

连续下降运行(CDO)对比分析及其可行性

黄 晋, 杨 开, 杨 晗

(中国民航飞行学院, 四川 广汉 618300)

摘要:全球民航业的高速发展使得当前运行的传统梯级下降程序已经不能满足于安全性、经济性、环保性和舒适性等方面的要求。在此背景下提出了连续下降运行(CDO)。通过将连续下降运行(CDO)程序与传统梯级下降程序相比得出其优于传统梯级下降程序的结论,并通过原理分析及相关试飞试验论证了其可行性。最后得出连续下降运行是可行的并将成为未来民航发展的趋势这一结论。

关键词:传统梯级下降运行;连续下降运行;原理分析;试飞实验

中图分类号:V355.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)07-0142-04

近些年,随着全世界民航运输产业的高速发展,我国也从民航大国逐步走向民航强国。虽然我国民航业发展快速,但是与此同时,经济效益低下、各种大气污染以及噪音污染等问题日益凸显。作为民航业的五大特点——安全、舒适、环保、快速和经济^[1]在成为民航业发展运营首要准则的同时,也决定着未来大型航空器是否能够研制成功并投入运行。鉴于此,一种新的下降方式——连续下降运行(Continuous Descent Operations, CDO)应运而生。

1 连续下降运行概述

连续下降运行是指在完善的空域规划、适当的程序设计,以及在空中交通管制(ATC)保证终端区交通容量的情况下,使处于低推力或低阻力配置状态的发动机使用最优的连续下降路径建立仪表精密进近(ILS)的同时,达到降低燃料消耗、减少尾气排放,并减轻飞行员操作负荷的一项航空器运行技术。连续下降运行剖面图^[2]如下图1所示。

传统的梯级下降^[3](Conventional Step-down)是通过在机场净空设置梯级下降定位点(Step Down Fix, SDF)使飞行员在进近阶段多次调整飞行器的高度、推力以及俯仰姿态进行进近的运行技术。传统梯级下降运行的剖面图^[3]如下图2所示。

从以上叙述及其下降剖面图可知,相较于传统梯级下降,连续下降运行在安全、经济、环保、舒适等方面有明显优势^[3],具体如下:

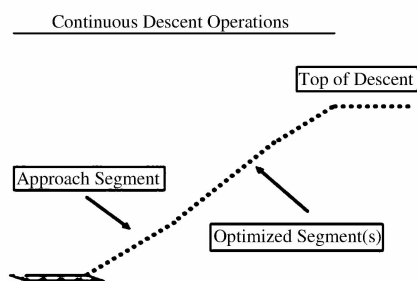


图1 连续下降运行剖面图

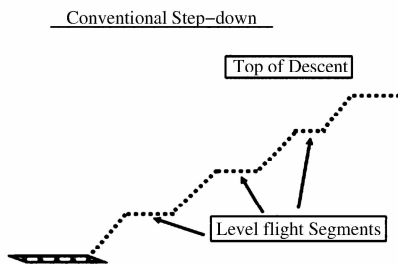


图2 传统梯级下降运行剖面图

1)在最后进近阶段,由于发动机处于小推力或怠速状态,传统的梯级下降模式是以较大的下降率进近,此种模式下可控飞行撞地(CEIT)事故的发生率远高于连续下降运行。

2)传统梯级下降模式下,航空器需要较长时间处于最低下降高度(Minimum Descent Altitude,

收稿日期:2017-03-27

作者简介:黄晋(1973—),男,四川成都人,中国民航飞行学院空管学院,团委书记,教授,研究方向:民航运行和通信导航监视,PBN飞行程序设计;杨开(1992—),男,河南开封人,中国民航飞行学院空管学院,硕士研究生;杨晗(1987—),男,河南开封人,民航河南空管分局塔台管制室。

MDA),间接降低了其安全性;而连续下降运行则为航空器提供了较大的超障余度,有效避免了这个问题。

3) 运行传统的梯级下降模式至最后一个梯级下降定位点时一般不能看到跑道,也不满足继续下降的目视参考条件,故只能持续平飞至能以正常的下降率下降;而连续下降运行模式是以稳定的下降率下降,更方便建立目视参考。

4) 使用传统梯级下降进近时,需要飞行员不断地进行高度调整,并且需要飞行员密切关注发动机的推力状况;而连续下降运行是以固定的下降率下降,所以在减轻飞行员操作负荷的同时,也增加了乘客的舒适度。

5) 传统梯级下降运行模式下,发动机推力的不断调整不仅会造成燃料燃烧不充分,直接导致经济性降低和污染物排放增加,而且加大了机场周围的噪音污染;连续下降运行则有效的降低了噪音污染并提高了燃料效率。

除此之外,连续下降运行还有降低飞机发动机及相关设备的维修成本以及便于管制员和飞行机组预测并控制飞机飞行性能等方面的优势。

2 连续下降运行原理分析

2.1 连续下降运行程序设计分类

连续下降运行程序设计分为闭合式路径设计和开放式路径设计^[2]。闭合式路径设计(Closed Path Design)是在连续下降运行程序开始前,跑道精确距离等信息已经已知的设计方式。闭合式路径设计还需要知道水平交叉点的位置,以及速度限制和水平窗口等情况。闭合式路径设计示意图如下图3所示。

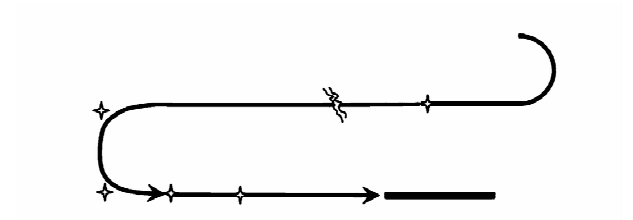


图3 闭合式路径设计示意图

相较于闭合式路径设计,开放式路径设计(Open Path Design)不需要提前获取跑道精确距离信息,而是某一部分路径或者全部路径使用导航引导。其示意图如下图4所示。

2.2 连续下降运行程序排序方法

除了在低交通密度的情况下,为保持最佳着陆率通常需要一些类型的排序方式,常用的排序方法除了

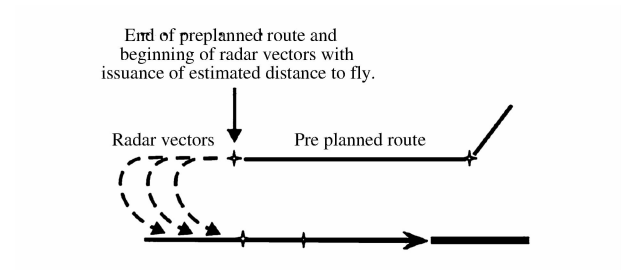


图4 开放式路径设计示意图

自动排序法和速度控制排序法之外,还有路径拉伸排序法和合并点排序法。

路径拉伸法^[4](Path Stretching Method)为已知预定航点的FMS、飞行员和交通管制员提供有计划的航路引导。当飞机使用CDO程序飞行时,该方法还可以增加飞行安全间隔。其示意图如下图5所示。

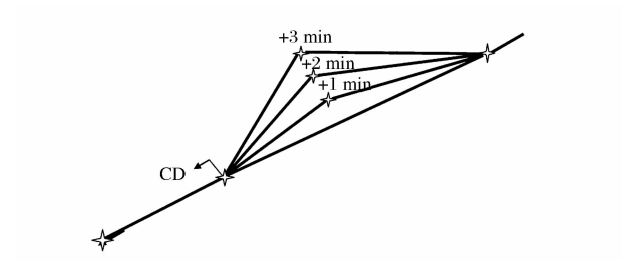


图5 路径拉伸法示意图

运用合并点方法^[4](Merge Point Method)进行排序时,飞行员要在到达合并弧之前运行连续下降运行直到接收到到达合并点的信息。当交通水平状况允许时,飞行员可以不经合并弧直接飞到合并点,如下图6所示。

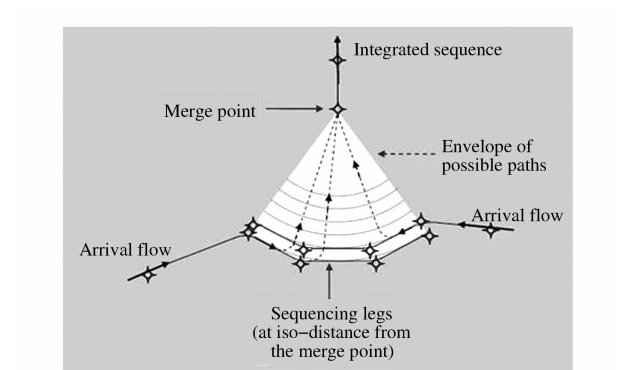


图6 合并点排序法

3 连续下降运行程序的可行性分析

3.1 连续下降运行程序的运行要求^[3]

地面的空中交通管制员和飞行机组之间通常采用甚高频语音通信(VHF),空中交通管理(ATM)系统和飞机之间通常使用地空数据链通信(Controllor-

Pilot Data Link Communication, CPDLC) 系统进行相关情报信息的交换工作。在导航设备方面,连续下降运行导航设备覆盖范围非常广泛,包括航线飞行至跑道以及终端管制区在内的标准航路结构,通常由区域导航(RNAV)进场航线构成。

由于目前的大型民航运输机都具备飞行管理系统(FMS)^[6],并具有计算连续下降运行剖面相关性能参数的能力,故连续下降运行程序对航空器没有特殊要求。

3.2 连续下降运行程序的相关试验

民航业发展较为发达的一些西方国家从 2002 年,就开始了连续下降运行程序的相关试飞试验。这些试验中尤以 2004 年在美国路易斯维尔国际机场的试飞试验^[3]最具说服力,得出的数据也最为全面。这次试验由麻省理工大学的研究人员与波音公司的技术人员共同参与,测试机型为 UPS 公司常用的波音 757-200 和波音 767-300。数据表明:与传统梯级下降模式相比,运行连续下降运行程序时,每航班节省 400~500 LB 燃料,整个进近过程排放量减少了大约 30%,着陆时的噪音污染降低了 3.9~6.5 分贝,完成标准进近的飞行时间也有所减少(最多可减少 147 秒)。试验参与人员根据试验数据还模拟出进近过程中飞机的航迹剖面图。从图中分析可知,运行连续下降运行程序之后,飞机的飞行路径和进近路径更为稳定,这有利于更加充分的利用终端区空域。图 7、图 8 为运行连续下降运行程序前后的航迹剖面模拟图。

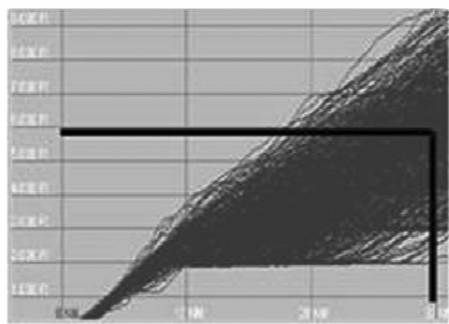


图 7 未运行 CDO 程序航迹剖面图^[2]

自此之后,有关连续下降运行程序的试飞试验被不断举行:2008 年法国民航局在马赛普罗旺斯机场 31R 跑道进行了连续下降运行程序试飞测试^[3];2009 年 5 月日本在关西机场进行连续下降运行程序试飞测试;欧洲的研究机构也在斯德哥尔摩^[5]、阿姆斯特丹以及伦敦西斯罗机场进行连续下降运行程序的试飞试验等等。相关试飞试验得出的数据都论证了连续下降运行程序的上述优点。

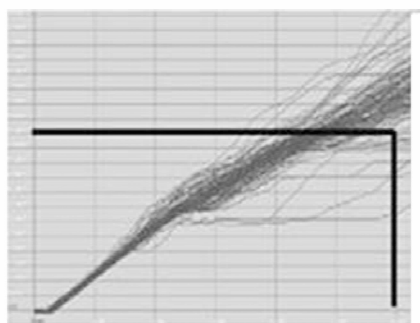


图 8 运行 CDO 程序航迹剖面图^[2]

4 结语

通过本文对连续下降运行程序的介绍及其相关试飞试验,我们知道连续下降运行程序相较于传统梯级下降程序,无论在安全性、经济性、环保性,舒适性等方面有着明显优势,而且还能减少飞行机组的工作负担。连续下降运行程序的原理分析表明,连续下降运行程序在终端区是完全可以运行的,其可行性也得到论证。

鉴于连续下降运行程序的种种优点及其可行性,再加上国际民航组织也在不断地大力推广连续下降运行程序技术,连续下降运行已经成为当前民航发展的一种趋势。

参考文献

- [1] 张加林,宫峰勋. 终端区航空器连续下降进近原理分析[D]. 天津:中国民航大学,2013.
- [2] ICAO. Doc-9931 AN/476 Continuous descent operations (CDO) manual[S]. Montréal Canada: International Civil Aviation Organization,2010.
- [3] 郝帅,朱代武,陈肯. 基于性能导航飞行程序的连续下降进近研究[D]. 广汉:中国民航飞行学院,2012.
- [4] 王云磊,蒋维安,赵廷渝. 连续下降运行(CDO)可行性研究[J]. 中国西部科技,2014(4):14-16.
- [5] 郭家玮. 飞行训练中非精密进近连续下降最后进近(CDFA)研究[J]. 科技致富向导,2013(32):175-177.
- [6] 中国民用航空局. 连续下降最后进近(CDFA) AC-121/135FS-2013-4[Z]. 北京:中国民用航空总局,2013.

Comparative Analysis and Feasibility to Continuous Descent Operation (CDO)

HUANG Jin, YANG Kai, YANG Han

(Civil Aviation Flight University of China,Guanghan Sichuan 618300,China)

Abstract: The current Conventional Step-down procedure has been unable to meet the requirements of safety, economy, environmental protection and comfort with the rapidly development of the global civil aviation industry. It is concluded that the Continuous Descent Operation (CDO) procedure is better than the Conventional Step-down procedure in comparison with the Conventional Step-down procedure. The feasibility has been proved by the theory analysis and the relevant flight test experiments. Finally, it is concluded that the Continuous Descent Operation is feasible and will become the development trend of civil aviation in the future.

Key words:conventional step-down procedure;continuous descent operation;theory analysis;flight test experiments

(上接第 4 页)

The Coupling of Industrial Structure and Ecological Environment in Beijing

SHI Bao-juan, YANG Nan

(College of Economics,North China University of Science and Technology,Tangshan Hebei,063200,China)

Abstract: This paper is based on factor analysis by using SPASS statistical software and establishing Beijing city industrial structure and ecological environment index system. It calculated the coupling degree and coupling coordination degree of the two, to analyze the status of the coupling coordinated development of two systems. The results show that the ecological environment quality in Beijing has improved but is lagging behind and the industrial structure is more reasonable. Besides,economic development does not exceed the carrying capacity of the environment. The two is coupled with stable condition in the high level of coupling stage and the coupling and coordination level increased year by year, and the improvement of the system is obvious. Therefore, we should ensure to upgrade and optimize the industrial structure in the future. At the same time, the emphasis should be placed on improving and protecting the ecological environment.

Key words:industrial structure;ecological environment;factor analysis;coupling coordination

(上接第 49 页)

Study on the Influencing Factors of Korean Inbound Tourism in Sanya

CAI Dao-cheng

(Marine Bussiness College,Hainan Tropical Ocean University,Sanya Hainan 572022,China)

Abstract: Based on previous studies, this paper studies the impact factor of inbound tourism demand in Sanya. In the premise of quantitative analysis of the main inbound tourist source countries in Sanya, the factors affecting the inbound tourism market in Sanya are determined. Using double logarithmic linear model to the time series data statistical analysis; confirm the factors affecting the demand for inbound tourism market in Sanya are per capita GNI, exchange rate, relative CPI, major events and unexpected events. Finally, based on the analysis of the factors affecting the inbound tourism demand in Sanya, this paper puts forward the strategy of developing the inbound tourism market in Sanya.

Key words:Sanya;inbound tourism;affecting factors;strategy