

商用飞机试飞资源配置的思考

朱文俊*

中国商用飞机有限责任公司 民用飞机试飞中心, 上海 200436

摘要: 对商用飞机试飞资源的类别和要素进行了概括和研究, 分析了国内当前试飞资源配置存在的问题。针对资源配置现状落后于试飞需求的矛盾, 通过对比国外飞机制造商的先进经验并结合中国国情, 提出了各项具体解决措施。从长远发展角度考虑, 应从国家层面开展科学规划和统筹协调, 通过加大资源投入力度和优化资源使用方式两种思路, 逐步优化国内商用飞机试飞环境。

关键词: 商用飞机; 试飞; 资源配置; 措施; 优化

中图分类号: V217 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2016) 09-0066-05

商用飞机试飞是飞机研制全流程中最后验证的关键环节, 具有举足轻重的作用。试飞, 又可称为飞行试验, 是一项大的系统工程, 涉及动用大量的国家和社会资源。在试飞过程中, 资源配置的合理与否往往决定着项目推进的顺利程度, 甚至可能影响某些关键试飞科目的成败。由于我国商用飞机试飞起步较晚, 且与军用飞机试飞有着较大区别, 当前的资源配置现状已落后于日益增长的试飞需求。

现阶段, 我国第一款按照国际标准自主研制的喷气式客机 ARJ21 新支线飞机已经正式投入航线运营。采用许多新技术、新材料、新工艺的民用大型客机 C919 也已下线, 即将完成首飞并开展后续适航取证试飞。面对新的机遇和挑战, 总结 ARJ21 飞机试飞取证过程中因资源配置不合理而影响项目进程的问题, 对试飞资源的配置工作开展深入研究和思考, 不仅有利于缩短 C919 大型客机的适航取证历程, 对于推动未来我国商用飞机制造领域的发展具有重要意义。

商用飞机试飞是航空工业制造和民航运行的交叉领域, 基于此, 本文将试飞理解为“试验”和“飞行”两类活动的结合, “试验”需要技术和设备, “飞行”需要客观条件支撑并遵守运行规则, 而“活动”的开展离不开各项社会经济条件的支持。因此, 本文将试飞资源划分为“试验资源”、“飞行资源”和“社会经济资源”三大类进行研究, 并对比现状和需求分析存在的问题, 最终从国家战略角度提出相关建

议, 希望能为商用飞机试飞资源配置的优化提供参考。

1 试飞资源

1.1 试验资源

(1) 试飞技术

试飞技术包括试飞员驾驶、试飞测试、试飞指挥、虚拟试飞、试飞方法与适航条款解读等, 是试验资源中的核心。

其中, 试飞方法与适航条款解读是较为关键的技术之一。试飞方法主要由试飞总体方案和试飞大纲进行体现。制定商用飞机试飞大纲的依据是国家适航标准, 如《中国民用航空规章》CCAR25 部, 美国《联邦航空条例》FAR25 部、33 部, 《欧洲联合航空要求》JAR25 部等。解读适航条款而形成的试飞方法是一个国家来之不易的宝贵试飞资源。

(2) 试验设施设备

试验设施、设备是试飞技术实现的工具和手段, 包括地面遥测系统、试飞模拟器、地面实验室等地面试验设备, 以及机载数据采集和记录系统等试飞专用设施设备。

其中, 遥测地面站是地面遥测系统的一部分, 它将飞机上采集记录的数据实时遥测并传输至地面显示, 实时监控飞机的飞行状态和试飞科目完成情况。地面遥测网是将各遥测地面站点联结起来形成的遥测传输网络, 实现协同工作, 达到飞机跨区飞行时遥测监控或多架机同时飞行时交叉遥测监控的目的。

收稿日期: 2016-06-24; 退修日期: 2016-07-14; 录用日期: 2016-08-08

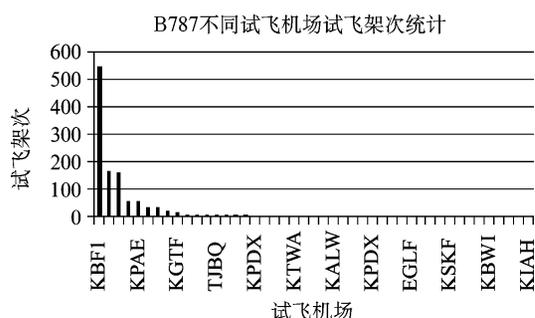
* 通讯作者. Tel: 18217699548 E-mail: zhuwenjun@comac.cc

引用格式: ZHU Wenjun. Reflections on resource distribution in commercial aircraft flight test [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27 (09): 66-70. 朱文俊. 商用飞机试飞资源配置的思考 [J]. 航空科学技术, 2016, 27 (09): 66-70.

1.2 飞行资源

(1) 机场

试飞机场是试飞实施的必要条件,也是飞行资源中的首要元素。参考国外经验,商用飞机试飞任务往往不仅在一个机场完成,如波音 787 飞行试验 87% 的试飞架次集中在 3 个机场完成,其余 13% 的试飞架次分布于世界各地的 40 余个机场进行。波音 787 飞机在不同试飞机场试飞架次的统计分布情况如图 1 所示。



注: KBFI 为西雅图金镇国际机场, KPAA 为佩恩机场, KGTF 为大瀑布村国际机场, TJBQ 为阿瓜迪亚博林奎恩机场, KPDX 为波特兰机场, KIWA 为菲尼克斯关口机场, KALW 为沃拉沃拉地区机场, KPDX 为波特兰国际机场, EGLF 为范堡罗机场, KSKF 为拉克兰空军基地机场, KBWI 为马歇尔国际机场, KIAH 为乔治·布什洲际机场。

图 1 B787 试飞架次分布图

Fig.1 Distribution of flight test sorties of B787

商用飞机试飞一般采用“1+M+N”的模式(“1”是主试飞基地,“M”是辅助试飞基地,“N”为特殊科目试飞机场)。选取试飞基地,除考虑包括机场跑道指标、气象可飞天数、可使用空域等匹配性条件外,往往还包括政治、经济、文化等多方面因素,一般是国家综合各方面条件所做出的战略性布局。特殊科目试飞则是指有特殊条件需求(如跑道、气象条件、环境等)的试飞任务,如自然结冰试飞等,需要在全世界范围内寻找满足条件的机场开展飞行试验。

着力打造的试飞基地和全球范围内具有不同特点的特殊科目试飞机场共同构成了商用飞机的试飞机场群资源。

(2) 空域

试飞空域是试飞运行的活动场所,是飞行资源中的核心元素。选取试飞空域一般要考虑空域长宽、净空条件以及使用便利程度等因素。目前,国内空域主要由军方管理,试飞使用必须与军方开展沟通协调。一般确定试飞基地时会划设一定数量的空域军民合用,但必须遵守双方约定的准则和规范。而在基地外开展试飞时,则需要专项协调。

(3) 气象条件

气象条件是试飞是否符合试验要求及相关适航标准的

关键因素,其要素包括风、能见度、温湿度等。由于部分试飞科目要求在极为苛刻的气象环境下开展,如大侧风、高温高湿、高寒、自然结冰等^[1],气象条件是飞行资源中较难捕捉却又缺一不可的重要资源。

(4) 民航运行资源

投入民航运行是试飞的最终目的,现有的运行条件也是试飞可以利用的重要资源,包括航路航线、通信导航监视设备、无线电频率以及成熟的空管运行机制和空管人员等。

1.3 社会经济资源

试飞活动离不开人力、资金、国家政策、国内外合作等各项社会经济资源的支持。其中,人力方面,需要由试飞员、试飞工程师以及各类保障人员等组成的专业性极强的试飞队伍^[2];资金方面,需要充足的经费支撑地面试验、各类试飞技术攻关、试验设备采购等;国家政策方面,需要充分发挥社会主义制度能够集中力量办大事的政治优势,得到国家及地方政府、各级主管部门、社会机构等来自全国各行各业的大力支持;此外,还需与国内外相关科研机构及院校、供应商、审查局方等单位开展广泛深入的合作。

2 当前存在问题

当前,我国商用飞机试飞资源配置的主要矛盾是日益增长的试飞需求同较落后的试飞资源现状之间的矛盾。这与我国社会主义初级阶段的主要矛盾是基本一致的。

随着国内立项研制的商用飞机型号逐渐增多,我国商用飞机的发展迎来了时代赋予的机遇,试飞任务量也与日俱增,已有的资源分配格局已不能满足需求。

2.1 试飞技术体系尚不成熟

由于我国商用飞机试飞起步较晚,无论是研究性试飞和还是型号验证试飞技术体系均有待积累完善。国内民机按照 25 部运输类飞机适航标准走完取证历程的只有 ARJ21 新支线飞机, C919 大型客机无论从气动外形还是各个系统的设计,均与 ARJ21 飞机存在一定的技术差异,相关试飞方法和试飞技术仍有待探索验证。

美国当前的试飞总体布局特征是军用飞机试飞与民用飞机试飞分开,其中,民用飞机试飞由美国联邦航空局 (FAA) 主导下的民用飞机试飞中心和各大公司负责试飞,研究性试飞由美国宇航局 (NASA) 领导下德莱顿飞行研究中心 (DFRC) 负责试飞。DFRC 主要任务是研究、开发、验证并推广应用先进的航空、航天及相关技术,在航空领域主要是新技术预研,即对新航空理论和技术进行飞行试验

证,对美国的航空航天技术的发展起到了关键支持作用^[3]。

2.2 地面遥测网络建设不能满足未来发展要求

目前,我国商用飞机试飞所建设的遥测系统主要由遥测发射系统、遥测固定站、移动遥测站等组成,虽然实现了数据与信息的跨区域传输和共享,基本满足试飞基地分布广、区域条件复杂、试飞科目密集等试飞遥测要求,但仍是单站遥测,遥测系统覆盖范围有限且没有实现遥测地面站的联网,无法实现飞机跨区飞行遥测监控和多架机同时飞行时的多遥测站协同遥测监控的目的。

而法国空中客车集团在地面遥测网建设方面,构建了由9个遥测地面站、遥测数据光纤传输系统、主控制中心以及波尔多、布勒斯特和普罗旺斯分控制中心组成的遥测传输网。沿法国西南部海岸线的圣纳泽尔(St.NAZAIRE)、圣通日(SAINTONGE)、图卢兹(TOULOUSE)、马蒂格(MARTIGUES)等地区布站,形成了空中客车集团公司的地面遥测网,为A380等型号飞机多地同时试飞提供便利,极大地提高了A380等型号的试飞效率。位于图卢兹的试飞控制中心的遥测系统的作用距离远达350km,作用高度为12190m,可对3架同时试飞的A380飞机进行实时遥测、监控和下载试飞数据,实时分析、解决飞机在试飞中出现的故障,从而使每一个飞行架次能进行尽可能多的试飞科目。

2.3 试飞空域协调困难

当前商用飞机试飞空域的使用存在较多问题和困难。一方面,全国各地区不同程度上存在空域紧张的问题。民航飞行需求旺盛,军航由于新时期战备需要,新型航空装备陆续增多,高性能作战飞机活动空间更加广阔,空域需求大幅增加。试飞活动与军民航飞行客观上存在不可避免的矛盾;另一方面,试飞空域协调机制不完善,尤其在主基地外的异地试飞机场开展专项试飞时,空域问题往往是拦在试飞人员面前的一道难关。

美国飞机制造商在使用FAA和军方控制的空域时被给予极大的灵活度。如原麦道公司长期使用亚利桑那州的尤马机场作为其所有试飞项目的基地,包括DC-9、MD80、MD-95和MD-11。该机场是一个军民共用的机场,有商用飞行,同时也是几个美国军用战斗机中队的基地。除了良好的气象条件,该机场被选为基地的原因还因为它离位于加利福尼亚海岸线外水域的军事警戒区(W291)较近。日常飞行,只需简短的通告,麦道公司就能联系军方得到立即使用W291区域的许可批准。在很多情况下,使用许可的申请是由正在飞往W291区域的飞机发出的,而使用许可也会被批

准。当指定一个高度区域来实施试飞时,正在训练的军用飞机常常会在试验机下面较低高度上开展轰炸练习。

2.4 试飞基地条件有待优化

空域、跑道、气候条件等飞行资源是确定试飞基地的主要考虑因素,其条件是否优越决定了试飞基地使用的便利程度。除气候条件为试飞基地选取前需考虑的自然因素外,空域和跑道条件均可以通过优化配置使之达到理想状态。目前我国商用飞机试飞基地在各项条件上尚存在提升的空间。

美国宇航局德莱顿飞行研究中心(DFRC)位于爱德华兹空军基地,这里有一个世界上最大的干湖床,且每年平均有345天都是适合飞行的好天气,总共有1219~11887m长度不等的跑道21条,跑道之间可相互贯通、方向交叉。这些跑道分布在干湖床上,干湖床拥有巨大面积的天然备降场^[4]。1946年,美国国家航空航天局就在这里建立了德莱顿飞行研究中心,多年来美国许多有人和无人飞行器的重大研究和项目都是在这里进行试飞的。法国空中客车集团A380大多数飞行试验科目都是在其飞行试验控制中心图卢兹市周围方圆300km的空域内进行的,以方便机上多达3000种试飞数据能通过遥测系统实时传输,从而提高试飞效率。

2.5 试飞人才队伍尚未形成梯队

我国试飞人才队伍尚未形成梯队,国内缺乏专业的试飞人才培养学校,商用飞机试飞员、试飞工程师、测试工程师一般均需送到美国、加拿大、南非等国际主流试飞学院培养深造,一方面难以形成自身人才培养能力,另一方面也极大耗费国家经济资源。

2.6 资源共享的机制不完善

当前诸多试飞资源的共享机制尚不完善。目前,地面遥测方面,国内遥测地面站分别由航空、航天各实验单位自行建设和使用,未形成网络化通用模式;空域方面,空域由军方管辖,试飞飞机使用空域仍存在一定的困难和不便;气象信息方面,中国幅员辽阔,而气象条件瞬息万变,试飞机构缺乏与全国各机场气象部门的及时沟通机制,很难及时获取试飞专需的气象条件信息(如自然结冰),容易错失试飞最佳时间;在民航资源使用方面,试飞运行尚未与民航运行体制深入融合,各项资源利用方式和效率有待优化和提升。

3 建议

针对当前存在的问题,结合先进国家相关经验和中国

国情,本文提出了如下几点优化建议。

3.1 对标先进打造一流商用飞机试飞基地

试飞基地作为主要试飞任务的场地,既是整合各项试飞资源的载体,也是检验各项资源能否有机结合发挥最大效应的平台,对试飞效率的提高和整个试飞项目进度的提升起着关键性作用,应对标先进打造国际一流环境条件。

(1) 建设试飞专用跑道系统

除跑道长、宽、道面强度等条件应达到或优于试飞需求外,应建设交叉跑道系统(如“米”字型跑道)、平直段跑道等跑道条件,以满足不同风向条件下的试飞需求(如侧风试飞等)和不同跑道条件下的试飞需求(如溅水试验)。

(2) 划设试飞专属空域

建议国家空域管理单位能在试飞基地划设专属试飞空域,该空域尽可能不对军民航飞行造成影响,专为商用飞机试飞所用。若这一需求在一段时期里较难实现,那么建议在这样的一块空域里暂且设定试飞飞机的空域使用优先权最高。这将大大减小协调空域的难度,从而提升试飞效率。

目前正值空域管理体制改革的,未来空域资源将逐步释放,满足多样性用户的需求,实现空域资源的共享。在这样一个大环境下,利用空域改革的契机向国家空域管理部门申请专属试飞空域将极大推进商用飞机试飞任务的顺利开展。

(3) 完备试验设施设备配置

试飞基地应配备各项试飞试验所需的软硬件资源,包括试飞必需的机场保障设备、维护机库、地面实验室等,同时在地面遥测系统方面,根据已划定的试飞基地和试飞空域,建设遥测传输网络,实现试飞遥测系统覆盖所有试飞基地及试飞现场,提高民机研制试飞效率。

3.2 建立并优化资源共享机制

试飞资源属于国家资源,商用飞机试飞作为国内新兴试验活动,除靠国家层面调控外,资源共享是解决问题的重要方法。所有国家投资的试飞活动应尽可能共用国家资源,只有完善各项资源共享机制,才能实现试飞资源的高效利用。

(1) 加强航空航天及民航领域交流合作

一是通过商务合作与国外试验单位、供应商之间加强交流沟通,学习先进试飞方法、试飞测试技术和适航理念等,促进自身能力提升;二是与国内航空航天试验单位建立合作,形成资源共享机制,包括与军机飞行试验单位开展合作,以推动国家商用飞机发展为共同目标,共享试飞各项资源,

加快商用飞机试飞进度。与航空、航天各实验单位建立联系,整合各实验单位自行建设的国内遥测地面站,形成网络化通用模式,打造空、天、地、海一体化的网络体系,满足试飞数据遥测传输需求;三是推动试飞与民航运行体制科学深度融合,探索出一套有效利用民航空管运行机制、各类保障人员及设备等各项资源的方法。

(2) 以军民融合发展战略实施为契机促进资源共享

当前,军民融合已发展上升为国家战略。要加快形成全要素、多领域、高效益的军民融合深度发展格局,丰富融合形式,拓展融合范围,提升融合层次。这也给试飞资源的配置指明了方向和道路。

空域、部分军用机场是商用飞机试飞的重要利用资源。建议军方能就商用飞机试飞活动在相关机场和空域的使用上给予一定程度的灵活度和方便度,形成共享机制。参考国外试飞经验,灵活方便地获取空域和机场将会极大地缩短项目审定时间并减少审定费用。在很多情况下,最佳试飞时机往往很短暂,如果能得到军方的理解与支持,省去或简化批准相关机场、空域使用的复杂流程,将会极大提高试飞效率。

(3) 建立气象信息及时沟通机制

在寻找试飞所需特殊气象条件的过程中,建议寻求国家气象部门的帮助,建立与全国各地气象单位的及时沟通机制。此举将会集中全国气象预报资源,使得试飞气象人员能更方便地获取相关机场的气象历史数据、及时捕捉满足条件的特殊气象资源。一旦发现信息有效,迅速论证试飞可行性,开展试飞工作。

3.3 完善国家级商用飞机试飞技术储备体系

建立并完善国家级试飞技术储备体系将为商用飞机试飞工作带来源源不断的活力。

(1) 建立试飞人才培养学校

建议整合相关资源,引进国际一流师资队伍,组建国家试飞学院,培养商用飞机试飞员、试飞工程师、测试工程师、气象工程师等试飞人才,完备国内试飞人才梯队建立机制。

(2) 加强虚拟试飞技术研究

虚拟试飞就是用于试飞的飞行模拟,它是飞行试验的有机组合的一部分。试飞模拟的主要意义是通过支持试飞和参与试飞,确保试飞安全,提高试飞质量和试飞效率,减少试飞架次,节约试飞费用。虚拟试飞的终极目标试飞部分替代试飞飞行试验,随着科学技术的发展,各专业的真

实试飞和虚拟试飞相结合是必然的发展趋势,虚拟试飞替代实际飞行试验的比例会逐步增加,应重视对该项技术的研究。

(3) 加强试验研究机的研制和应用

用于航空科学研究和新技术演示验证的飞机统称为试验研究机。无论是军用飞机还是民用飞机,各类型号飞机的诞生离不开大量的、日积月累的试验机和试验机研究成果。试验研究机试飞验证是实现航空科技逐步优化走向顶端的最具权威的手段,其对航空科学技术发展的作用包括引领航空科技发展、孕育新机诞生、促进新技术和新产品的成熟、锻炼技术人才等。如不加强试验研究机的建设和应用,航空科技将很难有重大创新^[3]。

4 结论

商用飞机试飞资源配置需要从国家层面开展科学规划和统筹协调。当前可从加大资源投入力度和优化资源使用方式两个方面入手,并从长远发展角度考虑,通过各项具体措施逐步优化试飞环境。试飞资源配置的思考是一个不断持续的过程,随着我国 C919 大型客机即将试飞以及后续型号的试飞积累,试飞资源配置必将更加成熟和完备,并成为推动商用飞机制造技术发展的重要力量。

AST

参考文献

- [1] 马恒儒.特殊场务条件下的民机飞行试验概论 [M] 上海:上海交通大学出版社,2013.
MA Hengru. Civil airplane flight test introduction for special flight service and ground support condition [M] Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2013. (in Chinese)
- [3] 李凡,张承宗,刘选民.国际飞行试验机构、试飞员培养及型号试飞 [M] 北京:国防工业出版社,2009:50-60.
LI Fan, ZHANG Chengzong, LIU Xuanmin. International flight test institution, flight test pilot training and flight test [M] Beijing: National Defence Industry Press, 2009: 50-60. (in Chinese)
- [3] 周自全.飞行试验工程 [M].北京:航空工业出版社,2010.
ZHOU Ziquan. Flight test engineering [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2010. (in Chinese)

作者简介

朱文俊(1990—)男,学士,助理工程师。主要研究方向:商用飞机试飞基地资源配置、试飞保障资源研究。

Tel: 18217699548

E-mail: zhuwenjun@comac.cc

Reflections on Resource Distribution in Commercial Aircraft Flight Test

ZHU Wenjun*

Flight Test Center, Commercial Aircraft Corporation of China, Shanghai 200436, China

Abstract: The categories and elements of the flight test resources of commercial aircraft were summarized and studied. And the existing problems of the current flight test resource allocation in China were analyzed. In order to resolve the contradiction between the backward status of resource distribution and the increasing demand for flight test, some specific measures were put forward, compared to the advanced experience of foreign aircraft manufacturers, and combined with China's national conditions. From long-term development, it should be carried out at the national level with scientific and overall planning. The environment of commercial aircraft flight test will be optimized gradually by increasing resources input and optimizing the method of using resources.

Key Words: commercial aircraft; flight test; resource distribution; measure; optimization

Received: 2016-06-24; Revised: 2016-07-14; Accepted: 2016-08-08

*Corresponding author. Tel.: 18217699548 E-mail: zhuwenjun@comac.cc