

尺寸工程是产品开发过程中的关键技术之一，该项技术对于整车感官质量和制造质量的提升起到了重要的推进作用。本文重点介绍了尺寸工程的核心工作内容，包括造型尺寸审查、定位策略制定、公差设计、尺寸链验算及尺寸控制方案设计等。

□ 安徽江淮汽车股份有限公司 杜坤

基于整车开发的尺寸工程技术研究

汽车市场的竞争日趋激烈，消费者越来越注重汽车的造型和做工的精良，汽车的外观质量已经成为影响购车的一个重要因素，而尺寸工程的引入和全面开展，为整车的质量保证提供了一整套可靠的解决方案。尺寸工程是产品开发过程中的关键技术之一。目前国内主机厂也已经广泛开展这项技术的研究工作。尺寸工程工作贯穿造型开发、产品设计及工业化阶段整个车身开发过程，通过造型审查、定位系统规划及公差设计优化等手段提升整车感官质量，最大化地满足客户需求并缩短产品开发周期。

整车尺寸工程定义及工作流程

1. 尺寸工程定义

尺寸工程是以实现整车质量为目标，从整车造型设计、产品结构和工艺设计等环节将质量目标分解为公差要求和可控的产品定位和工艺方案，并建立监控体系通过持续优化尺寸工程设计提升整车质量。尺寸工程是一种可以定义产品和工艺可测量值的接受极限，以保证整车客户功能需求的科学方法。此方法是建立在设计研发阶段的功能分析、工业化阶段设备能力及工序能力的验证和维护上的。

2. 尺寸工程核心过程

尺寸工程贯穿于整车开发的各个阶段，从造型阶段、设计阶段、试制阶段直至量产阶段。造型阶段主要是识别利于尺寸控制的造型效果，从视觉风险和感知质量方面迅速发现潜在的问题并提前准备好在产品上要实施的相关解决和修正方案。批量生产的车辆和零部件带有一定的尺寸工程散差特性，客户对整车功能需求整体上更倾向于可测量的尺寸大小，因此尺寸工程是设计环节不可缺少的一部分。试制阶段主要通过工装夹具的审核及调试、监控计

划的实施及实物验证结果补偿等措施解决产品和工艺的缺陷，并得到量产的各级监控限。包括测点及测量计划制订，试制阶段的车身精度调试以及量产后的车身尺寸监控分析。量产阶段主要是缺陷处理及监控限优化，并通过长期的跟踪对良好的产品设计结构和工装工艺要求归纳总结，形成尺寸技术标准，尺寸工程核心过程见图1。

尺寸工程核心工作内容

1. 造型尺寸审查

整车尺寸工程的终极目标是实现整车的感知质量提升，因此在感知质量设计上的造型优化工作也是尺寸工程工作的重要部分。

识别和优化处理“老鼠洞”现象（图2），在新车型进行造型分缝设计时，由于实际零部件工艺性的原因，所有的零部件都必须设计R角，在某些接口区域，由于R角比较大，零部件比分缝位置回退，就自然形成了一块无零部件覆盖的区域，称为“老鼠洞”现象，形成这种现象的严重程度也和冲压及注塑

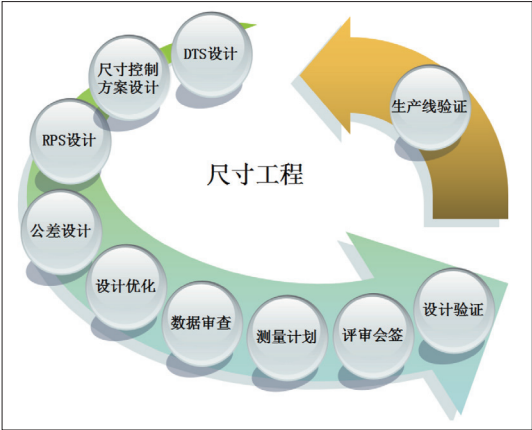


图1 尺寸工程核心过程



的能力相关，比较小的R值会使现象减轻。主要优化设计措施：

(1) 造型设计时对于冲压和注塑的边界角度严格控制(图3)，一般冲压小于 30° ，塑料件小于 15° 时就可能有潜在的风险需要跟踪识别。

(2) 修改分缝线或造型线，避免在潜在的风险区域形成明显的视觉边界。

(3) 在现象区域，采取增加胶条或者“加黑色”等方法，减弱“老鼠洞”的视觉效果，也能达到目的。

2. 定位策略 RPS 制定

RPS (Reference Points System) 主基准系统，是汽车行业为了保证定位的一致性而设计一套产品，从产品设计到装配、检测各环节都要求遵循的定位基准系统。在设计RPS之前必须充分了解零部件的功能要求，并尽可能将功能基准与RPS保持一致。经过功能分析和初步基准选择之后，按照六点定位原则完成初步RPS，初步的RPS必须符合RPS设计的四项规则，然后再根据零部件的自身刚性和结构稳定性以及其它因素增加合理定位形成完整的RPS。RPS通过尺寸链的验证和工艺可行性分析以后，成为正式的RPS基准文件。RPS设计流程参见图4。

定位规划需要遵循的四项原则：

(1) 规则1：定位必须完全约束零部件的6个自由度。

对于一个刚性物体，要固定其位置，共有6个自由度需要约束，即3个平移自由度和3个旋转自由度。将这6个自由度全部有效地进行约束，也就是对零部

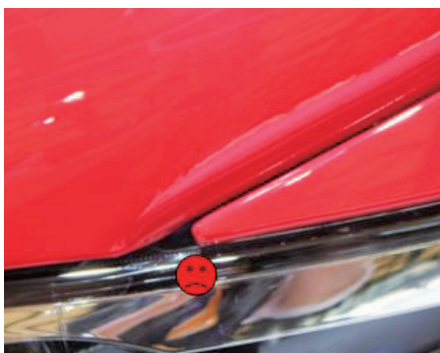


图2 “老鼠洞”缺陷实物

件进行了定位，通常也称为六点定位法则。在实际应用中，往往需要对基准点的过约束，来保证定位的稳定性。

(2) 规则2：应尽量正对平动或者转动的方向来限制该平动或者旋转自由度。

(3) 规则3：构成定位基准的内部基准元素之间距离分布要尽可能大。

构建定位系统的面、线和点每个组合的内部要尽可能扩大在空间的分布，如A1、A2、A3组成了定位系统的面组合，则A1、A2、A3的分布面积越大定位越优；如B1、B2组成了定位系统的线组合，则B1、B2的距离越大定位越优。

(4) 规则4：构建定位系统基准的面、线、点每个组合之间的距离应越小越好。

连接的设置以及它们实现的顺序会对定位的质量产生影响，我们把保证两个零部件之间的物理联系的紧固装置称为连接，如点焊、弧焊、铆钉及卡扣等。连接的设置需遵循一定的原则，如直接选择在优先区域如定位面上设置连接，保证连接的良好分布进而保证与定位优先元素的完整接触等。

3. 公差设计

使用标准的公差语言，定义

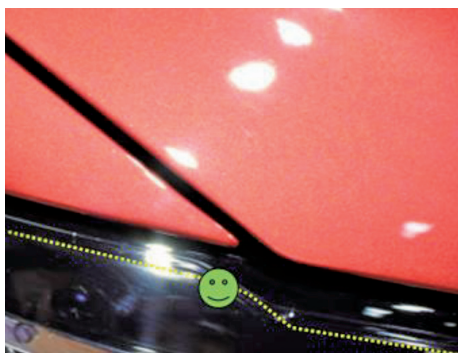


图3 控制边界角度消除“老鼠洞”缺陷

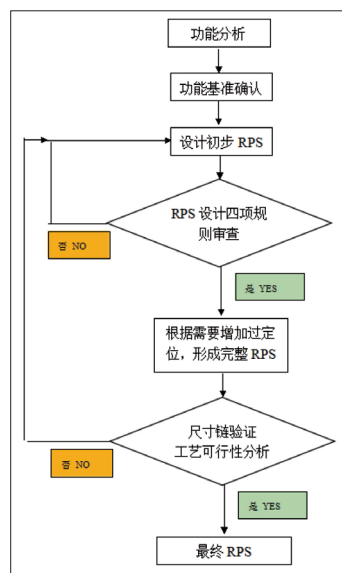


图4 RPS 设计流程

从整车到分总成及零部件的有功能特征的几何尺寸要素，为实现其功能而必须满足的最大范围。产品公差定义 GD&T 全称为 Geometry Dimension And Tolerance，即几何尺寸与公差，包含定位基准及被测要素公差要求。

偏置公差是公差设计的重要组成部分，本质上来讲，偏置公差是对原始定义的二次修正。在本文中主要讨论设计阶段中偏置公差应用的情况。U 形配合零部件都在公差范围内时，干涉的概率也有 50%，Z 形配合零部件都在公差范围时，不会发生装配困难，但两处贴合总有一处会产生贴合间隙，按照单件 $\pm 0.5\text{ mm}$ ，

理论上最大也将出现 2 mm 间隙。几形配合是两种配合问题的综合反映。

解决 U 形配合干涉的方法是 对配合零部件制定偏置公差，为了模具更改的便利，一般选择面积较小、改模成本低及偏置区域清晰便于修模的零部件，三层的 U 形配合，一般尽量将 U 形内部的零部件宽度做小，外部的零部件宽度做大，中间零部件不做偏置。如图 5 中内部 U 形件贴合面配置 0.5 mm，偏置以后，产生干涉的概率只有 3.4%。

对于 Z 形配合，偏置公差可以解决零部件配合间隙出现位置不确定的问题（图 6），将贴合间隙转移到贴合面积小，对尺寸精度影响小的一侧，使零部件的定位误差损失最小。

而对于几形配合的零部件，则需要综合实施以上两种情况下的公差偏置方案，当然最佳方式是简化搭接设计，形成更简化的贴合区域。

4. 尺寸链验算

尺寸链由若干相互有联系的尺寸按一定顺序连接而成的封闭尺寸组合定义为尺寸链。在尺寸分析中，分析的对象是由许多零部件组成的装配体，分析的目标是零部件或装配体尺寸的变化。偏差分析模型是尺寸管理的一项关键组成部分，通过设计师或者工程师可以为零部件装配体精确地模拟和计算尺寸变动量。偏差分析模型同时验证全面尺寸管理计划，测试新的设想，优化尺寸管理计划,得到最优的解决方案。

尺寸链优化的方法，可以提升单个链的工艺保证能力或减少尺寸链的构成环节。提升链的工

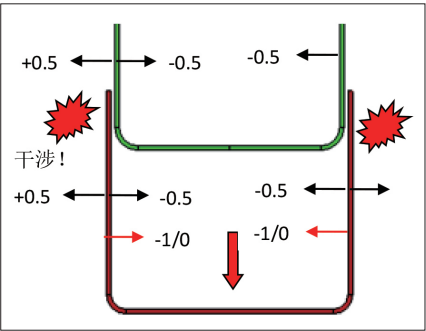


图 5 U 形配合干涉示意

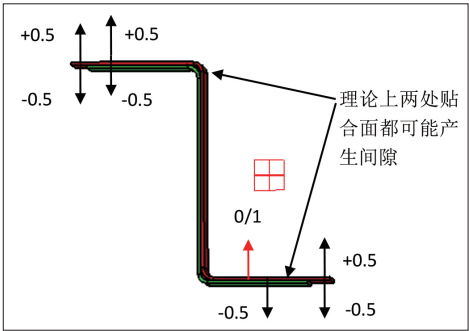


图 6 Z 形配合间隙示意

艺能力可以采用更高尺寸保证能力的生产设备，采取更加稳定的生产方法减少生产过程的产生的误差，零部件之间采用滑动搭接结构取代强制搭接结构能大幅提高工艺保证能力。减少尺寸链的构成环节可以采用工装样架或者夹具，将关键的尺寸定位点之间的尺寸在同一道工序生成。工装样架定位技术使得关键零部件之间的位置不再依赖车身的精度，而是通过样架一道工序生成，减少了尺寸链。

5. 尺寸控制方案设计

尺寸控制方案 (Geometry Technical Solution)，是为了实现项目定义的尺寸功能要求，以功能分析为基础，设计出的一整套关于定位、装配顺序及调整公差的尺寸综合解决方案。整车的前部区域涉及的尺寸控制要素较多，尺寸控制方案相对复杂。以前照灯与前保间隙为例对应的尺寸链如表所示，前照灯支架的精度对大灯与前保的间隙达成度影响较大。在制定尺寸控制方案时

要重点关注支架的形式及搭接状态。某车型原方案 7 号大灯安装点为悬臂结构，与纵梁搭接边为单排焊点，X 向及 Z 向不易控制。设计成 L 形支架，同时增大搭接边宽度更有利于目标值的达成。对标车型前脸相关支架均采用装配形式，通过装具有效缩短了尺寸链，确保 DTS 目标达成。

前保险杠下沉一直是各大主机厂前脸精度控制的难点。由于前保自重和车身振动等各种因素的影响，会导致保险杠下沉，会造成格栅与前保间隙大、前保与翼子板分缝处呈 V 形口等严重影响视觉感知质量的问题。前保、前照灯、前端模块的定位规划、公差设计及装配方案就显得尤为重要。

结束语

本文对整车尺寸工程的各项内容进行了系统的阐述，通过定位规划、公差设计、尺寸方案设计及尺寸验算等系统的尺寸工程核心技术运用，有效提升了产品的感知质量和性能。尺寸工程集成设计与控制实施能力反映了一个企业的整车开发综合实力。因此尺寸工程已经成为汽车研发制造过程不可缺少的重要环节。 AI

表 前照灯与前保间隙尺寸链计算

序号	尺寸链描述	公差要求
1	前照灯尺寸	1.00 mm
2	前端模块尺寸	0.50 mm
3	前端模块 Y 向装配误差	0.50 mm
4	翼子板 Y 向精度	0.50 mm
5	前照灯支架 Y 向精度	0.50 mm
6	前保尺寸	0.50 mm