

某游乐场不规则格构塔架的结构性能研究

高治亚

安徽建工检测科技集团有限公司 安徽合肥 230000

【摘要】本文采用3D3S软件对某游乐场不规则格构式塔架的荷载及其最不利组合、自振周期、内力和位移及结构承载力验算展开研究,结果表明:塔架支座处最大受拉和最大受压杆件轴力分别为61.5kN和-132.4kN。结构最大位移出现在塔顶位置,最大正位移为5.4mm,最大负位移为-4.4mm;结构承载力验算应力比最大值为0.71,按强度、稳定性、绕2轴抗剪和按3轴抗剪验算的最大应力比分别为0.706、0.685、0.336和0.056。

【关键词】格构塔架;荷载及其组合;自振周期;内力与位移;承载力验算

格构式塔架因其造型简约、施工方便、性能优越和经济美观等特点而在游乐设施结构中广泛使用,为游乐场建设和游乐设施布局提供更多可能性,其结构性能研究对游乐设施塔架结构的设计、施工和优化具有非常重要的理论参考价值。

基于此,国内外专家学者针对不规则格构式塔架的结构性能开展相关研究。宋聪聪^[1]通过缩尺模型试验针对一种六肢格构式钢管混凝土球型节点风电塔架力学性能展开研究。彭文兵^[2]基于ANSYS有限元分析软件对四边形全格构塔架顶部与机舱相连过渡段极限工况和疲劳工况下的受力性能进行分析。辛巧玲^[3]利用球-板型节点四肢柱空间塔架低周反复试验和有限元软件,研究相关参数对结构破坏模式、强度、刚度、延性和承载力等的影响规律。胡浩^[4]使用足尺静力试验和有限元模型对750kV钢管格构式塔架中多支管梁和柱节点的受力性能开展系统研究。Poddaeva^[5]等人采

用有限元计算和试验相结合的方法考察空气动力对塔架结构稳定性的影响规律。Zhang^[6]等人通过试验和有限元方法针对塔架结构的静态、稳定性、参数分析和坍塌分析展开研究。

上述研究主要集中在规则格构式塔架的节点性能、稳定性和动力特性等方面,而针对不规则格构式塔架的结构性能研究十分有限。本文采用3D3S软件对某游乐场不规则格构式塔架的荷载及其最不利组合、自振周期、内力和位移及结构承载力验算等结构性能展开研究。

1 结构概况

本文以某游乐场不规则格构式塔架的实际工程为研究对象,计算简图如图1(b)所示,图示数字为支座节点位置,结构采用钢管焊接而成,钢管采用Q345钢材,弹性模量为 $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$;泊松比取0.30;线膨胀系数取 1.20×10^{-5} ;质量密度为 7850kg/m^3 。(见图1)

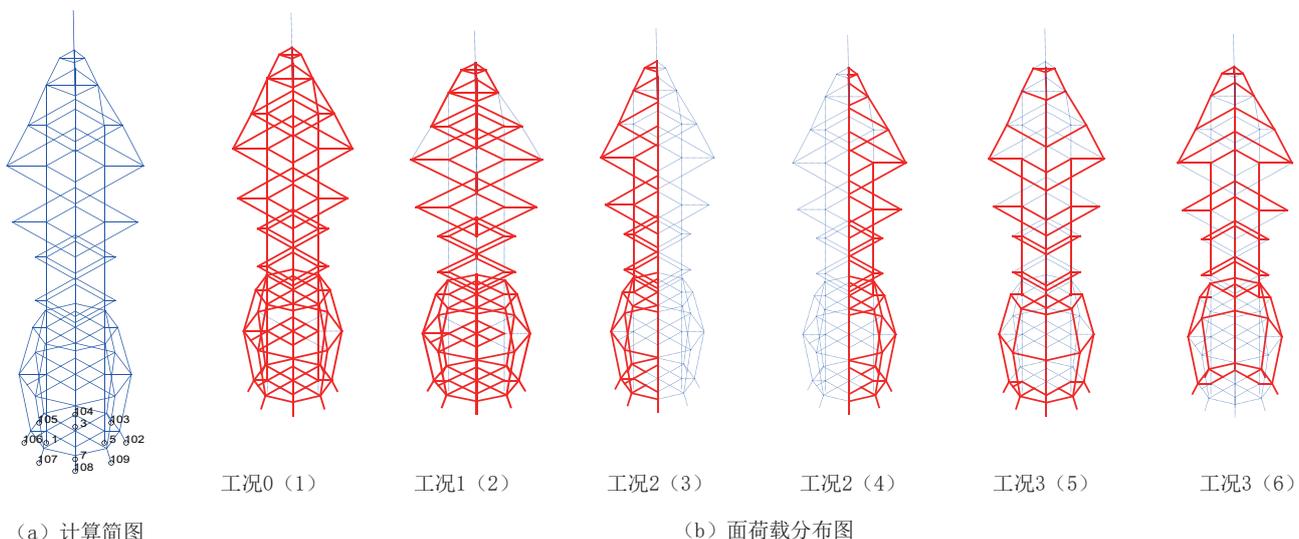


图1 格构式塔架简图及荷载分布

2 荷载与组合

格构式塔架结构施加的恒荷载为 1.5 kN/m^2 ，活荷载为 0.55 kN/m^2 ；基本风压设置为 0.35 kN/m^2 ，地面粗糙度为B类，风压高度变化修正系数为1.00，风荷载修正参数如表1所示，风荷载计算用阻尼比为0.02，风荷载体型系数为0.8和-0.6；采用振型分解法计算地震作用，地震烈度设置为7度(0.10g)，地震影响为多遇地震，水平地震影响系数最大值取0.080；建筑结构阻尼比为0.040；特征周期值为0.35s，场地类别为II类，地震分组为第一组，周期折减系数取1.00；温度作用条件为 $-20^\circ\text{C}\sim 30^\circ\text{C}$ ；面荷载分布图如图1(b)所示，所有荷载均采用双向杆件导荷方式加载。

表1 风荷载修正参数

高度(m)	μ_z (修正前)	η	μ_z	β_z
13.3	1.09	1	1.09	1.6
14.5	1.12	1	1.12	1.6
16.2	1.15	1	1.15	1.6
17.7	1.18	1	1.18	1.6
19.1	1.21	1	1.21	1.6
20.6	1.24	1	1.24	1.6
22.3	1.27	1	1.27	1.6
23.3	1.28	1	1.28	1.6
25.3	1.31	1	1.31	1.6
26.8	1.34	1	1.34	1.6

荷载组合是基于结构特性、现实条件、基本工况、荷载种类及发生概率等条件，在设计时考虑在结构使用过程中可能同时出现的荷载，荷载组合不同结构的安全储备也有所区别。本文根据实际工程条件和结构计算的荷载效应组合方法，共进行52种荷载组合的计算，选取的3种最不利荷载组合如下：

序号	荷载组合
(1)	1.30 恒载 + 1.50 活载工况1 + 1.50 × 0.60 风载工况 + 1.50 × 0.60 温度荷载
(2)	1.30 恒载 + 1.50 × 0.70 活载工况1 + 1.50 × 0.60 风载工况2 + 1.50 × 0.60 温度荷载
(3)	1.30 恒载 + 1.50 × 0.70 活载工况1 + 1.50 × 0.60 风载工况2 + 1.50 温度荷载

塔架前9阶振型自振特性指标如表2所示，分析可知，1阶和2阶、4阶与5阶、7阶与8阶自振周期十分接近且变化形式相似仅运动方向不一致，表现为X向与Y向相互转换。例如，结构第1阶振型的自振周期为0.5008s，Y方向质量参与系数最大，且X与Y方向相差较大，表明第1阶振型以Y方向的平动为主，第2阶自振振型的周期为0.4999s，X方向质量参与系数最大，且Y与X方向相差较大，与第1阶相反，第2阶振型表现为X轴的平动，第4阶与第5阶、第7阶和第8阶表现形式同理可得。第3阶和第6阶X方向和Y方向质量参与系数比较接近，表现为结构在XY平面内的转动。

表2 前9阶振型周期

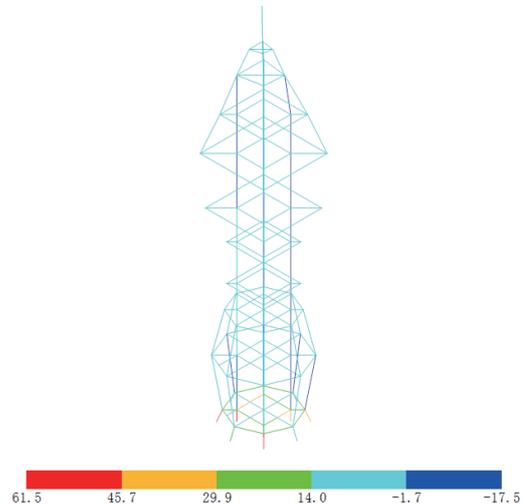
振型号	周期 (s)	各振型质量参与系数		
		X	Y	Z
1	0.5008	8.69%	43.02%	0.00%
2	0.4999	43.08%	8.88%	0.00%
3	0.3890	0.33%	0.23%	0.00%
4	0.1972	3.29%	20.21%	0.00%
5	0.1963	20.18%	3.27%	0.00%
6	0.1361	0.47%	0.20%	0.00%
7	0.1237	1.68%	6.34%	0.00%
8	0.1227	5.82%	1.49%	0.00%
9	0.1054	0.08%	0.01%	0.00%

3 内力与位移

格构式塔架结构受压构件和受拉构件轴力分布及结构组合位移如图3所示，由图可知，最大受拉构件和最大受压构件均在底部与支座连接的杆件上，结构受力较为不利区域在塔架结构与支座连接位置，其中最大受拉和最大受压杆件轴力分别为61.5kN和-132.4kN。图3(c)和图3(d)为塔架结构最大位移组合，分析发现，结构最大正位移和最大负位移组合均在塔顶位置，位移分布均表现为位移随结构增高而变大，最大正位移为5.4mm，最大负位移为-4.4mm。(见图3)

4 结构验算

基于国内规范结合结构分析模型计算进行检验，分析结果表明，结构能够满足承载力计算要求，应力比最大值为0.71，结构杆件应力比分布如图4(a)所示，238根杆件按照强度、整体稳定、抗剪应力比和长细比验算均能满足规范要求。图4(b)为结构承载力验算结果，分析可知，各单元杆件按强度和稳定性验算的应力比较为接近，绕3轴抗剪验算的应力比最小，其中，按强度、稳定性、绕2



(a) 构件受拉轴力分布 (kN)

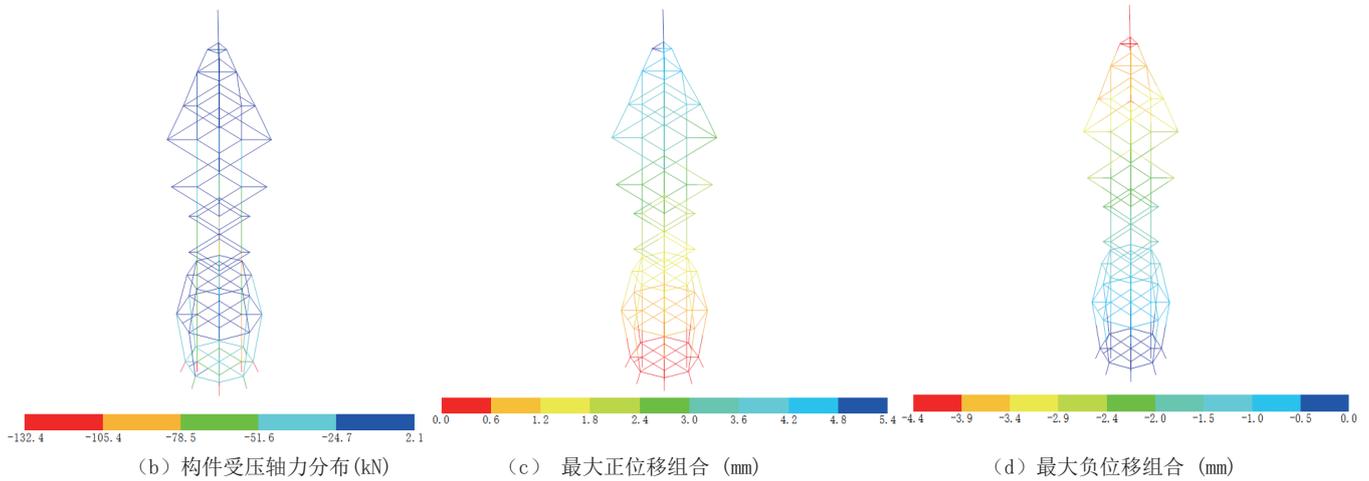


图3 结构内力与组合位移

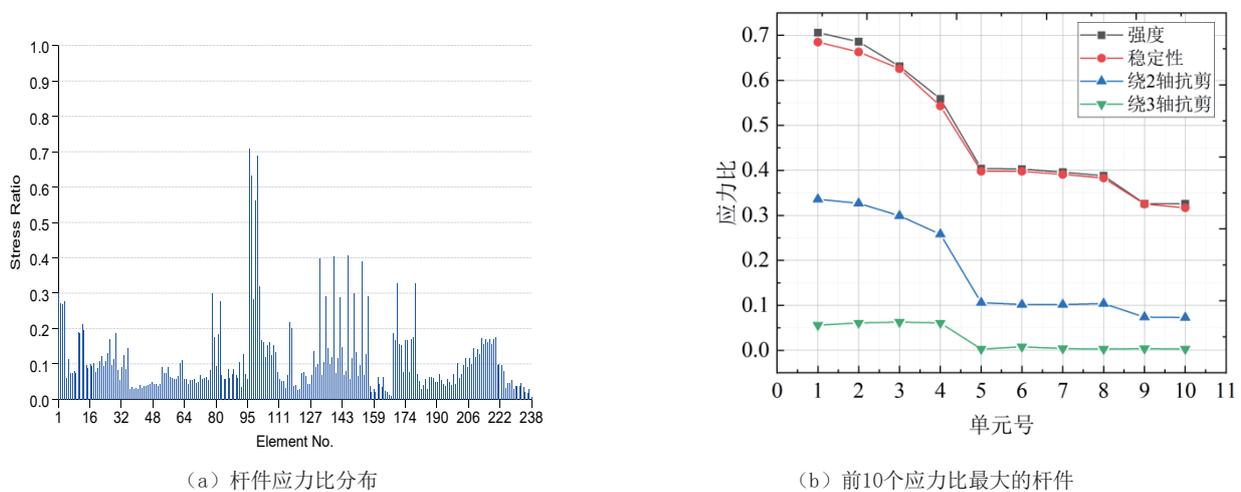


图4 结构总体应力比分布

轴抗剪和按3轴抗剪验算的最大应力比分别为0.706、0.685、0.336和0.056。(见图4)

5 结论

本文采用3D3S软件对某游乐场不规则格构式塔架的结构性能展开研究,获得以下主要结论:

(1) 结构第1阶和第2阶振型的自振周期分别为0.5008s和0.4999s,分别表现为Y向和X向的平动。

(2) 塔架支座处最大受拉和最大受压杆件轴力分别为61.5kN和-132.4kN。结构最大位移出现在塔顶位置,最大正位移为5.4mm,最大负位移为-4.4mm。

(3) 结构承载力验算应力比最大值为0.71,按强度、稳定性、绕2轴抗剪和按3轴抗剪验算的最大应力比分别为0.706、0.685、0.336和0.056。

参考文献:

[1] 宋聪聪. 六肢格构式钢管混凝土球型节点风电塔架受力性能的研究[D]. 内蒙古科技大学, 2023.

[2] 彭文兵. 全格构风机塔架顶部过渡段有限元分析[J]. 特种结构, 2021, 38(04): 85-88.

[3] 辛巧玲. 格构式钢管混凝土球-板型节点四肢柱风电塔架受力性能研究[D]. 内蒙古科技大学, 2022.

[4] 胡浩. 钢管格构式塔架多支管空间节点受力性能及承载力研究[D]. 重庆大学, 2016.

[5] Olga Poddaeva, Anastasia Fedosova. Computational and experimental simulation of wind impacts on a lattice structure[J]. Energy Reports, 2023, 9(9): 355-361.

[6] Qingwen Zhang, Zibin Zhao, Jianfeng Chen, et al. On the static properties and stability of 800 m long-span mega-latticed suspension structures[J]. Structures, 2020, 23: 139-151.

作者简介:

高治亚(1996.5—); 性别: 男; 民族: 汉; 籍贯: 安徽省淮北市; 学历: 本科; 职称: 助理工程师; 研究方向: 工程检测。