

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2016.03.001

全球飞机拆解行业发展综述

Review of Global Aircraft Dismantling Industry Development

罗继业 / LUO Jiye

(中国商用飞机有限责任公司, 上海 200120)

(Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd., Shanghai 200120, China)

摘要:

作为飞机全寿命周期管理的最后一环,飞机拆解业务(Aircraft Dismantling / Disassembly)逐渐兴起,越来越受到关注,市场前景也颇为明朗。从飞机拆解的概念、发展出发,阐述了飞机拆解的价值、流程,介绍了全球飞机拆解行业的参与主体和相关飞机拆解项目,并对飞机拆解市场进行分析,最后对行业发展做出展望。

关键词: 飞机拆解; 回收; 市场; 行业

中图分类号: F407.5

文献标识码: A

[Abstract] As the final part of the aircraft life cycle management, aircraft dismantling is an emerging industry with a wide market prospect, which has become more attractive. This article is all about aircraft dismantling, from the perspective of its concept and development. The value and process on aircraft dismantling were expounded. The worldwide participant and relevant projects about aircraft dismantling were introduced, and its market was analyzed. At last, the industry was looked ahead for its future.

[Keywords] aircraft dismantling; recovery; market; industry

1 飞机拆解概述

1.1 基本概念

飞机拆解(Aircraft Disassembly/Dismantling)是指利用专业的技术和设备,将老旧飞机化整为零。拆解所得的零部件和航空材料可以在维修、检测、认证后重新回到国际航材市场或进入其他行业循环利用^[1]。飞机拆解行业是21世纪初诞生的新兴产业,起源于欧美国家,其形成和发展来源于全球飞机退役趋势的加快和低碳环保的需要。

起初,飞机拆解都是由废品公司来完成的,零部件直接当废金属处理。但随着退役飞机数量的增加,拆解业务增多,收益也颇为可观,许多企业加入此行业。目前,除维修企业外,波音、空客等飞机制造商也竞相进入这一领域。

通常情况下,占飞机重量40%~50%的飞机零部件可经过拆解和认证后作为二手零部件重新出售(各类客机拆解后可再销售的零部件与报废零部件的

比例见图1),剩下的不能再使用的零部件会被处理掉或是作为原材料回收再利用。随着技术的发展,报废零部件的比率正逐步下降,再利用比例(重量比例)则已经从原先的80%增长到90%以上。

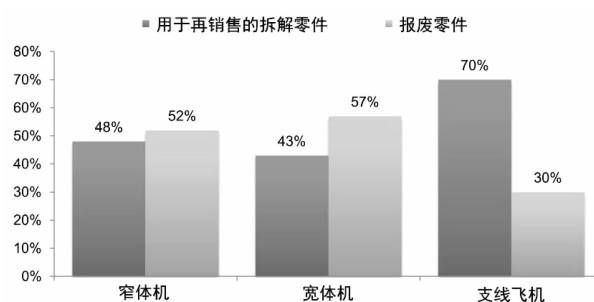


图1 各类客机拆解后可再销售的零部件与报废零部件的比例(重量比例)

1.2 飞机拆解的流程

不同类型的飞机在材料结构、种类、成分等方面有明显区别,因而拆解作业流程也不同,随着拆解实践的不断深入和对智慧拆解、绿色拆解的要

求,拆解工艺流程不断得到优化。一般来说,飞机拆解遵循先由整机拆成总成,由总成拆成部件,再由部件拆成零部件的原则,部分设备直接销售,部分设备和零部件可经过修复、认证后销售,飞机上的金属、碳纤维等材料则通过新技术实现高值利用。一般来说,飞机的拆解流程如图 2 所示。



图 2 飞机拆解流程

2 飞机拆解行业的参与主体

飞机拆解行业的参与方主要包括专业飞机拆解公司、飞机维修企业以及主制造商。

2.1 专业飞机拆解公司

通过对全球主要从事飞机拆解和回收的专业公司进行梳理,对其中规模较大的主要 38 家公司按国别分类如表 1 所示。

在上述公司中,55% 的公司位于美国,42% 位于西欧国家,3% 位于中东。而亚洲,尤其是东亚地区的类似拆机企业则十分少,主要飞机拆解和再利用公司地区分布如图 3 所示。此外,这些拆解和回收公司中有 36 家已经加入了飞机回收协会(Aircraft Fleet Recycling Association,以下简称 AFRA)。

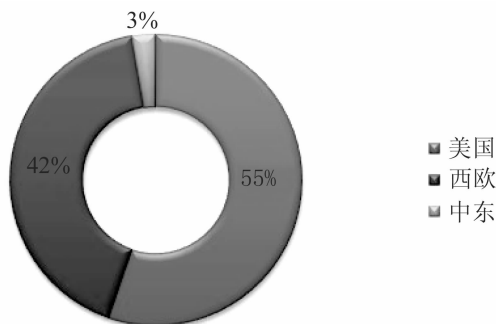


图 3 主要飞机拆解和再利用公司地区分布

2.2 飞机回收协会(AFRA)

AFRA 是飞机拆解及其零部件回收再利用行业的国际非盈利组织。目前,AFRA 有 72 个成员企

业,包括原始设备制造商(OEM)、飞机拆解商、零部件分销商、飞机保险和估价机构。AFRA 囊括了全球绝大多数主要拆解企业,至 2014 年 5 月,这个协会已经拆解了超过 700 架商用飞机和 2 000 多架军用飞机。

2.3 主制造商参与飞机拆解

波音、空客等主制造商虽然没有在内部设立专门的机构从事飞机的拆解与回收业务,但都积极通过项目形式来开展拆解与回收方面的技术研究。空客通过入股成立了专门的试验中心,在拆解与回收实务中走在制造商的前端;波音一方面与拆解回收公司合作探讨最佳拆解与回收方案,共同制定行业规则,另一方面带头研究新型材料的回收技术,开发被拆解零部件的市场;庞巴迪选定拆解飞机的合作伙伴,致力加强回收技术的研究;巴航工业则通过较小的项目在飞机回收的研究上起步。下文将以空客为例进行阐述。

2.3.1 空客 PAMELA 项目

2005 年之前,全球范围内针对飞机材料回收没有非常标准的管理流程。空客从 2005 年开始飞机使用寿命终结的高级管理流程(PAMELA)项目,历时两年,空客以一架 A300 客机做拆解试验机,完成从飞机退役、停放到处理整个过程中的飞机修复、设备零部件拆除以及危险废弃物管理回收等工作。

PAMELA 项目完成了世界上首例整机拆解回收处理工作,建立了适用于一般民机的分类回收方案,规范了飞机零部件及材料的回收途径和方法,制定了飞机拆解回收处理流程(End-Of-Life),把飞机零件的修复利用率提高到 80%,再使用和回收率提高到 70% 以上,大幅减少了制造过程中的能源消耗和二氧化碳排放,有效保护了环境。

PAMELA 的后续计划还包括进一步建立产业标准,争取实现材料的 100% 回收利用。

2.3.2 空客塔布飞机回收与维护中心

塔布飞机回收与维护中心(TARMAC AERO-SAVE)是空客与合作伙伴国际航空电讯协会(SITA)、EADS CCR(EADS Corporate Research Centre,原 EADS 企业研发中心)、Sogerma Services(索加玛公司)和 the Préfecture des Hautes-Pyrénées(法国上比利牛斯省)一起在塔布机场(法国西南)建立的专门的实验中心,旨在寻找安全、环保的方式退役

表 1 全球主要飞机拆解和回收公司

序号	公司名称	简介	国家
1	ADI-Aircraft Demolition & Recycling	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	美国
2	Aero Liquidation	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	美国
3	AerSale	飞机售后服务和航材提供商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
4	Aircraft Demolition	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	美国
5	ARC Aerospace Industries	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	美国
6	Ascent Aviation Services	飞机维修商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
7	Av-Air, Inc.	飞机售后产品和服务供应商,主营飞机拆解、租赁及托管业务	美国
8	BonusTech	发动机维修商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
9	CAVU Aerospace	专门从事飞机拆解的企业	美国
10	GA Telesis	航材供应商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
11	GECAS Asset Management Services	融资租赁企业,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
12	Hondo Aerospace	航材供应商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
13	Honeywell Aerospace Trading	航材供应商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
14	Magellan Aviation Services	售后服务供应商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
15	Marana Aerospace Solutions	飞机维修商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
16	MD Turbines	专门从事发动机拆解的企业	美国
17	Southern California Aviation	飞机和发动机储存、维护和拆解服务提供商	美国
18	Stewart Industries	飞机维修商,兼营飞机拆解和再利用业务	美国
19	Universal Asset Management	航空资产管理公司,业务包括飞机拆解	美国
20	VAS Aero Services	航空零件和服务提供商,兼营飞机拆解业务	美国
21	Avocet Capital, LLC	从事商用飞机融资和拆解	美国
22	Air Salvage International	专业飞机拆解公司	英国
23	Apple Aviation	飞机维护服务供应商,主营业务包括飞机拆解	英国
24	ECube Solutions	主营业务为飞机拆解和提供飞机储存场地	英国
25	GJD Services	从事飞机退役、飞机维修、飞机资产管理、飞机拆解和再利用业务的企业	英国
26	KLM UK Engineering	飞机维修商,业务包括飞机拆解和再利用	英国
27	Orange Aero	涡轮喷气发动机部件拆解和供应商	英国
28	Rotable Solutions	从事飞机融资租赁、飞机拆解业务的企业	英国
29	Sycamore Aviation	专门从事飞机再利用业务的企业	英国
30	United Recovery & Recycling	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	英国
31	Valliere Aviation Group	主营飞机维修、飞机拆解、飞机零件销售业务	法国
32	Tarmac Aerosave	主营飞机存储、维修、拆解和再利用业务	法国
33	Rheinland Air Service GmbH	飞机维修商,兼营飞机拆解	德国
34	JALFRA	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	意大利
35	JMV Aviation	飞机融资租赁企业,兼营飞机拆解业务	卢森堡
36	AELS-Aircraft End-of-Life Solutions	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	荷兰
37	Pastoor Aero	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	荷兰
38	Falcon Aircraft Recycling	专门从事飞机拆解和再利用业务的企业	阿联酋

和循环利用飞机的方法。该公司于 2009 年 2 月正式运营,截至目前已完成了 12 架飞机的拆解工作,计划今后飞机拆解能力达到每年 20~30 架。目前已完成一个 A380 静压测试结构段的拆解,目的是测试和评估塔布飞机回收与维护中心对新合金的回收能力。结果证明,大约 98% 的金属零部件可以被回收。

除空客自己生产的机型外,塔布飞机回收与维护中心还拆解过福克 100、DC-9、波音 737-400 等机型,其拆解流程与 PAMELA 项目流程相似。由于一些复杂的多功能复合材料中包含嵌入式铜网、传感器、加强层和涂层等,给回收造成了难度。所以该公司发起了一个材料回收项目,参与者有 Bordeaux 大学(波尔多大学)、法国国家科学研究院(Centre national de la recherche scientifique,以下简称 CNRS)、EADS 和 Snecma(法国斯奈克玛公司)等企业,主要进行溶剂分解作用的测试,以获得将碳纤维从树脂中分解出来的最佳方法。

3 全球飞机拆解市场分析

3.1 市场规模

飞机拆解行业产值高,且拆解量呈上涨趋势,这使得飞机拆解企业的收入可观,市场规模也不断扩大。

3.1.1 拆解数量

根据 2014 年 AFRA 对其部分成员公司的调查(共有 37 家成员公司参与调查),2012 年和 2013 年飞机拆解行业总拆解量约为 860 架,2012 年在 390 架左右,2013 年则将近 470 架,数量呈上升趋势。据 AFRA 预测 2014 年~2016 年,全球将会有 1 200~1 800 架飞机被拆解。

3.1.2 市场收入

根据 AFRA 协会中拆解与回收公司提供的数据,2012 年和 2013 年一架退役飞机的平均买入价是 160 万美元(未限定飞机类型),但这个平均值未来将会有所提升,可能介于 100~3000 万美元之间。窄体机和支线喷气机的平均拆解费用分别是 7.4 万美元和 4.9 万美元,宽体客机则为 10.2 万美元。窄体机和支线飞机平均有 1 000 个需要拆除的零部件,价值总和约为 150 万美元。而宽体机平均有 1 300 个需要拆除的零部件,约价值 250 万美元。发动机的平均可拆解零件数大概为 400 个,价值总和

在 150~600 万美元之间(见表 2,其中飞机的拆解费用与销售收入均未将发动机计算在内)。

表 2 飞机/发动机平均拆解费用与平均零部件销售收入(万美元)

	费用/收入	窄体机	宽体机	支线飞机
飞机	拆解费用	7.4	10.2	4.9
	销售收入	150	250	200
发动机	拆解费用	2.4	3.3	2.3
	销售收入	270	370	150

根据表 2 的数据,假设窄体客机与支线飞机的发动机数为两个,宽体客机为 4 个,可以得出飞机拆解的可能利润(见表 3)。由于退役飞机购入价格是所有机型的平均购入价,所以可能导致窄体机和支线飞机的实际利润大于表 3 中得出的结果,而宽体机实际利润则在一定程度上小于表 3 中结果。但仍可以看出飞机拆解业务的投入与产出对比明显,利润空间很大,同时还可拉动周边产业的产值,如物流、维修等。

表 3 飞机拆解利润(万美元)

	窄体机	宽体机	支线飞机
所有机型平均购入价	160	160	160
总拆解费用	12.2	23.4	9.5
总销售收入	690	1 730	500
利润	517.8	1 546.6	330.5

根据国际航空咨询公司(ICF International)的统计,2013 年,飞机二手器材的市场规模接近 35 亿美元,其中包括 22 亿美元的发动机零部件以及 13 亿美元的附件器材。他们还预计,2023 年,二手器材市场规模有望达到 62 亿美元,二手器材市场的年增长率预计为 5.5%。

当前中国飞机拆解产业刚刚起步,但也进行了一些尝试。随着中国航空市场的不断繁荣,十几年后中国将迎来大规模的机队老龄化,如若未来 20 年间从中国市场上退役的客机都流向飞机拆解回收市场,产值将达百亿美元,利润将达 20 亿美元。

3.2 发展前景

3.2.1 发展趋势

全球拆解市场未来主要有以下两点发展趋势:

1) 拆解的飞机数量将越来越多

AFRA 预测未来几年全球拆解量会有大幅度上涨。飞机拆解数量的上涨与全球飞机退役加快有很大关系。2014 年,据空客预测,到 2033 年全球将有 12 355 架商用飞机退役,波音则预测至 2033 年前将会有 15 500 架商用飞机退役。

2) 拆解的飞机将越来越年轻化

一架飞机的飞行年限可达到 25 ~ 30 年,然而过了前几年的使用成熟期后,飞机的维修成本和燃油价格会逐渐增加,安全程度则降低。由于二手飞机市场的存在,飞机可以按一定的价格卖出。于是,当到达一定的阶段时,航空公司综合考虑公司形象、舒适度、信誉以及经济核算等因素,会让飞机提早退役。在过去 10 年中,商用飞机退役的平均年龄下调了 2 年。由于有不少飞机在退役后会进入拆解

市场,所以退役飞机的年轻化趋势也会直接导致需拆解飞机的年轻化。

3.2.2 未来被拆解的主要机型

经过调查,AFRA 总结出未来几年最有可能被拆解的机型(见图 4)。从图中可以看出,B737CL(波音 737 传统型,包括波音 737-100、737-200、737-300、737-400、737-500)和 A320 系列飞机为未来几年最热门的两个候选拆解机型。目前,市场上有 979 架在役 B737CL,另有约 1 000 架已经退役;而 A320 系列飞机有 6 133 架在运营,约 252 架已经退役。A320 系列的 CFM56 和 IAE V2500 发动机具有很高的拆解价值,占飞机价值的 70% ~ 90%,且内饰、飞机控制系统和金属的回收价值也在 100 ~ 120 万美元之间。

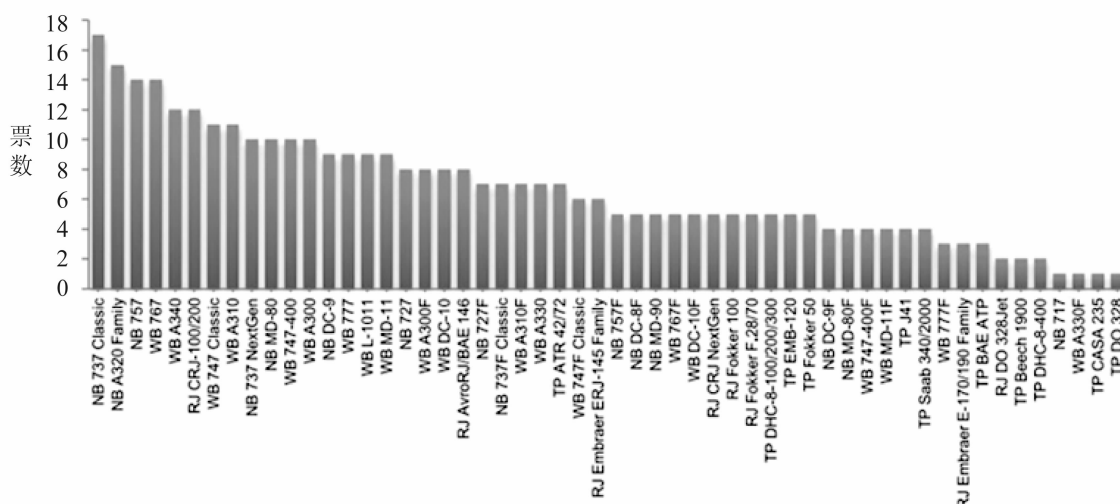


图 4 未来几年可能被拆解的机型的排序

以下是其他未来热门拆解机型的情况:

波音 767-200/-300/ER:市场上现有 118 架 767-200 和 562 架 767-300 正在运行,另有 193 架停飞,140 架已拆解或报废。市场上对该系列飞机搭载的普惠 4000 发动机和 GE CF6 发动机的航材需求很大。

波音 747-400:市场上现有 488 架正在运行,另有 153 架停飞,90 架拆解或废弃。国际上有不少航空公司正在退役这种飞机。在未来的 1 ~ 2 年内,747-400 的零件市场有可能出现饱和。

空客 A330:虽然近两年来才开始被拆解,但机龄已有 17、18 年之久。市场上有 1 138 架在运营,16 架退役。租赁市场对此型飞机的零部件需求旺盛,尤其是普惠 4000 发动机和罗罗遄达发动机的反

推系统和整流罩,市场行情尤为走俏。

3.2.3 未来飞机拆解行业面临的挑战

经过 AFRA 的调查得出,有几个主要的困难将会在未来阻碍拆解公司利益的增长(见图 5)。

1) 复合材料回收(31%)

目前行业面临的最主要挑战是新型航空材料(比如复合材料)回收再利用方法的研发。复合材料,尤其是碳纤维,因其不断提升的结构强度和耐久性,以及相较于铝、钢等传统材料的重量优势,已经成为许多应用工程的优先选择。目前,全球大多数的复合材料没有进入回收再利用的渠道,而是被掩埋处理了。但是随着类似于波音 777、A340 等飞

(下转第 15 页)

参考文献:

[1] Nield B N. An overview of the Boeing 777 high lift aerodynamic design [J]. Aeronautical Journal, 1995, 99 (989) : 361 - 371.

[2] Samareh J A. Survey of shape parameterization techniques for high-fidelity multidisciplinary shape optimization [J]. AIAA journal, 2001, 39(5) : 877 - 884.

[3] Hatanaka K, Obayashi S, Jeong S. Application of the variable-fidelity MDO tools to a jet aircraft design [C]. The 25th International Congress of the Aeronautical Science, 2006.

[4] Jé, r-iuiml, Lé, et al. Optimized nonuniform rational B-spline

geometrical representation for aerodynamic design of wings [J]. AIAA journal, 2001, 39(11) : 2033 - 2041.

[5] 罗钟铉, 孟兆良, 刘成明. 计算几何——曲面表示论及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[6] 颜庆津. 数值分析 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

[7] Woodward C D. Skinning techniques for interactive B-spline surface interpolation [J]. Computer-Aided Design, 1988, 20(8) : 441 - 451.

[8] Piegl L A, Tiller W. The NURBS book [M]. Springer, 1997.

(上接第5页)

机进入回收阶段, 退役飞机的复合材料比例越来越高, 复合材料回收再利用技术的发展迫在眉睫。

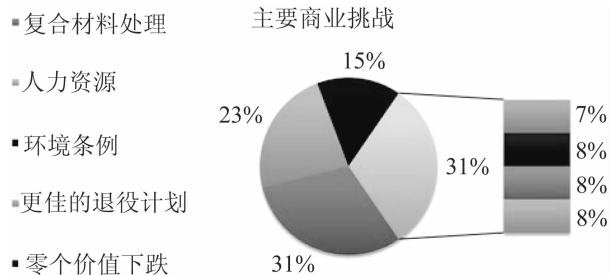


图5 飞机拆解行业未来的挑战

2) 行业内人力资源的短缺(23%)

目前已经有不少公司通过将飞机拆解业务外包给其他公司来解决这一问题。但如果这一问题得不到根本解决, 这些飞机拆解公司的发展将会在接下来的几年中面临瓶颈。

3) 环境条例(15%)

报废飞机含有铅、镉、六价铬等有害金属, 有关部门可能将对飞机材料中有害金属的含量作限制, 并鼓励使用新材料替代这些有害金属, 这将使含有这些有害金属的飞机零部件循环使用的难度增加。

4 结论

对主制造商而言, 飞机拆解不仅意味着可以分一杯羹, 其他方面也大有可为:

1) 深化对飞机产品的理解。飞机拆解是整个产品全生命周期中非常重要的一个环节, 不仅仅关

系到退役飞机材料的回收利用。主制造商参与拆解, 通过信息反馈对新产品最初的设计和制造过程产生重要影响, 为今后设计出更利于回收利用的机型提供了帮助。

2) 深化对产品价值的理解。飞机的价值包括使用价值、残值及残值的处置。飞机残值和资产折旧率对飞机租赁、销售有着重大影响。借助技术、航材、配件方面的优势, 主制造商介入残值处理环节, 可为客户提供保障, 另一方面也能促进飞机的销售。

3) 提供新的盈利点。通过开展飞机拆解业务, 可以循环使用高质量的二手飞机零件, 降低售后服务的成本。在满足自身航材需求的同时, 还可以与航空公司等相关方合作, 增加新的盈利点。同时, 还能拉动周边产业, 如飞机维护维修、部件乃至整机改(组)装、航空物流、技术交流和培训、针对飞机残值的金融产品等。

参考文献:

[1] <http://www.aels.nl/facts-figures/disassembly-vs-dismantling>, 2015.

[2] AFRA, Team SAI. State of the Aircraft Dismantling & Recycling Business [R]. Team SAI, 2014.

[3] 张玲. 飞机拆解与再利用研究进展 [J]. 再生资源与循环经济, 2014, 7(11) : 25 - 27.

[4] <http://www.afraassociation.org/Aircraft Recycling Directory.cfm>, 2015.