

一种半封闭框架结构基准面变形分析及优化

郭召

西安大医集团股份有限公司 陕西西安 710000

摘要：针对一款半封闭框架结构件的三坐标检测结果进行误差分析，对三坐标检测数据进行处理，绘制基准面变形趋势图，基于变形趋势对误差原因进行识别，通过有限元仿真分析对判断进行验证，模拟分析与实际判断吻合，证实了分析的正确性。提出了结构优化方向，并进行仿真分析验证，变形量显著下降，验证了优化方向的正确性。为生产实践提供了一种解决类似问题的思路，对同类结构件的设计优化及工艺优化有一定的参考意义。

关键词：吊装刚度；有限元；节点变形量；设计优化

1 序言

在一种半封闭框架结构件设计中，为实现大刚度比，采用了镂空的桁架式结构。第一批次投产两件，精加工完毕后进行三坐标检测，基准面 A 共面度要求 $0.05CZ$ ，其中一件达标，另一件实测 0.475mm ，超差 0.425mm ，返修后实测 0.196mm ，超差 0.146mm ，仍未合格。本文对超差原因进行追溯分析，通过有限元仿真对判断进行分析验证，为生产实践提供了一种解决类似问题的思路，为该类结构件的设计优化及工艺优化提供了参考。

2 半封闭框架结构的测量及数据分析

半封闭框架采用焊接结构，整体结构如图1所示。长度 2180mm ，宽度 490mm ，最大高度 463mm ，重量约 200kg 。工件顶部有一对MV导轨的安装结合

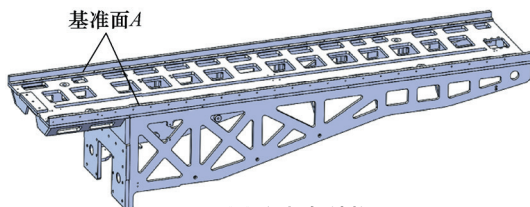


图1 半封闭框架结构

基准面 A ，由两段组成，分别记为 A_1 面和 A_2 面。在 A_1 面和 A_2 面分别采集11个数据点，测量时工件侧立放置，按图2所示测量点进行数据采集。

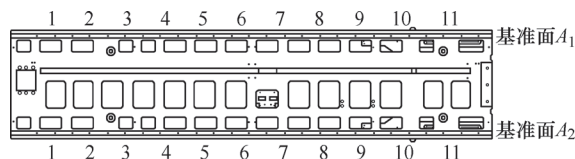


图2 测量点位置示意

为进一步分析基准面 A 中 A_1 面和 A_2 面的相对变形趋势，获取了所有测量点相对理论正确值的变化量，每根导轨面上分别采集11个测量点，间隔 210mm ，22个测量点的变形量数据见表1。

对22个测量点进行数据拟合，相对变形趋势如图3所示，两个要求共面的基准面 A_1 和 A_2 变化趋势相

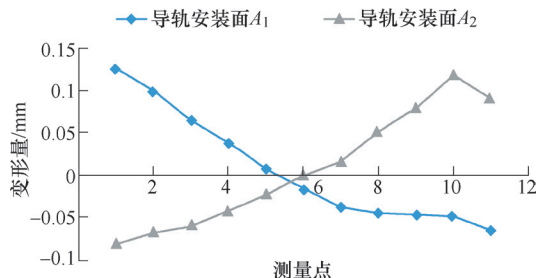


图3 导轨安装基准面变形趋势拟合

表1 测量点相对理论基准变形量

(单位: mm)

测量点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A_1 面变形量	0.126	0.099	0.066	0.040	0.007	-0.016	-0.038	-0.045	-0.046	-0.048	-0.064
A_2 面变形量	-0.082	-0.068	-0.059	-0.043	-0.023	0	0.016	0.0514	0.079	0.119	0.090

反，整体呈剪叉状趋势。

3 变形原因及仿真分析

根据变形趋势，初步判断是由于起吊时未严格按照设计吊点进行吊装，采用了两个吊点起吊的方式，导致结构件在自重作用下发生扭曲。对结构件进行简化，去除小螺纹孔及小倒角，建立有限元模型，共计43282个单元，90049个节点，结构件材料属性见表2，建立的有限元模型如图4所示。

表2 结构件材料属性

材料	弹性模量/MPa	泊松比	屈服强度/MPa
Q345-B	2×10^5	0.3	345

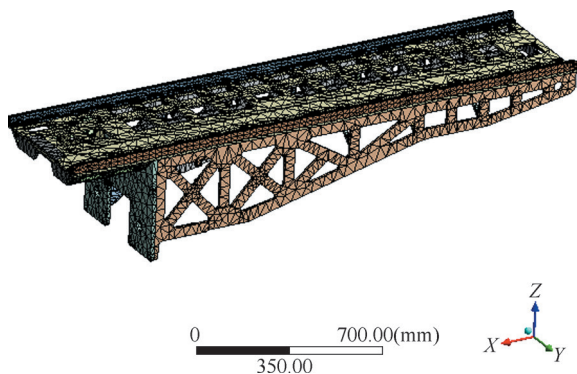


图4 有限元模型

模拟对角吊装进行有限元仿真分析，对结构件上4个吊装孔中呈对角的一对起吊孔施加固定约束，对结构件施加重力载荷，进行变形及应力分布求解。通过图5的变形云图可以观察到在两点起吊状态下，最大变形位于对角处，最大变形量达到0.517mm。施加4个吊点约束，进行对比分析，通过图6的变形云图可以观察到变形区域均匀，最大变形量0.025mm，变形量约减小为原来的1/20。由此可见，起吊位置对此类结构件变形量的影响非常重要。

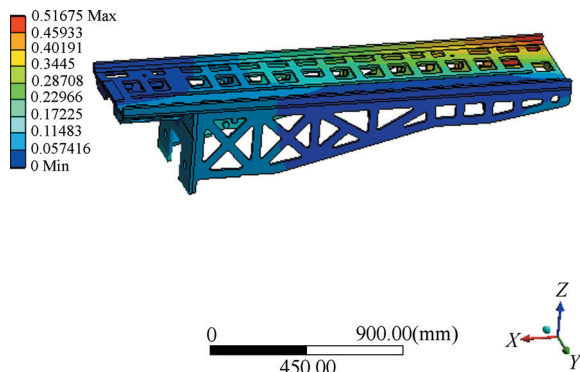


图5 对角起吊的变形云图

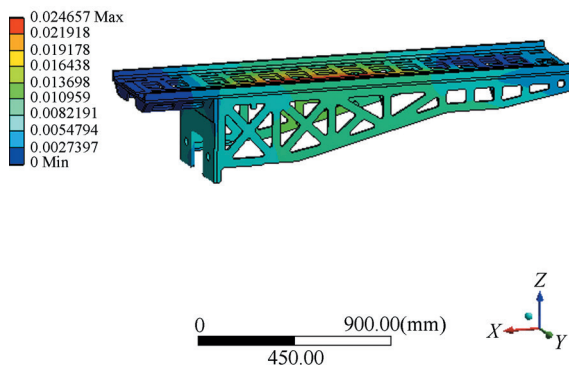


图6 四吊点起吊的变形云图

进一步分析对角起吊状态下导轨面 A_1 和 A_2 沿重力方向的变形量，仅显示安装面表面特征。为便于观察趋势，按5:1的比例进行显示，变形趋势如图7所示，整体呈剪叉趋势，这一点和实测数据吻合，证明了判断的正确性。

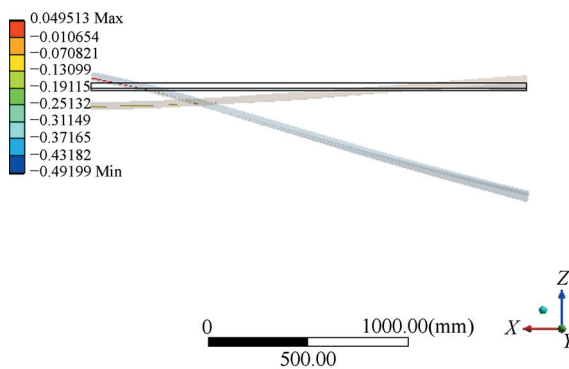


图7 导轨安装面变形趋势

4 改进思路

为避免后续出现同类问题，一方面在工艺文件中明确起吊方式，并对操作人员进行培训，要求严格按照设计的吊点进行吊装作业；另一方面从设计的角度考虑进行结构优化，提升吊装刚度。通过对数据进行分析，薄弱环节在结构件的开口位置，在不影响相邻件运动空间及安装空间的基础上，在开口位置增加 $\phi 30$ mm连接杆，将两侧壁板进行连接，构成一个闭合体，其中连杆位置尽可能靠近吊装点位置，以实现载荷的最优传递路径，优化后的模型如图8所示。按照前述两吊点对角起吊的方法进行有限元计算，变形云图如图9所示。在增加5根 $\phi 30$ mm连杆后，最大变形量由0.517mm减小至0.289mm，

(下转第86页)

通过对零件进行仔细分析,为了解决上述工艺问题,采用以下措施:①两耳为钳体总成的安装面,要求在同一平面内,平行度与平面度综合公差为0.05mm,要通过模具上下模整形,使两耳处材料变薄,以保证两耳的平行度及平面度。②为了抵消零件成形时的侧向力,从根源上消除材料跑料,需要在半圆中心处冲一预孔。预孔的选择非常重要,

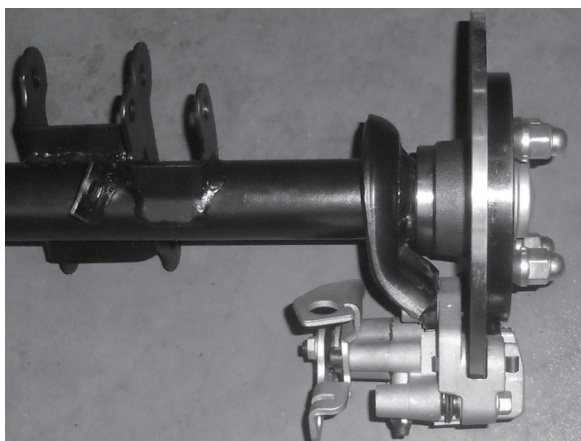


图8 后桥总成实物

预孔太大,则工件的壁厚变小,由于成形时侧向力的作用,孔将变形;预孔太小,则承受不住侧向力,会将定位销拉断。根据理论计算,选取 $\phi 20\text{mm}$ 定位销。结合本厂设备情况,最终确定支架的工艺方案为:剪条料→落料、冲预孔复合模→翻边成形→冲孔,共4道工序。

6 结束语

虽然新支架的生产成本比老支架有所增加,但产品质量明显提高,考虑用户及三包要求,实际成本降低。现在,该后桥产品已经批量供货。3年的生产实践表明,支架的改进非常合理,制动异响及抖动故障基本消除,零件质量稳定可靠,取得了良好的经济效益,为今后类似产品的设计及工艺分析提供了思路和借鉴。

参考文献:

- [1] 龚红英. 板料成形性能及CAE分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.

MW 20210102

(上接第83页)

变形量减小约50%,证明了改进方向是正确的。

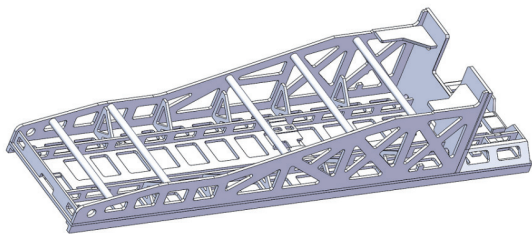


图8 优化后的模型

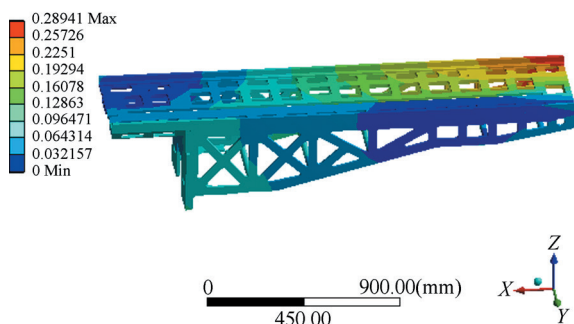


图9 增加连杆后对角起吊变形云图

5 结束语

对类似半封闭镂空结构件,其稳定承载满足使用要求,但吊装刚度不足。因此,在加工运输及装配过程中,需要严格控制起吊方式,避免结构件因承受过大扭曲载荷而产生变形。对结构进行设计改进,提高封闭性,可以提高整体刚度及吊装刚度。

项目支持:科技部十三五国家重点研发计划“多模式引导立体定向与旋转调强一体化放射治疗系统”(2016YFC0105200)

参考文献:

- [1] 王勇奎,殷帅兵,王哲,等. 基于ANSYS Workbench的预制舱最优起吊位置研究[J]. 科技展望, 2018 (19): 32-34.

MW 20210116