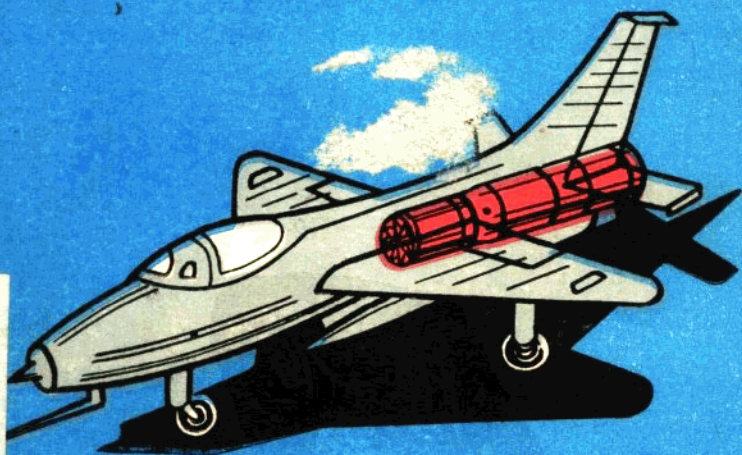


《航空夏令营丛书》

现代飞机的“心脏” ——航空喷气发动机

陈 绍 祖



内 容 提 要

这是一本科普读物，专为参加航空夏令营的青少年们编写。它介绍了航空发动机的种类、构造、组成和工作原理，回顾了喷气推进技术的发展简史，展望了这一领域的发展方向。图文并茂，内容丰富，有助于青少年对现代飞机的“心脏”有个概貌的了解，激发对学习航空科学的兴趣。

现代飞机的“心脏”

——航空喷气发动机

陈绍祖

绘图：李华珏、吴少锋

中国科协青少年部
中国航空学会出版

河北省深县印刷厂印

1981年6月

编 者 的 话

美丽的天空曾经引起过人类许多有趣的幻想。人类很早就响往离开地面，象鸟类那样飞上蓝天，或者到别的星球上去旅行。我国古代就有嫦娥奔月，列子架风飞行，肖史和弄玉乘龙跨凤飞上天去等等神话故事。但只有在科学技术高度发达的现代，这些美丽的幻想才有实现的可能，有的已经成为光辉的现实，有的正在得到逐步的实现。

富有幻想的青少年对于航空、宇航事业充满憧憬，深深为天空中形形色色的飞行器所吸引。为了向广大青少年介绍一些航空、宇航知识，培养科学技术的后备队；以及为了适应各地纷纷举办航空夏令营迫切需要教材的形势，我们委托江苏省航空学会编写了这套航空夏令营丛书。这套丛书暂时包括《飞机》、《现代飞机的核心——航空发动机》、《飞机特种设备》、《大家来造小飞机》、《到宇宙中去旅行》五本，以后根据需要逐步增加。

亲爱的青少年朋友们，如果这套丛书，能象一撮小石子，投进你们荡漾着热情和求知欲的心潮之中，激起几朵思想的浪花，能象几颗闪烁的火星，跳进你们智慧的心底，点燃理想的火炬，使你们更加热爱伟大的社会主义祖国，更加热爱科学事业，对探索宇宙奥秘产生更大的兴趣，那将是我们莫大的快慰。

中国科协青少年部
中国航空学会

1981年6月

前 言

喷气式飞机划破长空，发出刺耳的呼啸，那便是喷气发动机在炫耀它的威力。

飞机上装有发动机，为飞机的飞行提供动力，使之能克服空气阻力向前飞行。发动机对飞机飞行中的安全可靠、飞行高度、速度和时间，关系极大。可以说发动机是观察飞机性能的窗口。人们常把发动机比作飞机的心脏，不是没有道理的。

在飞机的动力装置中，空气喷气发动机还是后起之秀。它的发展，如果从德国法西斯于1939年第一次成功地把它作为飞机的动力算起，到现在只有40多年的历史。近30年来，燃气涡轮喷气发动机作为飞机的动力，由于战争因素的刺激，有着浓厚的军事背景，而得到了优先迅速的发展。

喷气发动机的喷薄出世，是航空动力发展中出现的一次革命性飞跃。这一新鲜事物出现后，许多国家纷纷把航空科学的研究工作，提到特别突出的地位，促使喷气式飞机成为强有力的进攻性武器。它取代活塞式航空发动机，成为历史发展的必然了。

第二次世界大战以后，人们以更大的热情投入喷气发动机的研制工作。仅仅花了五年的时间，作战飞机便普遍走向涡轮化、喷气化，接着越过“音障”，进入同温层空间飞行，从而在人类征服大自然的斗争史册上，增添了极其光辉的篇

章。

往后，人们通过不断探索实践，在喷气发动机的基础上，根据不同的需要，相互启发，彼此影响，创造了机种繁多，用途各异的飞行器动力。

人们预计，在本世纪的最后20年中，航空燃气涡轮发动机，特别是军用发动机的发展，仍然有很大的潜力。涡轮喷气发动机将进一步沿着推力大、重量轻、油耗省、噪音低、排气污染少、可靠性好和寿命长的目标发展。航空燃气涡轮喷气发动机，将处于一个更为成熟的发展阶段。

尽管喷气发动机发展到了今天的水平，可是喷气推进技术的原理，却是既简单又古老。我们中华民族对喷气推进技术的杰出贡献，是举世公认的。那么，我们就先从翻开历史的画卷，来了解喷气推进技术吧！

目 录

编者的话	
前言	(1)
一、历史上的喷气推进技术	(1)
蒸汽喷气动力的出现	(1)
火箭的祖国	(3)
首次喷气飞行尝试	(5)
液体火箭推进	(6)
涡轮喷气推进登上航空史舞台	(8)
二、飞机上的发动机	(9)
活塞式发动机的历史成就	(9)
力不从心	(11)
洞外有天	(12)
喷气发动机的家族	(13)
三、喷气发动机的工作原理	(28)
马力与推力	(28)
航空发动机的工作过程	(29)
发动机的推力是怎样产生的	(30)
一个需要明确的概念	(32)
大气影响推力吗	(34)
发动机的粮食——燃料	(36)
四、喷气发动机的主要组成部分	(37)
发动机进气的第一关——进气装置	(37)

压气机.....	(38)
发动机的火炉子——燃烧室.....	(41)
高温高负荷的部件——涡轮.....	(45)
加力燃烧室和尾喷管.....	(50)
五、喷气发动机发展方向的展望.....	(53)

一、历史上的喷气推进技术

人类从有历史记载时起，就有利用反作用原理的很多实例。可是喷气推进原理在工程上的实际应用，还是经过漫长的历史过程。

蒸汽喷气动力的出现

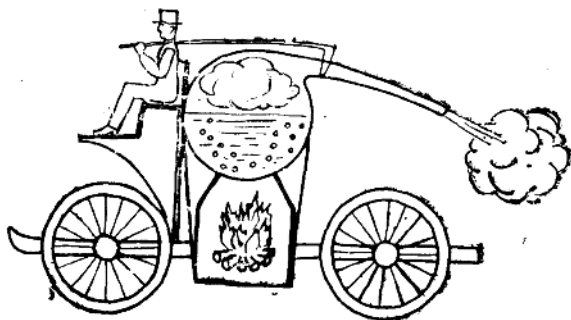
据说公元前120年，古埃及有一个名叫赫罗的人，做了一个叫做汽转球的玩具。他把汽锅里的水烧开，蒸汽通过作为旋转球支架的空心管，引到装于水平轴上的转球里，然后蒸汽就从球上的二个曲管喷出，蒸汽的反作用，把管子沿排气的相反方向推动，促使球转动不止。这就是喷气推进原理的最早应用。这个汽转球实际上是一种最简单的热机。

这项发明，尽管限于当时的历史条件，仅仅作为一种新奇而有趣的玩具，没有得到实际的应用，但直到今天，人们正是利用这一基本



原理，创造了各种各样先进的喷气推进装置。

二百多年前，英国著名的物理学家牛顿，创造了一种蒸汽喷气车，就是按照上面所说的原理设计的。这种喷气车是用当时的马车改装的。实际上它是不用马拉的“马车”。



车子的结构很简单，主要是一个大锅炉、用车架装在四个轮子的轴上。在盛水的汽锅下面，装一个火炉。火炉里烧煤，把汽锅里水烧开后，产生的蒸汽通过排气管向后喷出。汽锅受到蒸汽的反作用力，喷气车就慢慢前进。

牛顿的这辆蒸汽喷气车是想利用煤炭中贮藏的能量，燃烧获取热能，进而产生喷气推力，驱车前进，以代替马的劳役。

牛顿当时想得也很周到，前进的速度由驾车的人用长杆操纵喷汽管道上的汽塞来控制。这样，行车也安全了。可是，这种喷气车结构笨重，推进功率也太小，在实际上没有得到推广应用。

火 箭 的 祖 国

我国是火箭的祖国。我国发明的原始火箭到现在已有一千多年的历史了。

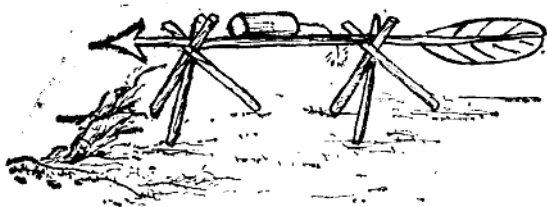
没有学过火箭技术的人，大概也会猜想，火箭可能是带火的箭吧。要不，怎么会叫这个名字呢？是的。早在我国三国时代，就用像油脂、松香、硫磺之类易燃物质附在箭上，点燃后发射出去，射中目标引起敌营起火。同时，还可利用这种方法攻城。火箭由此得名。

众所周知，火药是我国发明的。火药的发明无疑地把喷气推进技术推进了一大步。

公元六二八年，我国唐初医学家孙思邈，在炼丹术中，发现硫、硝、炭末混在一起，放于锅中引火，常发生熊熊大火，甚至爆炸。这就扩大了他对炼丹术的认识。他在“丹经”中总结了炼制火药的方法。记载了配方。这便是他发明的最早黑色火药。



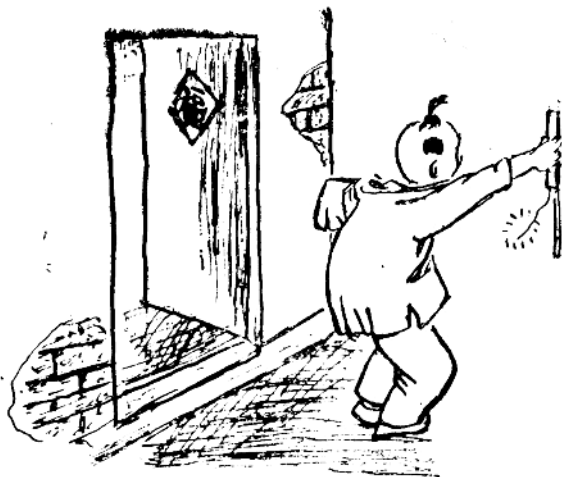
人们通过火药能够燃烧得到启迪，要是把火药捆在箭桿上，点燃引线后，用弓发射出去，效果岂不更好？是的。实践的结果，出乎当时人们的意料，点燃引线后，从纸卷火药筒内喷出的火焰，不用弓射，就把火箭推向前进。箭尾在飞行中还起导向作用。从此，火箭喷气推进的帷幕就拉开了。



我国发明和首先使用的黑火药火箭，是现代火箭的开山祖。这是世界公认的，有口皆碑。

宋朝有一种叫“高升”的东西（北方人叫“起火”）。它点着以后，黑色火药燃烧，向下喷出气体，连自己也被抛到空中去。其实，这就是一种纸制的固体火药火箭。

宋朝的多次农民起义，也推动了火药火箭的发展。当时已有各种作坊生产火药兵器，使我国火箭推进技术的发展，达到了前所未有的高度。



首次喷气飞行尝试

国内外有关书刊广泛流传着这样的故事：我国明朝（一五〇〇年前后）有一位叫“万户”的学者，有志于喷气飞行，设想用火箭遨游太空。他果敢地尝试用火箭作为推进器，把一组火箭（据说是47枚）捆绑在椅子上，椅子固定在像雪橇样的滑车上。然后，他悠闲自若地坐在椅子上，叫别人点燃火箭。



据说当时“万户”还带着两个大风筝，计划用火箭飞上天去，实现“矫翼思凌空”的愿望，再巧妙地用风筝返回地面。

当然，这种没有经过周密的模型或动物试验，直接亲自飞行尝试的做法，实在太冒险了。果真，火箭点着以后，轰然一声巨响，霎时间烟雾弥漫，残骸四散。“万户”连同火箭车在爆炸声中也一起上了天，结束了这位喷气推进飞行先

驱者的一生。

“万户”是世界上第一个为争取喷气飞行而献身的人。他比号称俄国“火箭始祖”的齐奥尔科夫斯基要早三百多年。外国人称“万户”是“第一个企图用大火箭作运输工具的人”；或“第一个企图用火箭飞行的人”。现在，国外科学家为了纪念这位最早的宇宙航行的探索者、我国最早的宇航员“万户”，把月球背面的一座火山，命名为“万户”火山口。他的名字永垂环宇。

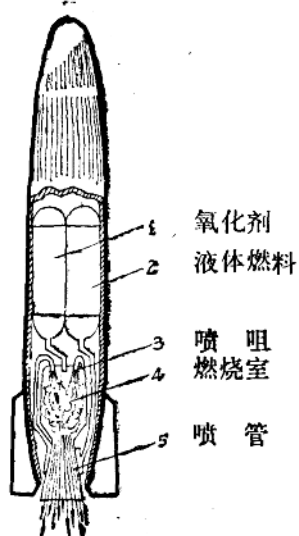
液 体 火 箭 推 进

以上讲的都是由火药而演变的固体推进剂火箭。十九世纪末，出现了液体推进剂的火箭，使喷气推进技术进入了一个崭新的阶段。

一八九五年，有一位秘鲁人，名鲍莱，用三氧化氮（ NO_3 ）和汽油作为推进剂，做成一个直径为10公分的火箭，推力达90公斤。按理鲍莱应是液体推进剂火箭的创始人，但他在二十五年之后，才把试验结果公诸于世，丧失了时间，因此，第一个液体火箭的创始者反而功归后人。

一八九六年，俄国一位空气动力学家齐奥尔科夫斯基教授，发表了一篇用液体推进剂的多级火箭作太空旅行的论文，并指出采用液氧和液氢作为推进剂，可实现宇宙航行。他在液体火箭的理论研究上，功勋卓著。俄国人称他为“俄罗斯航空之义”。

齐奥尔科夫斯基幼年在乡村小学念书，十岁时得了猩红

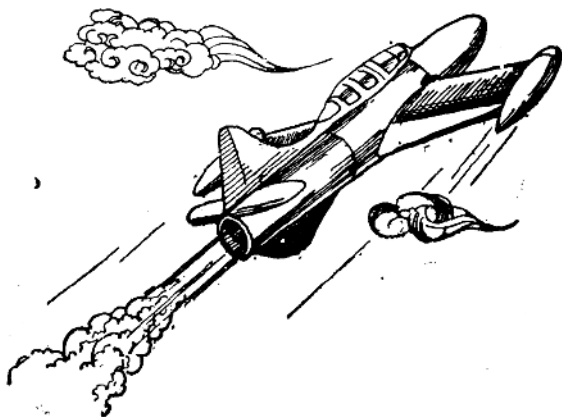


热病而成了聋子。然而，他並不因此而气馁，仍酷爱数学、物理和天文，发愤攻读，打下了雄厚的基础。他在液体火箭的研究上，导出了著名的变质量推力公式，即齐奥尔科夫斯基公式，为精确计算航行轨道奠定了基础。

第一次世界大战以后，美国科学家戈达，用液氧和汽油做为推进剂制成液体火箭。1926年8月26日，他制作的火箭试飞成功。美国人称他是火箭的“始祖”。此后，用液体推进剂的火箭，便在航空上应用和发展起来了。

涡轮喷气推进登上航空舞台

一九三九年八月，德国法西斯首先以500公斤推力的涡轮喷气发动机“Hes 3 b”作为飞机的动力，进行了飞行试验，速度达到了640公里/小时。飞机上的空气喷气推进的序幕便拉开了。



但当时装有涡轮喷气发动机的飞机并没有在战争中使用。战后，涡轮喷气发动机不仅在战斗机上应用，而且在旅客机上也逐步采用了。1949年，英国用涡轮喷气发动机装备了世界上第一架喷气客机——迪·哈比兰特“彗星”号。

涡轮喷气发动机的迅猛崛起，促使各国竞相发展飞机喷气推进技术。

二、飞机上的发动机

第二次世界大战以前的飞机，不用说都是以活塞式发动机为动力的。第二次世界大战中，作为战争工具的参战飞机，主要的也还是装活塞式发动机的螺旋桨飞机。在当时经常发生的大规模空战中，双方出动的飞机，从数十架到上千架，损失也是十分惊人的。

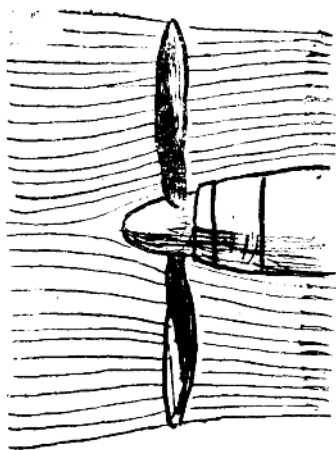
这样，人们迫切要求飞机能飞得更高、更快、更远，随着冶金工艺和航空科学技术的发展，喷气发动机便应运而生。

在现代战争中，能否提高参战飞机的性能，与发动机的性能休戚相关，而喷气推进技术上的竞争，无论在战时或平时，都一直在无声无息地进行着。

活塞式发动机的历史成就

早期的航空发动机都是活塞式发动机。它是用汽油为燃料的内燃机，和大家熟悉的汽车、拖拉机和坦克的发动机一样，都是四冲程的活塞式发动机。

形状跟小孩玩的竹蜻蜓一样的螺旋桨，装在发动机的前面。螺旋桨转起来就像一架巨大的风扇，把大股大股的气流向后抛去。



螺旋桨前面的气流是静止的，经过螺旋桨的煽动，向后排出的气流速度就大了。它在每一秒钟内，以几十米的速度把几十公斤，甚至几百公斤的空气排出，因此它作用于空气的力就很大。空气作用于螺旋桨的反作用力也很大。这个反作用力拉着飞机前进，叫做螺旋桨的拉力。

航空活塞式发动机到第二次世界大战期间，达到了顶峰。它比地面上用的动力，如火车蒸汽机、汽车发动机等都要好得多，它的重量较轻、尺寸较小，而发出的马力却较大。

你看火车头貌似“庞然大物”。它的蒸汽机车动力能发出2000匹左右的马力，而一架伊尔-14运输机的活塞式发动机，重量未及一吨，单台能发出的最大功率为1850马力，接近于一个几十吨火车头的功率。