

鲲龙“入海”试飞护航

“鲲龙”AG600海上首飞背后的试飞故事

本报记者蔡馨逸、毛海峰

7月26日上午,国产大型水陆两栖飞机“鲲龙”AG600如蛟龙入海般划开海面,激起浪花翻涌。在海上完成机身回转、调整方向,旋即重新加速,机头上昂,又如鲲鹏上天一般腾空而起……AG600飞机在山东青岛团岛附近海域成功实现海上首飞。

作为国家应急体系的“空中利器”,水陆两栖大飞机“鲲龙”AG600,是为满足我国森林灭火和水上救援的迫切需要,首次研制的大型特种用途民用飞机。AG600飞机与C919、运-20并称国产大飞机“三剑客”,是我国航空工业坚持自主创新取得的又一重大科技成果。

2017年12月24日,AG600飞机在诞生地广东珠海顺利陆上首飞;2018年10月20日,在湖北荆门漳河机场成功水上首飞。“海上首飞是在水上首飞基础上取得的进步,推动了AG600飞机的适航取证工作,将加快填补我国森林灭火和海上救援体系空白。”AG600型号试飞总师王诚华说。

一款飞机从总装完毕到交付使用要经过数年的试飞工作,才能使飞机处于最稳定的飞行状态,保证飞机飞行结果的准确科学。在欧美航空工业发达国家,试飞周期和研制周期是1:1的关系。

试飞AG600是我国首次对水陆两栖大飞机进行全面、完整、系统地试飞,是完善我国试飞体系的里程碑。

水上飞机曾在20世纪20年代至50年代末独领风骚。那时飞机稳定性相对较差,陆上机场不多且跑道状况不佳,给不需要借助起落架及陆地就能完成起降的水上飞机提供了良好发展空间。1976年,新中国第一型自主研发水上反潜轰炸机水轰-5首飞成功,在没有专职水上飞机试飞员的情况下由海军组成团队完成试飞。

在经过40多年空档期后,我国再次研发水陆两栖大飞机,试飞任务落在航空工业试飞中心的肩上。

“没做过不代表做不成。”在中国试飞国家队“航空工业试飞中心60余年的发展历程中,实现了诸多从0到1的突破,靠着“忠诚担当、求实创新、公正严细、坚韧勇毅”的试飞精神,从军机、民机再到特种用途民用飞机实现了中国航空试飞技术的跨越发展,为中国之翼翱翔天际保驾护航。

飞向海天之间

开车、滑出、起飞……在试飞机长赵生操作下,AG600飞机成功从海面踏浪而起。作为AG600飞机水上首飞的机长,赵生已经多次驾驶飞机与水面“亲密接触”,可为了这次海上首飞,他和试飞团队6月26日就到了山东日照按照海上首飞的要求进行熟悉空域气象、水文等准备。

“海上试飞环境复杂、不确定因素多,比水上试飞又上升了一个难度,需要克服海水密度大、洋流、浪涌等特殊自然条件对飞机操纵带来的影响。”赵生说,“如果说陆上起降是在普通平路上骑车,那在海上起降就像是在结冰的路面骑车一样,反应、决策和各种操纵都必须非常及时。”

从事试飞工作25年的陈明参与了AG600飞机陆上首飞和水上首飞。在他看来,试飞员要做的是通过自己的技术把飞机所有的能力展现出来,并对飞机是否能够完成它应该承担的各项任务进行评估。“这要求飞行员具备学习能力、评估能力和沟通能力。”

面对全新的水陆两栖大飞机,试飞员们首先要做的就是学习,可当时国内在技术和设备上都不具备水上试飞的培训条件。实际上,目前世界上研发水陆两栖飞机的只有加拿大、俄罗斯、日本等国家。经过对教学条件、技术水平、机型匹配度等多方面权衡,试飞项目团队最终选择了加拿大的试飞学校。

2015年,在AG600飞机还没有总装下线时,试飞项目团队的部分队员就登上了前往加拿大的飞机。4个月的培训为试飞员和科研团队开启了水上试飞的大门。初次接触国外先进水上试飞理论、水上适航专用条件、水上驾驶技术的试飞团队队员如海绵一样,迅速吸收各种知识,将所学和收集到的资料编纂成500多页的《水上飞机试飞译文资料汇编》,对国内水上飞机试飞技术的研究有重要指导意义。

与此同时,为陆上首飞进行的各项试飞准备也紧锣密鼓地进行。作为全新设计的大飞机,在AG600飞行模拟器尚未研制成功期间,试飞员选用与AG600飞机一样有着四台涡轮螺旋桨发动



▲7月26日,水陆两栖飞机AG600在海面滑行。 新华社记者李紫恒摄

机且大小、重量相近的运-8作为替代,实施模拟飞行训练。

经过一年多的准备、30多小时的模拟飞行训练,2017年12月24日上午,由机长赵生、副驾驶陈明、机械师魏鹏和监控观察员孙康宁组成的首飞机组,驾驶AG600飞机腾空而起,在珠海机场西南3000米高度规定的空域内平稳飞行64分钟,完成了飞机各系统和基本操纵特性的初步检查,模拟着陆等预定试飞科目,圆满完成陆上首飞任务。

“水上试飞比陆上试飞面临更大风险。”陈明说,水上起降不仅要考虑水面环境的影响,对飞机姿态和速度的掌控也要比陆上操作精细许多,要想获得完美的着水,飞机俯仰角控制只能在两三度的范围内调整,掌握不好飞机就像会打水漂一样在水面上跳跃,跳跃又很可能使飞机进入低高度失速。在前期试飞基础上,飞行机组在荆门漳河水库上进行10余架次的低、中、高速滑行,熟悉并掌握AG600飞机的水上滑行及起降特性。

“水上试飞比陆上试飞面临更大风险。”陈明说,水上起降不仅要考虑水面环境的影响,对飞机姿态和速度的掌控也要比陆上操作精细许多,要想获得完美的着水,飞机俯仰角控制只能在两三度的范围内调整,掌握不好飞机就像会打水漂一样在水面上跳跃,跳跃又很可能使飞机进入低高度失速。在前期试飞基础上,飞行机组在荆门漳河水库上进行10余架次的低、中、高速滑行,熟悉并掌握AG600飞机的水上滑行及起降特性。

“水上试飞比陆上试飞面临更大风险。”陈明说,水上起降不仅要考虑水面环境的影响,对飞机姿态和速度的掌控也要比陆上操作精细许多,要想获得完美的着水,飞机俯仰角控制只能在两三度的范围内调整,掌握不好飞机就像会打水漂一样在水面上跳跃,跳跃又很可能使飞机进入低高度失速。在前期试飞基础上,飞行机组在荆门漳河水库上进行10余架次的低、中、高速滑行,熟悉并掌握AG600飞机的水上滑行及起降特性。

“海上试飞是一次挑战。但同时,无论是对于试飞员还是对于我国试飞体系来说,海上首飞更是一次提升海上试飞技术、积累水上飞机试飞经验的重要契机。”赵生说。

水上试飞体系实现从0到1的突破

2020年7月26日10时49分许,AG600飞机在完成一系列既定试飞科目后顺利返回出发机场。伴随着《歌唱祖国》的旋律,飞机通过欢迎水门,机长赵生报告顺利完成首次海上起降科研试飞任务。

在1000多公里外的航空工业试飞中心里,参与AG600飞机试飞项目的飞机所、发动机所、航电所、测试所、改装部和机务部成员彼此拥抱庆贺。

试飞是一个系统工程。如果将它比作一出台阶,试飞机组就是台前的演员,而飞机平台、发动机、航电、测试改装、机务、飞行组织系统及型号办等团队相当于灯光、道具、舞美,台前幕后缺一不可。

作为“总导演”,王诚华曾经在歼10、歼11、L-15、ARJ21-700等多个机型的试飞取证工作中担任主管或副总师。王诚华说,航空工业试飞中心最初承担的是军机的试飞取证工作,随着我国民用航空事业的发展,从新舟60到新舟600再到ARJ21-700,逐步形成了民机适航取证的完整体系。“但以往的试飞和适航取证体系都是针对陆上试飞,在AG600飞机以前航空工业试飞中心水上试飞可以说是一片空白。”

“填补空白”的重任,在王诚华、吴春麟、朱海龙、董巍组成的试飞总师团队指挥下,由一精兵强将组成的“拓荒部队”挑起:试飞员陈明,有着6000多小时的试飞经验;飞机所课题主管郗超,是技术扎实、头脑灵活的“80后”,发动机

所课题主管马争胜,在发动机试飞领域耕耘20余年;航点所课题主管赵俊茹,拥有着丰富的军民机试飞经验;改装工程师张波,做得多、说得少,不断追求技术创新……

2014年,AG600飞机试飞项目正式启动,赴加拿大培训,编制试飞相关技术文件,实施水上性能/操控特性和任务系统试飞技术研究的预研项目,各项工作紧锣密鼓地进行。其中,预研项目涉及水上起降试飞技术研究、抗浪指标研究、救援/灭火任务系统试飞技术研究、水面测试技术研究等多项水上试飞关键技术,取得的成果成为我国开展水上试飞的奠基石。

适航取证试飞首先需要确定飞机适用的条款规章,AG600飞机水上试飞工作填补了我国民机适航审定试飞体系中水上试飞的多项空白。

“我国此前没有诸如水面最小操作速度、离水速度等规章要求。”郗超说,为了这次AG600飞机试飞工作,项目团队在对水上飞机飞行特点以及中国民用航空规章深入研究的基础上,结合国外培训经验,推荐制定了包括水面最小操纵速度、水面起降航迹等在内的多项专用条件,目前这些专用条件已经获得局方的批准,可以说这些研究为AG600飞机水上试飞提供了“法律”依据。

“在明确了飞机需遵循的适航标准后,如何验证飞机与条款规章之间的符合性是另一重要的工作。”郗超说,为此项目团队在搜集大量国内外资料的基础上,在仿真模拟和水洞试验结果总结的基础上,完成了水面试飞各个科目的试飞方法研究,为AG600飞机水上试飞提供了技术支撑。

在试飞过程中,团队还不断提出合理化改善意见,帮助AG600飞机更好地实现预期目标。

据马争胜介绍,AG600飞机采用的国产涡轮螺旋桨发动机,是目前我国经过民用飞机取证且稳定性较好的一款发动机,但该款发动机并不是专为水陆两栖大飞机设计的。“针对水上和海上环境,在试飞过程中,要不断完善飞机的防腐蚀、防盐雾功能。”

2018年,项目团队在珠海进行陆上试飞时,飞机的2号发动机意外发生空中停车。随后在王诚华总师的带领下,项目团队第一时间展开对数据的分析,课题主管都超首先发现发动机运行参数“似乎”一切正常,然而对停车前后数据仔细研究后判定是发动机的顺桨信号引发的停车现象,在经过对故障树详细分析后,最终发现空中停车故障是由于扭矩传感器出现锈蚀而导致发动机意外发出顺桨信号而导致。

“珠海空气湿度大、盐度高,对发动机造成了一定影响。这就是使用环境发生变化带来的新问题。”马争胜说,“在试飞过程中,要不断发现新问题,排除各种使用条件下可能产生的安全隐患。”

国产水陆两栖大飞机AG600的成功完成陆上、水上、海上首飞,实现了水上和海上试飞体系从0到1的突破。这是AG600飞机迈向交付使用的一大步,也是成为我国试飞领域里程碑式的实践。“接下来,我们还将和研发团队共同完

成投给水改装、任务系统验证等工作,让AG600早日承担起灭火和救援的任务。”王诚华说。

试飞铺就通天路

国产水陆两栖大飞机AG600试飞,是航空工业试飞中心接受的众多挑战之一。“作为‘国家级飞行试验平台’,没做过不代表做不到,反而更要做好。”陈明说。

支撑陈明有如此底气的是我国试飞事业60多年的经验积累。

61年前,一群年龄不到30岁的年轻人,在一片荒芜中,开启了我国的试飞事业。1959年4月15日成立的飞行研究院(现改称航空工业试飞中心),使我国成为当时继美、苏、英、法之后,第五个拥有设计、制造、试飞这一完整航空产业链的国家。

当时,无论是飞行研究院的生活条件、飞行试验条件都是“一穷二白”。一口开掘于上世纪50年代初、深80多米的水井,直到2007年还是飞行研究院主要水源地。试飞时,几十个极其原始的测控设备自记器将原本就局促的驾驶舱塞得满满当当,试飞员在驾驶舱里行动十分不便,双腿常被自记器蹭破皮。

在这样的条件下,国家级的试飞体系一点一滴地建立起来。随着新机型试飞项目越来越多,对飞行试验的仪器、设备、设施和试飞员素质的要求越来越高。

1994年,旨在培养硕士试飞员的中国试飞员学院正式成立。ARJ21-700飞机的首席试飞员赵鹏就是中国试飞员学院首届硕士毕业生。2008年11月28日,赵鹏作为试飞机组机长驾驶着我国首架ARJ21-700在上海首飞成功。

2002年立项的ARJ21-700飞机,是21世纪我国立项的第一个民用飞机项目,被看作国产大飞机的影子工程。同时,ARJ21-700飞机也是我国首次与美国双边适航谈判的项目,完全参照美国飞机安全和技术标准进行试飞。

“美国人不信任中国人的试飞能力,ARJ21-700飞机能否试飞过关已关系着国际航空工业界对中国人飞机试飞能力的评价。”ARJ21-700飞机的试飞总师赵杰说。在这种情况下,赵杰和试飞团队已没有其他想法,只有豁出去干了。

在试飞最艰苦、最紧张的时候,赵杰在办公室睡了两个冬天,日夜指挥着试飞团队加快试飞进程。由于很多试飞项目都是第一次进行,不少试飞大纲都是第一次编写,加上中国民航局审查组要求100%试飞科目抽查,ARJ21-700飞机试飞的工作量约为波音、空客试飞工作量的两到三倍,是国内外所有民机试飞工作量最大的一个项目。2013年,民机试飞的所有关键技术终于取得突破。

“拿下ARJ21-700飞机的试飞,我们做民用大飞机的试飞就会水到渠成。”正如赵杰所说,ARJ21-700的试飞工作让我国民机的试飞技术上升到与波音、空客处于一个量级水平,并建立了一支高素质的民机试飞队伍。

AG600飞机试飞团队的大部分骨干人员都经历过ARJ21-700飞机项目的锻炼。成功完成ARJ21-700飞机的试飞,从无到有构建起民机试飞体系,让试飞团队在试飞技术、心理抗压能力和自信方面都有了质的提升。同时,ARJ21-700飞机包括最小离地速度试飞、最大能量刹车试飞、最大抗侧风能力试飞以及溅水试验在内的多项风险科目基本上都会用到AG600飞机的试飞工作中。

试飞铺就通天路。60多年的试飞发展历程证明,健全的适航审定试飞体系可以有力促进民用航空工业发展,反之,则会成为民用航空工业发展的掣肘。目前,我国已经形成先建模型(预测性试飞评估)再飞行最后根据飞行数据验证模型的数字化、智慧化试飞模式,大幅提升试飞效率,紧追世界先进试飞水平。

与此同时,一批名校毕业的年轻试飞员正在专业培养体系中不断精进技术。1989年出生的蒋丹丹从西北工业大学硕士毕业后,经过5年多的培训,成为我国首位民机女试飞员,已经参与过C919大型客机的科研试飞任务。在AG600飞机下一阶段的试飞任务中,蒋丹丹也将成为团队中的一员。

“我赶上了一个好的时代,一参加工作就能参与到国产大飞机的试飞研制中。”蒋丹丹说,“这是所有中国航空人的一个美好时代。”

鲲化巨鹏上九霄,飞龙在天护苍生。

中国自主研制的大型水陆两栖飞机“鲲龙”AG600,26日在山东青岛团岛海域成功实现海上首飞。

作为中国“大飞机家族”的一员和国内首次研制的大型特种用途民用飞机,AG600飞机是构建国家应急救援体系的一块重要拼图。海上首飞的成功,为它尽快投身一线实用奠定坚实基础。

蛰伏645天,“鲲龙出海”成色几何?

7月26日9时许,山东日照山字河机场上,“鲲龙”AG600静待起飞指令。

“按计划执行海上首飞。”随着清晰洪亮的放飞指令,飞机的4台国产发动机动力全开。蓝白色相间的机身徐徐滑行,速度越来越快。飞机随即腾空而起,向着试验海域飞去。

抵达青岛团岛海域的AG600飞机,逐渐降低飞行高度,V字造型的船型机腹离海面越来越近,10时14分许平稳降落在海面。约4分钟后,首飞机组操作飞机逐步回转机身、调整机头方向。AG600飞机又开始加速、机头上昂,再度腾空,飞向出发机场。随着AG600飞机平稳降落在日照山字河机场,海上首飞取得圆满成功。

2018年10月20日,AG600飞机在湖北荆门漳河机场实现水上首飞。645天后的海上首飞,让“鲲龙”迈过一个重大里程碑节点。

航空工业集团副总经理陈元先说,在海面起降过程中,AG600飞机表现得非常平稳,甚至超出了之前的预期。“我们国家幅员辽阔,森林覆盖率越来越高,海岸线漫长、岛屿众多,对大型水陆两栖飞机有着迫切需求。”

“成功完成海上首飞,标志着我们向项目研制成功又迈出关键一步。”航空工业集团总经理罗荣怀表示,作为一型具有国际领先水平的大型水陆两栖飞机,AG600飞机将填补我国民用航空器和应急救援、自然灾害防治重大航空装备空白。

水上首飞已成功,为何还要进行海上首飞?

AG600飞机此前既已取得水上首飞的成功,为何此次还要进行海上首飞?对公众关心的这一热点话题,业内人士进行了解答。

两次首飞的“水”不同。航空工业AG600副总设计师、航空工业通飞珠海基地试飞中心主任刘颖说,与内陆水面相比,海水盐度、密度和风浪都有很大不同。“譬如海水密度大、湖水密度小,在同等飞行条件下,飞机在水中的受力和起飞时需要克服的阻力并不相同。”刘颖表示,海水对飞机的反作用力会更大,直观体现为飞行机组会感觉海水“偏硬”一些。

执行任务的首飞机组视觉感受和操纵要求不同。海面较湖面更为开阔,飞行员在降落时选择参考点不如湖面容易。“海上试飞要求机组全面考虑风向、风速、洋流和浪涌,以及高温、高湿、高盐环境的综合影响。”首飞机组机长赵生说,飞行员只能基于对飞机飞行特性充分了解后,通过丰富经验来决定海上降落路径。同时依靠飞行员的细心而又准确的操纵,保证飞机起降过程中保持运动状态稳定。

飞机的验证任务和使用环境不同。航空工业通飞珠海基地研发中心总工程师程志航说,水上首飞主要是验证飞机各系统在水面的工作情况,并初步检查飞机水面起降操稳特性及性能,为后续飞机用于森林灭火和自然灾害防治体系建设提供支持。

“海上首飞重点检验飞机溅浪特性、抗浪性、加速特性和水面操纵特性,检查飞机各系统在海洋环境中的工作情况,并收集海上飞行数据,为后续相关工作提供支撑。”程志航说,海面起降过程中,由于浪涌的波动起伏更大,更容易导致飞机发生上下颠簸和摇摆。相比来说,海上首飞需要克服更多技术难题。

三试三捷,“鲲龙”投身一线还有多远?

2009年立项的AG600飞机,经历了2017年陆上首飞、2018年水上首飞、2020年海上首飞后,研制进程进入了新的阶段。这样的三试三捷,得来颇为不易。

今年本是AG600