



飞机飞参 系统及应用

FEIJI FEICAN
XITONG JI YINGYONG

胡朝江 陈 列 杨全法 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

飞机飞参系统及应用

胡朝江 陈 列 杨全法 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

飞机飞参记录器系统主要有飞行数据记录器系统、舱音记录器系统、视频记录器系统和通信导航监视/空中交通管制记录器系统等四种类型。由于飞机飞参系统记录了大量的飞机飞行状态、机组操纵情况、飞机各系统工作状况以及音频视频信息等,因此,飞参系统可以为飞行事故调查提供非常重要的客观证据,对飞行事故调查具有非常重要的作用。同时,这些信息对飞机维修监控和飞行训练评估也具有非常重要的作用。为了更好地了解飞机飞参系统在调查飞行事故及飞机维修监控和飞行训练评估等方面的作用,本书对相关知识进行了较全面的介绍,内容主要包括飞参系统的发展历史,组成原理,抗毁性结构设计方法,参数译码分析方法,以及在飞行事故调查、飞机维修监控和飞行训练评估中的应用情况等。

本书可作为相关飞参从业人员的辅助教材,也可作为广大航空爱好者了解飞机黑匣子知识的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

飞机飞参系统及应用 / 胡朝江, 陈列, 杨全法编著.

—北京: 国防工业出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 118 - 07502 - 1

I. ①飞... II. ①胡...②陈...③杨 III. ①飞机 - 飞行参数 ②飞行记录器 IV. ①V241.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 164438 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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 18 1/4 字数 326 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

自从飞机发明以来,在人们的社会经济活动中发挥着越来越重要的作用。早期的飞机由于结构简单,对飞机飞行安全性方面的设计考虑不周到,飞行事故发生的概率很高。随后经过人们持续不断的努力,飞行事故发生的概率不断降低,目前民航客机飞行事故发生的概率已经降到了每百万飞行小时只发生两起飞行事故的等级,因此乘坐飞机旅行已经变成了一种非常安全的旅行方式。但随着社会经济的发展,乘坐飞机旅行的人越来越多,从而使得飞行事故发生的绝对数仍然较多。仅2010年一年,世界范围就发生了多起重大、特大飞行事故。如2010年4月10日波兰总统卡钦斯基的专机在俄罗斯斯摩棱斯克机场附近坠毁,使得总统连同机上数十名军政高官全部遇难;2010年5月22日,印度一架客机在印度卡纳塔克邦门格洛尔机场坠毁,机上166人只有8人生还;2010年7月28日,一架巴基斯坦客机在巴基斯坦马尔加拉山区坠毁,机上152人全部遇难;2010年8月24日,河南航空公司一架客机在黑龙江伊春机场失事,遇难人数42人;等等。

由此可见,虽然今天飞行事故发生的概率已经很低了,但飞行事故发生的绝对数仍然不少。而且在现代社会,由于媒体高度发达,使得飞行事故发生后在人们产生的恐慌心理将很快在世界范围内传播,从而严重动摇了人们对航空飞行安全的信心。对一些特殊的飞行事故,如总统专机的飞行事故,如果处理不当,甚至会严重影响两国关系。因此,只要飞行事故还有可能发生,飞行安全的弦就永远不能放松,就必须从多方面采取综合措施,尽可能避免飞行事故的发生。而一旦发生飞行事故,当务之急则是必须尽快查明飞行事故原因,从而一方面可以有针对性地采取相应的飞行安全措施,尽可能预防同类事故的再次发生;另一方面也是给整个社会一个明确的交代,安抚社会公众的恐慌情绪,消除对社会的不良影响,尽快树立公众对航空飞行安全的信心。因此,飞行事故调查不仅对提高飞行安全具有非常重要的意义,而且对消除社会不良影响也起到非常重要的作用。为此,世界各国都非常重视飞行事故调查工作,为了能够查明飞行事故原因,都在不遗余力地综合采取各种手段辅助飞行事故调查。飞机飞参记录器(国外称为飞行记录器,俗称黑匣子)就是主要为了满足飞行事故调查的需要而研制的。

根据国外最新的坠毁保护机载记录器系统最低使用性能规范 ED - 112 的划分,飞参主要分为飞行数据记录器、舱音记录器、视频记录器和通信导航监视/空中交通管制记录器四种,其中视频记录器目前主要用于辅助飞行训练,空管记录器目前在国产飞机上还不普及。有的飞参记录器把飞行数据记录功能和舱音记录功能集为一体,称为综合记录器。飞参记录器的记录介质通常被坚固结实的外壳保护着,内部充满隔热填充物,同时通常记录器外壳上都牢固地固定着水下定位信标机。这样做一是确保飞参记录器信息在经受了强冲击和高温火烧等恶劣环境考验之后,记录器信息仍然能够幸存;二是确保记录器落入水中后能够被顺利找到,从而确保记录器信息能够很好地为飞行事故调查服务。

由于飞机飞参记录器中记录了飞机飞行状态、机组操纵情况、飞机各系统工作状态以及有关音频视频信息等,因此通过飞机飞参记录器可以很好地了解飞行事故发生前飞机、发动机及其子系统、设备是否正常工作,以及机组人员或飞行员的操纵是否正确等,因此对飞行事故调查具有非常重要的作用,有时甚至是决定性的作用。事实上,很多飞行事故,通过对飞机飞行记录器记录信息的译码分析,就可以很好地弄清飞行事故发生的原因。而另一方面,由于现代飞机结构非常复杂,发生飞行事故的原因很多,因此,一旦失去了飞参记录器的帮助,则往往会导致事故原因无法查清。2009 年 6 月 1 日,法国航空公司的一架空客 A330 - 200 型客机在大西洋上空发生飞行事故,机上乘客连同机组人员共 228 人全部遇难,飞机残骸坠入海中,该飞机飞参记录器由于种种原因直到 2011 年 4 月才找到,严重影响了飞行事故调查工作的顺利进行。由此可见,飞参记录器在现代飞行事故调查中发挥着举足轻重的作用。

为了使飞参记录器信息能够为飞行事故调查服务,就必须确保在发生飞行事故后,飞参记录器信息能够得以幸存,为此,就必须对飞参记录器进行抗毁性结构设计。由于当飞机坠毁时可能产生巨大的冲击力以及飞机坠毁后可能燃起大火等原因,因此为了确保飞参记录器信息得以幸存,飞参记录器就必须设计得非常坚固结实且耐高温等。而另一方面,由于飞机是在空中高速飞行的交通运输工具,需要消耗的能量很大,因此,飞机设计师都希望竭尽全力减轻飞机重量,从而尽可能增大飞机的运能或有效载荷,从这个角度考虑,飞参记录器设计得应尽可能轻。因此,就必须采取各种措施尽量优化飞参记录器的抗毁性设计方案,从而既确保飞参记录器能够满足相关抗毁性结构设计指标,又不会使飞参记录器被设计得过于笨重。

当发生飞行事故以后,迅速找到并设法读出记录在飞参记录器中的信息,就成了飞参记录器能否发挥作用的关键。通常发生飞行事故后,飞参记录器外壳由于受到强烈的外力作用而产生变形,为此,就必须精心设计打开飞参记录器壳

体的方法,从而在避免二次毁损的情况下将记录器介质取出。在取出记录器介质后,还需采取特别的措施将存储在其中的信息读出并转换成工程单位制,并以数据列表、曲线或三维动画等形式提供给飞行事故调查人员,从而方便飞行事故调查工作的顺利进行。

早期的飞参记录器只记录了飞机的高度、速度、航向、法向过载和时间共五个参数,因此对参数的分析相对比较简单。而现代飞参记录器所记录的参数少则几十个,多则数百上千个,因此,为了很好地使飞参记录器为飞行事故调查服务,就必须采取各种辅助分析方法以及相关分析理论对记录器中记录的参数进行仔细的分析研究,从而尽快地找到隐藏在大量参数后面的导致飞行事故发生的重要线索,从而高效准确地查明飞行事故原因。由此可见,为了使飞行记录器能够很好地为飞行事故调查服务,还必须掌握飞行记录器中的飞行参数分析方法。

飞参记录器除了在飞行事故调查中发挥着不可替代的作用外,在飞机维修监控和飞行训练评估中也发挥着非常重要的作用。为此,本书除了较详细地介绍飞参记录器系统及其在飞行事故调查的应用中需要涉及的知识外,对飞参记录器在飞机维修监控和飞行训练评估中的作用也做了一定程度的介绍,希望对有兴趣了解这方面知识的读者有所裨益。

参加本书编著的人员除胡朝江、陈列、杨全法外,还有刘长卫、李晓冲、陈良峰、袁有志、徐安安等。由于作者水平有限,错误之处在所难免,敬请批评指正。

本书在撰写过程中得到了北京航空技术研究中心十一室全体同志的大力支持,同时十一室杨海林高级工程师、杨岗军工程师、胡树正工程师还承担了本书的大量校对工作,特在此对上述同志致以衷心的感谢。

编著者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 国外飞参系统的发展	1
1.1.1 国外飞参记录器技术的发展	1
1.1.2 国外飞参系统标准规范及法规的发展	11
1.1.3 国外飞参系统译码分析技术的发展	24
1.2 国内飞参系统的发展	33
1.2.1 国内民航飞参系统的发展	33
1.2.2 国内军用飞机飞参系统的发展	36
1.2.3 国内主要的飞参记录器标准规范	37
1.2.4 国产飞参记录器系统存在的问题	38
第 2 章 飞机飞参系统组成及工作原理	39
2.1 飞参系统的组成及功能	39
2.1.1 飞参系统的主要组成	39
2.1.2 飞参系统各部分主要功能	41
2.2 飞参系统信号源设备工作原理	43
2.2.1 飞参系统主要传感器工作原理	43
2.2.2 大气机	50
2.2.3 机载数据总线技术	54
2.3 飞参系统采集器工作原理	56
2.3.1 模数转换原理	56
2.3.2 采集器工作原理	58
2.4 飞参记录器工作原理	60
2.4.1 磁带记录器	60
2.4.2 固态飞参记录器	62
2.5 飞参地面卸载校验设备工作原理	65
2.5.1 飞参地面卸载校验设备的组成	65
2.5.2 飞参地面卸载校验设备工作原理	66

2.5.3	飞参地面卸载校验设备的使用方法	67
第3章	飞机飞参记录器抗毁性能设计及试验验证	70
3.1	飞行事故中的飞参记录器幸存环境	70
3.1.1	强冲击幸存环境	70
3.1.2	火烧环境	72
3.1.3	异物穿刺	73
3.1.4	深海压力	74
3.1.5	液体浸泡	74
3.1.6	记录器的找寻问题	74
3.2	飞参系统记录器抗毁性结构设计特点	74
3.2.1	飞参记录器的外形特征	74
3.2.2	飞参记录器抗毁性结构设计特点	76
3.3	有限元方法在飞参系统记录器结构设计上的应用	80
3.3.1	有限元分析方法概述	80
3.3.2	有限元分析在辅助飞参记录器结构设计上的应用	88
3.4	飞参系统记录器最低防毁性能及试验验证要求	91
3.4.1	飞参记录器最低防毁性能试验验证程序	91
3.4.2	飞参记录器最低性能的试验验证要求	92
3.5	飞参系统记录器强冲击性能试验验证方法	98
3.5.1	强冲击试验方法介绍	98
3.5.2	利用压缩空气炮进行强冲击试验的方法	99
第4章	飞机飞参系统译码方法	102
4.1	飞参系统译码准备	102
4.1.1	飞参记录器的现场处置	102
4.1.2	当事飞行部门相关资料的准备	102
4.1.3	飞参记录器的押运和交接	103
4.1.4	飞参译码分析机构需进行的准备工作	104
4.2	事故记录器分解	106
4.2.1	飞参记录器分解程序	106
4.2.2	飞参记录器分解举例	108
4.3	受损记录器芯片的检测分析	117
4.3.1	记录器受损情况简介	118
4.3.2	对记录器芯片受损情况的检测分析	118
4.4	事故记录器参数译码	122

4.4.1	磁带数字飞行参数记录器译码原理	122
4.4.2	固态飞行参数记录器的译码原理	122
4.4.3	译码方法	123
4.5	飞参记录器参数数据预处理	131
4.5.1	增量法在剔除飞参数据野值上的应用	132
4.5.2	最小二乘法在补充缺失飞参数据上的应用	133
第5章	飞机飞参系统参数分析方法及技术	136
5.1	飞参信息的组成及含义	136
5.1.1	飞参信息的组成	136
5.1.2	主要飞行参数的含义	137
5.2	飞行阶段的划分	149
5.2.1	飞行阶段划分的意义	149
5.2.2	飞行阶段划分的方法	150
5.3	飞参信息分析原理及方法	153
5.3.1	飞参信息判读的基本原理简介	153
5.3.2	飞机起飞着陆飞参信息分析判读方法	154
5.3.3	飞机机动飞行飞参判读基本方法	156
5.3.3	飞机滚转机动飞参判读原理及基本方法	162
5.4	飞机飞行参数分析中的飞行再现技术	164
5.4.1	飞行再现技术在飞行事故调查中的作用	165
5.4.2	飞行再现技术的原理	165
5.4.3	飞行再现软件的编写	168
5.4.4	飞行再现软件的运行	170
5.5	飞参系统参数分析中的飞行模拟技术简介	171
5.5.1	飞参分析中的地面飞行模拟技术简介	171
5.5.2	空中飞行模拟技术简介	173
第6章	飞机飞参系统的应用	176
6.1	飞参系统在飞行事故调查中的应用	176
6.1.1	飞行事故调查概述	176
6.1.2	飞参在飞行事故调查中的应用	177
6.1.3	飞参和舱音在飞行事故调查中的综合应用	203
6.2	飞参在飞机维修监控及飞行训练质量评估中的应用	213
6.2.1	飞参在飞机维修监控中的应用	213
6.2.2	飞参在飞机飞行训练质量评估中的应用	217

第 7 章	飞机飞参系统发展展望	220
附录 A	国外飞参记录器主要生产厂家简介	225
附录 B	欧洲民航设备组织工作组 -50 成员	231
附录 C	国外飞参记录器系统相关法规标准制定组织简介	234
附录 D	FAA97 规则对记录参数的要求	238
附录 E	ED-112 与 FAA 对记录参数要求的对比	240
附录 F	国际民航组织附件 6——对飞参记录器的要求	245
附录 G	美国空军对固定翼飞机必须记录的参数要求	256
附录 H	缩略词	276
附录 I	单位换算表	277
参考文献		278

第1章 概述

飞机飞参系统是用于采集记录飞行过程中各种数据、音频和视频信息的自动记录装置,国际上一般称为飞行记录器系统。该系统主要包括飞行数据记录器系统、舱音记录器系统、视频记录器系统和通信导航监视/空中交通管理记录器系统四种类型。其中飞行数据记录器系统主要记录飞机飞行状态信息、操纵系统工作状态信息、发动机工作状态信息以及飞机其余各子系统及设备相关信息等;舱音记录器系统主要记录座舱语音信息、座舱背景音信息及一些座舱噪声信息等;视频记录器系统主要记录座舱仪表显示信息、机组人员操纵飞机的信息及机组人员在座舱内的活动情况信息等;通信导航监视/空中交通管理记录器系统主要记录与航迹对应的信息以及通过数据链传播的非语音指令信息等。从历史发展看,飞行数据记录器系统的发明最早,其次是舱音记录器系统,最后是视频记录器系统和空管记录器系统。视频记录器系统目前主要用于辅助飞行训练,还未广泛用于飞行事故调查之中。对空管记录器系统,目前国产飞机还未普遍装备。通常所说的在飞机坠毁后用于辅助飞行事故调查的黑匣子主要是指飞行数据记录器和舱音记录器。

早期的飞机结构简单,飞行速度慢,飞行事故调查相对容易,因此,对用于飞行事故调查的飞参记录器的需求并不强烈。随着飞机性能的迅速提高,飞机结构越来越复杂,飞机上各种机载设备越来越多,使得飞行事故的调查工作变得越来越困难。因此,飞行事故调查人员越来越强烈地认识到,充分了解发生飞行事故前飞机及其子系统的运行情况以及飞行员的通话记录等,对调查飞行事故非常重要。带坠毁保护功能的飞参记录器就是在满足飞行事故调查需要的强烈需求背景牵引下而发明的。为了更好地了解飞参记录器系统的发展历史,现从飞参记录器记录技术的发展、飞参系统相关规范及法规的发展以及飞行参数译码分析技术的发展等方面简要介绍国内外飞参记录器系统发展历史。

1.1 国外飞参系统的发展

1.1.1 国外飞参记录器技术的发展

1. 国外民航飞参记录器技术的发展

考虑到目前视频和通信导航监视/空中交通管理记录器还未在飞机上普遍

装备,为此,主要介绍飞行数据记录器和舱音记录器技术的发展。

1) 飞行数据记录器技术的发展

(1) 早期的飞行数据记录器技术。记录飞行参数的想法可以说从飞机发明的那一天就有。飞机发明家美国的莱特兄弟第一次动力飞行的相关参数就是被一台原始的飞行数据记录器记录下来的,这台飞行数据记录器记录了发动机螺旋桨的旋转、飞机在空中飞行的距离以及飞行时间。查尔斯·林柏(Charles Lindbergh,美国著名飞行员,航空邮件的先驱和倡导者)于1927年5月20日—21日第一次驾驶飞机中途不停从纽约飞到巴黎,他的了不起的飞行经历就被他所驾驶的圣·路易斯勇气号(Spirit of St. Louis)飞机上安装的一台飞参记录设备记录下来了。林柏的记录器比莱特兄弟的稍微复杂一些,林柏的记录器如图1.1所示,该记录器系统采用气压表进行测量并在滚动的纸筒上记录大气压力和高度的变化。

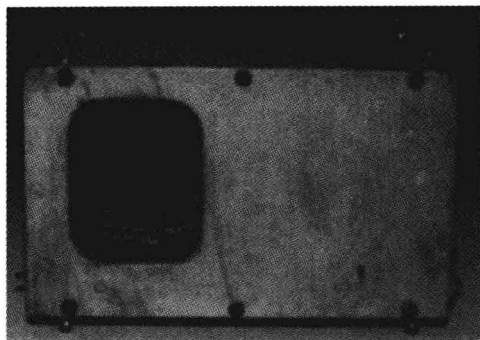


图 1.1 圣·路易斯“勇气”号飞参记录设备

1939年法国人 Francois Husseot 和 Paul Beaudeauin 发明了基于照相原理的飞行数据记录器,这种记录器的参数通过光学原理被记录在一个 8m 长、88mm 宽的照相纸上,随后英国人还发明了钢丝记录器。不过这些记录器主要用于记录重大历史事件和进行飞行试验,而不适合用于飞行事故调查。这是由于纸介质记录器容易受到火燒的威胁,而记录在相纸或胶片上的数据则容易受到光照的影响而丢失,因此,这种记录器在发生飞行事故后数据难以幸存。钢丝记录器耐火烧的能力较强,但在遇到发生飞行事故的强冲击后,钢丝容易折断成很多节,而且折断的钢丝容易卷曲,从而导致数据的重新拼接非常困难,因此,这种记录器也不适合用于飞行事故调查。

随着飞机飞行性能的不斷提高,使得通过现场残骸调查飞行事故变得越来越困难,为了改善飞行事故调查手法的需要,美国民用航空委员会(CAB)于1941年提出了在飞机上安装用于飞行事故调查的具有抗坠毁幸存能力的飞参

记录器的想法,并起草了第一部要求安装用于飞行事故调查的飞参记录器的民用法规,该法规要求飞参记录器应记录两个参数,分别是高度和无线电发射器的开关状态,不过由于没有可供选择的合适产品,这项要求在 1944 年就被废止了。随后,CAB 又于 1947 年再次颁布了类似的法规,但都因为没有合适的产品,于次年又被废除了。直到 20 世纪 50 年代以后,真正适合飞机上使用的、具有抗坠毁保护功能的记录器才出现。

第一台真正具有初步的抗坠毁幸存能力的能服务于飞行事故调查的飞行数据记录器是 1953 年洛克西德飞机服务公司(Lockheed Aircraft Service Company)生产的 109-C 型飞行数据记录器,如图 1.2 所示。这种记录器被封装在一个直径 15 英寸^①的不锈钢球体中,球体外表被涂成黄色,其记录介质为铝箔,铝箔镶嵌在不锈钢带上,金属箔带长度可保证记录接近 200h 的数据。箔带宽约 5 英寸,具有较高的耐机械磨损、耐热和耐腐蚀能力,所需记录的数据通过划针刻录在箔带上。典型箔带记录器内部结构如图 1.3 所示,刻录有数据后的箔带如图 1.4 所示。由于是通过刻录的方式进行记录,所以箔带只能使用一次。该记录器主要记录飞机的五个参数分别是飞机航向($0^{\circ} \sim 360^{\circ}$)、高度(-1000 英尺 ~ 50000 英尺^②)、空速($100\text{nmile/h} \sim 450\text{nmile/h}$)、垂直过载($-3 \sim 6$)和时间。高度和速度可通过飞机的皮托管和静压系统进行测量,磁航向由飞机的罗盘系统测量,法向过载则通过安装在飞机重心附近的加速度计进行测量。当需要读取数据时,调查人员使用显微镜读取划痕来获得记录信息。



图 1.2 最早的具有抗坠毁幸存能力的记录器

① 1 英寸 = 25.4mm。

② 1 英尺 = 0.3048m。

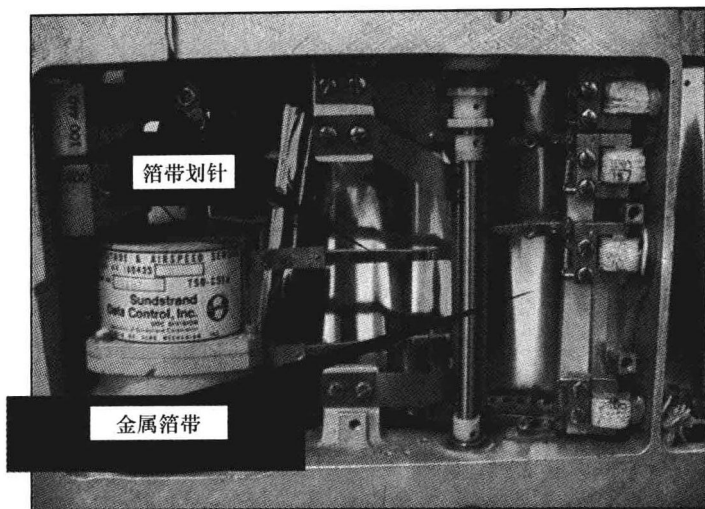


图 1.3 典型箔带记录器内部结构

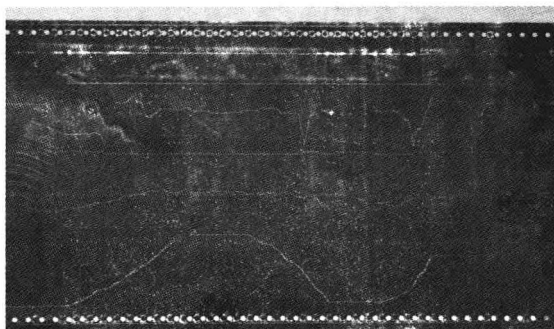


图 1.4 刻录有飞行数据的金属箔带

1958 年美国联邦航空局 (FAA) 颁布了第一部飞参记录器技术标准 TSO - C51, 图 1.5 是一台符合该标准的金属箔带飞参记录器。通常飞机上安装的飞行数据记录器外形都是尺寸已标准化的长方体形状。为了找寻方便, 要求记录器外表面涂成鲜艳的橘黄色, 表面贴有反射条, 且有醒目的文字提示, 如 FLIGHT DATA RECORDER DONOT OPEN 等, 这一规定被沿用至今。

(2) 磁带飞行数据记录器。磁带记录技术最初应用于记录声音信息, 到 20 世纪 70 年代初, 随着数字化技术的发展, 美国记录器设备制造商率先研制成功了能记录数据的数字化磁带飞行数据记录器 (DFDR), 磁带数字飞行数据记录器内部结构如图 1.6 所示。数字化飞行数据记录器根据美国航空无线电公司制

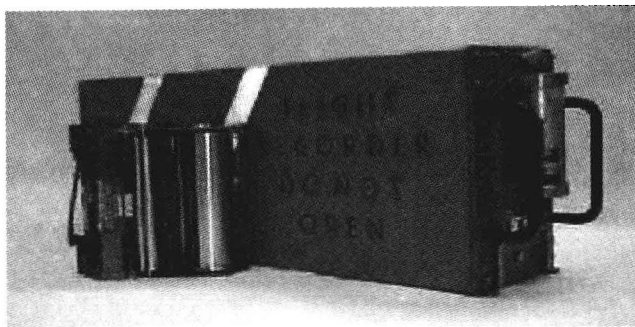


图 1.5 第一台按照规范生产的记录器

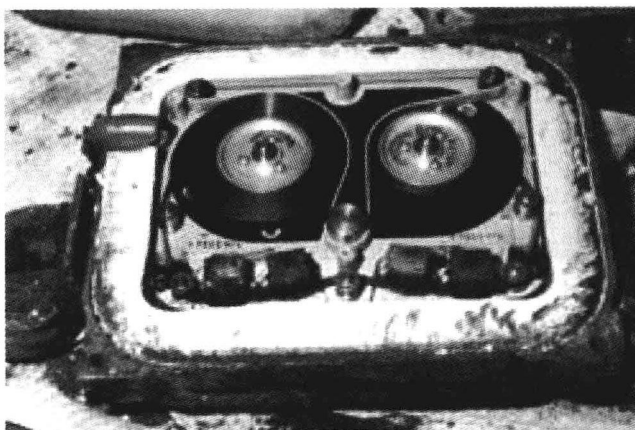


图 1.6 典型磁带飞参记录器内部结构

定的 ARINC573 数据传输协议进行数据采集、数据编码、数据传输和接口设计等,信息以数字方式进行记录,记录介质为磁带。磁带数字飞行数据记录器需要有采集单元,所需记录的数据信息通过采集单元进行编码后,再统一发送给飞行数据记录器进行记录。

磁带数字飞行数据记录器的典型产品是洛克西德飞机服务公司的 209 型记录器。该记录器系统由飞行数据记录器、飞行数据采集单元、飞行数据接口面板、变换器以及遍布全机的传感器等组成。记录器在每英寸磁带上能记录 1670B 的数据,磁带每秒走带 0.46 英寸,磁带带 6 个磁道,每个磁道可记录超过 4h 的数据。磁道 1、3、5 在前进方向进行记录,磁道 2、4、6 在后退方向进行记录。全部磁道都记满后,可记录超过 25h 的数据。之后,又从磁道 1 开始记录,在这之前的数据将被抹去。换句话说,磁带上所保留的数据,始终是飞机最近

25h 的飞行数据。记录器的信号采集单元产生定时信号,定时信号用来定义字节、字、子帧和帧数。每一帧数据包包含 4 个子帧,每一个子帧包含 64 个 12 位的字,这 64 个 12 位的字表示 1s 的数据量。每一个子帧的第一个字是同步字,由数据采集组件提供,同步字相当于发出一个新的子帧开始的信号。数据采集单元的另一项功能是将数据转换成哈佛两相格式,并把数据按照串行的方式发送给数据记录器。

记录器允许机组人员将飞机的航班号和日期等输入到记录器中,这种记录器曾被广泛用在波音-747、道格拉斯-10 和洛克西德-1011 等飞机上。

磁带数字飞行数据记录器需要借助计算机系统来读取记录器中的数据,与老式的通过刻录方式进行记录的金属箔带飞行数据记录器相比,磁带记录器由于可以重复记录,因此不需要经常更换磁带,维护相对方便。由于采用数字编码的方式进行记录,因此,对记录器拓展记录参数变得很方便。早期的磁带记录器,由于受编码方式的局限,所能记录的参数数量还受到限制,随着新的数字编码方式的出现,使得磁带记录器的记录参数数量,很快由最初的十几个,迅速拓展到了数百个,从而使得所记录的参数数量较好地满足了飞行事故调查的需要。

由于磁带数字记录器相对于箔带记录器具有可重复记录、参数拓展方便及有利于利用计算机辅助信息处理等优点,因此,采用磁带以数字方式对信息进行记录是飞参记录器发展历史上的一次伟大的革命,标志着飞参记录器的发展有了质的飞跃,目前,仍然在很多飞机上保留有磁带数字飞行数据记录器。

磁带飞行数据记录器的不足有:①内部有许多运动部件,系统可靠性低,保护困难,影响了记录器功能的发挥;②体积较大,比较笨重,不适合在一些装机空间比较狭小的小型飞机上使用;③数据卸载慢,不适合用于对飞机的日常训练质量评估和维修监控中。为了开发出可靠性更高、维修性更好、体积相对较小、用途更广泛的飞参记录器,就必须借助于新的存储技术的帮助,这就是固态飞行数据记录器。

(3) 固态飞行数据记录器。固态飞行数据记录器内部结构如图 1.7 所示,其所用的存储芯片如图 1.8 所示。固态存储技术是随着计算机以及通信技术等的不断发展而逐渐成熟起来的,随着固态存储技术的不断成熟,美国等航空发达国家于 20 世纪 70 年代初开始研究基于固态存储技术的飞行数据记录器,不过,固态飞行数据记录器真正研制成功并商业化则是 20 年以后的事了。1990 年,L-3 公司率先研制成功了固态飞行数据记录器并投入市场,该公司生产的 F1000 型飞行数据记录器是采用这种新记录技术的最早获得认证的飞行数据记录器。

固态记录器和磁带数字记录器一样采用数字方式记录,所不同的是磁带记录器的记录介质是磁带,而固态记录器的记录介质是芯片。因此,固态记录器继

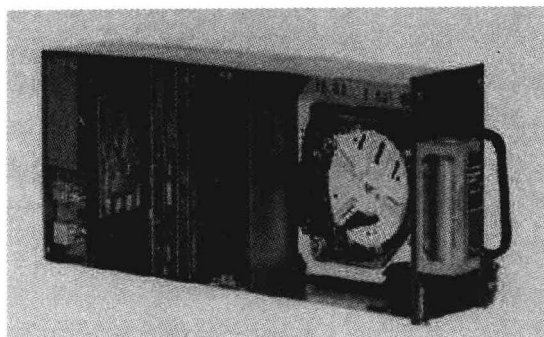


图 1.7 典型固态飞参记录器内部结构

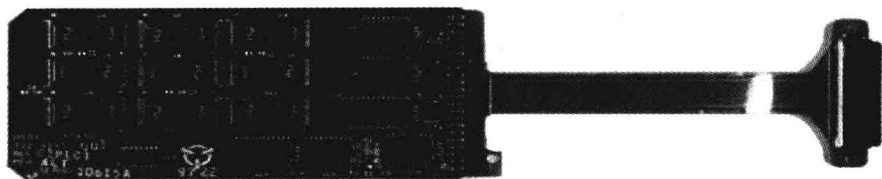


图 1.8 固态飞参记录器存储芯片

承了磁带记录器几乎所有的优点,即能够循环记录,记录参数数量可以很方便地进行扩展,采用计算机对记录信息进行处理等。固态记录器与磁带记录器相比,内部没有活动部件,一方面不需要定期修理或维护,可靠性更高,而且可以节省使用维护费用,另一方面这也使得固态记录器体积比磁带记录器小很多,从而非常有利于在小飞机上安装。此外,采用固态存储技术,工作人员可以在几分钟内就把存储的数据卸载下来,这一点也是采用磁带存储技术无法做到的。由于能够实现对数据的快速卸载,极大地提高了工作效率,非常有利于发挥飞参在飞机维修监控和飞行训练评估方面的作用。因此,自从固态记录器出现以来,固态记录器的这些优越性,使得固态记录器很快取代磁带记录器,成为飞参记录器的主角。事实上,尽管目前还有许多飞机上仍然安装有磁带记录器,但记录器生产厂家几乎不再生产磁带记录器,改为生产固态记录器,飞机上新加装的记录器也毫无例外都是固态记录器。

2) 舱音记录器技术的发展

(1) 舱音记录器的发明。舱音记录器的出现也是缘于飞行事故调查的需要,从 1953 年到 1954 年澳大利亚航空公司发生了一系列飞行事故调查,使得整个航空公司的飞机都停飞,以等待飞行事故调查结论。这些飞行事故的发生不