

图书 (CIP) 数据请见书后

中国民航出版社 北京 100071 电话 010-67012233 67012234

地址 北京市朝阳区和平门内大街 10 号

0-9110-85123-3 定价 40.00 元

机场外来物防范管理

主编 唐海军 谢明立

中国民航出版社

序

机场外来物是影响航空器安全运行的一个重要因素，它可能给航空器带来轮胎扎破、发动机停车、雷达罩或机翼严重损伤等危险，众所周知的“协和空难”就是由一块掉落在跑道上的金属片引起的。近几年随着中国民航运输量的快速增长，每年发生的航空器外来物损伤事件一直排在各类不安全事件的前列，为了在全行业内加强外来物防范工作，中国民用航空局机场司决定组织编写本培训教材，全面介绍机场外来物防范相关知识，包括外来物的危害、外来物防范意识、外来物防范管理、外来物防范手段、外来物损伤案例等内容。本书主要面向机场从业人员和各类航空运行参与人员的初训和复训，也可用作机场监察员的初始培训。

本书主要包括以下内容：第1章为机场外来物概况，主要介绍了机场外来物的基本概念，外来物损伤事件统计分析，外来物危害及其损失；第2章为机场外来物风险管理，从风险管理的角度阐述了如何进行机场外来物危险源识别、评价和控制；第3章为机场外来物防范意识，主要介绍了外来物意识以及如何加强外来物防范意识；第4章为机场外来物巡查，重点介绍了如何对机场跑道、滑行道、机坪等重点区域的巡查要求和巡查方式；第5章为机场外来物移除，主要介绍了机械式和非机械式两种典型移除机场外来物的方式；第6章为机场外来物管理与控制，主要介绍了如何在地面保障服务、飞机维护、车辆、设施设备和人员、不停航施工、行李和货运等工作过程中开展有效的外来物防范工作；第7章为机场外来物评估与改进，主要介绍了机场外来物防范数据统计与分析以及评估与持续改进；第8章为机场外来物探测技术，主要介绍了经美国FAA评估的并已商业化的4种外来物探测系统；第9章为外来物损伤事件调查与案例分析，主要介绍了外来物损伤航空器的基本知识、相应的调查程序和5个典型案例。

本书由唐海军、谢明立主编，马志刚和赵洪元审定。具体分工如下：第1章至6章由唐海军编写，第7章和第8章由郭小童编写，第9章由谢明立编写。本书在编写过程中，民航局机场司给予了大力支持，提出了许多指导意见和宝贵建议，对提高本书质量和水平起到了关键作用。在编写过程中，编者参考了中国民航的管理

规章、标准、咨询通告以及 FAA 的相关咨询通告等，吸纳了北京首都机场、上海浦东机场、上海虹桥机场、杭州萧山机场在外来物防范方面的优秀经验，并引用了上述机场的图片素材和相关资料。本书完稿后，范永平、黄玥、吴湘江、杨波等人审阅了相关章节，并提出了许多宝贵意见和建议。同时，还参阅了大量公开出版的文献和内部交流资料，在此，一并向上述单位、专家和文献作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中恐有不当之处，欢迎各位专家和广大读者批评指正。

编 者
2014 年 1 月

ii

目 录

序

第 1 章 机场外来物概况	1
1.1 机场外来物 (FOD) 基本概念	1
1.2 FOD 的危害	1
1.3 FOD 事件统计与分析	7
1.3.1 轮胎 FOD 事件统计	8
1.3.2 鸟击 FOD 事件统计	10
1.4 FOD 带来的经济损失	13
1.5 小结	15
第 2 章 机场外来物风险管理	16
2.1 FOD 危险源识别	16
2.1.1 FOD 危险源识别方法	16
2.1.2 FOD 来源	17
2.1.3 FOD 危险度	20
2.2 FOD 风险评价	23
2.3 FOD 风险控制	23
2.4 小结	24
第 3 章 机场外来物防范意识	25
3.1 FOD 防范意识	25
3.2 FOD 防范意识培养	25
3.2.1 FOD 防范培训	25

3.2.2	FOD 防范宣传周	26
3.2.3	FOD 警示标志	28
3.2.4	FOD 防范活动	33
3.2.5	FOD 信息网上发布	36
3.3	小结	37
第 4 章	机场外来物巡查	38
4.1	FOD 巡查总体要求	38
4.1.1	人工巡查要求	38
4.1.2	设备探测的要求	40
4.2	FOD 管控区域	41
4.3	FOD 巡查与处置方法	45
4.3.1	FOD 人工巡查	45
4.3.2	FOD 处置方法	47
4.4	FOD 损伤事件报告	49
4.5	小结	49
第 5 章	机场外来物移除	50
5.1	FOD 移除要求	50
5.2	FOD 移除设备	51
5.2.1	机械式设备	51
5.2.2	非机械式设备	55
5.2.3	FOD 收集容器	57
5.3	FOD 人工清扫	59
5.4	小结	61
第 6 章	机场外来物管理与控制	62
6.1	地面保障服务的管理与控制	62
6.2	飞机维护的管理与控制	66
6.3	飞行区车辆、设施设备和人员的管理与控制	68

6.3.1	车辆的管理与控制	68
6.3.2	设施设备的管理与控制	69
6.3.3	人员的管理与控制	71
6.4	不停航施工的管理与控制	71
6.4.1	不停航施工的管理要求	71
6.4.2	不停航施工培训和施工例会制度	73
6.4.3	不停航施工过程中的 FOD 防范	74
6.5	行李和货运的管理与控制	75
6.5.1	行李分拣和货物收运	75
6.5.2	行李及货物装卸	77
6.5.3	其他要求	77
6.5.4	小结	78
第 7 章	机场外来物评估和改进	79
7.1	FOD 信息收集	79
7.1.1	数据的收集	79
7.1.2	建立 FOD 数据库	83
7.2	FOD 数据分析与评价	87
7.2.1	FOD 数据统计	87
7.2.2	FOD 数据的分析	88
7.3	FOD 防范效果评估和整改	90
7.4	小结	92
第 8 章	机场外来物探测技术	93
8.1	FOD 探测技术	93
8.1.1	FODetect 系统	93
8.1.2	FOD Finder 系统	97
8.1.3	iFerret 系统	101
8.1.4	Tarsier 系统	104
8.2	几种探测技术比较	109
8.3	小结	111

第 9 章 外来物损伤事件调查与案例分析 112

9.1 FOD 损伤事件调查程序 112

9.1.1 发动机结构及 FOD 损伤特征 112

9.1.2 发动机 FOD 调查程序 118

9.1.3 航空轮胎结构特点及 FOD 损伤特征 121

9.1.4 轮胎 FOD 损伤特点及拆换标准 129

9.1.5 轮胎 FOD 调查程序和方法 135

9.2 FOD 案例分析 136

9.2.1 发动机风扇叶片鸟击损伤案例 136

9.2.2 发动机压气机叶片 FOD 损伤案例 141

9.2.3 航空轮胎 FOD 爆破案例 145

9.2.4 航空轮胎 FOD 爆裂案例 147

9.2.5 外来物损伤致轮胎爆破案例 150

9.3 小结 154

参考文献 156

第 1 章 机场外来物概况

1.1 机场外来物（FOD）基本概念

机场外来物是指飞行区内可能会损伤航空器、设备或威胁机场工作人员和乘客生命安全的外来物体，以下简称“FOD”。飞行区是指供飞机起飞、着陆、滑行和停放使用的场地，包括跑道、滑行道、停机坪、升降带和跑道端安全区等区域。一般来说，FOD 有两种解释，其一是外来物（Foreign Object Debris）；其二是外来物损伤（Foreign Object Damage），任何由外来物引起的可能会降低航空器及设备的安全或性能的损伤，包括物理上的损伤和经济上的损失。本培训教材中，通常所说的 FOD 指外来物。

根据上述的定义，外来物种类相当多，如硬物体、软物体、鸟类、雷电等。机场飞行区内的典型外来物种类主要包括：

- 一、金属类物品：例如螺钉、螺栓、金属片、保险丝、车辆零部件、维修工具等；
- 二、石质、木质、橡胶/塑料材质物品：例如道面碎块、嵌缝料、破损的灯具、标记牌和油漆碎片等；
- 三、动物类：例如鸟类、货运中逃逸的动物等；
- 四、其他杂物或废弃物：例如餐饮食品、纸类、包装类、草、漂浮物等。

1.2 FOD 的危害

在机场飞行区内外来物损伤航空器机率最高的部件是轮胎，其次是发动机。据

统计我国民用运输飞机每年有数千条轮胎被外来物扎伤，轮胎损伤形貌可能为如图 1.1 所示的圆形孔洞，也可能是如图 1.2 所示的线状切口，还可能是如图 1.3 和图 1.4 所示的三角形切口或异形切口，少部分被扎伤的轮胎上可能残留有外来物，见图 1.5，而大部分被扎伤的轮胎上没有外来物留下，加之轮胎表面是软性材料的橡胶，所以判断轮胎被何种外来物扎伤具有相当的难度。



图 1.1 轮胎 FOD 损伤形貌（圆形孔洞）

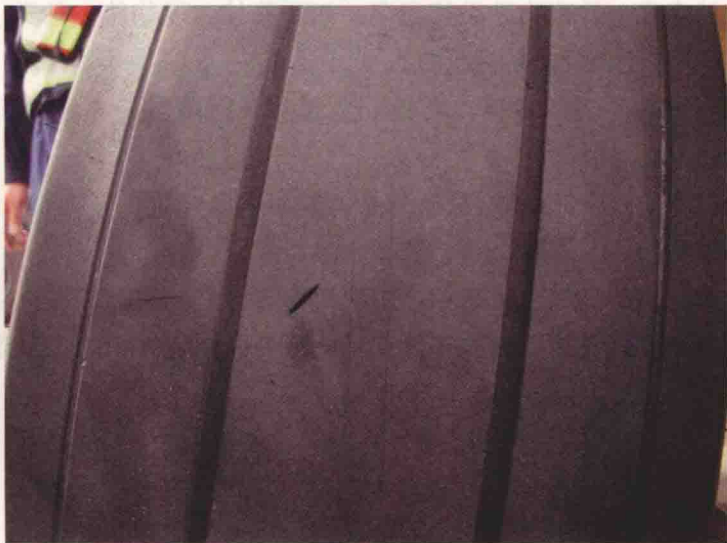


图 1.2 轮胎 FOD 损伤形貌（线状切口）



图 1.3 轮胎 FOD 损伤形貌（三角形切口）



图 1.4 轮胎 FOD 损伤形貌（异形切口）



图 1.5 轮胎 FOD 损伤形貌（轮胎上带有 FOD）

如果轮胎扎伤不太严重，可能不会引起严重的后果，但是一旦轮胎被扎伤到防扎层之下，在高速滑跑中很可能引起甩胎或爆胎，产生的轮胎碎片可能打伤飞机本体、液压系统或油箱等重要部件，给飞机操控和飞行安全带来巨大的风险。历史上最为引人关注的 FOD 事件是 2000 年 7 月 25 日发生在巴黎戴高乐机场附近的法航协和空难，机上 109 人和地面 4 人共 113 人全部遇难，事故现场飞机解体碎片散落一地，见图 1.6。调查表明协和空难的肇事件是美国大陆航空公司的一架飞机上掉落在跑道上的金属片，它扎破了随后起飞的协和飞机的轮胎，轮胎迅速爆胎，产生的碎片击中了一个或多个油箱，飞机左机翼起火并很快坠毁，整个过程不到 1 分 30 秒。协和飞机是世界上唯一投入航线运营的超音速商用客机，正在运行的协和飞机如图 1.7 所示，此次 FOD 事件的最大后果是导致所有协和飞机于 2003 年 10 月 24 日全部退役。



图 1.6 法航协和空难现场的飞机碎片



图 1.7 正在运行的法航协和飞机

国内航空公司也曾发生过一些相当严重的轮胎 FOD 事件。例如，2007 年国内某航空公司的 B747 飞机在美国洛杉矶机场滑行中轮胎压到地面上的外来物，在随后的起飞滑跑中右机身起落架后面两个轮胎爆破，见图 1.8 和图 1.9，造成飞机右机身下半部分损伤严重、右机身起落架损伤、起落架舱内损伤、液力系统管路损坏严重。



图 1.8 飞机通场飞行检查轮胎受损情况（圆圈内为受损轮胎）



图 1.9 两个爆破的主轮轮毂及轮胎损伤形貌

另一大类的 FOD 损伤是发动机吸入异物造成的。外来物常常给航空发动机的

风扇叶片带来不同程度的损伤，损伤严重的需立即更换发动机。例如某航班在跑道上滑跑过程中右发出现连续放炮声，并且出现滑油压力低信息，机组按程序关车，中断起飞。事后检查发现该飞机右发 26 片风扇叶片中 25 片都有不同程度的缺损，风扇损伤位置和形貌如图 1.10 中箭头指示，进气道多处损毁，需立即更换发动机。

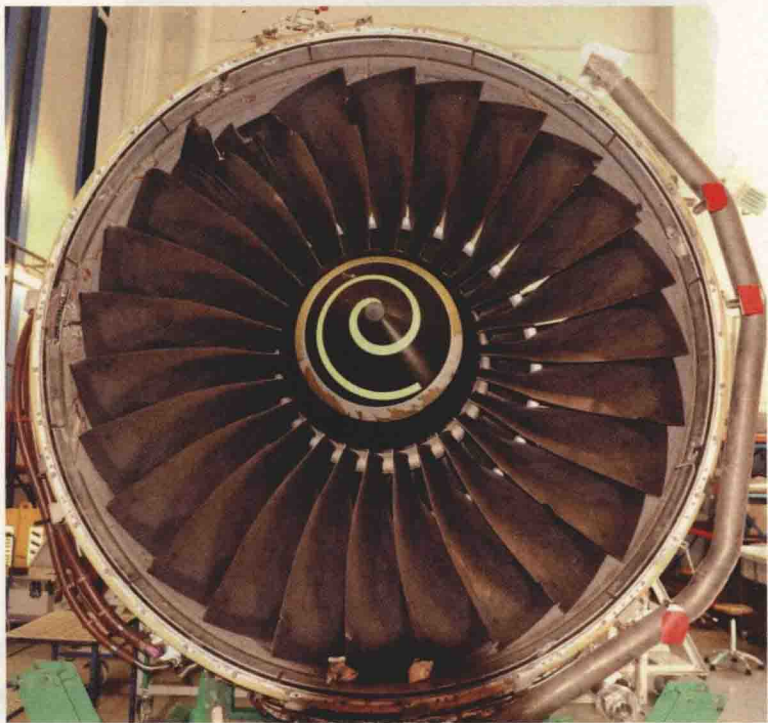


图 1.10 某发动机 FOD 损伤形貌

1.3 FOD 事件统计与分析

1992—1994 年间，航空运输协会统计了参与的成员航空公司的 FOD 事件报告及其原因，结果见图 1.11，其中不明 FOD 占 73.4%，野生动物占 12.7%，冰和硬物体占 10.2%，软物体占 3.4%，雷击占 0.2%。

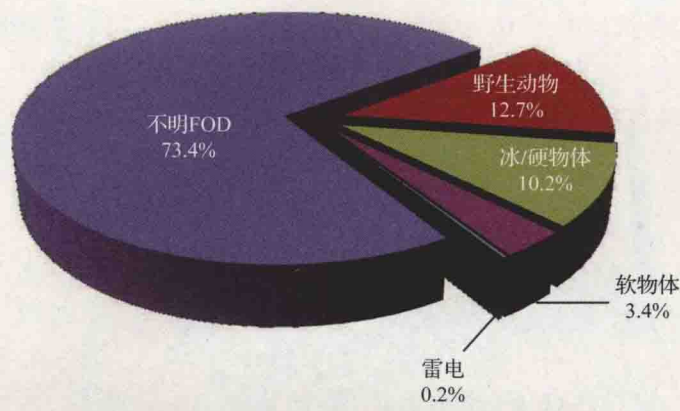


图 1.11 FOD 事件中原因分布图

1.3.1 轮胎 FOD 事件统计

2008 年民航局机场司对全行业运输飞机的轮胎扎伤情况及原因进行了专项调研，统计数据表明，2007 年 5 月至 2008 年 5 月全国共报告 4564 起轮胎扎伤事件，轮胎扎伤总数占统计期间所有拆换轮胎总数比例在 6%~13% 之间，而扎伤数占非正常拆换总数的比例普遍较高，大多数航空公司大于 30%。国外某轮胎生产厂家的扎伤拆换数约占拆换总数的 3.9%，欧洲某短途航空公司的比例为 1.2%，低于我国的比例。根据波音公司的一份统计报告，在 B737 机型上轮胎 FOD 损伤占到所有轮胎失效原因的 13%，胎压维护原因占到 20%，轮胎制造原因（包括制造缺陷、NDT 检查不充分、翻修质量）占到 33%，如图 1.12 所示。而某品牌轮胎 FOD 损伤占到所有轮胎损伤事件（不包括正常磨损拆换的轮胎）中的 27%，人字纹损伤也占到 27%，充气压力低占到 9%，如图 1.13 所示。当轮胎胎面甩脱或发生爆胎时，航空器最容易被轮胎碎片击伤的部位是扰流板/襟翼/机翼，其次是起落架舱门，再其次是液压系统，也可能对航空器无损伤，如图 1.14 所示。

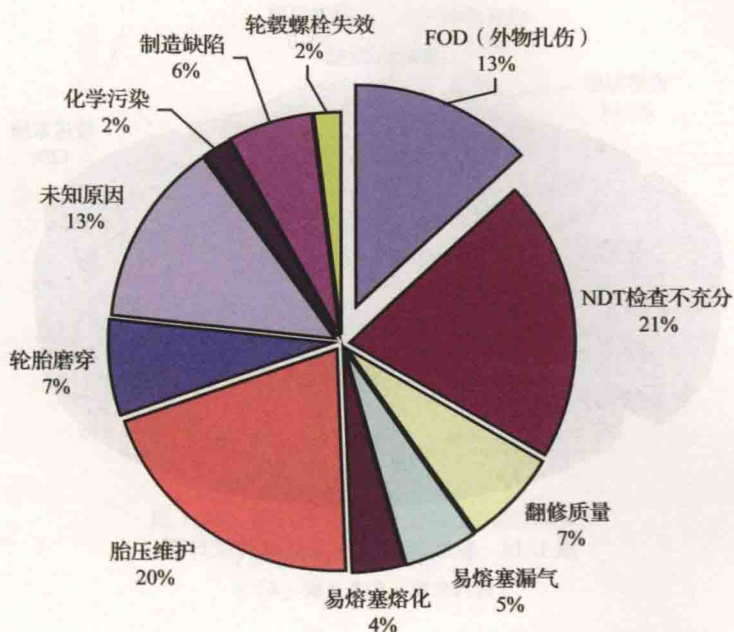


图 1.12 轮胎失效的各种原因分布图

(资料来源：参考文献 [4])

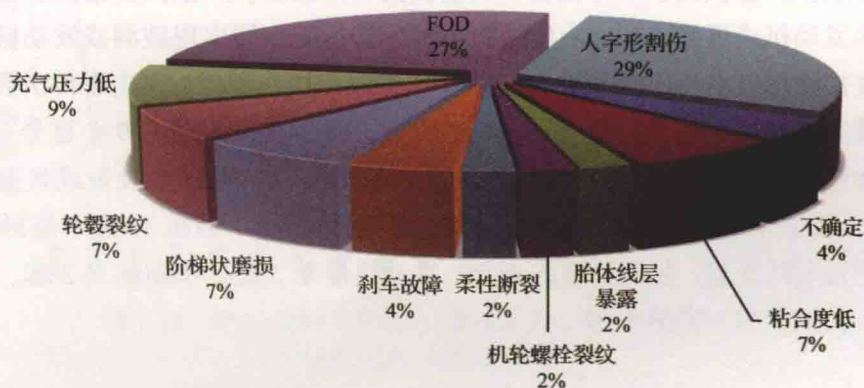


图 1.13 某品牌航空轮胎损伤事件原因分布

(资料来源：Bridgestone 公司)

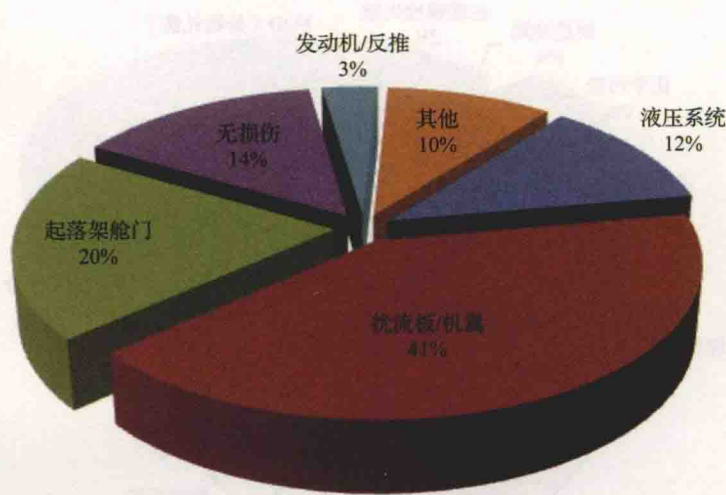


图 1.14 轮胎碎片损伤飞机部件统计图
(资料来源：参考文献 [4])

1.3.2 鸟击 FOD 事件统计

按航空器受鸟击的损伤程度，中国民航鸟击航空器防范信息网将鸟击事件划分为四个等级：严重损伤、中等损伤、轻度损伤和无损伤。严重损伤指航空器严重损坏、更换发动机或更换 6 片以上叶片；中等损伤指航空器出现破洞或发动机叶片损伤；轻度损伤指航空器出现凹坑。2011 年中等以上损伤程度的鸟击事件次数占全部鸟击事件次数的比例为 6.3%，见图 1.15 所示，较 2010 年降低 0.9 个百分点，这一比例自 2002 年以来一直保持在较低的水平，见图 1.16。明确提及造成负面后果的共 65 起，较上年增加 23 起，其中，导致航班延误 28 起、换机 13 起、航班取消 11 起、预防性着陆 9 起、发动机吸入 4 起、发动机停车 3 起、中断起飞 2 起、视觉模糊 2 起、其他 9 起，见图 1.17。