

# LED 显示屏钢结构的设计技巧

高庆

(上海艺嘉智慧科技集团有限公司, 上海 200000)

**摘要** 随着 LED 显示屏行业的逐步发展, 机箱结构的不断变化, 屏体背后固定机箱的钢结构也在不断改变。LED 显示屏钢结构属永久性建筑物, 其位置一般设在公共场所、繁华闹市地带的建筑群中。因此, 在满足播放效果的前提下, 其结构的安全性也尤为重要。本文将根据多年的钢结构设计经验, 来阐明 LED 显示屏钢结构设计工作的基本流程, 并简单概述钢结构的材料选择、结构分析、绘图技巧等。

**关键词** LED 显示屏; 钢结构; 材料选择; 结构分析; 绘图技巧

**中图分类号:** TU39

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2023)09-0091-03

LED 显示屏钢结构的型式主要有立柱式、落地式、壁挂式、嵌入式、吊装式等几种组成。每种结构的支撑点及受力方式都有所不同。再加上周边地质条件、环境因素的各种考量, 实际设计时还得加上风压、雪压、地震系数等多重受力影响。因此, 钢结构作为一种特定的工程产品, 其并没有标准的结构模板, 需要工程设计者根据现场条件、机箱结构、视觉效果及业主要求等多方面进行思考。

## 1 材料的分类

常用钢结构材料按截面型式可分为 H 型钢、L 型钢 (角钢)、C 型钢、G 型钢、方管、圆管等。H 型钢常用于悬挑立柱主节点, L 型钢 (角钢) 常用于斜拉杆及平台支撑, 方管常用于室内外钢结构龙骨, 圆管多用于管桁架、钢立柱、平台扶手等。LED 钢结构设计相对简单, 实际上掌握 H 型钢、L 型钢 (角钢)、方管、圆管的使用技巧即可。

## 2 材料的选择

### 2.1 材料固有属性

对于项目中所使用的材料, 一般都需要从材料库中选取, 材料库中的材料即对应的是市场所能够购买到的材料, 显示屏钢结构的材料一般都为 Q235B。以矩形方管  $100 \times 50 \times 4$  为例, 在布置时需了解材料固有的主要受力面, 才能做到经济合理。矩形方管所对应截面 X、Y 两个方向的力学性能不同, 设计中应充分利用受力大的截面, 回避受力小的截面。显然垂直于 50 的面属于最大受力方向<sup>[1]</sup>。

每种截面的材料犹如人的性格, 根据截面是否实腹, 结构是否对称, X、Y 两个方向上尺寸的差异而存在各自不同的特点。在实际设计中需要不断总结经验, 掌握这些特点后才能物尽其用。

### 2.2 强度与刚度的平衡

强度是指结构或者单个构件在稳定平衡状态下由荷载所引起的最大应力 (或内力) 是否超过建筑材料的极限强度, 因此它是一个应力问题。极限强度的取值因材料的特性不同而异, 对钢材是取它的屈服点。

强度大就不容易被压碎拉断, 刚度大则不容易变形。强度以“截面积  $\times$  屈服应力”的形式体现, 刚度是以截面分布是否远离结构中轴的形式体现。如果强度够大, 刚度不足, 单独构件都不会出现破坏但整体结构会出现变形甚至倒塌。犹如积木倒塌一般, 设计中需二者兼顾。

以悬臂结构为例:

假设有个长 12m 的悬臂, 当悬臂横梁截面为  $400 \times 100 \times 14$ mm 矩形管的情况下, 自然挠度为 58mm。将其厚度降低为 8mm 的时候, 横梁挠度则降低为 55.8mm。这里需要注意, 控制变形的时候一定要兼顾强度。因为, 此模型中的承载能力远远大于自身重量, 所以可以调整。

调整后却发现, 截面面积降低后, 挠度反而小了, 为什么? 因为截面下降所引起的挠度降低速度, 远远没有自重荷载降低所导致的挠度降低速度快。虽然刚度也有一定的下降, 但是结构却更加轻盈合理 (注: 截面调整的前提是需要保证强度没有问题)。

实际安装中, 可能需要厚度与截面同时调整, 以达到最快降低变形的目的。而截面 3 所计算的调整, 只是对截面做了放大, 增加刚度的同时进一步增加了自重。虽然也可以满足设计需求, 但是却非常的笨重。

故而, 我们在分析结构变形时需找到控制原因, 不能单独放大截面, 还应检查构件厚度是否合理<sup>[2]</sup>。

### 2.3 材料的受力方向

前面讲过, 材料因截面的不对称性, 在不同方向

所表现出的力学能力有所不同,在实际使用中需注意善于利用它们刚度较大的一面,避免刚度较小的一面成为主要受力面。下面用一个实际案例来做说明。

左侧按照方管 $200\times 100$ 平置的方向布置,没有充分发挥出200面抗弯方面的性能,而是让100面抗弯,验算完后局部应力突破了自身的承载极限。

经过对模型的详细分析后发现,在没有进行任何截面提高的情况下,绕构件绕中轴旋转90度,将200面作为主受力面,构件内应力仅仅达到承载能力的0.63。

综上所述:在分析结构承载力时,还需检查主要受力构件的性能有没有完全发挥出来,而不是盲目地提高材料截面。

### 3 结构的搭建

#### 3.1 室内静置结构

随着LED行业室内小间距屏的兴起,目前显示屏项目大部分集中在室内,室外结构越来越少。室内LED钢结构较室外LED钢结构设计要简单一些。但依然有几个要点需要在设计时注意<sup>[3]</sup>。

首先是抗倾覆的问题:静置结构受到水平力,绕右侧底边棱旋转时,围绕底边棱,自重所产生的逆时针的弯矩,与外部荷载水平力所产生的顺时针弯矩相互制衡的关系,结构抗倾覆设计是否合理就与这样的力学平衡计算有关。

为了简化计算关系,引入了高度与厚度比值的概念。一般而言静置结构是不是有良好的抗倾覆能力,在设计高度与厚度时需要控制它们之间的落差,简称高厚比。

当静置结构底部有拉结时,在抗倾覆验算规则不变的前提下,加入两个固节点的支座反力,不同的是旋转轴会从右侧底边棱线转移到支座上。支座的跨度提供抵抗弯矩的力臂。

水平力的高度与大小可以根据实际情况与项目重要程度自己假设,还可以根据背部是否能够做拉结、底部是否配置等环境继续增加条件,总之抗倾覆平衡系统是不变的。

综上所述,室内静置结构需要优先考虑结构的高厚比,从体型上可以减少基础受力大小,同时还需要清楚背后相互之间的运作关系,当客户对体型提出具体要求时,能够准确控制。

#### 3.2 结构的骨架

无论是室内屏还是室外屏,钢结构的布置可以采用有核心骨架与没有核心骨架两个思路去设计,具体采用哪一种需结合现场受力条件去选择。当采用有核心骨架的方案时,对基层施加的力会集中在骨架底部<sup>[4]</sup>。

适合能够明确确定屏体下部为承重梁柱的场所,需要对应梁柱顶面去设计结构骨架。当采用没有核心骨架的方案时,受力会比较均匀分散,但需要考虑平均荷载不能超出基面最薄弱点承载力。

LED结构作为附着于楼体的衍生结构,首先需要分析基面的具体特点,灵活选择结构布置方式。当有核心骨架时,需满足核心荷载的承载要求以及骨架底部是否有足够大的承载能力。当没有核心骨架时,需保证拉结生根的每个点都不超出基面的承载能力<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 截面突变与重心、形心、刚心

在结构设计中,结构整体的布置需尽量均匀。另外,靠近支座方向结构的截面积需尽量大于或等于远离支座方向的截面积,即尽量避免结构反向收缩。

因为当质量不均匀时,会形成重心偏移几何中心的情况,从而使内部产生较大的弯扭。当外形不均匀时,结构承受的外部荷载则会偏心。刚度不均匀时,其内部应力传递会形成集中区域,增加荷载对结构影响。

刚度不均匀,刚心就会偏离几何中心。外形不同,迎风面受力就会偏心。

因此,好的结构一般都是尽量追求重心、形心、刚心的“三心合一”,以减少内应力。

#### 3.4 构件的稳定性

稳定性是钢结构工程设计中需要重点考虑的内容之一,钢结构失稳破坏的原因通常是其结构设计不合理,存在结构设计缺陷所致,要从根本上杜绝此类问题的发生,需通过加强对结构的整体稳定、局部稳定以及平面外稳定的设计,来克服结构设计缺陷<sup>[6]</sup>。

稳定主要是找出外部荷载与结构内部抵抗力间不稳定的平衡状态,即变形开始急剧增长而需设法避免进入的状态,因此它是一个变形问题。例如轴压柱,当失稳时柱的侧向挠度使柱中增加很大的附加弯矩,从而柱子的破坏荷载可以远远低于它的轴压强度,此时,失稳是柱子破坏的主要原因。

一般情况下,构件受压的时候很难完全发挥出自身的承载能力,因为长细构件在端部受压的时候会达到一个远远小于内部承载能力的临界值,就会丧失稳定状态,这个临界值叫临界力。在做结构设计的时候应当知道受压构件有临界力的限值约束,并且尽量避免长细构件受压的情况出现。

从稳定性的考量中引申出了长细比,实际项目验算需要验算实腹构件腹板翼缘的局部稳定与截面的整体稳定,都是为了排除未承载先失稳的不良情况。

#### 3.5 钢结构稳定性设计的原则

钢结构布置必须考虑整个体系以及组成部分的稳

定性要求,目前钢结构大多数是按照平面体系来设计的,如桁架和框架。保证这些平面结构不出现平面外失稳,需要从结构整体布置来解决,如增加必要的支撑构件等。要求平面结构构件的平面稳定计算需与结构布置相一致。

结构计算简图需与使用计算方法所依据的简图一致。当设计单层或多层框架结构时,通常不做框架稳定分析而只做框架柱的稳定计算。采用这种方法计算框架柱稳定时用到的柱计算长度系数,应通过框架整体稳定分析得出,使柱稳定计算等效于框架稳定计算。

钢结构的节点构造设计与构件的稳定计算应一致。对要求传递弯矩和不传递弯矩的节点连接,应分别赋予它足够的刚度和柔度,对桁架节点应尽量减少杆件偏心。但是,当涉及稳定性能时,构造上时常有不同于强度的要求或特殊考虑。

受弯钢构件的板件局部稳定有两种方式:一是以屈曲为承载能力的极限状态,并通过板件宽厚比的限制,使之不在构件整体失效前屈曲;二是允许板件在构件整体失效前屈曲,并利用其屈曲后强度,构件的承载能力由局部屈曲后的有效截面定。

轴心受压构件和压弯构件局部稳定有三种方式:一是控制翼缘板自由外伸宽度与其厚度之比;二是控制腹板计算高度与其厚度之比;三是对于圆管截面的受压构件,应控制外径与壁厚之比。

综上所述,主要构件受压时,需注意构件的稳定性,构件的长细比需要控制在规范范围内。钣金薄板受压,需要考虑薄板的局部稳定情况,避免零件发生大的形变。稳定性与受压是伴生的关系。

## 4 结构绘图

### 4.1 节点分析与埋件设计

对于布置比较简单、受力情况单一的结构可以依靠经验设计。对于内部布置复杂、受力情况比较复杂的结构,需要建模进行内力分析,布置材料截面进行验算是否可行。在对结构建模计算结束后,拿到关键节点或预埋板处的内力图表,需要进行局部坐标转换,确认荷载大小,再进行详细的节点连接措施或者预埋板的设计。根据杆端内力通过局部坐标转化成连接板外力情况,设计节点连接板与螺栓布置。如果是固节点,通过查询模型固节点反力,设计后置埋件。

一般对于有把握的节点与埋件可不进行验算。对于复杂节点,业主要求提供反力或者后置埋件没有把握时,需要进行节点验算。

### 4.2 结构图纸的表达层次

钢结构作为空间立体结构,在制图时需按从整体

到局部的次序表达。如果表达层次比较混乱,一则容易遗漏结构重要节点复杂位置处的内容,二则给他人审核、校对、交底及施工过程的读图带来困难。

一般按照如下顺序布置即可:

1. 绘制屏体整体概况,即屏体整体平面、立面图。
2. 绘制钢结构框架整体平、立剖面,内部特殊部位有剖面图时剖切符号需标注清楚。
3. 按照剖面符号完整表达剖切面的内容,复杂处可再进行剖切视图表达。
4. 按照所有剖面符号,立面、平面视图表达完整,内部布置做法可在剖切视图上表达。
5. 绘制细节节点大样图即可。

总而言之,按照清晰的层次表达设计内容,更方便设计及审核人员的阅读、检查和修改。

### 4.3 节点的处理经验

对于复杂结构,钢结构节点处理在钢构制图中占总出图工作量的一半左右。结构整体布置完成后,对于重要的特殊的节点,一般都需要细化节点。

该部分设计需要通过平时设计与学习中积累的大量经验,结合节点的特点做针对性处理。通过对连接板、加筋板、法兰、螺栓、锚栓、后置筋与化学螺栓以及高强螺栓的应用,能够保证每个杆端内力安全可靠地传递过去。该部分没有具体的经验可谈,需要在实际项目中不断积累,增加空间与变通能力。

## 5 结语

随着新型钢结构材料及设计理念的不断发展,使得LED显示屏的钢结构设计也在不断进步。如何提高钢结构材料的利用率,加快钢结构施工过程中的搭建速度,降低施工过程中产生的能耗及污染,更优化的散热结构及更便捷的拆装方式,或许是我们今后需要关注的重点。

## 参考文献:

- [1] 马家军. 钢结构设计步骤和设计思路 [J]. 黑龙江科技信息, 2008(05):203.
- [2] 张耀春主编. 钢结构设计原理 [M]. 北京:高等教育出版社, 2011.
- [3] 何杰. 室外LED显示屏的选择及安装问题 [J]. 信息技术与信息化, 2020(01):191-193.
- [4] 王开园. 室外钢结构面层材料做法汇总 [J]. 建筑工人, 2017,38(05):15.
- [5] 赵攀峰. 浅谈小间距LED大屏幕技术 [J]. 智能建筑电气技术, 2017(06):40-43.
- [6] 同 [2].