

# 运输机空投起始点研究

## Research about the Air Release Point of Transport Aircraft

李党索 张永吉 / 中航工业一飞院

**摘要:** 根据货物空投着陆点及空投轨迹, 计算出运输机空投起始点, 并将所计算的空投起始点信息提供给航电系统, 引导运输机执行空投点航线。空投起始点的研究对运输机实现空投功能及提高空投精度具有重要的理论意义和现实意义。

**Abstract:** According to the airdrop landing point and the airdrop track, calculated the air release point of transport aircraft, provided this information to the avionics system, guided the transport aircraft to air release point track. it had significant theoretical and practical significance about the research for the air release point.

**关键词:** 运输机; 空投起始点; 航线

**Keywords:** transport aircraft; air release point; airline

### 0 引言

空投功能是运输机重要的功能之一, 空投起始点的选择至关重要。由于运输机在执行空投任务时空投起始点的确定受到风场等诸多因素的影响, 因此, 要保证空投任务的顺利完成, 对空投起始点的研究显得尤为重要。

### 1 空投起始点确定

#### 1.1 假设条件

在研究空投起始点时, 本文提出了如下假设:

- 1) 确定空投点坐标后, 运输机在进入空投航线后其飞行速度为常数;
- 2) 不考虑空投货物着陆点地表的凸度;
- 3) 货物在下降计算段内空气运动速度为常数;
- 4) 货物正常出舱、各级伞工作正常;
- 5) 无风时货物的运动和有风时货物的运动相互独立;
- 6) 无风条件下, 主伞打开后, 着陆前货物竖直下降。

#### 1.2 空投过程分析

假定空投物空投为三级开伞, 分为牵引伞、减速伞和主伞。如图1所示。

空投过程如下:

- 1) 运输机到达空投起始点后发出“投放”命令, 货舱投放机构抛出牵引伞;
- 2) 牵引伞被抛出舱外后充气打开, 拉出减速伞出舱充气打开;
- 3) 减速伞拉动空投物在货舱中开始移动, 在出舱瞬间减速伞的拉力转换开始拉动空投物上的主伞;
- 4) 空投物出舱后减速伞拉出主伞, 主伞开始充气展开;
- 5) 主伞完全展开后随着空投物缓慢降落到空投着陆点完成空投过程。

水平面上方的高度;  $h_1$  表示减速伞下降高度;  $h_2$  表示主伞下降高度;  $l_1$  表示减速伞下降轨迹段;  $l_2$  表示主伞下降轨迹段;  $\bar{A}_0$  表示无风货物移动矢量;  $\bar{W}_1$  表示“投放”命令发出到主伞打开之前货物有风移动矢量;  $\bar{W}_2$  表示主伞打开后到着陆前货物有风移动矢量;  $\bar{W}$  表示有风货物移

水平面上方的高度;  $h_1$  表示减速伞下降高度;  $h_2$  表示主伞下降高度;  $l_1$  表示减速伞下降轨迹段;  $l_2$  表示主伞下降轨迹段;  $\bar{A}_0$  表示无风货物移动矢量;  $\bar{W}_1$  表示“投放”命令发出到主伞打开之前货物有风移动矢量;  $\bar{W}_2$  表示主伞打开后到着陆前货物有风移动矢量;  $\bar{W}$  表示有风货物移

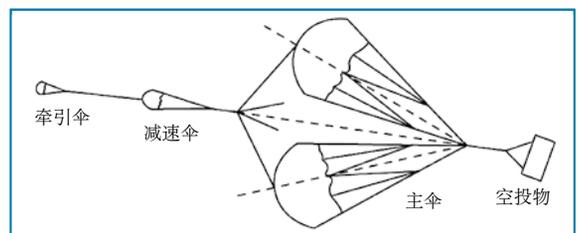


图1 开伞过程

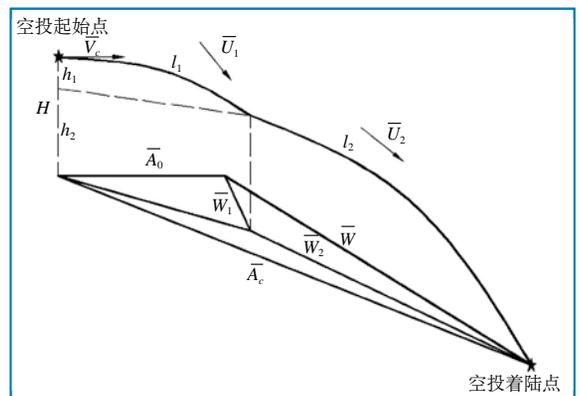


图2 空投轨迹示意图

1.3 空投轨迹

据1.2节空投过程分析绘制空投轨迹示意图, 如图2所示。图中 $l_1$ 为1.2节1)–2)–3)过程,  $l_2$ 为4)–5)过程。

#### 1.3 空投轨迹

据1.2节空投过程分析绘制空投轨迹示意图, 如图2所示。图中 $l_1$ 为1.2节1)–2)–3)过程,  $l_2$ 为4)–5)过程。

图中 $\bar{V}_c$ 表示运输机的速度;  $H$ 表示空投起始点的

动总矢量;  $\bar{A}_c$ 表示货物总移动矢量;  $\bar{U}_1$ 表示减速伞下降段侧风的水平分量;  $\bar{U}_2$ 表示主伞下降段侧风的水平分量。

在已知空投着陆点的位置后,要保证空投物空投后能够到达预定的空投着陆点,需要知道运输机在何处开始进行空投,即图2中所示,根据空投着陆点反向求解空投起始点坐标位置。

### 1.4 空投起始点计算

如图2所示,在已知货物空投着陆点情况下,考虑风场等因素的影响反向求解空投起始点坐标位置,即求 $\bar{A}_c$ 。

#### 1) $T_B$ 求解

$\bar{A}_0$ 是指货物在无风的状态下移动的位移,即从“投放”命令发出到主伞打开之间的位移矢量在水平方向的投影,这部分所需的时间 $T_B$ :

$$T_B = V_i + t_{CT} \quad (1)$$

式中: $V_i$ 表示从“投放”命令发出到货物脱离运输机之间的时间;

$t_{CT}$ 表示货物脱离运输机到主伞打开之间的时间。

$\bar{A}_0$ 值通过求解无风条件下,主伞打开前货物的空投运动方程来确定,即:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= V_w \cos \theta \\ \frac{dy}{dt} &= V_w \sin \theta \end{aligned} \quad (2)$$

如图3所示,图中 $x$ 、 $y$ 表示空投物运动的水平和垂直方向坐标; $g$ 表示重力加速度; $\theta$ 表示轨迹夹角; $V_w$ 表示重物速度。

#### 2) $T_{CH}$ 求解

$T_{CH}$ 表示主伞打开后到着陆前的下

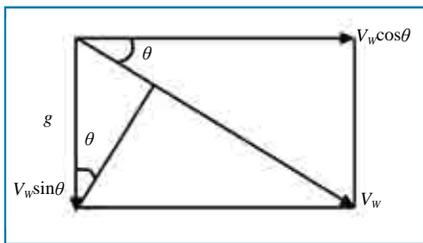


图3 空投物运动分解

降时间,其值由求解空投运动方程确定,即:

$$\begin{aligned} \frac{dV_w}{dt} &= - \left( \frac{m_s}{m_s + m_f} g \sin \theta + \frac{D_w + D_s}{m_s + m_f} + \frac{V_w}{m_s + m_f} \cdot \frac{dm_f}{dt} \right) \\ \frac{dS}{dt} &= V_w \end{aligned}$$

式中: $m_s$ 表示主伞质量; $m_f$ 表示附加质量; $D_w$ 表示气动阻力; $D_s$ 表示主伞向下的重力; $S$ 表示主伞打开时的坐标。

#### 3) $\bar{W}_1$ 求解

$\bar{W}_1$ 表示“投放”命令发出到主伞打开之前货物有风移动矢量,其计算如下:

$$\bar{W}_1 = \bar{U}_1 * T_B \quad (4)$$

#### 4) $\bar{W}_2$ 求解

$\bar{W}_2$ 表示主伞打开后到着陆前货物有风移动矢量,其计算如下:

$$\bar{W}_2 = \bar{U}_2 * T_{CH} \quad (5)$$

#### 5) $\bar{W}$ 求解

$\bar{W}$ 表示有风货物移动总矢量,其计算如下:

$$\bar{W} = \bar{W}_1 + \bar{W}_2 \quad (6)$$

#### 6) $\bar{A}_c$ 求解

$\bar{A}_c$ 表示货物的总移动矢量,其计算如下:

$$\bar{A}_c = \bar{A}_0 + \bar{W} \quad (7)$$

## 2 运输机起始点执行

通过计算获得空投起始点坐标位置后,将坐标信息反馈给航电系统进行航线规划,从而指引运输机到达相应的

位置。由于风场是一个实时变化的矢量,因此,空投起始点的坐标位置也会进行实时的调整修正,以便满足空投精度的要求。

### 2.1 空投起始点航线规划

如图4所示,A-B段

为正常的航线,从B点开始运输机进入空投航线。在进入空投航线后开始进行瞄准、降低高度、货舱减压、准备开启舱门等工作。C点为移动点,实时监控距离空投起始点的距离。由于风场的实时变化可能导致空投起始点不在给定的空投航线上,那么应保证运输机借助自动控制系统对航线进行修正,从而保证正常进入空投航线,如图4中E-F-D所示。

### 2.2 空投起始点航线选择

如图5所示,在确定空投起始点后运输机可能会有多条空投起始点航线,即从任意条航线进入空投起始点都可以实现空投。此时需要综合考虑例如未来空投区域风场变化、空投区域地形等方面的因素,选择一条最优的空投起始点航线。在选定空投起始点航线后,其执行如同2.1节。

### 2.3 复飞

如图6所示,若运输机未完成空投准备退出空投航线或完成一件空投物后需在同一地点继续进行空投,需要进行复飞进入空投起始点。运输机完成空投掉头后重新进入空投起始点航线继

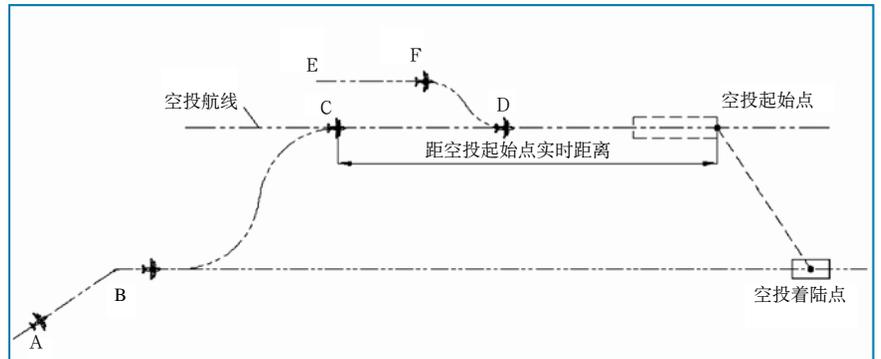


图4 空投起始点航线示意图

# 机载大屏幕显示器人机工效及其标准初探

## Research on Airborne Large-Screen Display Ergonomics and Standards

王旭峰 / 中国航空综合技术研究所

**摘要:** 分析了国内外机载大屏幕显示器人机工效发展现状,介绍了机载大屏幕显示器人机工效的关键技术,简述了国内外标准发展情况,提出了制定我国机载大屏幕显示器人机工效标准的建议。

**Abstract:** The current situation of airborne large-screen display ergonomics is analyzed, then the key technology is introduced in this paper. By analyzing the developing of large-screen display ergonomics standards, the paper discussed the suggestions of drafting domestic standards.

**关键词:** 大屏幕; 显示器; 人机工效; 标准

**Keywords:** large-screen; display; ergonomics; standard

### 0 引言

随着航空电子技术的飞速发展,飞机座舱显示系统的布局和信息显示方式发生了重大变化。传统的显示器布局和信息显示方式不但影响了飞行员执行任务和认知资源的时间,而且制约了座舱仪表板的利用率<sup>[1]</sup>。近年来国外采用了新型的用

于综合显示多种不同信息的大屏幕显示器,来替代以往飞机中的多个多功能显示器。实践证明,采用机载大屏幕显示器能有效地增强飞行员对作战飞行中态势的感知,是一种提高操作效能的重要手段。

在机载大屏幕显示器的设计中涉及大量人为因素,特别是与人的视觉特点

和信息加工能力有关的问题更是关键,显示器显示信息人机工效已成为各方关注的重点。

本文分析了国内外大屏幕显示器人机工效技术发展情况,介绍了该领域涉及的关键技术,并基于当前标准现状探寻了编制我国相关标准的发展路径。

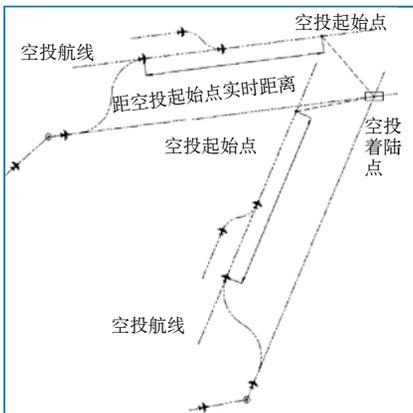


图5 任意方向空投起始点航线示意图

续进行空投。

### 3 结束语

空投起始点的确定对运输机执行空投任务的完成至关重要。在计算

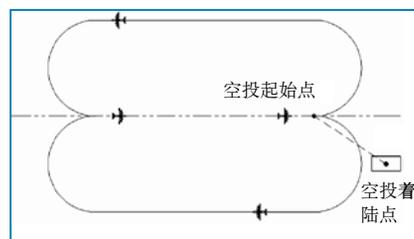


图6 复飞航线示意图

空投起始点时应考虑风场等因素的影响,才能保证计算出来的空投起始点的准确。在计算完空投起始点后,将坐标位置信息反馈给运输机,从而引导运输机按照指定航线进入空投起始点航线完成空投任务。

AST

### 参考文献

[1] 刘彬,谷京朝等.重物空投着陆

过程系统分析与仿真[J].空军雷达学院学报,2008,22(2):136-138.

[2] 王海涛,郭叔伟等.物伞系统空间运动模式分析[J].航天返回与遥感,2009,30(1):21-26.

[3] Darryn Cambell, Thomas Fill, Philip Hattis. An On-Board Mission Planning System to Facilitate Precision Airdrop[R]. AIAA-2005-7071.

### 作者简介

李党索, 硕士, 工程师, 主要从事空投空降工作。

张永吉, 高级工程师, 主要从事空投空降工作。