

# 全面设计质量管理创新探索

◆李凯 / 文

## 编者按

在2020国际质量创新论坛暨中外企业家论坛上，上海飞机设计研究院副院长李凯发表演讲，分享了中国民机开展产品质量控制、全面提升设计质量的实践经验和创新做法。



**中**国商用飞机有限责任公司于2008年5月11日成立，是实施国家大型飞机重大专项中大型客机项目的主体，统筹干线飞机和支线飞机的发展，为我国商用飞机实现产业化的主要载体。公司始终秉承

“质量第一，安全至上”的宗旨，持续致力于大飞机事业“安全发展，高质量发展”的探索与实践。历经12年发展，ARJ21、C919、CRJ929三大型号齐头并进，研制能力和经验大幅度提升。

设计的质量决定产品的“DNA”。上飞院作为民机型号研制的龙头，践行“精湛设计”理念，逐步摸索形成了一套较为全面的设计质量管理模式，为产品设计源头的高质量保驾护航。

中国商飞目前除总部外，拥有设计研发中心、总装制造中心、试飞中

心、客服中心、基础能力中心、北研中心六大能力中心，商飞资本和财务公司两个子公司，以及四川分公司和美国分公司两大分公司，并在美国和欧洲设立了办事处。

我们的使命是让中国的大飞机翱翔蓝天。我们的愿景是为客户提供更加安全、经济、舒适、环保的商用飞机。我们的目标是，到2035年，把商用飞机项目建设成为新时代改革开放、创新型国家和制造强国的标志性工程，把公司建设成为世界一流航空企业；到本世纪中叶，把商用飞机项目建设成为社会主义现代化强国的标志性工程，把公司建设成为“四个世界级”航空强企。

上飞院（设计研发中心）立志于建成世界级商用飞机设计研发中心，承担着我国商用飞机项目工程设计任务和技术抓总责任，强调技术创新能力、总体设计能力、系统集成

能力、试验验证能力、资源配置能力以及应用成果转化能力。具体来说,主要承担三个系列飞机的设计研发、试验验证、关键技术的攻关,以及三个系列飞机的工程技术服务。

我们有完整的商用飞机研发体系,并且形成工程试验的能力。目前,公司已经初步形成了从支线飞机、中短程窄体客机到中远程宽体客机的产品谱系。

ARJ21飞机是我们的探路者,78~90座,航程是3700公里,目前累计订单670架,已交付7家客户共38架飞机,荣获国家科技进步奖一等奖和“中国好设计”金奖。从2002年立项、2014年完成取证,到2015首架交付,再到2016年投入商业运营、2017年获得生产许可证,目前已运营应用于65座机场、85条航线。

抢滩者C919,156~168座,航程是5555公里,已累计29家客户835架订单,目前正在开展六机多地的试验试飞。2008年11月启动项目,2017年5月完成首飞。2014年的时候,习总书记曾亲临上飞院,指出我们这样的国家一定要有自己的大飞机,鼓励我们要艰苦攻关,脚踏实地地把我们的飞机送上祖国的蓝天。

CR929被定位为未来市场的开拓者,是中俄两国共同研制的客机项目,也是中俄两国高科技领域合作的典范。项目的目标是让远程飞行更加经济、更加愉悦。CR929样机曾在2018年珠海和2019年莫斯科航展上亮相,得到广泛的好评。作为远程宽体客机,281~440座,航程达到1.2万公里。

大家知道,在商用飞机市场上,

目前国际上仅有美国波音与欧洲空客两大巨头。为什么只有区区两家?主要是商用大飞机有三个特点:一是高安全性。目前飞机发生灾难性事故的概率小于10的负9次方,要经过2000多项试验室及飞机试验的验证,要按照CCAR25标准要求接受适航当局的严格审查。二是高指标要求,包括30年服役周期、9万飞行小时寿命、至少6万个起降数。三是高复杂度。全机有300万个零件、25万个接口、2万根电缆(长度近百公里),几千人联合研发,700多项方案的权衡,数十轮技术迭代,3万余次技术协调。飞机的研制周期基本上在8~10年。同时,还有很多的利益相关方,包括政府、航空公司、机场、供应商等。

上飞院研制商用大飞机的目标是为航空公司创造价值,保证飞机良好的经济性、高效维修的时效性以及维修的低成本。

上飞院是如何全面提升质量管理的呢?基于商用飞机产品高安全性、高复杂度的特点,中国商飞建立了“1+5体系”,以保证产品的高质量。“1”即AS 9100D及适航法律法规,“5”即设计保证体系、生产质量保证体系、持续适航体系、运行支持体系、产品安全管理体系。对飞机设计研制来说,我们以“客户需求”为牵引,以“适航法规”为标准,以“门禁管理”和“过程定义”为基础,以“飞机设计流程”为核心,以“两透一控,双五归零”和“质量监督”为抓手,采用“系统工程”的思维开展“正向设计”(图1)。

我们基于“V”模型的系统工程理念,实现从“需求捕获-逐级分解、

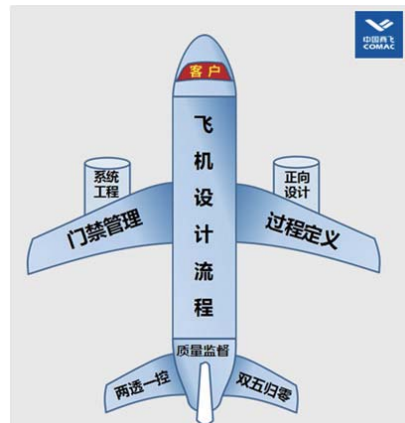


图1 质量管理总体思路

确认-逐级验证”的正向设计,包括需求分析与概念开发阶段、产品与服务定义阶段、全面试制和验证阶段,以及产业化发展阶段。

首先,在“V”模型的左边,我们要确定飞机的需求,从利益相关方特别是市场、航空公司识别需求,然后分解、分配BRO等,捕获飞机级需求,形成飞机级设计要求和目标,再分解成系统级、子系统级、设备级。同时,在分解之后还要进行确认,保证下一级的需求可以和上一级的需求进行连接。在“V”模型的右边,是我们进行验证的阶段。验证是从下而上的验证,设备级向子系统级验证,子系统级向系统级验证,系统级向飞机级验证,然后实现整机的试验验证,满足要求,实现交付,最后看看客户那边,我们是否满足了他们的要求。

产品全生命周期过程中,我们需要不仅要倾听客户的“声音”,还要不断倾听经营者的“呼声”,和供应商联合开展设计,按照利益相关的要求开展服务,因此“V”模型扩展为“X”模型的系统工程理念,实现产

品实现和企业经营双正向。

第二,从飞机设计的角度说,又定义了8个阶段:概念开发、立项论证、可行性论证、初步设计、详细设计、全面试制、试飞取证、产品与服务验收。通过精细化门禁管理,严控转段质量,实现设计过程全生命周期的标准化定义,让每一步骤都达到我们的期望和目标,保证退出的时候是经过评审和确认、经过严格质量控制、可以保证结果满足要求的。

第三,严格定义了飞机设计流程。从上游到设计输入,我们按照标准规范形成设计依据,分解形成最小设计单元的流程,同时开发了设计及检查工具,通过检查每一项输出确认我们的输入,通过结果验证保证下一环节可以得到良好的输入。其中,输出检查包括设计输入(含需求)清单、设计依据/标准规范清单、设计输出清单、设计输出验收标准、设计开发工具、设计输出检查工具等。通过各种清单和开发工具,确保所有设计按流程、遵规范、用工具、可检查。

第四,通过“两透一控、双五归

零”进行质量管控和改善,提升产品设计质量。“吃透需求”是保证做正确的事;“吃透技术”是保证我们正确地做事;“构型控制”能够让我们的构型可追溯、合要求,保证全生命周期流程中的产品数据与需求的一致及可传递;“双五归零”通过技术归零、管理归零实现查漏补缺、风险可控、不断改进。

具体来说,“吃透需求”就是要进行完整的需求捕获来进行全面的场景分析,准确定义功能、逻辑模型、系统模型,并保证层层分配是合理的,最后通过验证来确认需求到位。“吃透需求”可以确保我们以客户为中心,实现好制造、好运营、好维修、防差错设计,给客户带来更多价值。

“吃透技术”是指理论依据正确,研制路径可行,运行环境分析全面,实验验证全面充分,确保研制风险可控,并根据各专业特点逐步通过技术攻关、编制技术图谱,把每个系统和上游结合起来,最终形成我们的标准规范,从而使我们的设计工作有理有据、有章可循。在这一环节,我们提出了2.5°方法论,即“吃

透”主业一度、“精通”向下一度、“掌握”再下半度。

“构型控制”可说是覆盖全生命周期,打通了从设计、制造、试验到试飞、客服的整个过程,管理规则统一,构型基线明确,同时保证数据记录的完整、实时和数据流的传递,不形成孤岛,一旦有更改保证清晰可见、落实到位。

研制过程中难免会出现一些问题,基于航空领域原有的“双五归零”,我们形成了基于系统工程的“双五归零”,要求:在技术上,对于问题定位准确,机理清楚,措施有效,举一反三;在管理上,过程要清楚,责任要明确,措施要落实。同时,对于航线上出现的问题或试飞中出现的问题要及时处置,保证所有飞行控制是可控的,并进行标准规范的完善修订、系统改进,最后固化到各个领域。“双五归零”让我们通过解决一个问题,提升一批标准,预防一类事件。

第五,为提升过程质量,我们还进一步开展了质量监督工作,包括三级审核和四级监督。中心级审核重点关注设计输入和输出质量,鼓励主动暴露问题;院级审核保证标准和规范应用准确、重要设计输入和输出质量、适航条款符合性;最后才是公司/院外审核。四级监督包括科室级、部门级、中心级、院级监督。科室级是监督检查百分之百全覆盖;部门级监督检查标准规范和过程;中心级发现问题进行整改;院级看体系的运行是否符合整体体系架构、能否保证整个体系运转良好有效、能否确保结果满意。☑

