

# 基于SATWE软件复杂建筑钢结构安装工程受力分析

韩崇生

中铁十四局集团第五工程有限公司

**摘要:**在建筑工程当中,结构体系的安全与稳定是工程项目可靠性的基石。本文以济宁市国际蒜都中心工程项目为例,主要从结构选型、平面布置以及计算分析等方面介绍了此项目的钢结构工程设计与分析过程。主要采用 SATWE 进行结构的简化以及结构计算,并分析了各吊装工程的安全与稳定性,结果表明,该结构体系均符合规范要求,处于偏稳定状态。

**关键词:**建筑工程;钢结构设计;结构选型;质量保障

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.049

## 一、引言

随着城市化建设的不断发展,建筑工程项目逐渐走向多层、超高层的复杂化结构体系当中<sup>[1]</sup>,此时钢结构体系由于施工速度快、抗震性好等正好满足了这一建设需求;然而在设计当中钢结构体系的主体结构以及围护结构的安全性与稳定性难以精确计算分析<sup>[2~3]</sup>,因此有必要针对钢结构安装过程中,各结构构件的承载能力以及稳定性开展深入的分析研究。本文以济宁市金乡县国家现代农业产业园国际蒜都中心建设项目为例,对此项目钢结构安装工程进行计算分析以及稳定性验算,为类似建筑工程项目结构体系选型以及钢结构安装分析与设计提供重要参考依据。

## 二、工程概况

### (一)项目概况

本项目位于济宁市金乡县鱼山街道。规划建设用地面积约50811平方米,总建筑面积30000平方米,其中地上建筑面积28000平方米,包括展览展示中心12360平方米,电子交易中心1400平方米,大数据中心1450平方米,检测中心1350平方米,研发中心9690平方米,后勤运营管理用房1750平方米;地下建筑面积约2000平方米,包括设备用房约1000平方米及非机动车库约1000平方米。工程通过抗震缝将建筑物分为A、B、C、D四个区,其中A、B、C三个区为钢筋混凝土结构,D区为空间管桁架结构,本文主要对金乡蒜都中心钢结构制作及安装工程进行介绍。

### (二)工程地质及水文条件

建设场区地形地貌属冲洪积平原,拟建场地地势较平坦,系闲置空地,场区内各钻孔标高在36.65~37.22m之间,最大高差0.57m,钻孔标高采用绝对标高(1985国家高程基准),测量基准点设在场地南侧崇文路中心线上,以红漆为标记,其绝对标高为36.919m。场区地下水为第四系孔隙水,以大气降水入渗、侧向径流为主要补给来源,以人工开采、侧向径流和地表蒸发为主要排泄途径,动态类型主要为入渗—开采、径流型。地下水位随季节及气象周期呈周期性变化,水位年变幅在2~5m之间,场区附近历年最高地下水位约0.5m。勘察期间,从钻孔中测得场区地下静止水位埋深为2.37~2.95m,水位标高34.27~34.29m,取水样2组,据水质分析资料可知,场区地下水PH值为7.62~7.65,侵蚀性CO<sub>2</sub>为零,判定场区地下水对混凝土

结构、对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性,地基土对混凝土结构、对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

## 三、结构选型及上部平面布置

提供的钢结构设计专项施工方案显示,本项目主要装配式建筑面积的比例应为100%,且单体预制装配率不低于50%。本工程结构形式分为:混凝土结构体系、钢管桁架结构体系;其中装配式钢结构体系形式为半球形穹顶钢桁架工程,由径向桁架、维向桁架、壳顶三部分组成,其结构体系三维实体模型见图1,半球形穹顶位于整体建筑中间部位,面积为3500m<sup>2</sup>,直径54米,高度22.9米。

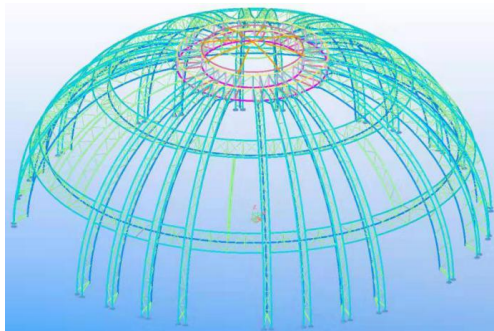


图1 桁架结构体系三维实体模型

本工程钢结构跨度54米,高度22.9米,由中间位置穹顶环形桁架(四边形桁架)、落地主桁架(一端落地锚栓定位,一端与穹顶环形桁架连接)两个主要结构体系构成,钢材均采用Q345B,整体采用工字型钢梁截面,局部采用箱型截面;根据建筑钢结构设计要求,落地主桁架标高18.5米和10.775米位置处设置两道环形次桁架;蓝色为装饰廊架梁,邻近建筑的17.5米标高为混凝土牛腿,设置滑移支座,装饰廊架梁截面采用矩管200\*120\*6与下部与穹顶桁架铰接连接。

## 四、设计基本参数

建筑抗震类别为乙类,建筑结构的安全等级为一级,结构重要性系数为1.1。建筑场地类别为IV类,场地特征周期T<sub>g</sub>=0.95s,地面粗糙度类别为B类,按50年一遇基本风压W<sub>0</sub>=0.56kN/m<sup>2</sup>,风振计算应按随机振动理论进行,钢结构所对应自振周期应按结构动力学计算,不考虑地震作用及温度作用影响。

## 五、结构计算分析与结果分析

### (一)穹顶圆盘吊装计算与分析

钢结构安装工程进行之前,应对结构体系进行设计与分析以确定安装施工时结构体系具有符合规范要求的承载力和稳定型;对于本工程钢管桁架结构体系,应验算各吊装工程受力特性。对于穹顶圆盘吊装工程,可根据已知的穹顶环形桁架平面布置图,将穹顶圆盘吊装简化,其计算简图及节点编号见图2。

对该工程简化并进行穹顶圆盘吊装的内力及位移计算<sup>[5]</sup>;对于内力部分,计算出各节点最不利内力位置并进行内力包络统计,确定各节点安全状态;按轴力最大

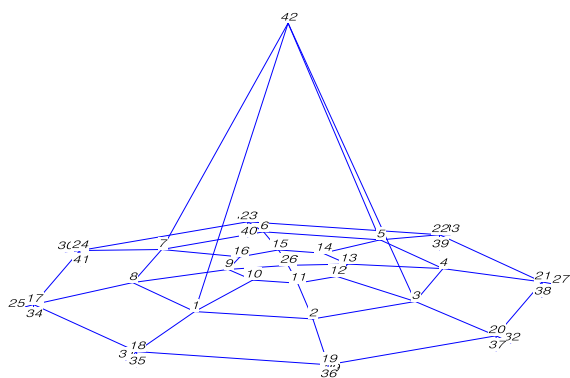


图2

显示构件颜色，分布图见图3所示，可知穹顶圆盘吊装顶部受力最大，向下所受轴力呈递减趋势。对于位移部分，本工程钢材采用Q235，材料弹性模量为 $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ；泊松比为0.30；线膨胀系数： $1.20 \times 10^{-5}$ ；质量密度： $7850 \text{kg/m}^3$ ，其组合位移结果均满足规范要求；根据内力、位移计算分析模型，进行规范检验，检验结果表明，结构能够满足承载力计算要求，应力比最大值为0.26。

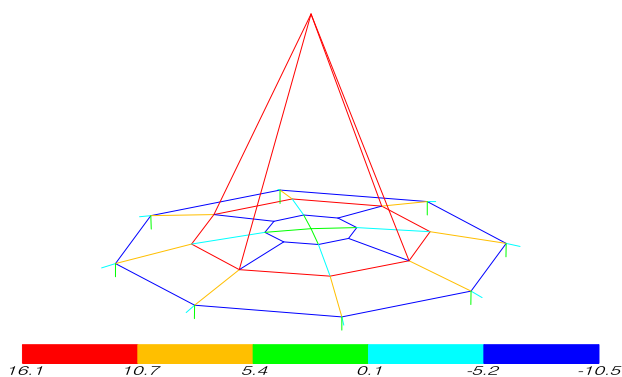


图3 穹顶圆盘构件内力包络图 (KN)

### (二) 主桁架吊装计算与分析

主桁架作为钢结构体系的核心承载构件，其承载能力以及稳定型对钢结构安装工程起到至关重要的作用。因此，对结构主桁架进行结构简化并对简化模型进行结构内力分析。各构件材料均为Q235钢材，材料弹性模量为 $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ；泊松比为0.30；线膨胀系数为 $1.20 \times 10^{-5}$ ；质量密度为 $7850 \text{kg/m}^3$ ，取主桁架半结构进行受力分析，以得到内力和强度应力比包络图。

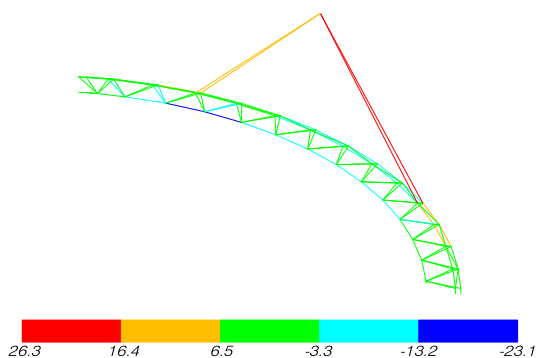


图4 主桁架内力包络图 (KN)

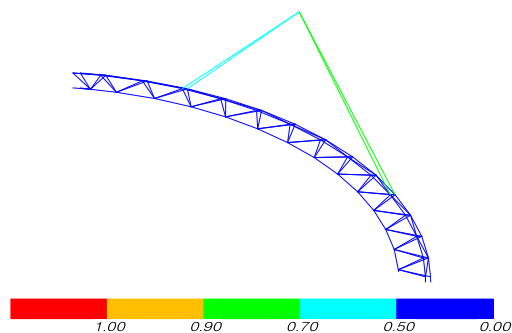


图5 主桁架强度应力比包络图

取主桁架半结构进行计算分析，分析结果见图4、图5，可知主桁架最大内力位置处于桁架连接件部分，且根据计算分析模型进行规范检验<sup>[6]</sup>，检验结果表明，结构能够满足承载力计算要求，强度应力比最大值为0.75，主桁架结构能够满足规范要求。

### (三) 吊装用钢丝绳验算

对吊装用钢丝绳进行承载力验算<sup>[1]</sup>，根据组合工况计算钢丝绳内力最大值为40kN。根据每榀钢桁架重量信息统计，吊车吊装单榀单元钢桁架时、脱胎到最终桁架就位时；吊装过程中，吊车缓慢提升钢丝绳直至桁架单元脱离胎架，最后逐渐缓慢将桁架单元提升至最终设计坐标达到就位状态。采用24mm的钢丝绳，每个吊点均为单绳受力，抗拉强度为 $1850 \text{N/mm}^2$ ，根据规范，此钢结构工程中安全系数K取6，所用钢丝绳荷载不均匀系数为0.82。钢丝绳容许拉力公式如下：

$$[F_g] = \frac{\alpha F_g}{K}$$

式中， $F_g$ 为钢丝绳的钢丝破断拉力总和 (kN)，为钢丝绳间荷载不均匀系数；K为钢丝绳使用安全系数。

可知，该工程吊装所用钢丝绳最大容许拉力值为292.68kN，对照钢丝绳抗拉强度规范可知，即钢丝绳符合钢结构安装工程规范，能够满足钢结构安装工程。

### 六、结语

结合工程项目实例，从结构选型、结构平面布置以及结构计算分析等方面，对本项目的结构与平面布置进行了描述；考虑到本项目复杂的多层钢结构体系，必须保证结构体系的安全与稳定；因此，采用SATWE和PMSAP通过合理的模型简化，进行了统一化结构体系计算分析和承载力验算，保证了该工程钢结构体系的安全可靠。

### 参考文献

- [1] 高层民用建筑钢结构技术规程:JGJ 99—2015[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [2] 曾滨,许庆,王浩,许涛,李雨航,邓扬.围护结构对单层轻钢厂房动力特性影响分析[J/OL].哈尔滨工程大学学报:1-10[2022-03-15].
- [3] 李珊珊.上海某高层钢结构办公楼设计[J].建筑结构,2020,50(S1):79-83.
- [4] 熊炼基.浅谈施工组织设计在房屋建筑工程施工管理中的重要性[J].江西建材,2019(12):199-200.
- [5] 智平.云投财富商业广场B2楼结构设计[J].建筑结构,2016,46(S1):109-114.
- [6] 建筑抗震设计规范:GB 50011—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.