



中国民用航空飞行学院
飞行技术专业核心教材

仪表飞行 程序

Instrument Flight
Procedures

何光勤 陈华群 黄邦菊/编 著
何秋钊/审 定

中国民航出版社

中国民用航空飞行学院飞行技术专业核心教材

仪表飞程序

何光勤 陈华群 黄邦菊 编著
何秋钊 审定

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

仪表飞行程序/何光勤, 陈华群, 黄邦菊编著. —
北京: 中国民航出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-5128-0375-6

I. ①仪… II. ①何… ②陈… ③黄… III. ①仪表飞行-程序设计 IV. ①V323. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 155423 号

仪表飞行程序

何光勤 陈华群 黄邦菊 编著
何秋钊 审定

责任编辑 杨玉芹

出版 中国民航出版社 (010) 64279457

地址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)

排版 中国民航出版社录排室

印刷 北京画中画印刷有限公司

发行 中国民航出版社 (010) 64297307 64290477

开本 787×1092 1/16

印张 15.75

字数 387 千字

版印次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5128-0375-6

定价 45.00 元

官方微博 <http://weibo.com/phcaac>

淘宝网店 <https://shop142257812.taobao.com>

电子邮箱 phcaac@sina.com

前 言

仪表飞行程序是航空器根据飞行仪表,对障碍物保持规定的超障余度所进行的一系列预定的机动飞行。仪表飞行程序可以避免在飞机起飞离场、航路巡航和进近着陆的过程中,飞机与地面障碍物、飞机与飞机之间相撞。仪表飞行程序是飞行运营人员的指导性手册,在实施飞行时,为达到和保持运行中可接受的安全水平,运营人员必须严格遵守规定的程序。

仪表飞行程序是飞行技术专业的一门专业技术基础课。为适应飞行技术专业学历培训和执照培训要求,本教材编写的主要内容包括机场、仪表飞行程序、符合 ICAO 标准的国内航图、航行通告和航空情报资料。通过学习,学生能够熟悉机场的道面系统和仪表飞行所需的机场目视助航设施以及有关技术标准和要求,理解机场运行最低标准的制定和实施,掌握仪表飞行程序的一般准则和规定、程序设计的一般原理和方法、有关技术标准和运行限制、国际民航组织规定的航行资料和使用方法,熟悉航空情报资料的查阅和使用方法,为今后从事飞行工作奠定良好的理论基础。

本教材在编写过程中,注重科学性、系统性和实践性相结合,在内容选取和章节安排上,参照《民用航空器驾驶员、飞行教员和地面教员合格审定规则》(CCAR-61)、《仪表等级理论考试大纲》、《商用驾驶员执照理论考试大纲》和《航线运输驾驶员执照理论考试大纲》对仪表飞行程序这一领域的知识掌握要求,并且参考了中华人民共和国航空行业标准《目视和仪表飞行程序设计规范》(MH/T4023—2007),国际民航组织“DOC.8168”,即《航空器运行》第一卷和《目视和仪表飞行程序设计规范》第二卷,国际民航公约《航图》(附件4)、《机场》(附件14)和《航行情报服务》(附件15)与《中华人民共和国资料汇编》等。依据其内在联系,力争由浅入深地进行讲解,注重前后连贯,避免不必要的论证和推导,突出仪表飞行实施的程序和方法,强调扩展学生思维和培养其不断探索的作风,同时注重教学与自学相结合,教材每个知识点都配有相应的民航生产实践的资料。

2010年9月,何光勤、陈华群和黄邦菊三位教师根据民航局相关规定和教学需要,完成了本教材的编写工作,经过在中国民用航空飞行学院3年多的试用,现进行修订并正式出版。其中,何光勤负责编写第3章、第4章、第5章和第6章,陈华群负责编写第1章、第2章和第6章,黄邦菊负责编写第7章。全书由陈华群负责统稿和初步校正,最后校准工作由何光勤完成。本教材在编写过程中,参考了国际民航组织和中国民用航空局有关法律规章,得到了中国民用航空飞行学院高等教育研究室、空中交通管理学院和航空运行教研室全体同仁的热情支持和大力帮助,在此一并致以谢意。

由于编写时间仓促和编者水平有限,书中难免存在错误及不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2016年6月

于中国民用航空飞行学院

主要英美制单位与国际标准单位的换算关系

$$1 \text{ ft} = 0.305 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ n mile} = 1.852 \text{ km} = 1852 \text{ m}$$

$$1 \text{ kt} = 1.852 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ lb} = 0.454 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 2.205 \text{ lb}$$

$$1 \text{ gal (美)} = 3.786 \text{ L} = 3.385 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 264.169 \text{ gal (美)}$$

$$1 \text{ inHg} = 33.86 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ hp (马力)} = 745.6999 \text{ W}$$

目 录

前言

第 1 章 概 述	1
1.1 仪表飞行的建立	1
1.2 仪表飞行程序设计的基本参数	2
1.3 飞行航图的使用	7
复习思考题	10
第 2 章 机 场	11
2.1 机场概述	11
2.2 机场净空	21
2.3 机场标志	26
2.4 机场灯光	41
2.5 机场运行标准	52
2.6 机场图和停机位图	59
2.7 机场障碍物图—ICAO A 型	69
复习思考题	74
第 3 章 仪表离场程序	75
3.1 离场程序的一般原理	75
3.2 离场程序	77
3.3 紧急程序及公布资料	81
3.4 标准仪表离场图	82
复习思考题	88
第 4 章 航路/线	89
4.1 VOR/NDB 航路	89
4.2 航路/线图	91
4.3 区域图	97
4.4 空中走廊图	100
复习思考题	101

第 5 章 仪表进场和等待程序..... 102

5.1 仪表进场程序 102

5.2 等待程序 103

5.3 标准仪表进场图 106

复习思考题..... 108

第 6 章 仪表进近程序..... 109

6.1 仪表进近航段构成和程序型式 109

6.2 非精密进近程序 113

6.3 精密进近程序 122

6.4 仪表进近图 132

6.5 精密进近地形图 141

复习思考题..... 144

第 7 章 飞行情报服务..... 145

7.1 航空情报服务概述 145

7.2 航空情报资料 147

7.3 航行通告 158

7.4 雪情通告 165

7.5 火山烟云通告 169

7.6 飞行前资料公告（PIB） 172

复习思考题..... 179

附录..... 184

附录 1 附 图 184

附录 2 缩略语 203

附录 3 地名代码 240

参考文献..... 245

第1章 概述

仪表飞行程序是航空器根据飞行仪表,对障碍物保持的超障余度所进行的一系列预定的机动飞行。仪表飞行程序可以避免在飞机起飞离场、航路巡航和进近着陆的过程中,飞机与地面障碍物、飞机与飞机之间相撞。根据飞行中采用的领航方式的不同,通常把飞行程序分为目视飞行和仪表飞行两类。整个飞行过程通常由起飞离场、航线飞行和进近着陆三个阶段组成。通过本章的学习,学生能够清晰地建立整个飞行过程,了解飞行程序设计的基本原则,树立三维空间坐标的飞行思维模式,理解飞行程序设计使用的参数,掌握整个飞行过程中需要使用的航图种类的特点。

1.1 仪表飞行程序的建立

1.1.1 仪表飞行程序设计的基本原则和要求

所有民用航空器使用的可供仪表飞行的机场,都必须设计有仪表飞行程序,并制定机场运行的最低标准。建立机场仪表飞行程序的目的,是保证航空器在机场区域内按规定程序安全而有秩序地飞行,以避免在起飞离场和进近着陆的过程中,航空器与地面障碍物、航空器与航空器之间相撞。

便于指挥、调配和飞行操纵,确保飞行安全,提高经济效益,是建立每一个仪表飞行程序所必须达到的要求。

安全、经济、简便的原则,是机场仪表飞行程序设计所应遵循的基本原则。其中,安全是前提。为确保飞行安全,仪表飞行程序设计必须以国际民航组织《目视和仪表飞行程序设计规范》为依据。同时,设计仪表飞行程序,还必须在确保安全的前提下,达到经济和简便的要求。建立仪表飞行程序时主要取决于机场的布局、导航设施位置,以及所采用的飞行程序设计模式等。

1.1.2 坐标系的建立

在程序设计中,为了说明障碍物与跑道之间的位置关系,主要采用极坐标系和直角坐标系。

极坐标系以跑道中心为原点,以磁经线为始边,用磁方位、距离和障碍物标高或障碍物高(障碍物距离机场标高的高度)来表示。

直角坐标系以跑道入口的中点为原点; x 轴与跑道中线延长线一致, x 值在跑道入口前为正值,在入口之后为负值; y 轴过原点与 x 轴相垂直,在进近航迹的右侧, y 值为正值,左侧为负值; z 轴为过原点的竖轴,以入口标高为零,高于入口平面时 z 值为正值。如图1.1所示。

测量部门提供的障碍物位置,通常以极坐标表示,但为便于计算,也常用直角坐标系表示。极坐标系可通过公式换算为直角坐标系。

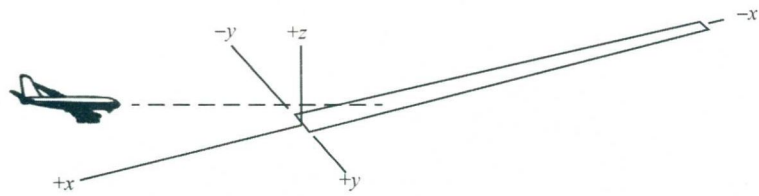


图 1.1 坐标系

1.2 仪表飞行程序设计的基本参数

1.2.1 仪表飞行程序设计所使用的速度

1. 航空器的分类

航空器的性能将直接影响实施仪表进近程序的各种机动飞行所需的空域和能见度。其中，最重要的性能因素是航空器的速度。为了对具体仪表进近程序提供有关航空器机动性能标准化的基础，根据航空器以最大允许着陆重量在着陆形态下失速速度的 1.3 倍（失速速度可以从飞行手册中查出），即跑道入口速度（ V_{at} ），将航空器分为下述五类：

- A 类： V_{at} 小于 169 km/h (91 kt)；
- B 类： V_{at} 在 169 km/h (91 kt) 或以上，但小于 224 km/h (121 kt)；
- C 类： V_{at} 在 224 km/h (121 kt) 或以上，但小于 261 km/h (141 kt)；
- D 类： V_{at} 在 261 km/h (141 kt) 或以上，但小于 307 km/h (166 kt)；
- E 类： V_{at} 在 307 km/h (166 kt) 或以上，但小于 391 km/h (211 kt)。

2. 各航段所用的速度范围

在进行仪表飞行程序设计时，国际民航组织规定各类航空器在各航段所使用的速度范围如表 1-1 所示。表列速度为指示空速（Indicated Air Speed, IAS），当用于飞行程序设计时必须换算为真空速（True Airspeed, TAS）。

表 1-1 程序计算所用速度（IAS）（单位：kt）

航空器 分类	V_{at}	起始进近 速度范围	最后进近 速度范围	目视机动 （盘旋） 最大速度	复飞最大速度	
					中间	最后
A	<91	90~150 (110 ^a)	70~100	100	100	110
B	91~120	120~180 (140 ^a)	85~130	135	130	150
C	121~140	160~240	115~160	180	160	240
D	141~165	185~250	130~185	205	185	265
E	166~210	185~250	155~230	240	230	175
H	不适用	70~120 ^b	60~90 ^c	不适用	90	275
H 类（PinS） ^c	不适用	70~120	60~90	不适用	70 或 90	70 或 90

注：跑道入口速度（ V_{at} ）：航空器以最大着陆重量在着陆形态下失速速度的 1.3 倍。

a：反向和直角程序的最大速度。

b：6000 ft 及以下的反向和直角程序的最大速度为 100 kt，6000 ft 以上为 110 kt。

c：基于基本 GNSS（Global Navigation Satellite System）的直升机空间点程序与运行需要，起始进近和中间进近应使用最大速度 120 kt 进行设计，最后进近和复飞航段应使用 90 kt，或起始进近和中间进近使用 90 kt，最后进近和复飞航段使用 70 kt。PinS（point-in-space approach）的含义为空间点进近。

1.2.2 转弯参数

转弯参数包括转弯真空速（以 v 表示）、转弯坡度（以 α 表示）或转弯率（以 R 表示）、转弯半径（以 r 表示）、转过 θ 角的时间（ t_θ ）等。飞机转弯时的速度和坡度，决定了转弯半径和转弯率的大小，直接影响机动飞行所占的空间和时间。为了保证飞机在仪表进近的机动飞行中具有足够的安全保护区，在进行程序设计时，除了根据飞机类型来规定各航段的速度范围外，还规定了转弯的坡度和转弯率。

飞机转弯时的倾斜角度，即飞机横轴与地平线之间的夹角或飞机竖轴与地垂线之间的夹角，称为转弯坡度（ α ）；单位时间内转过的角度称为转弯率（ R ），以度/秒（ $^\circ/\text{s}$ ）为单位。

以度/秒为单位的转弯率（ R ）的计算公式如下：

$$R = \frac{6355 \tan \alpha}{\pi v} \quad (1-1)$$

式中， v 是以 km/h 为单位的 TAS。

$$R = \frac{3413 \tan \alpha}{\pi v} \quad (1-2)$$

式中， v 是以 kt 为单位的 TAS。

其中， $\text{TAS} = \text{IAS} \times K$ ， K 为空速因子，与飞行的高度和温度有关。

上式表明：如果转弯速度一定，则转弯坡度越大，转弯率就越大；如果转弯坡度一定，则转弯速度越大，转弯率就越小。

在进行程序设计时，规定等待和起始进近使用的坡度平均为 25° ，目视盘旋为 20° ，复飞转弯为 15° 。使用上述转弯坡度时，相应的转弯率不得超过 $3^\circ/\text{s}$ ，如果超过 $3^\circ/\text{s}$ ，则应采用 $3^\circ/\text{s}$ 转弯率所对应的转弯坡度。

$$r = \frac{v}{20\pi R} \quad t_\theta = \frac{\theta}{R}$$

1.2.3 终端区定位点的容差

航站区定位点通常使用标准的无线电导航系统确定，其方法可分为交叉定位、飞越电台上空定位及雷达定位。由于所有导航设施和航路点都有精度限制，标定的地理位置也不十分精确，但是可以认定其处在标称点周围的一定区域内，这个区域叫定位容差区。

1. 交叉定位容差

是指由相同位置的 VOR/DME 台的径向线与距离弧的交叉定位点，或者由不同导航设施的两个径向线或方位线相交的定位。用这种方法形成的区域，本标准称之为“定位容差区”。交叉定位的定位容差和定位容差区通过相同或不同位置的导航设施的导航信息来确定，如图 1.2 所示。

2. 飞越电台上空定位容差

如图 1.3 所示, 右侧的 IAF CEN 采用 VOR/DME 飞越电台的定位方式。定位容差区应使用圆锥效应区确定。飞越 VOR (VHF Omni-directional Range) 是以通过 VOR 台的直线与垂直线成 50° 角构成的多值性圆锥为基础, 如图 1.4 所示。

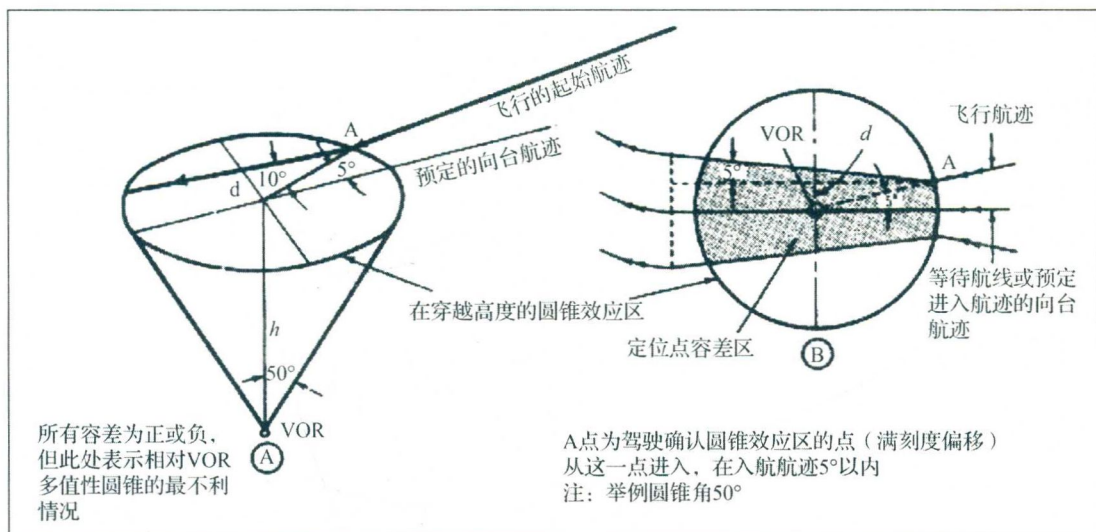


图 1.4 飞越 VOR 台的定位容差区

飞越 NDB (Non-directional Beacon) 是根据向电台各方扩散 40° 的多值性倒圆锥, 假定在规定航迹的 $\pm 15^\circ$ 内进入圆锥, 从进入点穿过圆锥能保持航迹的精度在 $\pm 5^\circ$ 以内, 如图 1.5 所示。

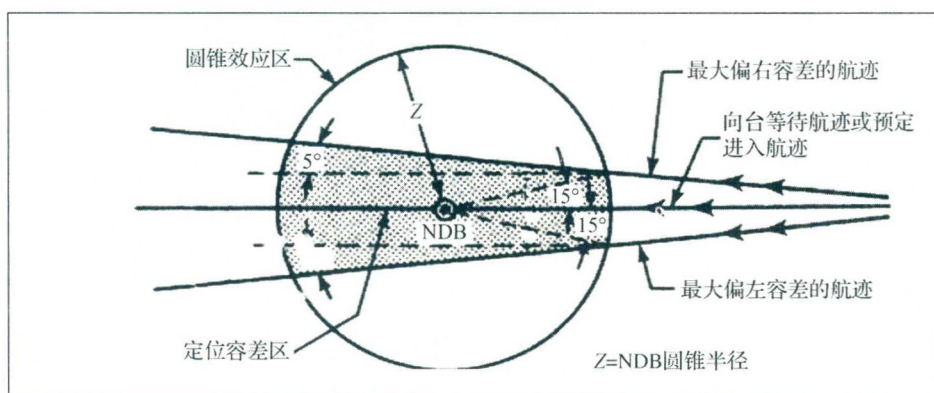


图 1.5 飞越 VOR 台的定位容差区

3. 雷达定位容差

雷达通常不作为主要的定位方法, 但是, 在空中交通管制能够提供雷达服务的地区, 终端区雷达 (Terminal Area Surveillance Radar, TAR) 可用于确定所有终端区定位

点。航路监视雷达（Surveillance Radar, SAR）可用于确定起始进近和中间进近的定位点。

4. 区域导航

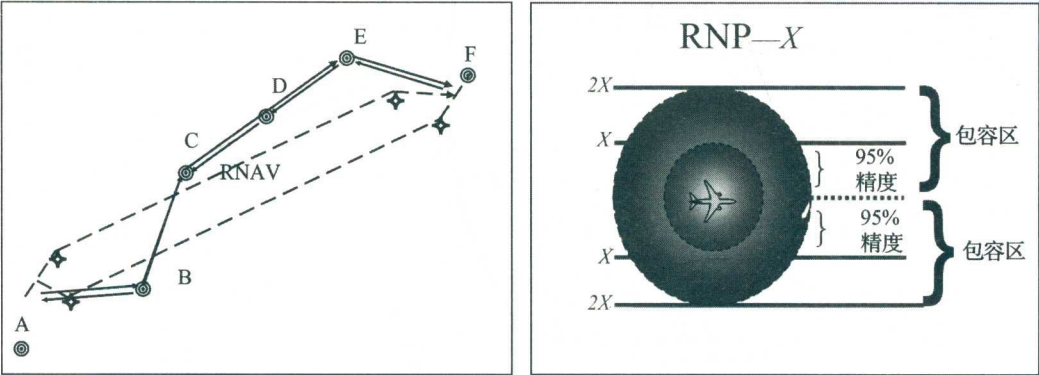
区域导航定位容差（Area Navigation, RNAV）是一种导航方式，它可以使航空器在导航信号覆盖范围之内，或在机载导航设备的工作能力范围之内，或在二者的组合范围内，沿任意期望的路径飞行，如图 1.6（a）所示。

所需导航性能（Required Navigation Performance, RNP）是建立在 RNAV 基础上的一种全新导航概念，它引入包容度（Containment）的概念，以概率的形式控制和预测精度，并能随时监控航迹误差。

基于性能的导航（Performance Based Navigation, PBN）规定了 RNAV 系统在使用 ATS（Air Traffic Service）航路、仪表进近程序和空域飞行时的性能要求。性能要求以在特定空域中进行运行所需的精度、完整性、持续性、可用性和功能来确定。

RNAV 和 RNP 概念的区别可以概括为，RNP 包括对机载设备性能监视和告警的要求，并能向飞行员显示是否达到了预定运行要求，但 RNAV 不包括此要求。

在 RNP X 、RNAV X 中， X 表示在 95% 的时间内的导航精度，如 RNAV1、RNP0.3。对于同样的 X ，RNAV 和 RNP 对机载导航设备和机组程序的要求会有很大的差别。RNP 的精度以海里数表示，在 95% 的时间内能处于其中；RNP 包容区为中心线两侧各 $2X$ ，如图 1.6（b）所示；数值越小，精度越高，标准有：10 NM、5 NM、4 NM、2 NM、1 NM、0.5 NM、0.3 NM，甚至 0.15 NM。PBN 属于 RNAV 和传统 ATS 航路的过渡和混合。



(a) RNAV 导航示意图 (b) RNP 包容区和精度示意图

图 1.6 RNAV 和 RNP 导航

如图 1.7 所示，GG009、GG007、GG006、GG005 等均是采用 RNAV 定位方式的各位置点。

5.82 in) (A5)。

2. 负载量

负载量是指图面上各种线划、符号和注记所占面积的比例。一幅图上的负载量是有一定限制的,负载量太大会造成图幅紊乱,影响图的可读性。在满足需要资料的前提下,应尽可能降低负载量。航图的制作过程中应将所有与飞行无直接关系的要素统统略去,以减少负载量,突出航行有关要素。

3. 颜色

用彩色制作和印刷航图,可以增加航图的负载量和可读性。但由于航图中的航行要素变化较快,且有时一些环境要素变化时,也要求航图更新,这就使得航图的更新速度加快,加之航图的用户少,为了降低航图的成本,要求航图尽量减少所用色彩的数量或直接用单色制作与印刷。目前的航图多数用单色印刷,若用彩色制作,一般也只采用黑色、灰色和蓝色这三色印刷,很少用更多的颜色。

4. 资料的现势性

现势性是指图上内容与实际事物相一致的程度。航图是飞行时领航资料的一个重要来源,如果有一点差错,都可能造成不可想象的后果。因此,航图所提供资料的现势性显得非常重要,必须确保图上资料的现势性和准确性。

5. 航图的定位方法

航图采用综合的定位方法,航图中的所有地物和符号都采用真北定位的方法进行绘制,而所有需要注明方向的数据,都以磁北进行注记。同时,图上注明磁差。由于磁差是变化的,注明的磁差必须是距离制图年份最近的一个可以被 5 整除的年份的磁差,并注明磁差的年变率。例如,假定制图时间是 1997 年,则应注记 1995 年的磁差,并加注年变率。

6. 地形标绘的要求

为了满足使用者对定向和识别、安全超障余度、标注航空资料的清晰度、作计划等的需要,在相关的航图上需标绘地形。描绘地形,一般综合使用等高线、分层设色、标高点 and 地貌晕渲法。但选择上述方法时要考虑航图性质和比例尺及其用途等因素。在使用标高点表示地形特点时,必须标出选定的突出标高点。如果对标高点数值的准确性有怀疑,那么在数值后用 $\pm$ 符号注明。

7. 其他资料

除有关航图的规范另有说明外,每一幅图的正面必须注明下列资料:①航图系列的代号或名称;②图幅名称和编号;③在图幅边缘标注衔接图的名称(如适用)。此外,必须提供所用符号和缩略语的图例。航图使用的符号必须与国际民航组织航图符号相一致,具体符号将在后续说明。每幅图的正面必须清楚地注明航空资料的有效日期。

1.3.2 航图的分类和修订

现在使用的航图,已经发展成为一个具有 17 种图的航图系列。这 17 种航图在航行中的作用和重要性是不一样的,因而就有了将 17 种航图按重要程度和用途进行分类的两种

分类方法。

1. 按重要程度分类

1) 必须提供的航图

必须提供的航图一共有6种,凡是对国际民用航空开放的机场,机场所属国的有关部门都应制作与公布这6种航图。分别为:机场障碍物图——ICAO A型,机场图,世界航图,精密进近地形图,仪表进近图,航路图。

其中,精密进近地形图是当机场开放Ⅱ、Ⅲ类精密进近跑道时必须提供的,已制定仪表进近程序的机场,要制作仪表进近图;另外,建立飞行情报区的区域,必须提供航路图。

2) 非强制性制作的航图

对于非强制性制作的航图,只有当有关部门觉得这类航图有助于飞机运行的安全、正常和效益时,才进行制作。它包括以下6种航图:机场障碍物图——ICAO B型,机场地面运行图,航空器停放/停靠图,航空地图,航空领航图,作业图。

3) 根据条件需要制作的航图

以下5种航图的制作要求是在某种条件或情况出现的前提下,才提供服务的。分别为:机场障碍物图——ICAO C型,区域图,标准仪表离场图,标准仪表进场图,目视进近图。

2. 按航图的用途分类

按航图用途的不同,可将17种航图分为四类:

1) 仅用于作计划的航图

- 机场障碍物图——ICAO A型
- 机场障碍物图——ICAO B型
- 机场障碍物图——ICAO C型
- 精密进近地形图

2) 起飞至着陆之间飞行时使用的航图

- 航路图
- 区域图
- 标准仪表离场图
- 标准仪表进场图
- 仪表进近图
- 目视进近图

3) 飞机在机场道面运行时使用的航图

- 机场图
- 机场地面运行图
- 航空器停放/停靠图

4) 目视领航、作业和计划时使用的航图

- 世界航图
- 航空地图

- 作业图
- 航空领航图

航图的修订：航图中的资料分为航行资料和地形资料，其中航行资料对航行的影响较大并且它随时都有改变的可能，因此，使其保持现行有效，对安全至关重要。

3. 航图的标号方式

各机场包含以下航图种类（Z×××代表该机场的 ICAO 四字地名代码）：

Z×××-1：区域图、空中走廊图、放油区图等；

Z×××-2：机场图、停机位置图；

Z×××-3：标准仪表离场图；

Z×××-4：标准仪表进场图；

Z×××-5：仪表进近图（Instrument Landing System, ILS）；

Z×××-6：仪表进近图（VOR）；

Z×××-7：仪表进近图（NDB）；

Z×××-8：目视进近图；

Z×××-9：进近图（RADAR、RNAV、RNP、GPS、GNSS）。

复习思考题

1. 在飞行程序设计，航空器是如何分类的？航空器的跑道入口速度是什么？
2. 简述飞行程序对民用飞机在各飞行阶段中转弯坡度和转弯率的限定。
3. 航站区各定位点的定位方法有哪些？
4. 简述航空器从成都双流国际机场开车，使用 02L 跑道起飞到上海浦东国际机场 17R 跑道着陆并在机坪停车，这一飞行过程中航图的使用。