

# 航空货物集装箱化验证方法研究

## Research on Validating Method of Integration for Aeronautical Cargo

张恒铭 张靖 程德峰 / 中航工业一飞院

**摘要:** 为了验证单个集装箱或集装箱装载小件军事航空货物的可行性, 本文提出了一种军事航空货物集装箱化验证方法。通过对军事航空货物的特殊性以及集装箱、集装箱装载约束条件的分析, 建立了军事航空货物集装箱化验证模型, 编写航空货物集装箱化验证流程和算法, 利用VC++软件实现该批货物集装箱化验证界面并给出合理的集装箱化布局, 为军事航空运输中集装箱化货物快速规划提供参考。

**Abstract:** In order to validate the feasibility of individual containers or pallets loaded with small air cargo, this paper presents a cargo containerization verification method. Analysing the air cargo container, pallet loading particularity and the constraints, setting up the air cargo containerization verification model, it composes air cargo containerization verification process and algorithm and uses VC++ software to bring about the number of Containerized Freight Container interface layout verification and give reasonable to provide reference for the container in the air transportation of cargo fast planning.

**关键词:** 航空运输; 集装箱货物; 集装箱化方法

**Keywords:** aviation transportation; containerized cargo; containerization method

### 0引言

在军事货物航空运输中, 为了提高航空货物装卸效率, 一般需要对小件货物进行集装箱化处理后, 采用集装箱或

集装箱形式装入飞机<sup>[1]</sup>。不同类型的集装箱或集装箱都存在装载重量、重心、空间等要求。而大批量的大型航空货物则无法进行快速的集装箱化处理, 进而影响

军事航空运输的装载规划, 降低装载效率。集装箱化货物(集装箱形式、集装箱形式等)的优化装载算法很多, 如启发式算法、空间分割算法、遗传算法等<sup>[2]</sup>。这些

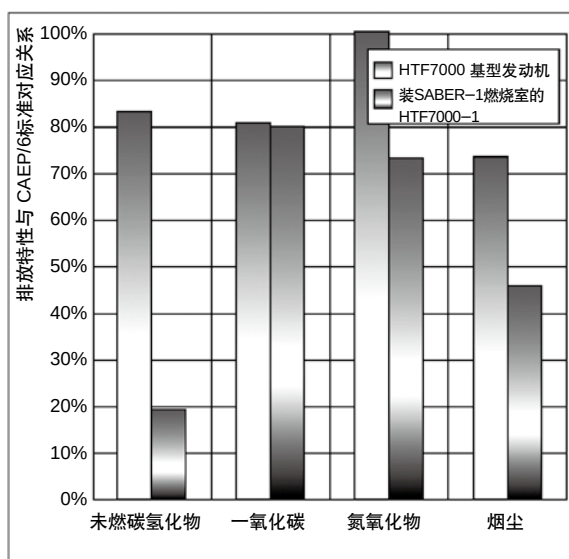


图4 HTF7000-1发动机与HTF7000型发动机污染物排放对比

航空发动机的研制机构来说, 借鉴和参考其RQL燃烧室设计理念, 统筹安排, 开展航空发动机技术的规划、攻关和发展十分必要。

AST

### 参考文献

- [1] Slashing emissions with SABER [J]. Engine Yearbook, 2013, 92-95.
- [2] 李杰. 富油燃烧—猝熄—贫油燃烧燃烧室技术分析[J]. 航空发动机, 2011, (2):50-52.
- [3] 李杰. TAPS燃烧室燃油

喷嘴结构设计特点分析及思考[J]. 航空科学技术, 2010, (1):8-10.

[4] 李杰. 先进低氮氧化物排放燃烧室技术分析[J]. 航空科学技术, 2010, (4):11-13.

[5] 李杰. 现代航空发动机分区燃烧策略分析[J]. 航空科学技术, 2011, (3):13-16.

### 作者简介

李杰, 高级工程师, 从事外贸技术与管理工作。

巨亚斌, 工程师, 从事外贸转包项目技术与管理工作。

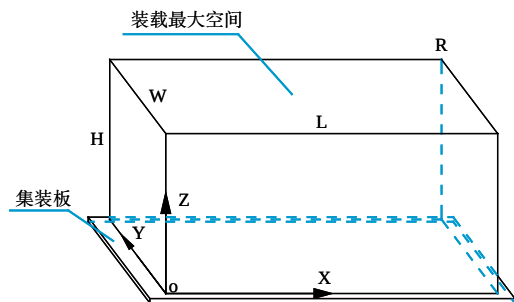
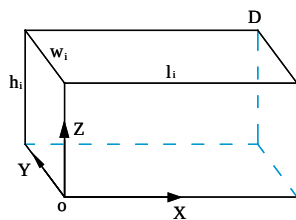
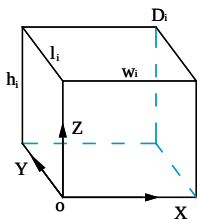


图1 航空集装箱装载空间示意图

算法主要面对海运或陆运集装箱装载,而海运和陆运方式对集装箱的重心位置和货物航空限动过载没有严格要求,而若在这些算法中增加这些约束条件,当货物数量较大时,这些算法会出现优化次数过高而浪费大量时间或导致优化失败。针对这些问题,以航空集装箱形式为例,本文提出了一种单个集装箱装载布局快速验证方法(即空间快速占位法),在保证单个集装箱装载要求的条件下,给出合理的货物装载布局,为大批航空需集装化货物进行合理规划提供参考。

## 1 基本假设

航空集装货物主要利用集装箱或集装板对小件货物进行集装化,形成一个较大的整体,便于航空装卸和固定,提高

图2 第*i*件货物顺向摆放时的坐标系图3 第*i*件货物横向摆放时的坐标系

军事航空货物运输效率。采用航空集装板时,军事航空货物集装处理必须满足集装板的装载要求,如装载最大重量、重心范围、最大尺寸、挤压能力等。

由于军事航空集装化物资种类繁多、形状多样,且属性、装载条件复杂,这里对其作如下假设:

- 1) 每件货物外形可近似为长方体;
- 2) 每个货物摆放位置不受其挤压能力限制;
- 3) 每件待装货物不允许侧放、倒放;
- 4) 航空集装板在货舱中摆放时沿航向方向的尺寸设定为集装板的长度。

航空集装板装载空间及装载坐标系如图1(坐标系X轴方向与飞机航向一致),对于装载货物一般分为顺向摆放和横向摆放如图2、图3所示。

## 2 模型构建

以集装板形式装载为例,对于一批所需单个集装板装载的航空小件货物(共计*n*件),根据军事航空集装板装载的特点,提出该批航空小件货物装载单个集装板布局验证的基本模型如下:

单个货物的装载尺寸要求:

$$m_i \leq m_0 \quad (1)$$

$$l_i \leq L \quad (2)$$

$$w_i \leq W_0 \quad (3)$$

$$h_i \leq H \quad (4)$$

装载质量约束:

$$\sum_{i=1}^n m_i \leq m_0 \quad (5)$$

其中:

$m_0$ 为单个集装板装载货物最大质量;

$m_i$ 第*i*件货物质量;

$n$ 为装载货物总数。

在每件货物的坐标系(如图2、图3所示)中,建立的空间对角D点坐标矩阵M1,根据货物自身的摆放方式(即两种摆放形式:顺向摆放和横向摆放。当货物在顺摆条件下D点长宽高位位置不变;当货物在横摆条件下D点长宽位置数值交换),将矩阵M1转化为M2。

将每件货物坐标系下的D点坐标转换至集装板装载坐标系中,即进行坐标平移可得,将矩阵M2转化为M3。从矩阵M3中 $l_i$ 列选出最大值 $lp$ ;  $w_i$ 列选出最大值 $wp$ ;  $h_i$ 列选出最大值 $hp$ 。

装载空间约束条件为:

$$(lp \leq L \& wp \leq W) \vee (lp \leq W \& wp \leq L) \quad (6)$$

$$hp \leq H \quad (7)$$

集装板装载重心位置约束:

X方向上,

$$\frac{\sum_{i=1}^{n_k} m_i x_i}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \in (x_0 - \Delta x_0, x_0 + \Delta x_0) \quad (8)$$

Y方向上,

$$\frac{\sum_{i=1}^{n_k} m_i y_i}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \in (y_0 - \Delta y_0, y_0 + \Delta y_0) \quad (9)$$

Z方向上,

$$\frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \in (0, z_{00}) \quad (10)$$

飞机装载重心要求:

X方向重心范围为

$$(x_0 - \Delta x_0, x_0 + \Delta x_0) m;$$

Y方向重心范围为

$$(y_0 - \Delta y_0, y_0 + \Delta y_0) m;$$

Z方向重心范围为 $(0, \Delta z_{00}) m_0$ 。

其中:

第*i*件货物摆放系数为 $k_i$ ,当顺向摆放时, $k_i=1$ ;当横向摆放时, $k_i=0$ 。

在货物顺向摆放坐标系下(如图2所

示), $(x_0, y_0, z_0)$ 为装载空间的几何中心;

$\Delta x_0$ 为装载重心在几何中心处X方向上最大的偏移量;

$\Delta y_0$ 为装载重心在几何中心处Y方向上最大的偏移量;

$\Delta z_{00}$ 为装载重心距集装箱上表面的最大高度。

### 3 航空货物集装化流程

考虑到航空集装箱装载要求和航空货物自身特点,在单个集装箱货物装载布局验证时,一般遵循体积较大的货物摆放在下面,体积较小的货物摆放在上面的原则。空间快速占位法先进行塔形装载,形成多个塔形货物,将这些塔形货物装载到集装箱上。在装载过程中,采用顺向装载和横向装载形式。顺向装载是在装载坐标系中,货物顺向摆放,直到受到装载长度约束,无法继续进行顺向摆放的情况下,可采用横向摆放形式如图4所示;横向装载是在装载坐标系中,货物横向摆放,直到受到装载宽度约束,无法继续进行横向摆放的情况下,可采用顺向摆放形式。

货物装载布局验证流程如下:

- 1) 首先将该批货物按照长度从大到小排列。
- 2) 判断每件货物是否满足装载要求;若满足,则继续下一步;若不满足,则输出不符合的货物编号。
- 3) 先进行塔式装载,将第1件货物放在底层,以该货物上表面为摆放平

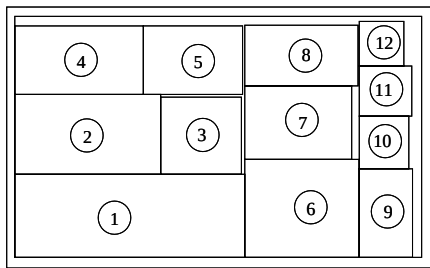


图4 顺向装载次序和布局示意图

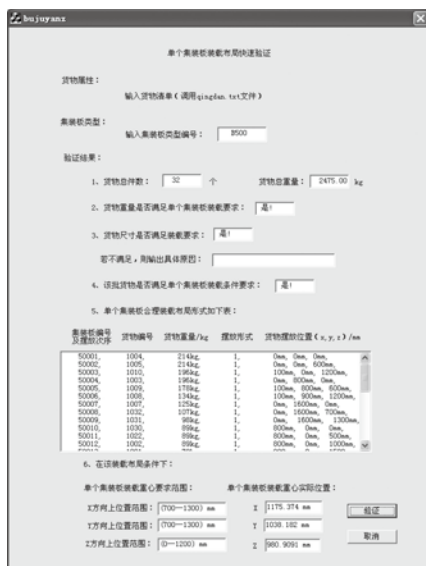


图5 集装箱装载布局快速验证界面

台,将其他货物依次采用顺向装载和横向装载形式摆放在第1件货物上表面直到无法再摆放其他货物为止(摆放货物的整体尺寸不允许超出第1件货物的长和宽),作为第2层,选择上表面面积最大的作为第2层摆放平台,以此类推,直到受装载高度约束而无法继续向上装载为止。

- 4) 通过第3步骤,形成第1个塔形货物,将剩余货物重新按照长度从大到小排列,在利用第3步骤,形成第2个塔形货物,以此类推,直到最后1件货物装入为止。

- 5) 将所有的塔形货物按照顺向装载和横向装载形式装到集装箱上。

- 6) 根据装载空间要求进行判断该批货物是否满足要求;若满足,则继续下一步;若不满足,则输出该批货物无法满足装载空间要求。

- 7) 根据装载重心要求进行判断该批货物是否满足要求,在X和Y方向上重心位置约束,由于塔形货物具有独立性,可以进行位置调整,而不影响装载空间;在Z方向上,由于采用塔形装载,装载重心相

对靠近装载底面,以满足Z方向上重心要求。若满足,则继续下一步;若不满足,则输出该批货物无法满足装载重心要求。

- 8) 输出满足要求的装载布局情况,例如每个货物的摆放位置、摆放形式、实际装载重心位置等。

根据上述单个集装箱装载布局验证方法,利用验证流程,通过VC++软件实现单个集装箱货物装载布局的快速验证,如图5所示。在验证界面中,只需要提供货物清单(包含货物尺寸、重量、重心等),就可以完成单个集装箱货物装载布局规划的验证,若满足单个集装箱装载要求,则输出最佳的货物布局情况以及单个集装箱的装载重心位置。

### 4 结束语

综上所述,通过对航空运输中集装化货物自身的特点以及装载布局进行分析,提出了集装箱装载布局验证方法。该方法可与集装货物运输规划相结合,尤其对大批量需集装化货物而言,在保证航空集装载体装载要求的条件下,以最佳的集装载体数量、合理的装载布局快速完成对该批货物的运输规划。该方法可以缩短地面规划时间,提高每架次的运输效率,为运输任务的快速完成提供保障。

AST

### 参考文献

- [1] 姜百盈. 伊尔-76飞机简介及结构系统分析[J]. 航空科学技术, 2006,(2):6-9.
- [2] 马忠俊, 苑德春, 刘垚. 航空军事运输装卸装备发展现状、需求及对策研究[J]. 国防交通工程与技术, 2006,(1):9-11.

### 作者简介

张恒铭, 硕士, 工程师, 主要从事货运空投专业。