

某发动机皮带轮高温扭转疲劳测试台架设计与应用

闫美如, 梁荣亮, 张林涛

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司, 天津

收稿日期: 2022年4月25日; 录用日期: 2022年6月23日; 发布日期: 2022年6月30日

摘要

发动机作为汽车动力源是其振动噪声的主要来源, 而发动机皮带轮作为发动机外部高速旋转部件, 其参数和性能对发动振动机噪声的影响尤为重要, 本文以某发动机皮带轮为例设计了发动机皮带轮高温扭转疲劳测试台架, 用于测试及验证真实工作温度环境下的发动机皮带轮耐久性能, 并最终证明设计方案切实可行。

关键词

扭转疲劳, 环境温度, 橡胶层

Design and Application of a High Temperature Torsional Fatigue Test Bench for an Engine Pulley

Meiru Yan, Rongliang Liang, Lintao Zhang

CATARC Automotive Test Center (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin

Received: Apr. 25th, 2022; accepted: Jun. 23rd, 2022; published: Jun. 30th, 2022

Abstract

The engine as a vehicle power source is the main source of its vibration and noise, and the engine pulley is an external high-speed rotating part of the engine. Its parameters and performance are particularly important for the noise of the engine vibrator. This paper takes an engine pulley as an example to design the engine pulley high temperature torsion the fatigue test bench is used to test

and verify the durability of the engine pulley under the real working temperature environment. And finally prove that the design scheme is feasible.

Keywords

Torsional Fatigue, Environmental Temperature, Rubber Layer

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

NVH 研究已遍及各行各业,人们也越来越关注噪声和振动带来的危害,在与人们出行密切相关的汽车 NVH 研究也是近些年的热点,各大车企都投入了极大的人力和物力,尤其是面向家庭用户的乘用车更是备受用户的关注,人们在关注动力性、燃油经济性、操控性和可靠性之外越来越关注汽车的振动和噪声等驾乘品质[1]。除路面激励带来的振动噪声外,汽车的振动噪声主要是由其动力源发动机产生的,发动机运转时,曲轴在周期性变化扭矩作用下,会产生扭转振动,简称扭振,当发动机扭矩的变化频率与曲轴扭转的自振频率相同或成整数倍时,会发生共振,共振发生时扭转振幅增大,导致前端驱动轮系运行不平稳,产生噪音,严重的会导致零部件失效,为消除曲轴的扭转振动,汽车发动机大多都在曲轴前端安装有减振皮带轮。而做为发动机外部主要的高速旋转部件,皮带轮的性能及耐久性对发动机及整个车辆的振动噪声有很大影响,因此对皮带轮的前期测试与研究就尤为重要。

2. 皮带轮的结构形式

皮带轮被广泛地应用在各行各业中,汽车发动机皮带轮一般称为减振皮带轮,皮带轮安装在发动机上机械运转时,起到了一定的减震效果,其原因如下:为了减少因发动机工作时产生的冲击振动,就在普通的全铁皮带轮上,在中间环形切开成内外两个部分,在内外两部分的中间(空隙里)填充上橡胶,也就是一橡胶层[2]。这样发动机的动力首先传到皮带轮内圈,再转到中间层减振橡胶,再从减振橡胶传到外圈。这样,发动机的振动和响声就会因橡胶“层缓”后在铁质外圈得到减小,从而降低了噪音和缓解了振动(冲击力)。常见的结构形式分为硅油式减振皮带轮和橡胶式减振皮带轮两种[3],其中硅油减震器的皮带轮结构,包括曲轴和硅油减震器,曲轴的一端安装有第一皮带轮,曲轴的另一端安装在发动机上,曲轴上靠近发动机侧的一端安装有硅油减震器,硅油减震器的外壳由铸铁制成,外缘上设置有皮带轮环形口槽,这种硅油减震器的皮带轮结构复杂,制作成本较高。而橡胶式减振皮带轮结构简单,工艺难度低,相应的成本低,价格低廉,因此应用范围更加广泛,该测试台架所选用的就是某种橡胶式减振皮带轮,其结构如图 1 所示。

3. 皮带轮工况及运行环境

皮带轮安装于曲轴前段,发动机曲轴承受着气缸内混合气燃烧压力和运动部件的惯性力,这些作用力是周期性变化的载荷,容易产生共振,皮带轮中的橡胶阻尼来吸收曲轴的扭振能量从而降低振动噪声。同时发动机的整车工作温度为 90℃,皮带轮实际工作温度大约在 80 摄氏度左右,因此在测试台架设计时同时要考虑环境温度的影响。

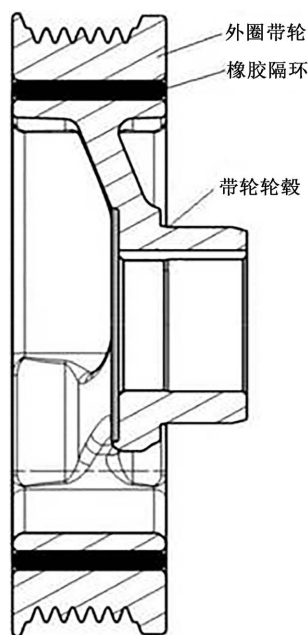


Figure 1. Engine pulley structure
图 1. 皮带轮结构

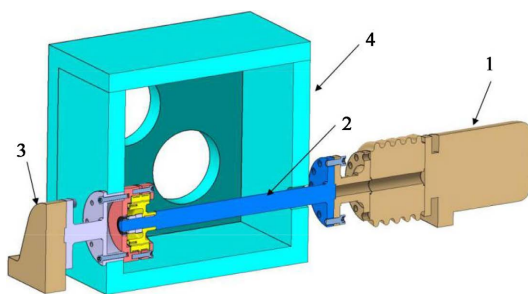
4. 测试台架原理

测试台架的原理是通过刚性固定带轮轮毂或外圈带轮中的一个，另一个与可提供交变载荷的设备刚性连接[4]，一般可采用液压伺服作动器或电动伺服作动器来实现，该测试台架采用的是固定皮带轮外圈带轮，带轮轮毂与液压作动器相连的方式来验证橡胶隔环的疲劳耐久性。

可实现交变载荷的设备采用的是德国英斯特朗生成的液压扭转作动器，可实现 40~80 Hz 的交变频率用于模拟发动机的扭振。带轮轮毂与液压扭转作动器刚性连接，外圈带轮与基础地面刚性连接，皮带轮置于可控温度环境箱内，环境箱与加载设备通过保温板隔绝，避免加载设备温度过高。

5. 测试台架的结构组成

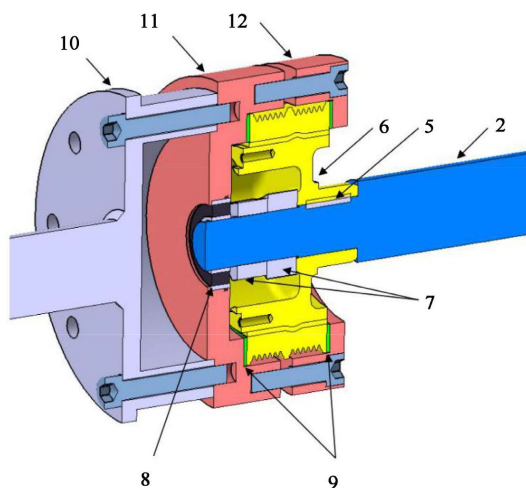
该测试台架主要由液压扭转作动器 1、长轴 2、皮带轮固定工装、尾座 3、及环境箱 4 组成；见图 2。其中皮带轮固定工装由平键 5、锁紧螺母 7、轴承 8、摩擦片 9、连接盘 10、压盘一 11、压盘二 12 组成。见图 3。



1: 液压扭转作动器；2: 长轴；3: 尾座；4: 环境箱。

Figure 2. Structure of test bench
图 2. 测试台架结构图

液压扭转作动器 1 与长轴 2 通过螺栓刚性连接，长轴 2 穿过环境箱 4 壁板并留有 2 mm 间隙，长轴 2 另一端通过平键 5 与测试的皮带轮连接，并用两个锁紧螺母 7 进行紧固；摩擦片 9 两片分别置于皮带轮外圈的两侧，用压盘一 11 和压盘二 12 通过螺栓压紧摩擦片 9，使压盘一、压盘二和皮带轮外圈达到刚性固定的效果；连接盘 10 穿过环境箱 4 另一侧壁板并保证无缝隙，通过螺栓与压盘一 11 刚性连接，连接盘 10 另一端与液压扭转作动器尾座 3 通过螺栓刚性连接；轴承 8 内圈与长轴 2 末端过盈配合连接，轴承 8 外圈与压盘一 11 通过卡簧安装在一起；液压扭转作动器 1、尾座 3、环境箱 4 均刚性固定于地面。



1: 液压扭转作动器; 2: 长轴; 3: 尾座; 4: 环境箱; 5: 平键; 6: 皮带轮; 7: 锁紧螺母; 8: 轴承; 9: 摩擦片; 10: 连接盘; 11: 压盘一; 12: 压盘二。

Figure 3. Details of Engine pulley fixing fixture
图 3. 皮带轮固定工装结构详图

6. 测试台架的实际应用

根据某发动机皮带轮测试要求，皮带轮首先要在 50 pphm，40℃臭氧老化 10 小时后，见图 4：



Figure 4. Ozone aging test
图 4. 臭氧老化试验

再进行扭转疲劳试验，试验条件：振幅 $\pm 0.5^\circ$ ，频率 40 Hz，时间 200 h；试验完毕后皮带轮应满足橡胶层无裂纹，固有频率变化率为 -8% ~ $+20\%$ 。因此在扭转疲劳试验前后对皮带轮进行固有频率的测试[5]，见图 5：



Figure 5. Measuring natural frequency
图 5. 固有频率测量

将设计中非标部件按图纸进行加工制作，并进行相应的调质及热处理等工艺，螺栓、摩擦片、轴承以及环境箱相关组件直接采购现有标准尺寸和参数产品。按图纸转配要求进行安装，紧固螺栓按规定扭矩值进行校核，最终装配好的测试台架如图 6 所示：

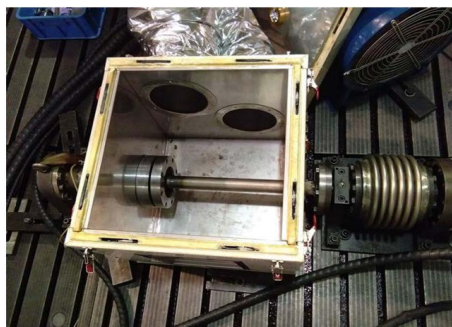


Figure 6. Test bench
图 6. 测试台架图

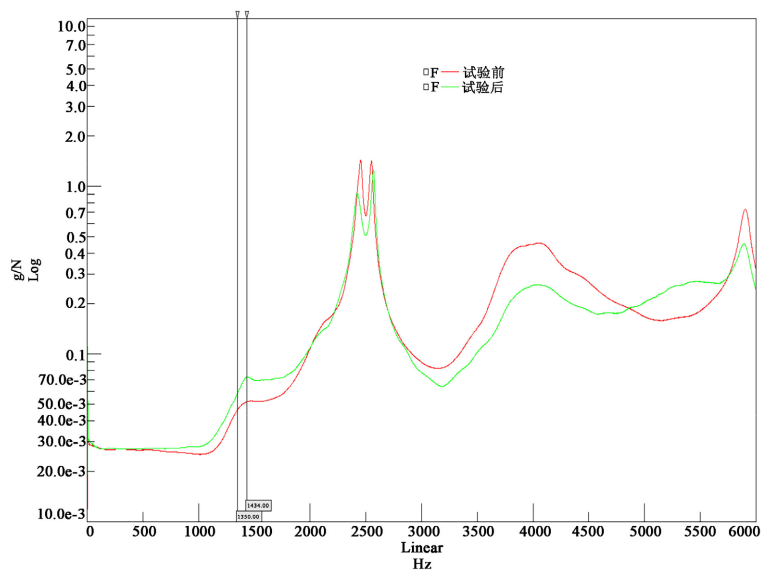


Figure 7. Natural frequency curve before and after torsional fatigue test
图 7. 扭转疲劳试验前后固有频率曲线

开启环境箱，待温度达到 80℃并高温浸泡 1 小时，然后开启液压扭转作动器对皮带轮进行扭矩控制方式加载，频率 40 Hz。

通过一段时间观察，皮带轮的带轮轮毂与外圈带轮均未出现打滑现象，加载曲线平滑、无波动，经过 200 小时的测试后，试验装置依然未出现打滑等失效现象，对扭转疲劳试验后的皮带轮再次进行固有频率测试，对比扭转疲劳试验前后固有频率测量结果的变化，如图 7 所示。

试验完毕后皮带轮橡胶层无裂纹，固有频率变化率为 5.7%，远小于目标值 20%，符合试验设计要求。且证明试验台架的设计可行。

7. 结论

本文根据汽车发动机减振皮带轮的结构特点以及使用环境的特殊性，通过对液压扭转作动器及环境箱这两种通用性设备的升级改造，最大程度地模拟了减震皮带轮的实际工作状态，以最快的速度、最低的成本得到了试验数据，并用于指导相关设计、优化方案，对于产品开发大大节省了时间成本和金钱成本；实物的应用也验证了该测试方案的可行性，并通过该方案完成了某车型减振皮带轮的测试项目，达到了预期效果。

参考文献

- [1] 彭北京, 尹建东, 沈源, 王瑞平. 基于某款发动机减振皮带轮对 NVH 性能的影响分析小型内燃机与车辆技术[J]. 小型内燃机与车辆技术, 2019, 48(5): 70-72.
- [2] 翁剑成. 发动机多楔皮带轮旋压工艺的研究[J]. 机电工程, 2020, 37(2): 155-158, 180.
- [3] 刘杰, 王红丹, 王浩雷, 郑常亮, 周硕, 刘海涛, 牛少松. 发动机减振皮带轮轮毂结构 NVH 影响分析内燃机与配件[J]. 内燃机与配件, 2019(8): 27-29.
- [4] 陈汉汛, 刘利, 倪尔东. 发动机减振皮带轮性能研究及测试系统的开发[J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26(11): 88-90, 96.
- [5] 陈小强, 陈冬青, 戴维维. 发动机扭转减振皮带轮的匹配试验研究内燃机与配件[J]. 内燃机与配件, 2020(22): 11-13.