

中国民航产业技术创新 系统及路径研究

——兼论新一代民航运输系统的建设

李艳华 著

中国民航出版社

美欧新一轮航空运输 系统变革的背景及比较分析

美欧作为世界航空运输强国，其发展变革的动向对世界民航的发展将产生深刻的影响。进入 21 世纪以来，美欧国家先后开始了对现有航空运输系统的系统变革。美欧国家认为，现有的航空运输系统已经不能满足 21 世纪的需要，它不能满足不断增长的航空运输需求、不能处理突发性的安全事务及国土安全事宜、不能更好地适应变幻的市场环境、也不能适应真正意义上的全球协作系统。提出要建设一个极具经济价值、国家安全性、机动性、可达性、环保价值和超级运量的航空运输系统，从根本上改变现有航空运输系统。这一观点的提出既顺应了航空运输及其运行发展的趋势，也加速了国际航空运输新的发展趋势的形成。

一、国际航空运输发展现状与趋势

进入 21 世纪，世界航空运输得到了快速发展，同时，也进一步凸现了主要枢纽机场的拥挤、空中交通管理的“瓶颈”等亟待解决的问题。与此同时，国际航空运输的发展趋势呈现运营环保化、运行智能化、运营和维修数字化等特征，这些趋势和特征使得对现有航空运输系统的彻底变革十分必要。在这一大背景下，美欧等国家提出“未来一代航空运输系统”的宏伟构想。本章首先分析国际航空运输发展现状及趋势，并对美国和欧盟国家的航空运输系统变革从提出的目的、建设目标、建设内容、组织推行、战略展开等几个方面进行介绍分析。

1. 国际航空运输发展现状

(1) 总量发展现状

近年来，世界航空运输市场呈现出稳定而快速的发展态势，运输周转量、机场数量及其吞吐量、机队规模、行业从业人员等的数量不断增加。从国际民航组织缔约国2000—2006年定期航班运输周转量的变化情况来看，除2003年因“非典”影响以外，其他各年民航旅客周转量、货邮周转量、总周转量等各项指标都增长较快，尤其是2004年分别达到14.1%、11.2%和12.6%，2004—2006年平均增长率分别为9.3%、6.2%、8.1%。具体见表1-1。

表 1-1 2000—2006 年国际民航组织缔约国定期航班运输周转量变化情况

年份	旅客周转量 (百万人公里)	旅客周转量 增长率 (%)	货邮周转量 (百万吨公里)	货邮周转量 增长率 (%)	总周转量 (百万吨公里)	总周转量 增长率 (%)
2000	3017790	—	117580	—	400780	—
2001	2930370	-2.9	110680	-5.9	385370	-3.8
2002	2964530	1.2	116630	5.4	397120	3.0
2003	3019100	1.8	125240	7.4	407670	2.7
2004	3445300	14.1	139200	11.2	458910	12.6
2005	3721690	8.0	142520	2.4	487860	6.3
2006	3940600	5.9	149650	5.0	514750	5.5

资料来源：整理自《从统计看民航》，中国民航出版社，2007

其中，旅客周转量、货邮周转量的增长情况及增长率见图 1.1、图 1.2。

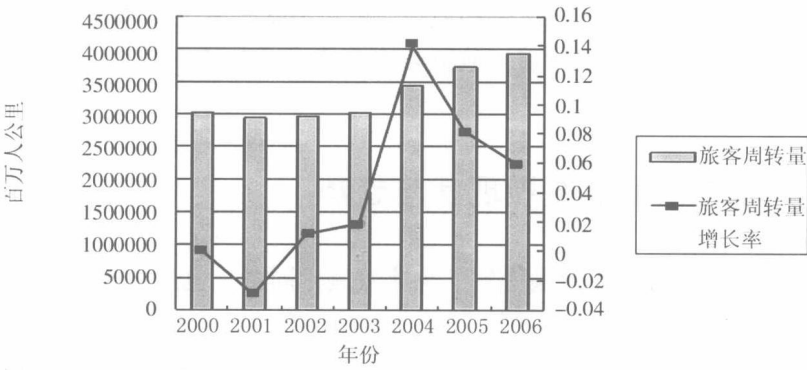


图 1.1 2000—2006 年国际民航组织缔约国定期航班旅客周转量变化趋势

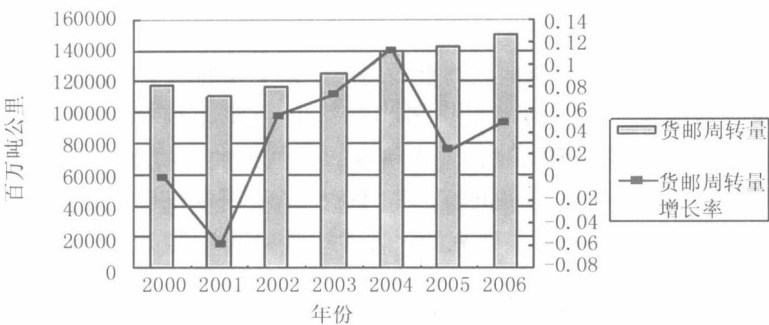


图 1.2 2000—2006 年国际民航组织缔约国定期航班货邮周转量变化趋势

2006 年，全球航空公司的运力增幅为 4%，客座率比 2005 年又提升了一个百分点，达到 76%；旅客运输量比 2005 年提高了 5%，达到 21.3 亿人次。

在总量增长的同时，从结构来看，世界排位“老大”的美国仍拥有绝对优势，2006 年航空运输总周转量为 1572 亿吨公里，和排名第二的中国拉开很大距离，相当于中国航空运输总周转量的 5.14 倍。从所占世界的份额来看，美国航空运输总周转量始终不低于世界市场 30% 的份额。当然，与 2000 年的 33.55% 相比，2006 年为 30.54%，略有下降，见表 1-2。

表 1-2 2000—2006 年美国定期航班运输周转量及其在国际总量中的比例

年份	旅客周转量 (百万人公里)	占世界市场的 份额 (%)	货邮周转量 (百万吨公里)	占世界市场的 份额 (%)	总周转量 (百万吨公里)	占世界市场的 份额 (%)
2000	1110950	36.81	30188	25.67	134460	33.55
2001	1044480	35.64	28042	25.34	125540	32.58
2002	1021840	34.73	31762	27.23	126400	32.26
2003	1038960	34.73	34206	27.31	131390	32.50
2004	1164370	33.83	37450	26.90	144960	31.57
2005	1244690	33.46	37358	26.20	152010	31.17
2006	1275382	32.37	39882	26.65	157211	30.54

资料来源：整理自《从统计看民航》，中国民航出版社，2007

与此同时，中东成为航空运输量增长最快的地区，增幅达到 12%，欧洲和亚太地区分别以 7% 和 6% 的增幅位列第二位和第三位。北美地区的航空运输量近几年保持了年均 3.4% 的增长率。

国际民航组织表示，展望全球航空运输业的未来，良好的外部经济增长环境以及航空运输需求的强劲增长都能使全球航空运输业保持较高增长。美国经济预测指出，根据这种快速增长，到 2025 年航空容量至少比现在扩大 3 倍才能满足这种快速增长。航空

运输的快速增长对航空运输能力的提高和容量的扩大提出了迫切的要求。

(2) 主要枢纽机场发展现状

机场是一个城市乃至一个国家地区的重要门户，是重要的航空运输基础设施。随着世界经济格局的进一步确定，世界吞吐量排名前10位的机场也相对稳定，2004—2006年，排名世界前6位的机场始终是美国亚特兰大机场、美国芝加哥机场、英国伦敦希思罗机场、日本东京羽田机场、美国洛杉矶机场、美国达拉斯沃斯堡机场。表1-3和表1-4是世界排名进入前10位的机场在2004年以来的旅客吞吐量和机场飞机起降架次的情况。

表 1-3 世界主要机场旅客吞吐量变化情况（单位：万人）

年份 机场	2004	2005	2006
美国亚特兰大机场	8357.9	8589.5	8484.7
美国芝加哥机场	7537.4	7676.7	7624.9
英国伦敦希思罗机场	6734.4	6791.5	6753.0
日本东京羽田机场	6232.1	6328.2	6522.6
美国洛杉矶机场	6071.1	6148.5	6104.9
美国达拉斯沃斯堡机场	5941.2	5906.4	6007.9
法国巴黎戴高乐机场	5086.1	5375.6	5680.9
德国法兰克福机场	5109.8	5221.9	5281.1
美国拉斯维加斯机场	4143.7	4428.0	4619.5
荷兰阿姆斯特丹机场	4254.1	4416.3	4608.8
美国丹佛机场	4239.4	4330.7	4732.5

表 1-4 世界主要机场起降架次变化情况（单位：架次）

年份 机场	2004	2005	2006
美国亚特兰大机场	964858	958593	976447
美国芝加哥机场	923347	970867	958643
英国伦敦希思罗机场	475999	477888	477029
日本东京羽田机场	278892	295745	324049
美国洛杉矶机场	654677	650629	656842
美国达拉斯沃斯堡机场	801941	711878	700409
法国巴黎戴高乐机场	534561	522619	541566
德国法兰克福机场	477475	490147	489406
美国拉斯维加斯机场	544679	605046	619486
荷兰阿姆斯特丹机场	418611	420633	440163
美国丹佛机场	558609	559046	597290

资料来源：整理自《从统计看民航》，中国民航出版社，2007

从表 1-3、1-4 可以看出, 2004 年以来, 机场起降架次和机场旅客吞吐量相对稳定。日本东京羽田机场、法国巴黎戴高乐机场、荷兰阿姆斯特丹机场三个机场增长相对较快, 2006 年较 2004 年分别增长了 5%、12%、8%; 另外, 美国拉斯维加斯机场、美国丹佛机场增长相对较快, 而稳定排名一、二位的美国亚特兰大机场、美国芝加哥机场 2004 年以来则增长平稳, 这和美国的大型枢纽机场的容量饱和不无关系。

伴随着航空运输的快速发展, 枢纽机场在国际航空运输中的主导化特征也更为明显。以航空运输最为发达的美国为例, 在 2000—2002 年严重滑坡的时期, 美国处在低端 1/4 的较小型枢纽机场损失了 12.8% 的客流量, 而处在高端 1/4 的枢纽机场只损失了 6.3% 的客流量。根据国际民航组织的初步估算, 2006 年世界最大的 25 个机场中, 北美洲 14 个、欧洲 6 个、亚洲 5 个, 它们的旅客吞吐量共为 12.12 亿人, 约占 2006 年全世界机场旅客吞吐量的 30%。世界排名前 10 位机场的旅客吞吐量和起降架次在全球所有机场中所占比重分别见表 1-5。

表 1-5 2006 年美欧十大主要枢纽机场旅客吞吐量及起降架次在世界范围所占比重

机 场	旅客吞吐量 (万人)	起降架次 (次)
美国亚特兰大机场	8484.7	976447
美国芝加哥机场	7624.9	958643
美国达拉斯沃斯堡机场	6007.9	700409
美国洛杉矶机场	6104.9	656842
美国拉斯维加斯机场	4619.5	619486
美国丹佛机场	4732.5	597290
英国伦敦希思罗机场	6753.0	477029
德国法兰克福机场	5281.1	489406
法国巴黎戴高乐机场	5680.9	541566
荷兰阿姆斯特丹机场	4608.8	440163
合 计	59898.5	6457281
在全球机场份额中所占的比例 (%)	13.61	8.85

资料来源: 整理自《从统计看民航》, 中国民航出版社, 2007

与此同时, 一些大航空公司纷纷加大基地机场的运力分配, 进一步促成了枢纽机场市场份额主导化的趋势。这也加剧了枢纽机场的拥挤, 同时致使机场附近的空域资源紧张, 造成一定的航班延误。

(3) 空中交通管理方式发展现状

空中交通管理是随着人类社会经济发展, 尤其是航空运输业的发展, 在社会分工日益专业化的背景下, 依凭科学技术的进步而产生和发展的。

严格意义的空中交通管理是以 1919 年根据《巴黎公约》成立的“空中航行国际委员会”(ICAN) 为标志的。《巴黎公约》通过了 8 个技术附件, 其中附件四 (D) 和附

件七（G）就是对空中交通服务的具体规范。这是世界空中交通管理发展史上第一次实行了航空活动在某些技术方面的一定程度上的统一。

1935 年世界上第一个空中交通管制塔台（Airway Traffic Control Station）在美国纽瓦克机场建立，标志着国际空中交通管理系统专业化阶段正式形成。

空中交通管理的技术进步性特点十分明显，国际上从民航发展历史来看，可对应划分为以下几个阶段：

1903—1935 年——目视航空管制阶段：此时航空器速度慢，助航设施尚未发展，航行管制只限于机场附近，在目视天气情况下实施管制；驾驶员亦以目视其他航空器来保持安全距离。

1936—1945 年——程序管制阶段：此时航空公司相继成立，提供定期班机服务。双向无线电通话系统的启用，可提供航机驾驶员与地面航管单位的通话联系。

1945—1970 年——雷达系统管制阶段：此阶段正值第二次世界大战结束，航空器逐渐步入喷气式飞机时代，飞行速度大幅提高。此时雷达系统适时引进，飞航管制系统运作效率及安全性有大幅的改善。

1970—1990 年——计算机辅助航行管制阶段：航行管制配合大量的计算机作业，雷达追踪信号由光点数据转为数据链的显示方式辅助管制员辨别飞行中的航空器。飞行数据由计算机迅速处理，大量节省人工操作，提高了航管效率。但是整体上空中交通管理系统是一个“空管员负责制”的安全责任体系，飞行员主要根据空管员的指挥驾驶飞机，可以形象地比喻为：盲人驾车，明眼人指挥。安全责任在指挥者，而不在驾车人^[1]。在其进一步发展过程中，总是围绕“提高管制能力”这个主题。采取的主要手段是不断改进管制工具，包括：不断采用新技术，改进通信、导航和监视等地面设施；采用多重配置的方法，降低技术设备失效的风险；提高空管自动化程度，把大量管制工作交给机器去处理，以缓解日益繁忙的空中交通为空管员带来的工作负荷和心理压力。

但在这一发展过程中，飞行流量持续高速增长和民航空域资源严重不足，是世界航空运输业普遍面临的挑战。而雷达管制技术一度被认为是应对未来挑战的致胜法宝。然而，现实却是空域越来越拥挤，雷达越建越密集，扇区越分越繁杂，空管员的安全压力越来越接近极限。就连空管技术最先进的美国也意识到：即使最完善的雷达监视系统，也难以应对空域资源紧张所面临的挑战。

1990—今——自动化监控阶段：随着全球性的卫星定位系统（GPS）发展完成，航机计算机系统将与地面管制自动化系统及助航装备联系运作，航管资源直接由地面传输至驾驶舱，减少陆空通话；完全由航管系统自动监控，并及时于危急状况时警示驾驶员。

建立飞行员/空管员责任共当的空中交通安全体系，是下一代空中交通管理的美好愿景。广播式自动相关监视（ADS-B）技术、所需导航性能（RNP）、区域导航方法，都是支持空中交通安全责任向空中转移的技术手段。在国际民航组织（ICAO）的极力支持下，ADS-B 技术在欧洲和大洋洲得到了重视并有所发展，有些国家如澳大利亚和瑞

典甚至快于美国,早在 2000 年前后便已展开了针对 ADS-B 技术的研究,澳大利亚还提出了 2007 年在全国范围内推广 ADS-B 网络建设的目标,此举若能按期完成,澳大利亚将成为全球第一个全面推广 ADS-B 技术的国家。

在 FAA 下决心推广 ADS-B 技术之前,美国联合快递公司(UPS)已经先其一步对 ADS-B 技术进行了试用,并由航空通信与监视系统公司(ACSS)开发相关软件。FAA 对此给予了大力的支持。目前,全美国已在东海岸建成了 30 个 ADS-B 地面站,而墨西哥湾同样也被当成了 ADS-B 的试验基地。美国航空背景深厚的 Embry-Riddle 航空大学也已在其两个校区的用于训练的飞机上安装了 ADS-B 设备,ADS-B 项目目前已被列为美国实现航空运输系统变革的基础工作之一,FAA 也承诺将投资建设 450 个新的 ADS-B 地面站。

2. 国际航空运行和技术发展趋势

(1) 航空运营环保化

“绿色、环保”将是未来世界民航业发展的主题,这在美欧逐渐成为业界的共识。实际上,从环保角度来看,航空运输是进步最大的行业之一。现在的飞机燃油消耗与 40 年前相比降低了 70%,与 10 年前相比降低了 20%。根据联合国最新的环境变化报告,航空运输业的二氧化碳排放量仅占人类二氧化碳排放总量的 2%,是所有交通运输行业里最少的,来自汽车的二氧化碳排放量是航空运输的 9 倍,而火力发电的二氧化碳排放量更是航空运输的 17 倍。预计到 2050 年,航空运输业的二氧化碳排放量将会增加到 3%,这一数字也将远低于其他行业。

研究和开发新技术将是航空运输业实现“绿色、环保”的关键因素^[2]。以空客公司为例,从 2020 年起,所有新设计的空中客车飞机与 2000 年设计的飞机相比,二氧化碳排放量将减少 50%,氮氧化物排放将减少 80%,噪音水平将降低一半。要制造出“零排放的环保飞机”,不仅需要不断改进环保工作,还需要技术上革命性的新突破。目前,空中客车所有的技术研发项目都直接或者间接地涉及了环境保护的问题,如提高燃油效率,二氧化碳、氮氧化物减排和降低噪音等。欧盟有识之士指出,严格控制航空运输业二氧化碳的排放量,必须要跟行业整体的快速发展相适应。波音公司也是如此,美国波音公司眼下正在研制一种堪称全球最环保的“绿色飞机”,它以氢气为能源的燃料电池取代高污染的燃油,不产生二氧化碳等有害气体,仅产生水蒸气。从理论上讲,“绿色飞机”将不会对环境构成污染。目前,波音公司正在与英国燃料电池设计公司“智慧能量”公司合作,一旦试飞成功,它将成为世界上首架有人驾驶的、由燃料电池驱动的飞机。

2007 年 6 月 18 日,欧盟委员会负责交通事务的委员和美国联邦航空局负责人率领美欧航空业界的代表,在布鲁塞尔联合启动了“跨大西洋共同减排计划”。这是迄今第一个跨大西洋航空业界在温室气体减排方面的大规模合作计划。根据欧盟委员会的声明,欧盟委员会和美国联邦航空局将开展合作,并鼓励航空工业伙伴积极参与,其中包括美国波音公司、欧洲空中客车公司、法航—荷航集团以及爱尔兰、瑞典和葡萄牙等国的航空公司。“跨大西洋共同减排计划”将有助于促进研发用于减少温室气体

排放的新技术,以及实施减排的新程序。“跨大西洋共同减排计划”只是欧盟三大“蓝色航空”行动中的一项,另外两项是航空业排放权交换制度,以及由欧盟委员会提出的旨在支持发展下一代洁净飞机的“清洁天空”计划。欧盟的空中运输可持续发展战略主要依靠以下三个支柱:一是通过“欧洲单一天空研究计划”加强空中运输管理;二是通过“清洁天空”计划以及研发使用生物燃料发展新技术;三是排放权交换制度。

(2) 航空运行智能化

航空运输是一种科技含量高而密集的运输方式。高水平航空科技成果和大型高速运输飞机的发展、先进通信导航设备和技术的应用、新一代空中交通管理技术的实施、机场及其设施的现代化和自动化以及运输管理系统的信息化等都是航空运输运行模式智能化的体现,也是21世纪航空运输进一步发展的趋势。

从机场的运行模式来看,预计21世纪航空公司的生产组织和运行管理将进入系统化的动态控制时期,届时信息技术将广泛应用于航空运输的市场预测、机队规划、航班计划、价格决策、收益管理、定座系统、机务与航材管理、飞机运行管理、财务数据分析、运行统计评估等各个方面。预计21世纪,机场生产自动化和管理信息化将成为现实。以信息化为核心的机场运作体系将涉及运行信息、现场管理、旅客服务信息、进离港系统、货运系统、保安系统以及航空公司和空管部门的信息接口等各个业务领域。在机场及其设施的现代化和自动化以及运输管理系统的信息化的基础上,对未来机场的设想是^[3]:通过平行跑道的利用、单跑道占用时间的减少和增强的尾流探测及预测系统的使用,繁忙机场的起降容量将会增加,这些系统和程序将被整合到其他自动进近、着陆和起飞系统中,确保达到所需的容量;在空中交通管理部门、飞机运营人和地面服务提供者之间进行计划协调,确实消除地面延误;逐渐采用无需地基设备辅助的精密进近,提供系统调整的灵活性来满足航空运输需求。

从航空器运行模式来看,未来飞机将会使用更加自动化的设备进行探测、控制、通信和导航,这些新型交通工具的能力将改变空中交通管理的管理理念^[4]。改良的科技、人机界面和培训技巧将增加驾驶舱的情景意识。增强的驾驶舱科技将使得飞行人员清楚地得知自身的地理位置和相对于临近飞机的位置。在指定空域,机组成员使用机载自动化设备分工合作。地面自动化设备可以与飞机交互作用,但是驾驶员还是保留对飞机的管理控制权。

特别应该注意的是,在未来的发展中,无人驾驶飞行器将占越来越大的比例,使航空运输的智能化进一步体现。2005年7月,美国NASA研究制造了微型飞机,未来如果要让这些小型飞行器得到广泛应用,整个航空运输管理系统必须来个脱胎换骨。空中交通控制即将出现一个大的飞跃,这很可能是一种走向无人驾驶飞行的过渡形式,而并非个人航空所要求的终点形式。地面指挥者与驾驶员座舱之间的数字化数据通信是空中交通管理的发展趋势,下一步将是用计算机网络技术让飞行员能够随意飞到他们想去的任何地方,且不用从地面接受指令,而指挥者只是监视飞机运行状况。飞机可通过有能力防止错误操作、避免碰撞的系统来自行判定飞机之间的距离。

从空管导航方式来看,目前的“空管员负责制”的安全责任体系转向“飞行员/空管员责任共当”的空中交通安全体系,是空中交通管理的发展趋势^[5]。从空管导航方式来看,除了完善地对空雷达监视系统,未来的空管导航方式将是主要以“星基”导航为主。广播式自动相关监视(ADS-B)技术、所需导航性能(RNP)等,都是支撑未来空管导航方式的重要技术手段。通过采用 ADS-B 技术,飞机能利用自身安装电子设备,以固定的频率向地面站和其他飞机发送本架飞机的位置、高度、速度及其他相关数据信息,并且其精度不受飞行器高度或气象条件的影响,数据更新间隔时间也不依赖于天线的旋转速度及其可靠性。如此一来,其他飞机不借助雷达就能从显示屏上读取信息发布者的位置、高度、速度等信息,飞行员借助这些信息便可实现自主空中避让等操作。

总体来讲,以美国为引领,到 2025 年,美国将实现基于卫星的导航技术,将现在的“陆基”导航发展为“星基”导航,全球无导航盲区;通讯手段从话音向数据链路过渡,使航路上飞机间的数字通讯更加方便可靠。采用“星基”导航技术,在航路上将允许使用自由飞行功能:空中交通管理系统自动化程度得到极大提高,空中交通管理的程序和方法将由此发生重大变革,从目前的由管制员为主导过渡到飞行用户为主导,从对飞行目标的管理过渡到对交通流的管理,空中交通管制和空中交通流量管理的界限将被打破,这两者将融为一个系统,提供统一的空中交通管理服务。

(3) 运营和维修数字化

航空运输业正向全面数字化方向发展。无论是航空运营还是维修,数字技术已在各方面大显身手。为了使数字信息发挥更大作用,航空公司、飞机制造商、设备供应商、维修企业和软件公司之间正在通力合作。随着维修外包业务的增长,航空公司开始广泛采用电子飞行包(EFB)、电子飞行日志(ELB)等工具,数字信息的交流越来越广,相应的数据标准也应运而生。根据美国航空运输协会(ATA)的新标准,所有的相关数据都将以统一的形式定义,在一些中立的平台上运行,向航空公司和供应商开放,无论在办公室、外场、车间或驾驶舱都可使用这些数据。新的数据交换标准的开发和应用起到了将航空公司、飞机制造商和设备供应商的信息系统牢牢地连接在一起的作用。数据标准化将使航空运输更加便捷和安全,同时降低了数据处理成本。

上述航空运输发展趋势中,自由化和联盟化是国际经济全球化和航空运输网络特征的必然要求,是整个宏观经济背景下呈现的发展趋势。航空运输的环保化、智能化、数字化特征则说明技术密集的航空运输业正在被日益重视和加强技术创新,并且成为全球的普遍趋势。

二、美国下一代航空运输系统的提出与实践

美国作为公认的世界航空运输强国,提出要在 2025 年实现“下一代航空运输系统”(Next Generation Air Transportation System,以下简称 NGATS),进行航空运输系统

的彻底变革,这一系统的提出既是顺应世界航空运行技术的发展趋势,又催化和促进了世界航空运输绿色环保、智能安全的发展特征。启动建设“下一代航空运输系统”将影响着整个世界航空运输的发展动向。

1. 美国 NGATS 的提出背景

进入 21 世纪以来,美国的航空技术霸主地位受到了严峻挑战,欧洲不仅在一些关键的民用航空领域超越美国,而且计划 2020 年以前成为世界航空工业的领导者。面对这种局面,美国各航空相关机构在过去几年中一再发表报告并提出警告,到 2003 年,美国国会终于意识到应该采取措施来应对这种威胁。在 2003 年 12 月,美国总统布什签署了《世纪航空再授权法案》(Overview Vision 100 — Century of Aviation Reauthorization Act),美国开始正式启动建设“下一代航空运输系统”。包括把美国的航空运输系统转变为国家的优先发展项目、部署新的高度自动化的空中交通管理系统、规定认证过程和机载设备创新、使新机场和跑道的发展更有效率、增大运输量、为旅客提供最好的信息服务、实现全球连通性的经商与休闲等。

(1) 美国提出和建设 NGATS 的主要原因

①美国的本土安全和防卫需要

“9·11”事件以后,美国的本土安全和防卫需求对航空运输系统能力的要求超出了先前的预期,只有通过航空运输系统的彻底变革才能够使其实现和满足国家安全防卫的需要。

②美国国家发展的战略需要

美国国家航空航天研究所(NIA)选拔专家组成了“国家战略小组(NST)”。NST 负责报告整体框架的制定,归纳总结了美国对航空技术的国家需求,包括 6 大组成部分:美国的经济竞争力;航空旅行的自由;飞行安全;国家安全和防御;保护环境;培养未来劳动力。根据这 6 大国家需求,确定了 7 个关键航空领域,即空域系统航空安全、高超声速、旋翼机、亚声速、超声速、劳动力与教育。

③建成更灵活、可升级、更高效、更准确性的航空运输系统的需要

美国未来宇航工业委员会指出,现在的航空运输的方法——陆基雷达处理系统显示繁忙航路的运行情况,在航空器飞行全过程中,地面的管制中心之间互相传递信息,这种方法逐渐跟不上航空业的发展步伐。现有的航空系统已经不能满足 21 世纪的需要,它不能处理突发性的安全事务及国土安全事宜,不能很好地满足不断增长的航空运输量的需求,此外,现有的航空体系也不能实现真正意义上的全球协作系统。改进空中航行的新方法可以开放更为广阔的天空,更加有效地利用空域,还可以提高航空安全水平。

④有效地缓解延误的需要

美国未来宇航工业委员会指出:“消费者每年都要承受 300 亿美元^[6]的损失,就是因为人员和物资未能及时抵达目的地。”到 2025 年,航空运输量将是当前的 3 倍,旅客将由上千家各种类型的飞机运送——定期航班、商务飞行和航空器所有者自己操作的通用飞行。仅仅是超小型飞机就可能占日常运行的 40%,如果考虑无人驾驶飞机和其他

新型交通工具，日常运行所占比例将会更高。因此，2025 年机场和空域的容量必须是快速反应的、动态的、可以调整的。另外，美国提出的下一代航空运输系统（NGATS）的建设将带来航空运输业框架体系重大变革，通过这种深刻变革将刺激新经济模式的衍生，航空公司定期时刻表的概念将被完全重新定义，传统型的航空公司和提供按需应变（on-demand）飞行服务的界线将逐步融合。这样将从根本上解决旅客反应强烈的航班延误问题。

在 2003 年 12 月，美国总统布什签署了《世纪航空再授权法案》，美国开始正式启动建设“下一代航空运输系统”（NGATS），并预计到 2025 年实现。

(2) 美国提出和建设 NGATS 的主要目的

美国 NGATS 的主要建设目的有：保持美国在国际航空业的领导地位、发展运力、保证航空安全、保护环境、保证国家防御上的安全、保护国家等。具体内容见表 1-6。

表 1-6 美国提出 NGATS 的主要目的^[7]

保持美国在国际航空业的领导地位 • 保持在航空业作为领导者的地位 • 减少航空业的成本 • 提供适合旅游者和托运人的服务 • 为了美国的产品和服务，鼓励基于性能的、协调的全球化标准	发展运力 • 满足未来的需求增长和运营多样性 • 降低运输时间，提高可预测性 • 最小化天气和其他不利因素的影响
保证安全 • 保持航空运输作为最安全的运输方式 • 提高美国航空运输系统的安全级别 • 提高全世界的航空运输系统的安全性	保护环境 • 减少噪音、废气和燃油消耗 • 航空环境影响与其他社会目标的平衡
保证国家防御上的安全 • 最小化对公民的约束的同时可以做到提供普通的防御 • 调整国家面对威胁时的反应 • 保证全球性的使用民间空域的安全	保护国家 • 减少新的和各种不同的威胁 • 保证安全的同时满足需求 • 制订对付威胁的战略，平衡成本与隐私问题 • 保证旅游者和托运人对系统安全的信心

2. 美国 NGATS 的主要建设内容

根据美国联合计划发展委员会（JPDO）的关于美国下一代航空运输系统的整合报告，美国下一代航空运输系统的主要建设内容有^[8]：

(1) 改进机场设施满足未来要求

通过整合机场空域和空中交通管制的设计、开发和部署，提供一个系统满足或超过用户的要求。

(2) 建立一套不限制公众流动性和公民自由的高效保安系统

建立一套全球安全体系来确保旅客和物流安全的到达目的地。旅客和货主确信，在

交通运输体系中没有安全和健康的危害存在,并且行为和国民自由不会被安全准则过渡限制。

(3) 建立灵活的空中交通运输系统

建立灵活的空中交通运输系统适应未来的需求,并且很快地回应所有用户的需求变化。系统对市场变化非常灵敏,有很好的适应性满足容量和效率的增长,并且确保设备和人员可以支持宽范围和大数量的操作以满足旅客需求。

(4) 建立用户个性化的信息平台

建立全球兼容的信息共享能力,以能够提供按需应变、实时的信息来支持用户、航空器运行者及服务提供者更好地决策。

(5) 建立一个具有前瞻性、积极主动式的综合安全管理方法

开发和应用统一的综合的风险管理理论,应用于航空航天旅行,鼓励和参与全球安全实践,确保旅客和货物的安全。

(6) 提高环境保护来使航空可持续发展

开发和实施新模式、政策方法、运行改良和技术革新,消除因航空业的增长对环境的不利影响。

(7) 提高整个系统的天气观测与预报水平,减少天气对飞行的影响

通过在国家空域系统中部署和整合科学的、先进的气象技术,使空域系统用户受到恶劣天气影响能够减少到最小,从而达到提高国家空域系统的安全和效率的目的。

(8) 在全球范围内统一设备制式和操作规范

通过发展和支持实施全球航空和航天运输政策、标准和程序,确保“下一代航空运输系统”在全球范围内能够协同工作,美国领导的全球标准将增进安全、保安、环境和经济活力。

3. 美国 NGATS 的建设目标

美国建设“下一代航空运输系统”的目标是:①航空运输系统可以提供出现在的2倍或者3倍的运力^[9](中国大陆2006年航空运输总周转量306亿吨公里,仅次于美国位居世界第二,但是仅相当于美国航空运输总周转量的1/5);②足够灵活能够适应机队的改变,包括轻型喷气机(VLJ)、无人飞机系统(UAS)和航天器;③满足安全 and 国家防御要求;④保证航空业始终是经济中可持续发展的行业。

其关键子系统的重大变革和建设目标见表1-7、1-8、1-9。

(1) 空中交通管理系统的变革

空中交通管理系统的变革是航空运输系统的核心系统,其变革的程度和水平决定了NGATS的变革程度和水平。

表 1-7 空中交通管理系统技术现状与 2025 年发展目标

重要变革	2006 年技术现状	2025 年“下一代”的技术创新
空管系统的角色和责任	①空中交通管制员和交通管理专家在空中交通管制服务中扮演重要的角色 ②需求和容量的不平衡，是通过广泛的随机措施来处理的	①新空管服务提供者集中在管理能力、应急流量管理和管制服务等方面发挥作用 ②决策支持工具使更多的战略决策能被制定 ③空中交通管制员继续提供不同等级空域的管制服务
空中交通管理协作	①重点是使需求与可用空间相匹配 ②交通管理手段保守而且多样 ③沟通通常采用口头及书面方式 ④由于天气和其他能力限制导致不确定因素出现时，所用管理措施保守	①重点在于设置美国国家飞行标准以最大限度地满足用户需求 ②更好的决策支持手段和更好的综合战略以及交通流量管理 ③在不确定因素出现时能更有效地利用空间 ④一套广泛参与空中交通管制的飞行控制技术
一体化的战略与战术决策层	①利害关系的各方在交换数据促进相互协调的决策制定方面的能力有限 ②需求、气象、飞行轨迹的不确定性都是通过空中导航服务提供者通过业务判断进行视觉的处理	①共享情景意识和综合效果评估工具为利益相关方提供共同的认识情况、决策影响情况 ②自动化的概率数据用来减少出现过于保守的决策的可能性
轨迹化运作	①航班要经由航管人员确定无误的口头允许才可以飞行 ②基于时间的测量在某些地方被用来改善预测结果以及吞吐量 ③需要的导航性能（RNP）运营最初是用于复杂性管理和增加容量的	①通过航班四维轨迹的管理为航空器当前和未来指明准确位置 ②测量、控制航班到达时间以及更具体的航班调整以提高整体吞吐量和经营效益 ③安全、保险、环境因素被纳入轨道化运作方式之中 ④伴随着空管与机场运营中心的合作，机组最初、最终的轨迹调整是可能实现的
动态资源和领空的管理	①空域主要是参照地理位置界限进行划分 ②可能考虑了行业的较低需求 ③对 B 和 C 等级空域进行定义时尽可能保护跑道布局，并尽可能的与制图能力相匹配 ④提供服务受制于物资设备的地理位置	①在不同时段、地点灵活划分空域以满足需求。考虑航空器性能的空域限制只适用于需要的时候（例如：容量、安全） ②随飞行动态改变空域结构，为机组的飞行提供最大的灵活性 ③提供服务的方式灵活，不受制于地理位置和基础设施
减少天气的影响	①应对天气的能力往往受制于恶劣气象避免计划和类似的情况；在飞行途中造成重大的航班延误及飞行效率下降 ②极低的能见度限制着陆、抵达和离港的运行	①天气信息纳入自动化决策分析中 ②目前气象预报和测量得以改进 ③支持独立的可视运行，更好地分析天气的不确定因素进行预报
现代化地面运行	①地面运行是以可视监控为基础的 ②地面运行的自动化管理受到限制	①对地面及领空相互独立的能见度进行综合 ②自动化的目标决策协助提高效率

资料来源：concept of operation for the next generation air transportation system, vision 2.0 13 June 2007. [EB/OL]. <http://www.jpdo.aero/>

(2) 重大网络中心系统的重大变革

表 1-8 重大网络中心系统技术现状与 2025 年发展目标

重大变革	2006 年技术现状	2025 年“下一代”的技术创新
网络实现信息共享	①有限的关于驾驶舱的空中交通管理（如交通）信息，通常重要的数据在利益方之间共享 ②在利益协同决策过程中有限的数据共享 ③关于运行安全信息的共享是以手动的方式 ④并非所有利益相关者获得他们需要的数据 ⑤利益相关者使用定制数据源	①为空中管制、驾驶舱和飞机运行提供标准化的空中交通管理信息服务 ②安全利益相关者之间实现信息共享，以方便相互协作、风险管理和决策 ③忽略用户的身份和地位灵活分配用户需要的信息和服务 ④利益相关者可以获取所需的数据
飞机数据通信干线	①空中交通管理和运行控制的数据交流有限； ②实时气象资料和航空数据的获得受到限制 ③空中交通管制采用日常语音通讯模式 ④模拟语音系统 ⑤模拟气象系统 ⑥陆空之间和地面对地面的通信方式 ⑦由于通讯受限，使航空器的位置在视线之外（例如：在海洋） ⑧为发送至驾驶舱的每种信息类型提供单独的地面系统 ⑨基于空中交通管制部门的航空器的点对点通信	①飞机和飞机之间以及和空中交通管制之间实现四维轨迹 ②空中交通管理普遍采用数据通信。在轨迹化运作预留空域中，语音通讯仅限于特殊目的 ③从空间到地面的四维轨迹内拥有进行广泛协商的能力 ④在近地轨道（NEO）内建设或设计各种警报网络时提醒参与者需要预先留意的活动（危险的天气、安全、轨道非适应性等）从而引起高度重视 ⑤陆空、地面和地面、飞机之间实现实时网络连接 ⑥视线之外的其他网络连接，经空中接力由其他网络参与者传达到地面 ⑦形成一个空中网络，其中所有飞机都是参与者（节点）
基础设施管理服务/服务质量	①重要设施外出作业时持续运行能力受限 ②当发生重大停电事故时重新配置资源保持运行的能力有限	①当重大停电事故发生时，网络中心信息资源共享和资源重新配置的能力可以维持正常运营 ②具有处理突发事件的专案管理能力 ③跨地区综合交流的解决方案不需要经过双方的协调

(3) 机场的重大变革

表 1-9 机场的技术现状与 2025 年发展目标

重大变革	2006 年技术现状	2025 年“下一代”的技术创新
地面交通综合管理系统	①由于缺少情景判断意识导致跑道不畅通以及遗漏对出租车的清理 ②即使没有主动的管控和指示,地面保障设备在每个规定程序也要运行 ③飞行人员与导航员之间的信息交流受限、机坪管理不力导致机场地面运输流的效率不高	①积极主动地支持地面保障设备(GSE)管理,包括根据需求、系统集成和先进的跟踪能力调整计划安排 ②共享信息服务(SSA)使飞行员、空中导航服务人员、机坪管理员能够相互合作 ③机坪管理员和空中导航服务人员在传输飞机管控信息上自动协作 ④协调航班推迟起飞、机场除冰,为地面保障设备和飞机提供支持
禁区管理职能	①设备维修、应急措施、机场作业环境并不完全纳入飞行员、空中导航服务员和机场经营者日常经营的决策范围	①配合“下一代”的目标,传感器、数据管理、信息交换为机场管理职能提供支持 ②在出现紧急情况时,机场、当地应急资源和联邦机构能够使用近地轨道设备(NEO)进行方便有效的沟通 ③在机场日常运营将达到“下一代”目标的同时减少对整个环境的影响
航空站运营	①机场安保程序保障范围有限,原因在于它是根据现有建筑的设计和配置而设置,用于消除已定义的威胁。关卡检测仪器以及行李检测设备各自单独进行部署,限制了系统的协同作用以及自动化程度 ②地面交通运输系统尚以私人汽车、租赁汽车和出租车为主要运输方式	①旅客检查设备适应性强、具有效益、方便、彻底、快捷并且融入航空站运营系统 ②海关/移民局的工作更有效率和预见性,在离境处工作程序增加而重复性工作减少 ③地面运输系统采用多式联运并同时保持安全、高效、方便以及旅客选择的多样性
通过旅行追踪处理离港旅客和行李	①乘客和行李跟踪并联式系统具有有限的高效集成和第三方准入机会 ②乘客集中处理/登机将导致拥塞和低效率	①综合行程跟踪将有获得授权的第三方团体为乘客提供服务,例如:登机和行李运输/处理 ②远程安全检查将允许乘客在远处、机场外的客运点接受检查,并且被直接运送到机场的离港终端 ③强化行李分检系统
旅客流量管理	①同步系统的不协调使旅客不能尽快离港	①在机场的运输终端,能够有效支持的旅客流量增加三倍,同时,引导标识、信息传播和预测的技术水平得到改善
机场系统规划信息	①花费大量精力搜集准确而全面的标准化信息(例如:地理空间信息服务)	①对机场现有的数据和信息进行集中管理 ②为机场地面保障和飞行事故分析提供综合的地理信息服务(GIS)

续表

重大变革	2006 年技术现状	2025 年“下一代”的技术创新
机场生存	①许多机场都受到来自空间侵占、空中导航的新危险、转向非航空业务、运营成本难以支撑的威胁	①国家、地区和城市规划组织通过激励性措施以及与政府项目的联系发挥作用,从而保存有机场的实力 ②关于机场需求以及发展的信息随时提供给社区 ③关于可能影响机场地面保障的土地使用,新的机场结构方面的决策以及机场未来规划是为了机场的可持续发展而制定
机场使命、管理、融资	①机场通常由市、县或者机场管理局管理 ②某个地区的机场往往由不同的地方政府拥有和经营,他们可能有不同的目标 ③机场作为社区门户、经济发动机和交通枢纽发挥它的服务功能	①政策、融资和管理机制同样适用于公共团体和私人对机场的拥有与管理 ②酌情扩大军用机场的使用范围以增加使用美国国家飞行标准的机会 ③融资体系在政府支持下致力于修建备用机场筹措资金 ④区域内的机场实行一体化和互补的经营方式
机场规划过程是灵活、高效和易感应的	①规划、环保、融资进程通常不能很好的综合,导致延误产生	①融资、空管服务、安全服务、环保审查和区域协调纳入规划进程,以减少疏漏,增强能力,提高工作效率 ②确保规划信息综合、广泛、按年更新,找出差距和实施方案 ③执行新的实施后评价方案以配合环境管理系统
区域系统规划	①区域因素不是典型的总体规划过程的一部分,这在一定程度上是因为司法限制	①枢纽规划组织和规划过程综合协调机构相互协作以解决管辖权的限制 ②激励、促进区域内多式联运和地面交通的四通八达,方便时需要扩大备用机场的使用范围
优化飞行区设计	①界定标准被用来指导飞行区的设计以适应现代飞机和操作程序	①平行跑道隔离标准,障碍识别,机场地面保护和传感系统被优化以充分利用“下一代”驱动下改进的空域和飞行器 ②无人宇宙空间监视独特的基础设施需求、垂直/短起降飞机、航天飞机、新型飞行器纳入机场设计标准 ③地面设施能力限制,包括停机坪拥塞、跑道交叉、过夜停机被纳入飞行区设计的考虑范围
灵活的空港设计	①空港设计是静态的,包含大量的工作,容易出现故障,不能适应新的发展变化	①进程技术和安全检查要求的变化被纳入空港设计的考虑范围,使空港能快速重构以满足新的需要