

文章编号:1674-8190(2015)04-495-07

中国民航维修业的现状与挑战

郭发展¹, 邹赫², 刘志荣², 朱睿²

(1. 厦门太古飞机工程有限公司 工程部, 厦门 361006)

(2. 厦门大学 航空航天学院, 厦门 361005)

摘要: 中国民航运输业的快速发展, 推动了民航维修业的成长与变革。本文回顾了飞机维修业的发展历程, 分析了飞机维修业基于中国国情的现状特点; 展望了飞机维修业的发展趋势, 包括布局向中西部发展、迎接通航市场、面临机型更新换代的挑战、企业维修资质认可性增强、大型企业进行升级转型、发展“客改货”等业务、涉足设计领域等; 重点分析了人才培养问题, 指出了高校、企业、培训机构在人才培养上的问题和改进方向。

关键词: 民航维修; 通用航空; 人才培养; 中国民用航空规章

中图分类号: V267⁺.4

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2015.04.016

Current Situation and Challenges of the Civil Aviation Maintenance Industry in China

Guo Fazhan¹, Zou He², Liu Zhirong², Zhu Rui²

(1. Engineering Department, Taikoo(Xiamen) Aircraft Engineering Co., Ltd., Xiamen 361006, China)

(2. School of Aerospace Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The rapid development of China's civil aviation transportation industry promotes the growth of civil aviation maintenance industry. The development mode of aircraft maintenance organization is reviewed, the current situation based on Chinese characteristics is analyzed. The trend of the development is prospected. It is indicated that the layout of the development is expanding to the central and western regions and the enterprises is facing the challenge of upgrade. Finally the problems of talent training are focused on, and the training problems of colleges, universities, enterprises and training institution are pointed out.

Key words: civil aviation maintenance; general aviation; personnel training; CCAR

0 引言

中国航空产业近年来蓬勃发展, 航空运输量快速增长, 正在大力自主研发大飞机和发动机, 航空梦鼓舞人心。航空维修业是关键的基础性产业, 是安全的保障、成本的要害、技术积累的重要基地。TeamSAI 咨询公司预测, 中国航空维修 (Maintenance, Repair and Overhaul, 简称 MRO) 市场将于 2024 年达到 2014 年的 2.5 倍, 占全球市场的 12%, 达到 102 亿美元^[1]。在中国培育出世界级的

MRO 企业不仅是民航强国的要求, 也是中国民航业发展逐渐成熟的标志。中国民用航空局 (CAAC) 在对“民航强国”的表述中提到对 MRO 的期望: 2010~2020 年, 形成三个大型的维修集群; 2020~2030 年, 在中国培育出 1~2 个世界级的 MRO 企业。

中国民航维修业的发展大致可以分为三个阶段: 第一阶段是政企合一时期, 20 世纪 80 年代以前, 以苏制飞机为主, 航空维修厂不具有独立法人资格; 第二阶段是初步开放时期, 自 1985 年到 20 世纪 90 年代初, 引进大批先进的新型欧美制飞机, 中国民航业购买和维修“两头在外”, 20 世纪 80 年代末开始, 中国民用航空局鼓励并支持外资和民营企业进入航空维修市场, 航空维修业务逐渐呈回流

收稿日期: 2014-12-16; 修回日期: 2015-09-29

通信作者: 朱睿, zhurui@xmu.edu.cn

趋势;第三阶段是融入全球化时期,目前国内大型民航维修企业几乎都是与外企合资成立的,外方以此获得市场,中方获取先进技术和管理经验^[2-3]。

本文首先对中国民航维修产业进行了现状的剖析,然后根据国情展望了其发展趋势,最后重点分析了人才培养方面的问题。

1 中国民航维修业的现状

中国民航维修业由中国民用航空局民航规章第145部(CCAR 145)^[4]规范,聘用人员遵循民航规章第66部(CCAR 66)^[5]。相应的维修机构分为独立维修机构(MRO)和非独立维修机构。其中,独立维修机构各有侧重,主要分为飞机、发动机和部件维修机构三种。非运营飞机维修机构,只接受航空公司或运营商委托的维修业务,属于第三方维修性质,例如厦门太古飞机工程有限公司(以下简称“厦门太古”);半独立维修机构,一般是指航空公司或运营商下属的维修机构,例如厦门航空公司(以下简称“厦门航空”)的基地维修(即“大修”)和航线维修。飞机、发动机或部件制造商下属的维修机构也在此列。

截至2013年底,CAAC批准的国内维修单位共408家,较2012年底增加了11家。国内维修单位在维修项目能力上分为五类,如图1所示^[6],能够从事机体项目维修的维修单位共256家,其中165家单位仅从事机体维修项目;具有发动机维修能力的维修单位共40家,基本能够满足国内主要型号发动机修理和翻修业务的需要;202家从事部件项目维修的单位,其中120家仅从事部件维修项目。

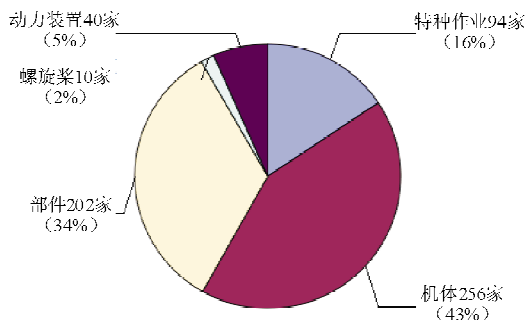


图1 2013年国内维修单位维修项目能力分布
Fig. 1 The distribution of domestic organizations' ability for various maintenance projects in 2013

1.1 飞机维修机构的发展历程

航空公司或飞机运营商(遵循CCAR 121、CCAR 135、CCAR 91)^[7-9]要成立,通常需要建立相应的维修分支机构。维修分支机构通常有相似的发展历程。

在成立初期,航空公司自身可能并不具备足够的独立维修能力,该维修分支负责维修业务外委审查与验收(例如,目前扬子江货运航空公司的维修机构只承揽航线维修业务,其基地维修业务基本外包)。

随着航空公司的发展,该维修分支也不断成长健全,获得CAAC适航部门更多的授权,可自行负责维修业务以降低成本,此时通常只将超出授权范围的工作外委。例如,厦门航空的维修机构已经承揽自身的航线与基地维修业务,只将部分无损探伤(NDT)、发动机大修等业务外委。

当航空公司或运营商发展到更大的机队规模时,需要专注于机队运营,精简机构、提升效率。通常将维修分支机构中的基地维修独立出来,并与其他商业伙伴、更专业的维修公司或制造商合资、增资,成立独立的维修机构,通过批量维修订单进一步降低维修成本^[3]。例如中国国际航空股份有限公司(以下简称“国航”)与德国汉莎航空公司合作成立北京飞机维修工程有限公司(AMECO),中国南方航空股份有限公司(以下简称“南航”)与中国香港和记黄埔公司合作成立广州飞机维修工程有限公司(GAMECO),中国东方航空股份有限公司(以下简称“东航”)与新加坡ST AEROSPACE合作成立上海新科宇航(STARCO)。至此,该维修机构已经相对独立于原航空公司或运营商,一方面主要服务于原航空公司(一般为控股公司或持股公司),另一方面积极竞标、承接其他公司的维修业务,而且不仅限于基地维修,也承接航线维修,自行核算、自负盈亏、自行规划发展。

综上所述,航空维修分支机构的发展历程大致为:起步期管理外包业务,成长期承担维修业务,成熟期质变为独立的维修机构。目前国内各飞机维修机构大多有此经历,只是分别处于不同的发展阶段。特别地,厦门太古是中国香港太古飞机工程有限公司(以下简称“中国香港太古”)在厦门设立的全资子公司,而中国香港太古已经是独立的维修机构,

故厦门太古从属于母公司,主要承接中国香港国泰航空与港龙航空的飞机维修业务,仍属于独立维修机构。

1.2 发动机与部件维修机构的特点

部件维修机构的设立首先是出于专业化分工协作的需要——任一维修机构将各种维修能力内在化都是有限度的,需要分工以避免资源的散化、机构的膨胀。

专业的发动机与部件维修机构通常伴生并集聚于飞机维修机构之侧,例如厦门新科宇航科技有限公司(STATCO)、厦门太古起落架维修服务有限公司(TALSCO)、厦门霍尼韦尔太古宇航有限公司、厦门豪富太古宇航有限公司、厦门汉胜秦岭宇航有限公司、福莱帕特(厦门)航空部件服务有限公司等都集聚于厦门航空工业区,紧邻厦门航空和厦门太古。类似的产业集群效应在北京、上海、广州等航空发达城市亦存在。

与飞机维修机构不同,发动机或部件维修机构需要特别通过国外原始设备制造商 OEM(Original Equipment Manufacture)的授权,以便取得民航局的维修资质认证。例如,厦门太古发动机服务有限公司获得了美国通用电气(GE)公司的 GE90 发动机维修授权;厦门新科宇航科技有限公司获得了 CFMI 公司的 CFM56-7 发动机维修授权。GE 等制造商派员驻在维修公司负责具体的技术审查业务。

飞机维修属于劳动密集型产业,而发动机维修则属于技术和资金密集型产业。目前,国内已经具有 CFM56、PW4000、RB211 和 V2500 等型号发动机的修理能力,但仍有三分之二以上的发动机整机翻修工作送国外完成,热端部件更是几乎百分之百外送维修,国内核心维修能力严重缺乏。其他型号发动机主要送国外修理,原因是国内市场需求量不足以抵销维修能力建设成本的投入。而发动机零部件修理作为一项独特的发动机修理产品,在国内仍属空白,随着发动机数量的增长,预计未来发动机零部件修理将有较大发展空间^[10]。

飞机附件维修不需要建造大型机库或试车台,进入门槛较低。同时,附件维修涉及的业务领域比较宽泛,行业毛利水平较高,根据 2013 年四川海特的年报显示,“航空维修、检测、租赁及研制”业务的

毛利率达到 62.5%^[11]。较低的进入门槛和具有吸引力的利润回报吸引了众多民营资本,MRO 民企占据近半数。然而国内核心部件的修理能力弱,以 2009 年为例,CAAC 批准的国内外维修单位能够修理的航空器部件共 87 241 项,其中 12%是国内外维修单位都具备修理能力的,16%是仅国内单位具备修理能力,而 72%是仅国外单位具备修理能力^[12-18]。国外维修企业占据了大部分利润丰厚的高端价值链,而利润率低的低技术部件维修在国内却呈现白热化竞争之势。中国部件维修技术主要依赖于国外原始设备制造商(OEM),由于越来越多的国外 OEM 开始涉足维修业务,加入竞争行列,其以各种技术壁垒制约国内维修业的发展,国内部件维修面临更大挑战。

1.3 中国民航维修业的特点

基于国情,中国的民航维修业还呈现出一些特殊情况。

(1) 地域性强

维修机构通常伴随航空公司的运营基地布局(例如,GAMECO 在南航广州基地、AMECO 在国航北京基地、STARCO 在东航上海基地),运营基地一般设施完备,能力齐全;非基地机场通常只配置航线维修能力,运营初期甚至是现场随机签派工程师。

(2) 普遍能力不强不全

飞机维修机构伴随航空公司成立到健全壮大,并将大量维修能力内化,需要一个漫长的发展过程;发动机、部件维修机构也类似,从整体深入到部件、附件,绝非一蹴而就。目前,国内除了 AMECO、GAMECO、STARCO、厦门太古外,散布于各地的小型维修机构虽多却不强不全;各发动机、电子设备制造商多与各家航空公司合作成立专业维修公司,互不统属、能力参差不齐。

(3) 机场方面多涉足维修

机场所属公司从争取航线、完善服务的角度,建立自己的维修机构,目标定位于主要航线维修,服务于有航班起降的航空公司。

(4) “受制于人”现象明显

由于民航大型飞机均为引进的,手册之内工作可能无能力、无授权,手册之外工作需向飞机、部件制造商文件请示。各机构工程部分名为技术支持,

实际仅充当联络员,发展过程中,核心、关键技术部分依然需转往国外。例如厦门太古发动机服务公司可对GE90发动机进行拆解、检查,但涉及到模块本身的详细拆解、部件深度维修等均需外委国外。

一旦发生事故,“受制于人”现象就会愈发凸显。近年某维修公司事故频发,信誉受损严重,送修的航空公司先是聘请国外老资格工程师负责现场日检及收机检查,后又聘请飞机制造商的代表随机驻厂负责技术问题。因此,短期之内想要摆脱这种掣肘与不信任问题,困难重重。

设计方面,技术壁垒是长期的制约手段。查询图纸、文件等若无授权则无法打开,标准全由外国制定,问题类似也依然要上报,不能自行积累成长。

实践方面,一些重要工具虽不常用,却是技术关键,其价格高昂,国内缺少储备,需要临时从国外借调。这不仅易导致飞机维修延误,而且耗费大量人力财力。而中国自制的工具还基本处在起步阶段。

2 中国民航维修业的发展趋势

民航维修业的现状虽存在诸多问题,但随着民航业的发展,亦呈现出明显的发展趋势,既对现状产生明显影响,也势必主导未来的行业发展。

2.1 地域向中西部扩展

随着经济发展与产业结构升级调整,早期集中在东部沿海发达地区的维修机构开始重视向中西部地区扩展,布局更趋合理。例如,2011年11月东航斥巨资在西安动工兴建大型飞机维修基地,各地方航空公司(成都航空、浙江长龙航空、云南瑞丽航空、内蒙古航空、河北航空、西藏航空等)纷纷筹建并兴起,厦门太古随同母公司中国香港太古在成都建立四川太古,厦门航空在重庆等地建立基地等。

2.2 通用航空维修市场崛起

通用航空作为重大产业被各地方政府追捧,相应的维修业也如雨后春笋般出现。不少地方政府(例如北京、厦门、天津、林州等)为推动地方经济发展,纷纷筹建临空经济区,争取引进通用飞机(小型飞机、直升机)生产线,支持通用航空公司筹建与发

展,积极开展航空旅游、摄影、医疗救护等项目。北京平谷区引进俄罗斯米系列直升机生产线;河南美景集团收购美国穆尼飞机制造公司后,随即在郑州兴建生产线;金汇通航进军厦门后,开展直升机空中游览项目。这些都意味着通用飞机维修市场也将快速崛起。

同时,通用航空领域的公务机成为新宠,无论是私人购买的、还是公务航空公司引进的公务机都开始大量增加,另有不少新的公务航空公司成立(例如东海航空、中一航空等)。公务机4S店建立的消息也不时见诸报端,这些都带动了公务机维修的需求。

通用航空相比于运输航空而言,维修系统的建立更加困难,目前也非常薄弱,原因是通用航空地域分散性高、飞机种类多样、飞机维修数量较少。未来需要发展多地维修系统、多元维修能力,优化维修机制。

2.3 维修资质认可性增强

国内各大维修机构积极获取美国联邦航空局(FAA)、欧盟欧洲航空安全局(EASA)等机构的资质认证,国外民航局也开始认可中国民用航空局的授权、培训、管理、文件等。随着中国航空市场的快速发展,由历年每百万小时事故率的降低可以看出航空安全保障水平可靠性逐步提高,进一步促进了国外对中国维修质量的认可。

同时,国内维修机构积极学习,引进人才,增强实力。例如某航空公司不具备一款机型的称重能力,先外委,再自行测试比对数据,后经中国民用航空局见证确认,获得相应授权;某航空公司从未做过钢索张力调教,接收某外来员工后,该员工具备相关经验,一次调教,现场观摩培训多人,自此该类工作可自行完成。

国内维修机构的资质认可性增强,一方面适应了越来越多争取执飞来华航线的外国航空公司的维修需要,另一方面越来越多的外国航空公司也开始考虑将维修外委中国公司。

2.4 机型更新换代的挑战

随着当前新机型的引入,旧机型不断淘汰,维修业面临新的调整。金融危机与燃油成本的提升,使得旧机型淘汰速度近年来明显加快,飞机维修业

面临的机遇与挑战并存。一方面,新机型的引入,使一些中小型维修机构有机会派员接受制造商的培训,直接建立在高起点上,并同步积累能力,易于获得民航局授权,不再“受制于人”(例如,厦门航空引进 B787,提前派员去美国接受机型培训);另一方面,大型维修机构的业务受到明显冲击,只有加快知识与能力转换更新,才能立于不败之地(例如某知名维修公司意欲被认可具备目前广泛运营的 B737NG 维修能力并获得授权,中国民用航空局首肯后,该公司承诺免费为某航空公司维修一架飞机,但结果却是起落架液压系统严重漏油、发动机整流罩残留破布,由此中国民用航空局再未给予其授权)。

2.5 大型维修机构转型升级

除了争取新机型维修能力的传统战场,对于大型维修机构来说,客机改成货机(以下简称“客改货”)是很重要的一方面。厦门太古在客改货领域开创了国内先例,用老旧的客机改装成货机,将维修与改装融合为一体,既是对资源的整合,也是对自身能力的提升。上海波音(美国波音在中国设立的子公司)成功完成了其第一架 B737CG 的客改货,此前该公司一直在维修飞机领域积累经验。

另一方面是客舱改装、翼梢小翼加装等改装业务陡增。客舱改装改变客舱布局、提高舒适度,是航空公司提升品牌形象与服务质量的重要举措;翼梢小翼加装可减少油耗,降低成本。此类业务增加使得维修机构的工作发生巨大转变。

另外,大型维修机构开始涉足设计领域^[14-15],争取美国 FAA 和欧盟 EASA 的 DOA (Design Organization Approval) 设计机构授权(对应中国民用航空局民航规章 CCAR21^[16]、CCAR25^[17]等)、中国民用航空局的改装设计委任代表 DM-DOR (Designated Modification Design Organization Representative) 改装设计授权(对应中国民用航空局民航规章 CCAR183^[18])等。通过对客舱的改装设计,获取该机型的补充型号认证 STC (Supplemental Type Certificate),并获取其他国家民航局的认可证书(例如海南航空股份有限公司对其 A330 进行客舱布局改装,加装电子设备,提升乘客娱乐系统,获得中国香港民航处颁发的补充型号合格证 STC,又率先获得了欧盟 EASA 的 STC

认可)。综上所述,虽不能迅速改变技术薄弱、受制于人的根本问题,但无疑从另一个层面改变了维修机构单一化的运营模式,为技术提升开辟了路径。

3 民航维修业人才培养

3.1 高校学生的培养问题

传统在航空专业见长的高校,例如北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学等开设相关飞机维修专业,但仍然偏重于精细设计角度,军用、民用不分,大型、小型不分。若要使大中医院校学生更好地服务于各行各业,包括航空维修业,应针对专业特点,侧重不同地开设课程是非常必要的,这也是学校与产业更好对接的一个重要方面。

然而由于技术和贸易壁垒的存在,许多航空专业院校无法采用当前流行的民航大飞机、大发动机用于科研教学。国产民用发动机几乎是空白,军用发动机又与民航发动机有很大差异,导致学生有的不想学,有想学者又不愿多学,“学了没用”的观念根深蒂固。学生毕业入行后,只能从点滴开始学习,没有理论焉能谈联系实际,也不能举一反三,触类旁通。如此,民航维修业里的大学生反而走了技术工人的学习成长路线,与大学教育初衷背道而驰。

3.2 企业员工的培养问题

从飞机维修机构角度来说,维修一线招工后,先轮岗学习,而后定岗跟随前辈锻炼,等到一定年限后就可晋升或者转往质保(品管)、工程、培训等部门,属于粗放型培养模式。甚至出现:质保分支招新人,新人无经验就去监督一线;工程分支招新人,新人无经验、无系统性理解就去做技术支持、工卡翻译;培训分支招新人,新人无实际经验、无执照就去培训员工等情况。员工缺乏主动研习精神,自行学习滞后、自我成长缓慢,缺乏规范操作就动手,源偏差代代相传;单一机型学习靠记忆,多机型容易混淆,学习新机型迟缓;考执照困难很大,流于死记硬背。发动机、部件维修机构的人员培训,与此类似。

3.3 维修培训与获取执照

针对上述问题,近年来,对维修人员的培训,特

别是基础培训被格外重视,以促进员工从校门到厂门的角色转换,各种专门的独立或半独立维修培训机构(例如航空公司的维修培训部分)应运而生。首先体现在民用航空器维修人员执照的培训上,该培训项目已经相当规范,可承接其他公司派员培训,甚至为国外航空公司的雇员培训外国民航局的授权课程。例如厦门太古、国航的培训部均可承接维修人员培训(包括理论和实际操作),对于CCAR66 执照^[3],通过培训审核和培训考试,可同步参加中国民航考管中心的执照考试(包括笔试、实际操作和口试),培训结业且所有考试通过后CCAR66 执照可提前获得(集中培训通常一年左右,无培训获得执照需要三年工作经验);对于EASA66 执照,通过培训即可获颁。对于民用航空器部件修理人员执照培训,目前还在完善中,将来也会建立详细的培训与考试体系。对于培训收费、招收的学员资质等还存在一些问题,培训后对于不同层次的学员,各公司的接收情况也不同,培训费用可获得一次性减免或者通过发放执照补贴间接减免。

为了解决培训成本高的问题,一些维修机构(例如厦门航空的维修部分)已经开始尝试与某些民航院校签署合作协议,延揽高校学生毕业前到公司实习锻炼,相当于岗前培训,时间也有所延长,学生毕业可直接对口聘用,签署劳动合同;同时,对无相应锻炼的其他院校学生只进行少量招聘。这无疑是非常有效的人才培养举措。

近年来,国外对中国民航局 CCAR66 执照的认可度不断提升,执照转换开始便利化,获得执照后出国工作的人员也大量增加。例如,早先某知名维修机构初入,强调中国香港民航处颁发的执照培训,所有工程师学徒均需参加并通过该培训。而该培训内容多、时间长、成本高,即使考试提前完成,也必须五年后才能颁发执照,若需要转换成CCAR66,所有考试必须全部重来;而现在中国香港民航处与中国民用航空局签署协议,CCAR66 转换成中国香港执照,只需要人为因素和民航法规两门考试。由此,近几年来,该公司从不承认CCAR66,后开始对自考获得 CCAR66 者发放一次性奖励,再后来又考虑对新招的工程师学徒培训CCAR66。

综上所述,尽管还存在诸多问题,民航维修业

的人才培养模式调整仍势在必行。高校方面,需要改变人才培养观念,明晰人才需求方向,调整人才培养定位,明确人才培养思路。维修机构方面,应改变粗放型培养模式,注重员工素质的提升,改善管理方式,优化招聘考核。

对于立志从事民航维修业的人员来说,需要思考并规划自身的成长路径,在技术上要能钻研并了解细节,也要能系统性地理解问题,对自己的长久培养是任何外来培训都无法替代的。

4 结束语

中国民航运输业的快速发展,拉动着民航维修业的不断成长与深刻变革。目前,民航维修业仍存在诸多问题,同时新的发展趋势也带来了前所未有的机遇和挑战。本文分析了航空维修业在国情下的现状特点及发展趋势,重点指出了人才培养环节存在的问题并给出建议,对突破民航维修业发展中的瓶颈问题具有一定现实意义。

参考文献

- [1] TeamSAI. Global MRO market economic assessment[R]. Georgia: Aeronautical Repair Station Association, 2013.
- [2] 张永生. 民用航空维修工程管理概论[M]. 北京: 中国民航出版社, 1999: 1-17.
Zhang Yongsheng. Overview of civil aviation maintenance project management[M]. Beijing: Civil Aviation Press of China, 1999: 1-17. (in Chinese)
- [3] 李刚. 我国民用航空维修业的发展战略[D]. 四川: 西南财经大学, 2007.
Li Gang. The development of chinese civil aviation maintenance strategy[D]. Sichuan: Southwestern University of Finance and Economics, 2007. (in Chinese)
- [4] 中国民用航空局. CCAR145R3 民用航空器维修单位合格审定规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2005.
Civil Aviation Administration of China. CCAR145R3 The qualification and approval rules of civil aircraft maintenance organization[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2005. (in Chinese)
- [5] 中国民用航空局. CCAR-66R1 民用航空器维修人员执照管理规则[S]. 北京: 中国民用航空局, 2005.
Civil Aviation Administration of China. CCAR-66R1 The management rules of civil aircraft maintenance personnel license[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2005. (in Chinese)
- [6] 陈新锋, 杨海涛, 韦艺, 等. 中国民航维修系统资源及行业发展报告[J]. 航空维修与工程, 2014(5): 26-30, 31.
Chen Xinfeng, Yang Haitao, Wei Yi, et al. China civil avi-

- ation maintenance resources and industry development report[J]. *Aviation Maintenance and Engineering*, 2014(5): 26-30,31. (in Chinese)
- [7] 中国民用航空局. CCAR121R4 大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则[S]. 北京:中国民用航空局, 2010.
Civil Aviation Administration of China. CCAR121R4 The qualification and approval rules of public air transport operator with large aircraft[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2010. (in Chinese)
- [8] 中国民用航空局. CCAR135 小型航空器商业运输运营人运行合格审定规则[S]. 北京:中国民用航空局, 2005.
Civil Aviation Administration of China. CCAR135 The qualification and approval rules of business air transport operator with small aircraft[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2005. (in Chinese)
- [9] 中国民用航空局. CCAR91 一般运行和飞行规则[S]. 北京:中国民用航空局, 2004.
Civil Aviation Administration of China. CAAR91 The general rules of operation and flight[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2004. (in Chinese)
- [10] 贺利. 中国民航维修业的回顾与展望[J]. *航空维修与工程*, 2009(5): 12-13.
He Li. Growing with great expectations[J]. *Aviation Maintenance and Engineering*, 2009(5): 12-13. (in Chinese)
- [11] 李彪. 公司 2013 年度报告[R]. 四川:海特高新技术股份有限公司, 2014.
Li Biao. The company's 2013 annual report[R]. Sichuan: Haite High-Tech Co., Ltd., 2014. (in Chinese)
- [12] 郭志帅. 我国飞机附件维修商业模式初探[J]. *航空维修与工程*, 2014(5): 31-32,34,36.
Guo Zhishuai. Preliminary analysis on component MRO's business model in China[J]. *Beijing: Aviation Maintenance and Engineering*, 2014(5): 31-32,34,36. (in Chinese)
- [13] 来关军,潘星. 我国民航维修业现状分析与发展趋势研究[J]. *民用飞机设计与研究*, 2009(1): 14-17.
Lai Guanjun, Pan Xing. Current situation analysis and development trend of China civil aviation maintenance[J]. *Civil Aircraft Design and Research*, 2009(1): 14-17. (in Chinese)
- [14] 牛涛. PMA/DER: 新时代维修企业生存与竞争利器[J]. *航空维修与工程*, 2015(1): 24-26.
Niu Tao. PMA/DER: the edge tool for MRO[J]. *Aviation Maintenance and Engineering*, 2015(1): 24-26. (in Chinese)
- [15] 李晓光. 民航维修企业如何获得核心维修技术能力[J]. *中国民用航空*, 2005(8): 42-45.
Li Xiaoguang. How MRO enterprises obtain core maintenance capability[J]. *Civil Aviation Economics & Technology*, 2005(8): 42-45. (in Chinese)
- [16] 中国民用航空局. CCAR21R3 民用航空产品和零部件合格审定规定[S]. 北京:中国民用航空局, 2007.
Civil Aviation Administration of China. CCAR21R3 The qualification and approval rules of civil aviation products and parts[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2007. (in Chinese)
- [17] 中国民用航空局. CCAR25R4 运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局, 2011.
Civil Aviation Administration of China. CCAR25R4 Standards of transport aircraft airworthiness[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2011. (in Chinese)
- [18] 中国民用航空局. CCAR183AA 民用航空器适航委任代表和委任单位代表的规定[S]. 北京:中国民用航空局, 1997.
Civil Aviation Administration of China. CCAR183AA The rules of civil aircraft airworthiness appointed representatives and representative organization[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 1997. (in Chinese)

作者简介:

郭发展(1986—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空维修。

邹 赫(1991—),女,硕士。主要研究方向:航空流体机械。

刘志荣(1978—),男,硕士,工程师。主要研究方向:航空机械、航空维修。

朱 睿(1979—),男,博士,副教授。主要研究方向:航空机械、航空维修。

(编辑:马文静)