



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eng



Views & Comments

中国商用飞机发展三部曲

吴光辉

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

1. 发展大飞机具有重大战略意义

大飞机，是指150座级以上、起飞重量100 t以上的运输类飞机（俗称干线飞机）。在干线飞机中，150~200座级的商用飞机具有特殊的重要意义，满足了航空市场对短程航线、低载客量的需求，因此最受航空公司的青睐。这个座级的机型也是干线飞机制造的起点机型和基本机型。

飞机制造业是国家战略性高技术产业，是国民经济发展的重要引擎，对科学技术的发展具有极其重要的推动作用。发展大飞机，具有重大战略意义。

未来20年，全球经济将保持年均2.0%的增长率，航空运输周转量是现在的2.3倍，预计全球客机机队规模将达到5万架左右，是现有机队的2.1倍，中国机队规模将超过1万架，国内外商用飞机市场需求强劲。这样一个巨大的市场需求，是大飞机发展的强劲动力，也给大飞机发展带来了巨大机遇。发展大飞机，能更好地满足经济社会发展和人民出行的需要，也必将成为一个新的潜力巨大的经济增长点。

飞机研制和发展具有“高风险、高投入、长周期”的特征，行业门槛极高，目前世界上只有少数国家的几个大型企业可以进入。大飞机是高端装备制造业的代表，发展大飞机对于提高自主创新能力、增强国家核心竞争力，对于转变经济发展方式、推动供给侧结构性改革、建设制造强国具有巨大作用。民用航空产业具有产

值高、产业链条长、辐射面宽、联带效应强的特点，发展大飞机带动作用巨大。一方面，可以带动新材料、现代制造、先进动力、电子信息、自动控制、计算机等领域的集群性突破，另一方面可以带动基础科学，如流体力学、固体力学、计算数学、热物理、化学、信息科学、环境科学等诸多基础学科的重大进展；同时，还可以创新航空工业的体制机制，整合利用全球资源，开展国际合作，提高航空工业的制造能力和管理水平。

2. 中国人的大飞机梦从未停歇

中国航空工业有60多年的历史，大飞机的制造很早就起步了，但20世纪70年代以后它就停了下来，大型客机项目几上几下，始终没有走完一个完整的型号研制过程，始终没有形成真正的商用飞机产业。图1概述了1970年至今中国商用飞机的发展历程。

1970年8月，运十飞机项目开始启动研制。经过十年的艰辛探索，运十飞机于1980年首飞。遗憾的是，由于种种原因，运十飞机项目于1985年终止。运十飞机一共飞行了164个飞行小时，120个起落，先后飞抵多个国内主要城市，七次进藏运输物资，在当时中国的经济条件和技术水平下可谓创造出了一个奇迹。1985年开始，我国又与麦道公司合作生产麦道飞机，1996年开始，与空客公司合作研制AE100，但都无果而终。中国人的大飞机梦一次次燃起希望，又一次次陷入失落，但我们始

终没有放弃，始终坚守一个信念：一定要有自己的大飞机。2008年，中国商飞公司成立，标志着中国大型客机研制项目正式启动，也表明中国商用飞机产业站在了一个新的历史起点，步入一个新的发展阶段。

3. 中国商用飞机发展三部曲

中国商飞公司通过支线飞机型号研制、窄体干线飞机产业发展、宽体飞机拓展形成全系列产品三部曲，构建完整的研发体系和产品谱系，探索独具特色的商用飞机发展路径。

3.1. ARJ21 新支线飞机

ARJ21（图2）是我国自行研制的具有自主知识产权的新型涡扇支线飞机，载客78~90座，航程2225~3700 km。

通过ARJ21新支线飞机的研制，国内首次系统完整地建立了民机适航设计和验证技术体系，解决了系统间互联安全性评估技术难题，攻克了双发动机失效、轮胎爆破、鸟撞、发动机转子爆破等特殊风险验证的技术难关，突破了结冰、污染跑道、大侧风、高温高寒等极端复杂气象条件下的分析和试验验证技术，掌握了包括高平尾飞机失速、最小离地速度、起落架摆振、飞控故障模拟和功能可靠性等多项验证试飞关键技术。我国首次走完了喷气支线客机设计、制造、试验、试飞、交付、批产等阶段全过程，积累了重大创新工程的项目管理经验，初步探索了一条“自主研发、国际合作、国际标准”的国产商用飞机技术路线，初

步建立了新时期我国商用飞机产业体系、技术创新体系和项目管理体系。

截至2021年6月，ARJ21新支线飞机已累计交付客户53架，先后开通航线190条，通航城市90个，安全运送旅客超过270万人次。

3.2. C919 大型客机

C919大型客机（图3）围绕“更安全、更经济、更舒适、更环保”和“减重、减阻、减排”的设计理念设计。座级为158~168座，航程为4075~5555 km，首架机于2017年5月5日成功首飞。

C919大型客机在工程技术上走出了一条拥有完全自主知识产权的商用飞机研制的正向设计之路。采用异地协同机制，基于模型的工程定义（MBD），实现了产品设计与制造高度并行和广域协同，实现了无纸数字化制造技术的应用；低阻流线型机头设计、承载式风挡设计、超临界机翼和先进的气动布局；第三代铝锂合金、高模量碳纤维复合材料和钛合金等新材料的大规模应用；全电传飞控和综合模块化航电等系统集成；先进前沿技术推进系统的应用，促进窄体飞机新一轮发展。上述新技术的采用，进一步提升了C919大型客机的四性（安全性、经济性、舒适性和环保性），极大地促进了中国和全球航空工程技术的发展。

C919大型客机国内外用户达到28家，订单总数达815架，东方航空为全球首用户。目前，C919大型客机6架试飞飞机全部投入试验试飞，正在上海、西安、东营、南昌等地开启多地多模式试飞，批产交付首架机零部件在上海、西安、成都三地同步开工，适航取证、

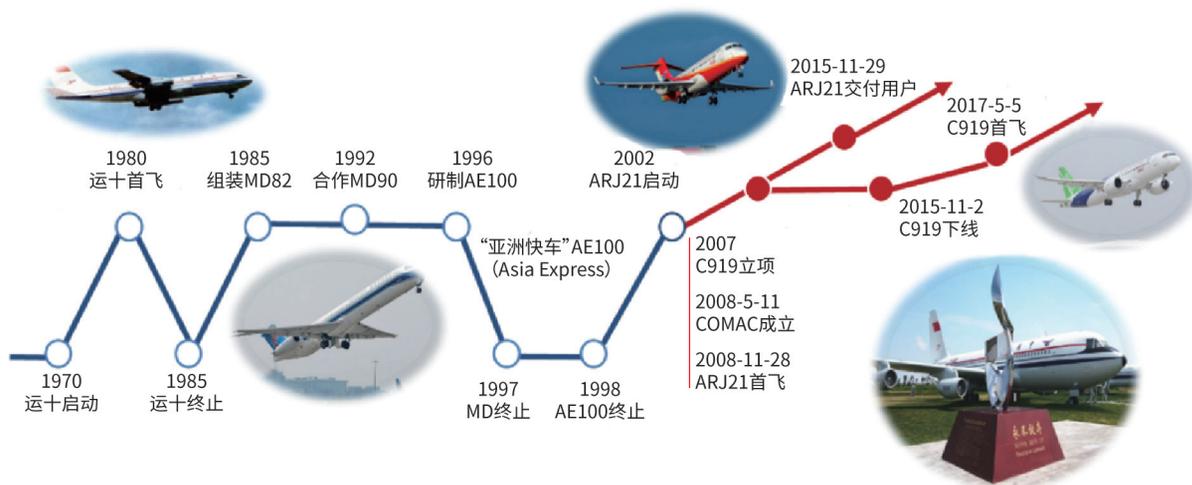
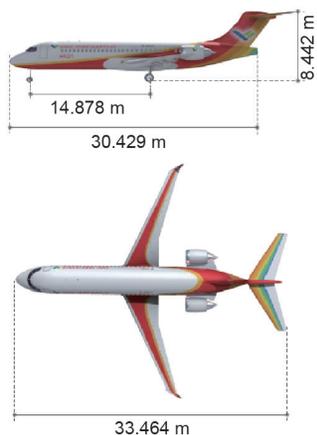


图1. 中国商用飞机发展历程。



(a)



外部尺寸

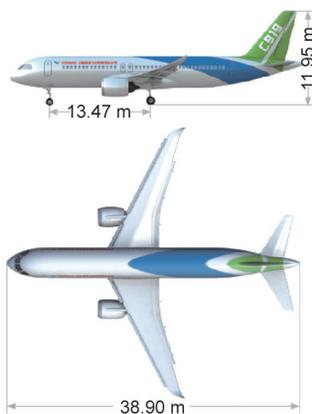
翼展	27.29 m
机翼面积	79.86 m ²
机翼后掠角	25°
全机长	33.46 m
全机高	8.44 m
主轮距	4.68 m
前主轮距	14.88 m

(b)

图2. ARJ21新支线飞机。



(a)



全机长	38.90 m
翼展	35.80 m
全机高	11.95 m
主轮距	7.62 m
前主轮距	13.47 m

(b)

图3. C919大型客机。

科研工作及批生产有序推进。

3.3. CR929 远程宽体客机

CR929远程宽体客机（图4）由中国商飞公司和俄罗斯联合制造集团联合研制。基本型航程为12 000 km，标准三舱280座。以中国、俄罗斯市场为首要目标市场，以亚太地区为重要市场，同时兼顾其他国外市场，逐步满足全球航空客运市场的需求。宽体客机作为现代商用飞机发展的重要组成部分，在商用飞机产业未来发展的技术创新、体系创新及人才队伍建设中有着重要的推动作用。

CR929远程宽体客机已基本完成总体技术方案设计，转入初步设计阶段。

经过十余年的探索实践，中国商飞公司基本走过了喷气式客机产品研制的全过程，初步掌握了大飞机研制



图4. CR929远程宽体客机。

规律、研制方法和研制技术，初步形成了从支线飞机到中短程宽体客机的产品谱系，初步奠定了公司长远发展所需的人才、技术、管理等能力基础，初步带动了相关基础科学、航空工业和相关产业发展，实现了我国商用飞机从无到有的历史性跨越，开启了我国民用飞机产业从弱到强的新征程。