

机场运行高峰时段确定方法研究

李明捷¹, 陆摇摇¹, 汪家保²

(1. 中国民用航空飞行学院 机场工程与运输管理学院, 四川 广汉 618307;

2. 华设设计集团北京民航设计研究院有限公司, 北京 101300)

摘要:为科学评估机场高峰对机场运行的影响,科学配置机场运行保障资源,引入交通流理论,结合系统聚类分析法提出机场运行高峰时段的确定方法。通过研究机场高峰流量与年旅客吞吐量之间的关系,对高峰日航班起降架次分布规律进行分析。以国内某大型运输机场的高峰日和次高峰日航班运行数据为例,通过 SPSS 数据分析软件进行统计分析,得出该机场高峰时段,验证方法的可行性,为科学确定机场运行高峰时段提供理论依据。

关键词:高峰时段;交通流理论;起降架次;系统聚类分析法

中图分类号:U8 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0305-05

据民航局官方数据统计显示,2019 年全国 239 个民用运输机场运送旅客 13.5 亿人次,货邮吞吐量 1 709.6 万 t,起降架次 1 165.4 万架次,同比分别增长 6.9%、2.1% 和 5.1%。其中,年旅客吞吐量在 1 000 万人次以上的机场有 39 个,占全国运输机场总数的 16.3%;这些机场的年旅客运送人数为 11.3 亿人次,占全国机场旅客运送总量的 83.7%^[1]。由此可见,民航运输业务量分布相对较为集中在一些大型运输机场,并且随着机场交通密度的持续增加,势必会给机场各子系统的运行造成巨大压力。并且,在机场实际运行中,高峰时段流量在很大程度上决定了机场的各项设施、设备的运行保障水平以及机场运行的安全与效率,有必要对机场高峰时段的时间分布规律进行详细分析,进而为合理安排航班和运行保障资源、降低和减少延误提供理论依据。

学者们对机场高峰时段的确定进行了诸多研究。吴晓等^[2]通过对芝加哥奥海尔机场和伦敦希思罗机场陆侧交通流的特性分析,发现其高峰日交通量分布具有相似的特点;杨磊等^[3]采用容量包络线描述多机场系统进离场耦合运行高峰服务能力,据此提出基于频次约束的分位回归包络线预测方法,并以上海两场为例进行验证^[3];赵征和胡明华^[4]通过研究机场历史高峰运行数据的频率筛选阈值与样本基数的关联,据此提出大数据样本的历史高峰服务架次评估方法;李雄等^[5]以 OAG 航班计划数据为基础,对全球大型机场航班起降时刻在机场全

天 24 h 中的数量分布曲线进行研究,探索总结航班波特性,以期合理有效组织航班运行,提升机场使用效率;许辰澄等^[6]按照机场时刻容量评估技术规范的最新要求,以置信区间的统计学理论为基础,对基于历史数据的机场高峰服务能力评估方法进行了改良和优化;汪家保^[7]建立了以飞机等待时间限定值为目标的机位动态容量模型,并且明确指出高峰时段的确定是研究机位动态容量首先需要分析的内容;许保光等^[8]将机场繁忙程度这一因素加入到构建到港延误对离港延误的波及贝叶斯网络预测模型中,更准确的预估航班延误波及情况。

1 机场高峰流量特性与高峰持续时间分析

交通流理论是交通工程学的基础,它是以道路上的车流和人流为研究对象,运用物理学和数学方法来描述交通特性^[9]。本文引入交通流时间分布的概念,旨在探究不同机场的高峰日及高峰小时旅客流量和航班起降架次的时间分布特性。

1.1 高峰日及高峰小时旅客流量特性分析

借鉴公路小时交通量的确定方法,标准繁忙率 (standard busy rate, SBR) 将全年 8 760 h 的旅客流量按照降序排列,第 30 位小时对应的旅客流量作为机场的设计流量,即全年只有 29 h 的旅客流量高于此值。SBR 被作为设计标准而广泛应用,即设计目标年内每年超负荷运转的时间少于 30 h,并且这部分超负荷运行时间在生产实践中被认为是可以接受的。通常,绝对高峰小时旅客流量一般为 SBR 的 1.2 倍。但英国机场管理局 (British Aviation Ad-

收稿日期:2020-11-14

作者简介:李明捷(1981—),女,新疆奎屯人,中国民用航空飞行学院,副教授,工学硕士,研究方向为机场运行管理。

ministrdtion,BAA)通过研究各个机场年高峰小时、标准繁忙率和高峰日旅客流量的关系,发现随着年旅客吞吐量的增加,SBR 和高峰小时旅客流量也随之增加。根据统计,当旅客吞吐量为 200 万人次时,高峰日与平均日流量之比为 2.255,SBR 与高峰小时流量之比为 0.732;随着年旅客吞吐量的逐步增加,达到 5 000 万人次时,高峰日与平均日流量之比为 1.036,SBR 与高峰小时流量之比为 0.976。年旅客吞吐量与高峰流量的比例关系如图 1 所示。

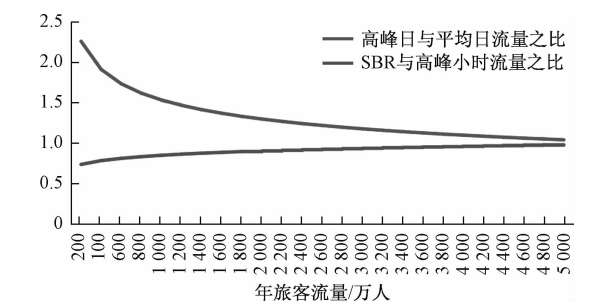


图 1 年旅客吞吐量与高峰流量比例的关系

由图 1 可知,高峰日与平均日流量之比会随着年旅客吞吐量的增加而逐步减小,SBR 与高峰小时流量之比会随着年旅客吞吐量的增加而逐步增大,最终都会趋近于 1,这进一步说明随着年旅客吞吐量的增加,会导致高峰小时旅客流量趋于平缓,与其他时段的流量差值逐步减少。并且,机场年旅客吞吐量越大,极端的高峰小时流量逐渐将趋于消失^[7]。而持续的高峰会对机场运行保障资源带来压力,降低机场航班保障效率。

1.2 高峰日航班起降架次时间分布特性分析

为进一步研究高峰日航班起降架次随时间分布的特点,选取国内 7 个机场高峰日的航班运行数据进行对比分析。这 7 个机场年旅客吞吐量从 250 万至 5 500 万不等,如表 1 所示。

表 1 国内 7 个机场年旅客吞吐量

机场	年旅客吞吐量/人次
机场 1	2 558 413
机场 2	27 413 363
机场 3	30 581 685
机场 4	45 637 882
机场 5	48 075 978
机场 6	52 931 925
机场 7	55 858 552

图 2 为表 1 中 7 个机场的高峰日飞机起降架次日分布图。通过观察机场高峰日起降架次分布图

可以发现,尽管机场的年旅客吞吐量存在较大差别,但各个机场在高峰日的起降架次分布却具有共同的特点,既有高峰又有低谷,并且极端的高峰小时流量与邻近小时的运行流量差距较小。高峰时期往往集中在白天的时间,且与航班时刻安排紧密相关。

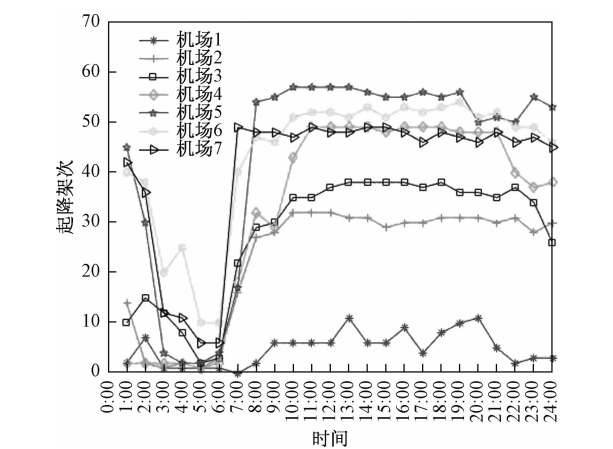


图 2 国内 7 个机场高峰日流量分布图

由图 2 可知,以机场 2 的高峰日航班起降架次为例,从其高峰日起降架次分布图整体可以看出:

- 1)在 0:00—2:00,机场飞机起降架次呈现显著下降的趋势;
- 2)在 2:00—6:00,进入全天运行的低谷期,飞机起降架次略有升高,但总体平稳;
- 3)在 6:00—10:00,运行流量显著提升,开始进入高峰期;
- 4)在 10:00—24:00,进入全天运行的高峰期,最高小时流量达到 32 架次,并且这段时间内各小时流量之间相差不是很大,总体呈现较为平缓的趋势。

生产实践表明,由于机场的地面资源的保障能力有限,且各航班的机型、航班性质等的差异会导致保障时间不同,因此,飞机在最高时段起降架次分布的不均衡性,给机场航班地面保障工作形成的压力具有向前和向后传递的特性,传递的范围也就决定高峰时期的持续时段长度。

2 高峰持续时段确定方法与实例分析

2.1 系统聚类分析法简介

系统聚类的基本思想是首先将样品(或变量)看成单独的一类,然后规定类与类之间的距离,赋予相近的样品(或变量)聚类的优先权,选择距离最小的一类合并成新的类^[10]。系统聚类分析是 SPSS 软件功能中的一种分析方法,SPSS 软件能够利用多种类型的数据文件及数据来源,生成统计报

表和统计图形,进而可以使操作者进行简单或复杂的统计分析^[11]。若一次聚类理想,则可直接采用结果;若一次聚类没有达到预期的目标,可继续聚类,SPSS 软件会再重新计算新类与其他类之间的距离,继续合并成新类,如此迭代计算,归类数据。系统聚类分析方法中提供了多种聚类方法以及度量标准,如表 2 所示。

表 2 聚类方法及区间类型

聚类方法	区间类型
组间联接	Euclidean 距离
组内联接	平方 Euclidean 距离
最近邻元素	余弦
最远邻元素	Pearson 相关性
质心聚类法	Chebychev 距离
中位数聚类法	块
Ward 法	Minkowski 距离
	设定距离

2.2 高峰持续时段确定

由于航班可能会早于或者晚于计划时间进出港,所以在对多个大型机场的起降架次分布对比分析中发现,日高峰小时流量不是一个固定值,日高峰小时也不是某一个特定小时。但通过对高峰日起降架次的日流量分布图分析发现,对于年旅客吞吐量较大的机场,日高峰小时的起降架次也比较稳定。因此,采用起降架次数据为控制变量,采用 SPSS 聚类分析中的平方 Euclidean 距离和组间联接聚类。组间联接聚类法中定义的距离为两类间的平均平方距离,即利用了个体与小类的所有的距离信息,克服了最近距离或者最远距离受极端值影响的弱点。

$$D_{KL} = \frac{1}{N_K N_L} \sum_{i \in C_K} \sum_{j \in C_L} d(X_i, X_j) \tag{1}$$

$$D_{JM} = \frac{N_K D_{JK} + N_L D_{JL}}{N_M} \tag{2}$$

平均平方距离为 D_{KL} , D_{JM} 为递推公式,式中 C_K 和 $j \in C_L$ 分别为数量为 N_K 和 N_L 的个体。

系统聚类法确定高峰持续时段的步骤如图 3 所示。

2.3 实例分析

以郑州新郑国际机场的航班起降数据为例,分别选取高峰月内高峰日的航班起降架次和高峰月内次高峰日的航班起降架次为分析对象,以便消除研究单日机场起降架次的高峰时段造成的偶然性误差,高峰日与次高峰日的起降架次统计如图 4 所示。

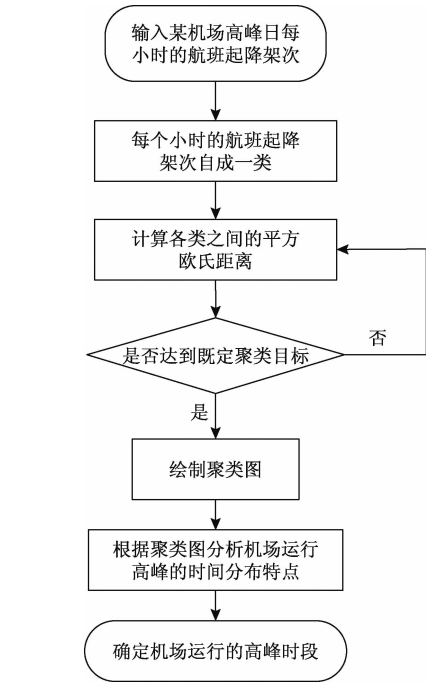


图 3 系统聚类法确定高峰时段的步骤

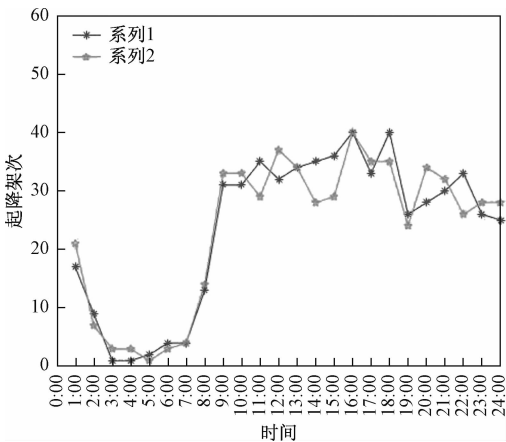


图 4 高峰日与次高峰日的起降架次统计

图 4 中,系列 1 表示高峰日航班起降架次,系列 2 表示次高峰日航班起降架次。高峰日与次高峰日航班起降架次在走势上具有一定的相似性,故在此基础上进行的聚类分析所得到的高峰时段,能够反映该机场高峰持续时段的分布特性。

运用 SPSS 软件,将满足设定条件的数据筛选出来进行汇总,经检验,处理数据全部有效,可操作性高。将数据输入 SPSS 软件进行举例分析,如表 3 所示,可以观察群集 1 和群集 2 的进阶和系数变化。第 1 列表示聚类的阶段,第 2 列和第 3 列表示在这一阶段中,哪些小类聚在了一起,形成新的类;第 4 列表示类与类之间的距离;首次出现阶群集表示生成新的类将与这一步的样本聚类,最后一列表示该

步生成的样本聚类。

表 3 聚类表

阶	群集组合		系数	首次出现阶群集		下一阶
	群集 1	群集 2		群集 1	群集 2	
1	9	10	0.000	0	0	7
2	3	4	0.000	0	0	9
3	23	24	1.000	0	0	14
4	11	15	1.000	0	0	6
5	6	7	1.000	0	0	12
6	11	14	1.500	4	0	13
7	9	21	2.000	1	0	11
8	13	17	2.000	0	0	10
9	3	5	5.000	2	0	12
10	12	13	9.000	0	8	15
11	9	20	9.333	7	0	15
12	3	6	9.833	9	5	18
13	11	22	13.000	6	0	17
14	19	23	16.500	0	3	20
15	9	12	18.667	11	10	17
16	16	18	25.000	0	0	21
17	9	11	56.321	15	13	20
18	2	3	64.000	0	12	22
19	1	8	65.000	0	0	22
20	9	19	93.303	17	14	21
21	9	16	157.571	20	16	23
22	1	2	355.333	19	18	23
23	1	9	1 380.234	22	21	0

运用 SPSS 软件处理得到的该机场高峰月内高峰日以及次高峰日的航班起降架次的聚类分析结果如树状图 5 所示。由图 5 可见,两组数据聚类的组内距离较小,组间距离较大,聚类结果比较理想。与图 4 该机场高峰和次高峰日两天的起降架次分布图进行对比分析可知,两天的高峰小时流量值都是 40 架次,发生的时段分别是 15:00—16:00 和 17:00—18:00,且这两个小时应当包含在高峰持续时段内。在图 5 的树状图可以看到,15:00—16:00 和 17:00—18:00 被分成了一类,且是连续的时间段,因此可以确定该机场的高峰持续时间段为 15:00—18:00,共 3 h。

3 结论

首先运用交通流理论对机场高峰流量特性与高峰持续时间进行分析,着重从高峰日及高峰小时旅客流量特性和高峰日起降架次分布特性两个维度探究高峰日运行机理。然后,针对机场高峰

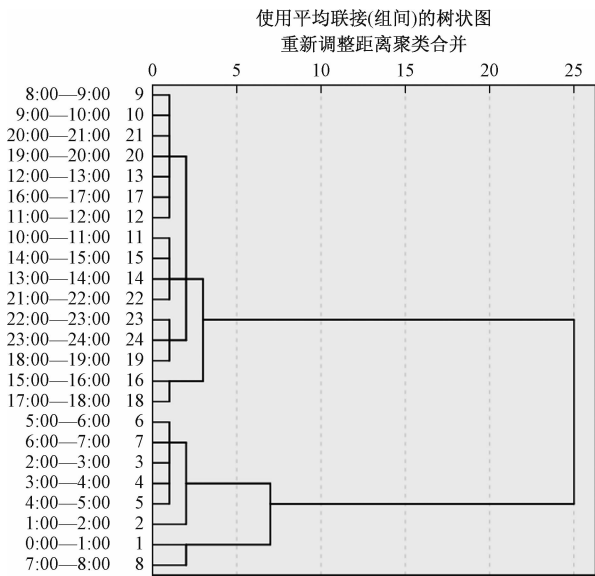


图 5 系统聚类组间联接树状图

时段持续的问题,提出了以其典型高峰日航班运行架次为研究对象,运用 SPSS 数据分析软件对其进行分析,进而确定出高峰时段,为机场合理配置和调动运行保障资源提供理论依据。得出如下结论:

- 1)高峰小时必须包含在高峰时段内,并且高峰时段应当是以高峰小时为基点,向前后扩散的一个时间段。
- 2)大型运输机场的高峰时段一般为一个连续的时间段。
- 3)在高峰时段内允许出现某个小时的流量值低于高峰时段以外的最大流量值。

参考文献

[1] 中国民用航空局. 2019 年民航机场生产统计公报[EB/OL]. [2020-04-05]. http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/TJSJ/t20200309_t201358.html.
[2] 吴晓,周一鸣,刘小明. 国外机场陆侧交通流特性分析[J]. 综合运输,2009(5):76—79.
[3] 杨磊,胡明华,尹苏皖. 多机场系统耦合高峰服务能力统计评价方法[J]. 航空计算技术,2015,45(5):1—4.
[4] 赵征,胡明华. 机场历史高峰服务能力评估方法研究[J]. 航空计算技术,2015,45(1):17—21.
[5] 李雄,陈晓清,李冬宾. 航班起降波形分类及特征研究[J]. 飞行力学,2016,34(2):90—94.
[6] 许辰澄,胡明华,赵征. 基于置信区间的机场高峰服务能力评估研究[J]. 航空计算技术,2018,48(4):28—32.
[7] 汪家保. 机位动态容量评估及运行仿真研究[D]. 广汉:中国民用航空飞行学院,2018.
[8] 许保光,刘倩倩,高敏刚. 基于机场繁忙程度的航班延误波及分析[J]. 中国管理科学,2019,27(8):87—95.

[9] 常小兰. 区域公路交通量时变特性的分析方法研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2001(S1): 75—78.

[10] 武松, 潘发明. SPSS 统计分析大全[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014: 328.

[11] 陈彦伟. 基于聚类分析方法的交通事故黑点的鉴别[D]. 淄博: 山东理工大学, 2011.

Research on the Method of Ascertaining the Peak Hours of Airport Operation

LI Ming-jie¹, LU Yao-yao¹, WANG Jia-bao²

(1. School of Airport Engineering and Transport Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307, China;
2. Huashid Design Group Beijing Civil Aviation Design & Research Institute Co, Beijing 101300, China)

Abstract: In order to evaluate the impact of airport peak on airport operation scientifically, and allocate airport operation support resources scientifically, traffic flow theory and system cluster analysis method are introduced to determine the peak period of airport operation. Studied the relationship between the peak flow of airport and the annual passengers, analyzed the distribution law of flight take-off and landing in the peak daytime. Taking the flight operation data of a large transport airport in China as an example, and then analyzed the data through the SPSS software, the feasibility of the method was verified, which provides a theoretical basis for determination of airport operation peak period scientifically.

Key words: peak hours; traffic flow theory; takeoffs and landings; systematic cluster analysis