



第五章

机场运行规划



第一节 概 述

机场是组织航空运输生产的重要场所。在这里，飞机起飞、着陆、停放；旅客下机、领取托运行李、办理乘机手续、候机和登机以及转机；到达的货物卸下和转运，离港的货物分理、打包、装箱和装机。这里一片繁忙，人来客往，车辆穿梭，如果没有高效的组织，很难想象这里的运输生产可以有条不紊地进行。

机场分为陆侧（Landside）和空侧（Airside）两部分。航站楼和地面到达系统组成陆侧部分，是旅客转换交通模式的地方；跑道、滑行道和停机坪组成空侧部分（也称飞行区），是飞机活动的场所，有时也把终端区甚至进近区域（Terminal Area）划归机场空侧部分。机场组成的示意图如图 5-1 所示。

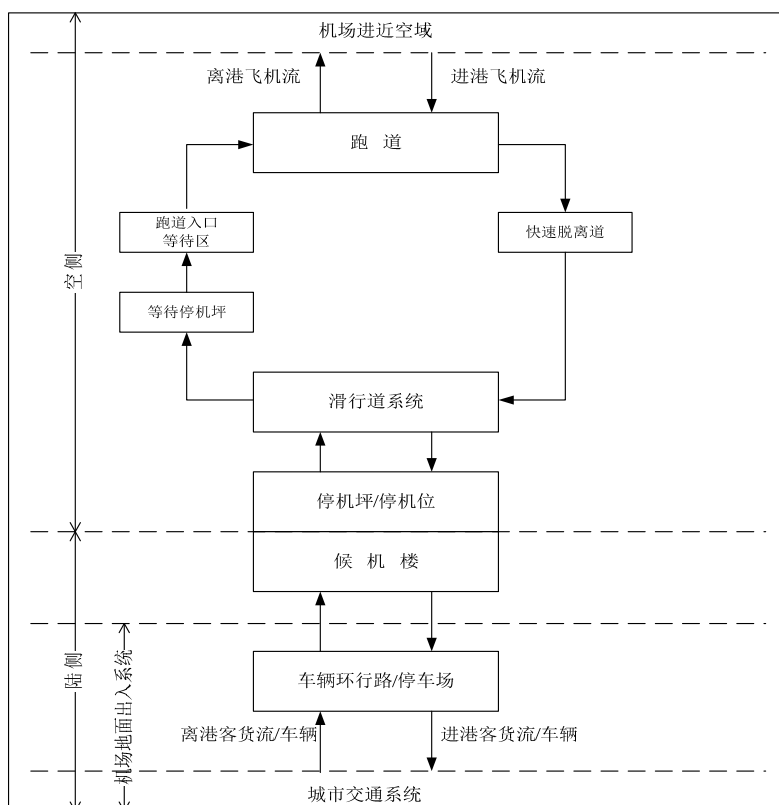


图 5-1 机场组成示意图

旅客运输生产从旅客到达航站楼入口处开始，国内航班旅客通过值机和安检，即可进入候机厅候机，航班出发前 20min 左右开始登机；国际旅客则除了值机和安检外，还需要办理出关手续（包括海关申报、检验检疫和边防检查）。到达目的地机场后，国内航班旅客下机后到行李认领厅领取行李，然后转乘陆路交通离开机场；国际航班旅客还必须办理

入关手续，首先通过边防检查，然后领取行李，接受卫生检验检疫和海关申报后，转乘陆路交通离开机场。

货物运输生产首先由货代收集货物，分理打包，向航空公司申请货舱舱位，再运送至机坪装机；到达目的地机场的货物下机后运到货站，在货站进行分理，然后用货车运往最终目的地。如果是国际货物，还必须办理出入报关手续，通过海关和检验检疫检查。

所以，除了运输途中飞行以外，航空客货运输生产都在机场完成，运输生产的效率主要体现为机场生产组织的效率。上述的生产组织活动将在本章做详细讨论。

机场可以分为陆路到达系统、航站楼系统和飞行区系统，航站楼系统的旅客流程又可以分成处理设施、等待设施和流通设施三种功能设施。值机柜台、安检通道、边检通道和登机门等是处理设施，旅客在每个处理设施处接受服务时，可能需要排队等待，所以一般每个处理器处都配有等待设施，以容纳等待的旅客，两个处理设施之间设计有通道。飞行区又可分为跑道系统、滑行道系统和停机坪三个功能设施，飞行区功能是为飞机运行服务而建设。

机场运行规划是指为机场的生产运行所制订的计划和规则，包括生产流程的设计和分祈、生产资源的配置以及生产调度计划的制订等内容。

在进行机场运行规划时，需要分析机场系统各子系统、各功能实施的容量和效率。容量是生产能力的体现，效率是管理水平的体现。通过运行规划，可以帮助机场管理者掌握生产组织的各种关系，提高服务水平和改善机场运行质量。

ICAO 推荐了机场规划基本步骤，如图 5-2 所示，可以看出，容量评估是机场规划的第一步，其基础性作用在于机场规划人员不仅需要正确分析现有容量水平和容量瓶颈环节，找准生产流程需要改进甚至改造的地方，提出改造方案，还要掌握未来交通流量需求下的机场容量水平。在这一过程中，交通需求被不断反馈到机场容量的规划中，影响容量规划的制定和修订。

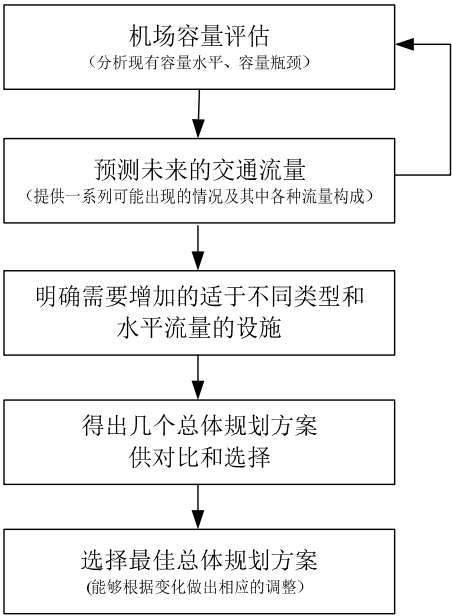


图 5-2 机场运行规划流程图

第二节 机场运行规划基础

一、排队网络

由各种排队系统通过串联和并联方式连接成的网络，叫作排队网络。航站楼系统的旅客流程、飞行区的飞机流程是一种排队网络，如图 5-3 所示。

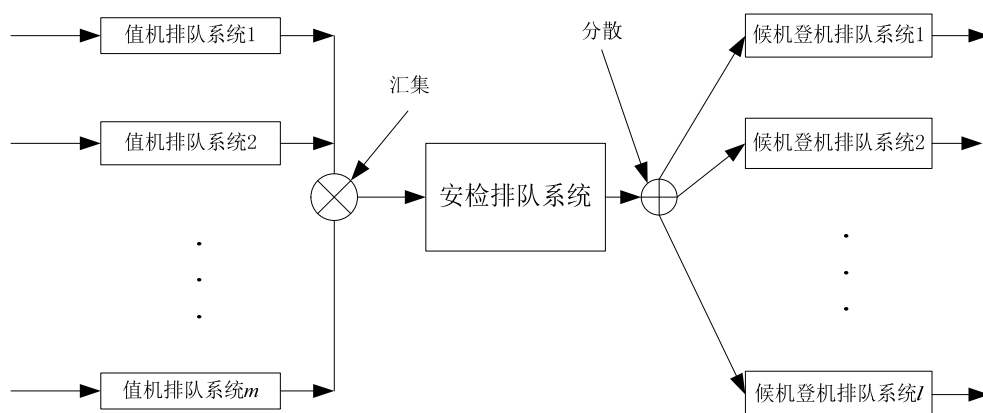


图 5-3 排队网络

对航站楼旅客流程的研究都是针对单个流程环节进行的，例如绝大多数的研究是针对旅客值机环节或安检环节进行分析的，整合起来进行分析的方法主要是运用计算机流程模拟的方法。

对于航站楼旅客流程的排队网络，值机区的各值机排队系统是并行的排队系统，这样的排队系统旅客输入过程是非稳态的泊松过程。如果值机采用公用设备模式，则整个值机区是一个排队系统；如果公用模式只在局部实行，则该局部的所有值机柜台构成一个排队系统；如果不实行航班和航空公司之间的公用设备模式，则可认为每个航班的值机过程都是一个排队系统。

安检排队系统尽管有许多通道，但采用完全的公用形式，因此可认为是一个排队系统。如果每通道一个队列，则安检区构成并行的多个排队系统。国际和国内航班由于候机区域的分开，其安检流程是分离的排队系统。

值机排队系统和安检排队系统是串联的，值机系统的输出是安检系统的输入。图 5-3 展示的航站楼旅客排队网络是针对国内旅客出港流程的，对于国际旅客，只要在值机和安检两个排队系统间加上海关、边检、检验检疫排队系统即可，这三个排队系统与值机排队系统、安检排队系统是串联的，前一流程排队系统的输出是后一流程排队系统的输入。

对于机场候机厅，因为目前常采用公用方式，旅客可以在他愿意的候机厅等待，也可能去商店购物。登机开始时间和航班出发时刻有关，不是简单的泊松过程，候机登机排队

系统比较复杂，需要另外加以分析。

（一）稳态串行排队网络的排队论分析

若排队系统是 $M/M/k$ 系统，并且利用率小于 1，则它的输出率等于输入率，在这种情况下称之为稳态的排队系统，由稳态的排队系统构成的网络称为稳态排队网络。旅客流程作为一种排队网络，是一种开环网络，叫作中网络。在串行排队网络中，如果第一个排队系统的到达时间间隔服从参数为 λ 的指数分布，各个阶段服务台的服务时间服从指数分布，并且各阶段具有无限量的等待空间，那么各阶段的排队系统到达时间间隔都服从参数为 λ 的指数分布。

（二）非稳态排队网络的分析

排队论研究了稳态排队系统的平均指标计算方法。在稳态排队系统中，平均到达率和服务率至少在一段时间内是不随时间变化的常数，排队系统各指标也都与时间无关。

在机场实际运行过程中，各排队系统有时可能不是稳态的。航空公司和机场需要根据队列的长度适时调配资源量（服务台数），一旦等待服务的乘客数量超过一个特定的限制水平（由公司规定遵守的服务水平决定），航空公司或机场运营者可以激活一个或多个额外的服务台。当等待的旅客数回落到该限制水平以下，将减少开放的服务台数。在此情况下排队网络的构成随时间而变，各阶段排队系统服务率也随时间变化。同时，旅客的到达率也和一天内不同时刻的航班计划密切相关，有高峰，有低谷，因此到达率也随着时间而变化。因此航站楼旅客排队系统可能是非稳态的串并联混合式开放网络。

对于非稳态的排队网络问题，排队论难以解决，一个常用的工具是累积图。累积图法的前提是假设系统的输入均匀到达。而系统的到达率本身就是一个相对的概念，只要时间短划分合理，在某一时间段下，影响到达的外部因素基本不变的情况下，可以假设其为均匀到达。在此情况下，我们可以运用累积图的方法对航站楼的串并混式排队网络进行研究。

二、高峰小时的定义

高峰小时是指功能设施在繁忙情况下具有代表性的时间段。高峰小时是根据历史记录的出现频率来定义的。用于机场规划的基本参数是机场高峰小时需求，又叫作典型高峰小时，或设计小时、高峰小时（DPH）。高峰小时的几种定义如下。

- （1）年度的第 20、30 或 40 个最繁忙的小时。
- （2）年度高峰月的平均日高峰小时。
- （3）年度两个高峰月的日平均高峰小时。
- （4）年度每百繁忙日的第 95 天的的高峰小时。
- （5）年度第 7 或 15 个繁忙日的高峰小时。

其中第（1）种定义多用于英国，第（2）种定义用于美国，第（3）种是 ICAO 推荐的。

高峰小时不是一年中最繁忙的小时，但超过高峰小时（超负荷）的运转次数只有很少的几天。

根据统计数据分析发现，每年需求随月份的变化具有相似性，每天各小时需求的变化也具有相似性。因此高峰小时的需求可以用年度预测需求近似计算，转换系数可取 0.03%~0.05%的某个值，平均值大约为 0.033%。机场的年吞吐量越大，峰值越平坦，因此转换系数越小。反之，机场的年吞吐量越小，峰值越显著，转换系数越大。

三、机场服务质量标准

服务水平代表了旅客在航站楼所经历的相关服务的质量和状况。诸如等待时间、处理时间、走动时间及堵塞时间等服务水平的衡量标准之间是相互关联的。服务水平所要达到的目标非常重要，因为它直接关系到机场的运营成本等经济性因素，以及机场的对外形象。事实上，机场能长期保持某一服务水平对于吸引客源是非常有帮助的，这同样也能够反映地方和国家所追求的目标。

机场陆侧的每个组成部分都有它们独特的运作特征及需求，因此很难用某一种方式定义服务水平。为了详细说明服务水平的定义，专家建议，依据机场陆侧各种设施的类型，以不同的方式衡量潜在的拥塞，比如根据处理设施、等待设施及流通设施分类给出衡量标准。根据分析设施的类别，有三种评估潜在拥塞的基本方法，具体定义如下。

（1）静态容量：用来描述等待设施的存储容量，通常以某一时刻可以容纳的旅客的数量来表示。静态容量是有关总的可利用空间及所需服务水平的一个函数，即每位旅客所需的

空间。

（2）动态容量：是指单位时间内旅客穿过某一子系统的最大处理效率或者流通速率。作为测量指标的实际时间单位（如分钟或小时）的选择取决于设备的自然属性和运作情况。

（3）持续容量：用来描述在一个持续的时间段内满足交通需要的子系统的总容量，同时它还需满足特定的服务水平和时间空间标准，是一种综合考虑了设备静态容量和动态容量的研究方法。

为了细分服务水平，用字母 A（极好）~F（不可接受）来表示，具体如表 5-1 所示。

表 5-1 国际航空运输协议服务水平标准

服 务 水 平	标 准 描 述		
	质量和舒适度	人 流 状 态	延 误
A	极好	自由无限制	无
B	很好	稳定的	非常少
C	好	稳定的	可接受
D	一般	不稳定的	尚可接受
E	较差	不稳定的	不可接受
F	不可接受	间断流	服务中断

值得注意的是，尽管每个服务水平的描述区别不大，但是子系统有着不同的空间需求，系统管理者和设计者应该详述服务水平的需求，通常 C 档被认为是基本要求，D 档被认为是繁忙时段的可忍受水平。表 5-2 和表 5-3 分别是航站楼服务质量空间和时间标准。

表 5-2 IATA 航站楼服务质量空间标准

服务水平等级	A	B	C	D	E
1. 极少旅客托运行李，不用行李车（队列宽 1.2 米）	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9
2. 每位旅客 1~2 件行李，不用行李车（队列宽 1.2 米）	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
3. 多数旅客使用行李车（队列宽 1.4 米）	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5
4. 每位旅客带有两件及以上的重行李，绝大多数旅客使用行李车（队列宽 1.4 米）	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8

表 5-3 IATA 航站楼处理设施时间标准

服 务 水 平	最短—可接受/min	可接受—最长/min
经济舱值机	0~12	12~30
公务舱值机	0~3	3~5
到达护照查验	0~7	7~15
出发护照查验	0~5	5~10
行李认领	0~12	12~18
安检	0~3	3~7

四、动态排队系统分析

排队论研究了稳态排队系统的平均指标计算方法，稳态排队系统要求到达率和服务率在平均意义上是不随时间变化的常数。如果平均到达率和平均服务率随时间而变化，相关计算公式将不能使用。图 5-4 表示了顾客到达率不变、服务率变化情况下队列长度的变化。

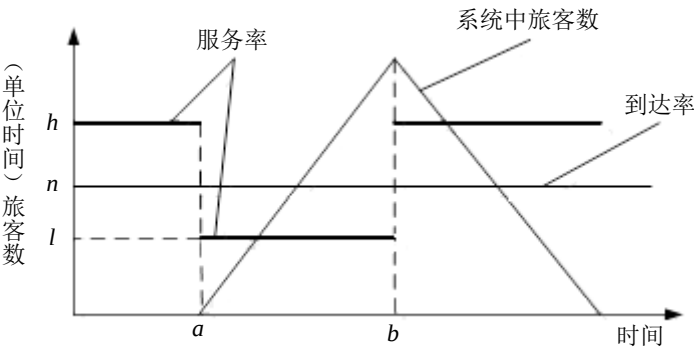


图 5-4 服务率变化引起排队长度的变化

从图 5-4 可以看出，在时刻 a 之前，服务率 $h >$ 到达率 n ，因此队列长度等于 0，在时

间区间 $[a,b]$ 上, 服务率降为 $l < n$, 队列长度以速率 $(n-l)$ 逐渐增加, 直到时刻 b , 到达最长队列 $(n-l)(b-a)=(n-l)T$, 之后服务率又恢复到高水平 h , 队列长度以速率 $(h-n)$ 逐渐缩短, 直到 $b+(n-l)T/(h-n)$ 队列才消失。队列存在了 $T_q=[(n-l)/(h-n)+1]T=(h-l)/(h-n)T$ 的时间。

所有旅客总延误为图 5-4 中三角形的面积, 等于

$$T_d = \frac{1}{2}(n-l)T \frac{h-l}{h-n} T = \frac{(n-l)(h-l)}{2(h-n)} T^2$$

被延误总旅客数为

$$N_q = nT_q = \frac{h-l}{h-n} nT$$

平均每旅客延误

$$\bar{T}_d = \frac{T_d}{N_q} = \frac{n-l}{2n} T$$

该式表明平均每旅客延误时间和高水平服务率无关, 与服务水平降低的时间长度成正比。

再来看这种情况下的旅客到达累计曲线和旅客离开累计曲线, 如图 5-5 所示。由于旅客到达率为常数, 因此旅客到达累计曲线是直线, 斜率为 n 。由于服务率是分段常数, 因此旅客离开累计曲线是分段直线。旅客到达累计曲线和离开累计曲线分离的部分表示了队列的存在, 其中两曲线纵坐标之差为队列长度, 横坐标之差为某旅客的逗留(延误)时间。可以计算出时刻 $t=a+lT/n$ 到来的第 $(na+lT)$ 位旅客的延误时间最长, 延误时间为 $T(n-l)/n$ 。其他旅客的延误时间可以同理算出, 其分布如图 5-6 所示。

一般情况下, 不但服务率可能变化, 而且顾客到达率也会发生变化。一般情况下的旅客到达累计曲线、旅客离开累计曲线可能如图 5-7 所示。

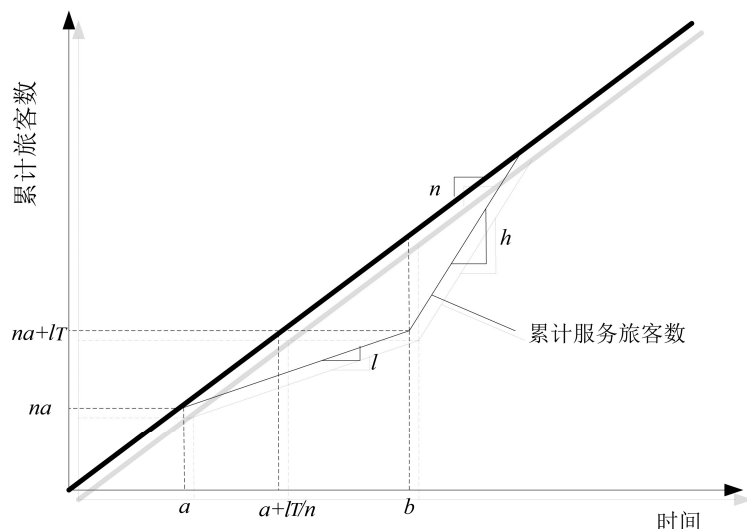


图 5-5 服务率变化引起排队长度变化情况下的累计曲线

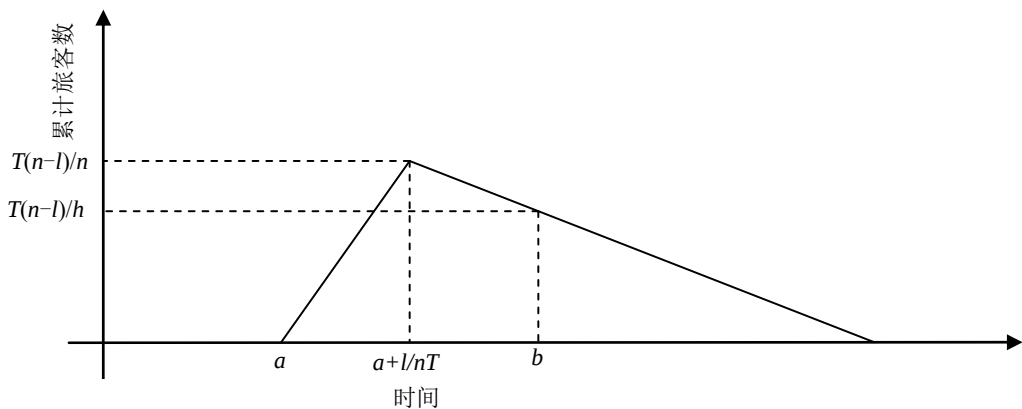


图 5-6 旅客延误分布

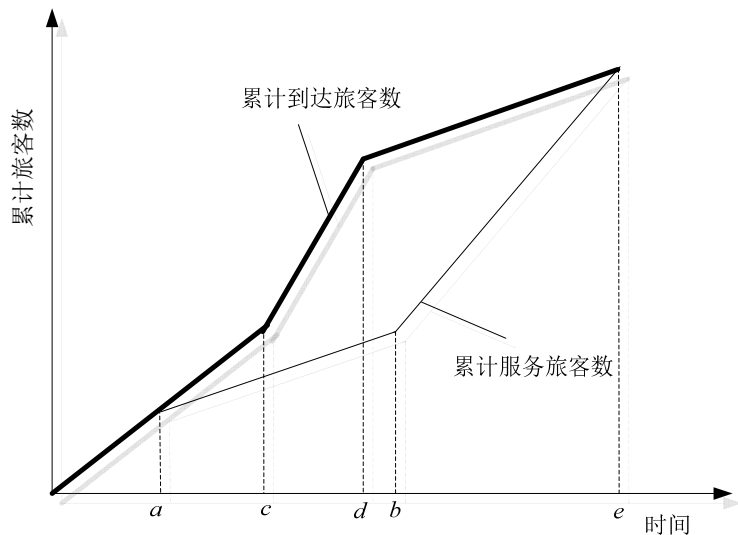


图 5-7 一般情况下的旅客累计曲线

把累计曲线进行分段线性近似，可以计算出各分段时间区间端点的旅客排队长度和相应的排队时间，并由此计算总延误人数和平均延误时间。

第三节 航站楼运行规划

航站楼是旅客和行李转换运输方式的场所，其功能就是要经济、有效地让旅客舒适、方便和快速地实现由地面向航空运输方式的转换，行李可靠、安全、及时地和旅客同步实现运输方式的转换。航站楼内旅客进离港路线比较复杂，包含国内出发、国际出发、国内到达、国际到达、过境和中转流程等多种旅客流程。流程是否顺畅对于航站楼的高效运行非常关键。

一、旅客的进离港流程

航站楼作业流程如图 5-8 所示。从图 5-8 可以看出，航站楼内旅客进离港路线比较复杂，本节只讨论到达和出发流程。

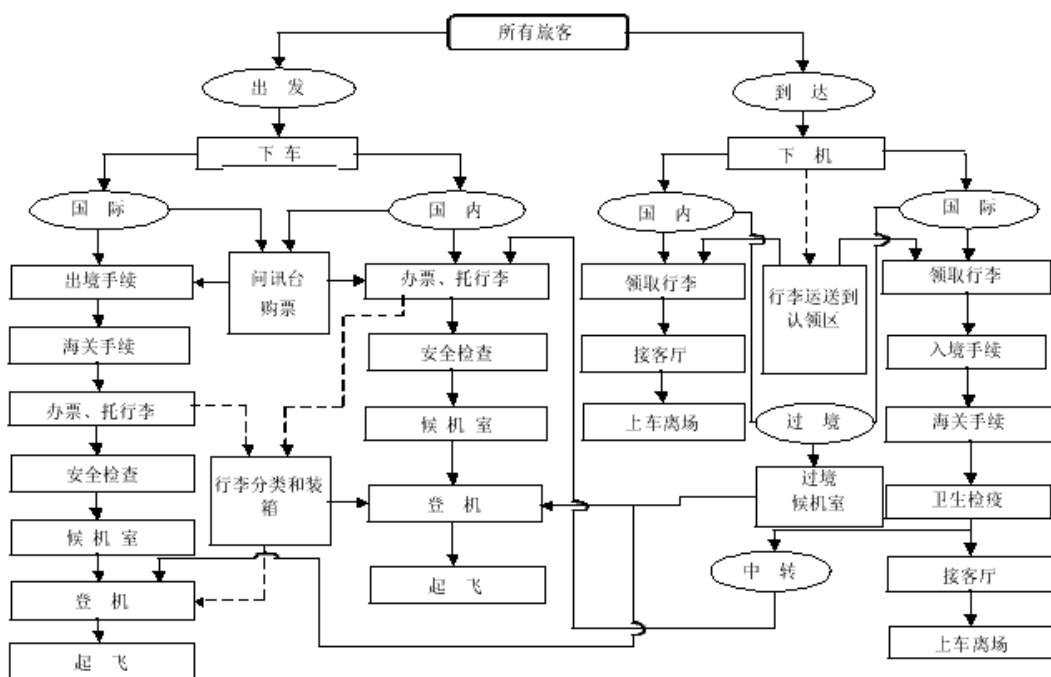


图 5-8 机场航站楼作业流程图

图 5-8 只是航站楼旅客流程的一种可能情况，并不是所有国际机场的旅客流程都必须如此，流程某些环节的顺序是可以调换的。例如上海浦东国际机场，国际旅客值机后才通过海关通道进入隔离区，这和图 5-8 中的流程顺序略有不同，而广州白云国际机场目前的流程与图 5-8 所示相同。旅客流程中两个最为复杂的流程是值机流程和安检流程，旅客的出港流程由于值机和安检等流程的存在，远较进港流程复杂。

（一）值机流程

值机流程包括核对旅客身份证和电子行程单信息、打印登机牌。如果旅客有行李交运，则为其办理行李托运手续。简单地说，值机需要完成“办票”和“行李托运”两项服务。值机流程涉及的关键问题有以下几个。

1. 值机柜台的分配方式

值机柜台的分配有两种方式：专用式和公用式。

采用专用值机方式时，各柜台只办理指定航班的旅客值机手续。采用公用值机方式时，各柜台可办理各航空公司各航班的旅客值机手续。一般来说，公用式值机的效率高于

专用式。目前，各个国际大型机场所采用的一般是介于专用式和公用式之间的方式，也就是某航空公司所使用的柜台可以办理本航空公司或其代理航空公司的所有航班的值机手续。

采用哪种方式取决于以下两个因素。

(1) 机场管理当局的资源分配政策。有些机场规定值机柜台不租用，由机场统一安排，采用公用方式值机，有些机场则将值机柜台租给航空公司专用，也有些机场两种方式同时存在。航空公司租用的值机柜台，也可采用各航班之间公用的形式。

(2) 离港系统是否统一。有时由于基地航空公司使用了不同的离港系统，值机柜台只能租给航空公司专用。

2. 旅客排队队列的形式

至于旅客队列形状，柜台采用专用方式时，值机一般采用一个柜台一个队列的排队形状，形成一个个单服务台单队列排队系统；采用公用方式时，旅客值机队列有以下两种形式。

(1) 一个柜台一个队列。

(2) 多个柜台一个队列。

对于第二种队列形状，在值机刚开放时，队列常常较长。为充分利用值机大厅空间，须使用活动栅栏一类的隔离设施进行队列形状规划，一般规划成蛇形队列，并有服务员引导。

排队论已经指出，第二种队形比第一种队形更有效率。但在值机刚开放时，往往由于等候的旅客较多，第二种队形会给旅客一种错觉，好像队列很长，排队时间一定也很长，因而引起旅客不满。实际上这种队列看上去长，旅客的平均排队时间比单队列要短许多。

3. 航班值机开放时间和关闭时间

不同的机场、不同的航空公司甚至不同的航班，对值机开放时间有着不同的规定，有的规定航班起飞前 2.5h，有的规定 2h；国际航班可能规定提前 4h，有的国外大型机场甚至没有时间限制，随到随办。

根据国家民航局规定，旅客应当在承运人规定的时限内到达机场，凭客票及本人有效身份证件按时办理客票查验、托运行李、领取登机牌等乘机手续。值机人员应该按时开放值机柜台。一般规定 200 座以上机型，在航班到站时间前 120min 上岗；200 座以下，提前 90min 上岗；100 座以下的，提前 60min 上岗。

以下三个运行问题受开放时间规定的直接影响。

(1) 行李分拣厅的人力安排。因为目前国内多数机场还是采用人工分拣行李，某航班一旦开始值机，行李厅就必须安排人力进行行李分拣，即使行李很稀少也要安排，这样必然浪费人力。

(2) 可能造成候机厅座位紧张。因为如果值机开放时间过早，一个候机厅可能坐有若干个航班的旅客在候机。

(3) 对登机门和停机位指派要求高。因为值机时，就已经指定了登机门号，也指派了飞机的停机位。如果值机时间开放较早，就需要对航班的到港时间做出准确预测，否则难以做到准确指派登机口和停机位，可能造成登机口的更换，因而引起旅客不满。

（二）安检流程

安全检查是防止旅客携带可能危及飞机安全的物品登机而进行的检查活动。安检包括两部分：旅客安检和随身行李安检，安检流程如图 5-9 所示。

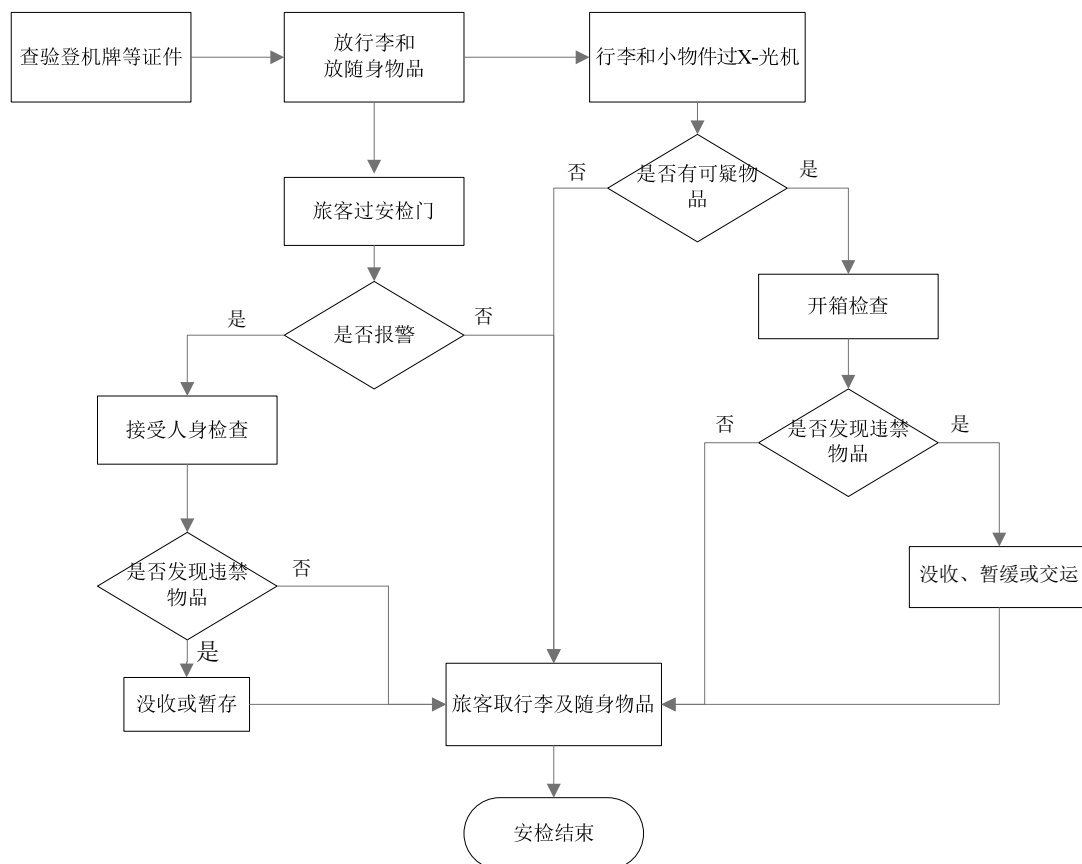


图 5-9 安检流程图

安检流程是典型的公用柜台模式，任一柜台可办理任一航班旅客的安检手续。当然，国内和国际旅客由于候机区分开，其安检流程也是分开的。

二、旅客流程规划

为统一处理旅客流程，可以将机场陆侧单元划分为三类：处理设施、等待设施和流通设施三种功能设施。

（1）处理设施：为旅客办理登机手续的场所，包括值机柜台、安检、护照检查、海关和检验检疫检查、登机口及行李认领区等。

（2）等待设施：旅客排队和等待休息的场所，如值机大厅、安检前的安检排队场所、候机厅和行李认领厅等。

(3) 流通设施：连接处理设施供旅客行走流通的各种通道。

旅客流程中各环节都涉及处理设施和等待设施，各环节之间都有流通设施。旅客流程的规划可以针对这三种设施分别进行。

(一) 处理设施的规划

1. 值机规划

值机规划包括以下内容。

- 值机柜台数的确定。
- 值机柜台的分配。
- 旅客队列结构优化。

下面分别进行论述。

(1) 值机柜台数的确定。确定值机柜台的数量是机场航站楼规划中的重要内容，这里给出两种开放式值机柜台数量的计算方法。

① IATA 建议方法。

第一步：计算高峰半小时内需要提供值机服务的旅客需求（ X ）。当航班计划时刻表和值机柜台旅客到达分布不可获得时，可以令：

$$X=P_{HP}\times F_1\times F_2$$

其中， P_{HP} 为高峰小时经济舱出发旅客数； F_1 为高峰半小时旅客数占高峰小时旅客总数比例，可通过表 5-4 查得； F_2 为高峰小时前后的出发航班所产生的额外值机需求，可通过表 5-5 查得。

表 5-4 高峰半小时旅客数占高峰小时总旅客数比例参照表

高峰小时航班数	国内旅客/短途国际旅客	国际长途旅客
1	39%	29%
2	36%	28%
3	33%	26%
≥4	30%	25%

表 5-5 高峰小时前后的出发航班所产生的值机需求

高峰小时前后 1 小时旅客量占高峰小时总人数比例的平均值	国内	申根（Schengen）/短途国际旅客	长途国际旅客
90%	1.37	1.43	1.62
80%	1.31	1.40	1.54
70%	1.26	1.35	1.47
60%	1.22	1.30	1.40
50%	1.18	1.25	1.33
40%	1.14	1.20	1.26
30%	1.11	1.15	1.19
20%	1.07	1.10	1.12
10%	1.03	1.06	1.06

第二步：根据 X 和允许最长排队时间（Maximum Queuing Time, MQT）查图，得标准曲线下的 X 对应的值机柜台数的参考值（ S ），如图 5-10 所示。

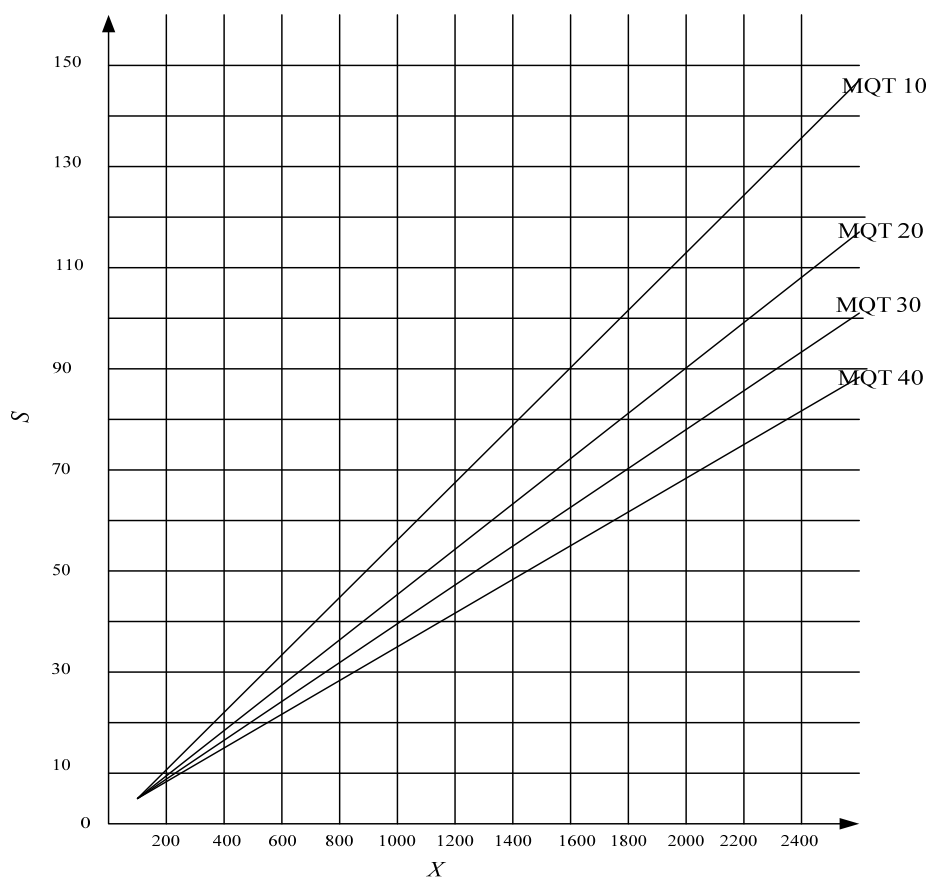


图 5-10 不同最长排队时间下的 X 与 S 的标准参考曲线

第三步：计算经济舱的开放式值机柜台数量（ C_{IY} ）

$$C_{IY} = S \times T_p / 120$$

其中， T_p 为平均值机服务时间（s）。

第四步：计算值机柜台总数（包括商务舱服务柜台）（ C_I ）

$$C_I = C_{IY} + C_{IJ}$$

其中， $C_{IJ} = 0.2 \times C_{IY}$ 是公务舱旅客需要的值机柜台数。考虑公务舱需要的值机柜台数不超过经济舱的 20%，这里采用最大可能值进行计算，其结果偏于保守估计。

② 简易计算方法。

第一步：获得高峰半小时内需要提供值机服务的经济舱旅客数（ X ）。

第二步：计算开放式经济舱值机柜台数量（ C_{IY} ）

$$C_{IY} = \frac{X T_p (T_{MQ} + T_p)}{30 T_{MQ}}$$

其中, T_{MQ} 为最长排队时间 (min), T_p 的单位也是 min。

第三步: 计算总体的值机柜台数量 (C_I)

$$C_I = C_{IY} + C_{IJ}$$

其中, $C_{IJ} = 0.2 \times C_{IY}$ 。

【例 5-1】 设高峰小时 10 个国际航班的始发旅客为 2 500 名, 其中包括 15% 的商务舱旅客。最长排队等待时间为 20min, 高峰小时之前一小时的旅客流量为 1 900 名 (占 P_{HP} 约 80%), 高峰小时之后的一小时内的旅客流量为 1 500 名 (占 P_{HP} 约 60%), 航班值机平均服务时间为 150s, 所有的值机服务为开放式值机。试计算应该设置多少个值机柜台可以满足服务要求。

解: 首先采用 IATA 计算方法。

第一步: 计算高峰半小时内需要提供值机服务的旅客需求 (X)。

由于没有特定的关于高峰半小时的航班信息和旅客到达值机柜台的分布信息, 需要按照 IATA 提供的计算公式来进行高峰半小时需要接受值机服务的旅客数量。因为共有 10 个国际航班, 故从表 5-4 可查得 $F_1 = 25\%$ 。又高峰小时前后一小时的旅客流量的平均值为 $1/2(80\% + 60\%) = 70\%$, 从表 5-5 查得 $F_2 = 1.47$, 因此高峰半小时内需要提供值机服务的经济舱旅客需求:

$$X = 2\,500 \times 85\% (\text{经济舱旅客数}) \times 25\% \times 1.47 = 781 (\text{人})$$

第二步: 在考虑最大排队时间 T_{MQ} 条件下, 确定标准曲线下 X 对应的柜台数参考值 (S)。

本例中 T_{MQ} 为 20 min, 查相应的标准曲线 (见图 5-10), 可以得到 $S = 36$ 。

第三步: 计算开放式经济舱的值机柜台数量。

$$C_{IY} = S \times T_p / 120 = 36 \times 150 / 120 = 45$$

第四步: 计算总体的值机柜台数量 (包括商务舱服务柜台)。

$$C_{IJ} = 0.2 \times C_{IY} = 0.2 \times 45 = 9$$

$$C_I = C_{IY} + C_{IJ} = 45 + 9 = 54$$

因此共需要 54 个值机柜台, 以达到最大排队时间为 20 min 服务水平。

再采用简易计算方法。

第一步: 经济舱高峰半小时旅客数 $X = 781$ (人)。

第二步: 计算经济舱旅客需要值机柜台数。

$$C_{IY} = \frac{X T_p (T_{MQ} + T_p)}{30 T_{MQ}} = \frac{781 \times 2.5 \times (20 + 2.5)}{30 \times 20} = 73$$

第三步: 计算值机柜台总数。

$$C_I = 1.2 \times C_{IY} = 1.2 \times 73 = 88$$

可见简易方法计算结果比 IATA 方法的计算结果大。从实际情况看, IATA 方法计算结果偏小, 简易方法计算结果稍偏大。

(2) 值机柜台的分配。对于每天航班量比较多的航空公司, 机场通常会将值机柜台租

给航空公司，这部分采用航空公司专用方式；而对航班量较少的航空公司则采用公用方式。可根据各航空公司的市场分担率进行柜台的分配。

某机场如果有 100 个值机柜台，有三家基地航空公司，其市场分担率分别是 0.3、0.2、0.1，其他所有航空公司占 0.4，这样原则上三家基地航空公司应分别分配 30、20 和 10 个值机柜台，剩下的 40 个柜台为公用柜台。

从提高设备利用率的角度来优化柜台分配，应当采用公用方式。公用方式提高了柜台的共享程度，减少了设备的不平衡使用，从而提高了利用率。根据排队论的结论知，设施的共享程度越高，它的利用率就越高。因此在有条件时，值机柜台应当尽量采用公用方式。

(3) 旅客队列结构优化。对于旅客排队形式，专用式值机一般采用单柜台单队列排队系统；公用方式值机旅客值机队列有两种形式——单柜台单队列和多柜台单队列。排队论已经指出，第二种队形比第一种队形更有效率。但在值机刚开放时，往往由于等候的旅客较多，第二种队形会给旅客一种错觉，好像队列很长，排队时间一定也很长，因而引起旅客不满。实际上这种队列看上去长，旅客的平均排队时间比单队列要短许多。

2. 安检规划

安检规划包括以下几项。

- 安检通道数的确定。
- 安检通道结构设计。
- 安检-值机协调规划。

安检通道数的确定 (IATA 的方法)。

安检通道数量的计算步骤如下。

第一步：计算值机手续结束后的高峰 10min 内的旅客流量 (S_M)。

$$S_M = C_{IY} \times (1 + J\%) \times 600 / T_P$$

其中， C_{IY} 为经济舱值机柜台数量； J 为商务舱旅客的比例； T_P 为值机服务时间 (s)。

第二步：计算安检通道数量 (S_C)。

$$S_C = S_M \times T_{PS} / 600 = C_{IY} \times (1 + J\%) \times T_{PS} / T_P$$

其中， T_{PS} 为平均安检时间 (s)。

第三步：计算最大队列长度。

$$M_{QT} = M_{QT} \times S_C \times 60 / T_{PS}$$

其中， M_{QT} 是标准规定最大排队时间 (min)。

【例 5-2】 已知条件同例 5-1，又已知安检平均服务时间为 12s。试计算此时的安检柜台数量和最大排队等待时间为 3min 时的最大队列长度。

解：根据 IATA 的计算步骤和公式进行计算。

第一步：计算值机手续结束后的高峰 10min 内的旅客流量 (S_M)。

$$S_M = C_{IY} \times (1 + J\%) \times 600 / T_P = 45 \times 1.15 \times 600 / 150 = 207$$

第二步：计算安检手续办理柜台数量 (S_C)。

$$S_C = S_M \times T_{PS} / 600 = 207 \times 12 / 600 = 4.14 \approx 4$$

因此总共需要 4 个安检通道。

第三步：计算最大排队等待时间为 3min 时的最大队列长度 (M_{QI})。

$$M_{QI} = M_{QT} \times S_C \times 60 / T_{PS} = 3 \times 4 \times 60 / 12 = 60 \text{ (人)}$$

此时的安检柜台前各队列最大队列长度之和为 60 人，每队列 15 人。

(二) 等待设施的容量设计

已知的输入量有旅客在等待设施的平均逗留时间 (ADT)，等待区域面积，旅客数量 (Pax)，接送人员数量 (NWW)。在估计进入等待区域人数时，必须同时考虑旅客数量和接送人员数量：

$$AP = Pax + NWW$$

式中：AP 是进入等待区域的人数。

空间服务指数的计算方法和往常一样。在休息区和等待区或者会议区，上述模型即是最常规的方法。值得注意的是，在计算等待设施人数时，当该区域位于航班离场情况下安检之后，或者位于到达情况下海关检查之前，送行人员数量为零。当然如果可以得到更加详细的信息，上面的公式可以更加精细。机场航站楼的等待设施主要包括候机厅、行李认领厅及到达大厅，详细的介绍如下。

1. 候机厅的容量设计

候机厅的容量主要是指可供有座位旅客人数和无座位旅客人数的面积之和，它与航班的客座率有较大关系。按照 IATA 的 C 级服务标准，候机厅的面积计算公式为

$$G_{HS} \text{ (m}^2\text{)} = [80\% \text{飞机容量} \times \text{有座位旅客比例} (\%) \times 1.7] \\ + [80\% \text{飞机容量} \times \text{无座位旅客比例} (\%) \times 1.2]$$

【例 5-3】 已知飞机容量为 420，80%旅客有座位，20%旅客站立，试计算某一停机位对应候机厅面积。

解： $G_{HS} = 80\% \times 420 \times 80\% \times 1.7 + 80\% \times 420 \times 20\% \times 1.2 = 538 \text{ (m}^2\text{)}。$

2. 行李认领厅的容量设计

行李提取处占用面积计算公式为

$$B_A = \text{高峰小时进港旅客人数} \times \text{每位旅客平均逗留时间 (min)} \\ \times \text{每位旅客所需要面积 (C 级标准为 } 1.2\text{m}^2\text{)} / 60$$

【例 5-4】 设某机场高峰小时进港旅客为 2 500 人，平均每位旅客在行李提取处逗留 15min，试求 B_A 。

解： $B_A = 2\,500 \times 15 \times 1.2 / 60 = 750 \text{ (m}^2\text{)}。$

3. 到达大厅的容量设计

到达大厅的面积计算公式为

$$A_A = S_{PP} \times (A_{OP} \times P_{HP} / 60) + S_{PP} \times (A_{OV} \times P_{HP} \times V_{PP} / 60)$$

其中, S_{PP} 为每位旅客所需要面积 (按 C 级服务标准为 2.0m^2); A_{OP} 为每位到港旅客在到达厅内的逗留时间 (min), 或设为 5min; P_{HP} 为高峰小时到港旅客数; A_{OV} 为每位迎客者在候机厅内的逗留时间 (min), 或设为 30min; V_{PP} 为每位旅客的迎客者人数。

【例 5-5】 设高峰小时到港旅客数为 2 400 人, 且每位旅客有 0.7 位迎客者, 试计算 A_A 。

解: $A_A = 2 \times (5 \times 2\,400 / 60) + 2 \times (30 \times 2\,400 \times 0.7 / 60) = 2\,080 (\text{m}^2)$ 。

(三) 流通设施的容量设计

分析流动设施的模型时会用到“行人密度”的概念。计算服务水平的输入参数有旅客交通量 (Traffic Volume, TV) 和通道宽度 (Corridor Width, CW)。这里的通道宽度是指通道有效宽度, 即通道实际宽度减去 1.5m (即不考虑通道设施的边缘空间)。流通设施的服务指数可以用每米宽度的旅客数量表示:

$$\text{IOS} = \text{TV} / \text{CW}$$

流通设施即连接两个处理设施的通道, 它的容量 C_L 取决于宽度 B :

$$C_L = B \times V_p$$

其中, V_p 是旅客行走的平均速度, 通常成年人的步速约 1m/s。

通道的宽度由高峰小时旅客流量 X 计算

$$B = \frac{1.2X}{3600v_p} B_p$$

其中, B_p 是旅客平均肩宽 (m) 加上提行李所需宽度, 成年人肩宽一般为 0.45~0.55m, 提行李宽度一般为 0.7m。

【例 5-6】 高峰小时某过道 (连接器) 的流量为 3 600 人/h, 旅客平均行走速度是 0.7m/s, 平均肩宽为 0.52m, 行李平均宽度为 0.7m, 试计算该过道宽度。

解: 根据公式, 计算得该过道的宽度为

$$B = 1.2 \times 3\,600 \times (0.52 + 0.7) / (3\,600 \times 0.7) = 2.1 (\text{m})$$

三、行李流程

在机场运行系统中, 旅客行李的处理是基本要素, 如果离港或到港行李发生了问题, 就会影响机场的正常运行, 并引起旅客的不满。随着机场规模的急剧扩大, 行李处理过程出现的问题日益突出。大型机场行李处理系统的建设成本和运行成本占航站楼总成本的三分之一左右, 如果行李流程运行效率不高, 将显著增加机场、航空公司和旅客的成本。

(一) 出港行李流程

行李处理系统是机场航站楼的重要组成部分, 它的主要功能是正确处理进出港和中转旅客携带的行李。

对于离港航班，旅客在办理值机手续时交运行李，并由值机员对行李进行称重和打印条形码，然后经过 X 光机的检查，如果没有发现可疑物品，则行李通过传送带传送至分拣大厅装车，否则由安检人员开箱检查，查无违禁物品/或没收违禁物品后放回传送带传送至分拣大厅装车。

在分拣大厅，行李或由自动分拣系统分拣，或由人工分拣。我国目前基本上还是由人工分拣，因为如果分拣系统采用条形码进行识别，则出错率较高，如果采用无线射频识别技术（RFID），则成本较高。采用人工分拣时，传送带上的行李被传送到一个一个的行李转盘上，由分拣工识别后将行李上的条形码撕下一条，贴在核对单上，然后将行李放到行李车上。到本航班的最后一件行李都已到达后，行李车开至机坪，待货物装完后，再装上飞机货舱靠近门口的地方。

关于出港行李流程还需要注意以下几个问题。

（1）在值机时，值机员将为每件交运行李打印三条条形码，一条贴在旅客的登机牌上，两条留在条形码带上，再粘挂在行李上，到行李分拣厅分拣时，撕下一条贴在核对单上，还有一条随行李托运到目的地后，供旅客认领行李和检查员核对用（与登机牌上的条形码核对，所以如果旅客有行李托运，登机牌应带好，不可遗忘在飞机上）。贴在分拣核对单上的条形码用以与值机行李核对单的核对，以及行李出错时的查找和值机旅客未登机时行李的查找（此时未登机旅客的行李必须卸下）。

（2）行李传送带的速度一般为 0.7m/s ，值机后一般需要 $2\sim 4\text{min}$ 才能传送到值机大厅，如果航班出发前 30min 关闭值机后还有旅客到达，行李分拣工必须等待这些行李的到达，然后才能开行李车送至停机坪，这种情况很容易引起航班延误。

（3）值机一开放，行李分拣员就必须到岗分拣行李，不允许发生行李在转盘上转圈而无分拣员在场的情况发生。所以值机开放时间太早，将多使用行李分拣员。

（4）为方便行李查找，装机时必须先装货邮，后装行李。

（二）进港行李流程

到港行李，必须先卸行李，后卸货邮。行李卸下后直接用行李车运送至行李分拣厅，然后将行李卸到已经指派好的行李转盘上（此时转盘有一端在分拣厅，大部分在行李认领厅）或传送带上，由传送带再传送至行李认领厅的行李转盘上。旅客在行李认领厅认领自己的行李。

第四节 机场货邮运行规划

一、机场货站功能与规划

机场货站是开展航空货运的最重要场所。它不但是民用机场基础建设的一个重要的、必不可少的组成部分，而且它的建设、运营和发展将对整个机场的运行功能、经济效益以

及行业中的地位产生深远的影响。

（一）机场货站系统与设备

机场货站是航空货物的重要集散地，是国家海关监控货物进出口的重要站点。机场货站为航空公司、货代公司和货主提供了进港、出港、转运货物和邮件的理货、分拣等实物操作服务，提供了货物运输类文件、报关文件、货物跟踪查询等信息服务。机场货站经营的主要目标是为航空公司、货代公司和货主提供优质可靠的服务，提供先进的物流解决方案和出众的服务质量。硬件设备是影响货站操作效率的重要因素，机场货站要不断地改善货站硬件设施水平，提高货站的经营管理水平，以达到能为顾客提供快捷和高效的货物处理服务。国内有一些机场货站已经采用国际先进水平的自动化立体仓库技术，如浦东机场货站、中国货运航空公司的货站。自动化立体仓库技术是由一套完全由计算机控制的高度精密的货物操作系统，通过集装货物处理系统、散货处理系统、控制系统和其他辅助设备来组板或者分解货物。

（1）集装货物处理系统。集装货物处理系统完成集装货物的分解、组合、装运等作业。根据航空货物的运输特点可将集装货物处理系统分为进出港货物分解组合子系统、国际邮件处理子系统、国际出港组合系统、国际进港分解系统。集装货物处理系统的机械设备包括同一轨道运行的 ETV（Elevating Transfer Vehicle，自动垂直升降转运车）、有轨堆垛起重机、存储货架、TV（Transfer Vehicle，水平转运车）、转运台、动力辊台、无动力轨道台、旋转直角转向台、轮式工作站、进出输送辊道。

（2）散货处理系统。散货处理系统完成散货的自动化存储和控制作业。散货处理系统的机械设备包括散货立体货架、有轨堆垛起重机、有轨堆垛起重机地面控制台、有轨堆垛起重机手动控制台。散货处理的控制方式分为计算机在线自动控制、单机自动控制和手动控制三种。

（3）控制系统。集装货系统的控制分为堆垛机上的程序控制和货库各出口处的操作程序控制，各程序控制与计算机服务器通过网络联结在一起。集装货系统的监控调度由计算机负责，并通过通信接口与各设备控制系统中的程序控制进行通信。在每个货物进出口处设有终端操作台，用于输入进出货箱/货板的数据和操作指令。这些数据由主机汇集处理，并与集装货系统的监控计算机交换数据。散货处理系统中货架两端各设一套控制站，对高架堆垛机进行自动控制，对货架内的货位进行管理。控制系统通过与货站计算机系统接口连接，散货系统的计算机通过通信接口与每一台堆垛机控制系统进行通信，对其进行实时监控。各巷道口均设有操作台，分别控制巷道堆垛机及巷道口货台，也用于输入散货货箱数据指令。

（二）机场货站作业流程

机场货站主要承担货物组合、分解等作业。一般情况下，机场货站将处理国内货物和国际货物的区域分开，再将出港和进港货物分开处理，以避免混乱。出港货物经过理货后有一部分转入集装货组合区处理，另一部分货物则直接进入待装区。集装货到达后，一部

分在分解后直接由客户取走，另外一部分分驳到货运代理库区。图 5-11 和图 5-12 所示分别为机场货站国内出港和进港货物处理流程图，国际出港和进港货物流程与此类似。

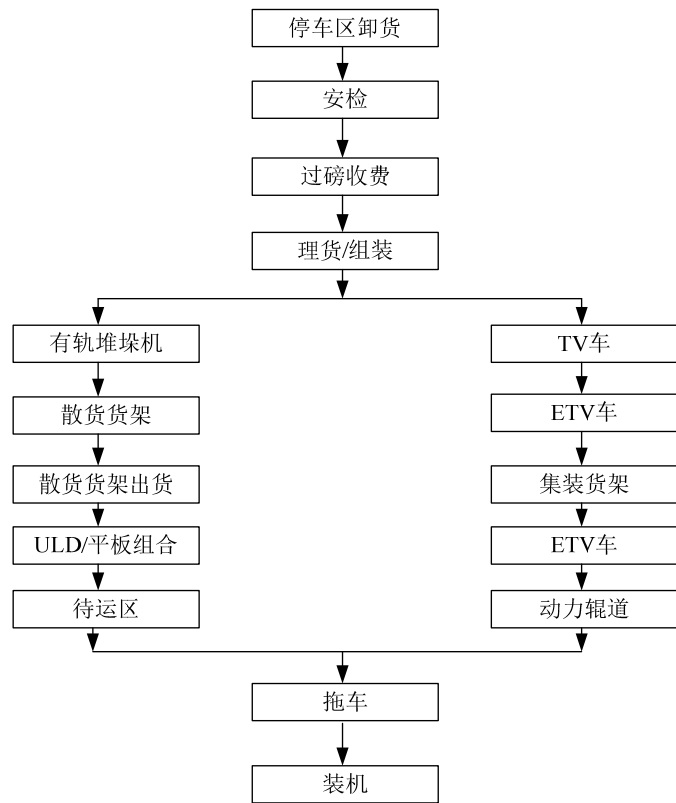


图 5-11 货站的国内出港货物流程图

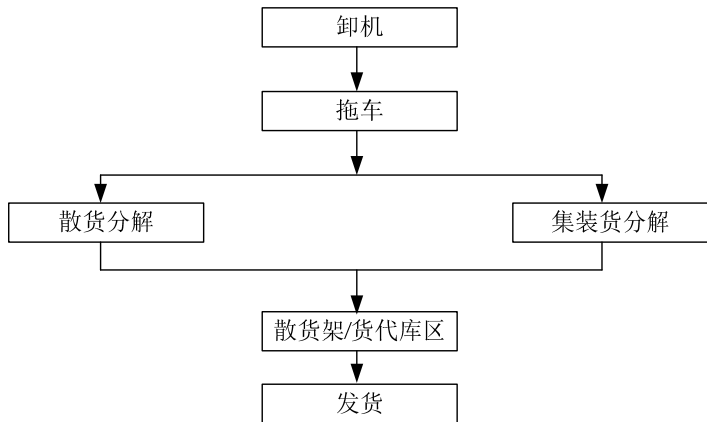


图 5-12 货站的国内进港货物流程图

集装货的组合和分解由人工完成，集装器（United Load Device，ULD）（包括集装箱和集装板）进库由 TV 车接驳，由操作员控制货架内堆垛机以自动寻址完成存货或者取货作业。集装货处理流程如图 5-13 所示。

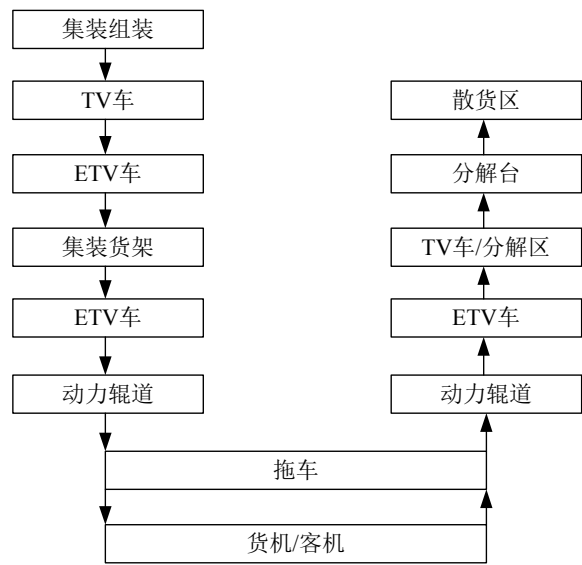


图 5-13 货站集装箱处理流程图

散货系统的装箱工作由人工完成，由工人操作叉车将货箱放置在进出货台或重进出货台取走货箱进行出入库操作。采用中央控制系统控制散货架内高架堆垛机的取/存货和寻址及监控货位管理。散货处理流程图如图 5-14 所示。

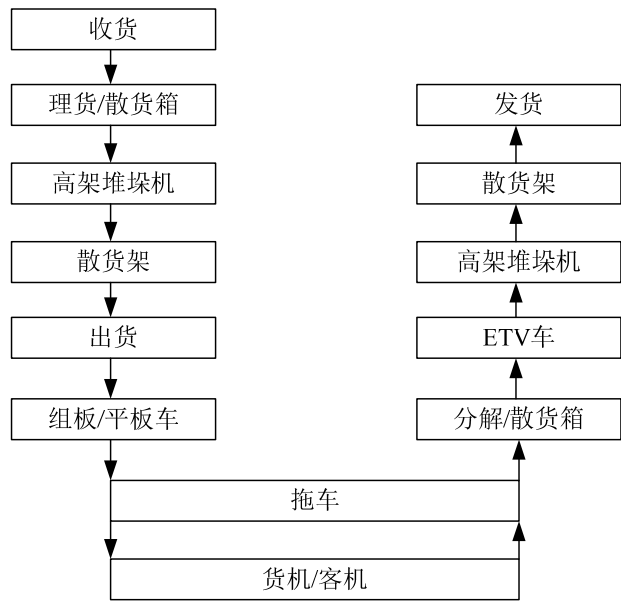


图 5-14 货站散货处理流程图

二、国际进港货邮业务流程及作业介绍

航空货物运输的业务流程是为了满足货物运输消费者的需求而进行的从托运人发货到

收件人收货的物流、信息流的实现和控制管理的过程。航空货物运输业务流程的环节比较多，如市场销售、委托运输、订舱、标签、报关、交接发运、航班跟踪、信息服务、费用结算等。航空货物运输业务流程包括货邮进港和出港两大部分。货邮进港业务流程分为国内货邮进港和国际货邮进港两种业务流程。在航空货物运输发展的不同阶段，货运流程呈现不同的特征，在中国目前的航空货运实践中，各地区航空货物发展水平差别较大，流程也不尽相同。本节介绍航空货运发展最为成熟的流程，其他流程虽然有所不同，但核心流程是相似的，并且只介绍国际货邮运输业务流程，因为国内货邮业务流程可以看作国际货邮业务流程的子集，相对比较简单，在此不多叙述。

国际货邮运输进港业务流程的环节主要包括航空货邮进口运输代理业务程序和航空公司的进港货邮的操作程序。其业务流程图如图 5-15 所示。

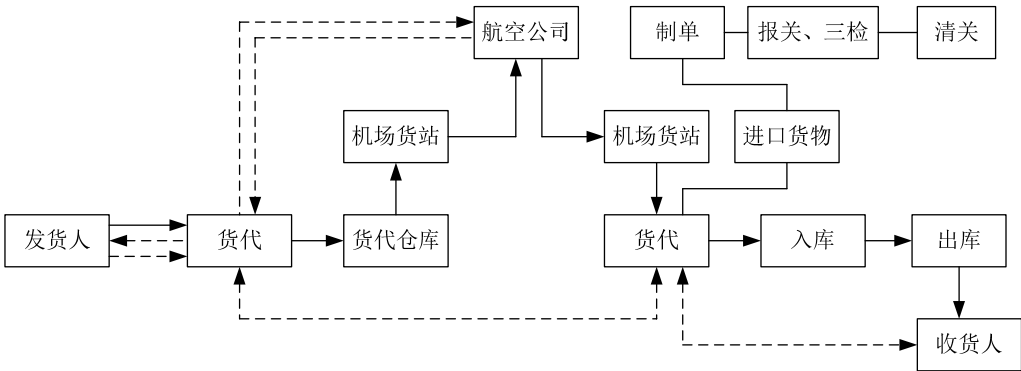


图 5-15 国际货邮进港业务流程图

国际货邮航空进口运输的业务流程主要有以下几个环节。

（一）代理预报

在国外发货前，由国外代理公司将运单、航班、件数、重量、品名、实际收货人及其地址、联系电话等内容发给目的地代理公司。

（二）交接单、货

由航空公司承运发货人的货物，到航空货物入境时，与货物相关的单据也随机到达，运输工具及货物处于海关监管之下。货物卸下后，存入航空公司或机场的监管仓库，进行进口货物舱单录入，将舱单上总运单号、收货人、始发站、目的站、件数、重量、货物品名、航班号等信息通过计算机传输给海关留存，供报关用。同时根据运单上的收货人地址寄发取单、提货通知。

（三）理货与仓储

机场货站对进港货物进行理货，并提供基本的仓储与保管服务。理货可按大货、小货、重货、轻货、单票货、混载货、危险品、贵重品、冷冻品、冷藏品等标准进行操作。

当进港货物进入货代公司仓库，货代公司也需要对货物进行理货与仓储操作。

（四）理单与到货通知

货运代理公司整理运单，给收货人发出到货通知。

（五）制单、报关

制单、报关、地面运输有多种形式：货代公司代办制单、报关和地面运输；货主自行办理制单、报关和地面运输；货代公司代办制单、报关，货主自办地面运输；货主自行办理制单、报关后，委托货代公司进行地面运输；货主自办制单，委托货代公司报关和办理运输。

（六）收费、发货

办完报关、报检等手续后，货主须凭盖有海关放行章、动植物报验章、卫生检疫报验章、进口提货单到货代所属监管仓库付费提货。

（七）送货与转运

货代公司可以提供送货上门与转运服务。

第五节 枢纽机场运行规划

航空枢纽是在航空公司运行中枢航线运营模式的基础上产生和发展起来的，最早出现于 20 世纪 70 年代的美国。1978 年，美国放松航空管制政策后，一些大型航空公司希望提高竞争力，求得最佳经济效益，这种新型的航线布局模式便应运而生，它是经济发展与技术进步的产物。枢纽航空系统是当今世界大型航空公司和机场普遍采用的一种先进的航空运输生产组织形式。它具有优化航线结构、合理配置资源、增强企业竞争力、促进机场繁荣等多重作用。

一、枢纽机场概述

（一）枢纽机场的定义

枢纽机场是指国际、国内航线密集的机场。旅客在此可以很方便地中转到其他机场。

枢纽机场是能提供一种高效便捷、收费低廉的服务，从而让航空公司选择它作为航线目的地，让旅客选择它作为中转其他航空港的中转港。枢纽机场既是国家经济发展的需求，也是航空港企业发展的需求。

（二）枢纽机场的分类

国际上对于枢纽机场的分类没有权威性的标准，美国盖兰德公司在我国最早引入了枢纽机场的概念，并将枢纽机场分为国际枢纽、国内枢纽和复合式枢纽。国际枢纽机场多处于国际航线网络的中心地带，主要承担国际转国际的中转业务，较少涉及国内中转；国内枢纽机场主要承担国内转国内的中转业务；而复合式枢纽机场则具有庞大的国际、国内航线网络，承担着国际国内相互中转的业务。从航空公司的角度来看，枢纽机场则是航空公司航线网络的中心，既是绝大多数航线起始的交汇节点，也是大量航班汇聚的场所。

枢纽机场是中枢航线网络的节点，是航空客货运的集散中心，目前行业中最常见的枢纽类型主要有以下三种。

（1）单一航主导枢纽（Fortress Hub）。即单一航司市场份额在 70%以上的枢纽机场。例如亚特兰大国际机场，其基地航司达美航空在机场的市场份额达到 80%，航班使用全场所有航站楼/卫星厅，全场中转比例为 66.9%，机场发展主要依托基地航司及其中转业务，航站区布局以“弱主强卫”的模式规划建设。

（2）航空公司核心枢纽（Primary Hub）。这里枢纽通常是航空公司的主要基地，但在市场份额上未必保有主导权。例如巴黎戴高乐机场，其基地航司法航市场份额约占到 50%，航班使用 T2E/F/G 航站楼，全场中转比例为 39.5%，机场发展周期较久，航站楼构形依托不同时期的民航背景，组成航站楼群。

（3）航空联盟枢纽（Alliance Hub）。联盟成员主要汇集点，但不局限于成员的主要基地。例如星空联盟在伦敦希思罗机场，在无基地航司的情况下，其市场份额达到 20%，航班集中使用 T2 航站楼，年中转量单向达到 47 万人次，2014 年全场航站楼改扩建完成后，星空联盟在新的 T2 形成“同一屋檐下”。需要指出的是，这里的航空联盟不单单只是大家熟悉的三大航空联盟，更广义的其实也包含了两家航空公司自己的合作关系。

高效的枢纽运作在枢纽机场建设过程中起到关键的作用，高效的枢纽运作主要表现在以下方面。

（1）高效的地面保障。枢纽机场要有高效的进离港系统、行李系统、安检设备、值机柜台及配套的航班服务（如现代化高效的航油供应、航空食品供应、航空货物装卸和快捷的飞机维修服务等地面服务保障体系）。

（2）快捷的中转流程。业务流程是根据机场服务的市场来设计的，目的就是使机场陆侧的客货（包括中转客货）能够更高效、更安全、更方便地离开或到达。

（3）良好的空域发展能力。

（4）便捷的通关政策。

（5）特殊的航班计划。当今航空公司航线网络、航班数量及机队规模的不断扩大，使得通过枢纽航线网络来提高航空公司在枢纽机场资源使用效率和经营效益非常有限。因此为了提高航空公司的效率及效益，同时提高枢纽机场的中转效率，机场需要合理、科学地规划航班起降时刻分布。

（三）枢纽机场运行的特点

枢纽机场与普通机场相比有以下几个特点。

（1）中转旅客量大，在航站楼内，不但有出发旅客流和到达旅客流，还有中转旅客流。

（2）中转行李量大，由于中转旅客量大，所以中转行李量也不少。

（3）航班波运作。航班波运作时，航班的到达和出发比较集中，不像普通机场那么均衡，这就造成了枢纽机场生产资源的使用集中化。要求机场有足够的生产资源，包括值机柜台、候机厅、登机口、停机位、行李传送带和转盘等，以提供航班波足够的生产保障能力，但航班波过后生产资源可能闲置。

目前世界上大型枢纽机场执行的特殊航班计划主要是航班波。作为 21 世纪机场发展的重要研究内容之一，对航班波结构的更深入研究将揭示它对机场需求的影响规律，航班波可以提高旅客的中转效率，减少旅客的中转等待时间，让机场的软硬件资源及机场的空域得到充分的利用，并减少延误。这不仅可以使机场的运营成本下降，还能够吸引更多的客源。因此可以看出航班波的设计是枢纽机场运营管理的发展趋势。

航班波运作的目的主要有：① 给旅客提供更多的转机选择；② 尽可能减少旅客转机时间。

为达此目的，枢纽机场运行应解决如下问题。

（1）中转旅客流程设计。

（2）中转行李流程设计。

（3）航班波的生产资源调度和指派，特别是停机位指派。

二、枢纽机场航班波的构建

（一）航班波的概念

航班波是将枢纽机场的进港航班和出港航班分开，一个时段安排进港航班，紧接着另一个时段安排出港航班，在时间上将进港航班和出港航班有效衔接起来。枢纽机场的航班波设置在一个固定时段，在规定时段内进港的航班称进港波，在规定时段内出港的航班称出港波。

（二）航班波的分类

国际上大型机场在向中转枢纽的迈进中，都经历了航班波的构建过程。这主要是当机场的进出港时刻形成航班波后，由于有了清晰的起降规划，机场内的中转航班衔接更加紧凑，使得中转时间大大缩短，能够充分发挥枢纽机场的中转功能和机场容量的潜能，并有效利用机场的各种资源，实现旅客中转的无缝衔接。因此，构建成形的航班波才是枢纽机场发挥中转功能并解决机场容量问题的核心。

航班波根据其枢纽机场的中转功能可分为国际转国际航班波、复合式航班波（即国内转国际航班波和国际转国内航班波）以及国内转国内航班波三种类型。应根据机场类型、

机场辐射区经济现状和发展前景、机场中长期规划、机场地理位置、机场现有航班情况等因素定位机场所要构建的航班波类型。

（三）航班波构建的步骤

构建航班波应该考虑以下几个因素：从满足旅客需求的角度来看，航班波应该满足旅客的出行需求和中转需求；从航空公司的角度出发，航班波要能促进航空公司枢纽航线网络的长期发展，促进、提高航空公司及其联盟整体的收益，因此航空公司也要提供能配合机场航班波运行的航班计划；从机场运行的角度出发，航班波应该与机场软硬件设施相配套，要能充分发挥机场的枢纽中转功能且不给机场运行带来负担；同时还要考虑机场的空域容量及航班目的地机场的容量限制。因此，成功地构建枢纽机场航班波需要机场、航空公司及管理当局三方共同计划与协商。

航班波的构建以一天为周期。要在枢纽机场现有航班时刻基础上构建航班波，则应事先规定由于特殊原因不宜进行时刻调整的航班类型。特殊航线航班时刻、旅客认可的航线航班时刻以及航空公司品牌航线的航班时刻在构建航班波的过程中不宜对其进行时刻调整。航班波的构建过程主要分为以下三个步骤。

（1）计算航班波特征参数。根据枢纽机场空侧、陆侧容量，机场中转能力及机场现有航班量等因素计算出机场航班波的特征参数：航班波的密度、航班波的幅度、航班波的波长等。

航班波的密度由航班波的数量，更确切地说是由机场可利用航班时刻数量决定的，机场的可利用航班时刻数量越多，航班波的密度越大。但航班波的密度同时也受到机场中转能力，也就是 MCT（中转流程最小最短衔接时间）的限制，机场的 MCT 越长，航班波的密度越小。同时要注意，为了不给机场的空侧和陆侧资源带来过大的运营压力，航班波的幅度不要过于接近机场的运营限度。如果航班量大，可以增加的密度从减少航班波的幅度来缓解机场的运营压力。这些特征参数是设计航班波的基础，它们的确定直接影响航班波的品质和技术参数。

（2）优化航班波分布时段。首先分析现有航班时刻中国际进出港航班时刻集中时段的分布与特点。其次考虑进港波和出港波以及国际航班与同内航班的衔接问题，先确定国际进港波与出港波，再反推与之衔接的国内航班波。航班波内最后一个进港航班和最早一个离港航班的时间间隔由 MCT 决定。但不能一味考虑缩短航班与航班之间的衔接时间，旅客在中转时所需的准备时间也是要考虑的重要因素，要在为旅客留出必要准备时间的基础上，尽量降低最短转机时间的值。航班波内最早进港航班与最迟离港航班由最长转机时间决定，最长转机时间如果太长，会导致部分旅客在机场等待转机的时间过长。要注意的是，在选择航班波分布时段时要考虑航班波的密度、机场的中转能力和 MCT 等因素的限制。

（3）调整航班时刻。进入时刻调整阶段首先要建立枢纽机场可用时刻的时刻池。航班时刻的调整主要依据航班波时段的分布，通过对时刻池内航班的调整来确定波内航班与波外航班以及这些航班在波内和波外的时刻分布。

三、中转旅客流程的规划

中转旅客的流量在一定程度上体现了机场的中枢水平，一般认为枢纽机场的中转旅客应当达到 30% 以上。有的枢纽机场的中转旅客达到了 60% 以上，达到了相当高的中枢水平。

中转旅客流程设计是枢纽机场建设的关键要素，与旅客最短衔接时间（航空公司进行航班波设计时应保证出发波的第一个航班与到达波的最后一个航班之间的间隔不小于最短衔接时间）、旅客中转的效率等都有密切关系。中转旅客流程设计的基本要求是：中转手续尽可能简捷；旅客中转行走距离尽可能短。为实现这些要求，设计中转旅客流程应遵守以下原则。

（1）中转流程与到达流程、出发流程隔离。例如设置专门的中转航站楼或专门的中转楼层，旅客可以在同一层楼中办完中转手续，并且与其他流程不相互干扰。

（2）中转流程都设在隔离区内，减少流程长度。

（3）国际中转旅客免除过境签证，不用重新经过边防检查。

（4）中转值机柜台设在旅客最为方便的候机厅两侧，以方便旅客办理中转手续。

（5）如果旅客在起点站即已办好中转登机手续，应设有地面引导人员引导旅客登机。

（6）应使用廊桥上下机。

（7）中转标志设置应当醒目清晰，避免旅客因信息不清而耽误乘机。

如果是线形集中式航站楼，应把航班波的航班停靠在同一个或相邻指廊的廊桥上，中转旅客的行走距离将是最短的。

中转旅客流程如图 5-16 所示。

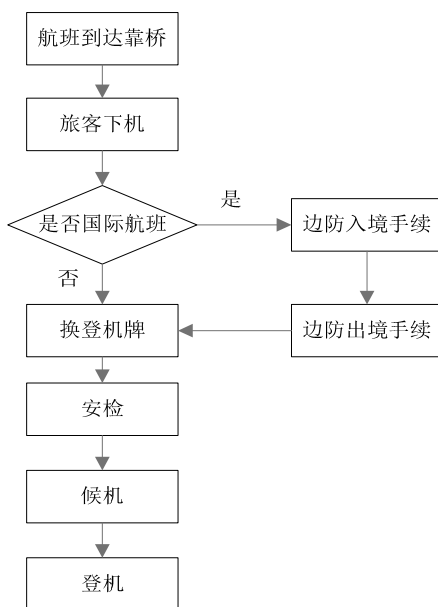


图 5-16 中转旅客流程

四、中转行李流程的规划

由于一架到港的飞机上载有中转到多个航班上的旅客，同时又将载着来自多个航班的中转旅客出港，行李必须随着旅客一起飞行，人与行李不能分离。因此一个航班到达后，必须对行李根据中转的下一个航班进行分拣。对于到达的航班，将行李按照到达和中转分别进行分拣，再将中转行李运送到将要出发的航班上；对于将要出发的航班，应当结集来自各到达航班的行李。这个流程需要仔细设计，以防止行李的错送、漏送和破损。

如果未采用行李自动分拣系统，中转行李的流程如图 5-17 所示。

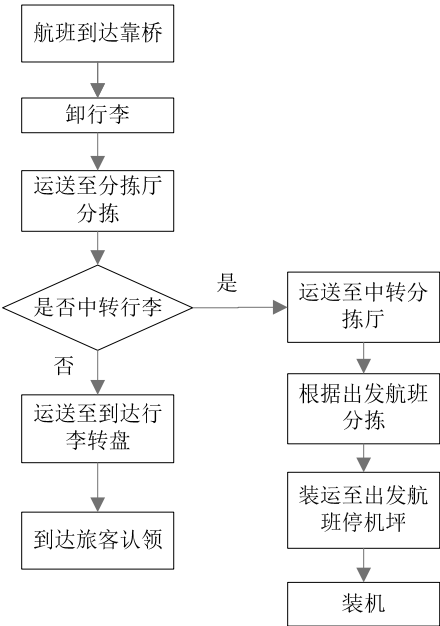


图 5-17 中转行李流程

如果采用了行李自动分拣系统，行李卸机后用行李拖车运送至行李分拣厅，卸放在行李分拣系统的传送带上，自动分拣系统通过采集和分析行李上的 RFID 芯片/条形码的信息进行自动分拣，并将到达行李送至到达行李转盘上，中转行李分送至各出发航班行李拖车上。自动分拣系统能自动分析各出发航班行李是否已结集齐，若已完成结集，拖车将中转行李拖运至出发航班停机坪，然后装机。

由此可见，如果采用了行李自动分拣系统，中转行李的分拣流程是自动完成的。但对于非自动分拣系统，行李分拣主要靠人工完成。为防止出错和有序地开展中转行李分拣工作，在行李分拣厅应当设置中转行李分拣区，该区的分拣转盘专门用于分拣中转行李。航班到达后，从飞机腹舱卸行李时，装卸工根据行李上的标签识别是否为中转行李，然后将到达行李独装一节车厢，与中转行李分开。行李装运至行李分拣厅后，到达行李运送至到达行李转盘，中转行李运送至中转行李分拣区的指定分拣转盘上进行分拣，由人工分拣后运送至出发航班停机坪装机。