

信息化战争中的 航空管制

陈志杰 周琦 柳新 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

信息化战争中的航空管制

陈志杰 周琦 柳新 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了航空管制的基本原理和发展历史,以典型战例分析信息化联合作战条件下航空管制的体制和系统。重点介绍了航空管制的通信、导航、监视和空中交通管理等分系统。最后,对未来航空管制系统——新航行系统进行了简要介绍和展望。本书适合从事航空管制的专业人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

信息化战争中的航空管制 / 陈志杰, 周琦, 柳新编著. 北京: 电子工业出版社, 2009.1
ISBN 978-7-121-07994-8

I. 信… II. ①陈…②周…③柳… III. 信息战—空中交通管制—研究 IV.E869 V355.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 199117 号

责任编辑: 张 剑

印 刷: 北京机工印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 9.75 字数: 150 千字

印 次: 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 230 册 定价: 60.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。服务热线: (010) 88258888。

前 言



现代战争已多兵种联合作战的时代。实现各军兵种信息的互联互通，打造一体化联合作战的平台是打赢现代战争的基本条件。战时空管、空防管理的对象具有多元化，流量大，密集程度高，时效性强，与其他军兵种交互频繁、联系紧密的特点。信息化作战的联合性决定了航空管制协同的重要性和复杂性。目前，我国的空中交通管制采用“统一管制，分别指挥”的方式，由国务院、中央军委空中交通管制委员会统一领导，空军负责组织实施。我国航空管制的主体是军事航空管制，军事飞行量占全国飞行总量的 90%以上。在 2008 年“5·12”抗震救灾重大行动中，在长约 240km、宽约 180km 的狭窄山区环境，航空管制部门协调指挥数百架来自不同兵种的运输机、直升机、侦察机、无人机，高强度、大密集执行运输、空投、空降、救援、侦察、勘探、专机等多项任务，有力地保障了抗震救灾任务的实施，突显了航空管制在应对重大应急事件上的重要作用。

本书由陈志杰、周琦和柳新编著，洪鼎松、兰洪亮、陈金良、康海河、裘岚、张海、师建东等参与了本书部分章节编写。在本书编写和出版过程中，白松浩、刘颖辰、周苑等给予了大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，不妥之处敬请批评指正。

编 著 者

目 录



第一章 走进航空管制	1
1.1 航空管制概念内涵	1
1.1.1 航空管制概述	1
1.1.2 航空管制的意义	4
1.1.3 信息化战争中航空管制的特点	7
1.2 航空管制方式	8
1.2.1 程序管制	9
1.2.2 雷达管制	17
1.2.3 雷达监视下的程序管制	24
1.3 战区联合航空管制	25
1.3.1 军事航空管制	25
1.3.2 战区空域管制	26
1.3.3 战区空域管制机制	27
1.3.4 战区空域管制的意义	29
第二章 纵观发展历史	33
2.1 航空管制发展历史	33
2.1.1 早期的航空管制	33
2.1.2 中期的航空管制	35
2.1.3 现代的航空管制	36



2.2 中国航空管制之路.....	38
2.2.1 航空管制现状.....	39
2.2.2 航空管制体制.....	41
2.2.3 航空管制规章.....	42
2.2.4 航空管制系统.....	43
第三章 航空管制关键技术	47
3.1 雷达探测技术.....	47
3.1.1 航空管制雷达特点	47
3.1.2 航空管制雷达分类	48
3.1.3 二次雷达.....	49
3.1.4 单脉冲体制二次雷达.....	54
3.1.5 S 模式二次雷达.....	57
3.2 自动相关监视技术.....	61
3.2.1 广播式自动相关监视 (ADS-B)	61
3.2.2 合约式自动相关监视 (ADS-C)	63
3.3 数据处理技术.....	64
3.3.1 数据融合	65
3.3.2 实时多感测器配准.....	66
3.3.3 航迹相关.....	67
3.3.4 多感测器多目标跟踪	68
3.4 飞行安全告警技术.....	69
3.4.1 短期冲突告警技术.....	69
3.4.2 低高度危险探测告警技术	71
3.5 飞行情报处理技术.....	74
3.5.1 飞行情报传输.....	75
3.5.2 飞行情报处理.....	75
3.6 航空电信技术.....	79

3.6.1	航空电信网.....	79
3.6.2	地—空通信.....	81
3.6.3	地—地通信.....	83
3.7	空域设计与建模.....	85
3.7.1	空域构成.....	85
3.7.2	空域设计.....	86
3.7.3	空域建模.....	88
第四章 航空管制的主要装备		89
4.1	管制中心系统.....	90
4.1.1	系统组成.....	90
4.1.2	硬件配置.....	90
4.1.3	席位分配.....	92
4.1.4	工作模式.....	92
4.1.5	主要功能.....	94
4.1.6	典型系统的能力和性能指标	97
4.2	AFTN 网络	97
4.3	航空管制雷达.....	99
4.3.1	ASR—23SS/16 雷达.....	99
4.3.2	SIR—M 雷达	102
4.4	机载告警与防撞系统.....	106
4.4.1	系统分类及组成.....	107
4.4.2	系统的工作原理	108
4.4.3	系统的主要功能	110
4.5	野战航空管制设备.....	111
4.5.1	组成.....	111
4.5.2	主要功能.....	111



第五章 航空管制的作战应用	115
5.1 战区空域管理.....	115
5.1.1 战区空域管制的主要特点	116
5.1.2 战区空域管制的主要方法	117
5.2 战争中的典型应用.....	119
5.2.1 海湾战争中的航空管制	119
5.2.2 伊拉克战争中的航空管制	123
第六章 未来发展——新航行系统	129
6.1 新航行系统概述.....	129
6.1.1 卫星技术对空管系统的影响	129
6.1.2 数据通信技术对空管系统的影响	130
6.1.3 计算机网络技术对空管系统的影响	130
6.1.4 信息处理技术对空管系统的影响	130
6.2 新航行系统的组成.....	130
6.3 新航行系统应用的新技术.....	132
6.3.1 新通信系统.....	132
6.3.2 新导航系统.....	136
6.3.3 新监视系统.....	139
6.3.4 综合空管信息处理与服务 (SWIM)	143
参考文献	145

第一章



走进航空管制

1.1 航空管制概念内涵

1.1.1 航空管制概述

1. 概念内涵

航空管制（又称飞行管制）是指根据国家颁布的航空法规，对在其领空内的一切飞行活动进行强制性的监督、管制和管理。航空管制的目的是监督和管制国家领空内的一切飞行活动，防止航空器与航空器、航空器与地面障碍物相撞，提高空域利用率，增大飞行流量，维护飞行秩序，保证飞行安全。执行这项任务的人员就是空中交通管制员（ATC，Air Traffic Controller，我国军队系统一般称为航空管制员）。根据《中华人民共和国飞行基本规则》规定，航空管制的基本任务是监督航空器严格按照批准的计划飞行，维护飞行秩序，禁止未经批准的航空器擅自飞行；禁止未经批准的航空器飞入空中禁区、临时空中禁区或者飞出、飞入国（边）境；防止航空器与航空器、航空器与地面障碍物相撞；防止地面对空兵器或者对空装置误射航空器。



2. 管制区域

军航航空管制的区域按照飞行管制责任可划分为飞行管制区、飞行管制分区和机场飞行管制区。

飞行管制区是指从地面（水面）某一规定界限垂直向上延伸的实施飞行管制的空间。通常根据飞行管制和防空作战的要求、军事和行政区的界限、部队部署、靠近分界线机场的起降地带等划定。

为便于组织与实施飞行管制，在飞行管制区内可划分若干个飞行管制分区。飞行管制分区是指飞行管制区内划定的部分空间，通常在飞行管制区内的飞行活动频繁、机场密集或某些特定的地区划定。

机场飞行管制区是指实施飞行管制的机场区域。机场飞行管制区的范围与机场区域相同。

在中华人民共和国境内、毗连区、专属经济区及其毗连的公海的上空，划分若干飞行情报区。飞行情报区是指为国际飞行航空器提供飞行情报和为遇险的航空器发出搜寻救援通告而规定的空域。

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、机场塔台管制区。

3. 航路与航线

在一望无际的天空中，实际上有我们看不见的一条条空中通道，它对高度、宽度、路线都有严格的规定。偏离这条安全通道，就有可能存在失去联络、迷航、与高山等障碍物相撞的危险。

1) 航路 空中航路是指根据地面导航设施建立的供飞机作航线飞行之用的具有一定宽度的空域。该空域以连接各导航设施的直线为中心线，规定有上限高度、下限高度和宽度。

民航航路是由民航主管部门批准建立的一条由导航系统划定的空域构成的空中通道。在这个通道上，空中交通管理部门要提供必要的空



中交通管制和航行情报服务。

航路的宽度取决于飞机能保持按指定航迹飞行的准确度、飞机飞越导航设施的准确度、飞机在不同高度和速度飞行的转弯半径,并需增加必要的缓冲区。因此,空中航路的宽度不是固定不变的。按国际民用航空公约规定,当两个全向信标台之间的航段距离在 50 海里(92.6km)以内时,航路的基本宽度为航路中心线两侧各 4 海里(7.4km);若距离在 50 海里(n mile)以上时,根据导航设施提供飞机航迹引导的准确度进行计算,可以扩大航路宽度。

对于在空中航路内飞行的飞机必须实施空中交通管制。为便于驾驶员和空中交通管制部门工作,空中航路具有明确的名称代号。国际民航组织规定航路的基本代号由一个拉丁字母和 1~999 的数字组成。A、B、G、R 用于表示国际民航组织划分的地区航路网的航路,H、J、V、W 为不属于地区航路网的航路。对于规定高度范围的航路或供特定的飞机飞行的航路,则在基本代号之前增加一个拉丁字母,如用 K 表示直升机使用的低空航路,U 表示高空航路,S 表示超音速飞机用于加速、减速和超音速飞行的航路。

2) 航线 飞机飞行的路线称为航线。航线确定了飞机飞行的具体方向、起迄和经停地点。航线按照起迄地点归属的不同分为国际航线和国内航线。

常听到开辟某某航线的新闻报道实际上是有一定技术要求和含义的,它按照飞机性能等一定要求选定飞行的航路,同时必须确保飞机在航路上飞行的整个过程中能时刻与地面保持联系。

航线可分为国际航线、国内航线和地区航线 3 大类。国际航线是指飞行的路线连接两个或两个以上国家的航线。在国际航线上进行的运输是国际运输,若一个航班的始发站、经停站、终点站有一点在外国领土上都叫做国际运输。地区航线是指在一国之内,各地区与有特殊地位地



区之间的航线，如我国内地与港、澳、台地区的航线。国内航线是在一个国家内部的航线，又可以分为干线、支线和地方航线 3 大类。

4. 工作内容

通常航空管制工作在受理航空器飞行申请后，先对航空器的飞行计划实施飞行调配，解决航空器之间的飞行冲突，然后将飞行调配方案批复给飞行单位。在航空器飞行过程中，根据飞行动态，在三维空间中，利用时间间隔、地理位置间隔和高度间隔等方法，对航空器进行实时监控和调配，保证航空器安全、有秩序地飞行。

航空管制主要工作内容包含区域/航路管制、进近管制、塔台管制和空中交通报告服务 4 部分。区域/航路管制又包含高空区域管制和中低空区域管制，在有些地区这两项职能由同一部门承担。在空中交通流量较小的地区，进近管制和塔台管制是合二为一的。

根据国际民航组织的规定，航空管制必须与军事部门密切协调，或签订军、民航管制协议，向军事机关提供民用航空器飞行动态，便于军事机关识别空中目标。若军用航空器需要穿越航路、航线，需要同民航空中交通管制部门进行协调。遇有军事行动时，民航空中交通管制部门要服从军事机关的统一安排，采取相应的安全措施，其中包括改变民航班机飞行的航路、航线等。

1.1.2 航空管制的意义

从现代意义讲，实施航空管制是为了满足以下 4 个方面的需要。

1. 保证飞行安全的需要

(1) 防止航空器空空、空地相撞，必须加强航空管制。1974 年 ~ 1991 年间统计了 13 年的失事情况，相撞事件占总数的 34%，其中最严重的是 1977 年 3 月 27 日荷兰航空公司的 747 客机与泛美航空公司的



747 客机在葡属加那利群岛圣克鲁斯机场地面滑跑中相撞, 585 人遇难。小型军用飞机与民用大型飞机相撞不仅是经济损失问题, 更重要的是在政治、外交、军事上造成很大影响。如 1971 年 7 月 30 日, 日本 F—86 军机撞民航 727 客机善后处理工作费用超过 10 亿美元。

(2) 飞行矛盾突出, 必须实施严密的航空管制。飞行矛盾突出主要体现在以下几个方面。

➤ 飞行量不断增大。以民航为例, 1978 年为 4 万多架次, 1995 年 4 月至 1996 年 4 月为 100 多万架次

➤ 机型种类繁多, 性能用途差异大。现在飞机种类有数十种之多, 速度从 100km/h 至超声速, 飞行高度从几十米至一万多米

➤ 飞行任务复杂, 要求不一样。如专机要绝对保证安全, 训练飞行则要按各种训练科目要求实施

➤ 飞行单位多, 相互协调复杂。如机场密集地区, 机场区域无法划开, 穿云航线相互交错, 飞行协调甚为复杂

(3) 飞行与地面炮射矛盾突出, 也需要严密的飞行管制。

2. 进行目标识别的关键手段

不论是在战时, 还是日常空情的处理上, 航空管制都是识别的重要手段。识别是确定一个空中目标身份的过程。在第一次世界大战初期, 飞机活动很少受到敌机的阻挠, 更多的威胁来自于地面部队。因为步兵往往只要看到飞机向他们靠近, 就直接向飞机开火。随着战场上空作战飞机数量不断增多, 区别敌我问题越来越迫切。于是将各种标志画在飞机的机身、机翼上作为识别标志。早期的敌我识别方法通常为视觉识别, 即用肉眼或用光学仪器根据目标国籍的识别标志或目标特征进行识别。随着航空管制装备的研制和发展工作取得重大进展, 尤其是航空管制二次雷达投入使用后, 不仅改善了航空管制的工作手段, 也为敌我飞机识别和连续监控提供了重要的物质基础。



纵观作战史，特别是有空中力量参加的作战行动中，对目标进行敌我识别是一个极为重要的问题。因目标识别不清而造成误伤的情况时有发生。到目前为止，还无法做到在任何作战条件下都能可靠地进行敌我识别。未来战争中，大量的空域用户只有在进行正确的敌我识别情况下，才能有效地遂行作战并避免误伤。因此，只有通过采取有效的空域管制手段，对所有空域用户的使用进行严格的管理和控制，才有可能进行严密的敌我识别，才能有效地实施指挥控制。随着技术的发展，空域管制系统设备不断更新，性能不断改进，管制人员素质不断提高，为有效地进行敌我识别，进而进行有效的指挥控制提供了条件。

3. 适应国土防空作战的需要

空防和航管是国家主权的象征，也是国家赋予军队的重要使命。空防负责保护领空安全，运用空情探测资源监视空中目标，判断处理空中来犯之敌，调动防空兵力予以打击。航管负责对所辖空域内航空器的飞行活动实施统一管理的控制，运用空情探测资源掌握空中动态，有利于准确把握我机飞行动态，一旦空中出现不明飞行情况，能迅速澄清敌我，不仅要防止误敌为我，贻误战机，也要防止误我为敌，危及我机安全。

4. 保证要地安全和防止发生涉外事件的需要

1999年4月7日，蒙古JU9050航班，在从乌兰巴托至天津飞行过程中，偏离正常航线最远距离达120km，造成迷航。北京军区空军沿线有关管制中心利用航管设备，严密监控飞行动态，及时采取果断措施，派战斗机升空引导，使JU9050航班安全降落在天津机场，有效地维护了首都地区飞行秩序，确保了飞行安全。

由此可以看出，航空管制与飞行是矛盾的两个方面，既对立又统一。有飞行就必须有管制，管制是为了飞行，飞行要服从管制；管制要严密，从全局出发，统筹安排，保障飞得开，飞得安全；飞行要自觉地遵守各



项航空管制规定,做到飞得好,飞得安全。

1.1.3 信息化战争中航空管制的特点

1. 战区环境复杂,空域资源紧张

现代战争已进入多兵种联合作战的时代。实现各军兵种信息的互联互通,打造一体化联合作战的平台是打赢现代战争的基本条件。战区空域是战场空间中十分重要的组成部分,联合作战各兵种在遂行作战任务时均要使用相应的空域。在电磁武器、防空武器、飞行器密集部署的情况下,空域资源变得十分紧张。因此,空域控制者只有连续掌握空域态势,才有可能动态分配空域使用权,实现空域资源的时分复用。

2. 战区管制对象种类众多,任务艰巨

战时空管、空防管理的对象多元化,流量大,密集程度高,时效性强,与其他军兵种交互频繁、联系紧密,需要依靠雷达及其他各种传感器、敌我识别/选择性识别、数据链和作战指挥控制系统的防空网络的其他组成部分等手段,对空中目标实施主动识别、跟踪和指挥。例如,远程警戒、引导兼航管一次雷达实现对空中非合作目标的远程实时监视;军机应答机和二次雷达配合工作,实现对空中合作目标的监视识别。

经联合作战指挥部批准后的空域管制计划,需要在作战责任区/联合作战区内发布。空域管制计划是通过空域管制指令的形式付诸实施的,联合作战各兵种必须遵照空域管制指令使用空域,其中包括火力支援和协调单位与空域管制、防空指挥之间的相互关系,战术航空兵控制系统与空中交通管制系统内部各组成部分之间的关系。

3. 各类信息交互频繁

空管空防的信息源主要有一次雷达、军/民航二次雷达、无源雷达、敌我识别询问机等监视信息,以及军航飞行情报和民航飞行情报信息。



这些信息在时域、频域及相关性方面存在着明显的不同,通过规范的互连互通标准对这些信息进行融合处理,并接入统一的指挥网,提高监视识别系统对目标探测的精度、连续性和预警探测覆盖范围,增强一体化监视识别的整体抗干扰能力和目标识别能力。因此,信息化战争中的航空管制系统应实现空管资源信息共享和综合利用,按照有关国军标的要求、规范与标准进行设计,确保空管与信息化作战系统的横向互连和纵向贯通。

通过建立综合航管情报中心实现空管信息与战区内其他系统交互,实现全国飞行情报、航管雷达数据,以及战区空域情报信息的汇集,并提供情报的订阅/发布服务;接收、处理、显示所需的航管雷达、ADS 数据、警戒雷达及其他非航管雷达综合情报数据,向各级指挥员提供及时、准确的空中态势和飞行动态信息;在作战指挥网范围内发送、接收飞行情报,通过与军航飞行情报网的连接,获取作战指挥网以外的军/民航飞行情报,并在作战指挥网内完成这些情报汇集,掌握战区及全国的飞行计划和动态;接收来自指挥自动化系统和其他管制中心系统的空域情报,汇集形成空域态势;接收、处理飞行计划数据,完成管制中心内部,以及管制中心系统与指挥自动化系统其他分队席位之间飞行数据的自动分发和交换,实现飞行数据传输、处理自动化。

1.2 航空管制方式

航空管制方式主要分为程序管制和雷达管制两种。程序管制是在没有航管二次雷达及其配套机载设备的条件下采用的一种管制方法。雷达管制是目前国际上广泛使用的一种管制方法,能够更加有效地防止航空器相撞,进一步提高飞行的安全程度。程序管制与雷达管制最大的区别是航空器间的间隔标准有明显差别。无论是航路飞行阶段,还是进近飞行阶段,程序管制间隔标准通常均比雷达管制间隔标准大。例如,在程



序管制条件下,对同航线、同高度的航空器主要用时间来控制,两架航空器之间的纵向间隔为 10min,对于大型喷气运输机来说,大约是 150km;在雷达管制条件下,对同航线、同高度的航空器主要用距离来控制,通常航路飞行为 20km,进近飞行仅为 10km,这些对增加飞行流量、提高空间利用率都有着非常重要的意义。

雷达监控下的程序管制是目前我国在由程序管制向雷达管制转变过程中的一个过渡阶段,是指航空管制人员在雷达监控条件下,使用程序管制的间隔标准,对航空器提供航空管制服务。这些服务通常包括根据雷达获得的航空器更新位置情报和偏离预计航线情报,向航空器提供雷达情报服务,在航空器偏离预计航线时提供咨询服务等。由于我国航管设施建设较为落后且不配套,加之在体制、方法和规章、标准等方面还需研究提高,目前我国的航空管制水平离国际水准还有一定差距,只在京广、京沪、沪广航路,以及郑州、武汉、长沙、珠海、厦门等部分地区实施了雷达管制,其他大部分地区仍然采用雷达监视条件下的程序管制,有些地区甚至是传统的程序管制。随着我国空管系统建设的不断推进,最终将在全国范围内全部实现雷达管制。

1.2.1 程序管制

1. 程序管制概述

程序管制是指航空管制人员根据飞行计划、飞行人员报告的航行诸元,利用通信、导航设施和雷达标图、领航计算等方法,掌握航空器飞行动态,监控航空器之间的各种间隔,使之保持规定安全间隔的一种管制方式,其目的是合理安排航空器的飞行秩序,调整航空器之间的安全间隔,保证飞行安全。程序管制工作的主要内容包括,对飞行计划进行审核,识别飞行冲突,制定飞行调配和飞行指挥预案,掌握飞行动态,调整飞行间隔,按规定进行管制移交。