



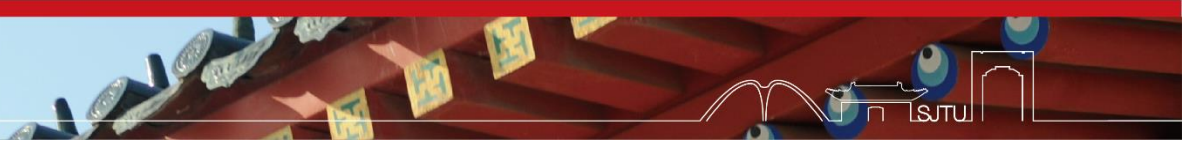
参与

Chap12 空中交通管理



上海交通大學

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



Civil Avionics Systems

Chap 12 Air Traffic Management (**ATM**)

Prof. Xiao Gang



Email: Xiaogang@sjtu.edu.cn

Office: Aerospace Room.A432

Tel/Fax:021-34206192

Advanced Avionics and Intelligent Information Laboratory

<http://www.avionics.icoc.in/>



1 ATM背景

2 ATM条件

3 ATM历程

4 ATM内容

5 下一代ATM



1 ATM背景





◆ 航空发展的需要

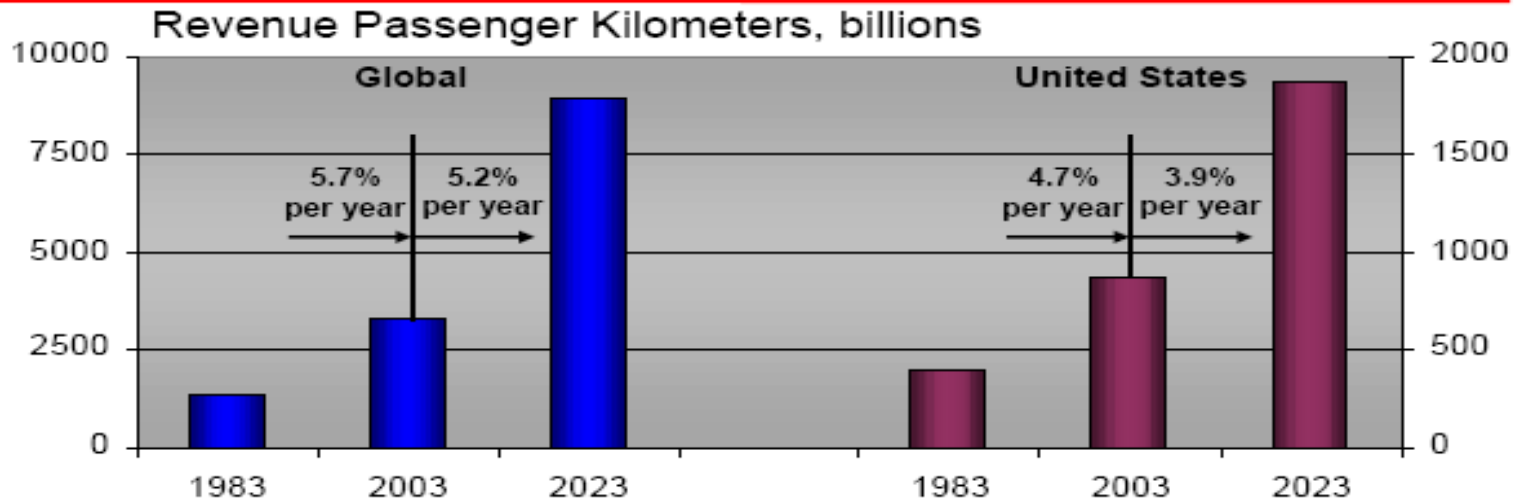
- 飞机数量增加，目前空域拥挤

◆ 现有CNS局限性

- 视距限制/传播特性的多变性—覆盖
- 话音通信限制/无数据交换—信息交换
- 全球统一性差
- 人工化的ATC



Passenger Traffic Forecast



Source: Boeing Current Market Outlook 2004/2005, FAA, ATA

Drivers

- Business more global... families more dispersed
- World becoming wealthier
- Ticket prices declining... high elasticity of demand
- Increasing point-to-point services

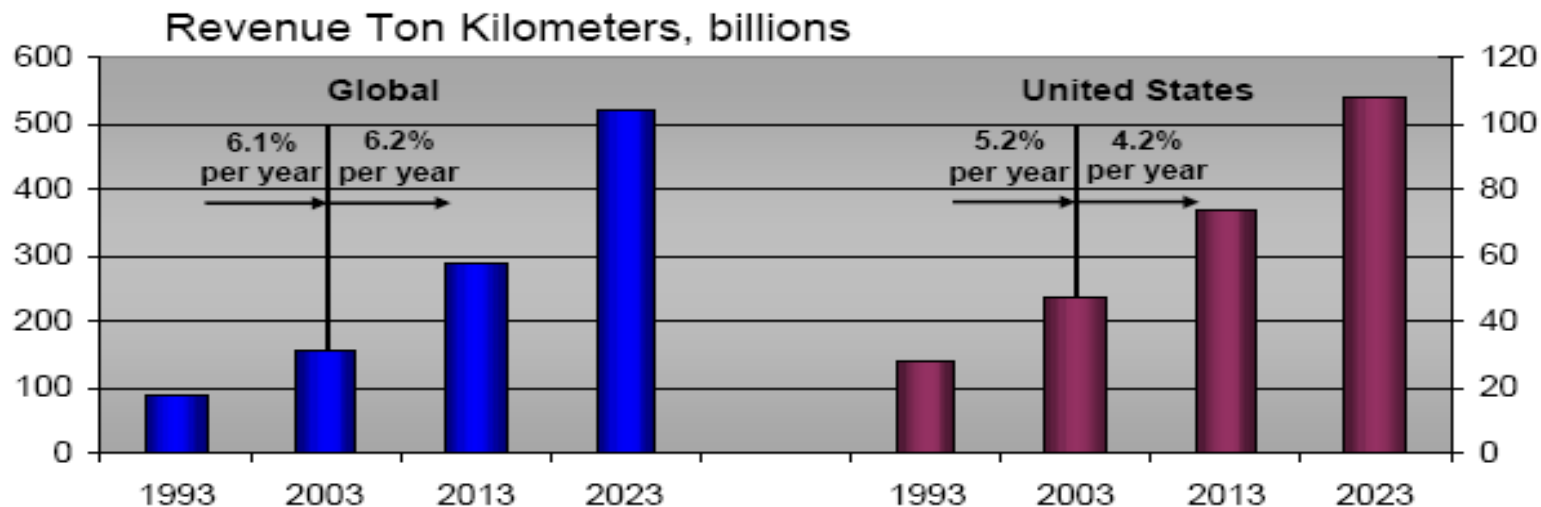
U.S. Passenger Traffic Will More than Double over Next 20 Years and Almost Triple Globally

Honeywell



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

Cargo Traffic Forecast



Source: Boeing World Air Cargo Forecast 2004/2005, FAA, ATA

International Cargo Shipped by Air

By Weight .47%
By Value 39%

\$2.3 Trillion in 2003

Source: Air Cargo World

Drivers

- Business more global
- Supply chains are shortening
- Road & rail infrastructure limitations

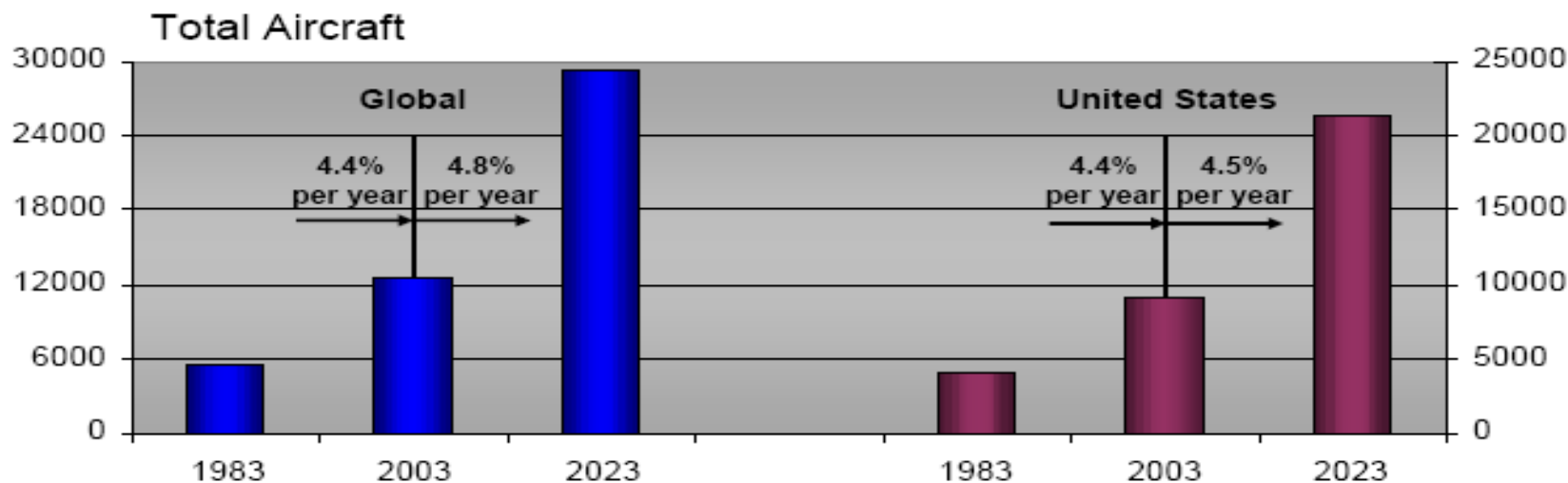
U.S. Cargo Traffic Will More than Double over Next 20 Years and More than Triple Globally

Honeywell



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

Business Aviation Forecast



Source: Honeywell Forecast, FAA

Drivers

- Business more global... have to be there
- More direct control of safety and security
- Microjets being introduced

The Business Aircraft Fleet Will More than Double Over the Next 20 Years

Honeywell



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



Global Traffic Growth

	Total Aircraft		RPK Growth/yr
	<u>2003</u>	<u>2023</u>	<u>2003-2023</u>
China	777	2801	8.1%
SW Asia (India)	233	746	8.3%
Latin America	1048	2903	6.5%
Africa	684	1007	5.3%

Source: Boeing Current Market Outlook 2004



Looking for State-of-the-Art ATM Solutions

Honeywell

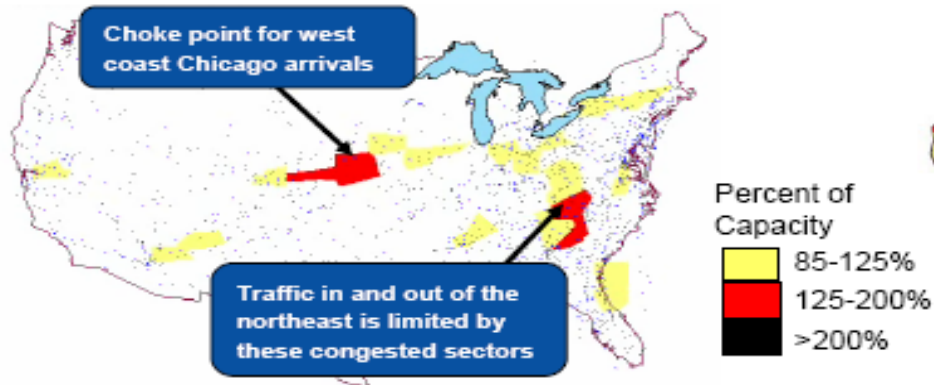


上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

Enroute Capacity

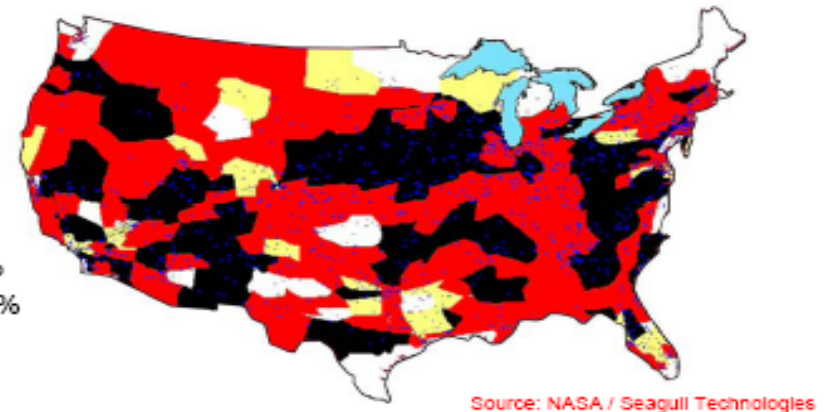
2004



- On a typical day in 2004, 1/3 of the traffic in the U.S. wants to pass through a congested (yellow or red) sector
- Current capacity limits result in non-optimal re-routing

ATC sectors along the key enroute traffic corridors are operating at or near capacity today

~2024



Simulated sector congestion at twice today's traffic level

With no changes, demand will be well beyond today's sector capacity nationwide

Today's Enroute Structure is Stretched to Capacity

Honeywell



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



2

ATM条件





◆ 卫星技术

- 卫星通信（航空移动卫星通信）
- 卫星导航

◆ 计算机技术

- 数字化通信—通信网
- 数字化终端—智能化



The Solution

Communication

•Voice and Data

Navigation

•High Accuracy, 4-Dimensions

Surveillance

•Traffic, Terrain, Weather

Technologies

Environment

Air

Traffic

Management



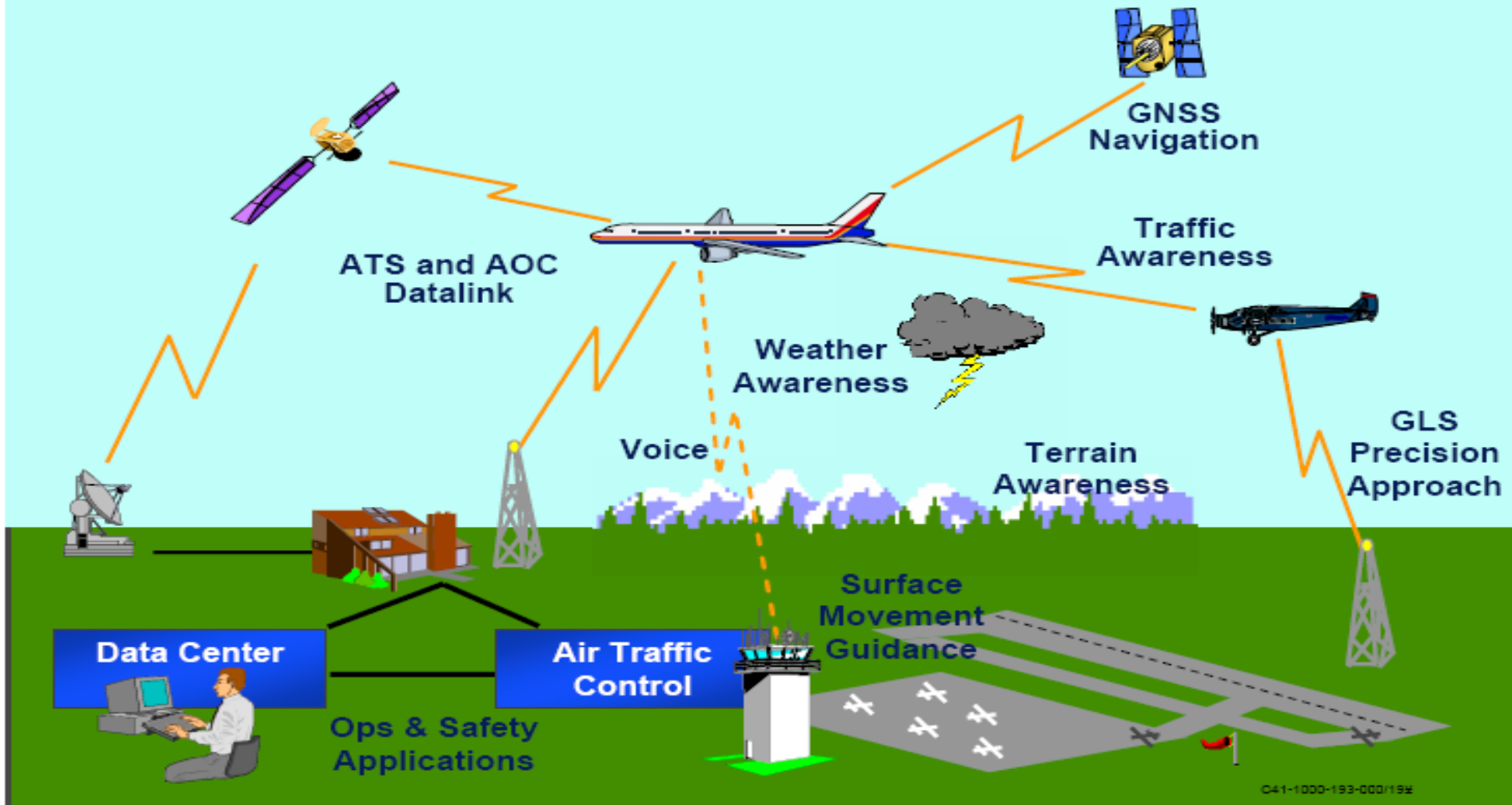
Honeywell



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

CNS/ATM Environment



3

ATM历程



3 ATM历程

	第一阶段	第二阶段	今后阶段
时 间 推动工作的组织	1983~1989 FANS-- I	1989~1993 FANS-- II	1994年以后 (暂由CNS/ATM高级 工作组协调和推动)
阶段	设计阶段 (从概念到方案)	定义规划阶段 (从方案到全球协调计划)	过渡实施阶段
任务	研究星基CNS系统, 进行技术经济上的评估论证, 提出新方案。	研究CNS/ATM系统, 进行法律、组织体制、运行问题上的论证和选择, 明确指导原则, 提出全球协调发展计划	向新CNS/ATM系统过渡, 逐步实施推广。
批准		1991年9月取得ANC-10会议采纳。 1992年10月由ICAO第29届大会批准	



4

ATM内容



4 ATM内容



内容

现行系统

ICAO系统

C通信

- 甚高频 (VHF) 话音
- HF 话音

- VHF 话音/数据、HF 语音/数据
- 航空移动卫星业务话音/数据
- 二次监视雷达S模式数据链
- 航空电信网 (ATN)

N导航

- MNPS
- 奥米加/罗兰—C
- 无方向性信标 (NDB)
- VOR/DME
- 气压高度表
- INS/IRS
- ILS

- RNAV/RNP
- GNSS
- 气压高度表
- GNSS 高度
- INS/IRS
- MLS、LAAS

S监视

- PSR/SSR—A/C模式
- 话音位置报告

- ADS ADS—B
- SSR A/C或S模式



◆ 目的和实质

- 目的：增加安全，减少延误，提高效率，扩大容量，增加系统灵活性，降低成本。
- 实质：卫星技术与最好的视线系统和数字化相结合。



5

下一代ATM





- 大趋势
- 必要性
- 概念
- NextGen 中期目标
- NextGen飞行周期示意





➤ 大趋势

◆ 欧洲：欧洲一体化空管计划 —— CASCADE

- Co-operative ATS through Surveillance and Communication Applications Deployed in ECAC

◆ 澳洲：高空空域计划 —— UAP

- Upper Airspace Program

◆ 中国：中国民航下一代空管系统 —— CNATS

◆ 美国：下一代民航运输系统 —— NextGen （NGATS）

- Next Generation Air Transportation System





➤ 必要性

- 经济全球化时代，航空持续增长
- 航班延误的成本巨大（美国每年损失大约94亿美元）
- 新型航空器层出不穷（轻型机、无人机、新商用机）
- 过去的60年构筑的基于雷达的ATC系统制约空域能力的发挥。
- 必须增强空中决策能力来改善飞行安全
- 环境：全球至少4%二氧化碳由航空排放，有必要通过精确飞行来缩短飞行时间，节省燃油，减少污染、降低噪音。





➤ 概念

◆ 核心

- 空域管理体制从陆基系统向星基系统演进

◆ 目的

- 改善航路和机场空域的传统网格结构
- 天空进一步开放
- 航空业持续发展的同时改善环境

◆ 实现方式

- 开发应用卫星资源。
- 鼓励航空领域网络技术、数据通信、天气预测等方面技术创新
- 最新工艺方法用于新机场设施、新飞行程序、决策主体向空中转移

◆ 预期效益

- 空域容量更大，安全间隔更小，航迹更优化，安全性更高。
- 减少延误，节省燃油，减少噪音和二氧化碳污染，提高经济效益。





➤ NextGen 中期目标

◆ RNAV/RNP(终端和航路运行)

- 装备了GPS/WAAS的飞机，逐步从RNVA1/2过渡到RNP1/2;
- 全部IFR飞行程序由陆基程序更新为RNVA/RNP程序;

◆ VNVA: 低高度的进近空域，垂直导航能有效减少进/离港飞行冲突

- 技术政策：使用气压高度，由FMS执行垂直剖面飞行控制
- 监管政策：规范机载装备、VNVA机组认证
- 逐步在主要机场配备综合进离港协同系统 (IDAC)





◆ 曲线进近性能 (RF Lags)

- 某些地形复杂的机场，强制采用曲线进近方式，不具备曲线进近能力的飞机将不能适航。
- 所有机场将具备曲线进近飞行程序，为相应装备的飞机提供飞行机动。

◆ RNP

- 大部分运输机和公务机将具备RNP进出港能力
- 在主要机场，RNP作为ILS备份手段
- 在目视气象作短五边进近时，RNP作为仪表增强手段





◆ LPV

- 应用WAAS系统提供200英尺以上低空航段垂直引导服务
- 至少2000架飞机具有相应性能

◆ EFB(电子飞行包)

- EFB为商用飞行机组提供所需的航图、飞行手册、气象数据
- 并可实时显示本机在地面滑行图上的位置
- 可与座舱固定设备接口，以扩展机载安全性能平台

◆ 数据通信

- 扩展ATN-1数据链通信，FANS-1/A装备标准，FMS与CMU（通信管理单元）集成





◆ FIS-B

- 不装备天气雷达的飞机普遍装备FIS-B.

◆ 数据通信:

- 逐步引入ATN-2技术, 扩展FMS的综合应用能力

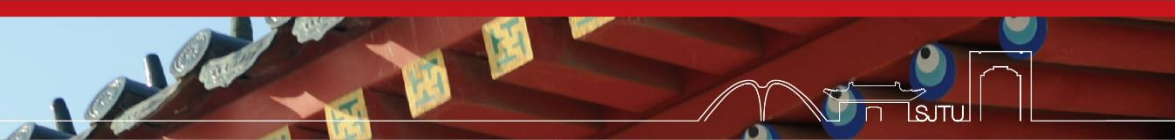
◆ GLS

- GLS-I普遍安装
- GLS-II/III初期使用

◆ ADS-B OUT

- 提高位置报告的精度和更新率, 无雷达区域提供类雷达管制服务



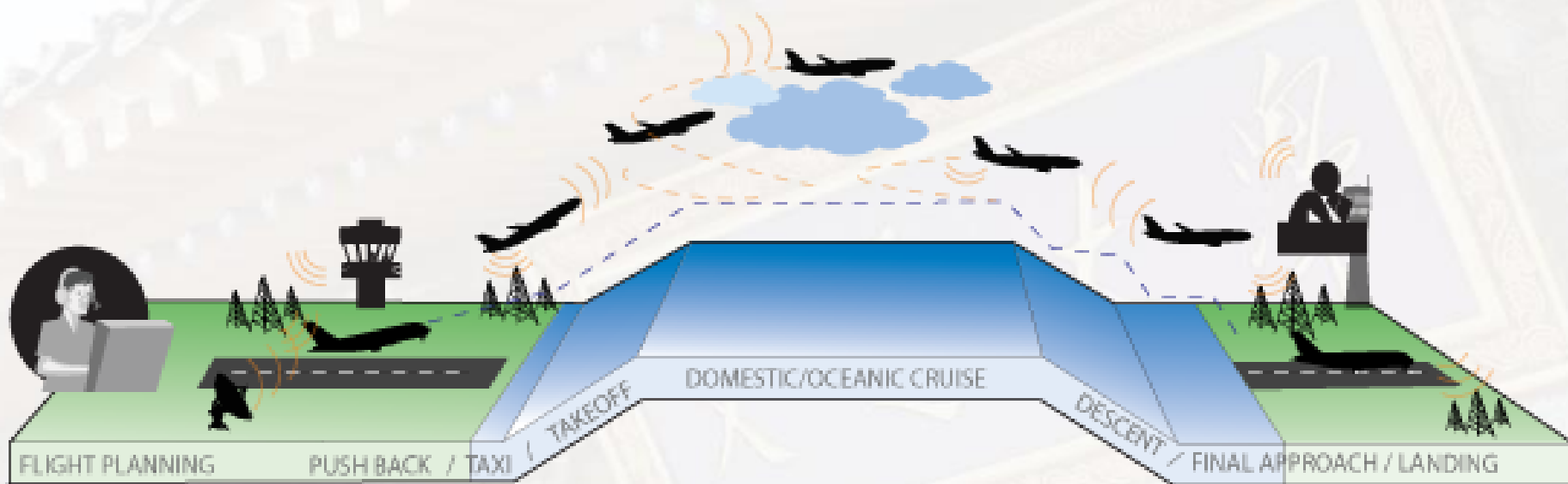


◆ ADS-B IN

- 改进CDTI性能：通过TIS-B 增加图形化空中交通信息显示，改进机上情景感知水平；CDTI优先装备无TCAS的航空器，合并ADS-B显示。
- 引导显示器：ADS-B IN引导显示器应支持实时显示（速度值、间距值）
- 此显示器可与CTDI合并，也可在主视线范围内独立安装；用于渐近监视、距离判断、分配间隔保持。
- 平行进近引导：ADS-B IN技术与其他精密引导方法（LPV、GLS）联合运用，支持多架航空器在窄距平行跑道同时运行（目前，窄距平行跑道标准尚未确定，此性能稍后发展）。



➤ NextGen的形象描述--飞行周期示意





◆ 飞行计划阶段

- 用户：从单一数据源访问获得完整飞行资料。包括限制区、气象、航路拥塞实况和预报、保障设施状况（关闭的跑道、滑行道，临时停用的导航设备），根据预知的限制条件，拟定从地面运行到预飞路径完整的执行方案。
- ATM：汇总用户提交的飞行意图申请，制定战术和战略流量管理策略，评估现实的和潜在的航路拥塞，通过安全的网络发布。
- 协调：信息交换是动态的，执飞航路一旦有变化，可随时刷新。





□ 地面设施

- 航行信息系统 (AIMS)
- 广域信息管理系统 (SWIM)
- 四维天气系统(4-D Wx Cube)
- 数据通信系统 (NGDC)
- 交通流量管理系统 (TFMS)
- 改进航路自动化系统(ERAM)
- 终端飞行数据管理 (2016以后)

□ 机载电子设备

- EFB
- 数据通信 (NGDC)
- RNAV/RNP (程序准备)





◆ 推出、滑行和起飞阶段

- 飞行员通过特定渠道获得放行许可
- 具有情景感知能力的舱显设备在活动的地面导航图上显示本机位置，同时显示相邻的飞机和活动目标的位置，以防止跑道入侵和潜在的地面冲突
- 每条跑道设计多条精确离场航线，允许飞机自主排队、自主识别路径、自主保持安全尾流间隔。多精密离场路径，也是绕飞机场附近雷雨和其他恶劣天气的重要配套措施。





□ 精确航线的优势（程序实例、运行实例）

- 优化机场空域，增加运行效率，减少延误
- 增加空域容量，平衡进出港飞行流量
- 克服地形、障碍物或低能见度天气对航行的限制
- 缩短飞行时间，节省燃油、减少污染排放，降低噪音影响

□ 发展平行近距离跑道

- 使机场增设跑道的成本降低，减少占地规模和对周边环境的影响。
- 近距离平行跑道机场配备风监视系统，用以掌握起飞跑道尾流消散情况，动态调整飞机等待间隔，避免盲目等待



□ 关键地面设施

- 场面交通管理系统(STMS)
- X模式机场场面探测设备 (ASDE-X)
- ADS-B地面站
- 综合进离港协同系统(IDAC)
- CARTS/ STARS Enhancements
- 航行信息管理系统 (AIMS)
- 四维天气系统
- 数据通信 (NGDC)
- 交通流量管理系统 (TFMS)
- 广域信息管理 (SWIM)
- 终端飞行数据管理系统

□ 机载电子设备

- ADS-B
- TIS-B
- FIS-B
- 数据通信
- RNAV/RNP (程序运行)





◆ 爬升和巡航

□ 监视

- 改进的ATM系统，增强目标跟踪和处理能力
- 改进的机载系统，增强境况感知能力

穿越高度时自主保持间隔；

加入航线时减少多余的机动。



□ 数据通信

- 降低飞/管间话音通信，以减少口误和频道拥塞
- 常规性、重复性指令（雷达代码、频率切换）自动生成，减轻ATM工作负荷
- 以数据链通报航行数据（气压、天气咨询），降低差错
- 数据链通播方式发布许可消息
- ATM主要精力集中于航路和高度的调配（节省燃油、时间）
- 当潜在冲突需调速或变更航线时，通过数据链协商。协商变更的结果同时刷新机载系统和ATM地面系统
- 数据通信支持气象信息系统与ATM决策支持工具集成，提高空管员应对复杂天气能力
- 数据通信支持突发性、大容量通信（如航路意外拥塞、天气、空域限制 需临时执行航线偏置同高度多航线时，需对飞机逐一发布变更通知，非数据通信无法达到其要求）





□ 关键地面设施

- 航路自动化管理 (ERAM)
- ADS-B地面站
- 高技术洋区程序 (ATOP)
- 交通流量管理系统 (TFMS)
- 数据链通信 (NGDC)
- 四维天气系统(4-D Wx Cube)

□ 机载电子设备

- ADS-B In / Out与 CDTI相关
- 数据链通信与FMS相关
- FANS1/A (洋区空域)
- RNAV/RNP (特定航路)





◆ 下降和进近阶段

□ 提高可预见性

- 增强型空中交通管理工具，分析范围扩大（百海里以上）
- 计算预达时间使空域容量最大化
- 预知信息提供ATM作进近排序和平衡进/出港流量

□ 减少飞行机动

- 进港时间、排序和航路分配通过数据链预先与飞机协商，及时给出没有潜在冲突、可连续执行的、精确的最后飞行路径
- ATM使用更多有效空域，缩小间隔，使飞机高效率地从巡航过渡到进近阶段
- 统筹编排进港飞机，每条跑道多条精确路径方案
- 装备完善的飞机，无需任何机动，取最优剖面（精确垂直、水平路径）直接由巡航到着陆。

□ 节省燃油，改善城市噪音





□ 关键地面设施

- 陆基增强系统 (GBAS)
- ADS-B 地面站
- CARTS/STARS enhancements
- 四维天气系统
- ASDE-X
- 数据链通信
- 交通流量管理系统 (TFMS)
- 终端飞行数据管理(2016后)

□ 机载电子设备

- ADS-B In/Out
- 数据链通信
- FANS
- RNAV/RNP
- VNAV
- 机载(GBAS)





◆ 着陆、航行、登机门

□ 场面管理系统分析进港、离港、停泊飞机的动态并生成：

- 使用跑道和首选脱离道的方案
- 到达指定停机位的滑行路线

□ 通过数据链告知即将进港的飞机

□ 提供管制员指挥进港和航行





- 机场活动目标的动态显示和告警
 - 在地面/空中交通管理
 - 着陆飞机的座舱
 - 准备起飞的飞机座舱
 - 防止地面冲突和跑道入侵
- 场面、登机门区域车辆活动信息：
 - ATM
 - 航空公司签派
 - 机场当局
- 地勤了解进港飞机准确靠桥时间，以便航班交接
- 保证停机坪区进出流量安全顺畅高效





□ 关键地面设施

- X型机场地面探测设备 (ASDE-X)
- 场面交通管理系统(STMS)
- ADS-B 地面站
- 航行信息管理系统 (AIMS)
- CARTS/STARS Enhancements
- 数据链通信 (NGDC)
- 交通流量管理系统 (TFMS)
- 四维天气系统 (4-D W)
- 综合进出港协调工具(IDAC)
- 广域信息管理 (SWIM)
- 终端飞行数据管理系统(2016后)

□ 机载电子设备

- ADS-B
- FIS-B
- TIS-B
- 数据链通信
- RNAV/RNP



本章小结

背景

条件

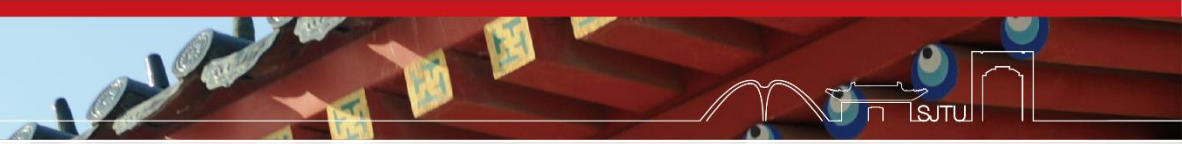
历程

内容

NEXT
ATM



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



1. 阅读5~10篇论文，关于以下方向：

- NEXT ATM
- 现代空管体制

并选择其中一个方向做个5mins PPT介绍与交流。



Thanks!
Questions?



上海交通大學

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

上海交通大學