



空中交通管理系列教材

KONGZHONG JIAOTONG
GUANLI XILIE JIAOCAI



目视和仪表飞行程序设计

第3版

朱代武 何光勤 编

MUSHI HE

YIBIAO FEIXING CHENGXU SHEJI



西南交通大学出版社

空中交通管理系列教材

目视和仪表飞行程序设计

第3版

朱代武 何光勤 编

西南交通大学出版社

·成都·

内容简介

本书主要供交通运输学科空中交通管理方向的本科教学使用。

本书由中国民用航空飞行学院教材委员会批准,依据国际民航组织和中国民航的相关规范,以及作者的教学经验编写而成。其内容包括飞行程序的非精密进近、精密进近、雷达进近、基于性能导航程序概述、离场程序、进场程序和机场运行最低标准等。

图书在版编目(CIP)数据

目视和仪表飞行程序设计 / 朱代武, 何光勤编. —
3 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2016.8
空中交通管理系列教材
ISBN 978-7-5643-4880-9

I. ①目… II. ①朱… ②何… III. ①目视飞行-程
序设计-教材②仪表飞行-程序设计-教材 IV. ①V323

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 184979 号

空中交通管理系列教材

目视和仪表飞行程序设计

第 3 版

朱代武 何光勤 编

责任编辑 孟苏成

封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印 张 13.75

字 数 342 千

版 次 2016 年 8 月第 3 版

印 次 2016 年 8 月第 7 次

书 号 ISBN 978-7-5643-4880-9

定 价 39.80 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

总 序

民航是现代综合交通运输体系的有机组成部分，以其安全、快捷、通达、舒适等独特优势确立了独立的产业地位。同时，民航在国家参与经济全球化、推动老少边穷地区发展、维护国家统一和民族团结、保障国防和经济安全、加强与世界不同文明沟通、催生相关领域科技创新等方面都发挥着难以估量的作用。因此，民航业已成为国家经济社会发展的战略性先导性产业，其发达程度直接体现了国家的综合实力和现代化水平。

自改革开放以来，我国民航业快速发展，行业规模不断扩大，服务能力逐步提升，安全水平显著提高，为我国改革开放和社会主义现代化建设做出了突出贡献。可以说，我国已经成为名副其实的民航大国。站在新的历史起点上，在 2008 年的全国民航工作会议上，民航局提出了全面推进建设民航强国的战略构想，拉开了我国由民航大国迈向民航强国的序幕。

要实现民航大国向民航强国的转变，人才储备是最基本的先决条件。长期以来，我国民航业发展的基本矛盾是供给能力难以满足快速增长的市场需求。而其深层次的原因之一，便是人力资源的短缺，尤其是飞行、空管和机务等专业技术人员结构不合理，缺乏高级技术、管理和安全监管人才。有鉴于此，国务院在《关于促进民航业发展的若干意见》中明确指出，要强化科教和人才支撑，要实施重大人才工程，加大飞行、机务、空管等紧缺专业人才的培养力度。

正是在这样的大背景下，作为世界上最大的航空训练机构，作为中国民航培养飞行员和空中交通管制员的主力院校，中国民航飞行学院以中国民航可持续发展为己任，勇挑历史重担，结合自身的办学特色，整合优势资源，组织编写了这套“空中交通管理系列教材”，以解当下民航专业人才培养的燃眉之急。在这套教材的规划、组织和编写过程中，教材建设团队全面贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》，以培养适应民航业岗位需要的、具有“工匠精神”的应用型高素质人才为目标，创新人才培养模式，突出民航院校办学特色，坚持“以飞为主，协调发展”的方针，深化“产教融合、校企合作”，强化学生实践能力培养。同时，教材建设团队积极推进课程改革，在优化专业课程内容的基础上，加强包括职业道德、民航文化在内的人文素养教育。

由中国民航飞行学院编写的这套教材，高度契合民航局颁布的空中交通管制员执照理论考试大纲及知识点要求，对相应的内容体系进行了完善，从而满足了民航专业人才培养的新要求。可以说，本系列教材的出版恰逢其时，是一场不折不扣的“及时雨”。

由于空中交通管理专业涉及的知识点多，知识更新速度快，因此教材的编写是一项极其艰巨的任务。但令人欣喜的是，中国民航飞行学院的教师们凭借严谨的工作作风、深厚的学术造诣以及坚韧的精神品质，出色地完成了这一任务。尽管这套教材在模式创新方面尚存在瑕疵，但仍不失为当前民航人才培养领域的优秀教材，值得大力推广。我们相信，这套教材的出版必将为我国民航人才的培养做出贡献，为我国民航事业的发展做出贡献！

是为序。

中国民航飞行学院教材
编写委员会
2016年7月1日

第3版前言

2007年以来,我国已经成为民用航空运输总周转量全球排名第二的民航大国。新建和扩建机场的不断增多和空中流量的迅速增长,使机场的目视和仪表飞行程序设计显得越来越重要,逐渐成为一项紧迫的任务。飞行程序的优劣,直接影响到飞机在空中运行的安全性和经济性。为此,我们根据国际民航组织 DOC8168—OPS/611《目视和仪表飞行程序设计》和中国民用航空局颁发的《机场运行最低标准的制定与实施规定》,并吸取我国民航在飞行程序设计实践中的一些经验,编写了本教材,供交通运输(空中交通管理)专业使用。该教材由中国民用航空飞行学院教材委员会批准出版,其内容符合本科专业该课程教学大纲的要求。

为了便于学生理解和掌握,本教材在编排上根据教学内容的内在联系,力求由浅入深,突出重点,前后连贯,以起始进近采用直线航线的程序设计为线索,完整地介绍非精密进近程序设计的全过程,着重解决确定 OCA/H 的步骤和方法,使学生对仪表进近程序的设计形成一个比较完整的概念,在此基础上进一步说明反向和直角程序(包括等待程序)的设计,以及确定 ILS 进近 OCA/H 的方法。与原教材相比,内容大大扩展了,不仅包括仪表进近程序的设计和机场最低运行标准的制定,而且还包括起飞离场和进场程序的设计。本教材在文字叙述上也力求通俗连贯,便于自学者阅读。

通过本教材的教学,应使学生重点掌握飞行程序的基本概念,熟悉目视和仪表飞行程序设计的一般准则,初步掌握程序设计的一般原理和基本方法,并能根据程序设计的结果,制定出机场运行的最低标准。

本教材于 1993 年 4 月由中国民用航空飞行学院的朱代武、何光勤同志编写,莫能逊同志进行了指导和校核。随着国内外民航新技术的不断发展,对交通运输(空中交通管理)专业的教学有了新的要求,因此,编写组根据有关规定的修订内容和教学中发现的问题,于 2004 年、2009 年和 2013 年 3 次对教材进行了全面修订,并增加了基于性能的导航进近等新内容。本次修订参照了国际民航组织 DOC8168 文件 2014 年第六版的相关内容,黄晋老师在该文件的翻译中付出了大量工作,我院的任课教师也提出了宝贵的修改意见,在此一并致谢!

由于本教材涉及面较广,数据量较大,限于编者的水平,难免存在不足及疏漏之处,欢迎各位专家和广大读者批评指正。

编者

2016 年 4 月

目 录

第一章 概 述.....	1
第一节 飞行的概念及分类.....	1
第二节 程序构成及基本要求.....	4
第三节 程序设计的基本参数.....	8
复习思考题	20
第二章 非精密进近程序的设计	21
第一节 仪表进近程序的建立	21
第二节 最低超障高度的计算	25
第三节 复飞程序	37
第四节 目视盘旋进近	53
复习思考题	60
第三章 反向和直角航线保护区的设计	61
第一节 程序设计的有关准则和区域参数	61
第二节 反向程序保护区的设计	71
第三节 直角航线保护区	83
第四节 反向和直角航线区的缩减和区域的简化画法	94
第五节 反向和直角程序的中间和最后进近区	99
复习思考题.....	104
第四章 ILS 精密进近程序设计	105
第一节 概 述.....	105
第二节 障碍物的评价.....	108
第三节 确定 ILS 进近的 OCH	120
第四节 ILS 进近的中间和起始进近区	132
第五节 I 类 ILS 航向台偏置或下滑台不工作	141
复习思考题.....	146
第五章 雷达进近程序.....	147
第一节 监视雷达进近程序.....	147
第二节 PAR 进近程序	150
复习思考题.....	156
第六章 离场和进场程序设计.....	157
第一节 离场程序一般原理.....	157
第二节 离场航线.....	159
第三节 全向离场.....	171

第四节 紧急程序及应公布的资料.....	174
第五节 最低扇区高度(MSA)	178
第六节 进场航段.....	180
复习思考题.....	185
第七章 机场运行最低标准	186
第一节 起飞最低标准.....	186
第二节 I类 PA、APV、NPA 和目视盘旋的最低标准	189
第三节 II/Ⅲ类 PA 的最低标准	192
第四节 机场设备故障或降级对运行标准的影响.....	194
第五节 飞行运行的要求.....	195
复习思考题.....	196
附 录	197
参考文献	211

第一章 概 述

飞行程序是机场运行的基本条件之一,是组织实施飞行、提供空中交通服务、建设导航设施的重要依据,是航空器飞行安全和提高运行效率的重要保障。民用机场飞行程序(以下简称飞行程序)是指为航空器在机场区域运行所规定的按顺序进行的一系列机动飞行,如飞行区域、航迹、高度、速度的规定和限制等,一般包括起飞离场程序、进场程序、进近程序、复飞程序和等待程序等。

第一节 飞行程序的概念及分类

飞行程序按照领航方式的不同分为目视飞行程序和仪表飞行程序两类。仪表飞行程序包含传统导航和基于性能导航(PBN)的飞行程序。传统导航主要依据 NDB、VOR/DME、ILS 和雷达等特定的导航设施提供航迹引导或下滑引导。

一、基于性能的导航(PBN)概念

(一) PBN 的概念

基于性能的导航(Performance Based Navigation, PBN)是国际民航组织(ICAO)在整合各国区域导航(RNAV)和所需导航性能(RNP)运行实践及技术标准的基础上,提出的一种新型概念。它将飞机先进的机载设备与卫星导航及其他先进技术结合起来,涵盖了从航路、终端区到进近着陆的所有飞行阶段,提供了更加精确、安全的飞行方法和更加有效的空中交通管理模式。

PBN 是指在相应的导航基础设施条件下,航空器在指定的航路、仪表飞行程序或空域内飞行时,对系统精确性、完好性、可用性、连续性以及功能等方面的性能要求。PBN 的引入体现了航行方式从基于传感器导航到基于性能导航的转变。

PBN 包含两个基本导航规范:区域导航(Area Navigation, RNAV)和所需导航性能(Required Navigation Performance, RNP)。其中,区域导航(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,或二者的组合,沿任意期望的航径飞行。所需导航性能(Required Navigation Performance, RNP)是对在规定空域内运行所需要的导航性能的描述。RNP 的类型根据航空器至少有 95% 的时间能够达到预计导航性能精度的数

值来确定。所需导航性能(RNP)是具有有机载导航性能监视和告警(On-board Performance Monitoring and Alerting, OPMA)能力的 RNAV。也就是说,要求机载性能监视与告警的导航规范被称为 RNP 规范。不要求机载性能监视与告警的导航规范则被称为 RNAV 规范。

(二) PBN 的 3 个要素

基于性能导航(PBN)概念由 3 个相互关联的要素组成:导航规范、导航系统基础设施和导航应用。

导航规范是在已定义的空域概念下对航空器和飞行机组提出的一系列要求,它定义了实施 PBN 所需要的性能及具体功能要求,同时也确定了导航源和设备的选择方式,能够对国家管理当局和运营人提供具体指导。导航规范被各个国家用做合格审定和运行审批的基础。导航规范详尽说明了沿特定航路、程序或在指定空域内运行的区域导航系统的各项要求,这些运行需要根据导航规范获得审批。具体要求包括:① 区域导航系统在精度、完好性、连续性和可用性方面所需具备的性能;② 为达到所需性能,区域导航系统需要具备的功能;③ 整合到区域导航系统中的可用以达到所需性能的导航传感器;④ 为达到区域导航系统上述性能需要具备的飞行机组人员程序和其他程序。

导航系统基础设施是指每个导航规范中提及的星基或陆基导航系统。星基导航设施:GNSS;陆基导航设施:DME、VOR(没有 NDB)。

导航应用是按照空域概念,将导航规范及相关的导航系统基础设施应用于空中交通服务航路、仪表进近程序和/或限定的空域范围。如何将导航规范和导航设备基础设施共同用于导航应用的实例,包括 RNAV 或 RNP 标准仪表离场和标准仪表进场、RNAV 或 RNP 空中交通服务航路,以及 RNP 进近程序。

(三) PBN 的导航规范

国际民航组织《基于性能的导航(PBN)手册》(Doc 9613)详细阐述了 PBN 概念和如何实施 PBN 的有关指导说明,及下述各应用的导航规范:

① RNAV 10:用于支持航路飞行阶段的 RNAV 运行,支持在海洋或偏远区域空域以纵向距离为基础的最低间隔标准。

② RNAV 5:用于支持大陆空域航路阶段飞行的 RNAV 运行。

③ RNAV 1 和 2:用于支持航路阶段飞行、标准仪表离场(SID)、标准仪表进场(STAR)和进近至 FAF/FAP 的 RNAV 运行。

④ RNP 4:用于支持在海洋或偏远区域空域基于纵向距离最低间隔标准的航路阶段飞行的 RNAV 运行。

⑤ RNP 2:用于支持洋区、偏远地区和大陆空域航路阶段飞行的 RNP 运行。

⑥ RNP 1:用于支持 SID, STAR 和进近至 FAF/FAP 的 RNP 运行,没有或有限制的 ATS 监视服务限制,用于低到中等程度的交通量。

⑦ 高级 RNP (ARNP):用于支持大陆空域的航路, SID, STAR 和进近程序的 RNP 运行。

ARNP 导航要求的导航精度值的要求如下:最后进近 0.3 NM;大陆航路 1 或 2 NM;和 SID、STAR、起始/中间进近和复飞中为 1 NM。可选择性要求则包括洋区/偏远空域的应用,和在所有终端飞行阶段(最后进近除外)允许选择一个在 1.0 NM 和 0.3 NM 之间,以 0.1 NM 为增量的导航精度。

⑧ RNP 0.3:用于支持除最后进近以外,直升机所有飞行阶段的直升机 RNP 运行。

⑨ RNP APCH:用于支持 RNP 进近运行至 LNAV、LNAV/VNAV、LP 和 LPV 的最低标准。

⑩ RNP AR APCH:用于支持 RNP 进近运行,包括有直线和/或固定半径航段组成的最后进近航段,最后进近的导航精度等于或小于 0.30NM,其他进近阶段为 1NM。

(四) PBN 的优势

PBN 在运行中具有如下优点:

- 精确地引导航空器,提高飞行运行安全性;
- 提供垂直引导,实施连续稳定的下降程序,减少可控撞地的风险;
- 改善全天候运行,保障地形复杂机场运行的安全;
- 实现灵活和优化的飞行航径,增加飞机业载,减少飞行时间,节省燃油;
- 避开噪声敏感区,提高环保水平;
- 减小航空器间水平和纵向间隔,增大空域容量;
- 减少地空通信和雷达引导需求,便于指挥,降低管制员和飞行员的工作负荷;
- 减少导航基础设施投资和运行成本,提高运行的整体经济效益。

二、仪表进近程序的分类及定义

机场飞行程序包含起飞离场、进场及等待、进近等飞行阶段,其中,进近阶段是影响飞行安全最重要、也是设计最复杂的阶段。

仪表进近程序(Instrument Approach Procedure,IAP)是根据飞行仪表并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。这种机动飞行是从起始进近定位点或从规定的进场航路开始,至能完成着陆的一点为止,之后,如果不能完成着陆,则至一个等待或航路超障准则适用的位置。

仪表进近程序分类如下:

非精密进近程序(Non-Precision Approach Procedure,NPA):设计仅用于水平导航引导(2D)仪表进近运行类型 A 的仪表进近程序。[注:非精密进近程序的飞行可以使用最后进近连续下降技术(CDFA)。对于有机载设备计算 VNAV 指引咨询的 CDFA 可以被看作 3D 仪表进近运行。]

有垂直引导的进近程序(Approach Procedure with Vertical Guidance,APV):设计用于水平导航和垂直导航引导(3D)仪表进近运行类型 A 的基于性能导航(PBN)仪表进近程序。

精密进近程序(Precision Approach Procedure,PA):设计用于水平导航和垂直导航引导(3D)仪表进近运行类型 A 或 B 的基于 ILS,MLS,GLS 和 SBAS Cat I 导航系统的仪表进近程序。

仪表进近程序分类如图 1-1 所示。

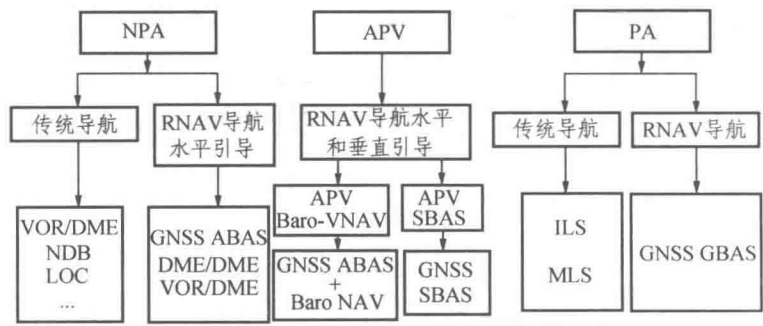


图 1-1 仪表进近程序的分类

第二节 程序构成及基本要求

一、程序结构

(一) 仪表进近程序的航段构成

一个仪表进近程序,不论是精密进近还是非精密进近,通常由以下五个航段所构成,如图 1-2 所示。

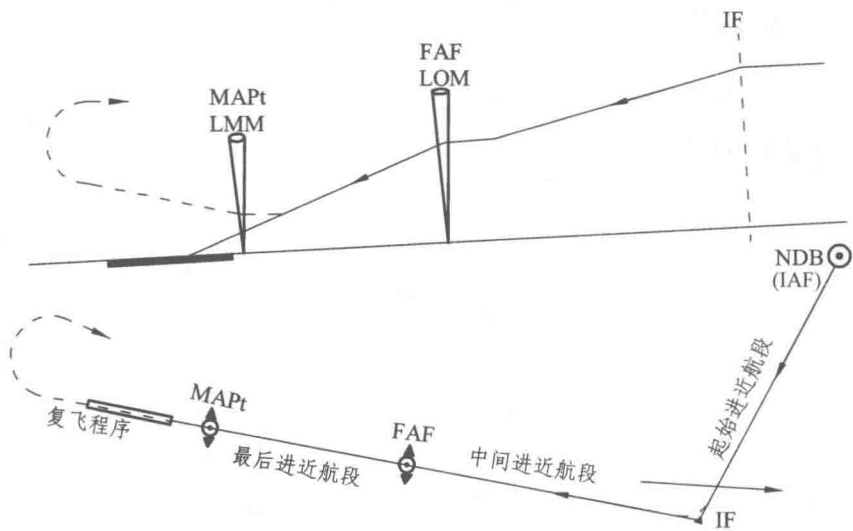


图 1-2 仪表进近航段(直线程序)

• 进场航线。航空器从航线飞行阶段飞至起始进近定位点(IAF)的航段。一般在空中交通流量较大的机场设置这一航段,主要用于理顺航路与机场运行路线之间的关系,提高运行效益,维护空中交通秩序,保证空中交通流畅。

• 起始进近航段。该航段从起始进近定位点(IAF)开始,至中间进近定位点(IF)或最后进近定位点/最后进近点(FAF/FAP)为止。主要用于航空器下降高度,并通过一定的机动飞行完成对准中间或最后进近航段。在仪表进近程序中,起始进近具有很大的机动性,一个仪表

进近程序可以建立一个以上的起始进近,但其数量应按空中交通流向或其他航行要求加以限制。当中间进近定位点同时也是个航路点时,就没有必要规定起始进近航段,仪表进近程序就从中间进近定位点开始,并使用中间航段的准则。

- 中间进近航段。从 IF 至 FAF/FAP 之间的航段。它是起始进近与最后进近的过渡航段,主要用于调整飞机外形、速度和位置,并下降少量高度,完成对准最后进近航迹,进入最后进近。

- 最后进近航段。最后进近航段是完成对准着陆航迹和下降着陆的航段,其仪表飞行部分是从 FAF(ILS 进近从 FAP 开始)至复飞点(MAPt)为止;其目视飞行部分可以向跑道做直线进入着陆,或向机场做目视盘旋进近。

- 复飞航段。从复飞点(MAPt)开始,到航空器爬升到可以做另一次进近,或回到指定的等待航线,或重新开始航线飞行的高度为止。当判明不能确保航空器安全着陆时,进行复飞是保证安全的必要手段,因此,每一个仪表进近程序都应规定一个复飞程序。

(二) 起始进近航段采用的基本模式

根据起始进近所采用的航线,仪表进近程序在结构上有如图 1-3 所示的 4 种基本模式:

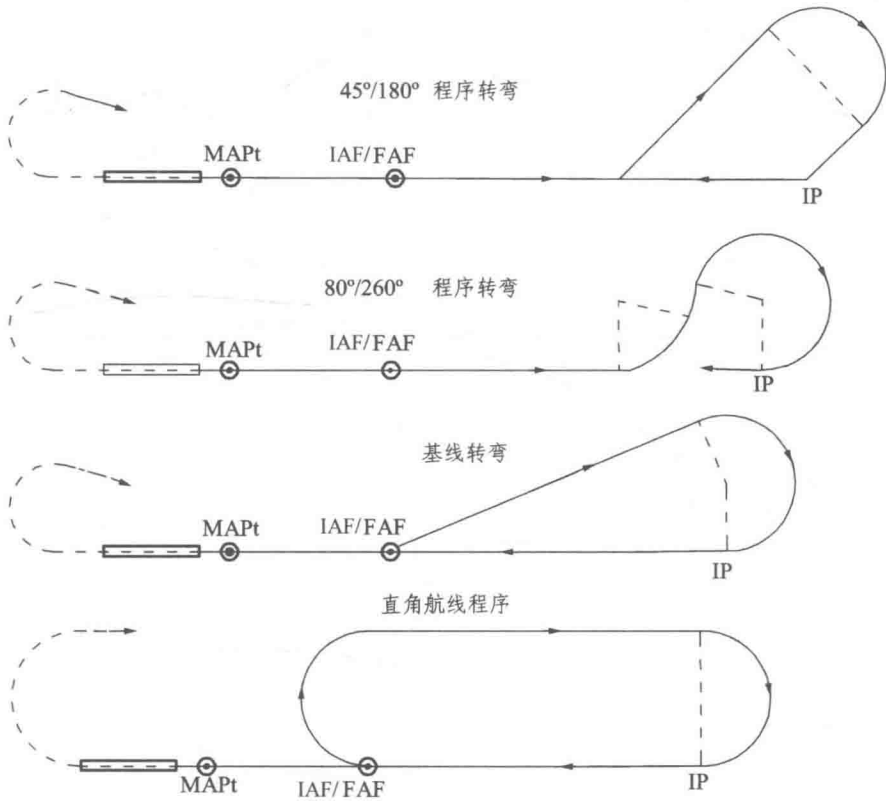


图 1-3 仪表进近程序的反向航线和直角航线模式

- 直线航线程序。起始进近采用直线航线(NDB 方位线、VOR 径向线)或 DME 弧的进近程序。这种程序经济、简便。

- 反向航线程序。起始进近采用反向航线的进近程序。航空器通过基线转弯、45°/180° 或 80°/260° 程序转弯,从与着陆方向相反的方向转至着陆方向上,以便进入中间或最后进近航段。反向程序是仪表进近程序的重要模式。

- 直角航线程序。起始进近采用直角航线的进近程序。进场高度过高时,用于降低高度,或不便采用反向程序时使用的一种程序。复飞等待或再次进近时,也使用直角航线程序。

- 推测航迹程序。在起始进近切入中间进近航段之前,采用一段推测航迹的进近程序。这种程序节省时间和空域,实施简便,特别有利于空中交通管制员通过雷达引导对航空器实施合理的调配,增大空中交通流量,因此很适合于流量较大的机场。

二、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,都必须设计仪表飞行程序,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。

确保飞行安全,提高经济效益,便于指挥、调配和飞行操纵,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。为了确保飞行安全,仪表飞行程序设计必须以国际民航组织 8168 号文件,即《目视和仪表飞行程序的设计》为依据。8168 号文件是国际民航组织安全超障专家组经过十多年的工作,在大量试飞、数字模拟试验和碰撞模拟试验的基础上制定出来的关于飞行程序设计的规范,它所确定的安全指标为飞机与障碍物碰撞的概率不大于 1×10^{-7} ,即千万分之一。参加国际民航组织的国家和地区,都必须以此文件为依据设计仪表飞行程序。近年来,我国按照国际民航组织标准,在原有机场的飞行程序改革和新机场的飞行程序设计方面,均取得了显著的成就。今后,对飞行程序的设计,仍然必须严格按照 8168 号文件的各项规定,结合各个机场的具体情况,进行精心设计,并按照民用航空局颁发的《机场运行最低标准的制定与实施规定》来确定机场的最低运行标准。

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。这主要取决于机场的导航设施及其布局,以及采用的飞行程序模式。我国原有的许多机场,其导航设施比较落后,布局也很不合理,已经不适应民航大型机建立安全、经济、简便的飞行程序的需要。因此,对于一些主要机场,应在可能的条件下,设置仪表着陆系统,合理调整导航台的布局,以便建立精密进近程序,达到降低机场最低标准的目的,提高飞行安全和航班正常率,从而提高经济效益。对于新建机场,程序设计必须与机场选址同时进行。从选址定点开始,飞行程序设计人员就必须参加,设想最佳飞行程序方案,根据程序需要设置和合理布局导航设施,使新机场所建立的飞行程序达到安全、经济、简便的目的。在飞行程序的选择上,直线航线程序最为简便、经济、顺畅,U 形程序次之。空中交通比较繁忙的机场,在地形允许的情况下,只要顺应空中流向,都应采用直线程序与 U 形程序相结合的模式。设备简单,空中交通量较小的中、小机场,一般采用反向或直角航线程序(有条件的当然也可以建立直线程序)。

为了便于具有简单导航设备的飞机也能使用整个飞行程序,设计时,各航段应尽可能以单一的导航设施为基础。

飞行程序的安全可靠性建立在机场资料的完备和可靠的基础上。因此,程序设计人员必须充分收集有关资料,参加实地勘察,必要时请测绘部门对某些障碍物进行测量,以取得准确可靠的数据。机场和有关的文件资料,也是飞行程序设计的基本依据。

完成仪表飞行程序设计后,应按照《机场仪表飞行程序设计编写大纲》的要求,编写《仪表飞行程序设计报告》,上报民用航空局审核批准。

飞行程序设计是一项综合性比较强、技术要求比较高的严密细致的工作,要求设计者不仅具有高度的责任心、科学的态度和严谨的作风,而且应具备较高的基础理论知识,熟悉程序设计规范,懂得飞机性能和导航设施的技术性能以及制图等其他有关知识。因此,每个程序设计人员都应努力学习和实践,不断提高自己的素质,以适应工作的需要。

三、采用的坐标系

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,磁经线为起始边,用磁方位(MB)、距离(D)和障碍物标高(H)或障碍物高(障碍物离机场标高的高度 h)来表示,如图 1-4 所示。

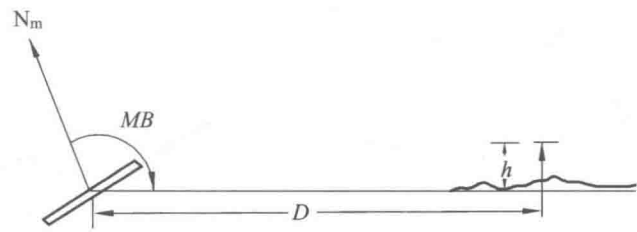


图 1-4 极坐标系

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,跑道入口前 x 值为正值,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 1-5 所示。

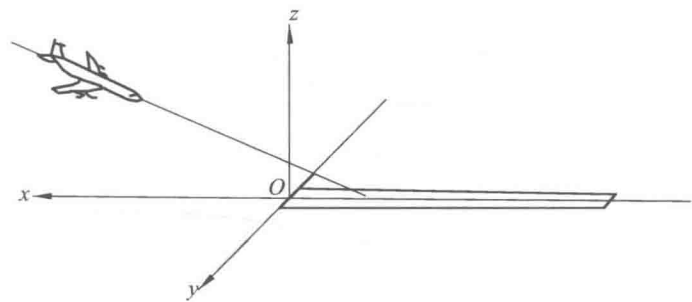


图 1-5 直角坐标系

测量部门提供的障碍物位置,通常以极坐标表示,而在程序设计中,为便于计算,常用直角坐标表示,如图 1-6 所示。极坐标可以通过下列公式换算为直角坐标:

$$x = -D \cos \alpha - \frac{L}{2}, \quad y = D \sin \alpha$$

式中, $\alpha = MB - MH$; D 为跑道中心至障碍物的距离; MH 为着陆跑道的磁方向; L 为跑道长度。

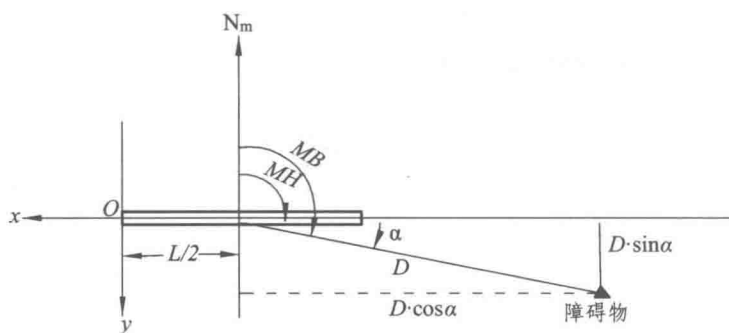


图 1-6 极坐标与直角坐标的换算

例 1 $MH=90^\circ, L=3\,000\text{ m}, MB=120^\circ, D=5\,000\text{ m}$ 。求直角坐标 x, y 之值。

解 因 $\alpha=120^\circ-90^\circ$, 则

$$x = -5\,000 \times \cos 30^\circ - \frac{3\,000}{2} = -5\,830 \quad (\text{m})$$

$$y = 5\,000 \times \sin 30^\circ = 2\,500 \quad (\text{m})$$

第三节 程序设计的基本参数

本节介绍程序设计所使用的速度、转弯坡度或转弯率、导航设施的精度及定位点容差等基本资料和参数,以便设计时应用。

一、程序设计所使用的速度

(一) 航空器的分类

在仪表进近的过程中,往往要做一些机动飞行,如等待、基线转弯或程序转弯、复飞转弯以及目视盘旋等。飞行性能上的差别,将直接影响实施机动飞行所必需的空域和能见度,而性能上最重要的因素是速度。因此,在程序设计中,国际民航组织规定,各型航空器按其跑道入口速度(V_{at})分为下述 5 类:

- A 类 $V_{at} < 91\text{ kn}(169\text{ km/h})$, 如 YN-5、TB-20、TB-200 等。
- B 类 $91\text{ kn} \leq V_{at} \leq 120\text{ kn}(223\text{ km/h})$, 如 SH-360、YN-7、AN-30、BAe-146 等。
- C 类 $121\text{ kn} \leq V_{at} \leq 140\text{ kn}(260\text{ km/h})$, 如 AN-12、B737、B747-SP、MD-82、B-757、A-320 等。
- D 类 $141\text{ kn} \leq V_{at} \leq 165\text{ kn}(306\text{ km/h})$, 如 B747-400、Ty-154、A-340、MD-11 等。
- E 类 $166\text{ kn} \leq V_{at} \leq 210\text{ kn}(390\text{ km/h})$ 。

航空器分类的标准为航空器在跑道入口的指示空速(V_{at}),它等于失速速度 V_{so} 的 1.3 倍,或在最大允许的着陆重量和着陆外形条件下失速速度 V_{slg} 的 1.23 倍。如果 V_{so} 和 V_{slg} 的数值都能得到,则 V_{at} 应选其中较大的值。

用失速速度确定航空器类别的方法不适用于直升机。当直升机像固定翼飞机一样运行时,程序可以被划分为 A 类。

(二) 各航段所用的速度范围

进行仪表进近程序设计时,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(IAS),当用于程序设计时必须换算为真空速(TAS)。

表 1-1 程序计算所用的速度

飞机 分类	起 始 进 近		最后进近 速度范围 km/h (kn)	目视盘旋 最大速度 km/h (kn)	复飞最大速度 km/h (kn)	
	直线速度范围 km/h (kn)	反向和直角 最大速度 km/h (kn)			中间	最后
A	165~280 (90~150)	205 (110)	130~185 (70~100)	185 (100)	185 (100)	205 (110)
B	220~335 (120~180)	260 (140)	155~244 (85~130)	250 (135)	240 (130)	280 (150)
C	295~445 (160~240)	445 (240)	215~295 (115~160)	335 (180)	295 (160)	445 (240)
D	345~465 (185~250)	465 (250)	240~345 (130~185)	380 (205)	345 (185)	490 (265)
E	345~465 (185~250)	465 (250)	285~425 (155~230)	445 (240)	425 (230)	510 (275)

某些机场如果由于空域的限制,不能满足某一具体的航空器分类(如 D 类)的要求时,可按照较低速度分类(如 C 类)的航空器来设计程序,并限制较高速度分类(如 D、E 类)的航空器使用;或者根本不考虑航空器的分类,而是对特定的航段规定一个最大指示空速作为限制。

(三) 指示空速换算为真空速的方法

飞机相对于空气运动的速度称为空速。飞行中,空速通过空速表来测定。空速表所测量出来的空速,经过仪表误差和空气动力误差的修正后,就是指示空速(IAS)。指示空速再修正空气压缩性修正量误差和空气密度误差,就得到真空速(TAS)。进行程序设计的有关计算,必须使用真空速。

如果不考虑空气压缩性修正量误差,指示空速与真空速之间存在如下关系:

$$TAS = IAS \left(\frac{273 + t_H}{288} \right)^{0.5} \bigg/ \left(\frac{288 - 0.006\,496H}{288} \right)^{2.628}$$

将等式右边的分母提出来即得:

$$TAS = 171\,232.9 \frac{(273 + t_H)^{0.5}}{(288 - 0.006\,496H)^{2.628}} IAS$$

式中,高度(H)单位为米(m),空中温度(t_H)单位为摄氏度(°C)。令 $K = 171\,232.9 (273 + t_H)^{0.5} / (288 - 0.006\,496H)^{2.628}$,则:

$$TAS = K \cdot IAS$$

式中,K 称为换算因数,根据飞行高度及其温度(可从换算因数表中查出),再乘以指示空速,