

塔式起重机整体结构有限元分析

赵伟¹ 王良文² 徐中明¹ 张志飞¹ 张文金¹

1 重庆大学 重庆 400030 2 郑州轻工业学院 河南 郑州 450002

The Finite Element Analysis for Tower Crane's Whole Structure

ZHAO Wei¹ WANG Liang-wen² XU Zhong-ming¹ HANG Zhi-fei¹ HANG Wen-jin¹

1 Chongqing University Chongqing 400030 2 Zhengzhou University of Light Industry Zhengzhou 450002

摘要 运用大型有限元软件 ANSYS 对某塔式起重机整体结构进行了静力分析和模态分析,并对建模的方法、技巧及注意问题进行了讨论。在静力分析的基础上获得了结构的应力分布,并将计算结果与实际测试结果进行了比较。通过模态分析获得结构的固有频率和振型,结合塔机实际情况,分析了前 6 阶模态的振型。

关键词 塔式起重机 有限元分析 静力分析 模态分析

中图分类号 H2

文献标识码 A

文章编号 001-2257(2006)10-0067-04

Abstract The static analysis and the modal analysis of a tower crane's whole structure were completed with finite element analysis software ANSYS. Meanwhile, the modeling methods, skills and noticed problems were discussed. Based on the results of static analysis which were validated by the experimental results, the structure's distribution of stress was obtained. Combining with the condition of the tower crane, the first six mode frequencies and mode shapes were analyzed.

Key words tower crane; FEA; static analysis; modal analysis

0 引言

金属结构是塔机的重要组成部分,占整机的 70% 左右。它承受塔机的自重载荷及工作时的各种外载荷,必须在强度、刚度和稳定性等各方面保证塔机安全可靠的工作。随着塔机向大型、重载、超高和

超长方向发展,金属结构的设计显得尤为重要。从 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始,国内开始采用有限元方法对起重机械进行研究。其中对塔机各部分进行了大量的研究。例如对塔机起重臂进行了有限元模态分析及动态分析,对塔机臂架销轴连接进行了有限元分析,对塔机进行动态响应和测试,利用 ALGOR FEAS 软件对塔机结构进行动态分析,对塔机十字型底架的受力计算,对塔机回转平台的有限元分析等。目前对塔机各部件都有研究,但对塔机整体结构的研究还较少。我们结合目前的塔机研究现状,运用大型有限元软件 ANSYS 对某塔式起重机整体结构进行有限元分析。

1 塔机有限元模型的建立

塔机的金属结构主要包括塔身标准节、塔顶、起重臂架、平衡臂、外套架、附着装置、变幅小车、吊钩以及上下转台、司机室等。它是一个复杂的金属结构。在有限元建模时进行了如下简化。

a) 对塔机结构进行整体分析时,将回转支承结构等实体部件采用梁杆单元进行等效。使塔机的整体分析中只包含梁单元,避免了具有不同结点自由度的梁单元和板壳单元的联接问题。在作完整体分析之后,再将整体分析中得到的等效单元的结点力作为外载荷,采用板壳单元单独分析回转机构。

b) ANSYS 提供了多种梁杆单元。在塔机分析中以梁单元为主,杆单元用得很少,且可用梁单元代替。分析采用了梁单元 BEAM188。节点的建立是根据 2 杆的交点,每个交点处均为 1 个节点。此外,应按截面的型心位置确定节点的位置。

在对塔机整体结构进行建模时,采用命令流方式。在建模过程中作了以下处理。

a) 为便于确定结点的位置,即结点坐标的输入,可在适当的位置建立局部坐标系或使用工作平面的

收稿日期 2006-04-28

《机械与电子》2006 年第 10 期

重力力然后用力载下的应力值减去自重应力力得到负载应力与测试应力比较物

通过对工况一和工况二下的有限元分析和实验测试物比有限元分析结果和实验测试结果可知有限元分析结果除个别点外物都具有较高的精度物且在位移分布图中发现塔机结构在 2 种工况的最大变形均发生在起重臂架的端部物变形较大物在 0.7 m 左右物对于塔机运行安全性有很大影响物这就要求在塔机设计中采取有效的措施物对其变形进行控制物

3 模态有限元分析

塔机是一种需要经常启动、制动和具有复合运动的机械物在这些过程中机构将承受强烈的冲击振动物当这种振动与自身固有频率相等时物要发生共振现象物使振幅变大物在结构内部产生很大的动应力物从而破坏结构物严重危及到人身安全物所以必须进行动特性分析物模态分析物就是用于确定结构或机器部分振动特性物固有频率和振型物因此有必要在塔机结构设计中进行模态分析物确定塔机的振动特性物模态分析约束条件与静力分析时采用相同物

外激励主要由起升机构、顶升机构、变幅机构和回转机构的运动和风载等引起物起升机构对应 2 种转速的频率为 0.15 Hz 或 0.29 2 Hz 物顶升机构的频率为 0.08 3 Hz 物变幅机构对应 2 种转速的频率为 0.04 Hz 或 0.06 Hz 物回转机构对应 2 种转速的频率为 0.05 1 Hz 或 0.10 3 Hz 物风载的频率一般为 0.05 Hz 左右物所以只需要提取低阶固有频率就能较好地反映系统的动力特性物前六阶模态频率如表 1 所示物可见塔式起重机的低频固有频率较多且相距较近物

表 1 模态分析各阶频率

阶数	1	2	3	4	5	6
频率	0.083	0.017	0.019	0.094	2.034	3.092

塔机结构的前 6 阶模态振型如图 2 ~ 图 7 所示物塔机结构第 1 阶振型是塔身的扭转振动物第 2 阶振型是塔身前后摆动引起的吊臂的点头运动物第 3 阶振型是塔身的侧向摆动物第 4 阶振型则主要对应吊臂结构的上下摆动物第 5 阶振型为平衡臂和臂架在回转平面内弓形的弯曲振动物第 6 阶振型主要为臂架的上下小幅振动物

由于风载的频率在 0.05 Hz 左右变化与第 1 阶振型的频率相近物能引起塔身的扭转共振物顶升

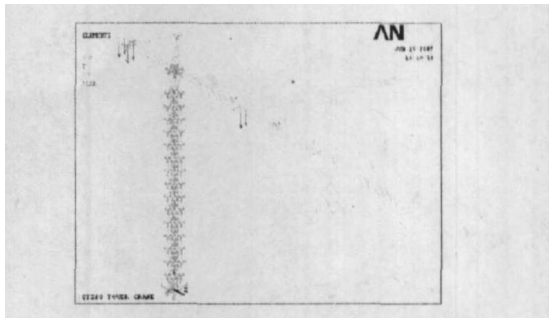


图 2 第 1 阶振型

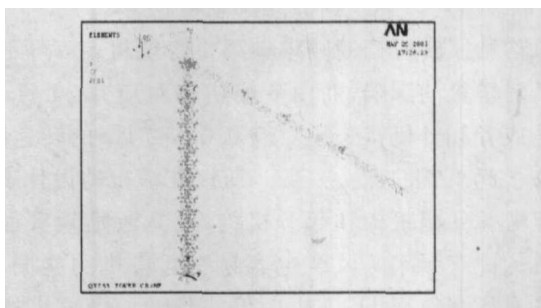


图 3 第 2 阶振型

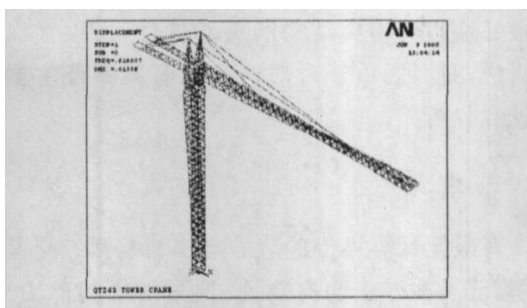


图 4 第 3 阶振型

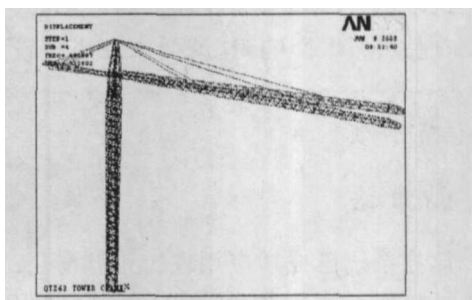


图 5 第 4 阶振型

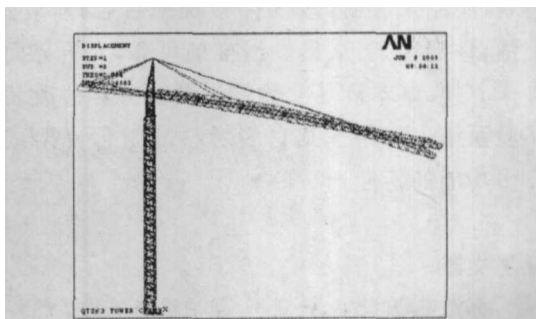


图 6 第 5 阶振型

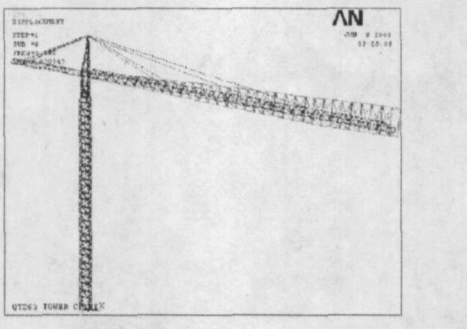


图7 第6阶振型

机构和回转机构的频率较第1阶低得多,可不考虑其对塔机的影响,而由变幅机构对应0.4 Hz的转速或者起升机构采用对应0.29 2 Hz的转速时,容易引起吊臂的点头共振。所以在塔机的设计中要重点考虑变幅机构和起升机构,使其激励频率远离塔机的固有频率。风载也容易引起塔机的共振,因此在有风载作用下,塔机应停止作业。由该塔机的固有频率和外激励可知,其前四阶频率及主振型就可以很好地描述塔机结构的振动特性。所以在以后的分析中,我们侧重于对前四阶固有频率及主振型的比较和分析。

4 结束语

有限元计算得出的应力与塔机检测结果基本一致,验证了本方法的有效性。通过对塔机静力分析,发现塔机结构在2种工况的最大变形均发生在起重臂架的端部,变形较大,在0.5 m左右,对于塔机运行安全性有很大影响。这就要求在塔机设计中采取

有效的措施,对其变形进行控制。在对塔式起重机进行模态分析时,获得了塔式起重机结构的固有频率和振型,对塔机的设计和振动性分析提供了准确的数据,并为后续的动态分析提供了数据。

参考文献

- 郑海斌. 塔式起重机起重臂有限元模态及动态分析[J]. 建筑机械化, 2004(4): 64-67.
- 李海虹, 陈永会, 李志谭, 李志恢. 利用有限元法进行塔机起重臂的动态分析[J]. 太原重型机械学院学报, 2003(4): 106-109.
- 李静, 张翠华, 肖颈松. BQ系列塔机臂架销轴连接有限元分析[J]. 湖北电力, 2003(10): 34-36.
- 黄珊秋. 塔式起重机动态响应分析和测试[J]. 建筑机械, 2000(1): 25.
- 张俊. LGORFEAS软件在塔式起重机结构动态分析的应用[J]. 机械设计与研究, 2001(7): 20-22.
- 李学洪. 塔式起重机十字型底架的受力计算[J]. 建筑机械, 2003(8): 8-20.
- 苗雨顺, 王乔, 许芹. 塔式起重机回转平台有限元分析[J]. 建筑机械化, 2004(5): 55-56.
- 张利英, 赵昕哲, 吴建松. ANSYS在塔式起重机结构分析中的应用[J]. 建筑机械化, 2004(7): 7-9.

作者简介: 赵伟, 1983-年生, 四川仁寿人, 重庆大学机械工程学院汽车工程系硕士研究生, 研究方向为机械设计、计算机辅助工程。
汪良文, 1963-年生, 湖北江陵人, 重庆大学机械工程学院机械设计系主任, 教授, 研究方向为机构分析与综合、新型建筑建材机械设计开发、振动技术应用的研究所。

上接第37页

3 结束语

监控系统已成功应用在二甲基醚、天然气双燃料发动机的台架试验中。通过一段时间的调试、运行,试验结果表明,该硬件系统配置合理,软件设计灵活,性能稳定,采集数据准确可靠,人机界面友好,操作方便,基本满足实验测试要求。经过改装后,本实验系统也可用于其它多燃料的组合台架试验,具有多功能的特性。

参考文献

- 张煜盛, 常汉宝, 张亚军. 柴油机高效清洁燃料二甲醚DM E的研究及发展[J]. 内燃机工程, 2001(2): 2.

- 尧命发, 斯都, 许俊峰, 金萍. 二甲基醚DM E燃烧特性研究[J]. 内燃机学报, 2001(9): 97-203.
- 尧命发, 郝尊清, 王洋, 徐本雄. DM E/CNG双燃料均质压燃发动机性能实验研究[J]. 燃烧科学与技术, 2004(10): 55-159.
- 陈继荣. 基于AL编程器原理与应用技术[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1991.
- James W. McCord. Borland C++ 3.0程序员参考手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- 谢辉. 车用柴油机新型共轨蓄压式电控燃油系统及其开发系统的开发研究[J]. 天津: 天津大学, 1998.

作者简介: 孙戎, 1946-年生, 河南浚县人, 天津大学职业技术教育学院高级讲师, 硕士研究生, 从事内燃机教学研究工作。