FEKO在民机电磁环境效应防护设计中的应用

主要看点
行业 民用航空
挑战 应对各类复杂的电磁相关问题，实现电磁环境效应防护设计
Altair 解决方案 三维电磁仿真解决方案 FEKO
优点 ➢ 针对各类电磁问题的多种计算方法及其混合算法 ➢ 特色方案提升设计效率 ➢ 高效的技术支持服务
中国商飞

项目介绍

中国商飞上海飞机设计研究院创建于 20 世纪 70 年代，是国内大中型民用飞机设计研究机构，涵盖总体气动、强度、结构、综合航电、电气、飞控、液压、环控、动力、燃油、标准材料、适航、信息系统等专业，曾成功设计了第一架大型干线客机。2008 年，国家为实施大型客机战略，成立中国商用飞机有限责任公司，原中国航空工业第一集团公司下属第一飞机设计研究院上海分院（即上海飞机设计研究所）于同年整建制进入中国商飞，更名为中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究所。目前，上海飞机设计研究所承担着我国拥有完全自主知识产权的 ARJ21 飞机和大型客机 C919 的设计、试验、预研及关键技术攻关等历史使命。

挑战

随着科学技术的迅速发展，机载无线电设备越装越多，飞机上通常安装了气象雷达、通信导航系统、空中交通管制等数十种无线电系统，涉及的天线数量非常多，并且频率范围很广，而飞机本身长度有限，用于天线布置的空间较少。在实际应用中，机体导致的天线方向图畸变和天线间电磁兼容问题较为突出。

飞机在机场起降或者飞行过程中有可能遭到来自地面、空中或者海上船舶的大功率无线电收发机的照射，它是由人类活动造成的电磁环境问题，这些电磁波功率大、频谱宽、作用时间长，称为飞机高强度辐射场（HIRF）。穿透蒙皮的电磁能量会在机载设备安装区域感应出电磁场或者在互连线缆上感应出高频电流，导致关键/重要设备功能紊乱或者丧失，可能危害飞机的持续安全飞行和降落的能力。

另外一个不可忽视的问题是电磁兼容，这是随着电子设备、系统的日益复杂而逐步建立起来的交叉学科，主要的研究对象是电磁能量的发射、传输和接收。电磁兼容的研究范畴比较宽泛，在民用飞机领域，主要包括闪电、HIRF、静电以外的干扰现象。

在国产商用飞机的研制过程中，非常重视电磁效应防护设计，迫切需要一款全面的电磁仿真和分析工具，用于消除电磁辐射场对人员和设备的危害，提高飞机在复杂电磁环境下的安全性、可靠性。

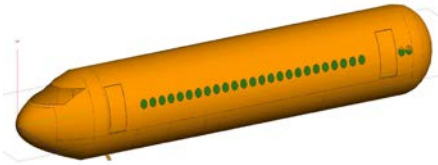
“FEKO 软件为国产商用飞机研制提供了有力支持，特别适合天线布局/隔离度、高强度辐射场和电磁兼容等应用，在此表示衷心感谢！”

代继刚
高级工程师 上海飞机设计研究院
中国商飞公司

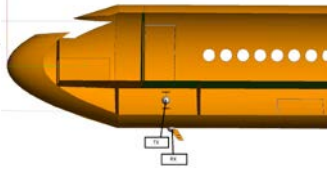
解决方案

早在 2004 年，上海飞机设计研究院就开始了和 FEKO 的合作，基于 FEKO 丰富且强大的计算电磁学求解技术，可快速、精确地求解各类高频电磁场问题。在多个型号飞机的研发中，借助 FEKO 解决的问题主要涉及天线布局、天线间隔离度，高强度辐射场和电磁兼容类问题。

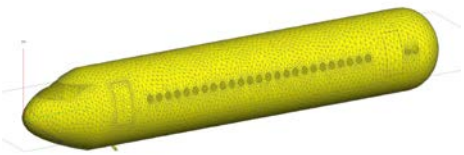
飞机安装有大量的无线电收发设备，如机载导航、通信和客舱信息系统。这些系统可能会受到机上其它电子电气设备工作时辐射发射的电磁场影响（在新发布标准中定义为前门耦合干扰）。在商用飞机设计过程中，机载接收机前门耦合干扰越来越受到适航审查的重视。在工程应用中，干扰源设备遍布飞机内部各舱室，包括驾驶舱、客舱、电子电气设备舱（E/E 舱）、货舱等，多部机载天线位于机身背部和腹部。在建模仿真时还需要考虑舱门的缝隙和窗体结构等。飞机模型可以直接读入 FEKO，模型简化、天线、舱门和窗体建模以及网格划分可以全部在 FEKO 前处理模块完成。采用 FEKO 的收发天线隔离度计算功能，计算得到了收发天线在 VHF 通信工作频段内的隔离度频谱。分析仿真结果，并对安装在电子电气舱电子电气设备辐射发射功率进行检查发现，在 125MHz 的辐射发射功率约为-60dBm 的飞控计算机（FCC）是导致干扰的辐射源。为此在机上开展了 VHF 收发机的前门耦合测试，发现在 FCC 关机情况下测量该信号消失。可见该计算结果不仅在研制阶段可以指导工程设计，在飞机试飞阶段同样指导了飞机故障排除工作。



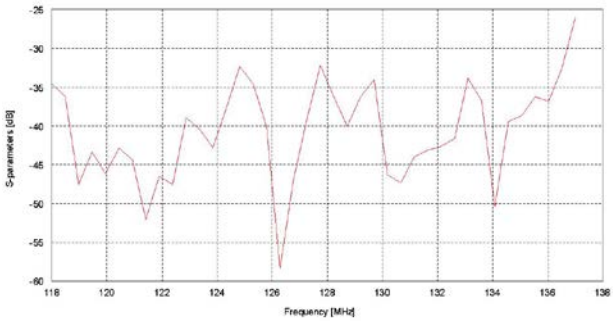
客机简化模型



前门耦合天线布置



平面划分后的网格模型



VHF-1 收发机工作频段的 S 参数

在高强辐射场方面，HIRF 仿真一般采用平面波对飞机从各个方向进行照射，主要关注舱室内部场分布和线缆上感应电流情况。HIRF 频段很宽（100KHz-18GHz），通过 FEKO 软件的矩量法、多层快速多极子法、物理光学以及几何光学等算法，可以仿真舱室内的电磁场分布，以及飞机内部的电缆终端上的感应电压和电流，得到很多有工程价值的结论。

FEKO 在上海飞机设计研究院的电磁兼容排故中应用也非常广泛。飞机系统构成复杂，针对研制过程中出现的电磁兼容问题，机上排故需要占用大量的飞机时间，相关的仿真分析和计算显得尤为重要。例如，某型飞机在 DME（测距仪）小角度远距离接收能力检查试飞，发现 DME 输出存在不连续的现象，通过计算 DME 天线辐射方向图的在飞机坐标系的水平面上下范围的局部视图看出，两部天线对飞机下半部空间覆盖良好，但在飞机上半空间的机尾和机头的方向图出现了明显凹陷，尤其在机尾方向上方的零点很深。根据飞机在丢点时飞机姿态可以判定 DME 天线辐射功率略小。因此，通过相应措施很快排除了故障。

结论

FEKO 软件在解决民用航空领域电磁相关问题上，具有多种算法解决方案和丰富的工程经验，可以帮助客户分析各类电磁问题。在与上海飞机设计研究院的多年合作中，FEKO 在天线、高强度辐射场和电磁兼容等领域为其提供了高效方案。