



面向复杂系统生命周期 推进系统工程整体解决方案

——访中航工业信息技术中心(金航数码)
系统工程应用中心部长郟永军

Whole System Engineering Solution for Complex
System Lifecycle

本刊记者 谷 雨

郟永军：作为中航工业系统工程信息化推进卓越中心负责人，请您简要介绍一下系统工程及其在国内外的应用情况。

郟永军：在过去 20 多年里，线性的、独立学科的开发环境已经被并行工程、集成产品开发流程所取代，系统生命周期早期阶段开发人员就要考虑所有系统元素已经成为一种趋势，其动机是在早期阶段降低潜在的风险并控制成本。从全球范围来看，大部分的企业包括政府已经认识到了系统工程的重要性和价值，并从文化、教育和工程实践方面展开了积极的探索与应用。美国国防部持续关注系统工程标准的使用，直接促成了 EIA 632 和 IEEE 1220 作为美国系统工程标准在 1998 年正式发布，在后期更新过程中又联合为国际标准 ISO/IEC 15288。国际系统工程协会(International Council of Systems Engineering, INCOSE)、美国国防工

业协会(National Defense Industrial Association, NDIA)和软件工程学会(Software Engineering Institute, SEI)正联合致力于将能力成熟度模型 CMMI 应用于系统工程流程成熟度的度量。


基于模型的系统工程(Model-based systems engineering, MBSE)是用以支持系统需求、设计、分析、验证和确认活动形式化的建模应用。MBSE 强调以模型为中心，可覆盖机械、电子、电气、软件等不同学科，将取代在过去若干年系统工程师习惯的以文档为中心的方法。随着对象管理组织(Object Management Group, OMG) 2006 年发布系统建模语言(Systems Modeling Language, SysML)、ISO 10303-233 应用协议——系统工程和设计(AP233)，MBSE 逐步从理论研究进入工程应用阶段，SysML 为复杂系统的描述、设计、分析和验证提供了图形化的建

模方法，并逐步被工具(IBM Rational Rhapsody)所支持。

在系统工程教育方面，美国有 11 个理学学士点、27 个理学硕士点和 10 个博士学位点，且系统工程硕士课程数量呈现上升的发展趋势。我国在系统工程教育方面与西方发达国家还存在一定差距。

中航工业从 2013 年开始正式推广基于模型的系统工程信息化使能平台建设，在集团公司副总经理兼 CIO 张新国的领导下，制定了“十二五”期间基于模型的系统工程导航、试点与工程应用 3 步骤的推广策略，成立系统工程推进组织机构，加入国际系统工程协会，引进国际系统工程协会知识体系和培训与认证体系，中航工业航电、机电等板块也依据集团公司的推进策略制定了本领域内基于模型的系统工程推进路线与策略。通过 3 年的推广工作，沈阳所、直升机所、一飞院、成都所、洪


都、商发、动控所、上电所、自控所、计算所、光电所、太航、凯天、宝成、南京机电、安庆等单位已经在基于模型的系统工程信息化平台建设方面取得了卓越成效,构建了企业自身的系统工程流程和工具平台,初步形成了需求、功能和架构模型库,通过国际系统工程师培训与认证及系统工程信息化推进卓越中心在各单位内部开展的系统工程方法论、流程与工具平台实操培训,为各单位培养了一批系统工程师。中航工业在国内系统工程领域推广所取得的成绩,意味着中航工业在基于模型的系统工程信息化平台建设方面走在了国内前列,但同样要清醒地认识到与国际发达国家航空航天和防务领域企业的差距。一方面我们要紧紧跟随基于模型的系统工程信息化平台建设步伐,在方法论、流程、工具全部国际化的前提下力争实现弯道超车。过去 10 多年 CAD 领域的三维设计已经让我们深刻感受到了信息技术进步对产品结构设计带来的巨大帮助,但要清醒地认识到,在系统工程领域我们还有很多课要补。

: 2015 年信息技术中心(金航数码)将原有的系统工程应用部、航空集成研发事业部以及工程信息化一、二、三部整合为系统工程应用中心,请问这种整合是出于怎样的考虑?

郝永军:从系统生命周期来看,系统工程技术流程需覆盖概念、开发、生产、使用、保障、退役全阶段。从国际工业解决方案供应商的角度来看,我们发现国际主流的工业解决方案供应商都在讲系统工程,其解决方案各有优劣,且没有哪一家能够覆盖完整的系统生命周期。从信息技术中心的使命和定位来看,需提供面向航空运载器、航空发动机、航空系统和航空武器系统工程完整解决方案,而之前系统工程应用部,集成研发事业部,工程信息化一、二、三部的

解决方案相对碎片化,难以覆盖复杂系统生命周期。基于上述考虑,金航数码将工程信息化领域的 5 个部门合并成系统工程应用中心,以复杂系统开发 V 模型为主线,在系统工程应用中心下设需求工程部(需求管理、功能分析与架构设计)、集成研发部(基于特征的概念原型开发、基于组件的协同设计)、仿真工程部(多物理场统一建模与联合仿真、工程仿真、仿真过程与数据管理、嵌入式软件开发)、设计与制造一部(PTC 解决方案)、设计与制造二部(达索解决方案)、设计与制造三部(西门子解决方案)六大业务部,用以开展复杂系统工程整体解决方案的策划、规划、咨询、开发等工作,给航空运载器、航空发动机和航空系统领域提供数字空间下覆盖复杂系统开发全流程解决方案,并持续开展系统工程、机械工程、电子工程、软件工程、六性与适航等方面的流程、方法与工具平台的研究。

集团公司依托信息技术中心和行业专家资源成立了中航工业系统工程信息化推进卓越中心、PLM 技术中心(PTC、达索和西门子 3 个 PLM 分中心),开展工程领域先进方法论、最佳实践和先进技术的预研、导入、研究、培训和工程试点、应用与推广。未来,我们将持续整合国内外优势资源,通过工业知识与 IT 工具的融合,形成最适合航空工业的系统工程整体解决方案,为中航工业转型升级做出应有贡献。

: 未来,系统工程应用中心将如何推进基于模型的系统工程在中航工业的应用?面对智能制造的快速发展势头,将如何满足行业用户对工程领域信息化的种种需求?

郝永军:“十三五”期间,基于模型的系统工程推广将紧紧围绕型号研制工作展开,我们将与型号管理部门和型号承研单位紧密合作,以提高型号创新研发能力和提升各单位系

统工程成熟度为目标,从系统生命周期和上下游协同深化推进基于模型的系统工程,逐步打通从系统之系统(System of Systems, SoS)运行场景建模到系统需求、功能、逻辑到物理(产品)的模型协同链路,通过统一建模与联合仿真、多学科专业仿真等各种仿真技术的应用,构建功能/性能样机,通过模型在环、软件在环和硬件在环持续开展需求验证与确认,通过系统工程流程与机械、电子、软件、六性等流程的协同实现系统工程应用持续深化,开展面向型号的系统工程应用协同,打通从航空运载器到航空发动机、航空系统的系统工程协同链路,实现系统级需求、功能、架构模型向子系统、组件的结构化传递与追踪;以系统工程流程、组织和技术应用为切入点,借鉴能力成熟度 CMMI 模型,提升各型号承研单位系统工程能力成熟度。

基于模型的系统工程是国际航空航天与防务领域先进企业在系统工程应用领域的一个重要发展方向,其与赛博物理系统 CPS、直接制造技术等共同支撑智能制造概念的落地。面对智能制造的快速发展需求,系统工程应用中心将结合业务发展与战略定位和使命,以“建造前运行/体验”理念为引领,以基于模型的系统工程方法论为指导和应用牵引,促进航空产品工程与制造流程的革新,实现基于模型的工程、制造及服务的系统生命周期贯通,支撑多学科/多专业团队跨企业的、产品全生命周期的协同作业,满足复杂的“系统之系统”需求,符合智能产品创新发展、智能设计开展、智能装备支撑、智能生产推进、智能服务运行及智能供应链运营的要求。重点推进基于模型的系统工程、制造、仿真与试验工程和服务,建设先进的智能一体化工程环境与立体化协同环境,为智能化供应链提供精确的和活化的数据支撑。

(责编 古京)