

# 火箭发展简史及火箭技术的物理基础

南秀华

(石家庄军械工程学院 河北 050003)



依靠发动机向后喷射工作物质产生的反作用力而推进的飞行器，

称为火箭。它的特点是自身携带燃料和氧化剂，既可在大气中飞行，又可在没有大气的外层空间飞行。现代火箭是远距离快速投送工具，可用于发射人造卫星、载人飞船、航天站以及助推其他飞行器。火箭用于投掷弹头，便称为火箭武器，其中可制导的又称为导弹。

## 一、发展简史

火箭起源于中国，是中国古代的重大发明之一。古代中国火药的发明和使用，为火箭的问世创造了条件。北宋后期，民间流行的能升空的“流星”（后称为“起火”），就是世界上最早的用于玩赏的火箭，它的工作原理就是利用了火药燃气的反作用推力。到南宋时，出现了军用火箭。到明朝初年，军用火箭已相当完善并广泛用于战场，被称为“军中利器”。明代初期兵书《火龙神器阵法》和明代晚期兵书《武备志》以及其他有关中外文献，均详细记载了中国古代火箭的使用情况。仅《武备志》中便记载了 20 多种火药火箭，其中的“火龙出水”已是二级火箭的雏型。

中国火箭传到欧洲之后，曾被列为军队的装备。但早期的火箭射程近，射击散布太大，被后来兴起的火炮所取代。第一次世界大战后，随着技术的进步，各种火箭武器又迅速发展起来，并在第二次世界大战中显示了威力。

19 世纪末 20 世纪初，液体燃料火箭技术开始兴起。1903 年，俄国的齐奥尔科夫斯基提出建造大型液体火箭的设想和设计原理。1926 年，美国的 R.H.戈达德试飞了第一枚无控的液体火箭。1944 年，德国首次将有控的弹道式液

体火箭 V-2 用于战争。第二次世界大战以后，前苏联和美国等相继研制出包括洲际导弹在内的各种火箭武器和运载火箭。在发展现代火箭技术方面，德国人 W.V.布劳恩、前苏联的 C.И.科罗廖夫、中国的钱学森等科学家，都做出了杰出的贡献。

1949 年中华人民共和国成立后，我国政府组建了研制现代火箭的专门机构，在“独立自主、自力更生”方针的指导下，卓有成效地研制出多种类型的火箭，并于 1970 年用“长征 1 号”三级火箭成功地发射了第一颗人造地球卫星。1975 年，用更大推力的火箭——“长征 2 号”，发射了可回收的重型卫星。1980 年，向南太平洋海域成功地发射了新型运载火箭。1982 年，潜艇水下发射火箭又获成功。特别是 1984 年 4 月 8 日，用装有液氢液氧发动机的“长征 3 号”火箭，发射地球同步试验通信卫星的成功表明，火箭发源地的中国，在现代火箭技术方面，也已跨入了世界先进行列。

## 二、物理基础

火箭通常可分为固体火箭和液体火箭；有控火箭与无控火箭；单级火箭与多级火箭；近程、中程火箭与远程火箭等。火箭的种类虽然很多，但其组成部分及其工作原理是基本相同的。除有效载荷外，有控火箭必不可少的组成部分有动力装置、制导系统和箭体。

动力装置是发动机及其推进剂供给系统的总称，是火箭赖以高速飞行的动力源。其中，发动机按其工质分，有化学火箭发动机、核火箭发动机、电火箭发动机等。当前广泛使用的是化学火箭发动机，它是靠化学推进剂在燃烧室内进行化学反应释放出的能量转化为推力的。在发动机效率相同的情况下，单位时间内燃烧与喷射的物质越多，喷射速度越大，发动机推力就越大。在推力相同的情况下，结构重量越轻，单位

时间内消耗推进剂越少,发动机性能就越高.推力与推进剂每秒消耗量之比称为比推力,它是鉴定发动机性能的主要指标.比推力越大越好,其大小与发动机设计、制造水平有关,但更主要的是取决于选用什么推进剂.火箭发动机推力的大小,是根据其特点和用处选定的,小到以毫克计,如电火箭发动机;大到上千吨,如美国航天飞机的固体助推发动机.

有了足够的推力,火箭便可克服地球的吸引力而飞离地面.但对有控火箭而言,为保证在飞行过程中不致翻滚而且能准确地导向目标,还需有制导系统.该系统的功用是实时地控制火箭的飞行方向、高度、距离、速度以及飞行姿态等,亦即控制火箭的质心运动和绕质心的转动(俯仰、偏航、滚动),使火箭稳定而精确地飞抵目标.制导系统的日臻完善和精度的不断提高,是现代火箭技术的一大特点.

火箭另一个不可缺少的组成部分是箭体.在箭体内安装着火箭的各个系统,并容纳有大量的推进剂.箭体结构除要求具有空气动力学外形外,还要求在完成既定功能的前提下,重量越轻越好,体积越小越好.在起飞重量一定时,结构重量轻,则可得到较大的飞行速度或距离.火箭发动机熄火点的理想速度(不计速度的重力损失与空气阻力损失) $V_K$ 可表示为

$$V_K = \omega \cdot \ln \frac{1}{\mu_K}$$

式中 $\omega$ 代表推进剂燃气的有效流速,其大小取决于发动机的性能. $\mu_K = M_K / M_0$ ,  $M_K$ 代表熄火点的火箭质量,主要是箭体结构质量; $M_0$ 是代表起飞时火箭的质量.

从上式可以看出,当火箭起飞质量 $M_0$ 一定时, $M_K$ 越小, $\mu_K$ 小,则末速度 $V_K$ 就越大,即飞行距离就越远;或者当飞行距离一定时, $M_K$ 小,则 $M_0$ 亦小,即火箭就可以造得小一些.

减轻箭体结构重量的途径,除设计技巧和工艺方法外,结构材料和结构型式的选择也很重要.从结构材料看,钢材比铝材强度要高得多,但因钢的比重几乎是铝的3倍,因而论比强

度(强度极限 $\sigma_b$ 与比重 $\gamma$ 之比值),铝合金比钢反而更为优越,具有同样功能的箭体结构,铝合金制的要比钢的轻.所以,铝合金成了现代火箭箭体的基本材料.另外,比强度很高的非金属复合材料也开始得到应用.从结构型式看,单级火箭比较简单,近、中程火箭多采用这种型式.但要想以较小的起飞重量得到很大的速度和飞向宇宙空间,就必须采用多级火箭的结构型式,即在飞行中将已经用过的发动机和推进剂贮箱等及时抛掉,然后起动下一级火箭,以便“轻装前进”.因此,远程火箭及运载火箭,一般都由2~4级组成.有些小型火箭,为了获得较高的性能,常常也采用多级结构型式.

除上述三大系统以外,还有电源系统;有时还根据需要,在火箭上安装初始定位定向系统、安全控制系统、无线电遥测系统、外弹道测量系统等附加系统.

### 三、发展趋势

近40年来,火箭技术得到了飞速发展和广泛的应用,其中各种可控火箭武器和空间运载火箭发展得最为迅速.从火箭炮到反坦克、对付飞机和舰艇以及攻击固定目标各类有控火箭武器,均已发展到相当完善的地步,反导弹、反卫星火箭武器也正在研制和完善之中.各类火箭武器正继续向高精度、反拦截、抗干扰和提高生存能力的方向发展.在地—地导弹基础上发展起来的运载火箭,已广泛用于发射各种卫星、载人飞船和其他航天器.到80年代初,前苏联和美国,已经分别研制出六七个系列的运载火箭.其中,美国载人登月的“土星-5号”火箭,直径10米,长111米,起飞重量约为2920吨,近地轨道的运载能力达上百吨,是当前世界上最大的火箭.运载火箭正朝着高可靠、低成本、多用途和多次使用的方向发展.航天飞机的问世,就是这一发展趋势的一种标志.火箭技术的快速发展,不仅提供了更加完善的各类火箭武器,而且还将使建立空间工厂、空间基地以及在星际间的航行等成为可能.可以肯定,今后火箭技术一定会有更大的发展.