



# 新一代空中交通 管理系统

(第2版)

---

程 擎 朱代武 李彦冬 主编

西南交通大学出版社  
· 成 都 ·

## 内 容 提 要

本书主要介绍了航行系统发展的民航地空数据链通信系统、全球卫星导航系统、监视系统的新技术,详细阐述了各类新技术的工作原理、功能及特点。同时,对美国发展的新一代航空运输系统(NextGen)、欧洲发展的单一天空空交通管理研究实施计划(SESAR)、我国的新一代民航运输系统、智慧民航建设路线图以及自动化空中交通管理系统进行了详细阐述。

本书可作为交通运输工程、交通运输研究生专业教材,也可供交通运输、导航工程等专业本科生、空中交通管理保障部门人员参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

新一代空中交通管理系统 / 程擎, 朱代武, 李彦冬  
主编. —2 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2023.1

ISBN 978-7-5643-9160-7

I. ①新… II. ①程… ②朱… ③李… III. ①空中交通  
管制—管理信息系统—教材 IV. ①V355.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 005479 号

---

Xinyidai Kongzhong Jiaotong Guanli Xitong

**新一代空中交通管理系统**

(第 2 版)

程 擎 朱代武 李彦冬 / 主编

责任编辑 / 何明飞

封面设计 / GT 工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm×260 mm

印张 16.5 字数 373 千

版次 2013 年 8 月第 1 版 2023 年 1 月第 2 版

印次 2023 年 1 月第 2 次

书号 ISBN 978-7-5643-9160-7

定价 48.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562



## 第 2 版前言

通信、导航、监视系统和自动化的空中交通管理系统是空中交通管制工作的重要保障,是保证飞行正常、安全的重要手段。随着新航行系统的逐步实施和新一代航空运输系统的提出,各种新技术得到了广泛应用,逐渐形成了新一代空中交通管理系统。新一代空中交通管理系统是国家实施空域管理、保障飞行安全、实现航空高效和有序运行的核心系统。

“新一代空中交通管理系统”是交通运输工程、交通运输专业研究生的一门学位必修课程,该课程专门介绍新一代空中交通管理系统的新技术和未来发展。编者针对国家新一代空中交通管理的需求,结合国内外最新的数据链通信、卫星导航、监视技术的应用和发展,完成了该教材的编写。

本教材主要介绍了民航数据链通信系统、卫星导航系统、监视系统发展的新技术,详细阐述了各类新技术的种类、功能及各系统的工作原理,并对美国的新一代航空运输系统(NextGen)、欧洲单一天空空中交通管理研究实施计划(SESAR)和自动化空中交通管理系统进行了详细阐述。

本教材编写组收集和吸收了部分国外同类课程的资料,编写讲义并于 2009 年开始,在三届交通运输规划与管理研究生中使用。使用期间,教材编写组广泛征求了教师和部分学生的意见;在教材的实用性方面,还征求了科研院所和民航一线专家意见,对讲义进行修订,于 2013 年正式出版。航行新技术的发展对新一代空中交通管理系统又提出了新的要求,课程组在 2021 年再次对《新一代空中交通管理系统》进行修订改编,删除了部分陈旧内容,增加了国际民航组织(ICAO)航空系统组块升级(ASBU)、智慧民航和北斗卫星导航等内容,使教材的内容、结构、体系更加完善,更加符合民航新一代交通运输系统的实际和发展要求。

本书共分为六章。第一章主要介绍了新航行系统及其特点；第二章主要讲述了世界各国新一代航空运输系统；第三章主要介绍了民航地空数据链通信系统；第四章主要讲述了全球卫星导航系统的类型，重点讨论了全球定位系统及其增强系统，基于性能的导航（PBN）；第五章主要介绍了民航的监视系统，包括一次雷达、二次雷达、自动相关监视系统、多点定位系统，第六章介绍了自动化空中交通管理系统。

本书由中国民航飞行学院程擎、朱代武、李彦冬编写，全书由程擎统稿，李彦冬校准。校内外多位专家进行了审稿并提出了很好的建议。本书在编写过程中，得到了中国民航飞行学院研究生处，中国民航飞行学院空管学院的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限和资料收集不全，书中难免存在一些疏漏和不足之处，有待进一步完善和提高，敬请读者批评指正。

编 者

2022年9月于中国民航飞行学院

## 第 1 版前言

通信、导航、监视系统和自动化的空中交通管理系统是空中交通管制工作的重要保障,是保证飞行正常、安全的重要手段。随着新航行系统的逐步实施和新一代航空运输系统的提出,各种新技术得到了广泛应用,逐渐形成了新一代空中交通管理系统。新一代空中交通管理系统是国家实施空域管理、保障飞行安全、实现航空高效和有序运行的核心系统。

“新一代空中交通管理系统”是空中交通规划与管理专业研究生的一门专业基础课程,该课程专门介绍新一代空中交通管理系统的新技术和未来发展。编者针对国家新一代空中交通管理的需求,结合国内外最新的数据链通信、卫星导航、监视技术的应用和发展,完成了该教材的编写。

本教材主要介绍了民航数据链通信系统、卫星导航系统、监视系统发展的新技术,详细阐述了各类新技术的种类、功能及各系统的工作原理。并对美国的新一代航空运输系统(NextGen)、欧洲单一天空实施计划(SESAR)和自动化空中交通管理系统进行了详细阐述。

本教材初稿于 2009 年开始使用,先后在空中交通规划与管理研究生 2008 级、2009 级、2010 级试用。试用期间,广泛征求了教师和部分学生的意见,同时在教材的实用性方面,还征求了民航生产一线的专家和技术人员的意见,并详细分析了教材的反馈信息。在此基础上,重新收集和吸收了部分国外同类课程的资料,对教材进行了修订改编,使教材的内容、结构、体系更加完善,更加符合民航实际和发展要求。

本书共分为六章。第一章主要介绍了新航行系统及其特点；第二章主要讲述了世界各国新一代航空运输系统；第三章主要介绍了民航地空数据链通信系统；第四章主要讲述了全球卫星导航系统的类型，重点讨论了全球定位系统及其增强系统，基于性能的导航（PBN）；第五章主要介绍了民航的监视系统，包括一次雷达、二次雷达、自动相关监视系统、多点定位系统，第六章介绍了自动化空中交通管理系统。

本书由中国民航飞行学院程擎、宋代武编写，全书的统稿和校准工作由程擎完成。校内外多位专家进行了审稿并提出了很好的建议，本书在编写过程中，得到了中国民航飞行学院研究生处，中国民航飞行学院空管学院的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限和资料收集不全，书中难免存在一些疏漏和不足之处，有待进一步完善和提高，敬请读者批评指正。

编者

2013年5月于中国民航飞行学院



## 目 录

第 1 章 新一代空中交通管理系统概述 .....	001
1.1 ATM 概念前的航行系统 .....	002
1.2 国际民航组织航行新技术的发展 .....	005
第 2 章 世界各国新一代航空运输系统 .....	021
2.1 美国新一代航空运输系统 (NextGen) .....	021
2.2 欧洲单一天空空中交通管理研究实施计划 .....	028
2.3 我国新一代民用航空运输系统研究情况 .....	030
2.4 我国的智慧民航建设路线图 .....	031
第 3 章 地空数据链通信系统 .....	036
3.1 地空数据链通信系统概述 .....	036
3.2 地空数据通信系统的组成和传输流程 .....	037
3.3 地空数据链通信技术 .....	039
3.4 数据链通信系统的应用 .....	042
3.5 甚高频数据链通信系统 .....	044
3.6 高频数据链系统 .....	061
3.7 航空移动卫星通信系统 .....	062
3.8 航空电信网 .....	066
3.9 数据链通信的应用 .....	070
第 4 章 民航导航系统 .....	085
4.1 全球卫星导航系统概况 .....	085
4.2 全球定位系统 .....	091

4.3	GNSS 增强系统 .....	120
4.4	卫星导航的完好性监测 .....	124
4.5	现代导航方法 .....	131
<b>第 5 章</b>	<b>民航监视系统 .....</b>	<b>143</b>
5.1	民航监视系统概述 .....	143
5.2	雷达概述 .....	144
5.3	民航一次雷达 .....	146
5.4	民航二次雷达 .....	148
5.5	S 模式二次雷达 .....	160
5.6	自动相关监视 (ADS) .....	171
5.7	多点定位系统 .....	190
5.8	机载间隔辅助系统 .....	197
<b>第 6 章</b>	<b>自动化空中交通管理系统 .....</b>	<b>203</b>
6.1	自动化空中交通管理系统的发展 .....	203
6.2	自动化空中交通管理系统的配置 .....	205
6.3	自动化空中交通管理系统的功能 .....	206
6.4	区域管制中心 .....	222
6.5	“欧洲猫-X”空管自动化系统 .....	225
6.6	空管自动化相关新技术 .....	237
<b>附录</b>	<b>英文缩写名词对照表 .....</b>	<b>247</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>255</b>





## 第 1 章 新一代空中交通管理系统概述

在航空活动开始的初期，由于飞机数量和飞行次数都很少，尚未建立空中交通管理的概念。随着商业飞行的开始，航空运输涉及的范围越来越广，为了安全和效率起见，要求飞行活动能按照一定的规则来组织进行，这就是空中交通管理。空中交通管理系统是实施空中交通服务（ATS）、空域管理（ASM）和空中交通流量管理（ATFM），并提供航空情报服务（AIS）、通信导航监视服务（CNS）和航空气象服务（MET）等职能组成的一个系统的统称。

《中国民用航空空中交通管理规则》中空中交通管理的任务是有效地维护和促进空中交通安全，维护空中交通秩序，保障空中交通畅通。作为航空运输体系的“中枢神经系统”，空管系统是保障空中交通安全、维护空中交通秩序、促进空中交通顺畅运行的核心系统，与航空公司、机场一起构成航空运输系统的三大支柱。

伴随着航空运输业近百年的发展历程，空管系统历经了人工目视指挥、程序管制、雷达管制、协同管理等多个发展阶段。在这个发展过程中，一方面，空中交通运行的新特点、新需求始终牵引着空管系统新技术的进步与新应用的探索；另一方面，空管系统中新技术的运用在提高空中交通运行效率与安全水平的同时，又促进了空中交通运行方式的革新与更替。空管通信、导航、监视技术的发展，是空管系统的技术进步与运行方式的变革基础，特别是在空中交通全球化、高密度运行的今天，其作用与贡献更为突出。

从 20 世纪 20 年代开始到现在，空中交通管理共经历了 4 个阶段。

第 1 阶段：20 世纪 30 年代以前，当时的螺旋桨飞机，飞行高度低、航程短、飞行速度慢，主要在基地附近飞行，并且只能在天气好的情况下飞行，因此制定了目视飞行规则。

第 2 阶段：1934—1945 年，在 1934 年以后，飞机的载客量和飞行速度都增加了，并且使用了无线电导航系统，飞行员可以在看不到地面的情况下也能确定飞机的位置，管制员能通过无线电通信系统和飞行员通话获知飞机的飞行状态，并且飞行活动更加频繁，目视飞行规则已经不能满足需要。因此，各航空发达国家纷纷成立了空中交通主管机构，制定了使用仪表进行安全飞行的规则，并且建立其全国规模的航路网和相应的塔台、管制中心等，这些管制中心的任务就是接收各航站发来的飞行计划，再把飞行员报告的位置填写在飞行进程单上，然后确定飞机间的相互位置关系，发布管制指令。这种管制方法通常称为程序管制。

第3阶段:1945年至20世纪80年代,随着航空技术的飞速发展,飞机的飞行速度、载客量和航程大幅度增加,世界各国通过航空的交流越加频繁,1945年世界各国成立了一个能把全世界的航空法规国际化的组织——国际民航组织(ICAO)。这个时期空中交通管理的重要进展是,以一次雷达、二次雷达监视技术为主的雷达技术的出现及应用,测距仪(DME)、罗兰C、奥米伽(OMEGA)导航系统、多普勒导航系统、微波着陆系统(MLS)和仪表着陆系统(ILS)等无线电导航系统的应用。雷达技术应用于空中交通管制领域,可以使管制员在雷达屏幕上获得飞机的位置、呼号、高度和速度等参数,再加上地空通信系统的发展,促使一些重要地区使用雷达管制取代了程序管制。当前,随着雷达覆盖面的不断扩大,雷达管制已经成为一种主要的管制手段。大量无线电导航的出现,特别是ILS的应用,使飞机能在低能见度的情况下着陆,有力地保障了航班的准点率和提高了飞行的安全性。

第4阶段:20世纪80年代后期至今。为了适应交通流量的增加,随着电子技术的飞速发展,计算机技术在机载系统和空管地面设施的广泛应用,卫星系统在民航的应用,ICAO在80年代提出了空中交通管理(ATM)的概念,以取代空中交通管制。从只保证一次航班从起飞机场经航路到达目的地机场的间隔和安全,到着眼于整个航路网的空中交通的顺畅、安全和有效运行。ICAO推崇基于卫星导航和数据链的通信、导航、监视技术,并发展基于性能的服务、基于信息共享的协同运行、空域动态管理与灵活使用、流量管理等。

## 1.1 ATM 概念前的航行系统

### 1.1.1 旧航行系统的状况

在20世纪80年代,一些航空发达的地区实施了雷达管制,如欧洲和北美的大部分地区,但其他的大部分陆地区域和海洋地区还是实施程序管制。当时航行系统中的通信系统(Communication)、导航系统(Navigation)和监视系统(Surveillance)随各地的实际情况各有不同。通信系统中的地空通信主要采用VHF话音和低速数据链通信、HF话音通信系统。VHF话音和低速数据链通信用在地面与飞机及飞机与飞机的通信,在高交通密度区域和主要航路使用比较广泛;HF话音通信用在边远陆地区域地面与飞机的通信,如图1.1所示。

导航系统主要采用无线电导航系统,航路导航系统主要有无方向信标系统(NDB)、全向信标系统(VOR)、测距仪系统(DME)、惯性导航系统或惯性基准系统(INS/IRS)、塔康(TACAN)和罗兰C(LORAN-C)等;终端区域主要采用仪表着陆系统(ILS)和微波着陆系统(MLS)实施精密进近,也用VOR/DME、NDB实施非精密进近,我国主要使用NDB、VOR/DME和ILS,如图1.2所示。

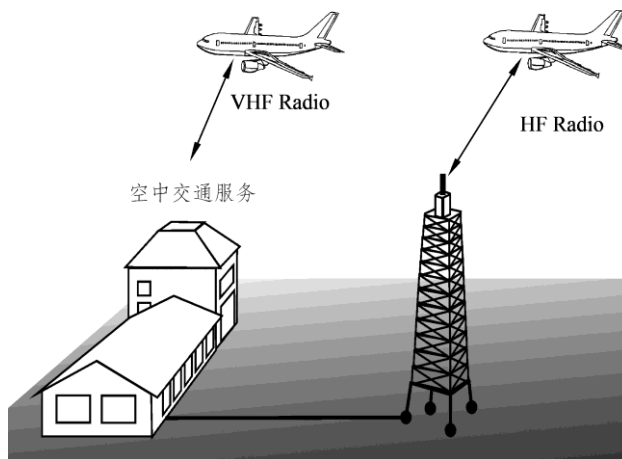


图 1.1 旧航行系统的通信系统

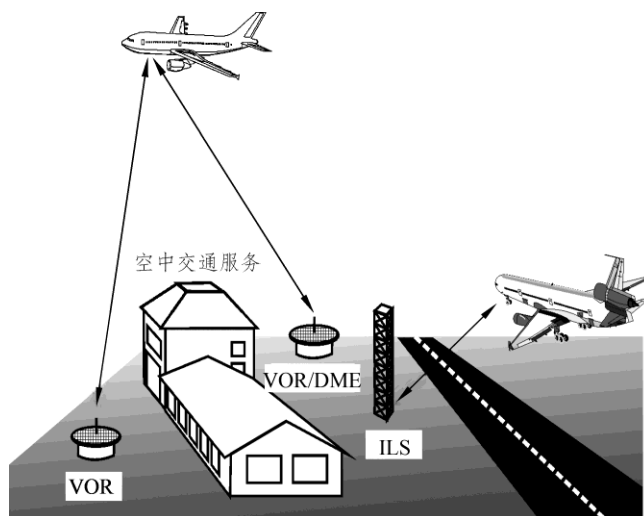


图 1.2 旧航行系统的导航系统

监视系统主要采用雷达监视，雷达包括一次雷达和二次雷达，二次雷达采用 A/C 模式；另外，在无雷达覆盖区域，采用通过语音报告位置的人工相关监视，如图 1.3 所示。

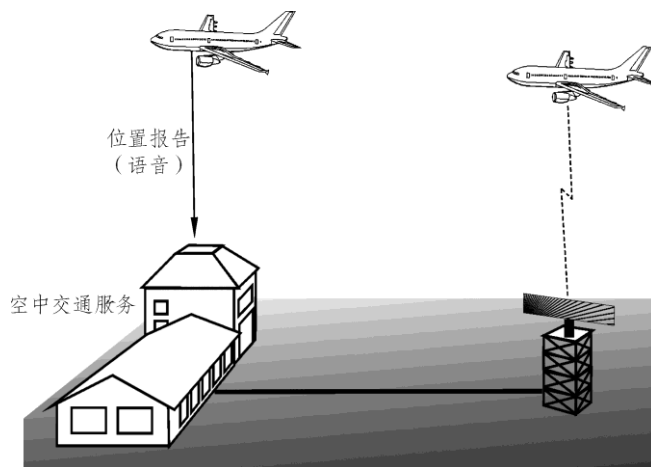


图 1.3 旧航行系统的监视系统

### 1.1.2 旧航行系统的弊端

随着飞行流量的日益增加,旧航行系统的通信、导航和监视系统,越来越不能适应空中交通管理系统的需求,它们在多个方面都制约着民航的发展。旧航行系统存在的主要缺点是:

(1) 精度低,可靠性差。如导航系统的无方向信标系统的测向精度受到多种干扰的影响,其测向精度低。语音通信报告飞机位置的方式,其确定的飞机位置精度低,这样导致可靠性差。

(2) 全球难以采取统一方式运作。不同的国家和地区由于采用的通信导航监视设施不同,导致使用不同的管制方式,其管制间隔和流量、运行方式都不同。

(3) 通信采用语音而缺少空地数字数据交换系统。

① 传输速度慢:利用语音传送 200 个字符约需 30~40 s,占用信道时间比较长。目前空中交通繁忙地区,VHF 频率资源已显得紧张,语音通信限制了 VHF 频率资源利用率的提高。

② 多信宿的限制:有些通信内容要先由话务员收下后,然后人工转发给多个用户,进一步增加了出错的可能性,并且延长了通信时间。

③ 易出错:语音通信主要在机组人员和管制员及航务管理人员间进行,长时间的飞行和讲话都易使人疲劳,加上各国、各地口音不一致,可能导致听不懂、听不清或说错、抄错的情况,从而导致对飞行安全的危害。

④ 业务种类的限制:某些计算机数据不便通过语言来表达,飞机上机载设备要利用地面数据库信息也不便由语音通信来实现。

(4) 旧的航行系统难以适应飞机架次及流量的增加。随着全球航空业的发展,飞行流量急速增加,根据当时的预测,美国 2020 年的旅客、货物和飞行量将比 2002 年增长 2~3 倍。

## 1.2 国际民航组织航行新技术的发展

国际民航组织 (ICAO) 近年的工作主要围绕着提升全球空中航行系统安全水平和运行效能而开展。早期, ICAO 以技术为出发点, 提出新航行系统 (CNS/ATM 系统) 概念, 并制定了《CNS/ATM 系统全球空中航行计划》(Doc 9750 号文件) 文件来指导 CNS/ATM 系统的实施。但是, 随着工作开展过程中一系列问题的出现, ICAO 认识到 CNS/ATM 技术本身并不是改进航行系统的目的。航行系统运行水平的提升, 需要以明确的运行效能要求为目标, 建立全球一体化的空中航行系统。

随着 ICAO 及各民航组织这种认识上的改变, ICAO 决定以全球空中交通管理 (ATM) 运行概念作为愿景, 指导空中交通管理系统的规划与实施, 并发布了《全球空中交通管理运行概念》(DOC 9854) 以及两个辅助文件《空中交通管理系统要求手册》(Doc 9882) 和《空中交通系统全球效能手册》(Doc 9883)。为了在全球范围内推进新一代空中交通管理系统的实现, ICAO 更新了《全球空中航行计划》(DOC 9750), 借鉴了复杂项目实施中常用方法论, 提出了航空系统组块升级 (ASBU), 用工程化的方法指导全球空中交通管理系统的规划与实施, ASBU 本身也就必然成为了《全球空中航行计划》中的重要内容。

### 1.2.1 新航行系统

ICAO 基于对未来商务交通量增长和应用需求的预测, 为解决旧航行系统在未来航空运输中的安全、容量和效率不足的问题, 1983 年提出在飞机、空间和地面设施三个环境中利用由卫星和数字信息提供的先进通信、导航和监视技术。由于当时有些系统设备仍在研制中, 尚不具备所需运行条件, ICAO 将该建议称为未来航行系统 (FANS) 方案。

随着各种可用通信、导航和监视技术的日臻成熟, 人们愈加注重由新系统产生的效益, 同时认识到在实现全球安全有效航空运输目标上, 自动化的空中交通管理 (ATM) 是使通信、导航和监视互相关联、综合利用的关键。ATM 的运行水平成为体现先进 CNS 系统技术的焦点。基于这一发展新航行系统的思想, 1993—1994 年, ICAO 将 FANS 更名为新航行系统 (CNS/ATM)。有关系统实施规划、推荐标准和建议措施等指导性材料的制定进一步加速了新航行系统的实施。1998 年, ICAO 全体大会再次修订了全球 CNS/ATM 实施规划, 其内容包括技术、运营、经济、财政、法律、组织等多个领域, 为各地区实施新航行系统提供了更具体的指导。CNS/ATM 系统在航空中的应用将对全球航空运输的安全性、有效性、灵活性带来巨大的变革。新航行系统使空中交通管理进入了新的发展时代。

### 1.2.1.1 新航行系统的组成

新航行系统由通信（C）、导航（N）、监视（S）和空中交通管理（ATM）四部分组成。通信、导航和监视是基础设施，空中交通管理是管理体制、配套设施及其应用软件的组合。

新航行系统是一个以星基为主的全球通信、导航、监视加上自动化的空中交通管理的系统，如图 1.4 所示。新技术利用的角度而言，主要是卫星技术、数据链技术和计算机网络技术的综合应用。系统的关键问题是卫星应用问题，ATM 系统的关键问题是数据化、计算机处理及联网问题。

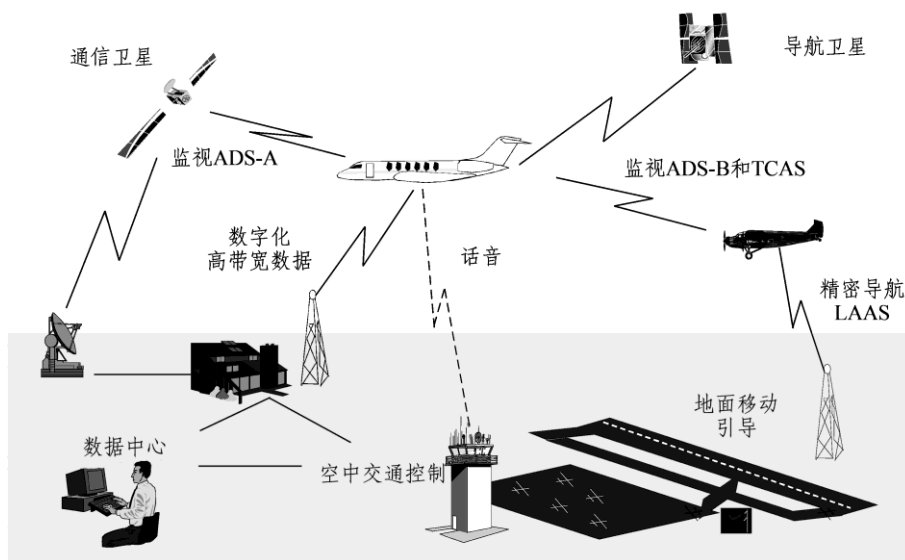


图 1.4 CNS/ATM 环境

新航行系统由四部分组成，其具体实施方案：

(1) 通信系统：对于通信系统，关键在于发展双向的数据通信，尤其是飞机与地面的通信。其地空通信传输途径有 VHF 话音/数据链通信、HF 话音/数据链通信、航空移动卫星通信（AMSS）、二次雷达 S 模式数据链通信，如图 1.5 所示。飞机机载电子设备之间，地面各个单位、部门之间，通过航空电信网（ATN）连接。这样，在不同的空/地、地/地通信网络端用户之间可提供无间隙的数字交换。并在通信系统中逐步引入所需通信性能（RCP）概念。

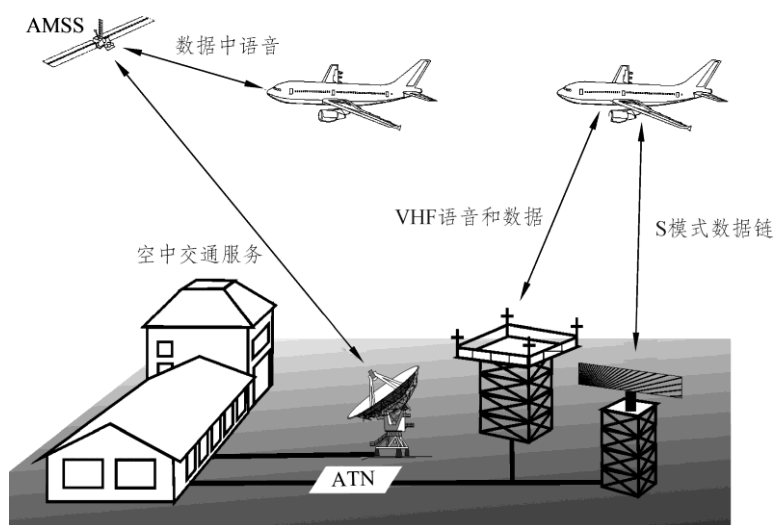


图 1.5 新航行系统的通信系统

(2) 导航系统：在传统导航方式的基础上逐步引入区域导航能力 (RNAV)，并使其符合所需导航性能 (RNP) 标准；采用全球导航卫星系统 (GNSS) 来提供全球覆盖，并用于飞机航路导航和进离场、进近着陆；微波着陆系统 (MLS) 或差分卫星导航系统 (DGNSS) 将取代 ILS；NDB、VOR、DME 将逐步退出导航领域；保留惯性导航 (INS/IRS) 并发展与卫星导航的组合导航系统，如图 1.6 所示。

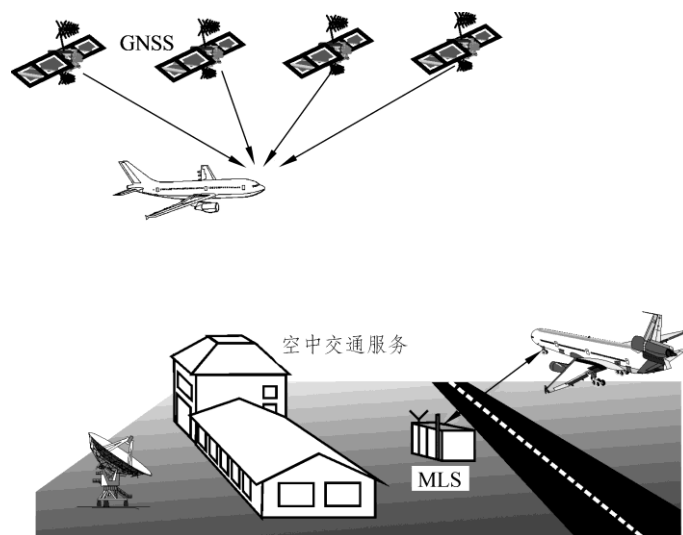


图 1.6 新航行系统的导航系统

(3) 监视系统：二次雷达 (SSR) 被广泛保留使用，尤其在高交通密度区域内，S 模式二次雷达将全面发展；在其他区域，特别是在海洋空域和边远陆地区域内，将采用自

动相关监视系统（ADS），这样可为那些只有很少或没有监视服务的区域提供综合监视信息，如图 1.7 所示，并在监视系统中引入所需监视性能（RSP）概念。

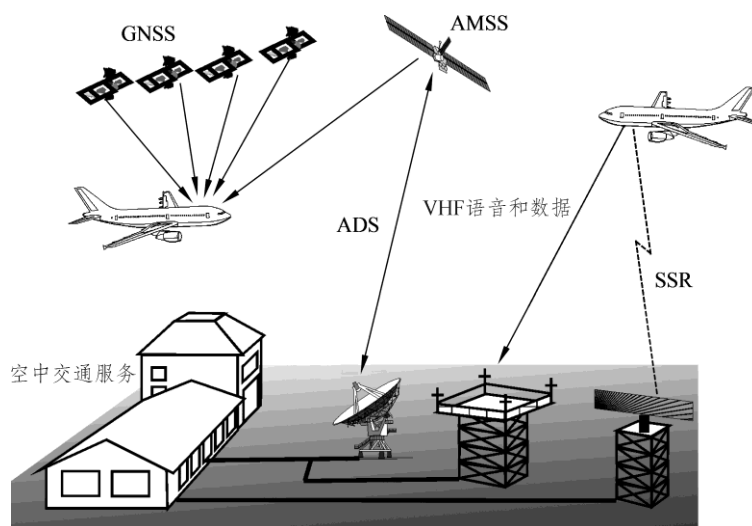


图 1.7 新航行系统的监视系统

（4）空中交通管理（ATM）：空中交通管理系统是新航行系统的一个重要组成部分，其构筑在通信、导航和监视系统上的管理系统，配套设施及其应用软件的组合。其目的是使航空器运营者按其计划的时间起飞和到达，并在不降低安全水平的情况下，以最小约束的方式，按其满意的飞行面飞行。根据空中交通管理系统实现功能目标的不同，空中交通管理系统可分为以下几个子系统：空中交通流量管理（ATFM）、空域管理（ASM）、空中交通服务（ATS）；而空中交通服务又可分为空中交通管制（ATC）、航行情报服务（FIS）、告警服务（AL）。并在空中交通管理中引入所需空中交通管理性能（RATMP）概念。ATM 系统的关键问题是数据化、计算机处理及联网问题。

新航行系统的组成和新旧航行系统的对比见表 1.1。

表 1.1 新旧航行系统的对比

项目	旧航行系统	新航行系统
通信	VHF 语音、HF 语音	VHF 语音/数据、AMSS 语音/数据、SSR S 模式数据链、HF 语音/数据、ATN、RCP
导航	NDB、VOR/DME、ILS、INS/IRS、气压高度	RNP/RNAV、GNSS、DGNSS、INS/IRS、MLS、气压高度
监视	PSR、SSR A/C 模式、语音位置报告	ADS、SSR A/C 模式、SSR S 模式、RMP
空中交通管理	ATC、FIS、AWS	ASM、ATS、ATFM、A/C、ATMP



### 1.2.1.2 对新航行系统的要求

利用新技术适应未来航行的需要,提高系统容量;覆盖海洋、边远地区和高高度,实现全球无缝隙地覆盖;采用数字式数据交换,改善质量,提高空管自动化水平,促进航空安全;提高空管的灵活性,从程序管制过渡到雷达和 ADS 监视下的管制,使空域的利用动态化;扩展监视的作用,在保证安全的前提下缩小飞行间隔,提高空域的利用率;提高精密方位能力,有利于实现区域导航和四维导航,扩展短捷的直飞航线,扩大飞行自由度,节约飞行时间和燃油;适应各种环境,包括不同空域环境,不同交通密度,不同机载设备,不同地面设备,并能适应多样化用户,以及全球飞行时跨区或飞越国境时的实用性。

### 1.2.1.3 新航行系统的特点

新航行系统的特点反映在系统、技术和实施等方面。

#### 1. 系统方面

##### 1) 新航行系统是一个完整的系统

新航行系统由通信、导航、监视和空中交通管理组成。实际应用中,虽然存在独立的可用技术和设备性能规定,但从完成安全、有效飞行任务总目标意义上认识,其中的通信、导航和监视系统以硬件设备和应用开发为主,空中交通管理则以数据综合处理和规则管理运行为主。通信、导航、监视和空中交通管理之间相辅相成,在科学的管理方法指导下,高性能的硬件设备能为实现 ATM 目标提供借助的手段,为空中交通高效率运行提供潜能。不论是现在 ATC 的目标,还是今后全球 ATM 的目标,都是根据当时可用技术和设备能力提出来的。新航行系统将各种可靠的手段(通信导航监视等)和方法(程序法规等)有机地综合在一起,将来自各信源的信息加工处理和利用,实现一致的和无缝隙的全球空中交通管理。在实施空中交通管理过程中,将各分系统的高性能都体现在 ATM 的效益上,使空中交通在任何情形下都有条不紊。

##### 2) 新航行系统是一个全球一体化的系统

新航行系统满足国际承认和相互运行的要求,对空域用户以边界透明方式确保相邻系统和程序能够相互衔接。适合于广泛用户和各种水平的机载电子设备。随着新航行系统不断完善而产生的所需总系统性能(RTSP)概念,将对总系统在安全性、规范性、有效性、空域共享和人文因素方面作出规定。RTSP 成为发展新航行系统过程中普遍应用的系列标准,指导各国、各地区如何实施新系统,保证取得协调一致的运行效果,使空中交通管理和空域利用达到最佳水平,从而实现全球一体化 ATM 的目标。

##### 3) 新航行系统是一个以滚动方式发展的系统

总观 ICAO 开始提出的 FANS 方案和其后再讨论制订的 CNS/ATM 实施方案,在新航行系统组成中,一方面,分系统成分发生了一些变化,另一方面,ICAO 还先后增加了所需性能的概念,具体包括所需导航性能(RNP)、所需通信性能(RCP)、所需监视性能(RMP)、所需空中交通管理性能(RATMP)和在这些性能综合条件下的所需总系

统性能(RTSP)。由此可见,ICAO的工作方式已经从在新系统中使用和不使用什么设备的选择上转向注重制订所需性能标准上来。根据对已经颁布的RNP规定的理解和应用结果,RNP概念的应用实现了ICAO的预期目的。所需性能概念体现了ICAO发展航空系统的战略思想,即面对今后交通持续增长和新技术的不断涌现,在完善各种性能要求,并在所需性能指导下,为各国、各地区提供广泛的新技术应用空间和发展余地。在标准化的管理模式下,新航空系统会不断地吸纳新技术、新应用,并使其向更趋于理想模式的方向发展。

## 2. 技术方面

新航空系统包括了多种技术,其主要依赖的新技术有卫星技术、数据链技术、计算机网络和自动化。其中,卫星技术和数据处理技术从根本上克服了陆基航空系统固有的而又无法解决的一些缺陷,如覆盖能力有限,信号质量差等。计算机应用和自动化技术是实现信息处理快捷、精确,减轻人员工作负荷的重要手段,如机载的飞行管理系统和空管自动化系统大大减轻了飞行员和管制员的工作负荷。

## 3. 实施方面

在新技术的实施中,在不同的实施区域,可采用先辅后主和先易后难的方式。在走向新航空系统进程中,必然有新老系统并存的过渡期。初期,新系统在运行中起辅助作用,即在功能上发挥补充能力作用。后期,除少部分优秀的现行系统作新系统的备份外,新系统成为空中交通管理的主角。随着人们对新航空系统体系认识和理解加深,新技术的渗透将使新系统逐步平稳地取代现行系统。

先易后难,新系统先在对陆基设备影响小的地方或环境实现应用,那些对陆基系统产生较大影响的场合迟后慎重解决。例如,PBN、GLS技术首先应用于我国的偏远高原机场,随后在其他容量大的机场使用。

### 1.2.1.4 新航空系统对空管体系的变革

#### 1. 陆基航空系统向星基航空系统转变

人类对空间技术的研究,解决了一些在陆地环境下无法解决的问题,卫星技术的应用也是人类文明史发展的重要标志。卫星技术可用性的提高是使陆基航空系统向星基航空系统的转变关键。卫星通信技术在电视广播领域已经普遍应用,经过了最先从租用、购买转发器开始,到自主发射卫星使用专用转发器的发展过程。卫星通信技术也从娱乐、日常生活发展成为能以多种速率、多种方式传输多种数据应用于各个领域。在实现陆基通信方式困难的地方,卫星通信技术已经成为重要的依赖手段。与现行陆基导航系统相比,全球导航卫星系统具有高精度、多功能、全球性等优点,解决了航路设计受限于地面设施的问题,也为远距或跨洋飞行提供了实时定位导航的手段。当基本卫星导航系统与可靠的增强系统结合后,可将其用于全部飞行阶段。在建设具有相同规模和同样保证能力的常规空管系统所需经费方面,星基空管系统已向陆基空管系统提出了挑战。

## 2. 国家空管系统向全球一体化空管体系转变

在现行航行系统环境下, 由于各国空中交通管制设施的能力不同, 管制方法和管制程序, 以及在空域利用和最低间隔标准问题上缺乏一致性, 对飞机有效飞行增加了额外限制。在发展空中交通管理系统过程中国家之间很少合作, 使飞机不能发挥先进机载设备的能力。重要的是现行航行系统缺乏全球覆盖性、规范性和有效性的共同基础。现行空中交通服务的安全水平仅限于某些空域范围, 还不具备全球性的安全水平。这些都是现行系统无法满足未来交通增长要求和空域用户的需求的原因。

随着空中交通运输量持续增长, 现行条件下, 空域的不连续性和国家航行系统的不一致性, 会极大地妨碍有限空域的最佳利用。

新航行系统中一体化的 ATM 能使飞行员满足其计划的离港和到达时间, 在最小的限制和不危及安全情况下保持其优选飞行剖面。为此, 需要区域以及国家空管系统部件、程序的协调性和标准化。以国际一致性的 ATM 标准和程序全面开发新航行系统技术。

新航行系统中的功能系统具有的全球覆盖特点, 机载和地面设备之间相互联系和数据交换功能的兼容性保证了总系统能一致有效地工作。无论在境内还是跨国空域运行, 全球一体化的航行系统以无缝隙的空域管理为用户提供连贯和一致性的服务。

## 3. 空中交通管制向自动化方式转变

空中交通管制工作由复杂的任务组成, 要求管制员具有高度的技能和灵活应变的能力, 如对空域的洞察力, 可用信息的处理、推理和决断的独特能力。全球一体化 ATM 所显示的安全性、空域高容量和飞行有效性要求在管制员发挥其特有能力的同时, 还要利用自动化手段改善管制工作效率。在航行数据采集处理、动态空域的组织、飞行状态的预测、解决冲突建议措施的选择过程中, 自动化系统的快速解算能力获得更及时、更准确的结果, 帮助管制员自动进行空中交通活动的计算、排序和间隔, 获得更直接的航路, 以在有限的空域内建立有效的飞行流量。同时, 各种信息多途径自动有效传输极大地减轻了管制员的工作负荷。

空中交通管制将以渐进方式引进自动化系统。在初期, 利用计算机和有关软件协助管制员完成部分任务。应当明确, 实现自动化的空中交通管制方式并不等于完全取代管制员。实际应用中, 受各种随机因素和不可预见事件的影响飞机不可能也不总是按其预期结果运行。因此, 自动化的空中交通管制方式仍然需要发挥管制员特有的能力和灵活性特点。

我国在近三十年的自动化技术的发展过程中, 坚持技术引进与自主研发的道路, 取得了较大的技术进步, 但是未来还有很多的困难需要克服。

## 1.2.2 ICAO 全球空中交通管理系统规划和实施

航行系统运行水平的提升, 需要以明确的运行效能要求为目标, 建立全球一体化的空中航行系统。

ICAO 发展《全球空中航行计划》的目的是在全球范围内发展更安全、高效、环保的飞行。为了实现这一目标，ICAO 以全球空中交通管理（ATM）运行概念作为愿景，指导空中交通管理系统的规划与实施。ICAO 对全球空中交通管理系统改进的规划和实施主要在运行概念、实施规划和技术支持三个层面上开展。

运行概念，主要描述目标系统的高层需求，解决要实现什么样的空中交通管理系统的问题。它是所有工作目标，是未来空中交通管理系统的高层需求。《全球空中交通管理运行概念》（DOC 9854 号文件）是 ICAO 在这一层面发布的主要文件。

实施规划，主要依据由运行概念导出的系统运行需求，采用适当的工程化管理方法，制定全球协同的、可行的工作计划，推进运行概念在全球范围实现。《全球空中航行计划》（DOC 9750 号文件）及其中的一项重要内容 ASBU 就是 ICAO 在这一层面发布的主要文件。

技术支持，主要解决采用什么样的技术去系统运行需求，完成实施规划中的工作。它主要涉及通信、导航、监视等具体技术内容。ICAO《全球空中航行计划》中的技术路线图包含了这一层面的内容。

三个层面的关系如图 1.8 所示，运行概念是愿景，设定了空中交通管理系统发展的高层目标；实施策略依据由运行概念导出的系统运行需求和效能改进目标，将实施工作其分解为具体的、可执行的工作包，并采用工程化的方法对这些工作包进行组织管理；技术支持为达到效能改进目标，完成实施工作，提供适合的技术方案。

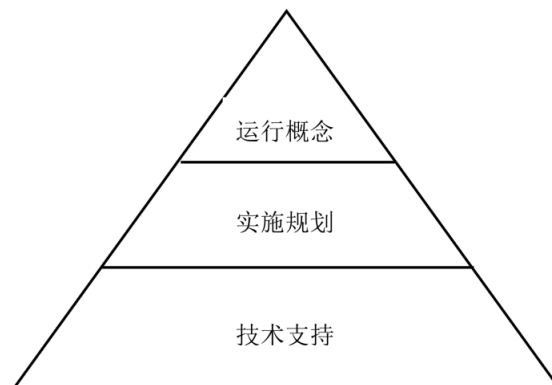


图 1.8 ICAO 全球空中交通管理系统规划与实施方法示意图

### 1.2.3 空中交通管理系统运行概念

ICAO 规划的新一代空中交通管理系统提供一体化的服务。为了更好地理解这些服务是如何提供的，ICAO 将全球空中交通管理运行概念分解为七个重要的概念，此外还包括信息服务，这些部分相互依赖，缺一不可，共同构成空中交通管理系统。

七个重要概念包括空域组织与管理、机场运行、需求与容量平衡、交通同步、空

域用户运行、冲突管理及空中交通管理服务提供的管理。此外，还包括信息服务，用于处理不同过程和服务所用信息的交换和管理。它将确保上述七个概念组成部分的协调和联系。

#### 1.2.3.1 空域组织与管理

空域组织负责确立空域结构，以满足不同类型的空中活动、交通容量和不同等级的服务要求。空域管理是一个过程，即通过这一过程来选择和应用空域选择方案，以满足空中交通管理界的要求，主要概念性变化为：

- (1) 所有空域均为空中交通管理关心的焦点并是一种可用资源。
- (2) 空域管理应是动态和灵活的。
- (3) 任何对空域使用的限制应被认为是暂时的。
- (4) 应灵活管理所有空域。根据具体的交通流对空域边界进行调整，且不受国家或设施边界的限制。

#### 1.2.3.2 机场运行

作为空中交通管理系统一体化的组成部分，机场必须为航空器运行提供必要的地面设施，包括灯光、滑行道、跑道、跑道出口及场面精密引导设施，以便在全天候条件下增强安全性及最大限度地提高机场容量。空中交通管理系统将充分发挥机场空侧内基础设施的作用，其主要概念性变化为：

- (1) 减少跑道的占用时间。
- (2) 在保持容量的同时，增强在全天候条件下的安全机动能力。
- (3) 在各种条件下，必须对进出跑道的活动提供场面精密引导。
- (4) 有关空中交通管理界成员应掌握和获得在机动区和活动区内所有车辆和航空器的位置（至某个精确度）及意图。

#### 1.2.3.3 需求容量平衡

需求与容量平衡可以从战略角度对整个系统的交通流量和机场容量进行评估，以使空域用户在缓解对空域和机场容量冲突需求的同时决定何时、何地及怎样进行运作。该协作过程可通过利用系统内的空中交通流量、天气及其他有用信息对空中交通流量进行高效管理，主要概念性变化为：

- (1) 在战略阶段，通过协同决策对起降架次进行最大优化，为预测的航班分配和排班计划奠定基础。
- (2) 在预战术阶段，尽可能通过协同决策对资产、资源配置、计划航迹、空域组织和进出机场及空域的时间安排进行调整，减少不平衡性。
- (3) 在战术阶段采取的行动包括为平衡容量对空域进行动态调整；对进出机场和空域的时间进行动态修改，以及根据用户要求调整航班时刻。

#### 1.2.3.4 交通同步

交通同步是指建立战术和保持空中交通流量的安全、有序和高效,主要概念变化为:

- (1) 可通过四维动态航迹控制和无冲突航迹来实施。
- (2) 减少阻塞点。
- (3) 最大优化交通排序,实现最大的跑道起降量。

#### 1.2.3.5 空域用户运行

空域用户运行是指飞行中与空中交通管理有关的方面,主要概念性变化为:

(1) 为提高安全性和效率,空管系统需要解决不同能力的航空器混合运行以及全球实施的需求。

(2) 为使空域用户建立一般、战术和战略的情景意识,并满足冲突管理的要求,空管系统将融合相关的空中交通管理数据,并提供给空域用户。

(3) 反之,空中交通管理系统能够获取相关空域用户的运行信息。

(4) 根据每架航空器的性能、飞行条件及可用的空中交通管理资源,形成动态的四维航迹规划。

(5) 通过协同决策,确保航空器以及空域用户系统的设计对空中交通管理的影响被充分考虑。

(6) 航空器的设计应将空中交通管理系统作为重要因素考虑。

#### 1.2.3.6 冲突管理

冲突管理包括三个层次:通过空域组织与管理、需求与容量平衡及交通同步实施的战略冲突管理、间隔保障和避撞。冲突管理将航空器与危险物之间相撞的风险限制在一个可接受的水平。需要隔开的危险物包括其他航空器、地形、天气、尾流、有矛盾的空域活动,及当航空器在地面时,与场面车辆和停机坪上和机动区内障碍物之间的危险,主要概念性变化为:

(1) 战略冲突管理将间隔保障的需要降低至某个规定的水平。

(2) 空中交通管理系统将最大可能地减少对用户运行的限制;因除非安全或空中交通管理系统设计要求间隔保障服务,预定间隔保障提供者将是空域用户。

(3) 间隔保障提供者的角色可以被委托,但这种委托将是暂时的。

(4) 在确定间隔模式时,必须考虑间隔保障的干预能力。

(5) 冲突管理将被扩大至程序和允许的范围。

(6) 避撞系统是空中交通管理系统安全管理的组成部分,但在确定间隔保障所需的安全等级时不予考虑。

#### 1.2.3.7 空管服务提供的管理

空中交通管理服务提供的管理确保在飞行的所有阶段及所有服务提供者之间实施从门到门的无缝运行。空中交通管理服务提供的管理组成部分涉及对各种其他过程/服务决

策进行平衡和统一，及做出决策的时限和范围要求。飞行航迹、意图和协议将是做出决策平衡的重要组成部分，主要概念性变化为：

(1) 空中交通管理服务将建立在“按需提供”的基础之上。一旦建立服务，将根据需要提供服务。

(2) 空中交通管理系统将依据协同决策和全系统的安全及商业事例来设计。

(3) 空中交通管理将通过协同决策提供服务，权衡并优化用户所申请的航迹，以满足其他空管参与者的需求。

(4) 航迹是一个涵盖整个飞行阶段的协议。

此外，还包括数据和信息的交换和管理，包括各类应用交互及传输功能，用于处理不同过程和服务所用信息的交换和管理。它将确保上述七个概念组成部分的协调和联系。信息管理提供用于支持空管运行的可靠、高质量和及时的信息。信息管理也将监督和控制共享信息的质量，并提供用于支持空中交通管理界的信息共享机制。

信息管理还汇聚空管相关的历史状况、实时状况、规划或预计未来状况的尽可能完整的场景。信息管理将为改善空中交通管理界所有成员的决策奠定基础。信息交换和管理的关键在于对一个信息丰富的环境进行管理。信息管理将通过所有运行服务，达到整体空中交通管理界的期望。

#### 1.2.4 航空系统组块升级 (ASBU)

《全球空中航行计划》是国际民航组织全球空中航行系统战略规划文件，从创立至今已经经过了十多年的发展，经历了四个版本的更替。2012年11月，第十二届航行会议通过了第四版《全球空中航行计划》。新版《全球空中航行计划》是一份规划指导空中航行系统升级的战略层文件，用于制订近期、中期和远期的活动计划、指导各地区和成员国实施航空系统的升级活动。

第四版《全球空中航行计划》最显著的特点，就是纳入酝酿已久的“航空系统组块升级”方案 (Aviation System Block Upgrade, ASBU)。航空系统组块升级方法着眼于预期的运行效益改进，阐明了技术和运行改进之间的关系，促进实施部署进程，构成了全球空中航行系统升级的工作框架。从战术的角度，航空系统组块升级根据当前系统运行情况和技术发展趋势，采用系统工程方法论制定出的一套规划实施办法，以循序渐进、具体可行的运行改进为阶段性目标，通过新程序、新技术的支持，推进现有系统逐步过渡到运行概念所描述的未来空中航行系统。为了发挥航空系统组块升级的作用，《全球空中航行计划》中还包括了相关的技术路线图，为规划实施工作提供技术支持。

##### 1.2.4.1 航空系统组块升级的组成

航空系统组块升级包括以下 4 个基本概念：模块、引线、组块和效能改进领域，其关系如图 1.9 所示。

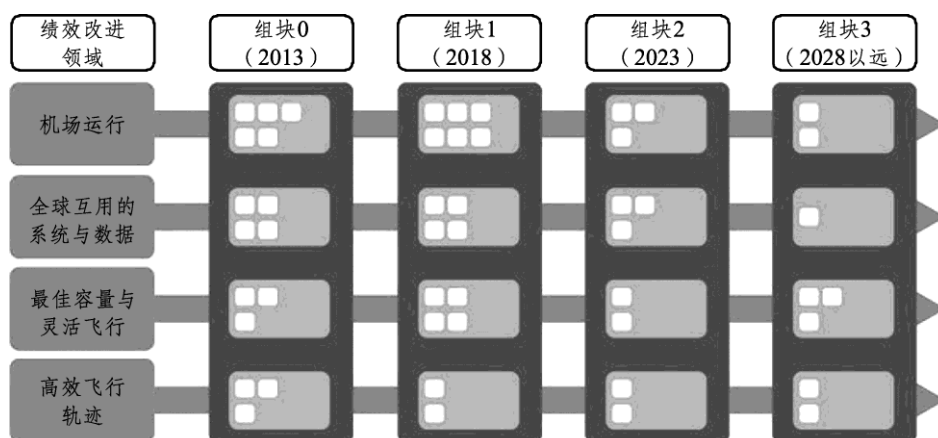


图 1.9 ASBU 的模块、引线、组块和效能改进领域之间的关系

### 1. 模块 (Module)

模块是图中的白色小方块，代表一定程度的运行改进。它是基于效能改进的、可部署的一个包，每一个包提供了明确的效益改进指标，由程序、技术、规章、标准等支持，如 B0-APTA (Airport Accessibility 机场可接入性)。模块是 ASBU 中的基础元素。每一个模块对应一个运行改进，运行改进是从运行概念的分析得来的，主要关注某一方面运行能力的提升。每个运行改进都包含改进的条件、限制以及方法和效果，同时也包括实现改进所需要的要素。这些要素既包括技术要素也包括运行程序、相关标准和法规等因素。每个模块设计时都充分考虑了有足够的灵活性和规模伸缩性，通过这种灵活和规模可调的组织方式，使国家或地区根据自身的需要或技术进行实施。

### 2. 引线 (Thread)

引线是图中的横向箭头，贯穿了一系列相互关联的模块，代表了模块能力的跨时间的演变，从基本到更先进的能力提升，就是某项能力在不同时间段的状态，是实现该项能力最终目标的不断演进。引线直接反映了全球空中交通管理运行概念的关键方面。

### 3. 组块 (Block)

组块是图中的深色矩形部分。组块由若干个模块组成，若干个模块结合时能促成重大的改进。组块的概念以五年间隔为基础，被划分成四个组块：组块 0、组块 1、组块 2 和组块 3。组块上的时间是该组块中的模块已具备运行条件，可以开始部署的时间，而不是部署完成的时间。各个国家和地区可根据自身的需求选择实施模块的时间。例如，组块 1 对应的的时间期限是 2018 年，即组块 1 对应的模块预计从 2018 年可以开始部署。

组块 0 的时间段为 2013—2017 年。这个阶段中，空管系统仍然是需要依赖现有的地面、机载航空设备和技术。组块 1 的时间段为 2018—2022 年，是航空系统组块升级的关键阶段。在组块 0 的基础之上，空中交通管理系统将在这一阶段进行较大的改进，获得



大幅度的能力提升。组块 2 在 2023 年以后可用，之前需要经过充分验证。组块 3 在 2028 年以后具备运行条件，最终实现全球空中交通管理运行概念。

#### 4. 效能改进领域 (PIA)

效能改进领域是将每一组块中的模块加以归纳，以便在其应用环境中提供较高层面的运行和性能目标。图 1.9 中最左面一列，是 4 个效能改进领域：机场运行、全球互用的系统和数据（通过全球互用的全系统信息管理而实现）、最佳容量和灵活飞行（通过全球协同的空中交通管理而实现），以及高效飞行轨迹（通过基于航迹的运行而实现）。为了实现的新一代空中交通管理系统，需要在这四个领域推行运行改进。ASBU 中的每个模块，都可归入一个特定的效能改进领域。

##### 1) 机场运行

支撑机场运行的引线包括机场可接入性 (APTA)、尾流间隔 (WAKE)、跑道排序 (RSEQ)、场面运行 (SURF)、机场协同决策 (ACDM) 和远程空中交通服务 (RATS)。而每个引线又由一些模块组成，如机场可接入性 (APTA) 包括模块 B0-APTA (包括垂直引导的进近程序的优化) 和模块 B1-APTA (优化机场的可准入性)。尾流间隔 (WAKE) 包括模块 B0-WAKE (通过优化尾流间隔优化跑道吞吐量)、模块 B1-WAKE (通过动态尾流间隔优化跑道吞吐量) 和模块 B2-WAKE (基于时间的高级尾流间隔)。

##### 2) 全球互操作系统和数据

支撑全球互操作系统和数据的引线包括协作环境下的飞行和流量信息 (FICE)、数字化 ATM 管理 (DATM)、广域系统信息管理 (SWIM)、高级气象信息管理 (AMET)。如协作环境下的飞行和流量信息 (FICE) 包括模块 B0-FICE (通过地地集成，提高互用性、效率和容量)、模块 B1-FICE (通过离场前的 FF-ICE 第 1 阶段应用程序，提高互用性、效率和容量)、模块 B2-FICE (通过多中心的地对地集成提高协调) 和模块 B3-FICE (推出完全的 FF-ICE 以改进运行性能)。

##### 3) 最佳容量和灵活飞行

支撑最佳容量和灵活飞行的引线包括自由航路运行 (FRTO)、网络运行 (NOPS)、监视 (ASUR)、机载间隔 (ASEP)、优化飞行高度 (OPFL)、机载防撞系统 (ACAS) 和安全网 (SNET)。如机载防撞系统 (ACAS) 包括模块 B0-ACAS (机载防撞系统的改进) 和模块 B2-ACAS (新防撞系统)。

##### 4) 高效的飞行轨迹

支撑高效的飞行轨迹的引线包括持续下降运行 (CDO)、基于航迹的运行 (TBO)、持续爬升运行 (CCO) 和远距离驾驶航空器系统 (RPAS)。其中基于航迹的运行 (TBO) 包括模块 B0-TBO (通过航路数据链的初步应用提升安全和效率)、模块 B1-TBO (改善交通同步和初步基于航迹的运行) 模块 B3-TBO (完全 4D 航迹运行)。

#### 1.2.4.2 ASBU 技术发展路线图

技术路线图从技术演变发展的角度展示实施 ASBU 所需要提供的主要技术。国际民航组织制定技术发展路线图的目的是描述组块模块所涉及到的技术,并从该技术层面描述支持组块模块所需要的新、旧技术,同时确定该项技术的可用性。国际民航组织制定的路线图涉及到的技术主要包括:通信、监视、导航、信息管理和航空电子设备。

##### 1. 通信技术线路图

通信技术路线图实际上包括 3 种,分别为空地数据链通信、地地通信以及空地语音通信。

###### 1) 路线图 1: 地空数据通信

组块 0 阶段:充分利用现有地空数据通信技术,如 VHFACARS, VDL 模式 2 和 ATN; VHF ACARS 将利用 AOA 技术逐渐向到 VDL 模式 2 过渡;在洋区和偏远地区使用基于卫星通信的 ACARS 技术。

组块 1 和组块 2 阶段:在大陆地区空管服务通信主要使用 VDL 模式 2 和 ATN 技术;新技术应用于信息类服务,如航空公司 AOC 通信,或航路上的信息服务,可能采用的新技术有 AeroMACS、商用 4G 技术等;VHF ACARS 将被 VDL Mode2 淘汰;HF ACARS 被淘汰,而 ATN 将支持 HF 数据链。

组块 3 阶段:随着数据链性能、可靠性、可用性、安全性的不断提高,数据链将成为主要的地空通信方式;在洋区和偏远地区,有望完成 HF 数据链向 SATCOM 数据链的迁移。

###### 2) 路线图 2: 地面通信、地空语音通信

组块 0 阶段:继续部署 IP 网络,IPv4 将逐步向被 IPv6 过渡;地面语音通信仍然基于现有的模拟技术(ATIS-R2)和的数字化的技术(ATIS-QSIG),向 VoIP 过渡的进程将逐步开始。地空语音通信在大陆区域仍使用 25KHz VHF;在洋区和偏远地区,从 HF 向卫星通信的过渡有望开始。

组块 1 和组块 2 阶段:传统地面语音通信逐步向 VoIP 迁移;数字化航行通告和气象信息(采用 AIXM 和 WXXM 数据交换格式)将广泛在 IP 网络之上实现;FIXM 将被引入作为全球交换飞行数据的标准。地空语音通信仍采用 25KHz VHF,为了长期准备,新的陆基和星基通信系统开始研发。

组块 3 阶段:这一阶段新的语音通信系统可能会出现;在卫星通信领域,可能采用同一系统传输语音和数据;但在陆基通信方面,LDACS 是否能同时承载语音和数据通信还有待组块 1 和组块 2 阶段的研究成果。

##### 2. 监视技术路线图

###### 1) 路线图 3: 地空监视、机场场面监视

组块 0 阶段:重点部署协同式监视系统,如广播式自动相关监视系统(ADS-B)、

多点定位系统（MLAT）、广域多点定位系统（WAM）；加强多监视源融合处理自动化系统建设，充分利用航空器下行数据，提高多监视源数据的融合处理能力；利用不同的监视源与航空器下行数据，提供基本的监视安全网络；监视与气象等数据可通过基于 IP 的数据通信网络发布，从而提供基础的广域信息管理服务。

组块 1 阶段：扩展部署协同式监视系统；采用协同式监视技术增强机场场面运行能力；基于可靠的航空器下行数据开发更多的安全网络功能；考虑采用多基一次监视雷达（MPSR）以节约基础设施建设成本，提高经济效益；远程塔台和机场运行将逐步应用远程可视的监视技术，以提供情景意识。加强图形叠加能力，实现对航迹信息、天气数据、可视范围和地面灯光状态等信息的图形化叠加显示。

组块 2 阶段：提高 ADS-B 运行能力，以满足增加飞行高度层、降低飞行间隔的需求；逐步减少一次监视雷达的建设与使用。

组块 3 阶段：协同式监视技术将作为主用监视技术，一次监视雷达将仅在特殊、有限的条件下应用。

#### 2) 路线图 4：空空监视

组块 0 阶段：采用 ADS-B IN/OUT（ICAO 版本 2）规范的基本的空中情景意识应用将逐渐应用。

组块 1 阶段：高级空中情景意识应用将就绪，仍然使用 ADS-B IN/OUT（ICAO 版本 2）规范。

组块 2 阶段：ADS-B 技术将开始被用于基本的空中间隔；增加飞行高度层、降低飞行间隔的需要将对要求 ADS-B 能力提升。

组块 3 阶段：组块 2 阶段的 ADS-B 技术将被应用于洋区和偏远地区区域内有限的自主间隔（Self-Separation）。

### 3. 导航技术路线图

#### 1) 路线图 5：导航技术

导航方式从基于信号的传统导航方式向基于性能的导航方式转变，在不同的区域运用不同的 PBN 导航规范。

GNSS 是 PBN 发展的核心技术，是未来导航服务能力提升的基础。采用全球导航卫星系统（GNSS）来提供全球覆盖，并发展多频、多星座的全球导航卫星系统（GNSS），通过 GNSS 增强系统来提供 CAT I、CAT II 和 CAT III 类精密进近。

解决单一 GNSS 星座失效对导航运行的影响，主要依赖使用其他星座的信号，或者采用机载惯导系统或地面导航设施提供航行服务。

由于 GNSS 信号的脆弱性，传统导航设施在未来仍会作为 GNSS 导航的备份。保留微波着陆系统（MLS）和仪表着陆系统（ILS）缓解 GNSS 中断时对精密进近的需求；

NDB、VOR 将逐步退出导航领域，用 DME 组成陆基导航网络来支持 PBN 运行。

#### 2) 路线图 6：PBN 路线图

PBN 将应用到洋区和偏远地区、大陆区域的航路、终端区、进近阶段。

洋区和偏远地区的航路将应用 RNAV10（RNP10），RNP4 和 RNP2。

大陆区域的航路将应用 RNAV5、RNAV2、RNAV1、RNP2，进而应用 Advanced RNP 和 RNP0.3。

终端区进离场应用 RNAV1、Basic RNP1，进而应用 Advanced RNP 和 RNP0.3。

进近应用 RNP APCH 和 RNP AR APCH。

ASBU 的路线图还包括信息管理技术路线图和航空电子设备技术路线图。其中信息管理技术路线图中的全系统信息管理（SWIM）是实现未来空中交通管理应用的基础，它提供了合适的架构确保参与运行的各方都能及时、准确地获取所需要的信息。SWIM 的建立将使各种新的应用部署成为可能。空管、航空公司、机场、公众用户都可以通过适当的应用，从 SWIM 中方便地获取所需的信息，SWIM 作为信息管理的核心系统，对各种信息的可用性、时效性、安全性、服务质量等方面的复杂的管理，都由 SWIM 系统来完成。航空电子设备技术路线图包括航电通信和监视、航电导航和机载安全网络、机载系统路线图。

### 思考题

1. 空中交通管理系统的发展过程经历了哪几个阶段？每个阶段主要有什么特点？
2. 旧航行系统的状况和缺陷有哪些？
3. 什么是新航行系统？实施方案是怎样的？
4. 新航行系统的特点是什么？
5. ICAO 对全球空中交通管理系统改进的规划和实施是如何开展的？
6. ICAO 将全球空中交通管理运行概念分解为哪些重要的概念？
7. 什么是 ASBU？ASBU 由哪些部分组成？
8. 请谈谈 ASBU 技术发展路线图的通信技术路线图。
9. 请谈谈 ASBU 技术发展路线图的监视技术路线图。
10. 请谈谈 ASBU 技术发展路线图的导航技术路线图。



## 第 2 章 世界各国新一代航空运输系统

ICAO 在 1993 把 FANS 改名为 CNS/ATM, 其便进入了逐步实施阶段, 随着新航行系统各种技术的逐步实现和航空业的发展的需求, 对气象、安保、环境等多方面的要求, ICAO 在第 11 次全球航行大会提出了全球一体化的空中交通管理运行概念, 并在第 12 次航行会议滚动更新《全球空中航行计划》, 提出 ASBU, 同时世界各国提出了发展新一代航空运输系统, 主要有美国的新一代航空运输系统和欧洲单一天空空中交通管理研究实施计划。

### 2.1 美国新一代航空运输系统 (NextGen)

#### 2.1.1 发展 NextGen 的背景

美国新一代航空运输系统 (Next Generation Air Transportation System, NextGen) 提出的背景: 将航空业占 GDP 的比重由 6% 提升到 9% 以上, 提供 1 100 万个就业岗位, 2025 年空中交通流量将是目前的 2~3 倍, “9·11” 事件对美国航空业安全造成了巨大影响, 美国每年要投入 40 亿美元和大量的人力资源用于安保。繁琐的安检程序造成了航班延误, 牺牲了旅客宝贵的时间; 要保持美国在航空运输业、制造业、标准制定和新技术等方面的世界领先地位, 适应更加节约成本、节能环保的航空发展趋势; 2020 年, 8 个城市群和 19 个大型机场需要更多的容量, 23 个大中型机场需要提高容量; 20 个左右的机场年起降航班超过 50 万, 相当于现在底特律机场的规模。但是美国现有基础设施存在很大的局限和不足, 20 世纪 50 年代开始形成的空管设施布局投资巨大, 性能不足, 运行维护成本高, 以地面为中心的系统, 自动化程度低, 依赖话音通信、地基导航和传统雷达监视方式。

美国未来航空发展呈现三个突出特点: 小型飞机的增长速度远远超过大型飞机, 即空中交通流量的增长速度超过旅客数量的增长速度; 航空活动的类型更加趋于多样化, 除商务运输、军用运输、公务机、私人飞机外, 还将增加无人驾驶航空器等新的机型; 新的航空器性能更加先进, 但传统的航空器还在服役, 航空器之间的性能差异较大, 给运行方式、效率和安全带来挑战。

因此, 美国联邦航空局 (FAA) 得出结论: 未来美国航空运输的状况更为复杂, 提高容量的目标变得更加迫切和艰巨, 即使投入目前两倍的资源, 美国现有的处理空中交通流的方法也将不能适应更大飞行流量和飞行密度的需求, 按照现行的空中交通管理方式, 2020 年美国由于航班延误造成的损失将达到每年 400 亿美元, 美国必须发展新一代

航空运输系统,其核心是保障安全、增加容量、增强灵活性、提高运行效率、更加环保和降低成本。

### 2.1.2 NextGen 的概念

美国前总统布什于 2003 年签署了《世纪航空再授权法案》,提出“新一代航空运输系统”发展战略:建立一个更加现代化的新型的航空运输系统,以满足未来航空运输对安全、容量、灵活、效率以及安保的需要,法案授权运输部、国土安全部、商业部、国防部、白宫科学与技术政策办公室、航空航天局、联邦航空局等七大政府机构组成联合计划发展办公室(Joint Planning & Development Office, JPDO),联合企业、私营业主、学术团体等,开展新一代航空运输系统的研究、开发与建设,JPDO 设在 FAA 内,受美国联邦航空局(FAA)和国家航空航天局(NASA)共同领导和管理。2004 年,JPDO 向美国国会提交了《新一代航空运输系统计划》(Next Generation Air Transportation System, NGATS)。2006 年正式更名为 NextGen。NextGen 不是一个全新的独立系统,而是在现有基础上采用新标准、新技术、新装备、新程序,集成相关航空业务子系统,采用新的运行方式、业务方式、管理模式过渡发展成为下一代航空运输体系统。其目标是改进航空运行的安全、容量、效率、可预测性、降低成本、更加环保等。

### 2.1.3 NextGen 的内容

美国新一代航空运输系统(NextGen)分别由联邦航空局牵头研发改进机场基础设施、综合安全管理系统、制定环境保护措施、协调全球航空标准、设备及运行,由国土安全部建立多层次、自适应安保系统,由美国国家航空航天局 NASA 和美国联邦航空局 FAA 研究开发空中交通管理系统,由国防部研究开发网络信息平台 and 情景意识系统,由美国商业部研究开发提高气象能力以及降低天气影响,分别设立 8 个实施小组,由联合计划发展办公室负责总协调。新一代航空运输系统提出了 8 个战略、6 个目标、8 个方面的能力和运行概念。

#### 2.1.3.1 新一代航空运输系统(NextGen)的 8 个战略

(1) 建立灵敏、快速反应的空中交通系统,从容应对目前及未来航空器运行、容量、新商业模式的运行需求。

(2) 提高机场能力:制订应对未来需求的机场运行和管理新概念,改进机场设施以满足发展需求。

(3) 安全管理:建立综合、主动性的安全管理系统,将安全管理延伸至设计阶段。

(4) 航空气象:全面提高天气观测和预报水平,将气象参与航空运行全过程决策,减少天气对飞行的影响。

(5) 安保系统:建立高效、透明、多层次保安系统,不限制公众流动性和公民自由,

不产生延误，不增加额外成本。

(6) 网络信息平台：航空器承运人、旅客等所有用户都可以获取所需信息，掌握环境动态，得到个性化情景意识服务。

(7) 环境保护：制订新政策和新程序，采用新技术开发新燃油、发动机和航空器，减少航空污染，保护环境。

(8) 政策标准：制订全球统一的标准、程序和航空政策，推进全球在技术、装备、运行等方面的兼容性和一致性。

### 2.1.3.2 美国新一代航空运输系统 (NextGen) 的 6 个目标

(1) 保持美国在全球航空业的领导地位：保持美国在航空运输市场的世界领先地位；降低航空运输成本；按照客户需求调整航空服务；推进以全球统一标准的美国产品和服务继续对外开放。

(2) 提高机场和空域容量：要求提高到三倍容量，满足未来航空增长；满足运行的多样化和灵活性；增加可预测性，减少转机时间，转机时间减少 30% 以上；减少天气和其他因素对运行的干扰，要求航班的准点率达到 95%。

(3) 确保航空安全：保持航空业作为最安全运输方式的记录；改善美国航空运输系统的安全水平；提高世界范围内航空运输安全水平。

(4) 保护环境：采用新技术来降低噪声、发动机废气排放和燃油消耗；维护发展航空业和保护环境的平衡。

(5) 保证国家空防安全：在正常防御的同时，对民用飞行的影响最小；协调国家对外部威胁的反应。

(6) 增强安全保卫：有效应对新的各种各样的恐怖主义威胁；提供高效率的保安措施和手段；平衡保安成本和旅客隐私；确保旅客和托运人对航空系统安全的信心。

### 2.1.3.3 美国新一代航空运输系统 (NextGen) 的 8 个方面的能力

(1) 基于性能的运行能力是 NextGen 最核心、最根本的改变，不再强调以机载设备和地面设备为核心，而是以综合航行性能为核心，基于性能的导航 (Performance Based Navigation, PBN)，根据机载性能享受不同的空域服务 (航迹选择、间隔等)。

(2) 以网络为中心的信息访问能力，将现有航空各类信息进行整合，航空业参与各方既提供信息，也共享信息，发挥信息在决策支持中的作用，网络平台透明、开放、共享。

(3) 气象信息支持决策能力，目前 60% 因天气原因造成的航班延误可以避免，从而减少损失 40 亿美元，把地面和空间气象观测系统整合成一个虚拟的国家航空气象信息中心，基于网络和数据链发布更准确、及时的气象预报，飞行员可以根据机载能力灵活选择航线。

(4) 多层自适应保安能力，新的扫描技术和设备，便携式设备，与国家保安、反恐、其他领域保安信息联网，基于网络信息把保安关口前移，减少对旅客的人身干预。

(5) 广域精密导航能力，采用 GPS、GALELIO 和 GLONASS，通过地面、空间和机载增强系统提高导航精度，可保障航路、终端区、进近飞行和着陆。

(6) 基于轨迹的航空器运行能力动态的空域管理、分配和使用，灵活选择航迹，增加自主间隔调配，采用 4D 航迹运行。

(7) 相当于可视飞行的能力，把相邻航空器位置、航迹、机场电子地图、气象信息等传输到驾驶舱，飞行员和管制员看到的是同一种真实的情景，航空器自动保持间隔，采用驾驶舱显示技术。

(8) 高密度机场运行能力，优化机场跑道、滑行道路布局，减少跑道占用时间和滑行时间，导航和监视能力支持 RNAV/RNP 运行，提高起降能力，采用新技术提高机场运行安全和效率，如防止跑道入侵、地面交通管理等。

#### 2.1.4 NextGen 的核心技术

NextGen 作为美国推出的一套新的空管系统，它的实现是需要一系列的技术革新以及工艺革新来协调完成的。如图 2.1 所示，该空管系统的实施需要以下 6 种主要的核心技术，来配套实施。它们分别为 ADS-B、NNEW、SWIM、NVS、CATMT 和 Data Comm。

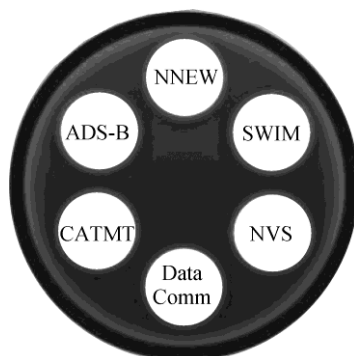


图 2.1 NextGen 的新技术

##### 1. 广播式自动相关监视 ( Automatic Dependent Surveillance-Broadcast , ADS-B )

ADS-B 是 FAA 用来替代雷达监视的技术，一般情况下，只需机载电子设备，不需要任何地面辅助设备即可完成相关功能，装备了 ADS-B 的飞机可通过数据链广播其自身的精确位置和其他数据。ADS-B 接收机与空管系统、其他飞机的机载 ADS-B 结合起来，在空中地都能提供精确、实时的监视信息。

##### 2. NextGen 的网络天气服务 ( NextGen Network Enabled Weather , NNEW )

NNEW 是一个通过多部门的努力，为国家空域系统的用户提供快捷、准确、符合成本效益和实时的气象信息。NextGen 会通过常见的气象数据的共享，加强安全和支持协



作决策。

NNEW 是提供 FAA 的已知的四维天气多维数据集（4-D WX 数据立方体）间的基础设施的一部分。4-D WX 数据立方体将提供常见的、普及的航空气象数据，如图 2.2 所示。所有类别的气象用户将及时获得有所改善的、准确的天气信息支持决策，同时增强飞行安全。

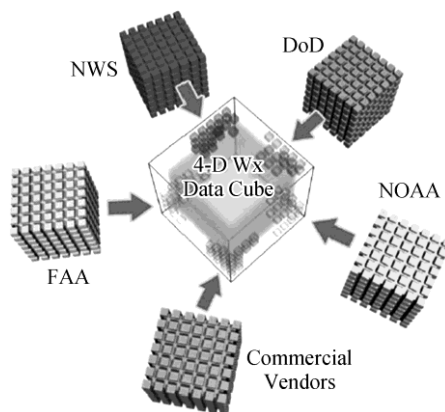


图 2.2 多维天气数据来源

4-D WX 数据立方体组成包括：

- (1) 在各种数据库内公布美国联邦航空局（FAA）的天气数据，国家海洋和大气管理局（NOAA），国防部（DoD），以及商业（CV）的气象资料供应商可能参与。
- (2) 注册/公布的数据来查找和检索所需的资料库。
- (3) 转化之间将采用不同的标准的能力，并提供用户所需的单位和坐标系统中的数据。
- (4) 以支持检索请求数据量的能力（如沿飞行轨迹）。

### 3. 全系统信息管理（System Wide Information Management, SWIM）

SWIM 是一个技术推动者，提供 IT 基础架构的国家空域系统（NAS）系统所必需的信息共享，提高互操作性，并鼓励信息和服务的可重用性。

SWIM 提供了面向服务的架构（SOA）的原则为基础的系统之间的信息交流的基础。SOA 是一种架构方法，对组织和利用服务，以支持互操作性。SOA 的帮助，组织他们的软件应用与业务需求保持一致，并提供灵活性和敏捷性，以应对变化中的一个更好，更快，更便宜的方式。SOA 的利用可重复使用的技术和信息，以简化操作和提高业务灵活性。SOA 的关键环节包括信息技术能力，业务能力的发展分离。

目前，正在实施 SOA 治理，以确保数据的行为，使服务提供商和消费者之间的信息共享。最终目标是提供服务的重用和跨越传统组织界限的消除重复的功能的好处，使企业具有更大的灵活性，以适应不断变化的业务需求。因此，确保互操作性和重用是这种

努力的主要目标。

#### 4. 国家空域系统语音系统（National Airspace System Voice Switch, NVS）

国家空域系统语音系统（NVS）是国家的最先进的数字技术将取代美国联邦航空局的老化的模拟语音通信系统。NVS 规范联邦航空局设施之间的语音通信基础设施，空中交通管制系统，并提供更大的灵活性。

#### 5. 数据通信（Data Communication）

数据通信将通过数据通信设备承担机组人员通信，从而提高效率和能力，增强国家空域（NAS）的安全。

#### 6. 协同空中交通管理技术（Collaborative Air Traffic Management Technologies, CATMT）

CATMT 是一个 NextGen 的变革计划，提供了增强现有的交通流管理系统（TFMS）。

### 2.1.5 NextGen 的重点项目

NextGen 的重点发展项目包括基于轨迹的运行（TBO）、数据通信、基于性能的导航（PBN）、广播式自动相关监视（ADS-B）、决策支持系统（DSS）、全系统信息管理（SWIM）、天气、安全、环境与能源等。

#### 1. 基于轨迹的运行（TBO）

基于轨迹的运营（TBO）是一种空中交通管理（ATM）概念，可增强飞机流量的战略规划，以减少国家空域系统（NAS）中的需求能力不平衡，并为空中交通管理人员和管制员提供工具，以帮助加快飞机在始发地和目的地机场之间的移动。

TBO 的飞机轨迹由四个维度定义：纬度、经度、高度和时间，代表了飞机在其航线上的关键点的预期位置和时间共同参考。轨迹在出发前定义，根据新出现的情况和运营商的输入进行更新，并在利益相关者和系统之间共享。基于轨迹的运营是 NextGen 的长期目标，是一种空中交通管理方法，用于在整个运营过程中战略性地规划、管理和优化航班。它依赖空中和地面系统之间的信息交换，飞机飞行精确路径的能力以及基于时间的管理。基于轨迹的运营（TBO）提高了航班位置和时间可预测性和管理，其优势体现在提高吞吐量、提高可预测性、提高飞行效率和提高操作的灵活性等。

#### 2. 决策支持系统（DSS）

空中交通管制员使用三个决策支持系统来优化整个国家空域系统的交通流量。

交通流量管理系统是空中交通管制系统指挥中心和全国交通管理单位用于调节空中交通流量，管理吞吐量和规划未来空中交通需求的主要自动化系统。

基于时间的流量管理是一个系统，允许交通管理单位通过使用时间而不是距离来安排和优化主要机场的到达负载。

终端飞行数据管理器通过使用系统范围的信息管理集成飞行、地面监视和交通管理信息来支持机场决策。

### 2.1.6 NextGen 的特点

#### 1. 以用户为中心

用户可以直接进入按它们的需要所设计的数据系统，进行准确和快速决策。通过无缝隙地向用户发送数据，以及适当的政策和市场机制，降低政府对实时运行的直接控制程度。签派员、飞行计划人员、管制员和流量管理人员将集中于“end-end”的战略流量管理上，尽量减少对单次飞行的干预。

#### 2. 全系统的转变

转变系统不光是指技术上的转变，也包括对那些过时和不能满足用户需要的组织机构、程序、战略和业务方式上的转变。在陈旧的条例、政策和业务模式上嫁接新技术是很难成活的。

机构的领导者必须要使自己的专业人员接受新政策、标准、程序和技术。鼓励公众接受新的和即将引进的重要技术是政府和行业的责任。地方政府、私营机构和企业、学术团体都要加入这个转变中。由于航空运输是全球性的，因此也要鼓励国际航空团体的加入。

#### 3. 前摄性的安全风险管理

安全是确保系统持续发展和满足运输增长需求的关键。NextGen 将通过前摄性地发现和预测风险，在风险发生之前进行预防。其关键是信息共享。NextGen 将建立新的文化，鼓励共享安全信息。所设立的安全目标和检测方法将促进所有改进安全的举措和行动，以及研发的进行。NextGen 的各个方面都将体现安全设计和决策保证。

#### 4. 全球融合一致

建立现代化系统能够促进整个行业的发展，但新系统的建立并不是要在旧系统和技术上拼凑的，那样会增加额外的成本。要通过理解备忘录和联合工作组等形式与世界各地区以及国际民航组织进行合作。建立全球合作和协作的框架。寻求机会建立统一的空中交通管理系统，制订一致的实施新技术的时间表。基于性能的服务和基于风险的安全管理方法是保证建立协调一致系统的关键，这个系统将允许对飞机的性能和地区服务上有差别。全球协调一致并不只局限于空中交通管理，它也适用于环境、安全和保安等各个方面。

#### 5. 环境友好

飞机和机场是目前主要的环境影响因素。自 1995 年丹佛机场以后，美国没有再新建过一家大型机场，即使只增加跑道也会招致地方的反对。为了保证将来的发展，必须要解决环境问题，因此在 NextGen 中，不能把环境问题与其他目标隔离开，要综合考虑。

NextGen 要能够从伙伴机构拥有的新技术开发和良好的政府-私营部门关系中受益。例如，NASA 已经设计研发了低阻力、低排放、低噪声、省油的飞机和发动机；JPDO 已经在进行国家空域系统实施 CDA（连续下降进近）程序的工作。

## 2.2 欧洲单一天空空中交通管理研究实施计划

### 2.2.1 欧洲单一天空计划的背景

欧洲航空业在整个欧洲经济中占有重要地位。航空业每年产值 2 200 亿欧元，占欧洲 GDP 的 5%，从业人员 300 万人以上。欧洲市场一体化后新增了 70 多个航空公司，航空安全出现新挑战，到 2020 年飞行量增加一倍，对空域容量和运行效率提出了更高的要求。欧洲空中交通管理方式与 20 年前相比没有大的改进，成为制约航空运输发展的瓶颈。管制员劳动负荷太大，欧洲各国空管系统分散建设、独立运行、标准各异，阻碍了航空业的可持续发展，欧洲的空域分割现象严重，运行效率不高，航班延误每年造成的损失达到近 20 亿欧元。2002 年 3 月，欧洲议会在法国斯特拉斯堡举行会议，批准了欧盟委员会提出的关于在欧洲范围内实行统一空中交通管制的“单一欧洲天空”计划（Single European Sky, SES），2004 年 11 月 19 日，欧盟委员会和欧洲航行组织联手启动了名为欧洲单一天空空中交通管理研究（Single European Sky ATM Research, SESAR）。SESAR 的目的是对欧洲空中交通管制结构进行重组，根据空中交通流向和流量而不是根据国界来重新规划欧洲空域，在欧洲范围内建立一个统一的空管服务系统取代目前各自为政的空管系统及运行程序，以满足未来欧洲的安全、容量和效率需要。整合现有欧洲空域资源，构建单一欧洲天空。为推动单一欧洲天空计划，欧盟出台了 4 部法律：总体框架规章、服务规定规章、空域规章、兼容性规章，把政府立法职能与空管服务职能进行分离，按功能规划并划设跨越国界的空域，并由有关的组织机构实施管理，采取统一的收费和服务标准，保证欧洲空管系统内部以及与全球系统的兼容，组建相关机构和实体来实施单一欧洲天空计划。

### 2.2.2 欧洲空中交通管理（ATM）总体规划

欧洲空中交通管理（ATM）总体规划（以下简称“总体规划”）是在欧盟航空战略和欧洲天空一体化框架内制订的，意在实现整个欧洲 ATM 现代化的主要规划工具。它定义了实现欧洲天空一体化空中交通管理研究（SESAR）愿景所需的开发和部署优先事项。总体规划致力于在所有 ATM 利益相关者之间实现强有力的合作，通过定期更新应对不断变化的航空形势。

在 SESAR 推进的过程中，欧洲经济低迷影响到航空发展，但自 2014 年以来，欧洲

的空中交通在经过 10 年前的经济危机后实现稳步恢复增长, 预计这种增长将持续很长一段时间。2018 年, 欧洲民航会议成员国的空域飞行量创历史新高, 达 1 100 万架次; 根据可靠的交通预测场景预测, 到 2035 年, 每年飞行量将超过 1 500 万架次。2018 年, SES 空域中的航路空中交通流量管理平均延误接近每航班 2 min, 但欧盟当年的绩效目标是 0.5 min, 这种预期的持续增长和所有迹象都表明, 如果不采取严厉措施, 延误的情况将进一步急剧恶化。

随着空中交通的增长, 人们也日益关注其带来的环境和健康影响。欧洲和世界各国的这一关注点正促使航空业加紧努力, 解决航空旅行的环境可持续性问题, 以达到 2050 年欧盟的碳中和目标。为了支持这一目标, SESAR 项目已经将解决方案放在优先位置, 将逐步解决由于航空基础设施造成的环境低效等问题。

蓬勃发展的无人机行业带动了新兴市场, 也创造了巨大的商机, 特别是在城市机动性和服务提供方面。但鉴于此类飞行器的种类繁多, 且预期数量巨大, 将对 ATM 一方构成重大而复杂的挑战。高度自动化的交通工具(单驾驶员操作、城市空中机动飞机, 无人货运机等)将需要新形式的交通管理模式和空地系统整合。

所以, 如果不加快数字化的步伐, 当前的欧洲 ATM 系统和网络将无法适应预期的流量增长和新出现的挑战。欧洲空中交通管理总体规划完全符合欧盟航空战略的愿景。该战略认为, 欧洲天空一体化(SES)和欧洲天空一体化空中交通管理研究(SESAR)是可持续发展和航空运输创新的关键驱动力。

### 2.2.3 SESAR 愿景

SESAR 的愿景是迈向欧洲天空数字化。为了在减轻环境影响的同时, 安全管理未来的交通增长, SESAR 希望能提供一种完全可扩展的交通管理系统, 来应对不断增长的载人和无人空中交通。该愿景基于轨迹操作的概念, 让空域用户能够按自己的轨迹偏好, 将旅客和货物按时送达目的地, 同时尽可能节省成本。这将通过底层基础设施系统的数字化改造来实现, 其特点是显著提高的自动化和连接水平。系统基础架构将变得更加模块化和敏捷, 从而允许空中交通和数据服务提供商在需要的情况下, 不受国界限制, 通过更广泛的服务范围内接入他们的业务。那时机场将完全整合到 ATM 网络中, 进而促进并优化空域用户的运作。该愿景将普及整个欧洲航空网络, 而不是像当前仅在一部分空域中实现。

### 2.2.4 SESAR 的运行概念

SESAR 主要运行概念包括:

(1) 基于轨迹的运行: 新的空域设计和组织管理方式, 重点从空域管理转向轨迹管

理,使航班运行按照承运人的意图进行。

(2) 需求和容量平衡:共享飞行流量、气象等信息,由空域用户决定运行时间、地点、方式以减少冲突和延误。

(3) 协同运行:流量管理和排序,调配间隔,提高燃油效率,减少延误。

(4) 冲突管理:战略冲突管理;间隔提供与自主间隔,机载防撞和短期冲突告警系统。

(5) 信息集成与交换。

(6) 机场运行:机场运行转向轨迹管理,降低噪声。

## 2.3 我国新一代民用航空运输系统研究情况

### 2.3.1 我国新一代民用航空运输系统

随着 ICAO 新航行系统的发展,同时世界各国提出了发展新一代航空运输系统,主要有美国的新一代航空运输系统和欧洲单一天空中交通管理研究实施计划。在 2006 年,我国民航总局提出建设新一代民航运输系统,2006 年 3 月成立民航新一代航空运输系统领导小组。其发展目标是:带有前瞻性地综合改进和发展机场设施;建立新型的高效、透明、多层次、非干扰式的机场安全检查系统;充分应用新科技,改变空中管理的理念,建立一个适应能力强的空中交通管理系统;建立行业综合性公共信息网络平台;建立法制、科学、综合、积极主动式的安全管理系统;全面、系统地提高天气观测和预报水平,大大减少天气对飞行的影响;建立适应国际新技术、新标准、新程序的适航审定系统;全面建设有中国传统文化特色的企业文化和行业文化。

### 2.3.2 中国民航航空系统组块升级(ASBU)发展与实施策略

ICAO 在第 12 次航行会议更新《全球空中航行计划》,提出 ASBU,我国民航在 2015 年下发《中国民航航空系统组块升级(ASBU)发展与实施策略》。《中国民航航空系统组块升级(ASBU)发展与实施策略》依据中国民航总体发展战略与规划,结合国际民航组织 ASBU 的要求编制,是指导中国民航研究制定航行系统发展规划的方法论文件,该文件旨在依据国际民航全球空中航行计划,在航空系统组块升级方案的统一框架下,制定国内航空系统组块升级的发展和实施策略。

制定文件的指导思想:中国民航制定与实施新一代航行系统发展与建设规划,以实现民航强国战略为牵引,以航空发展需求为驱动,以提高民航安全水平为核心,以提升航空运行效能为重点,以增强航空安全效应、运行效率效应、运营水平和服务质量效应为评价准则,凝聚共识,协同联动,充分准备,快速、积极、扎实、稳妥地推进航行技术变革,为实现民航强国战略提供强大技术支撑。

制定文件的基本原则：制定航空系统组块升级发展和实施的总体原则，首先应与 ICAO 新版《全球空中航行计划》文件中的高层原则、亚太地区无缝空中交通管理规划与实施的原则保持一致；其次，总体原则的制定应考虑中国民航的生产运行现状和实际业务需求。

## 2.4 我国的智慧民航建设路线图

### 2.4.1 智慧民航建设线路图编制背景

以新一代信息技术融合应用为主要特征的智慧民航建设正全方位重塑民航业的形态、模式和格局，已成为全球航空业新一轮发展的主导趋势。从国际发展情况看，为积极应对未来超大规模航空市场发展需求和环境约束挑战，多个国际组织和国家制定了多项航空运输系统规划，旨在构建更为安全、更有效率、更加灵活、更可持续的新一代航空运输系统。从国内情况看，党的十九大作出了建设交通强国、数字中国的战略部署，国民经济和社会发展规划专篇布局数字中国建设，明确提出了建设智慧民航任务。为更好指导我国智慧民航建设，依据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》《新时代民航强国建设行动纲要》《“十四五”民用航空发展规划》《推动新型基础设施建设促进民航高质量发展实施意见》《推动新型基础设施建设五年行动方案》《中国新一代智慧民航自主创新联合行动计划纲要》等文件，我国民航制定了《智慧民航建设线路图》。

### 2.4.2 智慧民航建设线路图发展目标

建成透彻感知、泛在互联、智能协同、开放共享的智慧民航体系。民航发展方式实现深刻变革，安全基础更加稳固，运行保障更加高效，运输服务更加便捷，治理体系更加完善。智慧民航成为智慧交通建设的先行示范、数字中国建设的先导产业，为全球民航创新发展贡献中国方案，有力支撑新时代民航强国建设。

#### 1. 2025 年目标

到 2025 年，数字化转型取得阶段性成果，初步实现出行一张脸、监管一平台。具体体现在：

(1) 数字化转型有力推进。基本实现民航运行、服务、监管关键流程数字化，初步建成民航大数据管理体系，基本实现民航内外部数据顺畅流转和应用融合创新。

(2) 智能装备规模应用。自助设备、生物识别、无人驾驶航空器/设备、北斗导航、新一代航空宽带通信、航空物流自动化设备、航行新技术等先进智能技术装备在枢纽机场和航空公司等实现规模化应用。

(3) 出行体验显著改善。出行体验便捷舒心，行李服务全程无忧，空中互联全面推广，便捷中转全面实现，过检效率较 2020 年提高 30%，航班正常率保持 80% 以上；航空物流

数字化、差异化便捷服务推广应用,保障产业链供应链安全稳定畅通的能力明显提高。

(4) 运行效率大幅提升。开展基于四维航迹的航班运行示范应用,在全国机场实施航空器尾流重新分类管制运行,枢纽机场“机-车-场道-设施”协同基本实现,具备保障年起降1700万架次的能力,可持续发展能力明显提升,单位周转量航空碳排放下降5%。

(5) 治理能力更加高效。政务服务协同完善,深入推进一网通办,基本建成一站式航空运输市场监测体系,民航智慧监管服务能力明显提升,监管创新成效逐步显现,运输飞行百万小时重大及以上事故率低于0.11。

## 2. 2030年目标

到2030年,智能化应用取得关键性突破,基本实现出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台,实现更高水平的数字化、网络化、智能化。新型基础设施与航空运输系统全面融合,重点领域实现由人工决策向数据决策转变,民航创新能力、安全水平、运行效率、服务质量和治理效能大幅提升,具备保障年起降2300万架次的能力,航班正常率保持80%以上,单位周转量航空碳排放明显下降。

## 3. 2035年目标

到2035年,智慧化融合实现全要素、全流程、全场景覆盖,全面实现出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台,具备保障年起降3000万架次的能力,航班正常率达到85%以上。民航数字感知、数据决策、精益管理、精心服务能力大幅提升,智慧出行、智慧空管、智慧机场、智慧监管发展水平位居世界前列,全面形成智慧民航生态圈,全面支持民航可持续发展,为实现保障有力、人民满意、竞争力强的民航强国提供坚实支撑。

### 2.4.3 我国智慧民航总体方案

智慧民航是以智慧建设为主线,筑牢安全发展底线,拓展绿色发展上线,构建产业联盟阵线,以智慧出行、智慧空管、智慧机场、智慧监管为抓手,强化改革创新、科技创新、基础保障三大支撑,着力推进智慧航空运输和产业协同发展,努力实现以智慧塑造民航业全新未来的发展愿景。

按照“体系发展引领、分域模块构建”的思路,智慧民航总体设计分解为五大主要任务、四个核心抓手、三类产业协同、十项支撑要素、四十八个场景视点,实现完备的智慧民航运输系统、完备的产业协同发展体系、完备的改革创新推进机制、完备的科技成果转化链条和完备的运行基础设施环境。

#### 2.4.3.1 智慧出行

智慧出行是以缩短旅客综合出行时间、促进物流提质增效降本为目标,围绕旅客行前、行中、机上全流程和航空物流运输全过程,构建便捷舒心旅客服务生态和高效航空物流服务体系。主要体现在全流程便捷出行、全方位“航空+”服务和综合性航空物流服务三个方面。



(1) 全流程便捷出行：聚焦无感安检、快速通关、便捷签转、行李服务、机上服务等领域，优化流程、精简环节，实现旅客便捷、无忧、舒心出行。

(2) 全方位“航空+”服务：整合行业内外资源，提供丰富多元的航空出行服务产品，支持产品动态组合和无忧变更，实现全渠道无缝连接和服务一致化落地，满足旅客便捷化、多层次、个性化出行需要。

(3) 综合性航空物流服务：整合承运人、机场、货运代理人、物流企业等多方资源，提升航空物流数字化、智能化水平，推广无人驾驶航空器物流配送，推进机型大型化和服务商业化，提供便捷化、多层次、个性化的航空物流运输服务。

#### 2.4.3.2 智慧空管

智慧空管是围绕四强空管建设，构建安全稳、效率高、智慧强、协同好的新一代空中交通管理系统，实现广域覆盖感知、深度网络互联、数据融合赋能、智能协同响应和智慧高效运行，提升空中交通全局化、精细化、智慧化运行能力和服务水平。其主要包括全国民航协同保障运行、基于四维航迹的精细运行和基于算力的融合运行。

##### 1. 全国民航协同保障运行

全国民航协同保障运行是通过精准研判民航运输需求，科学规划行业整体运行保障能力，合理部署行业关键保障资源，建设面向全行业的民航协同运行平台，加强运行全流程态势监控、多主体协同联动和一体化指挥调度，推进实现航空器全流程精细化管理。

##### 2. 基于四维航迹的精细运行

基于四维航迹的精细运行是以四维航迹管理为基础，构建以航迹管理为核心的先进空管运行模式，提升战略、预战术、战术层面流量管理能力，推进航班全生命周期的精细化管控，提高安全水平，实现扩容增效。包括全域四维航迹运行、空地协同自主运行、终端区智能化运行。

(1) 全域四维航迹运行是通过丰富气象信息供给，加快航行情报、航班动态、气象信息等数字化进程，增强地空互操作能力，实现态势同步及数字化管制服务。加强飞行计划集中管理，提高飞行计划、四维航迹、流量控制等运行信息共享与协同。加强空域组织与管理，优化航路航线网络，推进四维航迹全周期精细化管理、航空气象精确感知及精准预报、数字化气象服务管理、机场数字地图等关键技术应用，逐步实现全国基于四维航迹运行。

(2) 空地协同自主运行是推进 ADS-B IN 技术应用实施，增强驾驶舱态势显示能力，优化进近着陆间隔标准，提升目视间隔运行效能。推进尾流间隔动态管理技术应用，缩减尾流间隔，提高跑道利用效率。推进空地协同、人机协同等智能管控技术的应用，支持航空器自动识别气象限制因素，实现航空器自主间隔运行，形成空中交通安全自主飞行新模式。

(3) 终端区智能化运行是通过推进空域精细化管理，实现终端区空域资源动态规划

设计与灵活运用，降低繁忙区域飞行冲突、空域拥堵和航班延误；提升枢纽机场塔台智能化程度及中小机场远程管控能力，统一规划航路、终端区及机场场面航班流，支持连续下降/连续爬升运行、基于点融合的进近运行及 RNP AR 平行跑道同时进近等，实现进离场与场面协同管理。

### 3. 基于算力的融合运行

基于算力的融合运行是推动前沿信息科学技术与空中交通管理有机融合，通过搭建基于算力的空中交通运行仿真环境，逐步实现基于算力的全国航班融合运行和有人/无人融合运行。包括航班运行数字孪生和有人/无人融合运行。

(1) 航班运行数字孪生是通过搭建未来空中交通运行推演的数字孪生环境，实现运行态势感知、航班一体化调度和运行管理的融合能力评估，提供优化方案建议和辅助决策支持，实现跨层级、跨部门、跨系统运行管理的全过程深度融合，支持新一代空中交通管理系统的原型开发和技术验证。包括基于算力的空中交通数字模拟和航班融合运行过程精准管控。

(2) 有人/无人融合运行是通过开展有人/无人航空器融合飞行关键技术及运行规则研究，按照先通用后运输、先隔离后融合逐步实现无人驾驶航空融入国家空域体系，基于算力提升有人无人航空器融合飞行的态势实时感知、安全预警告警和高效运行管控能力。包括有人/无人飞行全景态势感知和有人/无人融合运行保障。

### 2.4.3.3 智慧机场

智慧机场是围绕四型机场建设，加强机场航班、旅客和货邮的服务能力，推进机场运行协同化、服务人文化、作业智能化、建养数字化发展，提升机场保障能力、服务水平 and 运行效率。主要体现在机场全域协同运行、作业与服务智能化、智慧建造与运维三个方面。

#### 1. 机场全域协同运行

机场全域协同运行是围绕机场飞行区和航站区运行，加强机场综合资源的一体化配置与管理，提升航空器运控、旅客联程和货物联运等智能化服务水平，实现机场多主体协同运行效能最大化。

#### 2. 作业与服务智能化

作业与服务智能化是积极应用人工智能、大数据、物联网、智能机器人等技术，推进飞行区保障无人化作业，提升航站楼服务智能化水平，实现航空物流关键设备的自动化。

#### 3. 智慧建造与运维

智慧建造与运维是综合运用 GIS、BIM、仿真模拟等手段，提升机场选址、规划设计、

施工建设、运营维护的智能化、绿色化水平。形成基于数字孪生的规划建设运营一体化模式，推进机场设施状态透彻感知、安全智能预警、养护智慧决策。全面推行现代工程管理，打造民用机场品质工程。研究机场低碳节能高效运行模式，推动航站楼能耗智能管控，提升机场运行电动化、能源清洁化水平。建立机场环境监测治理机制，实现机场与周边环境和谐友好。

#### 2.4.3.4 智慧监管

智慧监管以提升安全组织管理水平和行业治理效能为导向，推进数字政府建设，完善一体化政务服务，打造数据驱动的行业监管和融合创新的市场运行监测体系，提升行业监管水平一体化创新型数字政府、数据驱动的行业监管、融合创新的市场监测。

#### 思考题

1. NextGen 的发展战略和目标有哪些？
2. NextGen 8 个方面的能力包括哪些？
3. NextGen 的主要核心技术有哪些？
4. 什么是 SESAR？其主要运行概念包括哪些？
5. 谈谈我国发展新一代民用航空运输系统的情况。
6. 我国的智慧民航发展目标有哪些？
7. 请谈谈我国智慧民航建设方案。