

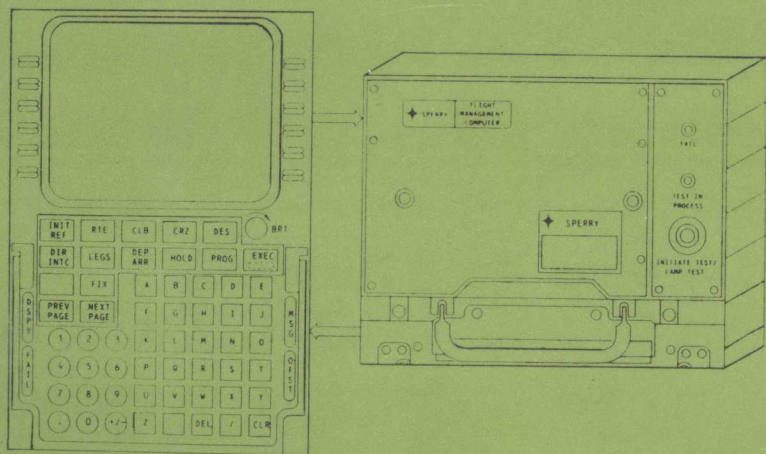
飞行管理计算机系统

现代飞机电子设备知识丛书

XIANDAI FEIJI DIANZISHEBEI

ZHISHI CONGSHU

钦庆生 编



V247.1
1001

现代飞机电子设备知识丛书

飞行管理计算机系统

钦庆生 编



30157527

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍飞行管理计算机系统的基本工作原理、系统功能、使用和维护知识。第一章为概述；第二章介绍飞行管理计算机硬件；第三章介绍控制显示组件；第四、五章介绍飞行管理计算机系统飞行前的准备工作，飞行中的使用、控制和操作情况；第六章为警戒显示信息；第七章为地面维护检查。

本书可供飞行人员、地面机务维护、修理人员、航空部门管理人员、技术人员及其他技术人员阅读参考。

现代飞机电子设备知识丛书

飞行管理计算机系统

钦庆生 编

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 1/32 印张77/8 204千字

1991年10月第一版 1991年10月北京第一次印刷 印数：0001—3,000册

ISBN 7-118-00836-2/V·65 定价：7.30元

171783

《现代飞机电子设备知识丛书》

编辑委员会

主任委员

李 钊

副主任委员 陆家沂 莫 及 王维民

李振达 刘德一 钦庆生

委员(以姓氏笔划为序)

马士忠 王章铸 李 煊(常务) 陆芝平

宋闻礼 祁元福 杨颂伟(常务) 周其焕

周宝魁 金国忠(常务) 张德馨 郑连兴

高 柱(常务) 翟建平 蔡成仁 黎廷璋

主编单位 中国民用航空局适航司

中国民用航空局科教司

中国民航学院

中国民用航空局第一研究所

责任编辑 马征宇

出版说明

随着近代电子技术的迅速发展,现代飞机采用了大量新型的先进电子设备。近几年,我国民航使用了许多新型现代飞机,为了帮助从事航空电子技术的广大工程技术人员系统地了解和学习现代飞机电子设备所涉及的新知识、新理论和新技术,为了适应广大航空电子技术爱好者对新技术的了解和自学的需要,我们组织编写了这套《现代飞机电子设备知识丛书》。

本丛书不同于一般现代航空电子技术专著,也不同于民航院校的教科书,而是一套较通俗易懂的丛书,着重于内容的科学性、知识性、趣味性、启发性和实用性,主要介绍现代飞机上所采用的具体设备和系统的功能、作用、原理和结构。考虑到实际工作的需要,本丛书保留了少量英制单位,全书的单位一律采用中文名称。

本丛书约24分册,各册内容独立,自成体系,陆续分册出版。

本丛书将为目前从事航空电子设备的科研、设计、制造、使用和维修工作的广大专业人员提供适合其工作特点的理论知识参考书,可作为大、中专院校有关专业的师生在开阔视野方面的一套参考读物。本丛书还可供在航空部门工作的其他同志阅读。

《现代飞机电子设备知识丛书》编辑委员会

序 言

自本世纪初人类首次实现了具有动力并可由人控制的飞行以来,民用航空已获得了惊人的发展。

我国民航在实现社会主义现代化进程中,其发展速度为国际民航界所瞩目。1984~1987年航空运输总周转量和旅客运输量年递增率分别为30.0%和33.2%。近年我国民航事业为适应国民经济的需要,推进技术装备现代化,加快民航生产力发展,先后淘汰了一批适航性差的老旧飞机,增添了一批现代化飞机。仅在1985~1988年4年间,就新增大、中型运输机126架。

这些现代飞机的电子设备有了飞跃的发展,普遍采用了计算机、数据传输和屏幕显示等新技术,实现了自动飞行控制。这就对民航广大技术人员提出了更高的要求。

科技的发展,经济的振兴乃至整个社会的进步,都取决于劳动者素质的提高和大量合格人才的培养。科学技术的进步和管理水平的提高,将从根本上推动我国民航事业的现代化建设进程。我希望这套《现代飞机电子设备知识丛书》的出版,对促进我国民用航空事业的发展起到有益的作用。

陈鹤良
3/8-1989

前 言

飞行管理计算机系统是近几年装备在现代飞机上的飞行管理设备。它在飞机上是一个完整、独立的系统,执行自动飞行管理的功能。本书依据近几年我国民航飞机上新安装的飞行管理计算机系统,综合叙述飞行管理计算机进行导航、性能计算的基本原理和计算机硬件基本构造,较详细地介绍了飞机起飞前制订飞行计划,飞行中选择飞行方式、监控和修改航路的方法,导航数据库的装载,信息显示、系统可能发生的故障、处理方法和维护概要等知识。

本书对几种型号飞机上所装的飞行管理计算机系统作了一般介绍和说明,供各类技术人员参考。本书中为说明问题而使用的一些数据,除另加说明的外,只适用于特定机型,不能用于所有机型的飞行管理计算机系统。

本书由周其焕、翟建平、王维民、张进德等同志校审,提出了重要修改和补充意见。在编写过程中得到宫德深、常蕴超、沈玲龙、陈焕慧、郝炳湘、吴夕保等同志及 J. SPADE 先生提供帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

飞行管理计算机系统是近几年才出现在飞机上的先进电子设备,国内尚无有关资料、书籍。国外有关介绍该系统的资料也不多。由于编者知识水平有限,难免有些错误,恳请读者批评指正。

编 者

1990年5月

目 录

第一章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 飞行管理计算机系统简介	3
1.3 飞行管理系统(FMS)的组成	4
1.4 飞行管理系统主要性能、功能	7
1.5 飞行管理计算机系统(FMCS)的传感器	9
1.6 飞行管理计算机系统的执行部件	14
1.7 飞行管理计算机系统的控制组件	18
第二章 飞行管理计算机(FMC)	22
2.1 飞行管理计算机基本结构	24
2.2 飞行管理计算机数据库	30
2.3 飞行管理计算机的导航功能	39
2.4 飞行管理计算机的性能计算	70
2.5 飞行管理计算机的EFIS功能	78
2.6 飞行管理计算机的制导功能	89
第三章 控制显示组件(CDU)	105
3.1 控制显示组件构造	105
3.2 控制显示组件键盘	116
第四章 飞行管理计算机系统在起飞前的准备工作	123
4.1 识别(IDENT)页	125
4.2 位置起始页(POS INIT)和位置基准页(POS REF)	126
4.3 航路页(RTE)	129
4.4 离场/进场索引(DEP/ARR INDEX)和 离场(DEPARTURES)页	136
4.5 性能起始页(PERF INIT)	141
4.6 起飞基准页(TAKEOFF REF)	144
第五章 飞行管理计算机系统飞行中的监控	148

5.1 航路段和飞行进程页面	150
5.2 飞行阶段执行方式页面	159
5.3 等待航线(RTE HOLD)页面	166
5.4 飞行航路的修改	169
5.5 飞行信息显示页面	173
第六章 飞行管理计算机信息显示	185
6.1 警戒信息	187
6.2 输入错误提醒信息	193
6.3 提醒信息	196
第七章 飞行管理计算机系统维护自检	201
7.1 飞行管理计算机系统自检、监控概述	202
7.2 双系统工作时的故障检测和重组安排	207
7.3 重新同步和飞行管理计算机自测试显示	215
7.4 飞行管理计算机的维护页面	220
7.5 综合内装自检(BITE)介绍	231
7.6 飞行管理计算机系统自测试	233
附录一 设备装机表	235
附录二 缩略词英汉对照表	236
主要参考资料	242

第一章 概 述

1.1 引 言

随着近代航空科学技术突飞猛进的发展,计算机已进入各航空技术领域。飞机上不少机载电子设备由于装设了计算机控制部件而实现了电脑化。飞行管理系统(FMS)就是80年代最新技术的产物。

飞行管理系统是由飞机制造公司与一些电子设备制造公司合作,并有一些航空公司参与一起研究成功的。现代飞行管理系统是由早期系统发展而来的,该系统的雏形可以追溯到60年代后期和70年代前期。早期的高级区域导航系统装有一台数字计算机和一个专用控制显示组件,可以提供横向和垂直导航。70年代中期为了对付石油短缺和价格的飞涨,性能数据计算机开始在飞机上使用。当时,该系统仅计算一些原来可在《飞行手册》上查得到的性能数据,也提供开环最优功率、巡航高度和在当时飞行条件下的空速指引。但该系统尚未与自动驾驶仪耦合,也不提供导航功能。

进一步发展的产物是飞机性能管理系统(PMS),它是一个性能数据计算机,并与飞机自动驾驶仪和自动油门耦合起来,根据储存的数据计算爬高、巡航和下降剖面,并且制导飞机按照这些剖面飞行。飞行员仍要负责导航工作,并要负责起飞爬高和下降操纵。

现在的飞行管理系统是高级区域导航系统和性能管理系统的组合。它具有大容量的导航数据库,在飞机正常飞行区域内,计算机能提供从起飞到降落的闭环横向制导的功能;同样它具有大容量的性能数据库,能提供节约燃油、降低直接运行成本的垂直

制导能力。此系统首次安装在1981年12月试飞的波音767型飞机上。后来,在1982年2月试飞的波音757型飞机以及其后的其他各型现代飞机上,也都安装了飞行管理系统。这个新系统把自动飞行控制、发动机推力控制、先进电子仪表和显示系统结合在一起,既大大减轻驾驶员的工作负担,又能以最优性能来管理飞机的飞行。

系统各组件、传感器和显示部分由ARINC-429数字数据联系起来。飞行管理计算机(FMC)和其他FMS的组件一起执行飞行计划、性能管理、导航、制导以及数据管理的工作。

飞机爬高、巡航、下降的最低成本飞行剖面的计算,是基于操作者输入的待飞航线、巡航高度、飞机总重、成本指数、阻力因素等数据进行的。自动飞行控制系统和自动油门系统控制飞机沿着计算出的最佳剖面飞行;也可由飞行员参考飞行指引仪的指示人工驾驶飞机飞行。

新型电子飞行仪表与FMS结合起来,不但提供过去机械式仪表所显示的信息,而且还能显示比过去惯用仪表显示范围更广的信息,且有更大的灵活性以适应客户的需要及将来进一步的发展。

飞行管理计算机发送操纵指令到飞行控制计算机(FCC)和推力管理计算机(TMC)以完成导航和制导功能。飞机当时的准确位置是飞行管理计算机用测距机(DME)、全向信标(VOR)和惯性基准系统(IRS)的输入数据综合决定的。FMC在两个航路点之间计算大圆弧路径,实现三维制导。

FMS有内装自检设备(BITE),可快速诊断故障并向维护人员显示,依此更换失效部件。这样的设计使飞行管理系统具有99.9%可靠度的派签能力。每一飞行小时只需一个维护人工小时。

根据原型机和自动性能系统的实际飞行试验,使用FMS以后,可以达到节省原耗燃油2~5%的预期目标,燃油节约的多少还要由航程距离等其他因素决定。此外,系统还具备飞机全自动着陆第Ⅱ~Ⅲ级着陆能力。Ⅱ级自动着陆是跑道视距大于400米的情况下,能将飞机引导至决断高度70米;而Ⅲ级自动着陆是

在跑道视距大于50米，无决断高度限制，不依靠外界目视参考，飞机能自动着陆滑行到跑道上。这意味着飞机的降落基本上不受天气的影响。

FMS是由几个独立系统所组成的联合体。它的主要组成部分是FMCS，其他的几个系统是惯性基准系统(IRS)，自动飞行控制系统(AFCS)或自动飞行指引系统(AFDS)或数字飞行控制系统(DFCS)，自动油门(A/T)。本书只对FMS中的FMCS以及它与其他部件的联系进行详细介绍；而IRS、AFCS、A/T本身又都是独立的系统，将由本丛书的其他分册详细介绍。

1.2 飞行管理计算机系统简介

飞行管理系统综合了以前一些飞机电子设备的功能并加以发展扩大，使设备的自动化程度更高。飞行员通过FMS操纵飞机显得非常简单、方便。这样，可以让飞行员腾出更多的时间去安全地管理飞机的飞行。

飞行员只要告诉飞行管理计算机飞机的起飞机场、目的地机场并规定飞行航路，亦即要在起飞和目的地机场之间起码规定一个航路点，FMCS就能根据IRS和无线电导航设备的信号准确地计算出飞机在飞行中的瞬时位置，根据计算发出指令到AFCS的自动驾驶仪或飞行指引系统，引导飞机从起飞机场到目的地机场。同样，飞行员只要通过FMCS的控制显示组件(CDU)告诉FMCS飞机的起飞全重以及性能要求，FMCS就能计算从起飞机场到目的地机场飞行的最经济速度和巡航高度，也能连续计算推力限制值，送出指令到自动驾驶和自动油门系统。

FMS是用当时飞机所在的位置、飞机性能参数，目的地机场的经纬度和可用跑道，各航路点，无线电导航台以及等待航线、进近程序等信号或数据进行综合分析运算，以确定飞机的航向、速度以及爬高、下降角度和升降速度、阶梯爬高和下降等指令，来计划飞机飞行的水平和垂直剖面。区域导航使用大圆弧航路使之在远距离航行中获得比惯常航路更短的直接航路。由于飞行员

起飞前在 FMCS 的 CDU 上选择了最适应飞行要求的性能数据, FMC 根据要求的性能数据和其他参数进行运算, 就可获得最佳经济效果的航路计划。当然, 在一些情况下, 如在预定航路上有恶劣气象条件, 飞行员也可通过 CDU 来修正原定航路。

使用未安装 FMS 的飞机飞行时, 飞行员必须参考地图、飞机性能手册、航图、各种图表和计算器, 以此获得导航和性能的信息数据。现在这些数据都存储在 FMC 内。FMC 内存储的与杰普逊航图一样的数据, 称为导航数据库; 存储与飞机性能手册一样的数据, 则称为性能数据库。飞行员使用 CDU 与 FMC 通信, 可以很容易地检索计算机内所储存的各种信息数据, 供飞行员参考。FMC 也能把飞机飞行全程的导航、引导、飞行计划和各种性能数据在 CDU 上显示出来, 还能在水平状态指示器(HSI)上显示; 速度和推力限制值则分别用马赫空速表(MASI)和发动机指示及机组告警系统(EICAS)或发动机 N_1 转速表的游标指示出来。

1.3 飞行管理系统(FMS)的组成

现代飞机上 FMS 是一个由许多计算机、传感器、无线电导航系统、控制板、电子显示仪表、电子警告组件以及执行机构联系起来的大设备系统, 见图 1-1 所示。如果我们抛开一些分散安装的传感器, 那么, 典型的 FMS 主要是由四个分系统组成的。这四个分系统是 FMCS, IRS, AFCS, A/T。FMCS 在其中扮演着重要角色, 是系统的中枢, 见图 1-2。

FMCS 由 FMC 和 CDU 组成。FMC 一般安装在飞机的电气电子设备舱的设备架上。根据需要, 有的飞机上安装一台; 而在有的飞机上却装有两台, 一台主用, 一台备用。CDU 为便于操作使用, 都安装在驾驶舱靠近正、副驾驶员的中央操纵台的前方。CDU 在飞机上安装两台, 分别供正、副驾驶员操纵使用; 也可根据用户的要求只安装一台或三台。

IRS 好像是 FMS 的一个大传感器, 它向系统提供飞机的位

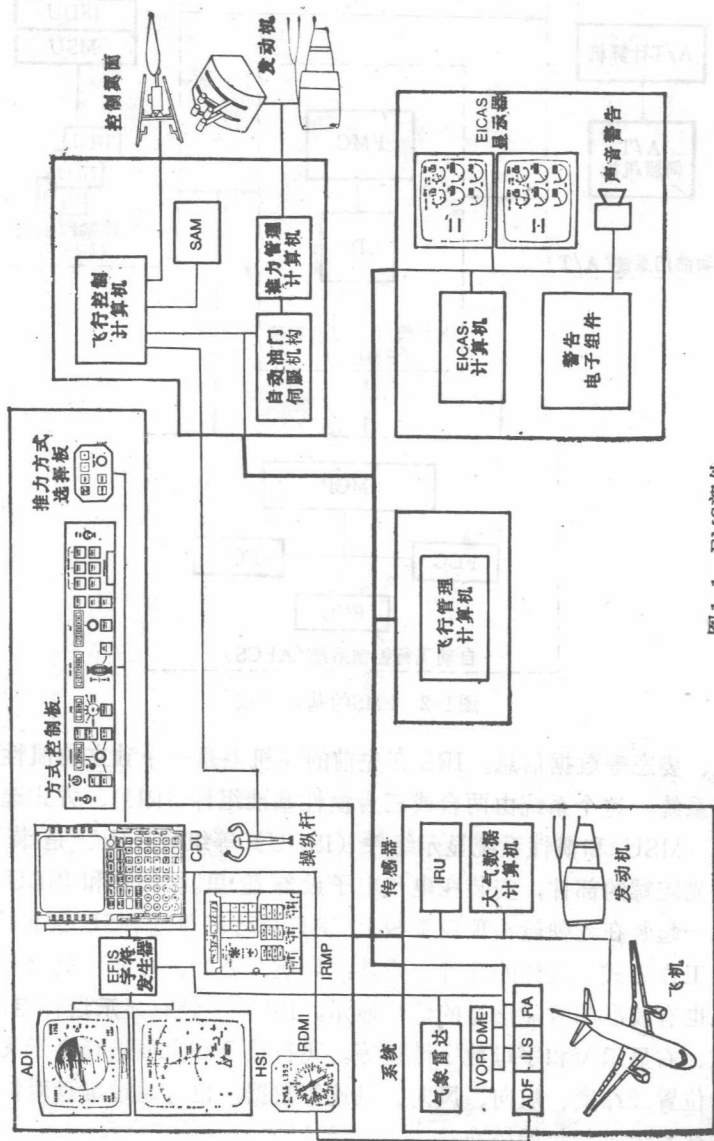


图1-1 FMS部件

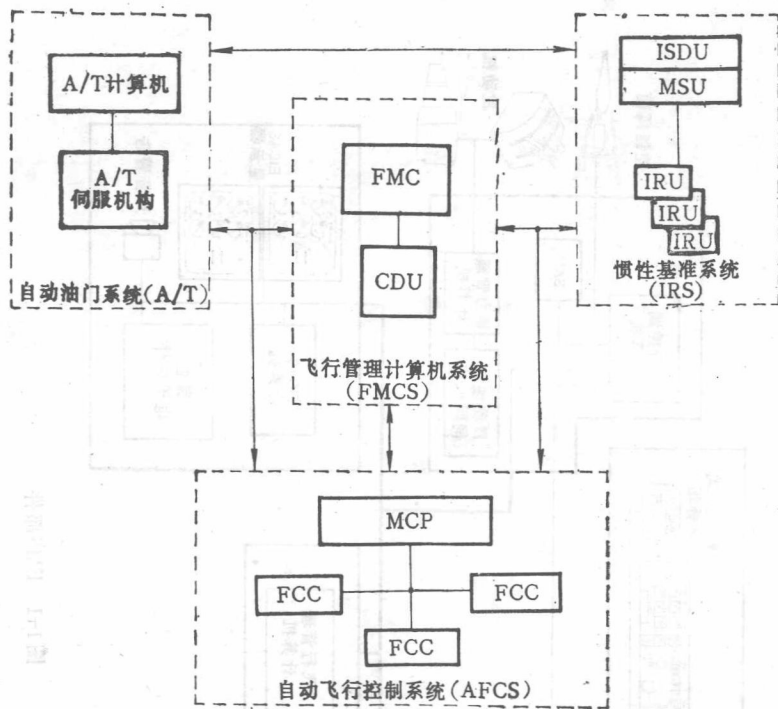


图1-2 FMS的基本组成

置、姿态等数据信息。IRS 在先前的飞机上是一个独立的惯性导航系统。这个系统由两台或三台惯性基准组件(IRU)、方式选择板 (MSU)和惯性系统显示组件 (ISDU) 等组成。IRU 是装有激光陀螺的部件, 安装在电气电子设备舱里。MSU 和 ISDU 连在一起装在驾驶舱头顶设备板上。飞行员可以通过 MSU 选择 IRS 的工作方式。选择的几种方式是: 导航、姿态、校准和关闭。其上也有校准和故障信息的信号显示。ISDU 上装有显示选择电门, 左、右显示窗和字母数字键盘等。飞行员可在上面选择显示飞机的位置经纬度、航向、风向、风速等数据, 也可通过键盘对惯性基准系统进行起始校准。

AFCS 是 FMS 的操作系统, 它对自动驾驶、飞行指引系统、高度警戒、速度配平、安定面配平、马赫配平等提供综合控制。

AFCS 由两台或三台飞行控制计算机 (FCC)、一个方式控制板 (MCP) 以及一些其他部件组成。FCC 接收来自飞机各传感器的信号, 根据要求的飞行方式对这些信号进行处理, 并产生输出指令去操纵副翼、安定面、升降舵等控制翼面。它们装在飞机电气电子设备舱的设备架上。MCP 安装在正、副驾驶员正前方的驾驶舱遮光板上, 它提供飞行员与 AFCS 之间的联系。飞行员通过 MCP 进行自动驾驶衔接控制、工作方式选择控制以及自动驾驶、飞行指引和 FMCS 有关的控制数据的选择等。要说明的是, 自动油门的控制也在其上进行。

自动油门系统 (A/T) 也有一台装在电气电子设备舱的自动油门计算机, 它接收来自各传感器和 MCP 上来的工作方式和性能选择数据, 把它们进行运算处理, 输出操纵指令到油门机构去。油门机构主要由伺服电动机和油门杆组成, 它执行操纵指令, 把油门杆置于恰当的位置。在最新出厂的波音 747-400 型飞机上, 不再安装自动油门计算机, 它的工作由 FMC 完成, FMC 增添了推力管理功能。

上述四个主要成分系统又都是可以独立工作的, 分别执行各自独立的功能。这样就保证在系统中任一分系统的故障不会引起 FMS 的全部失效。

1.4 飞行管理系统主要性能、功能

飞机上装了 FMS 后, 实现了全自动导航, 不但大大减轻了飞行员的工作负担, 提高了飞机操作的自动化程度, 更主要的是 FMC 能提供从起飞到进近着陆的最优横向飞行和垂直飞行剖面。飞机可以在 FMS 的控制下, 以最佳的飞行路径从起飞机场飞到目的地机场, 以最佳的飞行剖面、最省燃油的方式飞行。这种优化功能体现于 FMS 的导航、制导和显示功能之中。

FMS 在各飞行阶段中的性能功能可用图 1-3 来说明。

1. 起飞

根据飞行员在起飞准备阶段通过 FMCS 的 CDU 所输入的飞

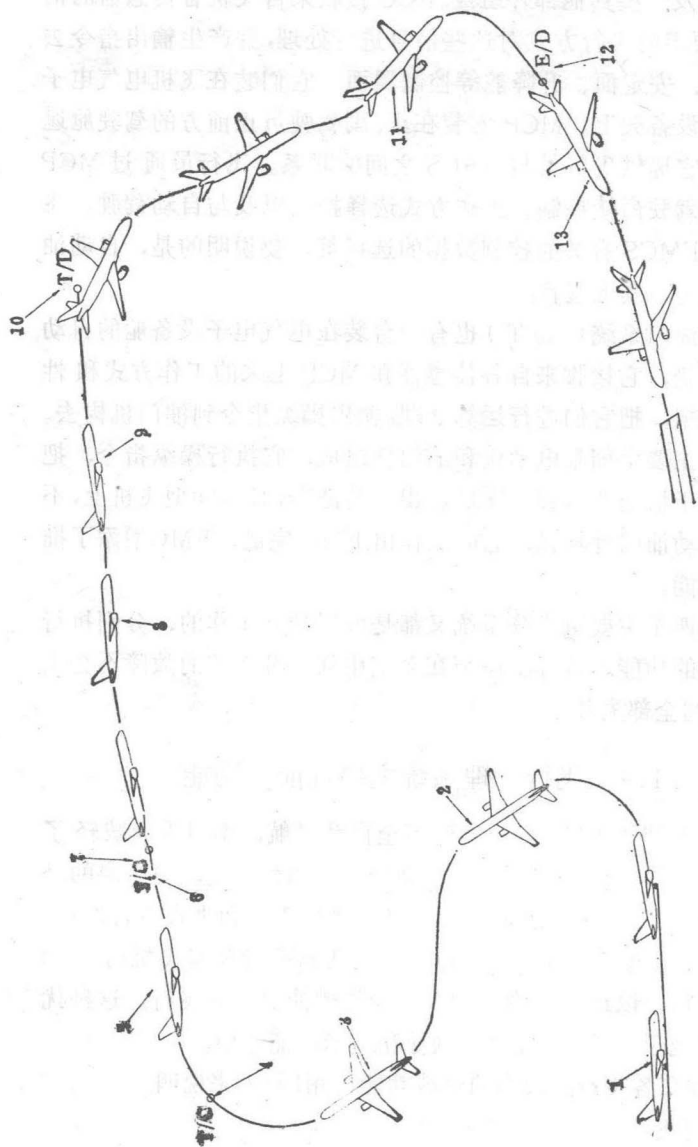


图1-3 FMCS在各飞行阶段的性能功能

1—输入飞行计划和性能数据；2—实施L NAV和V NAV；3—计算最省油的巡航和推力指令并遵守速度、高度限制；4—计算爬高顶点；5—以最低经济速度巡航；6—在电子飞行仪表上显示导航信息；7—计算分段爬高；8—沿计划航路连续制导；9—评价和预报燃油消耗；10—计算下降起点，由巡航自动转为下降；11—自动遵守速度和高度限制；12—计算下降端点；13—转换到自动着陆系统。