

飞行事故调查与分析

典型飞行事故 调查与分析方法

DIANXING FEIXING SHIGU DIAOCHA YU FENXI FANGFA



武维新 张楠 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

《飞行事故调查与分析》

典型飞行事故 调查与分析方法

武维新 张楠 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

典型飞行事故调查与分析方法 / 武维新, 张楠编著.
北京: 国防工业出版社, 2008. 9

(飞行事故调查与分析)

ISBN 978-7-118-05846-8

I. 典... II. ①武... ②张... III. ①飞行事故—调查 ②飞行事故—事故分析 IV. V328.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 101953 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 11½ 字数 300 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 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

100多年前飞机的诞生彻底地改变了人类的生活,我们的世界因此变成了一个“地球村”。民用航空经过100年的发展,已经成为最安全的交通工具。据统计,世界民航每亿客千米死亡0.05人,形象地比喻,相当于一个人每天乘飞机飞行10000千米,550年才会遇到一次导致死亡的飞行事故。中国航空安全工作在党和政府的高度关注指导下,也保持了较好的安全形势。

尽管飞行事故概率是如此之低,但是,一旦发生飞行事故,将造成人身伤亡和重大财产损失,影响到人民群众切身利益,也影响到社会稳定与和谐发展。随着航空事业的迅猛发展,航空安全工作迎来了新的发展机遇和挑战。如何对飞行事故进行调查和分析、找到确实的事故原因、给出客观公正合理的结论、采取有效的解决措施以避免今后重复发生同类飞行事故,这是一个极其重大的研究课题。

飞行事故调查与分析是一项技术性很强的复杂工作,涉及到人、设备和环境,不但要求从业人员具备深厚的专业理论知识、丰富的实践经验,而且要求具有高度的责任感、独立的个人品格。我们根据长期从事飞行事故调查与分析的工作经验,编写了《飞行事故调查与分析》丛书,包括《飞行事故调查与分析导论》、《典型飞行事故调查与分析方法》、《飞行事故调查与分

IV

析设备》三部著作。

本书为第二册《典型飞行事故调查与分析方法》，突出了机械原因飞行事故的机理分析，阐述了飞机空中解体事故、飞机失火事故、飞机操纵系统事故、飞机动力装置事故、飞机爆炸事故、飞机雷击事故、飞机断电事故、飞机相撞事故、鸟撞事故等典型飞行事故的调查与失效分析方法。实际上，一个完整的飞行事故调查与分析过程是多专业人员、多种分析手段同时参与分析，逐一排除、去伪存真、得出可能、找出原因。

本书编写过程中，得到了北京航空工程技术研究中心部分同志的帮助，在此表示衷心感谢。

作者期望本套丛书的出版，有助于掌握飞行事故调查与分析规律，规范飞行事故调查与分析工作，普及飞行事故调查与分析知识。由于作者水平所限，缺点和不足在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2008年6月

内 容 简 介

随着航空事业的迅猛发展,航空安全工作迎来了新的发展机遇和挑战。如何对飞行事故进行调查和分析、找到确实的事故原因、给出客观公正合理的结论、采取有效的解决措施以避免今后重复发生同类飞行事故,是一个极其重大的研究课题。根据长期从事飞行事故调查与分析的工作经验,编写了《飞行事故调查与分析》丛书,包括《飞行事故调查与分析导论》、《典型飞行事故调查与分析方法》、《飞行事故调查与分析设备》三部著作。本书是丛书的第2册,共分11章和2个附录:第1章,飞行客观记录的分析;第2章,飞机活动的调查与分析;第3章,飞机空中解体事故的调查与分析;第4章,飞机失火事故的调查与分析;第5章,飞机操纵系统事故的调查与分析;第6章,飞机动力装置事故的调查与分析;第7章,飞机爆炸事故的调查与分析;第8章,飞机雷击事故的调查与分析;第9章,飞机断电事故的调查与分析;第10章,双机相撞事故的调查与分析;第11章,鸟撞事故的调查与分析;附录A,计算飞机飞行性能的常用公式;附录B,飞机残骸运动轨迹计算。

本书可作为飞行事故调查与分析专业人员的教材,也可作为航空安全管理人员、装备管理人员、飞行人员、装备维修人员、勤务保障人员等的安全培训教材,还可作为高等院校航空安全专业的教学参考书。



目 录

第 1 章 飞行客观记录的分析	1
1.1 飞行客观记录的概述	1
1.1.1 飞行参数记录系统	1
1.1.2 舱音记录器	2
1.1.3 空地通话录音	3
1.1.4 雷达记录	3
1.2 飞行数据记录的分析	3
1.2.1 事故飞机飞行数据记录器信息的处理	4
1.2.2 飞参记录数据的分析	12
1.2.3 应用飞参记录数据时注意的问题	17
1.3 舱音记录和空地通话的分析	18
1.3.1 舱音记录和空地通话录音的处理	18
1.3.2 舱音记录和空地通话录音的识别和报告	19
1.3.3 舱音记录和空地通话录音的分析	24
1.3.4 典型舱音记录器(CVR)多功能综合实验台	24
1.4 雷达记录的分析	26
1.4.1 雷达信息在事故调查中的应用	27
1.4.2 雷达信息的偏差和误差分析	29
1.4.3 航管雷达记录在事故调查中应用的事例	31
第 2 章 飞机活动的调查与分析	33
2.1 概述	33
2.1.1 空勤组操作调查的任务	33
2.1.2 空勤组操作调查的目的	34

2.2	操纵动作研究	34
2.2.1	确定空勤组的操纵动作	34
2.2.2	确定操作中的偏差	35
2.2.3	产生偏差因素的分析	36
2.3	影响飞行人员操纵因素的分析	38
2.3.1	飞行组织计划研究	39
2.3.2	飞行员(机组)的飞行准备程度分析	44
2.3.3	飞行人员在飞行中的差错的确定	49
2.3.4	按机载记录器的记录判断飞行员(机组)行动的方法	50
2.3.5	飞行管理(空中交通管制部门)人员准备程度的调查分析	52
2.3.6	再现特殊状态的产生和发展进程	55
2.3.7	飞行试验	56
2.4	个人因素和人的因素分析	57
2.4.1	基本概念	57
2.4.2	个人和人的因素分析	60
2.4.3	专门研究方法	67
第3章	飞机空中解体事故的调查与分析	74
3.1	飞机空中解体事故的概况	74
3.2	飞机空中解体事故的判断	78
3.2.1	根据目击者的反映判断	78
3.2.2	根据飞机残骸分布位置判断	79
3.3	空中飞机结构破坏顺序分析方法	79
3.3.1	根据残骸损伤特征分析	80
3.3.2	根据飞机残骸轨迹计算分析	83
3.3.3	根据强度验算或强度试验分析	84
3.3.4	结构件最初破坏处分析	85
3.4	颤振导致飞机结构破坏事故的检查	92

3.4.1	颤振事故的特点	92
3.4.2	颤振事故的检查	93
3.5	超声速失速造成的空中解体事故	98
3.6	飞机空中解体事故调查与分析实例	100
3.6.1	事故经过	100
3.6.2	机组人员情况	101
3.6.3	飞机、发动机情况	101
3.6.4	通信、导航和气象情况	102
3.6.5	残骸和现场勘查情况	102
3.6.6	飞行记录器记录情况	104
3.6.7	机上地面静态故障模拟试验情况	105
3.6.8	飞行模拟试验情况	106
3.6.9	原因分析	106
3.6.10	事故结论	108
第4章	飞机失火事故的调查与分析	109
4.1	飞机失火事故的概况	109
4.2	飞机失火事故的判断	110
4.2.1	飞行员和目击者的反映	110
4.2.2	飞行客观记录器的记录	111
4.2.3	飞机残骸的检查分析	111
4.3	飞机失火原因的调查与分析	115
4.3.1	失火部位、火源和油源的确定	116
4.3.2	飞机空中失火原因及分析	118
4.4	飞机失火事故调查与分析实例	125
4.4.1	事故经过	125
4.4.2	调查分析	126
4.4.3	事故原因	127
4.5	飞机失火事故调查中的几个技术问题	128
4.5.1	燃烧物质	128

4.5.2	尾迹	129
4.5.3	火球	129
4.5.4	火损	131
4.5.5	爆燃	132
4.5.6	闪燃和闪火	133
第5章	飞机操纵系统事故的调查与分析	134
5.1	飞机操纵系统事故的概况	134
5.2	飞机失去操纵的判断	136
5.2.1	根据飞行员和目击者的反映判断	137
5.2.2	根据飞参等客观记录分析判断	137
5.2.3	根据飞机最后一段运动轨迹判断	138
5.2.4	根据操纵面的原始位置判断	138
5.2.5	根据力臂调节器残骸判断	143
5.2.6	根据相关部件的位置判断	146
5.2.7	其他	146
5.3	飞机操纵系统部附件检查分析方法	146
5.3.1	检查的一般程序	146
5.3.2	载荷感觉器残骸的检查分析	149
5.3.3	液压助力器、舵机残骸的检查分析	151
5.3.4	力臂调节器残骸的检查分析	155
5.3.5	调效机构残骸的检查分析	159
5.3.6	其他附件的检查分析	160
5.4	飞机操纵系统事故调查与分析实例	163
5.4.1	载荷感觉器卡滞导致的一起飞行事故	163
5.4.2	调效机构故障导致的事故	164
5.4.3	助力器分油活门卡滞导致事故	166
5.4.4	操纵系统间隙过大或过小导致的事故	167
第6章	飞机动力装置事故的调查与分析	169
6.1	飞机动力装置事故的概况	169

6.2	飞机动力装置事故的判断	171
6.2.1	涡喷、涡扇、涡轴发动机	171
6.2.2	涡桨发动机	179
6.2.3	活塞发动机	182
6.3	飞机动力装置事故调查与分析方法	183
6.3.1	发动机损伤情况检查	183
6.3.2	停车性质的检查分析	185
6.3.3	发动机分解检查	186
6.3.4	试验和模拟实验	187
6.4	飞机动力装置事故调查与分析实例	188
6.4.1	压气机故障	188
6.4.2	涡轮装置损坏	193
6.4.3	燃烧室、加力燃烧室故障	197
6.4.4	发动机燃油调节系统故障	199
6.4.5	发动机附件传动机匣故障	202
6.4.6	发动机轴承故障	203
6.4.7	发动机状态操纵系统故障	203
6.4.8	发动机外来物损伤分析	205
6.4.9	一起发动机故障导致严重飞行事故的调查	210
第7章	飞机爆炸事故的调查与分析	215
7.1	飞机爆炸事故的概况	215
7.2	飞机爆炸事故的判断	215
7.2.1	炸药反应的基本原理	216
7.2.2	爆炸物爆炸对物体的破坏机理	218
7.2.3	残骸的爆炸特征	219
7.3	飞机爆炸事故调查与分析方法	225
7.3.1	爆炸事故的检查方法	225
7.3.2	军械故障造成事故的特征和判断实例	226
7.4	飞机爆炸事故调查与分析实例	229

7.4.1	事故简要经过	229
7.4.2	飞机残骸的分布状况	230
7.4.3	残骸拼凑	233
7.4.4	为什么说是炸弹爆炸	233
7.4.5	炸弹在机内的位置	235
7.4.6	飞机破裂的过程	236
7.4.7	调查结果	238
7.4.8	事故原因	239
7.4.9	直接损伤	239
7.4.10	间接损伤	240
第8章	飞机雷击事故的调查与分析	241
8.1	飞机雷击事故的概况	241
8.2	飞机雷击事故的判断	242
8.2.1	飞机遭受雷击的过程	242
8.2.2	雷击对飞机的危害	244
8.2.3	雷击事故特点	247
8.2.4	飞机遭遇雷击新的研究成果	247
8.3	飞机雷击事故调查与分析方法	249
8.3.1	现场调查方面	249
8.3.2	残骸分析方面	250
8.4	飞机雷击事故调查与分析实例	255
8.4.1	维修人员在停机坪遭雷击	255
8.4.2	停机坪上停放的直升机遭雷击	255
8.4.3	停机坪停放的飞机遭雷击	256
8.4.4	机群进入危险天气遭雷击	259
第9章	飞机断电事故的调查与分析	261
9.1	飞机断电事故的定义	261
9.2	飞机断电事故的判断	262
9.2.1	根据飞行员和目击者的反映判断	262

9.2.2	根据飞参记录判断	262
9.2.3	根据用电设备残骸判断	263
9.2.4	检查分析蓄电池是否过量放电	263
9.3	飞机断电事故调查与分析方法	263
9.3.1	信号灯的检查	264
9.3.2	电动仪表的检查	266
9.3.3	电气故障的检查	269
9.4	飞机断电事故调查与分析实例	276
9.4.1	背景材料	276
9.4.2	有关调查	277
第 10 章	双机相撞事故的调查与分析	291
10.1	双机相撞事故的概况	291
10.1.1	双机相撞的发生时机	291
10.1.2	发生双机相撞的主要原因	292
10.2	双机相撞事故的判断	293
10.2.1	飞行员和目击者反映	293
10.2.2	雷达记录和机载客观记录	293
10.2.3	飞机残骸上留下的痕迹以及残骸分布	294
10.3	双机相撞事故调查与分析方法	295
10.3.1	双机在水平平面内相撞	295
10.3.2	双机在垂直平面内相撞	298
10.3.3	双机在任意平面内相撞	298
10.4	双机相撞事故调查与分析实例	302
10.4.1	简要经过	302
10.4.2	飞机相撞情况	303
10.4.3	相撞时的飞机速度分析	304
10.4.4	轰炸机滑行速度的计算和模拟试验	308
第 11 章	鸟撞事故的调查与分析	311
11.1	鸟撞事故的定义	311

11.2	鸟撞事故的特点	312
11.3	鸟撞事故判断与分析方法	318
11.3.1	查找鸟撞部位	318
11.3.2	对鸟的鉴定	318
11.3.3	鸟对飞机损伤特征分析	319
11.4	鸟撞事故调查与分析实例	322
11.4.1	事故经过	322
11.4.2	现场调查	322
11.4.3	事故原因分析	323
11.4.4	事故结论	324
附录 A	计算飞机飞行性能的常用公式	325
A.1	升力和阻力公式	325
A.2	喷气式发动机可用推力修正	325
A.2.1	进气道损失修正	325
A.2.2	空气密度及温度变化对发动机推力的影响	326
A.3	喷气式飞机起飞滑跑计算	326
A.3.1	起飞滑跑距离	326
A.3.2	机场标高对起飞滑跑距离的影响	327
A.3.3	风对起飞滑跑距离的影响	327
A.3.4	跑道坡度对起飞滑跑距离的影响	327
A.3.5	飞机重量改变对起飞滑跑距离的影响	328
A.3.6	起飞滑跑过程中某点的速度	328
A.3.7	中断起飞极限速度和极限距离的近似公式	328
A.4	前三点飞机着陆滑跑距离计算	329
A.4.1	计算公式	329
A.4.2	着陆重量变化对着陆滑跑距离的影响	329
A.4.3	风力修正	329
A.4.4	跑道坡度修正	330
A.5	喷气式飞机平飞最大速度	330

A.5.1	平飞最大速度	330
A.5.2	可用推力及阻力系数改变对平飞最大速度的影响	330
A.6	平飞失速速度	331
A.6.1	平飞失速速度	331
A.6.2	飞机重量改变对失速速度的影响	331
A.6.3	飞机高度变化对失速速度的影响	331
A.7	机动飞行	331
A.7.1	失速速度	331
A.7.2	改出俯冲时的高度损失	332
A.7.3	改出俯冲后的速度	332
A.7.4	正常盘旋	332
A.8	发动机停车后的下滑	333
A.8.1	下滑速度	333
A.8.2	下滑水平距离	333
附录 B	飞机残骸运动轨迹计算	334
B.1	概况	334
B.2	飞机残骸运动轨迹分析技术基本理论	334
B.2.1	建立飞机残骸空中运动数学模型的基本假设	335
B.2.2	飞机残骸空中运动数学模型	335
B.2.3	质点运动方程的解法	337
B.2.4	风对残骸运动轨迹的影响	338
B.3	飞机残骸离机位置的确定	341
B.4	飞机残骸离机顺序计算方法	344
B.5	优化方法讨论	346
B.6	飞机残骸数据	348
B.6.1	空投试验	349
B.6.2	估算	350

B.7 气象数据	351
参考文献	352

1157	.....	1157
1158	.....	1158
1159	.....	1159
1160	.....	1160
1161	.....	1161
1162	.....	1162
1163	.....	1163
1164	.....	1164
1165	.....	1165
1166	.....	1166
1167	.....	1167
1168	.....	1168
1169	.....	1169
1170	.....	1170
1171	.....	1171
1172	.....	1172
1173	.....	1173
1174	.....	1174
1175	.....	1175
1176	.....	1176
1177	.....	1177
1178	.....	1178
1179	.....	1179
1180	.....	1180
1181	.....	1181
1182	.....	1182
1183	.....	1183
1184	.....	1184
1185	.....	1185
1186	.....	1186
1187	.....	1187
1188	.....	1188
1189	.....	1189
1190	.....	1190
1191	.....	1191
1192	.....	1192
1193	.....	1193
1194	.....	1194
1195	.....	1195
1196	.....	1196
1197	.....	1197
1198	.....	1198
1199	.....	1199
1200	.....	1200

第 1 章 飞行客观记录的分析

1.1 飞行客观记录的概述

飞行安全是飞机设计、制造、使用和维护、修理人员共同关心的一个重要问题。为保障飞行安全,飞机及其系统、设备的设计不断完善,最重要的系统、附件有了冗余,飞机工作可靠性和安全性得到改进,飞行人员的职业训练水平也在提高。

机载飞行数据记录器、舱音记录器、空地通话录音和雷达信息记录等是飞行客观记录的主要内容。上述客观记录的信息,为分析由飞行人员、飞机和飞行环境组成的这一飞行系统的运行状况,提供了大量的真实的非人为的信息。在飞行事故调查中,为了提高调查质量,缩短调查时间,提高确定事故原因和分析导致事故情况的可信度,利用飞行客观记录信息有着特别重要的意义。

1.1.1 飞行参数记录系统

飞行参数记录系统又称飞行数据系统(以下简称飞参系统),是一种用于监测飞机及其系统工作状态以及飞行员操纵飞机情况的自动测试系统,其记录部件称为飞行数据记录器或飞参记录器(FDR)。国军标 GJB2692 中对“飞行数据记录器”的定义是:“记录飞行状态、操纵状态和飞机/直升机、发动机有关信息的机载自动记录装置”。有时用飞行数据记录器或飞参记录器表示飞参系统。