

海军重点教材

荣获海军优秀教材一等奖

军队“2110工程”资助教材

飞行综合控制系统

Integrated Flight Control System

吴文海 编著



航空工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了飞行综合控制系统的基本理论。除绪论外,全书共分七章。绪论介绍了飞机及其飞行综合控制系统的基本知识;第一、第二章简要介绍了被控对象——飞机的气动特性、运动方程和飞行操纵原理;第三章介绍了飞机飞行控制系统的基本原理,包括角运动、线运动控制的基本控制律与特点;第四章介绍了飞机飞行控制系统的主要分系统;第五章介绍了飞机飞行控制的伺服系统;第六、第七两章介绍了现代飞行综合控制技术。

本书既可作为各航空院校相关专业的教材,又可供相关工程技术与研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

飞行综合控制系统/吴文海编著. —北京:航空工业出版社, 2007.5

ISBN 978-7-80183-947-3

I. 飞… II. 吴… III. 飞行控制系统 IV. V249

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第056333号

飞行综合控制系统 Feixing Zonghe Kongzhi Xitong

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64919539 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2007年5月第1版

2007年5月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 17

字数: 443千字

印数: 1—2500

定价: 38.00元

作者简介

吴文海，男，1962年生，海军航空工程学院青岛分院导航、制导与控制专业教授，博士生导师。1983年以来，一直从事飞行器制导与控制技术的教学与科研工作。主讲了多种型号飞机的飞行控制系统装备课程以及《飞行控制系统》、《控制系统仿真》、《自动控制原理》和《现代控制理论》等课程，完成了运8等5种机型的导航与飞行控制系统改进设计及试飞调试工作，获得军队科技进步二等奖4项、三等奖2项，发表论文58篇，主编《直升机飞行控制系统》等专著3部。

《飞行综合控制系统》编委会

主任委员	赵经成				
副主任委员	周显军	杨文智	陈 钧	周志刚	尚希良
主 编	吴文海				
编 者	尚 华	曲建岭	姜玉红	曲志刚	
	于建立	殷 磊			
主 审	范彦铭	耿昌茂			
副 主 审	张子军	王雨田	朱 鹰	黄子安	
	申安玉	朱兴动	李富荣	盛 飞	
校对与绘图	姜玉红	殷 磊	李亚飞	袁 涛	
	韩 超	庄大伟	涂 磊		

前 言

飞行控制系统是重要机载设备之一，可显著提高和改善飞行器的整体性能。是否装备飞行控制系统，装备何种性能的飞行控制系统，已成为衡量现代飞行器先进性的一个重要标准之一。所以飞行控制系统应当成为各航空院校教学与研究的重要内容之一。

20世纪迅猛发展的自动控制理论与计算机技术，促进了现代飞行控制技术的广泛运用，使现役飞机越来越多地装备了飞行控制系统，飞机的性能更大程度地依赖于飞行控制系统的可靠保证，现代战机的飞行控制系统也越来越多地向着多任务、多系统交联，自动化，综合化方向发展。因此，新型飞行控制航空技术工程类人才，不仅应掌握飞行控制系统的基本理论与技术，而且也应该熟悉飞行控制系统与其他机载设备交联实现综合控制的理论与技术。

但是，直至今日，国内外尚未找到适合培养新型航空飞行控制技术工程类人才所使用的飞行综合控制系统教材。国内航空院校（包括军内院校）同类课程的飞行控制教材，主要讲述传统飞行控制系统方面的内容，并且多半是供系统设计培养对象使用的，涉及飞行交联控制理论与技术的内容不多。本书正是为弥补这方面的不足而编写的，以期抛砖引玉，对该课程建设尽微薄之力。

本教材与作者在2001年出版的海军重点教材——《直升机飞行控制系统》，相互呼应，互为补充，构成了比较完整的飞行控制工程教材，适用于飞行控制系统课程教学与专业学习。

作者本着由浅入深、循序渐进、学以致用、用学结合的原则编写本书。以系统分析、研究为主线，控制对象的研究为前提，控制理论的应用为基础，从多个角度介绍了飞行控制系统的基本理论，以及飞行综合控制系统的原理、结构。除绪论外，全书共分七章。绪论介绍了飞机及其飞行综合控制系统的基本知识；第一、第二章简要介绍了被控对象——飞机的气动特性、运动方程和飞行操纵原理；第三章介绍了飞机飞行控制系统的基本原理，包括角运动、线运动控制的基本控制律与特点；第四章介绍了飞机飞行控制系统的主要分系统；第五章介绍了飞机飞行控制的伺服系统；第六、第七两章介绍了最新飞行控制技术，包括飞行综合控制方面的内容。

本书既可用于各航空院校相关专业的教学，又可供相关工程技术与研究人员参考使用。

本书由吴文海编著，范彦铭研究员和耿昌茂教授主审。绪论、第二章、第三章、第六和

第七章主要由吴文海编写，第一章和第四章第四、第五节主要由尚华编写，第四章前三节由曲建岭编写，第五章主要由姜玉红编写，第六章第二、第三节由曲志刚编写，其他内容由于建立和殷磊编写。在本书编写过程中姜玉红、殷磊、李亚飞、袁涛、韩超、庄大伟和涂磊等负责了大量的校对与绘图工作。

南京航空航天大学沈勇璋和黄子安教授，西北工业大学安静文教授，海军航空工程学院耿昌茂教授，以及中国航空工业第一集团公司王雨田、朱鹰、申安玉和王非研究员等审阅了全书，并提出了许多宝贵意见。

本书为海军院校重点教材，从列入计划、纲目审查到最终审定、出版，都得到了海军司令部军训部及海军航空工程学院各级领导的高度重视。另外，海装航技部机载设备处、海军航空工程学院青岛分院各级领导均给予了精心指导，作者的同事和研究生们也对本书的编写给予了热情的帮助。

南京航空航天大学沈勇璋教授、吴在桂博士，中国航空工业第一集团公司王雨田、朱鹰研究员，中国航空工业发展研究中心朱家强博士等提供了极其宝贵的技术资料，空军工程大学倪世宏教授和董新民教授也对书稿提出了许多宝贵意见，在此谨致以诚挚谢意。

鉴于教学科研中的实际应用情况，本书中的坐标系及符号均采用旧标准。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免存在错误与不当之处，恳请读者批评指正。

作者

2007年春

目 录

绪论	(1)
第一节 被控对象——飞机	(1)
一、飞机分类	(1)
二、飞机组成	(2)
三、飞机舵面及其操纵	(2)
四、飞机发展的需求	(4)
第二节 飞行控制系统	(4)
一、飞行控制系统的定义与基本功能	(4)
二、飞行控制系统的基本原理	(6)
三、飞行控制系统的总体结构	(9)
四、飞行控制系统的发展简史	(10)
第三节 飞行综合控制系统	(11)
一、概述	(11)
二、飞行综合控制系统组成及其人机交互关系	(13)
三、支持未来飞机发展的飞行控制技术	(17)
第四节 本课程的教学体系	(18)
一、本课程的主要内容	(18)
二、教学体系结构	(18)
复习思考题	(19)
第一章 空气动力学基础	(20)
第一节 空气动力学基本概念	(20)
一、定义	(20)
二、低速空气动力学的基本方程	(21)
三、高速空气动力学的基本概念	(22)
第二节 飞机坐标系与运动参数	(25)
一、坐标系	(25)
二、飞机的运动参数	(26)
三、飞机运动的自由度	(27)
四、飞机的操纵机构	(28)
第三节 纵向运动作用在飞机上的力和力矩	(29)
一、纵向力	(29)

二、纵向力矩	(31)
第四节 侧向运动作用在飞机上的力和力矩	(33)
一、侧力	(33)
二、侧向力矩	(33)
第五节 飞机的平衡、稳定性与操纵性	(37)
一、飞机的平衡	(37)
二、飞机的稳定性与操纵性	(37)
第六节 飞机的飞行包线	(38)
复习思考题	(38)
第二章 飞机运动数学模型和运动分析	(40)
第一节 飞机纵向运动方程	(40)
一、纵向运动方程的建立	(40)
二、纵向运动方程的线性化处理	(41)
第二节 飞机纵向运动分析	(45)
一、飞机纵向运动特征方程的根	(45)
二、两种典型运动模态及其物理概念	(47)
第三节 飞机侧向运动方程	(48)
一、侧向运动方程的建立	(48)
二、侧向运动方程线性化	(49)
三、侧向线性化方程中各项的物理意义	(51)
第四节 飞机侧向运动分析	(52)
一、侧向特征方程的根	(52)
二、侧向运动的典型模态	(53)
第五节 飞机的操纵原理	(55)
一、纵向运动的操纵原理	(55)
二、侧向运动的操纵原理	(56)
复习思考题	(59)
第三章 飞机飞行控制的基本原理	(60)
第一节 飞行控制的基本控制律	(60)
一、比例式控制律	(60)
二、积分式控制律	(62)
第二节 飞机纵向角运动控制的原理	(63)
一、比例式俯仰角回路的控制原理	(63)
二、积分式俯仰角回路的控制原理	(69)
第三节 飞机侧向角运动控制的原理	(73)
一、自动控制滚转(倾斜)角的控制律	(73)
二、自动稳定航向的控制律	(73)
第四节 飞机纵向航迹控制的原理	(76)

一、基本控制律	(76)
二、控制过程分析	(78)
第五节 飞机侧向航迹控制的原理	(81)
一、侧向偏离控制律的各种方案	(81)
二、侧向偏离控制的简化飞机方程	(81)
三、侧向偏离的控制律	(82)
四、侧向偏离的工作情况分析	(82)
第六节 飞机协调转弯控制的原理	(83)
一、比例式控制实现协调转弯的原理	(84)
二、积分式控制实现协调转弯的原理	(84)
复习思考题	(85)
第四章 飞行控制系统的分系统	(87)
第一节 传感器分系统	(87)
一、驾驶杆(脚蹬)位移(力)传感器	(87)
二、角速度传感器	(88)
三、线加速度传感器	(89)
四、大气数据传感器	(90)
五、航向姿态角传感器	(94)
六、传感器使用中的几个问题	(95)
第二节 导航分系统	(96)
一、无线电导航	(96)
二、惯性导航	(101)
第三节 控制显示分系统	(103)
一、控制器	(104)
二、显示装置	(104)
三、控制与显示装置的发展方向	(105)
第四节 机内自测试分系统	(106)
一、机内自测试基本功能	(106)
二、机内自测试工作模式	(106)
三、机内自测试总体结构	(108)
四、机内自测试系统的硬件工作原理	(109)
五、机内自测试软件	(113)
六、机内自测试故障处理和记录	(115)
第五节 自动配平与自动回零分系统	(116)
一、自动配平分系统	(116)
二、自动回零分系统	(116)
第六节 飞行控制计算机	(118)
一、概述	(118)
二、模拟式飞控计算机	(119)

三、数字式飞控计算机	(123)
复习思考题	(124)
第五章 飞机操纵伺服系统	(126)
第一节 概述	(126)
一、操纵伺服系统的概念	(126)
二、操纵伺服系统的发展	(127)
第二节 助力器和舵机	(129)
一、助力器	(129)
二、舵机	(131)
第三节 舵机与操纵系统的连接	(146)
一、舵机与驾驶杆操纵系统的并联	(147)
二、舵机与操纵系统的串联	(148)
三、有限权限串联舵机与并联自动配平联用	(149)
四、有限权限的串联舵机与并联舵机联用	(149)
第四节 阻尼器和控制增稳系统	(150)
一、阻尼器	(151)
二、增稳系统	(155)
三、控制增稳系统	(159)
第五节 电传操纵系统	(162)
一、基本组成与简单工作原理	(162)
二、电传操纵系统的分类	(163)
三、软件	(163)
四、电传操纵系统的优点	(165)
五、电传操纵系统实例	(166)
六、电传操纵系统的发展趋势	(167)
第六节 光传操纵系统	(167)
一、光传操纵系统的基本组成和原理	(168)
二、光传操纵系统的分类	(170)
三、光传操纵系统的优点	(171)
四、实例验证	(171)
复习思考题	(172)
第六章 综合飞行控制系统	(173)
第一节 概述	(173)
一、综合飞行控制技术产生的背景	(173)
二、综合飞行控制技术的发展历程	(173)
三、综合飞行控制系统的主要功能	(174)
四、综合飞行控制系统模块划分与功能定义	(174)
五、综合飞行控制系统的特点	(176)

第二节 飞行指引系统	(177)
一、系统的功能	(177)
二、系统的组成	(177)
三、系统的工作方式	(180)
第三节 飞行管理系统	(181)
一、发展历史	(181)
二、基本功能与组成	(182)
三、导航功能	(184)
四、性能管理	(186)
五、制导功能	(188)
六、战术飞行管理	(195)
第四节 飞行/火力综合控制技术	(197)
一、航空火力控制系统简介	(197)
二、飞行/火力综合控制系统的基本组成与原理	(200)
三、飞行/火力综合控制器	(201)
四、超控耦合器	(202)
第五节 飞行/推进综合控制技术	(202)
一、飞行/推进综合控制技术的发展概况	(202)
二、推进系统的原理结构与基本控制参数	(203)
三、飞行/推进综合控制的原理结构	(204)
四、推力矢量控制的原理	(206)
五、典型飞行/推进综合控制系统	(206)
六、飞行/推进/火力综合控制技术	(207)
复习思考题	(208)
第七章 现代飞行控制技术	(209)
第一节 主动控制技术	(209)
一、放宽静稳定性	(209)
二、直接力控制	(210)
三、突风载荷减缓	(215)
四、机动载荷控制	(217)
五、主动颤振抑制 (FSS)	(217)
第二节 余度技术与故障监控	(218)
一、余度技术	(218)
二、非相似余度技术的发展	(222)
三、解析余度	(223)
四、数字飞控系统的软件可靠性	(223)
五、备份系统	(223)
第三节 现代战机攻击导引系统	(225)
一、概述	(225)

二、战机攻击导引	(225)
三、战机导引的几个关键技术	(226)
第四节 舰载机着舰导引系统	(228)
一、着舰过程	(228)
二、着舰导引系统	(230)
三、自动着舰导引的关键技术	(232)
四、典型着舰导引系统	(235)
第五节 低空突防技术	(239)
一、概述	(239)
二、GPS/MAP 自主式低空突防系统	(240)
三、综合地形跟随/地形回避/威胁回避 (TF/TA ²) 系统	(247)
第六节 自修复飞行控制技术	(248)
一、概述	(248)
二、关键技术研究现状	(249)
三、控制律重构技术	(251)
四、自主维护诊断与实时告警技术	(252)
五、自修复飞控系统的可靠性	(252)
六、工程应用的难点和面临的问题	(252)
复习思考题	(253)

附录 符号	(254)
参考文献	(257)

绪 论

第一节 被控对象——飞机

一、飞机分类

飞机构造的多样性,使得飞机的分类也不统一。飞机的分类可以按飞机的速度来划分,也可以按结构和外形来划分,还可以按照飞机的性能年代来划分。但最为常用的分类法为以下三种:①按飞机的重量^①与操纵品质要求分类;②按飞机的用途分类;③按飞机的构造分类。

(一) 按飞机的重量与操纵品质要求分类

I类——小型、轻型飞机,如初级教练机等;

II类——中等重量、低等和中等机动性飞机,如战斗轰炸机等;

III类——大型、重型、低等和中等机动性飞机,如重型运输机等;

IV类——高机动性飞机,如歼击机等。

(二) 按飞机的用途分类

飞机按用途可以分为军用飞机和民用飞机两大类。军用飞机是指用于各个军事领域的飞机,而民用飞机则是泛指一切非军事用途的飞机。

军用飞机的传统分类大致如下:

歼击机——又称战斗机,主要用途是与敌方歼击机进行空战,夺取制空权,还可以拦截敌方的轰炸机、强击机和巡航导弹。

强击机——又称攻击机,主要用途是从低空和超低空对地面(水面)目标(如防御工事、地面雷达、炮兵阵地、坦克舰船等)进行攻击,直接支援地面部队作战。

轰炸机——从空中对敌方前线阵地、海上目标以及敌后的战略目标进行轰炸的飞机,按其任务可分为战术轰炸机和战略轰炸机两种。

侦察机——专门进行空中侦察,搜集敌方军事情报的飞机,按任务也可以分为战术侦察机和战略侦察机。

运输机——专门执行运输任务的军用飞机。

预警机——专门用于空中预警的飞机。

反潜机——主要用于对水下潜艇进行探测和攻击的飞机。

电子干扰机——使用电子干扰设备使敌方的防空体系失效,掩护己方攻击机完成攻击任务的飞机。

军用飞机还包括教练机、空中加油机等。

随着航空技术的不断发展和飞机性能的不断完善,军用飞机的用途分类界限越来越模

^① 本书所提重量均指质量。

糊，一种飞机可同时执行两种以上的军事任务，如美国的 F-117 战斗机，既可以实施对地机动攻击，又可以进行投弹轰炸，还有一定的空中格斗能力。

至于民用飞机，可分为旅客机、货机、教练机、农业机、林业机、体育运动机、多用途轻型飞机等。农业机、林业机、体育运动机、多用途轻型飞机均属于通用航空（General Aviation）范畴。在美、英等国，通用航空一般指既不属于军用航空、也不属于定期民用客货运输的航空活动。

此外，在军用和民用领域中，越来越多地出现能完成不同任务的无人飞机。

（三）按飞机的构造分类

按不同的构造可将飞机分为不同的类别：

按机翼数目分，一般可分为双翼飞机和单翼飞机；

按发动机类型可分为活塞式飞机、螺旋桨式飞机和喷气式飞机；

按发动机数目可分为单发动机飞机、双发动机飞机、三发动机飞机和四发动机飞机；

按起落地点可分为陆上飞机、雪（冰）上飞机、水上飞机、两栖飞机和舰载飞机；

按起落方式可分为滑跑起落式飞机和垂直/短距起落式飞机。

此外，还可按尾翼位置或数量、机身数量分类。

不同构造类型的飞机，其空气动力特性也不一样。按空气动力特性之不同，又可将飞机归为固定翼飞机与旋翼飞机（直升机）。本书未特别说明时所说的飞机均指固定翼飞机。

二、飞机组成

常规飞机一般由机翼、机身、尾翼、起落装置和动力装置五个主要部分组成，如图 0-1 所示。

机身——用来装载人员以及各种设备、武器，通过它还把飞机各部分连接起来构成一个整体。

起落装置——供飞机起飞、着陆、滑行和停放之用。

动力装置——用来产生推力使飞机前进的发动机装置；飞机一般装有 1~4 台发动机。

尾翼——一般分为垂直尾翼（简称垂尾）和水平尾翼（简称平尾）两个部分。垂直尾翼上，与机身相连的固定部分叫垂直安定面，活动部分叫方向舵；水平尾翼上，与机身相连的固定部分叫水平安定面，活动部分叫升降舵。许多现代军用飞机采用了全动平尾结构，整个水平尾翼用来调节飞机的升降（俯仰）运动。

机翼——用来产生升力的主要部件，使飞机在空中能够飞行。机翼分左右机翼，机翼两端活动的部分叫副翼。现在，飞机机翼上还设有前、后缘襟翼，以改善飞行性能。

三、飞机舵面及其操纵

常规飞机一般有主、次两类操纵面（机构）。

飞机的主操纵面用以控制飞机的俯仰、航向和倾斜（滚转）运动，一般包括平尾（升降舵）、方向舵和副翼；次操纵面用以调整飞行状态和飞行速度，主要有调整片、襟翼、减速板和油门节流。调整片用以调节主操纵面的气动力矩，在飞机长时间等速平飞时，消除不

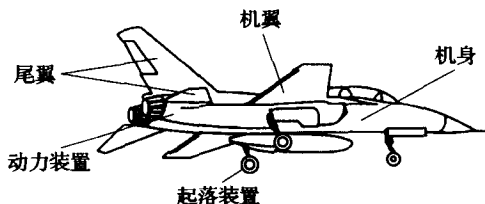


图 0-1 常规飞机

平衡力矩，以减轻飞行员的疲劳；襟翼是在起飞和着陆时增大机翼面积和机翼弯度的增升装置，包括前缘缝翼与后缘襟翼，如图0-2所示；减速板用作扰流板，陡降时增大阻力，减小升力；发动机油门节流用以调节飞机的飞行推力。

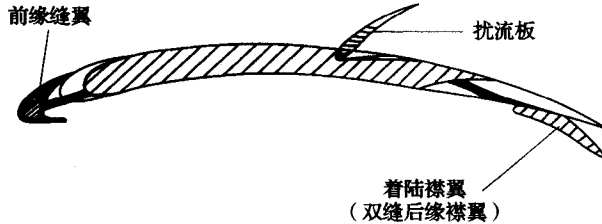


图0-2 机翼剖面

现代飞机为了完成复杂飞行任务，实现更高的飞行性能，设置了更多的操纵面，如图0-3所示。在飞机前部分别设置水平与垂直鸭式舵面或附加腹鳍舵，以产生直接升力与侧力：例如水平前翼的对称偏转与平尾（升降舵）的结合，使纵向力矩对消后，产生向上的升力；借助垂直前翼与方向舵的协调偏转，可产生直接侧力等。

垂直起落飞机，在机翼翼端安装的发动机短舱可转动 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，平飞时产生向前的推力，垂直起落、悬停时产生升力，调整推力也可控制姿态，如图0-4(a)所示。喷流转向，控制发动机尾喷转动，例如“鹞”式飞机，产生附加升力与操纵力矩，如图0-4(b)所示。

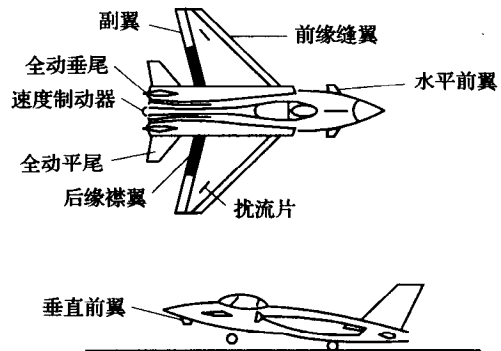


图0-3 现代飞机操纵面配置

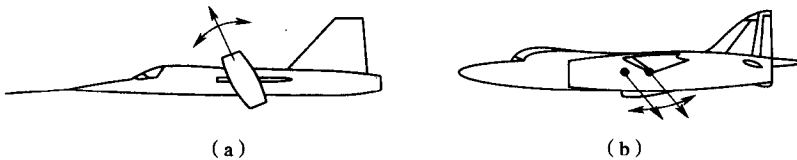


图0-4 垂直与短距起落时推力转向

飞机平尾（升降舵）、方向舵和副翼的偏转，分别由飞机的俯仰（升降）、方向（航向）和滚转（副翼）三个操纵系统进行控制。人工驾驶时，由驾驶员通过操纵驾驶杆和蹬脚踏得以实现。飞机设计时总是把操纵飞机俯仰、航向和滚转（倾斜）运动的方向与人的操纵习惯相一致：拉杆，升降舵上偏（平尾前缘往下后缘往上），飞机抬头；推杆，升降舵下偏，飞机低头。左压杆，副翼左上右下出舵，飞机向左倾斜；右压杆，副翼左下右上出舵，飞机向右倾斜。左蹬舵，方向舵左出舵，飞机机头向左偏；右蹬舵，方向舵右出舵，飞机机头向右偏。

需要指出的是，现代飞行控制系统已不限于传统气动舵面操纵，具有飞行控制能力的各种方法都可以加以利用，并成为飞行控制系统的一部分。

图0-5为F-35战斗机的三视图，它采用类似F-22战斗机的气动布局：梯形中单翼，常规水平尾翼，外倾双垂尾。机翼和尾翼前缘后掠 35° ，后缘前掠 15° ，垂尾外倾 25° 安装。

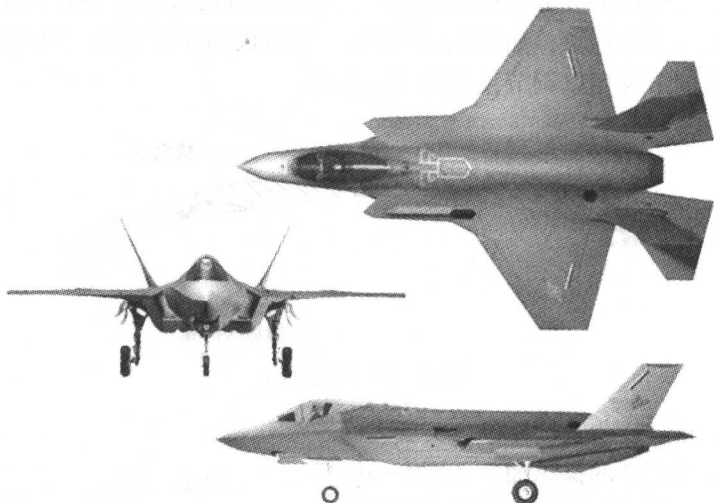


图 0-5 F-35 战斗机的三视图

四、飞机发展的需求

决定飞机发展的因素很多，精确预测是非常困难的。根据目前新一代军用和民用飞机任务需求而开展的新技术验证机和发展研究情况来看，与飞行控制系统密切相关的新任务需求可概括如下。

(一) 军用飞机

高机动能力——固定翼飞机的过失速机动能力和敏捷性，以及旋翼机机动包线的扩展；

高生存性和隐身能力——突防和战斗的生存性；

短距起降能力；

新飞行器，如无尾飞机、无人战斗机和高超声速飞机等。

分析表明，未来一代军用飞机的基本特征是：①布局——具有较第四代战机更先进的翼平面构型的无尾布局；②结构——更多地采用整体加强的复合材料结构；③控制——采用主动气流控制、保形射流矢量推力和多变量重构控制；④低成本，低可探测性。

(二) 民用飞机

短距起降能力；

新航行体制下的四维导航能力；

高可靠性与高派遣率。

第二节 飞行控制系统

一、飞行控制系统的定义与基本功能

(一) 定义

国家军用标准是这样定义飞行控制系统 (Flight Control System, FCS) 的：“一种飞机系统，它包括驾驶员或其他信号源进行下述一项或多项控制所应用的飞机所有分系统和部件：飞机航迹、姿态、空速、气动外形、乘坐品质和结构模态等的控制。通常分为人工飞行控制

(操纵)系统和自动飞行控制系统。”

人工飞行控制(操纵)系统(Manual Flight Control System, MFCS):“直接传递驾驶员的人工操纵指令,或形成和传递人工操纵指令的增强指令,从而实施飞行控制功能的系统。它可以包括电的、机械的、液压的和气动的部件。这些部件为控制功能传递驾驶员指令的手段。”

自动飞行控制系统(Automatic Flight Control System, AFCS):“包括产生和传递自动控制指令的电气、机械和液压部件。它通过自动或半自动的航迹控制,协助驾驶员工作或减轻其工作负担,或者自动控制飞机对扰动的响应。这一类系统包括自动驾驶仪、驾驶杆或驾驶盘操纵、自动油门杆装置、结构模态控制或类似的控制器。”

由上述国军标内容可以看出,飞行控制系统是由人工与自动驾驶基础上发展起来的一种飞机系统,一般由不同功能的分系统或部件组成,能部分或全部地代替驾驶员,控制飞机角运动、重心运动(航迹运动)和飞行速度、改变飞机的几何形状(结构)与模态,并能改善飞行品质与保障飞行安全的控制系统。

(二) 飞行控制系统的基本功能

1. 实现飞机的自动飞行

飞机的自动飞行控制就是利用一套专门的系统,在无人参与条件下,自动操纵飞机按规定的姿态和航迹飞行;通常可实现对飞机的三轴姿态角及飞机三个方向空间位置的自动控制和稳定。例如,对于完全无人驾驶的飞行器(如无人机或导弹等),其飞行可以实现完全自动控制;对有人驾驶的飞机(如民用客机或军用飞机),虽然有人参与驾驶,但在某些飞行阶段(如巡航等),驾驶员可以不直接参与操纵,而由飞行控制系统实现对飞机飞行的自动控制,但驾驶员应完成对自动飞行指令的设置和监督自动飞行的进行,并可以随时切断自动控制而实现人工驾驶。采用自动飞行的好处主要有以下几点。

(1) 长距离飞行时消除驾驶员的疲劳,减轻驾驶员的工作负担;

(2) 在一些坏天气或复杂的环境下,驾驶员难于精确控制飞机的姿态和航迹,自动飞行控制系统可以实现对飞机姿态和航迹的精确控制;

(3) 有一些飞行操纵任务,驾驶员难于精确完成,如进场着陆,采用自动飞行控制则可以较好地完成这些任务。

其具体的功能包括:姿态(俯仰和滚转)保持(改平)、航向保持、高度保持、空速保持、高度选择、航向选择、自动舰基着陆、自动仪表低空进场、自动导航、自动地形跟踪/回避、自动航向/交通(飞行)管理、自动模态导引,等等。

直升机飞行控制系统还有其独特的功能,如垂直升降、自动悬停、自转、自动过渡飞行、自动载荷稳定和控制吊放声呐功能等。

2. 改善飞机的性能

一般来说,飞机的性能和飞行品质是由飞机本身的气动特性和发动机特性决定的。但随着飞机飞行高度及速度的增加,飞机的自身特性将会变坏。如飞机在高空飞行时,由于空气稀薄,飞机的阻尼特性变坏,致使飞机角运动产生严重的摆动,靠驾驶员人工操纵将会很困难。此外,设计飞机时,为了减小质量和阻力,提高有用升力,常将飞机设计成静不稳定的。对于这种静不稳定的飞机,驾驶员是难于操纵的。为了解决这类问题,可以在飞机上安装不同类型的飞行控制系统,使静不稳定的飞机变成静稳定的,使阻尼特性不好的飞机变成好的。这就是现代飞机上常用的增稳系统或阻尼器系统。这种系统也是一种控制系统,但它不是用来实现飞机的自动飞行控制,而是用来改善飞机的某些特性,实现所要求的飞行品质和飞行特性的。这种系统虽然不能