# 塔式起重机整体结构有限元分析

### 

The Finite Element Analysis for Tower Crane s Whole Structure ZHAO Wei<sup>1</sup> #WANG Liang - wen<sup>2</sup> #WU Zhong - ming<sup>1</sup> #ZHANG Zhi - fei<sup>1</sup> #ZHANG Wen - jin<sup>1</sup>

牖\枕hongqing University 牧hongqing 400030牧hina拴牧hengzhou University of Light Industry牧hengzhou 450002坎hina犢

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

**关键词**攀式起重机**馅**限元分析**给**力分析**偿**态分析

中图分类号数H2

文献标识码拳

文章编号 4001 - 2257 2006 10 - 0067 - 04

Abstract he static analysis and the modal a nalysis of a tower crane s whole structure were completed with finite element analysis 斯EA贖soft ware ANSYS 如 eanwhile 物 he modeling methods 物 skills and noticed problems were discussed 物 ased on the results of static analysis which were validated by the experimental results 物 tructure s distribution of stress was obtained 初 ombining with the condition of the tower crane 物 he first six mode frequencies and mode shapes were analyzed 初

# 0 引言

金属结构是塔机的重要组成部分轨片整机的 70%左右轮承受塔机的自重载荷及工作时的各种 外载荷松须在强度、刚度和稳定性等各方面保证塔 机安全可靠的工作物箱着塔机向大型、重载、超高和

# 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、司机室等特定是一个复杂的金属结构、推有限元建模时进行了如下简化牣

b物 NSYS 提供了多种梁杆单元特在塔机分析中以梁单元为主特杆单元用得很少特面且可用梁单元代替物分析采用了梁单元 BEAM188 物形点的建立是根据 2 杆的交点特异个交点处均为 1 个节点针比外应按截面的型心位置确定节点的位置物

在对塔机整体结构进行建模时\*採用命令流方式\*推建模过程中作了以下处理物

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

收稿日期犂006-04-28

《机械与电子》2006年10년 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net 移动和旋转功能牣

b 物由于平衡臂的底杆是用 2 个角钢平行焊接于槽钢之上物的们竖直方向的距离较近可用一个槽钢代替物样可避免在底杆与槽钢连接处生成过多的方向节点物便于控制截面方向物提高了建模效率物

c物NSYS提供了几种通用截面供用户选用物但对于由 2 的角钢焊接而成的主玄杆I 切I 地截面如图 1 所示物。ommon section 的 Beam Tool不能满足分析需求物,此块采用创建截面牖朝前的方法创建一个非通用横截面和一个用户网格文件,现体方法是均值先创建一个主玄杆I 切I 截面实体模型物然后利用SECW RITE 命令牆MainMenu〉Preprocessor〉Sections〉-Beam - Write Sec Mesh讀将其保存物最后还要保证梁在空间安放位置与实际相同物

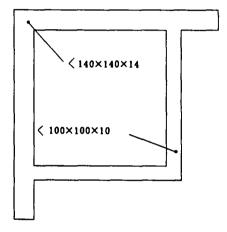


图1 主玄杆 I 划 截面

# 2 静力有限元分析

为便于对分析结果的可靠性进行比较及塔机结构强度、刚度分析状处取了2个极限工况进行分析拳工况一锅重处于幅度为13切8m锅重最大6t时拴工况二锅重处于幅度最大50m锅重为1切t时初

静力分析时特虑塔机提升重物悬于空中格机构都不工作状态下特所受载荷为静力特放塔机或其起重小车运行时的动载荷和冲击载荷都不予考虑特格机一般在露天工作特因此必须考虑风载的作用特认为风载是可沿任意方向作用的水平力物

具体载荷组合如下拳风载作用于塔机的侧面牖此时的风载最大;上上下,下状正况为两者之一,其它各部分重力加上的情况下进行初

#### 2物 约束条件的处理

a物路身底部结构与地基连接物路顶与上回转支

座连接及下回转支座与塔身连接特标准节的连接 作为固接支座处理特采用命令 D 约束其全部自由 度切

**b**物起重臂根部与塔机的回转节的相连块起重臂与2根拉杆的连接及拉杆与塔顶的连接特严衡臂的臂根和塔机回转节的连接、平衡臂和2根拉杆的连接及拉杆与塔顶的连接均按固定较支座处理切

c物耦合命令 CP 和 APDL 命令 \* DO \* END DO 的使用物自由度耦合模拟塔机中的铰链物用耦合命令 CP 将部件联接处各相应结点自由度耦合起来即可物于塔身使用了复制命令物。你不准节之间有4 个节点重合物需要耦合它们的所有自由度物及由于共有15 个标准节均耦合节点60 个物,且它们之间有联系物。容易使用 APDL 循环命令 \* DO \* ENDDO 来实现物,以采用耦合命令 CP 和 APDL 命令 \* DO \* EN DDO 来实现塔机标准节间的连接物,于其它需要耦合的地方均单独使用 CP 命令物

### 2物2 载荷的处理

由于司机室、起升钢丝绳等的重量相对于塔机的重量来说非常的小物产塔机的承载能力和和受力情况影响不大物 此忽略其影响物 吊钩组、变幅小车、爬升架、变幅小车牵引机构和起升机构物由于其重量很大或作用点特殊物 按其在作用点物 加等效的重力予以考虑物 私载按 GB忙T 13752 - 92《塔式起重机设计规范》计算物 均直接加在节点上物

#### 2物 注意的问题

a物在材料性质中输入密度物和果不输入密度物则 将不会产生重力效果物

b物由于 ANS YS 将重力以惯性力的方式施加物 所以在输入加速度时物,向应与实际的方向相反物

c物如果想显示梁单元的应力等值线图物必须打开实际形状显示功能牖PLotCtrl -> Style -> Size and Shape -> 和ESHAPE 选为 ON臍燃后即可绘制、物质量、单元 BEAM188的应力结果是在单元坐标系中显示的物 SX 为轴向正应力物,外物、省情况下物只输出 SX物如果想观察 SXY物、XZ物可将BEAM188的 KEYOPT牖欖选为 Include both 牣

#### 2物 塔机各工况下的静力计算与分析

由于测试应力值为轴向正应力物用且是只考虑负载引起的负载应力物但是在负载下用 ANS YS 计算的应力值为自重应力和负载应力之和物为与检测结果进行比较物必免求得由于塔机自重引起的自

重应力物 后用负载下的应力值减去自重应力物 到负载应力与测试应力比较切

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料具有较高的精度物质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物m左右物于塔机运行安全性有很大影响物或就要求在塔机设计中采取有效的措施物料其变形进行控制物

# 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指这种振动与自身固有频率相等时物聚发生共振现象物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生安全物所以必须进行动特性分析物膜态分析物就是用于确定结构或机器部分振动特性漏固有频率和振型激烟此有必要在塔机结构设计中进行模态分析物度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牡光升机构对应2种转速的频率为0物15Hz或0物292Hz牡颜升机构的频率为0物083Hz牡疫幅机构对应2种转速的频率为0物4Hz或0物6Hz牡间转机构对应2种转速的频率为0物051Hz或0物103Hz牡风载的频率一般为0物5Hz左右切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的六阶模态频率如表1所示物了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牣83	0掬17	0物19	0物94	2物34	3牣92

塔机结构的前 6 阶模态振型如图 2~图 7 所示特机结构第 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**½5** Hz 左右变化与第 1 阶 振型的频率相近**切**形 能引起塔身的扭转共振**切**所升

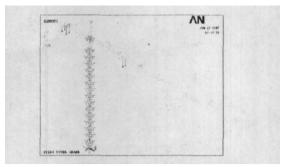


图 2 第 1 阶振型

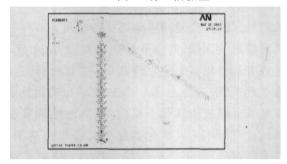


图 3 第 2 阶振型

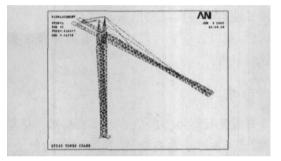


图 4 第 3 阶振型

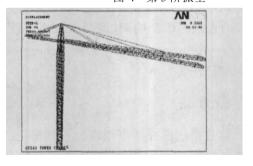


图 5 第 4 阶振型

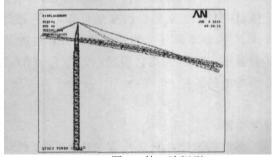


图 6 第 5 阶振型

《机械与电子》2006年0牘 :1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

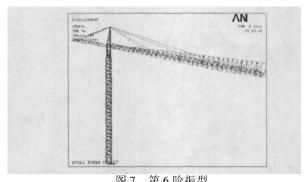


图 7 第6阶振型

机构和回转机构的频率较第1阶低得多物可不考虑 其对塔机的影响特面由变幅机构对应 0 物4 Hz 的转 速或者起升机构采用对应 0 5529 2 Hz 的转速时特容 易引起吊臂的点头共振物所以在塔机的设计中要重 点考虑变幅机构和起升机构物使其激励频率远离塔 机的固有频率物风载也容易引起塔机的共振物此在 有风载作用下特点应停止作业物。该塔机的固有频 率和外激励可知维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特所以在以后的分析 中、我们侧重于对前四阶固有频率及主振型的比较 和分析牣

### 结束语

有限元计算得出的应力与塔机检测结果基本一 致物证了本方法的有效性输过对塔机静力分析物 发现塔机结构在2种工况的最大变形均发生在起重 臂架的端部特形较大特在0物 m 左右物计于塔机运 行安全性有很大影响物的就要求在塔机设计中采取

有效的措施、對其变形讲行控制,對对塔式起重机讲 行模态分析时获得了塔式起重机结构的固有频率 和振型物塔机的设计和振动性分析提供了准确的 数据维为后续的动态分析提供了数据牣

### 参考文献卷

- 翻犦 郑海斌4张大可4路式起重机起重臂有限元模态及动态 分析擺爆煙筑机械化物004端着4-67牣
- 擺爆 李海虹炼永会特志谭特杰恢特利用有限元法进行塔 机起重臂的动态分析擺爆肽原重型机械学院学报物 2003424職費406 - 109牣
- 犤犦 李 静\\*\\翠华\\*|j颈松\\$DBO 系列塔机臂架销轴连接 有限元分析罷爆煳北电力物003爛10灣4-36牣
- 獨爆 黄珊秋塔式起重机动态响应分析和测试探爆炸的机
- 擺爆 张 俊知LGOR FEAS 软件在塔式起重机结构动态分 析的应用擺爆机械设计与研究均001均加續20-22切
- 擺爆 李学洪特的式起重机十字型底架的受力计算擺爆难筑 机械化物003端槽48-20牣
- 獨爆 苗雨顺虾 乔特芹祖物格式起重机回转平台有限元 分析擺爆煙筑机械化物004號撞卷5-56牣
- 擺爆 张利英特区斯哲特是建松物 NSYS 在塔式起重机结构分 析中的应用擺爆建筑机械化均004端跨~7-59牣

工程学院汽车工程系硕士研究生物研究方向为机械设计、计算机辅助 工程华 良文 牖1963 - 濤房/糊北江陵人/炬庆大学机械工程学院机 械设计系主任4数授4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轫

#### 牖上接第37页牘

#### 结束语 3

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物通过一段时间的调试、运 行城验结果表明物态硬件系统配置合理物件设计 灵活、性能稳定、採集数据准确可靠、机机界面友好物 操作方便集本满足实验测试要求婚过改装后特本 实验系统也可用于其它多燃料的组合台架试验特 有多功能的特性牣

#### 参考文献奉

犤鸔 张煜盛牥汉宝牥张亚军垿柴油机高效清洁燃料二甲醚 牖DM Fi膏的研究及发展耀爆热燃机工程物2001物2牖牘47

#### - 22牣

- 擺爆 尧命发牧 斯都特伦峰特 萍牧 甲基酚油M F讀燃 烧特性研究擺爆办燃机学报2001切塊讀497-203切
- 擺爆 尧命发绑尊清牡 洋垛本雄物ME扩CNG 双燃料均 质压燃发动机性能实验研究擺橡燃烧科学与技术物
- 肥拳国科技大学出版社划991切
- 擺爆 James W物McCord物orland C++3物 程序员参考手册 犤M犦批京拳精华大学出版社物995牣
- 擺爆 谢 辉煌用柴油机新型共轨 蓄压式电控燃油系统及 其开发系统的开发研究翻爆抚津奉天津大学物998物

作者简介拳 戎 牖 946 - 凛愣 物 南 滚县 人 状 津 大 学 职 业 技术教育学院高级讲师物工研究生物事内燃机车教学研究工作物