

民航特色专业系列教材

空中交通流量管理 理论与方法

胡明华 著



科学出版社
www.sciencep.com

空中交通流量管理

理论与方法

曹建 著

中国民航出版社
CHINA CIVIL AVIATION PRESS

民航特色专业系列教材

空中交通流量管理理论与方法

胡明华 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书积极追踪空中交通流量管理理论前沿与发展动态,总结完善了空中交通流量管理的理论体系,深入介绍了空中交通流量管理的理论与方法。全书共分9章,内容涵盖空中交通流量管理的理论基础、策略方法 and 应用系统。第1章介绍空中交通流量管理的概念、目的、意义、研究内容及其发展与趋势等;第2章和第3章介绍空中交通流量管理的基础和前提,包括空域容量评估、空中交通流量统计与预测等;第4章~第8章介绍空中交通流量管理的策略与方法,包括地面等待策略、机场终端区飞机排序策略、改航策略、航班时刻优化策略,以及基于CDM的流量管理策略等;第9章介绍空中交通流量管理系统的体系结构和功能要求等。

本书可作为高等院校相关专业高年级本科生、研究生的空中交通流量管理理论课程教材,也可供从事空中交通管理研究与应用的科技工作者学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

空中交通流量管理理论与方法/胡明华著. —北京:科学出版社,2010.8
(民航特色专业系列教材)

ISBN 978-7-03-028561-4

I. ①空… II. ①胡… III. ①交通流量-空中交通管制-高等学校-教材
IV. ①V355.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第157111号

责任编辑:贾瑞娜/责任校对:何艳萍

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年8月第一次印刷 印张:15

印数:1—3 000

字数:30 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛 书 序

改革开放以来,我国民航事业获得了持续、快速、健康的发展。2010年,我国民用航空发展的主要预期指标是:航空运输总周转量 493 亿吨千米、旅客运输量 2.6 亿人次、货邮运输量 498 万吨。30 年来上述指标年均增速均达到两位数字,大约是中国国民经济发展速度的两倍,是世界民航业发展速度的四倍。从 2005 年至今,中国民航没有发生运输飞行事故,创造了中国民航历史上安全运营时间最长的记录,安全、生产、效益形势喜人。按照我国国民经济发展中长期规划和国际通用方法预测,中国民航的持续快速增长还会有较长一段时间。

近年来,中国民航总局党组提出了全面推进建设民航强国的战略构想,因此,对民航各层次管理和专业技术人才的培养提出了更高的要求。民用航空教育必须把培养知识面广、专业素质高、动手能力强、责任心强的专业人才作为自己的奋斗目标,以适应整个行业发展的需要。但是目前民航专业教材体系建设相对滞后,长期以来多数教材源于国外,不能完全符合中国实际;教材出版时间较早,知识相对陈旧,学生难以据此掌握当前民航的高新科学技术。教材问题已经客观地影响到教学效果和质量。

南京航空航天大学民航学院成立于 1993 年,由原中国民用航空总局和中国航空工业总公司正式联合创办,已形成具有培养本科、硕士、博士、博士后多层次人才的办学格局。目前设有交通管理与签派、民航运输管理、民航机务工程、民航电子电气工程、机场运行与管理、飞行技术 6 个专业。依托国家级、江苏省特色专业建设点,依靠国防科工委重点学科建设,以及承担国家级、省部级科研项目等多方雄厚的科研实力,形成了集市场营销、运营管理和维修保障为一体的全方位的人才培养体系,成为我国民用航空领域的重要教学和科研基地。

通过对近 17 年教学与科研成果的凝练与总结,为适应教学改革和民航发展的需要,及时反映现代民航科技领域的研究成果,保证教材建设与教学改革同步进行,我们出版了《民航特色专业系列教材》丛书。本套丛书在组织编写中,重点体现了以下几个方面的特色:

1. 突出民航和航空制造专业特色。教材编写过程中充分考虑到专业的交叉性、综合性和国际性强的特点,在要求学生掌握知识的同时,以培养技术与管理结合、适应性强、综合素质高、能在航空制造企业和民航企事业单位服务的复合型人才为目标,丰富和完善教材内容。

2. 面向民航应用,注重实践能力的培养。适当拓宽专业基础知识的范围,以增强学生的适应性;面向民航工程实际,注重实践环节,强化在民航系统就业所必需的职业技能培养内容,以促进对学生的实际动手能力和创新能力的培养。

3. 强化专业素质教育。在专业所应具备的基本知识基础上,拓宽和延伸专业课程内容,及时反映民航科技的最新成果,提升学生的专业素质和学习能力。

4. 兼顾学历教育和执照教育。由于民航专业的特殊性,获取专业执照是从业的必要条件,本套教材在编写过程中,注重学历教育和执照教育的有机结合,为学生顺利走上工作岗位创造条件。

5. 满足多层面的需求。针对同一类课程,根据不同的教学层次和学时要求,编写适合不同层次需求的教材,涵盖不同范围的拓展知识单元,注重与先修课程、后续课程的有机衔接,每本教材在重视系统性和完整性的基础上,尽量减少内容重复。

本套教材注重知识的系统性与全面性,突出民航专业特色,兼顾学生专业能力和综合素养的全面培养,力图提高民航专业人才的培养质量和完善人才培养的模式;着力推广民航专业教学经验和教学成果,推进民航专业教学改革。本套教材的编写出版为提高民航专业教学的整体水平做了有益的探索。

温家宝总理指出:“教育寄托着亿万家庭对美好生活的期盼,关系着民族素质和国家未来。不普及和提高教育,国家不可能强盛”。为了不断促进民航院校学生素质的提高以适应我国民航事业的持续、快速、健康发展,我们在教材编辑与创新上做了一些尝试,迈出了可喜的一步。作为一名老航空工作者,我为此鼓与呼。在丛书编写过程中,南京航空航天大学民航学院还得到众多相关学校与学院各方教授、专家、学者的帮助与指正,在此一并感谢。

王 知

2010年7月

前言

空中交通流量管理是空中交通管理的三大主要职能之一,其任务是在空中交通流量接近或达到空中交通管制可用能力时,适时地进行调整,保证空中交通流量最佳地流入或通过相应区域,尽可能提高机场、空域可用容量的利用率。空中交通流量管理对于促进空中交通安全,维护空中交通秩序,保障空中交通畅通具有重要作用。

空中交通流量管理是提高空域利用率、确保空中交通顺畅、减少航班延误最有效、最经济的手段,在欧美各发达国家的空中交通管理中发挥了极其重要的作用。在世界航空运输业快速发展、空中交通流量迅速增加和空中交通堵塞问题日趋严峻的背景下,研究与应用现代空中交通流量管理理论和方法,对于实施空中交通流量管理具有重要的科学价值和现实意义。随着航空科技的迅速发展,空中交通流量管理理论与方法已成为现代空中交通管理科技领域的重要组成部分,是当前航空运输研究的热点问题,已形成初步的理论体系,并处于不断发展和完善之中。

本书是作者近 10 年在该领域研究成果的系统总结,同时也反映了该领域的国际研究前沿与发展动态。全书共分 9 章,分别介绍空中交通流量管理的基础、内容和应用。第 1 章绪论,简要介绍空中交通流量管理的基本概念、目的与意义、方法分类,并分析其发展与趋势;第 2 章空域容量评估,系统深入地介绍机场容量评估、终端区容量评估、航路容量评估、扇区容量评估、区域容量评估等理论、技术和方法;第 3 章空中交通流量统计与预测,着重介绍基于航迹推测的流量统计与预测技术;第 4 章地面等待策略,全面描述地面等待问题,分别针对单机场和多机场地面等待问题深入介绍典型的理论模型与算法;第 5 章机场终端区飞机排序策略,简要介绍经典的终端区排序算法,着重介绍基于遗传算法的飞机排序策略和一种基于互换理论的动态飞机排序策略;第 6 章改航策略,介绍基于动态网络的改航模型及其拉格朗日生成算法和改进的 A* 算法;第 7 章航班时刻优化策略,介绍基于多元受限的航班时刻优化方法和基于冲突探测的航班时刻协调方法;第 8 章基于 CDM 的流量管理策略,阐述 CDM 的基本原理、核心机制,深入介绍几种协同管理策略;第 9 章空中交通流量管理系统结构与功能,介绍国外空中交通流量管理系统的一般组织结构、主要职能和管理措施,为建设适合我国国情的空中交通流量管理系统提供借鉴。

本书可作为高等院校相关专业高年级本科生、研究生的空中交通流量管理理论课程教材,也可供从事空中交通管理研究与应用的科技工作者学习和参考。

本书由胡明华教授主笔,南京航空航天大学空中交通管理研究所张洪海博士、陈世林博士、张晨博士、张进博士等参加编写,张洪海博士协助胡明华教授做了统稿工作,在此表示感谢!

本著作的问世希冀在空中交通流量管理的理论和方法上推动我国空中交通流量管理的研究进程和水平。任何一项研究都是在问题与不足中前行、深化,进而得到不断改进与完善。作者相信本书在读者的关心下,在作者的进一步探索中,一定会得到不断完善。

作者

2010年3月于南京航空航天大学

目 录

丛书序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 空中交通流量管理概述	1
1.1.1 空中交通流量管理的基本概念	1
1.1.2 空中交通流量管理的目的与意义	1
1.1.3 空中交通流量管理的方法分类	2
1.1.4 空中交通流量管理的发展与趋势	3
1.2 空中交通流量管理的研究内容简介	5
1.2.1 空域容量评估	5
1.2.2 空中交通流量管理策略	6
1.2.3 空中交通流量管理系统	8
1.3 本书内容安排	9
第 2 章 空域容量评估	10
2.1 空域容量概述	10
2.1.1 基本概念	10
2.1.2 空域容量评估目的	11
2.1.3 空域容量研究概况	12
2.1.4 空域容量评估方法	13
2.2 机场容量评估	14
2.2.1 跑道容量模型	15
2.2.2 滑行道容量评估	30
2.2.3 停机坪/登机门容量模型	31
2.2.4 机场空地联合容量模型	34
2.2.5 容量评估和延误分析工具	38
2.3 终端区容量评估	41
2.3.1 基本概念	41
2.3.2 终端区容量基本模型	44
2.3.3 多机场终端区容量模型	52
2.4 航路容量评估	54

2.4.1	基本概念	54
2.4.2	航路容量模型	56
2.4.3	航路交叉点容量模型	60
2.5	扇区容量评估	65
2.5.1	基本概念	65
2.5.2	扇区容量评估	66
2.6	区域容量评估	72
2.6.1	概述	73
2.6.2	区域容量评估模型	74
第3章	空中交通流量统计与预测	81
3.1	交通流量统计与预测概述	81
3.1.1	基本描述	81
3.1.2	研究现状	81
3.2	基于航迹推测的流量统计与预测技术	82
3.2.1	航迹推测集成模型	82
3.2.2	航迹推测算法	87
3.2.3	空域单元流量统计与预测	94
第4章	地面等待策略	95
4.1	概述	95
4.2	单机场地面等待问题	96
4.2.1	确定性模型	97
4.2.2	静态随机模型	97
4.2.3	动态随机模型	99
4.2.4	网络规划模型	100
4.2.5	基于 DES 的地面等待模型	103
4.3	多机场地面等待问题	109
4.3.1	多机场地面等待策略模型	109
4.3.2	多机场地面等待策略算法	116
第5章	机场终端区飞机排序策略	123
5.1	概述	123
5.2	机场终端区交通环境描述	123
5.3	机场终端区飞机排序算法简介	124
5.3.1	先到先服务算法	124
5.3.2	改进的先到先服务算法	125

5.3.3	时间提前量算法	125
5.3.4	约束位置交换算法	126
5.3.5	分航路调节距离间隔的排序算法	126
5.3.6	动态尾流间隔算法	128
5.3.7	滑动窗优化算法	128
5.3.8	模糊模式识别算法	128
5.3.9	延误交换算法	128
5.4	基于遗传算法的终端区飞机排序策略	129
5.4.1	遗传算法概述	129
5.4.2	基本概念	129
5.4.3	基本操作	131
5.4.4	模型建立	132
5.4.5	算例仿真	133
5.5	基于互换理论的动态飞机排序策略	134
5.5.1	基本思路	134
5.5.2	飞机降落时间问题数学模型	134
5.5.3	动态排序算法	136
第6章	改航策略	138
6.1	概述	138
6.2	基于动态网络的改航模型	139
6.2.1	空中交通动态网络	139
6.2.2	动态多任务网络流模型	140
6.3	拉格朗日生成算法	144
6.3.1	拉格朗日松弛	144
6.3.2	随机舍入寻径	145
6.3.3	整数布局问题求解	146
6.3.4	算例	147
6.4	基于改进的 A* 算法的改航策略	155
6.4.1	总体思路	155
6.4.2	一般改航算法	155
6.4.3	航班优先级	156
6.4.4	优化算法	158
第7章	航班时刻优化策略	164
7.1	概述	164

7.2	航班时刻制定现状	164
7.2.1	国际航班安排程序	164
7.2.2	国内航班时刻安排现状	167
7.3	基于多元受限的航班时刻优化方法	170
7.3.1	符号定义	171
7.3.2	航班时刻优化模型	171
7.4	基于冲突探测的航班时刻协调方法	173
7.4.1	一般描述及符号约定	173
7.4.2	基于冲突探测的航班时刻协调模型	175
7.4.3	模型求解算法	176
第8章	基于CDM的流量管理策略	178
8.1	概述	178
8.1.1	CDM简介	178
8.1.2	CDM核心机制	179
8.1.3	基于CDM的流量管理	179
8.2	增强型地面等待策略	180
8.2.1	概述	180
8.2.2	航班时刻监视器	181
8.2.3	GDP-E核心技术	182
8.3	机场场面管理	194
8.3.1	进离场航班流管理概述	194
8.3.2	美国机场场面管理系统	195
8.3.3	欧洲机场场面管理系统	197
8.3.4	总结	199
8.4	协同航路	200
第9章	空中交通流量管理系统结构与功能	201
9.1	空中交通流量管理系统的一般构架	201
9.1.1	三层空中交通流量管理系统	201
9.1.2	二层空中交通流量管理系统	202
9.1.3	系统功能	204
9.1.4	流量管理调配策略	205
9.2	美国的空中交通流量管理系统	205
9.2.1	概况	205
9.2.2	发展历程	206

9.2.3	组织机构	206
9.2.4	流量管理策略的实现	207
9.3	欧洲的空中交通流量管理系统	209
9.3.1	概况	209
9.3.2	发展历程	210
9.3.3	组织机构	210
9.3.4	流量管理程序	211
9.4	美国与欧洲空中交通流量管理比较	212
9.4.1	运行环境	212
9.4.2	管理概念	213
9.4.3	组织结构	214
参考文献		215

第 1 章 绪 论

1.1 空中交通流量管理概述

1.1.1 空中交通流量管理的基本概念

空中交通管理(air traffic management, ATM)从功能上可分为空中交通服务(air traffic service, ATS)、空域管理(air space management, ASM)和空中交通流量管理(air traffic flow management, ATFM)。其中,空中交通服务的主要目的是防止机动飞行区内航空器与航空器、航空器与障碍物之间发生碰撞,加速空中交通流动,维持空中交通秩序;空域管理是指依据既定空域结构条件,以时分共享的方式,按短期需求划分空域,实现空域的充分利用,尽可能满足经营人对空域的需求;空中交通流量管理是空中交通管理的重要组成部分,国际民航组织在 ICAO DOC4444 文件中对空中交通流量管理进行了明确定义:空中交通流量管理是为有助于空中交通安全、有序和快捷地运行,确保最大限度地利用空中交通管制(air traffic control, ATC)服务,并符合有关空中交通服务当局公布的标准和容量而设置的服务。

1.1.2 空中交通流量管理的目的与意义

空中交通流量管理的目的是为了安全、有效使用现有的空域、机场资源和空中交通管制服务,并为航空器营运者提供及时、精确的信息,保证空中交通量最佳地流入相应区域,尽可能准确地预报飞行情况以减少延误,从而提高机场、空域可用资源的利用率。从本质上讲,空中交通流量管理的根本目的是平衡空中交通供需,加快并保持空中交通持续有序畅通,促使空域和机场资源合理、有效和充分利用。当飞行流量接近或超出空中交通管制系统的可用容量时,预先或实时采取科学的管理策略以保障流量最佳流入或通过相应区域,确保最大限度地利用机场、空域资源;同时协助 ATC 提供可靠的管制服务,并为航空器营运者提供及时、精确的信息,以便作出合理的相应决策。

近年来,随着我国民航运输业的飞速发展,空中交通流量的迅速增长,现有的空域结构、网络布局、通信导航设备等难以适应现代空中交通流量增长的节奏,在机场、终端区及航路交叉点等处的飞行冲突和拥挤现象频繁发生,造成了空中交通网络的“瓶颈”。目前我国的空中交通流量管理尚未系统化、规范化和科学化。所谓的流量管理仅限于安排航班在机场的起降时刻,主要采取的措施是对未起飞的航班采取计划顺延,已经起飞的航班采取等待或者改航。而且现行管理中人为意识比较突

出,对流量管理没有通盘考虑,缺乏科学、明确的手段和方法,所以空中交通流量管理难以实现优化管理。

为了缓解空中交通拥挤问题,虽然有关部门对航路走向、管制方法等进行了调整,但由于飞行流量的持续快速增长,区域性流量很快达到饱和甚至超负荷,在超负荷运作情况下,任何一个不正常因素的出现都可能危及飞行安全。为了确保飞行安全,只能适时进行流量控制与管理。目前,我国空中交通流量主要集中在北京、上海和广州区域,在流量迅速增加时节(如春运、旅游旺季等),或遇恶劣天气等一些偶然因素,就很容易产生飞行冲突,形成瓶颈状态,造成安全隐患;而且随着中西部大开发的逐步推进,这些地区的空中交通货运与客运流量也将快速增长,原有的全国空中交通流量分布格局将可能发生变化,中西部某些地区的流量可能超过现有的空运能力。因此,在我国建设全国空中交通流量管理系统势在必行,研究空中交通流量管理理论与方法已是当务之急,具有重要的理论意义和现实价值。

1.1.3 空中交通流量管理的方法分类

1. 按时间划分

1) 长期法

一般要15年左右,主要包括建造更多的机场,增加机场的跑道数量,改善硬件设备环境,提高空中交通管理技术。

2) 中期法

一般为6个月到几年,主要包括增加空中航线、修改空域结构等。这些方法使得空中交通网络的飞行流量从宏观上更加合理,能够更有效地利用空域。

3) 短期法

主要通过地面等待、空中等待、修改飞行计划等策略直接对空中交通流量进行控制,使得空中交通流量与空域、机场的容量相匹配,从而减少拥挤。

2. 按空间划分

1) 区域流量管理

对大范围区域性流量问题进行管理与调控,主要针对航路中、管制区之间、各个航路汇集节点(导航点)及地区航路网的整体性流量问题,包括航路、扇区和多机场等的流量管理问题。

2) 终端区流量管理

主要处理机场及其走廊口区域,飞机的进场和离场流量的排序与调度问题。

3) 机场场面流量管理

采用先进的自动化管理技术,对机场场面资源及航空器流进行实时监控与管理,以保障机场场面安全,提高场面资源利用率,降低管制工作负荷等。

3. 按级别划分

1) 战略级流量管理

针对过去的实施情况并结合未来一定时间范围内的综合信息(飞机、机场、航空公司、旅客、管制员、旅客服务部门、气象部门及其他)对未来流量管理作出战略性计划。

2) 预战术级流量管理

根据战略性计划并结合信息网络所提供的预测信息,预先调配流量。

3) 战术级流量管理

根据战略性计划结合信息网络所提供的实时信息,实时调度流量。

4. 按应用划分

按应用可分为容量评估、流量统计与预测、地面等待、终端区排序、改航、航班时刻优化,以及协同流量管理等。其中,容量评估、流量统计与预测是流量管理的基础和前提,为流量管理策略的制定提供科学依据;地面等待、终端区排序、改航和航班时刻优化是流量管理的主要方法;协同流量管理是一种安全、高效和公平的流量管理机制,旨在利用协同决策技术与方法改进流量管理策略,以提高流量管理的有效性和公平性。

1.1.4 空中交通流量管理的发展与趋势

随着世界航空运输的快速发展,空中交通流量的持续增长,空中交通拥塞频繁发生。研究空中交通流量管理技术、理论与方法,实施科学的空中交通管理已经成为各航空发达国家的共同选择。

1. 美国

从20世纪60年代开始,为了应对空中交通拥塞和大量航班延误,美国联邦航空局(FAA)开始流量管理的研究,并采用扩建机场、增加跑道和开辟新航路等方法增加空域系统容量。空中交通流量的快速增加推动了流量管理技术的升级换代。70年代,FAA在管制系统上集成各种流量管理技术、方法与程序,建立了世界上第一套独立运行的增强型交通管理系统(enhanced traffic management system, ETMS)。ETMS的空中交通管制系统指挥中心(air traffic control systems command center, ATCSCC)设在华盛顿,其主要职责是对全国主要航路和中心机场的流量实施监控,处理因天气或其他原因引起的交通拥塞,及时向空中交通管理单位和航空公司发布预测性流量控制建议;设立在各航路管制中心和繁忙终端管制区的流量管理机构负责管理管制区域内的交通流量,解决本区域内的交通拥挤问题。流量管理机构在ATCSCC的统一协调下开展工作。ETMS代表了当今全球最先进的流量管理技术,自建成起在美国的航空运输中发挥了巨大的作用,而且至今仍在不断发展和完善之中。美国的流量管理系统主要针对

繁忙机场和终端区空中交通拥挤的特点,利用 ETMS、协同航路调整工具、航班时刻监视器(flight schedule monitor,FSM)等关键技术系统和工具,实现了航空器地面延误、改航、空中排序等战术操作,使机场终端区、航路的拥挤有效地降到了最低程度,确保了空中交通的安全、有序和高效。目前,美国正在研制和开发以改进和提高交通流的安全性为目标的新一代流量管理技术。新技术重点围绕 ETMS 体系结构、数据交换、协同决策和流量评估四个方面进行研发和系统升级,在流量管理员、管制员、签派员和飞行员的协同工作下,实现安全、高效的自由飞行。

2. 欧洲

为了应对日益严重的空中拥塞和航班延误,欧洲重点研发通过调整航班计划来疏导空域拥塞的流量管理技术。从 20 世纪 70 年代初期开始,陆续有 14 个国家建立了地区级飞行流量管理机构。80 年代,在布鲁塞尔设立管理全欧洲流量的中央流量管理中心,在各大区域管制中心设立流量管理席位,中央流量管理中心与多个流量管理席一起,对欧洲民航委员会成员国的空域实施流量管理,通过航空用户、机场和空中交通管制部门之间的紧密合作来防止空中交通管理系统超负荷运行。欧洲流量管理系统虽然在总体性能上与 ETMS 略有差距,但其采用的航班计划总体协调核心技术和高效的信息交换技术,有效地保证了整个欧洲空域的交通畅通。欧洲的流量管理系统主要针对欧洲地区航路网拥挤的特点,通过构建中心数据库,重点从优化航班飞行计划入手,利用初始飞行计划和定期航班计划处理系统、计算机辅助时隙分配系统(computer assisted slot allocation,CASA)等关键技术系统和工具,形成了科学合理的战略、预战术和战术决策,使欧洲地区的航班延误大幅度降低,空中交通拥挤状况明显改善。近年来,欧洲也在开发新一代流量管理技术。新技术有以下特征:①平衡流量和容量。流量管理将从当前的单纯调整航班流量转变成为流量与容量协同调整。②协同决策。流量管理员、航空公司签派员和管制员将密切合作,相互配合,共同完成流量管理任务。③分析决策辅助工具。采用多种分析、预测、决策支持工具,辅助流量管理员的工作,避免空中交通拥塞,实现空域系统的有效利用。

3. 日本

从 20 世纪 80 年代起,以欧美流量管理技术为基础,日本开始研究本国空中交通拥塞问题和相应的流量管理技术。1988 年开始筹建全国流量管理系统,1993 年 10 月正式投入运行。日本流量管理系统中的关键技术包括:空中交通流动态监视技术、空中交通流预测技术、拥塞疏导辅助决策技术和流量控制通告发布技术。日本的流量管理系统功能简捷实用,为解决本国空域、机场的拥塞问题发挥了巨大作用。近年来,日本追踪欧美技术也开展了新一代流量管理技术的研究。新技术以协同决策、空域动态规划和洋区流量控制为主要特征,计划通过 10~15 年的研发,达到或接近欧美技术水平,能够全面管理东北亚空中交通流量。