

一、航天科技

航空器和航天器

航空器泛指在大气层内飞行的飞行器，它们必须依靠空气产生上升和飞行的空气动力，其发动机利用大气中的氧气工作。目前世界上已经研制成功的航空器主要有飞机、飞艇、滑翔机、旋翼机、直升机、扑翼机和气球。

飞机按《中国大百科全书》航空航天卷所下的定义是：“由动力装置产生前进推力，由固定机翼产生升力，在大气层中飞行的重于空气的航空器。”因此，无动力装置的滑翔机、以旋翼作为主要升力面的直升机以及在大气层外的航天飞机都不属于飞机的范围。然而在日常生活中，许多人都习惯地将气球和飞艇以外的航空器泛称为飞机。

飞艇是一种有推进装置、可控制飞行的轻于空气的航空器。它是由一个巨大的流线型艇体、一个位于艇体下的吊舱、一个起稳定控制作用的尾翼和推进装置等组成的。艇体内的气囊内充以密度小于空气的氢气或氦气等浮升气体，借以产生浮力使飞艇升空。

滑翔机是一种没有动力装置，重于空气的固定翼航空器。它可由飞机拖曳辅助起飞，也可用绞盘车或汽车牵引起飞。滑翔机在上升气流中可像雄鹰展翅那样平飞或上升，专业人员管这种状态叫作翱翔。在无风情况下滑翔机主要依靠自身重力的

分量获得前进的动力，这种损失高度的无动力下滑飞行的专业术语叫作滑翔。

旋翼机的旋翼没有动力装置驱动。它是在动力装置提供的拉力作用下前进的，迎面气流吹动旋翼像风车似的旋转，从而产生升力。有的旋翼机还装有固定小翼面，由它提供一部分升力。

直升机是一种由发动机驱动旋翼旋转而产生升力和拉力的航空器。

扑翼机是一种机翼能像鸟和昆虫翅膀那样扑动的重于空气的航空器。扑动的机翼既产生升力又产生向前的推动力。由于设计扑翼机所遇到的控制技术、材料和结构方面有许多一直未能解决的难题，所以，尽管从 1930 年就曾试飞成功过扑翼机模型，但它至今仍停留在模型制作和设想阶段。

气球是一种无推进装置的轻于空气的航空器。它由巨大的气囊和吊舱组成。气囊内充以密度小于空气的浮升气体，通常以氢气和氦气居多，使气球升空。

航天器泛指在大气层外的太空中飞行的各类飞行器。目前世界上的主要航天器有人造地球卫星、宇宙飞船、空间站、航天飞机以及空间探测器等。其中航天飞机是第一种跨大气层飞行器，既能在大气中飞行（滑翔），也能在太空中飞行。由于它主要活动是在太空，因而归于航天器之列。航天器种类繁多，用途各异，形状千差万别。有的航天器不带主动力装置，有的则带有大型发动机。但大多数航天器为了保持轨道高度或特定姿态，往往带有许多个小型火箭发动机或高压氮气喷管。推力大者几吨力，小者几牛顿甚至几达因。航天飞机除三台主发动机外，还有多达 49 个各种小发动机，用于轨道保持、轨

道变换、返回制动、姿态控制等。

人造地球卫星是一种环绕地球在空间轨道上运行（至少一圈）的无人航天器。按照用途分成科学卫星、技术试验卫星和应用卫星等三类。科学卫星用于科学探测和研究，主要包括天文卫星和空间物理探测卫星。技术试验卫星用于新技术试验或为应用卫星进行试验。应用卫星用以直接为军事或国民经济服务。应用卫星按基本工作特点分类可分为数据中继卫星、导航定位卫星和遥感卫星；按具体用途可分为通信卫星、气象卫星、环境监测卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星以及截击卫星和多用途卫星等。

空间站是可供多名航天员巡访、长期工作和居住的载人航天器。又称轨道站或航天站。在航天站运行期间，航天员的替换和设备物资的补充可由载人飞船或航天飞机运送，物资设备也可由无人航天器运送。

宇宙飞船是一种能保障宇航员在外层空间生活和工作，并能安全返回地面的航天器，又称载人飞船。它的容积较小，受到所载消耗性物资数量的限制，不具备再补给能力，运行时间有限，不能重复使用。

航天飞机是一种可重复使用的，往返于地球表面和近地轨道之间运送有效载荷的飞行器。通常由火箭推进，在轨道上运行时可在有效载荷和乘员配合下完成多种任务。返回地面时能像滑翔机或飞机那样下滑和着陆。

空间探测器是对地球以外的空间环境、月球、行星等天体以及宇宙进行探测的无人航天器。它包括月球探测器、太阳探测器、彗星探测器、行星探测器以及宇宙探测器（如美国的哈勃望远镜）。

航空器和航天器都属于飞行器，与二者并列的飞行器还包括火箭。火箭是一种靠火箭发动机喷射工质而产生反作用力推进飞行的飞行器。它自身携带全部推进剂，不依靠外部环境（如大气）产生推力或升力，所以既可以在大气层中飞行，也可以在大气层外的太空中飞行。根据推进剂和工质的不同，火箭可分为化学火箭，它采用化学推进剂，如液氢和液氧、液氧和煤油等；电火箭，用电能加热工质产生高速喷射流；核火箭，用核能加热工质产生高速喷射流。按用途火箭可分成三大类：玩具火箭、探空火箭和运载火箭。

玩具火箭在中国古代就已有之。像儿童们喜爱的“地老鼠”、“蹿天猴”属于玩具火箭。探空火箭是将专门仪器设备发射到高空进行高空物理学、气象学研究和新技术试验的小型火箭。它可采用固体推进剂或液体推进剂，可以是单级，也可以是多级。许多国家研制探空火箭已形成完整的系列，小的可发射几千米高，大的可发射到数千千米高。探空火箭是一次性使用。发射升空并达到最大高度后，装仪器设备的头锥部由降落伞回收。

运载火箭是将有效载荷发射到预定地点或轨道的大型火箭。有效载荷是爆炸物（弹头）的运载火箭称火箭弹（无制导）或导弹（有制导）。导弹的种类、型号极多。导弹可按多种特点分类。典型的一种分类方式是按发射点和目标点位置分类，包括地地导弹、潜地导弹、舰地导弹、岸舰导弹、舰舰导弹、地空导弹、舰空导弹、空空导弹。

如果火箭的有效载荷是人造卫星等航天器，则称航天运载火箭或简称运载火箭。目前，美国、俄罗斯、欧洲、中国等都已研制并形成了从低轨道到高轨道，从小载荷到大型载荷的航

天运载火箭系列。已经研制成功的运载火箭最大者能将 120 吨的航天器发射到近地轨道，能将 48.8 吨有效载荷送往月球。

航天飞机的诞生

20 世纪 80 年代初期投入使用的航天飞机，是现代卫星和载人飞船技术、运载火箭技术、航空技术综合发展的产物，这种飞行器的设想由来已久。早在 20 世纪初就有人提出过用火箭发动机做动力装置的飞机。第二次世界大战前夕，由于军事上的需要，法西斯德国曾将这一设想付诸实施，并于 1941 年研制成了 ME-163 型火箭飞机，时速可达 1000 千米。

第二次世界大战后，设计和研制可重复使用的火箭飞机的活动十分活跃，各国科学家和工程技术人员为了把火箭技术和航空技术结合起来，不仅进行了各种技术途径的探索和研究，而且还做了大量的设计和研制实验。

美国贝尔公司设计的 X-15 型火箭飞机曾进行过近 200 次的飞行试验，最大时速达到 7300 千米，最大高度为 106 千米，远远超出了大气层的范围。这些研究工作，对于探索可重复使用的空间运输系统的技术途径，都做出了有益的贡献，甚至可以说，X-15 型火箭飞机就是航天飞机的雏形。

20 世纪 60 年代美国研制的“阿波罗”宇宙飞船等航天器所进行的载人太空飞行，以及轨道对接、宇航员舱外活动等一系列载人轨道飞行基本技术的掌握，为发展大型的载人空间运输系统创造了条件，提供了雄厚的技术基础。

耗资巨大的“阿波罗”登月计划结束后，美国将大量的人力、物力、财力转移到新型空间运输系统的研制工作上来。

1972 年，美国总统尼克松批准了预计耗资 55 亿美元的航天飞机研制计划。



点火升空后的“哥伦比亚”
航天飞机

美国的航天飞机制造历时 10 年，实际耗资 100 亿美元。1981 年 4 月 12 日上午 7 时，美国的第一架“哥伦比亚号”航天飞机在肯尼迪航天中心首次发射成功。航天飞机上载有两名宇航员。

航天飞机是一个庞大、沉重和复杂的系统，它有与以往航天飞行器不同的特征。首先，航天飞机能像火箭一样垂直发射；其次它能够像普通航天器那样在空中做机动和变更轨道的飞行；另外航天飞机能像普通飞机一样在机场滑跑着陆，经过维护修理后可再次使用，重复使用次数可达 100 次以上。

由于航天飞机的发射阶段和再次进入大气阶段速度低，过载较小，未经严格训练的人也能上天活动。所以航天飞机被认为是航天技术新阶段的标志。美国宇航局甚至宣称：运载火箭将逐步为航天飞机所取代。

航天飞机要比卫星大得多，复杂得多，要把这样一个航天系统发射到环绕地球的轨道，在轨道上完成预定的任务，然后再安全返回地面，这的确不是一件简单的事情，它需要解决一系列的关键性技术问题，如速度和推力，精确的控制导引系统，适当的空气动力外形和再入大气层的有效防热措施等。

航天飞机由助推级、轨道级、外接推进剂箱三部分组成。助推级是平行安装的两台固体火箭发动机。轨道级是航天飞机的核心，它可以载运重达 30 吨的负荷。它很像一架大型的三角翼飞机，中部是一个很大的负荷舱。

轨道级的前端是宇航员的座舱，座舱是高度密封的，内有宇航员生活所需要的空气，舱内还有空气调节设备，使舱内的空气条件与地面上的大气基本一致，温度和湿度也保持适宜。座舱顶部是飞行甲板，这里是控制中心。

航天飞机的座舱与喷气式客机的座舱相似，有舒适的座位，并有两套控制系统，能够使两人中的任何一人，在必要时单独负责飞行的一切工作。座舱的底甲板是机务人员工作的地方。另外座舱内还有厨房、进餐间、储藏室、卫生设备，还有密封舱，用来供宇航员到附近的外部空间进行活动。

轨道级的外部是一层独特的隔热系统，可以防止在发射和重返时与大气摩擦积热使舱内温度升得过高。在它进入大气层时和大气摩擦产生的热量，可使表面温度达到几千度，而由于隔热层的存在，可保持舱内温度不发生剧烈变化。

航天飞机的推进级和轨道级都可以回收，只有盛推进剂的外接推进剂贮箱不可以回收。

航天飞机的主要用途是用来接送空间实验室工作人员和物资。除此之外还可以发放卫星，或把装配空间站的构件运上太空，还可以对其他航天器进行维修，也可以用来作为发射星际探测器的中继站。

年 月 日上午 7 时，美国宇航局在佛罗里达州的肯尼迪航天中心发射了第一架航天飞机——“哥伦比亚号”，揭开了人类宇宙航行的新篇章。

“哥伦比亚号”是在 1977 年研制成的“企业号”航天飞机的基础上改进而来。“企业号”属于航天飞机的试验阶段，它没有推进级，实验时利用波音 747 客机将它“背”上天空，达到一定高度和速度以后再将它放出，“企业号”脱离母机以后，在驾驶员的操纵下，自由飞行，并完成了一系列飞行动作，然后像普通飞机一样安全降落在机场跑道上。

“企业号”的飞行实验证明了航天飞机重返大气层在机场着陆是完全可靠的。但是由于财政困难及其他原因，发射“企业号”航天飞机的计划被迫中止。虽然“企业号”没能升上太空，却成了通向太空的铺路石，航天飞机首航天外的日子已经为期不远了。

“企业号”没有完成的任务是由“哥伦比亚号”来完成的。发射当天有百万观众赶到发射基地，去观看“哥伦比亚号”的首航。4 月 12 日 7 时整，“哥伦比亚号”像火箭一样竖直起飞，冲出大气层，进入了预定的环绕地球的圆形轨道，像飞船一样在轨道上进行无动力飞行。宇航员检查、试验，各项功能正常。

“哥伦比亚号”在飞行 36 圈，历时 54 小时 30 分后开始返航。宇航员开启动力装置，它开始脱离圆形轨道进入大气层，此时它的时速是 8200 千米，飞机头部因与大气高速摩擦，外表温度已经上升到 1600℃。

美国爱德华空军基地派出了 4 架歼击机，在 12000 米的高空排成方阵，给这位“天外来客”导航。“哥伦比亚号”平稳地降落在爱德华空军基地的跑道上。当两位宇航员神采奕奕地走下飞机时，几十万狂热的观众不停地向他们欢呼，欢庆“哥伦比亚号”首航成功。

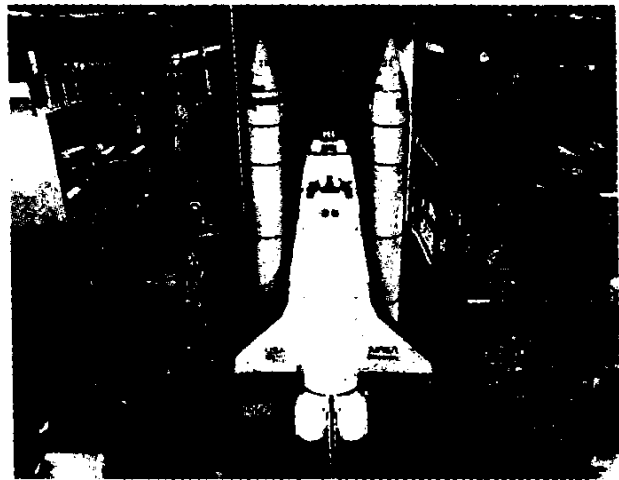
1981年11月至1982年6月，“哥伦比亚号”航天飞机又进行了三次试航，进行了多项科学研究活动，进一步完善其性能。1982年11月6日，“哥伦比亚号”进行了首次常规业务飞行，将两枚人造地球卫星送入轨道，从此开始了它的“商业生涯”。航天飞机开始登上了宇宙航行的历史舞台。

大显身手的航天飞机

航天飞机一登上宇宙航行的舞台便大显身手。在航天领域扮演着越来越重要的角色，它能执行各种各样的任务。

（1）施放卫星

航天飞机可以将载人的和不载人的有效载荷送入地球环形轨道。航天飞机轨道级的货舱可以放置一颗巨型卫星，或者5~8颗小卫星，如资源卫星、导航卫星、气象卫星、通讯卫星等。从航天飞机上发放卫星极其简单。飞机飞入预定轨道后，驾驶员将飞机调整到合适高度、姿态，按动按钮，卫星便被弹出货舱，进入轨道。



1981年11月11日，美国“哥伦比亚号”航天飞机进行第一组组装完毕的航天飞机被运到了发射塔上
次商业飞行任务，施放两颗通讯卫星：美国的 SBS-3 和加拿

大的安尼克 - C, 1983 年 4 月 20 日, 美国的“挑战者号”航天飞机一次施放了三颗卫星。这样简化了卫星的发射过程, 大大降低了发射成本, 提高了发射精度。

(2) 回收、检修航天器

如果太空中的卫星上某个部件或某一系统发生故障, 将使整个卫星失效, 被白白遗弃, 造成很大浪费。航天飞机出现后, 这一问题便得到解决。

航天飞机可以调整自己的飞行轨道、速度、姿态, 与发生故障的卫星交会, 用机械手将卫星回收到舱内进行检修, 然后再将卫星重新送入轨道, 也可以将卫星带回地面修理。

由于航天飞机这一特殊功能, 使人造卫星的设计思想发生了变化。原来卫星都是按每次具体任务的要求, 对每个卫星进行单独设计, 研制费用极高。现在提出了“多重任务组件式”的设计思想, 这是一种积木式、多层复用的办法。在标准的机架上, 有标准化的姿态控制、数据处理、电源、通讯等每个卫星必备的共用系统, 另外有许多标准接口, 根据每次任务的需求接上不同的设备, 完成任务后航天飞机将其收回, 更换下一回任务所需要的设备, 再送入轨道, 成为一颗新的卫星。

1980 年 2 月 14 日, 美国发射的太阳能峰年测控器, 便是这种新式卫星, 这颗价值 7700 万美元的卫星上天 9 个月后姿态控制系统便失灵了, 飞行高度在慢慢下降, 美国便发射了航天飞机去营救这颗卫星, 航天飞机先飞近这颗卫星, 然后用机械手将它收回机舱, 更换损坏部件后, 重新将卫星放回轨道, 这颗卫星又复活了。

修复“哈勃太空望远镜”更显示了航天飞机的本领。

1997 年 2 月美国的“发现号”航天飞机的宇航员进行了 5 次

出舱修理工作。

航天飞机先飞行到“哈勃太空望远镜”的下部，然后伸出巨大的机械手抓住它并放在后部的平台上，宇航员走出机舱为它“医治”，给它换上了最先进的设备，为断裂、剥落的地方进行了修补。然后将其送回原来的轨道。这次维修工作用了3.5亿美元的费用，使价值20亿美元的“哈勃太空望远镜”返老还童，重新开始了太空观测。

(3) 空间实验室

以前做一项太空实验必须发射一颗卫星，实验完成后卫星或被遗弃在太空，或坠毁，造成巨大浪费。因此在航天飞机设计时，就有人提议在航天飞机上设计一个空间实验室。这个实验室可以根据不同的太空实验任务携带不同的仪器，适应性、灵活性很强。它和航天飞机一起起飞，一起返回，可以重复使用，只要更换其中的仪器设备，便可以做不同的实验。

空间实验室是和航天飞机连成一个整体的，它不可以在空间单独存在，可以说是航天飞机的一个大配件。实验室工作人员可以在航天飞机的机舱内生活、休息，工作时由专门的通道进入实验室。实验室的电源、通讯等都与航天飞机共用。

空间实验室由实验舱和辅助舱组成，它是封闭的，可以根据不同的任务安装不同的设备，内部的工作环境舒适。另外空间实验室还有一个直接暴露在太空的U型工作台，用来进行一些太空空间实验。空间实验室能够满足天体观测、对地观测、医学实验、生物学实验、物理化学实验、空间工业技术等各项科学研究工作的需要。

(4) 太空交通工具

航天飞机起飞时的超重仅为地面重力的3倍，返回时只有

1.5 倍，一般健康水平的人都可以乘坐，甚至妇女、儿童也没问题。因此，航天飞机不仅可以为空间运送货物，接送往返于太空的各种科技人员，而且可以向地球上的普通人开放，开展太空旅游业。生活在地球上的人都可以到太空去漫游，有机会到太空领略一下地球的全貌，去到太空城市度假。

航天飞机一登上历史舞台，便大显身手，美国制造了“哥伦比亚号”、“挑战者号”、“发现者号”、“亚特兰蒂斯号”航天飞机。计划平均每年发射 60 次。至今，“哥伦比亚号”仍活跃在太空，1996 年 12 月发射升空收回了一颗实验卫星。

现在世界许多国家都正在积极地研制航天飞机，在未来的航天事业中，航天飞机将发挥不可估量的作用。

新兴太空城——空间站

(1) 空间站像个家

空间站，又称“航天站”、“轨道站”、“太空站”，是一种长期运行在轨道上、具备一定试验条件、可供多名宇航员生活和工作的载人航天器。空间站在轨道运行期间，用宇宙飞船或航天飞机接送宇航员、运送物资和设备。

空间站通常由对接舱、气闸舱、轨道舱、生活舱、后勤服务舱、专用设备舱和太阳能电池等几部分组成。对接舱有多个对接口，其中一部分对接口用于停靠接送宇航员和运送物资的航天器，另一部分对接口为对接新舱体以扩大空间站做准备。气闸舱是宇航员在轨道上出入空间站的通道。轨道舱是宇航员在轨道上的主要工作场所。生活舱是宇航员进餐、睡眠和休息的地方。后勤服务舱装有推进剂、水、气源和电源等设备，为

整个空间站服务。专用设备舱是根据飞行任务而设置的安装专用仪器的舱体，它也可以是不密封的构架，用以安装暴露于空间的雷达和天文望远镜等仪器设备。太阳能电池安装在空间站舱体的外侧或桁架上，为空间站提供电力。

空间站扩大了航天技术应用、空间资源开发的范围和规模，对国民经济、军事和科学研究均有重大意义。已经实现的用途有：医学和生物学研究，地球资源勘测和国土普查，军事侦察和大地测量，微重力环境条件下生产新材料的试验，微重力环境条件下高效、高纯药物生产试验，以及天文观测等。

(2) 从“礼炮”到“和平”

前苏联于 1971 年 4 月 19 日发射的“礼炮 -1”号，是世界上第一个试验空间站。

1973 年 5 月 14 日，美国发射了“太空实验室”空间站，它利用“阿波罗登月计划”的剩余物资——“土星 -5”号火箭第三级改造而成，是第一个实际投入并长期使用的空间站。在完成使命后，于 1979 年 7 月 11 日坠入大气层烧毁。

前苏联的第一个实用型空间站是 1977 年 9 月 29 日发射的“礼炮 -6”号，它有两个对接口，可同时与两艘飞船对接，组成轨道联合体。1982 ~ 1991 年间在轨道上运行的“礼炮 -7”号空间站，接待过 11 批共 28 名宇航员。

在“礼炮”系列空间站的成功经验基础上，前苏联于 1986 年 2 月发射了“和平”号空间站核心舱，它有 6 个对接口，两个用于对接运输飞船，4 个用于对接其他专用舱体。其后，边使用，边扩展，直到 1996 年 4 月，“和平”号最后一个舱段完成组装。此时的“和平”号是一个总重 116 吨（包括一艘“联盟 TM”飞船）、总容积 470 立方米的庞然大物。

但由于资金缺乏、维护欠佳，“和平”号事故不断。世纪之交，俄罗斯一度准备让“和平”号空间站的轨道逐步降低，一直降到 402 千米的高度，然后由地面控制中心向它发送最后的指令，进入地球大气层自毁。没有烧毁的空间站部件将安全地坠入太平洋。

(3) 国际空间站：共同的家

国际空间站又名“阿尔法”空间站，它由美国牵头，包括俄罗斯、日本、加拿大、巴西和欧洲航天局的 11 个成员国共 16 个国家联手筹建，是世界航天史上第一次由多国合作建造的最大的空间工程。

国际空间站的结构复杂，站体庞大，预计投资总额将超过 630 亿美元，计划于 2004 年建成，完工后由 6 个实验舱、一个居住舱、两个连接舱、服务系统及运输系统等组成，是一个长 88 米，重约 430 吨的庞然大物，运行时间为 10 年。

国际空间站可为 21 世纪的太空提供了一个前所未有的研究场所，是一个长期运行的在轨实验室。空间站将建成载人航天基地、空间工厂或空间试验中心，用于修理人造卫星，发射高轨道卫星和作为月球及行星探测器的中转基地，空间电站建设的后勤基地，新材料、新药物等的试验和生产基地，空间武器的试验基地和空间作战的指挥中心。国际空间站将成为人类在太空的前沿阵地，成为人类开启太阳系之门的钥匙。

火箭的故乡 —— 中国

火箭的历史大约有 800 多年了。火箭的故乡全世界公认是中国。在美国华盛顿航空与航天博物馆内，立着一尊中国古代

武士手持火箭发射筒的塑像。“火箭”这个名称在古代典籍中最早出现是在距今 1700 多年前的三国时期（220—265 年）。当时的兵家曾把箭杆前部绑上易燃物点燃后，用弓、弩射出去进行火攻战。

大约从南宋孝宗年间（1163—1189 年）开始，我国民间用火药制作了各种炮仗和花炮。这些炮中，有不少靠自身喷气推进的“火箭”，其基本原理与现代火箭一样。明代，已经有了“一窝蜂”、“神火飞鸦”、“飞空砂筒”、“火龙出水”等名气较大的火箭。

古代火箭的飞行原理比较简单，它是利用火药点燃后产生的迅速喷出的燃气，给物体一个反作用力，当这个力超过物体自身重量时，物体就会腾飞或前进。

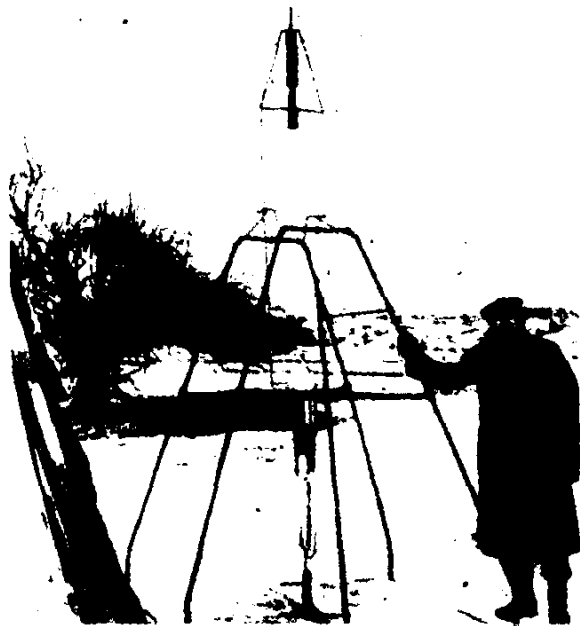
我国古代的“火箭”主要应用在两个方面：一个是节日的庆贺焰火，另一个是战争中的杀伤武器。大约在公元 13 世纪，我国的“火箭”传入阿拉伯国家，又经阿拉伯人传入欧洲。虽然我国古代的“火箭”并没能打开天门之锁，但是全世界都承认，火箭的故乡是中国。中国的火箭是打开天门的钥匙。

“火箭之父”——戈达德

戈达德 1882 年生于美国马萨诸塞州，他从小就是一个不安分的孩子。上小学时，他受电学吸引，自己拆卸了一个蓄电池，取出锌电极把它连在双脚上，试图贮存电能。有一次他还带领两个孩子试图花一周时间挖通一条到中国的隧道。不久他又试图制造一架永动机和铝制氢气球。尽管他的努力全是白费

工夫，但他却乐其所为。

1908年，他毕业于伍斯特理工学院，之后成为克拉克大学的研究人员，并开始了火箭的研究工作。1926年3月16日下午2点30分，在美国马萨诸塞州偏僻的沃德农场，戈达德和他的助手进行了一项划时代的试验。当戈达德小心翼翼地点



美国的戈达德

燃了世界上第一枚使用液氧和煤油的液体火箭时，立即被眼前的景象吸引了：火箭“噌”地飞上12米高，然后拐向水平方向又飞行了56米，掉在一片菜地里，整个飞行时间仅仅2.5秒。试验成功后，戈达德激动地说：“这一下，我可创造了历史！”

戈达德试验成功的液体火箭，其结构比较简单。

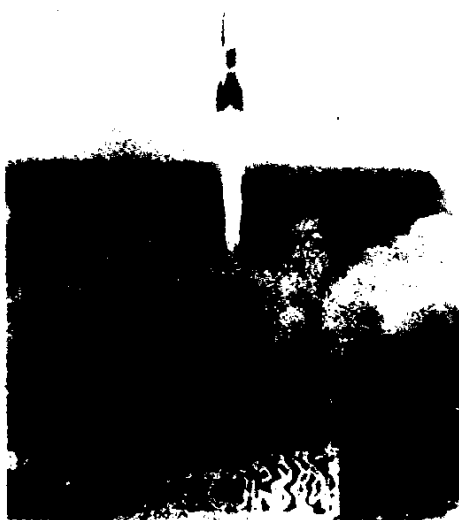
火箭全长3.04米，由一台0.6米长的液体发动机和两个燃料贮箱组成，发射架仅是一个简陋的铁架子。戈达德的成功来之不易。为了试验燃料贮箱，他经历了多次失败。第一次点火时发生逆火现象，烧坏了液氧管路；第二次点火，因燃料溢出发生爆炸；第三次试验时，又烧坏了橡皮管；直到第四次点火试验，燃料贮箱才算过了关。

戈达德不仅使液体火箭上了天，他还在火箭发动机的喷射口中央安装了一个舵。舵转动时，可以改变气流方向，从而达

到控制火箭飞行的目的。这项技术后来被用在了 V-2 火箭（也称 V-2 导弹）上。

V-2 火箭

尽管戈达德的火箭试验在美国反响平平，但却在德国引起了轩然大波。1927 年德国一批业余爱好者组成了世界上第一个宇宙旅行协会，科学家赫尔曼·奥伯特担任了会长。30 年代的德国正准备打第二次世界大战，军方看到了火箭作为武器的重要作用。于是德国陆军迅速投资，准备把火箭用于战争，并且招聘了一批杰出的火箭专家。奥伯特和他的助手冯·布劳恩（1912 - 1977）都在德国陆军火箭研究所任过职。1937 年布劳恩到德国著名火箭研究机构佩纳明德德国在二战中发射的 V-2 火箭德研究中心从事火箭研究，并任技术部主任。



1942 年 10 月布劳恩主持了先进的 A-4 火箭的研制并且试飞成功，此时液体火箭的飞行速度已超过音速 5 倍，接近每秒 2 千米，飞行距离已达到了 189.8 千米。这时，如果在此基础上马上研究多级火箭，人类也许能提前跨进太空时代。然而纳粹头子希特勒看中了 A-4 火箭的军用价值，为了战争的需要，他下令把火箭装上炸药进攻英国。当时，德国已经有了 V