

液压扒渣机工作臂模态分析

刘焕伟 马芸慧 刘 鹏

(泰山科技学院, 山东 泰安 271002)

摘要 模态分析介绍振动模态是弹性结构固有的、整体的特性。通过模态分析方法理解液压扒渣机在某些易受影响的频率范围内的各阶主要模态的特性, 就可以准确判断结构在此频段内在外部或内部各种振源作用下产生的实际振动响应。因此, 模态分析是结构动态设计及设备故障诊断的重要方法。在结构分析中有重要的作用, 机器、建筑物、航天航空飞行器、船舶、汽车等的实际振动模态各不相同。模态分析提供了研究各类振动特性的一条有效途径。

关键词 液压扒渣机 工作臂 模态分析 振动

中图分类号: TU62

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)07-0022-03

国际上液压扒渣机的生产向大型化、微型化、多功能化、专用化和自动化的方向发展^[1]。为满足狭小空间挖掘装载的需要, 国外发展了斗容量在 0.25m^3 以下的液压扒渣机, 另外, 中、小型液压扒渣机趋向于单机多功能, 配备了多种工作装置, 除正铲、反铲外, 还配备了起重、抓斗、平坡斗、装载斗、耙齿、破碎锥、推土板、冲击铲、高空作业架等, 以满足各种施工的需要^[2]。在上述基础理论的指导下, 加速了液压扒渣机的更新换代进程, 并提高了其可靠性。

从国内情况分析, 我国正处在道路交通、城市建设等的高峰期, 而前几年大量投入使用的高速公路等基础设施, 正越来越多地进入维修保护期, 人们对城市道路建设和维护以及煤气管道、自来水管道的维护要求越来越高, 人力是无法完成的, 近几年小型基础设施逐渐增多, 因此, 小型化的土方工程施工机械设备必将代替人工劳动, 扒渣机可迅速有效地完成人力无法完成的工作^[3], 其灵活的工作空间、便捷的运输方式将会取代大型设备。

液压扒渣机是由工作臂与传送装置相结合, 抓取和传送功能为一体, 采用液压系统控制的工作装置, 主要用于隧道挖掘、哭鞍山工程及小断面引水洞等生产作业空间狭小、大型机械设备难以到达的场所。工作环境比较恶劣, 分析在极端环境下的受力情况很重要, 本文对极端状况下的工作状态做了静力学分析, 对工作臂做了模态分析, 建立了液压扒渣机的仿真模型, 对其进行了仿真。

液压扒渣机作为挖掘散料的重要设备之一, 加工质量与工作效率都需要不断提升。液压扒渣机主要用于矿洞、水电站引水隧洞、铁路工程隧道等一些生产

作业空间狭窄大型机械难以到达的施工地点, 进行各种矿石、散料、泥渣的挖掘、输送及装车作业。液压扒渣机对于降低工人繁重的劳动强度, 提高施工机械化水平, 提高工作效率, 都起着重要作用。因此, 液压扒渣机的发展对提高狭小施工空间场所的工作效率具有重要意义。

传统的液压扒渣机虽然总体结构满足要求, 但有些关键零部件不能满足工作要求, 致使设计出来的实体样机, 需要不断地试验和改进, 这样延长了生产周期, 为了提高产品的生产效率, 缩短产品的生产周期, 利用 ANSYS 对运动过程中的重要零部件进行模拟仿真, 确保设备在满足工作要求的前提下正常工作。

液压扒渣机在我国正处于蓬勃发展的时期, 但是与国外发展还有较大的差距, 易损件更换频繁, 保养维护成本高, 在有限的工作空间内不能灵活运动完成作业, 因此很难完成抓取散料进行复杂操作运动, 也不符合现代企业制造多样化和通用性生产的需求, 因此如何研发出运动灵活稳定, 控制方便高效, 在狭窄的工作空间内尽可能满足工作要求的液压扒渣机对我们提出了强烈要求。

计算机技术的发展, 为液压扒渣机的发展提供了动力。计算机辅助设计已被广泛应用于工业设计当中。CAD/CAE 软件大大提高了工作的效率。利用 ANSYS 对液压扒渣机工作过程中重要零部件进行运动学、动力学分析以及仿真模拟^[4], 进行液压扒渣机的运动轨迹规划及仿真, 这样突破了传统设计方法的局限性, 从而提高了液压扒渣机的设计精度, 缩短了生产周期, 节省了生产成本。

液压扒渣机的结构将直接影响其工作效率, 用

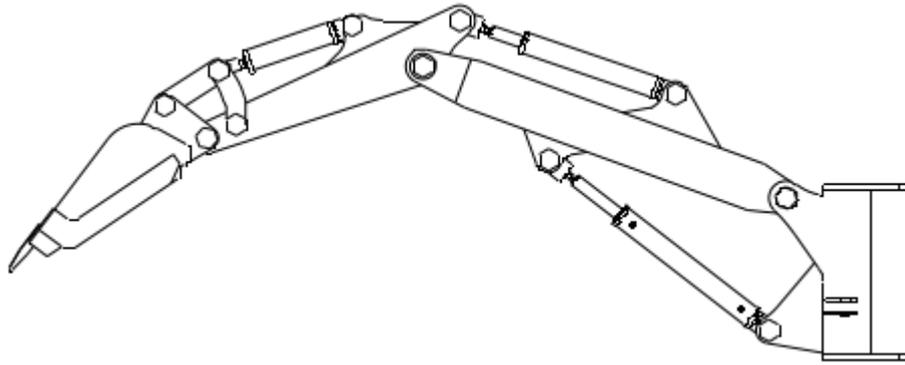


图1 工作臂结构图

表1 液压扒渣机主要参数

内容	单位	技术参数参考值	
机重	kg	7500	
装载能力	m ³ /h	≤ 80	
扒渣距离	mm	≤ 2000	
扒渣宽度	mm	≤ 4000	
扒渣高度	mm	≤ 3000	
扒渣深度	mm	≤ 500	
卸载高度	mm	≤ 2000	
行走速度	m/s	0.3	
传送带速度	m/s	0.75	
绞龙叶片长度	mm	≤ 1500	
工作坡度范围	°	< 30	
工作臂摆动角度	°	-30~+30	
额定工作压力	MPa	< 25	
总功率	kW	37	
操纵方式		主要液压控制(部分手动)	
履带宽度	mm	600	
最大物料通过尺寸(宽×高)	mm	350×350	
总体外形尺寸	长	mm	≤ 6000
	宽	mm	≤ 1600
	高	mm	≤ 2000

ANSYS 对工作过程中重要零部件进行运动分析与仿真模拟^[5],能缩短生产周期,提高工作效率,确保工作的可靠性。在保证结构合理的前提下,使其尽可能小巧灵活,增强实用性。

在煤矿、磷矿、铁矿等各种矿山及铁路、公路、水利、国防等隧道工程中进行碎石料采集工作时,都会用到扒渣机,扒渣机的使用使得装车变得方便,它是由机

械手与输送机相结合,扒渣和输送装车功能合二为一的机械设备,具有安全环保、能耗小、效率高的特点,在实际应用中,扒渣机经常需要在空间狭小或受限的工作场所进行装车装料工作,液压扒渣机主要在狭小空间或者受限的工作场合进行作业,但是现有扒渣机由于受各构件尺寸和协同关系的影响,还不能根据工作场合的空间范围、场地的环境做出适时调整,由于

工作臂的结构较复杂,对工作臂三维建模时需要进行适当简化,在简化过程中,主要构件的位置和尺寸不变。

扒渣机工作臂工作过程中不可避免地要发生振动,分析工作臂的振动情况能够更好地对工作臂的结构进行改进和路径进行优化,从而使整机的性能得到改进,扩大扒渣机的适用范围,减轻劳动力,更好地体现科技的新颖性和机械设备的优越性。现代几乎所有的机械工程结构都存在动载荷的问题,因此,在分析机械设备的实际工作性能时,瞬态动力学分析是很关键的,它反映的是零部件在受到动载荷作用下瞬时的变化规律。

本文以 ANSYS 软件为平台对工作臂的大臂和斗杆进行模态分析,模态分析得到它们的固有振动频率,避开周围环境的激振频率,避免产生共振,瞬态动力学分析得到它们的速度曲线及加速度曲线,并对曲线进行分析,对扒渣机某一极端工况进行瞬态动力学分析^[6],能够确定其瞬态载荷作用下应力、位移、速度、加速度等随时间变化的情况,对极端状况的瞬间进行分析能够更好地掌握扒渣机的工作性能。

模态分析是研究结构动力特性的一种方法,一般应用在振动领域^[7]。期中,模态是指机械结构的股友振动特性,每一个模态都有特定的固有频率、阻尼比和模态振型。模态分析用于确定机械设备的振动特性,即结构的固有频率和振型,以避开周围环境的激振频率,避免产生共振,它是承受动载荷结构设计中的重要参数。ANSYS 环境下的模态分析步骤主要包括建立有限元网格模型、施加边界条件、设置求解控制选项、求解、分析结果。典型的无阻尼模态分析求解的基本方法是经典的特征值问题^[8]。

$$[K]\{\phi_i\} = \omega_i^2[M]\{\phi_i\}$$

式中, [K]——刚度矩阵, $\{\phi_i\}$ ——第 i 阶模态的振型向量; ω_i ——第 i 阶模态的固有频率; [M]——质量矩阵。

大臂模态分析:在 Solidworks 中对大臂建模,导入 ANSYS 中,在 ANSYS 中定义单元类型,弹性模量为 200GPa,泊松比为 0.3,密度为 7800kg/m³,材料属性,完成后进行网格划分,建立的大臂有限元模型。

在 Solidworks 中对大臂建完模后导入 ANSYS 中,在 ANSYS 中对大臂进行单元类型、材料模型完成后进行网格划分,网格划分完成后对大臂与回转体铰接处施加固定约束条件,设置求解控制选项,最后进行求解,求得大臂一至六阶的振型图。

由分析结果可知,大臂前六阶固有频率分别为:47.0899Hz、80.9913Hz、363.63Hz、378.692Hz、394.045Hz、481.231Hz。由振型图可知,大臂受到的振幅较大,从

第三阶段开始出现明显的扭转振动,第四阶段出现弯曲变形。通常情况,液压扒渣机振源主要来自液压马达和行走过程中履带与地面之间的振动^[9],实际工作过程中,液压马达的转速低于 2200r/min,可知频率低于 36.7r/min,行走过程中履带的振动频率也比较小,这两种振动频率均小于大臂的固有频率,避免了共振现象的发生,保证了扒渣机正常工作的安全性。

斗杆模态分析:在 Solidworks 中对斗杆建模,为了简化模型并且不影响分析结果,删除不必要的倒角、圆角和小质量构建,导入 ANSYS 中,在 ANSYS 中定义单元类型、材料属性,完成后进行网格划分,建立的斗杆有限元模型。

在 Solidworks 中对斗杆建完模后导入 ANSYS 中,在 ANSYS 中对斗杆进行单元类型、材料模型完成后进行网格划分,网格划分完成后对铲斗与斗杆及斗杆与大臂铰接点处施加固定约束条件^[10],设置求解控制选项,最后进行求解,求得斗杆一至六阶的振型图。

由分析结果可知,斗杆前六阶的固有频率分别为:129.234Hz、194.622Hz、584.619Hz、713.378Hz、819.421Hz、890.766Hz。由振型图可知,斗杆受到的振幅较大,从第三阶段出现明显的扭转振动,第四阶开始出现弯曲,前六阶的固有频率远高于液压扒渣机振源的振动频率,斗杆工作时不会发生共振现象,扒渣机能够正常工作。

参考文献:

- [1] 程商. 国外挖掘机目前水平及发展动向 [J]. 农机市场, 2004(05):32-33.
- [2] 韩苇. 全球挖掘装载机竞争格局及市场分析(一) [J]. 建设机械技术与管理, 2014(07):64-65.
- [3] 许锁林. 浅谈挖掘装载机发展趋势 [J]. 建筑机械, 2014(04):30-33.
- [4] 冀满忠. 基于 MATLAB 的液压挖掘机反铲装置挖掘性能图的程序化绘制 [D]. 重庆:重庆大学, 2006.
- [5] 陈玉峰. 液压挖掘机工作装置运动与动力综合优化研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2005.
- [6] Champion. E. R. Finite Element Analysis in manufacturing engineering [M]. New York: McGraw-Hill, Inc. 1992:1-18.
- [7] 刘庆晨. 计算模态分析在发动机振动噪声中的应用 [J]. Cad/cam 与制造业信息化, 2013(12):99-100.
- [8] 黄志新. ANSYS Workbench 14.0 超级学习手册 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2013.
- [9] 同 [6].
- [10] 曹方梅. ZY8800/22/45D 型液压支架有限元分析及强度优化 [D]. 成都:电子科技大学, 2008.