

# 基于航空网络的中国城市体系 等级结构与分布格局

薛俊菲

(南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

**摘要:** 航空运输已成为客货流动的重要交通工具和影响城镇体系的重要因素, 城市在全球或国家航空网络中的地位直接反映了城市在全球或国家城市体系中所处的等级。由结点(航空港)和连接线(航线)所组成的航空网络代表了城市的空间可达性, 直观地反映出国家城市体系的等级结构与分布格局。

本文收集了目前中国 14 家主要航空公司的航线数据, 经相关分析证明航空网络中城市的航线数量与城市体系的规模等级基本上呈正相关趋势; 在此基础上, 通过基于航线图的航空网络分析, 运用图表判别和聚类分析的方法, 将中国 128 个通航城市划分为全国性中心城市、区域性中心城市、次区域中心城市和一般地方性中心城市四个等级, 从航空网络的独特视角揭示了开放条件下中国城市体系等级结构与分布格局。

**关键词:** 航空网络; 航线; 中国城市体系; 等级结构; 分布格局

文章编号: 1000-0585(2008)01-0023-11

## 引言

国内外对城市体系的研究中最常见的问题是城市体系的等级划分。传统的方法一般是从规模等级的角度, 依据城市人口规模进行城市等级划分; 或者是从政治功能的角度, 依据城市的行政级别来划分城市等级。其中, 以人口规模法最为多见。1913 年奥巴赫(F. Auerbach)研究 5 个欧洲国家和美国的城市人口资料时得出了位序—规模法则, 从城市的规模和城市规模的位序来考察一个城市体系的规模分布。马克·杰斐逊(M. Jefferson)在 1939 年提出了城市首位律, 根据区域内第一大城市与其他城市的人口比例来确定其他城市规模分布。在国内, 20 世纪 80 年代宁越敏和许学强先后用全国城市的详细人口资料, 进行了位序—规模法则的检验<sup>[1]</sup>, 王法辉用设市城市资料计算了 1949~1987 年历年规模一位序模式参数<sup>[2]</sup>, 许学强、周一星等应用人口资料对 80 年代以前中国的城市规模等级结构进行了详细的分析<sup>[3,4]</sup>。此后, 城市等级体系划分中人口规模指标被广泛运用。

但事实上, 城市等级是城市综合实力的反映, 以人口规模或行政等级来划分城市体系难以真正反映城市等级的高低, 从而也难以真正揭示城市体系的结构和格局。我国一些学者从城市功能的角度展开研究, 试图依据城市功能或职能对城市进行等级划分, 如王言荣

收稿日期: 2007-06-13; 修订日期: 2007-10-15

基金项目: 国家自然科学基金重点基金(40435013): 中国城市化格局、过程及其机理研究

作者简介: 薛俊菲(1977-), 女, 云南省墨江人, 博士研究生。研究方向为城市与区域规划。

E-mail: xuejunfei2005@yahoo.com.cn

等根据城市科教职能把中国城市划为全国最重要的科教中心城市、大区级特大型或大型科教中心城市、省区或省内中型科教中心城市和省内小型科教中心城市 4 个大级<sup>[5]</sup>；周一星等根据就业人员数量来度量城市中心性，并根据城市中心性指数的高低，把全国 223 个城市划分为五级体系<sup>[6]</sup>。与传统的基于人口规模或行政等级的划分方法相比，这样的划分结果对城市等级体系的研究更具有实际意义。

交通运输是城市功能的一个重要方面，它反映了城市内部和外部联系的程度和水平，交通运输网络是形成城市体系网络系统和城市群系统的物质条件和必要前提，其中航空运输已成为重要交通工具和影响城镇体系的重要因素，随着经济全球化的加深，其在城市发展中的作用越来越突出。因而，城市在全球或国家航空网络中的地位直接反映了其在全球或国家城市体系中所处的等级。从世界范围来看，全球主要航空港的等级层次与全球和世界城市等级层次相对应。因而，在国家级及国际级城市体系研究中，航空运输作为一个重要的指标已被广泛采用<sup>[7]</sup>。

在国外，最早利用航空运输网络进行城市体系研究的是 Taaffe。早在上世纪 50 年代，Taaffe 就利用航空运输资料分析美国城市的分布和等级体系<sup>[8,9]</sup>。此后，类似的研究在欧洲、加拿大和日本盛行起来。Simmons 利用 1971 年航空旅客流动资料对加拿大城市体系的等级层次、城市间的航空联系及各中心的影响范围作了研究，Murayama 利用 1976 年加拿大和美国共 91 个城市间航空客运资料对加拿大城市系统的开放性和独立性问题作了定量研究，分析了加拿大城市体系结构的变化<sup>[10]</sup>。Goetz 运用美国联邦航空局 (FAA) 统计数据，研究了 1950~1985 年间美国航空客流与城市体系变动繁荣的关系<sup>[11]</sup>。Rimmer 把国际航空客货运作为重要指标之一来研究东北亚大城市之间和“世界城市”的研究联系<sup>[12]</sup>。2000 年以后，日本的 Matsumoto 对世界城镇体系格局、演变从航空交通流的角度作了较为系统的分析，同时对于日本机场体系、城镇体系、航空流历年数据的分析作了系统的研究<sup>[13,14]</sup>。航空运输（包括航空网络与航空流）对城市和城市体系的影响得到广泛认同。

国内这方面的研究是随着 80 年代以来航空运输网络日渐成熟和完善而逐渐兴起。由于航空统计数据的缺乏，相关的研究开展较少。顾朝林利用航空资料对我国首位城市网络作了简单分析<sup>[15]</sup>；郭文炯等依据航空客运资料划分了中国城市的航空运输职能等级层次<sup>[16]</sup>；金凤君研究了我国大陆航空客流网络体系的地域分异现象<sup>[17]</sup>，并对我国枢纽机场进行甄选，构筑了我国轴-辐侍服航空网络体系<sup>[18]</sup>；朱英明研究了中国城市密集区间的航空运输联系<sup>[19]</sup>；王法辉等研究了中国航空客运网络空间演化及其对城市体系的影响<sup>[20]</sup>；周一星等通过分析航空网络的结构特点揭示了中国城市体系的结构框架<sup>[7]</sup>；王成金等在分析我国航空国际网络发展历程的基础上，考察了我国对外联系的空间演进<sup>[21]</sup>。

这些研究的角度比较趋于一致，多以航空港客运量和每周航班数等为基础，通过航空联系的强度或紧密程度来分析中国城市体系的特点。从航空网络（航线）的角度进行的研究则极少为人提及，尚未见比较系统的论述。

航空网络和航空流是航空运输中与城市体系研究紧密相关的两个方面。航空港是城市对外网络连接的空中门户，由结点（航空港）和连接线（航线）所组成的航空网络代表了城市的空间可达性，直接反映城市间的交易流和连通度，航线越密集，城市的对外联系就越紧密，对外交往越方便。本文试图通过基于航线图的中国城市航空网络分析，揭示开放条件下中国城市体系等级结构和分布格局。

# 1 研究对象的选取与数据收集

中国的民用航空事业始于 1929 年，其后长期发展滞缓。1929 年第一条国内航线上海—成都航线的上海—汉口段开航，1936 年第一条国际航线（广州—梧州—南宁—龙州—河内）开通。至 1950 年前，中国民航仅有国内航线 12 条，载客 1 万人次。新中国建立后，民用航空运输发展迅速。1950 年 7 月，北京—赤塔、北京—伊尔库茨克、北京—阿拉木图等三条国际航线开航；8 月，天津—北京—汉口—重庆和天津—北京—汉口—广州两条国内航线开航。这是新中国民航最先开辟的国际和国内航线。截至 1985 年底，共开辟国内、国际航线 268 条，航线里程 27.7 万 km，国内航线 241 条，通达 80 多个城市；国际航线 27 条，通达 20 多个国家的 27 个城市。进入 20 世纪 90 年代以来，中国民航进入高速发展时期，航班航线年均增长速度达到 9.1%，到 2000 年，全国民航定期航班的航线总数达到 1165 条，航线里程 150.3 万 km（不重复距离），比 1990 年增加了 1 倍多。到 2005 年底，中国民航共有航线 1257 条，通航总里程达到 200 万 km（表 1）。

表 1 中国 1985~ 2005 年民用航空航线统计

Tab 1 Statistic data of airlines of Chinese civil aviation, 1985~ 2005

指标	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2005
民用航空航线条数（条）	268	437	797	1165	1176	1279	1257
其中：国际航线	27	44	85	133	161	244	233
国内航线	241	393	712	1032	1015	1035	1024
民用航空航线里程（km）	277217	506762	1128961	1502887	1637708	2049394	1998501
其中：国际航线	105959	166350	348175	508405	574470	894175	855932
国内航线	171258	340412	780786	994482	1063238	1155219	1142569
民用航班飞机场（个）	82	94	139	139	141	133	135

航线的快速增加表明了城市数量的增长、城市地位的升迁和城际联系的频繁，因而航线数量和里程的变化从一个侧面反映了中国城市体系的结构变化和格局变迁。由于通航城市的局限以及航空统计历史数据的缺乏，航空网络研究的时间跨度和区域跨度虽不足以完全反映中国城市体系的实际格局和演进规律，却能从一个独特的视角反映出当前中国城市体系的结构、格局与特点。

用航空网络来分析城市体系等级结构与分布格局，这是研究城市功能体系的方法之一。目前中国的航空运输主要只涉及直辖市、省区首府、重要的旅游城市以及边远地区的城市，因此，本文研究的中国城市体系仅由通航城市（不含香港、澳门、台湾）所组成，其他非通航城市不在本文研究之列。航线数据收集涉及中国国际航空公司、东方航空公司、南方航空公司、上海航空公司、深圳航空公司、山东航空公司、四川航空公司、海南航空公司、厦门航空公司、中国联合航空公司、天津奥凯航空公司、成都鹰联航空公司、武汉东星航空公司、云南祥鹏航空公司共 14 家航空公司，根据所获取的资料确认参与研究的城市数量为 128 个。

需要特别说明的是：a) 本文只选择直飞航线，有经停机场的航线则分解为出港城市—经停城市和经停城市—到港城市两条；b) 以通航的城市作为研究的节点，对于城市有一个以上机场的将其数据合并<sup>[22]</sup>。例如，上海的虹桥机场和浦东机场，北京的首都国际机场和南苑机场，研究中按城市均将其归并为一个。但重庆与万州因距离相对较远且相对

表 2 各城市人口规模及从各城市出发的航线数量  
Tab 2 Population and the number of airlines of Chinese cities

序号	城市	航线数 (条)	人口 (万人)	序号	城市	航线数 (条)	人口 (万人)	序号	城市	航线数 (条)	人口 (万人)
1	北 京	122	831.3	44	延 吉	13	36.58	87	库 尔 勒	2	24.75
2	上 海	107	1080	45	西 宁	11	89.88	88	嘉 峪 关	2	14.73
3	广 州	87	473.3	46	黄 山	11	17.5	89	大 同	2	108.13
4	深 圳	67	164.8	47	武 夷 山	11	9.86	90	通 辽	2	36.09
5	西 安	64	294.4	48	拉 萨	11	25.74	91	齐 齐 哈 尔	2	112.01
6	成 都	64	327.6	49	宜 昌	10	68.63	92	锡 林 浩 特	2	17.7
7	乌 鲁 木 齐	64	144.3	50	北 海	10	25.7	93	乌 兰 浩 特	2	21.99
8	沈 阳	63	406.4	51	湛 江	10	77.62	94	赤 峰	2	51
9	昆 明	61	166.8	52	常 州	9	108.69	95	盐 城	2	78.46
10	重 庆	59	460.2	53	洛 阳	9	106.47	96	衢 州	2	19.17
11	海 口	48	82.25	54	徐 州	8	138.66	97	榆 林	2	15.5
12	厦 门	46	91.04	55	丽 江	8	6.3	98	攀 枝 花	2	52.1
13	贵 阳	44	145.1	56	敦 煌	7	3.85	99	安 顺	2	21.77
14	大 连	43	236.9	57	景 洪	7	15.4	100	昌 都	2	-
15	长 沙	42	168.7	58	吉 林	6	125.24	101	阿 勒 泰	1	12.45
16	南 京	41	394.8	59	无 锡	6	178.23	102	塔 城	1	7.64
17	青 岛	40	216.3	60	舟 山	6	26.37	103	伊 宁	1	28
18	武 汉	39	484.7	61	宜 宾	6	32.96	104	阿 克 苏	1	26.48
19	郑 州	37	185.4	62	牡 丹 江	5	64.44	105	库 车	1	11.7
20	汕 头	37	480.3	63	义 乌	5	19.73	106	和 田	1	10.45
21	杭 州	37	233.1	64	香 格 里 拉	5	-	107	且 末	1	-
22	桂 林	37	56.23	65	景 德 镇	5	34.87	108	庆 阳	1	8.98
23	福 州	37	140.7	66	柳 州	5	85.92	109	运 城	1	21.67
24	太 原	35	204.5	67	威 海	5	44.24	110	锦 州	1	71.5
25	天 津	35	527.3	68	佳 木 斯	4	59.97	111	黑 河	1	13.95
26	哈 尔 滨	35	303	69	呼 伦 贝 尔	4	30	112	南 通	1	84.35
27	宁 波	33	116.3	70	潍 坊	4	79.87	113	南 阳	1	53.91
28	温 州	32	61.77	71	临 沂	4	88.93	114	汉 中	1	24.73
29	济 南	29	251.7	72	连 云 港	4	55.17	115	安 康	1	20.67
30	兰 州	26	167.4	73	泸 州	4	43.66	116	广 元	1	30
31	南 昌	26	155.9	74	万 州	4	54.5	117	西 昌	1	19.51
32	三 亚	25	25.12	75	长 治	3	50.64	118	昭 通	1	11.76
33	南 宁	23	112.7	76	满 洲 里	3	15.95	119	潞 西	1	7.73
34	长 春	23	239.2	77	乌 海	3	42.2	120	临 沧	1	5.13
35	呼 和 浩 特	21	82.8	78	东 营	3	60.09	121	保 山	1	12
36	合 肥	21	135.8	79	台 州	3	29.04	122	思 茅	1	8.65
37	珠 海	21	86.17	80	安 庆	3	43.49	123	铜 仁	1	11.74
38	烟 台	20	110.2	81	延 安	3	18.92	124	常 德	1	48.73
39	银 川	19	63.56	82	绵 阳	3	56.27	125	恩 施	1	16.99
40	张 家 界	18	13.96	83	九 寨 沟	3	-	126	达 州	1	22.59
41	晋 江	18	36.37	84	大 理	3	20.61	127	百 色	1	12.63
42	石 家 庄	15	217.3	85	襄 樊	3	92.55	128	赣 州	1	35.27
43	包 头	14	113.4	86	喀 什	2	23.83				

注：人口数据来自《中国城市年鉴》(2005)，县级城市人口部分来自互联网。 -：暂缺资料。

独立而仍视为两个城市，未采取数据合并。

从各城市出发的航线数量见表 2（按航线数量多少排列）。将收集到的各家航空公司的航线图叠加，去除重合的航线，得到中国城市航线网络图（图版 2 图 1）<sup>①</sup>。经统计，总共有 1842 条国内航线（往返）和 241 条国际航线组成本文研究的数据库。128 个通航城市中，有直辖市（北京、天津、上海、重庆）、副省级市（如广州、南京、深圳等）、省会城市（如长沙、福州、昆明等）、地级市（如常州、洛阳、温州等），也包含一些县级市或县城（如香格里拉、义乌等）。

2 航空网络与城市规模的相关分析

从理论上说，城市的规模（以人口数表示）越大，发生的客、货流越多，该城市越有可能与更多的城市发生联系，航空服务能力越强。即航空网络与城市体系的规模等级存在着相互对应的关系，一般来说，城市规模越大，从城市出发的航线就越多，城市的等级也越高。

在利用 SPSS 软件所作的从中国各通航城市出发的航线数量与城市非农业人口数量的散点图中（图 2），可初步确认航线数量与非农业人口数量之间存在相关趋势。

再对这一对数据进行相关分析，城市航线数量与非农业人口数量之间的相关系数为 0.825，为高度相关，即中国城市航空网络中城市的航线数量与城市体系的规模等级基本上呈正相关趋势。城市规模结构可以从航空网络的格局中得到清晰反映。因此，通过研究中国城市航空网络，可以划分中国城市的等级体系，并进一步揭示城市化进程中中国城市体系空间结构的网络特征。我国所有的超大城市、接近 90% 的特大城市以及半数以上的大城市都是空港城市，因此可以说城市航空网络的空间格局在很大程度上代表了城市体系空间结构的特征<sup>[7]</sup>。

3 基于航空网络的中国城市体系等级划分

城市体系等级划分是研究城市体系分布格局的基础。本文以航线数量为单指标，采用图表判别法和聚类分析法对城市体系进行等级划分。

首先，采用图表判别法，以城市为横坐标、航线数量为纵坐标，根据表 2 所示的各城市航线数作散点图（图略），结果发现，代表城市的 128 个点近似排成了一条下降的曲线。

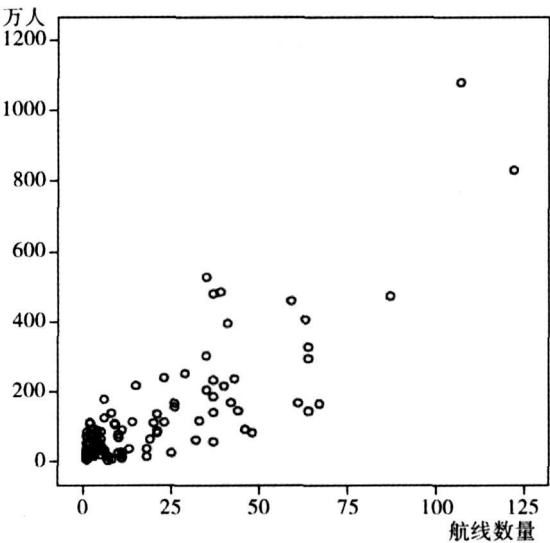


图 2 城市航线数量与非农业人口数量的散点图  
Fig 2 Scatter plot of the number of airlines and non-agricultural populations of Chinese cities

①根据各家航空公司资料进行统计整理后绘制。因航线密集，主要示意总体的航线走向和航线网络疏密程度。航线资料来自下列网站：<http://www.airchina.com.cn>；<http://ec.cs-air.com>；<http://www.ce-air.com>；<http://www.shandongair.com.cn>；<http://www.seal.com.cn>；<http://www.shenzhenair.com>；<http://www.shenzhenair.com>；<http://www.hnair.com>；<http://www.xiamenair.com.cn>；<http://www.okair.net>；<http://www.luckyair.net>；<http://www.ueair.com>；<http://www.eaststar-air.com>；<http://www.ca-air.com>。进入时间：2007 年 4 月 5 日-7 日。部分来自航空公司机上读物所载航线图。

自上而下，点逐渐密集，而降幅趋缓，一些高度相近的点趋向于在一定范围内成组分布。试作几条与横轴平行的直线，并上下移动，发现当纵坐标为 15、50、80（曲线斜率突变处）时，所有 128 个点被较好地分成了 4 个组。最高的一组为北京、上海、广州 3 个城市，第二组为深圳、乌鲁木齐、沈阳、成都、西安、重庆、昆明 7 个城市，第三组包括南京、长沙、武汉、青岛等 31 个城市，第四组包括宜昌、湛江、北海、洛阳等 87 个城市。据此，初步得到中国城市体系的等级划分，结果见表 3。

表 3 基于航空网络的中国城市等级体系

Tab 3 Hierarchical system of Chinese cities based on aviation network

等级	航线数量	城市数量	城市
全国性(大区) 中心城市	> 80	3	北京、上海、广州
区域性(大区) 中心城市	> 50, ≤80	7	深圳、乌鲁木齐、沈阳、成都、西安、重庆、昆明
次区域(省域) 中心城市	> 15, ≤50	31	南京、长沙、武汉、青岛、大连、贵阳、厦门、海口、福州、郑州、杭州、桂林、汕头、天津、哈尔滨、太原、温州、宁波、烟台、珠海、呼和浩特、合肥、南宁、长春、银川、晋江、张家界、济南、三亚、南昌、兰州
地方性(省内) 中心城市	> 0, ≤15	87	宜昌、湛江、北海、洛阳、常州、黄山、西宁、拉萨、武夷山、丽江、徐州、景洪、敦煌、石家庄、延吉、包头、无锡、吉林、宜宾、舟山、义乌、香格里拉、威海、牡丹江、柳州、景德镇、潍坊、呼伦贝尔、连云港、临沂、佳木斯、万州、泸州、乌海、满洲里、台州、东营、延安、安庆、九寨沟、绵阳、长治、襄樊、大理、嘉峪关、库尔勒、通辽、大同、锡林浩特、齐齐哈尔、赤峰、乌兰浩特、衡水、盐城、攀枝花、榆林、喀什、昌都、安顺、塔城、阿克苏、伊宁、和田、库车、庆阳、锦州、运城、南通、黑河、常德、汉中、南阳、广元、安康、西昌、昭通、临沧、保山、思茅、路西、恩施、达州、铜仁、百色、赣州、阿勒泰、且末

其次，采用层次聚类分析法（Hierarchical Cluster Analysis）对上述分级结果进行校核。在 SPSS 中选用 Between-groups linkage 法（组间连接）进行聚类，结果表明，当全部 128 个城市按照航线数量分为四类时，第一等级的城市为北京和上海，第二等级的城市为广州、深圳、乌鲁木齐、沈阳、成都、西安、重庆、昆明 8 个，第三和第四等级的城市与图表判别法相同。选用其他聚类法时结果也大同小异。

可见，分别采用图表判别法和聚类分析法所划分的四个等级中，只有广州所处的层级有差异。考虑到广州是中国南部沿海的中心城市，具有强大的城市竞争力和影响力，在全国城市中的实际地位仅次于上海和北京，可以认为，图表分析法的划分结果是比较符合实际的，可以作为中国城市等级体系划分的最终方案。即从航空联系的角度，中国城市体系可分为全国性中心城市、区域性中心城市、次区域中心城市和地方性中心城市四个等级。其中全国性中心城市的影响力遍及全国；区域性中心城市的影响范围一般都跨越省级行政区的界线，是大区的中心；次区域中心城市则往往就是省域的中心城市；地方性中心城市的影响范围较小，仅限于省内一定区域。

4 中国城市体系等级结构与分布格局

4.1 城市体系等级结构特征

据表 3 中国城市体系等级划分，可总结出基于航空网络的城市体系等级结构特征。

4.1.1 城市等级结构呈现明显的金字塔型特征 从各等级的城市数量上看，第一等级（全国性中心城市）的城市为 3 个，第二等级（区域性中心城市）为 7 个，第三等级（次区域中心城市）为 31 个，第四等级（地方性中心城市）为 87 个。四个等级的城市数量比为 1:2:3:10:3:29。等级越高，城市数量越少，呈现明显的金字塔型结构特征。

4.1.2 城市等级受行政、经济和旅游因素影响显著 城市等级受城市行政级别影响显著，行政级别越高，从该城市出发的航线越多，城市的等级越高。如中国的首都北京拥有 122 条航线（国内航线 86 条，国际航线 36 条），航线数量居全国城市之首，也是中国城市体系中等级最高的城市。其余三个直辖市航线数量分别为上海 107 条、重庆 59 条、天津 35 条，分别居 128 个通航城市的第 2、12 和 25 位，在城市体系中分别处于第一、第二和第三等级。前三个等级包括了全部的直辖市、副省级城市和绝大部分省会城市，仅有西宁、拉萨、石家庄 3 个省会城市落到了第四个等级。

经济发展水平与城市等级关系密切。城市的航线数量在很大程度上取决于城市和其所在区域的经济规模和经济发展水平。第三等级包括桂林、汕头、温州、烟台、珠海、晋江、张家界、三亚 8 个地级市。除桂林和张家界外，汕头等 6 个城市都地处东部沿海地区，是中国对外开放的前沿，经济发展迅速，对外联系的强度和广度不断提高，进而带动了城市其他功能的发展，城市的影响力已接近甚至超过省会，在对外网络连接中占据重要地位。

近年来，旅游因素对航空网络的影响力越来越大。一些具有特色旅游资源的地方性城市在内外动力推动下发展迅速，例如广西的桂林、安徽的黄山、湖南的张家界、海南的三亚、云南的香格里拉等。相应地，这些城市在全国航空网络中所处的等级也大大超越了其人口规模所处的等级和行政等级。桂林和张家界甚至进入了第三等级即次区域中心城市。

4.2 城市体系分布格局特征

根据城市体系等级划分的结果，作基于航空网络的中国城市体系分布图，如图 3 所示。中国城市体系分布格局具有如下特征。

4.2.1 城市体系分布存在明显的东西差异 从图 3 可以看出，绝大部分通航城市分布在中国东部地区。黑河—呼和浩特—九寨沟—香格里拉一线以东集中了 128 个通航城市中的 105 个，占通航城市总数的 82%，而广阔的西部地区只占 23 个。再从图 1 来看，东部地区航线密集，城市间航空联系复杂而紧密，网络化程度很高；西部地区则航线比较稀疏，主要航线从乌鲁木齐、兰州和银川向外发散，联系方向多朝向东部地区，西部城市间的航线联系较少。相应地，较高等级的城市基本上都集中在东部地区，具体包括 3 个全国性中心城市，6 个区域性中心城市和 29 个次区域中心城市。尤其是东南沿海的城市等级都较高，且分布密集，在空间上呈串珠状排列（自上海往南，依次是宁波、台州、温州、福州、晋江、厦门、汕头、深圳、珠海，其中仅台州等级较低，为一般地方性中心城市）。西部地区只有乌鲁木齐作为大区的中心城市进入第二等级，兰州和银川作为省域中心城市位于第三等级。

4.2.2 高等级城市构成中国城市航空网络基本框架 最高等级的城市为北京、上海、广州 3 个全国性中心城市，从这三大中心城市出发的航线共有 316 条，占全国航线总数的

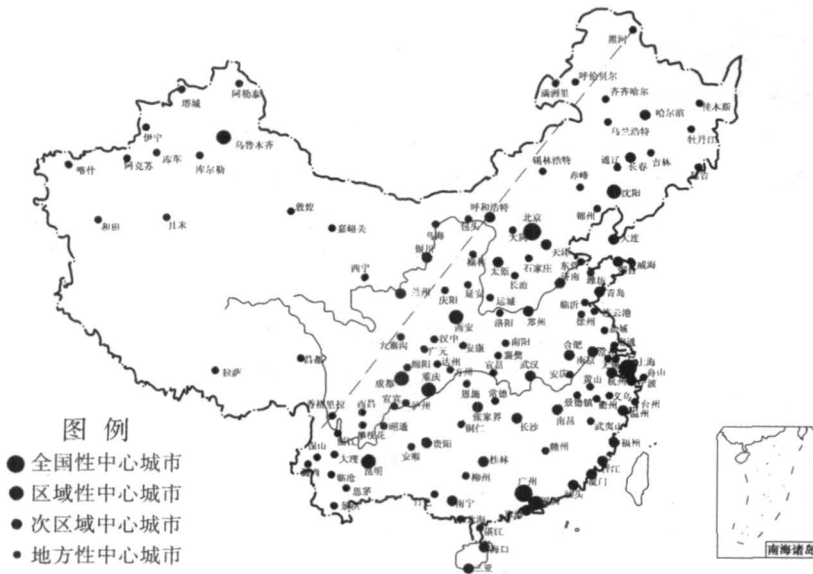


图 3 基于航空网络的中国城市体系分布格局图

Fig 3 Distribution of Chinese urban system based on airline network

15%。这三大中心对中国城市体系中各级节点都发生作用，所有区域性中心城市、绝大部分省域中心城市以及一部分地方性中心城市都与这三大中心发生航空联系。其中，北京主要影响的地域为华北、东北和西北，广州主要影响的地域为华南，上海主要影响的地域为华东。以这 3 大中心为顶点构成了中国城市航空网络的三角形骨架，是中国城市体系中联系强度最大也最重要的部分。

深圳、乌鲁木齐、沈阳、成都、西安、重庆、昆明 7 个城市为中国城市体系区域性中心城市，它们作为大区的航空联系中心，与北京、上海、广州所组成的三角形骨架相结合，共同构成中国城市航空网络的基本框架。等级较低的通航城市航空联系方向大都指向这些区域中心，通过这 7 个中心城市的连接作用，将 31 个次区域中心城市和 87 个地方性中心城市接入全国性的航空网络，进而组成中国的城市体系及其航空网络。这 7 个城市中，昆明、乌鲁木齐两个城市基于航空网络的城市等级相对其人口规模 and 经济发展水平而言比较靠前，这主要是因为这两个城市位居城市密度和人口密度相对稀少、经济发展水平较低的内陆地区，其城市的服务半径远大于东部城市密集地区的城市，在大区范围内承担着对外联系的职能，且昆明与乌鲁木齐均是著名的旅游城市，因而其航线数量比较多。

5 结论与讨论

航空运输已成为客货流动的重要交通工具和影响城镇体系的重要因素，由于城市航空网络的空间格局在很大程度上代表了城市体系等级结构与空间分布的特征，因此可以用航空网络来分析城市体系等级结构与分布格局。本文收集了目前中国 14 家主要航空公司 128 个通航城市的 2083 条航线数据，经相关分析证明航空网络中城市的航线数量与城市体系的规模等级基本上呈正相关趋势；在此基础上，通过基于航线图的航空网络分析，运用图表判别和聚类分析的方法，将中国 128 个通航城市划分 3 个全国性中心城市、7 个区域性中心城市、31 个次区域中心城市和 87 个地方性中心城市四个等级；进而从航空网络



的视角揭示了开放条件下中国城市体系等级结构的特征和分布格局，即：城市等级结构呈现明显的金字塔型特征，等级越高，城市数量越少；行政、经济和旅游因素对航空网络的影响显著，进而也强烈地影响着城市等级体系；城市体系分布存在明显的东西差异，高等级城市主要分布在东部地区，西部地区的航空联系方向多朝向东部；北京、上海、广州 3 个全国性中心城市和深圳、乌鲁木齐、沈阳、成都、西安、重庆、昆明 7 个区域性中心城市共同构成中国城市航空网络基本框架，是中国城市体系的核心，较低等级的城市通过与较高等级城市相连接而进入全国性的航空网络，成为中国城市体系的一部分。

本文运用航空网络来研究中国的城市体系，这是研究城市功能体系的方法之一，从一个独特的视角反映出当前中国城市体系的结构、格局与特点，为我国的城市体系研究提供了新的思路，并可为我国的航空网络规划提供参考。但是由于航空统计历史数据的缺乏，研究的时间跨度不足，使本文还停留在静态研究的层面，未能涉及城市体系的演变；同时由于目前我国的通航城市仅 128 个，研究的区域跨度也不足以完全反映中国城市体系的实际格局。未来的研究应突破这两方面的局限，以期能从航空网络的角度揭示中国城市体系的演进规律与格局变迁。

## 参考文献：

- [1] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学. 北京: 高等教育出版社, 1997. 111~ 112
- [2] 王法辉. 我国城市规模分布的统计模式研究. 城市问题, 1989, (1): 14~ 20.
- [3] 许学强. 我国城镇规模体系的演变和预测. 中山大学学报(社会科学版), 1982, (2): 40~ 49
- [4] 周一星, 杨齐. 我国城镇等级体系变动的回顾及其省区地域类型. 地理学报, 1986, 41(2): 97~ 111.
- [5] 王言荣, 刘洁. 中国城市科教职能等级划分及空间分布研究. 地理科学, 2001, 21(2): 182~ 187.
- [6] 周一星, 张莉, 武悦. 城市中心性与我国城市中心性的等级体系. 地域研究与开发, 2001, 20(4): 1~ 5
- [7] 周一星, 胡智勇. 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~ 285
- [8] Taaffe E J. Air Transportation and United States urban distribution. The Geographical Review, 1958, (2): 219 ~ 238
- [9] Taaffe E.J. The urban hierarchy: An air passenger definition. Economic Geography, 1962, 38: 1~ 14
- [10] Murayama Y. Canadian urban system and its evolution process in terms of air passenger flows. Geographical Review of Japan, 1982, 55: 380~ 402
- [11] Goetz A R. Air passenger transportation and growth in the US urban system 1950-1987. Growth and Change, 1992, 23: 218~ 242
- [12] Rimmer P J. Flow of goods, people and information among cities of Northeast Asia. The Korean Journal of Regional Science, 1999, 15(2): 39~ 74
- [13] Matsumoto H. Hub-ness of Asian major cities in terms of international air passenger and cargo flows. The Korean Transport Policy Review, 2003, 10: 103~ 123
- [14] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: Some calculations. Journal of Air Transport Management, 2004, 10: 239~ 247.
- [15] 顾朝林. 中国城镇体系——历史、现状、展望. 北京: 商务印书馆, 1992. 275~ 313
- [16] 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.
- [17] 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
- [18] 金凤君, 王成金. 轴-辐侍服理念下的中国航空网络模式构筑. 地理研究, 2005, 24(5): 774~ 784
- [19] 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
- [20] 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~ 525
- [21] 王成金, 金凤君. 从航空国际网络看我国对外联系的空间演变. 经济地理, 2005, 25(5): 667~ 672
- [22] 刘宏鲤, 周涛. 中国城市航空网络的实证研究与分析. 物理学报, 2007, 56(1): 106~ 112

# Hierarchical structure and distribution pattern of Chinese urban system based on aviation network

XU E Jun-fei

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** The air transportation has become an important conveyance to carry passengers and cargos, and an important factor to influence the regional urban system. The status of a city in the global or national aviation network directly reflects the hierarchy of the city in the global or national urban system. The aviation network which is comprised of nodes (airports) and lines (airlines) represents the spatial accessibility of the cities, and intuitionistically reflects the hierarchical structure and distribution pattern of the national urban system.

This article collects the airline data which include 128 cities open to air traffic and 2083 airlines from China's 14 major airline companies. The correlation analysis proves that in the aviation network the number of urban airlines was positively correlative to the size of the urban population. On this basis, through the aviation network analysis based on the airline network map of Chinese cities, the article uses the methods of charts discriminance and the clustering analysis to classify all the 128 cities into four hierarchies. They are national central cities which include three cities, regional central cities which include seven cities, sub-regional central cities which include 31 cities and general local central cities which include 87 cities. Then, from a unique perspective of aviation network the article reveals the characteristics of the hierarchical structure and distribution pattern of Chinese urban system under the open conditions, including: 1) the urban hierarchical system takes on a typical pyramidal structure, which means the higher the hierarchy of the cities in the system, the smaller the number of cities; 2) the administrative, economic and tourism factors affect the aviation network markedly, consequently affect the urban hierarchical system strongly; 3) the distribution of Chinese cities has obvious differences between east and west, which means the higher hierarchical cities are mainly distribute in the east, and the aviation relation of the west cities is mostly eastward; 4) the three national central cities including Beijing, Shanghai and Guangzhou and the seven regional central cities including Shenzhen, Urumqi, Shenyang, Chengdu, Xi'an, Chongqing and Kunming constitute the fundamental framework of Chinese urban aviation network, and they are the core of the Chinese urban system. The lower hierarchical cities join in the national aviation network through connecting with the higher hierarchical cities, and in this way they become part of the Chinese urban system.

**Key words:** aviation network; airline; Chinese urban system; hierarchical structure; distribution pattern

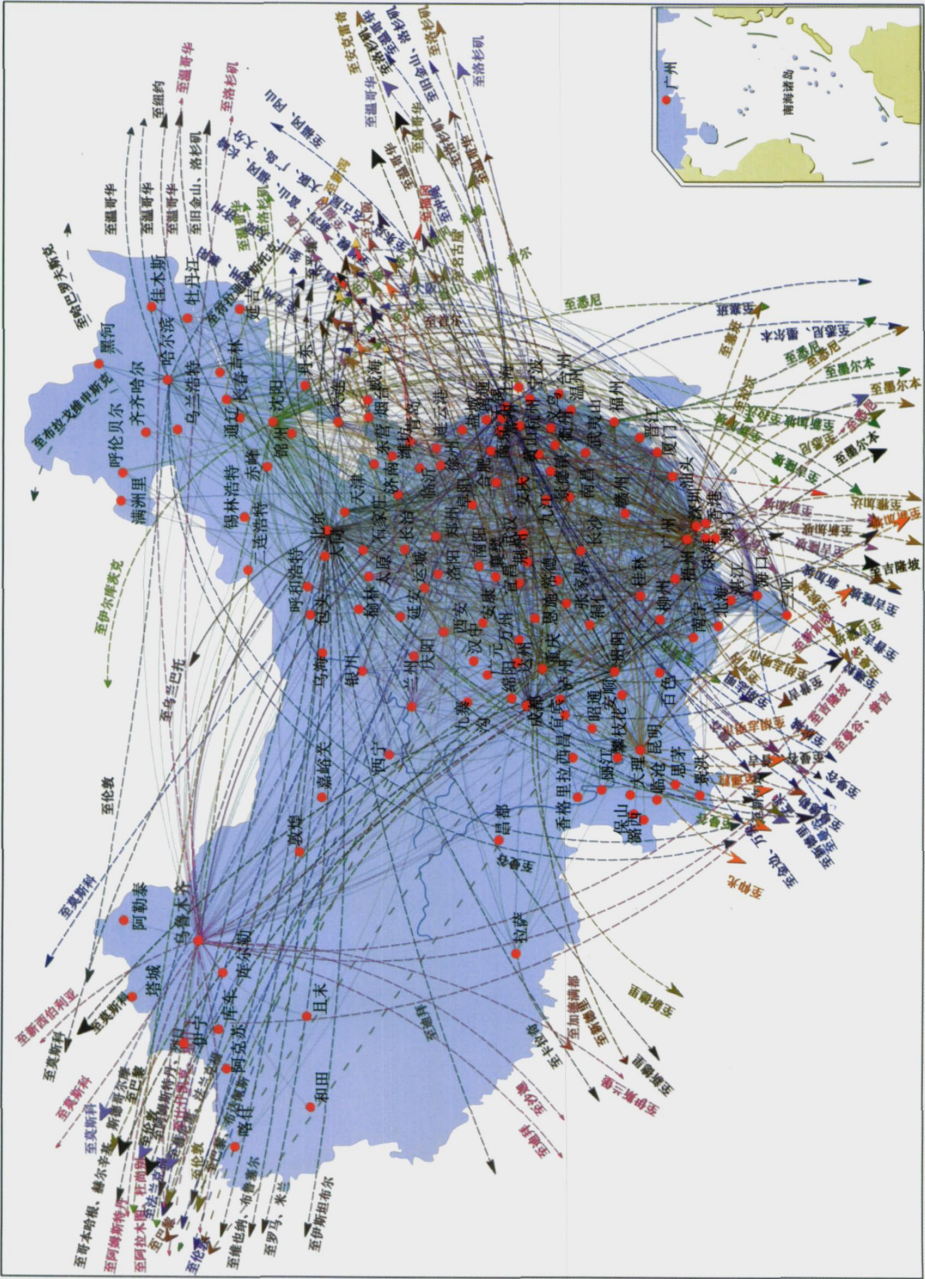


图 1 中国城市航线网络示意图  
Fig.1 Airline network map of Chinese cities