

上海市小汽车停车换乘实践与思考

刘涛^{1,2}, 潘海啸¹

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 上海市城乡建设和交通发展研究院, 上海 200040)

摘要:上海市自2009年开通淞虹路和虹梅路两个停车换乘(park and ride, P&R)停车场以来,已经形成各类P&R停车场30余个。这些P&R停车场使用情况差别很大,社会评价也褒贬不一。为了指导P&R停车场规划,减少规划和使用的不确定性,对上海市已有P&R停车场规划和管理经验进行总结。采用问卷调查、案例研究和模型分析等定性和定量的方法,从车辆来源、接驳交通和方式转换等角度对P&R停车场功能、车站接驳和外部效应等进行辨析。针对P&R停车场的规划提出以下建议:应基于其功能区分车站类型和区位进行规划布局;与其他接驳方式融合;形成多方式一体化的接驳系统;建设前要综合测算外部效应;与其他用途停车场共同建设、共享使用;考虑未来用地的功能转换。

关键词: 交通规划; 停车换乘; 接驳交通; 外部性; 上海市

Park and Ride Practice in Shanghai

Liu Tao^{1,2}, Pan Haixiao¹

(1.College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2.Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute, Shanghai 200040, China)

Abstract: Since the building of two park and ride (P&R) parking lots on Songhong Road and Hongmei Road in 2009, more than thirty P&R parking lots have been formed in Shanghai. The usage of these P&R parking lots is different, and the social evaluation is also different. In order to guide the planning of P&R parking lot, and reduce the uncertainty of planning and usage, this paper summarize the planning and management of P&R parking lot in Shanghai. Qualitative, and quantitative methods, such as questionnaire, case analysis and model analysis are used to analyze the functionalities of P&R part lot, station connection and external effects from the perspective of the origin of vehicles, connecting transportation service and mode change. Finally, the paper provides suggestions on P&R parking lots planning. The station locates and type should be differentiated based on parking lot functionality. The planning should be integrated with other connecting travel modes to form an integrated connecting system. It is necessary to measure the external effect comprehensively, to build and share with other parking lots, and to consider function transformation of future land use.

Keywords: transportation planning; park and ride; connecting traffic; externality; Shanghai

收稿日期: 2020-04-29

基金项目: 国家自然科学基金“轨道交通网络化条件下宜居型TOD发展模式优化研究”(51778431)

作者简介: 刘涛(1982—), 男, 河北晋州人, 在读博士研究生, 高级工程师, 注册城乡规划师, 注册咨询工程师(投资), 主要研究方向: 城市交通规划和智能交通。E-mail: taoliu82@163.com

通信作者: 潘海啸(1962—), 男, 安徽淮南人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 城市土地利用、交通规划。E-mail: hxpank@vip.126.com

0 引言

在大力发展轨道交通的同时,北京、上海、广州、深圳等许多超、特大城市在外围区、郊区等轨道交通沿线车站规划建设了一定数量的停车换乘(park and ride, P&R)设

施,希望通过停车换乘拦截外围小汽车进入市区,缓解市中心交通拥堵。上海市在发展P&R停车场方面进行了长期大量的实践。最早于2009年开通淞虹路和虹梅路两个P&R停车场。截至2020年,政府共开通了19个P&R停车场,已超过5 000个停车位;自发

形成有一定规模的P&R停车场20余个，车位数约4 000余个。这些P&R停车场位于城市不同区域，许多停车场的使用与规划预期有很大差异，导致不确定性大和褒贬不一的社会评价。

在规划P&R停车场时，关键问题是如何将P&R转化为TOD，确保规划达到预期效果。国外轨道交通发展比较成熟地区的研究表明，相比一般郊区，轨道交通车站周边

的小汽车使用需求会下降44%^[1]。在中国许多大城市轨道交通建设中，P&R已成为一种常规的规划手法，而实施效果还有待评估。因此，本文对上海市P&R停车场实践进行系统分析和评价，以总结经验，指导后续的规划和建设，最终目标建立以多层次公共交通为导向的城市空间结构。

1 P&R停车场的使用特征

1.1 车辆来源和使用情况

本文对上海市23个P&R停车场进行调查，其中10个为政府投资建设，13个为自发形成。政府投资建设的停车场享有政府财政补贴，采用低于市场价格的停车收费政策。P&R停车场的空间位置和使用者的出发地如图1所示，红色方块代表P&R停车场的位置，绿色点代表P&R使用者出发地的位置分布。

通过人工调查的方式向使用者发放问卷1 405份，回收有效问卷1 315份。日停放量超过100车次的大型停车场抽样率取20%~30%，小型停车场抽样率约为50%。

23个P&R停车场的使用情况如表1所示。淞虹路站、徐泾东站和沈杜公路站等使用率高达100%，停车场需求较大，受到周边居民的欢迎。共和新路站、大场镇站和松江大学城站等使用率均低于35%。

对这些P&R停车场的区位、周边交通特征和所在轨道交通线的位置等进行综合分

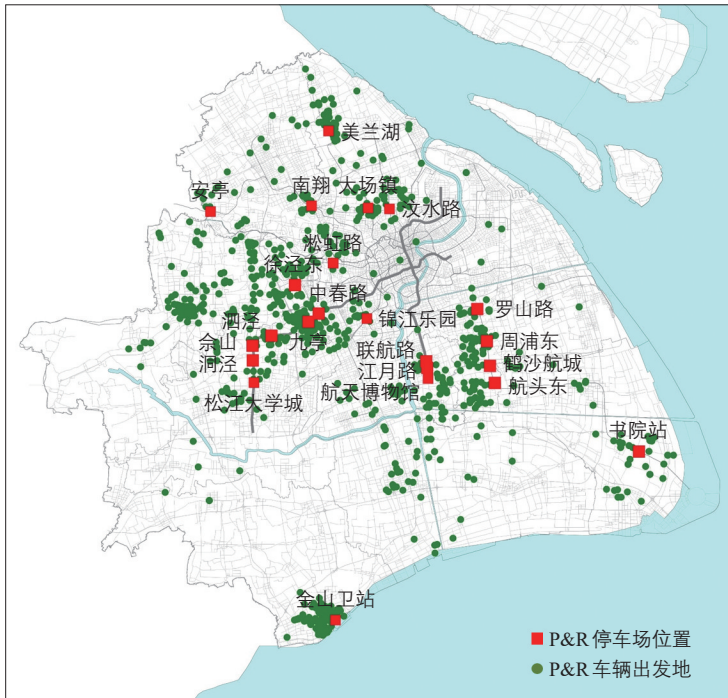


图1 P&R停车场分布及使用者出发地分布
Fig.1 Distribution of P&R parking lots and users' origins

表1 P&R停车场的使用情况
Tab.1 Usage of P&R parking lots

地铁站	停放车辆/辆	总车位数/个	停车场使用率/%	地铁站	停放车辆/辆	总车位数/个	停车场使用率/%
沈杜公路	496	496	100	美兰湖	200	455	44
联航路	24	24	100	大场镇	90	700	13
江月路	30	42	71	共和新路	100	370	27
金山卫站	500	500	100	锦江乐园	30	72	42
松江大学城	100	331	30	南翔站	100	180	56
九亭	300	300	100	安亭	30	200	15
洞泾	25	25	100	书院站	120	206	58
佘山	100	211	7	航头东	90	159	56
泗泾	25	25	100	鹤沙航城	50	50	100
中春路	60	70	85	周浦东	90	100	90
淞虹路	292	292	100	罗山路	70	70	100
徐泾东	1 300	1 300	100				

析可知，三类地点需求较大，分别为拥堵区外围、轨道交通末端和快速轨道交通沿线；两类地点需求较少，为拥堵区内和普速轨道交通沿线^[11]。

1) 拥堵区外围的P&R停车场，如淞虹路站。驾驶人可以通畅地驶入P&R停车场，换乘轨道交通后可快速到达目的地，避免市区道路拥堵。这个出行过程可同时发挥小汽车和轨道交通的速度优势，是郊区进入市中心最快方式。

2) 轨道交通末端的P&R停车场，如徐泾东站、沈杜公路站。此类P&R停车场可以很好地弥补轨道交通覆盖不足的问题，吸引轨道交通末端站周边远离市中心大片区域的换乘需求。如果末端站又同时在城市主要通勤范围内，换乘需求将非常明显。

3) 快速轨道交通沿线P&R停车场，如金山卫站。轨道交通较道路交通有很大的速度优势，驾驶人停车换乘后可以快速到达市中心。此类P&R停车场有很大的吸引力，具有较大的吸引范围。

4) 拥堵区内的P&R停车场，如大场镇站和汶水路站。外围驾驶人从出发地到停车场需穿过拥堵区域，花费很长时间且已完成大部分路程，换乘轨道交通时车厢内拥挤严重。因此，出行时效性和舒适度均较低。

5) 普速轨道交通沿线的P&R停车场，如9号线、16号线。主要服务于轨道交通车站周边较小范围的居民。

1.2 车辆接驳距离

接驳距离与接驳方式选择有很大的关系。调查结果显示，随着接驳距离增加，出行者选择P&R停车场的比例逐渐升高(见图2)。对图2数据进行插值法计算可知：75分位、50分位、25分位的停车换乘需求分别距离轨道交通车站超过1.83 km，3.57 km，5.71 km。对于长距离接驳，小汽车有很大优势；对于短距离接驳，可以考虑采用多方式接驳系统的设计，以减少P&R停车场的投资与空间需求。

轨道交通最常用的4种接驳方式为步行、非机动车、公共汽车和小汽车。在距离轨道交通车站1.83 km内，步行和非机动车是最为有效的接驳方式，并且是值得鼓励的绿色出行方式。距离轨道交通车站1.83 km外，按照目前的交通环境超出大部分人体力出行的上限^[10]，出行者优先选择机动化方

式。但在距离轨道交通车站1.83 km外，尤其是低密度郊区，出于运营效益的考虑^[9]，公共汽车配车少，车辆发车间隔大，无法满足此区域的出行需求，因此小汽车接驳成为这些区域有吸引力的选择。

1.3 接驳方式转换

P&R停车场的使用者从何种方式转移而来是评价停车换乘外部效应的一个关键因素。在本次调查中，P&R停车场开通之前，采用公共汽车接驳的比例较大，接近50%，其次是全程小汽车出行，如图3所示。P&R停车场吸引了大量的公共汽车接驳客流，但在不同的车站吸引公共汽车接驳客流的比例差异较大。例如，淞虹路站从公共汽车转移至P&R方式的比例为66%，而在松江泗泾站该比例只有13%。

根据交通方式转移特征，将P&R车站分成3类。1)P&R停车场建成前已有一定数

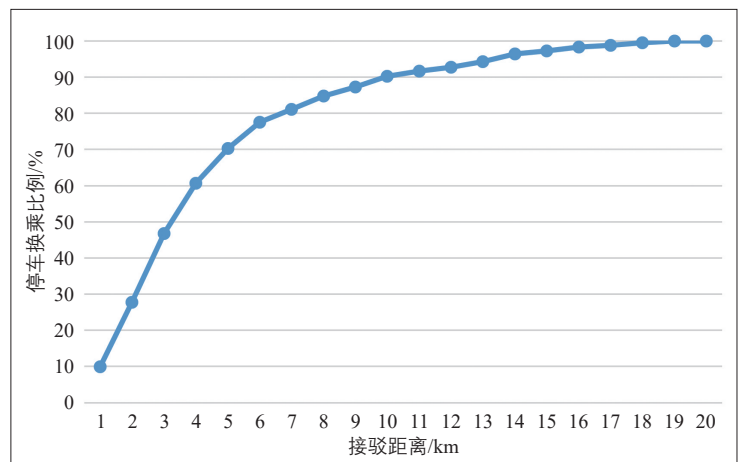


图2 不同接驳距离下停车换乘比例

Fig.2 Proportion of P&R users by different connecting distance

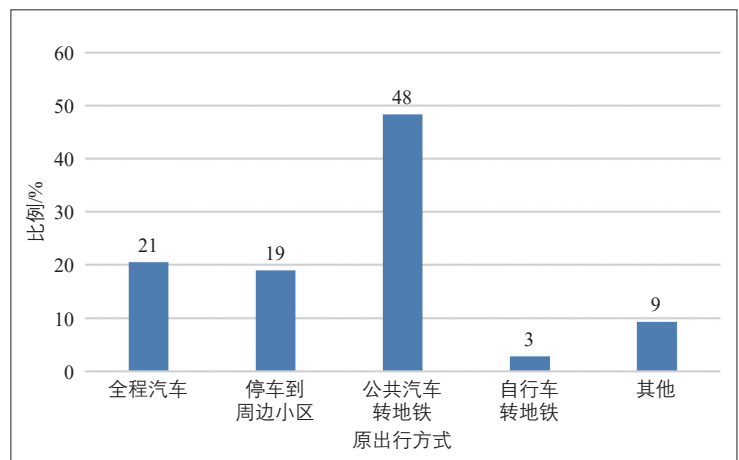


图3 P&R停车场开通前出行者使用的接驳方式

Fig.3 Transfer modes used before the opening of P&R parking lots

量公共汽车接驳线路的车站，如淞虹路站早高峰发车间隔小于6 min的公共汽车线路有5条。淞虹路P&R停车场每天10元的低费率促使公共汽车接驳客流转移至P&R方式。2)P&R停车场建成前周边存在对外开放的小区停车位或者空地，如佘山站P&R用户中之前停在周边小区或空地的车辆占52%，P&R停车场建成后车站周边的停车都转移至此。3)车站周边无高频公共汽车线路和可用停车位，如泗泾站全程小汽车转移比例高达47%。

换乘车辆来源取决于已有的接驳设施、停车费率及公共汽车服务水平。在没有高频公共汽车或者其他形式的停车位时，P&R停车场显得尤为重要。在有一定数量高频公共汽车接驳时，小汽车又会与之形成竞争，降低公共汽车客流。同时短途接驳的小汽车出行污染物排放强度高，不利于可持续发展。

2 P&R方式的社会效益和外部性

2.1 社会效益

总结和梳理国内外停车换乘的实践经验，P&R停车场有以下几个主要功能：1)拦截郊区进入市中心的小汽车^[8]，缓解市中心的交通拥堵^[2-3]；2)提高轨道交通的吸引力，扩大轨道交通车站吸引范围^[5]；3)提高出行的方便性，增加一种可选择的出行方式。

不同类型、不同区域的P&R停车场发挥的作用有较大差异^[3, 6-7]。拥堵区外围的P&R停车场可以很好地拦截郊区进入市中心的小汽车，沈杜公路站P&R停车场中超过40%为原本郊区开到市中心的车辆(约150辆)。轨道交通末端站的P&R停车场可以向外延伸车站的覆盖范围，徐泾站P&R停车场使用者平均接驳距离为12.3 km。轨道交通沿线的P&R停车场可以提高车站周边居民出行的方便性，也拓展了车站的吸引范

围。拥堵区内部的P&R停车场没有显著的交通改善作用。

2.2 外部性特征

停车换乘车辆主要由三种接驳方式转移而来。其中，全程小汽车出行和公共汽车接驳转移至P&R方式会产生交通结构的变化(见图4)。因此，本文从时间节省的角度出发，仅讨论这两类方式转移的影响。停车费率及目的地端的停车位供给情况对P&R方式转移的影响不在本文讨论范围内。

图4中， d_1 为车辆从出发地到P&R停车场的距离， d_2 为P&R停车场到目的地的距离， m 为全程小汽车转移的用户数量(假设选择驾驶方式的均为单独驾驶)， n 为公共汽车接驳转移的用户数量。

1) 交通结构。

d_1 段道路相对通畅，对于出行者来说，小汽车相比公共汽车有速度和灵活的优势，有 n 个出行者由公共汽车改为小汽车。 d_1 段交通结构改变呈现负外部性。 d_2 段由于道路交通拥堵，轨道交通速度明显高于小汽车，有 m 个出行者由小汽车改为轨道交通。 d_2 段交通结构改变呈现正外部性。整体上，P&R停车场吸引了 m 辆原来会停在市中心的车，同时诱发了 n 辆原本没有出行的车。

2) 总出行时间。

在没有公交优先策略的情况下， d_1 段小汽车的行程速度高于公共汽车，总出行时间节省。在 d_2 段，转移至轨道交通的用户出行时间缩短，同时道路交通量减少，P&R出行者和道路交通出行者的出行时间均缩短。因此，系统总的出行时间是节省的。

3) 道路交通总量。

d_1 段增加的道路交通量为 n ， d_2 段减少的道路交通量为 m ，路网系统小汽车出行总量的变化为 $n-m$ 。道路交通量的总体变化取决于 n 和 m 的大小。按照图3的转移概率， $n>m$ 时，道路交通总量增加。尽管如此，P&R方式可以起到平衡市中心和郊区小汽车交通量的作用。

4) 小汽车车公里。

d_1 段增加的车公里为 $d_1 \times n$ ， d_2 段减少的车公里为 $d_2 \times m$ ，全程减少的车公里为 $d_2 \times m - d_1 \times n$ 。

沈杜公路站P&R停车场停放量为496辆，全程小汽车转移至P&R方式为149辆，

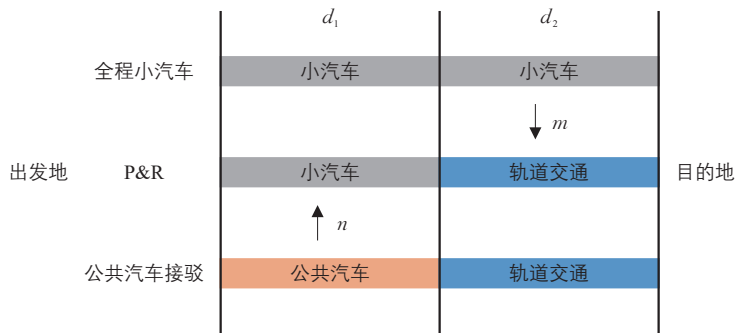


图4 P&R方式转移对交通量的改变

Fig.4 Change of traffic volume caused by transfer of P&R

占30%，公共汽车接驳转移至P&R方式为238辆，占48%。沈杜公路站到市中心人民广场的距离为20 km，平均接驳距离为8.16 km，每天减少的小汽车车公里为1 037.92 pcu·km。

淞虹路站P&R停车场停放量为292辆，全程小汽车转移至P&R方式为67辆，占23%，公共汽车接驳转移至P&R方式为192辆，占66%。淞虹路站到人民广场的距离为12 km，平均接驳距离为5 km。小汽车车公里增加了156 pcu·km。

可见，P&R方式是否减少车公里与P&R停车场的区位、交通结构变化情况有关。

5) 公共交通乘次。

d_2 段轨道的乘次增加 m ， d_1 段接驳公共汽车的乘次减少 n ，系统公共交通总乘次变化为 $m-n$ 。可见，P&R方式提高了轨道的客运量，对于提升轨道交通客流有积极作用。接驳公共汽车客流量下降 n ，因此建设P&R停车场后，接驳公共汽车线路可以进一步优化和调整运力。

3 规划建议

1) 在明晰P&R停车场功能的基础上分类型、分区位进行规划布局。

P&R停车场的功能和所处轨道交通线路的位置有关。拥堵区外围的P&R停车场功能为拦截进入市中心的小汽车，轨道交通末端的P&R停车场功能为弥补轨道交通覆盖不足，延伸轨道交通的服务区域，轨道交通沿线的P&R停车场功能为提高接驳的方便性。P&R停车场应规划在城市拥堵区外围，并配合交通需求管理政策；在公共汽车不发达的轨道交通末端可设置较大规模的P&R停车场；郊区轨道交通沿线可采用连续“珍珠链”形态布设小规模P&R停车场，在中心区不宜设置P&R停车场。

2) P&R方式与公共汽车、步行和非机动车等方式形成一体化的接驳系统。

接驳距离小于1.8 km应鼓励步行和非机动车方式。1.8~5.7 km应采用非机动车、公共汽车和小汽车并重的接驳方式，重点考虑非机动车和公共汽车，避免P&R停车场的低价收费竞争已有公共汽车客流。大于5.7 km的低密度区域，尤其是公共汽车运营经济效益差、服务水平低的区域，应考虑小汽车的接驳方式，在轨道交通车站设置一定规模的

P&R停车场，但这部分出行者比例较小，对P&R停车场的规模要进行控制。

3) P&R停车场规划和建设应综合考虑外部效应。

在P&R停车场规划和建设时应测算其外部效应，基于P&R停车场的区位和车站周边已有的接驳交通系统进行综合测算。对于外部效应好的停车场可以适当扩大规模。对于外部效应较差的停车场，应适当控制其规模，并结合收费等管理手段调节停车场使用，发挥P&R停车场的综合效益。

4) 联合建设、动态管理P&R停车场并考虑未来功能的转换。

P&R停车场主要服务于通勤客流，潮汐特征明显，商业停车通常集中在晚上和非工作日，居住停车主要为夜间停车。在一些综合性车站，可考虑P&R停车场和商业设施共建共用，以提高设施使用的综合效率。P&R方式的作用和效益应定期评价，当其功能发生变化时，如原本拥堵区外围的停车场变成拥堵区内部的停车场，停车场的性质可转化为商业停车场或公共汽车枢纽停车场，不再优惠收费。

5) 促进城市道路的空间再分配。

P&R停车场的建设也应与城市道路空间分配、再优化有关。大规模轨道交通的建设应伴随沿轨道交通走廊小汽车通行能力的缩减，转换为公共汽车、步行和非机动车空间，以提升城市的品质。

4 结语

虽然各地在轨道交通网络建设中都规划了一定数量的P&R设施，但如何发挥多种交通方式的综合效能，促进可持续发展仍然值得思考。P&R停车场规划和使用应综合考虑多个方面的因素，首先要明确其功能和定位，结合区位特征规划P&R停车场，在城市中心区应该控制P&R停车场建设。规划时还要考虑P&R停车场功能调整的可行性。小汽车接驳仅是轨道交通车站的一种接驳方式，要考虑和其他接驳方式的协调和融合，改善公共汽车服务和非机动车停放设施也可以大大减少P&R停车场的的需求。建设前要充分分析P&R停车场的外部性，使用时应采用灵活的运营和管理方式，以发挥P&R停车场的综合效益。

(下转第74页)