



国家出版基金项目

NATIONAL PUBLISHING FOUNDATION

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造技术与应用前沿

飞机构型管理

FEIJI GOUXING GUANLI

王庆林 编著

上海科学技术出版社



国家自然科学基金项目

“十二五”国家重点图书出版规划项目
先进制造技术与应用前沿

飞机构型管理

王庆林 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

飞机构型管理/王庆林编著. —上海:上海科学技术出版社, 2012. 1

(先进制造技术与应用前沿)

ISBN 978-7-5478-1079-8

I. ①飞... II. ①王... III. ①飞机—设计 IV. ①V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 260899 号

上海世纪出版股份有限公司出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 29 插页 4

字数:490 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1079-8/V·1

定价:89.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

构型管理是一门十分重要的学科,广泛应用于新产品研制和管理。有效地运用构型管理的原理,可促使投资效益最大化和产品生命周期成本降低。

本书以飞机构型管理为研究重点,从系统工程和并行工程出发,在阐明系统工程和并行工程原理的基础上,依据最新的构型管理规范,论述构型管理的功能和原理,定义构型管理术语和产品构型信息,推荐适当的构型管理过程和工具,以建立和维护产品和产品需求及属性之间的一致性,保证新产品研制的成功。

本书内容具有普遍性和推广价值。

本书可供航空院校(专业)的大学生、研究生,航空领域的工厂、研究所、设计院、试验基地的工程技术人员、构型管理人员、产品数据管理人员、新产品开发的管理人员等参考。

编撰委员会

先进制造技术与应用前沿

主 任 路甬祥

副 主 任 李蓓智 曹自强

委 员 (按姓氏笔画排序)

王庆林 石来德 包起帆 严仰光

杜宝江 李 明 李 春 李希明

何 宁 何亚飞 陈 明 閻耀保

葛江华 董丽华 舒志兵

学术专家 艾 兴 汪 耕 周勤之

前 言

我写构型管理的初衷,除了本人的研究兴趣之外,主要是深感构型管理的重要。近几年来,构型管理已在我国航空行业推行,有了较大进步,但也存在许多误解,在执行中暴露出许多问题。

构型管理(configuration management, CM)是一项建立和维护产品技术完整性的最重要的学科。随着现代系统(产品)的综合化、复杂性和成本的增加,需要使用更有效的技术数据来改善产品性能,降低生命周期成本和提高客户满意度。

许多世界 500 强的公司的实践证明,构型管理是一门保证质量和有效性的必需的学科,可使投资效益最大化和生命周期成本减少。这些公司成功的秘密都是因为构型管理实实在在地改进他们的业务过程,包括能力成熟度模型集成(capability maturity model integrated, CMMI)、系统工程(systems engineering, SE)和信息技术基础架构库(IT infrastructure library, ITIL)等的业务过程,而构型管理总是它们的关键部分。在构型管理的严格控制下,一些公司每年将节省以数亿美元计的成本。

据统计,美国工业界每年大约花费 4 250 亿美元来维护它们的工厂和产品,由于故障、部分功能损失、频繁改型和其他可靠性问题,造成了可靠性隐患、资产流失和生命周期成本的增加。其直接原因是构型管理实施中的过失。

不做构型管理会怎样? 实践告诉我们:每个成功的项目都有好的构型管理;而新产品研发过程的失控,常常是因为忽视了构型管理。不做构型管理会造成项目的困惑、不确定性、低的生产率和无法管理产品数据。

好的构型管理可以带来如下收益：

- 保证产品的可生产性和可重复性。
- 提高产品的性能、可靠性和维护性。
- 延长产品的生命周期和改进可支持性。
- 减少设计缺陷。
- 控制项目成本/进度/技术完整性。
- 实现产品双向互换性。
- 成本节省及规避风险。

构型管理起源于20世纪60年代美国空军采办政策的需要。当时，美国空军用构型管理控制新飞机的研制过程获得了成功。构型管理此后成为一门学科，从军方的“强制要求”变为企业的“自觉行为”，并为政府和工业界所共识。

而飞机的构型管理，由于客户需求、产品复杂性和适航取证等的特殊要求，在制造业中应用最广泛、最深入。构型管理已成为新飞机研制中不可缺少的环节。

飞机的构型管理与飞机的自主研发过程并行发展。

飞机构型管理的水平与飞机的研制能力相匹配。随着新飞机(如F-35、A380、B787等)不断问世，构型管理已发展到一个新阶段，构型管理规范也不断更新。

我国的飞机设计正在脱离仿制模式，走向自主研发。我们的构型管理走过了一段模仿道路，收获了不少经验和教训。构型管理要走向科学理解，只有通过系统工程的核心过程，改变模仿的思维，才能从“此岸”到达“彼岸”。

我们知道，系统工程是人的认识能动性表现最突出的活动之一。专业性学科讨论了设计中许多具体的方面，而“系统工程”则专注于研究总体性问题。“系统工程”是一种方法论，而不只是“论方法”。在“系统工程”的观念中，设计属于“系统综合”，即设计者要用他掌握的一切手段，“综合”(synthesis)出一个满足客户需求的“新系统”出来，而不是模仿。构型管理也一样，需要把“逆向思维”“正”过来。

本书从系统工程和并行工程出发，在阐明系统工程和并行工程原理的基础上，依据最新的构型管理规范，论述构型管理的功能和原理，定义构型



管理术语和介绍产品构型信息,推荐构型管理的适当的过程和工具,以建立与维护产品和产品需求及属性之间的一致性,保证新产品研制的成功。

构型管理并不是什么高深的理论,不要把它“神秘化”。它是人类半个世纪以来在新产品开发的成败中总结出的“游戏规则”,是最佳的实践经验。

但是,构型管理常常被人们误解,这些误解已构成构型管理的障碍。例如,有人认为:

- 构型管理是更改管理。
- 构型管理使研制进度变慢。
- 构型管理成本太高。
- 我们在研发阶段不需要做构型管理。
- 构型管理是一种文书式工作。
- 可以按构型管理软件的模板做构型管理。

此外还有:

在项目管理中不见构型管理,不知道控制和维护构型基线和建立产品基线是项目的管理目标。

在质量管理中不提构型管理,不知道没有构型管理怎样实现质量目标。

质量管理规范 AS 9100C 明确规定,“在对产品实现进行策划时,组织应确定以下方面的适当内容:……e)与产品相适应的构型管理。”

构型管理过程执行状态的自我评估是一项非常重要的工作。本书强调构型管理的自我评估,目的在于评估构型管理的工具、过程和程序的效率,为改进构型管理过程提供线索。

我国构型管理开展不力的原因,主要是构型管理的能力成熟度集成(CMMI-CM)不够,需要加强培训。本书可作为相关培训的参考用书。

本书虽然以现代飞机为研究重点,但本书介绍的内容具有普遍性和推广意义,它的理论、管理思想、方法学、系统架构、工作程序等可供其他机械行业和电子、软件等行业借鉴。

在本书的写作过程中,得到了北京航空航天大学于勇博士、达索系统公司汪沅先生和 Siemens PLM Software 公司余国华先生的帮助,在此表示感谢。

目 录

第一章	飞机领域的系统工程	1
第一节	系统工程导论	1
一、	系统和系统工程	1
二、	系统工程标准及其演变	3
第二节	飞机系统工程的领域和组成	5
第三节	飞机系统工程需求的捕获	8
第四节	系统工程的过程	12
第五节	系统的设计过程	14
第六节	系统的实现过程	18
第七节	系统的生命周期综合	20
第八节	系统工程工作的定义、内容和必需的环境	22
第二章	基于系统工程的飞机研制过程	24
第一节	飞机研制过程模型	24
第二节	客户需求驱动飞机设计	27
第三节	飞机的功能架构	30
第四节	飞机设计的不同领域	32
第五节	面向可制造性和装配性的设计	35
第六节	可靠性和维修性的设计	37
第七节	综合模块化的航电系统	39
第八节	系统的模块化、综合化和开放性	42
第九节	机载软件的架构设计	44

第十节 系统功能分析技术·····	46
第十一节 接口模块的设计·····	50
第十二节 飞机研制的生命周期过程 ·····	52

第三章 并行工程在飞机研制过程中的应用

54

第一节 并行工程的理念·····	54
一、并行工程理念的提出 ·····	54
二、并行工程的特征 ·····	58
第二节 并行工程的规划·····	60
一、并行产品定义 ·····	60
二、并行工程的总体规划 ·····	61
三、并行工程的组织架构 ·····	63
第三节 集成产品和过程的开发(IPPD) ·····	64
一、集成产品及过程开发的活动过程 ·····	65
二、集成产品及过程开发的功能模型 ·····	66
三、设计循环的迭代过程 ·····	67
四、集成产品及过程开发的运行环境 ·····	68
第四节 综合产品团队·····	69
一、综合产品团队的组织原则 ·····	69
二、综合产品团队的组建 ·····	72
三、战略管理层(第一层团队)的作用 ·····	75
四、综合产品团队的全面管理 ·····	76
五、谨防虚假的“团队” ·····	79
第五节 能力成熟度模型与集成产品开发 ·····	79
一、能力成熟度模型集成(CMMI) ·····	79
二、IPPD 与 CMMI 的集成 ·····	83
第六节 并行工程在飞机研制中的应用举例 ·····	84
一、并行工作轮 ·····	84
二、飞机产品数据的并行定义过程 ·····	85
三、团队绩效的监控 ·····	86
四、项目节奏轮 ·····	87

第四章 构型管理的产生和发展**89**

第一节 构型管理的演变	89
一、构型管理的由来	89
二、构型管理的强制性	91
三、构型管理成为企业的自觉性行为	94
第二节 构型管理的规范	95
第三节 构型管理与其他管理系统的关系	99
一、构型管理系统与设计系统	99
二、构型管理与系统工程	100
三、构型管理与项目管理	101
四、构型管理与质量管理	102
五、构型管理与适航管理	103
第四节 不做构型管理带来的后果	104

第五章 构型管理计划的编写和管理**106**

第一节 概述	106
第二节 构型管理的文件体系	109
第三节 构型管理的顶层模型	111
第四节 编写构型管理计划的方法	113
第五节 构建构型管理系统	114
第六节 构型管理计划的实例	116
一、EIA-HB-649 手册推荐的构型管理计划范例	116
二、承包商的构型管理计划范例	118

第六章 现代飞机的产品结构**122**

第一节 飞机的工作分解结构	122
一、工作分解结构的定义	122
二、工作分解结构的体系	123
三、开发 WBS 的步骤	125

四、开发 WBS 应遵守的规则	127
五、基于 WBS 的项目管理	129
六、民用飞机 WBS 举例	130
第二节 现代飞机的产品分解结构	136
一、产品分解结构的定义	136
二、WBS 与产品结构视图的映射	136
三、零件的构型信息	138
四、民用飞机的 PBS 案例	141
第三节 构型项	142
第四节 飞机产品模块化的基础	144
一、模块的定义	144
二、模块的分类	147
三、模块的标识	149
第五节 模块化设计	150
一、产品模块化设计的需求	150
二、民用飞机模块化设计的“V”字图	151
第六节 飞机模块化架构	152
一、产品模块化平台	152
二、模块化架构的定义和建立过程	157
三、飞机模块化总体方案	159
四、模块的体系结构	161
五、基于模块的产品数据结构	162
第七节 飞机不同设计领域的模块化	164
一、机体结构的模块化	164
二、机载系统的模块化	166
三、安装、装配、试验和集成单元的应用	169

第七章 基于客户选项的飞机构型配置

173

第一节 飞机的系列化、多样化和个性化	173
一、飞机的系列化	173
二、飞机的多样化和个性化	175



第二节 选项的标识	176
一、选项的分类	176
二、选项的特性	177
三、选项目录	179
四、选项的值	180
五、变量和变量条件	180
六、可选选项和特定选项的编号	181
第三节 选项的创建	182
一、选项创建的原则	182
二、选项创建的流程	183
第四节 选项的管理	185
一、知识图概念	185
二、选项对选项的知识图	185
三、选项对模块的知识图	186
四、选项的管理者	188
第五节 客户飞机的构型配置	188
一、传统的客户构型配置方法	188
二、先进的客户构型配置方法	189
第六节 客户构型的确认过程	191
第七节 构型配置器	193
一、构型配置器的原理	193
二、客户特定选项选择	195
三、构型配置器的数据组织	195
第八节 合同签约后的更改	197

第八章 民用飞机的编码体系

199

第一节 产品构型信息	199
第二节 构型标识的功能模型	201
第三节 产品编码系统	203
一、技术出版物国际规范	203
二、数据模块码	206

三、标准编码系统	208
四、拆分码和拆分码变量	208
五、编码结构的案例	211
第四节 产品的标识	214
一、产品标识符	214
二、飞机的标识	215
三、零件的标识	216
四、工艺组件的标识	218
五、工艺版次的标识	219
六、物理零组件的标识	219
七、工装的标识	220
第五节 零件描述文档的标识	221
一、文档标识方法一	221
二、文档标识方法二	222
第六节 项目项编号	223

第九章 构型基线

224

第一节 构型基线的基本概念	224
一、构型基线的定义	224
二、军标中的研制构型	227
三、构型文件	230
四、构型基线与项目管理	234
第二节 构型基线的管理	235
一、基线的创建	235
二、基线的维护——滚动基线	239
三、飞机研制过程中的构型基线更新	240
第三节 基线管理的原理——门禁管理	242
第四节 软件产品的基线管理	246
第五节 民用飞机构型基线的案例	248



第十章 飞机单一产品数据源 256

第一节 单一产品数据源(SSPD)的概念	256
一、单一产品数据源的定义	256
二、基于 SSPD 的企业信息系统集成	258
第二节 物料清单	260
一、产品生命周期阶段的物料清单	260
二、EBOM 的结构	261
三、MBOM 的结构	267
四、MBOM 是从设计到生产的桥梁	269
第三节 工艺规划的并行开发	270
第四节 单一物料清单	274
一、BOM 的管理能力	274
二、MBOM 的重构	277
三、MBOM 与 EBOM 的关联	278
四、EBOM 与 MBOM 的对比	282
五、动态工艺指令的输出	283
第五节 单一产品数据源的访问	284
一、单一产品数据源的元数据	284
二、单一产品数据源的数据调度策略	285
三、访问单一产品数据源	287
四、供应商数据的需求	287

第十一章 飞机的构型更改管理 290

第一节 构型更改管理的基础	290
第二节 构型更改的标识	293
一、更改的分类	293
二、改版和改号	295
三、零件号更改的决策树	297
第三节 构型更改的过程	297
一、构型更改的顶层模型	297

二、RFC	299
三、构型更改的流程	300
四、更改的传播	302
五、更改影响分析	307
六、更改的执行和验证	309
第四节 更改有效性管理	311
一、更改的有效性	311
二、有效性的标注位置	312
三、确定有效性的关键特性	312
四、有效性的描述	313
五、版本有效性和结构有效性	314
六、有效性的关系模型	315
七、有效性的自动传递	315
第五节 生产阶段的工程更改	316
一、生产阶段的构型控制	316
二、生产阶段的工程更改	317
三、先行更改	319
四、工程更改的合并程序	321
五、不符合性管理	322
第六节 产品差异的控制	322
一、RFV 的分类	323
二、RFV 的管理	323
三、偏离请求单的内容	325
第七节 构型更改的主管人员	327
一、CB	327
二、项目控制委员会(PCB)	331
第八节 军用飞机的构型控制	333
一、国防采办系统	333
二、构型更改的顶层模型	334
三、构型更改的启动	335
四、构型控制委员会(CCB)	336
五、ECP 的样张	339

第九节 常见的构型更改问题	341
一、不是构型更改的更改	341
二、工程发放的门禁管理	342
三、CM 工具与 CM 过程	343
四、造成更改过程混乱的主要原因和影响更改效率的“障碍”	344
五、何种情况允许使用临时更改	344

第十二章 供应商和合作伙伴的构型管理 346

第一节 精益企业下的产品研发	346
一、航空精益企业	346
二、建立精益企业协同产品开发环境	349
三、风险合作伙伴的选择	349
四、合作伙伴工作包的定义	351
五、合作伙伴的协同工作模式	353
六、联合定义阶段的 IPTs 组织	355
第二节 对供应商构型的管理	356
一、制造商与合作伙伴联合研制的构型基线	356
二、供应商的构型管理	357
三、供应商构型管理的主要内容	358
四、供应商构型管理计划	359
五、供应商构型管理的启动	360
第三节 ICD	361
一、ICD 的种类	361
二、ICD 的生成	362
第四节 供应商的构型控制	364
一、制造商-供应商的更改流程	364
二、供应商的更改流程	365
三、二级供应商的更改流程	366

第十三章 构型状态纪实 368

第一节 构型状态纪实(CSA)的要求	368
--------------------------	-----