

空中交通流量管理 理论与方法

张兆宁 王莉莉 © 著



科学出版社

www.sciencep.com

空中交通流量管理理论与方法

张兆宁 王莉莉 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书追踪现代空中交通流量管理理论的发展动态,系统介绍了空中交通流量管理的理论与方法。主要包括:空中交通流的基本理论,空中交通流量预测的方法,空中交通网络系统的各个子系统的容量分析计算方法,空中交通流量控制的各种排序算法,单机场、多机场的地面等待模型,空中交通流量管理的协调决策等。

本书可作为高等院校空中交通管理专业的本科生、研究生的教学用书,也可作为从事空中交通流量管理方面研究的相关技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

空中交通流量管理理论与方法/张兆宁,王莉莉著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-023079-9

I. 空… II. ①张…②王… III. 交通流量-空中交通管制 IV. V355.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 150323 号

责任编辑:陈 婕 王志欣 王向珍/责任校对:包志虹

责任印制:赵 博/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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张:14 1/2

印数:1—1 500 字数:284 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

伴随着我国航空运输的迅猛发展，中国民用航空局（民航局）提出了建设“新一代航空运输系统”的宏伟目标，其中，空中交通管理系统是新一代航空运输系统的重要核心。空中交通流量管理系统作为空中交通管理系统的重要组成部分，对于保障飞行安全、高效地实现航空运输发挥着巨大的作用。随着民用航空的发展和科技的进步，空中交通流量管理的理论研究在不断展开，以适应空中交通流量管理系统的发展。

空中交通流量管理是在空中交通流量接近或达到空中交通管制可用能力时，预先或适时采取适当措施，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。空中交通流量管理使得空中交通运输系统的流量与容量相适应，使得空中交通流网络系统正常、高效地运行。

理论来源于实践，理论的发展反过来又可以指导实践。根据解决空中交通流量拥挤、延迟等问题的需要，国内外对于空中交通流量运行系统方面的研究已经取得了大量的研究成果，初步形成了一定的理论体系，这些理论在解决空中交通流量系统运行及管理方面的实际问题和发展空中交通流量管理理论等方面起到了巨大的作用。本书跟踪国内外空中交通流量管理理论的发展，以空中交通流网络的特点和系统控制管理方法为主线，全面地介绍了国内外学者在空中交通流量管理方面的理论研究成果，其中也包括作者的相关研究成果。

本书系统全面地介绍了空中交通流量管理的理论与方法，主要包括：空中交通流基本理论，空中交通流量预测理论，空中交通流量系统管理中流量控制、地面等待和短期流量管理等模型和方法，流量管理系统中协同理论以及系统的实现等。本书适合空中交通管理专业的本科生、研究生作为理论研究的参考书籍，同时对相关技术人员也具有参考价值。

本书是在徐肖豪教授的指导下，由张兆宁教授具体组织编写的。其中，王莉莉编写了第6、7章，赵玉环编写了3.1节、3.2节、3.6节、5.1节、5.2节，其余章节由张兆宁编写。在编写过程中，黎新华、郭爽和张秀辉做了大量的材料整理和编写工作，卢婷婷、何健生、张飞、胡君等也给予了许多帮助，在此向他们致以衷心的感谢。此外，在民用航空相关背景资料的编写过程中参考了大量网站上的信息，因其内容零散且较多，无法在参考文献中一一标出，在此一并表示致谢。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 空中交通服务	1
1.2 空域管理	10
1.3 空中交通流量管理	12
参考文献	21
第 2 章 空中交通流基本理论	22
2.1 交通流	22
2.2 连续交通流的三要素	24
2.3 连续交通流的跟驰理论	28
2.4 间断交通流的排队系统	30
参考文献	31
第 3 章 空中交通流量预测	32
3.1 空中交通流量预测概述	32
3.2 空中交通流量预测方法	35
3.3 空中交通流量的灰色数列预测模型	41
3.4 空中交通流量的灰色区间预测模型	46
3.5 空中交通流量的随机指数预测模型	51
参考文献	54
第 4 章 空中交通流网络系统容量	56
4.1 容量的基本概念	56
4.2 系统容量的影响因素	57
4.3 容量分析的作用与方法	60
4.4 空中交通流网络系统容量计算模型	61
参考文献	88
第 5 章 空中交通流量管理的控制算法	90
5.1 排队论理论	90
5.2 空中交通流量管理系统中的排队系统	99
5.3 终端区着陆次序的排序规划算法	103
5.4 基于蚁群算法的进近飞机队列排序算法	108

5.5 基于模糊综合评判的排队算法	116
5.6 基于优化窗的空中流量队列排队算法	119
5.7 基于滑动窗的排队算法	122
参考文献	123
第6章 单机场地面等待模型与算法	125
6.1 地面等待策略概述	125
6.2 单机场地面等待模型	129
参考文献	157
第7章 多机场地面等待模型与算法	158
7.1 多机场地面等待问题	158
7.2 多机场地面等待模型	159
7.3 考虑扇区容量限制的多机场模型	161
7.4 考虑扇区容量限制的动态多机场网络流模型	170
参考文献	176
第8章 空中交通网络流量短期动态管理	178
8.1 图与网络分析	178
8.2 空中交通流量短期动态优化管理	180
8.3 一种基于优化的空中交通流量短期动态管理	186
参考文献	192
第9章 空中交通流量管理的协调决策	193
9.1 空中交通流量管理决策过程中存在的问题	194
9.2 协调决策概述	196
9.3 欧美等发达国家的协调决策运行现状	198
9.4 在我国建立协调决策机制的必要性和运行现状	199
9.5 决策支持系统与协调理论在空中交通流量管理中的应用	201
参考文献	204
第10章 空中交通流量管理系统	206
10.1 空中交通流量管理系统概述	206
10.2 欧洲的空中交通流量管理系统	212
10.3 美国的空中交通流量管理系统	215
10.4 日本的空中交通流量管理系统	218
10.5 中国的空中交通流量管理系统的建设	222
参考文献	225

第 1 章 绪 论

航空器载着人、物在空中飞行便形成空中交通，但航空器不能毫无秩序的飞行，需要军、民航空部门进行管理以保证飞行的安全和高效，这就是空中交通管理。空中交通管理的任务是有效地维护空中交通秩序，保障空中交通安全畅通。

空中交通管理（air traffic management, ATM）从功能上可划分为三部分：空中交通服务（air traffic service, ATS）、空域管理（airspace management, ASM）和空中交通流量管理（air traffic flow management, ATFM）。利用这三种功能范畴可以概括和划分分布在不同时间、空间上的各种交通功能。

1.1 空中交通服务

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，加快空中交通流动速度，维持空中交通秩序。

1.1.1 空中交通服务的发展

航空发展早期，空中航空器的数量并不多，因此飞行员自己驾驶航空器可以比较自由地飞行。但是第二次世界大战结束后，随着航空技术在民用领域的发展，民用航空运输活动逐渐频繁，而当时的机载设备和飞行员的能力已经无法继续保证航空器在飞行过程中彼此不发生危险或碰撞，因此为保证空中交通安全运行，空中交通服务便应运而生。早期的空中交通服务向飞机提供位置、其他飞机位置、气象等信息以保障飞行安全。随着现代空中交通及科技手段的发展，服务的内容到现在已经发生了很大的变化。

由于航空活动的国际性以及国土防空的需要，对空中交通服务的管理通常都是建立在国家层次上的，由国家设立专门的管理机构，负责对本国的空中交通服务进行规划、管理、建设，并与邻近国家或地区进行协调。

空中交通服务在航空运输的发展过程中不断地发展和完善，国际民用航空组织中的各缔约国在空中交通服务的目标、职责、方法、规划、建设、发展和协调等方面逐步取得共识。国际民用航空组织下面专设航行委员会，根据民用航空在各缔约国的发展现状和趋势，为缔约国制定空中交通服务的标准和建议措施，用以推动各缔约国在空中交通服务方面的规范建设和协调发展。国际民用航空组织航行委员

会在 1950 年 5 月 18 日正式为空中交通服务颁布了第一部国际标准《国际标准和
建议措施——空中交通服务》，并将其指定为《国际民用航空公约》的附件 11。

《国际民用航空公约》的附件 11 将空中交通服务的目标描述为：

- (1) 防止航空器之间发生碰撞；
- (2) 防止机动区范围内航空器之间或航空器与障碍物之间发生碰撞；
- (3) 加速和保持空中交通的有序流动；
- (4) 为航空器安全、高效运行提供建议和有用信息；
- (5) 在认为航空器需要搜寻和救援帮助时，通知有关组织，并根据要求协助其工作。

可以看出，安全是空中交通服务的根本目标，在满足安全需要的基础上，空
中交通服务还应致力于提高空中交通运行的效率。

1.1.2 空中交通服务的划分

在现代空中交通服务中，航空运行速度快、跨越的地域范围广，要想对所有
航空器的运行进行全程监视并调配交通冲突，仅凭一个空中交通服务部门是难以
胜任的。为了完成空中交通服务的目标，根据航空器运行和交通冲突调配指挥的
特点，空中交通服务被划分成空中交通管制、飞行情报服务、航空气象服务和告
警服务。其中空中交通管制是核心，它包括区域管制服务、进近管制服务和塔台
管制（或称机场管制）服务。各种空中交通服务与空中交通服务目标之间的关系
如图 1.1 所示。

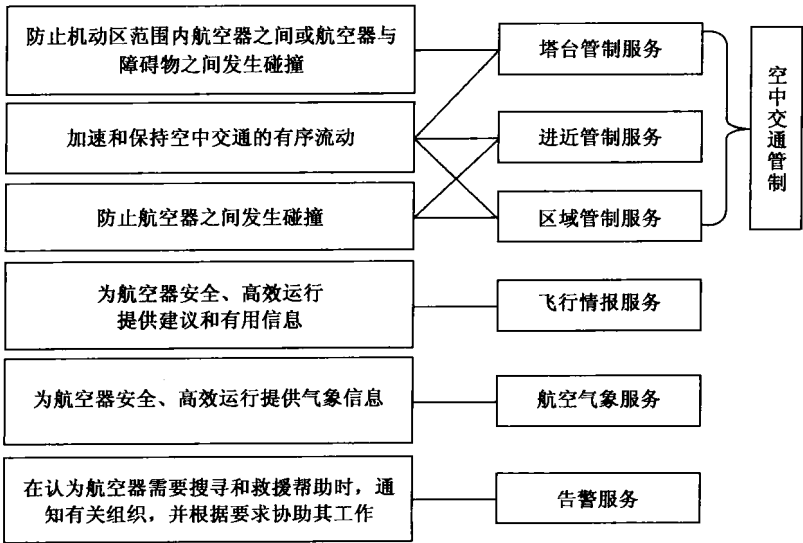


图 1.1 空中交通服务与空中交通服务目标的关系

1. 空中交通管制

空中交通管制是空中交通管理的核心部分。空中交通管制的任务是防止航空器与航空器相撞或在机动区内航空器与障碍物相撞，维护和加快空中交通的有序流动。

1) 空中交通管制的执行单位

空中交通管制的执行单位是指空中交通管制单位。民用航空空中交通管制工作分别由下列空中交通管制单位实施：

- (1) 塔台空中交通管制室（简称塔台管制室，也称机场管制室）；
- (2) 空中交通服务报告室；
- (3) 进近管制室（终端管制室）；
- (4) 区域管制室（区域管制中心）；
- (5) 民用航空地区管理局调度室（简称管理局调度室）；
- (6) 民用航空局空中交通管理局总调度室（简称总调度室）。

空中交通管制单位履行下列职责：

(1) 塔台管制室负责对本塔台管辖范围内航空器的开车、滑行、起飞、着陆和与其有关的机动飞行的管制工作。在没有机场自动情报服务的塔台管制室，还应当提供航空器起飞、着陆条件等情报。

(2) 空中交通服务报告室负责审查航空器的飞行预报及飞行计划并向有关管制室和飞行保障单位通报飞行预报和动态。

(3) 进近管制室负责一个或数个机场的航空器进、离场的管制工作。

(4) 区域管制室负责向本管制区内受管制的航空器提供空中交通管制；受理本管制区内执行通用航空任务的航空器，以及在非民用机场起降而航线由民用航空保障的航空器的飞行申请，负责管制并向有关单位通报飞行预报和动态。

(5) 管理局调度室负责监督、检查本地区管理局管辖范围内的飞行，组织协调本地区管理局管辖范围内各管制室之间和管制室与航空器经营人航务部门之间飞行工作的实施；控制本地区管理局管辖范围内的飞行流量，处理特殊情况下的飞行；承办专机飞行的有关工作，掌握有重要客人、在边境地区和执行特殊任务的飞行。

(6) 总调度室负责监督全国范围内的有关飞行，控制全国的飞行流量，组织、承办专机飞行的有关管制工作并掌握其动态，处理特殊情况下的飞行，审批不定期飞行和外国航空器非航班的飞行申请。

注：飞行情报区内的飞行情报工作由该区飞行情报中心承担或由飞行情报中心委托区域管制室负责。

2) 空中交通管制的执行者

空中交通管制的执行者就是空中交通管制员 (controller), 简称管制员。

管制员分为程序管制员和雷达管制员。按照管制员的技术水平和分工, 又可以分为主任程序 (雷达) 管制员、程序 (雷达) 管制员和助理程序 (雷达) 管制员。

程序管制员必须经过民用航空局认可的训练机构的专门训练, 理论考试及格, 经过实习, 考核合格, 领取执照, 方可担任管制工作; 雷达管制员必须持有程序管制员执照, 经过民用航空局认可的雷达管制训练机构的训练, 考试及格, 经过实习, 考核合格, 领取雷达管制员执照, 方可担任雷达管制工作。

空中交通管制员的值勤有关规定如下:

(1) 塔台、进近、区域管制室值班空中交通管制员连续值勤的时间不得超过 6h;

(2) 直接从事雷达管制的管制员, 其连续工作时间不得超过 2h, 两次工作的时间间隔不得少于 30min。

(3) 空中交通管制岗位应当安排 2 人 (含) 以上值勤。

(4) 管制员在饮用含酒精饮料之后的 8h 内和处在麻醉剂或其他对值勤有影响的药物作用的情况下, 不得参加值勤。

3) 空中交通管制的管制空域

空中交通管制的管制空域应当根据空域内的航路结构和通信、导航、气象、监视能力划分, 以便对所划空域内的航空器飞行提供有效的空中交通管制。

航路、航线地带和民用机场区域设置高空管制区、中低空管制区、终端 (进近) 管制区和机场塔台管制区。通常情况下, 高空管制区、中低空管制区、终端 (进近) 管制区和机场塔台管制区内的空域分别称为 A、B、C、D 类空域。

A、B、C 类空域的下限应当在所划空域内最低安全高度以上第一个高度层, D 类空域的下限为地球表面。A、B、C、D 类空域的上限应当根据提供空中交通管制的情况确定, 如无上限, 应当与巡航高度层上限一致。

A 类空域为高空管制空域。在我国境内 6600m (含) 以上的空间被划分为若干个高空管制空域。在此空域内飞行的航空器必须按照仪表飞行规则飞行并接受空中交通管制。

B 类空域为中低空管制空域。在我国境内 6600m (不含) 以下最低高度层以上的空间被划分为若干个中低空管制空域。在此空域内飞行的航空器, 可以按照仪表飞行规则飞行; 如果符合目视飞行规则的条件, 经航空器飞行员申请, 并经中低空管制室批准, 也可以按照目视飞行规则飞行, 并接受空中交通管制。

C 类空域为进近管制空域。通常是指在一个或几个机场附近的航路汇合处划分的便于进场航空器和离场航空器飞行的管制空域。它是中低空管制空域与塔台管制空域之间的连接部分, 其垂直范围通常在 6000m (含) 以下, 最低高度层以

上；水平范围通常为半径 50km 或走廊进出口以内的除机场塔台管制范围以外的空间。在此空域内飞行的航空器，可以按照仪表飞行规则飞行；如果符合目视飞行规则的条件，经航空器飞行员申请，并经进近管制室批准，也可以按照目视飞行规则飞行，并接受空中交通管制。

D 类空域为塔台管制空域，通常包括起落航线、第一等待高度层（含）及其以下，地球表面以上的空间和机场机动区。在此空域内运行的航空器，可以按照仪表飞行规则飞行；如果符合目视飞行规则条件，经航空器飞行员申请，并经塔台管制员批准，也可以按照目视飞行规则飞行，并接受空中交通管制。

4) 中国空中交通管制的现状

目前国内的空中交通管制实行“统一管制、分别指挥”的体制，即在国务院、中央军委空中交通管制委员会的领导下，由空军负责实施全国的飞行管制，军用飞机由空军和海军航空兵实施指挥，民用飞行和外航飞行由民用航空管理机构实施指挥。

由于这一体制存在某种局限性，国务院、中央军委拟改革全国空中交通管制体制，将来权利可能移交空中交通管制委员会。改革将分三步完成：第一步将京穗深和京沪航路移交民用航空管制指挥的试点；第二步在总结京穗深等航路管制指挥移交试点的基础上，按照国际民用航空组织的标准，划分空域，分期、分批将全国航路（线）交由民用航空管制指挥；第三步实现空中交通由国家统一管制的目标，同时建立较完善的空中交通管制（简称空管）系统。

就民用航空内部来说，空管系统实行“分级管理”的体制，即各级空管部门分别隶属于民用航空局、地区管理局、省（市、区）局以及航站。空管局对民用航空空管系统实行业务领导，其余工作包括人事、财务、行政管理及基本建设等均由各地区管理局、省（市、区）局及航站负责。

在空管设施方面，经过不断地建设，基本上形成了比较完善的通信、导航、情报、气象保障系统。通信保障方面，在全国绝大多数民用机场配置了卫星语音地面站和卫星数据地面站，每个管制单位装备了两套以上的甚高频对空通信台，部分对空通信薄弱地区配备了甚高频转播台，在我国东部地区实现了 7000m 以上甚高频对空通信的覆盖。导航保障方面，绝大多数民用机场配备了仪表着陆系统、全向信标和测距仪，大部分高空、中低空管制区配备了二次或一、二次雷达，在我国东部地区基本达到 7000m 以上雷达覆盖。在航行情报保障方面，正在建设航行情报自动化系统，航行通告及航行资料制作技术有了明显地改进。气象保障方面，各机场配备了气象观测、预报设备，部分机场配备了气象雷达、自动观测系统、气象卫星云图接收设备，为航班飞行及时提供了所需的气象资料。

从管制方式来看，目前，大部分管制区配备了二次或一、二次雷达，管制方式也在逐步发生变革，东部地区基本实现了雷达管制，中西部地区正逐渐由程序

管制，雷达监控下的程序管制向雷达管制过渡。

5) 空中交通管制的发展

安全飞行不仅取决于飞机自身的飞行性能，还需要足够的保证手段。例如，要准确、迅速地定位，以保证实现预定的航线，到达目的地。目前，主要使用无线电地面台站和机载接收机配套的无线电定位和导航方式。这样，就要沿着飞行航路部署相应的地面设施。为及时沟通信息，保证有效的空地联络和通信，还需要覆盖整个航路的通信手段。为监视和管理航路上飞行的飞机，除了规定飞行人员主动报告，还需要部署雷达，对航路情况进行监视。为了有效地管理空中交通，需要把整个系统连接成网，主要通过地面台站相互连接，这就构成了当代的航空航行系统。这种以无线电地面台站为基础的航行系统就是陆基航行系统（见图 1.2），并由此产生了一整套空中交通管制方法、运行标准和程序。它是当前保证飞行作业的基本手段。

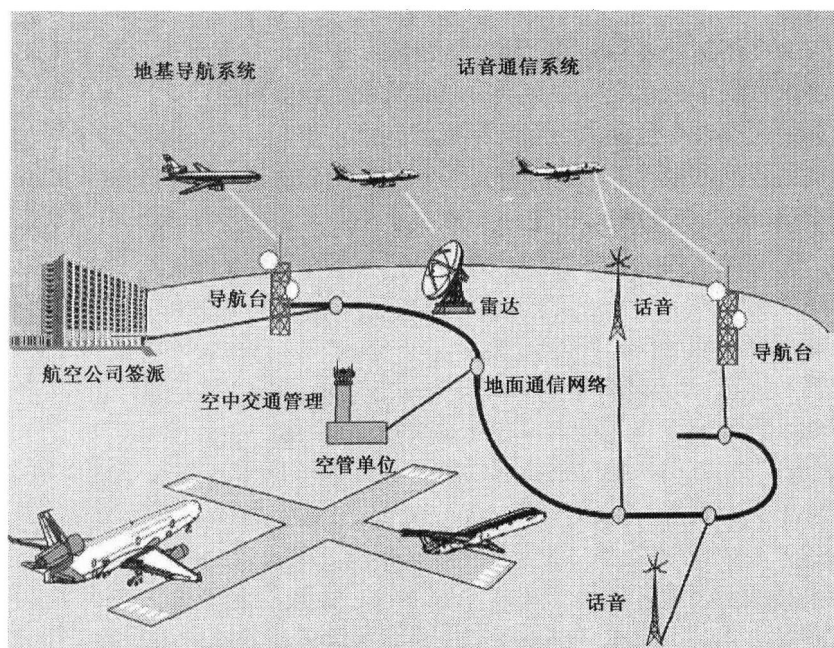


图 1.2 当代陆基航行系统示意图

但是，这套方法毕竟是在半个多世纪前就采用的技术的基础上发展起来的，在很多方面有自身无法克服的缺陷。例如，航路必须依赖于地面无线电台站的建设，而地面无线电台站的覆盖范围有限，并需要人工驻守和维护。在地理环境恶劣的地方建站成本很高。而且，由于地理环境限制，如山区、沙漠、海域（尤其是大洋），都存在着不同程度的布台难度。当前，越洋飞行的导航主要依靠惯性

导航方式完成。由于惯性导航仪固有的漂移性偏差,还不能成为完全独立的导航手段,必须使用地面无线电台站进行校正。因此,在航路设计上,必须保证能够使用足够的相应无线电台站。在通信方面,当前主要的手段是甚高频/高频语音通信。飞行人员与地面通过语言相互联系,效率 and 安全性比较低。在飞行繁忙区域,如机场区域,通信频道尤为拥挤。为了最大程度地提高通信效率,避免误会,规定了简明扼要的标准航空通信语言。但是,对于英语为非母语者来说,还是不尽如人意。因为语言问题造成民用航空飞机重大失事的情况屡见不鲜。而且,航线必须依赖于无线电地面台站的地理部署,虽然空域资源丰富,但是多数国家和空域都有布台困难的问题,具体航路设计通常存在地理限制。

随着技术的进步,飞机自动化程度大幅度提高,空中交通流量不断增长,各个国家的现行航行系统能力不同程度地出现了超载或饱和。为此,国际民用航空组织于1983年成立了“未来空中航行系统”委员会,并于1988年5月提出了以卫星技术为基础的全球一体化的通信、导航、监视和空中交通管理系统。1992年10月,国际民用航空组织通过了该提议。1993年,公布了《新航行系统全球过渡协调计划》,使该系统成为其成员国遵照实施的统一大系统。我国国内简单称其为“新航行系统”(见图1.3)。

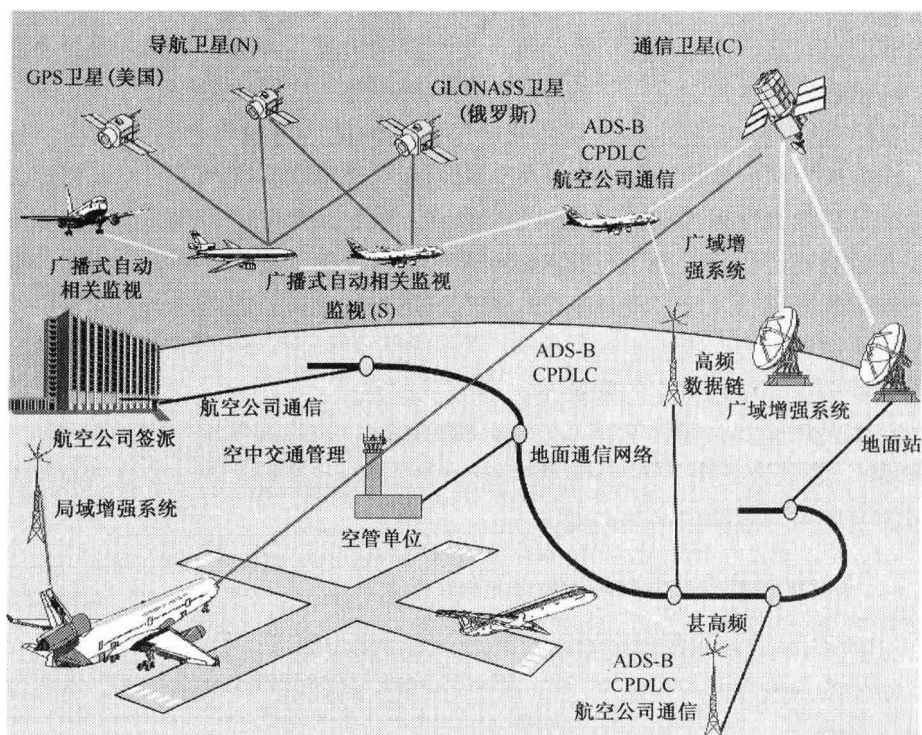


图 1.3 新航行系统示意图

在通信方面,新航行系统要实现自动化的网络数据链功能。大力发展航空移动卫星通信,并以数据通信为主,最终达到只在需要时使用话音通信。在导航手段方面,新航行系统使用以卫星技术为基础的定位系统,使航路规划摆脱了必须依赖地面设施的约束,可以采用灵活的最佳轨迹的航路系统。为此,提出了“基于导航性能”要求。可以根据飞机自身的设备性能申请使用相应的导航性能,飞机设备越好,航线精度越高,便可以获得更好的效益。这就彻底地改变了现有航行系统因兼顾所有飞机性能而必须大幅度降低航线精度、拉大飞机之间的时间距离和空间间距的管理办法,有效地鼓励了航空技术进步。同时,卫星定位系统最终还将取代现有的仪表着陆系统,成为自动着陆的基本手段。飞行监视是空中交通管制部门的首要工作,必须有方法确定飞机标志、方位、高度、速度和时间数据。在新航行系统中,将使用自动相关监视的方法。航空器自动发送、处理、显示各种信息,改变了使用雷达等地面设施获得或推算飞机活动的方式,大大减少了飞行员与地面的事务性报告次数,减轻了飞行和航管员的负担和致错机会,时刻向航管部门提供飞机数据,使之精确掌握空中交通流量,最大限度地合理调度空域使用权。

在空中管理方面,新航行系统最基本的变革就是航路体系的变革。航路网络不再是固定不变的,空中交通管理改变到以区域空域管理为主。对于飞机来说,不再有固定航路,而是根据实际情况,通过自动协商的方式,挑选合理的灵活航线,这就是所谓“自由飞行”的概念,但这并不等于“随便飞行”。

我国现行航行系统也是陆基系统,但被划为民用的航路和高度层却十分有限,因为人为原因造成了航路拥挤,同时地面自动着陆系统严重不足,而且天气原因也是影响我国国内航班正常的主要因素。从宏观角度说,我国空中资源应该加大开放力度,尽量减少飞行禁区和限制区所占比例,简化飞行限制程序,促进民用航空的商用普及化。反过来,如果有民用市场支持,国内航空企业可以改变主要以军用航空产品为主而产品单一、销路狭窄的局面,由此不断增强的航空实力也有利于保障军用航空的发展。

我国民用航空总局批准颁布了《中国民用航空新航行系统(CNS/ATM)实施方案》。我国计划用15~20年的时间,建成新一代航行系统。实施新航行系统已成为我国空域建设的必然趋势。

2. 飞行情报服务和告警服务

《中华人民共和国民用航空法》第八十二条规定如下:

空中交通管制单位应当为飞行中的民用航空器提供空中交通服务,包括空中交通管制服务、飞行情报服务和告警服务。

飞行情报服务是指提供有助于安全和有效地实施飞行的情报和建议。飞行情

报服务的任务是向飞行中的航空器提供有助于安全和有效地实施飞行的建议和情报。

提供告警服务是指当民用航空器需要搜寻援救时,通知有关部门,并根据要求协助该有关部门进行搜寻援救。告警服务的任务是向有关组织发出需要搜寻援救航空器的通知,并根据需要协助该组织或协调该项工作的进行。

3. 航空气象服务

中国民用航空总局颁布的第146号令——《中国民用航空气象工作规则》自2005年7月27日起执行。其中涉及航空气象服务内容。

航空气象服务是指相应的民用航空气象服务机构向民用航空气象用户提供其履行职责所必需的气象服务。民用航空气象服务机构包括机场气象站、机场气象台、气象监视台、民用航空地区气象中心、民用航空气象中心和其他从事民用航空气象服务的机构。民用航空气象用户主要有公共航空运输营运人、空中交通服务部门、机场运行管理部门、搜寻与援救服务部门、航空情报服务部门、通用航空营运人等。

1.1.3 空中交通服务的方法和设备

空中交通服务的方法通常涉及通信(communication)、导航(navigation)和监视(surveillance),合起来简称为CNS。

1) 通信

空中交通服务单位为了向飞行中的航空器发布指令和各种有用的信息以及了解飞行员的请求、飞行意图和航空器运行状况,在地面和空中之间必须要建立通畅可靠的通信联系。空中交通服务单位通常利用甚高频地空话音/数据通信、地空数据链或其他通信方式指挥空中交通或和飞行员交流信息。除了地面和空中之间的通信,地面各飞行保障单位之间也需要互相传递与航空器运行相关的信息。地面之间的通信包括话音通信和数据通信,通常使用中高速自动转报系统、分组交换网、帧中继数据交换网和专用卫星通信网等。

2) 监视

空中交通服务的提供者通常在地面上工作,为了解空中交通形势和预见冲突,可以利用一次监视雷达、二次监视雷达和地空数据链、自动相关监视(ADS)等方式将空中交通形势呈现于监视屏幕上,也可以利用飞行员在空中发布的位置报告数据、航空器的性能数据、气象数据以及地理信息数据进行推测计算来了解空中交通形势的发展。

3) 导航

为了管制指挥的方便,空中交通管制单位通常希望航空器按照指定航线飞

行,因此必须为空中运行的航空器提供引导,保证航空器按时准确地到达管制单位期望的位置或以一定精度保持指定航线飞行。管制单位用于引导航空器飞行常用的手段包括甚高频全向信标(VOR)、测距仪(DME)、无向信标(NDB)、仪表着陆系统(ILS)、全球导航卫星系统(GNSS)、雷达和其他助航设施。

由地面上的服务机构利用一定的通信、导航和监视手段来了解各航空器在空中的飞行状态和相对位置,管制单位从“旁观者”的角度进行观察,预测空中交通形势的发展变化,发现其中潜在的飞行冲突,并利用各种通信手段向航空器发布干预指令或对航空器安全飞行有利的各种情报以保证空中交通安全有序地运行。

目前,即使是最先进的机载电子设备也不能为飞行员、飞行管理系统或机载防撞系统提供大范围的空中交通形势信息,也无法使飞行员或机载设备对未来交通冲突作出充分预测并对冲突回避作出预先规划和决策。因此可以预见,在以后相当长的时间内,空中交通服务依然是保证空中交通安全运行的关键手段。

1.2 空域管理

航空器飞行的空间称为空域。空域是国家的重要资源,由国家实行统一管理。

空域管理是依据既定空域结构条件,以时分共享空域的方式,按短期需求划分空域,实现对空域的充分利用,尽可能满足经营人对空域的需求。

管制空域进一步划分为管制区,管制区是实施空中交通管制的领海、领土上方的领空。领空之上的为外层空间。

至于领空和外层空间的界定,根据外层空间法来规定。但是现在也没有统一的定义。比较有代表性的几种观点为:

- (1) 以大气层为领空范围。
- (2) 以航空器向上飞行的最高限度为界,即离地面约 3040km。
- (3) 以人造卫星轨道的近地点为准,一般认为这一高度为 100~110km。
- (4) 以离心力开始取代空气成为飞行动力的位置为限,物理学家冯·卡曼计算出了一条精确的“卡曼管辖线”。

用于民用航空的空中交通管制空域,分为飞行情报区、管制区、限制区、危险区、禁区、航路和航线。各类空域的划分,应当符合航路的结构、机场的布局、飞行活动的性质和提供空中交通管制的需要。

飞行情报区是指为提供飞行情报服务和告警服务而划定范围的空间。飞行情

报区内的飞行情报和告警服务由有关的空中交通管制单位负责提供。为了便于对在我国境内和经国际民用航空组织批准由我国管理的境外空域内飞行的航空器提供空中交通管制,全国共划分了沈阳、北京、上海、广州、昆明、武汉、兰州、乌鲁木齐、三亚、香港和台北 11 个飞行情报区。

此外,为了及时有效地对在我国飞行情报区内遇险失事的航空器进行搜寻援救,在我国境内及其附近海域上空划设搜寻援救区。搜寻援救区的范围与飞行情报区相同。搜寻援救工作的组织与实施按照《中华人民共和国搜寻援救民用航空器规定》执行。

对于空域的划分前面已经叙述过,在此不再重述。

在我国大陆上空划设高空管制区 23 个,其中东北地区 4 个,华北地区 2 个,华东地区 4 个,中南地区 6 个,西南地区 4 个,西北地区 2 个,新疆地区 1 个;中低空管制区 28 个;绝大多数民用机场(含军民合用机场)均设置了塔台管制区域。

危险区、限制区、禁区是指根据需要,经批准划设的空域。禁区是有规定范围的,禁止军、民用航空器飞行的空域。限制区是限制航空器只能在规定条件下飞行的空域。危险区是在某一时间内对航空器飞行有危险的空域。

航路是指空中交通管制航路,根据在该航路执行飞行任务的性质和条件,划分为国内航路和国际航路。

空中交通管制航路各段的中心线是指从该航路上的一个导航设施或交叉点开始至另一个导航设施或交叉点为止的线。各段中心线连接起来成为航路的中心线。空中交通管制航路的宽度,通常为航路中心线两侧各 10km 的平行边界线以内的空域,根据导航性能的定位精度可调整其宽度;在航路方向改变时,则包括航路段边界线延长至相交点所包围的空域。空中交通管制航路的高度下限为最低高度层,上限与巡航高度层上限一致。

空中交通管制航路应当设置导航系统。为了帮助航路上的航空器保持在规定的航路范围内飞行,导航设备之间的距离应当符合有关技术规范。空中交通管制航路应当用代号予以识别。国际航路的识别代号应当与国际民用航空组织协调,防止重复使用。空中交通管制航路应当根据民用航空设备设置转换点,以帮助沿航路的航空器准确飞行。在直线航段上的转换点,应当位于导航设备之间的中点;当导航设备之间的航段方向改变时,转换点应当位于径向线的交点。空中交通管制航路应当设置重要点并用代号予以识别,以便掌握航空器在航路上运行的进度。