

基于有限元方法的斗轮堆取料机上部结构动力学研究

彭小龙

(湖南省特种设备检验检测研究院常德分院 湖南 常德 415000)

摘要：斗轮堆取料机作为一种大型的物料输送设备设计时不仅要考虑结构的静刚度和静强度，动态特性往往也是重点考虑的因素。本文应用 ANSYS 有限元分析软件对斗轮堆取料机上部结构进行了有限元静力学分析、模态分析、谐响应分析。通过有限元静力分析，得出了斗轮堆取机的最大位移和最大应力，找出了工作装置的危险点位置。通过模态分析，得到了模型前六阶固有频率和振型，通过对工作装置的谐响应分析，找出了低阶频率范围内发生共振的激励力的频率，验证了工作装置稳定工作时斗轮的安全转速范围。

关键词：斗轮堆取料机；有限元；模态分析；谐响应分析

1 概述

斗轮机广泛运用于火电厂、港口码头、冶金、建材水泥、矿山、化工、煤炭与焦化厂原料储运场，可实现堆取、转运、装卸的连续作业，其性能优劣对整个散货运输工艺系统生产效率产生重要影响。斗轮堆取料机俯仰钢结构（上部结构）包括臂架、拉杆组、立柱和配重臂等部分。作为斗轮机的工作装置，承受着自重、物料重、挖掘力、风载荷等垂直、水平及侧向多种载荷。此外，由于结构的非对称性，还承受着附加扭矩载荷。

2 结构组成

斗轮堆取料机主要分为上部钢结构、行走机构、尾车和运输胶带机物料运输的辅助设备和电气设备和控制系统。

①上部钢结构：上部结构是斗轮堆取料机回转、变幅、实现堆取料功能的主要工作部分，包括斗轮机构、前臂、门柱、配重臂、拉杆、变幅油缸、回转轴承。

②行走机构：行走机构实现了整个设备的行走功能，包括门座、平衡梁和台车组。

③尾车和带式输送机是物料转运的辅助设备。

④电气设备和控制系统：电气设备和控制系统可实现斗轮堆取料机回转电机、走行电机、皮带机、液压马达、液压油缸的运动控制。

3 载荷组合

斗轮堆取料机结构和工况比较复杂，所以载荷和工况种类较多，既有静载荷又有动载荷，还有周期性载荷及瞬时冲击载荷，详细分析和归纳载荷组合是结构分析的首要任

务。

ISO5049 和 AS4324 标准将斗轮堆取料机所受载荷分为以下三类：

- ①主要载荷：正常工况下的永久载荷；
- ②附加载荷：工作状态下风载荷、异常挖掘力和异常侧向阻力、使用过程中设备走行时的偏轨侧向力等；
- ③特殊载荷：滑槽堵塞载荷、斗轮着地时的斗轮接地力等。

4 ANSYS 静力分析主要步骤及有限元模型建立

4.1 分析步骤

4.1.1 建立有限元模型

建立有限元模型主要定义弹性模量，材料属性等。

4.1.2 加载求解

加载求解包括以下步骤：进入求解器、定义分析类型和分析选项、施加约束和载荷、进行求解计算。

4.1.3 查看求解结果

通过后处理器查看节点和单元应力、节点支反力、结构变形量、固有频率等结果。

4.2 有限元模型建立

斗轮堆取料机上部结构由型钢和板材焊接而成，可以简化为梁单元进行模拟，配重块可以用质量单元模拟，拉杆受单向拉伸作用可以用杆单元模拟，上部结构单元类型如表 1 所示：

表 1 单元类型及模拟情况

单元类型	模拟情况
BEAM188	用来模拟全部的工字梁及箱型梁结构
MASS21	用来模拟减速器、电动机、斗轮、司机室及配重块
LINK8	用来模拟仅受轴向力的拉杆组
PIPE16	用来模拟横向联系的弦杆等

运用上述单元类型建立的有限元模型如下：

5 斗轮堆取料机静力学分析

5.1 刚度计算

从上述结果可知，X、Y、Z 方向的位移和理论计算结果基本相近。

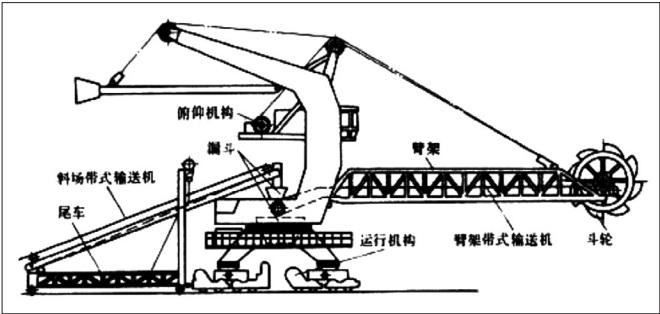


图 1 斗轮堆取料机结构图

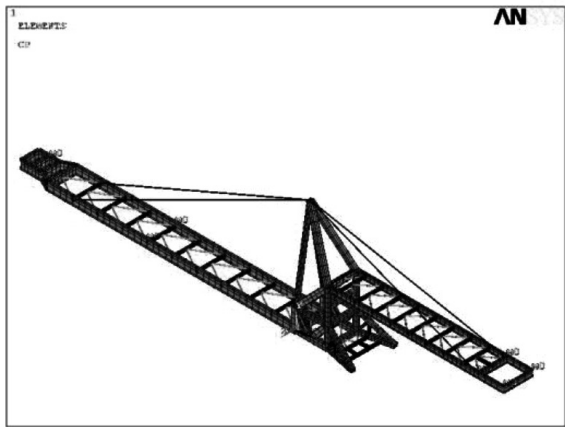


图 2 斗轮堆取料机有限元模型

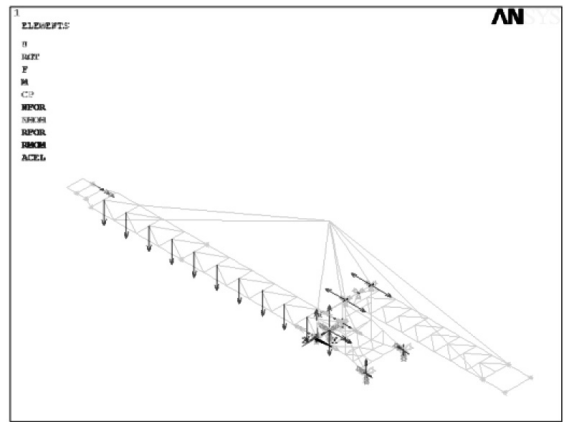


图 3 斗轮堆取料机约束及载荷

表 2 上部结构水平工作时最大位移

位移方向	最大位移 (mm)	最大位移位置
水平位移 (X 方向)	13.14	立柱的顶部
垂直位移 (Y 方向)	304.51	配重臂末端
水平位移 (Z 方向)	5.21	配重臂

5.2 强度计算

从图 4 和图 5 可知，最大应力发生在配重臂端部，且最大应力为 151MPa，材料的许用应力为 259MPa，应力在许用应力范围内，符合要求。

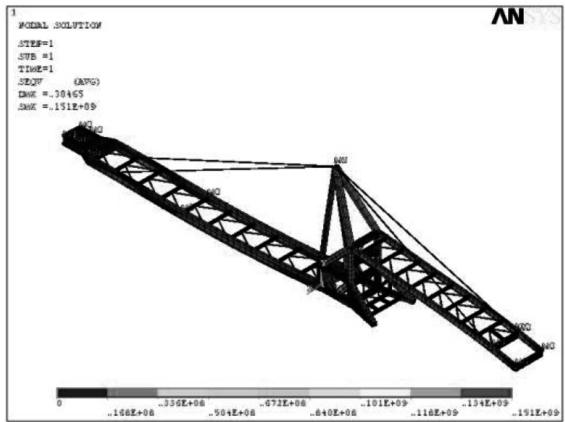


图 4 简化模型 Z 方向位移

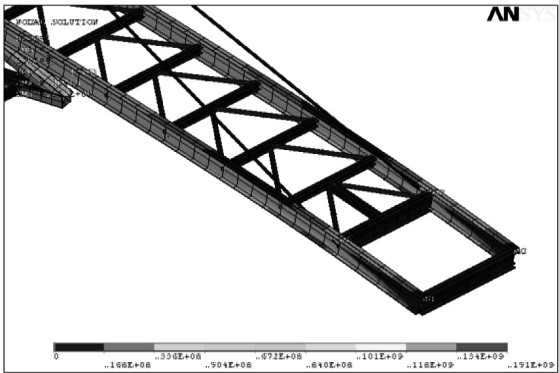


图 5 模型合成应力情况

表 3 模型模态分析结果

阶数	频率	振型说明
1	0.605	取料臂水平横向振动，配重臂小幅横向振动；
2	0.719	整个俯仰钢结构垂直振动；
3	0.939	配重臂水平横向振动，并带动立柱和取料臂小幅横向振动；
4	1.359	取料臂和斗轮体扭转，配重臂垂直方向小幅振动；
5	1.439	配重臂水平横向振动，并伴随扭转；
6	1.571	取料臂弯曲振动，斗轮体径向振动；

6 斗轮堆取料机动力学分析

6.1 模态分析

模态分析是求解结构的固有频率和振型等动态参数，为其动态设计与改进提供科学依据的方法，对改善斗轮堆取料机的工作性能，减少振动和噪声具有重要的意义。模态分析结果如下：

TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE	
1 0.60524	1	1	1	Y 方向振动
2 0.71962	1	2	2	
3 0.93914	1	3	3	
4 1.3597	1	4	4	
5 1.4392	1	5	5	
6 1.5711	1	6	6	

6.2 谐响应分析

在斗轮进行切割物料时，斗轮会受到周期性的载荷作用，切削力会传到斗轮臂架上，当激振频率与斗轮堆取料机的工作装置的频率一致时，就会发生共振，这对斗轮堆取料机将产生严重影响，因此有必要对其进行动力学研究。

谐响应分析是用于确定线性结构在承受随时间按正弦规律变化的载荷时结构的稳态响应的一种技术。分析的目的是计算结构在几种频率下的响应并得到一些响应值（通常是位移）对频率的曲线。从这些曲线上可以找到峰值响应。从而使设计人员能够验证其设计能否克服共振、疲劳，及其它受迫振动引起的有害效果。

本文在模型上取五个计算点，计算位移响应如下：

7 结语

由上图可知，在 X 方向，位移响应在 0.6Hz、0.9Hz、1.5Hz 处突然增大，说明当激励频率在这三个值时对结构影

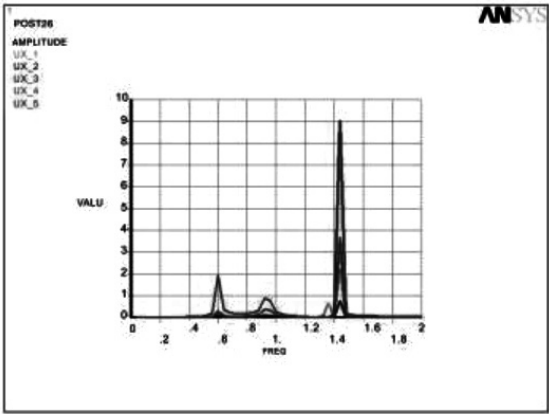


图 6 计算点 X 方向位移响应

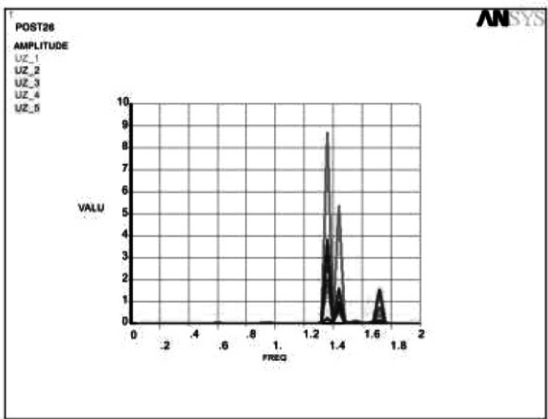


图 8 计算点 Z 方向位移响应

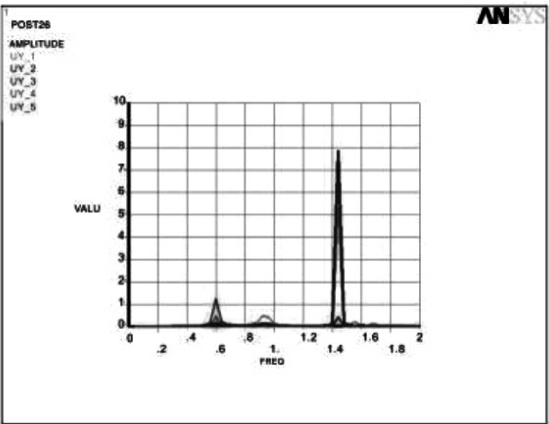


图 7 计算点 Y 方向位移响应

响较大，可能发生共振。

在 Y 方向，位移响应在 0.6Hz、1.5Hz 处突然增大，说明当激励频率在这三个值时对结构影响较大，可能发生共振。

工作装置在 Z 方向，位移响应在 1.3Hz、1.5Hz、1.7Hz 处突然增大，说明当激励频率在这三个值时对结构影响较

大，可能发生共振。

因此，综合三种情况可知，设计的斗轮转速为 5.69r/min，激励频率为 0.759Hz，X、Y、Z 方向的位移响应均较小，不会对结构造成较大的影响，斗轮转速设计合理。

参考文献：

- [1] 王金诺，于兰峰. 起重运输机金属结构 [M]. 北京：中国铁道出版社，2002.
 - [2] 邵明亮，于国飞. 斗轮堆取料机 [M]. 北京：化学工业出版社，2006.
 - [3] 耿华. 斗轮堆取料机工作装置动态特性研究 [D]. 长春：吉林大学硕，2006.
 - [4] 王娟. 斗轮堆取料机的力学分析 [D]. 大连：大连海事大学，2009.
 - [5] 徐克晋. 金属结构 [M]. 北京：机械工业出版社，1993.
 - [6] 李庆华. 材料力学 [M]. 四川：西南交通大学出版社，1994.
- 作者简介：彭小龙（1986-）男，汉族，湖南常德人，本科，工程师，研究方向：特种设备检验。

