

动臂塔式起重机结构设计及分析研究

臧 义

中建七局总承包公司机械设备租赁公司 河南 郑州 450000

【摘要】：通过对动臂塔式起重机塔身与起重臂的主要构造技术参数进行了灵敏度解析，并设定了优化设计变量，构建了以提高双动臂塔式起重机固定振动频率为设计优化主要目标的构造动态优化设计模型，进一步优化了结果表明，通过增加塔体横截面边宽度和降低了塔体横腹杆和起重臂参数，不仅有效的增加了动臂塔机刚度，并可降低结构总质量。

【关键词】：动臂；塔式起重机；结构设计

前言：

动臂塔式起重机（以下简称动臂塔机）和小车型塔式起重机比较，回转零点半径小，使用灵活性，更适用于对施工条件要求特殊、空间场地狭窄的城市施工中的重大建筑结构物件吊装作业。此外，由于动臂塔机在工作过程中因改变幅度和回转运动，使得整机构件的连接角相应改变，而整体构件固定振动频率也将相应改变，进而影响全机器的活动特性。而固定振动频率又是评判整体结构动态刚性的重要技术参数，所以，计及改变幅度和回转运动对整体构件固定振动频率的影响后，以改善整体构件固定振动频率为目标，对动臂塔机进行整体构件优化设计就有着重大的工程实际意义和应用实际价值。此外，有关于起重机结构优化工程设计方面的研究，但目前大多集中在小车式塔组制造或机械部件工程设计方面。

1 材料及钢型的选择

1.1 材料的选择

动臂塔机的各种金属框架大多是采用结构钢，由于各种金属框架占整机的约百分之七十，所以对金属板材的选用是工程设计时必不可少的环节之一，在对各种金属材质的选用方面需要考虑的主要技术特性原因有如下几个：（1）材质屈服硬度和抗拉硬度：这两种值比较高较好，由于材质屈服硬度比较高可减少各种金属结构材料的自重，节约物料，降低制造成本；抗拉强度高可增强结构安全储备。（2）延伸率：延伸度较高较好，而延伸度可表示金属材料塑性性能，其数值越高，塑性越好。材料塑形刚好可以使构件局部的应力集中通过材料塑形变形得到解决，从而防止了局部损伤。当构件内部发生了巨大的残余材料塑形变形，人们就能够立即察觉到并采用适当处理措施确保安全。（3）保证一定的撞击初度：撞击韧性好对安全是一种保障。（4）较好的工序特性：指冷弯性能和可焊性能。加工工艺好能使构件的制作工序更加简单，而且构件的硬度、塑形、冲击初度等特

性没有因加工而遭到明显的不良影响。材料的加工特性好，也有助于增加效率、节约制造成本、增加可信度。按照当前金属板材的产量与供需状况，一般塔机制造公司多选用普通结构钢，其动力学特性与工艺技术特性较好，其种类型号齐备，供应链完善，物美价廉，使用广泛。

1.2 钢材规格选择

动臂塔所使用的钢材型号主要有：H型钢、工字钢、方型钢、圆型钢、高角铁等。其中H型钢和工字钢属于大开口直径型钢，而圆钢和方钢则属于管材类型，在选用钢材型号的时候必须兼顾各类钢材的特性。比如，H型钢和工字钢的XY两轴，直径尺寸惯性矩、旋转半径范围、直径尺寸抗扭弹力模量等差别都很大，轴线方向均可受弯，次轴则不行。

2 灵敏度分析

根据对动臂塔台的模态分析和谐反馈分析研究结果，在起重臂仰角变化最大时，第二阶固定频段对动臂塔台的运动刚性影响很大，所以，选择了第二阶的固定频段为研究对象，并开展了灵敏度分析方法研究。此外，因为平衡臂质量相对较为集中，为简化计算结果，忽略对平衡臂的影响。根据塔身和起重臂设计参数进行解析，如果灵敏度值为正，则表示第二阶固有频率会随着设计参量的增加而提高，如果灵敏度值为负数，表示第二阶固有频率会随着设计参量的增加而降低，如果灵敏度比预测值越大，则表示此参数对固有频率的灵敏程度也越大。

加大塔体横截面边宽度、塔体弦杆和斜腹杆的各个长度均可增加动臂塔机的第二阶固定频谱，而降低塔体横腹杆、起重臂弦杆和腹杆的各个长度也都可增加动臂塔机的第二阶固定频谱，其技术参数 t_5 、 t_1 、 t_5 、 t_6 、 B 、 t_3 、 L_1 均对第二阶固定频谱比较灵敏。所以，在设定塔机构造基本参数时，不但要考虑刚性和静刚性，而且还应充分考虑到上述技术参数对固定振动频率的影响。

3 有限元分析基本理论

有限单元法是上世纪中期发展起来的,以变分法和加权余量法为基础理论,有限元分析的基本思路是用有限个互不交叉的单位取代了无穷数量的单位。而有限元法的主要功能是将现实里难以解决的困难问题简单化,从而把最简单的模型问题以数值分析等方式作近似处理。在解决现实问题时最常见的方法研究弹性连续体在输入不同的边界条件以及载荷变化等情形下的应力应变以及位移,在同一个连续体内这三种参数即使在不同的时间点上其值也会变化,因此应力应变和位移函数都是和位移密切相关的。在利用有限元软件处理现实问题时,往往会将连续体分割为很多个单位,这便是离散化的过程。将连续体中所有单元的空间位置关系都用一个插值计算函数来描述,然后再通过这个空间的插值函数算出其力学平衡方程。因为连续体中具有很多不同的单位,把每个单位的力学平衡方程加以整合之后,一个完整的连续体线性方程组就产生了,然后将其带入边界条件进行计算。

4 动臂塔有限元模型的建立

选择了 BEAM188,可在 ANSYS 软件里自动定义单元横截面,能更好地复原出如方管、圆管、角铁、工字钢、圆柱等各种类型钢的断面形态,从而使得理论计算结果和实际结果更为的相似。该自动臂塔的塔身、平衡臂、起重臂、A 型支架、还有刚性回转工作台等各种新型金属框架,均通过 BEAM 一百八十八单元实现了仿真构建。

优化工程设计的概念就是生产最优化工程设计方式,它的基本思路来自于设计优化基本原理,目的是为了寻找生产最优化工程设计方式,即得到一种方案后,既保持企业产品

设计要求不变,同时付出的量(例如体重、面积、体重、应力、时间和费用)也做到最小。ANSYS 软件中提供的 Opt 模板是优化设计模板之一,给使用者处理优化问题带来了方便。

工程设计变数:就是不同自变量,如厚度、直径、倒角曲率半径范围、孔数量和位置等量,工程设计变数应指定适用范围,通过修改工程设计可变数据适用范围进行实际结果优化工程设计,数量通常不大于 60 个;状态变量:也就是因变数,是工程设计可变的函数,如最大内部应力和极限、挠性的极限、固有频率变化最小等,但状态变量适用范围允许定义的不大于 100 个;目标函数:就是要尽量减少的因数,是工程设计可变的函数,如使重最轻,应力最少,变形最小等,注意目标函数的个数可以是一个;优化工程设计变数:把工程设计变数、状态变量和目标函数总体叫做优化工程设计变数;工程设计序列:指的是某个特定模块的工程设计参数总和;可行的产品设计:指的是将所有的约束条件都实现了的产品设计;分析文档:指的是通过 ANSYS 的命令流输入文档。

结束语:

经过对吊臂塔式起重机塔身和起重臂等关键技术参数的灵敏度分析,设定了结构优化系统设计主要变量,并构建了以提高动臂塔机固定频次为目标的结构动态优化模型,经过优化工程设计,在提高了结构强度和稳定性的前提下,通过修改塔体和起重臂等关键尺寸技术参数,不但有效增加了动臂塔机的固定频次,提高了结构动态特性,而且降低了全机钢构件的质量。

参考文献:

- [1] 刘继征.FZQ2000Z 型动臂塔式起重机臂架改进分析研究[J].特种设备安全技术,2018,(04):33-35.
- [2] 李永耀.FZQ2000Z 型动臂塔式起重机臂架改进设计与分析[D].西安科技大学,2018.
- [3] 崔少杰,范顺成,张顺心,管啸天.动臂塔式起重机整体结构优化设计的研究[J].制造业自动化,2015,37(05):84-86.
- [4] 王新聪.油缸变幅动臂塔式起重机方案设计与分析[D].大连交通大学,2014.