

支持复杂产品研发的精细化构型管理及应用

Delicacy Configuration Management and Application for Supporting Complex Product Development

中国直升机设计研究所 许俊华 胡秦赣 宋丰青



许俊华

研究员, 现任中国直升机设计研究所副总设计师, 主要从事信息化与工业化融合、构型管理、标准化等方面的工作, 主持完成了直升机数字化工程、数字化研发平台、MBD 异地协同研制环境建设等多项国家重点工程项目。

研发高技术复杂产品, 面临着数据量庞大、多因素优化、协调关系广、研发周期长和专业门类多等多重挑战, 迫切需要运用先进的管理思想、数字化手段, 来解决产品全生命周期管理及管理精细化问题。作为具有

精细化构型管理, 以构型项作为构型定义和控制的核心理念, 大大简化了产品构型管理的复杂度; 在更改控制中, 降低了设计、制造和验证的循环迭代和更改次数, 节省了研发费用。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.17.038

双重管理职能(质量控制和项目管理)的构型管理^[1]能有效解决这一问题。

精细化构型管理是运用先进的构型管理思想, 基于产品数据管理系统, 从产品标识、创建、制造、试验、更改、维护的全过程中, 构建精细化构型管理体系和应用系统, 以支持产品并行研发、高效协同, 整体解决产品全生命周期所遇问题的构型管理方法^[2]和技术。通过实践证明, 精细化构型管理是伴随着研发管理创新和产品数字化研制技术不断发展的一项综合性工程管理技术, 是科研技术

管理体系的重要组成部分, 也是现代企业质量体系的支撑环节。

中航工业直升机通过诸多直升机型号的研发实践, 印证了精细化构型管理方法与数字化手段相互促进、相辅相成的关系; 验证了精细化构型管理是保证直升机产品顺利研发的基础, 实现了产品研发质量和效率的大幅提升, 研制周期缩短的目标。

内涵与特点

精细化构型管理确定了以构型项为基础细化管控对象、组织决策团队精细构型控制、融入数字化协同设

计精细构型定义、建立管理体系规范管控流程、应用基础数据库倍增效能等管理方法和手段,具有鲜明的数字化特点,具体如下:

(1) 基于产品数字化定义及配置,实现多构型、多视图的基线和物料清单(BOM)管理,以及产品数据的唯一性、可控性、可见性、有效性和追溯性;(2) 以零件为中心组织产品设计数据,通过构型项及其结构进行数据发放和交换,实现产品单一数据源管理;(3) 应用面向用户保障的编码体系,分配规划零组件和机载产品编号,实现面向产品全寿命周期的精细化件号管理;(4) 形成和管理构型项资源库,满足产品通用化和模块化的设计要求,通过对构型项进行有机组合,实现产品系列化研发;(5) 优化构型管理4项活动流程,实现标识智能化、控制网络化、记实自动化、审核程序化。

方法与实施

1 创新理念形成先进的构型管理方法

1.1 精细规划和精细选配构型项结合“三化”(通用化、系列

化和模块化)设计要求,将构型项(Configuration Item,CI)作为产品构型定义和控制的基础和核心^[3],基于CI进行数字化构型管理,明确基线管理方式,使CI贯穿产品定义、数字样机、构型控制、生产制造和综合保障等环节。这样就可将复杂而深层次的产品装配关系演变为CI间的配置关系,并将传统产品结构划分为2个层次——具有构型管理功能的CI结构和隶属CI的零组件装配结构,从而使产品结构扁平化,如图1。

构型控制主要是通过有效性控制和图样集版本管理来完成的,即通过配置CI的有效性,按结构隶属关系逐级获得CI有效性;而图样集版本管理则体现工程更改管理的要求。面向产品功能及客户需求配置CI分别规定有效性管理和图样集版本管理要求。针对高技术产品的复杂特性,面向产品功能及客户需求应用选项进行构型配置。进行选项分类,定义用户特定选项方案,选项与产品具体的构型项进行关联,功能选项与特定的构型项对应。

以某直升机产品系列为例,具体

应用如下:首先,将产品系列的选项分为机身、发动机、电源系统、任务系统、导航系统、通信识别系统、传动系统、燃油系统、旋翼系统等大类,如图2(a)所示,再对每一类选项赋予相应的选项值。其次,利用构型管理数字化平台的选项配置功能^[4]确定其选项方案,包括基本型、改型I、改型II、改型III等产品构型。其中改型III选项方案如图2(b)所示。最后,选项与产品具体的构型项进行关联,功能选项与特定的构型项对应,如某产品动力系统的各类构型项见图2(c)。图中带绿色标记的项为选定的选项。

1.2 基于数字化平台创新构型控制机制

针对以往更改不协调,影响分析不充分,更改实施贯彻难等问题,将先进的构型控制业务与高效的数字化流程进行融合,相互促进,优势倍增。不仅实现了对ECR(工程更改请求)到ECP(工程更改建议)再到ECO(工程更改指令)的更改业务流的管控,还贯通了更改发起(外场质量反馈)到更改评估(影响分析、方案制订等)再到更改实施(设计、制造和客服3方协同执行)的数据流的关联。

构型控制委员会(CCB),应用可配置的数字化流程,全面提升构型控制效能。异地时,可通过网络视频方式进行。从生产制造现场问题处理,产品使用的问题反馈,再到直通直联到构型控制主体部分,部分细分各类数据,高效快速响应处理;汇集多专业协同集成研发团队(IPT)开展更改影响分析和验证,并按政府和适航局要求进行上报授权,并与供应商和总制造单位紧密协同,形成构型控制的全过程闭环。

1.3 以数字样机为中心的构

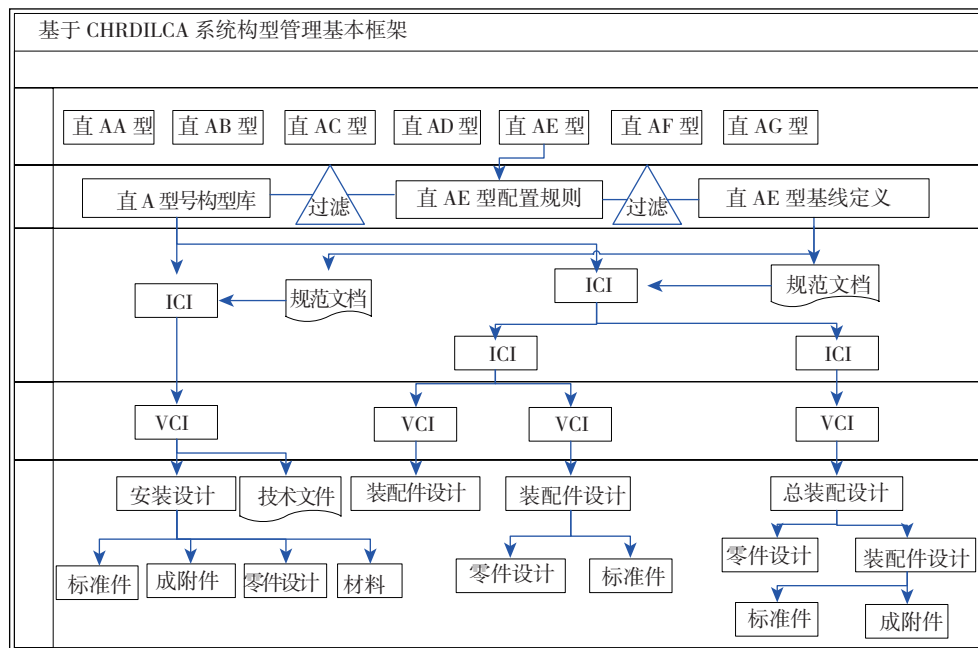
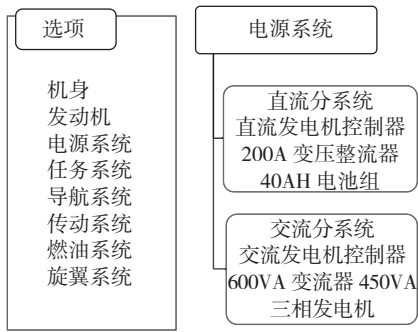
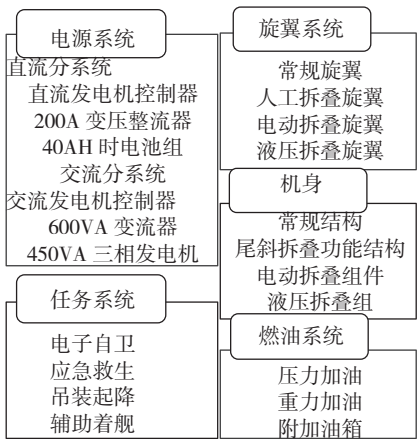


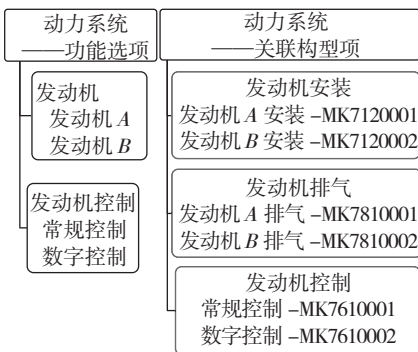
图1 基于CI的构型管理框架



(a) 系统选项



(b) 改型选项方案



(c) 动力系统构型项

图2 选项方案示意图

型管控

针对大型航空产品多方参与、异地研制的特点,将构型控制活动紧密而有机地融入产品数字化协同设计中,提升项目构型管理水平。针对以数字样机(DMU)为中心的协同研发,在构型控制活动中,不但应用数字样机进行分析和评估,而且将数字样机检查作为重要的构型控制环节。具体在进行更改方案设计、拟定 ECP 时,就对方案数据进行 DMU 检查,在

ECP 中通过三维视图描述更改前后的变化。

构型控制活动中,以数字样机为核心的多方评估过程,就是基于 DMU 对直升机产品功能符合性、系统安全性、系统维护性和系统安装及接口进行全面检查的过程,是产品并行数字化协同设计的深层次工作,标志着构型管理业务与协同设计的相互融合。

2 精细管控组建高效的协同工作团队

2.1 以 IPT 模式构建构型管理精细化团队

在产品研发过程中实施 IPT 团队模式,实现了人员、项目、角色的管理,产品数据按 IPT 方式进行组织,并以 IPT 的工作模式完成设计、协同、更改以及审批发放;组建了构型

系统指导下,成立构型控制委员会(CCB);确定了以设计单位为主体的、包括制造单位及机载产品单位在内的委员会,明确了主机厂、所和机载产品单位等各系统/部门委员的职责,并设立各级的构型管理执行小组,负责组织开展构型管理的相关工作。成立构型控制委员会和构型管理执行小组,是直升机型号有效实施构型管理的组织体系保障。

CCB 是更改控制的关键环节,具体运作是由构型管理小组(CMT)进行组织、策化和实施。首先,在构型管理计划中,明确 CCB 及 CMT 的职责和组织形式,确定 CCB 为定期的例会形式,如周例会(图3给出了 CCB 周例会的进程安排),可根据情况紧急程度增减会议;其次做好 CCB 实施工作,会前筹备好,会中控

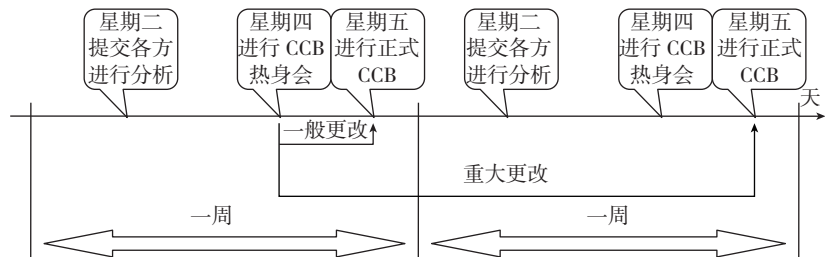


图3 CCB周例会

管理团队,制定了构型标识、控制、记实和审核的流程和工作内容,真正实现了基于数字样机的产品协同设计;同时突破并实现了产品全数字化定义和过程数字化,实现了更改管理,使数据的版本和工程更改指令得到了有效管理和控制,解决了有效数据和历史数据组织管理问题;构建了设计资源数据库,形成了直升机研发数字化标准规范体系,建立和完善了数字化协同工作平台和手段。

2.2 构建多方协同运作的构型控制委员会

强化直升机产品构型管理工作,消化、吸收和实践国际合作项目——EC175/AC352 构型管理先进思想和手段,在行政指挥系统和设计师

制好,会后总结好。

2.3 组织各方人员开展构型控制协调

结合构型管理的实际,同步开展以下工作:

- (1) 在计划、设计、工艺、生产、质保、售后等部门要设立构型管理代表,落实 CCB 的决策部署;
- (2) 为加强成品的接口控制和状态管理,要求成品供应商成立相应的构型管理机构,并明确其职责;
- (3) 与故障报告、分析和纠正措施系统(FRACAS)进行组织协调,将其信息进行技术状况标识、记实,并与构型控制和审核活动进行衔接。

3 优化业务流程开发构型管理系统

3.1 开发构型管理系统

为满足直升机设计、制造、使用和维护等多方面的构型管理要求,在消化、吸收国外构型管理思想、方法、技术和波音模块化技术的基础上,采用了以构型项为核心的产品数据组织方式,通过构型项及其产品数据的成熟度控制和流程技术的应用,结合直升机产品研发管理特点,基于通用产品数据管理系统(ENOVIA LCA),通过对属性、界面、流程、功能、报表等全方位的开发和定制工作,构建了直升机构型管理系统(CHRDI LCA),见图4。

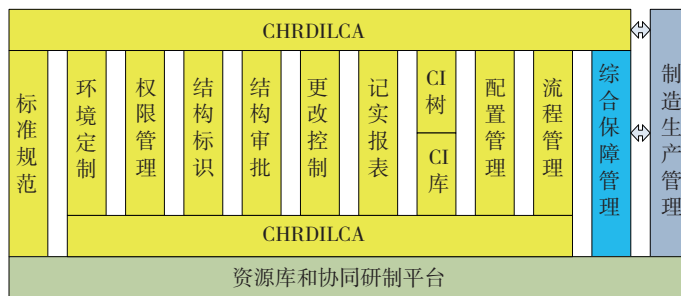
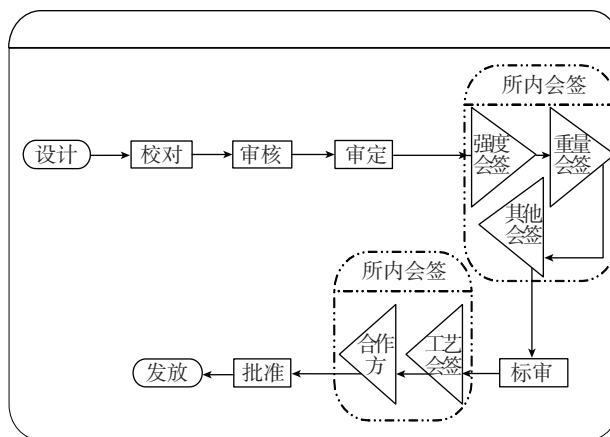


图4 构型管理系统框架图

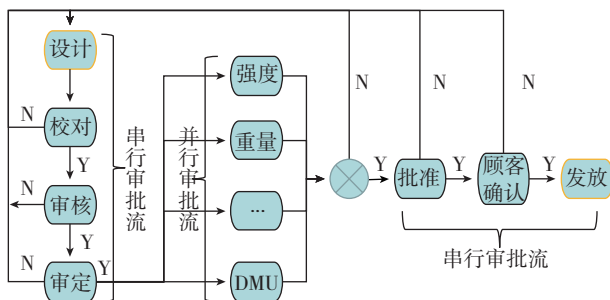
该系统满足了产品构型标识、控制、记实、审核的功能要求,解决了直升机研发的产品单一数据源问题,并行协同问题,配置管理问题,数据审签、发放和变更的自动化问题。

3.2 构建模型自动产品记实及报表生成

为解决以往 CO/ECO/EO 单、零件明细表、构型清单、审签信息及各种全机图样文件人工记实时,存在的内容不规范、数据信息不准确和人为更改等问题和数据发放时,存在的不及时、不到位的问题,并达到精细化管理目的,本文对标准件、材料、成品、零组件等进行详细的数字化定义,构建了零件明细表、构型清单、CO/ECO/EO 单、审签信息及各种全机图样文件统计报表等的数学模型,开发了自动产品记实和自动报表生成器 / 功能。同时,精简了数据输出 / 分发流程,将数据输出、下载、分发和审批发放标识过程整合并自动化,还增加了数据审校等措施,确保数据满足各项要求。



(a) 通用审批流程



(b) 通用审批流程模板

图5 审批流程及流程模板

3.3 优化数字化审签发放和更改控制流程

为彻底解决不同产品、不同项目、不同审批环节、不同类型的数据共享审批流程的问题,本文优化、统一了审签发放和更改控制的流程。图5为通用的审批流程及流程模板示意图。为此,基于 ENOVIA LCA/

VPM 开发了数据审批流程。同时,通过流程控制数据的状态,并内嵌封装了各种功能组件,以实现各项功能要求(数据检查、下载、签名和交换等)。开发后的流程具有高度通用性和灵活性,满足了研发各种组织、流程的审批要求。

4 规范实施建立配套的标准体系

高技术复杂产品的研发需要充分利用国际资源,因此,构型管理应建立起对内对外的规范化约束机制和要求。以直升机为例,在对外合作中,为确立中方的主导地位,有效管

控和指导外方,因此建立起了以构型管理规范为核心的项目顶层文件体系,有效管控国内外供应商。

按照企业质量管理体系和对外合作构型管理顶层策划要求,形成相应的构型制度体系,具体如下:

- (1) 质量手册: 明确构型管理要求;
- (2) 程序文件: 编制专门的构型管理程序文件;
- (3) 管理办法和操作性文件: 制订图样文件管理规定及构型管理系列标准;
- (4) 产品专用文件: 编制产品构型管理计划,及配套的管理文件,这些文件将作为项目顶

层文件发放给国内外供应商。

此外,针对产品数字化研发,对外合作要求,编制了支持构型管理数字化、精细化实施的标准,包括:

(1)产品数据定义系列标准;(2)产品数据管理系统实施系列标准;(3)产品数据交换系列标准。建立了构型管理数字化开发实施规范体系,具体规范项目见表1。

5 精细管理构建完备的基础数据库和工具

为实现产品完全数字化定义、数字样机,以及对设计资源(标准件、材料、成品、电气元器件和技术注释等)的精细化、唯一性管理,构建了直升机产品数字化设计中需用的设计资源及其使能工具。设计资源模型和数据满足了产品全三维数字化设计、应用分析要求,为产品数据管理、计算机辅助设计和工程分析等系统提供了准确、一致的数据,实现了“数据一次录入、多处重用”的功能,不仅规范而且高效,大幅提高了产品设计质量,设计、制造、检验效率,缩短了研制周期。成品(含电气元器件)数据库管理应用见图6(a),标准件数据库管理应用见图6(b),材料数据库管理应用见图6(c),技术注释数据库管理应用见图6(d)。

结束语

精细化构型管理,以构型项作为构型定义和控制的核心,大大简化了产品构型管理的复杂度;在更改控制中,降低了设计、制造和验证的循环迭代和更改次数,节省了研发费用。精细化构型管理方法、体系和工程环境,通过在十几个直升机产品研发项目中的指导和应用,显著提高了管理质量、效率和水平,从而进一步确保了直升机研发质量,缩短了产品研发周期。

参考文献

[1] ISO10007:2003-Guidelines for

规范体系	规范名称
一、构型管理规范	总则
	标识
	控制
	记录
	审核
	构型项选择与确定准则
	构型管理计划编制指南
二、系统开发规范	IPT 管理及定义
	产品配置管理
	业务属性定义
	标准件与材料管理
	成品(含元器件)管理
	审批与发放流程定义
	工程更改流程定义
三、系统使用规范	配置管理
	标准件与材料
	成品(含元器件)
	属性填写
	数据检查
	数据加载
	审批与发放
	工程更改
	数据输出与传输
	数字样机
有效性配置	
...	...



图6 设计资源工程数据库

configuration management.

[2] GJB 3206A-2010 技术状态管理.
[3] HB 7807-2006 航空产品技术状态

(构型)管理要求.

[4] HB/Z 20002-2011 航空产品技术状态(构型)管理要求实施指南.

(责编 杰一叶枫)