

## A330neo：换发背后



中国国航的A330neo。

遼达7000发动机在美国阿诺德工程研发机构进行试验。

王钟强

空客 A330neo 从 2014 年 7 月 14 日在范堡罗航展首次推出到 2017 年 10 月首次试飞，成为了空客的一个快节奏研发项目，这完全是出于市场竞争的需要。面对波音 777 和波音 787 的攻势，现有装老发动机的空客 A330ceo 很难继续保持热销的势头，更不用说再创辉煌了。

正是看好中国宽体客机市场的巨大潜力，现在的空客 A330 很好地体现了“为中短程航线而生”的特点，在中国市场能够高效执行国内短程和区域航线，具有其他远程宽体飞机无法比拟的中短程运行经济性。

## 空客 A330 为什么要换发动机

空客 A330 和空客 A340 是 20 世纪 90 年代初空客公司同时研制的两种飞机，前者双发、后者四发，担负冲击被波音公司把持的远程客机市场的重任。

A330 是空客第一种客户能选择 GE、普惠或罗罗公司三种发动机的客机，每座千米的直接成本比 DC-10-30、波音 747-400 和波音 767-400 分别低 34%、4% 和 9%；燃油消耗率分别低 61%、14% 和 12%。空客 A330 一直承担着与波音 767、波音 777 和 2011 年最新入市的波音 787 竞争的任务。2013 年 7 月 19 日空客向香港国泰航空交付了第 1000 架空客 A330。截至 2017 年 10 月，空客 A330 订货数为 1694 架，其中已经交付了 1373 架，1341 架在使用中。

空客 A340 运载每名乘客的直接成本比波音 747-400 低 0.4%，运载每名乘客飞行 1 千米的燃油消耗比波音 747-400 节省 11%，可比波音 747 飞更远的航程。空客 A340 出现以后，波音 747 的订货急剧下降。但是，面对新一代的双发客机的竞争，空客 A340 和波音 747 等四发、三发客机都败下阵来。2011 年 11 月，空客宣布 A340 停产，总共生产了 377 架。

当年空客用 A330 成功压制了波音 767，遗憾的是它没有继续在双发宽体客机上投入，而是将主要精力放在为超越波音 747 而研制的“巨无霸”空客

A380 上，但空客 A380 的销售结果远没有达到空客预期。相反，波音公司敏锐地察觉到未来航空运输市场已经由中心枢纽辐射式向“城市对”点对点直飞转变，全力推进波音 787 的研制。波音 787 和已经服役的波音 777 的几种改型受到市场的青睐。波音 777/787 这一对“黄金组合”对空客形成极大的威胁。

面对不利形势，空客于 2004 年匆忙推出了空客 A350 与其竞争。计划中的空客 A350 是一款以空客 A330 为基础的 250 ~ 300 座双发宽体客机，将配备改进的机翼和新的发动机，准备 2010 年投入运营。计划公布后，只收到很少订单。为此，空客对 A350 进行重新设计，2006 年 7 月宣布新飞机将命名为空客 A350XWB（即 eXtraWideBody “超大宽体”）。实际上，当波音宣布启动 787 项目时，空客也曾有过对现有空客 A330 进行改进的想法，但这个想法被当时的一些大客户否决。最终，空客决定上马全新的空客 A350，放弃对空客 A330 的改进。

但是，随着波音 787 的推出，局势还是越来越紧迫，迫使空客必须要在 250 ~ 300 座级这一市场推出一款足以抗衡波音 787 系列的新机型。2010 年 12 月推出的换了发动机的空客 A320neo 取得了商业成功，也使空客对 A330 的换发坚定了信心。2014 年 7 月 14 日，空客在范堡罗航展上推出了空客 A330neo 计划。空客认为，空客 A330neo 的市场优势来自于它是一款资本成本较低，且能在短于 4000 海里的高密度航线上使用。

空客 A330neo 和现在的空客 A330ceo 最大的区别在于，换装了罗罗公司新的遼达 7000 发动机，此外机翼和气动也有改进。遼达 7000 与空客 A330ceo 现有的遼达 700 发动机相比，它的涡轮风扇的直径为 2.8 米，其前风扇转动较慢，涵道比达到 10:1，而以前的发动机只有 5:1，还采用了一个新的无拼接的进气道、一个复合材料发动机短舱和带全整流罩的短舱吊架。换发后，空客 A330neo 比现役空客 A330 单座降低 14% 的燃油成本。其中 11% 来自新发动机的贡献，其他 3% 来自飞机气动外形设计的优化和翼展的加长。此外，新的客舱设计能够增

加 6 ~ 10 个座位，这为空客 A330neo 带来了 2% 的燃油效率提升，但是由于中央翼盒的设计并没有改进以及翼展的增长，导致空客 A330neo 比原来空客 A330 要重约 5 吨，抵消了 2% 的燃油效率提升。与遼达 700 相比，推力高达 300 ~ 320 千牛的遼达 7000 在性能和经济效益上均有长足改进，每台发动机都整合了 2 万多个部件，并在全球多个试车台和设施接受严格测试。在首飞前，遼达 7000 进行了严格的地面测试，包括在美国进行的高原、结冰、横风、噪



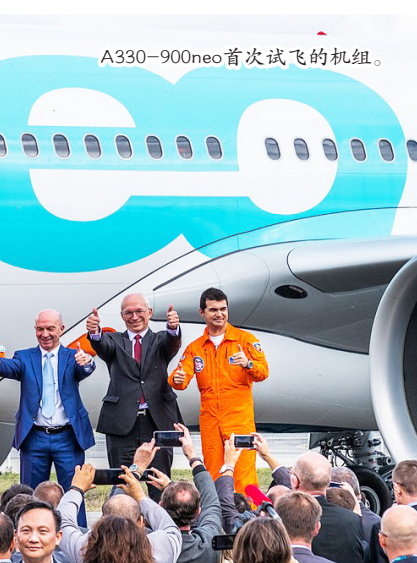
A330-900neo首次试飞的机组。

声和循环测试，以及在英国进行的耐久性、操作性和功能性测试等。

空客 A330neo 的机翼翼展更大，达 64 米，而原来空客 A330ceo 的机翼翼展为 60.3 米。翼尖装有类似于空客 A350 上节省油耗的鲨鳍小翼装置。空客 A330neo 和空客 A330ceo 相比，气动方面的变化包括一个优化的 3D 翼扭转、一个新的复合材料的上机腹整流罩、一个修形的复合材料前缘缝翼和修形的襟翼导轨整流罩。

空客 A330neo 将与空客 A350 XWB 家族的飞机处于同一专业技术等级，与空客 A330ceo 有 95% 的机体部件通用。空客表示，由于进一步发展了定期维修计划，该机型还能节省 5% 的机体维修成本。该计划包括减少某些检查项目、延长间隔。对新机型，如发动机吊架和改进了的机翼某些部分，故在通常 12 年的维修周期中可节省工

时。空客 A330neo 包括空客 A330-800neo 和空客 A330-900neo 两种机型，前者用来替代空客 A330-200，后者用以替代空客 A330-300，两款飞机升级后的航程都将增加 740 千米。对此，空客指出，目前航空公司 75% ~ 80% 远程航线的飞行时间在 8 小时左右，现有远程客机无论是波音 787 还是空客 A350，在实际运营中都未能充分应用其最大设计航程，空客 A330neo 升级后的航程能够满足航空公司 90% 的航线运营，具有更好的经济性。



空客 A330-900neo 试飞

为获得型号认证，已经开始试飞的空客 A330-900neo 将进行 1400 小时的取证试验。全部飞行测试项目将由 2 架空客 A330-900neo（1795 号飞机和 1813 号飞机）和一架空客 A330-800neo 完成。除此之外，第一架量产型空客 A330-900neo 还将负责验证完整的飞行空间公司的客舱内饰。

1795 号飞机将专门用于操纵品质、性能、系统和飞行控制律的验证。这架飞机将完成寒冷天气中的飞行、进行服役准备和装备全部飞行试验仪器仪表 (FTI)。该机还将装两套平视显示器 (HUD) 座舱系统、霍尼韦尔飞行管理系统 (FMS) 和卫星通信系统，并可选用梅西埃-古德里奇刹车装置。该机特点是采用航电系统来操纵，包括 FMS 着陆系统、GPS 着陆系统、空中

交通情况告知 (ATSAW)、冲出跑道保护系统 (ROPS)，以及 T3CAS 监察设备（即将交通防撞系统、地形回避警告系统和 S 模式应答器三者合而为一）。

1813 号飞机将专门用于验证气动力和发动机性能、自动着陆功能，并进行航线验证飞行、双发延程飞行 (ETOPS) 和高温条件下的飞行，以及航空公司运营验证。该机将装全套试飞仪器仪表 (FTI) 和各种航电功能，将试验泰雷斯的飞行管理系统、铱星卫星通信和选用霍尼韦尔刹车。1813 号飞机还将飞行空间公司新的“恢复疲劳”盥洗间。

空客 A330-800neo 取证试验还要另外飞行 300 小时，使用 1888 号机于 2018 年开始进行。1888 号飞机将装全套试飞仪器仪表，两套平视仪、霍尼韦尔飞行管理系统和卫星通信、梅西埃-古德里奇刹车和全套航电作动功能，包括飞行着陆管理系统 (FLS)、卫星着陆系统 (GLS)、ATSAW、T3CAS 和 ROPS。空客 A330-800neo 的取证计划预计于 2019 年完成。完成取证后，第一架批生产的空客 A330-900neo 将交付给葡萄牙 TAP 航空公司。在投入使用前的试飞中，该机将装轻型 FTI 进行生产和座舱检查，以验证飞行空间公司的机舱和空调性能。届时，它将在 300 座级宽体飞机市场上拥有最低的单座英里成本，有望延续空客 A330-300 在该级别飞机市场的成功。从项目启动到首架飞机交付，空客 A330neo 有望成为空客机型研发史上用时最短的机型项目。截至 2017 年 10 月 31 日，共有 11 家用户订购了 212 架空客 A330neo。

空客采用了各种措施，包括重新安排下层舱中可移动的机组休息舱，使机舱释放出更多的可用空间，从而达到更大的载客量。空客 A330neo 具备座位设置的灵活性，可安排从 200 至 440 不同数量的座位。飞机还可有效地服务于不同航程的市场，飞行时间从最短的 30 分钟到最长 15 小时。对旅客而言，飞行空间公司提供高清空中娱乐系统和连通性，并增加了头顶上方的存储空间。空客 A330neo 机舱里比波音 787 噪声低 3 分贝，使每位旅客在飞行中能更加舒适。

## 中美适航协议生效 中国“飞”向世界大门开启

张聚恩

中国民用航空局 (CAAC) 与美国联邦航空局 (FAA) 共同签署的《适航实施程序》(IPA)，已于 2017 年 10 月 17 日正式生效。10 月 27 日，FAA 官网也以“FAA 加强同中国航空安全合作”为题发布消息，称：双方签署的 IPA 文件承认对方在航空产品和物品的适航性方面的监管制度，使用双方认证制度的相容性，允许对等机构在设计、生产和适航性以及持续适航性的情况下，利用对方行业已完成的批准。并称，IPA 的签署履行了美国和中国在 2005 年制定的中美双边航空安全协议 (BASA) 中各自的承诺；该协议允许 FAA 和 CAAC 提交所有类别航空产品的认证申请，并解决全球化中出现的挑战，例如，设计和生产相分离的复杂业务模式。该协议支持 FAA 飞机认证服务部门通过响应利益相关方的需求并促进全球产品和批准的无缝转移来更新认证策略。国内外有关方面和媒体都给予该事件以积极、正面的评价，认为这是中美双方在民航领域加强合作的一个新步骤。

## FAA 和 EASA 致力于提升航空器的适航性

在航空运输业造福人类的同时，航空安全问题如影随形，特别是大型客机的空难事故。人们逐步认识到，为了确保商业航空的安全性，必须对航空器的整体性能在预期运行环境和使用限制下是否适用进行评价考核，必须从研发开始就对产品的技术状态进行严格管理，必须对构成航空器实体的各部件、子系统，甚至关键材料的性能和特性进行控制，必须对航空器

的整个生产过程及其质量状态进行有效管理，这就是“航空适航性”概念的由来。

美国从 1926 年制定了航空商业法，开始航空安全监察。之后数十年里，FAA 从各种事故中吸取经验与教训，不断和厂商交流沟通，致力提升飞机的安全性，逐步形成包括适航管理的较为完善的安全监管体系，联邦航空规章 (FAR) 是其主要体现。欧洲也成立了与 FAA 类似的航空安全机构，先为 1990 年成立的“联合航空局 (JAA)”，后为 2002 年接替 JAA 的欧洲航空安全局 (EASA)，主要职责同 FAA 相近，其中也有一项任务是制定和完善联合航空规则 (JAR)，其内容覆盖民用航空安全法规和相应适航标准等。

应该看到，“航空适航”在本质上是积极的，是确保商业飞行安全而进行的一系列努力的重要组成部分。航空适航的本质是促进和保障航空器适于航行的安全性和航空器自身的物理完整性的统一。这个本质要求主要通过适航认证与管理来实现，其中适航认证管理又包括初始适航管理与持续适航管理。初始适航管理是通过设计、制造环节的控制与管理，由适航当局对安全可用的航空器颁发适航证的活动。持续适航管理是在航空器获得适航证、投入运行后对使用、维修的控制与管理。

在过去几十年里，FAA 和 EASA 致力于提升航空器的适航性，为确保商业航空的安全做了大量工作，其成果体现在他们制定的适航条例与标准中。实践也已证明，实施适航管理是有效的。波音、空客等经历此类管理的航空器的致命事故间隔时间要比没

有实施的俄制航空器高出一个数量级，分别为千万级和百万级。现在，最具全球影响力的适航标准分别出自 FAR 和 JAR。如 FAR 里的第 23、25、27、29、35 部，就分别定出了不同类型航空器的适航标准，第 33 部还规定了飞机发动机适航标准。其中，第 25 部是应用最为广泛的“运输类飞机”适航标准。这些规定是他们在长期研制、生产和运营中积累的正反两方面经验教训凝结而成的。正如前面所述，商业航空的安全性要求决定了适航标准首先应该、也必须是安全性最低标准，即安全性门槛。

时至今日，FAR 和 JAR 的适航性规定也成为了国际标准。飞机制造商的新机型要在全球市场投放，必须得到 FAA 和 EASA 的适航证。当然，除了要得到美欧适航证外，还需要获得进口国家相关监管部门的许可证明。如果进口国监管部门不因出口国机型未获得欧美适航证而不准进入，也可在该国管理权限范围内投入运营，正如中国的“新舟”系列飞机在亚非地区部分国家开展的销售和运营。

## CAAC 的有关适航法规与标准

中国民航规章 (CCAR) 是与 FAR 和 JAR 类似的国家民用航空规章体系。CCAR 共有上百部，其主要作用是要求中国民航管理的航空公司和有关航空企业，根据各自不同的工作性质，按照相应规章对自己的工作进行规范和管理。CCAR 中也有中国关于不同类型航空器的适航标准，是在主要借鉴 FAR 的基础上制定的。以第 25 部为例，对应于 FAR 第 25 部，同样是关于运输类飞机的适航标准，CCAR-25 部自 1985 年制定发布以来，

经过 4 次修订，目前执行的是以中国民用航空局第 209 号令发布、自 2011 年 12 月 7 日起施行的第 4 版本。而 CCAR-23 部是关于正常类、实用类、特技类和通勤类飞机的适航规定，与 FAR23 部对应。

此次中美双方签署《适航实施程序》，实现了两国民用航空产品适航的对等互认，内容涵盖适航审定在设计批准、生产监督活动、出口适航批准、设计批准证后活动及技术支持等方面的合作。该协议的签署为两国民航当局更深入和广泛的合作奠定了基础，也为两国民用航空产品的交流和工业部门的合作创造了良好的双边环境，为中国的商用飞机 ARJ21、C919 和“新舟”系列等飞机和其他航空器进入全球市场扫除了最大的适航程序障碍。按此条例，由于 CAAC 的有关适航法规与标准和 FAA 的基本相同或相似，在理论上，符合 CAAC 标准的，就应认为符合 FAA 标准；而无需就不同部分进行补充性工作；获得 CAAC 认证的中国商用飞机，FAA 只要进行程序性审查，也应给予认证。尽管这次签署的只是程序性文件，后面还会有许多工作要做，但这个“对等互认”大局的建立，无疑是战略性的。

目前，我国已经具备对“新舟”60、ARJ21、C919 等大型飞机开展适航审定的能力。中美双边适航实施程序正式签署生效，中欧双边适航实施程序谈判也取得实质性进展，可以认为我国在特定领域，初步具备了与国际上适航发达国家和地区平等操作的能力。为进一步整合资源，提升我国适航审定能力，促进国产民机产业的发展，2017 年 10 月 27 日，中国民航局在原有机构的基础上，整合成立了中国民

航适航审定中心。

## 从“要我适航”转变为“我要适航”

根据目前的适航流程，认可方式有三种，分别是全面认可，无需审查批准直接认可，如 PMA（民用航空器零部件制造人批准，Parts Manufacturer Approval）、设计更改等；简化认可，开展认可审查，无需进行技术评审，如 23 部的运 12F 获得 FAA 的认证。未来中国 23 部飞机在申请 FAA 适航证时，适用该条件；技术认可，对于不适用于接受和简化认可的航空产品，需开展技术认可审查，如中国 25 部未获得美国认证的飞机。未来，中国 25 部的飞机，如 C919，在申请 FAA 适航证时，适用该条件。

随着中国民用航空产业的快速发展，引进美国或欧洲的航空器在国内组装生产的产品越来越多，一些社会资本也投入航空产业，开展引进生产。目前，在国内组装生产的欧美航空器取得生产许可的方式有两种，一种是获得国外生产许可延伸，如石家庄的赛斯纳 208 总装线和山东滨奥 DA40 总装线分别获得了美国 FAA 的 PCE（生产许可延伸）和 EASA 的 POA（生产组织批准）；另一种是获得中国民航局的适航生产许可证 (PC)，如中电科芜湖钻石飞机获得了 CAAC 适航证。随着中美签定适航实施程序，未来相关的适航流程会更加简化和便捷。

CAAC 和 FAA 签订 IPA，首先是我国民航适航当局多年来艰苦而卓有成效工作的结果，是中国航空工业实力不断提升的结果，更是中国飞速增强的国力、商业航空巨大市场的吸引等因素的综合作用。中国政府极为重视国产民用客机进军国际市场，2017

## 空客 A330 在中国

在中国市场，深圳航空公司 2017 年 9 月 25 日接收了其首架空客 A330-300，成为空客 A330 系列在中国大陆地区的第 10 家运营商。截至 2017 年 8 月底，中国 9 家航空公司运营的空客 A330 系列飞机达到 202 架，是目前中国民航运营数量最多的宽体飞机。截至 2017 年 9 月，各航空公司有 1336 架空客 A330 在用，其中 604 架空客 A330-200、38 架 -200F 和 694 架 -300。其中：土耳其航空公司 64 架、中国国航 59 架、中国东航 57 架、美国达美 42 架、中国南航 42 架。空客 A330 系列是中国数量最多的宽体飞机，在中国宽体客机市场的份额超过 60%。

中国国航、东航、南航和海航四大航空公司 2017 年计划引进宽体客机 40 架（包括空客 A330、空客 A350、波音 777 和波音 787 四种），其中数量最多的空客 A330 为 17 架，占 42.5%；2018 年计划引进宽体客机 40 架，其中空客 A330 占 18 架，比例达到 45%。庞大的空客 A330 机队以及人们日益增长的出行需求使国内航空公司不约而同地选择空客 A330 开拓国际航线。在 2017 年初公布的涉及民航等 9 家航空公司的“2017 年准备新开航的国际航线一览表”中，使用空客 A330 开航的新航线多达 34 条（占 54.8%）、使用波音 787 的 18 条（29%）、用空客 A330 和波音 787 两种飞机的 8 条（13%）、使用波音 777 和空客 A350 的各一条（3.2%），由此看来，使用空客 A330 开航的新航线超过 60%。

正是看好中国宽体客机市场的巨大潜力，空客于 2015 年 7 月与天津保税区和中国航空工业签署了关于在天津建立空客 A330 飞机完成及交付中心的框架协议。2017 年 9 月 20 日，空客天津 A330 完成和交付中心正式启用；同日，一架由空客中欧员工共同完成的空客 A330 在该中心顺利交付给天津航空公司。至 2019 年初，该中心将达到月产两架空客 A330 飞机的生产速率。

在 6 月，李克强总理就曾在与德国总理默克尔的会晤中表示，希望德国支持 C919 取得欧洲适航证。而 CAAC 和 EASA 关于适航对等互认的谈判也在进行中。

中国航空向商业航空、特别是大型客机领域的进军已成不可阻挡之势；第 2 架 C919 已经成功首飞，ARJ21 已经有 3 架交付使用，表现良好。中国航空工业在军机领域的井喷式发展，在商用飞机领域的飞速进步，昭示着航空强国的梦想正在一步步地实现。就 FAA 而言，做出这样的举动，则是审时度势的结果，更是出于对商业利益的考量。面对大型商用飞机制造业全球化的形势，面对设计与制造分离（特别是零部件制造）的复杂局面，面对未来 20 年中国商用飞机的庞大市场需求，FAA 意识到，必须对适航管理的策略和程序做出调整和革新，以利于占领市场、扩大份额，降低管理成本。实际上在 2017 年 10 月初 FAA 刚刚同 EASA 完成了新一轮 IPA 的签订。FAA 先行一步了，EASA 势必也将走上同样的路径。

在适航管理工作的整体上，我们的经验还很缺乏，工业部门更要转变观念，以向市场负责、为客户安全尽责的高度自觉，从适航标准中汲取经验，变“要我适航”为“我要适航”。以 C919 为例，把试飞和试制任务完成，顺利进入批产，并确保预期性能的实现，严格控制成本，保持价格优势，可谓使命紧迫。要对我们的差距和有可能出现的困难，包括来自美方在实际工作中的阻碍，有充分的估计，不可盲目乐观，不可降低标准，不可松懈自己的工作。

（本文作者系航空工业科技委顾问）