

文章编号: 1002-0268 (2009) 05-0123-04

枢纽机场衔接公路网优化理论与方法研究

吴 晓^{1,2}, 周 鸣¹, 刘小明¹

(1. 北京工业大学 交通工程北京市重点实验室, 北京 100022; 2 国家发展改革委员会, 北京 100824)

摘要: 公路方式是我国枢纽机场与城市衔接的主要交通方式。枢纽机场衔接公路网的优化, 能维持该区域客运交通运输网络高效运转, 是综合运输体系中的关键技术。我国面临枢纽机场衔接公路网优化理论不完善和经验缺乏的问题。从系统工程角度, 分析国内外大型机场地面交通衔接的现状和发展趋势, 阐述枢纽机场地面交通衔接集聚特征及集疏运机理, 探讨枢纽机场衔接影响因素(制约性、结构性、比例性)和衔接公路网优化准则, 提出枢纽机场衔接公路网优化的核心问题和研究方向。

关键词: 智能运输系统; 公路; 枢纽机场; 衔接; 优化

中图分类号: U416

文献标识码: A

Study on Theory and Method of Highway Network Optimization for Airport Hub Access

WU Xiao^{1,2}, ZHOU Yiming¹, LIU Xiaoming¹

(1. Beijing Key Lab of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China;

2. National Development and Reform Commission, Beijing 100824, China)

Abstract: Highway transport is the main mode for airport hubs which links up cities in China. The highway network optimization for hub airports access plays an important role in passenger transport network and is one of key technologies of integrated transportation system as well, which is lack of systemic methods and successful experience in China. In the sight of system engineering, status of landside traffic access at hub airports and its trend both at home and abroad were analyzed, its characteristics of collection and mechanism of trips were illustrated, its effect factors including conditionality, structure, proportionality as well as the optimization rule were discussed, and the key points and research direction of highway network optimization for hub airports access were proposed.

Key words: Intelligent Transport Systems; highway; airport hub; access connection; optimization

0 引言

我国交通运输长期按各运输方式分别管理、规划和实施, 其基础设施网络已形成相当规模, 但总体上却未很好地满足交通需求, 并引发各种运输方式之间的协调问题。面对网络规模和运输能力的快速发展, 资源和环境的约束, 其发展趋于从各自独立到相互协作衔接, 通过优势互补发挥整体效益^[1]。与单一交通运输方式相比, 综合交通体系能优化地使用交通资源, 提高运输生产力, 有利于交通运输结构的调整^[2]。建立现代综合交通运输系统成为我国交通发展

的战略任务。

综合交通枢纽是综合交通网的关键要素, 其客货集散和门户功能, 对区域经济和社会活动有很强的吸引和辐射效应。机场作为综合交通枢纽之一, 对整个综合交通运输网络运行的机动性、顺畅性和承载性起着重要作用。截至 2007 年底, 我国民用机场数量达到 152 个, 机场吞吐量达到 3.87 亿人次, 仅次于美国居世界第 2 位^[2], 其历年发展情况见表 1。其特征体现在: 营运规模和航线结构方面, 国内虽未建成真正的国际性枢纽机场, 但以航空运输为主的综合交通枢纽从规划布局到实施正处于关键阶段; 规划布局方

收稿日期: 2008-10-02

作者简介: 吴晓 (1963-), 男, 四川西昌人, 博士研究生, 从事交通运输规划研究。(wux@ndrc.gov.cn)

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

面，其确立了北京、上海、广州国际航空枢纽和昆明、乌鲁木齐门户机场的格局；实施方面，上述机场处于大规模扩张建设时期。同时，机场建设不协调、各种交通方式衔接不合理的问题日渐突出，资源浪费、效率损失、效益低下的现象趋于严重。

表 1 我国民用航空主要统计数据

Tab 1 Main statistical data of civil aviation in China

类别	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2006 年
机场数量/个	94	139	139	135	142
航线里程/万 km	50.68	112.90	150.29	199.85	211.35
客运量/万人	1 660	5 117	6 721.66	13 827	15 968
旅客周转量/亿人·km	230.48	681.30	970.54	204.49	237.07

随着经济、社会和交通运输工具的发展，枢纽机场的关联运输方式越来越多，要求在较长时期内能够适应多方向、多方式、大规模客货运输，其陆侧^[3]衔接，即公路等地面交通衔接问题尤为重要。如果因进出机场的公路、轨道等地面交通不便捷、换乘渠道不顺畅等问题而导致从市区到达机场花费较长的时间和费用，从完整的产品运输过程看，会使航空运输快捷性大打折扣，速度上的显著优势无法体现，从而降低整个航空运输业的竞争力。

目前我国城市与枢纽机场间的交通联系主要通过公路实现，根据现有交通基础设施和运输方式的实际情况，枢纽机场与市区间公路衔接问题是制约航空运输发展的主要因素之一。机场的服务辐射区域的扩大及其竞争力的提高，主要有赖于民航枢纽机场衔接公路网的优化。因此，强化枢纽机场的地面衔接，尤其是与公路网的衔接，是目前综合交通网发展规划的核心任务之一。

根据国内外相关资料，枢纽机场内各种交通方式的衔接，还未得到充分研究和实践。鉴于现阶段我国各大型机场综合枢纽正在发展和扩建，却缺乏地面交通衔接优化理论的支撑。本文应用系统工程的理论和方法，在枢纽机场客运交通要素衔接集聚特征和集疏运机理的基础上，分析枢纽机场衔接优化影响因素、准则、方法，结合目前我国枢纽机场与公路网交通衔接状况，提出优化公路与枢纽机场交通衔接的交通规划方法和政策建议。

1 研究现状

衡量枢纽机场服务水平的重要指标之一是以其为节点的各种交通方式衔接程度。改善机场的交通衔接状况已受到普遍关注。如：美国在《国家机场一体化体系规划》(National Plan of Integrated Airport Systems, NPIAS)中就把改善机场可达性作为优化航空运输系

统性能的 6 个主要因素之一，研究并鼓励发展对公众最有效和最方便的地面接近方法，认为大容量公共交通是现实可行的选择。欧洲和日本历来比较注重与机场衔接的公共交通建设，并纳入城市和区域交通发展的重要节点统筹规划，近年来仍不断改善各交通方式之间的衔接。近几年，基于“零换乘，无缝衔接”的理念，我国提出在综合交通，特别是枢纽机场的规划与建设中应实现各种运输方式之间、城市间与城市内交通线路间的紧密衔接，力争旅客换乘“零距离”，货物“无缝衔接”，保证运输畅通，实现各种运输方式的优化，最大限度地提高综合交通运输的整体效率和效益。

1.1 国外研究

各大国际机场的陆侧衔接研究，从调查机场中各种交通流的发生和分布、交通方式的划分和交通分配着手，确定机场与城市交通的衔接。在实践中，完善的公路、轨道系统与机场进行良好的衔接，能使其更好地配合城市的发展。

欧洲许多政策、法规和指南，例如：《机场交通场地和地表交通接入战略》(英国，1999 年颁布)中对综合枢纽衔接方面也有所体现。

美国对地面交通与机场规划、建设和运营问题进行了深入研究，如机场航空要素的集聚效率、综合交通衔接特点和综合交通衔接效率等，研究成果亦体现在法案、规划和指南中，其中最具有代表性的是《地表联合运输效率法》(1991 年颁布)和《地表综合交通接入机场设计指南》(2000 年颁布)及《美国综合航空系统规划》(NPIAS 2007-2011，2006 年颁布)，(NPIAS 2009-2013，2008 年颁布)。这些文案制定了机场建设与运营和机场枢纽衔接原则，提供了不同特性的运输方式以满足公众需求。

美国传统的便利机场交通意味着交通流可迅速地进入机场附近的高速公路和州际公路。机场均位于主要城际铁路附近，可提供通往附近城市的直达快速轨道和地铁交通服务。美国运输部联邦航空管理局(Federal Aviation Administration, FAA)规定，机场规划应该考虑到整个地区运输系统运行状况，其地面交通规划应考虑与各种地面运输方式的衔接，航空规划机构应咨询公路交通规划者、大城市规划组织者(Metropolitan Planning Organization, MPO)和机场负责人(熟悉机场现有和长期(20 年)的运输规划)，旨在实现以下目标：(1) 综合交通系统中的机场能方便地为人们服务；(2) 通往主要机场的地面运输具有高效、便捷和经济的特性；(3) 乘客到达机场后有更多

的交通方式可供选择;(4) 乘客的特殊需求能够得到满足^[4]。

可见,发达国家的机场从规划阶段就考虑机场与周边腹地交通网的相互作用,将机场客运综合枢纽的衔接纳入交通系统,并配套技术研究,以提高机场交通衔接效率和服务质量。

1.2 国内研究

国内学者针对枢纽机场地面交通衔接问题,尤其是枢纽机场衔接公路网优化的研究不多,如:胡小波^[3]和孙志强^[5]以首都机场为研究实例,分别从其发展战略和建设对策角度分析交通衔接问题,但缺乏对各种交通方式的系统性和指导性研究。

对交通枢纽的相关研究则在城市客运交通枢纽规划理论、衔接组织方面比较丰富,如:吕慎^[6]针对大城市客运交通枢纽规划的理论与方法进行研究,周伟和姜彩良^[7]分析交通枢纽中旅客换乘出现的问题,孙伟和刘亚刚^[8]从铁路交通的角度来阐述其与城市交通衔接模式,刘小明^[9]研究了城市客运枢纽综合评价指标体系,根据该类指标能合理评价城市客运枢纽。上述研究主要基于城市客运枢纽,虽可在机场枢纽规划时借鉴,但其在机场衔接和优化方面涉及过少而针对性不强,且难以充分体现枢纽机场的特征和要素。

2 枢纽机场衔接公路网优化的系统理论研究

建立适合我国的枢纽机场衔接公路网优化理论体系,需要将国外相关经验和我国枢纽机场状况与主要问题相结合,探寻公路与民航交通等运输要素聚集形成综合交通枢纽的基本规律。在此基础上,根据城市空间布局和城市交通发展,通过相关要素分析和筛选,确立民航运输要素聚集与公路等交通衔接方式的选择标准和评价指标,进行民航客运换乘流程与平面布局规划,以期兼顾机场有效运行和乘客满意。通过分析机场枢纽与地区和城市腹地公路网络的互动关系,提出衔接公路的空间布局原则和网络结构布设相关标准。

枢纽机场衔接公路网优化的核心问题和研究重点应侧重于以下几方面:

2.1 机场客运交通要素的集聚特征和衔接问题

依据区位、服务和经济三大原则的基本经济规律,分析国内不同规模机场的客运枢纽交通要素集聚特征,包括机场规模、区位、辐射区域、吞吐量与集疏运需求。同时依据机场交通状况、陆侧交通组织方案和运输衔接效率等特征确定衔接环节并解决相关问题。

2.2 机场客运枢纽衔接优化的影响因素

机场衔接优化影响因素包括制约性、结构性和比例性3方面。

(1) 制约性因素是设置机场枢纽衔接方式及方案的约束条件,主要从地理条件分析、安全程度、国土资源利用和生态环境保护等方面入手。

(2) 结构性因素决定衔接交通的拓扑结构、连通属性和分布形态,主要考虑机场的发展功能定位、交通需求时空特性、网络连通可靠性等方面。

(3) 比例性因素直接作用于衔接的公路线路,主要考虑旅客和货邮的吞吐量、进出机场交通需求的空间集中度和已有公路线路。

上述影响因素的定性和定量分析,有助于对特定衔接问题提出针对性解决方法。

2.3 机场枢纽综合交通衔接的优化准则

机场枢纽是航线与地面交通路线的衔接节点,是交通运输方式或交通运输线路的换乘转换节点。机场枢纽通过“零距离”和“零时间”的最小衔接成本,实现最大换乘通行效率。其综合交通衔接优化准则包括连通度、畅通度、可靠度和便捷度4个指标^[10]:

(1) 连通度,主要考虑机场与旅客出发地或到达地的空间机动性连接要求。其中旅客起点或终点的聚集中心必须依据旅客出行的空间分布确定,连通度以机场与旅客起终点距离、乘客取出行李或办理登记手续的位置与城市交通换乘后步行距离等为指标参数。

(2) 畅通度,主要考虑机场与旅客出发地或到达地的时间机动性连接要求。为达到畅通,必须从整个交通运输网络全局来分析问题,避免机场交通聚集与其他交通运输网络拥堵形成系统性交互延误。畅通度以乘客从城市交通到达机场的途中时间、乘客为进入或离开机场而在机场内的等待时间、机场线路衔接点公共交通的总量和停车等待时间等为指标参数。

(3) 可靠度,主要体现乘客对地面交通时间的准时性要求。可靠度的指标参数一般为在途交通时间延长不超过畅通时间的30%。

(4) 便捷度,主要是航空旅客外出的便利和舒适程度,主要考虑换乘次数、换乘地点以及搬运行李的工具和空间等。

通过对连通度、畅通度、可靠度、便捷度4个指标衡量并定量分析,可提出机场枢纽的综合交通衔接优化准则。

2.4 枢纽机场交通衔接公路网络形态优化方法

枢纽机场的综合交通形态与其网络、技术特性有关。不同形态衔接的优化方法及其效率均有不同。提

高衔接效率可根据旅客数量修建不同技术等级的道路和依据其出行偏好选择不同的交通组织管理形式,从而实现公路与枢纽机场交通衔接的优化。

3 枢纽机场衔接公路网优化的方法和政策研究

3.1 面向对象服务的枢纽机场衔接公路网规划方法

进出机场客流预测是对机场交通需求的预测,它是规划机场周边公路网络的重要依据,因此,优化客运机场枢纽与腹地城市衔接公路网的先决条件是满足此类交通需求。

同时,需要对机场枢纽与腹地城市之间衔接网络的交通组织进行研究。合理组织已有交通设施,实现交通转换效率最高。机场地面衔接必须满足各种交通方式的最短时空衔接、乘客货物飞机3者的最少仓储量和最小停留时间等多目标原则。

公路衔接要实现内外交通的“无缝衔接”,在规划布局及运营管理上应做到:

(1) 保证市内交通设施与机场枢纽之间具有较短的距离。

(2) 通过合理运营组织使市内交通与机场枢纽在时间上保持紧密联系,减少各种等待时间。

(3) 在集疏的过程中能够提供动态和及时的服务信息。

3.2 枢纽机场衔接公路网优化的政策建议

优化机场枢纽与腹地城市间的公路衔接网络,涉及政府和多个行业管理部门和多方面利益。长期以来,我国交通发展按各种运输方式分别管理、规划和实施,实际操作中部分衔接优化在技术方面并无较大难度,但在管理方面往往有较大难度。因此,在交通衔接研究中还应该从投资、建设和管理政策方面提出优化建议。

4 研究结论

合理引导枢纽机场与腹地城市之间公路衔接网络的发展,充分发挥其在综合交通网络中的重要作用,能提高城市交通运输运行效率。本文基于我国枢纽机场发展状况和其交通衔接研究现状,总结机场与区域和腹地城市衔接公路网优化方法,归纳公路衔接网络中亟待深入研究的内容,主要结论如下:

(1) 在枢纽机场地面交通衔接的研究中,国外相关研究较为成熟,且已经写入相关的政策法规,能通过公路、轨道等方式与机场衔接,配合城市发展,其中尤以美、英突出;国内学者相关研究较少,且多侧重于城市客运枢纽规划而非枢纽机场。

(2) 机场客运交通集聚要考虑区位、服务和经济3大原则,依据机场交通状况、陆侧交通组织方案和运输衔接效率等特征确定衔接环节;影响衔接优化的因素包括制约性、结构性和比例性,优化准则包括连通度、畅通度、可靠度和便捷度,而且衔接形态与网路和技术特性有关。

(3) 通过分析机场进出客流量特性,选定量化指标,在多目标原则下,按照“无缝衔接”原则,优化衔接公路网形态,同时应结合投资、建设和管理3方面共同考虑。

通过上述内容研究,提出优化方法,能有效地提高机场周边公路衔接网络效率,缓解机场与腹地城市之间的交通压力。

参考文献:

References:

- [1] 王庆云. 交通运输发展理论与实践[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2006.
WANG Qingyun. Theory and Practice of Transportation Development [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2006.
- [2] 中国民航机场建设总公司. 北京首都国际机场总体规划[Z]. 中国民航机场建设总公司, 2004.
China Airport Construction Corporation. General planning of Beijing Capital International Airport [Z]. China Airport Construction Corporation, 2004.
- [3] 胡小波. 北京首都机场发展战略研究[D]. 北京: 对外经贸大学, 2006.
HU Xiaobo. Capital International Airport Development Strategy [D]. Beijing: University of International Business and Economics, 2006.
- [4] 美国运输部联邦航空管理局. 机场系统规划过程[Z]. 美国运输部联邦航空管理局, 2006.
U. S. Federal Aviation Administration. The Process of Airport System Planning [Z]. Federal Aviation Administration, 2006.
- [5] 孙志强. 首都国际机场航空枢纽建设对策研究[D]. 北京: 对外经贸大学, 2007.
SUN Zhiqiang. Research on Capital International Airport Hinge Building Countermeasure [D]. Beijing: University of International Business and Economics, 2007.
- [6] 吕慎. 大城市客运交通枢纽规划理论与方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2004.
LV Shen. Planning and Design Theory for Passenger Transport Hub of Metropolis [D]. Nanjing: Southeast University, 2004.

(下转第141页)

- al Drowsy Driving Act of 1998: Section 2 [Z]. Washington D C: National Highway Sleep Foundation, 1998.
- [3] GARDER P. Rumble Strips or Not Along Wide Shoulders Designated for Bicycle Traffic? [J]. Transportation Research Record, 1995, 1502: 1– 7.
- [4] KHAN A, BACCHUS A. Economic Feasibility and Related Issues of Highway Shoulder Rumble Strips [J]. Transportation Research Record, 1995, 1498: 92– 101.
- [5] GRIFFITH M S. Safety Evaluation of Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways [J]. Transportation Research Record, 1999, 1665: 28– 34.
- [6] MOEUR R C. Analysis of Gap Patterns in Longitudinal Rumble Strips to Accommodate Bicycle Travel [J]. Transportation Research Record, 2000, 1705: 93– 98.
- [7] FITZPATRICK K, BALKE K, HARWOOD D W, et al. NCHRP Report 440: Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways [R]. Washington D C: Transportation Research Board, National Research Council, 2000.
- [8] PERSAUD B N, RETTING R A, LYON C A. Crash Reducing Following Installation of Centerline Rumble Strips on Rural Two-Lane Roads [J]. Accident; Analysis and Prevention, 2004, 36 (6): 1073– 1079.
- [9] RUSSELL E R, RYS M J. NCHRP Synthesis 339: Centerline Rumble Strips: A Synthesis of Highway Practice [R]. Washington D C: Transportation Research Board, National Research Council, 2005.
- [10] HIRASAWA M, KOTERA S, ASANO M, et al. Development of Recessed Pavement Markings That Incorporate Rumble Strips [C]. Transportation Research Board 87th Annual Meeting Washington DC: Transportation Research Board, 2008.
- [11] PILUTTI T, ULISOY A G. Fuzzy-logic-based Virtual Rumble Strip for Road Departure Warning Systems [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2003, 4 (1): 1– 12.
- [12] Federal Highway Administration. Shoulder Rumble Strips: Effectiveness and Current Practice [R]. Washington D C: Federal Highway Administration, 1998.
- [13] ELEFTERIADOU L, EL-GINDY M, TOBRIC D. Rumble Strips for Lower Volume Roads with Narrow or Non-Existent Shoulders [R]. No. PTF-2002-03. Pennsylvania: Pennsylvania Transportation Institute, The Penn State University, 2001.

(上接第 126 页)

- [7] 周伟, 姜彩良. 城市交通枢纽旅客换乘问题研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2005 (5): 23– 30.
- ZHOU Wei, JIANG Cailiang. Theoretical Analysis of the Interchange Passengers in Urban Transport Terminals [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2005 (5): 23– 30.
- [8] 孙伟, 刘亚刚, 晁军. 铁路交通与城市交通衔接模式的分析 [J]. 低温建筑技术, 2004 (4): 18– 19.
- SUN Wei, LIU Yagang, CHAO Jun. Access Mode between Railway and Urban Traffic [J]. Low Temperature Architecture Technology, 2004 (4): 18– 19.
- [9] 刘小明, 沈龙利, 杨孝宽. 城市客运枢纽综合评价指标体系 [J]. 中国公路学报, 1995 (增刊 1): 97– 101.
- LIU Xiaoming, SHEN Longli, YANG Xiaokuan. Overall Evaluation Indicator of Urban Passenger Transfer Hub [J]. China Journal of Highway and Transport, 1995 (SUP1): 97– 101.
- [10] 肖欣荣, 姜国杰. 建立城市大运量交通快速体系的升级战略 [J]. 城市规划学刊, 1999 (3): 54– 56.
- XIAO Xinrong, JIANG Guojie. Promoted Strategy: Setting up Urban High Speed Mass Transportation System in China [J]. Urban Planning Forum, 1999 (3): 54– 56.
- [11] Birmingham International Airport Co., Ltd. Draft Airport Surface Access Strategy 2006– 2012 [Z]. Birmingham International Airport Co., Ltd., England, 2006.