

枢纽机场与多层次轨道交通体系的衔接布局

唐怀海, 潘昭宇

(中国城市和小城镇改革发展中心, 北京 100045)

摘要: 轨道交通是枢纽机场地面集疏运体系的重要组成部分。中国机场地面交通系统建设存在道路服务水平不高、轨道交通客流效益不理想、盲目引入高速铁路、城际铁路等问题。通过分析机场功能定位、客流分布, 研究机场与高速铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通等方式的匹配性与适应性, 以及机场轨道交通线路与客流腹地的连接布局和运营组织模式。研究认为, 枢纽机场应当建设功能匹配适用、布局便捷高效的轨道交通集疏运体系, 优先考虑引入城市轨道交通、市域(郊)铁路, 审慎决策引入高速铁路及城际铁路。轨道交通线路应连接覆盖机场主要客源地, 并与整个多层次轨道交通网络形成便利的衔接换乘关系, 通过干支结合、快慢组合的运输组织方式, 适应航空旅客出行需求。

关键词: 交通规划; 枢纽机场; 多层次轨道交通; 衔接布局

Connecting Layout Between Hub Airport and Multilevel Rail Transit System

Tang Huaihai, Pan Zhaoyu

(China Center for Urban Development, Beijing 100045)

Abstract: Rail transit is an important part of hub airport ground collection and distribution system. There are several problems in the construction of China's airport ground transportation system, such as low level of service of road transportation, unsatisfactory passenger flow benefit of rail transit, unreasonable development of high-speed railway and intercity railway. By analyzing airport functionality and passenger flow distribution, this paper discusses the adaptability of high-speed rail, intercity rail, suburban railway, urban rail transit, in hub airport, as well as the connection layout and operation organization mode between airport rail transit line and passenger flow of airport hinterland. The results show that the hub airport should build a rail transit collection and distribution system with suitable functionalities, and convenient and efficient layout. The priority should be given to urban rail transit and suburban railway, and prudent decisions should be made carefully to introduce high-speed railway and intercity railway. Rail transit lines should connect and cover the main passenger source areas of the airport and form a convenient connection and transfer relationship with the whole multilevel rail network, so as to adapt to the travel needs of air passengers through the transportation organization mode of combining arterial and feeder lines, fast and low speed combination.

Keywords: transportation planning; hub airport; multilevel rail transit system; connecting layout

收稿日期: 2019-11-20

作者简介: 唐怀海(1983—), 男, 安徽萧县人, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 综合交通规划、铁路及轨道交通规划。E-mail: tanghuaihai@126.com

根据中国民用航空局颁布的《2019年民航行业发展统计公报》, 截至2019年底全国民用运输机场238个, 覆盖全国主要城市的机场体系逐步形成。随着航空客运市场增长, 以道路交通为主的地面交通系统压力与日俱增, 制约了机场整体运行效率和服务水平。2008年以来, 高速铁路(以下简称“高

铁”)、城际铁路、城市轨道交通建设加快, 通过整合“机场+轨道”资源, 提升机场地面出行效率及服务水平渐成共识。已有北京、广州、成都等19个城市机场引入城市轨道交通线路, 上海虹桥国际机场也成为空铁联运的典范。与此同时, 出现了轨道交通线路布局不合理、服务水平不高、客流吸

引力不强等问题，不顾实际需求及投资效益，盲目整合“机场+高铁/城际铁路”的现象也日益增多。明确不同层级枢纽机场与高铁、城际铁路、城市轨道交通等多层次轨道交通的适应、匹配关系，优化连接机场及腹地的轨道交通线路布局，对于巩固机场枢纽功能、提高服务水平、避免投资浪费具有重要意义。

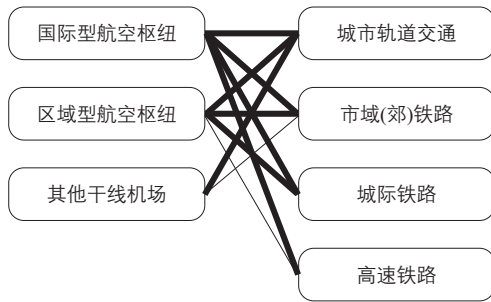


图1 枢纽机场体系与多层次轨道交通体系的匹配关系
Fig.1 Relationship between hub airport system and multilevel rail transit system

表1 中国枢纽机场体系构成

Tab.1 Composition structure of China's hub airport system

枢纽机场体系布局	世界级机场群	国际型枢纽机场所在城市	区域型枢纽机场所在城市
华北机场群	京津冀	北京	天津、石家庄、太原、呼和浩特
东北机场群		哈尔滨	大连、沈阳、长春
华东机场群	长三角	上海	杭州、南京、合肥、宁波；厦门、青岛、福州、济南、南昌、温州
中南机场群	粤港澳	广州、深圳	武汉、长沙、郑州、海口、三亚、南宁、桂林
西南机场群		昆明、成都、重庆	贵阳、拉萨
西北机场群		西安、乌鲁木齐	兰州、银川、西宁

资料来源：《全国民用运输机场规划布局》。

表2 多层次轨道交通体系构成及特征

Tab.2 Composition and characteristics of multilevel rail transit system

轨道交通类型	服务范围	主要客流	线路长度/km	设计速度/(km·h ⁻¹)	站间距/km
高速铁路	国家、区域	商务、旅游、探亲	>300	250~350	>50
城际铁路	城市群	商务、旅游、探亲	>100~300	160~200	5~20
市域(郊)铁路	近(远)郊区与中心城区间通勤 都市圈	近(远)郊区与中心城区间通勤 客流为主	>30~100	100~160	3~8
城市轨道交通	中心城区通勤	中心城区通勤 客流为主	≤30	80~100	1~3

1 枢纽机场与多层次轨道交通体系的匹配关系

枢纽机场体系与多层次轨道交通体系的匹配关系描述如图1所示，连线的粗细代表匹配性的大小。

1.1 枢纽机场体系布局

根据《全国民用运输机场规划布局》及《民用运输机场“十三五”规划》，中国民用机场规划布局为华北、东北、华东、中南、西南、西北6大机场群，将建设京津冀、长三角、粤港澳3大世界级机场群，在北京、上海、广州等10个城市建设国际型枢纽机场，在沈阳、天津、青岛、南京等29个城市建设区域型枢纽机场，形成“世界级机场群—国际型枢纽机场—区域型枢纽机场(3-10-29)”的枢纽机场体系(见表1)。

1.2 多层次轨道交通体系构成

截至2019年底，中国高铁营运里程达到3.5万km，京津冀、长三角、粤港澳等城市群城际铁路里程超过2000km，市域(郊)铁路运营里程近1200km，40个城市的轨道交通线路总长6736.2km^[1]。根据《中长期铁路网规划》，远期中国高铁网络将达到4.5万km，21个主要城镇化地区城际铁路成网，全国将形成34个都市圈^[2]，相应的城市轨道交通及市域(郊)铁路网进一步扩张，高铁服务国家层面区际交通联系、城际铁路连接城市群内主要节点城市、市域(郊)铁路与城市轨道交通支撑大都市圈发展的多层次轨道交通体系基本形成(见表2)。

1.3 枢纽机场对多层次轨道交通的需求

成功枢纽机场的发展经验显示，轨道交通在其地面交通系统中发挥了骨干作用，并具有相当的优越性，承担客流比例达25%~40%(见表3)。据研究统计^[3]，国外42个旅客年吞吐量超过4000万人次的枢纽机场，有轨道交通衔接的达38个，占90.5%；平均衔接轨道交通线路1.7条，类型包括干线铁路、城际铁路、市郊铁路及城市轨道交通等；引入城市轨道交通及市郊铁路的机场36个，占94.5%；引入高铁、城际铁路的机场6个，占15.8%。

由于中国内部航空市场需求增长迅速、

直达客流规模较大, 枢纽机场大多数并未形成轮辐式的航线网络, 而是普遍采取更加经济高效的点对点组织模式^[4], 导致旅客中转率低, 始发、终到旅客比例高。北京、上海、广州等国际型枢纽机场的旅客中转率均低于15%, 地面交通承担了85%以上的客流集散(见表4)。大量的地面集疏运需求, 使得枢纽机场对引入大运量、快速度的轨道交通系统承担地面交通服务的需求显著增强。

1.4 枢纽机场与都市圈轨道交通

根据中国典型枢纽机场客流调查(见表5), 无论是国际型还是区域型枢纽机场, 其70%左右的陆侧客流来源都集中于机场所在城市的市域或都市圈范围。同时, 中国大量机场与城市建成区距离超过30 km, 当高峰期集散需求超过机场专用道路的通过能力, 其可靠性、服务水平大幅降低, 城市端旅客出行需求缺乏必要的服务保障。

根据美国联邦航空管理局的研究^[5], 当机场旅客年吞吐量超过1 000万人次时, 单一道交通方式难以满足交通集散需求, 需要提供多样化的交通运输服务。因此, 在机场所在城市满足城市轨道交通建设条件的前提下, 应考虑将城市轨道交通引入机场。在中国规划布局的41个枢纽机场(上海、北京为“一市两场”)中, 已有19个机场引入城市轨道交通或市域(郊)铁路, 仍有哈尔滨、长春、济南、合肥等22个尚未引入轨道交通(见表6)。

都市圈及市域(郊)铁路在中国目前仍处于培育发展阶段, 仅有温州龙湾国际机场引入市域(郊)铁路S1线。巴黎、法兰克福、东京等都市圈发展成熟的枢纽机场, 结合都市圈人口、就业岗位分布特征, 分别引入了RER、S-bahn、JR等市域(郊)线路。因此, 未来都市圈外围城镇、组团将成为枢纽机场主要的旅客来源地之一, 各枢纽机场有必要对引入市域(郊)铁路提前做好规划预留。

1.5 枢纽机场与高铁

如图2所示, 2018年中国民航(国内)的平均旅客运距已增长至1 440 km, 较高速铁路成网前的2008年增加了10.8%, 大量的中短途航线因高铁线路开通而停飞。大量研究结果显示^[6-7], 高铁对800 km以下的中短途民航运输市场带来冲击, 1 000 km以上的长距离出行仍是航空的优势范围, 1 500 km以

上的航线基本不受影响。因此, 对于枢纽机场, 高铁引入有利也有弊, 并不一定带来客流规模增长和枢纽地位提升, 决策的关键要看机场的功能定位、腹地范围与高铁本身的匹配性, 以及机场航线结构与高铁之间的互补性, 遵循扩大合作、避免竞争的原则。

首先, 为扩大枢纽机场与高铁之间的匹配性和互补性, 要求其客流腹地半径大于

表3 成功枢纽机场引入轨道交通线路及承担客流情况

Tab.3 Rail transit lines and passenger flow of effective hub airports

枢纽机场名称	引入轨道交通线路名称	承担客流比例/%
巴黎戴高乐国际机场	TGV(巴黎郊区联络线)、RER-B线	32
德国法兰克福国际机场	ICE, S-bahn	27
伦敦希斯洛国际机场	希斯洛特快、地铁皮卡迪利线	25
东京成田国际机场	JR成田线、京成本线、成田空港线	39
香港赤鱗角国际机场	机场快线	25

资料来源: 文献[3]。

表4 中国典型枢纽机场的旅客中转率

Tab.4 Passenger transfer rate of typical hub airports in China

枢纽机场名称	2018年旅客吞吐量/万人次	旅客中转率(统计年份)/%	地面交通集疏运比例/%
北京首都国际机场	10 098.3	9.1(2016)	90.9
上海浦东国际机场	7 400.6	12.0(2018)	88.0
广州白云国际机场	6 972.0	12.7(2018)	87.3
昆明长水国际机场	4 708.8	6.5(2015)	93.5

资料来源: 旅客中转率数据来自《首都机场航空枢纽定位研究》上海机场集团《2018CSR社会责任报告》《广州白云机场股份有限公司2018年年度报告》及云南机场集团有限公司官方资料。

表5 中国典型枢纽机场的陆侧旅客来源分布

Tab.5 Distribution of land-side passengers' sources of typical hub airports in China

类型	机场名称	客流来源/%			统计年份
		市域/都市圈	城市群	大区域	
国际型枢纽机场	北京首都国际机场	90	10		2012
	上海虹桥国际机场	85	15		2018
	广州白云国际机场	81	17	2	2017
	昆明长水国际机场	75	6	19	2015
区域型枢纽机场	杭州萧山国际机场	67	33		2016
	南京禄口国际机场	71	29		2017
	宁波栎社国际机场	85	15		2017
	厦门高崎国际机场	70	30		2017
	青岛流亭国际机场	76	24		2012
	郑州新郑国际机场	66	34		2015

资料来源: 根据各机场总体规划或交通调查研究报告整理。

表6 枢纽机场是否引入城市轨道交通的情况(截至2019年10月)

Tab.6 Hub airports with or without urban rail system by the end of October 2019

引入城市轨道交通数量/条	枢纽机场名称	机场数量/座
2	上海虹桥国际机场、深圳宝安国际机场、重庆江北国际机场	3
1	北京首都国际机场、北京大兴国际机场、上海浦东国际机场、广州白云国际机场、成都双流国际机场、昆明长水国际机场、西安咸阳国际机场、乌鲁木齐地窝堡国际机场、南京禄口国际机场、天津滨海国际机场、长沙黄花国际机场、大连周水子国际机场、郑州新郑国际机场、武汉天河国际机场、宁波栎社国际机场、温州龙湾国际机场	16
0	哈尔滨太平国际机场、长春龙嘉国际机场、沈阳桃仙国际机场、兰州中川国际机场、呼和浩特白塔国际机场、银川河东国际机场、西宁曹家堡国际机场、太原武宿国际机场、石家庄正定国际机场、济南遥墙国际机场、青岛流亭国际机场、合肥新桥国际机场、南昌昌北国际机场、杭州萧山国际机场、厦门高崎国际机场、福州长乐国际机场、贵阳龙洞堡国际机场、南宁吴圩国际机场、拉萨贡嘎国际机场、桂林两江国际机场、海口美兰国际机场、三亚凤凰国际机场	22

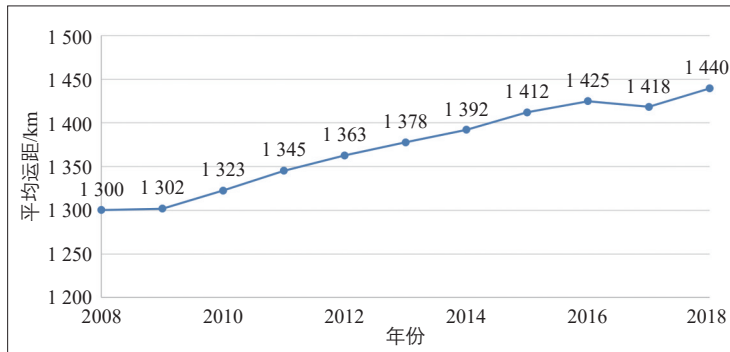


图2 中国民航(国内)运输旅客平均运距变化

Fig.2 Change of average passenger travel distance of civil aviation transportation in China

资料来源: 据历年《中国统计年鉴》数据绘制。

表7 2017年国际型枢纽机场的国际客流比例

Tab.7 International passenger flow proportion of international hub airports in 2017

类型	名称	出入境旅客/万人次	旅客吞吐量/万人次	比例/%
成熟型	上海虹桥国际机场+上海浦东国际机场	3 908.7	11 188.5	34.9
	北京首都国际机场	2 490.0	9 578.6	26.0
	广州白云国际机场	1 524.7	6 580.7	23.2
建设型	成都双流国际机场	539.9	4 980.2	10.8
	深圳宝安国际机场	389.5	4 561.1	8.5
	昆明长水国际机场	340.0	4 472.8	7.6
	重庆江北国际机场	286.9	3 871.5	7.4
	西安咸阳国际机场	203.5	4 185.7	4.9
	哈尔滨太平国际机场	82.3	1 881.0	4.4
	乌鲁木齐地窝堡国际机场	75.8	2 150.0	3.5

资料来源:《中国口岸年鉴2018》。

300 km, 与高铁服务区际出行的功能定位相契合。其次, 枢纽机场的航线结构应与高铁优势出行距离具备较大差异性, 即国际(地区)航线及1 000 km以上的国内长距离航线比例高, 1 000 km以下的中短途航线比例低。第三, 从高铁线路自身客流效益的角度, 枢纽机场与高铁之间单向换乘量应达到150万人次·a⁻¹(即相当于50万人口城市(高铁线路覆盖标准)的年高铁出行量), 意味着枢纽机场旅客年吞吐量超过3 000万人次且300 km以上出行距离的陆侧客流比例超过10%。

目前, 中国枢纽机场国际地位提升主要依赖国内市场增长。已建成的北京、上海、广州等国际型枢纽机场, 由于其国际及地区航线比例高、客流量大(见表7), 与高铁的互补性更强, 引入高铁可共同组成高效服务国内—国际出行的地面—空中交通网络。成都、深圳、重庆、西安等建设中的国际型枢纽机场, 在国际(地区)航线资源的配置中享有优先权, 相互之间的区位距离大于1 000 km、辐射半径超过500 km, 其腹地扩大及区域客流的吸引、服务需要高铁支撑, 引入高铁还能够释放一定量的中短途航线占用的航班时刻及空域资源, 从而更多地投入国际及地区航线, 提升枢纽机场的竞争力。国际型枢纽机场之间的距离和腹地关系如图3所示。

同时也要考虑机场所在城市的高铁线路走向及布局, 是否有效连接或拓展了枢纽客流腹地, 例如处于全国高铁网络边缘的乌鲁木齐, 仅有一条兰新高铁引入, 沿线覆盖范围及人口有限, 耗费巨大人力物力、打造空铁联运枢纽的投资收益就比较低。

区域型枢纽机场数量多、密度高, 且受国际型枢纽机场的辐射影响, 其腹地范围大幅度缩小, 与高铁的互补性下降而竞争性增强。特别是受地理位置及经济、城镇空间布局影响较大的中部地区枢纽机场, 其陆侧客流腹地分布于中心城市及周边中小城市, 而且中短途航线比例高。如长沙黄花国际机场80%以上陆侧客流来自于长株潭地区^[8], 郑州新郑国际机场90%以上陆侧客流都分布在中原城市群^[9], 南昌昌北国际机场、武汉天河国际机场1 000 km以下的航线比例分别接近58%和57%(见表8), 加上郑州、武汉、长沙等城市米字型的高铁网络布局, 高铁与机场航线之间的替代性非常强, 相互补充合作的基础和潜力很小。在这种情形下, 枢纽机场引入高铁就没有太大的必要, 即使引入,

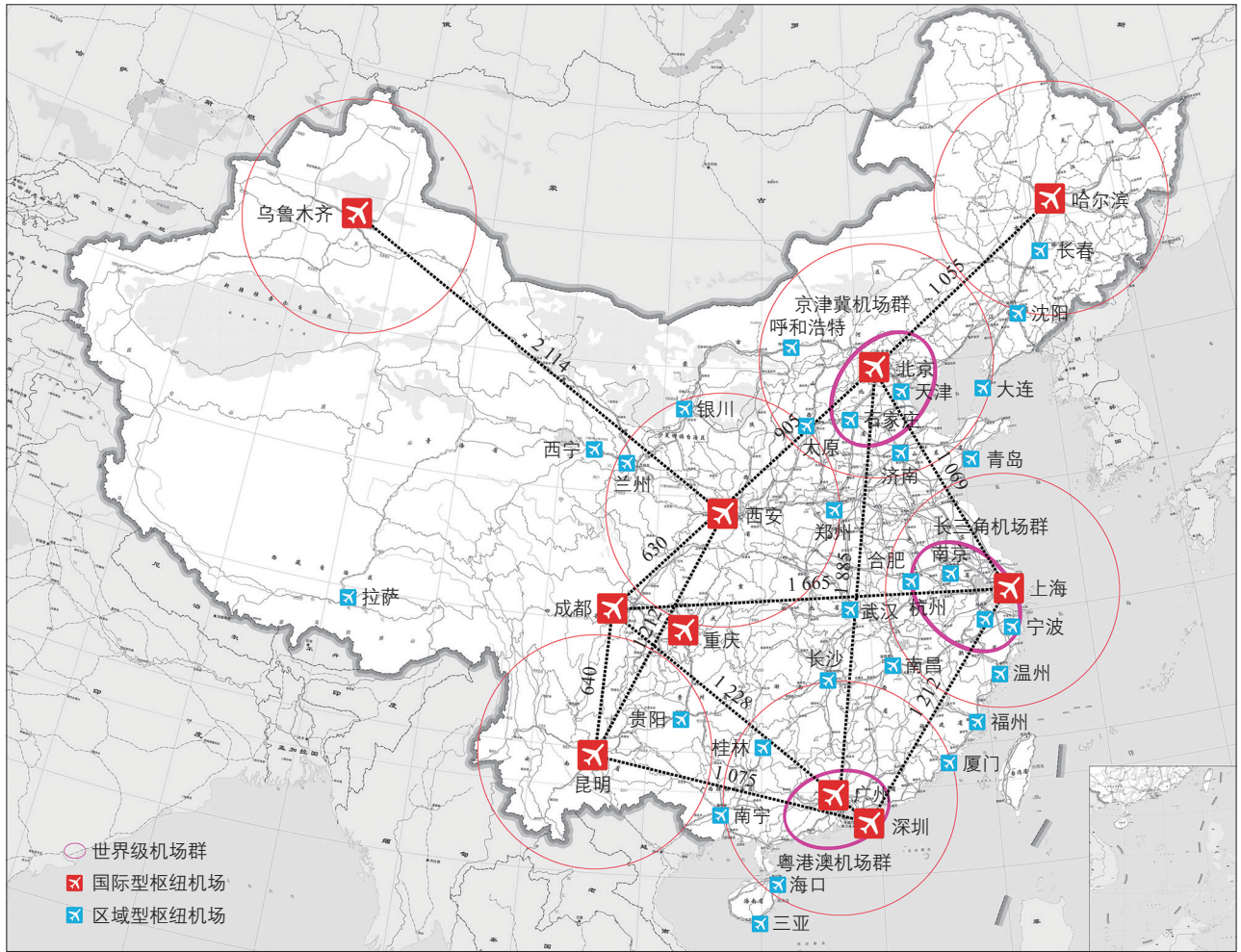


图3 国际型枢纽机场之间的距离、腹地关系

Fig.3 Distance and hinterland relationship between international hub airports

相互之间的换乘客流也比较少，进而造成较大的投资浪费。

但有一种情形，对于在全球城市 (Globalization and World Cities, GaWC) 排名靠前、需代表国家参与国际竞争的国家或区域中心城市的区域型枢纽机场，如杭州萧山国际机场，为支撑杭州城市竞争力提升，需要具备较强的国际功能；同时，在长三角一体化、世界级机场群建设的背景下，其需与上海国际枢纽机场共同构成长三角地区对外的窗口，在高铁线路布局较为便利的条件下，可以顺便引入高铁线路开展空铁联运。

1.6 枢纽机场与城际铁路

根据枢纽机场的陆侧客流分布(见表5)，无论国际型还是区域型枢纽机场，城市群地区都是其重要的客源地之一，通常占枢纽机场客流的15%~30%。京津冀、长三角、粤港澳、成渝等城市群纷纷提出要打造“轨道上的城市群”，未来轨道交通将成为城市群地区主要的出行方式。城际铁路的长度

(100~300 km)与枢纽机场城市群地区客流需求高度契合，且城际铁路与机场航线之间基本不存在竞争关系，相互之间有着较大的合作潜力。同时，京津冀、长三角、珠三角等三大世界级机场群，通过城际铁路网将城市群内的机场群连接起来，相互成为备降机场，有利于航线、空域、时刻等资源在机场群的优化配置，实现功能协同并提高整体的运行效率和服务水平，为旅客提供更大程度的方便。因此，当城市群客流需求达到一定规模时，国际型枢纽机场和作为城市群中心的区域型枢纽机场可考虑引入城际铁路。

2 多层次轨道交通与枢纽机场腹地的连接布局

2.1 都市圈轨道交通

为了提升机场轨道交通的客流效益和服务水平，轨道交通线路要在与空间规划布局相协调的基础上，实现对承载中心城市区域影响力的主要功能空间及都市圈主要组团的

表8 2017年区域型枢纽机场的航班距离分布

Tab.8 Flight distance distribution of regional hub airports in 2017 %

机场名称	航线距离/km			
	<500	500~<1000	1 000~<1 500	≥1 500
杭州萧山国际机场	0.4	20.3	51.8	27.5
合肥新桥国际机场	6.2	28.4	50.7	14.7
济南遥墙国际机场	8.8	15.8	39.3	36.1
兰州中川国际机场	1.8	30.8	30.7	36.7
南昌昌北国际机场	3.5	54.2	36.2	6.10
南京禄口国际机场	0.7	35.1	47.5	16.7
宁波栎社国际机场	1.1	19.8	53.3	25.8
青岛流亭国际机场	7.1	42.1	24.6	26.2
厦门高崎国际机场	1.6	37.9	28.1	32.4
武汉天河国际机场	2.8	53.6	35.2	8.40
长沙黄花国际机场	1.1	47.5	39.0	12.4
郑州新郑国际机场	1.4	34.6	45.6	18.4

资料来源: <https://map.airsavvi.com/>。

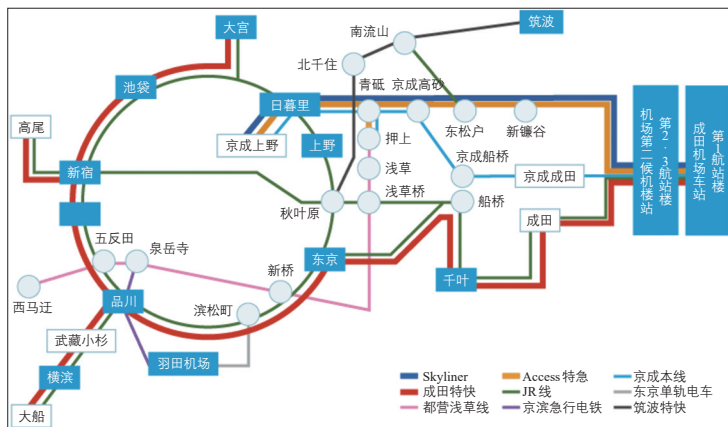


图4 成田机场轨道交通与东京都市圈的连接布局

Fig.4 Connection layout between Narita Airport rail transit and Tokyo Metropolitan Area

资料来源: 文献[10]。

连接与覆盖, 并通过与整个轨道交通网络的一体、高效衔接, 将机场嵌入都市圈轨道交通网络中。在机场端, 轨道交通线路应统筹机场跑道、航站楼构型等因素合理选址设站, 并与机场主航站区形成无缝衔接、一体化布局的综合交通枢纽, 方便旅客换乘。

东京成田国际机场共有JR成田线、京成本线、成田空港线等3条轨道交通线路连接机场与东京都市圈, 并与山手线、押上线、都营地铁浅草线等实现直通运营(见图4)。通过京成Skyliner、Access、成田特快等多种列车组织方式提供多样化的运输服务, 保障乘客不用换乘直达东京站、池袋、新宿、涉谷、品川等枢纽及副中心地区^[10]。

中国枢纽机场的轨道交通线路在布局及运输组织方式上仍较为单一, 未能实现对承载中心城市区域功能的主要空间及都市圈主要组团连接与覆盖, 导致线路客流效益、服务水平低下。以北京地铁首都机场线为例^[11-12], 线路自首都机场T2、T3航站楼至东直门, 提供点到点服务, 可在三元桥、东直门站换乘地铁10号线、2号线两个环线。与北京地铁网的单线连通、换乘节点少, 且与中关村、国贸CBD、使馆区、金融街、三里河等地区未能实现直接联系等原因, 导致首都机场线的效率和吸引力大大降低, 承担集疏运比例仅为12%^[10], 远低于国际成功枢纽机场25%~40%的水平。根据相关调查, 轨道交通换乘增加一次将损失约40%的客流。理想条件下的首都机场线, 应当与轨道交通2号线、10号线、5号线的局部区间实现直通运营, 开行至中关村、国贸CBD、使馆区、金融街、三里河等地区直达列车, 提高乘客出行效率(见图5)。

昆明长水国际机场(以下简称“长水机场”)规划引入3条轨道交通线路^[13]。通过已经建成的地铁6号线连接中心城区与机场枢纽, 同时规划引入东西快线、轨道交通9号线等都市圈轨道交通快线, 实现对呈贡、晋宁、安宁等都市圈主要功能区的连接覆盖, 为机场地面交通服务提供保障(见图6)。

为提高服务水平、增加线路吸引力, 机场轨道交通还应通过优化运输组织、提供多样化列车服务, 缩短发车间隔、旅行时间等方式, 建立对小汽车、出租汽车等道路交通方式的竞争优势。国外枢纽机场轨道交通至城市中心区的出行时间普遍在60 min以内, 法兰克福、伦敦、巴黎等轨道交通出行分担

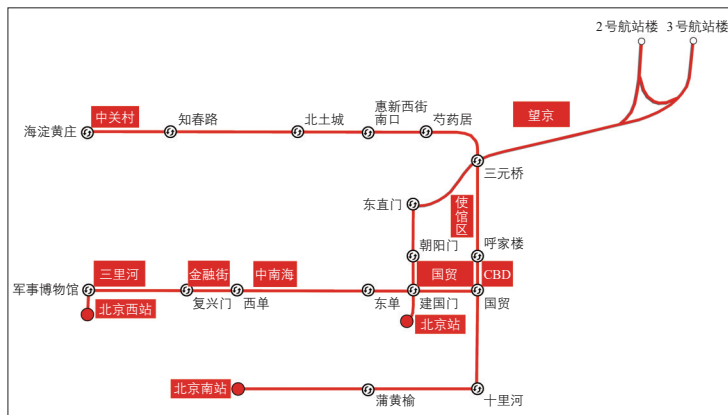


图5 北京首都机场快轨理想的运输组织方式

Fig.5 Effective transportation mode of express railway in Beijing Capital Airport

率超过 25% 的枢纽机场均控制在 45 min 以内，而北京首都国际机场至天安门东站的轨道交通出行时耗为 62 min(见表 9)，相对路路交通的竞争力明显偏低。

2.2 高铁及城际铁路

对于有需求、有条件引入高铁及城际铁路的枢纽机场，仅仅引入单条线路所能连接的地区和覆盖的人口有限，不利于通过发挥网络及规模效应提升投资效益。建议当机场所在城市规划有多条高铁、城际铁路线，应在与城市空间布局相协调的基础上，通过建设枢纽联络线、直径线、环线等方式优化铁路枢纽布局，实现高铁、城际铁路引入机场的多方向列车进路，从而形成网络规模效应，服务枢纽腹地多向客流。

巴黎戴高乐国际机场是引入高铁的成功案例之一。巴黎通过 TGV 郊区联络线建设^[14]，将机场嵌入法国高铁网络中，并通过各高铁线之间联络线的建设，将法国 TGV 北方线、欧洲东部线、东南线、大西洋线引入机场。每天在戴高乐机场停靠的列车班次达 83 列，高铁与机场之间换乘的客流量近 300 万人次·a⁻¹，有效扩展了机场对区域旅客集疏运的服务水平。上海虹桥国际机场也成功引入京沪高铁、沪杭高铁，2018 年虹桥枢纽的空铁联运客流达 358 万人次·a⁻¹。

长水机场引入渝昆高铁的枢纽建设工程已经启动。机场处于云南省对外交通走廊，作为国家重点打造的面向欧亚地区的门户型枢纽机场，有必要通过高铁、城际铁路的引入提升枢纽地位。2016 年，长水机场抓住机场总体规划修编及渝昆高铁可行性研究的机遇，将渝昆高铁正线引入机场，并实现与 T2 航站楼一体化布局(见图 7)。

同时结合昆明铁路枢纽布局调整，通过联络线建设，增加沪昆、云桂等高铁线路引入机场进路，弥补了当年与沪昆高铁擦肩而过的遗憾，为会泽、昭通、曲靖、贵安、晴隆、红河、文山等方向旅客提供便捷的集疏运服务。引入 3 条线路是仅仅引入渝昆高铁 1 条线路所覆盖人口的 6 倍(见表 10)，大大扩展了长水机场的腹地范围，并提升其区域旅客集疏运水平。在城际铁路规划衔接方面，建议通过规划城际铁路环线，实现昆明至大理、玉溪、石林等方向的城际铁路引入长水机场并设站，强化对于整个滇中城市群的辐射和服务功能^[13]。

3 结语

枢纽机场与多层次轨道交通体系的衔接匹配应当基于扩大互补、降低竞争的原则，统筹考虑枢纽机场的功能定位、客流需求、航线分布等进行综合决策。在满足国家轨道交通建设条件的情况下，当机场旅客吞吐量超过 1 000 万人次·a⁻¹ 时，应首先与中心城区/都市圈轨道交通系统连接；国际型枢纽机场的大区域客流需求超过 300 万人次·a⁻¹ 时，可以考虑高铁线路的引入，航线结构与高铁替代性强的区域型枢纽机场应当审慎考虑引入高铁；当城市群客流需求达到一定规模，且

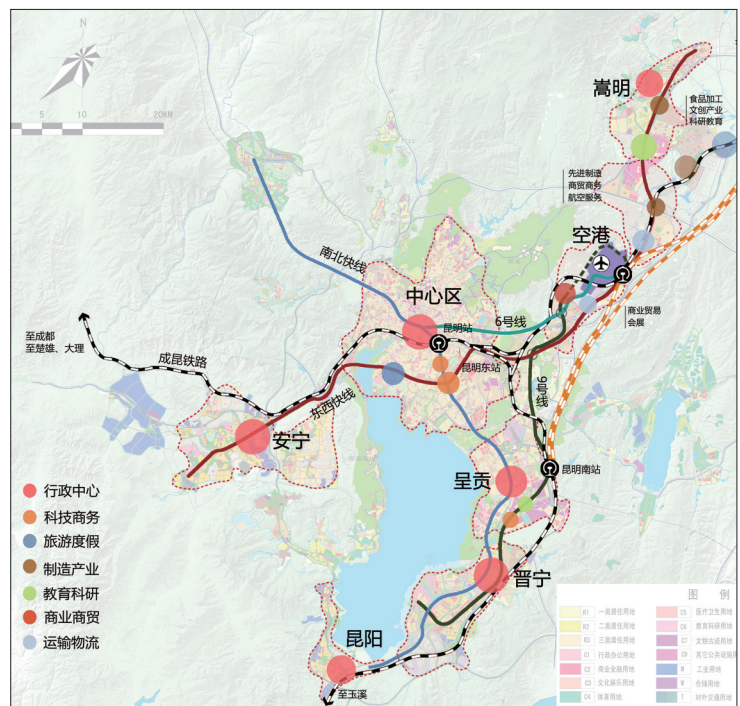


图 6 长水机场城市轨道交通及市域轨道交通快线的布局方案

Fig.6 Layout scheme of urban rail transit and rail transit express line in Changshui Airport

资料来源：文献[13]。

表 9 枢纽机场至城市中心区的出行时间

Tab.9 Travel time from hub airport to city center

机场名称	出行时间/min		轨道交通与道路 交通时间对比
	城市道路(驾车)	轨道交通	
东京成田国际机场	70	50	0.71
法兰克福国际机场	40	27	0.68
巴黎戴高乐国际机场	48	28	0.58
伦敦希斯洛国际机场	45	45(快线 15)	1.00(0.33)
北京首都国际机场	34	62	1.82

资料来源：根据百度地图查询测算。

有机场群建设任务时，国际型和区域型枢纽机场应考虑引入城际铁路。多层次轨道交通与枢纽机场腹地的连接布局应充分发挥网络和规模效益，尽量引入多条线路，实现对机场主要客源地的连接和覆盖。同时与整个多层次轨道交通网络实现多线多点换乘、贯通组织运营，提升多层次轨道交通的客流效益和服务水平。

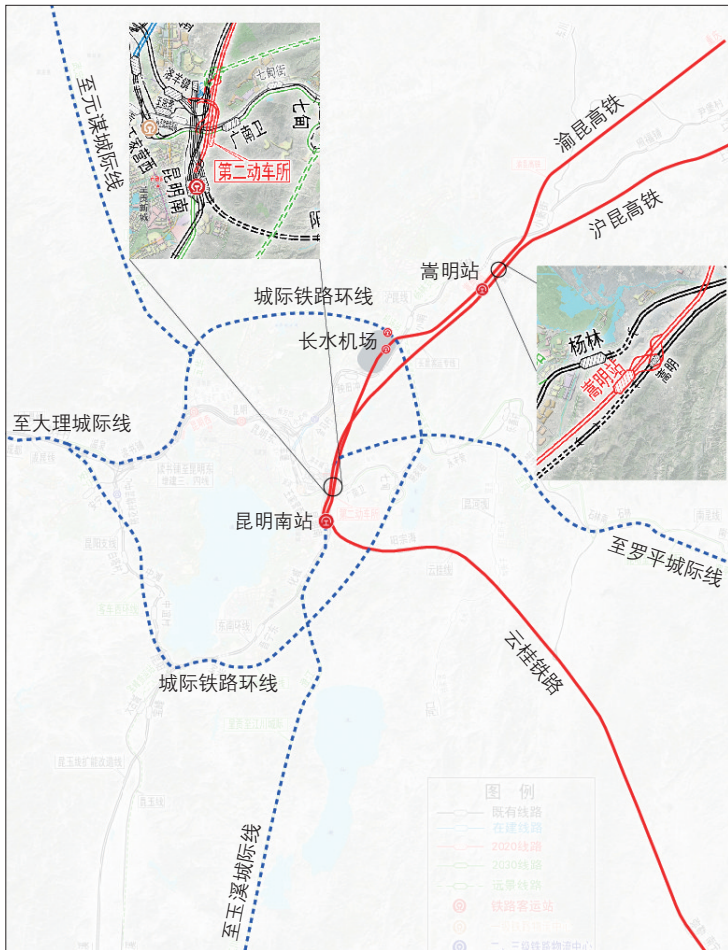


图7 长水机场高铁及城际铁路引入布局方案

Fig.7 Layout scheme of high-speed railway and intercity railway in Changshui Airport

资料来源：文献[13]。

表10 长水机场引入高铁后的腹地拓展情况

Tab.10 Hinterland development of Changshui Airport after the introduction of high-speed railway

引入线路名称	连接城市及地区	覆盖增加人口/万人
渝昆高铁	昭通、曲靖	155
沪昆高铁	曲靖、六盘水、黔西南州、安顺	548
云桂铁路	红河、文山	208

资料来源：文献[13]。

参考文献：

References:

[1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通2019年度统计和分析报告[R]. 北京：中国城市轨道交通协会，2020.

[2] 尹稚，袁昕，卢庆强，等. 中国都市圈发展报告2018[M]. 北京：清华大学出版社，2019.

[3] 中国民航工程咨询有限公司. 枢纽机场旅客轨道集疏运系统研究[R]. 北京：中国民航工程咨询有限公司，2019.

[4] 叶航. 滚动式或轮辐式，我们需要什么样的航空枢纽？[J]. 空运商务，2019(3)：14-17.

[5] 陈欣，范东涛，过秀成. 轨道交通在机场地面交通体系中的应用[J]. 都市轨道交通，2010，23(04)：23-26+58.

[6] 张莉，姚津津. 高铁对民航业发展影响的实证分析[J]. 综合运输，2016，38(12)：32-36+45.
Zhang Li, Yao Jinjin. Empirical Research in High-Speed Rail's Impact on Civil Aviation and Its Implications[J]. China Transportation Review, 2016, 38(12): 32-36+45.

[7] 上海新时代民航设计院. 昆明机场总体规划修编[R]. 上海：上海新时代民航设计院，2016.

[8] 中国城市规划设计研究院. 长沙黄花机场地区发展战略前期研究[R]. 北京：中国城市规划设计研究院，2010.

[9] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 郑州新郑国际机场综合交通规划研究[R]. 上海：上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司，2015.

[10] Narita Airport. 与东京市中心的交通[EB/OL]. 2018[2019-11-12]. https://www.narita-airport.jp/ch1/access/city_access.

[11] 北京市交通信息中心. 北京市轨道交通机场快轨客流特征分析[R]. 北京：北京市交通信息中心，2017.

[12] 百度慧眼-深规院联合创新实验室. 基于机场客流大数据的广深港城市职能大揭秘[EB/OL]. 2018[2019-11-12]. <https://mp.weixin.qq.com/s/WgAtacCh7KD5Pnk2BI2rvA>.

[13] 中国城市和小城镇改革发展中心. 昆明长水空港枢纽综合交通规划[R]. 北京：中国城市和小城镇改革发展中心，2016.

[14] 王志美，林柏梁. 法国巴黎高铁环形联络线客流疏运研究[J]. 中国铁路，2012(3)：92-95.