

航空轮胎平衡性差度检测方法

王超群

(黄埔轮胎(广州)技术有限公司, 广州 黄埔 510700)

摘要: 航空轮胎成品检测项目中静平衡差度测试是非常重要的一项内容。简易静平衡机测试数据偏差大、效率低; 国内动平衡机测试航空轮胎静平衡性实用性强、性价比高, 国外品牌动平衡机精度高, 但价格昂贵, 投资成本大; 本文还介绍了使用全钢载重胎动平衡试验机检测航空轮胎静平衡差度的可行性和检测方法。结合航空轮胎使用工况, 综合各种类型航空轮胎平衡机测试优缺点, 为现阶段寻求航空轮胎如何测试平衡性差度提供了解决办法和思路。

关键词: 航空轮胎; 平衡机; 检测方法; 应用

中图分类号: TQ330.7

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)02-0038-09

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.02.008

0 引言

飞机在高速起飞和降落过程中, 速度可达 400 km/h, 航空轮胎转速可达 30~40 r/s 以上, 对静平衡量要求极为严格, 按照 GB/T 9747—2008《航空轮胎试验方法》、GJB108B—98《军用航空轮胎试验方法》中有关规定, 航空轮胎静平衡差度必须严格控制在标准范围之内, 否则不得装机使用。

1 国内外静平衡机现状概述

为了控制航空轮胎在高速行驶中的抖动现象, 200 km/h 以上的航空轮胎都要进行静平衡差度试验, 并在轮胎胎里冠部贴平衡补片, 使静平衡差度控制在标准范围内^[1]。

在国内, 有的航空生产厂家采用非旋转简易平衡机进行航空轮胎静平衡差度检测, 但此种方法存在测量效率低、精度差等缺陷, 此类静平衡机需要更新换代; 而专业检测航空轮胎静平衡量的旋转立式动平衡机尚处于应用初期, 市场验证和精度提升还需完善。在国际上, 米其林、固特异、普利司通等专业航空轮胎生产厂家, 使用专用航空轮胎动平衡机测试静平衡差度, 而此类设备价格十分昂贵, 单台售价高达 700 万元, 影响到市场普及。

为了解决航空轮胎成品检测静平衡问题, 我们经过调研, 归类国内外平衡机主要生产厂家, 分成三类: 一种是专业制造动平衡机的生产厂家, 对工业部件如转子、主轴、叶轮、离心机等检测动平衡数值并进行

校正, 要测试航空轮胎的静平衡, 对轮胎的装夹成为此类厂家最难解决的问题; 另一种是专业测试汽车轮胎(有装配轮辋)平衡性的动平衡检测机, 如各种汽车 4S 店内使用的平衡机即为此类, 要求他们仅仅对航空轮胎本身检测静平衡值, 也勉为其难; 还有一种专门测试轮胎的动平衡机试验机, 主要生产厂家有美国 Micro-Poise 公司、日本国际计策、日本神钢所为代表, 国内有杭州集智机电、北京航空制造研究所, 在线检测半钢、全钢子午线轮胎, 国内各轮胎厂家均有配置。

航空轮胎与汽车轮胎相比, 不同规格型号, 外形差异较大。如何选择一种测量精度高、适应航空轮胎使用工况的航空轮胎测试平衡机和规范平衡机的平衡性差度的检测方法是本领域内一项亟待解决的问题。

2 简易静平衡机测试航空轮胎静平衡差度

航空轮胎测量静不平衡差度的方法之一是简易静平衡机测量。

航空轮胎静不平衡差度属于轮胎的固有属性, 简易静平衡机属于重力平衡机。转子(如轮胎)存在不平衡量, 则转子支座在不平衡量的重力矩作用下发生倾斜, 早期的平衡机在支座下安装有反射镜, 反射镜随之倾斜并使反射出的光束偏转, 这样光束投在极坐标指示器上的光点便离开原点。根据这个光点偏转的

作者简介: 王超群(1974-), 男, 学士, 高级工程师, 主要从事橡胶设备、结构研发技术工作, 已发表论文 34 篇。

坐标位置，可以得到不平衡量的大小和位置。

现在的简易静平衡机平衡差度测量主要是指利用称重传感器或测力机构不用连续旋转轮胎直接测量轮胎重心的偏移力矩，计算出静平衡差度，同时可测量重心偏移角度进行自动或手动标记。此种测量方法是在轮胎一个校正面上进行校正平衡，校正后的剩余不平衡量，在静态时控制在许用不平衡量的规定范围内，又称单面平衡。测量过程需要装配轮辋（定位盘）定位中心夹具，测量轮胎重量和外形尺寸都有限度要求，轮胎测量精度 $< 0.3 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ ，标记定位角度精度 $\pm 3^\circ$ ，单条测量周期 $< 90 \text{ s}$ /条。按照简易静平衡机结构及测量原理，可分为卧式和立式两种。

2.1 卧式结构原理

静平衡机卧式安装，主机轴自由旋转，上面安装轮毂夹装轮胎，轮毂尺寸与待测轮胎相匹配，轮胎立式测量静平衡差度值。静平衡机装配轮胎后静止位可标记轻点位置，从测力机构上读取的静不平衡力数值表示轮胎的静平衡差度，测试原理如图 1 所示。

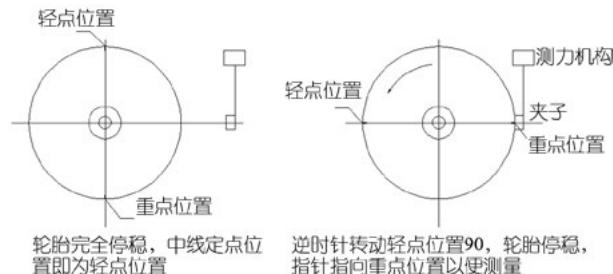


图 1 卧式简易静平衡机测试原理

(1) 静平衡机及中心支撑装置，试验机精度：不大于 10 g 。

(2) 计算试验轮胎的静平衡差度，按公式：

$$M = W \times \frac{D_n}{2} \quad (1)$$

M ——试验轮胎的静平衡差度 $\text{N}\cdot\text{cm}$ ；

W ——试验测出的轮胎静不平衡力 N ；

$D_n/2$ ——试验轮胎的胎里冠部最大内半径 cm 。

2.2 立式结构原理

静平衡机立式安装，轮胎平放测量，主机轴自由旋转，安装有定中心机构，根据定中心尺寸不同可以放置多种规格轮胎，并与待测轮胎相匹配，利用称重传感器测量静平衡差度值。静平衡机装配轮胎后静止位可标记轻点位置（或重点位置），从显示器上读取的静不平衡差度和角度数值，主机示意如图 2 所示。

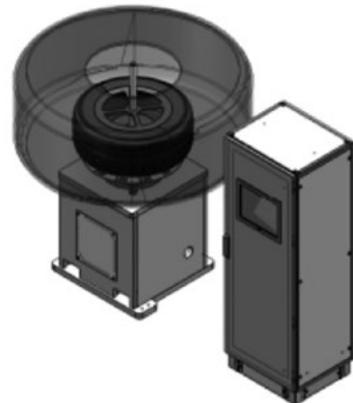


图 2 简易立式静平衡机示意图

简易立式静平衡机技术比较成熟，模块化设计方案，具有结构和工装简单、无需夹紧机构、测量稳定性高、能耗低、价格低等优点，但存在测量效率和精度低等缺点。

轮胎定位工装安装在测试主体上，根据不同尺寸轮胎制作不同大小的轮胎定位盘，定位盘结合轮胎轮辋曲线加工制作，具有很好的配合度与定位精度，如图 3。



图 3 简易立式静平衡机夹装示意图

轮胎测试步序：

(1) 根据被测轮胎尺寸选择对应的轮胎定位盘，先将下定位盘放进中心轴。

(2) 再将轮胎放在下定位盘上。

(3) 将上定位盘放在轮胎上。

(4) 开始测试。

航空轮胎是一种具有一定厚度的非圆盘状测量物体，轮胎旋转过程中校正平面端面跳动较大，所以单纯测量航空轮胎的单面静平衡一定存在测量精度不高的问题，随着动平衡试验机的出现，航空轮胎静平衡

差度测量要求更高精度和效率，亟待新型专业测量设备投入使用。

3 航空轮胎动平衡机

航空轮胎测量静平衡差度的方法之二是离心式平衡机测量。离心式平衡机俗称动平衡机，动平衡机是通过旋转测量旋转物体不平衡量大小和位置的机器。离心式平衡机可以在轮胎一个校正面校正平衡，称为单面（静）平衡，也可以在轮胎的两个校正面同时进行校正平衡，校正后的剩余不平衡量，以保证转子在动态时是在许用不平衡量的规定范围内，又称双面平衡。

在轮胎旋转的状态下，根据轮胎不平衡引起的支承振动，或作用于支承的振动力来测量不平衡。轮胎存在不平衡量时，轮胎在旋转过程中会产生一定的离心力，在轮胎的上下两侧的摆架中正好安装了对应的压电传感器，内部通过力矩传导至压电传感器，通过微弱的电磁波和软件的运算，计算出在设定的半径位置上存在的不平衡量值。

航空轮胎动平衡机可以作为集成校正的独立主机，也可以作为带有轮胎传送系统的完整多工位测试线（上料、标定 / 校正 / 测量、打点、下料）。多工位平衡机在减少转换工作环节的高节奏生产环境中提高了测试效率，降低了劳动强度，如图 4，图 5。

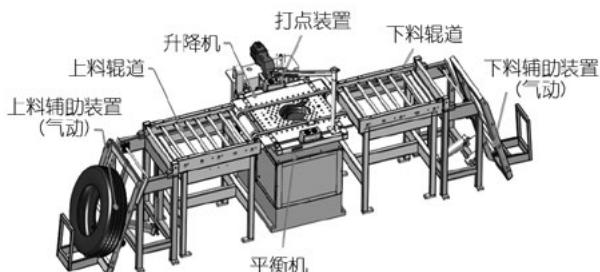


图 4 航空轮胎动平衡机（多工位）



图 5 航空轮胎动平衡机（独立主机）

这类航空轮胎动平衡机主要为立式平衡机，由两种及以上规格，可兼顾 8" 至 23" 轮辋几乎所有规格航空轮胎的静平衡差度测试。生产应用上的主要代表厂家有德国 Hofmann、美国 BTI、日本大和以及国内厂家上海剑平等公司。

3.1 设备结构及测量系统

多工位轮胎平衡机通常通过摩擦辊式输送机送入平衡机中心站，具备轮胎定心夹具，配置 4 只机械臂，同时涨缩动作可实现航空轮胎的中心定位，定心夹具固定在传送装置上，该传送装置可将轮胎放到适配器上。完整的轮胎上料和定心系统基本包括以下组件：框架、摩擦输送机、辊道、中心站、定心装置等。

设备配有 4~6 爪轮胎适配器，适配器能够与装配轮胎一同旋转，一种规格适配器直径调整范围为 3"~4"，超出范围的轮胎规格，必须在旋转中心支座上安装不同的卡爪适配器。轮胎内径范围取决于何种类型夹紧装置，根据夹爪的类型及相应的夹紧装置，可以对不同内径的轮胎进行测试。配合特制夹具，可以实现夹具的气动放松抱紧，相较传统的刚性和弹性夹具，具有上下料方便，劳动强度低，生产效率高，精度高，适用范围广等优点，特别适用于轮胎的批量测试。

设备采用机械框架式结构，配置变频电机驱动，可以无极调速，平滑加减速。安装在主轴上的双作用气缸为涨缩轮胎适配器卡爪提供必要动力，升降台位于平衡机的顶部，可以通过电机上下移动，升降台下降，将轮胎放在适配器上，通过间隙补偿夹紧轮胎，测量加速度、速度、不平衡量，同时进行直径可自动调节的单点标记；适配器松开轮胎，升降台上移，轮胎由传送装置沿进给方向移动，下一个进入的轮胎被放在适配器上，完成检测，如此循环。设备标定装置配套一种校准环及认证砝码，如 8"~23" 航空轮胎分成两种机型，小规格机型配置 14"、大规格机型配置 20" 校准环及各自认证砝码，对于其他规格需要测试的轮胎，同样需要配置相应规格的标准环、认证砝码并进行提前设备校正。平衡机通过使用标准环、校准砝码和带有自动零点校正的校准系统来调整测量设备，从而消除数据误差在数据计算中的影响。

测试装置采用支点式刚性悬浮系统。夹具和被测轮胎被支撑在表面经过硬处理和磨削加工的支撑结构上。两个高精度的位移传感器能够测出支撑结构的偏移量并经过软件的数据处理和计算便可测出不平衡的

幅值和相位。

3.2 控制系统及软件

平衡机测量过程包括工装夹具夹紧与松开工件、电机驱动主轴旋转、电控系统进行数据采集等。计算机使用 Linux 或 windows 操作系统的管理功能，抗干扰性强，系统稳定，允许网络管理员为每个操作者提供不同的进入级别，管理员只需简单地选择权限标记，给每一位操作者分配不同的操作权限。

平衡机采用厂家专门开发的测量控制系统软件，集测量、控制、运算等功能于一体，并能保持及时系统软件升级和程序变更。测量控制系统包括测量控制单元和工业 PLC 前后台系统组成，并可方便灵活的配接测量传感器。

平衡机控制和测试的标准软件采用开放统计程序，通过该软件，可以很容易确定平衡机的质量标准符合 ISO9001 的要求。主机系统采用人机界面，平衡软件显示各种图片和图形，以帮助操作者正确地完成轮胎规格的切换。

以指示器指示静态不平衡量从 0.1 g 到 200 kg，指示不平衡位置值以 0.1° 标定。测量值的显示是以数字和矢量图形的组合。定标过程中也有向导提示，方便用户快速入门。所有的系统参数均有提示信息，通过包含参数定义、设置范围、设备故障和报警信息等提示，可以降低客户学习成本，快速找到故障点。

平衡机在出厂前已经完成标定。用户可以在任何时候使用标定件，在给定的半径加上给定的砝码的方法对平衡机的标定进行验证。此外，用户可以在任何时候使用标定件对平衡机重新标定。计算机能够储存多种轮胎的特有标定。系统提供一种简易的夹具补偿功能以消除夹具本身不平衡量和夹具中心线偏移对不平衡测量的影响。补偿包括两个简易的步骤（如果必要，厂家可提供多位置补偿功能）。首先，把轮胎放在夹具上，按下开始按钮，平衡机可自动完成第一步骤的测量。然后，将轮胎件旋转 180°，再次按下开始按钮。当平衡机完成第二次测量后，平衡机将显示补偿后轮胎的不平衡测试结果。

3.3 操作工艺

航空轮胎被传送到平衡机的中心站，并被中心固定。升降台下降，夹爪适配器调整夹紧轮胎，设备加速旋转，测量不平衡并标记。停止旋转后，松开夹紧的轮胎，升降台向上移动，轮胎被传送到下一工位。

3.4 技术数据

包括：轮胎的最大重量；轮胎外径（最小、最大）；轮胎宽度（最小、最大）；平衡速度；主驱动额定功率；电动机转速；测量精度；静态不平衡标准量偏差；静态不平衡标准角度偏差；测试周期等。

航空轮胎动平衡机利用动平衡原理测试静平衡差度值，测试过程使用夹爪适配器代替动平衡试验机上的专用轮辋，节省费用，减少轮胎充气这一工作环节。同时，航空轮胎动平衡机标定配置校准环和砝码，对适配器等相关组件进行偏心校正、零校正，相对动平衡试验机的轮辋校正相对简单，操作可行性。国内动平衡机平均测量精度：静不平衡量检测精度 $\leq 20 \text{ g/面}$ ，重复启动测量误差 $\leq 20 \text{ 克/面}$ ，转位误差 $\leq 80 \text{ g 克/面}$ ，角度偏差 $1^\circ \sim 3^\circ$ ，在保证与动平衡试验机同等级测量精度、测量偏差的情况下，动平衡机测量周期小于 30 s/ 条。

国外品牌动平衡机测量精度、测量效率更高，动平衡机的精度可达到： $\leq 0.2 \text{ oz.in}$ 的变化范围。例如，如果已知不平衡量是 70 oz.in，平衡机的读数应在 69.8 和 70.2 oz.in 之间。动平衡机的可重复性可以通过测得一系列读数的变化范围来衡量。可重复性的允许偏差是轮胎重量的函数。它是一个正负值。可重复性允许偏差的计算是轮胎重量乘上校正系数 (CF)。航空轮胎的校正系数在使用非充气式夹具时是每磅 0.045 oz.in。测试的可重复性： $\leq [\text{被测轮胎重量(磅)} \times 0.045(\text{oz.in})]$ ，对于充气测试的可重复性： $\leq [\text{被测轮胎重量(磅)} \times 0.0385(\text{oz.in})]$ ，平衡机检测周期 $\leq 23 \text{ s}$ 。

4 使用全钢、半钢子午胎动平衡试验机 测试航空轮胎静平衡差度

为了测量航空轮胎成品检测静平衡差度，可利用现有的汽车轮胎动平衡试验机进行检测。检测项目包括上不平衡量及角度、下不平衡量及角度、总静不平衡量及角度、力偶不平衡量及角度，还有跳动度及角度等，航空轮胎静平衡差度是指合成静不平衡量是其中一项，从结构原理、工装备备、测量方法、测量精度等方面论证，具有可行性。

测试航空轮胎必须配备专用测试静平衡轮辋，航空轮胎外径、断面宽、胎圈直径、重量必须满足设备技术性能要求，同时通过零位标定、量标定、偏心校正、零校正等相关校验。

4.1 载重子午胎动平衡试验机简介

国内各轮胎生产厂家都有动平衡试验机，以国外进口为主。现以日本国际计策公司生产的FDBRC-6142TB-R型全钢载重子午胎动平衡试验机为例进行介绍（图6）。



图 6 全钢载重子午胎动平衡试验机

4.1.1 机械部分

主要有轮胎输入工位、轮胎定中润滑工位、动平衡/跳动度测量工位、轮胎分级打标工位以及分级输出工位五个部位组成，测量工位是整个试验机的核心^[2]。

4.1.2 电气控制系统

电气控制系统包括：伺服电机及伺服控制器、变频电机及变频控制器、工业控制计算机、可编程控制器、气缸及气动元件、低压电气元件、各种传感器以及编码器等。

4.1.3 测控系统

上位机软件用来处理采集到的数据，并进行存储、滤波、运算、显示，还可进行规格选取、生成报表并打印等功能。

4.1.4 核心计算方法

根据动平衡机刚性转子的两平面平衡原理，可设定上、下轮辋为上、下校正平面，轮辋宽度为校正面的间距，轮辋半径为校正平面的半径，轮胎的不平衡量就可等效为校正平面上，并且距轴线校正半径处的平衡量^[3]。如图7静平衡差度测试原理：

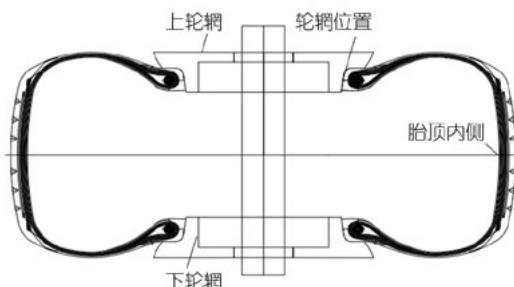


图 7 静平衡差度测试原理

标定计算是动平衡试验机计算的核心，决定测量

数据的准确性，分为量标定和偏心校正。

量标定是利用在上下轮辋特定位置加装标准重量的砝码的方法来计算压电传感器输出的电压值与实际不平衡量之间的比例关系。

偏心校正过程是实际测量的轮胎和主轴系统（包括轮辋和主轴）产生的不平衡量与主轴系统自身的不平衡量矢量差，即为被测轮胎的不平衡量。

通过在轮胎砝码处的不平衡量，计算机可转换到轮胎子口处的等效不平衡量，即为计算机测得到的不平衡量值。其单位为克（g），也可通过设定，将轮胎不平衡量单位设定为 N·cm，是指轮胎固有的不平衡量特征。

4.2 测试航空轮胎静平衡差度及修补工艺流程

将修剪好的航空轮胎由输入工位进入，润滑工位将轮胎子口润滑方便脱胎，输送至测量工位，夹爪自动将轮胎定中。此时，升降台下降，轮胎下落至下轮辋，上轮辋、中心轴下降锁死轮胎，充气定型，达到设定气压后，轮胎开始旋转至 400 r/min 速度，在此旋转速度下进行压电传感器的数据采集，可计算出航空轮胎上不平衡量及角度、下不平衡量及角度、总静平衡差度及角度。轮胎减速并停止转动，放气，轮胎运送至打标工位，在总不平衡量轻点角度位置标记，整个数据采集过程结束。航空轮胎检测静平衡差度及修补工艺流程如图 8。

4.3 使用全钢载重胎动平衡试验机检测航空轮胎静平衡差度的可行性

航空轮胎要求静平衡量达到 GB/T 9747—2008《航空轮胎试验方法》中标准要求：

对于主轮胎，静平衡差度 M 满足

$$M \leq 0.00383 D_w^2 \text{ N}\cdot\text{cm} \quad (2)$$

对于其他轮胎，静平衡差度 M 满足

$$M \leq 0.00274 D_w^2 \text{ N}\cdot\text{cm} \quad (3)$$

D_w ——轮胎最大充气外直径，cm。

例如：对于 49×19R20 主轮，静平衡差度 M 满足(2)式，已知轮胎最大充气外直径 D 为 121 cm，得：
 $M \leq 56 \text{ N}\cdot\text{cm}$ 。

使用全钢载重胎动平衡试验机测试航空轮胎静平衡差度，只是使用动平衡试验机中的一项检测功能，对于力矩不平衡度、跳动度等参数，可同时进行测量。

使用全钢载重胎动平衡试验机测试航空轮胎静平衡差度，具有可行性，依据以下几个方面判断：

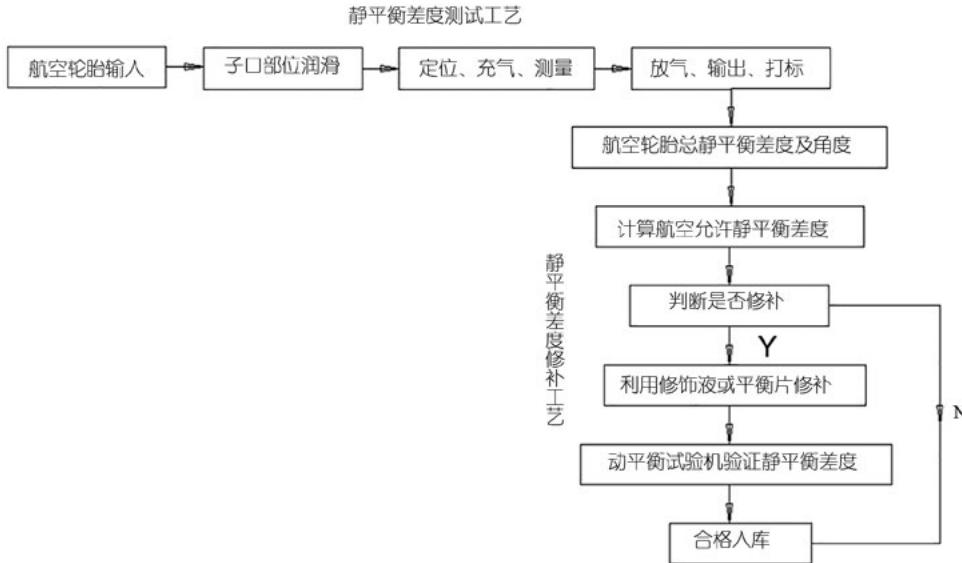


图 8 航空轮胎静平衡差度测试和修补工艺流程

4.3.1 航空轮胎规格参数符合要求

航空轮胎相关参数，如轮辋直轮辋宽度、轮胎外径、断面宽度、轮胎重量等参数符合全钢载重胎动平衡试验机测试数据。

4.3.2 测试条件相同

航空轮胎和全钢载重胎在测量转速、测量压力、测量分辨率、测量范围、结果分级等方面可以执行相同的测试条件。

4.3.3 配套测试轮辋

全钢载重胎动平衡机测试轮胎动平衡值，要根据不同规格轮胎轮辋直径、轮辋宽度配置测试轮辋，航空轮胎同样可按照相关要求制作测试轮胎静平衡值的专用轮辋，要求轮辋段差等关键参数与动平衡试验机匹配，并满足轮辋本身平衡性要求。

4.3.4 测试原理相同

航空轮胎测试专用轮辋要求安装正确，能够顺利进行量标定、偏心校正、零校正，并能够满足测量值和角度值在标准范围之内，为准确测量航空轮胎静不平衡值做好充分准备。

5 航空轮胎平衡机应用前景

因航空轮胎高速度、高负载的特殊应用工况，仅测量航空轮胎的静平衡差度已无法满足航空轮胎在动态性能测试过程中出现的技术问题。一种比较特殊的情况就是在动态性能试验过程中，接近 400 km/h 高速旋转的轮胎在高加速综合试验机上出现严重的摆动

问题，运行中机体振动、晃动严重，多次发生设备事故，甚至危及人员安全。同样的问题还出现在飞机起落架落震、摆振、道面环境模拟试验中，经过严格单独测试航空轮胎静平衡差度以及装配轮辋后的机轮组合体静不平衡 / 偶不平衡差度（合称动不平衡差度），仍出现以上振动、摆振、失衡等问题，主要因素包括轮胎磨损出现“平点”、轮胎装配不当、起落架两轮胎不等直径等，还有一个重要问题点出现在航空轮胎本身动平衡性测试缺漏和轮胎装配轮辋后的机轮组合动平衡性的测试误差。这种情况就对航空轮胎本身力偶平衡性提出新的需求，同时要求更高的测试精度。

上面介绍的航空轮胎动平衡机和现有半钢 / 全钢动平衡试验机都能测试航空轮胎动不平衡差度。航空轮胎自动平衡机是在汽车轮胎动平衡机设计制造原理的基础上开发应用的。同样包括轮胎输入工位、轮胎测量工位（含机架、主轴、升降及输送机构、定中机构、轮辋夹具、平衡机测量机构、轮胎驱动机构等）、打标工位、轮胎输出工位、控制系统、测量软件等。在规格适用性上满足了航空轮胎各种规格参数，测试精度进一步提高。该自动平衡机除了测量上不平衡量、下不平衡量度、总静不衡量及各自角度外，还具备以下功能：

5.1 具备测量力偶不平衡量及角度功能

5.2 具备测量跳动度及角度功能（可作为测量数据参考）

跳动检测采用高精度位移传感器，分别在轮胎的

两胎侧和胎纹面三个方面检测，可实现自动测量并判定结果，保存测量结果。

目前，国内还没有设备厂商研制开发此类型自动

平衡机，但随着航空轮胎相关平衡性测试需求，国内市场开发利用为期不远。

测试航空轮胎平衡性测试设备性能汇总如表 1：

表 1 航空轮胎平衡机性能汇总表

序号	平衡机类型	测试静平衡性	测试力偶平衡性	跳动度(可选)	夹具特点	是否旋转	是否充气	测试精度	备注
1	简易平衡机	总静不平衡量及角度	否	否	夹爪适配器	否	否	较低	结构简单，测试工装少，测试范围大，效率低，精度低
2	航空轮胎动平衡机	上不平衡量及角度、下不平衡量及角度、总静不平衡量及角度	力偶不平衡量及角度	跳动度及角度	夹爪适配器	是	否	中	需要专用规格适配器，测试力偶平衡和跳动度需要选配
3	利用现有半钢、全钢轮胎动平衡试验机测试	上不平衡量及角度、下不平衡量及角度、总静不平衡量及角度	力偶不平衡量及角度	跳动度及角度	轮辋	是	是	中	因轮胎规格参数限制、轮胎段差问题，只能对部分规格进行测试，需要专用轮辋
4	航空轮胎自动平衡机	上不平衡量及角度、下不平衡量及角度、总静不平衡量及角度	力偶不平衡量及角度	跳动度及角度	轮辋	是	是	高	可全部规格进行测试，需要专用轮辋，测试精度比较非充气轮胎测试精度提升 15% 以上。投资价格高。

从表 1 可以看出，简易平衡机结构简单，价格低廉，实现功能较少，测试精度较低，可以作为航空轮胎生产厂家研发初期的航空轮胎静平衡性检测日常配置；国内航空轮胎动平衡机实现的功能比较齐全，性价比高，可以作为对于检测质量要求较高的航空轮胎生产厂家使用，这种动平衡机，国内产品比较国外知名品牌如 BTI、HOFMANN 等公司，在应用经验积累、测试精度等方面，存在一定的差距；利用现有轮胎动平衡机试验机测试航空轮胎的平衡性，论证了其测试可行性，在实际应用过程中，要考虑配置专用轮辋、调整段差、更改控制程序等诸多方面，同时与现有测试汽车轮胎规格造成一定的生产冲突，也只能测试部分规格，不可推广应用。航空轮胎自动平衡机作为航空轮胎平衡性检测的高端设备，但高昂的价格限制了设备的普及。

6 航空轮胎静平衡差度检测方法

利用现有半钢 / 全钢轮胎平衡试验机为例，测试方法如下，其他类型设备测试过程不同，但后期的检测结果校正方法一致。

6.1 测试前准备

提前进行动平衡机专用航空轮胎轮辋测试，包括准确安装、量标定、偏心校正、零校正等工作。提前将硫化好的航空轮胎进行割胶毛、修整轮胎胶边等工作。

6.2 测试过程

将修整好的航空轮胎，输送到载重胎动平衡试验

机输入工位，经过润滑工位，将轮胎子口部位加油润滑，再到测试工位进行轮胎静平衡值、力偶不平衡值、跳动度等参数测量，并做好记录，重点记录轮胎总静平衡差度值及角度。动平衡试验机显示总静不平衡差度值是轮胎重点数值，按照动平衡机相同执行步骤，打标工位将轮胎静不平衡量轻点角度进行打标，精度偏差 $\pm 8^\circ$ 。

6.3 检测结果校正

(1) 修补数据测算

使用动平衡试验机测试出的航空轮胎静平衡差度，超过航空轮胎静平衡差度标准的需要修正后重新检测。可按照如下公式进行修补：

$$M_{\text{补}} = \frac{1000 M_{\text{静}}}{9.8 \times D_n / 2} \quad (4)$$

$M_{\text{补}}$ —— 航空轮胎静平衡差度修补量 g；

$M_{\text{静}}$ —— 特定规格航空轮胎静平衡差度 N·cm；

D_n —— 特定规格航空轮胎胎里冠部直径 cm。

若检测数据超过此数值，需要进行修补校正，按公式 (4) 计算克数进行修补。

(2) 修补方法

在航空轮胎修补现场，使用动平衡试验机修饰液进行修补，修饰液呈胶糊状，其配比如下：胶料 15 kg；辛基酚醛增黏树脂 4.6 kg；间接法氧化锌 48 kg；120# 汽油 125±10 kg。修饰液涂刷在航空轮胎轻点角度胎里冠部，修补克数通过小型电子台秤称量，单位精确到“g”。

另一种方法是贴平衡补片，可通过专业代理机

构采购航空轮胎修补专用平衡片，分为 0.5 oz、1oz、2oz、3oz、4oz、5oz、6oz 等 7 种规格，由修补“克”数折算出相应规格平衡片，按照航空轮胎安装平衡片工艺程序，使用采购的专用化学药水，柔性轴砂轮、鼓风砂轮、轮廓型轮、钢丝刷等专用工具，进行贴平衡片修补。

6.4 应用实例

本实例选用了 49×19R20 航空轮胎进行静平衡差度检测，具体如下：

49×19R20 航空轮胎，其最大充气外直径 =121.0 cm，胎里冠部直径 =114.0 cm。

(1) 航空轮胎预处理：对 49×19R20 航空轮胎进行割胶毛和修整轮胎胶边工作。

(2) 动平衡试验机轮辋测试：包括机器准确安装、量标定、偏心校正和零校正。

(3) 将修整好的航空轮胎输送至动平衡试验机输入工位，经过润滑工位，将轮胎子口部位加油润滑后，测定并记录航空轮胎的静不平衡差度值及角度，并在对称角度位置进行打标，其静不平衡量为 105.72 N.cm，对应角度为 183°。

(4) 由静平衡标准公式 (2) 得：49×19R20 航空轮胎静平衡差度标准值 $M \leq 56 \text{ N}\cdot\text{cm}$ ，再将上述静平衡差度标准值 ($M=56 \text{ N}\cdot\text{cm}$) 代入修补公式 (4) 中，计算得到航空轮胎允许静平衡差度为 100.25 g。

(5) 将步骤 (3) 中测得的静不平衡量 (105.72 N.cm) 代入修补公式 (4) 中，得到修补质量 189 g 与步骤 (4) 中测得的允许静平衡差度 (100.25 g) 比较，可知实际测得的静不平衡量 > 允许静平衡差度，故判

定此航空轮胎需要进行修补。

(6) 根据修补公式 (4) 计算得出，需要修补到此角度对称打标位置的修补量 189 g。

(7) 再次利用动平衡机测量静不平衡质量数据为 67 g，满足<静平衡差度标准值 (100.25 g) 的要求，故该航空轮胎修补、测试合格。

选用现有的载重子午线轮胎动平衡试验机，通过测量航空轮胎质心偏移旋转造成的偏心力矩检测数据，经过严格、周密的计算得到航空轮胎静平衡差度，充分利用了动平衡机的检测原理。基于现有的轮胎动平衡试验机的测试方法，结合静平衡量标准公式和修补公式进一步对测定不合格的轮胎进行修补并再次验证，最终保证了航空轮胎的静平衡差度满足 GB/T 9747—2008 相关标准。采用此方法对不同规格的航空轮胎进行静平衡差度测试，并对检测结果进行判定、对不合格品进行修补，取得了良好的检测效果。

7 结语

本文提供了航空轮胎静平衡差度几种检测方法。对于只是测量航空轮胎静平衡差度，且精度要求不高的采用简易静平衡机；其次，对于航空轮胎测试有动平衡性技术要求，采用国内动平衡机检测航空轮胎性价比高；若要求更高精度、更高效率、更全功能的航空轮胎平衡性测试设备，国外航空轮胎动平衡机是最佳选择。在汽车轮胎动平衡机设计制造原理的基础上开发利用航空轮胎自动平衡机也是测量航空轮胎平衡性差度的一种重要选择。

Method for detecting poor balance of aircraft tires

Wang Chaoqun

(Huangpu Tire (Guangzhou) Technology Co. LTD., Huangpu 510700, Guangzhou, China)

Abstract: In the inspection project of finished aviation tires, the test for static balance deviation is a crucial aspect. Simple static balancing machines suffer from significant data deviations and low efficiency; domestic dynamic balancing machines are practical and cost-effective for testing the static balance of aviation tires; although foreign-brand dynamic balancing machines have high precision, they are expensive and require significant investment. This article also introduces the feasibility and testing method of using a full steel truck tire dynamic balancing test machine to inspect the static balance deviation of aviation tires. Considering the operational conditions of aviation tires and weighing the pros and cons of various aviation tire balancing

machine tests, this article provides solutions and ideas for the current issues in testing the static balance deviation of aviation tires.

Key words: aircraft tire; balancing machine; testing method; application

(R-03)

大橡塑与华南理工大学院士团队开展产学研合作深入对接

Dalian Rubber & Plastics has conducted in-depth cooperation and integration with the academician team of South China University of Technology in industry-university-research cooperation

近日，华南理工大学瞿金平院士率领专家团队来到大橡塑，重工装备集团领导率队与瞿院士团队进行了深入交流，双方聚焦企业关键技术瓶颈突破、科技成果产业化落地及人才梯队建设等核心议题，开展了全面的技术交流与产学研合作对接活动。

近年来，双方聚焦产业实际需求，联合开展“双轴偏心拓扑型转子工程化应用研究”，并已成功应用于7万t/年茂金属聚乙烯连续混炼挤压造粒机组，完成工程验证。目前，合作正围绕该技术进一步优化升级展开，从转子结构设计、材料选用到工艺改进全方位推进，致力于提升装备综合性能、降低能耗，为后续推广应用及提升大型造粒机组产品使用效果及质量奠定坚实技术基础。

2019年大橡塑与华南理工大学国家工程研究中心签订战略合作协议以来，校企双方持续深化“平台共建、技术共研、成果共享、人才共育”的合作机制。目前已共同打造一个省部共建创新平台及一个院士团队专家工作站。由双方联合攻关的“聚烯烃自增强制造技术装备及其在农地膜中应用”项目，荣获石化工业技术发明一等奖；“大型聚烯烃传递过程强化输送挤压关键技术及应用”项目，荣获教育部科学研究优秀成果奖工程技术奖发明类一等奖，充分体现出产学研融合带来的创新成果。

目前，双方正积极筹备申报国家工程技术研究中心，旨在进一步整合创新资源，提升研发能级，为带动行业技术进步贡献更大力量。此次瞿金平院士团队到访交流，进一步明确了双方下一步合作方向，也为大橡塑持续推动技术升级与产品创新注入了强劲动力。

摘编自“大豫望”

广饶新上 1000 万条轮胎项目！

Guangrao has launched a project to produce 10 million new tires!

近日，东营市浦江工贸有限公司投资建设的“年产1000万套高性能子午线摩托车轮胎项目”，正式完成备案。这标志着，这家以工程机械轮胎见长的企业，正式向高端摩托车轮胎领域迈出关键一步。

公开资料显示，东营市浦江工贸有限公司成立于2006年，位于山东省广饶县大王镇。该公司长期以来主营业务聚焦于工程胎、农业胎及叉车轮胎的生产和销售。

此次大手笔规划年产千万套的摩托车胎项目，被业内普遍视为其完善产品结构、开拓全新增长曲线的重要战略举措。值得注意的是，此次项目备案正值山东轮胎产业升级的关键时期。

今年以来，山东省内已密集上马了多个大型摩托车轮胎项目。包括威海、日照、广饶等地企业均在扩产或新建，形成了高性能摩托车轮胎制造的产业集群化发展趋势。东营浦江工贸的此次入局，无疑将使这一赛道的竞争更加激烈。

摘编自“轮胎观察网”

(R-03)