

中国机场体系的空间格局及其服务水平

王姣娥^{1,2}, 金凤君¹, 孙 炜^{1,2}, 戴特奇^{1,2}, 王成金¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用定量模型和 GIS 方法, 从空间布局、服务范围以及航空客流分布等方面来研究中国的机场体系及其服务水平。中国机场存在空间布局不均衡和等级结构不合理等问题, 各机场的服务水平空间表现不一致, 整体服务格局与全国社会经济发展的格局基本协调。航空客流趋向东部沿海地区集聚, 空间联系和拓展具有明显的层级性, 具有一定的轴—辐式网络特征。整个机场体系表现为以“京沪穗”为核心的“鼎形”空间系统, 并将在未来一段时间内得以维持。研究表明, 中国机场体系的结构与全国或区域城市体系结构有一定的相互联系, 随着航空运输需求的快速发展, 未来机场体系的建设要既要注意平衡机场区域布局, 又需重视优化网络与等级体系, 从而合理引导航空网络结构的演变。

关键词: 机场体系; 空间格局; 航空网络; “鼎形”空间系统; 服务水平; 中国

1 引言

随着技术的进步以及时间观念的增强, 航空业在社会经济发展中的地位越来越重要, 关于航空业的研究也越来越多。目前, 国外对航空业的研究主要集中在航空运输政策战略、航空网络的关联^[1-8]和航空网络发展形态与结构等方面^[1, 9-15]。随着航空放松管制, 轴-辐式(hub-and-spoke)结构成为当前航空网络研究的重点, 研究方法从早期的定性描述逐渐向更深层次的定量研究发展, 目的在于探讨这种网络结构的空间特性和经济特性^[9-11]。有研究表明, 轴-辐网络与城市对航线的有效结合是理想的空间网络组织形式^[12]。

自 1978 年改革开放以来, 中国航空事业发展迅速, 机场数量迅速增加, 航空网络也快速拓展, 网络结构发生着显著的变化, 这引起了众多学者的关注。目前, 国内对航空业的研究主要集中在民航业发展政策与战略^[16-19]、航空运输市场分析^[20, 21]、民航运输业全球化趋势^[22, 23]以及航空网络的地理学等方面。其中地理学对航空网络的研究开始较早, 但主要侧重对航空网络地理空间的描述和总结^[24], 近年来国内的研究开始从定性的描述转向量化的分析。部分学者从航空运输网络与城市体系^[25, 26]、航空网络等级体系与枢纽^[27, 28]、航空网络的地理形态等方面, 对中国航空运输的发展及空间效应进行了分析; 金凤君等从经济体制改革、区域发展非均衡性、航空网络自身发展的角度探讨了 1980~1998 年中国航空网络的地理形态^[29]; 王法辉等则对枢纽服务范围、航空地域系统、网络演化等进行了研究^[30]。在以上这些研究中, 主要从航空客流方面来对中国航空网络的发展、等级体系以及枢纽服务范围进行了研究, 但对中国机场体系的空间格局、服务范围及其服务水平以及结合城市节点的经济等因素, 进而对航空客流、区域间联系产生的影响等方面的研究还有待进一步深入。

本文以中国特定的民航业和社会经济发展为背景, 以定量模型和 GIS 为研究手段, 对中国机场的空间格局、服务范围, 基于机场体系的航空网络结构及其反映出来的城市

收稿日期: 2006-02-15; 修订日期: 2006-04-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371035) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 40371035]

作者简介: 王姣娥 (1981-), 女, 湖南人, 博士研究生, 中国地理学会会员, 研究方向为交通运输与区域经济。

E-mail: wangje.03s@igsnrr.ac.cn

体系结构进行研究，以此来探求中国机场体系的整体服务水平、地域差异及其背后的社会经济因素。

2 机场体系的空间布局和服务范围

2.1 机场的空间布局特征

20 世纪 80 年代以来，中国机场总量呈增长趋势 (表 1)，且新增加的机场布局呈一定的空间演变过程，这种演变遵循了“西部 > 中部 > 东部”向“东部 > 中部 > 西部”的

表 1 1980~2002 年中国机场布局的区域差异

Tab. 1 The regional disparity of airport distribution from 1980 to 2002 in China

机场 (个)	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	2002 年	机场平均服务范围 (km ²)	机场平均服务人口 (万人)	机场平均服务城镇人口 (万人)
东部	17	24	31	45	58	22758.62	925	412
中部	29	28	30	40	42	67278.57	1046	350
西部	31	28	31	31	41	130275.6	699	193

数据来源:《从统计看民航》。

发展轨迹，并逐步向“东部 > 西部 > 中部”的趋势发展。

2002 年，中国内地共有通航运输机场 141 个，其整体空间布局有以下特点：

(1) 机场数量、等级与吞吐量不匹配，且空间布局不均衡。从数量结构上来看，4D 以上高等级机场 59 个，主要集中于华东 20 个与中南地区 15 个，占到了机场总数的 41.8%，高等级机场比例过大，容易造成部分机场的建设规模与实际运营规模不匹配等问题。从空间分布上看，超过 200 万吞吐量的机场主要集中于东部沿海地区和中西部经济中心，而机场布局主要集中在东部沿海地区和西南地区，因此，机场空间布局与航空的吞吐量分布存在着空间错位。

(2) 旅客运量集中在少数枢纽机场。根据 2002 年民航机场的吞吐量分析，北京、上海和广州这三大航空枢纽城市的旅客吞吐量占到了全国总量的 39.7%，排名前 20 位城市的旅客运输量占总

量的 81.4%，且基本位于东部主要沿海城市和中西部枢纽 (图 1)。根据王法辉等的研究，京沪穗这三大枢纽城市的旅客吞吐量从 80 年代以来始终占据排名前三位，但是集中度比 1985 年的 56.92% 有所下降，排名前 20 位的城市集中度虽有小幅度下降，但始终维持在 80% 左右^[30]。

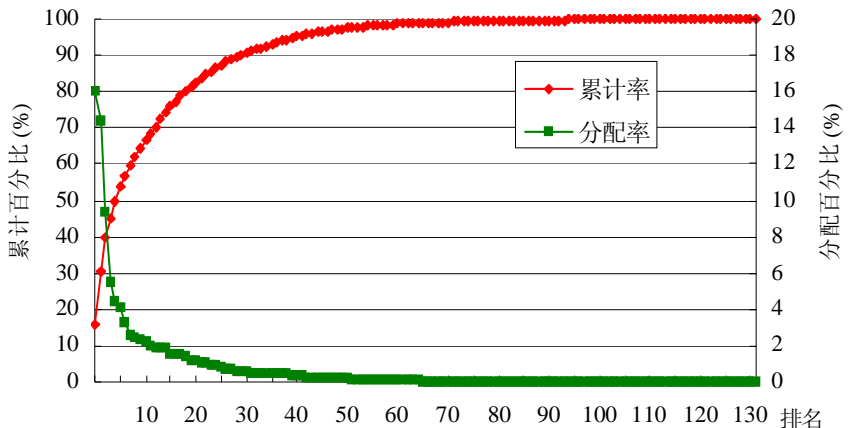


图 1 2002 年中国民航机场旅客吞吐量分布图

(注：对有多个机场的城市，机场吞吐量按城市进行了合并。

数据来源：《从统计看民航 2003》)

Fig. 1 Distribution of air passenger volumes in China

2.2 机场的服务范围

2.2.1 数据来源和研究方法

以 2002 年中国民航国内通航的 141 个机场 (不含港澳台) 及其对应的 132 个城市 (由于 2003 年民航业受非典和联航停运等影响较大, 故选取稳定的 2002 年数据) 为研究对象。采用最短距离和合理服务半径两种不同的方法来划分各机场的空间服务范围。

(1) 最短距离法。以各机场所在的地级或县级市行政中心所在地代表机场所在位置, 县级地域行政单元作为分析机场服务范围的基本地域单元。以县一级行政单元作为基本地域单元, 假设机场与地面交通网是衔接的, 航空旅客需求通过地面—空中—地面三阶段完成。机场与地域单元的距离由机场到该地域单元行政中心的自然距离确定。如果某地域单元同时得到多个机场的服务, 其隶属关系由该单元与各邻近机场距离中的最小值决定。确定机场服务范围的公式如下:

$$L_{ik} = \text{Min}(L_{ij}) \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (1)$$

式中: i 代表基本地域单元, j 代表机场, L_{ij} 代表地域单元 i 与机场 j 的自然距离; k 是距地域单元 i 最近的机场, L_{ik} 是最短欧式距离。经过 GIS 软件自动搜寻与比较, 最后可以确定机场与地域单元的对应关系。即每一个地域单元对应一个与之距离最近的机场, 每个机场有其相应的最远空间服务范围。

(2) 50 km 和 100 km 服务半径法。根据民航旅客调查的数据^[21, 31]显示, 距离机场 50 km 和 100 km 范围内的旅客对航空服务便捷度的感受分别为良好和一般, 居住更远距离的旅客普遍感觉乘机不便, 因此, 本文选用以机场为中心, 50 km 和 100 km 为半径计算各机场的服务范围。同样考虑到行政边界的影响, 以县级行政单元为基本地域单元, 若某行政中心处于单一机场服务范围内, 则地域单元划归该机场的服务范围; 若某行政中心处于多个机场服务范围内, 则该地域单元按上述最短距离公式 (1) 确定其隶属的机场服务范围。

2.2.2 各机场的服务范围特征

按照上述研究方法来计算各机场的空间服务范围 (图 2 和图 3), 通过分析可以发现以下特征:

(1) 中国各机场的空间服务范围从东部沿海向中西部地区逐渐增大, 相应单位面积的机场服务水平由东往西梯度递减。从图 2 和图 3 可以看出, 越紧邻东部沿海地区, 机场密度越大, 各机场的空间服务范围越小, 越往西往北方向机场密度越小, 各机场的空间服务范围越大。同时, 高等级高航班密度的机场更多地集中于东部沿海地区, 其中 4E 级的机场 (15 个) 就占了总量的 60%。因此, 更小的机场服务范围和更好的机场设施

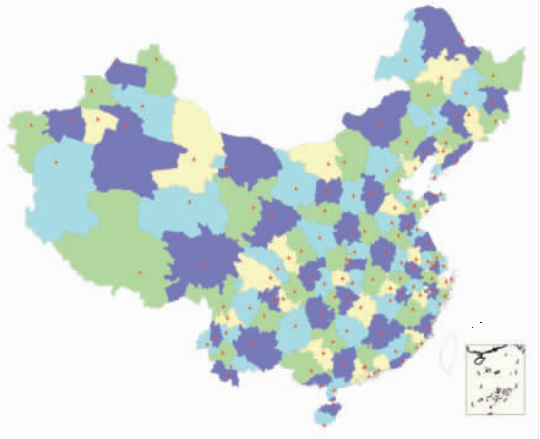


图 2 按最短距离法划分的中国机场空间服务范围
Fig. 2 Counties served by the nearest airports



图 3 按 50 km 和 100 km 划分的中国机场空间服务范围 (注: 图中浅绿色为 50 km 服务范围, 浅黄色为 100 km 服务范围)
Fig. 3 Counties served by airports in 50 km and 100 km

使得相对的机场空间服务水平梯度差距更为明显。

(2) 机场服务范围的空间格局与中国社会、经济、自然条件的空间特征基本相一致。对 50 km/100 km 机场服务范围进

行社会经济统计(表 2), 发现中国只有 15%/37.2%的国土面积和 31.1%/61.5%的国民享受良好的民航服务; 但是从经济指标来看, 却分别聚集了全国GDP 总量的 52.6% / 75.4%。从三大地带来看, 东部和西部的机场服务范围内人口和 GDP 的比重基本都高于中部地区, 呈现东西高中间低的“鞍形”格局, 这一定程度上也解释了中国航空客流生成与增长呈现的“鞍型”模式^[30]的原因, 反映出中国航空运输发展的地域非均衡性与其航空载体的服务范围及其水平差异存在一定的相关性。因此, 从总体上来看, 中国机场空间布局为经济服务的倾向比较明显, 机场服务范围的空间格局与中国当前人口、经济的空间分布以及地形特征基本吻合。

(3) 都市连绵区或城市带出现了机场服务密集区。从图 3 可以看出, 在长江三角洲、珠江三角洲、京津地区以及辽中南地区、山东半岛地区、武汉—长沙地区、成渝地区、闽东南地区, 按 100 km 划分的机场服务范围紧密相连, 按 50 km 划分的服务范围开始衔接, 在长三角地区尤为明显。这表明中国航空服务开始倾向于都市化地区, 机场在高度城市化地带密集发展, 并呈现显著的等级规模结构体系, 这是由航空运输的需求结构所决定的, 也是全球航空网络发展中出现的普遍现象。

3 航空网络与机场体系结构

除了考虑部分特殊因素外, 中国机场的空间布局、等级以及服务范围等都主要是偏向于为经济发展服务。机场体系是航空运输的载体, 机场的空间布局和等级结构, 机场所依托的城市规模、等级和职能以及航线和航班的设置, 都直接影响着航空流的分布。而对航空运输的需求又影响着机场布局, 航空流的分布则对机场的等级具有十分重要的影响。因此, 机场体系与航空网络体系是具有很大的相互作用, 结合两者进行分析, 具有一定的意义。

3.1 航空流的空间网络结构

3.1.1 距离分布上不遵循距离衰减规律 对 2002 年中国航空旅客运输量 5 万人以上的 292 对城市及其之间的航空运输距离进行研究后发现(图 4), 航空旅客运输主要发生在 2400 km 以内, 这与铁路运输相一致, 但铁路运距 37%集中在 200 km 以内, 且基本遵循距离衰减规律^[32]。航空客流运输由于具有超空间的联系特性, 因此其合理运输距离比铁路运输方式要远, 随距离变化呈偏态分布。航空流主要集中在 500~1200 km 的范围内, 其中 500~600 km, 1100~1200 km 又是两个非常明显的航运集中区, 700~800 km 和 1000 km 航段却成为航运的低谷区。究其原因, 可能主要有以下几点: ① 航空流是一种超空间的联系, 它与两者之间的经济联系关系更为密切。② 中国机场体系的空间布局为“鞍形结构”, 这使得中部与东西部联系在航空运力方面表现不足, 对航运的分布有一定的影响。③ 地理空间分布的非连续性规律, 即城市规模等级分布的非均衡性以及不连续性, 导致了航空旅客的分布并不符合距离衰减规律。

表 2 2002 年中国东中西三大地带机场 50km 和 100km 服务范围统计表
Tab. 2 Areas, population and GDP in three belts served in China by airports in 50 km and 100 km, 2002

	50 km			100 km		
	国土面积 (%)	人口 (%)	GDP (%)	国土面积 (%)	人口 (%)	GDP (%)
东部	27.7	39.2	63.8	66.0	69.3	85.9
中部	14.4	24.2	31.7	44.6	56.5	56.0
西部	13.2	27.4	46.3	28.7	55.7	68.8
全国	15.0	31.1	52.6	37.2	61.5	75.4

3.1.2 空间上形成以“京沪穗”为核心的网络系统
 由于社会经济发展的不平衡性以及航线设立在空间上的选择性，导致了航空网络空间联系的聚集性。对中国航空节点的旅客吞吐量和航线流量进行分析后发现（图5），中国城市间的航空联系主要集中在东部地区，且呈现出以“北京—上海—广州（京沪穗）”为核心的网络系统，并以此为核心，向下拓展，成都、昆明、海口为网络的下一级拓展核心，这是基于城市间的经济联系以及城市本身的经济发展水平决定的。此外，一些旅游城市的客运航空也发展非常迅速，但此类航空客运具有明显的季节波动性。

3.2 航空网络层次结构的定量分析

3.2.1 绝对联系强度 绝对联系强度 (T_{ij}) 可以用来评价城市间联系的强弱， T_{ij} 越大代表城市间联系越紧密。 T_{ij} 的计算公式如下^[33]：

$$T_{ij} = I_{ij} + I_{ji} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \tag{2}$$

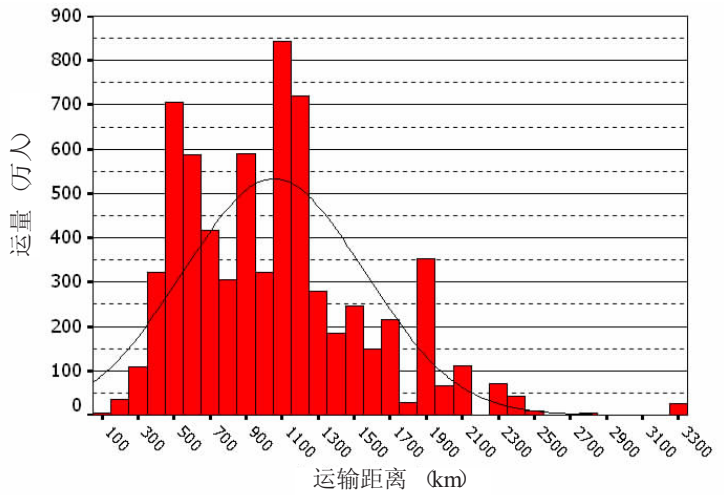


图4 2002年中国航空运量距离分配图(旅客运量在5万人以上的航线)
 Fig. 4 The distribution of air passengers flow in different distance in 2002 (airport passengers over 50,000)



图5 2002年中国航空网络空间集聚示意图(旅客运输量5万人以上)
 (数据来源：《从统计看民航2003》)

Fig. 5 Spatial convergence of domestic air passengers flow in China, 2002 (airport passengers over 50,000)

式中： I_{ij} 与 I_{ji} 分别代表城市*i*流向城市*j*和城市*j*流向城市*i*的客货流。对民航旅客运输而言，双向的流量基本是均衡的，即 I_{ij} 与 I_{ji} 的数值基本相当。对2002年高运量的航线按绝对联系强度(T_{ij})进行分级(表3)，并对各级航线进行分析后发现：

(1) 中国城市空间联系具有等级结构性，航线等级和航线数量呈阶梯型的分布。越高运量的航线条数越少，出现等级阶梯的分布。其中运量100万以上联系强度最高的I类航线形成网络的骨架，起主导作用；中间20-100万流量的III航线代表着最大比例的运量，是航空网络重要的支撑。

(2) 航空网络的空间格局具有超空间链接的特性。航空网络中最强的联系出现在各最高等级的区域中心之间，区别于通常的区域联系倾向于邻近地区的紧密联系，从而保证了联系最密切的地区具有最强的直接联系。中国机场联系中最强的两级航空联系只出现在6个城市中，其中“京沪穗”之间的联系代表了中国目前最高级别的空间联系结构，成都与北京、海口与广州和深圳也分别出现了紧密的航空联系。

(3) 航空网络的空间联系和拓展具有独特的规律，即下层网络对上层网络的发展具有空间继承性。根据对各级航线进行分析，发现下级航线新增机场所在的节点在建立航空联系时，首先与上层级联系最紧密的节点建立联系，其次是巩固与上层级其他节点的联系，再次是有选择地发展与同层级节点的联系，最后才是发展与下层节点的联系。这一规律在中国航空网络目前的发展阶段，具有一定的普遍性，随着中国航空网络的发展正在向调整优化阶段过渡，其规律可能会出现一定的变化。

3.2.2 首位联系 首位联系是指一个节点在与网络中其他节点的联系中，流量最大的链接(航线)所代表的空间联系。公式表述如下^[29]：

$$L_{ik} = \max \left\{ \frac{T_{ij} + T_{ji}}{O_i + D_i} \right\} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad k \in n \quad (3)$$

式中： T_{ij} 与 T_{ji} 分别代表城市*i*流向城市*j*和城市*j*流向城市*i*的航空客流， O_i 和 D_i 分别代表城市*i*航空客流的发出量和到达量。 L_{ik} 为*i*城市的首位联系强度， k 为城市*i*的首位联系城市，链接(航线) $i \rightarrow k$ 称为城市*i*到城市*k*的首位链接，它们之间的联系称为首位联系。

利用上述模型对2002年中国旅客运输量5万以上的航空网络进行首位联系分析，并对首位联系强度(L_{ik})的数值进行散点图分析，发现在1, 0.6和0.3处出现断层线，据此本文把不同城市间的航空首位联系定义为以下4种类型：强联系($L_{ik} \geq 0.6$ ，表示为 $i \Rightarrow k$)、次强联系($0.6 > L_{ik} \geq 0.3$ ，表示为 $i \Rightarrow k$)、弱联系($L_{ik} < 0.3$ ，表示为 $i \rightarrow k$)与耦合联系(L_{ik} 与 L_{ki} 均为各自的首位联系强度， $i \Leftrightarrow k$)，得出结果如表4。

从表4可以看出，以北京为中心的航线系统覆盖全国，强联系和次强联系集中在北方地区。以上海为中心的航线系统由东部沿海向西扇形展开，在东部沿海和沿长江地区的主导地位非常明显。以广州为中心的航线系统向北扇形展开，向南衔接海口和三亚，在华南和华中具有主导地位。因此，从首位联系来看，整个航空网络也仍是以“京沪穗”为核心，表现出比较强烈的中心—辐射的特征，具备了轴—辐式网络的雏形，但是从严格意义上来说还未形成真正意义上的轴—辐式网络。这是因为：①到枢纽的强首位联系

表3 2002年中国航线按绝对联系强度分级

Tab. 3 The rating of China's aviation line by absolute related intensity, 2002

绝对联系强度分类	I	II	III	IV	V	航线总计
旅客运输量分级(万人)	200以上	100-200	20-100	10-20	5-10	/
航线数量(条)	1	7	88	94	102	971
旅客运输量(万人)	301.82	954.34	3448.67	1319.49	723.65	8594.18
占航线比例(%)	0.10	0.72	9.06	9.68	10.50	100
占旅客量比例(%)	3.51	11.10	40.13	15.35	8.42	100

资料来源：根据《从统计看民航2003》中的数据整理，未包含港澳台地区航线。

表 4 2002 年中国按地域系统的航空首位联系分类

Tab. 4 The classification of primate linkage in aviation by spatial system in 2002

城市	强联系	次强联系	弱联系	耦合联系
北京	包头、海拉尔 呼和浩特、牡丹江	延吉、长春、沈阳、哈尔滨、 大连、兰州、烟台	南京、合肥、宁波、 上海、西安、郑州、成都、长沙、昆明 广州、乌鲁木齐	上海
上海	石家庄	天津、宜昌	武汉、福州、温州、青岛、南昌、深圳、厦 门、济南、北京、张家界	北京
广州	临沂、台州	湛江、黄山、汕头太原、三亚	海口、杭州、桂林、贵阳、重庆	无
其他	{大理、丽江、芒市、西双版纳、中甸}=>>昆明 {喀什、伊宁}=>>乌鲁木齐 敦煌=>>西安 {西宁、银川}=>西安 北海=>深圳；南宁->深圳 舟山<=>晋江；武夷山=>厦门；珠海->桂林；拉萨=>>成都			

数据来源：《从统计看民航 2003》。

的航线很少，辐的喂给作用不明显；② 上述特征是基于全国网络作为整体的分析之上，如果以单个航空公司网络作为研究对象，这种特征必定弱化；③ 以枢纽作为目的地的航班多，中转航班比例小；④ 航班时间组织效率差，中转一次花费的时间成本高，没有形成高效率的航班波在枢纽间重新配载和转运。但是，从首位联系来看，以“京沪穗”为核心的空间系统仍然存在，这与全国的社会经济格局相一致。

4 “流动空间”中的机场体系结构

4.1 机场体系具有“鼎形”空间系统特性

“流动空间”指与航空有关的运输体系，评价指标主要包括机场的布局、结构、航空吞吐量以及航空流的分布。从这些方面来看，中国的机场体系具有以下特点：① 航空系统结构具有空间性和层级性。即该系统的分布具有地理空间特点，且具有由上至下的层级结构。② 顶层网络节点对整个系统具有支撑性，各层网络核心对其所在的局部网络具有支撑性。如北京、上海和广州这三大航空枢纽城市的旅客吞吐量占到了全国总量的 39.7%，是全国航空网络的核心。③ 系统层级具有继承性。在机场航线体系形成的过程中，各层级的节点首先是与上层级节点建立联系，其次是发展与同层级节点的联系，最后才是发展与下层节点的联系。如果可能的话，在发展到一定程度后形成次一级类似的空间系统。④ 各大航空公司的总部占据在顶层网络节点，如现有三大航空公司的总部分别在京沪穗，形成“三足鼎立”的局面，这是由市场竞争产生的结果。因此，本文将中国的机场体系结构称之为“鼎形”空间系统。

以北京、上海和广州为中心的“鼎形”空间系统的形成是由其区位、经济发展水平、政策以及出行需求等因素决定的。“京沪穗”这三大城市之间经济社会的密切联系引发了强大的航空客流，代表了中国最高等级城市之间的联系，“京沪穗”的航空旅客吞吐总量占到了全国的 39.7%。从中国经济发展的趋势来看，未来机场体系的发展仍将保持“鼎形”空间系统，并逐渐向下层进行拓展，其理由有：① 从全国尺度来看，中国的航空运输倾向于为经济服务，由于京沪穗的区位以及未来在全国经济结构、城市体系结构中的地位将继续保持优势，这就决定了其在航空网络中仍将处于最高等级。② 从区域尺度来看，随着京津冀、长三角、珠三角等都市圈经济和地面交通的快速发展，对人流、物流的吸引将更加凸现其优势，未来这些地区将可能通过区域机场共享，形成不同专业化分工的区域机场体系，大型枢纽机场可能服务整个都市化地区，这将进一步增加京沪穗三大城市对航空客流的集聚。③ 从航空网络特征来看，基于航空网络本身的空间联系和

拓展规律, 下层网络对上层网络的发展具有空间继承性, 这也就确保了京沪穗在航空网络中的地位仍将继续维持。

4.2 未来航空网络将在“轴-辐式”与“城市对”之间均衡

从目前的航空客流来看, 中国的航空网络仍以城市对为主, 但已表现出一定的轴-辐式网络特征。随着支线机场的建设以及航空网络结构的调整优化, 中国可能在轴-辐式网络和城市对航线之间进行均衡, 并逐渐形成以轴-辐式网络为主的航空网络结构, 同时保留足够的城市对航线。由于航空网络的中心往往也是经济中心城市, 由航空流反映出来的城市间的空间联系取决于机场、航线的布局、各城市的经济社会发展水平和职能定位以及依托于城市的区域经济范围和对外联系强度。因此, 在整个航空网络中, 除了机场的空间布局和等级结构设置要合理外, 航线与航班的设置也要与航空运输需求相匹配, 通过合理的方式组织航空网络, 这样才能产生最佳的社会经济效益, 也才能真正满足城市之间的空间联系需要。随着中国的航空网络从城市对结构逐渐向轴-辐式逐渐演变, 航空网络管理调控的周期应更加灵活, 国家对航空网络发展的支持与引导应同时注重社会公平与经济效率。

5 结论与讨论

5.1 机场的空间格局及服务水平倾向于为经济发展服务

从全国机场的空间格局和服务范围来看, 其服务范围与中国当前人口、经济的空间分布以及地形特征基本吻合, 总体呈现出东西高中间低的“鞍型”模式, 50 km 和 100 km 范围内集中了我国 GDP 的 52.6%和 75.4%, 以及人口的 31.1%和 61.5%。高等级高运量的机场主要集中于东部沿海地区, 尤其是北京、上海和广州这三大航空枢纽, 成为全国航空网络的核心。同时, 航空流的空间分布明显地向东部沿海地区集聚, 比机场空间分布的差异更为明显。因此, 我国机场空间上的布局主要偏向于为经济发展服务, 总体布局与全国社会经济格局基本协调, 并在部分都市圈地区集中。未来我国航空机场的布局在考虑自然条件、国防建设以及老少边穷地区等情况下, 会逐步增加中西部地区的机场建设, 但机场的空间格局为国民经济服务的趋势不会有大的改变。

5.2 机场体系结构有待进一步优化

随着民航运输需求的增长, 中国的机场建设从 1982 年的 77 个机场增加到 2002 年的 141 个机场, 增加了近一倍。但是, 中国现有机场布局的空间差异大, 存在整体能力过剩和局部能力紧张的现象, 机场的等级结构仍需进一步优化。选择适当的区位建设适当规模和功能的机场, 调整现有机场的服务能力, 并引导机场的等级结构逐渐合理化是中国未来机场发展的主要任务之一。目前东部沿海地区的机场布局已基本形成, 航空网络的发展由拓展扩充阶段逐渐转入航空网络的调整优化阶段, 而中西部地区仍处于直飞航线建立和航空网络拓展的阶段。因此, 考虑到自然条件和老少边穷地区机场的公益性特点, 未来一段时间内中国新建机场的布局应更侧重区域间的平衡, 照顾中西部地区的发展, 合理有序增加新的支线机场; 而东部沿海地区应更侧重提高现有机场的服务能力, 优化网络与等级体系, 以便捷的陆路交通系统联系机场与其服务范围; 从而解决照顾中西部地区发展和满足航空运输之间的矛盾, 最终能使得中国机场的等级结构逐渐向合理的方向发展。

5.3 机场体系与城市体系具有关联性

除了考虑部分特殊因素外, 中国机场的空间布局、等级以及服务范围等都主要是偏向于为经济发展服务, 而航空运输需求的产生也主要是依赖于经济因素和城市职能, 由此产生出来的航空客流也就一定程度上反映了中国的经济格局与城市体系结构。分析中

国 2002 年 105 个机场所在城市 (不考虑 27 个少数民族及边远地区的机场) 的经济社会发展水平与航空旅客吞吐量的关系发现, 市辖区 GDP 和非农业人口数与机场的旅客吞吐量的相关系数分别为 0.88 和 0.77 (显著性概率水平为 0.01), 表现出很好的相关性。

因此, 机场体系与城市体系之间存在着一定的关联性。建设以枢纽城市为中心的区域机场体系, 决定了航空网络系统的空间层次性, 并在一定程度上加强了原有城市体系的结构。机场的功能与规模依托于城市区域经济范围和对外联系强度, 不同机场的等级和旅客吞吐量体现了城市体系的结构, 而城市间的航空流也就一定程度上反应了城市之间的经济社会联系。因此, 中国的机场等级体系应该与城市的经济社会发展水平以及城市职能相匹配, 以避免出现由于盲建和扩建而出现的机场浪费或能力不足等问题。

随着航空的放松管制, 航空公司将成为航空网络最活跃的主体, 其对中国航空网络形态的结构变化、对城市体系发展的影响以及社会经济空间结构的调整值得进一步观察和研究。

参考文献 (References)

- [1] Taffe E J, Gauthoer H L, O'Kelly M E. *Geography of Transportation*. 2nd edn. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- [2] Goetz A R. Deregulation, Competition and antitrust implications in the US airline industry. *Journal of Transport Geography*, 2002, 10(1): 1-19.
- [3] Sinha D. *Deregulation and liberalization of the airline industry*. Burlington: Ashgate Publishing Limited, 2001.
- [4] Hooper P. Liberalizing competition in domestic airline market in Asia: the problematic interface between domestic and international regulatory policies. *Transportation Research E*, 1997, 33(3): 197-210.
- [5] Chou Y H. Airline deregulation and nodal accessibility. *Journal of Transport Geography*, 1993, 1(1): 36-46.
- [6] Shaw S L. Hub structures of major US passenger airlines. *Journal of Transport Geography*, 1993, 1(1): 47-58.
- [7] Shaw S L, Ivy R L. Airline mergers and their effect on network structure. *Journal of Transport Geography*, 1994, 2(4): 234-246.
- [8] Vowles T M. The geographic effects of US airline alliances. *Journal of Transport Geography*, 2000, 8(4): 277-285.
- [9] Fleming D K, Hayuth Y. Spatial characteristics of transportation hubs: centrality and intermediacy. *Journal of Transport Geography*, 1994, 2(3): 3-18.
- [10] Horner M W, O'Kelly M E. Embedding economies of scale concepts for hub network design. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9(4): 255-265.
- [11] O'Kelly M. A geography's analysis of hub-and-spoke networks. *Journal of Transport Geography*, 1998, 6(3): 171-186.
- [12] Graham B. *Geography and Air Transport*. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.
- [13] Burghouwt B, Hakfoort G. The evolution of the European aviation network, 1990-1998. *Journal of Air Transport Management*, 2001(7): 311-318.
- [14] Murayama Y. Canadian urban system and its evolution process in terms of air passenger flows. *Geographical Review of Japan*, 1982, 55(6): 380-402.
- [15] Graham B, Guyer C. Environmental sustainability, airport capacity and European air transport liberalization: irreconcilable goals? *Journal of Transport Geography*, 1999, 7(3): 165-180.
- [16] Liu Shijin. Study on reform of air transport in China. *Management World*, 2000, (4): 66-77. [刘世锦. 我国民航运输业改革与重组的思路研究. *管理世界*, 2000, (4): 66-77.]
- [17] Liu Deyi. *Civil Aviation Conception*. Beijing: Press of Chinese Civil Aviation, 2000. [刘得一. 民航概论. 北京: 中国民航出版社, 2000.]
- [18] Huang Wei. Air transport policy and airlines competition. *Civil Aviation Economics & Technology*, 1996, 210(6): 25-28. [黄为. 航空运输政策与航空公司竞争. *民航技术与经济*, 1996, 210(6): 25-28.]
- [19] Peng Yubing. A probing study on developing the hub-and-spoke air networks in China. *Journal of Civil Aviation University of China*, 2000, 18(5): 1-8. [彭语冰. 关于在中国发展中枢纽辐射航线的探讨. *中国民航学院学报*, 2000, 18(5): 1-8.]
- [20] Tian Jing. An analysis of the factors in determining the domestic air passenger transport fare. *Civil Aviation Economics & Technology*, 2000, 228(12): 15-17. [田静. 民航国内旅客运价的影响因素分析. *民航技术与经济*, 2000, 228(12): 15-17.]
- [21] Chen Wei. An analysis of the Chinese air passenger component. *Civil Aviation Economics & Technology*, 1999, 211(7): 17-18. [陈卫. 民航旅客构成状况浅析. *民航技术与经济*, 1999, 211(7): 17-18.]

- [22] Liu Weimin. WTO'S impact on traffic rights. *Civil Aviation Economics & Technology*, 2000, 224(8): 38-40. [刘伟民. 世贸组织法律制度对航权制度的影响. *民航技术与经济*, 2000, 224(8): 38-40.]
- [23] Zheng Bin. *International Air Transportation Law*. Beijing: Press of Chinese Civil Aviation, 1996. [郑斌. *国际航空运输法*. 北京: 中国民航出版社, 1996.]
- [24] Cheng Hang, Zhang Wenchang, Jin Fengjun et al. *Geography of Chinese Transportation*. Beijing: Science Press, 2000. [陈航, 张文尝, 金凤君等. *中国交通地理*. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [25] Zhou Yixing, Hu Zhiyong. Looking into the network structure of Chinese urban system from the perspective of air transportation. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 276-286. [周一星, 胡志勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构. *地理研究*, 2002, 21(3): 276-286.]
- [26] Zhu Yingming. The study of air transportation links among urban compact district of Hu-Ning-Hang. *Human Geography*, 2003, 18(5): 22-25. [朱英明. 中国城市密集区航空运输联系研究. *人文地理*, 2003, 18(5): 22-25.]
- [27] Jin Fengjun. A study on network of domestic air passenger flow in China. *Geographical Research*, 2001, 20(1): 31-39. [金凤君. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究. *地理研究*, 2001, 20(1): 31-39.]
- [28] Guo Wenjong, Bai Mingying. A positive research on the functional hierarchy of urban air transportation and features of air transportation relationship in China. *Human Geography*, 1999, 14(1): 27-31. [郭文炯, 白明英. 中国城市航空运输职能等级及航空联系特征的实证研究. *人文地理*, 1999, 14(1): 27-31.]
- [29] Jin F J, Wang F H, Liu Y. Geographic patterns of air passenger transport in china 1980-1998: imprints of economic growth, regional inequality, and network development. *The Professional Geographer*, 2004, 56(4): 471-487.
- [30] Wang Fahui, Jin Fengjun, Zeng Guang. Geographic patterns of air passenger transport in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5): 519-526. [王法辉, 金凤君, 曾光. 中国航空客运网络的空间演化模式研究. *地理科学*, 2003, 23(5): 519-526.]
- [31] Working Commission of Civil Aviation Association. Survey of Customers' Satisfaction to Civil Aviation. 2002. [民航协会用户工作委员会. 民航用户满意度调查. 2002.]
- [32] Dai Teqi, Jin Fengjun, Wang Jiao'e. Spatial interaction and network structure evolvement of cities in term of China's railway passenger flow in 1990s. *Progress in Geography*, 2005, 24(2): 80-89. [戴特奇, 金凤君, 王姣娥. 空间相互作用与城市关联网络演进. *地理科学进展*, 2005, 24(2): 80-89.]
- [33] O'Connor K. Airport development in Southeast Asia. *Journal of Transport Geography*, 1995, 3(4): 269-279.

Research on Spatial Distribution and Service Level of Chinese Airport System

WANG Jiao'e^{1,2}, JIN Fengjun¹, SUN Wei^{1,2}, DAI Teqi^{1,2}, WANG Chengjin¹

(1. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;*

2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)*

Abstract: Based on the quantitative model and GIS method, this paper analyses the airports' spatial distribution, service coverage and air passengers flow in China. The result shows that Chinese airport system is imbalance in space and its structure is also unreasonable, which resulted service level was different in space, basically according with Chinese economy pattern. Meanwhile, the air passengers flow is obviously agglomerated to the eastern coastal region, and its spatial connection and extension has the characteristics of hierarchy, which also shows some characteristics of hub-and-spoke. The authors also find that Chinese airport system presents "ding pattern" spatial system with the centers "Beijing, Shanghai and Guangzhou", and it will keep for a long time. Finally, the research shows that distribution of airport system is related to national or regional urban system. Therefore, with the rapid development of air travel, in future China should try to balance the regional distribution of new airports, and optimize airport network and hierarchy system, and finally induct the sound evolvement of the whole aviation network.

Key words: airport system; spatial pattern; airport network; "ding-pattern" spatial system; service level; China