

利用 CAD/CAE 技术分析和优化桥式起重机主梁设计

吴锋 冯建平

中国石油化工集团公司物资装备部

摘要：本文利用主流软件 Unigraphics 和 ANSYS，对采用三小车加一电动葫芦结构型式（QES40/20+20/5t）的桥式起重机主梁进行了有限元分析，并优化设计。由于有限元模型充分考虑了主梁大小筋板的作用和细节因素，能更真实地反映设备的综合性能，因此分析结果比手工计算更为准确，从而最大限度地提高材料的利用率，节约生产成本。

关键词：Unigraphics；ANSYS；筋板；生产成本

1 前言

随着中国经济的腾飞和机械工业的发展，起重机在人们生产生活中的应用越来越广，其形式和种类也越来越多，以满足不同场合的需要。

笔者在对一起重机企业的现场检验过程中，发现该企业采用了三小车外加一电动葫芦的结构型式（QES40/20+20/5t）。该企业设计人员采用传统手工计算发现要求吨位的起重机若采用常规截面，虽然强度验算符合要求，但主梁下挠度将与许用挠度相差无几。考虑到原材料偏差和制造加工误差，设计人员打算增大截面，以提高安全系数。为了帮助企业节约材料，降低生产成本，笔者采用目前最先进的有限元分析方法对该起重机进行了模型重建及有限元分析，以确定截面值及其安全性能。

2 有限元模型建立

2.1 起重机主要性能参数

该桥式起重机与普通桥式起重机不同，它有三个小车，

起升载荷分别为 40t 和 20t，另外在主梁一侧走台下还挂着一个 5t 的电动葫芦。主要性能参数为：额定载荷：40t；跨度：23m；小车轨距：3.6m；工作级别：A5；葫芦用工字钢：30# 特殊工字钢；40t 小车自重 10.884t；20t 小车自重 5.835t；5t 电动葫芦自重 0.631t；结构件材料采用 Q235B，主梁截面尺寸如图 1 所示。

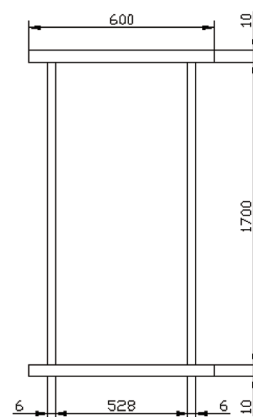


图 1 主梁截面尺寸

作者简介：

吴锋，工学硕士，工程师，从事起重机、影视器械和展览工具等研究。联系方式：179540021@qq.com

2.2 模型建立

本文采用 ANSYS 进行分析验证, 版本为 11.0。考虑到对于大型设备, ANSYS 的建模功能相对于其他三维设计软件薄弱, 故本文采用主流三维设计软件之一的 Unigraphics 进行该起重机的三维建模。建立好的起重机桥架模型如图 2 所示。



图 2 桥架模型

Unigraphics 软件除具有强大的三维实体建模与装配建模外, 还具有较强的运动分析、干涉检查、仿真运动及载荷分析功能。其网格划分及载荷添加功能, 运行速度较 ANSYS 快, 操作更为直观。故本模型在 Unigraphics 中划分网格、添加载荷和约束。对于起重机而言, 采用的是钢板焊接成型, 所用钢板厚度相对于梁截面的高度和宽度较小, 宜采用有限元中的 SHELL 模块进行网格划分^[1]。故本文采用 SHELL63 单元划分网格^[2]。

双梁桥式起重机是由四个大车车轮支撑在轨道上行走的。因此, 可参照空间简支梁来对桥架施加约束: 在一侧端梁两端车轮支撑处施加沿 Z 方向的约束, 另一侧相同部位施加沿 Y 和 Z 方向的约束。采用自由网格划分后的有限元计算模型如图 3 所示。

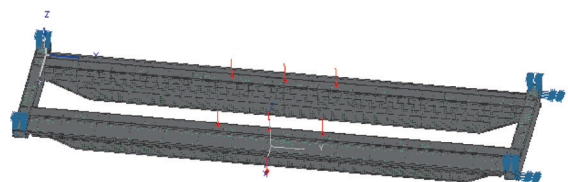


图 3 有限元计算模型

3 分析和验证

3.1 工况一

该起重机主梁设计载荷为 40t, 实际可能的最不利工况为中间 40t 小车在跨中起吊额定载荷, 其余小车离跨中最近距离, 同时 5t 电动葫芦位于跨中, 如图 4 所示。针对此工况对模型施加相应载荷, 如图 3 所示。将 Unigraphics 生成的有限元分析文件导入 ANSYS, 形成 ANSYS 的节点、单

元及相应的约束与载荷, 然后进入 ANSYS 进行问题的求解。计算所得位移云图如图 5 所示。

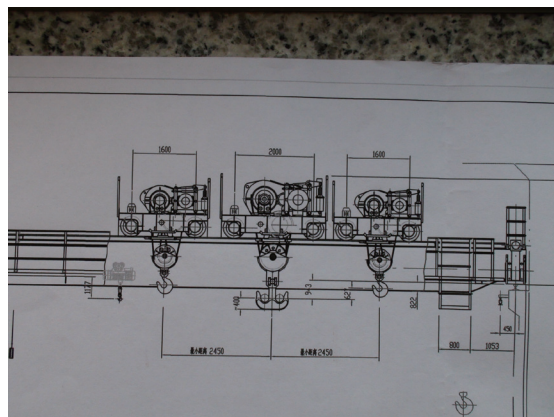


图 4 小车位置图

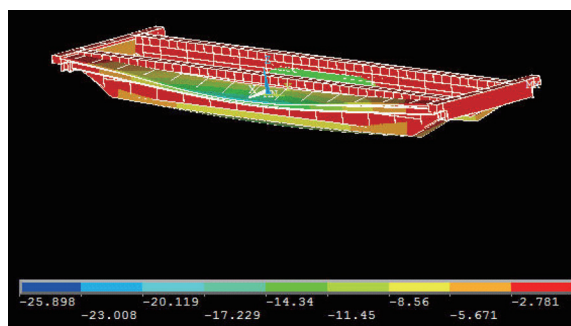


图 5 工况一主梁位移云图

从图 5 中可得跨中最大下挠值为 25.898mm。该起重机设计工作级别为 A5, 跨度 $L=23\text{m}$, 故许用跨度: $[f]=L/800=23000/800=28.75\text{mm}$ ^[3]。还有一定的余量, 符合要求。

3.2 工况二

该企业由于技术力量比较薄弱, 设计人员设计时比较保守。该企业提供的技术资料中对主梁下挠的计算采用的是最不利工况条件: 将所有小车及葫芦的重量均放于跨中进行验算, 得出下挠值为 28.13mm, 此值的确与许用值相差无几。但手工计算中没有考虑主梁内各筋板的作用。故在此以所有载荷均位于跨中进行有限元计算。在 Unigraphics 中针对工况二对模型施加载荷后, 转入 ANSYS 进行分析, 得位移云图如图 6 所示。

从图中可得跨中最大下挠值为 27.25mm。可见主梁内筋板的效果不可忽视。该截面还是可以满足使用要求的。另外工况二下的应力云图如图 7 所示, 由于从 Unigraphics

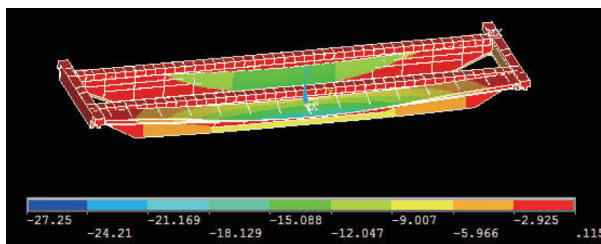


图 6 工况二主梁位移云图

导入到 ANSYS 后, 如不对单位制进行改动, 得到的应力单位为 kPa, 故最大应力为 123MPa。Q235B 许用应力为 135MPa^[4], 符合要求。

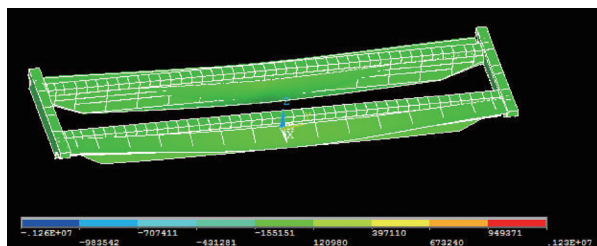


图 7 工况二主梁应力云图

4 结论

本文利用主流软件 Unigraphics 和 ANSYS, 对采用小车加一电动葫芦结构型式的主梁进行了有限元分析。与手工计算相比, 对起重机的有限元计算充分考虑了各大小筋板的作用及结构细节, 能更真实地反映设备的综合性能。通过对最不利工况和实际工况的计算分析, 表明该起重机现行设计的结构强度和刚度均满足要求, 无需增大截面。利用 CAD/CAE 技术, 将为企业节省大量生产成本, 在确保安全的前提下, 实现效益最大化。

参考文献

- [1] 谢慧超, 陈传胜, 孟亚. 基于 CAE 理论的起重机箱形梁有限元分析. 机电产品开发与创新, 2005, 2.
- [2] 秦宇. ANSYS11.0 基础与实例教程. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [3] GB/T 3811-2008. 起重机设计规范.
- [4] 张质文, 虞和谦, 王金诺, 包起帆. 起重机设计手册. 北京: 中国铁道出版社, 1998

《智能制造》杂志征稿通知

一、征文范围

1. 数字化设计与制造
2. 智能设计理论、方法及系统
3. 自动化与现代制造系统
4. 机器人技术及应用
5. 虚拟设计与虚拟样机
6. 网络化控制与制造技术
7. 绿色设计与绿色制造中的智能技术
8. 智能加工、智能检测与控制
9. 数字企业与数字化工厂
10. 制造系统建模、运行、控制、优化与调度
11. 先进制造模式与战略
12. 制造信息与知识处理
13. 数控技术与数字化装备
14. 现场总线与无线传感网技术

注: 以上内容范畴供参考, 围绕智能制造全领域, 具体题目

请自拟。

二、论文遴选、刊录出版和基本要求

1. 《智能制造》编辑部组织编委会有关专家, 对投稿进行审查、遴选, 择优刊登。审查遴选期限为自编辑部收到稿件后的三个月。对于刊登的论文, 编辑部提供正式录用通知。

2. 论文内容必须是作者未正式发表过的研究成果, 论文主题与智能制造相关, 投稿作者须恪守学术道德规范, 文责自负, 严禁一稿多投及中途撤稿。论文字数 4000 ~ 7000 字。

3. 论文应包括以下项目: 论文题目; 作者简介 (200 字以内, 包括姓名、工作单位、通信地址、电话、手机、电子信箱等); 中文摘要、关键词、标题和正文、参考文献。

三、编辑部投稿联系方式

联系人: 张友苹

联系电话: 010-68993880-293

邮箱: imchina@idnovo.com.cn