蹄－鼓式制动器接触分析

陕西汉德车桥有限公司 （西安 710200） 郑小艳 丁炜琦

制动器是保证汽车行驶安全性的关键，对于鼓式制动器，制动力的产生是靠摩擦片和制动鼓之间的摩擦产生的，因而制动鼓的好坏直接影响汽车的制动性能。在汽车制动器设计中，有限元分析为优化制动器结构参数提供了有力依据。本文对某重型卡车后轮鼓式制动器（领、从蹄式）进行接触分析，模拟整个制动过程，并与三种不同改进结构的制动鼓进行对比分析。

1. 分析模型

图1为蹄－鼓式制动器结构，制动器由制动鼓、制动蹄和摩擦片三部分组成，制动蹄的促动力来自凸轮传递的气压制动力矩。在促动力的作用下制动蹄绕支撑销张开，与转动的制动鼓摩擦，产生制动力矩。

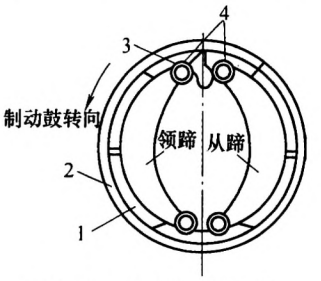


图1 蹄－鼓式制动器结构
1.摩擦衬片 2.制动鼓 3.凸轮 4.滚轮

2. 有限元模型的建立

（1）网格与接触设置 本文利用三维建模软件对蹄－鼓式制动器进行三维实体建模，然后导入前处理软件中建立有限元模型。为了提高计算速度和精度，采用8节点六面体实体单元对制动鼓和摩擦片进行网格划分，4节点壳单元对制动蹄进行网格划分。

在摩擦片和制动鼓内表面建立接触关系，其中制动鼓内表面为主面，摩擦片外表面为从面，类型为面面接触，设置静摩擦系数和动摩擦系数都为0.4；摩擦片与制动蹄间通过多个铆钉连接，所以在建立模型时，通过在结合面上将摩擦材料与制动蹄上对应的节点共用，即结合表面采用同一层节点，而结合面两侧则采用不同的材料划分单元网格；为了模拟制动鼓与摩擦片间的相对滑动，方便给制动鼓施加强制转动位移和约束，建模时，制动鼓底面采用壳单元。

由于分析过程中需考虑温度的影响，所以在设置材料属性时应选用与热相关的材料卡片，分别为制动鼓、摩擦片和制动蹄创建热材料，材料参数如表1所示。

表1 材料参数

制动器组件	弹性模量 /N·mm^{-2}	泊松比	密度 /kg·m^{-3}	热膨胀系数 /K^{-1}
制动鼓	1.2×10^{5}	0.25	7 100	12×10^{-6}
摩擦片	370	0.25	3 600	20×10^{-6}
制动蹄	2.0×10^{5}	0.3	7 800	12×10^{-6}

蹄－鼓式制动器有限元网格模型如图2所示，共有单元100 458个，节点117 746个。

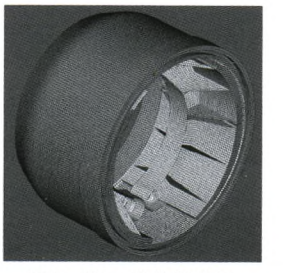


图2 蹄－鼓式制动器有限元网格模型

（2）约束条件与加载过程 根据蹄－鼓式制动器的实际工作状态，对其添加约束和载荷。在制动过程中，凸轮轴张开，在张开力的作用下制动蹄绕支撑销转动，使摩擦片与转动的制动鼓接触，大部分的制动能量由制动鼓吸收，使制动鼓温度升高，而制动鼓温度过高，将引起制动力矩减小，热应力增加，因此，在计算制动鼓强度时，必须考虑温度的影响。

故约束只放开制动鼓和制动蹄支撑销孔绕轴向的转动自由度，在制动鼓底面中心处施加强制转

动位移，0.1～1s内转动25rad，在制动蹄凸轮轴孔处施加张开力，大小为5×10^4N，同时为了考虑温度的影响，在制动鼓内表面施加温度场，0.5～0.6s内温度从1℃上升到200℃，0.6～1s内保持200℃不变。

由于所有约束和载荷都必须与时间相关，所以在施加各个约束与载荷时必须先分别定义约束、载荷及温度随时间变化的曲线。

蹄－鼓式制动器约束加载后有限元网格模型如图3所示。

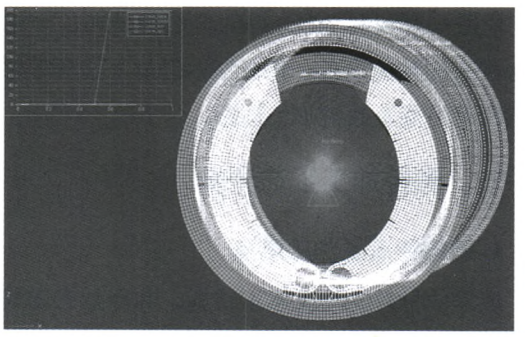
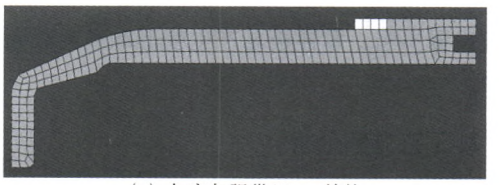
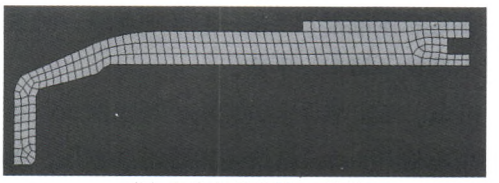


图3　蹄－鼓式制动器约束加载有限元模型

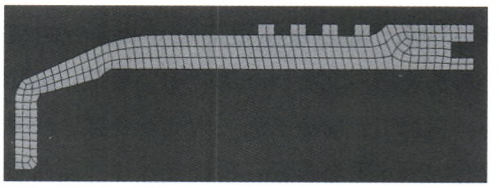
（3）改进的制动鼓结构　“网格与接触设置”中模型为某重型卡车简化后的制动鼓模型，在原始制动鼓模型的基础上提出三种不同的改进结构，并进行对比分析。三种不同改进结构的制动鼓截面网格如图4所示。



（a）加宽加强带20mm结构



（b）加宽加强带50mm结构



（c）密集周向筋结构（筋宽10mm、间隔10mm、共加筋宽度80mm）

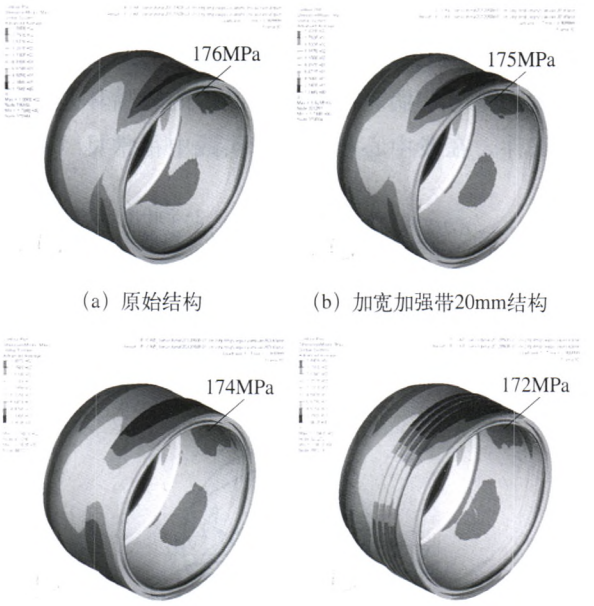
图4　三种不同改进结构的制动鼓截面网格

将三种不同改进结构的制动鼓按照（1）、（2）所述，设置与原始结构相同的材料属性、接触、约束和加载。

3. 分析求解

（1）设置求解过程控制参数　设置计算终止时间为1s，计算结果文件的输出间隔为0.01s。

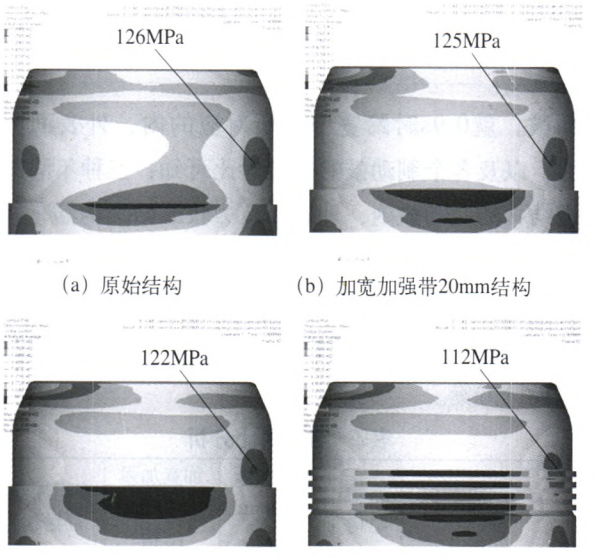
（2）求解结果对比分析　用后处理软件查看求解器的运算结果，分别导入原始结构和三种不同改进结构的计算结果文件，对比0.9s时蹄宽中点所对应的制动鼓内、外表面的应力，如图5、图6所示。



（a）原始结构　（b）加宽加强带20mm结构

（c）加宽加强带50mm结构　（d）密集周向筋结构

图5　0.9s时蹄宽中点所对应的制动鼓内表面应力云图



（a）原始结构　（b）加宽加强带20mm结构

（c）加宽加强带50mm结构　（d）密集周向筋结构

图6　0.9s时蹄宽中点所对应的制动鼓外表面应力云图

根据表2将原始结构与三种不同改进结构的制

基于MasterCAM平台典型喷嘴环的数控加工

南京机电液压工程研究中心 （江苏 211106） 张文丽

航空环境控制系统中有很多涡轮类产品，其中某重点型号的涡轮冷却器产品中的喷嘴环是个难加工件，在我中心科研生产实践中很常见（见图1）。

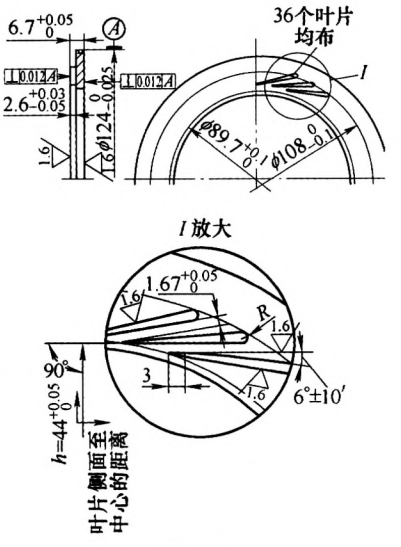


图 1

它是一种材料为2Cr13的典型喷嘴环，利用我中心现有的数控设备，积极探索出加工该类零件较好的工艺方案及数控加工过程。

一、数控加工工艺分析

1. 结构特点及加工难点

该零件材料为马氏体不锈钢，其冷加工切削性能和磨削性能良好，属于薄壁盘类零件。它的特点是36个叶片均布，流道的喉道截面尺寸仅为$1.67^{+0.05}_{0}$mm，流道深为$2.6^{+0.03}_{-0.05}$mm，流道底部和叶片侧面粗糙度值R_a=1.6μm，流道底面与内外端面尽量接平。其加工难点在于流道的喉道截面尺寸很窄且流道深，精度要求高，使得加工时刀具的选择非常有限，需定制专用刀具；如工艺方案或数控加工参数设置不当，零件极易产生变形和喉道截面尺寸超差。

2. 工艺方案分析

该零件毛坯选用棒料，采用先粗后精的工艺方案，制定总体流程：毛坯→粗车→粗铣→时效→磨加工→精铣→精车→平磨。

粗车：车出零件大致轮廓，留出磨量；在工件中间留单边10mm，精铣装夹时上压板用；粗铣：在叶片侧面和流道底面均留出0.3mm精铣余量，选用普通铣床，根据喉道截面尺寸和需留的精铣余量，刀具选择刀宽为1mm锯片刀；时效：消除加工应力；磨加工：磨两端面、内孔及外圆，叶片上端面留有0.2mm平磨余量；精铣：叶片型面由数控程序一次成形加工来保证叶片及流道最终尺寸和精度要求，是本论文将阐述的重点；精车：车去内孔预留端，车外圆环槽；平磨：磨两端面，保证叶片深

动鼓，就0.9s时蹄宽中点所对应的内、外表面应力，以及各个制动鼓的重量对比可知：三种不同改进结构的制动鼓内、外表面应力较原始结构都有所降低，综合考虑应力与重量，密集周向筋结构的制动鼓内、外表面应力降低最多，且重量较原始结构增加值小于加宽加强带50mm结构，所以为最优改进设计方案。

表2 结果对比分析

结构	原始结构	加宽加强带20mm结构	加宽加强带50mm结构	密集周向筋结构
内表面应力（%）	100	99.4	98.9	97.7
外表面应力（%）	100	99.2	96.8	88.9
重量（%）	100	101.8	105.3	104.6

MW（收稿日期：20120719）