

基于飞行视景仿真技术和 BIM 技术的机场设计优化应用技术路线研究

刘莹颖 云 朋

(中国航空规划设计研究总院有限公司,北京 100120)

【摘要】视景仿真技术是计算机仿真技术的一个重要分支,可通过模拟真实环境为用户提供科学有效的技术手段对设计成果进行综合评估。对于机场设计而言,常用的逻辑计算仿真虽可进行定量分析,但受模型精度限制,且直观性不强,BIM 设计模型也难以融合,很难开展更深层次、更宽领域、更大范围的技术研究和应用。因此,本文探索一套将飞行视景仿真技术和 BIM 技术应用到机场设计优化的技术路线,不仅可以支持 BIM 设计模型,GIS 信息导入,搭建实景仿真环境,还可实现以飞机为主体对规划设计成果的真实模拟和体验,实现对飞行程序的验证,并可结合逻辑仿真结果实时模拟机场的真实运转情况,为设计成果的展示和评估提供强有力的支撑。

【关键词】机场规划设计;飞行区;飞行视景仿真;设计优化;飞行程序验证

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

近年来,随着国家民用航空运输事业飞速发展,我国民航机场新建及改扩建项目与日俱增^[1]。一方面,根据预测的航空需求,机场规模及功能单元相应增加,子系统的布局及构型也复杂化和多样化,这给机场的规划设计和管理带来了挑战;另一方面,作为以飞机为对象的场所,机场设施需适应不同机型的运营要求,满足机场系统的交通特性、合理的飞行程序也是保证机场稳定运行的前提。计算机仿真技术的出现无疑为展示机场规划设计方案的实际性能提供了最佳解决方案^[2]。当前应用较多的机场系统仿真通常针对机场仿真模型开展微观、动态的机场仿真,虽可定量进行分析,但模型的精度直接影响仿真的效果,且直观性不强,BIM 设计模型也难以融合,很难开展更深层次、更宽领域、更大范围的技术研究和应用。

伴随飞行模拟器发展而来的飞行视景仿真技术近年来被广泛应用于军队和民航飞行人员的训练使用中,飞行视景仿真技术直接给受训者提供了

一个身临其境的仿真环境,实现了与环境的深度交互^[3]。因此,本文基于飞行视景仿真技术的开放性和模拟性以及 BIM 技术的协调性和优化性,实践验证了一条可以融合各种机场设计数据(BIM 或 CAD)、GIS 地形数据、各种机型及飞行数据、飞行程序等不同格式信息,并在此基础上开展设计优化、地面仿真、飞行程序验证、虚拟现实等多种应用的技术路线,为辅助和优化机场设计提供强有力的支持。

1 关键技术

1.1 视景仿真技术

视景仿真技术是计算机仿真技术的一个重要分支,涉及计算机技术、计算机图像处理技术、多媒体技术、信息合成技术、信号显示技术等诸多高新技术^[4]。视景仿真主要包括仿真环境制作和仿真驱动两大内容,通过基于模型、纹理、特效、场景等设计构造近乎真实的仿真环境,开展场景驱动、模型调动处理、分布交互、地形处理等一系列仿真驱动事件,实现与真实环境一致的实时交互响应^[5]。

【作者简介】 刘莹颖(1988-),女,工程师,主要研究方向:数字化设计与建造、混合现实。

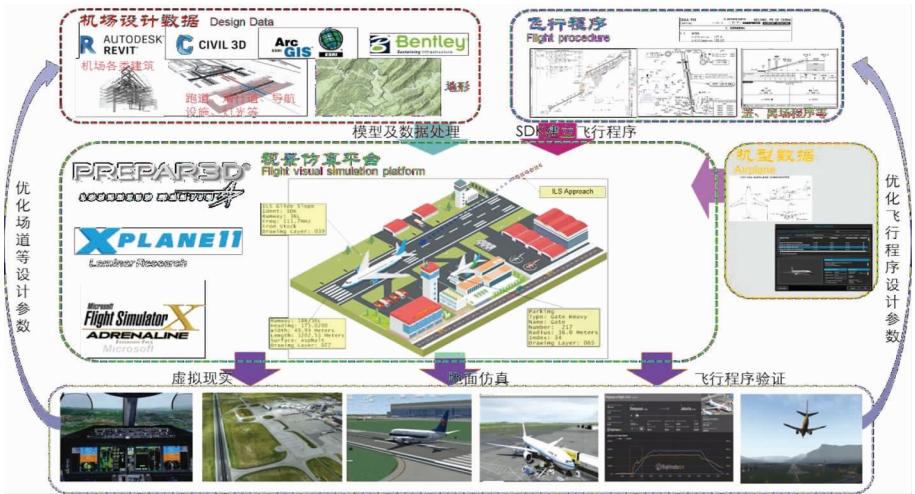


图1 本文研究思路概图

飞行视景仿真作为飞行模拟器不可或缺的重要组成部分^[6],可为飞行人员提供实际飞行过程中(地面及空中)真实的座舱外景象,包括地形地貌、地表物(建筑、设备设施、植被)、空中飞行物、天气、光线及其它特殊效果等。在接近真实环境的场景中,开展模拟训练、飞行参数对比分析、培训指导等,不仅训练不受限制且可控性强,而且安全效益和经济效益明显^[7]。因此,对于以飞机为主角的机场设计而言,利用飞行视景仿真技术对复杂大场景的实时仿真能力,可开展面向不同机型的空间冲突检测、地面仿真,验证飞行程序等。

1.2 BIM 技术

BIM 作为一个多维信息模型,能够充分集成全生命周期中各个阶段的工程信息、过程和资源,为整个工程的质效提升奠定基础。对于那些级别较高且子系统复杂的机场设计而言,其包含的信息多且数据格式不一致,一般的 BIM 平台难以实现对多种数据信息的融合,设计优化效果仅能局限在管线综合、漫游等价值点,因此,我们需要更开放、支持大场景交互的平台,促进 BIM 价值的延伸应用,并从多个角度对机场设计进行更直接的交互和验证优化。

2 研究思路

本文提出的基于飞行视景仿真技术和 BIM 技术的机场设计优化应用技术路线,通过将各类机场设计数据以数据处理和模型转换的方式导入飞行视景仿真平台,并利用平台提供的 SDK 建立起飞行

设计程序或各种型号飞机,实现多种数据的融合,同时以不同型号飞机视角开展对设计成果的真实运营仿真,并在此基础上进行飞行程序验证、导航设施规划验证等一系列可视化交互,进一步优化各类设计参数。

3 实施案例

某运输机场为 4F 级国际机场,占地面积 100 万 m²,四条跑道,需满足 A380 等大型飞机的起降要求及多条国内外运输航线。基于该项目对大场景演示验证及多种数据格式融合的需求,本文选择 Prepar 3D 作为飞行视景仿真平台来对设计成果进行可视化验证。

Prepar 3D 是 2010 年美国 Lockheed martin(洛克希德马丁)公司基于微软模拟飞行系统开发的飞行模拟软件,它可以实现用户在虚拟世界中任何地方的飞行、训练以及完成各种指定任务^[8]。由于它的设计和架构偏向于专业教学及评估使用,所以主要使用对象是一些有规模的商业组织、军方及科研机构^[9]。但 Prepar 3D 开放性较强,且提供了丰富的 SDK 开发工具包,包括核心模块、飞机模型开发模块、任务创建模块和环境开发模块,这也是选择此平台的原因之一。以下是开展该技术路线的关键步骤。

3.1 地形处理

Prepar 3D 飞行视景仿真平台自带有全球地形数据文件^[10],将全球分成 96(12 * 8)个大方格(QMID level 4,LOD 2),每个大方格由 64(8 * 8)个

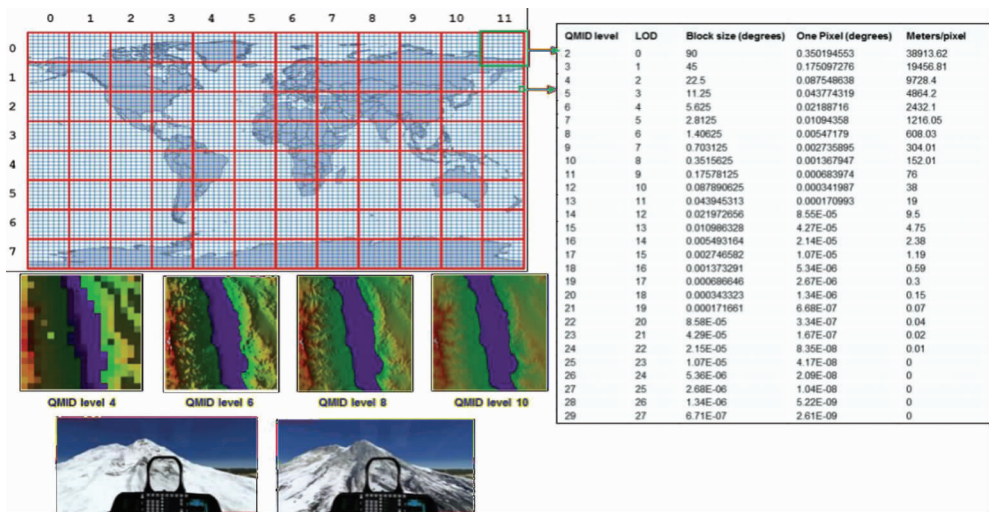


图 2 Prepar3D 地形数据

小方格 (QMID level 7, 对应 LOD5) 组成, 默认情况下地形分辨率最大为 QMID Level 7, 对应 LOD 5, 如图 2 所示。但该自带地形精度较低, 且部分地区由软件自动复制生成, 拼接效果明显, 与真实环境存在较大差别^[11], 难以满足以飞机视角查看机场设计的高精度模拟。因此, 本文对平台中的地形进行了重新编译和替换。

通过抓取同像素块大小的 Google 卫星地图进行纠偏, 然后通过地理配准生成 GeoTiff 格式的带地理定位的图像; 最后使用 ReSampe 工具进行同区域的地形采样, 生成飞行视景仿真平台可识别的 bgl 格式真实地形, 如图 3 所示, 以此替换原始地形信息, 大大提高整个场景的真实性。此外, 若通过 Civil 3D 开展机场规划设计, 其周边地形可通过数字高程的格式生成 shp 格式地形文件, 再通过格式转换导入飞行视景仿真平台中使用。

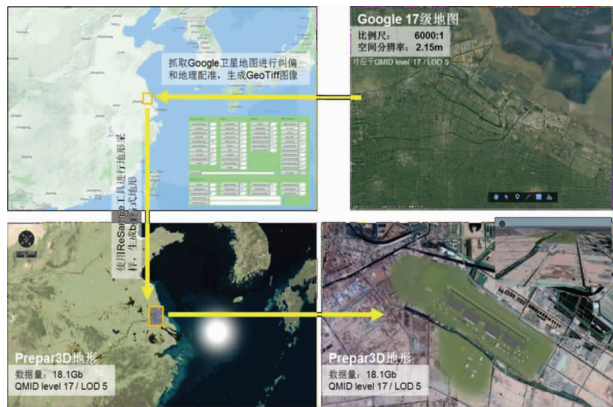


图 3 地形数据转换

3.2 基于 BIM 的机场建模

机场建模主要包括机场数据建模及建筑设施建模, 其中机场数据模型包括机场及其周围地景逻辑物体, 例如: 飞行区设计参数模型、天气触发、时区位置等; 建筑/设施模型包括航站楼、机库等实体 BIM 设计模型。对于这两类模型, 一般按两种方法来处理, 机场数据模型通过 Airport Design Editor 进行设计, 生成 XML 格式的地景设计文件通过 BGL 编译器进行格式转换; 建筑/设施模型通过 REVIT 等 BIM 设计软件建立, 而后导入 Mode ConverterX 中进行格式转换, 进而在飞行视景仿真平台中使用, 如图 4 所示。

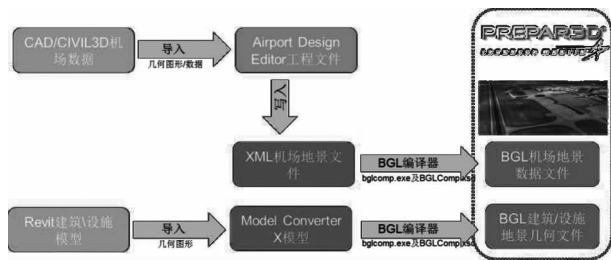


图 4 基于 BIM 的机场建模方法

(1) 机场数据建模

在 Airport Design Editor 中以 BIM 数据为基础建立机场及其附属设施的数据模型, 包括跑道、滑行道、机坪、导航设施、灯光、塔台等, 在此基础上可导入 Civil 3D 飞行区模型进行精确化边界矫正, 提升整个机场的真实感、沉浸感及可交互性, 所有数据模型最终以 bgl 格式导出。主要步骤如下, 创建

机场基本信息

经纬度: 120.9/32.6
高度: 4.0m
所在国、城市: 中国南通
ICAO呼号: ZMDC

NDB导航台

频率: 254kHz
作用范围: 27NM

ILS航向台

频率: 111.55
作用范围: 27NM

ILS下滑台

频率: 110.95
作用范围: 27NM
宽度: 5.2m

目视进近坡度指示器 PAPI4

边界

滑行

机坪

车行道

标识

等待线

塔台

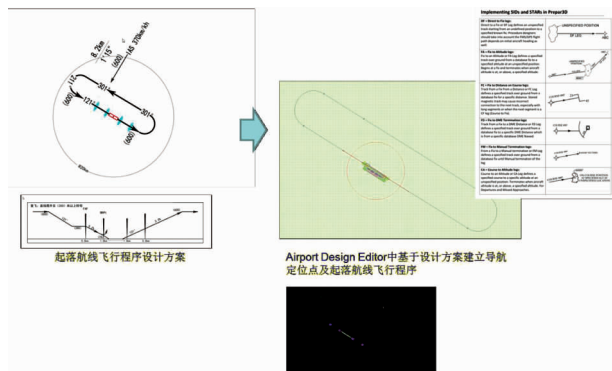
进近灯光 ALSF1

- 1) 导入 Google 高清卫片及二维设计图, 输入地理位置, 新建机场平面;
- 2) 新建跑道, 赋予跑道编号、材质、宽度、长度等属性信息, 设定朝向、磁偏角等, 生成跑道, 且根据实际尺寸修改比例并对齐;
- 3) 将 Civil 3D 飞行区模型导入 Airport Design Editor 中, 精确化场道模型;
- 4) 建立起降区、跑道中心线、跑道边线、跑道标号、短距标识、跑道关闭标识等标识信息, 同时添加跑道灯光等属性;
- 5) 添加跑道中心和滑行道, 并进行交叉关联;
- 6) 参考机场平面图及航图, 添加等待点, 停机坪、草坪等;
- 7) 添加机场标志牌等设施。

(2) 建筑设施建模

民航局最新颁布的 CCAR97《民用机场飞行程序和运行最低标准管理规定》将飞行程序设计和运行最低标准的拟定分为四个步骤:飞行程序预先研究、飞行程序方案研究、飞行程序初步设计和飞行程序正式设计^[12]。而机场工程建设还是按选址到正式设计六个阶段进行和报批,因此,飞行程序设计目前还是按六个阶段来开展工作、上报及评审。虽然每个阶段飞行程序设计的核心工作内容都是

基于飞行视景仿真技术开展对飞行程序设计方案的输入主要分为两类:第一类是对于没有飞行管理计算机系统(简称 FMC)的机型,可以使用飞行视景仿真平台内置导航程序来实现^[13],即在 Airport Design Editor 中建立定位点和进离场程序,使用原生 GPS 进行导航或目视飞行,如图 7 所示。另一种对于带有 FMC 的第三方机型,可以通过按照 ARINC 424 规则建立机载导航数据库,然后用 FMC 进行导航飞行。机载导航数据库是 FMC 的重要信息源,通常核心需要更新的数据表包括 Airports 机场数据表、Runways 跑道数据表、ILSes 仪表着陆系统数据表、NavAids 导航台数据表、Waypoints 航路点数据表、Terminals 终端区数据表和 TerminalsLegs 终端区航段数据表;然后按照 ARINC 424 规则将飞行程序



— 154 —

信息转换成导航数据库能够识别的编码格式,即可完成飞行程序的制作;最后在飞行管理系统中选择建立的飞行程序便可进行导航飞行。

3.4 整合及优化

通过以上过程,最终可实现各类机场、建筑设施的 BIM 数据、GIS 信息以及飞行程序、机型数据在飞行仿真平台的数据整合,通过设置天气、时间,建立飞行计划,选择机型和机场,便可实现对设计机场的三维飞行体验,从飞机的各个角度与设计机场进行直观交互,进而对设计验证及优化。

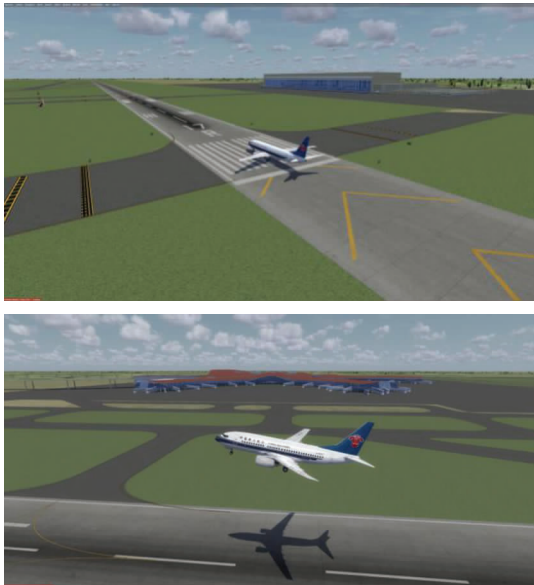


图 8 基于 Prepar 3D 的 BIM 机场设计优化

一方面,为了使飞行程序可读性更高,便于局方、空管、军方、航空运营人、机场机构、地方政府以及程序设计人员等各参与方体验不同机型驾驶时对空间的感知和冲突检测,通过 Prepar 3D 3.4 发布的 Simdirector 可视化编程软件^[9]建立起落航线的可视化引导航迹线和定位点的定位标识,并通过程序实时检测定位点距离、目标点偏离情况,以及不同位置的文字和音频提示,如图 9 所示,增加飞行程序的可视化交互程度^[14]。在项目过程中,通过每次飞行数据和影像记录,项目组开展了对比分析,充分体验并验证了多条仪表进离场程序及运行最低标准的合理性。

另一方面,通过地面仿真开发,对导航设备和目视助航设备位置、点数进行实时计量计价统计,设计师可进行设备数量和位置参数的动态调优。此外,项目组通过飞机驾驶检验了飞行区的道面情



图 9 Simdirector 可视化编程效果展示

况、标志牌的设置、滑行路线和停机位情况,极高的沉浸感和真实感促进了各参与方的交流和针对性评价。

3.5 实施效果

相较传统设计方式数据分散、兼容性较差、可视化程度低、逻辑仿真重复建模等问题,本文提出的技术路线给各参与方提供了一个更广阔、更开放、更直观的平台,在设计阶段即可开展对整体机场设计的体验,并以飞机视角模拟机场在各种状况下(如:极端天气、盲降等)的实际运行效果,为设计优化提供新的手段,这是传统方式所不能及的。同时,BIM 技术在其中的应用,使得 BIM 价值得以延伸应用,为后期运营提供更多支持和接口。

4 总结

本文将飞行视景仿真技术应用到机场规划设计方案中,不仅可以导入 BIM 设计模型,搭建起实景仿真环境,对规划设计成果进行真实模拟和体验,还可对飞行程序进行验证,并结合逻辑仿真结果实时模拟机场的真实运转情况,为设计成果的展示和评估提供强有力的支撑。

在数字化的时代,技术工具、软件层出不穷,技术之于设计带来更多的不是替代,而是更好地优化设计成果,更快捷地提升效率。拥抱技术带来的便利,将 BIM 价值应用延伸,为数字化设计插上丰满的羽翼或许才是这个跨界融合时代最好的解决之道。

参考文献

[1] 郭莉,谢春生. 基于 Civil3D 的机场净空三维评估的设计与实现[J]. 科技资讯, 2017(27): 82-86.

[2] 陈芊. 计算机仿真在机场飞行区规划设计中的应用[J]. 中国科技信息, 2013(17): 113-115.

[3] 韩文波,陈瀚超. 基于 VEGAPRIME 战斗机飞行视景仿真系统研究[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2017, 40(6): 28-31 + 37.

[4] Saunders J,Beard R. UAS Flight Simulation with Hardware-in-the-loop Testing and Vision Generation [M]. 2010.

[5] Daniec K,Pawel Iwaneczko, Karol Jedrasiak, et al. Prototyping the Autonomous Flight Algorithms Using the Prepar3D Simulator[M]. Vision Based Systems for UAV Applications. 2013.

[6] 张燕燕,黄其涛,韩俊伟,等. 飞行模拟器视景系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(12): 3662-3667.

[7] Studies on Virtual Flight Test-Certification Framework Components for Reliable Aerospace Vehicle Simulation [C]. KSAS 2016 Fall Conference, 2016.

[8] 司海青,汪海波,丁松滨,等. 基于 PREPAR3D 的飞行原理教学实验平台建设[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(10): 269-272.

[9] 薛鹏. 基于 PREPAR3D 的虚拟仿真技术在民航机务实践教学中的应用[J]. 科技资讯, 2017, 15(18): 161-163 + 165.

[10] Mariusz Domzal,Karol Jedrasiak, Pawe Iwaneczko, et al. UAV Swarm Management Using Prepar3D [M]//Advanced Technologies in Practical Applications for National Security. 2018.

[11] 宋一鑫. 基于 Prepar3D 的飞行程序模拟应用初探[J]. 机场建设, 2015(4): 33-35.

[12] 徐光. 新建民用运输机场选址阶段飞行程序设计工作研究[J]. 民航管理, 2017(3): 30-31.

[13] DATA LINK COMMUNICATION INTERFACE WITH FLIGHT SIMULATOR IN FORM OF A CPDLC[D]. California:American Institute of Aeronautics and Astronautics.

[14] 王超. 飞行程序运行评估的理论方法及仿真应用研究 [D]. 南京航空航天大学, 2012.

Research on Technology Application Routes for Airport Design Optimization
Based on Flight Visual Simulation Technology and BIM Technology

Liu Yingying, Yun Peng

(China Aviation Planning and Design Insititute (Group) Co., Ltd., Beijing 100120, China)

Abstract: The visual simulation technology is an important branch of computer simulation technology, which can provide the users with scientific and effective technical means for evaluation of the design results by simulating the real environment. For the airport design, although the popularized logic calculation simulation is able to be used for quantitative analysis, it is still limited by the accuracy of the model and non-intuitiveness, with many difficulties in integrating the BIM design model, which faces many obstacles in carrying out deeper level, wider field, and wider range of technical research and application. Therefore, this paper explores a set of technical route to apply flight visual simulation technology and BIM technology to airport design optimization. The technical route is not only able to support BIM design model and GIS information to build real simulation environment, but also able to implement the real simulation and experience of planning and design results with aircraft as the main body, realizing the verification of flight procedures, which provides strong support for the display and evaluation of design results

Key Words: Airport Planning and Design; Flight Area; Flight Visual Simulation; Design Optimization; Flight Procedure Verification