

# 航空器、汽车共有技术 ——总体综合设计技术

## Common Technology of Aircraft and Automobile ——Overall and Comprehensive Design Technology

四川安德科技有限公司 胡新如

航空器、汽车设计学科是各项先进的科学技术和创新理论的综合应用，也是多种学科和专业技术领域的综合。

无论是航空器还是汽车，其设计均是一门综合应用科学，要求设计人员具备广泛的理论基础，它来源于航空器、汽车设计的实践经验的科学总结，并逐渐成为一门独立的学科，又被用于指导航空器、汽车设计工作的实践。航空器、汽车设计学科是各项先进的科学技术和创新理论的综合应用学科，也是多种学科和专业技术领域的综合。（下文将航空器、汽车简称为“运动体”。）

### 设计技术概述

运动体设计工作的一般过程，是各种运动体长期设计经验总结出来的科学规律。

如图1所示，按运动体设计工作内容的粗细程度和大致的先后顺序，可划分为下列不同的但又有内在联系各个阶段：

(1) 可行性设计阶段。这个阶段包括实现运动体设计要求的途径：参照对象，选用发动机、主要系统设备合成附件的初步设想，初步估算运动体的气动性能；提出满足设计要求的關鍵技

术和关键产品、新技术、新材料、新工艺和技术改造项目；进行初步的风险评估和经济可行性分析，预估算研制费用、装备费和单机（或单车）成本；分析估计研制周期和主要周期的安排；作出初步的综合后勤保障分析；进行进一步完善运动体设计要求的论证。

该阶段，在当前将按网络环境下的协同设计、并行工程、虚拟加工和动态联盟的平台下采用CAD/CAE/CAM/CAPP一体化集成技术，达到对初步选定对象的设计参数、气动性能和气动布局的分析、计算，初步获取满足其设计要求的运动体几何外形（简称三面图）。

(2) 初步设计阶段。其任务是完成运动体的总体设计方案的论证，进一步确定运动体的气动布局、总体协调、各主要部件的结构形式和各系统的原理方案，最终给出完整的运动体总体设计方案。这一阶段的主要工作，采用CAD/CAE/CAM/CAPP一体化集成技术，完善运动体的几何外形设计，给出其三面图和CAD模型，并完成运动体的总体布置图。同时，对运动体及其各系统进行一系列的试验研究和CFD数值仿真分析计算，初步建立电子（样机、车）模型（供协调各系统和内部装载布置用）方案，经评审批准后可进入下阶段的详细设计。

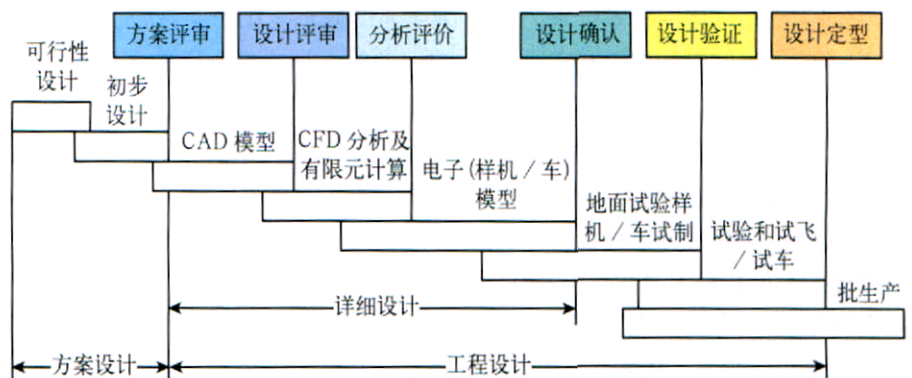


图1 运动体设计的一般过程

(3) 详细设计阶段。主要工作是进行运动体的结构设计、系统和设备的安装设计、运动机构的设计,包括部件设计和零组件设计。以给出运动体各部件及各系统的总图、装配图、零件图、运动图和详细的重量计算及强度、刚度计算报告等形式表示完成设计。如何用好 CAD 核心系统技术至关重要。

(4) 样机、样车试制和地面试验阶段。其任务是把电子样机、样车和设计图纸变成一个真实的运动体。生产出来的运动体在试飞、试车前,要进行一系列的试验;(包括运动体的静、动力试验,各个系统的地面试验),然后进入运动体的飞行试验或跑车试验。

(5) 试飞、试车阶段。任务是验证运动体是否符合设计要求,或对不满足设计要求的问题进行最终的修改,即可申请设计定型。经过审查,批准了设计定型;至此,整个设计过程完成,并可根据用户需求和市场需求转入批量生产。

## 总体外形设计

### 1 外形设计的特点

伴随现代运动体性能和基本参数要求的不断提高,对运动体的总体布局、动力装置、构体构造、气动布局等方面的要求越来越高,致使运动体的设计、工艺、生产难度增加,所需的试验项目也所有增加,所消耗的人力和计算工作量都按指数规律增加。

运动体外形设计是一个创造过程,它以实现运动体的技术要求为目标,以不断发展的创新理论和实践为基础,以人的抽象思维能力为手段,综合运动体设计中的各种因素,借助计算机综合技术设计运动体的外形。因此,要求从事相关外形设计工作的工程技术人员具有渊博的学识,设计出性能先进、具有人性化、易于制造、价格合理的新产品。从整体上讲,设计中的研制工作属于探索范畴,因

此,工程设计这部分工作,暂时很难完全由现代计算机来实现。

运动体设计不是单一的几何构形,而是一个综合设计的过程,为此,我们认为外形设计应更正为总体外形设计。

### 2 总体外形设计在运动体设计中的地位

从图 2 可知,总体外形设计在运

米高扬设计局的认可);2002 ~ 2004 年浙江铁牛实业有限公司在 XS6450 轻型客车的车身外形设计实践中也取得成功。

## 计算机辅助设计技术

### 1 计算机辅助设计技术的发展

长期以来,一直将舰船设计中的放样,飞机和汽车设计中的模线绘制

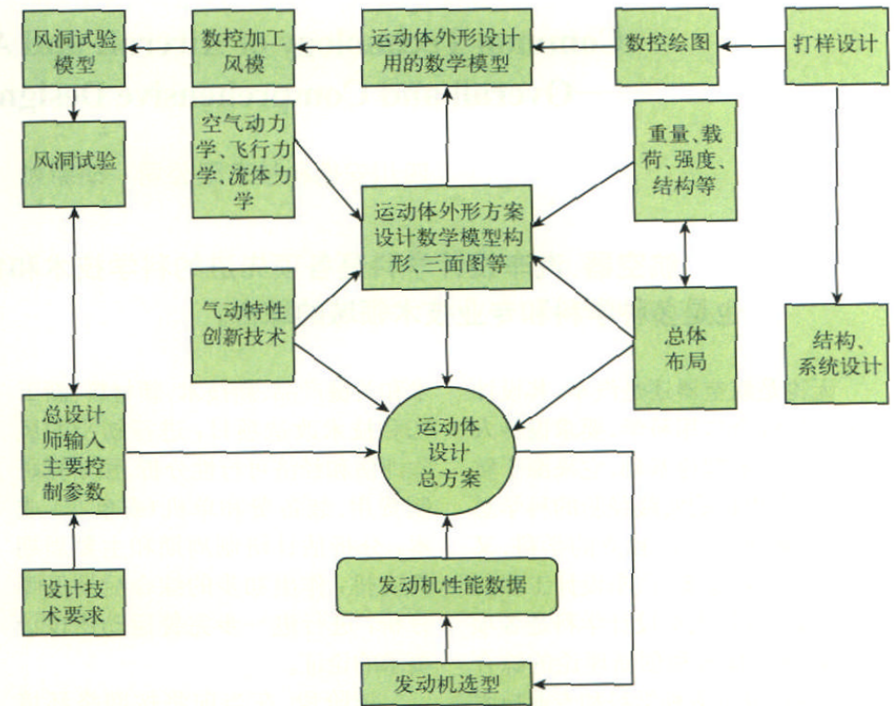


图2 总体外形在设计中的地位

运动体中处于先锋和核心地位。从对设计技术要求分析论证开始,对总体各主要参数的分析和优化,都要落实到运动体的总体构形、总体各部分的几何尺寸定义及它们之间的相对位置关系的确定。在初定外形后,所做的运动体设计方案阶段的各项设计工作,都要围绕外形来进行。因此,是否能找到一个新的方法,能快速生成方案所需的总体外形,是关系到能否缩短设计周期,确保设计质量的大事。上述构思,1985 ~ 1990 年原成飞公司工程发展中心在我国的枭龙轻型战斗机的外形设计中获得成功应用(得到美国格鲁门公司和俄罗斯

划为实体的外形设计。随着电子计算机技术的发展,出现了将图解法用数学方法来逼近与绘图、用计算机程序和数据库描绘运动体外形的的方法,人们将这个过程说成是计算机辅助设计(CAD)。实际上,这是不确切的,它只能被称为计算机辅助几何设计(CAGD),其意义是:通过运动体模线绘制,使其几何外形信息(指已确定的几何外形)构造数学模型,通过电子计算机(或图像显示)求得足够的信息,进行分析综合(如图形是否符合实样等)。这些工作只能说是工作设计与初步设计阶段之间的工作。目前,国内现有的软件和国

外引进的软件尚不具备飞机总体外形综合设计的功能,但这些软件却为CAM提供了良好的手段。

现代技术的发展趋势是:设计手段的计算机化和网络化,设计范畴的扩大化,设计过程的并行化、智能化和创新意识,追求产品的精神功能和环保性,强调顾客的参与、设计、制造、试验的一体化。

为此,国内外的学术界和工程界,都在努力开创一条外形设计的新模式。我们经20多年来的外形设计实践,渐渐形成一个构思,特别是近年来的国际合作开发产品的实践经验,证明要缩短运动体设计的周期,提高设计质量,减少盲目性,增强主动性并降低研制费用,就必须重新认识过去的设计方法和设计模式,统一于现代计算机网络环境下的协同设计、并行工程、虚拟加工和动态联盟的平台下,将市场上现有的CATIA、Unigraphics、Autodesk等软件,向上延伸软件或作二次开发,形成具有

形曲线曲面光顺系统(Conformal Curve and Surface Fairing System, CCASF)的理念,完成运动体个性化和市场需求的CAD模型。

(2)采用CFD流体计算软件FLUENT平台对运动体壳体CAD模型的后续模拟测试和比例模型进行吹风试验评价,提高运动体壳体外形和总体布局的定性设计能力。主要研究运动体在飞行或行驶中的气动性能(包括阻力、升力、力矩、表面的压力分布、速度分布、流线轨迹、表面的速度矢量图、噪声、振动等)。仿真计算获得的气动力参数可用于机体结构强度的计算分析。

(3)基于网络环境下运动体零部件(如覆盖件)CAD设计技术的CAPP协同设计和虚拟制造平台,将国内外的优势人才和资源以最佳的方式组合,采用B/S/D模式与Mobile Agent技术相结合,组成CAX一体化集成系统。

(4)经运动体产品评价系统,将

型战斗机和XS6450型商务车、川汽MPV型越野车等运动体的研发中得到应用。

### 3 运动体CAD模型

(1)总体外形设计用的CCASF系统和CATIA软件,成功应用于汽车顶盖板的外形设计和汽车覆盖件全工序模具的数控技术以及模具加工,完成汽车车身顶盖板产品。

(2)运用激光扫描、数码照相采集汽车车身表面点云,结合反求工程软件RE-SOFT及CATIA软件、UG-II软件,对数据点云进行处理,可获得初步的汽车车身CAD模型,上述技术在川汽MPV越野车和XS6450商务车中得到了实践。

### 4 电子样机/车

(1)传统的方法是以实体为传递的单一方法(也含有CAD技术),对汽车车身CAD模型的要求很高,即按“镜面”外形(或A级曲面)反复迭代设计。由于缺乏后继工作,汽车车身性能无法保证,只能在样车制造后(或做缩比吹风模型、实车吹风)来验证,其缺点是十分明显的。

(2)应用CFD流体计算软件FLUENT后,我们对经初步光顺后的汽车车身CAD模型在CFD流体计算软件中反复迭代修正,获得个性化、工艺性和气动特性完美结合的外形后,再进入CAD软件系统,最终完成具有“镜面”外形(或A级曲面)的汽车电子车身产品。

### 5 运动体CAM模具

根据《运动体全工序模具的数控技术》,结合CAD软件的NC模块。综合公司和国内数控加工设备,完成汽车车身CAM模具产品。

### 6 运动体总成产品

通过上述软件系统,完成了CAD模型、汽车电子样车,运动体CAM模具和各种产品性能分析评价系统,最终实现按市场需求的新颖运动体产品。

(责编 侧卫)

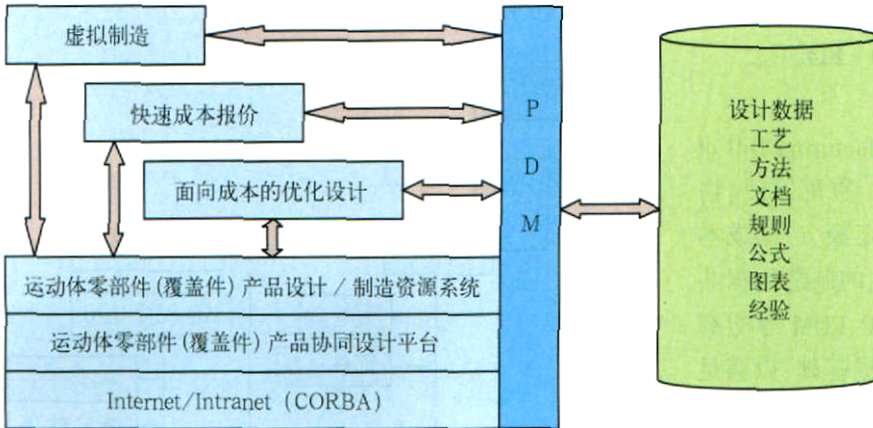


图3 系统总体结构图

自主知识产权的满足运动体产品设计技术CAD核心系统。

### 2 系统的组成

积近30年的总体外形设计实践经验,逐步形成适合运动体设计、制造、试验的CAD/CAM/CAE软件系统(图3),其主要组成部分是:

(1)以激光扫描、数码照相、反求工程软件RE-SOFT和CATIA软件、UG-II软件为主体,结合保

运动体CAD模型形成电子样机、样车,成为CAD产品系统。

(5)使用CATIA软件、UG-II软件中的NC模块和“协同设计/虚拟加工系统开发及其在五金制造业中的应用”软件,结合数控加工设备和运动体的制造系统,完成公司自主开发运动体模具设计、制造的CAM模具产品和运动体总成产品。

上述系统分别在歼7E、枭龙轻