

一种车用汽油涡轮增压器断轴问题的分析与解决

赵仕云 周华 张建波
(芜湖埃科泰克动力总成有限公司 安徽 芜湖 241000)

摘要: 随着人们对汽车要求的不断提高,涡轮增压发动机逐渐成为车辆的标配,特别是乘用车。本文对某汽油机涡轮增压器断轴的原因进行了深入地调查与分析,找出其根本原因是增压器端面全跳动超差、增压器轴心轨迹超差以及焊接异物进入增压器腔体内部导致了产品失效,据此提出了解决问题的方法,为今后增压器出现类似问题提供了一种可以借鉴的分析和解决问题的方法。

关键词: 涡轮增压器;断轴;轴心轨迹;失效模式

0 引言

随着人们对汽车要求的不断提高,涡轮增压发动机逐渐成为车辆的标准配置,特别是乘用车。在相同排量的条件下,涡轮增压发动机功率至少比自然吸气发动机功率提高了30%,同时,它还提高汽油发动机近20%的燃油效率、柴油发动机近40%的燃油效率,减少10%~20%碳排放。预计到2025年我国新增汽车数量达到3000万辆,涡轮增压器市场渗透率或将达到89%左右,大约70%的轻度混合动力汽车将配置一个或多个增压系统,涡轮增压器市场将会得到更大的发展。

1 增压器工作原理及结构

1.1 涡轮增压器工作原理

涡轮增压器是一种具有节能、高效、技术含量高的产品。它利用发动机燃烧排出的废气能量,冲击涡轮产生动能,并带动同轴的压力轮进行压缩空气做功,从而提高发动机的进气密度,工作原理如图1所示。

目前,车用涡轮增压的转速普遍在100000~240000 r/min之间,随着发动机转速的升高,废气排出速度与涡轮转速也同步加快,压入气缸的新鲜空气也就越多,不但提高功率和扭矩特性,而且降低了污染物的排放、发动机噪音和燃油消耗。

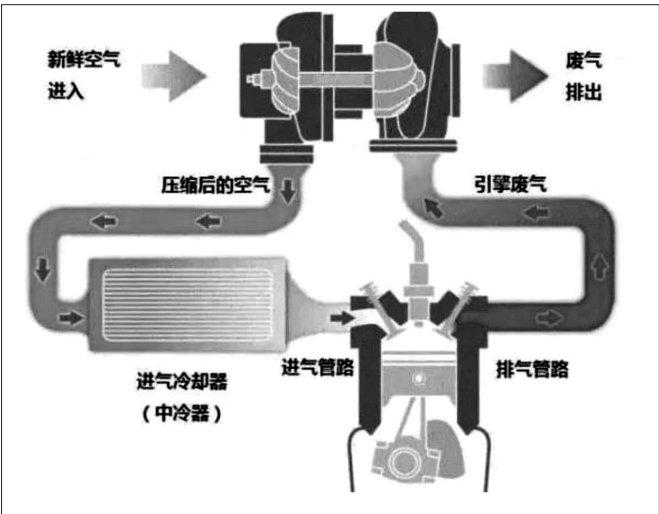


图1 涡轮增压器原理

1.2 涡轮增压器结构组成

涡轮增压器内部结构主要由涡轮机、中间组合体及压气机三部分组成。

(1) 涡轮机: 由涡轮、废气旁通阀及涡轮等组成。

(2) 压气机: 由叶轮、压壳等组成,通过锁片或抱箍与中间体连接在一起。

(3) 中间组合体: 由中间壳体、压轮、压轮锁紧螺母、涡轮轴、轴封、止推轴承、密封环、浮动轴承等组成。

2 失效原因调查与分析

2.1 涡轮增压器失效问题描述

某款车用汽油涡轮增压发动机在台架试验中出现2例增压器失效故障。第一台涡轮增压器经过磨合试验后继续性能试验。在1750rpm@WOT工况下发动机功率扭矩由370N·m突降到335N·m,曲线压力+1.20kPa。另一台涡轮增压器经过5.5hs磨合试验后,在4500rpm@WOT工况下增压压力突然下降。

拆卸增压器后发现涡轮增压器涡轮叶轮破损,增压器转子轴断裂,如图2所示。

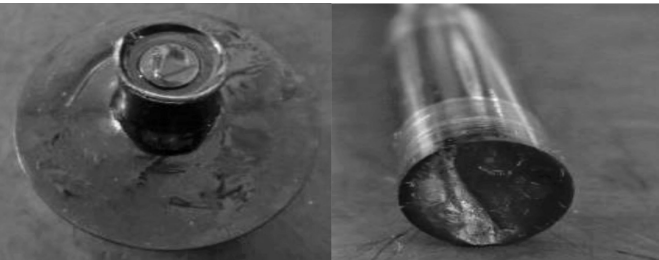


图2 增压器转子轴断裂图

2.2 查找失效影响因素

为了从众多潜在失效原因里面快速找出问题的根本原因,借助于鱼刺图对其进行分析和归纳,最终找到3个主要影响因素,具体如表所示。

3 原因确认

3.1 增压器涡轮端

焊接后环槽面全跳动值

经过对与失效样

件同批次零件的第一

表 失效影响因素

序号	描述
1	增压器端面焊接后全跳动值超差;
2	增压器腔内有焊渣进入;
3	增压器轴心轨迹超差;

环槽涡端端面全跳动进行检测,得到了制造过程能力指标如图 3 所示。从检测结果来看,增压器涡端焊接总成的环面全跳动制程能力稳定性较差,无法满足产品焊接过程质量控制要求。

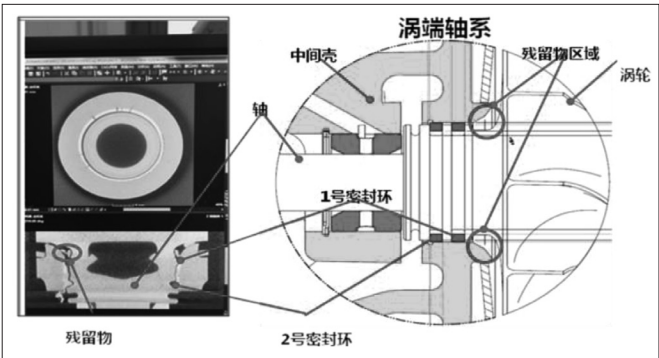


图 3 腔体内焊渣图

3.2 焊渣进入腔内

检查焊接槽时发现里面有异物出现,通过放大镜观察焊接槽后发现异物是焊渣残留。检查焊接工艺后发现焊接工装保护套高度较低,没有完全将密封环槽保护在工装内,从而导致在焊接过程中,焊接残渣可能进入焊接槽内。

3.3 增压器轴心轨迹超差

本涡轮增压器最高油温是 150℃,所以我们对轴心轨迹在 150℃进行了轴心轨迹测试,结果如图 4 所示。根据测量结果来看,极限样件轴摆跳动超过 80%,已经超出规范要求,轴系有失稳风险。这将会破坏轴、密封环、中间体及浮动轴承等零件之间的油膜,进而产生轴磨损、断裂等后果。

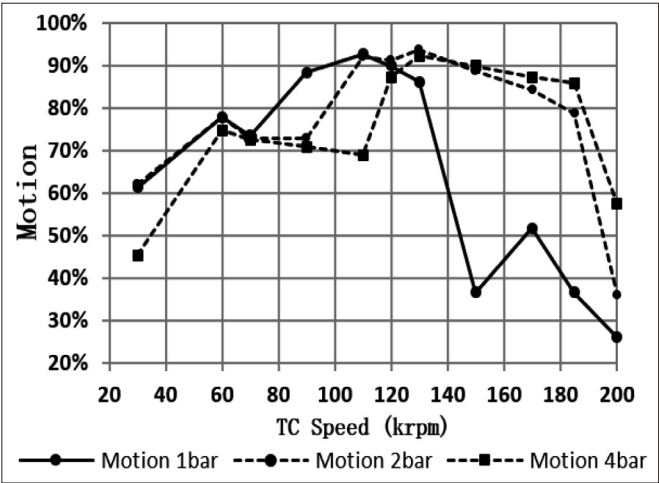


图 4 150℃时轴心轨迹测试图

4 解决方法

根据前述导致涡轮增压器断轴失效的因素,制定了下列解决办法:

(1) 优化增压器端面焊接夹具,严格控制焊接端面跳动稳定性。

(2) 优化工装设计,加高孔口,遮挡密封槽,避免焊渣进入。

(3) 为了提高增压器轴心稳定性,根据轴心轨迹试验结果,对浮动轴承内径尺寸进行严格控制。

5 试验验证

5.1 轴心轨迹试验验证

基于上述措施对轴心轨迹进行优化后,同时对于优化后的轴心轨迹进行了测试,试验结果如图 5 所示。

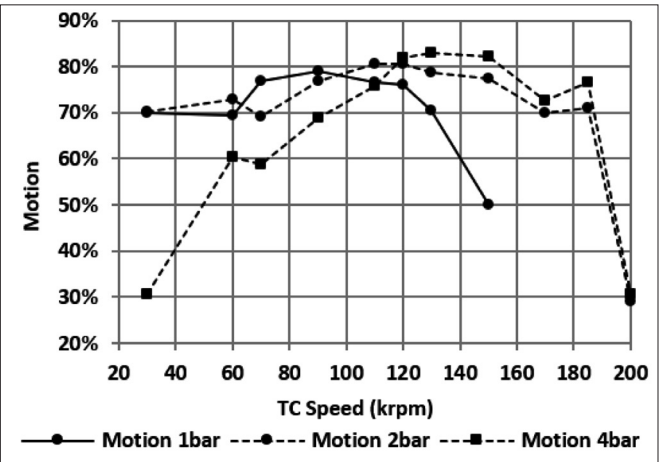


图 5 150℃时优化后轴心轨迹测试图

根据优化后的试验结果来看,轴心轨迹满足增压器器设计规范要求。

5.2 发动机可靠性试验

除了对轴心轨迹进行试验外,同时还在发动机台架上进行多轮可靠性试验验证,试验期间均未出现断轴现象。

6 结语

经过调查与分析,得到了导致涡轮增压器断轴的根本原因,并且提出了解决措施,降低了断轴风险,提高了增压器的使用寿命。

整改后,经过多轮可靠性试验验证,没有再次出现增压器断轴现象,说明整改措施非常有效。此外,为保证产品质量,后期还需对投放市场的发动机产品进行长期跟踪,防止此类问题再次出现。对今后增压器出现类似问题提供了一种可以借鉴的分析与解决问题的方法。

参考文献:

[1] 黄圣锦,袁根,刘凯,等. 汽油发动机涡轮增压器一种失效模式剖析的研究[J]. 内燃机,2020(2):33-33.
[2] 彭美春,黎育雷,李继龙,等. 驾驶模式对轻型汽油车PN排放影响的研究[J]. 车用发动机,2019(4):27-28.
[3] 喻昆,许涛,黄保科. 某柴油增压器断轴原因分析及整改[J]. 汽车实用技术,2017(9):61-63.

作者简介: 赵仕云 (1983-), 女, 汉族, 安徽合肥人, 硕士, 工程师, 研究方向: 车用增压器的设计与开发。