

# 民机机上联网航空领域现状分析

杜晨慧<sup>1</sup> 向思思<sup>1</sup> 黄得刚<sup>2</sup> 陈朗<sup>1</sup>

1 中国航空研究院 北京 100029

2 中国兵器科学研究院 北京 100089

**摘要** 随着地面网络快速发展以及航空出行逐渐大众化,民用飞机乘客对乘机过程中联网的需求日益强烈。文中从机上联网背景出发,围绕乘客需求、机上联网市场与发展现状出发分析机上联网的必要性。聚焦于机上联网技术发展,发现机空中互联技术正在从 Ku 向 Ka 和高通量 Ku 演进。针对机上联网的卫星网络接入和机载 Wi-Fi 软硬件设备以及服务两项关键技术以及应用情况展开分析,分析发现美国在机上联网技术方面相对成熟,Ka 以及高通量 Ku 技术发展仍以美国和欧洲为主,国内实现机上联网国产化仍需加强两项机载关键技术的投入。机上联网具有很长的产业链,对产业链上的企业来讲既是机会也是挑战。最后从乘客需求、航空公司、第三方服务商以及适航 4 方面分析了机上联网带来的机遇和挑战。

**关键词:** 乘客需求;机上联网;卫星通信;机载设备;机遇与挑战

中图法分类号 V243

## Overview of Onboard Satellite Communicating System

DU Chen-hui<sup>1</sup>, XIANG Si-si<sup>1</sup>, HUANG De-gang<sup>2</sup> and CHEN Lang<sup>1</sup>

1 Chinese Aeronautical Establishment, Beijing 100029, China

2 Academy of Chinese Weapon Science, Beijing 100089, China

**Abstract** With the development of ground internet and the popularization of travel by flying, the passengers urgently want to surf the internet during flight. In this paper, based on the background of interconnection onboard, the necessity is discussed from three facts including requirement of passengers, interconnection onboard market and current application status. Focused on the development of satellite communications, it is found that the satellite broadband develops from brand Ku to brand Ka and brand HTS Ku (High Throughput Satellite). The analysis is carried out on the key technologies of interconnection onboard, and the results show that the technologies of satellite communications specially on the brand Ka and HTS Ku in USA and European are more mature. In order to realize the national production of interconnection onboard, it is necessary to increase investment in above two key technologies. The industry chain of onboard web interconnection is complex and long, it's not only an opportunity but also a challenge for the companies of the industry chain. Accordingly, the requirement of passenger, airlines, the third party service provider and airworthiness are concluded in this paper.

**Keywords** Passenger demand, Onboard web-interconnection, Satellite communication, Onboard devices, Opportunity and challenge

## 1 引言

随着地面网络的高速发展、航空出行的大众化,乘客机上联网的需求日益强烈,为了增强乘客乘机体验以及增加航空公司市场竞争力,客机实现机上 Wi-Fi 联网成为趋势。就客机上联网而言,卫星网络接入和机载 Wi-Fi 软硬件集成成为机上 Wi-Fi 联网发展的关键。本文从乘客对机上联网的需求程度出发,对卫星通信技术、机上联网技术、机上联网配套软硬件发展现状和机上取证情况进行了系统性的总结和分析,并且进一步在乘客需求、航空公司、第三方服务商、适航等 4 个方面阐述了民用飞机机上联网面临的机遇和挑战。

## 2 机上联网背景分析

### 2.1 乘客机上联网需求强烈

民航客服务测评(以下简称 CAPSE)在 2018 年 7 月 6 日—2018 年 7 月 16 日期间对实际乘坐飞机的飞常准 APP 用户进行了关于“机上联网”的问卷投放,共收集到 21 280 份有效样本,调查内容包含机上联网的需求倾向、能否接受收费、机上 Wi-Fi 是否可以替代机上娱乐系统、收费方式、广告接受度以及机上 Wi-Fi 用途等<sup>[1]</sup>,具体的统计结果如图 1 所示。

从 CAPSE 数据可见,虽然乘客在机上 Wi-Fi 收费方式接受程度不同、使用用途各有差异,但绝大多数乘客对机上 Wi-Fi 有强烈需求,机上联网或将成为乘客选择航班的重要因素之一。

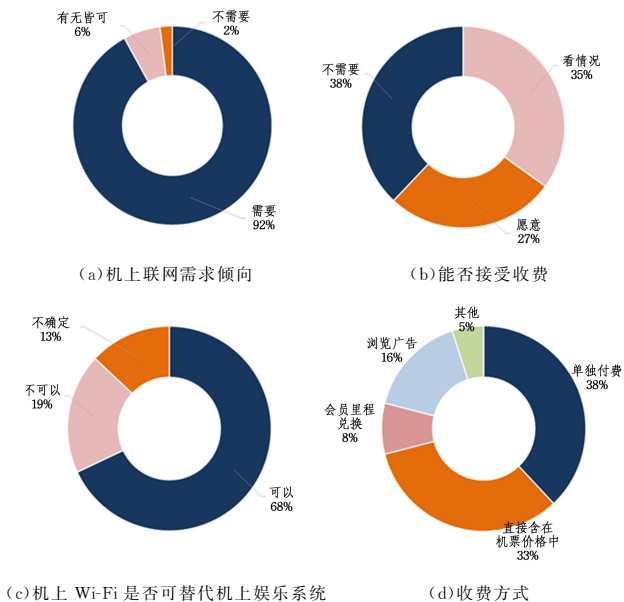


图1 关于机上联网问卷调查分析

Fig. 1 Analysis of questionnaire survey on onboard Wi-Fi

## 2.2 机上联网市场发展态势良好

以市场需求为导向,全球化的机上联网将促进包括航空公司、航空电子制造行业以及卫星运营等在内的航空领域产业蓬勃发展。根据伦敦政治经济学院和 Inmarsat(国际海事卫星组织)联合发布的最新预测<sup>[2]</sup>,到2035年全球机上联网带来的市场空间将达到1300亿美元,其中航空公司领域的市场空间将达到300亿美元,以机上联网为载体的机上互联市场巨大(见图2)。

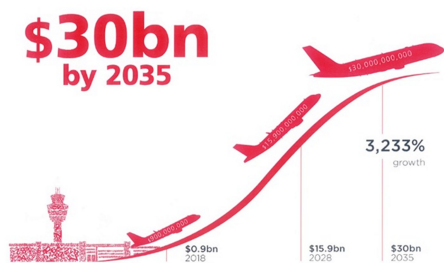


图2 航空公司收益预测

Fig. 2 Benefits forecast of airlines

## 2.3 机上联网发展历程

机上互联网的发展紧随地面网络技术进阶,充分体现了机上互联技术的发展以乘客需求为导向。90年代,随着万维网免费对公众开放,网络逐渐走进大众生活。2000年,波音首次推出机上联网服务,乘客可以在飞机上通过网线或Wi-Fi有偿访问互联网。次年,波音启动了基于Ku卫星的上网服务,为高端乘客提供机上宽带上网服务,并于2003年在汉莎飞机上正式启用,网速为下行20Mbps、上行2Mbps。2008年,地面网络全面进入3G时代,智能手机、社交网络展露头角,但当时人们对网络并没有很强的依赖性,机上联网需求并不大。2008年,Gogo公司在维珍美国航空公司飞机上推出了首个机载Wi-Fi服务,网速仅3Mbps,仅满足少数笔记本电脑上网需求,且不能浏览视频。2010年起,地面网络4G时代催生了基于手机应用的巨大移动互联网市场,人们对随时联

网的需求愈发强烈。欧洲航空安全局(EASA)和美国联邦航空管理局(FAA)分别于2008年和2013年放开政策,允许乘客在飞机上使用手机。近十年国外机上联网技术在机载Wi-Fi软硬件集成、卫星网络接入和地面基站建设等方面迅速发展。2015年前后飞机开始使用Ka波段卫星进行联网通信,客舱内网速大幅度提高。2018年初中国民航局发布《机上便携式电子设备(PED)使用评估指南》,机上电子设备使用在政策上松绑,国内航空互联网市场真正迎来了发展元年。

机上网络技术经过了20余年的发展,目前全球有80多家航空公司可提供机上Wi-Fi服务。据中国民航局2019年公布的飞机上网最新进展,中国有12家航空公司共计300余架飞机已经联网,占全国民航运输飞机的10%左右<sup>[3]</sup>。

## 3 机上联网技术概述

机上联网技术主要包括飞机宽带接入技术和客舱Wi-Fi联网两部分。飞机宽带接入技术目前有两种主流模式:1)飞机通过天线(一般位于机腹)连接分布于地面的地空(Air-To-Ground,ATG)基站,简称ATG技术。机上ATG-4硬件系统组成<sup>[4]</sup>如图3所示。2)飞机通过天线(一般位于机背)连接空中的通信卫星与地面互联,简称卫星通信技术,这是目前国际主流的模式。客舱Wi-Fi是指客舱内通过服务器和客舱无线接入点(路由器功能)等设备实现客舱内无线网络布置。通过卫星通信技术和客舱Wi-Fi实现机上联网的技术,通称为空地互联。空地互联系统组成如图4所示。

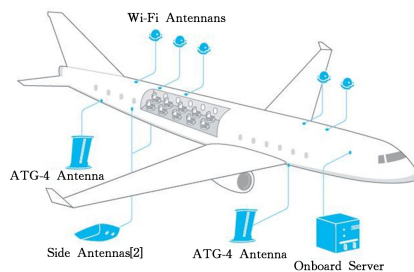
图3 机上ATG-4硬件系统组成<sup>[4]</sup>

Fig. 3 Configuration of on board ATG-4 hardware system

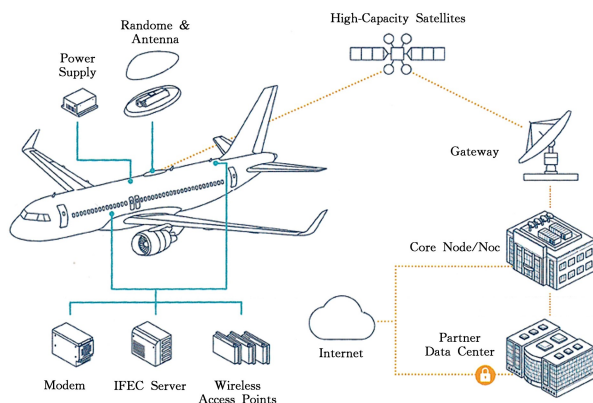
图4 空地互联系统组成<sup>[5]</sup>

Fig. 4 Architecture of air-ground interconnection

对ATG技术而言,飞机进入不同空域时将自动连接到最近信号塔。但信号塔安装受限于水域、山脉等地理环境,并且需要对地面基站进行全面改造以用于万米高空。使用

ATG 技术实现飞机网络连接其优势在于速度快,但是需要对基站进行改造且服务范围有限,仅限于改造过基站的这一段航线。

对卫星通信技术而言,卫星宽带覆盖范围大,为实现飞机全球联网带来可能。卫星通信技术的难点是需要把天线安装在飞机机身顶部,天线随着飞机的位置不断更新方向。同时,机上网络质量很大程度上受卫星信号覆盖范围、带宽的影响。

### 3.1 卫星通信技术发展及机上应用

目前,机载卫星通信宽带主要有 L 波段、Ku 波段、Ka 波段等。L 波段的频段为 1GHz~2GHz,由于卫星资源有限,仅用于少量数据带宽同时具有语音链路。Ku 波段的频段位于 10GHz~20GHz。由于 Ku 卫星资源丰富、地面设施完善,同时拥有成熟的机载设备,Ku 波段宽带卫星通信系统仍是目前机载卫星通信的主流应用,且是最成熟的航空互联网解决方案。在卫星资源足够的前提下,峰值速率可达 30 Mbps。Ku 波段卫星带宽资源有限,不足以满足机队大规模使用,并且对于航空公司而言带宽成本比较高。Ka 波段的频段在 26GHz~40GHz 之间。Ka 波段卫星通信系统具有频率高、可用频率资源丰富、终端尺寸小、传输速率高、轨位资源丰富的优势,相比 Ku 波段通信技术,Ka 波段数据连接更稳定、网速更快、价格更低、带宽扩展空间更大,是未来卫星通信发展的重点[6]。

由于 Ku 波段卫星通信技术相对成熟,大部分航空公司选用 Ku 波段。近几年,随着 Ka 波段卫星通信技术的不断推进以及其高带宽的特性,国内外航空公司陆续开始采用 Ka 波段卫星通信技术进行机上联网。不同航空公司选用卫星网络的情况[7]。如图 5 所示。



图 5 不同航空公司选用卫星网络的情况[7]

Fig. 5 Applications of satellite network on different airlines[7]

机上网络对标地面网络技术如图 6 所示。

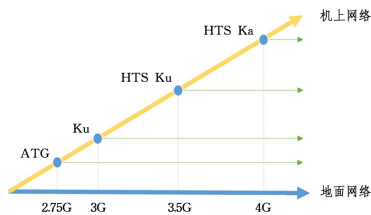


图 6 机上网络对标地面网络技术

Fig. 6 Onboard web vs ground network technology

高通量(High Throughput Satellite, HTS)卫星是未来的发展方向。HTS 卫星利用多波束覆盖,可对卫星划分频率重复使用,因此具有较高的吞吐容量。在相同频率范围内,HTS 载荷的吞吐量一般为大波束卫星的 20~50 倍。HTS 采用高水平频率复用和点波束技术,初期应用于 Ka 卫星,后

在 Ku 卫星上也开始逐渐推广。Ku HTS 技术通过采用新 Ku HTS 卫星替换原有 Ku 卫星来实现,同时需要对现有机载卫星通信终端设备进行软硬件升级来实现 Ku HTS 卫星通信,但目前 Ku HTS 效果仍需进一步验证。将机上网络与地面网络进行对标,可以发现 HTS 卫星宽带空地互联系统具有超高容量,能够为乘客提供接近地面的 3.5~4 G 的网速体验。

### 3.2 国内外机上卫星接入服务概述

卫星宽带接入通信波段主要包括 L 波段、Ku 波段和 Ka 波段。商业模式主要是以“互联网+”形式展开,可以预见随着高通量卫星发射,卫星通信市场将越来越壮大,一批终端卫星设备公司、通信应用与运营公司将随之兴起,各运营商如图 7 所示。

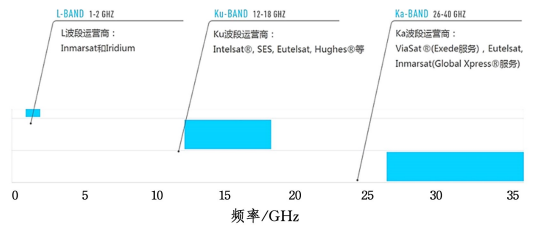


图 7 L 波段、Ku 波段及 Ka 波段主要卫星运营商[4]

Fig. 7 Primary satellites operators of L, Ku and Ka-Band [4]

#### 3.2.1 L 波段通信

L 波段卫星通信运营商主要包括铱星公司(Iridium Communications inc.)、Inmarsat。

铱星公司以提供 L 波段卫星通信为主业,目前在用系统为第一代铱星系统。第二代铱星系统(Iridium Next)的最后 10 颗卫星已于 2019 年完成发射,铱星系统组建完成。Iridium Next 卫星即将取代上一代语音及数据通信铱星。Iridium Next 将利用卫星的连通性覆盖地球,即使地球最远端也能实现宽带连接,提供的 L 频段速度可以达到 1.5 Mbps,适应了信息化时代对宽带需求。

对于 Inmarsat 而言,L 波段卫星服务仅为提供卫星服务业务的一部分。目前,Inmarsat 在用的卫星为第三代、第四代和第五代。前四代海事卫星聚焦于 L 波段,但是频率资源有限。第四代海事卫星共有 3 颗星,Inmarsat 于 2008 年基于四代星提供了 3G 空中宽带业务,称为 SBB(Swift Broadband)。L 波段海事 SBB 卫星通信系统是目前覆盖全球的窄带卫星通信系统,可提供  $N \times 432\text{Kbps}$  的数据带宽,同时具有语音链路,可同时满足前舱和后舱的使用需求。

#### 3.2.2 Ku 波段通信

Ku 波段卫星通信服务商包括 Intelsat(国际通信卫星组织)、亚太星通等。

目前覆盖中国及其周边地区的 Ku 波段卫星资源非常丰富,包括亚太卫星公司的亚太 5 号卫星和亚太 7 号以及中国卫通的中星 6A 卫星和中星 10 号卫星等[7]。国内亚太星通开展“天地一体”卫星通信运营服务业务,基于新一代高通量卫星资源,与松下航空电子等国际客户建立了长期合作关系。中国航天科技集团所属的中国空间技术研究院抓总研制的亚太 6D KU-HTS 地球静止轨道高通量宽带通信卫星,于 2020 发射成功并交付亚太星通。亚太 6D 卫星通信总容量达到

50Gbps,单波束容量可达1Gbps。这颗高通量卫星覆盖中国境内以及东京、首尔、马来西亚、新加坡和印度尼西亚等东亚航线高密度区域,可提供数千兆赫兹全新的Ku频段资源。

在Ku高通量卫星通信方面,Intelsat HTS卫星系统——“下一代史诗”(Epic NG)卫星由6颗卫星组成,采用Ku频段,其中第一颗星Intelsat 29e于2016年发射并完成在轨测试、投入运行,但服役3年后于2019年解体。第二颗卫星Intelsat 33e卫星在2017年初运行,覆盖欧洲、非洲、中东和亚洲。Intelsat为Gogo公司的机载Wi-Fi系统提供卫星通信连接服务。

### 3.2.3 Ka波段通信

Ka波段卫星通信服务商包括Inmarsat、Viasat(美国卫讯)、中国卫通等。

随着宽带卫星技术的发展,鉴于Ku频率与轨位资源紧张,Inmarsat在宽带卫星通信领域选择了Ka频率,推出了第五代海事卫星系统Global Xpress(GX)。GX是第一个全球Ka波段卫星网络,Inmarsat在2013—2017年期间先后发射了4颗地球同步Ka波段卫星(I-5 F1, F2, F3和F4),覆盖欧洲、中东、非洲和亚洲区域、美国、大西洋及太平洋区域。未来的3颗星(GX-5、I-6 F1和I-6 F2)将进一步提高Ka波段带宽,增强GX的数据传输能力,其中第一颗GX-5星于2019年12月发射成功。I-5每颗星操作89个高效Ka波段点波束,实现了全球覆盖的基础层<sup>[8]</sup>。在飞机网络需求量大的地方,可通过额外的24个大容量波束发射150Mbps。

目前,中国卫通能够提供的Ka波段宽带服务均基于2017年发射并投入运营的中星16号(ChinaSat 16),这是中国首颗高通量通信卫星,覆盖中国东部及东部近海区域<sup>[9]</sup>,提供Ka频段高通量卫星通信服务,通信容量可达20Gbps以上。中星16号能够为用户提供更高带宽、更低价格、更快速率的卫星互联网接入服务。

当前,Viasat主要基于Viasat-1和Viasat-2提供Ka卫星通信服务。2011年发射的Viasat-1卫星吞吐量为140Gbps,其通量是之前Ka波段卫星的10倍。Viasat-2于2018年提供卫星通信服务,它被称为至今世界容量最大、覆盖最广、速度最快的Ka波段通信卫星,吞吐量为300Gbps。Viasat-2向北美、南美部分地区以及大西洋到欧洲的航空和海上航线提供互联网服务。之后Viasat推出了Viasat-3号超高容量卫星平台,并计划于2022年底完成卫星发射。此平台由3颗Viasat-3卫星组成并配备最新型地面网络基础设施,每颗卫星带宽达到1Tbps,可以实现高速互联网<sup>[5]</sup>。2013年Viasat的Exede空中宽带互联网服务首次应用于捷蓝航空公司(Jet-Blue Airways)的空客A320飞机,承诺为乘客提供下载速度达12Mbps的高速宽带。基于Exede空中宽带服务使用了创新的、高容量的Viasat Ka波段卫星系统,其服务品质和速度均超过当前其他航空公司在机舱的同类服务。该卫星系统使航空公司能够更经济地为航班上每位乘客提供持续的高速宽带服务。

### 3.3 机载Wi-Fi软硬件设备与服务产业发展现状

随着机上联网技术快速发展,全球范围内已有多家公司提供机上局域网、卫星网络接入等硬件和软件服务。目前能够从硬件到改装,再到后期信号服务完成一整套服务的比较

成熟的公司有松下美国、Honeywell(霍尼韦尔)、美国Gogo、Viasat、GEE(美国全球鹰娱乐公司)等

#### 3.3.1 L波段机载Wi-Fi产品与服务厂商

Honeywell机载Wi-Fi系统更加多元化,不仅包括与Ka波段卫星联网的系统,还包括L波段联网系统。

Honeywell的Aspire系列机载卫星通信系统是世界上最性能最好的小型卫星通信系统,它依托于铱星系统L波段宽带,可以实现语音和数据传输,数据传输通道单一。MCS系列多通道卫星通信系统,包含传统的服务通道和Swift 64或SBB通道,每个SBB通道速度达到432kbps,能够实现收发邮件、登录网页、企业用网或者视频会议,系统可以进行系统翻新,能够升级Inmarsat的SBB安全服务。

#### 3.3.2 Ku波段机载Wi-Fi产品与服务厂商

松下、Gogo和GEE的机载Wi-Fi系统主要采用Ku波段卫星接入实现联网。

松下是全球领先通信系统供应商,并于2006年接手波音公司的Ku波段卫星上网服务业务,推出了eConnection产品。eConnection仍采用全球Ku波段卫星网络,支持广泛的乘客和机组人员应用的双向宽带连接,能够实现互联网接入语音、数据,速度可达到50Mbps。目前,全球多家航空公司超过2000架飞机在全球航线使用松下的全球高速空中互联服务。据松下预计,到2025年将会有超过10000架飞机与其全球高速通信网络相连。GEE具备为航空公司提供航空互联网全链条服务的核心能力,涵盖内容服务、连接服务、数字媒体解决方案及航空公司运营数据解决方案等。GEE开发的机上联网系统Airconnect系统基于Ku波段,GEE已服务于全球200余家航空公司,安装、运营飞机超过700架。GEE目前正在开展Ku-HTS的研究。Gogo是提供飞机客舱Wi-Fi服务起步比较早的一家美国公司,可以为航空公司提供端到端的完整解决方案。2008年Gogo完成了ATG网络建设,并应用于美国航空公司(American Airlines)和维珍美国航空公司(Virgin America),单架飞机最高传输速率可达3.1Mbps。2012年Gogo推出ATG-4,网速提升2倍,单架飞机最高传输速率达到9.8Mbps。2014年,Gogo发布2Ku天线技术,其中一个天线用于接收,另一个天线用于发射,2Ku可以进行远程升级,并且飞机不会中断服务<sup>[4]</sup>。同年8月墨西哥航空公司(Aeromexico)成为第一家安装2Ku的航空公司。2017年,Gogo测试飞行中,2Ku的网速达到100+Mbps,同年成为空客供应商。2018年,加拿大庞巴迪(Bombardier)C系列飞机选择安装Gogo 2Ku。目前Gogo已经获得了在空客A319、空客A330、空客A340、空客A350以及波音B737-800等飞机上安装2Ku的STC。Gogo 2Ku天线如图8所示。



图8 Gogo 2Ku天线

Fig. 8 Gogo 2Ku antenna

### 3.3.3 Ka 波段机载 Wi-Fi 产品与服务厂商

选择接入 Ka 波段卫星实现联网的厂商包括 Viasat 和 Honeywell 等。

Viasat 于 2014 年也推出集成 Ku 和 Ka 波段的机载终端产品——全球机载终端 5320(GAT-5320)。该终端借鉴了移动蜂窝通信概念,其功能类似手机在 4G, 3.5G, 3G 及 2.75G 网络按照优先级自动切换,GAT-5320 可以实现飞行过程中在 Ku 和 Ka 卫星之间以及不同宽带机载网络之间自由切换。GAT-5320 连接 Ka 波时,上行速度可以达到 40~100 Mbps,下行速度可以达到 2.5~20 Mbps<sup>[5]</sup>。Honeywell 最新的 Jet-Wave 多通道卫星通信系统通过 Inmarsat GX 的 Ka 波段服务连入网络,网络能够覆盖除极地以外的全球区域,联网速度可以达到 50 Mbps<sup>[6]</sup>。

从目前看,Ku 波段机上联网仍占有主要市场,Ka 波段和高通量卫星通信服务以及机载软件开发和应用以高带宽、网速价格低等优点快速发展。迄今,能够提供机载 Wi-Fi 硬件和服务的厂家仍以美国为主,国内厂家只占有比较小的市场,在卫星通信以及机载设备软件开发方面亟待快速发展,以实现机上联网国产化。

## 4 机上联网带来的机遇和挑战

机上联网具有很长的产业链,包括航空公司、机载网络接入设备供应商、客舱 Wi-Fi 软硬件系统集成商、卫星设备集成和运营商、地面设备服务商、机上联网实施和运营商等,并且机上联网设备和方案需要获得适航当局的批准后,方可实现空中上网。航空公司、第三方服务商以及适航等方面需要各个环节齐头并进,才能实现最终互联网飞机。

乘客需求方面:从目前国内市场看,存在两个比较大的挑战:1)机上 Wi-Fi 的稳定性和速度。航空公司选装的机上联网能够提供的机上 Wi-Fi 的稳定性和速度将会是乘客对机上 Wi-Fi 上网体验满意程度的关键。2)乘客对机上 Wi-Fi 收费和收费形式的接受度。国外绝大部分航空公司已按使用时长或不同速率等提供有偿的机上 Wi-Fi 服务。目前,国内所有航空公司没有向乘客机上 Wi-Fi 联网收费的先例。免费只解决了机上 Wi-Fi 从无到有的问题,收费则可以解决机上 Wi-Fi 从有到优、提升乘客体验度的问题。

航空公司:目前航空公司无法以较低的成本运营机上联网,并且机上联网收入无法覆盖成本。航空公司对机上联网服务投入的成本巨大,从设备和系统、飞机改装到后期运营维护成本超过 500 万人民币。机上联网技术能否突破会是成本大幅降低的一个很重要因素。

第三方服务商:相较于地面 4G 网络,空中上网的速度与地面体验还有不小的差距,这主要受制于卫星资源数量和带宽,需要卫星运营商和电信网络运营商加快基础设施建设,尽快提供满足地空互联的通信链路。而大容量的卫星和高通量技术应用落地速度对卫星通信服务商而言则是能否抢占卫星

通信市场先机的关键。伴随着高通量和大容量卫星通信技术的展开,机上联网软硬件系统集成商需要开展新的软硬件研发或者升级工作来匹配最新的卫星通信技术,且需要平衡技术投入和成本控制、控制研发周期、抢占市场。

适航方面:机上联网系统涉及很多新技术,需要通过对新设备/系统进行分析、试验、测试等手段来保证设备质量以及加装新系统后飞机的持续适航性。机上联网系统供应商和改装厂家需要相互配合,解读相关适航规章,顺利完成新系统及设计方案的取证工作,以实现机上联网系统的批量安装与应用<sup>[10]</sup>。

**结束语** 机上联网是航司提升服务和增加辅营业收入的基础。作为世界第二大民航市场,我国机上 Wi-Fi 覆盖率仅在 10%左右,非常具有投资价值,需航空公司、网络提供商、内容供应商等各方协同探索,加快客舱 Wi-Fi 建设和空中无线网络建设,改善硬件设施和互联网服务,从而提升互联网接入速度,探讨可能的商业模式。随着“互联网+”的蓬勃发展和产业互联网时代的到来,机上联网必将能够复制地面移动互联网的巨大成功。

## 参考文献

- [1] CAPSE: investigation on requirement of onboard WiFi [R]. CAPSE Report, 2018.
- [2] REN Z L. Onboard interconnection in thousand-feet-high sky [J]. Jetliner, 2019(6): 53-56.
- [3] FENG Z L. CAAC 2019, china. com: Recently 300 aircrafts can connect the internet in air [EB/OL]. [2019-03-03]. <https://news.china.com/focus/2019qglh/more/13002644/20190303/35348089.html>.
- [4] Office website: Gogo [OL]. <https://business.gogoair.com./solutions/inflight-internet-wi-fi>.
- [5] Office website: Viasat [OL]. <https://www.viasat.com/news>.
- [6] Li C. The development status of foreign satellite onboard cabin broadband services [J]. Satellite & Network, 2013(8): 24-27.
- [7] Office website [OL]. Carnoc. <https://www.carnoc.com>.
- [8] Office website: Inmarsat [OL]. <https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellite.html>.
- [9] Office website: Chinasatcom [OL]. <https://www.chinasatcom.com/n782704/c1657518/content.html>.
- [10] HUANG Y Z. Design Consideration and airworthiness validation of the satellite communication system for civil aircraft [J]. Civil Aircraft Design & Research, 2016, 3(122): 69-72.



**DU Chen-hui**, born in 1989, postgraduate, engineer. Her main research interests include aircraft electromechanical system and avionic system