

无锡小天鹅股份有限公司

洗衣机制造商利用 Siemens PLM Software 解决方案
提升客户满意度

产品

Simcenter

业务挑战

满足消费者对家用电器的舒适性和可靠性要求
持续改进质量

成功的关键

精确分析洗衣机振动噪声的成因
识别出振动噪声最重要的影响因素
为后期设计改进奠定基础

成效

引入了试验、分析和优化设计流程
提升了客户满意度
相比竞争产品而言，显著降低了噪声

小天鹅利用 Simcenter 实现产品设计优化

洗衣机行业面临的挑战

随着中国消费市场的成熟度提升，消费者在选择洗衣机这类耐用消费品时，价格已经不再是决定要素。洗衣机品牌企业在市场竞争中也不再聚焦于价格竞争，而市场差异化已取代价格成为市场竞争的主导因素。每一家洗衣机品牌都开始聚焦于对产品品牌的定位并据此提出匹配品牌定位的产品品质要求。

对于洗衣机产品来说，最为重要的产品属性包括“清洁”、“健康”和“环保”。与之相关联的产品品质需求则包括：提高洗净比、降低衣物磨损率、防止污染、节约用水量、节约能耗和降低噪音等。不断提升上述品质是洗衣机企业面临的最主要技术挑战。

过去几年，中国全面放开计划生育，放开鼓励二胎政策。洗衣机企业都不约而同地将二胎家庭作为最重要的目标市场。而在这一市场，静音成了最重要的需求之一。毕竟，没有父母希望自己和婴儿的生活被洗衣机的噪





小天鹅产品设计

声所影响。这种需求的变化直接反映在统计数据中，根据尼尔森完成的《中国洗衣机市场需求研究》的行业调查报告，在所有受访消费者中，高达 51% 的人认为振动噪声是洗衣机制造企业需要解决的重点问题之一。

工程挑战

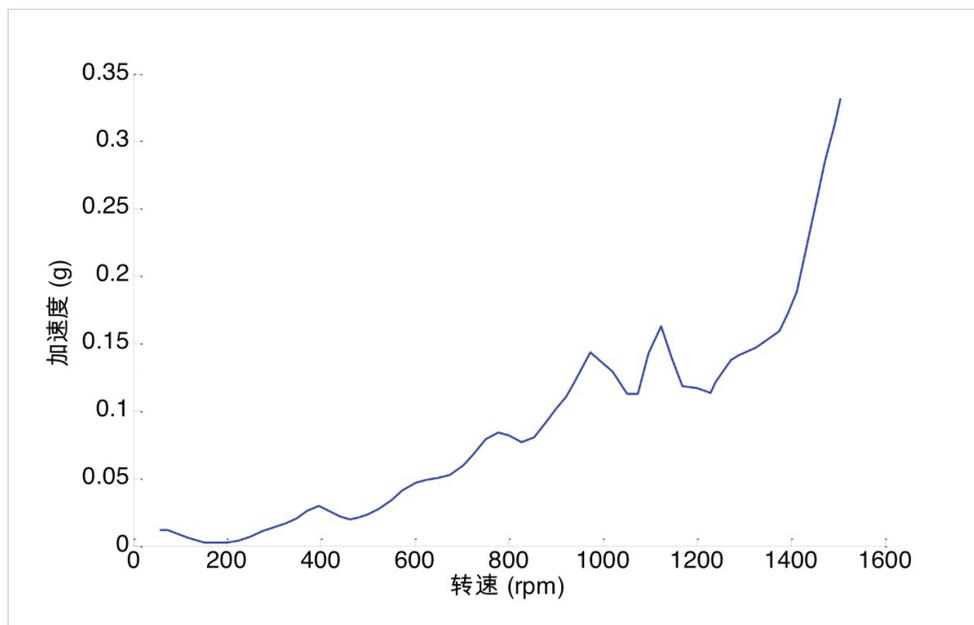
消费者投诉的振动噪声问题大多反映在箱体的振动，但实际的振动能量来自于旋转部件——即滚筒，由于滚筒的偏心在旋转时产生离心力，导致滚筒上产生受迫振动，其频率与转速相同。由于减振器提供的阻尼，这种受迫振动的幅值都极为有限。然而，当转速与箱体结构的固有频率接近时出现共振现象，此时这种受迫振动的幅值被放大，能量被大量消耗在箱体的振动上。此时不仅引发了噪声问题，还容易降低机体疲劳寿命，导致可靠性的下降。

面对这种情况，经典的设计修改方法包括以下三种：

调整激振频率，即限制转速以避免箱体结构的固有频率。但是该方法很可能影响洗衣机的基本洗涤和甩干功能，因此并不可取；

调整箱体的刚度或者改变连接装置来改变箱体的刚度。这类方案的减振降噪效果最为明显，但是由于需要修改模具和工艺，因此会导致制造成本的增加；

调整阻尼，即通过增加减振器或者对现有减振装置进行调整，限制共振时的振动幅值。这种方案的成本较低，但由于其并未真正避开共振，因此其降噪效果有限。

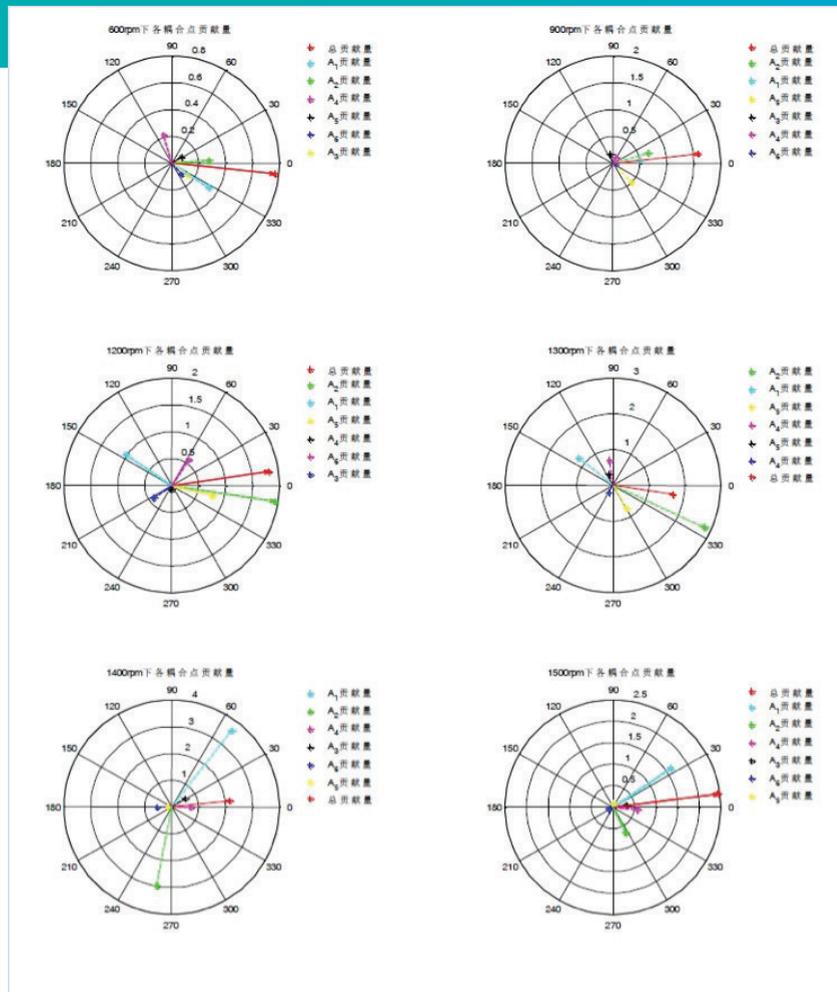


洗衣机箱体右侧板中心点扫频结果

多数企业会选择第二和第三种方法的某种组合。但无论如何选择，都需要建立条件并分析试验数据，寻找共振频率并在每轮改进方案提出后进行验证。对于洗衣机企业的研发团队来说，提高试验分析效率实现快速迭代是攻克这一技术难关的关键。

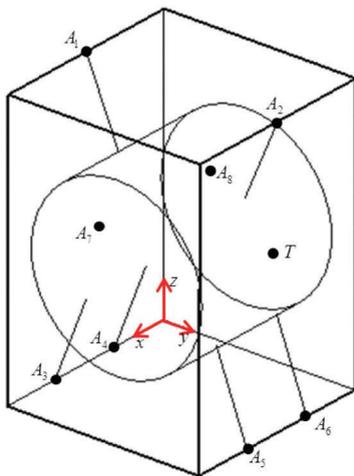
小天鹅的选择

在 2013 年，小天鹅就预测到市场需要做出变化，因此及时在研究院内部成立了“先行技术”团队，专门负责解决减震降噪等关键问题。其中最为关键的举措之一就是引进了产品生命周期管理 (PLM) 专家 Siemens PLM Software 的 LMS Test.Lab™ 软件 (Simcenter™ 组合的一部分)，并借助其强大的测试和数据处理能力建立了针对洗衣机振动噪声的标准测试流程和全面的优化设计流程。



不同转速下各耦合点对右侧箱体振动的贡献量

该流程在某新型号洗衣机的研发过程中起到了关键作用。

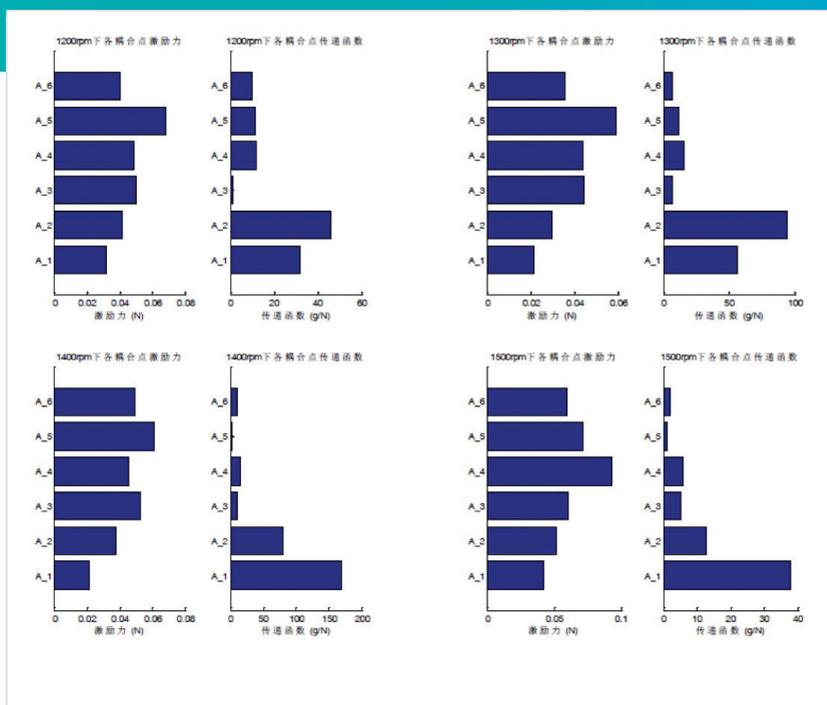


滚筒洗衣机结构示意图

在该型号的预研过程中，利用锤击法以及 LMS Test.Lab Signature 工具，研发小组快速发现该型号右侧板在 1200rpm 的转速之上存在一个共振区。在发现问题之后，研发小组需要考虑滚筒的振动向箱体的传递路径，并判断在不同转速下，不同路径对箱体右侧板振动的贡献。

就滚筒洗衣机而言，滚筒与箱体通过以下部件连接：左吊簧、右吊簧、左前减振器、左后减振器、右前减振器、右后减振器。将这些部件与箱体连接的 6 个点命名为耦合点，把箱体右侧中心点称为目标点，耦合点的每一个自由度到目标点均形成一条传递路径。

通过 LMS Test.Lab 传递路径分析 (TPA)，小天鹅的团队量化了各传递路径对箱体右侧板振动的贡献量。分析结果表明，在不同转速下，始终是吊簧悬挂点的贡献量最大。由此可以判断对吊簧的连接结构进行加强，可以有效地提高箱体的刚度，从而实现最佳的减振降噪效果。



不同转速下各耦合点上的激振力和传递函数

“在新一轮消费升级逐步兴起的大趋势下，对消费者需求痛点的精准把握，是洗衣机产品的核心竞争力所在。‘静音’、‘耐用’、‘稳定’和‘节能’是小天鹅持续追求的技术目标，在这一过程中，Siemens PLM Software 提供的 LMS Test.Lab 解决方案发挥了重要的作用。”

顾超林
研发中心性能开发主任工程师
小天鹅

解决方案 / 服务

LMS Test.Lab

www.siemens.com/plm/simcenter

客户主营业务

无锡小天鹅股份有限公司是由美的集团控股的专业从事洗衣机、干衣机产品研、产、销的全球最大的洗衣机制造商之一。小天鹅建立了“产品领先、效率驱动、全球经营”的战略主轴，专注主业，以用户为中心，不断提升产品竞争能力，深化经营转型，持续提升公司精细化管理水平，取得了较好的经营业绩。

www.littleswan.com

客户地址

无锡

江苏

中国

同时由于只需要加强吊簧的连接结构，而无需改变箱体，因此该设计变更对工艺的影响极为有限。

解决问题

根据上述问题分析，小天鹅的研发团队得以聚焦于吊簧加强结构的改进，并快速形成多个初步设计方案。此时，LMS 解决方案的易用性——从数采设备的操作到分析软件的用户界面——都对方案比较带来了巨大的便利。对不同转速下不同耦合点的激振力和传递函数进行比较。借助报告生成模板，工程师们可以在试验完成后快速形成报表，并对不同设计方案的减振降噪效果进行比较。

最终通过对吊簧加强件的改进，实现箱体振动降低到原设计的 50%，箱体辐射噪音降低了 3 分贝以上。该新型号洗衣机在市场上获得了广泛的客户好评，同时该产品的整体投诉量以及其中振动噪声原因投诉的占比均远远低于行业均值。

小天鹅研发中心性能开发主任工程师顾超林说：“在新一轮消费升级逐步兴起的大趋势下，对消费者需求痛点的精准把握，是洗衣机产品的核心竞争力所在。‘静音’、‘耐用’、‘稳定’和‘节能’是小天鹅持续追求的技术目标，在这一过程中，Siemens PLM Software 提供的 LMS Test.Lab 解决方案发挥了重要的作用。”



Siemens PLM Software

美洲 +1 314 264 8499
欧洲 +44 (0) 1276 413200
亚太 +852 2230 3308

www.siemens.com/plm

2017 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 版权所有。Siemens、Siemens 标识以及 SIMATIC IT 是西门子股份公司 (Siemens AG) 的注册商标。Femap, HEEDS, LMS, LMS Imagine.Lab, LMS Imagine.Lab Amesim, LMS Samtech, LMS Samtech Caesam, LMS Samtech Samcef, LMS SCADAS, LMS SCADAS XS, LMS Smart, LMS Soundbrush, LMS Sound Camera, LMS Test.Lab, LMS Test.Xpress, LMS Virtual.Lab, Simcenter, Simcenter 3D, STAR-CCM 和 Teamcenter 是 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 或其分公司在美国和其他国家的商标或注册商标。本文中提到的所有其它商标、注册商标或服务标记均属于其各自的持有人。
65202-A3 7/17 H