

FEIJI CANGYIN XITONG
JIQI YINGYONG JISHU

飞机舱音系统 及其应用技术

李学仁 杜军 张鹏 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

V241.4

1004



NUAA2010041103

V241.4
1004-1

飞机舱音系统及其应用技术

李学仁 杜军 张鹏 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

2010041103

内 容 简 介

本书专门介绍舱音系统和舱音信息的分析及应用,主要内容包括国内外航空记录器及其标准的发展演化,着重对飞机舱音记录器进行详细介绍,并结合作者研究团队近年来的科研实践,对飞机舱音信息进行了技术分析,探讨了利用飞机舱音信息和飞行数据融合技术进行故障诊断和故障预测的问题,研究了飞机舱音信息在飞行事故调查方面的应用问题。

本书突出特点是在内容选取上注重国内外该领域的最新发展动态;在结构编排上侧重基本理论和典型应用的有效结合,注意图文表并茂、深入浅出,力求便于读者理解;在描述角度上侧重从宏观入手,以国外的角度看待国内问题,以民航的视点看待军用问题。

本书可作为飞行事故调查与分析人员、航空安全管理人员、装备管理人员、飞行人员、装备维修人员、地勤保障人员及高等院校航空安全专业的培训参考书,同时对从事声音分析及处理的广大工程技术人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

飞机舱音系统及其应用技术/李学仁,杜军,张鹏编
著. —北京:国防工业出版社,2010.1
ISBN 978-7-118-06573-2

I. ①飞... II. ①李...②杜...③张... III. ①飞行记录器 IV. ①V241.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 188427 号

※

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 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 421 千字

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

经过一百多年的发展,民用航空已经成为最安全的交通工具。尽管如此,飞行带来的每一次灾难都是触目惊心的。飞行事故催生了安全理念的发展,对安全的渴求带动了航空记录器的更新换代。飞行事故调查时所需要的“人证”和“物证”很大部分来自于“黑匣子”,其中舱音记录器记录的舱音信息作为异于飞行参数信息的重要机载证据源,同时记录了反映飞机和设备工作状态的客观声音以及反映驾驶员操纵和情感特征的主观声音,为分析判断飞行人员的操纵、意识、生理、心理状况等提供了手段,为重构飞行事故过程、调查飞行事故原因提供了“有声”的证据。

本书指导思想是立足民航、着眼国外、围绕技术、突出应用,针对国内外关于飞机舱音记录器及舱音信息是什么、怎么用等问题进行了探讨。全书共分为6章:第1章主要讲述航空记录器及其标准的发展演化;第2章着重对舱音记录器的结构特点、工作原理、性能指标、生产实体和装机情况进行了详细介绍;第3章介绍了舱音信息分析的相关理论及方法,包括舱音信息的概念与定义、常用的几种数学分析方法;第4章从工程应用角度介绍了多种舱音信息分析技术,包括舱音信息机理分析、舱音信息特征分析、端点检测、语音增强与识别、情感分析等;第5章探讨了基于舱音信息和飞行数据的信息融合技术在故障诊断和故障预测方面的问题;第6章研究了舱音信息在飞行事故调查中的应用问题,包括飞行事故发生机理分析、飞行事故调查的一般流程、飞行事故调查时所用到的证据源,着重对舱音信息在飞行事故调查中的应用进行了详细分析。

飞机舱音系统及舱音信息的分析是一项专业性强、保密性高的复杂技术工作,一直以来,国内都没有一本专门介绍这方面的书籍。本书的作者们多年来一直从事飞行信息智能处理和飞行安全领域的研究工作,书中有关的基本理论和基本原理的介绍力求做到概念清晰、通俗易懂、全面客观,在此基础上将近年来我们在飞机舱音信息分析与处理方面的理论研究和工程应用部分成果融入到有关章节中。期望本书的出版,能够有助于飞机舱音记录器基本知识的普及,了解舱音信息分析及应用的基本情况,对辅助飞行事故调查工作发挥一定的作用。

本书由李学仁、杜军、张鹏共同策划编著,博士研究生李果和硕士研究生李祥彬、雷鸣等在编写过程中查阅资料、仿真计算,提供了大量的工程实例,特别是李祥彬放弃休息时间完成了大量基础性工作。本书是作者和研究团队共同完成的研究成果,在此对他们的创造性劳动表示诚挚的感谢!

著 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 航空记录器标准的发展演化	4
1.2.1 飞行数据记录器标准的起源	5
1.2.2 舱音记录器标准的起源	6
1.2.3 飞行数据记录器标准的演变	6
1.3 航空记录器概况	9
1.3.1 航空记录器的发展演化	10
1.3.2 几种典型航空器安装的记录器	20
1.3.3 航空记录器的主要生产厂商	23
第 2 章 舱音系统	26
2.1 概述	26
2.2 舱音记录系统	26
2.2.1 信号采集部分	27
2.2.2 控制组件	27
2.2.3 舱音记录器	28
2.3 舱音分析系统	36
2.3.1 改进的舱音译码系统	36
2.3.2 典型舱音记录器的多功能综合实验台	38
2.3.3 舱音信息的特征分析软件	39
2.4 舱音信息	44
2.4.1 舱音信息的工程分类	44
2.4.2 舱音信息的特点	46
2.4.3 舱音信息的数据格式	47
2.4.4 舱音信息分析研究现状	49
第 3 章 舱音信息分析的相关理论及方法	53
3.1 引言	53
3.2 声学基础知识	54
3.2.1 声音的性质	54

3.2.2	声音的物理描述	55
3.2.3	声音的感知	57
3.2.4	掩蔽效应	61
3.3	语音的基本知识	63
3.3.1	语音学	63
3.3.2	语音信号生成的数学模型	70
3.4	噪声特性	76
3.5	信号分析基础	77
3.5.1	相关概念	77
3.5.2	信号分析的典型特性	79
3.6	短时分析	80
3.7	时域分析	81
3.8	频域分析	83
3.8.1	短时傅里叶变换	84
3.8.2	离散余弦变换	87
3.8.3	线性预测分析	88
3.9	时频分析	90
3.9.1	相关概念	90
3.9.2	典型的时频分析方法	92
3.9.3	典型的时频分析类	95
3.10	小波变换	96
3.10.1	连续小波变换	96
3.10.2	离散小波变换	98
3.10.3	二进小波变换	98
3.10.4	正交小波变换	99
3.10.5	小波包	100
3.10.6	典型的小波函数	100
3.10.7	小波变换、傅里叶变换及短时傅里叶变换的比较	105
第4章	舱音信息分析技术	106
4.1	舱音的声音机理分析	106
4.1.1	语音的机理分析	106
4.1.2	背景声的机理分析	107
4.1.3	航空噪声的机理分析	107
4.2	舱音信息的预处理技术	115
4.2.1	数字化	115
4.2.2	采样与量化	115
4.2.3	短时加窗处理	117

4.3	舱音信息特征分析技术	118
4.3.1	舱音样本获取	120
4.3.2	舱音信息的短时特征分析	121
4.3.3	舱音信息的二次特征分析	129
4.4	语音端点检测技术	133
4.4.1	基于高斯混合模型的语音端点检测	134
4.4.2	改进的基于复拉普拉斯模型的语音端点检测算法	136
4.5	语音增强技术	141
4.5.1	先验信噪比估计	143
4.5.2	噪声谱估计	144
4.5.3	纯语音谱估计算法	145
4.5.4	语音增强综合实验	147
4.6	语音识别技术	153
4.6.1	语音识别原理和识别系统的组成	157
4.6.2	语音识别	160
4.6.3	动态时间规整	162
4.6.4	孤立字(词)识别系统	164
4.6.5	连续语音识别系统	168
4.6.6	连续语音识别系统的性能评测	171
4.6.7	综合评估连续语音识别系统时需要考虑的其他因素	174
4.7	关键词检索	174
4.7.1	关键词识别及其与连续语音识别的关系	175
4.7.2	关键词识别原理	176
4.7.3	关键词识别的基本问题	177
4.7.4	关键词识别系统的主要技术难点	178
4.7.5	系统实现	178
4.8	情感信息处理	181
4.8.1	情感的分类	182
4.8.2	情感特征分析	182
4.8.3	语音情感识别方法	187
4.8.4	情感语音的合成	189
4.8.5	今后的研究方向	190
4.9	舱音信息的典型分析方法	191
4.9.1	飞行事件的窗口傅里叶变换分析	191
4.9.2	背景声信息的时频分析	193
4.9.3	噪声信息的时频分析	196
4.9.4	飞机开关声的三尺度小波分析	198
4.9.5	话语声和开关声小波分析	200

4.9.6	飞机非平稳抖杆背景声分析	204
4.9.7	超速音频警告背景声分析	206
第5章	基于舱音信息和飞行数据融合的故障诊断与预测技术	210
5.1	引言	210
5.2	基于动态主元分析法的特征级融合	210
5.2.1	主元分析法原理	211
5.2.2	动态主元分析法	212
5.2.3	基于动态主元分析法的故障诊断算法	213
5.3	基于改进证据理论的决策级融合	214
5.3.1	证据理论概念及性质	214
5.3.2	基于改进证据理论的故障诊断算法	215
5.4	故障预测	219
5.5	基于相关性分析的特征量选择	219
5.6	基于量子神经网络的概率预测器	220
5.6.1	量子神经网络概述	221
5.6.2	量子神经网络拓扑结构设计	222
5.6.3	训练算法设计	222
5.7	基于演化趋势分析的预测结果修正	223
5.7.1	演化趋势分析	223
5.7.2	演化要素的计算	224
5.7.3	预测结果的修正	225
5.8	基于获益原则的多形态加权融合	225
5.8.1	获益计算	225
5.8.2	权重训练算法	226
第6章	舱音信息在飞行事故调查中的应用	227
6.1	飞行事故	227
6.1.1	基本概念	227
6.1.2	飞行事故发生机理分析	228
6.2	飞行事故调查	229
6.2.1	飞行事故调查的原则及流程	229
6.2.2	支撑飞行事故调查分析的证据源	230
6.2.3	机载证据信息分析	233
6.2.4	飞行事故调查辅助分析系统	238
6.3	事故后舱音信息的处理	242
6.3.1	事故后舱音记录器的处理	242
6.3.2	舱音信息处理及分析	244

6.4 舱音信息用于飞行事故调查实例分析	248
6.4.1 1994 年空中解体事故调查与分析	248
6.4.2 1983 年飞机断电事故调查与分析	249
6.4.3 2000 年武汉运七“6·22”飞行事故调查与分析	250
6.5 舱音信息应用展望	255
附录 部分缩略词	256
参考文献	259

第1章 绪论

1.1 引言

一般认为安装在航空器上能够记录机载设备信息的装置叫做航空记录器,它是随着人们对飞行安全问题的关注而诞生的。最先出现的航空记录器能够追溯到有电飞行的起源。人类历史上的首次飞行,威尔伯·怀特(Wilbur Wright)和奥维尔·怀特(Orville Wright)兄弟的飞行被第一个飞行数据记录器“镌刻记录”,这个原始装置仅仅记录了几个参数,如螺旋桨的转动速度、空中飞行距离以及飞行时间。另外一个飞行先驱查尔斯·林德伯格(Charles Lindbergh)为自己的爱机“路易斯精神”号(Spirit of St. Louis)装备了一个更为先进的飞行记录装置,如图 1.1 所示。它安装了一个自动气压计,能在一个旋转的纸柱上标出气压或高度的变化,整个装置安装在一个类似索引卡大小的木盒内。遗憾的是,这两个早期记录器的原型因为建造得不够坚固而没有在事故中幸存下来。后续一些严重的飞行事故催生了几种代表性的航空记录器的诞生。

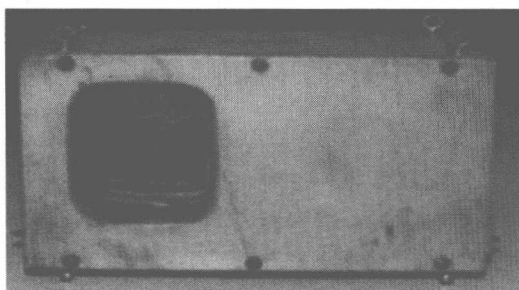


图 1.1 “路易斯精神”号上的飞行记录装置

追溯总结航空记录器的发展历史得知,国外的发展思路是从飞行事故到记录器标准,再从记录器标准到研发记录器这样一个发展模式,记录器也是随着记录介质、记录方式、防护技术、记录参数及功能的发展而更新换代的,经历了由低级到高级、由简单到复杂、由单一功能到综合功能的逐步发展和完善的历程。

飞行安全是一个与时俱进的全球概念,每一时期都包含新的理念。欧洲航空研究咨询委员会(Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, ACARE)在对 2020 年的展望中提出了安全挑战:2020 年的目标是剧增的交通不应引发事故的增长^①。为此提出了两大目标:①降低事故发生率的 80%;②减少人为错误和后果。实现该目标的关键包括技术、系统设计和操作、规则的制定、资格的认证及整个飞行运输链条中人的影响等。然而,在向伟大目标迈进的过程中,人们不得不面对以下几个问题:①日益增长的空中交通流量,如图 1.2 所示。20 年后空中交通流量将呈两倍甚至是三倍的增长态势。②居高不下的事故率,如图 1.3 所示。对于载重大

^① 原文是:ACARE's Safety Challenge: "The ambition of Vision 2020 is that increased traffic (tripling in 20 years) will not be accompanied by increased accidents."

于27t的喷气式飞机来说,全球范围内每百万飞行小时就有1.5个~4个的HLAs^①,在西方工业国家这个比例是0.2个~0.6个HLAs。③HLAs的绝对数量增加,当今每年的HLAs是30个,将来每年的HLAs是60个~90个,平均每4天~6天就发生一次严重的事故。

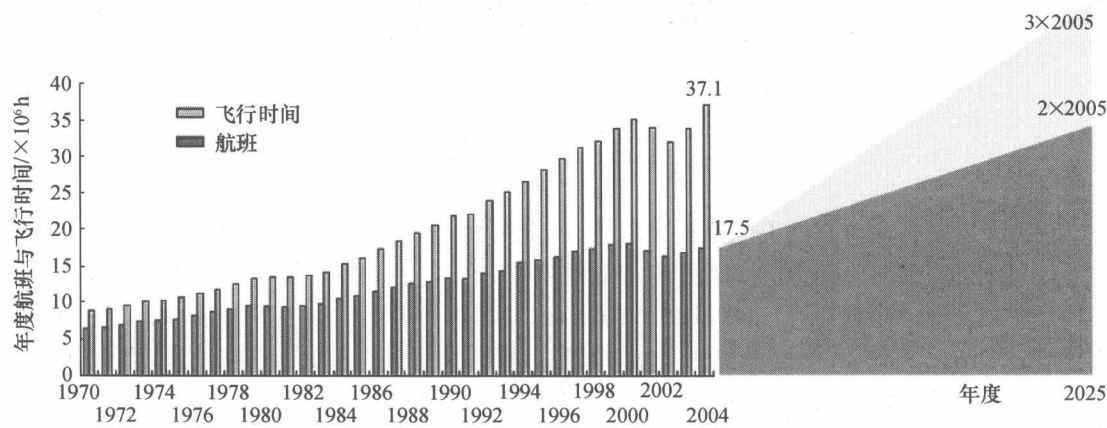


图 1.2 空中交通流量变化趋势

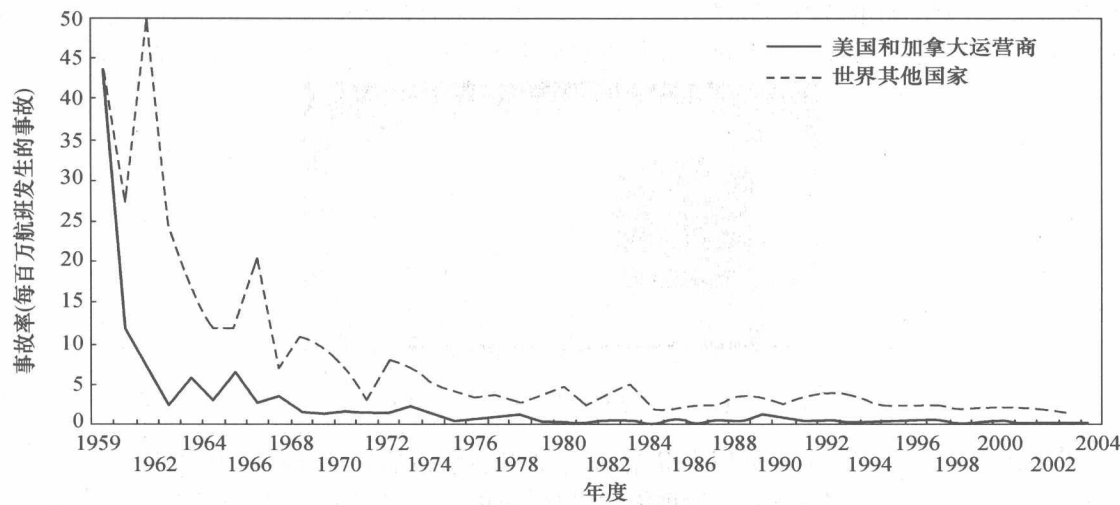


图 1.3 世界上飞行事故发生率

针对上述安全问题,全世界组成了飞行安全联盟(The FLYSAFE Consortium),如图 1.4 和图 1.5 所示,其中涵盖了工业制造部门、SME、科研院所、高等院校及飞行安全调查部门等众多单位和行业,对飞行安全问题进行了全球动员。发达国家很早就成立了航空事故调查机制,如英国和法国的航空事故调查局、美国的联邦运输安全委员会(National Transportation Safety Board,NTSB)、澳大利亚的运输安全局(Australian Transport Safety Bureau,ATSB)以及飞行安全调查者国际协会(The International Society of Air Safety Investigations,ISASI);国内民航总局建立了航空安全技术研究所(民航安全技术分析和鉴定实验室),航空院校成立了失效分析预测预防研究所等机构。虽然航空事故分析有很好的分析流程和严格的规定,但方法上没有很大创

① HLA 是 Hull Loss Accidents 的简称。

新,一般主要依靠数据比对、现场勘测等传统分析手段,现有的计算机分析技术也仅限于通过变化场景来做模拟分析;同时,使用的信息源过于贫乏,目前主要依靠飞行参数记录器这一客观信息源,对舱音信息和视频信息的关注不够,对驾驶员以及指挥人员等主观因素挖掘不深,缺乏客观信息与主观因素的相互佐证,因而当飞行参数获取困难时,事故原因很难获得准确的结论。

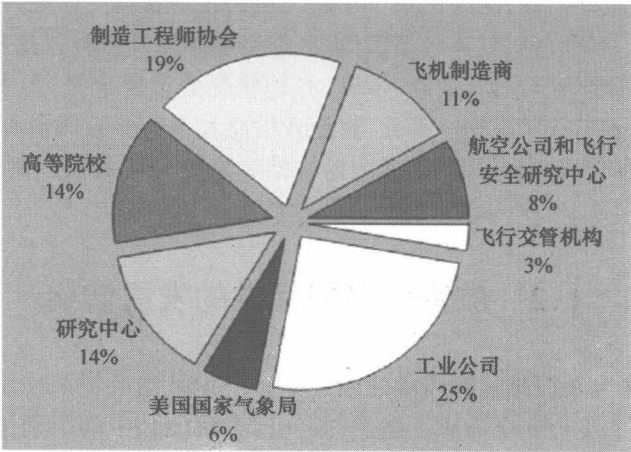


图 1.4 飞行安全联盟的分配情况



图 1.5 一些典型的单位实体

飞行事故调查时必须寻找的证据载体是客观记录器,一般包括飞行参数记录器(Flight Data Recorder, FDR)和舱音记录器(Cockpit Voice Recorder, CVR)。目前, FDR 中的飞行参数主要用于飞机及设备状态监控、日常飞行训练、飞行质量评估以及飞行事故调查,并取得了阶段性成果; CVR 中的舱音信息主要用于飞行事故调查。舱音记录器记录的舱音信息作为异于飞行参数信息的重要机载证据源,同时记录了反映飞机和设备状态的客观声音以及反映飞行员感知描述和情感特征的主观信息,具体包括话语声、航空噪声以及各种背景声等,是飞行事故调查时分析和判断机组成员操纵、意识、决断、生理、心理状况的重要依据,为重构飞行事故过程、调查飞行事故原因提供了“有声”证据。因此,将舱音信息和飞行参数信息一起作为飞行事故调查的主要客观信息源,为查明事故原因、形成证据文档和事故预防提供了更加直接和有力的证据支撑。

1.2 航空记录器标准的发展演化

总体说来,飞行安全及数据管理需求的演化为航空记录器的发展描绘了蓝图,航空记录器的设计及研制也顺应了飞行安全需求。虽然,某些因素致使其中的个别细节稍有差别,但总体呈现出一个“漏斗效应(Funnel Effect)”,如图 1.6 所示。表 1.1 为航空记录器防毁性标准的总体发展情况。

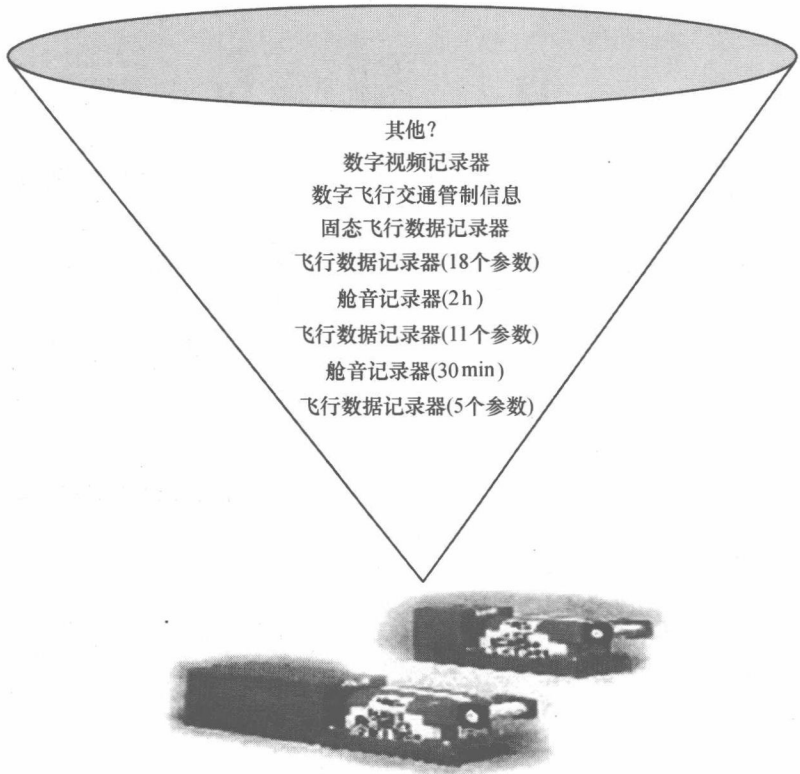


图 1.6 飞行安全及数据管理需求的“漏斗效应”

表 1.1 航空记录器防毁性标准的总体发展情况

技术标准	记录器	日期	可承受冲击	耐热性
C51	飞行数据记录器	1958.08	11ms 内 100g	30min 内 1100℃ 50 % 置于火焰中
C84	舱音记录器	1963.11	11ms 内 100g	30min 内 1100℃ 50 % 置于火焰中
C51a	飞行数据记录器	1966.01	5ms 内 1000g	30min 内 1100℃ 50 % 置于火焰中
C123	舱音记录器	1991.05	6.5ms 内 1700g	30min 内 1100℃ 100 % 置于火焰中 50000 BTU/h ----- 10h 内 260℃
C124	飞行数据记录器	1992.02	6.5ms 内 3400g	30min 内 1100℃ 100 % 置于火焰中 50000 BTU/h 水量热计 ----- 10h 内 260℃
C124a	飞行数据记录器	1996.01	6.5ms 内 3400g	60min 内 1100℃ 100 % 置于火焰中 50000 BTU/h 水量热计 ----- 10h 内 260℃
C123a	舱音记录器	1996.02	6.5ms 内 3400g	60min 内 1100℃ 100 % 置于火焰中 50000 BTU/h 水量热计 ----- 10h 内 260℃

1.2.1 飞行数据记录器标准的起源

早在 20 世纪 40 年代初期,一连串的飞行事故使得一种具有坠毁幸存(crash-survivable)能力的记录装置需求日益迫切。民用航空委员会(Civil Aeronautics Board,CAB)^①起草了第一部民用航空标准(Civil Aviation Regulations),标准要求出于调查飞行事故的目的,飞机必须加装

① 美国民用航空委员会是现在联邦航空局(Federal Aviation Administration,FAA)的前身。

一个飞行记录装置。然而,由于第二次世界大战的原因,该记录器的研制被推迟。结果该装置一直未实现,在三次顺延适用日期后,1944 年 CAB 解除了上述标准。1947 年,CAB 又公布了类似航空记录器标准,第二次世界大战结束后,依然没有出现合适的记录器,接着第二年此标准又被废除。

在废除航空记录器标准后的 9 年内,民用航空当局(Civil Aviation Authority,CAA)、CAB 以及一些航空工业代表一起研究了记录器技术性能,并合力编制了新的记录器标准。最后,在确定能获取合适的记录器后,1957 年,CAA 公布了第三版飞行记录器标准。这些标准要求载重超过 12500 磅(1 磅 $\approx$ 0.4536kg)、飞行高度超过 25000 英尺(1 英尺 $\approx$ 0.3048m)的运输机截止到 1958 年 7 月 1 日必须加装一个抗坠毁的飞行记录器,这个记录器仅能记录高度(altitude)、空速(airspeed)、航向(heading)以及垂直加速度(vertical accelerations)。这就标志着第一个真正的抗坠毁飞行数据记录器诞生了。

1.2.2 舱音记录器标准的起源

出于飞行事故调查目的,CAB 建议应该记录机组成员间的对话。在此引导下,1960 年美国联邦航空局发起了一项关于加装 CVR 的可行性研究。FAA 制定了耐飞性装置许可标准和操作规程,要求空运服务业中的运输机加装 CVR,规定所有涡轮动力的飞机执行日期是 1966 年 7 月 1 日,所有装四台活塞式发动机的飞机执行日期是 1967 年 7 月 1 日。

1.2.3 飞行数据记录器标准的演变

1. 1972 年的飞行数据记录器标准的变化

自从 1969 年 9 月 30 日运输机获得类别认证以来,关于 FDR 的相关需求一直没有发生实质性的改变。直到 1972 年 10 月 10 日,FDR 的需求被修订成能记录扩展参数的数字式飞行数据记录器(Digital Flight Data Recorder,DFDR)。这些扩展参数在包含已有参数的基础上,增加了俯仰和滚转姿态参数(pitch and roll attitude)、每台发动机的推力(thrust for each engine)、副翼位置(fla position)、飞行控制输入或控制面位置(flight control input or control surface position)、侧向加速度(lateral acceleration)、俯仰配平(pitch trim)、每台发动机的推力换向器位置(thrust reverser position for each engine)。遗憾的是,这个规定的改变可以追溯到波音(Boeing)747,但它并没有影响到波音 707、727 和 737 以及麦克道尔·道格拉斯(McDonnell Douglas)的 DC-8 和 DC-9,这些飞机早在 1969 年之前就获得了类别认证。因此,这些型号的飞机和新改造的版本只能依照 1957 年建立的相同的 FDR 标准执行。直到 1987 年和 1988 年,标准改变确定前,飞行记录器要求一直未发生本质上的变化。

2. 1987 年和 1988 年飞行数据记录器标准的变化

1957 年确定原始的 FDR 标准后,在接下来的 30 年内,NTSB 以及它的前身 CAB 向 FAA 发出了很多安全建议,要求升级记录器标准以满足事故调查人员的需求。这些建议要求:

- (1) 用数字式记录器代替原始的铂条记录器。
- (2) 改进现存的运输机记录器,使其从原先记录 5 个参数扩充到记录 11 个参数。
- (3) 满足新生产的运输机参数扩展要求。
- (4) 机组人员在飞行高度低于 18000 英尺时需配戴麦克风(hot-microphone)。

(5) CVR 能记录多麦克风通道信息。

(6) 统一空中交通工具和联合执行飞机 CVR 和 FDR 的双重要求。

由于 FAA 连续花代价致力于最初的标准,所以并没有采纳上述建议。直到 20 世纪 80 年代早期,一连串的重大飞行事故才使得 FAA 在 1987 年和 1988 年连续发布了改变飞行记录器的标准。这些标准改变要求:

(1) 截止 1989 年 5 月 26 日替换所有的铂条记录器。

(2) 1969 年 10 月之前通过的飞机类别认证的强制性参数数量将被增加,将包含俯仰和横滚姿态、纵向加速度、每台发动机推力、俯仰控制面位置。执行日期由原来的 1994 年 5 月 26 日推迟到 1995 年 5 月 26 日。

(3) 1991 年 10 月 11 日后生产的运输机(20 座或超过 20 座的)必须要求以数字格式记录 28 个参数。

(4) 现存的配备数据总线的运输机(20 座或超过 20 座的)必须要求以数字格式记录 28 个参数。

(5) 1991 年 10 月 11 日后生产的全涡轮动力飞机(10 座~19 座)必须要求装备能记录 17 个参数的 FDR。

(6) 能承载 6 名或多于 6 名乘客的全涡轮动力飞机必须要求装备 CVR,同时需要配备两名飞行员。

(7) 机组人员在飞行高度低于 18000 英尺时需配戴现有的麦克风。

3. 1997 年飞行数据记录器标准的变化

经历过两起重大的波音 737 飞行事故后(United Flight 585, Colorado Springs, CO, July 1989 以及 USAir Flight 427, Pittsburgh, PA, September 1994),NTSB 重新审视了 FDR 参数要求。在此之后,NTSB 向 FAA 发布了一些安全建议,要求:

(1) 现存飞机的额外参数焦点应放在机组飞行控制输入和控制面的运动响应上,参数修正应于 1998 年 1 月 1 日之前完成。

(2) 1996 年 1 月 1 日生产的运输机要求新增参数。

(3) 在 1995 年底紧急改进波音 737 飞机的 FDR 参数,使其能记录横向加速度以及机组飞行控制输入和控制面的运动响应。

4. 1999 年 3 月 9 日 NTSB 和 TSB 关于飞行记录器的建议

近年来,加拿大运输安全委员会(Transportation Safety Board of Canada, TSB)和美国的 NTSB 合力提出了一系列关于飞行记录器的建议。这些建议缘由 1998 年 9 月 2 日的瑞士航空公司 Swissair flight 111 和 MD-11 事故。该机按计划从纽约飞往瑞士的日内瓦,在机组成员报告座舱起烟后航班转向 Halifax,飞机坠毁在靠近加拿大新斯科舍省(Nova Scotia)的一个名叫 Peggy 湾的附近水域中,机上全部 229 名乘客和机组成员遇难。CVR 和 FDR 在飞机撞击水面前近 6min 时已经停止工作,无法提供充足的数据,因此调查工作严重受阻。

瑞士航空公司的飞行事故仅仅是飞行事故历史长河中最近的一件,事故调查工作也因飞机电源对记录器的干扰导致飞行记录器信息损失而受阻。然而,近来记录器和电源技术的革新能够提供充足电能供一个固态飞行记录器连续工作 10min。另外,一种能同时记录声音和飞行数据的组合记录器为新造飞机安装两个组合记录器带来了可能,一个配置在靠近座舱附近以减小机械或电气干扰以及电源干扰,另一个尽可能安装在机尾以提高幸存性。

鉴于此,NTSB 和 TSB 在 1999 年 3 月 9 日发布了安全建议^①,要求:

(1) 截止 2005 年 1 月 1 日,改进记录时间为 2h 的固态 CVR,即为其加装独立电源,即使在供给 CVR 的飞机电源丧失时依然能操作 CVR 和区域麦克风工作达 10min 之久。

(2) 截止 2003 年 1 月 1 日,所有新生产的飞机必须要求装备两套组合记录器:一个配置在靠近座舱附近;另一个尽可能安装在机尾。

(3) 修正 U.S. Code of Federal Regulations 的第 14 条,要求 CVR、FDR 以及组合记录器必须从一根独立的发电机供电线上获取电能,以提高可靠性。

1999 年 3 月 19 日,FAA 在一封公开信中不加修改地同意了上述建议,并保证在夏末发出提案通知。

5. 2008 年 3 月 FAA 关于驾驶舱语音记录器和数字飞行数据记录器标准的修订

FAA 一直没有响应 1999 年 NTSB 提出的改进记录器的建议。FAA 称,采纳一些建议的花费相对于其可能带来的利益来讲,是非常庞大的。FAA 在 2005 年提出了改进草案,在广泛征求各方意见的基础上,在 2008 年 3 月 7 日,FAA 在华盛顿宣布了改进记录器的若干决议:

(1) 强制要求延长 CVR 的记录时间为 2h,并要求当失去电源后记录器可继续记录 9min~11min。据悉,新的要求适用于所有的飞机和 10 座以上的直升机。

(2) FAA 要求所有新的航空器都需记录 25h 的数字式飞行数据。数字式飞行数据记录器将被要求记录更多的数据,并提高记录的频率。

(3) 在航空器上安装两套 CVR/FDR 装置:一套安装在驾驶舱附近,另一套尽可能的安装靠近飞机尾部,以提高事故发生时一套装置生存下来的可能性。

(4) 记录器的新标准适用于所有在 2010 年 3 月 7 日以后制造的航空器。但许多目前正在使用的航空器已经安装了符合要求的新型设备。现役的商用飞机(不含直升机)必须在 2012 年 3 月 7 日之前对设备进行必要的改装。

但是,FAA 没有跟进 NTSB 提出的安装视频记录器以记录飞行员在驾驶舱中行为的建议。虽然调查人员认为视频记录器对调查是很有帮助的,但飞行员组织反对使用驾驶舱监视摄像头。

6. NTSB 关于 2008 年 FAA 已修订的飞行记录器标准的若干评述

NTSB 已经告知 FAA:与航空器飞行记录器有关的新标准中大部分内容均符合先前 NTSB 提出来的建议,但是 NTSB 还指出:先前 NTSB 提出来的建议中,相当一部分内容并没有被采用。在修订飞行记录器标准之后,NTSB 对规定中所引用的一些建议进行了分类。

(1) 关于 A-96-171 建议中的“可接受的”航空公司问题:现有的通勤客机和企业喷气式飞机上并不需要一个全新的 CVRs 来代替旧的 30min 的 CVRs。FAA 确实要求最新制造的通勤客机和企业喷气式飞机必须安装 2h 的驾驶舱语音记录器。A-96-171 建议仅限使用于那些认为 A-96-171 建议是“可接受的”航空公司。

(2) FAA 认为,最新制造的客机应当安装新的 CVRs,而那些已经装有 30min CVRs 的可以拒绝安装新的 CVRs。NTSB 认为,FAA 关于已经装有 CVRs 设备的相关规定可能对该项规定的支持有不利的影响,因此,将 A-99-16 建议归类为“接近可以接受的双选行为”。

^① 参见美国航空无线电设备公司(ARINC)关于 RECORDER INDEPENDENT POWER SUPPLY 的标准 ARINC 777:2006,关于 COCKPIT VOICE RECORDER 的标准 ARINC 757-1:1999,关于 COCKPIT VOICE RECORDER (CVR)的标准 ARINC 757:2005。