

一般工程技术

塔式起重机塔身有限元分析

郭淑娟 孔祥军 韩杰 路海燕

(辽宁石油化工大学职业技术学院,抚顺 113001)

摘要 塔身是塔式吊车的重要组成部分,利用大型有限元软件 ANSYS 对某塔式起重机塔身进行工作及非工作状态分析计算,得到了塔身工作及非工作状态总位移分布云图、各种状态下塔身当量应力分布云图;根据分析结果对其结构进行了优化,有效控制了可能出现的危险,增强了设备的安全性。

关键词 塔式起重机 有限元分析 塔身 应力 结构优化

中图法分类号 TB301; **文献标志码** A

塔身结构也称塔架,是塔式起重机(以下简称塔机)结构的主体。塔身受力情况十分复杂,在不同载荷作用下产生位移和变形,所受载荷主要有塔机吊重及上部结构自重产生的垂直力,上部结构和吊重产生的弯矩,吊臂回转引起的扭矩,及整个塔身受到的风载等。并且在工作过程中吊臂的旋转也会使塔身受力状态发生变化,以上多种因素都可使塔身发生断裂危险^[1],因此,利用大型有限元软件 ANSYS 对某塔式起重机塔身工作及非工作状态进行分析。

1 原始数据及参数

1.1 材料数据

塔身主弦材料为 Q345,其余均为 Q235,材料数据见表 1。

表 1 材料性能数据^[2]

材料	E/GPa	μ	$\rho/(g \cdot m^{-3})$	δ_b/MPa
Q345	205.0	0.3	7.84	539
Q235	203.0	0.3	7.84	300

2009 年 9 月 22 日收到

第一作者简介:郭淑娟(1972—),女,讲师,硕士,研究方向:金属材料力学。E-mail:haileyhan@126.com。

1.2 几何数据

几何数据来自某公司提供的图纸。

1.3 载荷

塔身计算考虑了工作状态和非工作状态,作用在内塔节上端的载荷见表 2。

表 2 作用在内塔节上端的计算载荷

	工作状态		非工作状态	
	侧面吹风	尾吹风	尾吹风	
重力/kg		249 527	158 661	
塔顶合成功矩/(kg·m)		640 438	-583 845	
风载荷	扭矩/(kg·m)	60 000		
	N(牛顿)/kg	4 418	2 800	6 760
	N·m/(kg·m)	14 138	8 960	31 632
	回转起、制动扭矩		158 663	
回转离心力	N(牛顿)/kg		162	
	N·m/(kg·m)		518	
行走惯性力	N(牛顿)/kg		1 200	—
	N·m/(kg·m)		3 960	

注:理论重量:过渡节 5 500 kg、十字梁 18 345 kg、加强节 8 500 kg、标准节 7 200 kg,行走底架 53 098 kg(其中两节塔身重 20 751 kg),电梯 12 000 kg(其中标准节 8 697 kg),底架配重 120 000 kg。

行走:速度 $v=0.22m \cdot s^{-1}$ 制动时间 $t=6s$

工作状态风压:25 kg·m⁻²

非工作状态风压:(0~20) m 80 kg·m⁻²、(20~100) m 110 kg·m⁻²、100 m 以上 130 kg·m⁻²

2 计算方法及步骤

2.1 计算方法和软件

采用三维有限元弹性应力计算方法^[3]。有限元分析软件:ANSYS。

2.2 计算模型及边界条件^[3,4]

取整个塔身为研究对象,采用 BEAM189 单元划分网格,整个模型共有 1 191 个单元、3 505 个节点,见图 1。 X 、 Y 轴方向见图 1, Z 向为指向塔顶的方向。约束图 1 中 A、B、D 处的 Z 向位移和 C 处的全位移。

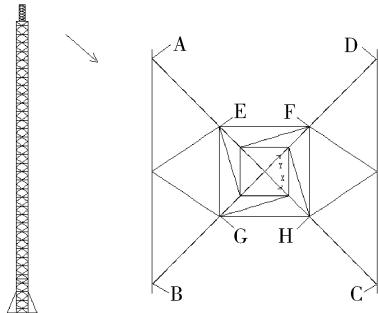


图 1 计算模型

3 计算结果及分析

3.1 位移计算结果

塔身三种载荷工况的位移计算结果见表 3, 总体位移云图见图 2~图 4。

表 3 位移计算结果/mm

工况	工作状态	工作状态	非工作状态
	侧吹风	尾吹风	尾吹风
U_x	266.76	342.99	1096
U_y	266.45	31.59	1227
U_z	-33.73	-36.49	21.139
U_s	378.178	345.78	1250

由表 3 中位移计算结果可知,各工作状态下塔身的总变形小于塔高的 1%,满足塔机型号规范中的要求。

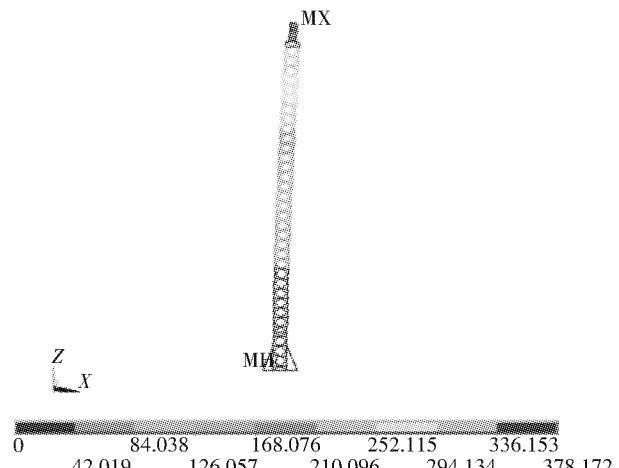


图 2 工作状态侧吹风塔身总位移分布云图

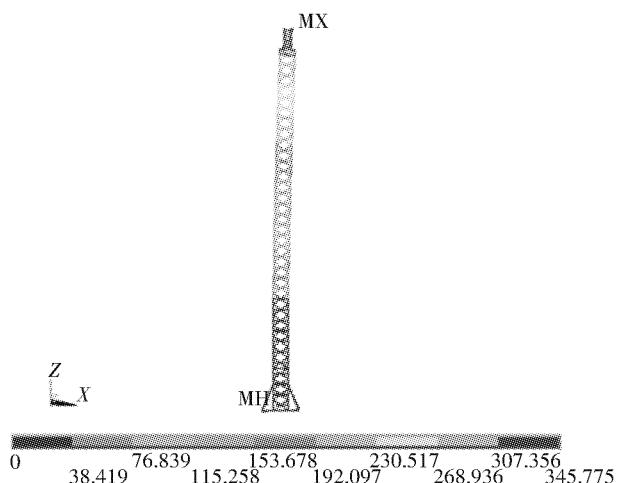


图 3 工作状态尾吹风塔身总位移分布云图

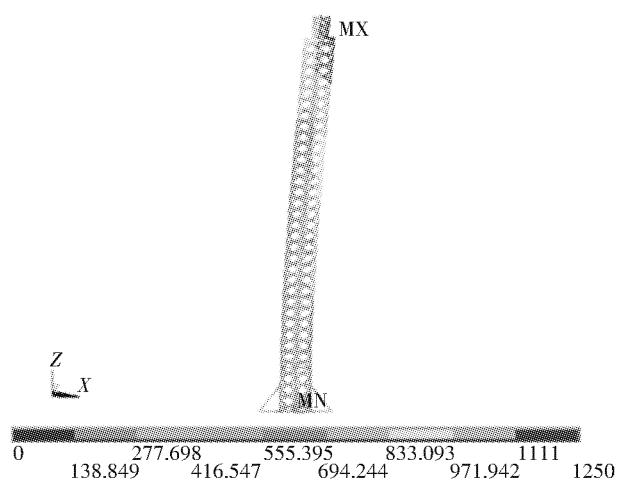


图 4 非工作状态尾吹风塔身总位移分布云图

由图 2—图 4 可以看出工作状态侧吹风和工作状态尾吹风塔身位移变化均匀, 塔底部基本没动, 而非工作状态尾吹风时塔身位移变化非常大。可见塔身的刚度失效主要发生在工作状态尾吹风的工况, 在今后的刚度分析中, 只分析此状态即可。

3.2 应力计算结果

各工作状态塔身应力计算结果见表 4, 当量应力分布云图和局部应力分布图见图 5~图 7。

表 4 应力计算结果/MPa

工况	工作状态侧吹风	工作状态尾吹风	非工作状态尾吹风
σ_s	52.55	49.10	256.45
σ_v	176.09	203.20	391.17

由表 4 中应力计算结果可知, 拉杆与主弦连接处出现应力集中, 而非工作状态尾吹风时, 连接处出现了 391.17 MPa 的当量应力(见图 7), 屈服安全系数低于 1.0, 不能满足强度设计需求。因此在连接处应增加连接板或增加连接板的厚度及焊缝强度。从图 5—图 7 中还可以看出最危险的工况仍为非工作状态尾吹风。

3.3 支点反力计算结果

约束点支点反力计算结果见表 5。

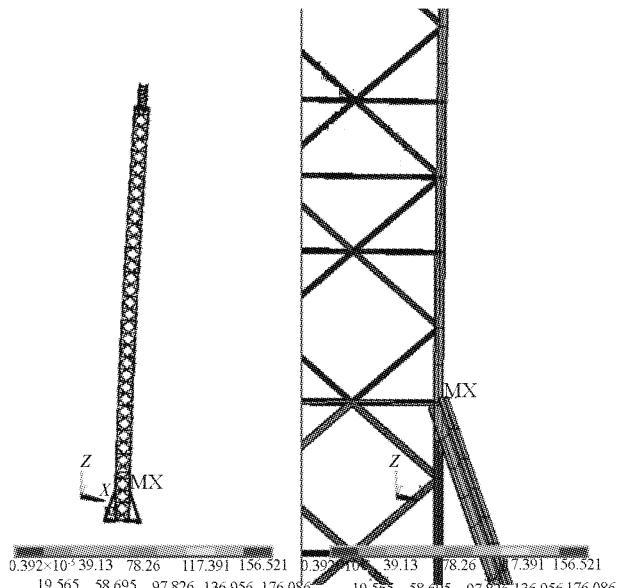


图 5 工作状态侧吹风塔身当量应力分布云图

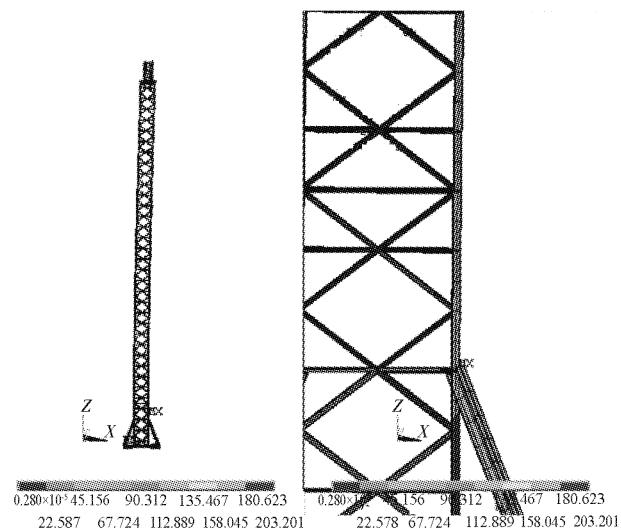


图 6 工作状态尾吹风塔身当量应力分布云图

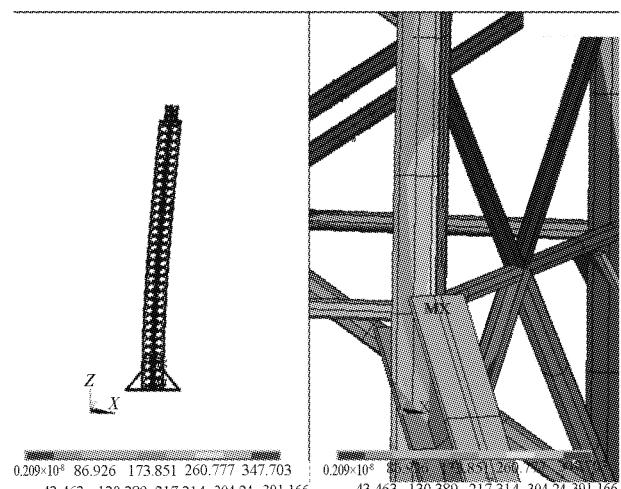


图 7 非工作状态尾吹风塔身当量应力分布云图

表 5 各工作状态 Z 向支点反力计算结果

(指向塔顶为正)/N

工况	工作侧吹	工作尾吹	非工作侧吹	非工作尾吹
A	1 005 200	873 210	78 628	-347 290
B	984 270	1 360 000	2 302 400	1 182 600
C	1 827 000	1 449 000	758 420	1 183 300
D	1 828 600	1 963 700	1 596 900	2 717 800

由表 5 中支点反力计算结果可知, 工作状态侧吹, 工作状态尾吹及非工作状态侧吹约束点的支点反力均为正, 而非工作尾吹风状态时 A 点出现了负值, 塔机可能出现倾翻。

为考核非工作状态尾吹风塔机倾翻的可能性, 在

非工作状态尾吹风工况下,放开 A 点的约束,得到剩余三点的计算结果见表 6。

表 6 非工作状态尾吹风支点反力计算对比结果/N

状态	四点约束	放开 A 点约束
A	-347 290	—
B	1 182 600	520 020
C	1 183 300	520 600
D	2 717 800	2 084 600

由表 6 计算结果可发现,非工作状态尾吹风在 A 位置处虽然出现了负值,但将 A 处约束放开后计算得到 B、C、D 三点的支反力为正,因此在以上工作状态下,塔机不会发生倾翻。

工况是非工作尾吹风。因此在今后的分析设计中只分析此状态即可。还可以看出,此次分析的设备除了连接处强度不够,其余均能满足工作要求。对此本文提出解决方案,即在连接处增加连接板或增加连接板厚度和焊接强度。

参 考 文 献

- 1 机械工程材料性能手册. 北京:机械工业出版社,1994.12
- 2 马鹏飞. 附着式塔式起重机塔身结构有限元分析. 机械科学与技术,1998;17(5):748—750
- 3 王彷,高顶. 塔式起重机整体结构的有限元分析. 煤矿机械,2009;30(2):96—97
- 4 郝文化. ansys7.0 实例分析与应用. 北京:清华大学出版社,2004

4 结论

从结果分析中可以看出,塔式起重机最危险的

Finite Element Analysis of Tower-body of Tower Cranes

GUO Shu-juan, KONG Xiang-jun, HAN Jie, LU Hai-yan

(School of Vocational Technology, University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun 113001, P. R. China)

[Abstract] Tower-body is the import part of the tower crane. The application of large-scale finite element analysis software-ANSYS for an analysis and calculation of Tower-body of Tower Cranes in working and non-working state are introduced. The distribution of the total displacement of cloud in working and non-working state, various state Tower-body equivalent stress distribution of cloud are given. According to results of the analysis, its structure has been optimized, the risk is controled effecheiveey and the safety of the equipment is enhanced.

[Key words] tower crane finite element analysis tower-body stress structural optimization