

空港综合交通枢纽客流需求预测研究 ——以广州白云国际机场为例

李德芬

(国家发展和改革委员会城市和小城镇改革发展中心, 北京 100045)

摘要:为弥补民航部门常规预测思路在航空枢纽集疏运设施供给策略、供给规模预测方面的不足,提出面向集疏运设施规模及供给策略的空港综合交通枢纽客流需求预测思路。在判断主要客流构成的基础上,明确了分客流、分方式的预测总思路;在分析经济增长和高铁两大影响航空客流增长的主要因素基础上,分别提出陆侧航空客流和中转航空客流的预测方法,进而得到航空客流总量,支撑空港枢纽对外交通设施供给策略的制定。以此为基础,通过客流分布、方式划分等技术手段,确定各集疏运方式的客流需求规模,为相应设施规模的预测提供依据。

关键词: 交通规划; 空港枢纽; 综合交通枢纽; 客流预测; 航空客流; 广州白云国际机场

Passenger Travel Demand Forecasting for a Hub Airport: A Case Study in Guangzhou Baiyun International Airport

Li Defen

(China Center for Urban Development, National Development and Reform Commission, Beijing 100045, China)

Abstract: Demand forecasting methods commonly used by civil aviation agencies are inadequate to make effective supply strategies and forecast demand for passenger distributing facilities at airport terminals. To overcome such deficiency, this paper proposes a new passenger travel demand forecasting methodology focused on the scale of facilities and supply strategies. Through identifying the composition of major passenger flows, the paper presents the framework of demand forecasting by flow types and modes. Based on analyses of the two major factors affecting the growth of air-passenger volume, namely economic growth and high-speed railway, the paper proposes the forecasting methods for landside and transfer air-passenger flows, respectively. The total air-passenger volume is then obtained to support the making of facility supply strategies for airport terminals. Based on passenger flow distribution and modal splits, passenger demands of different travel modes can be determined to provide the basis for forecasting the supply of corresponding facilities.

Keywords: transportation planning; airport terminal; multimodal terminal; passenger volume forecasting; air-passenger volume; Guangzhou Baiyun International Airport

收稿日期: 2013-12-18

作者简介: 李德芬(1981—), 女, 天津人, 硕士, 工程师。主要研究方向: 综合交通枢纽规划、道路交通整治规划。E-mail: lidefensky@126.com

0 引言

随着机场客货吞吐量的迅猛发展以及高速铁路、城际轨道交通等交通方式在机场集疏运体系中发挥日益重要的作用,越来越多的机场开始构建以大型空港为核心的综合交通枢纽。在空港综合交通枢纽(以下简称“空港枢纽”)规划建设,如何科学准确地预测航空客流需求的发展趋势、为制定发展

规划提供科学决策依据,是确定合理的交通设施规模的基础,是保证机场设施高效率使用的前提,也是提升旅客服务质量的必要条件。

既有航空客流总量预测多以民航部门为主导,主要方法包括多项式曲线、波布加门公式等趋势外推法以及国内生产总值回归的计量经济法等。既有预测方法是常规发展思路下面向机场内部设施的预测方法,对于大型空港枢纽客流预测存在三方面不足:首先

对枢纽机场构建带来的中转航空客流估计不足；其次，对城际轨道交通、高速铁路等交通方式对航空客流产生的影响估计不足；第三，难以满足机场集疏运设施规模预测和供给策略制定的要求。本文探索面向集疏运设施规模及供给策略的空港枢纽客流需求预测思路，并结合广州白云国际机场综合交通枢纽客流预测展开分析。

1 空港枢纽陆侧客流构成及需求预测思路

1.1 客流构成分析

面向集疏运设施规模及供给策略的空港枢纽客流预测，重点在于分析预测空港陆侧客流，主要包括陆侧航空客流、陆侧迎送客流及机场员工三部分。从国际上规模较大的机场实际数据来看，平均进出机场的人员中乘坐飞机的旅客占49%，迎送旅客人员占25%，机场员工占18%，其他人员仅占8%。

表1 世界主要机场客流构成

Tab.1 Passenger flow composition of major airports across the world %

机场	旅客	迎送人员	机场员工	其他
德国法兰克福国际机场	60	6	29	5
奥地利维也纳国际机场	51	22	19	8
法国巴黎奥利机场	62	7	23	8
荷兰阿姆斯特丹国际机场	41	23	28	8
美国亚特兰大机场	39	26	9	26

资料来源：文献[1]。

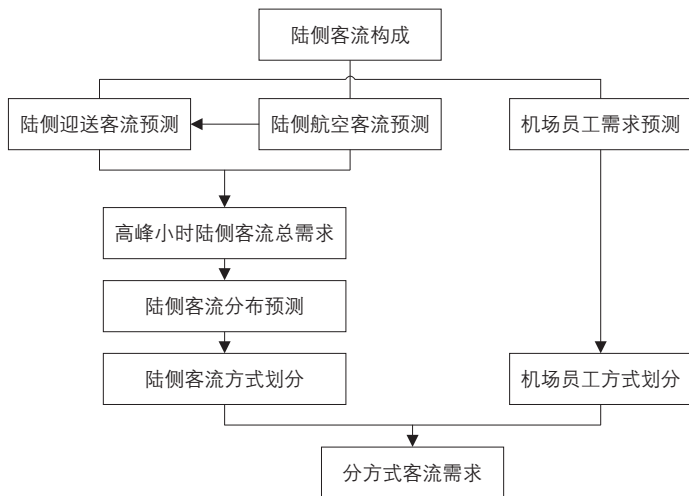


图1 空港综合交通枢纽陆侧客流需求预测流程

Fig.1 Forecasting procedure of landside passenger travel demand at a hub airport

1.2 需求预测思路

面向集疏运设施规模及供给策略的空港枢纽客流需求预测总体遵循四阶段预测思路。陆侧客流总量的确定是客流需求预测的重点。由于机场员工通常采用轮换倒班制，通勤出行时段与航空旅客高峰时段不重叠，因此面向集疏运设施规模预测时可不考虑机场员工需求。下文提及陆侧客流主要包括陆侧航空客流和陆侧迎送客流两部分。

以陆侧航空客流需求和陆侧迎送客流需求之和，即高峰小时陆侧客流为基础，通过客流分布及方式划分可得到分方式客流需求，从而为各通道、各方式的设施规模预测提供依据。具体预测思路如图1所示。

2 航空客流总量及相关客流构成预测

2.1 航空客流总量预测思路

本文面向集疏运设施规模及供给策略，打破既有规划方法中对国内、国际客流分别预测的惯例，提出基于陆侧客流与中转客流的航空客流总量预测思路，对于陆侧航空客流和中转航空客流分别考虑关键影响因素进行预测，具体流程如图2所示。

2.2 陆侧航空客流预测

陆侧航空客流的关键影响因素包括经济发展和高铁引入两个方面，大型空港枢纽陆侧航空客流总量与地区经济发展水平具有直接关系，而高速铁路的发展对机场发展带来挑战的同时，也将拓展机场服务腹地并带来更多的区域客流。

2.2.1 经济发展的直接影响

经济发展是航空客流增加的根本原因和持续动力。受经济增长影响，一方面会诱增航空客流，另一方面人们在长距离出行时将追求更快、更舒适的方式，既有的公路、铁路、长途客流也会向航空转移。

陆侧航空客流受经济直接影响产生的增长预期可采用常规预测方法，即与GDP增长相关的增长率法，机场总体规划客流预测通常采用此方法。但是，由于诸多因素的影响，这种方法的预测结果往往与发展实际出现偏差，需要进行修正。《广州白云国际机场总体规划》预计广州白云国际机场(以下简称“白云机场”)国内客流平均增长率2005—2010年为8.9%，2010—2020年为

6.7%，进而预测2010年国内客流量为3 040万人次，2020年为5 812万人次^[2]。实际发展状况表明，总体规划预测过于保守，低估了航空客流的增长速度。基年2009年数据显示，白云机场航空旅客吞吐量达到3 704万人次，其中国内旅客吞吐量已经达到3 256万人次，2005—2009年平均增长率高达13.1%，远高于预测水平。

考虑面向集疏运设施供给的客流预测重点，关注陆侧客流需求，2009年白云机场陆侧航空客流量已达到3 482万人次，占白云机场总吞吐量的94%。借鉴国内对繁忙地区大型机场航空运输需求预测往往偏于保守的经验教训，适当提高客流增长率作为陆侧航空客流增长比率，确定2009—2020年陆侧航空客流年均增长率为7.3%，预计2020年陆侧航空客流将达到7 558万人次。

2.2.2 高铁引入的双重影响

高铁网络的建成对航空客流产生双重影响：一方面，支线航空受到较大冲击，短距离“空空联运”将转变为“空铁联运”。例如，武广高铁通车后，1 000 km以内的航空客流有不同程度的分流。另一方面，高铁在分流航空客流的同时，也会拓展机场的腹地。有调查显示，法兰克福机场原辐射范围为200 km(见图3)，这一范围内居住人口为3 500万人，1998年高铁开通实施“空铁联运”后，辐射范围拓展至全国，机场所在的

黑森州(莱茵—美茵地区)的旅客仅占43%，其他旅客都分布在全国其他州内^[3]。

1) 高铁对航空客流的分流影响。

高铁对航空客流的影响程度与高铁里程和旅行时间的关系最为密切。国家民航部门研究表明，500 km以内，航空客流向高铁转移比例达到50%以上，500~800 km转移比例达到30%~50%，800~1 000 km转移比例约为20%~30%，1 000~1 500 km转移比例约为10%~20%，而1 500 km以上几乎没有影响^[4]，见图4。据此，将白云机场各航段里程及客流进行分组整理，确定各组各航段客流的转移比例，集计后得到2020年航空转移至高铁的客流为800万人次，约占陆侧航空客流的11%。

2) 高铁对航空腹地的拓展影响。

白云机场作为中国三大门户复合型枢纽机场，其辐射范围拓展至泛珠三角地区。高铁网络的建成以及空铁的便捷衔接服务将有助于机场服务腹地的拓展。根据高铁线路走向及外省大型机场区位分析，白云机场未来将对邻近的广西、湖南和江西的潜在客源产生较强吸引力。根据高铁覆盖的外省人口、人均航空乘机推算潜在的航空客流总量，再考虑这部分客源选择白云机场的概率，可得到高铁可能带来的航空客流量，预计2020年将通过高铁吸引245万人次的外省客流，见表2。

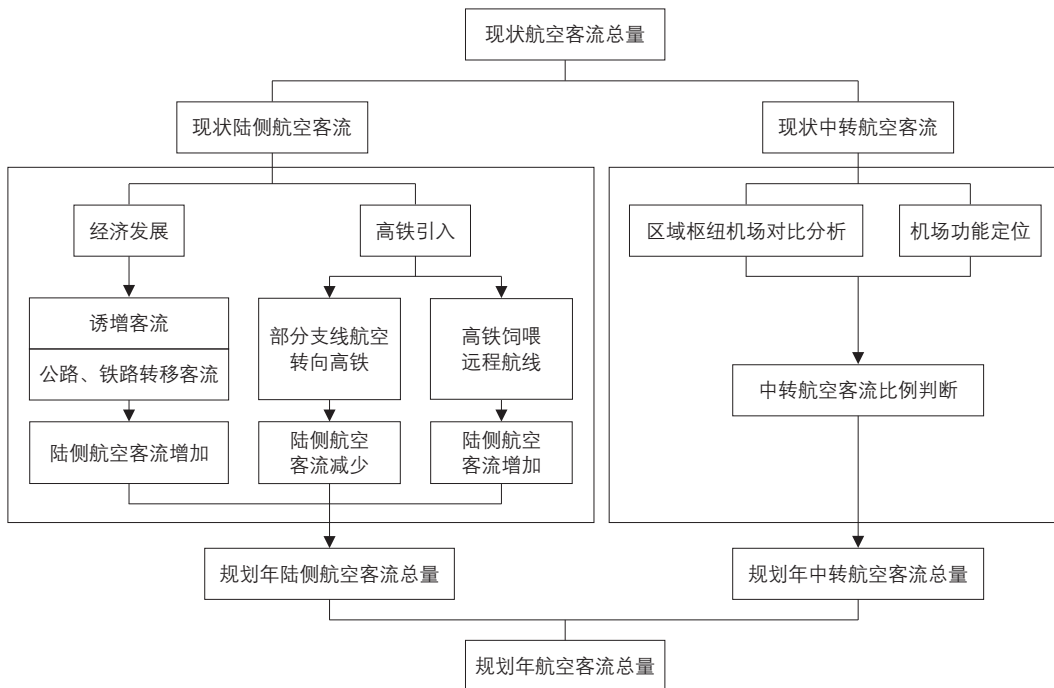


图2 航空客流总量预测思路

Fig.2 Forecasting procedure of total air-passenger volume

2.2.3 陆侧航空客流量

综上分析，若仅考虑经济发展的影响（包括诱增客流和公路、铁路转移客流），

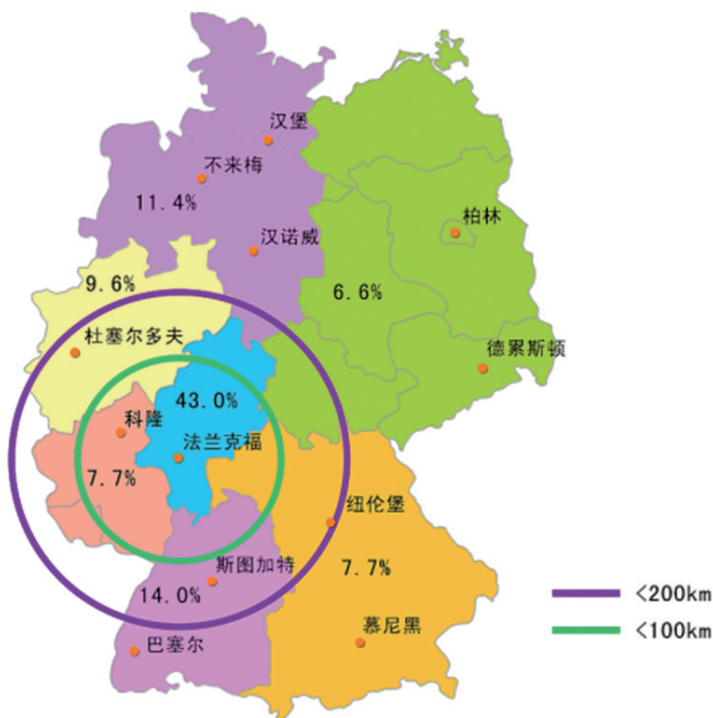


图3 法兰克福机场客流来源分布

Fig.3 Distribution of passenger flow sources at the Frankfort Airport

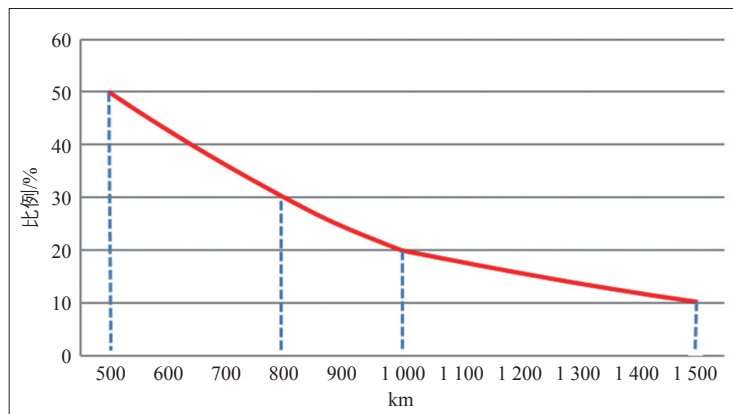


图4 高铁分流航空客流比例

Fig.4 Proportion of air-passenger flow carried by high-speed railway

表2 2020年白云机场吸引的外省客流量

Tab.2 Passenger flow from other provinces attracted by Baiyun Airport in 2020

省份	覆盖人口/万人	人均航空乘机/(乘机·a ⁻¹)	航空人次/(万人次·a ⁻¹)	选择白云机场的概率	至白云机场人次/万人次
广西	3 440	0.10	344	0.25	86
贵州	1 200	0.10	120	0.25	30
湖南	3 130	0.20	626	0.15	94
江西	1 550	0.15	233	0.15	35
合计	9 320		1 323		245

2020年白云机场陆侧航空客流量将达到7558万人次；高铁引入后分流800万人次航空客流，但同时额外带来245万人次的外省客流，因此，预计2020年白云机场陆侧航空客流量将达到7003万人次。

2.3 中转航空客流预测

2.3.1 中转客流比例的确定

2009年，白云机场的中转客流仅占6%。其中，国内中转客流约占60%，国内-国际中转客流约占38%，受香港机场影响，国际中转客流仅占2%，总体呈现以国内中转为主、国内-国际中转为辅的格局^[2]。

未来航空旅客中转量取决于航空网络构建、航运市场拓展以及中转旅客服务等多方面因素，同时还与周边枢纽机场服务能力有关。白云机场在国际航运网络中具有良好的区位优势，同时也将致力于打造国际航空枢纽，因此对于中转航空客流的预测不能基于常规增长的思路进行考虑。本文通过分析机场地位、国内国际趋势以及与亚太地区主要枢纽机场进行类比等，判断白云机场中转客流发展趋势：预计未来国内-国际中转的增长速度最快，国内中转其次，而国际中转的增长速度较慢。从中转客运量来说，白云机场未来有望超过首尔仁川机场与东京成田国际机场，而略逊于香港机场。参考仁川、成田以及香港机场客流中转比例(见表3)，确定2020年白云机场的中转客流比例为15%。

2.3.2 中转航空客流量

陆侧航空客流、中转航空客流以及中转客流比例之间存在直接的关系

$$(L_{陆} + L_{转}) \times \theta = L_{转}$$

式中： $L_{陆}$ 为陆侧航空客流量/(万人次·a⁻¹)； $L_{转}$ 为中转航空客流量/(万人次·a⁻¹)； θ 为中转客流比例/%。

在已知陆侧航空客流量、中转客流比例的情况下，可求得2020年白云机场中转客流量为1236万人次。

2.4 预测结果

2.4.1 航空客流总量

综合上述陆侧航空客流量及中转航空客流量预测结果，2020年白云机场航空客流总量为8239万人次，客流细分结果如表4所示。

2.4.2 陆侧客流总量

1) 陆侧迎送客流量。

依上述结果，2020年白云机场陆侧航空客流量为7 003万人次，约19万人次·d⁻¹。根据国际经验，世界主要大型机场中，平均每一名乘降旅客将有0.6人次的迎送人员进出需求。考虑中国迎来送往的风土人情，确定2020年白云机场的迎送比例为0.5。据此，2020年迎送客流量为9.5万人次·d⁻¹。

2) 陆侧客流总量预测。

由于航空旅客高峰时段与机场员工到达的高峰时段不重叠，因此高峰时段陆侧客流总量主要包括陆侧航空客流及陆侧迎送客流。依前预测结果，2020年二者日均客流量之和为28.5万人次·d⁻¹。

为保证设施能够满足高峰日客流集散需求又不致投资浪费，取设计日陆侧客流量为日均客流量的1.15倍，高峰小时系数取0.1，则2020年设计日高峰小时陆侧客流量为3.3万人次·h⁻¹，这是设施规模预测的基础。

2.4.3 机场员工进出需求

机场员工工作时间大致为6:00—24:00，采用轮换倒班制，与一般职业不同，因此机场员工通勤出行时段与航空旅客高峰时段不重叠，对机场员工出行需求预测的重点在于车辆停放设施的安排。因此，对机场员工的集散需求采用两种方法估算。

1) 依据进出人员的统计结果推算。根据国际经验，机场员工占航空旅客的37%，2020年航空客流量为19万人次·d⁻¹，则机场员工进出需求为7.0万人次·d⁻¹。

2) 依据员工数量与航空旅客量的比值推算。依据美国18个机场的统计结果，机场员工数量与年旅客每1 000人次的比值均值为0.55，2020年白云机场航空客流总量为8 239万人次，则2020年机场员工数将达到4.5万人。按每名员工每天出行2次计算，则2020年机场员工进出需求为9万人次·d⁻¹。

综合两种方法预测结果，2020年员工进出需求为8.0万人次·d⁻¹。

3 陆侧客流分布与集疏运方式预测

3.1 总体预测思路

2009年白云机场现状调查显示，机场客流中，广佛都市区客流居于主导，且随着城

市交通一体化进程的发展，机场客流集疏运方式在该范围内也呈现出明显的城市化特征，地铁、机场大巴等交通方式成为主导。同时，随着广东省产业及劳动力“双转移”战略的推进与实施，泛珠三角地区将呈现快速发展趋势，且随着高铁、城际轨道交通与白云机场建立良好衔接，白云机场的服务腹地将拓展至泛珠三角地区。因此，陆侧客流分布及集疏运方式预测分区域和广佛都市区两个圈层展开。

3.2 分圈层客流量分析

从世界各国的发展经验来看，航空客流出行强度随着人均GDP的增加而提高，在0.3~1.0万美元区间增长最快，并且最终趋于稳定^[5](见图5)。2010年，珠三角地区人均GDP为5万元人民币(约合8 000美元)以上，

表3 枢纽机场中转客流特征

Tab.3 Characteristics of transfer passenger flow at a hub airport

类别	香港	首尔仁川(2011年)	东京成田(2011年)	广州(2009年)
现状中转客运量/万人次	1 500	566	529	235
中转客流比例/%	26	20	19	6
现状特征	国际中转为主、国内-国际中转为辅	国际中转	国际中转	国内中转为主、国内-国际中转为辅

资料来源：文献[2]。

表4 2020年白云机场航空客流细分

Tab.4 Composition of air-passenger flow at Baiyun Airport in 2020 万人次

客流类型	国内直达	国际直达	国内中转	国内-国际中转	国际-国内中转	国际中转	合计
客流需求/(人次·h ⁻¹)	5 601	1 403	512	356	356	11	8 239
	陆侧航空客流 7 003		中转客流 1 236				8 239

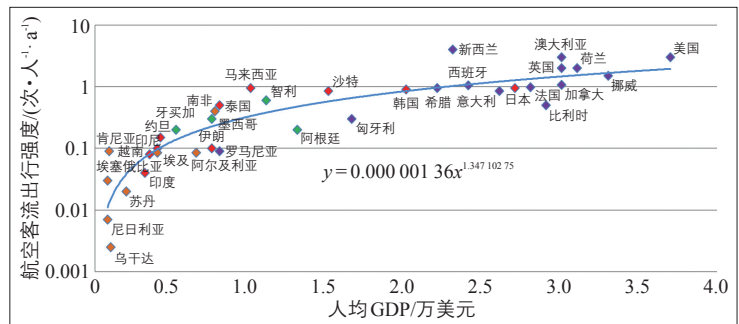


图5 航空客流出行强度与人均GDP的关系

Fig.5 Relationship between travel intensity of air-passenger flow and per capita GDP



图6 2020年区域设计日高峰小时陆侧客流分布比例
Fig.6 Proportion of landside passenger flow within the designed daily peak hour in 2020
资料来源：文献[2]。

表5 2020年区域陆侧客流设计日高峰小时集疏运方式划分
Tab.5 Classification of distributing modes of landside passenger flow within the designed daily peak hour in 2020

集疏运方式	城际轨道交通 (含高铁换乘城际 进出机场客流)	机场大巴	出租汽车	小汽车	其他	合计
方式比例/%	51	27	4	16	2	100
客流需求/ (人次·h ⁻¹)	6 730	3 565	530	2 110	265	13 200

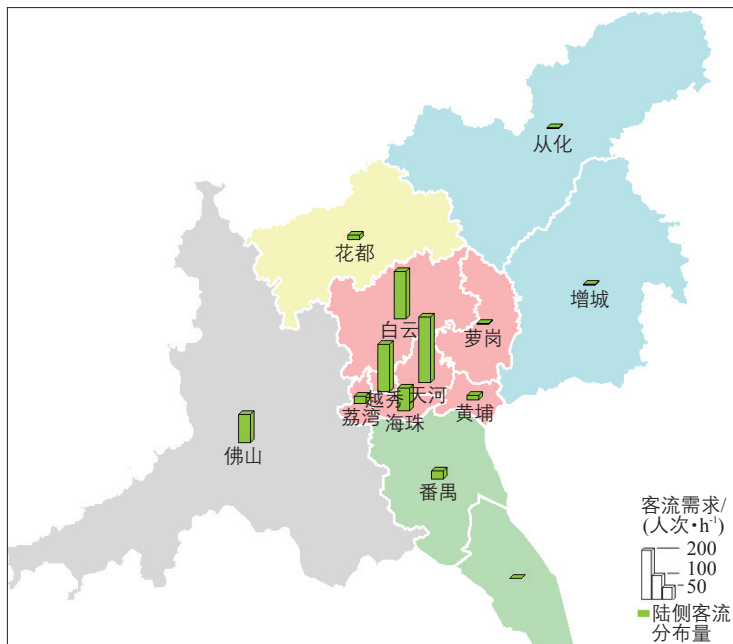


图7 2020年广佛都市区设计日高峰小时陆侧客流分布
Fig.7 Distribution of landside passenger flow within the designed daily peak hour in Guangzhou-Foshan metropolitan area in 2020
资料来源：文献[2]。

航空客流需求很大，而珠三角以外地区人均GDP不足2万元人民币(约合3 200美元)，航空潜在需求较大。

通过对区域范围内各城市的GDP和人口进行估算，大体推算白云机场区域客流比例。预计2020年白云机场区域陆侧客流比例将从2009年的20%提高至40%，设计日高峰小时区域陆侧客流量为1.32万人次·h⁻¹；广佛都市区陆侧客流比例为60%，设计日高峰小时广佛都市区陆侧客流量为1.98万人次·h⁻¹。

3.3 区域客流分布与方式划分

基于区域范围内各省市航空客流的估算结果，进行通道客流集计，如图6所示。可以看出，随着泛珠三角地区航空客流逐年增加，区域客流通道密度趋于均衡发展。

从机场调查结果看，在集疏运方式中，进出机场的交通方式结构相差不显著，为简化预测过程，以进出机场方式一致为前提进行预测。对于区域客流集疏运方式的选择，以出行链中与机场直接衔接的方式作为预测结果。其中高铁吸引的区域客流，划分为高铁衔接的城际轨道交通、机场大巴及出租汽车等方式，一并计入其他区域客流的方式划分，如表5所示。结果表明，陆侧客流集疏运方式将由现状以机场大巴为主导的单一方式向城际轨道交通、机场大巴、高铁—城际组合等多方式转移，且城际轨道交通在区域航空客流集疏运中发挥越来越重要的作用。

3.4 广佛都市区客流分布与方式划分

以2020年人口和就业分布确定各片区的客流比例，进而得到2020年广佛都市区客流分布，如图7所示。预测结果表明，随着广佛都市区城乡经济一体化进程的推进，外围地区经济实力逐渐增强，航空客流逐年递增，佛山、番禺、南沙、从化、增城等片区客流比例增加。

广佛都市区客流集疏运方式呈现由现状出租汽车、小汽车等个体交通方式向公共交通方式转移的趋势，预计公共交通方式分担率从2009年的40%增长至规划年的48%，见表6。

3.5 陆侧客流方式集计

将区域客流及广佛都市区客流预测结果相加汇总，得到白云机场陆侧客流集疏运方式划分结果，见表7。

随着区域航空客流的增加以及珠三角城际轨道交通网络的覆盖，城际轨道交通在白云机场陆侧客流集散中将发挥越来越重要的作用。至2020年，集疏运方式中城际轨道交通比例将达到29%，公共交通比例合计达到60%，与世界主要机场公共交通集疏运比例相当，见图8。

3.6 机场员工集疏运方式划分

2009年调查结果显示，白云机场员工进出机场主要依靠班车。2010年，地铁3号线北延线开通运行，白云机场员工进出机场部分向地铁转移。随着广佛环线作为机场快线的开通运营，将有更多员工转向地铁。依据员工意愿调查，综合考虑各类交通设施的供给情况，确定机场员工集疏运方式比例，具体预测结果如表8所示。

4 结语

客流需求预测是空港综合交通枢纽设施布局及交通组织的基础。本文在分析空港综合交通枢纽客流构成的基础上，提出面向集疏运设施规模及供给策略的空港综合交通枢纽客流预测总体思路，并提出创新的航空客流总量预测思路，即打破既有规划方法中对国内、国际客流分别预测的惯例，提出基于陆侧客流与中转客流的航空客流总量预测思路。对于陆侧航空客流和中转航空客流，分别采用关键影响因素分析法、类比法及数学方程式法进行预测，为陆侧设施规模的预测提供数据基础，同时为设施供给策略的提出和制定提供支撑。下一步应在航空客流分布及方式划分上提出更具普适性的模型预测方法。

参考文献：

References:

- [1] 王磊. 轨道交通机场线客流预测问题研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [2] 张国华, 黄坤鹏, 李德芬, 等. 广州白云国际机场综合交通枢纽整体交通规划[R]. 北京: 中国城市规划设计研究院, 2013.
- [3] 秦灿灿, 徐循初. 法兰克福机场的空铁联运[J]. 交通与运输, 2005(12), 46-48.
Qin Cancan, Xu Xunchu. On Air- Rail Intermodality in Frankfurt Airport[J]. Traffic & Transportation, 2005(12), 46-48.
- [4] 新闻中心-中国网. 李家祥: 500公里以内范

表6 2020年广佛都市区客流设计日高峰小时集疏运方式划分

Tab.6 Classification of distributing modes of passenger flow within the designed daily peak hour in Guangzhou-Foshan metropolitan area in 2020

集疏运方式	城市轨道交通	城际轨道交通	机场大巴	出租汽车	小汽车	其他	合计
方式比例/%	13	15	20	26	24	2	100
客流需求/(人次·h ⁻¹)	2 575	2 970	3 960	5 150	4 750	395	19 800

表7 2020年白云机场陆侧客流设计日高峰小时集疏运方式划分

Tab.7 Classification of distributing modes of landside passenger flow within the designed daily peak hour in Baiyun Airport in 2020

集疏运方式	城市轨道交通	城际轨道交通	机场大巴	出租汽车	小汽车	其他	合计
方式比例/%	8	29	23	17	21	2	100
客流需求/(人次·h ⁻¹)	2 575	9 700	7 525	5 680	6 860	660	33 000

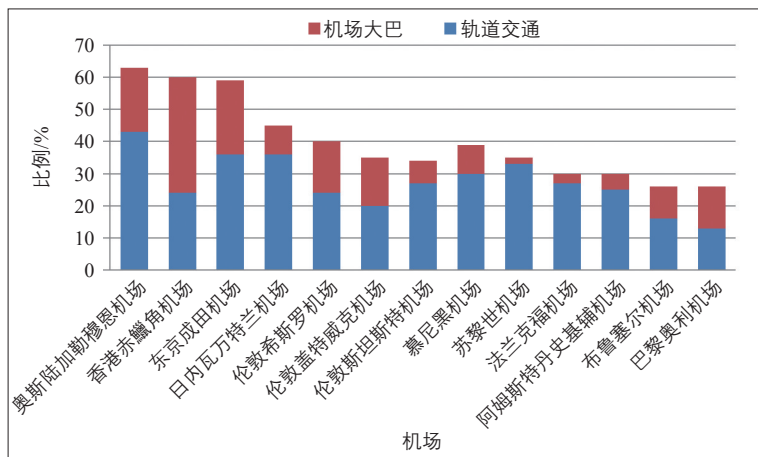


图8 世界著名机场公共交通集疏运比例

Fig.8 Proportion of distribution by public transit at well-known airports across the world

资料来源: 文献[2].

表8 2020年机场员工设计日高峰小时集疏运方式划分

Tab.8 Classification of distributing modes of airport staff within the designed daily peak hour in 2020

集疏运方式	轨道交通	班车	小汽车	出租汽车	合计
方式比例/%	35	56	7	2	100
客流需求/(人次·h ⁻¹)	4 253	6 804	851	243	12 150

- [5] 围高铁对民航的冲击过半[EB/OL]. 2011 [2013- 12- 10]. http://www.china.com.cn/news/2011-02/24/content_21993360.htm.
- [5] Mariya A Ishutkina, John Hansman R. Analysis of the Interaction between Air Transportation and Economic Activity[R]. USA: International Center for Air Transportation, 2009.