

EADS采用ABAQUS FEA推动 复合材料结构应用领域的发展

Using ABAQUS FEA by EADS to Develop Composite Structure Application

达索析统(上海)信息技术有限公司

欧洲宇航防务集团(EADS)旗下众多的业务实体及航空航天合作伙伴积极参与更环保、更清洁的商用航空器的开发。他们正通过统称为EADS Innovation Works的技术能力中心的全球网络,积极寻求为航空器设计带来可持续性——逐一研究每个组件的各种途径。

2001年,欧洲航空研究咨询委员会(ACARE)发布了一份展望未来20年空中旅行的报告。这份题为《欧洲航空——2020愿景》的报告制定了降低航空产业对环境影响的目标,提出了将航空器燃料消耗降低50%、二氧化碳排放降低50%、氮氧化物排放降低80%的要求。为了在2020年实现上述目标,飞机工程设计领域正在以极具竞争力的速度发展,积极设计重量更轻、燃料效率更高、飞行距离更远的航空器。实现这些目标的一个重要策略就是采用创新型复合材料结构取代当前的金属组件。

欧洲宇航防务集团(EADS)旗下众多的业务实体及航空航天合作伙伴积极参与更环保、更清洁的商用航空器的开发。他们正通过统称为EADS Innovation Works的技术能力中心的全球网络,积极寻求为航空器设计带来可持续性——逐一研究每个组件的各种途径。

可持续航空器设计 方兴未艾

Tamas Havar博士是位于德国慕尼黑附近的EADS Innovation Worksite的专家,主要负责结构整合与机械系统部门的各种项目。他和他的团队负责开发使用复合材料的新型航空器结构。Havar表示:“我们正在进行分析计划目标是集中精力开发创新型复合材料设计及制造方法,降低排量与制造成本。”

作为德国联邦经济技术部航空研究计划“LuFo IV-HIT”的一部分,Airbus High-Lift R&T团队领导来自不同EADS业务部门以及大学。

在航空应用中,增强型碳纤维(CFRP)预浸料通常是首选的复合材料。然而在此情况下,EADS工程设计团队在考虑降低成本的同时,选择了一种必需采用纺织复合材料的非热压罐成型工艺。此外,纺织复合

材料还运用于A380压力舱壁板中,A380是空中客车迄今为止使用复合材料最多的机型。

设计复合材料航空结构的一个关键因素就是各部件如何连接至周边航空器结构。襟翼等目前复合材料高升力结构通常采用金属负载导入结构连接机翼。这些提供故障安全设计的结构会导致机身重量加大和制造成本上升。此外,金属和所连接的复合材料部件之间也存在着热系数差异。另一方面,复合材料负载导入结构也允许损伤容限设计,因为一处铺层破损可由其它完好的铺层补偿。此外,采用复合材料还可消除导热负载问题,因为高升力和负载导入结构均采用相同的复合材料。

Abaqus FEA 推进复合材料 结构分析的发展

EADS Innovation Works团队选用了Abaqus FEA对其复合材料LIR

进行设计分析。Havar 表示：“Abaqus 是我们青睐的非线性求解器。它具备强大的复合材料分析功能，特别适合分析诸如我们 LIR 研究中所涉及的 3D 单元。”Abaqus FEA 可用于 EADS 产品设计生命周期中的整个流程。在概念阶段可用于缩小设计方案，在初步设计阶段可用于设计首选概念，而在最后或详细设计阶段则可用于确保满足所有规范要求。

新型复合材料 LIR 不但包括提供整体吊耳的驱动翼肋，这些吊耳可固定襟翼驱动器，而且还包括可将装配组件固定在襟翼蒙皮的铆钉（见图 1）。该团队的目标是简化 LIR 复杂的几何预成型，以便在除了预成型相对简单和低成本的地方之外确保其厚度一致，从而降低制造成本。该团队的解决方案是采用 LIR 配置文件实现预成型铺放的自动化，从而最大限度降低了制造成本。

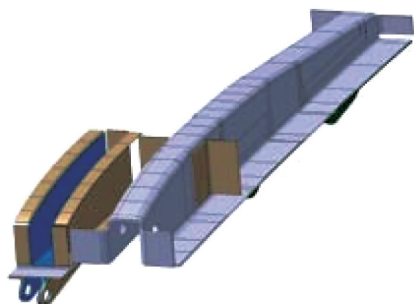


图1 具有驱动翼肋
(左，棕褐色和蓝色)与综合吊耳(下)的
复合材料负载入翼肋(LIR, 灰色)

要建模新的设计方案，EADS 团队不得不考虑复合材料结构的复杂性，包括从 4~10mm 不等的厚度变化、铺层下陷和倒棱处附加树脂、在圆角处使用衬料等。Havar 指出：“考虑到复合材料自身的变量，我们应采用 3D 单元计算复合材料负载导入，并对所有应力组件进行准确分析。由于复合材料负载导入经常发生层分离问题，因此我们必须关注横向剪切和剥离应力。”

考虑到上述因素，EADS 工程设

计团队采用各种不同的 Abaqus 元件构造了 LIR 模型。就襟翼而言，他们采用了大约 2 万个 2D 单元，而对 LIR 本身为了计算负载导入，他们使用了大约 10 万个连续壳 3D 单元，包括复合材料铺层的六面体单元（每个单元 4~8 层，每层具有各向异性特性，支持 3D 元件方位）以及铺层下陷处的五面体单元等。各向同性特性应用于树脂基体。综上所述，LIR 模型可提供大约 45 万个自由度（DOF）（见图 2）。

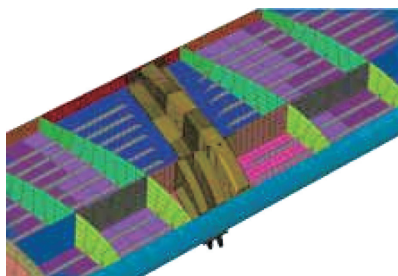


图2 LIR与周边襟翼及机翼结构的模型

此外，工程设计团队还必需演示装配中使用的 324 个铆钉，其可将 LIR 与周边结构固定起来，并能够承受负载。Havar 指出：“这不仅取决于所固定的结构，而且还取决于铆钉材料及其本身的尺寸。”为了实现这一点，每个铆钉都采用部件之间的弹性连接器建模。在一侧，铆钉固定在复合材料襟翼蒙皮上，另一侧其采用多点约束（MPC）固定，从而可在不同的蒙皮厚度上分配负载。分析得到的连接载荷用来计算蒙皮挤压实效和铆钉断裂的安全系数。

为了完成 LIR 分析，EADS 团队还使用 Abaqus 隐式求解器和后处理方法计算了一些载荷工况。在上述情境中，襟翼固定在赋予梁单元的边界处，来模拟试验模型条件下在端部约束 3 个平移自由度。对于某些载荷工况，外侧端的梁单元被对称平移，在襟翼上产生了额外的扭力。该分析获得了层内失效（在复合材料铺层中）和层间实效（铺层间）以及铆钉及吊耳负载结果。

复合材料分析的积极结果

如果复合材料对设计未来更环保、更清洁的可持续性航空器非常重要，其具有更轻的重量、更高的燃料效率以及更少的排量，那么 EADS 复合材料分析的结果就对各方面产生了积极的影响。对于 LIR 而言，面内及横向应力分量在新型复合材料设计容限之内（见图 3）；对于所有铆钉而言，连接 LIR 与周边结构的强度性能系数都已达标或超额达标；而对于复合材料吊耳而言，性能也在行业安全规范范围之内（见图 4）。

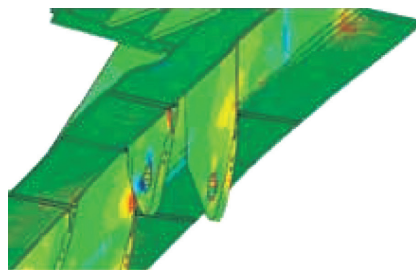


图3 FEA结果显示的复合材料
纤维方向的应力



图4 FEA结果显示的吊耳上的最大局部应力

EADS 希望在航空器设计中整合更多的复合材料结构，因此毫无疑问，Innovation Works Lightweight Design 团队将忙于开展一系列 FEA 项目。在设计工程师和 FEA 软件开发人员合作应对分析挑战之际，复合材料也势必将成为更环保新型航空器的重要组成部分。相信在不久的将来您将登上这样的航班。（责编 亦非）