

# 汽车性能框架下的CAE技术发展探索

刘立萍

北汽福田汽车股份有限公司汽车工程研究院分析中心

# 汽车性能框架下的CAE技术发展探索

## Base On Automotive Performances Development CAE

刘立萍

(北汽福田汽车股份有限公司汽车工程研究院分析中心)

**摘要：**借助于汽车性能体系框架，构建CAE软件平台，建立CAE典型分析案例和流程，用典型案例和流程指导汽车产品开发的各个环节，既提高了CAE技术水平，也完善了汽车性能指标体系，二者互利，良性发展。

**关键词：**CAE 汽车 性能 流程 HyperWorks

**Abstract:** With the framework of automotive performance systems, the establishment of CAE software platform, and CAE analysis of typical cases and processes, with typical cases and process guidance to all aspects of automotive product development, not only improves the level of CAE technology, but also improve the car performance systems, the two mutually beneficial, healthy development.

**Keywords:** CAE Automotive Performance Process

### 1 概述

自1953年一汽破土动工建厂至今，中国汽车工业从自己造车到技术引进，再由技术引进消化吸收到自主研发，整整走过了67年，目前到了逆向消化吸收转型为正向性能开发的关键时期。何光远说过：中国汽车工业不能老拿人家现成的东西和技术。中国汽车必须要有自己的核心技术，有自己的技术开发能力。对汽车性能的掌握控制能力是汽车企业技术竞争的核心。

CAE 在汽车产品的开发中应用非常广泛。如给造型、车型定义、总布置、碰撞吸能结构设计等提供早期输入；进行强度（包括疲劳强度）和刚度分析；进行整车操纵稳定性和行驶平顺性分析；进行制动效能分析；进行碰撞安全性分析；进行振动和噪声分析；进行人机工程分析；进行流场分析，进行冲压成型分析；进行动力性分析；进行燃油经济性分析，进行电子电器匹配等。可以说，CAE 已逐渐渗透到了汽车产品开发的各个环节。

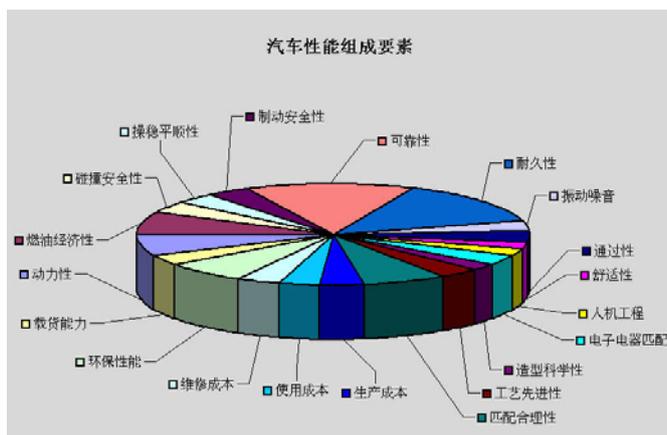
而汽车性能由两大要素组成：一是汽车性能的评价指标；二是汽车性能达到要求指标的能力。CAE通过虚拟仿真手段一定程度地定量描述了汽车性能的优劣。

## 2、汽车性能

### 2.1、汽车主要性能

汽车性能是指汽车所具有的性质和功能。是指汽车能使用各种使用条件而发挥最大工作效率的能力。汽车性能根基于市场，为用户利益着想。是随着时间和环境的变化而变化 and 完善的。

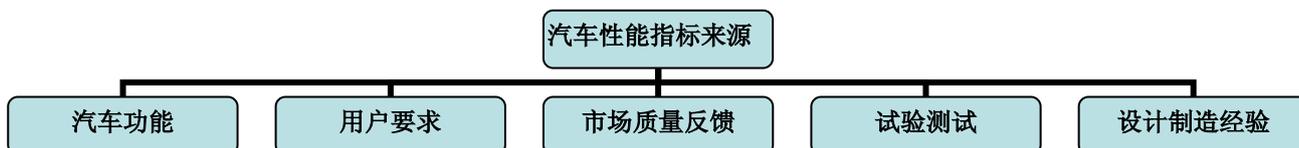
汽车基本功能是运输，按功能分主要性能有：动力性、燃油经济性、碰撞安全性、环保性能、操稳平顺性、制动安全性、可靠性、耐久性、通过性、振动噪音性能、造型科学性、工艺先进性、匹配合理性、重量体积、生产成本、使用成本、维修成本、舒适性、运载能力、人机工程、电子电器匹配等。



汽车性能体系按设计对象分，包括：整车性能、系统性能、零部件性能。

### 2.2、汽车性能指标来源

汽车性能指标来源于汽车产品的属性。主要来源于以下几个方面：汽车功能要求，用户要求、市场质量反馈、试验测试、设计制造经验。



从汽车性能指标来源可以看出：汽车功能要求汽车具有良好的运载性能；用户需求要求汽车性能良好体现用户利益；市场质量反馈需要积累质量整改经验；试验测试需要价格昂贵的设备和测试经验；设计制造经验积累需要不同发展阶段的经验总结。这些都需要较长时间和较高费用，需要大量专业人员，而中国的汽车企业上世纪五十年代才起步，是学习别国汽车技术成长起来的年轻企业，不可能具备完整有效的汽车性能指标，于是汽车性能指标的完整性、有效性和科学性不仅是汽车企业技术竞争的核心数据，还是中国汽车企业从逆向设计走向正向开发的技术瓶颈。很多数据用钱买不到。

### 2.3、汽车性能体系构建

汽车性能体系构建的核心步骤分三步：首先是汽车性能框架的构建；其次是具体性能指标的完整性、有效性和科学性；第三是对汽车性能的控制能力。中国汽车企业当前的发展状况是这三个阶段的混杂。基

本建立了汽车性能的框架，有部分有效科学的性能指标数据，对部分性能有较好控制能力。

## 2.4、汽车性能的控制和评价

汽车性能既受主机厂设计能力的局限，还受供应链设计制造水平的制约。汽车性能在设计、制造阶段基本形成，经过试验、市场检验和技术改进不断提高。

汽车性能的控制指标根基于设计制造水平，是开发经验、供应体系、材料资源、成本控制、设计能力、工艺水平和试验能力的综合体现。于是汽车性能的控制能力实际就是汽车设计制造试验的能力。汽车性能的指标必须对应于不同阶段、不同环境、不同用途、不同工业根基、不同用户进行量身定做。就是说不能用现在的宝马和过去的马车比。必须是宝马用宝马的性能指标，马车用马车的性能指标。而对汽车性能的评价就是对汽车达到性能指标能力的评价。以经验和试验能力为手段。

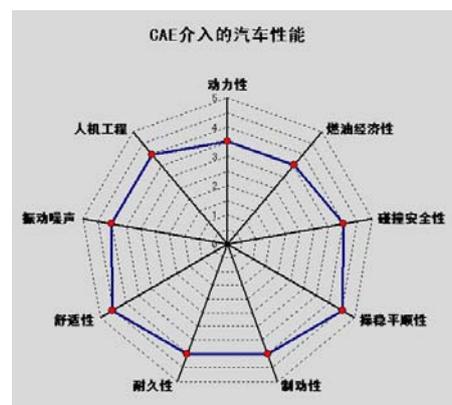
## 3、CAE分析能力

### 3.1、CAE在汽车行业的现状

CAE在中国汽车行业的应用起步于20世纪80年代中期，历经十几年的缓慢发展，到90年代后期开始加速，目前已经进入飞速发展期。中外合资的汽车生产企业的CAE应用水平普遍比较低，因为这些合资企业的新产品开发能力在国外。国有汽车企业的CAE应用开始较早，但是发展缓慢，CAE人才流失严重，CAE仿真技术应用20几年来还停留在基本分析阶段。民营和股份企业开始是逆向设计，现在已经拥有部分正向设计能力，CAE在关键部件的应用水平较高。国内自主品牌自主开发的车型，由于缺乏试验手段，对CAE分析的需求和依赖性较强，部件、子系统、整车运动与安全都在进行CAE分析。

CAE在汽车企业已经介入到了汽车性能的多个方面：有代表性的是：动力性、燃油经济性、碰撞安全性、操稳平顺性、制动安全性、耐久性、舒适性、振动噪声、人机工程。

CAE技术在静态强度分析、模态分析领域的技术已经非常成熟，基本可以取代试验，给设计提供依据。在刚度分析、碰撞安全分析方面的误差也可控制在10%以内，而在其它方面的性能分析停留在预测趋势的水平上，于是造成了CAE分析不准的不良的影响。



### 3.2、影响汽车CAE发展的关键因素

影响汽车CAE技术发展的因素很多，最重要的是人力资源缺乏的影响，材料特性不准确的影响，边界条件不准确的影响，评价指标缺乏的影响，CAE软硬件资源局限的影响。而这些关键影响因素昭示了汽车工程技术数据对CAE的制约，表明了汽车性能指标与CAE评价指标的连带关系，表明了CAE分析人员与汽车专业技能的密切关系，表明了对软件资源的理解和应用，表明了对计算机硬件设施和相关实验的需求。



## 4、汽车性能框架下的CAE技术发展探索

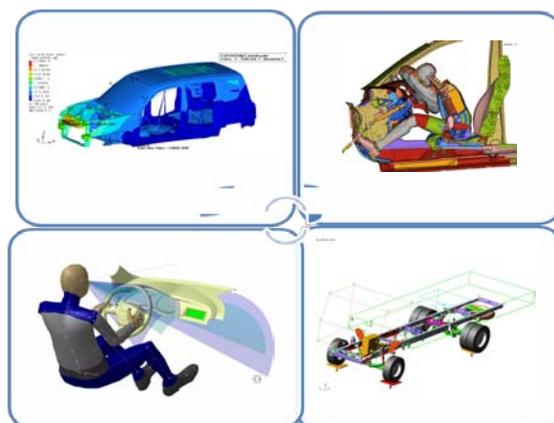
汽车企业的CAE是对汽车功能的仿真模拟，就是对汽车性能的数值模拟，核心技术是追求仿与真的高度吻合。而汽车开发的领域涉及很多方面，CAE的介入如果没有指导性的框架，就成了自由无序的结局，其完整性、针对性和有效性就会大打折扣。此外，汽车行业的CAE软件众多，如果不进行系统的软件平台搭建，也会带来软件投入高而工作效率低等问题。而以汽车性能框架为基础，指导CAE技术介入汽车产品开发的各个环节，选择合适的CAE软件平台，CAE技术的介入和发展才具备了完整性、针对性和有效性，才能共生于汽车产品开发的各个环节。

### 4.1、CAE软件平台搭建

CAE软件平台的搭建要考虑软件投资，应用能力，工作效率等问题。虽然CAE品种繁多，但人们越来越认识到使用统一平台同一模型所带来的好处，一般来讲，应该选择在广度上最具代表性的同时又具有良好开放构架的软件作为平台软件，再加上多种的专门应用程序，构成企业的CAE软件平台。美国Altair公司的HyperWorks采用创新的License管理模式，具有各种CAD和各主流求解器良好的接口，超强的网格划分和边界条件加载能力，以及强大的分析和优化能力，已成为汽车业界的标准CAE平台软件，得到广泛的应用。

### 4.2、建立典型分析案例

在汽车性能的框架下，针对不同性能、不同分析对象建立典型分析案例。这种分析案例必须具有代表性、完整性和操作简便性，最好经过了实验和仿真一致性检验。要求可以依据典型案例分析评估其它类似案例。如建立典型整车分析案例和流程；建立典型车身分析案例和流程；建立典型车架分析案例和流程；建立关键系统和零部件分析案例和流程；这些案例和流程涉及汽车性能的各个方面，如流场分析，碰撞安全分析，强度刚度分析，耐久性分析，振动噪声分析，操纵稳定性分析，平顺性分析，制动效能分析，人机工程分析等。这些典型分



析案例的建立不拘泥资源的来源，但必须实施本土化和具体化，然后把这些案例推广到汽车设计制造人员中，将这些案例应用到汽车开发的各个环节中，不仅有效推广了应用范围，还提高了CAE分析的输入准确性，从而提高了CAE分析结果的准确性，在汽车性能框架下推动CAE技术良性发展。

### 4.3、用性能指标评价分析结果

汽车性能指标就是CAE分析结果的评价依据。成熟的CAE分析经验可以形成一部分性能指标，或是为汽车性能指标的形成提供依据。

汽车性能指标的框架是比较容易形成的，用户有什么样的要求，汽车有什么样的功能，分析归纳后，形成了对汽车设计制造的要求，就形成了性能指标的框架，而有效的性能指标数据却难以获得。对于已经存在的有效的汽车性能指标可以直接作为CAE分析结果的评价依据。对于没有有效数据的汽车性能指标，需要依据实验和CAE仿真形成有效的汽车性能指标。在这样的相互作用中，汽车的有效性能指标会不断完善，CAE分析结果的评价逐渐趋向于科学合理，互助互利共同发展。

### 4.4、扩大CAE应用范围

让汽车产品设计开发人员利用CAE技术手段如同用手机一样普遍，是CAE技术发展的终极目的。汽车产品设计开发人员具有丰富的汽车专业知识，他们对CAE技术的掌握和应用克服了目前制约CAE技术发展的诸多因素，例如边界条件不准确的制约、材料数据不准确的制约、分析评价指标不完备的制约。能使CAE技术渗透到汽车产品开发的各个环节，有效降低开发成本，有效缩短开发周期，有效评价和控制汽车性能。实现了CAE应用范围的扩大，CAE技术的根基就稳固了，CAE技术的重要性就会日益体现。

扩大CAE应用范围还需要有效的软件载体，设计人员的CAE分析软件要有和CAD一体化的便利性，而CAE分析人员也需要对CAD的特点了如指掌，最终合二为一。

CAE技术的应用要突破硬件资源的局限，包括计算机工作站和服务器资源的共享，包括试验验证能力的建设。

## 5、结论

随着中国汽车工业的发展和长足进步，汽车产品开发必将由逆向设计走向正向开发，而这种正向能力最终体现在汽车性能上。在汽车性能框架下发展和推广应用CAE分析技术，可以有效辅助汽车性能体系的形成。服务于汽车性能的CAE分析目的更加清晰和明确，分析结果更加有效，二者相辅相成共同发展。