

应用网络计划技术 优化飞机地面过站作业流程

孙 宏¹ 李 勇²

1. 中国民航飞行学院, 空管学院, 四川, 广汉 618307

2. 深圳航空公司, 运行控制中心, 深圳, 320000

摘 要: 缩短飞机过站时间, 能提高飞机的利用率和航班正常率, 为乘客提供安全、正点的服务, 同时提高了航空公司的经济效益。论文在系统分析飞机过站作业流程的基础上, 运用网络计划技术对国内某机场的飞机过站地面作业流程进行了分析和优化。通过优化“关键路线”从而达到缩短过站时间的目的。

关键词: 飞机地面过站; 过站时间; 网络计划技术; 关键路线; 优化

中图分类号: V35

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2004)01-0045-05

Utilizing PERT to Optimize Aircraft Ground Operation in Airport

SUN Hong¹ LI Yong²

1. Civil Aviation Flying College, Guanghan 618307, Sichuan, China

2. FOC Shenzhen Airline, Shenzhen 320000, China

Abstract: Shorting the turnaround of the plane in airport is very important for the safety and efficiency of airline and airport operation. On the basis of analyzing aircraft ground operating procedure in a domestic airport, the PERT is applied to find critical routing of aircraft ground operation, and some measures are set to shorten the turnaround of the plane in airport. Two critical routings are obtained and they are compared. The result shows that if the optical critical routings were adopted, the probabilities of finishing the turnaround work separately are 98.79% or 95.21% in 40 min.

Key words: Aircraft ground operating, turnaround on airport, PERT, critical routing, optimizing

收稿日期: 2004-02-13.

作者简介: 孙 宏(1966-), 江苏人, 中国民航飞行学院空管学院副教授, 博士, 研究方向: 航空公司运输调度分析。

0 引言

在航空运输生产中,飞机在结束一次飞行任务后,需要在机场完成一系列的生产保障和地面准备,然后才能继续执行下一次航班任务。这一过程被称为飞机地面作业^[1],其中涉及的主要工作有:放轮挡,对廊桥,开舱门,下客,下机组,打扫机舱卫生,供应食品、饮用水、卫生用品、宣传品,排生活污水,清仓,航空器航前航后的维护检查,机组登机检查,上旅客,卸行李、货物、邮件,装行李、货物、邮件,加油,送舱单,关舱门,撤廊桥,撤轮挡等。上述各项工作之间有一定的先后关系和逻辑次序,共同构成一个作业流程。过站时间是指从开舱门下客到完成以上生产保障工作并关闭舱门止的时间,缩短飞机过站时间不仅有助于提高航班正常率和飞机的利用率,而且还能缓解停机坪的压力,提高机场交通流量。飞机在机场的过站时间长短取决于具体的机型以及机场当局的作业效率,如 B737-300 型飞机在国内个主要机场的平均过站时间为 40 min,而美国西南航空公司的过站时间标准为 15 ~ 20 min。本文利用网络计划技术对国内航空运输生产中的飞机地面作业流程进行系统分析,并就改进关键路线的几种方案的可行性及效果进行了探讨。

1 飞机地面过站作业流程的 PERT 网络描述

根据过站飞机各项地面作业之间的先后次序和逻辑关系^[2],各项工作的先后逻辑关系如下:

(1) 放轮挡,对廊桥,开舱门,下客,下机组,打扫机舱卫生,供应食品、饮用水,卫生用品、宣传品,排生活污水等,与其同时,机组登机检查,然后清仓,上旅客;

(2) 进行(1)中各项工作同时,机务完成对航空器航前航后的维护检查;

(3) 进行(1)(2)中各项工作同时,商务,货运部门进行卸行李、货物、邮件,装行李、货物,

邮件,加油;

(4) 完成以上所有工作,最后送舱单,关舱门,撤廊桥,撤轮挡等。

需要说明的是:首先,由于飞机临时出现机械故障很低,且飞机航前航后的检查与维修时间有很大的不确定性,为方便讨论,本文假设飞机航前航后不出现机械故障;其次,为了方便网络图的分析,本文在讨论时把打扫机舱卫生、供应食品,饮用水、卫生用品、宣传品,排生活污水等并行的工作合并为一项工作;最后,网络图的开始结点 S 表示工作开始,不占时间,无实际意义。根据以上作业流程中各项工作的关系,可建如下网络图:

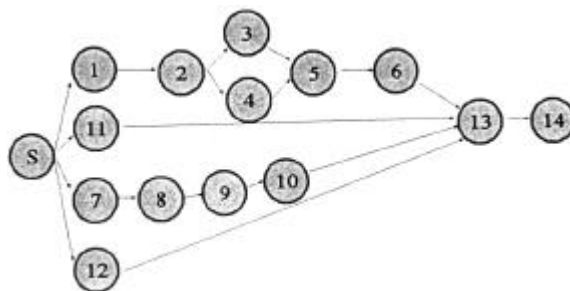


图 1 飞机地面作业网络结构

Fig.1 Network structure of aircraft ground operation

图 1 中的工作代号:

1 —— 开舱门;

2 —— 下客,下机组;

3 —— 清洁卫生、上下食品、宣传品、饮用水、卫生用水;

4 —— 机组登机检查;

5 —— 清仓;

6 —— 上客;

7 —— 对正后平台,开门,卸货、邮、行李,撤开;

8 —— 对正前货舱门,开门,卸货、邮、行李,撤开;

9 —— 对正后平台,装货、邮、行李,撤开,关门;

10 —— 对正前平台,装货、邮、行李,撤开,关门;

11 —— 加油;

12 —— 航前航后维护检查;

13 —— 送配载平衡图、舱单;

14 —— 关舱门。

由于直接在网络图上对各项工作的时间参数进行分析表达不方便,故对网络图中各项工作的分析可用列表的形式给出。表1为国内某航空公司B737-300型飞机在实际生产中的具体时间参数。其中, a 表示完成该项工作的乐观时间; m 表示完成该项工作的适当时间; b 表示完成该项工作的悲观时间。根据经验

求值公式 $T_i = (a + 4m + b)/6$ 可求出完成各项工作的时间期望值 T_i (均值)。通过对网络图的分析,容易求出表1中所列的最早可能开始时间 EST 、最早可能完成时间 EFT 、最迟必须开始时间 LST 、最迟必须完成时间 LFT , 时差 TF , 进而判断出飞机过站作业流程的关键路线^[3]。

由上面的分析并根据“ $TF = 0$ 的工作为关键工作”

表1 飞机过站地面作业流程中各工作时间参数分析 时间/min
Tab.1 Time parameter analysis of aircraft ground operation /min

活动代号	乐观时间 (a)	适当时间 (m)	悲观时间 (b)	期望值	EST	EFT	LST	LFT	TF	关键工作
L	1	1	1	1	0	1	3.8	4.8	3.8	否
2	5	6	8	6.2	1	7.2	4.9	11	3.8	否
3	8	9	10	9	7.2	16.2	15.2	24.2	3.8	否
4	12	13	15	13.2	7.2	20.2	11	24.2	3.0	否
5	2	2	2	2	20.2	22.2	24.2	26.2	3.8	否
6	10	12	17	12.5	22.3	34.8	26.2	38.7	3.8	否
7	4	8	10	7.7	0	7.7	0	7.7	0	是
8	4	8	10	7.7	7.7	15.3	7.7	15.3	0	是
9	8	12	14	11.7	15.3	27	15.3	27	0	是
10	8	12	14	11.7	27	38.7	27	38.7	0	是
11	20	25	20	24.7	0	24.7	14	38.7	14	否
12	18	20	22	20	0	20	18.7	38.7	18.7	否
13	1.5	1.5	1.5	1.5	38.7	40.2	38.7	40.2	0	走
14	0.5	0.5	0.5	0.5	40.2	40.7	40.2	40.7	0	是

结论可知,该项工程的关键路线为: S 7 8 9 10 13 14。根据“工期由关键路线的长短决定理论”可知,飞机的过站时间由 S 7 8 9 10 13 14 的长度决定的,即 40.7 min,这意味着如果以 40 min 为过站时间标准的话,航班正点的概率只有 36.95%,所以有必要对原有的飞机地面作业流程进行优化。

2 对作业流程网络图的优化

本文讨论作业流程优化的主要目的是缩短过站时间,即缩短关键路线的长度。以下就从改变作业流程(即网络图结构)和通过在企业内部不同部门中人

力和物力资源的合理调配两个方面进行优化,缩短过站时间。

2.1 基于调整作业流程的优化

在该机场的现行作业流程中,由于人力的限制,在关键路线 S 7 8 9 10 13 14 上关键工作 7, 8, 9, 10 卸行李、货物、邮件,装行李、货物、邮件不能同时进行,而是采取卸后舱 卸前舱 装后舱 装前舱这样的流程,延长了作业时间。假如该公司增加货运部门的货车和熟练的作业工人,则可以在卸前舱的行李、货物、邮件的同时,就开始装后舱的行李、货物、邮件,即让关键路线上工作 8, 9 并行作业,就可以缩短关键线路的长度,缩短飞机过

站时间。改进作业流程后网络图结构如图2所示。类似地,利用表2可以得出调整地面作业流程后的关键

路线变为 S 1 2 4 5 6 13 14, 期望工期变成了 36.8 min, 缩短了过站时间。

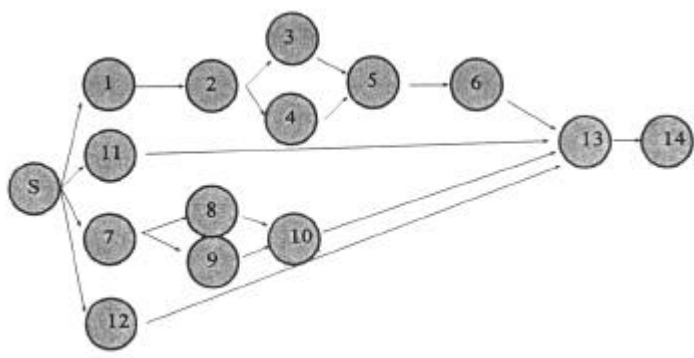


图2 改进作业流程后的网络结构图

Fig.2 Network structure based on the improved operation flow

表2 调整作业流程结构后的各工作时间参数分析 时间/min

Tab.2 Time parameter analysis with improved aircraft ground operating flow /min

活动代号	乐观时间 (a)	适当时间 (m)	悲观时间 (b)	期望值	EST	EFT	LST	LFT	TF	关键工作
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	是
2	5	6	8	6.2	1	7.2	1	7.2	0	是
3	8	9	10	9	7.2	16.2	11.3	20.3	4.2	否
4	12	13	15	13.2	7.2	20.3	7.2	20.3	0	是
5	2	2	2	2	20.3	22.3	20.3	22.3	0	是
6	10	12	17	12.5	22.3	34.8	22.3	34.8	0	是
7	4	8	10	7.7	0	7.7	3.8	11.5	3.8	否
8	4	8	10	7.7	7.7	15.3	15.5	23.2	7.8	否
9	8	12	14	11.7	7.7	19.3	11.5	23.2	3.8	否
10	8	12	14	11.7	19.3	31	23.2	34.8	3.8	否
11	20	25	28	24.7	0	24.7	10.2	34.8	10.2	否
12	18	20	22	20	0	20	14.7	34.7	14.7	否
13	1.5	1.5	1.5	1.5	34.8	36.3	34.8	36.3	0	是
14	0.5	0.5	0.5	0.5	36.3	36.8	36.3	36.8	0	是

2.2 基于调整资源配置的结构优化

以上通过改变作业流程来缩短过站时间,实际上还可以在企业内部不同部门之间通过人力、物力资源的调配来缩短过站时间,遵循“向关键工作要时间,向非关键工作要资源”^[4]的原则,比如对于图1所示的作业流程计划,因线路 S 1 2 3 5 6 13

14 为非关键路线,可以把工作3中的人力调入关键路线 S 7 8 9 10 13 14 的7、8、9、10工作中。通过这样的调整,可使关键路线的长度缩短,即飞机过站时间的缩短,同时让有限的资源得到更合理的分配。调整后网络图的逻辑关系没变,只是时间参数有所改变,线路 S 1 2 3 5 6 13 14 中工

作 3 的乐观时间、适当时间、悲观时间均增加了 3 min,而关键线路 S 7 8 9 10 13 14 中工作 7、8、9、10 的时间参数均减少了 1 min。对调整后的网络图分析得出(见表 3): 作业流程优化后的关

键路线仍为 S 7 8 9 10 13 14,且作业成本没有增加,仅仅通过对机场作业资源进行调配就使飞机过站时间缩短为 36.8 min,从而达到了优化飞机地面作业流程,缩短飞机过站时间的目的。

表 3 调整资源配置结构优化后的各工作时间参数分析 时间/min

Tab.3 Time parameter analysis with reconfigured airport operating resources /min

活动代号	乐观时间 (a)	适当时间 (m)	悲观时间 (b)	期望值	EST	EFT	LST	LFT	TF	关键工作
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	是
2	5	6	8	6.2	1	7.2	1	7.2	0	是
3	8+3	9+3	10+3	12	7.2	19.2	8.3	20.3	1.2	否
4	12	13	15	13.2	7.2	20.3	7.2	20.3	0	是
5	2	2	2	2	20.3	22.3	20.3	22.3	0	是
6	10	12	17	12.5	22.3	34.8	22.3	34.8	0	是
7	4-1	8-1	10-1	6.7	0	6.7	0.2	6.8	0.2	否
8	4-1	8-1	10-1	6.7	6.7	13.3	6.8	13.5	0.2	否
9	8-1	12-1	14-1	10.7	13.3	24	13.5	24.2	0.2	否
10	8-1	12-1	14-1	10.7	24	34.7	24.2	34.8	0.2	否
11	20	25	28	24.7	0	24.7	10.2	34.8	10.2	否
12	18	20	22	20	0	20	14.8	34.8	14.8	否
13	1.5	1.5	1.5	1.5	34.8	36.3	34.8	36.3	0	是
14	0.5	0.5	0.5	0.5	36.3	36.9	36.3	36.8	0	是

3 关于两个优化方案的评估

在对工作的乐观时间 a 、适当时间 m 、悲观时间 b 处理时,文中用了 $T_i = (a + 4m + b)/6$ 这一经验求值方法。假定发生 m 的可能性两倍于发生 a 、 b 的可能性,则 (a, m) 和 (m, b) 的加权平均值分别等于 $(a + 2m)/3$ 和 $(2m + b)/3$ 且两者等同概率出现,故其方差为:

$$s_i^2 = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{a + 4m + b}{6} - \frac{a + 2m}{3} \right)^2 + \left(\frac{a + 4m + b}{6} - \frac{2m + b}{3} \right)^2 \right] = (b - a)^2 / 6^2 \quad (1)$$

对作业流程来说,任一路线上各工作的期望时间相互独立,故工程的期望工期为:

$$E(T) = \sum_{i \in cl} T_i \quad (2)$$

其标准差为: $s = \sqrt{\sum_{i \in cl} s_i^2} \quad (3)$

$i \in cl$ 表示工作 i 是线路 cl 上的工作, T_i 表示工作 i 的期望值,因为当工程由许多工作组成时,其工期 T 近似服从以 $E(T)$ 为均值, s 为标准差的正态分布,故其概率密度函数为:

$$P(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} e^{-\frac{(T-E(T))^2}{2s^2}}$$

进一步地,令 $I = (T - E(T))/s$,则上式可以改写为:

$$P(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{I^2}{2}} \quad (4)$$

首先对基于调整作业流程的优化方案进行评估: 该方案对应的关键路径为: S 1 2 4 5 6 13

14, 期望值为: $E(T) = \sum_{i \in cl} T_i = 36.8 \text{ min}$

标准差为: $s = \sqrt{\sum_{i \in cl} s_i^2} = \sqrt{1.973} = 1.4$

好处。前不久,丰田还向公司 3 家最大的刹车供应商提出能在产品生产流程上相互合作,取长补短。丰田下属三家零部件制造商已经同意于 2003 年 10 月合并,以提高竞争力。为了消除业务重叠,丰田汽车车身公司也将接管 Araco 公司汽车制造及销售业务。处于核心位置的丰田自身也在不断的创新,不断推出新的产品,以适应外部的涨落,其开发的电动-汽油混合动力车比其他对手领先 5-10 年。丰田还与竞争对手的通用共同开发日本市场电子信息处理服务业务;与福特开发环保型汽车、在亚洲联合销售和在欧洲合作;与星空传媒建立合作关系为消费者带来全新驾驶乐趣。

参考文献

[1] 吴彤,曾国屏. 自组织思想: 观念演变、方法和问题[A]. 见: 许国志, 系统科学与工程研究[C]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000. 85-99.

[2] 蒋岩松. 自组织系统在企业管理中的应用研究[J]. 技术经济, 2003; (181): 41-42.

[3] 吴彤. 自组织方法论研究[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. 50-51.

通过供应链管理,以丰田为核心的供应链将企业内部和企业之间的功能进行集成、共享和协调,在不断的涨落下,不断的适应,不断的学习、创新,形成一条高度有序的极具竞争力的组织结构。

供应链管理不光是着眼于分享现成的蛋糕,而是要把市场蛋糕做大,然后分享更大的蛋糕。通过制定一定的游戏规则,以一定的参数来调节,然后放手各实体企业自己相互作用,产生序参量运动模式,从而推动整个供应链发展。现代企业在自学习、自协调、自适应、自发展的基础上在竞争与协同机制作用下自组织运行,不断的学习,不断的适应,从而不断的发展。

[4] 李习彬. 社会系统科学的理论体系研究[A]. 见: 许国志, 系统科学与工程研究[C]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000. 516-528.

[5] 张蕾,任守策. 基于供应链的虚拟企业决策支持系统的自组织建模[J]. 清华大学学报, 1999; 39 (7): 84-88.

[6] 沈小峰. 混沌初开[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1993. 29-33

上接 49 页

取过站时间等于 40 min, 则有 $I = (T - E(T)) / s = (40 - 36.8) / 1.4 = 2.256$, 查标准正态函数分布表^[5]可得: $P(I) = P(2.256) = 0.9879$, 即按此优化结果, 在 40 min 内完成所有地面服务工作的概率为 98.79%, 说明有很高的可信度; 类似地可以得出: 对于基于调整资源配置的结构优化方案, 在 40 min 内完成所有

地面服务工作的概率为 95.21%。

本文针对以前对地面作业流程分析所使用方法的局限性,通过网络计划技术对过站飞机地面作业流程进行了分析和优化,达到了缩短过站时间、资源合理分配的目的。

参考文献

[1] 何光勤. 签派程序与方法[M]. 西南交通大学出版社, 1999.

[2] 罗伯特·霍隆杰夫. 机场运营管理[M]. 中国民航出版社, 1997.

[3] 程理民, 吴江, 张玉林. 运筹学模型与方法教程

[M]. 清华大学出版社, 1999.

[4] 瞿均, 贾中裕. 管理数学[M]. 中国商业出版社, 1998.

[5] 盛聚, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 浙江大学出版社, 1999.