

钢结构公共建筑质量控制与检测浅析

汪 洋

上海豪米建设工程技术服务有限公司 上海市 201805

摘 要: 对钢结构公共建筑常见质量问题和控制方法以及检测技术进行了分析;从钢结构建筑空间组成、钢结构的优缺点、钢材的应用范围、常见的连接方式以及检测技术等方面进行了论述;提出了钢结构材料保护、力学性能完善、施工技术验收、涂装防腐防火等质量控制的方法;达到了明确质量原因、解释控制过程、减少钢结构质量事故的效果。

关键词: 钢结构;质量控制;节点;检测

前言

钢结构因其自身的优点,在新兴的建筑行业发挥了至关重要的作用。钢材质地均匀、自重较小,强度高,安装灵活,能够设计出多样的建筑空间和结构布局。我国的公共建筑越来越多的使用钢材作为建筑设计的材料,但钢结构也有其相应的缺点,比如,稳定性差、耐火性能差、容易锈蚀,包括连接部位的节点易发生错动等等,因此,要加强钢结构的质量控制。

1 钢结构特点

1.1 建筑空间灵活

法国巴黎的标志性的建筑之一就是埃菲尔铁塔,作为钢结构建筑的代表,埃菲尔铁塔空间布局非常灵活,多层的建筑功能都可以供人使用,其中建造时,埃菲尔铁塔总重量 10100 吨,其中金属框架重量 7300 吨,建造使用 2500000 个铆钉和 18038 个铁片。可以说,铁塔的结构十分严密,连接方式是铆钉,铆钉作为钢结构的连接形式,现在已经较少使用,因为,铆钉连接较为费工费材,并且在质量控制方面,难度较大。

1.2 施工速度快

混凝土结构可模型好、耐久性强、整体性能良好,但是施工进度较慢,养护周期一般需要 28 天。钢结构的施工进度明显优于混凝土,因为钢材主要连接方式是焊接和螺旋连接,材料质地均匀,也正因为如此,钢结构节点的质量控制就成为了重点之一。

1.3 建筑跨度大

在民用建筑中,钢结构应用的建筑类型十分广泛,从图书馆、博物馆、商场、大剧院、体育馆等等都可以使用钢结构。一般这类民用建筑的跨度都比较大,而普通的混凝土结构因为自重较大,养护困难,难以实现大跨度的建筑空间。

2 工程实例

2.1 工程介绍

某城会展中心是城区一座混凝土和钢结构配合建造的大型公共建筑。会展中心由主建筑、会展广场、行政综合楼等组成,主建筑又分为会议室、展厅和宴会厅。主建筑展厅主体由钢筋混凝土建造,屋顶为钢结构形式。多功能厅穹顶为旋转双曲面网壳钢结构。

会展中心结构所用圆管、方管、矩形管管材、H 型钢、支座板材等均采用 Q345B 低合金高强度钢材;柱顶铰支座枢轴采用 45 号钢。圆钢管管材采用热轧焊管或冷成型直缝管材,方管、矩形管的管材采用热轧焊管。型钢多数位置采用对接焊缝,受拉杆件焊缝质量等级为一级,其余为二级;角焊缝的质量等级全部为三级。钢管对接焊缝的质量等级为一级;用于临时固定支座的安装螺栓、支撑和檩条的连接螺栓采用 C 级普通螺栓连接,与 II 类孔匹配应用,螺栓钢号为 Q235;锚栓采用 Q235B 钢材。主要建筑物质量检测范围包括会展中心主建筑一期、二期及行政综合楼钢结构检测(见图 1、图 2、图 3)。

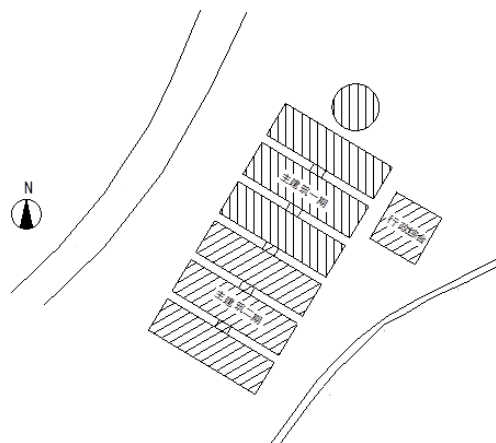


图 1 检测建筑总平面图

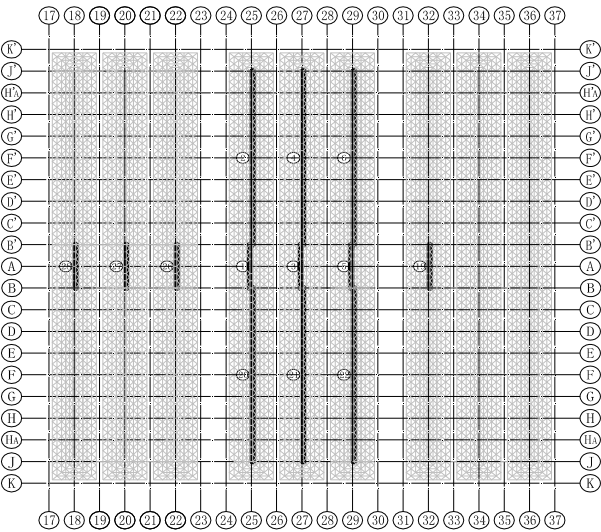


图2 主建筑一期轴网布置图

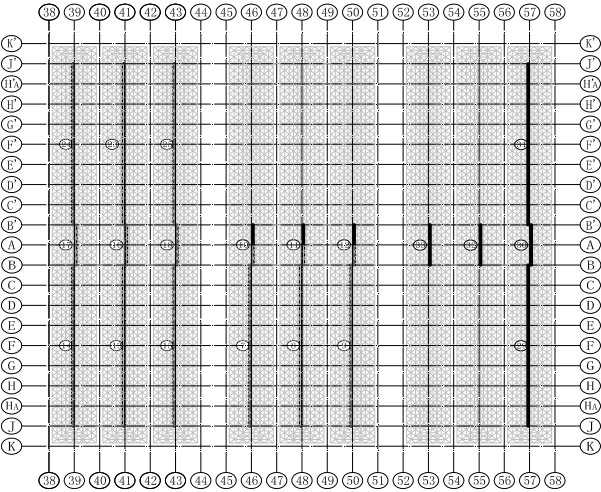


图3 主建筑二期轴网布置图

2.2 外观质量控制与检测

钢结构的主要材料是钢材，钢材生产的过程比较复杂，并且分类非常细致，钢材从大类上分为碳素钢与合金钢。钢材的质量和微量元素的含量有很大关系，比如碳的含量越多，钢材的强度和硬硬度会提高，但是其塑形和韧性会相应的降低，可焊性也会受到影响；本工程在了解钢材元素含量的基础之上，首先结合图纸对其外观的质量问题与控制检查。

会展中心的外观质量主要针对于钢结构，在结构实体中主要检查结构杆件变形、破损、扭曲等等；在潮湿以及隐蔽区应进行防锈质量、涂抹质量的检查；钢结构的螺栓连接处应查验螺栓施工质量、套筒松动、丝扣外露、节点锈蚀等质量问题，并采用照片及文字进

行详细记录。若防腐涂层损伤严重，还应进行除锈、力学性能检测以及后续的维护等作业。

通过现场调查，展厅混凝土柱、钢筋混凝土核心筒、屋顶钢结构网壳、膜结构等布置情况与图纸基本相符。其中，采用激光测距仪、卷尺等仪器对主建筑展厅的轴网尺寸进行抽样检测，检测结果（见图4）表明所测轴网尺寸与原设计偏差满足现行规范要求，建筑形体质量合格。

序号 ^①	轴号 ^②	设计值（mm） ^③	测量值（mm） ^④	误差（mm） ^⑤	备注 ^⑥
1 ^⑦	B/22-23 ^⑧	9000 ^⑨	9007 ^⑩	+7 ^⑪	/ ^⑫
2 ^⑦	B/25-27 ^⑧	18000 ^⑨	18005 ^⑩	+5 ^⑪	/ ^⑫
3 ^⑦	B/29-30 ^⑧	9000 ^⑨	9006 ^⑩	+6 ^⑪	/ ^⑫
4 ^⑦	J/29-32 ^⑧	27000 ^⑨	27008 ^⑩	+8 ^⑪	/ ^⑫
5 ^⑦	J/36-39 ^⑧	27000 ^⑨	27012 ^⑩	+12 ^⑪	/ ^⑫
6 ^⑦	C/17-18 ^⑧	9000 ^⑨	8998 ^⑩	-2 ^⑪	/ ^⑫
7 ^⑦	C/19-20 ^⑧	9000 ^⑨	9004 ^⑩	+4 ^⑪	/ ^⑫
8 ^⑦	29/F-H ^⑧	18000 ^⑨	17997 ^⑩	-3 ^⑪	/ ^⑫
9 ^⑦	27/F-H ^⑧	18000 ^⑨	18005 ^⑩	+5 ^⑪	/ ^⑫
10 ^⑦	25/D-F ^⑧	18000 ^⑨	18004 ^⑩	+4 ^⑪	/ ^⑫

图4 轴网尺寸复核表（部分）

主要构件尺寸的质量检测，可以采用较为直观方式，比如使用卷尺、测厚仪、经纬仪等等。钢结构管壁厚、钢板厚度等采用超声波测厚仪检测，检测结果（见图5）表明结构尺寸满足规范要求。

序号 ^①	构件名称 ^②	轴线位置 ^③	设计值（mm） ^④	测量值（mm） ^⑤
1 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	C'/19 ^⑨	D900 ^⑩	D903.2 ^⑪
2 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	D/27 ^⑨	D1300 ^⑩	D1302.5 ^⑪
3 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	D/29 ^⑨	D1300 ^⑩	D1298.6 ^⑪
4 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	J/34 ^⑨	D1500 ^⑩	D1497.2 ^⑪
5 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	J/36 ^⑨	D1500 ^⑩	D1503.3 ^⑪
6 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	B/48 ^⑨	D1500 ^⑩	D1506.4 ^⑪
7 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	B'/48 ^⑨	D1500 ^⑩	D1508.2 ^⑪
8 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	J'/27 ^⑨	D1500 ^⑩	D1506.7 ^⑪
9 ^⑦	混凝土柱 ^⑧	J'/29 ^⑨	D1500 ^⑩	D1505.1 ^⑪
10 ^⑦	圆钢管 ^⑧	J/34-36 ^⑨	194×10 ^⑩	192×10.2 ^⑪
11 ^⑦	圆钢管 ^⑧	32/B-J ^⑨	194×10 ^⑩	195×10.3 ^⑪
12 ^⑦	圆钢管 ^⑧	C/27-29 ^⑨	194×10 ^⑩	194×9.9 ^⑪

图5 构件截面尺寸复核表（部分）

2.3 钢结构焊接质量及控制

焊接是目前各种型钢、钢筋、钢构件的重要连接方式，在结构的节点以及重要的受力部位都会有焊接。焊接质量的好坏直接影响整个结构体系的安全性和耐久性。

建筑钢结构焊接的原理是通过短时间的高温将钢材融化，并且快速凝结冷却，焊接的过程容易发生钢材的裂缝、变形等等缺陷。

主要原因有：1.施工人员没有及时除去钢结构表面的铁锈、氧化皮和油污等杂质；2.焊接过程中，没有严格按照规范要求施工，以至于出现焊瘤、裂缝、气孔、未焊透等质量问题（见图6）；3.钢材含碳量偏高或者偏低都会影响焊接的质量；4.焊接结束后，没有进行有效的验收工作，管理人员未对焊接的隐蔽工程进行专项质量检查。

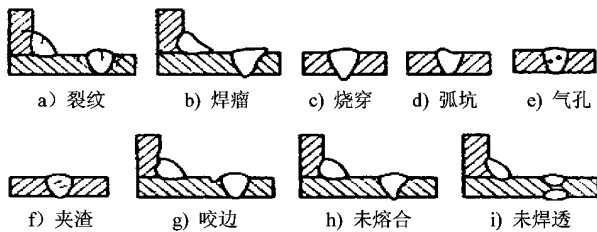


图6 钢结构焊接质量问题

对接焊缝用于对接、T形构件的接头时，受力明确，传力简单，在质量的控制过程中遵守对接焊缝的特点，如果钢材厚度在10mm以下时，对接的边缘不需要特殊加工，直接焊接成I形焊缝即可；钢板厚度在20mm以下时，需要在接头一侧切割出坡口角度，做成V形焊缝；板厚大约20mm时，为保证焊接的质量，必须在构件的上下侧采用U形、K形或X形焊缝，U形焊缝的坡口设计，在焊接过程中既能保证焊接质量又能焊液的烧漏（见图7）。在单面焊接过程中，为了保证质量，在正面施焊完毕后，可在反面进行补焊即封底焊，如果反面不能施焊，可在焊缝的底部增加临时垫板，以控制焊接的质量。

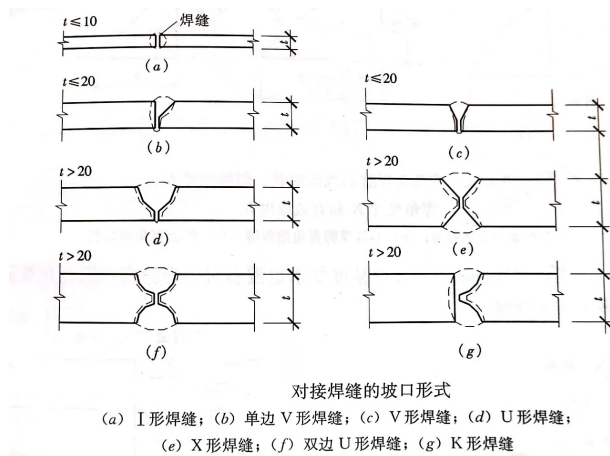


图7 对接焊缝坡口形式

角焊缝的受力和构造相比对接焊缝要复杂一些，在焊接过程中要保证质量就必须严格按照规范施工，焊缝的焊脚尺寸 h_f 与焊件的厚度 t 之间的尺寸差距不能太大，如果焊脚尺寸太小，焊接过程中高温的热量很容易被相连的钢板吸收，焊缝散热过快，易变得冷脆，影响焊接质量。规范要求，手工焊时， $h_f \geq 1.5\sqrt{t}$ (mm)；自动焊时， $h_f \geq 1.5\sqrt{t-1}$ (mm)；T形接头焊接时， $h_f \geq 1.5\sqrt{t+1}$ (mm)； t 是较厚钢板的厚度，如果焊件的厚度小于4mm，则 $h_f=t$ 。焊脚的尺寸如果太大，在焊接过程温度太高，造成“过烧”甚至烧穿钢材，并且焊缝的尺寸太大，冷却后材料的变形也会较大。规范要求， $h_f \leq 1.2t$ ， t 是较薄钢板的厚度，为了保证钢结构的质量，防止焊件边缘过烧，当 $t \leq 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t$ ；当 $t \geq 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t - (1-2)\text{mm}$ ；如果是钢管，焊脚尺寸应满足 $h \leq \frac{1}{3}d$ ， d 为尺寸较小的直径（见图8）。

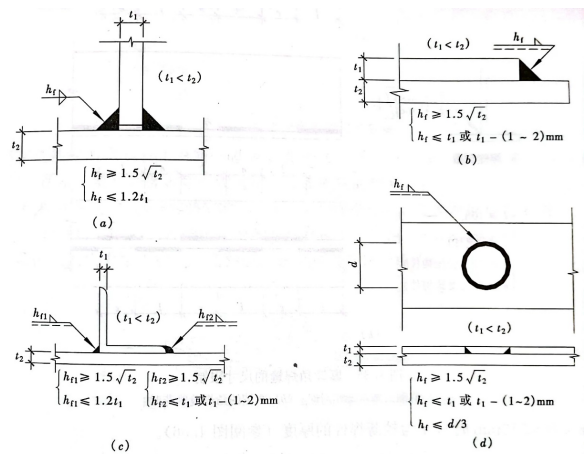
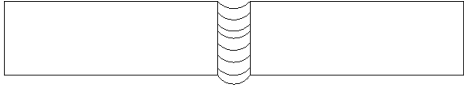


图8 角焊缝的构造要求

本工程主要结构构件采用对接焊缝和角焊缝。对于焊接质量的控制主要在施工和后续维修阶段，焊缝质量的检测对已完工钢结构建筑来说尤为重要，本次工程钢网架焊缝检测使用超声波探伤技术，根据现场条件，抽取轴线25、27、18、32、34、41和57钢梁的连接焊缝进行超声波检测，检测结果（见图9）合格，否则需要后续维修和加焊。

除了上述的因素外，焊接还应考虑天气的影响，如果施工现场环境恶劣，比如雨雪或者大风、大雾天气，都要停止作业，因为雨雪会影响焊接的质量和安

构件 ⁴⁾ 名称 ⁴⁾	方型钢 ²⁾			检测 次序 ⁴⁾	首次 检测 ⁴⁾ ✓	一次返修 检测 ⁴⁾ ○	二次返修 ⁴⁾ 检测 ⁴⁾ ○
主 体 材 料 ⁴⁾	Q345B ⁴⁾	厚度 (mm) ⁴⁾	详见后页 ⁴⁾	检 测 ⁴⁾	比例 (%) ⁴⁾	抽检 ⁴⁾	
		焊缝 类型 ⁴⁾	对接焊缝 ⁴⁾		检测 部位 ⁴⁾	焊缝及热影 响区 ⁴⁾	长度 (m) ⁴⁾
仪器型号和 编 号 ⁴⁾	TS-6208 ⁴⁾ JYS03-FD13-028	探头 规格 ⁴⁾	2.5P9×9K2. 5 ⁴⁾	扫查方式 ⁴⁾		单面单侧 ⁴⁾	
表面状态和 补 偿 ⁴⁾	打磨 3dB ⁴⁾	耦合剂 ⁴⁾	CMC ⁴⁾	对比试块 ⁴⁾ (编号) ⁴⁾		CSK-IA/RB-2 ⁴⁾	
检测依据标 准 和 级 别 ⁴⁾	GB11345-89 ⁴⁾ B 级 II 级 ⁴⁾	检测 时机 ⁴⁾	连续性实验 后检测 ⁴⁾	检测灵敏度 ⁴⁾		DAC-16dB ⁴⁾	
探伤部位示意图: ⁴⁾							
现场检测示意图 							

序号 ⁴⁾	工件及焊缝编号 ⁴⁾	板厚 ⁴⁾ mm ⁴⁾	缺陷编号 ⁴⁾	当量尺寸 ⁴⁾ mm ⁴⁾	指示长度 ⁴⁾ mm ⁴⁾	缺陷反射波区 ⁴⁾	缺陷位置 mm ⁴⁾		H深度 ⁴⁾	评级 ⁴⁾	合格与否 ⁴⁾
							X方向 ⁴⁾	Y方向 ⁴⁾			
1 ⁴⁾	25Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
2 ⁴⁾	25Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
3 ⁴⁾	27Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
4 ⁴⁾	27Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
5 ⁴⁾	27Z-X3-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
6 ⁴⁾	18Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
7 ⁴⁾	18Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
8 ⁴⁾	18Z-X3-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
9 ⁴⁾	32Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
10 ⁴⁾	34Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
11 ⁴⁾	34Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
12 ⁴⁾	41Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
13 ⁴⁾	41Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
14 ⁴⁾	41Z-X3-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
15 ⁴⁾	41Z-X4-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
16 ⁴⁾	57Z-X1-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
17 ⁴⁾	57Z-X2-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾
18 ⁴⁾	57Z-X3-1 ⁴⁾	12 ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	/ ⁴⁾	I ⁴⁾	合格 ⁴⁾

图9 钢结构焊缝超声波检测结果

2.4 钢结构力学质量及其检测

会展中心主建筑展厅的力学结构检测以图纸为基础,采用Midas GEN 软件建模。实际计算中只选取其中一典型单体区域进行计算,结构空间计算模型如下(图10):

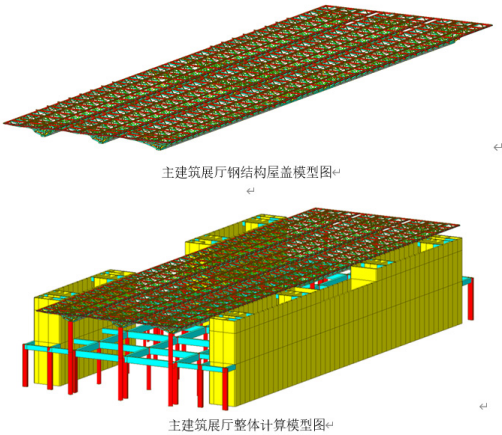


图10 钢结构受力计算模型图

在各种荷载的取值中,主建筑展厅受力复杂,质量检测过程中按照各种荷载、作用类别进行分类说明。

①恒荷载

恒荷载主要由构件自重以及部分固定设备(不考虑其运行与作业荷载及设备移动)组成,其中计算模型中构件自重由软件自动生成计算。

②活荷载

活荷载主要由地下室设备用房及设备通道荷载、库房荷载、卫生间荷载、走廊楼梯荷载、机房荷载、屋面荷载等组成,计算中施加的活荷载数值大小如下表(见图11)所示。

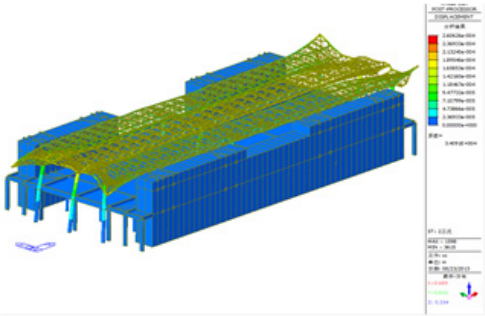
序号 ⁴⁾	荷载名称 ⁴⁾	位置 ⁴⁾	施加方式 ⁴⁾	荷载值(kN/m ²) ⁴⁾
1 ⁴⁾	地下室设备及通道 ⁴⁾	设备及通道处 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	7.0 ⁴⁾
2 ⁴⁾	库房 ⁴⁾	库房房间 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	5.0 ⁴⁾
3 ⁴⁾	卫生间 ⁴⁾	各层卫生间处 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	2.5 ⁴⁾
4 ⁴⁾	走廊、楼梯 ⁴⁾	走廊、楼梯 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	3.5 ⁴⁾
5 ⁴⁾	空调机房 ⁴⁾	机房处 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	7.0 ⁴⁾
6 ⁴⁾	电梯机房 ⁴⁾	机房处 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	7.0 ⁴⁾
7 ⁴⁾	不上人屋面 ⁴⁾	屋面 ⁴⁾	均布荷载 ⁴⁾	0.5 ⁴⁾

图11 活荷载组成表

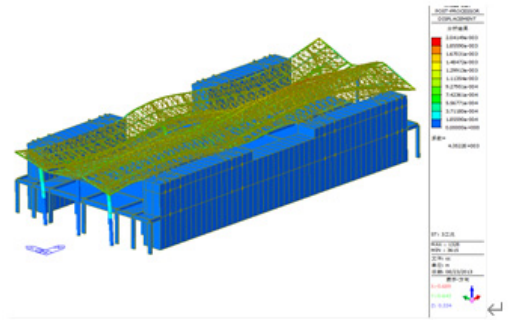
③风荷载

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)8.1-8.2条,基本风压考虑100年设计基准期取0.40kN/m²,地面粗糙类别为B类,钢屋盖构件风荷载体型系数取1.3。

主建筑展厅整体结构在风荷载作用下的变形如下(图12):



X向风荷载下X向变形图



Y向风荷载下Y向变形图

图12 风荷载结构变形图

参考《高层民用建筑钢结构技术规程》，整体结构顶点质心位 结果表明在风荷载作用下，钢结构建筑顶点偏移距离与高度比值、移与建筑高度比值、层间位移角计算值如下表（图 13、14）所示， 位移角均符合规范，这方面的建筑质量没有问题。

荷载工况	顶点位移 (mm)	建筑高度 (m)	位移高度比	限值	校核
X 向风荷载	1.080	23.40	1/21667	1/500	合格
Y 向风荷载	0.158	23.40	1/148101	1/500	合格

图 13 整体结构顶点位移与建筑高度比值

层号	荷载工况	层间位移 (mm)	标高 (m)	层高 (m)	位移层高比	限值	校核
1	X 向风	0.0602	9.0	13.500	1/224252	1/400	合格
2		0.1240	22.50	9.895	1/79798	1/400	合格
3		0.0072	32.395	3.955	1/549305	1/400	合格
1	Y 向风	0.0564	9.0	13.500	1/239361	1/400	合格
2		0.0834	22.50	9.895	1/118645	1/400	合格
3		0.0378	32.395	3.955	1/104629	1/400	合格

图 14 整体结构层间位移角

对于钢结构受力质量的检测，首先确定荷载组合（图 15），然后根据各个构件不同的部位进行实验，判断工程质量情况。

序号	荷载组合
1	1.2 恒载+1.4 活载
2	1.2 恒载+1.4 风载工况 1
3	1.2 恒载+1.4 风载工况 2
4	1.2 恒载+0.9 × (1.4 活载+1.4 风载工况 1)
5	1.2 恒载+0.9 × (1.4 活载+1.4 风载工况 2)
6	1.35 恒载+1.4 × 0.7 活载

7	1.0 恒载+1.4 活载
8	1.0 恒载+1.4 风载工况 1
9	1.0 恒载+1.4 风载工况 2
10	1.20 恒载+1.40 活载+1.40 × 0.60 风载工况 1

图 15 荷载组合表

主建筑展厅上部屋盖钢结构在荷载 1 组合下的应力比统计如下 示。

图（图 16）所示，构件应力统计见下表 a—c（图 17、18、19）所

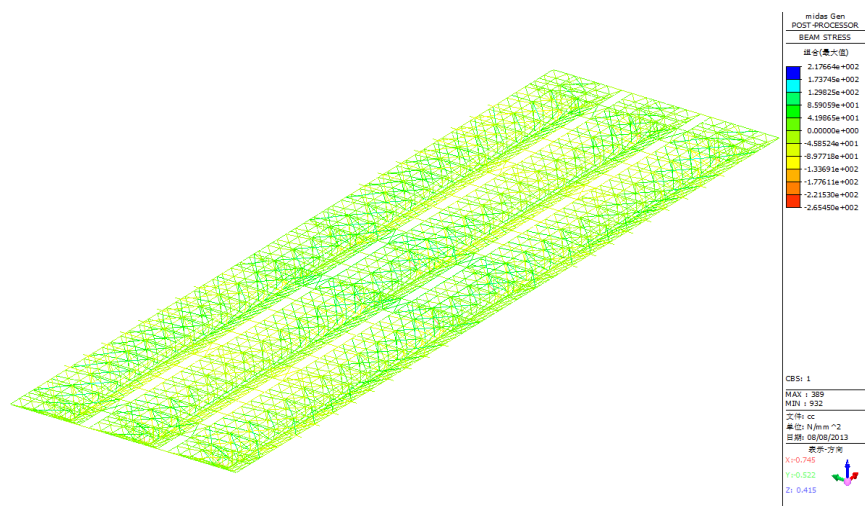


图 16 荷载组合 1 作用下钢结构屋盖应力图

截面	应力比峰值	应力比大于 1 杆件数量	应力超过屈服强度杆件数量	长细比峰值	容许长细比	验算结果
Φ 114.3 × 5	0.804	0	0	84.7	123.8	满足
箱形 400 × 400 × 16	0.985	0	0	19.1	123.8	满足
箱形 400 × 400 × 12.5	0.490	0	0	19	123.8	满足
箱形 200 × 200 × 10	0.906	0	0	24.6	123.8	满足
1250 × 125 × 6 × 9	0.938	0	0	85.2	123.8	满足
1300 × 150 × 6.5 × 9	0.994	0	0	67.4	123.8	满足

图 17 荷载组合 1 作用下网架下弦杆件验算结果统计表

截面	应力比峰值	应力比大于 1 杆件数量	应力超过屈服强度杆件数量	长细比峰值	容许长细比	验算结果
Φ 194 × 10	0.748	0	0	85.5	123.8	满足
Φ 194 × 12	0.809	0	0	86.4	123.8	满足
Φ 245 × 12	0.666	0	0	67.5	123.8	满足
箱形 150 × 150 × 8	0.460	0	0	45.1	99.0	满足
I350 × 175 × 7 × 11	1.018	0	0	66.6	123.8	满足

图 18 荷载组合 1 作用下中间桁架杆件验算结果统计表

截面	应力比峰值	应力比大于 1 杆件数量	应力超过屈服强度杆件数量	长细比峰值	容许长细比	验算结果
Φ 194 × 10	0.626	0	0	101.1	123.8	满足
箱形 150 × 150 × 8	0.592	0	0	67.2	123.8	满足
L70 × 6	0.682	0	0	95.3	123.8	满足

图 19 荷载组合 1 作用下网架上弦杆件验算结果统计表

2.6 工程质量检测结论

通过综合检测,可以看出会展中心主建筑轴网尺寸与构件尺寸基本与图纸相符,满足设计要求;展厅网架对接焊缝的质量检测没有明显问题;屋面网架高强螺栓连接节点未发现松动、螺杆断裂、节点板滑移等现象,节点连接可靠。工程的质量没有明显问题,安全性较好。

3 钢结构质量控制的其他方面

3.1 钢结构涂装质量及控制

钢结构除了稳定性不好,在材料的质量控制方面易发生锈蚀,不耐高温,所以钢材的防火、防腐、防锈是维护质量的重要方面。我国对于建筑钢材的保护主要采用涂装方法。涂装的目的除了防锈,还有防火的作用,因为钢材的耐火极限较低,在发生火灾的时候,如果温度超过 500 摄氏度钢材的受力性能就会受到影响,如果超过 2000 摄氏度,钢结构的强度会陡然下降,极易发生坍塌。

涂装作业中,如果施工质量欠佳,会影响钢结构的防腐和防火

效果。涂装工程常见的质量问题有:1.涂料层的厚度不均匀、漏涂、皱皮等 2.咬底和流坠,由于上层涂层没有完全平整或者干结,直接进行下一层涂层作业,底漆和面漆不相容。3.针眼和气泡,这类情况多是涂层基层没有按照要求规范施工,或是施工环境恶劣,比如雨雪、大风或者炎热,都能引起涂装的针眼或气泡。

对于钢结构涂装的质量控制首先应进行除锈,现在除锈多采用抛丸、喷砂机或者人工除锈等方法,清除氧化层和杂物,使作业面清洁光滑,进而增加涂层与钢结构结合效果。如果在焊接或者螺栓连接过程中出现质量问题时,应首先对不合格连接部位进行处理,然后再进行涂装作业。

3.2 钢结构变形及控制

钢材在运输、保存、吊装、安装过程中容易发生形变,因此钢结构在质量控制方面,也应该把构件变形作为技术评定的标准。钢材变形的原因:1.运输过程中,因路况颠簸、运输工具的选择不合理,使钢结构发生变形、扭曲等;2.存放过程中,垫块的位置不合

对于钢结构变形的控制，需要在关键环节采取有效措施，尽可能减少形变。首先，在钢材运输过程中，严格控制运输方式和路线，确保运输路况满足要求；其次，在吊装作业中，根据构件长短、大小，合理选择吊装机械，确保绑扎位置符合规范；塔吊司机和吊装工人应培训上岗，持证作业；钢材存放时，在合理的位置防止垫木，并且主要的垫木间距不宜过大；最后，控制钢材在焊接和螺栓连接过程中发生的形变，比如保证焊接的温差不大、螺栓紧固的方式正确，减少因为节点连接造成质量问题。

钢结构作为现代建筑结构的主要形式,具备诸多的优点,比如,轻质高强、空间灵活、施工速度快、材质均匀、绿色环保等等。目前,对于在民用建筑中,钢结构的使用越来越多。对钢结构质量控制,各个部门也在不断加强,只有结构工程的稳定性、耐久性、安全性越来越好,才会有更为广阔的发展空间,这也是目前研究的重点。

[1]远威.钢结构建筑工程施工质量管理要点分析[J].工程机械与维修, 2021 (3): 126-127.

[2]彭超,张后利.多高层建筑钢结构安装技术与质量控制研究[J].城市住宅, 2021, 28 (11): 214-215.

[3]陈绍蕃.钢结构设计原理[M].北京: 科学出版社, 2005.