度,同样是鱼腹式钢桁架结构需要攻克的难点之一。

### 1.3 吊装安装

鱼腹式钢桁架虽然能够节省建筑材料,但其构件的组装比起一般的钢桁架要复杂,许多主要的部件比一般的钢桁架要大上很多,且程不规则形,这样在材料的运输上形成了一定的困难,需要将整个部件进行拆解,从而满足材料在运输上的要求。而拆成零散部件的鱼腹式钢桁架还要在施工时进行安装和吊装,拼装过程的施工质量决定了鱼腹式钢桁架的外形和尺寸,是保证施工环节顺利实施的重要环节。最终整个鱼腹式钢桁架的吊装决定了整个施工的最终质量,但该过程往往会受到外界环境和一些施工条件的影响,需要灵活运用吊装设备进行组装。

## 2 应对鱼腹式桁架难点的工厂实施策略

对于鱼腹式钢桁架这种大规模的建筑材料设计,必须经过精准的计算,严格按照设计的图纸,结合BIM技术和现代智能化技术,对鱼腹式钢桁架进行屋面钢结构建模,从受力的角度仔细分析它的弯曲曲率、关键连接点的制作、工厂预制拼装。

### 2.1 深化设计

首先利用施工的设计图纸,初步考虑在工程中使用的鱼腹式钢桁架其跨度大小、重量大小、上下弦两根杆件的弯曲曲度,同时这些也是在工厂中深化设计中考虑的重点。在后续的深化设计过程中,需要结合相关技术软件,如异形结构样图设计辅助软件,对鱼腹式钢桁架的弯曲深度进行深化设计,并通过3D模型软件将深化的结构图展现出来,例如XSTEEL软件就能够实现弯曲构件的精准建模。结合准确的建模,在生产时实现高精度生产,能够为工程提供大量优质鱼腹式钢桁架组件。

其次是接点部位的深化设计,在鱼腹式钢桁架的主要节点中包括了端部插板接点、拉杆节点、变径管节点、桁架相贯节点。这些节点的大小速度以及深度必须要有一个明确的规定,从而保证鱼腹式钢桁架相接的部位能够有符合标准的承力能力和稳定性。为了准确的计算出每一个构件的最优角度、用料、厚度以及尺寸,可以借助专用的深化三维建模软件TEKLA和CAD,这两个软件的特点便是界面直白明了,能够对所有的节点进行统合分类和分析。

### 2.2 加工制作

经过先前的深化设计后,得到该工程准确地深化建模设计图,在确定好曲率后,便可以使用专业的设备进行加工生产。加工的过程中一般使用1000KV、500KV中频弯管机和冷弯管加工设备,这种设备能够对不同材料不同,直径不同厚度的钢管进行弯曲加工,并且精准度有一定的保证,能够有效防止钢管在弯曲加工的过程中出现起鼓起皱的情况,无论

是多大曲度的要求,都能够确保钢管的弯曲能够一步到位圆滑成型。

在加工过程中,相贯线的加工十分重要,相贯线是否标准,决定了在后期相贯连接时是否能够达标,甚至是相贯连接能否成功的关键。以本工程为例,所需的圆管杆件的尺寸在P351×8~P500×200,结合鱼腹式钢桁架相贯连接的特点,使用数控切割机自动进行相贯面的切割,以此来保证切割坡口的精度,确保钢管两端相贯线加工的质量,具体工艺步骤如下所示:

(1) 鱼腹式钢桁架相贯线下料:首先施工前与施工图纸进行尺寸方面的核对,确定加工的尺寸,最好能够以1:1的比例做出实样,通过实样的比对来确定制作时的下料、加工、成型方面的依据,同时考量样板的焊接收缩量,从而保障生产的产品在焊接收缩量上符合相关要求。

(2) 由于鱼腹式钢桁架的接点处都选用了相关连接方式,所以必须在鱼腹式桁架的管件上先进行编制放样,利用相关三维现模型专用的编程软件对鱼腹式桁架的相贯线进行编程,得到接点处相贯切口的数据,其中包括管件的厚度、长度、相交的角度以及偏心量等重要的数据,当编程人员编辑好相应程序后,再进行进一步地核对,确认无误后再进行切割生产。

(3) 数控切割,在机器编程好程序后,就可以进行自动切割,该操作由数控切割机进行操作。在切割时一定要确保两个轮胎摆放在同一高度,始终让两个轮胎处在一条直线上。另外还需注意,钢管的外皮轴线一定要用钢冲做好标记,以便能够随时对钢管进行比对和调整,始终让钢管的中心与切割机上的卡盘中心相对应,从而保证钢管在切割时始终保持水平。

### 2.3 预拼装步骤

因为鱼腹式钢桁架的跨度较大,在工作现场中需要对接的接口数量非常多,且对精度有着严格的要求,所以工厂在进行加工和切割之后,还不能直接送往工地现场,需要进行专项编制的预拼装方案。一般情况下在工厂内要使用仿型胎架对生产好的鱼腹式钢桁架部件进行整体预拼装,首先要确定好尺寸和定位的检验,以保证鱼腹式钢桁架外架的精度是符合要求的,随后拼装人员与专检人员和现场管理人员共同对预拼装结果进行验收,将结果记录下来。

通过记录鱼腹式钢桁架部分组件的拼装,可以将拼装数据上传到计算机中,从而进行后期的模拟预拼装,在计算机内通过计算得到整个鱼腹式钢桁架拼装的3D模型结构。最后将得到的拼装结果与最初深化设计的结构图进行对比,检查二者之间的差异,如果拼装结果与最初的理论模型拟合比对完全一致,则可以直接进行大批量的生产和运输;如果发生了差异,可以根据差异部位进行修改,例如更改某一部件的曲度、长度、厚度,随后将更改后的部件再次进行预拼装,

重复进行模拟比对,直到与最初的理论模型相一致为止。

### 3 施工现场进行的吊装操作

事实上鱼腹式钢桁架是从基础的网架结构演变而来,它与基础的网架结构有着相同的共性,例如鱼腹式钢桁架的上、下弦,其作用便与金属网架结构中的主桁弦杆类似;鱼腹式钢桁架中的腹杆与基础网架结构中间横梁的作用是类似的。虽然鱼腹式钢桁架对比基础的网架结构,能够省下许多的建筑材料,并增强了其承重能力,但是,在吊装的过程中,二者都需要考虑受力面积、受力点和受力限度。为确保结构与主体工程在施工全过程的稳定安全度,依据结构特征,拟采用“平衡吊点油压、优化结构姿态、实时控制偏移、分级系的就位”的同步升高和降落控制方法。

#### 3.1 同步起吊点设置

每一个液压装置都配置了行程感应器,用以测量在吊装鱼腹式钢管桁架的过程中每一个液压装置的偏移量是否一致。主控电子计算机按各传感器偏移检测信号以及误差,产生“感应器-电子计算机-泵源调压阀-吊装器调压阀-液压装置-升高单元”的闭环系统,操纵全过程的同步。

#### 3.2 离地检验

在升高单元脱离拼装轮胎架约100mm后,使用液压系统进行设备锁定,在半空中滞留2~24h开展全面检验(包含起吊点构造、承重体系以及吊装设备)。向现场总指挥部递交书面材料检验结果,查验一切正常后,再进行吊装工作。

#### 3.3 姿态检测调节

用检测仪器精确测量各吊点地面间距,测算各吊点相对性高度差。根据液压系统机器设备调节各吊点高度,使机组处在设计方案姿态。

#### 3.4 总体同步

将调整后的提升点的高度做为新的起点部位,重设角位移传感器。在升高过程中,维持这种态度,直至达到设计方案水准。

#### 3.5 升高过程调整

在升高的过程中,为了能调节上空姿态及安装杆件,

必须对高度开展调整。在进行调整以前,将计算机同步自动控制系统从全自动模式转换到手动模式。根据需求,对所有液压系统同步启动(提升或降低)各吊点液压装置,或者对个别的液压装置开展启动调节,将启动调节的精密度控制到mm级,彻底满足构造安装精度等级。

#### 3.6 升高就位

升高单元距标高约700mm时中止;调整各吊点,使构造精确抵达设计方案部位;终止液压系统机器的工作,维持机组的空中姿态,后装杆进行安装,使管桁架总体具有相对稳定的承受力体系。液压系统机器设备同步降压,直到钢铰线彻底松脱;拆卸液压系统机器设备以及相关临时措施,进行整体组装。

### 结论

鱼腹式钢桁架是在基本的网架结构基础上发展起来的,被广泛应用于对大跨度钢结构有一定需求的建筑,鱼腹式钢桁架具有节约建筑用材,提高建筑承重能力等方面的优点,在未来其应用领域也会越来越广泛。同时鱼腹式钢桁架的加工、安装、深化、分段、吊装以及运输等方面的问题也不容忽视。目前在鱼腹式钢桁架的安装上已经有了一套较为成熟的施工体系,不过鱼腹式钢桁架在其工厂进行加工、切割和安装的工作中还需要对其进行深化设计,而鱼腹式钢桁架的深化设计和加工处理,需要结合现代化智能技术和BIM技术充分进行优化和指导,实现工厂对鱼腹式钢桁架加工、切割及安装的高质量作业。

### 参考文献:

- [1] 崔邯龙,肖超,王松.BIM技术在某大跨度钢桁架工程中的应用[J].钢结构(中英文).2019(08)
- [2] 赵永庆,刘学峰,丁延胜,鞠经纬,李晓刚.大跨度拱形钢桁架整体提升的精度控制[J].建筑施工.2020(12)
- [3] 周晨,刘洋,靳壮壮.大跨度钢结构钢桁架力学性能及变形控制研究[J].贵州大学学报(自然科学版).2020(02)
- [4] 马旺旺.大跨度钢桁架结构施工工艺[J].四川建筑.2020(02)

