

Strategy of Airspace Structure Optimization and Efficiency Improvement under Regional Control

Pengyi Li

Northeast Regional Air Traffic Administration Bureau, Shenyang, Liaoning, 110043, China

Abstract

With the rapid development of the aviation industry, the demand for airspace resources is increasing day by day. Optimizing the airspace structure and improving the airspace efficiency is an important way to improve the efficiency of air transportation. Based on the background of regional control, this paper studies the optimization method and efficiency improvement strategy of airspace structure. On the one hand, a mathematical model for optimizing the spatial structure has been constructed, which finely divides the spatial space and effectively improves the efficiency of spatial resource utilization. On the other hand, an efficiency improvement strategy based on this structure has been proposed, including measures such as expanding capacity, optimizing traffic flow, improving airspace design and scheduling, etc., to achieve the enhancement of airspace efficiency. The results show that optimizing the airspace structure and improving the airspace efficiency can significantly improve the operation efficiency of the flight and the punctuality rate, reduce the air delay and improve the service quality of air transport. This study provides a useful reference for realizing a more efficient air transport system.

Keywords

airspace structure optimization; efficiency improvement strategy; regional control; flight operation efficiency; air transport service quality

区域管制下的空域结构优化与效能提升策略

李芃漪

民航东北地区空中交通管理局, 中国·辽宁 沈阳 110043

摘要

随着航空行业的迅速发展,对空域资源的需求日益增长,优化空域结构和提高空域效能是提高航空运输效率的重要途径。论文基于区域管制的背景,研究了空域结构的优化方法和效能提升策略。一方面,构建了空域结构优化的数学模型,对空域进行了精细划分,有效提高了空域资源的使用效率。另一方面,提出了基于该结构的效能提升策略,包括扩大容量、优化车流、改进空域设计和调度等措施,实现了空域效能的提升。结果表明,优化空域结构和提高空域效能,能显著提高航班的运行效率和航班的准点率,减少空中延误,提高航空运输的服务质量。此研究为实现更高效的航空运输系统提供了有益的参考。

关键词

空域结构优化; 效能提升策略; 区域管制; 航班运行效率; 航空运输服务质量

1 引言

航空行业在全球范围内有着广泛而深远的影响,不断发展的航空技术以及旅客推动了航空行业的急速发展。然而,这种迅猛的扩张也对空域资源提出了极高的要求,使得空域资源的需求与供给之间存在明显的矛盾。如何在保证航空安全的基础上,合理利用和优化空域资源,提高航空运输效率,成为航空行业和科研人员面临的重要挑战。在这样的背景下,空域结构优化和空域效能提升是解决当前空域资源问题的核心任务之一。优化空域结构,即通过科学合理地调

整和分配空域资源,提高空域的使用效率,从而能够在有限的空域资源中,实现既有的航班量的最大化。而提高空域效能,主要是通过有效的方法和手段,扩大空域容量,优化空中流量,改善空域设计和调度,实现空域资源的节约和高效使用。在此背景下,本研究将结合区域管制的实际情况,详细探讨空域结构的优化方法及提升策略,以期对航空运输系统带来更高的效率。

2 空域资源状况与区域管制的必要性

2.1 航空行业的发展对空域资源的需求现状

近年来,全球航空行业持续高速发展,客运和货运需求显著增加,致使空域资源的需求呈现出爆发式增长态势^[1]。据统计,全球航空客运量每年以接近5%的速度递增,空中

【作者简介】李芃漪(1982-),男,中国辽宁沈阳人,本科,工程师,从事空中交通管理研究。

交通管理系统面临巨大的挑战。空域作为有限的资源,其使用频率和密度不断攀升,高度集中的航线和枢纽机场的运营压力尤为突出。

航空公司为提升服务质量和经济效益,依赖于高效的空域利用和准确的航班调度。现有空域资源在应对持续增加的航空需求时,常常面临拥堵与延误问题,直接影响到航班运行效率和服务水平。尤其是在某些繁忙航线上,空中交通流量极高,空域资源的供需矛盾更为尖锐。

除客运需求外,货运航空需求也同样迅速提升,电子商务全球化趋势进一步驱动了航空货运量的增长^[2]。航空业者的多样化需求增加了空域管理的复杂性,使空域资源面临多重考验。现有的空域管理体制和技术手段难以完全满足迅速变化的市场需求,亟需优化空域结构以提高其使用效率。

空域资源的高效管理成为航空行业发展中的关键问题之一。面对日益严峻的空域资源短缺状况,各国航空管理部门纷纷采取措施优化空域结构,提高空域的使用效率,以适应航空运输市场的快速扩张和多样化的需求。通过科学系统的优化手段,可以为未来的航空运输提供持续稳定的发展保障。

2.2 空域资源的可用性和使用效率问题

航空业的发展和空域资源的矛盾愈发明显^[3]。当前空域资源存在可用性不足和使用效率不高的问题,对流量密集的航路和航线尤为突出。部分空域因地理条件、军事和气象等原因受到限制,进一步削减了可供利用的空域总量,导致一些空域长期处于紧张状态。空域划分不够科学和精细,加之航班流量预测精准度不高,使得空域资源分配不均,常导致某些区域出现过度拥堵,而其他区域则资源闲置。空域质量的评估和使用也缺乏统一标准和动态调整机制,使得临时调整和优化难度大,进一步制约了空域资源的使用效率。现有空域协调机制与不同系统之间的衔接不畅,无法充分利用数据和技术支撑,导致调度过程缺乏科学性和系统性,影响整体空域管理效能。有效解决空域资源的可用性和使用效率问题,需从科学规划、精准调度、技术提升等方面入手,全面提升空域资源的整体利用水平。

2.3 区域管制在空域管理中的核心作用

区域管制在空域管理中的核心作用在于协调和优化空域资源的使用,以确保航空运输的高效运行和安全。区域管制通过精准的空域划分,以及实时的流量管理和调度,对空域资源进行有效配置,降低了航班冲突和延误的风险。区域管制还提供持续的监控和调控,确保各航空器能够有序运行,提高了空域的整体运行效能。这种多层次、全方位的管理体系,使得空域资源得以充分利用,满足了日益增长的航空运输需求。

3 基于区域管制的空域结构优化

3.1 空域的精细划分策略和方法

空域的精细划分是优化空域结构的重要基础,旨在最

大化地利用有限的空域资源,提高航空运输的整体效率^[4]。空域的精细划分策略涉及多个层面的综合考量,包括地理特征、航线密度、空域需求及流量特征等。有效的空域划分需在满足安全性要求的前提下,实现空域资源的最优分配和使用。

在空域划分过程中,需对空域进行多层次的分析与规划。地理特征是划分空域的基本依据,包括地形、高低层空域特征等。在同一区域内,不同高度层的空域需求和流量特征会有显著差异,需要根据高低层空域的特性进行差异化划分。航线密度是另一个重要考虑因素,密度较高的航线区域需要更为细化的空域划分,以便于精确的流量管理和调度。

空域需求和流量特征也是空域划分中的关键要素。需要综合分析历史航班数据和预测未来空域需求,识别高密度流量区域和潜在瓶颈区。在此基础上,将空域划分成若干较小的管理单元,使管制员能够更加有效地控制和调度航班,减少空中冲突和延误。

流量特征的分析需紧密结合实际飞行数据,并使用数学建模与仿真技术对不同划分策略进行评估和优化^[5]。具体的方法包括利用航空大数据分析技术,提取和分析航班轨迹、流量变化等数据,构建空域使用模式。采用最优化算法建立空域划分模型,寻找最佳划分方案,以实现资源利用最大化和效能提升。

空域的精细划分还需综合考虑飞行安全、管制员负荷均衡以及应急响应能力等因素。在规划过程中,通过引入动态调整机制,根据实时空域流量和使用情况,调整空域划分策略,以应对突发状况和需求变化。

通过以上方法进行空域的精细化划分,可以显著提升空域资源的利用效率。精确的空域划分策略不仅能够提高航班运行的安全性和准点率,还能在一定程度上减少航班延误,提升空域效能,为构建高效、安全的航空运输系统奠定坚实基础。

3.2 基于优化结构的空域资源使用效率提升

研究发现,通过优化空域结构的措施,可以显著提升空域资源的使用效率。新的空域划分方式从多个维度提升了资源利用率,各个子空域的有效划分减小了空域冲突的概率,提升了总体的运行效率。合理的空域划分不仅可以减少航空器之间的相互干扰,改善航路的连通性,还能均衡空域负载,避免某些空域过度拥挤。

在空域优化过程中,引入了现代化的技术手段,如基于卫星的导航技术和实时数据处理方法。这些技术的应用使得空域划分更为精确和灵活,实现了对空域资源的动态管理和调度,最大程度地提升了空域资源的利用效率。

优化后的空域结构还改善了空中交通流量的管理,有效降低了航班之间的距离限制,提升了航班的运行效率。通过优化空域的设计,减少了飞机的等待时间和燃油消耗,降低了航空公司和乘客的运营成本。进一步的研究表明,合理

的空域划分和优化方案可以为空中交通管理系统提供更加稳健、高效的运行环境,从而提升整个航空运输系统的服务水平。

4 区域管制下的空域效能提升策略

4.1 扩大空域管制容量的策略

为了应对航空交通的快速增长,扩大空域管制容量成为提升空域效能的重要途径之一。利用先进的通信、导航和监视技术,提高空域内交通流量的监控和管理能力。在实际操作中,引入自动依赖监视—广播(ADS-B)技术,通过精确定位和实时监控各飞行器的位置和状态,有效减少了空域的容量限制。

采用动态空域管理(Dynamic Airspace Management, DAM)方法,通过实时调整空域结构和使用方案,提高空域的灵活性和适应性。与静态空域划分模式不同,DAM根据航班流量和气象条件等多种因素,实行随时调整空域边界和属性的动态控制策略,进而显著提升空域的使用效率。

加快区域空管中心与各机场塔台及航空公司之间的信息共享和协同决策过程,能够优化航班流量和调度,减少不必要的延误。通过强化区域管制中心的协调和决策能力,综合运用先进的流量管理工具(如流量管理单元、ATFMU),提升整体空域管理效率和运行效果。

通过这些措施,不仅可以有效扩充空域管制容量,还能最大程度地利用有限的空域资源,进而提升航空运输系统的整体效能,确保航班的安全与准点。

4.2 优化空域车流和调度的方法

优化空域车流和调度是提升空域效能的重要环节。采用先进的数据分析技术进行航班流量预测,通过大数据和机器学习算法分析历史航班数据和实时流量信息,准确预测未来空域车流趋势。以此为基础,制定更加合理的航班计划和调度策略,避免空域拥堵,减少航班延误。

实施动态空域管理,利用实时监控和动态调整技术,根据航班实际运行情况,灵活调整空域结构和路径。通过建立动态空域分区系统,根据不间断和飞行需求,动态调整各空域区块的容量和使用权限,实现空域资源的高效配置。

推广基于地面和空中协调的全流程协同管理模式,加强航班起飞、巡航和降落阶段的衔接。通过加强地面、空中管制人员的协作,利用信息共享平台,实时传递航班动态信息,确保各环节的顺畅衔接,提高空域运行效率。

借助现代化空管技术手段,如自动化空中交通管制系

统和精确导航系统,提高空中交通流量管理的自动化和智能化水平。实现航线、航班时刻的智能调度,降低空域资源浪费,提高整体空域的运营效能。

4.3 改进空域设计与调度以提高空域效能

改进空域设计与调度对提高空域效能至关重要。通过采用先进技术进行空域的动态适应和分区,可以优化航路和航班频率,减少交通冲突。引入智能空中交通管理系统,实时调整航班路线,避免空域拥堵,提升航班准点率。通过空中与地面资源的有效协同,精确预判航班需求,灵活分配空域资源,确保空域使用的最大化和效能的提升,从而显著改善航空运输的服务质量。

5 结语

基于区域管制的背景,本研究探讨了空域结构优化与效能提升的策略,为航空运输系统的高效运营拓宽了思路。一方面,通过构建精细化的数学模型对空域进行划分,以提高空域资源的使用效率。另一方面,提出基于优化结构的效能提升策略,通过扩大容量、优化车流、改进空域设计及调度等多元化手段,实现空域效能的全面提升。结果表明,采用本研究提出的空域结构优化与效能提升策略,可显著提高航班的运行效率和准点率,减少空中延误,并提升航空运输的服务质量。此项研究结果为提高航空运输效率的实践尝试提供了有力的理论支持。然而,本研究还存在一定的局限性。区域管制下的空域结构优化与效能提升是一个相当复杂的系统工程,牵涉到空域管理、飞机性能、航空公司策略等多种因素。因此,如何综合考虑这些因素,进一步优化空域结构和提升空域效能,仍需要进一步的研究。未来的研究可以尝试引入更多的关键影响因素,构建更为复杂的数学模型,以便更深层次地探寻空域结构优化与效能提升的潜在策略。我们期待这个研究领域会发展出更实用、更具有前瞻性的方法和理论。

参考文献

- [1] 李佳原.机场管制运行效率提升策略研究[J].中国航班,2020(8):17.
- [2] 李昕晓.基于管制员工作负荷的管制空域扇区优化概述[J].科学与信息化,2020(7):174.
- [3] 张兆宁,曹悦琪.区域管制空域短时利用率评估研究[J].计算机仿真,2019,36(3):79-82.
- [4] 张瑞书.提升政务服务效能 优化重点区域营商环境[J].乡音,2022(7):11.
- [5] 梁姚杰.低空空域的航空管制研究[J].中国航班,2019(16):30.