

团 体 标 准

T/CSAE xx—20xx

商用车用发动机轮系风扇支架技术要求及 试验方法

Technical Requirements and Test Methods for Fan Support of Commercial Vehicle
Engine Gear Train

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 技术要求	5
5 试验一般要求	6
6 试验方法	7
6.1 跳动测量	7
6.2 风扇支架轮毂动平衡测量	8
6.3 轴向游隙测量	9
6.4 启动力矩测量	11
6.5 振动速度测量	14
6.6 噪声试验	16
6.7 风扇支架密封性能试验	17
6.8 风扇支架高低温试验	21
6.9 风扇支架盐雾试验	22
6.10 风扇支架寿命试验	23
6.11 风扇支架耐久试验	26
6.12 风扇支架高速性能试验	30

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会越野车技术分会提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本标准起草单位：东风汽车动力零部件有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、湖北汽车工业学院、重庆大学、华纳圣龙（宁波）有限公司、厦门理工学院、雪龙集团股份有限公司、上海新动力汽车科技股份有限公司、东风康明斯发动机有限公司、北京理工大学、东风越野车有限公司、斯凯孚（中国）销售有限公司、浙江中精轴承有限公司。

本标准主要起草人：陈强、高云、梁朔、祝定勍、蔡臻、杨俊、王红霞、孟明凡、曹占龙、李进、盛精、史嵩雁、李达、罗亚瑞、康忠伟、王伟达、吴志成、孟建军、夏伟业、周文立、祝小燕。

商用车用发动机轮系风扇支架技术要求及试验方法

1 范围

本文件规定了商用车用发动机轮系风扇支架技术要求及试验方法。

本文件适用于商用车发动机轮系上用于支撑、安装采用发动机驱动的风冷风扇的支架部件（以下均简称风扇支架），也适用于部分工程车（如重型运输车辆、吊车、挖掘机、推土机、装载机、压路机、搅拌车等）发动机轮系上用于支撑、安装此类风扇的风扇支架产品。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，所注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2479-2022 普通磨料 白刚玉

GB/T 3785.1-2023 电声学 声级计 第1部分：规范

GB/T 10125-2021 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 11133-2015 石油产品、润滑油和添加剂中水含量的测定 卡尔费休库仑滴定法

GB/T 24610.1-2019 滚动轴承 振动测量方法 第1部分：基础

GB/T 28957.1-2023 道路车辆 用于滤清器评定的试验粉尘 第1部分：氧化硅试验粉尘

SH/T 0336-1994 润滑脂杂质含量测定法（显微镜法）

ISO 12103-1:2024 道路车辆过滤器评价用试验污染物第1部分：亚利桑那试验粉尘
(Road vehicles — Test contaminants for filter evaluation — Part 1: Arizona test dust)

IEC 61260-1 2014 电声学. 分倍频程和频程频带滤波器. 第1部分规格
(Electroacoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters-Part 1: Specifications)

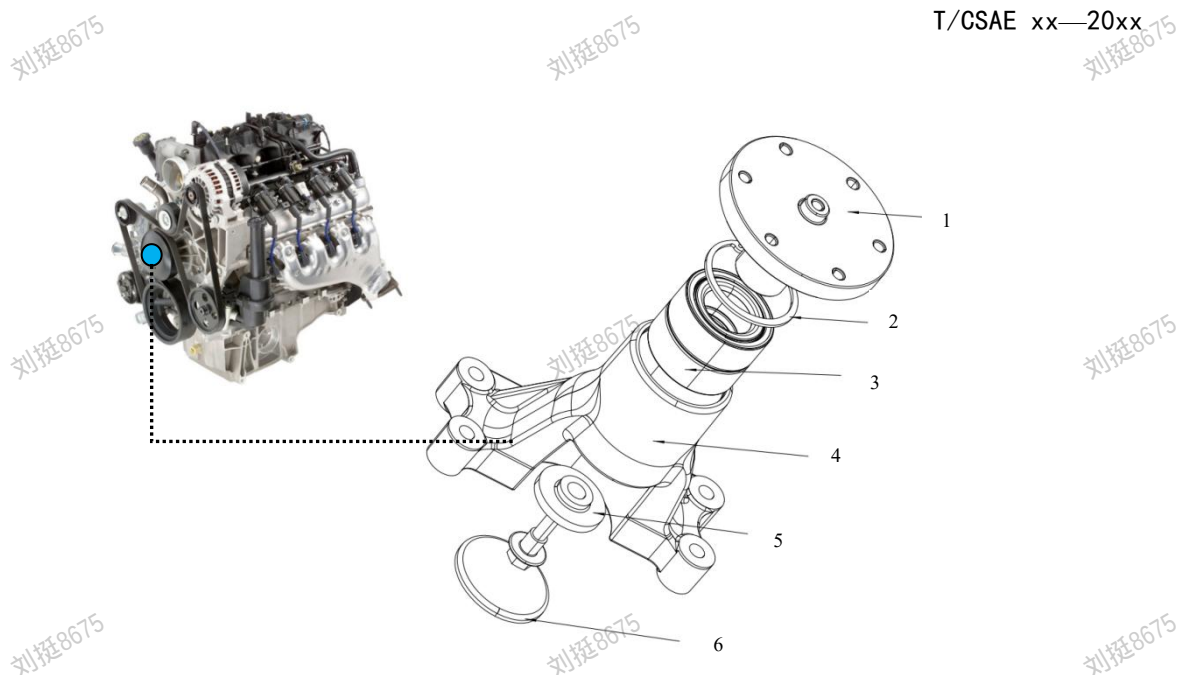
3 术语和定义

GB/T 2423.22、GB/T 2479、GB/T 3785.1、GB/T 10125、GB/T 11133、GB/T 24610.1、GB/T 28957.1、SH/T 0336界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风扇支架 fan support

风扇支架属于发动机冷却系统传动部件，是安装在发动机轮系上用于安装、支撑发动机驱动冷却风扇的部件，其结构示例见图1。



说明：

- | | |
|-------------|-----------|
| 1——风扇轮毂； | 4——支架体； |
| 2——挡圈； | 5——座圈、螺栓； |
| 3——自密封滚动轴承； | 6——密封盖。 |

图1 风扇支架结构示例

3.2

轮毂端面跳动 fan hub lateral runout

风扇支架轮毂端面对风扇支架壳体安装底面的圆跳动。

3.3

风扇轮毂定位凸台 fan hub positioning protrusion

风扇支架轮毂上用于安装皮带轮或者风扇联接垫块的轴向定位的圆柱形凸台结构。

3.4

动平衡 dynamic balance

风扇支架轮毂的动平衡品质等级。

3.5

风扇支架游隙 fan support play

轴承装配到风扇支架后内外套圈的轴向相对窜动量。

3.6

启动力矩 starting torque

使风扇轮毂空载启动旋转所需的驱动力矩。

3.7

振动速度 vibration velocity

风扇支架在规定条件下运转时的振动速度值。

3.8

噪声 noise level

风扇支架在规定条件下运转时的噪音值。

3.9

转速运行占比 proportion of rotational speed operation

风扇支架转速运行占比指的是发动机在整车应用中某个发动机转速段运行时间占整体应用运行时间的比例，一般来源于整车应用工况。

4 技术要求

4.1 风扇支架跳动

a) 轮毂端面跳动：

符合发动机轮系整体设计要求，对于尚未注明的公差应按GB/T 1184-1996中公差等级K的直线度和平面度的未注公差值选定。

b) 风扇轮毂定位凸台径向跳动：

符合发动机轮系整体设计要求，对于尚未注明的公差应按GB/T 1184-1996中公差等级H的径向跳动的未注公差值选定。

4.2 风扇轮毂动平衡

风扇轮毂的动平衡品质等级为 G6.3，或当产品有其他明确要求时按其要求执行。

4.3 风扇支架游隙

风扇支架游隙应符合设计要求。

4.4 启动力矩

风扇支架在空载启动时，初始启动力矩宜尽可能小，测量值应小于特定设计要求，且批量测量稳定。

4.5 振动速度

风扇支架振动测试值宜尽可能小，振动速度均方根值应小于特定设计要求，且批量测量稳定。

4.6 噪声

风扇支架在规定试验条件下运转噪声应不大于声压级80dB（A）或者满足特定技术要求。

4.7 密封性能

4.7.1 对风扇支架做灰尘试验，灰尘侵入到风扇支架轴承内部的数量应符合标准规定的要求。

4.7.2 对风扇支架做泥水试验，风扇支架轴承内部油脂含水量增加值应不大于 3%。

4.8 高低温性能

按照GB/T 2423.22—2012中第7章试验Na的程序试验后，风扇支架试验样品目视检查及相关检测无异常。

4.9 盐雾性能

风扇支架中性盐雾试验后,没有异常噪音,风扇支架轴承油脂含水量增加值应不大于3%,轴承工作表面不应存在有影响使用的腐蚀剥落。

4.10 风扇支架轴承寿命要求

对风扇支架轴承进行寿命试验,轴承应能满足10000h的 L_{10} 寿命要求或特定设计要求。采用滚动轴承强化寿命试验,试验后轴承未失效。

4.11 风扇支架耐久试验

风扇支架试验后未失效。

风扇支架轴承最大负载处的外圈的温度应不大于轴承允许的最高连续工作温度。

4.12 风扇支架超速性能试验

试验后,风扇支架未失效。同时风扇支架轴承最大负载处的外圈的温度应不大于轴承允许的工作极限温度。

注:以下三项技术要求仅为适用以下应用场景时作为选做项目,其余项目均为风扇支架必做项目。

- 泥水试验,适用于经常工作在泥水喷溅环境工况下的风扇支架;
- 高低温试验,适用于应用到极寒或高温地区的工况下的风扇支架;
- 盐雾试验,适用于应用到腐蚀性环境下,如沿海、潮湿地区的风扇支架。

5 试验一般要求

5.1 环境条件

无特殊环境要求的试验,按照下述试验室环境条件进行:

- 温度: 18℃~28℃;
- 相对湿度: 10%~90%RH;
- 气压: 86kPa~106kPa。

5.2 测量仪器精度

测量仪器应满足实际测量参数的精度,符合表1的规定。

表1 测量仪器准确度

序号	试验仪器	准确度
1	转速测量装置	0.2 级
2	转矩测量装置	0.2 级
3	温度测量装置	0.5 级, 分辨率 0.1℃, 时间常数<5s
4	加速度测试装置	0.2 级
5	压力测量装置	1.5 级

表 1（续）		
序号	试验仪器	准确度
6	时间测量装置	0.1 级
7	位移检测装置	0.2 级

5.3 风扇支架样品

5.3.1 抽取样品

样品应在检验合格的风扇支架中随机抽取。

5.3.2 样品容量

在未做特殊规定时，每个试验一般随机取 3 套~10 套样品。

5.3.3 样品编号

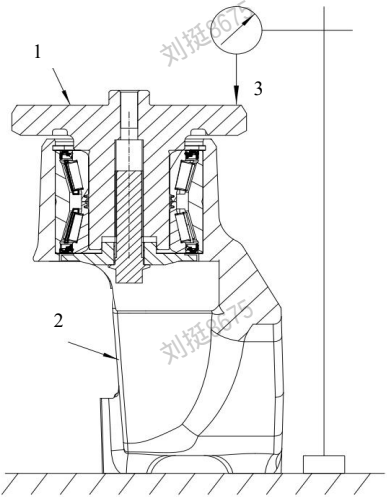
每个样品应有清晰可辨的唯一性标识。

6 试验方法

6.1 跳动测量

6.1.1 风扇轮毂端面跳动测量

将风扇支架放置在平台上，采用百分表测量，测量点位于风扇轮毂端面最大可测量圆周上，如图 2，将风扇支架整体旋转一周，表针最大变化量即端面跳动值。



说明：

- 1——风扇轮毂端面；
- 2——风扇支架；
- 3——表架。

图2 端面跳动检测示意图

端面跳动未标注时按表 2 的等级 K 对应的公差值选定。

表2 端面跳动的未注差值

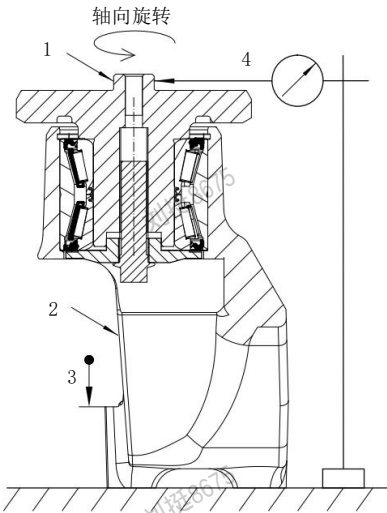
单位为毫米

公差等级	基本长度范围				
	≤10	>10~30	>30~100	>100~300	>300~1000
H	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3
K	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6
L	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2

注：表内基本长度指的是风扇轮毂直径。

6.1.2 风扇轮毂定位凸台径向跳动测量

将风扇支架放置在平台上，压紧风扇支架，采用百分表测量，测量点为轮毂凸台外圆上中部位置，如图 3，将风扇轮毂旋转一周，表针最大变化量即径向跳动值。



说明：

- 1——风扇轮毂凸台；
2——风扇支架；

- 3——压紧点；
4——表架。

图 3 径向跳动检测示意图

径向跳动未标注时按表3的等级H对应的公差值选定。

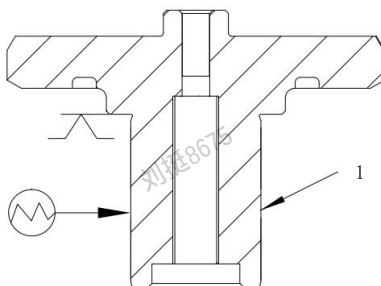
表3 径向跳动的未注公差值

单位为毫米

公差等级	径向跳动公差值
H	0.1
K	0.2
L	0.5

6.2 风扇支架轮毂动平衡测量

6.2.1 风扇支架轮毂剩余不平衡量采用平衡机按图4定位方式测量。



说明：

1——风扇轮毂。

图4 动平衡定位示意图

6.2.2 风扇支架轮毂允许剩余不平衡量按公式(1)计算。

$$u_{per} = \frac{9549 \times (M \times G)}{n} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

u_{per} ——允许剩余不平衡量，单位为克·厘米（g·cm）；

M ——轮毂重量，单位为千克（Kg）；

G ——动平衡品质等级；

n ——轮毂工作转速，单位为转每分钟（r/min）。

6.2.3 若对动平衡检测方式有其它明确要求，按其要求执行。

6.3 风扇支架游隙测量

6.3.1 总则

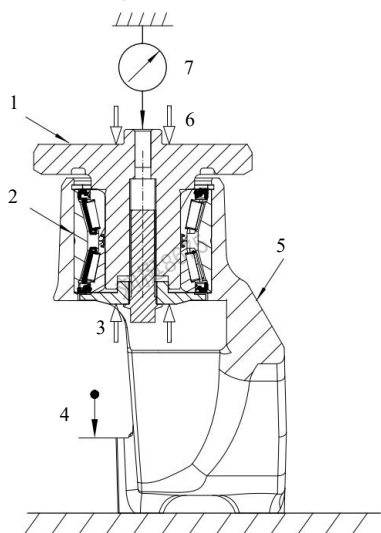
以下方法均应用于设计为正游隙的风扇支架，游隙测量优先选用仪器测量法。

6.3.2 仪器测量法

6.3.2.1 采用气动、电动或者其它能施加载荷的装置，且装置具备载荷监控、位移检测功能。

6.3.2.2 测量示意图如图5所示，将风扇支架固定，即将轴承内外圈只固定一侧，使得轴承另外一侧能沿轴承轴向正反方向移动，并读取正反方向位移极限值分别为 h_i 和 h_j ，则轴承装配后游隙为 $H = h_i + h_j$ 。

注： h_i 指的是轴承在轴向正向载荷下的位移测量值； h_j 指的是轴承在轴向反向载荷下的位移测量值，单位为毫米（mm）。



说明：

- 1——风扇轮毂；
- 2——滚动轴承；
- 3——上顶点；
- 4——压紧点；
- 5——风扇支架；
- 6——下压点；
- 7——测量点。

图5 仪器测量示意图

6.3.2.3 测量时应读取各个角位置（大致均匀，至少3个值）的位移量，其算数平均值即为风扇支架轴承装配后的轴向游隙，此值应备注对应的轴向测量载荷，轴向测量载荷未规定时按表4选取。

表4 轴向游隙测量载荷

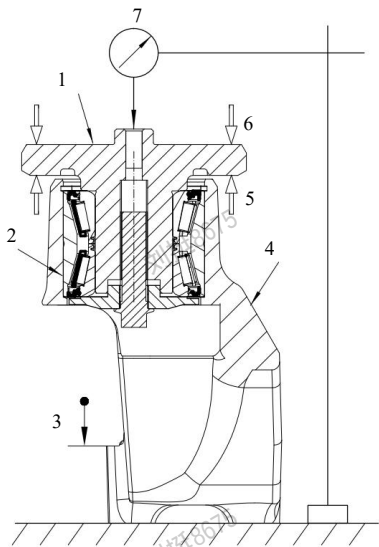
风扇支架的轴承内径 <i>d</i> mm		测量载荷（轴向） N
>	≤	
18	100	100
100	220	150
220	260	200

6.3.3 简易测量法

6.3.3.1 简易测量法示意图如图6所示，将风扇支架壳体固定，测量仪器对准风扇轮毂中部测量点处，手工沿轴向先向下按压风扇轮毂同时沿周向往复摆动（目的是将球或滚子移至沟道底部），读取此时的测量仪器极限值 h_j ，再沿轴向向上拉起风扇轮毂，读取此时的测量仪器极限值 h_i ，轴承装配后轴向游隙为 $H = h_i + h_j$ 。

6.3.3.2 为补偿轮毂制造和轴承装配误差的影响，可在不同角位置重复以上过程至少3次，各次测量值的算术平均值即为轴承装配后的轴向游隙。

6.3.3.3 此方法在风扇支架超出专用测量仪器的测量范围时采用，测量时宜不施加过大的轴向载荷。



说明：

- | | |
|----------|---------|
| 1——风扇轮毂； | 5——上压点； |
| 2——滚动轴承； | 6——下压点； |
| 3——压紧点； | 7——表架。 |
| 4——风扇支架； | |

图6 简易测量示意图

6.4 启动力矩测量

6.4.1 总则

启动力矩测量时，测量场所应远离电场、磁场。驱动装置与风扇轮毂接触的部件应退磁，并采用检定合格的高斯计检测，剩磁不超过 0.4 毫特（mT）。启动力矩测量优先选用仪器测量法。

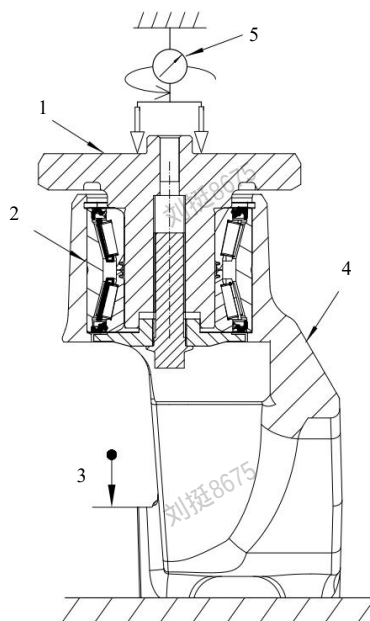
6.4.2 仪器测量法

6.4.2.1 采用传递测量法，测量示意图见图7所示，利用电动旋转装置，此装置同时具备施加载荷、扭矩检测功能。将风扇支架壳体固定，即将轴承内圈或外圈只固定一侧，使得轴承另外一侧轴向加载并沿轴向以固定转速旋转，测量出最大扭矩值。测得的结果应备注对应的测量载荷及转速。

6.4.2.2 为保证轴承零件各自处于正常的接触位置，测量载荷按表 5 中规定的轴向载荷选取。

6.4.2.3 测量转速应在 0.5r/min~ 10r/min 之间, 正反转采用相同转速。

6.4.2.4 测量时风扇轮毂应预运转后开始测量，预运转圈数应不少于 2 圈，在测量过程中，测量圈数应不少于 2 圈。



3——压紧点;

图7 仪器检测示意图

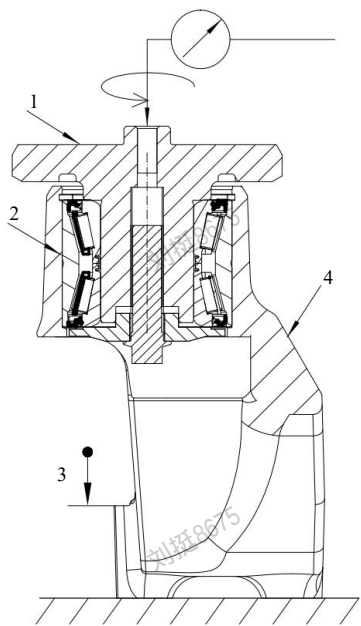
表5 轴向载荷

风扇支架轴承外径 D/mm		轴向载荷/N	
		深沟球轴承 角接触 $\leq 30^\circ$ 角接触球轴承	圆锥滚子轴承 角接触 $> 30^\circ$ 角接触球轴承
$>$	$\leq$	min	
20	30	5	40
30	50	10	80
50	80	20	120
80	120	35	150
120	180	70	180
180	200	140	200

6.4.3 力矩扳手测量法

6.4.3.2 测量时，驱动风扇轮毂旋转的角度不小于 90° 。

6.4.3.3 扭矩扳手选用合适的量程,可在不同角位置重复以上过程至少 3 次,各次测量值的算术平均值即为风扇支架的启动力矩。



标引序号说明:

1——风扇轮毂;
2——滚动轴承;

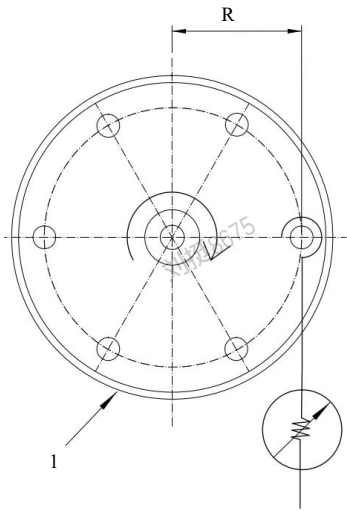
3——压紧点;
4——风扇支架。

图8 力矩扳手测量示意图

6.4.4 简易测量法

6.4.4.1 如图 9 所示，在风扇轮毂端面任一螺纹孔安装合适的螺杆，采用弹簧秤匀速缓慢沿轴承旋转中心切向拉动螺栓来驱动风扇轮毂，旋转角度至少 90° ，观察表针最大位置的读数。

6.4.4.2 弹簧秤选用合适的量程，可在不同角位置重复以上过程至少 3 次，各次测量值的算术平均值即为风扇支架的启动力矩。



标引序号说明:

1——风扇轮毂;

图9 简易测量示意图

6.4.4.3 按公式（2）计算旋转力矩。

$$M = \frac{FR}{1000} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

M ——风扇支架轮毂旋转力矩，单位为牛顿·米（N·m）；

F ——拉力，单位为牛（N）；

R ——螺杆中心至风扇轮毂旋转中心的距离，单位为毫米（mm）。

6.5 振动速度测量

6.5.1 测量原理

振动速度测量是风扇轮毂在规定的测量条件下，于规定时间段内通过监测传感器信号，经数据分析计算得到表征风扇支架总成结构振动的参数。

6.5.2 振动速度值

在一定转速和测试载荷下，在低、中、高三个频带的振动速度的均方根值即为风扇支架在对应频带的振动速度值。

6.5.3 物理量和单位

被测风扇支架的振动物理量为径向均方根振动速度，用 v_{rms} 表示，单位为微米每秒（ $\mu\text{m/s}$ ）。

6.5.4 测量条件

6.5.4.1 基础振动

启动驱动主轴（各频带量程开关置于最低档位），传感器测量点在主轴上，使其处于与测试状态相同的条件下，根据被测风扇支架所用轴承内径，驱动主轴各频带振动最大值应不超过表6规定。

表6 各频带振动值

轴承公称内径 mm		各频带振动最大值 $\mu\text{m/s}$		
超过	到	50~300Hz	300~1800Hz	1800~10000Hz
12	60	12	10	5
60	120	15	15	7

6.5.4.2 旋转转速

根据所选用轴承，按照 GB/T 24610 的特定轴承类型部分中测试旋转转速执行；一般的，采用深沟球轴承和角接触球轴承的风扇支架测量转速设定值为 1800r/min；采用圆锥滚子轴承的风扇支架测量转速设定值为 900r/min。或者当产品有其他规定时，按照其旋转转速执

行。

测试过程中，实际旋转转速范围不应超过规定转速的（-2%，+1%）。

6.5.4.3 传感器

风扇支架振动速度测量用传感器应符合以下要求：

- 测试过程中在 20Hz~10000Hz 频率范围内，若采用接触式传感器，则传感器与风扇支架本体应不产生脱离现象，并保证传感器对被测本体接触载荷小于 0.7N；
- 测试过程中的传感器频率响应和滤波特性按照 GB/T 24610.1 中 6.4 执行。

6.5.4.4 测试环境

风扇支架振动速度测试环境应符合以下要求：

- 风扇支架振动测试在室温下进行，测试环境应清洁，不得有尘屑、杂质等进入风扇支架，以免影响其振动值；
- 测试场所不得有影响振动测值的强振源；
- 测试场所不得有影响传感器性能与振动测值的强磁场。

6.5.4.5 加载系统

风扇支架振动速度测试的加载系统应符合以下要求：

- 试验设备及安装方式按照 6.11.3 执行；
- 轴向载荷及径向载荷根据 6.5.4.2 规定的转速所对应的轴向、径向载荷进行施加；如果实车难以获取 6.5.4.2 规定的转速及载荷，可选取与规定接近的转速及其对应的载荷作为试验条件进行加载；
- 合成轴向载荷作用线与风扇支架回转轴线同轴度不超过 0.5mm，与风扇支架回转轴线夹角不大于 3° ，如图 10 所示。

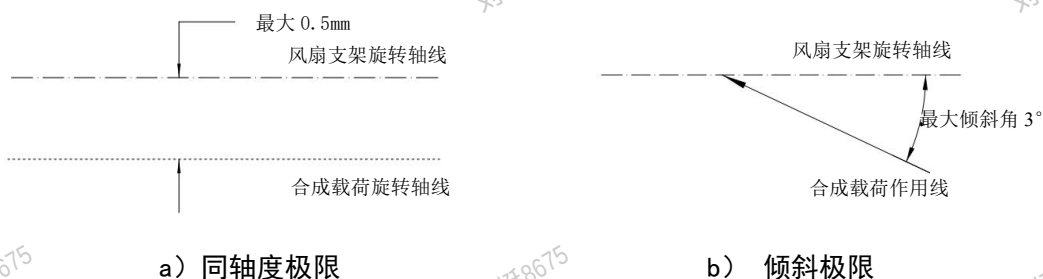


图10 合成轴向载荷与风扇支架回转轴线的同轴度和倾斜极限示意图

——合成径向载荷作用线与风扇支架回转轴线应垂直，角度在 $90^\circ \pm 1^\circ$ 范围内。作用点为实际应用工况下合成径向载荷的作用中心及方向。

若用户有其他规定，也可以采用其规定的载荷及偏差。

6.5.4.6 传感器的轴向位置和测量方向

传感器测量点在风扇支架本体上，定位如下所述。

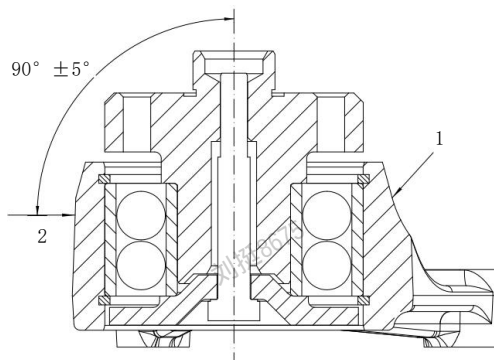
设定的轴向位置:在风扇支架本体外表面上且对应于轴承受载静止套圈滚道与滚子接触中部的平面上。

传感器位置确定后,根据风扇支架所选用轴承外径尺寸,允许的最大轴向位置偏差如下:

——轴承外径 $D \leq 70\text{mm}$ 时: $\pm 0.5\text{mm}$;

——轴承外径 $D \geq 70\text{mm}$ 时: $\pm 1.0\text{mm}$ 。

方向:垂直于风扇支架旋转轴线。在任何方向上,与旋转轴线角度在 $90^\circ \pm 5^\circ$ 范围内,见图 11。



说明:

1——风扇支架样品;

2——传感器测点。

图11 传感器设定位置及与旋转轴线角度范围

6.5.5 结果评定

风扇支架测量的振动值宜尽可能小,振动速度均方根值应小于特定设计要求,且批量测量稳定。

6.6 噪声试验

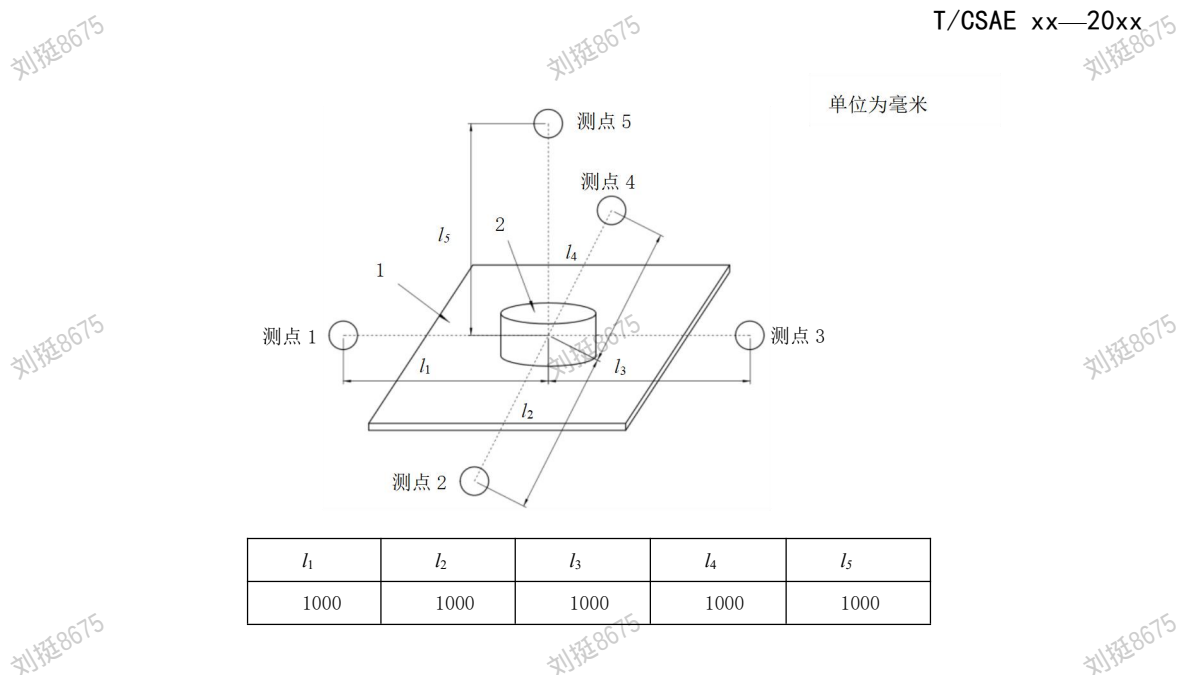
6.6.1 试验准备

噪声试验应在吸隔音试验室中进行,也可以在室外自由场或室内封闭的等效房间进行测试,需满足背景噪音 $\Delta L < 15\text{dB}$ 。

试验设备,旋转转速,加载条件按第 6.5 节的要求执行。

6.6.2 测点布置

共使用 5 个传声器,其中 1、2、3、4 号传声器距离被测风扇支架 1000mm (注:测量面为包含整个声源的最小假想矩形六面体的四周外表面),且高度与被测风扇支架高度相同;5 号传声器位于被测风扇支架正上方,距离为 1000mm。如图 12 所示。



说明：

- 1——试验设备；
- 2——试验样品。

图12 测点布置示意图

6.6.3 测量设备

传声器、记录仪、线缆等声学测试设备应满足 GB/T 3785.1-2023 中 1 级规范的要求。滤波器应满足 IEC 61260-1-2014 中 1 级规范的要求。

6.6.4 结果评定

通过表面声压级的测量与计算，声功率级的测量与计算，测试数据整理分析后进行风扇支架噪声品质等级评定。

由于噪声评价涉及较大的主观性，可选取心理声学中的线性声压级、A 计权声压级、响度、尖锐度、粗糙度、抖动度、语音清晰度、ECMA-74 标准中规定的数作为客观物理参量，计算每个声音样本的客观物理参量数值。

若无特殊要求，按照 A 计权声压级进行噪声评价，5 个测点中，最大噪音值不得超过 80dB(A)。

6.7 风扇支架密封性能试验

6.7.1 风扇支架防尘试验

6.7.1.1 试验条件

试验条件按表7规定选取。

灰尘介质箱的有效空间容积应不小于500mL，填灰量应按表7的规定添加，并使轴承样品两面均匀受尘。

灰尘介质箱的旋转方向应与风扇轮毂的旋转方向相反。

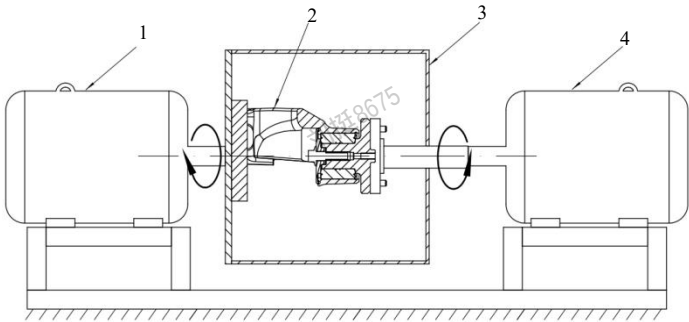
表7 防尘性能试验条件

风扇支架轴承内径 mm		风扇支架 转速 r/min	灰尘箱		环境温度 ℃	试验时间 h
			填灰量 m L	转速 r/min		
>	≤	0.3 <i>n</i> ₀	0.4% <i>V</i>	50	10 ~ 30	6
10	20		0.5% <i>V</i>			
20	30		0.6% <i>V</i>			
30	40		0.6% <i>V</i>			
40	50		0.6% <i>V</i>			
50	60		0.7% <i>V</i>			
注： <i>n</i> ₀ 指的是同一外形尺寸的接触式密封轴承的极限转速。						

6.7.1.2 试验设备

具备两套独立控制的驱动电机，能使灰尘箱和风扇支架试验样品分别旋转的装置。试验转速误差≤2%。

试验设备示意如图13。



说明：

1——灰尘箱驱动电机；
2——试验样品；

3——灰尘箱；
4——试验样品旋转驱动电机。

图13 灰尘试验设备示意图

6.7.1.3 试验准备

试验准备按以下要求执行。

- a) 风扇支架样品应符合以下要求：
- 在经检验合格的同型号、同批次轴承成品中随机抽取样品组装成风扇支架；
 - 抽样数量12套，8套作为试验样本，其余4套供分析及备用；
 - 在风扇支架样品的端面逐套编写序号，风扇支架样品表面擦拭干净，不应有油污和尘埃。
- b) 灰尘介质应符合以下要求：
- 灰尘介质为符合GB/T 2479规定的粒度标记为F240（微粉）的白刚玉；
 - 灰尘介质在110℃±10℃的烘干箱中烘1h后，放入干燥器内冷却；
 - 冷却后的灰尘介质用干净的量杯计量。
- c) 风扇支架组装应符合以下要求：

- 风扇支架按照设计公差配合要求进行装配；
- 风扇支架各零部件应清洗干净，组装后应符合装配图样的技术要求；
- 风扇支架轴承应正确安装，且不应敲击、磕碰密封圈或防尘盖，防止其产生变形；
- 风扇支架轴承安装后应旋转灵活，无阻滞。

6.7.1.4 试验步骤

试验步骤中应随时观察风扇支架运转情况，如出现异常振动、噪声及其他异常现象时，应及时停机。

凡因试验设备、仪器故障或操作不当造成风扇支架失效时，应从备用样品中依次补做试验。

6.7.1.5 试验数据处理

防尘试验后将风扇支架轴承外部附着的灰尘介质和漏出的润滑脂擦拭干净。用专用工具将风扇支架轴承的密封圈或防尘盖拆掉，按SH/T 0336的规定分别从其两端均匀取润滑脂样检查灰尘侵入量。整个拆解检查的过程中要保留试验后轴承的整体照片，内外滚道、保持架、滚动体等各处油脂照片。

单套风扇支架轴承中润滑脂样品平均单位体积的灰尘量按公式（3）计算：

$$X = \frac{A \times 400}{10} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

X ——平均单位体积的灰尘量，单位为个/ cm^3 ；

A ——10个润滑脂样中的灰尘量的总和，单位为个/ cm^3 ；

400——观测润滑脂样品的体积（ $0.0025/\text{cm}^3$ ）换算到 $1/\text{cm}^3$ 的系数；

10 ——取样次数。

注：风扇支架轴承样品试验前平均灰尘量忽略不计，单套轴承样品试验后平均灰尘量即为该套轴承样品的灰尘侵入量。

6.7.1.6 结果评定

风扇支架的防尘性能应逐套按表8的规定进行判定。或有特殊要求时，按其规定作为判定依据。

表8 防尘试验判定

防尘试验灰尘侵入量（个/ cm^3 ）	
非接触式、带防尘盖密封轴承	接触式密封轴承
≤ 80000	≤ 16000

风扇支架在试验过程中出现密封圈或防尘盖脱落、外圈密封处漏脂、密封圈或防尘盖与外圈发生相对转动，均应判定该套风扇支架防尘试验结果不合格。

6.7.2 风扇支架泥水试验

6.7.2.1 试验条件

试验条件按表9设定。

表9 泥水性能试验载荷、转速及循环周期

每个循环	工步	样品转速 <i>n</i> (rpm)	是否喷溅泥 水	径向载荷 <i>Fr</i>	工步时间 (min)
	1	300	喷溅	1KN	90
	2	1000	不喷溅	1KN	30
循环次数	试验进行70次循环，共140h				

6.7.2.2 试验设备

试验设备采用第6.11.3项规定的试验设备。

6.7.2.3 试验准备

试验样品应按如下规定准备：

- 在经检验合格的同批次风扇支架成品中随机抽取样品；
- 抽样数量2套（2套为最少数量，用户若有特殊要求，可协商确定）；
- 风扇支架样品表面擦拭干净，不应有油污和尘埃。

泥水的配比符合以下规定：

按水1L，亚利桑那试验粉尘125g，盐50g的比例进行配比。亚利桑那试验粉尘符合GB/T 28957.1中的细粒ISO 12103-A2的规定。若有特殊规定的泥水配比，按特殊要求进行试验。

6.7.2.4 试验步骤

喷水方向与水平方向夹角为45°，喷水口距离密封圈端面的距离为60mm±10mm，喷水口流量为4L/min，喷水口直径为9.5mm。

按表9规定的顺序循环，进行140h试验。若有特殊规定的试验条件，按特殊要求进行试验。

试验步骤中应随时观察风扇支架样品运转情况，如出现异常振动、噪声及其他异常现象时，应及时停机。

凡因试验设备、仪器故障或操作不当造成风扇支架样品失效时，应选取备用样品补做试验。

6.7.2.5 结果评定

试验完成后，应按以下要求进行风扇支架样品评定：

- 风扇支架总成、零部件目视无异常裂纹、断裂；
- 风扇支架样品按第6.4节规定做启动力矩测量，测量结果符合设计要求；
- 风扇支架样品按第6.6节规定做噪音试验，没有异常噪音，噪声值不大于80dB(A)或特定要求；
- 风扇支架样品的轴承应无裂纹及疲劳剥落、油脂流失、油脂变色的现象；

——风扇支架样品的轴承油脂含水量增加值不大于3%。使用卡尔费休库仑滴定法，按 GB/T 11133-2015 的规定进行判定。

6.8 风扇支架高低温试验

6.8.1 试验原理

为了评价风扇支架各机械零部件及材料是否适合耐受温度快速变化，参照标准 GB/T 2423.33-2012，试验方法按 Na 规定的方法。

6.8.2 试验条件

试验样品和试验箱内的初始温度应处于试验室环境温度： $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

根据 GB/T 2423.22-2012 中 7.2.3 严酷等级的规定，选择以下试验条件：

- 低温 T_A ： -40°C ；
- 高温 T_B ： $+125^{\circ}\text{C}$ ；
- 两个温度下的暴露持续时间为 3h；
- 试验循环数为 5。

试验温度和暴露时间也可结合工况条件进行选定或遵循特定建议。

6.8.3 试验设备

可使用两个独立的温度试验箱或一个快速温度变化速率的试验箱。其它要求满足 GB/T 2423.22-2012 中的第 7.2.1 项的规定。

6.8.4 试验准备

试验样品初始状态应通过目视检查并进行跳动、游隙、启动力矩、振动速度、噪音检测，并记录相关结果数据。

样品的安装架应具有低导热性，以使得试验样品实际上是绝热的。当几个试验样品同时试验时，放置试验样品时应使得试验样品之间、试验样品和试验箱内表面之间的空气自由流通。

6.8.5 试验步骤

试验按以下步骤执行。

- a) 将试验样品暴露于低温 T_A 下 3 h，然后将试验样品转换到暴露于高温 T_B 下，转换时间不宜超过 3min，如果样品尺寸大，也可按 GB/T 2423.22-2012 中 4.5 规定转换时间进行选择。以此类推，直至最后一个循环结束。
- b) 在试验循环结束后，试验样品应在试验标准大气条件下保留足够长时间以达到温度稳定，至少 1h。试验样品应采取合适步骤去除水滴，并不损害试验样品。
- c) 试验样品恢复后通过目视检查并进行跳动、游隙、启动力矩、振动值、噪音检测，并记录相关结果数据。
- d) 以上检测完，拆解风扇支架，取出轴承。

6.8.6 结果评定

- 试验完成后，应按以下要求进行风扇支架样品评定：
- 风扇支架总成、零部件目视无异常裂纹、断裂；
 - 跳动、游隙、启动力矩、振动值、噪音检测按规定方法检测，试验前后数据对比无异常；
 - 目视风扇支架轴承的密封圈或防尘盖无脱落、变形现象，密封圈或防尘盖处无漏脂现象，保持架变形现象；
 - 检测密封圈唇口橡胶和塑料保持架的硬度值应不偏离设计值。

6.9 风扇支架盐雾试验

6.9.1 试验条件

试验采用表10规定的中性盐雾试验条件。

表10 试验条件

试验条件	条件	要求	测试方法
	水浓度	50g/L±5g/L	称重
	PH值	6.5~7.2	试纸
	试验箱内温度	35℃±2℃	温度显示屏
	饱和空气温度	45℃±2℃	温度显示屏
	盐雾沉降值	1mL/h~2mL/h (80cm ² 24h平均值)	量杯
	进气压力	70KPa~170KPa	气压表

6.9.2 试验设备

经检定合格的盐雾试验机。

试验溶液为盐溶液，满足GB/T 10125-2021人造气氛腐蚀试验 盐雾试验第5部分：试验溶液。

6.9.3 试验步骤

为避免干扰试验结果，风扇支架的支架体在加工前毛坯状态需做电泳漆涂层。

风扇支架样品轴向水平放置在盐雾试验箱中盐雾不能直接喷射的位置，并使轴承油封与垂直方向成15°~25°夹角。

试验周期6小时，应尽量减少试验中断，只有短暂观察样品时才能打开盐雾箱。试验总时间不小于96小时。

6.9.4 结果评定

试验完成后，应按以下要求进行风扇支架样品评定：

- 风扇支架样品按第6.4项规定做启动力矩测量，测量结果符合设计要求；
- 风扇支架样品按第6.6项规定做噪音试验，应无异常噪音，噪声值不大于80dB(A)；
- 拆解风扇支架样品轴承，目视油脂试验前后应无变色，油脂含水量测量增加值不大于3%，使用卡尔费休库仑滴定法，按GB/T 11133-2015的规定进行判定；
- 清除风扇支架样品轴承各部件油脂，按照GB/T 10125-2021第12章的要求处理轴承的滚动体及滚道，并做电镜检查，工作表面不允许存在有影响使用的腐蚀剥落。

6.10 风扇支架寿命试验

6.10.1 试验原理

当风扇支架有达到10000小时或特定要求的最低使用寿命要求时，并且可靠性需达到90%时，通过滚动轴承 L_{10} 曲线和 Weibayes 实验相结合的加速试验方法验证风扇支架轴承寿命的可靠性。

6.10.2 试验条件

6.10.2.1 确定参数

确定风扇支架轴承的额定动载荷 C ，极限转速 n_L 和目标试验时长等参数。

6.10.2.2 风扇支架轴承外圈温度

风扇支架轴承外圈温度一般应不超过125℃或者轴承允许的最大连续工作温度。

6.10.2.3 风扇支架轴承试验转速与运行时长

试验转速根据风扇支架转速运行占比，计算出各转速段的试验时长。如转速 n_1 、 n_2 、 n_3 ... n_m 指的是实车发动机各种运行工况所对应的风扇支架轴承的运行转速， n_1 一般选取最低转速， n_m 一般选取最高转速，其余转速按应用占比大于5%进行选取，至少5组，不足5%的转速合并到已选取的邻近高转速，总组数不超过10组，除非另有规定。

6.10.2.4 风扇支架轴承载荷条件与试验时长

载荷条件按以下规定执行：

- 1) 载荷方向：径向载荷作用于回转中心线的法向，轴向载荷作用于回转中心。
- 2) 确认满足以下条件的小于 L_{10} 曲线10000小时的合适载荷：

——为了避免试验中产生塑性变形，选定的作用载荷不能大于 $\frac{C}{8}$ ；

——选定的载荷所产生的最大赫兹应力不能大于3300MPa或者厂家推荐值以下；

——选定的载荷在试验时产生的温度不应超过样品轴承允许的最大连续工作温度。

试验时长按以下规定执行：

根据选定的载荷和转速，使用 L_{10} 曲线来确定符合计划的实验载荷的循环次数或试验小时数。并对比目标试验时长，如不符合预期，再根据第6.10.2.4的载荷条件适当调整载荷，以满足目标试验时长。

6.10.3 试验设备

6.10.3.1 试验设备类型及要求

试验设备为经过检定合格的轴承寿命试验机，并应定期检定。

同一批试验样品，在同一种试验条件下，应在结构性能相同的试验设备上上进行试验；同一结构型式和外形尺寸的轴承样品的对比试验，也应在结构性能相同的试验设备上上进行试验。

6.10.3.2 试验主体组装

- 1) 试验主体设计、加工及组装应符合相关试验技术要求。
- 2) 轴承样品安装后应转动灵活，不应有阻滞现象。

6.10.3.3 试验设备调试

- 1) 试验样品与试验设备组装后，应使各系统能正常工作。
- 2) 试验载荷误差应控制在 $\pm 2\%$ 范围内。油压加载的工作压力表、校准用的精密压力表、加载力传感器均应定期检定。
- 3) 试验转速误差应控制在 $\pm 2\%$ 范围内。并用转速表校准转速，转速表应定期检定。
- 4) 所用测温仪器应定期检定。

6.10.4 试验准备

6.10.4.1 试验中与轴承配合的轴和外壳孔的尺寸公差应按风扇支架装配尺寸公差执行。

6.10.4.2 试验工装应为检定合格后的试验工装，并应每次进行检定。

6.10.4.3 风扇支架轴承采用自带油脂润滑。

6.10.4.4 风扇支架轴承样品按以下要求执行。

- a) 风扇支架轴承样品应在检验合格的成品中随机抽取。
- b) 风扇支架轴承样品容量，按公式5计算所得，另备至少3套备用。

使用韦布尔斜率 β 及它们与可靠性之间的关系，式(4)给出的实验时间和样品量的计算公式来确定所需要的样品量和实验时间。一般，先确定试验时长（基于试验小时数和转速）的数值，然后再通过公式(5)计算出要求的样品数量，该公式采用二参数韦布尔（Weibull）分布函数。

$$Re = e^{\frac{-4.605 \times (\frac{t}{T})^\beta}{2N}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

因此，

$$N = \frac{-2.3025 \times (\frac{t}{T})^\beta}{\ln(Re)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Re ——可靠度；

N ——样品数量；

T ——总的试验持续时间，单位为秒(s)；

t ——符合所选载荷的 L_{10} 曲线上的循环时间，单位为秒(s)；

β ——轴承寿命的韦布尔斜率，一般由轴承供方提供或测定。在无法获得韦布尔斜率的情况下，韦布尔斜率一般按1.5选取。

- c) 风扇支架轴承样品应有清晰可辨的唯一性标识，包括轴承样品名称、轴承样品型号、额定动静载荷、轴承试验单位、轴承样品示意图等信息。
- d) 风扇支架轴承样品按下述要求进行检测：
 - 1) 试验前：检测内圈直径、外圈直径、游隙、重量、外观等；
 - 2) 试验后：检测内圈直径、外圈直径、游隙、重量、外观等。

6.10.5 试验步骤

6.10.5.1 试验方法

试验采用定时截尾的方法，即随机抽取一组风扇支架轴承样品，在相同试验条件下，通过加大试验载荷的寿命试验，每个风扇支架轴承试验进行到规定的时间后停止。

6.10.5.2 试验实施

试验按以下要求执行：

- a) 试验设备启动后，先空载运转0.5h，无明显噪音和温度异常升高再正式试验。3h内（包含空载时间）逐步加载至规定值。
- b) 试验设备一般应连续运转。试验时载荷、转速、油压、振动、噪声、温升等应随时监测、控制在要求范围内，并详细记录。
- c) 当试验轴承样品有一套试验失效时即可停止此工位试验，当试验轴承样品全部失效或达到规定的时间方可停止整个试验。

6.10.6 试验数据处理

6.10.6.1 试验数据采集

试验中由于非样品本身原因（如设备、人为、意外事故等原因）造成的样品失效，不应计入正常失效数据中。

记录试验原始数据一般应精确到小数点后三位有效数字。

6.10.6.2 试验后样品检测

- a) 试验后检查项目包含：是否出现旋转灵活、无卡滞、剥落、散架、漏脂等失效，检测轴承外观是否正常、油脂残留是否充分、沟道与滚动体是否剥落、密封件是否损坏。
- b) 试验后检测项目包含：基本尺寸、游隙、油脂变化量、外观及拆套分析。

6.10.6.3 试验样品处理

试验结束的风扇支架轴承样品应妥善保存。用户有要求时，可对典型失效样品进行失效分析。

6.10.7 结果评定

在试验过程之中或之后，风扇支架轴承发生故障或不能正常运转，均应判为失效，其失效的判断标准按如下规定执行。

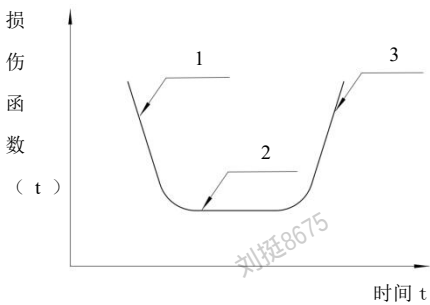
- a) 风扇支架轴承疲劳失效：
 - 1) 最大剥落深度 $\geq 0.05\text{mm}$ ；
 - 2) 最大剥落面积：球轴承零件 $\geq 0.5\text{mm}^2$ ，滚子轴承零件 $\geq 1\text{mm}^2$ 。
- b) 风扇支架轴承的其他失效：
 - 1) 轴承零件散套、断裂、卡死；密封件变形；
 - 2) 润滑脂泄漏失效：
 - 非接触式、带防尘盖的密封轴承的油脂泄漏量 $>$ 填脂量的 10%；
 - 接触式、带防尘盖的密封轴承的油脂泄漏量 $>$ 填脂量的 5%；
 - 3) 润滑脂干结。
- c) 当噪音明显异于运行平稳后的噪音或在运行平稳后轴承外圈温度急剧上升并超过了控制上限，其中的任意一种情况均视为风扇支架轴承失效。

注：疲劳失效是风扇支架的主要失效形式，指轴承的套圈或滚动体工作表面基体金属出现的疲劳剥落。

6.11 风扇支架耐久试验

6.11.1 试验原理

根据图 14 所示损伤函数的“盆状”曲线，风扇支架耐久性试验针对风扇支架样品是否会产生早期失效进行验证。



说明：

- 1——早期失效阶段；
- 2——随机失效阶段；
- 3——磨损失效阶段。

图14 损伤函数的盆状曲线

6.11.2 试验条件

风扇支架耐久试验的条件包含以下项目：

- a) 轴承外圈温度：查阅试验轴承推荐的允许的最高连续工作温度；
- b) 环境温度：由实车或者设计值确定，一般无要求时按 $90^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 试验转速与时长：试验转速来源于实车运行转速谱，按各转速运行占比，计算出各转速段的试验时长；
- d) 径向载荷：来源于发动机各层轮系皮带在各转速段时作用给风扇支架的轴承旋转中心法向压轴力以及风扇、皮带轮等安装在风扇支架上的零部件的重力，为了简化试验，将各种径向载荷合成为一个合力，作为试验的径向载荷；
- e) 轴向载荷：来源于风扇在旋转时的轴向反作用力，转速不同，轴向载荷不同，且一一对应；
- f) 力偶：由各径向载荷产生，为了简化试验，一般会将各力偶合成为一个合力偶，最终确认等效力矩大小与作用距离；
- g) 试验时长：一般为 1000 小时或约定的时长。

转速、转速运行占比、径向载荷、轴向载荷、力偶相互对应，按表 11 进行整理分配。

表11 试验循环工况载荷分配表

档位	转 速 (r/min)	径 向 载 荷 (N)	轴 向 载 荷 (N)	力偶 (N·m)	转 速 占 比 (%)	时 长 (min)	循 环 周 期 (min)
1	n_1	Fr_1	Fa_1	M_1	η_1	t_1	T
2	n_2	Fr_2	Fa_2	M_2	η_2	t_2	
3	n_3	Fr_3	Fa_3	M_3	η_3	t_3	
4	n_4	Fr_4	Fa_4	M_4	η_4	t_4	
...	n_m	Fr_m	Fa_m	M_m	η_m	t_m	

说明：

- 1) n_1 、 n_2 、 n_3 ... n_m 指的是实车发动机各种运行工况所对应的风扇支架轴承的运行转速（风扇支架轴承的转速需要用发动机转速乘以转速比进行转换）， n_1 一般选取最低 转速， n_m 一般选取最高转速，其余转速按应用占比大于5%进行选取，至少5组，不足 5%的转速合并到已选取的邻近高转速，总组数不超过10组。
- 2) Fr_1 、 Fr_2 、 Fr_3 ... Fr_m 和 Fa_1 、 Fa_2 、 Fa_3 ... Fa_m 以及 M_1 、 M_2 、 M_3 ... M_m 指的是已选取对应转速风扇支架所承受的径向力、轴向力和力偶。
- 3) t_1 、 t_2 、 t_3 ... t_m 指的是已选取对应转速的运行时间，用公式 $t=\eta\cdot T$ 计算所得。其中T代表试验循环周期，一般取30min~60min 。 η 指发动机某一转速运行时间占比，由实车工况所得。
- 4) n_1 至 n_2 ， n_2 至 n_3 ， n_3 至 n_4 ...之间的变速时长 $\geq 1.5\text{min}$ ，可考虑测试台的转速控制特性，不做特定要求。

按表11进行试验工况设定，试验过程如图15所示。

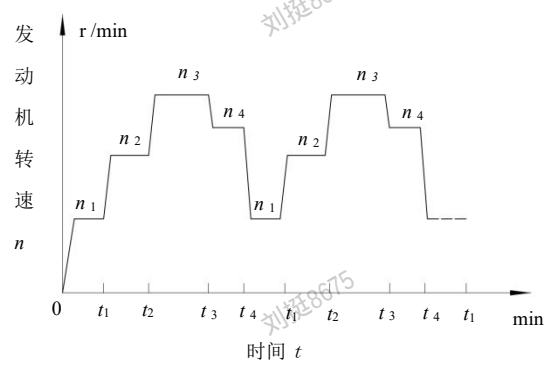


图15 试验工况循环示意图

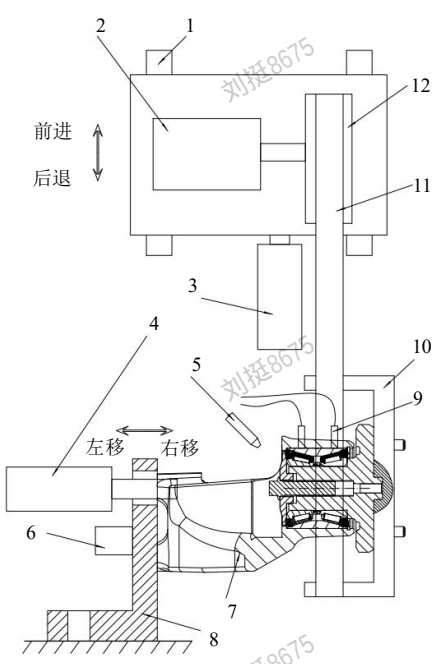
6.11.3 试验设备

6.11.3.1 试验设备及要求

试验设备为风扇支架试验机，应具备液压/电动伺服系统或其它能够施加载荷的装置、旋转驱动系统、温度控制装置，力传感器，温度传感器等。设备示意图如图 16 所示。

试验设备应检定合格，并应定期检定。

同一批试验样品，在同一试验条件下，应在结构性能相同的试验设备上进行试验；同一结构型式和采用同一轴承的风扇支架对比试验，也应在结构性能相同的试验设备上进行的试验。



说明：

- | | |
|-------------|--------------|
| 1——滑轨； | 7——试验样品； |
| 2——驱动电机； | 8——试验样品固定支架； |
| 3——径向力加载元件； | 9——温度传感器； |
| 4——轴向力加载元件； | 10——从动带轮； |
| 5——泥水喷嘴； | 11——传动皮带； |
| 6——温度模块； | 12——驱动带轮。 |

图16 试验设备示意图

6.11.3.2 试验主体组装

试验主体组装应满足以下要求：

- 试验主体的设计、加工及组装应符合相关试验技术要求；
- 试验样品安装后的受力姿态、角度应与实车安装状态尽可能一致或按照第 6.10.2 项中的径向载荷的合力角度进行加载；
- 试验样品安装到试验台上，应固定牢靠，安装后样品自身应转动灵活，不应有阻滞现象。

6.11.3.3 试验设备调试

试验设备应满足以下调试要求：

- 试验主体与试验设备组装后，应使各系统能正常工作；
- 试验载荷误差应控制在 $\pm 2\%$ 范围内，油压加载的工作压力表、校准用的精密压力表、加载力传感器均需定期检定；
- 试验转速误差应控制在 $\pm 2\%$ 范围内，并用转速表校准，转速表应定期检定；
- 温度控制装置应能进行温度调节，可采用局部感应加热或送风方式，试验温度误差控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内，所有测温仪器应定期检定；
- 试验用皮带轮、皮带强度应足够，防止在高负荷状态下失效；
- 皮带载荷中心应定位在与应用中相同的加载位置上。如需要可采用特殊夹具或垫片（隔环）来轴向调整加载位置。
- 试验样品上的监测数据的传感器或仪器应固定牢靠。

6.11.4 试验准备

每种工况样品随机抽取，数量至少3件，同时备适当数量的备用样品。所有样品自身应检测合格，无异常。

试验样品需沿着径向载荷的方向垂直于轴承的旋转中心，在风扇支架壳体上钻深度达到轴承外圈的孔，数量尽可能为轴承的列数。钻孔位置应为轴承套圈受力最大的位置，以便测量到可获取到的最高轴承外圈温度。

6.11.5 试验步骤

6.11.5.1 试验设备启动

将试验样品按表12工况进行空载运转1个循环，检测轴承温度无异常后，然后按预设工况逐步加载至指定工况参数。

表12 试验磨合工况

工况	1	2	3	4	5	6
转速	$25\%n_e$	$40\%n_e$	$60\%n_e$	$60\%n_e$	$80\%n_e$	$100\%n_e$
累计时间 min	10	20	30	40	50	60
注： n_e 为发动机额定转速，单位为转每分钟（r/min）。						

6.11.5.2 试验过程监测

同种工况的每个试验样品应按照设定的相同试验条件进行试验,试验设备正式开启试验后一般应连续性运转,非客观性原因中途不应中断。试验过程中监测轴承外圈温度,可采用轴承推荐的最高工作温度作为试验温度的控制上限值。其余监测的数据有转速、油压、载荷、振动、噪声、温升等,均应随时监测、控制在要求范围内,并详细记录。

6.11.6 试验数据处理

6.11.6.1 试验数据采集要求

试验中由于非样品本身原因(如设备、人为、意外事故等原因)造成的样品失效,不应计入正常失效数据中。

记录试验原始数据一般应精确到小数点后三位有效数字。

6.11.6.2 试验样品处理

试验结束的风扇支架样品应妥善保存。如有其他明确要求时,可对典型失效样品进行失效分析。

6.11.7 结果评定

在试验过程之中或之后,风扇支架各子零部件发生故障或不能正常运转,均应判为失效,其失效的判断标准按如下规定执行。

- a) 零部件失效,包括风扇支架壳体、风扇轮毂、螺栓等其它部件产生松动、变形、裂纹、断裂等失效;
- b) 风扇支架轴承疲劳失效:
 - 1) 最大剥落深度 $\geq 0.05\text{mm}$;
 - 2) 最大剥落面积:球轴承零件 $\geq 0.5\text{mm}^2$,滚子轴承零件 $\geq 1\text{mm}^2$ 。
- c) 风扇支架轴承的其他失效:
 - 1) 轴承零件散套、断裂、卡死;密封件变形;
 - 2) 润滑脂泄漏失效:
 - 非接触式、带防尘盖的密封轴承的油脂泄漏量 $>$ 填脂量的10%;
 - 接触式、带防尘盖的密封轴承的油脂泄漏量 $>$ 填脂量的5%;
 - 3) 润滑脂干结。
- d) 当噪音明显异于运行平稳后的噪音或在运行平稳后轴承外圈温度急剧上升并超过了控制上限,其中的任意一种情况均视为风扇支架轴承失效。

6.12 风扇支架超速性能试验

6.12.1 试验条件

6.12.1.1 确定风扇支架轴承外圈工作温度,查阅试验轴承推荐的允许的最高连续工作温度。

6.12.1.2 确定试验环境温度,由实车测量或者设计值确定,一般无要求时按 $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

- 6.12.1.3 确定试验转速,无特殊要求时按发动机最高转速对应的风扇支架转速的1.2倍计算选取;如有特殊规定时,遵循其要求。
- 6.12.1.4 试验径向载荷,按风扇支架转速对应的最大径向载荷选取。
- 6.12.1.5 试验轴向载荷,按风扇支架转速对应的最大轴向载荷选取。
- 6.12.1.6 试验力偶,按风扇支架转速对应的最大力偶选取。
- 6.12.1.7 试验时长,无特殊要求时连续运转3min;如有特殊规定时,遵循其要求。

6.12.2 试验设备

试验设备遵守第6.11.3项描述的规定。

6.12.3 试验准备

试验准备按第6.11.4项描述的规定执行。

6.12.4 试验步骤

试验步骤按第6.11.5项描述的规定执行。

6.12.5 结果评定

结果评定按第6.11.7项描述的规定执行。
