

CAE技术在汽车轻量化设计中的应用

平喜月*

长春英利汽车工业有限公司 吉林 长春 130000

摘要:从汽车整体结构来看,占汽车总质量很大比例的零部件包括汽车车身、发动机、底盘、内外设备等。轻型汽车技术可以减少油耗,减少废气排放,提高汽车动力。研究表明,如果整个车辆的质量降低10%,能效可提高6%以上。减少车辆重量的方法有两种:一种是使用较轻的新材料,如合金;二是运用CAE技术优化汽车结构设计减少零件的大小、型腔等,并改进其结构和过程以最大限度地降低质量。在此基础上,文章介绍了CAE在汽车零件轻量化设计方法中的应用,包括结构优化设计方法和应用,CAE在先进制造技术中的应用,以及CAE在优化方案验证中的应用。

关键词:汽车结构;汽车轻量化;CAE技术;应用分析

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5197-0309-8>

前言

汽车轻量化有多种技术和方法,具有不同的特性,例如使用新材料和优化零件结构。在这些方法中,CAE由于其先进性质,在设计过程中发挥了积极作用,并取得了与工程精度相对应的近似结果,而不用实际制造零件,从而解决了理论分析无法解决的复杂问题。本文主要论述了汽车零件的轻量化设计方法及其在计算机辅助工程中的应用。

1 CAE 技术概述

1.1 概念分析

CAE技术即计算机辅助工程,是一项结合了计算机虚拟仿真的新技术。其理论基础是有限元法和数值分析。有限元方法的基本概念是将连续解决方案区域分割成一组以某种方式连接的有限单元。因为元素本身可能具有不同的造型,所以您可以使用复杂的几何造型来模拟分离。CAE的基本技术是有限元技术和虚拟样机的动态仿真,它主要使用计算机来分析项目或产品的性能、安全性和可靠性。模拟其未来运行状态和操作行为,以快速检测设计缺陷。并确认项目或产品未来性能的可用性和可靠性。将计算机辅助工程的定义扩展到支持整个生产过程的计算机系统。

1.2 汽车产品轻量化设计的基本原则

轻型汽车产品设计的基本原则基于四个主要方面:正确的尺寸、正确的拓扑、正确的材料和正确的设计^[1]。第一,正确尺寸主要用于车辆参数匹配,即确保轻尺寸和质量等部件符合整体设计要求,符合质量、尺寸和功率性能要求。第二,采用正确的拓扑结构,确保各部件的结构强度和机械性能符合设计要求,从而保证汽车产品的轻度综合性能。第三,使用更轻、更高效的材料是汽车产品轻量化设计的重要工具。在物料更改时,必须全面考虑产品处理过程对新物料的影响。所选材料应符合汽车产品的加工工艺。第四,正确的设计细节主要包括汽车零部件的质量分布、连接接头的结构和刚度、连接方法、制造成本等。汽车零件的轻量化设计需要考虑零件与整个汽车或零件的质量/质量比率。某些确保结构刚度的节点必须根据设计要求保留。

1.3 CAE技术应用范围

(1) 工程数字分析。通过在数字工程分析中使用有限元技术,对物理场量进行分析计算,给出了物理场总量的时空分布,从而可以线性、静态、非线性和动态地计算和分析结构。分析包括静态和动态分析。静态分析通常包括线性和非线性静态分析。动态分析通常包括永久、瞬态和光谱动态分析。(2) 模拟。使用运动/动力学理论和方法,透过提供机构和整个机器的运动路径、速度、加速度和动态反作用力,模拟机构和整个机器的运动/动力学,以建立CAD实体模型。(3) 结构优化设计。根据设计、制造和使用限制,使用优化的设计方法优化产品的结构、工艺参数和结

*通讯作者:平喜月,1983.05.15,汉,女,吉林省长春市,英利汽车工业有限公司,中级工程师,本科,研究方向:CAE分析。

构形状参数，以优化产品的结构性能和工艺。结构优化通常包括多个级别：截面优化、几何优化、拓扑优化和结构类型优化。

2 轻量化设计方法

2.1 结构优化设计

结构优化设计技术将数学优化理论与工程设计相结合，使工程师能够从众多工程方案中找到完美的设计方案，并提高设计效率和质量^[2]。汽车零件的轻量化可根据设计变量的类型分为三个级别：优化结构零件的尺寸；优化结构的形状；优化结构的拓扑优化。应用于汽车悬架结构优化、涡轮增压、直接喷油等技术优化及微型引擎零部件的结构优化。

2.2 轻量化新材料的应用

(1) 铝和铝合金的使用。铝及其合金作为轻质材料，具有强度高、密度低、耐磨性好、耐腐蚀性好、回收率高、易加工、导热性好、弹性好等特点。汽车中铝的使用自1970年代以来有所增加。目前，全球用铝量的12%至15%用于汽车工业，25%以上用于发达国家。用于车辆设计和制造的铝合金零部件包括发动机气缸、气缸盖、水泵箱等。(2) 使用镁和镁合金。镁比铝轻。镁合金和镁合金具有较高的阻尼性能、较高的强度和刚性、较高的回收率、清洁回收、丰富的资源、成熟的提取技术和简便的处理。目前，我国的镁产量是世界上最高的，占世界总产量的三分之一^[3]。尽管我国是世界上最大的镁生产国，但在镁合金材料的生产、研究和应用方面，与世界先进水平仍有很大差距。仪表板骨架、座椅骨架、车轮、方向盘骨架和附件现在均可使用镁合金。(3) 钛及其合金的使用。铝和不锈钢在2 000℃时失去了原来的机械性能，而钛合金仍保持在5 000℃左右，强度可达1500 MPa，远远高于铝和镁合金。钛合金耐腐蚀性能优异，是取代钢的高性能轻质材料。同时钛合金大于合金，记忆功能用于汽车车身易回收，与钢材相同的设备和工艺易加工，绿色回收低，密度高于强度。

2.3 先进加工制造技术

(1) 高强度钢冲压工艺。高强度钢的使用已成为汽车轻量化的重要方向。高强度钢是发达国家轻型汽车的首选铁，普通车辆使用的高强度钢高达80%。受高强度钢板强度的影响，传统的冷冲压工艺在成型过程中容易开裂，不能满足高强度钢板的技术要求。在国际上，对极高强钢板热冲压技术作为一种新的集成、传热和微观组织转化为一体的技术进行了逐步研究。(2) 内部高压成型技术。液压成型技术是指使用管道工件作为原料，它通过使用适当的模具和液体压力来成型零件，而不是单独成型，然后将零件组合在一起焊接，从而减少零件的数量和重量、提高零件质量并降低成本^[4]。内高压成型部件轻便，产品质量好，工艺简单，接近净成型，绿色制造，广泛应用于汽车轻便领域。

3 CAE 技术在汽车轻量化设计中的应用

3.1 在车身轻量化设计中的应用

车身结构轻量化对汽车节能环保十分重要。据统计，客车、汽车和大多数特种汽车的质量约占汽车质量的40%至60%。降低汽车质量，一方面节约原材料，降低汽车生产成本，另一方面减少燃料消耗，这有利于环境保护。随着计算机技术的发展，CAE技术在车身轻量化设计中得到广泛应用^[5]。

3.2 在发动机零部件轻量化设计中的应用

发动机是整辆车的电源。随着新车的不断发展，对发动机的要求越来越高现代发动机需要高效率、高可靠性、小体积、轻重量、低油耗和低排放。作为汽车最关键的部件之一，降低发动机质量也很重要，以减轻汽车本身的重量。从总体趋势来看，发动机朝着轻度量化的方向发展CAE技术的技术也广泛用于发动机设计领域。CAE技术的拓扑优化方法可以在不改变刚性的情况下降低质量。您也可以在不变更品质的情况下增加刚性^[6]。目前，拓扑优化方法主要应用于主轴盖和连杆盖的优化设计，结果令人满意。CAE技术拓扑优化在发动机构件轻量化设计中的应用已有很好的记录，需要进一步研究其更广泛的应用。

3.3 在车架结构轻量化设计中的应用

底盘是汽车结构的重要组成部分，具有复杂的结构和载荷，并且正在进行初步结构分析和结构优化设计^[7]。近年来，随着CAE技术的发展，拓扑优化技术已成为一种旨在提高结构性能或降低结构质量的新的结构设计方法。通过在有限元分析软件（如ANSYS、NASTRAN）和其他结构优化软件（如OptiStruct、TOSCA等）中实现拓扑优化功能。

在国内已成功应用于底盘的轻量化设计^[8]。

4 结束语

综上所述, CAE技术在国内外已经开展的研究的基础上, 在轻型汽车结构的理论研究和实际应用方面取得了重大进展。无论如何, 汽车零件的简化、轻便和集成都是通过平面设计、平面评估、建模、工程分析等实现的, 或分析和评价诸如轻型汽车的操纵稳定性、刚性、驾驶安全和驾驶舒适性等绩效指标, 最终能够实现降低汽车质量、提高燃油经济性和减少排放污染的目标。表明CAE技术在汽车发展中发挥着越来越重要的作用。

参考文献:

- [1] 范子杰, 桂良进, 苏瑞意. 汽车轻量化技术的研究与进展[J]. 汽车安全与节能学报, 2014, 5(1): 1-16.
- [2] 王理睿, 杨小龙, 卢程, 等. 基于有限元法的车架轻量化设计和仿真分析[J]. 现代机械, 2012(5): 12-14.
- [3] 许晓鹏, 刘双云, 杨春芬, 等. 轻量化设计在农用机械底盘车架中的应用分析[J]. 南方农机, 2018, 49(12): 72-79.
- [4] 龚侃, 冯立军, 汪沛伟, 等. 基于轻量化设计方法的某车型后牵引装置结构的优化设计[J]. 汽车科技, 2017(6): 18-22.
- [5] 杨陈, 郝志勇, 刘保林, 等. 变密度法在气缸体轻量化设计中的应用[J]. 浙江大学学报, 2009, 43(5): 916-919.
- [6] 饶柳生, 侯亮, 潘勇军. 基于拓扑优化的机床立柱筋板改进[J]. 机械设计与研究, 2010, 26(1): 87-91.
- [7] 李维国, 李剑敏, 陈文华, 等. 差速器齿轮有限元精确建模与强度分析[J]. 机械传动, 2011, 35(12): 70-72.
- [8] 胡世军, 高长松, 付荣凯. CW6185车床副主轴箱结构优化[J]. 机械设计与制造, 2011(6): 144-146.