

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.06.003

综合交通枢纽智慧停车场一体化设计关键技术研究

李开国¹,洪少枝²,赵雪峰¹,黄 轲²
[1.同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092; 2.同济大学,上海市 200092]

摘 要: 综合交通枢纽智慧停车场的建设可以实现枢纽客流的快速疏散,提高枢纽运行效率,降低管控压力。目前交通枢纽停车场的建设更注重停车场自身运营管理中智慧系统的建设,但对旅客停车出行链缺乏一体化融合,对周边交通缺乏一体化协同,并出现多主体管理缺乏信息交互的情况。结合智慧停车场功能需求,研究实现功能需求的关键技术,希望为综合交通枢纽智慧停车场建设提供经验借鉴与思考。

关键词: 综合交通枢纽;智慧停车;一体化设计;空地一体;室内导航

中图分类号: TU984.11+3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2024)06-0009-04

0 引 言

综合交通枢纽是旅客集散和中转中心,运输方式多样、内部换乘复杂、交通流量集中。交通枢纽停车场的运行状况直接影响枢纽运行和周边道路的交通运行。在满足基本停车需求的同时,还需要考虑枢纽旅客出行服务,以及与周边区域交通的协同问题。智慧停车利用信息和通信技术手段实现停车资源的监测管理,提高利用效率,提升服务水平。上海为了推进智慧停车的建设,发布了《上海市智慧停车场(库)建设技术导则》指导停车场建设^[1],枢纽智慧停车场(库)的建设也是其中的重点。

1 存在的问题

1.1 停车出行链缺乏一体化融合

目前的综合交通枢纽更注重停车场自身运营管理中的智慧系统建设,包含收费管理、泊位检测、场内引导、反向寻车等,但缺乏对旅客停车出行链的一体化融合(见图 1)。

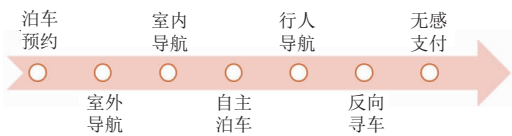


图 1 交通枢纽旅客停车出行链

停车场不能提供停车预约,车主无法提前安排,服务便捷度不高。室内导航缺乏,导致场内巡车位时

间过长,造成停车场内部拥堵,甚至回堵影响周边道路运行^[2](见图 2)。



图 2 浦东机场停车场内部道路拥堵(现场拍摄)

1.2 陆侧与空侧缺乏一体协同

停车场的管理和运营调度缺乏与空侧(航空、高铁)的客流信息一体化协同,不能与航班和高铁等到站信息实现动态管理。

在大客流情况下,缺乏大客流预测与预警主动管理机制,客流监测、交通设施实时调度困难。

1.3 与周边交通缺乏一体化互动

智慧停车场建设无法感知枢纽周边交通状况,不能根据枢纽周边车流情况动态引导车辆选择合适的出入口进出停车场,极易导致外面的车辆进不去,里面的车辆出不来,使枢纽周边交通拥堵(见图 3)。

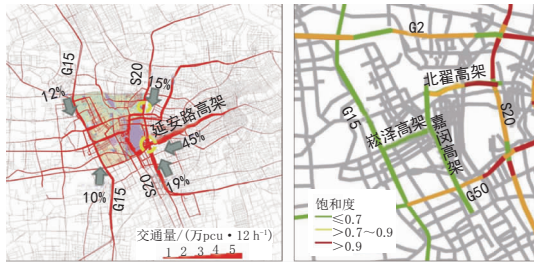


图 3 虹桥商务区道路流量流向与高峰饱和度^[3]

1.4 多主体管理缺乏信息交互

枢纽停车场涉及主体包括旅客出行、停车运营、部门监管。旅客出行包括停车信息查询、预约、支付;

收稿日期: 2023-07-15

作者简介: 李开国(1980—),男,硕士,高级工程师,从事交通规划设计工作。

停车运营包括监控、运维、收费、调度;部门监管包括动态信息、辅助决策、交通影响等。多主体对智慧停车有各自诉求,需要及时的信息互动、共享来实现各自诉求的串联和打通。

现有智慧停车系统注重停车信息搜集和处理,但缺乏信息互动,信息共享不能打通。旅客不清楚停车场剩余停车位,无法合理地进行停车决策。监管部门不能及时了解停车场运行状况,无法实现动态调控。希斯罗机场旅客停车决策系统图示见图4。



图4 希斯罗机场旅客停车决策系统

2 功能需求

2.1 发展趋势

2.1.1 旅客需求多元化

随着社会经济不断发展,旅客出行需求不断变化,旅客对于出行服务的品质要求越来越高。旅客出行的差异化和多样化需要陆侧交通提供精准化、高品质的出行服务,以满足全链条、一键式的出行服务。

2.1.2 交通技术变革

随着移动互联、自动驾驶、车路协同等新技术的发展,未来交通出行模式也将发生变化。新技术带来了挑战,同时通过信息互通、协同管理也为枢纽停车设施智慧运行管理提供了新机遇。

2.2 功能需求

2.2.1 旅客出行

旅客停车追求用户体验,优质的停车服务以及安全、舒适的停车环境。基于旅客出行链的全流程一体化服务包括行程规划、停车预约、室内外一体化导航、自主泊车、反向寻车、快速进出、无感支付等。

2.2.2 枢纽业务

枢纽停车业务管理要保障车辆在停车场的快速入场及快速出场,还需要实现多车库协同运行和大客流的应急保障,并能实现基于“空地一体”的停车车库智能协同管理。具体的功能需求包括信息实时感知、远近端多场协同运行、智能决策调度、信息发布

与诱导、大客流预警与应急调度等。

2.2.3 政府监管

政府部门所关注的是停车场(库)出入口道路交通通行状况,各停车场(库)的车位信息及使用情况,监管停车场的日常运营。通过对停车数据的分析,为政府管理部门提供决策依据。

政府管理也需要统筹考虑枢纽停车与周边交通的关系,避免停车场交通拥堵外溢,造成周边道路拥堵,实现枢纽停车与周边区域交通的联动。

具体智慧停车场一体化设计功能需求与技术支持见表1。

表1 智慧停车场一体化设计功能需求与技术支持

主体	功能需求	技术支持
旅客出行	停车预约	一站式规划、Mass 出行
	室外导航	场外 GPS 导航、车路协同
	自主泊车	AGV、自动驾驶
	室内导航	高清地图、场内蓝牙导航
	步行导航	AR 实景导航
	反向寻车	查询系统、AR 实景导航
	无感支付	支付系统、ETC 系统
	信息实时感知	车位监控采集、AI 视频识别
停车业务	多场智能决策	大数据分析
	信息发布与诱导	诱导屏、信息发布
	大客流预警调度	大数据分析、空地一体
行业监管	车位信息	车位监控设备采集
	统计分析	大数据分析
	辅助决策	大数据分析、辅助决策
	交通状况	AI 视频监控、区域协同

3 关键技术研究

3.1 空地一体智慧停车协同管控

3.3.1 系统框架

基于多源数据融合,实现空地一体交通出行无缝衔接和转换,将空侧保障与陆侧交通运行有效地联动,提高运行协同效率^[4]。系统设计总体框架主要包括预测监测、预警机制、联动处置三个方面(见图5)。



图5 空地一体协同管控框架

3.3.2 预测监测

根据多源航班动态信息、历史停车和出行方式数据,预测停车需求。结合停车场实时运行数据,监控车库运行饱和度和周边道路交通运行状况。

3.3.3 预警机制

根据车库运行饱和度和道路运行状况,建立三色预警管理机制(见图6)。

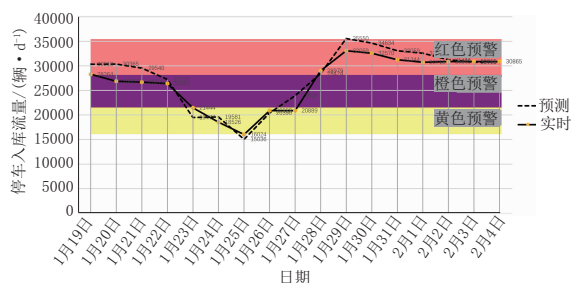


图6 客流预测监控与三色预警机制

(1)黄色预警:停车场饱和度大于0.75。管控近端停车,引导至远端停车。

(2)橙色预警:停车场饱和度大于0.85。启用临时停车场。

(3)红色预警:停车场饱和度大于0.95。启动应急预案,引导旅客出行。

3.3.4 联动处置

根据预警级别,建立区域一体联动处置机制,具体包括告知、调控、引导、保障四个层面,包含信息发布系统、停车预约管理、停车管控措施、停车诱导发布、动态价格调整、巴士接驳、出租调度等配套措施。

(1)告知:信息发布系统,告知旅客枢纽运行状况,并提供交通出行建议。

(2)调控:通过动态价格调整机制和停车预约管理,实现高峰期停车需求管理。

(3)引导:多停车场管控措施,调控停车出行需求和停车分布,并通过停车诱导发布引导车辆至不同的停车场,实现停车均衡分布。

(4)保障:当有乘客排队时间超过服务承诺时间时,及时启动预案。

3.2 基于出行链的智慧停车一体化服务

3.2.1 系统框架

基于旅客停车出行链的一体化停车服务总体框架包括4大模块+8个流程+2处协同(见图7)。

(1)4大模块:停车决策、进入停车场前、停车场内部、离开停车场。

(2)8个流程:面向手机端的停车服务、路侧分流

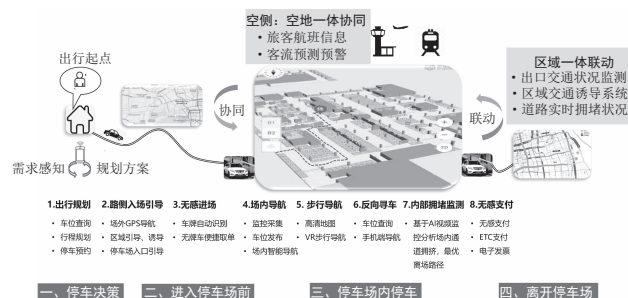


图7 基于出行链的智慧停车一体化服务

诱导入场、无感入场、场内泊位导航、场内步行导航、反向寻车系统、无感支付。

(3)2处协同:空地一体协同、区域一体联动。

3.2.1 室内外一体化导航导乘技术

现有的智慧停车场场内引导一般采用三级引导屏方式(见图8)。这种引导方式类似道路上交通诱导屏,相比手机导航App软件,便利性和体验要差。从旅客出行的角度来说,希望能够提供从起点到停车位的一键式导航、导乘服务。

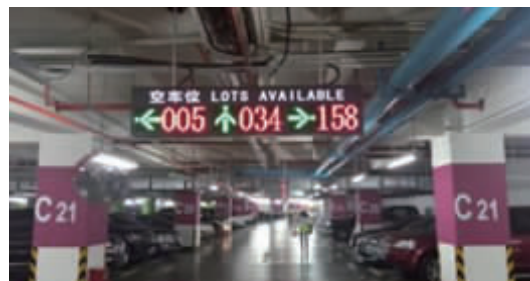


图8 诱导屏泊位引导技术

室内外一体化导航技术基于蓝牙定位、VR技术、大数据构建的智慧停车解决方案,为旅客提供覆盖全场的导引服务,以VR技术为旅客提供沉浸感十足的交互式服务体验。可将各种室内定位技术与室外GPS/北斗及定位技术结合,多源传感器与高精度地图匹配融合,实现室内外一体化高精度定位平滑切换,轻松抵达车位(见图9)。

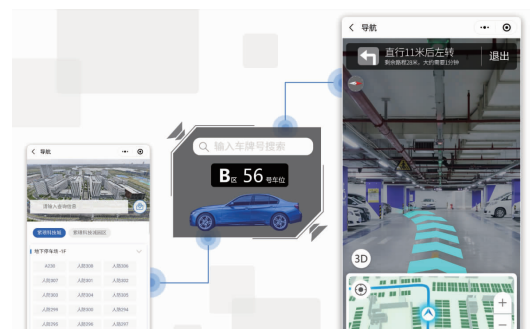


图9 室内外一体化导航技术

3.2.2 智能泊位引导技术

在室内外一体化导航的基础上,技术的难点是结合停车内部道路交通状况和动态剩余车位的情

况,实现智能的泊位引导技术。

针对智能泊位引导技术,国内已有相关研究成果并实际应用。吴若伟在研究分析停车场内影响泊车行为因素基础上,提出了一种基于 Dijkstra 算法的停车场最优泊车路径规划模型^[5]。黄轲研究了通过建立整数规划模型,利用商业求解器 Gurobi 进行优化求解,能够帮助停车场满足更多的短时停车用户需求,增加车场的整体停车周转率,并结合车辆预约时间窗,进行时间空间双维度约束的车位分配研究^[6]。

3.2.3 多停车场协同管控技术

综合交通枢纽规划近端、远端、商务等不同功能的停车场。短时停车流量比例大,但对于车位的时空占用低;长时停车车流量小,但对车位的时空资源占用大(见图 10)。浦东机场超过 24 h 的长时停车比例 2.3%,但时空资源占用达到 60%^[7]。

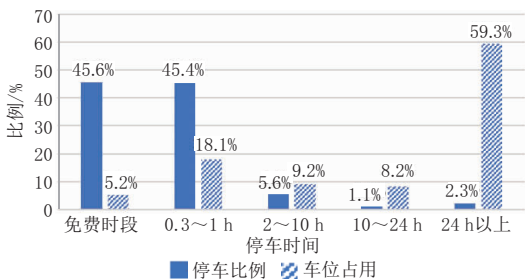


图 10 停车流量比例与车位利用效率

针对多停车楼的发展情况,结合停车场运行状况、动态价格机制、预约管理机制建立基于动态价格的多停车场协同管控,协调与均衡不同停车场停车需求(见图 11)。

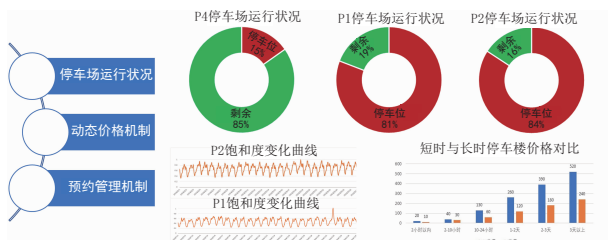


图 11 基于动态价格的多停车场协同管控技术

3.2.4 Mass 一体化出行服务系统

MaaS 出行服务模式与传统运输服务模式的特征差异体现在多个方面。MaaS 核心特征为一体化,即整合不同的交通运输模式,实时、优质、高效地提供门到门一体化出行服务^[8]。

基于 Mass 构建智慧停车服务系统可以实现全过程路径规划与出行服务,整合活动-出行的生态圈全链条服务。智慧停车服务的实施可以结合高清

地图服务商和上海随申办 APP(见图 12)。



图 12 基于 Mass 的智慧停车服务系统

4 结 语

通过提升停车场的智慧化水平,可以提高枢纽运行效率,提升旅客出行体验,降低交通管控压力,综合交通枢纽智慧停车场的建设是有必要的。随着高清地图、室内定位导航、AR、5G、车路协同、自动驾驶、移动支付等新兴技术的发展,基于出行服务的交通服务模式的转变,可以实现数据共享、协同高效、智能运行的智慧停车系统。一个高度协同一体发展的智慧停车场体系将会逐步成为现实。

参考文献:

- [1] 上海市道路运输管理局.上海市智慧停车场(库)建设技术导则[M].上海:上海市城乡建设和交通发展研究院,2022.
- [2] 赵晟.特大型综合交通枢纽智慧停车场方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(4):47-51.
- [3] 杨立峰,吴宏娜,甘黎萍.虹桥枢纽与虹桥商务区十年交通发展回顾[J].城市交通,2022,19(3):42-50.
- [4] 玖玖说易.机场联动,这对航空业发展有哪些助力[EB/OL].(2023-05-19)[2023-07-11].<https://baijiahao.baidu.com/sid=1766306528280927120&wfr=spider&for=pc>.
- [5] 吴若伟.大型停车场智能泊车引导关键技术与系统开发[D].南京:南京航空航天大学,2013.
- [6] Ke Huang, Shaozhi Hong, Zhiyuan Shi and Haoran Jiang. A Novel Reservation and Allocation Approach of Shared Parking Slots considering the Noncritical Aisle Space [J]. Journal of Advanced Transportation, 2023, 131(10): 1-18.
- [7] 上海国际机场股份有限公司.浦东国际机场陆侧综合交通服务提升规划研究[M].上海:同济大学,2021.
- [8] TOD 都市开发研究所.胡院士讲座:超大城市 TOD+MaaS 未来应用场景及机遇(下)[EB/OL].(2023-07-06)[2023-07-11].https://mp.weixin.qq.com/s/_biz=MzU4NDU3NjEyNA=&mid=2247489790&idx=1&sn=d2c8e9779e8c2a08e64c47bf86d0dc8&chksm=fd96e5edcae16cbe2240339d61d3a833216d8702d6fdd645ac188b8e147d721306550b977a3&scene=132#wechat_redirect.