

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.04.015

# 一种基于需求工程思想的民用飞机 需求确认方法

## A Method of Civil Aircraft Requirements Validation Based on Requirements Project Principle

王 跃 / WANG Yue

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘 要:

依据民用飞机在产品开发过程中需求如何确认的现实需求,定义了一种基于需求工程思想的民用飞机需求确认的方法。该方法一方面引入了需求工程的思想,一方面在不破坏原有设计要素的前提下,同时利用设计方案作为两者沟通、融合的载体,有效实现了“需求是牵引,设计是根本”的现代民机产品开发理念。该方法和流程在民机型号的概念设计工作中得到应用,取得了较好的实践效果。为了能够对相关的工程设计工作提供可参考和借鉴的经验,以飞机起飞场长为例,对该需求的需求确认过程进行了详细剖析,进一步阐述这种设计方法的关键点和核心思想。

**关键词:** 民机;需求;捕获;分析;确认;起飞场长

**中图分类号:** V221

**文献标识码:** A

[**Abstract**] A method of requirements validation is developed and defined to meet the needs of civil aircraft requirements validation in product development. Based on requirements project principle, this method will not affect the conventional design elements, and can effectively connect the requirements with design. It realizes the modern civil aircraft development concept, which is “requirement is the origin, design is the basis”. So far, the method has been successfully applied in civil aircraft development in China. Taking takeoff field length as an example, the validation process and the validation method of the requirements are detailed introduced in the study, with the hope of providing the experiences to other civil aircraft product design.

[**Keywords**] civil aircraft; requirements; capture; analysis; validation; takeoff field length

## 0 引言

需求工程是现代民机发展的产物,是伴随着微电子、通信导航、信息传输、电传控制等先进系统的大规模集成和应用发展起来的,其核心思想是“需求”和“需求管理”,这也是区别于传统的基于结果设计思想的不同之处。

中国的民用飞机发展历程坎坷且不连续,真正的型号发展起步更晚,飞机的设计思想多移植于军用飞机,与世界上先进民用飞机设计思想的发展脱

节,与国际上的主流飞机制造商的能力相比存在较大的差距。

经过近20年努力与发展,中国民机产业已经清楚地认识到与国际先进水平的差距,在历经支线、单通道客机工程型号的洗礼后,先进的设计思想也逐步被引进、消化、吸收并推广到设计之中。本文运用需求工程的设计思想,定义了一种在民机概念设计阶段基于需求工程思想的民用飞机需求确认方法和流程,并成功地应用到实际工程型号的设计工作之中,取得了很好的实际效果,具有一定的工

程借鉴与推广价值。

## 1 现代民机需求工程研发思想简介

现代民机需求工程的核心思想是“需求”和“需求管理”。需求是功能规范的可识别要素,可以对要素进行确认,且可以验证对应的实施过程。在产品的全寿命周期中,需求管理以可追溯的、一致的、相关的和可验证的方式,对需求及其相关文件进行引用、识别、开发、管理和控制。需求管理通过对更改的分配、验证、调整和控制,来确保解决方案满足相关方的需求和期望。

需求是飞机和系统设计的基础,所有设计围绕需求来开展,牵引整个设计工作。如果需求不正确、不完整、不一致,就可能导致飞机功能缺失、无法达到既定的性能等,给产品造成重大的影响。因此,本文的内容也是重点聚焦于需求确认这一过程,见图1的红框区。希望通过一个具体指标的实际操作来进一步细化这一流程,固化成一种可操作的方法,同时也给其他的需求提供一种参考和借鉴。

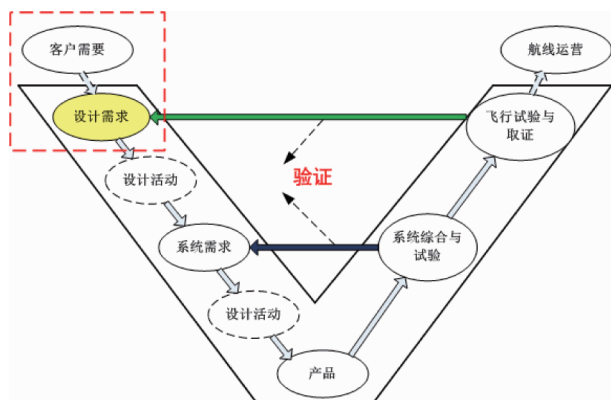


图1 需求确认及验证示意图

## 2 基于需求工程思想的民用飞机需求确认方法

基于需求工程的设计思想虽然在很多产业已经广泛应用,并且取得了很好的效果,比如汽车行业。但是该设计思想真正引入民机设计时间不长,应用则更短,这一方面是由于民机产业有其发展的自身规律,另一方面也是受制于整个业界对民机的认知水平。

在民机产品开发中引入需求工程思想的初衷是看到其自身的优势,即以需求牵引设计,明晰上下游输入输出,利于设计过程管控等。在引入的同时并不是要摒弃原先的设计体系、方法,另起炉灶,

而是要将两者有效地结合起来,取长补短,更好地发挥其各自领域内的优势,实现“1+1>2”的效果。

在原有的设计体系内引入新的设计思想,就好比“中国的改革开放”,既不能动摇原先的设计基础,又必须打破某些僵化的、制约产品开发的环节,有很大的难度。通过对国外先进民机制造商设计体系的研究,同时结合对现有的设计体系的梳理,提出如下的基本原则:

1)不破坏原有的设计要素,设计是产品开发的基础、根本;

2)增加需求牵引设计的要素,使设计工作真正成为面向需求、面向市场的设计;

3)“需求”要融入设计,成为设计的一部分,能够支撑、助力设计工作。

经过在型号工作上的摸索和实践,在满足以上原则的基础上,归纳提出了如下的需求确认方法及流程,如图2所示。整个需求的确认过程中,分为三步,即需求捕获、需求分析、需求确认。

需求捕获是产品开发的源头,同时面向市场、用户、设计、制造、客服等所有相关行业。其最大的特点是需求源于发起方,发起方更加关注的是产品的外在属性或特性,而更多地忽略产品本身的构造、原理等内在属性。正是由于上述的特点,在需求捕获环节获取的需求,一般只是一种带有趋向性的需求,这种需求与产品开发过程中执行的需求有较大差别,特别是在需求的完整性、正确性、可行性等方面,还不具备成为真正意义上产品开发过程中所定义的“需求”。为了合理地实现需求的传递、转化,就需要开展产品开发中最为关键的一步工作——需求分析。

需求分析一头牵着市场(需求利益攸关方的源头),一头牵着设计,同时还要将两者有机的融合起来,成为真正产品方案中可操作、可执行的需求。为了实现“桥梁”作用,这其中对“需求发起方”的分析工作就成为关键,一则是整个需求工程思想的核心思想体现,二则是能否成为牵引设计的关键。此外,在需求分析中,传统的设计要素依然是基础,其一方面开展对竞争机的分析与评估,另一方面结合自身的技术储备,提出初始方案或方案设想。在实际的操作过程中,需求发起方的工作和需求影响方的工作是交互的,由于双方是平行的,这种交互快速而高效。产品方案是整个需求的载体,是所有需求分析工作的平台。

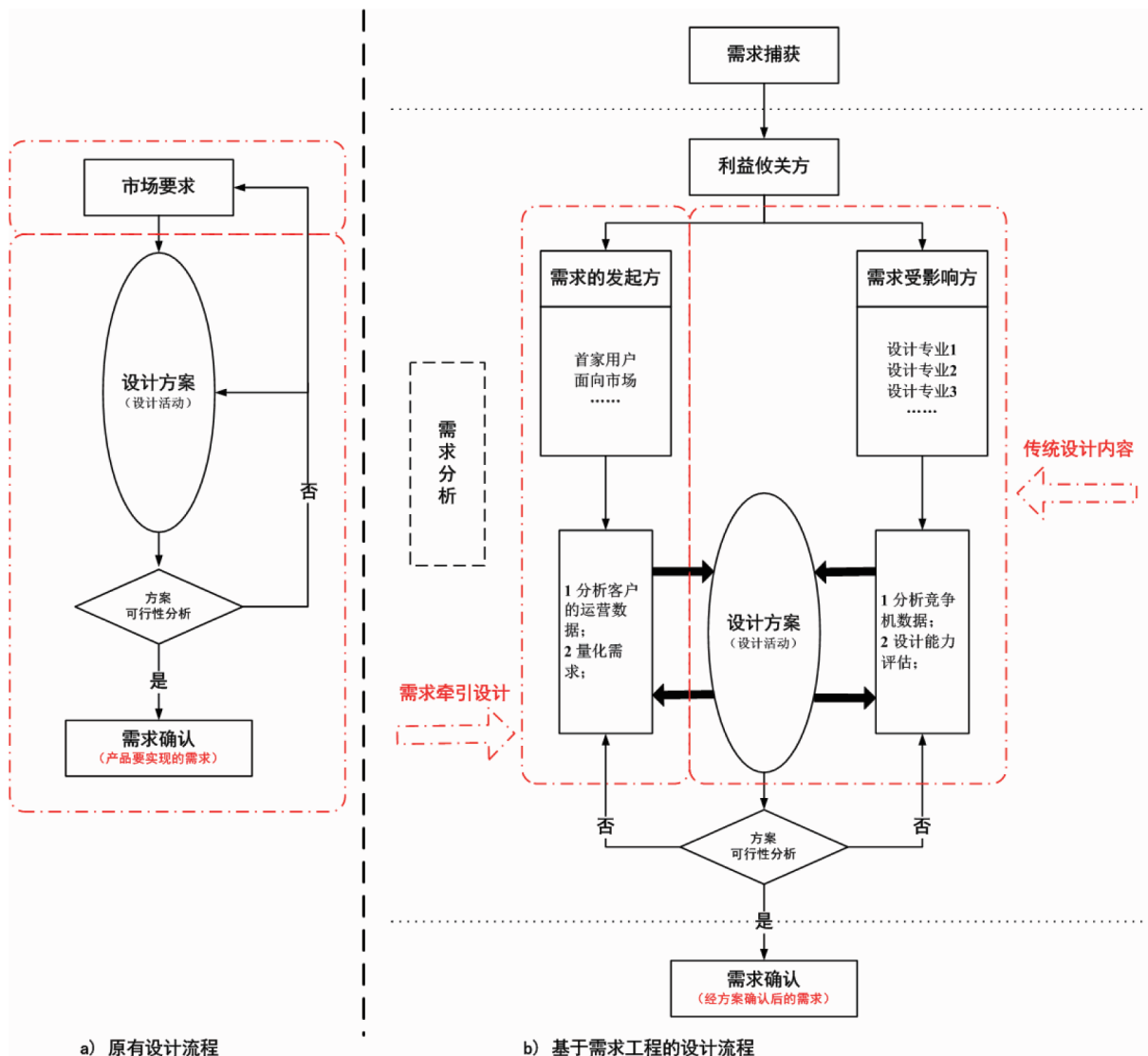


图 2 基于需求工程的指标确认方法流程图

最后一步是需求确认,这一步主要是通过产品方案这根纽带,一方面将需求从源头到产品开发之间建立起有效的联系,一方面也是实现需求的真正“落地”。

### 3 在工程型号中的实际应用

需求是产品开发的基石,在整个设计过程中,需求也是逐层分解、传递的,需求数量极为庞大。为了能更清楚地对这种方法进行说明,下面将以工程型号中“飞机起飞场长”这条需求为例来进一步阐述。

#### 3.1 飞机起飞场长简述

对于飞机的起飞场长,《运输类飞机适航标准》中有明确的条款要求,经过梳理,具体内容如下。

#### 1) 起飞距离

对于给定的运行条件(温度、气压高度、重量等):

(1)干跑道上的起飞距离大于以下值:

$TOD_{N-1干}$  等于从松刹车开始到飞机高于起飞表面上空 35ft 所覆盖的距离,假设关键发动机的故障在  $V_{EF}$  时发生,在  $V_1$  时被判明。

1.15  $TOD_{N干}$  等于 115% 的从松刹车开始到飞机高于起飞表面上空 35ft 所覆盖的距离,假设所有发动机都工作。

(2)湿跑道上的刹车距离大于以下值:

$TOD_{干}$  等于干跑道上的起飞距离;

$TOD_{N-1湿}$  等于从松刹车开始到飞机高于起飞表面上空 15ft 所覆盖的距离,确保飞机在起飞表面上

空达到 35ft 之前就达到  $V_2$  速度,假设关键发动机的故障在  $V_{EF}$  时发生,在  $V_1$  时被判明。

### 2) 加速停止距离

(1) 干跑道上的加速停止距离大于以下值:

$ASD_{N-1干}$  等于以下所需具体之和:

- ① 所有飞机都工作时将飞机加速到  $V_{EF}$ ;
- ② 假定关键发动机在  $V_{EF}$  发生故障而且飞行员在  $V_1$  时采取了第一个中断起飞的动作,从  $V_{EF}$  加速到  $V_1$ ;
- ③ 飞机完全停下来;
- ④ 加上恒定的以  $V_1$  速度运动 2 s 所覆盖的距离;

$ASD_{N干}$  等于以下所需具体之和:

- ① 所有飞机都工作时将飞机加速到  $V_1$ ;
- ② 假定飞行员在  $V_1$  时采取了第一个中断起飞的动作;
- ③ 在所有发动机都工作时达到飞机完全停下来;
- ④ 加上恒定的以  $V_1$  速度运动 2 s 所覆盖的距离;

(2) 湿跑道上的加速停止距离大于以下值:

$ASD_{干}$ 。

$ASD_{N-1湿}$  等于除了跑道是湿的以外,定义与  $ASD_{N-1干}$  相同。

$ASD_{N湿}$  等于除了跑道是湿的以外,定义与  $ASD_{N干}$  相同。

### 3) 平衡场长的定义

对于一定的起飞重量,决断速度  $V_1$  的增加,都会引起飞机  $TOD_{N-1}$  的减少,以及  $ASD$  的增加,如图 3

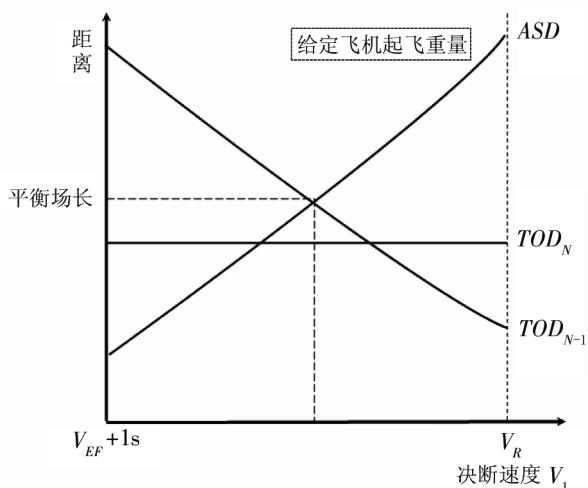


图3 平衡场长示意图

所示。其主要原因是  $V_1$  的增加意味着双发加速的时间更长,这样会使得一发故障后的起飞距离更短,但是中断起飞的距离增加。在某一个决断速度  $V_1$  下,会出现  $TOD_{N-1}$  和  $ASD$  相等的情况,其对应的距离就定义为平衡场长。由于平衡场长反应了起飞阶段的多种情况,具有很强的实际价值,因此,在工程设计中,一般选取平衡场长作为起飞场长的评估对象。

### 3.2 需求捕获

初始需求:起飞场长(MTOW, SL, ISA + 15 °C):  $\leq A$  m。

调研客户:意向航空公司,意向航空租赁公司。

客户意见:较短的起飞场长有利于覆盖更多的机场,市场更广。

### 3.3 需求分析

本节将分别对引入需求工程之前的设计方法和引入需求工程之后的设计方法在实际的设计工作中表现的情况进行说明,通过对比,可以更加清楚地看出两种方法的区别,及后者带来的好处。

1) 引入需求工程思想之前的设计方法的开展情况

捕获的需求直接进入设计专业,方案团队开展设计工作,通过一轮的设计评估后发现如下主要技术问题(在满足此条需求的基础上):

(1) 正常起飞推力偏大,飞机的推重比高于竞争机水平;

(2) 正常起飞推力接近备选发动机的最大能力,方案(含系列化)的设计鲁棒性变差;

(3) 正常起飞推力偏大,发动机寿命变短,维修经济性变差;

(4) 若降低正常起飞推力,就需要加大增生装置面积或采用复杂的双缝襟翼。

以上的每一条技术问题,对方案都是有重大的影响,如果解决不好,最终的产品必定缺乏市场竞争力。

上述情况,是在原先的设计方法和体系中出现的一种非常典型的案例。遇到此种情况,往往需要各设计要素做大量的工作,来对需求的符合性开展设计。正是由于在整个需求确认过程中缺乏一个对需求发起方提出的需求进行深入分析的环节,导

致用于设计的需求不准确,浪费了有限的设计资源,拖延了工程进度。

## 2) 引入需求工程思想之后的设计方法

首先对需求进行利益攸关方的确认,见表 1。

表 1 利益攸关方

起飞场长利益攸关方	
需求发起方 (主要)	首家用户
	意向航空公司
	可能的潜在用户
需求影响方 (主要)	MRO 中心 (Maintenance, Repair and Overhaul Centers)
	飞机推重比
	高升力装置
	动力装置
	飞机系列化

在确认完利益攸关方之后,按照需求发起方和需求影响方两条主线并行开展工作。由于与需求发起方相关的“需求分析”工作是需求工程思想的核心部分,本文将重点介绍如何对需求发起方进行有效的分析,对客户的需求进行翻译,使之能够反映出需求的本质,对设计产生正面影响,主动的牵引设计,推进设计。

### (1) 对需求发起方的分析

具体分析思路:

①梳理出全球市场跑道长度在  $A \text{ m} \sim A + 600 \text{ m}$  的机场(有竞争机运营);

②对梳理出的机场按地理位置划分,确认是否有市场客户或潜在客户在此运营;

③针对有市场客户或潜在客户运营的机场,梳理出有此机场运营的实际航线;

④综合上述内容,用实际的数据来反映客户的本质需求。

经过上述分析后,得出如下结果:

①市场客户运营的航线暂无包含跑道长度在  $A + 400 \text{ m}$  以下的机场;

②潜在客户运营的航线中,有涉及到  $A + 400 \text{ m}$  以下的机场,但这些机场运营的航线较短,飞机的起飞重量较小,因此也不构成对飞机的限制;

③在开展实际的飞机设计中,飞机的起飞场长不大于  $A + 400 \text{ m}$ 。

通过这一轮实际的分析,可以清晰的看出,市场客户的需求往往是模糊的,不是精确的,只能反映出客户的趋向性意见。在收集、整理好客户的需求后,需要在客户需求的趋势下,做进一步客观分析和研判,量化出“需求”。

需要重点指出的是,本小节关于对需求发起方分析的内容,看似简单,但却是原有设计方法和体系中缺失的一环。要让这一环节真正发挥作用,需要在组织架构和人员安排上进行保证。首先在组织架构中要明确此项工作的承担主体,其次在团队人员的配置上需要既熟悉市场目标又对产品开发的现状有充分了解的复合型人才。

### (2) 对需求影响方的分析

需求影响方的需求分析内容与传统设计内容一致,见图 2,其核心内容是产品方案的设计,主要包括竞争机分析和技术储备的评估。通过对需求发起方的分析,发现分析的初步结果和需求影响方分析的结论重合,且都落在一个合理可行的区间,这就为后续的需求确认提供了基础。

## 3.4 需求确认

经过详细的需求分析之后,需求的载体——方案,合理可行。同时在原有设计流程中存在的技术问题也不复存在。最后确认需求如下:起飞场长 (MTOW, SL, ISA + 15 °C)  $\leq A + 400 \text{ m}$ 。

通过这一轮完整的需求确认过程,可以清楚的看到,需求分析是整个需求过程中的重要一环,需求要“落地”,要能牵引设计,这一环的工作必不可少。

## 4 结论

为了满足民用飞机在产品开发过程中需求是如何确认的这一实际需要,总结和建立了一种基于需求工程思想的民用飞机需求确认的方法,并得到了如下结论:

1) 新的设计方法使得市场和设计的连接更加顺畅和紧密。

2) 在新的设计方法中,需求和传统的设计要素更加有效的组合在一起。有效的实现了“需求是牵引,设计是根本”的现代民机产品开发理念。

3) 新的设计方法已经成功应用在我国民机设计过程中,有很高的借鉴价值。

**参考文献:**

- [1] SAE. ARP4754A, Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems[S]. 2010,12.
- [2] Airbus. Getting to Grips with Aircraft Performance[M]. France, 2002, 1.
- [3] CHEN Bushi, LI Yunjun, WANG Zhiyu. Aircraft Design Manual, volume 5, Civil Aircraft General Design[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2005.8. (in Chinese)
- [4] EGBERT Torenbeek. Synthesis of subsonic airplane design

[M]. Netherlands: Delft University Press, 1976.

[5] DENIS Howe. Aircraft Conceptual Design Synthesis[M]. Great Britain: Antony Rowe Limited, Chippenham, Wiltshire, UK, 2000.

**作者简介**

王 跃 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞机起落架布局设计、飞机发动机布局设计和飞机顶层设计要求体系; Tel:021-20865605;E-mail:wangyue@comac.cc