

运输类飞机飞行手册设计与开发

Flight Manual Design and Development for Transport Category Airplanes

谢辉松 周琳 / Xie Huisong Zhou Lin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

飞机飞行手册是经制造商开发并由适航当局批准的重要文件,它提供对某一特定机型飞机安全操作所必须的重要信息,包括使用限制、操作程序和性能信息。介绍了运输类飞机飞行手册设计与开发的主要内容。

关键词: 飞行手册; 操作程序; 设计; 开发

[**Abstract**] An AFM is an important document developed by the manufacture and approved by the Airworthiness Authorities. An AFM, which is needed for safe operation, contains the essential information that is peculiar to the particular airplane type or model, including operating limitations, operating procedures and performance information. The main contents and guides of the flight manual design and development for transport category airplane are presented in this paper.

[**Key words**] Flight Manual; Operating Procedure; Design; Development

0 引言

运输类飞机飞行手册(AFM)旨在提供权威的必要信息源以达到安全操作飞机的目的,它是由适航当局批准的文件之一。该文件包含了飞机取证基础规定的,飞行运行安全水平所需的必要信息源,包括使用限制、操作程序、性能信息等。

中国民用航空规章(CCAR)第21部条款21.7, 25部中的条款25.1581、25.1583、25.1585和25.1587以及36部中的条款36.1581确定了AFM必须提供的信息。CCAR第91、121、125和135部提供会对AFM内容产生影响的运行要求。同时AC25.1581-1确定了AFM要符合适航条例必须提供的信息,并为AFM批准部分中的格式和内容提供指导。因此,这些规章和通告使得AFM的设计有法可依,有章可循,为AFM的设计与开发工作提供原则性的指导和帮助。

然而,由于AFM中涉及到全机各个专业的内容范围广,且相关的规章或通告对操作程序仅仅提出了一些指导性的意见。这就要求AFM的设计、开发人员除了要熟悉相关的规章和通告外,还需具备飞

机全机系统的专业知识以及手册的开发技巧。

1 飞机飞行手册框架和内容

1.1 飞行手册的框架

目前,很多规章和通告都对飞机飞行手册的内容作了相关规定,其中AC 25.1581-1飞机飞行手册对手册的内容做了较为详细的说明。根据这些规章和通告,参考部分飞机的飞行手册,我们可以将飞行手册的内容划分为九部分:(1)正文前资料;(2)概述;(3)限制;(4)应急程序;(5)非正常程序;(6)正常程序;(7)性能;(8)附录;(9)补充。

不同飞机的飞行手册,其内容表达可能有所不同,如A320、波音737-800飞机飞行手册将正文前资料和概述合并为一章,即“概述”;而ERJ145飞行手册则将这两部分分别独立,即分为“正文前资料”和“概述”两部分。波音737-800飞机飞行手册将“应急程序”和“非正常程序”合二为一,统称“非正常程序”,并且在每个“应急程序”的标题后用“E”表示“应急程序”;A320飞行手册则将“应急程序”与“非正常程序”分别独立成章,此外它还将“非正常程序”和“正常程序”作为一章即“操作程序”

(PROCEDURE);ERJ145 飞行手册将“应急”和“非正常程序”合并为一章即“应急和非正常程序”,其中“应急程序”和“非正常程序”也有明确区分。虽然在飞行手册的章节划分上不同飞机飞行手册仍存在一些差异,但是手册体现的内容都包含上述九部分内容。飞机飞行手册内容框图如图 1 所示。

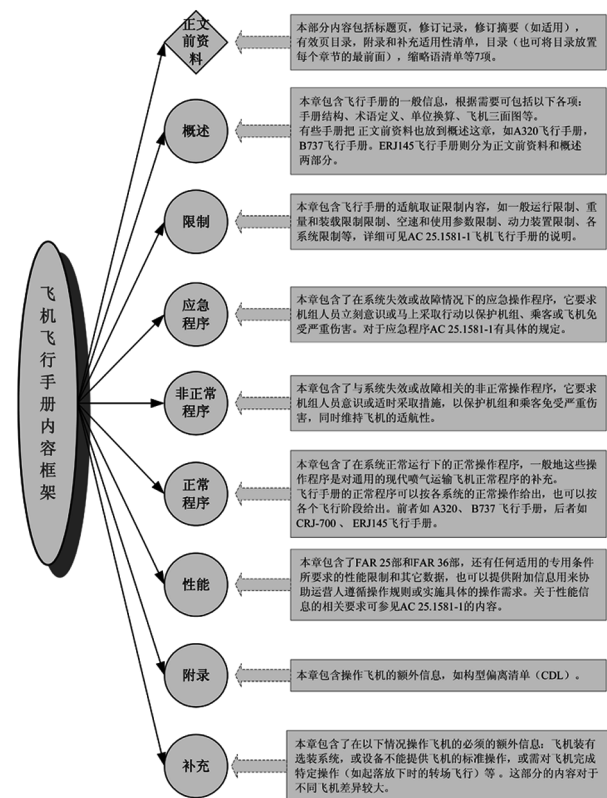


图1 飞机飞行手册内容框图

1.2 飞行手册的内容

飞行手册的框架给出了飞行手册的“布局”，而飞行手册的内容则是对每个框架内各个部分的细化和丰富。对于不同的飞机飞行手册，由于集成的飞机系统的差异，这部分内容表述有较大的区别。然而，对于不同飞机飞行手册可参考下列共同性并结合飞机系统自身的特点进行编写。

1.2.1 正文前资料

正文前资料的目的在于确定飞行手册修订状况，控制飞行手册的适用性和内容。这部分内容包括：标题页、修订记录、修订摘要、有效页目录、飞机制造商编写的附录和补充的适用性清单以及目录和缩略语等七部分。

批准页（或称标题页）包括制造商的名称、飞机机型名称、文件的识别号、基本文件的批准日期和签名、名称及适航当局批准官员的头衔等。

修订记录主要包括修订编号、修订页次、修订

说明（这部分的内容即修订摘要，有的手册将修订记录和修订摘要合为一个表格）及适航当局批准的签名和日期。根据需要，手册中还可以增加临时修订记录，不过临时修订记录不包括在有效页清单中也不包括在修订记录中。临时修订记录应能明确标识，且尽可能快地撤销，并最终反映到适当的修订版次中。

有效页目录包括手册中所有页面的页码、对应页面的适用代码及最新修订日期。其中，代码是用来对对应页面适用飞机有效性控制的一种方法，如CRJ-700飞机飞行手册里代码可以用飞机的选装编码和/或适航当局代码来表示。这样就可以对手册中不同页面的有效性进行控制。

附录和补充适用性清单应根据不同飞机的具体情况而定，它是对附录和补充适用范围的确定。

目录，对于各章的目录可分别放置在各章内容的最前面。

缩略语主要给出手册中使用到的缩略语的全拼及中英文含义。

1.2.2 概述

概述包含手册的一般信息。有的手册将正文前资料也置于其中，因此在手册本章中除了包含正文前资料的内容外，还包括手册结构、术语定义、单位换算、飞机三面图等。

手册结构，给出手册各章节的整体划分。

术语定义，包含对手册中使用到的“警告”、“注意”、“注”的说明。对于性能章节中使用的术语定义则可以放在性能的前面部分予以说明。

单位换算和飞机三面图应根据实际情况给出。

根据需要，手册的概述部分还可以给出手册中页面标识的说明以及手册问题咨询的联系方式等。

1.2.3 限制

该内容提供了适用机型取证的使用限制信息，它是根据CCAR25部、34部和36部中相应条款在型号合格审定过程中所确定的，包括一般使用限制、重量和装载、空速和运行参数、动力装置、系统等几部分的限制。

一般使用限制包括运行类型、最小飞行机组、使用高度、机动限制载荷系数等限制。

重量和装载包括重量、重心限制及装载说明限制。

空速和运行参数包括最大使用速度、机动速度、襟翼展态速度、起落架收放速度和伸态速度、其

它可收放装置的速度限制以及环境包线、起飞和着陆时风速、跑道坡度等的限制。

动力装置限制包括发动机、燃油、结冰条件的相关使用限制。

系统限制可能包括 APU、气源、空调、增压、电气、液压、飞行操纵、起落架、自动飞行、通信、导航、氧气、照明等全机各个专业,应依据飞机系统装备而定。总之,所有对安全运行所必需的设备和系统安装的限制都应列出。

此外,限制章节中还存在一些引用情况,如最小操纵速度、性能构型、构型偏离清单等。这些内容可以放置在性能中的适当位置,但在限制中要求有适当的引用说明。

总的说来,AC 25.2581-1 对于限制这章的内容规定的比较具体,只要严格遵照对应的规章条款来编制这部分内容就可以满足相关法规的要求,能符合飞行手册限制部分的内容要求。

1.2.4 应急程序

应急程序至少应包括发动机严重损坏或分离、多个发动机失效、飞行中着火、烟雾控制、急剧释压、紧急下降、空中反推非指令打开、紧急着陆或水上迫降、紧急撤离等内容。同时,根据飞机的系统设置,有的手册将两个液压系统失效、失去正常电源(或电源应急构型)等内容也归为应急程序。需要强调的是,作为飞行手册里的应急程序应该根据各飞机系统设置而定,那些要求机组立刻意识或马上采取行动以保护机组、乘客或飞机免受严重伤害的操作程序都应该归为应急程序。

1.2.5 非正常程序

那些与系统失效或故障相关而又不属于应急程序的操作都归为非正常程序。如果飞机系统运行正常,则下滑道偏离、进地警告、全发复飞、穿越湍流飞行、风切变告警、TCAS 告警等程序要放在正常程序中。

一般说来,非正常程序可以依据本机型提供的发动机指示和机组告警系统(EICAS)的告警信息及语音、指示灯等的提示来编制相应的非正常程序。但是,那些不直接与适航相关或不在机组控制下的操作程序则不应包含在飞行手册中。

1.2.6 正常程序

正常程序的编制可以有以下两种风格供选择:一种是简单地描述系统在正常情况下特定飞机系统的正常操作,这种形式的操作程序较为简单,如

波音 737 和 A320 飞行手册;另一种则是按飞行阶段的顺序划分,它提供的操作较为详细,类似于机组操作手册,如 ERJ145 飞行手册。其中,第一种风格的编制可以包含对以下内容正常操作的简单说明:飞行前检查(包括电源和舱门)、刹车检查、起飞程序、抖振包线、正常着陆、全发复飞、反推、自动刹车、增压、燃油、APU、发动机点火、导航(包括飞管系统、姿态航向基准系统、地形提示告警系统、交通告警防撞系统等)、结冰条件下的操作、风切变等。第二种风格的编制则可以按照外部安全检查-内部安全检查-APU 启动-APU 关车-启动前-取消启动-发动机启动-启动后-滑行-起飞前-起飞后-爬升-巡航-下降-进近-着陆前-复飞-着陆-着陆后-发动机关车-离开飞机等阶段来进行说明。此外,还应补充 1.2.5 节中要求的正常程序。

本文仅列出了编制飞行手册正常程序遵循的一般原则,对于飞行手册中的具体内容需要针对具体型号或机型的操作需要而定。

1.2.7 性能

性能部分包含了 CCAR 25 部和 CCAR 36 部,还有任何适用的专用条件所要求的性能限制和其它数据,也可以提供附加信息用来协助运营人遵循操作规则或实施具体的操作需求。

对于仅提供纸质飞行手册的飞机,性能部分应包括性能构型、术语定义、演示最大侧风、噪声等级、风分量、位置误差修正、失速速度、发动机推力设置、起飞性能、航路性能、进场和着陆爬升性能、着陆性能等。

性能构型提供识别性能数据适用的构型和条件的叙述性信息。这类信息包括飞机的型号、机型名称和发动机,以及批准的襟翼设定、会对性能产生影响的飞机系统和设备的简要描述(如防滞、自动扰流板等),同时还要说明这些系统和设备是否能工作。

术语定义包括空速(如指示空速、校核空速、当量空速、真空速、真马赫数、临界发动机失效速度、起飞决断速度、抬前轮速度、起飞最后段速度、起飞安全速度、地面最小操纵速度、空中最小操纵速度、着陆最小操纵速度、参考速度、机动速度等)、温度(如国际标准大气、外界大气温度、静止大气温度、大气总温等)、风速、起飞航迹(如净空道、停止道、湿跑道、需用的起飞距离、需用的起飞滑跑距离、需用的加速-停止距离等)、起飞飞行航迹(如总爬升梯度、净爬升梯度、总高度、净高度、参考零点、一阶

段、二阶段、三阶段、改平高度、最后阶段等)。

演示最大侧风,如果要限制起飞或着陆的最大侧风值,则在限制部分中要说明对侧风值的限制。如果要限制某一操作(如自动着陆),而不是其它操作的侧风值,侧风限制还要说明它被应用到的具体操作步骤。如果认为按照 CCAR25.237 节演示的最大侧风值对起飞和着陆都有限制,则演示的侧风值可以放在别的部分而不是限制里,对于这种情况,一般在性能章节中提供经演示的侧风值。

噪声等级,提供 36 部规定的在型号审定过程中所达到的噪声等级,并且在列出的噪声级附近必须标注“本飞机的噪声级对于处在、进入或离开任何机场的运行是否可接受的,尚须中国民用航空总局予以确定”的情况说明。本文所设计的噪声等级水平仅由一个起飞、一个边线、一个进近噪声等级组成。噪声审定等级水平和噪声等级信息共同提供飞机符合状态。对其它形态或条件有关的噪声等级补充信息可以增加至飞行手册中并标明是补充信息。

风分量,一般给出风分量的网格图。这里的风速是从 10m 高测得的实际风速,并且将其修正为平行于飞行航迹的迎风量或顺风量。

位置误差修正包括对空速、高度、温度的位置误差修正,其目的在于消除静压源位置对仪表读数的影响。

失速速度,应和相关条件一起提供满足审定要求的失速速度。该数据应以校核空速的形式给出。

发动机推力设置,至少需要提供起飞、最大连续、复飞的推力设置,并且需提供推力设置所必须的程序,如不同的压力高度、静温、发动机引气开或关、防冰开或关等信息。

起飞性能包括起飞速度(如 V_1, V_R, V_2)、起飞距离和加速停止距离、受爬升限制的起飞重量、其它限制的起飞重量(如最大轮胎速度、最大刹车能量、考虑应急放油、系统不工作等)、起飞爬升性能以及起飞飞行航迹数据(包括在每个批准起飞构型下各阶段的起飞净飞行航迹,提供的数据图表应能反映飞机的越障能力、拉平高度、第三阶段水平距离、最后段的爬升梯度等信息)。

航路性能包括航路飞行航迹数据,提供航路净爬升梯度、航路爬升速度以及保持正净爬升梯度的航路爬升重量等信息。

进场和着陆爬升性能包括着陆爬升限制重量、进场爬升性能(如进场爬升梯度、进场爬升速度)以

及着陆爬升性能(如着陆爬升梯度)。

着陆性能包括其它着陆重量限制、着陆进场速度以及着陆距离。

此外还需提供随重心变化的性能限制和信息(如抖振边界)以及其它性能数据(指由于独特的设计特征、操作和操纵特性而采用的安全操作所必须的且未包括在前面内容里的性能信息或数据)。

1.2.8 附录

一般给出特定机型下缺少某些次要机体和/或发动机零部件情况下的附加使用限制,即构形偏离清单(CDL)。CDL 的编制应按照 AC25-7A《运输类飞机合格审定飞行试验指南》第 235 和 236 条款进行。CDL 中包括各系统的编号和名称(以 ATA 规范 100 为准)、部件说明(用其功能说明,必要时用零件号来标记)、正常安装数量以及注释和/或例外(包括部件可缺损的数量,对性能损失的影响等信息)。

1.2.9 补充

包含飞机在装有选装系统,或设备不能提供飞机的标准操作,或需对飞机完成特定操作(如起落放下时的转场飞行)等情况下操作飞机所必须的额外信息。这部分的内容对于不同飞机差异较大。对于每个补充操作按照适用条件应包含:有效页清单、概述、限制、应急程序、非正常程序、正常程序、性能等几部分。

2 设计和开发飞机飞行手册要求的技能

2.1 熟悉全机各个系统功能和操作

对于飞机飞行手册各专业的编写人员来说,不但要了解、熟悉本专业涉及到的法规和通告,同时还要熟练掌握本专业飞机系统的功能和操作。不仅如此,作为初次编写手册的专业人员还需要了解、熟悉其它成熟机种飞行手册的内容,并以此作为参考。通过借鉴这些成熟飞机飞行手册可以不断地拓宽自己的知识面,完善参编的飞机飞行手册。

手册的主编人员要尽可能地熟悉本飞机和参考机型的各个系统原理和操作。因为在飞行手册的操作程序中很多程序都具有很强的综合性,它需要充分应用全机的若干系统才能恢复飞机的适航性。此外,某些系统的失效、故障也会对相关的其它系统造成影响,如电源中某一汇流条的失效会造成部分系统的功能余度损失、降级或丧失;某一液压能源的失效会对其用户造成不同程度的影响(这

取决于系统的设计);大气数据计算机的失效则会导致以大气数据信息作为输入源的系统失效、降级等。所有这些综合的信息都需要手册的主编人员在熟悉本飞机工作原理的基础上总结、提炼,并以适当的方式反映在飞机飞行手册中。

2.2 熟悉全机的 EICAS 信息及其它告警系统

对于现有的大部分机型,不同等级的告警信息主要是通过发动机指示和机组告警系统(EICAS)来提供给飞行机组,同时可能会伴有相应的指示灯、响铃或语音提醒等。这些信息和提醒方式是飞行机组判断某一系统或部件失效/故障的主要依据。

非正常和应急程序也往往以这个作为判断依据来执行相应程序。手册的主编人员应熟悉飞机各个系统中每个 CAS 信息的内容,以及触发该 CAS 信息的系统逻辑定义。只有充分认识、了解这些信息才可以为相应操作程序的编制提供判断基础,同时这也是参考、借鉴其它飞机飞行手册时需注意的问题。

由于飞机是一个系统高度集成的产品,因此往往涉及到很多的系统供应商,为了完善及规范各系统提供的 CAS 信息以满足将来飞行手册、机组操作手册等编写的需要,建议各系统按以下格式提供相关的 CAS 信息,如表 1 所示。

表 1 CAS 信息提供格式

CAS 信息	级别	告警灯 (指示灯)	语音	飞行员动作	触发条件	信息屏蔽条件	信息抑制阶段
给出 CAS 信息。	给出该 CAS 信息相应的告警级别。	若适用,给出出现该 CAS 信息伴随的告警灯。	若适用,给出出现该 CAS 信息时伴随的语音告警。	给出该 CAS 信息对应的推荐飞行员操作。	给出 CAS 信息触发的逻辑条件。给出的触发条件应该便于飞行机组阅读、识别。	若适用,给出该 CAS 信息屏蔽的条件。	给出该 CAS 信息抑制的飞行阶段。

2.3 熟悉航空公司的习惯用法及飞行员航空知识

通常,运输类飞机直接面向的是各航空公司或飞机营运人,因此了解、熟悉航空公司的习惯用法,尤其是掌握一些民用航空术语对于飞行手册编写人员来说是十分必要的。只有这样才能满足、方便客户的需求,尽可能地提供一套完整的飞机飞行手册。

作为飞行手册的编写人员要尽可能地从飞行机组的角度来考虑问题、权衡利弊,保证符合最低安全标准并将其体现在飞行手册的编写中。这就要求编写人员掌握基本的飞行原理,了解飞机和发动机的结构、操作方法,熟悉各种飞行仪表的原理、使用,掌握飞机的相关性能,熟悉相关气象术语,熟悉各种导航设备的原理和使用等等。

(3)熟悉、了解各系统的告警信息。这些告警信息主要包括 EICAS 信息、音响警告、告警灯等。对于 EICAS 信息要求各系统提供各信息的中英文内容、触发该 CAS 信息的逻辑条件、是否伴随语音和告警灯、信息的抑制阶段以及是否需执行相应的动作纠偏等。

(4)熟悉民用航空的基本术语,了解、掌握飞行员相关的航空知识。

总之,设计和开发飞机飞行手册是一项长期而艰巨的工作。特别是对于年轻的飞机设计人员来说,在缺乏相关飞机设计、操作、手册编写等方面经验的情况下,完成一套符合适航规章要求的飞机飞行手册更需要编写人员不断地学习、积累经验。

3 结论

为了设计和开发好飞机飞行手册,作为主编人员至少要做好以下几方面的工作:

(1)熟悉飞行手册相关的适航法规,掌握飞行手册的基本框架、内容。

(2)熟悉、了解各系统专业提供的关于各个系统的功能、原理和操作说明,其中操作部分除了包括系统正常情况下的操作、限制,还需包括系统故障下的非正常操作。

参考文献:

[1] CCAR25,中国民用航空规章第 25 部——运输类飞机适航标准[S]. 2001.
 [2] AC 25.1581-1,飞机飞行手册. 1997.
 [3] 伊尔曼(著),王同乐等(译). 飞行员航空知识手册第 4 版[M]. 北京:航空工业出版社, 2006.
 [4] 波音公司. 波音 737-800 飞机飞行手册.
 [5] 空中客车公司. 空客 A318/319/320/321 飞机飞行手册.
 [6] 巴西航空工业公司. ERJ-145 飞机飞行手册.
 [7] AC25-7A 运输类飞机合格审定飞行试验指南. 1999.