

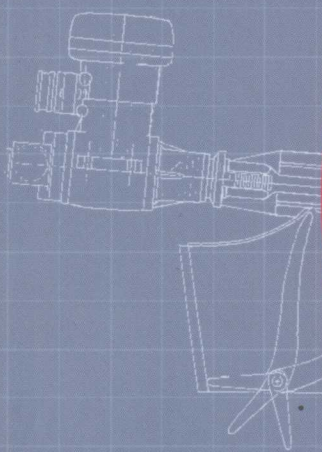


新世纪航空模型运动丛书

HANGKONG  
MOXING FADONGJI

# 航空模型发动机

中国航空运动协会组织编写  
寿尔康 编



航空工业出版社

新世纪航空模型运动丛书

# 航空模型发动机

中国航空运动协会组织编写

寿尔康 编

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本书主要介绍怎样使用航空模型发动机。具体介绍了活塞式发动机的原理、工作过程、结构和燃料，安装使用、清洗维护的方法，以及发动机特性与螺旋桨的配用等；同时还简单地介绍了发动机运转机构及运动零部件的位移、速度和加速度对发动机运行和性能的影响。此外，还介绍了使用发动机所用的主要器材、仪表和工具。

本书主要供航空模型普及活动使用及初学者阅读参考，也可供航空模型工作者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

航空模型发动机/寿尔康编. —北京: 航空工业出版社,  
2007. 10

(新世纪航空模型运动丛书)

ISBN 978 - 7 - 80243 - 062 - 4

I. 航… II. 寿… III. 模型飞机 (航空模型运动) —发  
动机 IV. G875. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 146412 号

## 航空模型发动机 Hangkong Moxing Fadongji

---

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64978486 010 - 64919539

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2007 年 10 月第 1 版

2007 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787 × 960

1/16

印张: 8

字数: 150 字

印数: 1—3000

定价: 20.00 元

# 《新世纪航空模型运动丛书》

## 编委会

顾主副委 问：顾诵芬  
任：赵明宇  
主 任：刘文章 毕东海  
副委 员：（按姓氏笔画排列）  
牛安林 甘彦龙 叶树钧 朱宝鏊  
朱建成 刘 鑫 李仁达 肖治垣  
吴大忠 陆钟毅 南 雍 顾 辰  
高 歌 黄永良 程不时 谭楚雄

主 编：毕东海  
副 主 编：谭楚雄

主要编写人员：（按姓氏笔画排列）  
王维忠 朱宝鏊 刘文章 寿尔康  
李仁达 李育廉 李新庄 杨 煊  
余 敏 张 炜 查保传 阎天来  
黄 云 谭楚雄

## 序

19世纪后期，人类探索航空的重点由气球转向重于空气的飞行器——飞机。由于试验飞机的复杂性和危险性，航空先驱们都是首先用不载人的模型飞机反复进行研究，摸索规律，有相当把握后才开始试制载人飞机。英国人凯利的滑翔机、美国人兰利和莱特兄弟等的飞机都是这样进行的。

1903年动力飞机试飞成功，但初期飞机的性能极差，不但速度小（不如快速汽车），而且稳定性也很不好，飞到空中危机四伏，仍然需要通过模型飞机进行研究、试验、改进和完善。载人飞行器的初步成功，使从事学习和研究飞机的队伍迅速扩大，也引起了许多人对模型飞机的兴趣。20世纪初，在发达国家开始了航空模型运动，为这些国家造就了许多航空人才和科技人才。

我国在20世纪30年代后期才出现小规模民间航空模型活动，比西方发达国家晚了20多年。当时没有常设的全国性航空模型运动机构，基层活动属自发性质，参与航空模型运动的人数不多，技术水平和模型器材都很落后，处于萌芽状态。

新中国成立以后，中央人民政府十分重视和提倡航空模型运动。1952年成立了中央国防体育俱乐部，后更名为中国人民国防体育协会，其任务是在人民群众中普及军事技术知识，进行国防教育，储备军事人才，培养国防后备力量。航空模型运动被列为首批重点国防体育项目，有组织、有计划地开展起来，其发展势头超过许多发达国家。1956年，新中国第一届航空模型竞赛在北京举行，此后，每年都举办全国性的航空模型比赛，“文革”期间中断了比赛，1978年恢复了全国比赛。

1978年，中国加入国际航空联合会，我国航空模型运动有些项目跃居世界领先地位，截至目前共有58人59次打破31项世界纪录，夺取世界冠军28个。

目前，航空模型运动是我国正式开展的99个体育运动项目之一，作为科技体育运动项目，航空模型运动具有竞技、教育、娱乐和应用等功能。

竞技功能是航空模型运动的基本功能。通过各种比赛，展现选手的竞技水平，体现“更高、更快、更强”的体育精神，向观众奉献最精彩的场面。在激烈抗争的世界赛场上，中国选手通过顽强拼搏，夺取冠军，为国争光。

对人进行全面素质的培养，是航空模型运动的教育功能。由于这项运动内涵的特殊性，即运动的参与者要自己设计和制作模型飞机；参与者的运动成绩由他操纵放飞的模型飞机的飞行表现来确定，因此决定了这项运动所独具的动手与动脑相结合、脑力与体力相结合的特点。

航空模型运动同时也是一项形象健康、积极向上的娱乐运动项目。它以其模型种类繁多、技术难度跨度大而吸引社会上不同层次、职业、年龄的爱好者参与其中。

航空模型应用于科研、生产和国防是这项运动的另一大功能。航空模型是飞机的先驱，在飞机研制中，航空模型一直是一种不可缺少的研制手段，它在航空产业的各个环节中起着重要作用。

为了贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强和改进未成年人思想道德建设的若干意见》的精神，培养青少年科技素质和创新精神，培养热爱航空事业的后备人才，中国航空运动协会组织编撰这套《新世纪航空模型运动丛书》，丛书本身是半个世纪我国开展航空模型运动经验的积累，涵盖了航空模型运动的各个方面，既有航空模型运动的基础知识，又有帮助从事航空模型运动提高知识水平和技巧的专业读物，既介绍适合在小学生中开展活动的《纸模型飞机》，也介绍制作高级航空模型必备的《模型飞机的翼型与机翼》。丛书的作者都是多年从事航空模型运动的专家，具有丰富的教学和航空模型制作、放飞经验。本套丛书面向读者为初中以上的高级航空模型爱好者、全

国中小学航空模型课程的教学人员，从事航空模型运动的运动员、航空模型的设计人员和制造人员，以及各相关人员。

我们希望，丛书的出版，能为促进我国航空模型运动更上一层楼，帮助更多的航模爱好者步入航空科技殿堂，建设中国现代化的和谐社会发挥更大作用。

《新世纪航空模型运动丛书》编委会

2007年8月

<b>第一章 概述</b> .....	( 1 )
一、活塞式发动机 .....	( 1 )
二、喷气式发动机 .....	( 4 )
三、火箭发动机 .....	( 7 )
四、电动机 .....	( 8 )
五、气体发动机 .....	( 9 )
 <b>第二章 活塞式发动机的组成、原理和结构</b> .....	( 11 )
一、基本组成和工作原理 .....	( 11 )
二、主要参数和相关术语 .....	( 12 )
三、二行程发动机的组成、原理和结构 .....	( 13 )
四、四行程发动机的组成、原理和结构 .....	( 30 )
 <b>第三章 活塞式发动机用混合油及油箱</b> .....	( 32 )
一、混合油成分和配方 .....	( 32 )
二、混合油的配制 .....	( 34 )
三、油箱 .....	( 36 )
四、油箱的安装和固定 .....	( 40 )
五、油箱容积的估算 .....	( 42 )
六、金属焊制油箱的材料和结构 .....	( 43 )
 <b>第四章 活塞式发动机的起动和调整</b> .....	( 44 )
一、起动前的准备 .....	( 44 )
二、手拨起动及调整 .....	( 45 )
三、启动器起动 .....	( 52 )



四、转速测量 .....	( 54 )
<b>第五章 活塞式发动机的试车和磨合 .....</b>	<b>( 56 )</b>
一、试车 .....	( 56 )
二、磨合 .....	( 59 )
<b>第六章 活塞式发动机的安装 .....</b>	<b>( 62 )</b>
一、发动机的安装方位 .....	( 62 )
二、发动机与模型飞机的连接 .....	( 64 )
<b>第七章 活塞式发动机的消声器和谐振管 .....</b>	<b>( 68 )</b>
一、消声器 .....	( 68 )
二、谐振管 .....	( 70 )
<b>第八章 活塞式发动机的解体、清洗和组装 .....</b>	<b>( 75 )</b>
一、解体 .....	( 75 )
二、清洗 .....	( 81 )
三、组装 .....	( 83 )
<b>第九章 活塞式发动机的特性与螺旋桨 .....</b>	<b>( 86 )</b>
一、活塞式发动机的特性 .....	( 86 )
二、螺旋桨与发动机的匹配及选用 .....	( 88 )
三、螺旋桨的材质与制作 .....	( 97 )
<b>第十章 专用和特种活塞式发动机 .....</b>	<b>( 108 )</b>
一、自由飞模型飞机专用发动机 .....	( 108 )
二、竞速模型飞机专用发动机 .....	( 109 )
三、小组竞速模型飞机专用发动机 .....	( 109 )
四、空战模型飞机专用发动机 .....	( 110 )
五、遥控模型飞机专用发动机 .....	( 110 )
六、直升机专用发动机 .....	( 111 )
七、双缸和多缸发动机 .....	( 111 )
八、带进气增压器的发动机 .....	( 111 )
九、电喷发动机 .....	( 113 )
十、三角活塞发动机 .....	( 113 )
十一、轴向活塞发动机 .....	( 114 )

航空模型发动机是航空模型的动力装置之一。航空模型发动机最初大都是依据航空模型的需求，由其他工业用的发动机经小型化和简单化发展而成；以后，又随着航空模型的发展而发展，并逐步形成了自己的发展规律和专业化的研究和制造，成为发动机家族中的一员，成为一种独特的专用的发动机。常用的航空模型发动机主要有五大类。

## 一、活塞式发动机

活塞式发动机是一种小型或微型内燃机，是第一种用于航空模型的发动机。20 世纪初，航空模型爱好者将一般用途的内燃机改造后，用来驱动模型飞机飞行，获得成功。经过近 100 年的发展，逐步发展出二行程、四行程；普通型、专用型；适合航空模型普及活动的，或专供竞赛使用的，还有特殊结构形式的现代活塞式航空模型发动机。它们的共同特点是：体型小、转速高、功率大、质量小，几乎全部用风冷散热，运行系统简单可靠。常用的活塞式航空模型发动机有下列三种。

### （一）压燃式发动机

压燃式发动机如图 1-1 所示。它的燃料为煤油，在燃料中加入一定量的乙醚作引爆剂。它不需用辅助系统，只要使用配比符合要求的燃料即可起动运转，是目前运行系统最简单的航空模型发动机。压燃式发动机都是二行程内

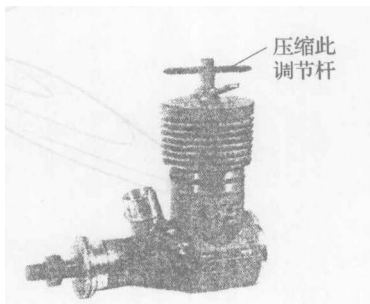


图 1-1 压燃式发动机

燃机，其规格<sup>①</sup>一般为 0.5 ~ 5 毫升，常用的规格为 1.5 ~ 2.5 毫升。压燃式发动机主要用于航空模型普及活动，用来驱动自由飞、线操纵特技和遥控模型飞机等，也用于小组竞速等竞赛项目。

## （二）电热式发动机<sup>②</sup>

电热式发动机如图 1-2 所示。它的燃料为甲醇。起动时，先向电热塞供电，使其铱铂合金丝卷呈赤热状态，引发压缩的甲醇与空气混合气爆燃。在发动机正常运转及驱动模型飞机时，都不需再供电；且对发动机工作状态进行调整时，只需调节油针即可。它是一种运行系统简单、操作简便的发动机。电热式发动机的规格范围较宽，品种较多。其单缸工作容积从 0.16 毫升到 40 毫升；有二行程、四行程、单缸、双缸和多缸等多个品种，也是目前使用数量最多的航空模型发动机。在规格相同时，电热式发动机的功率较大。自由飞、线操纵特技、竞速、空战等模型飞机和遥控模型飞机及直升机等一般均用电热式发动机。电热式发动机有普及型，可供航空模型普及活动使用。

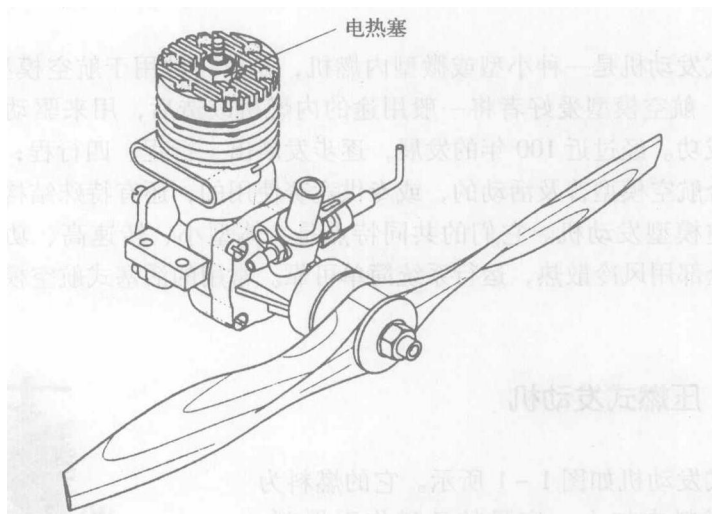


图 1-2 电热式发动机

① 活塞式航空模型发动机的规格一般以其汽缸工作容积表示（见第二章）。单位：公制为毫升（立方厘米），英制为立方英寸。

② 电热式发动机，英文名称为 Glow Engine，曾被译为热火式发动机、辉光式发动机等。由于我国航空模型竞赛规则中称作电热式发动机，因此本书使用这一名称。

### (三) 电点火式发动机

电点火式发动机如图 1-3、图 1-4 所示。其所用燃料为汽油，发动机运转是通过高压电流在汽缸顶部的火花塞放电产生的火花，引起经压缩后的汽油与空气混合气爆燃。电点火式发动机驱动模型飞机飞行时需携带电源和点火辅助系统升空，模型飞机质量较大、系统复杂、操作繁琐、故障率高。20 世纪 50 年代以后，电点火式发动机被压燃式和电热式发动机所取代。近年来，随着大型航空模型的兴起，所需的大规格航空模型发动机又重新采用电点火式。其原因是汽油来

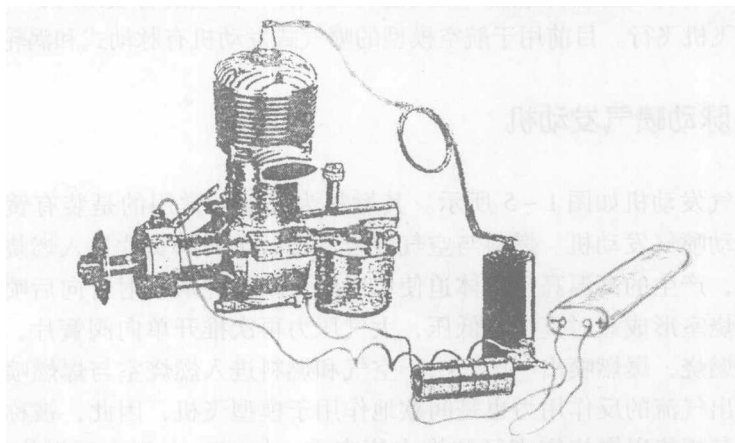


图 1-3 20 世纪中期的电点火式发动机及其点火系统

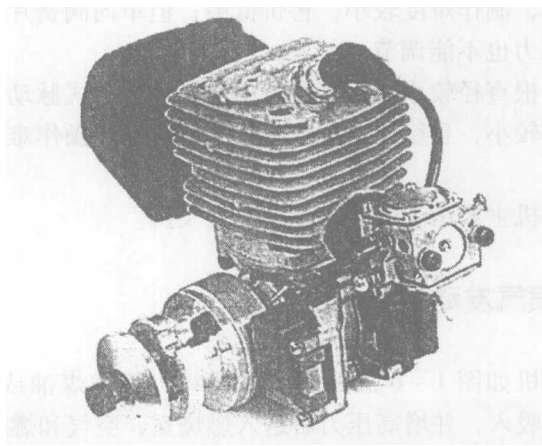


图 1-4 带磁电机点火系统的现代电点火式发动机

源方便、价格低廉且电点火式发动机运行振动较小。现代电点火式航空模型发动机基本都是二行程发动机，工作容积较大，其单缸工作容积为 20 ~ 240 毫升，并有单缸、双缸和多缸等形式。电点火式发动机主要用于大型航空模型，多用于按比例缩小的像真遥控模型飞机。

## 二、喷气式发动机

喷气式发动机通过燃料爆燃产生高温高压气体，由喷射管喷出时，气流的反作用力推动模型飞机飞行。目前用于航空模型的喷气式发动机有脉动式和涡轮式两种。

### （一）脉动喷气发动机

脉动喷气发动机如图 1-5 所示。其燃料为汽油。常用的是装有簧片单向阀的有阀式脉动喷气发动机。燃料与空气混合后推开单向阀簧片进入燃烧室，在燃烧室内爆燃，产生的高温高压气体迫使单向阀关闭，并从喷射管向后喷出；气体喷出后，燃烧室形成短时真空或低压，大气压力再次推开单向阀簧片，空气和燃料再次进入燃烧，爆燃喷出……。由于空气和燃料进入燃烧室与爆燃喷出是交替进行的，喷出气流的反作用力也是间歇地作用于模型飞机，因此，被称作脉动喷气发动机。其规格以燃烧室直径和推力值表示，如 60-1 型表示燃烧室直径 60 毫米，推力 9.8 牛顿，还有 70-1.2，80-2 和 90-3 型等。脉动喷气发动机结构简单，材料普通，制作难度较小，售价低廉；但单向阀簧片易损坏，且只能在大推力下工作，推力也不能调节。

还有一种以一根直径较小的弯管代替单向阀的无阀式脉动喷气发动机。它的寿命较长，但推力较小，且稳定运行范围较窄，设计和操作难度较大，故应用较少。

脉动喷气发动机主要用于驱动线操纵模型飞机。

### （二）涡轮喷气发动机

涡轮喷气发动机如图 1-6 所示。它的燃料为航空煤油或白煤油。运行时，压气机连续将空气吸入，并增高压力后送入燃烧室，空气和燃料在燃烧室内混合爆燃，高温高压的气体由尾喷口喷出。由于高温高压气体由尾喷口喷出前先推动

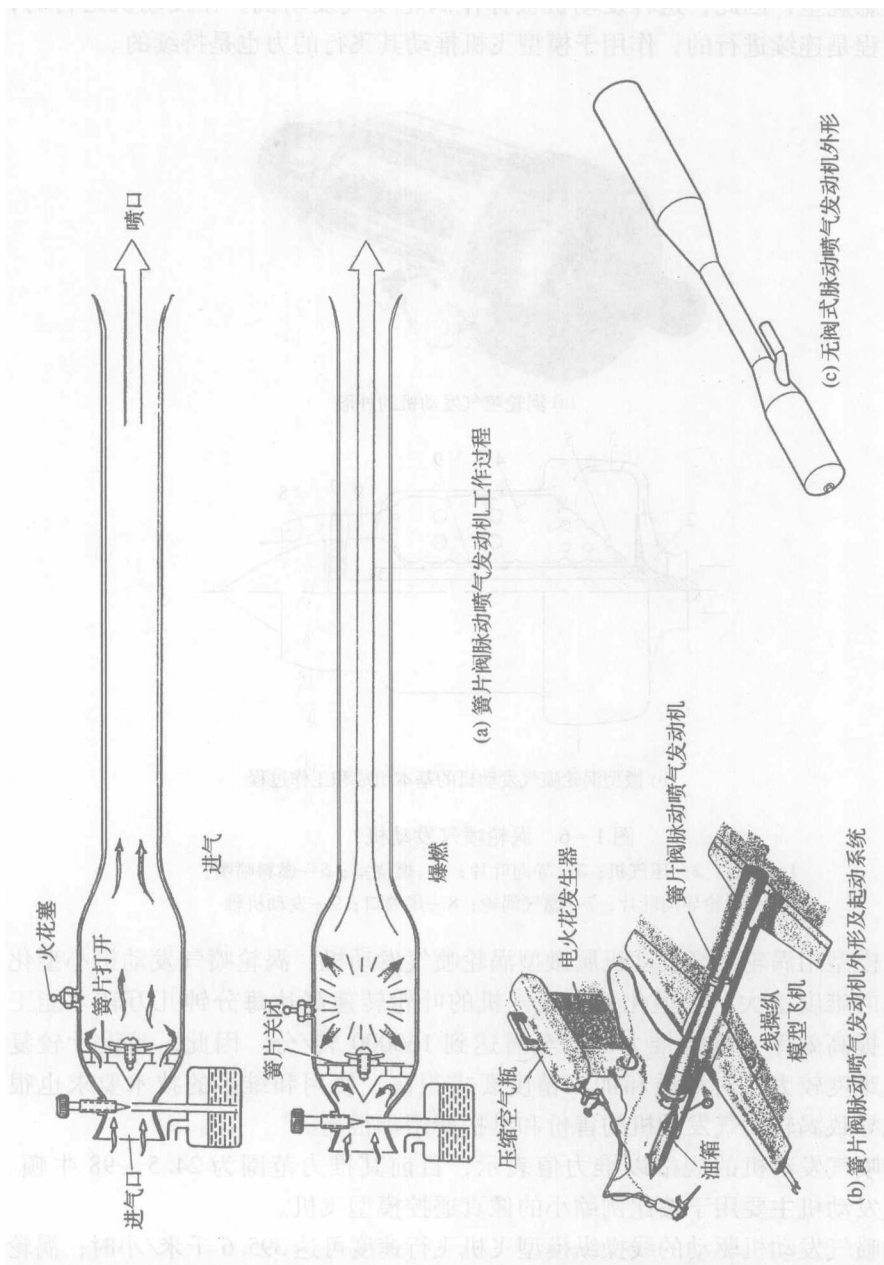


图 1-5 脉动喷气发动机

与压气机叶轮共轴的燃气涡轮转动，驱动压气机叶轮旋转，将空气吸入、增高压力、送入燃烧室，因此，这种发动机被称作涡轮喷气发动机。在发动机运行时，上述各过程是连续进行的，作用于模型飞机推动其飞行的力也是持续的。

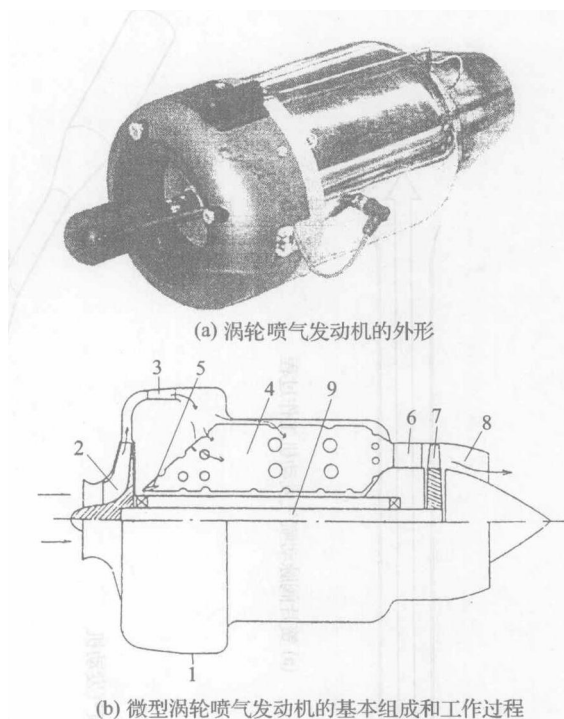


图 1-6 涡轮喷气发动机

1—壳体；2—压气机；3—导向叶片；4—燃烧室；5—燃料喷嘴；  
6—涡轮导向叶片；7—燃气涡轮；8—尾喷口；9—发动机轴

航空模型用涡轮喷气发动机属微型涡轮喷气发动机。涡轮喷气发动机小型化和简单化的难度极大，小型化后，压气机的叶轮转速高达每分钟几万转才能工作，为了提高效率、增大推力，甚至需达到 160000 转/分。因此，其设计较复杂，制造难度较大，对材质和加工精度要求很高，使用和维护的技术要求也很高，由此导致涡轮喷气发动机的售价和维护费用都很高。

涡轮喷气发动机的规格以推力值表示，目前其推力范围为 24.5 ~ 98 牛顿。涡轮喷气发动机主要用于按比例缩小的像真遥控模型飞机。

脉动喷气发动机驱动的线操纵模型飞机飞行速度可达 395.6 千米/小时；涡轮喷气发动机驱动的像真遥控模型飞机的飞行速度可达 450 千米/小时以上。这样高的飞行速度，危险性很大，因此必须在开阔的场地和完备的安全措施下进行。

### 三、火箭发动机

模型火箭发动机如图 1-7 所示。它几乎都使用固体推进剂。以推进剂燃烧喷射的气流的反作用力推动模型飞机飞行。火药是我国古代四大发明之一，我国早在南宋时期民间焰火中的“高升”（俗称“二踢脚”）和“起火”（俗称“旗花”），可能就是火箭发动机的雏形，后来用于军事的火箭（如图 1-8 所示）所用的火药筒应该是最早的火箭发动机。现代模型火箭发动机基本都是按国际航空联合会（国际航联）的标准要求和规定专业化生产的定型产品。产品的规格和尺寸已形成系列，具有良好的通用性和互换性。使用这种定型产品方便、安全。模型火箭发动机的规格用总冲值表示，国际航联规定最大总冲值为 80 牛顿·秒，并将总冲值分为 6 挡，见表 1-1。模型火箭发动机的规格和性能一般标在壳体上，例如：“A6-3”表示挡别为 A，最大总冲 2.5 牛顿·秒，延时时间 3 秒。我国现有 A、B、C 3 个挡别的定型产品供选用。由于模型火箭发动机制作时存在危险，一般不要自行制作。

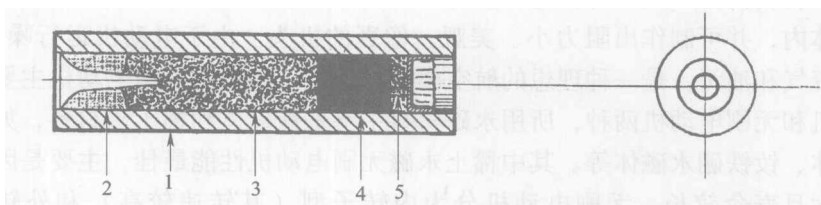


图 1-7 典型模型火箭发动机剖视图

1—壳体；2—喷管；3—推进剂；4—延时剂；5—弹射剂

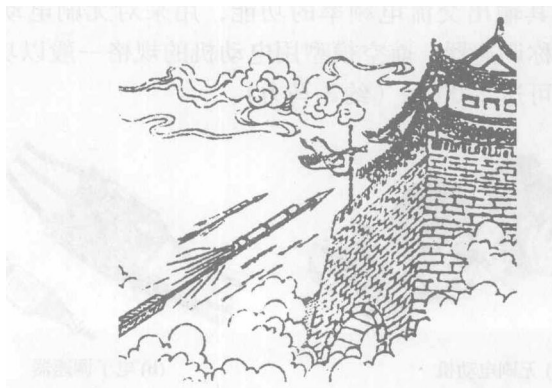


图 1-8 我国古代的火箭



表 1-1

挡别	总冲/ $N \cdot s$	挡别	总冲/ $N \cdot s$
A	0 ~ 2.50	D	10.01 ~ 20.00
B	2.51 ~ 5.00	E	20.01 ~ 40.00
C	5.01 ~ 10.00	F	40.01 ~ 80.00

模型火箭发动机主要用于模型火箭、火箭助推自由飞滑翔机和遥控滑翔机等。

#### 四、电动机

用于驱动航空模型的电动机属微型电机，如图 1-9 所示。它和一般电动机一样，是通过转子和定子间磁极的吸、斥作用，使转子转动。以转子轴带动螺旋桨旋转，驱动模型飞机飞行。电动机的外形通常为圆柱形，可以很方便地置于模型飞机体内，并可制作出阻力小、美观、像真的机头。由于电动机运行噪声小，又没有废气和油污，是一种理想的航空模型发动机。航空模型用电动机主要有直流电动机和无刷电动机两种，所用永磁材料主要是铁氧体和稀土磁材料，如：钕钴永磁体、钕铁硼永磁体等。其中稀土永磁无刷电动机性能最佳，主要是因为其功率较大且寿命较长。无刷电动机分为内转子型（其转速较高）和外转子型（其扭矩较大）。无刷电动机是一种交流电动机，而供电的电池为直流电，所以无刷电动机运行必须配用可将电池直流电转换为交流电的控制器。控制器还具有通过调节电池电压改变其输出交流电频率的功能，用来对无刷电动机进行转速调节，因此，控制器也称调速器。航空模型用电机的规格一般以功率表示，稀土永磁无刷电动机功率可达 2200 瓦（约 3 马力）。

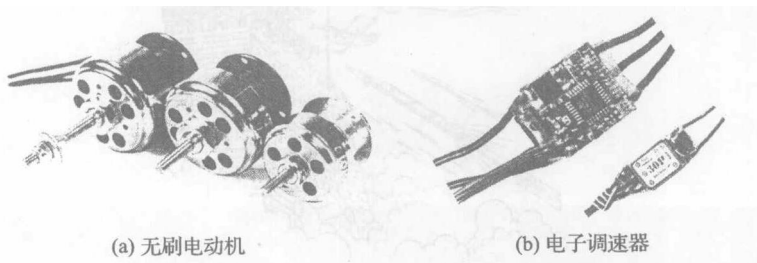


图 1-9 无刷电动机及配套电子调速器