

民航信息技术丛书



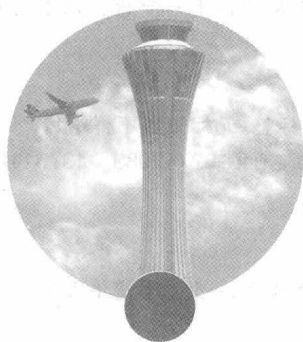
Civil Aviation Air Traffic Control
Automation System

民航空管自动化系统

汪万维 王晓亮 章涛 张喆 贾云飞◎编著



清华大学出版社



Civil Aviation Air Traffic Control Automation System

民航空管自动化系统

汪万维 王晓亮 章涛 张喆 贾云飞◎编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书针对民航空中交通管理领域及前沿需求,紧密结合各民航空管单位采用的主流空管自动化系统及相关技术的发展,以在研国家科技支撑项目“通用航空综合运行支持系统”的相关成果为主线,编撰而成。采用现行主流空管自动化系统和技术作为切入点,重点介绍系统架构、组成、功能以及系统采用的关键技术,使读者从总体上对空管自动系统有一定认识和了解,对整个自动化系统的工作流程有一个基本的把握。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

民航空管自动化系统/汪万维等编著.--北京:清华大学出版社,2016

民航信息技术丛书

ISBN 978-7-302-41366-0

I. ①民… II. ①汪… III. ①民用航空—空中交通管制—自动化系统 IV. ①V355.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第209427号

责任编辑:文 怡

封面设计:李召霞

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫丰华彩印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:8

字 数:192千字

版 次:2016年1月第1版

印 次:2016年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:19.50元

产品编号:059229-01

前

言

FOREWORD

随着计算机网络和通信技术的飞速发展,可以方便地利用通信技术对监视设备进行组网,采用流行的网络技术将原来实现不同功能的工作站组成局域网,实现空中交通管理自动化,从而使空管自动化系统在民航空中交通管理系统中得到了广泛应用。

目前,空管自动化系统是对监视数据(空管一次、二次雷达、ADS-B/C等监视数据)和飞行数据进行实时数据接收、处理、发送、显示的一体化系统,完成多路监视信号的实时数据传输、转换、处理和合成,以及飞行计划相关、空中态势及飞行数据显示等主要功能,是管制员实施对空指挥的主要工具和主要工作界面。

本书针对民航空中交通管理领域及前沿需求,紧密结合各民航空管单位采用的主流空管自动化系统及相关技术的发展,以在研国家科技支撑项目“通用航空综合运行支持系统”的相关成果为主线,编撰而成。

在内容安排上,打破传统教材编写的局限性,直接采用现行主流空管自动化系统和技术作为切入点,重点介绍系统架构、组成、功能以及系统采用的关键技术,使读者从总体上对空管自动化系统有一定认识和了解,对整个自动化系统的工作流程有一个基本的把握。这样既与实际接轨,又不与现行主流系统和关键技术脱节,为学生今后走上工作岗位奠定基础。

本书由汪万维主编。第1章、第2章、第3章的第3.2.1节由汪万维

编写,第3章的第3.1节、3.2.2~3.2.4节主要由章涛编写,第3章的第3.3节主要由张喆编写,第4章由王晓亮编写,第5章由贾云飞编写。此外陈钟玉、王鹏等研究生参与了本书的文字校对工作。

感谢民航华北空管局技术保障中心谢玉兰对本书提出的大量宝贵修改意见和建议。

感谢中国民航大学电子信息工程学院领导对本书的大力支持。

限于编者的水平,书中难免有不足之处,诚恳地希望大家批评指正。

编者

2015年6月于中国民航大学

目

录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 空管自动化系统相关专业基础知识	1
1.1.1 空中交通管理系统	1
1.1.2 空域划分	4
1.1.3 航行情报基础知识	8
1.1.4 气象基础知识	9
1.2 空管自动化系统的应用和基本要求	16
1.3 空管自动化系统发展概况	18
1.4 未来的空中交通管制系统	20
第 2 章 空管自动化系统的基本组成与功能	25
2.1 系统总体结构	25
2.1.1 系统设备冗余	27
2.1.2 系统网络冗余	27
2.2 外部数据接入单元	28
2.3 雷达数据处理单元	28
2.4 飞行计划数据处理单元	29
2.5 数据记录与回放单元	30

2.5.1	数据记录	30
2.5.2	数据回放	31
2.6	人机界面	32
2.7	系统运行监控	32
第3章	监视数据处理	34
3.1	监视传感器	34
3.2	雷达数据处理	37
3.2.1	雷达数据前端处理	38
3.2.2	单雷达数据处理	43
3.2.3	多雷达数据处理	46
3.2.4	监视数据处理新技术	52
3.3	冲突探测与告警	56
3.3.1	冲突探测与告警功能概述	57
3.3.2	短期冲突告警	59
3.3.3	最低安全高度告警	62
3.3.4	危险区域入侵告警	63
3.3.5	空管自动化系统其他告警功能	64
3.3.6	我国现行行业标准及规范	65
第4章	飞行计划数据处理	66
4.1	飞行计划数据处理概述	66
4.2	飞行计划的内容与来源	66
4.3	飞行计划数据处理系统主要功能	69
4.4	飞行计划生命周期管理	70
4.5	飞行计划报文处理	73

4.5.1	AFTN 报文	74
4.5.2	AIDC 报文	81
4.6	飞行计划存储记录与飞行进程单处理	83
4.7	管制移交处理	85
4.8	飞行航迹预测	86
4.9	二次雷达代码管理	88
第 5 章	人机界面	90
5.1	人机界面显示	91
5.2	工作席的主要操作和显示功能	93
5.2.1	系统信息显示	93
5.2.2	航迹数据显示	95
5.2.3	背景地图显示	99
5.2.4	飞行计划显示与管理	101
5.2.5	电子进程单的显示与管理	103
5.2.6	告警信息显示	105
5.2.7	辅助功能	107
5.3	航迹移交	107
5.3.1	预激活	108
5.3.2	协调	109
5.3.3	激活	110
5.3.4	移交进	111
5.3.5	管制	112
5.3.6	移交出	113
附录	英文缩略语中文释义表	115
参考文献		117

绪 论

1.1 空管自动化系统相关专业基础知识

1.1.1 空中交通管理系统

空中交通管理是以通信、导航和监视系统为基础的新航行系统的高级应用,也是未来新航行系统的实施目标。空中交通管理主要包括空域管理(ASM)、空中交通服务(ATS)和空中交通流量管理(ATFM),其组成如图 1-1 所示。

空域管理的任务是依据既定空域结构条件,实现对空域的充分利用,尽可能满足经营人对空域的需求。

空中交通流量管理的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,适当地进行调整,保证空中交通量最佳地流入或通过相应

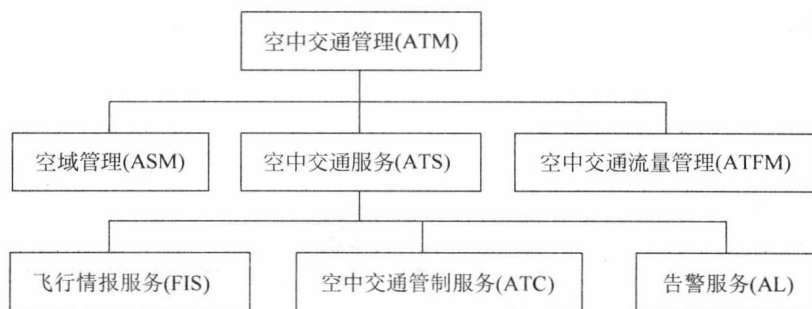


图 1-1 空中交通管理系统组成

区域,尽可能提高机场、空域可用容量的利用率。

在现代交通服务中,航空器运行速度快、跨越区域广,要想对所有航空器的运行进行全程监控并调配交通冲突,仅凭一个空中交通服务部门是难以完成的。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为飞行情报服务、空中交通管制服务和告警服务。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。空中交通管制服务的任务是防止航空器与航空器相撞及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。告警服务的任务是向相关组织发出需要搜寻救援航空器的通知,并根据需要协助或协调该项工作的进行。

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。区域管制服务是指为防止航空器相撞,维持并加速有秩序的空中飞行活动,向接受进近和机场管制服务以外的航空器提供的空中交通管制服务。进近管制服务是指为防止航空器相撞,维持并加速有秩序的空中飞行活动,向进场或离场飞行阶段接受管制的航空器提供的空中交通管制服务。机场管制服务是指为防止航空器相撞以及在机动区内航空器与障碍物相撞,维护并加速有秩序的空中飞行活动,向在机场附近飞行,接受进近管制服务以外的航空器提供的空中交通管制服务。

1. 空中交通管制的执行单位

(1) 机场塔台空中交通管制室(简称塔台管制室): 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,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(终端管制室): 负责一个或数个机场的航空器进场、离场的管制工作。

(4) 区域管制室(区域管制中心): 负责向本管制区内受管制的航空器提供空中交通管制服务;受理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由民航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) 民航地区管理局调度室(简称管理局调度室): 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,协调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) 民航局空中交通管理局总调度室(简称总调度室): 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,协调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。

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(Controllor),简称管制

员。按管制手段的不同,管制员分为程序管制员和雷达管制员。按管制员的技术水平和分工,又可分为主任程序(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中国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,经过中国民用航空局认可的雷达管制训练机构的训练,理论考试及格,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。

1.1.2 空域划分

空域管理应当维护国家安全,兼顾民用、军用航空的需要和公众利益,统一规划,合理、充分、有效地利用空域。空域的划设充分考虑国家安全、飞行需要、飞行管制能力和通信、导航、雷达设施建设以及机场分布、环境保护等因素。

空域分为飞行情报区、管制空域、限制区、危险区、禁区、航路和航线。根据空域管理和飞行任务的需要,可以划设空中走廊、空中放油区和临时飞行空域。

1. 飞行情报区

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工作由该区飞行情报部门承担或由指定的单位负责。为了便于对在中国境内和经国际民航组织批准由我国管理的境外空域内飞行的航空器提供飞行情报服务,全国共划分沈阳、北京、上海、广州、昆明、武汉、兰州、乌鲁木齐、香港和台北等 10 个飞行情报区。为了及时有效地对我国飞行情报区内遇险失事的航空器进行搜寻救援,在我国境

内以及由国际民航组织亚太地区航行会议协议,并经国际民航组织批准由我国提供空中交通服务的海域上空划设搜寻救援区。搜寻救援区的范围与飞行情报区相同。

2. 管制空域

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,以上管制区内的空域分别为A、B、C、D四种类型。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服务的情况确定,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,划分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服务。

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,划分为若干个中低空管制空域。在此类空域飞行的航空器,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,经航空器驾驶员申请,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服务。

C类空域为进近管制空域。通常是指在一个或者几个机场附近的航路汇合处划设的便于进场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,经航空器驾驶员申请,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服务。

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,经航空器驾驶员申请,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服务。

以上四类空域对空中交通服务和飞行的要求如表 1-1 所示。

表 1-1 各类空域对空中交通服务和飞行的要求

类型	飞行种类	间隔配备	提供服务	VMC 能见度和 离云距离限制	速度限制	无线电 通信要求	ATC 许可
A	仅限 IFR	所有航空器	ATC 服务	不适用	不适用	持续双向	是
	IFR	所有航空器	ATC 服务	不适用	不适用	持续双向	是
B	VFR	所有航空器	ATC 服务	AMSL3000m 及以上时能见度 8km; AMSL3000m 以下时能见度 5km。无云	不适用	持续双向	是
	IFR	IFR 与 IFR	ATC 服务	不适用	不适用	持续双向	是
C	VFR	VFR 与 IFR	<ul style="list-style-type: none"> • 配备与 IFR 间隔的 ATC 服务 • VFR 与 VFR 之间的交通情报和根据要求提供交通避让建议 	AMSL3000m 及以上时能见度 8km; AMSL3000m 以下时能见度 5km。高云水平距离 1500m; 垂直距离 300m	AMSL3000m 以下,不得大于 IAS463km/h	持续双向	是
	IFR	IFR 与 IFR	包括 VFR 飞行交通情报的 ATC 服务和根据要求提供交通避让建议	不适用	AMSL3000m 以下,不得大于 IAS463km/h	持续双向	是
D	VFR	无	VFR 和 IFR 之间的交通情报和根据要求提供交通避让建议	AMSL3000m 及以上时能见度 8km; AMSL3000m 以下时能见度 5km。高云水平距离 1500m 及以上; 垂直距离 300m 及以上	AMSL3000m 以下,不得大于 IAS463km/h	持续双向	是

注: IFR 为仪表飞行规则的英文缩写; VFR 为目视飞行规则的英文缩写; AMSL 为平均海平面高度的英文缩写; IAS 为指示空速的英文缩写。当过渡高度低于 AMSL3000m 时,应当采用飞行高度层 3000m 代替 AMSL3000m。

3. 危险区、限制区、禁区

危险区、限制区、禁区是指根据需要,经批准划设的空域。飞行中的航空器应当使用机载和地面导航设备,准确掌握航空器位置,防止航空器误入危险区、限制区、禁区。空中交通管制区单位严密监视飞行中的航空器动态,发现航空器将误飞入危险区、限制区、禁区时,及时提醒航空器,必要时采取措施予以纠正。

4. 航路和航线

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,划分为国际航路和国内航路。

空中交通管制各段的中心线,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。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,根据导航性能的精度,可以调整其宽度;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。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。

5. 飞行间隔

飞行间隔是指航空器飞行时相互之间的距离。飞行间隔是为了防止飞行冲突,保证飞行安全,提高飞行空间和时间利用率所规定的航空器之间应当保持的最小安全距离。航空器在不同空域内飞行时,根据仪表飞行规则/目视飞行规则条件,配备垂直间隔、纵向间隔和侧向间隔,具体间隔标准参照《中国民用航空空中交通管理规则(CCAR-93TM-R2)》。

1.1.3 航行情报基础知识

中国民航遵照《国际民用航空公约》附件 15 的要求,提供一体化航行情报系列资料,主要包括《中华人民共和国航行资料汇编(AIP)》(包括电子版 AIP)、《中华人民共和国航行资料汇编》修订资料、中华人民共和国航行资料通报、航行通告、雪情通告、航行通告明语摘要和飞行前资料公告。其中《中华人民共和国航行资料汇编》包括了国际民航组织规定的各种资料。提供的航图包括机场图、标准仪表进场图、标准仪表离场图、停机位置图、区域图、航路图、机场障碍物 A 型图和进近递进图。航行情报部门执行国际民航组织的标准,按照附件 15 规定在各机场为机组提供飞行前情报服务和飞行后情报服务。

航空情报工作的基本内容包括:

- (1) 收集、整理、审核民用航空原理资料和数据。
- (2) 编辑出版一体化航空情报资料和各种航图。
- (3) 制定审核机场使用细则。
- (4) 接收处理、审核发布航行通告。
- (5) 提供飞行前和飞行后航空情报服务以及空中交通管理工作所必需的航空情报资料及服务。
- (6) 负责航空地图、航空资料以及数据产品的提供工作。

航空情报服务机构的组成如下:

- (1) 民用航空情报中心。
- (2) 地区航空情报中心。
- (3) 机场航空情报中心。

民用航空情报服务机构由民航局设立或批准,其具体工作由民用航空情报服务机构在指定的业务范围内组织实施。

1.1.4 气象基础知识

1. 大气层的构造

按大气成分、温度、密度等物理性质在垂直方向上的变化,世界气象组织将大气分为五层,自下而上依次是对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。

(1) 对流层

对流层是紧贴地面的一层,它受地面的影响最大。因为地面附近的空气受热上升,而位于上面的冷空气下沉,这样就发生了对流运动,所以把这层叫做对流层。它的下界是地面,上界因纬度和季节而不同。据观测,其上界在低纬度地区为 17~18km,在中纬度地区为 10~12km,在高纬度地区仅为 8~9km。夏季的对流层厚度大于冬季。以南京为例,夏季的对流层厚度达 17km,而冬季的对流层厚度只有 11km,冬夏厚度之差达 6km 之多。

(2) 平流层

在对流层的顶部,直到高于海平面 17~55km 的这一层,气流运动相当平衡,而且以水平运动为主,故称为平流层。

(3) 中间层

平流层之上,到高于海平面 55~85km 高空的一层为中间层。这一层大气中,几乎没有臭氧,这就使来自太阳辐射的大量紫外线白白地穿过了这一层大气而未被吸收,所以在这层大气中,气温随高度的增加而下降得很快,到顶部气温已下降到 -83°C 以下。由于下层气温比上层高,有利于空气的垂直对流运动,故又称之为高空对流层或上对流层。