

# 四横四纵高铁网络对航空的分流模型及其应用

## The Model of Aviation Diversion Affected by 4H4V HSR Network and Its Application

周素萍/Zhou Suping

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai, 201210, China)

### 摘要:

随着四横四纵高铁网络的逐年开通运行,国内数以百计的城市对航线客流量都会受到高铁开通的分流影响。建立高铁网络对航空旅客的分流模型,使其能够定量地分析高铁网络对航空客运市场的整体分流影响或单一高铁线路开通时的区域分流影响,有助于准确地预测国内航空运输市场的发展与变化。分流模型采用了计量经济学方法,以旅行时间差和票价浮动作为基本变量,收集国内外航空运输数据和高铁运营数据进行统计分析,得出四横四纵高铁网络对整体航空市场和京沪航线上的分流效应。高铁网络对航空旅客分流影响研究将对国内航空运输市场预测和航线优化产生重要的作用。

**关键词:** 高铁网络;航空市场预测;分流效应模型

[Abstract] As the opening of High Speed Rail lines in succession, aviation passage traffic is affected by the HSR network in the domestic hundreds of cities. The model of aviation diversion can quantitatively analyze the impact of overall diversion of air passenger market or the impact of area diversion when a single high-speed rail line opened by HSR. It is helpful to predict the development and changes of the domestic air transport market accurately. Adopting the method of computation statistics for the diversion model, with difference of travel time and fares floating as basic variables, aviation transport data and HSR transport data collected home and abroad are analyzed. Finally, the diversion effects of total air market and Beijing-Shanghai route are obtained. The modeling of air passage traffic diversion effected by HSR will play an important role in air market forecast and route optimization.

[Key words] High Speed Rail Network; Aviation Market Forecast; Diversion Effect Model

## 0 引言

进入 21 世纪以后,我国开展了大规模高铁建设,无疑将对现有的交通运输格局带来重大影响。但影响有多大?尤其是对航空运输能带来哪些有利和不利的影响?本文着重介绍高铁网络对航空旅客分流模型及四横四纵高铁网络对我国未来航空客运影响预测。

根据 2008 年调整后的中长期铁路网规划,至 2014 年,中国将初步建成以“四横四纵”为骨架的全国客运专线网络,总里程达 13 000km。中国经济最发达、人口最密集的中心城市,包括北京、天津、上

海、重庆四个直辖市和广州等二十余个省会城市,几乎全被高铁网所覆盖。届时,将形成以北京为中心,到全国绝大部分省会城市的 1 小时至 8 小时交通圈,为人们出行带来极大便利,如图 1 所示。

目前已经建成的客运专线有京沪、石太、武广、郑西、京津、沪宁、沪杭、胶济、宁武等,总里程超过 5 000km。预计到 2014 年末,京哈、京广深、东南沿海、沪汉蓉等重要路段都将建成。高铁总里程将达到 20 000km 以上,如图 2 所示。

中国航空运输的国内航线中,约三百多条航线与“四纵四横”高铁网络高度重叠。高铁客运专线网络建成之后,其路网的规模效益及速度优势发挥

出来,必将对众多盈利水平较高的航线产生显著的分流影响。

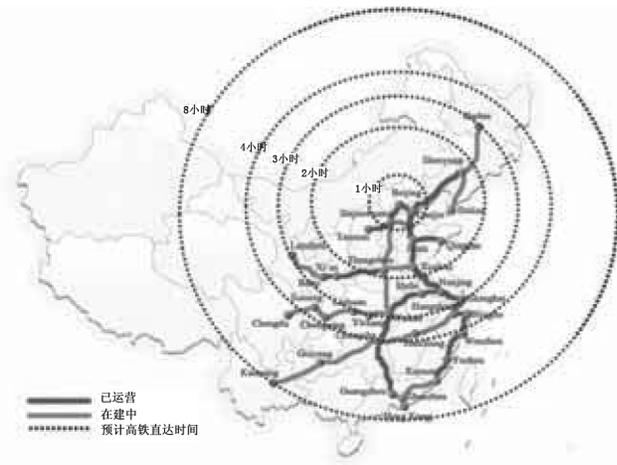


图1 以北京为中心的四纵四横高铁交通圈

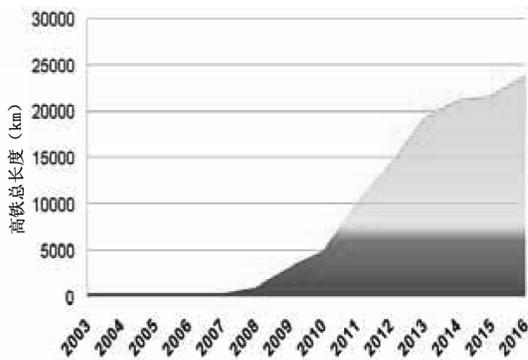


图2 中国高铁建设总里程图

和航空相比,高速铁路的主要竞争优势在于:价格较低;高铁站比机场更靠近城市中心;中短途运输速度与航空相差不大,性价比较高。因此,高铁在短途线路上对航空的分流效应比较明显。在远距离客运方面,航空的优势将继续保持。中距离客运方面,航空和高铁的客流变化将会受到各种因素的影响,包括高铁的速度,高铁站或机场距城市中心的距离,高铁的绕行距离,航班或车次频度,票价和服务水平等。对于航空来说,可能会以控制航线运力和增加机票折扣等方式应对。

### 1 高铁网络对航空的分流效应

在由公路、铁路、航空和水运组成的综合运输系统中,各种交通方式特征明显,各有优势,分工明确,因此它们相互补充和配合,共同搭建起遍布全国并扩展至海外的交通运输网络。但是,高速铁路诞生之后,铁路运输一定程度上具备了“高速”这一曾独属于航空运输的特点,时效性得到了很大地提

升,其适用范围和目标客户群体也一定程度上与航空运输出现了重合。这意味着传统的综合运输格局,尤其是国内运输格局出现变化,铁路与航空运输二者之间已不能完全依据速度和时效进行分工,运输距离、运输成本等因素在市场份额分配中所占的重要性有所增强。因此,随着“四纵四横”高铁网络的逐步建成,中国的航空业将面临高铁的冲击。国外的经验显示,日本新干线开通后,日本航空公司停飞东京至大阪、名古屋等航线,东京至仙台航线也在两年后停飞。法国在1983年开通了TGV巴黎—里昂线,目前TGV占巴黎—里昂线客运市场的94%,而法国航空公司(Air France)仅占6%。国内外高铁对航空的分流效应如图3所示。

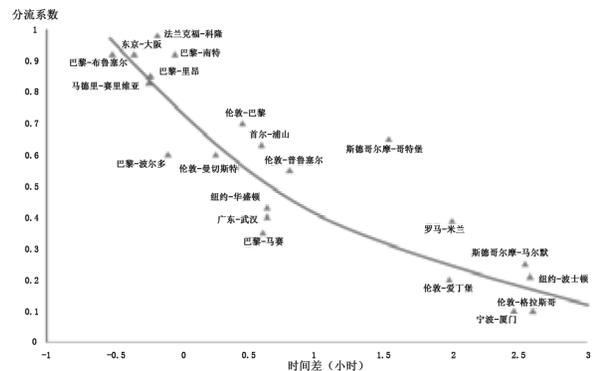


图3 高铁对航空的分流效应

在中国大陆,现有一千多条国内航线。首先要筛选出受到高铁网络影响的航线作为研究对象。筛选的准则是始发地和目的地相同;高铁的绕行系数(高铁行驶里程和航空里程之比)小于1.7;旅客运输量超过5万人次/年等。筛选的结果是约有多三百多条国内航线与“四纵四横”高铁网络高度重叠。这些重叠航线的RPK值占到了国内市场的62%。图4是四纵四横高铁网络和重叠的城市对航线示意图。

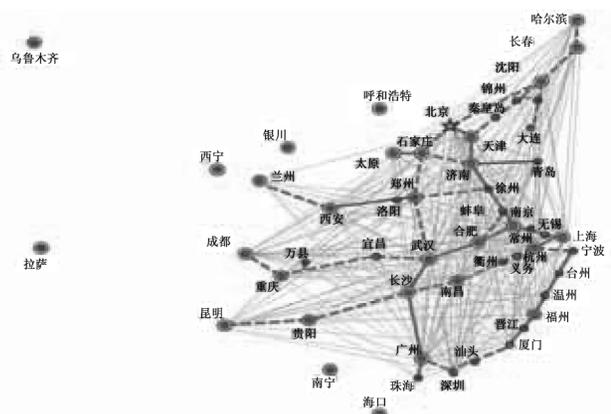


图4 四纵四横高铁网络及重叠航线示意图

从我国的实际情况来看,高铁对航空旅客的分流效应不会像日本和欧洲国家那么明显。首先,我国国土面积大、主要城市间距离长。目前,北京、上海、广州和武汉4个铁路客运专线中心枢纽间的距离在1 000km~2 000km范围内,预计北京—上海的高铁行驶时间在5小时左右,而北京—广州、深圳和成都的行驶时间都在9小时以上,因此航空旅行的整体时效优势将继续保持。以下章节中的旅客分流模型将着重考虑高铁航空旅行时间差对重叠航线的分流影响。

## 2 旅客分流模型

高铁无疑将对航空产生某种替代作用,但替代的强弱取决于航空和高铁在不同运距上的时间效率和票价水平对比。分流模型中主要考虑了以下因素,即:高铁航空旅行时间差,高铁航空相对票价变化以及航空公司运力投放。

首先分析高铁和航空的速度及时间效率。

### (1) 高铁和航空的平均旅行时间

高铁旅行时间定义为:

市中心至高铁站地面交通时间 + 候车时间 + 列车行驶时间 + 高铁站至市中心地面交通时间

航空旅行时间定义为:

市中心至机场地面交通时间 + 候机和安检时间 + 飞行时间 + 机场至市中心地面交通时间

### (2) 高铁平均行驶速度和航空平均飞行速度

高铁平均行驶速度对于分流模型是前提条件。平均行驶速度定义为:铁路行驶里程/行驶时间,其中包括中途停靠时间。由于大部分中国客运专线仍在建设中,因此很多高铁线路平均行驶速度只能预先假设。考虑的因素有:高铁线路的设计速度;城市对的重要程度及客流量;已有线路的运营数据。

为简化模型,平均行驶速度被假定为若干等级即200/220/240/260/280/300km/h。对于航空而言,采用航班时刻表中的离抵时间即可得到平均飞行速度和飞行时间。该飞行时间包括了地面滑行时间和起降时间。一般情况下,航空平均飞行速度为500km/h~550km/h。由此可见,航空平均飞行速度可以达到高铁平均行驶速度的1倍。

### (3) 航空里程和高铁里程

对于同样的城市对,高铁的行驶里程和航空的飞行里程一般是不相同的。按照高铁分流模型分析结果,在航空与高铁重叠的城市对之间,航空的

平均里程为1 230km,高铁平均里程为1 530km,高铁平均绕行距离达300km。或者说高铁平均里程是航空平均里程的1.24倍。例如京沪线为1.22倍,武广线为1.3倍,上海—青岛线为1.69倍。

城市对之间高铁线路由于绕行而增加了行驶里程。同时高铁票价是按行驶里程来计价的,故不仅对旅行时间,而且对票价也会产生影响。

考虑了绕行系数后,使得许多高铁线路的行驶时间和票价有较大幅度的增加。重叠城市对航空和高铁的平均里程如图5所示。

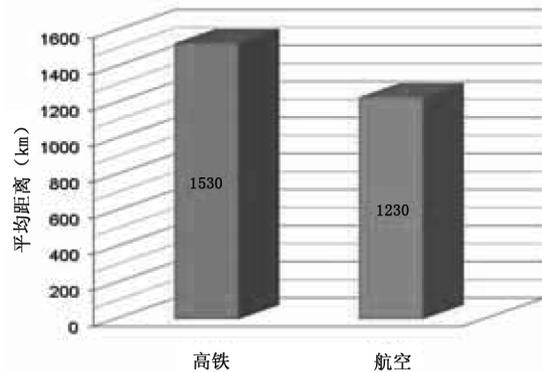


图5 航空和高铁的平均里程

### (4) 城市地面交通

城市地面交通距离的计算是按照市中心(市政府)到机场或高铁站的距离,但有少数城市例外。各城市高铁站几乎都是重新选址修建的,一般要比原先的火车站偏远。但对于大多数城市而言,高铁站距市中心距离仍较机场近得多。

根据航空和高铁网络重叠的城市对统计,城市的地面交通中,进出机场的平均距离为23.41km和21.28km。进出高铁站的平均距离为8.77km和8.59km。由此可见,进出机场的平均距离较进出高铁站的平均距离要远14km左右。

进出机场的地面交通需花费的平均时间是1.52小时,进出高铁站平均时间是0.83小时,相差0.7小时左右。模型中考虑了始发地和目的地的机场或高铁站进出时间,并以最为普及的出租车为城市地面交通工具。计算中适当调整了城市中心区域和郊外的车速差异。即地面交通时速设定为40km/h,市中心区域适当减小。图6、图7为分流模型中得到的进出机场和进山高铁站的平均距离和平均时间。

### (5) 平均旅行时间

高铁上车等候时间较短,模型中设定为0.5小

时,航空等候登机时间设定为1小时。这是考虑到航空需要严格的安检和行李托运。

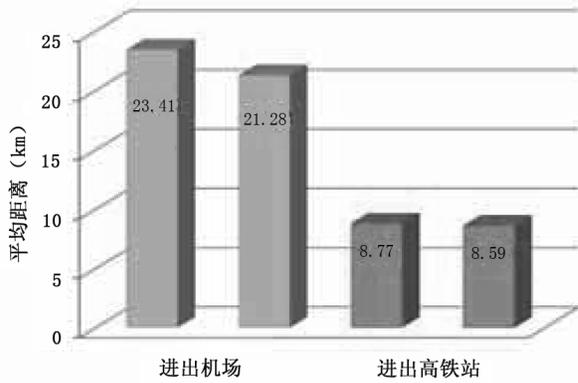


图6 进出机场和进出高铁站的平均距离

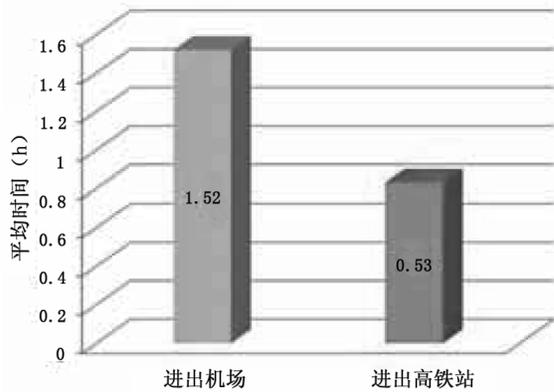


图7 进出机场和进出高铁站的平均时间

城市对之间高铁线路往往由于绕行而增加了行驶时间。整体而言,航空的平均旅行时间为4.54小时,高铁为7.67小时,如图8所示。航空平均旅行时间比高铁平均旅行时间缩短了3.13小时,因此航空公司的时效优势将继续保持。

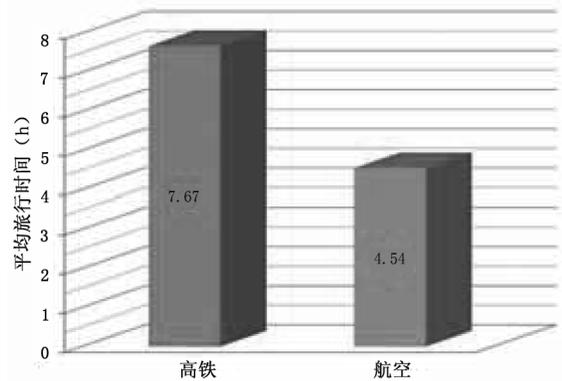


图8 高铁和航空的平均旅行时间

(6) 高铁服务开通时间及分流效应

高铁服务开通时间主要取决于高铁线路通车时间,跨线高铁需要等所有线路完工之后才有可能开通。高铁服务开通时间须考虑以下因素:线路完工时间;线内高铁线开通较先,跨线高铁开通较后;城市发展程度(政治、经济、人口、旅游、文化);交通流量等。图9是EXCEL模型输出的部分重叠航线的分流结果示意图。

城市对	旅行时间: 高铁运量分流 (%)	国内RPK (%)	总分流百分比 (%)	2010年分流百	2011年分流百	2012年分流百	2013年分	2014年分	2015年分
北京-上海	1.72	31.05	0.02492	0.00774		0.00387	0.00387		
上海-深圳	4.19	13.2	0.01647	0.00217		0.00109	0.00109	0.00109	
北京-广州	2.91	16.49	0.01901	0.00313		0.00313			
北京-成都	6.34	8.32	0.01600	0.00133		0.00133			
广州-上海	3.91	13.83	0.01156	0.00160		0.0008	0.0008		
北京-深圳	3.58	14.59	0.01910	0.00279	0.00166	0.00279			
北京-杭州	1.44	36.5	0.00908	0.00332		0.00166			
北京-西安	1.26	40.38	0.00670	0.00271		0.00135	0.00135		
广州-杭州	3.14	15.59	0.00718	0.00112		0.00056	0.00056		
北京-昆明	5.37	10.52	0.01429	0.00150				0.00075	0.00075
上海-厦门	3.34	15.12	0.00556	0.00084					
成都-上海	5.27	10.74	0.01075	0.00115		0.00035	0.00058	0.00058	
上海-青岛	2.93	16.33	0.00428	0.00070		0.00157	0.00035		
北京-南京	0.39	63	0.00498	0.00314		0.00157			
北京-哈尔滨	0.78	52.02	0.00551	0.00287		0.00287			
北京-重庆	4.91	11.55	0.00800	0.00092				0.00092	
成都-深圳	8.01	4.53	0.00779	0.00035				0.00035	
重庆-上海	4.18	13.21	0.00759	0.00100				0.001	
上海-西安	2.61	18.92	0.00660	0.00125				0.00062	0.00062
北京-武汉	0.47	60.52	0.00469	0.00284			0.00284		
上海-沈阳	4.19	13.19	0.00681	0.00090			0.0009		
广州-南京	3.64	14.44	0.00498	0.00072			0.00036	0.00036	
北京-长春	0.08	78.09	0.00381	0.00297			0.00297		
广州-武汉	0.63	55.94	0.00317	0.00178					
北京-沈阳	0.4	89.56	0.00238	0.00213	0.00178				
北京-青岛	0.8	51.5	0.00217	0.00112		0.00056	0.00213		
北京-长沙	1.31	39.14	0.00541	0.00212		0.00064	0.00056		
上海-天津	1.85	28.9	0.00442	0.00128			0.00064		
广州-西安	4.32	12.91	0.00571	0.00074			0.00037	0.00037	
宁波-天津	2.37	21.52	0.00023	0.00005			0.00003	0.00003	
哈尔滨-西	4.71	12.01	0.00037	0.00004			0.00002	0.00002	
平均:	3.13	0.61600	0.13229	0.00448	0.017	0.05841	0.0271	0.01521	0.01008

图9 EXCEL模型中部分重叠航线的分流结果

四横四纵高铁网络将于 2010 年至 2015 年逐步建成。高铁服务将随着高铁建设进展而逐步开通,高铁开通后的分流影响被看作一次性和结构性的,即开通后航空和高铁会导致旅客出行选择出现结构性的变化,此后将形成各自相对稳定的客户群,航空的增长仍是取决于经济增长以及旅客的消费升级。统计高铁影响的每条航线上的客流量变化,再乘以不同运距上航空被分流比例,并且按照高铁开通的时间表得出在各个年度预计被分流的旅客量及其占整体旅客量的比重,由此得到被分流的旅客量比重和高铁影响下的国内航空旅客 RPK 累计增长率。

(7) 高铁票价与航空票价

高铁与航空之间的另一个悬念是“票价”。根

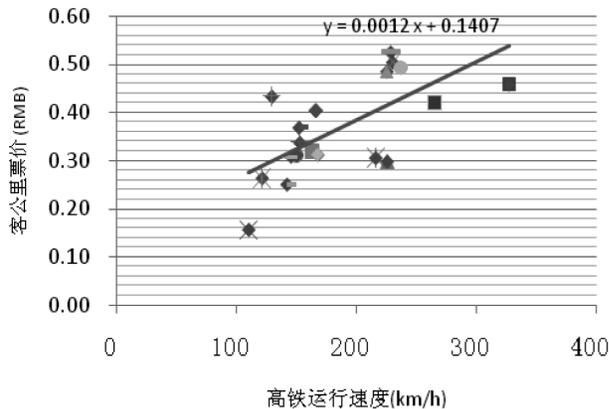


图 10 国内已开通的高铁二等座客公里票价

据此前高铁定价基准来看,高铁是按行驶里程来制定票价,图 10 是国内已开通高铁二等座的客公里票价。高铁的票价还与高铁运行速度有关。航空机票的价格同样是基于飞行里程制定的。航空旅客还必须支付燃油附加和机场费。模型中采用的数值为,800km 以下为 80 元,800km 以上为 140 元;机场费为 50 元。

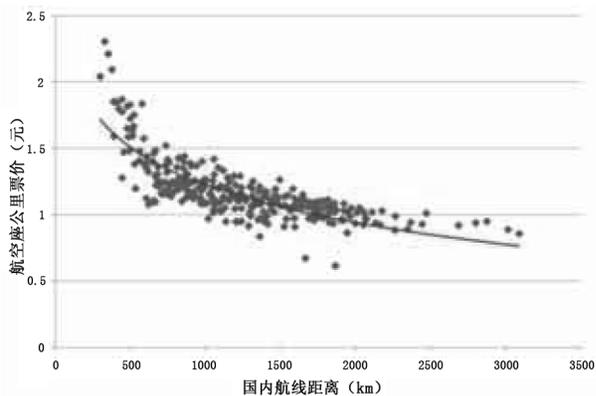


图 11 国内航线的客公里票价

需要特别指出,由于航空运行的特殊性,航空短程航线的客公里价格远高于远程航线的客公里价格。如图 11 所示,该价格包括了燃油附加和机场费。这就表明,航空与高铁相比,短程航线不仅在时间上,而且在价格上均处于劣势。

高铁与航空票价的相对变化水平也是决定其市场份额的重要因素。因此,航空公司能够通过降价来应对高铁开通的分流,即采取降价保量的策略来弥补部分的客源流失。图 12 表示通过降价来影响市场份额趋势图。考虑航空机票常规折扣后,我国机票价格仍相当于高铁 1.5 倍。再计入铁路的绕行系数后,航空的实际客公里票价(含燃油附加和机场费)平均比高铁高 10% ~ 25%。因此,从根本上说,航空竞争优势只能是时间效率。

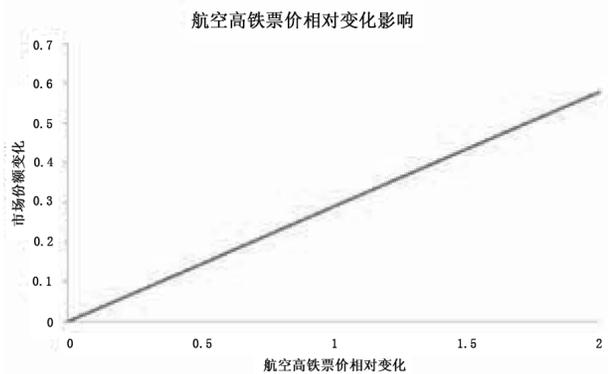


图 12 航空和高铁票价相对变化

### 3 京沪高铁开通及分流影响

京沪高铁是我国四横四纵铁路客运专线南北向主骨架,连接环渤海和长江三角洲两大经济区,正线全长 1 318km,设计时速 350km。

北京-上海的客运专线于 2011 年 6 月 30 日正式投入运营。开通后平均行驶速度分别为直达列车 268km/h 和经停列车 164km/h。京沪高铁全程行驶时间分别为 4 小时 55 分和 7 小时 56 分。直达二等座票价为 555 元。经停二等座票价为 410 元。

京沪航线是中国航空客流量最大的航线,正常情况下预计航空旅行时间需要 4.6 小时左右。相比之下,高铁旅行时间为 6.32 小时。

采用分流模型测算,高铁航空旅行时间差为 1.72 小时,分流比例约为 30% 左右。航空公司同时通过控制运力增长和降低票价来保持航空运量,高铁开通后的航空票价降低了大约 125 元,这将使部分预期的分流被抵消。因此 2011 年 7 月高铁开通

对航空产生的实际分流比例达到 15% 左右。如图 13 和图 14 所示。

城市对	去机场的	高铁距离	去高铁站	高铁平均	高铁行驶	飞机飞行	高铁旅行	旅行时间	高铁分流	总分流百
1 北京-上海	1.35	1318	0.85	265	5.47	4.60	6.32	1.72	31.06	0.00774
2 北京-杭州	1.73	1267	0.68	250	5.57	4.81	6.24	1.44	36.62	0.00333
3 上海-青岛	1.30	1245	0.88	240	5.69	3.63	6.56	2.93	15.55	0.00067
4 北京-南京	1.96	1017	0.80	260	4.41	4.83	5.21	0.39	63.54	0.00317
5 北京-青岛	1.60	781	0.68	220	4.05	3.93	4.73	0.80	51.88	0.00113
6 上海-天津	1.03	1171	0.88	265	4.92	3.96	5.79	1.85	28.86	0.00128
7 北京-福州	2.06	1997	0.85	250	8.49	5.76	9.34	3.58	14.13	0.00066
8 郑州-上海	1.53	932	0.95	250	4.23	4.15	5.18	1.03	45.91	0.00106
9 上海-济南	1.45	883	0.88	260	3.90	3.74	4.77	1.03	45.83	0.00077
10 福州-南京	2.35	979	1.00	220	4.95	4.60	5.95	1.35	38.48	0.00039
11 杭州-天津	1.40	1136	0.70	260	4.87	4.28	5.57	1.29	39.70	0.00060
12 北京-济南	1.75	419	0.68	250	2.18	3.84	2.85	0.98	100.00	0.00048
13 杭州-济南	1.83	848	0.70	250	3.89	4.25	4.59	0.35	64.76	0.00063
14 南京-天津	1.63	887	0.83	260	3.91	4.13	4.74	0.61	56.93	0.00038
15 青岛-天津	1.28	650	0.70	250	3.10	3.28	3.80	0.53	59.42	0.00013
16 南京-济南	2.06	599	0.83	250	2.90	4.18	3.72	0.45	92.38	0.00024
17 郑州-南京	2.13	648	0.90	250	3.09	4.21	3.99	0.22	83.63	0.00021
18 福州-济南	2.15	1578	0.88	220	7.67	5.15	8.55	3.40	14.53	0.00008
19 北京-徐州	2.05	688	0.75	250	3.25	4.34	4.00	0.34	88.02	0.00015
20 上海-徐州	1.75	575	0.95	250	2.80	3.67	3.75	0.09	73.14	0.00009

图 13 分流模型输出京沪及相关航线分析结果

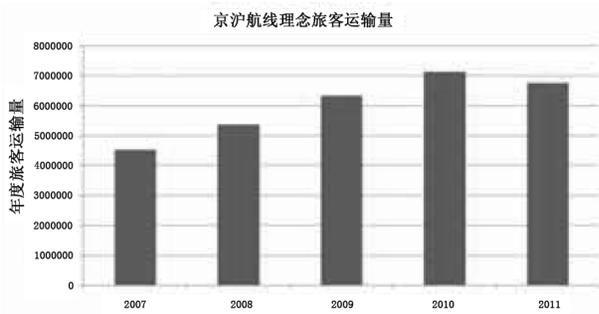


图 14 2011 年高铁开通后京沪航线流量变化

京沪高铁开通的同时,另有 15 条高铁线路开通运营。总共有二十多条航线将会直接受到上述高铁线路开通的影响,若不考虑票价折扣因素,多数航线的高铁分流比例将达到 50% 以上,航空公司有可能采取控制票价和运力投放策略。图 15 是北京

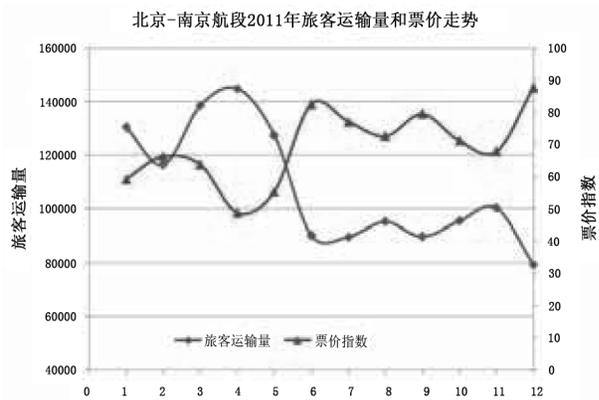


图 15 北京-南京旅客运输量与票价走势

-南京航线 2011 年高铁开通前后的票价和运量实际走势。

京沪航线的旅客运输量占国内市场的比例近年来逐年下降。究其原因,除了国内市场的扩大外,京沪航线空域资源紧缺和航空公司针对动车高铁分流采取运力控制或许也是重要的因素。预计未来数年中,受上述因素影响,京沪航线的市场份额将持续下滑。

#### 4 高铁网络对航空市场整体影响分析

同为交通方式的一种,高铁运输与航空运输间势必存在一定的竞争与替代关系。从全球范围内高铁普及的历史经验来看,高铁与航空两种运输方式可以各有优势。高铁对航空影响可以分为两个层次,一是观察高铁开通后对航空的直接影响,二是观察航空与高铁经过多年竞争后形成的市场格局。我国地域广大,因此高铁对我国航空业整体性冲击也会小于其它地区。

##### (1) 四横四纵高铁网络对航空分流影响

随着中国四横四纵高铁网络逐渐通车,各条高铁线路相继投入运营,对航空业的分流影响已初现端倪。若以前一个 5 年的航空旅客周转量年均增长率 14.9% 为参照,通过分流模型数据汇总处理后,预计 2010-2015 年,中国国内航空客运市场可能出

现的年度分流比例为 0.5% ~ 5.7%。分流高峰可能出现在 2013 年, 高峰年度分流的 RPK 值占到市场的 5.77%。图 16 表示今后 5 年内高铁影响的累计分流比例和航空旅客周转量累计增长率。

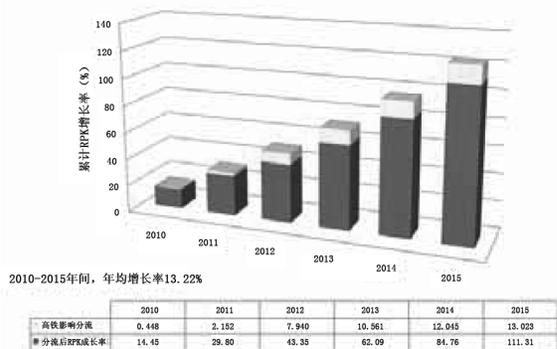


图 16 高铁影响累计分流比例和 RPK 累计增长率

### (2) 分流影响取决于运距

高铁开通后的国内城市对航线受到的直接分流影响如图 17 所示。该图不仅考虑了航线距离, 而且还考虑了始发和到达城市地面交通时间的影响, 以及高铁的平均速度假设, 从而导致得到的结果较为分散。

由于我国航空航线以中长距离的航线为主, 因此图 17 中大部分的航线都处于小比例分流状态。

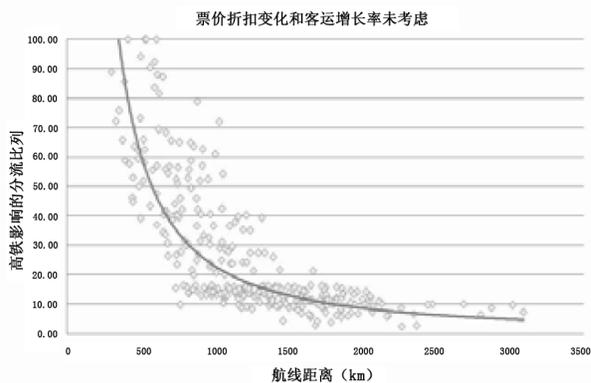


图 17 高铁开通后城市对航线受到的分流影响

### (3) 部分短途航线可能面临退出

在短途运输方面, 高铁也将具备高速便捷的特点, 航空快捷性优势将不复存在。由于航空运行的特殊性, 航空短程航线的客公里票价明显高于远程航线。大部分航空流量将被分流。分流模型列出了 750km 以下短途航线的平均票价为高铁平均票价的 2.96 倍, 航空平均旅行时间是高铁的 1.12 倍。航空与高铁相比, 航空的旅行时间与高铁相当或更长, 航空的票价又远高于高铁, 而且降价的空间很有限。高铁开通后, 航空公司面临做出退出的选择。

### (4) 对航空票价影响短暂

除了旅客运输量带来的收入减少之外, 高铁对航空票价水平也能产生一定影响。从以往的实例分析, 航空的票价水平往往在高铁开通后的两到三月出现明显下降。北京-太原航线曾下降 20% 左右, 武汉-广州下跌了 40% 左右。同时可以看到, 在航空公司削减运力后运价将能够得到恢复。

### (5) 航空公司谨慎引进运力

高铁不仅对航空运输的需求产生影响, 也会对运力供给产生影响。航空公司将对运力增长持谨慎态度, 预测运力增长将相对温和。从现有订单来看, 未来几年单通道飞机的运力增速将比较缓慢, 这有望部分抵消高铁带来的负面影响。由于高铁对航空的影响是短期性的, 待高铁开通高峰告一段落后, 航空业的增长能力将逐步恢复。

## 5 结论

航空运输的优势在于基础设施投资较少, 运输通达性较好, 航线航班机动灵活等。因此针对四横四纵高铁网络的开通, 旅客分流模型不仅有助于航空市场预测, 也有助于航线的流量分析和优化, 同时更为未来建立航空时间价值模型打下基础。

从模型的分析结果看, 航空公司可以针对重叠航线重新审视并调整自身的市场定位、航线网络布局、运营模式和营销策略, 在航班便捷程度、服务质量和票价水平等诸方面提升竞争力, 尤其是着重关注旅行时间的敏感性, 提高地面流程和中转的效率, 搭建起一个完善深入的国内航线网络。那么航空相对高铁的优势将十分明显, 能够良性和健康地应对高铁的挑战, 以至与高铁相互补充、相辅相成, 共同组成一个合理高效的综合运输体系。

### 参考文献:

- [1] 达摩达尔·N·古扎拉蒂. 计量经济学基础[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2010.
- [2] Goldman Sachs. High speed rail less of a threat than you may think. 2010.
- [3] 国金证券研究所. 高速铁路对交通运输格局的影响分析[R]. 2010.
- [4] AIRBUS. 高铁发展对航空运输业的影响[R]. 2012.
- [5] 刘敏文. 空运市场营销[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.