

doi: 10.3969/j.issn.1000-7695.2016.19.020

城市智能化停车模式的效益评估及产业推广

刘宗巍^{1,2}, 陈 铭^{1,2}, 赵福全^{1,2}(1. 清华大学汽车产业与技术战略研究院;
2. 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 当前大型城市停车难题日益凸显, 加剧了交通拥堵等汽车社会问题。基于汽车网联和局域环境自动驾驶技术, 提出一种新型的智能化停车模式, 旨在实现对有限停车空间的高效利用, 减少停车资源浪费, 提升交通运行效率。阐释中国城市交通停车设施智能化升级的战略定位, 通过调查研究和情景对比分析, 从多个维度评估智能化停车模式对个人和社会的巨大效益, 指出该模式在产业推广上的瓶颈问题, 并在此基础上提出相应的推广建议。

关键词: 智能化停车模式; 车辆网联化; 自动驾驶; 效益评估; 产业推广

中图分类号: U4-9; U471; C931 文献标志码: A 文章编号: 1000-7695 (2016) 19-0110-07

Research on the Benefit Evaluation and Industry Promotion of Urban Intelligent Parking Model

LIU Zongwei^{1,2}, CHEN Ming^{1,2}, ZHAO Fuquan^{1,2}(1. Automotive Strategy Research Institute, Tsinghua University;
2. State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Beijing 100084, China)

Abstract: Large cities in China suffer from increasingly serious parking puzzle and traffic congestion. This paper proposes a new model of parking named Intelligent Parking, which is based on vehicular Cyber Physical System and local-area autonomous driving technique, aiming to use parking lot more efficiently, and improve the traffic efficiency as well. This paper illustrates the strategic orientation of parking facility's intellectually promotion in urban China. Through analysis based on tracing investigation and scenario comparison, we evaluate the benefit for both individuals and society in comprehensive aspects. This paper also lists out the key problems to be encountered during industry promotion, and specific suggestions are proposed.

Key words: intelligent parking; vehicular Cyber Physical System; autonomous driving; benefit evaluation; industry promotion research

近年来随着中国快速跨入汽车社会, 能源、环境和交通等问题日益严重, 尤其在大中城市, 交通拥堵已成为阻碍城市资源顺畅流动的主要因素之一, 直接影响了出行便利和工作效率^[1]。研究表明, 在城市交通运行中, 占道等违章停车占用了大量公共道路资源, 而已有的停车空间却未能得到充分利用, 造成停车困难、行车受阻, 成为导致城市拥堵的重要原因之一^[2]。显然, 有效提升城市停车空间的承载能力和使用效能, 将对全面改善城市交通状况、营造高效便捷的宜居环境产生显著的积极影响。

当前, 以互联网为代表技术和发展方向的新一轮科技革命方兴未艾, 预计将以前所未有的广度和深度影响人类社会的方方面面^[3]。对于汽车业而言, 基于充分网联的信息化、智能化技术将为构建新型

智能交通体系、彻底解决城市拥堵问题带来全新可能, 也为建设和谐汽车社会、实现汽车产业可持续发展提供有力支撑^[4]。目前国家正积极倡导“互联网+”, 鼓励传统产业与信息技术的深度融合, 同时又恰逢中国全面启动新一轮城镇化建设的历史机遇, 结合未来产业与技术发展方向, 研究基于互联网的新型智慧城市与智能交通体系正当其时^[5]。如能把握契机、前瞻分析、合理规划、一步到位, 将可以有效避免重复建设, 加快产业与城市升级。而作为城市基础设施和交通体系的重要组成部分, 停车模式的智能化升级与建设也因此具有重要的研究价值, 受到越来越高的关注。

为此, 基于现有汽车技术及发展趋势预判, 面向未来的智能交通升级需求, 本文提出了一种

收稿日期: 2015-12-30, 修回日期: 2016-04-06

基金项目: 中国工程院研究项目“制造强国战略研究”(2013-ZD-4), “基于网络的设计制造服务一体化技术研究项目(汽车产品)”(2014-XZ-2), “制造强国战略研究(第二期)”(2015-ZD-07)

新型的智能化停车模式 i - Parking (intelligent parking) , 该模式基于车辆网联和自动驾驶技术, 构建局部环境下自动泊车的智能化停车场, 实现对城市有限停车空间的高效利用, 减少停车资源浪费, 缓解交通拥堵压力, 提升交通运行效率, 同时也为驾乘人员提供更人性化的停车及取车体验。本文对该模式的内涵进行了分层次的全方面阐释, 对预期效益进行了多维度的系统评估, 并对产业化实施可靠性和关键要素进行讨论, 提出了发展推广的具体建议。

1 i - Parking 智能化停车模式的定义

i - Parking 是以汽车智能化、网联化技术有效结合为基础提出的一种智能化停车解决方案。图 1 显示了 i - Parking 智能化停车模式的流程。i - Parking 智能化停车模式的内涵与特点可以从以下 3 个层面获得诠释:

(1) 技术层面: 以车辆的局域自动驾驶技术为基础, 通过车辆与停车场内局域网建立通讯, 实现全过程的自动泊车和取车功能, 兼顾了当前的技术成熟度和未来的升级发展空间。

(2) 使用层面: 驾乘人员驾驶车辆到智能化停车场入口后即可离开, 取车时通过手机等智能终端下达指令, 车辆自动驶出, 从而为驾乘者节省了大量时间, 并可实现车辆预调整功能, 如提前开启车内空调等, 提供非常便捷高效的停取车体验。

(3) 城市管理层面: 一方面, 通过各个智能化停车场之间的数据互联与共享, 可对停车需求进行合理引导; 另一方面, 也可根据大数据进行智能化停车场的科学规划与合理布局, 进一步改善城市停车环境, 提高交通出行效率。

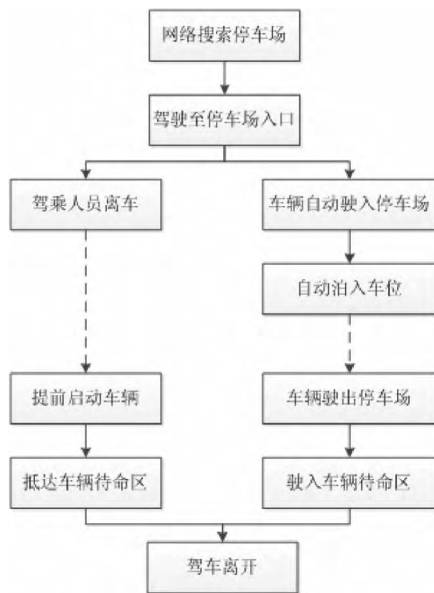


图 1 i - Parking 智能化停车模式流程

2 中国停车场发展现状及智能化停车场的战略定位

按照国际经验, 城市的机动车保有量和停车位数量比值在 1 : 1.2 左右才能满足机动车的正常停车需求, 然而对我国 15 个大城市停车现状的调查显示, 城市机动车保有量均远远超过了停车位数量, 这一比值平均在 5 : 1 左右^[6], 部分大城市甚至高达 15 : 1^[7]。因此总体来看, 城市停车位缺口较大, 停车供给严重不足, 是中国停车场发展乃至城市交通体系的最主要问题。

中国目前同时存在多种类型的停车场设施, 按照空间结构主要可划分为: 平面停车位 (包括路边停车)、机械式立体车库以及自走式停车楼 (包括地下停车库) 三大类。表 1 所示为不同类型停车设施的主要特点对比。现阶段中国最为普遍的是平面停车位, 早期这类停车位建设较为方便, 能满足机动车保有量较少时用户的快捷停取车; 但这类初级的停车解决方案空间利用率极低, 随着大型城市车辆保有量的快速增加, 需要占用极多的土地资源才能相匹配, 而且路边空位停车还直接影响交通运行效率、加重交通拥堵, 因此为满足未来节约型社会的发展需要, 已有不少平面停车位被空间利用率更高的立体停车位取代。

表 1 我国主要类型停车设施特点对比

类型	空间利用	存取时间	可靠性	管理难度	成本
平面停车位	低	较短	好	高	前期一般 + 后期低
机械式立体车库	最高	一般	差	高	前期低 + 后期高
自走式停车楼	一般	长	较好	一般	前期较高 + 后期低
自走式地下车库	一般	长	较好	较高	前期高 + 后期低

国际横向比较而言, 欧美等国家的停车设施已经历从路边停车到路外地面停车, 再到地下车库及地面多层停车楼等发展阶段^[8], 尤其是地下和地上的自走式停车楼成为欧美国家大型城市中心商业区的主要停车方式。以日本为例, 2005 年投入使用的立体停车位就超过 300 万个^[9], 而同时期中国的立体停车位仅为约 8 万个。对于高效利用城市中心商务区的停车用地, 立体化停车场提供了一种可行思路。

然而, 现有的停车场模式包括立体式停车库在内也都存在各自的局限, 匹配大型城市的人口容量和出行需求渐显乏力^[10], 从长远来看无法根本满足城市未来的可持续发展需要, 因此, 站在新一轮城镇化建设总体规划的战略高度, 着眼于未来, 研究并推进综合性、前瞻性的智能化停车模式, 构成未来城市智能交通体系的有效组成部分具有重要意义。

当前, 中国大中城市正处在新一轮公共基础设施的集中建设期, 公共基础设施将成为新一轮投资的热点之一, 这为推行智能化停车模式带来历史性机遇; 同时, 目前智能化的停车辅助技术已经或接

近成熟, 国家及部分先导企业正大力推动物联网等通讯技术的普及, 也为智能化停车模式的研究和推广提供了契机。在此背景下, 理应充分利用中国的后发优势, 基于停车效率最大化的基本原则, 结合当前的技术发展趋势, 在新一轮的城市交通设施更新和建造的过程中系统思考、提前布局, 将智能化停车解决方案融入到城市智能交通体系的总体解决方案中, 以迅速提升国家城市交通治理的水平。

3 实现 i - Parking 智能化停车模式的效益评估

i - Parking 智能化停车模式聚焦于解决大中城市高效利用有限停车资源、提升交通运行效率的核心问题, 基于自身技术和模式特点, 具有多方面的社会效益和显著优势, 以下分 4 个方面进行综合分析与评估。

3.1 节省停车及取车时间

如前所述, 相比于传统的停车过程, 智能化停车模式省略了开车进入停车场、寻找空闲车位、停车入位、步行离开以及步行进入停车场、找到停车位、取车出位、开车离开停车场的全部中间过程, 驾驶员只需要将车辆驶到停车场入口处即可, 而离开时则可提前指令车辆自动驶到停车场出口, 上车即走, 实现了驾乘者和车辆的无缝对接。

在该智能化停车模式得到更广泛的普及应用后, 各智能化停车场之间还可以通过专用走廊进行联通, 这样一方面可以使停车空间得到更充分地统筹利用, 一旦 A 停车场没有空位时, 车辆可自动驶到 B 停车场停放; 另一方面也可以为驾乘者提供更方便的服务, 即可在 A 停车场停车而到 B 停车场取车, 无需返回 A 停车场。在此过程中, 车辆在专用联通走廊内行驶, 足够安全又不占用外部道路, 该结构在城市建筑高密度区道路面积有限的条件下尤其适用, 并且由于不同停车场之间可协调停车位, 效率将呈几何级数提升。

下面对智能化停车模式的时间节省效果进行简单的定量分析。根据一项长期的停车巡游研究的结果, 世界范围内的停车活动平均需要巡游时间为 3.5 ~ 14 分钟, 平均为 8.1 分钟^[11]。同时还有研究表明, 停车后通常驾乘人员还需要步行 200 ~ 500 米、花费 5 ~ 6 分钟才能到达最终目的地, 因此, 通常停取车一次至少要花费 15 ~ 20 分钟以上的时间^[12]。这与中国大中城市的停车体验基本相符。实际上很多时候正是由于停车位不充分、不方便, 才只能无奈选择违章停车, 又或者进停车场后却找不到停车位。据北京交通发展研究中心数据显示, 北京市小汽车日均使用时间为 90 分钟^[13], 通常每天的使用至少包含两次停取车过程 (即抵达目的地停车和返程后停车), 而如果每次停取车以较为保守的 15 分钟计, 则合计为 30 分钟, 与用车时间的比例竟高达

1 : 3。可见, 节省这部分时间的效果将十分显著。

3.2 节省停车空间

(1) 车位高度。普通小汽车的高度设计一般在 2 米以下, 传统停车楼层间高度设计标准为 3.5 米^[14], 如图 2 所示。而对于智能化停车场, 由于没有人员出入, 因此不需要预留人员站立空间, 即使考虑到通风和消防需求, 高度 2.4 米将足够满足使用需要, 因此楼层高度可降低 30%。

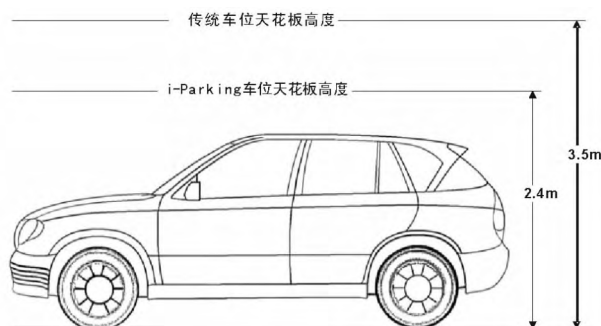


图 2 智能化停车模式下车位高度节省状况

(2) 车车间距。由于依靠自动驾驶系统进出智能化停车场, 停车时不需要开关车门 (无乘员出入), 因此停车位预留间隙可缩小。如图 2 所示, 考虑一般小汽车长宽参数为 4.8m × 1.8m, 预留适当泊车操纵的空间, 认为单个车位的尺寸取 5.4m × 2.4m 足够满足停车需要。对比传统停车位所需面积, i - Parking 车位占地减少了 20%。

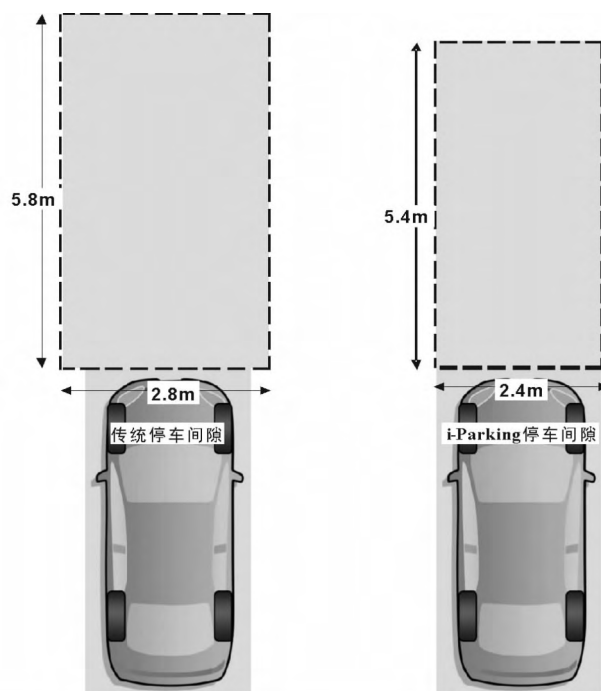


图 3 智能化停车模式下车车间距缩小状况

(3) 行车路宽。由于智能化停车场内采用自动驾驶并由局域网协调调度, 因此行车通道的宽度

可采用单行道标准,保守设计取3.5m。相比于传统停车场通道宽6m的设计要求,通道面积节省超过40%。

根据上述三方面的空间节省估计,保守预计智能化停车场建筑占地面积为传统停车场的0.8倍,高度为0.7倍,因此空间占用仅为传统停车场的56%,即节省将近一半的城市空间。换算成停车容量,同样大小的停车设施,i-Parking智能化停车场能增加约80%的车位容量。

更长远来看,由于智能化停车场属于开放式结构,可以考虑将其它停车方案(如内部机械式立体车位、高层停车塔)融入其中,空间节省效果有望得到进一步提高。该模式所代表的高效集约化发展思路,将对缓解未来城市用地紧张具有相当大的意义。

3.3 安全节能,便于管理

节省资源方面,由于智能化停车场专为车辆进出设计,因此无需照明,并且节省停车场的清洁维护、管理等人员的开支。以地下停车场为例,单个车位每年节省的水、电、人工维护费用接近2000元^[15],而这部分开支智能化停车场基本不需要。

安全方面,据研究表明,90%的交通运行事故由人为导致^[16],传统停车场尤其地下停车场为事故多发区域。而停车场内自动驾驶将显著减少由于人为驾驶带来的人身事故、车辆刮蹭,同时由于采用封闭式管理,将彻底杜绝停车场内犯罪案件发生的可能。

3.4 改善城市交通状况

智能化停车场是智能交通体系的重要组成部分,将有效提升交通运行效率,使城市交通管理更加科学透明,打造智慧城市下的综合交通管理体系。具体来说,城市中的智能化停车场使用情况的实时数据联网共享后,经过大数据处理,结合城市和地区事件的预测(早晚高峰、公众活动、天气、节假日),可对不同停车场车位的实时价格进行科学地调整,从而激励停车位优化配置;同时,将停车数据与路网通行状况结合,还能起到疏导交通的作用。因此,智能化停车模式下的停车价格将成为市场化调节交通运行的重要手段,起到充分调配和引导交通资源的关键作用。

从未来城市发展的角度,依据现有智能化停车场的使用数据,可以评估新建停车场的位置、布局以及容量,甚至可以以此作为切入点,指导道路和城市扩张,使得在未来城市基础设施建设成本在尽可能少的投入下,实现最大化的社会价值和效益。

4 i-Parking 智能化停车模式产业推广可行性及关键要素分析

推广i-Parking智能化停车将有望在时间、空

间节省,以及城市交通的高效管理等方面产生巨大效益。下面以实现该智能化停车模式作为目标,立足于现阶段的停车场及车辆技术水平,对推广i-Parking的条件和关键要素进行探讨。

4.1 技术可行性

(1) 车辆技术。车辆技术方面主要的技术瓶颈为局部环境下的自动驾驶及其安全性。按照美国国家高速公路安全管理局等机构的规定,自动驾驶最高阶段要求能实现人-车混杂情况下的全自动驾驶^[17]。就目前世界范围内汽车制造商及供应商对自动驾驶的研究进展来看,尽管从技术层面已经能够实现自动驾驶的基本功能,但与最高阶段的自动驾驶汽车上路尚存在较大差距^[18]。由于该阶段区别于人-人或车-车的高可靠性、单一化的驾驶环境,最根本的瓶颈就在于人-车混杂的驾驶环境过于复杂,而不同国家、道路状况和驾驶习惯又千差万别,因此在没有统一自动驾驶法规标准之前,市场普及难以实现。

然而,现有技术条件下的自动驾驶已基本成熟,在局部单一的环境下可以完全实现^[19-20]。实际上,特定环境下的自动泊车技术已经在部分中高端车型中得到应用,市场装配比例正不断提升,更有部分厂商已经推出了具备自动驾驶和全自动泊车功能的测试车型。分析智能化停车场这一局部环境,认为该驾驶环境具有如下特点:1)排除人为因素的干扰(禁止手动驾驶和行人进入),为技术的实现和可靠性、安全性提供了保障;2)具有统一系统的车辆调度程序,出错概率低;3)智能化停车场具有标准化结构,自动驾驶车辆的行为规范且可预测(规定车速8km/h以下)。

结合以上特点,本研究认为,以目前的技术完全可以实现智能化停车场内的自动驾驶。而类似智能化停车场这样的局部环境,既能完全满足现阶段自动驾驶技术使用的条件,还能起到对自动驾驶技术迈向更高阶段的促进和拉动作用,对技术和市场的不断成熟完善都具有战略意义。

(2) 停车场网络技术。停车场面临两方面的网络技术突破,分别是内部和外部的停车信息共享。

外部信息共享,即在到达目的地之前,驾驶员能够通过实时联网信息了解到全面的目的地停车状况。这些信息包括附近智能化停车场的分布、空闲状态、收费标准以及之前用户对停车场服务水平的评价等,从而方便驾驶员从中作出选择。外部信息共享对各停车场的实时数据的双向交互能力提出了较高要求,不仅需要数据能从停车场到云端处理顺畅流通,还要建立起用户评价的反馈机制。目前,百度、阿里巴巴等互联网巨头以及地图提供商、相关创业者已经开始针对停车导航等业务进行布局,借助互联网公司已有的数据及处理资源,一旦智能

化停车场积极接入上述业务布局, 外部的充分信息共享有望快速实现。

内部信息共享, 即车辆到达所选择的停车场后, 将自动接入该停车场的局域物联网, 从而通过车载设备接收具体的空车位位置信息并拟定自动驾驶路线。内部信息共享的关键在于, 能对精确到每个车位的使用情况进行实时监控, 并将这些数据反馈到智能化停车管理控制系统, 指示车辆移动。

外部和内部的信息最终汇总到处理平台上, 进行系统化地处理, 图 4 显示了内外部停车信息共享之间的关联。具体来说, 内部信息既能调度停车场内的车辆移动, 还会向整合平台汇报该停车场内部的实时状况, 由此分布在城市各处的停车信息经过平台处理 (融合城市活动、道路交通等信息), 便构成了面向驾乘人员的外部共享信息。

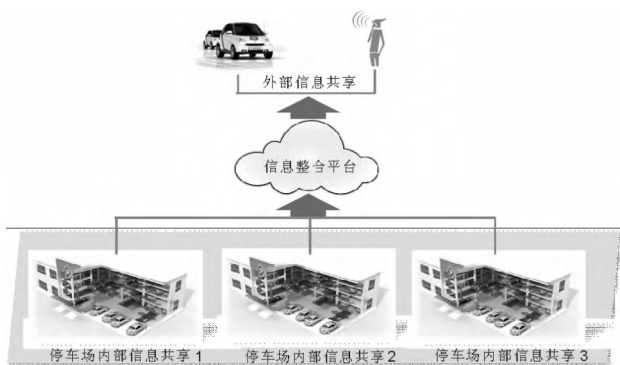


图 4 智能化停车模式下内外部停车信息共享关系

对技术方面的总结表明, 网联化和自动驾驶是实现智能化停车的关键技术。目前这两方面的技术储备已基本完成, 而且作为未来汽车产业发展的战略制高点, 仍将不断升级和推广。在智能化停车这种典型的应用场景下, 可以预见商业实践将进一步促进技术成熟。i - Parking 达到一定程度的普及后, 车企必将开发并采用局部自动驾驶技术以吸引消费者, 否则其产品将无法在智能化停车场方便地泊车。与此同时, 随着更多品牌的车型产品配备接入 i - Parking 系统的基本功能, 跨品牌的车 - 车通讯有望在停车场的局部环境下率先得以建立并在使用中积累经验、不断完善。最终, 甚至可以借助智能化停车场这一平台, 逐步延伸, 实现全面的车辆网联化及智能化, 使各家汽车厂商的产品与不同城市的基础设施得到统一标准下的系统整合, 加速向“全面网联化 + 完全自动驾驶”阶段过渡, 实现汽车智能技术的加速进步。

4.2 商业可行性

(1) 投资成本分析。对几类主要的停车场成本投入进行半定量分析 (见图 5), 雷达图面积越大, 代表成本更具优势。成本主要包括^[15]:

1) 土建工程费用: 地下工程的土建投入最高,

地上停车楼相对较低, 而地面停车场的土建成本最低; 同时机械式结构由于空间使用更加高效, 因此比非机械机构成本更低。

2) 配套设备成本: 主要包括消防、通风、照明、给排水等设施, 地下停车场在配套设备上的投入普遍要高。

3) 运营成本: 后期运营过程中的水、电、人工等费用, 机械式结构通常比非机械式要高。

4) 维修保养: 机械结构在使用中可靠性相对要差, 需要定期进行保养并对故障进行维修, 而这部分成本投入非机械结构基本不需要。

可以看到, 各类停车场从成本投入的角度来看, 地面停车场、自走式停车楼的总体评分相对要高, 因此成本上具有较大优势; 机械式的立体停车结构虽然停车空间利用效率高, 但成本投入大, 尤其在后期运营和维护上更加凸显劣势。智能化停车场尽管在投资初期土建成本高, 但后期运营和维护具有长远的优势, 同时兼顾了空间利用率和用户体验, 更有可能和其他停车模式互补组合, 具有较大发展潜力。值得庆幸的是, 中国大型城市正处在新一轮公共基础设施的建设阶段, 为推行智能化停车模式带来契机, 一旦及早投入提前布局, 将有望发挥新一轮科技革命带来的交通治理的后发优势。

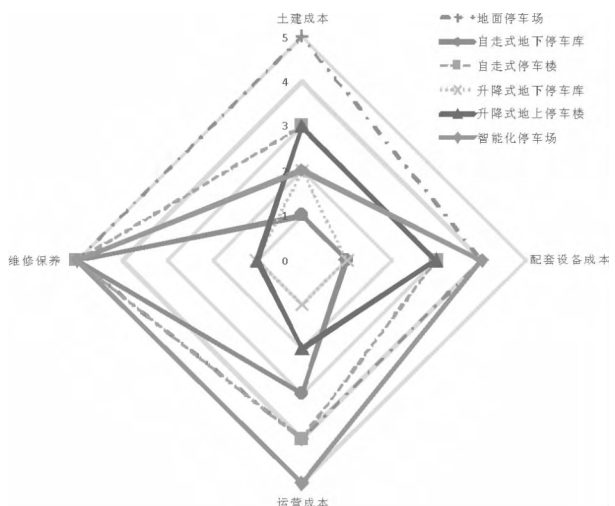


图 5 各类停车场建设成本优势比较

(2) 商业模式发展潜力分析。目前对互联网技术下的商业模式演变趋势的研究表明, 模式创新将成为未来商业的主要竞争力^[21]。智能化停车场除开展核心的停车业务外, 还能提供众多的附加增值服务, 例如, 为需要洗车的用户提供日常护理选项, 为新能源汽车提供集中的充电和维护, 在车主下车时推送周边相关餐饮、娱乐商铺的广告等。图 6 表示的是互联网经济思维下, 一种以智能化停车场业务为核心的商业模式扩展, 其中信息平台运营商凭借导航业务作为入口, 连通用户与停车场之间的支付渠道并获取 LBS 服务信息的广告收入。由此可见,

i - Parking 提供的众多人性化的一站式服务，将为停车场带来额外的附加收益。

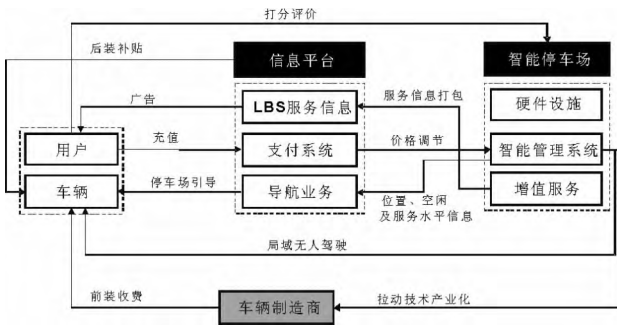


图6 互联网思维下智能化停车场的商业模式扩展

4.3 布局规划

由于智能化停车场属于城市基础建设投资，具有一定的建设周期，并且前期投入较大，同时停车需求与停车场周边的交通情况、商业结构等有很大关系，因此需要根据城市各地区的情况，配合城市管理部门，合理规划停车场的布局和大小。

解决智能化停车场的布局规划问题，还体现了对未来城市发展的更高层面意义。由于预计智能化停车场将给当地的交通出行结构、道路运行容量等带来显著影响，因此在前期规划时，还要兼顾考虑当地未来的城市发展需要，从建设综合性的智能交通体系的高度，将 i - Parking 纳入顶层设计，尤其在停车场建设初期，尚未形成规模时，选址问题更需要慎重研究，以获得最佳的示范效果和经济效益。例如在讨论适合建设智能化停车场的地区类型时，可根据图7的坐标维度，对不同类型地区进行归类分析，使得能充分发挥较传统停车场在节省时间、空间上的优势。据此，建议优先在空间紧缺、停车高峰相对密集的地区（如集会中心、办公楼、餐饮区等）进行 i - Parking 的示范运营，以取得更好的初期效果。

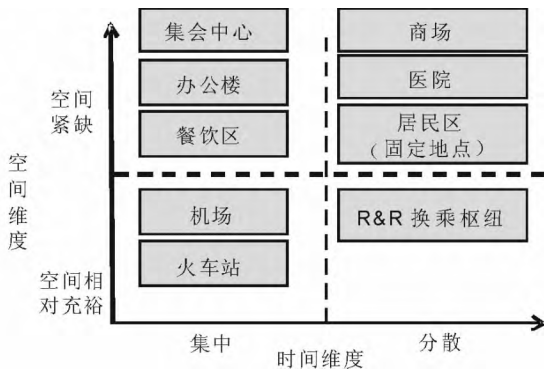


图7 智能化停车场建设的不同类型地区划分

5 结论与建议

针对停车困难加剧交通拥堵，百姓出行和社会

效率受到影响的问题，本文对面向未来需要的新型停车解决方案进行了探索，提出了一种基于网联技术和汽车局域自动驾驶技术的 i - Parking 智能化停车模式，其推广具有加速未来技术进步、支撑汽车产业可持续发展以及城市智能交通系统构建的战略意义。

本文研究表明，在同样的建筑空间下，i - Parking 智能化停车模式较传统停车能增加 80% 的车位容量，车主在使用汽车的过程中将节省 30% 以上的时间，并将带来停车场建设结构的根本性改变，使其更为安全、节能和便于自动化管理，从而成为未来智慧城市综合性交通体系的重要组成部分。同时，智能化停车模式对于运营企业而言也蕴含着巨大的潜在商机。

实现 i - Parking 智能化停车模式的产业推广，需要重点解决 3 个方面的核心问题：一是技术可行性，汽车网联及智能技术需要有相当程度的产业化水平；二是商业可行性，既要考虑投资成本，也要清晰该商业模式的发展潜力；三是布局规划，需要将智能化停车场选址、容量、规划布局纳入到未来城市规划的顶层设计中。

为此，本文建议：针对面向未来的智能化停车解决方案，国家主管部门应主导和加强研究，经全面、系统的有效评估认定后，应通过市场引导、配套支持和财税手段等措施对相应模式予以鼓励和保护，同时联合市场和社会资本，通过建立示范项目，以加速产业化实施，早日形成规模、产生效果。各城市在未来的交通规划和布局中也应充分考虑前瞻性的智能化停车解决方案，在规划用地、布局选址等方面提供支持。对于企业而言，汽车与相关产业的企业都应积极实施跨界合作，在实践中进一步探索和印证智能化停车模式的推广可能，为快速建立起行之有效的商业模式提供有力支撑。

参考文献：

[1] HAO H, WANG H W, OUYANG M G. Comparison of policies on vehicle ownership and use between Beijing and Shanghai and their impacts on fuel consumption by passenger vehicles [J]. Energy Policy, 2011, 39 (2): 1016 - 1021

[2] 段琳琳. 私人小汽车出行土地空间资源占用及成本研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012

[3] 赵福全. 应从国家制造业转型升级的战略高度看待“工业 4.0” [N]. 中国汽车报, 2015 - 02 - 02 (9)

[4] 赵福全, 刘宗巍. 我国建设汽车强国的战略判断 [J]. 汽车工程学报, 2014, (5): 313 - 318

[5] 李芳, 崔鑫生. 我国智能交通系统专利状况分析 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (13): 132 - 136

[6] 王辉. 机械式立体车库的特点研究及其应用 [D]. 长沙: 湖南大学, 2008

[7] 王美馨. 重庆主城核心区立体停车楼设计研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014

(下转第 151 页)

(上接第115页)

- [8] 李超. 城市商圈停车特性与停车选择研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014
- [9] 王瑞刚, 吴成东. 立体停车场的发展现状与趋势 [J]. 交通与运输, 2005 (2): 20-21
- [10] BAGLOEE S, ASADI M, RICHARDSON L. Methodology for parking modeling and pricing in traffic impact studies [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2012 (2319): 1-12
- [11] INCI E. A review of the economics of parking [J]. Economics of Transportation, 2015, 4 (1): 50-63
- [12] PALEVICIUS V, PALIULIS G M, VENCKAUSKAITE J, et al. Evaluation of the requirement for passenger car parking spaces using multi-criteria methods [J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2013, 19 (1): 49-58
- [13] 郭继孚. 2013年北京市交通发展年度报告 [R]. 北京: 北京交通发展研究中心, 2013
- [14] 中华人民共和国公安部, 中华人民共和国住房和城乡建设部. 停车场规划设计规则 (试行): [88] 公 (交管) 字 90 号 [S]. 北京: 中华人民共和国公安部, 中华人民共和国住房和城乡建设部, 1988: 1
- [15] 金书鑫. 停车产业环境下社会公共停车场建设效益评估 [D]. 西安: 长安大学, 2014
- [16] 潘建亮. 无人驾驶汽车社会效益与影响分析 [J]. 汽车工业研究, 2014 (5): 22-24
- [17] NHTSA. U. S. department of transportation releases policy on automated vehicle development [EB/OL]. (2013-05-30) [2015-12-30]. <http://www.nhtsa.gov/About%2BNHTSA/Press%2BReleases/U.S.%2BDepartment%2Bof%2BTransportation%2BReleases%2BPolicy%2Bon%2BAutomated%2BVehicle%2BDevelopment>
- [18] RUPP J D, KING A G. Autonomous driving - a practical roadmap [R]. Detroit: SAE Technical Paper, 2010
- [19] ARMINGO J M, ESCALFRA A D L, HILARIOC, et al. IVVI: Intelligent vehicle based on visual information [J]. Robotics and Autonomous Systems, 2007, 55 (12): 904-916
- [20] SKOG I, HANDEL P. In-car positioning and navigation technologies - a survey [J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2009, 10 (1): 4-21
- [21] TEECE D J. Business models, business strategy and innovation [J]. Long Range Planning, 2010, 43 (2): 172-194

作者简介: 刘宗巍 (1978—), 男, 辽宁朝阳人, 副研究员, 博士, 主要研究方向为汽车企业管理。陈铭 (1992—), 男, 湖北武汉人, 博士研究生, 主要研究方向为智能汽车发展趋势下的汽车共享、智能停车等商业模式。赵福全 (1963—), 男, 辽宁铁岭人, 院长, 教授, 博士, 主要研究方向为汽车产业发展、企业运营与管理、技术发展路线等领域的战略。