

浅谈民用航空发动机 研制工作分解结构

Brief Analysis of Work Break Structure (WBS) on Civil Aircraft Engine Development

中航商用航空发动机有限责任公司 王 强 姚宋冰



王 强

硕士,高级工程师,主要从事公司战略规划论证、产品与条件建设规划论证、经营管理等工作。

民用航空发动机研制项目管理是十分复杂的系统工程,WBS是实现研制过程规范、管理有效、风险可控的基础。本文参考了国内外项目管理的研究和应用资料,提出了民用航空发动机研制WBS编制的基本要求和思路,意在为项目WBS管理者提供参考。

及其关系定义,提高项目管理的可操作性,达到有效支撑项目成本、进度和技术项的计划编制和状态控制。

WBS包括两类,一类为项目工作分解结构(PWBS),用于规范所有参与方的合同工作产品即交付物;另一类为合同工作分解结构(CWBS),包括合同规定下的所有工作产品^[1]。PWBS是覆盖整个项目的结构框架,一般分解为3个层级,分别是项目级、产品单元级、部件或分系统级;CWBS是针对具体合同任务的完整工作分解,它由供应商依据PWBS进一步分解和定义产生,而分解的层级取决于它向项目办公室或主承包商汇报的颗粒度要求,而

由于CWBS分解的颗粒度必须与合同任务书(SOW)协调一致,决定了CWBS也不宜分解过细。

2 作用

相比传统的项目计划管理,项目WBS将整个项目研制工作以及各级合同下的工作有逻辑地分解出来,由于它具有描述完整、界面清晰、策划具体的特点,对于大型复杂项目的研制成功发挥着重要作用。

首先,WBS具体定义了项目和合同任务的技术工作范围,保证研制团队任务清晰。

其次,提高了项目计划可规范性,降低了计划更改随意性。

第三,实现了项目各种影响因素

WBS定义、作用和产生过程

1 定义

工作分解结构(WBS)的作用是定义项目范围。它通过对项目实施过程中各种可交付成果的逐层分解

的显性化,使项目风险易于可控。

第四,为进度、成本、技术的精细化管理奠定了基础。

3 产生过程

一般地, PWBS 和 CWBS 的分解结构和交付物由以下过程确定^[2]。首先,项目办公室或主承制商提出 PWBS 和 CWBS 建议,并以供应商征询(RFP)方式提出各种交付物需求;其次,潜在合同供应商进一步分解、扩展 CWBS 中的交付物并反馈给办公室或主承制商。办公室或主承制商对合同供应商提出的 CWBS 进行技术评估,选择供应商并签订合同,在此基础上批准该供应商的 CWBS。

为了保证项目工作分解结构 PWBS 和合同分解结构 CWBS 之间的匹配性,项目管理人员需要确认所有 CWBS 必须是 PWBS 元素的延伸,反过来, CWBS 的集成必须可以集成为 PWBS 元素。自然地, CWBS 的顶层 3 级分解以及变更需要获得项目办公室或主承制商的批准,其他较低层级的分解结构及变更由合同供应商自行批准,但需向办公室报告^[3]。

航空发动机研制 WBS 的基本要求

1 技术要求清晰

民用航空发动机研制项目是一个复杂的系统工程(见图 1),产品技术要求一般按照客户需要和主承制商对技术能力的评估确定。由于民用航空发动机研制中很多工作委托供应商完成,供应商需要完整定义其所承担任务合同的 CWBS,而由于民用航空发动机产品研制合同中技术要求发挥着核心作用,但有时也容易出现歧义,因此尽最大限度详细分解技术要求并在主承制商、供应商之间达成高度一致是 WBS 编制的重要基础。供应商层级越高就需要越详细的技术要求分解。如 NASA 的哈勃望远镜研制合同,一级供应商 CWBS 分解 3 层,而次级供应商

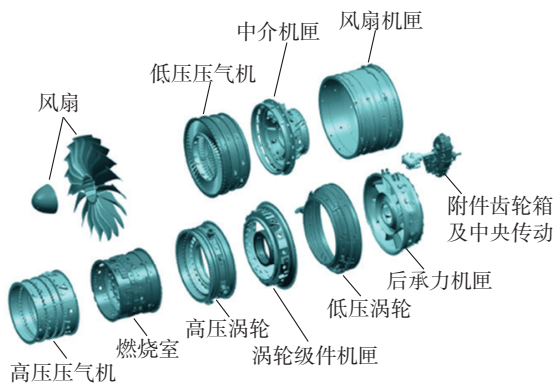


图1 航空发动机结构分解

CWBS 分解 2 层。

2 技术路线可行

世界航空发动机产品研制路线各有特点,采用技术渐进式发展的 CFM56 发动机采用了成熟的中心机,采用技术跨度较大的 GE90 发动机研制了大尺寸复合材料风扇, LEAP-X 发动机设计了全新的核心机。如果产品研制采用的技术成熟度高,研制项目技术不确定性低,研制工作主要侧重在适应性验证, WBS 相对难度较低;如果采用的技术成熟度低,研制工作则需要逐级集成验证,设计、试验反复多次,需要通过路线价值流程分析确定。技术路线选择的合理程度决定着产品研制 WBS 编制的合理程度,同时决定产品研制的成败与否。如罗·罗公司 RB211 就曾因为在大尺寸风扇叶片技术路线上出现问题导致失败。

3 资源可落实

航空发动机研制是对技术和资源依赖性高的项目,在设计上,需要高性能的计算分析与网络基础设施;在试验上,由于需要开展叶栅、材料等的基础试验、部件性能与零件强度的应用模拟试验,以及整机地面、高空台和飞行试验,试验设施的种类众多、规模庞大;在试制上,除了大量成熟的加工设备,还有针对产品采用的新材料和新工艺研发的制造设施。鉴于民用航空发动机研制项目所涉及的资源规模巨大和供应商众多,在编制 WBS 时必须保证研制资源是可

以落实的,它是研制项目 WBS 编制的又一重要基础。

4 协同方式和决策责任约定

作为复杂系统工程,民用航空发动机研制过程中需要主承制商和供应商之间大量、细节性的信息交流和并行工作,而这些交流和并行中存在着大量的技术决策和研制思路问题,决策的正确性和思路的一致性对产品研制影响巨大。针对具体情况确定主承制商与供应商之间的协同方式和决策责任矩阵是有效编制 WBS 的基础。合理制定的协同工作方式可以促进研制过程中各阶段或环节有效协同工作,如 GE 公司与供应商在 GE90 研制过程中每天进行信息交流和具体细节讨论,每周进行工作进展回顾。而确定的决策责任矩阵为主承制商、供应商之间日常的技术决策奠定了基础,如 CFM56 发动机研制中, GE 公司与 SNECMA 公司之间建立了详细的技术决策责任矩阵,为产品按期成功完成研制提供了条件。

民用航空发动机项目研制 WBS 编制思路

正如项目管理研究者和管理机构认为的那样, WBS 编制并没有通用的标准或依据。虽然 WBS 编制者可以借鉴过去类似的项目,但由于每个项目在规模、成本、技术复杂程度方面存在差异性, WBS 编制主要依靠项目管理者的经验、技术水平和项

目本身的特点^[4]。航空发动机研制项目高度复杂、投资巨大且存在较高的市场和技术风险,其研制通常采取风险共担的主承制商-供应商研制模式^[5]。为支撑项目,确定合理的民用航空发动机研制 WBS 编制思路非常关键。

1 评估和批准

WBS 编制没有统一的模板或技术手段,实际上取决于项目管理者经验、技术水平甚至风格,难以避免随意性,也极易造成遗漏、质量不高甚至错误。由于民用航空发动机研制项目的 WBS 编制涉及产品研制过程的各种交付物的定义和技术实现路线,换句话说包含着项目范围内的所有关键事项,从项目管理规范性看,各级 WBS 的发布与更改均需要进行专门的评估并经过主要技术和行政负责人批准,最大限度避免遗漏和重复项,保证风险可控、属性完整,前后置关系清晰。

根据 PWBS 与 CWBS 影响范围, PWBS 的顶层 3 级分解结构一般由项目技术负责人、行政负责人组织评估和审核,项目总负责人批准; CWBS 的分解结构(分解层级取决于该合同在 PWBS 中所处层级)由合同甲方技术负责人、行政负责人组织评估和审核,并随同任务书(SOW)一起由项目总负责人批准^[6]。

2 明确交付物

无论是 PWBS 还是 CWBS,其目的是支撑项目成本、进度和技术计划,而编制上述计划并加以控制的有效方法是确定、测量、验证过程交付物。民用航空发动机产品研制项目技术难度大、供应商多、协调关系复杂,在开发 WBS 时,需要明确由各 WBS 结构树牵引下的层层交付物,交付物必须可考核、不缺项、不重复。

民用航空发动机研制项目技术、进度、成本要求苛刻,研制过程产生大量硬件、软件、文档、数据等过程交付物,所有项目 WBS 交付物需作为

项目研制总要求的附件予以明确,并随着研制总要求的调整不断更新。PWBS 交付物的不明确、不完整、相互重复甚至冲突将难以保证研制过程有序开展,不仅 PWBS 本身,而且基于该 PWBS 编制的所有 CWBS 均需要反复补充、调整交付物要求,对项目进度、成本带来严重影响。而 CWBS 中各种交付物的不明确同样使得合同供应商所承担的任务难以检查、验收,甚至可能出现严重漏项而不得不修改合同。

3 标识技术成熟度

复杂产品研制存在设计-验证-更改的反复过程,这也是交付物技术成熟度提高的过程。为有效管理产品成熟程度,需要在 WBS 中标识各种交付物的技术成熟度要求^[7]。

民用航空发动机新机研制必须采用新技术以提高产品竞争力,但原则上产品研制不宜采用过多和成熟度过低的技术,历史上就曾出现产品研制所采用新技术久攻不克、甚至失败的案例。由于民用航空发动机产品研制中很多部件、系统需要多轮设计与试验验证,才能达到预期的技术指标要求, WBS 交付物技术成熟度标识可以衡量研制项目技术目标的达到程度,这也是评估技术风险的有效方法。

4 资源纳入 WBS

由于民用航空发动机研制对资源需求巨大,试验设施、生产设备不仅种类和数量多,而且分散于各个供应商,协调的工作量和难度很大。为了保障产品研制所需的各种条件及时和按要求到位,需要将诸如关键设计、试验、试制等资源纳入 WBS。由于不同的民用航空发动机研制项目对于试验资源有及时性、适应性改造等要求且改造也需要一定周期,因此,将作为项目管理关键要素之一的资源纳入 WBS 与研制工作统一协调安排是必须的。

5 管理纳入 WBS

项目管理工作事无巨细,任何在合同、构型、计划管理等方面的疏漏都将产生严重后果,管理工作分解结构 WBS 同样必须分解到容易管理、显性化程度高、风险可控的程度。民用航空发动机研制项目管理涉及系统工程和集成管理、工程开发和制造管理、构型和信息系统管理、项目计划和风险管理、运行和物流管理、全寿命周期管理、商务管理和大量行政管理,范围广泛且与各项任务的完成息息相关。同样地,纳入 WBS 的管理任务需要按照工作分解清晰定义所有管理工作应产生的交付物,保证整个项目运行需求。

结束语

民用航空发动机研制项目管理是十分复杂的系统工程, WBS 是实现研制过程规范、管理有效、风险可控的基础。本文参考了国内外项目管理的研究和应用资料,提出了民用航空发动机研制 WBS 编制的基本要求和思路,意在为项目 WBS 管理者提供参考。

参考文献

- [1] 肖君. MA700 飞机工作分解结构方法研究. 西安航空学院学报, 2014(1):16-18.
- [2] 聂亚军. 工作分解结构(WBS)在发动机型号研制中的应用. 航空发动机, 2007(1): 51-54.
- [3] 何苗, 杨海成, 敬石开. 基于产品分解结构的复杂产品分解技术研究. 中国机械工程, 2011(16):1960-1964.
- [4] 皮亚风. 航天型号研制工作分解结构(WBS)编制研究. 华北航天工业学院学报, 2006(3):1-4.
- [5] 冯冰, 郑朔昉, 陈绥宁, 等. 大型民用客机研制项目 WBS 构建方法. 项目管理技术, 2010(1):66-70.
- [6] 郑大伟. 传统 WBS 的局限分析及矩阵 WBS 的理论与实践. 项目管理技术, 2010(1):71-75.
- [7] 常智勇, 金也淘, 孙惠斌, 等. 基于成熟度的航空发动机 WBS 技术及工作模式研究. 航空制造技术, 2012(4):80-84.

(责编 深蓝)