

本文介绍了汽车前端尺寸定位策略，通过 3DCS 偏差分析工具和实验数据指导优化，结合 TRIZ 创新工具，完成了汽车前端定位策略创新，以此来指导汽车前端尺寸设计开发工作。

□ 上汽通用东岳汽车有限公司 周锦波

基于偏差分析的汽车前端定位策略开发

随着乘用车消费的升级，汽车匹配品质越来越的被更多消费者关注。汽车前端包括前盖、前保险杠（简称“前保”）、前照灯及翼子板等零部件，因汽车前端造型的需求，很多车型的前盖、前保分缝后移，这对平整度提出了更高要求。

根据市场竞品数据收集分析发现，前盖、前保平整度 $\pm 1.5\text{ mm}$ 是具有竞争力的匹配公差要求。为实现这一目标，需要建立一套合理的尺寸链来实现整车匹配目标。尺寸链涉及前盖、前保、前保支架、车身等零部件基准和公差设计，以及定位策略开发。本文重点从定位策略开发角度进行优化和创新。

传统定位策略介绍

传统定位策略如图 1 所示。在确保前盖、前保、前保支架、工装零部件等满足图纸要求后，随机抽取测量 30 组平整度数据，每个样本 6 个测点，分析结果见表 1。

从数据上可以看出 6 个测点的 3 sigma 水平，

表 1 样本分析结果 (单位: mm)

测点位置	极差	样本数量	3 sigma
1	4.5	30	2.447448
2	4.5	30	2.289105
3	5	30	2.754995
4	3.5	30	2.025463
5	4	30	2.583118
6	3.5	30	2.530316

表 2 预改善和预恶化的参数

TRIZ 方法	技术矛盾
前保前盖平整度	
预改善的参数	12 形状
预恶化的参数	32 可制造性

1. 分割
 - a. 把一个物体分成相互独立的部分
 - b. 将物体分成容易组装和拆卸的部分
 - c. 提高物体的分割度

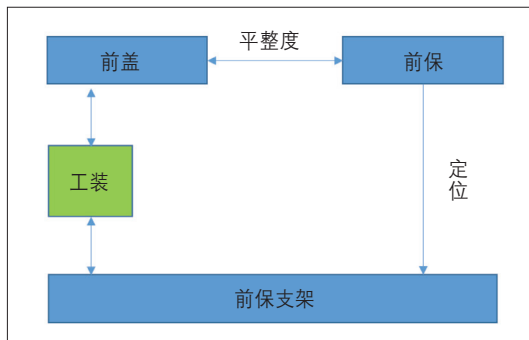


图 1 传统定位策略

平均为 $\pm 2.5\text{ mm}$ ，因此目前的传统定位策略并不能够实现具有竞争力的目标 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。

策略优化和创新

利用 TRIZ 创新工具中的技术矛盾理论，把平整度作为预改善的参数，把可制造性作为预恶化的参数，见表 2。

根据 TRIZ 创新方法及分割理论，既然前盖到前照灯平整度公差无法直接制造，可以通过分割理论，把公差分解，打散到具体零部件，并且提高分割度，通过零部件安装关系打散如图 2 所示。

为了简化系统复杂程度，再次使用 TRIZ 方法。通过表 3 可以看到，要简化复杂系统，需要对分割的零部件和工艺重新进行评估，将空间上或时间上相同的物体及操作加以组合，按照车身和总装两大工艺空间上对零部件进行分类和评估，寻找组合的机会。

- 1) 车身工艺零部件: 翼子板、前盖。前盖基于翼子板面差调平工艺，可以在车身车间实施，前盖与翼子板共用车身前舱工装基

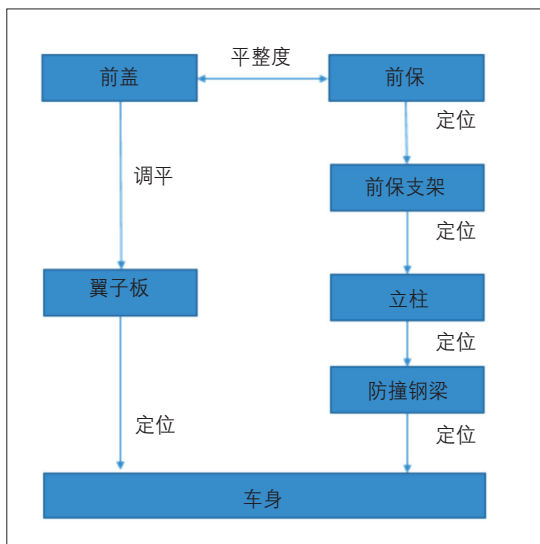


图2 零部件安装关系

准,因此翼子板、前盖可以组合。

2) 总装工艺零部件: 前防撞梁、中支架、立柱和前保。前保作为总成零部件无法与其他零部件进行组合。前防撞梁、立柱、中支架的安装操作可以在总装车间进行组合。

经过车身工艺和总装工艺的评估,得到可能的组合体,使用TRIZ 功能分析建立功能模型如

表3 技术矛盾评估

TRIZ 方法	技术矛盾
简化系统的复杂程度	
预改善的参数	控制的复杂性
预恶化的参数	可制造性

图3所示。

把尺寸链分成2个区域,右侧尺寸链标记区域1,左侧尺寸链标记区域2。在区域1建立功能模型后,有3种方案可选: a 立柱、b 防撞梁及 c 车身都可以为中支架提供定位功能。在区域2建立功能模型后,有2种方案可选: a 翼子板、b 车身都可以为前盖提供定位功能。

通过区域1三种定位方式和区域2两种定位方式,两个区域组合起来共有6个方案产生,总结方案见表4。通过项目会议确认项目目标见表5。

有了明确的项目目标后,开始对比6个方案。建立Pugh 分

表4 总结方案

序号	区域组合方案
①	1a 立柱、2b 车身
②	1a 立柱、2a 翼子板
③	1b 防撞梁、2a 翼子板
④	1b 防撞梁、2b 车身
⑤	1c 车身、2a 翼子板
⑥	1c 车身、2b 车身

析,利用Pugh 分析的方法来比较6个方案与项目目标之间的关系并做出决策。项目目标数据对比依据介绍如下:

1) 平整度公差: 利用变差分析工具,根据分析结果对比评估。

2) 成本: 由供应商提供方案和报价明细,财务审核后,确认最终报价。

3) 工艺可行性: 释放制造数据,由制造工程师进行数据虚拟评估,经过小组会议讨论后得出工艺可行性结果。

4) 工位操作时间由对应制造工程师完成标准化工艺指导书后,评估每一工序所需时间,平衡工艺时间墙后得出工位操作时间。

通过两轮Pugh 分析可以发现,方案⑥前盖定位到车身和中支架定位到车身方案最优,尺寸链较短。

前盖定位到车身可以通过车身工装实现: 前盖工装先定位到车身,前盖定位到前盖工装,工位完成后进行前盖的紧固,紧固完成后,撤去前盖工装。中支架存在塑料定位件,需要在总装车间完成安装。车身上定位特征的公差能力普遍为 $\pm 1\text{ mm}$,经过尺寸偏差分析发现,并不能够满足尺寸链目标 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。因此,需要开发一套可以在总装使用的高精度工装。

这里使用TRIZ 创新工具来创新工装方案。预改善的参数设置为制造精度,预恶化的参数设置为装置的复杂性。技术矛盾见表6。

通过“抽取”发明法则,要得到高精度的工装定位方案,需

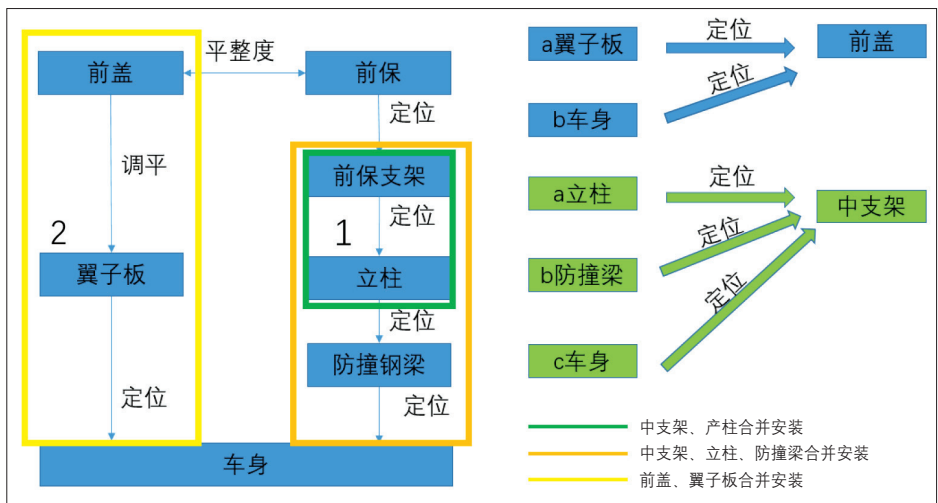


图3 功能模型

表 5 项目目标

	客户要求	工程指标	改进目标值
1	匹配美观，满足匹配质量标注	平整度公差要求	平整度 $\pm 1.5\text{ mm}$
2	成本低	成本目标 5000 元	5000 元
3	零部件制造可行	工艺	可行
4	工位操作时间短	CT	小于 45 s

表 6 技术矛盾

TRIZ 方法	技术矛盾	抽取
提高制造精度	预改善的参数	a. 从物体中抽取（去除或分离）产生“干扰”的部分或属性 b. 仅抽取必要的部分或属性
预恶化的参数	装置的复杂性	复制 a. 用简单廉价的复制品替代复杂、高价、易损、不易获得的物体 b. 用光学拷贝或图像替代实物，可按照一定比例放大缩小 c. 如果已使用了可见光拷贝，用红外线或紫外线替代

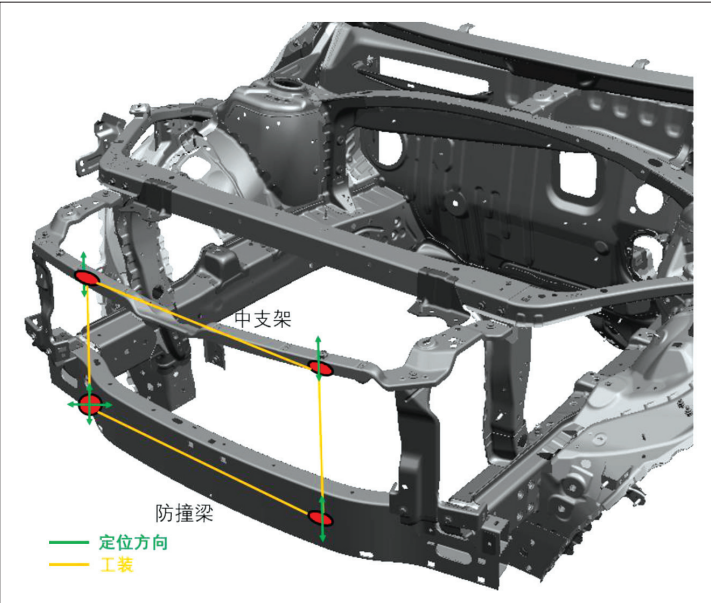


图 5 工装设计方案定位策略

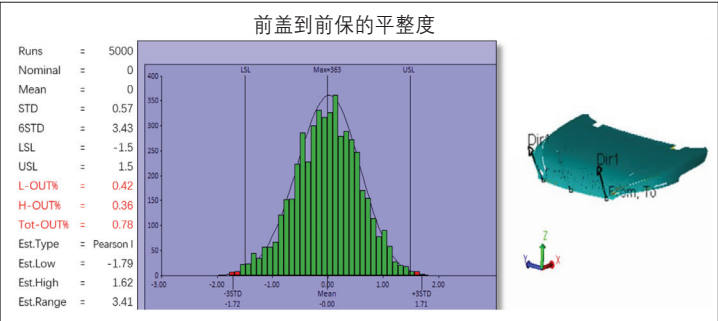


图 6 3DCS 偏差分析

要仅在车身抽取必要的工装定位孔。通过“复制”发明法则，利用简单复制沿用的思想，想到了在车身车间的工装孔到 GA 车间进行沿用。通过这样的想法产生了工装基准孔沿用的思想。这样跳过了车身制造精度的影响，把总装车间的的工装“移到车身车

间”，用工装实现车身车间基准与总装车间基准的重合，实现中支架与车身“合并”的理想状态。具体方案实施办法如下：

1）防撞梁安装工艺调整到车身车间。

2）防撞梁定位策略更改：防撞梁车身正前方设置一圆孔特征（第二基准孔四向定位），一腰孔特征（第三基准孔两向定位），车身车间工装和总装车间工装共用第二基准孔和第三基准孔，从而实现防撞梁第二、第三基准从车身到总装的沿用，此环节带来的公差仅为工装重复性的公差。工装设计方案定位策略如图 5 所示。

目标确认

经过偏差分析和验证，项目目标确认。按照开发完成的定位策略建立模型，经过 3DCS 偏差分析，如图 6 所示，该策略实施后 3 sigma 结果为 $\pm 1.71\text{ mm}$ ，目标 $\pm 1.5\text{ mm}$ 情况下，超差概率为 0.78%，满足要求。此外，成本、工艺可行性及工位操作时间也满足项目目标。

结语

该前端定位策略工程开发过程中，使用了 TRIZ 创新方法，结合 3DCS 偏差分析验证完成了全新定位策略开发，实现了项目目标。这对汽车前端尺寸设计开发工作具有指导意义，可以提高尺寸工程设计效率，保证后期制造的尺寸稳健性。AI