

# 直升机运输效能试飞技术研究

赵敬超\*, 沈雳

中国飞行试验研究院, 陕西 西安 710089

**摘要:** 对直升机运输效能进行了理论分析, 给出了直升机各项运输效能指标的计算方法。利用试验机进行了直升机运输效能试飞, 最后给出了直升机各项运输效能指标的飞行试验结果。对于后续的直升机运输效能试飞和直升机运输效能评估等工作具有重要的参考价值。

**关键词:** 直升机; 运输效能; 飞行试验

中图分类号: V217.31 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2015) 05-0067-04

在现代的战争中, 运输机的作用越来越大<sup>[1]</sup>。运输直升机由于其特殊的优越性, 也越来越受到重视。为了更好地进行直升机运输效能的试飞评估, 本文对直升机运输效能相关指标进行了分析, 对直升机运输效能试飞技术进行了摸索, 并以两型不同吨位的试验机为例, 开展了直升机运输效能试飞研究, 利用试飞数据对直升机运输效能进行了计算分析。

## 1 直升机运输要素分析

运输是指人或物的载运和运输, 人和物统称为运输对象, 运输以改变运输对象的空间位置为目的。运输效能是指运输系统在给定环境下, 完成运输任务的效果<sup>[2-4]</sup>。

直升机在运输过程中涉及到的要素主要包括: 有效载荷、运输速度、运输时间、运输距离。

有效载荷指直升机可运输的人或物的最大重量。每架直升机的最大有效载荷是固定的, 有效载荷与直升机的发动机系统、旋翼系统、货仓地板可承受载荷等因素息息相关。直升机的起飞重量, 减去直升机结构重量、燃油重量、飞行员重量和一些必要附件的重量就是直升机的有效载荷。

在直升机运输效能的评估过程中, 主要涉及到的速度包括: 最大飞行速度和巡航速度。

直升机的运输时间包括直升机在单次任务中的全运输航程的飞行时间、准备时间和其他辅助时间。

直升机的运输距离指的是直升机完成运输任务的全部飞行距离。

## 2 直升机运输效能指标

### 2.1 能力指标

直升机运输能力指标指的是一架直升机在单次运输任务中, 能够将一定数量的有效载荷运输到一定距离的能力<sup>[5,6]</sup>。

直升机的有效载荷用 $M$ 表示, 直升机的运输距离用 $L$ 表示, 那么直升机的运输能力指标 $I_l$ 可表示为:

$$I_l = M \cdot L \quad (1)$$

该项指标反映的是在运输一定的有效载荷条件下, 直升机的运输航程的长短。

### 2.2 速率指标

直升机的运输速率指标指的是直升机以一定的速度 $V$ 运输有效载荷 $M$ 的能力。直升机的运输速率指标可以表示为:

$$I_v = M \cdot V \quad (2)$$

该项指标反应的是直升机完成运输任务的快慢, 不仅与飞行速度有关, 也与有效载荷有关。该项指标越高, 表明

收稿日期: 2014-12-11; 录用日期: 2015-01-28

\*通讯作者. Tel.: 15249089565 E-mail: 15247272@qq.com

引用格式: ZHAO Jingchao, SHEN Li. The research in flight test technology of the helicopter airlift effectiveness[J]. Aeronautical Science & Technology, 2015, 26(05): 67-70. 赵敬超, 沈雳. 直升机运输效能试飞技术研究[J]. 航空科学技术, 2015, 26(05): 67-70.

直升机完成运输任务的时间越短。

### 2.3 效率指标

直升机的运输效率指标是一个更为综合性的考量指标,反映了直升机在运输过程中的经济性及直升机的总体设计水平,但是对于运输经济性高的直升机来说,其运输能力不一定高。如果一架直升机当前需用功率为 $N$ ,那么直升机的运输效率指标 $n$ 可以表示为:

$$n = M \cdot V / N \quad (3)$$

该项指标越高,表明直升机在运输过程中的经济性越好,直升机在运输过程中所做的无用功越少,完成运输任务所花费的代价越小。需要说明的是该指标是一个无因次量,只适用于评估直升机运输过程中的经济性。

## 3 直升机运输效能试飞

以直-A型与直-B型两型直升机为例,进行直升机运输效能飞行试验和分析计算。直-A型直升机与直-B型直升机两型直升机吨位不同,直-A的起飞重量较轻。为了更好地对吨位不同的两型直升机进行运输效能的考核,本文设计了统一的运输任务。该运输任务剖面图如图1所示。该运输任务剖面图所规定的是最常用的任务剖面,航程设计为300km,任务剖面的起飞着陆机场都设定为海平面机场。

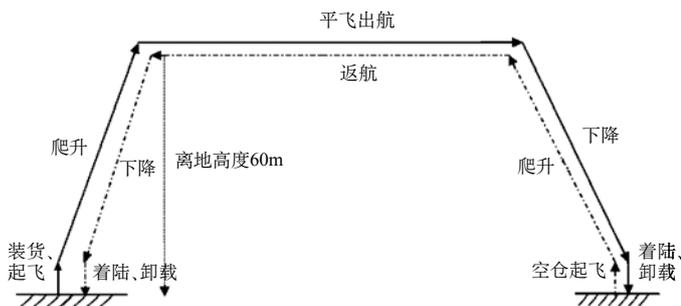


图1 运输任务剖面图

Fig.1 The profile of transport mission

### 3.1 飞行试验内容

飞行试验采用稳定平飞法,直升机以其典型重量起飞,分别以80km/h、100km/h、120km/h、140km/h、160km/h、180km/h、200km/h、220km/h、240km/h及最大飞行速度进行稳定平飞,顺逆风各进行一次。在试飞过程中记录直升机飞行高度、飞行速度、发动机扭矩、油耗等重要参数。

### 3.2 飞行试验结果分析

经过飞行试验,可得到两型直升机平飞需用功率曲线及公里油耗曲线如图2、图3所示。

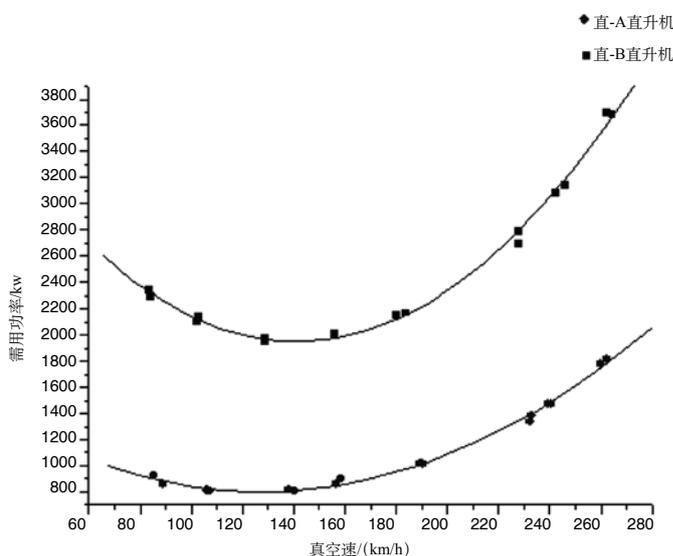


图2 直升机平飞需用功率

Fig.2 The required power of the helicopter in the level flight

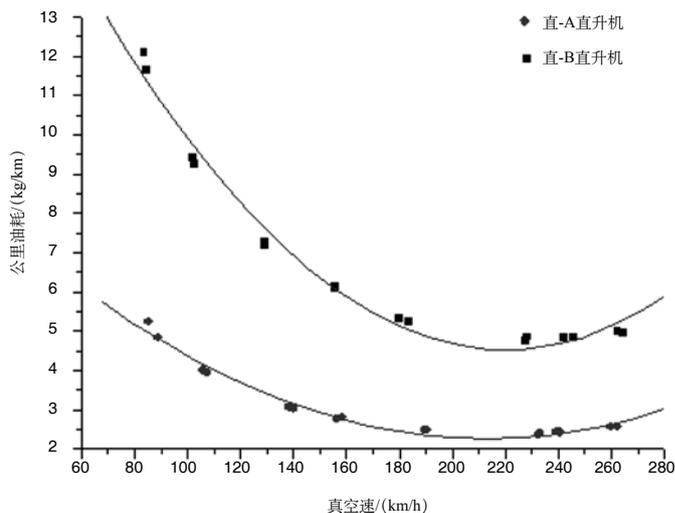


图3 直升机油耗曲线

Fig.3 The helicopter fuel consumption curve

综合上述性能曲线,根据各项直升机运输效能指标计算公式可以得到两型直升机各项运输效能指标对比结果,见图4~图6。

由图4可以看出,直升机运输能力随直升机前飞速度增大先增加后减少,在巡航速度时达到最大。直升机运输速率指标随飞行速度的增大而增大,在最大平飞速度时达到最大。图5说明为了尽快完成运输任务,应以最大平飞速度进行运输。直升机运输效率随飞行速度的增大先增大后减少,其运输效率最大值所对应的速度点比巡航速度略小。图6曲线说明,如果处于经济上的考虑,应以比巡航速度略小的速

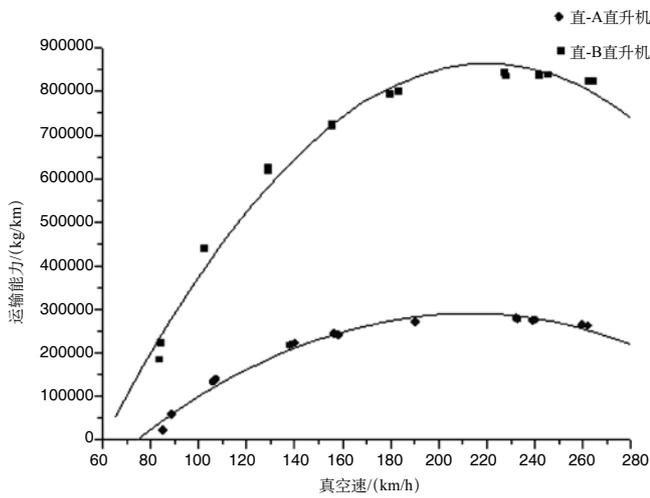


图4 直升机运输能力曲线

Fig.4 The helicopter airlift capacity curve

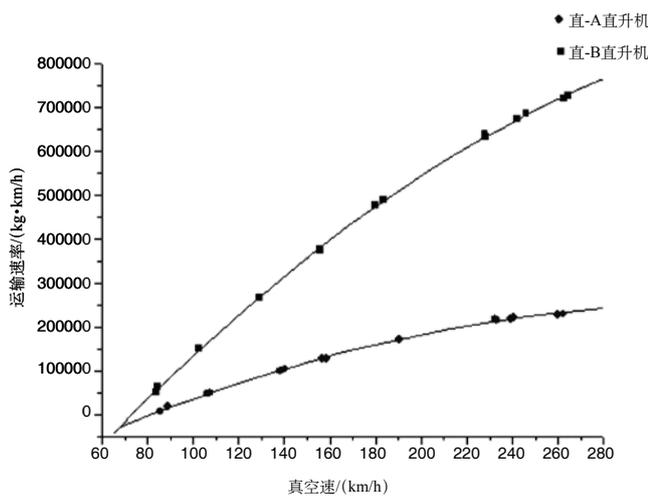


图5 直升机运输速率曲线

Fig.5 The helicopter airlift rate curve

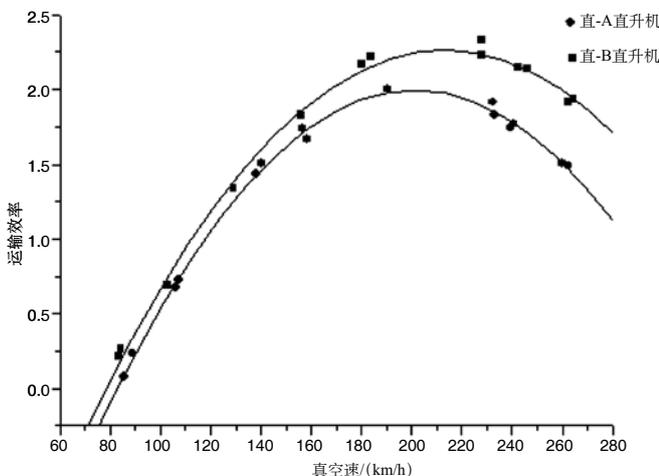


图6 直升机运输效率曲线

Fig.6 The helicopter airlift efficiency curve

度进行运输任务。

从图4~图6可以看出,对本文所设计的同一运输任务来说,直-B直升机的运输能力、运输速率均比直-A直升机好且其起飞重量重,运载能力强。因此,其运输能力及运输速率指标比直-A型直升机好。

从上述结果也可以看出,对于同一运输任务来说,在各个飞行速度点,直-B直升机的运输效率都比直-A型直升机良好,说明了对于相同的运输任务来说,直-B型直升机的经济性要好,究其原因可以得到如下结论:对于重量较轻的直升机来说,其尾桨以及其他附件所消耗的功率会占有更大的比重,所以轻型直升机的运输经济性会差一些。

#### 4 结论

本文对直升机运输效能进行了理论分析,并对直升机各项运输效能指标进行了计算,给出了直升机运输效能的计算方法和计算结果,并根据结果进行了合理的分析。结果证明,直升机运输速率在速度达到最大平飞速度时最高,而以略小于远航速度完成任务经济性则最好。试验还证明对于相同运输任务来说,采用重量较重的直升机运输经济性较好。

AST

#### 参考文献

- [1] 侯树荣,董彦斌,刘圣宇. 军用运输机在现代战争中的作用和发展趋势[J]. 吉林工程技术师范学院学报,2010,26(4):69-71.  
HOU Shurong,DONG Yanbin,LIU Shengyu. Function and developmental trend of military transport in modern war[J]. Journal of Jilin Teachers Institute of Engineering and Technology, 2010,26(4):168-205.(in Chinese)
- [2] 曹义华. 直升机效能评估方法[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006:65-97.  
CAO Yihua. The evaluation method of the helicopter effectiveness [M]. Beijing: Press of the Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2006:65-97.(in Chinese)
- [3] 郑江安. 军用运输机运输效能指标[J]. 航空科学技术, 2012,23(1):26-29.  
ZHENG Jiang'an. Indexes of airlift effectiveness for military aerotransport[J]. Aeronautical Science & Technology, 2012,23(1):26-29.(in Chinese)
- [4] 赵志忠,刘艳,高正红. 军用运输机运输能力评估模型及影响因素研究[J]. 航空工程进展,2010,1(1):25-29.  
ZHAO Zhizhong,LIU Yan,GAO Zhenghong. Research on

military transport aircraft transport capability evaluating models and influencing factors[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2010, 1(1):25-29. (in Chinese)

[5] Mcmillan A J. Measuring airlifteffectiveness in the new millennium[R]. MaxwellAFB :School of Advanced Airpower Studies Air University ,1999:7-14.

[6] 张廷良,陈立新. 军用直升机作战效能评估与运筹分析方法[M].北京:国防工业出版社,2003:168-205

ZHANG Tingliang, CHEN Lixin. The operational analysis method of the mitlitary helicopter airlift effectiveness[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2003:168-205. (in Chinese)

#### 作者简介

赵敬超(1984— ) 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 直升机性能试飞技术

Tel: 15249089565

E-mail: 15247272@qq.com

沈雳(1984— ) 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 直升机性能试飞技术

Tel: 18792983882

E-mail: piliyihao@126.com

## The Research in Flight Test Technology of the Helicopter Airlift Effectiveness

ZHAO Jingchao\*, SHEN Li

*Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China*

**Abstract:** Carried out the analysis of helicopter airlift effectiveness, showed the computation methods of the helicopter airlift effectiveness indexes. Completed the flight test of the helicopter airlift effectiveness by using the test helicopter, and finally provided the test results of the helicopter airlift effectiveness indexes, which has important value on doing the helicopter airlift effectiveness flight test and evaluating the helicopter airlift effectiveness.

**Key Words:** helicopter; airlift effectiveness; flight test

Received: 2014-12-11; Accepted: 2015-01-28

\*Corresponding author. Tel. : 15249089565 E-mail: 15247272@qq.com