

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.02.023

# 民用飞机再循环系统流量仿真计算

## Flow Simulation of Recirculation System on Civil Aircraft

吴丹 / WU Dan

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘要:

以某型民用飞机再循环系统为研究对象,考察了从再循环系统到货舱和混合腔的流量分配。采用 Flowmaster 软件对再循环系统进行建模,对飞机在高空巡航和地面热天两种工况下的再循环系统流量分配进行了仿真计算。结果表明,该再循环系统的设计满足下游用户的流量需求。

**关键词:**再循环系统;流量;仿真计算

**中图分类号:**V216.5

**文献标识码:**A

**[Abstract]** This thesis investigates into recirculation system of certain civil aircraft and its flow split into cargo compartment and mix manifold. The software Flowmaster was introduced to build up mathematical model, and simulation analysis was performed for cruise and ground hot-day cases. It turns out the design of the recirculation system satisfies flow requirement from its downstream users.

**[Keywords]** recirculation system; flow; simulation

## 0 引言

随着航空技术的不断发展,民用航空业的竞争日趋激烈,经济性成为航空公司衡量客机性能好坏的一项重要指标。再循环系统是民用飞机座舱环控控制系统的重要组成部分,合理利用座舱排气可以减少发动机引气量、降低燃油代偿损失<sup>[1]</sup>,因此民航客机大多设置了再循环系统<sup>[2]</sup>。再循环空气来自座舱排气,温度适宜,可以与来自制冷系统的新鲜空气混合,达到合适的送风温度;同时,可以给货舱通风。

本文以某型民用飞机再循环系统为研究对象,考察了再循环系统流量进入货舱和混合腔的流量是否满足设计需求。采用 flowmaster 软件对再循环系统进行建模,对飞机在高空巡航和地面热天状态下的再循环系统流量分配进行了仿真计算。

## 1 再循环系统简介

典型的民用飞机再循环系统一般由再循环过

滤器、再循环风扇和再循环低压管路组成。客舱排气一部分排出机外,另一部分经过再循环过滤器过滤后,经再循环风扇抽吸进入混合腔,与来自制冷

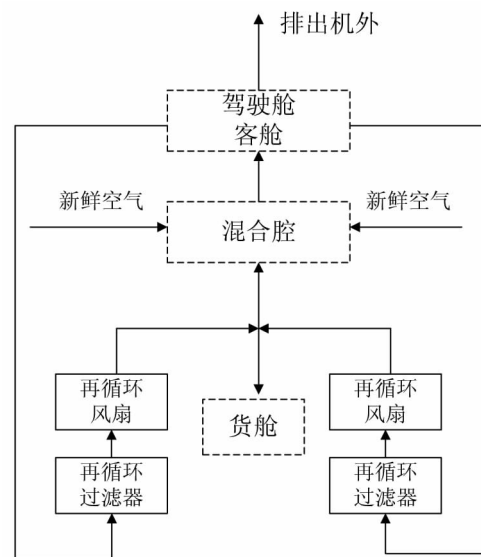


图1 再循环系统示意图

系统的新鲜空气在混合腔中混合,实现循环利用<sup>[3]</sup>。再循环风扇下游,一部分再循环空气进入混合腔,另一部分进入货舱。如图 1 所示。

通过查阅工程设计中再循环系统流量需求文件,可明确从再循环系统到混合腔和货舱的流量需求。通过对再循环系统流量进行仿真计算,可知再循环系统的设计是否满足流量需求。下文将对某型民用飞机再循环系统流量进行仿真计算。

## 2 计算工具介绍

在流体力学研究中,仿真计算是一种重要的研究方法,相比于试验,具有耗时短、成本低、易于实现等多种优点,且仿真计算可以得到试验中难以观察到的细节特性。Flowmaster 是一种广泛运用于航空航天、能源动力等行业的流体系统仿真分析软件<sup>[4]</sup>,以其便捷的建模方式、精确的求解能力、高效的计算效率和图形化的用户交互界面而广受欢迎。

与关注空间流动特性的 CFD 软件不同,Flowmaster 没有复杂的网格划分步骤,省却了大量的建模时间且对计算机硬件要求较低;可通过对系统的各个元件进行建模仿真来了解整个系统的运行特性;同时,Flowmaster 可以通过改变部件特性参数来监视系统运行状况,因此可方便应用于系统评估和系统优化设计。

Flowmaster 软件包含了一系列模块可用于各种各样的系统管流计算。其中,单相模块包括:

1)不可压模块主要用于液体及低压气态流体系统的计算。包括稳态分析、动态分析、流体平衡分析、元件尺寸分析、部件耦合影响分析及传热分析。这个模块的典型应用包括管网系统分析、系统特性曲线计算、气体扩散分析等;

2)可压模块主要用于气体系统分析,包括稳态分析及动态分析。这个模块典型应用包括气体供给分配系统、压缩机系统等。

Flowmaster 的航空模块,可以对各种工况下的环控系统运行情况进行稳态分析或瞬态分析,以了解部件的工作特性和系统的性能参数。对于再循环系统,管道内的流体介质为空气,分析工况都为稳态工况,因此选择可压稳态分析模型。

## 3 建立计算模型

本文采用 Flowmaster 的航空模块对再循环系统

进行建模,将物理模型转化为计算模型。Flowmaster 常用的计算模型有 Pipe(管道)、Bend(弯头)、Transition(渐变管)、Orifice(节流元件)、Loss(阻力元件)、Source(流量源和压力源)等。

对于再循环系统的建模,再循环过滤器可由阻力元件表示压力损失;循环风扇的工作参数中仅有流量值和温度值对再循环系统的出风口的流速和温度有影响,因此计算时将循环风扇简化为流量源,根据各工况条件设定代表循环风扇的流量源的流量值和温度值;采用压力源代表再循环系统到达混合腔和货舱的接口处,根据各工况条件中的背压值设定该压力源的背压值。

再循环系统的物理模型和计算模型对照表见表 1。

表 1 物理模型和计算模型对照表

物理模型	计算模型
再循环风扇	流量源
再循环过滤器	阻力元件
再循环管路	管道、弯管、三通、接头等
限流环	节流元件
再循环系统通向混合腔和货舱的出风口	压力源

按照上述建模原则,某型民用飞机再循环系统建模结果如图 2 所示。

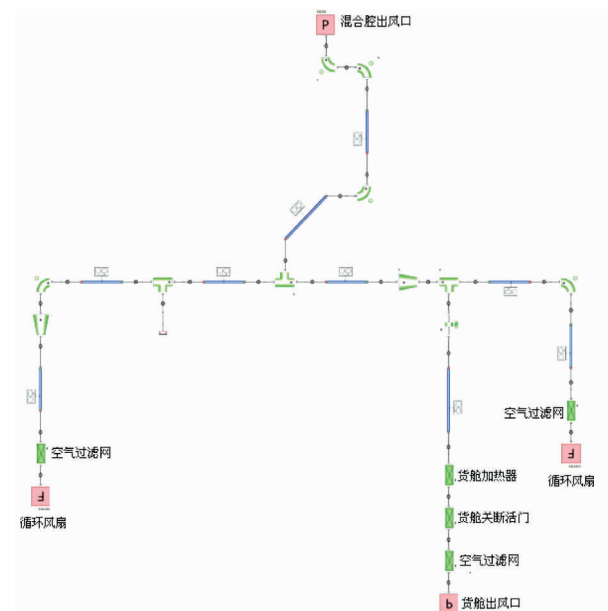


图 2 某型民用飞机再循环系统计算模型



通过对比流量设计需求可知,再循环系统的设计满足货舱和混合腔对于再循环系统的流量和流速要求。

## 8 结论

本文以某型民用飞机再循环系统为研究对象,考察了从再循环系统到货舱和混合腔的流量分配。采用 flowmaster 软件对再循环系统进行建模,对飞机在巡航和地面状态下的再循环系统流量分配进行了仿真计算。结果表明,该再循环系统的设计满足货舱和混合腔的流量和流速需求。

## 参考文献:

- [1] 寿荣中,何慧珊. 飞行器环境控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [2] 王恒斌,张宝霖. 国外飞机环境控制系统手册[M]. 北京:国防工业出版社,1986.
- [3] 南国鹏,孙学德. 再循环对飞机空调系统性能影响分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2012(4):42-51.
- [4] 张光鹏,许诺等. FLOWMASTER 在暖通空调中的应用[J]. 制冷与空调,2006(3):34-38.
- [5] 汪光文,杨智等. 民用飞机座舱空气分配优化设计与试验验证[J]. 民用飞机设计与研究,2015(4):54-57.

## 作者简介

吴丹女,工程师,主要研究方向:民用飞机客舱通风系统设计;E-mail:wudan@comac.cc