

终端区进离场飞行程序设计及命名优化

——以成都双流机场为例

黄 晋, 刘浩滨, 彭 浩, 高 震

(中国民用航空飞行学院空中交通管理学院, 四川 广汉 618307)

摘要: 参照国际民航组织(ICAO)相关的技术规范,分析国内当前空域使用和飞行程序设计命名现状,提出一种新的程序设计与命名方法。该方法通过使用过渡+共同段(点)的设计理念,并整合平行跑道和进离场路径,显著减少了飞行程序和航图数量,提高了空域利用效率。以成都双流机场为例,对过渡+共同段(点)的设计理念在该机场的应用进行分析,验证了该方法在减少飞行程序数量、简化航图及减少空中交通管理负担方面的有效性。

关键词: 飞行程序; 终端区; 命名优化; 空域利用; 共同段

中图分类号: [U8] **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)05-0115-06

随着国内航空产业,特别是低空经济的快速发展,在新空域分类划设正全面推广的条件下,对机场终端区域内运输航空、通用航空及无人机等各类航空运行对空域的使用需求日益迫切^[1]。运输航空是机场终端区内最重要的空域用户,通常是通过设计仪表进离场和进近程序来使用终端区空域。随着运输航空的发展,各个机场的进离场程序也日益复杂^[2],为简化程序并促进终端内其他航空用户的空域利用,增大空域容量提升运行效率,优化终端区进离场程序并使其命名更加高效简洁、便于使用,已成为一个十分重要的需求^[3-4]。

1 国内外仪表进离场飞行程序现状

1.1 国内

飞行程序是保障民航飞行安全进行的重要基础资料,飞行程序的设计需要严格按照相关规章中的要求来进行^[5]。目前国内的进离场飞行程序主要参照国际民航组织《目视和仪表飞行程序设计》(DOC 8168 第 II 卷)的标准设计^[6],主要分为地导导航台的传统程序和主要基于全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)卫星的性能导航(PBN)程序^[7],PBN 程序相对于传统程序,具有可以灵活地按照实际地形设置航路走向,保护区更小,可以更好地实现进离场分离和提高空

域容量等优势^[8]。

对于飞行程序的划设,国际民航组织提供有《飞行程序设计手册》(DOC9368)和《PBN 空域规划手册》(DOC9992)两个重要指导文件。对于飞行程序的公布有附件 4《航图》、附件 15《航空情报服务》《航空器运行-飞行程序》(DOC8168 第 I 卷)等指导文件,这其中提供有进离场飞行程序命名和公布的要求。

按照国内当前机场进离场飞行程序设计和命名的理念,对于中小机场的程序相对较少,进离场程序和命名相对会比较简单。在飞行程序设计中,需要合理规划,既要满足管制运行指挥要求,又要确保飞行员操作的便利性^[9]。然而,对于多跑道的大型机场,当前的程序设计和程序命名理念容易导致飞行程序数目庞大、航图上程序线路复杂、程序名称纷杂,从而引发航图不易解读、程序名称不易区分、程序导航数据库容易溢出、电子航图不易查找等问题,甚至导致多次飞行员错飞航线的事故风险发生^[10]。

1.2 国外

世界飞行程序设计主要有美国的 TERPS 标准(standard for terminal instrument procedure,终端区仪表程序设计标准)和国际民航组织的 PANS-OPS(procedures for air navigation services-aircraft operations,航行服务程序-航空器运行)两种设计标

收稿日期: 2024-09-09

基金项目: 中国民航安全能力建设基金(FY2024MHBZ-12)

作者简介: 黄晋(1973—),男,四川广汉人,硕士,教授,研究方向为飞行程序设计、空域规划;通信作者刘浩滨(1997—),男,广东揭阳人,硕士研究生,研究方向为飞行程序设计、空域规划;彭浩(1998—),男,四川宜宾人,硕士研究生,研究方向为空域规划、飞行程序设计;高震(1999—),男,陕西榆林人,硕士研究生,研究方向为空域规划、飞行程序设计。

准^[11],而公布飞行程序所使用航图的样式确是种类繁多,世界各个国家基本有自己的航图样式。但国际上广泛使用比较典型的包括杰普逊航图和 LIDO 航图两种样式^[12],国内航图主要参照国际民航组织推荐的标准。近年来无论是程序设计理念,还是程序命名与航图公布的主流样式都已经发生较大变化,特别是“过渡”和公共段(点)概念的应用使得程序和航图数量大幅度减少,程序更加简洁,空域利用更加高效,美国和欧洲等国的程序设计和航图样式已经广泛使用。国际民航组织的飞行程序专家组(IFPP)也开始研究和部署该项新理念的推广应用。

2 过渡和公共段(点)的概念

在国内现有的进离场程序概念中,一条离场程序从离场跑道末端一直连接到终端区出口的航路点上,与航路相衔接;相反,进场程序从终端区入口的航路点一直连接到实施落地的仪表进近程序的起始进近定位点(IAF)^[13]。对于“过渡”和“公共段(点)”的概念主要得益于机载导航数据库技术的发展,可以将现有的一条离场或进场程序分成多段,在使用时进行灵活组合。这样程序数量就可以大为减少,对于临近跑道和远离跑道的进离场航线划设可以更加优化,空域利用率更加高效,这也与空域新分类划设的要求完全契合。

2.1 离场中过渡和公共段(点)

一个离场程序可以由“跑道过渡”+“公共段(点)”+“航路过渡”3段组成^[14]。如图1所示中红色线段为“跑道过渡”,由一条跑道的两个不同方向,或多条平行跑道的相同方向构成。图中绿色航段为公共段(KODAP-RAWLS)、紫色航段为航路过渡(如 RAWLS-DAREN; RAWLS-WALTR)。实际程序设计中还可以灵活组合,如“跑道过渡”+“点”+“航路过渡”、只有“跑道过渡”、只有“航路过渡”等形式。由于空域和程序划设的原因,很多机场无法设计出共同段,但如果能够构建一个共同点则同样能够起到共同段减少程序数量的作用,也就是“跑道过渡”+“点”+“航路过渡”的形式,如图1中的 RAWLS-KODAP 航段缩减为一个点,则共同点就是跑道过渡和航路过渡的交叉汇聚点。

2.2 进场中过渡和公共段(点)

一个进场程序至落地的程序可以由“航路过渡”+“公共段(点)”+“跑道过渡”+“进近过渡”4段组成。如图2所示中紫色航段为航路过渡(如 DAREN-RAWLS; WALTR-RAWLS)。图2中绿色航段为公共段(RAWLS-KODAP)、红色线段为

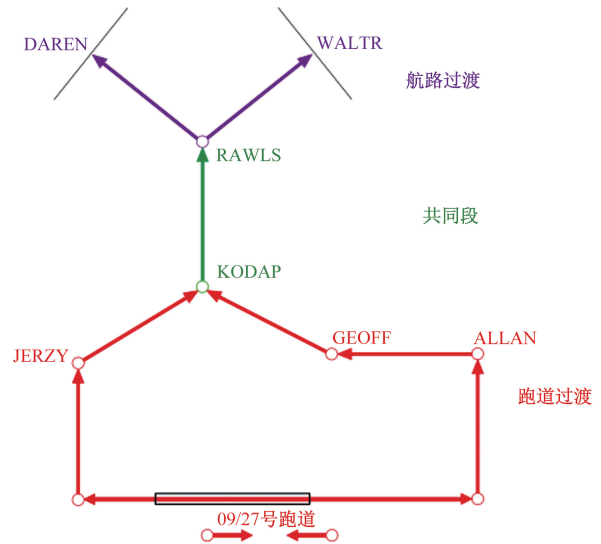


图1 离场程序中的过渡与公共段(点)

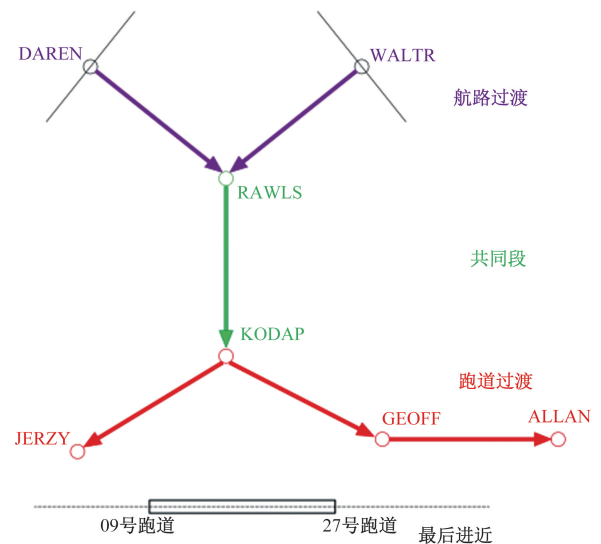


图2 进场程序中的过渡与公共段(点)

“跑道过渡”,由一条跑道的两个不同方向(KODAP-JERZY、KODAP-GEOFF),或多条平行跑道的相同方向构成。图3中 ALLAN-JOPLN 为“进近过渡”。“进近过渡”是长久以来飞机导航系统一直使用的方式。在实际进场的程序设计中也可以灵活组合,如“航路过渡”+“点”+“跑道过渡”、只有“航路过渡”、只有“跑道过渡”等形式。

2.3 使用过渡和公共段(点)的效率分析

通过图1可知,虽然有2个跑道过渡,2个航路过渡,但图中的多条线路都属于一个离场程序,程序名称如 RAWLS1。这个离场程序如果不使用过渡和公共段(点),则需要 $2 \times 2 = 4$ 个离场程序。程序的名称可能是“DAREN-9Z”“DAREN-9W”“WALTR-8Z”“WALTR-8W”等。由此例可见使用过渡和公共段

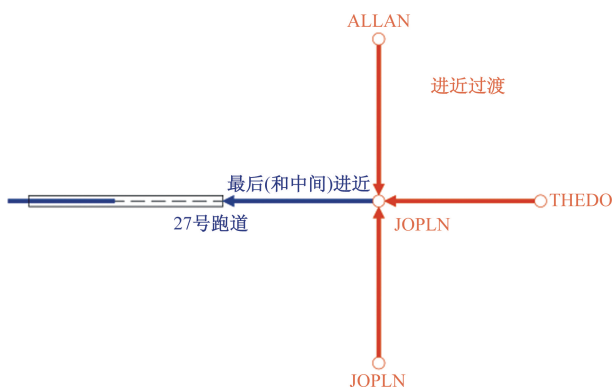


图 3 进近过渡

(点)的程序设计和命名方法,程序数量只有原来的 1/4,程序命名也因此会比较简单明了。

3 以成都双流机场为例的新程序命名效率分析

3.1 当前双流机场的进离场程序情况

成都双流机场位于中国四川省成都市双流区与武侯区交界处,距离成都市中心约 16 km,是国内第 4 大航空枢纽。2021 年,双流机场旅客吞吐量超 4 000 万人次,位居全国第 2^[15]。当前成都双流机场有两条跑道 4 个方向运行,现有的 PBN 离场航线一共有 34 条,进场航线有 26 条。目前的进离场程序都是采用一条线直接连接跑道和终端区出入口的方式。程序命名则采用出入口的航路点名称+2 位字符的形式。其中航路点最多 5 位,加上 2 位字母和数据的字符最多 7 位。最后两位字符是数字+字母的方式,其中大的数字(如 9、8)和倒序的字母(如 Z、W)表示 PBN 程序,小的数字(如 1、2)和正序的字母(如 A、B)表示传统程序。由于程序数量较多,无法在一两张图上标识出所有的程序,则按照一张离场或进场航图最多标识出 2 个或 3 个终端进出口航线的原则分成多张航图表示,由此成都双流机场 PBN 离场图一共有 13 张航图,PBN 进场图一共有 8 张航图。

通过对成都双流机场进离场程序的分析,当前成都双流机场离场程序一共有 6 个出口,进场程序有 5 个入口,基本实现了进离场分离。但是平行跑道相同方向的离场采用完全不同的程序,如图 4 和图 5 所示。虽然平行跑道离场需要有 15° 散开的角度^[16],但其后的航迹基本没有构建共同航段。特别是一条跑道两个方向离场航线在飞向同一个终端区出口的路径基本完全不相同,即使终端区出口距离跑道距离超过 80~90 km。对于进场程序也同样存在从终端区入口开始飞向同一条跑道不同方向的航向路径完全不同情况。这导致终端区空域的航线纷繁

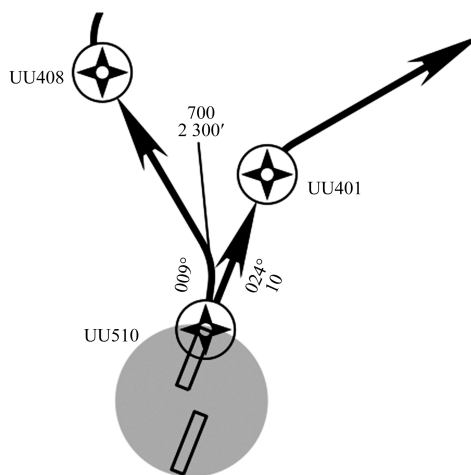


图 4 双流机场 02L 跑道离场

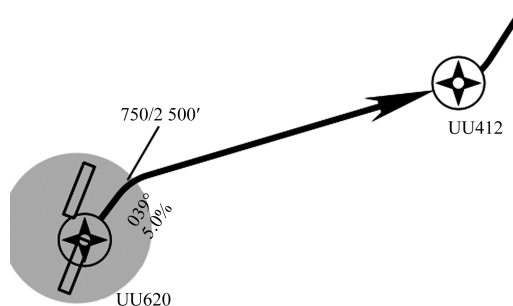


图 5 双流机场 02R 跑道离场

复杂,中低空空域利用效率低下,也会增加管制员熟记区域内航线结构的难度,更重要的是如果机场在运行过程中由于风向变化等原因需要改变跑道的起降方向,刚从终端区入口进场的飞机和已经远离跑道 80~90 km 的飞机都需要调整所飞航线,皆需要管制员的参与和引导,这会极大地增加空中的安全风险和管制员的工作负荷,减小空域的容量。

因此,对于离场的航线如果一条跑道不同方向起飞的飞机能够尽快进入共同段,进场去往一条跑道不同方向着陆的程序尽早实现共同段的分离,就能简化更换跑道方向的复杂程序,同时也有利于缩小进场程序实施机动飞行的距离。这符合新空域分类条件下,将离场和进近程序尽量设置在终端区所属的 B 类空域之内的要求。

3.2 对成都双流机场使用过渡+共同段(点)的应用分析

针对成都双流机场的空域特点,在不对进离场程序进行大调整基础上,使用“过渡”+共同段(点)的理念对其进离场程序设计、程序命名和航图分幅进行改进。重点内容如下。

(1)离场程序将平行跑道同一方向或不同方向起飞的程序使用“跑道过渡”进行整合,构建共同段

或共同点(UU401),如图 6 所示。在共同段末端飞往不同出口的航线上使用“航路过渡”,如图 7 所示。两条跑道使用“跑道过渡”,3 个离场出口使用“航路过渡”,则原来的 2×3 个离场程序合并成为 1 个程

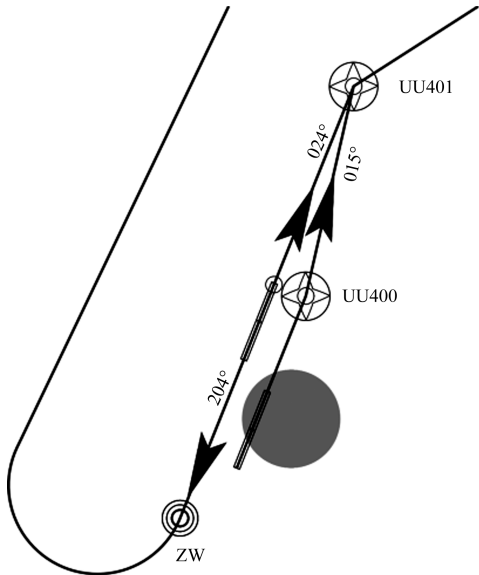


图 6 改进后的双流机场离场程序跑道过渡段

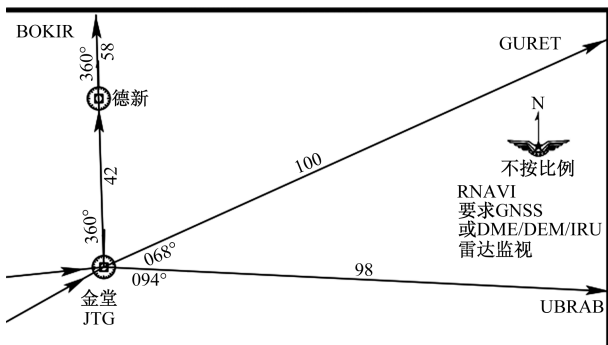


图 7 改进后的双流机场离场程序航路过渡段

序,这样离场程序数量大为减少。通过改进,原来的 34 条离场程序可以缩减为 7 条,航线结构得到了极大简化,在风向变化导致的跑道方向更换时,航线调整更加顺畅,大幅降低了空中冲突和安全风险。

(2)对于进场程序尽量构建共同航段,但是由于需要对进场程序做大的调整,因此在微调的情况下基本没有形成共同段或共同点,而原程序的部分平行跑道相同方向进场已经使用“跑道过渡”的概念,因此进场程序的数量并没有大幅减少,但是原来 26 条的进场程序也可以缩减为 12 条。

(3)程序命名的调整。由于在离场程序中使用了“共同点”的概念,因此离场程序命名就与原来的方式发生了根本变化。如图 7 所示,金堂(JTG)是离场程序中的共同点,离场程序命名的航路点名称就是“金堂(JTG)”,而不再是终端区出口航路点的名称。由于有 2 张离场图需要“金堂(JTG)”作为共同点表述不同跑道去往不同终端区出口的离场程序。因此离场程序的名称分别为“JTG9A”和“JTG9B”,其中的 9 可以按照国际民航组织 DOC8168 第 I 卷中的要求表示“有效性指标”,也可以是代表 PBN 程序等,“A”和“B”则是过同一共同点两条不同航路的“航路代号”,具体如图 8 所示。在图中整个一张航图表示一个离场程序,因此在航图上的航线下不用再标绘离场程序的名称。由此整个双流机场的 PBN 离场程序数量也确定为 7 张航图,航图数量也有所减少。

由于使用共同点进行程序命名,有可能会该共同点不是一个已有的电台或重要点,而实施一个人设定的诸如 UU415 这样的航路点,为便于程序的命名并便于区分,建议使用机场航路点代码后两

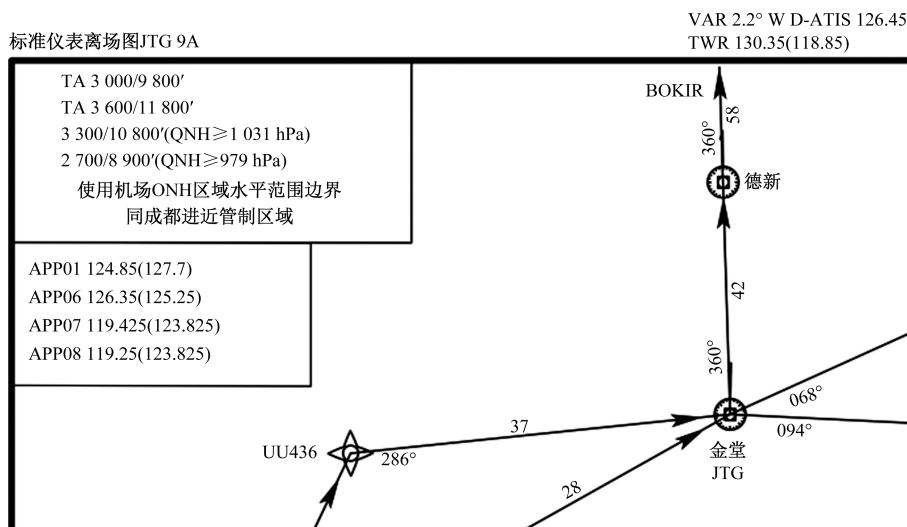


图 8 共同点为“金堂(JTG)”的离场程序 JTG9A

位加上其他两个便于发音的字母构建航路点名称,如“UUSE”。在成都双流机场向南离场的程序中就出现两张如图 9 所示的航图,该航图的离场程序名称为“UUSE9A”和“UUSE9B”,如图 10 所示。

(4)在某些像双流机场这样的大型枢纽机场,由于进离场程序太多,已经导致部分运营人的波音

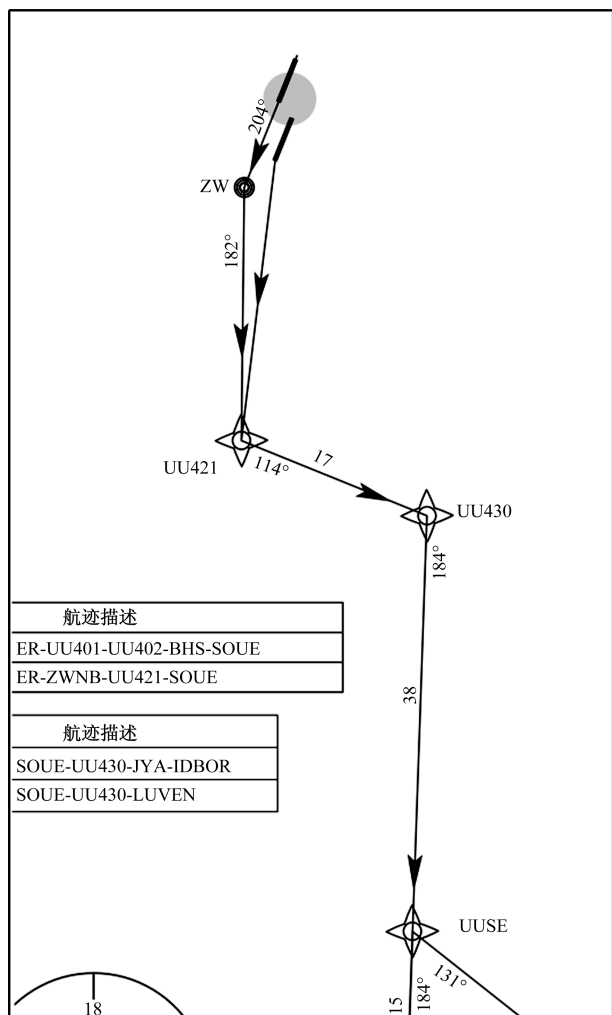


图 9 人为设定的航路点 UUSE

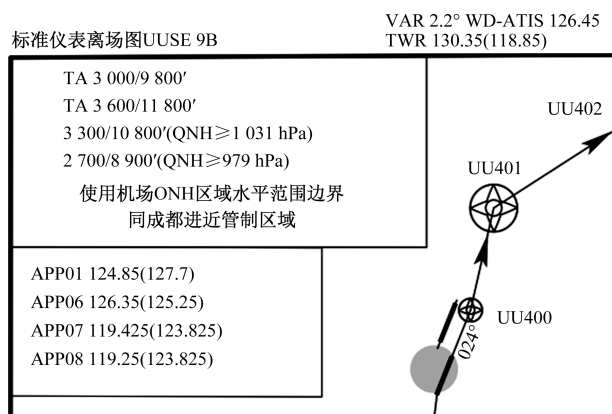


图 10 离场程序 UUSE9B

和空客飞机机载数据库出现实际溢出的问题。运营人不得不根据主观预测将部分进离场程序从机载数据库中删除,这造成了在有些情况下,当机组需要调用某进离场程序时,尽管该程序在航图上存在,却无法从机组数据库中找到。通过应用“过渡+共同段(点)”的设计理念构建共同段和航路过渡,优化航路设计,包括双流机场在内的枢纽机场的进离场程序数量可实现大幅缩减,有效避免导航数据库的溢出。降低程序的复杂性和减少冗余不仅能够降低数据库溢出带来的操作风险,还有助于管制员在繁忙空域内更清晰地引导飞机,降低空中冲突的风险。通过简化和统一进离场程序,提升空域管理的效率,减少了飞行员和管制员的工作负荷,从而进一步提高了飞行安全性。

(5)FMS 中进离场程序的选择。使用过渡+共同段(点)的进离场程序在通过导航编码输入到飞行管理系统(FMS)中后,飞行员在选择进离场过程中不再只是通过一次选择就能检索出完整的一个进离场程序。对于离场程序而言,飞行员需要首先选择离场的跑道,从而确定使用的“跑道过渡”,而后根据离场程序名称选择相应的离场程序,然后再选择离场程序中的“航路过渡”,通过 3 步的选择就能确定完整的离场程序,飞行管理系统选择界面如图 11 所示。虽然需要 3 步的选择,但在这 3 步选择的内容都显示在同一张进离场图上,能够实现很便捷的核对。机场图如果也同时包含“航路过渡”和“跑道过渡”则同样需要 3 步完成。但如果只有一种过渡,则选择步骤也因此会相应地减少。



图 11 飞行管理系统选择界面

4 对程序命名优化的总结和建议

(1)“过渡+共同段(点)”的概念对终端区进离场飞行程序命名优化可以有效地减少程序和航图的数量,同时避免导航数据库的溢出。在使用“跑道过渡”的过程中有利于高效地利用临近跑道的低空空域,低空的进离场和进近程序尽量缩减在机场

B类空域以内。通过使用“航路过渡”的概念可以使终端区远离机场的中高度空域有效整合,能够提高中空空域利用效率。以成都双流机场为例深入分析了其现有进离场程序的复杂性,细化了改进方案的实际应用效果,证明了通过减少进离场程序的数量和优化命名方式可以大幅提高空域管理效率与飞行安全性。通过这种概念的使用特别有利于化解当前运输航空和低空经济发展所需空域协调上可能的冲突,促进整个航空经济的共同发展。

(2)为更充分利用该概念带来的优势,对于多跑道复杂空域机场,建议在程序设计的阶段就开展相应的规划,结合空域的特点构建出更多合适的共同段(点)和过渡段。对于小的运输机场则可以简化设计,保持与当前程序基本一致的设计方式。

(3)通过考虑一张进离场航图上可以兼顾进离场出入口的数量,在便于使用的前提下,尽量减少航图分幅的数量。由于原则上一个程序一张图,程序数量较少,则程序命名就可以十分简化,完成参照国际民航组织附件 11 和《航空运行-飞行程序》中的要求使用“进离场航路点标识+有效性指标+航路代码”的方式进行命名,对于最后 2 位字符的使用也可以酌情赋予不同的含义,这样也与当前最新的命名方式实现兼容。

(4)由于基于“过渡+共同段(点)”设计和命名的进离场航图在飞行员使用过程中需要在飞行管理系统上选择计划航路时多增加 1 个或 2 个步骤,另外管制员发布的进离场指令中需要增加额外的说明,如果开展相应的实施就需要对飞行员和管制员开展相应的培训。当然这也是保持与世界民航未来发展方向相一致的需要。

参考文献

- [1] 张彧. 中国低空经济发展促进法的理据与图景[J/OL]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 1-14[2024-08-24]. <https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.1175>.
- [2] 杨赛. 导航数据库编码的简化方法在浦东机场的应用研究[J]. 民航学报, 2018, 2(6): 60-62.
- [3] 韩红蓉, 黄婕, 赵巍飞. 京津多机场系统容量损失影响分析[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(12): 5212-5219.
- [4] 白辉, 张艳玲. 通用航空术语规范化问题研究[J]. 现代英语, 2023(18): 64-67.
- [5] 姜英杰. 基于多用户需求的中小机场飞行程序优化研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2022.
- [6] 空中航行服务程序—目视和仪表飞行程序设计: DOC8168 V6—2014[S]. 北京: 中国民航局, 2014.
- [7] 朱代武, 何光勤. 目视和仪表飞行程序设计[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2016.
- [8] 戴福青, 李解. 基于 PBN 的中小机场终端区飞行程序优化研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(34): 9270-9274.
- [9] 鲁义伟. 浅谈飞行程序设计工作作风建设[J]. 中国民航飞行学院学报, 2021, 32(3): 25-27.
- [10] 林海峰. 持续提高航图质量促进航空情报服务高质量发展[J]. 科技与创新, 2020(11): 93-94.
- [11] 刘津宇. FAA 和 ICAO 规范的目视盘旋差异化探究[J]. 中国科技信息, 2021(20): 42-44.
- [12] 肖艳平, 潘建, 黄波. 二次放行与延程运行飞行计划仿真计算[J]. 航空计算技术, 2020, 50(5): 1-4.
- [13] 辛峰. 终端区进离场航班运行时刻优化方法及仿真应用[D]. 天津: 中国民航大学, 2016.
- [14] 李郁, 郭靖, 李兵兵, 等. 基于 ARINC424 导航数据的飞行程序航迹绘制方法研究[J]. 民航学报, 2024, 8(4): 73-78.
- [15] 骆晨, 王敏. 多交通态势下成都市“一市两场”可达性[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(21): 9201-9209.
- [16] 交通运输部关于修改《平行跑道同时仪表运行管理规定》的决定[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2023(17): 20-29.

Design and Naming Optimization of Terminal Area Instrument Flight Procedures: Taking Chengdu Shuangliu Airport as an Example

HUANG Jin, LIU Haobin, PENG Hao, GAO Zhen

(College of Air Traffic Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China)

Abstract: Referencing the relevant technical specifications of the International Civil Aviation Organization (ICAO), the current state of airspace usage and flight procedures naming in China was analyzed. A new approach to flight procedures design and naming is proposed. This approach introduces the concept of transition+common segment (point) and integrates parallel runways with arrival and departure paths, significantly reducing the number of flight procedures and aeronautical charts, thereby improving airspace utilization efficiency. Using Chengdu Shuangliu Airport as an example, the application of the transition+common segment (point) concept at this airport was analyzed, demonstrating its effectiveness in reducing the number of flight procedures, simplifying aeronautical charts, and easing the burden on air traffic management.

Keywords: flight procedures; terminal areas; naming optimization; airspace utilization; common segment