

机场多跑道安全运行理论

张兆宁 王莉莉 顾平辉 印春峰 著



科学出版社

机场多跑道安全运行理论

张兆宁 王莉莉 著
顾平辉 印春峰

著

科学出版社

内 容 简 介

本书从安全运行的角度出发,系统地给出了机场多跑道运行的相关理论,在介绍机场多跑道的基本概念及其分类的基础上给出了多跑道系统运行的模式;接着讨论了多跑道系统运行的标准及相关规定,给出了多跑道系统运行的容量评估方法和尾流间隔计算模型;随后论述了多跑道系统运行的安全间隔评估模型及间隔计算方法,研究了跑道侵入问题;最后,给出了多跑道系统运行的风险评估模型。

本书可作为高等院校空中交通管理等相关专业高年级本科生和研究生的教材及科研参考书,同时也可作为机场多跑道运行的理论研究人员、工程技术人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机场多跑道安全运行理论/张兆宁等著. —北京:科学出版社,2014. 10
ISBN 978-7-03-042008-4

I. ①机… II. ①张… III. ①飞机跑道-安全管理 IV. ①V351.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 223769 号

责任编辑:陈 婕/ 责任校对:张怡君

责任印制:肖 兴/ 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张:14 1/2

字数:290 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

空中交通运输网络中的飞行流量达到一定程度时,机场容量就会成为空中飞行网络中的瓶颈,提高机场容量最有效的办法是增加机场的跑道,这时机场使用多跑道系统。多跑道系统在国外航空发达国家发展比较早,许多国家的许多机场都修建了多个跑道。而我国随着航空运输的快速发展,已经成为世界上第二大航空运输国,但是机场跑道容量远不能满足需求,经常造成航班延误,所以我国多个机场已经修建或正在计划修建多跑道来增加容量。因此在这种背景下,研究多跑道的安全运行理论是必需的。我们在这方面做过多年的研究,本书正是有关成果的总结。

多跑道系统运行时,各跑道之间及与相关空域的飞行活动相互影响,机场地面调度复杂,空中飞行航线结构多样,空地交通协同指挥困难,相邻管制单位之间及与军航高负荷的管制协调,更大的飞行流量更易出现飞行冲突和跑道侵入等安全隐患。因此,需要系统地研究多跑道的运行模式,与其密切相关的多跑道运行标准及相关规定、跑道容量、尾流间隔、安全间隔,以及跑道侵入、系统运行安全性等相关理论来指导多跑道系统运行。

机场多跑道的布局是多种多样的,一般说来,平行跑道布局的多跑道具有容量最大、运行安全等优势,成为我国大型枢纽机场的主流多跑道构形。同时,对于平行跑道,采用不同的运行模式及规则其容量也不尽相同。鉴于平行跑道的优势以及我国修建的均是平行跑道的现状,本书主要以平行跑道为主给出相关理论的研究成果。

本书的结构安排如下:第1章综合介绍多跑道的基本概念、运行情况、运行技术及我国发展情况;第2章介绍多跑道的运行模式;第3章介绍平行跑道的运行标准及相关规定;第4章介绍多跑道的容量评估研究成果及在上海虹桥机场容量评估计算上的应用;第5章介绍多跑道运行中的尾流间隔及其安全性分析;第6章介绍多跑道各种运行模式中的风险评估及安全间隔计算;第7章探讨多跑道运行中的跑道侵入问题;第8章介绍多跑道运行系统的风险评估方法与模型。考虑到各章内容的相对独立性,为了方便读者,各章引用的参考文献直接附在章后。

本书内容由张兆宁进行组织与设计,第1、2、6、7章由张兆宁和王莉莉撰写,第3章由顾平辉和印春峰撰写,第4章由张兆宁、顾平辉撰写,第5章由张兆宁和印春峰撰写,第8章由张兆宁撰写。另外,还有许多教师和研究生参与了理论研究、

材料整理和写作,主要有卢飞、洪飞、张秀辉、卢婷婷、张彬、刘计民、冯守乐、代晓旭、张宗路、李燕飞、郑少行、王萍、王霞、张亚晴、乔辉、牛夏蕾等,在此感谢他们对本书的贡献。同时,感谢学院和国家空管运行安全技术重点实验室领导、教师给予的帮助。

国家空管运行安全技术重点实验室

作者于 2014 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 单跑道	1
1.2 双跑道	2
1.2.1 平行跑道	2
1.2.2 交叉跑道	3
1.2.3 开口 V 形跑道	3
1.3 三条及以上跑道	3
1.4 多跑道系统的未来发展趋势	6
参考文献	7
第 2 章 多跑道的运行模式	8
2.1 单跑道运行模式	8
2.2 双跑道运行模式	8
2.2.1 平行双跑道运行模式	8
2.2.2 交叉跑道运行模式	13
2.2.3 开口双跑道运行模式	13
2.3 三条及以上多跑道运行模式	13
参考文献	14
第 3 章 多跑道运行标准及相关规定	15
3.1 国外平行跑道运行标准及相关规定	15
3.1.1 FAA 多跑道运行规定	15
3.1.2 奥兰多机场跑道的运行标准	18
3.2 国内平行跑道运行标准及相关规定	20
3.2.1 平行跑道运行标准	20
3.2.2 平行跑道运行单位要求	24
3.2.3 上海虹桥机场平行跑道运行方案	25
参考文献	30
第 4 章 多跑道运行容量评估	31
4.1 多跑道容量评估方法及研究现状	31
4.1.1 容量评估方法	31

4.1.2	容量评估模型研究现状	31
4.2	跑道容量及其影响因素	32
4.3	单跑道运行的容量评估模型	33
4.3.1	单跑道到达容量数学模型	33
4.3.2	单跑道起飞容量数学模型	33
4.3.3	单跑道混合操作时容量数学模型	34
4.4	双跑道运行的容量评估	34
4.4.1	平行跑道运行容量评估	34
4.4.2	交叉跑道的运行容量	38
4.4.3	开口 V 形跑道的运行容量	39
4.5	多跑道运行的容量评估	39
4.6	上海浦东机场的容量评估结果及其分析	39
4.6.1	上海浦东机场基本特点与参数	39
4.6.2	一降一起跑道使用策略时的容量评估	41
4.6.3	两起一降跑道使用策略时的容量评估	41
4.6.4	相关平行进近和独立离场模式的容量评估	42
4.6.5	独立平行进近和独立离场模式的容量评估	44
4.6.6	四种不同运行方式下的理论容量曲线对比	44
	参考文献	46
第 5 章	多跑道运行的尾流间隔	48
5.1	尾流及尾流间隔	48
5.1.1	尾流及其消散	48
5.1.2	尾流间隔标准	49
5.1.3	尾流间隔研究现状	51
5.2	尾流间隔计算模型	52
5.2.1	纵向间隔计算模型及算例分析	52
5.2.2	垂直间隔计算模型及算例分析	62
5.2.3	横向间隔计算模型及算例分析	63
	参考文献	64
第 6 章	多跑道运行的间隔安全性评估	66
6.1	国内外研究现状	66
6.2	安全目标水平	67
6.3	平行跑道间隔安全评估模型及安全间隔计算	67
6.3.1	间隔安全评估模型	67
6.3.2	最小安全间隔计算的方法	69

6.4 浦东机场近距平行跑道运行间隔安全评估及最小安全间隔计算·····	70
6.4.1 向北运行时安全间隔评估和最小安全间隔计算·····	71
6.4.2 向南运行时安全间隔评估和最小安全间隔计算·····	104
6.5 近距平行跑道配对进近与配对离场的安全评估·····	138
6.5.1 配对进近碰撞风险模型及算例·····	138
6.5.2 配对离场碰撞风险模型及算例·····	150
参考文献·····	155
第7章 跑道侵入及其风险评估 ·····	158
7.1 跑道侵入基本概念及研究状况·····	158
7.1.1 跑道侵入概念·····	158
7.1.2 国内外研究现状·····	159
7.2 跑道侵入因素分析·····	160
7.3 基于客观因素的跑道侵入风险评估·····	161
7.3.1 分析方法及假设条件·····	161
7.3.2 风险评估模型的建立及求解·····	161
7.3.3 实例分析·····	164
7.4 基于 ANP-可拓综合评价法跑道侵入的风险评估·····	167
7.4.1 指标体系的构建·····	167
7.4.2 风险评估的方法·····	169
7.4.3 运用网络层次分析法确定评价指标权重·····	172
7.4.4 运用可拓综合评价法进行综合评估·····	178
7.5 ANP-可拓综合评价法跑道侵入风险评估模型的应用·····	183
7.5.1 虹桥机场跑道情况·····	183
7.5.2 评价指标权重的计算·····	185
7.5.3 进行可拓综合评价·····	191
7.6 跑道侵入的预防·····	200
7.6.1 跑道侵入的预防技术设备及相关系统·····	200
7.6.2 预防跑道侵入的建议和措施·····	203
参考文献·····	204
第8章 多跑道运行系统的风险评估 ·····	206
8.1 多跑道运行系统风险管理的基本概念·····	206
8.2 多跑道系统运行的风险因素分析·····	207
8.3 多跑道运行系统风险评估模型·····	208
8.3.1 基于主成分分析法的风险评估模型·····	209
8.3.2 基于事故树分析法的风评估模型·····	216
参考文献·····	221

第 1 章 绪 论

在由航路航线和机场组成的空中交通运输网络中,如果飞行流量增大到一定程度,则容易产生空中交通拥挤和堵塞。在我国,国民经济发展和航空技术进步促进了航空运输的发展,航空运输在国家交通运输体系中占有越来越重要的位置。但随着航空运输需求的增大,飞行流量的迅速增加,作为航空运输网络节点的机场受容量限制导致大量航班延误的问题逐渐突出。据近几年相关部门统计,机场原因导致的航班延误占到 10% 以上,而机场容量限制导致的空管原因达到 30% 左右,可见机场是空中交通运输网络中的瓶颈。

扩大机场的容量,可以采用增加机场跑道、优化机场运行和提高管理技术等措施,而增加机场跑道构成多跑道运行系统是解决空中交通拥挤最直接和最有效的方法之一。国外航空发达国家的许多大型机场修建了各种类型的多跑道。在我国,北京、上海、广州、重庆、西安、成都、天津、深圳等许多大中型城市的机场也修建了平行多跑道。按照规划我国将有更多的机场修建多跑道。

机场跑道按其运行数量可以分为单跑道和多跑道(2 条及以上跑道)。下面按类型逐一介绍并总结多跑道系统的未来发展趋势。

1.1 单 跑 道

机场跑道作为飞机安全、快速起飞和降落的场地,是机场系统的重要组成部分。跑道通常配有跑道道肩、跑道安全带、净空道和滑行道等附属区域,见图 1.1。

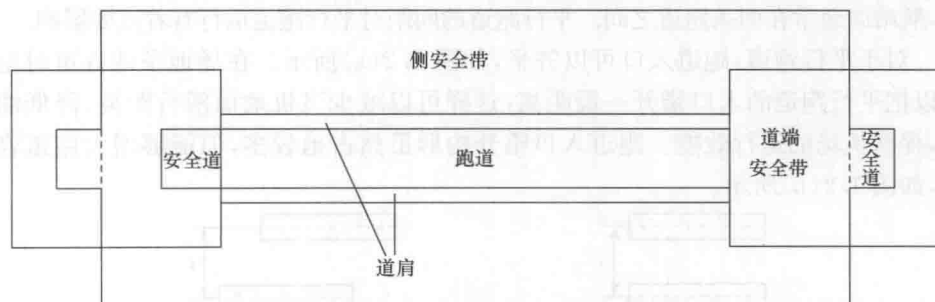


图 1.1 机场跑道

其中跑道道肩是跑道纵向侧边和相接土地之间的一段隔离地段。跑道道肩能

够使飞机因侧风偏离跑道中心线时不致引起损害。一般情况下,跑道道肩每侧宽度为 1.5m,道肩的路面要有足够强度,以保证出现事故时,飞机不致遭受结构性损坏。跑道安全带是跑道四周划出的一定区域,来保障飞机在意外情况下冲出跑道时的安全。在道端安全带中有的跑道还有安全停止道,简称安全道。安全道的宽度不小于跑道,其强度要足以支持飞机中止起飞时的质量。净空道是指跑道端之外的地面和向上延伸的空域,宽度一般为 150m,在跑道中心延长线两侧对称分布。在这个区域内除了有跑道灯之外不能有任何障碍物。滑行道是连接对空面各个部分的飞机运行通路,从机坪开始连接跑道两端,在交通繁忙的跑道中段设有一个或几个跑道出口滑行道,以便降落的飞机迅速离开跑道^[1]。

单跑道是机场中最简单的一种跑道类型。考虑航站布局时,一般航站区尽可能靠近跑道中部,由联络滑行道与跑道连接,使得飞机与客货运行路线缩短。这种布局的单跑道构形占地少,适用于中小型地方机场或飞行量不大的干线机场、非枢纽机场的运行。一般根据飞机运行架次的多少,决定单跑道是否设置平行滑行道。

1.2 双 跑 道

双跑道的基本布局可以分为平行跑道、交叉跑道和开口 V 形跑道等。

1.2.1 平行跑道

根据 ICAO 的规定,平行跑道是指中心线平行或者夹角小于 15° 的非交叉跑道。根据两条跑道中心线间距不同而分为“近距”、“中距”和“远距”平行跑道。间距小于或者等于 2500ft(762m)时称作“近距平行跑道”;间距大于 2500ft(762m),小于 4300ft(1311m)时称作“中距平行跑道”;间距大于或者等于 4300ft(1311m)时称作“远距平行跑道”^[2,3]。对于近距平行跑道,航站区一般在两条跑道的一侧;而对远距平行跑道,航站区通常在两条跑道之间。平行跑道的间距对平行跑道运行有着重要影响。

对于平行跑道,跑道入口可以齐平,如图 1.2(a)所示。在场地条件许可时也可以把平行跑道的入口错开一段距离,这样可以减少飞机地面滑行距离,降低油耗,提高机场的运行效能。跑道入口错开构形虽然占地较多,但能够增大跑道容量,如图 1.2(b)所示。



图 1.2 平行跑道布局

1.2.2 交叉跑道

交叉跑道是两跑道直接相交^[4],如图 1.3 所示。当机场所在地区相对强烈的风向有两个及以上时,如果只有一条跑道,起飞降落时就会受到过大侧风的影响,因此需要有方向不同的交叉跑道。对于交叉跑道布局,一般把航站区布置在交叉点与两条跑道所夹的场地内,其目的是提高机场运行效率。

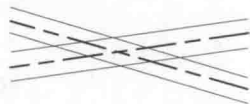


图 1.3 交叉跑道

在风力强烈时,一对交叉跑道只能使用其中一条跑道,此时其运行模式遵循单跑道运行模式相关规定。如果风力相对较弱,两条跑道则可同时使用。

目前,我国的机场没有交叉跑道,而美国及欧洲的不少机场都修建有交叉跑道。

1.2.3 开口 V 形跑道

开口 V 形跑道是两条跑道不相交,但它们的延长线相交^[4]。和交叉跑道一样,当一个方向来强风时,只能使用一条跑道;当风小时,两条跑道可以同时使用。

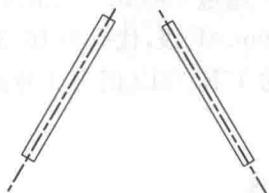


图 1.4 开口 V 形跑道

航站区通常布置在两条跑道所夹的场地上,如图 1.4 所示。

开口 V 形跑道避免了跑道相交,是交叉跑道的一种改进,也是为了适应不同方向风的需要。当存在一个方向上的较强侧风时,开口 V 形跑道当作单跑道使用,否则可以当作双跑道使用,这种情况下其使用运行模式和平行跑道运行模式相似。由于现代大型飞机抗侧风能力加强,开口 V 形跑道构形已经很少采用了。

1.3 三条及以上跑道

许多大型机场的跑道系统具有三条以上跑道,它们的布局是基本布局类型的各种组合。主要的组合包括平行跑道与交叉跑道组合、交叉跑道与开口 V 形跑道组合、平行跑道与开口 V 形跑道组合。这时航站区的布局根据机场的特点有多种风格。下面以我国的北京首都国际机场、上海的浦东国际机场和美国的芝加哥国际机场、极光市政机场为例进行介绍。

北京首都国际机场现拥有三条平行跑道,分别为第一跑道 $3800\text{m} \times 60\text{m}$ 、4E 级,代码为 36R/18L(记为 1 号跑道);第二跑道 $3200\text{m} \times 50\text{m}$ 、4E 级,代码为 36L/18R(记为 2 号跑道);第三条跑道 $3800\text{m} \times 60\text{m}$ 、4F 级,代码为 01/19(记为 3 号跑

道),见图 1.5。

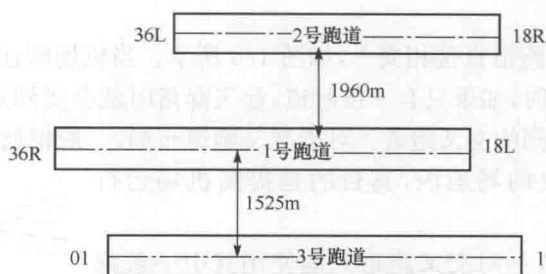


图 1.5 北京首都机场跑道分布图

在北京首都国际机场现有平行跑道中,第二跑道位于第一条跑道的西面,与第一跑道间距 1960m,与第一跑道构成一组远距平行跑道。第三跑道位于第一条跑道的东面,与第一跑道间距 1525m,与第一跑道构成另外一组远距平行跑道。同时,第二跑道和第三跑道也构成一组远距平行跑道。

北京首都国际机场共拥有三座航站楼,其中 T1、T2 航站楼位于第一跑道和第二跑道中间,T3 航站楼位于第一跑道与第三跑道之间。

上海浦东国际机场现拥有三条平行跑道,分别为第一跑道 4000m×60m、4E 级,代码为 17L/35R(记为 1 号跑道);第二跑道 3800m×60m、4F 级,代码为 16/34(记为 2 号跑道);第三条跑道 3400m×60m、4F 级,代码为 17R/35L(记为 3 号跑道),见图 1.6。

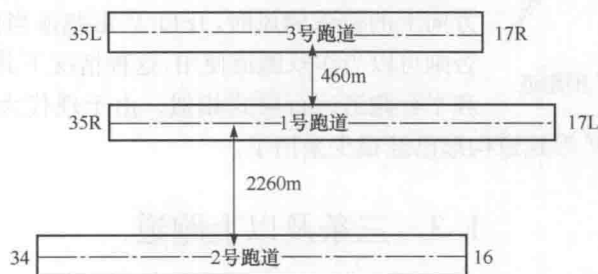


图 1.6 上海浦东机场跑道分布图

在上海浦东国际机场的三条平行跑道系统中,第一、第二条跑道是远距平行跑道,而第三条跑道位于第一条跑道的外面,与第一条跑道间距 460m,构成了一组近距跑道。上海浦东国际机场共有两座航站楼,其中 T1 航站楼位于 1 号跑道东侧,T2 航站楼位于 2 号跑道西侧。

美国的芝加哥国际机场,共拥有五条跑道,见图 1.7。它们分别是 13L/31R 跑道,1567m×46m;13C/31C 跑道,1988m×46m;13R/31L 跑道,1176m×18m;4L/

22R 跑道, $1678\text{m} \times 46\text{m}$; 4R/22L 跑道, $1969\text{m} \times 46\text{m}$ 。其中前三条跑道构成一组三条平行跑道, 后两条跑道构成一组双平行跑道, 同时两组平行跑道相互交叉, 构成交叉跑道。

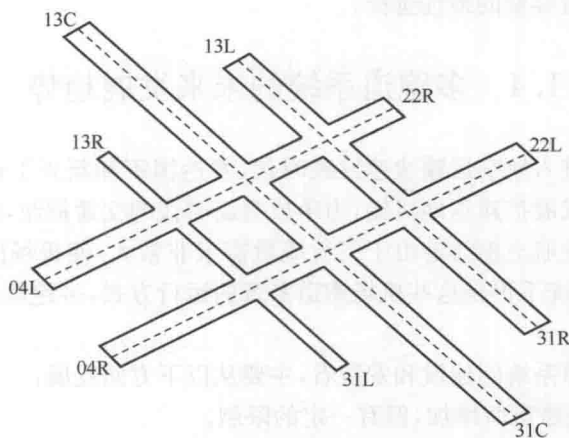


图 1.7 芝加哥国际机场跑道分布图

位于美国芝加哥西部的极光市政机场共拥有三条跑道, 它们分别是 15/33 跑道, $1677\text{m} \times 30\text{m}$; 18/36 跑道, $975\text{m} \times 23\text{m}$; 09/27 跑道, $1982\text{m} \times 30\text{m}$ 。其中 15/33 跑道与 18/36 跑道构成一组 V 形跑道, 09/27 跑道分别与 15/33 跑道和 18/36 跑道构成一组交叉跑道, 见图 1.8。

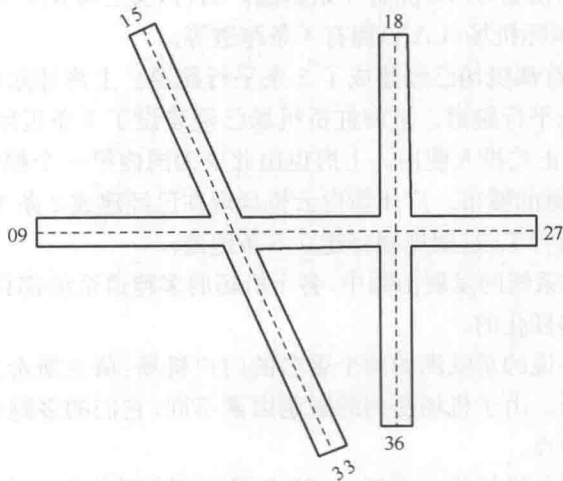


图 1.8 极光市政机场跑道分布图

世界上机场多跑道系统中,主要有平行形、开口 V 形、十字形、井字形等组合方式。经过对跑道使用的统计分析,目前基本上认为在相同环境条件允许下,以平行跑道方式布局能够实现跑道容量的最大化,尤其是平行独立进近和独立离场的运行模式是提高跑道容量的最佳选择。

1.4 多跑道系统的未来发展趋势

当今世界已进入航空运输快速发展时代,发达国家和新兴工业国的重要经济中心城市正纷纷发展扩建本地机场,力争成为新时代的交通枢纽,推动当地经济的进一步发展。这些航空枢纽港由于飞行流量需求非常大,使机场的基本结构发生了变化,单跑道系统不再是这些机场跑道系统的运行方式,多跑道系统成为航空枢纽港的发展主流。

从当前多跑道系统的建设和发展看,主要从以下方面发展:

(1) 跑道的数量有所增加,但有一定的限制。

随着航空港枢纽的流量需求增加,对容量要求也增加,因此需要修建更多的跑道来满足需求。但是由于机场附近的空域有限,跑道大多因空域的限制也不能完全发挥作用,跑道的容量不足与跑道的数量成线性增长关系,因此跑道数量也不宜太多。当前拥有多跑道系统的机场跑道的数量一般在 5 条(含)以下。

在美国,所有大型枢纽机场的跑道系统都是多跑道系统。亚特兰大国际机场(ATL)拥有 5 条跑道,奥黑尔国际机场(ORD)有 6 条跑道,纽约的约翰·菲茨杰拉德·肯尼迪国际机场(JFK)拥有 4 条跑道。另外,奥兰多国际机场(MCO)拥有 4 条跑道,洛杉矶国际机场(LAX)拥有 4 条跑道等。

在我国,北京首都机场已经建成了 3 条平行跑道。上海浦东机场作为国际枢纽机场建设了 3 条平行跑道。上海虹桥机场已经建设了 2 条近距平行跑道,并于 2010 年 1 月 15 日正式投入使用。上海也由此成为国内第一个拥有虹桥和浦东两个机场,共 5 条跑道的城市。广州新白云机场现在已经建成 2 条平行跑道,第 3 条跑道也已准备全面开工,远期规划将建立 5 条跑道。

(2) 在多跑道系统的发展历程中,各个机场的多跑道系统都具有独特的风格,跑道的布局也是多样化的。

在这里值得一说的是欧洲的两个著名的门户机场:荷兰斯希普霍尔机场和德国的法兰克福机场。由于机场受到的限制因素不同,它们的多跑道系统中跑道布局都具有各自的特点。

荷兰斯希普霍尔机场风向多变,1967 年最早规划建设了 4 条跑道,呈四边形的构形。由于受周边城市和居住区等限制,跑道运行采用一起一降模式,其高峰小时容量只能达到 80 架次。随着空中交通流量的不断增长,一方面机场容量基本饱

和,另一方面是机场噪声问题日益突出。经过艰难谈判,机场被允许修建第5条跑道,新跑道的增加可以使跑道的使用模式改进为两降一起或两起一降,高峰小时容量提高到104~114架次。该机场跑道系统的发展模式经过了长时间研究和论证,今后将修建第6和第7条跑道,最终形成由4条南北向跑道、3条东西向跑道构成的跑道系统,以适应未来每年6000~8000万人次的旅客吞吐量。

在德国的法兰克福机场,由于机场周边被几条主要的高速公路紧紧围绕,限制了机场的发展。目前,该机场拥有两条非独立平行运行的跑道和一条专门用于南欧航线的起飞的斜向跑道,2002年高峰小时已达到78架次的饱和容量。由于无论是航站楼还是跑道系统都已无法满足日益增长的航空运输需求,因此机场着手在搬迁的美国空军基地所在地规划第三航站楼,为了增加跑道容量,唯一的办法是增加跑道数量。通过大量的论证,基本确定在机场的西北侧(高速公路外围)建设一条降落跑道,可使机场跑道系统容量增加到每小时120架次。

(3) 我国的多跑道系统向多平行跑道、近距平行跑道发展。

一方面,由于中国航空运输事业起步较晚,20世纪末期,大部分城市的机场都是单跑道,有些机场甚至没有平行于跑道的滑行道。但随着航空运输的快速发展,我国的枢纽机场因飞行流量需求增加开始建设多跑道。目前,以北京、上海、广州三大都市为首建立了多跑道系统,其他的大城市如重庆、天津、西安、成都、深圳、昆明、武汉、杭州等都已建立了第2条平行跑道。由于地域因素影响,我国地处亚欧大陆,东面是陆地,西面是太平洋,是典型的大陆季风气候,各季节盛行风接近 90° 的情况极少,出现侧风的情况很少,因此不用修建交叉跑道和开口V形跑道。此外,平行跑道的利用率更高。平行跑道是我国未来的大中型机场跑道设计的主流。

另一方面,由于远距平行跑道使得运行容量增加最多,因此目前我国拥有多跑道系统的机场多采用远距平行跑道。然而由于土地资源的紧张,多跑道建设条件的要求,地域空域的限制,各种建造成本、预算与收益的平衡,城市总体规划布局等诸多因素的限制,使得远距平行跑道建设难以实施,这时可以采用近距平行跑道。因此,近距平行跑道也是我国机场多跑道系统的发展方向。

参 考 文 献

- [1] 刘得一,张兆宁,杨新涅. 民航概论[M]. 第3版. 北京:中国民航出版社,2011.
- [2] (SOIR)207-AN/126. 在平行或近似平行跑道上同时进行的航空器仪表飞行[S]. 蒙特利尔:国际民航组织,1995.
- [3] 98TM C. 123 号令. 平行跑道同时仪表运行管理规定[S]. 北京:中国民用航空总局,2004.
- [4] Elizabeth L R. Notice; Date E. Air Traffic Organization Policy[Z]. US Department of Transportation, 2014.

第2章 多跑道的运行模式

多跑道系统采用的运行模式是多跑道运行的重要环节,影响着多跑道系统的容量、规程、安全与效率等。本章详细论述了单跑道的运行模式、双跑道的运行模式以及三条及以上多跑道的运行模式。

2.1 单跑道运行模式

单跑道运行模式是最简单和最基本的跑道使用模式。单跑道运行包括三种模式:连续到达模式、连续起飞模式和到达/起飞混合操作模式^[1,2]。

连续到达模式:指一条跑道在一定时间段只用于航班的到达。由于机场一般常在某段时间有大量到达的飞机,这时飞行流为连续到达流,所以这时段跑道的运行模式为飞行流连续到达模式。

连续起飞模式:指一条跑道在一定时间段只用于航班的起飞。由于机场一般常在某段时间有大量起飞的飞机,这时飞行流为连续起飞流,所以这时段跑道的运行模式为飞行流连续起飞模式。

到达/起飞混合运行模式:指一条跑道在一定时间段既可以用于航班的到达又可以用于航班的起飞。机场一般常在某段时间既有大量起飞的飞机,又有大量到达的飞机,这时飞行流为连续到达/起飞混合流,则这时段跑道的运行模式为到达/起飞混合运行模式。

2.2 双跑道运行模式

2.2.1 平行双跑道运行模式

1. 平行双跑道的基本运行模式

平行双跑道仪表运行按照跑道用于进近和离场的使用方式可以分为独立平行仪表进近、相关平行仪表进近、独立平行离场和隔离平行运行四种基本运行模式。下面分别对这四种基本运行模式进行说明^[3,4]。

(1) 独立平行仪表进近模式,是指在相邻的平行跑道仪表着陆系统上的航空器之间不需要配备规定的雷达间隔时,在平行跑道上同时进行的仪表着陆系统进近的模式。当两条跑道的到达流分别独立时,可实施独立平行进近,即将平行双跑道系统看成两条独立的单跑道,每条跑道的运行模式和上述的单跑道运行模

式相同。

(2) 相关平行仪表进近模式,是指在相邻的平行跑道仪表着陆系统上进行的航空器之间需要配备规定的雷达间隔时,在平行跑道上同时进行的仪表着陆系统进近的运行模式。当两条跑道的到达流相互影响时,需要实施相关平行仪表进近模式。

(3) 独立平行离场模式,是指离场航空器在平行跑道上沿相同方向同时起飞的运行模式。当两条跑道的起飞流分别独立时,两条跑道上的起飞飞机之间不相互产生影响,可以实施独立平行离场模式。

(4) 隔离平行运行模式,是指在平行跑道上同时进行的运行,其中一条跑道只用于离场,另一条跑道只用于进近。这是将起飞流和到达流分开的运行模式,尽量减少它们之间的相互影响。

2. 平行双跑道运行的组合方式

平行跑道同时仪表运行按照以上所述的四种基本运行模式的不同组合方式,可以分为半混合运行和混合运行两种情况。

1) 半混合运行

半混合运行是指下列情形之一:

(1) 一条跑道只用于进近,另一条跑道按照独立平行仪表进近模式或者相关平行仪表进近模式用于进近,或者按照隔离平行运行模式用于离场。

(2) 一条跑道只用于离场,另一条跑道按照隔离平行运行模式用于进近,或者按照独立平行离场模式用于离场。

2) 混合运行

混合运行是指两条平行跑道可以同时用于进近和离场。

为了说明具体的跑道仪表运行模式,以北京首都国际机场和上海虹桥机场的运行模式为例进行说明。

北京首都国际机场的第一条跑道与第二条跑道的跑道间距为 1960m,见图 1.5,第一条跑道与第二条跑道构成了一组远距平行跑道,可实行独立平行仪表进近模式。

上海虹桥机场拥有 18L/36R 和 18R/36L 两条跑道,东、西两条跑道中心线之间的垂直距离相距 365m,北端齐平,属于近距平行跑道,见图 2.1。它有主要两类

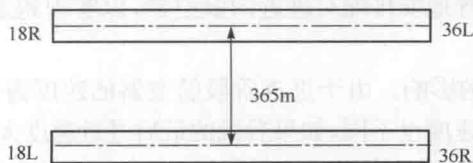


图 2.1 上海虹桥机场跑道分布图