



第十四次空中航行会议

2024 年 8 月 26 日至 9 月 6 日，加拿大，蒙特利尔

议程项目 3： 空中航行系统绩效提升

3.1： 关于加强空中航行服务效率，为长期理想目标做出贡献的建议

多机 TBO 仿真验证

(由中国提交)

执行摘要

本文介绍中国多机基于航迹的运行（TBO）仿真验证的进展情况，主要包括多机 TBO 仿真验证目标、验证平台、验证场景和验证结果等。该验证重点分析地面管制系统如何基于机载预测航迹进行更加安全和智能的决策。

1. 引言

1.1 2019 年 3 月 20 日，中国民航进行了首次初始四维航迹试验飞行。为进一步推进全球基于航迹运行的研究与应用，空管局（ATMB）技术中心围绕多机 TBO 运行，开展了相关仿真验证工作，重点分析地面空管系统如何基于机载预测航迹进行更加安全、高效、协同和智能的决策。

验证目标

1.2 具有高精度的机载预测航迹作为基于航迹运行的主要纽带，对于提升地面空中交通管制（ATC）系统智能决策能力有着非常重要的作用，本次多机 TBO 运行仿真验证主要研究探索地面自动化系统如何利用机载预测航迹提升冲突探测、一致性监视和进港管理等能力，辅助空中交通管制员进行智能决策，提升空管系统运行安全水平与效率。

验证平台

1.3 围绕验证目标，民航局空管局技术中心搭建了满足多机 TBO 运行的仿真验证平台，该平台由支持 TBO 运行的机载模拟系统和航迹管制自动化系统组成，如下图所示。机载模拟系统支持多个 TBO 航班生成，航迹管制自动化系统能够接收、处理和显示（多条）机载预测航迹，并具备基于机载预测航迹的冲突探测、一致性监视、进港管理和航班 RTA 智能分配等功能。平台为开展多机 TBO 仿真运行提供了验证环境，可以支撑研究多机 TBO 运行下系统功能、运行流程、人机界面等内容。

¹ 中文和英文版本由中国提供。

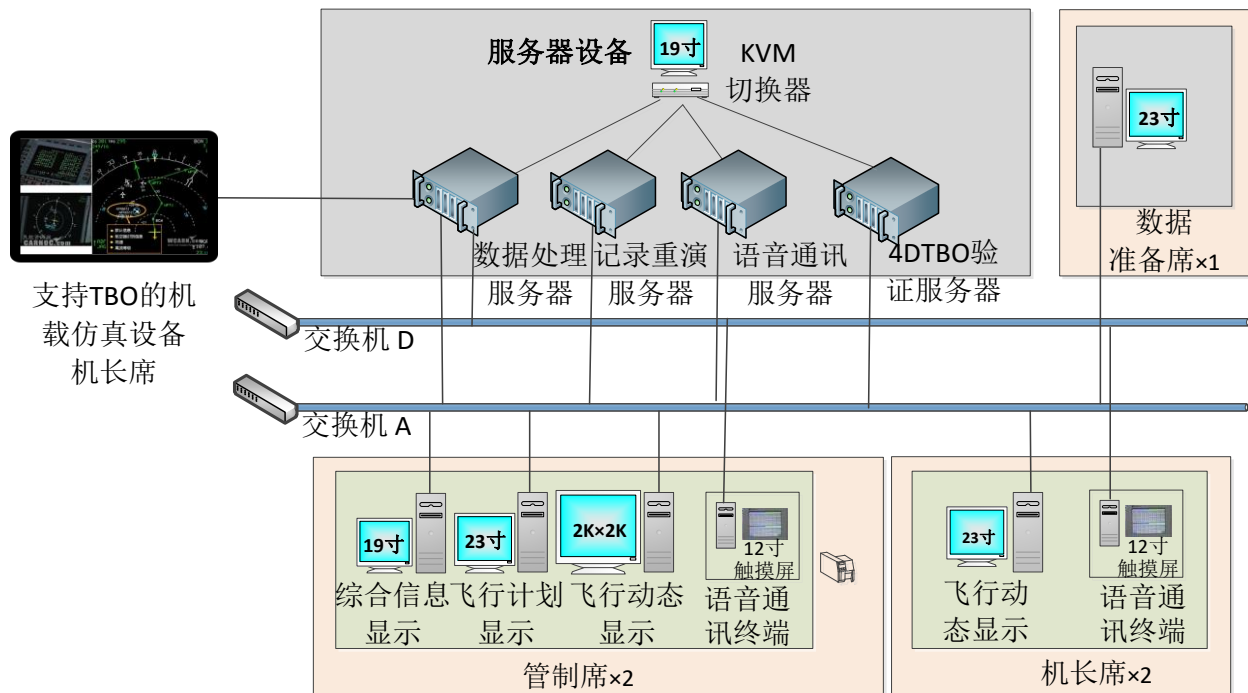


图1 TBO仿真验证平台架构图

验证场景

1.4 根据需要制定一批 4D 飞行计划，并将计划上传至机载模拟系统，机载模拟系统根据航空器属性和飞行计划等信息推算机载预测航迹，并按照 ADS-C 合约向地面航迹管制自动化系统下传机载预测航迹。

场景 1: 基于机载预测航迹的航班中期冲突探测

1.4.1 仿真场景运行后，机载模拟系统下传飞机当前位置和预测航迹，航迹管制自动化系统开启中期冲突探测选项，根据机载预测航迹进行冲突探测，识别冲突后，给出提示，并显示冲突空间范围和冲突时间范围。

场景 2: 基于机载预测航迹的航班一致性监视

1.4.2 仿真场景运行后，机载模拟系统下传机载预测航迹，航迹管制自动化系统对商定航迹与机载预测航迹进行实时比对，当偏差超出设定的容差时，提供一致性监视告警。

场景 3: 基于机载预测航迹的航班进港管理

1.4.3 仿真场景运行后，机载模拟系统下传飞机当前位置和预测航迹，当航班进入进港排序队列后，地面请求航空器预计进场时间（ETA）窗口，AMAN模块根据ETA窗口、时隙分配原则等因素对航班时隙进行分配，智能生成航班RTA，并通过管制员—驾驶员数据链通信（CPDLC）上传给航空器，航空器根据RTA自动调速，并下传新的机载预测航迹。

2. 讨论

基于机载预测航迹的中期冲突探测

2.1 在场景运行过程中，航迹管制自动化系统实施基于机载预测航迹的冲突探测功能和传统基于地面预测的冲突探测功能，如下图 EPCP 代表基于机载预测航迹的冲突探测模块，FPCP 代表基于传统地面预测的冲突探测模块，EPCP 与 FPCP 告警窗口分别显示两种冲突探测模式下航班 AIB1234 与 AIB1235 的冲突时空范围，例如 EPCP 显示冲突起始和结束时间分别为 07:18 和 07:19，冲突起始位置 39.43.41N117.03.41E（AIB1234）、39.42.57N117.03.32E（AIB1235），冲突结束位置 39.49.57N116.57.45E（AIB1234）、39.49.04N116.57.26E（AIB1235），同时可看到 EPCP 与 FPCP 预测的冲突时空范围有一定的差异，且实验数据显示 EPCP 预测的冲突信息更加准确。

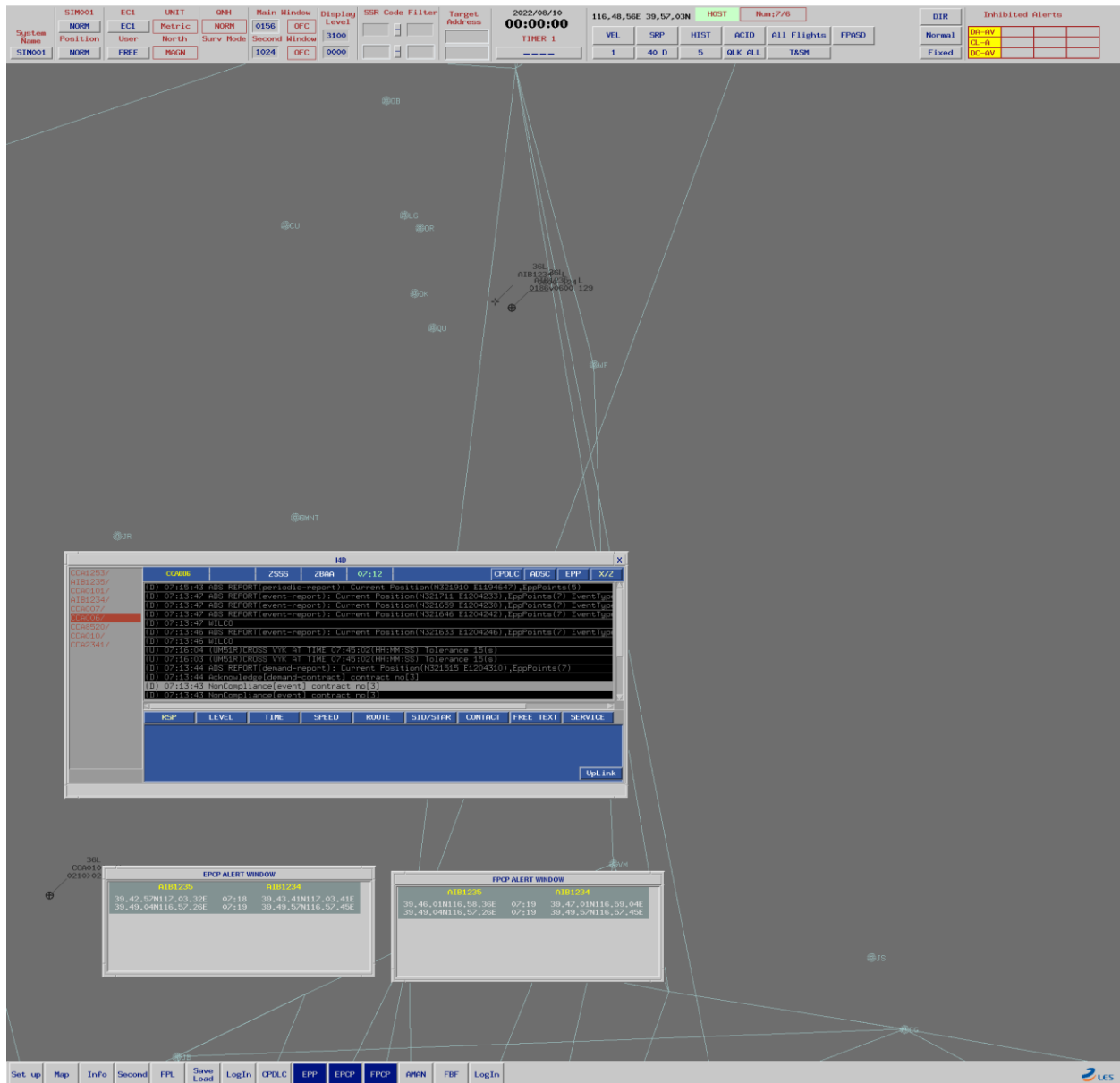


图2 中期冲突探测示意图

基于机载预测航迹的航班一致性监视

2.2 地面自动化系统实时监视机载预测航迹与商定航迹，当机载预测航迹与商定航迹中任一航路点预计到达时间偏差超出容差时（场景中设置的容差为 20 分钟），给出告警提示。如下图，航班 CCA2341 预计过航路点 ABTUB 和 DALIM 时，预计到达时间与商定到达时间偏差超出 20 分钟，航路点上预计到达时间变红，给出警示，提示管制员该航班的偏离情况并及时要求调整。

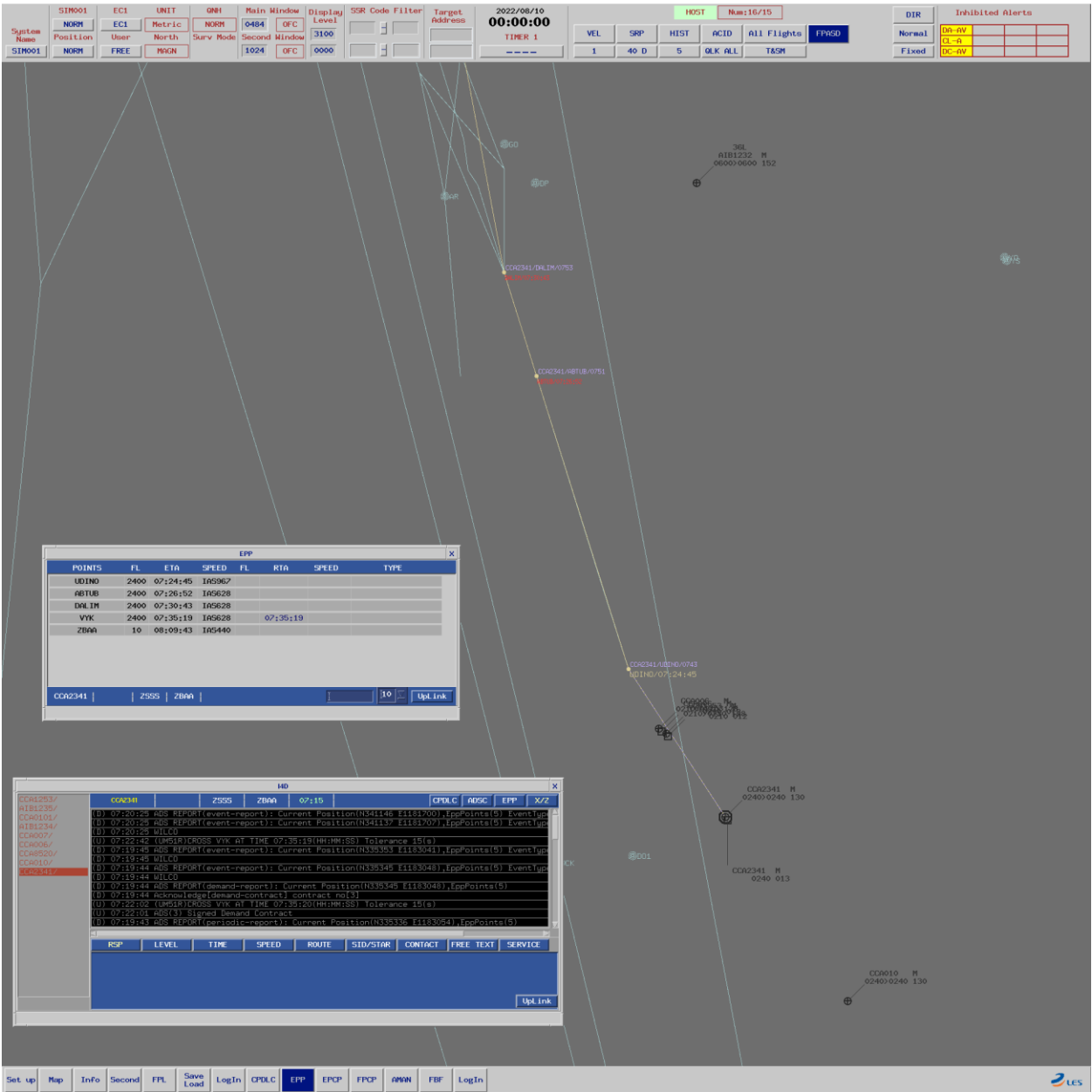


图3 航班一致性监视示意图

基于机载预测航迹的进港管理

2.3 在场景运行过程中，可以请求任意一架航班过某一点的 ETA 窗口，如下图可以看到航班 CCA2341 预计过 VYK 的 ETA 窗口为 07:31:23-07:54:55，AMAN 模块根据所有进港航班的 ETA 窗口、时隙分配原则等因素对航班时隙进行分配，智能生成航班 RTA，图中可以看到为航班 CCA2341 分配的 RTA 为 07:39:32，在 CPDLC 通信里可以看到航空器接受（WILCO），并下载新的机载预测航迹，预计过 VYK 的时间调整为 07:39:31，严格按照 RTA 执行。

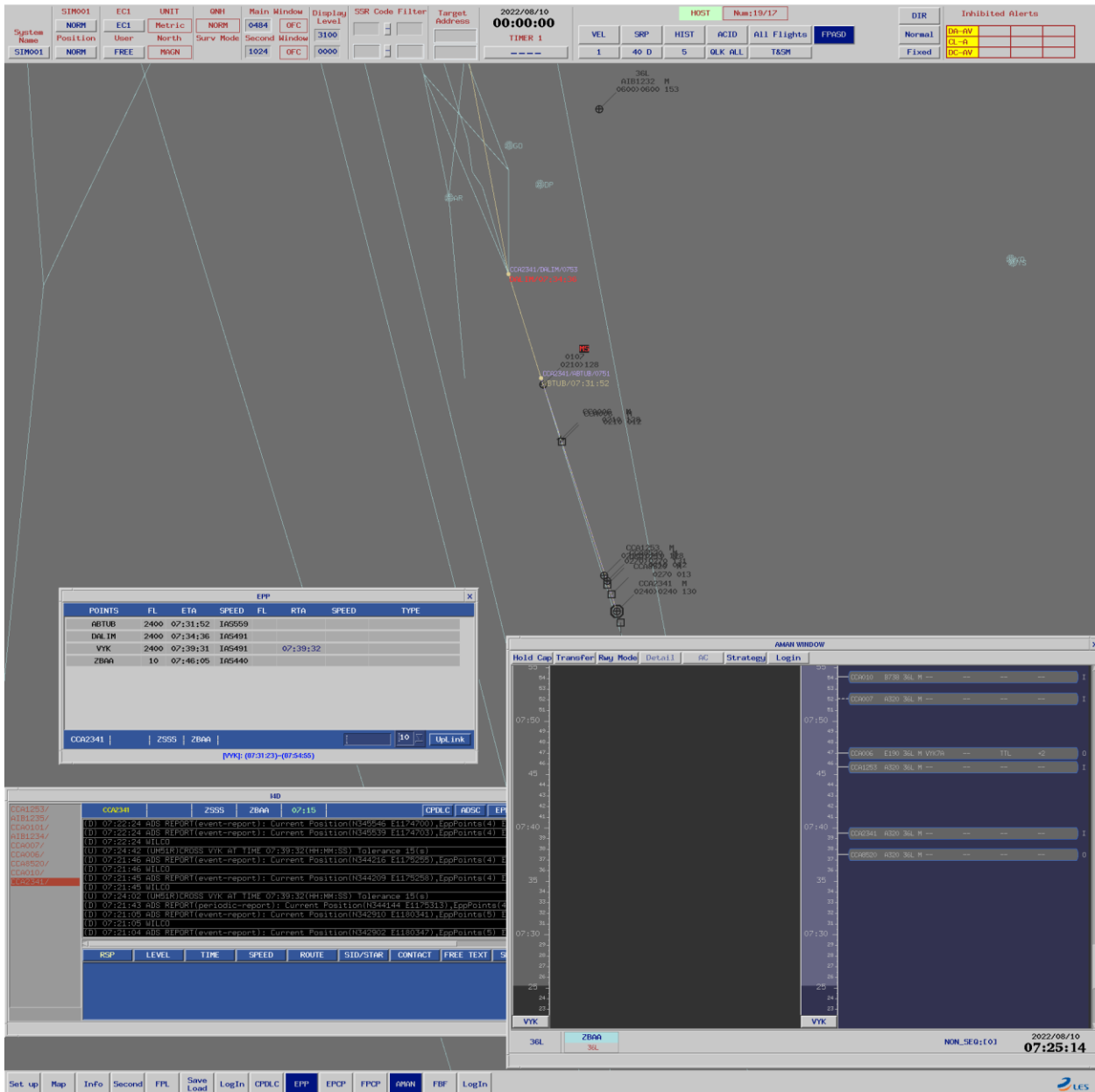


图4 进港排序管理示意图

2.4 本文详细论述了多机 TBO 仿真验证过程，初步验证了基于机载预测航迹的冲突探测、一致性监视、进港管理和航班 RTA 智能分配等运行场景，探索了未来运行环境下新一代空管系统的系统功能、运行流程和人机界面等内容。验证显示，机载预测航迹可有效辅助管制员进行智能决策，提高航班运行安全水平和效率。

3. 结论

3.1 关注本文所提及的内容。

— 完 —