

The Study of the Suitability of the Current Transport Aircraft Bird-Strike Airworthiness Regulations under the Condition of Our Country

Yan Su¹, Chenxuan Gu¹, Shunan Dai², Hui Wang¹

¹Civil Aviation Institute, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu

²Aircraft Airworthiness Certification Centre of Shanghai, Civil Aviation Administration of China, Shanghai

Email: suyannj@nuaa.edu.cn

Received: Jul. 7th, 2017; accepted: Jul. 25th, 2017; published: Jul. 28th, 2017

Abstract

This paper studied the amendment background and amendment basis of FAA's transport aircraft bird-strike airworthiness regulations, analyzed Chinese and American bird environment characteristics, summarized and compared Chinese and American bird strike data in recent years. The suitability of the current transport aircraft bird-strike airworthiness regulations is analyzed under the condition of our country. It provides reference for amendment the bird-strike airworthiness regulations.

Keywords

Transport Aircraft, Airworthiness Regulations, Bird-Strike

我国运行环境下运输类飞机鸟撞适航条款适宜性研究

苏 艳¹, 顾晨轩¹, 戴顺安², 王 辉¹

¹南京航空航天大学民航学院, 江苏 南京

²中国民用航空上海航空器适航审定中心, 上海

Email: suyannj@nuaa.edu.cn

收稿日期: 2017年7月7日; 录用日期: 2017年7月25日; 发布日期: 2017年7月28日

摘要

本文通过研究FAA运输类飞机鸟撞适航条款制定背景与修订依据,分析中国与美国鸟环境特点,总结对比了近年来中国和美国的鸟撞数据,分析了现行运输类飞机鸟撞适航条款在我国运行环境下的适宜性,为民航鸟撞适航审定指南提供修订参考。

关键词

运输类飞机, 适航规章, 鸟撞

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

鸟撞对于航空业来说是一个持续增长的安全和经济问题。面对目前和未来飞机运行环境内的鸟撞风险,世界上各国的适航当局都定制了一系列条款来提高飞机对鸟撞的抵抗能力。我国运输类飞机适航规章CCAR-25部主要是参考美国FAR-25的适航规章而形成的,在鸟撞适航条款修订方面也同样采取跟踪、参考的方式,鸟撞条款修订方面缺少经验[1]。由于我国的鸟群分布等特点不等同于美国,而我国鸟撞事故征候占总事故征候总数的比例高(2011年达58.50%,2013年达57.97%),且鸟撞发生次数或鸟撞引起的事故征候均呈逐年上升的趋势[2]。因此,有必要分析与研究现行适航规章在我国运输类飞机运行环境下的适宜性,目前国内还缺少这方面的研究。

本文通过跟踪美国联邦航空管理局(Federal Aviation Administration, FAA)的鸟撞适航条款制定背景与修订依据,研究分析中国与美国鸟环境特点,与美国鸟环境进行对比,分析我国参考美国FAR-25的适航规章而形成的鸟撞适航条款在我国运行环境下的适宜性,为民航鸟撞适航审定指南提供修订参考,促进我国适航标准的制定/修订能力、审定能力和航空安全水平的提高。

2. FAA 鸟撞适航条款制定背景与依据

作为世界上适航的权威机构,FAA很早就意识到鸟类对飞机带来的风险并研究制定了一系列规章提高飞机对鸟撞的抵抗力。FAA对于适航规章的制定有一套较为完善的程序。对于大型运输类飞机,美国的适航规章FAR25中的FAR25.571条损伤容限、FAR25.631条鸟撞损伤、FAR25.775条风挡和窗户等对飞机的抗鸟撞能力提出了要求[3]。

美国的鸟撞适航规定基本来源于飞机事故的发生。20世纪70年代,FAA对1969年F-111机翼转轴接头断裂、1970年F-5A机翼断裂等航空事故进行了分析总结,在飞机服役经验的基础上认为有必要将运输类飞机的结构设计成能抵抗鸟体或从螺旋桨等高速旋转机械飞出的碎片的冲击。1976年FAA全面修订了FAR25.571条,对运输类飞机增加了鸟撞等离散源损伤的评定要求[4]。

1962年一架“子爵号”飞机在大约6000英尺的高度巡航飞行时,与一只天鹅(12~17磅)相撞,撞击造成了飞机左侧水平尾翼和升降舵的损伤,飞机随后失去控制而坠毁,机组和乘客全部遇难[5]。FAA对当时已有的鸟撞数据进行了统计分析,根据统计结果,FAA认为可能撞击飞机的鸟的重量上限为8磅,

超过 8 磅重的鸟撞情况是很稀少的。FAA 增加了第 25.631 条要求飞机尾翼结构的设计必须保证飞机在海平面上与 8 磅重的鸟以 Vc 速度相撞之后, 仍能继续安全飞行。

在其他一些鸟撞事件中, 飞鸟穿透了风挡并造成机组人员受伤。为了防止此类事件的再次发生, FAA 引入了 FAR25.775 条, 要求飞机在海平面上与 4 磅的鸟以 Vc 速度相撞后, 挡风玻璃和它的支撑结构能够不被击穿。

3. 中国和美国鸟环境分析

3.1. 美国鸟环境分析

根据 FAA 发布的美国野生动物撞击航空器报告, 2014 年全美共发生鸟撞事件 13668 起, 其中 581 起对航空器造成了实质损伤, 据计算大约造成了 2.08 亿美元的直接或间接经济损失, 鸟撞已经是威胁美国航空安全的重大威胁之一。然而根据目前相关的研究表明美国民航飞机遭遇鸟撞的危险仍在增加, 特别是大型鸟类的威胁。

1990 年到 2013 年美国民用飞机野生动物袭击事件报告表明在过去几十年的飞机撞击事件中, 许多大型鸟类的物种数量明显增加, 并且它们适应了包括机场在内的城市生活[6]。Dolbeer 等人统计定居在美国和加拿大的加拿大黑雁的数量从 1980 年的 50 万增加到了 2013 年的 380 万。同一时间段内, 北美雪雁的数量大约从 210 万增加到了 660 万。其他大型鸟类的数量也得到了显著增加。包括秃鹰(6.4%的年增长率), 野火鸡(9.5%), 土耳其秃鹰(2.7%), 美国白鹈鹕(7.9%), 双冠鸬鹚(6.1%), 沙丘鹤(5.9%), 大蓝鹭(1.2%), 和鱼鹰(3.0%)。2013 年, Dolbeer 和 Begier 调查了北美 21 种平均体重大于 4 磅, 并在 1990 年到 2012 年间至少发生过 10 起民用飞机鸟撞事件的鸟类数量和种群趋势。在这 21 种鸟中, 有 17 种鸟类从 1990 年到 2012 年数量净增长了 17 万只[7]。此前也有研究记载表明北美 90% 以上平均质量大于 8 磅的鸟类从 1970 年到 90 年代初数量已经得到明显增长。

3.2. 中国鸟环境分析

我国在动物地理区划上属于古北界和东洋界, 广袤的地域和多样的环境为鸟类生存和繁衍提供了得天独厚的条件。虽然由于环境污染等问题, 我国的鸟类多样性正在减少。但是由于我国上世纪 90 年代后实行枪支管制等措施, 1970 年到 2010 年间, 我国留鸟种群数量却上升了 42.76%。

自 1990 年以来, 中国民航鸟撞事件与鸟撞事故征候总体上均呈上升趋势。2013 年, 中国民航共统计到鸟撞 3124 起, 较上年增长 20.02%, 构成事故征候 160 起, 占有事故征候总数的 57.97%, 是第一重大事故征候类型[2]。

根据 2007 到 2013 年的《中国民航鸟撞航空器信息分析报告》, 中国鸟撞的多发物种有家燕、家鸽、麻雀、红隼及蝙蝠等。这些物种在我国各地区、不同时段表现出不同的生活习性和行为特点, 因不同的诱因来到机场及周边区域活动, 对航空安全的与飞机威胁情况也各不相同。但是这些物种普遍体积较小, 飞行高度较低, 给民航飞机带来的危险相对较低。

从地域上来看, 由于生态环境良好、候鸟活动集中且机场分布密集、起降架次数多等自然环境和运行环境特点, 华东、中南、华北地区的机场所面临的鸟撞问题更为复杂, 形势更为严峻, 尤其华东和中南地区也是机场责任区鸟撞和鸟撞事故征候连年多发的区域[2]。

未来几年内, 我国航空运输市场仍将保持高速增长态势。航班量的快速增长, 使用高涵道比发动机的大型航空器日益增多, 同时我国生态环境在逐步改善, 这些因素共同加剧了鸟类对民航飞行安全的威胁, 给鸟撞防范工作提出了更高的要求。

4. 鸟撞数据统计分析

从 FAA 每年发布的鸟撞报告来看,鸟撞事件起从 1990 年的 1851 起到 2014 年的 13,668 起增长了 7.4 倍。其中 2014 年撞击事故的总数是 13,668 起,比 2013 年的 11,401 起增加了 2267 起。虽然报告的鸟撞事件的数量在稳步增加,但是自 2000 年以来,报告的危害性鸟撞事件的总数实际上在下降。鸟撞报告的数量从 2000 年的 6009 到 2014 年的 13,668 增加了 127% ,而危害性鸟撞的数量却从 764 到 581,下降了 24% (见图 1)。

中国的鸟撞事件数量从 2005 年的 180 起增长到了 2014 年的 3375 起,同时鸟撞事故症候从 39 起增长到了 187 起(见图 2)。虽然中国鸟撞事件和鸟撞事故症候的数量都在迅速增加,但是鸟撞事故症候占鸟撞事件总数的百分比却在下降。

在鸟撞发生的高度和飞行阶段方面,中国和美国的鸟撞事件体现出了相同的特征(见图 3, 图 4),绝大多数的鸟撞事件发生在起飞、爬升、进近和着陆阶段,这些飞行阶段离地面较近,飞机速度较低,

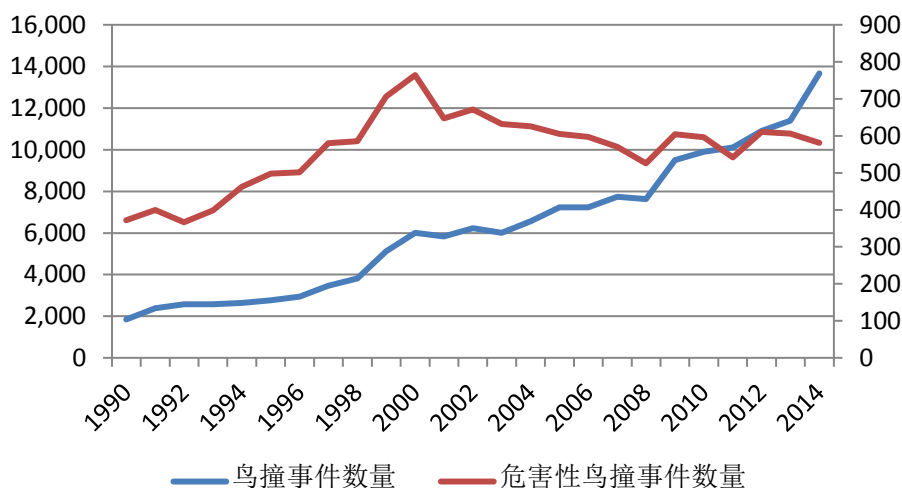


Figure 1. 1990~2014 number of bird strike in the United States

图 1. 1990~2014 美国鸟撞事件数量

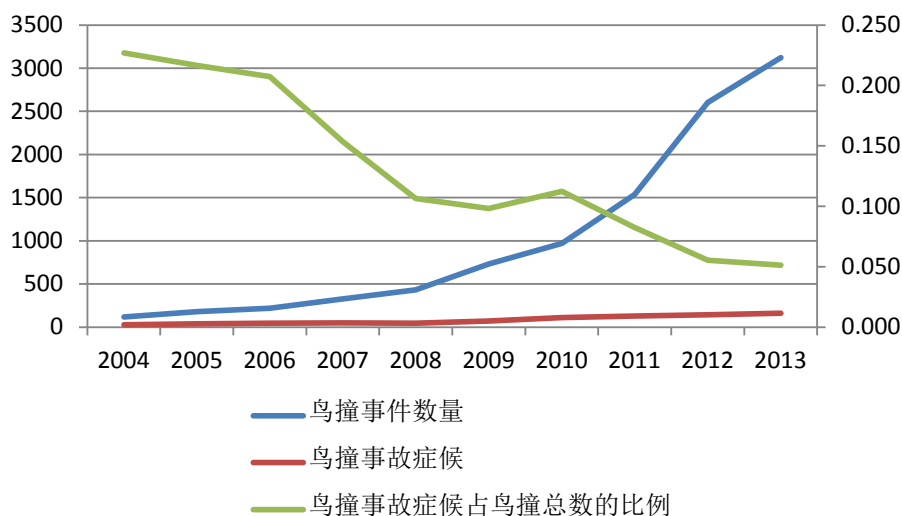


Figure 2. 2004~2013 number of bird strike in China

图 2. 2004~2013 年中国鸟撞事件数量

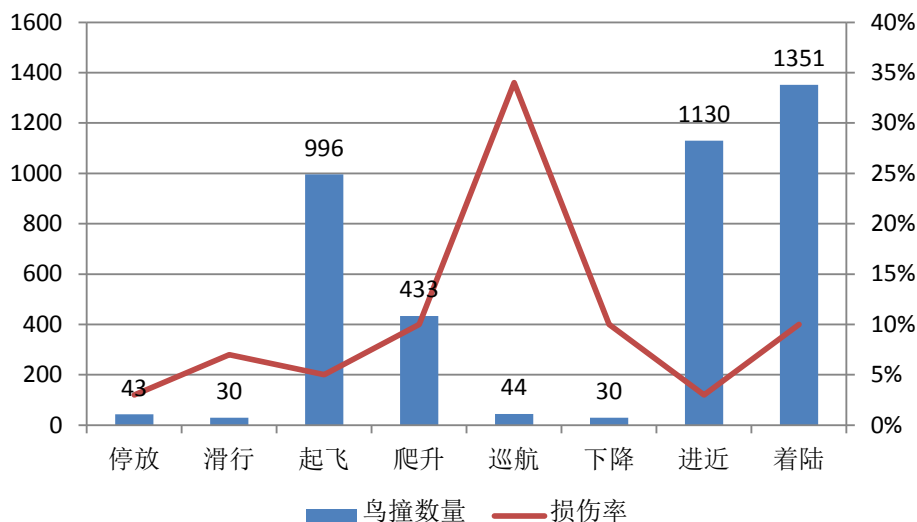


Figure 3. Flight phase of bird strike in the United States
图 3. 美国鸟撞飞行阶段

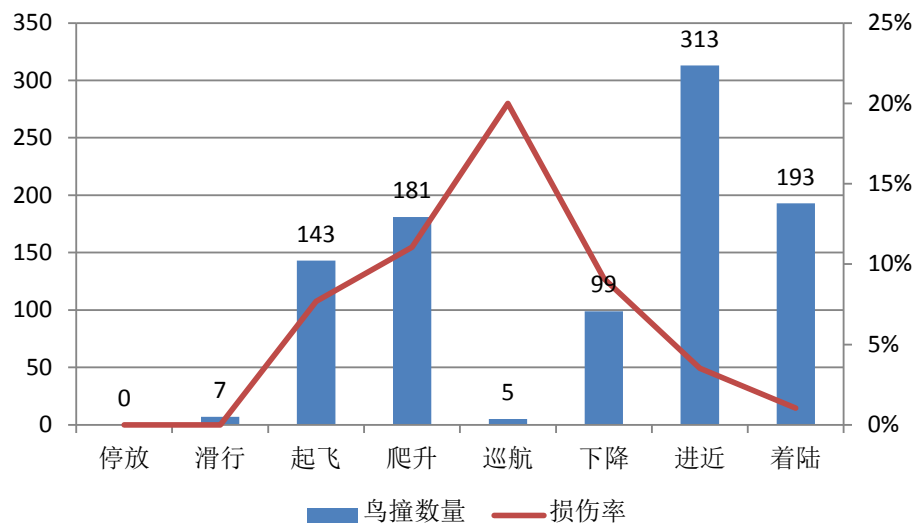


Figure 4. Flight phase of bird strike in China
图 4. 中国鸟撞飞行阶段

鸟撞对飞机带来的危害较小。事实上，根据美国和中国的鸟撞统计数据，90%以上的鸟撞属于能量较小的低速撞击，没有对飞机造成损伤。而在巡航阶段，飞机速度较快，鸟撞事件的能量值较大，此时鸟撞容易对飞机造成严重损伤并导致事故发生。

在鸟撞部位方面，中国和美国的鸟撞事件规律相近(见图 5)，主要都集中在发动机、机翼/旋翼、雷达罩、风挡等部位。以 2013 年中国鸟撞的数据为例，接近 80%的鸟撞事件发生在上述部位。而鸟撞事故征候主要发生在发动机、机翼/旋翼、雷达罩和机尾等部位(见图 6)。发动机发生鸟撞的比例最高是因为发动机的结构、部件和运转特点导致飞鸟不仅可能飞进发动机，还有可能被吸入发动机，而且飞鸟一旦击中发动机，很容易造成发动机受损，因此鸟撞事故征候的比例也较高。另外，鸟撞机尾、机翼/旋翼等部位时造成的事故征候率较高，尤其机尾发生鸟撞比例较低但鸟撞造成的事故征候率最高，可见这些部位一旦发生鸟撞，往往对飞机造成严重的损伤。

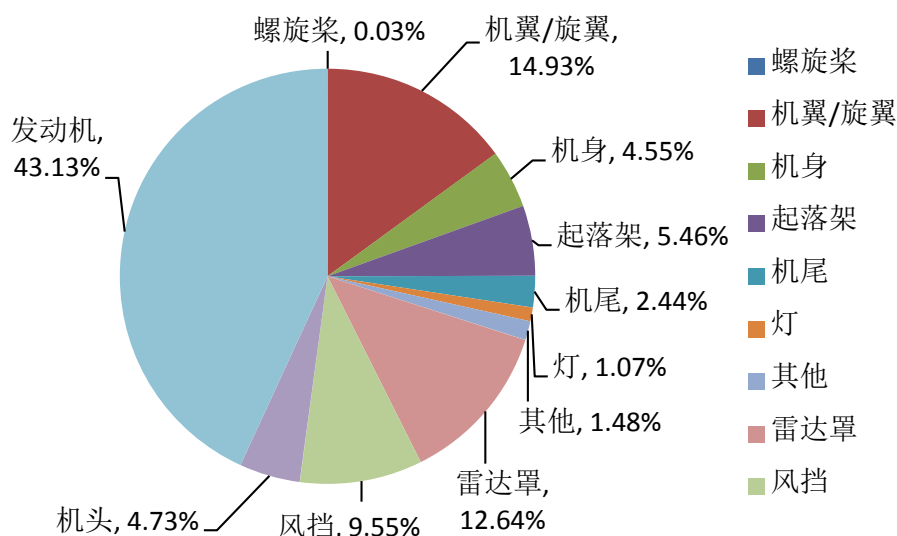


Figure 5. Impact position of bird strike in China in 2013
图 5. 2013 年中国鸟撞撞击部位

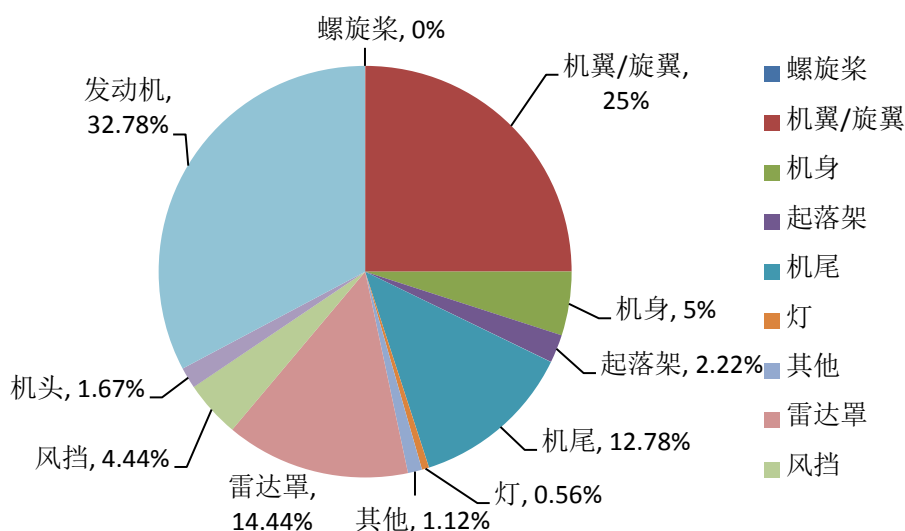


Figure 6. Impact position of bird strike incident in China in 2013
图 6. 2013 年中国鸟撞事故症候撞击部位

在鸟撞物种方面, 2014 年美国有 330 种鸟类被鉴定出涉及民用飞机鸟撞事件, 其中鸽子(14%), 海鸥(13%), 猛禽(13%), 水鸟(8%), 和水禽(6%)是发生鸟撞最频繁的鸟类, 海鸥和猛禽发生的鸟撞数量是水禽的 2 倍以上, 但是水禽造成的损伤性鸟撞数量却是最多的(13%), 这是因为加拿大雁等大型鸟类占了其中很大部分。中国目前的鸟撞残留物提交率较低, 2014 年中国民航鸟撞残留物鉴定重点实验室共接收到机场提交的 357 份鸟撞残留物, 仅占全年鸟撞总数的 10.58%, 其中只有 49 起确定了鸟撞物种, 涉及的鸟类主要包括麻雀、燕子、鸽子等小型鸟类。

5. 适宜性分析

美国和中国的鸟撞数据表明虽然鸟撞事故的数量在不断增加, 但是造成实质损伤的鸟撞事件数量并没有上升, 反而有所下降, 这表示目前的鸟撞适航规章和机场驱鸟等防范措施等取得了一定成效。此外,

研究表明鸟撞能量是鸟撞危险性是很好的衡量指标,目前能量超过适航审定标准的鸟撞事件大约占鸟撞总数的0.3%,所有导致飞机鸟撞事故发生的鸟的质量都超过了0.78千克,其中大多数都涉及到了很高的动能值,远超过当前的审定标准,但这些高能量的鸟撞事件是很少见的。根据统计数据,目前运输类飞机鸟撞事故发生率约为 3×10^{-9} 每飞行小时,远低于那些缺乏适航规章保护的飞机类型,也符合民航业对于安全性的要求。上述情况都表明在现行环境下目前运输类飞机的适航规章提供的安全水平是充足的,有效地降低了鸟撞对民航飞机带来的威胁。

中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China, CAAC)目前使用的是FAA的适航规章,规章的改变也是随着FAA的修订而进行的,CAAC目前还缺乏自己制定适航规章的能力。但是我国的鸟类特点与美国存在差异,我国鸟种类较少,同种群鸟规模较小,且大部分鸟种体型较小。美国的鸟类以加拿大雁等大中型鸟类为主,同种群鸟规模大,且大型鸟类的数量仍在不断增加。因此,就鸟类环境而言,美国的鸟撞适航规章在我国也能提供较高的安全水平。

另外值得注意的是,目前FAA对飞机尾翼采用的是8磅的鸟撞标准,而EASA采用的是4磅的标准,两者存在差异,虽然FAA和EASA为了统一标准做了多年努力,但是始终无法达成一致。而飞机服役经验表明从美国子爵号事故之后,世界范围内没有因为鸟撞尾翼导致运输类飞机重大损伤的例子。因此,有必要从经济性和安全性的角度来评估在我国的飞机运行环境下尾翼8磅的要求是否合理。

飞机的安全性评估可以通过试验和仿真来进行验证。鸟撞冲击能量可以由公式 $E = \frac{1}{2}mv^2$ 得到,按照如果重4磅的鸟在飞机飞行速度为 V_c (147.63 m/s)时撞上飞机,撞击时的鸟撞冲击能量约为19,724焦耳;如果重8磅的鸟在飞机飞行速度为 V_c (147.63 m/s)时撞上飞机,撞击时的鸟撞冲击能量约为39,557焦耳。试验和仿真的结果可以给出不同部位及结构在遭受一定能量的鸟撞后,产生不同程度地损伤,计算出结构的剩余强度,再结合试验或仿真时的鸟撞冲击能量区间,就可以得出剩余强度对应的概率区间。根据剩余强度与安全性的关系,从而可以计算出特定的抗鸟撞设计条件下对应的安全风险。

鸟撞条款的经济性评估需要综合考虑飞机的维修成本和设计成本,不同的设计要求不同下的设计制造方案不同,对应的设计制造成本也不同。同时不同的设计制造方案使得飞机结构在经历鸟撞后会产生不同的损伤情况,显然对应的修理成本不同。因此,可以计算得到不同的设计制造方案的总成本,并从经济学角度可以选出最优的设计制造方案。

6. 总结和展望

根据鸟撞事件的统计数据,现行的鸟撞适航标准为运输类飞机提供了较高的安全水平,但是鸟撞适航标准应根据鸟类数量和质量的变化而改变。

北美(FAA和加拿大运输部)和欧洲(EASA)已经开始讨论为了质量更大的鸟和多鸟撞击修改现行4磅和8磅的测试标准,我国应该学习国外先进的规章制度流程,在结合具体鸟环境的条件下考虑是否需要修订鸟撞标准以提高航空安全水平。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(U1233114), 民航科技重大专项项目(MHDR20150103)。

参考文献 (References)

- [1] 中国民用航空局. CCAR-25-R4-2011 中国民用航空规章第25部运输类飞机适航规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
- [2] 中国民航局机场司. 2013年中国民航鸟撞航空器事件分析报告[R]. 北京: 中国民航科学技术研究院, 2014.

-
- [3] Federal Aviation Administration (2015) 14 CFR Parts 25, Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes. Federal Aviation Administration, Washington DC.
 - [4] 冯振宇. 运输类飞机适航要求解读(第2卷: 结构) [M]. 北京: 航空工业出版社, 2012.
 - [5] 杨建忠. 运输类飞机适航要求解读(第3卷: 设计与构造) [M]. 北京: 航空工业出版社, 2012.
 - [6] Richarda, D. and Paul, E. (2002) Have Population Increases of Large Birds Outpaced Airworthiness Standards for Civil Aircraft. University of Nebraska, Lincoln.
 - [7] Dolbeer, R.A. (2011) Increasing Trend of Damaging Bird Strikes with Aircraft Outside the Airport Boundary: Implications for Mitigation Measures. *Human Wildlife Interactions*, **5**, 235-248.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jast@hanspub.org