



F R O S T & S U L L I V A N

*64 Years of Growth, Innovation and Leadership*

## 全球及中国民用航空零部件市场独立研究报告

(摘要版)

2025年1月

报告提供的任何内容 (包括但不限于数据、文字、图表、图像等) 均系弗若斯特沙利文公司独有的高度机密性文件 (在报告中另行标明出处者除外)。未经弗若斯特沙利文公司事先书面许可, 任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容, 若有违反上述约定的行为发生, 弗若斯特沙利文公司保留采取法律措施, 追究相关人员责任的权利。弗若斯特沙利文开展的所有商业活动均使用“弗若斯特沙利文”或“Frost & Sullivan”的商号、商标, 弗若斯特沙利文无任何前述名称之外的其他分支机构, 也未授权或聘用其他任何第三方代表弗若斯特沙利文开展商业活动。

# 目录

<b>1</b>	<b>民用航空制造行业概述</b>	<b>3</b>
1.1	行业发展情况及规模	3
1.2	产业链全景图	9
1.3	竞争格局	10
	空客 (Airbus)	11
	波音 (Boeing)	12
	巴西航空工业 (Embraer)	12
	中国商飞 (COMAC)	12
<b>2</b>	<b>民用航空零部件行业概述</b>	<b>13</b>
2.1	民用航空零部件定义	13
2.2	民用航空零部件产品分类	14
2.3	行业发展的影响因素	15
2.4	民用航空零部件行业市场规模预测, 2021-2030E	17
2.5	民用航空零部件行业竞争格局	21
<b>3</b>	<b>民用航空零部件行业趋势</b>	<b>28</b>
3.1	零部件制造向大型整体化、薄壁化和精确化发展	28
3.2	民营航空零部件制造企业特种工艺处理技术能力不断增强	29
3.3	新型材料的应用加速	30

# 1 民用航空制造行业概述

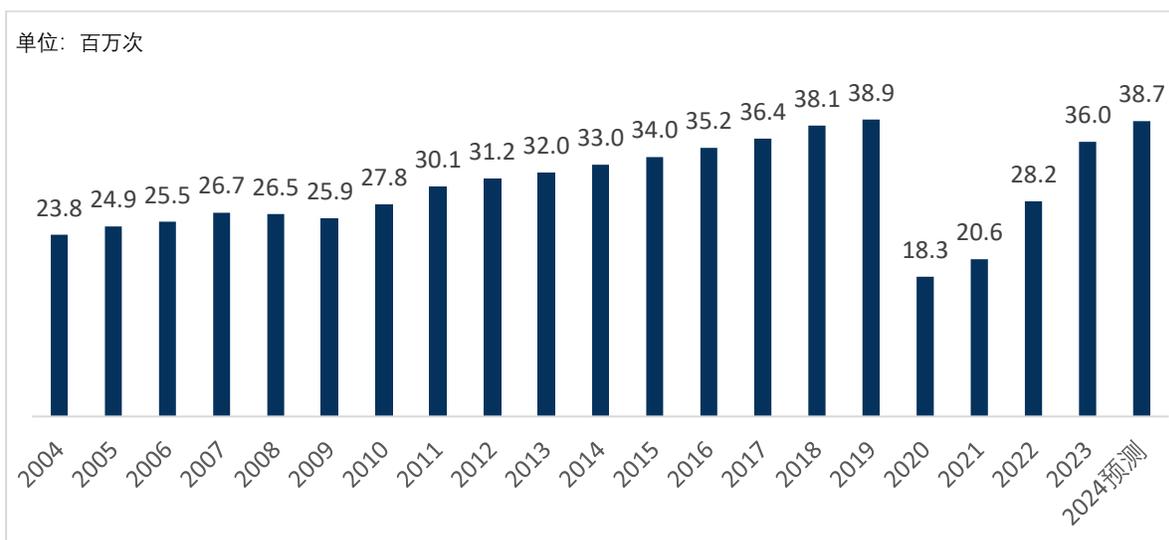
## 1.1 行业发展情况及规模

### 全球市场

自 2000 年代初以来，全球航空业的航班数量稳步增长，成为国际贸易、旅游和人员流动的重要推动力。到 2019 年，全球航班量达到了峰值的 3890 万次。然而，2020 年受到全球公共卫生事件的重大冲击，航班量骤降至 1830 万次，几乎减半，给全球航空业带来了前所未有的挑战和压力。

随着疫情影响的逐渐消退和航空业的复苏步伐加快，全球航班量自 2021 年起逐步回升，并呈现持续增长的态势。预计到 2024 年伴随全球航空需求的进一步反弹与航空公司在优化运营和提升效率方面的努力，全球航班量有望达到 3870 万次，基本恢复至 2019 年的峰值。

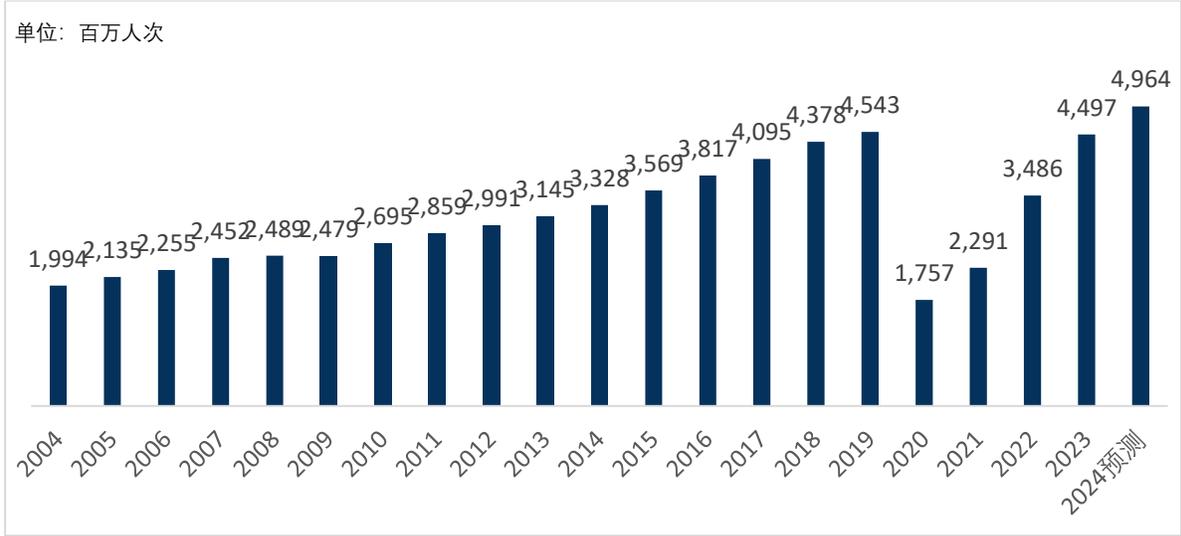
图表 1 全球航空业执行的航班数量，2004-2024 预测



来源：交通运输部，弗若斯特沙利文

与此同时，全球航空客运量也展现出强劲的恢复势头。从 2020 年的 17.6 亿人次低谷开始快速回升，到 2023 年定期航班的乘客数量回升至 45.0 亿人次，基本恢复到疫情前的水平。预计 2024 年定期航班的客运量将进一步增长，超越 2019 年达到接近 50 亿人次的历史新高。

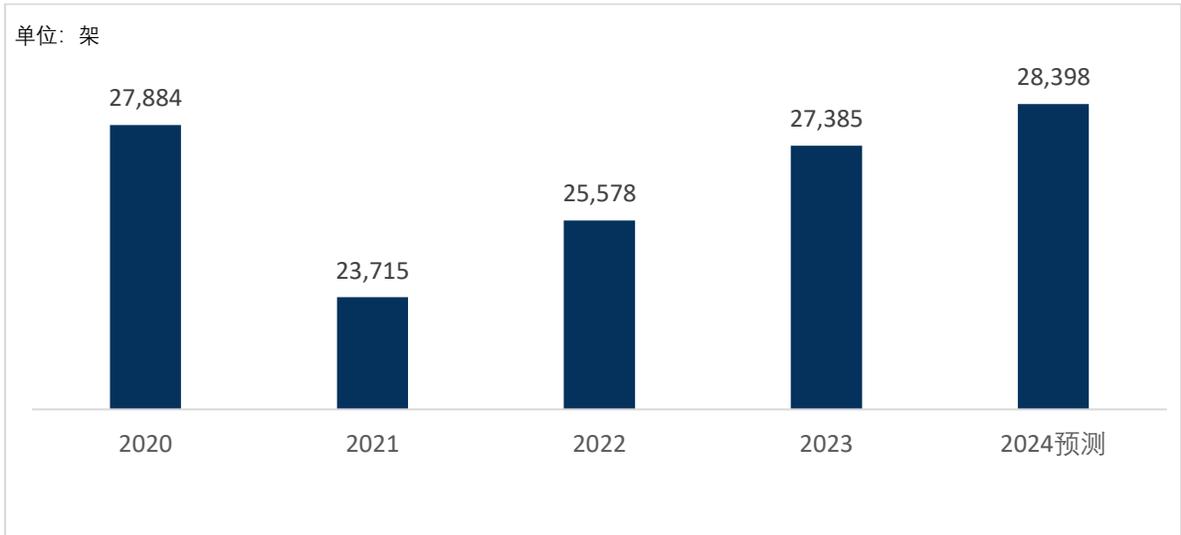
**图表 2 全球航空业定期航班乘客数量，2004-2024 预测**



来源：交通运输部，弗若斯特沙利文

2023 年，全球机队规模达到 27385 架。尽管上游主机厂受供应链影响，交付速度减慢，但受需求端的好转驱动，全球机队规模仍将逐步扩张，预计 2024 年全球在役飞机数量预计将达到 28398 架。

**图表 3 全球机队规模，2020-2024 预测**

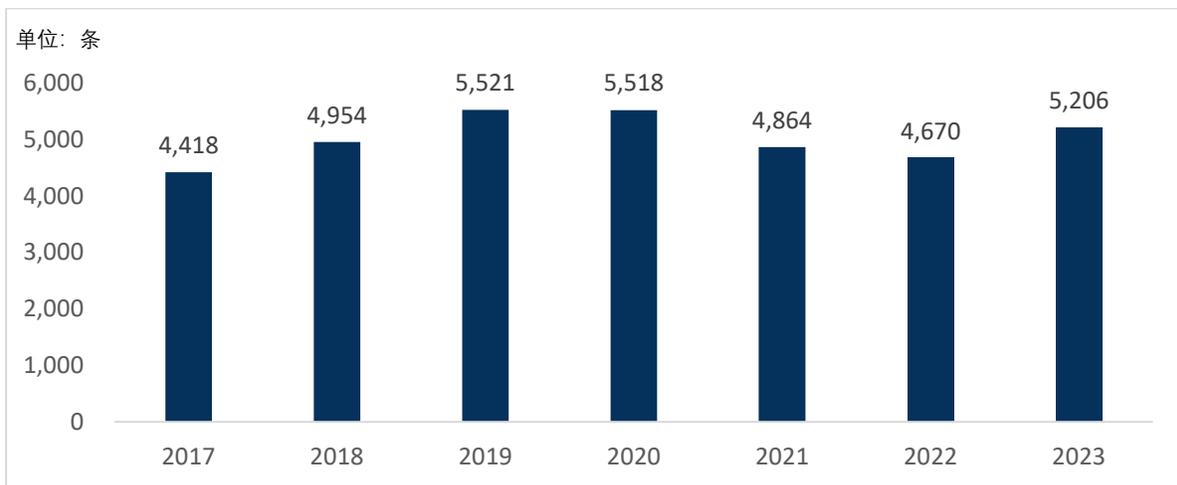


来源：交通运输部，弗若斯特沙利文

## 中国市场

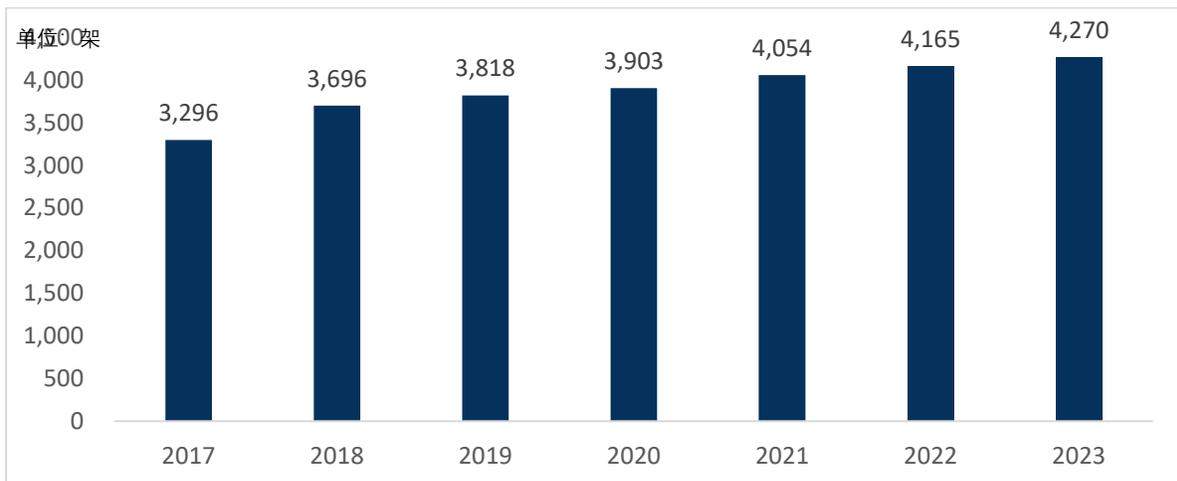
**受疫情影响民航业需求萎缩，机队增长速度趋缓。**作为受疫情影响最严重的行业之一，整个航空业一年承受的亏损就高达上千亿。纵使受益于国内卓有成效的防疫政策，2020年5月到2022年初国内航班受疫情影响较小但由于世界范围内的新冠疫情大流行，使得利润最丰厚的国际航线几乎被“清零”，整个行业也因此处于严重亏损之中。而2022年奥密克戎疫情肆虐国内，连续多地被封城之后，国内航线也由于疫情下降到极低的水平。中国客运飞机规模占到运输机占比的95%以上，下游民航业的需求萎缩导致航空机队的增长速度放缓也反映到上游航空零部件行业。

**图表 4 中国航线数量，2017-2023 年**



来源：交通运输部，弗若斯特沙利文

**图表 5 中国民用飞机数量，2017-2023 年**



来源：交通运输部，弗若斯特沙利文

**疫情放开或将加速机队扩张速度，航空零部件行业迎来新发展机遇。**随着全球大流行影响的逐渐消弭，截至 2023 年，客运数量已经恢复到 2019 年 94%的水平，预计随着被积压的出行需求进一步释放，未来中国航空客运将保持疫情前的高速增长水平。

**图表 6 中国各类型飞机数量，2023 年**

飞机分类		飞机数量 (单位：架)	比上年增加 (单位：架)	运输机队占比
<b>合计</b>		<b>4270</b>	<b>105</b>	<b>100.0%</b>
<b>客运飞机</b>		<b>4013</b>	<b>71</b>	<b>94%</b>
<b>其中：</b>	宽体飞机	473	51	11.1%
	窄体飞机	3276	19	76.7%
	支线飞机	264	34	6.2%
<b>货运飞机</b>		<b>257</b>	<b>16</b>	<b>6.0%</b>
<b>其中：</b>	大型货机	94	18	2.2%
	中小型货机	163	1	3.8%

来源：中国民航局，弗若斯特沙利文

为满足未来市场的旺盛需求，根据中航工业《民用飞机中国市场预测年报 2024-2043》的预测，到 2043 年，中国航空公司机队规模预计将快速增长，其中包括 1546 架宽体飞机和 6246 架窄体飞机，而支线飞机的数量则预计为 486 架。此外，货机机队规模也将显著扩展至 556 架。

图表 7 中国航空机队规模预测，2023-2043 年

	2023 年底	2043 年底
期末客机机队规模	4013 架	8905 架
期末货机机队规模	257 架	621 架

来源：中航工业，弗若斯特沙利文

图表 8 新增机队需求拆解，2023-2043 年

预测期间客机需求量		预测期间货机需求量	
宽体客机	1546 架	客改货机	366 架
窄体客机	6246 架	新货机	190 架
支线客机	486 架	合计	556 架
合计	8278		

来源：中航工业，弗若斯特沙利文

这不仅意味着中国航空市场需要引进更多的新机型，还需加速现有机型的更新换代，以保持机队的现代化和高效性。民航业的快速发展将为国内经济注入强大动力。一方面，庞大的机队需求将推动上游民用航空零部件制造业的升级和技术突破，加快航空零部件和整机制造产业链的完善；另一方面，这也将为航空运营、基础设施建设、物流运输等相关行业创造广泛的机遇和发展空间，助力中国成为全球航空运输市场的关键参与者。

尽管航空市场需求持续增长，对机队规模扩大的要求日益提高，但在全球经济复苏的背景下，航空制造业的供应链问题愈发凸显，其脆弱性对行业发展产生了深远影响。根据国际航空运输协会（IATA）的数据显示，自 2021 年以来，全球民航客机订单量呈现出明显的上升趋势，但主机厂空

客与波音的实际交付量却远低于市场预期。这一差距直接导致许多航空公司面临新飞机数量不足的困境，同时机队老化问题也进一步加剧了运营压力。**供应链的不稳定性成为制约全球航空制造业复苏的主要瓶颈。**

波音与空客两大民航制造巨头，尽管在疫情后为适应航空需求回升制定了大幅提高产能的计划，并积极接收了大量订单，但在实际生产和交付环节却频频遇阻。以空客为例，2023 年其新签订单总数超过 2000 架，但最终交付数量仅为 735 架，远低于预期目标。而在 2024 年，其设定了 800 架的交付目标，却因中途调整至 770 架而显示出计划执行的困难。截至 2024 空客交付了 766 架飞机，已基本完成其调整后的全年目标。波音的情况更为严峻，除了供应链问题外，其商用飞机生产线还因工人罢工而出现阶段性停摆，多个重要机型的交付被迫延后，直接影响了全球航空市场对飞机的供给能力。

不仅整机制造商面临困境，发动机制造商也难以满足市场需求。作为全球最大的发动机供应商，GE 航空集团在 2023 年前 9 个月仅交付 1392 台发动机，较上一年同期明显下降。发动机供应的不足进一步拖累了整机交付进度，也使航空公司面临更大的运营压力。

多重因素叠加，2023 年全年全球飞机交付量预计仅为 1254 架，较年初预测下降了 30%。交付的延迟对全球航空公司产生了直接冲击。包括阿联酋航空在内的多家国际航司因飞机交付延迟，不得不推迟部分机型的投入运营计划，直接影响航线布局和服务能力。在中国市场，国内航空公司同样受到波及，南方航空在 2024 年第三季度的业绩会上表示，由于飞机交付时间的不确定性，未来机队规模的增长速度预计将放缓至 2.5%—3.5%，远低于市场需求的预期增幅。

供应链的困境是多方面的，既有宏观地缘政治和经济复苏的不确定性，也有航空制造业自身的复杂性。**航空制造业经过数十年的发展，已经形成了高度国际化的供应链网络，其特点是以主机厂为核心，围绕核心部件、系统和材料的各级供应商紧密配套。**然而，这种深度分工的模式也使得每一个环节的中断都可能对整条供应链造成连锁反应。例如，波音部分机型的交付延迟，源于热交换器和客舱座椅等零部件的供应不足，而热交换器的短缺则与俄乌冲突后生产线迁移和新厂产能不足

直接相关。此外，全球航空供应链还面临熟练工人短缺、原材料供应不畅等问题，进一步拖累了整体产能恢复。

面临一系列的挑战，中国航空制造业却迎来了潜在的机遇。作为全球航空市场的重要参与者，中国不仅在本土需求快速增长的推动下稳步扩展市场份额，还通过技术研发和产业升级逐步融入国际航空供应链体系。尤其是随着国产大飞机 C919 的逐步成熟，中国商飞正快速发展为全球航空产业的重要力量。与此同时，中国航空零部件供应链也展现出较强的韧性，通过与国际市场的深度融合，中国制造业正在助力缓解全球供应链的瓶颈问题，为行业注入新活力。未来，随着国际航空市场对新机型需求的进一步释放，中国航空制造业有望在全球市场占据更大的份额。在供应链重构的大背景下，中国不仅可以通过加强本土航空产业链的完善提升竞争力，还可以在区域化供应链格局中扮演更重要的角色。这种双重驱动力将为中国航空工业的发展注入持续的动力，使其逐步成为全球航空产业的核心支柱之一。

## 1.2 产业链全景图

民用飞机制造的产业链条较长，涉及飞机设计与研发、飞机制造、飞机应用和保障与服务几个部分。上游主要是飞机设计与研发环节，主要参与者为各高校、研究机构及企业研究所。

中游飞机制造涉及材料和设备、航空零部件制造、航空零组件制造及总装集成几个环节，全球航空零部件制造产业链的市场参与主体众多。经过多年的发展，航空零部件制造产业链已经形成了稳定的专业化的分工体系和产业链条。该产业链条以整机制造集成为核心和终端，逐层向上游延伸、分散，涵盖分系统集成商、核心部件集成商、零部件供应商、原材料或电子元器件供应商等。

航空零部件制造业行业主要分为原材料、电子元器件和配套服务三大类，其中原材料分为新型复合材料、金属合金材料、化学动力推进材料等，为各类制造商和集成商提供生产制造所需的材料器件。

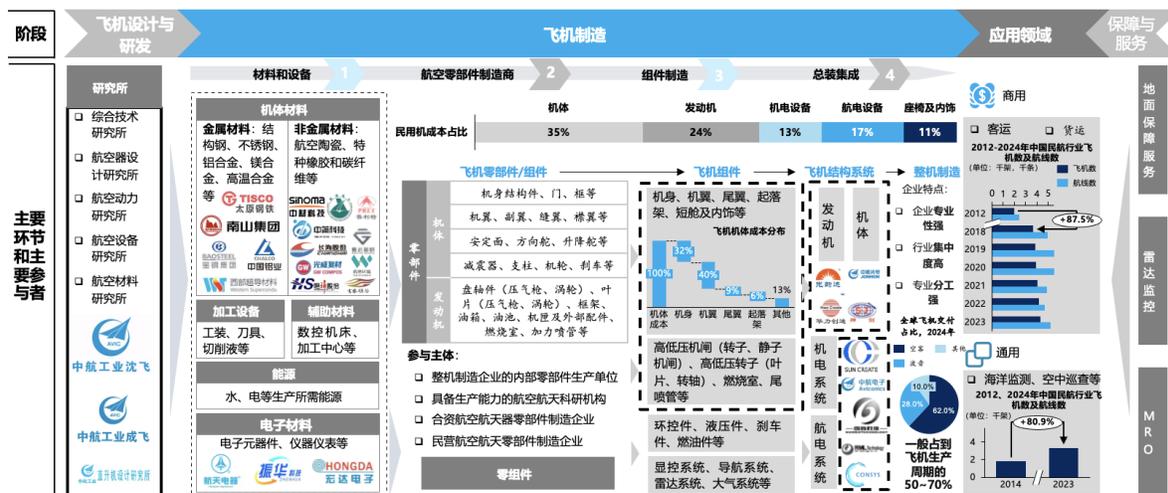
航空零部件制造商方面，全球航空零部件厂商主要分布在北美、欧洲和亚太地区。北美市场在全球航空零部件领域占据主导地位，得益于其发达的航空工业体系和众多国际知名厂商的聚集。以

GE Aviation 及 Intex Aerospace 等企业是航空零部件行业在北美乃至全世界的重要参与者，也巩固了北美地区在航空制造领域的核心地位。欧洲市场则以 Spirit AeroSystems、FACC、PCC Precision Castparts Corp.和 GKN Aerospace Services Limited 等企业形成了高度协作的产业链网络。亚太地区的航空零部件产业近年来快速崛起，尤其是以中国、日本和韩国为代表的国家，通过政策支持、技术引进和自主创新，大力发展航空零部件制造业。中国商飞、三菱重工等企业在国际市场的参与度逐步提升，同时一些零部件供应商也开始进入全球航空制造巨头的供应链体系。

中国市场方面，中国航空零部件制造的主要企业多为国有大型企业及其内部配套企业，这些企业呈现出规模大、技术水平高、行业影响力强等特点，且多为行业/产品技术标准的制定者、掌握者。科研院所和具备生产资质的民营企业形成补充，多专注于行业细分领域。航空零部件的集成总装及应用领域，如飞机主机厂等。

下游飞机制造方面呈现寡头垄断格局，空客与波音两大飞机制造商占据了民用飞机制造市场约 9 成的市场份额，中国方面，主要有中国商飞参与竞争。

图表 9 民用飞机制造产业链

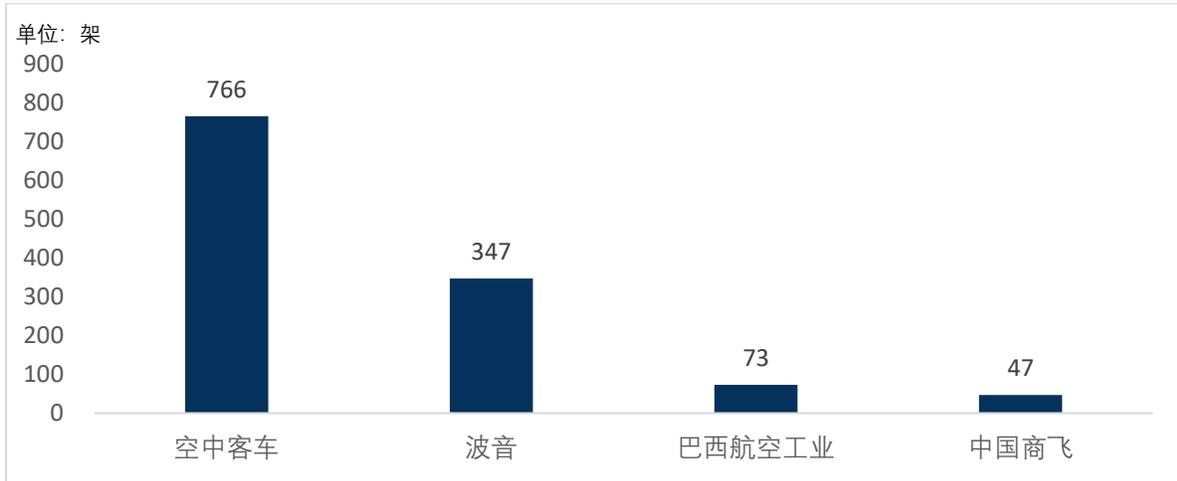


来源：中国民航局，《World Air Forces》，弗若斯特沙利文

### 1.3 竞争格局

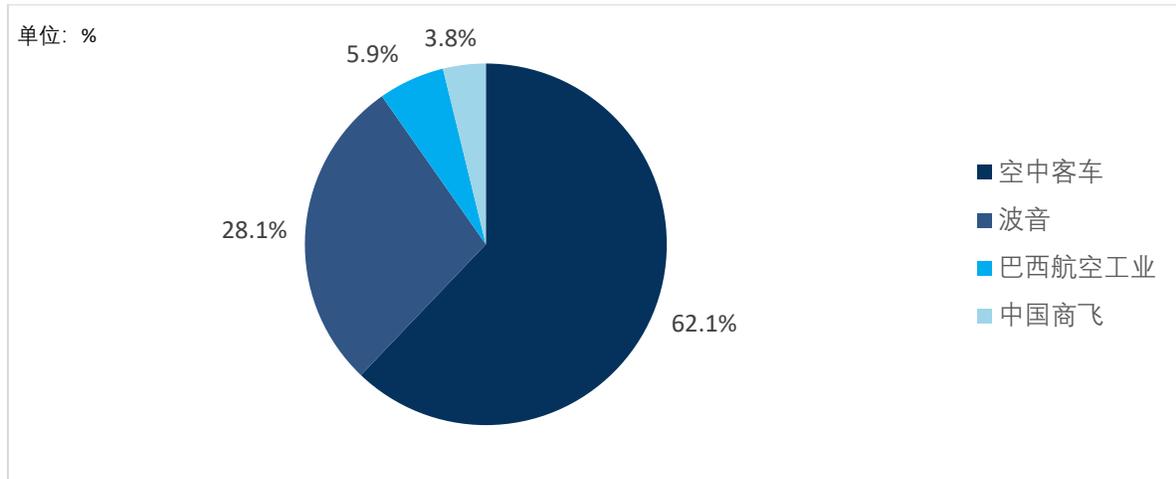
2024 年，全球航空市场形成了鲜明的“四强格局”，分别由空客、波音、巴西航空工业（巴航工业）和中国商飞主导。这一年，全球航空制造业的竞争态势更加清晰，各大厂商之间的博弈愈加激烈。空客继续保持强劲的增长势头，波音深陷供应链和内部问题的困局，巴航工业在支线市场稳步前进，而中国商飞的迅速崛起为行业注入了新的活力与期待。

图表 10 全球主要飞机制造商民用飞机交付数量，2024 年



来源：空中客车公司，波音公司，巴西航空工业公司，中国商飞公司，弗若斯特沙利文

图表 11 全球主要飞机制造商民用飞机市场份额，2024 年



来源：空中客车公司，波音公司，巴西航空工业公司，中国商飞公司，弗若斯特沙利文

## 空客 (Airbus)

空客在 2024 年以 766 架飞机的交付量再度巩固了其全球航空制造业的领导地位，占据全球市场 62.1% 的份额。这一数据较去年同比增长 4%，充分展现了空客在生产能力与市场需求响应上的双重优势。A320 系列机型的热销继续为空客提供强劲支撑，同时 A350 等远程宽体机型也获得了稳定订单。与此同时，空客计划到 2026 年将 A320 的月产量从 65 架提升至 75 架，以进一步扩大市场占有率。

### **波音 (Boeing)**

波音 2024 年的表现略显颓势，全年交付仅为 347 架飞机，占据全球市场 28.1% 的份额，大幅低于市场预期。罢工事件和内部争议让波音的生产计划屡屡受挫，尤其是在 10 月和 11 月，两个月的交付量分别仅为 14 架和 13 架，这一表现几乎是波音近年来最为低迷的纪录。尽管 787 系列和 737 MAX 系列依旧维持着一定的市场份额，但面对空客 A320neo 和 A350 的强劲竞争，其市场表现略显疲软。供应链问题、生产延误以及内部治理问题使得波音在市场竞争中显得步履维艰。

### **巴西航空工业 (Embraer)**

巴西航空工业在支线航空市场的表现较好，尽管其全年市场份额仅为 5.9%，但巴航工业依然凭借着精准的市场定位和优质的产品，在 2024 年交付了 73 架飞机，其中 E175-E2 和 E190-E2 系列机型表现较好。巴航工业 E 系列飞机契合了支线航空市场日益增长的需求，对于航空公司而言，小型飞机不仅能够增加航班频次，还能灵活应对中短途市场的客运需求。特别是在区域性航空发展迅速的背景下，巴航工业的产品成为航空租赁公司和区域航司的首选。

### **中国商飞 (COMAC)**

中国商飞在 2024 年表现出较高的成长性，全年交付飞机数量为 47 架，占据全球市场 3.8% 的份额，其中 C919 交付 12 架，C909 交付 35 架。C919 机型作为空客 A320 和波音 737 的直接竞争对手，逐渐显示出其在窄体机市场的潜力。尽管目前的交付量仍相对较小，但随着 C919 产能的逐步提升，预计中国商飞将在中国市场占据重要份额，同时具备进一步渗透国际市场的潜力。而 C939 高端远程宽体客机在未来预计将成为中国商飞挑战空客 A350 和波音 777 的重要机型。C939 设计航程可达 16000 公里，载客量在 400 至 450 人之间，能够满足长途干线航班的需求。其推出

不仅是中国商飞产品线向高端市场延伸的标志，也预示着中国商飞在全球航空市场中将扮演更为重要的角色。

总的来看，2024 年全球航空市场的四强格局充分体现了不同企业的竞争特点与发展潜力。空客稳居霸主地位，波音面临转型与调整的挑战，巴航工业深耕支线市场，而中国商飞则以创新和成长为驱动，正在崛起为行业的重要力量。

## 2 民用航空零部件行业概述

### 2.1 民用航空零部件定义

大型民用飞机制造是一个具有高技术含量、高资本投入和高风险特征的行业。自 20 世纪 70 年代以来，随着飞机研发成本的快速攀升以及全球市场竞争的日益激烈，为了降低研制成本、缩短研发周期、降低项目风险，同时增强产品的市场竞争力，飞机制造商逐渐扩大了对外合作的范围，尤其是在研制过程中普遍采用了转包模式。通过转包，制造商可以将部分制造任务外包给分包商，而分包商在参与合作的过程中，不仅获得了收入和利润，还能够在相对较短的时间内掌握先进的制造技术、加工工艺和管理经验。此外，转包模式还可以在在一定程度上推动分包国航空制造业的发展，提升其工业水平与国际竞争力。

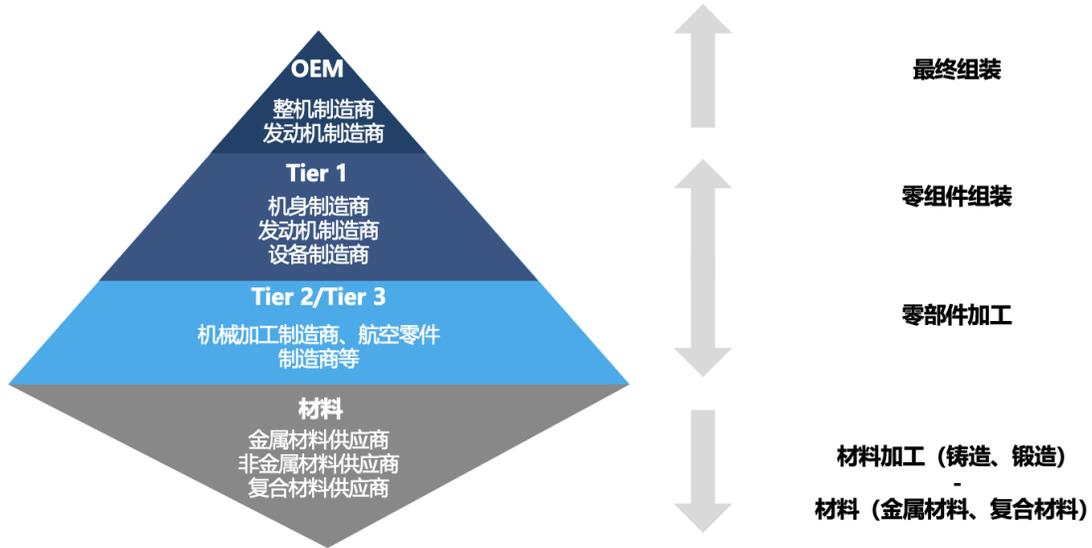
转包指的是承包商依托自身技术、资金、设备和许可证，与发包商签订合同，为其制造零部件或集成组件。这种合作模式是航空工业中最为常见的分工形式，贯穿于分工体系的各个层级。在飞机制造过程中，飞机可划分为三大主要组成部分：机身结构、发动机和机载设备。

航空器通常采取“整机制造商—多级供应商”的制造模式。产业链的第一级为整机制造商，主要从事产品设计、总装制造、市场营销、客户服务和适航取证环节；第二级为关键航空子系统制造商，所提供的子系统包括机体、发动机、航空电子等主要机载设备；第三级主要包括众多为产业链上层的整机与子系统制造商提供零部件与材料的供应商。

航空发动机由于其结构复杂、使用环境苛刻且技术门槛极高，早期大型飞机的发展往往依赖外包模式获取发动机的核心技术支持。而在机体结构方面，传统上飞机制造商通常采购原材料，并自

主完成机体结构的加工与组装。然而，从 20 世纪 70 年代开始，机体结构件的外包比例不断提升，飞机制造商逐步从全流程制造向设备集成商角色转变。他们将更多的资源集中于核心竞争力的领域，同时强化对供应链的控制和管理能力。这种模式不仅显著优化了研发与生产效率，也在很大程度上推动了航空制造业的全球化分工与合作。

**图表 12 航空制造供应链条**



来源：弗若斯特沙利文

## 2.2 民用航空零部件产品分类

航空材料由于其特殊工作环境与性质，具有轻质高强、高温耐蚀的特点。以用途来分，航空材料包括结构材料和功能材料；以质地来分，航空材料分为金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料。

图表 13 航空材料的主要分类与特点



来源：弗若斯特沙利文

## 2.3 行业发展的影响因素

### 2.3.1 影响行业发展/增长的有利因素

#### 中国航空市场需求旺盛

中国是全球民航市场增长最快的地区之一，根据市场预测，到 2043 年，中国的客机机队规模将达到 8905 架，货机机队规模增加到 621 架。这种庞大的机队增长需求，为中国航空零部件企业带来了持续且稳定的市场机会。尤其是随着 C919 等国产飞机逐渐进入大规模运营阶段，零部件国产化需求将进一步扩大，为国内企业提供广阔的市场空间。

#### 国产大飞机项目的持续推进

C919 的成功交付和 C929、C939 等后续项目的研发，为中国航空零部件企业提供了进入全球供应链的契机。在国产飞机的研发与生产过程中，零部件企业能够在机身、发动机部件、航电系统等关键领域实现技术突破，逐步形成自主研发能力。同时，国产化率的提升将推动国内航空产业链的深度发展，为零部件企业提供参与高端制造的机会。

#### 国际航空供应链调整的机会

全球航空制造供应链近年来因疫情、地缘政治冲突等因素而面临重构。波音和空客的交付延迟、供应链断点问题凸显了单一供应渠道的风险，国际市场对多元化供应商的需求增加。中国航空零部

件企业在原材料加工、基础零部件制造、高端电子件等领域具有较强的产业基础，并具备规模化生产能力，能够成为全球航空供应链的重要补充。

### **政策支持与产业升级**

中国政府高度重视航空制造业的发展，先后出台了一系列支持政策，包括国产飞机项目研发投入、航空高端制造的专项扶持、航空工业园区的规划与建设等。这些政策的实施，将进一步推动航空零部件企业的技术创新、产能提升和市场开拓。此外，国内“十四五”规划明确将航空产业作为战略新兴产业，提供长期稳定的政策支持。

### **环保与绿色制造趋势**

全球航空业正在向绿色制造和可持续发展方向迈进。中国零部件企业若能抓住这一趋势，在轻量化材料、节能环保零部件研发上加大投入，必将提高国际竞争力。例如，在绿色航空涂层、可回收材料和高效燃烧部件领域取得技术突破的企业，将有机会率先布局未来航空产业。

## **2.3.2 影响行业发展/增长的不利因素**

### **整体技术和装备水平与国际先进水平存在较大差距**

由于中国航空工业起步较晚，并在早期受到发达国家的技术封锁，国内航空零部件制造的整体技术和装备水平与国际先进水平存在明显代差。目前，发达国家普遍采用高速多轴数控机床进行零部件机械加工，而中国许多民营企业仍以三轴数控机床为主，主要承担尺寸较小或工艺难度较低的零部件制造，这在一定程度上限制了行业的快速发展。同时，铝合金和钛合金零部件的阳极化处理、保护涂层和电镀工艺，以及机械密封部位的离子喷涂等高技术含量作业，对设备和工艺要求极高。当前，中国能够掌握这些技术并满足国家环保标准的企业主要集中在国有大型企业，但其整体服务价格较高，不利于行业的普及与发展。

### **专业人才短缺，企业竞争力不足**

中国航空制造业起步较晚，专业技术人才和管理人才的储备明显不足。随着国防建设需求的提升，以及民航运输机队规模和机龄的增长，航空零部件市场需求快速扩大，专业人才短缺的问题将

愈发突出。此外，由于起步较晚且行业体制尚未完全开放，中国航空零部件企业普遍规模较小，装备水平和研发能力有限，具备国际竞争力的制造企业较为稀缺。

### **行业竞争日益激烈**

在国家政策支持和行业发展利好因素的推动下，尤其是国内开放型武器装备科研生产体系的逐步建立，军工业务进一步向市场开放。大量竞争者涌入航空零部件制造行业，同时，现有企业根据订单预期逐步扩大产能，导致行业竞争日益加剧。这种竞争加剧的局面可能对行业内企业的利润水平产生一定影响。

### **新一代航空材料加速应用，复合材料前景广阔**

随着新一代飞机和航空发动机研发步伐的加快，航空材料被提出更高要求，包括高综合性能、结构功能一体化、结构整体化以及低成本控制等。复合材料、铝锂合金等轻质材料的快速发展使得传统航空材料（如钢和铝合金）面临被逐步替代的风险。行业企业需顺应这一变革趋势，加大研发投入，提前布局新一代航空材料的加工工艺和复合材料成型技术，积累技术储备，以应对未来市场需求的变化。

### **核心部件对外依赖影响国内航空零部件行业发展**

由于早期受到发达国家技术封锁，中国航空工业起步较晚，除部分先进军用飞机外，国产飞机及航空发动机的整体水平与国际先进水平存在显著差距。尽管航空工业国际化合作已成为趋势，但国产飞机的一些核心部件（如航空发动机和飞控系统）仍需依赖国外供应。虽然国内在航空发动机和飞控系统的研发方面取得了一定进展，但与国际先进水平仍存在差距。这种核心部件的对外依赖不仅限制了整机的研发和量产进程，也在一定程度上制约了国内航空零部件制造业的发展。

## **2.4 民用航空零部件行业市场规模预测，2021-2030E**

### **2.4.1 按材料分类口径：金属材料、非金属材料、复合材料**

全球市场方面，民用航空零部件市场规模从 2021 年的 3875.9 亿元经历增长又回落至 2024 年的 4087.3 亿元人民币，预计未来将增长到 2030 年的 7800.8 亿元人民币，2024 年至 2030 年均复合增长率为 11.4%。

在材料类型方面，2024 年全球民用飞机金属零部件市场规模为 2861.1 亿元人民币，非金属及复合材料市场规模为 1226.2 亿元人民币，到 2030 年全球民用飞机金属零部件市场规模将达到 5070.5 亿元人民币，非金属及复合材料市场规模将达到 2730.3 亿元人民币。尽管复合材料零部件的单位价值较金属材料零部件更高，但预计在未来长时间内金属材料零部件仍然是民用航空零部件行业的核心，但随着新一代飞机对高性能材料及复合材料的应用占比提升，预计非金属及复合材料的 market 占比将缓慢逐步提升，预计将从 2024 年的 30% 提升至 2030 年的 25%。

**图表 14 全球民用飞机零部件市场规模（按材料口径分类），2021-2030 预测**



来源：弗若斯特沙利文

中国市场方面，民用航空零部件市场规模从 2021 年的 813.9 亿元人民币增长至 2024 年的 824.6 亿元人民币，并将持续增长至 2030 年的 1638.2 亿元人民币，中国在全球市场中的占比将从 20.2% 提升至 21.0%。相较于全球市场，中国市场的非金属及复合材料市场规模占比则提升地相对更慢，预计将从 2024 年的 25% 提升至 2030 年的 30%。

**图表 15 中国民用飞机零部件市场规模（按材料口径分类），2021-2030 预测**



来源：弗若斯特沙利文

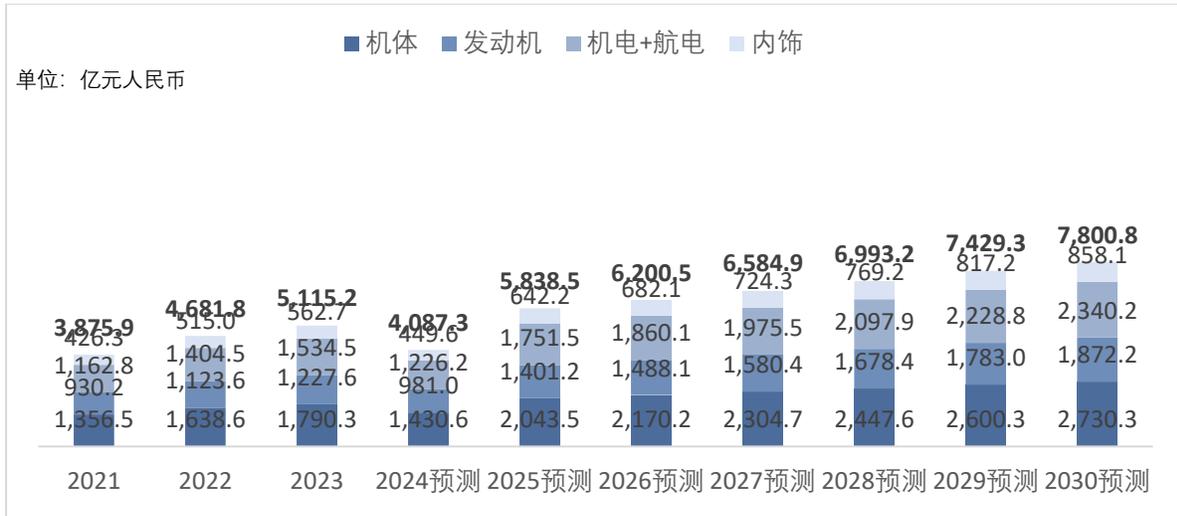
#### 2.4.2 按机体结构分类口径：机体、发动机、机电与航电设备、内饰

按结构口径来看，机体与机电+航电仍然是飞机零部件市场中占比最大的两个板块，2024年全球市场规模分别为 1430.6 亿元人民币和 1226.2 亿元人民币，并且在 2030 年成长至 2730.3 亿元人民币与 2340.2 亿元人民币。中国市场方面则从 2024 年的 288.6 亿元与 247.4 亿元增长至 2030 年的 573.4 亿元与 491.4 亿元。

发动机与内饰的全球市场规模则预计将从 2024 年的 981.0 亿元与 449.6 亿元增长至 2030 年的 1872.2 亿元与 858.1 亿元，中国市场方面则从 2024 年的 197.9 亿元与 90.7 亿元增长至 2030 年的 393.2 亿元与 180.2 亿元。

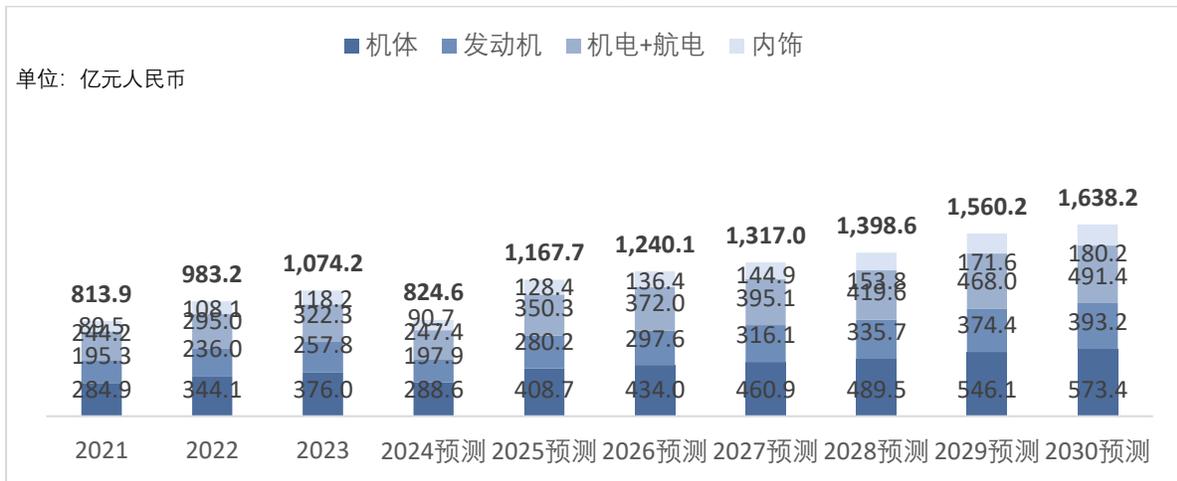
平均各机型来看，各结构的价值占比在市场整体的占比较为稳定，保持在机体结构零部件占比 35%、机电设备+航电设备零部件占比 30%、发动机零部件占比 24%、内饰占比 11%的水平。

**图表 16 全球民用飞机零部件市场规模（按结构口径分类），2021-2030 预测**



来源：弗若斯特沙利文

**图表 17 中国民用飞机零部件市场规模（按结构口径分类），2021-2030 预测**



来源：弗若斯特沙利文

民用航空产业的多个细分领域中，不同类型的零部件因其技术复杂性和市场需求特性而表现出显著差异。其中，民用飞机轮胎作为飞机运行的高消耗性关键部件，需求量巨大，但中国零部件厂商在该领域仍面临较大的技术和市场突破压力。相比之下，发动机叶片作为航空发动机核心部件之一，不仅对性能和制造精度要求极高，也是影响发动机整体性能和可靠性的重要因素。然而，目前国内发动机叶片的国产化率仍处于较低水平，技术自主化面临诸多挑战。与此同时，航空座椅零部

件由于技术门槛相对较低，加之国内企业近年来的持续投入与发展，已成为国产化程度较高的细分市场，部分产品甚至实现了国际市场的突破。

基于以上差异化特点，本文将聚焦于民用飞机轮胎、发动机叶片及航空座椅零部件三个细分市场展开详细分析。

## **2.5 民用航空零部件行业竞争格局**

### **2.5.1 行业主要企业简介**

全球与中国航空零部件制造商的布局和发展体现了不同地区的产业优势与特点。从全球来看，航空零部件制造商主要集中在北美、欧洲和亚太地区，其中北美和欧洲凭借其深厚的航空工业历史和技术积累，在高端零部件领域占据领先地位。而亚太地区，尤其是中国，近年来凭借快速发展的航空产业链逐步崭露头角。

中国航空产业经过多次战略性和专业化重组，目前形成了以航空工业集团为主的军用飞机、以中国商飞集团为主的民用飞机、以中国航发集团为主的飞机发动机的行业格局。各企业根据自身定位和技术实力，承接不同类型航空器产品的研发和制造。其中，航空工业集团下属飞机厂既是军用飞机主机厂，也是民用飞机分承制厂。

航空零部件制造行业的参与者主要可分为四大类：

#### **整机制造企业的内部配套零部件生产单位**

由于历史原因，中国航空航天制造业呈现明显的区域分布特征，如东北地区的沈飞集团与哈飞集团、西北地区的西飞集团与陕飞集团、西南地区的成飞集团与贵航集团、中南地区的昌飞集团与洪都航空。同时，受计划经济体制的影响，各整机制造集团内部普遍设立了许多车间、分厂或者子公司等附属单位，从事整机零部件的配套生产，从而形成“大而全”的行业特征。该类零部件生产单位从事航空航天业务的历史较长，具有一定的生产经验和生产能力，除为自有整机生产做配套外，还承接部分国际转包订单，是目前国内航空航天零部件生产的重要参与者。

#### **具备配套生产能力的航空航天科研机构**

国内部分科研院所，在从事航空航天器特种材料、特种工艺的研发过程中，也逐渐形成了一定规模的零部件生产能力。

### 合资航空航天器零部件制造企业

随着中国参与国际航空制造产业链的程度不断加深，越来越多的国内企业获得了波音、空客和GE等飞机、发动机生产企业的转包订单。该类型企业管理水平、技术能力较高，生产设备也较先进，但主要服务于国际转包业务。

### 民营航空航天零部件制造企业

受制于中国航空航天工业长期封闭、“大而全”的生产模式，国内民营零部件生产企业普遍为特定的整机制造企业提供定向配套服务，并受业务规模的限制，发展较为缓慢。目前，大多数民营零部件制造企业仅能进行简单粗加工，生产设备较为落后，具有“数量众多、技术落后、产能有限”的特点。

围绕航空工业的产业布局，中国航空零部件制造行业形成了以内部配套企业为主，科研机构、合资企业和民营企业有效补充的市场竞争格局。其中，民营航空零部件制造企业主要有航宇科技、炼石航空、爱乐达、立航科技等参与者，整个市场较为分散。

**图表 18 全球主要机体与发动机板块制造 Tier 1 与 Tier 2 企业概况**

Tier 1		
公司名称	成立时间	主要业务
Spirit AeroSystems	2005 年	设计和制造飞机机身、机翼和其他结构部件，服务于商用和军用航空市场。
FACC	1989 年	提供航空航天复合材料部件和系统，涵盖机身、机翼和发动机部件的设计、制造和维护。
PCC (Precision Castparts Corp)	1949 年	生产用于航空领域的大型复杂结构熔模铸件、叶片铸件、锻造零件、航空结构件和紧固件等。

GKN Aerospace Services Limited	1931 年	提供先进的航空结构和发动机系统，产品应用于商用、军用、商务和通用航空领域。
Triumph Group, Inc.	1993 年	提供航空航天服务、结构、系统和支持服务的国际供应商，设计、工程、制造、维修、大修和分销飞机结构、飞机部件、配件、子组件和系统。
Safran Electronics & Defense (赛峰)	1924	提供导航系统、航空电子设备、飞控系统、传感器、起落架等高性能航空零部件，重点服务于民用和军用航空领域。
Kawasaki Heavy Industries (川崎重工)	1878 年	川崎重工是日本的主要航空工业企业之一，参与了波音、空客等公司的飞机零部件制造。
Meggitt PLC	1947 年	生产先进的航空零部件，如热交换器、轮胎和刹车系统、机载传感器及电子控制单元，产品广泛应用于航空发动机和机身结构。
Woodward, Inc.	1870 年	提供航空燃油控制系统、推进系统和能源系统，特别是发动机燃油管理和飞行控制领域的关键部件。
Parker Aerospace	1917 年	专注于航空液压系统、飞行控制系统、燃料管理和热管理系统，服务于商用、军用航空及航天市场。
航发动力		航空发动机整机制造
<b>Tier 2</b>		
浙江西子航空工业有限公司	/	旗下有浙江西子和沈阳西子两家公司，浙江西子主要承担 C919 大型客机航空结构件的研制生产及飞机零部件制造等业务。沈阳西子主要承担美国塞斯纳 L162 飞机的数控机加零件、热处理、表处理、复合材料制件和部件装配业务，并承担空客、波音、加拿大庞巴迪、美国普美等国际航空制造商的零部件转包生产业务。
炼石航空	1993 年	从事航空精密零部件、航空发动机、燃气轮机零部件以及大型无人机及系统的研发、制造、维修及相关技术服务。主要产品为航空精密零部件、结构件及航空发动机、燃气轮机单晶涡轮叶片等。

成都航飞航空机械设备制造有限公司	1998 年	从事航空机械零部件、飞机复合材料模具、钛合金热成型模具、航空地面设备、医疗器械零部件配套、哈雷摩托车配套的专业厂家。
成都交大普尔实业有限公司	2001 年	从事航空等机械零部件数控加工、汽车模具、夹具制造，是多家大型航空制造企业的合格供应商。
三角防务	2002 年	从事航空、航天、船舶等行业锻件产品的研制、生产、销售和服务。主要产品为航空领域的锻件产品。按产品功能的不同，公司生产的锻件产品主要可分为客机、战斗机机身结构件、起落架系统结构件、直升机结构件、发动机盘类件几类。
爱乐达	2004 年	从事军用飞机、民用飞机零部件、航空发动机零件及航天大型结构件的精密制造。主要产品包括飞机零部件、航空发动机零件以及航天大型结构件。具体产品种类丰富，涵盖了飞机机头、机身、机翼、尾翼、起落架等各大部位的相关零部件，以及发动机零件和航天大型结构件。
嘉业航空	2004 年	从事航空、航天类相关模具、工装型架、零部件等。主要产品包括飞机金属蒙皮、型材和发动机油管等关键飞机零部件。
沈阳国泰飞机制造有限公司	2005 年	从事国际国内飞机零部件转包生产等业务。建立了特殊工艺生产线（包含无损检测生产线、阳极化生产线、喷漆生产线、喷丸生产线、铝合金热处理及配套实验室）、钣金生产线和装配生产线。
航宇科技	2006 年	从事航空航天及高端装备复杂零部件精密制造系统解决方案。主要产品为航空锻件，航空发动机锻件为主，也为 APU、飞机短舱等飞机部件提供航空锻件。
成都德坤航空设备制造有限公司	2008 年	从事航空飞行器零部件开发制造，业务涵盖航空钣金零件的开发制造；航空精密零件数控加工；工装、模具设计制造及装配；航空试验件及非标产品制造。

明日宇航	2009 年	从事钣金成型、特种焊接、数控加工及工装模具设计与制造，飞行器零部件。主要产品包括航空飞行器结构件、航天飞行器结构件、发动机和燃气轮机结构件三类。
迈信林	2010 年	从事飞机核心零部件的制造和销售，产品类别主要是航空航天零部件及工装，包括整体结构件、飞机装配工装、高精度壳体、管路系统连接件、专用标准件及组件等。
驰达飞机	2010 年	从事军用飞机、民用飞机机体金属零部件、复合材料零部件等航空零部件的加工工艺研发与生产制造业务。产品种类包括了框类、梁类、滑轨类、隔板类、长珩类、深腔类等。
广联航空	2011 年	从事航空航天金属及复合材料零部件的制造、航空工艺装备制造制造、飞机设计制造业务等。主要产品有航空工艺装备、飞机成品件以及航空航天零部件三大类，包括飞机左侧升降舵下壁板成型工装、飞机机身壁板成型工装、整体机身增压舱成型工装等。

来源: Wind, 各企业官网, 弗若斯特沙利文

**图表 19 全球主要机电与航电板块制造 Tier 1 与 Tier 2 企业概况**

Tier 1		
公司名称	成立时间	主要业务
霍尼韦尔	1906 年	航电系统（导航、通信、监控）、环境控制系统（ECS）、电力管理系统等
罗克韦尔柯林斯	1933 年	航电系统、显示设备、通信系统及飞行管理系统
泰雷兹	2000 年	航电系统及飞行管理系统、卫星通信及数据传输设备
洛克希德·马丁	1912 年	航电系统集成、机载任务系统、电力分配与管理
汉胜公司	1970 年	航电及机电系统（如电力分配、制动控制）

中航机电	1995 年	航电与雷达系统、电气系统、液压及能源管理设备
航天科工	1956 年	航电与雷达系统、导航与自动化系统
<b>Tier 2</b>		
中航重机	2001 年	为中航机电提供航电零部件产品，涵盖高精度零件、液压系统组件及传感器制造
航宇科技	2003 年	提供航电设备关键部件及材料，主要包括特种航空金属材料的生产
晨曦航空	2006 年	专注于航空液压与机电系统研发，涵盖液压执行器及控制系统组件
全信股份	2001 年	提供航空专用电缆、互连技术及电子组件
安达维尔	2007 年	为航空客户提供航电维修及技术服务，业务覆盖导航、电力及通信系统
北摩高科	2002 年	航空制动系统研发及制造，涵盖刹车盘、制动装置等关键部件
雷电微力	2010 年	为航空系统提供小型化电力管理及通信设备
景嘉微	2006 年	航电系统核心芯片与处理器研发
雷电防务	2012 年	提供航空系统的电磁防护解决方案

来源：Wind, 各企业官网, 弗若斯特沙利文

**图表 20 全球主要内饰板块制造 Tier 1 与 Tier 2 企业概况**

<b>Tier 1</b>		
<b>公司名称</b>	<b>成立时间</b>	<b>主要业务</b>
Recaro	1906 年	飞机座椅及客舱内饰模块的设计和制造，专注轻量化、高舒适性的座椅解决方案。

Safran Cabin	2005 年	飞机客舱整体解决方案，包括厨房模块、卫生间模块、存储模块、座椅和舱内照明系统，服务客户涵盖波音、空客及国际主流航空公司。
B/E Aero	1987 年	客舱座椅、厨房模块、氧气系统、储物柜等产品，现已并入 <b>Collins Aerospace</b> （柯林斯宇航）。
THOMPSON Aero Seating	2009 年	商务舱和头等舱高端座椅的设计和制造，专注高舒适度和私人化定制，客户包括新加坡航空、卡塔尔航空、英国航空等。
JAMCO	1949 年	飞机厨房模块、卫生间模块及舱壁制造商，同时提供内饰系统和座椅模块解决方案。
Acro Aircraft Limited	2006 年	经济舱座椅及组件的制造，重点在于模块化和轻量化设计，客户包括全球多家低成本航空公司，现已被天成自控收购。
航宇嘉泰	2010 年	专注为中国商飞 C919、ARJ21 及新舟系列飞机提供内饰模块及座椅，是中国民用航空客舱内饰的重要供应商。
<b>Tier 2</b>		
FACC	1989 年	提供飞机客舱顶板、内饰框架和厨房模块，覆盖波音、空客及中国商飞客舱项目的内饰零件供应。
Diehl Comfort Modules	1957 年	制造飞机厨房模块、卫生间组件及舒适模块，客户覆盖空客、波音及庞巴迪等国际主流客户。
Hexcel	1948 年	生产复合材料及轻量化部件，广泛应用于飞机座椅、舱内框架及整体结构中，是国际领先的航空复合材料供应商。
晋铭航空	2014 年	从事航空零部件的研发与生产。主要产品包括航空座椅类零部件和机体结构件。
常州蓝托金属	1993 年	从事各种高精密机械、汽车和航空零部件的研发及生产。产品包括飞机座椅配件及飞机精密机械零部件。
阿为特	2010 年	研发和生产飞机座椅零部件。
苏州昊信精密	2010 年	提供高精密金属零件和内饰组件，覆盖飞机座椅支架和舱内金属装饰件。
意可航空科技	2003 年	制造飞机厨房模块、座椅支架及舱壁组件。

来源：Wind，各企业官网，弗若斯特沙利文

全球和中国飞机制造供应链中，机体及发动机板块的企业多集中在整机制造和主要大部件供应。航电及机电板块中，欧美企业在技术领先方面占优势，但中国本土供应商正快速崛起。内饰板块中一级供应商仍然集中于国外企业，且制造商的市场集中度极高，仅赛峰 2023 年的内饰板块营收就达到 188.7 亿元人民币，2023 年市场占有率达到 33.5%，2023 年行业 CR 5 超过 85%。在内饰板块中占比最大的座椅领域，头部四大座椅厂商皆是国外企业，但在二级的内饰零部件环节，中国企业在座椅和客舱模块领域已逐步形成竞争力。

### 3 民用航空零部件行业趋势

#### 3.1 零部件制造向大型整体化、薄壁化和精确化发展

随着中国航空工业的快速发展，国产飞机零组件设计和制造正在向大型整体化、薄壁化以及精确化方向不断迈进，这一趋势不仅满足了新型航空器对高性能的要求，同时也对航空制造企业的技术能力提出了更高的挑战。

随着飞机性能需求的提升，飞机结构对气动性能和整体化设计的要求变得更加严格。与传统的小型结构件焊接或组装方式相比，大型整体结构件具有显著优势。采用整体结构设计可以大幅减少零部件数量，显著缩短装配周期和工作量，降低因装配误差或操作失误导致的质量问题。同时，这种设计还能有效减轻飞机整机重量，提高零件的强度和可靠性，为飞机的稳定性和安全性提供保障。以机身框、舱门、机翼壁板、翼梁和翼肋等零部件为例，目前均大量采用了整体化制造方式。特别是国产大飞机的研发进展，为这一趋势注入了新的动能。然而，大型整体结构件的复杂性也意味着其加工难度显著增加，对生产制造的技术水平和设备能力提出了前所未有的挑战。

为了实现飞机设计的轻量化目标以及提升其抗弯曲能力，薄壁结构件在航空制造中的应用日益广泛。薄壁结构件因其轻量化设计和复杂形态，能够在保证强度的前提下减少重量，是航空制造中不可或缺的零部件。然而，由于其刚性较低，在加工过程中极易受切削力和切削温度的影响而产生变形问题。因此，如何有效控制薄壁件加工变形已成为航空零部件制造领域亟待突破的技术瓶颈之一。对薄壁件的加工精度、形状保持以及表面质量的严格要求，进一步增加了制造的难度。

近年来，航空零部件的设计要求呈现出多个趋势：零部件尺寸逐渐增大，但公差要求却越来越高；壁厚逐步减小，同时加强筋的高度不断增加；零件的形位公差精度提升的同时，还需满足更为严格的重量容差指标。此外，单个结构件中多特征的集成设计，使得其加工与制造的精度要求更加苛刻，长寿命和轻量化的设计需求更进一步推动了表面粗糙度的提高。在这一背景下，**航空零部件的精确化制造逐渐成为发展的核心趋势之一**。通过精确化制造，不仅能够确保零件在加工过程中的高一致性，还能满足复杂装配需求，为航空整机的高精度、高性能提供强有力的技术支撑。

总体来看，大型整体化、薄壁化和精确化的趋势正逐步引领国产飞机零组件设计制造的发展方向。这不仅是对航空制造企业技术水平的全面考验，更是提升中国航空产业国际竞争力的重要举措。在未来，随着航空制造技术的不断进步和工艺水平的持续提升，中国航空零部件制造行业有望迈向更高质量发展新阶段。

### **3.2 民营航空零部件制造企业特种工艺处理技术能力不断增强**

随着航空工业的不断发展，航空零部件的特殊工艺处理技术在整个制造环节中扮演着不可或缺的角色。特殊工艺处理技术涵盖无损检测、热处理和表面处理三大领域，直接关系到零部件的质量、性能和使用寿命。近年来，国内民营航空零部件制造企业在这一领域的技术能力正逐步增强，为航空工业发展注入了新的活力。

无损检测技术作为特殊工艺处理的核心技术之一，是保障零部件质量的关键环节。无损检测的最大特点是在不改变材料或零部件状态的前提下，对其几何尺寸精度和内部缺陷进行测试，从而判断其是否符合技术标准。在航空产品的批量生产阶段，无损检测贯穿生产全过程，包括原材料入厂复验、零部件粗加工与精加工、以及成品交付等环节。通过无损检测，企业能够在每道工序中及时发现和排除潜在缺陷，防止质量问题向后续环节传递，从而提升产品的一致性和可靠性。目前，民营航空企业正在逐步掌握超声波检测、射线检测和涡流检测等先进无损检测技术，检测精度和效率显著提升。

热处理工艺在零部件制造过程中同样具有重要作用。零部件在加工和组装过程中会产生残余应力，如果不加以消除，可能导致零件在使用过程中发生变形、开裂甚至失效等质量问题。热处理作为一种常用的应力消除方法，通过高温加热和缓慢冷却来降低或消除材料内部的残余应力。除了传统热处理技术外，振动时效和静载荷加压等方法也被广泛应用于航空零部件的应力处理。近年来，一些民营企业逐步引入先进的热处理设备和工艺技术，不断提高处理效率和零件的内部质量稳定性，为满足航空产品高精度和高强度的需求奠定了基础。

表面处理工艺是改善零部件外表性能、提升其耐腐蚀性和耐磨性的关键环节。表面处理技术涵盖了化学镀、阳极氧化、喷涂和热喷涂等多种工艺方法。这些技术通过改变零件表层的物理和化学特性，优化其与基体材料的结合性能，显著提升零件在恶劣环境下的耐久性。例如，表面处理可以有效防止金属零件在高湿、高温环境中的腐蚀，同时提高零件表面的硬度和耐磨性能。近年来，民营航空零部件制造企业开始逐步建立现代化表面处理生产线，并通过持续研发和工艺优化提升产品性能，以满足国内外航空主机厂的严格要求。

目前，特殊工艺处理技术仍主要掌握在国有大中型航空企业手中，但民营企业正迅速崛起。一些领先的民营航空零部件制造企业已经开始构建完整的特种工艺体系，并通过了 NADCAP（国家航空航天与国防承包商认证计划）以及国内外主机厂的严格认证。这些认证标志着企业在无损检测、热处理和表面处理等特殊工艺领域达到了国际化生产标准，为其在全球航空产业链中占据一席之地提供了坚实基础。

未来，随着航空制造技术的进一步升级和全球市场的竞争加剧，建立完善的特种工艺体系将成为民营航空零部件制造企业的发展重点。通过持续提升技术能力、优化生产流程和加强质量管控，民营企业有望在航空工业的转型升级中发挥更加重要的作用，为中国航空制造业的高质量发展贡献力量。

### **3.3 新型材料的应用加速**

随着航空工业的不断发展，飞机轻量化和绿色制造的需求日益成为主流方向，这不仅是降低飞机能耗、提高经济性的重要手段，也是实现环保目标、应对全球气候变化的重要举措。在此背景下，钛合金和复合材料等新型材料的广泛应用成为推动飞机轻量化设计的重要支柱。

轻量化设计直接关系到飞机的燃油效率和飞行性能。通过减少结构重量，可以显著降低飞机的燃油消耗，提高经济性，并降低运行成本。因此，钛合金和复合材料凭借其优异的性能特性成为现代航空器设计的首选材料之一。在航空零部件的应用中，钛合金以其高比强度、高耐腐蚀性和良好的热稳定性，在飞机关键结构部位的使用逐渐增加。波音 787 的机体结构中，钛合金的使用比例已达 15%，而俄罗斯新一代 150 座级客机 MS-21 的钛合金用量更是高达 25%。在中国，国产飞机也在积极采用钛合金材料以提升整体性能。例如，ARJ21 的钛合金用量为 4.8%，C919 达到了 9.3%，而未来 CR929 的钛合金用量预计将进一步提高至 25%。

与此同时，复合材料因其重量轻、比强度大、比刚度高的特性，在航空工业中的应用范围也不断扩大。复合材料的使用不仅能进一步降低飞机重量，还能在保证结构强度的同时提高飞机的气动性能。目前，复合材料已广泛应用于机翼、机身蒙皮和尾翼等多个结构部件。例如，波音 787 和空客 A350 的复合材料占比均超过了 50%，显示出其在现代飞机制造中的重要地位。然而，受制于材料成本高、制造技术复杂性以及国内技术积累尚不充分的影响，当前中国在复合材料加工制造领域与国际先进水平仍存在一定差距。尽管如此，复合材料的研发和应用正逐步缩小这一差距，并为中国航空制造业注入新的动力。

值得注意的是，钛合金与碳纤维增强的复合材料在性能上具有高度的协同性。两者的弹性模量匹配、热膨胀系数相近，同时化学相容性良好，不易发生电位腐蚀问题。这种相容性使得钛合金与复合材料在飞机制造中的结合应用成为理想选择。例如，在机翼框架和发动机支架等部位，钛合金和复合材料的联合使用不仅优化了重量，还提升了整体结构的强度和可靠性。随着复合材料应用比例的增长，钛合金的需求量也将同步增加，两者将共同推动飞机结构设计的进一步优化。

未来，随着轻量化和绿色制造技术的持续发展，钛合金和复合材料的应用潜力将更加广泛。通过加强新材料研发和加工技术创新，提升制造工艺水平，不仅有助于满足现代航空器对高性能的需求，还将显著增强中国航空工业在全球市场中的竞争力，为行业实现高质量发展奠定坚实基础。