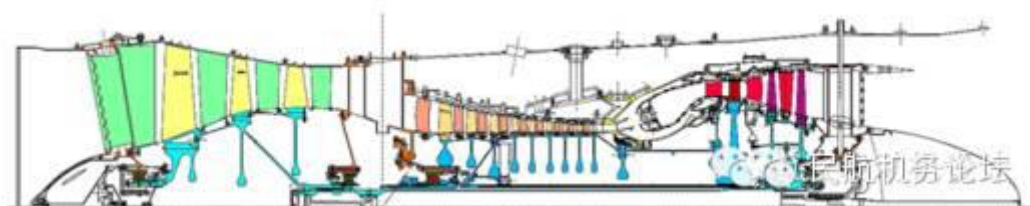


说一说国际上的几大航空发动机 OEM

2016-06-10 16:49 民航机务论坛



（上周由于私事较多耽误了，话说总是不能及时完成，见谅）

通过对航空发动机工作原理的了解，我们知道了它缘何称为工业皇冠上的明珠了吧。那么，需要举全国之力发展的行业究竟有那些 OEM 制造商呢？这次的专题将扒一扒国内外典型的发动机研发公司。

本文所有资料都是网络搜集，包括各大公司官网、知乎、维基百科和一些网络文献等,其中，时间线等均为自己总结。内容不一定准确，仅仅是自己的学习分享。错误请一定提出！

提及发动机研发巨擘，必然得提到世界三大航空发动机 OEM：美国 GE（通用电气），美国&加拿大 PW（普拉特惠特尼）和英国 RR（罗·罗），它们占据了绝大部分的民用航空发动机市场，及大部分的军用发动机市场。

除此以外，典型的公司还有俄罗斯的萨留特公司、土星公司、乌法公司、彼尔姆和克里莫夫设计局，德国 MTU（摩天宇），法国 SNECMA（斯奈克玛），美国 Honeywell（霍尼韦尔），以及 CFM 国际公司、 IAE 国际公司、Engine Alliance

(发动机联盟)。中国的发动机公司基本都是隶属于中航工业集团的各大研究所，如商发、燃气涡轮研究院、中国航空研究院等。

其中俄罗斯的几个主要做军机发动机；MTU、SNECMA 具备民用&军用航空发动机核心部件的研制能力，Honeywell 主要做是小型飞机的发动机；而 CFM 是 GE 和 SNECMA 的联合公司，IAE 是 PW、RR、MTU 和日本航空发动机公司的联合公司，两个联合公司分别各自只研制了大名鼎鼎的 CFM56 系列、Leap 系列以及 V2500 系列，Engine Alliance 则是 GE 和 PW 在 1996 年成立的合资公司，相对其它公司年轻些，主要产品为 GP7000 系列，装备 A380。

图 1 列出了世界商用航空的发动机市场占有率图（按照数量统计）

WORLD: ALL COMMERCIAL AIRCRAFT TYPE			
Manufacturer	Aircraft	Engines	Share
CFMI	8,646	17,656	39%
GE Aviation	4,562	9,929	22%
Rolls Royce	2,640	5,811	13%
IAE	2,355	4,710	11%
Pratt & Whitney	2,076	4,710	11%
Other	581	2,020	5%
Total	20,860	44,837	

图 1 各大发动机公司市场占有率（粗略）

下面简单介绍一下几大 OEM。通过官方的各种资料，整理了几大公司研制出的关键产品的时间线（Timeline），括号中是该型号发动机对应的机型，有错误请指出。

1、普惠公司

普拉特·惠特尼集团公司（Pratt & Whitney Group），简称普·惠公司（P&W），由 Frederick Rentschler 创建于 1925 年，总部位于康涅狄格州的 Hartford，是全球三大发动机制造商之一，是联合技术公司(United Technology Company)的旗下一员，是集飞机发动机、燃气涡轮和航天推进系统的设计、制造和支援为一体的制造商。2013 年收入达到 145 亿，利润达到 19 亿美元，约有 31500 个员工。



图 2 P&W logo

(1) 发展历史



图 3 普惠产品迭代时间线

(2) 经典产品

PW4000 从 1984 年投入使用，一直延续到现在，不同衍生型号的发动机推力从 52000 磅发展到 99040 磅，使用机型包括空客 A300，空客 A310，波音 747，波音 767，波音 777，空客 A330，也是著名发动机常青树。

PW1000G 系列发动机 这就是普惠应用齿轮传动技术的新一代发动机，已经被用在多个新一代飞机平台上，包括已经首飞的庞巴迪 C 系列飞机，巴航工业 E2 飞机，日本 MRJ 支线飞机，俄罗斯新一代单通道飞机 MC-21 和空客 A320NEO 上。



航空发动机设计

图 4 GTF 发动机的核心变速齿轮箱



图 5 A320neo

除了这些大型的商用发动机，普惠还是美国主力战机 F-22 和 F-35 的唯一动力供应商，普惠的子公司加拿大普惠公司还是世界上最大的涡桨和涡轴发动机供应商，很多直升机和涡桨飞机都采用加普惠的发动机，包括我们熟悉的国产新舟 60 飞机。

(3) 设计特点

首先，普惠的命名规则是很有意思的，一般用 PW 加四位数字表示，如 PW2037 、 PW4156 等。第 1 位数字代表系列，单数为军用，双数为民用，第 2 位数字代表用于飞机公司，0 为波音，1 为空客，第 3,4 位数字代表推力值（ $\times 1000$ lbf），这样大家就可以很轻易的获得发动机的推力级别和装机对象了。

普惠公司的设计也是很有特点的。在总体结构方案上主要特征是：由于具有 2 级高压涡轮，为提高高压转子的动力特性采用 1-1-0 支承方案。

2、罗尔斯·罗伊斯公司

1906 年， Henry Royce and Charles Rolls 在英国曼彻斯特成立了 Rolls-Royce Limited，从事豪华汽车的生产业务，1914 年，第一次世界大战爆发，在商业利益和政府需求的双重推动下，Rolls-Royce Limited 开始生产航空发动机。罗罗现在是世界第二大航空发动机制造商，属于英国，为众人熟知的是劳斯莱斯，只可

惜现在是 BMW 的了，罗罗是一个非常有传奇色彩的公司，其发展历史非常曲折，发动机结构更是具有鲜明的特点。



图 6 Rolls-Royce Logo

(1) 发展历史



图 7 R-R 产品迭代时间线

(2) 主要产品

罗罗公司在商用发动机领域具有很强的竞争力，从 2012 年正式退出 IAE 合资公司后将主要精力用在宽体机市场。

RB211 系列发动机

Trent 系列发动机：遛达 700 发动机，目前空客 A330 飞机的最主要动力系统，在我国的市场占有率超过 90%。遛达 900 发动机，空客 A380 的动力系统，南航、新加坡航空、阿联酋航空都选择了遛达 900，市场占有率超过 50%。遛达 1000 发动机，波音 787 的动力系统，在世界范围内拥有较高的市场占有率，但目前国内航空公司还没有确定订单。遛达 XWB 发动机，空客 A350XWB 的唯一动力系统，A350XWB 也是空客未来的主力机型，目前销量已经达到 748 架，也意味着遛达 XWB 的订单已经超过 1500 台，号称是罗罗史上销售最快的发动机。遛达 7000 发动机，罗罗根据空客要求，将遛达 1000 发动机改进后装在 A330neo 飞机上，就形成了遛达 7000 发动机，单纯发动机的效率可以提高 10%。

BR700 发动机系列：1990 年，罗尔斯·罗伊斯公司与德国宝马公司联合成立了一个合资公司，针对小型飞机的需求，进行 BR700 系列发动机的发展。推力在

14,000~23,000 磅之间，目前，BR700 系列发动机是湾流 G500、G550、庞巴迪“环球快车”、波音 B717 飞机的唯一可装发动机。

(3) 设计特点

英国罗罗公司的现代涡扇发动机均采用三转子结构形式，该结构方案具有总体性能和效率高等优点，三转子不容易发生喘振，压气机的单级压缩比可以做到相对较高。

3、GE Aviation 公司

GE 是一个超级庞大的公司，GE 前身是成立于 1878 年的爱迪生电灯公司。共有包括能源系统、医疗健康系统、基础设施系统、运输系统、消费金融系统等 11GE 大型业务部门，GE 航空集团隶属 GE 运输系统，仅仅是运输系统下的一个业务集团。

(1) 发展历史

GE 的崛起在于北美的上个世纪 70、80 年代的高效节能发动机计划（Energy Efficient Engine，即 E3），GE 的技术路线就是基于一个高效的发动机核心机不断优化，技术传承性很好，带来发动机的成本、可靠性和可维护性都优于其它公司。

2010 年利润 176 亿美元

GE 航空集团分为 GE 航空和 CFM 国际公司两部分，GE 航空是 GE 全资子公司，而 CFM 是 GE 公司与法国斯奈克玛公司的在 1974 年代组建的合资公司，这个合资公司各占 50% 股份。



图 8 GE 产品迭代时间线

(2) 主要产品

CF34 系列发动机：前身是空军 A-10 攻击机等装备的 TF34 发动机，经过改进以适用于民航，延续其稳定、低噪音的特点，应用于支线运输机、中型公务飞机等。1983 年投入使用，推力范围是 9200 磅~20000 磅，是 CRJ100/200/700、Challenger 601/604、EMBRAER 170/175/190/195、Dornier 728、ARJ21 等小型民航飞机唯一可装的发动机。

GE90 波音的“主心骨”——波音 777 的动力，是当时世界上直径最大的发动机，GE90 在 1995 年投入使用，推力范围是 74000 磅~115****00 磅，在我国三大航逐渐接收的 777-300er 远程飞机都是由 GE90-115B 提供的动力。



GE9X 波音 777 的下一代唯一可选动力系统，在 777X 上号称比现款降低 10% 的油耗。

GENx 波音 787 的动力系统，可以在发动机尾部的看到标志性的锯齿形排气系统。



F404 当前美国舰载机的主力 F-18 系列飞机，都是由 F404 提供的动力。大名鼎鼎的 B2 隐身轰炸机也是 GE 的发动机。

(3) 设计特点

美国通用公司研制的涡扇发动机中绝大多数采用单级高压涡轮设计，如：F101、F110 和 F404，因此，在高压转子支承方案上均采用 1-0-1 方案，低压转子上采用 1-1-1 支承方案。

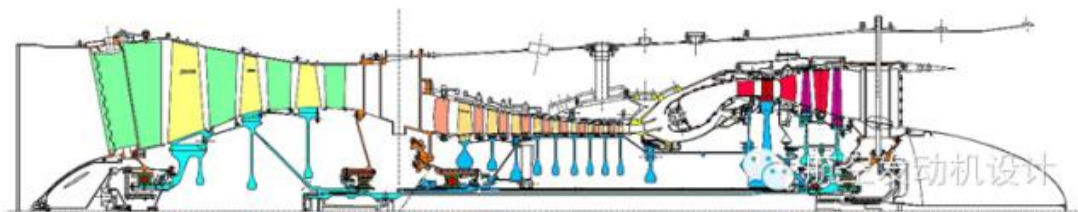


图 9 F110 结构方案

4、俄罗斯发动机公司（略写）

(1) 发展历史

前苏联的航空发动机研制采用设计局-批量厂模式，前苏联的航空发动机行业是一种“设计单位百花齐放、生产单位三强并立”的格局。

众多设计局及其著名产品有：前苏联航空发动机设计局以及其最著名的作品：克里莫夫设计局（RD-33 涡扇发动机）、伊索托夫设计局（TV3-117 涡轴发动机）、索洛维也夫设计局（D-30 涡扇发动机）、科列索夫设计局（RD-36 涡喷发动机）、库兹涅佐夫设计局（NK-321 涡扇发动机）、留里卡设计局（AL-31F 涡扇发动机）、图曼斯基设计局（P-29 涡喷发动机）、伊夫琴科设计局（AL-25 涡扇发动机）。

生产单位是国有发动机批量厂，如：“土星”、“礼炮”、“进步”等。

但是随着前苏联的解体，前苏联的航空发动机行业“百花凋零”进入“严冬”。

如今，经过一系列改组和整合，俄罗斯航空发动机工业形成了现在“礼炮航空发动机联合体”和“留里卡-土星航空发动机联合体”两强并立的局面。

2007 年 11 月，俄罗斯成立联合发动机制造集团公司，整合了航空发动机制造领域绝大部分企业。该集团是俄罗斯技术国有集团下属的国防工业集团公司的全资子公司，目前已控制了俄航空发动机制造业 85% 以上的行业资产。该集团公司于 2010 年最终完成企业整合与重组。

(2) 主要产品

前苏联产品百花齐放，型号众多，其中个人认为最具有代表性的发动机则是 RD-33 和 AL-31F。

AL-31F AL-31F（俄语代号 **АЛ-31Ф**）为前苏联留里卡设计局在 1976~1985 年间研制的带加力涡轮风扇发动机，属于 3 代发动机。发动机有 4 级风扇、9 级高压压气机，高低压涡轮各为 1 级，为推重比为 8 一级的小涵道比涡扇发动机。净重 1520kg，最大推力 12500kgf，进气道直径 0.905m。1985 年该发动机研制达标后，用于苏-27、苏-30 和苏-35 战斗机。



图 10 AL31F

PS: 99M 研制计划: AL31F 推出已经 30 多年了，性能早已不够，为此，礼炮公司推出了三步走的改进计划，分别为 99M1（AL-31F-M1）、99M2（AL-31F-M2）、99M3（AL-31F-M3）。其中，M1 于 2007 年交付，用于苏-27 及其改型（SU-27SM，苏 30，苏 33，苏 34 等），推力由 12.5 吨提高到 13.3 吨，矢量推进，可以在对机体无任何修改的情况下替换老机体。M2 于 2012 年交付，用于苏 27SM 和 Su-34，寿命提高到 3000 小时，推力提高到 14.1 吨。M3 则正在研发，推力为 15.5 吨，三级压气机，矢量推进，目标是和 117S 竞争 4++ 机型。最终希望进行第四步改进，成为第五代发动机。

117 研制计划: 117 即 AL41F1，18 吨推力，装备米格 1.44，其改进型 AL41F1S，14.5 吨推力，矢量推进，装备 SU-35S、T-50。

AL31F 出口较多，出口型号则为 AL31FN 以及 AL31FN-M1，安装于中国的歼击机。

RD-33 RD-33 是前苏联克里莫夫设计局设计，莫斯科的契尔尼舍夫工厂（又称红十月工厂）生产的小涵道比涡扇发动机，1972 年开始立项研制，1977 年 10 月首

飞，1982 年投产，1983 年装备，并随米格-29 飞机出口到 20 余个国家，是一台稳定性优良，可在飞行包线内的任一点空中再起动和接通加力，高度、速度特性突出，推重比为 8 一级的军用涡扇发动机。RD-33 涡扇发动机转子由 4 级风扇叶片，9 级高压压气机，高低压涡轮各 1 级组成。



图 11 RD33 发动机

PD14 系列： 包括 PD-14, PD-14A, PD-14M，是 MS21 系列飞机的高涵道比涡扇发动机，推力分别为 12.5、14 和 15.6 吨，涵道比为 8.5 左右，风扇直径达 1900mm，净重 2770kg。



图 12 PD14 发动机

5、中国的发动机产业

不敢牵扯到任何涉密的内容，就大致说说自己的感受吧。

中国尽管是能够独立研制航空发动机的国家，研制水平仍然处于仿制阶段。一些大的研制公司主要有沈阳航空发动机研究所、西安航空发动机公司、中国燃气涡轮研究院、贵州航空发动机研究所、商发等。从 20 世纪 50 年代研制涡喷 5 开始，逐步研制了涡喷 6、涡喷 7、涡喷 8、涡喷 11、涡喷 13、涡喷 14（昆仑），1964 年开始研制涡扇 6、涡扇-9“秦岭”、WS10“太行”、XX13“泰山”、XX15“峨眉”以及 XX20 发动机。

我国航空发动机重大专项呼之欲出，航空发动机设计水平必将大步提升。就目前而言，我国自主研发水平于美国等国家相比还是有很大差距的，可能是以下原因导致的：1、本身设计难度极大，集设计、制造、试验、维护一身的工业体系下多学科的融合；2、我国历史原因经常仿制，普惠、罗罗和 GE 等都是在原有核心机基础上进行技术改进，而我们的型号没有继承性，缺少成熟的结构方案；3、上游的材料和下游的工艺限制，这是瓶颈；4、经济投入，航空发动机本质上是烧钱的，成本极高；5、人才，缺少真正一流的人才，流失比较严重。

来自： 航空发动机设计