doi:10.3969/j.issn.1672-6073.2010.04.007

轨道交通在机场地面集疏运体系中的应用

陈 欣[1,2] 范东涛[2] 过秀成[1]

(1. 东南大学 南京 210096; 2. 江苏省交通规划设计院有限公司 南京 210005)

摘 要 阐述和比较民航机场地面集疏运体系中轨道交通方式的分类和优势,介绍轨道交通在国外机场地面集疏运体系中的应用情况,分析民航机场地面集疏运体系的发展趋势,以及对我国大型枢纽机场集疏运体系发展的启示。

关键词 城市轨道交通 地面集疏运体系 民航 枢纽机场

中图分类号 U239.5 **文章标志码** A

文章编号 1672-6073(2010)04-0023-04

民航机场集疏运系统(airport ground access system)主要为进离港旅客(货物)提供地面交通服务,是机场系统的重要组成部分。从与机场连接来看,可分为进出机场边界的交通部分(off-airport part)和进出机场内部交通(on-airport part)两部分。前者主要是指从机场所在城市的中央商务区(Central Business District,CBD)或机场服务辐射圈的其他地区到达机场边界的交通。后者主要包括停车场、航站楼前的车道边、出租汽车站、机场公交汽车站、轨道站台以及其他出入机场区的公用道路相关的交通。机场地面集疏运系统组成示意见图1。本文中主要研究进出机场边界的交通部分。

随着航空运输业的发展,航空客货流量不断增加,再加上由于城市化进程加快等原因引起的市区交通拥堵问题日益严重,进而导致机场地面集疏运交通时间不断增加,以至于超出航行阶段所花费的时间。显然,

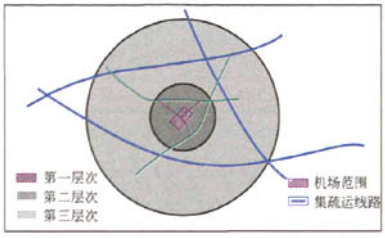

图1 机场地面集疏运系统组成示意图

这极大地削弱了航空运输快速、高效的优势和机场自身竞争能力,而电气化铁路和高速铁路技术的发展以及公路网络的不断完善也使航空运输的发展面临着更多挑战。根据FAA(联邦航空管理局)和FHA(联邦高速管理局)的联合研究,当机场的始发登机旅客量达到500万人次以上时,通常需要多种方式(如公铁联运模式)或多条专用道路接入机场(见图2)。也就是说,当年旅客吞吐量达到1 000万人次以上时,单一道路交通方式将无法满足机场客货流地面集疏运需求。

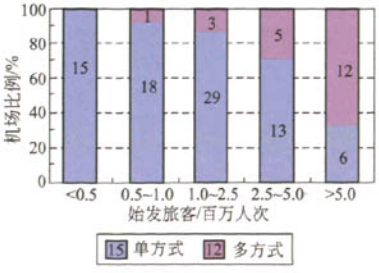

图2 北美主要机场地面集疏运模式统计情况

如何改善大型枢纽机场地面集疏运体系服务,实现机场外部交通与航站楼的高效衔接已成为各国机场规划设计者普遍关注的问题。我国的大型机场地面集疏运系统目前还不够完善,存在可选择交通方式比较

收稿日期:2009-12-15 **修回日期**:2010-01-12

作者简介:陈欣,男,博士,工程师,从事综合交通运输规划、航空运输规划与管理、机场运行流程建模与仿真等研究,alphachx2002@yahoo.com.cn

基金项目:南京市交通局项目(08200-LKGH-GHGH)

万方数据

单一,便捷性较差等问题。而轨道交通具有运量大、速度快、费用低、占地少、污染少、舒适性好、准时可靠等优点,为提高机场地面交通服务效率提供了新选择。研究轨道交通在民航机场地面集疏运体系中应用情况对于我国大型枢纽机场有效解决日益严重的地面交通拥堵问题有着重要的借鉴意义。

1 机场地面集疏运体系的轨道交通方式

从连接机场区域来分,轨道交通方式可以分为进出机场轨道交通和机场内部轨道交通两部分。

1.1 进出机场的轨道交通

世界各地在发展进出机场的轨道交通时,常使用机场专用轨道线和共享轨道线。机场专用轨道线是为进出机场客流而设计的,考虑到机场客流的特性,相应地使用专用车辆,其运行时间、乘行舒适度等服务水平要高于共享轨道线。共享轨道线是为标准公交客流量而设计的,使用轨道交通共享运载工具,不仅需考虑机场客流,更重要的是要考虑沿线居民的通勤客流需求,在发车密度、车站可达性等方面要优于机场专用轨道线。

1.2 机场内部穿梭轨道交通

轨道交通除了用于进出机场外,对于国际大型机场来说,也是解决机场内部穿梭交通的主要方法之一。大型国际机场通常占地范围非常大,且有好几个候机楼。而私人汽车的停车场或租车点离候机楼很远,有些乘客要在不同的候机楼转机,机场职工也要在机场内来往。为了减少汽车在机场内行驶造成大气污染,提供方便、舒适、高效的服务,轨道交通越来越受到广泛重视。这种内部穿梭的轨道交通可以昼夜不间断运行,按照固定的路线连续不断地运送乘客。考虑到机场内的穿梭客流量和机场内部布置,可以采用轻轨、独轨和自动导轨等运载量较小、建设成本较低的轨道交通形式,其线路长短不一。

法兰克福机场建有一条3.8 km的高架自动导向轻轨交通线,使用8辆AEG-100车辆,在1号和2号登机大厅之间穿梭运输。北京首都机场在新启用的T3航站楼中首次采用了多楼连通的乘客捷运系统(APM),规划远期连接T2航站楼,这是一套无人驾驶的全自动乘客运输系统,采用全自动列车,乘客可免费乘坐,只需花3 min左右的时间即可从T3A到达T3B。这些"小火车"每小时可单向运送乘客4 100多名,发车时间间隔不超过3 min。其他如美国的匹兹堡国际机场、纽瓦克国际机场、亚特兰大国际机场、拉斯维加斯机场、奥兰多机场、新加坡樟宜机场等,均修建了类似的穿梭轨道交通。

2 轨道交通运输在集疏运体系中的优势

2.1 轨道交通方式到达机场时间相对可靠

图3是不同交通方式到达机场时间随机场与城市间距离变化的趋势图,虚线部分对应道路交通模式(road-based system),实线部分对应轨道交通模式(rail-based system)。从图中可以看出,在50 km以内,轨道交通方式能够帮助乘客以相对较短的时间到达机场,增加了到达机场时间的可靠性;然而在距离接近50 km时,两种交通方式的乘行时间趋于一致。图1的右上角部分是两种交通类别的发车频率比较,可以看出轨道交通的发车频率高于道路交通方式,从而为乘客到达机场提供了更多的时间选择,也提高了出行的便利性。

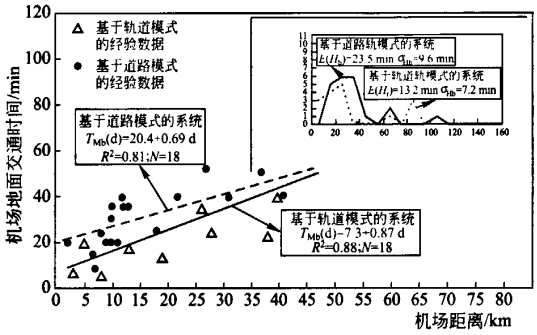

图3 不同交通方式到达机场时间特性比较

2.2 轨道交通具有相对高的舒适性

舒适性主要表现在轨道交通的容量比较大,一般相当于10辆公交车容量,乘客很容易找到座位,并且易于安放行李,另外,其安全性也比较高。

2.3 轨道交通的单位出行成本较低

图4是出租车、公共汽车和轨道三种交通模式下的单位距离交通价格(成本)分布情况。可以看出,出

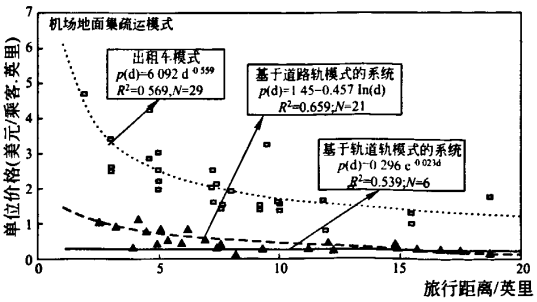

图4 不同交通模式下的单位距离交通价格比较

万方数据

租车的单位交通费用最高，轨道交通模式下乘客的单位出行费用最低。但随着距离的增加，公共汽车交通模式与轨道交通模式的单位价格也趋于一致，这也反映出远距离运输中，公共汽车和轨道交通模式之间竞争性比较强。

2.4 IATA（国际航空运输协会）关于机场轨道交通的意见

IATA 在机场发展手册中对机场地面交通作了相应介绍，认为机场应根据速度、可靠性、价格、便利性、安全和舒适度来鼓励快速轨道的发展。如果机场离市中心比较近，则应该建立地铁系统；如果已有地铁，则应考虑扩展当前的地铁系统连接到已有的公共交通系统。轨道交通的成功与否在很大程度上依赖于与其他地面交通系统连接的水平。英国盖特瓦克机场的轨道交通之所以比较成功，是因为它连接了伦敦地铁、公交运输系统，并且在市区又与出租车系统相联系。这样，每一种公共中转方式（铁路、地铁、公交）都可以满足不同的交通需要，从而提高了机场的可达性。将轨道交通引入机场具有以下优点：

- 从发展潜力看，25% ~50% 的乘客可以通过轨道系统进出机场；
- 大大缩减机场和市中心火车站的乘行时间；
- 减少机场地面交通的拥堵；
- 减少机场的停车设施需求；
- 增加机场陆侧容量。

因此，IATA 建议应将机场轨道交通站设置在机场航站楼中较为中心的位置，以便于乘客接近；同时，还应该考虑到由于轨道交通的运量较大，通常会有几百名携带行李的乘客同时到达，给机场带来很大的设施需求，如行李手推车、升降电梯、自动步梯以及为残障人士和老年人设置的专门电梯等。

综上所述，应充分发挥轨道交通的优势，将铁路、地铁、轻轨等轨道交通方式适时引入到机场地面集疏运体系中，并通过机场客流特征和流量的分析，科学设置轨道交通方式，与机场有效衔接，以解决日益严重的大型机场地面集疏运问题。

3 轨道交通在国内外机场地面集疏运体系中的应用

为适应航空运输的迅速发展，国外很多大型机场早已把轨道交通直接连通到机场，如德国法兰克福机场、法国巴黎戴高乐机场、日本东京羽田国际机场以及我国香港国际机场等。根据国际机场轨道组织（IARO）统计，2001 年全球 1 400 多个机场已建轨道交通的有 62 个，将建机场轨道交通的有 116 个。

3.1 德国法兰克福机场

法兰克福机场（见图 5）于 1999 年 6 月启用了专为机场轨道线设计的候机楼（Air Rail Terminal），直接与欧洲的高速铁路网和城市地铁相连。该机场的 1 号登机厅底层为火车站，分远途火车站和近途火车站。从这里可以搭乘高速铁路列车去德国的其他城市，或者先搭乘城市快车去法兰克福火车总站再转车。同时，机场的两个候机厅之间还设有轻型高架轻轨列车（SkyLine）连接，方便乘客转机的需要，使乘客在机场的任何一个候机大厅转机都能在 20 min 以内到达。

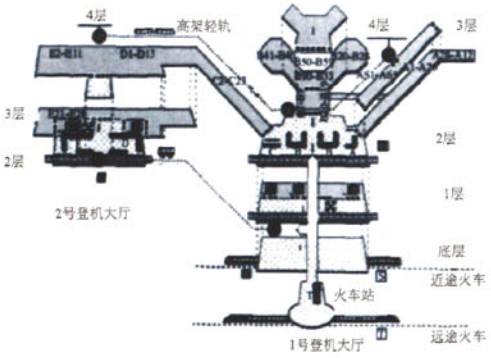

图 5 法兰克福机场航站楼轨道布局示意

3.2 法国巴黎戴高乐机场

戴高乐机场拥有巴黎地区快速市域线的 B3 支线。该线的终点站设在机场 2 号航站楼之中，与整个机场航站楼融为一体。这个终点站同时还是欧洲高速铁路网的重要车站，从而成功地将铁路、高速铁路和航空 3 种交通融合在一起，成为世界上交通转换中心的成功典范。戴高乐机场现在的日平均航空乘客在 13 万人以上，其中 20% 左右的乘客依靠轨道交通进出机场。为了严格降低小汽车对大气的污染，改善机场的可达性，目前法国政府正致力于扩大现有的轨道交通运能，提高服务质量，包括延长列车运营时间，加开直达车和大站车，并计划于 2012 年在巴黎和戴高乐机场之间建成一条一站直达的专用轨道交通线。该直达线建成后，乘客可以在巴黎城区完成登机手续，至机场的整个行程时间少于 20 min，且在到达机场之前可以摆脱行李的负担，可为航空乘客提供快速舒适的服务。

3.3 日本东京羽田国际机场

羽田国际机场是日本最大规模机场，2007 年旅客

万方数据

吞吐量达到6 682万人次，居世界第4位。其机场集疏运体系非常完善，通往机场的有东京单轨电车羽田线（见图6）和京滨急行电铁机场线（见图7）两条线路，均可直达航站楼。

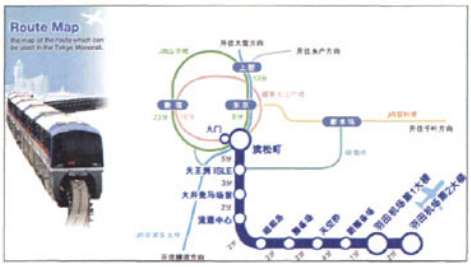

图6 东京单轨电车羽田线线路

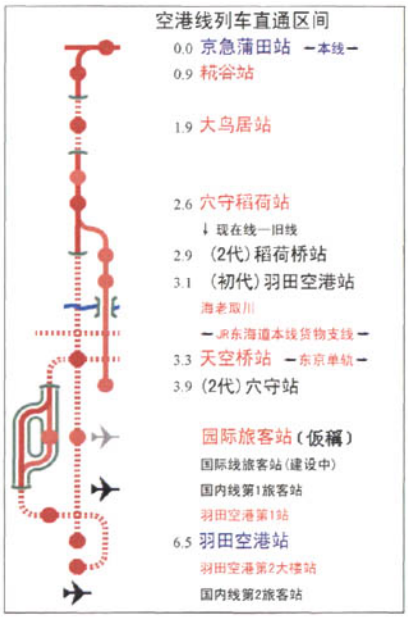

图7 京滨急行电铁机场线路

3.4 国内的机场轨道交通

随着国内对机场轨道交通重要性认识的不断加深，一些大城市已开始进行机场轨道交通的规划和建设工作。首都机场为举办北京2008奥运会已在外部开通首都机场线，与T2、T3航站楼相连接；内部启用T3航站楼中的乘客捷运系统（APM），规划远期连接T2航站楼。上海浦东国际机场总体规划中提出，建设“以机场为核心、客运以轨道交通为主、货运以高速公路为主”的完整的机场集疏运系统。以2010年为目标，将上海地铁2号线向东、西延伸至浦东和虹桥两个机场。同时，预留向南延伸与轨道交通11号线（R3）相连，形成以轨道交通为骨干的公共交通体系。届时，利用上海城市轨道交通网络，绝大多数市区的乘客只需一次换乘，即可到达浦东国际机场。

从以上几个典型枢纽机场的地面集疏运体系可以看出，大型机场基本上都设置了快速轨道交通系统来连接城市交通。将机场与轨道交通作为一个整体考虑，把轨道交通引入机场地面集疏运系统是大型枢纽机场建设的必然选择，并已成为大型枢纽机场改善地面交通服务的有效手段。

4 大型枢纽机场地面集疏运体系发展趋势

4.1 建立以轨道交通为主体的机场地面集疏运体系

通过前面的分析可以发现，机场与城市交通的联系中小汽车虽占很大比重，但随着客运流量的不断增长以及用地、资金的限制，机场将难以满足日益增长的地面集疏运交通需求。在大型枢纽机场中，基本都设有大运量、高速度的轨道交通，由机场轨道线来承担大部分进出机场的客流，可在最短的时间内将客流分散和集中。因此，将机场与轨道交通作为一个整体考虑，建立一个以轨道交通系统为主轴、以公共交通为主体、多种交通方式相互协调的综合交通系统，是机场集疏运系统的重要发展方向。

4.2 注重大容量、快速化和环保化的公共交通的应用

私人小汽车的过度使用带来了环境、资源、交通拥挤等一系列问题，影响了城市经济的持续发展。因此，发达国家开始从以小汽车为导向的交通战略转向可持续发展的交通战略，大力发展运载率高、成本低、与环境相协调的公共交通。对人口密度高、城市化发展迅速、土地资源紧张的区域，尤其需要发展包括轨道交通和快速公交在内的公共交通，提高它们在机场集疏运系统的应用比例。

5 对我国大型枢纽机场集疏运体系发展的启示

5.1 注重发展大容量公共交通为主体的机场地面集疏运体系

从国外大型枢纽机场发展经验来看，集疏运体系主要由城市轨道交通和高速公路组成。机场发展阶段不同，集疏运交通方式的主体也会有所不同。在初级阶段，航空需求不是很多，可以高速公路为主，通过覆盖面广泛的公路网络提高机场服务范围和吸引力；在高级阶段，航空需求急剧增长，单纯以高速公路为主

（下转第58页）

万方数据

(1):12-13.
[3] [德]KieBling,Puschmann,Schmieder. 电气化铁道接触网[M]. 中铁电气化局集团有限公司,译. 北京:中国电力出版社, 2003: 79-80.
[4] 南京地铁一号线接触网系统总包合同[G]. 南京, 2002:10-13.
[5] 南京地铁一号线网检系统检测分析报告[R]. 南京,2009:6-8.
[6] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2003:30-31.

(编辑:郭 洁)

Analysis on Pantograph-catenary Current-feed Theory of ROCS in URT

Jiang Hongze
(Nanjing Metro Co., Ltd., Nanjing 210012)

Abstract: The restraint of traditional thoughts and methods formed in the process of FOCS management has been cast aside. Based on the analysis of the operational data in and out of China, several concepts of ROCS are defined including position - setting device of OCS, the main part of OCS and the connecting device of OCS and so on. Besides, a set of preliminary pantograph - catenary current-feed theories under ROCS are put forward including the interrelationship constraint between pantograph-catenary contact speed and the bump level of ROCS, the lift of pantograph, the weight of pantograph, the support distance of ROCS.

Key words: Rigid Overhead Catenary System (ROCS); Flexible Overhead Catenary System (FOCS); pantograph-catenary current-feed theory; contact loss rate; pantograph-catenary contact speed

(上接第26页)

体的集疏运系统难以满足航空运输需求,必须以大容量的公共交通方式为主,用以联系主要交通发生源,而公路(道路)等其他公共运输方式则作为辅助,用以扩大机场服务范围。

5.2 注重场内交通与区域公共交通网络的衔接

从发达国家和地区的重要机场综合交通体系来看,特别注重机场内部交通与区域大交通之间的衔接,一些主要机场往往是地铁、公交、长途汽车和出租车等多种交通方式会聚的综合运输枢纽。乘客通常希望能够在短时间内完成方式转换,机场内外部交通应加强无缝衔接,避免多次换乘。在法兰克福机场、希斯罗机场以及巴黎戴高乐机场航站楼,都设有直通机场的轨道专线,中间不设停靠点,并且能够为乘客实现机场航站楼与市中心之间其他交通方式的方便中转换乘。

5.3 注重提高机场集疏运体系公共运输服务水平

目前,我国大多数机场乘客的集疏运模式中仍然以小汽车为主,公共交通服务由于在舒适度、便捷性和时间可靠性等方面都不能很好地满足航空旅客的出行需求,面对日益增加的地面集疏运交通需求压力,迫切需要提高运输服务水平。着力加强运输组织管理,增加现有客运专线班次,尤其需要加强与主城区的衔接,进一步扩展机场腹地的运输线路。对换乘系统进行统一规划与部署,满足安全、准确、迅速、方便、舒适的换乘要求,确保在"门到门"的出行全过程中服务的连贯性和有效性,增强运输服务的保障性。

参考文献

[1] Intermodal ground access to airports: a planning guide[EB/OL](2006)[2009-12-14]. http://ntl.bts.gov/DOCS/AGAPP.html.
[2] 阿什弗德. 机场运行[M]. 高金华,译. 北京:中国民航出版社, 2006.
[3] 周军. 深圳扩建机场的地面交通需求预测研究[J]. 建筑与结构设计, 2006(6):20-23.
[4] Milan Janić. Airport transport system analysis and modeling [M]. Gordon and Breach Science Publishers, 2000.
[5] IATA. 机场发展参考手册[M]. 1995.
[6] 施毓凤, 李今, 龙颖. 发展机场轨道交通的若干问题[J]. 城市轨道交通研究, 2007, 10(3):1-4.
[7] 朱沛. 机场规划与管理[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.
[8] 袁建. 大型机场公交集疏运系统改进评价方法研究[D]. 上海:同济大学,2008.

(编辑:郝京红)

Application of Rail Transit in Airport Ground Access System

Chen Xin[1,2] Fan Dongtao[2] Guo Xiucheng[1]
(1. Southeast University, Nanjing 210096;
2. Communication Planning and Design Institute Co., Ltd. of Jiangsu Province, Nanjing 210005)

Abstract: The classification and competitive advantages of rail transit in airport ground access systems are described. After introducing the application of rail transit in foreign airport ground access systems, authors analyze the general development trend of rail transit for airport ground access systems and highlight that for Chinese large hub airports.

Key words: urban rail transit; ground access system; civic aviation; hub airport

万方数据

轨道交通在机场地面集疏运体系中的应用

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 陈欣， 范东涛， 过秀成， Chen Xin， Fan Dongtao， Guo Xiucheng
作者单位： 陈欣,Chen Xin(东南大学,南京,210096;江苏省交通规划设计院有限公司,南京,210005)，范东涛,Fan Dongtao(江苏省交通规划设计院有限公司,南京,210005)， 过秀成,Guo Xiucheng(东南大学,南京,210096)
刊名： 都市快轨交通 ISTIC
英文刊名： URBAN RAPID RAIL TRANSIT
年，卷(期)： 2010,23(4)

参考文献(8条)

1. 袁建 大型机场公交集疏运系统改进评价方法研究 2008

2. 朱沛 机场规划与管理 2003

3. 施毓凤;季令;龙颖 发展机场轨道交通的若干问题[期刊论文]-城市轨道交通研究 2007(03)

4. IATA 机场发展参考手册 1995

5. Milan Janic Airport transport system analysis and modeling 2000

6. 周军 深圳扩建机场的地面交通需求预测研究[期刊论文]-建筑与结构设计 2006(06)

7. 阿什弗德;高金华 机场运行 2006

8. Intermodal ground access to airports:a planning guide 2009

本文读者也读过(5条)

1. 薛原.赵娅丽.秦灿灿.XUE Yuan.ZHAO Ya-li.QIN Can-can 希斯罗机场公共交通集疏运网络研究[期刊论文]-交通与运输2007(z2)

2. 杨立峰.陈必壮.王忠强.苏瑛 虹桥枢纽集疏运体系规划研究[期刊论文]-上海公路2009(4)

3. 吴晓.周一鸣.刘小明.WU Xiao.ZHOU Yiming.LIU Xiaoming 枢纽机场衔接公路网优化理论与方法研究[期刊论文]-公路交通科技2009,26(5)

4. 欧阳杰.OUYANG Jie 机场轨道交通线路的规划布局及其应用特性分析[期刊论文]-铁道运输与经济2010,32(10)

5. 肖慎.朱光远.耿兴荣.Xiao Shen.Zhu Guangyuan.Geng Xingrong 城市对外交通枢纽集疏运体系规划研究[期刊论文]-现代交通技术2010,07(5)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dskgjt201004007.aspx