

附件 4:

中汽协会《汽车车轮应力试验方法》团体标准编制说明

一、工作简要过程

(一) 任务来源

1. 立项背景

车轮的应力决定了车轮的强度，对于车轮来说，某个部位的应力值超过了材料的极限应力，则这个部位就会破坏。因此，在车轮设计时，需根据应力情况来优化车轮的结构设计。在车辆行驶中，车轮受到来自车辆和路面的挤压，各部位发生的应力情况不同，产生的破坏情况也不同，可通过在弯曲疲劳和径向疲劳试验过程中对车轮的危险部位进行应力测试，来评估车轮的受力情况，以确保车轮的安全性。车轮应力试验可以降低新产品开发时间、节省试验周期、减少成本，对实现车轮轻量化的研究有指导意义。

国内外还没有相关的应力测试的行业标准、国家标准及国际标准。该标准的制定，对车轮厂的优化设计和试验具有指导和参考作用，对促进车轮行业技术水平的进步、提升车轮的安全性、提高我国车轮试验能力等方面有重要的推进作用。

2. 任务来源

本项目根据中国汽车工业协会下达的 2023 年第五批立项团体标准项目计划（中汽协函字（2023）490 号文），标准名称为“汽车车轮应力试验方法”，计划项目编号为 2023-82，本标准主要起草单位为浙江万丰奥威汽轮股份有限公司，计划完成时间是 2024 年 12 月。

3. 主要参与单位

浙江万丰奥威汽轮股份有限公司、中信戴卡股份有限公司、浙江今飞凯达轮毂股份有限公司、保定市立中车轮制造有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、浙江金固股份有限公司

4. 工作组成员及其所做的工作

梁玉红 制定组组长，全面负责标准项目调研、立项、标准及编制说明的编写、试验协调等工作；

王圣梁 制定组成员，负责试验方法的研究、验证及应力试验工作；

梁会会 制定组成员，负责标准项目的立项、进度跟踪、标准正文的起草工作；

毛秋仙 制定组成员，负责标准项目的立项、进度跟踪、标准正文的起草工作；

李世德 制定组成员，负责标准试验方法的研究及标准正文的起草工作；

李 烜 制定组成员，负责标准试验方法的研究及标准正文的起草工作；

杨敬赛 制定组成员，负责标准验证及标准正文的起草工作；

马建华 制定组成员，负责标准验证及标准正文的起草工作；

叶燕飞 制定组成员，负责标准验证及标准正文的起草工作；

王 阳 制定组成员，负责标准验证及标准正文的起草工作。

(二) 标准研讨情况

1. 预研阶段

2023年3月，浙江万丰奥威汽轮股份有限公司在充分调研国内外汽车厂的车轮应力试验的要求及对相关方法进行认真研究后，结合实际情况，起草了标准初稿。

2023年5月，浙江万丰奥威汽轮股份有限公司组织成立了标准起草工作组，于2023年5月27日召开了工作组第一次研讨会议，会议针对标准草案进行了逐条讨论，提出修改意见20条。起草组根据研讨会意见修改完善了标准，形成工作组讨论稿。

2. 立项阶段

2023年7月，本标准项目提交中国汽车工业协会标准法规工作委员会车轮专业委员会第一届五次工作会议立项审查，工作组向大会汇报的项目立项的必要性、可行性及标准主要内容，经与会专家委员的评审，一致同意立项。

2023年9月，中国汽车工业协会下达的2023年第五批立项团体标准项目计划（中汽协函字〔2023〕490号文），计划项目编号为2023-82。

2. 起草阶段

2023年10-11月，标准起草工作组针对标准关键技术要求开展了试验验证，经多次讨论修改形成了标准征求意见稿。

3. 征求意见阶段

2023年12月，提交中国汽车工业协会标准法规工作委员会车轮专业委员会第一届六次工作会议征求意见，提出有效修改意见11条，已修改完成形成标准送审稿。

4. 审查阶段

二、标准编制原则和主要内容

1. 制定标准遵循的原则

本标准的制定过程中，主要遵循以下原则：

(1) 适用性原则。标准制定时，首先需要考虑标准适用范围规定是否合理，其次需要考虑设备要求、技术方法等是否真正的适用于我国车轮行业，是否能对车轮行业起到积极的促进作用。根据适用性原则，工作组经过充分调研论证，对标准的适用范围及技术内容做出相应的规定。

(2) 先进性原则。车轮应力试验的研究，有助于车轮轻量化发展。目前，国内外的汽车厂都有对车轮应力试验的研究，并积累了一定的技术经验。为促进我国车轮行业向轻量化和节能环保发展，工作组认真分析国内外同类技术标准的技术水平，在预期可达到的条件下，积极地把国外先进技术纳入标准，提高我国车轮标准的技术水平。

(3) 协调性原则。本标准制定过程中充分考虑标准的统一性和协调性。结合我国国情设定了标准的经济性和社会效益；标准内容避免了与法律法规、相关标准之间出现矛盾，给标准的实施造成困难。

2. 标准主要内容的说明

(1) 范围

本文件规定了汽车车轮在疲劳试验过程中的应力试验方法的试验样品、试验条件、试验装置、试验步骤及试验数据处理。本标准适用于汽车车轮。

(4) 术语和定义

本标准定义了“全振幅”，以帮助使用者对标准的理解。

(5) 试验条件

试验样品应是经过全部加工工序完成的合格新车轮。

(6) 试验环境

规定了试验环境控制在(10~30)℃。测试环境不应有影响测试的强磁场干扰。

(7) 试验装置

本章中规定了试验装置包括疲劳试验机、动态应变仪、应变计、数据采集分析系统和滑环（可选），并给出了试验设备的相关要求，也给出了一种应力试验接线示例。

（7）试验步骤

试验步骤中给出了应力测试点确定、应力测试点表面处理、应变计粘贴、应变计防护、测试装置连接、参数设置和应力测试的试验步骤。

（8）数据处理

本章给出了波形选取与应力计算方法。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

无。

四、主要关键指标及试验验证情况

（一）测试点选择对试验结果的影响

主要验证目的：

- 1) 验证不同位置测试点的试验结果准确性；
- 2) 验证相同部位测试点的试验结果一致性。

工作组抽取了不同尺寸规格的 5 款具有代表性的乘用车铝车轮，按照本标准规定的试验方法和试验装置，由相同的试验员进行试验。

5 款车轮分别进行旋转弯曲疲劳试验和径向滚动疲劳试验过程中的应力测试。选择车轮的正面、背面应力最大部位作为测试点，每个部位同时布置 2 个应力测试点作为比较（如下图所示），



测试点示意图

并对试验数据进行分析对比，结果如下：

| 车轮尺寸 | 型式试验 | 测试点位置 | | 试验载荷 | 测试应力值 MPa | 仿真分析 应力值 MPa | 相同部位 测试点之间的偏差 | 试验与 仿真结果 偏差 |
|------|------|--------------|---|----------|--------------|--------------------|------------------|-------------------|
| 16 寸 | 旋转变曲 | 正面应力 最大部位 | A | 4310 N•m | 65 | 68 | 1.1% | -4.4% |
| | | | B | 4310 N•m | 65 | 68 | 1.1% | -4.4% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 4310 N•m | 77 | 81 | 1.3% | -4.9% |
| | | | B | 4310 N•m | 79 | 81 | 0.6% | -2.5% |
| | 径向疲劳 | 正面应力 最大部位 | A | 18394N | 44 | 46 | 1.1% | -4.3% |
| | | | B | 18394N | 45 | 46 | 0.5% | -2.2% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 18394N | 45 | 47 | 1.1% | -4.3% |
| | | | B | 18394N | 45 | 47 | 1.1% | -4.3% |
| 17 寸 | 旋转变曲 | 正面应力 最大部位 | A | 4338 N•m | 61 | 63 | 0.8% | -3.2% |
| | | | B | 4338 N•m | 60 | 63 | 1.2% | -4.8% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 4338 N•m | 81 | 84 | 0.9% | -3.6% |
| | | | B | 4338 N•m | 80 | 84 | 1.2% | -4.8% |
| | 径向疲劳 | 正面应力 最大部位 | A | 18394N | 46 | 48 | 1.1% | -4.2% |
| | | | B | 18394N | 46 | 48 | 1.1% | -4.2% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 18394N | 47 | 47 | 0.0% | 0.0% |
| | | | B | 18394N | 46 | 47 | 0.5% | -2.1% |
| 18 寸 | 旋转变曲 | 正面应力 最大部位 | A | 3486 N•m | 85 | 88 | 0.9% | -3.4% |
| | | | B | 3486 N•m | 85 | 88 | 0.9% | -3.4% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 3486 N•m | 100 | 103 | 0.7% | -2.9% |
| | | | B | 3486 N•m | 99 | 103 | 1.0% | -3.9% |
| | 径向疲劳 | 正面应力 最大部位 | A | 15696N | 79 | 83 | 1.2% | -4.8% |
| | | | B | 15696N | 79 | 83 | 1.2% | -4.8% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 15696N | 75 | 79 | 1.3% | -5.1% |
| | | | B | 15696N | 75 | 79 | 1.3% | -5.1% |
| 19 寸 | 旋转变曲 | 正面应力 最大部位 | A | 3250 N•m | 64 | 68 | 1.5% | -5.9% |
| | | | B | 3250 N•m | 65 | 68 | 1.1% | -4.4% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 3250 N•m | 78 | 81 | 0.9% | -3.7% |
| | | | B | 3250 N•m | 78 | 81 | 0.9% | -3.7% |
| | 径向疲劳 | 正面应力 最大部位 | A | 15430N | 46 | 46 | 0.0% | 0.0% |
| | | | B | 15430N | 46 | 46 | 0.0% | 0.0% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 15430N | 46 | 47 | 0.5% | -2.1% |
| | | | B | 15430N | 45 | 47 | 1.1% | -4.3% |
| 20 寸 | 旋转变曲 | 正面应力 最大部位 | A | 3640 N•m | 87 | 90 | 0.8% | -3.3% |
| | | | B | 3640 N•m | 86 | 90 | 1.1% | -4.4% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 3640 N•m | 102 | 106 | 1.0% | -3.8% |
| | | | B | 3640 N•m | 99 | 106 | 1.7% | -6.6% |
| | 径向疲劳 | 正面应力 最大部位 | A | 16770N | 67 | 69 | 0.7% | -2.9% |
| | | | B | 16770N | 65 | 69 | 1.5% | -5.8% |
| | | 背面应力 最大部位 | A | 16770N | 57 | 58 | 0.4% | -1.7% |
| | | | B | 16770N | 55 | 58 | 1.3% | -5.2% |

试验结论:

1) 不同位置测试点的应力测试结果与仿真分析结果的偏差均小于 10%，本标准的试验方法和试验装置的试验结果准确性得到验证；

3) 相同部位测试点之间的试验结果偏差均远小于 10%，本标准的试验方法和试验装置的测量结果一致性得到验证。

(二) 验证应力测试点表面处理打磨方向对结果的影响

工作组抽取了 1 款辐条对称的具有代表性的乘用车铝车轮，选择两根辐条的对称部位作为测试点进行比较，同时布置 2 组应力测试点（如下图所示），第 1 组应变计粘贴时选择与应变计方向平行进行打磨，第 2 组应变计粘贴时选择与应变计方向成 45° 进行打磨，打磨后表面质量满足条款 7.2 的要求。

按照本标准规定的试验方法和试验装置，由相同的试验员在旋转弯曲疲劳试验时进行应力测试。



测试点示意图 1

试验数据进行分析对比，结果如下：

| 打磨方向 | 测试点 | | 第一次 (MPa) | 第二次 (MPa) | 多次应力测试结果 间最大差值 (MPa) |
|------|-------|-----|-----------|-----------|-------------------------|
| 水平 | 第 1 组 | 1-1 | 39 | 38 | 1 |
| | | 1-2 | 38 | 38 | |
| 45° | 第 2 组 | 1-1 | 39 | 39 | |
| | | 1-2 | 39 | 38 | |

根据测试结果，水平和 45° 两个打磨方向的应力测量结果基本相同，说明只要打磨后表面符合本方法的要求，打磨方向不影响应力测试结果。因此本方法对应变计粘贴前的打磨角度不作规定。

（三）螺栓孔自由状态及拧紧状态下的应力作对比验证

对 3 款车轮在不同拧紧扭矩、不同位置对螺栓自由状态及拧紧状态下的应力进行了对比试验，结果如下：



图 1 应变片粘贴示意图

应变片测试位置为车轮正面的中心毂螺栓孔边、辐条中间和轮缘，如上图所示。

表 1 对比结果

| 测试部位 | | 螺栓自由状态 | 螺栓拧紧状态 | | | | | | | | |
|------|-----|--------|--------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|
| | | | 拧紧扭矩值 | 应力值 (MPa) | 差值 (MPa) | 拧紧扭矩值 | 应力值 (MPa) | 差值 (MPa) | 拧紧扭矩值 | 应力值 (MPa) | 差值 (MPa) |
| 车轮1 | 中心毂 | 0.5 | 88Nm | 1.1 | 0.6 | 150Nm | 2.1 | 1.6 | 220Nm | 2.3 | 1.8 |
| | 辐条 | 0.5 | | 1 | 0.5 | | 1.3 | 0.8 | | 1.7 | 1.2 |
| | 轮缘 | 0.5 | | 0.9 | 0.4 | | 1.2 | 0.7 | | 1.5 | 1 |
| 车轮2 | 中心毂 | 0.8 | | 1.6 | 0.8 | | 1.9 | 1.1 | | 2.5 | 1.7 |
| | 辐条 | 0.8 | | 1.5 | 0.7 | | 1.8 | 1 | | 1.9 | 1.1 |
| | 轮缘 | 0.7 | | 1.5 | 0.8 | | 1.8 | 1.1 | | 1.9 | 1.2 |
| 车轮3 | 中心毂 | 0.3 | | 1.3 | 1 | | 1.7 | 1.4 | | 2.7 | 2.4 |
| | 辐条 | 0.5 | | 0.9 | 0.4 | | 0.9 | 0.4 | | 1.2 | 0.7 |
| | 轮缘 | 0.3 | | 0.5 | 0.2 | | 0.7 | 0.4 | | 1.2 | 0.9 |

从表中可知，车轮上各部位的应力值随着螺栓拧紧扭矩的增加而增大：在中心毂螺栓孔附近的测试点，两种状态下的应力变化最大为 2.4MPa；在辐条部位，两种状态下应力变化最大为 1.2MPa；在轮缘部位，两种状态下的应力变化量小于 1.2MPa。

本次试验结果表明，车轮各部位在螺栓自由及拧紧两种状态下的应力变化下，螺栓孔附近的应力值变化最大，辐条和轮缘部位的变化很小。而在实际测试中选择的测试点一般为车轮的应力最大部位，如辐条根部、轮缘等位置，一般不会选择螺栓孔附近作为测试点。因此，可以认为螺栓状态对车轮应力测试结果的影响较小，建议测试方法中统一螺栓拧紧状态时为使用本方法进行测试时的应力平衡清零点。

为明确测试方法的操作过程，7.5“动态应变仪、应变计、数据采集分析系统与疲劳试验机进行连接”改为“先将车轮按要求安装在疲劳试验机上，再将动态应变仪、应变计、数据采集分析系统与疲劳试验机进行连接”，以明确测试时车轮为螺栓拧紧的安装状态。

五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

本标准与有关法律、行政法规及相关标准协调一致。

六、贯彻标准的要求和措施建议

本标准团体标准。发布后，通过中国汽车工业协会车轮委员会年会或相关会议组织宣传贯彻培训，在各会员单位内推广应用。

七、其他需要说明的事项

无

2024年5月8日