



航空港规划丛书

HANGKONGGANG GUIHUA CONGSHU

李文沛 刘武君 著

机场旅客捷运系统规划

JICHANG LUKE
JIEYUN XITONG GUIHUA

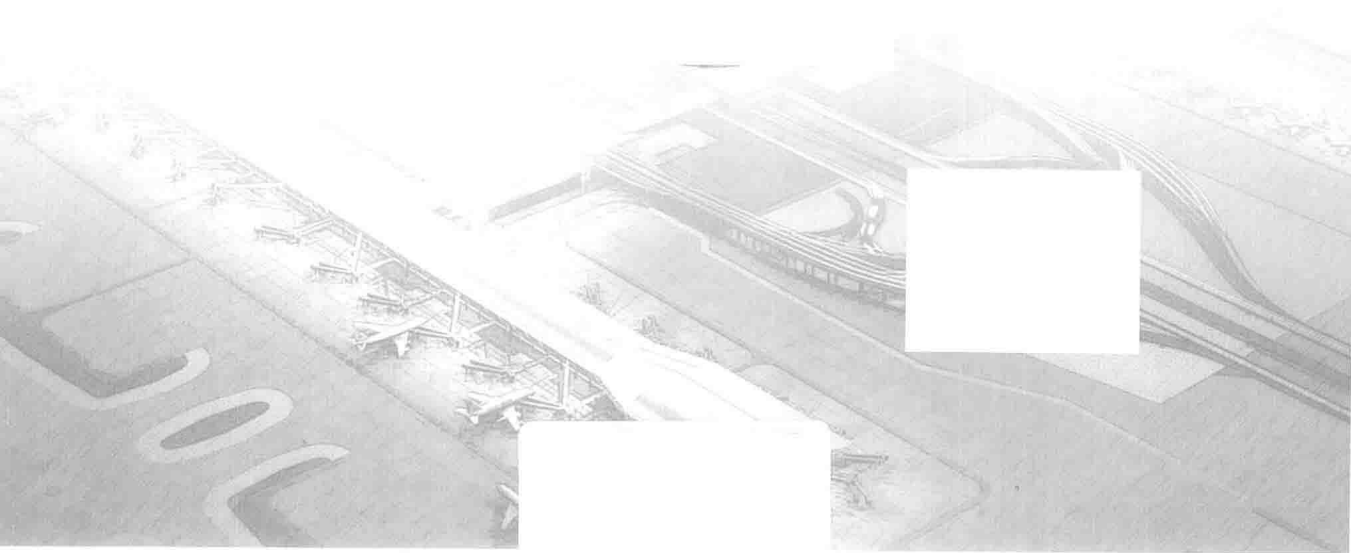
- 捷运系统是整合机场和轨道两方面特性后的产物，首要是遵循机场的一般运行规律，以服务机场为导向。
- 捷运系统的建成规模，应与机场设施（航站楼、卫星厅）建设目标年、终端目标年规模匹配，因此不能直接采用一般轨道交通的初、近、远期。同时，规划及建设预留条件，应满足机场终端规模。
- 捷运系统是机场运行服务的环节之一。对于机场而言，捷运系统的建设成本及建成后的运营维护支出是一项非常大的费用支出。因此，在满足机场旅客运输需求及确保捷运系统高可靠性、高舒适性的前提下，为维持机场可持续发展，对捷运系统的成本进行控制是非常必要的。

上海科学技术出版社
SHANGHAI SCIENTIFIC & TECHNICAL PUBLISHERS

航空港规划丛书

机场旅客捷运系统规划

李文沛 刘武君 / 著



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机场旅客捷运系统规划 / 李文沛, 刘武君著. —上海: 上海科学技术出版社, 2015. 9

(航空港规划丛书)

ISBN 978-7-5478-2778-9

I. ①机… II. ①李… ②刘… III. ①国际机场—交通运输系统—系统规划 IV. ①TU248.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 189647 号

机场旅客捷运系统规划

李文沛 刘武君 著

上海世纪出版股份有限公司 出版

上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.75

字数 220 千字

2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2778-9/V · 13

定价: 98.00 元

内 容 提 要

本书基于国内外 40 多个机场捷运系统案例分析,对机场捷运系统规划的一般性规律和基础理论进行了研究和分析,包括机场捷运系统的定义、分类、组成、规划等。

全书共分为八章:机场规划与捷运系统,运输需求与运输组织,捷运系统的运营维护,系统制式及比选,应急救援与空防安全,捷运系统的规划设计,捷运系统的成本分析,结语。最后总结得出机场捷运系统成功的两个重要因素:一是符合机场规划与发展的实际需求;二是捷运系统的可持续发展。

本书主要提供给从事机场建设、运营管理的人员,机场捷运系统规划、设计、施工的技术人员和管理人员等使用,也可供从事其他交通方式的规划、设计、研究人员参考。



前 言



根据最新的民航业统计数据,截至 2014 年我国已有 24 个机场年旅客吞吐量达到 1 000 万人次以上。从机场发展的经验来看,这些年旅客吞吐量 1 000 万人次以上的机场将来都有建设捷运系统的需求。目前,中国内地只有北京首都机场建成运行了一套陆侧捷运系统。但上海浦东机场与虹桥机场、深圳宝安机场、重庆江北机场、昆明长水机场、沈阳桃仙机场、西安咸阳机场、郑州新郑机场等许多机场都规划了捷运系统。

研究机场捷运系统的规划已是当务之急。因此,国家民航局将“大型枢纽机场旅客捷运系统关键技术研究”列入 2015 年重大科技专项,上海市科委于 2014 年已正式批复了“浦东国际机场旅客捷运系统关键技术研究与应用”科研计划,从科研与工程相结合角度,力求解决一批技术难题,特别是支撑钢轮技术在机场空侧的应用。与此同时,我国轨道交通研发制造、装备、应用水平目前已处于世界前列,特别是钢轮制式,已经全国产化,并出口海外。胶轮、单轨等新技术也开启了合资生产新局面,将在未来为机场捷运系统制式选择,提供更多可能性,为机场捷运系统的研发与应用奠定了坚实的产业基础。

机场捷运系统起源于美国,在欧美等地大型机场应用较为广泛,且绝大部分机场选用的是胶轮制式。欧美地区各国比我国的人口密度低,而且它们的机场已经历航空旅客的长期增长,各国机场吞吐量已趋于平稳,这些机场中的大多数最初规划都没有捷运系统,是在后来的发

展中才提出这一需求的,这就造成了他们的捷运系统实施的物理空间条件差,需要开发新的运载工具。为此开发出来的胶轮车辆具有较小的转弯半径和良好的爬坡性能,而且更轻巧,正好能够满足上述空间环境的苛刻要求。

另一方面,作为捷运系统应用最多的美国,其“小汽车+飞机”的出行模式决定了很少有机场将城市轨道系统引入机场。他们在做捷运系统时不具备机场内已有轨道系统的条件,因此他们更多地选择了运量较小的胶轮系统,只满足机场内部的小客流需求即可。相比而言,我国民航短期内高速发展,呈现出“需求量大、规划先行”的特征。除了北上广机场年旅客吞吐量已超过5 000万人次外,会有越来越多的省会城市机场将很快加入这一行列,这些机场的规模也越来越大。同时,我国的机场总是规划先行,为捷运系统的建设创造了非常好的空间环境。当前我国正在大力推进综合交通枢纽的建设,铁路和城市轨道系统的引入已经成为国内所有大型机场规划建设的共识,几乎所有大型机场都在捷运系统建设之前就引入了城市轨道交通。这为我国机场内部的捷运系统提供了更多的选择空间,以“地铁”为代表的钢轮系统必将成为最大的市场主力。

通过对机场捷运系统发展的研究,笔者认为机场捷运系统呈现出如下发展趋势:

(1) 捷运系统的应用将呈现多样性,更加以人为本,使用将更加灵活。

(2) 捷运系统制式的选择也将更加多样化。系统制式选择将综合机场规划与运营的需求,将更多地考虑经济与管理等方面因素,从而使我国机场捷运系统将呈现多种制式并存的局面。

(3) 捷运系统建设和运营维护管理的专业化、市场化发展模式将逐步完善。

(4) 捷运系统在机场规划设计领域的重要性日趋显著。随着捷运系统的应用越来越多,捷运系统将同行李系统一样成为机场运行的专业核心系统。

目前,我国机场捷运系统规划设计尚处于起步阶段,相关规范标准基本空白。本书力求通过大量捷运系统的案例分析,总结出捷运系统规划的一般规律和方法,帮助参与捷运系统规划、运营的各方更好地理解捷运系统,共创捷运系统在我国的发展模式。

机场捷运系统可分为机场空侧捷运系统和陆侧捷运系统。陆侧捷运系统更接近于城市轨道系统,少有机场特色。而空侧捷运系统则与机场运行关系最为密切,与机场各运行系统交叉界面复杂,是机场捷运系统规划必须系统研究的课题。因此,本书以有固定轨道运行的空侧捷运系统为主要研究对象。

本书所讲的“捷运系统”,是指民用机场的旅客捷运系统。通常我们大家所说的



“APM”,其英文全称为 Automatic People Moving,即自动旅客输送系统。现在民航界已将其作为胶轮旅客输送系统的代名词,偏离了英文原意。因此,本书中不再使用 APM 这个词,将以“胶轮系统”来代指胶轮旅客输送系统。

最后,希望本书的出版起到抛砖引玉的作用,开启捷运系统研究、开发、建设的新时代!

本书及相关研究课题的主要参与者为上海久创建设管理有限公司唐炜、杜磊、包亚敏、张恒、方宁、嵇仁尧、汪天翔,上海机场(集团)有限公司邵百俭、董政民、黄兴斌、段和华、陈华、王晓鸿、林晨、罗琳、陈军等。

感谢在成书过程中和规划研究过程中给我们提供了诸多帮助的中国民航机场建设集团公司、兰德隆与布朗交通技术咨询公司、上海市政工程研究总院(集团)有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、上海申通地铁集团有限公司等单位。

作者

2015年6月17日

目 录



第 1 章 机场规划与捷运系统 1

1.1 机场与捷运系统规划 2

1.1.1 机场规划的主要内容 2

1.1.2 捷运系统与机场功能区的关系 3

1.1.3 捷运系统的功能与应用 4

1.2 国内外捷运系统案例研究 4

1.2.1 应用形式 5

1.2.2 布局模式 6

1.3 捷运系统与一般轨道交通的差异性 10

1.4 小结 13

第 2 章 运输需求与运输组织 15

2.1 捷运系统的功能定位 16

2.2 捷运系统的需求分析 17

2.2.1 流程分析 17

2.2.2 流量分析 17

2.3 捷运系统的服务水平 25

2.4 运输组织 27

2.4.1 常见的运输组织方案 28

2.4.2 运行模式规划 32

2.4.3 运输组织的车站方案 34

2.5 小结 38

***** 第3章 捷运系统的运营维护 41

3.1 运营维护管理模式 45

3.1.1 专业化、社会化、市场化原则 45

3.1.2 国内外捷运系统常见运维管理模式 45

3.1.3 主要运营维护管理模式分析 52

3.2 高可靠性的运行 53

3.2.1 高可靠性的运行要求 53

3.2.2 提供系统运行可靠性的主要对策 54

3.3 捷运系统的运维界面 57

3.3.1 空间界面划分 57

3.3.2 系统界面划分 58

3.3.3 运行指挥系统架构 59

3.4 小结 60

***** 第4章 捷运系统的制式与比选 61

4.1 系统制式及车辆类型 62

4.1.1 制式分类 62

4.1.2 制式适用性分析 67

4.2 基于具体项目的系统制式比选 69

4.2.1 比选的必要性与时机 69

4.2.2 比选分析工作 70

4.3 小结 71

***** 第5章 应急救援与空防安全 73

5.1 旅客应急疏散与救援 74

5.1.1 常见的应急疏散与救援方式 74

5.1.2 捷运系统的突发事件分析 76

5.1.3 应急救援管理 76

5.2 应急疏导与救援规划 76



5.2.1 区间应急疏导与救援	78
5.2.2 车站应急疏导与救援	79
5.2.3 救援人员与消防员通道	79
5.3 空防安全	79
5.3.1 空防安全的内涵	79
5.3.2 空防安全系统规划	80
5.4 小结	85

第6章 捷运系统的规划设计 87

6.1 车站与车辆	88
6.1.1 车站	88
6.1.2 车辆	90
6.2 轨道区间	91
6.2.1 轨道形式与车辆制式	92
6.2.2 区间空间尺寸控制	95
6.2.3 减振降噪	96
6.3 牵引供电	97
6.3.1 供电系统与航站楼的界面	99
6.3.2 牵引系统与运行方案的配合	99
6.4 信号与运行中心	100
6.4.1 信号系统规划	100
6.4.2 运行中心规划	102
6.5 维修基地	106
6.5.1 维护与维修基地的选址	106
6.5.2 车辆检修制度	107
6.5.3 功能分区与规划布局	110
6.6 小结	112

第7章 捷运系统的成本控制 113

7.1 捷运系统的成本构成	114
7.1.1 建设成本	114

7.1.2 运营成本	115
7.2 需求管控	115
7.2.1 运输需求分析	116
7.2.2 车辆制式的选择	118
7.2.3 运行方案的优化	120
7.3 项目的总体筹划	121
7.3.1 全生命周期成本管控	121
7.3.2 建设成本分析	122
7.3.3 运维成本分析	123
7.4 成本目标的管控	124
7.4.1 必须足额投入的成本要素	125
7.4.2 尽可能控制投入的成本要素	126
7.4.3 需要增加投入的因素	130
7.5 小结	131
第8章 结语	133
8.1 捷运系统的特征	134
8.2 捷运系统的规划要点	135
8.3 捷运系统规划展望	136
附录 世界主要机场捷运系统简介	139
图索引	168
表索引	171
案例目录	172
参考文献	174

机 场 旅 客 捷 运 系 统 规 划

第 1 章



机场规划与捷运系统

要了解捷运系统,就离不开对机场的基本认识,需要对机场规划的特点有所掌握。机场规划布局的变化将会带来穿行于其中的捷运系统规划方案的变化。虽然世界各地机场布局各有特点,但可以从应用形式、布局模式上归为几类,有相应的规律可循。本章主要阐述机场与捷运系统的关系,研究总结国内外案例的应用形式和布局模式,分析捷运系统与一般轨道交通的差异性。

1.1 机场与捷运系统规划

1.1.1 机场规划的主要内容

研究捷运系统规划,首先要了解机场规划,以及捷运系统在机场的功能定位、应用范围与相关规划的关系等。同时,捷运系统的技术和装备与目前的城市轨道交通技术一致,又有不同于城市轨道交通之处,具有其自身的特征和需求。

机场规划包括许多内容,涵盖运输组织与空港定位、机场规模与需求分析、总体规划与运营管理、空港融资与空港规划、飞行区规划、空域规划与飞行程序、航站区规划、旅客集散运系统规划、货运区规划、机务区规划、运营信息系统规划、行李系统规划、捷运系统规划、可持续发展规划、其他航空设施规划、航油市政设施规划等。捷运系统只是机场的总体规划系统中的一部分内容,它与机场规划的其他内容又相互交叉,与这些规划内容都有密切的关系。

机场功能区通常被划分为飞行区、航站区、货运区、机务区、工作区和相关产业区。捷运系统是连接各个功能区的运输工具,通常是为了解决航站楼内、航站楼与航站楼、航站楼与卫星厅的连接问题,最常见的是在航站区内的应用。本书中重点研究航站区空侧旅客运输问题。



1.1.2 捷运系统与机场功能区的关系

航站区内的捷运系统包括：航站楼候机廊内、航站楼与航站楼之间、航站楼与卫星厅之间、航站楼与停车设施之间等多种捷运系统。也可以按捷运系统所处的位置，分为陆侧的捷运系统和空侧的捷运系统。

机场的陆侧交通中心与航站楼之间，有时候也需要捷运系统，这取决于交通中心与航站楼之间的关系。这种关系可以归纳为以下两种形式，一是交通中心嵌入旅客航站区。多数机场的航站楼与交通中心距离相对较近，可以通过人行步道系统解决，例如首都机场、浦东机场就是该种形式。但是国外有些机场对于此类情形仍然采用穿梭运行的捷运系统运送旅客；二是陆侧交通中心与机场是搭接式，交通中心与航站楼之间相距一定距离时，采用捷运系统连接是一种相对合理的解决方式（见图1-1）。

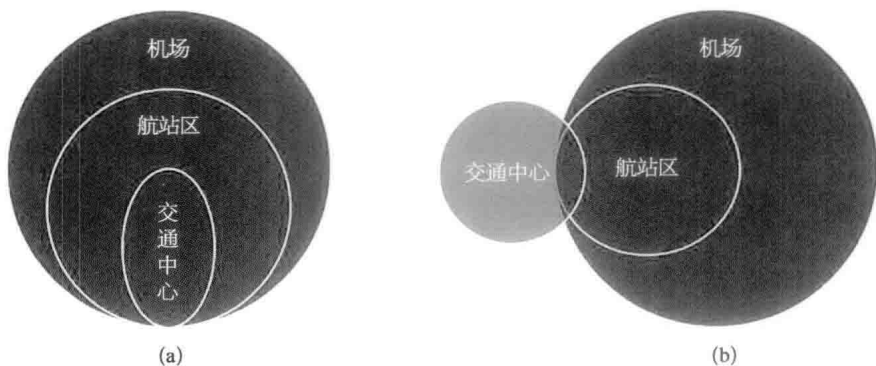


图1-1 陆侧交通中心与航站区的关系

(a) 嵌入式；(b) 搭接式

一座大型机场的发展过程中，受诸多复杂的因素影响，各功能模块和产业园区是适应不同时期的不同需求发展起来的。在机场规划中这些功能模块和产业园区总是按不同分区“适度集中”，但是无法避免机场分区相距较远的问题，这就会引出如何解决这些模块间交通出行的问题，也就是捷运系统的需求。

捷运系统根据其应用区域的不同，可以分为空侧与陆侧系统两大类。因此，不同的航站楼布置形式会影响到捷运系统的规划，所以在进行捷运系统规划时需要研究航站楼的布局模式。通过调研，我们知道航站区的布置大体可分为前置廊型、指廊型和卫星厅型以及它们的组合型。这三种主要布局形式，在达到一定规模之后，旅客步行距离变长，就会需要捷运系统。根据国际航空运输协会(International Air Transport Association, IATA)中机场航站楼参

考手册建议,办票柜台至登机口之间距离超过 1 000 ft(304.8 m),需要考虑机械式人行系统,但该距离超过 3 000 ft(914.4 m),必须设置自动行人运输系统,即捷运系统。

1.1.3 捷运系统的功能与应用

本书所研究的捷运系统是机场内部的旅客运输系统。它是大型机场或枢纽型机场地面保障系统的组成部分。机场地面旅客运输组织有多种方式,例如穿梭巴士、人行连廊等。捷运系统也不是一个独立存在的系统,它与机场许多子系统具有不同程度的关联性,是机场地面旅客运输组织中组成部分。同时,捷运系统作为机场旅客服务的一环,它完全是以提高服务质量为目的,因此,都是采用免费客运服务的方式运行的。

目前世界上已投入使用的机场捷运系统有 40 多个(参见书后“附录”)。根据这些捷运系统的车辆制式可以分为胶轮、缆车、单轨、钢轮及其他形式(见表 1-1)。

表 1-1 世界上 40 多个机场捷运系统制式的情况

类 型	数 量	占 比
胶 轮	32	71%
缆 车	8	17%
单 轨	2	5%
钢 轮	2	5%
其 他	1	2%

(注:其他是指英国伦敦希斯罗机场的 PRT 系统)

捷运系统制式门类多,其中胶轮技术当前在市场上占绝大部分,钢轮技术是后起之秀。目前,世界上 40 多个已拥有捷运系统的机场(见图 1-2),主要分布在北美洲,其次是欧洲、亚洲,非洲目前仅有埃及一处。我国除了北京首都机场、香港国际机场、台北桃园机场这 3 座机场已拥有捷运系统外,上海浦东机场正在建设捷运系统,深圳宝安机场正在规划设计捷运系统。随着我国民航快速发展,我国很快会有一批进入世界前列的大型机场,将会使用捷运系统。

1.2 国内外捷运系统案例研究

捷运系统按不同的应用范围和运行区域有不同的分类:按应用范围可划分为航站区范



图 1-2 拥有捷运系统的机场分布

围和机场范围;在航站区范围内又可以按捷运系统运行区域细分为空侧捷运系统(隔离、管制区域内)和陆侧捷运系统(类似城市轨道交通)。

1.2.1 应用形式

最常见的捷运系统位于航站区范围,联系航站楼内部、航站楼与航站楼、航站楼与卫星厅、航站楼与停车设施。还有一种捷运系统位于机场范围内,联系陆侧各功能区,例如城市或城际轨道交通车站、大型停车/租车设施以及酒店、会展设施等相关开发设施。

本书对国内外 40 多个机场捷运系统应用形式进行了初步的分析和分类,见表 1-2。表中相关案例介绍详见本书附录。

表 1-2 捷运系统应用分类

应 用 形 式	案 例
航站楼候机廊	空侧捷运: 底特律机场、关西机场、明尼阿波利斯圣保罗机场、迈阿密机场
航站楼—航站楼	空侧捷运: 达拉斯-沃斯堡机场 陆侧捷运: 旧金山机场
集中式主楼—单一卫星厅	空侧捷运: 苏黎世机场、东京成田机场

(续表)

应 用 形 式	案 例
集中航站楼—单元式航站楼(或多个卫星厅)	空侧捷运: 亚特兰大机场、华盛顿杜勒斯机场、奥兰多机场、丹佛机场、西雅图机场 陆侧捷运: 戴高乐机场
多个单元式航站楼—一个卫星厅	空侧捷运: 拉斯维加斯麦卡伦机场
航站楼—陆侧设施	陆侧捷运: 纽约肯尼迪机场、纽约纽瓦克机场、旧金山机场、迈阿密机场、芝加哥奥黑尔机场、多伦多皮尔逊机场、伦敦希斯罗机场、伯明翰机场、开罗机场 陆侧机场快线: 中国香港机场 陆侧有轨电车: 苏黎世机场

1.2.2 布局模式

捷运系统布局模式一般分为空侧、陆侧两种,空侧与陆侧以安全检查和隔离管制为界进行划分。从世界各机场应用情况来看,布局模式初步可划分为五类,包括:空侧、陆侧、空/陆侧共用车站但区分站台、空/陆侧公用车站与线路但区分站台与车厢、同时有空/陆侧但完全独立(见表1-3)。

表 1-3 捷运系统布局模式及相关案例

应 用 形 式	案 例
空侧捷运	上海浦东国际机场(在建)、香港赤鱓角国际机场(扩建中)、慕尼黑机场、罗马达·芬奇国际机场、仁川国际机场(扩建中)、辛辛那提国际机场、匹兹堡国际机场、坦帕国际机场等
陆侧捷运	北京首都机场 3 号航站楼、法兰克福机场、杜塞尔多夫机场等
空/陆侧共用车站、区分站台	新加坡樟宜机场
空/陆侧共用车站、区分站台与车厢	埃及开罗机场
空/陆侧线路、车站、列车各自独立	美国休斯敦乔治·布什机场等

1) 空侧捷运系统

空侧捷运系统是服务安检后的旅客运输,根据相应空防要求对旅客进行隔离管制;此类型系统,对可靠性、可用性要求高,对服务水平(特别是服务频率)有具体要求,同时需满足