

# 适用于大型复杂产品的机械系统



罗罗用Arcadia / Capella来定义大型民用航空涡轮风扇发动机的架构，以管理系统复杂性和最小化相关风险。

## 背景

罗罗是世界领先的工程技术公司之一，专注于世界级的动力和推进系统。罗罗的尖端技术提供了清洁、安全和有竞争力的解决方案，以满足跨部门的动力需求。

罗罗(Rolls-Royce)的UltraFan®发动机是新一代的短途和长途飞机发动机。UltraFan®采用了新的齿轮结构(在风扇和涡轮之间引入了动力齿轮箱)，以确保风扇、压缩机和涡轮都以最佳速度运行，从而提高整体性能。

一个大型的复杂产品，如UltraFan®具有跨不同系统和子系统的多重交互。通常这些相互作用是不需要的，并与引擎中极端温度、压力和能量流下的物质流动有关。这样的相互作用导致系统的涌现行为，这可以扩展到对发动机以外的动力装置(发动机和机舱)和飞机的影响。此外，在整个系统层次架构的一个层次上做出的架构设计决策可以在更高的层次上影响系统架构。

管理这个迭代系统开发过程是一个挑战，因为需要在任何给定级别捕获所有交互和系统行为，同时，在较低级别保持设计空间尽可能开放。通常，默认的倾向是将系统解决方案捕获为系统需求，这很简单，因为解决方案是“已知的”。当一个产品是在“棕色场地”开发的时候，从以前开发类似产品的经验中获得的经验尤其如此。



**吉姆·戴利**

吉姆·戴利在航空发动机开发方面有近40年的经验：燃料系统、控制系统、软件开发、流程改进，13年罗罗系统架构师，负责整个引擎架构，自2016年起负责整个引擎级别的MBSE部署。

# 解决方案

最初，任务是为Ultarfan®动力变速箱的润滑油系统构建模型。人们认为，与所有的系统工程技术一样，MBSE在应用于新系统时更有可能发现一些未知的行为或交互。

一开始有三个主要目标：

- 将需求和定义集成到模型中
- 为动力变速箱润滑油系统定义一个系统架构
- 将安全流程与建模集成(ARP4754A兼容)

很明显，为了捕获所有的润滑油系统交互、所需的功能、涌现行为、系统和组件，需要整个引擎的模型。一个完整的引擎模型意味着一个非常大的复杂的模型，很难理解和维护。

罗罗的解决方案是建立一个联合模型(即模型的模型)，涵盖了完整的产品系统层次架构，包括以下模型：润滑油系统；发动机；发动机系统和子系统；动力装置和飞机。这个联合模型中的每个单独模型都定义了一个基于空间限制、故障传播和涌现行为所约束的功能和约束的系统架构。

联合模型必须允许这个系统层次架构的并发开发，并促进迭代系统开发，从而在层次结构中较低层次上所做的设计决策可以被迭代上传，并在适当的情况下在较高层次上捕获。这将允许在其真正的起点上识别和捕获功能，同时保持系统设计空间尽可能开放。

## 为什么选择Capella?

完整产品系统层次架构的联合模型的创建是通过使用“子系统转换”功能(作为Capella的一个插件)来实现的。该特性将功能、系统元素和交互从现有模型转换为全新模型或现有模型。向新模型或现有模型的转换允许专家团队在单个模型上工作，以充分开发子系统，而联合模型为子系统提供上下文。可以迭代设计决策以支持模型层次架构，并且可以通过重复转换将新的功能和系统交互引入到现有的子系统模型中。

每个不同的系统(在产品系统层次架构中)都在联合模型中的一个Capella模型中捕获和开发。在内置的Arcadia框架中，首先是在系统分析(SA)级别定义“黑盒”，然后通过逻辑架构(LA)级别，最后在物理架构(PA)级别定义系统架构。

对于具有大量交互和涌现行为的大型复杂机械产品，必须在新功能、新系统和交互被创建时添加它们。Capella通过无约束的功能和系统建模(例如，不受UML/SysML复合关联原则的约束)完全支持这种需求。此外，Arcadia框架中的SA、LA或PA图的多个视图可用于描述系统的迭代开发，并捕获设计决策和基本原理。