

虚拟仿真与验证技术在匹配分析中的应用

单位：一汽-大众

2023年06月

一

背景及目标

二

技术方案

三

应用案例

四

效果及横展

一、背景及目标

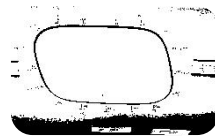
■ 虚拟仿真与验证业务的开展背景

外部环境

- 数字化技术快速发展，使用虚拟与实物验证结合的方法来加速产品迭代的需求尤为迫切

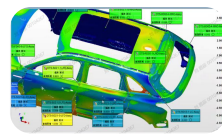
内部现状

- FAW-VW匹配专业开展分析与验证方式传统，以实物验证为主，数字化程度低，分析与验证不够快、不够准



基于实物的验证方法

VS



数字孪生的虚拟验证

一、背景及目标

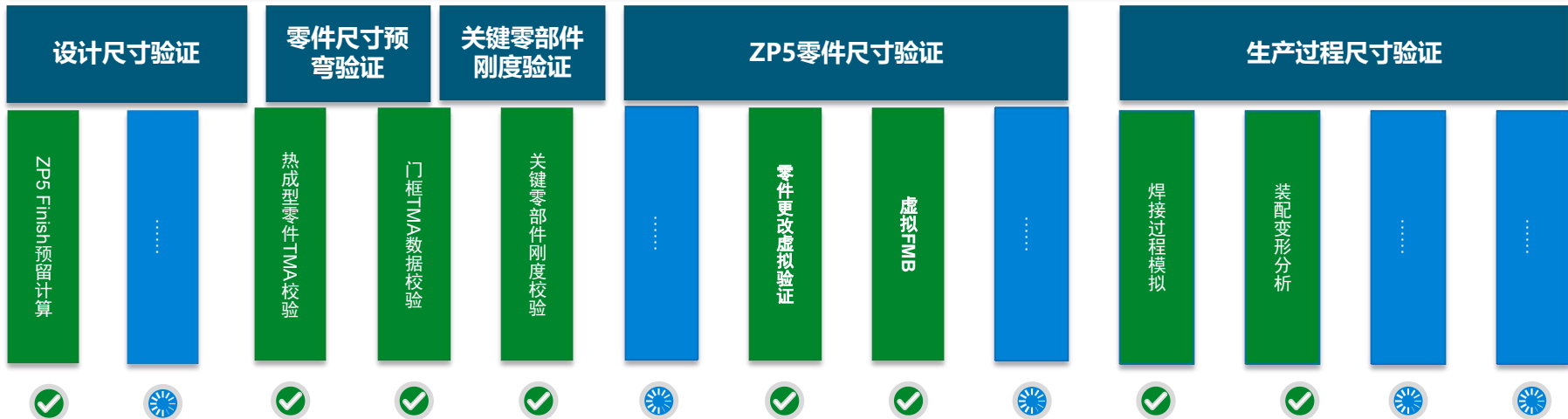
■ 虚拟仿真与验证业务的开展背景

| | 业务阶段 | 业务领域 | 业务场景 | 验证方式 | 痛点 | 优化方向 |
|---------|---------|----------|---------------|--------------|-----------------|-----------|
| 匹配分析与验证 | 方案/批量开发 | 可装配性分析验证 | 设计尺寸验证 | 虚拟（经验导向） | RPS、PMP、FMK一致性差 | 数字化验证 |
| | | | 零件尺寸预弯验证 | 虚拟验证 | — | — |
| | | | 关键零部件刚度验证 | 无 | 启动阶段零件刚度问题频发 | 仿真验证 ▲ |
| | 生产启动 | 白车身尺寸优化 | ZP5车身骨架零件尺寸验证 | 实物（FMB）+实物调试 | 优化效率低、调试轮次多 | 实物+虚拟验证 ▲ |
| | | | ZP5外覆盖件尺寸验证 | 实物（AMB）+实物调试 | 优化效率低、调试轮次多 | 实物+虚拟验证 ▲ |
| | | | 生产过程尺寸验证 | 实物调试 | 调试轮次多 | 实物+虚拟验证 ▲ |
| | | 整车匹配与优化 | ZP7外购件尺寸验证 | 实物调试 | — | — |

一、背景及目标

■ 匹配虚拟仿真与验证业务规划

“5+13” 匹配虚拟分析与验证平台



应用进度

二、技术方案

传统方式

- 匹配分析方式以经验导向为主，不够精准
- 匹配验证方式以实物为主，验证低效
- 应力应变难以量化呈现，沟通低效



阶段一

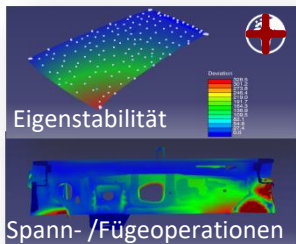
技术方案：基于理论模型的产品和工艺仿真，辅助实物验证

- 产品设计刚性分析
- 焊接过程变形分析
- 装配过程变形分析
- 油漆过程变形分析

挑战

- 仅针对特定问题场景，效率提升不够显著
- 基于理论模型，与实物存在差距，仅用于过程指导

阶段二



应用进度：已实现并应用

Case1: 顶盖表面行李架坑问题分析

问题描述:

问题背景介绍



某项目中，ZP7行李架装配后出现表面坑，ZP8 Audit抱怨B类项，问题关注度高。通过多轮次的手工样件验证，最终锁定问题关键影响因素为设计状态下顶盖刚度不满足拧紧力要求，并推动设计更改。问题解决周期25周，耗时较长。

问题描述

- 顶盖装配行李架后表面坑，B类项，缺陷频次100%。
- ZP5: 无缺陷； ZP7: C1-B。

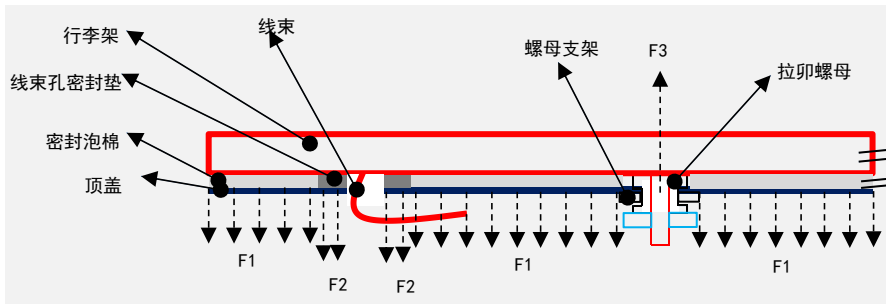
影响因素排查

1. 外购件行李架尺寸偏差1.7mm;
2. 主焊六顶盖尺寸偏差0.8mm;
3. 设计状态顶盖刚度无法满足行李架拧紧力。

Case1: 顶盖表面行李架坑问题分析

CAE分析方案

建立理论模型



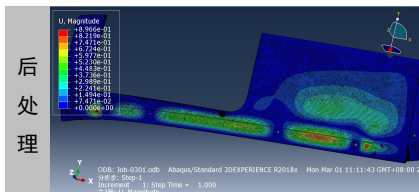
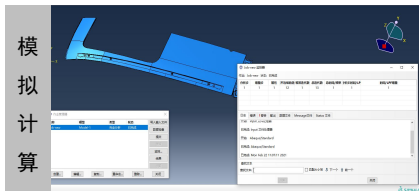
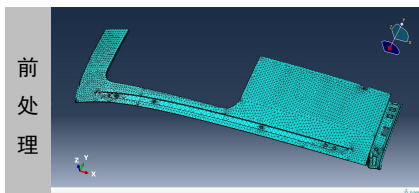
以顶盖为分析对象，对顶盖后部表面缺陷区域进行受力分析如下：

1. 顶盖(含拉铆螺母，螺母支架)受到密封泡棉向下的力F1、线束孔密封垫向下的力F2、紧固螺母向上的力F3， $F3=F1+F2$ 。

假设：

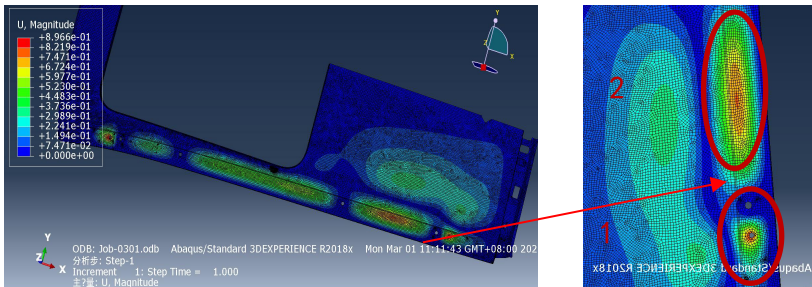
1. 顶盖加强框、车身骨架等与顶盖和拉铆螺母支架连接的零件为刚体；
2. 所有变形均发生在弹性变形阶段，未达到材料的屈服极限。

有限元分析计算



Case1: 顶盖表面行李架坑问题分析

分析结论: 设计状态刚度不足导致顶盖表面坑。



实车缺陷



分析准确度评估

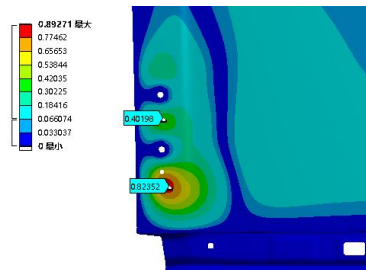
- 位置1和位置2在设计状态分别存在0.7mm和0.8mm凹坑，与实际缺陷位置和趋势一致，模拟结果可靠；

分析准确度达90%

预批量中心
VSC

应用前景: 各项目前期对顶盖结构刚度提前校验，避免同类问题发生。

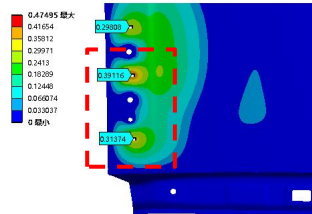
准确识别在某车型开发车型设计状态顶盖后角表面缺陷



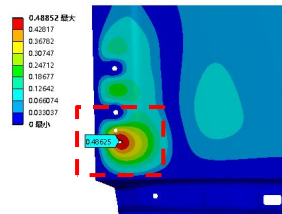
提前校验，预防问题发生

利用CAE模拟制定相应措施

措施1: 延长后部支架，增加线束孔型面支撑



措施2: 将顶盖厚度增加至1.0mm

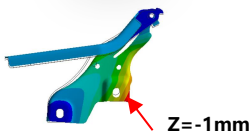


Case2: 前盖四连杆铰链的稳定性分析

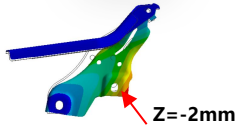
借助CAE工具的前盖铰链匹配稳定性探究

双连杆铰链

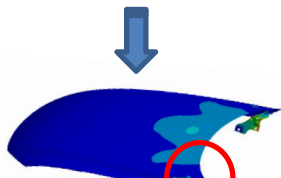
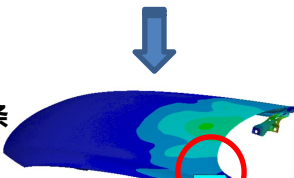
Case1



Case2



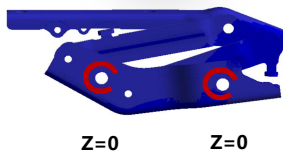
铰链下连杆
装配位置



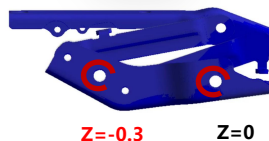
装配气撑、密封条
后, 前盖变化量

四连杆铰链

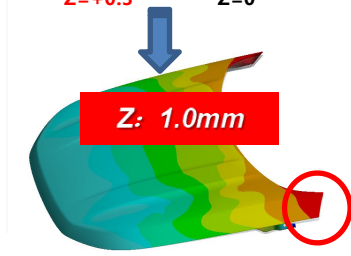
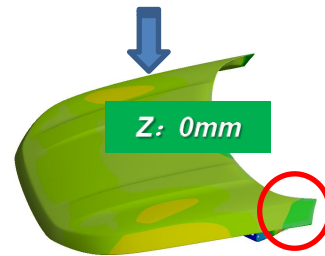
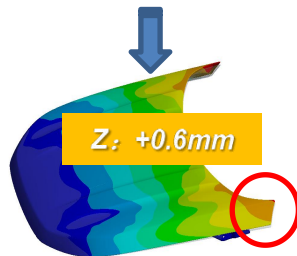
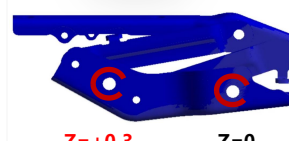
Case1



Case2



Case3



| | 双连杆铰链 | 四连杆铰链 |
|--------------|-------|------------|
| ZP5前盖位置 | ✓ | ✓ |
| ZP5铰链下连杆装配位置 | 不要求 | Z:±0.3mm ✓ |

Case2: 前盖四连杆铰链的稳定性分析

预期解决方案

方案1: 优化工艺过程

ZP5装配前盖铰链

ZP5装配前盖

ZP5调整前盖
前盖铰链位置
不受控!

ZP7装配气撑
前盖匹配
不稳定!

ZP7调整前盖
Finish

ZP5装调前盖

装配前盖铰链

ZP7装配气撑

Finish

采用闭合拧紧装
具

前盖铰链位置稳
定!

前盖匹配稳定!

方案2: 改进造型设计

包裹式造型



弱化用户对前盖和翼子板间隙匹配的感知度!

应用前景

面对未来汽车产品的电动化变革, 产品结构也将发生不断的变化与, 如MEB平台的前端结构、电池壳体等。借助CAE手段, 在匹配分析领域, 不断满足产品新结构对匹配、生产工艺等提出的新要求, **更快速、更准确地实现匹配专业知识的迭代升级。**

二、技术方案

传统方式

- 匹配分析方式以经验导向为主，不够精准
- 匹配验证方式以实物为主，验证低效
- 应力应变难以量化呈现，沟通低效

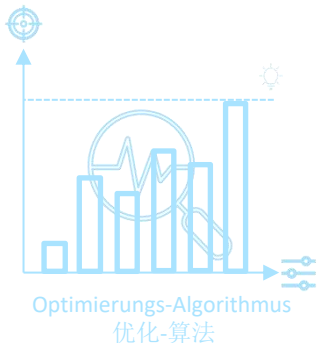


阶段一

技术方案：基于实物数字孪生的虚拟验证，虚实融合助力提效

- 数字化测量技术
- 基于最优匹配算法的虚拟匹配技术
- 实物+虚拟FMB应用

.....



挑战

- 寻求实物+虚拟结合的平衡点，以实现效率和成本的综合平衡
- 大数据算法的应用，需要加速生产过程数字化的进程

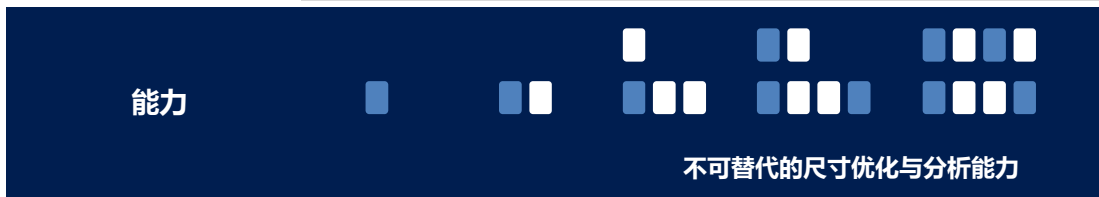
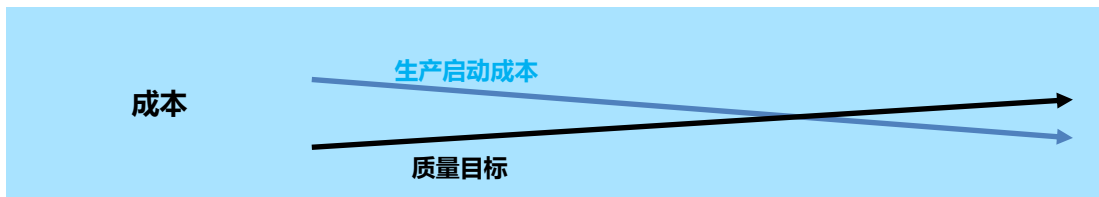
应用进度：部分应用仍在开发中

阶段二

四、效果及横展

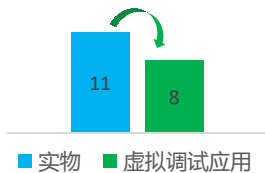
■ 实施效果 (预期)

| 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |

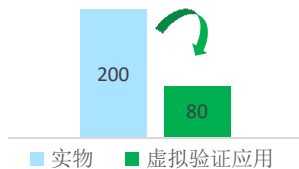


For Example:

支撑尺寸目标达成周期 (月)



实物验证成本



关键核心能力项

- 领先的数字化能力
- 快速尺寸优化响应能力
- 智能匹配分析应用能力