

基于模拟仿真技术的航站楼旅客流程优化研究

林紫琪

苏文科集团股份有限公司，广东广州，510000；

摘要：传统的航站楼规划设计方法与运行管理经验难以对机场建设与运营中遇到的问题进行有效决策与定量分析。本文以澳门国际机场第二航站楼（以下简称 T2）的旅客出发和到达流程研究为例，基于阐述 CAST Terminal 软件对其进行仿真模拟，并以 IATA 服务指标作为主要评价参数，识别流程设计存在的问题和潜在的资源设施瓶颈。

关键词：机场航站楼；旅客流程；仿真模拟

DOI：10.69979/3029-2700.24.5.023

引言

澳门国际机场第二航站楼（以下简称 T2）作为一在既有交通综合设施内的改造项目，面临多方面的挑战，包括复杂的机场航站楼流程组织、既有的空间结构和功能布局的处理和利用、建造和管理运营成本的控制等。本文以 T2 项目初步设计阶段流程运行仿真模拟研究为例，对 T2 旅客出发及到达流程进行模拟和场景比对，系统评估航站楼内部流程设计和资源配置的合理性，找出运行中的潜在问题和瓶颈节点，为后续优化调整设计提供科学数据支持。

1 研究背景和和目目标

航站楼的运营效率直接影响着机场整体服务水平，而由于旅客需求和航站楼系统的复杂性，科学分析旅客流程和行为特征特点对提高航站楼运行效率和满意度有着重要意义。传统的航站楼流程设计主要基于历史数据和经验预测，缺乏准确的定量分析研究和科学的反馈机制，忽视了航班特点、空间组织方式、旅客行为特征等具体差异，往往造成因前期规划不合理而导致航站楼设计不符合实际业务需求，造成资源的浪费和运营管理成本的增加。而扩建改造项目面临更复杂的空间资源利用和多类型人流动线协调，对精细化设计和不停航施工等提出了更高的要求。

有鉴于此，项目引入了旅客流程仿真模拟专题研究，以 T2 初步设计方案为基础，结合航站楼流程数据和 IA TA 评价参数，使用 CAST Terminal 航站楼模拟类比软件建立航站楼物理模型和旅客行为流程，同时标定相应参数，结合预测的旅客客运量需求和旅客行为特征分析，并考虑场地其他共享交通空间和查验设施的影响，对 T 2 内部机场出发、到达旅客流程进行较为真实的仿真模

拟。以此评估流程时间、排队人数、资源容量等指标，识别潜在的资源设施瓶颈。在保证服务水平的前提下，通过必选、评估不同仿真条件下场景，优化空间布局和设施设备配置，并针对瓶颈环节提出针对性改进建议和优化策略^[1]。

2 主要数据收集和参数设定

T2 航站楼模拟主要参数涉及航站楼主流程平面布局、旅客出发到达流程、旅客行为特征、航站楼内旅客服务设施运行情况、旅客流量预测和航班时刻等。

2.1 流程设置

根据模拟分析对象为航站楼业务流程，模型范围选取旅客集中活动的公共区域，包括办票值机大厅、出入境查验大厅、安检区、候机大厅、行李提取大厅，流程详见图 1。



图 1：旅客出发及到达流程

2.2 旅客行为特征参数

参考机场 T1 运行数据，主要涉及旅客抵达机场时间和旅客设施选择习惯：提前 60 分钟抵达航站楼的出发旅客占比 1%，提前 60-90 分钟占比 19%，提前 90-120 分钟抵达占比 60%，提前 120-150 分钟抵达占比 20%；在办理值机环节，50%旅客选择人工值机柜台，50%旅客选择自助值机方式；在办理出入境查验环节，90%旅客选择人工查验柜台，10%旅客选择使用自助查验通道。

2.3 旅客行为特征参数

旅客在航站楼中行为主要涉及对各航站楼流程业务设施的使用，其中出入境查验设施涉及与其他功能区域共享，相关设施数量及服务时间详见表 1。到达行李提取流程中：航班开舱门时刻至行李转盘出现第一个行李的平均用时 15 分钟；行李系统处理速度约 10 件行李/分钟；一个行李转盘可同时分配 2 个航班。

表 1：流程设施平均服务时间

设施类型	设施数量	平均服务时间 (秒/人)
人工值机柜台	8	90
自助值机柜台	12	80
行李自助柜台	4	40
登机牌查验通道	3	1
出入境查验人工柜台	44（共享使用）	15
出入境查验自助通道	21（共享使用）	6
安检通道	3	20
登机口	4	1

2.4 计划航班及旅客量

根据项目早期规划定位，T2 计划高峰时段 8 架次（4 进 4 出），均为 C 类机型，模拟假设进离港航班起降时

表 2：原设计方案-流程设施等待时间和排队人数统计

设施类型	开放数量	等待时间		最大排队人数	是否符合服务水准	服务标准
		最大值	95%			
人工值机柜台	8	0:25:09	0:23:39	131	否	20 分钟
自助值机柜台	12	0:01:53	0:00:54	22	是	2 分钟
行李自助柜台	4	0:00:45	0:00:22	4	是	5 分钟
出境查验人工柜台	44	0:00:00	0:00:00	38	是	10 分钟
出境查验自助通道	21	0:00:00	0:00:00	10	是	5 分钟
安检通道	3	0:55:37	0:54:02	498	否	10 分钟
行李提取	2	0:12:14	0:10:43	80	是	

针对出发流程的主要瓶颈环节，进一步对人工值机柜台和安检通道设施进行控制变量进行场景比对，一是基于维持计划高峰小时旅客量，模拟满足服务标准所需的设施数量和比例；二是调整高峰小时运行需求，分别

刻均匀分布。旅客高峰小时旅客量 800 人次，航班平均载客量 200 人，平均托运行李量 130 件。

2.5 模拟评价指标

航站楼内服务水平等级考虑的因素有：航站楼拥挤程度、各类设施旅客排队时间、旅客等待空间、旅客步行距离及旅客办理手续总时间等。各业务环节所使用的公共空间面积及旅客最大等候时间参考《IATA 航站楼旅客服务水准评价指标（第 11 版）》服务水准指南。旅客最大通过模拟得到旅客在航站楼内不同处理流程的等待时间和服务空间，评估航站楼内各类设施服务水平达标情况^[2]。

3 模拟结果和对比分析

根据表 2 初步模拟结果反映，现有规划方案中到达设施、出入境、海关查验设施数量和行李提取系统均有余量，相关工作和排队空间充足，运行顺畅。而人工值机柜台和安检流程所需排队时间过长，不满足服务水准，旅客服务水准欠佳，是旅客出发流程的主要运行瓶颈，是下一阶段优化设计重点区域。

从降低机载客量（180 人/架次）和减少离港架次（由 4 架次减少到 3 架次），模拟现有设施所能满足的旅客运量。

根据上述思路，设计以下 7 个对比场景模拟：

表 3：7 个场景方案-流程设施等待时间和排队人数统计

	高峰小时人数	值机	是否达标	安检	是否达标
场景 1	800 人/时	8（人工占 50%）	否	3	否
场景 2		9（人工占 50%）	是	4	否
场景 3		9（人工占 55%）	是	4	是
场景 4	720 人/时	8（人工占 50%）	是	3	否
场景 5	600 人/时	8（人工占 50%）	是	3	否
场景 6	600 人/时	8（人工占 60%）	是	3	否
场景 7	600 人/时	8（人工占 65%）	是	3	是

通过表 3 对比分析可得, 场景 3 和场景 7 的设计方案可满足其计划客运需求。根据不同的方案调整方向和现实条件: ①若考虑满足高峰小时 800 人次的运量需求, 建议在现有基础上增加 1 个人工值机柜台和 1 条安检通道, 人工值机使用占比 55% (场景 3); ②而受限于改造项目的现实因素, 现有设施数量或无法增加, 且安检

排队空间有限, 为缓解其因为排队时间过长而产生拥挤情况, 可适当降低客运规模, 并引导旅客使用人工值机方式, 人工设施使用占比至 65%, 一定程度上平衡旅客值机和安检的排队时间, 使其均在 IATA 服务标准范围内, 使出发流程整体达到服务水平 (场景 7)。图 2 可直观地反映优化前后安检区旅客排队拥堵情况。

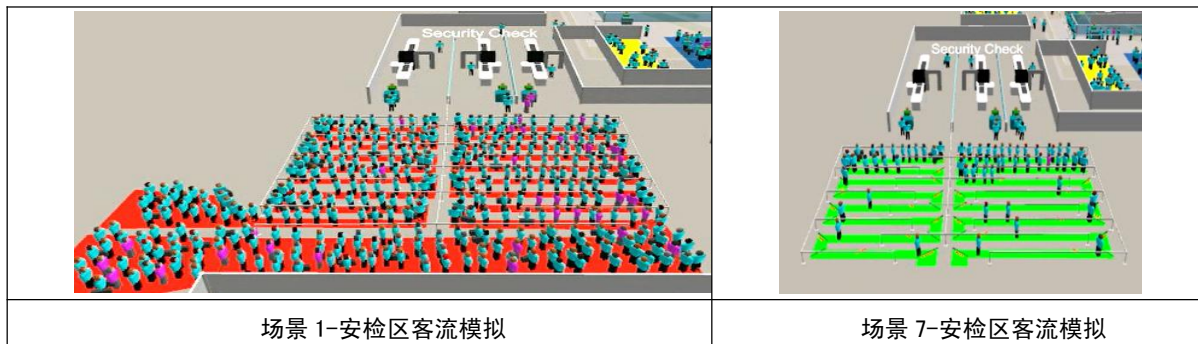


图 2: 原设计方案场景 1 和场景 7 安检区客流模拟对比

后续针对安检通道这一关键瓶颈环节, 考虑引入毫米波人体安检设备和行李自动回筐设备, 降低人力成本与提高安检通道处理能力。并集合人脸识别与行李 RFI D 标记技术, 实现旅客身份与待开包行李的快速验证和匹配, 缩短旅客平均安检时间, 可有效降低安检区旅客排队密度和减少等候时间。在运营管理层面, 利用视频智能分析技术在关键流程区域进行实时跟踪, 通过人流分布情况在高峰时段进行有效分流引导^[3]。

4 结语

在机场规划设计阶段, 利用流程运行仿真模型对定量评估, 有助于对机场的设施设备和业务目标进行合理的优化调整, 提高设施设备和空间利用效率, 同时也为

远期的进一步扩建改造和运营管理的提供了依据, 有助于加强机场规划设计的前瞻性与科学性。

参考文献

- [1] 杜晓鸣, 刘一. 北京新机场规划设计中的模拟仿真技术研究及应用[J]. 民航管理, 2018, (06): 50-53.
 - [2] 吴林漫. 白云机场 2 号航站楼旅客流程模拟优化研究[D]. 华南理工大学, 2014.
 - [3] 倪桂明, 杨东援. 机场航站楼客流计算机仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2002, (02): 229-233.
- 作者简介: 林紫琪(1991.12—), 女, 汉, 广东广州人, 苏交科集团股份有限公司, 工程师, 研究方向: 交通建筑, 机场航站楼。