

基于 ANSYS Workbench 的轮式挖掘机行走架结构强度分析

覃文欢¹ 刘磊²

(1 柳州市柳北区旅游装备研究中心 广西 柳州 545000; 2 柳州柳工挖掘机有限公司 广西 柳州 545005)

摘要: 轮式挖掘机行走架是整个下车机构的主体, 承载所有内、外力及各种力矩, 工作条件非常恶劣, 对行走架的结构强度要求高。文章以 15 吨机型轮式挖掘机行走架为研究对象, 对其进行有限元分析, 施加更贴近于轮挖行走架实际工况的载荷, 分析其结构强度是否满足使用要求。

关键词: ANSYS Workbench; 轮式挖掘机行走架; 结构强度分析

0 引言

轮式挖掘机是以轮胎作为行走部件的挖掘机械, 以下简称“轮挖”。轮挖行走速度快, 不损坏路面, 能远距离自行转场及可快速更换多种作业装置, 具有灵活、机动性高的特点, 主要应用于市政、道路、破碎等工况。轮式挖掘机主要结构由工作装置、上车机构、下车机构等组成, 如图 1 所示。其中下车机构, 即底盘承担着整机的重量, 通过轮胎与地面之间的附着作用, 产生驱动力, 以保证机器正常行驶; 其传递并承受路面作用于车轮上的各种反力及其所形成的力矩, 工作条件非常恶劣, 因此对行走架结构强度要求很高。

传统履带式挖掘机在分析行走架结构强度时, 在受力上主要考虑以下两个方面: 一方面, 通过回转支承承受来自转台及所属部件(包括工作装置)的载荷(轴向力、径向力和倾覆力矩以及周向力矩); 另一方面, 通过驱动轮、导向轮和支重轮承受来自地面的载荷。轮挖由于底盘与履带式挖掘机底盘不同, 载荷及约束条件存在差异, 轮挖行走架强度分析需模拟轮胎与推土铲的支承作用。本文以 15 吨轮挖行走架为研究对象, 使用贴近于轮挖行走架实际工况的方法对其进行结构强度分析, 计算出轮挖行走架的结构强度, 检验其设计是否合理, 为轮挖行走架的设计开发以及

质量改进提供新的理论依据和方法。

1 轮挖行走架模型简化处理

1.1 几何模型简化原则

为了合理利用内存, 加快运算速度, 需要对轮式挖掘机行走架的几何模型进行简化处理。简化结构如图 2 所示。主要原则有以下几点:

- (1) 去除对强度分析影响较小, 仅因其他零件的安装、固定而存在的零件, 如中心接头安装板、黄油池底板及圆筒、马达盖板安装搭子、底封板安装搭子等;
- (2) 去除其他不起主要支承作用且对强度分析影响较小的零件;
- (3) 去除各零件中对强度分析影响较小, 仅起连接作用的螺纹、通孔等特征;
- (4) 通过焊接连接的两零件面间的距离

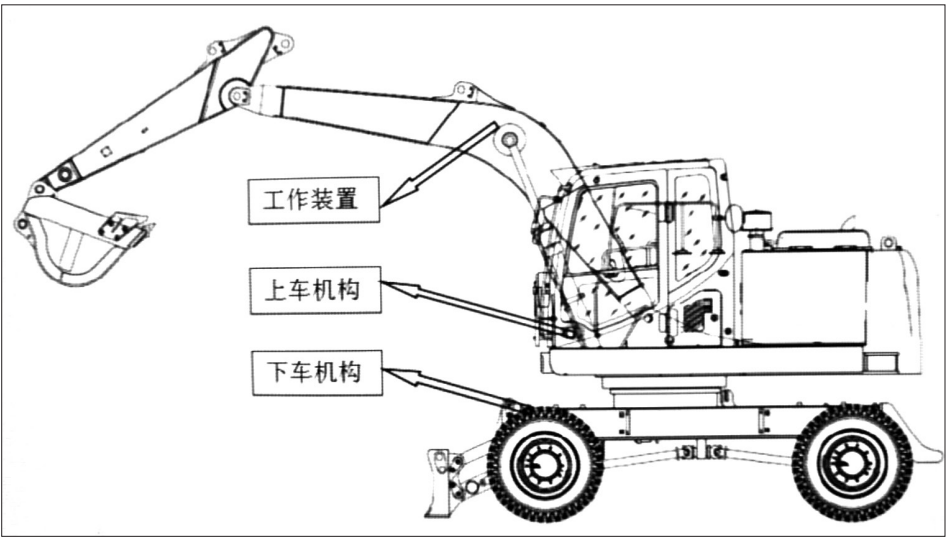


图 1 轮式挖掘机

应≤ 1mm，且避免零件间产生干涉。

1.2 焊缝处理

- (1) 焊缝与母材等强度处理：采用相同的材料属性。
- (2) T 型焊缝：有坡口的去除坡口，无坡口的不需处理。
- (3) 在线面接触且有焊缝的位置，需根据实际情况添加焊缝。

2 载荷和加载工况说明

2.1 载荷说明

轮挖行走架结构承担的载荷由自身、上车机构和工作装置组成的重量载荷 G ，与铲斗挖掘时对行走架产生的挖掘力载荷 P_{OD} 组成。

(1) 自身、上车机构和工作装置组成的重量载荷 G ，由于研究对象为 15 吨机型，故重量载荷 $G=15t=150kN$ 。

(2) 铲斗挖掘力指在单独操作铲斗油缸时，在铲斗斗齿尖端运动轨迹的切线方向上所产生的最大挖掘力。铲斗连杆机构如图 3 所示，液压挖掘机铲斗的理论挖掘力由铲斗油缸和连杆机构的传动比 i 决定，在不考虑自重、外载、液压系统等影响因素下，铲斗的理论挖掘力 F_{OD} 的计算公式为^[1]：

$$F_{OD}=F_b \cdot i=P_b \cdot A \cdot \frac{r_1 \times r_3}{r_2 \times l_3} \tag{1}$$

式中： F_{OD} —铲斗挖掘力；

F_b —铲斗油缸推力；

i —连杆机构传动比；

P_b —铲斗液压油缸功率；

A —铲斗液压油缸大腔作用面积；

r_1 —铰点 B 对油缸的作用力臂；

r_2 —铰点 B 对连杆 AE 的作用力臂；

r_3 —铰点 C 对连杆 AE 的作用力臂；

l_3 —铲斗长度。

将铲斗最大挖掘时的数值代入式 (1) 中，得到 $F_{OD}=90kN$ 。

2.2 加载工况说明

轮挖行走架按正向挖掘、正向 30° 挖掘和反向挖掘三种工况

进行加载，重量载荷加载位置在整机重心位置，挖掘力载荷在铲斗最大挖掘力位置，两者均作用在轮挖行走架的支承连接座上表面，如图 4 ~ 图 6 所示。

2.3 约束条件说明

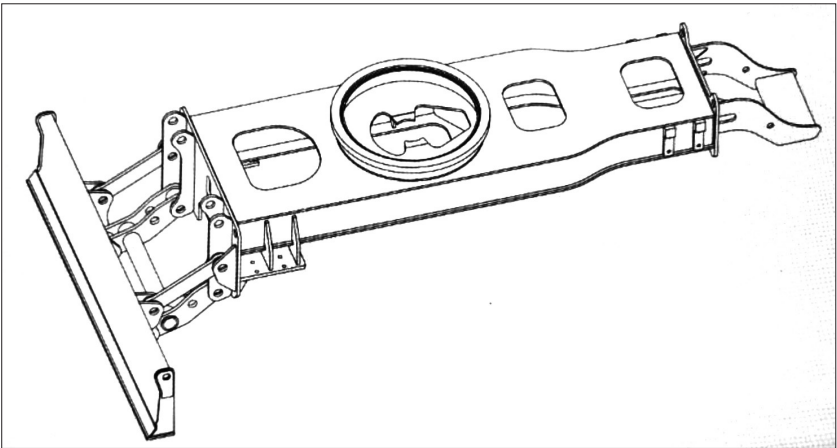


图 2 轮挖行走架简化示意图

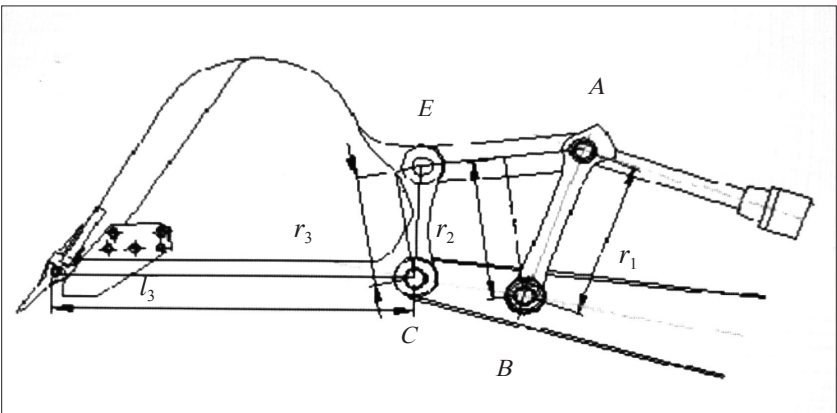


图 3 挖掘力载荷（铲斗挖掘）计算图

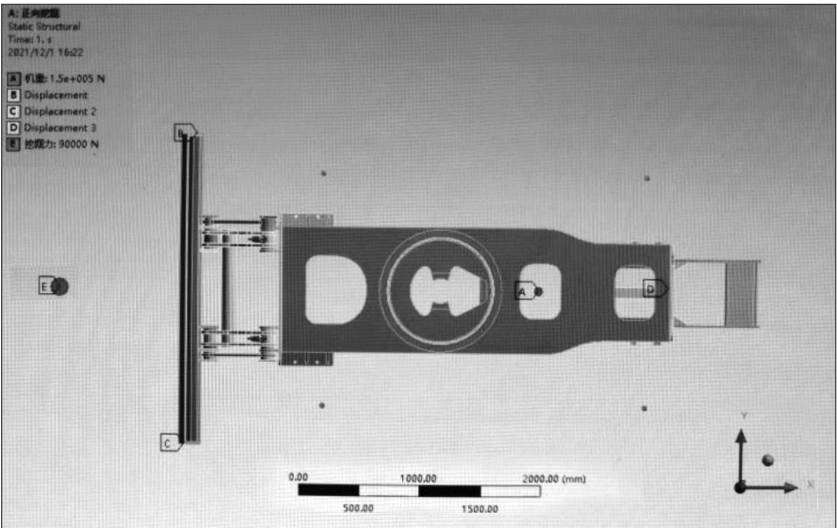


图 4 正向挖掘工况加载示意图

对轮挖行走架模型中推土铲刀左侧约束 X 向、 Y 向位移, 右侧约束 X 向位移, 前轮处约束 Y 向位移 (X 向为轮挖行走架的前后方向; Y 向为轮挖行走架的左右方向; Z 向为轮挖行走架的上下方向) [2]。在模型中应用弹簧设定不同刚度, 模拟轮胎、油缸和铲刀下部分与地面接触, 如图 7 所示。

2.4 材料及许用应力

轮挖行走架主要材料采用 Q345, 材料的弹性模量为 $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$, 泊松比为 0.3, 安全系数取 1.7, 材料的性能见表 1 [3]。

3 有限元分析

3.1 网格划分

对轮挖行走架模型采用混合网格划分, 根据轮挖行走架各部位的特点, 分别采用自由、映射、扫略等多种网格划分方式, 以形成综合效果较好的有限元模型。为了提高计算精度和减少计算时间, 优先对适用于扫略和映射网格划分的区域划分六面体网格; 对实在无法再切分而必须用四面体自由网格划分的区域, 采用带中节点的六面体单元进行自由网格划分; 该区域与已进行扫略或映射网格划分的区域的交界面上, 会自动形成金字塔过渡单元 [4,5]。

轮挖行走架模型网格划分后, 单元数为 110082, 节点数为 426824。

3.2 计算结果

对轮挖行走架依次施加约束和载荷, 计算后可获得应力分布云图, 如图 8 ~ 图 10 所示。

从图 8 ~ 图 10 可以看出,

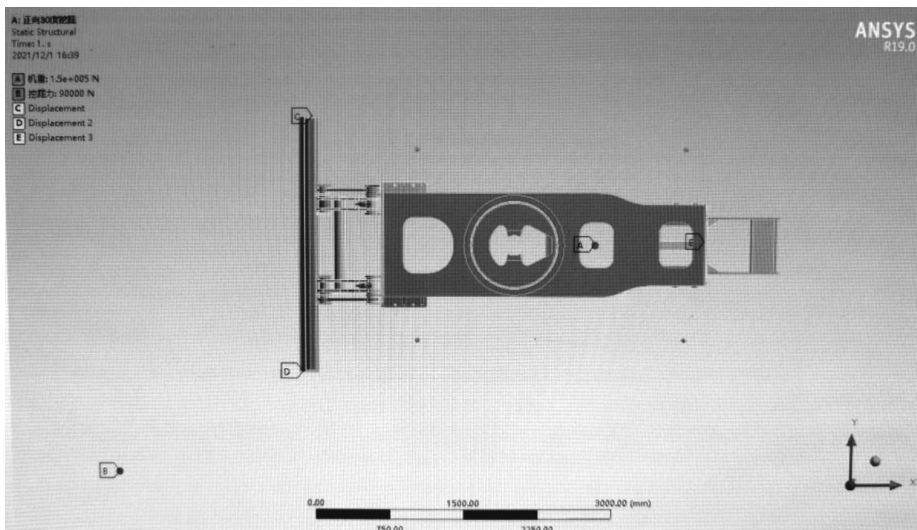


图5 正向 30° 挖掘工况加载示意图

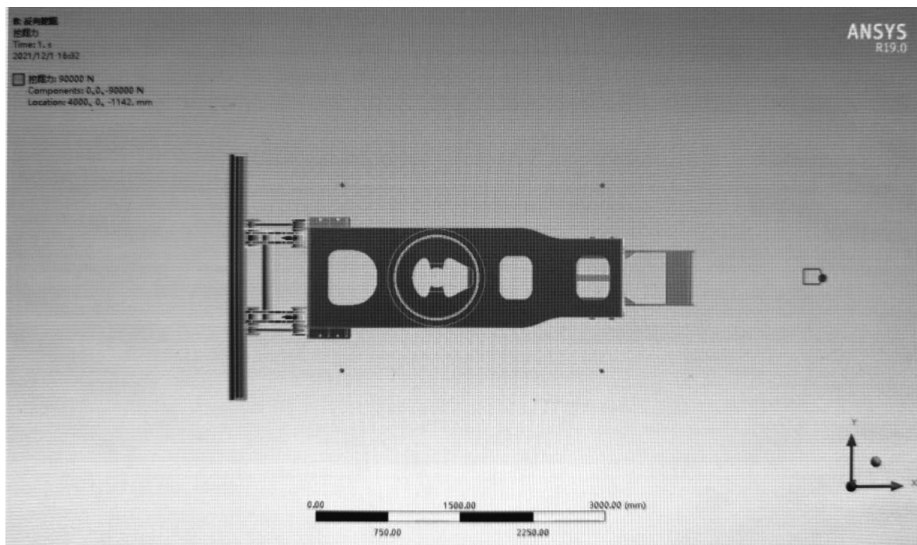


图6 反向挖掘工况加载示意图



图7 轮挖行走架约束条件示意图

表 1 Q345 材料性能

材料	弹性模量 /MPa	泊松比 ϵ	屈服强度 σ_s /MPa	安全 系数	许用应力 [σ]/MPa
Q345	2.1×10^5	0.3	≥ 345	1.7	200

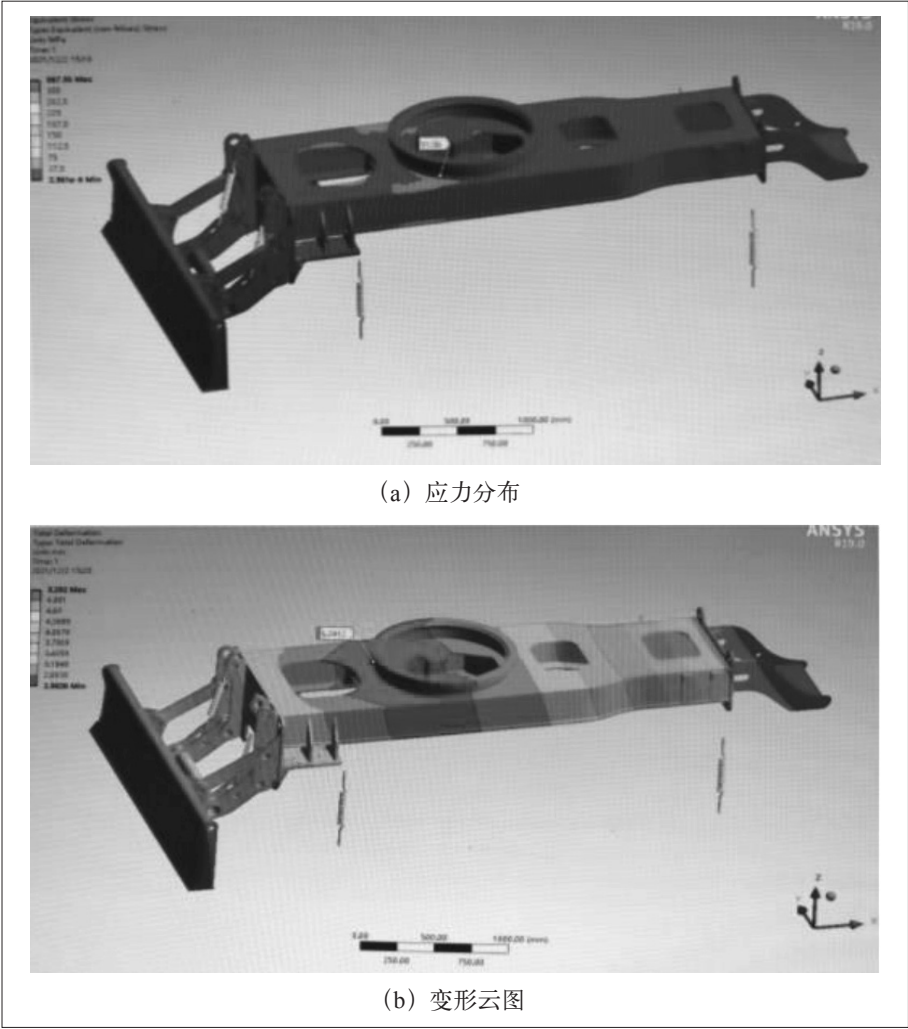
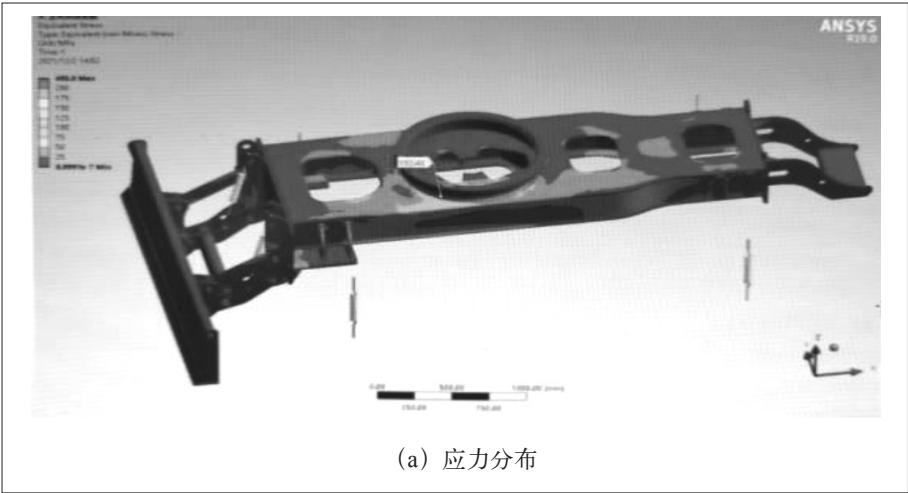


图 8 轮挖行走架正向挖掘应力分布与变形云图



去除奇异点后，轮挖行走架有限元分析结果如下：

(1) 轮挖正向挖掘时，行走架最大应力出现在支承连接座处，最大应力值为 92MPa，行走架最大变形量出现在支承连接座与上盖板连接处的正方向侧，最大变形量为 5.2mm ；

(2) 轮挖正向 30° 挖掘时，行走架最大应力出现在支承连接座处，最大应力值为 154MPa，行走架最大变形量出现在支承连接座与上盖板连接处右侧，最大变形量为 6.7mm ；

(3) 轮挖反向挖掘时，行走架最大应力出现在支承连接座处，最大应力值为 115MPa，行走架最大变形量出现在行走架后方脚踏处，最大变形量为 7.8mm。

如表 2 所示，在轮挖行走架分析结果中，轮挖正向 30° 挖掘时，行走架的应力最大，最大应力出现在支承连接座处，最大应力值为 154MPa，行走架整体最大变形量为 6.7mm。轮挖行走架的最大应力值 154MPa 小于许用应力 [σ] = 200MPa，即轮挖行走架结构强度满足使用要求。

4 结语

本文根据轮式挖掘机正向挖掘、正向 30° 挖掘和反向挖掘三种工况，使用 ANSYS Workbench 软件对轮挖行走架进行有限元分析，计算出轮挖行走架在这三种工况下的应力分布和变形情况，分析得出最恶劣的工况，进而校验轮挖行走架的结构强度是否满足使用要求。此外，也可通过改进轮挖行走架结构进行对比分析，得到最优结构，能够降低轮挖行走架研发成本，缩短研发周期，为轮挖行走架

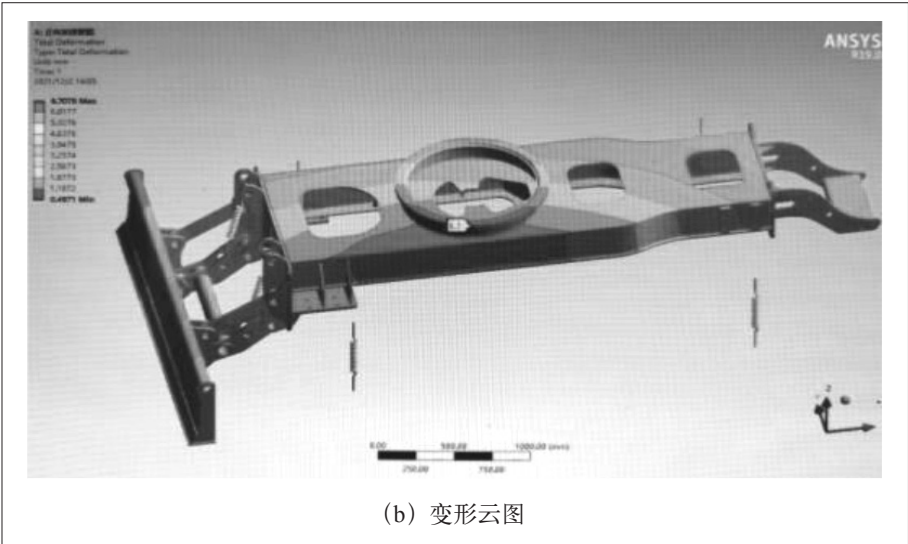


图 9 轮挖行走架正向 30° 挖掘应力分布与变形云图

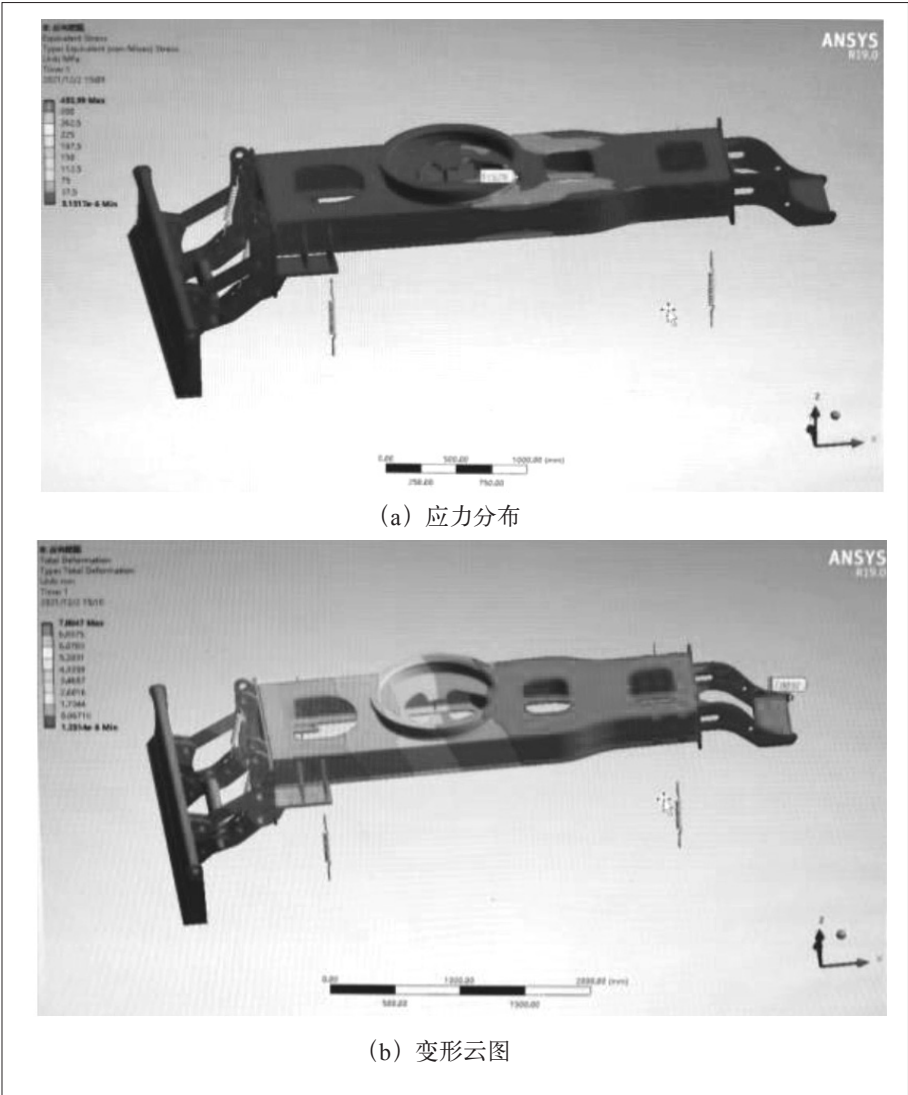


图 10 轮挖行走架反向挖掘应力分布与挖掘变形云图

表 2 轮挖行走架应力与变形情况

序号	项目	工况	行走架最大应力 / MPa	行走架最大变形量 /mm
1	轮挖行走架强度分析	正向挖掘	92	5.3
2		正向 30° 挖掘	154	6.7
3		反向挖掘	115	7.8

的设计与改进提供了一种新的分析方法。

参考文献：

[1] 李志杰, 朱林, 温全明. 铲斗连杆机构的参数优化设计 [J]. 装备制造技术, 2012(12):29-31.

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 机械产品结构有限元力学分析通用规则:GB/T 33582-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[3] 史青录. 液压挖掘机: 第 1 版 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012:23-77.

[4] 挖掘机组合式行走架有限元仿真规范 [Z].

[5] 挖掘机动臂、斗杆有限元仿真规范 [Z].

作者简介: 覃文欢(1988.04-), 男, 汉族, 广西崇左人, 本科, 工程师, 研究方向: 机械设计制造及其自动化。