

通过构建贯穿成本核算与管理全过程的信息平台,大幅度减轻了各级核算人员日常重复繁琐的手工作业量,实现了向以信息平台为基础的现代工作模式的转变,同时也为会计人员的工作重心由成本核算向成本管控转变提供了条件。

通过建立物资变化过程与价值增值过程的对应、匹配关系以及系统所具备的物流、价值流的所有基础信息、过程信息的可显性、可查询、可反馈功能,真正实现“三流”通过信息平台在运行全过程中的合一。

3. 以内部增加值为导向的责任制评价模式助推了降本增效

通过实施以内部增加值为导向的责任制评价体系,各专业厂纷纷调整经营管理工作的思路和重点,树立效益优先原则,理清成本费用控制重点、难点,结合实际逐步制定并实施专项成本管理方案,做到有的放矢,积极由“任务工时型”向“任务效益型”转变。

4. 制造流程得以优化,推动企业转型升级

制造流程的优化推动了公司传统制造模式向精益制造模式转变。通过设施布局优化、看板管理、规范化作业、现场改善等工作向精益生产转变,以持续改善、不断创新推动企业转型升级。

5. 价值创造能力显著提升

2009年至今,中航工业成飞的经济规模持续上升,而收入结构与2008年及以前相比发生了较大变化,通过全价值链成本管理体系的构建与实施,基本消化了各项成本费用的上涨,维持了公司经济效益不滑坡和员工薪酬的稳中略升。近年来,中航工业成飞利润总额稳步增长,经济增加值也实现了逐年改善。□

(作者单位:中航工业成都飞机工业<集团>有限责任公司)

责任编辑 张璐怡

中航工业直升机低成本设计实践

禹彬彬 胡小容

中国直升机设计研究所(以下简称直升机所)隶属于中航工业集团公司,是中国唯一的直升机设计研究所,是13种40多型直升机的总设计师单位。近年来,直升机所创新商业发展模式与成本管理方法,对如何进行直升机低成本设计和研发成本管控做了一些有益的探索。

一、低成本设计的重要意义

飞机的全寿命周期主要分为研制、采购、使用维修三大阶段,研制过程中与设计相关的主要有立项论证阶段、方案设计阶段、工程研制阶段和设计定型阶段。根据国外研究单位多年的统计观察,在方案设计阶段结束时,对全寿命周期成本的影响度达70%~80%;到工程研制阶段结束时,影响度达90%~95%。可见,设计阶段所作的决策对飞机的全寿命周期成本起着决定性作用。

因此,作为总设计师单位的主机所是各型装备的研发源头,推行低成本设计不仅是客观规律的要求,也是适应国家军队装备采购制度改革工作和市场竞争的必然之路,有着十分重要的意义。

二、低成本设计的主要做法

(一) 成立项目团队

从各专业研究室和部门抽调精英人员,组建由设计、项目管理、质量管理、

成本管理、情报档案和保障等人员共同组成的协同设计团队。任命项目经理负责顶层筹划和综合协调,下设各专业项目负责人负责各自专业系统的技术协调。在研发关键阶段,项目团队充分发挥多专业融合、效率高、决策快的优势,实现团队成员之间信息共享以及各专业系统之间高度并行设计,统一设计基准,保证协调结果的准确性。在直升机所,成立了ACXXX等多个项目的专门IPT(信息处理技术)研发团队,集中办公,实现了信息共享及多专业协同设计。

(二) 推行目标成本管理

目标成本管理是实现低成本设计的重要手段,其主要步骤为:

1. 市场导向,制定目标成本。全寿命周期目标成本是单机目标成本和寿命周期内运营目标成本之和。单机目标成本的确定须以需求为导向,为用户可接受的单机市场价格扣除预期利润;运营成本中可根据飞机设计的性能与指标测算得出。

2. 依据工作分解结构(简称WBS),分解目标成本。根据飞机研制流程,按责任单位(研发单位、承制单位)下达目标成本指标,各责任单位再依据各自的WBS,对目标成本层层分解,明确每个工作包的目标成本,建立成本分解结构(简称CBS)。各责任单位必须将成本控制目标控制在目标范围之内。

3. 依靠项目会计师系统, 管控目标成本。成立项目会计师系统, 负责项目成本管理工作, 实现功能、质量、成本与效益的优化配比。项目成本管理工作主要包括: 负责组织研制初期本机型全寿命周期成本的估算; 负责全寿命周期目标成本的制定与分解; 负责组织对设计方案分析、综合比较、选择, 确定关键成本项目; 负责开展全过程跟踪核算, 对实际成本与目标成本进行对比分析、成本监督, 定期编制成本分析报告; 负责组织转段前本机型全寿命周期成本的估算、调整; 参与主机及分系统供应商的确定; 参与需求、成本、进度、性能的权衡研讨; 负责组织、建立和管理成本信息系统。

4. 寻找偏差, 修正目标成本。当发现某个系统或部件偏离目标成本时, 应仔细分析原因, 查找偏差, 提请整个项目团队研讨和综合平衡。在确保总目标成本不变的前提下, 通过设计更改与完善, 不断调整修正各责任单位的目标成本。如此循环, 反复迭代, 直到以最低成本实现飞机项目的商业成功。

直升机所已制定并下发了《项目会计师管理办法》, 重要科研型号项目建立了自身的项目会计师系统, 将以自行研发制造的无人机为对象, 全面推行目标成本管理。

(三) 加强科研经费管理

为了更好地管控研发成本, 直升机所明确了项目经费归口管理部门, 运用挣值管理理念, 与项目会计师系统共同实施项目立项、研制、验收等各环节的研制经费全过程管理, 建立起技术、进度和经费相匹配的“三维”经费管理模式。

一是加强项目立项管理, 降低项目垫支风险。制定科研项目立项申请流程, 要求立项申请报告需对项目的任务来源、经费来源、技术目标、立项周期、启动经费等进行说明。通过流程审批手

段, 整合信息资源, 经费管理部门负责对立项阶段的启动经费进行跟踪、管理, 避免无限制的垫支, 减少项目不能批复或无经费来源所造成的垫支风险。

二是实施项目全研制周期滚动预算管理, 严控项目超支风险。直升机所选取部分型号试点推行, 在项目立项之初, 即编制项目全研制周期预算, 对项目周期内结余情况做到事先心中有数。结合周期内每年度的科研任务进行分解细化, 对接年度科研项目预算, 并逐年滚动调整, 犹如一张精细的“经费管控网”覆盖项目的整个研制周期, 确保项目经费收支始终与任务进度相匹配, 将项目经费控制在年度预算之内, 并及时预警, 避免项目完工时经费超支或结余过大。

三是强化过程管控, 确保项目成本可控。由项目会计师系统负责对各项目的经费按照预算严格管控, 建立起科研财务工作例会沟通机制, 对项目经费预算执行过程中的问题及时反馈与预警, 以便经费管理部门及时作出调整策略, 使项目效益最大化。在科研项目成本支出中所占比例较大的是外协合同支出, 因此加强外协合同的管理就显得尤为重要。直升机所专门成立了价格管理办公室, 严格科研合同价格管理, 完善科研合同管理办法, 对科研合同的启动、询/审价、谈判、评审、审批、付款、验收等各环节均作出了详细规定, 以确保每项合同确为任务所需, 与研制进度相匹配, 并以最为经济的方式签订执行, 卡住项目经费“咽喉”, 确保整个项目成本控制在预算额度之内。

(四) 构建数字化研发体系

为变革传统产品研制模式, 建立先进的数字化研发体系, 缩小与国外先进制造企业的数字化技术水平差距, 多年来, 直升机所致力于数字化研发体系的建设, 并取得了一定的成效。

直升机所在直升机研制现有技术和资源的基础上, 一是构建数字化基础

支持环境, 包括网络环境、计算机软硬件系统、设计试验制造资源库、标准、规范等内容; 二是重点对局部、孤立的信息系统及各参研单位的数字化工程结果进行重构与集成, 重点围绕统一集成的平台环境、简化技术状态管理、以数字样机为中心的设计和协调、以项目管理为顶层的管控体系、设计/分析/试验集成、直升机特色的仿真系统、数字化标准规范体系、MBD设计制造等8个方面进行建设; 三是以直升机型号工程为对象, 完成直升机数字化生产线的工程验证, 打通数字化设计、试验、制造、管理各环节, 实现了总体、结构、强度设计及操纵、旋翼等系统设计与综合保障、工艺等设计人员均在同一数字化协同设计环境中开展工程协同设计, 同时使下游设计可以提前利用上游设计成果开展参考和关联设计, 改变了以往传统的、非关联的串行设计模式。

在工程验证应用过程中, 通过以数字样机为核心的产品数字化定义与并行协同方式, 提高产品设计效率40%, 并为制造单位赢得了6个月工艺准备时间; 数字化试验仿真减少和替代了部分物理试验; 应用基于技术状态的设计制造保障和技术状态控制的协同机制, 贯通了设计与制造、与保障的产品数据流, 减少数据冗余, 提高制造保障工作效率50%; 通过应用数字化装配工艺仿真技术体系, 确保了一次装配成功, 提高装配工艺效率80%, 降低工作强度50%。

数字化研制模式、方法和手段成为直升机所所有型号研制的基本模式, 有力地支持了型号研制的顺利开展, 成为提高型号研制质量和效率、缩短型号研制周期、降低研制成本的重要手段。

三、各设计阶段的成本过程管控实践

(一) 立项论证和方案阶段的成本管控

立项论证阶段主要由用户负责提出技术指标要求,并进行技术性能和经济可行性论证,包括技术可行性论证、经济可行性论证、研制周期测算和风险辨识评估等。作为设计所,在立项论证阶段须着眼于需求的充分论证,剔除产品设计的多余功能和过高指标,不为没有使用价值的功能增加成本。

方案阶段一般分为初步设计阶段和详细初步设计阶段。初步设计阶段主要是确定产品研制总体技术方案;详细初步设计阶段,进一步开展飞机的几何外形设计、结构布局、重量重心计算等工作。设计所强化全体设计人员的“成本是设计出来的”理念,制定低成本设计准则,寻求技术与经济的最佳方案,减少设计不合理引起的经济性“先天不足”,及设计更改导致的返工,大大缩短开发周期,降低制造成本,节约使用与维护费用。

低成本设计准则主要体现在:一是采用成熟的成品及材料,缩短研制周期,减少研制试验及质量控制费用;二是对功能重要、成本高、加工困难的关键重要部件实行全面特性分析;三是尽量减少结构件数,减少工具,节省制造和组装时间;四是广泛采用通用件、标准件和货架产品,优先选用普通材料和批产零件;五是在零部件设计时,增加标准化程度,提高互换性,避免双曲面,采用直纹面设计,同时合理选用零部件的加工与装配精度;六是采用软件辅助设计技术代替硬件金属模型;七是在满足使用要求的前提下,尽量减少设备品种和数量,采用标准化、通用的保障设备,减少专用设备的研制;八是维修性设计时,尽可能减少维修工作量和维修工具数量;设计具有自检能力的设备,提高自检能力(BIT)与效率;用复合材料结构代替传统的金属结构,便于维修;减少特种训练或在维修技能方面的要求。



在立项论证和方案阶段的费用管理方面,主要开展经济性可行性分析及初步测算单机成本、研制费用等工作,考虑是否经济可行,是否有市场竞争优势。例如,直升机所在AC3X立项之前,即确定了“和竞争机型相比,售价降低10%~20%,直接使用成本(DOC)降低10%”的目标。直升机所采用建模、类比法等多种方法组织测算研制费用、单机成本、小时飞行成本等,并根据市场预测情况,进行盈亏平衡点和项目净现值的计算分析,为型号的立项论证提供有力支撑,同时为后期的成本管控奠定了基础。与国际同类竞争机型相比,通过经济性分析和目标成本测算,预计经济目标可实现,同时,通过差异化设计,运输能力优于竞争机型,总体性能较好,较竞争机型有一定的综合优势。

(二) 工程研制阶段的成本管控

工程研制阶段一般分为详细设计阶段和试制阶段。详细设计阶段主要进行结构和系统的详细设计;试制阶段,要完成原型机零部件制造、装配和飞机总装,完成各种试验考核,完成各项试飞准备工作,实现首飞,主要工作由飞机

生产厂承担。作为设计所,在工程研制初期,需按照分解而得的目标成本开展定费用设计。

1. 全寿命周期成本的管控

直升机所利用沉浸式数字样机虚拟现实系统(CAVE系统),通过投影立体显示系统和交互设备产生虚拟产品的真实感,极大程度上取代了物理样机,填补了研发过程的一项技术空白,对设计阶段、制造阶段和使用阶段的成本均有显著降低作用:一是型号立项后,总体、气动、强度、综合保障等专业可同步开展全机布置、工程计算结果分析、五性设计、干涉检查、系统安装及接口协调等分析和评估工作,使得从初步设计到完成详细设计评审的周期缩短10%,提前约一年半完成;二是详细设计时在实物制造前就考虑其装配序列,减少对特殊工具的需求,提高装配效率,提前排除各系统零部件之间的干涉,检查它们之间的间隙,减少成本昂贵的装配/零件设计更改,使得数字样机的协调与检查成为常规活动,基本上杜绝了结构设计引起的颠覆性问题,减少工程更改30%以上,在提高产品研制

的成功率的同时降低了制造成本；三是与详细设计同步开展了虚拟维修技术研究，使用人体工程学分析，对直升机操作与零部件维护情形进行模块和仿真，采用并行工程的设计模式，提前考虑直升机的可维修性，并与军方用户开展培训和协调设计，在提高型号研制效率和质量的同时降低了用户的维修使用成本。

通过本项目开展的各类工程应用，加速了型号设计论证决策、分析评估的进程和质量，大幅提高了方案选择、协同设计和并行工作的效率，在型号初步设计、详细设计过程中发挥了重要作用，已在直升机行业中实现推广应用。综合评估以上因素，考虑单机价格，本项目为单架机的成本降低约10%。

2. 单机制造成本的管控

设计人员在结构设计、产品组件结构、确定尺寸、选择材料和零部件、加工工艺等方面的考虑都极大地影响着飞机的单机制造成本，因此，改变设计是可以降低成本的。例如，直升机所自主研发的某型无人直升机，实施了目标成本管理。根据制定的目标单机成本，需对设计进行优化。设计团队改进优化传动系统的设计，单架机节约成本10.12万元。

3. 试验、鉴定成本的管控

在工程研制的详细设计阶段，作为主机所还需开展总体气动、结构强度、系统和机载设备、材料和标准件的研制及验证试验，机构功能性试验，铁鸟及各个系统地面集成试验等众多试验工作。

在试验降本方面，直升机所不断改进各种试验设计与试验方法。例如，在某型机桨叶加热组件劳试验中，直升机所对试验台架进行了重新通用化设计，经过简单的换装，在一个试验台上实现挥摆弯矩和扭矩的施加，改变了以往需要弯矩试验和扭矩试验两个试验台架的

局面，降低了试验成本。同时，还对液压子站与阀块进行一体化设计：一是将作动器的阀块去掉，使作动器两边平衡，提高了高频试验时作动器加载的稳定性；二是将子站与阀块相连接，阀块上预留双阀控制接口，用螺接代替快速接头，可以增加流向作动器的流量从而提高作动器加载频率；三是液压管路使用无缝钢管，减小了油路压损，大幅提升液压系统压力稳定程度和载荷的加载精度。通过该举措，不但将疲劳试验周期缩短，还节约了试验成本。

4. 试飞成本的管控

科研试飞时间越长，试飞成本就越高。在飞控系统试飞项目中，直升机所为了缩短试飞时间，在前期不接通飞控系统的试飞过程中，根据试飞数据，不断修正气动模型，在工程模拟器仿真平台和地面模拟试验平台上提前进行控制律调参，不断完善控制律参数，而试飞仅成为最终验证性能指标是否合格的手段，从而缩短20%的飞控系统科研试飞时间，大幅降低了试飞成本。

(三) 设计定型阶段的成本管控

设计定型阶段主要是负责将产品提交至相关机构完成全部全机静力试验、机载设备寿命和可靠性指标等考核工作，同时负责处理并解决产品考核过程中的技术质量问题。

在全机静力试验方面，直升机所不断创新试验方法，在降低试验成本上取得了较好的成效。例如，EC175/Z15型机为中法联合研制的中型通用直升机，其机身结构的设计和强度分析均由中方负责。按照一般的研制流程，新型号研制时，为确保首飞及科研试飞的安全需进行全机身结构的静强度验证试验（即全机静力试验），但此项试验过程复杂，耗时耗力、成本很高，如果强度分析方法可靠、分析精度能达到强度要求，则可用强度分析来取代静力试验验证。为达到此目的，直升机所对试验方案进行了

如下改进：结合尾梁疲劳试验进行部件级的静强度验证，对比试验结果和强度分析结果，以确认强度分析的精度。同时，分析全机结构中的关键部位，设计一些小的组件级试验进行强度验证，化整为零，对全机结构中的一些关键部位通过试验验证确保强度，而其他结构通过经验证的强度分析方法进行分析以确保强度，从而达到了取消全机静力试验的目的。

(四) 转阶段时的成本管控

在转阶段时，必须进行全面的经济性评审，只有将经济性评审作为硬约束，“植入”研发流程，方可确保飞机产品低成本设计的实现。

经济性评审由项目负责人组织项目管理、技术、营销、财务有关人员以及工艺人员、外部专家进行评审，主要以会议评审的形式开展，形成《转阶段设计经济性评审报告》，把是否通过经济性评审作为放行标准之一。经济性评审的重点有：设计功能是否存在冗余；在满足性能、质量、“五性”的要求下，设计方案是否最经济；外购材料、机载产品、保障设备、标准件、零部件、电气元器件供应商的选择是否最经济，设计的产品是否满足目标成本控制要求。对于在经济性评审中提出的问题，技术设计部门必须归零，制定归零的期限和方案，重新实施归零设计。对归零设计方案实施经济性评审，达到经济性要求后才可放行。对确实无法满足经济性设计要求的，可以在设计总体方案和目标成本内适度调整经济性指标。

目前直升机所已制定下发《民用直升机经济性管理办法》，将经济性评审纳入了民机质量管理体系。下一步将重点以新研无人直升机型号为对象，贯穿研制周期始末，进一步践行低成本设计理念，完善成本管控体系。

（作者单位：中国直升机设计研究所）

责任编辑 武献杰