

焊装同步工程在新车开发中的应用

□ 浙江爱特新能源汽车有限公司 上海锐镁新能源科技有限公司杭州分公司/田飞 周海波 臧永志

针对汽车开发过程中主要存在的问题，提出了同步工程在汽车新车型开发中的应用效果、开展方式及对解决问题的重要性。结合新车型开发模式，对焊装SE分析的阶段、分析流程、各数据阶段含义及作用、以及SE主要的分析内容进行了详细的阐述与分析。

目前国内自主品牌典型的开发设计模式，主要是以逆向为主，设计及生产存在以下三个主要问题：

1) 性能与工艺的验证不充分，导致后期制造的成本增加与开发周期延长。

2) 产品数据设变较多，一般在500~800处之间，甚至更多，产品开发成本增加。

3) 冲压与焊装的定位基准不统一，导致白车身调试的周期延长，至少增加一轮试制，即1~2个月的时间。

为了解决上述问题，在新车型开发过程中必须开展同步工程(Simultaneous Engineering, SE)，即SE分析。同步工程又称工艺同步工程或并行工程，即产品开发和工艺分析同步开发的工作模式。焊接

SE分析即车身开发同步工艺分析，是一种在产品开发过程中进行工艺支持的工作模式。这种模式力图使产品开发人员从一开始就考虑到产品开发全过程中的一切工艺因素，包括生产的可行性、可焊性、品质、成本、材料、车身结构、进度、用户要求以及公司现状等。

在产品设计过程中，运用软件模拟分析技术和工艺制造经验，将投产阶段可能出现的产品问题，提前到产品设计阶段解决。从而优化产品结构、提高产品品质，尽可能使产品“一次就设计对”，减少后期设计变更、降低开发成本、缩短开发周期。

焊装SE分析的效果

新车型产品开发和工艺分析同步开发后，可以提前在产品开发

设计阶段触发大量问题，如图1所示，实现“发现问题时间的早期化”，规避了新车型典型的开发模式带来的问题触发滞后，避免因设计变更造成工装、工具、设备及生产线的变更，从而提高产品品质，减少后期设计变更，降低开发成本，缩短开发周期。良好的工艺同步开发，产品设变数据将能控制在100处以内，一处设变的成本按平均约5万计算，同步开发节省变更成本将在2000万~3500万元。而频繁的产品设变使产品投产滞后，整改产品设变及调整工装、设备等约用1~2个月，按每天10万元的延滞费，其间接成本将在300万~600万元之间。

焊装SE分析概述

焊装同步工程工艺人员参与汽

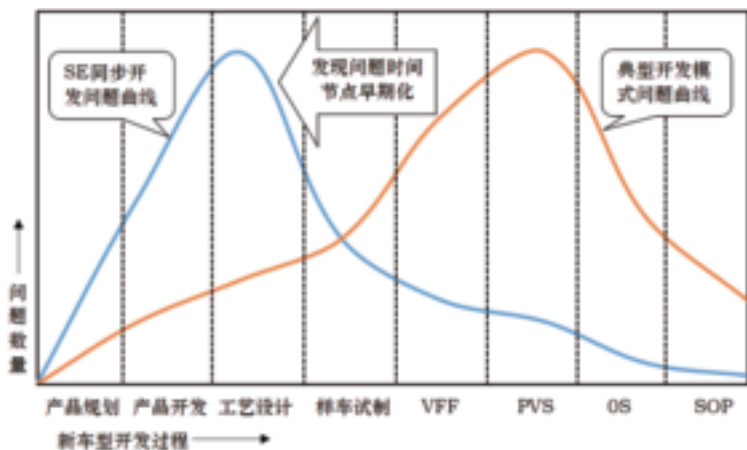


图1 新车型开发过程问题曲线

车新车型开发设计发过程中，对模块化、焊接装配性、定位可行性、操作可行性等进行焊装SE分析，预先对可能出现的问题点采取改善措施，改善和提高产品的可制造性，辅助产品更容易在制造阶段实现。

整个SE活动主要包括两个阶段，分别是工艺分析阶段和工艺验证阶段。工艺分析阶段贯穿整个SE，主要集中在车型的产品开发及产品设计阶段，工艺验证阶段主要集中在车型的样车试制、VFF、PVS及OS阶段，工艺验证主要分为：试制工艺验证、正式工艺验证。

1.焊装SE分析流程

新车型开发过程中，焊装SE工艺人员对产品结构工艺性进行分析，并将发现的问题（ECR）反馈给工程研究院产品设计部门，产品设计部门对ECR问题进行反馈、数据更改，使其满足工艺可行性要求。对于存在异议的遗留ECR问题，再组织进行工艺验证，进一步确定是否进行整改，验证结束后，输出SE总结报告。工艺分析主要分为：Benchmark分析、

CAS（Computer Aided Styling）面分析、典型截面分析、工程数据分析，分析流程如图2所示。

其中，Benchmark拆解，是指

参考车型或竞品车型的拆解。意指通过计算机辅助造型所形成的产品外观面三维模型。典型截面，规定了白车身主要部位的结构形式、搭接关系、密封型式、间隙设定、主要控制尺寸及公差、装配、人机工程及法规等各方面的信息。ECR，是指工艺变更需求单，是SE工艺部门结合公司实际工艺水平等，针对产品数据中存在的问题提出的数据变更要求的文件。

2.焊装SE主要分析内容

新车型开发各阶段数据，焊装SE分析的主要内容不同，见表1。



图2 焊装SE分析流程

表1 焊装SE各数据阶段主要分析内容

焊装SE主要分析内容		CAS面数据	典型截面数据	TG0数据	TG1数据	TG2数据
感知	产品美观分析	●		●	●	●
	“老鼠洞”分析	●		●	●	●
分缝	外观件造型分缝分析	●		●	●	●
	接口匹配分析	●		●	●	●
	尖角造型分析	●		●	●	●
	大圆角，复杂曲线分析	●		●	●	●
包边	开法兰角度分析	●			●	●
	包边形式（水滴、直面、曲面）		●	●	●	●
	拐角包边分析			●	●	●
	开法兰高度分析				●	●
焊接	焊接结构及空间分析		●	●	●	●
	材料料厚焊接性分析			●	●	●
	点焊搭接边宽度分析		●		●	●
	标准件焊接分析		●		●	●
	激光焊分析		●	●	●	●
	悬点焊/螺柱焊/凸焊/弧焊分析				●	●
隐形干涉	R角配合要求分析		●		●	●
	零件配合避让分析		●		●	●
装配	车身结构方案合理性分析	●	●	●	●	●
	装配余量及结构尺寸控制		●	●	●	●
	运动装配分析		●	●	●	●
	装调及关键尺寸公差吸收分析			●	●	●
	装配工具分析		●	●	●	●
定位	零件定位孔径/方向/孔位分析				●	●
	RPS合理性/一致性分析				●	●
操作性	操作空间分析			●	●	●
	人机工程分析			●	●	●
其他	模块化分析			●	●	●
	共线性分析			●	●	●
	涂胶分析				●	●
	零件装配防错				●	●
	经济性分析	●	●	●	●	●
	数据错误核查	●	●	●	●	●
	历史问题检查	●	●	●	●	●

焊装SE分析内容

1. CAS面数据分析

CAS面数据为产品外观面三维模型，焊装SE分析主要从外观感知视觉、整车外观匹配件分缝、四门两盖外板开法兰等进行分析。对容易产生较大视觉空洞（“老鼠洞”），外观匹配间隙（GAP）/面差（FLUSH）保证困难，同一分缝间隙不一致，四门两盖开发兰角度（开发兰角度大于 135° 时，包边质量难以保证）等进行分析，并提出ECR。如图3所示，某车型“前脸”大灯处匹配状态，前大灯、翼子板、机舱盖、格栅四个零件匹配，在同一个接口区，四个零件对接时，零件位置及尺寸波动，容易产生较大视觉空洞。经SE分析，新车型“前脸”处各零部件应做分缝避让，CAS分缝调整，避免视觉空洞。

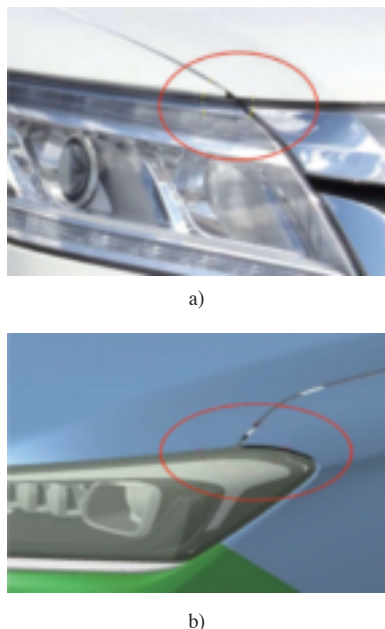


图3 某车型“前脸”大灯处匹配状态

a) 某车型“前脸”视觉空洞

b) 某新车型“前脸”CAS分缝

2. 典型截面数据分析

车身典型截面是车身上主要的关键截面，通过典型截面的分析，可以确定车身的主体结构，同时典型截面也是后期工程分析的重要基础。如图4所示，某车型后背门铰链位置截面，后背门铰链位置与顶盖搭接处三层板焊点焊接时，焊钳与顶盖型面间隙较小，焊接干涉分流，无法焊接。经焊装SE分析，在不影响性能与密封等情况下，顶盖型面止口调整 10° ，满足焊点焊接时，焊钳与顶盖型面安全间隙 $\geq 5\text{mm}$ 。

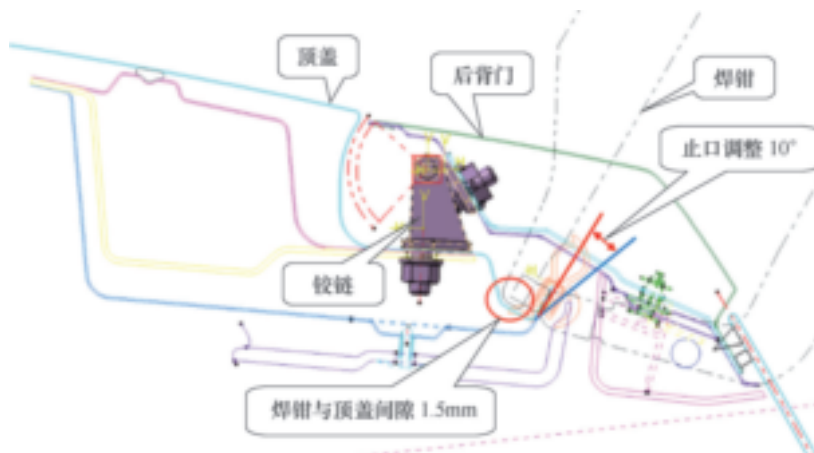


图4 某车型后背门铰链位置截面

3. 工程数据分析

在新车型开发过程中，大多数国内汽车厂工程数据主要分三个阶段——TG0数据、TG1数据、TG2数据阶段，但每个汽车厂根据自身的体系流程，新车型开发过程、名称定义等又略有不同。根据新车型开发流程，各阶段数据含义及用途不同，同时焊装SE分析的主要内容也不同。

各阶段数据含义及用途如下：

- 1) TG0数据为初始数据，用于空间布置、概念设计、主要结构设计、初步工艺评审、性能CAE分析验证等，此阶段考虑供应商介入。
- 2) TG1数据为工艺数模，用于工艺分析确认、定位点讨论、CAE方案验证等，此阶段需进行模、夹、检具的启动，方便供应商介入，开始模具概念设计。
- 3) TG2数据为正式数据，为详细模型，用于工艺分析最终确认、CAE最终验证等，此阶段模、夹、检具正式设计。

工程数据分析内容较多，本文列举车身结构模块化分析和车身焊接装配分析，进行阐述。

(1) 车身结构模块化分析 车身结构模块化焊装SE分析时，车身模块设置原则如下：

用现有焊装生产线，模块化设置应尽可能沿用该生产线现有车型，可减模块，尽量不增模块。

新建焊装生产线，模块化设置应考虑该平台各类车型的共用，模块尽

可能精简、结构相同。

综合考虑生产线机械化、设备等共用、实现难易程度、及投资成本，尽量保证生产线机械化、设备等实现容易，低成本。

白车身骨架总成基本组成模块，包括左/右侧围总成、下部车身总成、顶盖总成、前/后顶横梁总成6个模块，部分车型会增加后围板总成、左/右前轮罩加强梁总成3个模块。下部车身总成基本组成模块，包括机舱总成、前地板总成、后地板总成、左/右A柱竖版总成5个模块，部分车型会增加左/右门槛内板本体总成2个模块。图5为某SUV车型模块化，在遵循模块化原则的情况下，轿车、SUV、MPV等各类型车型，根据需要进行车型模块化定义。

(2) 车身焊接装配分析 在数据分析阶段，需根据实际生产，三维软件数字化模拟车身在焊接过程中进行的装配，制定工序流程，确保后期生产时不会出现严重干涉，而无法正常工作装配的问题，以满足焊装工序流程设置。

工序设置一般有以下原则：

- 1) 贯彻基本的模块化生产方式（工序长度最短）。
- 2) 确保装配、焊接能够实现。
- 3) 保证车身尺寸的实现。
- 4) 生产线设备、工装投入最小化、成本最低。
- 5) 结构稳定，适宜于输送。
- 6) 外观件装焊工序最简。
- 7) 操作简单、不容易出错。
- 8) 适应生产线节拍的调整。

以上为焊接工序流程设置的八项原则，通常情况下，工序流程并不是以某一条原则为判定标准，而是多方面综合考虑，选取一个折中的方案，避免明显的弊端。在SE工序设置中，同时对表一中主要分析内容进行分析。

SE分析遗留问题工艺验证

工艺验证主要对焊装SE分析ECR遗留问题进行验证，分为：试制工艺验证和正式工艺验证。试制工艺验证，通过验证得出SE分析与

软模结果一致的问题，产品部门更改数据，其它在软模验证过程中发现的新问题焊装SE工艺人员通过ECR反馈给产品设计部门，产品设计部门更改数据。正式工艺验证，验证SE遗留问题，经验证一致的问题，根据实际情况，项目组组织讨论问题解决方案。如需更改，产品部门通过设计变更单修改数据。工艺验证结束后，对焊装SE分析进行统一梳理，总结经验，编制焊装SE分析checklist，并不断优化，形成SE分析标准规范。

结语

目前国内汽车厂竞争激烈，为提高产品品质、减少后期设计变更、降低开发成本、缩短开发周期，在新车型开发中同步工程技术的重要性不断体现。

各汽车厂在新车型开发中开始应用同步工程技术，但还不够成熟，需要SE分析工艺人员不断总结经验，完善SE分析流程、分析内容及分析标准规范等。

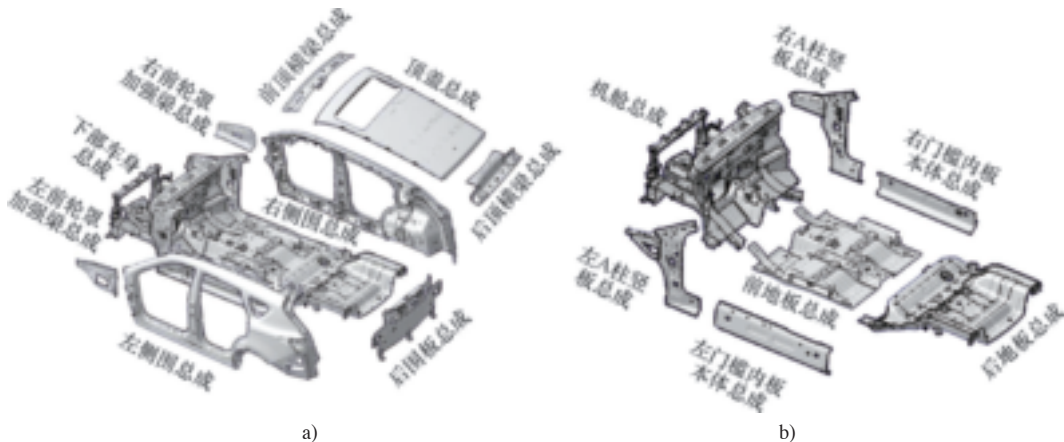


图5 某SUV车型模块化
a) 白车身骨架总成模块 b) 下部车身总成模块

AUTO1950