

浅析尺寸工程在汽车产品开发中的应用

陈钰 王艳伟 崔翠 王昊阳 史承婕

(一汽奔腾轿车有限公司, 长春 130013)

摘要:为提高整车缝隙的外观感知质量,阐述了汽车在产品开发全生命周期的尺寸工程工作内容及应用,进而引入用户视角,构建兼顾客观数值和主观用户感知的整车静态外观尺寸技术规范(DTS)设定思路;应用虚拟评审技术,保证DTS设定的合理性;建立精致工程及看穿性评价标准,实现兼顾造型意图和工艺能力的实车效果,旨在平衡成本和质量,从而实现质量目标。

关键词:尺寸工程 外观品质 工艺能力 质量目标

中图分类号:U463.821

文献标志码:B

DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20230197

Analysis of Application of Dimension Engineering in Automotive Development

Chen Yu, Wang Yanwei, Cui Cui, Wang Haoyang, Shi Chengjie

(FAW Car Co., Ltd., Changchun 130013)

Abstract: To address the issue of perceived quality in the appearance of vehicle gaps, this article mainly described the content and application of dimensional engineering in the entire product development life cycle of automobiles. The user's perspective was introduced and a Dimensional Technical Specifications (DTS) setting approach balancing objective numerical values and subjective user perception was constructed. Virtual evaluation technology was applied to ensure the rationality of DTS settings. A refined engineering and visual evaluation standards was established to achieve a practical vehicle effect that balanced design intent and craftsmanship, aiming to find a suitable balance between cost and quality, and thus achieving quality objectives.

Key words: Dimensional engineering, Appearance quality, Process capability, Quality objectives

1 前言

随着汽车行业的快速发展,消费者更加关注汽车外观质量,因此,主机厂更加重视汽车开发中的尺寸管理,从前期造型设计到工程设计,一直贯穿到后期量产^[1]。尺寸工程是设计基础和质量目标,同时也是检验工艺能力的标准。为了减少制造偏差及车身公差累计而导致的外观品质缺陷,需要在前期设计中将各种可能出现的情况一并考虑,通过前期的尺寸链计算及三维公差仿真分析,确定优化方案及解决对策,减少设计变更造成的成本

增加。本文主要简述尺寸工程的含义及作用,重点阐述尺寸工程在某产品开发过程中的应用。

2 尺寸工程概述

尺寸工程(Dimension Engineering, DE)是基于功能和外观质量要求,合理分配和制定公差,通过尺寸链分析及三维公差仿真分析对目标达成情况进行风险评估,进而实施预防及优化的系统工程。最终要结合适宜的制造和装配工艺,在成本和质量之间找到一个合适的平衡点,从而实现质量目标。

作者简介:陈钰(1985—),女,副高级工程师,学士学位,研究方向为整车尺寸工程开发。

参考文献引用格式:

陈钰,王艳伟,崔翠,等.浅析尺寸工程在汽车产品开发中的应用[J].汽车工艺与材料,2024(3):26-31.

CHEN Y, WANG Y W, CUI C, et al. Analysis of Application of Dimension Engineering in Automotive Development[J]. Automobile Technology & Material, 2024(3): 26-31.

3 尺寸工程在产品开发中的应用

尺寸工程贯穿产品设计、制造及验证的整个产品开发周期,是设计与制造的磨合过程,是产品质量不断优化与提高的过程^[2]。尺寸工程在某产品开发全生命周期的应用如下:

3.1 竞品车分析

竞品车分析主要从整车静态外观尺寸技术规范(Dimensional Technical Specifications, DTS)的测量及主观评价分析竞品车。重点关注零件之间的配合形式,结合在研车型造型及结构特点,寻求更优设计;同时需规避竞品车的设计缺陷,针对类似风险研究有效的优化方案。

另外,基于拆车需求和计划,通过拆解分析竞品车各设计零件的产品结构特点,取长补短,为新车型研发提供设计参考。

3.2 造型可行性评审

造型效果图发布后,尺寸工程团队开始对造型方案进行评审并提出建议。针对缝隙的配合形式建立整车产品精致工程评价体系,基于造型意图和感知要求进行创新改善,通过降低缝隙视觉敏感度和制造工艺难度使实车零件匹配状态能很好地体现造型意图,提升实车的感知质量^[3]。

整车产品精致工程评价体系是将主观评价结果以客观分值呈现,对不同配合形式进行评分赋值,与竞品车对比,在保持原造型风格的基础上,通过设计优化达成工程与造型的设计共识,如图1所示。一般评价工作在首版前期外表面数模(Concept A Surface, CAS)到终版A面阶段开展,尺寸工程团队会根据整车产品精致工程评价标准对每版CAS及A面进行目标管控及评价,最终实现整体精致情况优于竞品车。

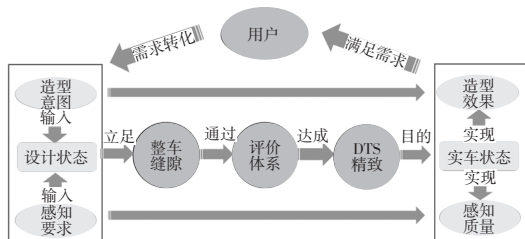


图1 精致工程评价体系

3.3 DTS定义

DTS是整车产品设计、工艺制造、质量控制的

目标,是整车重要的感官质量标准,同时也是尺寸工程最重要的工作目标之一,如图2所示。

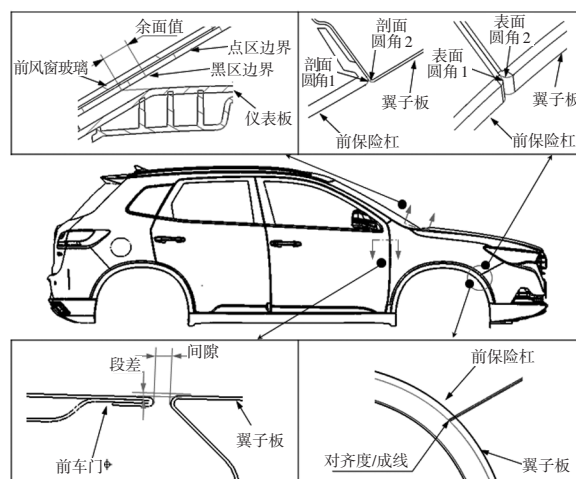


图2 尺寸技术规范

经过项目经验总结、实车效果对比,尺寸工程评价增加了用户视角,从5个评价维度对DTS的5个评价要素进行综合效果评估,进而指导尺寸工程团队开展基于用户视角的DTS设计。同时利用公差分析及渲染软件进行实车视觉效果验证,在设计阶段提升实车缝隙的感知质量,降低视觉偏差风险^[4]。

相比传统客观数值上的一致性,用户视角的视觉一致性更能提升整车外观品质的质感和视觉效果,所以,用户感知DTS定义是当下最符合用户审美的设计。

通常,在车型开发过程中共计发放不少于4版DTS定义。一般在CAS0~CAS2阶段制作新车型的V0版DTS定义,在CAS3发放之后,会结合重要总成件的定位方案及尺寸链分析,修订V1版DTS定义,用于指导A面制作。前期的DTS定义如图3所示。

在A面冻结前,结合评审结果及工程分析结果,发放V2版DTS定义,用于指导A面冻结数据制作;在生准数据发放前,基于冻结版A面及部分工程分析结果,发放V3版DTS定义,用于指导数据制作;在生准数据发放到产品冻结阶段,制作并发放正式整车内饰和外饰间隙段差图纸,用于指导实车匹配及测量评价。

3.4 定位方案设计

定位方案包含白车身定位及内外饰件定位。

白车身定位要保证零部件在焊接、装配及检测过程中的定位稳定性和基准一致性,总成中的定位基准应体现在其单件的定位基准中,保持基准点一致。单件基准需要参考零件的冲压特性制定。在数据上通常以定位参考点系统(Reference Point System, RPS)体现,如图4所示。

单位:mm							
编号	断面	类型	零件名称	基准	A面基准值	公差	平行差 左右差
F010	左前大灯	G	前大灯		1.2	±1.0	1.0 1.0
	前翼子板	F	翼子板				
F011	发动机罩	G	前大灯	发动机罩	3.5	±1.0	1.0 1.0
	前大灯	F	发动机罩		0.5	±1.0	

图3 DTS定义

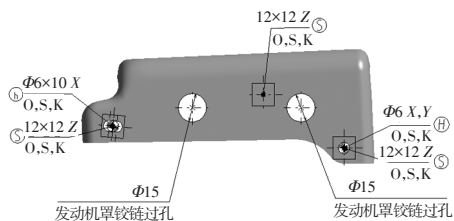


图4 RPS示意

内外饰件定位要以保证产品功能为前提,以缩短尺寸链、减少整车累积公差为目标进行零部件结构设计、工艺流程设计及工装方案设计。

定位基准的选择要求主要包括4个方面:

a. 稳定性要求。在制造和安装时需要保证零部件的尺寸稳定,减少磨损,基准要放到平面上,否则会影响准确度。

b. 功能性要求。定位基准遵循的顺序是孔、面、边,定位基准要代表实际的特征关系,空间不足时,固定点和基准可以共用。

c. 在检具上实现要求。为了方便设计及操作,定位基准的形状要方便测量,减少操作的难

度,提高测量的准确度。

d. 一致性和可重复性要求。定位系统在汽车内外饰的设计中要保持与制造、装配一致,汽车内外饰产品大多一次成型,如吸塑、注塑等,需要确保设计、制造、装配的共用性,以保证内外饰产品的质量^[5]。

3.5 尺寸链分析

尺寸链分析通常包含一维尺寸链计算和三维公差仿真分析。

一维尺寸链计算的模板如图5所示,在明确DTS目标和计算方向后,按照公差累积顺序,依次输入零部件各组成环及其公差要求,通常包含零件制造公差和装配公差;然后运用正态分布原理计算公差累积结果,并与目标公差对比,评估尺寸公差目标的可达程度。超差项需要根据具体情况通过零件定位和工艺改进优化,或者调整DTS公差目标值。

序号	零件/工艺	影响因子	公差	±3σ	贡献率
1	翼子板	与前保间隙匹配面的面轮廓度	0.60	±0.30	29.33%
2	装配	前保支架定位孔与翼子板定位销的	0.26	±0.13	5.51%
3	前保支架	前保Z向安装面的面轮廓度	0.40	±0.20	13.03%
4	前保险杠	与翼子板间隙匹配面的面轮廓度	0.60	±0.30	52.13%
理论值:	0.00	公差:	±0.50	计算结果:	极值法 ±3σ 概率法 ±0.93 ±0.47 ±0.47
关注度:	H		CP:	1.07	
超差风险:	0.14%		判定:	OK	
优化措施:					

图5 一维尺寸链计算

二维尺寸链计算需要在一维尺寸链计算方法的基础上,结合数模的理论角度,将空间尺寸链环进行纯坐标方向的分解,然后进行公差累积计算。二维尺寸链计算仅在必要及特殊的情况下应用,通常以一维尺寸链计算和三维尺寸链计算结果为主。

三维公差仿真分析是将定位和公差信息输入软件中,根据工艺路线进行虚拟装配,结合软件分析结果进行三维验证和优化,通常利用3DCS或者VisVSA软件分析。超差项可通过优化系统里的制造偏差和定位方案对比分析,选择最优方案进行最终设计,进而验证整车外观质量在实车上的可

达成性^[6]。

一维尺寸链计算简便快捷,结果目视直观,计算效率高,通常用于简单的零件配合分析;而三维公差仿真分析为空间全方向分析结果,更全面且更接近实车表现,故其超差风险通常比一维尺寸链计算结果更大,但不绝对,具体以实际计算结果为准。三维尺寸链计算和一维尺寸链计算的组成环即影响因子与公差赋值基本一致,可以相互印证尺寸链环的完整性与准确性,三维尺寸链计算结果如图6、表1所示。

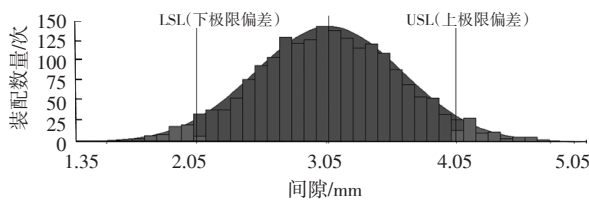


图6 三维尺寸链计算

表1 影响因子分析结果

序号	影响因子描述	零件	公差范围/mm	百分比/%
1	与前保险杠间隙匹配面的面轮廓度	翼子板	0.6	32.7
2	与翼子板间隙匹配面的面轮廓度	前保险杠	0.6	32.7
3	与前保险杠支架定位间隙-4	前保险杠	0.5	10.2
4	前保险杠Z向定位面的面轮廓度	前保险杠支架	0.4	6.5
5	与前保支架的孔销浮动	翼子板	0.3	4.5
6	与前保险杠支架定位间隙-2	前保险杠	0.5	3.7
7	与前保险杠支架定位间隙-1	前保险杠	0.5	3.3
8	前保险杠Y向安装面的面轮廓度	前保险杠支架	0.4	2.4
9	前保险杠Z向安装面的面轮廓度	前保险杠支架	0.4	2.1
10	与前保险杠支架定位间隙-3	前保险杠	0.5	0.8

3.6 缝隙的看穿性评价

优良的车身外覆盖件缝隙能够直接体现主机厂的制造水平,因此车辆外观缝隙的美观性需要控制和提升。尺寸工程建立了关于整车缝隙看穿性的评价体系,应用评价方法可直观量化评价整车缝隙,通过对比看穿性等级与关注度的评价结果,分析优化方案。具体缝隙看穿性评价规则如

表2所示。

表2 看穿性评价规则

看穿性等级	评价维度					接受度
	结构设计	零件数量/个	颜色数量/种	零件状态	看穿结构状态	
1级	通过翻边遮挡	2	≤2	连续	无看穿	接受
2级	无遮挡结构时: ①通过胶条遮挡 ②通过第3个零件遮挡(与其中1个或2个零件同色)	3	①≤3 ②≤2	连续	看穿	接受
3级	无遮挡结构时: ①通过胶条遮挡 ②通过第3个零件遮挡	3	①≤3 ②≤3	不连续	看穿	中低关注区接受;高关注区不接受
4级	无遮挡结构	≥2	≥2	不连续	看穿	不接受

尺寸工程团队在设计初期开展整车防看穿方案的构想,对比以往车型的评价结果及优化方案,给出最优方案建议,由各专业分析可行性,并体现到方案选型中。在专业首版数据下发后,尺寸工程团队根据整车缝隙看穿性评价方法进行数据评价,识别缝隙看穿风险并给出优化建议,将优化数据形成二版数据,多次评价后形成终版数据。宗旨是将实车缝隙看穿风险降到最低,尽可能隐藏、遮蔽或美化缝隙缺陷。

3.7 实车偏差可视化验证

基于三维仿真分析结果,识别整车内外饰超差高风险区域,应用3DCS软件对理论数据进行实车潜在偏差状态分析,利用软件渲染偏差实车,支撑项目开展重难点问题的偏差实车可视效果验证及评审。

相比传统数字化数据评审(Digital Data Review, DDR),尺寸工程技术增加了实车偏差效果评审,如图7所示;相比传统偏差分析,尺寸工程技术增加了虚拟实车效果,如图8所示;巧妙地将偏差分析和理论渲染进行融合,进而开展偏差实车的渲染视觉验证和动态仿真分析,实现数据阶段预知偏差实车状态,如图9所示,更快、更早、更小代价



图 12 分总成匹配检具



图 13 总装总成件匹配检具

3.10 实车评价

实车评价是对整车制造精度包含间隙、段差等整车 DTS 及其他外观进行质量评价。一般通过测量数据评价整车 DTS 合格率,外观评价主要包含 Audit 评价和精良性评价^[9]。

实车评价旨在通过测量数据及评价结果对日常车辆状态进行监控,使整改过程处于统计控制下的稳定状态。

4 结束语

尺寸工程技术贯穿于整个产品开发周期的全过程,是连接设计和制造的桥梁,在缩短开发周期、降低生产成本、提高整车外观品质方面发挥着重要作用。

现生产需建立尺寸偏差分析数据库平台及测量数据收集分析系统,精准把握零部件及车身实际偏差,应用尺寸链快速分析诊断问题,及时改进和优化,提升整车的制造水平,进而提升整车外观品质^[10]。

参考文献:

- [1] 李明, 胡敏, 龙从林, 等. 尺寸工程的现状与发展[J]. 汽车工艺与材料, 2023(3): 1-8.
- [2] 王宇涛, 马卓. 汽车开发中尺寸工程的实际应用及未来展望[J]. 内燃机与配件, 2021(13): 176-177.
- [3] 王珂, 傅杰, 刘洋. 基于用户感知的汽车尺寸工程评审方法[J]. 汽车科技, 2018(1): 14-19.
- [4] 崔庆泉. 汽车尺寸感知质量评价的研究与应用[J]. 汽车工程师, 2014(3): 13-15.
- [5] 杜坤. 基于整车开发的尺寸工程技术研究[J]. 汽车制造业, 2021(8): 13-15.
- [6] 黄萃蔚. 虚拟分析在车身尺寸工程中的应用[J]. 时代汽车, 2022(5): 4-6.
- [7] 曹渡, 刘永清. 汽车尺寸工程技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017: 144-145.
- [8] 王永, 魏益冰, 杨文德, 等. 尺寸工程在车身正向开发中的应用[J]. 汽车实用技术, 2018(1): 126-128.
- [9] 曾锋. 尺寸工程技术在车辆制造中的应用[J]. 时代汽车, 2017(10): 15-16.
- [10] 卢洪超. 尺寸工程在汽车量产阶段新模式的探索应用研究[J]. 汽车工艺师, 2023(1): 28-32.