

CAE 技术在汽车产品设计制造中的应用分析

曾贺¹ 罗捷²

(1 上汽大通汽车有限公司 上海 200438; 2 柳州沪信汽车科技有限公司 广西 柳州 545001)

摘要: 从传统意义上看,开展硬件设计时,工程师首先需要对硬件的原膜予以设计,设计出概念性产品后进行试验,对设计方案予以明确。试验过程中,需要记录试验结果,依据结果对设计内容予以分析,细化调整。整个过程完全是参照结果对试验内容进行调整的。通常开展这类试验所花费的成本较高,不论是研究成本,抑或是建模成本。CAE 技术应用以数字为基础的模拟仿真软件,在应用中已取得了一定成果。本研究首先对 CAE 技术的发展现状进行了分析,其次分别从汽车车灯结构与优化设计、汽车气囊的开发与设计及悬架模拟这 3 个方面对 CAE 技术在汽车产品设计制造中的应用进行了实例研究。

关键词: CAE; 汽车; 数字化设计; 计算机技术; 中国制造 2025

0 引言

中国制造 2025 的战略规划是基于三个出发点:首先是让中国制造变大变强的期望;其次是经济危机后,为顺应制造业最新的发展动向所提出的;最后为面对新一轮产业变革及科技革命的要求。从上述要求可以看出,制造业的发展必将从规模化制造的道路走向定制化制造的道路。中国汽车行业经过多年发展,在生产规模上位居世界前列,但未来消费者对汽车产品的需求将更加贴近于个性化特点,既往批量化的生产模式显然无法满足这一要求。而计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)技术的应用,则能够提出协同解决方案,定制出客户所需要的个性化产品。当前 CAE 技术在汽车产品制造中有着广泛应用,在验证及改善汽车产品设计方面的优势显著。

1 CAE 技术的发展现状

1.1 CAE 技术已摆脱结果云图的束缚

既往应用 CAE 技术时,需要对结果云图、网格进行绘制。事实上,完成上述内容是存在一定困难的。但随着智能化技术的不断发展,各大有限元软件公司纷纷推出了功能更为强大的 CAD、CAE 软件,用更为直白的话来说,即操作越来越便捷,使用更为方便。

1.2 结构优化成为新常态

当前随着行业对于汽车设计工程师的设计工作要求与日俱增,与之相匹配的设计软件纷纷在功能上进行了优化升级。CAE 软件更是如此。该软件目前不再仅仅满足数据的分析计算,而是将设计重心着眼于结构优化方面。结构优化工作的开展需要多专业领域学

科知识的辅助。虽然目前我国在汽车结构优化方面所做的工作仅仅是改造与模仿,但其标志着结构优化已经成为 CAE 技术发展的方向。随着 CAE 软件逐渐摒弃了网格划分自动化的特点,但仍需注意的是结构优化,能够使 CAE 软件更好操作,具备简单化的发展趋势。

1.3 可利用 CAE 软件进行软件开发

推进自主研发是我国制造业所大力倡导的。虽然 CAE 软件变得逐步轻量化,但仍需注意的是,编程技术仍能够在 CAE 软件中发挥应有的价值。若 CAE 操作人员既能够精通有限元原理,又能够熟练进行编程控制,就可以根据工程实例,开展软件对接、二次开发、CAE 软件开发工作,进而提升计算效率,将 CAE 服务于汽车产品设计制造的效能充分发挥。

2 CAE 技术在汽车产品设计制造中的应用实例

2.1 汽车车灯结构与优化设计

在开展车灯结构设计之前,需要考虑车身造型面设计能否与车灯设计相冲突,因为车灯占据侧面大部分空间,而车灯设计属于工程师所考虑的内容,造型设计属于造型设计师所考虑的内容,寻求两者思路间的最优解方为解决问题的方式。此外,在进行车灯结构优化过程中,还需要考虑零件是否能够达到出模要求,制作车灯的材料属于塑料材料,在对车灯模具进行建模时,需要考虑建模类型是否能满足实际工作要求,并借助有限元软件对各个方向及模具各个方向的拔模分析是否合理等。在进行优化设计前,需要对优化设计的整体思路予以明确。为了减少车灯设计时零件与车身的干涉问题,通常在设计前需要对虚拟零件的安

置部位及车身的空间位点作 Section 分析，明确好不同零件的空间相互位置。但仍需注意的是，即使零件各个元素点之间的距离尚未重合，也需要考虑到零件误差带来的间隙干涉问题。针对不满足间隙要求的零件设计位点，需要多次对车灯的位置予以调整。直至有限元软件提示车灯断面图与车灯曲面、车灯基准曲线无限契合，寻求零件间相互位置与设计空间的最优解。

2.1.1 汽车尾灯灯罩结构设计

灯罩设计前，需要预先对灯罩的拔模方向进行明确，判断设计方案能否顺利出模。对试验设计方式进行验证，若车灯灯罩能够倒扣，需对拔模方向进行重新设计；若车灯灯罩不能倒扣，则可直接对车辆的拔模方向进行明确，键入 Combine 命令，得到结合曲线，即能够对车辆的拔模轴线予以明确。

2.1.2 灯壳结构设计

灯壳为车灯占有面积最大的零部件，主要作用是为其提供保护空间，避免出现零部件空间位置相互干涉的问题。灯壳设计流程如下：①明确灯壳的拔模轴线，并确保其与车辆出模的方向性匹配；②明确设计灯壳的两大包络曲面，对灯壳包络体的大体结构予以明确；③随后对灯壳上翻曲面予以明确；④进行三维立体层面的设计，对灯壳曲面的设计予以明确；⑤随后需要对设计类型予以最后调整，明确灯壳断面图及灯壳断面图，并将灯壳断面图进行拔模分析，分析图详见图 1。

2.1.3 反光镜结构设计

首先对制动反光碗的设计予以明确，在 CAE 软件

中设计出一个可供编辑的 PCB 区域。反光碗的设计应始终坚持以下原则：①最小极限位置，即为刚好被车身遮挡的位置即可；②对 PCB 板的位置予以明确；③在进行软件操作时，于 PCB 板上明确 8 个焦点；④在明确基准抛物面及反光碗曲面后即可对反光碗的侧墙予以设计；⑤设计完成后仍需进行可行性验证，考虑反光碗与灯罩之间的间隙能否满足实际应用要求，一般来说 $\geq 2\text{mm}$ 的间隙能够满足临床要求；⑥最后对反光碗的结构进行拔模分析，验证反光碗是否存在倒扣问题；⑦设计转向灯与倒车灯的反光碗，将其中一颗螺丝放置于侧面，并从正面处放置螺钉；⑧随后即可将设计方案带入 CAE 分析软件中进行拔模分析。图 2 所示为倒车灯反光碗拔模分析图例。

2.1.4 隔热板设计

需要对隔热板设计的核心目的予以明确。设计隔热板的主要目的在于，阻隔车灯发光时热量的传递。一般来说，冷光光源在发光时产生的热量较少，故此情况无需设计隔热板。若应用卤素光源时，则需进行隔热板的设计。若应用 LED 光源时，需要设计 PCB 板，该板的作用为放置电路路线及电子元器件。在设计过程中，为保证线路铺设的有效性，一定要对 PCB 板的平整性进行验证。而 PCB 板大小的设计，则需要根据相关配件，如反光碗的尺寸进行综合确定。

2.1.5 散热器整体结构设计

散热器装置一方面能够减少能量的消耗，另一方面也能提升光源的利用率。在进行散热器的设计时，需

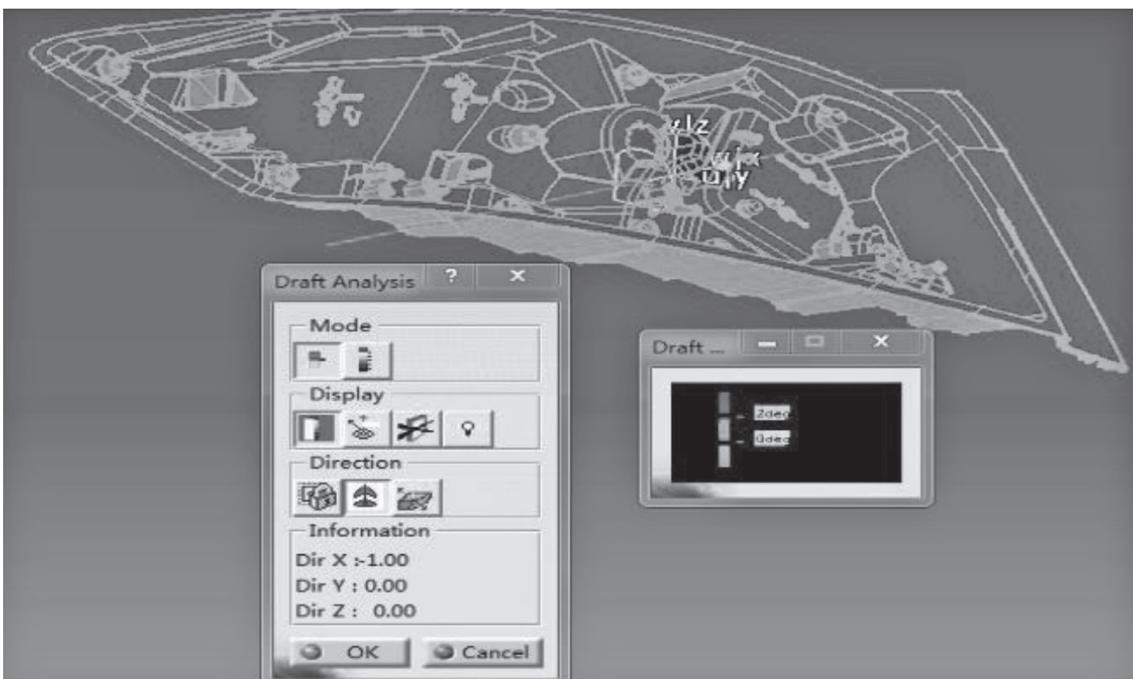


图 1 灯壳拔模分析报告图例

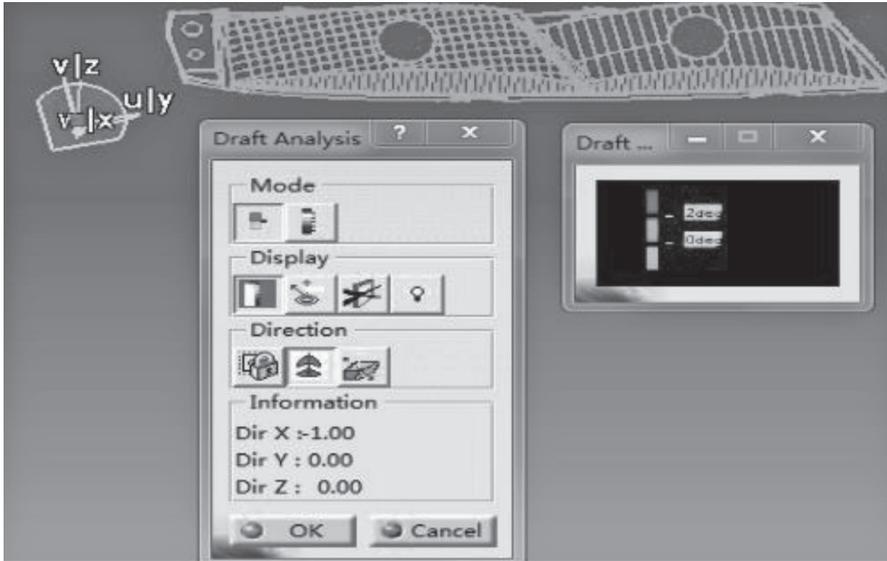


图2 倒车灯反光碗拔模分析图例

要将其与 PCB 板的内部结构相匹配，以便于固定。

2.1.6 装饰框结构设计

设计思路与常规相同，在保证装饰的同时，避开各零件之间的间隙，并尽量减少零件干涉问题的发生。

2.2 汽车气囊的开发设计

本研究围绕着帘式气囊开展展开。相较于传统的安全气囊，窗帘式气囊要满足在不同方向上假人保护的需求，在进行设计前需要利用 CAE 软件进行多次数据仿真模拟，以明确出最佳的设计方案。

2.2.1 几何设计方面

首先需要建立 CAE 仿真模型，对窗帘式气囊气囊的几何尺寸予以明确，随后利用 CAD 进行建模，最后利用 CAE 软件建立有限元分析模型。在几何尺寸的设计方面需要明确如下设计要求：保护范围能够覆盖不同位置、不同体位下，驾驶员的头部区域；结构设计时，需要与汽车内饰的几何尺寸要求相匹配。

2.2.2 设计 CAE 仿真模型

借助 CAD 技术，输入相关参数进行自动建模即可。在对气囊进行仿真设计的过程中，需要考虑到气囊单边与气囊自接触面之间的问题。若表现为外界接触的情况，需要首先对气囊边界类型予以明确。

2.2.3 气囊的模块化设计

需要设计项目包括导气管模型、带导气管的帘式气囊模块、气体发生器模型。进行 CAE 设计时，需要借助计算机软件进行仿真模拟。对窗帘式气囊的厚度及体积进行评定，并对帘式气囊压力进行分析。开展相关静态试验，进一步对设计内容的完善程度予以明确。

2.2.4 分析帘式气囊的展开时间

气囊展开前，需要对气囊的折叠方式进行研究。气

囊的折叠方式可分为投影法与物理折叠法两类。气囊展开过程中充分融入了流体动力学特点，因此在建模时所花费的时间及精力要更多，相较于等压气囊模型，所花费的时间要多。

2.3 汽车车架的开发设计

车架为构成汽车骨架的结构基础，一般由几根横梁及数根纵梁组成。该结构设计的优劣，能够影响车辆运行的稳定性水平。因此，在进行车架的设计前，需要利用 CAE 软件对车辆进行建模，随后做对照试验进行验证。具体实践内容如下。

2.3.1 车架有限元建模

选用壳单元进行模拟仿真，并充分对不同单元类型内容的力学性能特点予以分析，车架有限元建模模型的建立能够更加具有可行性。

2.3.2 车架几何数据处理

需要注意要对几何模型进行简化，在不影响计算精度的前提下，对细节模型予以适当简化既能够提升模型的简单性水平，也会缩短有限元模型的运算时间，降低运算的繁琐性水平，提升设计的简洁性特点。在进行几何数据处理、软件建模的过程中，有如下注意事项：①在设计不同单元的参数时，应该将翘曲量、扭曲度及纵横比控制在适当范围内，满足实际应用要求；②针对车架设计过程中的过渡圆角、非关键螺栓孔等，在建模过程中，为便于整体的快速设计，可以适当将其删除处理；③在车架焊接的过程中，应防止发生应力及集中力突变的现象，因此对于集中载荷的计算应该更为细化；④仿真模型计算更应接近真实情况，一方面需要考虑结构设计时的力学性能，另一方面需要考虑结构设计时的几何结构特征；⑤设计后一定要运行程序，对实际应用状况进行模拟。

2.3.3 悬架模拟

悬架模拟主要在观光车的设计中较为常用，因其属于汽车设计类型的一种，故本研究将其纳入研究案例展开说明。悬架能够将后轮及路面所受到的力与力矩部分地向车架分散，以达到稳定车辆的作用。而后悬架系统作为力承受的主要单元，在设计车辆后悬架系统时，需要将其进行仿真分析后，对结果进行明确。根据实际模型图进行等效模拟能够获得最佳的模拟效果，能够为实际工作开展提供更多的、可供参考的实践性内容。图 3 所示为钢板弹簧实际模型图与等效模型图对照。

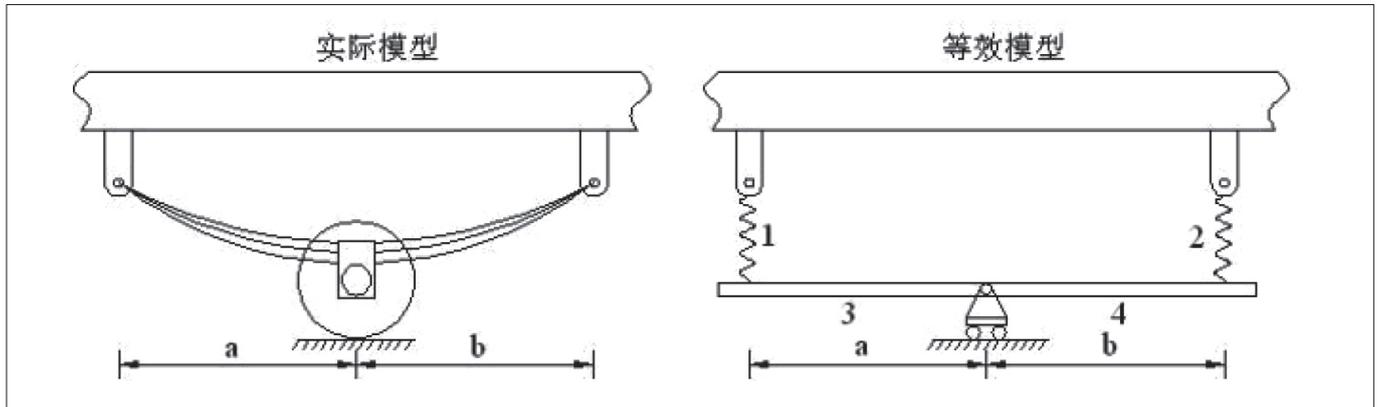


图3 钢板弹簧实际模型图与等效模型图

3 结语

本文从 CAE 技术方面对车辆相关配件的设计进行了研究，并对其中应用的注意事项进行了梳理。随着汽车制造领域的不断进步，人们会对车辆的设计具有更高的认可度。在未来与车辆设计有关的软件将不断推陈出新，软件的应用便捷度方面也将提升至全新的、更高的水平。

参考文献:

[1] 李添翼. 智能化模具制造与设计在汽车生产中的应

用研究 [J]. 内燃机与配件, 2021, 7(20): 173-174.

[2] 李念, 张高顺, 许志扬. 基于用户体验的汽车设计质量概念与工作思路研究 [J]. 时代汽车, 2021(14): 106-107.

[3] 郭富杰. 汽车安全气囊热挤压设备的设计与开发 [D]. 长春: 长春工业大学, 2020.

[4] 姜建斌, 张建武, 骆良毅. 汽车车架设计及其轻量化研究 [J]. 金田, 2013(04): 356.

作者简介: 曾贺 (1978.09-), 男, 汉族, 浙江鄞县人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 智能制造、尺寸工程。

本刊声明

近日, 本刊编辑部接到部分作者反映, 存在个别机构 (或个人) 假冒《中国机械》杂志社总编室或《中国机械》编辑部的名义向广大机械制造领域的作者征稿, 并向作者发送了盖有非法总编室或编辑部公章 (或非法电子章) 的录用通知书。

在此, 本刊郑重声明, 《中国机械》杂志社总编室公章 (防伪码: 1101081749266) 已于 2021 年 5 月 25 日公开登报声明注销作废, 中国机械编辑部原公章 (防伪码: 1101081491290) 也已于 2021 年 4 月 19 日公开登

报声明作废, 并启用新的编辑部公章。今后如有不法机构 (或个人) 再以本刊总编室或本刊编辑部名义进行征稿等相关活动, 属于严重侵犯本刊合法权益的违法行为, 一经发现, 本刊将采取法律手段, 切实维护本刊的声誉与正当合法权益。请广大作者认准《中国机械》杂志社的官方投稿邮箱 jxzzs@cinn.cn, 或致电编辑部, 以确保作者相关权益得到有效保护。

《中国机械》杂志社
2022 年 2 月 16 日