



# 空中交通管理文集

KONGZHONG JIAOTONG GUANLI WENJI

吕小平 编著

航空工业出版社

# 空中交通管理文集

吕小平 编著

---

航空工业出版社

北京

Y355.1/5

## 内 容 提 要

本书是一本汇集民航空中交通管理各相关专业的技术研究、科研开发和规划制定等管理工作的论文、报告和讲话的精编文集。内容不但涉及民航空管技术专业中的通信、导航、监视等专业的整体情况以及具体技术个案的研究和分析,也包括了对未来可能在民航空管领域应用的多种新技术的前瞻性研究成果,同时还收录了作者近年来发表的对民航空管发展历程的总结性报告和未来发展趋势的研究预测。

本书可以作为学习、研究和了解中国现代空管技术发展历程和未来发展方向的参考资料,也可以作为技术人员掌握我国空管相关技术政策和实施过程的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

空中交通管理文集/吕小平编著. —北京:航空工业出版社, 2009.4

ISBN 978-7-80243-244-4

I. 空… II. 吕… III. 空中交通管制—文集  
IV. V355.1-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第019257号

## 空中交通管理文集

Kongzhong Jiaotong Guanli Wenji

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京山华苑印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2009年4月第1版

2009年4月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 22.75

字数: 522千字

印数: 1—3300

定价: 98.00元

# 序

60年来，中国民航有了很大的发展。但是我们依然还处在尽力跟随世界民航发展趋势、借鉴国外民航发展经验、引进国外的技术和产品的位置上。中国要想从民航大国成为民航强国，就必须发展具有自主创新内涵的中国民航科学技术体系。

空中交通管理是民航各项活动的重要基础，它负责有效地维护和促进空中交通安全和秩序，保障空中交通的畅通。作为民航飞行活动的安全和秩序的重要保障，如何安全、有序、高效地发展具有本国特色、自主的空管科学技术体系，并将其应用于生产实践是世界各国航空管理部门研究的重要课题。目前欧美等发达国家和地区都在研究发展新一代航空交通运输系统，其中新一代的空中交通管理技术和产品是核心竞争方向。在这样的环境下，中国民航就必须从系统科学和信息科学的高度，开展相应的研究工作。

本文集对空中交通管理系统的各个方面进行了介绍，可以使读者对空中交通系统有一个比较全面的了解。

是为序。

徐德

2009. 2



2011年，福建省水利厅启动了《福建省水利发展规划（2011—2015年）》编制工作，这是我省水利发展的指导性文件。编制过程中，我们广泛征求了各方意见，力求做到科学、民主、公开、透明。现将《福建省水利发展规划（2011—2015年）》编制工作情况介绍如下。

一、编制背景及意义  
水利是农业的命脉，是工业的支柱，是城市的生命线。改革开放以来，我省水利事业取得了长足进步，为经济社会发展提供了有力支撑。但面对新形势、新要求，我省水利发展仍存在一些突出问题，主要表现在：水利基础设施薄弱，防洪抗旱能力不强；水利投融资机制不活，资金投入不足；水利管理体制改革滞后，服务水平有待提高。编制《福建省水利发展规划（2011—2015年）》，是深入贯彻落实科学发展观，推进水利事业又好又快发展的重大举措，也是编制我省水利发展的指导性文件。

# 前言

空中交通管理的主要任务是管理空域、制定飞行规则和程序、提供通信导航监视/航行情报/航空气象服务,实施空中交通管制,是保障整个航空运输系统安全、高效和有序运转的调度中枢,是一个集现代电子技术、计算机技术、信息化技术、自动化技术等自然科学和管制人员人为因素等人文科学于一体的复杂系统。

中国民航的空中交通管理系统伴随着我国航空运输业的发展而诞生和成长,经历了20世纪五六十年代的缓慢发展和七八十年代的再创业,九十年代以后逐渐步入全面快速的“成长期”。

随着中国经济的快速发展和国际化进程的日益推进,中国航空运输业处于高速增长之中。在过去的十几年里,中国民航运输量始终保持着15%的增长速度,目前中国航空运输总量已位居世界第二,而在未来的一段时间里,中国民航的机队规模、机场数量以及民航运输量都将继续保持着高速增长。全面高速发展的中国航空运输业为我们的空中交通管理系统带来了前所未有的挑战和发展动力,促使空管系统加强基础设施、完善运行机制、改革管理体制,保障航空飞行的安全与高效;同时积极应对国际民航界空中交通管理全球一体化概念的推进,进行中国民航新一代空管系统的研究、规划与建设工作。

如何建设符合中国国情、适应国际发展趋势、安全高效的中国民航空管系统,是我们全体民航空管同仁所关心的问题,也是今后所面临的首要任务。

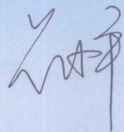
本书是笔者在中国民航空中交通管理事业奋斗近三十年的工作和研究成果的集成。本书收录的文章从笔者众多的技术论文、研究报告和学术文章中精选出来并根据专业内容进行了划分，试从空管技术体系中的通信、导航、监视、信息四个主要专业，以及空管系统工程和建设的角度，反映中国民航空管系统的建设发展历程，探讨中国民航新航行系统的系统概念、技术体系、试验验证和发展趋势，并对中国民航新一代航空运输系统的运行概念、关键技术和组成进行初步的研究。

本书的内容也体现了民航各界同事、朋友、团队长期的协作成果。本书的编写，得到了民航各界领导、专家和学者的无私帮助和指导。在此，感谢民航局空管局包毅、李欣、秦智等在本书编撰过程中提供的帮助；感谢民航数据通信有限责任公司牛亦、朱衍波、曹辉对全书的编排和审校；感谢北京航空航天大学电子信息工程学院张军院长对本书出版提供的大力支持；最后感谢中国工程院管德院士为本书不吝作序。

希望本书可以为交通信息技术和空管技术专业的学生和研究人员在现代空中交通管理技术、新航行系统技术和应用，以及新一代空中交通运输体系的研究方面提供有益的参考信息，同时也可以为了解民航空管技术发展的历史提供一些佐证和帮助。

近年来，中国航空航天事业日新月异。神舟飞船载人航行、嫦娥卫星绕月飞行、ARJ飞机总装试飞、空客A320总装落地天津等，所有这些成就的取得激发了大量航空航天技术爱好者对相关方面技术趋势和知识体系的探索热情和兴趣。希望本书也能够为民航知识爱好者了解空管系统和相关技术提供有关信息。

限于笔者的水平和所涉内容的前沿性，本书难免存在不足之处和值得商榷的地方，在此诚恳地希望与各位专业人士和广大读者进行探讨，欢迎大家的批评和指正。



2009年2月

# 目 录

## 通 信 篇

仿真系统在民航卫星通信网络的应用分析·····	1
中国民航卫星通信网航管雷达数据和话音传输试验综合分析·····	7
空地数据链发展探讨·····	13
数字集群通信在民航的应用·····	17
中国民航地空数据通信系统应用现状·····	21
电子飞行包 (EFB) 系统介绍·····	36

## 导 航 篇

民用航空导航与GPS的完好性·····	44
中国民航GPS卫星的完好性监测系统·····	52
发展我国的GNSS完好性监测系统·····	57
RNP/RNAV技术应用的效益分析·····	103
中国民航高原机场CNS/ATM解决方案·····	110

## 监 视 篇

首都机场自动相关监视飞行试验·····	120
在我国西部地区应用高频数据链实施ADS试验工程的设想·····	122
ADS-B应用中UAT 技术介绍·····	137
大机场地面滑行和监控问题·····	143
机载防撞系统 (ACAS) 的应用和实施对策·····	150
A-SMGCS技术和应用介绍·····	153
MDS技术在我国民用航空的应用探讨·····	168

## 信 息 篇

民航空管信息化工程建设探讨·····	181
--------------------	-----



论民航空管信息化建设·····	189
建设空管信息安全保障体系·····	196
空管信息化再上新台阶·····	202
信息技术应用于航班时刻优化管理·····	205
空管信息化：整合信息资源 搭建一体化平台·····	209

## 空中交通管理篇

空中交通管理协同决策·····	212
拥挤机场的排队问题和解决·····	215
空中交通排队辅助决策系统（AMAN/DMAN）·····	222
CFMU航班时刻管理模式·····	228
欧洲流量管理系统ATFCM介绍·····	237
从亚太地区飞行流量发展分析采用新航行系统的收益·····	248
数字化空管的理念和实现·····	253
新一代空中交通管理系统·····	262
基于协同运行的空管新技术·····	271
中国民航新一代空中交通管理系统发展总体框架·····	278
欧控实验中心（EEC）·····	284
欧洲SESAR计划简介·····	288
从欧控历史演变看中国民航大平台建设·····	302
我国民用航空空中交通管理的发展·····	309
经我国领空的新欧亚航路的规划问题·····	314
中国民航空管系统的现状及发展前景展望·····	319
实施RVSM对于我国空域容量和流量的影响分析·····	324
安全管理系统（SMS）国外发展概况·····	329
中国民航空管系统发展战略·····	342
提升我国空中交通管制保障能力·····	347
与时俱进，全面做好新时期的空管设备运行保障工作·····	352

# 仿真系统在民航卫星通信网络的应用分析

## 一、仿真软件的比较

对于一个复杂的通信网络系统进行性能评估和结构分析是优化设计的中心问题,虽然目前有各种各样的用于管理、测量现有网络的软件和硬件分析仪,但是它们都无法预测网络的负载、拓扑或协议发生变化时,将会产生什么影响,同样也不能评估正在运行或设计中的通信网络的性能参数。

近年来,通信系统领域已发展了许多建立通信网络模型和进行仿真的方法,仿真技术既可以评估现有运行网络的参数状态,又可以描绘因网络参数变化而引起的性能变化,同时还可以对新网络的不同设计方案给出性能参数比较。

卫星通信系统实际上是一个离散的时间系统,对它的设计分析,可以应用系统模拟仿真的方法,利用软件技术进行交互式仿真和信息处理,仿真网络的性能和组态结构。

20世纪80年代后期发展起来的仿真技术均采用了“事件驱动”方式,但是在建立网络数字模型、仿真程序方面却千差万别。

当前应用较多的仿真技术有 Petri 网络、排队论、蒙特卡罗和网络模拟系统(BONeS)等。

Petri 网络与有限状态机方法一样,具有较强的模拟功能,对于离散系统的描述和规程方面变动等细节,以及模拟系统控制动作较为合适,适当扩充,也可以模拟系统的数学系统,但是一方面在其扩充后要以损失解析性为代价,另一方面又因其分析过分精细,而不适于网络性能的仿真。

采用排队论的方法最适合获取有关运行的解析,与解析排队模型相比,扩展排队模型具有更丰富的网络单元模型,这类模型虽然非常适用网络的非同步和排队方面的特性,但却很难用队列单元来描述复杂的规程。

蒙特卡罗属于应用随机模拟的方法来处理信号与参数的随机变化,为了得到性能数量统计的有效估计,模拟系统运行到足够的取样数目,要降低所需的取样率,只能在模拟中采用更多的低通复包络来表示原设计的常通信号与系统,这将对仿真网络的计算效率和准确率产生影响。

Petri 网络、排队论和蒙特卡罗仿真技术尽管对各种特定的应用领域具有相当的优势,但它们最主要的不足是不能满足在各种不同通信网络中的不同层上抽象模型的要求,因而没有足够的灵活性对通信链路和网络进行高层功能信号仿真。

面向框图的 BONeS 则采用了分层数据框图和嵌套式数据结构作为模型方式, 这个特点使 BONeS 可方便地模仿各种结构 (OSI, SNA, TCP/IP, DECNET) 和非标准 (专用规程) 的具有多层结构的网络, 它提供交互式工作方式, 以图形、框图表示及构造通信网络模型, 用分层方式来开发通信网络模型, 自动检查模拟结果, 并完成设计迭代。

## 二、仿真软件 BONeS 的描述

为了取得更大的灵活性和逼近真实通信系统, 我们选用了面向框图的 BONeS 软件, 它基于模拟方法对通信系统进行分析、设计, 并采用了模块数据结构, 其组成和 workflows 如图 1 所示。

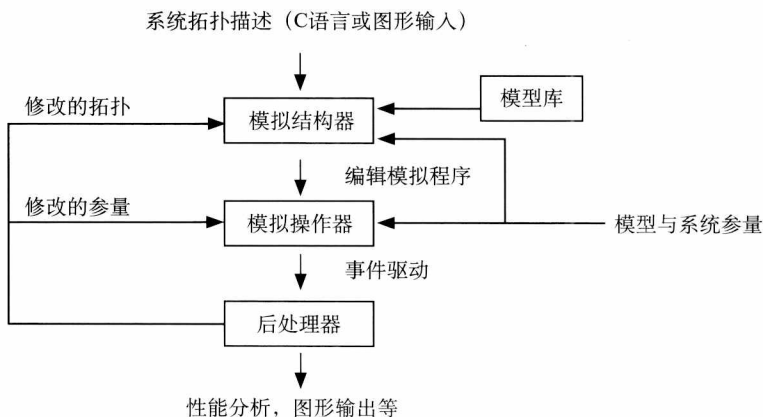


图1 仿真工作流程

在 BONeS 环境下, 网络模型可以采用拓扑关系、流量、信组、数据结构以及协议规程来描述, BONeS 于 1992 年 9 月完成了分层模拟的建立, 用户可以采用 C 语言来描述模型中的某些模块, 并把它们结合进信号模型环境中去。

BONeS 模型库中具有各种系统提供的或是用户自建的模块, 包括信源、算术与逻辑运算、信道、定时器、延时器, 以及其他用于建立协议规程的各种单元。

最低层的模型单元用 C 语言写成, 它以数据结构形式输入, 实现诸如增加、调整数据结构中某些域的简单操作, 然后将修改后的数据结构输出, 采用模型库的这些基本单元或更高层的模块, 用户可以构成分层网络模型。

网络建模通过 BONeS 的框图编辑器以图形方式实现, 将各种基本单元和高层模块在屏幕上排布并互连即构成各种协议规程, 这些规程功能组合在一起形成节点, 又通过通信链路将这些节点构成网络拓扑模型。

为了处理大型复杂网络, BONeS 在采用了嵌套的同时还可以模型组合, 用户可以在框图编辑时或仿真开始前, 为各模块规定参数, 有关流量和通信链路的实测数据亦可融入 BONeS 模型中。

完整地定义 BONEs 模型所要的数据结构是用图形数据结构编辑器完成的, 数据结构中可以有任意数量的数据域, 并采用嵌套定义。每个域可以是一个简单模型, 例如代表信息长度的一个整型数, 或是另一个数据结构, 并在建立协议模型之前应定义该数据结构, 只要这些数据结构满足仿真要求, 并不一定要求与被模拟网络中的信组的实际结构完全一样。

网络模型定义完成后, BONEs 自动进行查错和一致性检查, 自动将框图模型转成 C 语言程序, 并根据用户所定义的各种模型参数对网络模型进行事件驱动仿真, 在仿真过程中, BONEs 采集网络中各节点的数据, 而数据库则存储仿真模型、程序、参数值, 并进行仿真数据的存取管理。

仿真过程采集的数据通过 BONEs 的后处理器进行分析和图形显示。各种性能指标, 例如时延、吞吐量、误码率、链路利用率等, 都可以方便地计算出来并以图形显示, 同时还可以进行多种统计分析。

### 三、统计仿真流程

如何对卫星通信系统进行仿真呢? 建立数学模型是一切工作的基础和关键, 在系统建立数学模型时, 限定系统的辨识方向, 利用输入输出关系, 定量分析, 给出系统各种参数的变化轨迹, 从而对系统进行评价, 优化设计或预测系统的发展趋势, 首先就要确定系统的流程。

系统仿真的结果正确与否, 关键在于仿真的系统模拟是否如实地反映真实系统的结构和流程。

其主要步骤是:

1. 选定与实际系统相关的数学模型;
2. 将数学模型转变为在计算机上运算的仿真模型;
3. 编出仿真程序, 确定变量和关系式;
4. 在输入和改变不同参量的情况下进行仿真运算, 如图 2 所示。

系统研究的逻辑图如图 3 所示, 其中:

- 1—问题的提出;
- 2—综合各子系统的功能及参量;
- 3—系统结构确定 (分析);

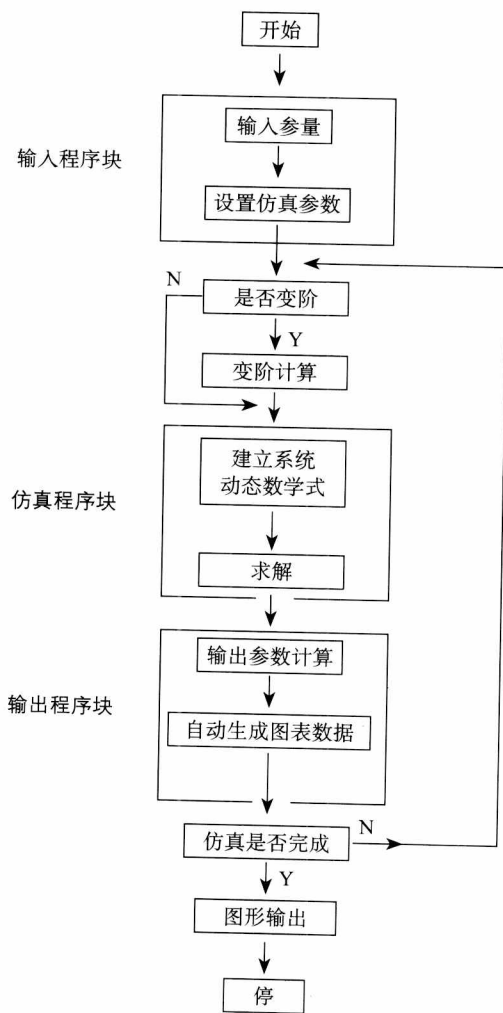


图2 系统仿真流程

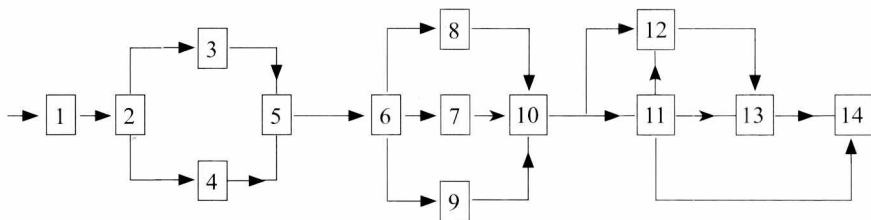


图3 系统研究的逻辑图

- 4—系统功能确定（分析）；
- 5—建立数学模型（结构和功能）；
- 6—仿真设计；
- 7—完善仿真设计；
- 8—系统评价指标；
- 9—系统参量确定；
- 10—系统仿真试验；
- 11—系统综合评价和分析；
- 12—系统优化目标提出；
- 13—仿真最优参数确定；
- 14—建立最优系统。

#### 四、卫星通信网络模型

一个典型的通信系统功能方框图如图4所示。

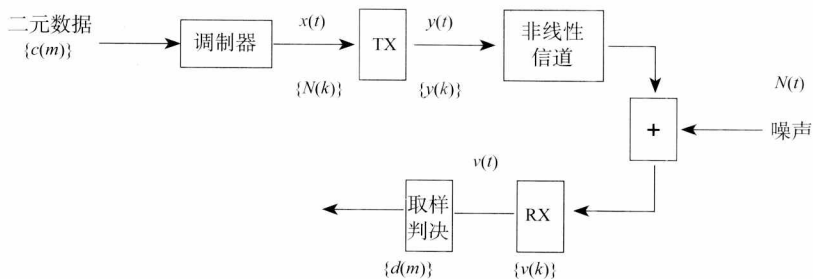


图4 通信系统的模拟模型

要将通信系统的模拟模型定义为通信网络模型，就要确定网络组成或因子（见图5）。

通信网络作为为用户提供的通信手段，包括网络节点、传输链路和信号转化装置。

网络节点：提供通信网络与用户间的界面。

传输链路：传输信息的通道，对于本系统来说，在相邻节点之间应有多条链路，以提供较大容量的传输能力并改善系统可靠性。

信号转换装置：提供网络节点可接受的信号与链路传输信号的交换。

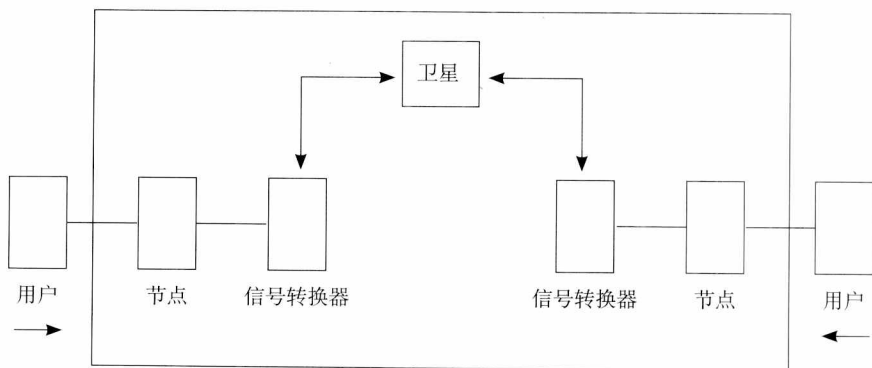


图5 卫星通信网络模型

从用户的角度，可以把网络看成一个“黑箱”，“黑箱”对用户来说是透明的，“黑箱”的通信控制软件根据用户的输入及要求，产生动作，输出满足用户要求的结果，用户并不知道“黑箱”的具体动作。

在系统性能仿真、数据传输中，我们假定：

- 传输速率 64Kbit/s；
- 数据业务的到达满足均值为  $\lambda d$  的泊松分布，长度满足均值为  $1/\mu d$  的负指数分布；
- 数据缓冲器的容量为无穷大。

话务量的分析基于下列假设：

- 呼叫到达服从均值  $\lambda \gamma$  的泊松分布；
- 呼叫长度满足均值为  $1/\mu \gamma$  的负指数分布；
- 话忙、话闲期满足均值为 1.36s 和 1.802s 的负指数分布；
- 呼叫业务之间彼此独立。

本系统为离散的时间系统，采用 BONEs 面向框图软件包建立仿真模型，具有直接快捷获得系统性能的特点，系统的仿真模型如图 6 所示。

## 五、结束语

根据上面对系统的分析，确定了系统模型、仿真流程和仿真模型，研究了一种采用面向框图的仿真模型的技术方案，从对系统性能的仿真模型分析，它可以满足话音和数据的传输要求，还可以扩展用于图像、广播和传真等业务，并且可以在网络优化设计中提供诸如话务量、延时参数、数据传输率和数据包长等因素的影响，系统性能的变化结果。

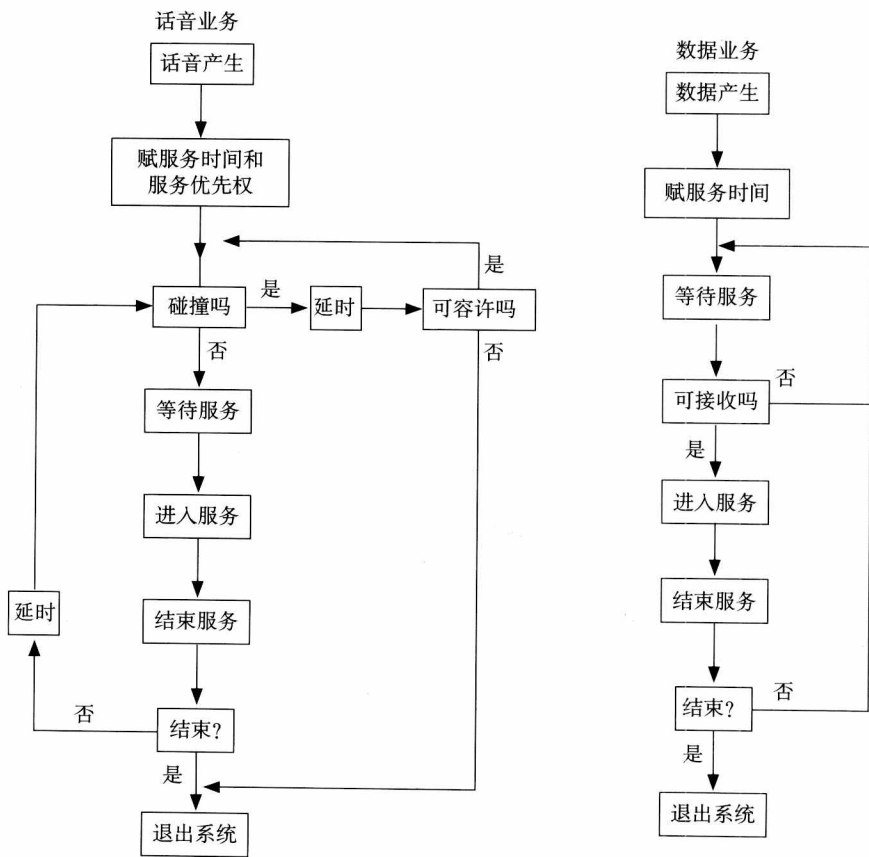


图6 系统仿真模型

# 中国民航卫星通信网航管雷达数据和话音传输试验综合分析

## 一、前言

该课题是为指导民航利用日元贷款建立“民航平面卫星通信网”，并为搞好网络的建设和应用而开展的若干关键技术和配套设施的探索性研究课题。通过该课题的研究，可以更好地确定和调整民航日元贷款航路建设中卫星通信网的技术体制与相应规范，指导该项目的标书制作，使网络系统结构和规格参数趋于合理、性能优化。

卫星通信网的结构组成如图 1 所示。试验地点选在北京至广州沿线的七个地点，主要进行航管雷达数据传输和话音通信（含传真），各个地点的信道单元分配如下：总局 8 个，

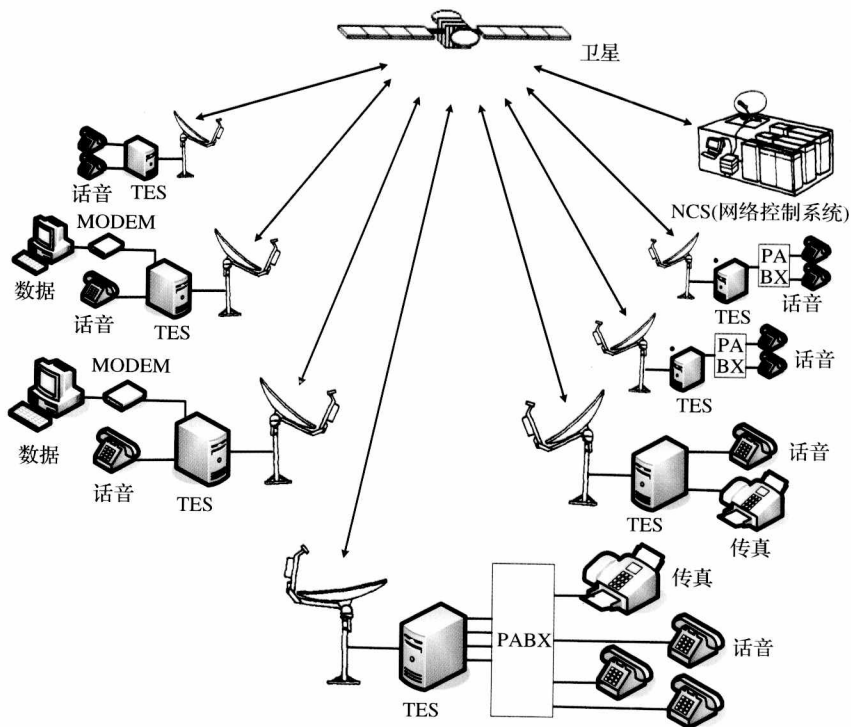


图1 卫星通信网的结构组成



首都机场 4 个,太原机场 4 个,郑州机场 4 个,武汉机场 4 个,长沙机场 4 个,广州机场 4 个。

## 二、卫星通信技术体制

根据民航通信系统的业务要求,选择如下通信体制。

话音编码:宜采用技术成熟、具有国际标准的 ADPCM,编码速率为 32Kbit/s。

调制方式:数据传输采用 BPSK,话音传输采用 QPSK。

多址联接/信道分配方式:干线上的话音传输采用 SCPC 的固定预分配方式,因其话务量高,预分配可以缩短通信沟通时间。除干线外所有话音业务均采用 SCPC/按需分配方式,以提高信道利用率。

控制方式:采用集中控制方式。

## 三、卫星资源

卫星资源是构成卫星通信网的基本条件,选择合适的卫星转发器除了系统要求的技术指标外,还受到许多政策方面的限制。目前我国的卫星通信系统除使用我国自己的卫星外,还采用租用或购买国际卫星转发器的方式。

对于我国民航平面卫星通信网来说,由于要求尽快建立、尽快投入使用,所以应使用目前已有的卫星资源,随着系统的扩充和转发器寿命的限制,可以转到其他新的卫星上去。

基于上述原则,在系统建设初期,租用亚洲 1 号卫星。当我国的东方红 3 号或亚洲 2 号星升空后,再把业务转移到其中任意一个上来。

## 四、工作频段

国内外现有的大部分卫星系统都工作于 C 波段,C 波段的技术成熟,系统地面站成本较低,国内技术支持较强;但同频干扰,主要是微波中继通信干扰较大。Ku 频段是近年新开辟的卫星通信频段,在国外,技术上也有相当的基础,同频干扰小,地面站天线小,易于安装,但其抗雨雾衰减能力较弱,国内在 Ku 频段方面的技术掌握不足。综上所述,民航卫星通信系统采用 C 波段较为适宜,对于 C 波段干扰问题,由于民航卫星地面站主要建在远离市区的各机场,各机场都有一定的可选择站址的条件,因而对克服同频干扰较为有利。

## 五、设备选型和组网方案

民航的平面卫星网是一个比较复杂的系统,应该满足网状的电话网要求,且总的来说,该系统是一个多站址、稀路由的系统,所以,选择 VSAT 设备是毋庸置疑的。

VSAT 产品有着广阔的市场,生产厂商颇多,产品竞争激烈,更新换代十分迅速。因此,必须对各厂家的 VSAT 产品的性能进行比较,才能确定哪一种产品最适合民航的卫星网。

### 1. 选择的基本原则

选择设备的基本原则是: