

空投大件在包装中重心调整方法的优化

渠文静, 张武生, 许涛, 孙伟
(空军空降兵学院, 桂林 541003)

摘要: **目的** 提高空投大件在包装中重心调整的精准度, 简化重心调整步骤。**方法** 先确定重心点的位置, 再通过计算得出吊挂钢索的长度, 再进行适当的配重和调节来调整重心。**结果** 与传统的重心调整方法相比, 优化后的方法操作简单, 调整准确, 优化效果显著。**结论** 该方法可广泛适用于空投包装中大件重心调整操作作业。

关键词: 空投大件; 重心调整; 优化设计

中图分类号: E919 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)17-0038-004

Optimized Adjustment of Center of Gravity for Big-Airdrop Packaging

QU Wen-jing, ZHANG Wu-sheng, XU Tao, SUN Wei
(Air Force Airborne Academy, Guilin 541003, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the adjustment accuracy of center of gravity for big-airdrop packaging and simplify the adjustment procedures. The position of the center of gravity was firstly determined and then the length of the hanging cable was calculated, and lastly proper counterweight and adjustment were conducted to adjust the center of gravity. Compared with the traditional adjustment method, the optimized method was simpler and more accurate and effective. In conclusion, the method can be widely used in adjusting the center of gravity for big-airdrop packaging.

KEY WORDS: big-airdrop; adjustment of center of gravity; optimization design

重心是指物体各部分所受重力的合力的作用点, 在物体内部各部分所受重力可看作平行力的情况下, 重心是一个定点, 与物体所在位置和如何放置无关, 且与质心位置重合^[1]。目前随着包装、装配、运输行业的快速发展, 物品的重心越来越引起人们的关注, 王洪庆等人主要对物品的重心确定和计算方法进行了研究^[2-9], 但在包装中关于重心调整的文章却少之又少。调整重心是空投大件在包装中的一个重要环节, 通过调整空投装备和物资在货台上的重心位置, 空投大件保持最佳的离机姿态, 这是实现空投大件正常开伞的关键因素之一, 直接影响着空投大件在实投中的成败。研究空投大件在包装中重心调整的问题, 对确保空投训练物资装备安全、

战时物资装备供给顺畅具有十分重要的意义。

1 影响空投大件离机姿态的主要因素

物资和装备根据体积或质量使用不同的货台, 组成不同的空投大件。空投大件离开飞机后的姿态直接关系着其承受开伞冲击力、下降过程中货台的受力、着陆冲击力的大小, 决定着降落伞能否正常张开和空投物资、装备能否安全着陆。空投大件的离机姿态主要受以下 3 种因素影响: 空投载机的几何特征、空投角度及气动特性, 如飞机货舱的形状、机载空投设备、飞机尾流和飞机的速度、飞机空投的角度、空投的高度等; 空投系统的固有特性, 如

收稿日期: 2016-05-29

作者简介: 渠文静 (1981—), 女, 山西大同人, 硕士, 空军空降兵学院讲师, 主要研究方向为装备保障。

牵引伞的面积、牵引绳的长度、牵引比及吊带系统的长度等；空投大件的重心位置。空投大件重心是指把空投的装备或物资包装、系留在空投货台上，将货台调整水平后，吊带的交叉点垂直在货台上的位置。在牵引比和飞机尾流一定的情况下，由于前两项因素受客观条件的限制，往往难以调整或调整幅度较小，尤其是空投系统在研制过程中已考虑到牵引比和飞机尾流对空投大件离机姿态的影响，实际空投时不再考虑，因此，在大件装备空投时，调整空投大件重心的位置将起到决定性的作用。

通过合理调整空投大件的重心位置，就能改变货台的均衡度，有效控制货台离机的翻转力矩，限制其翻转角，使空投大件的离机姿态达到最佳状态，以保证投物伞正常地张开，减小开伞时作用在装备、物资和货台上的开伞动载，确保空投大件安全着陆。

2 重心调整的标准

调整重心就是调整物资、装备在货台上的重心点，也就是通过调整物资、装备重心点到货台前沿（货台离机方向为前，飞机飞行方向为后）的距离。空投大件在离机过程中，当空投大件重心点滑出飞机底舱边沿后，就开始产生旋转力矩，造成空投大件一定的翻转，形成翻转角。空投大件包装固定时必须调整好重心位置，以确保空投大件离机时保持最佳离机状态^[10]。

在空投实践中，空投大件水平离机并不利于降落伞按正常的程序张开，而空投大件离机后产生一定的翻转角度，更利于降落伞的正常张开。根据外军资料和近年来我军空投试训、演习测定的平均开伞动载数据资料分析，空投时空投大件离机最佳姿态是呈 30° 俯角，物资、装备的重心在距货台前沿 $55\% \sim 59\%$ 之间，货台的最佳翻转角在 $-105^\circ \sim -55^\circ$ ，也就是说，重心点的位置在空投货台的中间稍向后较为适宜，更有利于货台安全平稳的回收。

3 调整重心的方法和步骤

3.1 调整重心的方法

调整货台重心主要有4种方法^[11-12]。

1) 吊挂钢索互换法。起吊货台后，指挥（操作）员目测观察货台的平衡，并用卷尺测量出货台两端的高度差。如果差值较大，可以根据需要互换

前后吊挂钢索，互换后要注意同时释放钢索固定夹互换位置，并拧紧所有螺母。

2) 调整松紧螺套法。货台起吊后，指挥（操作）员目视测量货台平衡度，及时判断其差值，如果差值较小，应根据需要调整螺套的长度。如某大型投物系统货台的松紧螺套有长、中、短3种，可以根据需要进行调换。

3) 配重法。货台起吊后，用尺子测量出货台前后两端的高度差，通过配重物资的方法进行调整。如果其高度差值为10 mm，则质量相差约为100 kg。

4) 移动法。通过整体移动装备、物资在货台上的位置，重心尽量靠近重心点位置，以达到货台的平衡。有些装备重心偏差较大，只靠配重和调整松紧螺套无法将空投大件调整水平，比如某型榴弹炮，座盘还需向货台内移动一定的距离，才能将货台调整水平。

3.2 优化前调整重心的步骤

调整空投大件的重心是重型装备和物资等空投大件准备工作的重要环节，它包括调整空投物资和装备在货台上的重心点位置、调整空投大件相对空投系统的重心位置这2个方面，使两者尽可能重合。优化前调整重心具体步骤：将装备或物资安放在货台上时，通过移动装备物资的重心在货台上的位置，使其重心尽量靠近货台中间部位，以达到货台平衡；将货台起吊后，用前后配重的方法调整空投大件平衡；放下货台，调整松紧螺套的长度或更换松紧螺套，确定整个空投大件重心位置；将货台起吊，再用前后配重的方法调整空投大件平衡，如果配重后不能达到平衡，再调整松紧螺套的长度，使用这2种方法反复调整，直至达到空投大件平衡为止；测量、检查整个空投大件的重心位置。

这种过去部队使用的方法全靠技术人员经验来进行调整，存在以下问题：前后配重较大，影响空投的质量；调整松紧螺套的长度和配重要适当，两者难于把握，通常技术人员反复调整松紧螺套的长度和增减配重；调整的精准度不高。

3.3 优化后调整重心的步骤

为了克服传统空投大件重心调整中的不足，提高精确度，减少操作步骤，优化后调整重心通常采取以下4个步骤实施：确定重心点位置，计算、确定并调整好要使用的松紧螺套的长度，首先要确定

好整个空投大件重心点位置,根据已知条件,计算出短吊挂钢索的长度,确定好所使用的松紧螺套型号,在短吊挂钢索上连接并调整好松紧螺套的长度;将装备或物资安放在货台上时,调整物资或装备在货台上的重心点位置,尽量使物资或装备在货台上的重心点和整个空投大件重心点位置重合;将货台起吊后,如果物资装备不能移动,可进行适当配重或微调松紧螺套,使空投系统达到平衡;测量、检查整个空投大件的重心位置。

优化后调整重心的步骤与传统的步骤相比,传统的每个步骤看似简单,但是空投大件质量达到几吨,甚至十几吨,装备、物资的移动或空投大件平衡调整都非常困难,优化后的步骤只多了一个计算,再做一个简单的空投大件平衡调整。

以调整某空投大件重心为例。从重心调整的标准中可知,某投物系统2型货台重心点应把握在距离货台前沿1950~2150 mm,取重心点距货台前沿的距离为2000 mm。已知货台长为3500 mm,从货台两端到吊挂架的距离各为1000 mm,长钢索长为2500 mm,短钢索长为2000 mm,短钢索与松紧螺套相连,根据以上情况来调整重心^[13-15],空投大件整体结构见图1。

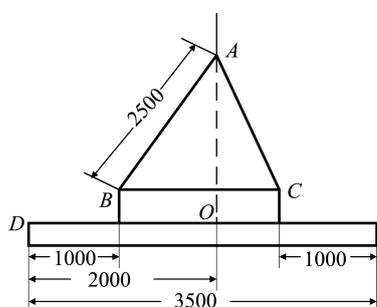


图1 空投大件整体结构

Fig.1 The whole structure of big-airdrop

优化后调整重心的具体过程有以下几步。

1) 确定重心点位置,计算、确定并调整好要使用的松紧螺套的长度。根据重心调整的标准,确定重心点的位置为距离货台前沿2000 mm,即从货台前沿中心(D点)到重心点(O点)的距离为 \overline{OD} 。 $\overline{OB}=1000$ mm; $\overline{OC}=500$ mm。先用已知条件计算出短钢索的长度 \overline{AC} 。由勾股定理得 $\overline{AC} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{OB}^2} + \overline{OC} = 2350$ mm,即短钢索的长度与松紧螺套的长度之和。已知短钢索的长为2000 mm,那么松紧螺套的长度为350 mm。根据以上条件选

择310 mm的中型松紧螺套(310~600 mm),调整到350 mm。

2) 移动装备物资在货台上的位置,使装备物资重心点距离货台前沿2000 mm。

3) 通过适当配重和微调整松紧螺套的长度等方法,调整物资装备在货台上的重心点位置。

4) 测量、检查整个空投大件的重心位置。

在测量整个空投大件重心位置时,为了保证重心测量的精度,可使用悬锥进行辅助测量,检测人员在货台的一侧,距吊挂架10 m处进行测量,并由另一名操作手辅助操作。测量的方法是悬锥线与两根吊带重合,垂直于三角连接件的顶端螺栓,其下端相对应于货台上的一点,即整个空投大件的重心点。为了确保整个空投大件重心位置的准确性,防止检测出现误差,应对其进行多次测量,保证测量的精确度。

4 结语

优化后重心调整的步骤相对优化前来说主要有以下优点:调整后的重心与计算重心非常接近,精准度较高;松紧螺套的长度一旦确定,只需要适当移动物资装备在货台上的位置、增减配重就能达到平衡的目的,步骤简单方便;传统的重心调整是一项相当难的技术工作,很少有人掌握这项技术,优化后的重心调整技术更便于掌握。空军空降兵学院在教学上优化调整重心的步骤后,学员能够较快吸收和掌握,该技术逐步得到推广应用。

参考文献:

- [1] 夏征农. 辞海[M]. 上海: 上海出版社, 2009. XIA Zheng-nong. Unabridged Dictionary[D]. Shanghai: Shanghai University Press, 2009.
- [2] 王洪庆. 半潜平台总体强度模型重量重心调平方法[J]. 航海工程, 2015, 44(2): 154. WANG Hong-Qing. Fatigue Strength Evaluation of the WT Sliding Doors for Semi-Submersible Drilling Platform[J]. Ship & Ocean Engineering, 2015, 44(2): 154.
- [3] 宣晓刚, 姚敏强. 称重平衡系统在大型飞机重量重心测量上的应用[J]. 航空航天测控技术, 2008(22): 53. XUAN Xiao-gang, YAO Min-qiang. Application of Weight and Balance System for Weight & Barycenter Measurement in Large Aircraft[J]. Measurement & Control Technology in Aerospace, 2008(22): 53.
- [4] 刘斌. 飞机重量与重心测量技术的应用与发展[J]. 侧

- 控设备与技术, 2004(1): 53—55.
- LIU Bin. Application and Development of Aircraft Balance Technologies[J]. Testing Equipment & Technology, 2004(1): 53—55.
- [5] 潘若刚, 曹雷, 王巍. 高精度全机重心测量方法的探讨[J]. 飞机设计, 2004, 30(2): 1.
- PAN Ruo-gang, CAO Lei, WANG Wei. Research on the Method of Weight and Balance Measure of the Whole Aircraft with High Accuracy[J]. Aircraft Design, 2004, 30(2): 1.
- [6] 罗明强, 魏城龙, 刘虎苦, 等. 基于三维参数化模型构建的飞机重量重心快速估算方法[J]. 航空学报, 2013, 34(3): 566—573.
- LUO Ming-qiang, WEI Cheng-long, LIU Hu-ku, et al. A Fast Estimation Method of Aircraft Weight Based on Three Dimensional Parametric Model[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2013, 34(3): 566—573.
- [7] 王国刚. 一种测量无人机重心和转动惯量的方法[J]. 航空兵器, 2013(5): 7—8.
- WANG Guo-gang. A Method for Measuring Gravity Center and Inertia Moments of UAV[J]. Aero Weaponry, 2013(5): 7—8.
- [8] 冷颖. 锥体重心测量的误差分析[J]. 海军航空工程学院学报, 2003, 18(6): 676.
- LENG Ying. Analysis of Measure Error for Cone Barycenter[J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2003, 18(6): 676.
- [9] 王在森. 自行火炮重量重心测试误差评估[J]. 火炮发射与控制学报, 2005(2): 59—60.
- WANG Zai-sen. Evaluation on Test Error of Weight and Center of Gravity of Self-Propelled Gun[J]. Gun Launch & Control Journal, 2005(2): 59—60.
- [10] 张恒铭, 程德峰. 重装空投中货物重心位置对离机姿态角的影响分析[J]. 航空科学技术, 2013(5): 27—29.
- ZHANG Heng-ming, CHENG De-feng. Influences of the Barycenter Position on Pose Angle during Airdrop[J]. Aeronautical Science & Technology, 2013(5): 27—29.
- [11] 赵西友. 空投与机降[M]. 北京: 蓝天出版社, 2010.
- ZHAO Xi-you. Airdrop & Airland[M]. Beijing: Lantian Industry Press, 2010.
- [12] 孙德强. 包装管理学[M]. 北京: 化学出版社, 2005.
- SUN De-qiang. The Packaging of Management[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [13] 侯中丽, 赵前进. 二元复合重心有理插值[J]. 皖西学院学报, 2015(5): 29—34.
- HOU Zhong-li, ZHAO Qian-jin. Bivariate Composite Barycentric Rational Interpolation[J]. Journal of Wanxi University, 2015(5): 29—34.
- [14] 朱向. 带轴重约束货物平衡装载问题优化研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015(5): 164—171.
- ZHU Xiang. Optimization of Freights Loading Problem with Balancing and Axle Weight Constraints[J]. Transportation Systems Engineering and Information, 2015(5): 164—171.
- [15] 郭延杰. 基于 Radon 变换与灰度重心法的环形目标直径测量方法[J]. 激光与光电子学进展, 2015(8): 209—213.
- GUO Yan-jie. Ring Object Diameter Measuring Method Based on Radon Transform and Gray Gravity Algorithm[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2015(8): 209—213.