

# 车轮结构对车轮刚性影响的研究

李波;臧进

(保定市立中车轮制造有限公司,保定 071000)

摘要:本文采用三维设计软件 CATIA 设计了不同结构车轮,利用有限元法计算出了不同结构车轮刚性值,分析了不同轮辐厚度和法兰厚度对车轮刚性的影响,研究结果指导车轮设计,改善车轮刚性,使得车轮刚性满足工程需求。

关键词:有限元;车轮;刚性

DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2020.03.023

## 0 引言

在现代汽车设计中,车轮作为汽车绝对安全部件,不仅要满足强度及安全性的要求,在刚性方面也提出了更高的要求,以满足汽车乘坐的舒适性和行驶平稳性。传统的车轮设计只考虑了车轮的强度方面的要求,只要满足冲击、弯曲疲劳和径向疲劳试验的要求即可,对车轮刚性几乎没有考虑。当车轮的刚性不足时,对整车行驶的平稳性会产生很大的影响,并因此产生振动,使汽车噪音增大,不但影响乘坐的舒适性,而且会加剧疲劳损伤,降低车辆的寿命。故而刚性在车轮设计中已经越来越重要,成为车轮设计中必不可少的重要指标<sup>[1]</sup>。

车轮刚性分为动刚性和静刚性,本文以车轮动刚性作为研究对象,首先利用有限元对车轮进行模态分析,找出车轮的共振频率,进而计算出车轮刚性值。刚性属于车轮的固有特性,其影响因素主要是车轮材料和结构。在车轮生产过程中,由于生产工艺的限制,材料特性很难改变,通过改善材料来改善产品刚性的空间不大。故目前改善产品刚性的方法主要是改变车轮结构,通过优化产品结构来达到改善车轮刚性的目的。所以,本文主要讨论不同车轮结构对车轮动刚性的影响,发现规律,指导车轮设计。

铝合金车轮由三部分组成:轮芯、轮辐、轮辋。

轮芯与汽车通过中心孔和螺栓孔连接,轮辐连接轮辋和轮芯,起主要的支撑作用,轮辋与轮胎连接。以往的研究发现,其中轮辋对车轮的刚性影响相对较小,且通过轮辋来改善车轮刚性,对车轮重量影响较大,不利于车轮的轻量化,实际设计中不建议通过轮辋来改善车轮刚性,故本文主要分析了轮辐和法兰对车轮刚性的影响。分析过程如下。

### 1 建立车轮模型

利用三维设计软件 CATIA 设计车轮三维模型,本文以 18 寸车轮为例。为了简化模型,车轮不设计减重窝,轮辋壁厚设计 3.5mm,保持不变。气门孔对车轮刚性没有影响,三维模型上不设计气门孔。

①分析轮辐结构对车轮刚性的影响,设计三维模型时,保持法兰厚度不变,改变轮辐厚度,由 17mm 变化到 35mm 厚,轮辐厚度以 2mm 递增。

②分析法兰厚度对车轮刚性的影响,设计三维模型时,保持轮辐厚度不变,改变车轮法兰厚度,法兰由 39mm 变化到 53mm,法兰厚度以 2mm 递增。

车轮三维模型如图 1。

## 2 利用有限元方法计算车轮刚性值

### 2.1 建立刚性有限元模型

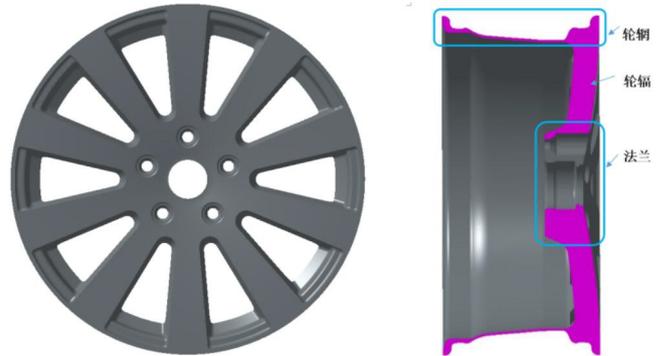


图 1 三维模型

车轮处于自由状态,没有任何约束。车轮网格采用实体四面体网格如图 2,材料设置铝合金材料属性如图 3。在车轮安装面上施加载荷(动态激励),计算车轮共振频率,利用频率与刚性的关系式计算出车轮刚性值。

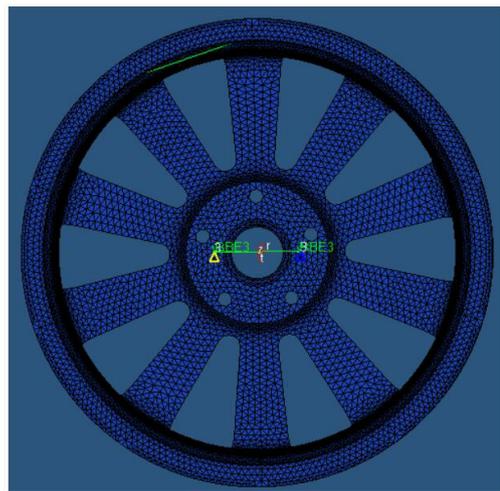


图 2 车轮网格划分

### 2.2 利用有限元分析车轮刚性值

#### 2.2.1 计算不同轮辐厚度的车轮刚性值

如前所述,对不同轮辐厚度的三维模型进行分析,分析计算结果如表 1。

#### 2.2.2 数据分析

由图 4、图 5 可以发现,在其他尺寸不变的情况下,轮辐厚度和车轮重量发生变化时,车轮刚性值也相应发生变化,基本是线性关系。

#### 2.2.3 计算不同法兰厚度的车轮刚性值

如前所述,车轮轮辐厚度保持不变,对不同法兰厚度的三维模型进行刚性值计算,分析计算结果如表 2。

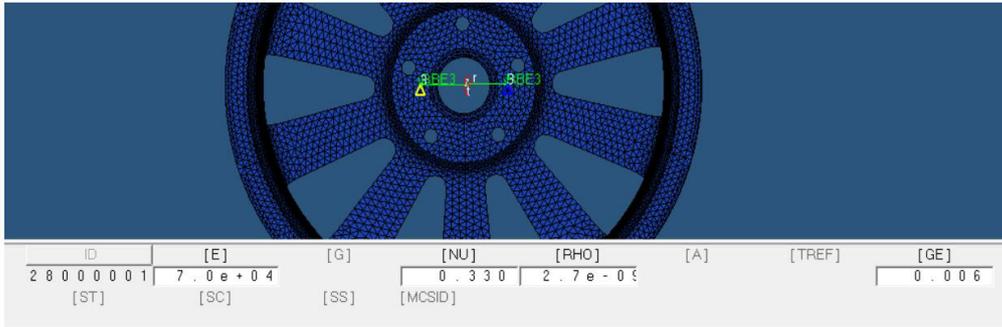


图3 赋予车轮材料属性

表 1

三维模型	三维重量(kg)	网格重量(kg)	刚性值(kN/mm)	轮辐厚度
1	14.653	14.71	126.8523469	35mm
2	14.291	14.37	120.9789487	33mm
3	13.939	13.96	113.9062781	31mm
4	13.597	13.66	106.0059432	29mm
5	13.263	13.34	96.71861883	27mm
6	12.936	12.99	88.71236239	25mm
7	12.681	12.67	81.37167755	23mm
8	12.306	12.33	71.6422371	21mm
9	12.001	12.06	65.68422454	19mm
10	11.703	11.77	57.29846826	17mm

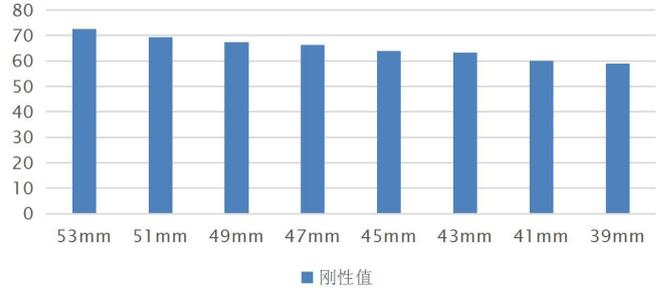


图6 法兰厚度与车轮刚性关系

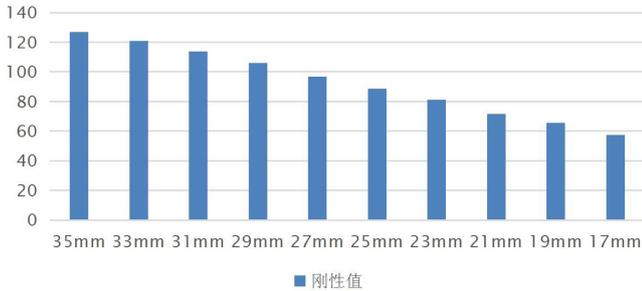


图4 轮辐厚度与车轮刚性关系

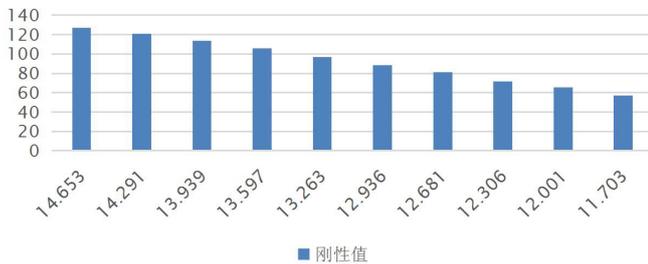


图5 车轮重量与车轮刚性值  
表 2

三维模型	实际重量(kg)	网格重量(kg)	刚性值(kN/mm)	法兰厚度
1	12.233	12.3	72.56456049	53mm
2	12.13	12.12	69.31973174	51mm
3	12.025	12.02	67.3947115	49mm
4	11.92	11.98	66.36434131	47mm
5	11.83	11.89	64.011214	45mm
6	11.73	11.78	63.34061118	43mm
7	11.64	11.64	60.220929	41mm
8	11.55	11.6	59.0130551	39mm

2.2.4 数据分析

由图6、图7可以发现,在其他尺寸不变的情况下,车轮法兰厚度和车轮重量发生变化时,车轮刚性值也相应发生变化,基本是线性关系。

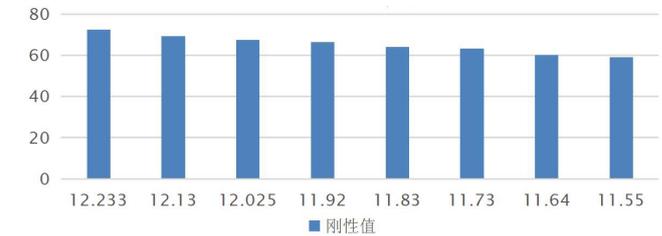


图7 车轮重量与车轮刚性关系

2.3 试验室检测结果

对车轮进行试验检测,本文采用的低压铸造铝合金车轮,材料为铸造铝合金 A356,试验时用弹力绳把车轮吊起,使车轮处于自由状态,再安装面上放置加速度传感器,用橡皮锤敲击安装面,采集车轮共振频率,再利用刚性与频率的转换公式计算车轮刚性值。实验室检测数据如表3、表4。从检测数据可以看出,其测量结果和有限元分析结果基本相符,也验证了利用有限元分析车轮刚性值的正确性。

表3 不同轮辐厚度车轮检测刚性值

三维模型	产品重量(kg)	刚性值(kN/mm)	轮辐厚度
1	14.51	129.65	35mm
2	14.15	123.87	33mm
3	13.8	116.90	31mm
4	13.47	109	29mm
5	13.13	99.31	27mm
6	12.71	91.71	25mm
7	12.55	84.17	23mm
8	12.18	74.57	21mm
9	11.97	68.32	19mm
10	11.59	60.19	17mm

3 结论

①车轮轮辐结构和法兰厚度对车轮刚性影响较大,基本呈线性关系,改善车轮刚性时可以从改变轮辐结构和法兰厚度着手。

# 摩托车水冷系统的设计分析

## Design and Analysis of Motorcycle Water Cooling System

姜文龙 JIANG Wen-long

(江门市大长江集团有限公司, 江门 529000)

(Jiangmen Great Changjiang Group Co., Ltd., Jiangmen 529000, China)

**摘要:**本研究综合分析国内外在摩托车水冷系统方面的研究,并基于此对摩托车水冷发动机开展先相关课题研究,进一步探究了250cc 水冷发动机的冷却泵叶轮性能。大多数学者通常借助试验法来分析摩托车发动机冷却泵,存在投入大、设计周期较长以及质量不高等问题,本研究就提出了对于摩托车水冷发动机冷却泵通过仿真分析法进行研究,同时利用实验研究的方式来验证优化设计方案,提高水冷系统的设计效率。

**Abstract:** On the basis of absorbing domestic and foreign research experiences and achievements, this paper optimizes the performance of cooling pump impeller of 250cc water-cooled engine combined with the project of "increasing water-cooled engine pump capacity of motorcycle". The traditional research method of engine cooling pump is mainly experimental research, which has long design cycle, high cost and poor product quality. In this paper, the design optimization of cooling water flow of water-cooled engine cooling pump is studied by simulation method, and the optimization design scheme is verified by experimental research.

**关键词:**冷却泵, 摩托车, 水冷系统

**Key words:** cooling pump, motorcycle, water cooling system

### 0 引言

改革开放至今,我国摩托车产业得到了迅猛的发展,特别是在中小排量低端品质方面成为了日本最大的竞争对手。但是这些低端产品的阶段性成功主要是取决于大量经济落后国家的旺盛需求和中国市场完整的摩托车配套体系。面对经济全球化的发展趋势,国内摩托车行业面临着极大的挑战,要想获得进一步的发展,就需要扩大影响力,扩大市场占有率,而关键取决于我国摩企能否制造出高品质的摩托车。现在市场流行的高品质车主要以水冷电喷车为主,水冷技术和电喷技术在摩托车上的应用不仅能够提高摩托车的可靠性、降低油耗,而且会大大提高驾驶的舒适性。

### 1 摩托车发动机水冷系统的优化设计

优化设计摩托车发动机水冷系统的最终目的为:借助运算和测试的方式,基于转速不变的情况下,对冷却泵叶轮流量性能指标进行分析,分析其符合设计标准,探究二者间的联系。

#### 水冷系统优化设计方案:

作者简介:姜文龙(1982-)男,山西人,机械中级工程师,本科,研究方向为内燃机。

表4 不同法兰厚度车轮检测刚性值

三维模型	实际重量(kg)	刚性值(kN/mm)	法兰厚度
1	12.11	75.15	53mm
2	12.01	72.11	51mm
3	11.9	70.19	49mm
4	11.78	68.36	47mm
5	11.7	67.01	45mm
6	11.61	62.54	43mm
7	11.51	63.02	41mm
8	11.43	62.51	39mm

②车轮刚性值大小,直接关系到车轮重量,刚性值要求较高时,车轮重量会相应增高,影响车轮制作成本。同

开展边界条件数据测试工作,为优化设计奠定基础。试验过程:基于差异化转速下,分别测量冷却泵进水口、出水口的压力值,对CFD仿真模拟的边界条件进行明确。

在掌握运算关键变量的前提下,利用CFD仿真模拟法探索出规律特点,选出优化设计方案。

借助CFD仿真模拟法,对原机模型、优化设计方案模型二者的性能进行对照研究。

为了对优化设计方案的可行性及有效性进行研究,需要针对水泵的水量、扬程开展测试工作。

### 2 冷却泵 CFD 建模及仿真分析

本研究将国内某品牌摩托车发动机冷却泵作为研究对象,开展CFD建模及仿真分析工作。

#### 2.1 构建冷却泵模型

可以针对冷却泵模型下的孔洞进行实体简化分析,通过Pro/E三维建模软件对冷却泵三维模型进行构建,但要确保不会在较大程度上干扰仿真研究结果,这样就能够有效减少运算任务<sup>[1]</sup>。借助step格式对冷却泵三维模型进行保存,并在HYPERMESH软件下进行导入处理,完成模型表面网格划以及几何操作任务,于ICEM surf软件中对上述结果进行导入,针对模型开展体网格划分操作。

#### 2.2 构建仿真模型

时,车轮重量增加,会影响汽车的耗油量。故对车轮刚性值的要求不宜过高也不宜过低,需综合评价。

③本文给出了改善车轮刚性的设计方向,为车轮前期设计提供了设计依据。

#### 参考文献:

[1]黄少兵.车轮刚性及其有限元分析[J].中国新技术新产品, 2008(18).

[2]李叙辰,杨振祥.低阶车轮多边形对列车运行安全性的影响[J].内燃机与配件, 2019(08): 39-42.

[3]傅博,马天才.基于半车模型的汽车车轮动载估算研究[J].内燃机与配件, 2019(07): 8-12.